

AIST

平成14年度

産業技術総合研究所年報



独立行政法人
産業技術総合研究所
<http://www.aist.go.jp>

目 次

I. 総 説	1
1. 概 要	1
2. 動 向	3
3. 幹部名簿	8
4. 組 織 図	9
5. 組織編成	10
II. 業 務	15
1. 研 究	15
(1) 研究ユニット	17
1) 研究センター	17
①深部地質環境研究センター	17
②活断層研究センター	52
③化学物質リスク管理研究センター	58
④フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター	67
⑤ライフサイクルアセスメント研究センター	69
⑥パワーエレクトロニクス研究センター	73
⑦生命情報科学研究センター	78
⑧生物情報解析研究センター	84
⑨ティッシュエンジニアリング研究センター	86
⑩ヒューマンストレスシグナル研究センター	91
⑪強相関電子技術研究センター	95
⑫次世代半導体研究センター	99
⑬サイバーアシスト研究センター	101
⑭マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター	105
⑮ものづくり先端技術研究センター	108
⑯高分子基盤技術研究センター	112
⑰光反応制御研究センター	118
⑱新炭素系材料開発研究センター	124
⑲シナジーマテリアル研究センター	127
⑳超臨界流体研究センター	131
㉑スマートストラクチャー研究センター	138
㉒界面ナノアーキテクトニクス研究センター	143
㉓グリッド研究センター	147
㉔爆発安全研究センター	151
㉕糖鎖工学研究センター	155
㉖年齢軸生命工学研究センター	168
㉗技術と社会研究センター	173
2) 研究部門	174
①計測標準研究部門	174
②地球科学情報研究部門	192
③地圏資源環境研究部門	201

④海洋資源環境研究部門	210
⑤エネルギー利用研究部門	217
⑥電力エネルギー研究部門	234
⑦環境管理研究部門	240
⑧環境調和技術研究部門	260
⑨情報処理研究部門	278
⑩知能システム研究部門	284
⑪エレクトロニクス研究部門	288
⑫光技術研究部門	292
⑬人間福祉医工学研究部門	301
⑭脳神経情報研究部門	310
⑮物質プロセス研究部門	313
⑯セラミックス研究部門	325
⑰基礎素材研究部門	337
⑱機械システム研究部門	349
⑲ナノテクノロジー研究部門	363
⑳計算科学研究部門	371
㉑生物機能工学研究部門	381
3) 研究系	391
①人間系特別研究体	391
②生活環境系特別研究体	398
4) 研究ラボ	407
①薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ	407
②デジタルヒューマン研究ラボ	409
③ライフエレクトロニクス研究ラボ	414
④次世代光工学研究ラボ	419
⑤微小重力環境利用材料研究ラボ	421
⑥純度制御材料開発研究ラボ	421
⑦メンブレン化学研究ラボ	422
⑧マイクロ空間化学研究ラボ	424
⑨先端バイオエレクトロニクス研究ラボ	428
⑩極微プロファイル計測研究ラボ	429
⑪ジーンファンクション研究ラボ	432
⑫単一分子生体ナノ計測研究ラボ	433
5) フェロー	435
(2) 内部競争的資金	436
(3) 外部資金	489
1) 国からの外部資金	489
①経済産業省	491
②文部科学省	569
③環境省	615
④その他省庁	638
2) 国以外からの外部資金	640
①新エネルギー・産業技術総合開発機構	640

②その他公益法人	673
2. 研究関連業務	745
(1) 監査室	747
(2) 企画本部	747
(3) 業務推進本部	748
(4) 評価部	749
(5) 環境安全管理部	750
(6) 研究コーディネータ	751
(7) 先端情報計算センター	752
(8) 特許生物寄託センター	752
(9) ベンチャー開発戦略研究センター	753
(10) 技術情報部門	754
1) 図書	757
(11) 産学官連携部門	758
1) 共同研究	761
2) 委託研究	762
3) 受託研究	763
4) 請負研究	764
5) 技術研修	765
6) 客員研修員	766
7) 連携大学院	767
8) 技術相談	772
9) 受託出張・依頼出張	776
10) 産業技術連携推進会議	777
11) 知的財産	777
(12) 成果普及部門	782
1) 報道関係	785
2) 主催行事等	787
3) 見学	806
4) 依頼試験	807
5) 施設使用	807
6) 地質調査	808
①地球科学図	808
②地球科学研究報告	808
③刊行物販売状況	808
④文献交換	809
⑤文献情報活動	809
⑥メタデータ・データベース	810
⑦地質標本館	811
7) 計量標準	812
①物理標準	812
イ. 型式承認試験	813
ロ. 基準器検査	814
ハ. 特定標準器による校正試験	817

二. 依頼試験	819
②認証標準物質	821
③講習・教習	822
8) 工業標準	822
①J I S / T R制度の概要	822
②J I S / T R化等の標準化研究	823
(13) 国際部門	826
1) 海外出張	827
2) 技術研修	835
3) 外国人研究者受入	835
4) 科学技術協力協定	838
(14) 業務推進部門	842
(15) 能力開発部門	843
(16) 財務会計部門	844
(17) 研究環境整備部門	845
1) 建物、施設	846
3. 地域拠点	848
(1) 東京本部・つくば本部	848
(2) 北海道センター	849
(3) 東北センター	849
(4) つくばセンター	850
(5) 臨海副都心センター	851
(6) 中部センター	851
(7) 関西センター	852
(8) 中国センター	853
(9) 四国センター	853
(10) 九州センター	854
4. 地質調査総合センター	855
5. 計量標準総合センター	856
III. 資 料	859
1. 研究発表	860
2. 兼 業	862
3. 委員委嘱	863
4. 中期目標	865
5. 中期計画	875
6. 職 員	941
7. 財務諸表	943
8. 窓 口	957

I . 総 説

I. 総 説

1. 概 要

任 務：

独立行政法人産業技術総合研究所（産総研）は、通商産業省工業技術院に属する試験研究機関15研究所と通商産業省計量教習所を統合して発足した。

産総研の任務は、多岐にわたる分野の研究者集団の融合と創造性の発揮による研究活動を通じた新たな技術シーズの創出、機動性・開放性を駆使した産学官ポテンシャルの結集による産業技術力の向上や新規産業の創出への取組みであり、さらには、地質の調査や計量標準の普及・供給に代表される国家的視点に立った信頼性と継続性の要求される業務の遂行を通じた産業社会にとっての知的基盤等の充実への貢献である。そしてこれらを通じた我が国経済の発展、国民生活の向上に寄与していくことが期待されている。

かかる観点を踏まえ、産総研は、産業技術に係るニーズとシーズを踏まえつつ、将来の産業技術の要となる共通基盤の技術課題を抽出し、競争的資金の導入割合の増加等の体制の強化を図り、創造性の高い研究の推進及びこれら研究成果の普及に努めるとともに、地質の調査、計量標準の普及・供給等産業社会の知的な基盤の構築に関する業務を着実に遂行する。さらには、自らの有するポテンシャルを結集した産業技術情報の収集、分析等を通じて産業技術政策の策定に貢献することも併せて行うこととしている。

そのため、統合のメリットを最大限に活用した業務運営効率の高い研究組織、制度を確立したところであり、他省庁研究機関、大学、民間企業等、様々な外部ポテンシャルとの連携・協力を強化し、研究推進の効率化を図るとともに、積極的に外部機関等における研究開発の発展に貢献することとしている。

また、地域における産業競争力の強化、新規産業の創出に貢献するため、地域の産業界、大学、地方公共団体等と連携を図りつつ、研究活動の地域展開を図る。

なお、研究課題の適切な選択および重点化を行うために、科学技術基本計画（閣議決定、2001年3月）、総合科学技術会議（2001年1月発足）等に沿った重点研究課題を選び出し、研究資源の集中投資により研究開発を効果的に進めるなど、戦略的に企画している。また、研究課題の評価を定期的に行い、外部ニーズ等の的確な反映により研究展開の柔軟性を保つことに留意している。

さらに、ミッション遂行に最適な研究体制の構築のために、研究組織については定期的に評価を行い、その結果に基づき、必要に応じて再編・改廃などの措置を講じ、機動的、柔軟かつ効果的な組織形態を維持することとしている。

そのため、社会的要請や科学技術の進展の把握に努め、常に研究所としての位置づけを確認しつつ、様々な観点から自ら行う研究の方向性、それまでに得られた研究成果等を評価し、その結果を研究資源配分に反映させる等、研究組織間の競争的環境を整備し、研究開発業務の向上に努める。併せて業務効率化の観点から、研究関連部門等の業務内容の妥当性を点検し無駄のない業務運営を行うこととする。

組 織：

産総研は、理事長の指揮の下、研究実施部門（研究ユニット）と研究関連・管理部門とが配置された、フラットな組織構造を有する。研究ユニットとしては、時限的・集中的に重要テーマに取り組む「研究センター」、中長期戦略に基づき継続的テーマに取り組む「研究部門」、研究センター化を目指し分野融合性の高いテーマ等に機動的・時限的に取り組む「研究ラボ」、大規模な産業・研究集積を活用しつつ分野融合的な新しい研究展開を図る実験的な組織である「研究系」がある。

また、理事長直属部門として、「企画本部」、「業務推進本部」、「評価部」、「環境安全管理部」、「監査室」が、研究関連部門として、「技術情報部門」、「産学官連携部門」、「成果普及部門」、「国際部門」が、管理部門として「業務推進部門」、「能力開発部門」、「財務会計部門」、「研究環境整備部門」がある。

他に、世界屈指の先端的情報資源を有し実証的研究開発を行うと同時に産総研所全体の情報基盤の高度化に資する「先端情報計算センター」、特許庁指定の寄託機関でありブダペスト条約に基づく国際寄託機関である「特許生物寄託センター」、公的研究機関の技術シーズをもとにしたベンチャーを創出する戦略及びシステムの研究等に係る業務を行う「ベンチャー開発戦略研究センター」（平成14年10月設置）などがある。

平成15年3月31日現在、常勤役員12名、常勤研究職員2,416名、常勤事務職員729名の合計3,157名である。

総説

沿革：

平成13年1月6日 中央省庁再編に伴い、「通商産業省」が「経済産業省」に改組した。これにより、工業技術院本院各部課は、本省内部部局に整備統合され、傘下の15研究所と本院の一部が「産業技術総合研究所」に改組され、経済産業省の施設等機関となった。

また、計量教習所は、従前と同じく施設等機関として経済産業省に置かれた。

平成13年4月1日 独立行政法人化に伴い、経済産業省の施設等機関である「産業技術総合研究所」と「計量教習所」が統合され、「独立行政法人 産業技術総合研究所」が発足した。同時に、内部組織を大幅に見直し、旧研究所の枠を外して、分野を同じくする研究組織を統合・分割して、54の研究ユニットに再編すると同時に、各研究所に分かれていた研究支援部門を統合して業務の効率化を図った。

産業技術総合研究所の業務の根拠法：

- ① 独立行政法人通則法 (平成11年7月16日法律第103号)
(最終改正：平成14年7月31日 (平成14年法律第98号))
- ② 独立行政法人産業技術総合研究所法 (平成11年12月22日法律第203号)
- ③ 独立行政法人通則法等の施行に伴う関係政令の整備及び経過措置に関する政令
(平成12年6月7日政令第326号)
- ④ 独立行政法人産業技術総合研究所の業務運営並びに財務及び会計に関する省令
(平成13年3月29日経済産業省令第108号)

主務大臣：

経済産業大臣

主管課：

経済産業省産業技術環境局技術振興課

産業技術総合研究所の事業所の所在地 (平成15年3月31日現在)：

- | | | |
|-------------|-----------|-----------------------------|
| ① 東京本部 | 〒100-8921 | 東京都千代田区霞ヶ関1-3-1 |
| ② 北海道センター | 〒062-8517 | 北海道札幌市豊平区月寒東2条17-2-1 |
| ③ 東北センター | 〒983-8551 | 宮城県仙台市宮城野区苦竹4-2-1 |
| ④ つくばセンター | 〒305-8561 | 茨城県つくば市東1-1-1 (代表) |
| ⑤ 臨海副都心センター | 〒135-0064 | 東京都江東区青海2-41-6 |
| ⑥ 中部センター | 〒463-8560 | 愛知県名古屋市守山区大字下志段味字穴ヶ洞2266-98 |
| ⑦ 関西センター | 〒563-8577 | 大阪府池田市緑丘1-8-31 |
| ⑧ 中国センター | 〒737-0197 | 広島県呉市広末広2-2-2 |
| ⑨ 四国センター | 〒761-0395 | 香川県高松市林町2217-14 |
| ⑩ 九州センター | 〒841-0052 | 佐賀県鳥栖市宿町807-1 |

2. 動 向

産総研の分野別年間研究動向の要約

ライフサイエンス分野

1) 分野戦略の策定

ライフサイエンス分野の研究は、超高齢化社会における生活の質（QOL）の向上、また循環型社会実現のための産業を育成するために必要不可欠なものであり、第二次科学技術基本計画（H13-17）の重点4分野の一つに位置づけられている。本分野の第一期中間目標は「高齢化社会における安心・安全で質の高い生活の実現」とし、バイオテクノロジー分野及び医工学・福祉分野において先端的研究、科学基盤的研究を推進している。

平成14年8月、ライフサイエンス分野戦略検討チームは、第一次報告として「産総研ライフサイエンス分野の特徴を活かした推進戦略」を提言した。第一に、上記目標をさらに具体化した国民的目標として「活力ある長寿社会の実現」及び「持続可能な循環型社会の実現」の二大目標を明確にした。第二に、産総研ライフサイエンス分野が取り組むべき重点課題を設定し、各研究ユニットのポテンシャルを結集している。第三に、産総研ライフサイエンス分野の推進戦略として、下記の6項目を策定し実践している。

- ① 研究対象・応用範囲の多様性を活かした連携研究の推進
- ② 総合研究所の優位性を活かした異分野融合研究の推進
- ③ 先端的研究と産業応用を車の両輪とする研究運営
- ④ 産総研ベンチャーの半数をライフサイエンス分野から創業
- ⑤ 攻めの産学官連携の推進
- ⑥ 人材養成への貢献

2) 成果トピックス

次に、平成14年度の成果トピックスを重点課題に添って紹介する。

- ① ポストゲノム研究
 - ・糖鎖工学：ヒト糖鎖合成関連遺伝子ライブラリーの構築
 - ・バイオインフォマティクス：タンパク質構造予測及び機能予測の研究開発、タンパク質相互作用解析のためのハイスループット化に成功
 - ・RNA工学：siRNA 発現ベクターの世界に先駆けた構築
- ② 先進バイオペロセス：生物遺伝子資源の探索・解析に関する研究
- ③ ナノバイオ：毒素検知チップの開発、化学物質の出入りが自由自在なカプセル材料の開発に成功、携帯型ダイオキシン測定装置の開発
- ④ 再生医工学：軟骨再生細胞の供給システムを世界で始めて完成
- ⑤ 加齢工学：年齢軸遺伝子調節機構の機能性普遍性の証明
- ⑥ 脳型コンピューティング：前頭葉内の、報酬への期待に比例して反応する神経細胞
- ⑦ 知的基盤整備：高齢者・障害者配慮設計指針に関する ISO、JIS 等規格作成貢献

3) 融合的共同研究の実施

平成14年度の特筆すべき研究動向は、研究ユニット間で共同研究を組む「融合的共同研究制度」の発足である。各分野担当の研究コーディネータが協議して、分野間融合13課題、分野内融合11課題を選定した。ライフサイエンス分野関連では次の6課題に取り組んだ。

(分野間融合課題)

- ・ナノバイオテクノロジー推進のための微小マシン機能素子の開発（ナノテクノロジー分野との融合）
- ・AIST グリッド（情報通信分野との融合）
- ・化学物質リスク評価のための DNA チップ及びデータベースの作成（環境分野との融合）
- ・海洋生態系機能の利活用技術の開発に関する研究（地質・海洋分野、環境分野との融合）

(分野内融合課題)

- ・健康で生産的高齢化社会の創出—循環器病発症の予防と QOL の維持
- ・バイオインフォマティクスによる糖転移酵素タンパク質遺伝子の発見

情報通信分野

情報通信分野においては、ITによる人間の知的能力拡大とデジタルデバイドなどの情報化社会がもたらす諸問題を解決するための技術開発により、持続的発展が可能な社会の実現を目指している。今年度策定した分野研究戦略に基づき、高速・大容量情報ライフラインの構築、セキュリティや信頼性を高めるディペンダブルな情報技術の開発、人間の

知的能力を支援する知能ブースターの開発、高性能コンピューティングを利用した異分野技術の開拓の4つを重点研究課題として設定した。

当分野の研究組織は、異分野融合領域も含めると、5つの研究センター（次世代半導体、パワーエレクトロニクス、グリッド、サイバーアシスト、生命情報科学）、6つの研究部門（情報処理、知能システム、エレクトロニクス、光技術、脳神経情報、計算科学）、3つの研究ラボ（デジタルヒューマン、次世代光工学、ライフエレクトロニクス）で構成されている。

平成14年度の主な研究動向は以下の通りである。次世代半導体研究センターでは次世代の極微細トランジスタ実現に向けた高誘電率ゲート絶縁膜の界面層形成技術、プラズマ重合法と塗布法による低誘電率絶縁膜材料およびその成膜技術、遺伝的アルゴリズムに基づくシステムアーキテクチャ技術を開発している。エレクトロニクス研究部門では、従来デバイスを凌駕する新デバイス実現に向けた新型高性能トンネル磁気抵抗素子の開発、スピン偏極共鳴トンネル効果の発見、1Tr型FeRAM（強誘電体メモリ）の開発を行っている。また、光技術研究部門における半導体ナノ粒子分散ガラスによる高輝度蛍光体の開発、光制御で光路を切り替える光スイッチの試作、二酸化チタンを用いた光ナノ（フォトリソグラフィ）構造の形成、次世代光工学研究ラボにおける3次元銀ナノ粒子集合体の光ディスク上への均一成膜作成など、光を利用したデバイス・ストレージ技術の開発が進展している。

基盤ソフトウェア技術に関しては、情報処理研究部門における多言語情報処理ライブラリや分散オブジェクト技術HORBの開発、グリッド研究センターにおけるグリッドミドルウェアの開発、システム検証研究ラボにおける組込ソフトウェアのモデル検査手法の開発において大きな成果があがっている。また、サイバーアシスト研究センターにおける無電源情報端末CoBIT、デジタルヒューマン研究ラボにおける超音波位置検出システム、知能システム部門におけるウェアラブルビジョン端末などの、ユビキタス情報処理技術の開発も積極的に推進している。さらに、知能システム研究部門におけるヒューマノイドロボットHRP-2の開発や、脳神経情報部門における前頭葉内の報酬への期待に関連する細胞の発見、ライフエレクトロニクス研究ラボにおけるfMRIによる高次脳機能分析法の開発など、情報技術と他分野技術との融合に向けた研究開発を進めている。

ナノテクノロジー・材料・製造分野

産総研の研究開発指針となる3つの柱は、①先端的研究による産業国際競争力の強化への貢献、②行政ニーズに対応して、あるいは将来の行政ニーズを予見して実施する必要のある長期的政策推進のための安全・安心で快適な生活の実現、中立性が必要な技術の推進、③科学や産業を支える工業標準・分析・データベース技術の確立、である。当該分野では、これらの3指針の実現化に向けて平成14年度は概略以下の3つの戦略を立てて研究の進捗を図っている。

戦略1. 分野融合・先端研究による新産業分野の先導

戦略2. 産総研発ナノテク・材料を世界標準に

戦略3. 産総研の当該分野を世界のハブに

当該分野の先端研究の代表的例を以下に示す。産業国際競争力の強化への貢献に向けたものとしては、ナノチューブ技術、強相関電子技術、シナジーマテリアル、ナノシミュレーション、MEMS、液晶技術、ダイヤモンド技術、分子素子、ナノバイオロジー、ナノ環境技術等を上げることができる。また同じく環境に配慮した社会への貢献では、省エネルギー製造技術、光触媒技術、リサイクル技術、スマートストラクチャー技術、軽量金属、生分解性プラスチック、DLC 技術等を上げることができる。一方、科学的基盤の構築に関わる課題としては、工業材料標準の推進、ナノプロセス・パートナーシップ・プログラム、ものづくりデータベースの確立等が代表的なものである。

当該分野では積極的に産業界と連携して研究開発を実施している。それらの代表的なものとしてNEDOプロジェクトがある。ナノテクノロジープログラムでは精密高分子技術、ナノメタル技術、ナノコーティング技術、ナノカーボン技術、ナノレベル電子セラミックス材料低温形成・集積化技術プロジェクト等が、また、革新的部材産業創出プログラムにおいては高機能高精度省エネ加工型金属材料（金属ガラス）形成加工技術プロジェクト、精密部材成形用材料創製・加工プロセス技術プロジェクトやシナジーセラミックスプロジェクト等が実施されている。

当該分野は14年度末において8研究センター（強相関電子技術研究センター、マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター、ものづくり先端技術研究センター、高分子基盤技術研究センター、新炭素系材料開発研究センター、シナジーマテリアル研究センター、スマートストラクチャー研究センター、界面ナノアーキテクニクス研究センター）、6研究部門（物質プロセス研究部門、セラミックス研究部門、基礎素材研究部門、機械システム研究部門、ナノテクノロジー研究部門、計算科学研究部門）、及び2研究ラボ（純度制御材料研究ラボ、微小重力環境利用研究ラボ）の計16研究ユニットで構成されている。これらの研究ユニットのなでいくつかの研究部門は新規ユニットの創出に大きく貢献している。例えば、他研究分野での研究センター・ラボの設置となっているが、爆発安全研究センター、メンブレン化学研究ラボ、単一分子生体ナノ計測研究ラボ、マイクロ空間化学研究ラボの設置に大きな役割を果たした。

環境・エネルギー分野

産総研では環境・エネルギー分野を重点分野と位置づけ、安心・安全な環境、資源循環システム、環境と調和した新しいエネルギー需給システムからなる「持続・共生が可能な循環型社会」を構築することを分野共通の社会的目標と定めている。

そのための対策は以下の通りである：

- (1) 地域環境対策
- (2) 3R（リデュース、リユース、リサイクル）促進
- (3) 地球温暖化対策
- (4) エネルギー安定供給

産総研では、これらの対策を進めるための研究開発の目標を「環境効率最大化」としている。ある技術を適用してある便益（電力、熱、化学製品等）を得るには、ほとんどの場合何らかの環境負荷（CO₂排出、有害化学物質排出、騒音等）を与えることになる。環境効率はこれらの便益を環境負荷で割った値である。環境効率を最大化するには、ある技術を適用する場合、システム全体を様々な観点から評価しなければならない。

環境・エネルギーシステム評価はこのように極めて複雑なため、新たな評価手法が求められている。産総研ではこのような「システム評価技術」を環境・エネルギー研究の重点課題の一つとして推進している。評価技術に関わる研究は、評価手法の研究とその応用からなり、通常の研究論文の発表に留まらず、手法の普及、政策提言、リスク評価書の作成等を行っている。

環境・エネルギー分野は、8研究センター（化学物質リスク管理研究センター、フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター、ライフサイクルアセスメント研究センター、パワーエレクトロニクス研究センター、光反応制御研究センター、超臨界流体研究センター、爆発安全研究センター、技術と社会研究センター）、4研究部門（エネルギー利用研究部門、電力エネルギー研究部門、環境管理研究部門、環境調和技術研究部門）、1研究系（生活環境系特別研究体）、2研究ラボ（薄膜シリコン系太陽電池研究開発ラボ、メンブレン化学研究ラボ）を中心に研究開発を行っている。爆発安全研究センターと技術と社会研究センターは平成14年度に新たに設立された。平成15年4月には循環バイオマス研究ラボが発足することになっている。このほか材料系および情報通信系の研究ユニットにおいても省エネルギー・物質循環に関わる研究開発を実施している。

具体的な重要技術課題は以下の通りである：

- (1) 化学物質安全管理技術（化学物質の暴露評価手法の開発、リスク管理のための総合解析手法の開発等）
- (2) 地域環境対策技術（土壌汚染対策技術等）
- (3) 資源循環・廃棄物対策技術
- (4) 低環境負荷型化学プロセス技術
- (5) オゾン層破壊・地球温暖化対策技術（温暖化影響評価、フッ素化合物等の温暖化物質低減、二酸化炭素回収・貯留等）
- (6) 再生可能エネルギー（太陽エネルギー、バイオマス等）
- (7) 燃料電池・水素エネルギー
- (8) エネルギーシステムの高効率化・分散化（電力貯蔵、超低損失電力素子等）
- (9) エネルギー源のクリーン化・多様化（石炭高度利用、スーパークリーン燃料、メタンハイドレート等）、
- (10) 環境・エネルギーシステムの社会的・経済的評価・分析（エネルギーシステム分析、LCA等）

これらの研究は、主に経済産業省およびNEDO、環境省、文部科学省等からの委託費によって行っている。長期的視点を持ちつつ早期実用化を目指したシナリオドリブンの研究開発を基本としているが、新たな環境・エネルギー技術を産み出すための先導的研究も運営費交付金等により実施している。

社会基盤（地質）・海洋分野

社会基盤（地質）・海洋分野は、社会基盤、フロンティア分野から、エネルギー・環境分野にまたがる幅広い領域をカバーし、産業技術総合研究所が優位性をもって取り組むことができる分野である。

平成12年12月に閣議決定された「経済構造の変革と創造のための行動計画」において、地質情報は国が整備すべき知的基盤の重点分野に取り上げられた。これを受けて平成13年6月の産業構造審議会産業技術分科会・日本工業標準調査会合同会議的基盤整備特別委員会で、産総研地質調査総合センターは2010年を目途に世界最高水準の地質情報整備を推進することが要請され、平成14年8月の同委員会では整備目標の見直しが行われた。

研究コーディネータを調整役とする地質・海洋関連研究ユニット（深部地質環境研究センター、活断層研究センター、地球科学情報研究部門、地圏資源環境研究部門、海洋資源環境研究部門）、同関連部署（成果普及部門地質調査情報部、

同地質標本館、国際部門国際地質協力室)等から構成される地質調査総合センター(Geological Survey of Japan, AIST)は、我が国唯一の「地質の調査」に関する総合的調査研究機関として、CCOP(東・東南アジア地球科学計画調整委員会)等の国際機関や世界地質調査所会議(ICOGS)、万国地質図会議(CGMW)等に対して我が国を代表する責務を負っている。

社会基盤(地質)・海洋分野では、持続的で安全・安心な社会の実現に向けて、陸域及び海域における「地質の調査」を通じて様々な国土地質情報を整備するとともに、その応用としての地震・火山災害等の国土の安全に係る研究、高レベル放射性廃棄物地層処分や地圏・水圏等における環境保全に係る研究、エネルギー・資源の安定供給に係る研究等を実施している。

社会基盤(地質)・海洋分野の重点課題

1. 国土基本情報としての高度な地質情報の着実な整備

最新の地球科学的知識に基づき、1/5万(陸域)地質図幅、1/20万(陸域・海域)地質図、各種地球科学データベース等の地球科学基本図の網羅的・系統的な整備を行い、知的基盤として整備・公表する。また、火山関連図、地震関連図等の各種地球科学主題図、及び関連各種データベースの整備を実施している。

地質情報を高度利用するために、網羅的・系統的に整備された地質図・地球科学図等を標準化・数値化・統合化し、付加価値の高いデータベースを構築する。平成14年7月には、日本工業標準調査会の審議を経てJIS A 0204「地質図、記号、色、模様、用語及び凡例表示」を発行した。地質メタデータ整備の一環として、日本地質文献DB(GEOLIS)、日本・世界地質図索引図DB、地層名検索DBなどの構築・更新を行い、所内外から広く利用されている。

2. 火山災害、地震災害等の国土の安全に係る研究

国土の安全を目指した自然災害に関する研究では、地震及び火山に関する研究を重点的に実施している。日本の地震・火山に関する研究については、災害軽減のための国の各施策(地震調査研究総合基本施策、地震予知計画、火山噴火予知計画等)に基づいて、関連機関が相互に連携を取りつつ分担・実施する体制が取られており、産総研では陸域及び海域の主要活断層調査、地震地下水の観測、活断層・平野地下構造データベースの整備、短期的・長期的火山噴火予知・予測の研究の他、地震発生及び火山噴火メカニズム等の基礎的研究を実施している。また、産総研内においては、三宅島火山噴火緊急対策本部(総本部長:副理事長)に見られるように、ユニット間の連携に基づく機動的な対応を心がけている。

3. 高レベル放射性廃棄物地層処分、地圏・水圏の環境保全等に係る研究

1) 深部地質環境の研究

地層処分の安全性評価に資するため、行政対応課題から基礎的課題まで幅広い研究を実施している。産総研は、安全規制する当局への技術支援の役割と事業に対するピアレビューの2つの役割をもっている。前者では高レベル放射性廃棄物地層処分に係る地質現象の長期変動と、天然バリア領域の隔離性能をテーマにして、最新の科学的知見と最先端の調査・解析技術を駆使して総合的・体系的に実施しており、後者では、海岸部地下水挙動や深部岩盤の応力測定など、深部環境知見の収集、高精度の地下水センサーや高分解能の物理探査技術など調査手法の開発等の処分場概念にかかわる調査を実施している。

2) 地圏・水圏環境に係る研究

社会基盤(地質)・海洋分野で実施している環境研究は、「地球科学が取り組んでいる過去から現在の地球、あるいはその一部としての地域の場の時間的変遷と場の特性、自然のプロセスの理解の上に立っての環境問題解決の方向性追求」という特徴がある。本分野では、地質学、地球化学、地球物理学等の地球科学的手法を駆使し、人間活動が陸域・海域に及ぼす環境影響問題に対して、土壌・地質汚染、沿岸域の物質循環・生態系と環境評価・修復技術、温暖化等地球規模環境変動の要となる炭素循環研究、地圏・水圏環境にかかわる知的基盤情報の整備・提供等の研究を実施している。

4. エネルギー・資源の安定供給に係る研究

国際的な資源流通経済は長期的に安定している保障はなく、常に資源ショックの危険性が潜在している。このような資源問題に対処することを基本に、地圏及び海洋に賦存する様々な資源に関する研究や技術開発を行っている。具体的には、国土及び経済水域におけるガスハイドレート等の未利用資源の開発研究、資源産出国に対する鉱物資源開発海外協力、資源・エネルギーに関する知的基盤情報の整備・提供等の研究を実施している。

5. 異分野融合研究の推進

異分野融合研究の目的は、従来の研究手法では解決困難な課題に対して、他分野との融合により問題解決をはかり、社会の要請に応えることである。社会基盤（地質）・海洋分野は、地球を対象とした異分野融合研究を積極的に取り組むことにより、地球が抱える諸問題解決の一翼を担うことができる。平成14年度には、環境分野との「土壌汚染調査・評価・管理手法の開発」、環境・ライフサイエンス分野との「海洋生態系機能の利活用技術の開発」の2課題を分野間融合研究として実施した。

6. 研究支援部門の活動

社会基盤（地質）・海洋分野では、国の知的基盤として組織的・体系的に整備した様々な地質情報の国内外への発信と普及、及び世界の地質調査関連機関との連携のために、成果普及部門地質調査情報部、同地質標本館、国際部門国際地質協力室が、研究ユニットの活動を支援する業務を実施している。

社会基盤（標準）分野

計量標準と計測技術及びその標準化はあらゆる科学技術活動、生産、サービス、社会生活において最も基本となる技術基盤であり、国が一元的、組織的、効率的に提供することが要請されている。産業界、規制当局、消費者等が客観的・科学的な根拠に基づいて適正な試験データを取得できるように、計量標準、標準物質、計測技術の基盤を整備することを目的とする。その効果としては主として次の3点が期待されている。①試験データが国際的に認知されて、技術的障壁のない自由な国際通商が促進され、また我が国の基準認証制度が円滑に運用されること。②我が国オリジナルでレベルの高い製品や技術が適正に評価されて、国内外の市場で円滑に受け入れられること。③汚染や変動の度合いが正しく認識されて環境が適切に保全され、また医療検査の妥当性や食品等の安全性が適正に認識されて国民の安心・安全を高めること。

組織としては、極微プロファイル計測研究ラボが平成14年4月に設立され、計測標準研究部門とともに標準分野に所属したことにより、分野としては計量標準だけでなく計測技術とその標準化も含めて所掌した。

計量標準に関しては新たに標準供給を開始する物理標準、標準物質について標準供給委員会を開催運営し、供給体制の整備推進を行った。また当初第一中期期間に新たに158種類の計量標準・標準物質の供給を開始する目標を掲げていたところ、産業界からの早期供給開始の強い要請、知的基盤整備特別委員会からの前倒しの供給開始の要請、これを受けて産総研として研究資源の重点配分・早期供給努力を行ったことにより、第一期の数値目標を上方修正して新たに200種類の供給を行う目標を掲げた。

平成14年度の実績としては、物理標準約20件及び標準物質約30件の供給を開始した。また特定二次標準器の校正は約100件、依頼試験は約150件、基準器検査は約2000件、型式承認は約50件を行った。同時に国家計量標準の相互承認のために国際比較を進め、また国際基準に準拠して標準供給のための品質システムの整備を進めた。また世界最高精度の石油流量校正施設が本格始動して、国家流量標準施設の開所式を行った。国際関係ではメートル条約と国際法定計量条約における活動で我が国の責務を果たすと同時に、我が国やアジア各国の計量技術者に対し教習の機会を提供した。

研究面では、周波数安定度が非常に高いヨウ素安定化 Nd:YAG レーザの実現、シアン化物イオンの正確な定量法の開発、新しい角度標準の確立と世界初の角度トレーサビリティの構築、物質データ共有ネットワークを目指した分散型熱物性データベースの開発、断熱型熱量計を用いた高純度有機認証標準物質の開発、超高濃度オゾンによる高品位シリコン酸化膜の低温合成の実現、インピーダンス計測の高度化のための熔融石英型標準キャパシタの周波数特性の測定、新しい酸化プロセスの展開による超高濃度オゾン発生装置開発と製品化、信頼性の高い力学系計測標準を目指した重力加速度の精密測定、気体質量の精密測定による高精度標準混合ガス調製装置の開発等で成果を得た。

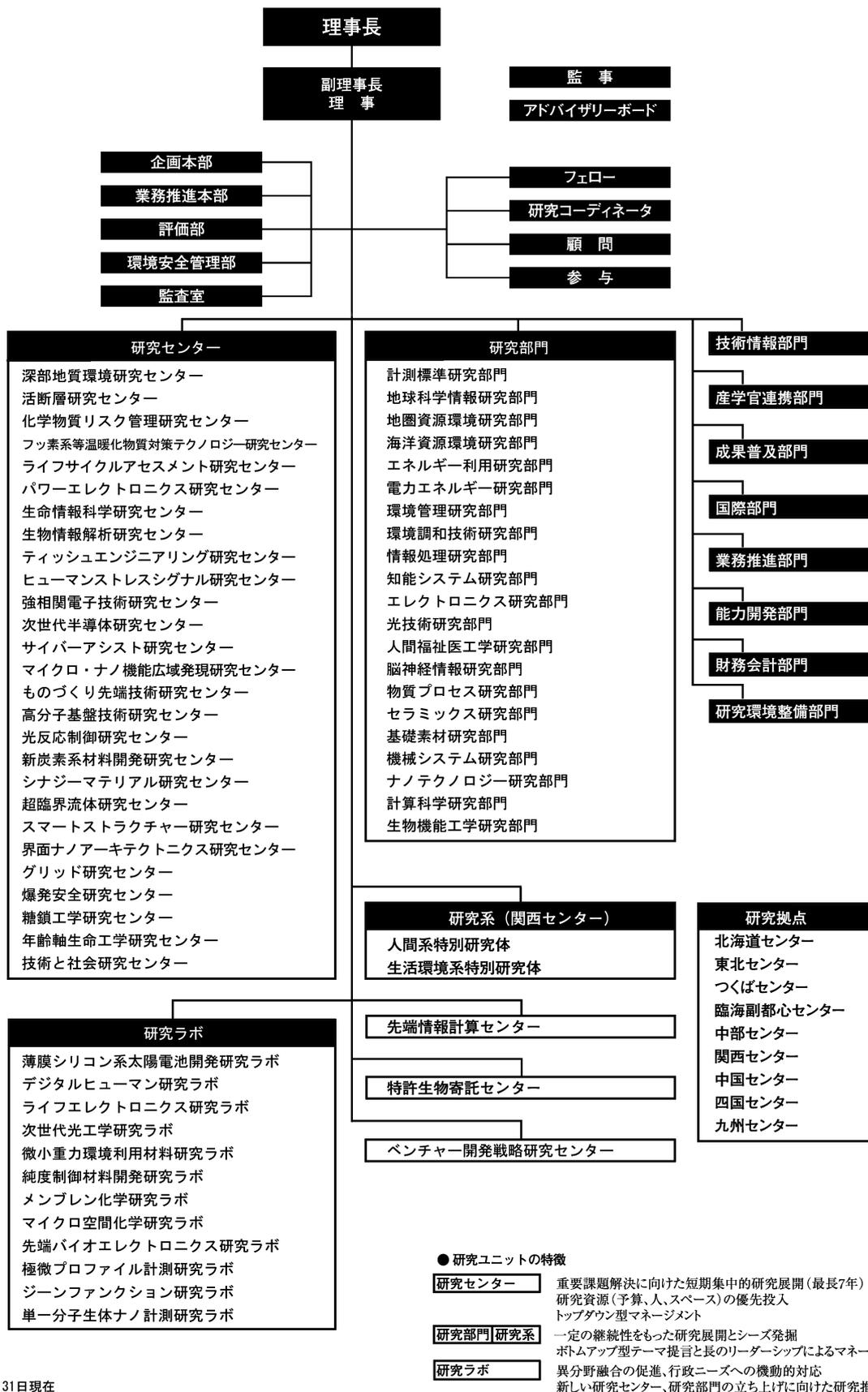
他分野との間の融合研究として、非自動秤組込ソフトウェア照合技術、非酸化物系ファインセラミックス化学分析用標準物質の開発、次世代電圧標準システムの基礎技術開発、新規代替物質の熱物性計測とデータベース開発、高濃度オゾンによる炭化ケイ素の酸化とデバイス特性評価を開始した。

3. 幹部名簿

役 職	氏 名	任 期	就任年月日
理事長	吉川 弘之	2年	平成13年4月1日
副理事長・つくばセンター所長	平石 次郎	2年	平成13年4月1日
理事	今井 秀孝	2年	平成13年4月1日
理事	大箸 信一	2年	平成13年4月1日
理事・企画本部長	吉海 正憲	7月	平成14年9月1日
理事	田中 一宜	2年	平成13年4月1日
理事	丹羽 吉夫	2年	平成13年4月1日
理事（非常勤）	池上 徹彦	2年	平成13年4月1日
理事・臨海副都心センター所長	曾我 直弘	2年	平成13年4月1日
理事	鹿島幾三郎	2年	平成13年4月1日
理事・中部センター所長	榎本 祐嗣	2年	平成13年4月1日
理事・関西センター所長	諏訪 基	2年	平成13年4月1日
監事	與田 正尚	2年	平成13年4月1日
監事（非常勤）	小野田 武	2年	平成13年4月1日

（平成15年3月31日現在）

4. 組織図



2003年3月31日現在

独立行政法人産業技術総合研究所の組織図（平成14年3月31日現在）

5. 組織編成

年月日	組織規程	組織規則	組織細則
平成14年4月1日	九州センターに福岡市の施設追加。 国際部門に研究セキュリティ管理業務を追加。 つくば第3事業所の管轄区域から旧計量教習所の管理区域を削除。	グリーンプロセス研究ラボを廃止 メンブレン化学研究ラボを設置 マイクロ空間化学研究ラボを設置 先端バイオエレクトロニクス研究ラボを設置 極微プロファイル計測研究ラボを設置 国際部門に研究セキュリティ管理部を設置	深部地質環境研究センターに化学反応チームを設置 化学物質リスク管理研究センターの新規物質チーム及びリスク評価・管理研究グループを廃止し、水圏生態リスク評価チーム、リスク解析研究チーム及びリスク管理戦略研究チームを設置 生物情報解析研究センターの構造ゲノム解析チーム及び蛋白質発現チームを廃止し、高次構造解析チーム、つくば高次構造解析チーム、つくば分子認識解析チーム、構造情報解析チーム、つくば機能構造解析チーム、プロテオーム発現チーム、蛋白質ネットワーク解析チーム、細胞ゲノム解析チーム及び遺伝子多様性チームを設置 強相関電子技術研究センターの強相関スピン計測チームを廃止 サイバーアシスト研究センターのパーソナルエージェント研究チームを廃止し、インタフェース研究チームを設置 超臨界流体研究センターにプロセスチームを設置 界面ナノアーキテクニクス研究センターの高軸比ナノ構造制御チームを廃止 計測標準研究部門の電磁気計測科電磁気標準研究室を廃止し、電気標準第1研究室及び電気標準第2研究室を設置 電磁波計測科の高周波標準研究室及び電磁界標準研究室を廃止し、高周波電磁界標準研究室、レーザ標準研究室及び光放射標準研究室を設置 量子放射科の光放射標準研究室を廃止 環境管理研究部門の環境材料研究グループ及び超臨界グループを廃止し、高圧流体プロセスグループ、グリーンケミストリーグループを設置 情報処理研究部門のグローバル情報技術グループ及びハイエンド情報技術グループを廃止し、グローバル IT セキュリティグループを設置 エレクトロニクス研究部門にエレクトロインフォマティクスグループを設置 光技術研究部門の錯体光学材料グループ、薄膜ナノプロセスグループ及び高輝度量子放射源グループを廃止し、有機半導体デバイスグ

			<p>ループを設置</p> <p>生物遺伝子資源研究部門にバイオセンシング技術研究グループを設置</p> <p>分子細胞工学研究部門のバイオセンサグループを廃止し、細胞認識グループを設置</p> <p>基礎素材研究部門の難燃性マグネシウム合金プロセス研究グループ、高信頼性表面処理研究グループ、低環境負荷プロセス研究グループ、機能集積マイクロ化システム研究グループ及び分離機能複合化材料技術研究グループを廃止し、環境浄化複合材料研究グループを設置</p> <p>機械システム研究部門の安全信頼性研究グループを廃止</p> <p>ナノテクノロジー研究部門のナノダイナミクス研究グループを廃止</p> <p>ダイヤモンド膜研磨技術連携研究体、九州鉱山保安連携研究体及び二酸化炭素再資源化連携研究体廃止し、機能性ペプチド連携研究体及び高効率球状微粒子発光体連携研究体を設置</p> <p>九州センターに福岡サイトを設置</p>
平成14年4月15日		爆発安全研究センターを設置	<p>爆発安全研究センター設置に伴い、爆発衝撃研究チーム、高エネルギー物質研究チーム、気相爆発研究チーム及び爆発利用環境安全研究チームを設置</p> <p>物質プロセス研究部門の爆発研究グループを廃止</p>
平成14年5月1日			活断層研究センターに活断層情報研究チームを設置
平成14年5月15日			<p>エネルギー利用研究部門に流動層技術研究グループを設置</p> <p>環境調和技術研究部門に触媒解析グループを設置</p> <p>情報処理研究部門に情報科学研究グループを設置</p> <p>物質プロセス研究部門の機能性無機物質化学グループ、ポーラス材料グループ及び材料システムグループを廃止し、機能集積材料グループを設置</p> <p>北海道鉱山保安連携研究体、流動層技術連携研究体、石炭灰利用連携研究体、生物資源高度利用連携研究体、無機繊維表面加工連携研究体、拡散接合技術連携研究体を廃止</p>
平成14年6月1日		糖鎖工学研究センターを設置	<p>糖鎖工学研究センター設置に伴い糖鎖生合成チーム、糖鎖遺伝子機能解析チーム、細胞制御解析チーム、遺伝子ダイナミクスチーム、遺伝子応用技術チーム、糖鎖構造解析チーム及び糖鎖自動合成チー</p>

総 説

			ムを設置 分子細胞工学研究部門の遺伝子機能解析グループ、遺伝子ダイナミクスグループ及び細胞認識グループを廃止
平成14年7月1日		企画本部の情報公開準備室を廃止し、情報公開推進室を設置 ジーンディスカバリー研究センター廃止 年齢軸生命工学研究センター設置 ジーンファンクション研究ラボ設置	ジーンディスカバリー研究センター廃止に伴いジーンディスカバリーチーム、セルレギュレーションチーム、遺伝子機能ネットワークチーム、エイジングコントロールチーム、遺伝子導入チーム、細胞運動解析チーム及び構造解析チームを廃止 年齢軸生命工学研究センター設置に伴い、セルレギュレーションチーム、エージディメンジョンチームを設置 脳神経情報研究部門の応用数理研究グループ及び認知工学研究グループを廃止し、脳情報工学研究グループを設置
平成14年7月15日			知能システム研究部門のヒューマンセンタードビジョン研究グループ、人間共存システム研究グループ、フィールドロボティクス研究グループ、音声聴覚情報研究グループ及び推論・学習研究グループを廃止し、知的インタフェース研究グループ、フィールドシステム研究グループを設置
平成14年8月15日			ナノテクノロジー研究部門に先進ナノ構造グループを設置
平成14年9月1日		生物遺伝子資源研究部門を廃止 分子細胞工学研究部門を廃止 生物機能工学研究部門を設置 先端情報計算センターに運営委員会を設置可能とするよう改正	シナジーマテリアル研究センターの共生材料評価・標準チームを廃止 生物遺伝子資源研究部門の廃止に伴い、生物資源情報基盤研究グループ、分子生態解析研究グループ、酵素開発研究グループ、生理活性物質開発研究グループ、高機能物質開発研究グループ、複合微生物系解析・利用研究グループ、環境保全型物質開発・評価研究グループ、遺伝子資源解析研究グループ、分子環境適応研究グループ、生体物質設計研究グループ、遺伝子発現工学研究グループ、生物資源高度利用研究グループ、ナノバイオテクノロジー研究グループ、マイクロ生物化学工学研究グループ及びバイオセンシング技術研究グループを廃止 分子細胞工学研究部門の廃止に伴い遺伝子機能制御グループ、機能性核酸グループ、生物時計グループ、蛋白質デザイングループ、蛋白質構造形成グループ及び分子認識グループを廃止 生物機能工学研究部門の設置に伴

産業技術総合研究所

			い生物資源情報基盤研究グループ、分子生態解析研究グループ、酵素開発研究グループ、生理活性物質開発研究グループ、環境保全型物質開発・評価研究グループ、遺伝子資源解析研究グループ、分子環境適応研究グループ、遺伝子発現工学研究グループ、生物資源高度利用研究グループ、ナノバイオテクノロジー研究グループ、マイクロ生物化学工学研究グループ、バイオセンシング技術研究グループ、脂質工学研究グループ、複合微生物研究グループ、蛋白質構造研究グループ、遺伝子機能制御研究グループ、機能性核酸研究グループ、生物時計研究グループ、分子認識研究グループ、蛋白質デザイン研究グループ及び蛋白質ダイナミクス研究グループを設置
平成14年9月15日			物質プロセス研究部門に微小重力科学グループを設置
平成14年10月1日		技術と社会研究センター設置 単一分子生体ナノ計測研究ラボ設置	新炭素系材料開発研究センターのナノスペースチーム、ハイブリッドチーム、極限反応チーム、ダイヤモンド半導体チーム、一次元ナノ構造チーム及びトライボマテリアルチームを廃止し、ナノカーボンチーム、ダイヤモンドチーム及び表面機能制御材料チームを設置 地圏資源環境研究部門に地圏環境評価グループを設置 海洋資源環境研究部門のセンシング材料開発研究グループを廃止 新規ポリエステル系生分解性プラスチック連携研究体廃止 スーパーインクジェット連携研究体設置
平成14年10月15日	ベンチャー開発戦略研究センターを設置	ベンチャー開発戦略研究センター設置に伴い、開発戦略企画室、ベンチャー戦略研究室及びベンチャー支援室並びにセンター次長、ディレクター、ビジネスクリエイター、ベンチャープランナー、チーフセクレタリ及び技術開発チーム長を設置 産学官連携部門の企業連携室、大学連携室、地域連携室、連携業務室及びベンチャー支援室を廃止し企業・大学連携室、地域連携室、連携業務第一室及び連携業務第二室を設置	ベンチャー戦略揮発研究センター設置に伴い、東京本部に追加。
平成14年11月1日		独立行政法人評価委員会への対応を評価部から企画本部へ移管	

II. 業 務

Ⅱ．業 務

1. 研 究

産業技術総合研究所は、産業界、学界等との役割分担を図りつつ、【鉱工業の科学技術】、【地質の調査】、【計量の標準】という各研究開発目標を遂行して、産業技術の高度化、新産業の創出及び知的基盤の構築に貢献し、我が国経済の発展、国民生活の向上に寄与する。そのため、各分野における社会的政策的要請等に機動的に対応するために、最新の技術開発動向の把握に努め、重要性の高い研究課題や萌芽的な研究課題の発掘、発信を行うとともに、研究体制の構築等の必要な措置を講じ、研究開発を実施し、産業競争力の強化、新規産業の創出に貢献する。

また、外部意見を取り入れた研究ユニットの評価と運営、競争的研究環境の醸成、優れた業績をあげた個人についての積極的な評価などにより、研究活動の質的向上を担保する。

さらに、研究活動の遂行により得られた成果が、産業界、学界等において、大きな波及効果を及ぼすことを目的として、特許、論文発表を始めとし、研究所の特徴を最大限に発揮できる、様々な方法によって積極的に発信する。同時に、産業界、大学と一体になったプロジェクトなど、産学官の研究資源を最大限に活用できる体制の下での研究活動の展開へ貢献するものとする。

独立行政法人産業技術総合研究所法において産総研のミッションとして掲げられた研究目標は以下の通りである。

1. 鉱工業の科学技術

鉱工業の科学技術の研究開発については、研究課題を科学技術基本計画、国家産業技術戦略、産業技術戦略等に基づき重点化することとし、学界活動を先導して科学技術水準の向上に寄与するか、経済産業省の政策立案・実施に貢献するか、産業界の発展に貢献するか、国民生活の向上に寄与するか等の観点から決定するものとし、また、科学技術の進歩、社会・経済情勢の変化は絶え間ないことから、これら外部要因に基づいて研究課題を柔軟に見直すよう努めるものとする。併せて、新たな産業技術の開拓に資する研究開発課題・研究分野の開拓を目指し、経済産業省、総合科学技術会議等における産業技術に関する戦略等の検討に反映させるものとする。

2. 地質の調査（知的な基盤の整備への対応）

我が国の産業の発展、国民生活の安寧はもとより広く人類の持続的発展に貢献するため、我が国の技術開発及び科学研究に関する基本的な計画の要請に沿って、国土の利用や資源開発・環境保全に必要な不可欠な地質の調査及びこれらに共通的な技術課題について重点的に取り組むものとする。

3. 計量の標準（知的な基盤の整備への対応）

我が国経済活動の国際市場での円滑な発展を担保するため、各種の試験、検査、分析結果の国際同等性を証明する技術的根拠や技術開発・産業化の基盤である計量の標準を整備するとともに、計量法施行業務の適確な実施を確保するものとする。

これらの目的を達成するため、独立行政法人化と同時に、従来の研究所の枠を越えた形での再編成を行い、理事長に直結した形で研究組織を配した。これは、多重構造を排し、研究組織（研究ユニット）長への権限委譲を行うことにより意思決定の迅速化を図り、権限と責任を明確にした組織運営を行うためである。具体的には、研究ユニット内での予算配分、人事、ポストク採用、対外関係（発表、共同研究）についての権限を研究ユニット長に委譲し、研究ユニット長による迅速な意志決定を可能とした。

また、研究組織（研究ユニット）には、一定の広がりを持った研究分野の継続的な課題について研究を進める個別の研究組織（研究部門・研究系）、特に重点的、時限的な研究を実施する個別の研究組織（研究センター）、機動的、融合的な課題を研究する個別の研究組織（研究ラボ）などの適切なユニットを配置している。個々の研究ユニットについては、永続的なものと位置付けず、研究組織の性格の違いを勘案した上で定期的に評価を行い、必要に応じて、再編・改廃等の措置を講ずる。

産総研設立時に22研究部門、23研究センター、7研究ラボなどを設置した。これらの研究ユニット間の連携を図り、効率的かつ機動的な研究を実施している。

産業ニーズを踏まえ機動的な研究を展開するために高速ネットワーク時代に即したグリッド技術へのニーズに対応するための研究センター（グリッド研究センター）を発足（14年1月15日）させるとともに2研究センター、4研究ラボの新設を決定した。また、1研究ラボ（グリーンプロセス研究ラボ）を廃止（14年3月31日）した。

研 究

<凡 例>

研究ユニット名 (English Name)

研究ユニット長：〇〇 〇〇 存続期間：発足日～終了日
副研究部門長：〇〇 〇〇、〇〇 〇〇
総括研究員：〇〇 〇〇、〇〇 〇〇、〇〇 〇〇 他研究ユニット直属研究員数 名
所在地：つくば中央第×、△△センター (主な所在地)
人 員：実効研究員数 (研究職員数) 経費：執行総額 千円 (運営交付金 千円)
概 要：研究目的、研究手段、方法論等

外部資金：

テーマ名 (制度名/提供元)
テーマ名 (制度名/提供元)

発 表：誌上发表 総件数(査読付欧文誌)件、口頭発表 総件数(国際学会)件

〇〇研究グループ (〇〇English Name Research Group)

研究グループ長：氏 名 (所在地)
概 要：研究目的、研究手段、方法論等。平成14年度の研究成果。

××研究グループ (××English Name Research Group)

研究グループ長：氏 名 (所在地)
概要：研究目的、研究手段、方法論等。平成14年度の研究成果。

△△研究グループ (△△English Name Research Group)

研究グループ長：氏 名 (所在地)
概 要：研究目的、研究手段、方法論等。平成14年度の研究成果。

(1) 研究ユニット

1) 研究センター

①【深部地質環境研究センター】

(Research Center for Deep Geological Environments)

(存続期間：2001.4.1～)

研究センター長：小玉喜三郎

副研究センター長：笹田 政克、月村 勝宏

総括研究員：磯部 一洋

所在地：つくば中央第7

人員：58 (32) 名

経費：607,042千円 (153,317千円)

概要：

本研究センターは、産業技術総合研究所の4つのミッションのうち、「地質の調査」を主たる業務とする研究センターの1つです。当センターでは、地質学、地球物理学、地球化学、鉱物学、水文学、火山学、岩石力学、情報地質学等の専門分野の研究者が、高レベル放射性廃棄物の地層処分をはじめとする、地質環境についての研究に総合的にとりくみ、幅広い調査研究を実施しています。

高レベル放射性廃棄物の地層処分については、それぞれの分野の研究者により得られた高精度のデータをベースにして、地震・火山活動等地質現象の長期変動についての将来予測の研究を行うとともに、地下深部に埋設される放射性核種の挙動予測についての研究を実施しています。平成14年度は原子力安全・保安院からの委託により、高レベル放射性廃棄物地層処分に係る安全評価のための調査・研究「地層処分かかる地質情報データの整備」を実施しました。この委託研究では地層処分の外的要因となる地質現象の長期変動についての評価と、三次元的に不均質な天然バリア領域の隔離性能についての評価をテーマにしています。

地質現象の長期変動や地下深部の地質環境についての知識は、放射性廃棄物の地層処分に関する課題だけでなく、地震・火山活動に伴う災害の軽減、地下資源・地下空間利用などの社会的課題に、幅広く利用することができます。当センターは地質調査総合センターの一員として、火山噴火等の緊急調査を分担するとともに、地質環境アトラスの出版など一般市民に理解しやすい形で地質環境情報の提供をしていきます。

外部資金

経済産業省 核燃料サイクル施設安全対策技術調査

(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分かかる地質情報データの整備) (488,202千円)

発表：誌上発表27 (22) 件、口頭発表130 (10) 件、その他20件

地質総括チーム

(General Geology Team)

研究チーム長：渡部 芳夫

(つくば中央第7)

概要：

阿武隈花崗岩の H13集中調査地域につき、地質調査・弾性波調査・烈か系調査を行った結果、烈か系密度と花崗岩の種類とに関係があることがわかった。また、奥会津地熱地域の変質帯と流体移動の相関が高いことが判明した。九州の火山岩に伴う変質については、酸化変質と火成作用との関係についての知見が得られた。

・核種移動の評価に関するナチュラルアナログの研究：濃集・溶脱挙動に関する検討を行い評価手法の適用性を評価するため、新潟県の中条・中東地域などのウラン濃集地域の地質概査を行った。岩船花崗岩類からのウランが透水性の高い津川層でウランの濃集が起こっていると判明し、ナチュラルアナログとして有用であることを確認した。

研究テーマ：

テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目15、テーマ題目16、テーマ題目17、テーマ題目18、テーマ題目19、テーマ題目32、テーマ題目43、テーマ題目45、テーマ題目47、テーマ題目48

地球物理チーム

(Geophysical Exploration Team)

研究チーム長：牧野 雅彦

(つくば中央第7)

概要：

阿武隈-新潟の列島横断のうち、阿武隈地域の花崗岩を中心に精密重力探査を実施し、深部地質構造の面的情報に関する解析を進めた。また、地殻変動の地球物理的な解析手法に関して検討をした。

研究テーマ：

テーマ題目3、テーマ題目40、テーマ題目42

地下水チーム

(Groundwater Team)

研究チーム長：安原 正也

(つくば中央第7)

概要：

「地下水循環システムの分布とその要因に関する研究」では、モデル地域である阿武隈花崗岩地域における地下水の起源ならびに三次元的流動プロセスが明らかとなった。また、地下水流動に及ぼす断層系の影響を定性的ながら解明することができた。さらに、近畿・中国・四国地方では、深部水上昇域を同定するための基礎資料となる、天水の広域的な水質・同位体組成分布を把握することができた。「地下水の保全に関する水質指標とマッピングの研究」では、関東地方ならび

に都市化が進行した神戸市街地と農業地帯である秋田県六郷地域において、地下水の起源の端成分の同定と性状の現状把握に成功した。

研究テーマ：

テーマ題目 4、テーマ題目 5、テーマ題目 44

深部流体チーム

(Crustal Fluid Team)

研究チーム長：風早 康平

(つくば中央第7)

概 要：

安定および放射性炭素を用いた深部流体検出手法の開発を開始した。また、その手法の有効性を評価するため、モデル地域における試験的調査を行った。温泉水のデータベース化を行い、日本列島に特徴的な温泉水質特性分布を抽出した。ヘリウム同位体を用いた深部流体の検出手法開発研究を開始した。また、地下水の長期安定性の評価のため、非常に長い平均滞留時間をもつ地下水系の解明手法の検討を開始した。

研究テーマ：

テーマ題目 6、テーマ題目 7、テーマ題目 30、テーマ題目 31

長期変動チーム

(Geodynamics Team)

研究チーム長：山元 孝広

(つくば中央第7)

概 要：

地質変動の代表的地域調査として東北南部と西南日本（九州北西、中国）を取り上げ、各テーマの内容に即した野外地質調査、試料採取、各種分析を実施した。また、高精度 K-Ar 年代測定専用の希ガス質量分析計を導入した。このほか、日本の第四紀火山の分布・活動時期・画像に関するデータファイルを作成し、RIO-DB で公開した。

研究テーマ：

テーマ題目 8、テーマ題目 22、テーマ題目 23、テーマ題目 24、テーマ題目 25、テーマ題目 26、テーマ題目 28、テーマ題目 36、テーマ題目 46

地殻物性チーム

(Rock Physics Team)

研究チーム長：高橋 学

(つくば中央第7)

概 要：

- ・温度・応力環境下における地層特性変化を把握するため、最大200℃までの環境下で正確に動作する変位計測システムを立ち上げた。
- ・透水性・貯留性を評価するため、連続等方媒体の貯留項を含む厳密解析に基づいて、トランジェントパルス法とフローポンプ法における誤差の要因や程度を整理した。
- ・従来の手法と異なる長時間にわたる応力変化測定装置

の信頼性を確認するための室内検証実験を行い、その信頼性の高さを確認した。

- ・岩石の変形過程における間隙水圧の影響を具体的に明らかにすることを目的に三軸変形試験を行い、変形中の変形量と弾性波速度及び減衰の過程を明らかにし、間隙水圧によえる変形局所化の存在を確認した。

研究テーマ：

テーマ題目 9、テーマ題目 20、テーマ題目 38、テーマ題目 39、テーマ題目 50、テーマ題目 51、テーマ題目 58

地球化学チーム

(Geochemistry Team)

研究チーム長：金井 豊

(つくば中央第7)

概 要：

地球化学的観点から、高レベル放射性廃棄物の地層処分に必要な研究をはじめとする岩石圏・水圏・大気圏等の環境における物質の地球化学的サイクルについての研究を総合的に取り組んでいる。また、分析化学的見地からの標準化や新しい乾燥技術の開発等の研究も行っている。高レベル放射性廃棄物の地層処分にかかる安全評価の研究では、核種溶解・沈着の変化予測に関するナチュラルアナログの研究として、地下水・地層物質との相互作用による濃集・溶脱挙動に関する検討を行った。また、地下微生物による影響予測に関する研究では、実際のボーリング試料の中に存在する微生物について予察的に検討を行うと同時に、微生物生態学的にどのような条件下で様々な微生物の作用活性が生じるのかについての検討を進めた。

研究テーマ：

テーマ題目 10、テーマ題目 11、テーマ題目 12、テーマ題目 21、テーマ題目 53、テーマ題目 54

地質情報チーム

(Integrated Geology Team)

研究チーム長：竹野 直人

(つくば中央第7)

概 要：

本年度実施した内容は次のとおりである。Eh-pH 計算ソフト FLASFK-AQ の改良および共用端末 PC の導入、ローカルネットワークのギガビット化。熱力学データベースの比較。スメクタイトの拡散試験とスメクタイト水-分子間相互作用の分子シミュレーションの実施。Tough2の実行環境の整備と数値分散評価。高精度汎用室内透水試験装置の改良。地層変形・水理模擬実験装置の試運転と改良及び実験条件の検討。九州北西部鮮新世珪長質火山周辺の熱水変質の分布、岩石学的検討、安定同位体検討、K-Ar 年代測定。

研究テーマ：

テーマ題目 13、テーマ題目 33、テーマ題目 52、テーマ題目 56、テーマ題目 57

化学反応チーム

(Water-Rock Interaction Team)

研究チーム長：月村 勝宏

(つくば中央第7)

概要：

化学反応チームの目的は、地球表層における化学反応や物質循環を解明することである。特に、岩石と地下水との反応を予測する理論を構築すること、及び岩石の生成、岩石の風化・溶解、海底への物質の沈殿、沈殿物の地下へのもぐり込みなど地球規模での物質循環を明らかにする。研究手段は、フィールド調査（地表地質調査、ボーリング掘削による岩石採取）、固体分析（顕微鏡、EPMA、電子顕微鏡、X線回析、原子吸光、熱分析、赤外、ラマン）、液体分析（ICP、イオンクロマト、ICP-MAS）、反応実験（熱水反応装置、雰囲気制御できる岩石・水反応装置）、理論計算（熱力学、統計力学、結晶学）がある。研究の方法論としては、フィールド調査・分析・反応実験・理論計算などの個々の手法をレベルアップさせるとともに、これらをうまく組み合わせた総合的研究が必要だと考えている。また、国内外の学会出席や外部研究者を招聘しての研究会の開催など最新情報を得ることも重要だと考えている。

研究テーマ：

テーマ題目14、テーマ題目29、テーマ題目34、テーマ題目41、テーマ題目55

[テーマ題目1] 地質総括の研究（運営費交付金）

[研究代表者] 渡部 芳夫（深部地質環境研究センター地質総括チーム）

[研究担当者] 渡部 芳夫、関 陽児、塚本 斉、鈴木 正哉、内藤 一樹（職員5名）

[研究内容]

地下浅部での地層物質の鉱物学的・熱力学的特性変化の解明に資するため、地表から地下浅部における地層物質の風化・変質・続成作用について、化学組成・鉱物組成・物理特性及び熱力学的諸特性の変化を検討し、新潟県下・山形県下・茨城県下・北九州地方の地表岩石試料・土壌試料・ボーリングコア試料について基礎データを得た。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] 風化作用、変質作用、続成作用、地表物質

[テーマ題目2] 情報技術を用いた地質の情報提供に関する研究（運営費交付金）

[研究代表者] 渡部 芳夫（深部地質環境研究センター地質総括チーム）

[研究担当者] 渡部 芳夫、内藤 一樹、宮城 磯治（職員3名）

[研究内容]

地質環境図類等のオンライン情報発信の技術開発を行うとともに、センター内外への情報共有と利用に係るネットワーク化を実施する事を目的とし、ホームページ管理とセンター内データベースシステムの整備を行った。地質環境アトラスのWeb発信システムについては、「山形市周辺地域」の電子化とネットワークユーザーインターフェースの開発をほぼ完了した。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] 地質環境アトラス、ホームページ、WebGIS

[テーマ題目3] 地球物理の研究（運営費交付金）

[研究代表者] 牧野 雅彦（深部地質環境研究センター地球物理チーム）

[研究担当者] 牧野 雅彦、渡辺 史郎、住田 達哉（職員3名）

[研究内容]

草津白根火山で精密重力探査を実施し、水釜付近を中心とする低重力異常を明らかにした。また、本白根や万座周辺の重力探査も実施した。これらの結果、草津白根の山頂直下に大規模な陥没構造があることが明らかになった。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] 火山、重力探査、GPS、陥没構造

[テーマ題目4] 地下水の水質形成に果たす地質と人間活動の影響（運営費交付金）

[研究代表者] 安原 正也（深部地質環境研究センター地下水チーム）

[研究担当者] 安原 正也、吉川 清志、稲村 明彦（職員2名、他1名）

[研究内容]

関東地方において広域テフラの対比に基づく詳細な層序区分を行うとともに、降雨浸透水と浅層地下水の水質形成に果たすローム層の役割について考察を進めた。また、関東・甲信越地方の湧水の一般水質・微量成分さらには安定同位体組成を決定する要因を抽出するために地球化学的検討を行った。これらの結果に基づき、地下水の水質形成に果たす地質と人間活動の影響についてそれぞれ定量化を進める予定である。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] 水質、同位体、人間活動、地質

[テーマ題目5] 地下水の保全に関する水質指標とマッピングの研究（運営費交付金）

[研究代表者] 安原 正也（深部地質環境研究センター地下水チーム）

[研究担当者] 安原 正也、吉川 清志、稲村 明彦、風早 康平、高橋 正明、高橋 浩、

森川 徳敏、牧野 雅彦
(職員7名、他1名)

〔研究内容〕

日本各地において、天水(降水・河川水・湖水・湧水・地下水)の性状の現状把握、ならびに地下水の涵養・流動プロセス(涵養源・涵養地域・主涵養期・滞留時間等)の解明に関する水文学的研究を実施した。対象とした地域は、神戸市街地、沖縄県名護市、榛名山であり、いずれも汚染や地下水資源枯渇の観点から地下水保全が急務となっている地域である。当該地域における水質や各種同位体に基づく調査結果は平成15年度以降、順次水文環境図として出版してゆく予定である。

〔分野名〕 地質・海洋

〔キーワード〕 地下水涵養、地下水流動、都市、マッピング

〔テーマ題目6〕 深部流体の研究(運営費交付金)

〔研究代表者〕 風早 康平(深部地質環境研究センター深部流体チーム)

〔研究担当者〕 風早 康平、高橋 正明、高橋 浩、森川 徳敏(職員4名)

〔研究内容〕

深部流体の温泉に関する補足的調査を薩摩硫黄島で行った。また、温泉及び地下水の滞留時間の推定のための理論構築を進めた。深部流体に関する一連の研究をまとめ、口頭発表(筆頭のみ)では国際会議2件、国内学会9件、誌上(筆頭のみ)では、国際誌に1件、国内誌及び報告書等に6件発表した。

〔分野名〕 地質・海洋

〔キーワード〕 温泉、地下水、滞留時間、深部流体

〔テーマ題目7〕 放射性炭素トレーサーによる深部上昇流体の検出手法開発(運営費交付金)

〔研究代表者〕 高橋 浩(深部地質環境研究センター深部流体チーム)

〔研究担当者〕 高橋 浩、風早 康平、高橋 正明、森川 徳敏(職員3名)

〔研究内容〕

^{14}C 測定のための前処理に必要な電気マッフル炉、電子天秤を導入した。委託費予算で導入された前処理装置とともに、産総研において試料処理を行える環境が整いつつある。また、名古屋大学への委託研究「異なる地質環境での炭素試料の高精度の ^{14}C 分析に関する研究」を実施し、深部上昇流体の検出に ^{14}C - ^{13}C の二つの同位体をトレーサーとした手法を導入することで、従来行われてきた手法(二酸化炭素濃度と ^{13}C を用いたもの)と比較して、非常に高精度の検出が可能であることが判明した。

〔分野名〕 地質・海洋

〔キーワード〕 放射性炭素同位体、トレーサー、深部流

体、二酸化炭素

〔テーマ題目8〕 長期地質変動の研究(運営費交付金)

〔研究代表者〕 山元 孝広(深部地質環境研究センター長期変動チーム)

〔研究担当者〕 山元 孝広、松本 哲一、伊藤 順一、宮城 磯治、周藤 正史(職員5名)

〔研究内容〕

本研究は、地殻変動及び火山活動の基礎的理解を深めることを目的としている。今年度は吾妻・岩手火山・肘折火山の研究と K-Ar 年代測定の研究を行った。また、研究会に積極的に参加し、成果を公表した。

〔分野名〕 地質・海洋

〔キーワード〕 長期地質変動、地震、火山

〔テーマ題目9〕 地殻物性の研究(運営費交付金)

〔研究代表者〕 高橋 学(深部地質環境研究センター地殻物性チーム)

〔研究担当者〕 高橋 学、成田 孝、富島 康夫(職員3名)

〔研究内容〕

岩石の応力保持機構解明のための既往文献調査や、変形特性に及ぼす間隙水圧の影響に関する既往文献調査、岩石の透水性に関する温度の影響に関する文献調査、岩石の透水性や貯留性に関する文献調査を行った。また、屋久島花崗岩体の物性に関して地域的な特性の把握に関する研究をスタートさせた。これらの成果は国内外における口頭発表や誌上発表として公表された。

〔分野名〕 地質・海洋

〔キーワード〕 岩石物性、流体移動特性、岩石内部構造

〔テーマ題目10〕 地球化学の研究(環境化学の研究)(運営費交付金)

〔研究代表者〕 金井 豊(深部地質環境研究センター地球化学チーム)

〔研究担当者〕 金井 豊、上岡 晃、竹内 理恵(職員3名)

〔研究内容〕

環境における元素・物質の地球化学サイクルを様々な視点から眺めてその実態把握と評価を行うことを目的としている。今年度は、湖沼試料中の放射性核種を用いた堆積速度をとりまとめ、公表した。また、温泉水中のウラン系列核種の挙動に関するとりまとめと学会発表等の成果公表を行った。

〔分野名〕 地質・海洋

〔キーワード〕 環境化学、堆積速度、ウラン系列核種

〔テーマ題目11〕 地球化学の研究(同位体標準試料の研究)(運営費交付金)

〔研究代表者〕 上岡 晃(深部地質環境研究センター地

球化学チーム)

〔研究担当者〕 上岡 晃 (職員1名)

〔研究内容〕

同位体地球化学において、高精度・高精度の同位体比データを得るためには、共通の標準試料を分析することによって異なる実験室間の系統誤差を補正することが不可欠である。本研究では、Nd 同位体標準試料 JNdi-1 を作成して世界中の研究機関に配布し、報告されるデータのコンパイルを行っている。本年度は、配布リクエストに基づき2カ国3機関へ送付した。

〔分野名〕 地質・海洋

〔キーワード〕 同位体、標準試料、ネオジウム

〔テーマ題目12〕 地球化学の研究 (微生物・乾燥技術を用いる地球化学的研究) (運営費交付金)

〔研究代表者〕 三田 直樹 (深部地質環境研究センター地球化学チーム)

〔研究担当者〕 三田 直樹、岡崎智鶴子 (職員1名、他1名)

〔研究内容〕

様々な機能を有する微生物や簡便な乾燥法を応用して地球科学に広く貢献することを目的としている。今年度は地球と微生物の共進化に関する教育普及活動を継続して進め、併せて乾燥技術やレプリカ技術を実用化にむけて大きく前進させた。

〔分野名〕 地質・海洋

〔キーワード〕 乾燥技術、レプリカ技術、教育普及

〔テーマ題目13〕 地質情報の研究 (運営費交付金)

〔研究担当者〕 竹野 直人 (地質情報チーム)

〔研究担当者〕 竹野 直人、濱崎 聡志、張 銘、鈴木 覚、藤井 直樹 (職員3名、他2名)

〔研究内容〕

独自開発の Eh-pH 計算ソフト FLASK-AQ に次の改良をほどこした。

解析部に line search アルゴリズムを入れる。初期値設定アルゴリズムの改良。描画ソフトへの出力仕様の変更。FLASK-AQ の出力仕様の変更に関連して描画ユーティリティソフト EhpHdraw の表示用元素選択のバグを解消した。ギガビットイーサネットをローカルに敷設し計算機間のデータの転送を向上させるとともに、Windows 用、Linux 用の管理用ワークステーションを導入した。難透水性岩を対象とする室内透水試験理論及び測定技術を系統的に整理し、ASTM 基準としての提案を行った。天然バリアの性能評価を目的としたモデル化のフィージビリティスタディとして、高取地域についてディスカッション、文献調査及び現地調査を実施した。伊豆半島及び薩摩硫黄島において、火成活動に伴う熱水変質帯の現地調査、岩石鉱物学的解析、物質の移動濃集

過程を明らかにし、学会発表、論文公表を行った。

〔分野名〕 地質・海洋

〔キーワード〕 ソフトウェア、ASTM、高取、変質

〔テーマ題目14〕 化学反応の研究 (運営費交付金)

〔研究代表者〕 月村 勝宏 (化学反応チーム)

〔研究担当者〕 月村 勝宏、間中 光雄、亀井 淳志

〔研究内容〕

岩石・水反応の研究及び火成岩の成因の研究を実施した。岩石・水反応の研究では、「土壌の非晶質物質の X線による定量」の論文の取りまとめ、「水溶液中における黄鉄鉱の酸素消費速度の速度の測定」の論文の取りまとめ、及び「土壌のカラム実験」の学会発表を行った。火成岩の成因の研究では、「トータル岩質岩石の融解で生成した九州の白亜紀花崗岩」の論文公表、「海洋スラブの融解で生成した九州熊本県の白亜紀花崗岩」の論文投稿、及び「九州白亜紀のトータル岩とはんれい岩の成因関係」の学会発表を行った。

〔分野名〕 地質・海洋

〔キーワード〕 岩石・水反応、火成岩の成因

〔テーマ題目15〕 地質データの統合とデータベースシステムの構築の研究 (外部資金)

〔研究代表者〕 渡部 芳夫 (深部地質環境研究センター地質総括チーム)

〔研究担当者〕 渡部 芳夫、鈴木 正哉、内藤 一樹、岸本 清行 (職員4名)

〔研究内容〕

高レベル放射性廃棄物の地層処分に関連する地質特性変化のメカニズムの抽出・検証・定量化・予測手法ならびに評価体系の整備等の妥当性・適合性の照合のためには、地質学的な知見・データのうち、特に現状地層特性に関する情報を集約し、基盤データとして整備する必要がある。ところが、日本国内の地域地質に関する情報は、国や研究機関等から種々の形で出版・公表されており、これらの情報の全てを参照することは非常に困難なうえに、それぞれの情報に含まれる地質の分布、年代、分析値等もまちまちである。このため、最も不正確な情報の精度に影響を受けることなくこれらの膨大なデータをもれなく利用するために、必要な精度以上の情報だけが、なるべく多くのソースから得られることが必要である。

本研究ではこの情報基盤として必要な条件は、可能な限り情報を広く集約することによる「網羅性」とともに、それぞれの情報の「精度」や「品質保証」が提供されていることと定義した。さらに空間分布や地域性に非常にばらつきのある地質情報にとって、正確な位置情報の管理も不可欠であることから、本研究では、「網羅性」と「精度・品質保証」を同時に満たしたシステムを構築し、地質情報の精度や定義等が客観的に参照できる条件を考慮して、最も規格化が進んでいる地質調査所 (現地地質調

査総合センター) 発行物を対象として数値化・集約し、データベースサーバーに格納することとした。

これらの個々のデータベース構築作業として、基盤 GIS データと関連要素データベースの構築を平行して昨年度から開始し、今年度からは複合データベースの仕様の検討と拡張も開始した。この結果、本年度2月10日時点で、集約対象の548点の処理を完了し、昨年度完了分とあわせて1,093点の地図類について基盤 GIS データ化を完了した。既に、国内の地形・標高等の基図データは電子化しサーバーに導入済みであるので、本年度は地質図等の基盤 GIS データの格納と、これに関連付けされている文字・数値・画像等各種データとのリンクの作成を継続するとともに、これらの各データ群を一括してネットワーク上から検索・閲覧するための機能の拡張とともに、最新のインターネットブラウザへの対応のための Java コードの書き換えを行い、試験データセットによるデータベース接続試験を行った。

地層処分に貢献できる地層特性変化に関する情報は、全国的に膨大なものがあり、さらに現在も公表と蓄積が続いている。本研究では、これらを基盤データとして利用するためのデータベースとして整備することを目的として実施している。現時点では、個々の情報の対象と目的、その精度、参照先や定義を客観的に確保できるものに限り、要素ごとのデータベースとして集約を実施しており、本年度までの2年間で産総研発行済み地質図類の基盤 GIS データ化が完了するところである。データベースの価値を保持するための、新規データの更新作業は継続することが前提であるが、来年度からは集約対象をこれに加えて他省庁等の国の機関出版物に拡張する予定である。

一方、利用用途に適した内容のデータのみの抽出が容易に検索できるという、本来の用途に答えるためには、異なる縮尺やデータ対象の情報を重複して管理するデータベースについて、特定の用途に応じて最適のデータセットを抽出するロジックが必要である。これについては、個々の情報の集約段階の初期の段階で“情報抽出キー”となる項目をシステムに取り込む必要があることが明らかとなっているが、本年度は十分な検討ができなかったため、引き続き検討を行う。これら集約された基盤 GIS データベースの利用のためのベースとなるデータベースシステムとユーザーインターフェースについては、本年度の改良と拡張は予定通り実施され、プロトタイプとしての完成度は格段に進んだ。

平成15年度には、本年度の検討結果に基づいて基本的な方針を固めるとともに、実現できる機能についてはこれらを実装した実用版のプロトタイプの完成を目指す予定である。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】基盤 GIS、地質図、地質図幅

【テーマ題目16】地質構造解析等の地質データ処理シス

テムの研究 (外部資金)

【研究代表者】岸本 清行 (海洋資源環境研究部門海洋地球物理グループ)

【研究担当者】岸本 清行、渡部 芳夫、中嶋 輝允、内藤 一樹 (職員4名)

【研究内容】

本研究の目的は、地下水移行モデルにおいて、移行経路とフラックス (質量速度) を規制する地質特性の地下3次元解析機能を実装することである。このモデルには、核種移行に重要な物性・化学組成等の境界面を任意に指定して、地表地質調査・物理化学探査・ボーリング調査等の低次元データを表示する機能、これらの低次元データを3次元データに展開する機能、さらに直接データの存在しない空間領域での境界面を補完する機能が含まれる。

これまでに、ボクセルモデルによる地下の立体的物性分布の表示・解析法の検討を行った。また、各種の地球化学データベースと地質データベースの管理とその他の GIS ソフト等との連携や統合を支援する市販のツールソフトによって現有データの評価を開始した。ここでの問題点として、地表ならびにごくわずかの垂直データ (ボーリング孔) から地下物性分布を較正することが困難であることが明らかとなり、事前に十分な地下データが存在しない条件では、むしろ各種の低次元データ (地表2次元、ボーリング1次元、等) から物性境界面分布へのデータ変換アルゴリズムを先に検討するべきとの結論が得られた。観測手法に依存した各種データ (パラメタ) は、それぞれの物理・化学的原理に親制された出力であるため、相互の変換や補間技術もそれらの条件に依存するからである。また同時に、得られた各次元データの一括表示 (データの種類の依存しない) 機能も、データの統合化のために開発を進める必要あると考えられる。

地下水の移行モデルと地下地質モデルの関係は物理的な入れ物 (媒質モデル) とその中を移動する物質の流れ (フラックスモデル) の因果関係をモデル化することと言い換えられる。3次元の媒質モデルを表現する方法として、フェンス図や2次元断面層構造図、ブロックモデル図等を検討し、媒質の中に存在する各種の物質フラックスや分布を表現する適正を比較評価し、必要なパラメタの種類によらず統一的な取り扱いができるシステムの構築を検討した。

3次元地質構造モデル化のうち、ボクセルモデルによる地下の立体的物性分布の表示・解析法の検討を行うとともに問題点を整理した。各種の低次元データ (地表2次元、ボーリング1次元、等) から物性境界面分布へのデータ変換アルゴリズムを先に検討するべきとの結論が得られた。またその時には、それぞれの物理・化学的原理に留意した適切なパラメタ選定と意義付けが今後の重要な課題である。

【分野名】地質・海洋

〔キーワード〕 3次元モデル、地下地質構造、物性境界面、ボクセルモデル

〔テーマ題目17〕 5万分の1地質図幅の情報高度利用の研究（外部資金）

〔研究代表者〕 渡部 芳夫（深部地質環境研究センター地質総括チーム）

〔研究担当者〕 渡部 芳夫、牧本 博（職員2名）

〔研究内容〕

本研究では、産業技術総合研究所地質調査総合センター（及び前身の地質調査所）出版の5万分の1地質図幅を数値化し、地質図情報利用の効率化・高機能化を促進することにより、地層処分に係わる評価のための地質学的データ基盤の一基本情報として資することを目的とする。

地層処分に係わる地質現象の解明には、個々のデータの解析に加え、多様かつ大量の地質情報の統合と各データ値の相関関係等の考察が必要である。このためには各データをコンピュータ処理に対応したデータファイルとして作成・整備することが不可欠である。また、地質現象の多くは、その現象に関係するパラメータが地球上での位置情報を有しており、適切な情報処理を通じて GIS ソフトウェア等を用いたデータ解析も有効な研究手段となる。

平成14年度は、地質調査所から昭和50年度～昭和57年度に出版された地質図幅を中心に、地質図78図幅分、地域地質研究報告86図幅分の数値化を実施し、数値データセットを完成・整備した。

本研究は、最近の GIS を含めた情報処理の進展に対応して、地質図情報もその処理対象にすべく設定している。本課題で数値化した地質図及び地域地質研究報告の数値データセットの利活用により、目的に応じたデータ抽出・加工や、他種・多様なデータとの重ね合わせやその可視化等、地質図情報利用の効率化・高機能化を促進することが可能となり、地層処分に係わる評価の基礎資料としての有用性をたかめることができよう。

〔分野名〕 地質・海洋

〔キーワード〕 5万分の1地質図、ベクトル数値地図、地域地質研究報告数値化

〔テーマ題目18〕 沿岸域音波探査データの統合化の研究（外部資金）

〔研究代表者〕 渡部 芳夫（深部地質環境研究センター地質総括チーム）

〔研究担当者〕 渡部 芳夫、岡村 信行（職員2名）

〔研究内容〕

沿岸域の長期的な地殻変動は、断層・褶曲・段丘面等様々な地質構造として保存されている。陸域より侵食作用が少ない海域では、それらの構造が失われる可能性が低く、陸域より精度よく地殻変動の解析ができる可能性がある。しかしながら海域の大部分は定期的に堆積物が

供給されるため、地殻変動の記録が海底下に埋没していることが多い。音波探査データは海底下に保存された断層・褶曲・海底段丘等の形態や構造を観察することができるので、その解析によって様々な地殻変動を明らかにすることができる。

旧地質調査所海洋地質部及び当所海洋資源環境研究部門は地質調査船白嶺丸及び第2白嶺丸を用いて過去約27年間以上にわたって日本周辺海域の音波探査データを収集しており、既に日本周辺海域の大部分をカバーしている。本テーマは、これらの音波探査データと位置データと統合したデータベースを構築し、必要な場所の音波探査データをすぐに見つけだし、広域的な地殻変動の解析を効率的に行えるようにすることを目的として実施している。

昨年度までに、日本海沿岸、西南日本太平洋側、東北日本太平洋側、オホーツク海のデータ入力を終了し、日本周辺沿岸域の80%以上のデータベース化を完了している。

平成14年度には、GH763（八戸沖）、GH804（八丈島東方）、GH782（日本海中部）、GH783（山陰沖）の4航海のデータを入力した。データの作成方法は従来と同じで、アナログテープに記録された音波探査データを再生してデジタル化し、ゲイン調整とバンドパスフィルターを施して、音波探査データの標準フォーマットである SEG-Y フォーマットで保存した。1979年以前に調査が行われたデータについては、航海によって磁気テープの保存状態にかなり違いがあるが、全体としてテープの酸化が進み、データを再生しても S/N 比がかなり低下しているものが多い。さらに航海データの精度も GPS が広く用いられる現在と比較して、かなり劣るため、必ずしも質の高いデータとはいえない。SEG-Y データと航海データとの対比は、船上記録に書かれた時刻とプロファイルに基づいて行った。また、1982年に実施した下北半島東方沖のデータについては、録音テープが紛失して見つからなかったため、SEG-Y 形式のデータに変換することができなかった。この航海の音波探査データについては、船上記録を撮影したフィルムからデジタルイメージを作成した。

磁気テープにデータが残っているものについては、ほぼすべて入力が完了した。この中で未入力海域として残っているのは、九州西方、紀伊水道南方、相模湾～房総半島南方、下北半島東方及び北海道太平洋岸域である。北海道太平洋岸域は現在第2白嶺丸によって調査が進められているので、その進捗にあわせて登録していく予定である。それ以外の海域は、調査年度が古いため、磁気テープが保存されていないか、信号として音波探査データを再生できず、SEG-Y 形式のデータを作ることができない。下北半島東方については、かなり質の高い船上記録データがフィルムとして残っているので、イメージとしてデータベースに登録する予定である。

また、登録したデータの中には、登録から漏れている測線や、登録されていても航法データに誤りがあるものが一部含まれているので、それらを見つけ出して追加・修正する必要がある。それらの作業によって、本データベースはほぼ完成する。伊豆小笠原海域にもかなりデータは存在するが、当面本データベースには含めない予定である。

これらのデータを用いて海域の様々な地殻変動を推定することが可能である。海域の活断層図については音波探査データを基に作成されたものがいくつか公表されている（活断層研究会、1991等）、一方、広域的な地殻変動については十分に検討されていない。日本周辺海域では、四国南方沖の大陸棚で、更新世の海水順変動によって形成された海底の段丘に注目して、数十 km に達する長波長の地殻変動の推定が行われている（岡村、1990; Okamura and Blum, 1993）。このような解析手法を適用することによって、広域的な地殻変動の解析が他の海域でも可能になることが期待されるし、陸域の段丘のデータなどを組み合わせることによって、沿岸域の地殻変動をより精度よく解析できる可能性がある。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】日本周辺沿岸域、音波探査データベース、SEG-Y

【テーマ題目19】資源地域の試すい・物理探査等の情報のデータベース化の研究（外部資金）

【研究代表者】渡部 芳夫（深部地質環境研究センター地質総括チーム）

【研究担当者】渡部 芳夫、棚橋 学（職員2名）

【研究内容】

我が国の深部地質情報には石油、石炭、金属等の資源の探査及び開発を目的として採取されたものが多い。これらの情報の一次資料は一般的に非公開であるが、二次的な資料の多くが産業技術総合研究所地質調査総合センターに保管されているほか、関係する学協会の出版物等の形で公開されている。本研究では、我が国の深部地質に関する資源探査関係のデータを集積して整備する。

リレーショナルデータベースサーバー及び Web サーバーシステム上にこれらのデータを整備し、産総研の Lan 内でアクセスできるようにし、関係する研究者に提供している。本年度はパフォーマンス向上のため、CPU を最新の Penitum4、2.0GHz に変更し、さらに OS を Vine Linux v. 1から最新の Linux 環境である RedHat Linux7.3 上に移行した。WWW サーバー（Apache）、リレーショナルデータベース管理システム（PostgreSQL）も最新のものとした。

我が国土の深部地質情報の数値化ならびにデータベース化については、本年度は石油公団が実施している「石油天然ガス基礎地質調査」や「大水深海域基礎地質調査」のデータの数値化を進めた。基礎試錐「南海トラフ」、「チ

カップ」、「小国」、「東山」報告書のデータ化を行った。さらに、石油技術協会「最近の我が国の石油開発」に記載されている基礎試錐30坑の調査概要のデータ化を行った。これらの報告書データは上記サーバー上において提供している。日本語全文検索システム Namazu により Web データベースの検索機能を利用して、このような報告書の文書情報を有効に利用できるようにしている。現在591の文書が登録され、43,770個のキーワードが登録されている。また、これまでに整備した反射法地震探査データ解析及び GIS システムを用いて、海域反射法地質探査データの解析や海底線削によって得られた物理検層データのプロット等を対象に、深部地質構造の解析のケーススタディを行った。今後、本解析システムを利用し、各地の深部地質解析を実施し情報をデータベースに取り込んでいく予定である。

平成13年度はデータベース設計・構築としてデータベースサーバーの機能を強化し、Web 閲覧システム上における地質文書ファイル検索システムの構築、石油石炭関係の試錐、地層データの数値化を進めた。平成14年度は、資源探査関係の試錐、物理探査データ数値化、GIS による総合解析システムの構築を進め、データベースサーバーの機能強化、データベース整備を行った。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】石油天然ガス基礎調査、大水深海域基礎地質調査、資源探査資料、物理探査データ数値化、リレーショナルデータベース、Web サーバーシステム

【テーマ題目20】岩盤物性のデータベースと物性評価の研究（外部資金）

【研究代表者】高橋 学（深部地質環境研究センター地殻物性チーム）

【研究担当者】高橋 学、林 為人（職員1名、他1名）

【研究内容】

実験室内における岩石の透水係数の測定手法は、古典的な定水位法・変水位法に加えて、トランジェントパルス法、フローポンプ法、オシレーション法等がある。これらの手法は基本的にそれぞれの測定可能な透水係数の範囲を有しているものの、クロスチェックのできる共通測定可能範囲がある。この特徴を利用して、同じ測定条件（封圧等）において複数の室内測定手法による同一岩石供試体の透水係数測定を行った既往研究の文献を調査し、各種手法による透水係数の測定結果が一致するかどうかについて、比較検討を行った。

原則として、同一測定条件（封圧、間隙水圧、温度、動水勾配等）において複数の室内測定手法による同じ岩石供試体の透水係数を測定した内外の既発表の文献を調査・収集した。国内外の学術雑誌のみならず、国内の各種学協会の年次研究発表会・シンポジウムなどからもすべての入手可能な関連文献を収集して、データの抽出を

行った。その結果、計16点の文献から、約45供試体のデータを収集した。

本研究では、既存文献の調査により、異なる手法による透水係数の測定結果が一致する否かについて、統計的に検討した。得られた主な結果は、要約すれば次に示すとおりである。

- (1) 同一供試体の同一測定条件における複数手法による透水係数は、すべての場合同じオーダー内に収まっている。2つの手法による透水係数の比が1/2～2の範囲に入っているデータは全体の81%であり、同透水係数の比が1/3～3の範囲に入っているデータは全体の92%になっている現状が判明した。
- (2) 個別の手法間の比較においても、特定の手法による透水係数の測定結果は現有のデータにおいて、常に過大評価または過小評価というような一定の傾向が認められなかった。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】岩の透水試験手法、室内透水試験、文献調査

【テーマ題目21】地球化学の既存データのファイルの作成（外部資金）

【研究代表者】今井 登（地球化学情報研究部門地球化学グループ/地球化学チーム併任）

【研究担当者】今井 登、御子柴真澄、金井 豊（職員3名）

【研究内容】

放射性廃棄物処分における周辺岩盤の地球化学的基礎情報を収集し、データベースを構築するための基礎データを整備することを目的とする。このため、収集したデータをデータベースに適合する形に変換して地球化学データベースとして登録し、様々なキーワードで検索・抽出するシステムの開発と、データの有効性を解析・評価するためのシステムを作成する。

- (1) 地球化学的基礎情報の収集・整備

平成14年度は、1960年以降の岩石鉱物鉱床学雑誌に掲載された約100文献から地球化学データを収集した。対象とした岩石類は花崗岩、安山岩、玄武岩、花崗閃緑岩、角閃岩、斑れい岩、流紋岩、石灰岩、ドロマイト、長石、凝灰岩、河川堆積物、海底堆積物、湖底堆積物、閃長岩、泥岩、粘板岩等である。また、登録した元素は主成分元素、微量成分元素、同位体比等である。これらに関連するデータとして試料名、岩石名、地層名、産地、文献（著者、タイトル、巻、号、ページ、年）、時代、採取者、画像等のデータを収集した。これらのデータをデータベースに適合する形に変換し登録する作業を行った。登録したデータはデータベース上で試料名、岩石名、文献、産地、地層名等のキーワードを用いて検索できる。また、各種の統計量との相関図、任意の元素データについてヒストグラムの作

成が可能であり、これらの解析結果により抽出されたデータを様々な観点で評価することができる。

- (2) データベースのネットワーク化

データベースをネットワークに対応させるため、データベースサーバーの構築とともに利用環境の整備を行い、ネットワーク上でデータベースを利用できるようにした。このシステムは Windows2000上にデータベースサーバーを設置し、この上にマイクロソフトの Jet エンジンデータベースを構築したものである。データベースで使用するデータテーブルは試料、濃度、文献、分析法、単位、岩石分類、緯度経度、試料採取者詳細、時代、画像である。さらに Web 上から情報を配信するために WWW サーバーと ASP プログラムの設定を行った。開発する ASP プログラムを実行するために、Windows2000サーバー上に ASP プログラム実行のためのシステムを作成した。ASP プログラムとして試料名によるデータ検索システム、岩石名によるデータ検索システム、データの総合検索抽出システム、文献検索抽出システムを開発した。例えば試料名によるデータ検索システムの動作としては、岩石名によるデータの検索及び岩石名の部分一致による抽出を行い岩石情報、元素分析情報、画像情報、時代情報、試料採取者情報、緯度・経度情報を表示できるようにした。

本年度は岩石鉱物鉱床学雑誌に掲載されている地球化学データの一部を収集した。収集したデータはエクセル形式に変換してデータベースに取り込んだ。本年度収集した文献は1960年以降の岩石鉱物鉱床学雑誌約100文献である。また、データベースをネットワークに対応させるため、データベースサーバーの構築と利用環境の整備を行い、ネットワーク上でデータベースを利用できるようにした。そのために Windows2000上にデータベースサーバーを設置し、この上にマイクロソフトの Jet エンジンデータベースを構築した。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】地球化学データベース、データベース、ネットワーク

【テーマ題目22】長期火山活動のデータファイル作成と地域区分・時系列解析（外部資金）

【研究代表者】山元 孝広（深部地質環境研究センター長期変動チーム）

【研究担当者】山元 孝広、伊藤 順一、中野 俊、高田 亮（職員4名）

【研究内容】

長期的な火山活動に関する既存データを集約しデータファイルを作成するとともに、それらのデータに基づく活動様式の区分について検討する。同種の公表データファイルとしては核燃料サイクル開発機構「地質環境の長期安定性に関する研究」の成果の一部として日本火山学

会から1999年に公表された「日本の第四紀火山カタログ」がある。これは地質調査所（現産業技術総合研究所）が1981年に発行した日本の火山（第2版）を大幅に改訂したものであり、ある時点での文献資料から日本の第四紀火山を網羅するという目的をかなりの部分満足している。ただし、火山の時代認定という最も根本的なデータが不足している現状ではデータファイルに絶えず最新の情報を取り入れていく必要があるものの、任意の学術団体から出されたこの「カタログ」ではデータの更新が一度も行われていない。また、大学の多数の研究者を中心とした編集体制であったため地域間でのデータの質にバラツキが目立つこと、データの出典に関する情報が不足していること等、不満も多い。

平成13年度までに集約した各第四紀火山の位置、活動様式、活動時期、文献情報に関するデータファイルを、平成13年度中に公表されたデータを使って最新のものに更新した。これまでに集めた308第四紀火山のうち、平成13年度公表文献が収録できた火山は96火山であった。収録した文献は著者／タイトル／文献名／巻数／頁数／発行年の一覧表をhtmlファイルとして保存し、データファイル本体にそのファイルへのハイパーリンクを埋め込んだ。新規公表文献に活動様式、活動時期に関する新情報が含まれる場合はこれをもとにデータファイルを修正した。

さらに今年度は、個々の火山活動の地下影響範囲を示す地球物理学的データのファイル作成を新規に実施した。データは「噴火予知連絡会誌」や「日本火山学会誌」に公表された火山性地震の震源分布図から震源域の東西水平方向の広がり、深さ、火山中心からの距離を読みとり、火山名／取り込んだ震源分布図画像／イベント発生時期／文献情報と合わせてデータファイルとした。地震観測データが公表された火山は29で、収録した火山性地震のイベントの数は133になった。

収録した火山性地震観測データから、震源分布域を火山毎にプロットすると震源域の広がりには火山毎に大きく異なっている。特に三宅島・伊豆大島・神津島・東伊豆単成火山群のような伊豆弧の火山や雲仙火山で広がり大きい。これらと比べると他の火山での震源域の広がりには小さく、火山の中心から20kmの範囲内に収まっている。震源の深さに対しては全てのデータが20km前後から地表付近までに分散し、火山毎の特徴は認められない。震源域の水平方向への広がり、マグマが側方へどれだけ移動しやすいのかを示していると見ることができる。言い換えれば岩盤がどれだけ水平方向に割れやすいかを示すものであり、岩盤にかかる地域的な応力配置と関連性があることは容易に指摘できよう。事実、火山中心から20km以上遠方まで震源域が到達した火山の多い伊豆弧や雲仙火山の位置する別府―島原地溝帯は明らかな引っ張り応力場にあり、それだけマグマが側方へ移動しやすいことになる。逆に圧縮応力が大きい他地域の火山で

は、そのような震源域の拡大は認められない。ただ、今回収録した火山性地震のデータはここ数十年のイベントだけをpushしたものであることは注意しておく必要がある。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】長期火山活動、データベース、火山性地震

【テーマ題目23】東北日本複成火山の時空分布と成因の研究（外部資金）

【研究代表者】山元 孝広（深部地質環境研究センター 長期変動チーム）

【研究担当者】山元 孝広、宮城 磯治、伊藤 順一（職員3名）

【研究内容】

複成火山が卓越する典型的な島弧火山活動場として東北日本を取り上げ、過去の活動場変化の把握とその変化に関与したマグマプロセスの検討を行い、長期的な活動場予測に向けた基礎的研究を行う。東北日本ではその地下に東から太平洋プレートが沈み込み、これに対応して脊梁山地沿いに火山活動が最も活発な火山フロントが存在する。フロントよりも太平洋側の前弧域では火山活動がほとんどなく、フロントを挟んで活動の明暗がはっきりしている。一方、フロントよりも日本海側の背弧域では火山の分布がまだらになるが、火山の位置は固定していない。これまでの研究により、特に東北日本南部では30万年前以降に火山活動場が火山フロント周辺から背弧側へ大きく拡大し、第四紀火山空白域でも火山が新規に出現したことを明らかにしている。本研究では第1期において複成火山の長期的なマグマ噴出率の時間空間的变化を明らかにするとともに、30万年前以降に背弧側に新規出現した火山について火山活動の詳細な特徴付けを行う。第2期は背弧域での新規火山出現に関与したマグマの成因を考察するとともに火山出現が周辺に与えるテクトニックな影響についても定量的な見積もりを行う予定である。

平成14年度は東北日本南部の前弧・背弧域でこれまで火山とは認識されていなかった低重力異常体の野外調査及び年代測定と、背弧域新規出現火山発生のマグマプロセスを調べるため肘折火山噴出物の化学組成分析を行う。これまでの火山の時空分布調査は既存文献に頼ることが多く、そもそも火山と認識されていないものは数の中に入っていない。肘折火山のような小型のカルデラ火山は窪んだ負の地形であるため、浸食が進めば火山地形は容易に失われるであろう。しかし、そのような浸食火山であっても周囲の岩石よりも密度が小さいため起こる低重力異常構造が残るため検知することは可能である。今回調査を行った岩体は、平成13年度実施「地下地質システムの代表的地域調査」の精密重力探査によって火山フロントの前弧側23kmの阿武隈山地西部（寺坂地域）に見

つかった径2kmの低重力異常体、同じくフロントの前弧側14kmの阿武隈山地西縁部(松川地域)に以前から知られていた径3kmの低重力異常体、フロントの背弧側35kmの群馬県奈良俣ダムに見いだした径3kmの低重力異常体である。

寺坂地域・松川地域とも従来の文献では基盤の白亜紀花崗岩類の窪地を海成中部中新統岩倉層が不整合で覆うものと記載されていた。しかし、寺坂地域の当該層は本質的に黒雲母流紋岩を含む非溶結の火砕物からなること、この火砕物は周辺の花崗岩類を破碎しこれに貫入すること、火砕物には炭化木片が含まれ乾陸環境で噴出したことから、海成層ではなく火道の跡であることが確実になった。松川地域の当該層も同じである。また、奈良俣地域の低重力異常に対応する地層の記載は既存文献がなく、今回の調査で基盤の花崗岩類に広角でアバットする火砕物とこれを覆う湖成堆積物を確認した。寺坂・松川・奈良俣地域の火砕物のジルコン FT 年代値は、それぞれ 10.8 ± 0.6 、 11.2 ± 0.4 、 2.1 ± 0.2 Ma であった (Ma は百万年前)。肘折カルデラの複数の火砕流ユニットから平成13年度に採取した試料に対して、電子線プローブマイクロアナライザ (EPMA) を使用した斑晶鉱物化学組成の分析と微細組織の観察と、二次イオン質量分析計を用いた斑晶ガラス包有物の含水量分析を行った。肘折の複数の噴火ステージより採取された磁鉄鉱斑晶の EPMA による化学分析値 (Mg/Mn 比及び Al_2O_3 wt%) は、ほぼ一定であった。このことは、噴火直前のマグマの物理化学条件が、噴火ステージによらずほぼ一定だったことを示している。斑晶ガラス包有物の含水量の平均は 6wt% H_2O であった。飽和溶解度より、マグマの圧力は約 270MPa (1000°C の場合) と見積られる。この圧力は、地下 10km 強の深さに相当する。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】東北日本、複成火山

【テーマ題目24】第四紀火山岩類の高精度 K-Ar 年代測定による火成活動履歴評価の研究 (外部資金)

【研究代表者】松本 哲一 (深部地質環境研究センター 長期変動チーム)

【研究担当者】松本 哲一、宇都 浩三 (職員2名)

【研究内容】

最新の超高感度希ガス質量分析計を導入し、既存システムよりもさらに高精度な第四紀火山岩類の K-Ar 年代測定を行うために必要な諸条件の最適化を検討するとともに、新たな年代測定システムを活用することによって、地層処分候補地周辺の地表及び地下に分布する第四紀火山岩類の正確かつ精密な年代情報が提供可能なことを実証する。

前年度後半に実施した英国 Micro Mass 社製 MM-5400Ar 型超高感度希ガス質量分析計の立ち上げ作業で

は未解決であった、質量分析計への試料ガス導入量に対するエレクトロンマルチプライヤー・イオンカウンティング (EMI) 検出器の感度の安定性を評価した。地下の帯水層下に長期間存在したために炭酸塩等の続成鉱物が付着し、それらの鉱物からの活性ガス成分 (水・二酸化炭素・炭化水素・酸素・水素等) を通常アルゴン抽出・精製操作では除去し切れなかったボーリングコア試料であっても、1M 硝酸溶液による化学浸出処理法が活性ガスを質量分析時に支障をきたさないレベルまでに減ずるのに有効な手段であることを様々なボーリングコア試料を用いて評価した。新システムによる実試料測定例として、雲仙火山科学掘削計画の山体掘削で得られた USDP-1ボーリングコア試料と雲仙火山周辺の地表に分布する溶岩流・火砕流・土石流堆積物等について系統的な K-Ar 年代測定を行なった。得られた K-Ar 年代データから、新システムが高精度・高確度な年代情報を迅速に提供できることを実証した。

最新の希ガス質量分析計を導入し、一連の立ち上げ作業とアルゴン抽出・精製装置の部分改造の結果、1~10 万年前に噴出した第四紀火山岩類の K-Ar 年代を従来システムよりも2倍以上の精度で測定可能な新たな分析システムを開発した。

新システムでは、試料重量を最大で従来の1/10まで減らすことができ、アルゴン抽出炉による真空加熱溶解中に試料から発生する活性ガスの量も従来の1/10まで減少した。これにより、活性ガスが装置の真空系内壁に付着して生じる真空度の劣化速度も低減し、従来法では真空度回復のために頻繁に行っていた真空系の再加熱処理の回数も格段に少なくなり、第四紀火山岩類の K-Ar 年代データを1日のうちに数回求めることが可能となった。帯水層下に長期間存在したために炭酸塩等の微細な続成鉱物が表面に付着したボーリングコア試料であっても、分析装置内で真空加熱溶解する前に1M 硝酸溶液による化学浸出処理を行えば、続成鉱物から発生した大量の活性ガスのために精製不十分なアルゴン試料ガスを質量分析計に導入できないという問題も回避可能なことを明らかにした。新システムによる実試料測定例として、雲仙火山科学掘削計画の山体掘削で得られた USDP-1ボーリングコアと雲仙火山周辺の地表に分布する噴出物について系統的な K-Ar 年代測定を行ったところ、大部分の試料に対して年代誤差シミュレーションで予想した値と同程度またはそれ以下の誤差で有意な年代を得ることができた。得られた年代データからは、雲仙火山全体の噴火形成過程について数多くの新たな知見を得ることができた。

【分野別】地質・海洋

【キーワード】第四紀火山、高精度、K-Ar 年代

【テーマ題目25】西南日本の単成火山の時空分布と成因の研究 (外部資金)

〔研究代表者〕 宇都 浩三（地球科学情報研究部門／長期変動チーム併任）

〔研究担当者〕 宇都 浩三、伊藤 順一、Nguyen Hoang、松本 哲一（職員4名）

〔研究内容〕

西南日本の背弧（日本海）側には、小規模なアルカリ玄武岩の単成火山を主体とする火山群が広い地域に散在している。これら火山群は、火山フロント側に島弧の伸びに平行に列をなして分布する成層火山とは異なり、噴火のたびごとに噴火の場所が移動するので、将来の噴火の場所を特定することが困難である。これら火山活動の過去の時間空間分布及び化学的特徴を明らかにし、そのマグマの成因及び時間空間分の規則性を究明することで、将来の火山噴火の時間空間分布予測を行う必要がある。本研究では、北西九州に分布する過去1000万年間に活動したアルカリ玄武岩を主体とする火山岩類の時間空間分布及びマグマの化学的性質の時間空間変化を明らかにし、マグマ成因論の立場から火山活動の規則性、成因を明らかにし、将来予測のための基礎的理解を得ることを目的としている。平成13年度は、既存文献の調査、山口県青野山・阿武両単成火山群及び佐賀県有田地域の第三紀火山岩地域の現地調査を行い火山岩分布調査と岩石試料の採取を行うとともに、佐賀県伊万里市周辺の第三紀玄武岩類の K-Ar 年代測定、福岡地域玄武岩類の主成分及び微量成分元素分析、同位体比分析を行った。平成14年度も引き続き、北西九州地域の火山岩類の野外地質調査及び試料採取、K-Ar 及び $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定、主成分及び微量成分元素分析、Sr、Nd、Pb 同位体測定を行った。

平成14度は、長崎県の北松浦半島から平戸島、生月島にかけての中新世後期北松浦玄武岩類と佐賀県有田町及び周辺地域の鮮新世火山岩類の地質調査と、長崎県五島列島の福江島の中新世前—中期の火成岩類及び第四紀単成火山群、宇久島火山の地質調査を行った。いずれの調査においても、野外において火山岩類の分布、産状、層序を検討し、化学分析及び年代測定に適した岩石試料の採取を行った。次に、火山活動の時空分布の把握のために生月島、平戸島、度島及び的山大島の玄武岩類の K-Ar 年代測定と、有田地域の火山岩類の $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定を実施した。生月島玄武岩は、北側で8-8.4Ma、中央—南部で7.1-7.8Ma の年代を示す。平戸島の玄武岩は、さらに若い6.5-7.2Ma の年代が得られた。一方、的山大島及び度島の玄武岩は、9Ma と北西九州では最も古い。有田地域の青螺山・黒髪山地域の玄武岩から流紋岩までの幅広い組成の5試料について2.3-2.8Ma ときわめて一致する年代が得られた。

さらに、マグマ発生の起源を理解するために、生月島、平戸島及び周辺地域の中新世火山岩類と、有田地域の火山岩類について、主成分及び微量成分元素の濃度分析及び Sr、Nd、Pb 同位体比測定を行った。生月島、平戸島及び周辺地域のアルカリ玄武岩類は、 K_2O 、Rb、Ba、

Zr、Nb 等インコンパチブル元素濃度組成に大きなバリエーションがあることが明らかとなった。しかし、インコンパチブル元素同士の濃度比には大きな差は認められず、起源マントル物質に大きな違いはなく、主に部分融解の程度に4倍程度の差があったと考えるのが妥当と結論される。また Sr、Pb 同位体比が高く Nd 同位体比の低い玄武岩と Sr、Pb 同位体比が低く Nd 同位体比の高い玄武岩が同一時代、同一場所に存在することが明らかとなった。両同位体比に乏しいアセノスフェアマントルが同様に富むリソスフェアマントルを取り込みながら部分融解したというモデルが考えられる。有田地域の青螺山・黒髪山を中心として腰岳・牧ノ山・黒岳に分布する玄武岩-安山岩-流紋岩類は、微量元素組成においては $\text{SiO}_2=50\text{wt}\%$ 付近の玄武岩においてカンラン石の影響と、 $\text{SiO}_2>75\text{wt}\%$ 上の流紋岩においてカリ長石の分別作用の影響が考えられるが、安山岩類の全岩組成は玄武岩、流紋岩とを結ぶ直線の変化の中間に位置する。

平成14年度は、北西九州地方の第三紀—第四紀単成火山群の地質調査を継続するとともに、その時間空間分布把握のための K-Ar、 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定、マグマの成因と化学組成の時間空間変化を把握するための各種化学分析を実施した。特に、中期中新世に東シナ海が拡大形成されたときの背弧拡大軸であった Shinzhi-Taiwan Folded Zone に位置する五島列島を中心に、火山活動の性状把握を試みた。これまで広域的にはほぼ同時に起こったと考えられてきた中新世後期のアルカリ玄武岩類である北松浦玄武岩類が、実際は、半径10-20km 範囲で起こった比較的規模の小さい火山活動の集合体であり、1000万年前から600万年前の間に、時間と場所を変えながら断続的に継続したことが明らかになりつつある。また、鮮新世の小規模火山体である青螺山・黒髪山等に出現する安山岩、流紋岩類は、玄武岩類の活動に伴うものであり、時間空間的にも化学組成の上でも一連のものであることも明らかになりつつある。平成15年度には、引き続き五島列島及び佐賀県有田地域—長崎県佐世保地域の現地調査を行うとともに、有田地域の南側の長崎県東彼杵地域、川棚地域にもものばして、広域的な火山岩類の分布、産状の把握を行う。また、平成14年度の現地調査で採取した火山岩類について K-Ar、 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定、各種化学分析を行い、火山活動の時間空間的変遷と化学的特徴の時間空間的特徴の把握に努める予定である。

〔分野名〕 地質・海洋

〔キーワード〕 西南日本、単成火山

〔テーマ題目26〕 大規模カルデラ噴火等地質変動調査
(外部資金)

〔研究代表者〕 高田 亮（地球科学情報研究部門マグマ活動研究グループ）

〔研究担当者〕 高田 亮、山元 孝広（職員2名）

〔研究内容〕

日本島弧の長期火山活動の評価のための比較研究の一環として、インドネシア島弧で100万年前より新しい大規模噴火を火山発達史の中で位置付けし、その時空分布を明らかにする。大規模カルデラ噴火のような巨大地質変動はその影響範囲が甚大であるものの、発生頻度が極めて低いため、日本の事例だけではそのメカニズムを十分に解明することができない。目標として、インドネシアで複数の事例研究を行い、大規模噴火の場所、規模、年代及び大規模噴火前後での火山活動の時空分布の集中・拡大・拡散等の変化を明らかにする。

インドネシアのロンボク島で東西70kmに広がる第四紀火山群を SAR 画像を用いて、西ロンボク火山コンプレックス、中央ロンボク火山コンプレックス、リンジャニ火山（標高3726m）、東ロンボク火山コンプレックスに地形分類した。上記のうち、カルデラが中央ロンボク火山コンプレックスの上のみ存在している、現地調査を行い各火山コンプレックスから K-Ar 年代測定用岩石試料を採取した。

テフクロノロジーと¹⁴C年代測定を行い、リンジャニ火山（標高3726m）でカルデラ形成に至る約1万年間の噴火史を明らかにした。形成史は、成層火山形成期（6000y.B.P.）、低活動期（6000-800y.B.P.）、カルデラ形成期、後カルデラ形成期に分けられる。低活動期には、長期平均噴出率の低下を伴い、2回の subplinian 噴火が認められた。岩石の化学分析の結果、噴出したマグマも玄武岩質から珪長質（SiO₂=65%）へ変化した。中央ロンボク火山コンプレックスの中心から5kmほど離れた東山腹でリンジャニ火山が成長したのち、低活動期には、火山活動がさらに5km東へ移動した。カルデラ形成は、リンジャニ火山でなく西の中央ロンボク火山コンプレックスの中心で起こった。まず、plinian の West Rinjani pumice (DRE 体積:3km³)の噴出で始まり、Segaraanak pyroclastic flows (DRE 陸上体積:7km³)でクライマックスを迎えた。このとき陥没した Segaraanak caldera は、カルデラリム間で6×7kmの規模をもち、東側は、リンジャニ火山の西山腹の崩壊による馬蹄形地形（幅と奥行き3.5km）につながっている。カルデラ形成時期は、火砕流堆積物中の炭7個の炭素同位体年代測定から、AD 1210-1260y. B.P (暦年代補正值)の間と推定される。

インドネシア島弧では、今回の調査結果をこれまでの知見に加えると、過去1000年間に大規模噴火が1883年クラカタウ、1815年タンボラ、そして13世紀のリンジャニと3回起こったことになる。インドネシアでは歴史記録が600年程度しか遡れないため、リンジャニ噴火がこのように比較的最近に発生したものであることは全く予想されていなかった。今回の結果は改めてインドネシア島弧での大規模噴火発生頻度の高さを示すものとなった。来年度以降の調査ではこのような高頻度大規模噴火をもたらす地質学的背景、大規模噴火に至るマグマ供給系の発達過程の解明に向けた調査を継続する予定である。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] 隆起、浸食、阿武隈

[テーマ題目27] 長期変動に関する FEP 相関図の検討
(外部資金)

[研究代表者] 小玉喜三郎（深部地質環境研究センター長）

[研究担当者] 小玉喜三郎、山元 孝広、笹田 政克
(職員3名)

[研究内容]

地層処分システムが、将来およそ10万年程度の期間における地質環境の長期変動によってどのような外的影響を受けるかを網羅的かつ定量的に評価することは、地層処分システムの安全性確保上不可欠な要件である。上記の目的で、ここでは国際 FEP データベースから、特に処分システム領域に外因として影響を及ぼす地質及び気候関連事象の因果関係を示す相関図を作成した。この相関図に基づく解析は、処分システム領域の影響度の重み付けや、今後の重要研究課題を抽出するために利用される。相関図作成に当たっての考え方や記述方法を概説する。

(1) 国際 FEP と我が国に固有な FEP の抽出

OECD/NEA は2000年に世界各国の事例を精通して高レベル放射性廃棄物の地層処分システムに影響を与える事象（以下 FEP とする）を国際 FEP データベースとしてリストアップし、その影響特性に基づき階層的なカテゴリーに分類した。処分システム領域に外乱として影響を与えるのは、外的要因の地質学的プロセスとその影響に含まれる FEP である。それらから、「岩塩に関する FEP」等明らかに我が国には存在しない、あるいは影響が少ないと思われる FEP を除外し、FEP 相互の因果関係を矢印でつないだ FEP 相関図を作成した。

(2) 地質及び気候による影響の FEP 相関図

FEP は大きく地球の内部エネルギーを原因とする地質関連 FEP と、気候関連 FEP に区分される。これらを図の左右に配置し、最終的な地層処分システム領域を最下位に配置することによって FEP 相互の因果関係を一連の矢印でつなぎ、理解しやすく図示した。

FEP 間の因果関係は厳密には複雑で相互に影響を及ぼす合うこともしばしばあるが、主要な現象にしぼることとし、矢印にはそれらを「構造性地震」、「隆起・沈降」のように添記した。

(3) 特徴表

各矢印が示す具体的な現象や因果関係の内容を「特徴表」としてまとめた。そして、事象の関連ごとに「メカニズムと現象」、「時間的特徴」、「空間的特徴」、「影響度」について詳述した。

(4) 処分システム領域への主要影響要素

解析の結果、自然環境の長期変動が処分システム領

域に外乱として影響を与えるのは、以下のような合計6つの主要影響要素であることが示された。前4者は処分システム領域が FEP から直撃的に受ける影響であり、太い矢印群図で示した。

＜直撃的影響要素＞

- 1) 火山・マグマ活動による噴火・貫入の影響
- 2) 構造的及び火山性地震による地震動・地震断層の影響
- 3) 火山性地震による地震動・地震断層の影響
- 4) 浸食と堆積による処分場の削剥の影響

＜間接的影響＞

- 5) 地質の変化にともなう水文学・水文地質学的変化を介して受ける影響
- 6) 気候の変化にともなう水文学・水文地質学的変化を介して受ける影響

国際 FEP データベースに基づき、我が国固有の地質関連 FEP 及び気候関連 FEP について、相互の関係と処分システム領域への影響を示す FEP 相関図を作成した。その結果、処分システム領域に与える主要な影響要素は6つのグループに集約できることを示した。これらの結果は、影響度の相対的な比較や今後取り組むべき重要研究課題の抽出に活用していきたい。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】長期変動、地質及び気候関連事象、FEP、放射性廃棄物

【テーマ題目28】隆起・沈降の空間分布に関する研究

(外部資金)

【研究代表者】山元 孝広 (長期変動チーム)

【研究担当者】山元 孝広、卜部 厚志
(職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究は代表的調査地域の東東南部において前弧域の阿武隈地域から背弧域の会津一新潟地域に至る第四紀後半の地殻変動量の広域分布と時間変化を把握することを目的としている。地殻変動の中でも特に隆起運動は河川浸食による埋設物の地表への接近をもたらすため、過去の変動履歴を定量的に明らかにしておくことが地質環境変化の将来予測のためには不可欠である。しかしながら、地殻変動量を計測には過去のある時に形成された地形面を基準にして変位量を決める必要があるため、基準面がどれだけ保存されているかによって変動量空間時間分布データに濃淡が生じてしまう。例えば海岸部では海水準変動の影響を直接受けるため、最終間氷期以降の各種堆積面が段丘化して広がり、従来から地殻変動量の見積もりがなされてきた。一方、内陸山間部には海水準変動の影響が直接及ばないこと、堆積面自体が狭く保存されにくいことから、正確な編年をもとにした地殻変動量の見積りはほとんど行われていない。本研究は火山灰層序学的研究によってこのような内陸山間部でのデータの空白域

を解消とすることを目的の一つとしている。また、活断層や第四紀火山活動の認められない前弧域(阿武隈地域)と両方の影響を受けた背弧域(会津一新潟地域)を火山灰編年による同一の時間基準面で比較することは、これまで以上の精度で島弧横断方向での変動量変化を明らかにすることになる。

平成13-14年度は前弧域の阿武隈地域を中心に野外調査による地形面の認定、地形面構成物の観察と試料採取、被覆風成層の帯磁率測定、指標火山灰の組成分析による同定、放射性炭素年代測定を行った。阿武隈地域は隆起準平原状山地の代表で、調査地域であるその中央部には標高400~500m に頂部がそろった浸食小起伏面と標高1000m 前後の独立峰からなる浸食残丘が広がっている。第四紀を通じて阿武隈地域は浸食の場となっていたため、第四紀層の分布はごく僅かで、これを対象にした調査研究は全く行われていない。平成14年度は阿武隈山地中央部の川俣一小野町にかけての南北30km、東西20km の範囲に調査域を拡大し、各段丘堆積物の最高旧河床面と現河床面との比高を測定するとともに、被覆風成層・指標火山灰との層序関係から段丘堆積物の編年を行った。測定した比高はその地点における浸食量にほかならない。

河川システムで浸食が起きるか堆積が起きるかは、河川流量と碎屑物負荷量のバランスが決められている。隆起準平原状山地の阿武隈地域では基本的に浸食作用が卓越し、河川流量>碎屑物負荷量の状態が長期間にわたって続いている。段丘化して残っている河川堆積物の存在は、この関係が一時的に逆転し河川流量<碎屑物負荷量となった時期があったことを示している。テフラ層序から判断するとその時期は低海面期のステージ2~3、5b、6にあたり、阿武隈山地では氷期に降水量が低下して河川流量が著しく減少したものと考えられる。浸食小起伏面の高度分布や段丘面の比高分布に地域差が認められないことは、調査地域内では相対的な隆起沈降が起きていないことを示しており、構造運動による碎屑物負荷量の増加は考えられない。また、火山活動による碎屑物負荷量の増大も河川堆積物に火砕物が含まれていないことから容易に否定される。結局、阿武隈山地内に点在する河成段丘は汎世界的な気候変動を反映した気候段丘であり、同時期の堆積面は阿武隈山地のみならず日本各地の山間部で見つかるものと期待される。阿武隈山地における河川浸食量は、既に述べたように段丘化した旧河床面と現河床面の比高と等しい。各時代の比高とも現河床の標高と逆の相関があるが、これは河川流量が標高の高い上流部ほど少なく浸食量も少ないことを意味している。従って、河川堆積物の保存されていない山地頂部周辺の浸食量は今回比高として得られた浸食量を超えることはなかったと判断されよう。低位、中位、高位段丘の年代を3万、9万、15万年として全比高量を浸食率に直すと各段丘とも1m/万年となりほぼ一定の値が得られる。この浸食率は火山活動や地殻変動の影響がほとんどない深成岩分布域

でのバックグラウンド値とみなすことができよう。また、この程度の浸食量は地層処分ではほとんど問題にならない量である。

〔分野名〕地質・海洋

〔キーワード〕隆起、浸食、阿武隈

〔テーマ題目29〕花崗岩類の化学的風化作用の指標に関する研究（外部資金）

〔研究代表者〕亀井 淳志（化学反応チーム）

〔研究担当者〕亀井 淳志（他1名）

〔研究内容〕

岩石は水と反応することで化学的風化作用を進行させる。このとき岩石を構成していた初生鉱物は、二次鉱物へと変化する。二次鉱物の生成に使用された元素は岩石内に残留するが、使用されなかった元素は溶脱する。この仕組みを利用して、岩石の化学的風化の程度が全岩化学組成により見積もられてきた。具体的には、岩石中の残留元素と溶脱元素の比や、新鮮な岩石と風化した岩石の溶脱元素の比を用いて風化度を見積もる。

高レベル放射性廃棄物の地層処分にとって、地表における岩石の風化作用は処分地の隆起につながる重要な現象である。処分地を含めた周辺地域全体の風化作用を検討するには、ある基準を用いてその程度を広域的に評価する必要がある。上述した岩石の化学的風化の指標は、1箇所の露頭における二次鉱物の晶出・分解を解析して議論がなされており、地層処分地のような広域的スケールにおいて大きな岩体の本来の組成変化を考慮しつつ、化学的風化を議論したものはない。したがって、上述の指標を用いて、単純にある岩体の化学的風化の程度を評価することはできない。

そこで本研究では、花崗岩体の広域的な化学組成変化を考慮しつつ、化学的風化の程度を見積もることができる指標の考案を目的とした。

研究対象は、平成13・14年度委託費研究集中域に分布する古期岩類（長屋岩体・鹿山岩体）である。

(1) 花崗岩類の風化作用の記載

肉眼的に風化作用の程度が異なる花崗岩類の試料を研究集中域（長屋岩体および鹿山岩体）より採取した。また、これらの試料から岩石薄片を作成し顕微鏡記載を行った。岩石薄片は佐藤芳治氏（元地質調査所技官）に依頼して作製した。

(2) 花崗岩類の化学分析

新鮮～風化した岩石試料について、主微量成分・希土類元素組成を測定した。測定は、採取試料を室内実験室にて微粉末化し、これをカナダ Actlabs 社（日鉄鉱コンサルタント(株)経由）に依頼して、誘導結合プラズマ分析装置及び誘導結合プラズマ質量分析装置により行った。

本研究では花崗岩類の化学的風化度を岩体規模で判断する方法を考察した。その結果、縦軸に風化の指標（残

留元素／溶脱元素）、横軸に花崗岩類の化学的変化（例えば SiO_2 量）をとることで、その風化度を表現できることが明らかとなった。

研究集中域に産する長屋岩体及び鹿山岩体の風化の進行状況を、岩石の肉眼観察・顕微鏡観察・化学的解析により検討した。その結果、両岩体の風化作用は主に斜長石の変質により進行しはじめていることが分かった。顕微鏡観察では黒雲母も弱い変質を被っていたが、化学的解析ではその違いを判別できなかった。これは、鏡下において黒雲母が変質しているものの、 K_2O や MgO といった元素の溶脱には至っていないことを示している。

今回は、肉眼観察・顕微鏡観察・化学的解析による花崗岩類の広域的風化度を見積もる手法を考察した。しかし、変質鉱物の同定には至らなかった。したがって、今後、X線回折装置による変質鉱物の同定を行い、風化に伴う化学組成の変化が変質鉱物の生成過程と一致していることを確認する必要がある。また、本研究では全岩化学組成の主要元素組成についてのみ考察を行い、微量元素組成を使用した議論には至らなかった。風化生成鉱物である二次鉱物は層状ケイ酸塩鉱物であることが多い。したがって、LIL 元素（large ion lithophile elements）はこれらの鉱物に対して大きく影響される可能性があり、逆に HFS 元素（high field strength elements）は影響されないと判断される。一方、層状ケイ酸塩の形を取らない二次鉱物では、上述した微量元素の分配が逆になることも予想される。また、風化鉱物には非晶質鉱物も含まれ、これらに対する微量元素の振る舞いは明らかでない。したがって、微量元素の扱いは主要元素のように単純ではないと判断される。この課題を解決するには、今後、二次鉱物及び非晶質鉱物に対する風化過程での微量元素の分配を明らかにすることが重要であろう。

〔分野名〕地質・海洋

〔キーワード〕花崗岩、化学的風化作用

〔テーマ題目30〕深部上昇流体の分布・起源に関する研究（外部資金）

〔研究代表者〕風早 康平（深部流体チーム）

〔研究担当者〕風早 康平、高橋 正明、高橋 浩、竹野 直人、森川 徳敏、安原 正也、稲村 明彦、佐脇 貴幸（職員7名、他1名）

〔研究内容〕

地層処分地の深度は300m 以深とされているため、表層から地下1000m 程度までの地下水系について研究する必要がある。しかしながら、これまで、地下300m 以深の地下水については、データが不足しておりその実態についてほとんどわかっていないのが現状である。本研究では、主に、300m 以深の温泉掘削によって得られる深層地下水、温泉水の研究を行い、地下深部の深層地下水の性状把握とマントル物質を含む深部上昇流体の影響

等を評価することを目的としている。また、深部上昇流体は、その上昇量が極めてわずかであっても、例えば、10万年の超長期にわたる地層の安定性問題に重大な影響を与える。本研究では、大きくわけて以下の3つのサブテーマに分類される。

(1) 深部流体詳細調査

大阪府石仏、有馬温泉周辺（神戸）や中央構造線沿い（和歌山・奈良県）等で比較検討のため温泉・地下水・河川水・湧水の調査を実施し、約120ヶ所で水試料及びガス試料を採取した。これらの試料について、化学組成・水素・酸素同位体比の分析を行った。同位体分析の結果、多数の同位体比がシフトした地下水、温泉水等が見つかった。これらは、石仏周辺だけでなく、和歌山地域、中央構造線沿いの地域及びその周辺部に見られ、有馬型熱水の寄与がこれらの地域で無視できない量であることがわかった。一方、新潟県松之山及び山形県月山地域より温泉水、湧水及び河川水試料合計16試料を採取し、化学分析及び水の水素・酸素同位体組成分析を行った。高塩濃度の温泉水の形成機構について、同位体地球化学的に考察し、3通りの場合、すなわち、古海水、火山性熱水、深部流体等の塩濃度の高い地下流体の混入を受けたもののいずれかであると推定し分類した。DIONEX社のイオンクロマト DX-500を導入し、陽イオン及び陰イオン合計13成分の分析条件設定を行った。また、試料濾過用フィルターから硝酸イオン、硫酸イオン等が溶出する問題について検討を行った。

(2) 深部流体検出の新手法開発

安定炭素同位体トレーサー法より得られた深部上昇流体の寄与に、どの程度の誤差が見込まれるのかを評価し、手法の適用性について解析した。測定誤差や個々のリザーバーの $\delta^{13}\text{C}$ の変動幅に起因する誤差が、この手法の誤差へ与える影響について誤差伝播の一般式を用いて評価した。この手法の誤差は、小さいものでは3.5%程であり、多くの試料について10%以内の誤差で解析が行えることがわかった。しかし、 CO_2 濃度が低い試料では非常に大きな誤差を示した。また、汎用連続フロー型炭素同位体比測定装置の測定条件の最適化のために、各種基礎測定を行った。神戸・芦屋・西宮市街地において採取した浅層・深層地下水について、希ガス用質量分析計（東大）によって、ヘリウム・ネオン濃度及び、ヘリウム同位体比（ $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比）の測定を行った。井戸の深度が深いほど、ヘリウム同位体比と濃度が高いことがわかった。また、神戸地域における深部起源の端成分のヘリウム同位体比は、有馬温泉よりも低いことがわかった。この原因は、神戸地域では深層地下水が大阪層群中に長い滞留時間で存在しているため、長期にわたる岩石からの ^4He の付加によるものと思われる。ヘリウム同位体の特性を利用した非常に古い地下水の滞留時間推定法の開発について

検討を開始した。一方、質量分析計による精密な地下水溶存ヘリウム同位体測定法の確立のため、希ガス精製装置による溶存ヘリウムの精製法を確立し、ヘリウム同位体質量分析計（英国 Micromass 社製 Model MM-5400He）を導入した。今後、分析条件を詳細に検討し、分析を開始する予定である。

(3) 深部流体の特徴

深部起源流体をトラップしていると考えられている鉱物に含まれる流体包有物を採取、分析するため、脈を含む石英及び方解石試料を高知県久礼から興津にかけての海岸沿い、安芸から室戸にかけての海岸沿い、和歌山県熊野川沿い及び紀伊半島西海岸にて採取した。これらの試料から石英脈を含む15枚の両面研磨片を作成し微小領域ラマン分光分析を行った。分析の結果、メタン、窒素、二酸化炭素のガス種と炭質物（CM）が流体包有物に含まれることが明らかとなった。64個の流体包有物は9種類のタイプに区分し、生成環境について考察した。

近畿地方における深層地下水、温泉水の詳細調査により、石仏地域、和歌山、及び中央構造線沿いの地域に存在する地下水において、有馬型熱水と同様の水の水素及び酸素同位体及び Cl 濃度の特徴を有する流体の混入を受けているものが見つかった。これらの深部熱水の上昇による地下水系の汚染は、断層等の裂か系を通じて生じていると考えられていた。しかし、自然湧出している石仏地域では、断層は存在していないことが注目される。当該地域では、花崗岩体が地下に広く存在しているが、自然湧出の産状は花崗岩に存在する小さな割れ目を通じて生じていることが確認された。一方では、有馬-高槻構造線と同様に、中央構造線では、その場に存在する地下水系が高い割合で深部上昇熱水の影響を受けていることも示された。平成13年度の報告では、深部上昇流体の混入した深層地下水の範囲として1万 km^2 を確認したが、今回の研究結果はさらにその範囲が広がる可能性を示唆している。平成15年度も本詳細調査研究をさらに広範囲に実施し、深部上昇熱水の広がりや地域による性質の違い等を明らかにしてゆく必要がある。

会津地域及びその周辺の温泉水の調査では、その地下水の成因として、1) 海成層形成時に取り込んだ古海水、2) マグマ発散物等火成作用によりもたらされる水、3) 有馬型の深部上昇熱水、及び4) 油田鹹水（成因不明）あるいは粘土鉱物等の脱水により生成された水等が考えられた。さらにそれらは、地域の特徴もあり、成因との因果関係も推定することができた。これらの成因に関しては、1) 及び4) に関しては、非常に古い水が超長期にわたり保持されていることを示しており、地層の安定性が高いことを示している。一方、2) 及び3) に関しては、水そのものがマグマや地下深部からきている可能性があり、地層の長期的な安定性は低いことを示している。しかし、その証明のためには、今後、ヘリウム及び炭素同

位体トレーサの手法を用い、より詳細な調査を必要とする。実際には、これらの成因がまったく異なる温泉水についても、これまでは、その産状の地域的特徴や水質からグリーンタフ型温泉と区分されていた。つまり、既存の水質による温泉の区分については、地層処分の安全性評価の観点からすればまったく意味をもたないことがわかった。

極微量深部流体の検出手法開発については、土壤ガスを用いた炭素同位体トレーサを用いた手法に関しては、誤差、精度も含めて評価手法を示した。今後、安定炭素同位体トレーサー法をガス試料だけではなく、水試料にも適用していく。そのためにも汎用連続フロー型炭素同位体比測定装置による実試料の測定を進める。また、低濃度の試料については、精度の良い寄与率の推定が行えないため、放射性炭素をインジケータに追加した手法を新たに開発する必要がある。また、ヘリウム同位体を用いた深部熱水の検出については、モデル地域である神戸において、マントル起源成分の空間分布とその特徴について多くの知見を得ることができた。神戸地域の深層地下水に付加される深部流体は有馬型と同様の化学的特徴を有しているが、ヘリウム同位体比は異なっている。この原因は、神戸の地下帯水層内で長期間滞留している間に放射壊変起源の ^4He が付加されたためである。どの程度 ^4He が付加されたかは、時間及び地下水の流動速度により決まる。今後、ヘリウム同位体トレーサを深部流体の検出のみならず、深部上昇流体のフラックス量測定、深部上昇流体を含む深層地下水の滞留時間の測定に用いることができるようにするための研究開発を続けてゆくことが重要である。

今年度導入したヘリウム同位体分析装置は、平成15年度に地下水溶存希ガスの精密分析のための基礎データとして標準大気、標準ヘリウム試料及び、標準水の分析により分析精度の評価を行う予定である。流体包有物を用いた深部流体の研究に関しては、メタンに富む一相の流体包有物がしばしば炭質物を含むことを見出した。また、そのピーク幅は周囲の碎屑性炭質物に比べて狭く、メタンの $\nu_{1\text{CH}_4}$ バンドはメタン蒸気の 2917cm^{-1} より低波数側にシフトしていることが見出された。このような流体包有物中のメタンと炭質物の関係について、メタンからの直接的な炭質物の沈澱や炭質物からの熱分解によるメタンの生成は想定しがたく、おそらく炭質物はメタンとともに移動して、トラップされたのではないかと考えられる。この場合、水みちを通じてメタンや炭質物の移動がおこなわれたことになり、地下水への還元剤の注入フラックスとしてどの程度影響を及ぼしうるのかが今後論じられる必要がある。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】深部流体、温泉水、同位体、希ガス、ヘリウム

【テーマ題目31】温泉の水質特性と起源に関する研究

(外部資金)

【研究代表者】高橋 正明（深部地質環境研究センター 深部流体チーム）

【研究担当者】高橋 正明、風早 康平、高橋 浩、森川 徳敏、安原 正也、稲村 明彦（職員5、他1名）

【研究内容】

地層処分の想定深度である300m以上に達する温泉開発目的のボーリング調査が、近年日本各地において行われている。これまで温泉が存在していないと考えられていた堆積岩地域や、硬質岩地域においても、多数の新しい温泉が確認されはじめている。本研究は、これらの温泉の地球化学的性状の詳細な調査、起源や形成機構の解明を様々な地質地域において実施することにより、これまでほとんどデータが存在しなかった深部地下水系への深部上昇水等の混入の実態、流量等の情報を収集し、地層処分地の適正評価のための基準作成に資するものである。

平成13年度に阿武隈地域（福島県浜通一・中通）及び東海東部地域（愛知県東部、静岡県西部、山梨県西部及び長野県南・中部）より採取した温泉水及び湧水試料250試料の陽陰イオン13成分一斉分析を行った。関東山地地域（長野県中・東部、東京都、千葉県、埼玉県、群馬県、栃木県及び茨城県）及び福島西部地域（福島県中通一・会津）にある深部流体あるいは長期に停滞している水を起源としている可能性があると考えられる食塩水を、各種温泉情報より抽出し、そのうち200ヶ所より温泉水及び湧水試料の採取を行った。関東山地及び福島西部地域より得られた水試料200試料の水素・酸素同位体組成分析を行った。また、関東山地地域より得られた水試料100試料の陽陰イオン13成分一斉分析を、本年度導入したイオンクロマト DX-500により行った。

有馬、石仏等の深部流体起源の温泉水及び北海道平野部、関東平野、仙台平野一古川盆地、新潟平野一秋田平野等の油田鹹水等深層熱水（長期に停滞している水）起源の温泉水の既存化学組成、水素・酸素同位体組成データとの比較を行い、各地域の温泉水の供給、形成機構について検討を行った。

阿武隈及び東海地方東部地域の合計362ヶ所より温泉水試料、湧水試料を採取し、水温、化学組成及び水の水素・酸素同位体組成の分析を、イオンクロマトグラフ、質量分析計等を用いて行った。東海地方東部地域では、中央構造線及び糸魚川一静岡構造線に沿った各所で、有馬型深部上昇水が寄与する温泉の存在が明らかになった。また、両構造線の周辺地域あるいは延長上に当たる地域でも、深部上昇水の寄与の想定される温泉が存在している可能性が考えられた。さらに、阿武隈、東海地方東部両地域には海水あるいは第三系中に胚胎している塩水を起源とする可能性が考えられるいくつかの温泉が存在することも明らかになった。

〔分野名〕地質・海洋

〔キーワード〕温泉、化学組成、同位体

〔テーマ題目32〕地熱地域の水質・温度分布と岩石変質
(外部資金)

〔研究代表者〕関 陽児 (深部地質環境研究センター地質総括チーム)

〔研究担当者〕関 陽児 (職員1名)

〔研究内容〕

放射性廃棄物の地層処分問題を扱う際に、地下水と周囲の岩石との相互作用に対する理解は、必要不可欠なものである。本研究は、高温の地下水と岩石との相互作用(地熱変質)が、地熱系の発達にともなってどのように変化して行くかを明らかにすることを目的とする。対象とした地熱系は、福島県河沼郡柳津町西山地域に位置する奥会津地熱系である。同地熱系は、高温・高ガス濃度・高溶存成分濃度で特徴づけられる裂隙規制型の地熱系であり、その貯留槽深度における実測温度は300℃以上、全放出流体中のCO₂は1wt%、全溶存成分濃度は2wt%に達する(関、1996)。

奥会津地熱系の研究対象としての利点は、国内の他の高温の地熱系と比較してその高温部の空間的広がりが小さくかつ独立しているため、地熱系全体を理解するのに適している点にある。本研究では、このような特徴をもつ奥会津地熱系を対象に、地熱系の発達に伴う水質や温度構造の変化、及びそれらと母岩との相互作用の産物である地熱変質帯の変化の実態を明らかにした。本研究では、昨年度までに実施されてきた1)地熱系内外の岩石中の変質鉱物の記載、変質分帯、2)代表的変質岩の全岩化学分析及び変質帯ごとの化学成分収支の算出(関、2000、2002)、3)熱水性鉱物中の流体包有物の均質化温度の測定に引き続き、4)計算コードを用いての地熱流体の沸騰や冷却に伴う変質鉱物に関する熱水の化学的飽和度の挙動について計算を行い、5)それらの結果の総合的な解析を実施した。奥会津地熱系における代表的な二つの坑井から噴出する地熱流体を対象として、代表的な変質鉱物20種以上に関する化学的飽和度、すなわち $\text{Log}(Q/K)$

(Q :活動度積、 K :平衡定数)を、様々な温度、ガス濃度条件において算出した。計算には、熱力学計算コード PECS (竹野、1988)を使用した。対象とした坑井84N-2t は、噴出試験や蒸気生産が開始する以前の、本格的な貯留層内沸騰が生じていない状態での地熱流体の分析データをもつ唯一の坑井である。もう一つの坑井84N-1t は、その位置や噴出流体の温度が低いこと等から、地熱系縁辺部の流体を噴出した坑井と考えられる。84N-2t の全放出流体組成に対して、奥会津地熱系で産出する変質鉱物の飽和度を計算すると、実測最高温度付近の300℃で、主要な変質鉱物である石英、イライト、緑泥石、硬石膏に関する飽和度が全てゼロとなる。したがって、84N-2t で代表される本地熱系の貯留層熱水は、

300℃付近で前記鉱物群と化学平衡に存在することにより、その化学種組成が決定されていると考えられる。この84N-2t の地熱流体が、ガス濃度が1/10に低下する脱ガス沸騰により50ないし100℃温度低下すると、緑泥石が不飽和、イライトが過飽和な状態に移行する。これは、流体包有物均質化温度から沸騰が予想されているイライト帯の形成条件を示している可能性が高い。84N-1t の全放出流体組成に対して、奥会津地熱系で産出する変質鉱物の飽和度を計算すると、実測最高温度付近の250℃において、主要変質鉱物の飽和度は過飽和から不飽和まで多様性を示す。また、それらの飽和度がゼロに収束する温度は見い出されない。実測最高温度付近では、石英、イライト、カオリナイト、炭酸塩鉱物が過飽和を示すことから、同坑井から噴出した地熱流体が、カオリナイト帯を形成したと解釈することが可能である。

奥会津地熱系の水質・温度構造の変化と、それにより生じた母岩の変質の形成過程は、以下のとおりまとめられる。

(1) 地熱系の活動開始当初

開放裂隙を通じた地熱系下部と地表との水理的連絡が良好で、地熱系の地下の様々な深度で活発な貯留層内沸騰が生じた。沸騰で分離したCO₂やH₂S等の酸性ガスは、より上位の相対的に低温の地下水塊に再溶解することにより、地表付近や中間深度に酸性粘土化変質帯を形成した。貯留層内の沸騰領域の一部では、イライトを特徴鉱物とする中性変質帯がAuの沈澱を伴いつつ形成された。

(2) 難透水帯形成期

主として酸性粘土化変質帯の成長に伴い、地表付近と中間深度に難透水帯が形成された。それにより、深部から上昇する地熱流体の地表への流出が徐々に制限されると同時に貯留層圧が上昇し、ついには大規模な貯留層内沸騰は終息した。

(3) 難透水帯形成後

上位に難透水帯が存在するため、高温の地熱流体が貯留層深度に長時間滞留することにより、貯留層深度周辺の高温度領域が徐々に拡大した。それに伴い、硬石膏を特徴鉱物とする中性変質帯の分布範囲が拡大した。

〔分野名〕地質・海洋

〔キーワード〕奥会津地熱系、熱水変質、流体包有物、地熱貯留層、解法裂隙系、変質鉱物飽和度

〔テーマ題目33〕変質の種類と地質変動要因に関する研究(外部資金)

〔研究代表者〕濱崎 聡志 (地質情報チーム)

〔研究担当者〕濱崎 聡志 (職員1名)

〔研究内容〕

地質特性変化の典型として岩石の変質があげられる。変質鉱物特に粘土鉱物はその物性によって吸着能力が高

く、地下水中の化学種が割れ目沿いやその近傍の変質鉱物に吸着、固定される可能性が考えられる。このため岩石の変質は地質特性変化を特徴づける上で非常に重要である。したがって変質に関する岩石鉱物学的検討、及び地質事象の過程において変質作用が生じるメカニズムを把握することは、地質変動による地質特性変化を抽出する上で不可欠である。

一方、地質特性に影響を及ぼすと考えられる地質事象の中で、火成活動の影響が大きいことは言うまでもない。従来、火山活動の影響範囲は10-15km とされている。しかし、火山活動は広範囲の熱水系を伴うことも多く、これには断層等の周辺地質構造やもっと大規模なテクトニックセッティング等、火山活動以外の要因も考慮に入れなければならない可能性がある。数100m の比較的浅い地表下で熱水系を形成する可能性のあるマグマ活動には、カルデラ、複成火山、単成火山、貫入等があげられる。これらのうち、カルデラや複成火山は大規模なマグマ活動のケースが多いため、ひとたび生じれば周辺の地質環境に大きな破壊をもたらし、噴出物によって周辺のかなりの範囲を覆ってしまうことがある。したがって、これらは火山活動の観点からの検討がより重要であろう。これに対し、単成火山やマグマ貫入は規模は大きくないが出現頻度は高く、地下のマグマ溜りを予見させるような熱水活動を伴うこともある。したがって、熱水系の形成に及ぼす火山活動の影響という観点からは、単成火山(群)や貫入火成岩等地表において比較的小規模なマグマ活動も検討対象として重要である。

以上の観点から本研究では、火成活動に伴う熱水・化学種による岩石の変質が地質特性変化に及ぼす影響程度・範囲や各々の過程について調査、研究を行う。特に変質帯の岩石鉱物学的及び地球化学的手法から変質作用の特徴を、また変質帯と火成岩の時間的空間的分布及び周辺の地質構造との関係から、地質条件や地質変動がマグマ-熱水系に及ぼす影響等に関する解析と考察を目的としている。

九州北西部には流紋岩を主とする鮮新世の珪長質火山岩が一時期に各地で噴出、点在し、火山群を形成している。これらの地域では広範囲の熱水活動を伴い、化石地熱系を形成している。平成13年度に熱水変質帯は大局的に火山地域内で同一方向に配列する傾向を示したことを踏まえ、本年度は、地表下の熱水系形成に影響を及ぼした火山活動及び地質構造的要因を解析するため、1)流紋岩を中心とする火山岩類の地質・岩相及び熱水変質帯の分布調査、2)新鮮な珪長質岩石から様々な程度に熱水変質を被った岩石の鉱物組成と化学組成分析、3)変質岩中の粘土鉱物について安定同位体的手法より熱水系の形成と火成活動の関連の検討、4)変質帯の分布及び粘土鉱物の K-Ar 年代から火山活動と熱水系の時空関係の解析をそれぞれ行った。

本地域において約15-20km 四方に点在する珪長質な

火山活動は広範囲にわたり熱水変質帯を伴っているが、それらは散点的かつ大局的には北北西-南南東方向に配列して分布する傾向が見られ、かつて稼行された浅熱水性の含金石英脈鉱床の脈方向も変質帯の配列と調和的である。したがって、これらの要因として、本地域に分布する北北西-南南東方向の断層が影響を及ぼしている可能性が考えられる。熱水による弱変質から強変質にかけて、ハロサイト、スメクタイト、混合層鉱物、カオリナイト、セリサイトの順に粘土鉱物が出現していく。特に有田流紋岩分布域の南半部はセリサイトもしくはカオリナイトが広範囲にみられ、本地域において熱水活動が最も活発な地区であったことを示している。

変質岩中の熱水性セリサイトの酸素、水素の安定同位体比は、全ての試料において水素同位体比は-80~-65‰の間に入りほぼ一定であった。酸素同位体比は、有田地域で+9‰、有田から北方(白川、竜門)に向かい+7‰、有田から南方(古木場、小樽郷)に向かい+3‰まで軽くなり、波佐見地域で+4‰と再度若干重くなっている。また、有田流紋岩類最末期の黒雲母流紋岩ドームが2.43Ma の K-Ar 年代(黒雲母)を今回示したことから、セリサイトの K-Ar 年代によると、有田地域の熱水活動は珪長質なマグマ活動の直後、変質の最も強い地域で2.2~2.1Ma まで(有田、金山岳)、北方および南方に約5km 離れた地域で2.0~1.8Ma まで(白川、竜門、古木場)続いていたことがわかる。したがって、熱水活動は有田地域から北方及び南方へ時間的にも空間的にも広がっていったと考えられる。

本地域の熱水変質帯は珪長質火山地域内で北北西-南南東方向に配列して分布することが明らかとなった。本地域には、北西九州に特徴的な北北西-南南東方向の広域的な断層が多く分布している。これらの断層が熱水の上昇通路を規制する要因となった可能性は十分ある。したがって、マグマ活動による熱水系の形成には、広域的な地質構造が珪長質マグマの貫入あるいはその後の熱水活動に大きな影響を及ぼす可能性があると考えられる。このことをさらに検討するため、平成15年度は対象範囲を移動、拡大し、平成13-14年度の調査地域との比較検討を行う。

また、これらの熱水系を駆動した珪長質マグマの地質学的及び地球化学的な性格付けを行う必要がある。そのためには、変質岩のみならず、流紋岩自体の岩石化学的特徴を明らかにする必要がある。さらに変質帯と火成活動との時間的空間的關係から周囲の地質条件や地質構造がマグマ-熱水系に及ぼす影響範囲、程度を明らかにすることが重要となる。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】火成活動、熱水変質作用、地質構造

【テーマ題目34】乾燥地域および湿潤地域における地下水の化学組成の比較(外部資金)

〔研究代表者〕 月村 勝宏（化学反応チーム）

〔研究担当者〕 月村 勝宏（職員1名）

〔研究内容〕

放射性核種は水に溶けて移行するので、この移行量を計算するには、地下水の流量及び地下水中の核種の濃度が必要である。このうち地下水中の核種の濃度は、地下水の水質（pH、Eh、陰イオン濃度）に依存するので、地下水の水質を推定する必要もある。そこで、湿潤地域と乾燥地域で河川水の水質がどのように異なるかについて文献調査を行った。河川水は、表層の地下水が地表面に現れたものなので、河川水の化学組成は、表層の地下水の化学組成を表していると考えられる。乾燥か湿潤かの指標としては、流域単位面積当たりの河川流入量を用いた。検討したイオンまたは分子は、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 、 SiO_2 である。

Na^+ 濃度は1ppm から1000ppm である。湿潤地域では大部分が1ppm から10ppm の範囲にあるが、乾燥地域では大部分が30ppm から500ppm の範囲に入る。 K^+ 濃度は1ppm から10ppm である。湿潤地域では大部分が1ppm から10ppm の範囲にあるが、乾燥地域のリオグランデ川では80ppm となっている。 Ca^{2+} 濃度は1ppm から100ppm である。湿潤地域では1ppm から100ppm と広い範囲にあるが、乾燥地域では100ppm 近傍に入る。これは、濃度が高くなると炭酸カルシウムとして沈殿するために100ppm よりも濃度が高くなりやすいためである。 Mg^{2+} 濃度は0.1ppm から3ppm である。湿潤地域では0.1ppm から1ppm と広い範囲にあるが、乾燥地域では1ppm から3ppm までの中に入る。これは、濃度が高くなると炭酸カルシウムと共沈するために3ppm よりも濃度が高くなりやすいためである。

Cl^- 濃度は1ppm から200ppm である。湿潤地域では大部分が1ppm から10ppm の範囲にあるが、乾燥地域のリオグランデ川では200ppm となっている。 SO_4^{2-} 濃度は1ppm から300ppm である。湿潤地域では大部分が1ppm から20ppm の範囲にあるが、乾燥地域では200ppm 前後となっている。 HCO_3^- 濃度は10ppm から300ppm である。湿潤地域では10ppm から200ppm と広い範囲にあるが、乾燥地域では100ppm から200ppm と狭い範囲に入る。これは、濃度が高くなると炭酸カルシウムとして沈殿するために200ppm よりも濃度が高くなりやすいためである。

SiO_2 濃度は10ppm から200ppm である。湿潤地域では10ppm から200ppm と広い範囲にあるが、乾燥地域では100ppm から200ppm と狭い範囲に入る。これは、非晶質シリカの溶解度100ppm を越えると、非晶質シリカとして沈殿するために200ppm よりも濃度が高くなりやすいためである。

一般に、溶存化学種の濃度は、乾燥地域で高い。これは、乾燥地域では蒸発量が多いために、濃度が高くなるためと考えられる。また、乾燥地域の方が地下の滞留時

間が長いために、岩石と反応する時間が長く溶存種濃度が高くなるとも考えられる。

Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 濃度、 SO_4^{2-} では、降雨量と溶存化学種量とは反比例の関係にある。これらの化学種は、乾燥地域で高濃度になっても、固体として沈殿しにくい化学種である。一方、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 、 SiO_2 は、乾燥地域であっても、濃度があまり高くない傾向にある。これらの元素は濃度が高くなると固体として沈殿する性質があるからである。

日本のような湿潤地域では、降雨起源の地下水の溶存イオン濃度は一般に低い。このため、放射性核種が陰イオンと錯体を作りやすいと言える。地下水が降水起源である限り、陰イオンと錯体を作って放射性核種の溶解度を上げにくいと言える。

〔分野名〕 地質・海洋

〔キーワード〕 地下水、化学組成、乾燥地域

〔テーマ題目35〕 断層の長期変動に関するデータファイル作成と地域区分・時系列解析（外部資金）

〔研究代表者〕 杉山 雄一（活断層研究センター副センター長）

〔研究担当者〕 杉山 雄一、伏島祐一郎、吉岡 敏和（職員3名）

〔研究内容〕

断層の長期変動を予測するためには、第四紀に活動を繰り返している活断層の活動史や3次元形状等に関するデータを収集・分析し、普遍的な規則性と個々の断層の特性を分離・抽出することが不可欠である。このような作業を効率的に行うためには、活断層に関する各種の情報を一定のフォーマットに基づいて整理し、データベース化する必要がある。このため、本研究では、活断層のデータベースの基本設計を行うことを主な目的とする。この目的に向け、平成12～13年度には活断層文献書誌データベースを設計し、我が国の活断層・活構造に関する文献を網羅的に収集・整理し、データベースに収納した。

平成14年度には、地図上に表示した活断層線や調査地点から、活断層調査結果を引き出せる「活断層調査データベース」の基本設計を行った。また、断層の長期変動の評価と特に関係の深い反射法探査結果に特化した「反射法地震探査データベース」の試作を行った。

「活断層調査データベース」については、まず GIS ソフトを必要としない一般公開用のデータベースを設計し、有馬一高槻構造線断層系をモデル断層として、データベースの試作を行った。データベースシステムの構築に当たっては、Microsoft Visual C++ 6.0 SP5 Professional を用いた。また、使用したデータベースエンジンは、Microsoft Access 2000である。動作環境は、OS : Windows 98以降、CPU : Pentium II 400MHz 以上、メモリ : 64MB 以上、ハードディスク空き容量 : 300MB

以上と、低レベルに抑えた。

「反射法地震探査データベース」は、インターネット上で探査結果の閲覧・引用が可能な html 形式とした。各探査結果へのアクセスは、断層名、探査地域名、地図上に表示した断層から各々行えるようにした。それぞれの探査について、探査場所・測線長・発振点間隔・受振点間隔・振源等の探査仕様、データ処理、解析結果等の概要を記述したテキストを作成した。データベースに取り込む画像情報は、測線位置図、時間断面図、深度変換断面図、解釈断面図等、探査結果の理解に必要な基本的なものに限定した。

平成14年度には、一般公開用の活断層調査データベースと反射法地震探査データベースの設計を行うとともに、一部の活断層について、データ入力を開始した。平成15年度には、これらのデータベースの改良と入力を進めるとともに、活断層研究センターにおいて構築を進めている全国主要活断層の地震発生可能性の評価を目的とする活断層評価データベースとの融合を図る。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】活断層、データベース、反射法地震探査

【テーマ題目36】地層特性空間分布変化の地質構造要因に関する研究（外部資金）

【研究代表者】山元 孝広（長期変動チーム）

【研究担当者】山元 孝広、牧野 雅彦、渡辺 史郎（職員3名）

【研究内容】

活断層は平面地図上では単なる線として表現されるが、構造地質学的には地下10～20km 程度の地震発生領域から地表に達する面として捉えるべきものである。またその面（断層面）も固定したものではなく活断層の成長に伴い断層面位置の移動（マイグレーション）が起こることが知られている。特に震源域と地表に現れる地震断層の位置が水平的に離れた断層では断層面の傾きが低角度であるため、地表付近のマイグレーション量や副次断層出現範囲も垂直な断層より大きくなる。活断層調査は1995年兵庫県南部地震以降日本各地で実施されているが調査目的が防災であるため、調査対象は地表に近い地下浅部に限られている。そのため、マイグレーション過程が解析できるような深度と精度を持った地下構造のイメージングは、千屋断層（1896年陸羽地震）の探査結果等の見事な事例を除くとほとんど実施されていない。本研究で今年度から取り上げる福島県西部の会津盆地西縁活断層帯は典型的な逆断層であり、最新の地震断層位置（1611年地震断層）が主断層と大きく離れた位置にある。それゆえマイグレーションを伴う断層発達過程を探る対象として最適である。平成14年度はまず反射法地震探査により地下数 km までの活断層帯の横断面を明らかにする。来年度以降にはボーリング調査と地表踏査による断層の変位・移動履歴を特定、精密重力探査による地下構

造の空間的広がり把握、水文地質学的調査による活断層周辺水理構造の解明を順次行い、活断層影響範囲のモデル化につなげる。

福島県河沼郡会津坂下町～耶麻郡高郷村の道路沿い測線長10km の1測線で、反射法地震探査を実施した。波動種別はP波で、発震点間隔を20m、受震点間隔を20mとし、発震位置の前／後＝50／20ch の振り分け展開とした。同時収録チャンネル数は70ch 以上（最大受震距離、約1000m）、標準水平重合数は35重合になっている。標準震源には大型パイプレーター1台を用い、道路幅が狭く大型パイプレーターによる発震が困難な区間はインパクトを使用している。受震器には速度型地震計（固有周波数10Hz、9個グループ／CH）を、探査記録装置にはデジタル・テレメトリー型地震探鉱機（24ビットA/D 変換）を用い、垂直重合数が5回以上になるよう発震点毎の取得データを確認し調整している。データ収録時間は2秒で、サンプリング間隔は2ミリ秒である。探査記録のデータ処理は、通常の基本処理（共通反射点重合法による反射法データ処理）を行い、時間断面図及び深度断面図を作成した。

反射法地震探査測線沿いには、下位より基盤の花崗岩類、中新世の荻野層、漆窪層、塩坪層、中新世から鮮新世の藤峠層、後期鮮新世の和泉層、前期更新世の七折坂層、及び中期更新世の塔寺層が分布する。本測線では、2条の断面が認められ、このうち最も東側の断層が1611年地震断層を含む会津盆地西縁に相当する。この断層は西上がりの逆断層であり、上部は撓曲変形となっており、少なくとも七折坂層以下では反射面はほぼ平行に撓曲変形を示すことから、この断層の活動開始時期は七折坂層堆積以降の中期更新世のある時期と考えられる。もう一つの中央部の断層も同様に西上がりの逆断層で、七折坂層以下の地層に大きな変形を与えている。この断層は活断層としては認定されていないものの、第四紀期間中も活動を繰り返したことは確実である。基盤を基準にしたおおよその垂直断層変位量は約800m で、東の断層の撓曲変形よりもはるかに大きい。このような構造から判断すると会津盆地西縁活構造の主断層はむしろ活断層とは認定されていない中央部の断層であり、1611年地震断層を含む東側の断層は第四紀の比較的最近に活動が東へ約5km 移動したことにより出現したものであることが明らかになった。来年度以降は1611年地震断層の東でのボーリング調査により断層活動移動時期の特定、精密重力探査による各断層の空間分布の把握を実施する必要がある。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】活断層、マイグレーション、会津盆地西縁、地震波探査

【テーマ題目37】断層運動とそれに伴う諸現象の研究（外部資金）

〔研究代表者〕 小林 健太（活断層研究センター（新潟大学））

〔研究担当者〕 小林 健太、杉山 雄一、伏島 祐一郎（職員2名、他1名）

〔研究内容〕

2000年鳥取県西部地震（M7.3）は、確実な活断層が認められない地域で生じた大規模な内陸型地震である。この地震の後、空中写真判読により、震源域に左横ずれを示すリニアメント群が判読された。また、地表踏査により、それらに沿った多数の断層露頭の存在が示された。しかし、リニアメント群の配置は地表地震断層の配置と完全に一致するわけではなく、断層露頭の記載も構造地質学・構造岩石学的な視点からみて十分とは言い難い。

本研究は、震源域とその外側地域をカバーする広域地表踏査を行い、構造要素を漏れなく記載し、その結果を余震分布や断層モデルと比較することにより、震源域に分布する断層の特性を抽出することを主な目的とする。さらに、震源域の外側に分布する断層との違いを検討することにより、地形学的には検出が困難な活動性の低い断層を地質学的に認識できるかどうか検討することをさらなる目的とする。

鳥取県西伯郡西伯町を中心に、同郡会見町、日野郡日野町・日南町・溝口町及び島根県能義郡伯太町にわたる、北西-南東約17km・北東-南西約12kmの範囲において、詳細地表踏査を行った。その結果、以下の諸点が明らかになった。

(1) 断層ガウジ帯の分布と性状

震源域では6-10枚/5mの密度でガウジ帯が形成されており、特に震源域中央部では11枚/5m以上の密度を示す露頭が存在する。震源域から離れたところでは全般にガウジ帯の発達は低調であることが判明したが、震源域北東縁の日野川流域では震源域から離れるほど密度が高くなる。ガウジ帯の幅は1-10数cmにわたるが、比較的幅の広いものは震源域中央部と調査地域北東縁部に限って認められた。ガウジ帯の色は、震源域中央部では白ないし黄色系（還元色系）が90%を占めるのに対して、震源域の外側では赤色系（酸化色系）が69%を占め、有意な違いが認められた。

(2) カタクレサイト帯の分布と性状

震源域内の5地点においてカタクレサイト帯を確認した。震源域の外側ではカタクレサイト帯は認められなかった。震源域南東部の日野町根妻では面状カタクレサイトが認められた。このカタクレサイトは黒雲母の底面すべりによる伸長と斜長石の変質による粘土鉱物化を特徴とする。このカタクレサイト帯の走向・傾斜はN24°W・66°SWであり、左横ずれの剪断センスを示す。

(3) 岩脈の分布

震源域では6-10枚/100mの密度で岩脈が形成されており、特に震源域中央部では11枚/100m以上の密

度を示す露頭が存在する。震源域の外側では岩脈の発達は低調であるが、調査地域北東縁部では6-10枚/100mの高い密度となる。このような岩脈の分布は、断層ガウジ帯と分布の特徴とよく似ている。

平成14年度の調査により、鳥取県西部地震の震源域直上とそれから離れた地域とでは、断層岩（ガウジ・カタクレサイト）の発達密度・幅・色相に差があることが確認された。断層ガウジよりも深部領域で形成されたと考えられるカタクレサイトは、震源域直上に限って産することが明らかになった。これらの結果は、地形学的には検出が困難な活断層を地質学的手法によって認識する調査体系の確立へ途を拓いたといえる。

〔分野名〕 地質・海洋

〔キーワード〕 鳥取県西部地震、カタクレサイト、断層破砕帯、断層ガウジ、リニアメント

〔テーマ題目38〕 岩石破壊・変形メカニズムの検証と定量化に関する研究（外部資金）

〔研究代表者〕 成田 孝（深部地質環境研究センター地殻物性チーム）

〔研究担当者〕 成田 孝、高橋 学（職員2名）

〔研究内容〕

石油の地下備蓄施設や、地下揚水発電所、高レベル放射性廃棄物処分施設等の大規模地下空間利用施設の安定性・安全性を検討するために、設備建設予定場所の原位置地圧の測定が建設に先だって行われることが多い。しかし、建設の可否の見極めは、事前の応力測定によって判断できるが、その後の安定性・安全性の検討のためには事前の一時的な応力計測のみならず、建設後の施設周辺の応力変化を長期的に計測することが重要になってくる。従来、ボーリング孔を用いて、応力の測定を行う場合、直接応力の大きさを流体圧力によって測定する水圧破砕法、ボーリングコアが原位置で受けている応力が解放される時の歪量を測定して、岩石の物性値から計算で求める応力解放法が、原位置応力の測定に用いられる代表的な方法である。この中で、前者の水圧破砕法については、測定時に測定箇所岩盤に何らかのダメージを与える可能性があるために、施設建設終了後の施設の長期的な安全性や安定性が問題となる場合には、計測手法としては好ましくない。そのため、施設建設を前提とした場合の原位置応力計測には、原位置岩盤にダメージを与えない応力解放法が、測定手法として選択されることが多い。しかし、この手法は計測のために歪ゲージを用いるため、計測箇所に水分が多く存在するような場所では、測定用歪センサーを測定個所に固定することが非常に困難となる場合があり、測定自体も電氣的に行われるため、装置の絶縁不良等を招きやすいという点がある。さらに、これらの手法はいずれも測定時の原位置応力を求める手法であり、その後の応力変化を長期間測定する手法では

ない。応力の変化を連続的に測定する手法には、歪ゲージを用いる手法もあるが、水分が存在する雰囲気では同様な理由で測定が非常に困難となることが予測される。以上のような状況から、応力測定個所に電氣的な測定手法を用いず、測定装置の応力測定場所への固定にも、接着剤やモルタル他による埋設等の手段を必要としない応力変化測定装置の試作・開発を行い、長期間にわたる応力変化測定システムの完成を目指す。

平成13年度に、応力変化測定装置の試作を行った。今年度は、その応力変化測定装置の一部に改良を加えた。さらに、この改良を加えた応力変化測定装置に対して、実験室内においてキャリブレーション試験を行った。試作・改良を加えた応力変化測定装置は、ボアホール径76mmのボーリング孔に用いることを前提として設計されている。そのためキャリブレーション試験は、76mm径のボーリング孔を開けた（貫通）1辺20cmの角柱供試体（来待砂岩）を用い、そのボーリング孔の軸方向の中央に応力変化測定装置を設置して、材料試験機により一軸状態で荷重を載荷し実施した。角柱供試体側面（ボアホール軸に平行な対面2面）には歪ゲージを載荷軸方向に接着し、ボアホール内には載荷軸方向歪みと、水平方向歪みを計測できるようにクロス歪ゲージをFRPでモールドしたゲージをセットしてある。

平成13年度に試作した、油圧を利用した応力変化測定装置に対して、装置の構造に一部改良を加え、外部環境変化に対する計測値の安定性を確保できる構造とした。さらに、初期の応力変化測定装置内設定圧力を2MPaから10MPaまで2、4、6、8、10MPaと変化させて、76mm径のボーリング孔を開けた（貫通）1辺20cmの角柱供試体（来待砂岩）を用い、そのボーリング孔の中に油圧セルを設置して、材料試験器により一軸圧縮状態で荷重を載荷して、室内でのキャリブレーション試験を行った。

この結果、試作した応力変化測定装置は室内実験では、応力変化測定装置として充分使用できるという結果を示した。また荷重と歪が良好な線形関係を示すために、今回の500kNまでの荷重載荷範囲内では、歪測定装置としての利用も可能である事が判明した。平成15年度には、本応力変化測定装置の角柱供試体内へのセット方向を水平、45度傾斜と変化させて、同様のキャリブレーション試験を行い、応力載荷方向の違いによる、本応力測定装置の感度試験を実験室で行うとともに、原位置でのキャリブレーション試験も行いたい。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】原位置地圧、応力測定、応力変化、油圧、キャリブレーション試験、歪計

【テーマ題目39】水飽和状態における岩石の変形・破壊プロセスとメカニズムの解明（外部資金）

【研究代表者】富島 康夫（深部地質環境研究センター

地殻物性チーム）

【研究担当者】富島 康夫、高橋 学（職員2名）

【研究内容】

岩盤の長期安定性を評価するためには岩石の変形・破壊について十分理解しておく必要がある。特に地下水等により岩盤が湿潤状態にある場合は、岩石内部の間隙水の影響で極めて複雑な挙動を示すことが考えられる。そのような湿潤状態の岩石の変形・破壊について明らかにするためにも、水飽和状態における岩石の変形・破壊プロセスとメカニズムについて把握することが必要不可欠である。そのためには局所的な間隙水挙動についても把握しておく必要があるが、土木、資源開発等の様々な分野で研究が行われている岩石の透水性や間隙水圧では局所的な間隙水の移動や水圧の変化について言及したものはほとんど見当たらない。本研究は、間隙水の影響を明らかにすることを目的とし、乾燥状態及び水飽和状態の試料を用いて封圧下における室内三軸圧縮試験を行い、その変形・破壊挙動の解析を行った。さらに局所的な間隙水挙動が岩石の変形・破壊挙動に与える影響を明らかにするために、変形・破壊過程での岩石試料の径方向の弾性波速度及び振幅変化の測定を試みた。平成13年度には空隙率の高いベレア砂岩を用いた室内三軸圧縮試験を行い、間隙水の排水、非排水状態における岩石の変形・破壊挙動について考察するとともに、封圧の影響についても検討した。その結果を受けて平成14年度には、同砂岩の三軸圧縮試験時における透過弾性波を測定し、速度及び振幅変化と間隙水挙動の関係について言及した。

三軸試験は水飽和状態の直径30mm、高さ60mmの円柱形ベレア砂岩を用い、封圧下において実施した。供試体の変形・破壊挙動を測定するとともに、変形・破壊挙動と弾性波特性との関係を明らかにすることを目的として、径方向に伝播する透過弾性波の振幅および速度変化を計測した。弾性波測定は発振周波数600kHz、1分間隔で行った。封圧に関しては12MPa、24MPaの2通り、間隙水に関しては排水、非排水状態の2通りの合計4通りの実験条件で計測を行った。設定温度は25℃、変位速度は0.02mm/sとし、最大応力値が確認された後応力変化が小さくなり、完全に破断面が生じたことが確認できるまで計測を続けた。その結果、非排水状態に比べて排水状態の方が振幅の減衰率が高いことが分かった。排水状態においては、き裂の発生・拡大に伴い空隙内部の水が試料外部に移動し、伝播経路上の空隙やき裂の一部に空気が侵入するため、岩石-空気あるいは水-空気の境界が生じ、減衰が大きくなると考えられる。それに対して非排水状態においては、空隙やき裂内部に空気が侵入することが無いため、排水状態と比較して減衰が小さいと考えられる。また、排水状態では横ひずみが生じるとともに振幅が減衰するが、非排水状態ではひずみがある程度進んでから変化が生じる。排水状態では振幅増加に寄与する空隙閉塞の割合が比較的早いひずみ状態で少なく

なり、逆にき裂の発生・拡大の影響が大きくなる。それに対し、非排水状態では水の存在によりき裂の発生・拡大が進みにくくなるため、振幅減少を小さくする効果が生じると考えられる。さらに排水状態においては、振幅変化と横ひずみの関係は封圧によらずほぼ同じであるが、非排水状態においては、封圧により異なる変化を示している。横ひずみが小さい範囲では封圧によらずほぼ同じであるが、封圧24MPaの場合ではひずみが-0.06%程度から、それまでほぼ一定であった振幅が減少に転じている。-0.06%以上になると空隙の閉塞効果より、微小き裂の発生・拡大が優位になるためといえる。12MPaの場合は振幅は破断直前に増加する。振幅が増加する理由としては、圧縮による空隙の閉塞が考えられるが、破断直前に空隙閉塞量が増加するとは単純に考えられず、そのようなメカニズムあるいはそれ以外の原因についてさらに検討する必要がある。

水飽和状態のペレア砂岩を用いて、室内三軸圧縮試験による変形・破壊過程における径方向の弾性波特性変化の測定を行った。その結果、三軸圧縮試験により生じる破断面を横切る経路の弾性波振幅変化、速度変化が大きいこと、速度変化と比較して振幅変化の方が変形破壊時における変化の大きいことが分かった。また、間隙水圧を開放した排水状態と、変形に伴って間隙水圧が変化する非排水状態とを比較した場合、封圧、伝播経路によらず、振幅の変化は排水状態の大きいこと、排水状態においては、振幅の変化と横ひずみの関係は封圧、伝播経路によらないことが分かった。両者では変形破壊時に岩石内部で生じる挙動が異なり、弾性波特性に与える影響も異なる。平成15年度は弾性波測定実験を継続しデータの蓄積を行うとともに、個別要素法を利用した2次元シュミレーション解析を行う。特に岩石の変形・破壊過程における間隙水の移動、局所の間隙水圧の変化を考慮した数値解析モデルを作成し、水飽和状態における岩石の変形・破壊プロセスとメカニズムの解明を行う。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】三軸圧縮試験、透過弾性波、間隙水圧変化、変形破壊、水飽和状態

【テーマ題目40】地殻変動の予測手法の研究（外部資金）

【研究代表者】牧野 雅彦（深部地質環境研究センター地球物理チーム）

【研究担当者】牧野 雅彦、渡辺 史郎、住田 達哉（職員3名）

【研究内容】

断層の変位は周辺域の地層にも変位・変形を生じる。そのような実例について検討するため、阿武隈東縁部の双葉断層と畑川断層を含む地域で重力探査を行い、断層周辺の地下地質に関する概要調査を行った。

平成14年度は双葉断層周辺において新規に140点の重力探査を実施した。各測点ではGPS測量によって緯度、

経度、標高を決定した。その結果、小高町を中心とする大規模な高重力異常の輪郭が明らかになった。また、岩石密度測定のため、岩石試料を53地点で採取した。

阿武隈東縁部における精密重力探査ならびに岩石試料採取を行った。小高町周辺の高重力異常を作る岩体は高密度、高磁性であることがわかった。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】断層、重力探査、岩石密度、双葉断層

【テーマ題目41】阿武隈花崗岩地域の地質の研究（外部資金）

【研究代表者】高木 哲一（化学反応チーム）

【研究担当者】高木 哲一、亀井 淳志（職員1名、他1名）

【研究内容】

3次元地質モデルによる核種移行解析の範囲は、処分地の地質、地下水脈の広がり、天然バリアの深度等に大きく依存し、天然バリアの施工区域（面積約4～6km²：NUMO計画）を中心とした広範囲に及ぶと判断される。天然バリア候補の1つである花崗岩類（亀裂性媒体）は、一般に上述の施工区域の範囲内においても多様な岩相変化・構造的変化（断層・裂か等）を伴う。したがって、3次元地質モデルによる核種移行解析の対象範囲では、さらに多種多様な岩相変化や複雑な構造的変化が期待される。そこで本研究では、3次元地質モデルを作成する準備段階として、まず2次元的地表地質踏査を行い、広域的平面内における花崗岩類の岩相変化の把握を目的とした。

研究対象は、委託費研究集中域の阿武隈山地である。平成13年度はリニアメントの多い地域（福島県三春町～船引町）を対象としたが、平成14年度はリニアメントの少ない地域（福島県船引町～葛尾村）を対象としている。ここでは、平成13・14年度の成果を総括し、花崗岩体の岩相変化（特に地質学・記載岩石学・岩石化学）について記す。

(1) 花崗岩類の岩相変化及び活動順序の検討

地表踏査により、花崗岩類を含めた深成岩類の岩相変化及び帯磁率の変化を記載した。この結果をもとに岩体区分を行い、地質図を作成した。また、各岩体の貫入関係を確認して深成岩類の活動順序を決定した。一方、地表踏査で確認された地質構造的要素（断層及び面構造）も確認した。帯磁率の測定には、カナダ Exploranium 社製 Kappameter KT-9型携帯用帯磁率計を使用した。

(2) 岩石記載

地表踏査にて採取した岩石試料の顕微鏡観察を行い、各岩体の記載的特徴を明確にした。岩石薄片は佐藤芳治氏（元地質調査所技官）に依頼して作製した。また、各岩体を代表する試料の薄片について鉱物モード組成を測定した。

(3) 各岩体の化学的性質

地表踏査にて採取した岩石試料について主微量成分組成・希土類元素組成を測定した。測定は、採取試料を室内実験室にて微粉末化し、これをカナダ Actlabs 社（日鉄鉱コンサルタント(株)経由）に依頼して、誘導結合プラズマ分析装置及び誘導結合プラズマ質量分析装置により行った。

本研究により、平成13・14年度集中域は、斑れい岩類と9つの花崗岩類で構成され、これらは互いに貫入もしくは漸移関係によって接することが確認された。また、これら深成岩類は、固有の鉱物組み合わせ・帯磁率・化学組成を有していることも確認された。したがって、本集中域の花崗岩類（亀裂性媒体）は複合岩体を形成しており、それぞれ固有の岩質を有すると言える。

日本国内における主要な花崗岩分布地域は、数～百数十 km²オーダーの花崗岩体が複合岩体を形成している場合が多い。本研究集中域の花崗岩類も例外ではなく、日本列島に産する花崗岩類の代表例と言える。このような状況から、日本列島において花崗岩類の3次元地質モデルを作成する場合、モデルの中に岩相変化が生じる可能性は高い。したがって、花崗岩地域の核種移行を考察するならば、岩相変化に伴う核種移行の影響を検討する必要があるだろう。一方、本研究は、地表踏査による2次元的な岩相変化を明らかにしたものであり、3次元的な岩相変化の解釈には至っていない。花崗岩類に関して3次元的な岩相変化に関する研究例は存在せず、今後は3次元的な岩相変化の解析に関する研究が必要である。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】花崗岩、斑れい岩、阿武隈山地

【テーマ題目42】阿武隈花崗岩地域の精密重力の研究
（外部資金）

【研究代表者】牧野 雅彦（深部地質環境研究センター地球物理チーム）

【研究担当者】牧野 雅彦、渡辺 史郎、住田 達哉（職員3名）

【研究内容】

高レベル放射性廃棄物を地下300m 以深に地層処分するにあたってその周辺の天然バリアの空間的特性・分布を把握することは安全規制にとって重要な項目の一つである。本研究の主な目的は次の二つである。最初に、重力探査や弾性波探査等の物理探査によって、地表から地下深部までの地下構造の空間的分布を明らかにする。第二に、得られた地下構造を断層運動や火成活動等の地殻変動によって生じた裂罅・断層の分布と比較検討し、地下水流動にどのような影響を与えているかを明示することである。相互に密接な関係を持つ地質構造と地下水流動に関する地下地質システムを解明するために、精度の高い地球物理学的データをどのように取得し、得られたデータから地質構造に関する情報を抽出するかを重点課

題とした。本研究では阿武隈花崗岩地域において、それぞれ特性の異なる岩体の空間的分布、ならびに地下深部に伏在する断層の把握を目的として精密重力探査を実施し、その重力データから得られる定量的数値情報を地質調査、地下水調査等から得られる成果と比較検討を行う。

(1) 移ヶ岳西方悉皆調査地域周辺の精密重力

移ヶ岳西方集中調査地域において地質、断層、精密重力、河川底質、地下水を総合的に調査研究し、それらの相互関係について明らかにした。当該地域において地下水流動をさらに詳細に調査するために、2ヶ所において行われたボーリング地点周辺の詳細構造を把握するために、精密重力探査を新たに156測点ほど実施した。また、弾性波探査の白沢一常葉測線に沿って測定された297点の精密重力データの再処理・編集を行った。盛岡-白河構造線を境にしてリニアメントの形状分布、発達状態が大きく異なる。東側では長い連続性の良いリニアメントが発達して、地形の起伏も大きいブロック状の分布をしているのに対し、西側では複雑に錯綜した短いリニアメントが分布し地形起伏量も小さい。このリニアメント分布形態の違いは盛岡-白河構造線を境界とする大規模な地殻変動を反映した結果であると推定される。

(2) 移ヶ岳北東集中調査地域の精密重力

移ヶ岳北東集中調査地域において新規に106点の重力測定を行った。測点の位置は GPS 測量によって求めた。この重力調査地域は日山（標高1054.6m）を最高峰として、麓山（標高897.1m）や蟹山（標高868.8m）等地形の起伏が大きいところである。既存点と合わせると重力データの総数は305点になる。斑れい岩が分布する移ヶ岳、麓山、辰子山（標高721.9m）付近で重力異常が高い。日山の南西付近（北移）にも斑れい岩が分布しており、高重力を示す。

(3) 郡山・柳橋調査地域の精密重力

盛岡-白河構造線の南方への延長を調べるために、郡山・柳橋地域において平成14年度に精密重力探査を実施した。新規の測点は207点であった。当該地域では南北方向の構造が卓越しており、2本の高重力異常帯が南北に走っている。盛岡-白河構造線は東の高重力異常帯の西縁を通る。また、阿武隈川沿いにある高重力異常帯はかなり明瞭である。その重力急傾斜帯は郡山市街地中心部を南北に貫いて走る。調査地域の最高峰は高柴山（標高884.4m）で、北西方向に黒石山（標高864.5m）、鞍掛山（標高794.8m）が並ぶ。黒石山と鞍掛山は高重力を示すが、高柴山は低重力を示す。この結果は隣接する山体の密度が異なることを示す。

阿武隈花崗岩地域における3調査地域で精密重力探査を同じ基本仕様で行った。各地域では調査対象が異なるため重力測点の配置方法が異なるが、測定方法自体は共通にして統一した。その結果、地質・リニアメント・地下水等の各種調査データと比較するための、

精度の高い重力データを整備することができた。

阿武隈山地西縁部には盛岡—白河構造線と呼ばれる重力急傾斜帯が南北方向に走るが、阿武隈花崗岩分布の西端よりも8~10kmほど東に外れている。盛岡—白河構造線は東北日本を南北に縦断する大きな構造線であり、西日本の中央構造線に匹敵する規模である。今回の調査及び様々な解析によって、盛岡—白河構造線に関する科学的知見が蓄積された。また、飯野—小浜線、郡山市街地を通る構造等、阿武隈山地西縁部には複数の断層が通っていることが明らかになった。

〔分野名〕地質・海洋

〔キーワード〕阿武隈、精密重力探査、盛岡—白河構造線、地下水、断裂、リニアメント

〔テーマ題目43〕阿武隈花崗岩地域の断裂・裂かの分布の研究（外部資金）

〔研究代表者〕塚本 斉（深部地質環境研究センター地質総括チーム）

〔研究担当者〕塚本 斉、小池 克彦（職員1名、他1名）

〔研究内容〕

花崗岩等の結晶質岩石システムでは、地下浅部の風化帯を流れる浅層地下水を除き、深部地下水流動系は断裂系により生成された地下の空隙を主に流動すると考えられており、断裂系のキャラクタリゼーション、特に“水みち”と呼ばれる地下水移行経路のキャラクタリゼーションは核種移行解析において最重要課題となっている。本研究では、地域的な地下水流動系に関与する規模の断裂系を対象として、広域から露頭規模に至る断裂系の分布・性状を把握し、断裂系調査データと地質調査・精密重力調査・地下水調査などから得られた成果との検討を行う。

平成13年度は、北中部阿武隈花崗岩類分布地域全域を対象とした広域のリニアメント解析を行うとともに、断裂が平均的に分布する郡山市北東方地域を対象に集中調査地域（平成13年度集中調査地域、以下 H13集中調査地域と略）を設定し、断裂系の分布や盛岡—白河構造線・飯野—小浜線等の大規模な地質構造との関係を把握した。平成14年度は、H13集中調査地域北東側の断裂が部分的に偏在し花崗岩体等がブロック状に分布する地域を対象に集中調査地域（平成14年度集中調査地域、以下 H14集中調査地域と略）を設定し、断裂系調査を実施した。また、H13集中調査地域についても、本年報の「阿武隈花崗岩地域のボーリング調査による地下地質及び地下水流動系の調査」において設定されたボーリング調査地点周辺について断裂系調査を実施するとともに、盛岡—白河構造線の南方延長と北部—南部阿武隈花崗岩類の境界部との関係についてもリニアメント解析等に基づく解析を行った。

なお、リニアメント解析に当たっては、断裂が部分的に偏在し花崗岩体などがブロック状に分布する地域であ

る H14集中調査地域と、断裂が平均的に分布する H13集中調査地域を同一基準で判定しリニアメントを抽出するために、これらの集中調査地域を含む郡山盆地東縁部から畑川破砕帯に至る地域についてフォトリニアメントの判断基準の見直し及び統一を行い、ランク1（極めて明瞭）~3（推定）の3ランクのフォトリニアメントを分類・抽出した。

(1) リニアメント解析

H14集中調査地域内の花崗岩からなる白馬石山・日山（天王山）・竜子山及び斑れい岩類からなる麓山東麓・移ヶ岳北麓は、周辺部の大きな谷筋でこそランク1~2のフォトリニアメントが発達するが、その内部にはランク3のフォトリニアメントしか存在せず、大きな断裂が比較的少ない数 km^2 以上の大きなブロックを形成していると考えられる。この5地域を除き、フォトリニアメント抽出を行った全域についてランク1~2のフォトリニアメントが一定密度以上で分布しており、大きな断裂が比較的少ない数 km^2 以上に達するブロックは存在しないと考えられる。盛岡—白河構造線は、阿武隈花崗岩体を NNE-SSW 方向に縦断する大構造であるが、その詳細な位置は不明であった。しかし、リニアメント解析結果や本年報の「阿武隈花崗岩地域の精密重力の研究」における精密重力データの解析結果を考慮すると、福島県田村郡三春町実沢地区を流れる実沢川に位置する NNE-SSW 方向のランク1のリニアメントに一致するものと考えられる。三春町実沢地区中南部以南では、盛岡—白河構造線は長屋岩体と石森岩体の断層境界をなしている。盛岡—白河構造線の推定存在位置付近では、比較的連続性のよいフォトリニアメントの全ての系統の連続性や延長が不明瞭になっており、また郡山市南東部付近では NNW-SSE 方向のせん断帯や重力急変点の連続性も不明瞭となっている等各種の構造に影響を与えている。

なお、作成したリニアメント分布図は、「阿武隈花崗岩地域」研究の基礎資料として各分担研究者に提供し、各研究手法に応じて利用された。

(2) 露頭断裂系調査

H14集中調査地域内では、一般に WNW-ESE 系及び NNE-SSW~NE-SW 系統の断裂系が卓越し、H13集中調査地域内の露頭断裂系調査結果とほぼ同様の発達状況を示す。なお、H14集中調査地域内では、H13集中調査地域とは異なり、低角の断裂系が顕著に発達する露頭が複数存在する。H13集中調査地域内で掘削されたボーリング地点のうち白沢サイト周辺には顕著なリニアメントが複雑に発達し、NW-SE 系・NNE-SSW 系・ENE-WSW 系のリニアメントが明瞭に認められ、また WNW-ESE 系のやや弱いリニアメントや N-S 系の小規模な谷が認められる。一方、白沢サイト東側に掘削したピット底面約 $9 \times 8\text{m}$ 、掘削深度 0.6m ~ 1.7m 程度のピット掘削底面や壁面にはリニアメン

トしてやや弱い WNW-ESE 系の断裂系が顕著に発達し、NNE-SSW 系～N-S 系～NNW-SSE 系の断裂系がこれに次いで発達するなど、周辺のリニアメントの発達状況とはやや異なった傾向を示し、底面ピット掘削調査の必要性・有効性が確認された。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] 地下水流動系、阿武隈花崗岩、断裂系、リニアメント、盛岡-白河構造線

[テーマ題目44] 阿武隈花崗岩地域の河川水の水質と同位体組成に関する研究 (外部資金)

[研究代表者] 安原 正也 (深部地質環境研究センター地下水チーム)

[研究担当者] 安原 正也、吉川 清志、稲村 明彦、風早 康平、高橋 正明、高橋 浩、森川 徳敏、牧野 雅彦 (職員7名、他1名)

[研究内容]

福島県中央部に広がる阿武隈花崗岩地帯において、無降雨時の河川水を対象とした高密度の水文調査に基づき、地域の地下水流動系の実態を解明することを目的とした。また、一連の調査・解析を通じて、断裂系・断層構造が発達する硬岩地域の地下水流動系を、地表水文調査から評価する手法を確立することを目指した。

標高995mの移ヶ岳西方に広がる調査地域(面積150km²、標高差750m)の河川水を平成13年10月に合計315地点から採取し、水素・酸素同位体比を測定した。採取作業前には1週間程度降雨がなかったことから、調査時の河川水は地下水成分のみから構成され、基底流量に極めて近い状態であったと推定される。同位体比測定結果の水平・鉛直分布を詳細に検討し、地質構造との対比を行った結果、同地域の地下水流動系は、流動距離や鉛直循環深度が異なる局地流動系、中間流動系、地域流動系から成る階層構造を呈することが明らかとなった。このうち、最も浅層部に位置する局地流動系の地下水の水平流動距離は数キロ程度であり、広域流動系(中間流動系、地域流動系)の地下水がインターセプトされる盛岡-白河構造線や飯野-小浜線の西側において、河川水への寄与が顕著となる。反対に、移ヶ岳山麓の高標高部(標高550-700m付近)において涵養された地下水による地域流動系では、水平流動距離が10kmに達する。この地下水は飯野-小浜線あるいは断裂系によって流動を阻害され、上向きの流れとなって浅層部にもたらされ、周辺の河川水の涵養に寄与する。一方、流動距離から見て、これら局地流動系と地域流動系の間に、水平流動距離が5km程度の中間流動系の存在が認められる。涵養標高は地域流動系とほぼ同じであるが、中間流動系の地下水は主に盛岡-白河構造線の周辺において地表部にもたらされ、河川水を涵養する。この様な広域流動系(地域流動系、中間流動系)に従う地下水と局地流動系に従

う地下水が種々の割合で混合し、地域の河川水の同位体組成分布を決定しているものと判断された。また、地下水流動系に関するこれまでの検討結果から、顕著な断層構造(盛岡-白河構造線、飯野-小浜線)についても、全域にわたって様な水理学的特性を有するのではなく、非透水性の部分と透水性の部分が水平的にも鉛直的にも混在することが示唆された。

研究の結果、阿武隈花崗岩地帯の地下水の流動には階層構造が存在すること、また地下水流動系は断層構造や断裂系といった地質構造に強く規制されていることが明らかとなった。丘陵・山岳地帯には、地下水流動に関する適切な情報を提供する既存井がほとんど存在しないことが多い。しかし、このような場合でも、河川水に基づく地表調査から地下水流動系をかなり詳細に解明し得ることが明らかとなり、一つの有力な評価手法が確立されたと考える。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] 花崗岩、地下水涵養、地下水流動、断裂系、河川水

[テーマ題目45] 阿武隈花崗岩地域の河川底質の化学組成の研究 (外部資金)

[研究代表者] 鈴木 正哉 (深部地質環境研究センター地質総括チーム)

[研究担当者] 鈴木 正哉、内藤 一樹、上岡 晃、安原 正也、渡部 芳夫 (職員5名)

[研究内容]

地層処分において、放射性核種は地下水の流動に伴って深層から表層にもたらされると考えられているため、岩盤中を流れる地下水の経路及び地表に到達する場所の検出方法を確立することは必要不可欠である。また一方で地下水とともに運ばれてきた核種を沈着・固定化する特定層あるいは物質の存在を明らかにし、その沈着・固定化のメカニズムを解明することは、天然バリア性能における核種移行遅延効果の観点からみても重要である。河川堆積物は、その上流の後背地に存在する物質の平均的な組成を示していることから、一般に地球化学図作成に用いられている。その一方で、ある地域における河川底質調査から、鉱泉や地下水湧出あるいは断層等による深層からの地下水流動に伴う元素の移動を検出する手法として適用できる可能性もある。そこで、本研究では花崗岩地帯に属する阿武隈地域において河川堆積物を対象にとり、各元素の濃度分布図を作成し、各元素の濃度分布と断層等の地質構造や基盤岩体との関連を検証するとともに、鉱泉や地下水湧出場所あるいは断層等の検出方法の適用性について検討を行っている。平成13年度は、阿武隈花崗岩地域に属する福島県郡山市東方において調査を行ったところ、南北方向に長さ数kmにわたってウラン濃度の分布が高い地域が確認された。これは基盤となる花崗岩の岩種の違いを反映しているというより、ほ

ぼ同じ所に南北に走る大きな裂罅帯と関係があると推測した。平成14年度は、昨年の調査地域の北東側に隣接する地域において調査を実施した。本年度の調査地域は前年度の調査地域と比較して、露出する花崗岩類の種類が少なく、また裂罅も少ない地域に相当する。

(1) 調査地域及び手法

調査対象地域としては、福島県郡山市の東方にあたる船引町、浪江町、葛尾村を含む東経140度37分～47分、北緯37度29分～34分に囲まれる地域を対象に調査を実施した。試料採取地点としては、河川水の調査地点となるべく同じ地点となるように試みたが、採取地の状況から117地点について試料採取・分析を実施した。試料採取地点では、細粒の河川堆積物を約1kg採取した。採取した試料のうち約200gを取り出した後、水ひを行い16 μ m以下の試料を分画した。分画した試料を40℃で乾燥させ元素分析用の試料とした。元素分析は外注にて行い、ICP発光分光分析により55元素について分析を行った。

(2) 結果と考察

今年度の調査地域においては、はっきりとしたウランの濃度異常を示す地域は見られなかった。濃度が4ppmよりも高かったのは4地点だけであった。この南東側の野川川に沿った調査地域は、他の地域に比べウラン濃度がやや高く、調査地域の平均値2.5ppmと比較して、野川川沿い地域の平均値は3.4ppmと0.9ppm高い。しかし、調査地域全体の平均値との差が小さいことからわかるように、濃度異常をはっきりと示しているとは言えない程度のものであった。トリウム濃度の高い地域は、調査地域の東側と、西側縁辺の一部にみられる。濃度の高い東側には、葛尾岩体と五十人山岩体が分布し、また北東側の端には岩脈が分布している。東側高濃度地域は、元々の母岩のトリウム組成が高いため、河川底質物にも反映されたと推測される。その一方、西側縁辺部の濃度が高い地域には、南北に走る裂罅が存在している。この周辺の岩体は同じものであることから、この地域における異常は、裂罅による可能性と考えられる。平成13年度調査地域において裂罅は南北に走るものがほとんどにあったのに対し、平成14年度調査地域においては裂罅は東西に走っている。このように裂罅が存在しても、その走る方向により地下からの供給のあるなしに影響がある可能性が示唆されており、裂罅の存在からすぐに地下水とともに地下から物質が供給されているとは断定できない。裂罅の存在とともに、周辺地域における応力の影響等を考慮しながら検討していくことも今後の課題であるかもしれない。

今年度の調査地域においてはウランの濃集地域は見られず、裂罅の存在がすぐに地下水とともに地下から物質が供給されている道筋とはならないことが明らかとなった。また、トリウムの濃度分布はある程度岩体の分布に

対応しているとみることができ、トリウムとランタンに正の相関関係があることからこのことは支持される。さらにウラン濃度の高い地域では、ウランを吸着する物質が存在することが推測される。このウランを吸着する物質としては、反応性や吸着性の高い非晶質物質が考えられる。そこで来年度は、ウラン高濃度地域も含むいくつかの地点において、試料のX線回折測定による非晶質物質の定量を行い、非晶質物質がウラン吸着に対して効果を持つかどうかの検討を行う。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】河川低質堆積物、地化学探査、U、Th、濃度異常、非晶質物質

【テーマ題目46】阿武隈花崗岩地域のボーリング調査による地下地質及び地下水流動系の調査
(外部資金)

【研究代表者】山元 孝広 (審美地質環境研究センター 長期変動チーム)

【研究担当者】山元 孝広、安原 正也、稲村 明彦、風早 康平、塚本 斉、亀井 淳志 (職員5名、他1名)

【研究内容】

平成13年度実施の「地層特性変化に関するメカニズムの抽出」では、地下水流動系が断裂系に支配された結晶質岩石システムの代表的調査地域として東南北部の阿武隈山地を対象に、広域的な地質・地質構造、及び地下水の流動系に関する安定同位体比の広域調査を実施した。その中でも断裂が平均的に分布する東西約15km、南北約9kmの値域を設定して集中調査を実施し、その西部に南北断列の集中域があること、集中域に重複して河川低質にウラン濃度異常があること、河川水水質でも同じく集中域に水素・酸素同位体の低異常があることを見いだした。これら地表調査を総合すると、集中調査域の東で涵養された地表水が地下の断裂系を通じて移動し西部の南北断列に沿って流出する概念モデルが考えられた。今年度はこの地質構造モデル及び地下水流動系モデルを、ボーリング調査による具体的な地下地質データによって検証することを目的としている。具体的には、ボーリング調査では採取したコアの岩石学的組織・構造及び物性や化学組成等の地層特性要素の具体的・定量的なデータを得た。また、採取した地下水の組成鉛直分布構造と各種同位体分析から、モデルの検証を行う。

阿武隈地域西部の代表的調査地域の内でも地下水・地表水の水平組成分布に顕著なパターンが認められる白沢村稲沢地区(白沢サイト)と三春町富沢地区三春サイトにおいて、オールコアボーリングを実施するとともに、帯水層からの地下水の直接採取を行った。また、これと平行して、ボーリングサイト周辺地域において、詳細岩石裂か調査と浅層水文の平面的な悉皆調査を実施した。コアは室内において組織・構造を記載するとともに、遠

心法等によって間隙水を抽出した。採取した水の一般・微量水質組成、酸素・水素安定同位体組成を明らかにすることによって、当該地域の帯水層の鉛直構造の詳細を得ること、各層採水した大気汚染のない地下水については通常分析に加え、トリチウム濃度、全炭酸の安定・放射性同位体分析及び希ガスの組成・同位体分析を行うことについては来年度早期に取りかかる予定でいる。

白沢サイトでは今回の地下水理調査によって地下浅層から深部に至るまで CO_2 濃度（分圧）異常が存在することが明らかになった。また、三春サイトでは深度80m以深の NaHCO_3 型の裂か水では重炭酸濃度が大幅に増加している。さらに三春サイトでは深度173~174mで上部採水区間よりも極端に酸化的な値を示す原位置採水データも得られており、単純な地表からの浸透だけではこのような地下水質は形成され得ない。それゆえ、地表調査から想定されたような地下水流動系概念モデルが独立に存在するものと見られる。地下水流動系との関連で重要な開口性の断裂・裂かは、白沢サイトにおいて全不連続面中4.6%であるのに対し、三春サイトでは10.8%と大きな開きがある。この原因は局所的な応力場の差によるものと見られる。また、比較的大きなペグマタイト岩脈の上面・下面は顕著な開口性の断裂・裂かを形成しており、母岩との物性境界や潜在的な弱線を利用した断裂系形成が示唆される。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】阿武隈、花崗岩、地下地質、地下水

【テーマ題目47】新潟県東部堆積岩地域の地質とウラン濃集状態の研究（外部資金）

【研究代表者】渡部 芳夫（地質総括チーム）

【研究担当者】渡部 芳夫、関 陽児、塚本 斉、鈴木 正哉、内藤 一樹

【研究内容】

廃棄物地層処分安全評価で最終的に実施する放射性核種の移行シミュレーションでは、数~10年程度の実験結果をもって将来10万年程度の予測を行う。その計算結果の妥当性を同等の期間の実験により実施することは不可能であるため、検証方法は極めて限定的なものとならざるを得ない。従って、自然界に存在するナチュラルアナログ現象を対象として、シミュレーションにより予測する期間と同程度以上の期間におけるデータを取得し、そのデータを用いて当該地点の過去を起点としたシミュレーションを実施し、実際の対象状況により検証する方法が、現状の地質による唯一の検証手法である。

本研究では、放射性核種のアナログ元素の天然における濃集現象を対象とした、地下水移行モデルにおける移行遅延効果としてのケーススタディを実施するものである。個々の現象における過去の溶出量や現在の濃集形態、そしてそのメカニズムや条件の検討を行うことにより、最終的に移行シミュレーションの妥当性の検討に資する

ことを目的とする。

本年度は、新潟県東部から山形県境にかけて分布するウラン鉱床及びウラン濃集体を対象として、昨年度に概査を実施した地域より、新潟・山形県境に位置する金丸地区を対象とした、地表地質調査、渓流水・土壌水調査・ボーリング調査、ならびにボーリング孔における地下水長期水質観測を実施し、これらのボーリング孔内水の水理地質学的構造と地層層序をあわせて検討した。

金丸地区での地表調査、ボーリング調査、ならびに周辺地域を含めた水理地質学的調査の結果をもとに、第三紀堆積岩中に位置する U 濃集層の分布構造と、水理地質学的構造の間の関係を検討した。堆積岩中での U 濃集層は、ボーリング地点の緩斜面下ではほぼ地表から10m程度の深度の粗粒砂礫岩中に位置し、水頭面からは5m程度の深度である。一方、金丸地区 H 露頭ウラン鉱床周辺の渓流水、土壌水、H 露頭湧水、ボーリング孔内水を対象とした水理地質調査の結果、ボーリング孔内に異常に還元的な地下水を見いだした。また、ボーリング孔内水や H 露頭湧水が最大1ppb以上の U を溶存することが確認された。黄鉄鉱や炭質物に富む還元的な層準に保持されていた U が、酸化的地下水により溶出・移動している可能性があり、通常であれば溶脱され得る環境での濃集メカニズムは、天然バリア中での移行遅延効果の一つとして、非常に重要であると結論される。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】山形県金丸地域、ナチュラルアナログ、ウラン濃集、地下水移行モデル、天然バリア隔離性能

【テーマ題目48】堆積岩地域の高精度年代層序指標の研究（外部資金）

【研究代表者】渡部 芳夫（深部地質環境研究センター地質総括チーム）

【研究担当者】渡部 芳夫、柳沢 幸夫（職員2名）

【研究内容】

地層中における放射性核種移行解析のための3次元地質モデルを作成するためには、地層の年代を精度よく決定する標準地質年代尺度が必須である。この研究では代表的堆積岩地域である新潟県東部をモデル地域として、堆積岩地域において有用な高精度標準年代尺度を提供することを目的とする。平成13年度は、黒川村胎内川沿いに分布する鮮新統鉾江層の微化石層序の予想的な検討と各種放射年代測定を行った。平成14年度は、これを受けて、鉾江層の微化石層序の精査を行うとともに、標準層序の基準面の同時性を検証するために、富山県氷見地域の藪田層の微化石分析を実施し、合わせて同層中の火山灰層の年代測定を行い、標準年代尺度を作成した。

微化石分析では、平成13年度の検討によって新潟標準層序の西山階基底を定義する浮遊性有孔虫の *No.3 Globorotalia inflata bed* の層準がほぼ判明した胎内川

ルートの鉄江層について、さらに試料を追加採取して有孔虫化石の精査を行った。また、今年度は、鉄江層で確認できた西山階の基底年代の同時性を検証するために、同時代の地層である富山県氷見地域に分布する藪田層の有孔虫化石分析も合わせて実施した。鉄江層では、昨年度分析した試料の間を埋めるように試料を追加採取して分析を行った結果、No.3 *G. inflata* bed の下限が、層厚約1m の精度で同定できた。珪藻化石の基準層準 *Neodenticula koizumii* の初産出層準 (350万年前) と *N. koizumii* の急増層準 (300-310万年前) の年代から内挿して、胎内川ルートの鉄江層での西山階基底の年代は、約3.4Ma と算定できた。藪田層では、氷見市藪田、泊及び大境で採取した試料の浮遊性有孔虫化石分析を行い、No.3 *G. inflata* bed の下限は、藪田層中部で確認された。また、珪藻化石基準層準の年代を基にして、藪田層での No.3 *G. inflata* bed の下限の年代は約330万年前と算定された。年代測定では、藪田層での珪藻基準層準 *N. koizumii* の初産出層準を放射年代で評価するために、藪田層下限に挟在する火山灰層について、ジルコンフィッシュオントラック年代を測定し、 $3.2 \pm 0.1\text{Ma}$ (320万年前、誤差10万年、 1σ) の年代値が得られた。以上から、西山階の基底を定義する No.3 *G. inflata* bed の下限の年代は、約340~330万年前と限定することができた。

昨年度及び今年度の研究により、新潟堆積岩地域の層序に関連した放射年代及び微化石年代層序に関する多数の信頼できるデータが整備された。特に、これまでほとんど信頼しうる年代データのなかった西山階の基底の年代については、ほぼその年代を限定できた。さらに、標準層序の椎谷／寺泊階境界及び寺泊／七谷階境界の年代についても、昨年度の放射年代測定や既存の年代層序の分析により、ほぼその年代が確定された。そして、これらの放射年代・微化石分析データと、既存の年代層序データを統合し、新潟堆積岩地域の標準年代尺度を作成した。これにより、新潟堆積岩地域での3次元地質モデル作成の基盤となる高精度の年代層序が整備された。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】新潟堆積盆地、氷見、微化石層序、放射年代層序、西山階、椎谷階、寺泊階、七谷階

【テーマ題目49】処分システム領域の核種移行に関する FEP 相関図の検討

【研究代表者】小玉喜三郎 (深部地質環境研究センター長)

【研究担当者】小玉喜三郎、竹野 直人、月村 勝宏 (職員3名)

【研究内容】

放射性廃棄物の地層処分は人工バリアシステムに天然バリアシステムを加えた多重バリアシステムにすること

で、放射性核種の拡散を阻止する機能を完結させることを目指す。これは工学的技術に十全の信頼性を置かない点で、工学万能主義的な現代において異色の発想ともいえる。しかしながら、工学的不完全さを補完する天然バリアは複雑なシステムであり、そのリスクを評価することは工学的完全性をもとめることとはまた別の大変な困難を伴う。

FEP 相関図の作成は複雑な天然バリアを分析して個々の事象に分けた後、それを因果律的に再構成するというこれまで広く受け入れられている科学方法論に則った手法であるといえる。

今回国際 FEP データベース (1) から地質と地表の関係する事象を抜き出して、それらの間の因果関係を再構成する作業を行ったので、その構築の方針とそこから先の作業への考察を次に記す。

事象は国際 FEP データベース (1) の「処分システム領域：環境要因」の「地質学的環境」及び「地表の環境」から選び、相関を図示する際のレイアウトの自然な形として、地質を下に配し、地表を上配するにした。さらに「人工バリアからの移行」を地質の中で最下層に置き、生態系 (生態学/生物学/微生物学的システム) を地表の最上位に置くことにした。これらの事象間の因果関係を結ぶ現象はできるだけ抽象化することとし、温度・圧力 (応力)・化学ポテンシャルのような示強変数と質量 (化学物質)・熱 (エネルギー) 等の示量変数を明確に意識するとともに FEP の中で4大事象である水理 (水力学/水文地質学的プロセスとその状態 (地圏内))・熱 (熱的プロセスとその状態 (地圏内))・化学 (化学/地球科学的プロセスとその状態 (地圏内))・力学 (力学のプロセスとその状態) の区分にもできるだけ留意することとした。図の中でフラックスとしされるものが、示量変数群であり、大概是地下水流により輸送される量である。

このような取り扱いの目的とするところは個々の事象をできるだけ物理化学的な取り扱いの俎上に乗せて数値モデル化するためである。これら4事象は互いに影響し関係しあうので、これらを統合的に扱うことがシステムとしての評価には欠かせない。ここで一般に連成と呼ばれる手法が数値モデル化とともに浮かび上がるが、実はさまざまな時定数を持った現象を一度に連成することは困難であり、またその必要もない。簡単に言えば、速い現象と遅い現象があれば切り分けることができるし、その方が効率的であることが多い。このような視点からみると、今回の作業は現象とパラメータを抽出して関連付けたまでであるので、さらにこれをもとに今後は現象の切り分け、特に時間的な視点や階層性を明らかにして、連成する必要のある現象 (相互作用が強い) と統合するだけの現象 (一方的な影響) の区分に取り組むべきである。

国際 FEP の地質と地表の事象についての相関図を作

成するとともに、その方針や考え方について議論し、これをもとに今後取り組むべき課題について考察した。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】

【テーマ題目50】物性変化に関する岩石組成・組織要因の研究（外部資金）

【研究代表者】高橋 学（深部地質環境研究センター地殻物性チーム）

【研究担当者】高橋 学、林 為人、住田 達哉（職員2名、他1名）

【研究内容】

物性を規定する岩石の組成・組織要因の項目を明らかにするとともに、各要因が物性を規定する法則を定量的に解明することを目的として、花崗岩質岩石を選び、密度・有効間隙率の基本物性のほかに、弾性波速度及び岩石の組成・組織の影響が比較的反映されやすい軸引張試験による引張強度・ヤング率を研究の代表物性項目として、物性の変化特性を調査することとした。

平成14年度は、一軸引張試験による強度、ヤング率、ポアソン比のほか、弾性波速度、水飽和法による密度、有効間隙率の多くのデータを追加取得した。

(1) 軸引張試験、弾性波速度測定

引張強度とヤング率とが正の相関を呈すると同時に、両物性と P 波速度との間でも良い正の相関関係が認められた。

(2) 水飽和法による密度・有効間隙率測定

水飽和法により阿武隈地域産出の花崗岩質岩石10種類、中国地方の広島花崗岩類・領家花崗岩類・山陰帯花崗岩類の計18種類、その他の日本列島産出の花崗岩6種類の乾燥密度、飽和密度、有効間隙率を測定した。花崗岩及び花崗閃緑岩の乾燥密度は2.60-2.64g/cm³に集中し、トータル岩の同密度は2.7-2.8g/cm³の範囲に、斑れい岩の同密度は約2.8-3.0g/cm³の範囲に分布している。岩種の判定は含有鉱物のモード組成に基づいているため、組成鉱物の密度と量比により、岩種間ではこのようなよい対応関係が明瞭に認められた。

日本列島に分布する多くの花崗岩質岩石の密度、有効間隙率、P 波速度、一軸圧縮試験による引張強度、ヤング率、ポアソン比等を測定した。これらのデータは日本列島における花崗岩質岩石の広域的な物性のバラエティ及び特定した地域の物性変化を概略的に把握するための基本資料に資するとともに、地層特性変化の要因抽出及びメカニズムの解明を目的とした岩石物性と組成・組織要因との関連性を究明する上で重要である。また、物性に対する組織要因の影響について、組成鉱物の粒径、風化、潜在マイクロクラックの選択的分布に起因した異方性等に関する知見を得ることができた。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】花崗岩質岩石、各種物性計測、岩石内組

織変化

【テーマ題目51】流体移動特性等の地層物性とその変化予測手法の研究（外部資金）

【研究代表者】高橋 学（深部地質環境研究センター地殻物性チーム）

【研究担当者】高橋 学、加藤 昌治、西山 哲、林 為人、竹村 貴人、後藤 和幸（職員1名、他5名）

【研究内容】

岩石の透水係数に及ぼす温度上昇の影響を定量化するための実験的・理論的な検討を目的とする。高温・高圧条件下における岩石の力学的特性に関するデータは少ないので、平成14年度は、より広範囲の温度・封圧・歪速度条件下におけるデータ取得を目指す。また、乾燥状態における実験のみを実施したが、高温時の透水データ取得のためには、飽和含水状態における力学特性の把握も行う。

- (1) 封圧と温度の実験条件が同じ（封圧50MPa、室温）であれば、乾燥状態の供試体の方が湿潤状態の供試体よりも圧縮強度と破壊ひずみの値が高い。逆に、ポアソン比は湿潤状態の供試体の方がやや高い値を示す。
- (2) 封圧と温度の実験条件が同じ（封圧50MPa、200℃）であれば、乾燥状態の供試体の方が湿潤状態の供試体よりも圧縮強度と破壊ひずみの値が高い。逆に、ヤング率とポアソン比の値は湿潤状態の供試体の方がやや高い値を示す。
- (3) 封圧が50MPa の室温、乾燥状態の供試体と比較して、水の影響と温度の影響をそれぞれ個々にみたときはより脆性的に挙動するようになる。しかしながら、水と温度の両方が影響した場合には破壊ひずみは減少するが、非弾性ひずみはより延性的に挙動するようになる。

今年度は非排水状態における玄武岩の変形挙動を圧力及び温度の条件下で実験し、以下のような結果を得た。

- (1) 圧力（50Mpa）及び湿潤状態（非排水）のもとでは高温になる程、非弾性体積歪が増え、ダイラタンシー特性が明瞭となる。
- (2) 圧力（50Mpa）及び室温状態では湿潤状態（非排水）の方が乾燥状態よりも、より脆性的になる。
- (3) 圧力（50Mpa）及び温度（200℃）状態では、湿潤状態（非排水）の方がより脆性的になる。

以上、限定的なデータに基づく結果ではあるが、高温・湿潤状態の変形様式は温度及び湿潤の各条件を単独に行った結果から単純に推定できない可能性が示唆された。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】高温高圧透水試験、玄武岩、変形特性、内部構造変化

【テーマ題目52】地層特性空間分布変化の評価に関する

実験的研究（外部資金）

【研究代表者】張 銘（地質情報チーム）

【研究担当者】張 銘（職員1名）

【研究内容】

多重バリアシステムによる高レベル放射性廃棄物の地層処分では、その安全性の評価は基本的に人工及び天然バリアにおける物質（核種）の移行特性に支配される。この移行特性は核種の溶解、拡散、吸着及び沈澱等複数の要因に決定されるが、何れも地下水の流動に直接関与される。また、施設建設時の人工バリア材料の性能は人為的に設計・制御することが可能であるが、自然の岩盤からなる天然バリアはその起源、組織、地質の変遷プロセス等の違いによって、地域差、異方性及び非均質性が必然的に現れてくる。本研究は地質媒体における流体移動特性を適切かつ高精度に評価する方法の確立を総目標とし、以下に示す三つの内容を研究目的としている。

- (1) 地質媒体、特にバリア機能が期待される難透水性地質媒体の透水特性の高精度測定評価技術を確立すること。
- (2) 地質媒体の透水特性に影響を与える主な要因である地層変形が地層、もしくはその材料の透水特性に及ぼす影響の評価手法を確立すること。
- (3) 地質媒体の透水特性とその他の物理及び地質工学的特性との相関性について明らかにすること。

上記の研究目的に応じて、以下に示す研究内容を実施した。

- (1) これまで開発してきた難透水性岩を対象とした高精度汎用室内透水試験装置をさらに改良し、高速データ収録・監視装置を導入した。
- (2) 昨年度考案・試作した地層変形と浸透流の同時モデリング試験装置の試運転を行い、載徐荷過程における漏水のチェック、土槽全体の止水機能及び載荷速度制御等の確認を実施し、必要な改良を行った。
- (3) 模擬堆積地層を作製するための砂及び粘土の種類を選定し、これら試料の中性化手法を確立した。また、模擬地層の浸透率を調整するための試料混合率及び最適含水比を決定するために、一連の締め固め試験と透水試験を実施した。
- (4) 模擬堆積地層の変形及び可視化浸透流同時試験を行った。模擬地層の初期長さは900mmで、水平的に450mmまで圧縮された。浸透流試験は地層の上部から下部へ及び下部から上部への2通りを実施した。
- (5) 一連のチェック、試運転及び予備試験より、装置の実用性及び有効性が検証され、「地質構造及び水理のモデリング装置」の名称で特許出願を行った。
- (6) 模型試験に用いる試料の力学的及び水理学的特性を定量的に評価するために、最大圧縮容量200kN、最大試験体直径100mm、高さ200mm、マニュアル及びパソコン制御の両方可能なACサーボモーターを用いた高精度万能試験装置を設計・試作した。

(7) 火成岩の例として稲田花崗岩を用い、有効間隙率、密度、超音波速度及び一軸圧縮試験を実施、これら結果と透水係数の関連性について検討を行った。火成岩の異方性とその物理、地質工学及び水理学的特性に及ぼす影響を調べるために、試験体は Rift、Grain & Hardway 面にそれぞれ直交して採取した3種類のものを使用した。

(8) 堆積岩の例として来待及び白浜砂岩を用い、有効間隙率、密度、超音波速度及び一軸圧縮試験を実施し、これら結果と透水係数の関連性について検討を行った。堆積岩の異方性とその地質工学及び水理学的特性に及ぼす影響を調べるために、試験体は層理面に直交及び平行して採取した2種類のものを使用した。

- (1) 新たに考案・開発した大型模型試験装置は流体（地下水）の存在を考慮した地層変形のモデリングが可能である。
- (2) 化学特性を考慮した模型試験試料に無色透明な薬品を混合し、模型地層に透過させる無色透明な試験流体との化学反応による変色特性を利用すると、大型模型地層における流体の実流速及び浸透率の空間分布を評価することが可能であり、浸透流試験の可視化評価も可能である。
- (3) 岩の地質工学的特性は岩の基礎的物性特性と密接に関連し、岩の有効空隙率が大きい程、密度は小さく、超音波速度及び圧縮強さも小さく、透水係数は大きくなる。
- (4) 稲田花崗岩は異方性を有しており、その内部での超音波伝播速度、力学的強度及び透水係数のいずれも Rift、Hardway 及び Grain 面に直交した方向の順に大きくなる。
- (5) 超音波速度及び圧縮強さから見れば、来待及び白浜砂岩の両方とも顕著な異方性は認められていないが、層理面に直交した方向の静的弾性係数は層理面に平行した方向の静的弾性係数より大きい。
- (6) 透水係数は有効封圧の増加に伴って単調に減少していくが、試験体の強度、特に静的弾性係数が小さい程透水係数の減少幅（速度）が大きくなる。
- (7) 強度試験も透水試験も有効間隙率や超音波速度試験に比べ測定時間が長く、コストも高い。地下施設の安全性評価を行うために、相対的に有効間隙率が大きく、超音波速度の遅い地層、特に超音波の遅い方向の力学及びそれに直交した方向の水理学的試験を優先的に行うべきである。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】地質媒体、透水特性、変形特性

【テーマ題目53】核種溶解・沈着の変化予測手法に関するナチュラルアナログの研究（外部資金）

【研究代表者】上岡 晃（深部地質環境研究センター地

球化学チーム)

【研究担当者】上岡 晃、金井 豊、高橋 嘉夫
(職員2名、他1名)

【研究内容】

高レベル廃棄物中に含まれる核種の地層中での移行を予測するためには、ウラン、トリウム、希土類元素(REE)等ナチュラルアナログとして有用な元素の地層中における溶解・沈着等の挙動の実態を把握し、それらを支配する要因を解明することが重要である。本研究ではこの目的のため、まず実際のフィールドで採取された試料中の微量元素の分析を行い、各種元素の移動・濃集に関する基礎的データをこれまで収集してきた。平成14年度は、中東地区及び金丸地区において系統的に採取された試料につき、中性子放射化分析によって微量元素の分布を調べた。また、形態別のウラン及び系列核種の分析等を行った。さらに、ウラン濃度の高い試料を含む一部試料については粒度分離を行った上で化学分析を行い、ウラン濃集機構の解明に有用なデータの取得を目指した。また、金丸地区周辺の地表水中のウラン濃度の調査を進めた。

中東地区及び金丸地区のウラン濃集帯より昨年度系統的に採取された試料につき、ウランや希土類元素等の挙動を明らかにするため、中性子放射化法を用い、非破壊によって化学分析を行った。中東地区については、別々に試料調製した2セットの試料について分析を行い、濃集部におけるウラン濃度の均質性も検討した。また、ウラン濃集部を含む中東地区の試料の一部につき、粒径2ミクロン以下から1~2mmまでの6種のサイズに分離して化学組成を求め、ウラン・トリウム・希土類元素等の濃集・溶脱挙動を調べた。金丸地区の試料について、 γ 線及び α 線スペクトロメトリーによってウラン系列核種の定量を行い、深度別のウラン濃度を求めるとともに、放射平衡・非平衡の解析からウランの濃集・溶脱挙動を検討した。また、粉末X線回折による鉱物分析も行い、ウラン濃度と鉱物組成との関連も検討した。中東地区の試料については、硝酸可溶部分と残さのケイ酸塩部分に分けてウラン系列核種の分析を行い、存在形態別のウランの挙動について調べた。さらに金丸地区周辺において、地表の河川水や湧水の採取と水質やウラン濃度等の分析を行った。また異なる孔径のフィルターでろ過した試料の比較も行い、水を介したウランの移動について検討した。

新潟・山形県下のウラン濃集帯である金丸地区及び中東地区から採取された試料の中性子放射化法による化学分析を行った。中東においては、昨年度ウランの濃集が確認された層準以外に下位の層準でもウランが高濃度であることが判明した。ウラン濃度の不均質性から、ウランは特定の部分に濃集・偏在していることが示唆される。また、中東における希土類元素濃度とセリウム異常の大きさの関係は、酸化的条件下での希土類元素の溶脱・沈

着を示すものと考えられる。さらに、ウランに富む部分を含む中東のいくつかの試料について粒度分離して化学分析を行った結果、ウラン、トリウム、希土類元素等はシルト及び粘土サイズの細粒部分に濃集していることがわかった。濃集したウランのほとんどは酸可溶性成分として存在しており、またウラン系列にも顕著な非平衡が認められた。金丸地区でも、同様に30万年前以降のウランの溶脱が推測された。ウラン系列核種のナチュラルアナログ研究では、今回予察的に露頭の試料で検討し、ウランの移動・挙動に関する情報を得ることができた。この手法を地下深部のコア試料に適用し解析することで、地下深部でのウランの挙動が解明できる可能性が明らかになった。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】ナチュラルアナログ、希土類元素、ウラン系列核種

【テーマ題目54】地下微生物による影響予測に関する研究(外部資金)

【研究代表者】三田 直樹(深部地質環境研究センター地球化学チーム)

【研究担当者】三田 直樹、竹内 理恵、金井 豊
(職員3名)

【研究内容】

高レベル放射性廃棄物中の核種の移動を規制する地質特性変化因子の中で、特に重要なものは地下水流動及び化学環境であると考えられる。このような地下深部環境の中で、微生物は化学反応に様々な影響を与えて、熱力学的な平衡論では扱えない現象をも可能としたり、また、生体活性作用として化学環境の形成、直接的な反応に関与したりしている。本研究においては、これらについて様々な微生物に関するデータを集め、その作用を系統的に検討し、化学環境に関する影響評価に資することを目的としている。昨年度は一般的に取扱いが困難で研究があまり進んでいないマンガン酸化細菌を中心にその種類と作用について検討を進めた。そこで今年度においては、さらに地下深部についての情報を得るため、実際のボーリング試料の中に存在する微生物についても予察的に検討を行うと同時に、微生物生態学的にどのような条件下で様々な微生物の作用活性が生じるのかについての検討を進めた。

(1) ボーリングコア中の微生物の予察的鑑定

地下深部に成育する微生物の実態と特性を把握するため、新潟-山形県境に近い金丸地区において今年度行われたボーリングのコアから採取した6箇所の試料の微生物について、予察的に鑑定を行った。その結果、表層ではマンガン酸化細菌の酸化能が相対的に高く、深部ではかなり微弱になっていることが判明した。酸化的な表層にこれらの菌が存在していることを示しており、環境条件と生存場所との対応が調和的である。

(2) 微生物の鑑定

ボーリングコアの試料をサーベイして明らかになった分離菌は、下位と比べ上位ほど微生物の種類に多様性があった。また、20m を超えるような深度においても弱い作用ながらも微生物が生育していることが判明した。Mn 酸化能を有する微生物の中から、特に興味深い6菌体について、さらに詳細な同定を行った。

(3) 微生物活性の環境対応機能調査

マンガン酸化細菌の活性に影響すると考えられる環境要因として、溶液の pH、温度等が考えられるので、環境要因を変化させて活性の変化を調査した。昨年度鑑定した1) 菌株 M-2、2) 菌株 T-1、3) 菌株 T-2の3種類について実験を行った結果、これらの菌に関しては、pH に関しては弱酸性-弱アルカリ域での生育が良好で、生育温度域については10~30°C程度が良好であった。

(4) DNA 解析

昨年度に微生物鑑定まで行った M-2及び T-1について今年度は DNA 解析を行い、微生物の特定を試みた。その結果、いずれの菌株にも16S rDNA の増幅が見られ、M-2は1451bp、T-1は1476bp の塩基配列が解読された。この結果をデータベースと比較した結果、M-2は *Curtobacterium* 属、T-1は *Bacillus cereus* の配列に最も近いことがそれぞれ判明した。

新潟一山形県境に近い金丸地区において採取されたボーリングコア中の堆積物試料を用いて、マンガン酸化細菌の調査を行った。その結果、20m 以深においても微生物の存在が確認され、堆積性の地下環境でも微生物研究が重要であることが示された。また、昨年度鑑定を行った菌株についての DNA 解析を進めた。微生物の存在が即廃棄物処分に影響を与えるということではなく、それと活性の有無とが絡んでいる。このため微生物の活性を示す環境条件の検討を行った。このようなデータは微生物の種類ごとに相違していることが考えられるため、系統的にデータを収集する必要がある。化学環境に影響を与える微生物にはマンガン酸化細菌のほかにも、鉄酸化細菌、イオウ酸化・還元細菌、窒素酸化細菌、メタン生成・酸化細菌等があるので、長期的にはそれらについても順次、特性と鑑定を進める必要があると考えている。さらに、種類と作用についてのデータベース化も開発する必要がある。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】地下微生物、マンガン酸化細菌、DNA 解析

【テーマ題目55】鉄鉱物の溶解反応の素過程と溶解速度の研究（外部資金）

【研究代表者】間中 光雄（深部地質環境研究センター化学反応チーム）

【研究担当者】間中 光雄、月村 勝宏（職員2名）

【研究内容】

放射性廃棄物の地層処分システムの長期的安全性の評価、特に地下水によるオーバーパックの腐食及び地下水による放射性物質の移行について定量的かつ信頼性の高い評価を行うために、地下処分場において将来予想される地下水の酸化還元状態について、明確な推定がなされることが重要である。地下水の酸化還元状態は、オーバーパックの腐食及び放射性物質の移行に強く影響するが、地下水の酸化還元状態は、地下処分場に存在する Fe^{2+} を含む鉄（含鉄）鉱物の溶解によって制御される。つまり、地下処分場において将来予想される地下水の酸化還元状態は、含鉄鉱物の溶解速度によって決定される。これまで、鉱物の溶解実験は近年盛んに行われてきたが、含鉄鉱物の溶解は酸化還元反応が関係する複雑な反応であるためにあまり行われていない。また、含鉄鉱物の溶解実験は、ほとんどが室温下で行われ、酸性領域の実験が多い。さらに、酸化還元状態の制御も行われていない実験がほとんどである。そこで、本研究では、地下処分場の化学的環境を模擬した系において主要な含鉄鉱物の溶解反応の素過程や速度を決定することを目的とする。この目的を達成するために、昨年度から酸化還元状態や温度を制御できる溶解実験装置を開発し、本年度からこの実験装置の改良を行い、試運転として磁鉄鉱の溶解実験を行った。

鉱物の溶解実験装置の開発として、Mixed Flow Reactor タイプの溶解実験装置を組立・改良した。大きな改良点は2点である。1つは、サンプル室や配管部の設計を変更しガスの漏れがないようにした。2つは、サンプル室や配管部内の水溶液の酸化還元状態を制御するためのバッファ室を設けた。この実験装置の特徴をいくつかあげる。1つは、任意のガスを絶えずバッファ室に吹き込むことにより、酸化還元状態を制御した系における鉱物の溶解を進行させられる。2つは、排出された水溶液中の溶質濃度が直接、鉱物の溶解速度に結びつけられる。他のタイプの実験装置を用いた場合、ある速度則を仮定しその積分形を溶質濃度と時間データにフィッティングさせ、鉱物の溶解速度を決定する。3つは、新鮮な水溶液を絶えずサンプル室に導入することにより、鉱物から溶出する反応生成物の沈澱が避けられる。

試料として、180 μm 以下の合成磁鉄鉱（高純度化学）を用いた。粉末 X 線回折装置を用いて、この試料が磁鉄鉱であることを確認した。この試料は99.9% Fe_3O_4 で、微量な Cr (0.01%) と Ni (0.006%) を含む。合成磁鉄鉱試料を篩分けし、64 μm から180 μm のサイズの磁鉄鉱粒子を集めた。篩分けし得られた試料の比表面積は、BET 1 点法装置（フローソープ III 2310；島津製作所）を用いて測定した結果、0.43 m^2g^{-1} である。磁鉄鉱の溶解は、上記の実験装置を用いて行われた。サンプル室に上記の磁鉄鉱約0.2g を入れ、サンプル室下部から HCl で pH を4.05に調整した水溶液をポンプを用

いて0.55ml/minの流速で送液した。サンプル室下部からの水溶液送液により、バッファ室の半分が水溶液によって満たされた。バッファ室の残り半分は気相である。バッファ室とサンプル室の水溶液を混合させるために、もう一つのポンプを用いて3.61ml/minの流速で水溶液を循環させた。バッファ室から排出された水溶液は、約11時間フラクションコレクターを用いて回収した。回収水溶液のpHと全鉄濃度は実験終了後に測定された。サンプル室及びバッファ室、ストック溶液はすべて $298 \pm 0.3\text{K}$ に保持された恒温槽に収納されている。バッファ室内の水溶液とストック溶液には、大気：窒素=1:1の混合ガス ($P_{O_2}=0.1\text{atm}$) を実験開始4時間前から実験中、絶えず吹き込んだ。排出された水溶液のpHは、複合ガラス電極 (DKK-TOA GST-2729C) を用いて測定された。pHの測定は、指示値が安定するまで約0.5~1分要した。溶液試料を測定する前に、pH標準液 (pH=4.01と6.86) を用いてpH電極を校正した。排出された水溶液の全Fe濃度はICP (Seiko SPS7000) で分析した。

昨年度試作したMixed Flow Reactorタイプの溶解実験装置のサンプル室と配管部の設計を変更しガスの漏れがないようにし、装置内の水溶液の酸化還元状態を制御するためのバッファ室を設けた。改良した装置を用いて磁鉄鉱の溶解実験を行った結果、測定開始時にpH値は4.13を示したが、約8時間後には4.08となり実験終了時までこの値を示した。一方、全Fe濃度は測定開始時に $0.8 \times 10^{-6} \mu\text{mol/l}$ を示したが、約10時間後には $2.6 \times 10^{-6} \mu\text{mol/l}$ となり実験終了時もこの値を示した。全Feは、主として Fe^{2+} であると考えられる。なぜならば、pHが4近傍での Fe^{2+} の Fe^{3+} への酸化反応は遅いからである。実験終了時の H^+ の消費量と Fe^{2+} の生成量の関係から、磁鉄鉱の溶解反応はつぎのように示唆される。



Mixed Flow Reactorタイプによる鉱物の溶解速度は、水溶液中のpHの変化をもとにつぎの式で表現できる。

$$\text{Rate} = 1/f_{\text{H}^+} \cdot [10^{-\text{pH}_{\text{initial}}} - 10^{-\text{pH}_{\text{steady state}}}]$$

$$[\text{送液速度}] / [\text{鉱物の質量}] / [\text{鉱物の比表面積}] \quad (2)$$

ここで溶解速度の単位は、 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ である。 f_{H^+} は、鉱物の溶解反応における H^+ 成分の化学量論数であり、磁鉄鉱の溶解反応の場合その値は2/3である。 $\text{pH}_{\text{initial}}$ はストック溶液のpH値であり、 $\text{pH}_{\text{steady state}}$ は定常時(本報告の場合、実験終了時)のpH値である。式(2)を用いて磁鉄鉱の溶解速度を計算した結果、 $P_{O_2}=0.1\text{atm}$ の水溶液中の磁鉄鉱の溶解速度は $9.53 \times 10^{-10} \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ であった。

次年度では、酸化及び還元状態における磁鉄鉱の溶解実験を行う。酸素または還元ガスを溶かした水溶液を循環させて、異なるpH及び温度で実験を行い、溶解速度のpH依存性や温度依存性を求める。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] 混成流型溶解実験装置、酸化還元状態、磁鉄鉱

[テーマ題目56] 水理条件による地下水循環変化の予測手法の研究(外部資金)

[研究代表者] 竹野 直人(地質情報チーム)

[研究担当者] 竹野 直人、藤井 直樹
(職員1名、他1名)

[研究内容]

地層処分における放射性核種移行評価では地下水流動を把握することが重要である。天然地盤における超長期の地下水流動の予測には、数値シミュレーションを行うことが唯一の現実的な方法である。地下水流動による核種の移行を考える場合、地形や境界条件だけでなく自然変動による岩盤の変形や放射性核種と岩石鉱物との化学反応もそれに影響を及ぼす。本研究では地下水流動の数値シミュレーションを行い、水理条件による地下水循環変化を明らかにすることを目的としている。

平成14年度は有限差分法による水理解析コードTOUGH2を用いた地下水流動解析システムを構築するためのテストランを行った。また数値拡散の問題やsalt fingeringについての調査を行いこれらの影響の評価法について検討した。

数値拡散は実際の拡散現象とは無関係に計算誤差によって引き起こされる現象であり、低浸透率のもとで、実際の拡散の影響も考慮せねばならないとき、数値拡散は望ましくないartifactといえる。TOUGH2のように差分近似で数値解を求める場合、このような数値拡散がどのくらい抑えられているのか今後評価せねばならない。

今後さらに、TOUGH2の評価作業を継続するとともに上記のソルトフィンガリング現象のような問題が解けることを検証するとともに、実際の地質データを用いた3次元熱-水理解析に取り組む。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] tough2、ソルトフィンガリング、数値拡散

[テーマ題目57] 化学反応の熱力学解析の研究(外部資金)

[研究代表者] 竹野 直人

[研究担当者] 竹野 直人、鈴木 寛(職員1名、他1名)

[研究内容]

地層中における放射性核種の移行を評価するには、地下水中の放射性核種の挙動を理解することが重要である。一般に核種の挙動は、地下水の酸化還元電位、pH、陰イオン濃度等に依存する。そこで、本研究では、地下水の化学的性質をモデル化するための手法の一つとして、Eh-pH図に着目し、商用ソフトとオリジナルソフトウェアを用いた作図の全元素への適用及びデータベースの比較を行い、地下水の化学的数値モデリングの基礎とす

ることを目指した。本研究ではこれまでに、主要な元素について比較を試みたが、本年度はデータが欠如するものを除く全元素を対象を拡張し、炭酸ガスが共存する場合についても予察的な検討を試みた。また、今年度新たに核種移行の化学拡散について拡散試験と分子シミュレーションによるモデル化に着手した。

熱力学データベース FACT と SUPCRT を用いてデータの利用できる全元素について水溶液系での Eh-pH 図を作成した。この代表的な2つのデータベースを用いて作成した Eh-pH 図を比較するとともに、Brookins (1988) を参照しながらレビューを試みた。作図には FACT は FACTSAGE を、SUPCRT は独自ソフト FLASK-AQ を使用した。

計算条件は25°C、0.1MPa、溶液濃度は 1×10^{-10} mol/kg とした。予察的に実施した炭酸ガスを含む系は大気中の二酸化炭素と平衡にある溶存 CO₂ 濃度 1.585×10^{-6} mol/kg とした。

拡散試験では難透水性堆積岩の模擬物質として粘土鉱物集合体を使用し、拡散係数の温度依存性と組成依存性について調べた。このために、透過拡散試験法を用いて重水の拡散係数を調べた。媒体としては、飽和含水させた粘土鉱物の集合体（スメクタイト粉末を圧縮成型）を実験試料とした。試験溶液の NaCl 濃度は0.02、0.05、0.1、0.3、0.5 mol/dm³ と5通りとした。また、恒温槽の温度を25、40、50、60°Cとして、順次実験を行い、拡散係数の温度依存性を調べた。

分子シミュレーション法では、並列計算機をセットアップし、粘土鉱物（スメクタイト）と水分子間の相互作用モデルについて検討を行った。分子動力学計算は、古典分子動力学法により、FORTRAN プログラム MXDORTO、MXDTRICL (JCPE No. 029) 及びその並列計算用プログラム (MXDORTOP) を使用した。計算に使用した原子間ポテンシャルパラメーターは、東京工業大学理学部河村雄行教授より提供されたものを使用した。また、層間水の振動スペクトルは、ウイナー・ヒンチンの定理から、水素の速度相関関数のフーリエ変換により計算した。

Eh-pH 図では溶解度制限固相の pH・Eh 依存性について手がかりとなる情報を提示できたとともに、非晶質まで含めた安定・準安定の扱いについて今後検討する必要性が示された。拡散試験では活性化エネルギーが、バルク水中の水分子の自己拡散の活性化エネルギー (18kJ/mol) よりもやや大きな値であることが示された。また粘土鉱物集合体中における重水の実効拡散係数およびそれから求めた活性化エネルギーの塩濃度依存性はほとんどなかった。

分子シミュレーションでは水分子-鉱物表面間の水素結合が水分子-水分子間の水素結合よりも弱いことが示された。今後は、このモデルを使って、層間間隙における水分子の自己拡散係数及びその活性化エネルギーや各

種の陽イオンの拡散挙動について調べていく必要が示された。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】Eh-pH 図、透過拡散試験、スメクタイト

【テーマ題目58】多孔質媒体内の流体流れの数値シミュレーション（外部資金）

【研究代表者】高田 尚樹（環境管理研究部門環境流体工学研究グループ）

【研究担当者】高田 尚樹、高橋 学（職員2名）

【研究内容】

本年度は核種移行解析コードの整備の第一段階として、LBM に基づく3次元多孔質媒体内の単相流動解析コードと、解析中に用いる多孔質物体境界条件を計測データから設定する手法を開発する。さらに、実際形状を考慮した等温単相流体流れ場のシミュレーションを実施し、解析コードと物体境界条件設定法の適用性を検討する。

解析対象の流れ場は、主流方向の長さ約7.15mm と1辺4.4mm の正方断面を持つ矩形領域で、104×64×64個の立方格子で離散化される。その中央には多孔質体を、その両端には長さ1.4mm の空孔領域を配置した。上下左右の側面には鏡面对称の境界条件を適用し、計算領域外部にも同様の流れ場があると考えられる。流体は、一定速度 $U_{in} = 2.5 \times 10^{-3}$ 及び 10^{-2} で一様に流入し、下流端で一定圧力下に開放される。定常状態での流速分布からよどみ領域や高速な流れ領域が生じ、流体は同様の流路を優先的に通過するが、流量の増加に伴って流速分布の不均一性はより顕著になり、流体が特定の場所をより多く流れる傾向が強まることを確認した。

核種移行解析コードの整備の第一段階である本年度では、流れ場の解析で複雑な物体形状の境界条件を容易に実行できる格子ボルツマン法 (LBM) に基づく3次元多孔質媒体内単相流体解析コードと、多孔質物体境界条件を計測データから設定する方法を開発し、多孔質体内部の流動シミュレーションを実施した。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】数値シミュレーション、格子ボルツマン法、多孔質媒体、流体流れの可視化

②【活断層研究センター】

(Active Fault Research Center)

(存続期間：2001.4～)

研究センター長：佃 栄吉

副研究センター長：杉山 雄一

所在地：つくば中央第7

人員：56 (14) 名

経費：317,021千円 (292,971千円)

概要：

活断層研究センターは国の活断層調査事業に関する唯一の中核研究機関として、地震調査研究推進本部の施策に基づき、基盤調査観測項目としての活断層調査について一層の推進に努め、活動性評価の精度向上を図ることを第1の目標とする。また、活断層が活動したときに発生する地震被害予測の研究を積極的に推進し、より社会的に利用価値の高い情報の創成に努める。さらに、内外の活断層データを収集・評価し、広く流通・公開する体制を整備し、産総研第1期中期計画において活断層に関するナショナルデータセンターとして、活断層に関する情報拠点機能の充実を図る。また、国際共同研究を活発に行い、国際的研究拠点としての地位を確立する。

産総研第1期中期計画においては、活断層研究センターの担当として以下の具体的成果を上げることが目標としている。

- ・全国主要活断層について、第1次調査、第1次評価を完了し、100年以内の地震発生確率を明らかにする。
- ・調査を実施した12活断層についての報告書を出版する。
- ・活断層図トリップマップ3図、50万分1活構造図3図、地震発生危険度マップ1図を刊行する。
- ・2つの活断層系について、セグメンテーション及びセグメント連動について、一般的特徴を解明する。
- ・京阪神地域を対象として、地下構造モデルに基づく被害予測図、北海道東部において津波被害予測図を作成する。

平成14年度は、重点研究課題として、

- 1) 全国主要活断層等の調査研究
 - 2) 活断層データベース・活構造図等の研究
 - 3) 活断層系のセグメンテーションの研究
 - 4) 地震・津波被害予測の高度化の研究
- の4課題の研究を実施した。これらの研究を
- a) 活断層調査研究チーム（重点研究課題1）
 - b) 活断層情報研究チーム（重点研究課題2）
 - c) 断層活動モデル研究チーム（重点研究課題3）
 - d) 地震被害予測研究チーム（重点研究課題4）

の各チームが分担・連携して実施した。

平成14年5月から、それまで副センター長特命事項として実施していた重点研究課題2について、新たに「活断層情報研究チーム」を新設し実施する体制を整えた。なお、これは地震調査研究推進本部政策委員会調査観測計画部会調査観測結果流通WGの報告「地震に関する基盤的調査観測等の結果の流通・公開について」（平成14年8月26日公表）に基づくものである。客員研究員など多くの外部研究者を迎え入れ、研究の充実を図った。また、地質調査総合センター（Geological Survey of Japan）の一員として、関連研究ユニット・組織と連携を取り効率的に研究を遂行した。主な研究成果として、

本センターの基幹成果物である、「活断層・古地震研究報告」第2号の出版を計画通り行うことができた。また、センターの研究活動の広報のため、ホームページの運営、センターニュースの発行・配布を行った。

外部資金：

経済産業省 経済産業省受託研究費「原子力安全基盤調査研究（総合的評価）」
（執行額 16,003千円）

経済産業省 経済産業省受託研究費「原子力安全基盤調査研究（提案公募事務（活断層・地震関係分野）」）
（執行額 6,228千円）

経済産業省 科学技術総合研究委託費「地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究・震源特性の抽出に関する研究 震源特性の抽出に関する研究 活断層情報と不均質震源特性との関係に関する研究」
（執行額 1,830千円）

発表：誌上发表33（22）件、口頭発表124（48）件、
その他47件

活断層調査研究チーム

（Active Fault Evaluation Team）

研究チーム長：下川 浩一

（つくば中央第7）

概要：

国の地震調査研究推進本部は、全国に分布する98の活断層を早急に調査を行うべき活断層に選定している。この98断層の詳しい調査を行い、分布、長さ、最新の活動時期、活動の間隔などを明らかにする研究を行う。調査の方法は、地形地質調査、トレンチ調査、ボーリング調査など、多岐にわたり、調査結果にもとづいて、活断層が活動する可能性、活動した場合の地震の規模などの評価を行う。また、最近の地震断層についての詳細な情報を活断層調査に役立てるための研究や、活動性が低い活断層から、将来の地震発生を予測するのに有効な調査手法を探るための研究も併せて行う。

研究テーマ：

テーマ題目1、テーマ題目5

活断層情報研究チーム

（Active Fault Data Analysis Team）

研究チーム長：吉岡 敏和

（つくば中央第7）

概要：

全国の活断層の膨大な情報のデータベース化と、その活用を促進するため、平成14年5月に新設された。このチームでは、全国のさまざまな機関で実施された主要活断層の調査から得られたデータや資料を収集・

整理し、データベース化を行う。データベースは研究資料として広く公開されるとともに、活断層の評価の技術資料として役立てられる。このデータベースは、単なる調査地点データの蓄積のみではなく、調査データをもとに、全国同一基準でデータ精度を統一し、活断層の評価に直接役立つものとなることを目指している。また、評価の根拠となったデータを、簡単に検索できるものとする予定。このデータベースのほかに、これまでに引き続いて、詳細活断層図（ストリップマップ）、1/50万活構造図を刊行するとともに、全国活断層地震発生危険度マップなどを作成し公表する。

研究テーマ：

テーマ題目 2

断層活動モデル研究チーム

(Faulting Behavior Modeling Team)

研究チーム長：栗田 泰夫

(つくば中央第7)

概 要：

大規模な活断層は複数の活動区間に分かれており、それらの区間が単独であるいは複数が連動して地震をおこす。このため活断層から発生する地震の予測には、個々の地点での調査データとともに、活動区間の予測手法と活動の繰り返しモデルが必要である。当チームは、断層活動モデル、とくに地震の規模と地下の震源断層での破壊過程とを予測するためのモデルについて研究実施する。

断層の活動区間については、世界各地の大地震で地表にあらわれた地震断層の形状、長さ、変位量分布、過去の活動状況などを現地ですく調べ、断層の活動区間の特徴とともに、複数の区間が連動して活動する条件を解明する。

また、断層活動の繰り返しには、その時間間隔や1回の変位量、活動区間に少なからぬばらつきがあり、地震発生の予測を難しくしていることから、異なる地震間のデータを比較し、あるいは同じ断層系で繰り返し発生した地震サイクル毎のデータを比較することにより、それらのばらつき量の相互関係を統計的、力学的に解明して予測精度の向上に努めている。

研究テーマ：

テーマ題目 3

地震被害予測研究チーム

(Earthquake Hazard Assessment Team)

研究チーム長：佐竹 健治

(つくば中央第7)

概 要：

活断層情報と断層のモデル化で得られた情報にもとづき、地震のよるゆれの大きさを予測する。地震のゆれや被害の大きさは、震源からの距離のほか、断層面の破壊の仕方、地下の様子（軟らかい堆積層か、硬い基盤岩か）によって大きく変化するので、これらをす

べて考慮し、地震のゆれを計算する。また、地層に残された津波による堆積物から、海底下で発生した巨大地震の履歴を調査し、津波の伝わる様子をコンピュータで計算し、津波の被害（浸水域など）予測研究を行う。このような地震と津波の被害予測結果について地震被害予測図や津波被害予測図として公表する。

研究テーマ：

テーマ題目 4、テーマ題目 6

[テーマ題目 1] 全国主要活断層等の研究（運営費交付金）

[研究代表者] 下川 浩一（活断層研究センター活断層調査研究チーム）

[研究担当者] 下川 浩一、杉山 雄一、寒川 旭、七山 太、北田奈緒子、竹村 恵二、穴倉 正展、遠田 晋次、荻谷 愛彦、水野 清秀、吾妻 崇、片川 秀基、柴田 俊治、桑原拓一郎、伏島祐一郎、奥村 晃史、町田 洋、宮下由香里、吉岡 敏和、石山 達也、栗田 泰夫、斉藤 勝、井村 隆介、小林 健太、小松原 琢、佃 栄吉、金折 裕司（職員17名、他10名）

[研究内容]

本研究は、トレンチ調査等により、全国の主要な活断層の実態を明らかにし、将来の発生危険度予測等に活用できるデータを提供することを目的としている。本研究は、旧地質調査所において平成8年度から10年計画で開始された「活断層調査事業」を引き継ぐもので、平成13年度から「全国主要活断層等の研究」として、文部科学省の交付金による地方公共団体の調査と整合を取りつつ実施している。

平成14年度は、国による基盤の調査観測対象の98断層帯に対応する断層として、1)上町断層系、2)木曾山脈西縁断層帯、3) 邑知鴻断層帯、4) 黒松内低地断層帯、5) 牛首断層、6) 境峠・神谷断層帯、7) 長町-利府線断層帯の各断層について調査を行い、第四紀における活動性、地震発生の切迫性、地震規模の評価等に有用な成果が得られた。また、その他の断層として、8) 鳥取県西部地震断層と9) 大原湖断層帯について、地震断層と地殻変動の関係や大原湖断層の分布等の調査を行った。それぞれの研究結果については省略する。

[分野名] 社会基盤（地質）・海洋

[キーワード] 地震、活断層、活動予測

[テーマ題目 2] 活断層データベース・活構造図等の研究（運営費交付金）

[研究代表者] 吉岡 敏和（活断層研究センター活断層情報研究チーム）

[研究担当者] 吉岡 敏和、杉山 雄一、寒川 旭、

佃 栄吉、栗田 泰夫、関口 春子、
駒澤 正夫、吾妻 崇、宮下由香里、
水野 清秀、宍倉 正展、石山 達也、
伏島祐一郎、小松原 琢、桑原拓一郎、
堀川 晴央、衣笠 善博、山崎 晴雄、
須貝 俊彦、下川 浩一、佐竹 健治、
(職員18名、他3名)

〔研究内容〕

本研究は、活断層に関する情報を迅速かつ広範に社会に提供することを目的としている。そのために、活断層データベースの整備をはじめ、活断層ストリップマップ、1/50万活構造図、地震発生危険度マップ等の編纂・刊行、「活断層・古地震研究報告」の定期的な刊行を行う。また、活断層研究センターニュースを毎月発行するとともに、活断層研究センターホームページを随時更新し、日常的な情報発信を行う。

平成14年度には、特に活断層データベースの構築を重点的に行い、活断層データの入力作業を進めるとともに、データベース構造の検討、インターフェイスの試作等を行った。また、1/50万「新潟」、「金沢」、「秋田」の編纂作業を行った。なお、平成14年度刊行予定であった伊那谷断層帯ストリップマップについては、責任担当者の公務都合により、刊行を1年延期することにした。

活断層のデータベースについては、既存文献資料の収集・整理を完了するとともに、全国主要98活断層に相当する約130の起震断層のうちの約70起震断層について、変位量および活動履歴等の基礎データの入力を完了した。入力されたデータの一部は、政府の地震調査研究推進本部に産総研資料として提供した。また、断層位置データについても、近畿地方の5断層帯について、既存資料の数値化を実施した。さらに評価のための統一的基準の検討、およびデータベースの公開に向けてのユーザーインターフェイスの試作検討を行った。

富士川断層河口断層帯のストリップマップの編纂に関して、富士川河口断層帯の補足調査として、入山瀬断層、安居山断層、及び芝川断層の最新活動に関する地質調査を行った。とくに、最近の研究で新たに活断層と思われるリニアメントが指摘されている富士宮市安居山—水沼や富士川町北松野付近について、溶岩流の変位の検証を中心にリニアメントを構成する低起伏の崖の成因を調査した。溶岩流の層序と分布を詳しく検討した結果、安居山—水沼付近のリニアメントは北山溶岩流（SW5）の溶岩堤防と一致しており、活断層の存在を示すものではないことが確認された。また、北松野では、低崖は芝川溶岩流（SW1）の分布縁と一致していることが判ったが、低下側の情報が得られないため、成因については不明である。

高田平野周辺の活構造に関する現地調査と、1/50万活構造図「新潟」全域の第四紀後期の地形・地質に関する資料収集を行い、活構造図の編纂作業を行った。また、

この地域では最近数年間に主に堆積盆地縁辺部を画する主要活断層の活動履歴調査が地方自治体や活断層研究センターによって行われており、その結果を起震断層の区分・認定と平行してとりまとめつつ行っている。その結果は平成15年度に印刷する予定である。

1/50万活構造図「金沢」（第2版）の編纂については、昭和60年に刊行した50万分の1活構造図「金沢」を改訂し、活構造のみならず、古地震、重力異常、地震活動などに関する基礎資料を取り入れた総合的な活構造図として公表することを目的としている。本図幅地域には、東側から、糸静線活断層系中・北部、伊那谷断層帯、阿寺断層系、跡津川断層、濃尾断層系、柳ヶ瀬断層など、中部山地から北陸地方の活断層が多数含まれる。基盤的調査観測の対象とされる98断層のうち、21断層が本図幅地域に分布する。兵庫県南部地震以降、これらの断層の多くについて、当活断層研究センター、地方自治体、電力中央研究所、大学の研究グループなどが研究・調査を行い、新たなデータが得られている。このため、平成14年度には、13年度に引き続き、最近の研究・調査結果の収集と整理を進めた。また、考古遺跡における液状化跡などの古地震データの収集をあわせて進めた。平成15年度には、16年度に予定されている刊行に向けて、これらの最新の研究・調査データに基づいて、活構造、古地震、重力、地震の4種類の構造図の基図を完成させることを目標とする。

1/50万活構造図「秋田」（第2版）の編纂に関しては、本図には、東北日本の外帯、内帯両地域における逆断層帯が多く含まれる。特に内帯においては、新第三系—第四系にみられる褶曲構造と活断層との関係を明示的に表現することが重要である。図版の種類、構成、凡例区分等については、既に発行されている「東京」、「京都」、ならびに作業中の「新潟」、「金沢」と整合性を取ることとしていた。本図については、各地形單元ごとに担当者を配し、それぞれにおいて最近の研究を踏まえ、地質区分と活構造を図示していく作業を進めた。

「活断層・古地震研究報告」第2号の刊行に関しては、標記報告を14年10月に刊行した。本号は、活断層研究センター創設後の調査・研究内容を初めて包括的に紹介した刊行物であり、23件の論文を収録した。内訳は、国内の活断層の調査および評価に関するもの13件、古地震・古津波および海岸変動に関するもの4件、海外での活断層および古地震研究に関するもの3件、地震動予測に関するもの3件である。本号の最大の特色は、阪神地域における地震動予測を目指した研究の手始めとして、大阪平野の地盤構造モデル、上町断層系の動的破壊モデル、これら2つのモデルに基づく地震動のシミュレーション結果を掲載したことが挙げられる。また、13件の国内の活断層に関する論文のうち、11件（8断層帯）が国の基盤的調査観測の対象とされている98断層帯についての研究報告である。古地震・古津波に関する論文は、富山平

野の遺跡で検出された液状化跡と道東および浜名湖西岸域における津波堆積物についてのものであり、海岸変動に関する論文は、日米国際共同研究による道東の古地震・古津波および地形調査の成果である。海外での活断層および古地震研究の報告には、日米共同で実施したニューマドリッド地震帯における液状化層の研究、サンアンドレアス断層系のジオスライサー調査、日台共同で実施した車籠埔断層のトレンチ調査が含まれる。

【分 野 名】 社会祈願（地質）・海洋

【キーワード】 活断層、データベース、活構造図

【テーマ題目3】 活断層系のセグメンテーションの研究
—大規模活断層系の破壊過程の予測手法
に関する研究（運営費交付金）

【研究代表者】 栗田 泰夫（活断層研究センター断層活動モデル研究チーム）

【研究担当者】 栗田 泰夫、岡村 眞、松岡 裕美、山盛 邦生、中井戸孝拓、堤 浩之、奥野 充、須貝 俊彦、鳴橋竜太郎、山口 正秋、近藤 久雄、奥村 晃史、遠田 晋次、宍倉 正展、林 愛明、太田 陽子、渡辺 満久
（職員3名、他14名）

【研究内容】

本研究では、活断層評価と強震動予測の精度・信頼性を確保するために、その基礎となる断層活動モデルの確立を目的としている。このうち前半期に相当する平成13-15年度においては、同じ活断層系において歴史時代に大地震サイクルがくり返し発生し、かつ地震サイクル毎に個々の地震後との破壊領域と地震規模が異なった具体的事例を研究対象として、1)活動セグメントのスケールリング則の確立、2)セグメント間の連動破壊条件の解明、3)断層長—断層変位量—再来間隔の相関とその物理学的モデルの解明、を目指している。

陸域の活断層の事例としては、最近約500年間に複数回の地震サイクルが記録されており、1912-1999年に9個の大地震を発生させてきたトルコ・北アナトリア断層系を研究対象としている。旧地質調査所時代の平成11年度から実施されてきたトルコ鉱物資源調査庁との国際共同研究を引き継ぎ、平成13年度には協力協定を締結、平成14年度においては、1)「北アナトリア断層系北西部の水域における分布・活動性調査」、2)「1999年地震断層の陸域における活動性調査」、3)「北アナトリア断層系北西部の地震断層調査」、を実施している。このほか、予備研究として2001年崑崙山地震断層の研究を静岡大学・中国地質力学研究所と共同で、また補備研究として車籠埔地震断層の研究を台湾中央地質調査所などと共同で実施した。海域のプレート境界活断層の事例としては、1703年元禄関東地震と1923年大正関東地震が発生した相模トラフの沿岸地域を研究対象とするとともに、1960年チリ

地震に関する予備調査をバルパライソ基督教大学・米国地質調査所などと共同で実施した。さらに、活動セグメントの認定手法およびスケール則と、断層活動間の相互作用を解明する目的で、「断層活動モデルの研究」を予察的に実施した。さらに、これらの研究の総括を促進する目的で、平成15年度にトルコ共和国アンカラ市において国際ワークショップを、中東工科大学およびトルコ鉱物資源調査庁と共同開催することを決定した。

また、「活断層の変位による被害予測の研究」のための予察として、1999年イズミット地震断層による断層変位パターンに関する研究を実施した。

【分 野 名】 社会基盤（地質）・海洋

【キーワード】 活断層、セグメンテーション、トルコ、北アナトリア断層

【テーマ題目4】 地震・津波被害予測の高度化の研究
（運営費交付金）

【研究代表者】 佐竹 健治（活断層研究センター地震被害予測研究チーム）

【研究担当者】 佐竹 健治、七山 太、堀川 晴央、関口 春子、石山 達也、水野 清秀、横田 裕、加瀬 祐子、高田 圭太
（職員6名、他3名）

【研究内容】

活断層調査結果に基づく地震被害の予測手法を高度化に向けて、大阪平野をテストケースとした研究を展開中である。まず、既存の地球物理学データに基づき、大阪平野の3次元地盤モデルを作成した。断層など地質構造の不連続を取り入れた点が従来のモデルと異なる。これが地震動予測のために使えるかどうかを、実際の小地震記録を用いて検証した。次に、大阪平野内及び周辺の活断層について、変動地形学・地質データに基づいて断層パラメーターを推定する。今年度は生駒断層について、そのモデル化を行った。さらに、断層の動的破壊シミュレーションを行う。今年度は、生駒断層と上町断層について、いくつかの破壊シナリオを組み立てパラメータースタディを行った。最後に、これらの破壊シナリオから発生する地震波が3次元地盤モデル中でどのように伝播するかを数値シミュレーションによって計算し、大阪平野における強震動の分布を試算した。本研究は来年度以降も継続し、平成16年度までに大阪平野の地震動予測地図を完成させる予定である。

また、津波堆積物・海岸変動などの古地震痕跡に基づく津波被害予測の研究を、北海道の太平洋岸をテストケースとして実施している。津波堆積物の調査は、今年度までにほぼ終了した。その結果、20世紀に発生した地震・津波とは異なる地震が過去に繰り返し発生したことが明らかとなった。これらの異常な津波による堆積物は1843年、1952年のプレート間地震による津波や1960年チリ津波などの遠地津波の浸水範囲に比べてはるかに内陸（海

岸から1~4km程度)まで追跡される。また、過去2500年間に5~6回繰り返したことから、平均間隔は約500年と、典型的なプレート間地震よりも長い。これらの津波の波源として、アルマゲドン地震・典型的なプレート間地震・津波地震について、津波発生・伝播・遡上のシミュレーションを行った。津波堆積物の分布との比較から、異常な津波の原因としては複数セグメントにおける典型的なプレート間地震であることが明らかとなった。

【分野名】社会基盤(地質)・海洋

【キーワード】地震、津波、シミュレーション、強震動

【テーマ題目5】原子力安全基盤調査研究(経済産業省
受託研究費(原子力安全・保安院))

【研究代表者】杉山 雄一(活断層研究センター)

【研究担当者】杉山 雄一、吾妻 崇、桑原拓一郎、
下川 浩一、寒川 旭、奥村 晃史、
岡村 幸信、片山 肇、池原 研、
野田 篤、横倉 隆伸、加野 直巳、
山口 和雄、田中 明子、大滝 壽樹、
伊藤 忍、駒澤 正夫、稲崎 富士
(職員17名、他1名)

【研究内容】

本研究は、経済産業省原子力安全・保安院が大学、民間等の学術研究機関に委託して実施しているものであり、原子力発電所等の安全性に関して、これまで必要とされてきた原子力の工学領域に加えて、地震学・地質学や人文・社会科学の領域の知識基盤に係わる調査研究を実施することにより、原子力安全規制行政の安全基盤の一層の充実に資することを目的としている。産業技術総合研究所は、本研究の中の総合的評価を担当している。総合的評価は、大学、民間等の学術研究機関が委託により実施した本研究の個別成果を体系的に整理・総括することを目的としている。また、この総合的評価では、個別の研究成果のより高度な体系化を図るため、地震・活断層分野の先端的課題の解明を目的とする陸域活断層調査、海域活断層調査、地下地質調査の3つの調査を併せて実施している。これら3つの調査は、それぞれ、活断層研究センター、海洋資源環境研究部門、地球科学情報研究部門が分担実施している。

なお、本研究は平成14年度から10年計画で実施する予定である。

陸域活断層調査：平成14年度は「5万年基準適用性に関する研究」の1年次(全3年)として、黒松内低地断層帯中部において、活動頻度の低い活断層の活動間隔に関するデータを収集するため、断層近傍においてピット掘削調査と地質踏査を行なった。調査対象地域には、中期更新世以降に形成された高位および中位段丘面群が発達しており、これらの段丘面群は、知来川右岸断層及び蔵岱断層により変位を受けている。空中写真判読の結果に基づき、知来川右岸断層により変位を受けた中位段丘面

を新たに確認し、その周辺についてトータルステーションを用いた地形の断面測量及び平面測量(縮尺500分の1、コンター間隔1m)と段丘面上でのピット掘削調査(8地点)、および周辺地域(2km×4km)の地質踏査を実施した。測量の結果、中位段丘面上にみられる東側隆起の低崖の落差は約3m、その東側における西側隆起の撓曲崖の落差は約8mであることが確認された。知来川右岸断層近傍で行った8地点のピットでは、いずれにおいても、中位段丘構成層の上位にKt-2火山灰(約5万年前に降下)がみられた。また、堆積物中の泥炭の放射性炭素同位体年代を測定したところ、その年代は測定限界(約5万年)を超えていた。地質踏査の結果からは、段丘構成層より下位の地層の変形構造として、瀬棚層(下部更新統一鮮新統)に東への急傾斜部が既知の知来川右岸断層東側の幅10m程度の狭い範囲に集中しており、その位置は今回新たに認めた撓曲構造と調和的であることが明らかになった。

海域活断層調査：本研究は、分解能が高く表層付近の活構造や堆積作用の解明に有効な3.5kHzサブボトムプロファイラー(SBP)記録をデジタル化して使いやすいうデータベースを構築すること、さらにSBP記録の反射面深度と柱状試料の堆積速度データを組み合わせることで堆積速度の面的な分布を明らかにし、断層活動時期を推定するための基本的データを整備することを目的としている。

平成14年度は山陰・東北沖日本海で実施したGH86-2、86-4、87-2、87-4、88-2、88-4、89-2、89-4の8つの航海で得られたSBP記録をマイクロフィルムからマイクロフィルムスキャナでデジタル画像に変換し、デジタルデータ上で記録レンジの切り替え及びマイクロフィルムのコマごとの接続を行い、一連の画像ファイルを作成した。さらに時間順になっている記録を測線ごとに分割して整理した。結果として約500測線のSBP記録デジタル画像を作成し、対応する航海の位置データの整理を行った。また、オホーツク海および十勝沖の7地点で採取された柱状試料から16試料の加速器質量分析法による炭素14年代測定を行い、堆積速度を求めた。オホーツク海の試料では32cm/千年の堆積速度が得られた。十勝沖大陸斜面のうち広尾海底谷の南側では4-10cm/千年の堆積速度の場所が多いが、海底谷の北側では場所によって21-33cm/千年と堆積速度が大きくなっていることが明らかとなった。

地下地質調査：本研究では、「想定活断層等周辺調査に関する研究」(3年計画)として、リニアメントや断層が想定されていないながら、活断層が認定されていない地域などの地下地質を調査することにより、活断層の存否を解明するための調査法の研究と実地調査を行う。本年度はその第1年次として、リニアメントが存在するが活断層と認定されていない、京都盆地南部をモデル地域として、反射法地震探査による地下構造の把握と活断層の認

定基準の検討を行った。

その結果、低地部では大阪層群の堆積層が比較的水平成層をしていること、丹波層群と思われる基盤の上面はやや凹凸があるものの深度は600-800m程度であること、丘陵に近づくと上部の堆積層は明瞭な撓曲を示して浅くなること、丘陵部では基盤深度は200m程度であること、丘陵-低地境界は明瞭な断層となっており変位の累積が認められること、その他いくつかの断層が存在すること、などが明らかとなった。大阪層群の海成粘土層の対比から、丘陵-低地境界の断層は約90~40万年前にかけて0.1m/1000y程度の一様な上下変位速度を有していたことが明らかとなった。Ma9以降の変位基準がないため、その後の断層活動は明らかではない。しかし変位直線を外挿するとちょうど現在の地表面（必ずしも堆積面ではないが）の標高差にほぼつながることから、現在でも0.1m/1000y程度の変位速度を有していると考えても矛盾はない。また近傍の高位段丘が傾動していることから、活断層の可能性があると推定される。

【分野名】社会基盤（地質）・海洋

【キーワード】活断層、反射法地震探査、海域活断層、音波探査

【テーマ題目6】地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究（文部科学省受託研究費（科学技術振興調整費））

【研究代表者】杉山 雄一（活断層研究センター）

【研究担当者】杉山 雄一、関口 春子、伏島祐一郎、石山 達也（職員4名）

【研究内容】

本研究は、現在より精度の高い震源像の構築と地震波伝播特性の高精度化を通じて、強震動をこれまで以上に正確に予測し、地震災害の軽減に資することを目的としている。活断層研究センターは、このうち、より精度の高い震源像の構築を目標とするサブテーマ1「震源特性の抽出に関する研究」（研究代表者：入倉孝次郎京都大学防災研究所長）に参画し、「活断層情報と不均質震源特性との関係」を分担している。本研究は平成14年度で第I期を終了し、科学技術・学術審議会研究評価部会による中間評価を受けた。その結果、非常に優れた研究と評価され、平成15年度から第II期研究に進むことになった。

活断層情報と不均質震源特性との関係：本研究では、地表の活断層の分布、形状、変位量等の情報から、強震動予測に必要な震源断層の不均質震源特性を推定する可能性を探ることを目的とする。このため、地震記録と地表地震断層の両方のデータが得られている、最近の大地震を主な対象として、地表断層の変位量等の地質学的情報と地震記録の逆解析による震源断層のすべり量分布等の地震学的情報との比較検討を行っている。平成14年度には、2001年11月14日に発生した崑崙山地震（ M_w 7.8）

と2002年11月10日に発生した Denali 断層地震（ M_w 7.9）の公表されたデータを用いて検証を行った。また、地震断層の長さ・変位量と地震規模との経験則から外れる2000年鳥取県西部地震（ M_J 7.3）について、地震断層の地質学的特徴を検討した。これらの検討結果に基づいて、分岐・屈曲・不連続部などを境界とする活断層のセグメント構造と地震時におけるすべり量の不均質性との関係を示すモデルを構築した。さらに、15年度以降の第II期研究に先鞭をつける試みとして、平均変位速度の空間分布などの活断層情報に基づいて、想定地震の不均質すべり分布を推定する研究を大阪平野の上町断層を対象として開始した。

【分野名】社会基盤（地質）・海洋

【キーワード】活断層、不均質震源特性、新家断層、強震動

③【化学物質リスク管理研究センター】

(Research Center for Chemical Risk Management)

(存続期間：2001.4~2008.3.31)

研究センター長：中西 準子

副研究センター長：富永 衛

総括研究員：米澤 義堯

所在地：つくば西

人員：49 (17) 名

経費：448,606千円 (253,810千円)

概要：

本研究センターの設置目的は、環境安全と化学物質の有効利用を両立させるために必須の、リスク評価、リスク管理のための理論を構築し、その研究結果の実例を提示することによって、行政機関、企業、市民の意思決定が、科学的、合理的に行われるよう支援することである。

当面の重点課題としては、化学物質総合評価管理技術戦略のための、知的基盤、情報基盤、社会基盤の整備のために、国の内外で、先導的で指導的な役割を担うことである。そのために、化学物質の暴露評価、毒性評価、新規リスクの探索手法、リスク評価手法、リスク管理のための社会経済的な手法開発の研究開発を行う。同時に、横浜国立大学大学院環境情報研究院の連携講座を通して、大学院生や社会人の研究・教育に力を注ぎ、人材育成の一端を担う。さらに、OECD など国際機関に、研究成果を反映させることにも努める。

研究面では、化学物質の環境動態予測、濃度推計モデルの開発を積極的に行い、環境研究の高度化を目指すと同時に、社会が共通に使える汎用型のモデル開発にも力を入れる。リスク管理のために使えるようなリスク評価手法は、世界的に見ても未開発である。本研究センターでは、この手法開発に努力する。また、生態リスク評価

手法開発のための研究も積極的に進める。社会経済学的な手法を含む総合管理のための研究を進める体制をもつところは、ここにおいて他に類似機関がないので、その特質を生かす。

濃度予測モデル、リスク評価手法は、リスク管理に関する意思決定のために必須の思考ツールである。本研究センターは、多くの人が共通に使える思考ツールを供給することに、全力を挙げる。様々な考え方があつた中で、コミュニケーションを図り、できるだけ一致点を見付けるためには、共通の思考ツールが極めて有用だからである。関東域大気濃度推計モデル (ADMER) 普及版の頒布に続いて、いくつかの濃度予測モデル、さらには、評価手法プロトコルなどの公表と普及に力をいれ、研究成果を社会全体の資産として生かす。

1. 主たる研究課題

1-1. リスク評価手法開発に関する主たる研究課題

1) 化学物質の環境濃度推計・評価モデルの開発

- ①大気拡散モデルの開発: 事業所敷地境界とその周辺、さらに数県にまたがる広域の各レベルでの大気環境濃度の空間分布、時間分布を推計・評価する手法を開発する。関東地域に引き続き、関西・中京地域、全国版に拡張し、希望者に配布する。
- ②河川での日流動モデルの開発: 生態リスクの診断と評価のためのツールとして、水文特性を組み込んだモデルを開発し、これも、公開する。
- ③海域での流動と生態系統合モデル: 東京湾を対象に、生態リスク評価につなげるモデルを開発する。普及版を策定し、公開する。
- ④土壌・地下水系評価モデルを開発し、普及版を作る。
- ⑤マルチメディアモデル: 大気、土壌、水系を含む多環境媒体での濃度推計モデルを開発する。

2) 生態リスク評価手法の開発

- ①環境残留性物質に対する生態リスクのスクリーニング評価
- ②Population-level の生態リスク評価システムの構築
- ③種間相互作用を考慮した生態リスク評価手法の開発

3) 暴露量の分布と差に関する研究

4) ヒトの健康リスク評価手法の研究

- ①動物実験で有害性を示す測定エンドポイントの評価システムの構築
- ②ヒトの評価エンドポイント相互の関連づけと重み付けシステムの構築

5) リスク管理のための総合解析手法の開発と結果の提示

- ①不確実性を基礎としたリスク管理指針の開発: 不確実性・変動性を組み込んだリスク評価の実施。
- ②リスク管理のためのリスク評価尺度に関する研究
- ③リスク削減対策の社会経済的評価: 化学物質によるリスク削減対策 (リスク管理解析) のリスク便益解析、費用便益手法を開発する。

1-2. リスク評価書の策定

特に問題とされる化学物質について、それぞれが責任をもって、リスク評価に基づくリスク管理のためのリスク評価書を策定する。リスク評価書は、行政、企業、市民などが化学物質管理の方策を考える場合の、科学的基礎となることが期待される重要な文書である。

わが国では、問題が大きくなった後にリスク評価書が出たことはあるが、問題を発掘するような意味で詳細リスク評価書が出たことはない。その意味では、はじめての“問題発掘型、問題提起型”リスク評価書である。

詳細リスク評価書は、以下の内容を含む。

- ①発生源に関する解析、②環境濃度予測と曝露解析、③毒性評価、④複数のリスク管理対策候補の提示、⑤リスク管理対策 (候補) についてのリスク評価と社会経済的評価、⑥管理対策についての提言。

外部資金

新エネルギー・産業技術総合開発機構「化学物質リスク評価及びリスク評価手法の開発<化学物質総合評価管理プログラム>リスク評価、リスク評価手法の開発及びリスク削減効果分析

発表: 誌上発表13 (12) 件、口頭発表50 (18) 件、その他7件

大気圏環境評価チーム

(Atmospheric Environment Team)

研究グループ長: 吉門 洋

(つくば西)

概要:

事業所等からの化学物質の排出においては、特に大気への排出が大きな割合を占めるため、それらの拡散・曝露過程とリスクの定量的評価・管理技術の開発は重要な課題である。今後の主要テーマとして、1) 用途に応じて1km 程度の排出源周辺領域から100km 程度の地方スケールまでに対応できる複数の大気拡散モデルの開発・高度化を行い、大気環境濃度の定量的把握と推定を行う。2) それに基づく個人曝露量の定量的評価手法の開発を行う。3) 化学物質の沈着量を評価できるように大気拡散モデルの拡張と物質ごとの沈着特性のデータ収集を行い、多媒体モデルへの結合を図る。

本センターの主要業務の一つに位置付けられている詳細リスク評価書作成の一環として、大気経路曝露が主となる物質のうち当面第一に1,3-ブタジエンを、第二にジクロロメタンを取り上げた。これらの作業の推進に当たっては世界の主要国・地域で作成された当該物質リスク評価関連資料を収集し、それらを踏まえつつ最新の成果を取り入れて日本の状況に対応した評価を盛り込むよう全力を上げている。

研究テーマ:

テーマ題目 1、テーマ題目 2
地圏環境評価研究グループ
 (Geo-Analysis Team)
 研究グループ長：中西 準子

(つくば西)

概要：

地下水および土壌を含む地圏環境における化学物質の挙動を評価するための調査・解析手法を開発し、地下水・土壌環境を対象とした曝露・リスク評価に反映させる。また、実環境を対象とした地下水系・土壌モデルを開発し、それに使用する環境パラメータや曝露ファクター等を整備する。

環境特性の把握とモデル解析に必要なデータを取得するため、野外調査を行い、データを整備する。また、化学物質の輸送・変化過程予測モデルに再懸化過程を組み込み、海水一底質での輸送等の機構をモデル化するとともに、底生動物への簡易曝露モデルを開発する。

研究テーマ：

テーマ題目 3、テーマ題目 4

水圏生態リスク評価チーム

(Hydrosphere Ecological Risk Assessment Team)

研究グループ長：東海 明宏

(つくば西)

概要：

生態リスクの観点から懸念されているノニルフェノール、ビスフェノール A、カドミウムに関する既往研究成果を収集・整理するとともに、リスク評価を行い、その程度を定量的に診断することを目的としている。日本の事例調査にもとづくリスク評価書が策定されることで、リスク管理の具体的選択肢に関する議論に資することが期待できる。

水圏生態系リスク評価のためには、時間的、空間的に生息する生物の動態（行動特性）を考慮した暴露モデルが不可欠である。本課題では、詳細リスク評価に必要な暴露濃度の推定モデルを陸水系を対象に開発する。そのため、①化学物質の暴露濃度を1km メッシュで推定する水系モデル、②実測値を用いて暴露濃度分布を推定する統計的モデルを開発する。このような空間的・時間的暴露濃度を詳細に推定できる水系モデルは国際的に知られているものではなく、特色ある詳細水系モデルとなることが期待できる。さらに、高暴露水域の形成要因を考察するため、ノニルフェノールの観測地点の流域情報データベースを作成し、多変量解析による構造解析を行う。

化学物質による生態系への影響を個体群動態における応答特性を反映したリスク評価が、これまでの科学的知見に基づいた最も現実的かつ合理的な考え方である。本研究では、その評価の枠組みの確立を最終目的として、水系生態系に着目して、個体群影響評価の枠組みの構築を理論的かつ政策科学的視点から行う。

研究テーマ：

テーマ題目 5、テーマ題目 6、テーマ題目 7

リスク解析研究チーム

(Risk Analysis Team)

研究グループ長：吉田喜久雄

(つくば西)

概要：

現在、判定方法が異なる発がん/non発がんのリスクを比較するために、リスクのエンドポイントに重み付けを行うシステムを構築する。

エストロゲン活性により既に選択済みの200のヒト DNA チップ（マイクロアレイ）を用いてエストロゲン活性をもつ種々の化学物質がどのような反応パターンを示すのか調べる。

当センターの研究目的の一つである詳細リスク評価書を作成する上での基礎的かつ基盤となる技術としての開発を目指すとともに、専門家でない一般市民や学生が、環境中の化学物質に起因するヒト健康リスクを容易に評価でき、かつ評価の流れが理解できるシステム（名称：Risk Learning）を開発する。

初期リスク評価結果やその他の情報等からリスクレベルが一定以上と推定される環境残留性有機化合物について、詳細なリスク評価に着手する。社会的に問題となっている化学物質の影響の程度を定量的に明示するとともに、対策の効果やその経済性について評価する。

研究テーマ：

テーマ題目 8、テーマ題目 9、テーマ題目 10、テーマ題目 11

リスク管理戦略研究チーム

(Risk Management Strategy Team)

研究グループ長：蒲生 昌志

(つくば西)

概要：

曝露評価は、リスク評価において重要なステップであるにも関わらず、大気や水といった環境媒体中濃度の評価にくらべて、必ずしも十分に検討された方法論に基づいていない。

本研究では、まず、曝露量評価に用いられる様々な情報を整理してデータベース化する。大気や食品といった環境媒体の摂取量、行動に関する情報、個人曝露レベルの既存の報告例、といった内容を含む。こういった情報は、我が国においては、リスク評価を行う者がその都度収集して用いていた。一元的に情報が収集・整理されたデータベースを構築し、共通基盤として用いることは、リスク評価作業を効率化するだけでなく、環境媒体中濃度の解釈を共通化することにより、リスク評価結果の相互比較を可能にする効果がある。

この種のデータベースは、米国環境保護庁では

Exposure Factors Handbook（曝露係数ハンドブック）として一般に公開されており、整備／改良が続けられている。本研究においても、構築するデータベースを曝露係数ハンドブックと呼ぶことにし、また、我が国におけるリスク評価のための共通基盤として一般に公開することを目的とする。

一方、大気汚染物質の個人曝露量の評価手法について、実際の調査を通じて検討する。それに関連して、個人曝露量調査に適したパッシブサンプリング法の適用範囲の拡大についても若干の検討を行う。個人曝露量調査の結果得られた知見は、積極的に上記の曝露係数ハンドブックに反映させたいと考えている。

大気汚染物質の個人曝露濃度の調査は、これまで我が国において、主に室内汚染によるシックハウス問題の文脈で、大学等の研究主体や行政主体によって実施されてきた。そういった調査では、個人曝露濃度は、室内濃度や屋外濃度と共に測定され、同時に、住居の構造や行動記録などが併せて調査される。しかし、個人曝露の評価を十分に行った例は多くなく、単に測定濃度の範囲が記述されるか、室内／室外の濃度との比率や相関を概観するに留まっていた。そのような従来の調査の多くでは1日での測定値をもとに解析されていたのに対し、本研究における個人曝露量調査では、複数の VOC（揮発性有機物質）成分について、個人曝露を連続計測し、観測値の日間変動に焦点をあてる。その上で、大気汚染物質（VOC）の個人曝露濃度や室内汚染濃度を左右する要因を考察する。また、個人曝露濃度を、屋外や室内の濃度などから推察する際の不確実性を考察し、既存の個人曝露データの解釈や、中長期の曝露レベルを短期間の観測から推定する方法について検討する。

リスク削減対策を行ったときに得られる健康リスク削減効果を、支払意思額や生活の質（QoL）といった指標を用いて、定量評価あるいは金銭評価することを目的とする。リスク削減効果を金銭評価すると、直接、リスク削減対策費用と比較できる、つまり費用便益分析を行うことができる。また、生活の質（QoL）指標を用いることで、死亡影響と非死亡影響を統一的に評価できる。リスク削減便益評価は、欧米では研究蓄積があるが、日本では数少ない。生活の質（QoL）指標は、医療分野では多数の応用例があるが、化学物質分野ではまだほとんど使用されていない。

カドミウム、トルエン、パラジクロロベンゼン、1,4-ジオキサンは、我が国においては諸外国に比べて曝露レベルが高いと言われており、また最近では、米中濃度の基準値を引き下げる議論が国際的に強まるなど、リスク管理まで視野に入れたリスク評価が求められている状況にある。

カドミウムは、我が国においては諸外国に比べて曝露レベルが高いと言われており、また最近では、米中濃度の基準値を引き下げる議論が国際的に強まるなど、リスク管理まで視野に入れたリスク評価が求められている状況にある。

トルエンは、PRTR パイロット事業などで環境排出量が最も多いとされる物質である。今後適切なリスクコミュニケーションを行っていく上で、詳細な排出源の把握やリスク評価、リスク管理対策の検討が求められている。

パラジクロロベンゼンは、近年の室内空気モニタリングにおいて、指針値（平成12年度策定）を上回る濃度が多くで家庭で検出されるなど、関心の高い物質である。

1,4-ジオキサンは、従来から水系で広く検出されることが知られていたが、最近では、大気で検出されたり、一部地下水で高濃度に検出されたりするなど、関心が高まっている。国内はもとより、海外においても、排出量の推定や環境動態に関する知見が少なく、詳細なリスク評価がなされていない状況にある

研究テーマ：

テーマ題目12、テーマ題目13、テーマ題目14

[テーマ題目1] 大気中化学物質の曝露とリスクの定量的評価・管理技術の開発、(運営費交付金、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)受託研究)

[研究代表者] 中西 準子 (化学物質リスク管理研究センター)

[研究担当者] 吉門 洋、東野 晴行 (職員2名、他5名)

[研究内容]

1. 平成14年度計画

- 1) 広域曝露評価モデル AIST-ADMER の関東版を完成させリリースするとともに、他地域への適用が可能なバージョンの開発を推進する。
- 2) 詳細リスク評価対象物質への同モデルの具体的適用の実績を積み、モデルの信頼性を実証すると同時に、広域大気及び土壌環境濃度推計手法としての更なる高度化の検討を継続する。
- 3) 大気排出物質の発生源近傍拡散評価のためのモデル METI-LIS を試作段階から抜本的に改良するとともに、次年度早期のリリースを目指し線源および沈降粒子対応機能の付加作業を進める。
- 4) 大気中挙動と他媒体間の移行パラメータ決定用データを得るため、ガス状および粒子状有害化学物質の現場観測を行い、大気モデルの検証および多媒体曝露評価モデルの高度化に向けてデータ蓄積を行う。
- 5) 非簡易型次世代広域大気評価システムの構築スケジュールを具体化する。

2. 平成14年度進捗状況

- 1) 広域曝露評価モデル AIST-ADMER ver.0.8β (関東地方版) を10月1日より公開し、無償配布を開始した。日本経済新聞 (9/30) 及び産総研ホームページのトップページでも紹介。引き続き Ver.1.0 (全国版) の開発に着手し、H15年度始めの完成を目指す

している。

- 2) 発生源近傍拡散評価モデル METI-LIS の13年度試験的公開により得られた指摘事項の整理、13年度実地検証実験の解析を行い、抜本的に改良に着手した。合わせて線源および沈降粒子対応機能の付加・拡充を行いバージョン2として公開するスケジュールが進行中。
- 3) 各種物質の環境大気中濃度が極めて高くなる11月の関東平野中央部での測定、2月の甲府盆地での測定（予定）等を実施し、モデル検証およびパラメータ決定のための良好なデータを収集。
- 4) 非簡易型次世代広域大気評価システムの事前評価研究が終了し、実用化の見通しが得られた。今後、モデルの諸ステップにおける手法の確定に向けた検討を行い、システムとしての運用指針を作成していく。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 広域曝露評価モデル、ADMER、大気拡散モデル

【テーマ題目2】 1,3-ブタジエンとジクロロメタンの詳細リスク評価（運営費交付金、NEDO 受託研究）

【研究代表者】 中西 準子（化学物質リスク管理研究センター）

【研究担当者】 吉門 洋、東野 晴行（職員2名、他5名）

【研究内容】

1. 平成14年度計画
 - 1,3-ブタジエンの詳細リスク評価の完成とともに、ジクロロメタンについても概要見通しを示す中間報告のとりまとめを行う。
2. 平成14年度進捗状況
 - 1,3-ブタジエンの詳細リスク評価書を9月に完成し、外部レビューの手続きを経て、インターネット上での公開に進めた。ジクロロメタンの詳細リスク評価に着手し、中間報告に向けた一次草案を作成中である。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 1,3-ブタジエン、ジクロロメタン、詳細リスク評価書

【テーマ題目3】 地下水および土壌を含む地圏環境における化学物質の挙動の評価（運営費交付金、NEDO 受託研究）

【研究代表者】 中西 準子（化学物質リスク管理研究センター）

【研究担当者】 駒井 武（職員1名、他2名）

【研究内容】

1. 平成14年度計画
 - ・土壌・地下水汚染の実態調査・データ収集
 - 国内数カ所の土壌・地下水汚染サイトの調査を行

い、土壌から地下水への移行、土壌・地下水からの曝露などのパラメータの取得・解析を行う。

- ・地圏環境リスク評価モデルの作成
- 土壌の曝露・リスク評価の枠組みと具体的方法について検討する。汎用型モデル（Tier1）およびサイト型モデル（Tier2）に必要な曝露・リスク評価の考え方を整理し、各種現象の定式化を行う。

2. 平成14年度進捗状況

国内数カ所（いわき市、仙台市、山形市、山口県、熊本市など）における土壌汚染および地下水汚染の実態調査を行い、評価に必要なデータやパラメータを取得した。リスク評価モデルの作成については、汎用型モデルのプロトタイプを完成し、データ類の整備を行っている。サイト型モデルでは、関係式の定式化やパラメータの整備を行い、プログラムの作成を進めている。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 地圏環境リスク評価モデル、土壌汚染、地下水汚染

【テーマ題目4】 海域における人工合成物質の運命予測モデルの開発に関する研究（運営費交付金、NEDO 受託研究）

【研究代表者】 中西 準子（化学物質リスク管理研究センター）

【研究担当者】 堀口 文男（職員1名、他1名）

【研究内容】

1. 平成14年度計画

環境特性の把握とモデル解析に必要なデータを取得するため、野外調査を行い、データを整備する。また、化学物質の輸送・変化過程予測モデルに底泥での分解過程をモデル化するとともに、東京湾におけるイボニシ、アサリ、マガキの簡易曝露予測モデルおよびリスク評価モデルを開発する。
2. 平成14年度進捗状況

2002年7月に東京湾における底泥の TBT 濃度調査を行い、データ整理中である。さらに、文献データを基にモデル開発に必要なデータの構築中である。また、底泥における分解過程を取り入れたモデルプログラムの改良中である。東京湾におけるイボニシ、アサリ、マガキについての簡易曝露予測モデルおよびリスク評価モデルのプログラム化を現在進めている。さらに、TBT 詳細リスク評価書の作成中である。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 東京湾簡易曝露予測モデル、TBT

【テーマ題目5】 詳細リスク評価書の策定（運営費交付金、NEDO 受託研究）

【研究代表者】 中西 準子（化学物質リスク管理研究センター）

〔研究担当者〕 東海 明宏、宮本 健一、林 彬勲、
石川 百合子（職員4名、他6名）

〔研究内容〕

1. 平成14年度計画

ノニルフェノール類、ビスフェノール A、カドミウムに関する発生源解析、ライフサイクルに関する特性、マスバランスに関する基礎データの収集・整理を行い、水系を対象とした暴露解析、生態系生物を主たる検討対象とした有害性評価、リスク評価、リスク管理のために必要な対策効果分析を行う。特に、全国水系を対象とした地点データベースを構築し、水系の分類を行い、さらに多摩川を対象とした詳細な暴露解析を実施する。並行して有害性評価を行うとともに、個体群、群集レベルを対象とした生態リスク評価を実施する。最後に、リスク削減対策の費用対効果について検討する。ついで、得られた結果を詳細リスク評価書として取りまとめる。必要に応じて、(独)製品評価基盤機構内に設置されているリスク評価管理研究会においてレビューをうけ、えられたコメントをベースに作成してゆく。

2. 平成14年度進捗状況

ノニルフェノールに関しては、発生源解析、暴露解析、有害性評価、リスク評価に関しひととおりの解析が終了した。平成14年9月30日に CRM 内で、中間報告会を実施し、取りまとめにむけての論点を整理するとともに、2週間後にフォローアップの会合を設け、最終報告書の完成にむけた方針・作業の最終確認を終えた段階である。ビスフェノール A に関しては、来年度完成を目的に作業を進めている。カドミウムに関しても平成14年度にとりまとめる予定で進行している。また、生態リスクが高いと推定された河川の視察を行うとともに化学形態を考慮した生態毒性の考察を進める予定としている。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 生態リスク評価、詳細リスク評価書、ノニルフェノール

〔テーマ題目6〕 詳細リスク評価のための水系曝露モデルの開発（運営費交付金、NEDO 受託研究）

〔研究代表者〕 中西 準子（化学物質リスク管理研究センター）

〔研究担当者〕 東海 明宏、石川百合子（職員2名）

〔研究内容〕

1. 平成14年度計画

多摩川、関東平野、淀川水系を対象とした流域スケールの水圏暴露モデルを構築する。化学物質の生産・使用・廃棄の過程、水利用システム、水文プロセス、等を統合した流域モデルを構築する。11月末を目的に多摩川水系を対象としたモデルのプロトタイプを作成

する。今年度は、多摩川水系での解析を事例にして、開発手順のプロトコルを策定するとともに、暴露評価へのモデルの活用手順をとりまとめる。関東平野、淀川水系に関しては、水量に主眼をおいたモデル構築を今年度の目標とする。

2. 平成14年度進捗状況

ノニルフェノールを対象に、多摩川水系における水圏暴露解析を実施し、ノニルフェノールエトキシレートが環境中で分解し、ノニルフェノールになるまでの代謝分解過程を取り入れた濃度推定が可能となりつつある。また、関東平野へ拡張してゆく際の問題点等に関しとりまとめ、適用の方針を明らかにした。水系モデルに入力するための不確実性の高いデータである排出量について、ノニルフェノールの生産および使用に関係する業界へのヒアリングを重点的に行い、排出実態を反映したより精度の高い排出量推定を行った。

具体的作業としては、多摩川流域を対象として、流量推定モデル、化学物質動態モデル、蒸発散モデルを適用した。流量推定モデル計算に必要な降水量、土地利用、取水（上水道、工業用水）、下水道、水質のデータ収集を行い、化学物質動態モデルに必要な分解速度、分配係数、移動速度定数について文献調査からパラメータを設定した。平成14年度末までに、排出量やモデルパラメータの不確実性解析を行う予定である。

さらに、水系モデルの不確実性を検討するため、ノニルフェノールの観測値を用いて、暴露濃度を推定する統計的モデルの検討を行った。まず、観測値の検出限界未満を統計解析に含めるためのあてはめを行い、水質の濃度分布を仮定して高暴露水域を推定した。今年度中に水系モデルと観測値による統計モデルの両方の観点から、暴露濃度の比較検討を行い、詳細リスク評価に用いる予定である。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 水系暴露モデル、ノニルフェノール

〔テーマ題目7〕 生態リスク評価手法の研究、（運営費交付金）

〔研究代表者〕 中西 準子（化学物質リスク管理研究センター）

〔研究担当者〕 東海 明宏、宮本 健一、林 彬勲、
石川百合子（職員4名、他6名）

〔研究内容〕

1. 平成14年度計画

13年度に得られた検討結果を踏まえながら引き続き個体群影響評価手法に関する研究を行うと同時に、生態リスクに関する実用的な個体群影響評価手法の提案を、詳細リスク評価書、論文または学会などでの発表を通じて社会に公表していく。次の3つの課題に取り組む。

第一に、S-rR 系メダカに対する3世代生活環境影響試

験を実施する。

第二に、野生メダカ的生活史情報に関する文献サーベイを行い、関する各生活史パラメータを収集する。収集した生活史パラメータを用いて、RAMAS Eco-toxicology によるメダカ個体群のシミュレーションを行うことにより、個体群評価の可能性を明らかにする。

第三に、底棲生物を対象とした種の感受性分析による生態リスク推定の可能性を検討する。

2. 平成14年度進捗状況

個体群レベルでの応答に着目した、新しい生態リスク評価手法をノニルフェノール・メダカの系で提案できた。さらに、個体群影響の閾値濃度と個体群影響の LOEC・NOEC・MATC との2つの実用的な評価手法を提案した。ついで、そのケーススタディとして、環境省のメダカフルライフサイクルデータを基に得られた個体群影響評価の結果を用いて、提案した評価手法による評価の可能性を検証した。さらに、底泥を含めた水生生態系へのリスクの包括的な評価を行うための生態曝露や生態毒性に関する基礎データベースを作成している。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】生態リスク評価手法、個体群レベル

【テーマ題目8】エンドポイントの重み付けシステム構築に関する研究（運営費交付金、NEDO 受託研究）

【研究代表者】中西 準子（化学物質リスク管理研究センター）

【研究担当者】吉田喜久雄、飯野 福哉、小倉 勇（職員3名、他6名）

【研究内容】

1. 平成14年度計画

既存の統計資料等を調査し必要なデータを収集するとともに、専門家を対象に調査を実施し非発がん影響の重み付け係数を決定する。これらのデータに基づきリスクを重み付けするシステムのプロトタイプを構築する。

2. 平成14年度進捗状況

38種の化学物質の発がん影響に関する重み付けシステムの試作をほぼ終了した。

非発がん影響と疾病の関連について調査・解析し、結果を基に非発がん影響について重み付けを行うとともに、非発がん影響の重み付けシステムを作成している。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】エンドポイント、重み付けシステム

【テーマ題目9】新規リスク探索 DNA チップのためのデータベース作成と環境試料への応用（運営費交付金）

【研究代表者】中西 準子（化学物質リスク管理研究センター）

【研究担当者】飯野 福哉（職員1名）

【研究内容】

1. 平成14年度計画

今年度は実験室と実験器具の改装と整備、DNA チップに関連する一連の作業のルーチン化。また各化学物質に対する反応パターンをデータベース化することにより、来年度に実施する新規リスク物質探索の基盤とする。

2. 平成14年度進捗状況

ヒト細胞 MCF7を用いた DNA チップ解析作業までの一通りの技術習得は終了。現在、実験単価の最適化を行っており、特に今後 mRNA 分離手法の比較を行い価格と効率の最適な方法を選択する。今後発注する化学物質を対象にルーチン化するための施設を整備する。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】DNA チップ、新規リスク物質

【テーマ題目10】簡易型リスク評価システム（Risk Learning）の開発（運営費交付金、NEDO 受託研究）

【研究代表者】中西 準子（化学物質リスク管理研究センター）

【研究担当者】吉田喜久雄（職員1名）

【研究内容】

1. 平成14年度計画

米国で市販されている Risk*Assistant 等を参考に、最近のクロスメディアアプローチの研究成果も取り入れ、バージョン1.0を構築する。

2. 平成14年度進捗状況

・クロスメディアアプローチに関する文献調査を実施し、システム構築に有用と考えられる手法を抽出した。これらの中からシステムに搭載する計算式を選定するとともに、ヒト健康リスクに必要な物性、毒性データの収集を行っている。

・WindowsGUI を用いたユーザーインターフェイスについても基本設計がほぼ終了した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】クロスメディアアプローチ、Risk Learning

【テーマ題目11】詳細リスク評価書の策定（運営費交付金、NEDO 受託研究）

【研究代表者】中西 準子（化学物質リスク管理研究センター）

【研究担当者】吉田喜久雄、飯野 福哉、小倉 勇、内藤 航（職員4名、他2名）

【研究内容】

1. 平成14年度計画

昨年度より継続のコプラナーPCB（ヒト健康・生態）及び鉛（生態）の詳細リスク評価書を完成させるとともに、14年度より作成を開始したフタル酸エステル類と塩素化パラフィンについて、曝露評価と用量-反応評価に必要な物性、毒性、環境排出データなどを収集する。

2. 平成14年度進捗状況

① コプラナーPCB

昨年度に引き続き、国内外の学術論文、自治体の報告書など、コプラナーPCBに関する情報の収集と整理を行い、リスク評価書の本文の作成に取り組んでいる。また、作成に関連した下記の研究を平行して実施し、これらの手法を用いて発生源・排出量の推定、数理モデルを活用した環境濃度や体内負荷量の推定などを進めている。

1) 残留性有機汚染物質等の発生源とその寄与の解明に関する研究

環境中に存在する残留性有機汚染物質等について、類似化合物や異性体など複数の化合物の情報から、多変量解析手法や環境挙動予測モデルなどを活用してその起源の解析を行う。

2) 大気環境、水環境及び土壌中の化学物質の残留濃度や媒体間移動機構の解明に関する研究

環境挙動と曝露経路を明らかにするために、大気環境、水環境及び土壌中の化学物質の残留濃度や媒体間移動機構の解明を行う。

3) 残留性有害汚染物質の水棲生物における蓄積レベル予測手法の開発

数理モデルを用いた残留性有害汚染物質の水棲生物における蓄積レベル予測手法を開発する。

② 塩素化パラフィン

来年度上半期までに公開される各国政府リスク評価文書、毒性データに関する論文、分析方法に関する論文を収集し整理する予定である。また、国内の関連業界団体である、全国工作油剤工業組合や潤滑油協会へのヒアリングと、製造企業への調査協力依頼を行った。サンプルとして提供された製品などを分析することにより、ガスクロマトグラフィー・質量分析装置を用いる一手法である GC/NCI-MS を今後の分析方法として用いることに決定した。現在、分析条件などの最適化を行っており、今後入手先を探索してサンプルを入手した後、分析を行うための施設整備を行っている。

③ フタル酸エステル

フタル酸ジ(2-エチルヘキシル) (DEHP) に関する内外諸機関のリスク評価書を入手し、ヒト健康リスクと生態リスク評価の現状を把握した。ヒト健康リスク評価では、入手情報を基にリスク評価の枠組みを構築した。この枠組みに従い、健康リスク評

価の核となる DEHP 含有軟質塩ビの様々な用途からの環境排出量を推定するとともに、環境排出源から環境媒体、摂取媒体を経てヒトに至るまでの輸送過程のモデル化を現在検討している。生態リスク評価では、環境生物に対する影響に関するデータの調査・収集を行い、データの信頼性の評価を行っている。さらに、環境媒体（水、底質）における濃度レベルを把握するために自治体の報告書などの収集を行い、そのデータを整理している。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 詳細リスク評価書、co-PCB、塩素化パラフィン、フタル酸エステル

[テーマ題目12] 曝露評価の高度化（運営費交付金、NEDO 受託研究）

[研究代表者] 中西 準子（化学物質リスク管理研究センター）

[研究担当者] 蒲生 昌志（職員1名、他2名）

[研究内容]

1. 平成14年度計画

曝露係数ハンドブックの部分については、本年度、以下の内容についてデータ整理、およびデータベースソフトへの入力を行い、曝露係数ハンドブックの暫定版として完成するものとする。

- 1) 様々な食品の摂取量と自給率（農林水産、食品関係の統計に基づく）
- 2) 個人曝露レベルの既存の報告例（学術論文、報告書などに基づく）
- 3) 通勤通学による人の移動（関東圏について、国勢調査の従業地・通学地集計に基づく）
- 4) 生活時間調査（どのような活動にどのくらいの時間を費やしたか、NHK 国民生活時間調査等に基づく）。

一方、個人曝露量調査については、一つには昨年度に引き続き測定手法の検討を行う。とくに1,3-ブタジエンを対象物質とする。この物質は、これまでパッシブサンプリング法による測定事例がほとんどないものである。また、VOC の個人曝露濃度調査を実施する。既存の多くの報告が、ある観測日で測定しているのに対し、本調査では、曝露レベルの日間変動について焦点をあて、個人曝露を数週間にわたり連続計測することによって、個人曝露濃度を決める要因について考察する。調査は、秋季から冬季にかけての時期に行うものとする。

2. 平成14年度進捗状況

曝露係数ハンドブックについては、次のような進捗状況である。

- 1) 食品の摂取量や自給率については、情報の整理はほぼ終了した。今後、数字を確定させ、データベースソフト上で利用しやすい形で入力する。
- 2) 個人曝露レベルの既存の報告例のデータベース化

については、現在、作業を進めており、今後もデータの解析、入力作業を続ける。

3) 通勤通学による人の移動については、データの処理作業を委託作業として外部発注することにし、すでに仕様を固め、発注作業を行っているところである。

4) 生活時間調査については、まだ作業に着手していないが、年度内までにはデータを加工し、データベース化する予定である。

また、個人曝露量調査の中で、1,3-ブタジエンへのパッシブサンプリング法の適用の検討については、現在までのところ、十分な回収率が得られないなど、否定的な結果にとどまっている。一方、調査については、産総研に勤務している人の家族に協力を願い、11月末から12月中旬の3週間の連続での個人曝露レベル調査を行った。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 暴露係数ハンドブック、個人曝露量

[テーマ題目13] 化学物質曝露によるリスク削減便益の評価(運営費交付金、NEDO 受託研究)

[研究代表者] 中西 準子(化学物質リスク管理研究センター)

[研究担当者] 岸本 充生(職員1名、他2名)

[研究内容]

1. 平成14年度計画

死亡リスク削減便益が、削減されるリスクの種類、および回答者の属性によって異なるかどうかを、コンジョイント分析を用いて、調査する。また、生活の質(QoL)の推計事例をレビューし、化学物質曝露による健康影響のうち、死亡に至らない影響を定量的に評価するための手法を開発し、実際に適用する。

2. 平成14年度進捗状況

リスク属性と回答者属性を同時に評価できる選択型実験(コンジョイント分析の一種)を設計した。評価対象は、リスク削減対策である。また、評価する属性は、価格、削減リスク量、削減リスクの種類(事故、心臓病、がん)、効果の現れる時期、である。現在、関東地方在住で無作為に抽出した400人に対して、現在、対面調査を実施しているところである。生活の質(QoL)については、既存研究のレビューがほぼ終了し、現在、化学物質曝露による神経行動影響への影響へ適用するための方法を検討中である。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] リスク削減対策、生活の質(QoL)

[テーマ題目14] 詳細リスク評価書の作成(カドミウム、トルエン、パラジクロロベンゼン、1,4-ジオキサン)(運営費交付金、NEDO 受託研究)

[研究代表者] 中西 準子(化学物質リスク管理研究セ

ンター)

[研究担当者] 蒲生 昌志、岸本 充生、小野 恭子(職員3名、他4名)

[研究内容]

1. 平成14年度計画

カドミウムについては、昨年度に作成した暫定版をベースに改訂作業を行う。主たる改訂部分は、マテリアルフロー、土壌と作物中濃度との関係、有害性評価、リスク削減対策についてである。

トルエンについては、昨年度に作成した暫定版をベースに改訂作業を行う。排出量や環境中濃度については、推定精度の向上を目的とする。また、室内発生源の解析を含む個人曝露評価と対策の費用対効果については新たに重点的に考察する。

上記2物質については、内部レビュー、外部レビューを経て一般に公開することを目標とする。

パラジクロロベンゼンについては、発生源、曝露量、有害性、対策の費用対効果といった項目について整理し、15年度早々にレビュー作業に入れるように暫定版を作成することを目標とする。

1,4-ジオキサンは、今年度と来年度の2カ年の実施計画である。今年度は、有害性評価のレビューを行うと共に、排出量や環境中濃度を概観した暫定版を作成する。また、来年度に重点的に検討する課題を抽出する。

2. 平成14年度進捗状況

<カドミウム>

1) マテリアルフローの再検討は、現在までにほぼ終了した。暫定版で用いられていた値の再吟味だけではなく、たとえば、過去の鉱山活動に伴って環境に排出されたカドミウム量の推定など、新しい項目を追加した。また、環境中濃度については、大気中カドミウム濃度の評価を加えるとともに、ごみ焼却から排出されるカドミウムが影響を及ぼす範囲を地理情報システム上で集計するなどの作業を行った。

2) 米中カドミウム濃度と土壌中カドミウムの関係については、リスク削減対策の根幹に関わる部分であるので、基礎となるデータの拡充に努め、これについても、ほぼ終了した。

3) 有害性評価については、病理や毒性に詳しい研究者やカドミウムを専門に研究者を訪問し、評価の方向性の軌道修正を行った。これまでの科学的な知見を踏まえた、バランスの良い方向性を見いだすことが出来たと考えている。現在、新しい方針にそって、再解析の作業を行っている。

4) リスク削減対策に関しては、上記1)から3)で更新された知見に基づき、現在、対策シナリオの再検討を行っている。

<トルエン>

発生源および発生量の推計については、事業所、面源及

び移動発生源についてほぼ完成した。現在、これらのデータに基づいて、AIST-ADMER モデルを用いて大気中濃度を予測し、また、室内曝露を含めた個人曝露量の評価を行っている。さらに今後、高排出事業所周辺における高リスク群について、METI-LIS モデルを用いた詳細な評価を行う予定である。有害性評価については、これまでヒトでの疫学のレビューを行ってきたが、動物実験も含めた有害性評価の取りまとめと解析作業を外部発注した。さらに、事業所でのトルエン排出および家庭での室内汚染について、実際に行われた対策の費用対効果を評価するとともに、具体的なリスク削減対策を提案する。

＜パラジクロロベンゼン＞

曝露量については、環境・室内・屋外での濃度や個人曝露のモニタリングの報告値を整理した。一方、有害性評価については、リスク評価の観点から議論となる可能性のある論点を整理し、委託作業として有害性評価の取りまとめと解析を外部発注した。

現在、モデル計算による曝露濃度の評価作業を行っている。屋外大気としては、広域の濃度分布を AIST-ADMER モデルで推測する。一方、室内空気については、平均的な曝露濃度の評価、および、特に注意すべき高曝露濃度の発生条件についての検討を行っている。さらに、代替物質との物性、毒性、使用形態といった点での比較（ただし、代替物質の詳細なリスク評価は行わない）を行う。また、一般に使用される場面での具体的なリスク削減行動を提案する。

＜1,4-ジオキサン＞

国内外に存在する関連文献を調査するとともに、専門家へのインタビューを行った。また EU およびオーストラリアで実施されたリスク評価をレビューし、発生源に関する情報を収集した。今後は、日本における排出源および排出量を漏れなく把握し、大気中および水域での環境中濃度予測を行う。また発がん性を中心とした有害性評価のレビューを行う。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】詳細リスク評価書、カドミウム、トルエン、パラジクロロベンゼン、1,4-ジオキサン

④【フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター】

(Research Center for Developing Fluorinated Greenhouse Gas Alternatives)

(存続期間：2001.4～)

研究センター長：山辺 正顕

副研究センター長：関屋 章

総括研究員：関屋 章

所在地：つくば中央第5-2

人員：22 (12) 名

経費：216,600千円 (138,950千円)

概要：

本研究センターはオゾン層の破壊や温暖化などの地球環境問題解決のために、CFC 等の最も重要な対策として位置付けられる代替物の開発を集中的に遂行する公的研究機関として、科学的知見を集積しつつ政策に反映する対策技術を提案することをミッションとする。

最終的な目標は、京都議定書において規制対象とされた HFC、PFC、SF₆等のフッ素系温暖化物質の代替化合物開発を通して、環境と人間社会の共存を可能にする持続可能社会の構築に貢献することにあるが、中期計画では最重点課題として、温室効果ガス排出の最小化を目的とする、フッ素系温暖化物質代替物の総合的評価指針の確立を掲げている。

フッ素化合物の環境影響評価・安全性評価、特性評価ならびに合成法等の要素技術の抽出・深化を通して、総合的な新評価指針を確立し、それに基づく最適な代替化合物の選択・実用化を目指す。

夫々の要素技術の専門家からなるチームとして、評価チーム、分子設計チームおよび合成チームの3チームを設置し、これらの融合的連携の下にオゾン層破壊・地球温暖化対策技術研究を重点的に遂行する。

評価チームが主として担当する、代替候補化合物の環境影響評価、安全性評価、特性評価およびこれらの評価手法の開発、分子設計チームが主として担当する、計算化学的手法による代替候補化合物の環境影響因子の解析や特性評価、合成反応の解析、ならびに合成チームが主として担当する、代替候補化合物の合成技術開発を通して総合的な評価指針を確立する。

外部資金：

経済産業省 エネルギー使用合理化技術開発委託費「ミニマム・エナジー・ケミストリ研究開発（中項目：高効率冷媒合成・利用技術）」（執行額54,800千円）

文部科学省 科学研究費補助金「AGAGE 観測データに基づく両半球大気中 OH 濃度の経年変動機構の解明」（執行額600千円）

発表：誌上発表14 (14) 件、口頭発表53 (16) 件、その他1件

評価チーム

(Team of Evaluation)

研究チーム長：徳橋 和明

(つくば中央第5)

概要：

代替候補化合物の選択に必要な各種評価に関する要素技術の抽出を通して、総合的な評価指針の確立に貢献する。OH ラジカルとの反応速度定数や特性評価については信頼性の高いデータの蓄積を図るとともに測定手法の高度化を図る。大気中における代替化合物の分解挙動に関する測定法を検討し、分解生成物の環境に及ぼす影響を把握するとともに、これらの結果を用いて気候変動に及ぼす効果を明らかにする。安全性評価についても、爆発限界等の燃焼性指標の測定とその測定手法・予測方法の開発に注力し、総合的な燃焼性指標の構築を目指す。

研究テーマ：

テーマ題目 1、テーマ題目 2

分子設計チーム

(Team of Molecular Design)

研究チーム長：関屋 章

(つくば中央第5)

概要：

代替物の選択指針を考える上での重要課題の一つとして、環境影響因子を明確にすることが求められている。また、代替物の選択の幅を広げるためには、化合物の合成法の改良や探索が必要とされている。これらの研究開発を支援するための計算化学的解析手法を高度化し、総合的な評価指針の確立に資するとともに、代替化合物の研究開発に際して、計算化学的予測・推算方法を実用的ツールとして利用することを目指している。

研究テーマ：

テーマ題目 1、テーマ題目 2

合成チーム

(Team of Synthesis)

研究チーム長：田村 正則

(つくば中央第5)

概要：

代替候補化合物の選択のための要素技術の抽出検討に必要な化合物のタイムリーな提供を目指し、合成反応の効率化のための新規なフッ素化反応などフッ素化合物の合成技術を開発する。有力な代替候補と考えられる化合物については、実用化を前提とした省エネルギー型の合成方法の開発を目指す。また新規なフッ素化反応など、新しい合成反応を開発することにより、新規な候補化合物の提案に資する。

研究テーマ：

テーマ題目 1、テーマ題目 2

【テーマ題目 1】 フロン代替物質の評価に関する要素技術研究 (運営費交付金、資金制度 (外部))

【研究代表者】 徳橋 和明 (評価チーム長)

【研究担当者】 田中 克己、忽那 周三、高橋 明文、

大竹 勝人、中沢 宣明、近藤 重雄、
 陳 亮 (以上評価チーム)、関屋 章、
 杉江 正昭、内丸 忠文、深谷 治彦、
 今須 良一、(以上分子設計チーム)、田
 村 正則、(以上合成チーム)
 (職員11名、他3名)

【研究内容】

【研究目的、研究手段、方法論】

総合的な新評価指針の確立に必要な個々の要素技術、すなわちフッ素化合物の環境影響評価、安全性評価、特性評価に関わる要素技術を抽出し、その測定法・推算法の開発と高度化、及び信頼性の高い評価データの蓄積を行なう。

代替候補化合物の大気寿命評価で重要な OH ラジカルとの反応速度の測定・予測に関しては、測定値の信頼性の確保を重視する。また計算化学的手法による OH ラジカルとの反応性推算に際して、MP-SAC2法の適用範囲の拡大、計算機負荷の軽減、予測値の信頼性の向上について検討する。

代替候補化合物の二次環境影響評価に関しては、HFE (ハイドロフルオロエーテル) 系化合物の大気中分解生成物である含フッ素ギ酸エステルの検討を行なう。

代替候補化合物の燃焼性評価に関しては、CVD チャンバーのクリーニングガスの有力な候補化合物と考えられているフッ化カルボニル等について、シランガスとの混合系の燃焼性評価を重点的に進める。また燃焼性予測手法について信頼性の向上と高速化を検討するとともに、爆発限界測定値の蓄積、数値解析等の予測手法の検討を行う。

公開中のフッ素化合物データベースを基にして汎用性の高いデータベースシステムを再構築する。

【年度進捗】

有力代替候補化合物について、測定原理の異なる絶対速度法および相対速度法の2種類の方法を用いて OH ラジカルとの反応速度の温度依存性を測定し信頼性の高い値を得た。

二次環境影響評価に関しては HFE の大気中分解生成物である含フッ素ギ酸エステルと OH ラジカルとの反応速度の温度依存性を明らかにするとともに、ギ酸エステルの水への溶解速度等の測定結果から、ギ酸エステルは容易に加水分解することを明らかにした。

燃焼性評価に関しては、フッ化カルボニル-シランガス混合系について平衡計算結果から、燃焼範囲の存在が示唆されたので実測を行ない、下限界および上限界のシランガス濃度を明らかにした。またこの混合系は自然発火性を有しないことを確認した。

フッ素化合物データベースに関しては、データの追加・修正を行なうシステムを確立した。さらに燃焼性に関する項目を新たに設けてデータの整理・収集を行なった。新しいデータベースのプログラムの仕様を決定し、

予定通りまず単成分系に関して公開した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】フロン代替物、環境影響、大気寿命、燃焼性、データベース

【テーマ題目2】フロン代替物の合成と選択指針に関する研究(運営費交付金、資金制度(外部))

【研究代表者】関屋 章(副センター長、統括研究員、分子設計チーム長)

【研究担当者】田村 正則、松川 泰久、村田 潤治(現姓水門)、権 恒道、林 永二、阿部 隆(以上合成チーム)、徳橋 和明(以上評価チーム)(職員7名、他1名)

【研究内容】

【研究の目的、研究手段、方法論】

合成法に関しては、代替物の効率的な合成方法の開発を目指して検討を進める。特に工業的に応用の広い触媒反応の開発を目指し、表面積が広く耐食性の高い多孔性化合物の開発とその触媒担体等への利用を検討する。触媒反応以外にも RORf 型化合物など代替候補化合物の新たな合成ルートの検討、ならびにこれに関連した調査、新規反応の検討を行なう。また大型冷凍機用冷媒として利用されてきた CFC-11を代替する化合物の選定に向けて、データベース、熱物性推算等を利用して、評価対象とすべき化合物を絞り込む。

選択指針に関しては持続可能社会の構築に有効な総合的評価指針を目指し、本年度は総合的指針の中でも重要な温暖化効果についての評価指針の開発を重点的に取り上げる。

【年度進捗】

合成法に関しては表面積が広く耐食性の高い新たな触媒担体の開発を検討し、入手容易なソーダライムをフッ素化することにより、多孔性のフッ化カルシウム(PCF)が得られることを見出した。さらに PCF が高温でも安定であること、フッ素化剤あるいは担体として有用であることを明らかにした。PCF 以外にも多孔質の開発を検討し、新たな多孔性フッ化物塩を調製することが出来た。この多孔性フッ化物塩は気相フッ素化触媒として高い収率と選択性を示すことが判った。また多孔性フッ化アルミニウム(PAF)に担持した触媒についても検討し、気相フッ素化における優れた活性を持つ触媒を見出した。さらに冷媒、洗浄剤用との代替物などの合成についても検討し、含フッ素ビニルエーテルのフッ素化反応について新しい方法で選択性を向上させることができるなど、種々の知見を得た。大型冷凍機用代替冷媒の選択に関しては、成績係数(COP)値、燃焼性、沸点範囲を設定し、評価対象とすべき化合物を十数個選定した。

総合的評価指針に関しては S-GWP(継続的温暖化係数)のコンセプトから実際の省エネルギー評価への応用

を可能にする新指標として、現行の GWP(地球温暖化係数)ならびに TEWI(総合温暖化影響度)に代わる新規な『地球温暖化評価指標、IWE(積算温暖化効果)および ITWE(積算総量温暖化効果)』という考え方を提案した。

GWP は、温暖化の主要な原因である二酸化炭素の一定期間(例えば100年または500年)における温暖化効果を常に“1”として取り扱っている。通常はフロン等の代替物の温暖化効果を GWP の100年値で相対評価しているが、これでは大気寿命の長い二酸化炭素も含めて、より長期の温暖化効果を正しく評価することができない。

IWE は二酸化炭素の100年間の温暖化効果を常に“1”と基準にして100年間に降も同じ尺度で評価する新しい指標で、短期間から長期間までの比較評価が可能となる。この IWE をベースとして、大気中に放出した温暖化物質の温暖化影響と使用機器のエネルギー使用量を合わせて評価する手法として考案した ITWE 評価により、持続可能社会の構築に適した代替物の総合的な温暖化評価が可能になる。現在フロン代替物の用途毎の ITWE 評価を進めておりますが、従来の GWP(100年値)を用いた評価と比べて温暖化効果の順位が逆転する場合が非常に多いことが明らかになった。このように IWE および ITWE は、科学的根拠に基づいて、持続可能な社会に資する最適な代替化合物を選択できるのが特徴である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】代替物、フッ素化触媒、合成、環境影響評価、評価指針、温暖化係数

⑤【ライフサイクルアセスメント研究センター】

(Research Center for Life Cycle Assessment)

(存続期間：2001.4.1～)

研究センター長：稲葉 敦

副研究センター長：匂坂 正幸

総括研究員：匂坂 正幸(併任)

所在地：つくば西事業所

人員：26(10)名

経費：181,165千円(100,601千円)

概要：

ライフサイクルアセスメント研究センターでは、持続的な発展のために環境負荷が小さな社会を実現することを目指し、ライフサイクルアセスメント(Life Cycle Assessment: LCA)の普及、発展のための研究を進めています。また、LCAの基礎となるエネルギー需給技術/システムの評価研究を実施しています。

LCAは、自動車の場合の排気ガスのように、消費者が製品を使用している時の排出物による環境への影響だけではなく、自動車が製造されるまで、および廃

棄される段階など、消費者が実際に見ることができない場所での排出物や資源の消費が、環境へ与える影響を評価する方法です。「ゆりかごから墓場まで」製品の一生を考えることに特徴があります。最近では、工業製品の環境調和性を評価するために、多くの企業で広く活用されるようになってきました。

研究センターでは、LCA を実施するために必要となるデータ収集やソフトウェア開発、さらに環境への影響を評価する具体的な方法を開発するなど、産業界での LCA の実施を支援する研究を行っています。

さらに、環境を考慮する社会の構築をめざし、環境調和型製品の設計、地域冷暖房などのインフラストラクチャを含む都市計画、地球温暖化を抑制する長期的な二酸化炭素 (CO₂) 排出抑制対策などの研究と、それらを具体的に検討するためのソフトウェア開発を実施しています。

外部資金：

社団法人産業環境管理協会

「収集データを用いた LCA ケーススタディの実施」
(3,647千円)

財団法人金属系材料研究開発センター

「アルミ自動車材の LCA 調査」(6,392千円)

社団法人未踏科学技術協会

「消費者の受容性と環境効率指標に関する調査」
(4,398千円)

経済産業省 科学技術総合研究委託費

「LCA 手法による地球温暖化対策設計ツール開発に関する研究」(5,674千円)

経済産業省 試験研究調査委託費 (環境研究総合推進費に係るもの) 継続

「屋内外熱負荷低減効果の数値シミュレーションモデルによる検証」(4,672千円)

経済産業省 試験研究調査委託費 (環境研究総合推進費に係るもの) 継続

「東アジア諸国での日本製中古・使用済自動車及び中古部品の不適切な使用・廃棄による環境負荷増大の実態とその防止策の予備的検討」(855千円)

経済産業省 試験研究調査委託費 (環境研究総合推進費に係るもの) 継続

「未利用エネルギー供給技術の普及に及ぼす経済的誘導施策の効果に関する研究」(3,681千円)

経済産業省 試験研究調査委託費 (環境研究総合推進費

に係るもの) 継続

「産業における環境効率・資源生産性評価手法の開発と適用に関する研究」(8,156千円)

文部科学省 若手任期付研究員支援 (継続)

「被害量算定による総合的影響評価手法の開発」(9,331千円)

発 表：誌上発表48 (28) 件、115 (41) 件、
その他9件

環境影響評価チーム

(Environmental Impact Assessment Team)

研究グループ長：小林 光雄

(つくば西事業所)

概 要：

被害算定型影響評価手法開発に関しては、今年度までの研究成果を総括して、特性化係数、被害係数、統合化係数の3種のリストを作成し、被害算定型影響評価手法の第1次版を完成させました。また、この手法を活用する方法として、ライフサイクルコストングの手法開発に着手しました。

DfE (Design for Environment : 環境調和型製品設計) マニュアルの作成に関しては、マニュアルの1次案を作成するとともに、その手法をソフトウェアとして具体化しました。

インベントリデータの整備に関しては、樹脂を中心とする化学製品インベントリデータを整理し、産業技術総合研究所の知的所有権に関する考え方にに基づきデータ集として発行する準備を整えました。

アジア諸国との共同研究によりエネルギー・基礎素材生産インベントリデータの作成を進めるとともに、UNEP と共催で APEC 諸国の LCA に冠するワークショップを開催し (2002年11月)、LCA の普及に貢献しました。

さらに、製品生産の環境調和性の向上だけでなく、消費者の消費形態を変化させることを目的として、「持続可能な消費」の研究を開始しました。

研究テーマ：

テーマ題目 1、テーマ題目 2、テーマ題目 3、テーマ題目 6

エネルギー評価チーム

(Energy Systems Analysis Team)

研究グループ長：八木田浩史

(つくば西事業所)

概 要：

国レベルでの CO₂排出削減可能量を検討するソフトウェアである、NICE (NIRE CO₂ Emission) の改良版の開発に関しては、エクセル上で動作するプロトタイプの作成を継続し、日本エネルギー学会

「FUEL21」委員会におけるシナリオ検討をインプットしたデモ版「Fuel21ツール」を日本エネルギー学会80周年記念大会（2002年8月1日～2日）において公開しました。

地域エネルギーシステム検討用ソフトウェアの開発に関しては、地域の用途別床面積、建物数、平均道路幅をインプットとして与えることで、エネルギーシステムだけではなく、付帯設備（熱需要輸送に必要な道路配管及び屋内配管）についてのコストの簡易見積もりを可能とすると共に、これらのインプットから現状導入されているエネルギーシステム構成を推定する機能も付加しました。

エネルギー技術の研究開発や導入普及に関しては、わが国とアメリカの太陽光発電研究開発の投資効率を比較し、アメリカの方が高いことを明らかにしました。わが国の太陽光発電についてエネルギーシステムモデル MARKAL を用いて分析し、予想される炭素税のもとでは、導入目標の達成は難しいという結果を得ました。

最終消費と環境グリーン調達の普及について、家計部門を中心に消費と環境に対する低環境負荷製品への選好、金銭的な支出を含んだ意思決定の構造の分析を進めました。

研究テーマ：

テーマ題目3、テーマ題目4、テーマ題目5

【テーマ題目1】我が国の実効的環境影響評価手法の開発と LCA 用ソフトウェアの開発（運営費交付金、外部資金）

【研究代表者】 伊坪 徳宏（ライフサイクルアセスメント研究センター環境影響評価チーム）

【研究担当者】 伊坪 徳宏、田原 聖隆、稲葉 敦（職員3名、他6名）

【研究内容】

本研究では、国際標準規格準拠型（ISO）-LCA を日本で実施するために必要となる、日本国内の特性を考慮した実効的環境影響評価手法を開発するとともに、これを LCA ソフトウェアに組み込み普及を図ります。

平成14年度は、日本版被害算定型影響評価手法の開発におけるダメージ関数の開発として、土地利用、資源消費、廃棄物、人間毒性、生体毒性に関する評価を行いました。さらに、昨年度までの成果とあわせて、これまでに人間の健康影響と生物多様性への影響に関する被害評価を実施しました。保険統計学、数理生物学など各分野の最新の知見を被害評価に適用することで、信頼性と透明性の高い評価結果を得ることができる可能性を見出しました。さらに、被害評価の結果をもとに、コンジョイント分析を適用した統合化指標の開発に向けた検討を行い、特性化、被害評価、統合化の三種の LCIA 用リストを構築した。

人間健康と生物多様性に関するダメージ関数の開発研究とこれらを利用した被害評価に関する研究成果を紹介するために、当センター主催の「日本版被害算定型影響評価手法ワークショップ」を4回開催し、実施者等から開発に冠する要望を受けました。

NIRE-LCA version.4については、ソフト利用者などから広く要望を受け付け、改訂版の枠組み造りに向けた検討を行うための作業部会を設置し、定期的に議論を重ねました。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 LCIA、環境影響評価、ソフトウェア

【テーマ題目2】環境調和型製品開発（DfE）手法開発とマニュアルの作成（運営費交付金）

【研究代表者】 小林 光雄（ライフサイクルアセスメント研究センター環境影響評価チーム）

【研究担当者】 小林 光雄、稲葉 敦（職員2名、他2名）

【研究内容】

環境調和型製品開発（DfE）は、ISO（TR）-14062として議論が進んでいます。しかし、一般的な手法が示されるに至っていません。特に、製品設計の初期段階では、世界的にもチェックリストが使用されている段階にあり、具体的に体系化された手法もソフトウェアも存在していません。本研究では、DfE の一般的手法としてのマニュアルを提示するとともに、設計初期段階での支援手法（QFDE）を提案し、そのソフトウェアを開発します。

平成14年度は、環境調和型製品開発（DfE）の手法として、昨年度までに開発してきた設計の初期段階に使用する手法をソフトウェアに作り上げ、知的財産として登録しました（AIST-QFDE Ver.1）。このソフトウェアを使って、組み立て製品・部品および化学品に対する具体的な使用事例の蓄積を行いました。また、その使用説明書を作成しました。この手法を拡張し、「地球の温暖化」や「オゾン層の破壊」など、考慮すべき環境カテゴリと直結させ、さらに、製品設計の部門だけでなく、生産管理や配送など、企業の各部門の環境活動に部門展開する手法を検討しました。さらに、設計初期段階でのこの手法の活用および詳細設計段階での LCA の活用を明確にした環境調和型製品開発（DfE）全体のマニュアルの作成に着手しました。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 環境調和型製品開発、DfE、QFDE

【テーマ題目3】インベントリデータの収集・蓄積・公開と LCA の普及（運営費交付金、外部資金）

【研究代表者】 匂坂 正幸（ライフサイクルアセスメント研究センター）

【研究担当者】 匂坂 正幸、田原 聖隆、稲葉 敦

(職員3名、他9名)

【研究内容】

本研究では、インベントリデータ集の発行・公開等により、産業界へのLCAの普及を図る。当センターのLCA事例研究およびそれを実施するために収集したインベントリデータは産業界で広く活用されています。LCA研究の最前線の研究センターとして情報の発信に努め、産業界でのLCAの実施を支援し、実施経験の浅い海外を含めた広く一般にLCAを普及することが、本課題の目的です。

インベントリデータの収集・整備については、平成14年度は化学製品のインベントリデータ集の発行の準備を終了しました。また、経済省LCAプロジェクトおよび「エコリーフ」ラベルで使用するデータをチェックしました。LCAの普及については、アジアとの協力結果を、第5回エコバランス国際会議および当センターが主催するAISTワークショップで報告しました。また、環境影響評価手法開発について5回シリーズのワークショップを開催しました。さらに「持続可能な消費」に関する国際ワークショップを、11月にIIASA（オーストリア）で、3月にUNEP（パリ）と東京で開催した。成果を広く発信する広報活動として、H13年度年報の作成、電子メールによるセンターニュースの発行などを行いました。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】国際協力、ワークショップ

【テーマ題目4】地域エネルギーシステムに関する研究とそのソフトウェアの開発（運営費交付金、外部資金）

【研究代表者】玄地 裕（ライフサイクルアセスメント研究センターエネルギー評価チーム）

【研究担当者】玄地 裕、八木田浩史、稲葉 敦（職員3名、他5名）

【研究内容】

本研究は、地域へのエネルギーシステム導入に伴うCO₂排出負荷、大気汚染など様々な環境負荷連鎖をLCA的に考慮して、最適システムの評価設計を可能にすることを目的としています。そのために、コスト並びに二酸化炭素排出負荷からみた最適な地域エネルギーシステムの形態について簡便に検討できるソフトウェアを開発します。民生エネルギー需給システムは社会システムとして環境影響評価を行う必要があります。本研究の成果として開発されるソフトウェアを、地域冷暖房だけでなく、エアコンなどの個別空調、分散型電源など地域に導入可能なエネルギー供給システムを網羅し、基本的な知識さえ持っていれば、その導入に伴う便益を定量的に検討可能なものとします。

平成14年度は、地域エネルギーシステム検討用ソフトウェアの簡易版を作成しました。ソフトウェアは、地域の用途別床面積、建物数、平均道路幅をインプットとし

て与えることで、エネルギーシステムだけではなく、付帯設備（熱需要輸送に必要な道路配管及び屋内配管）についてのコストの簡易見積りを可能としました。また、これらのインプットから現状導入されているエネルギーシステム構成を推定する機能も付加しました。これらの機能と昨年度まで開発してきた解析手法並びにデータベースを統合することで、現状の構成を基にした費用対効果の検討を自動化することが可能となりました。

エネルギー供給システムの情報収集については、論文として公表することを前提として、マイクロガスタービンの技術データを整理しました。分散型電源の廃熱の影響については大阪をモデル都市として検討を行いました。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】地域エネルギー、マイクロガスタービン

【テーマ題目5】我が国の長期的な産業構造およびエネルギー需要構造に関する研究（運営費交付金、外部資金）

【研究代表者】八木田浩史（ライフサイクルアセスメント研究センターエネルギー評価チーム）

【研究担当者】八木田浩史、遠藤 栄一、野村 昇、稲葉 敦（職員4名、他3名）

【研究内容】

産業界でのLCA実施には、評価対象とする製品のみならず、製品を製造、消費する産業構造、社会構造、そしてエネルギーシステムを考慮して行うことが必要です。LCAによるシナリオ分析対象として重要なエネルギー投入量、二酸化炭素排出量の評価は、電力システムのあり方で大きく変化します。本研究では、LCAの研究・普及を支援することを目的に、エネルギー技術のデータをとりまとめ、シナリオの構築を簡便に行えるソフトウェアNICE (NIRE CO₂ Emission) の改良版を開発します。

妥当なシナリオの構築を行うため、最適化型エネルギーシステムモデルを導入し、自然エネルギー技術の導入に関する要因を工学的に分析すると共に、アンケートによる消費者の意識調査を実施します。また、エネルギー技術開発に関する費用効果分析を行い、技術開発や導入助成による技術の普及効果を考察します。

NICEの改良版開発については、平成14年度は、エクセル上で動作するプロトタイプを作成を継続し、日本エネルギー学会「FUEL21」委員会におけるシナリオ検討をインプットしたデモ版「Fuel21ツール」を公開しました。

エネルギー技術に関する費用効果分析については、わが国とアメリカの太陽光発電研究開発の投資効率を比較しました。また、わが国の燃料電池開発に関する調査を行いました。MARKALモデルを導入し一連の分析を可能にするるとともに、エネルギー技術等のデータを収集・整備し、標準的なケースについて最適解を得ました。

最終消費と環境グリーン調達の検討については、家計部門を中心に消費と環境に対する低環境負荷製品への選好、金銭的な支出を含んだ意思決定の構造の分析を進めました。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】CO2排出量、費用効果分析、グリーン調達

【テーマ題目6】LCAの国・産業・企業での活用方法に関する研究（運営費交付金、外部資金）

【研究代表者】田原 聖隆（ライフサイクルアセスメント研究センター環境影響評価チーム）

【研究担当者】田原 聖隆、伊坪 徳宏、稲葉 敦、匂坂 正幸（職員4名、他5名）

【研究内容】

本研究では、国、地域、産業、企業などの活動に伴う環境側面の評価手法、指標をライフサイクル的視点を取り入れて開発し、また、それを実施する上で必要となるデータを整備します。

ISO（国際標準規格）に記述されたLCAは、コストについて言及していません。しかし、市場経済下における企業活動においてはコストを考慮することが不可欠であります。LCAの手法にコストの概念を導入した具体的手法を開発することで、LCAの企業での実施をより一層定着させ、環境への配慮を促進することが可能となります。また、エコファンド等の名称で運用される資金の投資先選定などに適用しうる定量的な指標の確立は環境対応型社会の形成に資すると期待されています。この研究では産業・企業活動の環境効率を表現する指標のあり方を提案し、それを具体的に適用させた結果を元に妥当性の検証を行います。また、循環型社会の創造に向け、国、自治体が取り組み始めている様々な施策について、ライフサイクル的な視点から環境調和性を評価する手法を検討します。

平成14年度は、環境報告書を基にした各企業の環境負荷の推定と有価証券報告書等に基づく利益、売り上げ、出荷額・量などをパラメータとして、企業の提供するサービスあたりの環境負荷量、[環境効率]を試算しました。その中で、二酸化炭素量と粗利益を用いた指標で、産業連関表に基づく特定産業の平均的な環境効率指標との整合性を確認しました。また、環境に極めて前向きな地方自治体による循環型社会構築に向けた施策をヒアリングし、その施策の評価手法についての検討を開始しました。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】LCA、環境効率、地域施策

⑥【パワーエレクトロニクス研究センター】

(Power Electronics Research Center)

(存続期間：2001.4.1～2008.3.31)

研究センター長：荒井 和雄

副研究センター長：奥村 元

総括研究員：奥村 元（併任）

所在地：つくば中央第2

人員：60（12）名

経費：606,232千円（151,674千円）

概要：

21世紀社会のエネルギー、情報、流通の基盤における電力エネルギーの重要性は増大していく。その有効利用は、省エネ、新産業創出によるトリレンマ解決のキーである。本ユニットは、SiCやGaNなどのワイドバンドギャップ半導体による革新的パワーデバイス開発をもとに、電力エネルギー有効利用実現のキーとなっているパワーエレクトロニクスの革新とそれによる大、中、小の電力の新たなネットワーク化の実現をはかる。

その目標の達成のためには、上記の新規半導体のデバイス化には不可欠な「結晶デバイスプロセスデバイス実証」の一環研究開発を進める（結晶成長チーム、デバイス・プロセス1チーム、デバイス・プロセス2チーム）と共に、新デバイスのパワエレ応用の促進のもう一つのキーであるデバイス特性（低電力損失、高温動作、高速動作）を生かせるパワエレ機器構成技術（回路・実装・部品・材料）の開発を進める（スーパーデザインチーム）。また、それらをシステムの電力変換ノードに組み込んだときの効果予測やそのための性能仕様明確化を行う事が重要である（スーパーノードネットワークチーム）。これら5つのチームが適時に立ち上げ、有機的に協働できるようにすることによって、パワエレに革新をもたらす本格研究としての目標を達成する。

NEDO「SiC超低損失電力素子プロジェクト」においては、基盤技術研究開発における集中研の中核となって新機能素子協会と共同して研究開発をすすめ、3月末に成功裏に5年計画を終了させた。平成14年度に発足したNEDO GaN低消費電力型高周波デバイスプロジェクトでは、デバイス目標実現のための本質的課題である材料プロセス課題解決のためのサブ拠点として研究開発を行うとともにサブプロジェクトリーダーを出し、国プロ全体の運営に寄与している。産総研委託費は、センターの目標を達成する基盤研究として位置づけ、それ自体の目標達成を目指すとともに、適時、適宜、要素研究の発展形として、外部予算の獲得を図っている。

重要課題として、ワイドギャップ半導体の基盤である①「単結晶作製技術」、②「低オン抵抗を有するSiCMOSFETの開発」、③「エピタキシャル薄膜技術に基づくデバイス化技術」の3課題を設定した。3課題

は各チームが担当して進めているが、適宜、連携している。①は共通基盤であり、結晶品質の向上にともない、エピタキシャル成長やデバイス性能との対応を適時行うが、②、③に従属するものではなく、実用化を実現する基幹的・戦略的課題と捉えている。②では、SiC のスイッチング素子として最も汎用性が高いが、種々の課題を抱えている挑戦的課題として MOSFET を設定した。担当チームでは、ダイオードの試作も行っている。③の設定は、プロセス技術上の親近性を重視したためのもので、①、②と密接に関係している。パワエレ機器構成技術（スーパーデザインチーム担当）とシステム化技術（スーパーノードチーム担当）は中期目標として基盤技術の構築を行い、①から③を統合して、センターの最終目標である革新的パワエレのプロトタイプ実証を実現する。

常勤研究職員12名で、広い研究領域をカバーせざるを得ないので、共同研究員及び併任研究員、ポスドク、補助員等の非常勤職員、各種フェロー、連携大学院生を活用して進めており、総勢約60名である。特に、スーパーデザインチームについては、外部リーダ招聘、他ユニットの協力と他大学からの協力を得て、急速な立ち上げを図る。

研究成果の普及等社会への貢献に努めている。「超低損失電力素子技術開発」プロジェクトの成果の概要は「SiC 素子の基礎と応用」（荒井・吉田共編2003.3 オーム社）としてまとめた。重要課題はそれぞれ、プロジェクトにおける重要な目標であり、各課題とも産総研が中心となって、目標を達成した。プロジェクトの成果については、プロジェクトの知財取り決めの制約の下で、積極的に TLO を通じて技術移転を行う方針であり、現在2-3件の具体化が進行中である。産総研産官学交流会（2003.9.25開催）で、提供できる技術シーズと必要としている外部からの技術協力を呼びかけた。公募型課題で開発した要素技術（例えば、極端紫外ラマン分光装置など）の市販品化を図ることなどを進めている。新規半導体デバイスに対するニーズを問うため、電気学会産業応用部門でシンポジウムを開催した。

外部資金：

経済産業省 原子力試験研究委託費「原子力エレクトロニクスのための素子化プロセス技術に関する研究」（13,814千円）

経済産業省 エネルギー使用合理化技術開発委託費「超低損失・省エネルギー型デバイスシステム技術研究開発」（317,212千円）

経済産業省 構造改革特枠事業「窒化物半導体を用いた低消費電力型高周波デバイスの開発事業」（54,438千

円）

文部科学省 「窒化物ハイブリッド成長膜による低損失スイッチング素子」（71,856千円）

財団法人新機能素子研究開発協会「広禁制帯幅半導体のナノ表層構造評価用極端紫外分光装置の開発」（7,609千円）

財団法人新機能素子研究開発協会「超低損失 SiC 素子用超高温、高速不純物活性化熱処理装置の開発」（1,999千円）

産業技術研究助成事業「クラスター制御による超低損失電力素子半導体用高効率 CVD プロセスの開発」（7,500千円）

産業技術研究助成事業「NxOy ガスへの紫外光照射により生成した活性化窒素/酸素を用いた SiO2/SiC 界面形成技術」（3,260千円）

産業技術研究助成事業「SiC 超低損失パワーデバイス実用化のための低温プロセス開発」（9,420千円）

産業技術研究助成事業「高温触媒体により生成された水素/重水素ラジカルを用いた SiC MOS 界面及び SiC 酸化膜の高信頼性化技術」（26,650千円）

発表：誌上発表44（38）件、口頭発表83（15）件
その他7件

結晶成長・評価チーム

(Bulk Crystal Growth Team)

研究チーム長：西澤 伸一

(つくば中央第2)

概要：

SiC を用いた電力素子の実用化のためには SiC 単結晶基板の高品質化、大口径化、低コスト化が不可欠である。当研究チームでは超低損失電力素子技術開発プロジェクトにおける財団法人新機能素子研究開発協会との共同研究を通じて、SiC 単結晶の高品質化（2インチ・マイクロパイプフリー）、大口径化（4インチ）を達成することを目標としている。そのためには SiC 結晶成長をこれまでの経験則制御から工学的制御に発展させることが必要である。この観点に立ち、先ずは結晶成長技術の確立こそが必要であるとの立場から、当チームにおいては、X線その場観察、数値解析などを駆使して、成長炉内現象を明らかにすることで、SiC 基板成長技術開発を加速している。

研究テーマ：

テーマ題目 1

デバイスプロセスチーム 1

(Device & Process Team 1)

研究チーム長：福田 憲司

(つくば中央第2)

概要：

SiC パワーMOSFET は、絶縁破壊電界が Si の約10倍であることから、素子を薄く、また、不純物濃度を高くしても、高い破壊電圧が得られ、同じ耐圧のパワーMOSFET で比較すると、オン抵抗値は、Si の約1/200になると計算されている。しかし、オン抵抗値は、コンタクト抵抗（金属と SiC の接触抵抗）、シート抵抗（SiC 中の不純物の抵抗値）、チャネル抵抗（チャネル移動度の逆数で、ゲート酸化膜と SiC 界面の欠陥が多いと高い）、ドリフト/基板抵抗の合計からなり、全ての各構成抵抗値とも Si よりも高いために、実際のオン抵抗値は理論値よりもかなり大きい。各構成抵抗のうち比重の大きいシート抵抗、コンタクト抵抗及びチャネル抵抗の低減及びゲート酸化膜の信頼性向上について研究を行っている。このうち、シート抵抗値は、燐を不純物として用いて、高温短時間で世界最小のシート抵抗値を達成した。今年度は、反転型チャネル移動度、ゲート酸化膜信頼性、コンタクト抵抗値について 1) 反転型チャネル移動度 $> 200 \text{cm}^2/\text{Vs}$ 、2) ゲート酸化膜信頼性 $> 200^\circ\text{C}$ 、3) コンタクト形成値：N 型： $< 10^{-6} \Omega \text{cm}^2$ 、P 型： $< 10^{-5} \Omega \text{cm}^2$ を目標値に掲げて研究を行った。進捗結果は以下の通りである。

1) 反転型チャネル移動度

反転型チャネル移動度： $30 \text{cm}^2/\text{Vs}$ （(0001) 面、アメリカ Cree 社）に対して、我々は、本年度、 $200 \text{cm}^2/\text{Vs}$ （(11-20) 面）、 $72 \text{cm}^2/\text{Vs}$ （(000-1) 面）の世界最高値を達成した。特に、(000-1) 面は、酸化速度が他の面よりも早く MOSFET を作製するには優れており、MOSFET が動作することが熱望されたが、これまで動作したとの報告はなく、我々が世界で初めて動作することに成功した。しかも、チャネル移動度は、 $72 \text{cm}^2/\text{Vs}$ と Cree 社が (0001) 面を出した値よりも高い。

2) ゲート酸化膜信頼性

SiCMOSFET は、 200°C 以上の高温で使うことが期待されている。今年度は、 200°C の高温でゲート酸化膜の信頼性（電気特性）を評価できる装置を立ち上げた。

3) コンタクト抵抗値

N 型：Ni 電極で $3.3 \times 10^{-7} \Omega \text{cm}^2$ 、P 型：Ti/Al 電極で $9.5 \times 10^{-7} \Omega \text{cm}^2$ で世界最小値を達成した。しかし、実際のプロセスでは、P、N 型同時コンタクトが必要であり、今年度は、Al/Ni 電極を用いて、N 型： $10^{-5} \Omega \text{cm}^2$ P 型： $10^{-4} \Omega \text{cm}^2$ を達成した。これら

の値は世界最小値である。

研究テーマ：

低オン抵抗を有する SiCMOSFET の開発

デバイスプロセスチーム 2

(Device & Process Team 2)

研究チーム長：奥村 元

(つくば中央第2)

概要：

パワーエレクトロニクスの進展には、SiC や GaN 等のワイドギャップ半導体に立脚した高性能な低損失電力素子が不可欠であり、その実用的素子開発のためには高品質なエピタキシャル膜作製技術の確立が極めて重要な意味を持つ。本チームの目的は、ワイドバンドギャップ半導体エピタキシャル膜成長技術の開発を軸に、その低損失電力素子への展開を図ることにある。そのため、SiC 及び III 族窒化物エピタキシャル膜の高品質化とその電子デバイス応用のためのプロセス開発、デバイス機能実証を行う。更に、ワイドギャップ半導体という新材料を用いて初めて可能になるデバイス機能を積極的に探索する。

現在、ワイドギャップ半導体を用いたデバイス研究が世界的に進展しつつあるが、既存の CVD 技術やデバイスプロセスを用いてある程度のデバイス試作はなされるものの、その物性値から期待されるデバイスパフォーマンスには至っていない。材料物性を生かす程にはエピ膜特性が十分でないことがその原因の一つとされ、デバイス実証研究とエピ膜作製研究の連携が不十分なことも開発の進展を阻害している。素材としてのエピ膜作製技術の進展とそのデバイス特性からの評価が今後の進展のポイントであり、その両者を包含している本研究チームはそこに存在意義を見出している。

研究テーマ：

テーマ題目 2、テーマ題目 3、テーマ題目 4

スーパーデザインチーム

(Power-Unit Super-Design Team)

研究チーム長：荒井 和雄（センター長兼任）

(つくば中央第2)

概要：

SiC や GaN の超低損失素子の特長を生かした小型・低消費電力の電力変換器（スイッチ、インバータなど）を実用化するための基盤技術を開発する。そのために、モジュール化に適したデバイス設計、実装、技術のモジュール化基盤技術の確立を図る。

研究テーマ：

スーパーノードネットワークチーム

(Super-Node Network Team)

研究チーム長：石井 格

(電力エネルギー研究部門より兼任)

(つくば中央第2)

概要：

電力変換器等のパワーエレクトロニクスシステムおよびそれをを用いたネットワークの革新的な省エネルギー化を図り地球温暖化の抑制に貢献することを目的とする。シリコンに代わる新材料を用いた超低損失電力素子の実現可能性が現実のものとなりつつあるので、電力ネットワーク、電力機器の省エネ化を目指し、超低損失電力素子を用いた電力変換器で結合したエネルギー利用効率の高いシステムを形成するためのネットワークに関する研究開発を行う。

研究テーマ：

超低損失素子利用ネットワーク技術開発

[テーマ題目 1] SiC 単結晶基盤作製技術の研究（経済産業省 エネルギー使用合理化技術開発委託費「超低損失・省エネルギー型デバイスシステム技術研究開発」）

[研究代表者] 荒井 和雄（パワーエレクトロニクス研究センター）

[研究担当者] 西澤 伸一、加藤 智久、小柳 直樹、廣瀬富佐雄、八月朔日英二、和田 桂典、山田 益三、名取 達雄（職員2名、他6名）

[研究内容]

SiC を用いた電力素子の実用化を目指して、その基盤技術となる SiC 単結晶基板の高品質・大口径化に取り組んできた。また、当チームは1998年10月から2002年3月にかけて行われた超低損失電力素子技術開発プロジェクト（SiC プロジェクト）において、財団法人新機能素子研究開発協会との共同研究を通じて、基盤開発技術を担当した。平成14年度はプロジェクト最終年度とも重なり、当チームの研究開発は、SiC プロジェクト目標を達成することを主目標として進めてきた。以下の主たる成果も、当該共同研究を通じて得られたものである。

1) 大口径単結晶基板作製技術の開発

SiC 電力素子実用化のためには、基板の大口径化が必須である。2002年現在、市場には2インチ基板が投入されており、学会では4インチ基板のデモンストレーションが発表されている。このような背景のもと、プロジェクト目標も4インチ高品質基板を掲げた。一般に SiC 単結晶は昇華法により作製される。その際、単結晶周囲に多結晶等が付着し、結晶品質を劣化させ、大口径化を阻害する。そのため、プロジェクトにおいて提案した新増埧構造を活用して、単結晶だけを単独で成長させることで、SiC 単結晶の大口径化をはかり、4インチ単結晶成長を実証した。その品質は、マイクロパイプ密度（基板を貫く貫通欠陥密度） $50/\text{cm}^2$ 程度であり、良質のものである。また、あわせて新るつば構造を変形させることで成長単結晶の口径、成長最表面の形状をコントロールできることを実証した。

2) 高品質単結晶基板作製技術の開発

上記項で基板の大口径化は達成されたが、電力素子用基板として利用する場合に、各種の結晶欠陥がデバイスキラー欠陥として作用するため、極めて高品質な結晶基板が求められている。これまで、SiC 固有のマイクロパイプが問題視されてきたことから、プロジェクトにおいては、2インチマイクロパイプフリー基板を目標に設定した。マイクロパイプをはじめとする結晶欠陥の発生原因を検討し、その防止対策を施した。また、あわせて発生した結晶欠陥の伝播形態の観察、及び発生した結晶欠陥の終端・修復方法などを検討することで、2インチマイクロパイプフリー基板を実証した。しかしながら、マイクロパイプ以外にも、SiC 単結晶基板内にはらせん転位、積層欠陥など、種々の結晶欠陥が存在する。そのため、これらの結晶欠陥を低減させる手法に関して、検討を開始している。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 炭化ケイ素、単結晶、結晶成長

[テーマ題目 2] 超低損失電力モジュール技術開発（経済産業省 エネルギー使用合理化技術開発委託費「超低損失・省エネルギー型デバイスシステム技術研究開発」）

[研究代表者] 荒井 和雄

[研究担当者] 奥村 元、高橋 徹夫、清水 三聡、沈 旭強、石田 夕起（職員4名、他2名）

[研究内容]

SiC 及び GaN 半導体素子の、低損失及び高周波・高温動作の特長を生かした小型・低消費電力変換器（モジュール）を製作するための、エピタキシャル成長を基本とする基盤技術開発を行う。

SiC 半導体については、新機能素子研究開発協会等との共同研究を通じて高品質高速成膜技術を開発し、デバイス作製への応用展開を図る。ついで成長機構や欠陥、不純物取り込みの解明を進める。本年度は、縦型高温 CVD 炉を用いて高速成長の条件明確化を行い、鏡面表面を維持しつつ $110\mu\text{m/h}$ の成長速度を達成した。この値は、他の報告に比べ桁速い値である。このエピ膜の XRC 半値幅は 8arcsec と成長速度が非常に速いにも関わらず、従来の報告値と比べて遜色のない値であった。室温での PL 評価でも強いバンド端発光が観測される一方、不純物帰因の発光はほとんど見られなかった。以上より、SiC エピ膜の結晶性を損なわずに高速成長できることを実証できた。

GaN 半導体については、高品質 MBE 膜を用いた HFET 構造デバイスの性能を明らかにする他、各種ウエハーを用いた大電流ヘテロ構造デバイス構造等を試作し、高周波・低損失素子としての可能性を明確化する。本年度は、大口径2インチ c 面サファイア基板上の GaN の MBE 成長を試みた。MBE 成長においては、界面の

急峻性は良好であるが、分子線形状に応じた膜厚の不均一性が生じる。そこで、供給原料のビームの中心位置を基板の中心からずらすと共に基板回転を併用した結果、2インチ基板上で均一な結晶が得られた。AFM 測定および X 線回折を用いた測定において、周辺部と中心部で、ほぼ変化のない膜が得られた。また、結晶品質をさらに向上させる為に、サファイア基板の前処理、バッファ層の最適化、V/III 比や成長温度などの成長条件の最適化を行なった。更に、基板として OFF 基板 (<11-20>方向に 0.2° OFF) と JUST 基板を用い、その上に成長した結晶の品質を比較した。その結果、OFF 基板を用いた場合には、OFF 方向に平行に並ぶステップ構造が得られた。AFM を用いた測定を行なったところ、2インチ基板全ての領域で、ステップフロー状の結晶表面が得られた。一方で JUST 基板を用いた場合には、一部島状の成長部分が存在した。このことから、c 軸方向には結晶軸がそろった GaN 膜が成長されていることがわかるが、X 線回折でも (0002) ω スキャンのピークの FWHM の値が50秒以下と狭かった。一方で、(10-12) 非対称スキャンの FWHM の値は、1600秒以上と広がったが、今後バッファ層構造等の最適化により結晶欠陥の低減が可能であると考えられる。

また、2インチ c 面サファイア基板上に成長した GaN/AlGaIn ヘテロ接合構造を用いて、ヘテロ接合電界効果型トランジスタを試作した。デバイス特性の向上を目的として、ソース電極とドレイン電極部の結晶表面のバリア層の一部をエッチングして除去し、ソース電極とドレイン電極の一部を GaN 層に直接コンタクトさせることにより、コンタクト抵抗の低減を図った。その結果、コンタクト抵抗は、 $10^{-4} \Omega \text{cm}^2$ から、 $10^{-5} \Omega \text{cm}^2$ に低減できた。さらに DC 測定では、電流電圧特性において改善が見られ、Ron 抵抗は、 $0.28 \text{m} \Omega \text{cm}^2$ から $0.23 \text{m} \Omega \text{cm}^2$ に改善された。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 ワイドギャップ半導体、シリコンカーバイド、窒化物半導体、電力素子、低損失素子、エピタキシャル成長、分子線エピタキシー法、化学気相成長法

【テーマ題目3】 原子力エレクトロニクスのための素子化プロセス技術に関する研究（経済産業省 原子力試験研究委託費「原子力エレクトロニクスのための素子化プロセス技術に関する研究」）

【研究代表者】 奥村 元

【研究担当者】 高橋 徹夫、石田 夕起
(職員2名、他1名)

【研究内容】

高信頼性が必要とされる原子炉等の計装や、原子力システム機器・原子力用ロボット等で使用されるエレクト

ロニクス（原子力エレクトロニクス）には、高温・高放射線照射下の苛酷な複合環境で長期に安定に動作する半導体素子が必要とされる。これを実現するためには、物性的に限界がある Si に代わる新しい半導体材料を用いた素子作製のためのプロセス技術の開発が急務である。本研究課題では、高温かつ高放射線環境下において安定に動作する半導体素子を利用したエレクトロニクス実現のための素子化プロセス技術とその評価技術の開発を行う。

具体的には、耐熱・耐放射線性半導体材料として有望な炭化珪素 (SiC) をとり上げ、耐放射線性を有する半導体の素子作製プロセスの開発を目指して、酸化膜界面形成過程の機構解明等に基づいた接合形成制御プロセス技術の開発、及びキャリアの誘起消滅過程の解析評価技術を基にした伝導性制御プロセス技術の開発を行う。また、放射線照射によって誘起される欠陥評価のための新しい手法を開発し、それらの手法を用いて各種素子化プロセスを素子の耐放射線性の観点から評価することを目的とする。

本年度の研究開発成果は、次の通りである。酸化膜/SiC 界面形成のためのプロセス解析では、界面欠陥の消失は界面層内部での自己消滅であるという結果を得た。またこれより、界面欠陥を消失させるには、酸化後に 950°C 以上でアニールすればよいことを提示した。高チャネル移動度 SiC-MOSFET の開発では、3C-SiC を用いることで、耐圧などにはまだ問題は残っているが、チャネル移動度が $234 \text{cm}^2/\text{Vs}$ という4H-SiC に比べ2桁高い値を得ることが出来た。SiC デバイスの耐放射線性では、ダイオード、MOSFET とともに数 MR の放射線を照射にも関わらず特性に変化は見られなかった。以上、本研究により耐放射線性半導体の素子作製の実用化に技術的な目処をつけ、さらにこれらの技術を用いて作製した素子が非常に優れた耐放射線性を示したことで、SiC デバイスの耐放射線性デバイスとしての有用性を示すことが出来た。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 シリコンカーバイド、耐放射線素子、放射線照射欠陥、素子化プロセス

【テーマ題目4】 窒化物ハイブリッド成長膜による低損失スイッチング素子（文部科学省「窒化物ハイブリッド成長膜による低損失スイッチング素子」）

【研究代表者】 奥村 元

【研究担当者】 清水 三聡、沈 旭強（職員2名、他4名）

【研究内容】

本研究では、材料特性から高耐圧低損失素子用材料として期待が高いワイドギャップ III 族窒化物のヘテロ構造を、成長初期制御に優れた MOCVD 法と不純物低減、界面制御性に優れた rf-プラズマ MBE 法を併用して作製する。この時、サファイア、Si、SiC 等の大面積基板上

に、異元素導入効果や選択成長技術を駆使して、従来以上の高品質 III 族窒化物ヘテロ構造ウエハーを実現し、そのウエハーを用いて従来素子より飛躍的に性能の良い低損失スイッチングデバイスを開発することを目的とする。具体的には、ハイブリッド成長による AlGaIn/ (In) GaN エピタキシャル2次元電子系を作製し、それを用いた低損失の高耐圧、大電流スイッチングデバイス (1000 V級、 $1\text{m}\Omega\text{cm}^2$ 以下) を作製することを目標とする。加えて、デバイス実用化の観点から、大面積 (4インチ以上) ウエハーでのデバイス作製を目指す。

1. ハイブリッドエピタキシャル成長技術に関する研究

III 族窒化物のヘテロ構造を、成長初期制御に優れた MOCVD 法と不純物低減、界面制御性に優れた rf-プラズマ MBE 法を併用して作製する。この時、サファイア、Si、SiC、サファイア等の各種基板上に、異元素導入効果や選択成長技術を駆使して、表面平坦化、結晶粒界低減、転移欠陥低減のための成長要素技術を開発し、従来以上の高品質 III 族窒化物ヘテロ構造ウエハーを実現する。

平成14年度は初年度として、ガス供給系や除害装置などの窒化物半導体ハイブリッド結晶成長装置の準備を行うと共に、並びに MBE 法による高品質エピタキシャル膜成長要素技術の開発を行った。MBE 法による結晶成長に関し、Si フラックス照射等、従来とは異なる成長プロセスを開発して、MBE 成長膜の平坦化、転位密度低減を果たした。ステップフロー成長実現の結果と思われる0.4nm の rms 値を持つ平坦な原子状ステップ表面を template 基板を使わずに実現すると共に、薄膜中の貫通転位密度を Si 照射により $7\times 10^9/\text{cm}^2$ まで大きく低減できた。また、MOCVD template 基板上への MBE 成長で、MBE 成長条件を適切にすることでエピタキシャル膜の結晶性が改善することを確認した。

2. ウエハー特性・デバイス特性評価技術に関する研究

ハイブリッド成長エピタキシャルウエハーの2次元電子ガス特性、深い準位等の欠陥構造、及びそのウエハーを用いて作製されたヘテロ接合電解効果トランジスタチップの静特性、耐圧、導通損失、スイッチング損失等を評価し、高品質ヘテロ構造ウエハー作製に資する。このため、ワイドギャップ半導体である窒化物半導体ヘテロ接合に適する評価法を確立する。

平成14年度は初年度として、エピタキシャルウエハーの基本的電気特性を的確に評価する体制整備を行った。具体的には、紫外線ラマン散乱分光法や分光エリプソメトリー、光 ICTS 法等のワイドギャップ特性に対応できるエピタキシャル膜評価法の整備を進めると共に、エピタキシャル膜の絶縁性評価、2次元電子ガス系の特性評価装置を構築した。

3. 窒化物スイッチングデバイス作製技術に関する研究

ハイブリッド成長エピタキシャルウエハーを用いて

ヘテロ接合電解効果トランジスタを作製し、耐圧1000V、オン抵抗 $1\text{m}\Omega\text{cm}^2$ 以下を目標に低損失スイッチングデバイスとしての性能向上を図る。この際、デバイスパフォーマンスを決めているのは、ゲート電極としてのショットキー接合、ソース/ドレイン電極としてのオーミック接合、及びソース/ドレイン間の表面準位、深い準位であることを鑑み、これら接合の特性向上と表面パッシベーション技術の改善に注力する。また、実用化に向けて実際の面積基板上に均一にヘテロ構造を作製し、そのエピタキシャル膜を用いてスイッチングデバイスを試作すると共に、得られたスイッチングデバイスの短期、及び長期信頼性を確認する。

平成14年度は初年度として、接合形成、電子ビーム露光等、窒化物半導体 HFET 構造作製のための要素プロセス装置の整備、及び各要素プロセスの条件出しを行った。特に、HFET デバイスの特性向上に重要な低抵抗オーミックコンタクトのため、2段階オーミック形成プロセスを用いてコンタクト抵抗の改善を果たした。また、種々の電極サイズを試作し、ソースドレイン耐圧として100V を越えるものも得られた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】窒化物半導体、電力素子、低損失素子、エピタキシャル成長、分子線エピタキシー法、化学気相成長法

⑦【生命情報科学研究センター】

(Computational Biology Research Center)

(存続期間：2001. 4. 1～)

研究センター長：秋山 泰

副研究センター長：浅井 潔

総括研究員：浅井 潔

所在地：臨海副都心センター

人員：65 (14) 名

経費：873,025千円 (709,174千円)

概要：

生命情報科学 (バイオインフォマティクス) は、ゲノム配列からタンパク質分子の立体構造・機能、それらの細胞・組織・体内での相互関係に至るまでの幅広い生命現象を、情報論的な立場から取り扱う総合的な科学である。当研究センターでは、バイオインフォマティクスの基盤となるアルゴリズムや情報表現手法の研究から、多くの実験データを総合して生物学的な事実を推論・予測するための情報処理システムの構築、およびこれらを駆使した様々な生物ゲノムの網羅的解析まで、幅広い研究活動を行っている。組織づくりに際しては、学際的な協力を促進するようチームを構成

し、世界最大級の1040プロセッサのPCクラスタを活用した大規模で網羅的な研究を行っている。

バイオインフォマティクスの計算によるアプローチが、現在行われている分子生物学実験を完全に代替するものになることはないだろうが、必要となる実験の量を減らすことにより、コストの軽減、開発時間の短縮、倫理・安全問題の解消などに貢献して、21世紀のバイオテクノロジー産業の基盤を支える技術になると大きく期待されている。

最終的には生命現象を計算機上にモデル化し、信頼度の高い計算機シミュレーションを実現することにより、生物学研究の新しい方法論を開拓することを目指している。公的データベースのミラーリングサービスやデータベースの単純な統合化に研究資源を投入することは避け、新しい計算手法を開発し、その結果として生じる新しい解析結果のデータベース公開に集中することを念頭においている。ヒトゲノム配列の解析が完了し、細胞内での遺伝子やその産物の複雑な相互作用や代謝過程へと関心が寄せられている現在、全く新しい情報解析の方法論を生み出す力こそが世界的に求められている。我が国に欠けていたバイオインフォマティクスのアルゴリズム的な研究に注力し、技術体系や学問としての「枠組み」の新生に貢献しつつ、ポストゲノム時代の技術的イニシアティブを取りたいと考えている。

それを実現するためにも人材の層の薄い我が国においては、より現実的かつ効果的な力の結集の方法として、既存の関連研究組織のアライアンス化と、中長期的な戦略に基づく緩やかなペースでのリーダーの人材移動と、新人の大量育成とを総合的にバランス良く進める必要があると考えている。同時に、研究者ひとりひとりが、次世代のリーダーとなることも重視し、大学教員等への就業や、企業に戻って研究リーダーとなることなどの前段階としての、インキュベーションの場としての役割の重要性も認識し、国際的に活躍する研究者を育てることも目的の一つに掲げている。具体的には、バイオテクノロジー産業の現場が必要とするスキルを備えた人材を効率的に育成し、即戦力として輩出することを目的としたプログラムである「バイオ人材育成プログラム」(経済産業省事業)や、文部科学省科学技術振興調整費の新興分野人材養成(バイオインフォマティクス)プログラムに提案し、採択された「産総研 生命情報科学人材養成コース」(文部科学省事業)を実施し、ポストドクの雇用、共同研究者・技術研修者の受入、連携大学院の学生の実地教育、ソフトウェア技術者の育成等を大規模かつ拠点集中的に展開している。

我々は多人数の研究者が一箇所に集積してバイオインフォマティクスの議論をしているという利点を活かし、従来のバイオインフォマティクスの枠からはみ出

した、より分野融合的な研究を重視している。新しい情報科学上の理論を導入し、測定装置から新しく設計するような新規の情報解析手法の提案なども奨励している。

そしてさらに、大学や民間企業、公立研究所等の外部機関と連携することで、社会に我々の研究成果や活動が還元されるよう産学官の連携にも積極的に取り組んでおり、具体的には下記のような事業を行っている。

- 受託研究、共同研究、委託研究など
- 特許実施許諾・権利譲渡、技術研修、見学対応など
- 客員研究員・ポストドクの受入、大学院との連携など

ヒトゲノム配列読み取りがほぼ終わり、ポストゲノム的な解析技術に注力することが可能な時代にスタートしたことで、我々は特定テーマにより集中してプロジェクト的に資源を投入することが可能となっている。また、この10年間に計算機関連の技術は急激に進歩したが、既存のセンターではデータ処理のための必然性から少しずつ導入されてきた大規模計算環境に関して、我々は当初から積極的・攻撃的に取り入れ、これらの計算資源の効率的運用と拡充に高い注意を払っている。既に保有している Magi パソコンクラスタ(1040 CPU)はその代表例であり、世界の既存の研究グループよりも1桁から2桁も高速な計算パワーを活かして、研究速度の大幅な加速に貢献している。計算機は速度は年々速くなっているが、常にその最新鋭の設備を使いこなす努力により、開発時間の削減が可能になり、また試行錯誤が容易になることで研究人材不足の補填効果も得られるのではないかと考えられる。これらを実現するには、並列処理技術に長じた研究者の積極雇用や、情報科学コミュニティとの協調、産総研内の先端情報計算センター(TACC)や計算科学研究部門との密な連携が必須であり、この実践が研究の基盤となっている。

バイオインフォマティクスは、現時点において明らかに2つの顔を持っている。一つは、ゲノム情報を解析するための道具としての側面であり、日進月歩の開発競争や特許取得競争に勝つための、拙速でとにかく役に立てば良いツールとしての顔である。もう一つは、生命現象の機構を真に分子レベルから深く理解するための新しい技術体系としての側面である。21世紀の中頃までには、計算機内に構築したモデルを使って計算機実験を行うことが分子生物学の一つの主要な分野になるという未来像は疑う余地がなく、我々は、現在の産業界に対して前者のツール提供の使命を果たしながら、後者の未来技術の到来を常に見据えて研究活動を行うべきであると考えている。

重要研究課題としては、下記項目を掲げている。

- 1) 生命情報科学の基盤となるアルゴリズム・数理モデル・知識表現の研究
- 2) 細胞内の代謝経路および遺伝子制御ネットワーク

解析の研究開発

3) 大規模ゲノム配列からの遺伝子機能解析の研究開発

4) タンパク質構造予測および機能予測の研究開発

外部資金：

経済産業省 石油安定供給技術開発等委託費「細胞機能応用計測技術開発」(24,865千円)

経済産業省 エネルギー需要構造高度化技術開発等委託費「細胞機能発現制御技術開発」(4,905千円)

産技一般 「ゲノムインフォマティクス技術(遺伝子配列情報のモデル化技術)」(11,385千円)

研業新生 「バイオコンピューティングによる診断・治療基盤技術研究開発」(422,565千円)

文部科学省 文部科学省受託研究費(科学技術振興調整費)「産総研 生命情報科学人材養成コース」(137,138千円)

文部科学省 科学研究費補助金 ゲノムワイドな膜蛋白質の構造、機能分類 G 蛋白質共役型受容体への応用(4,600千円)

文部科学省 科学研究費補助金 ゲノム・プロテオームデータベースの連携による高次生物知識発見に関する研究(5,200千円)

科学技術振興事業団 さきがけ研究21「新規機能創製を目指した酵素蛋白質の立体構造・触媒機構の系統的解析」(21,684千円)

科学技術振興事業団 さきがけ研究21「グラフによる細胞内メカニズムの記述と推論」(14,000千円)

発表：誌上発表48(33)件、口頭発表102(38)件、その他13件

アルゴリズムチーム

(Algorithm Team)

研究チーム長：後藤 修

(臨海副都心センター)

概要：

配列のマルチプルアラインメントや相同性検索、また相同性に基づく遺伝子構造予測など、ゲノム配列やアミノ酸配列の比較解析を中心としたアルゴリズムとソフトウェアを開発している。これらは、現在急速に増大しているゲノム配列から、遺伝子を同定してその

機能や遺伝子産物の構造を推測するためのもっとも有効な手段として、バイオインフォマティクスの基盤を成す。ここで開発したソフトウェアを実際にいくつかのゲノム配列に適用して解析を進めている。特に、ヒトゲノムに関しては、選択的スプライシングを網羅的に検出し、その様式に応じた分類を自動的に行う方法を確立した。さらに、タンパク質配列の適応地形の解析を通じて進化工学の基盤を支える研究を行っている。

研究テーマ：

テーマ題目 1

数理モデル・知識表現チーム

(Mathematical Models and Knowledge

Representation Team)

研究チーム長：浅井 潔

(臨海副都心センター)

概要：

情報学の本格的な研究と、バイオインフォマティクスへの応用研究の両立を図る。確率モデル、カーネル法などの数理モデルの研究では、理論研究及びソフトウェア開発とその応用を通じて生命情報科学に貢献することを目指す。多重出力 HMM を応用した遺伝子領域発見システム (GeneDecoder)、単粒子画像解析システム (BESPA)、確率文脈自由文法のカーネル計算パッケージ (sokos) などのソフトウェアを開発した。GeneDecoder は GPCR 遺伝子、糖鎖遺伝子のヒトゲノムからの網羅的検索、麹菌ゲノムからの全遺伝子予測などのプロジェクトで使われている。単粒子画像解析は、結晶化することが難しいタンパク質分子などの電子顕微鏡画像を多数重ね合わせて粒子の立体構造を再構成する技術である。

また、生命情報の高度な格納・検索・演繹方式および表現方法として、技術用語の概念間の関係を整理するオントロジー技術の研究、タンパク質構造・ゲノム配列情報を解析・表示するための方式とシステムの開発、細胞におけるシグナル伝達をモデル化するための情報表現の研究などを行っている。

研究テーマ：

テーマ題目 1

ゲノム情報科学チーム

(Genome Informatics Team)

研究チーム長：諏訪 牧子

(臨海副都心センター)

概要：

全ゲノムレベルでの解析を通じて、遺伝子やタンパク質の機能発現メカニズムを理解、モデル化し、機能予測を目指した研究とその応用を行う。例えば、通常の配列検索など従来の方法では機能予測が困難な遺伝子は、未だ全ゲノムの半数を占めているが、そのような遺伝子を特に対象としている。一つの大目標として、他のチームや外部の実験研究機関とも共同し、膜タン

パク質に特化してゲノム全体から網羅的に同定し、機能予測とデータベース化を目指している。この流れで最近では、ヒトゲノム全体から創薬のターゲットとして最も重要な G タンパク質共役型受容体の殆ど全てを同定し終えたところで、医薬分野への大きな貢献が期待される。

これらの機能を予測するためには、構造の分類とモデリング、さらにリガンドとのドッキングなど立体構造の視点を取り入れることが重要な鍵となる。また、機能発現メカニズムを理解する上で欠かせない問題である選択的スプライス機構、細胞内局在機構の研究にも積極的に取り組んでいる。

研究テーマ：

テーマ題目 2

分子情報科学チーム

(Molecular Informatics Team)

研究チーム長：秋山 泰

(臨海副都心センター)

概要：

ゲノム解析で得られた情報をもとに、生成されるタンパク質や RNA 分子の立体構造と機能を予測することを目指して、原子レベルでの詳細な立体構造モデリングや、構造機能相関を調べるための計算技術を研究し、その応用ソフトウェアやデータベースを開発している。

溶媒効果を精密に計算できるツリーコード分子動力学学プログラム MolTreC2を開発し、大規模 PC クラスタ上での高速計算を通じてタンパク質の動的な機能を研究している。また、二次構造予測やスレッディング法など、統計情報を活かした立体構造予測の研究も行っている。立体構造予測を実現させるアプローチとして、物理化学的な計算と統計的手法の融合により、折れ畳み構造をより迅速に計算することを目指している。配列と構造の類似性、および活性部位の作用機序の分類等を統合した酵素の機能分類の手法も開発している。研究ツールとして、非冗長な立体構造データベース PDB-REPRDB、並列配座解析システム ESCAPE /Hi 等の開発も行っている。

研究テーマ：

テーマ題目 3

細胞情報科学チーム

(Cellular Informatics Team)

研究チーム長：高橋 勝利

(臨海副都心センター)

概要：

代謝ネットワーク及び遺伝子制御ネットワークを同時に考慮した細胞システムモデルを確立し、シミュレートするシステムを開発することを目的として、プロテオミクス、トランスクリプトミクス、メタボロミクスを支援する技術やコンピュータ・ツールの開発を行

っている。既存の代謝ネットワーク・シミュレーション技術や遺伝子制御ネットワーク同定技術を活用するだけではなく、新たな代謝ネットワークや遺伝子制御ネットワークの記述法を確立することや、現在のところ得ることが不可能な細胞構成物質の時間的・位置的变化を捉える新しい測定法を開発することを目指している。

S-system を用いた大規模遺伝子発現ネットワーク構造推定法の開発、2D-PAGE に基づいたプロテオーム解析を総合的にサポートするコンピュータシステムの開発、細胞・組織内物質分布を網羅的にイメージングするデバイスの開発及び、DNA メチル化の網羅的アッセイに必要な DNA チップデザイン方法の開発などを行っている。

研究テーマ：

テーマ題目 4

[テーマ題目 1]「生命情報科学の基盤となるアルゴリズム・数理モデル・知識表現の研究」(運営費交付金)

[研究代表者] 後藤 修 (生命情報科学研究センターアルゴリズムチーム)、浅井 潔 (生命情報科学研究センター 数理モデル・知識表現チーム)

[研究担当者] 浅井 潔、後藤 修、有田 正規、上野 豊、津田 宏治、福田 賢一郎、相田 拓洋、金 大真、相良 純一、加藤 毅、熊谷 俊高 (職員6名、他5名)

[研究内容]

生命情報の高度な解析には、基盤となる理論の研究とソフトウェアへの実装、現実のプロジェクトへの適用による改良が不可欠である。配列解析、タンパク質立体構造解析、細胞情報科学に貢献し、生命情報科学の基盤となる理論、応用を開拓するため、アルゴリズム・数理モデル・知識表現について研究する。応用可能な理論の開拓と、生命情報科学の諸問題への適用、ソフトウェアシステムの開発、プロジェクト的共同研究への参加を重視する。

具体的には、確率モデルやカーネル法の理論と応用、高品質のタンパク質マルチプルアラインメント法、実用的で認識率の高い真核生物の遺伝子領域予測法、代謝経路・シグナル伝達経路のモデル化手法、文献からの知識の抽出法などについて研究し、それらを実装したソフトウェアやデータベースを開発する。さらに、センター内外でのプロジェクト、特にヒトゲノム配列の網羅的な解析による特定遺伝子発見、特定ゲノムの全遺伝子発見などに遺伝子予測法を適用する。

年度進捗状況は以下の通りである。

1) ヒトゲノム配列に対する相同性に基づく遺伝子領域予測法 (ALN) を改良し、認識率の向上を達成

した。また、選択的スプライシング部位検索と分類のための方法を開発した。

- 2) BLAST 相同性検索結果、EST のゲノム配列への貼り付け結果を統合して遺伝子領域予測を行う実装を GeneDecoder に施し、ALN と併用して麹菌ゲノムからの全遺伝子発見を行った。
- 3) RNA 塩基配列とその構造を考慮した配列解析を行うための確率文脈自由文法に対する Marginalized Count Kernel を設計し、実際に構文解析とカーネルの計算を MPI で並列に高速実行できるソフトウェアを開発した。手法を tRNA の分類問題などに適用し、有効性を実証した。
- 4) 代謝経路自動計算システム (ARM) の体験用システムを Web 上で公開した。また、生物種の追加を行った。
- 5) 遺伝子構造表示システム Guppy の改良を行い、商品化のためのライセンス型共同研究を開始した。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] ゲノム、遺伝子発見、確立モデル、パスイエ

[テーマ題目2] 「大規模ゲノム配列からの遺伝子機能解析の研究開発」(運営費交付金)

[研究代表者] 諏訪 牧子 (生命情報科学研究センターゲノム情報科学チーム)

[研究担当者] 諏訪 牧子、広川 貴次、M. Michael Gromiha、向井 有理、本野 千恵、水野 政彦、長崎 英樹 (職員3名、他4名)

[研究内容]

ゲノム配列全体の大規模計算機解析により、遺伝子・タンパク質の機能予測を行うための基盤的研究とその応用を目指す。遺伝子・タンパク質機能予測には、生物学的な機能発現メカニズムを考慮して、従来の配列相同性だけでは判らない場合にも対応できる新規な予測方法を研究開発する。特に膜タンパク質など創薬に関連するような有用な遺伝子・タンパク質に重点的に取り組み、精度の良い機能予測を目指す。

以上を目的として、今年度は6つのテーマで研究を行っているが、以下で年度進捗状況を示す。

- 1) G タンパク質共役型受容体 (GPCR) プロジェクト: ヒトゲノム配列から網羅的に GPCR 遺伝子を発見し、それらの機能を配列から予測して整理することを目指しているが、今年度までに、ヒトゲノムから網羅的に発見するプロセスをほぼ完全自動化した。そして、網羅的に集めた配列を Web データベース (SEVENS (<http://sevens.cbrc.jp>)) として公開した。さらにこれらの配列を基にし、G 蛋白質結合選択性と相関性がある GPCR の配列、構造特徴を抽出し、特に Gs と言われる G 蛋白質と結合

する GPCR には、膜貫通部分に特徴的なアミノ酸残基の分布を見出した。一方、嗅覚受容体を始めとする Class A ファミリーに対して、立体構造モデリングのための基礎研究を行った。

- 2) 網羅的遺伝子発見プロジェクト: GPCR 遺伝子の網羅的発見の技術を応用してある特定の蛋白質ファミリーに特化してヒトゲノム配列から網羅的に発見することを目指した。この目的で、糖転移酵素、Zinc Finger 蛋白質、FROUNT 蛋白質 (ケモカイン受容体に結合する新規遺伝子) を対象にした。糖転移酵素に関しては、配列から判別する方法を開発し (以下、研究4) を参照) 特許出願を行った。現在これをヒトゲノムに適用する準備段階にある。また、Zinc-Finger 蛋白質に関しては、Zinc-Finger モチーフ内でお互いに相関性が高い残基を数理的に記述し、ヒトゲノムに適用する準備段階にある。また、FROUNT に関しては、隠れマルコフモデルを構築し、ヒトゲノム内では数個のみであることを見出した。
- 3) 膜タンパク質構造、機能予測: 膜タンパク質についてはバイオインフォマティクスの手法で解くべき問題が多い。今回は、βシート型膜タンパク質の判別法の開発と、膜タンパク質に特化した比較モデリングの開発に取り組んだ。前者に対しては、配列解析によりβシート型の膜タンパク質特有の物理化学的特徴量を抽出できた。これを判別に使える可能性が高い。一方後者に関しては、膜貫通ヘリックス間での水素結合が保存されるようなアラインメントを開発し特に GPCR に特化した、比較モデリング技術を開発した。
- 4) 細胞内局在性予測: 様々な細胞内小器官の膜に局在する膜タンパク質の予測を行うことを目的とするが、今回は、ゴルジ膜、細胞質に存在する1本膜貫通ヘリックス型蛋白質 (糖転移酵素) を位置特異的なアミノ酸組成を利用して判別する方法を提案した。
- 5) 選択的スプライス関連: 遺伝子機能を考える際に、スプライシングバリエントによる機能の多様性を考慮することを目的とするが、今回は、まず精度の良いデータ収集を行った。まず、GenBank から、実験の根拠のあるデータを抽出し、またヒトゲノムに cDNA 配列を貼り付けることで、精度良く選択的スプライス産物、その配座を同定した。
- 6) ゲノムワイドな機能帰属: ゲノム配列決定された生物種について、自動的にアノテートするシステム作成を目的とした。多重媒介配列検索法 (MISS 法) により、各生物ゲノム (87種) に対し、全 ORF の37%以上がドメイン構造に帰属できたが、この結果を Genius II (<http://genius.cbrc.jp>) として Web 公開した。

[分野名] ライフサイエンス

〔キーワード〕 ゲノム、遺伝子、膜蛋白質、機能予測

〔テーマ題目3〕「タンパク質構造予測および機能予測の研究開発」(運営費交付金)

〔研究代表者〕 秋山 泰 (生命情報科学研究センター分子情報科学チーム)

〔研究担当者〕 秋山 泰、野口 保、富井健太郎、
長野 希美、福井 一彦、関嶋 政和
(職員4名、他2名)

〔研究内容〕

タンパク質やペプチド分子の立体構造予測および機能予測を行うための情報技術を開発することを目標とする。テーマは大別して、1)タンパク質立体構造予測、2)構造からの機能予測、3)ペプチド構造機能研究の3つを行う。

ヒトを初めとする多くの生物種でその設計図とも言えるゲノム配列が明らかとなりつつあるが、生体内で実際の機能を担うのはタンパク質等の生体高分子であるため、その分子の立体構造を知り、機能を知ることが産業応用のために欠かせない道程である。立体構造情報は、その構造や動きから直接に分子機能が推定できる場合だけでなく、別の側面からも重要である。すなわち、進化の歴史を通じて配列情報よりも構造の特徴は長く保存される傾向があるため、遠縁のタンパク質間の関連を発見し、それを手がかりに機能を予測するためにも、立体構造予測の技術が重要となる。

立体構造予測については、最終的には大規模な物理化学的シミュレーションの手法と統計的予測手法との融合によるアプローチを想定し、まずは前者および後者の各々の分野で国際的にトップレベルの技術を開発し、その融合化手法を探索する。

また、実験または予測によって得られたタンパク質立体構造からの機能予測技術にも重点を置き、立体構造情報の活用により、産業上有用な酵素タンパク質等の機能分類及び予測を行うシステムを開発する。

ペプチド分子は、タンパク質の部分断片でありながらも、大きな構造自由度を持つため独立した取り扱いが必要である。生体内でのシグナル伝達物質としてのペプチド研究、また質量分析技術におけるタンパク質断片としてのペプチド研究に、産業技術上の重要度が増しつつあるので、これらの研究も行う。

年度進捗状況は以下の通りである。

1) タンパク質立体構造予測の研究

相同性の低い類縁タンパク質の立体構造しか知られていない場合にも対応できるよう、フォールド認識法の感度および選択性の向上をまず狙った。プロファイルプロファイルアライメント法の拡張として新たに FORTE アルゴリズムを考案し、FORTE1 自動サーバーを構築した。また FORTE1 が示唆した複数の可能性から最大100程度の構造を出発点とした、Modeller による並列モデリングシステムを

作成した (FORTE-SUITE)。これにより相同性が高くテンプレートが明確な場合と、相同性が低く複数のテンプレートを考慮せねばならない場合を統一的に扱うためのシステムができた。得られたモデルを Verify3D 法などで評価し、タンパク質構造としての適正が低い場合は、昨年度に開発した MolTreC2や AMBER 等の分子動力学法ソフトウェアにより最適化を行う機能も付加し、昨年度成果との間の統合化を図った。CASP5コンテストでは、自動部門 (CAFASP) および手動部門 (CASP) とともに、国内ではトップクラスの成績を上げ、国際的にも参加216チームのうち上位に入っている。

2) 立体構造からの酵素タンパク質機能予測の研究

昨年度よりも対象を広げ、TIM バレル構造を持つタンパク質全体の分類を行い、国際論文誌で発表した。また酵素の活性部位に関するデータベース作成にも着手した。またプリオンタンパク質につき、分子動力学計算による機能推定研究を行っている。

3) ペプチドの構造機能予測の研究

ペプチドのレーザー光学解離に関するシミュレーションでは任意のジペプチド間の解離指向性を分子軌道法計算で全て求めた。解離指向性の計算方法に関する特許と実験装置系の特許を共に出願済である。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 タンパク質立体構造予測、フォールド認識、分子動力学法、酵素タンパク質

〔テーマ題目4〕「細胞内の代謝経路および遺伝子制御ネットワーク解析の研究開発」(運営費交付金)

〔研究代表者〕 高橋 勝利 (生命情報科学研究センター細胞情報科学チーム)

〔研究担当者〕 高橋 勝利、富永 大介、
西村信一郎、門田 幸二、旭井 亮一
(職員2名、他3名)

〔研究内容〕

代謝ネットワーク及び遺伝子制御ネットワークを同時に考慮した細胞システムモデルを確立し、シミュレートするシステムを開発することを目的とする。細胞を構成する様々な物質量の時間変化、局在化情報を明に取り入れた細胞モデルを構築する。

このため、既存の代謝ネットワーク・シミュレーション技術や遺伝子制御ネットワーク同定技術を活用するだけでなく、新たな代謝ネットワークや遺伝子制御ネットワークの記述法を確立することや、現在のところ得ることが不可能な細胞構成物質量の時間的・位置的变化を捉える新しい測定法を開発することを目標として研究を進めている。

従来の意味での細胞シミュレーションは主に代謝ネットワークのシミュレーションを意味することが多いが、

本研究課題では代謝物質による遺伝子発現制御機構なども考慮したよりリアルな細胞モデル及びシミュレーション・システムの確立を目指している。

具体的な研究内容は次の通りである。

- 1) S-system を用い、遺伝子制御ネットワークに様々な摂動を与えた場合に得られる遺伝子発現量の時間変化データから、複雑な遺伝子制御関係を同定するための手法を開発している。この中で、遺伝子発現量の時間変化データから非線形数値最適化技術を用いて遺伝子系発現促進過程の制御形式を安定に特定することに成功した。これに基づき、mRNA 発現量の時間的変化を測定したデータから、遺伝子発現制御ネットワークの同定を行うべく研究を実施している。
- 2) プロテオーム解析により得られる大量の2D-PAGE 画像データを効率的に蓄積・画像処理を行い、大量の蛋白質発現データを管理するためのコンピュータ・システムを開発している。このシステムに質量分析によるタンパク質同定アルゴリズムを組み込む作業を実施中である。
- 3) 細胞内における様々な物質の局在化（位置）情報及び発現量を網羅的に測定するための新しい測定法として、レーザーと質量分析を組み合わせる事を提案し、イオン化方法、質量分析方法、物質同定法などの検討及びデバイスの開発を行っている。また質量分析計を用いてさまざまなタンパク質の光分解に関わる測定を実施し、この手法の具現化に向けて研究を実施している。
- 4) ゲノム上で遺伝子発現を広域的に制御している CpG アイランドにおける DNA メチル化に着目し、マイクロチップ技術を用いて網羅的に DNA メチル化のアクセシを行うための基本的な実験手法の開発を行っている。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 プロテオーム、トランスクリプトーム、DNA メチレーション

⑧【生物情報解析研究センター】

(Biological Information Research Center)

(存続期間：2001. 4. 1～)

研究センター長：京極 好正

副研究センター長：原田 一明、野村 信夫、
五條堀 孝

総 括 研 究 員：原田 一明

所在地：臨海副都心、つくば中央第6

人 員：50 (26) 名

経 費：322, 780千円 (302, 275千円)

概 要：

本研究センターは、大量のゲノム情報に含まれる生物情報の取得、取得に関する新技術の開発、取得した情報の整理及び統合を生物科学の立場より推進する事を目的とする。特に、ポストゲノムシーケンス研究に重点を置き、我が国が世界に対して優位性を持つ分野（膜タンパク質の立体構造解析やヒト完全長 cDNA の機能解析、統合データベースの構築）を中心とした遺伝子、タンパク質機能解析を実施し、知的財産権の取得やデータの公開等を通じて、成果の速やかな産業化を目指しています。

外部資金：

経済産業省 科学技術総合研究委託費

「微生物由来細胞認識・破壊タンパク質の作用機構解明と応用に関する研究 MCRC タンパク質・遺伝子の性状解明に関する研究 MCRC タンパク質のX線結晶構造解析」(6, 817千円)

財団法人大阪市都市型産業振興センター 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業

「蛋白質分子固定化ハイスループットスクリーニング用チップの開発」(6, 825千円)

株式会社リバース・プロテオミクス研究所 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業

「全長 cDNA 配列の高度高速アノテーション技術・システムの開発」(3, 818千円)

発 表：誌上発表22 (22) 件、口頭発表119 (31) 件、
その他5件

高次構造解析チーム

(Structural Analysis Team)

研究チーム長：藤吉 好則

(臨海副都心)

概 要：

膜タンパク質等の立体構造解析のための効率の良いデータ収集システムを開発することを目指して、第5世代の極低温電子顕微鏡の基本設計を終了した。脳などに存在する水チャネル、アクアポリン-4について、昆虫細胞を用いて発現し2次元結晶化に成功した。単粒子解析のためのプログラムを開発・改良し、それを用いて IP₃受容体の構造を解析した。また、単粒子解析のボトルネックとなっている粒子拾い上げと分類のためのプログラム等の開発を行なった。転写活性化因子 CbnR の3次元結晶化に成功し、X線結晶解析法により構造を決定した。

つくば高次構造解析チーム

(Structural Analysis Team, Tsukuba)

研究チーム長：原田 一明

(つくば中央第6)

概要:

膜タンパク質の結晶化に及ぼす因子として、界面活性剤、沈殿剤、塩類、温度に関するデータ収集を完了した。癌細胞を特異的に破壊するタンパク質3種類の結晶化を行い、子宮癌細胞に特異的なタンパク質の構造を決定した。また、超好熱菌由来 RadB と膜結合 β -glycosidase の構造を決定した。

分子認識解析チーム

(Molecular Recognition Team)

研究チーム長: 嶋田 一夫

(臨海副都心)

概要:

カリウムチャンネル: Kcs およびカリウムチャンネルポアブロッカー: Agitoxin2 (AgTx2) の複合体に転移交差飽和 (TCS) 法を適用し、AgTx2の KcsA 結合面を決定することを目的とし研究を行なった。その結果、AgTx2の helix の前半に位置する S11、Q13、I15、および strand II 上の F25、G26、C28、M29、R31 において交差飽和の影響が存在することが明らかとなった。これらの残基は AgTx2上で連続した面を形成することから、AgTx2のチャンネル結合面と同定した。さらに、他のチャンネルポアブロッカーのそれと比較することによりチャンネルポアブロッカーの結合モチーフを提案し、結合選択性を解明した。

つくば分子認識解析チーム

(Molecular Recognition Team, Tsukuba)

研究チーム長: 中西 洋志

(つくば中央第6)

概要:

MHC タンパク質複合体の NMR 解析では β 2m の主鎖の帰属が終了し、更に詳細な解析を進めている。WGA タンパク質の糖鎖リガンドの相互作用について NMR により解析した結果、結晶中での相互作用に関するアミノ酸残基以外にリガンドの結合に関与する残基が見いだされた。膜タンパク質解析へのプロテオミクスのアプローチにおいて、先に開発した色素標識化解析法および膜上消化法の向上と普及を目指し、両者を組み合わせて膜タンパク質画分への適用を検討し、汎用化の目処をつける予定である。構造情報から詳細な相互作用情報を得るための非経験的分子軌道法による作用点解析の実証研究のためのクラスタ計算機が稼動を開始した。

構造情報解析チーム

(Structural Bioinformatics Team)

研究チーム長: 中村 春木

(臨海副都心)

概要:

分子構造探索のための基本アルゴリズムとソフトウェア (prestoX) を実用的な薬物分子への応用ができ

るようにし、連続体近似法など実用的なモデリングで利用可能な手法の取り込みを行なった。蛋白質・低分子有機化合物のフレキシブルドッキングの手法を開発し、insilico スクリーニングでの HIT 化合物の候補・配向の絞り込みが可能になった。Tsallis dynamics 法やマルチカノニカル法など物理学的に厳密なシミュレーション手法の、ペプチド及び insilico スクリーニングで予測される蛋白質-リガンド複合体への適用を検討している。タンパク質の大きな構造変化を考慮したモデル化方法をこれら複合体に対し適用できるようにし、膜タンパク質・酵素と低分子有機化合物の相互作用データにより計算手法の実証研究を行なうことによってスクリーニング手法の改良を進めている。

機能構造解析チーム

(Molecular Function Analysis Team)

研究チーム長: 京極 好正

(臨海副都心)

概要:

網膜由来ロドプシンについて、従来の分解能を大幅に上回るデータ (2.2 Å) を収集・構造精密化を行い、非対称単位内の全てのポリペプチド鎖を構築した。また、光照射後に生成する初期中間体 (バソロドプシン) の結晶構造モデルを決定し、異性化反応に伴う構造変化に関する貴重な知見を得た。更に高分解能データを収集すると共に、後続の中間体や発色団置換体などの構造決定により、視覚初期過程の分子メカニズムが確定すると思われる。

つくば機能構造解析チーム

(Molecular Function Analysis Team, Tsukuba)

研究チーム長: 松井 郁夫

(つくば中央第6)

概要:

超好熱菌の情報伝達に関与すると推定される膜タンパク質 PH0470 と PH0471 の大量発現に成功し、PH0471 およびそのフェレドキシンとの融合タンパク質の微結晶が得られた。DNA 複製系の主要酵素で L2S2 のオリゴマー構造を有する DNA ポリメラーゼ D の2つのサブユニットをコードする遺伝子の共発現系を構築し、大サブユニットの2つの酸性触媒残基 D1122 と D1124 の機能、および末端ドメインを介したサブユニットの相互作用と活性発現制御メカニズムを明らかにした。Dna2ヘリカーゼのホモログの遺伝子を大腸菌で大量発現させ、その生化学的諸性質を解析し、酵母の Dna2とは異なる新規な機能を有することを明らかにした。

プロテオーム発現チーム

(Protein Expression Team)

研究チーム長: 五島 直樹

(臨海副都心)

概要:

6,000個の Gateway 導入クローンをこれまでに作製し、今後は12,000個の Gateway 導入クローンが作製できる見通しである。また、2,500個について Gateway 発現ベクターを作成し発現条件の検討を行い、5,000個の発現条件の検討が行なえる見通しである。

発現頻度解析チーム

(Expression Profiles Team)

研究チーム長：大久保公策

(臨海副都心)

概要：

iAFLP 法を用いて、これまでに100万データポイント（組織数×遺伝子数）の遺伝子発現情報を取得し、250万データポイントを取得できる見通しである。また、「ヒト遺伝子発現頻度データベース」の作成は順調に進行し、標準組織（成人の肝臓、肺、筋肉等の主要な全ての器官・組織（約90種）と、胎児期の組織約50種）の発現頻度情報の検索が行なえるようになっている。更に、iAFLP法をはじめ Affymetrix 社製の DNA chip、合成オリゴヌクレオチド等の実験データと、EST、SAGE、MPSS 等のシーケンズから得られる頻度情報等の各手法で得られた発現頻度データの比較を行なうことによって、より正確な発現頻度情報解析を可能としている。

蛋白質ネットワーク解析チーム

(Protein Network Team)

研究チーム長：夏目 徹

(臨海副都心)

概要：

細胞より抽出された200種類の遺伝子導入サンプルの質量分析計での分析を行い80種類のタンパク質複合体の中から30種の新規相互作用をこれまでに見出したので、本年度中に500種類の遺伝子導入サンプルの解析が行なえ、80種の新規なタンパク質複合体を見出す見通しである。

細胞ゲノム解析チーム

(Cellular Function Team)

研究チーム長：野村 信夫

(臨海副都心)

概要：

蛋白質細胞内局在判定システムを用い、これまで1,000個の未知遺伝子由来蛋白質の局在情報を得て、年度末までには2,000個の局在情報を得る見通しである。また、細胞に形態変化を引き起こす薬剤や遺伝子については、浮遊細胞の系に焦点を絞り解析中である。

統合データベース解析チーム

(Integrated Database Team)

研究チーム長：今西 規

(臨海副都心)

概要：

統合データベース解析チームは、多様な生物情報を含む新たなデータベース構築をめざし、BIRC の生命情報学的基盤整備を行います。また、機能モチーフ抽出のためのソフトウェア開発、機能性 RNA 分子の予測、遺伝子発現制御機構の解析、ヒト多型のタンパク質立体構造への影響、微生物ゲノムアノテーションプロジェクト、祖先ゲノムセットの推定、文献データベースからの機械的知識抽出による疾患情報データベースの構築などの研究が進行中である。

遺伝子多様性解析チーム

(Gene Discovery Team)

研究チーム長：猪子 英俊

(臨海副都心)

概要：

慢性関節リュウマチと尋常性乾癬の感受性遺伝子領域を探するため、ヒトゲノム上に約3万個のマイクロサテライト DNA 多型を見つけだし、その対立遺伝子頻度を患者群と健常群と比較することによる相関解析を行なっている。このような独自の手法で解析を進めているが、慢性関節リュウマチの感受性遺伝子探索に関しては、ほぼスクリーニングが終了し、複数の感受性候補領域の発見につながった。さらに、尋常性乾癬についての解析が進行中である。また、公開されている各種の多型データベースを統合化し、ヒトゲノム情報や遺伝子情報と共にデータベース化する研究も行なっている。さらに、遺伝統計解析のための相関解析の手法の開発とプログラムの開発や、ハプロタイプ推定のための基礎研究および技術開発、プールした DNA サンプルを用いた実験結果からハプロタイプ推定を行なうアルゴリズムの開発も行なっている。

⑨【ティッシュエンジニアリング研究センター】

(Tissue Engineering Research Center)

(存続期間：2001.4.1～)

研究センター長：立石 哲也

副研究センター長：三宅 淳

総括研究員：三宅 淳

所在地：関西センター尼崎事業所、つくば中央第4

人員：98 (10) 名

経費：713,732千円 (587,154千円)

概要：

ティッシュエンジニアリング研究センターの第一の研究目的は直接的に医療に役立つデバイス開発である。この研究分野では、実践の場が医療現場であり、臨床治療に応用できない基礎研究は目的としない。既に、患者もしくは提供者から得たヒト細胞を用い、医師の資格を有する職員が臨床用医用デバイスを開発し、臨床試験を行っている。医療機関と緊密な連携をとり、

開発したデバイスを実際の治療に用いるため、細胞の取り扱い、培養、スキャフォールド材料の開発なども全て医療応用の可能であることを前提として研究計画を立てている。間葉系幹細胞の培養に関しては、培養技術、細胞の標準化が重要な課題である。この課題については、関連研究者を組織して委員会を作り、今後の活動方向を検討している段階である。神経幹細胞については、文部省の予算によって、小規模なバンクを作ることを計画している。第二番目の目標は長期戦略に基づく。細胞組織工学の次世代の最大課題がマルチポテントの幹細胞の取得と各種組織への分化誘導技術の開発であることは論をまたない。TERC では現在の幹細胞をめぐる直接の競争は避け、5年スケールで当該重要技術において成果を得よう計画している。その最も重要な課題の一つは、分化誘導に関わる遺伝子群とその相関関係を解明することである。そのために高効率かつハイスループットの細胞アレーを開発している。この装置については、TERC の技術を基礎に二つのスタートアップ企業が作られている。さらにナノテクノロジーの応用を図り、1分子の遺伝子操作を細胞内で行う技術の開発も進めている。

再生医療の早期実現は、高齢化社会を迎えた日本において、難治病の治療を進める上で、今や国民・国家の最大関心事項の一つであり、TERC の最大の任務である。国際的にも類まれな速さで高齢化社会を迎えつつあるわが国において、脳血管障害や老人性痴呆症を代表とする中枢神経疾患、冠動脈疾患を中心とした循環器疾患、並びに骨・軟骨疾患などの疾患に罹患する患者の数が急速に増大している。これらの難治病の対策に必要な経費は現状でも30兆円におよぶ国民総医療費の大きな部分を占めるものであり、加えて介護、福祉関連社会基盤整備など、関連費用負担のコスト増加を考慮すると、日本経済の成長の大きなブレーキ要因となるものと思われる。長期不況に喘ぐ経済状況下、このような将来的な国家負担の増大因子は来るべき若年生産人口の減少とあいまって、社会活力の減衰に複合的に作用し、より深刻な影響を与えるものと予想される。その克服は単なる医療問題ではなく、産業上も極めて緊急性を有する国家的懸案の一つである。

再生医療は21世紀の医療のみならず、新たな巨大医療産業の勃興を引き起こし、日本経済の発展に大きく貢献する可能性を秘めた研究開発分野である。ヒト幹細胞の培養、並びに目的とする特定の細胞・組織への分化誘導に関わる技術の研究開発は、国際競争の最も熾烈な研究テーマである再生医療への取り組みを通じ、新規産業分野の形成にいかにか寄与するか、その道筋を見だし基盤を構築することこそ、本格研究を実現するものと確信している。

昨今、ヒト細胞を用いて、特定の組織・臓器を作成する技術が開発されつつある。現状の研究成果では、

自己複製能と様々な細胞・組織への多分化能を有する幹細胞の存在が多くの組織で確認されている。この細胞を応用利用し、従来の医療では不可能であった障害された臓器・組織を再生させる画期的な治療法、すなわち再生医療が、難治病の根本的な治療法として成立しつつある。しかし、幹細胞の分化誘導、培養に関わる技術はまだ経験則に基づく、ごく萌芽期段階にあり、医療産業への発展を考える上では、より確実性の高い基盤技術として発展させる必要がある。幹細胞から様々な細胞への分化並びに発生は、総数3万個程度のヒト遺伝子が時間的及び空間的に極めて巧妙な調節システムの制御下で発現し、壮大なネットワークを形成することで成し遂げられていると予想される。幹細胞の分化メカニズムに関する細胞内の分化システム、例えばプロテオームや遺伝子ネットワークシステムの全容を解明し、それを人為的に制御する基盤技術を構築したとき、様々な細胞・組織を正確に人工的に再生することが可能となると考えられる。ゲノムプロジェクトで得られた人類共通の知的財産を有効に活用し、従来のアプローチに加えて、遺伝子情報を含めた分子生物学、遺伝子工学、情報工学などの分野の力を駆使し、これらの領域の複合した次世代型の細胞組織工学の研究開発を遂行していくことが、今まさに求められているところと考えている。

これらの基盤技術は、この分野の研究をリードする米国においてもまだ十分に確立していない。ゲノムプロジェクトにおける教訓を胸に、わが国がこの分野で国際的に指導的な地位を確立することを目指し、効率的にヒト幹細胞を分離・培養する技術、並びに遺伝子レベルでの分化制御技術の確立を行っていきたいと考える。

外部資金：

経済産業省 科学技術総合研究委託費「生体外細胞操作と細胞外環境設計による組織工学 間葉系骨髄幹細胞と人工材料による人工骨髄含有人工骨組織形成法の開発」(9,752千円)

経済産業省 科学技術総合研究委託費「生体外細胞組織と細胞外環境設計による組織工学 血管系人工組織開発細胞高なじみ性人工材料と体内異組織細胞収集法による小口径人工血管の構築」(15,327千円)

経済産業省 科学技術総合研究委託費「人間系の特性を考慮した大規模・複雑システムのモデル化、解析、制御、設計に関する総合研究 生命系モデルの組織化に関する研究」(3,865千円)

文部科学省 若手任期付研究員支援「生体組織再生を目的とした機能性複合基盤材料の開発」(15,007千円)

文部科学省 若手任期付研究員支援「臍帯血からの神経幹細胞の分離技術の開発」(13,694千円)

受託研究 新エネルギー・産業技術総合開発機構「健康寿命延伸のための医療福祉機器高度化プログラム 身体機能代替・修復システムの開発 生体親和性材料」(6,335千円)

受託研究 新エネルギー・産業技術総合開発機構「平成14年度環境対応技術開発(生物機能利用環境中化学物質計測技術開発)」(27,399千円)

受託研究 株式会社関西新技術研究所「平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業 ヒト神経幹細胞分離用モノクローナル抗体キットの開発」(14,531千円)

受託研究 財団法人ファインセラミックセンター「健康寿命延伸のための医療福祉機器高度化プログラム 身体機能代替・修復システムの開発 生体親和性材料(生体活性薬剤等を保持可能な表面修飾層の開発:骨芽細胞増殖技術)」(2,832千円)

受託研究 学校法人慶応義塾「ヒト神経幹細胞の大量培養法の開発」(8,606千円)

受託研究 財団法人大阪科学技術センター「平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業 ゲノム発現解析チップシステムの開発」(2,351千円)

科学研究費補助金 文部科学省「完全連通孔高強度アパタイト多孔体を用いた間葉系幹細胞増殖・分化技術の確立」(35,300千円)

科学研究費補助金 文部科学省「破骨細胞における新規核内アポトーシス制御因子 DRAK1の機能に関する研究」(6,200千円)

科学研究費補助金 文部科学省「正常ヒト神経幹細胞由来神経細胞における、低酸素状態下での遺伝子制御システムの解明」(2,100千円)

科学研究費補助金 文部科学省「血管誘導因子を用いた骨再生技術の開発」(2,000千円)

厚生労働科学研究費補助金 厚生労働省「マイクロアレイ、プロテインチップを活用した、ヒト正常神経細胞を用いた薬剤安全性評価システムの開発(H14-トキシコ-003)」(40,000千円)

産学官連携イノベーション創出事業費補助金「ハイスループットゲノム創薬システムの開発」(40,000千円)

発 表: 誌上発表67(57)件、口頭発表210(58)件、その他47件

メディカルデバイスチーム
(Medical Device Team)

研究チーム長: 大串 始

(関西センター尼崎)

概 要:

臓器移植に代わる新たな治療技術を実現する為、細胞培養技術を用いて、代替組織・臓器として機能する埋め込み型細胞組織デバイスを開発する。このような再生医療は新たな巨大医療産業を引き起こし、日本経済の発展に大きく貢献する潜在的可能性を秘めている。具体的なチームのターゲットとしては、高齢医療の中核を成す運動器疾患の対策である骨及び軟骨再生である。

研究テーマ:

テーマ題目 1

細胞工学チーム

(Cell Technology Team)

研究チーム長: 三宅 淳

(関西センター尼崎)

概 要:

ヒト及び動物由来の細胞・組織を用いた組織工学製品生産の基礎となる細胞培養技術ならびに細胞評価・測定技術を開発する。その中でも、ヒト神経幹細胞の分離、培養技術の開発に重点を置き、中枢神経系の再生治療や薬物動態解析に用いる事のできる神経幹細胞、神経細胞、グリア細胞などの供給を可能とする培養技術・安全培養法の開発を目標とする。

上記を実現する為に、ヒト神経幹細胞の分離、培養のための条件検討、神経細胞やグリア細胞への分化の至適条件の検討などを行う。培養のためのバイオマテリアルの開発、実験動物の各種臓器を用いた薬物動態などの研究も併せて行う。そして、これら至適な培養条件でヒト細胞を培養するための器具、装置の開発を行う。また、外部の研究グループとも共同で、細胞移植のための基礎的動物実験を行う。

研究テーマ:

テーマ題目 2

組織再生工学チーム

(Tissue Engineering Team)

研究チーム長: 児玉 亮

(つくば中央第4)

概 要:

骨、軟骨、肝臓、血管等の生体組織の再生、および機能発現を目標とした組織再生工学の基盤技術を確立

する。生体適合性材料の創製、3次元多孔体であるスキャホールドの合成、およびそれらの材料を用いた細胞培養、そしてそれらの結果を踏まえて、細胞組織を利用したハイブリッド型人工臓器の創製、そして最終的には組織の再生を目指して、再生医療の確立に貢献する。数値目標は、人工肝臓では連続2ヶ月間の稼動、人工血管では1ヶ月間以上の長期の開存を目指す。このために、より効率的な人工肝臓用バイオリクターの設計、また人工血管の材料表面修飾が必要である。

研究テーマ：

テーマ題目 3

組織遺伝子チーム

(Gene Technology Team)

研究チーム長：三宅 正人

(関西センター尼崎)

概要：

幹細胞の増殖・分化の制御は治療用幹細胞デバイスの生産・利用技術の開発のために重要である。3万種類以上に及ぶヒトゲノム遺伝子から上記幹細胞機能を支配するマスター遺伝子群等のスクリーニングには、幹細胞表現型を指標とする新規なハイスループット遺伝子スクリーニング技術の開発が必要である。組織遺伝子チームは上記遺伝子スクリーニング技術の開発、マスター遺伝子の解析を行うことにより制御は治療用幹細胞デバイスの事業化のためのプラットフォーム技術の確立を目指す。

研究テーマ：

テーマ題目 4

動物実験代替システムチーム

(Tissue Biosensor Team)

研究チーム長：中村 徳幸

(関西センター尼崎)

概要：

本研究チームでは、径がナノスケールの超微細な針を用いて、低侵襲は細胞操作技術の開発を目的としている。この針に DNA など様々な分子を担持し、細胞内部へ導入することによって、細胞へのダメージを抑えた状態で、外部からの直接的な操作を行う。最大の特徴は、マイクロインクジェクションの方法と違い、細胞内へ導入する分子は操作終了後、すべて細胞外へ取り出すことであり、例えば、DNA を挿入する場合は、完全に抜き去るので、遺伝子組換え体を作らずに、遺伝子操作が可能となる。

具体的には、DNA などの様々な生体分子を収束イオンビームによって切削加工した針に固定化し、針の細胞への挿入情報を正確に捉え、操作する装置として原子間力顕微鏡 (AFM) を使用します。針を結合した AMF カンチレバーにかかる微小な力をモニタリングすることで、細胞への針の挿入を制御する技術の開発を進める。針を細胞に接近させると、細胞膜への接

触を示す斥力が観察され、引き抜く過程では弱い引力が観察される。このような力応答観察を基本とした細胞操作技術を確立することにより、非常に安全かつ迅速な細胞操作・治療技術への応用や展開が期待されている。

研究テーマ：

テーマ題目 5

硬組織形成チーム

(Hard Tissue Engineering Team)

研究チーム長：伊藤 敦夫

(つくば中央第4)

概要：

再生医療の早期実現は、高齢化社会を迎えた日本において、難治病の治療を進める上で、今や国民・国家の最大の関心事項の一つであり、当研究センターの最大の任務である。その克服は単なる医療問題ではなく、産業上も極めて緊急性を有する国家的懸案である。再生医療は21世紀の医療のみならず、新たな巨大医療産業の勃興を引き起こし、日本経済の発展に大きく貢献する潜在的可能性を秘めた研究分野である。

研究テーマ：

テーマ題目 6

[テーマ題目 1] 骨関節再生に関する研究

[研究代表者] 大串 始 (ティッシュエンジニアリング
研究センター：メディカルデバイスチーム)

[研究担当者] 大串 始、陳 国平、牛田多加志
他 (職員3名、他12名)

[研究内容]

本14年度は、高い安全性のもとで、種々の骨関節疾患に対しての患者培養細胞を組み込んだ人工関節による治療技術の開発をおこなう。また、現段階の方法では幹細胞の増殖には限界があり、幹細胞のより効率よく増殖ならびに分化する系を確立する。具体的には cell sorter 等を用い、骨芽細胞の細胞表面を認識する抗体により骨芽細胞を多く含む細胞集団を得る。このような研究には、細胞の増殖ならびに分化能を定量的に測定する必要がある。

そのための新規分化能測定方法を確立する。また、軟骨再生研究においては、ヒト軟骨細胞を用いての分化研究をおこなう。

進捗状況としては、新たな培養環境設備の充実がおこなった。この充実により、より安全にヒト細胞の培養がおこなえ、ヒト細胞の培養技術の開発が可能となった。さらにセルソーターを用いて、骨芽細胞の多く含まれている alkaline phosphatase 活性を高度に発現する細胞集団の分画、採取に成功した。また、この骨芽細胞の活性の測定にイメージアナライザーを用いての in situ assay 方法の確立が出来た。軟骨再生研究においては、

種々の細胞培養担体の作製とヒト軟骨細胞の培養が出来た。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 骨、軟骨、細胞培養

【テーマ題目2】 ヒト神経幹細胞の大量培養法の確立に関する研究

【研究代表者】 三宅 淳 (ティッシュエンジニアリング研究センター：細胞工学チーム)

【研究担当者】 三宅 淳、金村 米博 他
(職員2名、他11名)

【研究内容】

1) ヒト神経幹細胞の培養条件の最適化

(計画) ヒト神経幹細胞の増殖率、分化率の統一評価基準とそのプロトコルの作成と、様々な項目(培養液、増殖因子、培養法、培養装置など)の、ヒト神経幹細胞の培養に最適化を実施する。

(進捗状況) ヒト神経幹細胞の増殖率、分化率の統一評価基準とそのプロトコルの作成。これを用いて、約1年間におよぶ長期培養期間を通じて、ヒト神経幹細胞は、最速で80時間程度の細胞倍加速度で分離することを検討し、理論値では100日間で少なくとも20回程度の細胞分裂を行い、約100万倍まで増殖する潜在性を有することを明らかにした。

2) ヒト神経幹細胞の分離法に応用可能なモノクローナル抗体の作成

(計画) ヒト神経幹細胞に特異的もしくは選択的に発現する細胞表面発現分子を認識するモノクローナル抗体の作成、それを用いたヒト神経幹細胞の選択的分離技術の開発を実施する。

(進捗状況) 平成13年度に作成、特許出願した4種類のモノクローナル抗体のより詳細な特性の評価を実施し、そのうち1種類の抗原蛋白精製に成功し、これら4種類の抗体を用いた神経幹細胞分離技術の開発を実施した。さらに新たに2種類の抗体の作成を行った。

3) 非神経組織からの多能性幹細胞の分離法の開発

(計画) 非神経組織から、神経系細胞へ分化する能力を有する多能性幹細胞を分離・培養する技術を開発する。

(進捗状況) ヒト臍帯血中から GFAP 陽性グリア様細胞の分化誘導に成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 神経、細胞培養、幹細胞

【テーマ題目3】 組織再生工学に関する研究

【研究代表者】 児玉 亮 (ティッシュエンジニアリング研究センター：組織再生工学チーム)

【研究担当者】 児玉 亮、植村 壽公
(職員2名、他22名)

【研究内容】

生体適合性材料の創製、3次元多孔質体であるスキャ

ホールドの合成、およびそれらの材料を用いた細胞培養、そしてそれらの結果を踏まえて、細胞組織を利用したハイブリッド型人工臓器を創製する。

骨組織では、特に骨軟骨系組織再建のために、骨芽細胞分化誘導因子 (BMP, osteopontin 等) や血管新生誘導因子 (VEGF 等) の遺伝子導入をアデノウイルスベクターを用いて行うための技術を確認する。また、肝細胞等をスキャホールドを組み込んだバイオリクターで増殖させ、ハイブリッド型人工臓器として機能発現するか、生体外で確かめる。骨芽細胞分子誘導因子 (BMP, osteopontin 等) や血管新生誘導因子 (VEGF 等) の遺伝子導入をアデノウイルスベクターを用いて行うための技術を確認した。また、肝細胞等のスキャホールドを組み込んだバイオリクターで増殖させ、ハイブリッド型人工臓器として機能発現することを生体外で確かめた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 肝臓、人工臓器、生体材料

【テーマ題目4】 生体組織再生を目的とした機能性複合基盤材料の開発

【研究代表者】 三宅 正人 (ティッシュエンジニアリング研究センター：組織遺伝子チーム)

【研究担当者】 三宅 正人、ダニエルフネリオ、佐藤 孝明、廣野 順三
他 (職員4名、他21名)

【研究内容】

間葉系幹細胞及び神経幹細胞機能に関わる遺伝子スクリーニングシステムの開発：

13年度ではトランスフェクションアレイのガン細胞機能に関する遺伝子スクリーニングに応用できた。そこで、14年度は間葉系幹細胞や神経幹細胞の増殖、分化誘導に関する遺伝子のスクリーニングにトランスフェクションを応用するための研究を行う。具体的には、間葉系幹細胞及び神経幹細胞のチップへの固定化方法、スクリーニングに用いる遺伝子ライブラリの網羅的構築方法などの開発を行う。また、確立されたトランスフェクションアレイシステムの事業化を企業との共同で進める。

(進捗状況) ヒト間葉系幹細胞へ遺伝子導入が可能なトランスフェクションアレイの試作に成功した。神経幹細胞については、マウス由来神経幹細胞についてトランスフェクションアレイを用いた蛍光蛋白質遺伝子の導入について検討したが、試作品を用いた遺伝子導入効率が極めて低く、改良の必要性が示唆された。試作が成功した間葉系幹細胞用チップを応用し、分化誘導に関与する転写制御遺伝子を分析するためのチップの試作を進めている。主要転写因子18種類を選択し、その支配下にある遺伝子のプロモーターの下流に不安定化した蛍光蛋白質レポーターの遺伝子を連結させた配列を有するプラスミドセットを開発した。それらをトランスフェクションアレイ表面に固定化した遺伝子転

写制御ネットワーク解析チップを試作した。それを用いたヒト間葉系幹細胞の骨分化誘導過程の解析を開始した。

本成果の実用化を目指し、民間企業5社をコアとする研究会を設置し、関係企業とのマッチングファンド型共同研究を推進している。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 遺伝子工学、細胞チップ、情報工学

〔テーマ題目5〕 細胞・組織レベルでの機能を利用した動物実験代替法に関する研究

〔研究代表者〕 中村 徳幸（ティッシュエンジニアリング研究センター：動物実験代替システムチーム）

〔研究担当者〕 中村 徳幸、中村 史 他
（職員2名、他5名）

〔研究内容〕

ナノレベルでの位置制御可能な AFM を用いてタンパク質やペプチド、酵素等の生体分子を固相表面上での特異的な加工について行う。細胞と細胞侵入型分子である tat ペプチドの相互作用についても AFM を用いて解析を進める。単一細胞に対して、遺伝子、タンパク質あるいは化学物質などをカーボンナノチューブに固定化し、AFM を使って細胞内へ強制的に挿入する技術、セルサージャリー技術に関しても研究を進めている。さらに農薬や環境ホルモンなど生体に悪影響を与える環境中の化学物質をターゲットとして、細胞機能を模倣したリボソームを作成し、これを組み込んだリボソームクロマトグラフィー技術を利用した簡易型高感度検出システムを構築し、PCB 濃度 ng/ml レベルでの検出を目指す。

〔進捗状況〕 AFM を用いて α ヘリックス構造を形成する水素結合にかかる力やタンパク質やペプチド等の生体分子を固相表面上で特異的に加工可能なことを明らかにした。また、リボソームクロマトグラフィーを利用した簡易型高感度検出システムを構築し、PCB 濃度10ng/ml レベルでの検出が可能になった。さらに、AFM カンチレバー上にカーボンナノチューブを固定化し、単一細胞に対して遺伝子、タンパク質あるいは化学物質などを強制的に細胞内へ挿入する技術、セルサージャリーに関しても研究を立ち上げた。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 動物実験代替、細胞、セルサージャリー

〔テーマ題目6〕 硬組織形成技術の開発に関する研究

〔研究代表者〕 伊藤 敦夫（ティッシュエンジニアリング研究センター：硬組織形成チーム）

〔研究担当者〕 伊藤 敦夫、小沼 一雄
他（職員2名、他3名）

〔研究内容〕

1) 薬理機能を有する亜鉛徐放性高機能生体材料を開発

する。

2) 生物由来多孔体に匹敵する性能を有する人工骨及び組織工学用人工多孔体を開発する。すなわち、気孔率55%以上（うち開気孔90%以上）、気孔径分布200 μ m 以上500 μ m 以下が90%以上、圧縮強度5MPa 以上（ちなみに海綿骨圧縮強度は1.9-7.0MPa）、大きさ30×30×10mm 以上の多孔体をプレス成形と焼結の工程で製造する技術を開発する。

3) リン酸カルシウム質人工骨材料表面上に bFGF を固定化する。固定化は医療への迅速応用及び現場における簡便な利用法確立を目指し、厚生省認可済み電解質輸液だけで作製する技術を開発する。多孔体にハイドロゲル等を注入し、ハイドロゲル中に bFGF を担持する技術を開発する。

〔進捗状況〕

1) バイオアクティブペーストに応用する際の最適亜鉛濃度を決定した。

2) 気孔率58%、気孔径分布350 μ m90%以上、圧縮強度5MPa 以上、大きさ15×15×4mm の完全連通孔リン酸カルシウム多孔体の作製が可能となった。

3) 厚生省認可済み電解質輸液だけでリン酸カルシウム多孔体に bFGF を固定する条件を見出した。ハイドロゲルを多孔体内に注入する技術開発を開始した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 骨、生体材料、医療用デバイス

⑩【ヒューマンストレスシグナル研究センター】

(Human Stress Signal Research Center)

(存続期間：2001.4.1～)

研究センター長：二木 鋭雄

副研究センター長：松岡 克典、淀井 淳司

総括研究員：松岡 克典

所在地：関西センター

人員：42 (14) 名

経費：343,626千円 (245,854千円)

概要：

21世紀を迎えた現代はストレス時代といわれています。わたしたちをとりまく環境をみてみますと、ダイオキシン、ホルムアルデヒド、環境ホルモンなどの有害化学物質の摂取、細菌、ウイルス、大気汚染、紫外線の増加、あるいは騒音、不安などの社会生活環境の変化など、多種多様なストレスの原因があふれ、わたしたちの健康や快適な生活がおびやかされています。

実際、これらストレスがアレルギー、種々の疾病、さらには発ガンや加齢にも深く関与することが明らかにされつつあります。このようなストレスの増加、さらに高齢化が進むいま、生活の質 (QOL) を高く維持

することの実現が急務となっています。

研究センターは、このような状況の中で、多種多様なストレスが生体や生活に及ぼす影響を基礎科学から人間工学まで横断的、総合的に研究し、生体のストレスに対する応答、反応メカニズムの解明、ストレス度の計測、評価、高い QOL を実現する人間生活工学について研究し、ストレスバイオサイエンスという新しい分野の開拓を目指します。

外部資金：

経済産業省 石油生産合理化技術開発等委託費「人間行動適合型生活環境創出システム技術開発」(31,520千円)

文部科学省 若手任期付研究員支援「ストレスシグナルのプロテオーム解析」(15,041千円)

文部科学省 科学研究費補助金「一酸化炭素合成による活性酸素生成と細胞内情報伝達」(300千円)

平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業 微小集積化化学デバイス用精密金型製作装置の開発「プラスチック製微小集積化化学デバイスを用いた分析技術の研究開発」(3,773千円)

平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業 生体ストレス蛋白マーカーの迅速抗体アッセイマイクロチップシステムの開発 (30,124千円)

発 表：誌上発表36 (32) 件、口頭発表100 (32) 件、その他6件

ストレス応答研究チーム

(Stress Response Research Team)

研究チーム長：二木 鋭雄

(関西センター)

概 要：

ストレスに対する生体の応答、反応を分子レベルで解明する。そのエビデンスをもとにストレスマーカー、疾病応答蛋白質を同定し、診断、予防、防御薬物の開発へとつなげる。低比重リポ蛋白質およびヒト、ラット、マウスの血漿の酸化を詳細に解析した。特に、トコフェロール誘導体、ステロール系化合物、ローズマリー抽出物中の揮発成分など、新規な化合物について *in vitro* および *in vivo* 系で抗酸化作用の解明を行った。また、アルデヒド、過酸化物質、金属イオン、ラジカル、栄養欠乏など種々のストレスに対する細胞応答、傷害について詳細に検討し、作用機序を明らかにした。さらに、傷害抑制物質の作用についても明らかにした。ストレスによる蛋白質レベルでの応答を解析した。二

次元電気泳動による蛋白質のプロファイリングおよび LC-MS/MS による蛋白同定技術を確立した。ヒト内皮細胞などの実サンプルを用い興味深い知見を得ることができた。

研究テーマ：

テーマ題目 1、テーマ題目 2、テーマ題目 3

ストレス計測評価研究チーム

(Stress Measurement Research Team)

研究チーム長：脇田 慎一

(関西センター)

概 要：

生体や生活環境のストレス情報を計測するため、その場で計測できる超高感度センサや化学分析プロセスをチップ上に集積化した微小化学分析システム (Lab-on-a-Chip：以下ラボチップ) の研究開発を目的とする。具体的には、DNA の酸化的なストレス傷害による代謝生成物質など生体ストレス物質や、生活環境中に極微量存在するダイオキシンや環境ホルモンなど環境ストレス物質の計測評価技術に関して、平成14年度は最適化の研究を行った。

研究テーマ：

テーマ題目 4

ストレス・加齢工学研究チーム

(Stress & Aging Evaluation Research Team)

研究チーム長：松岡 克典

(関西センター)

概 要：

ストレスや加齢がヒトの認知特性、生理反応、生活行動に与える影響を解明し、その影響を日常生活の中で定量的に計測・評価する手法を開発するとともに、健康や生活アクティビティの維持・向上を支援するためのストレスフリーな生活環境創出技術の開発を目指す。そのために、人のヒヤリ・ハット状態を自動検知する技術の確立、日常生活行動を蓄積・評価するウェアラブルセンシング技術の開発、人間の認知行動特性に適合したアフオーダンス環境創出技術の開発、加齢に伴う運動特性・生理応答特性の変化のモデル化、ヒトと機器のコミュニケーション技術の開発を行った。

研究テーマ：

テーマ題目 5、テーマ題目 6

石坂・淀井特別研究室

(BioMedical Special Research Unit)

研究室長：淀井 淳司

(関西センター)

(存続期間：2002.1.1～)

概 要：

ストレス概念に分子生物学的な意義付けを行い、ヒトにおけるバイオストレスシグナル機構の解明による医生物学基礎研究と新たな診断・治療法の開発を行うことを目的とする。具体的にはこれまで独自に解析し

てきたバイオストレス調節因子チオレドキシニン (TRX)、チオレドキシニン結合タンパク質 (TBP-2) およびそのファミリー分子であるグリコシル化阻害因子 (GIF) を解析することによりレドックス(酸化還元)シグナル伝達機構を明らかにし、バイオストレス測定法の確立、緩和法の開発を目指す。さらに低酸素誘導性因子 (HIF) などのストレス誘導性分子の解析を行うことでその測定法の発展を期待する。今年度に採択された地域新生コンソーシアム研究開発事業をレドックスバイオサイエンス株式会社、ファルコバイオシステムズ、京都大学ウイルス研究所、ヒューマンストレスシグナル研究センターストレス計測評価研究チームとの連携で進めている。

研究テーマ：

テーマ題目 7

[テーマ題目 1] ストレスの計測・評価 (運営費交付金)

[研究代表者] 二木 鋭雄 (ヒューマンストレスシグナル研究センターストレス応答研究チーム)

[研究担当者] 二木 鋭雄、岩橋 均、齊田 要 (職員3名)

[研究内容]

酵母の DNA チップ (マイクロアレイ) を用い、化学物質により誘導されるストレス蛋白質、抗酸化因子、解毒トランスポーター、代謝酵素、遺伝子修復酵素などの遺伝子誘導を解析することにより、環境中に存在する環境汚染化学物質の毒性評価と推定技術を開発した。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] DNA チップ、マイクロアレイ

[テーマ題目 2] 多様なストレスに対する生体分子、細胞の応答と傷害、およびその抑制 (運営費交付金)

[研究代表者] 二木 鋭雄 (ヒューマンストレスシグナル研究センターストレス応答研究チーム)

[研究担当者] 二木 鋭雄、一守 康史、吉田 康一、斎藤 芳郎、島川 修一、伊藤奈々子、(職員6名)

[研究内容]

水溶性、脂溶性の蛍光プローブを用いることにより、不均一な場でのラジカルおよび過酸化物の発生、定量化が可能となってきた。ラジカル、過酸化物、金属、アルデヒドなど、多種のストレスによる細胞毒性、添加物による抑制について、いくつかの細胞種について知見を得た。低比重リポ蛋白質およびヒト、ラット、マウスの血漿の酸化を詳細に分析した。特に、トコフェロール誘導体、ステロール系化合物、ローズマリー抽出物中の揮発成分など、新規な化合物について *in vitro* および *in vivo*

系で抗酸化作用の解明を行った。今後これらの知見をもとにさらに有用な化合物の設計、合成を行う。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 蛍光プローブ、酸化ストレス、薬剤

[テーマ題目 3] ストレスマーカーの同定 (運営費交付金)

[研究代表者] 二木 鋭雄 (ヒューマンストレスシグナル研究センターストレス応答研究チーム)

[研究担当者] 二木 鋭雄、吉田 康一、絹見 朋也、斎藤 芳郎、木全 順子、早川三恵子 (職員5名、他1名)

[研究内容]

ヒトから非侵襲的サンプリングが可能な唾液、尿に関して、ストレス応答化合物のスクリーニング検討を行った。特に酸化ストレス傷害によって増加すると思われるプロスタグランジン系化合物あるいは他の二次酸化生成物検出に注力した。一方、ヒト内皮細胞を用い、ストレスによる蛋白質レベルでの応答を解析した。蛋白質のリン酸化など興味深い知見を得ることができた。今後、細胞レベルから個体組織へとプロテオーム解析を進展させていく計画である。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] ストレスマーカー、プロテオーム解析

[テーマ題目 4] 生体・環境ストレス計測評価デバイスの開発 (運営費交付金)

[研究代表者] 脇田 慎一 (ヒューマンストレスシグナル研究センターストレス計測評価研究チーム)

[研究担当者] 脇田 慎一、大槻 莊一、永井 秀典、黒澤 茂、宮道 隆、鳴石奈穂子、米田 恵、呉 曉玲、申 双竜 (職員7名、他2名)

[研究内容]

(1) 生体ストレス傷害マーカー計測

波長可変型を特徴とする2次元表面プラズモン共鳴 (SPR) 装置により、5×5個の高分子検知膜の応答を計測するシステムを確立し、膜厚換算±0.1nm 精度を達成した。疾病マーカーをモデル系に、水晶振動子微量秤量 (QCM) センサへの抗体固定化法を検討し、生体適合性 MPC ポリマーにより非特異吸着を大幅に抑制することを見出した。

(2) 環境ストレス物質の超高感度センシング

抗ダイオキシン抗体を固定化した QCM センサにより、環境試料中の極微量ダイオキシンを測定できる計測法を構築した。フェノール系環境ホルモンの分離メソッドを開発し、完全分離を達成した。超高感度センシングを実現するためのオンライン濃縮や蛍光ラベル

化を検討している。

(3) 生体ストレス反応物質計測ラボチップ

DNA の酸化ストレスによる代謝生成物である8-OHdG を含む各種核酸塩基含有試料で、カチオン性界面活性剤の使用により、分離能の大幅な向上を見出した。電気化学検出のオン・チップ化により、8-OHdG を10秒以内で選択的に検出できた。また、ヒト唾液中のカテコールアミン類などの迅速マーカーアッセイを構築できた。

【分野名】 ライフサイエンス分野

【キーワード】 化学センサ、2次元 SPR、QCM センサ、微小化学分析システム、マイクロ電気泳動チップ

【テーマ題目5】 生理・認知特性を用いたストレスフリー生活空間創出技術（運営費交付金）

【研究代表者】 松岡 克典（ヒューマンストレスシグナル研究センターストレス・加齢工学研究チーム）

【研究担当者】 松岡 克典、渡邊 洋、梅村 浩之、吉野 公三、足立 公洋（職員5名）

【研究内容】

ストレスや加齢がヒトの認知特性、生理反応、生活行動に与える影響を解明し、その影響を日常生活の中で定量的に計測・評価する手法を開発するとともに、健康や生活アクティビティの維持・向上を支援するための生活環境創出技術の開発を目指して、人のヒヤリ・ハット状態を自動検知する技術の開発、日常生活行動を蓄積・評価するウェアラブルセンシング技術の開発、人間の認知行動特性に適合したアフォーダンス環境創出技術の開発、加齢に伴う運動特性・生理応答特性の変化のモデル化、ヒトと機器のコミュニケーション技術の開発を行った。

ヒヤリ・ハット状態の自動検知技術の研究開発では、脈波と皮膚電気抵抗（GSR）の変化からヒトのヒヤリ・ハット状態を自動検知する手法を開発した。検知率100%、誤検知率36%を得ることができた。

日常生活行動のウェアラブルセンシング技術の研究開発では、疲労状態や精神ストレス状態による歩行時の身体加速度・心電・筋電の変化を調べ、疲労とストレス状態の評価手法を提案し、そのウェアラブルセンシング化について検討した。また、被験者の唾液を採取して、ストレス性物質の探索を行い、ストレスマーカーの候補を見出した。

人間の認知行動特性に適合したアフォーダンス環境創出技術の研究開発では、陥没口や突起物によって生じる回避経路の予測モデル化を進め、実験データを83%説明できる第1次モデルを構築した。

加齢に伴う運動特性・生理応答特性の変化のモデル化研究では、打点時間と打点誤差の年齢効果を約80名の被験者実験から調べ、両者の関係を定式化した。そして、

標準打点時間・誤差の年齢効果を説明するモデルを構築することができた。

ヒトと機器のコミュニケーション技術の研究開発では、人の顔を自動検知する光システムを構築し、ロボットに応用して能力を検証した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ヒヤリ・ハット検知、ストレス評価、加齢効果、経路選択、パターン認識

【テーマ題目6】 健康で生産的高齢化社会の創出—循環器病発生の予防と QOL の維持（運営費交付金、産総研ライフサイエンス分野重点課題、年齢軸生命工学研究センターおよび人間福祉医工学研究部門との共同研究）

【研究代表者】 倉地 幸徳（年齢軸生命工学研究センター）

【研究担当者】 絹見 朋也、吉野 公三（職員2名）

【研究内容】

本提案課題は、産総研の3ユニット（年齢軸生命工学研究センター、ヒューマンストレスシグナル研究センター、及び人間福祉医工学研究部門）が連携して分野融合研究を遂行し、国家的課題である「高齢化社会に突入した我が国の健康で活力生産的産業社会の持続」達成に貢献することを目指している。まず、第一段階として、高齢者の寝たきりなど深刻な不具化の率が高く大きな社会問題となっている循環器病に焦点を絞り、新しい視点からの基礎機構解明と、より効果的で安全な予防・治療法の基盤技術開発を行い、高齢者がより健康で持続的社会参加の出来る社会福祉環境創りを行う。

年齢軸遺伝子調節機構に関する核蛋白質群の包括的同定の研究では、年齢軸生命工学研究センターと共同して、マウス肝臓組織細胞の核内蛋白質及び血液蛋白質の解析技術基盤の整備と年齢軸に沿った網羅的解析初期段階の研究を進めた。マウス肝臓組織細胞から細胞核の分離、核内蛋白質調製、前処理法の精査、核内蛋白質二次元電気泳動法テスト及びマススペクトル機による蛋白質解析に至るプロテオミクス解析基盤技術のテストを行うとともに、血液蛋白質についても同様のテストを行った。

運動・循環調節機能予測システムの構築の研究では、人間福祉医工学研究部門と共同して、加齢効果と生活活動度を考慮に入れた心臓血管呼吸系の運動負荷応答を数理モデル化を行い、循環器系の状態の老化予測・診断システムの構築を目指して、運動負荷応答試験のセットアップを行い、予備実験として20代の被験者10名と60代の被験者10名に対して運動負荷実験を行い、心臓循環器系の加齢効果解析の基礎データを得た。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 加齢効果、加齢因子、蛋白質解析

〔テーマ題目7〕 医生物学基礎研究によるバイオストレスシグナルの解明とストレス疾患の新規診断・予防・治療法の開発（運営費交付金）

〔研究代表者〕 淀井 淳司（ヒューマンストレスシグナル研究センター石坂・淀井特別研究室）

〔研究担当者〕 石井 保之、広田 喜一、増谷 弘、西中由美子、近藤 則彦、山口 佳美、岡 新一、松尾 禎之、北野 博司（職員5名、他4名）

〔研究内容〕

1) GIF 結合分子（レセプター）の同定

チオレドキシシン（TRX）ファミリーに属する Glycosylation inhibiting factor（GIF）は、Macrophage migration inhibitory factor（MIF）のシステイン修飾体である。この GIF 特異的結合（MIF には結合しない）分子を2D ゲル電気泳動で同定し、遺伝子クローニングを行った結果、Semaphorin 4A の一部のみが単離された。

2) チオレドキシシン（TRX）標的分子（レセプター等）の単離・同定

京都大学ウイルス研究所生体応答学研究部門感染防御教室との共同研究で実施した。細胞外 TRX が、そのレドックス活性領域のシステイン残基を介して標的分子と結合する性質に着目し、1) TRX 改変体の作製、2) 標的分子の単離・同定、3) 標的分子を介したシグナル伝達機構の解析を行った結果、TRX-C35S 変異体が細胞内へ迅速に移行する現象を発見することができた（特許出願準備中）。

3) TBP-2/VDUP-1の研究

癌化における TBP-2の作用について、Cell Cycle の遅延と顕著な細胞増殖性の抑制を明らかにした（Nishinaka and Nishiyama et al. 論文準備中）。さらに Yeast two hybrid 法により TBP-2相互作用分子として核内機能調節に重要な分子を同定し、昨年度作製した TBP-2特異的ポリクローナルおよびモノクローナル抗体を用いて、その生理機能の解明を行っている。また、本年度はこの TBP-2のホモ遺伝子欠損マウス作製のターゲットベクターを作製した。

4) チオレドキシシン遺伝子制御機構の解析

環境化学物質メチルコランズレンによるアポトーシスの機構にチオレドキシシンと Map kinase kinase である ASK-1による制御が重要であることを明らかにした。TMX の生理機能解析のため、ゲノムクローニングを行った。

5) HIF-1の研究

昨年度までに gallate である *n*-propyl gallate (npg)、EGCG が非低酸素化においても HIF-1a の細胞内蓄積をもたらすことを見いだしていた。今年度、npg が HEK293細胞（腎臓由来）、Hep3B 細胞（肝臓

由来）、human umbilical vein derived endothelial cell (HUVEC) のいずれの細胞においても少なくとも10microM の濃度で HIF-1a の細胞内蓄積をもたらす下流のいくつかの遺伝子発現を促進することを見いだした。さらにこの HIF-1の活性化は npg が二つのクラスの低酸素センサーを直接に修飾した結果もたらされたことを証明した。HIF-1の活性の人為的な調節法の開発は世界中で行われている。抑制法の一つとして、我々は HIF-1a の TAD-C（アミノ酸配列が30程度）を細胞内に過剰発現すると効率よく HIF-1依存的な遺伝子発現が抑制されることを見いだした。この領域を thioredoxin と融合してさらに HIV の tat 由来の細胞への導入効率を上げる construct を作成し大腸菌で増産させ purify し細胞を用いて HIF-1の活性化の抑制効果を確認した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 Glycosylation inhibiting factor (GIF)、Thioredoxin (TRX)、TBP-2/VDUP-1、HIF-1、redox、oxidative stress

⑪【強相関電子技術研究センター】

(Correlated Electron Research Center)

(存続期間：2001. 4. 1～)

研究センター長：十倉 好紀

副研究センター長：赤穂 博司

総括研究員：赤穂 博司

所在地：つくば中央第4

人員：39 (12) 名

経費：267,050千円 (255,554千円)

概要：

既存のエレクトロニクスの延長では到達できない、革新的な量子材料・量子効果デバイスの創製を目的として、また近年急速に進展しつつある強相関電子物理の概念に基づいて、強相関電子系相制御技術、超格子物質・接合作製技術、強相関デバイスプロセス要素技術、強相関フォトンクス物質、量子位相制御理論、などの電子材料・電子技術を開拓する。

1) 巨大磁気抵抗、巨大磁気光学効果、光電応答型磁性物質（光金属・光磁石）創製など、従来の常識を越える、光・磁気・伝導結合型の新しい電子物性・電子機能の開拓。

2) 量子臨界相制御を中心とする、強相関電子系の新電子機能の探索、特に圧力および電界効果に基づく強相関系物性制御。

3) 広い波長域で超高速（テラヘルツ）応答をしめす、強相関フォトンクス材料・巨大光学応答材料の開拓・設計。

- 4) 人工格子強相関新物質の創製と接合・界面の新規物性・機能の開発。
- 5) 強相関電子系デバイスプロセス要素技術の開発と強相関電子デバイス構造プロトタイプの開発。
- 6) 強相関電子系の機能理論および量子位相の制御を中心とする強相関エレクトロニクスの原理提案。

発表：誌上発表61 (52) 件、口頭発表149 (73) 件、その他4件

強相関相制御チーム

(Correlated Electron Phase Control Team)

研究チーム長：橘 浩昭

(つくば中央第4)

概要：

2重秩序ペロブスカイト $\text{Sr}_2\text{CrReO}_6$ がスピンフィルター、スピン注入電極として有望な高 T_C ($=635\text{K}$) ハーフメタルであることを見い出した。A-site 秩序型マンガン酸化物において新しいタイプの電荷軌道整列パターンを見出し、ランダムポテンシャルが電子相関の量子ゆらぎとその CMR 効果に与える影響の重要性を明らかにした。中性-イオン性量子相転移の特徴を明らかにするとともに、DA 鎖間にも強いトランスファーを有する中性-イオン性相転移系を見い出した。ペンタセン薄膜 FET 素子にゲート電圧を印加しながら光を照射することにより、FET 動作する電圧の閾値を制御できることを見い出した。

研究テーマ：

テーマ題目 1

強相関物性チーム

(Correlated Electron Physics Team)

研究グループ長：高木 英典

(つくば中央第4)

概要：

圧力装置を駆使して、高温超伝導酸化物のストライプ臨界相において1軸圧力効果の劇的な面内異方性を発見し、また、Mn 酸化物の強磁性と電荷/軌道秩序の相競合と乱れの効果の検証した。その他、不純物をドーピングした量子スピン液体における新規な磁場誘起秩序の発見、強相関バナジウム酸化物における、量子振動の観測と異常なフェルミ面形状の発見、などの成果を挙げた。

電界効果のプロジェクトでは、平成13年度に得られた絶縁膜形成技術の最初の応用として、 SrTiO_3 をベースにした FET を作製し、動作させることに成功した。酸化物や有機物などのエキゾチック物質においてチャンネル抵抗が金属的な温度依存性を示すことを、世界でも初めて観測した。

研究テーマ：

テーマ題目 2

強相関フォトニクスチーム

(Correlated Electron Photonics Team)

研究チーム長：岡本 博

(つくば中央第4)

概要：

コバルト酸化物において、超高速の光誘起絶縁体-金属転移を見出した。強磁性を示すマンガン酸化物において、ポンプ・プローブ分光と光磁気カー効果の測定によって、光励起後の電子とスピンのダイナミクスをフェムト秒の時間領域で分離して検出することに成功した。軌道整列を示すバナジウム酸化物においてポンプ・プローブ分光測定を行い、軌道整列を光によって高速に変化させることが可能であることを示した。光誘起中性イオン性転移を示す電荷移動錯体において、分子の電荷移動量の変化と二量体化歪みのダイナミクスを分離して観測することに成功した。光励起によって電荷-格子結合系の集団的な量子振動が生じることを明らかにした。二次元銅酸化物の三次の非線形感受率スペクトルを精密に評価し、一次元銅酸化物の結果と比較することによって、巨大非線形光学応答の機構を明らかにした。

研究テーマ：

テーマ題目 3

強相関超構造チーム

(Correlated Electron Superstructure Team)

研究チーム長：川崎 雅司

(つくば中央第4)

概要：

(La, Sr) MnO_3 / SrTiO_3 / SrRuO_3 トンネル接合において、スピンバンド構造に対応したトンネル磁気抵抗の極性反転が観測できた。(La, Sr) MnO_3 (=A) と二種類のバンド絶縁体 SrTiO_3 (B), LaAlO_3 (C) を組み合わせ、ABCABC... と積層した三色超格子を合成し、その物性を調べた。B 及び C と A の界面ではスピン偏極構造が異なった変調を受けていることを明らかにした。前述の「三色超格子」において、巨大な非線形磁気光学効果を観測し、またその温度依存性から界面近傍の磁性を選択的にプローブする分析ツールになりうることを示した。(La, Sr) $_2\text{VO}_4$ 、(La, Ce) $_2\text{CuO}_4$ などの物質を薄膜単結晶化して金属・絶縁体転移付近の物性をフィリングの関数として精密に調べ、電子相図を明らかにした。 d^1 及び d^0 のシステムに電子ドーピングすることで、前者は金属に、後者は超伝導になることを明らかにした。Bi MnO_3 や Sm $_2\text{Mo}_2\text{O}_7$ など、特異なスピン・軌道構造を有する物質のエピタキシャル薄膜作製に成功した。

研究テーマ：

テーマ題目 4

強相関デバイスチーム

(Correlated Electron Device Team)

研究チーム長：赤穂 博司

(つくば中央第4)

概要：

デバイスプロセス技術：標準プロセス技術では、フォトレジスト条件の最適化による、トンネルデバイスおよび FET デバイスの再現性の向上。アドバンストプロセス技術では、70nm のチャンネル長電極構造をもつ偏極スピン注入型素子の作製技術の開発。強相関トンネルデバイス：下部電極薄膜の高品質化による La-Sr-Mn-O スピントンネル接合の再現性向上。また、YBaCuO 積層型接合と YBaCuO 配線を組み合わせた SQUID ゲートの開発に成功。強相関電界効果デバイス：アルミナをゲート絶縁膜とし、電極として Ti を用いた、SrTiO₃単結晶電界効果デバイス構造を作製し、MISFET 的特性が得られ、電子ドーピングに成功。強相関スピン注入デバイス：チャンネル長70nm のパーマロイ電極をもち、ペンタセンをチャンネル層としたスピン注入型有機デバイス構造の設計・試作、および FET 動作の確認およびスピバルブ的挙動の予備的観測。

研究テーマ：

テーマ題目 5

強相関理論チーム

(Correlated Electron Theory Team)

研究チーム長：永長 直人

(つくば中央第4)

概要：

SrRuO₃の第一原理バンド計算により実験と定量的に一致する $\sigma_{xy}(\omega)$ を得た。パイロクロア型酸化物 Nd₂Mo₂O₇の異常ホール効果の温度変化をスピカイラリティの揺らぎを考慮して半定量的に説明できた。CaB₆の高温強磁性を励起子凝縮の立場から磁気点群を用いて解析した。マンガンの電荷秩序に対して磁化曲線のスケールリング則を導き実験と良い一致を得、多重臨界現象が CMR の本質であることを示した。格子場と相互作用する励起子で局在・非局在状態が量子力学的に共鳴する領域のスペクトル構造を初めて明らかにした。モット絶縁体 RVO₃(R=La, Y) の軌道系がほとんど1次的に振舞うことを見出した。

研究テーマ：

テーマ題目 6

[テーマ題目 1] 強相関電子系相制御技術に関する研究 (運営費交付金)

[研究代表者] 橘 浩昭 (強相関電技術研究センター強相関相制御チーム)

[研究担当者] 十倉 好紀、長谷川達生、富岡 泰秀、熊井 玲児、堀内佐智雄、赤星 大介、岩住ひろみ、大串 研也
 (職員5名、他4名)

[研究内容]

強相関電子のスピン-電荷-軌道の各自由度を活用し、機能的に興味ある電子相の間の臨界状態を生成し、その制御手法を開発する。特に強磁性-反強磁性、金属(超伝導)-絶縁体、中性-イオン性など、伝導・磁気・光物性の劇的転換を伴う相転移物質・材料(遷移金属酸化物・カルコゲン化合物、有機 π 電子系物質)の開発を行う。これらを用いて、他チームとの共同により、電場・磁場・光などによる高速かつ入力敏感な相制御技術を開拓することを目標とし、(1) 2重秩序ペロブスカイト Sr₂CrReO₆がスピンフィルター、スピン注入電極として有望な高 T_c (=635K) ハーフメタルであることを見出した。(2) A-site 秩序型マンガ酸化物において新しいタイプの電荷軌道整列パターンを見出し、ランダムポテンシャルが電子相関の量子ゆらぎとその CMR 効果に与える影響の重要性を明らかにした。(3) 中性-イオン性量子相転移の特徴を明らかにするとともに、DA 鎖間にも強いトランスファーを有する中性-イオン性相転移系を見出した。(4) ペンタセン薄膜 FET 素子にゲート電圧を印加しながら光を照射することにより、FET 動作する電圧の閾値を制御できることを見出した。

[分野名] ナノテク・材料・製造**[キーワード]** 相転移、遷移金属酸化物、有機 π 電子系物質

[テーマ題目 2] 強相関電子物性の開拓に関する研究 (運営費交付金)

[研究代表者] 高木 英典 (強相関電子技術研究センター強相関物性チーム)

[研究担当者] 伊藤 利允、井上 公、竹下 直、寺倉千恵子、上野 和紀、Russo Peter
 (職員2名、他5名)

[研究内容]

量子臨界相の創成、電界効果トランジスタ (FET) ケミストリーを主なアプローチとして、エキゾチック超伝導・磁気伝導など強電子相関の生み出す新たな物性、電子機能を開拓することを主な目的とし、圧力装置を駆使して、高温超伝導酸化物のストライプ臨界相において1軸圧力効果の劇的な面内異方性を発見し、また、Mn酸化物の強磁性と電荷/軌道秩序の相競合と乱れの効果の検証した。その他、不純物をドーピングした量子スピン液体における新規な磁場誘起秩序の発見、強相関バナジウム酸化物における、量子振動の観測と異常なフェルミ面形状の発見、などの成果を挙げた。電界効果のプロジェクトでは、平成13年度に得られた絶縁膜形成技術の最初の応用として、SrTiO₃をベースにした FET を作製し、動作させることに成功した。酸化物や有機物などのエキゾチック物質においてチャンネル抵抗が金属的な温度依存性を示すことを、世界でも初めて観測した。

[分野名] ナノテク・材料・製造

【キーワード】量子臨界相の創成、電界効果トランジスタ (FET) ケミストリー

【テーマ題目3】強相関フォトニクス技術に関する研究 (運営費交付金)

【研究代表者】岡本 博 (強相関電子技術研究センター強相関フォトニクスチーム)

【研究担当者】岩井伸一郎、沖本 洋一、小笠原 剛、富本 慎一 (職員2名、他3名)

【研究内容】

低次元強相関電子系において、新規フォトニクス機能の探索を行う。具体的には、組成を精密制御した単結晶 (遷移金属酸化物、ハロゲン化物、有機電荷錯体等) および酸化物エピタキシャル薄膜において、光励起による超高速の光スイッチング現象や巨大非線形光学応答を探索することを目標に、(1) コバルト酸化物において、超高速の光誘起絶縁体-金属転移を見出した。(2) 強磁性を示すマンガン酸化物において、ポンププローブ分光と光磁気カー効果の測定によって、光励起後の電子とスピンのダイナミクスをフェムト秒の時間領域で分離して検出することに成功した。(3) 軌道整列を示すバナジウム酸化物においてポンププローブ分光測定を行い、軌道整列を光によって高速に変化させることが可能であることを示した。(4) 光誘起中性イオン性転移を示す電荷移動錯体において、分子の電荷移動量の変化と二量体化歪みのダイナミクスを分離して観測することに成功した。光励起によって電荷-格子結合系の集団的な量子振動が生じることを明らかにした。(5) 二次元銅酸化物の三次元非線形感受率スペクトルを精密に評価し、一次元銅酸化物の結果と比較することによって、巨大非線形光学応答の機構を明らかにした。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】超高速の光スイッチング現象、超高速の巨大非線形光学応答、光誘起モット転移

【テーマ題目4】超格子薄膜・接合作製技術に関する研究 (運営費交付金)

【研究代表者】川崎 雅司 (強相関電子技術研究センター強相関超構造チーム)

【研究担当者】澤 昭仁、山田 浩之、松野 丈夫、小高 秀文 (職員1名、他4名)

【研究内容】

強相関電子の界面学理の確立と新機能開発を主題として研究を行う。アプローチとして、(1) 原子平坦界面における物性研究とトンネル接合などを活用したデバイス開発と、(2) 薄膜エピタキシーによる格子歪みや準安定相物質の単結晶化がある。試料の磁気輸送現象、磁性、光物性、スピン・軌道秩序などを総合的に調べ、強相関新物質や強相関新デバイスのデザインによる具現化が可能なレベルに研究を進展させる。

平成14年度においては、(La, Sr)MnO₃/SrTiO₃/SrRuO₃ トンネル接合において、スピンバンド構造に対応したトンネル磁気抵抗の極性反転が観察できた。(La, Sr)MnO₃(=A) と二種類のバンド絶縁体SrTiO₃(B), LaAlO₃(C) を組み合わせ、ABCABC…と積層した三色超格子を合成し、その物性を調べた。B 及び C と A の界面ではスピン偏極構造が異なった変調を受けていることを明らかにした。前述の「三色超格子」において、巨大な非線形磁気光学効果を観測し、またその温度依存性から界面近傍の磁性を選択的にプローブする分析ツールになりうることを示した。(La, Sr)₂VO₄, (La, Ce)₂CuO₄などの物質を薄膜単結晶化して金属・絶縁体転移付近の物性をフィリングの関数として精密に調べ、電子相図を明らかにした。*d*⁰及び*d*¹のシステムに電子ドーピングすることで、前者は金属に、後者は超伝導になることを明らかにした。BiMnO₃や Sm₂Mo₂O₇など、特異なスピン・軌道構造を有する物質のエピタキシャル薄膜作製に成功した。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】薄膜エピタキシー、スピン依存トンネル分光、三色超格子、非線形磁気光学効果

【テーマ題目5】強相関デバイスプロセス技術に関する研究 (運営費交付金)

【研究代表者】赤穂 博司 (強相関電子技術研究センター強相関デバイスチーム)

【研究担当者】山田 寿一、佐藤 弘、石井 裕司、藤本 英司、小田川明弘、中島 勉 (職員3名、他4名)

【研究内容】

酸化物を用いた強相関電子デバイスの作製プロセスを新規に構築開発し、強相関電子デバイス学理に基づくデバイス雛型の構築、また、試作モデルに基づくデバイス機能の検証を行うことを目標に、(1) デバイスプロセス技術：標準プロセス技術では、フォトレジスト条件の最適化による、トンネルデバイスおよび FET デバイスの再現性の向上。アドバンスドプロセス技術では、70nm のチャンネル長電極構造をもつ偏極スピン注入型素子の作製技術の開発。(2) 強相関トンネルデバイス：下部電極薄膜の高品質化による La-Sr-Mn-O スピントンネル接合の再現性向上。また、YBaCuO 積層型接合と YBaCuO 配線を組み合わせた SQUID ゲートの開発に成功。(3) 強相関電界効果デバイス：アルミナをゲート絶縁膜とし、電極として Ti を用いた、SrTiO₃単結晶電界効果デバイス構造を作製し、MISFET 的特性が得られ、電子ドーピングに成功。(4) 強相関スピン注入デバイス：チャンネル長70nm のパーマロイ電極をもち、ペンタセンをチャンネル層としたスピン注入型有機デバイス構造の設計・試作、および FET 動作の確認およびスピバルブの挙動の予備的観測を行った。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】 La-Sr-Mn-O スピントネル接合、
金 YbaCuO 積層型ジョセフソン接合、
YbaCuO 積層型 SQUID ゲート、編極ス
ピン注文型有機素子構造

【テーマ題目6】量子位相制御理論に関する研究（運営
費交付金）

【研究代表者】永長 直人（強相関電子技術研究センタ
ー強相関理論チーム）

【研究担当者】Andrey Mishenk、小野田 勝、
妹尾 仁嗣（職員0名、他4名）

【研究内容】

強相関電子系の基礎理論を明らかにすることで、新しい原理に基づく伝導性、光学的、磁氣的機能を実現するための学理を確立し、同時に適切な物質系の提案を行う。具体的には、(1) 量子位相が現われるホール効果、ファラデー効果、磁気カイラル光学効果の設計。(2) 多重臨界点近傍の巨大応答の定量的理論。(3) 強相関電子系電荷移動励起子の非線形光学応答理論。などを行うことを目標に、SrRuO₃の第一原理バンド計算により実験と定量的に一致する $\sigma_{xy}(\omega)$ を得た。パイロクロア型酸化物Nd₂Mo₂O₇の異常ホール効果の温度変化をスピнкаイラリティーの揺らぎを考慮して半定量的に説明できた。CaB₆の高温強磁性を励起子凝縮の立場から磁気点群を用いて解析した。マンガン酸化物の電荷秩序に対して磁化曲線のスケーリング則を導き実験と良い一致を得、多重臨界現象がCMRの本質であることを示した。格子場と相互作用する励起子で局在・非局在状態が量子力学的に共鳴する領域のスペクトル構造を初めて明らかにした。モット絶縁体RVO₃(R=La, Y)の軌道系がほとんど1次的に振舞うことを見出した。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】量子位相、多重臨界点近傍の巨大応答、
スピнкаイラリティー

⑫【次世代半導体研究センター】

(Advanced Semiconductor Research Center)

(存続期間：2001. 4. 1～2008. 3. 31)

研究センター長：廣瀬 全孝

副研究センター長：河村誠一郎、金山 敏彦、

渡邊 修治、長谷川英一

総括研究員：金山 敏彦

所在地：つくば西7、中央第4、中央第2

人員：110 (29) 名

経費：1,430,621千円 (387,122千円)

概要：

本研究センターは、半導体 MIRAI プロジェクト

(NEDO 次世代半導材料・プロセス基盤技術開発プロジェクト)を遂行することが主なミッションである。

これを通じて、産業界からの技術的な要請に応え、最先端半導技術の究開を展開すると共に、その成果を広く世界に向かって発信する。時間的制約を十分に考慮しながら、科学的な知見に基づいた技術開発を展開し、実用的な成果を産業界に移転し、半導産業の発展に貢献することを目的とする。

当センターは、半導体 MIRAI プロジェクト遂行のために、技術研究組合超先端電子技術開発機構 (ASET) を通じて参加する民間企業25社からの研究者・技術者および20の大学研究室からの参加メンバーとともに、共同研究体を組織している。研究者は出身母体に関わりなく、研究テーマに対応する次の5つのグループに所属し、各グループリーダーの下で研究を行う。

外部資金：

経済産業省 経済産業省受託研究費「極端紫外線 (EUV) 露光システムの基盤技術開発事業」
(42,132千円)

経済産業省 経済産業省受託研究費「重点分野研究開発委託費 (印刷画像向きデータ圧縮方式の標準化)」
(30,048千円)

新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO 受託研究費「次世代半導体材料・プロセス基盤技術開発 (エネルギー使用合理化技術開発)」(141,330千円)

新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO 受託研究費「次世代半導体材料・プロセス基盤技術開発 (次世代半導体材料・プロセス基盤技術開発)」(488,768千円)

経済産業省 科学技術総合研究委託費「顕微光電子分光法による材料・デバイスの高度分析評価技術に関する研究 顕微光電子分光技術に関する研究 顕微システム技術の研究 内殻準位励起顕微システム技術の研究」
(461,159千円)

TCI 財団等受託研究費「都市エリア産学官連携促進事業 (安全・安心のための遠隔情報支援)」(38,050千円)

発表：誌上发表1 (1) 件、口頭発表140 (54) 件、
その他8件

高誘電率材料ゲートスタック技術グループ

(Gate Stack Technology with High-k Materials Group)

研究グループ長：鳥海 明

(つくば西、つくば中央第4、つくば中央第2)

概要：

半導体集積回路の微細化と高集積化を今後も維持し続けるためには、集積回路の中で電流を制御する役割を果たしているトランジスタのゲート絶縁膜を、1nm以下にまで薄くする必要があり、量子力学的なトンネル効果によるリーク電流が顕在化する。この問題を解決するには、誘電率の高い新しい材料、高誘電率 (High-k) 材料を採用する必要がある。High-k 材料を使うと、厚い膜を使っても電気的には膜を薄くしたことに等価になり、漏れ電流の抑制が可能になる。High-k 材料としては、ハフニウムやアルミニウムの酸化物などが有力な候補材料だが、使える厚さは高々5nm程度に限られる。そのため、このような新材料を使いこなすには、シリコンとの界面を乱すことなく、欠陥のない薄膜を形成する技術が必要となる。当グループでは、45nm 技術世代のトランジスタに必要な高誘電率ゲート絶縁膜や金属ゲート電極などのゲートスタック新材料とその形成プロセス、材料内部や界面の原子構造・欠陥の新計測法を開発している。また、新ゲートスタック材料で作製したトランジスタの特性評価とモデリングや信頼性に関する研究などを総合的かつ同時進行的に進めている。

研究テーマ：

高誘電率材料ゲートスタック技術の研究開発

低誘電率材料配線モジュール技術グループ

(Interconnect Module Technology with Low-k Materials Group)

研究グループ長：吉川 公磨

(つくば西、つくば中央第2)

概要：

集積回路の内部では、銅の配線が何層にも張り巡らされて、信号を伝達しているが、これを微細化すると、配線同士の距離が近くなるために、お互いの負荷が増して、思うようにスピードが上がらず、かえって消費電力が増えてしまう。この状況を避けるには、配線を支える絶縁材料を誘電率の低いものに、つまり低誘電率 (Low-k) 材料に置きかえねばならない。当グループでは、比誘電率2以下の超低誘電率で、配線構造形成に耐えうる機械的強度を持つ Low-k 新材料を、分子・ナノレベルの材料制御に基づいて開発することが目標である。均一な材料でこれだけ低い値を出すには限界があり、酸化シリコンなどに nm レベルの空孔を高い密度に導入した、多孔質材料の採用が必要となる。この絶縁膜は配線を支えるのが役目なので、必要な機械強度や加工プロセスへの耐久性を持たせることが課題で、多層配線モジュールを実現するために、超低誘電率多孔質新材料の開発と同時に、配線構造形成プロセス技術の開発を進めている。また、必要な分子・ナ

ノレベルの物性評価技術を開発している。

研究テーマ：

低誘電率材料配線モジュール技術の研究開発

新構造トランジスタ及び計測解析技術グループ

(New Transistor Structures and Measurement/ Analysis Technology Group)

研究グループ長：高木 信一

(つくば西、つくば中央第4、つくば中央第2)

概要：

当グループの目的は、45nm 技術世代以降の極微細トランジスタが直面する物理的・工学的限界を打破できる、新しいデバイス構造やプロセス技術の開発と、そのために必要となる原子スケールの計測技術の研究開発である。トランジスタの性能を上げるには、シリコンの材料限界をも超えることが必要となってきたが、シリコンよりも原子半径が大きなゲルマニウムを含む層の上にシリコンの結晶を成長させ、シリコンの結晶を引き伸ばすと、シリコンそのものを使いながら、電子や正孔の移動速度を上げることができる。当グループでは、この「ひずみシリコン」を絶縁膜上に形成したひずみ SOI (Silicon on Insulator) を作製する技術を開発し、これを使った回路試作で、普通のシリコンに作った回路に比べて動作速度が速くなることを実証した。また、微細化のためには、トランジスタ内部の不純物原子の分布を nm レベルの極めて高い分解能で計測しなければならない。この要求に応えるために、走査プローブ顕微鏡を用いて1個1個の不純物原子の位置を捕らえる技術やシリコンの応力分布を測定する技術を開発している。

研究テーマ：

新構造トランジスタ及び計測解析技術の研究開発

リソグラフィ・マスク計測技術グループ

(Lithography and Mask Related Metrology and Inspection Group)

研究グループ長：寺澤 恒男

(つくば西、つくば中央第2)

概要：

半導体集積回路の微細な構造は、回路パターンを光学的に縮小して焼き付ける、リソグラフィという方法で作られるが、微細化に伴って、パターンの寸法や形状を計測する技術にも、驚異的な精度が要求されることになる。当グループでは、0.5nm の精度でパターンの寸法を計測するために、原子間力顕微鏡 AFM (Atomic Force Microscope) を測長に使う技術を開発している。また、パターンが微細になると、リソグラフィのプロセスは、それだけ小さな欠陥やごみの微粒子の影響を受けることになり、これらを検出する技術も新たな開発が必要になる。リソグラフィに用いるマスクの欠陥検査を、高速・高精度で行うために、波長200nm 以下の連続発振レーザとこの波長に

対応したセンサの開発、および、収束した極端紫外線を用いて直径50nm程度の微粒子でも組成分析ができる技術の開発を進めている。

研究テーマ：

リソグラフィーマスク関連計測技術の研究開発、極端紫外線（EUV）露光システムの基盤技術開発、超高輝度 KHz プラズマ X 線源とその応用の研究開発、光電子スペクトル高度解析技術の研究

回路システム技術グループ

(New Circuits and System Technology Group)

研究グループ長：樋口 哲也

(つくば中央第2)

概要：

半導体集積回路を微細化し高集積化すると、どうしても信号の遅延や素子性能のばらつきが顕在化することが問題となっている。集積回路を作った後で、このようなばらつきの調整が可能となれば、極限まで性能を引き出すことができる。当グループでは、事後調整を許す回路構成技術と、このような調整を適応的に行う技術の開発を進めている。適応調整には、遺伝的アルゴリズムなどを使って、多くのパラメータを短時間で最適化する方法を用いる。デジタルシステムの内部では、それぞれの回路ブロックがクロック信号に従って同期をとりながらデータをやりとりし、複雑な情報処理を行っているが、もし、一つでも処理速度の遅いブロックがあると、そこでデータの流れが滞り、正常な動作ができなくなる。これを解決するために、信号の伝達時間を自由に遅らせることのできるプログラマブル遅延回路を導入し、自動的にタイミング調整する技術を開発した。この方法により、回路ブロックの処理速度にばらつきがあっても、限界まで高速に動作させることや、低い消費電力で動作させることが可能になる。このような調整技術が、さまざまな回路の性能向上に有効であることを実証することが、目標である。

研究テーマ：

回路システム技術の研究開発、印刷画像向きデータ圧縮方式の標準化

⑬【サイバーアシスト研究センター】

(Cyber Assist Research Center)

(存続期間：2001. 4. 1～)

研究センター長：中島 秀之

副研究センター長：橋田 浩一

総括研究員：橋田 浩一

所在地：臨海副都心

人員：31 (16) 名

経費：205, 259千円 (163, 777千円)

概要：

サイバーアシスト研究センターは、〈人間中心の情報社会〉の実現に向けて、将来ビジョンを構想し、基礎研究から要素技術の開発・統合、公共インフラや商用化の構想・基本設計、共同研究や技術移転のコーディネート、PR・啓蒙普及まで、幅広い活動に取り組んでいます。

モバイル機器、携帯電話などの情報通信機器や、ブロードバンド、無線 LAN などのネットワーク・サービスが急速に普及するなかで、〈どこでも〉〈いつでも〉ネットワークに繋がり、多種多量の情報をやり取りできる環境が広がっています。こうした環境は、最近では〈ユビキタス情報環境〉とも呼ばれています。しかし、真の〈ユビキタス情報社会〉を実現するには、〈いま〉〈ここで〉〈わたしが〉必要とするサービスが得られる環境が必要です。つまり、1人ひとりのユーザが抱くさまざまな情報への欲求が、ごく自然に満たされる、柔軟な環境が求められています。現在の〈情報社会〉には、そのような環境を現実のものにするためのビジョンが、まだまだ不足しています。

〈情報社会〉を支える技術やアイデアは、いまや地域や国を超えて、グローバルな競争・協調のなかで進化を続けています。日本の最先端技術もまた、その重要な一画を占め、数多くの貢献をしています。世界最高水準の技術資源・人的資源の蓄積をベースに、外部の研究機関・企業などの技術やアイデアを広く結集し、日本から世界へ向けて、21世紀の〈情報社会〉のビジョンを発信し、国際的なリーダーとしての役割を果たしています。

研究ビジョンの3つの柱

- 1) 実世界+デジタル世界=〈サイバー空間〉の創出
これまでの情報空間は、コンピュータを通してアクセスできるデジタルな世界に限定されていました。しかし将来は、デジタルな世界と実世界とを緊密に結び合わせる情報技術が、本質的に重要です。次世代への進化は、実世界を生きるあらゆる人々の、あらゆる生活の場面へと情報空間を拡張した〈サイバー空間〉の創出が鍵を握ります。〈サイバーアシスト〉という私たちのセンターの名称は、このような基本理念を象徴しています。
- 2) 機械と人間が〈意味〉と〈状況〉を共有する世界へ

サイバー空間とは、知的なセンサ網と制御システムによって、実世界とデジタル世界が統合された空間です。その実現には、「機械と人間とが、〈意味〉や〈状況〉を共有するための技術」が必要です。具体的には、(1) 位置にもとづく通信技術、(2) 知的コンテンツ、の2つの大きな研究テーマを柱としています。両テーマは深く関連し合いながら、〈無電源携帯デバイス〉〈空間光通信システム〉〈意味によ

る検索)など、既存の枠組みにこだわらない、テーマ横断型・異分野融合型プロジェクトを構成しています。

- 3) “他のどこにもない” 独自性と先駆性を追求する情報空間における〈意味〉や〈状況〉の研究は、従来、一方ではコンピュータ科学の分野で、他方では機械制御やロボット研究の分野で、それぞれに取り組みられてきました。両分野は、技術レベルでの相互交流や融合化研究は盛んに行われてきたものの、次世代情報社会のビジョンにもとづく戦略的な取り組みは、これまで例がありませんでした。世界で唯一、統合的なプロジェクトを推進している研究機関が、サイバーアシスト研究センターです。デバイス設計や情報インフラの規格設計から、共同研究コンソーシアムの組織化まで、独自性と先駆性の高い研究開発を追求し、着実な成果を挙げています。

外部資金：

発 表：誌上発表29 (23) 件、口頭発表37 (6) 件、
その他7件

デバイス研究チーム

(Device Team)

研究チーム長：伊藤日出男

(臨海副都心センター)

概 要：

位置に基づく情報サービスのための近距離測位通信システム (マイボタンシステム) を実現することを目的として、低消費電力携帯情報通信端末とその基地局である室内レーザレーダ測位通信装置の研究開発を遂行中である。測位と通信にはセキュリティとプライバシーの観点から、空間伝搬赤外光を用い、特に端末から基地局への通信は、端末に装備された再帰反射率変調通信モジュールによる光反射率変調通信により実現する。反射率変調通信の要素技術として、今年度はこれら個々の通信要素の特性改善を実施した。反射率変調素子としては、ポリマネットワーク液晶素子の光電気特性を明らかにし、動作電圧3V 以下、通信速度50bps 以上での無エラー通信を実現した。ビーム光を偏向する素子の微小化と低消費電力化を図るため、ガルバノメーターミラーによる偏向に換えて MEMS 技術による二次元偏向鏡を開発した。耳掛け型・カード型・ID 発信機能型等の低消費電力携帯情報端末 CoBIT (Compact Battery-less Information Terminal) を開発し、位置に基づく情報支援システムのプロトタイプを構築した。

研究テーマ：

テーマ題目 1

ソフトウェア研究チーム

(Software Team)

研究チーム長：森 彰

(臨海副都心センター)

概 要：

サイバーアシスト社会を実現するために必要なユビキタスコンピューティング環境を構成するためのソフトウェア基盤を開発することを目的とする。具体的には1) 組み込みコンピュータやセンサなどが、人手を介さず自動的にネットワークを構成し、その上でアプリケーションが必要な通信相手を探しながら自律的に協調動作するようなミドルウェアや、2) ユーザが日常生活での動作や語彙を用いて「自然な体感」をもって情報支援を受けられるための実世界ユーザインタフェース機能、などを主に開発する。開発にあたっては、相互接続性を重視したオープンプラットフォームの実現にこころがけ、ハードウェア開発メーカーとの協力を密に取りながら実社会での広範に受け入れられる技術を目指す。

研究テーマ：

テーマ題目 2

コンテンツ研究チーム

(Content Team)

研究チーム長：橋田 浩一

(臨海副都心センター)

概 要：

意味構造に基づく情報検索のインタフェースを改良し、速度を向上させ、検索に辞書を利用する技術を開発する。利用者の特性と状況に応じた情報支援技術の実現性を検討する。文書の意味構造化作業の効率を高める技術を開発する。インテリジェントコンテンツに関する国際標準化および普及のための活動を進める。WWW のプロキシを通じた成果の公開のため、インタラクティブなプレゼンテーションの技術を開発する。検索のインタフェース改良により、インタラクションの意味を明確化し、検索の効率を高めた。速度の向上と辞書の利用も今年度中に達成の見込み。情報支援利用者の特性を推定する方法を考案した。状況依存情報支援についてはデモシステムを作成した。文書の意味構造化作業を効率化する方法を考案した。インテリジェントコンテンツの国際標準化を進め、普及のための国内での組織作りを行なっている。インタラクティブなプレゼンテーションのための多文書要約技術を開発中。

研究テーマ：

テーマ題目 3

マルチエージェントチーム

(Multiagent Team)

研究チーム長：車谷 浩一

(臨海副都心センター)

概要：

ユビキタス情報環境によって実現される情報ネットワークへのアクセスとセンサー群による物理情報を利用して、様々な情報サービスを実現するためのエージェント群の枠組み（アーキテクチャ）を設計・実装する。具体的には、1) ユーザの状況に応じたサービス連携のためのアーキテクチャ、2) 群ユーザ支援すなわち集団としての人間群への情報支援技術、3) 災害時における情報支援インフラのシミュレーションと実装について研究開発を行う。

- 1) ユーザ・時空間推論・サービスエージェントからなる CONSORTS アーキテクチャにおいて、①ユーザ・機器・情報サービスを連携させて柔軟にユーザとのインタラクションを実現するシステム、②複数の情報サービスを連携させてユーザの曖昧な要求に応えられるナビゲーションシステムを設計・プロトタイプ実装した。
- 2) 群ユーザ支援の例題として、人流・交通流における情報提示の方法の差異による効果、デマンドバスにおける運行ルート生成の有効性をシミュレーションで検証した。災害救助における救助隊の派遣計画において、個別に学習したニューラルネットワークの出力をオークションのプロトコルで組合せるといふ機械学習の手法を開発し、またアドホックネットワークによる情報配信の有効性をシミュレータ上で確認した。

研究テーマ：

テーマ題目 4

アプリケーションチーム

(Application Team)

研究チーム長：西村 拓一

(臨海副都心センター)

概要：

位置に基づく情報支援を実現するために、空間測位光通信を用いた小型携帯情報端末の第一バージョン（無電源小型携帯情報端末：CoBIT）の研究開発をデバイス研究チームと共に進めた。光技術を利用して完全無電源でユーザとのインタラクションを可能とする携帯端末は本システムが唯一のものである。CoBIT およびより高機能な低消費電力携帯情報端末を用いた双方向のインタラクションによる知的情報支援システムの構築を目指し、各研究チームおよび他の研究機関、企業と連携しつつ研究開発を進めた。開発がほぼ完了した CoBIT の基本システムの事業化について、産総研イノベーションズの支援を受けベンチャー企業（サイバーアシスト・ワン）の設立準備を進めた。

研究テーマ：

テーマ題目 1

- 2) 歩行者情報支援のための情報端末の開発

[テーマ題目 1] 位置に基づく通信技術に関する研究
(アプリケーション研究チームと共同研究)

[研究代表者] 伊藤日出男 (デバイス研究チーム)

[研究担当者] 伊藤日出男、西村 拓一、山本 吉伸、松尾 豊、高木 朗、林 新、中村 嘉志、常盤 拓司、秋山 猛、山本 淳一、内山 明男
(職員8名、他8名)

[研究内容]

【目的】屋内のような距離10m 程度以内の閉空間において、健常者に限らず高齢者や障害者も含めたユーザに対して、その属性に基づく情報支援を常時実現するシステムを構築することを目的とする。このシステムはユーザのプライバシーの保持やセキュリティの維持に配慮できるところを特長とする。

【手段】属性にはユーザの位置、方向、言語、予定、性別、年齢、知識レベルなど様々な要素がある。研究目的の達成には、ユーザの属性に基づいてユーザの意図を正確に取得し、情報を提示していくシステムの構築が必要となる。そこで、低消費電力通信端末とその基地局およびそれらを支援するネットワークシステムの構築を目的として、空間測位光通信を主とした情報通信システムのための、およびそのシステムを用いた情報サービスシステムの研究と開発を実施する。

【方法】ユーザの保持する情報端末は低消費電力が要求されるため、無電源小型情報通信端末 CoBIT の研究開発を行う。情報環境は、位置・方向・言語・知識レベルなど各種の属性を持っているユーザに対して、無線通信を実現する技術の研究開発を行う。これら開発した要素技術に加えて、他の研究チームとの共同した研究によりネットワーク部分の構築を進める。

【年度進捗】

(1) 位置に基づく通信実装技術に関する研究

- ・無電源情報端末について、機器構成や回路構成を考慮して CoBIT の音質、音量、デザインの改良を行った。
- ・イヤホン型、ヘッドホン型、カード型、ブローチ型等の無電源情報端末を開発した。
- ・RF-ID タグを装備して個人情報に基づく情報支援を行う無電源情報端末を開発した。
- ・電池搭載でIDや押しボタン情報を光信号で送出し、音声情報を無電源で受信する携帯情報端末を開発した。
- ・レーザーダによるユーザの測位により、複数ユーザの中から特定のユーザを選択し、追跡することに成功した。
- ・高速ビジョンチップにより光通信端末の発信データの並列受信に成功した。
- ・動作電圧3V 以下のポリマーネットワーク液晶光変

調器の開発により、プロセッサの出力で直接駆動できる反射率変調空間光通信モジュールを開発した。

(2) 位置に基づく情報支援システムに関する研究

- ・複数カメラによる携帯端末の3次元位置・向き・合図の推定システムを開発した。
- ・情報支援プロトタイプシステムを開発中である。
- ・システムの製造販売・ライセンスを行うベンチャー企業の設立に向けて作業中である。

〔分野名〕 情報通信

〔キーワード〕 マイボタン、CoBIT、反射率変調通信、低消費電力、情報支援、イベント空間

〔テーマ題目2〕 ユビキタスコンピューティングを実現するためのオープンプラットフォーム UBKit の開発

〔研究代表者〕 森 彰（ソフトウェア研究チーム）

〔研究担当者〕 森 彰、橋本 政朋、泉田 大宗（職員3名）

〔研究内容〕

ユビキタスコンピューティングを実現するためのオープンなソフトウェアおよびハードウェアを産学官共同で開発する。Linux を搭載した超小型省電力マイコン、様々なソフトウェアが自律的に動作するためのネットワークミドルウェア、ユーザに負担をかけない実世界指向ユーザインタフェース、ユーザの匿名性を保つためのツール、等を公開されたハードウェアプラットフォーム上で統合してオープンソース開発している点は世界に類を見ない。

CF カード大の CPU モジュールを情報家電に取り付け、赤外線や音声による統合制御を可能にするシステムが開発中である。年度内にユーザインタフェース実証実験を行う予定であるが、特に異なる機器間でのデータの互換性とこれを利用した状況適応インタフェースが中心となる。コアとなる組み込み Linux プラットフォームに様々なジャケットを装着することで利用形態に特化した端末を得るための技術を開発する予定であるが、この中で我々が開発してきたユビキタスコンピューティングのためのミドルウェア UBKit (Ubiquity Building Toolkit) を用いる予定である。UBKit は各種センサを含む組み込みネットワーク上で様々な機器やソフトウェアが自律的に連携動作するためのミドルウェアを中心としたオープンソースツールであり、すでにホームページ上で一部が公開されている。UBKit は前述の情報家電ユーザインタフェース実証実験でも利用されており、マイクロサーバおよび情報家電統合制御装置上で動作するようになっている。UBKit を利用することでシステム構築の手間が大幅に軽減されるだけでなく、100台規模のデバイスが設定なしに完全自動で相互に動作しあうことが可能になる。マイクロサーバの開発については、企業との共同研究の成果が実際の試作機という形で実を結んだという点で大きく評価されていていいと考える。単に試

作にとどまらず、組み込みオープンプラットフォームの推進、情報家電実証実験という活動に結び付いており、今後の展開が期待される場所である。ユビキタス端末の開発についても、共同研究を産学官共同での外部資金獲得という形で大きく展開することができ、これは産総研のミッションとして重要であると考えている。UBKit の開発は、チーム独自の研究プランとして、組み込みネットワークにおける相互運用性を重視して始めたプロジェクトであるが、ユビキタスシステムの構築における困難さを克服するアーキテクチャ技術として有効であることが明らかになってきている。

〔分野名〕 情報通信

〔キーワード〕 ユビキタスコンピューティング、組み込みネットワーク、ミドルウェア、実世界指向インタフェース

〔テーマ題目3〕 インテリジェントコンテンツの研究開発

〔研究代表者〕 橋田 浩一（コンテンツ研究チーム）

〔研究担当者〕 橋田 浩一、松尾 豊、宮田 高志（職員3名）

〔研究内容〕

社会全体の知的生産能力を倍増させるため、情報コンテンツの意味構造を明示するアノテーションの枠組を標準化するとともに、その意味的アノテーションに基づく多様な情報サービスの技術を開発することにより、知識循環型社会の基盤を構築する。また、その一環として、意味構造を用いた情報サービス技術と位置に基づく通信技術とを組合せるための一般的な方式の確立を目指す。この目的を達するため、平成14年度には、意味構造に基づく情報検索のインタフェースの改良と速度の向上、検索に辞書を利用する技術の開発、利用者の特性と状況に応じた情報支援技術の実現性の検討、文書の意味構造化作業の効率を高める技術の開発、インテリジェントコンテンツに関する国際標準化および普及のための活動等を進めた。

情報検索に関しては、検索質問に含まれるキーワードの類義語・代替語を推測できることが検索における意味構造の主な効果であることを明らかにし、この効果を最適化するように検索のアルゴリズムおよびインタフェースを改良した。これは、意味構造とそれに応じた検索の文脈に依存して類義語の類似度を動的に調整する方法であり、検索効率の大幅な向上をもたらすことを確認した。検索エンジンの高速化については、企業のデータベース技術を用いて検索システムを実装することによって約10倍、アルゴリズムの改良によって約20倍の速度向上を実現した。また、国語辞典から一種のシソーラスを生成して検索に利用する方法の検討、および語の意味内容から国語辞典の中の語を検索するシステムの実装を進めている。

情報アクセスの履歴からユーザモデルを得る要素技術については、具体的なアルゴリズムを含めて構想をまとめ、実装と評価を行った。空間的移動と情報アクセスの履歴を統合する情報支援の全体的な枠組みについては、文献調査と共同研究者との議論を行いながら構想を練り、実際のデータを用いた解析を含めてこの枠組みの妥当性について検討した。屋内でのインタラクティブなナビゲーションについては、プランニング技術を用いた簡単なデモシステムを作成した。また、ナビゲーション技術、空間的意味と言語的意味の統合についての文献調査を進めた。さらに、デモシステムを利用しながら、可能な情報支援とその効果、および CoBIT 技術などと連携した屋内での実装について検討した。

国際標準化については、われわれが産総研において策定した GDA タグ集合に基づいて ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 (MPEG) に提案していた Linguistic DS を MPEG-7 の PDAM (Proposed Draft of Amendment) に組み込み、2003年の国際標準化に向けて順調に手続きを進めた。ISO/TC37/SC4においては標準化のための具体的な仕様の検討が2002年11月のワークショップで開始されたので、これに参加して、Linguistic DS を含む MPEG-7 の仕様について紹介し、MPEG-7 を含む他の標準との間での調整を行なった。

意味構造化支援技術については、支援ソフトウェアの改良版の仕様をほぼ決定し、言語データに関する構造化作業が高速化できる見通しを得た。新版のプロトタイプを試作した。部分的に構造化された入力を受け付けてその構造と両立する解析を行うように既存の自然言語の統語解析プログラムを拡張したが、既存のプログラムの拡張では十分な両立ができないことがわかった。この問題を解決するため、制約に基づく解析システムの内部仕様を設計した。

インテリジェントコンテンツの普及活動としては、コーパスの内容を配布可能な形に整備する作業を行った。言語データや関連ソフトウェア（言語資源）の収集・保守・拡張・改良・配布を行う組織としては GSK（言語資源共有機構）があるが、これまではそのような活動を行う態勢が整っていなかった。GSK を平成15年度から本格的に再始動するため、組織の再構築を進めている。

【分野名】情報通信

【キーワード】インテリジェントコンテンツ、ユーザモデル、状況依存情報提示

【テーマ題目4】マルチエージェントの研究

【研究代表者】車谷 浩一（マルチエージェント研究チーム）

【研究担当者】車谷 浩一、野田五十樹、幸島 明男、和泉 潔、太田 正幸、山下 倫央、篠田 孝祐、平塚 誠良（職員4名、他4名）

【研究内容】

- 1) ユーザ・時空間推論・サービスエージェントからなる CONSORTS アーキテクチャにおいて、①ユーザ・機器・情報サービスを連携させて柔軟にユーザとのインタラクションを実現するシステム、②複数の情報サービスを連携させてユーザの曖昧な要求に応えられるナビゲーションシステムを設計・プロトタイプ実装した。
- 2) 群ユーザ支援の例題として、人流・交通流における情報提示の方法の差異による効果、デマンドバスにおける運行ルート生成の有効性をシミュレーションで検証した。災害救助における救助隊の派遣計画において、個別に学習したニューラルネットワークの出力をオークションのプロトコルで組合せるという機械学習の手法を開発し、またアドホックネットによる情報配信の有効性をシミュレータ上で確認した。

【分野名】情報通信

【キーワード】エージェント シミュレーション

⑭【マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター】

(Research Center for Advanced Manufacturing on Nanoscale Science and Engineering)

(存続期間：2001. 4. 1～2008. 3. 31)

研究センター長：矢部 彰

副研究センター長：綾 信博

所在地：つくば東

人員：18 (7) 名

経費：75,299千円 (74,739千円)

概要：

本研究センターでは、ナノメーター・マイクロメーターオーダーの幾何学的構造やエネルギー状態等に起因する現象や効果を、工学的に有意義な機能としてマクロスコピックに発現するナノ機能構造体の製造技術の基盤を確立することを目的として、ナノ加工技術(超微細レーザー加工技術、レーザーアブレーション技術)と微細構造機能発現技術(機能付加工技術、ナノ粒子技術、集積・デバイス化技術)を融合させたナノスケール加工プロセス技術の研究開発を行う。またその一層の高度化のため基礎となる各種現象の解明、原理・手法の確立、計測、評価を行う。これらを達成するために、平成14年度は、以下の3つの重点項目を設定した。

1) 微粒子応用微細機能構造体創製プロセス技術

ナノ構造の機能の相関を実証してナノテクノロジーの産業技術化に貢献すべく、量子的機能を発現する微細構造体(機能デバイス)をナノメートルオーダーの微粒子(ナノ粒子)を応用して作製するプロ

セス技術を開発する。このためサイズ、組成、構造が厳密に制御されたナノ粒子のレーザーアブレーションを用いた作製技術、および、このナノ粒子を集積して機能構造体を形成する技術を開発するとともに、プロセスの最適化制御のために、計測・解析技術を開発する。

2) 精密形状のナノスケール加工・評価技術

精密形状加工技術の発展に資するため、ナノメートルオーダーの精度を持つ型材料等として注目されているセラミックスの超精密加工プロセス及び非接触形状計測の両基盤技術を確立することを目的とする。高脆材であるセラミックスの表面状態をレーザー照射と高分子吸着で制御し、ナノスケールの精度で加工するための基盤技術を開発するとともに、加工現場のような測定環境においても、高速、高精度かつ非接触に加工した形状を計測可能な光干渉計技術を開発する。

3) マイクロ・ナノスケール機能構造創製技術

量子効果やマイクロ・ナノ構造やサイズに起因して発現する機能・効果を工業的に利用し、社会に貢献するために、マイクロ・ナノ機能を発現させるためのナノ製造技術及び機能を広域に発現させる技術を研究・開発する。このため、マイクロ・ナノスケールの新たな機能構造の創製のための、微細レーザー加工の要素技術開発を目標とし、高集光長焦点深度ビーム利用微細加工技術と、レーザーの温度安定化のための高熱流束除去技術の開発を行う。また、ナノ構造の高度利用に向けて、ナノ分散系の機能発現・制御を目標とし、ナノスケール気泡の機能発現、ナノ物質の高分解能分級・計測技術の開発を行う。

発表：誌上发表10 (10) 件、口頭発表23 (7) 件、その他2件

マイクロ・ナノ機能研究チーム

(Quantum and Molecular Engineering Team)

研究チーム長：松岡 芳彦

(つくば東)

概要：

適用範囲の広いナノマニュファクチャリング技術の中核として、レーザー微細加工技術を確立すべく、レーザーアブレーション技術等を活用した研究開発を行っている。具体的には、レーザーアブレーションによりサイズ、組成、構造が厳密に制御されたナノ粒子のレーザーアブレーションを用いた作製技術、および、このナノ粒子を集積して機能構造体を形成するプロセス技術を開発している。また、このプロセスのために開発してきたナノ粒子制御技術を、ナノ物質の高分解能分級・計測技術として展開している。一方で、レーザーアブレーション等による固体側の加工における微

細化を目指して、超解像技術を用いて長焦点深度の微小集光径ビームを生成して用いる加工技術を開発している。

研究テーマ：

テーマ題目1、テーマ題目3

機能付加加工研究チーム

(Nanoscale Machining Team)

研究チーム長：加納 誠介

(つくば東)

概要：

マイクロ・ナノスケールの現象を利用したナノメートル精度の3次元形状の精密加工技術の研究を行っている。具体的には、精密光学部品の成形用型材料や半導体集積素子材料として注目されているセラミックスを対象として、脆性材料に対する高効率、かつ、超精密加工プロセスの開発を行っている。また、被加工物の形状を精密に計測評価するため、加工現場のような測定環境においても、非球面形状を高速、高精度かつ非接触に計測可能な光干渉計技術を開発している。

研究テーマ：

テーマ題目2、テーマ題目1

【テーマ題目1】微粒子応用微細機能構造体創製プロセス技術に関する研究

【研究代表者】綾 信博

【研究担当者】加納 誠介、瀬戸 章文、平澤 誠一、折井 孝彰、河野 正道、崎山 要、Tatiana N.Zolotoukhina (職員3名、他4名)

【研究内容】

ナノテクノロジーの産業技術化に貢献すべく、量子的機能を発現する微細構造体(機能デバイス)をナノメートルオーダーの微粒子(ナノ粒子)を応用して作製するプロセス技術を開発することを目的として、サイズ、組成、構造が厳密に制御されたナノ粒子のレーザーアブレーションを用いた作製技術、および、このナノ粒子を集積して機能構造体を形成する技術を開発するとともに、プロセスの最適化制御のために、計測・解析技術を開発する。具体的には、①次世代のナノスケール加工技術の基盤技術として、高エネルギー密度のレーザーを用いて、1~50nmの任意の粒径で、粒径分布の幾何標準偏差 σ_g が1.2以下である、高純度で均一な粒径・構造のナノ粒子を作製する技術を開発する。②次世代スピニエレクトロニクス素子等の設計等に寄与すべく、理論予測と構造から生じる電子・スピン機能との比較・実証を広く可能とするための自由度・制御性・拡張性に優れたプロトタイプピンギング技術として、直径5-20nmの金属及び磁性半導体/酸化物二重構造粒子を作製してこれを集積する複合ナノ構造形成技術を開発する。

14年度の進捗は以下のとおりである。

①-1) 高効率荷電技術(ナノ粒子選択分離技術): 粒子を DMA (電気移動度分級装置) により分級する技術を実用化するためには生産性が課題となることから、ナノ粒子を汚染・破壊せずに高効率に荷電させるための、イオンビームを用いた新しい荷電法を開発した。ヘリウム陽イオン(He⁺)を集束系、差動排気系を介して、加速エネルギー5keVで超微粒子を含む流れに照射するシステムを採用し、装置構造を最適化することで、最終的に、レーザーアブレーションによる自然荷電及び放射性同位体を用いた平衡荷電と比較して2~50倍の荷電微粒子電流の増加が得られた

①-2) シリコンナノ結晶被膜の作製と光機能評価: シリコンナノ結晶被膜の作製と光機能評価: レーザーアブレーションで生成したシリコン超微粒子を DMA で分級後に堆積し被膜化することで、直接堆積膜と比較して極めて均質な堆積膜が得られたが、粒子の結晶性が必ずしも完全なものではなく、さらに粒子の一次粒径に不均一が生じる問題点が明らかとなった。そのためガス中で粒子を短時間アニールする技術を開発して、約1~2nmの酸化膜で覆われたシリコン単結晶・単分散超微粒子(粒径: 3~10nm)を制御性良く作製できることを示した。この粒子を堆積した被膜から、粒子サイズに依存する半値幅の極めて狭い発光を、可視光領域で室温中に明瞭に観測することに、レーザーアブレーションプロセスで作製した粒子として初めて成功した。

①-3) フラーレン被膜作製: フラーレン被膜作製技術: C60に代表されるフラレン類を量産可能な技術として、連続発振の高出力炭酸ガスレーザー(1kW以上)を粉体ターゲットへ照射するプロセスの開発を試みた。フラレン類を含む超微粒子の生成を紫外可視分光分析により確認した。さらにノズル直後に基板を置き、フラレン含有薄膜生成を試みた。顕微ラマン分光分析法により、局所的ではあるがフラレン含有被膜を作製できたことを確認できた。

② 複合構造ナノ粒子の作製: 多元系・複合構造均一粒子を電気移動度分級法の援用により作製するためのナノ構造作製装置を設計・製作した。この装置を用いて、電子・スピン機能が構造により変化することが期待される、Ni/NiOのコア・シェル構造粒子を作製した。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] レーザー、レーザーアブレーション、ナノ粒子、シリコン粒子、フラレン

[テーマ題目2] 精密形状のナノスケール加工・評価技術に関する研究

[研究代表者] 加納 誠介

[研究担当者] 山内 真、志村 洋文、井上 尚志
(職員3名、他1名)

[研究内容]

精密形状のナノスケール加工技術の発展に資するため、ナノメートルオーダーの精度を持つ光学部品成形用型材料や半導体集積素子材料として注目されているセラミックス(WCやSiC)を対象として、脆性材料に対する高効率、かつ、超精密加工プロセス及び非接触形状計測の両基盤技術の確立を目的とする。

DVD用ピックアップレンズ等精密な光学部品に対するニーズは今後ますます増加する傾向にあり、これを成形加工するための型材料の加工に対する高効率化・高精度化の要求が高まっている。しかしながら、一般に型材料であるセラミックスは機械加工が難しく、また加工された型形状の計測技術も十分ではないため、市場の要求を満足できる状況とはなっていない。

そこで本研究では、①高脆材であるセラミックスの表面状態をレーザー照射と高分子吸着で制御し、ナノスケールの精度で加工するための基盤技術を開発するとともに、②加工現場のような測定環境においても、高速、高精度かつ非接触に加工した形状を計測可能な光干渉計技術を開発する。

現在、セラミックス型の加工は、ダイヤモンド砥石を用いた超精密研削技術を用いて行われており、加工精度は約100nmである。またピックアップレンズのように曲率の大きな非球面形状を測定するのは、光干渉法で約60nmの計測精度であり、揺らぎなどが存在するオンマシン状態で上記の精度を満たすことは難しい状況である。本研究開発成果の適用範囲は広く産業的に有用な基盤技術を提供することが出来ると期待される。特に、応用分野として重要であるブルーレーザー用ピックアップレンズでは、非球面形状の加工精度25nm、計測精度10nmが要求されている。本研究開発では、この値を実現することを、精密形状のナノスケール加工・評価技術の研究開発目標として設定し、実用に役立つ国際的にも高い技術レベルの研究開発に挑戦する。

14年度の進捗は以下のとおりである。

- ① ケモメカニカル効果利用超精密加工技術: 精密形状加工の高効率化及び高精度化に貢献するケモメカニカル効果を顕著に発現させるため、ケモメカニカル効果をより大きく発現するか加工液を探索すると共に、レーザークリーニングによるセラミックスの表面清浄化を図った。また、表面状態や表面近傍の組成について分析し表面清浄に適したレーザー条件を明らかにした。さらに、このような表面に高分子を吸着させ、硬さ測定を行った。その結果、アブレーションを起こさないエネルギー密度のレーザー照射によって、表面のカーボンコンタミを削減でき、このときの酸化層がレーザー照射前と同程度であることがわかった。このクリーニング条件で水やデカノールで表面を覆った場合の表面近傍約300nmまでの硬さは80%程度まで低下した。
- ② 精密形状のナノスケール評価技術: オンマシンでのナノスケール形状計測を目的に、非接触形状計測技術

において、空気揺らぎにより生じる測定誤差を定量的に評価する手法を開発すると共に、空気揺らぎによる測定誤差低減方法を実証した。具体的には、高速位相変調法を用いた光干渉計により、空気揺らぎによって生じる光波面の位相変化を測定し、測定誤差の時間的、空間的依存性評価を行った。位相シフト法により形状計測することを想定し、必要な干渉縞画像（通常3～10枚）を取り込む周波数に対する空気揺らぎの大きさを調べた結果、空気揺らぎが存在しても、サンプリング周波数を数百 Hz 以上の高速にすれば、その影響をほとんど受けずに高精度測定が可能なることを明らかにした。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 超精密加工、超精密計測、光干渉計測、ケモメカニカル効果、セラミックス型

〔テーマ題目3〕 マイクロ・ナノスケール機能構造創製技術の研究

〔研究代表者〕 矢部 彰

〔研究担当者〕 松岡 芳彦、瀬戸 章文、河野 正道、大場 正和、田中 靖人、後藤 瑞希、水島 隆成（職員3名、他5名）

〔研究内容〕

ナノサイエンス・ナノエンジニアリング領域の研究開発が世界的に活発であり、量子ドット、ナノワイヤやカーボンナノチューブ等、量子効果やマイクロ・ナノ構造に起因する機能に関する研究が精力的に行われている。

これら量子効果やマイクロ・ナノ構造やサイズに起因して発現する機能・効果を工業的に利用し、社会に貢献するためには、現象の解明のみでなく、マイクロ・ナノ機能を発現させるためのナノ製造技術の開発・確立およびマイクロ・ナノ機能を広域に発現させる技術の研究・開発が重要であり、本センターはこの実現を主目的としている。

本センターの重要課題「マイクロ・ナノスケール機能構造創製技術の研究」では、①マイクロ・ナノ機能発現のためのレーザー微細加工技術開発として、1) $1\mu\text{m}$ 以下の微細レーザー加工の要素技術開発を目標とし、高集光長焦点深度ビームを用いる微細加工技術、2) レーザーの温度安定化のための接合構造およびクラスレート利用熱流束除去技術の開発を行う。また、②実用化に向けたマイクロ・ナノ機能広域発現技術開発として、ナノ分散系の機能発現・制御を目標とし、1) ナノスケール気泡の機能発現、2) ナノ物質の高分解能分級・計測技術の開発を行う。

14年度の進捗は以下のとおりである。

①-1) 高集光長焦点深度ビームを用いる微細加工技術：ビームの高集光長焦点深度特性、液体中等および材料の深さ方向の加工現象の数値検討のために数値解析コードを作成し、従来型集光ビームに対する、高集

光長焦点深度ビームの優位性を数値解析により検証して、実証実験の準備を進めた。

①-2) ペルチェ効果を利用する高熱流束除熱技術：金属の仕事関数の差を利用する静電冷却法の実証研究を実施し、仕事関数の影響を実証した。また、常温のクラスレートを活用する温度均一化方法を、実験的に検討し、TBAF を活用する温度均一化法を、基礎的に実証した。

②-1) ナノスケール気泡の機能発現：ナノバブルによる高機能低環境負荷洗浄技術の実現を目指して、ナノバブルの発生特性に及ぼす、溶存気体量の影響、超音波強度の影響を明らかにした。

②-2) ナノ物質の高分解能分級・計測技術：微粒子応用微細機能構造体創製プロセス技術開発において培った技術ポテンシャルをベースに、DMA（電気移動度分級装置）利用技術として、気体中の微量ガス・イオンの計測を目的とする技術開発を開始した。今年度はその初年度として、気体状試料のイオン化制御法の開発に着手した。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 レーザー微細加工、ナノスケール気泡、冷却素子、イオン計測

⑮【ものづくり先端技術研究センター】

(Digital Manufacturing Research Center)

(存続期間：2001.4.1～)

研究センター長：小島 俊雄

副研究センター長：森 和男

総括研究員：森 和男

所在地：つくば東

人員：19 (14) 名

経費：685,640千円 (173,639千円)

概要：

本研究センターでは、機械部品製造におけるものづくり力強化を目的に、加工技能のデジタル化技術として、信頼性の高い、高精度の広範囲な加工技術情報のインターネット上への集積及び集積情報の活用に関する技術、また、設計製造業務における製品情報の共有・交換・保存を可能にする基盤となるプラットフォーム技術の研究開発を実施する。

わが国の中小製造業は、優れた作業者の技能と高度な新技術が相互に刺激しあい持続的な創意工夫を生み出すことによって、高いものづくり力（開発・製造力）を保ってきた。しかしながら近年、その競争力の低下が危惧されている。そこで、経験や勘によって個人に蓄積されている技能を再現できるデジタル情報に置き換え、IT によって新たな付加価値を加えることによ

って、中小製造業のものづくり力を維持・向上させるための技術開発が強く求められている。

本研究センターでは、「ものづくり・IT 融合化推進技術の研究開発」を中小企業庁 NEDO より受託している。本プロジェクトは、「加工全般にわたる技能の技術化に関する研究開発」と「設計・製造支援アプリケーションのためのプラットフォームの研究開発」の二つの開発課題（サブテーマ）で構成されている。前者は機械部品の加工全般を対象に、加工技能を技術化するための研究を行い、加工条件データベース、加工時事例データベース、データベース活用機能としてインターネットで公開する。後者は中小製造業の技術者自ら、設計製造支援アプリケーションソフトウェアを独自に開発、変更することを可能とするプラットフォームの開発と、PDQ チェッカーなど実用性の高いアプリケーションの開発を実施する。

外部資金：

経済産業省中小企業庁「ものづくり・IT 融合化推進技術の研究開発」

発表：誌上発表13(12)件、口頭発表54(11)件、
その他12件

加工技術研究チーム

(Machining Engineering Research Team)

研究チーム長：今村 聡、尾崎 浩一

(つくば東)

概要：

切削、研削、研磨加工分野を対象に、以下の内容の研究開発を実施する。

中小製造業の技術者が必要とする加工技能、知識、技術に関するデータを提供する「加工条件データベース」と「加工事例データベース」を開発するとともに、それらのデータを利用目的に応じて的確、且つ理解しやすい形式で提供する「データベース活用機能」の開発を進める。

加工技能・知識の形式モデリング手法の開発を進める。加工条件／加工事例データベース、データベース活用機能、形式モデリング手法による加工技能・知識モデル化のそれぞれの機能を総合して加工技術データベースを構築し、企業との共同開発による実用性の実証・評価を行う。

研究テーマ：

テーマ題目 1

システム技術研究チーム

(Systems Engineering Team)

研究チーム長：松木 則夫

(つくば東)

概要：

中小企業がそれぞれ独自の設計・製造支援システムを構築することを可能とするため、様々なものづくり支援ソフトウェアの開発、カスタマイズを容易に行えるソフトウェア開発実行環境と、CAD/CAM を含むソフトウェアシステム開発に利用可能なソフトウェア部品（コンポーネント）が準備された、設計・製造支援アプリケーションのためのプラットフォームを開発する。

システム構造、構成等に関する規約を整備し、コンポーネントバス上でのインターフェース表現として実装する。ソフトウェア開発においては、GUI 基本機能、表示基本機能、図形検証機能のライブラリおよび「3次元形状情報の品質確認機能」、「製品モデル情報管理機能」、「設計変更情報の管理・通知等機能」を開発し、企業による総合評価、実用化のための調整を行う。

研究テーマ：

テーマ題目 2

成形技術研究チーム

(Metal Forming Team)

研究チーム長：大橋 隆弘

(つくば東)

概要：

成形、付加、改質加工分野を対象に、以下の内容の研究開発を実施する。

中小製造業の技術者が必要とする加工技能、知識、技術に関するデータを提供する「加工条件データベース」と「加工事例データベース」を開発するとともに、それらのデータを利用目的に応じて的確、且つ理解しやすい形式で提供する「データベース活用機能」の開発を進める。

加工技能・知識の形式モデリング手法の開発を進める。加工条件／加工事例データベース、データベース活用機能、形式モデリング手法による加工技能・知識モデル化のそれぞれの機能を総合して加工技術データベースを構築し、企業との共同開発による実用性の実証・評価を行う。

加工技術データベースはインターネット上に公開し、中小企業による評価を基に改良開発を実施する。

研究テーマ：

加工全般にわたる技能の技術化に関する研究開発

[テーマ題目 1]「加工全般にわたる技能の技術化に関する研究開発」中小企業庁・NEDO 受託研究

[研究代表者] 今村 聡、尾崎 浩一（加工技術チーム長）、大橋 隆弘（成形技術チーム長）

[研究担当者] 碓井 雄一、リアボフ オレグ、伊藤 哲、澤井 信重、藤瀬 健領、岡根 利光、廣瀬 伸吾、瀬渡 直樹、

清宮 紘一、江塚 幸敏、高下 二郎、
河西 敏雄、土井 修典、斉藤 強、
原田 典、レベレフ マキシム、
篠崎吉太郎、小林 秀雄、松田 五明、
北原 繁

〔研究内容〕

研究目的

鑄造の加工事例データベースとしては、鑄造事例、欠陥改善事例20件の集積を行った。また湯流れ欠陥の予測と注湯条件の最適化を図るために、鑄造企業7社との共同実験を行い実用鑄造合金であるアルミ合金2種、銅合金1種について渦巻き状試験鑄型を用いて流動停止温度を評価しデータベースを構築した。データベース活用機能として、鑄造技術シミュレーションを開発している。これは、①熱物性値シミュレータ、②主要合金について合金熱物性値、流動停止温度、砂型の熱物性値のデータベース化の推進、③ポロシティの発生過程をモデル化した計算システムを開発を行った。アルミ合金2種、銅合金1種については実験終了し、湯流れ欠陥の原因推定を可能にした。

鍛造分野においては、①高精度化技術②型の長寿命化③鍛造欠陥に関する情報収集を行い、加工条件データベース・加工事例データベースとしてデータ集積を実施した。平成13年度より実施した試加工により企業固有のベンチマークテストによる品質傾向を調査する事例調査を継続し、あわせて15社の比較を行なった。型寿命事例データから型寿命の予測・短い型寿命の原因推定・解説を行うデータベース活用機能の開発に着手した。鍛造欠陥の予測・原因推定機能、変形抵抗データベース、冷間鍛造の工程設計を支援する機能について開発を進めた。

金属プレスのデータベース化と技能の技術化を進めるため、論文103件、特許173件の加工事例データを収集した。データベースの再現性・安定性を向上させる金型技術をデータベース活用機能と併せて開発するために型の荷重分布・変位の測定装置を完成させ、インプロセスにおける型変位、荷重の変化について調査している。ロスコア側方押出しに関して、加工事例3件、加工条件3件をデジタル化した。

射出成形は加工事例を5件収集した。業界標準となる薄肉バーフロー成形のL/T（流動長/厚み）試験により、材料種、成形機種の違いが成形性に与える影響についてデータ集積を開始した。

切削については、加工実験による加工データとして、機差関連の加工データ72件、エンドミルの寿命特性の評価実験40件、計112件のデータを収集しWEBから利用できる形に整理した。既存の加工条件データ収集に関しては、文献調査により切削工具摩耗経過曲線・VT線図を中心としたデータを295件収集整理した。教育的データベースとして30件の解説データを作成した。切削事例データ、切削工具データを対象に絞り込み検索機能を開

発した。これは、検索条件によるデータの有無を視覚的に表示し、データ全体の分布を俯瞰的に示し、必要に応じてより詳細なデータの表示を可能とする技術である。人間のフィーリングや勘などの主観を系統的に評価できるAHP法を活用し、技能者がもつ加工条件を設定する際の勘やコツを作業者が習得するための熟練技能者技能分析手法を、切削加工条件の設定を対象として検討した。ドリル加工を対象に、技能者の技能分析を行ったところ、「ドリル寿命」には「切削環境(切削油の有無)」の影響が最も大きく、二番目の「回転数」より2倍ほどコントロールしやすく、また、「回転数」は「ドリル寿命」をコントロールするが他の評価基準にはほとんど影響しないと考えていることなどがわかるなど、AHP法により、作業者の加工時のコツやポイントを定量的に明確にすることが可能になった。

ユーザが自分の工作機械の機差を考慮した加工条件の選定ができるように、機差を簡単に調べることのできる機差簡易測定法を開発し、公設試の協力のもと、複数のマシニングセンター、フライス盤での切削実験結果を実施し、その機差評価手段としての有効性を実証した。研削加工条件データについては鉄系材料については既存データを20件以上、難加工材についてはインコネルを用いて研削実験を行い、5件以上、加工事例データについては、企業より研削加工改善事例などの加工事例を30件以上収集した。UML表現を用いた加工トラブル事例の記述として、研削加工事例を分析し、技能のモデル化を行った。数種類の事例から関連するものを分析すると多くの事例に適用できる解決策を見出せることを確認した。同様の手法で鍛造、切削、レーザー除去についても技能のモデル化事例を作成してテンプレート化した。

研磨加工分野では研磨加工事例の収集を研磨ワーキンググループの活動を通じて大学および研究機関に蓄積されているものを対象として行い、加工事例データベースとして350件のデータを整備した。また加工条件データベースは、昨年度のアンケート調査の結果を反映し、ステンレス鋼を中心としてアルミ材、チタン材などを加えた構成とし、電解砥粒研磨法について155件の実験データをデータベースとして整備した。さらに、研磨加工全般について、教育的解説と研磨関連の用語説明集を作成し、上記データベース上に整備した。

レーザー切断をはじめとするレーザーを用いた切断、穴あけ加工、微細除去加工などの除去加工に関する情報収集および実験を継続的に行った。平成13年度当初より0.5~6mm厚の薄板および中厚板について実験を行った。加工実験では、軟鋼、ステンレス鋼の切断面あらさやドロス付着などの切断特性を示せる基礎データを、連続波のCO₂/YAGレーザー切断加工について総加工条件数2072件を実験収集し、公開データとしてグラフ数150件にまとめた。

レーザー溶接について、文献及び企業に対する調査と

加工実験によりレーザー溶接加工に関するデータモデルの基本設計を行った。加工実験では、軟鋼、ステンレス鋼の溶込み深さや溶接欠陥の発生などの溶接特性を示せる加工事例データを連続波の CO₂/YAG レーザーについて、総加工条件数468件、グラフ数184件を収集し、公開データとしてまとめた。

アーク溶接では、体系的なデータベース構築の観点から、従来の高合金とステンレスの異材溶接に焦点を絞り込んだ。施工条件計算に用いる基礎実験として、平成13年度に定めた実験仕様に基づいて、ステンレス及びインコネルのビードオンプレート事例75件を蓄積した。溶接事例データベースとして、インコネル、ハステロイ合わせて24件を作成した。また、作業標準（手順書）の欠陥事例について、6件の事例を作成した。

めっきでは、電気めっきによるニッケルについて、文献データを精査し、収集。現在、機械特性に関するデータとして、加工条件200件、加工事例30件収集し、公開データとして20件まとめた。また、アニメーションを使った初心者にもわかりやすい解説ホームページを作成し、上記データと共に公開した。

物理・化学蒸着では、TiN および DLC についての物理・化学蒸着に関わる文献調査を行い、加工条件10件、加工事例10件収集した。

溶射では、プラズマ溶射の機械特性、被膜特性に関するデータについては WG 委員会活動と文献データ調査により収集した。機械特性については現在、加工条件60件、加工事例200件収集し、公開データとして30件まとめた。アニメーションを使った初心者にもわかりやすい解説ホームページを作成し、上記データと共に公開した。

加工データベース活用システムの一つとして、加工間データ連携のための突合せ検索技術を開発した。突合わせ検索とは2つ以上の技術トピック間を繋ぐ関係情報をデータシートの検索の形で発見する仕組みである。例えば、ユーザが指定したある『切削加工条件』に関するデータシートと材料『硬さ』に関連するデータシートから、データシート間を連繋する新たなデータシート、例えば『結晶粒度』関連のデータシートといったユーザにとっては新しい有用な技術情報（データシート）を検索するものである。本検索機能の実現のためには、データシート毎に用語と意味との対応関係の同一性の保証の範囲を宣言しなければならない。これらのメカニズムを XML および RDF 技術を用いて技術文書に組み込み、厳密に関係のあるものについて、要素技術を辿ることを可能とした。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 データベース、加工、検索技術、技能の技術化

【テーマ題目2】 「設計・製造支援アプリケーションのためのプラットフォームの研究開発」中

小企業庁・NEDO 受託研究

【研究代表者】 松木 則夫（システム技術チーム長）

【研究担当者】 澤田 浩之、徳永 仁史、大谷 成子、富澤 拓志、岡野 豊明

【研究内容】

以下の3項目について研究開発を実施した。

(1) 規約の整備

- ・システム構造、構成等に関する規約
オブジェクト、コンポーネントおよびシステムに関する規約に関連して「Java と XML による製品モデルの記述とコンポーネント間連繋技術」の研究を行い、その成果としてコンポーネントの動作環境であるコンポーネントバスのプログラムを開発した（特許出願中）。コンポーネントバスは **JavaBeans** が定めるコンポーネントインタフェースに基づき、これらのコンポーネントをイベントドリブンに制御するコネクタオブジェクトの生成と制御を行うことで、動的かつ信頼性の高いコンポーネント動作を可能とする環境である。コンポーネントバス上で動作する、アプリケーション開発基盤である「アプリケーションビルダー」（ビルダー）機能も開発した。このビルダーを利用すると、コンピュータの専門知識の少ない利用者にも、簡便な操作でアプリケーション開発が可能となる。

また、コンポーネント設計の指針として、設計製造支援アプリケーションが GUI 表示、製品データ管理、製品データ連繋、アプリケーションの4種類のコンポーネントから構成することを提案した。コンポーネントのシステム上の規約は、**JavaBeans** に **Serializable** であることなど、コンポーネントバスでの動作に必要な条件である。

- ・立体形状誤差および加工品質情報に関する規約
「誤差に着目したオブジェクトネットワークによる形状表現技術」を発展させた「形状処理のコンポーネント化手法」の研究を行い、「独立コンポーネント」の概念を提案した。これに基づいて、立体形状誤差の取り扱いについての規約の基本概念を確立した。

(2) ソフトウェア部品群の開発

GUI 基本機能、表示基本機能、図形検証機能をコンポーネントバス上で動作するコンポーネント・ライブラリとしてプログラミングを完了した。

製品モデル情報管理プログラム群として、製品モデル情報の国際標準である ISO10303 (STEP) データの形状読込機能を開発し、市販 CAD で作成された製品モデルをコンポーネント内のオブジェクトとして取り扱う機能を開発した。

(3) 基幹情報の共有・有効活用のための機能の開発

GUI 基本機能、表示基本機能、図形検証機能のコンポーネント・ライブラリを利用して、「3次元形状情

報の品質確認機能（PDQ チェッカー）」の基本機能のプログラミングを完了した。その後、研究協力企業数社において実製品データによる試用、評価を受け機能改善を継続している。PDQ チェッカーは、(社) 日本自動車工業会で商用アプリケーションと同列に評価され、その性能が平成15年6月に公開された。

PDQ チェッカーのアプリケーションとしての特徴は、(社) 日本自動車工業会の提案する PDQ ガイドラインのデータ交換に関係する重要チェック項目すべてを網羅していることにある。また、チェック結果の E-mail での送付、VRML によるチェック結果の簡易な確認機能など、中小製造業での利用を考慮した設計・実装が行われている。

【分野名】情報通信

【キーワード】コンポーネント技術、Java、CAD/CAM

⑩【高分子基盤技術研究センター】

(Research Center of Macromolecular Technology)

(存続期間：2001. 4. 1～2008. 3. 31)

研究センター長：中濱 精一

副研究センター長：小島 弦

総括研究員：浅井 道彦、竹内 和彦

所在地：臨海副都心センター、つくば中央第5

人員：83 (23) 名

経費：360, 069千円 (238, 214千円)

概要：

21世紀の社会と産業の持続的発展を支える高性能、高機能高分子材料を開発するため、世界を先導する高分子技術を創出する。具体的には、高分子鎖の一次構造とそれらが集合した高次構造を精密に制御することにより、高度な性能と機能を備えた高分子材料を実現する。このため、高分子の合成から二次元構造(表面・界面)形成、三次元集合構造形成、成形加工等にかかわる精密制御技術、機構解明並びに構造評価技術等に関する基盤技術を開発する。また、環境負荷の低減プロセスの開発を目指して、ハロゲン化合物を用いない高分子の合成や固相重合等に関する研究を行う。

これらの研究を展開するにあたり、高分子の大きな特徴である階層構造(モノマー⇒ポリマー鎖⇒ポリマー集合体⇒ポリマー複合体)を重視して、「高分子の階層構造の制御」をメインコンセプトとすると共に、上記矢印に沿った一方向の展開だけではなく、分子設計と得られる高分子材料の要求特性との双方向からのコミュニケーションに立脚する研究重視の方針を取っている。

また、NEDO のナノテクノロジープログラムの一環である「精密高分子技術」プロジェクトに参加し、化学技術戦略推進機構(JCID)との共同受託による研

究開発において産学官共同研究の中核的役割を果たし、高度な構造制御により高分子材料の高性能化、高機能化をはかる基盤技術を構築する。本プロジェクトは①一次構造制御技術、②表面界面構造制御技術、③三次元構造制御技術、④材料形成技術、⑤材料評価技術ならびに⑥共通基盤技術の開発および技術の体系化の合計6つの研究項目を掲げているが、それらにおいて、特にセンターは「機構解明と波及的効果の大きな基盤的研究」を担い、学の「研究の指導原理と学術的基礎研究」並びに産(企業)の直接的な「開発研究」を補完する形で産学官の共同研究をより実効あるものとするべく研究を展開している。

さらにセンターは広く高分子関係の将来に亘る研究の拠点となるべく、新たな共同研究やプロジェクトの芽を育て、展開することもミッションの一つとしており、その観点からの活動も行っている。

外部資金

新エネルギー・産業技術総合開発機構

ナノテクノロジープログラム(ナノマテリアル・プロセス技術)精密高分子技術プロジェクト 高性能材料の基盤研究開発(25, 030千円)

新エネルギー・産業技術総合開発機構

ナノテクノロジープログラム(ナノマテリアル・プロセス技術)精密高分子技術プロジェクト 高機能材料の基盤研究開発(147, 154千円)

発表：誌上発表32(30)件、口頭発表117(41)件、その他4件

高分子合成チーム

(Polymer Synthesis Team)

研究チーム長：竹内 和彦

(つくば中央第5)

概要：

高分子材料の特性制御およびその製造プロセスをグリーン化するため、有機化学や高分子合成、触媒化学、高分子構造解析等の知見・技術を基に、高分子の一次構造を任意かつ精密に制御する重合基盤技術を開拓する。

付加型重合：エチレンおよび種々の極性ビニルモノマーの重合、並びに炭化水素系モノマーとジエン類との共重合に有効な8族遷移金属錯体触媒を見出した。また、プロピレンとアリルアミンの共重合において、末端アミノ化ポリマーなど、極性基導入量やポリマー構造を制御した共重合体の合成に成功した。

縮合型重合：固相重合用プレポリマーとしてイソフタル酸環状二量体の選択的合成法を見出した。また、マイクロ波を用いる効率的なポリカーボナート(PC)

およびポリエステル製の環状オリゴマーの固相重合法を見いだした。酸化的カルボニル化による PC 合成で、Pd-カルベン錯体触媒を用い高分子量体の合成に成功した。さらに、含ケイ素ポリマーにおいて、重合・修飾をワンポットで行い効率よく官能基を導入する新規手法を開発した。新たに合成したビニル基含有のトリフェニルアミン誘導体を重縮合することにより、ビニレン基を導入した多分岐ポリマーを得た。また、高分子質量分析の汎用化を目指し、MALDI 用簡易試料調整法開発に着手した。

研究テーマ：

「精密重合技術の研究開発」、「構造制御有機機能材料の創成」

高次構造制御チーム

(Higher-Order Structure Team)

研究チーム長：海藤 彰

(臨海副都心センター、つくば中央第5)

概要：

力学物性、光学特性等の高機能化を実現するため、高分子の結晶・非晶構造、配向構造、相構造等の高次構造を対象とした構造制御技術ならびに構造解析技術を開発する。具体的には、一次構造が制御された高分子や高分子複合系などの新規高分子材料へ適用可能な高次構造制御技術を開発し、新しい高次構造形成のため基盤を確立する。また、分光学的手法や X 線回折により結晶化過程を追跡する手法を開発し、構造形成のメカニズムの解明を進める。また、固体 NMR により結晶中における分子ダイナミクスを精密に解析する技術の開発を進めるとともに、スピン拡散により複合系高分子の詳細な相構造解析システムを構築する。

研究テーマ：

テーマ題目 1、テーマ題目 2

多相系高分子チーム

(Multiphase Polymer Team)

研究チーム長：清水 博

(臨海副都心センター、つくば中央第5)

概要：

高分子特有の性質を活かしたナノオーダーからミクロンオーダーまでのメゾスコピック構造制御に焦点を絞り、多相系高分子のメゾスコピック構造制御とその評価手法の確立を目標としている。構造制御法における手段は、まさしくボトムアップ法とトップダウン法である。前者には、ブロック共重合体が自己組織化する際のマイクロ相分離構造を利用している。後者としては、せん断流動場や高圧場等の外場を利用している。また、多相構造界面の評価手法としては、エネルギーフィルター型電子顕微鏡を用いた電子分光結像法による元素識別マッピングを行っている。

研究テーマ：

テーマ題目 3、テーマ題目 4

ソフトマテリアルチーム

(Soft Materials Team)

研究チーム長：岸 良一

(つくば中央第5、臨海副都心センター)

概要：

高分子ゲルをはじめとするネットワークポリマーは、柔らかくしなやかな伸縮機能材料として、生体を模倣した高機能材料への応用が期待されている。しかし、ネットワークポリマーの構造と機能の相関が十分に明らかにされておらず、その機能を十分に発揮しているとはいいがたい。本チームでは、高分子特有の自己組織化現象、特に、相分離、液晶化、結晶化などを利用し、ネットワークポリマーを中心とした種々の高分子材料の三次元構造制御技術を開発する。それらの三次元規則構造と基本的物性との相関を解明し、高機能高分子材料の設計指針を構築するための基盤技術を確立する。本年度は、ネットワークポリマー等の配向制御技術、架橋制御技術、三次元的な相分離構造制御技術、形状・形態制御技術等の開発のための、高分子材料の探索・設計・合成を行い、機能・物性評価を検討する。さらに、高分子系における三次元秩序構造形成のダイナミクスを解明するためのシミュレーション技術を探求し、これらのメカニズムについて検討することにより、三次元構造制御のための基盤技術構築を進める。

研究テーマ：

テーマ題目 5

高分子成形加工チーム

(Polymer Processing Team)

研究チーム長：中山 和郎

(つくば中央第5、臨海副都心センター)

概要：

高分子が本来もっている固有の性質を最大限に引き出すために、また、新たに開発される高分子を材料化するためには、成形加工技術の体系化が不可欠となっている。当研究チームでは、高分子材料（結晶性高分子、ブロック共重合体を含む）の構造発現、配向制御、それに伴う物性向上・新規な特性の発現を可能にする精密成形加工技術の基盤を確立することを目標とする。さらに、リアクティブプロセッシングによる機能発現、マルチブロック共重合体の自己組織化を利用した配向制御技術の確立を目指す。

特に、高分子材料の成形加工時に生じる構造と物性の相関を解明することを目的として、成形条件が分子配向に及ぼす効果を詳しく調べる。また、ブロック共重合体などの自己組織化を利用したナノ構造・パターン形成のための配向制御に有効な制御技術の基盤を形成する。さらに、リアクティブプロセッシングの機構解析 リアクティブプロセッシングの基礎となる界面における反応性解析の測定手段を確立し、ポリマー間の反応性に及ぼす要因を解明し、反応成形を可能にす

る系を探索する。

研究テーマ：

テーマ題目 6

高分子複合チーム

(Polymer Composites & Blends Team)

研究チーム長：北野 武

(つくば中央第5)

概要：

高分子・複合化材料の高性能化、機能化のための成形加工に関わる基本特性（主としてレオロジー特性）に及ぼす因子を明らかにするとともに、機能化のための混合化技術を含む新規成形加工技術について検討した。

各種組成比の LCP/PET ブレンド系について熔融粘弾性の角周波数、ひずみ振幅依存性を調べた。粘弾性パラメータは組成比に依存するブレンド成分の相互作用により増大し、その増加割合は角周波数の増加と共に変化するモルフォロジーに対応して低下する傾向を示した。高ひずみ速度域で LCP がフィブリル化する領域では流動パラメータは逆に減少することが分かった。またひずみ振幅依存性については粘弾性パラメータの増減は組成比に関係して3つのパターンに分類されることがわかった。PP/PET ブレンド系についても同様にレオロジー特性を定量的に把握とモルフォロジーとの相関性を検討した。

剛性の異なる有機繊維充填系の充填効果、重畳流動特性（剪断流動下での振動流）等を調べ、充填材の変形のし易さがこれらの特性にどのように影響するかを剛直な無機繊維の場合と比較して検討した。高温下での剛性の保持が粘性及び弾性的性質に与える影響が大きく、特に重畳流動特性においてこの影響が顕著に現れることがわかった。

また前年度に引き続き導電性繊維充填面状発熱材料創製のため基礎的知見を集積した。

研究テーマ名：

「高分子精密プロジェクト」

材料成形技術

特殊場利用構造制御技術の検討

1) 高分子多相系の機構解明のためのレオロジー特性評価

2) 特殊場利用構造制御技術の一手法の検討

「経常的研究」

繊維充填系のレオロジーに関する研究

高分子系面状発熱体の成形と特性評価

電気粘性流体に関する研究

 [テーマ題目 1] 配向誘起場での結晶化による構造制御に関する研究

[研究代表者] 海藤 彰 (高分子基盤技術研究センター 高次構造制御チーム)

[研究担当者] 海藤 彰、下村 正樹、Asok Kumar Dikshit, Yongjin Li (職員2名、他2名)

[研究内容]

高性能高分子材料開発の基盤技術として、配向誘起場（応力、界面、磁場、流動など）における結晶化や結晶化条件の制御により、高分子の三次元構造（結晶・非晶構造、配向構造、相構造）をメゾ・ナノレベルで制御する技術を開発する。特に、結晶性高分子を含むポリマーブレンドなどの高分子複合系を対象とすることにより、各成分の配向や結晶性を制御し、新規な高次構造の形成を目指す。さらに、高分子の結晶化・配向結晶化などの構造形成過程の in-situ 計測（X 線回折法や振動分光法）により構造形成の機構を明らかにする。平成14年度は、結晶性高分子を含むブレンドについて実際に配向結晶化を試み、その高次構造の解析を試みた。また、X 線回折法や振動分光法を用いて配向結晶化過程を in-situ 計測するための方法について検討するとともに、ラマン分光装置による in-situ 計測の可能性について調べた。その結果、以下の成果を得た。

- ① 立体規則性ポリスチレンは、結晶性高分子でありながら、ポリフェニレンオキシド (PPO) と相溶性ブレンドを形成することが知られている。イソタクチックポリスチレン (iPS)/PPO ブレンドの配向膜を張力下で結晶化することにより、配向した iPS のラメラ間に配向緩和した PPO の非晶鎖が挿入した構造が形成した。また、iPS/PPO ブレンドの配向結晶化試料では、iPS の配向試料と比較して力学物性が改善されることが明らかになった。
- ② シンジオタクチックポリスチレン (sPS)/PPO ブレンドの配向結晶化については、配向した中間相が結晶化を抑制し、結晶化度が低下することが明らかになった。また、中間相の形成は、結晶型に大きな影響を及ぼし、特にβ晶の出現を抑制することが明らかになった。
- ③ ポリフッ化ビニリデン (PVDF)/ナイロン11ブレンドの配向膜中で PVDF を結晶化することにより、PVDF の結晶配向を制御できることが明らかになった。
- ④ 広角 X 線回折装置にホットステージを組み込むことにより、シンジオタクチックポリスチレンの低温結晶化における構造変化を実時間計測した。また、ラマン散乱分光々度計に温度可変装置を組み合わせ高分子試料の測定を試みた。配向構造等の解析に有効な偏光状態を保持しつつ測定するため、反射鏡を用いて後方散乱を測定する配置とした。集光レンズを導入することによりラマン散乱強度の強い高分子試料では1分以内での測定が可能となった。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] 結晶化、配向、高次構造制御、ポリマーブレンド、in-situ 計測

〔テーマ題目2〕 固体 NMR によるダイナミクス解析およびナノ構造解析に関する研究

〔研究代表者〕 三好 利一（高分子基盤技術研究センター高次構造制御チーム）

〔研究担当者〕 三好 利一（職員1名）

〔研究内容〕

高分子の分子運動性の情報は高分子の物性や機能を考慮する上で重要な構造情報である。また、分子間相互作用と相構造の精密解析は、複合系高分子のナノ構造を制御する上で重要な課題である。本研究では、高分子ダイナミクスを精度高く解析する方法論の開発と距離やサイズ構造解析が可能な固体 NMR システムを確立し、高分子の物性、機能をナノスケールで解明することを目的とする。平成14年度は、結晶性高分子の結晶領域のダイナミクス解析を可能にするため、固体 NMR における化学シフト異方性を利用した結晶構造ダイナミクスの解析を行うとともに、複雑な高分子系の相構造ならびに相互作用を精度高く評価可能にする手法の開発を試み、以下の成果を得た。

① 固体 NMR によるダイナミクス解析には多くの測定時間を要するといった欠点があるために、限られた高分子試料のダイナミクス解析にしか展開されてこなかった。1999年に K. Schmidt-Rohr らの研究グループが同位体を施すことなく、比較的短時間で、詳細な運動モードと相関時間を決定できる次元交換 MAS NMR 法を開発した。その手法のさらなる高度化を行い、イソタクチックポリ（4-メチル-1-ペンテン）結晶の主鎖、側鎖の低速ダイナミクスを精度高く解析することに世界で初めて成功した。主鎖は約103度のジャンプ角を持った運動を示し、その運動の相関時間とその分布、運動の活性化エネルギーを決定した。側鎖は主鎖とともに動くが、側鎖自身の付加的な低速分子運動は存在しないことを明らかにした。

② 高分子の相互作用を精度良く検出ために、¹H 高速試料回転法ならびに二量子遷移法を利用し、ポリアクリル酸内の¹H-¹H 距離計測より、分子間相互作用の高精度解析を行った。観測された低磁場、高磁場側のシグナルを、それぞれ水素結合している COOH とフリーな COOH に帰属した。加熱することにより、ガラス転移温度以上では、水素結合が切断されることが明らかになった。

③ スピン拡散実験により、ポリエチレンオキシド/ポリメチルメタクリレートブレンドは3nm 以内で混ざりあい、一相構造を形成していることを示した。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 固体 NMR、結晶ダイナミクス、相構造、分子間相互作用

〔テーマ題目3〕 表面・界面制御技術に関する研究

〔研究代表者〕 堀内 伸（高分子基盤技術研究センター多相系高分子チーム）

〔研究担当者〕 堀内 伸、早川 晃鏡、藤田 隆（職員2名、他1名）

〔研究内容〕

1. 表面・界面構造形成要因・過程の解明

(1) 研究目標

異なる元素を含む高分子対の界面に電子分光結像法を適用し、界面の可視化を検討する。その際に、窒素、酸素等軽元素を検出するために最適な試料厚みを高精度で算出する。また、試料の電子線損傷の影響、試料と電子線の照射角度の調整を行い、本手法による界面解析法の高精度化を目標とする。

(2) 研究内容

電子分光結像法を高分子界面へ適用し、界面を可視化するとともに、材料物性や接着特性との相関を検討した。

(3) 進捗

エポキシ接着剤とポリブチレンテレフタレート（PBT）接着界面における界面構造を明らかにし、接着前処理による接着強度の違いの要因を明らかにした。本成果を得るために、まず、試料作製法、観察条件の最適化を検討し、加速電圧200kV、低温下での100nm 以下の厚さの超薄切片、100K での観察（クライオ観察）が高精度の元素マッピング像を得るために必要であることを明らかにした。

2. 表面あるいは薄膜における機能性ナノドメインの配列制御

(1) 研究目標

ポリマー/金属微粒子複合体系の高密度磁気記録材料としての可能性を検討する。また、高分子固体表面あるいは薄膜における機能性ナノドメイン構造の構築と配列制御を目指し、光・電子機能性分子のオリゴチオフェン誘導体を有するブロック共重合体の分子設計と合成を行う。

(2) 研究内容

分子レベルからマイクロメートルレベルの広範囲にわたる階層的な規則構造構築を目指し、構造の異なる3種類のロッドコイル型ポリスチレン-*b*-オリゴチオフェンブロック共重合体を合成し、得られる薄膜構造について検討した。薄膜の構造解析については、主に光学顕微鏡、電子顕微鏡、X線回折を用いた。

さらに、高分子薄膜表面へ、金属ナノ粒子をナノレベルで配列化させ、形成された粒子の状態を解析した。当初は、ブロック共重合体のナノドメイン構造を利用し、選択的に一方の相で金属錯体を還元することにより自己組織的に当該ナノ粒子を配列制御する、“Bottom Up”のアプローチを用いたが、ポリメチルメタクリレート（PMMA）へ UV 光を照

射する、従来のリソグラフィーの手法に基づいた、いわゆる、“Top Down”の手法も利用した。

(3) 進捗

① 合成：ポリスチレン-*b*-ポリヒドロキシイソブレンを既存の方法により合成した後、ポリイソブレン側鎖にオリゴチオフェンをエステル化により導入することで目的のポリスチレン-*b*-側鎖型オリゴチオフェンブロック共重合体（PS₄₀₀-*b*-POTI₂₅）を得た。一方、ポリスチレン-*b*-オリゴチオフェンブロック共重合体についても、末端にヒドロキシル基を有するポリスチレンとチオフェン誘導体との簡便な合成から、ロッド-コイル型、コイル-ロッド-コイル型、ロッド-コイル-ロッド型の3種類のブロック共重合体を得た。

② 薄膜作製及び薄膜構造解析：得られたポリマーの二硫化炭素溶液を調整し、高湿度気流下、キャスト薄膜を作製した。PS₄₀₀-*b*-POTI₂₅の0.25wt%ポリマー溶液を用いた場合、孔径1.3μm程度の穴が空いた極めて規則性の高いマイクロポーラス構造が得られた。また、その構造中には恒等周期25nmでオリゴチオフェン相のシリンダー型ナノ相分離構造が基板に対し垂直方向に配列していることがわかった。さらに、シリンダー型オリゴチオフェン相ではオリゴチオフェン分子の分子間相互作用により分子レベルの規則構造であるスメクティック A 液晶構造が構築していることがわかった。このように、分子レベルからマイクロメートルオーダーの広範囲に渡って高度な秩序構造が階層的に構築した“規則構造中に規則構造が形成された高分子薄膜”を瞬時に作製することに成功した。

③ 金属ナノ粒子の配列制御技術

アセチルアセトナートを配位子とする金属錯体と高分子フィルムを窒素ガス雰囲気下に共存させ、180℃の熱処理を行うと、金属錯体は昇華し、ポリマーフィルム内へ浸透する。金属錯体はその中で還元され、金属ナノ粒子を安定に分散させることができる。ナノドメイン構造を有するブロック共重合体に対し上記手法を適用すると、金属錯体は相対的に還元力の強い一方の相で選択的に還元され、結果として、ブロック共重合体のナノドメイン構造と同様のナノ粒子の配列が得られる。本手法により、パラジウムやコバルトの直径4nmのナノ粒子を配列化させることに成功した。この様なブロック共重合体を利用した金属ナノ粒子の配列化は、いわゆる“Bottom Up”のアプローチであるのに対し、同じ手法を、従来の“Top Down”法である光リソグラフィーにより金属ナノ粒子のパターニングが可能であることを見出した。PMMAは他のポリマーに比べ特異的に金属

錯体に対する還元力が弱い、UV光を照射し、PMMAの分子構造を壊すことにより還元力が向上する。そのため、フォトマスクを用い、UV光照射すると、金属ナノ粒子を自由にパターニングすることが可能になる。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] 自己組織化、ブロック共重合体、階層構造、ナノパターニング、電子分光結像法、高分子界面、元素識別マッピング

[テーマ題目4] 材料形成技術に関する研究

[研究代表者] 清水 博（高分子基盤技術研究センター多相系高分子チーム長）

[研究担当者] 清水 博、中山 和郎、横山 英明、北野 武（職員4名）

[研究内容]

(1) 研究目標

本研究では、リアクティブプロセッシング反応機構の解明に向けたモデルポリマーによる二層膜界面での反応性の解析、せん断場等特殊場利用構造制御機構の解明に向けた特殊場下その場測定によるブレンド相挙動の解析、実際の成形加工機を用いた溶融ブレンドによる構造制御要因の解析等を系統的に進め、材料形成技術の最適化を行う。

(2) 研究内容

① リアクティブプロセッシング反応機構の解明：反応性基をもつモデルポリマーを合成し、X線分光分析（XPS）により、二層膜界面での反応性を解析した。

② 特殊場利用構造制御技術の開発：

- ・相溶性ポリビニルメチルエーテル（PVME）/ポリスチレン（PS）ブレンド系を対象に、高せん断流動場下ならびに高圧場下で相挙動を解析した。また、高せん断流動/高圧場同時賦与下での相挙動について予備的検討を行った。

- ・サーモトロピック液晶性ポリエステル（LCP）とポリエチレンナフタレート（PEN）との溶融ブレンドを行い、押出成形によりシートを作製した。このブレンド系において、LCPがPENの結晶化に及ぼす効果を解析した。

- ・粉碎機構を備えた溶融混練機を用いて、LCPとポリエチレンテレフタレート（PET）との溶融ブレンドを行い、押し出し物の構造制御要因を解析した。また、押し出し物の線膨張率を測定し、異方性低減化の可能性を検討した。

③ ブロック共重合体の配向制御：ブロック共重合体の自己組織化の速度と分子量の関係について調べた。

(3) 進捗

① 二層膜モデル界面での反応は、相溶系に比べてかなり進行が遅く、界面での局所濃度が非常に低いことが示唆された。TOF-SIMSによる解析の結果と

自己無撞着場（SCF）の計算の結果、極性の強い側のポリマーの官能基濃度が界面で低くなっていることが分かった。

- ②・相溶性 PVME/PS ブレンド系では、高せん断流動場下（せん断速度：500/s）ならびに高圧場下（10MPa）で共にその相図が高温側にシフトし、相溶領域が広がることを見出した。
- ・LCP/PEN 系の熔融ブレンドの押出成形シートでの PEN の低温結晶化温度、熔融状態からの結晶化温度を詳しく調べたところ、極わずかに LCP を配合した成分で、PEN の結晶化が進んでおり、LCP が結晶化を誘起していることが分かった。
- ・粉碎機構を備えた熔融混練機を用いて LCP/PET ブレンド系の押し出し物を作製したところ、LCP 相が球状ドメインとなり PET マトリクス中に均一に分散した等方的構造を作り出すことができた。また、LCP 結晶相は無配向構造であることが示唆され、線膨張率の解析から異方性が著しく低減化されたことが分かった。
- ③ シリンダーを形成するブロックコポリマーの構造形成は、無秩序性と拡散係数の急激な低下の影響で、非常に狭い範囲でしか長距離相関を示さないことが分かった。長距離相関を得るためには、精密に分子量等を制御したものが必要で、限られた周期構造のものになってしまうことが分かった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 リアクティブプロセッシング、せん断流動場、特殊場、相挙動解析、成形加工、熔融混練

【テーマ題目5】 ネットワークポリマーの構造制御に関する研究

【研究代表者】 岸 良一（高分子基盤技術研究センターソフトマテリアルチーム）

【研究担当者】 三浦 俊明、木原 秀元（職員2名、他1名）

【研究内容】

高次構造制御に基づく高分子材料共通基盤技術を構築するため、分子設計、合成・作成法の開発研究を行った。

高分子ネットワークの高次構造制御：末端にアクリル基と安息香酸を有する液晶性モノマーをシアノビフェニル系液晶溶媒中で光重合した。重合後、エタノールで溶媒を抽出したところ、直径約1 μ m のファイバーからなる液晶高分子ネットワークが得られた。ファイバーは液晶配向ベクトルに平行に伸び、ネットワークの巨視的な形態は液晶組織（テクスチャー）を反映した構造であることがわかった。高分子ネットワークの架橋点、架橋分布等の架橋構造制御を検討するための素材の探索・設計・合成を行った。両末端に反応活性基を有するポリ（N-イソプロピルアクリルアミド）テレケリック

ポリマーを合成し、種々の多官能性架橋剤との架橋反応を試みた結果、アミン系の架橋剤を用いると均一なゲルが得られることを見出した。末端架橋反応の分子量依存性を検討し、数平均分子量が1万程度のポリマーを用いると、高収率でネットワークが形成されることがわかった。

高分子系の結晶化過程のシミュレーション：高分子熔融系に剛直性分子結晶核が存在する場合の秩序誘起ダイナミクスを、調べた。核濃度が低濃度領域である場合に、非常に長い結晶誘導期が観測され、揺らぎにより秩序形成過程が支配されている様子を分子レベルの挙動から解明した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 ゲル、液晶、結晶

【テーマ題目6】 高分子の成形加工に関する研究

【研究代表者】 中山 和郎（高分子基盤技術研究センター高分子成形加工チーム）

【研究担当者】 中山 和郎、横山 英明（職員2名）

【研究内容】

高分子材料（結晶性高分子、共重合体、充填系を含む）の構造発現、配向制御、それに伴う物性向上・新規な特性の発現を可能にする精密成形加工技術の基盤を確立することを目標とする。このために、高分子材料の成形加工時に生じる構造と物性の相関を解明することを目的として、成形条件が結晶性や分子配向に及ぼす効果を詳しく調べる。特に、固相における大変形に伴う、構造発現が物性の向上に及ぼす効果を調べ、適切な成形条件を設定する。

また、成形時に反応を伴う加工方法として、リアクティブプロセッシングを取り上げた。リアクティブプロセッシングにより、新規な機能発現が期待される。ここでは、特に、ポリエステル系、ポリエーテル系高分子のリアクティブプロセッシングによる高機能化、新規な機能の発現を目指して、熔融混練機を用いた、反応成形を可能にする系を探索する。

さらに、環境調和型高分子材料成形加工技術として、生分解性高分子及びそのブレンドの用途拡大を目指して、加工成形による構造変化の可能性をまとめ、物性向上のための手法の開発を行う。

本年度は、ポリオレフィン系材料やポリエステル系材料の結晶性が、固体での変形挙動に及ぼす効果を調べて、適切な加工条件を探索した。また、脂肪族ポリエステルを中心とした生分解性高分子及びそのブレンドの物性向上させるための加工方法を探索した。フィルム、シートに配向付与するために、原反シートの結晶性と変形能の関係を調べ、結晶性あるいは、ブレンドの状態により適切な加工条件を設定でき、加工成形法と物性向上の関係をまとめた。

ポリエステル系高分子のリアクティブプロセッシング

による高機能化を目指して、リアクティブプロセッシング法を、高分子量化手段に応用した。高分子量化した系と架橋反応を伴う系においてその反応が及ぼす物性、構造への影響を検討した。その結果、反応が、弾性率や破断強さ、結晶化度、結晶構造に影響を及ぼすことがわかった。さらに、他の系において、その末端基の種類によって、生成するブレンド構造の変化を調べ、反応性ブレンドの基礎的知見を得た。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 高分子材料、生分解性高分子、リアクティブプロセッシング、成形加工

⑩【光反応制御研究センター】

(Photoreaction Control Research Center)

(存続期間：2001. 4. 1～)

研究センター長：荒川 裕則

副研究センター長：春日 和行

総括研究員：春日 和行

所在地：つくば中央第5

人員：37 (26) 名

経費：372, 103千円 (202, 524千円)

概要：

【ミッション】

実用化までに長いリードタイムと高いリスクを要し、国自らが課題解決に取り組んでいくことが求められているエネルギー問題や地球環境問題の解決に光反応制御技術の開発を通して貢献することを本研究センターのミッションとする。

人類が直面しているクリーンなエネルギー資源の確保には、膨大で無尽蔵なエネルギー源である太陽光の新しい有効利用技術の開発が期待されている。一方、地球規模の環境汚染問題の解決には、副生成物を排出しない反応プロセスや、効率的な材料プロセッシング技術の開発が求められている。光反応制御技術は、これらのエネルギー・環境問題の解決に大きく貢献できる潜在的な可能性を秘めている。このような観点から、本研究センターでは新しい太陽光エネルギー利用技術の開発や、汚染物質の排出の少ない光・レーザー反応の完全制御技術の確立に向けた革新的な光反応制御技術の研究開発を行う。

「研究の方向付け」

本研究センターでの研究開発は、平成9年度から10カ年計画で開始された科技庁（現文部科学省）の中核的研究拠点育成制度 COE プロジェクト「光反応制御・光機能材料」を基盤としており、平成18年度までの6カ年、センターでの研究開発を継続し、完成させる予定である。

本研究センターでの研究開発は、光誘起電子移動過

程の理論的・実験的解析やレーザーのコヒーレント制御に基づく量子反応制御技術等の基礎・基盤技術から、太陽光エネルギー利用技術やレーザー精密反応プロセスの実用化応用技術までの一貫した研究開発を、有機的な連携組織で行うことを特徴としている。すなわち、高度の基礎・基盤研究を産業利用技術に直結させる研究体制のもと、エネルギー・環境問題に対応できる新技術の開発を行う。これらの研究開発を通して、光反応制御技術の分野において世界の研究をリードし、光反応制御技術に関する世界のセンター・オブ・エクセレンス (COE) となり、その成果を以て我が国の産業技術の発展に貢献することも本研究センターの目標としている。

「第1期の目標」

新しい太陽光エネルギー利用技術の開発：

- ・色素増感太陽電池等の不均一系や溶液反応等の均一系での光誘起電子移動の基礎過程を解明する。
 - ・安価で高性能な、新しい色素増感太陽電池を開発する。変換効率8%以上。
 - ・水から直接水素を製造する新しい可視光応答性酸化物半導体光触媒を開発する。
- 光・レーザー反応の完全制御技術の開発：
- ・種々の量子反応制御手法の原理確認と機構解明を行い、選択的結合切断反応に有効な手法を提案する。
 - ・レーザー反応特異的な新物質生成法と材料加工法の基盤技術を開発する。

「重要研究課題」

重点研究課題および、その概要は以下の通りである。

- 1) 光誘起電子移動の実験的および理論的研究：光エネルギー変換系において重要な役割を果たしている、光誘起電子移動の機構を研究する。均一系での電子移動に加え、色素増感太陽電池等で重要な、固体界面における電荷分離、電荷再結合の速度を決める因子を明らかにし、より高性能な光エネルギー変換系の実現に資する。
- 2) 高性能色素増感太陽電池の研究開発：安価で高性能な次世代型太陽電池として注目されている色素増感太陽電池について、高効率な光電変換を実現するための半導体電極、増感色素、酸化還元電解質、対極、セル化等の要素技術について設計、製造、性能解析評価を行い、世界最高性能クラスの新しい色素増感太陽電池を開発する。
- 3) 人工光合成技術の研究開発：太陽光エネルギーの効率的な利用技術の確立を目指し、特にその大半を占める可視光エネルギーを有効に利用できる光触媒プロセスを用いた水の分解による水素製造技術や、炭酸ガスの固定化・再資源化に関する技術開発を行い、実用化の為の基礎的知見を集積する。
- 4) レーザー量子反応制御の基盤研究：レーザー光を用いた結合選択性反応の実現を目指して、励起状態

の量子干渉を用いるコヒーレントコントロール、水素結合クラスターの赤外前期解離、非共鳴電場による配向制御など、各種量子反応制御法の原理確認、有効性の検討を行い、結合選択性反応に有効な手法を提案する。

5) レーザー反応による材料創製および材料加工法の最適化：電子・光学機能性新材料の創製を目指して、紫外パルスエキシマレーザーを用いたレーザーアブレーションや極低温マトリックス光分解等における、石英ガラスの微細加工プロセスや構造特異的機能性材料の生成を検討し、レーザー反応特異的な材料加工法の基盤技術を開発する。

外部資金：

NEDO NEDO 委託費「太陽光発電技術研究開発 革新的次世代太陽光発電システム技術研究開発 高性能色素増感太陽電池技術の研究開発」(85,704千円)

文部科学省 若手任期付研究員支援「ナノ構造体での超高速電子移動の解明と制御」(11,298千円)

文部科学省 若手任期付研究員支援「バンド制御による高効率可視光応答性ナノ構造光触媒の設計・開発」(14,260千円)

文部科学省 若手任期付研究員支援「フェムト秒光パルスによる光化学反応の量子制御に関する研究」(13,379千円)

文部科学省 若手任期付研究員支援「10K 低温場レーザープロセッシングによる窒化炭素作製に関する研究」(12,675千円)

文部科学省 若手任期付研究員支援「レーザープロセッシングによるβ-鉄シリサイドの低温合成」(15,867千円)

文部科学省 科学研究費補助金「超高感度過渡吸収分光計による界面電荷再結合ダイナミクスの研究」(2,100千円)

文部科学省 科学研究費補助金「エネルギー的に乱れた物質中での電場依存電荷移動度」(1,000千円)

文部科学省 科学技術振興調整費中核的研究拠点育成「光反応制御の研究」(13,000千円)

日本原子力研究所 黎明研究「超音波メカノケミカルプロセスによる有機ナノ微粒子の作製と光化学的特性」(1,788千円)

経済産業省 エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費「次世代型分散エネルギー基盤技術研究開発 新規水素貯蔵材料開発のための支援技術開発 高効率光触媒による水からの水素の直接製造」(11,485千円)

経済産業省 電源多様化技術開発等委託費「太陽光発電システム実用化のための解析・評価 超高効率太陽電池製造技術実用化のための解析・評価 安価に製造できる新規な色素増感型太陽電池の評価」(4,076千円)

産総研 内部グラント「可視光応答性の多孔質薄膜半導体光電極を用いた水からの直接水素製造システムの研究」(9,996千円)

産総研 内部グラント「石英ガラスのレーザー光化学微細加工法の開発」(15,272千円)

発表：誌上発表57(54)件、口頭発表113(29)件、その他8件

光反応機構チーム

(Photoreaction Mechanism Team)

研究チーム長：村田 重夫

(つくば中央第5)

概要：

光エネルギーの化学あるいは電気エネルギーへの変換で重要な役割を果たしている光誘起電子移動の機構を解明し、色素増感太陽電池などの光エネルギー変換系設計に寄与することを目的としている。実験は主として高速分光法により行っている。すなわち、マイクロ秒(10⁻⁶秒)からフェムト秒(10⁻¹⁵秒)までの時間分解能で反応の中間体のスペクトルやその減衰の速さを測定し、どのような機構で反応が起こるかを調べている。半導体表面に吸着した色素ナノ微粒子からの電子注入、再結合などの効率や機構、超分子における電子移動についても検討している。理論的には半導体に注入された電子の輸送と色素イオンとの再結合反応を記述するモデルの構築、それに基づく実験結果の説明や、マーカスの電子移動理論を用いてドーブされた高分子の電荷移動度について研究している。

研究テーマ：

テーマ題目1

太陽光エネルギー変換チーム

(Solar Light Energy Conversion Team)

研究チーム長：杉原 秀樹

(つくば中央第5)

概要：

太陽光エネルギー変換チームは「太陽光エネルギーの高効率な利用による、新しいクリーンエネルギーの生産プロセスの提案と実証」を最終的な目的とし、新

しい次世代型太陽電池として注目されている色素増感太陽電池、及び太陽光エネルギーを利用して水を直接分解し水素を合成する人工光合成について研究を行っている。

色素増感太陽電池については、具体的には、酸化物半導体電極、増感色素、酸化還元電解質溶液、対極、セル化等の要素技術について検討し、平成18年度末までに世界最高の変換効率の新しい色素増感太陽電池を開発することを目標とするとともに、センター内の光反応機構チームとも協力して基礎研究から実用化技術までの一貫した研究開発を進めている。

人工光合成については、水を水素と酸素に完全分解するための高性能光触媒材料の開発、反応機構の解明、可視光を高効率で利用する反応システムの設計等を行い、光触媒的水素製造システムの実現可能性について検討を行っている。

研究テーマ：

テーマ題目 2、テーマ題目 3

レーザー反応制御チーム

(Laser-controlled reaction team)

研究チーム長：中永 泰介

(つくば中央第5)

概要：

環境負荷の少ないプロセスとして、副反応生成物の少ない高選択性の製造プロセスの実現が必要とされている。これまでの熱プロセスに変わる手法として、質の高い強力な光「レーザー光」を利用した反応制御プロセスが期待されるが、その実現のため、量子反応制御法などの基礎技術の開発が不可欠となっている。レーザー反応制御に関する研究はその重要性から数多く行われてきたが、励起状態での相互作用・エネルギー緩和のため、反応の制御に成功した例はこれまでほとんどなかった。当チームでは、レーザーの特長である短パルス・高強度・コヒーレンスや、水素結合など特殊反応場を利用し、励起状態の緩和過程を制御する事によりレーザー反応制御を実現することを目指している。

研究テーマ：

テーマ題目 4

レーザー精密プロセスチーム

(Laser-Induced Materials Processing Team)

研究チーム長：新納 弘之

(つくば中央第5)

概要：

電子・光学機能性新材料の創製を目指し、紫外パルスレーザーを用いたレーザー反応特異的な新物質生成法と材料加工手法の基盤技術を開発するために、石英ガラスの微細加工プロセスの研究をグループ重点テーマに設定している。さらに、グループ探索研究テーマである極低温マトリックス光分解やレーザーアブレーションなどの特異的反應場における反応性化学種の発

生に基づく構造特異的な機能性材料の生成、フッ素レーザー用光学材料の真空紫外光照射耐性評価等について検討し、産業技術への応用を図っている。当グループは、紫外レーザーアブレーション法と極低温マトリックス光分解法を基盤技術とした特異的反應場でのレーザー精密プロセスによって、国際的にリードできる先進材料の創製と材料加工プロセスに関する研究成果を発信すると共に産総研の使命である産業技術への貢献を目指している。

研究テーマ：

テーマ題目 5

[テーマ題目 1] 光誘起電子移動の実験的および理論的研究 (運営費交付金、科学技術振興調整費中核的研究拠点育成)

[研究代表者] 村田 重夫 (光反応制御研究センター、光反応機構チーム)

[研究担当者] 有村 隆志、加藤 隆二、Alexander Barzykin、関 和彦、古部 昭広、吉原 利忠 (職員6名、他1名)

[研究内容]

研究目的、研究手段、方法論など

光エネルギーの化学あるいは電気エネルギーへの変換で重要な役割を果たしている光誘起電子移動の機構を解明し、色素増感太陽電池などの光エネルギー変換系設計に寄与することを目的としている。手法は高速分光法および理論的方法である。高速分光装置はいずれも自作のナノ秒およびフェムト秒の分解能を持つ可視・近赤外過渡吸収分光計で、これらの装置により短寿命の中間体を検出し、反応の機構を研究している。

年度進捗

色素-半導体ナノ微粒子界面での電子移動を測定するため、ナノ秒過渡吸収分光計を用いて、半導体 (酸化亜鉛) の伝導帯に注入された電子の近赤外吸収スペクトルを測定した。このような測定を種々の色素について行い、吸収の強さから電子注入の相対的な効率を得た。注入効率は注入に伴う自由エネルギー変化 ΔG と関係付けることができ、 $-\Delta G$ が 0eV よりかなり小さいときは 0 であるが、 0eV 付近で上昇し始め、 0.2eV より大きくなると最大となる。すなわち、色素増感太陽電池における第1段階である電子注入が効率よく起こるためには $-\Delta G > 0.2\text{eV}$ が必要条件である。注入効率のこのような ΔG 依存性を、半導体表面の不均一性を考慮した理論モデルを構築することにより説明した。

電子注入そのものがどのように起こるかを調べるため、フェムト秒過渡吸収計を用いて色素カチオンおよび伝導電子の吸収のスペクトルとその時間変化を測定した。半導体として酸化亜鉛、色素として N3 を用いた場合、励起後 100fs 以下で色素の酸化体の生成が観測され、その

信号強度はその後数百ピコ秒の間はほとんど変化しない。色素の酸化体と同時に表面局在電子が生成するが、これはその後ピコ秒程度の時間で減衰し、それに伴って伝導帯電子が生成する。すなわち、色素から伝導帯への電子注入は色素→表面（中間体）→バルク伝導帯のように2段階で起こることがわかった。半導体として酸化チタンを用いると中間体は観測されず、伝導電子は極めて速く生成する。すなわち電子注入は1段階で起こると考えられる。

酸化チタンナノ粒子の伝導帯中での電子輸送を単一のパラメーターで記述する新しい理論モデルを確立した。このモデルに基づく解析によると、電荷再結合の速度を決める因子として、空間で電子がどのように輸送されるかは重要でなく、半導体中にトラップされた電子のエネルギーの分布が重要であることがわかる。また、電荷再結合が実験条件により指数関数あるいは非指数関数になることが知られているが、指数関数になるのはどのようなときであるかを理論的に明らかにした。

これらの研究とともに、植物の光合成で重要なポリフィリン二量体を合成してその電子移動を調べ、また主として溶液系で発達してきた電子移動理論を固体系に適用し、その光電気伝導を理論的に調べた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】電子移動過程、高速分光法、電子移動理論、色素増感太陽電池

【テーマ題目2】高性能色素増感太陽電池の研究開発

（運営費交付金、新エネルギー・産業技術総合開発機構委託費（太陽光発電技術開発 革新的次世代太陽光発電システム技術研究開発）、科学技術振興調整費中核的研究拠点育成）

【研究代表者】荒川 裕則（光反応制御研究センター）

【研究担当者】春日 和行、杉原 秀樹、北尾 修、佐山 和弘、小西 由也、草間 仁、小野澤伸子、原 浩二郎、柳田 真利、山口 岳志、倉重 充彦、西川 健、上高原 隆、佐野 真二、根本 麻美（職員10名、他6名）

【研究内容】

研究目的、研究手段、方法論など

クリーンで無尽蔵な太陽光エネルギーの高効率な利用による、新しいクリーンエネルギーの生産プロセスの提案と実証を目的とし、新しい次世代型太陽電池として注目されている色素増感太陽電池について検討し、高効率な光電変換を実現する為の技術開発を行う。具体的には、酸化チタンを代表例とする酸化物半導体電極の製造技術、増感色素としての遷移金属錯体や有機色素の設計合成、酸化還元電解質溶液の構成・調製法、対極、セル化等の要素技術について検討し、世界最高水準の光電変換特性

を持つ色素増感太陽電池を開発する。センター内の光反応機構チームとも協力して基礎研究から実用化技術までの一貫した研究開発をセンター全体で進めて行く。

年度進捗

平成14年度は、半導体電極の最適化、新規高性能ルテニウム錯体色素の開発、高性能有機色素の開発、電解質溶液系の最適化、セルの耐久性・封止・集積化技術等の項目について行なった。

半導体電極の最適化については、TiO₂光電極に照射される光の透過ロスを押さえ、光電極による光捕集効率の向上を目的として、粒子径の異なる TiO₂粒子を混合あるいは積層させ、光閉じこめ型光電極を作製し、その効果を検討した。光閉じこめ効果による色素太陽電池性能の向上に成功した。

ルテニウム錯体色素については、テルピリジントリカルボン酸、βジケトナート、チオシアナートを配位子としてもつ新規錯体を開発し、可視光エネルギーのみならず近赤外光エネルギーをも電気エネルギーに変換できる増感剤としてはたらくこと、長波長領域では従来知られていたものを上回る光電流が得られることを確認した。

有機色素については、(株)林原生物化学研究所と共同で新規クマリン系有機色素を開発し、有機増感色素を用いたものとしては世界最高の光電変換効率7.7%の色素増感太陽電池の作成に成功した。

色素増感太陽電池の性能を最高に発揮させるためには、電解質溶液に含まれるヨウ素レドックス、及びコール酸等添加剤の組成の最適化が必須となっている。そこで電解質溶液を構成するヨウ素、ヨウ化リチウム、有機ヨウ素化合物、TBA、コール酸、溶媒の組成の最適化を行なった。その結果、上述したように高い太陽エネルギー変換効率を示す色素増感太陽電池の性能発現が可能となった。

今までの検討結果により色素増感太陽電池の基本性能として7.5%~8.7%を達成することができた。これらの結果は色素増感太陽電池が実用太陽電池としての性能を持つことを示しており、実用に供するためのセル化技術の開発が重要となってきている。そこで、太陽電池セルを構成するために必要な封止技術について、封止材料、封止条件等を中心に検討している。現在のところ5mm角の封止太陽電池セルで太陽エネルギー変換効率9.2%を達成している。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】太陽電池、色素増感太陽電池、酸化チタン、ルテニウム錯体、クマリン色素

【テーマ題目3】人工光合成技術の研究開発（運営費交付金、科学技術振興調整費中核的研究拠点育成、エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費、若手任期付研究員支援、産総研内部グラント）

〔研究代表者〕 荒川 裕則（光反応制御研究センター）

〔研究担当者〕 佐山 和弘、阿部 竜、鄒 志剛、
武笠 和明、春日 和行、姫田雄一郎
（職員5名、他2名）

〔研究内容〕

研究目的、研究手段、方法論など

自然が巧妙に行っている光合成プロセスを手本とし、太陽光エネルギーと水と炭酸ガスから、クリーンエネルギーである水素の製造や炭化水素等の有機系資源の製造を可能とする人工光合成技術の開発を行う。すなわち、太陽光エネルギーの効率的な利用技術の確立を目指し、特にその大半を占める可視光エネルギーを利用した水の分解による水素製造技術や、炭酸ガス固定化、再資源化に関する技術開発を行い、実用化のための基礎的知見を集積することを目標としている。具体的には、平成18年度末までに半導体太陽光触媒プロセスによる水からの直接水素製造において、前人未踏の変換効率2%（現在は0.03%）の達成を目指す。炭酸ガスの固定化においては可視光による光還元固定プロセスを開発する。これらにより太陽光エネルギーの高効率な利用による新しいクリーンエネルギーの生産プロセス（人工光合成技術）の提案と実証を行うことを最終目的とする。

年度進捗

太陽光による水からの水素製造に関しては、引き続き光触媒システムの探索を行なった。具体的には新しい一段水分解ナロウバンドギャップ光触媒、光合成模倣型二段階水分解光触媒システム、及び色素増感光触媒水素発生システムについて検討した。

一段水分解ナロウバンドギャップ光触媒については、平成13年度に開発した世界初の可視光による水の完全分解酸化物半導体触媒、 $\text{In}_{1-x}\text{Ni}_x\text{TaO}_4$ について詳細な物性測定を行い、活性向上のための諸因子を検討した。光電子分光法や、第1原理量子化学計算によりドーピングした Ni が新しい価電子帯を形成していることを確認した。また TEM 観察により、半導体は結晶性が高く、表面にステップ構造が存在していることが判明した。この構造が高活性の一因と考えられる。また、光触媒の高表面積化による高性能化も検討した。また新光触媒として Ta を Nb に置換した $\text{In}_{1-x}\text{Ni}_x\text{NbO}_4$ を合成し、可視光で水を完全分解できることを見出した。さらに、 $\text{A}_2\text{B}_2\text{O}_7$ （A サイト：2価または3価の金属イオン、B サイト：4価の Ti または5価の V, Nb, Ta）の基本構造を有する新規複合酸化物半導体光触媒を系統的に合成し、 $\text{In}_3\text{Ti}_2\text{CrO}_{10}$ 、 $\text{In}_6\text{Ti}_6\text{NiO}_{22}$ 等の光触媒で可視光に広い吸収特性を発現し、かつ犠牲剤存在下において水素が発生することを見出した。これらの結果から可視光応答性触媒設計法を確立した。

光合成模倣型二段階水分解光触媒システムに関しては、ヨウ素シャトルレドックスの反応機構について詳しく調べ、 IO_3^- イオンの酸化物表面への特異吸着や Pt 上に吸

着したヨウ素が逆反応を抑制していることが明らかとなった。また、大幅に可視光を吸収できる色素増感系光触媒システムでは、メロシアン色素増感チタニア光触媒で800nm までの光を吸収し、数%の高い量子収率でヨウ化物イオンを電子供与体とする水素生成が進行することを見出した。

太陽エネルギー変換効率を大幅に向上させる目的で、薄膜型光触媒電極の研究を開始した。代表的な可視光応答性半導体である WO_3 について膜調製法の最適化を行い、400nm では80%以上、420nm で約50%の量子収率という非常に高性能な電極を作製できた。

炭酸ガスの光還元固定化については、可視光応答性多核金属錯体であるジピリドフェナジン環を架橋配位子として含む新規ルテニウム-シッフ塩基複核錯体の光化学的特性を明らかにすると共に、光触媒としての性能を評価した。均一系錯体触媒による水媒体中での二酸化炭素の水素化反応については、新たな配位子の検討を行い、触媒効率の大幅な向上を実現した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 光触媒、可視光、水の分解、水素製造、炭酸ガス固定化

〔テーマ題目4〕 レーザー反応制御の基盤研究（運営費交付金、科学技術振興調整費中核的研究拠点育成）

〔研究代表者〕 中永 泰介（光反応制御研究センター、レーザー反応制御チーム）

〔研究担当者〕 伊藤 文之、永井 秀和、大村 英樹
（職員4名）

〔研究内容〕

研究目的、研究手段、方法論など

質の高い強力な光「レーザー光」を利用した反応の量子制御技術の実現が革新的な高選択性の反応制御プロセスにつながると期待されている。中期計画では励起状態の量子干渉を用いるコヒーレントコントロール、水素結合クラスターの赤外前期解離、非共鳴電場による配向制御など、各種量子反応制御法の原理、有効性を確認することにより種々の量子反応制御手法の探索を行って有効な手法を提案し、18年度までにレーザー量子反応制御の基盤技術を確立する事を目指す。

レーザーの特長の1つであるコヒーレンス（可干渉性）を利用し、位相差を制御した2つのレーザー光を同時に照射する事により光反応を制御することが可能であることが理論的に示されている。我々は1光子・2光子同時吸収、1光子・3光子同時吸収を用いたコヒーレントコントロールを分子系・クラスター系に適用しその有効性を確認する。

水素結合は特殊なエネルギー移動が期待され、励起バンドを選択することにより特定の水素結合を切断できる結合選択反応を実現できる可能性がある。我々は、水素

結合クラスターの赤外前期解離反応を調べこの可能性を確認する。

年度進捗

フェムト秒パルスレーザーを用いた反応制御装置の立ち上げを行い、ヨウ化臭素に対して、フェムト秒パルスを用いた2重励起による光分解反応の実験を行った。その結果、2つのパルスに時間遅延をつけることによって、新しい反応経路に効率よく励起できること、また、そのイオン化効率で IBr の励起状態のダイナミクスを反映していると見られる6ps の振動的な挙動があることを見出した。

昨年度、ヨウ化臭素について、可視領域のナノ秒レーザーによる1光子-2光子同時励起による直接光解離過程の量子干渉効果の観測に成功したが、本年度はヨウ化アリルに対して量子干渉効果を観測することに成功した。ヨウ化アリルでは、分子の対称性が低いため、2光子励起が効率的に起こり、量子干渉効果がより効率的に発現することが明らかとなった。IBr での量子干渉効果は光分解効率の5%であったが、ヨウ化アリルでは、20%に達することが分かった。1光子・3光子同時吸収による位相制御の実験では、3倍波として紫外領域の201nm を用いる装置を立ち上げた。この波長領域で既に量子干渉効果が報告されているよう化メチルのイオン化効率について量子干渉効果を確認したが、その効率は70%以上あり、この種の実験としては大きな値が得られた。この装置を用い、光反応に対する量子干渉効果を調べるため、分子線中に生成した、よう化メチルクラスターからの分解生成物である、 $\text{CH}_3\text{I} \cdot \text{CH}_3^+$ について測定を行い明確な量子干渉効果を観測した。これは、クラスターでの量子干渉効果に関する最初の測定である。

昨年度、アニリン・水・芳香族（ベンゼン、ピロール）クラスターカチオンの水素結合の赤外前期解離反応で、芳香族と水素結合したNHの伸縮振動を励起した場合、他のモードより解離反応が促進される「振動モード依存性」（ピロール系で約30%強）があることを示した。今年度は芳香族を系統的に変えることにより、キシレン系で、この効果が4割に達することを確認した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 反応制御、レーザー、位相制御

【テーマ題目5】 石英ガラスの微細加工プロセスの研究
（運営費交付金、科学技術振興調整費中核的研究拠点育成、産総研内部グラント）

【研究代表者】 新納 弘之（光反応制御研究センター、レーザー精密プロセスチーム）

【研究担当者】 川口 喜三、佐藤 正健、奈良崎愛子、丁西 明、黒崎 諒三（職員4名、他2名）

【研究内容】

研究目的、研究手段、方法論など

石英ガラス材料 (SiO_2) に代表される（紫外）透明材料は、光エレクトロニクス分野の基盤材料として広く使用されており、近年の高度情報化社会の発展を支える光通信技術の進歩によって、高品位でかつ簡便・安価な微細加工技術の開発が期待されている。当研究チームにおいて独自に開発されたレーザー誘起背面湿式加工法

（LIBWE法：Laser-induced backside wet etching）

は、ナノ秒パルスのエキシマレーザーを加工対象物の石英基板の背面から照射し、色素を高濃度に含む有機溶液または水溶液のアブレーションによって誘起された高温・高圧の特殊な反応場が石英基板表面を微細加工するオリジナリティの高い手法である。本法は海外でも反響を呼び、独国ライプツヒ表面加工研究所およびゲッチンゲン・レーザー研究所においても本法による光学素子の微細加工の研究が進められており、情報交換を行っている。国内外で活発に研究が進んでいるフェムト秒レーザー加工と比較しても、下記のような特徴が挙げられる。

- 加工部位の周囲にクラックなどのダメージが発生せず、高品位な微細加工が可能である。
- 加工表面の平坦度が高く、深さ方向は照射パルス数の積算でナノレベルの精度で加工可能である。
- マスク縮小露光法を用いることで、任意のパターン形状の大面积一括加工が可能である。

平成14年度は、微細加工特性向上、加工メカニズムの解明、ならびに、産業技術への応用を目指し微細パターン構造を利用した表面機能化素子や光学素子の試作を行った。

年度進捗

レーザー誘起背面湿式加工法での微細加工特性を改善するために縮小光学系の改良を行い、石英ガラスの1ミクロン分解能のグレーティングおよびグリッド（格子状）アレー作製に成功した。さらに、微細加工の加工メカニズムを解明するために、時間分解画像観察法を用い石英ガラス/有機溶液界面における気泡および衝撃波の膨張過程を測定し、発生圧力（約200MPa）を求めた。現在、産業技術への応用を目指し、加工パラメータの最適化、ならびに、微細パターン構造を利用した表面機能化素子等の試作を検討した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 石英ガラス、精密微細加工、液体アブレーション

⑩【新炭素系材料開発研究センター】

(Research Center for Advanced Carbon Materials)

(存続期間：2001. 4. 1～2008. 3. 31)

研究センター長：飯島 澄男

副研究センター長：古賀 義紀

総括研究員：古賀 義紀、湯村 守雄

所在地：つくば市東1-1-1 第五事業所
 人 員：34 (14) 名
 経 費：469,676千円 (303,518千円)

概 要：

新炭素系材料開発研究センターでは、炭素の究極の物性を明らかにすると共に、炭素系物質・材料が作り出すナノスペースの科学の構築を行い、これらをベースに環境に適合しやすい炭素系材料の特徴を生かした環境・エネルギー材料及び情報通信材料の開発を目的としています。新規超硬物質ヘテロダイヤモンド（ダイヤモンドと立方晶窒化硼素の固溶体）の超高压合成や CVD 法による構造制御された単層ナノチューブ合成・デバイス化、プラズマ法によるナノ結晶・大面積・硬質膜や水環境下での低摩擦・低摩擦の DLC 成膜を行っています。さらに、高分解能走査型透過電子顕微鏡の開発を行い、カーボンナノピーポッド中の原子一つ一つの観測を実現し、ナノスペースの科学の構築を目指しています。

外部資金

- 経済産業省「ナノカーボン技術プロジェクト」
- 経済産業省「エネルギー使用合理化革新的温暖化対策技術開発」
- 経済産業省「炭素系高機能材料の技術開発」
- 経済産業省「発電用炭素高機能材料技術開発」
- 経済産業省「高効率石油掘削技術等研究開発」
- 経済産業省「動的アニール・ソフトイオンビームプロセスによる高品質ダイヤモンド半導体基盤技術に関する研究」
- 経済産業省「高速 LSI 用歪 SOI ウェーハの研究開発」

発 表：誌上発表43 (36) 件、口頭発表131 (32) 件、その他3件

ナノカーボンチーム

(Nano-Carbon Materials Team)

研究グループ長：角館 洋三

(つくば中央第5)

概 要：

非常に多様性に富んだ構造、性質を有している炭素系物質・材料の開発に資するため、触媒制御、超高压力、超高温、強磁場等の特殊反応場を利用して、ナノメータオーダーの構造、原子配列などを精緻に制御することにより、新しい機能を有する物質・材料の創製技術の開発を行い、大量合成技術の開発から、ナノテクノロジー技術への応用を目指した幅広い応用分野での基盤となる合成、利用技術の確立を目的とする。ナノメータオーダーの特異構造を制御した物質としてナノチューブ等を、また炭素以外にも窒素、ホウ素等を

加えて異元素配列を制御した制御物質としてヘテロダイヤモンド等の物質を研究対象とし、その材料化を図るため、ナノカーボン量産技術の開発、及びナノカーボンを電子デバイスや超高硬度材料として利用するための高度材料化技術の開発を行う。

研究テーマ：

テーマ題目 1

ダイヤモンドチーム

(Diamond Team)

研究チーム長：長谷川雅考

(つくば中央第5)

概 要：

ダイヤモンドの持つ優れた半導体特性を生かした電子デバイスの実現について研究を展開している。特に、当グループが見出した電子ビーム照射による紫外線発光を利用したダイヤモンドによる紫外線発光ダイオードの開発をモチーフターゲットにして、ダイヤモンド半導体を電子デバイス化するための基盤技術である、薄膜合成と界面制御技術、紫外線発光機構の解明、pn 伝導度制御技術、イオン注入技術について研究・開発を行っている。

研究テーマ：

テーマ題目 2

表面機能制御材料チーム

(Surface Modification Materials Team)

研究チーム長：田中 章浩

(つくば中央第5)

概 要：

表面機能を制御した材料の合成、構造・物性・機能評価を行なうことにより、機械的機能等に優れた材料を開発することや、それらの機能発現メカニズムを解明すること等を目的として、研究を行なっている。具体的には、プラズマ CVD 成膜法やイオン注入成膜法等を用いて、トライボロジー機能等に優れたダイヤモンドライクカーボン (DLC) やナノクリスタルダイヤモンド等の炭素系皮膜の合成、それらの構造解析や特性評価等を行っている。また、ダイヤモンド含有複合材料やナノホーンを始めとする新炭素材料等のトライボロジー等特性評価も行なっている。さらに、ナノチューブやダイヤモンドを対象としてイオンビーム照射や表面光反応の技術を用いることにより、それらには水性、電導性等の新たな機能を付与する研究を行っている。

研究テーマ：

テーマ題目 3

[テーマ題目 1] ナノカーボン材料の開発 (運営費交付金)

[研究代表者] 角館 洋三 (新炭素系材料開発研究センターナノカーボンチーム)

〔研究担当者〕 湯村 守雄、大嶋 哲、薄葉 州、
横井 裕之、末永 和知、吾郷 浩樹、
内田 邦夫、若槻 雅男、橋本 綾子、
張 迎九、小松 民邦、星 文之、
長谷川 猛、北村 順也、李 相満
(職員7名、他8名)

〔研究内容〕

触媒制御、磁場・圧力等の特殊反応場を利用することによりナノ領域での構造、原子配列を制御したナノカーボン材料の合成、構造制御、構造・物性解析を行うとともに、ナノスペース解析のための超高分解能元素分析技術の開発、ナノテクノロジー等への適用を目指したナノカーボン応用技術の開発を行うことを目的とする。

ナノメータ領域で原子結合・構造制御されたナノチューブや、異原子が配列制御されたヘテロダイヤモンド等のナノカーボン材料は、電子放出特性、硬度などに多くの優れた特性を有しており、さらに高次の構造制御および超微細加工を行うことにより、ナノカーボン材料の潜在的な特性の発現も期待される。そのため、ナノカーボン材料の材料化に不可欠な量産技術の開発を行うとともに、高度な成長・形態制御、結晶制御、コーティング、微細加工技術を開発して構造評価及び電気的特性、機械的特性評価を行うことにより、新規な機能を発現する材料化基盤技術を確認する。また、ナノカーボン材料は軽元素系ゆえに、その構造を解析することは困難であるため、原子レベルでの超高空間分解能を有する元素同定法や状態解析法を開発を行う。

H14年度における進捗状況は以下の通りである。

1) ナノカーボン量産技術の開発

単層ナノチューブの量産技術に関し、逆ミセル法で調製した二元系金属超微粒子触媒について、ベンチスケールでの基礎的検討を行い、径が他の方法より大きい(平均で1.7-2.2nm)チューブが得られることが分かった。これは分子内包やガス吸着などで、他のチューブにない特性が期待できる。また、多孔質酸化マグネシウムを担体とする触媒を開発して、ベンチスケール攪拌流動層プロセスを試作し、その単層ナノチューブ合成触媒としての有効性を確認した。B-C-N 層状化合物の大量合成を行うため、合成用電気炉の炉心管を多孔質にしてガスフローさせる技術を開発し、生成物による炉心管の閉塞を防止できたため連続的な合成反応を行えるようになった。

2) ナノカーボン高度材料化技術の開発

逆ミセル法で調製したコバルト超微粒子触媒とインクジェット印刷法を組合せて、基板上の任意位置にパターン描画し、配列したカーボンナノチューブのパターン作成技術を開発した。また高圧溶融法により得られた高結晶性 B-C-N 層状化合物を一軸圧縮することにより、低圧相(層状化合物)と高圧相(六方晶高硬度物質)が高配向して複合化したペレットを得ること

ができた。この材料は摩擦と摩耗とも優れた特性を示すことが期待できる。またダイヤモンド、窒化ホウ素、炭化ホウ素の組合せで超高速溶射(電磁加速プラズマ溶射法)し、各種の複合化厚膜が得られるとともに、原料粉体の粒径制御等によるプロセスの最適化により、欠陥の少ない緻密膜を得られた。

3) 超高空間分解能元素分析装置の開発

新たに開発した透過型走査電子顕微鏡、電子分光器の性能評価を行い、単層カーボンナノチューブからの電子分光スペクトルを得ることに成功した。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 ナノチューブ、B-C-N、高分解能電子顕微鏡、触媒、高圧

〔テーマ題目2〕 ダイヤモンド半導体の開発(運営費交付金)

〔研究代表者〕 長谷川雅考

〔研究担当者〕 大串 秀世、山崎 聡、竹内 大輔、
小倉 政彦、(職員5名、他6名)、

〔研究内容〕

薄膜合成と界面制御：実験施設の移転にともなう整備作業が完了し、本年度は本格的な合成技術の展開ができた。ダイヤモンド薄膜の合成時の不純物原子の混入の制御を中心に従来技術の見直しを行い、基板ホルダーの高純度化の必要性、合成装置のチャンバーの洗浄と汚染との関係等について新たな知見を得て、合成技術の向上に繋げた。デバイスに必要なダイヤモンド/金属界面制御については、ホウ素ドーブのP形ダイヤモンドでの研究を展開し、高性能な界面特性を得るとともに、その界面特性の温度依存性などの詳細なデータの集積を行った。光機構解明：室温で非線形効果を示すエキシトンの発光機構に関しては、理論的サイドと実験サイドの両面から精力的に展開した。間接遷移型であるダイヤモンドのエキシトンの挙動を考慮した量子統計の理論に基づいて、発光スペクトルの形状から系のエキシトン密度を見積もる試みを行い、これより実験で対象にしているエキシトンの密度を見積もることに成功した。また低温(80K以下)での実験を試み、非線形効果は低温になればなるほど低電流の電子ビームの励起で生じることがわかった。これらのことから、観測されるダイヤモンドのエキシトンの非線形光学効果は高密度なエキシトンによる量子統計現象に強く関連した現象であることが示唆された。

pn制御：トリメチルボロンを用いたp形ダイヤモンド薄膜については、データの蓄積が進み、従来と比較し制御性よく移動度 $1000\text{cm}^2/\text{Vsec}$ 以上の膜を合成することが可能になった。n形ダイヤモンド薄膜合成についてはノンドープによる合成装置のチェックが完了し、次年度からターシャルブチルリンによる合成を開始する。一方pn接合についてはn形のアモルファスシリコンとp形ダイヤモンドのヘテロ接合について検討を行い、ダイオ

ード特性の優れた接合を得ることに成功し、発光素子への展開が可能であることがわかった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 ダイヤモンド、半導体、電気伝導性制御、発光機構

【テーマ題目3】 機械的高機能炭素系皮膜の合成と評価に関する研究（運営費交付金、受託研究制度）

【研究代表者】 田中 章浩（新炭素系材料開発研究センター表面機能制御材料チーム）

【研究担当者】 古賀 義紀、田中 章浩、梅田 一徳、中村 挙子、大花 継頼、山本 和行、石原 正統（職員7名、他9名）

【研究内容】

優れたトライボロジー等の機械的機能を持つ皮膜を得るために、種々のプラズマ CVD 法や原料ガスを用いて DLC 膜やナノクリスタルダイヤモンド膜、窒化炭素膜等を合成し、その構造・組成解析、微小硬さ評価、トライボロジー特性評価、摩擦面観察・分析等を行なった。トライボロジー特性については、摩擦雰囲気の影響に重点を置き、その他、摩擦相手材料、速度、荷重を変えて評価を行なった。DLC 膜の摩擦摩耗の大きさは、作製法や摩擦条件により異なるが、摩擦係数が0.1以下で比摩耗量が $10^{-8}\text{mm}^3/\text{Nm}$ 台となるものが得られた。また、DLC 膜の摩擦摩耗は雰囲気湿度への依存性が大きく、湿度が高いと摩擦係数が大きくなる傾向が皮膜の作製法等に依らず見られたが、この依存性は速度のような摩擦条件によって異なることも判明した。DLC 膜の摩擦摩耗が小さいことについては、摩擦面の詳細観察等から、DLC 膜から摩擦相手材料に移着が生じ、それが DLC 膜とは異なった構造になることが効果を及ぼしていると推測している。ナノクリスタルダイヤモンド膜については、アンテナ型マイクロ波プラズマ CVD 法により、30cm 角の面積ガラス基板に厚さ均一性、光透過性に優れた皮膜を合成することに成功した。これは世界トップクラスの技術である。同軸アンテナマイクロ波プラズマによる CVD 法により、 CH_4/N_2 混合ガスを用いて窒化炭素膜の合成を行い、 α 相 C_3N_4 硬質膜の合成に成功した。X線回折による信頼性の高いデータ及び極めて特徴的な赤外スペクトルを初めて得た。

当初計画にはない予期せぬ成果として、新規物質のグラファイトボール（G ボール）について、高压下での放射光（SR）による PXRD 測定を行った結果、特異構造を持つことが新たに判明した。G ボールは中心部まで空洞ではない同心状構造で、かつ常温、20GPa 以上において金属的な挙動が起こり、通常のグラファイトとは異なる現象を示すことを初めて見出した。

水環境で使用する部品や複雑形状を持つ金型等、特定した用途において優れた特性を持つ DLC 系皮膜に関し

ては、まず、水環境中での DLC 膜のトライボロジー特性を調べた結果、水環境中では空気中に比べてさらに摩擦摩耗特性が得られた。例えば、水環境中では、摩擦係数は0.1程度であるが、比摩耗量は $1 \times 10^{-8}\text{mm}^3/\text{Nm}$ 程度の非常に小さい値であった。また、密着性を重視した皮膜について、ステンレス基板をメタンガス・プラズマ処理し、ミラー型 ECRCVD 法で DC バイアスとパルスバイアスの同時印加を行うことにより、密着性の良い DLC 膜を得た。さらに、高負荷条件下での適用に向くと考えられる粉末焼結法による表面制御材料に関しては、高強度プラスチック母材の表面に超硬質材料であるダイヤの微小粉末を添加した材料を合成し、水環境下で摩擦係数0.05程度の低い摩擦を示す表面制御材料が得られた。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 表面改質、プラズマ CVD 法、DLC 膜、ナノクリスタルダイヤモンド膜、トライボロジー、高硬度、

⑱【シナジーマテリアル研究センター】

(Synergy Materials Research Center)

(存続期間：2001.4.1～)

研究センター長：神崎 修三

副研究センター長：山内 幸彦

総括研究員：大司 達樹

所在地：中部センター

人員：51 (14) 名

経費：271,520千円 (120,793千円)

概要：

地球温暖化や廃棄物処理問題など、地球環境問題が深刻化している現在、省資源・省エネルギー効果に優れた技術や環境に優しい技術への早期転換が望まれている。省エネルギー化や低環境負荷を実現するには、さまざまなシステムや機器の高効率化や運転時の無害化などが必要である。このようなシステムや機器を開発するには、それらに使われている材料の高性能化や高機能化が不可欠である。このような背景から、シナジーマテリアル研究センターでは、エネルギーや環境に関連する機器に使われる、優れた特性や機能を発現する材料の開発を目指している。

材料がエネルギー・環境分野に広く用いられるには、例えば、軽くて熱に強くしかも壊れにくい材料、電気を通しやすくしかも有害なガスを分解する機能を持った材料のように、これまでの欠点を克服し、かつ多くの長所を合わせ持った材料を創る必要がある。生物の世界では、互いに補い合って存在していることを見かける。これを共生効果（シナジー）と呼んでいる。人が作り出す材料もよく考えて創れば、同じように良い

面だけを共生させることが可能である。

材料を顕微鏡で観察すると、数10万分の1mm～数mmの大きさ、さまざまな形や分布をもった粒子、空隙、繊維などで構成されていることが分かる。それらの大きさ、形、分布を精密に制御したり、種々の大きさの粒子などを組み合わせたりすることにより、これまでにないさまざまな機能や特性を共生させた材料を開発することができる。このような構造制御の考えを基本に、当研究センターでは産学官共同で推進中の「シナジーセラミックス」プロジェクトを含め、(1) 耐熱・耐食性と脱塵機能を有する「流体透過機能材料の開発」、(2) 高強度・高靱性と耐摩耗性あるいは低固体摩擦係数と高熱伝導率を併せ持つ「摺動材料の開発」、(3) 選択分離機能とエネルギー変換機能の多重化により、NO_xの連続浄化を可能とする「環境浄化材料の開発」、(4) 高温腐食性雰囲気での酸素ガス的高速センシングあるいは低温での水素ガスのセンシングを可能とする「環境認識材料の開発」を実施している。以上の4つのテーマにおいて、第1期では(1) 800℃以上の腐食性雰囲気下において、50μm以下の粉塵が捕集可能なフィルター材料、(2) 高荷重・無潤滑条件下で比摩耗量が従来材料の1/10以下の材料、(3) 400℃以上の酸素共存雰囲気下で連続的にNO_xを還元除去する材料、(4) 腐食性環境下でジルコニアセンサと同等の10msecの応答速度を持つ高温用酸素センサおよび室温作動型水素センサの開発を目標としている。

 経済産業省 電源多様化技術開発等委託費「シナジーセラミックスの技術開発」(執行額18,050千円)

経済産業省 石油安定供給技術開発等委託費「シナジーセラミックスの技術開発」(執行額39,850千円)

経済産業省 エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費「シナジーセラミックスの技術開発」(執行額54,343千円)

経済産業省 中小企業産業技術研究開発委託費「シナジーセラミックスの技術開発」(執行額21,798千円)

発表：誌上発表79(75)件、口頭発表116(58)件、その他12件

流体透過機能材料チーム

(Permeable Materials Team)

研究チーム長：大司 達樹

(中部センター)

概要：

発電設備や自動車エンジン、工場等からは、人体に

有害で、環境汚染の原因となるような粉塵が発生する場合があります。このような粉塵は、高温で腐食性の流動状態で排出されるため、フィルターには耐熱性・耐食性ととも高い機械的信頼性が要求される。当チームでは、いろいろな大きさの粉塵を効率よく分離、除去できるように孔の大きさや形状が広い範囲で正確に制御され、また耐熱・耐食性、機械的信頼性にも優れるフィルター材料の開発を目指している。平成14年度はセラミックス多孔体の粒界相を強化することにより、800℃、SO₂濃度300ppmの腐食性ガスに120時間暴露した後の強度劣化を10%以内に抑えること、セラミックス多孔体の粒子・形態配向制御、高融点粒界形成により、1500℃で400J/m²以上の破壊エネルギー(損傷許容性)、従来緻密体と同等の強度と1/2以下の弾性率(変形許容性)、及び温度差800℃以上の耐熱衝撃性を発現させることを目標に研究を進めた。その結果、粒界ガラス相を除去したサイアロン多孔体において、1000℃以下の温度でSO₂濃度300ppmの腐食性ガスに120時間暴露した後の強度劣化がないことを確認した。また、高融点粒界相を持つ柱状粒子配向窒化ケイ素多孔体を開発することにより、1500℃で460J/m²以上の破壊エネルギー、従来緻密体と同等の強度と1/2程度の弾性率と同時に、温度差1200℃以上の耐熱衝撃性を得ることに成功した。

研究テーマ：

テーマ項目1

摺動材料チーム

(Tribological Materials Team)

研究チーム長：平尾喜代司

(中部センター)

概要：

暮らしを支えているさまざまな機器には、動力を伝えるため回転、往復運動を行う部品(摺動部品)が組み込まれている。近年、これらの機器の高性能化に伴い、高速回転や長期運転しても摩耗が少なく高い精度を維持する部品が必要となっている。当チームでは、高い強度と優れた耐摩耗性を持ち、しかも潤滑性に優れた摺動材料の開発を目指している。平成14年度は、高強度・高靱性と耐摩耗性を共生させた窒化物セラミックス、優れた摺動特性と高強度・高靱性を共生させた炭化物セラミックスの開発を目指した。その結果、イオン注入を行った高強度・高靱性窒化ケイ素、あるいはYb, Lu-αサイアロンにおいて、機械的特性を低下させずに比摩耗量10⁻¹⁰mm²/Nを達成した。また、シート成形法を用いて成形時にカーボン繊維を配向分散させることにより、固体摩擦係数を0.2まで低減させた材料、窒化ケイ素層と窒化ケイ素/BN複合層の交互積層構造とすることで高強度を維持しつつ低摩擦係数化(摩擦係数0.4)と耐摩耗性の向上(比摩耗量

を従来材料の1/5) を実現させた材料の開発に成功した。更に、Al-B-C 助剤系炭化ケイ素にグラファイトを添加することにより500MPa 程度の高い強度を維持しつつ、摩擦係数を0.15まで低下させることが可能であることを明らかにした。

研究テーマ：

テーマ題目 2

環境浄化材料チーム

(Environment Purifying Materials Team)

研究チーム長：淡野 正信

(中部センター)

概要：

自動車排ガス等に含まれる NOx を分解する際に、酸素があるとすぐに浄化能力が激減することが問題となっている。当チームでは、酸素共存下で高効率 NOx 浄化を行う「環境浄化セル」、その作動に必要な電気エネルギーを排ガスの熱から取り出す「熱電変換セル」及び、それらを一体化するプロセス技術を開発し、外部からエネルギーを加えることなく、連続的に排ガスを浄化する材料の開発を目指している。平成14年度は、材料構造・組成を最適化することにより、浄化セルにおける窒素酸化物の選択分離浄化作用の効率を向上させること、結晶粒内・粒界におけるナノ～マイクロ構造の制御や界面の適合性を向上させることにより、酸化物熱電変換材料の変換出力向上を目指した。その結果、浄化セルにおいては低温作動時(600℃以下)でもセル消費電力を低減(印加電圧1.5V—通電電流80mA以下)することができた。また、開発材料は高酸素共存条件(10%)でも効率的に作動することを確認した。一方、熱電変換材料においては、発電セル及びモジュールの出力を昨年度より20%以上向上させることに成功した。

研究テーマ：

テーマ題目 3

環境認識材料チーム

(Environmental Sensors Team)

研究チーム長：村山 宣光

(中部センター)

概要：

地球環境保全の観点から、ゴミ焼却炉やエンジン等から発生する有害ガスの監視・抑制が不可欠である。また、快適・安全な生活空間の創出には、大気中の微量有害物質を的確に検知するガス認識材料の開発が必要である。当チームでは、耐食性等に優れた新素材の活用とナノレベルの材料製造技術により、過酷な環境下でも安定に作動するガス認識材料や高感度・高選択性ガス認識材料(酸素、水素センサ)の開発を目指している。平成14年度は、材料の薄膜化により、酸素センサの応答速度を高速化(100msec以下)すること、耐久性とシリコンプロセスとの整合性に優れた室温作

動型センサを開発することを目指した。酸素センサの開発においては、粒径約100nmの酸化セリウム多孔質厚膜試料を作成し、その応答性を評価した結果、800℃において応答時間(t_{90})が約50msであることを確認した。また、更に応答性を高めるために、MOCVD法により膜厚70-80nmの酸化セリウム薄膜を作製した。水素センサについては、熱電膜の薄膜化及び触媒膜との積層化を行い、シリコンプロセスとの整合性を確保できる見通しを得た。

研究テーマ：

テーマ題目 4

[テーマ題目 1] 流体透過機能材料の開発(電源多様化技術開発等委託費)

[研究代表者] 大司 達樹(シナジーマテリアル研究センター 流体透過機能材料チーム)

[研究担当者] 近藤 直樹(職員2名、他10名)

[研究内容]

通気性・形状付与性に優れた多孔体の作製とフィルター特性の評価を目的に、凍結乾燥による一方向貫通気孔と類似した気孔を有し、かつ複雑大型部品化が可能なプロセスとして、有機質の短繊維を気孔形成材として成形体に分散し、焼却除去する手法を検討した。5wt% Y_2O_3 、2wt% Al_2O_3 添加窒化ケイ素混合粉末に樹脂繊維(長さ0.3mm、直径33 μm)を50vol%分散させて成形し、短繊維を焼却(大気中800℃)した後に窒素雰囲気、1750~1800℃で4時間焼成することにより気孔率40%、平均気孔径22 μm の窒化ケイ素多孔体を作製した。この多孔体(W-SN)と、これまでに開発した3次元ネットワーク構造のCaZrO₃/MgO複合多孔体(CM; 気孔率43%、平均気孔径1 μm)、凍結乾燥による一方向貫通気孔窒化ケイ素多孔体(FD-SN; 気孔率40%、平均気孔径20 μm)、及び比較材として作製した澱粉分散焼却による窒化ケイ素多孔体(S-SN; 気孔率40%、平均気孔径26 μm)について、圧力損失、粉塵捕集効率をフィルターメディアテスターにより評価した。その結果、比較材のS-SNが圧力損失2kPa以上であったのに対し、開発材では全て1kPa以下の低い値が得られた。特にW-SNについては直線状の気孔が、CMについては均一な気孔が良好な通気性の原因と考えられた。捕集効率はいずれも99.9%以上の高い値を示した。

次に、優れた高温ガス耐食性を有する多孔体材料としてサイアロンに着目し、その高温ガス耐食性を窒化ケイ素多孔体と比較評価した。サイアロン多孔体はZ=1.0あるいは2.0のサイアロンとなる窒化ケイ素、 Al_2O_3 、AlNに Y_2O_3 を微量添加した混合粉末、また窒化ケイ素多孔体は窒化ケイ素に5wt% Y_2O_3 あるいは5wt% Yb_2O_3 を添加した混合粉末を窒素雰囲気下1750~1800℃で2時間焼成することにより得た。いずれも気孔率は40%、平均気孔径は約1 μm である。サイアロン多孔体は粒界ガラス

相がないのに対し、窒化ケイ素系多孔体は粒界ガラス相が存在することが TEM 観察で確認された。高温ガス耐食性の評価では、これらの試料を800℃、1000℃及び1200℃において500ml/min 純空気、及び SO₂を300ppm 含む腐食性ガスに120時間暴露し、暴露前後の質量変化、強度変化、組織変化を調べた。純空気下の800℃ではサイアロン系、窒化ケイ素系ともに質量変化、強度変化はなかったが1000℃以上では酸化により質量が増加し、窒化ケイ素系では1000℃以上で、サイアロン系では1200℃で強度劣化が見られた。一方、腐食性ガス下では酸化による質量増加の挙動は純空気下と同様であるが、窒化ケイ素系では強度劣化が800℃で起こり、1000℃以上では著しくなるのに対し、サイアロン系では1200℃でのみ強度劣化が見られた。サイアロンの酸に対する優れた耐食性は、耐酸性に劣る粒界ガラス相を含まず、結晶相のみで構成されるために発現すると考えられる。

次に、1500℃の高温で損傷許容性と変形許容性の同時発現を図るために、テープ成形法と鍛造焼結法により高融点の粒界相を有し、柱状粒子が配向した窒化ケイ素多孔体の作製を試みた。両方法とも8wt%Lu₂O₃、2wt%SiO₂を焼結助剤として1850~1900℃で0.9MPaの窒素雰囲気下で焼成し、高融点の Lu₂Si₂O₇を粒界結晶相に持つ柱状粒子配向型窒化ケイ素多孔体を得た。開発材の特性を耐熱性が最も優れている市販の緻密質窒化ケイ素（京セラ SN282）と比較したところ、強度は気孔率25%前後の多孔質でありながら、いずれも SN282と同等の450MPa 前後の値を示した。また、破壊エネルギーはSN282が65J/m²であったのに対して鍛造焼結法で作成した多孔体（PSN-B）が185J/m²であり、テープ成形法で作成した多孔体（PSN-A）では460J/m²と極めて大きな値が得られた。このような優れた損傷許容性は、配向した柱状粒子の架橋及び引き抜きが粒子間の気孔により活発に起こった結果得られたものと考えられる。さらに、弾性率は PSN-A, B 何れも160~180GPa と緻密質窒化ケイ素の1/2あるいはそれに近い値であり、従来の耐熱窒化ケイ素の約2倍の変形許容性を有することが示された。

多孔体の耐熱衝撃性と損傷許容性との関連を調べるために、き裂進展に伴う破壊抵抗の増大を遮蔽応力モデルにより解析し、得られた遮蔽応力から熱衝撃損傷抵抗を評価したところ、PSN-A は通常の緻密質窒化ケイ素に比べ約2倍の熱衝撃損傷抵抗を有することが示された。さらに、PSN-A の熱衝撃破壊抵抗を試験条件による変動が小さい赤外線放射加熱法により評価した。その結果、無配向の窒化ケイ素多孔体（気孔率23%）が耐熱衝撃温度差720℃であったのに対し、PSN-A は1200℃以上（最大負荷で破壊せず）の耐熱衝撃温度差を有することが確認された。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 多孔質、強度、破壊エネルギー、耐熱性、

耐食性、耐熱衝撃性

【テーマ題目2】 高性能摺動材料の開発（エネルギー供給構造高度化技術開発等委託費、石油安定供給技術開発等委託費）

【研究代表者】 平尾喜代司（シナジーマテリアル研究センター 摺動材料チーム）

【研究担当者】 吉澤 友一、周 游、宮崎 広行、兼松 渉、阪口 修司
（職員6名、他13名）

【研究内容】

α サイアロン及びα/β 混相サイアロンの摺動特性に及ぼす固溶元素と粒子形態の影響について検討した。低荷重域（マイルド摩耗）においては Y-α サイアロンよりも Yb あるいは Lu-α サイアロンの耐摩耗性が優れることを見出し、マイルド摩耗域で比摩耗量10⁻¹⁰mm²/N オーダーを達成した。マイルド摩耗領域の耐摩耗性は希土類ケイ酸塩の耐酸化性と耐熱性に密接に関係していると考えられる。また、α サイアロンにおいても粒子を柱状化し破壊靱性を向上させることにより、高荷重域（シビア摩耗）での耐摩耗性を向上できることを見出した。

窒化ケイ素に関しては、焼結体へのイオン注入あるいは固体潤滑材添加による耐摩耗性向上について検討している。B⁺、N⁺、Si⁺のイオン注入を行った結果、B⁺<N⁺<Si⁺の順に耐摩耗性が向上し、特に Si⁺注入により、低荷重域での比摩耗量を従来材料の1/20まで低減させることができた。これは質量の小さな B⁺が表層を通過して内部まで侵入するのに対し、質量の大きな Si⁺イオンを注入した場合、表面に数百 nm の厚みを持つ高硬度のアモルファス層が形成され、この改質層が耐摩耗性向上に寄与したものと考えられる。また、摩擦係数の低減による耐摩耗性向上に関しては、固体潤滑材として窒化ホウ素あるいはカーボンを添加した窒化ケイ素焼結体を作製し、特に固体潤滑材の分散形態と摩擦・摩耗特性について検討を行った。これまで、1)シート成形法を用いて成形時にカーボン繊維を配向分散させることにより、固体摩擦係数を0.2まで低減させた材料、2)窒化ケイ素層と窒化ケイ素/BN 複合層の交互積層構造とすることで高強度を維持しつつ低摩擦係数化（摩擦係数0.4）と耐摩耗性の向上（比摩耗量を従来材料の1/5）を実現させた材料の開発に成功している。

次に、市販の二種類の炭化ケイ素（酸化物助剤、炭化物助剤）及びこれまで開発した高強度・高靱性材料の摩耗試験を行ったが、比摩耗量は3~6×10⁻⁹mm²/N で材料間の差異は認められなかった。そこで、固体潤滑材の添加を検討し、Al-B-C 助剤系炭化ケイ素にグラファイトを添加することにより500MPa 程度の高い強度を維持しつつ、摩擦係数を0.15まで低下させることが可能なことを明らかにした。しかし、この材料はカーボン脱落に伴いマトリックス粒子も脱落するため、摩耗量の改善が

見られなかった。一方、酸化物助剤を用いた液相焼結の研究において、酸化ランタンと酸化イットリウムの同時添加により200W/mKを超える高い熱伝導率を発現することを見出した。これは液相焼結炭化ケイ素としては世界最高水準にある。

以上に加えて、反応焼結プロセス（シリコンの窒化反応）を利用した高強度・高靱性 α -サイアロンセラミック及び高熱伝導窒化ケイ素セラミックの開発に着手した。サイアロンに関しては、窒化反応により得られた予備焼結体を熱処理することにより、柱状粒子が発達した組織を持つ単相の α -サイアロンが得られることを見出した。また、窒化ケイ素及びアルミナを対象にマイクロ波照射による液相焼結の緻密化挙動について検討を行い、1) 従来の外部加熱と比べて焼結温度を200-400°C低下させることができる、2) 焼結温度の低下は材料系の共晶温度と密接な関係にある等を明らかにした。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 セラミックス、摺動材料、熱伝導率、破壊靱性、固体摩擦係数、耐摩耗性、曲げ強度、表面改質

【テーマ題目3】 環境浄化材料の開発（中小企業産業技術研究開発委託費）

【研究代表者】 淡野 正信（シナジーマテリアル研究センター 環境浄化材料チーム）

【研究担当者】 藤代 芳伸、黄 海鎮、柘植 明
（職員4名、他6名）

【研究内容】

電気化学セル方式による窒素酸化物浄化材料の選択反応性を高めることを目的に、材料組成と構造の最適化を進めた。具体的には、昨年度得られた3次元ナノ貫通ナノ細孔よりも、さらに微細な反応空間を作り出すことを目的として、ゾルゲル法を利用した高分子の添加と焼成時の蒸発による細孔構造の導入を図った。しかし、ゾルゲル法により形成されたナノ孔は引き続き熱処理により消失してしまうことから、スクリーン印刷と焼成により作製された昨年度のセル特性を超えることはできなかった。

一方、測定後のセルについてのSEM・TEM観察及びX線分析を行ったところ、NiOとYSZの粒界に数ナノ径の微細な空隙と微細な金属Niの存在が認められた。これら空隙及び析出物と浄化反応特性との関係を詳細に検討するため、通電熱処理後に急冷した試料の微構造及び結晶相を調べた。その結果、NiOがYSZとの相互作用により金属Niに還元され、その際の体積減少によりナノサイズの空隙が生成することが分かった。金属Niは窒素酸化物に対して選択吸着性を有することから、通電加熱処理条件の最適化により電流効率を更に向上できると考えられる。

次に、昨年度開発したセルの構成各部における導電特

性を解析した結果、カソードにおける導電性が全体性能に大きく影響していることが分かった。そこで、カソードの低抵抗化のために、イオン伝導相（YSZ）、電子伝導相（NiO）による最適伝導経路の形成を図った。その結果、両方の構成相が連続構造となる、組成比1/3~2/3の範囲で高導電率を示し、かつイオン伝導相が多い側（NiO:YSZ（体積比）=1:2の近傍）で浄化性能が向上することを見出した。今年度の改良により、セル消費電力を昨年度開発のセルに比べてさらに半分以下に低減することが可能となった。また、改良セルは共存酸素濃度が10%とディーゼル排ガスと同レベルの場合においても、高い電流効率を示すことが確認された。

熱電変換材料の開発では、n型酸化物における変換性能の向上を目指し、欠陥制御による導電性向上や結晶構造の低次元化によるキャリア移動度の制御、格子ミスフィットなどの熱散乱構造の導入を図った。n型多結晶体として、層状チタン酸塩やAlドープ酸化亜鉛等を対象に、ソルボサーマル法などのケミカルプロセスを用いて合成したナノ粒子を用い、低温焼結等を行うことにより、ゼーベック特性を維持しつつ熱伝導率を1/2以下にするなど高出力化に必要な要素特性を達成した。また、結晶粒を高度に配向化することにより、p型酸化物多結晶体の性能低下を抑制するとともに、界面局所構造と導電特性の関係の解析結果に基づいた熱電セル及びモジュールの界面抵抗を低減した。その結果、昨年度より20%以上の出力性能の向上が得られた。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 電気化学セル、NO_x浄化、イオン伝導、ナノ反応場、熱電変換

【テーマ題目4】 ガスセンサの開発（運営費交付金）

【研究代表者】 村山 宣光（シナジーマテリアル研究センター環境認識材料チーム長）

【研究担当者】 申 宇ソク、伊豆 典哉、松原 一郎
（職員4名、他6名）

【研究内容】

耐食性に優れる酸化セリウムを用いた抵抗型酸素ガスセンサの開発、及び室温作動水素センサの開発を行っている。酸素センサについては、昨年度、スクリーン印刷法により粒径の異なる多孔質厚膜体を作製し、粒径が小さくなるほど応答性が向上することを確認した。今年度は、抵抗型酸素センサのミリ秒オーダーの応答特性を正確に評価するために、新しい評価装置を開発した。この速度での酸素分圧変化は、従来のガス流切替方式では得られないため、全圧を変える方式を採用した。装置は高性能のサーボバルブを用いることで、任意の周期波形を持つ圧力制御が可能であり、正弦波で100Hzの動作時、全圧で1.8~2.15気圧が発生できた。空気を用いた実験の場合、約0.37~0.43気圧の酸素分圧振動となる。この新規の装置を使い、粒径約100nmの多孔質厚膜試

料の応答性を評価した。900℃において酸素分圧を正弦波状に変動させ、徐々に周期を短くした結果、周期0.25sまでは酸素センサは正確に応答していることが確認できた。さらに、酸素分圧を急激に変化させたときに、酸素センサの出力が90%変化するまでの応答時間 (t_{90}) を求めたところ、800℃において約50msであることもわかった。この結果により、粒子のナノサイズ化等を更に進めることにより、最終目標である応答速度10msecのレベルに近づけられるとの見通しが得られた。

水素センサについては、水素ガスと白金触媒との触媒発熱から発生する局所的な温度差を熱電変換材料により電圧信号に変換させ、これを検知・計測することを動作原理とする新規な熱電変換式ガスセンサを提案した。本系において、約100℃以下では触媒反応が起こるのは水素ガスだけであるため、水素ガスに対する優れた選択性が実現される。また、既存の可燃性ガスセンサに比べて低温作動であるため、低消費電力であり、シリコン基板上への集積化に適している。

昨年度は室温での動作を実証した。今年度は動作温度を変えたときのセンサ特性の変化を調べた。その結果、動作温度100℃において250ppmから10%の濃度の水素ガスを定量的に検知可能であることがわかった。本センサの電圧信号は、水素ガス濃度に対して優れた直線性があり、水素濃度1%時に凡そ1.0mVの信号電圧を自ら発生した。このため、出力信号処理にかかるさまざまな周辺装置を減らすことができるので、例えば燃料電池車の車載用センサとしても期待が持てる。また、開発中のセンサの特徴として、約60～180℃という広い温度範囲において電圧信号の変動が極めて小さいことがわかった。季節の変化又は計測するガス流による素子温度変化に対する補正を行う必要がなく、周囲温度の変動の影響も受けにくい水素ガスセンサの開発が期待される。動作温度を100℃程度にすることにより、水素選択性を維持しつつ、出力信号が増大・安定化することがわかった。また、水分の影響も低減できると予想される。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 水素センサ、酸素センサ、熱電変換、触媒反応、ナノ粒子

【テーマ題目5】 熱電酸化物を用いた新型水素ガスセンサの開発 (NEOD 産業技術研究助成事業)

【研究代表者】 申 ウソク (シナジーマテリアル研究センター環境認識材料チーム)

【研究担当者】 村山 宣光、伊豆 典哉、松原 一郎 (職員4名)

【研究内容】

熱電式水素センサの開発において、昨年度までは、熱電膜として酸化ニッケル厚膜を用いていた。この方法で作られた素子には、機械的な強度が低く、膜厚が数十マ

イクロ程度であるため、その上に薄膜プロセスが殆ど不可能であり、電極パターンによる配線にプロセス上の制限があるとの問題があった。これを解決するために、RFスパッタ蒸着法を用いて、熱電酸化物を薄膜プロセスで形成した。ターゲットは、予めリチウムをドーブした酸化ニッケルを用いた。蒸着直後の薄膜は結晶質が悪く、アモルファスであったため、高温で熱処理を行うことで、結晶化され、十分な性能をもたらすことに成功した。このプロセスを用いて、熱電膜、白金触媒膜、電極パッド等のパターン形成が可能となった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 水素センサ、熱電変換、触媒反応

⑩【超臨界流体研究センター】

(Supercritical Fluid Research Center)

(存続期間：2001.4.～)

研究センター長：新井 邦夫

副研究センター長：鳥居 一雄

総括研究員：鳥居 一雄

所在地：仙台市宮城野区苦竹4-2-1、東北センター

人員：38 (14) 名

経費：225,568千円 (114,732千円)

概要：

1. 研究目標

超臨界流体反応場を利用した環境調和型有機合成プロセスの開発を目指した研究を実施し、化学工業の発展に資する。すなわち、超臨界水と超臨界二酸化炭素を反応溶媒として利用するだけでなく、反応基質、触媒として全く新たな有機合成の可能性を追求するとともに、高温高圧制御技術の開発を通して、分光学的その場測定法を駆使して反応性の発現機構の解明を行い、基礎と応用の有機的な連携のもとで成果を効果的に発展させる。超臨界二酸化炭素有機合成研究は競争的研究課題であり、一方、超臨界水有機合成研究は当センターの独断的課題であり、両者とも先端的な成果を出している。

第1期中期計画の目標は次の通りである。

- ・超臨界水反応場を利用したプロトン利用有機合成法を確立する。
- ・超臨界二酸化炭素を反応媒体及び基質とするウレタン、エステル化合物等の合成技術を開発する。

2. 研究計画

(1) 超臨界水反応場を用いた有機合成プロセスの開発

① 超臨界水を利用した有機合成反応の構築

酸あるいは塩基触媒を必要とする工業的に重要な不均化反応、Diels-Alder 反応などの超臨

界水合成技術について検討する。

② 超臨界水の in-situ 測定技術の開発

超臨界水に適用可能な流通式高感度高圧 NMR セル等の in-situ 測定システムの開発を行う。

③ 高温・高圧制御システムの開発

50MPa 以上の高圧で安定に運転可能な超臨界水供給システムを設計・試作する。

(2) 超臨界二酸化炭素反応場を用いた有機合成プロセスの開発

① 超臨界二酸化炭素を利用した有機合成反応の構築

超臨界二酸化炭素を基質とするカーボネート化合物等の合成や選択的アルコール合成反応を検討するとともに、触媒設計手法の研究に着手する。

② 超臨界二酸化炭素の in-situ 測定技術の開発
in-situ 測定技術による溶媒特性や反応ダイナミクスについて検討する。

3. 研究の内容・成果

(1) 超臨界水反応場を用いた有機合成プロセスの開発

① 超臨界水を利用した有機合成反応の構築

強塩基触媒によって反応が進行する不均化反応（ベンジルアルデヒドからベンジルアルコールと安息香酸生成反応）について、高温・高圧 in-situ FTIR 測定システムにより、超臨界条件下（387-427℃、25MPa）で検討した。その結果、25MPa、427℃では、速度定数 k_p は 2M-NaOH 水溶液中で行った場合の600倍以上の値を示した。300℃以下の水熱条件下では反応は進行しないが、超臨界水中では k_p は温度の増加によって著しく増加した。

超臨界状態まで急速昇温し、反応後速やかに冷却できる超臨界水マイクロリアクターシステムを開発し、マイクロリアクターを超臨界流体中での化学反応に適用した。本システムによって、99%以上の選択性で ϵ -カプロラクタムを得た。

ヒドロキシ有機酸とアンモニア水の反応によって、グリシンやアラニン等のアミノ酸を超臨界水中無触媒で合成できることを確認したが、さらに、温度、圧力等の操作条件の収率に及ぼす影響について検討を行っている。

② 超臨界水の in-situ 測定技術の開発

昨年度製作したバッチ型プローブのシステム化を図り、温度制御の効率を高めるため、ヒーター部の断熱構造に関する設計を大幅に変更した。一方、それらの知見を基に流通型プローブの設計を行った。

③ 高温・高圧制御システムの開発

500℃、100MPa でも安定に運転可能な連続式超臨界水反応システムに関して、配管ライン、送液ポンプ等の各プロセス要素について調査・試験等を行い、設計準備を進めている。その一環として、500℃、100MPa のバッチ反応器を製作し、基質導入試験を行った。

(2) 超臨界二酸化炭素反応場を用いた有機合成プロセスの開発

① 超臨界二酸化炭素を利用した有機合成反応の構築

シナナムアルデヒドの水素化により得られるシナミルアルコールは芳香剤や香味料の原料に用いられる。超臨界二酸化炭素を溶媒とし白金を有するメソ多孔体 (Pt-MCM41) を触媒に用いると（水素圧：4.0MPa、反応温度：50℃、反応時間：60分）、転化率30.8%、シナミルアルコール選択性97%の値が得られた。

種々の固体触媒を用い、二酸化炭素を溶媒としてエチレンカーボネートとメタノールを出発原料とするジメチルカーボネート合成について検討した（反応温度150℃、反応時間4時間）。ニッケルカチオンを骨格内に有しナトリウムとリチウムを層間に含んだ合成スメクタイトが好成績を示し、転化率72%、ジメチルカーボネート選択性93%、エチレングリコール選択性98%を示した。合成スメクタイト触媒と二酸化炭素溶媒を組み合わせると、生成物の分離回収が容易であること、重合による副生成反応が抑制されることがわかった。

超臨界二酸化炭素を溶媒とし、イオン性液体を触媒として用いるプロピレンオキサイドへの二酸化炭素固定化反応について検討した。イオン性液体としてエチルメチルイミダゾールテトラフルオロボレートを用い、反応温度100℃、反応時間2時間で43%の収率が得られた。DMFを溶媒とした反応では15時間要するが、2時間に反応時間を短縮できた。

② 超臨界二酸化炭素の in-situ 測定技術の開発

ポリマー製高圧 NMR セルを用いて、超臨界二酸化炭素中における金属触媒のモデルとなる錯体分子の回転ダイナミクスを調べた。その結果、密度が大きな領域では、錯体分子の回転ダイナミクスは粘性率に強く依存することが分かった。一方、錯体分子の回転ダイナミクスは臨界点近傍であたかも高粘性媒体中にあるかのような振舞いを示し、非常に特異的であることが明らかとなった。

経済産業省 エネルギー使用合理化技術開発委託費「大

項目：ミニマム・エナジー・ケミストリ研究開発」「中
項目：超臨界流体利用環境負荷低減技術」「小項目：超
臨界流体による特異的有機合成技術の研究」

(東北センター)

産業技術研究助成事業「超臨界流体化学工学の構築に向
けたマクロ及びミクロな移動現象の解明」

産業技術研究助成事業「メソ多孔体を利用した超深度脱
硫触媒プロセスの技術開発」

科学研究費補助金（文部科学省）「貴金属ナノシート触
媒の調製と高機能化」

機能性無機材料の開発（運営費交付金、(財)化学技術
戦略推進機構との共同研究)

超臨界水対応材料の選定技術の開発（運営費交付金、
(財)化学技術戦略推進機構との共同研究)

発表：誌上発表43（38）件、口頭発表66（11）件、
その他8件

有機反応チーム

(Organic Synthesis Team)

研究グループ長：白井 誠之

(東北センター)

概要：

環境に優しい有機物質の効率的な合成・製造法を開
発するために、従来の有害な有機溶媒の代替として、
超臨界水と超臨界二酸化炭素を反応場として活用する
新しい環境調和型有機合成法を確立することを目的と
する。今年度は以下の研究を行う。

酸あるいは塩基触媒を必要とする工業的に重要であ
るラクタム、アミノ酸類等の有機化合物の超臨界水を
用いた合成反応の探索を実施する。また、Diels-Alder
反応、不均化反応等を超臨界水中無触媒下で行い、そ
の反応性を検証し、従来法との比較を行う。

また、超臨界二酸化炭素を反応溶媒あるいは基質と
して用いる有機合成反応を検討し、触媒の活性化など
による反応性の向上を目指す。工業的に重要な不飽和
アルデヒドの選択的水素化による不飽和アルコールの
合成反応、さらに超臨界二酸化炭素を基質とする環状
ウレタン化合物やカーボネート化合物の合成について
検討する。また、イオン性液体と超臨界二酸化炭素を
使った新たな反応系について検討する。

研究テーマ：

テーマ題目1、テーマ題目3、テーマ題目4

流体特性解明チーム

(Fluid Property Team)

チーム長：生島 豊

概要：

超臨界流体プロセス技術の実用化には、超臨界流体
の溶媒特性、反応ダイナミクス等マイクロあるいはマ
クロな視点からの基礎データが求められている。その
ためには、高温・高圧 in-situ 測定システムやシミュ
レーション技術の構築が必要不可欠である。平成14年
度は、バッチ型プローブの開発で得られた知見を基に
流通式プローブを設計・製作する。また、ポリマー樹
脂を用いた高感度の高分解能型高圧 NMR セルを開発
し、超臨界二酸化炭素に対応した in-situ 高圧 NMR
測定技術を高度化し、超臨界二酸化炭素の溶媒構造の
異方性等について検討する。分光系では、耐温・耐圧
条件：450℃・40MPa に適用可能な超臨界水対応の可
視化フローセルの開発に着手する。更に、超臨界二酸
化炭素に溶解し、ミセル形成能を有する両親媒性化合
物を新たに設計・合成するとともに、ナノリアクター
として利用し、その化学反応性を検討する。

研究テーマ：

テーマ題目1、テーマ題目2

材料合成チーム

(Material Synthesis Team)

研究チーム長：林 拓道

(東北センター)

概要：

環境負荷低減の観点から有機合成プロセス技術の開
発が求められており、特に超臨界二酸化炭素利用有機
合成では研究加速のための新規触媒の開発が必用であ
る。本チームはその触媒開発を行うとともに、超臨界
水反応場の特異な性質を利用したナノ無機材料合成に
ついて研究する。また、金属酸化物系ナノ微粒子の流
通式超臨界水合成装置を開発し、流通式水熱合成手法
の検討を行う。一方、超臨界水環境下では反応装置材
料の腐食が懸念されることから、反応装置材料の選定
方法の確立について検討する。超臨界水対応材料の選
定技術の開発においては、流動式試験装置を制作し、
装置材料として用いられる Fe 基及び Ni 基合金の Cl
や S を含む超臨界水反応場での腐食挙動について検
討し、酸化環境下でステンレス鋼や Ni 基合金の溶解
機構と環境条件依存性を調べる。

研究テーマ：

テーマ題目1、テーマ題目5、テーマ題目6

プロセスチーム

(Supercritical Fluid Process Team)

チーム長：斎藤 功夫

(東北センター)

概要：

既存技術では困難とされる高圧・高温領域を制御す
る技術の開発に着手し、実用プロセスをイメージした
広範囲な温度・圧力条件に対応できる独自の実験装置

の開発を進めると同時に、超臨界流体中での流動・伝熱のシミュレータの開発を行う。高温・高圧制御システムの開発において、超臨界水の特性を最大限に引き出すために密度を高くする必要があり、300MPa 程度までの高圧の利用が重要と考えられる。現在は既存の超臨界水実験装置の圧力限界は高々50MPa 程度であり、独自の装置開発が期待されている。当面の目標として、500℃、100MPa でも安定に運転可能な超臨界水供給システムを設計・試作し、マイクロリアクターと組み合わせた超臨界流水連続反応装置を開発する。更に、超臨界流体で観測された **Piston Effect** を効率よく計算するための定式化を行い、**Piston Effect** と流れが共存する場合の数値解析を行う。

研究テーマ：

テーマ題目 1、テーマ題目 2

[テーマ題目 1] 超臨界流体による特異的有機合成技術の研究 (経済産業省委託費)

[研究代表者] 新井 邦夫(超臨界流体研究センター長)

[研究担当者] 鳥居 一雄、生島 豊、白井 誠之、
 斎藤 功夫、林 拓道、畑田 清隆、
 倉田 良明、佐々木皇美、増田 善雄、
 佐藤 修、川波 肇、金久保光央、
 相澤 崇史、伯田 幸也(職員14名)

[研究内容]

1. 目標

化学プロセスにおいては、環境負荷低減、省エネルギー、省資源を実現するための新技術が求められている。高温・高圧の状態にある流体の一種である超臨界二酸化炭素や超臨界水等のいわゆる超臨界流体は、従来から使用されてきた有害な有機溶媒の代替としてばかりではなく、特異な機能を持つ媒体として注目されている。本研究では、超臨界流体を用いた環境調和型の有機合成反応プロセスの基本技術開発を加速させるために超臨界流体の溶媒特性や反応ダイナミクスの解明を目的とする。

2. 研究計画

高温・高圧の状態にある流体の一種である超臨界水、二酸化炭素等を反応場とする、環境調和型の反応・プロセス技術を開発する。同時に、これらの技術開発を支援するために、*in-situ* 測定技術等を用いて超臨界流体の溶媒特性や反応ダイナミクスを解明する。このような観点から、以下の研究を実施する。

- (1) 超臨界水反応場を用いた有機合成技術の研究開発
- (2) 超臨界二酸化炭素反応場を用いた有機合成技術の研究開発
- (3) 流体特性の解明研究

3. 平成14年度進捗状況

- (1) 超臨界水反応場を用いた有機合成技術の研究開発
 常温から超臨界状態まで瞬間的(0.05秒)に昇温

でき、反応後速やかに冷却できる超臨界水マイクロリアクターシステムを開発した。本システムにより、超臨界水条件下でβ-アミノ酸からβ-ラクタムを、及びα-ヒドロキ酸とアンモニア水からアミノ酸を合成した。また、本システムによって、99%以上の選択性でε-カプロラクタムを得た。

- (2) 超臨界二酸化炭素反応場を用いた有機合成技術の研究開発

超臨界二酸化炭素を溶媒とし MCM-41担持ルテニウム-白金バイメタル触媒を用いてシンナムアルデヒドの水素化反応(50℃、2時間)で選択率100%が得られた。種々の固体触媒を用い、二酸化炭素を溶媒としてエチレンカーボネートとメタノールを出発原料とするジメチルカーボネート合成について検討し、ニッケル含有合成スメクタイト触媒が良好な結果(転化率72%、選択性93%)を与えた。

- (3) 流体特性の解明研究

ポリマー製高圧 NMR セルを用いて、超臨界二酸化炭素中における金属触媒のモデルとなるフッ素を含有する錯体分子の回転ダイナミクスを調べた。その結果、錯体分子の回転ダイナミクスは臨界点近傍であたかも高粘性媒体中にあるかのような挙動を示し、非常に特異的であることが判明した。また、二酸化炭素が接触、溶解した液体では、二酸化炭素圧力の上昇に伴い、顕著に流動性が増し、常圧の4倍ちかくも拡散性を高め得ることを確認した。

[分野] 環境・エネルギー

[キーワード] 超臨界水、超臨界二酸化炭素、有機合成、触媒、流体特性

[テーマ題目 2] 超臨界流体化学工学の構築に向けたマクロ及びミクロな移動現象の解明 (産業技術研究助成事業)

[研究代表者] 増田 善雄(超臨界流体研究センタープロセスチーム)

[研究担当者] 相澤 崇史、金久保光央(職員2名)

[研究内容]

超臨界流体を工業的に利用するためには、熱や流れといったマクロな移動現象および反応の特性に影響を及ぼすミクロな移動現象を明らかにする必要がある。本研究では、超臨界流体化学工学の構築に向けたマクロおよびミクロな移動現象解明のため、様々な検討を行った。

まずマクロな移動現象の解明については、超臨界流体の流動、伝熱を明らかにするための基礎的な研究を行った。そのための要素研究として、超臨界流体中でみられる特異な熱移動現象である **Piston Effect** についての検討を行い、その特性を数値解析により明らかにすることとした。そして、一次元数値解析の結果から、この現象は臨界点近傍だけでなく広い範囲でみられる現象であることが明らかになった。さらに理論的な解析を行い、二

次元に拡張する場合の近似式の提案を行い、自然対流と Piston Effect が共存する場合の熱伝達特性を明らかにした。

マクロな移動現象のもう一つの要素研究として、超臨界流体中の流れ及び温度を完全非接触で測定するための高圧 MRI システムの構築を行った。本装置では精密に温度制御が可能な高圧容器をプローブ内に設置する必要があり、構造的に困難な問題が多い。そのため MRI に用いる磁石として永久磁石を用い、高圧セルとしては耐圧強度の高いポリマーを部材として用い高圧容器の設計を行った。本装置を用いて、タギング法による格子縞の観測を行ったところ、約8ピクセルで良好な画像が得られることがわかり、超臨界流体の流れの測定へ適応できる可能性が示された。

また、ミクロな移動現象の解明については、分光セルの開発とそれを利用した超臨界二酸化炭素の局所密度に関する研究を主に行った。超臨界水はその臨界温度、圧力が高いため分光セルの開発が困難であった。今回の研究において、パルスレーザーを用いた強い光を効率よく照射させるためのセルの開発や、セルの固定方法、断熱の方法などについて複数の特許を出願し、企業との実施契約を結んだ。超臨界二酸化炭素の場合は超臨界水と比較すると低温低圧であるので比較的測定がしやすい。そのため超臨界二酸化炭素を用いて、超臨界流体中での反応機構を調べる目的で、各種分光法によりプローブ分子周りにおけるミクロ溶媒構造の研究が進められてきた。今回の研究では比較的機械強度の高いアルミナを用いて高圧 NMR セルを作成し、流通式として良好に稼働することを確認した。それを用いてベンゼン分子に対称的もしくは非対称的にフッ素原子を導入した一連のフッ素系芳香族化合物を対象として超臨界二酸化炭素中における溶媒和現象の観察を行った。そして超臨界二酸化炭素中における溶媒分子の溶質分子への過剰な溶媒和は、溶質と溶媒との分子間相互作用が主要な因子であることを示した。

また、超臨界二酸化炭素中における N, N'-ジエチルアニリン (DEA) によるベンゾフェノン (BP) の光還元反応についての研究も行った。この反応は溶質分子周囲の溶媒の極性や溶質分子の拡散運動を研著に反映することが知られている。本研究では DEA による BP の光還元反応を過渡吸収法により測定し、圧力を変化させることによる反応速度の変化について検討した。その結果、圧力の減少に従って反応速度が急速に増大することがわかった。この現象は、臨界点近傍においては溶液内に濃度むらが存在し、溶質の濃度が高いところで反応が進行するため見かけの反応速度が上昇したためであると考えられる。さらに同様の研究を、反応中間体エキシプレックスを用いて生成・消滅の様子を観測し、解析を行った。その結果、局所密度の増加は、溶液中に安定して存在する溶質ばかりでなく反応中間体のような過渡的な物質に

対しても同様に起こることを明らかにした。さらに蛍光寿命法を用いた反応中間体エキシプレックスの解析においても同様な結果が得られた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】超臨界流体、移動現象

【テーマ題目3】メソ多孔体を利用した超深度脱硫触媒プロセスの技術開発（産業技術研究助成事業）

【研究代表者】白井 誠之（超臨界流体研究センター有機反応チーム長）

【研究担当者】岩佐 信弘（北海道大学）、内田 聡（東北大学）、蛭名 武雄（メンブレン化学研究ラボ）、久保田岳志（島根大学）、阪東 恭子（環境調和研究部門）

【研究内容】

軽油に含まれる硫黄分はディーゼルエンジン内での燃焼等により、硫黄酸化物となり大気に放出される。この硫黄酸化物は酸性雨等の大気汚染の原因となったり、エンジン内における排気ガス再循環システムにおいて系内の腐食の問題を引き起こす。また近年、ディーゼル車からの窒素酸化物およびパーティキュレートによる環境悪化が問題になっており、その排出規制が強化されている。このディーゼル車からのパーティキュレートの排出量は、燃料軽油中の硫黄分とともに増加する傾向があることが知られている。ディーゼル車の排気ガスからの窒素酸化物処理のために触媒が用いられているが、排出パーティキュレートにより触媒の細孔閉塞や活性点被毒が起り、触媒が容易に失活してしまう。以上のような環境負荷を低減するために、燃料油をクリーン化して使用するプロセスの設計が世界規模でも重要な課題となっている。

軽油中の硫黄分の許容限度として、日本では1997年から500ppm 以下に規制されているが、平成16年末に向けて50ppm のより厳しい目標値が提出されている。また、米国や欧州においても15ppm への規制や10ppm 軽油への優遇税制が導入される予定であり、燃料油中の硫黄分をより低減するための超深度脱硫プロセスの技術開発が緊急な重要課題となっている。

現在、軽油からの硫黄分の除去には触媒を利用した水素化脱硫処理が施されている。水素化脱硫触媒としてはγ-アルミナにモリブデンやタングステンを主成分としてコバルトやニッケルを助触媒として担持したモリブデン触媒が工業的に用いられている。この触媒系では、助触媒であるコバルト（もしくはニッケル）と主触媒であるモリブデン（もしくはタングステン）との間に強い相互作用が働き、コバルト-モリブデン-硫黄相が脱硫に高い活性を示すということが一酸化窒素吸着や X 線吸収微細構造による実験から提唱されている。

一方でこれまで助触媒として考えられてきたコバルト

自身にも高い脱硫活性があることが報告されている。特にカーボンやゼオライトなどの多孔体にコバルト原子を高分散担持した触媒が高い脱硫活性を持つことが報告されている。

脱硫触媒は反応中に表面上に炭素質が堆積し活性サイトが減少したり、細孔閉塞によって反応分子の活性サイトへの接近が困難になるなどして触媒活性が低下することが知られている。細孔閉塞を抑えるためにメソサイズの細孔を有する多孔体を担体として用いることで解決する試みもなされている。また高脱硫化には水素化能や固体酸性質を付加することも必要である。軽油中には4, 6-ジメチルジベンゾチオフェン等の難脱硫性含硫黄複素芳香環が含まれるが、これらの脱硫には芳香環の水素化や側鎖の異性化による硫黄原子の周りの立体障害を緩和するような反応経路を与えることが有効である。しかし、従来のコバルト-モリブデン系触媒は水素化能が低かったり、直接酸性質を付与すると炭素質の堆積が多くなって触媒の失活につながってしまう問題がある。

スメクタイトは粘土鉱物の一種で含水ケイ酸塩層状化合物である。構造的にはケイ酸塩層が SiO_4 四面体の頂点を共有してつながった四面体シートと二価あるいは三価の金属イオンを中心とする八面体構造からなる八面体シートから構成されている。水ガラスと金属塩化物を出発原料に用い、水熱法により種々の二価カチオンを八面体シート内に含むスメクタイトを合成できる。この合成スメクタイトはマイクロ・メソ多孔体としての機能が発現し、調製条件や界面活性剤の利用により細孔径を制御できることおよび骨格内カチオンは種々の反応に対して触媒活性を示すなどの特長を持つ。

本研究では水熱法により調製したコバルトを骨格内に含むメソ多孔体 (MST(Co)) の調製条件が含硫黄複素環化合物の水素化脱硫反応に及ぼす影響について詳しく検討し、MST (Co) の表面積やナトリウム量が脱硫活性と密接に関係していることを明らかにした。特に低 pH スラリーで水熱処理し、アンモニア処理することで大きな表面積を有する MST (Co) が調製できた。この最適化した MST (Co) は、チオフェンおよびベンゾチオフェンの水素化脱硫反応に対して、市販のコバルト-モリブデン系脱硫触媒よりも高い脱硫活性を示した。今後、更に調製条件を細かく設定することで耐久性、寿命等本触媒のアップグレード化を更に図っていきたい。

【分野】 環境・エネルギー

【キーワード】 深度脱硫、脱硫触媒、メソ細孔、多孔体、キャラクターゼーション

【テーマ題目4】 貴金属ナノシート触媒の調製と高機能化 (科学研究費補助金 (文部科学省))

【研究代表者】 白井 誠之 (超臨界流体研究センター有機反応チーム長)

【研究担当者】 白井 誠之 (職員1名)

【研究内容】

担持金属微粒子の触媒作用 (活性、選択性) はその構造、担体との電子的相互作用、担体細孔構造などと密接に関係している。即ち、金属微粒子の構造を制御することでその触媒作用を変えることができる。本研究では層状化合物であるグラファイトを利用して黒鉛層間にシート状の金属微粒子 (金属ナノシート) を調製し、その構造と触媒作用について検討した。

450°C、0.3MPa の塩素雰囲気下で、白金量が1~15wt% の範囲で黒鉛と塩化白金を混合し、塩化白金-黒鉛層間化合物を調製した。XRD により構造を調べると、塩化白金-黒鉛層間化合物では黒鉛三層と塩化白金層が1周期となる第三ステージ構造を有していた。塩化白金導入量が少ない場合は第三ステージ構造を有する部分と黒鉛層のみからなる部分が混在しているものと考えられる。塩化白金-黒鉛層間化合物を300°Cで水素還元処理することによって、白金を黒鉛層間に挿入した黒鉛層間化合物 (Pt-GIC) を調製した。透過型電子顕微鏡により黒鉛層内に形成された白金集合体の構造を調べたところ、白金はシートの形状を示し (厚み20~30 Å)、そのサイズは塩化白金量に無関係であった。また白金シートには120° で折れ曲がった縁や六角形の穴を多数持つことが判明した。塩化白金と黒鉛を混合し還元処理した場合は、黒鉛表面で球状の金属粒子が形成された。Pt-GIC 試料においてシート状の白金集合体ができるのは、塩化白金が黒鉛層間で上下からの相互作用を受けながら還元されるためと考えられる。黒鉛と塩化白金を物理混合し還元処理した試料では、塩化白金が物理的な制約を受けずに凝集するために黒鉛表面上に球状の白金粒子が形成されたと考えられる。

Pt-GIC では、シート状の白金集合体が黒鉛層間に存在している構造により (反応分子の白金への吸着状態が規制でき) 形状選択的な触媒作用を示すことが期待される。触媒応用として Pt-GIC 触媒を用いたエタノール中でのフェニルアセチレン水素化反応を検討した。フェニルアセチレンは芳香環と炭素間三重結合の二種類の不飽和結合が存在し、水素化反応を行うと、三重結合が水素化されたエチルベンゼンと芳香環も水素化されたエチルシクロヘキサンが生成する。活性炭表面に球状の白金微粒子を担持した触媒 (Pt/C) と Pt-GIC 触媒によるフェニルアセチレンの水素化反応 (溶媒: エタノール、反応温度: 40°C、フェニルアセチレン量: 9mmol) を調べたところ、両触媒とも3時間の反応で転化率は100%となるがその生成物分布は大きく異なることが判明した。Pt/C を用いるとベンゼン環の水素化によるエチルベンゼンへの選択性が95%となり、三重結合も水素化されたエチルシクロヘキサンも5%生成した。反応時間を15時間とすると水素化反応が進行しエチルシクロヘキサン生成量が増加した。これに対して、Pt-GIC を触媒として用いると、エチルベンゼン生成が99.7%となった。反応

を15時間にしてもエチルシクロヘキサンの生成はほとんど進行しなかった。即ち Pt-GIC を触媒として用いるとベンゼン環の水素化を押さえることができる。この水素化反応の選択性は Pt-GIC の構造と関係すると考えられる。Pt/C を触媒として用いると炭素表面上にある白金微粒子へフェニルアセチレン分子のベンゼン環部が π 吸着し水素化が進行する。これに対して Pt-GIC を触媒として用いると、フェニルアセチレンは黒鉛層に分子のベンゼン環を黒鉛層と平行な状態で進入するため、白金ナノシートへ π 吸着することができず、ベンゼン環の水素化は進行しなかった（形状選択性が発現した）と考えられる。

白金を例にして黒鉛層間を利用した金属ナノシートの調製と触媒作用について検討したが、この黒鉛層間を利用した触媒調製法では、パラジウムや金など他の貴金属にも適用が可能である。また、金属塩化物の交互挿入により（表面上で形成されるものとは異なった）二元系金属ナノシートの調製も可能と考えられる。今後は他の金属及び合金ナノシート触媒調製を実施したい。また、黒鉛層間に挟まれたナノシート構造を積極的に利用して平面分子の水素化反応へ応用したい。更に、炭素と金属の組み合わせからなる複合材料は触媒以外にも水素吸蔵剤、電子材料などの分野で用いられており、応用研究へ展開したい。

【分野】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 黒鉛層間化合物、触媒、ナノシート、金属微粒子

【テーマ題目5】 機能性無機材料の開発（運営費交付金、（財）化学技術戦略推進機構との共同研究）

【研究代表者】 林 拓道（超臨界流体研究センター材料合成チーム長）

【研究担当者】 林 拓道、伯田 幸也、松井啓太郎（職員2名、その他1名）

【研究内容】

(1) 多孔性金属酸化物の水熱合成

超臨界二酸化炭素反応場等に利用できる固体触媒の超臨界水熱合成を検討する。触媒・触媒担体としての応用を目的に、金属酸化物や複合酸化物の亜臨界から超臨界条件での水熱合成を検討し、合成条件と粒子の凝集形態である多孔体の細孔構造や表面水酸基に由来する酸・塩基性等の評価を行い、超臨界二酸化炭素反応場での適用を試みる。また、昨年度に引き続きスメクタイト系触媒を調製し、カーボネート合成に適用する。

TiO₂の水熱合成を検討し、一次粒子の凝集による粒子径に相当する4-25nm の細孔を有する多孔体が得られることを見出した。また、TiO₂、MgO についてCO₂のTPD（昇温脱離）法による塩基性度を測定し、

塩基性度は粉体の比表面積にほぼ比例することを確認した。塩基性度の高いMgOを触媒に超臨界CO₂中での低分子量アルデヒドのアルドール反応について検討し、超臨界CO₂中においても塩基触媒としてMgOがアルドール反応に活性を示すことを確認すると共に、触媒表面への水酸基の導入がアルドール反応の進行に有効であることをつきとめた。さらに、超臨界条件下では、CO₂が塩基性サイトに吸着するため、反応率の面では低下するものの、アルドール反応における脱水縮合反応が促進され、脱水生成物の選択率が向上するという新しい知見を得た。

(2) 超臨界水反応場を用いた無機微粒子の合成

金属酸化物系ナノ微粒子の流通式水熱合成手法の検討を行う。平成13年度に引き続き、チタン系複合酸化物（BaTiO₃等）の合成条件と粒子特性の関係について検討したい。平成14年度は、原料の水酸化物ゾル溶液の調製条件と生成物の結晶構造や粒子形態の関係を検討し、形状制御因子について明らかとする。また、生成量の増大を図るため、スラリーフィーダーによる高濃度ゾルスラリーでの連続合成を試みる。更に超臨界反応条件と生成粒子サイズの関係等粒子生成反応機構の解明に取り組む。

平成13年度に製作した流通式反応装置を用い、チタン系複合酸化物微粒子として誘電材料チタン酸バリウム（以下 BT）および光触媒材料6チタン酸カリウム（以下 KTO）の合成条件および粒子特性の評価とその制御因子について検討した。得られたチタン酸バリウムは、XRD、TEM、RAMAN 解析結果から、低水密度の超臨界条件では、低温の水熱条件で得られる結晶内に水酸基（OH）が残存した擬似立方晶 BT ではなく、正方晶 BT ナノ粒子が生成することがわかった。また、粒子径は反応場での溶解度からの予測と異なり、原料の形態（水酸化物ゾルなど）が粒子特性の制御因子であることが判明した。反応条件の選択により、強誘電性を有し、かつ粒子径が50nm 程度の正方晶 BT が合成できる目途を得た。一方、6チタン酸カリウム合成については、反応温度400℃、反応圧力25~30MPa で単一相の KTO ナノワイヤーが合成できた。得られた粒子の比表面積は最大で186m²/g に達し、光触媒活性も従来法の10倍となった。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 水熱合成、触媒、ナノ微粒子

【テーマ題目6】 超臨界水対応材料の選定技術の開発（運営費交付金、（財）化学技術戦略推進機構との共同研究）

【研究代表者】 倉田 良明（超臨界流体研究センター材料合成チーム）

【研究担当者】 倉田 良明、孫 明淑（職員1名、他1名）

【研究内容】

(1) 含塩素酸化性超臨界水環境下での金属材料の腐食挙動の解明

酸化環境下でステンレス鋼や Ni 基合金の溶解機構と環境条件依存性を調べる。有機物中の塩素は超臨界水酸化によって塩化水素を形成し、金属材料に激しい損傷を与える。このため多くの金属は、臨界温度近傍で著しい腐食速度を示す。

平成14年度は、塩素を含む酸化性超臨界水環境下での金属材料、特にステンレス鋼と Ni 基合金材料について、環境因子、材料因子が及ぼす腐食の影響を明らかにする。環境因子として温度、密度、塩素濃度、酸素濃度を、材料因子として組成をとりあげて検討する。耐食材料での表面皮膜の役割は大きいことから、腐食後の表面皮膜組成と溶出濃度についても調べる。さらに、これらの因子毎に得られた腐食速度データを基に、超臨界水酸化条件下での材料適用範囲をまとめていく。

塩素を含む酸化性超臨界水環境下での金属材料、特にステンレス鋼と Ni 基合金材料について、環境因子、材料因子が及ぼす腐食の影響を明らかにした。環境因子として温度、密度、塩素濃度、酸素濃度を、材料因子として組成をとりあげた。塩素の存在下における温度、密度の影響としては、どちらも増加すると腐食速度は急速に増大する。これに伴って金属の溶出濃度は増大した。このとき、特に Cr は耐食性を保ちえず、廃液中に Cr^{6+} として多量に存在した。このことから、金属材料としての SUS316 と AlloyC-276 の Cr 量 (15 ~ 18Cr) では、この環境下での保護性が低いことが推察された。一方、Fe の共存が Cr の溶解を抑制するという新しい知見も見出された。Cl の作用については、超臨界温度域での Na と Cl の解離が夫々異なるという報告があるため、これに因り Cr の腐食域が広がったのではないかと仮説をたて、その検証を開始した。

(2) 含イオウ超臨界水環境下での金属材料の腐食挙動の解明

高酸化性環境下での含 S 有機物分解腐食作用について検討して行く。イオウを含む超臨界水環境下での金属材料、特にステンレス鋼と Ni 基合金材料について、環境因子及び材料因子が及ぼす腐食の影響を明らかにする。このため、含イオウ有機物の超臨界水酸化環境での金属材料の腐食挙動を明らかにし、中和による腐食抑制の可能性を検討していく。因子として温度、密度、塩濃度を、また材料因子として組成を検討する。これらのデータを基に、超臨界水酸化条件下での材料の腐食速度、腐食形態、表面腐食皮膜について解析し、イオウの存在時の問題点を明らかにする。

硫黄を含む超臨界水環境下でのステンレス鋼 (SUS 316) について、環境因子が及ぼす腐食の影響を明らかにした。硫黄を含む有機物として DMSO (ジメチルスルホキシド) を用いた場合、臨界温度以下の液相

において最大の腐食速度を示し、臨界点温度近傍では、急激に腐食速度は減少した。これは超臨界温度域での H_2SO_4 の解離の変化に対応すると考えられた。また、液相温度領域での腐食軽減のための NaOH による中和は、SUS316の腐食速度を緩和するが、 Na_2SO_4 の溶解度が極めて小さいため、反応器内に析出し閉塞を起こしやすく、この点の解決が必要であることが判った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】超臨界水、金属材料、腐食速度

②【スマートストラクチャー研究センター】

(Smart Structure Research Center)

(存続期間：2001. 4. 1～)

研究センター長：Fu-Kuo Chang

副研究センター長：秋宗 淑雄

総括研究員：秋宗 淑雄

所在地：つくば中央第2

人員：39 (15) 名

経費：340,821千円 (216,117千円)

概要：

1. 使命

スマートストラクチャー研究センターでの研究目的は、生体システムに倣って自己センシング、知能判断、および適応応答の能力を備えた構造を作成するためのスマートストラクチャーに関する技術を開発することである。したがって、当センターは次の基礎技術領域から構成される：センサー/アクチュエータ技術、情報処理/診断技術、構造・材料技術およびシステム統合技術。

SSRC の使命は以下の3つの役割を果たすことである。

- 1) 技術の架け橋：政府と産業界との連携役として、産業界におけるスマートストラクチャー開発を支援する。
- 2) 機会の創出：センターからの波及技術に基づいて新規雇用および新規産業を創生する発信源となる。
- 3) 主導的地位：スマートストラクチャー研究で世界をリードする国際センターとなる。

2. 方針

上記使命に基づき、当センターにおける基礎技術開発は、応用と産業界からの要請により推進されるものとする。ほとんどすべての産業において、信頼性・性能・運営コストが運用上の主要問題である。したがって、SSRC の目標は先端スマートストラクチャー技術を開発して下記の機能を実現することである。

- ・構造体の信頼性と安全性を著しく向上させる。
- ・構造体の性能を顕著に改善する。
- ・運用／保守コストを大幅に削減する。

スマートストラクチャー技術の応用分野としては、橋・建物・トンネルのような土木基盤構造、航空機・車両のような輸送システム、埋め込み移植体・外科手術器具のような医療機器など多岐にわたっている。したがって、これら技術の社会に対する経済的影響はきわめて広く深い。また、当センターにおける研究は、材料・センサー／アクチュエータ・情報処理から、プロトタイプの実証試験に至る多領域の統合研究を重視し、目標を設定した応用研究を行い、ソフトウェア、ハードウェア、新材料、新デバイス、特許、論文発表等の目に見える成果を伴う活動を推進する。

3. センターとしての重要課題

(1) センシングパッチ技術の開発

損傷を検知するセンサを配列したシート状のセンシングパッチを開発し、損傷発生による電気信号の変化から損傷場所を標定する技術を確立する。開発したセンシングパッチを構造体に埋め込んでおくことにより損傷場所が分かり、損傷進展状況が把握でき構造体の健全性監視が可能となる。なお、この技術の発展として米国スタンフォード大学と連携してセンシングパッチ内で発生した損傷を検出するために有効な弾性波を発生できるマイクロアクチュエータの開発を行う。

(2) 損傷制御技術の開発

センサと圧電アクチュエータを分散配置させたデバイスを開発し、大きな振動やミクロな損傷が発生した場合“その場”でアクチュエータが働き、振動を抑えたり損傷を大きくすることなく修復する制御技術を確立する。平行して、振動制御に必要な強力なアクチュエータを開発する技術にも取り組む。これらの技術の活用により、アクチュエータ機能を有するデバイスを構造体に埋め込んでおくことにより損傷を自動修復し、運用時における構造体の安全性が保証され飛躍的なメンテナンスコスト削減が可能となる。

(3) 統合化製造技術開発

本技術課題では母材または母構造にセンサ機能、アクチュエータ機能及びプロセッサ機能を具備させるためのセンサ／アクチュエータ／プロセッサの統合化技術を開発するとともに、統合化されたこれら3要素を母材または母構造と一体化するための技術を解析理論または機能発現理論として開発する。実験によって解析・発現理論の妥当性を検証して、それら理論をスマートストラクチャー創製法として確立する。さらに、その構造体の耐久性、安全性、LCA（ライフサイクルアセスメント）などを考慮した統合評価技術を確立する。

(4) 圧電デバイス製造技術の開発

本研究課題ではスマートパッチへの応用が可能なマイクロセンサー・アクチュエータなどの、圧電薄膜デバイスならびに圧電ファイバを作製するための技術開発を行う課題である。作製した圧電デバイスの電子機器、医療機器などへの応用の可能性についても検討する。

外部資金

知的材料・構造システム開発（エネルギー需給構造高度化技術開発等受託費／経済産業省）

フライホイール電力貯蔵用高温超電導軸受技術開発（電源多様化技術開発等受託費／経済産業省）

有害物質取り扱い環境用防護服システムの開発（中小企業産業技術研究開発委託費）

平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業（不揮発性メモリ薄膜用高性能 MOCVD 装置の開発（財団法人 日本産業技術振興協会）

平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業（再生 PET を利用した寿命制御コンクリートの開発とその応用）（学校法人 立命館大学）

ナノテクノロジープログラム（ナノマテリアル・プロセス技術）ナノコーティング技術プロジェクト（NEDO 委託費／NEDO）

発表：誌上発表71（64）件、口頭発表101（34）件、その他2件

バイブレーションコントロール研究チーム （Smart Vibration Control Team）

研究チーム長：西郷 宗玄

（つくば中央2）

概要：

本課題では、構造体の致命的損傷を防止するための損傷抑制技術として、損傷部分へ荷重が負荷されないようにするための振動制御技術開発および高出力圧電アクチュエータ開発を実施する。振動制御ではストリームライン制御と損傷領域の制振制御技術開発を行い、高出力アクチュエータ開発では、 -50°C から 150°C の範囲で圧電常数が大きい非鉛タングステンブロンズ系圧電材料の開発を行うとともに、高荷重で高変位な構造の高出力アクチュエータの開発を進める。

1) 振動制御技術の開発

構造部材の損傷抑制の観点から、進行波型振動制御（ストリームライン制御）と定在波型振動制御を用いた損傷進展防止制御法の開発に取り組む。進行

波型振動制御では仮想バネ質量系を使う波動吸収ダンパの開発、定在波型振動制御ではき裂箇所の局所的な振動抑制のための制御アルゴリズム開発およびクラスタ制御のスマートボードへの適用を行う。

2) ピエゾ式高圧アクチュエータの開発

タングステンブロンズ系化合物の開発では、大気焼結による選択粒成長技術を取り込んだ焼結法による材料開発を進め、基本組成のドメイン制御を可能とする元素の確認とドメインを制御した焼結手法の確立に取り組む。また、ピエゾ式高圧アクチュエータの開発では、圧電特性 $d_{33} > 200 \text{pC/N}$ を有するタングステンブロンズ系材料でアクチュエータを試作する。噴射弁への応用を検討し、試作機を完成する。

研究テーマ：

テーマ項目 2

デバイス技術研究チーム

(Device Technology Team)

研究チーム長：飯島 高志

(つくば中央2)

概要：

研究目的、研究手段、方法論

スマートパッチに应用可能な圧電薄膜デバイスを作製するための技術開発を行う。膜厚領域が10~50 μm のPZT厚膜の作製技術ならびに圧電特性評価技術は、現在のところ確立されていない。そのため、PZT厚膜を用いた超小型圧電デバイスは、電子機器や医療機器などへの応用が切望されているにもかかわらず、実現されていない。そこで、圧電膜デバイスを実現するために、①良好な特性を有する膜厚1~50 μm の厚膜作製技術、②デバイス設計のための圧電特性評価技術、③デバイス作製のための微細加工技術の確立を目指す。

研究テーマ：

テーマ項目 4

圧電材料研究チーム

(Piezoelectric Materials Team)

研究チーム長：関谷 忠

(つくば中央2)

概要：

セラミックアクチュエータは、スマート構造における振動制御、形状制御、亀裂進展抑制等のヘルスケア用素子として不可欠な構成要素である。本研究では、スマート構造に適用可能なセラミックアクチュエータ素子を開発するため、圧電セラミック材料の高性能化と形状付与技術の開発に取り組んでいる。高性能化の研究では、ペロブスカイト化合物における圧電変位の向上と低鉛化を目指して、圧電変位をもたらす因子(構造不安定性、ランダムフィールド、ドメイン構造等)について再検討を行い、目的とするペロブスカイト組成の探索を行った。形状付与技術の開発では、金属コア入りのPZT線材 (<150 $\mu\text{m}\phi$) の量産技術の確立

を目指し、スマート応用への展開を図った。また、キューブ状PZT単結晶粒子(大きさ100 μm 前後)の新しい利用法として、1-3型コンポジットシートの開発に取り組み、新しいトランスデューサとしての応用の可能性を検討した。

研究テーマ：

テーマ項目 3

センシング技術研究チーム

(Sensing Technology Team)

研究チーム長：高坪 純治

(つくば中央2)

概要：

生体の有する神経網に倣った損傷検知機能を構造体に付与することを究極の目標として、損傷信号を検知するためのスマートセンシングパッチ技術の開発と、損傷の位置と規模を検出するための信号逆解析手法の確立に取り組んでいる。計測ツールとしては、圧電素子、光ファイバ、電磁波伝送線路を用い、これらの損傷検知センサを配列したセンシングパッチを構造体に張り付け、き裂の進展や劣化の進行をリアルタイムに監視できる構造ヘルスマonitoring技術を提供する。

圧電体センシングパッチ技術については、昨年度までにほぼ完了し、現在は、ひずみと超音波を同時計測できるFBG光ファイバセンシングパッチ技術や、炭素繊維や金属箔を伝送線路とした電磁波センシングパッチ技術の開発に取り組んでいる。実用化に向けての課題は、広範囲の損傷をモニタリングできる安価な計測システムの開発と、損傷検知機能の高精度化である。

研究テーマ：

テーマ項目 1

統合化製造技術研究チーム

(Integration Process Team)

研究チーム長：吉田 均

(つくば中央2)

概要：

「物質・材料系科学技術は経済社会の発展に寄与し他の科学技術を進展させる基盤であり、新しい概念に基づく革新的な機能を有する材料・物質の創製が重要である(科学技術会議14号答申)」ことに鑑み、その具体化として材料・構造自体にセンサ、アクチュエータ、プロセッサのスマート機能を有する材料・構造を開発し、社会システムの信頼・安全性向上に資する。すなわち、センサ、アクチュエータ及びプロセッサの各機能を包含させたスマートストラクチャーを開発するために必要なスマート性能発現技術及びその統合化技術の開発を行う。具体的には、高機能アクチュエータとしてのTi-Ni合金の逆変態点制御技術及びTi-Ni合金と弾性体からなる複合材(スマートボード)の開発、スマートボード中のTi-Ni合金にセンサ機能とアクチュエータ機能を付与させるための技術、並びにリ

ング型スマート構造の可逆的形狀変化及びエネルギー変換機能発現理論の開発を行う。さらに実用設計法を開発するとともにその実用化を図る。

研究テーマ：

テーマ題目 5

[テーマ題目 1] センシングパッチ技術開発 (運営費交付金)

[研究代表者] 高坪 純治 (センシング技術研究チーム長)

[研究担当者] 卜部 啓、津田 浩、遠山 暢之
 (職員4名、他3名)

[研究内容]

構造体に人間の神経網と頭脳に対応する損傷検知・診断機能を付与することを究極の目標として、スマートセンシングパッチ技術を利用した損傷センシング網の開発と、損傷を定量検出するための信号逆解析法の開発を図る。本技術開発では、アクティブ光ファイバセンシングパッチや電磁波センシングリペアパッチなど、世界に先駆けたセンシングパッチ技術の開発と、独自のアイデアに基づく損傷診断ソフトウェアの開発を行っている。

(年度進捗)

■センシングシステム技術

超音波センシングパッチ技術は昨年度までにほぼ完成し、現在は、光ファイバセンシングパッチ技術および電磁波センシングパッチ技術の開発を行っている。

光ファイバ技術については、ひずみと超音波を同時に計測できる FBG センサシステムを試作し、10MHz までの超音波が計測できることを確認した。またアクティブセンシングへの同システムの適用実験を行い、CFRP の衝撃損傷検知に対して有効であることを実証した。今後、チューナブルフィルタを用いて超音波検出のための最適なフィルタリング条件を探し、応答の S/N 比改善を図る。

航空機構造体の補修に使用されつつある FRP パッチに、損傷モニタリング機能を付与した電磁波センシングリペアパッチについては、炭素繊維をセンサ (伝送線路) として利用した場合には金属板の幅 0.5mm のスリット検出が可能であった。また、銅箔を利用した場合には幅 0.1mm 以下の疲労き裂の検出性能が得られた。

■損傷診断技術

将来的に有望なヘルスマニタリング手法を、圧電発振子→FBG センサによるアクティブセンシング法だと考え、そのための損傷診断技術を、現在は、圧電発振子→圧電受信子による超音波ピッチ・キャッチ法を用いて検討している。

まず、金属材料に発生する亀裂の広域監視を実現するための方法として、トーンバースト超音波が閉じたき裂界面を透過するとき生じる伝搬時間遅れに着目し、この透過時間差を利用したき裂進展監視法を検討した結果、

亀裂進展の広域監視に有望な手法であることが確認された。

また、ラム波による CFRP 積層板の負荷下におけるリアルタイム損傷検出を試みたところ、炭素繊維の非線形弾性のために、ラム波伝播速度がひずみの増加に伴って上昇することを見出した。この結果をもとにラム波を用いたひずみ測定法を新たに開発した。本手法を将来的に光ファイバアクティブセンシング技術に応用すれば、FBG センサ貼り付け位置のひずみだけでなく、アクティブ発振子→FBG センサ間の平均ひずみもの測定も可能になる

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] スマートストラクチャー、超音波、光ファイバ、電磁波、非破壊検査、損傷、破壊

[テーマ題目 2] 損傷制御技術開発 (運営費交付金)

[研究代表者] 西郷 宗玄 (パイプレーションコントロール技術研究チーム長)

[研究担当者] 秋宗 淑雄 高木 清志
 (職員3名、他4名)

[研究内容]

本課題では、構造体の致命的損傷を防止するための損傷制御技術として、損傷部分へ荷重が負荷されないようにするための振動制御技術開発、 -50°C から 150°C の範囲で圧電常数が大きい非鉛タングステンブロンズ系圧電材料の開発および高荷重で高変位な構造の高出力アクチュエータの開発を進める。そのため、振動制御技術の開発では、構造部材の損傷抑制の観点から、進行波型振動制御 (ストリームライン制御) と定在波型振動制御を用いた損傷進展防止制御法の開発に取り組む。進行波型振動制御では仮想バネ質量系を使う波動吸収ダンパの開発、定在波型振動制御ではき裂箇所の局所的な振動抑制のための制御アルゴリズム開発およびクラスタ制御のスマートボードへの適用を行う。タングステンブロンズ系化合物の開発では、大気焼結による選択粒成長技術を取り込んだ焼結法による材料開発を進め、基本組成のドメイン制御を可能とする元素の確認とドメインを制御した焼結手法の確立に取り組む。また、ピエゾ式高圧アクチュエータの開発では、圧電特性 $d_{33} > 200\text{pC/N}$ を有するタングステンブロンズ系材料でアクチュエータを試作する。噴射弁への応用を検討し、試作機を完成する。

1) 振動制御技術の開発

進行波型振動制御では、制御系に仮想的に構築する波動伝搬系を用いて、振動エネルギーの仮想系への吸収と仮想系初期化による仮想系エネルギー排出のパターンを繰り返す波動吸収ダンパを設計製作し、弦とはりを対象とした振動エネルギー吸収制御実験によりその有効性を確認した。定在波型振動制御では、はりを対象として損傷部位のみの変位を低減する振動制御アル

ゴリズムを開発した。低次元化したはりの差分モデルにロバスト制御 (H_∞ 制御) を適用しシミュレーションによりその有効性を確認した。また、PZT アクチュエータと SMA/CFRP アクチュエータを用いたクラスタ制御を実験的に実現した。

2) 高圧ピエゾアクチュエータの開発

タングステンブロンズ系化合物の開発では、基本組成の確認とドメイン制御を可とする置換・添加元素の確認および特性/組成マップを作成した。大気焼結方法において、 $Sr_{2-x}Ca_xNaNb_5O_{15}$ 系組成の最適化を図った。欠損系材料で 160pC/N (d_{33}) の値を約80%向上させ $d_{33}=167\text{pC/N}$ を得た。選択粒成長焼結手法で、テンプレート法による組織から選択的に粒成長を起こさせることに成功し粒子径に不均一性がある微構造組織を得た。また、ピエゾ式高圧アクチュエータの開発では、ガソリンエンジン噴射弁への適用を想定したアクチュエータ実験機を試作し、応答速度を確認した (A/C としては数マイクロ秒以内、噴射弁として1m秒以内)。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 振動制御、波動制御、ロバスト制御、ピエゾアクチュエータ、噴射弁、非鉛圧電材料

【テーマ題目3】 圧電材料技術の開発

【研究代表者】 関谷 忠 (圧電材料研究チーム)

【研究担当者】 王 瑞平、佐藤 宏司 (職員3、他2名)

【研究内容】

本研究では、スマート構造に適用可能なセラミックアクチュエータ素子の開発を目的に、圧電セラミック材料の高性能化と形状付与技術の開発に取り組んできた。高性能化の研究では、圧電変位の向上と低鉛化を目指して、種々のペロブスカイト系の組成探索を行い、従来の PZT 系セラミックスに比べて少なくとも2倍以上の圧電歪を示し、1/20以下の鉛量という新しいアクチュエータ材料の開発に成功した。この材料設計手法は、従来の MPB 組成による構造不安定性を導入して圧電特性の向上を図るといった考え方とは異なり、しかも、完全に鉛ゼロ材料の可能性も示唆するものとして注目できる。

形状付与技術の開発では、金属コア入り PZT 線材 ($<150\mu\text{m}\phi$) の押し出し技術、焼成技術等を検討し、量産技術を確認することに成功した。得られた線材を CFRP ボードに埋め込み振動テストを行った結果、振動検出用センサとしても振動発生用アクチュエータとしても機能することが明らかとなり、スマート構造に十分適用できることが明らかとなった。大きさ $100\mu\text{m}$ 前後のキューブ状 PZT 単結晶粒子を用いた1-3型コンポジットシートの開発では、PZT 粒子の[100]がシート面に対して90%配向すること、得られたシートが強誘電特性及び圧電特性を示すこと等が明らかとなり、新しいトランスデュー

サとして有望であるとの見通しが得られた。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 圧電セラミックス、圧電ファイバー、アクチュエータ、PZT

【テーマ題目4】 デバイス作製技術の開発 (運営費交付金)

【研究代表者】 飯島 高志 (デバイス技術研究チーム長)

【研究担当者】 松田 弘文、(職員2名、他3名)

【研究内容】

本研究ではスマートパッチに应用可能な圧電体薄膜を利用したマイクロセンサ・トランスデューサの開発に関する基礎技術の検討を行っている。良好な動作特性を有する圧電体膜デバイスを実現するためには、①バルク(焼結体)と同等の圧電特性を有する、膜厚 $10\mu\text{m}$ 以上の圧電体厚膜を作製するための技術の確立、②圧電体膜の微細加工技術の確立、③圧電体膜の微小変位特性を評価し、圧電膜デバイスを設計するための物性データ測定技術を確認させることが必要である。平成13年度は、化学溶液法を用いて、代表的な圧電体であるジルコン酸チタン酸鉛 (PZT) 膜の作製方法の検討を行い、膜厚 $10\mu\text{m}$ 以上の PZT 厚膜を作製する技術を明らかにした。平成14年度は、原子間力顕微鏡 (AFM) を用いた、PZT 膜の微小変位特性評価方法について検討を行うとともに、ドライプロセスを用いた、PZT 膜の微細加工方法について研究を行った。

(1) 原子間力顕微鏡を用いた微小変位測定

原子間力顕微鏡 (AFM) と強誘電特性評価装置とを組み合わせ、圧電体膜にバイポーラもしくはユニポーラの電界を印加し、電界により誘起された膜厚方向のダイナミックな微小変位と膜の強誘電特性を同時測定できるシステムを構築した。このシステムを用いて、PZT 膜の微小変位特性と上部電極直径の影響について調べた。その結果、膜の微小変位特性は、圧電体特有のバタフライ型の曲線を示すとともに、上部電極直径の減少に伴いその変位量が増加する傾向にあることが判明した。すなわち上部電極の直径は、電気的性質である強誘電特性に影響を及ぼさないが、機械的な性質である微小変位特性には影響を与えることがわかった。これは、膜が基板に拘束されているためと考えられる。

(2) ドライプロセスによる PZT 厚膜の微細加工

PZT 厚膜の微細加工プロセスを確認するために、化学溶液法を用いて膜厚の $5\mu\text{m}$ の PZT 膜を作製し、ドライエッチングプロセスによる微細加工を試みた。上部電極として Pt を 200nm スパッタした後に、レジスト塗布、露光により、直径 $80\sim 8\mu\text{m}$ のドット形状をパターニングした。この試料の Pt/PZT 層を、プラズマエッチング装置を使用して、スタックエッチを行った。まず上部電極の Pt 層を Ar イオンでエッチングし、引き続き PZT 層をフッ素系ガスを用いた反応

性イオンエッチング (RIE) により加工し、PZT 厚膜を直径80~8 μ m のディスク状に微細加工することが可能になった。

以上平成14年度までの研究により、①バルク (焼結体) と同等の圧電特性を有する、膜厚5 μ m 以上の圧電体厚膜を作製するための技術、②膜厚5 μ m 以上の圧電体膜の微細加工技術、ならびに③圧電体膜の微小変位特性を評価する技術を確立することが出来た。今後は、PZT 厚膜を用いたスマートパッチ用圧電デバイスの設計・試作を行う予定である

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] 薄膜、圧電体、PZT、センサ、アクチュエータ

[テーマ題目5] 統合化製造技術の開発 (運営費交付金)

[研究代表者] 吉田 均 (統合化製造技術研究チーム長)

[研究担当者] 吉田 均、菊島 義弘、永井 英幹、
許 亜、湯瀬かおり、大石竜太郎
(職員3名、他3名)

[研究内容]

社会システムの信頼性・安全性向上に資するため、高信頼性材料システム技術開発の一環として、材料システム (構造) それ自身にセンサ、アクチュエータ、プロセッサの3機能等を付与するための最適スマート性能発現技術及びその統合化 (材料統合、信号・情報統合) 技術を開発する。すなわち、センサ、アクチュエータ及びプロセッサの各機能を包含させたスマートストラクチャーを開発するために必要なスマート性能発現技術及びその統合化技術の開発を行う。具体的には、高機能アクチュエータとしての Ti-Ni 合金の逆変態点制御技術及び Ti-Ni 合金と弾性体からなる複合材 (スマートボード) の開発、スマートボード中の Ti-Ni 合金にセンサ機能とアクチュエータ機能を付与させるための技術、並びにリング型スマート構造の可逆的形狀変化及びエネルギー変換機能発現理論の開発を行う。さらに実用設計法を開発するとともにその実用化を図ることを目的として以下のような成果を得た。すなわち、Ti-Ni 合金はスマートストラクチャー用機能性素材として有望であるが、その逆変態温度 (A_s) は通常70 $^{\circ}$ C以下であるのに対し、エポキシ樹脂の硬化温度が130 $^{\circ}$ C以上ため、形状記憶効果を利用できなかった。しかるにH13年度は最適冷間加工処理と組成制御を行い、逆変態温度を130 $^{\circ}$ C以上に上昇させることに成功した。H14年度は、強冷間加工した極細 Ti-Ni ワイヤ (直径50 μ m) をにより、逆変態温度を180 $^{\circ}$ C以上に改善できた。これを用いた180 $^{\circ}$ C硬化型 Ti-Ni/CFRP 複合材料を作製し、当該合金の収縮効果 (損傷抑制効果) を確認した。また、異種材料複合型のスマート構造は各素材間の界面が弱体化要因となるので、構成素材数の低減やスマート構造のモノリシック化は重要課題である。しかるに SMA 自体にセンサ機能とアクチュ

エータ機能を持たせることを目的に、SMA の温度変化に対する電気抵抗変化を補正する手法を開発してそのスマートボードを開発した。すなわちアクティブ SMA と同質のレファレンス SMA を母材中の歪の生じない部分に配置して温度補償を行い SMA の電気抵抗変化から母材の歪量を検出する手法を開発した。

また、上述一連のスマートストラクチャーの統合化製造技術に関する研究と併行して統合評価の観点から複合材料のリサイクル性能評価を行い、本年度は CFRP 及び GFRP のケミカルリサイクルの環境負荷、リサイクルの効果を比較し、製造工程についても CFRP 成形工程までのインベントリー分析を行った。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] スマートストラクチャー、Ti-Ni 合金、
逆変態温度、損傷抑制、インベントリー
分析

②【界面ナノアーキテクトニクス研究センター】

(Nanoarchitectonics Research Center)

(存続期間：2001. 4. 1~2008. 3. 31)

研究センター長：清水 敏美

副研究センター長：名川 吉信

所在地：つくば中央第5、つくば中央第4

人員：64 (19) 名

経費：332,446千円 (298,222千円)

概要：

本研究センターのミッションは、原子・分子からのボトムアップ型ナノテクノロジーを所掌する中核的研究拠点としての位置づけを国内外にアピールすることである。それとともに、国際的にも独創性の高いナノメータスケール構造材料 (ナノ構造材料) の創製技術を開発し、それらを構成部品として革新的でチャレンジングなナノ及びメゾスケールアーキテクトニクス (組織化技術) を確立することである。これにより、本研究センターは、高品位医療分野、高感度計測分野、光・電子情報分野において次世代を先導するフロンティア技術の創成、産業競争力の強化、及び新産業の創出に貢献することを目指している。本研究センターは高軸比ナノ構造組織化チーム、高密度界面ナノ構造チーム、高組織化マシンナノ構造チームの3研究チームから構成されており、主な研究テーマとして、1. 「高軸比ナノ構造の組織化とその超高感度解析手法の研究」、2. 「高密度界面ナノ構造の創製と組織化技術の研究」、3. 「高組織化マシンナノ構造の合成と組織化技術の研究」などを鋭意、推進している。

中期計画としては、原子・分子を構成単位としてボトムアップ型で構築される、(1) 有機ナノチューブや

分子ワイヤーなどの高い軸比を有するナノ構造材料、(2) クラスタやナノ微粒子などの高密度界面を有するナノ構造材料、および(3) 分子スイッチや分子モーターなどの高組織化マシン機能を発現するナノ構造材料を創成し、さらにこれらを高度に界面上に組織化、高密度化、配列化を図り、有用生体高分子の分離機能、高感度センシング機能、情報変換機能のマイクロチップ上での発現を目指している。

特に、本研究センターでは、東京大学大学院新領域創成科学研究科と強く連携しながら、原子・分子という極微な単位を「部品」に用いたボトムアップ型ナノテクノロジーの研究開発を推進しているのが特徴である。さらに、本研究センターが有する特徴あるコンセプトは、常温、大気圧といった温和な条件下で、必要な微細資源を必要な時に必要な量だけ製造、配置できるオンデマンドなナノ構造形成やナノシステム形成づくりである。最終的には、1~100nm の空間解像度をもつナノスペース材料、一次元ナノワイヤー、超高感度センサー、超高性能光電極、分子スケールデバイスなどを開発することを目指している。さらには、界面で起こる特異的な新現象や単一分子などを対象とした超高感度、超高解像度の計測・分析手法の開発も連携して並行的に行っている。以下に、各研究チームの概要を示す。

集合様式のプログラムが書き込まれたある分子は水や有機溶媒中で自発的に集合してナノメートルサイズのチューブ、リボン、ロッド、ラバー構造などの高軸比ナノ構造 (High-Axial-Ratio Nanostructure: HARN) を形成する。このボトムアップ型手法は、これまでの半導体工業を支えてきたトップダウン型加工技術に比較して、最小のエネルギーで、最大の正確性をもって容易に複雑な三次元ナノ構造をつくるのが大きな特徴である。高軸比ナノ構造組織化チーム (HARN チーム) では、科学技術振興事業団との共同研究により、国内外で独創性の高い脂質ナノチューブを研究の中核においた一次元ナノスペースの利用技術の開発を進めている。こうして、テーラーメイドナノチューブの作成、基板上への配列化、金属・無機ナノチューブの創製、中空シリンダー空間を利用した金属微粒子やバイオ分子の包接、分離などの研究を通して、ナノ鋳型、極微小な流路、極微小な反応容器づくりに取り組んでいる。

高密度界面ナノ構造チーム (HIAN チーム) では、クラスタやナノ微粒子の表面や界面の状態を制御し、これらを集めて機能的に配列させることにより、高密度界面ナノ構造 (High Interface Area Nanostructure: HIAN) を組み上げる研究開発を進めている。サイズが精密に制御されたナノ粒子・クラスタ・ナノポア・ナノベルトといったナノ部品の調製技術、高密度に存在する界面の特性を利用した新しいエネルギー変換や

情報変換の機能特性、高密度界面ナノ構造を基板として利用したナノチップ創製技術の確立などが大きな研究課題である。また大気中・非加熱といったマイルドな条件での無機系ナノ構造調製技術の開発を目指してマイクロプラズマ技術や液相レーザープロセスなどを取り上げて、有機系ナノ構造調製技術との融合化を目指した研究を進めている。

ボトムアップ型ナノテクノロジーにより分子デバイスを構築するためには、刺激応答性や刺激に対する可逆性に優れた機能性分子の設計・合成とともに、得られた機能性分子の配向・配列を制御しながら基板上へ組織化する技術が必要である。また基板上での機能発現の確認も重要な研究課題である。高組織化マシンナノ構造チーム (HOMN チーム) では外部刺激に対して構造や物性が大きく変化するロタキサン、デンドリマー、多核金属錯体などの高組織化分子材料 (Highly Organized Machine Nanostructure: HOMN) の設計・合成を行っている。また、分子レベルでの運動及び物性の制御と単一分子としての機能発現を目的に、基板上に一定間隔で固定化するための技術開発を行っている。規則的に固定化された機能性分子の刺激応答性を情報として取り出すことにより、分子センサーや分子メモリの構築を目指している。

外部資金：新エネルギー・産業技術総合開発機構 「固体高分子形燃料電池システム技術開発／触媒電極反応機構の解明のための研究」(執行額 21,785千円)

発表：誌上発表62 (62) 件、口頭発表286 (123) 件、その他2件

高軸比ナノ構造組織化チーム

(High-Axial-Ratio Nanostructure Fabrication Team)

研究チーム長：清水 敏美

(つくば中央第5、つくば中央第4)

概要：

集合様式のプログラムを書き込まれたある分子は水や有機溶媒中で自発的に集合してナノメートルサイズのチューブ、リボン、ロッド、テープ構造などの高軸比ナノ構造 (High-Axial-Ratio Nanostructure: HARN) を形成する。このボトムアップ型手法は、これまでの半導体工業を支えてきたトップダウン型加工技術に比較して、最小のエネルギーで、最大の正確性をもって容易に複雑な三次元ナノ構造をつくるのが大きな特徴である。当研究チームでは、これらの構造体が10~100nm の解像度をもつナノ空間、ナノ構造、ナノ物性を与えることを利用して、例えば、脂質ナノチューブや分子ワイヤーなどを部品として、さらに高次の組織へ配列化することにより極微小な流路、

極微小な反応容器、極微小な機能素子づくりに取り組んでいる。また、極微小な領域で挙動する単一分子などを対象とした超高感度、超高解像度の計測・分析手法の開発も連携して行っている。

研究テーマ：

テーマ題目 1

高密度界面ナノ構造チーム

(High Interface Area Nanostructure Team)

研究チーム長：越崎 直人

(つくば中央第5)

概要：

ナノクラスター、ナノポア等の高密度界面をもつナノ構造材料の合成法の精密化を図り、サイズの揃ったナノ構造を任意の材料系で作製できる技術やこれに応用した1次元ナノ構造体の調製技術へと展開する。このようにして得られた高密度界面ナノ構造材料の光電極機能、ガスセンサ機能等の特性の超高感度化・超高性能化を図ることにより、環境浄化・環境計測への応用に役立つ。またこのようなナノ構造をナノアーキテクトニクスの場合として利用することにより、高次のナノ構造を組み上げることを試みる。さらに、さまざまなナノ構造を有機的に結びつけ機能させるために必要となるナノ構造の低温プロセス技術としてのマイクロプラズマ技術や液相レーザーアブレーション法の確立を目指すとともに、これらを必要なナノ構造を必要な量だけ生成させるためのオンデマンドナノテクノロジーとして発展させていくことを目指している。

研究テーマ：

テーマ題目 2

高組織化マシンナノ構造チーム

(Highly Organized Machine Nanostructure Team)

研究チーム長：金里 雅敏

(つくば中央第4)

概要：

ボトムアップ型ナノテクノロジーにより分子デバイスを構築するためには、刺激応答性や刺激に対する可逆性に優れた機能性分子の設計・合成とともに、得られた機能性分子の配向・配列を制御しながら基板上へ組織化する技術が必要である。また基板上での機能発現の確認も重要な研究課題である。当研究チームでは、外部刺激に対して構造や物性が大きく変化するロタキサン、 dendrimer、多核金属錯体の設計・合成を行っている。また、分子レベルでの運動及び物性の制御と単一分子としての機能発現を目的に、基板上に一定間隔で固定化するための技術開発を行なっている。規則的に固定化された機能性分子の刺激応答性を情報として取り出すことにより、分子センサーや分子メモリの構築を目指している。

研究テーマ：

テーマ題目 3

[テーマ題目 1] 高軸比ナノ構造の組織化とその超高感度解析手法に関する研究

[研究代表者] 清水 敏美

[研究担当者] 清水 敏美、二又 政之、南川 博之、松田 直樹、浅川 真澄、増田 光俊、小木曾真樹、青柳 将

[研究内容]

1. 目的、手段、方法論

カルダノールグリコシド系糖脂質においては、混合物を精密分離し、トリエン型、ジエン型、モノエン型、飽和型の4種の成分を任意に混合し、目的に見合う形態を得るためのコンビナトリアルセルフアセンブリ技術と種々の独創的ナノチューブ創製を目指した。特に、不飽和結合が脂質ナノチューブの形態制御（ねじれ状、コイル状、チューブ状など）およびサイズ次元制御（内径、外径、長さ、膜厚など）に及ぼす構造因子を明らかにする。さらに、東京大学大学院新領域創成科学研究科と共同して、レーザーピンセットなどを利用した脂質ナノチューブのマニピュレーション技術、弾性率、チューブ/ベシクル転移現象のナノ特性評価を行うことにより、基板上への任意固定・配列化を検討した。

さらに、高感度かつ表面選択的な ATR-IR 分光法を脂質系モデル分子/水溶液界面に適用し、目的分子の存在状態および固液界面に存在する水分子の秩序構造の解析を行い、有機ナノチューブ内の水分子状態評価を行うための事前評価を行う。次に、どんな化学種にも適用できる単一分子検出感度を有するラマン分光法を確立するために、金属コロイド微粒子の微視的形狀とラマン信号の増強度の詳細な関係を実験的・理論的に明らかにする。ATR-SNRS (scanning near-field Raman spectroscopy) の感度及び空間分解能を改善し、超解像ラマンイメージ測定法の確立を行い、ナノチューブ系への適用を図る。

2. 平成14年度進捗

多層カーボンナノチューブと同一のサイズ次元を有する脂質ナノチューブの形態およびサイズ次元を決定づけている構造制御因子を明らかにするために、疎水部の不飽和度（二重結合導入数）が異なる合成糖脂質4成分（飽和、モノエン、ジエン、トリエン成分）の自己集合挙動および熱物性を個別に詳細に検討した。その結果、*m*置換長鎖フェノール誘導体の場合、モノエン型成分がナノチューブ形成にとって重要な役割を演じていることがわかった。また、モノエン型成分と飽和型成分を任意の割合で混合して二成分系集合（コンビナトリアル的自己集合）を行うことにより、種々のナノスペースの三次元分布を可能とし、しかもナノ鑄型として重要なチューブ状—コイル状—ねじれ状などの分子集合形態を自在に制御できることを見いだした。

さらに、*p*-置換長鎖フェノール誘導体に関して、不飽和結合の疎水部への導入効果を検討した結果、二重結合の導入数が高いほど、よりナノチューブ構造へ自己集合する傾向が高まることを世界に先駆けて見いだした。また、種々の自己集合性脂質分子を用いてオルガノゲルやハイドロゲルを形成させ、その構成成分である各種の三次元形態をもつナノファイバーをシリカ前駆体吸着のための鋳型に用いて、従来の合成法では作成が不可能な、有機ナノ鋳型のレプリカ形態をもつ金属酸化物ナノチューブを得ることに成功した。

次に、ペプチドを親水部に有する脂肪酸型ペプチド脂質と種々の遷移金属（鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛など）カチオンをハイブリッドさせて、ナノメートルサイズの幅を有する有機・金属ハイブリッドナノファイバーを得た。このナノファイバーを鋳型に用いて金属イオンを化学的に還元することにより、世界でも報告例がほとんどない銅などの金属ナノ微粒子の一次元配列化に成功した。

独立した1本の脂質ナノチューブの力学特性評価およびマニピュレーション法の検討を実施した。まず力学特性に関しては、レーザーピンセットを用いた分子マニピュレーション技術を確立させることにより、ナノチューブ1本の曲げ弾性率評価を行い、脂質ナノチューブのヤング率が生体中の微小管と同程度であることを世界で初めて明らかにした。また、新たなマニピュレーション手段として、基板上でのナノチューブ1本の自在な配向が可能なマイクロインジェクション法が有効であることを明らかにした。

全反射赤外吸収（ATR-IR）分光法により、自己組織化膜／水溶液の疎水性界面の水分子を押し退けて、脂質ナノチューブがモノマーとして多層吸着することが世界で初めて示唆された。また、超高感度・超解像振動分光法について、アデニン単一分子のラマンスペクトルが測定できた。局所電場の理論解析により、凝集体の接合部に表面プラズモンによる巨大電場が形成されることが示された。また、トポグラフィと超解像（空間分解能50nm）ラマンスペクトルの同時測定に成功した。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] ナノチューブ、ナノファイバ、振動分光法、ラマン分光法

[テーマ題目2] 「高密度界面ナノ構造の創成と組織化技術に関する研究」

[研究代表者] 越崎 直人

[研究担当者] 越崎 直人、川口 建二、佐々木 毅、小平 哲也

[研究内容]

ナノクラスター、ナノポア等の高密度界面をもつナノ構造材料の合成法の精密化を図り、サイズの揃ったナノ

構造を任意の材料系で作製できる技術を確立する。本年度はナノクラスター、ナノコンポジット等の高密度界面ナノ構造の調製・安定化技術、その機能特性評価、ナノ構造デバイスの構築に必要とされる新規プロセス技術の3つの課題に取り組んだ。高密度界面ナノ構造の調製・安定化技術に関しては気相・液相中でのレーザーアブレーション法、ゼオライト骨格中での合成といったアプローチにより、サイズの揃ったナノクラスターの調製を目指した。水中でのレーザーアブレーション法と界面活性剤の利用により、サイズの揃った酸化物ナノ微粒子の合成が可能であることを明らかにした。この手法は有機化学的なナノ構造調製法との親和性が高く、新しい展開が期待される。また、物質系によっては無機系層状化合物と界面活性剤の積層構造をもつ有機-無機ナノコンポジットが生成することが明らかになった。ゼオライト骨格を利用した高密度界面ナノ構造の調製法の検討では、骨格構造の制御により分散相の配列規則性を制御できることを明らかにした。また、サイズの揃ったナノ微粒子の生成技術を利用してこれを触媒として用いることにより、世界で初めてクラスター固体として知られる純ホウ素の結晶性ベルト状ナノワイヤーの合成に成功した。また、その構造解析から通常の安定構造とは異なる正方晶ボロンであることが明らかとなった。機能特性評価に関しては、サイズ均一性の高い酸化物ナノ微粒子堆積膜を気相中で調製することにより、光応答型ガスセンサの感度を従来のものと比較して1桁以上向上させることができた。また、表面積が大きく集光作用も期待されるナノフォレスト構造をナノコンポジット基板上に生成させる方法を見出し、その生成機構は熱による相分離過程が重要であることを明らかにした。この手法はさまざまな有機ナノ構造成長用の基板として使える可能性が高いものと考えられる。また、その電界放射特性を評価したところ、従来のものと比較して約2倍の特性を持つことを明らかにした。無機と有機のナノ構造を部品としてナノ構造デバイスを構築していくために必要とされる低温プロセス技術としてマイクロプラズマを利用したナノ構造生成装置を開発し、室温・大気圧条件下で炭素系結晶性ナノ構造体の合成が可能であることを示した。今後、さまざまなナノ構造を有機的に結びつけ機能させるために必要となるナノ構造の低温プロセス技術としてのマイクロプラズマ技術や液相レーザーアブレーション法の確立を目指すとともに、これらを必要なナノ構造を必要な量だけ生成させるためのオンデマンドナノテクノロジーとして発展させていくことを目標としている。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] ナノ微粒子、ナノコンポジット、レーザーアブレーション、ナノワイヤー、マイクロプラズマ

[テーマ題目3] 「高組織化マシンナノ構造の合成と組

織化技術に関する研究

【研究代表者】金里 雅敏

【研究担当者】金里 雅敏、田口 和宏、樋口 真弘、
北條 博彦、徳久 英雄、小山恵美子

【研究内容】

1. 目的、手段、方法論

従来の半導体デバイスの原理と機能を模倣した分子スケールデバイス素子の創製と、一分子で多機能を合わせ持つ新しい概念の分子スケールデバイスの開発に向けて、フィージビリティスタディ「分子スケールデバイス構築への挑戦」を開始した。半導体デバイスで使われている素子を分子で構築するための問題点や技術的な壁を明らかにし、研究へのフィードバックを図っていく。

具体的には、 dendritic の特性を利用して、機能性分子を基板上に25~100nm²あたり一分子の割合で孤立した状態で固定化する技術を開発する。機能性分子の候補として、ロタキサン、複核金属錯体および金属イオンや特定の有機分子に対する結合部位（ゲート）を持った超分子を用いる。それぞれ、外部刺激による応答性を溶液中で評価した上で、基板上に固定化する。外部刺激としては、ロタキサンのローターの回転に影響を及ぼす金属イオン、複核金属錯体においては配位位置換する有機分子、ゲート部位を持った超分子においては金属イオンや有機分子を用いる。またペプチド分子等を用いたナノ構造体における空間制御に取り組み、制御された構造を基に発現される外部刺激応答性を利用して、分子スケールデバイスへの展開を図っていく。

2. 平成14年度進捗

基板上に固定化する機能性分子の候補となるロタキサンについては、共有結合法による新規合成法を開発し、溶液中において金属イオンとの錯形成により構造および運動性が変化することを NMR 等により確認した。またロタキサンの金基板上への導入を図り、AFM 観察を行った。複核金属錯体については、金属-金属間に核酸塩基等の有機分子を選択的に取り込むことを ESI-MS 等で確認した。特に新規に合成したらせん構造を有する金属錯体が、特異的な分子認識能を示すことを明らかにした。

ゲート部位を持った超分子の創製については、導電性分子の中心に、2,2'-ビピリジル基等のゲート部位を導入することに成功した。錯形成に伴う物性変化を調べるとともに、両末端へのチオール基の導入と基板上への固定化を試みている。

単一分子状態での機能発現を目的とした基板の作成については、 dendritic の特性を利用して、約50 nm²あたりに一つの反応活性部位を孤立した状態で導入することに成功した。また生じた反応活性部位の存在を機能性分子の固定化により確認した。ナノ構造体

における空間制御においては、基板上でのペプチド分子の逐次重合により、3次的に電子ドナーとアクセプターの配列・配向が制御されたナノ組織体を構築する技術を開発した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 分子スケールデバイス、超分子、ロタキサン、 dendritic 、多核金属錯体

②③【グリッド研究センター】

(Grid Technology Research Center)

(存続期間：2002.1.15～)

研究センター長：関口 智嗣

副研究センター長：横川三津夫

総括研究員：長嶋 雲兵

所在地：つくば中央第2

人員：55 (14) 名

経費：734,478千円 (447,749千円)

概要：

グリッド技術とは高速ネットワーク時代の到来に伴い、個人情報端末、パソコンから高性能コンピュータ、大容量データセンター、可視化装置、観測装置等をすべて統合して扱うための基盤技術（ハードウェア、ソフトウェア、ネットワーク）とこれを活用する応用技術である。従来の Web に代表されるインターネットの延長上にあるが、これを飛躍的に発展させる社会産業基盤、科学技術基盤技術として注目されている。

本研究センターは我が国におけるグリッド技術研究開発の中核拠点となることを目指し、最新のグリッドミドルウェア技術の開発や、大規模高速計算システムの活用等によるグリッドテストベッドの構築と実証システムの開発を中心として、グリッド技術の飛躍的な高度化と体系化に貢献する研究開発を行っている。

外部資金：

経済産業省「ネットワークコンピューティング技術の開発事業」(170,906千円)

情報処理振興事業協会「組織内およびインターネット上の遊休 PC を用いた大規模並列計算のためのミドルウェア」(16,681千円)

経済産業省原子力試験研究委託費「高密度マルチスケール計算技術の研究」(13,661千円)

経済産業省科学技術総合研究委託費「科学技術計算専用ロジック組込み型プラットフォーム・アーキテクチャに関する研究 科学技術計算プログラムのプラットフォーム向き並列分散化及び組込みソフトウェア化に関する研

究 分子軌道法プログラムに関する研究」(13,380千円)

(つくば中央第2)

文部科学省「アジアグリッドイニシアチブ」(23,632千円)

東京大学「データレゼボワール Data Grid システム整備」(7,276千円)

発表：誌上発表11(10)件、口頭発表91(26)件、その他4件

科学技術応用チーム

(Grid Science Application Team)

研究チーム長：長嶋 雲兵

(つくば中央第2)

概要：

グリッド技術は、さまざまな大規模シミュレーションと大規模データ処理の融合を可能とする技術である。本チームでは、高速ネットワークで接続されたスーパーコンピュータ、クラスタシステム及びデータベースを連携させて大規模科学技術計算のためのアルゴリズム開発、性能評価モデル構築と解析、ポータル設計と開発、仮想計算センターの設計と開発などの研究を行っている。また、グリッド技術により薬効のある分子を効率よく探すためのシステム構築を行っている。

研究テーマ：

テーマ題目3、テーマ題目4

大規模データ応用チーム

(Data-Intensive Computing Team)

研究チーム長：小島 功

(つくば中央第2)

概要：

大規模観測装置、大規模科学技術計算、巨大データベースでは、近い将来データ量がペタ(10¹⁵)バイト級に達し、かつ広域に分散していくことが予想される。本チームにおいては、こうした大規模データ処理を可能にする基盤技術を提供することを目標として、アーキテクチャから応用システムに至る研究を行っている。具体的には、広域分散環境における大規模なデータ処理のための並列ファイルシステムや、それを利用者が意識せずに提供するための仕組み、様々なデータベースを組み合わせてひとつの高機能データベースとして提示するための設計と開発、ユーザが利用するためのツール群の設計と開発を行っている。

研究テーマ：

テーマ題目2、テーマ題目4

基盤ソフトチーム

(Grid Infraware Team)

研究チーム長：田中 良夫

概要：

手元の端末から遠くにあるスーパーコンピュータを簡単に利用するためのミドルウェア、既存のプログラムに少しヒントを与えるだけで世界中のコンピュータが使えるようになるコンパイラなど世界中に分散配置されたスーパーコンピュータ、パソコン、データベースや特殊な装置などの様々な計算資源を簡便、かつ効果的に利用するための基盤ソフトウェアの研究開発を行っている。また、国際的なグリッドテストベッドとして、アジア太平洋地域に信頼性と安全性を備えたグリッド環境の構築技術の研究開発を行っている。さらに、グリッドの基盤ソフトウェアの国際的標準化に貢献している。

研究テーマ：

テーマ題目1、テーマ題目4

セキュアプログラミングチーム

(Secure Programming Team)

研究チーム長：高木 浩光

(つくば中央第2)

概要：

グリッドのシステムでは、ソフトウェアに確かな堅牢性が求められる。特に悪意ある者からの不正利用を防止するセキュリティ上の配慮が重要である。セキュリティの維持は、どんなに理論的に確かな技術を用いても、ソフトウェアの設計上、実装上の欠陥があれば台無しとなる。このような欠陥はセキュリティホールと呼ばれ、これを無くすことは一朝一夕にできるものではない。本チームは、他のソフトウェアに存在したセキュリティホールを工学的に分析整理することで、欠陥のないソフトウェア開発手法の確立を目指す。

研究テーマ：

テーマ題目1、テーマ題目4

クラスタ技術チーム

(Cluster Technology Team)

研究チーム長：工藤 知宏

(つくば中央第2)

概要：

近年、光通信技術の発達により通信リンクのバンド幅は飛躍的に向上し、距離や機器に応じてそのバンド幅を使いこなすことが課題になっている。しかし、一方ではネットワークを介した通信には比較的大きな遅延を伴うため、これらを考慮した高性能なグリッド環境を実現することが重要である。クラスタ技術チームでは、通信とコンピューティングの融合により、グリッド技術の実質的な処理を担うクラスタおよび高速ネットワークの構成技術を開発しており、通信遅延に伴いプロセッサ技術、バンド幅を有効に利用する通信方式などの開発を進めていく。これらの開発により、大規模計算システムや大容量ストレージシステムの構築

に資する。
研究テーマ：

テーマ題目 2、テーマ題目 4

[テーマ題目 1] グリッド基盤システムに関する研究開発

[研究代表者] 関口 智嗣 (グリッド研究センター長)
[研究担当者] 田中 良夫、高木 浩光
(職員7名、他13名)

[研究内容]

○研究の目的・目標

高速ネットワークで接続された計算機、データベース、人的資源などのさまざまな資源を相互に連携させて効率良く、かつ容易に利用するためのグリッド基盤ソフトウェアを開発し、プロトコル、プログラムモデル、セキュリティモデル及びグリッドミドルウェアの設計と開発、運用実験を行うとともに、遠隔協調作業支援環境の構築を行う。また、Global Grid Forum における標準化活動を通じ、開発したプロトコル及びミドルウェアの標準化を進める。

○平成14年度計画

Ninf で培った Grid RPC 技術を核にしたグリッドミドルウェア開発を進め、高性能ライブラリの呼び出し、ソフトウェアの高性能化、応用ソフトウェアの開発、ユーザインターフェースの開発を行う。

具体的には、Grid RPC システム Ninf-G をオープンソースとして公開するとともに、対故障性機能や大規模クラスタシステムを利用するための機能の組み込み、大量の計算サーバを利用するためのクライアントプログラムの性能向上を行う。また、ApGrid (Asia Pacific Grid) 上にテストベッドを構築し、ApGrid 参加者へのグリッド環境の提供、運用を行い、この環境でのアプリケーションソフトウェアの開発や移植により、Ninf-G の評価を実施する。さらに、高性能テレビ会議システム Access Grid を利用して、遠隔協調作業支援環境を構築するポータブルなシステムを構築する。

○平成14年度進捗状況

Grid RPC システム Ninf-G については、大規模環境での利用を想定し、クライアントプログラムのマルチスレッド化及び対故障性機能を備えたジョブスケジューラである Condor システムとの統合を行い、バージョン0.9 (ベータ版) を8月に、1.0を11月に公開し、102件のダウンロードが確認された。また、Grid RPC システムのプロトコルや API の標準化に関し、Ninf-G の経験を基に Global Grid Forum (GGF) に提案し、標準化を図っている。また、グリッドにおける最適化問題のプログラミングを対象とした Java によるプログラミングフレームワークである Jojo/JPoP の開発及び性能評価を行うとともに、メガコンピューティングのためのミドルウェアの開発を行った。

ApGrid テストベッドの構築では、ApGrid の一つのサイトとして、64プロセッサのクラスタシステムを整備・公開した。また、証明書取得ツール及びポータルシステム等の開発を行い、ApGrid テストベッド上に配備した。現在15カ国、40組織が参加し、日本、韓国、台湾、タイ、香港、オーストラリアなど各国の研究機関がテストベッドに計算機を提供している。既に ApGrid 参加サイト間において、Ninf-G を用いたアプリ開発事例が報告されている。

[分野名] 情報通信

[キーワード] GridRPC, Ninf-G, グリッドミドルウェア

[テーマ題目 2] グリッド・データファームに関する研究開発

[研究代表者] 関口 智嗣 (グリッド研究センター長)
[研究担当者] 小島 功、工藤 知宏 (職員7名、他5名)
[研究内容]

○研究の目的

ペタバイトスケールに大規模化かつ分散化した環境において、高速でスケーラブルな計算処理を実現するために、アーキテクチャから応用支援に至る広範囲な技術の研究開発を行い、データインテンシブコンピューティングに資するとともに、分散メタデータ管理・統合検索システムの研究開発を行う。国際的にもこのスケールの大規模データ処理アーキテクチャは存在せず、最先端レベルといえる。

○平成14年度計画

10Tflops 級、1ペタバイト級のデータを扱うことを目指した高速処理用数値ライブラリ、システム管理ライブラリ等のソフトウェア技術の開発を行うとともに、高密度高信頼性を実現するクラスタシステムのハードウェア技術の設計を進め、クラスタ構築に着手する。

データインテンシブコンピューティングで必要とされる高信頼、高スループットかつスケーラブルな I/O 処理のためのアーキテクチャ Grid Datafarm を設計し、その参照実装として Gfarm を開発する。Gfarm では、広域における高速データ転送及び複製管理を統合したファイルシステム、データアクセスの局所性を利用するプロセススケジューラなどが含まれる。また、プロファイル拡張可能な分散メタデータ管理・統合検索システムの研究開発において、Dublin Core を中心とした XML Schema ベースの分散メタデータ管理システムを開発すると共に、そこで用いられる問い合わせ言語 XQuery を既存の関係データベースで効率的に処理する方法を開発する。

ハードウェア技術としては、Grid Datafarm アーキテクチャをサポートする高密度実装で高い I/O バンド幅を持つクラスタシステムとネットワークのハードウェアエミュレータを開発し、広域・クラスタ内ネットワーク

のシミュレーション及びエミュレーションを含む評価クラスタシステムの構築を行う。

○平成14年度進捗状況

参照実装 Gfarm の基本部分を開発し、Grid Datafarm の要求を満たすクラスタシステムを設計し、プロトタイプシステムを開発した。開発したシステムおよび複数クラスタを利用して、高エネルギー物理学実験データの第1段階のデータ処理実験を実施し、広域におけるデータ解析処理、データ複製性能を評価した。また、Grid Datafarm 評価用システムとして、広域における転送性能をシミュレートできるクラスタシステムの構築を行った。NFS、PVFS などのデータアクセスのためのクライアントシステムの性能評価を行い、PVFS を SCORE 上に実装するとともに、PVFS-NFS Proxy の開発を行った。さらに、農業系気象データベースに対し、OGSA を用いたグリッド基盤上への実装に関する検討を行った。メタデータ管理システムについては、XQuery の基本部分を実装したプロトタイプを完成させ、Dublin Core の拡張をベースに地質および文献データベースの統合実験を行った。さらに、その WWW サービス基盤の構築を行い、OGSA への適用能力を確認した。国際会議 SC2002 では、世界的なデータグリッドのデモンストレーションを実施した。デモでは、日米の7サイトのクラスタで Gfarm を利用し、容量18TB、I/O 性能6.5GB/s の大容量高速ファイルシステムを構築し、広域データ解析及び高速データ複製の実証試験に成功した。

【分野名】情報通信

【キーワード】データグリッド、Gfarm、OGSA、データベース

【テーマ題目3】グリッド応用システムに関する研究開発

【研究代表者】関口 智嗣（グリッド研究センター長）

【研究担当者】長嶋 雲兵（職員5名、他6名）

【研究内容】

○研究の目的・目標

グリッド技術の実応用システムへの適用を進め、大規模分子化学計算システムの構築として、クラスタシステムに対する大規模並列分子軌道法、分子動力学法計算ソフトウェアの開発と、グリッドポータルの実システムの研究開発を行う。また、開発システムの評価・実証として、薬品開発システムの構築を目指す。

○平成14年度計画

高速ネットワークで接続された複数のスーパーコンピュータに Ninf-G などの開発したソフトウェアを移植し、実用に供することで運用実験を行うと共に、改良すべき点の抽出を行う。

グリッドコンピューティングの実証システムとして、大規模たんぱく質と基質分子の相互作用の解析に必要な大規模分子軌道計算プログラムと大規模分子動力学計算

プログラムをグリッド基盤上に構築するとともに、グリッド基盤上に構築された量子化学ポータルとして、Quantum Chemistry Grid を開発する。また、つくば WAN 上に構築されたグリッド環境における応用ソフトウェアポータルの開発を通して、応用側から見たポータル構築技術の開発を行う。

○平成14年度進捗状況

グリッドコンピューティングの実証システムとして、レプリカ交換モンテカルロ法 (REXMC) をグリッド上に構築した。また、量子化学グリッドとして Quantum Chemistry Grid/Gaussian Portal 並びに Benchmarking Portal を構築した。これらの Portal システムは WATOC2002、iGrid2002、SC2002などの国際会議でデモンストレーションを行うとともに、産総研内の一般ユーザを対象に公開し、システム評価を進めた。Benchmarking Portal では、量子化学計算プログラム Gaussian 並びに GAMESS のベンチマーク問題の配布と結果の収集を可能とする第一バージョンを開発し、限定的ユーザに公開して検証を行った。また、つくば WAN 上のポータル開発では、スーパーコンピュータ SR8000 を用いた熱流体計算に対するポータルシステムを構築し、種々の応用ソフトウェアに対するポータル構築技術の検討を行った。

【分野名】情報通信

【キーワード】グリッドコンピューティング、量子化学グリッド、ガウシアンポータル、計算化学

【テーマ題目4】グリッド技術標準化への貢献とその普及

【研究代表者】関口 智嗣（グリッド研究センター長）

【研究担当者】田中 良夫（職員3名、他2名）

【研究内容】

○研究の目的・目標

Global Grid Forum (GGF) での活動を通して、グリッド標準化へ貢献するとともに、ApGrid (Asia Pacific Grid) の Grid テストベッドの運用を通して、アジア太平洋地域へのグリッド技術の普及を行う。また、産総研コンソーシアム「グリッド協議会」を介した国内へのグリッド技術の普及と GGF 標準化へのフィードバックを行う。

○平成14年度計画

Ninf-G を GridRPC の参照実装として開発、配布するとともに、Global Grid Forum において、Grid RPC の API について世界的な標準化を進めるために、GGF (第5回、第6回、第7回)へ出席し、当研究センター開発の基盤ソフトに基づく標準化の提案を行い、世界標準化に向けた活動を行う。また、ApGrid テストベッドの構築をすすめる、アジア太平洋地域での使用を開始するとともに、テストベッド上へアプリケーションソフトの移

植及び開発を行う。さらに、グリッド協議会の活動を通して、国内へのグリッド技術の普及を行う。

○平成14年度進捗状況

ApGrid テストベッドの構築では、ApGrid の一つのサイトとして、64プロセッサのクラスタシステムを整備・公開した。現在15カ国、40組織が参加し、日本、韓国、台湾、タイ、香港、オーストラリアなど各国の研究機関がテストベッドに計算機を提供している。アプリケーションレベルの連絡組織 PRAGMA を通して、グリッド上の応用分野ソフトウェア開発の進展に貢献した。第5回、第6回 GGF において、基盤ソフトウェア NinFG 開発の経験を生かしたグリッド上の遠隔手続き呼出しに関する標準化の提案を行うとともに、グリッド技術の世界標準化への日本国内での活動を啓発するために第7回 GGF の日本開催に貢献した。第7回 GGF では、GridRPC に関するワーキンググループが設置され、世界標準化に向けた活動を行った。また、グリッド協議会では、法人会員134件、個人会員72人の登録者を得て、国外開催の GGF へ調査員を派遣するとともに、総会1回、GGF 調査会6回、研究会4回、講習会1回、講演会5回を開催し、国内へのグリッド技術普及に努めた。

【分野名】情報通信

【キーワード】GGF、グリッド協議会、ApGrid、標準化

④【爆発安全研究センター】

(Research Center for Explosion Safety)

(存続期間：2002. 4. 15～)

研究センター長：藤原 修三

副研究センター長：吉田 正典

所在地：つくば中央第5、つくば西、北センター

人員：21 (8) 名

経費：1,069,732千円 (141,022千円)

概要：

爆発安全研究センターは、安心・安全で質の高い生活の実現に資することを基本ミッションとし、(1) 爆発現象および関連する現象全般について、基礎から応用に至るまでの総合的な研究を行うことができる世界トップレベルの研究センターを目指す。また、(2) 国内外の関連研究者（機関）のネットを構築し、当センターの安全情報や施設・設備を整備し、利用できるようにするとともに、(3) 化学物質が関与する燃焼・爆発安全に係わる社会ニーズ、行政ニーズ、国際的ニーズ等に、迅速かつ継続的に応えることができるようにすることをポリシーとしている。そこで、これに基づいて、爆発現象および関連する現象全般（自然発火、反応暴走、圧力解放、高速燃焼、衝撃破壊、爆発によ

る環境影響など）について、基礎から応用に至るまでの総合的な研究を行うことができる世界トップレベルの爆発安全研究拠点を目指している。また、国内外の関連研究者ネットを作り、本研究センターの安全情報や施設・設備を整備・利用できるようにするとともに、化学物質が関与する発火・爆発の安全に係る社会・行政ニーズ、国際的ニーズ等に、迅速かつ継続的に応えるための体制作りを目標としている。発足時の構成としては、起爆の現象解明や衝撃波の伝播などを研究する爆発衝撃研究チーム、爆発性の評価や分解反応を研究する高エネルギー物質研究チーム、水素に代表されるような爆発性気体や粉じんの爆発現象を研究する気相爆発研究チーム、および爆発性物質の有効利用やその際の環境影響評価を研究する爆発利用環境安全研究チームの4チームだが、それぞれの研究内容に沿った個別の課題に取り組みながら、日本のあるいは世界に共通する安全や標準等の課題についてはセンター全体のテーマとして相互に協力しながら取り組んでいる。研究者数は非常勤職員、共同研究者等を含めて約40名である。また、具体的に重視するテーマとしては、爆発現象の解明および爆発災害防止のための基礎研究、火薬類・高圧ガス（ジメチルエーテル、水素を含む）等の安全技術基準作成、火工品類のリサイクル・安全処理、爆発安全に資する国際化対応（グローバルハーモニゼーション）に関する研究などを行っていく。

外部資金：

財団法人日本国際問題研究所

「あか剤と爆薬混合物の加水分解・湿式酸化処理に関する実験」(59,881千円)

財団法人日本国際問題研究所

「水ジェット切断時及び冷凍破砕時のピクリン酸（塩）の爆発リスクに関する研究」(256,820千円)

財団法人日本国際問題研究所

「ピクリン酸関連火薬類の爆発リスク評価に関する研究」(604,635千円)

経済産業省 原子力試験研究委託費「原子力施設に係るエネルギー発生源の爆発影響評価システムに関する研究」(8,678千円)

経済産業省 試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの）「発火・爆発性廃棄物の安全処理に関する研究」(14,958千円)

発表：誌上発表14 (10) 件、口頭発表48 (12) 件、その他11件

爆発衝撃研究チーム

(Explosion and Shock Waves Team)

研究グループ長：中山 良男

(つくば中央第5)

概 要：

固体および液体などの凝縮系中の爆発・衝撃現象を主な研究対象としている。高速時間分解計測による爆発現象・起爆機構の研究、レーザー衝撃波による未踏超高压下の状態方程式研究などの基礎研究を軸に、高エネルギー物質の爆発安全に関する研究、高性能火薬庫の開発、爆風などによる爆発の影響を低減化する技術の開発、数値計算コードによる実規模での爆発影響予測技術の開発などの安全研究を行っている。

さらに行政的国際的ニーズに対応するために、野外での大規模爆発実験も実施している。

研究テーマ：

テーマ題目 1

高エネルギー物質研究チーム

(Energetic Materials Research Team)

研究グループ長：松永 猛裕

(つくば中央第5)

概 要：

当チームは、爆発現象を化学的な視点で捉え、高エネルギー物質の反応機構の解明、安全化技術、分子設計、危険性評価技術の開発等の研究を行うことを目的にしている。このため、近年、特にコンピュータケミストリ手法の利用と分光計測技術の導入に力を注いでいる。具体的な研究内容は大きく分けて5つあり、①化学物質の爆発性を理論的および実験的に予測する手法の開発、②爆発事故が多発している煙火組成物の危険性評価および安全化に関する研究、③硝酸エステル類の自然発火や遺棄化学兵器などで問題となっている火薬類の劣化に関する研究、④排出・処理時の技術基準がない発火・爆発性化学廃棄物の安全処理に関する研究および、⑤次世代ロケット推進薬原料などの新規高エネルギー物質の探索研究を行っている。

研究テーマ：

テーマ題目 1

気相爆発研究チーム

(Gas Phase Explosion Team)

研究グループ長：堀口 貞茲

(つくば中央第5)

概 要：

ガス及び粉じんの爆発現象の解析と爆発発生条件の解明ならびに爆発防止の安全技術に関する研究を行っている。水素エネルギーの実用化のための安全技術に関する研究の一環として、水素の流動・噴出にともなう静電気の発生・帯電・蓄積・放電現象の解析と水素の着火性及び湿度などの影響因子に関する検討を行った。また、高压水素ガスの噴出時の漏洩拡散状況を風

洞実験により測定し、燃料電池自動車用高压水素ガススタンドの安全距離を算定するための基礎データを得た。粉じん爆発に関しては、各種の水素吸蔵合金の発火性、発火温度について測定し、安全性の評価のための基礎データを得た。

研究テーマ：

テーマ題目 3

爆発利用環境安全研究チーム

(Application and Environmental Protection R.T.)

研究グループ長：藤原 修三

(つくば西)

概 要：

瞬時に大量のエネルギーを発生させる火薬類を、安全にかつ有効に利用するには、制御技術の確立と環境影響評価が重要になる。火薬類の有効利用技術として、老朽化した構造物を環境低負荷に解体する制御発破技術や爆発圧着技術に関する研究を実施している。また、火薬類の環境安全研究として自動車用エアバックに利用されているガス発生剤の環境影響、火薬類の利用に伴う振動・騒音・飛石等の計測・制御技術の開発を行っている。さらに、爆発災害事故を未然に防ぐために爆発災害事例に関するデータベースの開発を行っている。

研究テーマ：

テーマ題目 4

[テーマ題目 1] 爆発影響評価システムに関する研究

[研究代表者] 中山 良男 (爆発安全研究センター爆発衝撃研究チーム)

[研究担当者] 中山 良男、松村 知治、若林 邦彦、本田 一、藤久 裕司、山脇 浩

[研究内容]

高エネルギー物質の爆発危険性・爆発影響を高い精度で予測するシステムを開発した。爆発危険性については、 10^{-5} 程度の低い爆発確率の予測可能性について検討した。爆発影響については、殉爆、爆風圧などを予測する実験システム・数値シミュレーションシステムを統合して、実規模の爆発影響を定量的に評価した。殉爆については、中国遺棄化学兵器発掘時の殉爆可能性を評価する実験を行い、数値計算予測システムを開発した。爆風圧については、実験室規模から実規模にいたる実験を行うとともに、爆風伝播挙動を高精度で数値予測するシステムを開発した。これらの成果は、中国遺棄化学兵器処理事業や火薬類保安などの行政ニーズに応えるものである。原子力関連で使用される有機溶媒の爆発危険性を評価し、事故時の威力評価を行った。殉爆については、通常弾から化学弾への殉爆可能性について実験を行うとともに、各種火薬類の起爆特性を明らかにし、数値シミュレーションシステムを開発した。爆風圧については、地中式火薬庫からの爆風圧を実測し、これを高い精度で数値予測す

るシステムを開発した。有機溶媒については、リン酸トリブチルの爆発危険性について水中爆力試験、ウェッジ試験を実施し、その爆発特性を評価した。室内実験、野外大規模実験（約1/10スケール）を行い、多くの実験データを得るとともに、数値計算のための並列計算コード開発を行った。リン酸トリブチルと発煙硝酸混合試料の水中爆力試験を行った。

【テーマ題目2】爆発現象の化学的解明に関する研究

【研究代表者】松永 猛裕（爆発安全研究センター高エネルギー物質研究チーム）

【研究担当者】松永 猛裕、飯田 光明、岡田 賢、大竹 勝人

【研究内容】

本研究は、爆発現象を化学的な視点で捉え、高エネルギー物質の反応機構の解明、安全化技術、分子設計、危険性評価技術の開発等の研究を行うことを目的としている。このため、近年、特にコンピュータケミストリ手法の利用と分光計測技術の導入に力を注いでいる。具体的な研究内容は以下の通りである。

① 化学物質の爆発性予測

化学物質の分子構造から発火・爆発性を予測する手法を確立する。特に、今年度は、住友化学工業（株）と共同研究に着手し、プラントなど化学物質を実際に取り扱う現場で、発火・爆発性が懸念される反応工程の危険性を推定することを目的として、住友化学工業（株）がいくつかの危険反応事例を選び、ARCなどの熱分析試験等のデータを実測し、当所が量子化学計算で危険性を予測する手法を検討した。

② 煙火組成物の危険性評価および安全化に関する研究

煙火組成物の自然発火危険性を予測するために、MDSC (Modulated DSC) 法と熱線法により、煙火原料の熱伝導率を測定した。MDSC 法は熱線法に比べ、必要な試料量が少なく、良いことから、危険性の高い物質の熱伝導率を安全に測定できることが期待された。その結果、MDSC 法では密度と熱伝導率との間に良好な相関が見られた。また、熱線法の低密度データはその外そう点にあつた。このことから、煙火として使用する密度範囲の熱伝導率は、MDSC 法から見積もることができることが示された。

ポリウレタン成形による煙火の安全化については、三井化学（株）製のポリメリック MDI という常温硬化型のポリウレタン原料が煙火成型に適していることを確認した。これは、熱を加える必要がないこと、湿状態で混合できること、および、1液タイプで取り扱いが簡単なことによる。この原料を用いた滝ランスを試作して、従来製品との比較を行った。

③ 火薬類の劣化に関する研究

ピクリン酸（下瀬火薬）が長期間、放置されたことによる金属塩の生成を想定し、そのような劣化物とピ

クリン酸との判別が可能であるか、および、金属塩の爆発感度がどの程度であるかを調べた。その結果、ピクリン酸水溶液中で金属微粉末を腐蝕させることにより、簡便に金属塩を合成できることがわかった。合成した金属塩中で鉄塩は2価であり、1分子当たり6個の水を含んでいた。銅、亜鉛、および、鉛塩も合成したが、結晶水の評価は困難であった。振動スペクトルは、ピクリン酸とピクリン酸塩との区別が良好にできたが、金属種による違いは見られなかった。爆発感度を知るために、DSC 熱分析、打撃感度試験、摩擦感度試験、および、静電気感度試験を行い、各金属塩の爆発感度を得た。

④ 化学系廃棄物の安全処理に関する研究

化学系の廃棄物について、その発火・爆発危険性を調べる評価法、混合危険性評価、事故事例の収集を行うことを目的としている。今年度は、液相での混合危険性評価を詳細に検討した。このために、ニトロメタンをモデル物質に選び、アルカリ水溶液と混合し、その熱安定性の変化を化学的に解明することを目的とした実験を行った。ニトロメタンを選んだ理由は、他の化学物質との混合で爆発した例が多く知られていること、および、小さな分子なので分光計測が容易であることによる。ニトロメタンと水酸化カリウム水溶液を注意深く混合し、その状態変化を観察した。その結果、混合直後は2相に分離しているが、界面から反応が始まり、次第にニトロメタンが変性し、茶色の水溶成分が水溶液側に溶出していった。十分な時間を経て、界面は無くなった。茶褐色の水溶液を自然乾燥させると、茶褐色の固体が得られた。同様の実験をニトロベンゼンについても行ったが、変色や水溶成分への溶出は見られなかった。観測されたラマンスペクトル及び分子軌道計算の結果から、ニトロメタンに水酸化カリウムを混合した際に生成した成分は、ニトロメタニドである可能性が高い。

⑤ 新規高エネルギー物質の探索

窒素高含有物質や安定な環状ニトラミンの探索を行うことを目的としている。今年度は、超臨界水などを利用した高エネルギー物質の超微粒子化やコーティング技術の探索を行った（日本工機（株）と共同研究に着手）。また、二酸化炭素の超臨界流体を用いて主として RDX (1,3,5-トリニトロ-1,3,5-トリアジン) の微細化（目標粒子径：5~10 μ m）、球状化、および、表面コーティングを目指し、装置を試作中した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】爆発、煙火、危険性予測、安全

【テーマ題目3】水素の安全技術に関する研究（エネルギー使用合理化技術開発委託費）

【研究代表者】堀口 貞茲（爆発安全研究センター気相爆発研究チーム）

〔研究担当者〕 堀口 貞茲、荷福 正治

〔研究内容〕

自動車や発電などに燃料電池を導入する動きが高まっており、燃料電池の燃料として水素が注目されている。水素は従来より各種の産業で幅広く利用されているガスであるが、可燃性であり爆発危険性が高い。燃料電池などの分散的な利用では従来と異なる形態を取るため、実用化に当たっては利用形態に合わせて安全性に関する検討を十分に行う必要がある。本研究では、水素の製造、貯蔵、輸送などにおける安全技術の確立を目指して、特に分散的な利用における水素の物性面からの危険性を解析し、危険性に関するデータを実験的に収集し整備するとともに、利用技術に対応した安全技術の開発を目指した研究を行った。

(1) 水素の製造・貯蔵プロセスにおける着火の抑制

高圧水素ガスが空気中に放出される場合、ガスのみであれば静電気はほとんど発生しないが、鉄さび、ほこり、水滴などの固体あるいは液体を伴って放出されると静電気が発生する。そこで、圧力が20MPaまでの範囲で高圧水素ガスを口径が4mmのSUS製ノズルより大気中に放出する実験を繰り返し、静電気の発生を測定した。測定方法は、ノズルの前方300mmの位置にSUS製、開き目1mm、サイズ500×500mmの金網を地面から絶縁させた状態で放出気流と垂直に設置し、静電電圧計(30kV)を用いて金網に帯電する静電気の電圧を測定する方法により行った。添加物は内容積1Lの高圧試料容器の中にあらかじめ50gの酸化鉄粉(粒径0.5mm以下)を入れておき、これを高圧水素ガスとともにノズルから約5秒間放出した。添加物のない条件で水素圧10~20MPaの範囲で合計30回の放出を行ったが、いずれも静電気の発生は認められなかった。添加物を加えた場合は、同じ水素圧の範囲で20回の放出を行ったところ、静電気はすべての実験で発生し、発生電圧は最高2.5~4.5kVであった。測定系の静電容量は120pFであり、電気量は3~5×10⁻⁷クーロンに相当する。以前水素圧が2~2.6MPaの比較的低圧で同様の実験を行っているが、今回高い水素圧で行っても発生する電気量は同程度であることが分かった。この結果、添加物を伴って高圧水素ガスが放出されると静電気の発生することが確認された。

(2) 水素吸蔵合金の爆発危険性の解明と安全技術

水素吸蔵合金は水素を含むため空気中では可燃性を有するものが多く、常温の空気中で自然発火を起こすものもある。したがって実用化するにあたっては合金の種類により空気中の発火性、燃焼性に特別な配慮が必要となることが考えられる。本年度はAB5型水素吸蔵合金の代表的なもののひとつであるMmNi₅について、空気中の発火性を検討し、これまでに検討したLaNi₅との比較を行った。

合金は、測定ごとに50gの粉体を活性化処理した後、

水素の吸脱着を5回行ったものを試料とした。自然発火性試験は、50gの試料を底辺直径約50mm、高さ約30mmの円錐状に堆積させ、発火の有無を調べるものであるが、粉体層の底部及び中央部に熱電対を挿入して堆積層内部の温度変化も測定した。その結果、水素をほぼ100%吸蔵したものは室温で静置すると水素の放出が進み、それに伴って粉体層内の温度が5~15℃低下し、発火することはなかった。また、水素をほぼ完全に放出したものはほとんど温度変化は起こらなかった。これに対して水素の平衡圧をほぼ大気圧に保持して数分間放置した後に取り出して空気中に堆積させた場合、温度の低下は起こらず、堆積層内の温度が上昇した。繰り返し同じ条件で測定したところ、発熱により赤熱し、温度が500℃以上になった場合が2回あった。このうちの1回は、水素の燃焼と考えられる火炎が観察された。先に行ったLaNi₅の場合に比較して発火性はやや低くなるが、MmNi₅の場合も条件により常温の空気中で自然発火を起こす危険性があることが明らかになった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 水素エネルギー、安全、爆発災害防止

〔テーマ題目4〕 火薬類の環境低負荷利用技術に関する研究

〔研究代表者〕 藤原 修三

〔研究担当者〕 藤原 修三、緒方 雄二、和田 有司、
丁 佑鎮、尾和 香吏

〔研究内容〕

瞬時に大量のエネルギーを発生させる火薬類は、反応性エネルギー物質として利用されているが、制御技術の問題と反応時に発生する衝撃・振動等から十分に利用されていないのが現状である。このため、本研究では火薬類を安全にかつ有効に利用するには、制御技術の確立と環境影響評価が重要である。火薬類の環境低負荷利用技術に関する研究として、老朽化した構造物を環境低負荷に解体する制御発破技術や砂漠緑化等の環境修復技術の研究開発を実施した。また、爆発災害事故を未然に防ぐために爆発災害事例に関するデータベースの開発を行った。

環境低負荷解体技術に関する研究では、コンクリート切断用に開発した成形爆薬を用いた切断実験を実施しモデル供試体を用いて切断状況等を観察した。また、モデル供試体を受ける動的応答性を解明するためにひずみゲージによる計測を実施した。さらに、破壊状況を数値シミュレーションする手法について検討した。ライナー材の材質としてはアクリル材ではほとんど切断効果がないが、金属材料では切断効果があることを確認した。実験結果から最適な切断条件としては、亜鉛メッキ鋼板でライナー角度が60度または90度の時に最大の切断効果があることを確認した。しかし、ライナー角度が120度

の場合に十分な切断効果が期待できないことからライナーカッターを十分に生成させるためのスンドオフの効果についても検討する必要があると思われる。

環境修復技術に関する研究では、砂漠の緑化技術に関する文献調査を実施した。文献調査から多くの砂漠が岩石砂漠であり、植物による緑化を促進するには植物の育成に必要な最適土壌を作成することが重要であることが明らかになった。また、ANFO 爆薬と岩石ブロック（花崗岩、砂岩、凝灰岩）を用いた破壊における粒度分布に関する研究を実施した。ANFO 爆薬は、肥料として利用されている硝安をプリル状に加工したものに燃料として軽油を一定の割合で添加した爆薬である。実験結果から装薬量の問題から岩石の種類による顕著な相違は得られなかった。

災害事例データベースに関する研究では、昨年10月に科学技術事業団と共同で開発したリレーショナル化学災害データベース（RISCAD）を公開した。公開時には、収録期間：1949年5月23日～2001年9月21日、収録件数：和文4,159件、英文396件、付帯情報：和文英文とも43件、事故進展フロー：和文英文とも72件、熱分析データ：71件、登録化学物質：4,985件のデータを収録した。また、産総研で開発している災害事例データベース（RIO-DB）は、昨年度に発生した災害事例をデータベースに逐次追加した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】火薬類、成形爆薬、環境低負荷技術、環境修復技術、データベース、化学災害

②⑤【糖鎖工学研究センター】

(Research Center for Glycoscience)

(存続期間：2002. 6. 1～2008. 3. 31)

研究センター長：地神 芳文

副研究センター長：成松 久

総括研究員：平野 隆

所在地：つくば中央第6、つくば中央第2、
北海道センター

人員：123 (17) 名

経費：562,070千円 (260,785千円)

概要：

「研究目的」

糖鎖工学研究センターは、糖鎖工学の基礎から応用に至る総合的な研究をおこない、我が国の産業化につながる世界トップレベルの糖鎖科学（Glycoscience）の研究拠点となることをめざす。ヒトゲノムをはじめとする各種生物のゲノム配列が明らかとなり、ゲノム探索研究からプロテオーム解析へと急展開するなかで、タンパク質への糖鎖修飾は、タンパク質の機能を制御

する重要な要素である。従って、糖鎖とタンパク質を一体として解析する「グライコプロテオーム」の概念を基本として、生体内のタンパク質の機能を解明し、利用する。

糖鎖科学は、ポストゲノム研究において我が国が優位に立っている数少ない分野の一つである。当センターは、これまでの産総研および関連研究グループの糖鎖研究の資産を生かして、産業化につながる糖鎖工学研究を実施することで、我が国の糖鎖科学研究ネットワークにおける中核的拠点として貢献することをめざす。

「研究概要」

研究センターは時限的であるため、具体的な研究目標を設定し、その達成度によって研究を評価する。従って、当センターでは、実施する研究課題の重点化・絞り込みとこれを実現する研究資源の重点的配分を実施する。当センターでは、1) 糖鎖の合成技術、2) 糖鎖の構造解析技術、3) 糖鎖遺伝子の機能解明と利用、を研究の3本柱とし、これを国家プロジェクトとして推進し、当センターがその中核的な研究推進機関の役割を果たすべく、以下の具体的な重要研究課題を提起している。なお、これらの課題はいずれも産総研の中期目標・中期計画に合致するものである。

糖鎖工学の推進に必須な糖鎖科学の「要素研究」として、

- (1) ヒトの糖鎖関連遺伝子の単離と機能解析及び解析技術とその利用
- (2) 微生物・動植物ゲノムの糖鎖関連遺伝子の構造・機能解析及び解析技術とその利用
- (3) 糖鎖関連酵素・タンパク質の立体構造解析とその特異的阻害剤の設計・合成
- (4) 糖鎖関連遺伝子を利用する有用複合糖質（糖タンパク質、糖脂質など）の合成・機能評価
- (5) 糖タンパク質の糖鎖付加部位を含む糖鎖構造のハイスループット解析、および糖鎖関連データベースの構築

糖鎖工学の推進に貢献する「新産業創出のための応用的技術開発」として、

- (6) ガン、感染症、免疫異常症などの診断・治療システムの開発
- (7) 細胞の表層機能、増殖・分化制御技術およびそのリアルタイム計測技術
- (8) 糖鎖の合成・解析・利用のためのシステムおよび機器開発

「方法論等」

H14年6月に設立された当センターの運営や研究に関する具体的な方策・方法論を以下に記載する。

- (1) 研究課題の設定と推進

産業化をめざす研究といえども、基礎的・基盤的な要素研究は不可欠であり、レベルの高い広範な生

命科学、糖鎖科学に根ざした要素研究の基盤なくして、研究成果の実用化や応用研究、さらにはシステムの統合による産業化のための技術開発はありえない。しかし、基礎研究はその戦略的位置づけを誤ると個人的な趣味的研究に埋没しかねない。このためには、個々の研究者の意識改革が不可欠であり、個々の研究者には、基礎的・基盤的な要素研究であればその研究が糖鎖工学の推進にいかんにかんがって、また、応用的研究であればその研究が糖鎖科学、生命科学の進展にいかんにかんがってを常に自問自答し、お互いがよく議論することを要請している。また、約2ヶ月に1度の頻度で開催しているセンター内部での研究報告会議では、谷口研究顧問の出席のもと、進捗状況の報告と情報交換を実施しており、有益な意見交換と研究の加速に貢献している。

また、各チーム単位で基礎から応用に至る幅広い視点での本格研究が展開されており、国家プロジェクトでの中核的役割、マッチングファンド制度による企業や大学との共同研究の強力な推進、ベンチャー創業への積極的な支援と取り組みなど、産総研が推進している本格研究への取り組みでも、多くの実績がある。

(2) 予算獲得と運用

センターの運営には外部資金の獲得とその効率的な運用が必須である。当センターでは、従来から集中型国家プロジェクト（ヒト糖鎖遺伝子の網羅的解析）の中核的拠点の役割を担ってきたが、H14年度は、新規糖鎖エンジニアリングプロジェクト（H14年度補正およびH15～17年度）の立ち上げとその早期開始に努力し、この中核的機関として活動を開始している（当センターからは5チームが参画）。

H14年度の外部資金は、上記糖鎖関連プロジェクト予算、の他、文科省（若手任期付支援、CRESTなど）や民間とのマッチングファンドなどの外部資金を獲得している。

予算の運用に当たっては、競争的環境下で獲得した提案チームの自主的な運用によってこそ、効率的な研究成果が達成されるとの考えに基づき、獲得チームの自主的で柔軟な予算運用を支援している。また研究および個人の評価軸として、研究実績とミッションへの貢献度の2つを重視し、これを基本的な予算配分の方針としている。

(3) 人員配置と活用

研究センターは、研究部門に比べて、産総研のミッションに沿ったより具体的な研究課題の設定とその成果が問われる。このため、研究課題の重点化・絞り込みと共に、これを実現する人的資源についても重点的な配分を実施している。特に、H14年度は、チームリーダークラス1名の新規採用を実現した。

(4) 研究成果の普及等社会への貢献

日本の優位性を保つためには、広い範囲をカバーする質の高い特許の出願・取得が必須なことから、研究者と特許担当者・外部専門家との密接な連携により、データの過不足の無い有用な特許の早期出願・取得に心がけている。また、国際的レベルの高い学術誌での発表、外部への広報、特許の産業化・実施を強く奨励し、これらを高く評価している。

また、既に実施中のヒト糖鎖遺伝子プロジェクト（GG プロジェクト）における中核機関としての役割とその研究成果に対する期待と関心を反映して、出版社で特集号が編集され、積極的な広報活動を展開した（「糖鎖工学の最前線」、BIO INDUSTRY 誌、1月号、2003年、シーエムシー出版）。

また、既に実施している外部招聘講師による GG プロジェクトセミナーは H14年度末で、通算で20回に達しており、外部との情報交換や広報にも努めている。

外部資金：

経済産業省「細胞内ネットワークのダイナミズム解析技術開発事業」（40,011千円）

新エネルギー・産業技術総合開発機構「健康維持・増進のためのバイオテクノロジー基盤研究プログラム 糖鎖合成関連遺伝子ライブラリーの構築」（63,480千円）

有限会社山口ティール・エル・オー「平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業（病態特異的 DNA の解析に基づくがん悪性度診断システムの開発）」（4,948千円）

財団法人日本産業技術振興協会 産総研イノベーションズ 「臨床遺伝子診断用小型解析装置事業化」（40,965千円）

経済産業省エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費 「三次元画像診断システム等技術開発」（23,515千円）

経済産業省エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費 「グリコクラスター利用型バイオ繊維製造技術開発」（11,180千円）

経済産業省石油安定供給技術開発等委託費 「細胞機能応用計測技術開発」（74,940千円）

経済産業省石油安定供給技術開発等委託費 「高機能石油採取用糖鎖集合化剤製造技術開発」（19,894千円）

経済産業省試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの）「工業製品の生体影響評価のための組織

特異的内分泌かく乱化学物質検出系の開発」(28,797千円)

経済産業省科学技術総合研究委託「生命工学(生体情報分野)」(40,540千円)

高エネルギー加速器研究機構「糖ヌクレオチド代謝回路関連酵素群」(16,589千円)

北海道大学「遺伝子情報解析に関する研究」(20,068千円)

文部科学省若手任期付研究員支援(継続)「ゲノムワイドDNAアレイによる癌診断技術」(9,276千円)

文部科学省若手任期付研究員支援(継続)「酵母による糖タンパク質医薬の生産系の開発」(16,326千円)

発表:誌上発表46(42)件、口頭発表114(32)件、その他26件

糖鎖生合成チーム

(Glycobiogenesis Team)

研究グループ長:地神 芳文

(つくば中央第6)

概要:

酵母を材料として細胞壁糖鎖生合成機構の解明などを通じて糖鎖の生物機能を解明するとともに、細胞壁合成を特異的に阻害する新規医薬品の開発に貢献する技術、糖転移酵素を細胞壁に固定化して糖鎖合成に利用する細胞表層改変技術、糖鎖改変による新規な糖タンパク質医薬の開発など糖鎖工学に有用な技術の開発を行っている。特に、リゾゾーム病治療薬では実用化に有用な知見が蓄積されてきており、ベンチャー創業も視野に入れて研究成果の産業化に努力している。また、糖鎖合成関連タンパク質の各種酵母での発現系の構築や得られたタンパク質の立体構造解析など基盤的研究の蓄積にも努めている。以上のほか、民間企業との多様な共同研究などを通じて、基礎・応用の両面での貢献に努めている。

年度進捗(H14年度の主な成果は以下の通りである。)

- 1) 酵母細胞壁糖鎖の生合成機構の解明とその利用
細胞壁マンナン糖鎖の生合成で重要な α 1,6マンノース転移酵素遺伝子 OCH1の転写制御機構を明らかにした。また、酵母の GPI アンカーの生合成に関与する新規遺伝子の探索とその機能解析を開始した。酵母の細胞壁合成をリアルタイムで可視化するプロジェクトを開始した。
- 2) 酵母を利用する糖鎖の合成・改変
酵母細胞壁局在タンパク質を利用した糖転移酵素の固定化とこれを利用したオリゴ糖合成システムを

開発した。酵母の糖タンパク質生産系を改変して、リゾゾーム病治療薬の開発に有益な技術を開発した。糖鎖関連酵素の大量発現・精製、結晶化、立体構造解析を試みた。酵母変異株の機能相補などでヒトの候補遺伝子を単離しその機能を解析した。

研究テーマ:

テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目6、テーマ題目8、テーマ題目11、テーマ題目14

糖鎖遺伝子機能解析チーム

(Glycogene Function Team)

研究グループ長:成松 久

(つくば中央第2)

概要:

有用糖タンパク質を含む糖鎖を有する有用物質の合成に必要なヒト糖鎖合成関連遺伝子を網羅的にクローニングする。方法としてはゲノムインフォマティクスを利用してホモロジーを手がかりとするクローニング法を主とする。得られた糖鎖遺伝子候補は、糖タンパク質、糖脂質、プロテオグリカン等の糖鎖をつくる候補遺伝子として広く機能検索を実施し、機能の確認されたものについて順次、ライブラリーを構築する。

H14年度の主な成果は以下の通りである。

- 1) ゲノムインフォマティクス法を用いて新規糖転移酵素遺伝子候補のクローニングを行ってきた。平成12年度に本プロジェクトで開発したソフトウェアを用い、NCBI Genbank ヒト核酸配列、Unigene、NEDO Full length cDNA プロジェクトの配列データベースに対して検索を行った。また、Ensemble ヒト open reading frame (ORF) アミノ酸配列に対する PSI-BLAST 検索も導入した。新たに10遺伝子を見つけ、昨年度完了していなかった候補遺伝子と併せてクローニングを行った。これらの遺伝子に関しては現在機能解析が進行中である。昨年度より継続中の遺伝子機能解析につき、基質特異性が解析できたものについては順次、知財の申請、論文作成を行った。
- 2) 昨年に引き続き、糖転移酵素の結晶化条件検索を行った。メタノール資化性酵母で発現させた O9はチオシアン酸イオンとポリエチレングリコールの存在下で結晶化し、その結晶は3Å分解能までの X 線回折像を与えた。
- 3) 糖転移酵素ファミリー間の関係を調べるため、プロファイル隠れマルコフモデルを用い CAZy データベース中の糖転移酵素ファミリーの分類を行った。その結果60のファミリーのうち47が4つのスーパーファミリーGTS-A、-B、-C、-Dに分類された。

研究テーマ:

テーマ題目2、テーマ題目11

細胞制御解析チーム

(Cell Regulation Analysis Team)

研究グループ長：中村 充

(つくば中央第6)

概要：

本チームでは、細胞における特徴的糖鎖発現やその発現機構を解析し、糖鎖および糖鎖遺伝子が関与している生体情報交換の制御メカニズム解明を目的としている。探索した「糖鎖が関与する新しい情報交換メカニズム」を、新たな創薬ターゲット発見と産業利用技術開発に結びつけることを目標とする。とくに、癌・白血病やヒト血液前駆細胞の分化・増殖・接着に関与する糖鎖やシアロムチン型 O-結合糖タンパク質の機能を明らかにし、機能糖鎖合成律速段階の糖転移酵素遺伝子をクローニング・機能解明し、癌・免疫・分化における診断薬開発など、バイオ産業への応用を目指す。

H14年度の主な成果は以下の通りである。

細胞増殖・分化・接着と関連遺伝子

血液前駆細胞分化・接着に働く、末端機能糖鎖発現の場を提供するとともにその多価性を増し結合力を強めるのに役立つ、 β 6GlcNAc 転移酵素遺伝子、IGnT2・IGnT3を世界に先駆けてクローニングした。この IGnT3が赤血球の Ii 血液型を決定する鍵酵素遺伝子であることを突き止め、成人 i 一家系の遺伝子解析を通して証明した。また、血液前駆細胞のアポトーシスにおいて中心的に働く遺伝子 Apaf-1を同定した。

研究テーマ：

テーマ題目 1、テーマ題目 15

遺伝子ダイナミクスチーム

(Gene Dynamics Team)

研究グループ長：木山 亮一

(つくば中央第6)

概要：

当研究チームは、我々の現在持つ技術と研究成果を進展させ、ゲノム研究において国際競争に拮抗できる技術の開発とその応用実用化を行うことを目標とする。糖鎖工学研究センターのチームとして、糖タンパク質及び糖鎖関連遺伝子の機能を解明することにより、環境・食品産業や医薬産業への応用をめざす。さらに、癌化や生理反応において様々な遺伝子と細胞増殖異常やホルモン応答との関係を解明することにより、遺伝子機能及びその制御に関して基礎的知識を集積しつつ、化学物質の検査や癌などの診断・治療への応用をめざす。具体的には、プロテオミクス解析や DNA チップ解析などを利用して癌における糖タンパク質・糖鎖関連遺伝子を含むシグナル伝達に関与する遺伝子群を網羅的に解析し、さらに転写制御に関与するクロマチン構造やそれに基づく転写制御を解明することにより、知的基盤としての遺伝子機能の解明とそれを利用した実用化への糸口を探るとともに、得られた知識の特許化及び事業化を積極的に行う。平成14年度は、学術的

成果については外国有名雑誌に論文を6報発表しており、癌関連遺伝子の機能に関する特許出願及び環境ホルモン検出系に関する特許の実用化を目指し、共同研究などにより事業化のためのベンチャー企業を支援した。

研究テーマ：

テーマ題目 9、テーマ題目 18、テーマ題目 19

遺伝子応用技術チーム

(Applied Gene Technology Team)

研究グループ長：町田 雅之

(つくば中央第6)

概要：

糖鎖、および糖鎖の合成・分解等に関する遺伝子の高感度でハイスループットな診断システムに関する技術開発を行っている。磁気ビーズによる自動化処理技術を基盤として、蛍光標識による多重化反応技術、検出装置を含めた自動解析技術、多重化と自動化に適した検出反応技術により、糖鎖と関連遺伝子の変異解析等のための高速解析技術基盤を確立する。また、光学イメージング技術に基づいて、糖タンパク質発現やゲノム異常を高感度ハイスループット解析しうる技術を開発し、癌の新たな検査・診断システムへの応用を目指す。さらに、糖鎖の自動解析技術に重要なタンパク質・酵素ツールについて、超好熱古細菌および麴菌等より、安定性、特異性などの面で利用しやすいタンパク質ツールの単離と応用など、実用化を強く意識した研究を進めている。

H14年度の主な成果は以下の通りである。

- (1) PCR による DNA の増幅を含めて、4時間以内に96検体の2種類の SNPs を全自動で解析する技術と装置を開発した。蛍光標識スチレンビーズと大粒径磁気ビーズにより、10以上の多重化反応により、PCR による DNA の増幅を含めて、4時間以内に960 SNPs を解析する技術基盤と、自動解析が可能な測定装置のプロトタイプを開発した。
- (2) 肝細胞癌合計67症例の CGH 解析を完了し、肝細胞癌で高頻度 (20%以上の症例) に増幅・欠失異常を生じる染色体領域 (11ヶ所)、さらに肝細胞癌の進展度と有意に相関する染色体異常領域 (3ヶ所) を見出した。
- (3) リン脂質に関連する糖合成代謝経路の初発酵素である Glucose-1 phosphate thymidyltransferase が超好熱古細菌 *S. tokodaii* に3個存在する事を明らかにし、大腸菌を用いた発現系での発現と各酵素の酵素活性を同定した。高精度な系ファージディスプレイの濃縮技術と DNA マイクロアレイにより、酵母ゲノム中より、DNA 結合性タンパク質を包括的に探索する技術を確立した。また、プロテイン磁気ビーズアレイにより、タンパク質機能による遺伝子の濃縮の基盤技術を確立した。

研究テーマ：

テーマ題目1、テーマ題目3、テーマ題目4、テーマ題目5、テーマ題目7、テーマ題目12、テーマ題目13、テーマ題目16、テーマ題目17

糖鎖構造解析チーム

(Glycostructure Analysis Team)

研究グループ長：平林 淳

(つくば中央第6)

概要：

糖鎖構造解析チームは、構造グライコミクスの原理に則り、糖タンパク質の機能解明に向け様々なレベルでの構造基盤技術の支援を行う。具体的には、1) 糖タンパク質の網羅的解析アプローチである「グライコプロテオミクス」に関する実践的手法の確立、2) レクチンアフィニティー技術の糖鎖プロファイリング技術開発への展開などを行う。また、上記解析に必要な標準糖鎖やレクチンを数多く取りそろえ、「標準糖鎖ライブラリー」「レクチンライブラリー」の開発を目指す。当該センター、ならびに新規 NEDO プロジェクト「糖鎖エンジニアリング」で中核的役割を担う使命を負ったチームであるが、まだ正規新人の採用になっていないため、14年度は準備段階との位置づけにとどまる。しかし、グライコプロテオミクス推進のための基本である「グライコキャッチ法」のハイスループット・高感度化や、糖鎖プロファイリングシステムの要となる「FAC システム」の自動化装置開発については着々と計画が現実化されている。H15からの新規プロジェクトの立ち上げによって、糖鎖エンジニアリング技術の飛躍的発展が期待される。

糖鎖自動合成チーム

(Glycochemosynthesis Team)

研究グループ長：西村紳一郎

(北海道センター)

概要：

本チームは、高度な生理機能を有する糖鎖を自由自在に合成できる糖鎖自動合成システムを構築することを目的としています。現在、特にムチン型糖ペプチドという分子の合成に必須の要素技術を検討しています。また、本研究チームには①実用的糖鎖自動合成装置開発のための基盤技術構築と、②「糖鎖構造解析技術開発関連新規プロジェクト（本年度より開始のSGプロジェクト）」での糖ペプチド合成の2件の大きな課題が課せられています。これらを同時にしかも効果的に推進するため、糖ペプチド合成に照準を絞った高性能高分子担体の分子設計に着手しました。さらに、現段階で関連酵素が入手できないために進展が遅れていたムチン型糖ペプチドの共通コア構造3種を化学合成で大量調整し、これを高分子担体に複合化することでMUC1などの典型的な糖ペプチドライブラリー構築に大きな展開を実現できました。つくばグループで作成

した酵母細胞表層に提示された糖転移酵素が「Golgi™」にて応用可能な実用的固定化糖転移酵素として有望であることも示され、酵素の安定供給への大きな第一歩となりました。今年、不凍糖タンパク質「AFGP」の大量合成と臓器保存用試薬としての実用化研究をベンチャー企業支援型プロジェクトとして開始しました。

【テーマ題目1】細胞内ネットワークのダイナミズム解析技術開発事業

【研究代表者】平野 隆

【研究担当者】地神 芳文、平野 隆、横尾 岳彦、仲山 賢一、新聞 陽一、千葉 靖典、スニル・カウル、岡本美智代、市原 昭、カムルル・ハサン、矢口 智子、相田 哲

【研究内容】

ポストゲノム時代におけるバイオテクノロジーの中心課題として、生きた細胞内でのタンパク質分子の局在や動態、相互作用の解析が求められている。この目的のために世界最高性能の超高感度高速リアルタイム三次元顕微鏡システムを開発し、生細胞におけるタンパク質動態を分子レベルで三次元観察する可視化解析技術開発を目指す。この装置開発のため、産業技術総合研究所ではバイオ分野の研究する側のニーズを装置開発側に伝え、中間評価までのプロトタイプ機への開発に貢献する。さらに、開発されたプロトタイプ機の有用性を検証して装置の性能の高度化を図り、また動物細胞や酵母細胞の細胞内蛋白質について、リアルタイムでの相互作用解析を行なう。得られた成果は、高齢化を迎える我が国の国民健康増進へ貢献するための治療薬開発へ向けて利用する。平成14年度においては酵母細胞壁合成系のリアルタイム可視化に関する研究開発で観察しようとするいくつかのタンパク質と3種類の蛍光タンパク質（EGFP（改変緑色蛍光タンパク質）、Venus（高速蛍光発光タンパク質）、mRFP（単量体型赤色蛍光タンパク質））を融合させる発現ベクターを作製した。また細胞壁生成に関与する遺伝子の酵母変異株を作製した。さらにトリプトファントランスポーターである Tat2タンパク質に EGFP を融合したタンパク質を発現させる系を確立した。また細胞の癌化・不死化に関する分子ネットワーク解析の研究開発ではモータリン及び p53、GRP94、MPD などのモータリン結合分子の全長及び様々なデリベーション変異体発現ベクターを構築した。これらの分子と GFP 等のタグ付融合タンパク質を発現ベクターに組み込み単離した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】リアルタイム三次元顕微鏡、蛍光タンパク質、酵母細胞壁合成、不死化細胞

【テーマ題目2】健康維持・増進のためのバイオテクノロジー基盤研究プログラム 糖鎖合成関

連遺伝子ライブラリーの構築

【研究代表者】成松 久

【研究担当者】成松 久、立花 宏一、久保田智巳、岩井 俊恵、佐藤 隆、中西 伸夫、杉岡しげみ、石川 久美、高山 優子、清原 克恵、川本 理沙、梅谷内 晶、後藤 雅式、岩崎 裕子、亀山 昭彦、藤村 克也、比留間 徹、澤木 弘道、権娟 大、菊池 紀広、坂井登紀子、工藤 崇、大倉 隆司、張 延、ChengLamei、WangHan、橘 かほり、阿部 純恵、岡村 佳代、池延真美子、地神 芳文、新聞 陽一、石井 智子

【研究内容】

ポストゲノム研究の重要課題としてタンパク質の翻訳後修飾があげられる。その主役は糖鎖修飾であり、これを担うのは糖転移酵素と呼ばれる一群の酵素である。300種類は存在されるであろうと予想されるこれらの酵素群を網羅的にクローニングし機能解析することは、今後のバイオテクノロジー発展の基盤となる。

我々は、ゲノムインフォマティクス法を用いて新規糖転移酵素遺伝子候補のクローニングを行ってきた。平成12年度に本プロジェクトで開発したソフトウェアを用い、NCBI Genbank ヒト核酸配列、Unigene、NEDO Full length cDNA プロジェクトの配列データベースに対して検索を行った。また、Ensemble ヒト open reading frame (ORF) アミノ酸配列に対する PSI-BLAST 検索も導入した。新たに10遺伝子を見つけ、昨年度完了していなかった候補遺伝子と併せてクローニングを行った。これらの遺伝子に関しては現在機能解析が進行中である。以下、各種糖転移酵素の解析結果を記す。既存の1,4-糖転移酵素にホモロジーのある新規糖転移酵素遺伝子をクローニングし、基質特異性を解析した。本酵素 (CSGalNAc-T₂) は既知の CSGalNAc-T₁ と極めて高いホモロジーが存在し、*in vitro* ではコンドロイチンの伸張活性とともに、開始活性も有していた。しかし、培養細胞を用いた実験では、開始活性が見られなかったことから、主にコンドロイチン硫酸の伸長に関与していると考えられた。2番目のコア1合成酵素 (C₁Gal-T₂) を単離し、その酵素の性質を決定した。この酵素は消化管での O-グリカンの合成に重要であることが示唆された。ヒト新規 pp-GalNAc-T₁₀, 12, 14の組織発現と酵素活性を決定した。また2つのヒト新規 pp-GalNAc-T 遺伝子をクローニングした。

N-結合型コア糖鎖生成に必要な既知の ALG 遺伝子のうちまだクローニングされていなかった5個のヒト ALG 遺伝子を全てクローニングし、酵母細胞においてその活性を確認した。さらに、新規な ALG₁₃遺伝子を同定した。また、3個の糖ヌクレオチド輸送体類似遺伝子についても酵母細胞で発現させ、1遺伝子については、

UDP-GlcNAc 輸送活性を認めた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】糖鎖遺伝子、糖転移酵素、糖タンパク質

【テーマ題目3】平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業（病態特異的 DNA の解析に基づくがん悪性度診断システムの開発）

【研究代表者】平野 隆

【研究担当者】角田 慎一

【研究内容】

本研究は山口大学医学部および民間企業との共同研究により、癌の悪性度を DNA 異常の解析に基づいて診断するためのトータルシステムを開発しようとするものである。当グループでは本プロジェクトで作製する DNA センサーの異常検出評価技術の開発、およびセンサー基盤の性能評価技術の開発を担当した。本研究において、各種染色体異常体細胞を用いた DNA センサーの染色体異常検出感度の評価技術、DNA 配列の高度増幅異常を有する癌細胞を用いた染色体異常定量的検出能の評価技術を確立した。また、DNA センサー用基盤の DNA 固定化性能を客観的に評価するため、インクジェット・スポッターを用いた評価技術を確立した。現在、これら評価技術を用いて癌の悪性度診断に応用しうる DNA 解析システムの構築を進めている。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】癌、DNA、診断

【テーマ題目4】臨床遺伝子診断用小型解析装置事業化

【研究代表者】町田 雅之

【研究担当者】近藤 勲、中村 道大、プレジジョン・システム・サイエンス株式会社 澤上一美、阿部 初美

【研究内容】

国際ヒトゲノムプロジェクトが終了し、ゲノムの精密な解読により、疾患に関係する遺伝子の変異が続々と発見されつつある。同時に遺伝要因と環境因子がからんで発病する疾患関連遺伝子も突き止められている。特に「一塩基多型 (SNP)」を利用した疾病関連遺伝子の発見やゲノム医科学への展開は、テーラーメイド医療や診断、創薬の面から、医学医療分野を刷新するものと予想される。このためには、特異的 DNA を検出、集約し、迅速かつ信頼性の高い自動化 DNA 検査技術が求められることになる。そこで、血液や唾液などの試料から、DNA の抽出・精製、増幅、SNPs 解析のための反応、と続く一連の反応を全て自動で行い、最終解析結果が出力される完全自動システムの開発を行う。

本研究開発では、自動化処理が可能であることが確認されたアダプターを用いた SNP の検出技術を用いて、本 SNPs 検出プロトコルを自動化するための専用装

置の製作に着手した。装置内動作、サンプル処理数などを検討し、自動化システムの仕様を決定した。特に、高効率・高精度の磁気ビーズ自動化処理ユニットである Magtration Technology を利用した試薬分注・磁気分離ユニットを用い、PCR 用 Thermal Cycler には、自動装置へ搭載した実績のあるユニットを採用した。また、低価格で磁気ビーズに捕捉された蛍光物質を測定するための検出ユニットについて、ビーズ導入法、ビーズ識別のための光学系などの開発と改良を行った。光学系については、複数の蛍光色素の検出に適した励起用レーザー、蛍光測定用光学系、光電子倍増管などを組み込んだ。このシステムを用いて、アダプターライゲーション SNPs 検出反応を行ったビーズを測定し、正確な結果が得られることを確認した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 一塩基多型 (SNP)、磁気ビーズ、自動処理

【テーマ題目5】 三次元画像診断システム等技術開発

【研究代表者】 平野 隆

【研究担当者】 角田 慎一、市原 昭、上平 初穂、柳本 剛

【研究内容】

がん、糖尿病、心疾患は生活習慣病として総合科学技術会議においても重点的研究課題として取り上げられているが、がんによる死亡率は年々増加しつつある。がんに関する研究開発は平成15年度から新たに国によりがん研究10年計画が開始される状況にある。がんは他の疾患と異なり自らの遺伝子に何らかの異常が生じて発症することが確立した疾患である。このためヒトゲノム解析により染色体上の塩基配列が決定された現時点で、がんに対する研究開発が大きく進展することが期待されている。がんに起因する染色体の異常を全染色体にわたって効率良く検出する方法が CGH (Comparative Genomic Hybridization) 法であり、正常細胞の細胞分裂中期の凝集した染色体をガラスプレート上に展開し、がん組織から得た DNA と正常 DNA を異なる蛍光色素で標識化して競争的にハイブリダイズさせる方法である。高解像度の蛍光顕微鏡下で染色体を観察することにより、何の遺伝子配列に関する情報を必要とせずに染色体の増幅、欠損などががんに関わる異常を全染色体にわたって検出可能である。平成14年度においては90%以上の染色体が重なることなくプレパラート上に配列可能なプロトタイプの染色体前処理装置を企業との共同研究で完成させた。この装置はすでに国内の染色体研究者を驚嘆させ、販売実績が上がりつつある。この装置を用いて展開させたプレパラートを用いて、共同研究先の企業が開発した光学系及び処理ソフトを用いて染色体の解像度を検証し、基本計画書の目標値に匹敵する3Mb レベルの解像度があることを確かめた。また染色体異常部位とがんの悪性度、

転移性、薬剤感受性等の治療に有用な臨床情報とリンクさせるソフトを開発し、類似のパターン解析等の検索が可能となった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 染色体異常、画像診断、CGH

【テーマ題目6】 グリコクラスター利用型バイオ繊維製造技術開発

【研究代表者】 地神 芳文

【研究担当者】 新聞 陽一、安部 博子

【研究内容】

固定化酵素の生産は、バイオリアクター等物質生産に必須である。しかし、酵素を大量発現し、精製し、さらに坦体に固定化する過程が必要であり、労力と時間がかかるうえ、酵素の損失と失活の問題もあった。そこで、酵母細胞壁を固定化坦体として酵素を固定化することで、酵母を培養しさえすれば固定化酵素が無限に得られるシステムの開発を行った。

糖鎖合成に必要な糖転移酵素は、酵素タンパク質のC末端側に酵素活性部位があるため、従来の GPI アンカー法が適用できなかったが、別の細胞壁タンパク質 PIR を細胞壁固定化アンカーとして利用することにより、その欠点を克服し、汎用性の高い固定化技術を開発した。

ヒト型糖鎖を生産するために、ヒト・フコース転移酵素 (Fuc-TVI) 固定化酵母を構築し、酵母細胞壁への酵素の局在を蛍光顕微鏡で確認するとともに、酵母細胞自体及び細胞壁画分にフコース転移酵素の活性を検出した。また、PIR 遺伝子の破壊により、内在性の PIR タンパク質の細胞壁でのスペースを空けることにより、フコース転移酵素の固定化量を増加させ、より高い酵素活性を得ることに成功した。さらに、開発した酵母細胞壁固定化糖転移酵素を用いて、糖鎖自動合成機に組み込むための実証試験を自動合成チームに依頼した。その結果、NMR による分析でフコースの転移を確認し、酵母細胞壁固定化糖転移酵素生産技術が、糖鎖自動合成システムに適用可能なことを確認した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 糖鎖合成、糖転移酵素、酵母細胞壁

【テーマ題目7】 細胞機能応用計測技術開発

【研究代表者】 町田 雅之

【研究担当者】 浅井 潔、今村 亨、萩原 央子、佐野 元昭、國廣 澄子、鈴木 理、浅田 眞弘、石崎 明、隠岐 潤子、倉持 明子

【研究内容】

近年のゲノム解析の進歩により大量のゲノム塩基配列が蓄積される中で、遺伝子とその機能に関する情報を迅速に得ることが重要な課題となっている。そこで、全ゲノム塩基配列より遺伝子領域を予測する技術を開発する

とともに、遺伝子の機能を迅速に明らかにするために、転写制御ネットワークを高速に解析するための技術開発を行うことを目的とする。

遺伝子領域の予測技術については、多重出力隠れマルコフモデルによって、相同性検索の情報、EST 配列情報と、統計情報による遺伝子発見を自動的に統合する実用的なシステムを実現した。開発した遺伝子領域予測システムを、麹菌全ゲノムからの遺伝子自動発見に適用し、その有用性を確認した。また、転写制御ネットワークについては、転写制御領域と転写制御因子に着目し、タンパク質と DNA との特異的相互作用を利用して、高速・高感度に解析するための解析要素技術を開発するとともに、要素技術のシステム化によって網羅的解析系を確立する。具体的には、赤外蛍光色素による検出を備えた高速な電気泳動などによって、DNA 断片上に存在するタンパク質の特異的結合部位を高速、高感度に解析するための技術を開発する。また、ファージディスプレイを用いて DNA ライブラリーを構築し、全ゲノム中に存在する DNA 結合性転写制御因子を網羅的に取得するための技術を開発する。H14年度には、ファージディスプレイ技術について、正確な濃縮技術と DNA チップによる解析技術を用いることにより、数日以内にゲノムワイドに DNA 結合タンパク質を濃縮する技術を確立した。また、イミュニティー遺伝子と Translational Coupling を用いることにより、挿入 DNA 断片の翻訳読み枠が正しいときにのみ、クローンが生存できる技術を確立した。ライブラリーからのタンパク質のフォールディングを必要とする機能ドメインの濃縮はこれまでにほとんど成功例が無く、様々な DNA 塩基配列特異的な濃縮は全く報告されていない。本方法は、全ゲノム中から DNA に結合するタンパク質の遺伝子の濃縮ができるだけでなく、ゲノム中の全 DNA 結合タンパク質の塩基配列に対する親和性を解析することが出来る。本技術開発では、機能ドメインの正確な濃縮を実現するために重要となるベクターの改良技術に関する出願を済ませており、学術的ポストゲノム情報基盤の構築だけでなく、産業的利用価値が高い。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】隠れマルコフモデル、ファージディスプレイ、DNA 結合タンパク質

【テーマ題目 8】高機能石油採取用糖鎖集合化剤製造技術開発

【研究代表者】地神 芳文

【研究担当者】新聞 陽一、安部 博子

【研究内容】

酵母細胞壁は、グルカンやキチンなどの糖質と糖タンパク質の複雑な複合体である。細胞壁糖タンパク質は、小胞体やゴルジ体で合成され、細胞膜に輸送後、細胞壁に組み込まれるが、その生合成過程及び組み込み過程の

詳細については未だ不明なことが多い。細胞壁タンパク質には、主に GPI アンカー型と PIR タンパク質がある。GPI アンカーは、ホスファチジル・イノシトール等の脂質に、糖鎖リンカーを介してタンパク質を結合した生合成中間体構造をしているが、糖タンパク質の C 末端に結合させなければならない制限がある。一方、もうひとつの細胞壁糖タンパク質である PIR については、最近見つかったタンパク質であるため、詳細がほとんど不明であるが、糖タンパク質のどの部分に挿入しても機能できるため、固定化酵素の生産など有用性が高いので、その生合成過程について検討した。

PIR1タンパク質の糖鎖付加について詳細に解析した結果、N-結合型糖鎖2本及びO-結合型糖鎖が多数付加していることが分かった。N-結合型糖鎖付加部位を削除し、O-結合型糖鎖だけが付加する改変型 PIR1タンパク質を作成し、O-結合型糖鎖付加に関与する PMT 糖転移酵素遺伝子の変異株を用いて、関与する PMT 遺伝子を調べた。その結果、PMT3及び6の関与が明らかになった。さらに PMT3、6の酵素タンパク質が複合体を形成して、4種ある PIR タンパク質の種類を認識して、特異的に O-マンノースの付加を行っていることを明らかにした。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】糖鎖合成中間体、細胞壁タンパク質、O-結合型マンノース

【テーマ題目 9】工業製品の生体影響評価のための組織特異的内分泌かく乱化学物質検出系の開発

【研究代表者】木山 亮一

【研究担当者】垣沼 直人、矢萩 正樹、朱 転

【研究内容】

本研究は、エストロゲン活性を有する内分泌攪乱化学物質の生理活性測定のために、エストロゲン応答遺伝子を用いた遺伝子発現プロファイルによる環境ホルモン評価システムの開発を目標とする。本研究は、産業技術総合研究所と厚生労働省の研究機関による共同研究を行い、研究分担としては、独立行政法人産業技術総合研究所はエストロゲン受容体遺伝子を含めた応答遺伝子についての転写制御機構とリガンド特異性の解明を行い、厚生労働省・国立がんセンターではさまざまな組織由来の細胞を用いたアッセイ系の構築とその評価を行う。また、転写制御領域とリガンド特異性の解明については別に埼玉県立がんセンターとの共同研究を行うことにより転写因子や遺伝子機能に関する情報を得る。平成14年度は、カスタム DNA チップの利用による組織特異的なエストロゲン応答評価法の確立を行い、各主要組織由来の培養細胞を用いたプロファイリングを行った。一方、環境ホルモン基準物質との組み合わせの検定に関しては、20物質に関しては終了したが、さらに平成15年度も継続して行

い、50物質についてデータベースを作成する計画である。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 環境ホルモン、エストロゲン、DNA マイクロアレイ、遺伝子発現プロファイル

〔テーマ題目10〕 生命工学（生体情報分野）

〔研究代表者〕 地神 芳文

〔研究担当者〕 岡本 治正、岡村 康司、岡部 繁男、久保 泰、大塚 幸雄、海老原達彦、木村 忠志、亀山 仁彦、落石 知世、松田 知恵、岩崎 幸一、石田直理雄、宮崎 歴、丸山 進、今村 亨、鈴木 理、浅田 真弘、池本 光志、斎田 真也、斉藤 幸子、小早川 達、遠藤 博史、寺崎 太洋、氏家 弘裕、熊田 孝恒、赤松 幹之、鈴木 慎也、瀧田 正寿、金子 秀和、河野 憲二、杉田 陽一、菅生 康子、持丸 正明、河内まき子、仲山 賢一、新聞 陽一、横尾 岳彦、千葉 靖典、植村 浩、成松 久、久保田智巳、三井 洋司、スニルカウル、田中真奈美、進士 秀明、高木 優、鈴木 馨、藤田 篤、岡 修一、山崎 幸苗、斉田 要、木山 亮一、水野 敬文、川崎 一則、吉岡 恭子、国分 友邦、鈴木 理、小池 英明、山崎 和彦、館野 賢、原田 一明、小田原孝行、安宅 光雄、水谷 文雄、飯島誠一郎、矢吹 総一、澤口 隆博、平田 芳樹、佐藤 縁

〔研究内容〕

(1) 研究の背景（目的・目標）

生命工学は、生体を構成する生体分子、細胞、組織・器官のレベルから人間の生理、心理、行動特性に至る生命現象とこれらを取り巻く関連技術を研究し、その成果を通して生態系と調和のとれた産業と社会の構築に貢献することを目標としている。当該研究課題は、生命現象の根底で重要な働きをしている生体の内外からの情報の受容・伝達・制御・統合・応答までの過程における精緻な生命現象の研究を通じて、生命工学の体系化に寄与する新技術の開発と新産業基盤の形成に貢献することを目指している。具体的には、個体レベルにおける高次な生体情報処理機構である脳神経系の形成とその統合機構を中心に、種類の異なる真核細胞を対象として細胞内外からの情報を受容し応答する遺伝子レベルの情報発現制御機構、及びこれらに係わる生体情報分子の構造特性を明らかにする（基礎的・基盤的研究）。また、得られた知見の工学的応用を進める（工学的応用研究）。

(2) 研究の全体計画

1) 脳神経系機能の形成と統合

<基礎的・基盤的研究>

神経誘導・分化機構及び関連因子、イオンチャネル形成と集積機構、日周期行動の脳内制御機構等の更なる解析を通じて、脳神経系の発生・構築と高次機能の形成に関するキー遺伝子群の機能及び発現制御機構を遺伝子工学的、細胞生物学的手法により解明する。

<工学的応用研究>

感覚情報処理機構の協調性、柔軟性、統合性等の更なる解明を通じて、その人間工学的応用とその実用化をめざす。

2) 細胞情報の発現と伝達制御

<基礎的・基盤的研究>

細胞分裂加齢・不死化情報の伝達と制御、細胞シグナル応答の機能制御、細胞極性制御・細胞防御調節等の研究を通じて、真核細胞の遺伝子発現制御機構とシグナル伝達応答機構を解明する。

<工学的応用研究>

酵母によるヒト型糖蛋白質の生産、動物細胞による分岐糖鎖の自在な改変、ヒト糖鎖遺伝子の網羅的解析などを通じて、これら技術の創薬などへの実用化をめざす。

3) 生体情報分子の構造と機能発現

<基礎的・基盤的研究>

転写因子など蛋白質の構造解析と機能予測の研究を通じて、生体分子の構造特性及び細胞機能発現の分子過程の更なる解明を行なう。

<工学的応用研究>

バイオセンサー素子の微小化、高性能化を通じて、センサー開発に必須なセンサーからの微小信号の計測技術を確立するための研究を実施する。

(3) 年度進捗状況

1) 脳神経系機能の形成と統合

<基礎的・基盤研究>

目的に応じて、カエル、ホヤ、マウス、ラット、線虫等、適切な実験動物を選び、神経誘導・分化機構及び関連因子、イオンチャネル形成と集積機構、日周期行動の脳内制御機構等の更なる解析を通じて、脳神経系の発生・構築機構と高次機能の形成機構の解明に大きく貢献した。このうち、線虫の分子遺伝学的解析では、神経と筋肉の接合部で筋肉側から神経に情報を伝える「逆行性神経伝達」を制御する遺伝子を発見し、標的器官から神経細胞に向かう逆行性情報伝達機構が個体レベルで実際に働いていることを示した。同様の機能をもつと推測される遺伝子が人間にもあり、重症筋無力症など難病の原因解明や新薬開発に役立つと期待される。

<工学的応用研究>

脳活動による具体的機能として行動に焦点を当てて系統的に研究を推進した。「生体情報処理機構の研究」では、運動に関連した領域における脳内の神経活動の基本特性を解明し、「感覚情報の能動処理を可能にする神経

回路網の探求」では、感覚における受動的処理機構を解明し、「脳機能計測に基づく認知行動の情報処理過程の解明に関する研究」(MEG 計測に基づく大脳中枢機能のダイナミカル解析の研究)では、より行動に関わる脳内情報処理網を解析し、そして、「人間行動適合型生活環境システム技術---操作行動適合技術の開発」では、人間における具体的な行動特性を解析した。特に、ヒトの味覚の脳機能に関しては、第一次味覚野が島皮質と弁蓋部の移行部にあることやその活動部位(上側頭溝、帯状回、海馬など)を明らかにしたほか、MEG 計測の知見をもとに脳波計を用いて味覚障害を他覚的に検査する手法を開発した。

2) 細胞情報の発現と伝達制御

<基礎的・基盤的研究>

細胞分裂加齢・不死化情報の伝達と制御、細胞シグナル応答の機能制御、細胞極性制御・細胞防御調節等の研究を通じて、真核細胞の遺伝子発現制御機構とシグナル伝達応答機構の解明に貢献した。研究対象の生物種は、ヒト・マウスなどの哺乳類細胞、タバコやシロイヌナズナなどの植物細胞、出芽酵母や分裂酵母などの真核微生物と多種多様であるが、これらの研究は細胞内外におけるシグナルとその伝達機構の解明を必要とする点で共通している。特に、細胞分裂加齢・不死化情報の伝達と制御の研究では、腫瘍抑制遺伝子(p19ARF)の結合タンパク質(Pex19p)が老化様細胞周期抑制の負の制御に関与するという新しい概念を提示した。

<工学的応用研究>

生体情報の受容と伝達に関与しヒトの体内で機能をもつ糖蛋白質として FGF (繊維芽細胞増殖因子)を選定し、その構造機能相関の研究を実施した。酵母及び動物細胞を用いて、FGF の機能に必要な糖の構造や付加位置の分泌や特性に対する影響を解析し、糖鎖の自在な変換、その工学的応用のための基盤技術を確立した。また、ヒトのライソゾーム遺伝病の1種であるファブリー病の治療薬として期待されている α -ガラクトシダーゼの高活性標品を酵母で生産する技術を開発した。また、糖鎖の関連する病気の診断や治療に有益なヒト由来の糖鎖合成関連遺伝子の網羅的解析により、新規な糖転移酵素遺伝子を多数単離して、その機能を明らかにした。

3) 生体情報分子の構造と機能発現

<基礎的・基盤的研究>

生体情報システムに係る生体高分子、特に転写因子、イオンチャネル関連分子、糖鎖認識タンパク質について、構造と機能発現との相関を研究した。複数の古細菌種で基本転写因子である TATA ボックス結合蛋白質(TBP)の立体構造及び DNA との複合体の立体構造などを解析した。また、タンパク質と糖鎖との相互作用を原子レベルで解析する一環として、糖鎖の結合したイラクサアグルチニンとリゾチームの高分解能 X 線解析を行い、各々のタンパク質における機能部位での糖鎖との相互作用の

詳細を明らかにした。

<工学的応用研究>

微小、高性能センサーの開発を主目的に、局所領域の観察・制御技術である各種プローブ顕微鏡の解像度向上のための研究、種々の機能を持つ分子を固体表面に任意に配列させ、望みの機能を付与し発現させる手法の開発などを従来から行ってきた。今年度は、バイオセンサー素子の微小化、高性能化を通じて、センサー開発に必要なセンサーからの微小信号の計測技術を確立する研究を実施し、貴金属電極上へのチオール単分子膜形成過程を analyte の濃縮過程として利用する新しい高感度バイオセンサーを開発した。さらに、走査型プローブ顕微鏡技術に関して、新たに生化学反応プロファイルの可視化に有力なツールとして走査型電気化学顕微鏡を取り上げ、従来の顕微鏡に比べて数十倍の解像度向上が可能な見出しを得た。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 生命工学、脳神経系機能、細胞情報、生体情報分子

[テーマ題目11] 糖ヌクレオチド代謝回路関連酵素群

[研究代表者] 地神 芳文

[研究担当者] 地神 芳文、千葉 靖典、久保田智巳、渡辺 明子、仲山 賢一、新聞 陽一、横尾 岳彦

[研究内容]

これまで機能解析が進められた酵母の糖鎖修飾における糖ヌクレオチド代謝回路関連遺伝子産物などの大量発現系の構築と、精製・結晶化および結晶構造解析を行なうことを目標とし、メタノール酵母による発現系の構築、目的タンパク質の精製、結晶化、X線結晶構造解析を行なう。ターゲットとしては、糖転移酵素(マンノース転移酵素: Och1p)および酵素とドナーあるいはアクセプターとの複合体、マンノースリン酸転移酵素とレギュレーターとの複合体(Mnn4p、Mnn6p)、ゴルジ体内で糖ヌクレオチドの膜輸送系を促進させるためにGDPをGMPに分解する Gda1p、Ynd1p などを選択した。これらのタンパク質の N-末端または C-末端に6×His のタグが付加するように遺伝子を構築し、メタノール資化性酵母 *Pichia pastoris* を利用しジャーファーメンターによる大量培養を行なった。Mnn4p 以外のタンパク質については大量生産ができたため、これらについては、結晶化すべく、ハンギングドロップ法によるスクリーニングを行なったが、解析に適した結晶構造を得るには至らなかった。

現在、すべての遺伝子について N-末端に His タグのみを付加したようなタンパク質を発現するように遺伝子を構築し直している。これらをメタノール資化性酵母に導入し、発現を行なう予定である。

[分野名] ライフサイエンス

〔キーワード〕 結晶構造解析、酵母、酵素

〔テーマ題目12〕 遺伝子情報解析に関する研究

〔研究代表者〕 河原林 裕

〔研究担当者〕 河原林 裕、辻村 昌也、張 子連

〔研究内容〕

目標

転写・翻訳に関連するタンパク質の内、5年間で総計100個程度の新規なタンパク質の構造と機能を明らかにする。研究計画

当研究代表者がゲノム解析を行った超好熱古細菌を中心に、構造・機能解明を進める上で重要なタンパク質をコードする遺伝子に関する情報をグループに提供すると共に、大腸菌での発現系の構築を行い、構造機能の解明を進める。

年度進捗状況

ゲノム解析が終了している超好熱古細菌の内でも、*Sulfolobus tokodaii strain7*は、真核生物に最も近く様々な類似点を有しているため、この菌が有している RNA 修飾に関連する遺伝子の中で真核生物との類似性が高いなど非常に興味深い遺伝子を選択し、発現系の構築を行った。平成14年度では、以下の20個の遺伝子を選択して、遺伝子領域を選択して PCR 増幅した産物を大腸菌での発現プラスミド pET プラスミドに導入して、効率的な発現系の構築を行った。

20個の遺伝子領域を PCR で増幅し、pET23、pET21ベクターに導入し、BL21CodonPlus に形質転換して発現の確認を行ったところ、その内9遺伝子については遺伝子産物が可溶性画分に確認されている。それらのタンパク質は、可溶性画分を80℃で処理することによってほぼ精製できることが確認された。熱処理後でもタンパク質が可溶性であることから、これらの発現されたタンパク質は耐熱性であることが確認された。今後はこれらの発現されたタンパク質の機能を確認していきたい。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 転写・翻訳、超好熱古細菌、発現系

〔テーマ題目13〕 ゲノムワイド DNA アレイによる癌診断技術

〔研究代表者〕 角田 慎一

〔研究担当者〕 平野 隆

社会の高齢化が急速に進行する現在にあって、癌をはじめとする疾患の優れた診断・治療技術の開発は急務である。癌ではゲノム DNA のコピー数異常（癌遺伝子の増幅、癌抑制遺伝子の欠失など）がその悪性形質発現に大きく関わっていることが明らかとされつつあることから、これら DNA 異常領域を全ゲノム領域にわたって迅速・簡便・高精度に解析することができれば、癌関連遺伝子の同定や癌進展のメカニズムの解明、さらにはゲノム異常の情報に基づいた的確な臨床診断（正確な予後予

測、的確な治療方針の選択）を支援するシステムの開発が可能となる。そこで本研究では、癌のゲノム DNA 異常領域を簡便かつ高精度に解析しうる技術を確立し、それによって新たな癌関連遺伝子の同定や臨床診断に有用な染色体領域の発見に展開していくことを目的とする。

本年度は各種モデル検体を用いて本解析手法の性能評価を行った。その結果、本解析技術が1コピーの増加・欠失をも検出可能な高精度な異常検出性能を有することが明らかとなった。今後は本システムにより、多数の臨床癌組織検体の解析を行い、癌の悪性度のマーカーとなる染色体異常領域のスクリーニングを行う予定である。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 癌、ゲノム異常、bacterial artificial chromosome、DNA アレイ

〔テーマ題目14〕 酵母による糖タンパク質医薬の生産系の開発

〔研究代表者〕 千葉 靖典

〔研究担当者〕 地神 芳文、高岡 友紀

〔研究内容〕

従来、エリスロポエチンや G-CSF などの医療用糖タンパク質は動物細胞で生産されてきた。しかし、動物細胞を利用した生産はコストが高く、生産性が悪い、また感染症の問題も指摘されてきた。これらを克服するための代替宿主が望まれており、これまでに昆虫細胞、植物細胞、酵母、カビ、大腸菌などが考えられてきた。しかしこれらを用いて生産した糖タンパク質では糖鎖構造が哺乳類のものとは異なるため、抗原性を有する、ヒト生体内に導入した際にタンパク質が目的臓器へ集積する前に分解されてしまうなどの不安定性が問題とされてきた。研究グループでは、これまで、出芽酵母の糖鎖リモデリングに関する基礎的研究を進めてきた。そこで酵母による糖タンパク質医薬の生産系を構築することを目的とし、宿主の糖鎖改変、遺伝子発現、糖鎖構造解析、ならびに構造機能相関を検討する。

平成14年度は、ファブリー病治療薬となりうる組換えヒト α -ガラクトシダーゼの出芽酵母からの大量精製系を確立した。まず、組換え型ヒト α -ガラクトシダーゼ A を発現する出芽酵母 HPY21G 株について、培養上清中に分泌される量と菌体内に蓄積している量とを比較したところ、菌体内に蓄積した量が3~5倍ほど多かった。

HPY21G 株について150 Lの大量培養を外注し、その培養上清、菌体を得た。培養上清については、中空糸モジュールを使った脱塩・濃縮を行なった後、25mM MES (2-[N-morpholino]ethanesulfonic acid) 緩衝液 (pH 6.0) に対して十分な透析を行なった。続いて、陰イオン交換カラム (HiTrapQ)、逆相カラム (HiLoad Phenyl)、ゲル濾過カラム (HiLoad 16/60 Superdex 200 pg) を利用し精製を行なった。得られた精製酵素は電気泳動的に均一であり、この酵素に対して昨年開発した

マンノシダーゼで処理し、糖鎖の非還元末端側にリン酸が露出したいわゆる Man-6-P 型糖鎖を有する α -ガラクトシダーゼに変換した。 α -ガラクトシダーゼは再度 HiTrapQ カラムで精製を行ない、標品とした。菌体内からの精製については、菌体100g に対し、ジエチルエーテル10 ml を加え、室温で1時間放置、さらに精製水150 ml を加え、室温で攪拌しながら酵素の抽出を行なった。20時間後、遠心して不要物を除き、その上清を25mM MES 緩衝液 (pH6.0) に透析した。以後、培養上清からの精製方法と同様、陰イオン交換カラム (HiTrapQ)、逆相カラム (HiLoad Phenyl)、ゲル濾過カラム (HiLoad 16/60 Superdex 200pg)、 α -マンノシダーゼ消化、陰イオン交換カラム (HiTrapQ) により精製を行なった。菌体2600g から抽出された酵素は約45mg であり、最終的に13mg の精製標品が得られた。さらにより高効率で生産するメタノール資化性酵母に糖鎖改変系を移植すべく、バクテリアや発現宿主の改良を行なった。宿主には既にキリンビールと共同出願した *Ogatae minuta* 株を利用した。まず *O. minuta* 株の OCH1 遺伝子を取得し、相同組換えを利用した遺伝子破壊株を作製した。この och1 破壊株でヒト α -ガラクトシダーゼ遺伝子を発現させるべく、発現ベクターの構築を行なった。*O. minuta* URA3 遺伝子をマーカーとして有するベクターに、アルコールオキシダーゼプロモーターの下流にヒト α -ガラクトシダーゼ遺伝子を導入した断片を挿入した発現ベクターを構築した。URA3 遺伝子中の制限酵素 NotI 部位で切断して線状化した後、形質転換を行った。現在得られたクローンについて、 α ガラクトシダーゼを発現しているか検討中である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ヒト型糖鎖、酵母、リソゾーム病

【テーマ題目15】 癌抑制蛋白質 p53の発現を調節する新規蛋白質 CARF の分子機構の解析

【研究代表者】 スニルカウル

【研究担当者】 モハマドカムルルハサン、矢口 智子、杉原 崇 (財団法人環境科学研究所)、レヌーワダワ (中外製薬株式会社)

【研究内容】

癌抑制蛋白質 p53、及び p53 発現調節を担う ARF は、癌細胞において高い頻度で異常が起こっている。これらの蛋白質は共に細胞老化・癌化を制御する経路において、重要な役割を果たす。それ故、これらに結合して活性を調節する因子は、非常に重要な要因となる。我々は、新規に p19ARF 結合蛋白質を単離し、CARF と名付けた。そして、細胞の老化・不死化・癌化を制御する経路において ARF と CARF が構造的および機能的にどのように関連しているかの解明を進めていく。

平成14年度の研究内容及び成果

1. CARF に対する抗体の作製と正常及び癌細胞にお

ける CARF の発現解析

大腸菌発現プラスミドへ CARF 遺伝子を組み込み、精製等を経て、抗 CARF 抗体を作製した。得られた抗 CARF 血清とその精製抗体の反応性を細胞由来の蛋白質で検討したところ、大腸菌で発現させた蛋白質、培養細胞で CARF を強制発現させた蛋白質、そして未処理の細胞の蛋白質のいずれにもその特異的反応性が示された。

2. 細胞内における ARF 及び CARF の相互作用の解析

CARF と ARF との結合は、動物細胞を用いた免疫沈降法、二重免疫染色法で確認した。内因性及び外来性の遺伝子で発現した蛋白質の両方について上述手法を用いた結果、CARF と ARF は免疫沈降し、また細胞では核周囲で両蛋白質が同じ部位に局在することが示された。さらに、ARF 欠損ヒト癌細胞に CARF を導入し、ARF の存在、不在で CARF の発現効果を検討した。その結果、CARF は ARF と共に制御されることがわかり、CARF は ARF と共存して働き、ARF の機能を十分に発揮するために必要な蛋白質であることが明らかになった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 癌抑制蛋白質、ARF、CARF、p53、MDM2

【テーマ題目16】 プロテインビーズアレイ技術

【研究代表者】 町田 雅之

【研究担当者】 國廣 澄子

【研究内容】

プロテオミクスは多種多様にわたる解析が必要であり、失活というやっかいな問題があることから、その基本となるタンパク質の供給と取扱は煩雑かつ困難である。例えば、DNA チップにヒントを得たプロテインチップでは、DNA チップと同様に非効率的なスポットティングが必要であることはもとより、販売に重要な要素である乾燥によって問題が生じること、タンパク質の失活により長期の保存は不可能であることなど、DNA チップと比較しても多くの問題点がある。本提案では、タンパク質を発現する DNA 断片をビーズに高密度に固定化することにより、1反応溶液中で異なるタンパク質を保持する多数の異なるビーズを提供する。これにより、網羅的かつハイスループットな解析が要求されるプロテオミクス分野に対応した独創的な解析技術の基盤を築く。

上記の技術を実現するために、タンパク質を発現するためのユニットを有する DNA 断片を磁気ビーズ上に固定化し、試験管内でタンパク質を発現させると同時に磁気ビーズ上にタンパク質が固定化される系を構築した。この磁気ビーズは長期の保存が可能であり、必要なときに1時間以内にタンパク質を固定化した磁気ビーズを調製することができる。また、異なる2種類のタンパク質を発現・固定化した磁気ビーズを、それぞれのタンパク質に対する特異的蛍光標識抗体で標識してフローサイト

メトリーで分離することにより、2種類の磁気ビーズを分離可能であることを示した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 磁気ビーズ、試験管内タンパク質合成、フローサイトメトリー

〔テーマ題目17〕 臨床遺伝子診断用小型 DNA 解析装置の開発

〔研究代表者〕 町田 雅之

〔研究担当者〕 近藤 勲、中村 道大、プレシジョン・システム・サイエンス株式会社
澤上 一美、阿部 初美

〔研究内容〕

臨床遺伝子診断用小型解析装置事業化

国際ヒトゲノムプロジェクトが終了し、ゲノムの精密な解読により、疾患に関係する遺伝子の変異が続々と発見されつつある。同時に遺伝要因と環境因子がからんで発病する疾患関連遺伝子も突き止められている。特に「一塩基多型 (SNP)」を利用した疾病関連遺伝子の発見やゲノム医学への展開は、テーラーメイド医療や診断、創薬の面から、医学医療分野を刷新するものと予想される。このためには、特異的 DNA を検出、集約し、迅速かつ信頼性の高い自動化 DNA 検査技術が求められることになる。そこで、血液や唾液などの試料から、DNA の抽出・精製、増幅、SNPs 解析のための反応、と続く一連の反応を全て自動で行い、最終解析結果が出力される完全自動システムを開発を目的とし、このために必要なプロトコールの基盤を開発する。

本研究課題では、これまでに基盤を築いたアダプター法による SNP の検出技術について、単一の容器で2つの SNPs を検出するための反応系の確立、および自動化処理を行うための最適化について重点的に開発した。特に、安定的に試料を調製するためのマルチプレックス PCR の条件、処理時間を短縮するための各反応工程の最適化と至適時間の設定を行った。また、磁気ビーズを用いた汎用の自動処理装置を用いて、全自動化が可能であることを示した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 一塩基多型 (SNP)、磁気ビーズ、自動処理

〔テーマ題目18〕 化学物質リスク評価のための DNA チップ及びデータベースの作成

〔研究代表者〕 木山 亮一

〔研究担当者〕 大西 芳秋、會田 雪絵、寺坂 俊一、平野 隆、中村 史、中村 徳幸、三宅 正人 (ティッシュエンジニアリング研究センター)、飯野 福哉、吉田喜久雄、中西 準子 (化学物質リスク管理研究センター)

〔研究内容〕

工業製品等の安全管理は、産業振興のために必須の問題であるが、国がその標準化に積極的に関与する必要がある。近年問題となっている環境ホルモンに対する安全評価は、製品や原材料の安全評価にとどまらず、新たな化学物質を産業化・製品化する際に基準となるべき政策的な重要性を有している。本研究では、ユニットそれぞれの持つポテンシャルを融合し高めることにより、最新技術である DNA チップを利用したさらに精度の高い評価システムを作成し、それにより国際的にも通用する化学物質リスク評価のためのシステム及び基準作りを行う。研究の成果として、(1) マイクロダイセクション (微量細胞試料取得法) 等による微量サンプルを用いた検出系に関して、試料から DNA チップ解析までの手法を確立した。(2) 高分子ポリマーを利用することで DNA チップ解析の高感度高速処理化が可能になった。(3) 化学物質リスク評価データベースに関して、約200の遺伝子について、MCF-7乳癌細胞における約20種類の化合物の影響・リスク評価のためのデータベースを作成し、環境ホルモンデータベースの基盤を作った。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 環境ホルモン、エストロゲン、DNA マイクロアレイ、遺伝子発現プロファイル

〔テーマ題目19〕 DNA マイクロアレイを用いた環境ホルモン評価システムの研究

〔研究代表者〕 木山 亮一

〔研究担当者〕 劉 建翔、王 勇
(株式会社インフォジーンズ)
丹治 雅夫、伊勢 良太、下遠野理香)

〔研究内容〕

産総研「環境ホルモン評価用 DNA マイクロアレイのためのデータベース作成」DNA マイクロアレイを用いた遺伝子発現プロファイリングによる環境ホルモンの評価を行うために、基準となる化学物質に関する遺伝子応答データベースを作成する。更に、遺伝子機能に関して基礎研究を行ない遺伝子特許申請を行う。

相手方 (株式会社インフォジーンズ)「環境ホルモン評価用 DNA マイクロアレイ技術の高速化」DNA マイクロアレイの実験プロセスのシステム化を図り、オートメーション化・ハイブリダイゼーションの効率化により処理速度を現在の約10分の1にすることにより低コスト化を図る (平成15年度も継続予定)。特に環境ホルモンとの関わりに関して、質量分析装置などを用いることにより関連遺伝子の機能に関する情報を得ている。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 環境ホルモン、エストロゲン、DNA マイクロアレイ、遺伝子発現プロファイル

②⑥【年齢軸生命工学研究センター】

(Age Dimension Research Center)

(存続期間：2002. 7. 1～)

研究センター長：倉地 幸徳

副研究センター長：今村 亨

所在地：つくば中央第4、第6

人 員：36 (9) 名

経 費：274, 467千円 (251, 562千円)

概 要：

当センターは、幾つかの選ばれた重要な生理反応の作用機構及びそれらの時間（年齢）軸調節機構（恒常性）に焦点を当てた独創的研究活動を行う。少子高齢化が急速に進行する我が国にあって、国民の健康な生活と産業など社会の活性の維持と増進は今や重大な国家課題となった。一方近年の生命科学と関連技術の著しい発展はヒトを始め多くの生物のゲノム配列解明と遺伝子発現の包括的解析と生命現象の総合的理解が可能な時代をもたらした。バイオ関連ベンチャー起業のための環境も整備されつつある。この背景にあって、今日の国内外の生命科学研究は、個人ゲノムの多様性や機能遺伝子同定を含めたバイオインフォマティクス、プロテオミクス、生体機能物質の同定とネットワーク解明、疾患診断、治療法開発、幹細胞を用いた再生医療、個体クローニング技術開発等に重点が置かれている。しかしながら、複雑な生命現象とその恒常性を理解するためには、その本質的要素の重要な一つである時間（年齢）の役割を遺伝子・分子レベルで理解する事を避けては出来ない。

これまでに我々は、生命現象を年齢軸の視点から分子レベルで解析する研究分野を開拓し、最初の年齢軸遺伝子調節分子機構を世界に先駆けて解明する事に成功した。この成果は生命現象、特に細胞調節や加齢現象、免疫等の生理反応の調節機構解明に新しい視点を与え、年齢が危険因子として知られる循環器病等、多くの成人・高齢者病の総合的理解、更に予防・治療法・治療薬の開発等に貢献できる年齢軸工学（Age-Dimension Technology）の開拓を可能にした。当研究センターは年齢（時間）軸を考慮に入れた生命現象の研究を進める国際的にもユニークなものであり、新研究パラダイムの確立と成果の積極的社会還元を目指し、健康で持続的活力ある高齢化社会の創出に以下の2チームで貢献して行く。

エージディメンジョンチームはバイオインフォマティクスやプロテオミクス等、先端技術に加えて、時間（年齢）軸調節の視点を考慮した研究を選ばれた幾つかの重要な生理反応系に焦点を当て、それらの包括的調節機構解明を目指す。当初、血液凝固・線溶系の年

齢軸調節機構、免疫応答と免疫異常症の機構、記憶・学習機構、骨の代謝機構、膜プロテアーゼの癌における役割、核酸・蛋白質複合体の構造解析等を進める。得られる新知見は成人病や高齢者病の発症機構解明に役立てて行くと共に、これら疾患のより効果的な新予防法、治療法、創薬知財開発を行う年齢軸工学の開拓に供し、我が国産業への貢献を目指す。

セルレギュレーションチームは細胞の増殖や分化を制御している“増殖因子”、特に FGF 群の機能とネットワークに焦点を当てた研究を進める。我々は、神経や筋肉形成、血管内皮細胞増殖、肝臓再生、毛周期制御、脳機能制御等に於ける FGF の機能と分子作用機構を明らかにしてきた。今後は年齢が関わる現象や年齢が危険因子になっている疾患の中で FGF が関与する現象の機構を明らかにしていく。例えば、年齢軸に沿って変化するであろう幹細胞の分化増殖制御、それらに関わる糖鎖構造制御、肝臓の再生や線維化の制御、毛周期や皮膚再生の制御等に関わる分子群とその情報伝達系の解明等である。新知見を活用して年齢軸工学の開拓と創薬応用を目指し、積極的に産業応用を推進する。

外部資金：

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B)

「高親和性抗体を用いた臨床検査用プロテインチップの開発」(1, 600千円) 古川

発 表：誌上発表14 (13) 件、口頭発表58 (17) 件、
その他1件

セルレギュレーションチーム

(Cell Regulation Team)

研究グループ長：今村 亨

(つくば中央第6)

概 要：

セルレギュレーションチームにおいては、動物個体で時間軸に沿って変化する可能性のある様々な生命現象を制御する細胞・遺伝子・分子群及びその情報伝達系を解析する。特に FGF などポリペプチド性増殖因子の関与する生命現象に焦点を当てる。さらに、こうした細胞・遺伝子・分子群の利用を図る。中長期的目標としては、増殖因子応答性や遺伝子発現において時間軸に沿って変化する重要な生命現象を複数同定するとともに、それら知見を通じた生命現象の評価・調節・利用技術を開発する。具体的な研究目標はシナプス可塑性・肝臓再生・毛周期・分泌機構・結合する分子・血管内皮細胞の平滑筋様分化など生命現象の制御機構を、特に増殖因子 FGF との関連において解析するとともに、糖鎖生成の修飾などを用いてその根本原理の応用を意図することである。これらについての成果

をピアレビューのある雑誌に掲載することを目標とする。さらに研究室で簡便に用いることのできる高感度、特異的 gene expression profiling 法の開発も目標としている。

研究テーマ：

テーマ題目17、テーマ題目18、テーマ題目19、テーマ題目20

エージディメンジョンチーム

(Age Dimension Team)

研究グループ長：倉地須美子

(つくば中央第4、つくば中央第6)

概要：

エージディメンジョンチームは、その長期研究目標を生命現象の重要な要素である時間（年齢）軸による遺伝子及び生理反応の調節機構（恒常性機構）の解明に置き、包括的な基礎研究を展開する。これは又、有用で価値の高い知的財産創出には独創性の高い基礎研究が必須であるという認識に立っているが、有用新知識の産業移転も積極的に進める。我々の当面の研究目標は、血液凝固因子遺伝子の研究を通して世界に先駆けて発見した年齢軸遺伝子調節機構の解明を更に進め、この調節機構の徹底した解明と総合的理解を得ていき、新パラダイムとしての年齢軸工学の開拓を進めることにある。また、これら知識に基づく新しい切り口として、免疫反応系の年齢による変化機構と異常症の分子機構解明、記憶・学習と記憶の機構、骨の代謝機構、等、重要な生命現象の解析を展開して行く。このような新分野研究では、遺伝子発現の新規解析法の開発を開始し、第二、第三の年齢軸遺伝子調節機構の探索を進める。

研究テーマ：

テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3、テーマ題目4、テーマ題目5、テーマ題目6、テーマ題目7、テーマ題目8、テーマ題目9、テーマ題目10、テーマ題目11、テーマ題目12、テーマ題目13、テーマ題目14、テーマ題目15、テーマ題目16

【テーマ題目1】 トランスジェニックマウスによる遺伝子調節機構解析（運営費交付金）

【研究代表者】 倉地須美子（年齢軸生命工学研究センターエージディメンジョンチーム）

【研究担当者】 倉地須美子、倉地 幸徳、安部 貴大、桑原 光弘、山本 圭（職員2名、他3名）

【研究内容】

生体内での年齢軸遺伝子調節機構解明に向けて詳細な遺伝子構造と機能の関係の解析を行う。主に血液凝固・線溶系因子を対象に行う。（研究成果）年齢軸遺伝子の詳細な調節を検討しているうちに明らかになった2点についての報告と総説一つをまとめた。誌上発表の内容を以下に示す。1) 年齢軸発現安定エレメント ASE の新

機能を血液凝固第 IX 因子と抗凝固因子プロテインC両遺伝子で証明した。2) 過去に多数なされたレポーター遺伝子を用いたプロモーター解析は正しく行われたかを問う報告書で、多くの研究者を震撼とさせるもので J.B.C に掲載された。3) 総説：年齢軸発現調節機構をスローダイナミック・プロセスと理解し、この観点に立って、年齢軸生命工学へ発展させる糸口を解説した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 年齢軸遺伝子調節機構、血液凝固・線溶系因子、遺伝子操作マウス

【テーマ題目2】 血液凝固第 IX 因子の発現レベルと心臓病との関係の解析（運営費交付金）

【研究代表者】 倉地須美子（年齢軸生命工学研究センターエージディメンジョンチーム）

【研究担当者】 倉地須美子、倉地 幸徳、桑原 光弘（職員2名、他1名）

【研究内容】

トランスジェニックマウスで過剰発現したヒト第 IX 因子の発現量と心筋線維化との相関関係を解析する。（研究成果）ヒト第 IX 因子の発現量と血栓の形成・心筋線維化との相関関係を証明し、国際誌に投稿、掲載された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 心筋線維化、過剰発現の病理、動物モデル

【テーマ題目3】 Leyden 型血友病のマウスモデル構築と自然治癒機構の解明（運営費交付金）

【研究代表者】 倉地須美子（年齢軸生命工学研究センターエージディメンジョンチーム）

【研究担当者】 倉地須美子、倉地 幸徳（職員2名）

【研究内容】

思春期より始まる第 IX 因子遺伝子の調節機構を解析し、血友病の自然治癒機構の解明を行う。（研究成果）Leyden 型血友病のマウスモデル構築と自然治癒機構の解明についての研究が最終段階に入り、一流国際紙に投稿の準備中である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 血友病のマウスモデル、遺伝子調節機構、成長ホルモン

【テーマ題目4】 年齢軸遺伝子調節エレメント“ASE”の結合タンパク質の探索と機能解析（運営費交付金）

【研究代表者】 倉地須美子（年齢軸生命工学研究センターエージディメンジョンチーム）

【研究担当者】 倉地須美子、倉地 幸徳（職員2名）

【研究内容】

動物細胞核内に微量に存在する ASE 結合タンパク質

を同定し、その精製と機能解明に向けての研究を行う。
 (研究成果) ミシガン大学よりの引越し完了の後から始めたプロジェクトであるが、色々な精製の手法を用いて研究を進めつつある。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 年齢軸遺伝子調節エレメント、DNA 結合タンパク質、機能解析

【テーマ題目 5】 年齢軸遺伝子調節エレメント “AIE” の結合タンパク質の探索と機能解析 (運営費交付金)

【研究代表者】 倉地須美子 (年齢軸生命工学研究センターエージディメンジョンチーム)

【研究担当者】 倉地須美子、倉地 幸徳 (職員2名)

【研究内容】

動物細胞核内に微量に存在する AIE 結合タンパク質の同定・精製と、より詳しい機能解明に向けての研究を行う。(研究成果) 目標の結合タンパク質の候補が上がったので、次の段階の実験が進みつつある。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 年齢軸遺伝子調節エレメント、結合タンパク質の探索と同定、機能解析

【テーマ題目 6】 年齢軸での網羅的遺伝子発現の解析-年齢の影響 (運営費交付金)

【研究代表者】 倉地須美子 (年齢軸生命工学研究センターエージディメンジョンチーム)

【研究担当者】 倉地須美子、倉地 幸徳、磯部 拓 (職員2名、他1名)

【研究内容】

年齢軸での遺伝子発現変化の網羅的解析を行う。(研究成果) 年齢軸での網羅的遺伝子発現の解析のためのサンプルの選定・準備が整い、解析の予備実験が終了した。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 トランスクリプトーム解析、網羅的遺伝子発現プロフィール、年齢軸での遺伝子発現変化

【テーマ題目 7】 年齢軸での網羅的遺伝子発現の解析-成長ホルモンの影響 (運営費交付金)

【研究代表者】 倉地須美子 (年齢軸生命工学研究センターエージディメンジョンチーム)

【研究担当者】 倉地須美子、倉地 幸徳、磯部 拓 (職員2名、他1名)

【研究内容】

下垂体切除マウスを用いて、成長ホルモンによる遺伝子発現への影響を網羅的に解析する。(研究成果) 第1段階の解析作業を終了し、データ処理に入った。データ処理上の色々な問題点をふまえ、第2段階の解析作業を始める phase に入った。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 血友病のマウスモデル、成長ホルモン、遺伝子発現の網羅的解析

【テーマ題目 8】 異常ヒトプロトロンビン発現の分子機構解析 (運営費交付金)

【研究代表者】 倉地須美子 (年齢軸生命工学研究センターエージディメンジョンチーム)

【研究担当者】 倉地須美子、倉地 幸徳、桑原 光弘 (職員2名、他1名)

【研究内容】

異常遺伝子発現ベクターの構築と発現解析。トランスジェニックマウスの構築と遺伝子ノックアウト細胞の構築。(研究成果) ヒトプロトロンビン遺伝子過剰発現マウスの構築と解析が進みつつあり、国際誌への投稿準備を始めながら更なる研究を進めている。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 異常遺伝子の動物モデル、異常遺伝子発現ベクター、発現の分子機構

【テーマ題目 9】 膜貫通型セリプロテアーゼ・ヘプシンの機能解析 (運営費交付金)

【研究代表者】 倉地須美子 (年齢軸生命工学研究センターエージディメンジョンチーム)

【研究担当者】 倉地須美子、倉地 幸徳、山本 圭 (職員2名、他1名)

【研究内容】

膜貫通型セリプロテアーゼ・ヘプシンにおいて癌に関する詳細な分子作用機構を解析する。(研究成果) ペプシンの機能に関する研究が新しい実験機器の導入と研究者らの努力により、飛躍的に進んだ。一流国際誌への投稿を準備している。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 膜貫通型プロテアーゼ、前立腺ガン、ヘプシンの機能解析

【テーマ題目 10】 年齢軸遺伝子調節エレメントを導入した遺伝子治療用ベクターの開発 (運営費交付金)

【研究代表者】 倉地須美子 (年齢軸生命工学研究センターエージディメンジョンチーム)

【研究担当者】 倉地須美子、倉地 幸徳、安部 貴大 (職員2名、他1名)

【研究内容】

年齢軸遺伝子調節エレメント “ASE と AIE” を導入した遺伝子治療用ベクターの効果及び2つのエレメントの汎普遍性、LPS 応答性の調節機構を遺伝子操作マウスを用いて検討する。(研究成果) 東京大学医学部豊岡研究室との共同研究を進め、ベクター構築と最適化がほぼ終わり、ウイルス製造法などの検討が進行中。2つの

エレメントの汎普遍性についても興味深い結果を得て、投稿準備中。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 遺伝子治療用ベクター、遺伝子操作マウス、汎普遍性

〔テーマ題目11〕 TdT 遺伝子の年齢軸遺伝子調節機構の解析 (運営費交付金)

〔研究代表者〕 倉地須美子 (年齢軸生命工学研究センターエージディメンジョンチーム)

〔研究担当者〕 倉地須美子、倉地 幸徳、古川 功治、磯部 拓 (職員3名、他1名)

〔研究内容〕

免疫レパートリー変化のダイナミクスに関与するTdTの年齢依存的発現調節を行うエレメントを検索し、その機能を評価する。(研究成果) TdT 遺伝子を持つ発現ベクターの構築には成功したが、TdT のプロモーターは発現が弱く、発現解析の点で苦労している。本プロジェクトの進め方の再検討が必要。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 免疫と年齢軸、年齢依存的発現調節、発現調節エレメントとその機能

〔テーマ題目12〕 自然免疫シグナルの解析 (運営交付金)

〔研究代表者〕 田辺 剛 (年齢軸生命工学研究センターエージディメンジョンチーム)

〔研究担当者〕 田辺 剛 (職員1名)

〔研究内容〕

本研究は、新規自然免疫因子 Nod family と、その遺伝子異常に起因する高頻度の炎症性腸疾患クローン病を疾患モデルとして、獲得免疫系誘導に至る経路を解明する事を目的とする。さらに自然免疫系による免疫能制御機構を応用して、免疫関連疾患の治療への応用を目指す。

(研究成果) Nod family の中でも特に Nod2は、リガンドが従来考えられていた lipopoly-saccharide (LPS) ではなく muramyl dipeptide (MDP) であった事から、計画が当初とは異なってきた。今後種々の修飾 MDP を用いた免疫能調節が、ひとつの新しい大きなテーマになると考えられる。今回実験を進めるにあたり必要となるマウスの骨髄からの樹状細胞の培養等の基本的新技術は習熟し、準備が出来た。誌上発表については、掲載済3報、投稿中4報、準備中2報となっている。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 Toll like receptor, Nod family, クローン病

〔テーマ題目13〕 化学修飾剤による自己免疫機構と疾患発症の加齢依存性解明 (平成14年度内部グラント (新萌芽))

〔研究代表者〕 倉地 幸徳 (年齢軸生命工学研究センタ

ーエージディメンジョンチーム)

〔研究担当者〕 倉地 幸徳、古川 功治、岡田 知子 (生物機能工学研究部門)、古川安津子、久芳 弘義、山本 悠喜 (職員3名、他3名)

〔研究内容〕

本研究は、“T, B 細胞レパートリーの動的特性の時間軸変化とその分子機構解明”を目指す我々の長期目標の中の中期目標と位置付けられるが、レパートリー解析法の確立とアルキル化抗癌剤に対する免疫応答の分子機構解明にある。解析は、T 細胞レパートリーに加え、より複雑な B 細胞レパートリーを含めて、自己免疫疾患治療法開発を視野に入れた研究展開を行うが、本研究の視点は先端的なものであり、既存の解析技術やリソースに加えて、新規の研究技術、評価系の開発も要求される。

(研究成果) 化学修飾された蛋白質に対する免疫応答研究を年齢軸変化を視野に入れ展開した。本研究では免疫レパートリー変化に焦点を絞った研究を行ったが、従来の方法論では限界があったため、研究推進に必須となる方法論の開発から始め、配列解析を中心にした解析法と立体構造を中心にした解析法2つを開発した。また、本研究は視点を化学修飾自己蛋白質に移すことにより自己免疫疾患と化学修飾剤との関連も精査できる。これは、これまでに余り進められていない新規性の高い着眼点である。

〔テーマ題目14〕 加齢と骨代謝、および加齢に伴う骨疾患治療に関する研究 (運営交付金)

〔研究代表者〕 植村 寿公 (年齢軸生命工学研究センターエージディメンジョンチーム)

〔研究担当者〕 植村 寿公、小島 弘子、Liu Binbin, Jiang Ying、大藪 淑美、早乙女貴子、小畑 康一、木田 尚子 (職員1名、他7名)

〔研究内容〕

研究目的: 加齢とともに骨量が減少することは周知の事実であり、骨粗しょう症などの骨疾患に陥る。骨芽細胞による造骨作用、破骨細胞による溶骨作用によるリモデリングのバランスの崩れからおこる骨量減少は、間葉系幹細胞由来の骨芽細胞分化機構の加齢変化、閉経後のエストロゲン欠乏による原因などが考えられる。本研究では間葉系幹細胞から骨芽細胞への分化機構の加齢変化、他の間葉系幹細胞から骨芽細胞への分化誘導法を転写因子に焦点をあてて行い、メカニズム解明と組織工学的手法を用いた治療法開発の両面からの実験的研究を展開する。

研究手段: 骨髄由来間葉系幹細胞から骨芽細胞への分化誘導を担う転写因子や骨形成に関与するファクターを遺伝子導入することにより、骨粗しょう症などへの応用が期待される骨の組織工学的治療法、培養骨移植法の促進

化技術を開発する。(研究成果) 間葉系幹細胞から骨芽細胞への分化に必須の転写因子 Cbfa1 (Pebp2aA, til-1) の cDNA を組み込んだアデノウイルスベクターを作成し、インビトロでラット骨髄由来骨芽細胞前駆細胞に感染させ、骨芽細胞への分化が画期的に促進されることを見出した。また2つの isoform のうち、til-1が高い分化誘導能をもつので、そのベクターを感染させた細胞を多孔性セラミックス材料を足場としてラットに移植し、高い骨形成能があることを見出した。臨床応用への基礎モデルを築き、本研究内容を PCT 国際出願した。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 骨代謝、組織工学、骨粗しょう症

【テーマ題目15】 年齢軸による神経可塑性変化の分子機構解明 (運営交付金)

【研究代表者】 池本 光志 (年齢軸生命工学研究センターエージェンションチーム)

【研究担当者】 池本 光志、秋月さおり、宅森 将人 (職員1名、他2名)

【研究内容】

モルヒネ耐性依存現象を解析モデル系とした年齢軸による神経可塑性変化の分子機構の解明。(研究成果) 1) 新規モルヒネ耐性依存形成因子 addicisin (神経型グルタミン酸トランスポーターEAAT3結合因子) の単離同定に成功し、PKC 活性に依存的な細胞内局在変化を見出した。2) モルヒネ逆耐性因子 SPARC がけいれん準備性因子としての機能を有することも見出し、脳内で神経可塑性因子として機能することを明らかにした。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 モルヒネ耐性、細胞内局在、神経可塑性

【テーマ題目16】 遺伝子発現制御因子および免疫系蛋白質の構造生物学的解析 (運営交付金)

【研究代表者】 山崎 和彦 (年齢軸生命工学研究センターエージェンションチーム)

【研究担当者】 山崎 和彦、Paul Reay、山口 博司 (職員1名、他2名)

【研究内容】

遺伝子発現の年齢軸制御機構の原子レベルでの解明および加齢性疾患の治療への応用を目的とし、関連する因子の立体構造解析を行う。今年度は、遺伝子発現の調節に関わる蛋白質ドメインの新規立体構造を核磁気共鳴 (NMR) 分光法によって精密に決定し、分子認識機構を解明することに重点を置く。特に、新規 DNA 結合ドメインによる核酸認識機構を解析する場合、まずは認識する核酸配列を決定する必要があるが、従来法は非常に時間がかかるため、迅速に行うための手法開発を行う。これと並行し、加齢性の疾患の治療の鍵となる免疫系蛋白質の立体構造決定を行う。(研究成果) NMR 分光法により、5種の遺伝子発現関連蛋白質ドメインの新規立

体構造決定に成功した。核酸認識機構に関する解析では、DNA 結合ドメインが認識する DNA の配列を表面プラズモン共鳴装置を用いて迅速に決定する方法を開発した。また、がんの抑制とも関連する免疫系の細胞間認識蛋白質2種について、構造解析に着手した。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 NMR、遺伝子発現、表面プラズモン共鳴

【テーマ題目17】 FGF によるシナプス可塑性制御の解析 (運営費交付金)

【研究代表者】 今村 亨 (年齢軸生命工学研究センターセルレギュレーションチーム)

【研究担当者】 李 愛軍、鈴木 理、今村 亨 (職員2名、他1名)

【研究内容】

「FGF によるシナプス可塑性制御の解析」について、論文発表を達成した [Eur J Neurosci, 16, 1313-1324 (2002)]。従来から FGF が神経系の可塑性に関わることは当研究室他の仕事により示されてきているが、シナプス形成を直接促進するという報告はこれまでなく、シナプス形成に影響を与えて可塑性に影響することを直接示した意義は大きく、重要な発見である。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 増殖因子、FGF、シナプス、可塑性

【テーマ題目18】 FGF-1と細胞内タンパク質の結合の解析 (運営費交付金)

【研究代表者】 今村 亨 (年齢軸生命工学研究センターセルレギュレーションチーム)

【研究担当者】 倉持 隆、小見 明子、鈴木 理、石崎 明、浅田 真弘、今村 亨 (職員4名、他1名)

【研究内容】

「FGF-1と細胞内タンパク質の結合の解析」に関連した課題である「FGF-1核移行シグナルペプチドの活性発揮メカニズム」について、論文発表を達成した [Exp Cell Res, 283, 91-100 (2003)]。核移行シグナルペプチドが核酸合成を刺激するまでの経路は全く謎であったが、この研究により、Ras 経路は通らないこと、完全な増殖因子分子でもこの Ras 非依存経路をつかうことがあること、という重要な発見を行った。

【分 野 名】 細胞生物学

【キーワード】 増殖因子、FGF、核移行、シグナル伝達

【テーマ題目19】 血管内皮細胞の平滑筋様分化の分子細胞レベルでの記述 (運営費交付金)

【研究代表者】 今村 亨 (年齢軸生命工学研究センターセルレギュレーションチーム)

〔研究担当者〕石崎 明、林 寿来、李 愛軍、今村 亨
(職員2名、他2名)

〔研究内容〕

血管内皮細胞の平滑筋様分化を分子細胞レベルで記述し、論文発表を達成した [J Biol Chem, 278, 1303-1309 (2003)]。これは、いったん分化した細胞と考えられる、ヒト臍帯静脈由来の血管内皮が、内皮細胞としての性質を有しているが、FGF のシグナルを除いてやると、平滑筋細胞様に分化するという、極めて新しく重要な発見である。この発見は、再生医療への応用や、動脈硬化など疾病の発症機構理解などに貢献することが期待される。尚、この発見をもとに研究テーマ提案を行い、研究グラント獲得に成功した。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕分化、平滑筋細胞、内皮細胞、シグナル伝達

〔テーマ題目20〕産技委託テーマ「ゲノムインフォマティクス技術」における技術開発（石特委託費）

〔研究代表者〕今村 亨（年齢軸生命工学研究センターセルレギュレーションチーム）

〔研究担当者〕今村 亨、鈴木 理、浅田 眞弘、石崎 明、隠岐 潤子、倉持 明子
(職員4名、他2名)

〔研究内容〕

産技委託テーマ「ゲノムインフォマティクス技術」において、PCR と DNA アレイや他の分析手法を組み合わせることで、高感度、特異的に遺伝子発現プロファイルを取得する方法を開発した。(1) 各種プライマーセットによる PCR 増幅と DNA アレイとを用いて高感度・網羅的に遺伝子発現を解析する方法 [APCR-アレイ法 (第1法)、3'-pool 法 (第2法)、CpG 法 (第3法)] を開発した。RNA を逆転写 (RT) してターゲットとする従来法に対し、第1法では、混合 arbitrary primer pairs により RTmix を PCR 増幅したものをターゲットとして DNA アレイ上のプローブとハイブリダイズさせた。ここでの優先的増幅の傾向を回避するための改良法として、3'-pool 法 (第2法)、CpG 法 (第3法) を開発した。第2法、第3法ともにターゲット DNA の分子量分布の延長が観察され、特定のバンドの優先的増幅も少なかった。mRNA 3' 末端配列を固定化した DNA アレイとの組み合わせで評価した結果、3'-pool 法、CpG 法とも実験間の再現性に優れており、既存の方法に比べ、DNA アレイ1枚あたり1/1000以下の試料量で解析が可能であり、有用な方法であることが実証できた。(2) さらに発現量が低いファミリー遺伝子など類似配列に富む遺伝子の発現を高特異的・高感度に解析する方法として、TPCR 発現頻度解析法を開発した。ここでは、東大陶山研究室で開発されたダブル法を用いて、マウス全

cDNA を背景配列としてそれとの類似性を除去し、揃った Tm、長いハミングディスタンスのプライマーデザインを行い、multiplex PCR とキャピラリー電気泳動とを組み合わせることで迅速な半定量法を開発した。モデル実験によって、発現量が低いファミリー遺伝子の複数のメンバーの発現を、特異性高く、半定量的に解析できることが実証された。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕PCR、DNA アレイ、遺伝子発現

②【技術と社会研究センター】

(Center for Technology and Society)

(存続期間：2002. 10. 1～2008. 3. 31)

研究センター長：小林 信一

所在地：東京都千代田区丸の内2丁目2-2

丸の内三井ビルディング2F

人員：4 (0) 名

経費：16,042千円 (16,042千円)

概要：

(研究目的)

技術と社会研究センターは、2002年10月1日に発足した、産総研で唯一の社会科学系分野の研究センターです。

科学技術研究の成果はそれが社会に受け入れられてはじめて意味を持ちます。そこでは、技術開発と社会経済的ニーズ等との調整、例えば、顕在的および潜在的な社会経済的ニーズを的確に把握し、技術開発に反映させること、技術が社会に受け入れられる条件の解明や社会的な合意形成のために努力すること、技術を活用するための社会的制度等を整備することなどが必要になります。

また、科学技術が人間と社会に与える影響がますます広範に浸透する時代には、ひとたび技術が社会に受け入れられた後に、その後の技術システムの変化や社会システムの変化のために、当初予期されなかった問題が生じる場合もあります。一方、社会が技術の導入に対して必要以上に逡巡することは、イノベーションの可能性やそれに続くさらなる技術の発展の芽を摘み、かえって社会に不利益をもたらす可能性もあります。

このように、科学技術研究と社会との界面に生ずる諸問題を解決することが健全な技術開発のために必須です。このためには、科学技術の研究を適切に進めるだけでなく、同時にその社会的側面の研究を進める必要があります。技術と社会研究センターは、技術の社会的側面について、社会科学の観点からアプローチするものです。

(研究概況・方法)

技術が社会で受け入れられ、社会の持続的発展に貢献するためには、技術開発の促進のみならず、科学技術の社会、経済、環境に対する影響を評価・予測し、適切に影響を管理していくことが必要です。そこで、本センターは、科学技術研究の推進に並行して、社会的・経済的なニーズを把握し、また経済的・社会的な影響や効果を予測・評価し、技術を社会に定着させるための制度的基盤の設計や技術開発戦略・政策の構築などを推進する研究を行います。これを「技術の社会的側面」研究といたします。

近年では、国際的に「技術の社会的側面」の調査研究が活発になり、各国で制度的に実施されています。しかし、日本ではこの分野の実績がほとんどありません。そこで、技術と社会研究センターでは「技術の社会的側面」の評価研究を推進するために、その基礎となる「技術と社会」（技術に関する総合的社会科学）の理論的研究を推進するとともに、評価方法論の導入・開発とその体系化を図り、あわせて実践的活動を展開する予定です。

代表的な研究項目としては、以下のようなものがあります。

- ・「技術と社会」に関する理論的研究
科学技術社会論、技術経営、科学技術政策などの関連分野の理論的研究
ラボラトリマネジメント研究
- ・「技術の社会的側面」評価研究の事例調査
海外における評価研究の体制や制度に関する調査
ナノテクノロジー分野などにおける評価事例の収集、分析
- ・「技術の社会的側面」評価研究の方法論の調査研究
参加型テクノロジーアセスメント等の方法論の調査
Artist-in-Residence for Research の事例調査
- ・実践的研究
個別の技術、技術分野に関する社会的評価・予測や戦略形成のための調査研究

2002年度後半に発足したばかりですので、2002年度中は、2003年度からの本格的始動のための準備を進めると同時に、海外における当該分野の研究動向、研究体制、活動状況の調査を行いました。とくに、ナノテクノロジー分野は、「技術の社会的側面」研究の対象として国際的に注目されている分野であることから、その状況について詳しく調査を進めました。これらを通じて、「技術の社会的側面」研究の方向性を明らかにするとともに、さらにそれを支える技術の社会科学研究のあり方について検討し、技術と社会研究センターの本格的活動の設計を行いました。

[研究分野] 環境・エネルギー

[キーワード] 社会科学、技術の社会的側面、技術評価、テクノロジーアセスメント

2) 研究部門

①【計測標準研究部門】

(Metrology Institute of Japan)

(存続期間：2001.4.1～)

研究部門長：小野 晃

副研究部門長：松本 弘一、岡本 研作、小柳 正男、
田中 充

総括研究員：中野 英俊、吉田 春雄、中山 貫、
田中 健一、倉橋 正保、小池 昌義、

所在地：つくば中央第3、つくば中央第2、
つくば中央第5、つくば北、
関西センター大阪扇町サイト

人員：221 (204) 名

経費：3,116,167千円 (2,184,041千円)

概要：

計量標準及び法定計量

第一期の目標：

(A) 計量の標準

我が国の経済活動の国際市場での円滑な発展を担保するため、各種の試験、検査、分析結果の国際同等性を証明する技術的根拠や技術開発・産業化の基盤である計量の標準を整備するとともに、計量法施行業務の適確な実施を確保する。

- (1) 国家計量標準の開発 維持 供給
- (2) 特定計量器の基準適合性評価
- (3) 次世代計量標準の開発
- (4) 国際計量システムの構築
- (5) 計量の教習と人材の育成

(B) 革新的基盤の技術の涵養

多分野にまたがる共通基盤技術である計測分析技術について、先導的、先進的に研究開発を進める。

○研究業務の方向付け

- (A) 標準整備計画に基づき、信頼される計量標準を早期に供給開始する。
- (B) 計量標準の確実かつ継続的な供給体制を構築する。
- (C) 国際協力のもと、計量標準・法定計量の国際相互承認を進める。
- (D) 計量標準と計測分析技術において世界をリードする研究成果を挙げる。

外部資金：

科研費補助金「都市圏における人為起源元素の分別分析と多元素相関解析」(執行額9,700千円)

経済産業省 重点分野研究開発委託費(構造改革特別枠)「3D ナノメートル評価用標準物質創成技術の開発事業」(執行額218,234千円)

経済産業省 重点分野研究開発委託費「(歯車のナノレベル形状評価のための計測器の校正原理及びその原理に基づく校正方法の研究とその標準化)」(執行額17,070千円)

新エネルギー・産業技術総合開発機構「計量器校正情報システムの研究開発」(執行額114,129千円)

新エネルギー・産業技術総合開発機構 ナノ計測基盤技術プロジェクト「ナノテクノロジープログラム(ナノマテリアル・プロセス技術)」(執行額184,428千円)

経済産業省 試験研究調査委託費(地球環境保全等試験研究に係るもの)「標準ガス希釈装置の信頼性向上に関する研究」(執行額16,145千円)

経済産業省 試験研究調査委託費(地球環境保全等試験研究に係るもの)「磁性吸着剤を利用した環境汚染物質の高度処理技術に関する研究」(執行額11,140千円)

経済産業省 原子力試験研究委託費「原子力構造材の遠隔検査技術に関する研究」(執行額12,362千円)

経済産業省 原子力試験研究委託費「低エネルギーX線精密回折分光技術の開発」(執行額10,791千円)

経済産業省 原子力試験研究委託費「微小試験片の熱物性計測技術に関する研究」(執行額8,726千円)

経済産業省 原子力試験研究委託費「先端領域放射線標準の確立とその高度化に関する研究」(執行額40,129千円)

経済産業省 原子力試験研究委託費「RI 廃棄物のクリアランスレベル検認技術の確立に関する研究」(執行額7,805千円)

経済産業省 原子力試験研究委託費「マルチコンポジットマテリアルの最適化と構造・特性評価」(執行額8,148千円)

経済産業省 原子力試験研究委託費「特定装置の維持運営に必要な経費」(執行額13,283千円)

経済産業省 科学技術総合研究委託費 先導的研究「ブロードバンド光シンセサイザの開発」(執行額177,039千円)

経済産業省 科学技術総合研究委託費「顕微光電子分光法による材料・デバイスの高度分析評価技術に関する研

究」(執行額5,502千円)

経済産業省 科学技術総合研究委託費「量子標準体系の高度化に関する研究」(執行額149,836千円)

経済産業省 次世代型分散エネルギー基盤技術研究開発エネルギー需給構造高度化受託研究費「水素貯蔵材料の力学特性技術調査」(執行額3,287千円)

経済産業省 交流超電導電力機器基盤研究開発 電源多様化受託研究費「熱応答特性評価」(執行額39,852千円)

発表：誌上発表221(178)件、口頭発表598(167)件、その他339件

時間周波数科

(Metrology Institute of Japan Time and Frequency Division)

時間周波数科長：三戸 章裕

(つくば中央第3)

概要

時間周波数標準及び光周波数波長標準は、計測標準の中で最もファンダメンタルで精度の高い物理標準であり、当該標準の研究を持続・発展させることは、我が国の産業・科学技術の高度化の上で極めて重要である。これらの達成に不可欠の、高精度標準の息の長い開発と、これに立脚した信頼性の高い標準供給の展開を行うことが、長期目的である。

研究テーマ：

テーマ題目1、テーマ題目2

長さ計測科

(Metrology Institute of Japan Lengths and Dimensions Division)

研究科長：松本 弘一

(つくば中央第3)

概要：

長さ・幾何学量の標準供給は、産業・科学技術の要であり、大きな期待が寄せられている。この場合、高精度な上位の標準から、下位の幅広い標準まで求められる。この達成には信頼性の高い長さ測定技術の開発が不可欠となっている。当科では、既に JCSS が整備されている6量に加えて、16年度までに産業界から求められ、また国際比較などが求められている長さや幾何学量に関して15量の標準の確立とそれらの供給体制の整備を目指す。この場合、民間との連携によって、階層構造に基づく我が国のトレーサビリティ体系を構築する。

研究テーマ：

テーマ題目3、テーマ題目4、テーマ題目5、テーマ題目6

力学計測科

(Metrology Institute of Japan Mechanical Metrology Division)

研究科長：大岩 彰

(つくば中央第3)

概 要：

当力学計測科の活動は、質量、力、トルク、重力加速度、圧力、真空の広範囲にわたる。各量において標準から現場計測までのトレーサビリティの道筋を確保することが主たるミッションである。質量においては、標準分銅から質量計など法定計量器の技術管理まで、力においては、力・トルク標準機から力・トルク計、更に試験機まで、圧力・真空においては圧力・真空標準器から圧力計・真空計までへと現場計測器に繋がるトレーサビリティを実現している。

当科においては既に、質量（分銅・質量計の校正）、力（力計・試験機の校正）、圧力（圧力標準器・圧力計の校正）、について JCSS 認定が整備されている。今後、認定機関及び産業界との連携のもとに真空計の校正、トルクの校正を JCSS 認定に順次拡大する予定である。また、各量において範囲の拡大と供給精度の向上を目指して業務を進め、平成14年度には、新たに大質量の供給を開始した。技術開発については、新たに開発したトルク標準、重力加速度標準に加え、超高圧標準、真空標準、リーク標準の研究開発を進め、更に、新たな質量の定義に対応できるより安定な質量 artifact の開発に着手した。品質管理については、計量標準供給及び法定計量に係わる試験検査業務の品質管理文書の整備を進め、質量、力、トルクにおいて ASNITE ピアレビューを実施し、品質管理体制を整備した。

研究テーマ：

テーマ項目 7、テーマ項目 8、テーマ項目 9

音響振動科

(National Metrology Institute of Japan Acoustics and Vibration Metrology Division)

研究科長：佐藤 宗純

(つくば中央第2)

概 要：

音響、超音波、振動、強度の標準は、環境、医療、機械診断、材料評価など広い分野にわたって必要とされており、その重要性も増している。JCSS 体制の構築、整備を出口とする研究を行うことで、主要量について世界的なレベルに到達し、先導することが当科の急務である。

JCSS 告知した音響標準、振動加速度標準及び硬さ標準については、標準供給体制を整備するとともに、その範囲の拡大、不確かさの低減および新しい標準器の開発をめざす。超音波標準は超音波パワーと超音波音圧の校正技術の開発研究を通して、早急に供給体制

の確立を目指す。材料強度の標準、固体材料の特性評価を目的とする研究を実施する。また、産業技術の高度化に応じて、従来にない先進的な標準開発を進める。

研究テーマ：

テーマ項目10、テーマ項目11、テーマ項目12、テーマ項目13、テーマ項目14

温度湿度科

(Metrology Institute of Japan Temperature and Humidity Division)

研究科長：高橋 千晴

(つくば中央第3)

概 要：

温度・湿度の計測は、最先端の科学やハイテク産業から、通商、環境、安全、人の健康を支える活動、日常生活に至るまでほとんどあらゆる場面で必要とされ、その標準供給体制の整備は急務である。現行の標準供給の種類、範囲を国際的同等性及び技術上のニーズに応じて拡大するために、設備・体制を整え、標準の設定・維持・供給に必要な研究開発及び関連の計測技術の研究を行う。さらに、国際温度目盛 (ITS-90) 改正への提案などの国際的寄与をめざし、基礎的な研究開発を進める。

研究テーマ：

テーマ項目15、テーマ項目16、テーマ項目17、テーマ項目18、テーマ項目19、テーマ項目20、テーマ項目21、テーマ項目22、テーマ項目23、テーマ項目24、テーマ項目25

流量計測科

(Metrology Institute of Japan Fluid Flow Division)

研究科長：高本 正樹

(つくば中央第3)

概 要：

流量計を用いた石油や天然ガス等の取引は、経済産業活動の中でも最も大きな取引であり、また、水道メータ、ガソリン計量器等の流量計は国民生活に最も密接している計量器の一つである。さらに、最新の半導体製造技術、公害計測技術、医療技術等の先端技術分野や環境・医療技術分野においてもより困難な状況下での高精度の流量計測技術が求められている。当科では、これら広範な分野で必要な流量の標準を開発し、その供給体制の整備を進める。既に JCSS が整備されている気体小流量、気体中流量、液体大流量、気体中流速、微風速、および依頼試験による標準供給を行っている体積に加え、平成16年度までに液体中流量、石油大流量の標準確立と供給体制の整備を目指す。また、移転標準器等の高精度流量計測技術の開発も行い、産業の基盤整備に寄与する。

さらに、計量法に基づき法定計量業務を適切に遂行すると共に、実施する試験業務に関する品質システムを整備する。また、要素型式承認等の型式承認試験技

術の開発を行う。

研究テーマ：

テーマ題目26、テーマ題目27、テーマ題目28、テーマ題目29

物性統計科

(Metrology Institute of Japan Material Properties and Metrological Statistics Division)

研究科長：馬場 哲也

(つくば中央第3)

概要：

エネルギー、石油分野等で求められる密度、粘度の標準、エネルギー分野、エレクトロニクス産業、素材産業等で求められる熱物性の計測技術と標準物質、半導体や材料産業等で求められる微粒子や粉体の計測技術と標準物質の開発、供給を行う。これらの標準に関する技術は、密度におけるアボガドロ定数の決定、粘度の世界的な標準の確立に寄与するものである。また開発された熱物性計測技術と標準物質を礎として得られる信頼性の高い熱物性データを、分散型熱物性データベースに収録しインターネットを介して広く供給する。

研究テーマ：

テーマ題目30、テーマ題目31、テーマ題目32、テーマ題目33、テーマ題目34、テーマ題目35、テーマ題目36、テーマ題目37

電磁気計測科

(National Metrology Institute of Japan, Electricity and Magnetism Division)

研究科長：吉田 春雄

(つくば中央第2)

概要：

電気標準のうち直流・低周波分野を担当。①直流電圧・抵抗標準、インピーダンス標準の研究開発と供給、②交流電流比標準、交流電力、交直(AC/DC)変換標準の研究開発と供給

研究テーマ：

テーマ題目38、テーマ題目39

電磁波計測科

(Metrology Institute of Japan Electromagnetic Waves Division)

研究科長：井上 武海

(つくば中央第3)

概要：

高周波電磁界標準、レーザ標準および光放射標準の高周波から光までの電磁波を対象とし、高周波電圧、電力、減衰量、インピーダンス、雑音、レーザパワー、光度、全光束、照度、分光放射照度、分光応答度および分光反射率等の標準に関し、未確立のものについて、精密計測と校正技術の研究・開発を遂行した。すでに確立され標準を供給している量について、範囲の拡大

および校正の不確かさと信頼性を向上するための研究を推進し、標準供給とトレーサビリティの整備の推進ならびに維持・供給を行った。研究・開発の進展の例として、40GHz帯電力標準の確立とJCSS供給の開始、高周波電圧計校正技術の開発、18GHzまでの減衰量標準およびインピーダンス標準の開発、RFからミリ波までの電磁界アンテナの計測評価技術の構築、10W～1kW級のレーザパワー標準ならびに光ファイバの減衰量等の標準開発などがある。また、光放射標準関連では、極低温放射計ならびに高温黒体炉による赤外、可視、紫外、真空紫外域の高精度放射計測技術の研究を行った。確立された標準に基づき、国際比較へ参加するとともに、9件の品質システムのマニュアルを作成し、ピアレビューを受け認定を申請した。

研究テーマ：

テーマ題目40、テーマ題目41、テーマ題目42、テーマ題目43

量子放射科

(Metrology Institute of Japan Quantum Radiation Division)

研究科長：鈴木 功

(つくば中央第2)

概要：

放射線、放射能の標準の高度化と開発を図りつつ、MRA対応のピアレビューを受ける準備をし、標準供給の円滑化を進めた。放射線標準研究室では、 γ 線標準のピアレビューの準備をし、軟X線照射線量標準の設定を進め、中硬X線の種々の条件での標準の再設定を行なった。放射光X線用イオンチェンバーでの測定の精密化を図るとともに、軟X線計測のカロリメータの設計、製作を行い、関連相互作用定数の測定、整理を行った。放射能中性子標準研究室では、放射能及び中性子標準施設のピアレビューの準備をし、品質システムの確立を最優先目標とした。放射能グループでは、引き続き β 線核種及び軌道電子捕獲核種の放射能国際比較を行うとともに、面線源についての作成手法の開発、RI廃棄物クリアランス検認技術の確立(191)および γ 線核種放射能標準のリモートキャリブレーション手法の開発を行った。中性子グループでは、熱中性子フルエンス率の国際比較の準備を進めるとともに、高速中性子フルエンスのエネルギー精密測定を進め、多層膜型高速粒子検出器の研究を行った。

研究テーマ：

テーマ題目44、テーマ題目45、テーマ題目46

無機分析科

(Metrology Institute of Japan Inorganic Analytical Chemistry Division)

研究科長：千葉 光一

(つくば中央第3)

概要：

標準物質は研究開発および産業発展を支える知的基盤として、その加速的整備が国策のもとに推進されている。当科では平成13年～16年までにバナジウム標準液など新規無機標準物質12種類、有機スズ分析用底質標準物質など環境組成標準物質10種類を開発し、標準供給するとともに、XAFS用標準物質等従来にはなかった標準物質を開発し、併せて、関連するCCQM、APMP国際比較に参加する。さらに単色X線線起蛍光X線分析法等新規化学計測技術の開発、電量滴定法等の基本分析手法の高度化、高感度元素分析法の高精度化を行い標準物質の値付け、環境・生体計測の高度化等に使用するとともに、我が国の産業の高度化及び科学技術のテクノインフラに寄与する。特に、シンクロトロン放射光を用い、X線吸収スペクトル、X線光電子分光、蛍光X線分析等の手法の高度化研究を行い、標準物質や触媒等の材料の構造、組成、電子状態等の解明に応用する。

研究テーマ：

テーマ題目47、テーマ題目48、テーマ題目49

有機分析科

(Metrology Institute of Japan Organic Analytical Chemistry Division)

研究科長：野村 明

(つくば中央第5)

概要：

標準ガス、有機標準、高分子標準について共通して、基本的なスタンスとしては社会のニーズに即した化学標準を供給して行くことを第一に考え、信頼性の高い化学標準を供給するための高度な分析技術を開発すると共に、それを国際的に相互承認するためのグローバルMRAに基づく国際比較に積極的に参加して行く。また、化学情報基盤の発信の一環としてスペクトルデータベースの継承、整備そして拡充を継続的に行っていく。国際対応等の対外的な活動としては、標準ガス、有機標準、高分子標準について共通して、グローバルMRAに基づく化学標準の相互承認を念頭に、多数の有機標準物質のAppendix Cへの登録を目標として標準物質を開発すると共に、国際的なピアレビューに耐えられる我が国最高精度のCMCの構築を目指す。高分子分野では、分析技量を高めつつ、国内関係学会と業界団体あるいは国内外の国立研究機関と相互協力関係を構築し、その中でイニシアチブを取ることを目指す。さらに、SDBSは本格的な化学データベースとして世界的にも認知されており、これを核にすることで欧米による情報戦略に抗し得る独自の化学情報基盤を産総研から発信していく。

研究テーマ：

テーマ題目50、テーマ題目51、テーマ題目52、テーマ題目53

先端材料科

(Metrology Institute of Japan Materials Characterization Division)

研究科長：小島 勇夫

(つくば中央第5)

概要：

最近の産業基盤の国際的広がりに伴い計測・分析技術に対する国際的整合性が求められるようになり、先端材料においてもその基準となる標準物質の整備が緊急の課題となっている。先端材料の計測・分析技術として、特に、材料の界面、表面、欠陥などに関わる先端的評価・分析技術の開発を行うとともに、これらのポテンシャルを応用してより表面・薄膜関連標準物質、欠陥・空孔標準物質などの高度な標準物質開発を行う。

標準物質整備計画に関連した第一期の目標として、EPMAによる定量分析のための鉄中にCr、Ni、Cをそれぞれ単独に添加した濃度偏析のない均一鉄合金標準物質(15種)、層の厚さが20～25nmの2種類(GaAs/AlAsおよびSiO₂/Si)の多層膜標準物質の開発を行う。また、膜厚が10nm程度の超格子標準物質、膜厚が5nm以下の極薄膜標準物質、空孔標準物質の確立に向けた研究を行う。

研究テーマ：

テーマ題目54、テーマ題目55、テーマ題目56、テーマ題目57、テーマ題目58

法定計量技術科

(Metrology Institute of Japan Legal Metrology Division)

研究科長：根田 和朗

(つくば中央第3)

概要：

- 1) 経済産業大臣から委任される計量法に基づく型式承認試験及び基準器検査(力学計測科、流量計測科及び計量標準技術科で実施されるものを除く。)を適切に実施する。
- 2) 型式承認では、要素型式承認の導入や試験所認定制度の活用による外部試験制度の導入についての調査研究を行い、制度の合理化を図る。
- 3) 国際法定計量機関(OIML)が推奨する、試験・検定に使用する標準設備のトレーサビリティ制度を、国内に導入するための調査研究を行う。
- 4) 我が国の法定計量システム整備計画案を策定し、経済産業省に対して企画・立案の支援を行う。
- 5) 型式承認実施機関としては、ISO/IEC17025及びガイド65に適合した品質システムを構築し、内外に対し透明性を確保する。
- 6) OIML適合証明書発行及び二国間相互承認を推進し、国内計量器産業の国際活動に貢献する。
- 7) 計量法に規定する特定計量器の検定・検査に係る技術基準のJIS化に関する調査研究を行う。

- 8) 耳式体温計及び CNG ディスペンサーの基準適合性評価試験に必要な技術の調査・研究を行う。
- 9) アジア太平洋法定計量フォーラム (APLMF) 事務局活動の支援を実施する。

計量標準技術科

(Metrology Institute of Japan Dissemination
Technology Division Dissemination Technology
Division)

研究科長：小島 孔

(関西センター)

概要：

当科の主要業務は、経済産業大臣から委任された計量法に基づく法定計量業務の適切な遂行である。法定計量業務は、国内の様々な分野における商取引及び客観的かつ適正な計量証明行為に不可欠な業務である。これらの業務の他、リング・プラグゲージの校正技術の開発と校正における不確かさを評価し、それらの標準供給体制の整備を目指す。また、温度標準についての不確かさを明らかにし、信頼性のある校正結果を提示することにより、産業界のトレーサビリティ体系の構築に寄与する。

研究テーマ：

テーマ題目59、テーマ題目60、テーマ題目61

[テーマ題目1] 時間・周波数標準の高度化に関する研究 (運営費交付金)

[研究代表者] 池上 健 計測標準研究部門時間周波数科時間標準研究室長

[研究担当者] 黒須 隆行、萩本 憲、福山 康弘、渡部 謙一、柳町 真也、古賀 保喜 (職員7名)

[研究内容]

光ポンピング方式周波数標準器の移転後の不確かさの予備的な再評価を行った。また原子発振器の高性能化のために必要な極低雑音発振器のサファイア共振器を10 K 以下まで冷却し、周波数安定度の向上を図った。商用原子時計による当所の UTC (NMIJ) を維持し、GPS を介してそれらのデータを BIPM に報告した。標準供給については計量法による時間 (周波数) のトレーサビリティ制度の立ち上げ準備を行った。また、国際的な整合性を確保するために、APMP に周波数の CMC 表を提出して国際相互承認データベースへの登録手続きを行った。また、フェムト秒コムや産総研内の標準供給のために、高品質な5MHz、10MHz の標準信号を供給できるシステムの整備を行った。

[分野名] 標準

[キーワード] 時間周波数、原子時計、セシウム一次周波数標準器、時刻比較、時系、標準供給

[テーマ題目2] 光周波数 (波長) 標準の開発と光周波

数計測技術の研究 (運営費交付金)

[研究代表者] 大苗 敦 計測標準研究部門時間周波数科波長標準研究室長

[研究担当者] 石川 純、洪 鋒雷、平野 育、稲場 肇、奥村謙一郎、松本 弘一、Guo Ruixiang (職員7名、他1名)

[研究内容]

光周波数計測のために開発された1号機で蓄積されたノウハウをもとに、広帯域な波長校正システムとして確実に利用できるようモード同期レーザーの繰り返し周波数・オフセット周波数の制御方法をさらに最適化し、また、フォトニッククリスタルファイバーへの結合条件などを最適化することで、よう素安定化 YAG レーザについては、不確かさをもたらす要因を洗い出し、再現性を1桁よくすることができた。可搬型装置を台湾の標準研に持ち込み国際比較を行った。不確かさの評価を終え、標準供給として依頼試験を開始し、APMP に CMC 表を提出して国際相互承認データベースへの登録手続きを行った。よう素安定化 HeNe レーザについては、特に教育訓練用のレーザーを作成し、実際 JICA/NIMT プロジェクトでの研修に使用し成果をあげることができた。また、633nm の品質マニュアルを産総研バージョンへ全面改訂した。長さ・波長・光周波数のトレーサビリティを確保する上で重要な各波長域 (上記、赤、緑の波長帯の他、アセチレン分子を基準に用いた光通信帯での波長標準等) での波長標準の研究・開発を、それぞれのステージの状況に応じてめりはりを付ける形で引き続き行ってきた。この中には産業界への貢献を目指した実用的な標準器、小型可搬型装置の開発なども含まれる。

[分野名] 標準

[キーワード] フェムトコム、光周波数計測、国際比較、よう素安定化レーザー、アセチレン安定化レーザー、光通信帯

[テーマ題目3] 光波干渉による長さ標準の開発に関する研究 (運営費交付金)

[研究代表者] 藤間 一郎 計測標準研究部門長さ計測科長さ標準研究室長

[研究担当者] 松本 弘一、美濃島 薫、岩崎 茂雄、平井亜紀子、尾藤 洋一、寺田 聡一、藤本 安亮、吉森 秀明、佐々木 薫、渡邊 敦史、丹羽 民夫 (職員8名、他4名)

[研究内容]

ブロックゲージ (長さ4番) の光源部と画像処理部の改造を完成させ、システムの総合評価を行った。標準尺 (長さ8番) は装置改造後の総合評価を行うとともに、標準供給の維持を行った。距離計 (長さ10番) は技術マニュアルを整備し依頼校正による標準供給を行うとともに、JCSS 制度を検討した。干渉測長器 (長さ9番)、

デジタルスケール（長さ-12番）は、標準確立に向けた調査と基本実験を行い、標準供給の方式に関して技術面とニーズ面の両面からの絞り込みを行った。また、長さ関連計測技術や空気の屈折率を精密に校正する技術の開発を行った。

【分野名】標準

【キーワード】ブロックゲージ、標準尺、距離計、長さ標準

【テーマ題目4】フェムト秒テクノロジー（知的光計測制御技術）（運営費交付金）

【研究代表者】松本 弘一 計測標準研究部門長さ計測科長

【研究担当者】美濃島 薫、藤間 一郎、山岡 禎久、大門 雄太（職員3名、他2名）

【研究内容】

フェムト秒パルスレーザーの精密な繰り返し周波数（フェムト光コム）を変調周波数と見なして、高精度に位相測定することによる変調光波測距技術の高度化を引き続き行った。特に、フェムト光コムの高高度化と空気屈折率測定の高度化により、マイクロメートルの計測精度を実現した。

【分野名】標準

【キーワード】フェムト光コム、変調測距、距離計、空気屈折率

【テーマ題目5】空間光制御素子を用いた波面制御技術の計測応用に関する研究（運営費交付金）

【研究代表者】藤間 一郎 計測標準研究部門長さ計測科長兼標準研究室長

【研究担当者】尾藤 洋一（職員2名）

【研究内容】

液晶を用いた空間光変調素子を光波干渉計に適用し、液晶回折格子を電氣的にシフトさせることにより、機械的駆動部のない位相シフト干渉計を実現し、高精度な位相測定ができた。

【分野名】標準

【キーワード】液晶、空間変調器、干渉計

【テーマ題目6】幾何学量の高精度化に関する研究（運営費交付金）

【研究代表者】黒澤 富蔵 計測標準研究部門長さ計測科幾何標準研究室長

【研究担当者】高辻 利之、土井 琢磨、藤本 弘之、渡部 司、大澤 尊光、直井 一也、三隅伊知子、権太 聡、赤津 利雄、塚本 恵子（職員9名、他2名）

【研究内容】

新規に表面粗さ（2-幾何学量1番）の標準供給（供給

形態：依頼試験）を立ち上げた。角度標準（ロータリーエンコーダ、ポリゴン、オートコロメータ）の高度化に重点をおき整備を進めた。平成13年度に標準供給を開始した幾何学量の9項目に対して円滑に標準供給ができるように、整備・維持した。品質マニュアル技術編を2件完成させ、peer review を2件受けた。国際比較 CCL K6（ボールプレートとホールプレート）に参加した。また、ロータリーエンコーダに関し、PTB およびハイデンハイン社との間で比較測定を実施した。

【分野名】標準

【キーワード】幾何寸法、微小寸法・微細形状、角度標準

【テーマ題目7】質量力関連標準の開発と供給（運営費交付金）

【研究代表者】上田 和永 計測標準研究部門質量力標準研究室長

【研究担当者】山口 幸夫、孫 建新、植木 正明、前島 弘、大串 浩司、水島 茂喜、林 敏行（職員8名）

【研究内容】

質量標準に関しては、前年度までに拡大した範囲（1mg～1050kg）での安定的な標準供給を維持するとともに、5000kg までの範囲拡大に向けての技術開発を進めた。分銅等の表面状態が質量変化に及ぼす影響の評価、分銅の磁気特性評価法および体積測定法の高精度化、小分銅（1mg～5g）校正の自動化、に関する研究開発を行った。また分銅（2kg～20mg）の CIPM 基幹比較（世界規模の国際比較）を幹事所として運営し、仲介器の持ち回りを完了させた。

力標準に関しては、既供給範囲（10N～20MN）における力基準機の校正を着実に実施した。全ての実荷重式力標準機の負荷操作を自動化した。高精度力計の性能評価技術に関する研究を継続して行った。また4MN レンジの CIPM 基幹比較に参加すると共に、力計の校正業務に関して国際相互承認を得るために不可欠なピアレビューを成功裏に完了させた。

トルク標準に関しては、前年に行ったドイツ物理工学研究所との国際比較の結果を踏まえて1kN・m トルク標準機を改良すると共に、次年度の依頼試験開始に向け新設の20kN・m 実荷重式トルク標準機の性能評価を進めた。1kN・m 以下でのトルクメータの校正業務に関して国際相互承認を得るために不可欠なピアレビューを成功裏に完了させた。また、トルクのトレーサビリティ制度の確立に向けて、トルク計測機器の校正に関する技術基準の整備や技術研修を、関連業界と協力しつつ進めた。

重力加速度標準に関しては、前年に国際度量衡局主催で行われた絶対重力計の国際比較の結果が公表され、当所の重力加速度標準の国際整合性が確認された。また、日本重力基準網を設定・維持する国土地理院との間で絶

対重力計の比較を行い整合性を確認した。所内の数箇所
で二十余年ぶりに重力加速度の測定を行い、力・圧力・
トルクの標準の設定精度の維持・向上に貢献した。

JCSS 認定制度に関しては、質量及び力の分野で、技
術分科会に参加し技術基準の作成や改定並びに技術的諸
問題の解決に協力すると共に、認定審査への技術アドバ
イザーの派遣、技能試験への参照値の提供、など多方面
から JCSS 認定機関に協力した。

また国際協力の一環として、タイ等の標準研究機関か
らの研修生の受入、技術相談などに対応した。

【分野名】標準

【キーワード】質量、力、トルク、重力加速度

【テーマ題目8】圧力真空標準の開発と供給（運営費交
付金）

【研究代表者】平田 正紘 計測標準研究部門圧力真空
標準研究室長

【研究担当者】大岩 彰、小島 時彦、秋道 斉、
杉沼 茂実、城 真範（職員6名）

【研究内容】

特定標準器の光波干渉式標準気圧計が、国際的に最高
の性能を実現・維持できるように整備を進めた。特定副
標準器の重錘型圧力標準器は、Jcss 認定事業者の特定
二次標準器の校正と依頼試験による校正を進めると共に、
高効率化と高精度化を目指した。液体高圧力（100MPa）
の APMP の基幹国際比較の幹事として、プロトコルの
作成などの準備を行い、国際比較を開始した。膨張法に
よる中真空標準を立ち上げ、依頼試験による真空計の校
正を開始した。更に、リーク標準の研究を開始した。

【分野名】標準

【キーワード】光波干渉式標準気圧計、重錘型圧力標準
器、膨張法

【テーマ題目9】法定計量器の基準適合性評価に関する
業務（運営費交付金）

【研究代表者】中村 勉司 計測標準研究部門質量計試
験技術室長

【研究担当者】長野 智博、堀越 努、薊 裕彦、
小谷野泰宏、伊藤 武（職員6名）

【研究内容】

質量計に関する法定計量業務（型式承認試験及び基準
器検査）を円滑に定常業務として実施すると共に試験・
検査の信頼性の確保を図った。また、使用設備の整備及
び ISO/IEC17025に準拠した品質システムの整備を行っ
た。OIML 等が主催する会議、技術委員会への積極的
参加及び海外研修を取り入れ、常に国際基準・規格に対
応した技術基準の確保に努めた。JCSS 認定については、
認定機関・産業界との連携のもと技術的な協力を行った。

【分野名】標準

【キーワード】法定計量、型式承認、基準器検査、天び

ん、分銅

【テーマ題目10】音響標準の開発と供給（運営費交付金）

【研究代表者】佐藤 宗純 計測標準研究部門音響振動
科長

【研究担当者】堀内 竜三、蘆原 郁、藤森 威
（職員4名）

【研究内容】

整備した品質システムに基づいて音圧レベル標準の供
給を実際に行い、内部監査で指摘のあった運用上の不備
を改善して効率的な運用を行った。ピアレビューを14年
10月に受けた。Appendix C への登録は15年度の予定で
ある。APMP における I 型標準マイクロホンの国際比
較を幹事国として準備中である。超低周波音を対象とし
たレーザピストンホン校正装置について、前年度得られ
た設計指針に基づき防振対策や機械加工精度等を考慮し
て試作を行い、性能を評価した。空中超音波領域ではア
クチュエータによるマイクロホン校正技術について研究
を開始するとともに、高域でのヘッドホン校正に必要な
10kHz をこえる高周波帯域での最小可聴値の測定を行
った。

【分野名】標準

【キーワード】音響標準、標準マイクロホン、空中超音
波、超低周波音

【テーマ題目11】高精度超音波校正技術の研究（運営費
交付金）

【研究代表者】菊池 恒男 計測標準研究部門音響振動
科音響超音波標準研究室長

【研究担当者】吉岡 正裕、佐藤 宗純（職員3名）

【研究内容】

超音波パワー計測については、測定システムの構築を
ほぼ完了し、不確かさ評価の段階に入った。具体的な進
捗状況としては、水の吸収減衰や直進流の影響の補正に
必要な zero distance 法（外挿法）の適用を試みた。そ
の結果、「不確かさ」を評価する上で解決すべき問題が
あることを実験的に示した。更に、測定周波数範囲につ
いて、今後の標準供給で予定している1MHz～20MHz
に拡張した。各周波数毎に超音波パワーが安定に測定で
きることを実証し、測定の不確かさ評価に着手した。

超音波音圧計測については、レーザ干渉計による音圧
測定の自動化を完成させた結果、外部振動に強い安定し
た測定が可能となり、測定の時間効率を高めることがで
きた。また測定周波数を1MHz から15MHz まで拡張し
た。

【分野名】標準

【キーワード】超音波パワー、放射コンダクタンス、天
秤法、超音波振動子、ハイドロホン、レ
ーザ干渉計、超音波生体安全性

〔テーマ題目12〕 振動加速度標準の開発と供給（運営費交付金）

〔研究代表者〕 臼田 孝 計測標準研究部門音響振動科強度振動標準研究室

〔研究担当者〕 大田 明博、石神 民雄（職員3名）

〔研究内容〕

校正サービス供給済みの中・高周波領域において、平成14年度は製品評価技術基盤機構による試験所認定（ASNITE-NMI）の審査と海外標準研究所の専門家による相互評価（ピアレビュー）を受け、品質システムを確立した。2000年に終了した国際基幹比較のデータが公開されたことと併せ、国際的な整合性（グローバルMRA）が内外に示された。jcss 校正は1件実施した。研究面ではマルチビームレーザ干渉計により校正不確かさを軽減する方法を試み、国際会議で発表した。また依頼試験開始に向け、振動加速度計をセンサ部（圧電感度）とアンプ部（増幅率）に分割して評価する方法を確立し、フルペーパーを1報発表した。2005年標準供給開始に向けた特定標準器の整備を行った。

〔分野名〕 標準

〔キーワード〕 振動加速度、品質システム、動的変位計測、レーザ干渉計

〔テーマ題目13〕 硬さ標準の開発と供給（運営費交付金）

〔研究代表者〕 中野 英俊 計測標準研究部門音響振動科強度振動標準研究室

〔研究担当者〕 石田 一、高木 智史、服部浩一郎、清野 豊（職員5名）

〔研究内容〕

国際相互承認（MRA）に対応した標準供給に対応するため、ISO17025に基づく試験所認定に必要な準備として、ロックウェル硬さ、およびビッカース硬さの品質システムを構築し運用を開始した。また、製品評価技術基盤機構による試験所認定（ASNITE-NMI）の審査と海外標準研究所の専門家による相互評価（ピアレビュー）を受けた。平成14年度の jcss 校正は、ロックウェル硬さに関して2件実施した。半導体製造等の先端産業で要望の高い極微小硬さ（ナノインデンテーション）の標準に関しては、昨年度より引き続き校正方法の開発のための研究を行っており、レーザー干渉計を用いた変位計測系の校正方法の開発、AFM による極微小領域での圧子形状測定と有限要素解析を用いた圧子形状誤差の影響に関する研究、薄膜の測定における圧子形状補正の実用的手法に関する研究を行い、いずれも国際学会で発表した。

〔分野名〕 標準

〔キーワード〕 金属材料、材料試験、ロックウェル硬さ、ビッカース硬さ、極微小硬さ、ナノインデンテーション

〔テーマ題目14〕 シャルピー衝撃値標準維持供給（運営費交付金）

〔研究代表者〕 中野 英俊 計測標準研究部門音響振動科強度振動標準研究室

〔研究担当者〕 山口 幸夫、高木 智史（職員3名）

〔研究内容〕

シャルピー衝撃試験は衝撃荷重に対する材料の破壊強度を測定する材料試験法として、産業界で広く用いられているものである。金属材料のシャルピー衝撃試験の標準は当研究室で維持されており、依頼試験を通じて産業界に供給されている。平成14年度は、この依頼試験を1件実施した。また、シャルピー衝撃値標準の国際整合性を保証するための国際比較を2件実施した。この国際比較は、シャルピー衝撃値標準の整合性を長期安定性も含めて評価するために、日本、アメリカ、ベルギー、フランスの標準研究所4機関によって行われているもので、平成13年から平成15年までの予定で実施されている。データ収集のための試験は6か月の間隔で行われている。

〔分野名〕 標準

〔キーワード〕 金属材料、材料試験、シャルピー衝撃試験、

〔テーマ題目15〕 温度標準の不確かさ評価の研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕 櫻井 弘久 温度湿度科付

〔研究担当者〕 櫻井 弘久（職員1名）

〔研究内容〕

ITS-90に適用できる中低温用及び高温用標準白金抵抗温度計を開発・評価し、商品化した。これらを用いてITS-90のユニークネスとコンシステンシーを調べ、その不確かさを評価するとともに、低温域の定点を精密に実現することにより、温度標準の不確かさの新たな要因を見出した。さらに、温度標準と国際単位系との整合性を評価するため、熱雑音温度計による熱力学温度の測定を試みた。

〔分野名〕 標準

〔キーワード〕 白金抵抗温度計、温度定点、不確かさ、ノンユニークネス、熱力学温度、1990年国際温度目盛、ITS-90

〔テーマ題目16〕 抵抗温度計標準の維持供給並びに領域拡大及び校正の高度化・効率化に関する技術開発（運営費交付金）

〔研究代表者〕 新井 優 計測標準研究部門温度湿度科高温標準研究室長

〔研究担当者〕 岸本 勇夫、丹波 純、山澤 一彰、佐藤 公一、原田 克彦、小泉 功介（職員7名）

〔研究内容〕

供給中の抵抗温度計温度範囲-40～420℃については、

特定副標準器の校正及び技能試験参照値の供給を行った。温度定点660℃アルミニウム点については、特定二次標準器の校正及び技能試験参照値の供給を行った。供給範囲の拡大及び精度の向上のための機器整備を行った。温度計の抵抗測定に起因する不確かさの評価を進めた。水の三重点国際比較を行った。また、-39℃～660℃抵抗温度計領域の品質マニュアルを作成し、品質システムを整備した。上記についてピアレビューを実施した。

[分野名] 標準

[キーワード] 標準、温度、抵抗温度計、温度定点、校正技術

[テーマ題目17] 熱電対標準の確立に関する技術開発
(運営費交付金)

[研究代表者] 新井 優 計測標準研究部門温度湿度科
高温標準研究室長

[研究担当者] 井土 正也、小倉 秀樹、沼尻 治彦、
増山 茂治、成島 弘一
(職員5名、他1名)

[研究内容]

熱電対温度定点1085℃銅点、962℃銀点の特定二次標準器の校正を行った。1554℃パラジウム点の整備・不確かさ評価を行った。0～1100℃熱電対定点の技能試験参照値供給開始を目指した整備・不確かさ評価を行った。熱電対校正用共晶点の試作を行い、校正法の開発を行った。

[分野名] 標準

[キーワード] 標準、温度、熱電対、温度定点、校正技術

[テーマ題目18] 次期 ITS 白金抵抗温度計目盛の高精度化に関する研究 (運営費交付金)

[研究代表者] 新井 優 計測標準研究部門温度湿度科
高温標準研究室長

[研究担当者] 岸本 勇夫、丹波 純、山澤 一彰、
河田 明義 (職員4名、他1名)

[研究内容]

白金抵抗温度計の962℃を超える温度での安定性評価を行った。圧力制御型水ヒートパイプによる温度制御装置の改良及びノンユニークネスの精密評価を行った。圧力制御を改良したナトリウムヒートパイプ装置の開発を行った。白金抵抗温度計の絶縁リークの影響評価と軽減法の開発を行った。

[分野名] 標準

[キーワード] 白金抵抗温度計、温度標準、温度制御

[テーマ題目19] 低温度標準の開発 (運営費交付金)

[研究代表者] 田村 収 計測標準研究部門温度湿度科
低温標準研究室長

[研究担当者] 島崎 毅、中野 享、櫻井 弘久、

鷹巣 幸子、村上 泰 (職員4名、他2名)

[研究内容]

0℃～84Kのカプセル型 Pt 抵抗温度計の比較校正用の冷却システムを製作した。Hg・Ar・平衡 H₂の三重点を実現し Hg・Ar の三重点の再現性を確認し平衡 H₂三重点近傍の比熱異常量と触媒量の比例関係を見出した。温度制御して He 気体の圧力を測定し定点校正を除く補間用気体温度計本体を実現した。3He 蒸気圧の長期連続測定を行って3He 蒸気圧温度目盛を実現した。

[分野名] 標準

[キーワード] カプセル型白金抵抗温度計、補間用気体温度計、ヘリウム蒸気圧温度目盛

[テーマ題目20] 高温域放射温度標準の研究 (運営費交付金)

[研究代表者] 佐久間史洋 計測標準研究部門温度湿度科放射温度標準研究室長

[研究担当者] 山田 善郎、笹嶋 尚彦、馬菜 娜
(職員4名)

[研究内容]

特定副標準器の校正を行い、放射温度計の持ち回り技能試験を推進した。また、非線形性及びるつぼ放射率の研究を行い、0.65 μm 放射温度計の信頼性を向上させた。さらに、放射温度計目盛の APMP 国際比較を推進した。高温域放射温度標準の品質マニュアルを作成し、品質システムを整備し、ピアレビューを受けた。その他放射輝度計測技術の開発応用を進めた。

[分野名] 標準

[キーワード] 放射温度標準、APMP 国際比較、高温域

[テーマ題目21] 中低温域放射温度標準技術の研究 (運営費交付金)

[研究代表者] 佐久間史洋 計測標準研究部門温度湿度科放射温度標準研究室長

[研究担当者] 石井順太郎、清水祐公子、金子 由香
(職員3名、他1名)

[研究内容]

中温域定点黒体炉装置を作製し、定点黒体炉を用いた中温域赤外標準放射温度計校正技術の開発を進めた。常温域においては、品質マニュアルを作成し、品質システムの整備を行なうと共に、校正技術の高度化を図った。また、常温域比較黒体炉に関してピアレビューを受けた。

[分野名] 標準

[キーワード] 中温域定点黒体炉、赤外標準放射温度計、常温域比較黒体炉

[テーマ題目22] 次世代高温標準に関する研究 (運営費交付金)

[研究代表者] 佐久間史洋 計測標準研究部門温度湿度

科放射温度標準研究室長

【研究担当者】山田 善郎、笹嶋 尚彦、山本菜穂子、Bloembergen（職員3名、他2名）

【研究内容】

金属-炭素共晶点の定点温度値の再現性向上・不確かさ評価法の確立を目指し、ガス抜きした高純度鉄による不純物の影響解明、および HIMERT 諸国とのるつぼ間国際比較を行った。金属炭化物-炭素共晶を用い、3000K を超える温度域にも温度定点が得られる可能性を実験的に検証した。定点温度値精密決定のための放射温度目盛高精度化に関して、新規導入した分光応答度測定装置の不確かさ評価を完了した。

【分野名】標準

【キーワード】金属-炭素共晶、高温定点、不純物

【テーマ題目23】耳式体温計の校正試験技術の研究（運営費交付金）

【研究代表者】佐久間史洋 計測標準研究部門温度湿度科放射温度標準研究室長

【研究担当者】石井順太郎、福崎 知子（職員3名）

【研究内容】

依頼試験による標準供給体制の高度化・効率化を進めると共に、品質マニュアルの整備を行い、ピアレビューを受けた。また、耳用赤外線体温計 JIS 原案内に記載されている性能試験項目として重要な環境温度試験方法に関する実験的検証を行った。日本計量機器工業会耳式体温計標準技術研究会において、当該 JIS 原案に記載されている試験方法、並びに、標準供給体系技術について検討し、統一的な試験方法、及び、標準管理方法を文書化し、当該 JIS 原案附属書（案）内に盛り込んだ。

【分野名】標準

【キーワード】耳式体温計、依頼試験

【テーマ題目24】湿度標準の開発と供給（運営費交付金）

【研究代表者】高橋 千晴 計測標準研究部門温度湿度科湿度標準研究室長

【研究担当者】越智 信昭、北野 寛、横田 富夫（職員3名、他1名）

【研究内容】

高温用湿度発生装置について、試験槽の温度測定装置を整備し、全体の不確かさの評価を行い、露点+85℃までの依頼試験を開始した。低湿度発生装置について、jcss による標準供給のために、モニタ用露点計を整備し、被校正器を置く環境を安定化し、恒温槽の改造と発生装置周囲のガスパーズ等の改良を行った。校正業務は、10件程度。湿度計校正業務の品質システムを整備し、ASNITE-NMI による審査とピアレビューを受けた。

【分野名】標準

【キーワード】湿度、高湿度、低湿度、露点

【テーマ題目25】次世代微量水分標準の開発（運営費交付金）

【研究代表者】北野 寛 計測標準研究部門温度湿度科湿度標準研究室主任研究員

【研究担当者】阿部 恒（職員2名）

【研究内容】

磁気浮遊天秤を用いて拡散管の評価実験を行い、拡散速度に対する温度、圧力、形状等の効果を調べ、拡散速度の大きさと安定性など微量水分発生に基本的な特性を調べた。乾燥管と流量制御による希釈装置を製作し、APIMS による10ppb 以下のレベルの水分評価法を検討した。配管材料への水分吸着量の測定法を開発した。

【分野名】標準

【キーワード】微量水分、拡散管、低湿度

【テーマ題目26】気体流量・気体流速標準の研究開発・維持・供給（運営費交付金）

【研究代表者】寺尾 吉哉 計測標準研究部門流量計測科流量標準研究室長

【研究担当者】中尾 晨一、石橋 雅裕、栗原 昇、畑仲 武博（職員4名、他1名）

【研究内容】

気体流量に関しては、認定予定事業者（2社）に対して、特定標準器による校正、技能試験用参照値の供給を行った。また、技術アドバイザーとして製品評価技術基盤機構が行う校正事業者の認定審査に参加した。さらに、品質システムの運用を開始し、ピアレビューを受けた。さらに、校正に用いる気体の種類を増やした。

気体流速に関しては、中風速（3～30m/s）の下限および上限を拡大するとともに、微風速（0.05～1.0m/s）の上限を拡大し、0.05～40m/s の範囲で一貫した標準供給を可能にし、計量行政審議会計量標準部会の審議を経て、官報告示した。さらに、老朽化した微風速の特定標準器に対して必要最小限の補修を行った。また、品質システムの運用を開始し、ピアレビューを受けた。さらに、CIPM/CCM/WGFF の会合に参加し、パイロットラボとして基幹比較のスキームを策定した。トランスファスタンダードを選定し、特性評価を行った。

【分野名】標準

【キーワード】気体流量・気体流速標準

【テーマ題目27】液体流量体積標準の研究開発・維持・供給（運営費交付金）

【研究代表者】寺尾 吉哉 計測標準研究部門流量計測科流量標準研究室長

【研究担当者】佐藤 浩志、福岡 重治、中村ソメコ（職員2名、他2名）

【研究内容】

液体大流量特定標準器の部分改修後の性能評価を行い、要望に応じて国内への標準供給を行った。また、品質シ

システムの運用を開始し、ピアレビューを受けた。老朽化した制御盤の緊急改修を行った。また、原子力発電所の出力向上を目指し、電力会社および原子炉メーカーに対し、多数回の技術相談と大規模な標準供給を行った。

体積標準に関しては、標準設備改良を行い、不確かさ解析を完了し、品質システムの運用を開始し、ピアレビューを受けた。

【分野名】標準

【キーワード】液体流量標準、体積標準

【テーマ題目28】石油流量標準の研究開発・維持・供給（運営費交付金）

【研究代表者】寺尾 吉哉 計測標準研究部門流量計測科流量標準研究室長

【研究担当者】嶋田 隆司、土井原良次、佐々木貞義、武田 一英（職員3名、その他2名）

【研究内容】

北センター内に建設した石油大流量標準設備の初期不良への対処、不確かさ評価を行った。また、安全上問題のある箇所を洗い出し、安全・環境施設整備プロジェクトチームから予算を得て改修を行った。スウェーデン系量感との間で2国間比較を行い、良好な結果を得た。

この他、石油流量の新しいワーキングスタンダードの開発を目標として、加振された配管内部を流体が流れるときの振動の位相変化をレーザ干渉計で精密測定する新しい方式のコリオリ式流量計の実験を行い、良好な結果を得た。

【分野名】標準

【キーワード】石油流量標準

【テーマ題目29】特定計量器の適合性評価に関する研究開発・試験検査（運営費交付金）

【研究代表者】山口詩希鬼 計測標準研究部門流量計測科流量計試験技術室長

【研究担当者】島田 正樹、菅谷 美行、高橋 豊、神長 亘（職員5名）

【研究内容】

積算熱量計を全面的に改修する。水道メータ、ガスメータ用の恒温槽を整備した。また、恒温槽を設置する場所にある水道メータ検査設備を北センターに移設して整備した。ガソリン量器検査設備を北センターに移設して整備した。ガスメータ耐久試験設備の整備を進めた。

【分野名】標準

【キーワード】特定計量器の適合性評価

【テーマ題目30】磁場中測温技術の開発と評価（運営費交付金）

【研究代表者】馬場 哲也 計測標準研究部門物性統計科長

【研究担当者】奈良 広一（職員2名）

【研究内容】

前年度試作した強磁場用の水の三重点により水の三重点における市販温度計の磁場中特性の評価を行うと共に、新しい温度計の設計パラメータの取得を開始した。

【分野名】標準

【キーワード】磁場中測温技術

【テーマ題目31】固体熱物性標準の整備（運営費交付金）

【研究代表者】馬場 哲也 計測標準研究部門物性統計科長

【研究担当者】加藤 英幸、渡辺 英雄、竹歳 尚之、渡辺 博道、阿子島めぐみ、渡辺 律、根田 雅美（職員8名）

【研究内容】

平成14年度は、これまでの標準物質候補材料の特性評価結果を基に、等方性黒鉛（成果普及品として利用可能）を対象とした熱拡散率絶対測定の実験（室温～1200℃）の立ち上げ、グラッシーカーボン、シリコンを対象とした熱膨張率絶対測定の実験（室温～1000℃）の立ち上げを行い平成15年度からの受付を開始した。またこれ以外の熱物性量、比熱容量、熱伝導率、薄膜熱拡散率の標準物質についても、候補材料の特性評価・選定、および値付け用絶対測定装置の開発・改良・不確かさ評価等を進めた。

【分野名】標準

【キーワード】固体熱物性標準

【テーマ題目32】分散型熱物性データベースに関する研究（運営費交付金）

【研究代表者】馬場 哲也 計測標準研究部門物性統計科長

【研究担当者】渡辺 英雄、奥宮正太郎、佐々木 緑、石川加寿子（職員4名、他1名）

【研究内容】

分散型熱物性データベースに、収録する熱物性データに対応する物質・材料の記述、分類方法の体系化を図った。

【分野名】標準

【キーワード】熱物性データベース

【テーマ題目33】密度標準の開発と供給に関する研究（運営費交付金）

【研究代表者】藤井 賢一 計測標準研究部門物性統計科流体標準研究室長

【研究担当者】増井 良平、竹中 正美、早稲田 篤、倉本 直樹、福田 健一、清水 忠雄（職員6名、他1名）

【研究内容】

従来、浮ひょうの基準器検査のみによる標準供給を行ってきたが、近年、固体及び液体の密度計測へのニーズ

が増大し、特に振動式密度計の校正技術とトレーサビリティ制度の確立が強く要望されるようになった。このような背景から、シリコン固体密度を基準とするトレーサビリティ体系の整備を進めてきた。

平成14年度は、密度標準液、振動式密度計、浮ひょうの JCSS 現地審査を行い、京都電子工業と JQA 中部が認定された。

CCM 密度 WG については、平成14年5月に WG 議長として BIPM で会議を召集し、現行の基幹比較の Rescheduling と新たな基幹比較の実施を決めた。パイロットラボとして持ち回り標準器となるシリコン結晶の輸送を開始した。

【分 野 名】 標準

【キーワード】 密度標準

【テーマ題目34】 粘度標準の開発と供給に関する研究
(運営費交付金)

【研究代表者】 藤井 賢一 計測標準研究部門物性統計科流体標準研究室長

【研究担当者】 倉野 恭充、菜嶋 健司 (職員3名)

【研究内容】

粘度比較技術に関しては、細管式粘度計群を洗浄・乾燥させるための設備を更新し、拡張された温度範囲(-40~100℃)でのトレーサビリティ確立のための準備を行った。海外の標準研究機関との情報交換を進め、粘度の CIPM 基幹比較に参加した。

回転粘度計を新たに標準整備計画に加えトレーサビリティ確立のための準備を開始した。複雑系流体については既存の装置による計測評価を実施し、新たな非ニュートン粘度標準物質開発のための研究を行った。

【分 野 名】 標準

【キーワード】 粘度標準

【テーマ題目35】 次世代粘度一次標準の開発に関する研究
(運営費交付金)

【研究代表者】 藤井 賢一 計測標準研究部門物性統計科流体標準研究室長

【研究担当者】 倉野 恭充、菜嶋 健司、藤田 佳孝、倉本 直樹 (職員5名)

【研究内容】

球面フィゾー干涉計による落球形状の絶対測定、共焦点顕微鏡による落球の真球度評価、落球回収機構の試作、恒温槽の性能評価を行った。

【分 野 名】 標準

【キーワード】 次世代粘度一次標準

【テーマ題目36】 不確かさ評価における統計的問題と体系化に関する研究 (運営費交付金)

【研究代表者】 鴨下 隆志 計測標準研究部門物性統計科応用統計研究室主任研究員

【研究担当者】 田中 秀幸、榎原 研正、佐藤 浩志
(職員4名)

【研究内容】

不確かさ評価方法確立のための統計数理的検討、事例の収集・整理を行い、不確かさ支援評価マニュアルの作成を行った。

1) 不確かさ評価における統計的、およびその他の問題点の抽出と整理

(1) 変量モデルの母数化の手法の検討

(2) 校正線決定における不確かさ評価方法とその引用方法の検討

(3) 複雑な組立量等の不確かさ評価のための、シミュレーションを用いた新しい解析手法の開発

2) 不確かさ評価の支援と事例収集を行うとともに、不確かさ評価で必要となる簡易型分散分析、および分散の期待値を実験計画に応じて表示する評価支援プログラムの開発

3) 不確かさ評価を支援するための、不確かさ評価マニュアルの作成

【分 野 名】 標準

【キーワード】 不確かさ評価

【テーマ題目37】 校正用標準粉体開発のための粉体特性高精度値付け技術の研究 (運営費交付金)

【研究代表者】 榎原 研正 計測標準研究部門物性統計科応用統計研究室長

【研究担当者】 佐藤 輝幸 (職員2名)

【研究内容】

測定器校正用に望まれている標準粉体の供給に向けて、粒度分布、および比表面積の測定データ収集を行った。数種類の測定器、試料を用い、測定値ばらつきの現状調査、およびその原因調査を行う。具体的なニーズに関する調査を継続した。

フラクタルを用いた粒子表面形状の定量的評価方法の研究を、輪郭形状測定から立体形状測定へ進展させた。輪郭形状、および立体形状から得られたデータの相関を調べ、それぞれの不確かさを明らかにし、粉体特性を表す指標としての有用さを調べた。合わせて、粒子表面積測定方法のひとつとして測定を試みた。

【分 野 名】 標準

【キーワード】 標準粉体

【テーマ題目38】 直流電圧・抵抗標準、インピーダンス標準の開発、供給 (運営費交付金)

【研究代表者】 桐生 昭吾 電気標準第一研究室長

【研究担当者】 坂本 泰彦、木下 攘止、村山 泰、西中 英文、中村 安宏、岩佐 章夫、堂前 篤志、須藤 卓巳、米永 暁彦
(職員9名、他1名)

〔研究内容〕

(1) 直流電圧標準

直流電圧標準に関し6件程度の校正業務をなつた。13年度に供給を開始した直流分圧器標準に関し校正業務を開始した。直流電圧標準、直流分圧比標準については品質システムを整備し、ピアレビューを受けた。

(2) 直流抵抗標準

抵抗標準(1Ω、10kΩ)に関し5件程度の校正業務を行う。また、量子化ホール抵抗測定装置の改良を行い、不確かさを 10^{-8} 台まで向上させ、国際比較を行なった(CCEM-K10)。また、低抵抗標準の開発に着手した。

(3) インピーダンス標準

標準供給とともに、キャパシタンス標準の範囲を新たに10pF、1000pF at 1592Hzに拡大した。認定事業者と共同でキャパシタンス標準の容量拡張システムの開発を行った。誘導分圧器の分圧比について標準供給の範囲拡張(新たに0.1~1.0at1kHz、100V)を行なった。さらに別の認定事業者と誘導分圧器標準を用いたひずみゲージ測定用精密計測器の校正システムの開発を行なった。キャパシタンス標準に関し2件の校正業務を行った。キャパシタンス標準の二国間比較の準備を行い、インダクタンス標準の開発に着手した。

〔分野名〕電気標準(直流・低周波)

〔キーワード〕直流電圧・抵抗標準、インピーダンス標準

〔テーマ題目39〕交流電気標準—交直変換器(AC/DC)、交流電力標準の供給(運営費交付金)

〔研究代表者〕高橋 邦彦 計測標準研究部門電磁気計測科電気標準第2研究室長

〔研究担当者〕佐々木 仁、藤木 弘之、高島 工
(職員4名)

〔研究内容〕

(1) AC/DC 標準

交直変換器の特性を評価するための基本的な測定システムを構築し、(1) 10Hz-1MHzの周波数範囲、0.5V-1000Vの電圧範囲についての新交直変換器群の整備、(2) 熱電気特性評価用ファスト・リバース DC測定システムの整備、(3) 交直差比較測定システムの整備を行う。また、APMP 国際比較の AC-DC 高電圧比較(100kHz、1000V)に参加し、国際的な整合性の検証を行った。

(2) 交流電流比、交流電力標準

交流電流比については、平成13年度に設計、製作した自己校正形交流電流比較器の商用周波数における性能を検証した。交流電力標準については、虚負荷試験電源を整備し、平成13年度に検討した交流電力標準システムの商用周波数における動作を実証した。交流電力量については認定事業者における標準の範囲拡張に

向けて技術指導を実施した。

〔分野名〕電気標準(直流・低周波)

〔キーワード〕交流電気標準

〔テーマ題目40〕高周波計測標準に関する研究(運営費交付金)

〔研究代表者〕小見山耕司 計測標準研究部門電磁波計測科高周波電磁界標準研究室長

〔研究担当者〕井上 武海、中野 洋、アントン・ウイダルタ、島岡 一博、島田 洋蔵、信太 正明、猪野 欽也、山村 恭平、川上 友暉、加藤 吉彦
(職員9名、他2名)

〔研究内容〕

電力、電圧、減衰量に関しては、すでに供給開始した標準量に関して品質システムを整備しピアレビューを行うと同時に、新たな標準開発も進めた。18GHzまでの同軸雑音標準装置を整備し、供給に向けた準備に入っている。インピーダンス標準に関しては完無から立ち上げて1年以内に詳細な整備計画と方針を作成した。追加予算により高周波標準用設備整備を進めている。

〔分野名〕標準

〔キーワード〕高周波

〔テーマ題目41〕電磁界・アンテナ計測標準に関する研究(運営費交付金)

〔研究代表者〕小見山耕司 計測標準研究部門電磁波計測科高周波電磁界標準研究室長

〔研究担当者〕森岡 健浩、廣瀬 雅信、石居 正典、
(職員4名)

〔研究内容〕

ダイポールアンテナの標準供給と品質システムの整備、ピアレビュー、基幹国際比較を行った。より低い周波数電波領域のアンテナについても精密計測技術の立ち上げと国際比較に対応した。標準ホーンの置換測定装置の整備を行って、4GHzから26GHzまでの標準測定装置を整備した。光電界センサの利用に関して、近傍界アンテナ測定への応用可能性を実証した。追加予算により電磁界・アンテナ標準用設備整備を進めている。

〔分野名〕標準

〔キーワード〕電磁界、アンテナ

〔テーマ題目42〕レーザ標準に関する研究(運営費交付金)

〔研究代表者〕井上 武海 計測標準研究部門電磁波計測科レーザ標準研究室長

〔研究担当者〕向井 誠二、遠藤 道幸、木村 眞次
(職員4名)

〔研究内容〕

平成16年度からの特定副標準器廃止に伴う指定校正機関業務の移管に対応するため、He-Ne レーザ、Ar レーザおよび1550nmLD を光源とする広ダイナミックレンジのレーザパワー校正システムの開発・整備を進めた。可視域および CO₂レーザの W 級のツイン型カロリメータを設計・試作した。1kWCO₂レーザパワー標準に必要な光源系の整備をし、実験により安定性、信頼性を調べ、標準用光源として使用できることを確認した。光ファイバ減衰量の開発に着手し、方式設計、測定装置の試作、基礎実験を行ない、標準確立への見通しを得た。指定校正機関の特定副標準器の校正を行った。

【分 野 名】 標準

【キーワード】 レーザパワー、光ファイバ

【テーマ題目43】 光放射標準の開発と供給(運営費交付金)

【研究代表者】 齊藤 一郎 計測標準研究部門電磁波計測科光放射標準研究室長

【研究担当者】 齋藤 輝文、座間 達也、市野 善朗、薮 洋司(職員5名)

【研究内容】

光度、照度、全光束、分光放射照度の品質システムマニュアルを作成した。ピアレビューを実施し、品質システムを構築した。定点黒体炉・高温黒体炉を用いた分光放射輝度比較を可能にするとともに、真空紫外・紫外用重水素ランプ校正評価装置の改良を行った。分光放射照度国際比較(CCPR-K1.a)に参加した。分光拡散反射率標準の新規確立を行うとともに国際比較(CCPR-K5)に参加し、可視域の依頼試験を開始した。分光応答度仲介用検出器の温湿度特性評価装置を整備した。閉回路Heクライオスタットの恒温制御回路の動作を確認した。分光応答度の依頼試験を7件実施した。極低温放射計およびレーザ光源、ブリュースター入射窓透過率校正装置の開発・整備を行った。

【分 野 名】 標準

【キーワード】 測光、光放射

【テーマ題目44】 線量標準の開発、設定、供給(運営費交付金)

【研究代表者】 高田 信久 計測標準研究部門量子放射科放射線標準研究室主任研究員

【研究担当者】 小山 保二、黒澤 忠弘、鈴木 功、荒井奈穂子、松本 健、キムウンジュ(職員6名、他1名)

【研究内容】

γ線については平成13年にコバルト、セシウムγ線について BIPM と相互比較を行ったが、それと対応させて壁効果に対する補正係数を、計算による値に変更するとともに、技術マニュアルの作成に取り掛かった。中硬X線については、40～250kV について $QI=0.4\sim 0.8$ で

のフィルター厚を測定によって求め、軟X線用の電離箱とフィルターの製作を終了し、自動測定プログラムの開発、管電圧の校正等を行った。また、約20件の校正を行った。

【分 野 名】 標準

【キーワード】 線量標準、X線、γ線

【テーマ題目45】 単色 X 線の照射線量絶対測定手法の開発に関する研究(運営費交付金)

【研究代表者】 鈴木 功 計測標準研究部門量子放射科放射線標準研究室長

【研究担当者】 小池 正記、齋藤 則生(職員3名)

【研究内容】

電離気体密度設定装置により、軟 X 線プロトタイプイオンチャンバーに試料気体を導入し、圧力を一定に保ちながら X 線のエネルギーを変化させる X 線測定等が可能となった。また、分光器の効率向上のため、多層膜ミラーの反射率測定装置に改良を加え計算機制御で評価できるようにした。

【分 野 名】 標準

【キーワード】 単色 X 線、イオンチェンバー、軟 X 線

【テーマ題目46】 放射能特定標準器群の維持・向上に関する研究、中性子標準の開発と供給(運営費交付金)

【研究代表者】 工藤 勝久 計測標準研究部門量子放射科放射能中性子標準研究室長

【研究担当者】 檜野 良穂、瓜谷 章、佐藤 泰、柴田 泰成、卞哲 浩、越川 誠一、江見 恵子(職員5名、その他3名)

【研究内容】

- (1) 放射能標準に関して、依頼試験や特定二次標準器の校正を通じて放射能標準の供給を行った。また、BIPM/CCRI 主催の国際比較に継続的に参加し、Ir-192 放射能測定の基幹比較では幹事研究所として線源の供給を行った。ピアレビューのための技術マニュアルの作成を開始した。
- (2) 中性子標準に関して、依頼試験および共同研究ベースで中性子標準の供給を行った。また、PTB が幹事機関として実施された速中性子フルエンスの基幹相互比較の結果が CCRI 内で公表され、NMIJ の報告値は妥当であることが明らかとなった。ISO17025取得に向け、技術マニュアルを作成した。

【分 野 名】 標準

【キーワード】 放射能、BIPM/CCRI、中性子、速中性子フルエンス

【テーマ題目47】 無機標準物質に関する研究(運営費交付金)

【研究代表者】 日置 昭治 計測標準研究部門無機分析

科 無機標準研究室長

〔研究担当者〕野々瀬菜穂子、鈴木 俊宏、加藤 甲壬、
西 緑、桜井 文子、水谷 淳
(職員6名、他1名)

〔研究内容〕

平成14年度には、原料物質の純度決定および各標準液の調製法および濃度測定法の開発を行い、In、V、Teの各標準液を開発した。また、平成13年度に開発した標準物質の校正手順書を完成させた。Na、Kの各標準液およびハロゲン化物イオン標準液に関するフォローアップ検討を行った。Ti標準液の開発に着手し、技術的方向性を見極めた。海外専門家によるピアレビュー審査を10月に受け、品質システムを整備した。高純度フタル酸水素カリウム標準物質を作製し、蛍光X線分析用FeCr合金(Cr40%)標準物質の開発を進めた。また、単色X線励起蛍光X線分析法の有用性を検証した。電量滴定法、同位体希釈質量分析法について、それらの高度化のための検討を行った。

〔分野名〕標準

〔キーワード〕無機標準物質

〔テーマ題目48〕pHおよび電気伝導度の標準確立(運営費交付金)

〔研究代表者〕日置 昭治 計測標準研究部門無機分析科 無機標準研究室長

〔研究担当者〕中村 進(職員2名)

〔研究内容〕

2002年10月末に行われた peer review における海外専門家との議論を経て、pHの一次標準設定のための Harned セルシステムの改良が大幅に進み、十分安定な電位測定を可能にした。

〔分野名〕標準

〔キーワード〕pHおよび電気伝導度の標準

〔テーマ題目49〕環境分析用組成標準物質および微量分析技術に関する研究

〔研究代表者〕高津 章子 計測標準研究部門無機分析科環境標準研究室長

〔研究担当者〕鎗田 孝、黒岩 貴芳、稲垣 和三、
沼田 雅彦、青柳 嘉枝、恵山 栄、
山崎美佐子、仲間 純子
(職員8名、他1名)

〔研究内容〕

有害金属分析用湖底質標準物質については、値付けに必要な分析法を確立し、標準物質を開発した。また、平成13年度開発した2種類の(有機スズ分析用並びに有害金属分析用)底質標準物質について、安定性試験を行うと共に、有害金属分析用については、3元素の認証値を追加した。PCBおよび農薬分析用底質標準物質については、開発のために必要な分析法の確立を引き続き行っ

た。また、新たな有機スズ分析用組成型標準物質の開発のためのフェニルスズ分析法など、今後予定されている標準物質の開発に必要な分析法や試料調製法についての検討を行った。

PCBの微量分析法の開発については、底質試料中PCBの簡易分析システム化についての検討を行った。また、生体試料中微量成分などの新規分析法の開発にも取り組んだ。

〔分野名〕標準

〔キーワード〕環境分析用組成標準物質

〔テーマ題目50〕有機化学標準の開発・供給(運営費交付金)

〔研究代表者〕加藤 健次 計測標準研究部門有機分析科有機標準研究室長

〔研究担当者〕石川啓一郎、井原 俊英、渡邊 卓朗、
清水 由隆、松本 信洋、岩澤 良子、
堀本 能之、鮑 新努、新 重光、
水飼 緑、内田 直子、大塚 聡子、
大手 洋子、野口 文子、三浦 直子
(職員12名、他4名)

〔研究内容〕

標準ガス及び有機標準物質に関しては、基準物質の純度測定法、不純物測定のための高感度分離分析手法、値付けに必要な高精度分析法、質量比混合法による標準物質の調製法の開発を行い、供給を目指した設備の整備および品質システムの整備を行った。H14年度は、2種類(各3成分混合)のガスおよび2種の高純度の有機標準物質を開発した。また、標準物質の国際比較には4件参加した。現在 appendix-c に NMIJ として登録予定の標準ガス12種、高純度有機物質6種については H14年度10月にピアレビューを受け AS-NITE 認定の申請を行った。

〔分野名〕標準

〔キーワード〕有機化学標準、標準ガス

〔テーマ課題51〕界面を利用した高感度計測手法の研究(運営費交付金)

〔研究代表者〕加藤 健次 計測標準研究部門有機分析科有機標準研究室長

〔研究担当者〕羽田 晴美(職員2名)

本研究は環境計測等の分野で供給が要望されている環境中あるいは生体中の極微量の成分を高感度に測定する手法を界面を利用した分光分析法を利用して開発し、これらの標準物質の開発に資するものである。13年度に引き続きキレート剤など選択的反応試薬の開発、及び、これらを利用した表面の修飾法と高感度な界面分光検出法の組み合わせによって、高感度な分析手法について検討した。また、電気化学的手法との組み合わせによる、界面に吸着物質の解析に関しては、タンパク分子等の界面への吸着挙動に関して定量的なデータ情報を得て、界

面計測手法の実用化に向けた検討を行った。また、化学センサー用光導波路の開発を目指して、光導波路の製造プロセス技術及び計測装置の最適化などについて検討を行った。

〔分 野 名〕 標準

〔キーワード〕 界面を利用した高感度計測

〔テーマ課題52〕 高分子標準物質の開発供給（運営費交付金）

〔研究代表者〕 衣笠 晋一 計測標準研究部門有機分析科高分子標準研究室長

〔研究担当者〕 齋藤 剛、松山 重倫、島田かより、板倉 正尚、木下 美雪（職員4名、他2名）

〔研究内容〕

①高分子標準物質2種（ポリスチレン（PS）とポリカーボネート（PC））の研究開発、②サイズ「分離」クロマトグラフィーにおける分離機構の解明、③ビスフェノールA（BPA）分析用標準物質等の研究、④サイズ排除クロマトグラフィー／多角度光散乱検出器（SEC/MALLS）法の高精度化と国内共同研究の推進、⑤MALDI-TOFMS の定量性に関する産総研内共同研究と独 BAM および米 NIST との二国間協力（含、二国間比較）、および国際比較への参加、⑥定量 NMR の高度化と CCQM 国際比較へ参加、および LC-NMR の高精度化と SI トレーザブルな値付け法の開発。

〔分 野 名〕 標準

〔キーワード〕 高分子標準

〔テーマ課題53〕 有機化合物のスペクトルデータベースシステム（SDBS）の整備と高度利用化（運営費交付金）

〔研究代表者〕 衣笠 晋一 計測標準研究部門有機分析科高分子標準研究室長

〔研究担当者〕 齋藤 剛、石川啓一郎、牛澤 浩一、日下部真理、滝澤 祐子、和佐田宣英（職員7名）

〔研究内容〕

①スペクトルデータのデータ収集と更新

(1) IR スペクトル：スペクトル測定条件の決定と環境整備を行った。(2) NMR スペクトル：新規あるいは既存化合物について NMR スペクトルの測定、解析、追加登録を行った。NMR スペクトルについて新しい入力ツールのプロトタイプを作成した。(3) MS スペクトル：新規化合物について MS スペクトルの測定、解析、追加登録を行った。(4) SDBS 化合物辞書の整備：新規化合物の登録（化合物名、分子式、構造式、CAS 番号の調査と入力）、既登録化合物のデータ整備（CAS 番号、構造式の調査と入力）、共同研究などを通じた辞書の整理と修正、および化合物辞書の統一を

行った。

〔分 野 名〕 標準

〔キーワード〕 有機化合物のスペクトルデータベース

〔テーマ課題54〕 表面・薄膜計測および標準物質の開発（運営費交付金）

〔研究代表者〕 小島 勇夫 計測標準研究部門先端材料科長

〔研究担当者〕 東 康史、藤本 俊幸、城 昌利、福本 夏生、孫治 湖、喻 利花、許 俊華（職員7名、他1名）

〔研究内容〕

先端材料分野における研究・開発を支援する目的で、十分な精度を有する多層膜標準物質と薄膜標準物質を開発する。また、これらの標準物質の認証のために必要な計測技術を確立することをめざし、それにかかわる基礎研究を行う。さらに、薄膜材料の構造と物性に関する基礎的研究を行う。

多層膜・極薄膜標準物質の開発にむけて、X 線反射率法による精密評価技術について基礎研究を行った。その結果、薄膜構造評価において膜厚・密度等に影響を与える要素として試料のマクロな形状が評価されることを確認した。また、標準物質としては、各層の厚さが20nm の SiO₂/Si 多層膜標準物質の作製および計測技術を確立し、早期の認証を目指した。さらに、特に極薄膜標準物質の開発の準備として2~10nm の Si 基板上の SiO₂薄膜の X 線反射率測定を行い、エリブソメトリー法、X 線光電子分光測定の結果と比較を行い表面汚染物評価が膜厚評価の不確かさ軽減の重要な要素であることを確認するとともに、SiO₂極薄膜の膜厚測定に関する CCQM パイロットスタディに参加した。また、X 線光電子分光分析法による定性分析および定量分析の標準化の基礎的検討も行った。定性分析については分析分科会においてエネルギー軸の較正法について ISO 規格に準拠した共同実験を実施し、定量分析については分光器の透過関数補正法について実験および理論の両面で検討を行った。さらに、薄膜・多層膜のマイクロハードネスの評価を行った。平成12年度に開発・認証した GaAs/AlAs 超格子標準物質の経時変化測定を行った。分析分科会において開発する標準に関連する共同試験2件を行った。

〔分 野 名〕 標準

〔キーワード〕 表面・薄膜計測

〔テーマ課題55〕 マイクロビームによる材料局所分析と標準物質開発に関する研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕 梅原 博行 計測標準研究部門先端材料科材料分析研究室長

〔研究担当者〕 寺内 信哉、小島 勇夫（職員3名）

〔研究内容〕

EPMAによる表面化学分析法の標準化を目指し、鉄中にクロム、ニッケル、炭素をそれぞれ単独に添加した濃度偏析の非常に少ない均一な鉄合金標準物質に関する研究を行った。これまでに検討してきたマイクロ偏析の少ない鉄合金作製技術（溶解、鋳造、鍛造、圧延、熱処理等の技術）を基に、鉄-クロム合金（5-40%）、鉄-ニッケル合金（5-60%）、鉄-炭素合金（0.1-0.7%）を新たに作製した。これらの試料に対して、バルク材の組成決定のための化学分析を行うとともに、試料中の合金添加元素の均一性を確認するため、EPMAを用いた測定を行った。それらの結果に基づいて測定データに対して統計的な処理を行い、ミクロンオーダーの偏析や組成のばらつきについて評価した。このような分析及び評価を行うとともに、早期の標準物質の認証を目指した。また、電導性を有するホウ化マグネシウムのスパッタリングによる皮膜作製条件の検討を行うとともにマイクロビームによる皮膜の解析を行った。

【分野名】標準

【キーワード】マイクロビーム、材料局所分析

【テーマ課題56】多次元構造変化・動的過程の in-situ 計測技術（運営費交付金）

【研究代表者】小島 勇夫 計測標準研究部門先端材料科長

【研究担当者】藤本 俊幸、東 康史（職員3名）

【研究内容】

低エネルギーの光電子を利用した実験室レベルの表面分析技術を開発し、固体表面を高感度で計測するための基礎研究を行う目的で、偏光紫外光源の立ち上げのための必要な機材の準備を行った。本研究は、薄膜の in-situ 精密計測や、極短時間における表面動的計測の実現を目指すもので、次世代の標準開発に役立つことが期待される。

【分野名】標準

【キーワード】薄膜、動的計測

【テーマ課題57】荷電粒子による材料分析およびプラズマ計測の標準化（運営費交付金）

【研究代表者】小島 勇夫 計測標準研究部門先端材料科材料長

【研究担当者】富樫 寿、平田 浩一、小林 慶規、伊藤 賢志（職員5名）

【研究内容】

イオン注入標準物質の開発においては、ドーパント量を定量化する必要がある。イオン散乱法で定量する場合は、測定時のイオン照射量を正確に測定する必要がある。平成14年度の実験で、通常行われている2次荷電粒子を試料にかけたバイアスで引き戻し、試料電流を測定する方法では、2次荷電粒子の一部を捕捉できなくなることがわかった。そのため、イオン散乱装置の照射量測定シ

ステムにおける2次粒子捕捉部の改修を行い、照射量測定精度を向上させることを検討した。低温プラズマ中の化学種測定法の検討、レーザー脱離法による化学種の定量的計測法の検討、エリプソメトリーによる空孔計測、イオン注入シリコン中のドーパント元素深さ分布の評価、イオン照射時の2次粒子放出現象の研究を行った。

【分野名】標準

【キーワード】薄膜空孔標準、薄膜空孔分析、イオン注入標準、イオン散乱分析、プラズマ計測

【テーマ課題58】高純度基準物質の開発に関する研究

【研究代表者】小島 勇夫 計測標準研究部門先端材料科材料長

【研究担当者】川原 順一、小林 慶規（職員3名）

【研究内容】

代表的環境ホルモンと考えられるフタル酸エステル類の中でも、工業的生産過程（図）で混入してくる不純物の分離除去が困難と考えられるフタル酸ジエチルを取り上げ、向流クロマトグラフィ（CCC）の有用性の検証に成功した。さらに、環境ホルモン中の不純物除去に適した高選択性の2相溶媒系を開発出来る可能性も示された。

【分野名】標準

【キーワード】高純度基準物質

【テーマ題目59】計量器の基準適合性評価に関する業務（運営費交付金）

【研究代表者】上田 升三 計測標準研究部門計量標準技術科型式承認技術室長

【研究担当者】西川 賢二、池上 裕雄、分領 信一、木村 守男（職員5名）

【研究内容】

血圧計、抵抗体温計、密度浮ひょう等の5機種について、国際的に認められる技術基準と整合化を図るため検則の JIS 化の動きと共に、国際基準との整合化を進めている。

また、計量標準総合センター全体で活用できる特定計量器の型式の承認に関わる認証システム（ガイド65）のドキュメントの作成を進めた。

型式承認業務は、当科が担当する計量器について、概ね50型式について国内技術基準への適合性を評価するとともに、型式承認軽微変更届出約140件の承認業務、つくば実施分も含め特定計量器の事前審査約300件、事前相談約50件を実施した。

また、計量器のソフトウェア認証に関する調査については、この分野で最も進んでいる欧州の動向調査、情報収集に努め、日本国内におけるソフトウェア認証の在り方を検討した。

【分野名】標準

【キーワード】計量器の基準適合性評価

〔テーマ題目60〕 法定計量業務及び計量標準供給業務
(運営費交付金)

〔研究代表者〕 堀田 正美 計測標準研究部門計量標準
技術科校正試験技術室長

〔研究担当者〕 田中 彰二、田中 洋、上田 雅司、
戸田 邦彦、浜川 剛、三倉 伸介、
井上 太、西川 一夫 (職員9名)

〔研究内容〕

当科が担当する基準器検査(長さ計、ガラス製温度計、
圧力計、浮ひょう、ガラス製体積計) 3400件及び計量器
の型式承認試験(抵抗体温計、電子血圧計) 35件、比較
検査(酒精度浮ひょう) 100件及び依頼試験(ガラス製
温度計、ガラス製体積計) 30件を実施した。また、当該
業務実施区割の本年度よりの変更に伴い基準器検査及び
検定(温度計及び浮ひょう)の設備移転・整備を終了し
た。実施業務に関する試験・検査品質マニュアル技術編
のドキュメント作成を継続した。さらに、非自動はかり
を対象にソフトウェア検証の検討及び情報収集を実施
した。

〔分野名〕 標準

〔キーワード〕 法定計量

〔テーマ題目61〕 長さゲージへの標準供給に関する研究
(運営費交付金)

〔研究代表者〕 堀田 正美 計測標準研究部門計量標準
技術科校正試験技術室長

〔研究担当者〕 三倉 伸介、井上 太 (職員3名)

〔研究内容〕

直径標準の供給を目的としてリングゲージ及びプラグ
ゲージの校正装置整備を進め、目標とした不確かさ0.3
 μm 以内でリングゲージは20mm~100mm、プラグゲ
ージは100mm以下の校正範囲で依頼試験を可能にした。
また、リングゲージ及びプラグゲージ共に100mmを超
え200mmまでの校正範囲で目標とした不確かさ0.5
 μm より小さい不確かさ0.4 μm で依頼試験を可能にした。

〔分野名〕 標準

〔キーワード〕 長さゲージ

②【地球科学情報研究部門】

(Institute of Geoscience)

(存続期間：2001.4.1~)

研究部門長：加藤 碩一

副研究部門長：久保 和也、富樫 茂子

総括研究員：松久 幸敬、久保 和也、村上 裕
富樫 茂子、須藤 茂

部門付：富樫 幸雄、吉田 史郎、牧本 博、
鹿野 和彦、中島 隆

所在地：つくば中央第7

人員：209 (84) 名

経費：782,335千円 (580,402千円)

概要：

本研究部門の目標は、「地質の調査」を実施するこ
とによって国土の属する日本島弧地域を主要対象に、
地球表層~深部におけるより高次の地球科学的実態の
解明・把握に努め、当該分野の知的資産の形成・知的
基盤の構築・整備に寄与することである。

また、特に社会的要請の高い地震・火山などに対す
る国の研究を分担し、中立公正な地球科学情報の提供
を心掛け、国民社会の安寧や産業発展に貢献するもの
である。

さらに、国土の地球科学情報の高度化・標準化・総
合化に必要な情報技術の開発・導入を進め、国内外へ
の一層の成果普及に資するものである。

また、国際的な地質調査所ネットワークの中で、我
が国の地質調査研究分野における中核となることを目
指し、日本と関連の深いアジア地域の地質情報整備に
積極的に関わっていく。

重点研究課題：

「地質の調査」における地質情報、地球物理情報、
地球化学情報、地球科学情報解析、地震関連情報及び
火山・マグマ情報に集約した6重点課題を縦軸とし、
新たな戦略的重点課題として地球科学情報の国際標準
化、アジアの地球科学情報高度化、及び先端的地球科
学技術開発を横軸として、研究グループの連携強化を
図る。

外部資金

経済産業省 「原子力安全基盤調査研究(総合的評価)
活断層等調査費 地下地質調査費 活断層等周辺地下地
質調査に関する研究」 6,276千円

経済産業省 「地球環境遠隔探査技術等調査研究委託費
(次世代高分解能衛星センサによる地質構造情報識別技
術の研究)」 5,444千円

運輸施設整備事業団 「平成14年度大都市における火山
灰災害の影響予測評価に関する研究(火山灰災害の直接
的影響予測システムに関する研究)」 7,114千円

財団法人地球環境産業技術研究機構 「地中貯留サイト
選定のための超臨界 CO₂挙動予測ツールの開発」
2,113千円

独立行政法人防災科学技術研究所 「大都市大震災軽減
化特別プロジェクト 大深度ボーリング試料による地質
年代調査」 7,876千円

財団法人データベース振興センター 「G-XML 技術を

用いた電子地質図の高度利用化の研究開発」 7,353千円

経済産業省 試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの） 「地球化学図による全国的な有害元素のバックグラウンドと環境汚染評価手法の高度化に関する研究」 26,079千円

経済産業省 科学技術総合研究委託費 「海底熱水系における生物・地質相互作用の解明に関する国際共同研究コア採取孔上の物理量の長期変動の研究」 4,569千円

経済産業省 科学技術総合研究委託費 「風送ダストの大気中への供給量評価と気候への影響に関する研究 風送ダストの長距離輸送過程の実態解明に関する研究 風送ダスト粒子の物性に関する研究 風送ダスト粒子の物性に関する研究」 6,983千円

経済産業省 科学技術総合研究委託費 「雲仙火山：科学掘削による噴火機構とマグマ活動解明のための国際共同研究 雲仙火山及び島原半島の火山発達史並びに3次元構造モデル化の研究 雲仙火山形成史及び島原半島地質構造の解明 火山体形成史とマグマ進化の解明」 12,712千円

経済産業省 科学技術総合研究委託費 「地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究 地震波伝搬特性の高精度に関する研究 強振動評価に用いる地下構造の物性値に関する研究 S波速度構造の解析手法」 2,587千円

経済産業省 科学技術総合研究委託費 「陸域震源断層の深部すべり過程のモデル化に関する総合研究 下部地殻内の変形機構に関する研究 地質学的解析による深部断層岩の解析」 80,804千円

経済産業省 試験研究調査委託費（環境研究総合推進費に係るもの）新規 「二酸化炭素収支のモデルによる予測のための情報基盤整備」 12,550千円

東京大学 「富士火山の噴火様式の進化に関する研究」 9,223千円

発表：誌上発表146（98）件、口頭発表387（102）件、その他166件

堆積層序システム研究グループ
(Sedimentary Geology Group)

研究グループ長：尾崎 正紀

(つくば中央第7)

複合構造システム研究グループ
(Tectonics Group)

研究グループ長：栗本 史雄

(つくば中央第7)

火山複合システム研究グループ
(Volcanic System Research Group)

研究グループ長：中野 俊

(つくば中央第7)

深成変成システム研究グループ
(Plutonic and Metamorphic Geology Group)

研究グループ長：松浦 浩久

(つくば中央第7)

地質統合研究グループ
(Integrated Geology Group)

研究グループ長：木村 克己

(つくば中央第7)

複合年代層序研究グループ
(Integrated Bio-and Chronostratigraphy Group)

研究グループ長：柳沢 幸夫

(つくば中央第7)

概要：

上記の6研究グループは「地質の調査」ミッションの基幹研究である地質図に関連した研究を協力して行っており、テーマは以下の3つに大きく区分できる。1) 「地質図・地球科学図の作成」：日本列島の地質学的実態の解明・把握を行い、その成果を5万分の1地質図幅をはじめとする各種地質図幅等のマップ情報として作成・公開する。2) 「情報の数値化・標準化・データベース整備」：地質図情報の有効利用のための各種検討を行い、情報の利便性の向上を図ると共に知的基盤として整備する。3) 「地質の調査のための基盤的基礎的研究」：複雑な地質構造を示す日本列島の、今なお課題として残されている地史未詳地質体について、層序学・岩石学・構造地質学・古生物学・放射年代学などの様々な地球科学的手法を駆使して総合的に地質現象を把握する。中でも平野地下に伏在する沖積層については探査・分析技術の開発とともに、物理探査・地盤工学等の専門分野融合的な研究を実施し、層序・堆積物物性・埋没地形・堆積環境の高精度な解析を行う。また、放射年代・生物層序・物理層序・化学層序など様々な地質年代層序の信頼性・分解能の向上と複合に関する基礎的研究を行い、標準年代層序の枠組みを構築し、地質の調査のための基盤を提供する。

研究の実施に当たっては、6研究グループが中心となり、本研究部門の総括研究員や部門付き及び他研究グループ員、他研究ユニットの研究員、大学等の外部研究機関の研究者との協力体制をとっている。

研究テーマ：

テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3、大都市圏平野地下地質・構造解析と地震予測応用研究（融

合化)

地球物理情報研究グループ

(Geophysical Mapping Research Group)

研究グループ長：大熊 茂雄

(つくば中央第7)

地殻構造研究グループ

(Tectonophysics Group)

研究グループ長：横倉 隆伸

(つくば中央第7)

概要：

知的基盤情報課題として、全国規模の地球物理データを統一的なデータ取得・処理により収集・蓄積し、各種地球物理図の編集・出版と地球物理データベースの構築・公開を行う。技術開発課題として、火山災害軽減研究のため、空中磁気探査の機器開発と山体安定性評価手法の確立、また強震動予測研究のため、地下深部の基盤に到るまでの S 波速度構造の探査・解析手法の確立を行う。これら重要課題を支える根幹としての基礎研究・データ取得を充実させる。特に地下深部の不均質構造探査をキーワードとして、種々の探査手法を組み合わせて不均質構造の相互関係などを検討する。また研究を世界レベルに保つよう努め、国内外で共同研究・協力を実施し、国・自治体・学会等にも貢献する。

研究テーマ：

テーマ題目 4、テーマ題目 5、テーマ題目 6、地球物理学的手法によるイタリア火山の活動推移評価に関する研究、地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究、海底熱水系における生物・地質相互作用の解明に関する国際共同研究、活断層等周辺地下地質調査に関する研究

地球化学研究グループ

(Geochemistry Group)

研究グループ長：今井 登

(つくば中央第7)

概要：

地球化学情報の集積・活用と高度な分析技術の開発を目的とし、全国版200万分の1等の地球化学図作成、風送ダスト、地球化学標準試料、地球化学情報のデータベース化、これらに必要な高度な分析技術の開発を行った。最近の土壌汚染に対する関心の高まりを受けて、全国をカバーする地球化学図を作成し地球化学図を利用した有害元素等のバックグラウンド値の評価を行うとともに、中国-日本間の地球化学サイクルにおける風送ダストの観測、岩石標準試料の整備とデータベース化、標準値の設定を行った。

研究テーマ：

テーマ題目 7、テーマ題目 8、テーマ題目 9

微小領域同位体研究グループ

(Micro-scale Isotope Geochemistry Group)

研究グループ長：森下 祐一

(つくば中央第7)

概要：

地質現象を支配するマイクロなプロセスの解明には、微小領域の同位体比分析が不可欠です。当研究グループでは、二次イオン質量分析法 (SIMS) を用いた鉱物の微小領域精密同位体分析法の開発を進め、その他の分析手法も用いて、火山活動や鉱床生成に関連したマグマ-熱水系の研究や地球環境変遷の解読、更には惑星集積進化に関する研究など、地球科学における重要な研究課題の中でも、空間分解能が低い等の測定法の制約により従来研究が進まなかった未踏課題の解明を行ないます。

火山の噴火メカニズム研究や鉱物資源探査等の社会的に重要な課題を見据えつつ、基礎的研究の成果に基づき知的基盤を構築します。また、高感度・高質量分解能の大型 SIMS に関する共通の研究手法を基盤として幅広い分野の課題に対応し、分野横断的な研究を目指します。

研究テーマ：

テーマ題目 10

地震地下水研究グループ

(Tectono-Hydrology Research Group)

研究グループ長：小泉 尚嗣

(つくば中央第7)

概要：

国の地震予知事業および地震調査研究業務を分担し、地殻活動と地下水変動の関係を解明するために、地下水等の観測・研究業務を行っており、地震および火山活動に関連する地下水変化における日本の中核的研究グループである。東海・近畿地域を中心に、全国に40以上の観測井を展開し、地下水の水位・自噴量・水温・水質・ラドン濃度等の観測とともに、一部の観測点では、歪・GPS・傾斜計等による地殻変動の同時観測も行っている。これは、地震予知研究のための地下水観測網としては質・量において世界有数のものである。観測データは電話回線を通じて当グループに送信され(一部重要データは気象庁にもリアルタイムで送られて東海地震予知のための監視データとなっていて)、地下水等の変動メカニズム解明のための研究が行われている。観測結果はデータベース化を図りつつ、解析手法とともにホームページを通じて公開しており、地震防災対策強化地域判定会(東海地震の予知判定を行う気象庁長官の諮問機関)・地震予知連絡会・地震調査委員会(地震調査研究推進本部)に定期的にデータを報告・説明している。

研究テーマ：

テーマ題目 11

地震発生過程研究グループ

(Earthquake Process Research Group)

研究グループ長：桑原 保人

(つくば中央第7)

概要：

本研究グループは地震被害軽減のため、地震発生から強震動生成までの各過程において、活断層深部で起こる現象の現実的なモデルを作成することを目的に研究を行っている。地震調査研究推進本部、測地学審議会の建議の指針に基づいた国の地震調査研究の一翼を担っており、グループの成果は国の地震調査、観測にフィードバックされる。地質学、地球物理学、地震学の各分野の研究者の融合により、新しい観点からの地震、地震動の発生予測を目指している。活断層深部構造解明のための地震学的、地球物理学的構造調査、断層破碎帯の変形過程解明のための詳細な地質学的調査、地殻下部の高温高压環境を実現できる世界有数の実験装置を使用した変形実験等を行っている。

研究テーマ：

テーマ題目11

実験地震学研究グループ

(Experimental Earthquake Physics Group)

研究グループ長：佐藤 隆司

(つくば中央第7)

概要：

地殻物質の流動・破壊・摩擦機構に関する室内岩石実験を系統的に実施し、得られた知見にもとづき地殻変動のモデルを高度化する。さらに、数値シミュレーション手法の開発等の研究をとおして、地震発生および岩盤破壊に先駆する変動の予測精度向上に寄与することを目指す。

実験的研究とそれにもとづくモデル化や数値シミュレーションに関する研究は、密接な連携を保ちつつ進める必要がある。本研究グループは、一つのグループ内でこれらの研究を行うことのできる数少ないグループのひとつである。

研究テーマ：

テーマ題目11

火山活動研究グループ

(Volcanic Activity Research Group)

研究グループ長：宇都 浩三

(つくば中央第7)

マグマ活動研究グループ

(Magmatic Activity Research Group)

研究グループ長：篠原 宏志

(つくば中央第7)

概要：

短期的火山噴火予知・活動推移予測の基礎となる、噴火機構・マグマ供給系の物理化学モデルの構築を目指し、マグマ系における化学反応・力学過程などの素過程の実験・理論的研究と活動的火山の観測・調査に基づきマグマ活動の把握およびモデル構築を行います。

社会的要請への組織的かつ機動的な対応のために必要な調査・研究の調整を実施するとともに、火山噴火発生時には、直ちに情報収集の体制を組み、必要に応じて緊急調査研究を実施し、現地調査観測情報および関連情報を一元的かつ速やかに提供します。

研究テーマ：

テーマ題目12、雲仙火山：科学掘削による噴火機構とマグマ活動の解明に関する国際共同研究（科振費）、富士火山の噴火様式の進化に関する研究（国立大学受託費）

アジア地図情報研究グループ

(Asian Geoinformation Research Group)

研究グループ長：脇田 浩二

(つくば中央第7)

概要：

東・東南アジアを中心とし北東アジア及び南西アジアまで視野に入れて、地球科学情報を収集・解析します。さらに、データを数値化し、地理情報システムで解析する応用技術の研究を推進します。

アジアの地質は多様であり、日本とは地質学的に密接な関係がある部分と、大きく異なる部分とがあります。当研究グループでは、長期の派遣を含む国際共同研究に基づいた幅広い情報収集により、アジアにおけるさまざまな地球科学情報を編集し、数値地質図やCD-ROMのかたちで社会へ発信していきます。

研究テーマ：

テーマ題目13、テーマ題目14、テーマ題目15、テーマ題目16、テーマ題目17

情報解析研究グループ

(Information Research Group)

研究グループ長：村田 泰章

(つくば中央第7)

概要：

地球科学情報の高度化・標準化・総合化を図るため、情報処理・統合解析技術の研究を発展させる。そのため、日本および周辺地域の統合地球科学データベースのモデル構築・GIS化とその高度化、数理地質学・統計学的な情報処理、地球科学情報収集・発信機能に係わる研究を行う。当研究グループの特徴は、数多くの地球科学関連データベースの構築に携わるだけでなく、数理地質学・統計学的手法等の導入による地球科学情報の高度解析の研究と、データと解析ツールをシステム化した統合地球科学データベースの研究を行っていることである。

研究テーマ：

テーマ題目18、地球物理情報の研究（地球物理図の編集とデータベースの構築）、活動的大規模火山での高分解能空中磁気探査の実用化の研究、地質情報の高度利用に関する研究（融合化）、大都市圏平野地下地質・構造解析と地震予測応用研究（融合化）、G-XML

技術を用いた電子地質図の高度利用化の研究開発

地質リモートセンシング研究グループ

(Geologic Remote Sensing Research Group)

研究グループ長：佐藤 功

(つくば中央第7)

概 要：

衛星データを活用し、地球科学情報の創出ならびに知的基盤情報の拡充を通じて、国土の有効利用および地質災害の軽減を研究目的として、地質リモートセンシングの研究を実施する。新たな地質情報基盤の拡充を目指した火山衛星画像データベースの構築ならびに地盤変動図の作成に関する研究など、防災上欠かせない情報の提供に貢献します。

研究テーマ：

テーマ題目19

地質標本研究グループ

(Mineralogy and Paleontology Research Group)

研究グループ長：奥山 康子

(つくば中央第7)

概 要：

地質標本館登録の岩石・鉱物・化石など多様な地質標本について、地質年代と古環境の標準的指標を導き、地球構成物質の多様性を解明する地球科学的研究を行っています。これにより、経済産業省および産業技術総合研究所のミッションのひとつである「地質の調査」についての、基礎的・基盤的データを提供します。また、地球科学的諸計測のための標準岩石試料の開発をめざします。あわせて、地球科学の専門知識をもって地質標本館の標本登録と管理を支援します。

研究テーマ：

テーマ題目20、テーマ題目21、テーマ題目22

【テーマ題目1】地質図・地球科学図の作成（運営交付金）

【研究代表者】 尾崎 正紀、栗本 史雄、中野 俊、松浦 浩久、木村 克己、柳沢 幸夫

【研究担当者】 尾崎 正紀、宮地 良典、長森 英明、小松原 琢、原 英俊、栗本 史雄、竹内 圭史、中江 訓、斎藤 眞、中野 俊、土谷 信之、吉川 敏之、古川 竜太、石塚 吉浩、松浦 浩久、高橋 浩、宮崎 一博、西岡 芳晴、木村 克己、巖谷 敏光、宝田 普治、吉田 史郎、柳沢 幸夫、渡辺 真人、高橋 雅紀、久保 和也、牧本 博、鹿野 和彦（職員28名、その他72名）

【研究内容】

5万分の1地質図幅に関しては、妙高山、冠山、吾妻山、北川を始めとする22地域の地質調査を当初計画に基づき進捗させた。戸隠、水口、高砂、近江八幡、富津、忠類、

粉河、石垣島東部の8地域の図幅について地質原図及び原稿を完成した。

20万分の1地質図幅については、一関、白河、屋久島を始めとする5地域の地質調査を進捗させた。福島、熊本の2地域の地質原図・原稿を完成した。

【分野名】 地質・海洋

【キーワード】 5万分の1地質図、20万分の1地質図

【テーマ題目2】情報の数値化・標準化・データベース整備（運営交付金）

【研究代表者】 尾崎 正紀、栗本 史雄、中野 俊、松浦 浩久、木村 克己、柳沢 幸夫

【研究担当者】 尾崎 正紀、宮地 良典、長森 英明、小松原 琢、原 英俊、栗本 史雄、竹内 圭史、中江 訓、斎藤 眞、中野 俊、土谷 信之、吉川 敏之、古川 竜太、石塚 吉浩、松浦 浩久、高橋 浩、宮崎 一博、西岡 芳晴、木村 克己、巖谷 敏光、宝田 普治、吉田 史郎、柳沢 幸夫、渡辺 真人、高橋 雅紀、久保 和也、牧本 博、鹿野 和彦（職員28名、その他72名）

【研究内容】

地質図幅のベクトル化に関しては、1/5万地質図幅78地域のベクトル化を終了し、データファイルを整備した。

20万分の1数値地質図（シームレス地質図）のうち、北海道及び大都市地域については完成した。また、数値地質図として200万分の1日本地質図、20万分の1数値図幅集「北海道北部」・「北海道南部」を発行した。

地質図文献データベースの予察的研究として、5万分の1地質図幅未刊地域に係わるデータベースのプロトタイプ設計と一部データの蓄積を進めた。

地層名検索データベースの研究においては、地層名新規登録・更新の継続、第四紀火山データベースの継続的更新、火成岩体検索データベースの新規作成を行った。

【分野名】 地質・海洋

【キーワード】 データベース、シームレス地質図、数値地質図

【テーマ題目3】地質の調査のための基盤的基礎的研究（運営交付金）

【研究代表者】 尾崎 正紀、木村 克己、柳沢 幸夫

【研究担当者】 尾崎 正紀、宮地 良典、長森 英明、小松原 琢、原 英俊、栗本 史雄、竹内 圭史、中江 訓、斎藤 眞、中野 俊、土谷 信之、吉川 敏之、古川 竜太、石塚 吉浩、松浦 浩久、高橋 浩、宮崎 一博、西岡 芳晴、木村 克己、巖谷 敏光、宝田 普治、吉田 史郎、柳沢 幸夫、渡辺 真人、

高橋 雅紀（職員25名、その他1名）

〔研究内容〕

島弧地質の研究では、多岐にわたる基盤的基礎的研究7テーマ、すなわち地震に伴う地形変化、変動堆積盆、緑色岩メランジュ、第三系火山岩の時空分布、秩父帯・四万十帯の構造、地殻中下部のダイナミクス、噴火現象の特性解析について、野外調査、年代測定および試料の解析・分析を実施した。

平野地下地質の研究では、東京低地と中川低地の2箇所において沖積層の層序ボーリング（60-70m 長）とボーリングコア（6本、合計350m 長）の高精度解析を実施し、探査・分析技術の開発を行うとともに、その結果を基準層序として整備して既存のボーリングデータ1500本の収集・整備・評価を行った。

複合年代層序の研究では、微化石層序、古地磁気層序および放射年代のさらなる精度の向上と複合を進めるとともに、広域火山灰層を含む火山灰層序や同位体層序も統合して、新第三紀における標準複合年代尺度の汎用性を高めることを目標に研究を実施した。その結果、微化石層序では、世界ではじめて精度のよい放射年代と珪藻化石生層準を直接対比することに成功した。また、新第三紀の火山灰層序と微化石層序の統合に向けた基礎的データを得た。

〔分野名〕地質・海洋

〔キーワード〕島弧、標準年代尺度、年代層序、平野地下地質

〔テーマ題目4〕地球物理図の編集とデータベースの構築に関わる研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕大熊 茂雄（地球科学情報研究部門地球物理情報研究グループ）

〔研究担当者〕広島 俊男、駒澤 正夫、森尻 理恵、中塚 正、村田 泰章、名和 一成、牧野 雅彦、石原 丈実（職員9名、他4名）

〔研究内容〕

1. 重力基本図の研究：20万分の1唐津地域重力図を完成するとともに、山口県北部および広島県の重力調査を実施した。数値目標に加え、基礎研究の成果として5万分の1筑波山周辺地域重力図を完成した。
2. 空中磁気図の研究：地殻活動域の空中磁気図として、有珠火山地域高分解能空中磁気図を完成した。
3. 日本全国空中磁気データベースの研究：データベース構築のため、産総研（地質調査所）・NEDO などのデータを接合、編集した。

〔分野名〕地質・海洋

〔キーワード〕地球物理図、重力図、空中磁気図、岩石物性、地球物理データベース

〔テーマ題目5〕空中物理探査による火山の山体安定性

評価手法の開発に関する研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕大熊 茂雄（地球科学情報研究部門地球物理情報研究グループ）

〔研究担当者〕広島 俊男、駒澤 正夫、森尻 理恵、中塚 正、斎藤 英二、中野 俊、内田 利弘、杉原 光彦（職員9名、他4名）

〔研究内容〕

富士火山で調査可能な高分解能空中磁気探査装置を整備し、検証調査飛行を実施した。一方、火山地域地球物理総合図に必要なデータを整備するとともに、有珠火山地域の見掛け比抵抗分布図を公表した。

〔分野名〕地質・海洋

〔キーワード〕火山、有珠火山、山体崩壊、空中物理探査、火山地域地球物理総合図、火山災害の軽減

〔テーマ題目6〕地殻構造の研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕横倉 隆伸（地球科学情報研究部門地殻構造研究グループ）

〔研究担当者〕加野 直巳、山口 和雄、田中 明子、大滝 壽樹、伊藤 忍、駒沢 正夫、横田 俊之、高倉 伸一（職員9名、他7名）

〔研究内容〕

1. 大都市圏精密基盤構造図および衛星地盤変動図作成手法に関する研究：大都市圏精密基盤構造図作成のため京都盆地南部のボーリングデータを数値化し、西部域の基盤構造を解明した。首都圏基盤構造モデル作成の一環として、東京湾一帯総台地南北トランセクト断面作成のため反射法調査を実施。衛星レーダー干渉測定法の地球科学的応用に関する3年間にわたる共同研究の報告書を執筆、関連機関との間で発表を検討中。
2. 地殻深部の不均質構造に関する研究：日本列島下の地殻内温度データと地震発生下限深度の関係を解明した。また高精度微小地震分布の下限と反射的の下部地殻の間に明瞭なギャップの存在を示し、温度分布との相関を確認した。微小地震の初期破壊過程に関し、破壊規準を導入したモデルやプレスリップモデル・カスケードモデルで説明した。散乱波や表面はトモグラフィーなどにより、各種のマンテル内不均質構造を解析した。
3. 平野部の深部地下構造に関する研究：P-S 変換波反射法の探査手法開発のため、やや複雑な構造で基盤深度が深い地域で野外実験を実施し、十分解析に耐えうる振幅を有するデータを取得した。
4. インドネシアにおける広帯域地震観測網のデータを用いた南極下の内核-外核境界付近の地震学的速度構造の解明（部門内萌芽的課題）：南極下の内核外核境

界の地震波速度構造を解析し、結果を公表。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] 大都市圏精密基盤構造図、平野部、基盤構造、衛星地盤変動図、地殻深部、不均質構造

[テーマ題目7] [地球化学図の研究] (運営費交付金)

[研究代表者] 今井 登

[研究担当者] 今井 登、寺島 滋、岡井 貴司、御子柴真澄、太田 充恒、立花 好子、富樫 茂子、松久 幸敬、金井 豊、上岡 晃、谷口 政碩 (職員10名、他1名)

[研究内容]

全国1/200万地球化学図作成のために河川堆積物試料を主として九州・四国地域から約500試料を採取し、既存手法で分析可能な元素を分析しデータを集積した。また、有害元素の存在形態を明らかにし有害性の評価を行うため、分別溶解法等による形態分析を行った。さらに、地球化学図の精度向上のため地理情報システムを用いた詳細な流域解析を行った。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] 地球化学図、河川堆積物、環境汚染、有害元素

[テーマ題目8] 地球化学サイクルにおける風送ダストの研究 (運営費交付金)

[研究代表者] 金井 豊

[研究担当者] 金井 豊、上岡 晃、寺島 滋、太田 充恒、今井 登、松久 幸敬、清水 洋、高橋 嘉夫 (職員6名、他2名)

[研究内容]

中国-日本間の地球化学サイクルを解明するため、中国東部と日本国内の計7観測地点で定常的な観測を継続すると同時に、H14年4月とH15年3月とに集中観測期間を設定し、試料採取、粒度分布・鉱物組成・化学組成分析等を行った。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] 風送ダスト、地球化学サイクル、粒度分布、鉱物組成、化学組成

[テーマ題目9] 地球化学標準試料の研究 (運営費交付金)

[研究代表者] 今井 登

[研究担当者] 今井 登、寺島 滋、太田 充恒、岡井 貴司、御子柴真澄、谷口 政碩 (職員6名)

[研究内容]

地球化学標準試料として火成岩標準試料を新たに1個(JA-1a:安山岩)作成し、共同分析を行って標準値を

設定した。また、Biの分析法を確立するとともに、地球化学試料の分析データのデータベースへの登録を行った。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] 標準試料、岩石、鉱物、堆積物、化学組成、同位体

[テーマ題目10] 微小領域同位体に関する研究 (運営費交付金)

[研究代表者] 森下 祐一

[研究担当者] 森下 祐一、小笠原正継、木多 紀子、古宮 正利、清水 徹 (職員5名、他3名)

[研究分担者] 富樫 茂子、松久 幸敬、岡井 貴司、御子柴真澄、斎藤 元治、東宮 昭彦、宮城 磯治

[研究内容]

地球環境の変遷や地球規模での地質現象を解明するためには、太陽系の一員としての地球の成り立ちを念頭に置いて研究を進めることが必要である。この視点での地球科学は近年急速に進展しており、我が国としても高度な知的基盤を構築して国際的に貢献することが求められている。地球科学では多種の微細な鉱物からなる岩石試料や、鉱物内に複雑な構造を持つ試料を扱う必要がある。このような地質試料を簡単な系で代表させることは困難であり、複雑な系から成る地質不均質系を解明するためには、微小領域において現象の本質を研究する必要がある。

シリコン単結晶中のシリコン同位体の挙動は、従来ほとんど調べられていないが、結晶育成に伴って生じると考えられるシリコン単結晶中の同位体的不均質の原因を実験的に解明するため、帯域溶融(FZ)法赤外線イメージ炉を用いてシリコン単結晶を育成し、SIMSで同位体比測定を行なった。この結果、シリコン結晶中の同位体組成を制御する重要なパラメーターとして同位体分別係数のみならず結晶成長速度、融液の回転速度や過冷却度(温度)等の育成条件を抽出した。

一方、惑星物質として角礫岩ユレイライト隕石について、50ミクロンの単結晶アパタイト1粒から、 45.6 ± 0.3 億年の極めて古いU-Pb年代を得ることができ、ユレイライト母天体の分化は太陽系形成の初期1千万年以内であったことを示唆した。さらに、高精度SIMS同位体分析により、短寿命核種 ^{26}Al 年代として太陽系形成後 500 ± 20 万年という結果をユレイライト試料では初めて得ることに成功した。

金属鉱床に産する閃亜鉛鉱中の流体包有物の均質化温度および解凍温度を赤外線顕微鏡システムを用いて測定する技術を確認し、不透明鉱物を晶出させた熱水の物理化学環境を推定することを可能にした。この結果、不透明閃亜鉛鉱と透明閃亜鉛鉱の間で、流体包有物塩濃度に明確な違いを見出した。また、北東アジアのテクトニッ

クスとメタロジェニーの国際共同研究プロジェクトに参加し、日本の代表的な鉱床モデル図面を作成した。サンゴ試料等に関する SIMS 分析等も実施した。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】二次イオン質量分析法、微小領域分析、同位体比分析、シリコン同位体、ユレイライト隕石、年代測定、流体包有物、赤外線顕微鏡、北東アジア地質編纂図、サンゴ試料

【テーマ題目11】地震に関する研究（運営交付金、受託研究費、重点支援研究員、科研費、振興調整費）

【研究代表者】小泉 尚嗣、桑原 保人、佐藤 隆司

【研究担当者】小泉 尚嗣、高橋 誠、松本 則夫、佐藤 努、大谷 竜、桑原 保人、伊藤 久男、木口 努、藤本光一郎、今西 和俊、増田 幸治、佐藤 隆司、雷 興林（職員13名、他8名）

【研究内容】

「地震予知のための新たな観測研究計画の推進について（建議）」（測地学審議会、平成10年8月）において、産総研は、短期予知のための前兆的地下水変化の客観的な検出、活断層深部構造の把握、地震発生過程の解明等研究、平野部における地下構造調査、摩擦実験により断層運動の物理・化学過程の解明と摩擦構成則の定式化等を分担している。上記3グループはその中核で、平成14年度の成果は下記の通りである。

- 1) 東海地震の前兆的地下水位変化を算出できる観測点を6点とし、想定東海地震の前駆すべりモデルの1つのケースについて、前兆的地下水変化を算出した。また、近畿周辺の地下水観測点において、過去数年分のデータを用いて18点（20観測井）における地下水位の地殻歪感度を計算した。地下水観測データベースのプロトタイプは半年で1万以上の異なるアドレスから116,000以上のヒットがあった。
- 2) 断層深部の露頭調査によりその変形機構が脆性塑性の両方の性質を持つことを実証した。また、断層岩の高温高压下での変形特性を世界で初めて実験的に示した。地下の地震波速度と比抵抗データを統合するモデルから地下流体の存在形態を推定するアルゴリズムを作成した。断層深部に関わるデータのデータベースを作成した。断層深部構造探査手法では断層トラップ波の3次元不規則スタガードグリッドによる差分法プログラムを開発し、実データへ適用し、断層破碎帯の詳細な構造を得ることに成功した。また跡津川断層の詳細構造を得るための新規地震観測網を設置した。福井平野重力調査を行い、平野部での VSP データの編集等を進めた。
- 3) 室温・高温における強度回復実験を実施。実験シス

テムの改良を加え、岩石破壊実験を5回実施。サイクル的な応力を試料に加え断層成長段階の微小破壊データを収録。中国地震局構造物理実験室にて非均質断層のすべり実験を実施。不安定滑りの詳細な過程を解明するためのデータを集めた。また、間隙流体を注入する破壊実験を実施。南アフリカで実施するための ASR 地殻応力測定システムを構築し、国内の現場において試験測定した。多相流解析ソフトの発展及び CO₂の地中圧入後の挙動に関する数値シミュレーションを行った。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】地震予知、地下水、岩石破壊実験、すべり実験、地殻応力、活断層、深部構造、トラップ波、地球化学

【テーマ題目12】火山の研究（運営交付金）

【研究代表者】宇都 浩三（地球科学情報研究部門火山活動研究グループ）、篠原 宏志（地球科学情報研究部門マグマ活動研究グループ）

【研究担当者】星住 英夫、内海 茂、角井 朝昭、川邊 禎久、石塚 治、下司 信夫、高田 亮、松島 喜雄、斉藤 元治、東宮 昭彦

【研究内容】

三宅島・岩手両火山の火山地質図作成のための地質調査を実施すると共に、地質図面を作成中。付録とする予定の CD 出版物の内容を検討し、過去の噴出物分布などのデジタル化を実施した。第四紀火山データベースの一環として、伊豆地方の年代未詳火山岩類の岩石採集を実施し、K-Ar 年代を測定。瀬戸内火山岩類の火山活動の時間空間分布に関する論文を国際誌に2報投稿した。また、山陰地方火山岩類の既存の年代文献を収集し、年代値を整理。伊豆小笠原弧海底火山の年代測定論文を投稿すると共に、ICP-MS 法による微量成分元素化学分析技術を開発した。ハワイ、ポリネシア等の海洋島火山発達史の解明のために⁴⁰Ar/³⁹Ar 年代を測定。

岩手火山山頂における火山ガス放出量・放熱量調査、樽前火山・有珠火山・那須火山・薩摩硫黄島火山・桜島火山における火山ガス組成・放出量調査を実施。国際誌に論文1報投稿

薩摩硫黄島・九重火山・岩手火山における地震観測・地殻変動観測・放熱量観測など継続。観測結果は火山噴火予知連に報告済。

三宅島において火山ガス放出量・火山ガス組成・噴出物解析・地下水観測を継続的に実施し、火山活動の変化を火山噴火予知連に報告。国際誌に論文4報投稿済み。三宅島地下水調査結果は三宅村に報告済み。観測を継続中。

【分野名】地質・海洋

[キーワード] 火山・マグマ・噴火履歴・活動観測

[テーマ題目13] アジアの地質構造図の研究（運営交付金）

[研究代表者] 奥村 公男

[研究担当者] 奥村 公男、脇田 浩二、佐藤 正

[研究内容]

東アジア地質構造図の研究では、未出版の地質構造図のうち北半部について、地質編さんを行いシート1, 2, 3, 8部分を CD-ROM として出版した。また、東アジアの造山帯について検討し、日本の付加体との対比を行うとともに、その成果を国際学会でアジアの地質について研究発表を行った。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] アジア、地質構造図、デジタル情報、数値化、地理情報システム、GIS、CD-ROM、データベース、CCOP

[テーマ題目14] アジアの地球科学情報の研究（運営交付金）

[研究代表者] 脇田 浩二

[研究担当者] 脇田 浩二、奥村 公男、Joel. C. Bandibas、堀常 東

[研究内容]

アジアの代表として、世界地質標準会議や世界地質図委員会地質標準部会に参加し、世界の地質図情報の標準化についてアジアの立場から意見を述べた。また世界の地質情報推進の観点からシームレス地質図の作成を推進し、北海道地域のシームレス地質図を RIO-DB に公開することに積極的に関与した。東・東南アジアの微化石データベースを作成し、放散虫化石についてはほぼ完成した。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] アジア、デジタル情報、数値化、標準化、地理情報システム、GIS、CD-ROM、データベース

[テーマ題目15] 東ユーラシアの地球科学情報の研究（運営交付金）

[研究代表者] 高橋 裕平

[研究担当者] 高橋 裕平、中川 充、脇田 浩二

[研究内容]

モンゴル地質調査所の地質情報図の現状調査を行い、日本を含めた東ユーラシア各国間での地球科学情報共有の可能性を検討した。また、モンゴルの地理情報システムの研究者を日本に受け入れ、研究交流を実施した。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] アジア、モンゴル、地質図、デジタル情報、数値化、標準化、地理情報システム、GIS

[テーマ題目16] 東アジア自然災害図の研究（運営交付金）

[研究代表者] 脇田 浩二

[研究担当者] 脇田 浩二、Joel. C. Bandibas、堀常 東

[研究内容]

アジアの自然災害図の研究では、GeoHazardView というソフトウェアを開発し、アジアの自然災害図を CD-ROM 出版した。また、このソフトウェアに関して、国内外で口頭発表を行った。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] アジア、自然災害図、デジタル情報、数値化、地理情報システム、GIS、CD-ROM、データベース、CCOP

[テーマ題目17] アジアにおける深成岩定置に関する研究（運営交付金）

[研究代表者] 中川 充

[研究担当者] 中川 充、高橋 裕平、脇田 浩二

[研究内容]

アジアの深成岩の研究のための光学的研究手法を開発し、公表した。またアジアの深成岩研究の対比のために北海道において地質学的・地球物理学的手法で検討を行った。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] アジア、深成岩、CD-ROM、光学、地質学、地球物理学

[テーマ題目18] 情報解析の研究（運営交付金）

[研究代表者] 村田 泰章

[研究担当者] 長谷川 功、中野 司、名和 一成、川畑 大作、雷 興林（職員6名、他2名）

[研究内容]

1. 統合地球科学データベースでは、モデル地域として1/20万「仙台」「東京」「飯田」「京都及び大阪」「鹿児島」の5地域を選択し、各モデル地域におけるデータベースの設計・データの収集を行った。

「仙台」地域では、既存の地質図データ、重力データを整備し、さらに重力データの不十分な地点の新規重力測定を実施した。「東京」を含む関東地域では、深部地下地質・地球物理データのデータベース化のためのモデルを作成した。特に屈折法地震探査データをメインにしたデータベースを作成しつつある。「飯田」地域の地質情報を探索し、一例として阿寺断層系ストリップマップの数値化を行った。「京都及び大阪」「鹿児島」地域においても、データベースの概念設計を進めた。

2. 地球科学情報の高度解析については、統計数理研究所と共同で、時系列データ、測線データ等の大規模1次元データの客観ベイズ手法による平滑化プログラム

の開発を行った。また、高精度 DEM の作成・解析について、情報が揃っている静岡地域での情報収集を行い、地質図と DEM を用いて GIS 上で分析を行った結果、標高の低い地域での地すべりの発生様式が、標高の高い地域と異なることが明らかになった。南極・昭和基地の超伝導重力計と GPS 干渉測位による潮位変動の検出に関する研究について、国内学会・研究集会のみならず国際学会で発表するとともに国際誌に投稿し受理された。

3. 数値地質図の作成に当たり、必要となる品質について規定すべく検討した。この結果を、ベクトル数値地質図の品質要求としてまとめ、数値地質図の普及と品質の確保を目的とした標準情報 (TR) として公表した。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] 地質情報・総合解析・統合地球科学データベース・数値地質図・標準

[テーマ題目19] 地質リモートセンシングの研究 (運営交付金)

[研究代表者] 佐藤 功

[研究担当者] 浦井 稔、二宮 芳樹、土田 聡
(職員3名、その他2名)

[研究内容]

1. 衛星地盤変動図の作成に関する研究
複数の合成開口レーダ・データを干渉処理する方法を用いて、地盤沈下の実態を調べるため、我が国 (1ヶ所) およびアジアの都市域 (2ヶ所) について地盤沈下解析を昨年度に継続して実施しました。
2. 火山衛星画像データベースの構築に関する研究
限定された火山数と画像数ですが、プロトタイプとしての衛星画像データベースを構築し、その一般公開を開始しました。また、画像解析による岩石区分に適した岩石指標を改良して、温度や標高による影響を受けにくいように安定な指標としました。
3. 地表面モデル構築の研究
衛星データの検証データを整備するために、筑波大学陸域環境研究センターに観測機器を設置しデータ収集しました。平成15年度より当研究は「二酸化炭素収支のモデルによる予測のための情報基盤整備」の中で発展させることにしました。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] リモートセンシング、画像データベース、画像解析、干渉 SAR 技術、岩石指標、地表面モデル

[テーマ題目20] 多様な変成岩類に関する研究 (運営交付金)

[研究代表者] 奥山 康子

[研究担当者] 奥山 康子、坂野 靖行

[研究内容]

日本に産する多様な変成岩類のうち接触変成岩に注目し、岩石を作る鉱物の細かな組織と化学組成を研究し、国際レベルの論文を投稿しました。岐阜県春日地域の接触変成岩から、新鉱物「苦土定永閃石」を発見し、国際鉱物学連合の認証を得ました。

[分野名] 地質情報解析

[キーワード] 変成岩、造岩鉱物、新鉱物、苦土定永閃石

[テーマ題目21] 動物化石と古環境解析に関する研究 (運営交付金)

[研究代表者] 利光 誠一

[研究担当者] 利光 誠一、中澤 努、兼子 尚知 (成果普及部門併任中)、中島 礼 (学振研究員)

[研究内容]

アンモナイトの種の多様性解析から中生代白亜紀の海洋古環境変遷を議論した研究および、海棲二枚貝化石を用いて後期新生代の海洋環境と古気候の変遷を検討した研究を、国際誌に論文として発表しました。また、古生代海洋環境解析を目的に、海山型秋吉石灰岩のコア解析を進めました。

[分野名] 地質情報解析

[キーワード] アンモナイト、二枚貝化石、古環境解析、古気候変動、海山型石灰岩

[テーマ題目22] 地質標本データベース構築 (運営交付金)

[研究代表者] 奥山 康子

[研究担当者] 奥山 康子、利光 誠一、坂野 靖行、中澤 努、兼子 尚知 (成果普及部門併任中)、中島 礼 (学振研究員)

[研究内容]

地質標本館と共同で進める地質標本登録データベースでは、第1弾として「標本区分 化石」を公開しました。グループのミッションである「変成岩データベース」構築では、登録岩石標本7万点のうち4万点以上の登録データをデータベースに取り込みました。

[分野名] 地質情報解析

[キーワード] 地質標本登録データベース、RIO-DB、地質標本館

③【地圏資源環境研究部門】

(Institute for Geo-resources and Environment)

(存続期間：2001. 4. 1～)

研究部門長：野田 徹郎

副研究部門長：奥田 義久、松永 烈

総括研究員：青木 正博、山口 勉

所在地：つくば中央第7、つくば西
 人員：116 (70) 名
 経費：1,331,162千円 (281,833千円)

概要：

地圏資源環境研究部門は、地熱・燃料・鉱物資源を含む天然資源の安定供給のための調査・研究・技術開発、また、地圏の利用や地圏環境の保全のための地圏環境に関する調査・観測及び利用技術の開発・研究を行うことを、ミッションとして研究を実施している。

本研究部門は、産業や我々の社会生活に欠かせない天然資源の安定供給を目指して、地熱、化石燃料、鉱物など地圏に存在する基盤的天然資源の探査、評価・計画、開発、利用に関する研究を行い、また、地下空間の利用に関する研究も行っている。さらに、これらの開発、利用行為によって生じる地圏環境への影響予測、保全計画、開発時保全、稼行時保全に関する研究を行っている。これらは、地圏システムにおける資源及び環境の研究と総称することができる。

本研究部門の研究範囲は、このように、広く多岐にわたっているが、その中で、これまでに培った技術や情報の蓄積を基に、特に国や社会からの要請が高く、他に比べ優位性の発揮できる下記の7テーマに研究を重点化させている。これらの研究は、研究分野の専門性という点では、地球科学や地圏工学（資源工学、岩盤工学など）に基盤を置いている。国や社会の要請に応えるため、重点研究の立脚点である地球科学や地圏工学の基礎を高度に保つことや、そこから有望なシーズを産み出すことにも配慮している。

本年度は、下記のテーマ題目の研究を重点的に実施した。

研究テーマ：

テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3、テーマ題目4、テーマ題目5、テーマ題目6、テーマ題目7

外部資金：

石油公団 「メタンハイドレート資源開發生産手法」
 (11,878千円)

経済産業省 電源多様化受託研究費「地熱探査技術等検証調査／貯留層変動探査法開発」(286,615千円)

経済産業省 電源多様化受託研究費「高温岩体熱抽出システムの技術開発」(45,977千円)

経済産業省 電源多様化受託研究費「深部地熱資源採取技術の研究開発」(40,025千円)

文部科学省 国立機関等原子力試験研究費

「高レベル放射性廃棄物地層処分のための地質環境の特性広域基盤情報の整備」(30,332千円)

文部科学省 国立機関等原子力試験研究費
 「光音響分光法を用いた地下水センサーの開発と適用に関する研究」(33,464千円)

文部科学省 国立機関等原子力試験研究費
 「地下深部岩盤初期応力の実測」(54,050千円)

文部科学省 国立機関等原子力試験研究費
 「放射化コンクリート構造物の環境低負荷解体に関する研究」(5,076千円)

文部科学省 国立機関等原子力試験研究費
 「放射性廃棄物地層処分における岩石の長期変形挙動解明と地質構造」(16,585千円)

文部科学省 国立機関等原子力試験研究費
 「放射性廃棄物処分施設の長期安定型センシング技術に関する研究」(13,288千円)

環境省 「GISによる騒音源周辺環境を考慮した騒音伝搬予測」(20,862千円)

文部科学省 科学技術振興調整費「構造物の破壊過程解明に基づく生活基盤の地震防災性向上」(11,850千円)

経済産業省「地層処分技術調査等（塩淡境界面形状把握調査）に関する委託研究」(89,780千円)

石油公団「メタンハイドレート資源開發生産手法開発(2)生産シミュレータ開発」(206,874千円)

山梨大学「黄河流域の地下水の収支・循環機構解明」
 (39,180千円)

経済産業研究所「資源開発に必要なリスクコミュニケーションに関する調査研究」(7,916千円)

北海道炭鉱技術会「海外主要石炭生産諸国の炭鉱防爆検定基準調査」(1,001千円)

環境省「ゴールドラッシュ地域における環境管理、環境計画及びリスクコミュニケーションに関する学際的研究」(24,257千円)

金属鉱業事業団
 「平成14年度高精度物理探査技術の開発に係わる時間領域電磁探査法データの処理及び2次元解析法適用研究」

(1, 311千円)

津川通商株式会社「鉱山安全総合情報管理システムの研究」(1, 537千円)

㈱インターリスク総研 地域新生コンソーシアム研究開発事業

「複合微生物活用型土壌・地下水汚染高効率浄化技術の開発」(6, 398千円)

経済産業省 原子力安全・保安院「鉱山保安技術対策調査」(4, 769千円)

石油公団「地化学探査手法の適用検討・開発に関する研究」(73, 124千円)

(財)地球環境産業技術研究機構「キャップロック層の影響評価」(3, 070千円)

NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)「地熱開発に伴うデータの集積調査」(8, 596千円)

石油公団「バイオマーカーによる集積機構解明」(4, 100千円)

NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)「最適モニタリング設計技術に関する先導研究」(12, 351千円)

(財)地球環境産業技術研究機構「電磁波によるCO₂地中貯留帯水層探査シミュレーション」(968千円)

電源開発(株)「流動電位観測・解析技術に関する研究」(435千円)

経済産業省「土壌汚染リスク管理手法調査事業」(8, 655千円)

発表:誌上発表109(187)件、口頭発表320(111)件、その他62件

貯留層変動探査研究グループ

(Geothermal Reservoir Research Group)

研究グループ長:石戸 恒雄

(つくば中央第7)

概要:

ヒストリーマッチングに地球物理学的モニタリング手法を適用した貯留層評価管理技術の開発を目的として、委託費テーマ「地熱探査技術等検証調査」により重点研究課題「地熱貯留層評価管理技術の開発」について研究を実施する。平成14年度からは貯留層変動の

把握・予測技術のシステム統合化に着手した。複数のモニタリング項目を同時に実施することで、ヒストリーマッチングによるモデル構築の精度が飛躍的に向上すること、また定期点検時の集中観測が費用対効果に優れていることが予想されるため、デベロッパー・電力会社との共同研究として、大霧及び柳津西山地熱発電所において、実用化を念頭においた重力・自然電位等観測システムを設計し、集中観測を通して問題点の抽出ならびに解決を図る研究を行った。また、平成14年度はNEDO「貯留層変動探査法開発」のまとめの年に当たるが、ワーキンググループ活動等を通してこれを支援するとともに、坑井水理試験法、透水率検層法、モデリング支援技術、並びに重力、電気・電磁気、地震波の各探査法について、地熱地域での共同研究を実施し、個別の手法について補完調査を行った。以上に加え、関連技術の基礎研究を進め、NEDO「二酸化炭素削減等地球環境産業技術研究開発事業」によりCO₂地中貯留のモニタリング技術について研究を開始した。

研究テーマ:

テーマ題目1、テーマ題目5、テーマ題目6

高温岩体研究グループ

(Geo-Energy Research Group)

研究グループ長:山口 勉

(つくば西)

概要:

従来から地熱資源として利用されてきた熱水対流系が未発達ないしは循環が十分に行われていない地域で、高温岩体などの高温深部地熱資源に関する工学的な手法による能動的な地熱開発を進めるために必要な研究開発を実施している。本年度は、山形県肘折高温岩体実験場における2年間の長期循環試験で得られた知見やデータを基にして研究開発を実施した。長期循環試験では、硬石膏などの循環中に生成されたスケールにより循環障害の発生などが見られた。また、従来までの循環試験を大幅に上回る期間に上下二層の貯留層での循環が実施され、長期抽熱に対する基礎的なデータの取得が行われた。このデータと浅部及び深部貯留層からなる数値モデルを用いて、循環試験の数値シミュレーションを行い10年間の抽熱計算を実施したところ、深部貯留層への注水が浅部貯留層への注水の約5倍の注水である場合が長期の生産・抽熱に有利であるとの結果を得た。また、本年度からメタンハイドレートを経済的に生産するための手法についての研究開発を開始した。メタンハイドレート層の圧密・変形挙動を試料について測定して、メタンハイドレートを含む地層の力学的特性を明らかにし、また、生産挙動を予測するための数値シミュレータを開発して室内実験レベルでの生産シミュレーションを実施している。

研究テーマ:

テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目6
地熱資源研究グループ

(Geothermal Resources Research Group)

研究グループ長：玉生 志郎

(つくば中央第7)

概要：

21世紀における地熱エネルギーの利用拡大のためには、これまでの技術では手の届かなかった未利用地熱資源の開発が不可欠である。当研究グループでは平成16年度までに、未利用地熱資源の開発を目指して、平野部及び火山地域の地熱系にかかわる素過程の研究を行うとともに、地熱系モデリングの観点から未利用地熱資源のポテンシャル評価を行うこととしている。また、地熱資源量評価のために、地理情報システム(GIS)を利用した定量的かつ多目的な数値地熱資源量分布図を作成する。また、地熱ボーリングコアの画像データベース構築を目指している。

研究テーマ：

テーマ題目1、テーマ題目5

燃料資源地質研究グループ

(Fuel Resources Geology Research Group)

研究グループ長：棚橋 学

(つくば中央第7)

概要：

三陸沖周辺及び北海道において、石炭起源ガスポテンシャル評価のため、陸上野外調査と炭質層の分析、坑井データ等からの堆積学的検討を進め、南海トラフ海域等において基礎調査等のデータ解析による構造抽出と地化学的野外調査を行い、ガスハイドレート資源評価、探査法開発を実施している。また、前弧及び背弧含油ガス堆積盆の構造・貯留岩・根源岩の特性及びその形成機構に関する基礎資料を収集し、天然ガス鉱床にかんする地質学的特性の検討を行っている。さらに、天然ガス資源ポテンシャル評価技術を見直し、石油開発企業等への技術開発協力を行い、さらに、燃料資源地質データベースの構築を進めるとともに、燃料資源図の編纂のための情報収集及び補備調査を実施した。また、国際リソスフェア計画(ILP)によるメタンハイドレートアトラスプロジェクトを開始した。

研究テーマ：

テーマ題目2、テーマ題目5

資源有機地化学研究グループ

(Fuel Resources Geochemistry Research Group)

研究グループ長：坂田 将

(つくば中央第7)

概要：

ガスハイドレート資源評価技術の地化学的研究として、メタン/窒素等2成分系でのハイドレートの相平衡条件を実験的に決定し、統計熱力学的に相平衡条件を推定する方法に関して、精度の向上や多成分系への

拡張を図った。また、南海トラフ海底堆積物からメタン消費アーキア起源の炭化水素バイオマーカーを検出した。また、石炭起源ガス資源評価技術の地化学的研究として、石狩炭田で石炭、炭質頁岩等の試料採集を行い、北海道の原油試料、石炭試料中のバイオマーカー解析の結果、石炭起源と非石炭起源の原油が識別できることが明らかになり、石炭起源油ガス鉱床の地理的分布に関する知見を得た。さらに、天然ガス資源などの地化学的研究として、新潟・千葉の水溶性天然ガスと付随水の化学組成と炭素・水素同位体比の分析を進め、ガスの起源や、生成温度、鉱床成因に関する地化学的検討を行った。新たに諏訪湖地域の水溶性天然ガスと付随水試料を採取した。加えて、燃料資源図の作成に向け、筑豊炭田に関する情報の収集を進めると同時に、天然ガス地化学データの収集とDB入力、炭田の炭質データ・柱状図の収集、デジタル化を進めた。

研究テーマ：

テーマ題目2、テーマ題目5

鉱物資源研究グループ

(Mineral Resources Research Group)

研究グループ長：須藤 定久

(つくば中央第7)

概要：

国民生活に不可欠な各種の鉱物資源の安定供給の確保はナショナル・セキュリティにかかわる重要課題である。当グループは、金属・非金属・骨材分野の専門家をもって組織し、金属資源等の海外に依存する鉱物資源、非金属資源や、骨材資源のように主に国内で自給される鉱物資源、それぞれの安定供給のために必要な学術的研究・鉱物資源開発のための技術開発、流通安定化のための情報の収集・解析などを実施し、行政と連携して各種の鉱物資源の安定供給の確保に貢献する。金属資源については活動的熱水系における深部鉱化作用の解明・金属鉱化作用と探査手法の研究を進め、国内外での資源確保のための探査・開発を促進させる。非金属資源については非金属鉱化作用と探査手法の研究を進め、貴重な国内資源の合理的開発と資源の有効利用に貢献する。また骨材資源については全国の骨材資源の概要を示し、地方における資源確保の努力を、国・県とともに支援していく。また各資源の開発技術の開発に当たってはより環境に優しい方法を開発・普及に努める。鉱物資源図とデータベースの研究を進め知的基盤の整備に貢献し、国際的な研究協力にも積極的に貢献する。

研究テーマ：

テーマ題目3、テーマ題目5

アジア地熱研究グループ

(Asia Geothermal Research Group)

研究グループ長：村岡 洋文

(つくば中央第7)

概要：

エネルギー需要の急進するアジアにおいて、地球環境維持のために、クリーンエネルギーインフラ構造を確立することを目的として研究を実施している。具体的には、アジアの CCOP 参加国11ヶ国と協力して共同研究を行い、「アジア地熱資源データベース」を作成し、また、インドネシアとの二国間共同研究で、熱帯遠隔離島地熱地域に適した地熱探査技術を確立することを目的とした「遠隔離島小規模地熱の探査に関する研究協力」を行っている。

研究テーマ：

テーマ題目 4、テーマ題目 5

物理探査研究グループ

(Exploration Geophysics Research Group)

研究グループ長：内田 利弘

(つくば中央第7)

概要：

本研究グループでは、地熱・石油・金属等の資源探査、廃棄物処分場や人工構造物周辺の岩盤・地盤評価などにおいて不可欠である物理探査技術について、その高精度化を目的とし、平成16年度までに地震波・電磁気探査データの高精度インバージョン解析手法の開発、NMR を用いた物理探査法の開発、岩盤の長期変形挙動の解明を目指す。平成14年度には以下の項目について研究を実施した。1) 並列計算を用いた地震波3次元散乱重合法解析プログラムの開発及び実測データによる性能評価、全波形トモグラフィ解析における最適周波数選択法の検討。2) 岩石試料を用いた波動伝播実験により、散乱波を含む地震波データから有意な反射波信号を抽出する手法の検討。3) 電磁法2.5次元インバージョン解析法の改良、人工信号源電磁法の地下水層塩淡境界探査等への適用、MT 法3次元インバージョン解析の大規模探査データへの適用等。4) NMR による岩盤・地盤の透水性評価法開発のため、シンクロトロン X 線 CT 画像と NMR データとの比較、粘土試料の物質拡散データのとりまとめ、可搬型 NMR 測定装置の開発。5) 処分場の環境を想定した高温高圧下の長期クリープ試験、坑井掘削音を振源に用いる地震波探査の解析結果と原位置亀裂データとの比較、岩石コアによる地下応力測定、及び亀裂・透水性解析。

研究テーマ：

テーマ題目 1、テーマ題目 2、テーマ題目 6、テーマ題目 7

開発安全工学研究グループ

(Research Group for Geo-Resources Development and Safety)

研究グループ長：青木 一男

(つくば西)

概要：

資源・エネルギーの安定供給確保に資するため、資源開発及び保安・安全にかかる研究を行う。資源開発に係る研究では、掘削技術の高効率化、爆薬の高度利用技術の開発等を行う。保安・安全に係る研究では、災害事例データベースの構築・web 上での公開、鉱山等における災害リスク評価指標の確立について研究を行い、鉱山における安全確保や事故低減を目指す。

研究テーマ：

テーマ題目 5、テーマ題目 6、テーマ題目 7

地下水資源環境研究グループ

(Water Environment Research Group)

研究グループ長：石井 武政

(つくば中央第7)

概要：

乾燥・半乾燥地域における水資源の確保のために、中国地質調査局との国際共同研究で、黄河地域を対象として野外のデータを集め、表流水や地下水分析を進めている。一方、地下水の諸問題に起因する地下水汚染、地盤沈下あるいは海岸部での海水侵入を防止し、地下水の質と量を守るために、地下水の涵養地域と排出地域の区分あるいは地下水の流動系を解明するなどの基礎的な地下水研究を実施している。具体的には、水質分析、同位体分析、地下水位と地下水温の経時変化資料の収集などを、関東平野あるいは仙台平野を対象に実施しており、それらの成果を水文環境図として刊行する予定である。また、知的基盤整備の一環として、我が国及び東・東南アジアの地下水データベースの構築を行っている。さらに、高レベル放射性廃棄物地層処分に関連した深部地下における地下水の挙動については、モデルフィールドによる実証的な地下水流動観測や、塩淡境界の形状や移動に関する観測研究、海底に湧出する深部地下水の確保と分析を進めている。地下1000m程度の深さの結晶質岩と堆積岩を対象として、高温・高圧下における地下水の流動や地下の環境を長期的に安定して観測し、さらには観測技術の向上をも目指して、長期安定型地下水センサーなどの新しい機器開発にも取り組んでおり、これが地層処分実施後の処分地周辺安全確認のためのモニタリングなどに適用可能となることを目指している。

研究テーマ：

テーマ題目 5、テーマ題目 6、研究題目 7

地圏環境立地研究グループ

(Geo-Technology and Environmental Assessment Research Group)

研究グループ長：国松 直

(つくば西)

所在地：つくば西、つくば中央第7

概要：

地下空間の利用や大規模な新エネルギー・都市産業施設など、従来にない新産業施設の開発に当たっては、

それらの産業施設が地圏環境に与える影響を予測し、環境影響を最小限とする環境調和型の開発を行うことが重要である。以上の観点から、各種施設の立地条件整備及び環境影響評価に関して、国内の地下深部岩盤での初期応力状態とその分布の推定、長期安定型地盤物性量センサー、立地地盤地震時安定性評価手法、騒音・地盤振動評価手法等の開発等を16年度を目途に目指す。

当グループでは上記の目的に対して、①地下深部岩盤初期応力の実測（文部科学省）②放射性廃棄物処分施設の長期安定型センシング技術に関する研究（文部科学省）③GISによる騒音源周辺環境を考慮した騒音伝搬予測に関する研究（環境省）④構造物の破壊過程解明に基づく生活基盤の地震防災性向上に関する研究（文部科学省）⑤塩淡水界面把握調査（経済産業省）、五つの委託費テーマに関連した研究を主に実施している。

地圏環境評価研究グループ

(Geo-analysis Research Group)

研究グループ長：駒井 武

(つくば西)

概 要：

近年、土壌・地下水汚染問題が顕在化し、特に市街地や産業用地においては深刻な状況であり、事業所や工場等の環境リスク管理が急務の課題となっている。このような環境問題に対処するためには、汚染物質の種類、存在量、形態などに関する科学的な解明を基礎にして、人への健康影響や生態系への環境影響を定量的に評価することが重要である。また、土壌・地下水の汚染評価やリスク管理を実施するため、地圏環境の調査・評価・管理に関する方法論の確立と実汚染サイトへの適用が不可欠である。当研究グループは、上記の課題を合理的に解決するための科学的な研究を推進し、その成果を広く社会に普及させることを主な使命としている。

本年度は、土壌・地質汚染の評価及び浄化対策を行う上で必要な基盤的な研究開発として、暴露・リスク評価モデルの開発、微生物を用いた浄化手法の開発など、広く活用できる技術・手法の開発を目指した地圏環境評価の研究を実施した。また、土壌汚染の調査から評価、リスク管理に至る要素技術を包括する地圏環境評価システムの開発について検討した。さらに、我が国の数多くの土壌・地下水汚染サイトを調査し、汚染評価に不可欠なパラメータやデータを取得するための土壌汚染リスク管理手法の開発を実施した。

研究テーマ：

テーマ題目3、テーマ題目7

〔テーマ題目1〕地熱貯留層評価管理技術の開発（主に財団等受託研究費）

〔研究代表者〕山口 勉（総括研究員）

〔研究担当者〕石戸 恒夫、當舎 利行ほか（職員20名、その他6名）

〔研究内容〕

ヒストリーマッチングに地球物理学的モニタリング手法を適用した地熱の貯留層評価管理技術を確立し普及させることを目的として、断裂系の水理特性探査並びに貯留層変動探査について、先導的、基盤的手法を含め要素技術開発を行う。また、システム統合化を地熱開発企業等との共同研究として行い、より精度の高い貯留層モデル構築のための実用的システムを開発する。

要素技術開発として、SA法による逆解析法、地熱井のNMR検層法、絶対重力計を用いた基準点評価法、3次元電気探査法、散乱重合法等の実用化を図り、平成14年度にはその成果を踏まえ、NMR検層法、3次元電気探査法などの特許申請を行い、さらに、可搬型絶対重力計については、目標精度0.005mGalを達成した。

また、システム統合化のために、複数手法集中観測を奥会津地域、大霧（白水越）地域で実施し、短期間の蒸気生産停止等に伴う貯留層変動をとらえ、さらに、観測システムの問題点を抽出し解決を図るとともに、予備的貯留層モデリングを実施し、解析ツールの断裂型貯留層に対応した機能拡張を行う。本年度には、奥会津地域において重力・SPの高精度な観測に成功し、定期点検時の蒸気生産停止に伴う変動を抽出し、また、大霧地域では、隣接の白水越地域の噴気試験に合わせて、重力・SP・比抵抗・AE・傾斜計の集中観測を実施し、SPなどで噴気試験による明瞭な変動を捉えた。いずれの地域においても、最近の掘削データの解析、既存モデルに基づいた予備的な貯留層モデリングを実施した。

〔分野名〕エネルギー・環境分野

〔キーワード〕地熱資源、地熱貯留層、貯留層変動、NMR検層

〔テーマ題目2〕石炭起源ガス・ガスハイドレート資源評価技術の開発（主に財団等受託研究費）

〔研究代表者〕奥田 義久（副部門長）

〔研究担当者〕棚橋 学、坂田 将、山口 勉、青木 一男、駒井 武ほか（職員22名、その他5名）

〔研究内容〕

燃料資源の探査手法、資源量評価方法、資源開発、利用に伴う安全技術、環境保全技術に関する研究開発の一環として、本研究の主な研究内容は、非在来型資源の将来における開発利用の適否判断に資するため、石炭起源の油ガス及びガスハイドレートに関して、鉱床の成因・形成機構の解明、及び資源ポテンシャル評価技術の解明を行うことと、資源評価に不可欠なメタンハイドレート層からの天然ガス生産技術の方法論を確立するために、

生産に伴う諸現象のモデリングと生産挙動を数値化し予測するための数値シミュレータを開発することである。具体的には、

① 三陸沖堆積盆の石炭起源天然ガス資源の鉱床成因、形成機構及び資源ポテンシャル評価技術の地質学的研究のため、北海道、東北地方の地質調査と炭質物の分析を行い、根源岩形成時の古地理図作成等基礎情報を整備するために、ジャパンエナジー石油開発（株）との共同研究で、北海道第三紀石炭層（夕張地域）の共同調査を行い、石炭起源ガス賦存に関わる地温履歴のモデリングを行う対象フィールドの物性情報などを収集した。

ガスハイドレート資源の鉱床成因、形成機構及び資源ポテンシャル評価に必要な鉱床探査法と資源評価法を開発するために、物性実験及びモデリング、南海トラフ等における野外調査、試料分析、データ解析、内外の資料収集を行う。本年度は、NRL によるブレーク海嶺の地化学探査航海、及び南海トラフ海域の「しんかい2000」、「しんかい6500」、「KAIYO/KAIKO」調査航海に参加して、地化学探査手法とデータの情報を収集し、石油公団等の連携により、南海トラフ東部海域で「南海トラフ地化学探査航海」を実施した。さらに、試錐現場に適用可能な高精度地層温度測定システムを検討した。

② メタンハイドレートの資源開発・生産手法開発に関し、垂直二次元の圧密挙動評価モジュールの開発と、飽和流動条件下の相対飽和率評価モジュールの開発及び、それぞれのモジュール作成に必要な実験室実験のための装置の製作を行う。本年度は、圧密挙動評価に必要な圧密挙動への影響因子を抽出し、その影響の程度についての検討と、プログラミング作業を実施中である。相対飽和率評価に関しては、ハイドレート層を含む地・水理の仮想的環境条件をモデル化し、浸透流解析に必要な基礎データを得た。

[分野名] エネルギー・環境分野、地質調査

[キーワード] 石炭起源ガス、メタンハイドレート、圧密挙動評価、飽和率評価、地化学探査

[テーマ題目3] 大規模潜頭性熱水鉱床の探査手法の開発（主に運営費交付金研究）

[研究代表者] 青木 正博（総括研究員）

[研究担当者] 須藤 定久、渡辺 寧ほか
（職員12名、その他2名）

[研究内容]

国民生活に不可欠な各種鉱物資源の安定供給に必要な学術研究・鉱物資源開発のための技術開発を実施し、行政と連携して各種の鉱物資源の安定供給の確保に貢献するために、潜頭性大規模熱水鉱床の評価、金属鉱化作用と探査手法の研究及び非金属鉱化作用と探査手法の研究を実施している。

潜頭性大規模熱水鉱床の評価に関しては、活動的熱水系である北海道南部無意根－豊羽熱水系の鉱床学的、地球物理学的検討により、深部貫入岩から既知豊羽鉱床に到る熱水流路を描き出す。また、脈石英と硫化鉱物の流体包有物及び安定同位体組成の解析により、熱水の沸騰、熱水－天水混合帯を描き出すことにより、熱水系モデルをリバイズし鉱床モデルの適用可能範囲（限界）を検討する研究を実施している。本年度は、昨年度実施した無意根－豊羽熱水系の電磁気探査測定データを再解析し、深部の貫入岩から地表に達する低比抵抗帯を描き出し、無意根－豊羽熱水系の時空発達に関するとりまとめを行った。

金属鉱化作用と探査手法の研究に関しては、国内・極東ロシア・モロッコ・中米・トルコなど、国内外の酸性貫入岩に伴う金・銅・鉛・亜鉛・錫・モリブデンなどの鉱床についての資試料を収集・分析し、鉱化作用のモデル化の研究を実施している。本年度は、極東ロシアやモロッコの花崗岩・希少金属・鉛亜鉛鉱床などの試料について地球化学的な分析を進め、また、トルコとの国際共同研究で、トルコ国内において探査段階にある有望熱水鉱床の調査を実施した。

非金属鉱化作用と探査手法の研究に関しては、国内で採掘・利用される非金属鉱物資源のうち、タルクやパイロフィライトの鉱床の成因的分類法を提案し、タイプごとに探査法・評価法・自然への負荷の少ない採掘法の改善に役立つ特徴を抽出する研究を実施しており、本年度は、タルク鉱床については成因的に三つの鉱床タイプを見いだし、この分類に沿って関東地方の鉱床を見直して、データベース化を進めた。

また、ベトナムのパイロフィライト鉱床について、極東アジア地域の広域火成活動との関係を明らかにする研究を実施しており、本年度は、特にベトナムのパイロフィライト鉱床について年代測定を進め、鉱床の生成時期は、極東アジア地区の他の鉱床とほぼ同一時期の形成であることを確認した。

[分野名] エネルギー・環境分野、地質調査

[キーワード] 鉱物資源、熱水鉱床、金属鉱化作用、非金属鉱化作用

[テーマ題目4] 東アジアにおける資源開発研究協力・技術協力

[研究代表者] 青木 正博（総括研究員）

[研究担当者] 村岡 洋文、大久保泰邦、山田 當三
ほか（職員12名、その他2名）

[研究内容]

東・東南アジア地域において、CCOP 加盟国11カ国と協力して、地熱資源データベース、地下水データベースを構築する。また、今後のインドネシアの地方電化計画に寄与するために、2国間協力として インドネシア東部の遠隔離島地域において、熱帯地域にある遠隔離島の

地熱資源に適した探査システムの構築を行う。具体的にはこの探査システムにより選定掘削された NEDO 地熱調査井（中口径井）から、少なくとも10トン/時の蒸気（≒1MWe）を確認し、地熱探査システムの有効性を検証する。

東・東南アジア地熱データベース作成に関しては、国により、技術レベル、コンピュータ機器や利用可能データの質・量が大きく異なるため、昨年度に決めた統一フォーマットに基づき、チーフコンパイラとプロジェクトコーディネータが1回のインハウストレーニングを実施し、加盟各国の個別的問題を解決することにより、各国の収集データ項目の大部分について標準化を行って、本格的にデータ収集を開始した。また、平成15年3月にマレーシアのクアラルンプール市において、アジアに地熱情報交換の場を提供するため、第5回アジア地熱シンポジウムを開催した。

東・東南アジア地下水データベース作成に関しては、昨年度に決めた統一フォーマットに基づき、参加各国から水井戸に関する有用なデータを最大限に収集し、英語化を図った後にデータベースに入力する。また参加各国及び産総研国際地質協力室と連携し、東・東南アジア地下水資源の基礎情報の収集と中国における相互調査を実施している。本年度は、各国で地下水データのサーバ入力が開始されているが、サーバは暫定版として仮運用中であり、ID とパスワードが与えられた参加各国のみアクセス、データ追加を行うことができるようになってい

る。遠隔離島小規模地熱の探査に関するインドネシアへの研究協力は、昨年度の受託研究で技術的協力が一段落し、当初の期待値を上回る25トン/時の乾燥蒸気の安定噴出が確認され、成功裡に終了した。このため、本年度は最終成果報告書を完成させ、引き続き、その成果普及に努めた。例えば、平成14年8月に、地質調査研究報告53巻2/3号として、参加2ヶ国6機関の31論文、348頁の英文特集号を出版するなど、本研究の成果普及のため、幾つかの公表を行った。

【分野名】 エネルギー・環境分野、地質調査

【キーワード】 CCOP、地熱資源データベース、地下水データベース、遠隔離島小規模地熱探査

【テーマ題目5】 地圏資源環境に関する知的基盤情報の整備・提供

【研究代表者】 奥田 義久（副部門長）

【研究担当者】 須藤 定久、石井 武政、玉生 志郎、
棚橋 学、村尾 智 ほか
（職員30名、その他12名）

【研究内容】

国内及び周辺諸国における社会ニーズに対応した各種主題図を作成して、国土利用、資源安定供給等に必須な地球科学的情報基盤を構築することを目的として、各種

資源評価や環境評価の基礎データとなる、地熱資源量分布図、鉱物資源図、燃料資源図、水文環境図、地質汚染図等の地質図類を作成すると同時に、基礎となるデータのデータベース化を行っている。また、アジアの中小鉱山による金資源開発・利用リスク要因のリスクアセスメント高度化のために、環境汚染問題の評価を進める研究を行っている。具体的には、未利用地熱資源評価のために、地熱資源評価システムの設計及び数値地熱資源量分布図の作成を行い、さらに1/200万鉱物資源図、燃料資源図、1/50万鉱物資源図、水文環境図、大都市圏の地質汚染図を作成している。

地熱資源評価システムの設計及び数値地熱資源量分布図の作成に関して、本年度は、地理情報システムと各種既存データを利用した全国～広域的な温度・貯留構造の解析・表示法を改良し、また、地熱ボーリングコア画像データベース構築を追加・実行することにより、地熱ボーリングコアの画像データベース暫定版を公開するに至り、さらに温度・貯留構造の解析・表示法を改良した。また、資源図作成のために、本年度は、燃料資源図として三陸沖燃料資源図、水溶性ガス田図、ガスハイドレート分布ポテンシャル図等についての編纂作業を進め、一方、鉱物資源図に関しては、50万分の1鉱物資源図「中国四国」印刷原稿を作成すると同時に50万分の1鉱物資源図「九州」の編纂作業を進めた。さらに、200万分の1鉱物資源図「珪石・長石」用の情報の数値化を進め、さらに骨材資源の資料を収集している。

環境関連図作成業務として、本年度は、水文環境図「仙台平野」作成に必要な調査研究を実施し、また、5万分の1土壌・地質汚染評価基本図「姉崎」（CD-ROM 版）を出版した。

データベース関連では、我が国の燃料資源情報整備のため、新規に実施された探鉱情報の基本データを燃料資源地質データベースに順次取り込んで、既存情報、文献等の情報収集を進め、効率的な高機能なデータベース構築を目指していると同時に、国際リソースフェアプロジェクト（ILP）によるメタンハイドレートアトラスプロジェクトを開始し、また、房総の水溶性ガス田の企業データ等を収集し、ガス水比やヨウ素濃度の広域的分布状況、ガス産出層の構造図、層厚分布図などのデータを整理中である。一方、骨材資源のデータベース構築に関しては、経済産業省と国土交通省の協力を得て公表データが少ない砂利産地についての生産量・地質情報等を新たに入手し、現在情報を整理中である。さらに、水文データベースの整備拡充を図るために地下水データ等を水文地質データベースに追加入力を継続している。

このほか、海外の鉱山における鉱山用保安機器とそのマネジメントによるリスク低減効果を半定量的に算定する研究を実施すると同時に、アジアにおける中小規模の鉱山資源開発のリスク研究の成果を英国出版社より出版した。さらに、平成15年1月には、つくばで資源開発と

リスクコミュニケーションをテーマとした円卓会議を産総研主催として開催した。

【分野名】 エネルギー・環境分野、地質調査

【キーワード】 燃料資源図、鉱物資源図、水文環境図、地熱資源量分布図、土壌・地質汚染評価基本図、中小鉱山資源開発リスク管理、水溶性ガス田

【テーマ題目6】 地圏利用のための地圏特性評価とモニタリングの開発

【研究代表者】 松永 烈（副部門長）

【研究担当者】 国松 直、神宮司元治、長 秋雄、
内田 利弘、横田 俊之 他
(職員30名、その他12名)

【研究内容】

本研究では、地下利用施設開発や放射性廃棄物等の地層処分を安全かつ低負荷で実施するための、地下計測・監視、岩盤評価技術を開発することを目的としている。地圏環境監視用のセンサーや技術の開発、深部岩盤調査や地下水観測を実施し、データの集積、及び物理探査データ解析法の高度化研究などを行っている。

地圏環境監視用のセンサーや技術の開発に関しては、地下の熱・水・化学物質の流れをモニタリングするための熱周波数・位相応答を用いた熱物性量センサー、高周波インピーダンス探査技術、複合電極を用いた重金属イオンセンサー、長期安定地下水センサー、地震時砂地盤液化化現象の可視化のための比抵抗リアルタイムモニタリング技術の開発を行っている。このうち、熱物性量センサーに関しては、岩盤・人工バリア中に含まれる水の影響による誘電率の周波数及び温度依存性について調べるために、本年度に花崗岩等の地盤材料について周波数及び含水率を変えた計測を実施し、また、高周波インピーダンス測定装置を試作して実験を行った。重金属センサーに関しては、昨年度に試作した電極を組み込んだセンサーにより、本年度に、耐久性、応答速度改善のため本体形状を改造し、遷移金属イオン水溶液中において複数の遷移金属イオン濃度を測定し、機能確認実験を行い、温度依存性、応答時間を検討した。また、三次元密度測定に関しては、本年度三次元比抵抗トモグラフィ装置を作成し、大型土槽を用いて計測手法を開発した。さらに、光音響分光法長期安定地下水センサーに関しては、水分センサーのキャリブレーションと精密温度センサーの検定を行った相対密度分布計測に関し、大型砂層実験で砂層作成方法の違いの影響を検討し、リアルタイムトモグラフィ装置の多重周波数送信波の分離実験を水槽で行って、特許出願に必要なデータを取得した。地下水センサーに関しては、水分観測部分を完成させ、水温観測部を作成中である。

深部岩盤調査に関しては、岡山県の深部岩盤調査孔を深度600mまで増掘し、コアの採取・観察、坑井内検層、

ボアホールテレビユーア観察、水圧破碎法による応力測定作業を完了し、取得データの解析を実施した。

また、地下水観測に関しては、地下水観測井による水位・水質データを集積、物理探査手法を用いた現場試験と揚水試験を実施し、これらの結果を比較解析することにより、広域的な塩淡水境界面の形状把握の研究を行っている。

物理探査データ解析法の高度化研究に関しては、主に地震探査、電磁探査、NMR による透水評価法などの高度化研究を実施している。このうち、地震探査に関しては、並列計算機による散乱重合法の3次元化と高速化を行い日仏 KAIKO 海上三次元マルチチャンネル地震探査データに適用し、また、地震波トモグラフィのインバージョン手法開発に関して適切な周波数ステップの選択法の開発を行った。電磁探査に関しては、浅部探査への人工信号源電磁法2.5次元インバージョンの改良を実施し、地熱地域大規模データを用い MT 法3次元インバージョン実用化のための課題整理、解析を行った。NMR による透水評価法に関しては、信頼性評価に用いるシミュレーション解析に使う X 線 CT 画像データについて X 線吸収係数の閾値を検討し、また測定装置のプロトタイプコイルを作成して実験を行い、可搬型 NMR 測定装置のコイルユニット改良を行った。坑井内き裂検出のための予備実験等を行う。さらに掘削音を用いる構造探査法の改良等を行う。

【分野名】 エネルギー・環境分野、地質調査

【キーワード】 地下利用施設開発、放射性廃棄物等の地層処分、地震探査、電磁探査、NMR による透水評価法、散乱重合法、塩淡水境界面、地圏環境監視用のセンサー

【テーマ題目7】 地圏環境汚染評価手法の開発

【研究代表者】 松永 烈（副部門長）

【研究担当者】 駒井 武、石井 武政、杉田 創、
竹内 美緒 ほか(職員5名、その他3名)

【研究内容】

本研究では、土壌・地下水汚染の調査・評価・管理手法の開発の一環として、バイオテクノロジーを利用した修復技術及びリスク管理手法の開発を行い、また、地質汚染や地下水汚染の実態を明らかにすることを目的として、表層土壌の重金属分析を行うほか、積雪地帯における融雪剤に起因する地下水汚染の野外水文調査を行っている。

土壌・地下水汚染の調査・評価・管理手法の開発では、共同研究先の企業・大学と連携した現場実証試験（埼玉県坂戸市）を実施し、トリクロロエチレンを分解する能力を持つメタン資化細菌を含む地下水を超高压下で帯水層に注入し、トリクロロエチレンで汚染された地下水の完全浄化を試みることにしている。本年度は、この手法の有効性を示すとともに詳細なデータを取得するため、

坂戸市における実際の汚染現場内試験地で表層汚染機構解明調査を行い、地質汚染浄化法の実証試験に適した場所を選定した。また、汚染土壌を起点とした人の曝露とリスクの包括的な評価モデルの作成を行う。また、リスク評価については包括的モデル作成を進めている。

このほか、千葉県で重金属汚染現地調査とクロム、マンガン、ヒ素、亜鉛、鉛などの分析を行い、また、積雪地帯地下水汚染実態解明に関する研究では、山形県及び新潟県における融雪期の地下水調査を実施し、地下水位や水質に関するデータを取得した。

【分野名】 エネルギー・環境分野、地質調査

【キーワード】 土壌汚染、地下水汚染、リスク管理手法、メタン資化細菌、重金属汚染

④【海洋資源環境研究部門】

(Institute for Marine Resources and Environment)

(存続期間：2004. 4. 1～)

研究部門長：宮崎 光旗

副研究部門長：西村 昭、埜口 英明、細川 純

総括研究員：大井 健太、上嶋 英機 [併]

所在地：つくば中央第7、中国センター、四国センター

人員：156 (60) 名

経費：801,002千円 (468,964千円)

概要：

海洋資源環境研究部門は、産総研のミッションである社会のための科学技術を先導・提言する創造的活動を担う研究部門として、鉱工業の科学技術の発展及び地質の調査を分担し、海洋地球に関する基盤情報整備、海洋資源の探索・利活用、環境修復創造、防災等のための調査・研究と技術開発を実施します。実施に当たっては「海をよく知り、賢く利用し、温かく守る」を基本的視点として、フィールドに立脚した地球科学・生物科学・物質科学を中心に、また時間軸も念頭においた研究を遂行しています。第一期中期計画期間(2001～2004年)では、海水希少資源採取実用化技術開発や生態系・生物機能を利用した沿岸環境修復技術の開発、二酸化炭素等を含む海洋の物質循環解明と地球環境影響評価、あるいは日本周辺海域の地質情報整備に関する調査・研究などに重点的に取り組んでいます。個々の課題は、我が国が必要とする海洋地球に関する知識資産の構築をベースとして、新たな富の創生や安心・安全な社会の実現など持続可能な発展に不可欠な環境圧迫の低減をめざそうとするものです。

海洋地球に関する知識資産の構築では、海洋地質調査研究航海等のフィールド調査及び得られる試資料の分析・解析、各種解釈作業により海洋地質・環境・資源等に関する地球科学的解明と実態把握を推進、地球

科学の発展に寄与するとともに、知的公共財として海洋地質図やデータベースを提供します。また当部門の特長を生かして、系統的調査研究航海などにより蓄積される試資料に基づいた海域活断層の活動履歴や、アジア各国の地質調査機関との共同研究によるデルタ形成史と人類社会の地質環境への影響等を調べています。

環境圧迫の低減としての地球環境問題解決に資するために、人為的環境負荷のない地球環境状態や変動幅を地球科学的手法により解明することにより将来に起こりうる温暖化の地球環境影響予測や開発される軽減化技術への基盤的科学データを集積し、対応策へつなげます。また経済活動や生活に密接に関連した環境負荷の現れる沿岸域に関して、フィールドに立脚した地球科学的視点と技術でもって環境負荷の実態把握と影響評価、修復技術開発を行っています。

環境圧迫低減への異なるアプローチとして、新たな資源の探求、すなわち海水溶存リチウムの資源化やバイオマス利用、海洋生物・微生物の利活用に関する研究を実施しています。特に海洋生物・微生物に関する研究は、新たな知識資産や水圏環境・生態系に係る科学技術の基盤を用意し、さらには将来の産業技術の基礎となりうるものとして、次期展開を見据えて遂行しています。

外部資金：

経済産業省 エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費「溶接技術の高度化による高効率・高信頼性溶接技術の開発」(1,702千円)

経済産業省 原子力試験研究委託費「化学交換法による軽元素同位体の分離・採取技術に関する研究」(8,409千円)

経済産業省 試験研究調査委託費(地球環境保全等試験研究に係るもの)「微生物による流出油漂着沿岸海域の環境修復技術に関する研究」(8,955千円)

経済産業省 試験研究調査委託費(地球環境保全等試験研究に係るもの)「瀬戸内海の高砂利資源採取による広域的環境影響評価と管理に関する研究」(33,840千円)

経済産業省 試験研究調査委託費(地球環境保全等試験研究に係るもの)「日本の亜熱帯海域における海草藻場の評価手法に関する研究」(9,100千円)

経済産業省 試験研究調査委託費(地球環境保全等試験研究に係るもの)「サンゴ年輪気候学に基づく、アジアモンスーン域における海水温上昇の解析に関する研究」(10,746千円)

経済産業省 科学技術総合研究委託費「海底熱水系における生物・地質相互作用の解明に関する国際共同研究 熱水地下生物圏の化学環境の把握に関する研究 海底化学観測ステーションによる熱水化学変動の研究」(96,802千円)

経済産業省 科学技術総合研究委託費「炭素循環に関するグローバルマッピングとその高度化に関する国際共同研究 気候変動と炭素循環のモデル化に関する研究 気候変動とエクスポート生産の変動に関する研究 気候変動と全粒子束及び生成物の変動に関する研究」(26,251千円)

経済産業省 試験研究調査委託費(環境研究総合推進費に係るもの) 継続「沿岸自然環境と生態系への影響評価と適応策に関する研究」(8,308千円)

経済産業省 試験研究調査委託費(環境研究総合推進費に係るもの) 継続「流況と水質の相互作用を考慮したサンゴ礁群集の回復促進要因の解明」(2,823千円)

経済産業省 試験研究調査委託費(環境研究総合推進費に係るもの) 新規「東シナ海陸棚域の堆積物による過去50年間の長江經由土砂供給量の長期変動に関する研究」(9,856千円)

文部科学省 若手任期付研究員支援(継続)「糖鎖分子ナノアーキテクチャーの研究」(14,986千円)

発表: 誌上発表184(153)件、口頭発表439(147)件、その他36件

分離吸着材料開発研究グループ

(Aquamaterial Separation Technology Research Group)

研究グループ長: 大井 健太

(四国センター)

概要:

海水から成分を個々に分離する総合的な技術体系の構築と溶存物質の資源化およびその産業応用をめざして、海水溶存リチウム採取を中心に、同位体分離や近年メタンハイドレートとして注目を集めているメタンに関する技術応用のための開発研究などを行う。リチウム吸着剤に関しては、平衡吸着量40mg/g、吸着速度30mg/月、月産100kgをめざす。また、水圧差の小さな海水流れでも良好な吸着性能を保持する効率的吸着装置を開発し、吸着プロセス解析に基づきコスト試算を行い実用可能性を明らかにする。同位体の分離・濃縮に関しては、リチウム同位体分離係数1.030をめざす。メタン吸蔵体に関してはアメリカ合衆国エネ

ギー省が実用化のための目標値として定めた150cc/ccをしのぐ新規ナノポア吸着剤の開発を行う。

研究テーマ:

テーマ題目6

環境調和プラスチック開発研究グループ
(Marine Biopolymers Research Group)

研究グループ長: 廣津 孝弘

(四国センター)

概要:

未利用バイオマスを利用して、環境に優しく安全性に優れた環境調和型材料の創製を目的に、海洋性多糖類(キチン・キトサン、セルロース等)を原料に、メカノケミカル法により熱可塑性等を発現する機能性ポリマーアロイの製造技術を開発するとともに、海洋性糖質に特有の機能を活かした新規材料の創製等を目標とする。メカノケミカル法による海洋多糖系ポリマーアロイの開発については、海洋性多糖類(キチン・キトサン、セルロース等)を60重量%以上含有し、熱可塑性を発現する海洋多糖系ポリマーアロイの製造法を開発する。海洋バイオマス機能を活かした新材料の開発については、海洋性糖質に特有な機能に着目し、その機能発現メカニズムの解明を目指す。

研究テーマ:

テーマ題目6、テーマ題目7

海底系資源・環境研究グループ

(Seafloor Environment and Resources Research Group)

研究グループ長: 臼井 朗

(つくば中央第7)

概要:

海底系の資源形成や地球環境影響等に関わる重金属元素等の挙動・循環の実態・過程を解明することを長期目標とし、本年度は関連海域の地質情報の整備を含め、1) 現世熱水起源・堆積起源重金属沈殿物、陸上海成層等の鉱物組成、組織変動、形成年代等を明らかにし、2) 古海洋環境復元の予察研究、鉱化モデルの構築、微生物関与物質の形態把握等を実施し、また3) 鉱量評価手法の開発及び環境負荷実験データ解析、海底系の流体挙動の定量評価手法確立のための現場データの取得と解析等を行っている。

研究テーマ:

テーマ題目1

水中加工自動化技術開発研究グループ

(Underwater Technology Research Group)

研究グループ長: 小川 洋司

(四国センター)

概要:

海洋構造物の建造・補修・解体に必要な水中加工技術の実用化を目指して、浅水域から深水域まで適用可能な自動化技術の開発研究を実施している。人間にと

って過酷で危険な環境（高圧・暗黒）である海中では、水圧の影響を受け陸上とは異なった溶接現象となることなど、より高度な自動加工技術の開発が必要である。得られた知見を基に、陸上での自動化技術の高効率化・高効率化を図り、産業界の製造技術へ還元する。本グループでは水中溶接・切断技術のナショナルセンターの機能を発揮するとともに、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）や民間企業等との共同研究など、造船業界および海洋産業界と連携し、信頼性が高くかつ高効率な海中自動溶接・切断技術の開発を行っている。

研究テーマ：

テーマ題目 6

海洋地球変動研究グループ

(Global Marine Environmental Change Research Group)

研究グループ長：川幡 穂高

(つくば中央第7)

概 要：

今日の地球温暖化問題に科学的に対処するためには、海洋における沈降粒子研究等の物質循環に関する研究が不可欠である。本グループでは海洋表層での一次生産物であるプランクトンの遺骸を主とする沈降粒子を対象とした高水準の円石藻やナンノ化石分析でもって二酸化炭素の除去および鉛直下方への輸送などの解明をめざす。また温暖化した将来の地球における環境を考えるために、人為的な影響のない自然状態の環境変動要因とその変動幅を明確にするため、地球化学的及び古生物学的手法を用いて過去の地球環境の復元を行う。あわせて、サンゴ礁に関する研究でもって、サンゴ骨格の同位体分析により過去100年以上にわたる水温、塩分などの定量的データを復元するとともに、サンゴ礁生態系の海洋全体の炭素循環への寄与評価および種の多様性維持機構の解明をめざす。

研究テーマ：

テーマ題目 4

沿岸環境保全研究グループ

(Coastal Environment Research Group)

研究グループ長：斎藤 文紀

(つくば中央第7)

概 要：

本グループは、日本周辺及びアジア・太平洋地域の湖沼・汽水域を含む海岸沿岸域において、地球科学的手法を用いて、沿岸環境情報 DB の構築、調査・モニタリング技術の開発、環境保全のための沿岸環境評価手法の確立などを行い、持続的沿岸開発や沿岸環境保全と防災のために貢献することを目標とする。経済成長が大きく、人口密集地帯である東南アジアから東アジア沿岸域の開発と保全は、海岸沿岸域の持続的開発と地球規模の環境保全のために国際的にも重要課題と

なっている。同地域を対象に、現地研究機関と共同で研究を実施し、技術移転を含めた貢献を行っている。

研究テーマ：

テーマ題目 3、テーマ題目 5

生態系環境修復創造研究グループ

(Coastal Ecosystem Research Group)

研究グループ長：星加 章

(中国センター)

概 要：

環境修復・創造技術の開発を目指し、1) 底生生物の機能を利用した底質浄化技術の研究、2) 藻場の物質循環に果たす役割解明に関する研究、3) 有害化学物質の計測技術の開発研究を行う。さらに、瀬戸内海の海砂利採取による流動や生態系への影響を評価し、その軽減・緩和、採取海域の修復・整備等に必要対策に資するための研究を実施している。その内容は、1) 瀬戸内海大型水理模型を用いて海砂利採取以降の地形を再現して備讃瀬戸海域における流況影響を把握、数値シミュレーションにより海砂利採取による備讃瀬戸における流況影響を評価、2) 海砂利採取海域および周辺海域の流動構造、底質、濁りに関する実態調査により経年変化を把握、海底回復過程を解析、3) 三原瀬戸海域における海砂利採取海域および周辺海域で海洋生物調査を継続し、海洋生物出現状況および生態系構造の経年変化を把握するものである。

研究テーマ：

テーマ題目 5

海洋生態機能開発研究グループ

(Marine Biological Technology Research Group)

研究グループ長：山岡 到保

(中国センター)

概 要：

海洋生物や微生物の持つ汚染物質を分解する機能を取り出して、汚染物質を海域から取り除く技術開発と海洋生物が持つ生物濃縮（バイオミネラリゼーション）機構を解明し、新規生態機能材料の開発を行う。バイオミネラリゼーション機構の解明に関しては、ムラサキカイメン、ダイダイイソカイメン、クロイソカイメンを実験材料として、シリカ結晶化機能を担うタンパクの同定やそれをコードする遺伝子解析などを実施する。汚染物質除去に関しては、微生物利用による有機スズ化合物の毒性低減を目指した研究を実施する。

研究テーマ：

テーマ題目 7

物理環境修復創造研究グループ

(Environmental Hydraulics Research Group)

研究グループ長：村上 和男

(中国センター)

概 要：

沿岸域の汚染された海域を、水質環境を支配する流況等を制御して広域的な水質浄化・環境創造技術の確立を目指し、1) 海砂利採取海域の地形変化に伴う流れや砂移動の変化と環境の変化を、数値計算、水理模型実験、現地調査により把握、2) 瀬戸内海全域を考慮できる潮汐・潮流の数値モデルを構築、3) 流況制御による海水交換の促進、およびその現地への適用、4) 生物の生息環境と周辺の自然環境との関連の把握、に関する研究を実施する。

研究テーマ：

テーマ題目 5

海洋環境材料開発研究グループ

(Marine Eco-material Research Group)

研究グループ長：矢野 哲夫

(四国センター)

概要：

海洋構造物等への生物付着防止あるいは成長促進技術の開発を目指す。成長促進技術として、有用海洋胞子の海中基盤材料への付着初期の組成分析、胞子付着基の培養条件の検討等を行う。防止技術としては、レーザー照射を中心に開発する。

研究テーマ：

テーマ題目 7

海洋地質研究グループ

(Marine Geology Research Group)

研究グループ長：岡村 行信

(つくば中央第7)

概要：

日本周辺海域の海洋地質情報を整備して公表すると共に、それらのデータを基に日本周辺海域の活断層評価、古環境変動の解明、地質構造発達の解明を行うことを目的として研究を実施している。第2白嶺丸を用いた音波探査、堆積物及び岩石の採取が基本的なデータで、それらのデータの解析によって海洋地質図及び表層堆積図を出版し、同時にインターネットでデータベースの公開も進めている。さらに日本海東縁及び南海トラフ沿いの地震発生頻度を推定するために、既存のデータに加えて、他機関のデータや調査船、潜水調査船を活用し、地震性堆積物の採取と年代測定を進めると共に、地質構造の定量的解析を行っている。日本海などの古環境変動の研究では、他機関の柱状堆積物試料を用いて、岩相、微化石、化学組成などの解析を進めている。

研究テーマ：

テーマ題目 1、テーマ題目 2

海洋地球物理研究グループ

(Marine Geophysics Research Group)

研究グループ長：山崎 俊嗣

(つくば中央第7)

概要：

本研究グループの研究は、次の2本の柱からなる。

第一に、国土およびその周辺海域の地球科学情報整備の一環として、日本周辺海域の地球物理マッピングを行い、重力・地磁気異常図やデータベースの形で海洋地球物理情報を整備・提供する。さらに、世界の地球科学的に重要な海域について、重力異常・地磁気異常等の地球物理学的手法を用いて、海底地質構造及びその発達史を解明する。また、そのために必要な海底調査技術、データ解析技術の開発を行う。第二に、地球史における地球磁場変動の実態解明を究極の目標として、古地磁気学的研究を行う。特に、古地磁気強度や方位の永年変動の解明、さらには地磁気エクスカージョンのような突発的現象の解明を通じて、海底堆積物の地質年代決定への応用をはかる。また、海底堆積物の磁気的特性から堆積環境や古環境変遷を推定することを目的として、岩石磁気学的手法の高度化を行う。

研究テーマ：

テーマ題目 1

海洋動態モニタリング研究グループ

(Coastal Monitoring and Management Research Group)

研究グループ長：高杉 由夫

(中国センター)

概要：

停滞性海域の環境改善に必要なモニタリングシステムの開発と環境診断評価を目的として、1) 海洋鉛直微細構造の計測・解析手法の開発、2) 停滞性海域の環境モニタリングと診断評価、3) 水中超音波を利用した高密度環境情報の検討を行っている。海洋鉛直微細構造の計測・解析手法の開発では「微小生物鉛直分布測定装置」を設計・製作し、これを用いて海中の微小な変動現象とプランクトン量との関連を解明し、より信頼性の高い閉鎖性海域の環境診断評価を行う。停滞性海域のモニタリングでは、長期データの解析を通して閉鎖性海域でのバイオマス量の推定を行っている。

研究テーマ：

テーマ題目 5

[テーマ題目 1] 海洋地質図等基盤情報の整備と高度化
 (運営費交付金、科学技術総合研究委託費)

[研究代表者] 宮崎 光旗 (海洋資源環境研究部門)

[研究担当者] 岡村 行信、山崎 俊嗣、臼井 章、ほか (職員14名、他11名)

[研究内容]

国土の利用や資源開発・環境保全・災害予測に貢献し、我が国の産業の発展、国民生活の安寧に資するため、日本周辺海域の地質学的・地球科学的実態の正確な把握を推進し、これらの地質学的・地球科学的情報を海洋地質図として広く社会に提供する。同時に、調査研究により

得られる試資料等を基に海底堆積物組成や重金属分布など諸情報をデータベース化して公開する。さらに、試資料に基づいた日本周辺海域の古環境復元や地質構造発達史の解明、あるいは古地磁気研究や海底での重金属資源の形成過程などの研究を実施する。

平成14年は、十勝・釧路沖海域の調査研究航海を行い、得られた試資料等の解析・分析等の実施や地球物理データを処理し、産総研地質調査総合センター速報 no.26「千島弧―東北日本弧会合部の海洋地質学的研究（平成14年度研究概要報告書 十勝沖海域―）」として刊行した。また、日御碕沖表層堆積図、能登半島西方海底地質図、日向灘海底地質図、枝幸沖海底地質図、金華山沖表層堆積図、日御碕沖海底地質図の作成に取り組むとともに、見島沖表層堆積図（海洋地質図 no. 58）および能登半島東方海底地質図（海洋地質図 no. 59）を刊行した。なお、本年度より海洋地質図シリーズはすべて CD-ROM 出版となる。日本海とその周辺の古環境について、プランクトン生物の生態・生産量等からの考察による海水循環や交換の物質循環的な時代変遷など新たな観点での環境変動を明らかにした。データベースに関しては、産総研研究成果公開データベース「北西太平洋海底鉱物資源データベース」（<http://riodbdev.aist.go.jp/db058/>）として公開した。

古地磁気研究に関しては、昨年度発見の地磁気10万年周期変動を追従するとともに、高分解能古地磁気強度変動標準曲線の構築に向け、コア測定やデータ処理を進めた。このなかで、約19万年前のごく短期間の地磁気逆転の詳細な記録が得られた。短期間の地磁気逆転を目盛とすることで高分解能の年代推定が可能となることから、この発見は地質年代決定法への応用にもつながる。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】海洋地質図、表層堆積図、データベース、日本周辺海域、第2白嶺丸、古地磁気、岩石磁気、磁気異常、重力異常、海底鉱物資源、海底熱水系、地殻流体

【テーマ題目2】海域活断層の評価手法（運営費交付金）

【研究代表者】岡村 行信（海洋資源環境研究部門海洋地質研究グループ）

【研究担当者】池原 研、ほか（職員5名、他1名）

【研究内容】

日本周辺海域には多くの活断層の分布が知られているが、その評価方法が確立されておらず、危険度の判定等には到っていない。現在行われている海域活断層の調査方法を整理した上で、データの解析手法と判断基準を確立し、その活動度の適切な評価指針を作成する。具体的には、日本海東縁と東海沖を中心とした音波探査記録上での活断層判定基準、深海域のタービダイトを用いた地震発生頻度の解明手法、潜水船等を用いた地震発生履歴の解明手法の確立を目標とする。音波探査記録を用いた

活断層の判定及びタービダイトによる地震発生頻度の調査研究はいくつかの国で試みられているが明確な評価手法の確立にいたっていない。また地域の特徴に応じた手法の確立も必要不可欠であり、産総研の海洋地質図等基盤情報整備に関連した調査研究を中心としたデータの蓄積により日本周辺海域における手法の確立が達成可能となる。

平成14年は、1995年以降に得た日本海東縁の潜水調査のビデオ映像に基づいて地震に伴う海底の変動を整理し、地震発生頻度との関係を考察した。特に1940年積丹半島沖地震について、潜水調査だけでなく地質構造や津波波源域を含めて再検討を行った。また、佐渡海嶺の地震再来間隔推定のための既存の柱状試料のタービダイト形成頻度を明らかにした。これらの結果から、この地域での地震発生間隔が千年程度から数千年の範囲で推定された。

東海沖では、天竜海底谷と本宮山海底谷で遠州断層系の潜航調査を「しんかい2000」を用いて実施し、最近の断層運動を示唆する変形構造や変色域、チューブワームを見つけた。また、山陰沖から東北沖日本海の3.5kHz SBP 記録をデジタル化して測線ごとに整理し、データベース構築の準備を行った。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】海域活断層、日本海東縁、南海トラフ、地震発生間隔

【テーマ題目3】アジア太平洋地域における沿岸・沿海地球科学情報の収集と解析（運営費交付金、試験研究調査委託費（環境研究総合推進費に係るもの））

【研究代表者】齊藤 文紀（海洋資源環境研究部門沿岸環境保全研究グループ）

【研究担当者】村上 文敏、ほか（職員3名、他11名）

【研究内容】

東・東南アジアの海岸沿岸域における持続的開発と環境保全に資するために、また産総研のアジア戦略の一端を担うべく、地質情報の収集と解析等調査研究を関係諸国機関等と共同で遂行し、基本となるデータベース構築と本地域を特徴づけるデルタ形成史や海水準変動、人類社会の地質環境への影響等を解明する。共同研究を通じての技術移転も行う。本テーマは、産総研/地質調査総合センターとして国際機関や関係国の地質調査機関との連携などを通じて実施されており、また IGBP/LOICZ など国際プロジェクト遂行の側面も有する。

平成14年年には、ベトナム内のメコンデルタにおいてベトナム地質鉱物局と共同で延長700km に及ぶ音波探査を実施し、平野下の地質情報を取得した。マルチチャンネル音波探査を導入し、深度約70mまでの沖積層探査に成功した。ベトナム側の研究者を招聘し、現在共同解析を行っている。紅河デルタに関しては、約6-7千年前に海水準は現在よりも2-3m 高く、ハノイ周辺まで海域

が広がっており、4千年前以降の海水準の低下に伴って急速に海域は減少し、デルタが前進してきたことが明らかになった。これらを取りまとめ、国際学術誌にそれぞれ投稿した。チャオプラヤーのデータベースについてはCD-ROM出版のための基本的なデータ構築を終了した。カンボジアとの共同研究については、12月にカンボジアを訪問し、協議の場を設けることになった。

また東・東南アジア諸国の研究機関との連携を深め、本課題の次期展開のため、中国の共同研究者である陳中原教授を代表として「The Mega-Deltas of Asia: Conceptual Model and its Application to Future Delta Vulnerability」計画（計画期間2年、総額86,000ドル、2002.9提出）をアジア・パシフィックネットワーク（APN）に申請した。さらに米国の Steven Goodbred 博士と共同で新規プロジェクト「Deltas in the Monsoon Asia-Pacific Region (DeltaMAP)」（計画期間5ヶ年、年間5000-1000ドル、2002.10.1提出）を国際地質対比計画（IGCP）に提案した（登録番号IGCP-475）。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】アジア、データベース、デルタ、海水準、沿岸環境

【テーマ題目4】地球科学的手法による地球環境変動要因等の解明（運営費交付金、科学技術総合研究委託費、試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの）、試験研究調査委託費（環境研究総合推進費に係るもの））

【研究代表者】川幡 穂高（海洋資源環境研究部門海洋地球変動研究グループ）

【研究担当者】野原 昌人、田中裕一郎、鈴木 淳（職員4名、他17名）

【研究内容】

本テーマは、温暖化など地球環境問題に地球科学的立場から貢献することを目的として、過去の環境変遷や現在のプロセスの解明と地球環境・地域環境の将来予測、環境対策技術に対する効果評価・影響評価手法などの開発をめざすものである。今日の地球温暖化問題に科学的に対処するためには、海洋における沈降粒子研究等の物質循環に関する研究が不可欠である。実際、現在も大気中に毎年約0.5%ずつ増加し続けている二酸化炭素が海洋内部の炭素輸送とどのような関係があるのかを解析することに各国の研究の主眼が置かれている。本研究は、海洋表層での一次生産物であるプランクトンの遺骸を主とする沈降粒子を対象として、当ユニットの高水準の円石藻やナンノ化石分析でもって二酸化炭素の除去および鉛直下方への輸送などの解明をめざす。また、今日の地球温暖化問題に科学的に対処するためには、海洋における沈降粒子研究等の物質循環に関する研究が不可欠である。実際、現在も大気中に毎年約0.5%ずつ増加し続け

ている二酸化炭素が海洋内部の炭素輸送とどのような関係があるのかを解析することに各国の研究の主眼が置かれている。本研究は、海洋表層での一次生産物であるプランクトンの遺骸を主とする沈降粒子を対象として、当ユニットの高水準の円石藻やナンノ化石分析でもって二酸化炭素の除去および鉛直下方への輸送などの解明をめざす。あわせて、サンゴ礁に関する研究でもって、気候変動を記録しているサンゴ骨格を採取し、内外最高レベルの時間分解能と同位体分析能力により過去100年以上にわたる水温、塩分などの定量的データを取得し、将来の気候変動解析に資するとともに、サンゴ礁生態系の海洋全体の炭素循環への寄与評価および種の多様性維持機構の解明をめざす。

平成14年は、西太平洋中緯度域におけるエクスポート生産の組成について分析を終了した。また、エルニーニョ・南方振動に呼応した赤道湧昇域の沈降粒子の組成変動を明らかにするために、赤道域から捕集された沈降粒子の分析・解析が終了し、論文でもって公表した。また、北西太平洋での氷期・間氷期の深層水や海底堆積物変化などに関する研究成果を取りまとめ、論文等で公表した。サンゴに関する研究では、琉球列島石垣島については、過去100年間の試料について安定同位体比分析を終了した。酸素同位体比および炭素同位体について、アジアモンスーンの準2年周期の変動に呼応した変化が見られそうである。また、サンゴ礁における水質・流況等の環境計測を実施、底質その他の採取資料の分析とともにサンゴ礁環境の特性を解析中である。

【分野名】地質・海洋、環境・エネルギー

【キーワード】海洋、地球環境、温暖化、炭素循環、古環境、微化石、サンゴ、同位体分析

【テーマ題目5】生態系を中心とする沿岸環境評価・修復技術（運営費交付金、試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの））

【研究代表者】宮崎 光旗（海洋資源環境研究部門）

【研究担当者】星加 章、山室 真澄、村上 和男、高杉 由夫、西村 清和、ほか（職員14名、他17名）

【研究内容】

ポスト工業化社会における健全な産業社会の構築と安心・安全で質の高い生活を目的として、生態系を中心とする環境評価・改善・修復技術および必要な調査解析技術を開発する。本テーマは、1) 生態系を利用した環境評価・改善技術開発に関する基礎的研究、2) 環境修復・創造技術の開発に関する研究、3) 沿岸生態系と地形・流況等物理環境に関する研究、4) 海洋鉛直微細構造の計測・解析手法の開発、5) 汽水域・沿岸域の調査技術開発、からなる。

生態系を利用した環境評価・改善技術開発に関する基

礎的研究では、沿岸海洋に分布するサンゴ礁・海草藻場・マングローブ生態系が統合された複合生態系であるとの仮説に基づいて、環境評価のためにその構造と機能を解明し、定量的な仮説の実証などを通してこれらの保全や対策等に新たな視点を与えようとするものである。平成14年は、ジュゴンにおける農薬の影響を分析し、申告ではないが今後も監視する必要があるという結果を得、公表するとともに、複合生態系の各サブシステム間の有機物や栄養物質の移動様態を解明するために、各サブシステムでの主な一次生産者やコア状堆積物を採取、分析を行った。

環境修復・創造技術の開発に関する研究では、生態機能を利用して環境修復する要素技術の開発を目的として、イトゴカイ等の底生成物を利用した底質浄化技術の開発、発芽・生存率30%以上を有する流失防止播種法の確立によるアマモ藻場造成技術の開発を目標としている。平成14年は、イトゴカイの最適移植時期を決定し、移植に必要な大量培養技術を確立し、実際の閉鎖性海域へ移植し経過を観測中である。アマモ場造成の要素技術確立に関しては、海水流下式実験水槽の構築・整備を経て、播種によるアマモ場造成技術に着目した播種実験を行い、発芽および効果の検証を行った。その結果、アマモ種子散布時、発芽後の株流失防止対策を行った播種法の出芽およびその効果（アマモ株の引き抜け強さ）の確認を得た。

そのほか沿岸生態系と地形・流況等物理環境に関する研究では、海砂利採取あとの海域についての計算シミュレーションで同域が残差流の収束域を示すことから、今後砂の供給があれば砂堆形成の可能性があるという結果が得られた。海洋鉛直微細構造の計測・解析手法の開発では、昨年度開発した「微小生物鉛直分布測定装置」の海中動態試験を実施し、乱れの強さを表す流速鉛直傾度の変化とクロロフィル量（植物プランクトン量に対応）の変化が対応する箇所が認められ、開発機器の有効性が確かめられた。汽水域・沿岸域の調査技術開発に関しては、海草藻場評価のための海域調査におけるプロトタイプを確立した。また小型飛行船を加えた統合測位システムを用いて、全システムを同時に実海域で運用する技術の開発を試みた。現地実験を通してシステムを完成させた。

【分野名】地質・海洋・環境・エネルギー

【キーワード】沿岸環境、環境修復、底質浄化、アマモ場、生態系、安定同位体比、機器開発、有害物質計測技術、シミュレーション、水理模型実験

【テーマ題目6】海洋資源の有効利用（運営費交付金、エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費、原子力試験研究委託費）

【研究代表者】大井 健太（海洋資源環境研究部門分離吸着材料開発研究グループ）

【研究担当者】苑田 晃成、廣津 孝広、小川 洋司、ほか（職員10名、他21名）

【研究内容】

本テーマは、海水から成分を個々に分離する総合的な技術体系の構築と溶存物質の資源化およびその産業応用をめざして、海水溶存リチウム採取を中心に、同位体分離や近年注目を集めているメタン吸蔵体に関する技術応用のための開発研究などを行うものである。また海洋開発に不可欠な水中溶接技術の高度化にも取り組む。

海水リチウム採取及び同位体濃縮のための実用的分離吸着プロセス開発では、海水中に溶存するリチウムを選択的に採取するイオンふるい型吸着剤を設計開発する。また、核融合発電に重要なリチウム同位体などを経済的かつ効果的に同位体を採取する吸着分離プロセスを研究する。海水リチウム吸着剤に関しては、平衡吸着量40mg/g、吸着速度30mg/月、月産100kgをめざす。同位体の分離・濃縮に関しては、製造コストを現状の半分以下にするために、リチウム同位体分離係数1.030をめざす。メタン吸蔵体として、活性炭とは異なる材によりアメリカ合衆国エネルギー省が実用化のための目標値として定めた150cc/ccをしのぐ新規ナノポア吸着剤の開発を行う。

平成14年のリチウム吸着剤の開発研究については、連続遠心滴下による造粒法を開発し、粉末吸着剤の大量造粒試験により100kgの粒状体を得ることができた。この吸着剤を用いて大量採取試験を行い、炭酸リチウムを100kgレベルで回収できる用途をたてた。昨年度開発の膜状吸着剤を用いて、層間平行流吸着モジュールを試作し圧力損失とリチウム吸着特性を検討し吸着におよぼす装置要因を明らかにした。適当なスペースを選択することで、比較的低い圧力損失で、良好な吸着性能を達成することができた。積層型吸着モジュールを用いて実海水を用いて長期吸着試験を行い、30mg/g/月を達成した。なお、新規リチウム吸着剤（Li1.6Mn1.604酸処理物）の微細構造解析に関して、電力エネルギー研究部門研究者の協力を得て中性子線回折を行い、従来とは異なるユニークなリチウム配置構造であることを明らかにした。本物質は、国際回折データセンターに新規物質（Z0478）として登録された。リチウム同位体濃縮に関しては、NASICON型無機イオン交換体を固定相に使い、1mのカラムを用いてブレイクスルー法で同位体分離実験を行った。溶出初期に7Liの同位体濃縮が顕著に見られ、目標値1.030達成となった。

メタン吸蔵体の開発研究では、層状炭素系化合物を出発物質に、コロイド性質を利用した二段インタカレーション方法を適用し、比表面積1000m²/g以上で、ゼオライト等多孔性無機酸化物に匹敵するメタン吸蔵量を持つカーボン-シリコン複合体の合成に成功した。層状珪酸塩の一種であるバーミキュライトを用い、新たに開発したピラー化反応を併用し、比表面積1200m²/gのシリカ

ナノポア多孔体を開発した。この手法を層状ポリ珪酸の一種であるアイラライトに適用し、比表面積1000m²/gで、制御されたナノポアを持つシリカ多孔体を開発できた。このシリカ多孔体のメタン吸着能を評価し、80mg/gのメタン吸着量を達成できた。

水中溶接の実用化に関しては、小型溶接装置の自動化と超撥水材料の利用法について企業等と共同で取り組み、開発した小型海中溶接装置を用いて大型構造物の水中溶接のモックアップ試験を実施し、良好な溶接が可能なことを実証した。また、産総研研究成果公開データベース（RIO-DB）上で「水中溶接技術情報データベース」および研究部門公式ホームページ上で「水中超音波情報データベース」を公開した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造、地質・海洋

【キーワード】 海水、リチウム採取、メタン吸蔵体、同位体分離、海水用抗菌剤、硝酸イオン・リン酸イオン吸着剤、水中溶接、水中切断技術、溶接現象、データベース

【テーマ題目7】 海洋微生物等の機能性利活用（運営費交付金、試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの）、若手任期付研究員支援（継続））

【研究代表者】 宮崎 光旗（海洋資源環境研究部門）

【研究担当者】 廣津 孝広、矢野 哲夫、山岡 到保、ほか（職員13名、他13名）

【研究内容】

海洋における新たな資源として海洋バイオマスや海洋微生物資源に注目し、海洋性バイオマスを利用する環境に優しく安全性に優れた素材合成や、微生物を用いた海洋環境からの有害物質の除去、あるいは微生物の作り出す有用物質の利用などを目的として研究開発に取り組む。

環境低負荷素材合成に関しては、熱可塑性を発現する新規多糖系ポリマーアロイを開発する。このため海洋性糖質（キチン・キトサン、セルロース等）を原料として、メカノケミカル的手法により複合化し、海洋性多糖含有量が60重量%以上で熱可塑性を発現し、成形性および強度特性に優れた海洋多糖系ポリマーアロイの製造法を確立する。メカノケミカル的手法による複合化は世界的にもユニークで、非熱可塑性の多糖系バイオマス、特に反応性の高い海洋イオン性糖質に好適で、熱可塑性を発現する多糖系ポリマーアロイの創製が期待される。微生物利用に関しては、海洋生物・微生物の生態系特殊機能を解析し、環境修復技術や新機能素材を開発する。特に有機スズや硫化メチルの新規分解経路を解明し、機能強化のために海洋環境で新たな分解活性が高まる技術の開発をめざす。また、海綿によるシリカ濃縮やラビリンチュラによるヒ素濃縮の機能に着目し、バイオガラスや抗酸化剤などの新規な機能素材の合成を探る。

平成14年における新規多糖系ポリマーアロイ開発研究

では、無水マレイン酸をグラフト化したポリエチレンあるいはポリプロピレンとセルロースとをボールミルで混合粉碎すると、エステル結合の形成により複合化することを発見した。混合粉碎法は熔融混練り法と機構的に原理が全く異なることから、メカノケミカル的にセルロース上に反応性の高いフリーの水酸基が生成して無水マレイン酸基とエステル化したと考えられる。共有結合の形成により、セルロース微粒子がポリマーマトリックス中に均一に分散した。生成した多糖系ポリマーアロイの伸び性および機械的強度は熔融混練りの場合より高くなることが分かった。従って、メカノケミカル法によって、多糖含有量が50重量%以上の多糖系ポリマーアロイの開発が期待できる。

微生物機能利用による有機スズ化合物の毒性低減に関しては、シデロフォアを分泌する微生物を固定化するときには栄養元素を包括することにより、底泥中の有機スズ化合物分解の可能性を得た。さらに効率を上げるために分解機構の解析と影響因子について検討している。またバイオミネラリゼーションについてはシリカの結晶化に係わる蛋白質の部分アミノ酸配列を決定した。さらに全アミノ酸配列を決定すると共にシリカ沈積に必要なアミノ酸配列を明らかにした。ヒ素についてはラビリンチュラによる解毒機構の一部と抗酸化物質との関係が解析できた。

【分野名】 環境・エネルギー、地質・海洋

【キーワード】 海洋、バイオマス、多糖類、メカノケミカル、ポリマーアロイ、糖鎖認識、ヘマグルチニン、キチン質、グルコサミン、希少糖、海洋微生物、バイオミネラリゼーション

⑤【エネルギー利用研究部門】

(Institute for Energy Utilization)

(存続期間：2001.4.1～)

研究部門長：請川 孝治

副研究部門長：成田 英夫、三木 啓司

総括研究員：武内 洋、牧野 三則

所在地：つくば西、つくば東、北海道センター

人員：290（120）名

経費：2,484,207千円（1,073,827千円）

概要：

我が国の産業の発展と住み良い社会の実現のために、エネルギー利用に伴うCO₂の排出抑制やエネルギーの安定供給技術の確立が強く期待されている。このため、エネルギー利用研究部門では、エネルギー源の多様化を図りながらよりクリーンなエネルギーへの変換と、それらエネルギー源の輸送や貯蔵技術についての

研究を行うとともに、それらの資源を熱や動力等へ変換する技術あるいは徹底的に効率的な利用を図る技術等の研究開発を通じて、エネルギーの安定供給の確保と地球環境の保全を目指した環境調和型エネルギー需給構造の構築に貢献していく。

これらの目標達成に向けて、具体的には電気と熱を効率よく使い、総合エネルギー効率を飛躍的に向上させる「小型分散エネルギーシステム」、廃棄物や自然熱・未利用熱を有効に使う「カスケード・リサイクル技術」、革新的「エネルギー輸送・貯蔵技術」、水素等の次世代クリーン燃料を製造する「クリーン燃料製造技術」、エネルギー安定供給を可能とする「エネルギー源の多様化技術」の5つの分野に重点を置き、循環型社会の構築に向けた新たなコンセプトとプロトタイプ提案を行っていく。

1) 分散型エネルギーシステム

地球温暖化の抑制に向けて、民生部門における省エネルギーの強力な推進と新エネルギーの開発や普及が期待されている。一方、民生用家庭部門ではエネルギー消費量の伸びが著しいにもかかわらず、システムの省エネルギー化が遅れており、早急な取り組みが要請されている。このため、コジェネレーションを主とした分散型エネルギーシステムの最適化を目指して、電力負荷変動の平準化を可能とする大容量高出力キャパシタの開発、分散型電源などからの低質排熱や未利用自然熱の高効率利用技術、地域別エネルギー需給データ解析に基づくエネルギー平準化技術の研究開発やシステムのコストベネフィット評価などに取り組んでいる。

2) エネルギーのカスケード利用リサイクル技術

エネルギーの安定供給と地球環境保全を達成するには、熱・動力利用機器及びそのシステムの高効率化やクリーン化が最も重要な課題である。このためには、エネルギーを極限まで使いきる技術、ますます苛酷になるシステムの要求に合わせて材料を設計し仕立て上げる技術、あるいはリサイクルする技術などの研究開発が必要となってくる。このため、ダイオキシン生成抑制のための燃焼技術、プラスチック廃棄物のリサイクル技術、あるいは耐熱耐蝕材料の開発と評価、さらに低エミッションかつ高効率な次世代動力発生技術の研究開発を行っている。

3) エネルギー輸送・貯蔵技術

エネルギーの供給は社会を維持していくうえで寸時も中断してはならず、エネルギーの輸送・貯蔵の安定性・確実性が求められている。このため、クリーンエネルギーの輸送・貯蔵技術の省エネルギー化、安全性、確実性を目的として、省エネルギー型天然ガス輸送技術の研究開発を行っている。また、エネルギー安定供給のためにはエネルギー輸送・貯蔵等における防災・産業安全の基盤技術の確立が重要で

あることから、LPG、LNG等のエネルギー地下貯蔵における構造的不連続性に関連した長期安全性評価技術の研究開発などを行っている。

4) クリーン燃料製造技術

エネルギーセキュリティの確保と環境保全の両立を目標として、クリーンなエネルギーの製造すなわち既存エネルギーのクリーン化や燃料転換技術などの研究開発を行っている。軽油の超深度脱硫技術、自動車用燃料電池のためのナフサ、ガソリンの完全脱硫技術、超重質油のアップグレーディング技術、石炭の完全脱灰技術、あるいは石炭を高純度の水素に転換する革新的水素製造技術、水素添加ガス化によるメタンの製造技術や固体触媒を用いたガス精製技術の研究開発を行っている。

5) エネルギー源の多様化技術

私達の生活や産業活動を支えるエネルギーを安定に供給するためには、省エネルギーやリサイクル技術の開発とともに、石油だけに頼らないエネルギー供給構造をつくることが不可欠である。我が国周辺海域に多量に存在するメタンハイドレート資源開発利用技術、ソーラーケミストリーやバイオエネルギー、風力発電技術などの研究開発を行っている。また、生物の代謝機能を模したエネルギー変換プロセスを活用した生物電池、太陽熱、排熱などを熱源とする熱再生型燃料電池の研究開発や乱流制御などに関する基礎研究も行っている。

外部資金：

環境省「スパイクタイヤ類似品に関する調査」(3,610千円)

石油公団「メタンハイドレート資源開発生産手法開発」(411,214千円)

社団法人プラスチック処理促進協会「平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業(電気・電子、自動車等使用済みプラスチックのゼロエミッションケミカルリサイクル技術の開発)」(2,334千円)

財団法人石炭利用総合センター「石油液化油の利用に関する調査」(897千円)

スリーアールシステムズ株式会社「平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業(島嶼など隔絶地域対応の小型、低DXNs医療廃棄物処理炉の開発)」(876千円)

財団法人地球環境産業技術研究機構「CO₂ハイドレート天盤被覆層のガス封入性能と安定性の評価研究」(12,038千円)

財団法人地球環境産業技術研究機構「二酸化炭素の海洋送り込み時挙動に関する研究」(1,813千円)

新エネルギー・産業技術総合開発機構「石炭エネルギー開発事業石炭利用技術振興費 石炭利用次世代技術開発調査 ハイパーコール利用高効率燃焼技術の開発」(16,559千円)

新エネルギー・産業技術総合開発機構「バイオマスエネルギー高効率転換技術開発 バイオマスの高速ガス化によるメタノール等気体・液体燃料への高効率エネルギー転換技術開発 バイオマスガス化基礎特性の把握」(16,628千円)

新エネルギー・産業技術総合開発機構「バイオマスエネルギー高効率転換技術開発 バイオマスの高速ガス化によるメタノール等気体・液体燃料への高効率エネルギー転換技術開発 バイオマスガス化基礎特性の把握」(11,006千円)

財団法人地球環境産業技術研究機構「光メタン発酵に関する研究」(2,157千円)

財団法人日本宇宙フォーラム「軌道上において有効な液体積計測システムの開発」(1,206千円)

財団法人石炭利用総合センター「平成14年度地球環境国際研究推進事業(バイオマスからのクリーンガス生産)基礎技術に関する研究」(31,551千円)

財団法人石炭利用総合センター「標準試料供給業務」(6,970千円)

新エネルギー・産業技術総合開発機構「バイオマスエネルギー高効率転換技術開発/バイオマスの低温流動層ガス化技術の開発/低温ガス化触媒の循環流動層への適用可能性に関する調査」(10,335千円)

新エネルギー・産業技術総合開発機構「バイオマスエネルギー高効率転換技術開発/バイオマスの低温流動層ガス化技術の開発/低温ガス化触媒の循環流動層への適用可能性に関する調査」(6,429千円)

新エネルギー・産業技術総合開発機構「バイオマスエネルギー高効率転換技術開発/有機性廃棄物の高効率水素・メタン醗酵を中心とした二段醗酵技術研究開発/メタン醗酵の高効率化及びバイオエンジニアリングの研究」(26,330千円)

新エネルギー・産業技術総合開発機構「バイオマスエネ

ルギー高効率転換技術開発/有機性廃棄物の高効率水素・メタン醗酵を中心とした二段醗酵技術研究開発/メタン醗酵の高効率化及びバイオエンジニアリング研究」(9,137千円)

新エネルギー・産業技術総合開発機構「エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発/過冷却蓄熱による床暖房システムの研究開発」(31,057千円)

新エネルギー・産業技術総合開発機構「エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発 多様なニーズに対応するフレキシブルタービンシステムの研究開発」(9,452千円)

新エネルギー・産業技術総合開発機構「エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発 分散電源排熱を利用したオフィスビル対応型小型吸収冷凍機の研究開発」(14,342千円)

新エネルギー・産業技術総合開発機構「ベトナム国におけるバイオマス資源を活用した石油代替エネルギー利用プロジェクトの実施可能性調査」(821千円)

経済産業省 エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費「高温空気燃焼対応高度燃焼制御技術開発」(18,169千円)

経済産業省 エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費「環境適合型次世代超音速推進システム技術開発」(14,780千円)

経済産業省 エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費「エネルギーシステム総合評価基盤技術研究開発」(35,439千円)

経済産業省 電源多様化技術開発等委託費「二酸化炭素回収対応タービンの研究開発」(51,945千円)

経済産業省 電源多様化技術開発等委託費「離島用風力発電システム等の研究開発」(44,027千円)

経済産業省 電源多様化技術開発等委託費「エネルギーシステム総合評価基盤技術研究開発」(49,544千円)

経済産業省 試験研究調査委託費(地球環境保全等試験研究に係るもの)「代替燃料層状燃焼エンジンに関する研究」(16,714千円)

経済産業省 試験研究調査委託費(地球環境保全等試験研究に係るもの)「軽油の酸化的超深度脱硫に関する研究」(22,434千円)

経済産業省 試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの）「廃棄物焼却により生成するダイオキシン抑制技術の研究」（13,681千円）

経済産業省 試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの）「永久凍土地帯のメタンハイドレートの安定性と生成解離」（11,519千円）

経済産業省 中小企業産業技術研究開発委託費「地域中小企業支援型研究開発（技術シーズ持込み評価型）木質系炭素繊維シートの吸収性能改良に関する研究」（1,643千円）

経済産業省 中小企業産業技術研究開発委託費「地域中小企業支援型研究開発（技術シーズ持込み評価型）身障者用高効率駆動機構アームサイクルの開発」（15,105千円）

経済産業省 科学技術総合研究委託費「乱流制御による新機能熱流体システムの創出」（84,281千円）

経済産業省 試験研究調査委託費（環境研究総合推進費に係るもの）継続「固定燃焼装置における N_2O 対策技術及び産業活動起源の CH_4 （メタン）、 N_2O （二酸化窒素）インベントリー推定に関する研究」（4,054千円）

経済産業省 試験研究調査委託費（環境研究総合推進費に係るもの）継続「木質系バイオマスのエネルギー変換技術の評価に関する研究」（5,697千円）

経済産業省 試験研究調査委託費（環境研究総合推進費に係るもの）継続「運輸部門における消費エネルギーの総量の低減手法に関する研究」（3,729千円）

経済産業省 試験研究調査委託費（環境研究総合推進費に係るもの）新規「活性化学種との反応による不飽和炭化水素からのエアロゾル生成機構の研究」（2,432千円）

経済産業省 試験研究調査委託費（環境研究総合推進費に係るもの）新規「都市と農村連携の相互性に関する研究」（1,630千円）

文部科学省 若手任期付研究員支援（継続）「超臨界二酸化炭素の地下水・地下物質に対する動的溶解特性に着目した CO_2 地中隔離技術開発」（15,008千円）

文部科学省 若手任期付研究員支援（継続）「水素貯蔵用高次修飾ナノカーボン触媒の開発」（14,803千円）

文部科学省 若手任期付研究員支援（継続）「小型分散

型電源用 MHD エンジンの開発」（13,204千円）

発表：誌上发表264（233）件、口頭発表604（170）件、その他47件

小型分散システム研究グループ

（Distributed Energy System Research Group）

研究グループ長：赤井 誠

（つくば東）

概要：

民生用家庭部門はエネルギー消費量の伸びが著しいにもかかわらず、システムの省エネルギー化が遅れており、エネルギー利用効率を、抜本的に改善するための研究開発及び新技術の導入普及が要請されている。本グループでは、戸建て住宅や集合住宅を対象として、1) 低緯度地域に匹敵する夏期の気象条件を有するという先進国では希な条件下でのエネルギー消費パターンの把握とモデル化、及びこれらの結果に基づくシステムの最適化と環境便益の評価に関する研究を行うと同時に、2) 吸収システムの高効率化技術、3) 氷スラリーによる高効率冷熱利用技術、4) マイクロバブル生成技術、5) 小型分散型電源用液体金属 MHD エンジン、6) 水素-リチウム熱再生型電池など、分散型エネルギーシステムを実現するための要素技術やその評価に係る技術の研究開発を実施し、エネルギー需要の変動に追従して柔軟に熱と電力を供給し、家庭におけるエネルギー消費量を20%削減可能な分散エネルギーシステムを提唱することを目指している。

研究テーマ：

テーマ題目 1

循環システム研究グループ

（Closed Combustion System Research Group）

研究グループ長：高橋 三餘

（つくば東）

概要：

熱機関とそのシステムの高効率化、低エミッション化を目指した研究を進めている。主たる研究として、1) タービンシステムの高効率化を目的とした水蒸気利用タービンシステムの解析とこれを実現するために必須となる水蒸気微少液滴形成技術の研究、2) コージェネレーション用高効率水素ディーゼルエンジンの紫外光による着火・燃焼技術の研究がある。この他に、3) 工場などからの排熱を有効に利用するタービンシステムのサイクル解析5) バルク着火により圧縮着火エンジンを実現するためのレーザ着火技術、1) 小型分散電源への応用を目的とした水素内燃スターリングエンジンおよび固体酸化物型燃料電池とスターリングエンジンコンパインドシステムの研究、などを行っている。

研究テーマ：

テーマ題目 2、テーマ題目 3

熱・物質移動制御研究グループ

(Thermal Engineering Research Group)

研究グループ長：宗像 鉄雄

(つくば東)

概要：

地球環境問題も含めたエネルギーシステムの中で大きな役割を演じている熱や物質の移動現象に関し、エネルギーを高度に利用するために必要不可欠な現象解明と能動的制御技術の開発を目標として以下の研究課題を行なう。1) 高性能低温生成・利用技術：クリーンエネルギーや超伝導機器に利用される環境調和型高性能冷凍機を開発する目的で、自然媒体を利用した熱音響効果による冷凍機の動作特性と熱損失を調べ高性能化の指針を明らかにする。また、液化天然ガスなどの持つ冷熱エネルギーを有効利用するシステムを開発する目的で、超臨界空気の熱伝達特性を調査する。2) 超高効率太陽電池基板製造技術：融液内対流の制御に高周波磁場を利用した高純度単結晶育成装置を開発する目的で、融液内対流可視化手法の開発および数値解析コードの開発を行なう。3) CO₂大量隔離技術の適用可能性および社会的合意形成に関する研究：海洋および地中を利用したCO₂大量隔離技術の適用可能性を検証する目的で、CO₂の海水や水への溶解挙動を実験的に観察・計測するとともに、これらCO₂回収・隔離トータルシステムの適用性・社会受容性について検討する。

研究テーマ：

テーマ題目4

エネルギー変換材料研究グループ

(Energy Conversion Material Research Group)

研究グループ長：袖岡 賢

(つくば西)

概要：

熱・動力利用のエネルギー機器・システムの高効率化・クリーン化に向けて、材料に要求される苛酷な性能を満たすため、これに応える材料を設計し、仕立て上げる技術開発を進めている。C/C composite (炭素繊維強化炭素複合材料)、CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics)、CMC (Ceramic Matrix Composite)、コーティング等の技術を応用し、タービン入口温度1700℃級タービンやジェットエンジンに適用可能な、耐熱耐食材料および高応力負荷対応複合材料の開発と評価技術の確立を目指している。さらに、ナノ粒子分散コーティングやナノインデンテーションによる物性評価等の研究も進めており、ナノテクノロジーのアプローチによる新しいエネルギー材料開発にも取り組んでいる。

研究テーマ：

テーマ題目5

ターボマシン研究グループ

(Turbomachinery Research Group)

研究グループ長：吉田 博夫

(つくば東)

概要：

流体機械や熱機関またエネルギー・物質輸送系などを含む熱流体システムの効率を極限まで高めることはエネルギー利用技術における重要な目標になる。マイクロ・セラミック・ガスタービン (μ CGT)、風力発電、乱流制御などに関する基礎研究を通してクリーンエネルギーの創生ならびに無駄なくエネルギーを輸送したり利用したりするための基盤技術の確立を目指している。これまで多くの困難のためにほとんど手付かずであった乱流制御研究においては、最新のマイクロデバイスや流体そのものの機能化をとおして乱流の長所 (混合・拡散・熱伝達促進効果) を伸ばし短所 (摩擦抵抗) を克服するための基礎的ならびに実用的研究を進めている。 μ CGTの研究では1,300℃を超える高温でのセラミックの衝撃挙動を調べることのできる独自の試験装置を利用し企業との共同研究を行っている。

研究テーマ：

テーマ題目6、テーマ題目7

クリーン動力研究グループ

(Clean Power System Research Group)

研究グループ長：後藤 新一

(つくば東)

概要：

- 1) 新燃料エンジンシステム：DME エンジン・ボイラー・発電機の研究開発およびDME車両の試作を実施。RIO-DBのデータベース更新。
- 2) ディーゼル車のナノ粒子の計測技術と除去技術の開発：ナノ粒子計測技術の基礎研究の推進。最新車両による微量PM計測の試み。
- 3) 省エネ・超低公害の次世代車両性能評価技術：HEVの燃費評価方法の検討と試験車を用いた基準の策定実施。
- 4) タイヤの制動・駆動制御の高度化技術：タイヤの氷上性能の研究、防滑靴の研究の推進。スパイクタイヤ類似品の基準策定基礎調査。タイヤ騒音現象の解明。
- 5) 将来のクリーン動力のためのシーズ探求研究：自転車駆動機構の高効率性の評価実施。身障者用アームサイクルの製作および評価。

研究テーマ：

テーマ題目8

熱回生利用研究グループ

(Thermal Energy Application Research Group)

研究グループ長：角口 勝彦

(つくば西)

概要：

分散型エネルギーシステムを構成する機器や各種空

調機の室外ユニットからの排熱、ごみ焼却熱、生活排水が保有する熱等の人間活動に起因する様々な種類の低質排熱、および太陽熱や地熱等の自然熱の一部は、未利用エネルギーとして放置されている。これらは全てエネルギー集積度が低く、常温に近いものが多いため、有効に活用しにくいという特徴を持っている。またこれらの一部は、近年問題視されている都市温暖化を促進する原因の一つにもなっており、熱を健全に捨てる事の重要性も指摘されている。熱回生利用研究グループでは、分散型発電機器等からの排熱を省動力で回収・輸送する技術、太陽熱等の暖房に適した未利用熱をロスなく長期間貯蔵できる蓄熱技術、普通の温度の地熱を寒冷地における融雪や民生用冷暖房に利用する技術、ヒートパイプを利用した熱回収・冷却技術等の開発と実用化を通して、文字どおり熱を蘇生(回生)させる事を目指す。

研究テーマ：

テーマ題目 9

燃焼反応制御研究グループ

(Combustion Reaction Control Research Group)

研究グループ長：宮寺 達雄

(つくば西)

概要：

燃焼に関する計測・解析、燃焼に関わる素反応速度の測定・理論解析、燃焼に伴って排出される有害物質の処理等の研究を行っている。近年は、燃焼に伴って排出される有害物質の抑制が、環境保全とエネルギーの有効利用を推進する上で最も重要な課題のひとつになっている。ダイオキシン類は、廃棄物焼却等により非意図的に生成される物質であるが、生成機構に不明な部分が多いこともあり、工業炉や比較的小型の焼却炉などでは対策が困難である。その排出抑制のため、小型流動層燃焼装置や対向噴流燃焼装置を用いてダイオキシン類や多環芳香族化合物などのダイオキシン類前駆物質の生成挙動の研究を行うとともに、衝撃波管やレーザー分光法、数値解析などを用いてハロゲン化合物の反応特性を明らかにする研究を実施している。また、燃焼灰中のダイオキシン類や燃焼排ガス中のNO_xを触媒で無害化処理する研究も行っている。

研究テーマ：

テーマ題目10

炭化水素循環・利用研究グループ

(Hydrocarbon Utilization Research Group)

研究グループ長：加茂 徹

(つくば西)

概要：

廃プラスチックは日本で年間約1000万トン排出され、貴重な国内有機資源と見なすことができるが、現在でも約半分が単純焼却や埋め立て処理されている。また褐炭等の低品位炭は発熱量が低く発火し易いため、こ

れまで採掘国で発電以外ほとんど利用されていない。本研究グループでは、廃プラスチックや低品位炭等の未利用有機資源を将来のエネルギー源として利用するための技術開発を行っている。

有機溶媒中でプラスチックを加熱すると、熱可塑性プラスチックは勿論、熱硬化性プラスチックも可溶化することができる。本法を使用済み自動車や電子電気機器から排出されるシュレグダーダストの処理に適用することにより、金属やハロゲン類を分離・回収し、有機物を素材資源あるいはエネルギー資源として利用することができる。また、本法を低品位炭の改質に応用し、褐炭の貯蔵・輸送安定性を高める研究を行っている。

嵩比重の低い廃プラスチックに対しては、発生地域で分散処理することが有利であり、小規模で高効率な処理技術の開発が急務である。本研究グループでは、砂や熔融アルカリを用いてプラスチックをガス化し、C1~C4の炭化水素ガスや水素に転換するための研究を行っている。

研究テーマ：

液相分解技術を用いた廃プラスチックからの重金属およびハロゲンの除去、廃プラスチックの高効率ガス化技術の開発)

ガスハイドレート研究グループ

(Gas Hydrate Research Group)

研究グループ長：海老沼孝郎

(北海道センター)

概要：

ガスハイドレートは、水分子からなる多面体構造の中に、メタン、二酸化炭素などのガス分子が包接された氷状の固体物質である。ガスハイドレートの最大の特徴は高密度ガス包蔵性であり、例えば1ccのメタンハイドレートには、標準状態換算170cc以上のメタンが含まれている。メタンハイドレートは、低温・高圧の生成条件が満たされる海底堆積層と永久凍土地帯に広く分布することが明らかとなり、その資源量は在来型天然ガスの究極資源量に匹敵する40兆 m³と評価されている。日本列島近海の南海トラフにおいても、我が国が消費する天然ガスの約100年分に相当するメタンハイドレートが存在すると見られている。この氷状のメタンハイドレートをガスと水に分解して、天然ガス資源としてメタンを採取する技術の開発を目的に、メタンハイドレート堆積層の基礎物性解明、分解挙動の解明とモデル化、ガス採取方法の開発などの研究を行っている。

研究テーマ：

テーマ題目11

エネルギー貯蔵材料研究グループ

(Energy Storage Material Research Group)

研究グループ長：羽鳥 浩章

(つくば西)

概要：

電力貯蔵はエネルギー利用の多様化・高効率化のための重要技術の一つであり、二次電池やキャパシタといった電力貯蔵デバイスがハイブリッドカーや電力需給の平準化といった用途で使われている。炭素材料は、次世代エネルギーシステムの中ですでに重要な役割を果たしているリチウム電池や燃料電池などの先進デバイスにおいて無くてはならない材料として近年脚光を浴びているが、当研究グループでは、長年培ってきた炭素材料のナノ構造制御・解析技術を生かして、21世紀の分散型エネルギーシステムにおいてその実用化が期待されているキャパシタ用高性能電極の開発を行っている。(大容量キャパシタ電極用炭素材料の開発また、炭素材料は、そのナノスケールの組織構造内にさまざまな物質を高密度で収容できることから、水素・メタン(天然ガス)といったクリーンエネルギーを炭素材料中に貯蔵する技術についても検討を行っている。

研究テーマ：

テーマ題目12、テーマ題目13

システム安全研究グループ

(System Safety Research Group)

研究グループ長：小杉 昌幸

(つくば西)

概要：

エネルギー安定供給の確保のためにエネルギー貯蔵・輸送施設における長期的安全性評価技術の開発を目途とし、災害加速のメカニズムと地下貯蔵施設の長期安定システムの研究を行った。災害加速のメカニズムの研究では、ガス濃度と火災加速現象との関係をガス爆発装置の実験により明らかにした。地下貯蔵施設の長期安定システムの研究では、地下構造材料の安定性を評価する手段として破壊力学手法の岩石靱性実験により岩盤内湿潤状態の影響を明らかにした。また、地下の最も弱い部分である断層不連続面を効果的に監視する新技術の創出と実用化開発を目的とし、断層監視の実用装置を開発し、実際の断層挙動を予測するため岩石せん断実験により挙動モデルを明らかにした。

研究テーマ：

テーマ題目14

バイオマス研究グループ

(Biomass Research Group)

研究グループ長：小木 知子

(つくば西)

概要：

唯一の再生可能な有機物であり、環境浄化/温暖化軽減機能を有するバイオマスは、環境調和型のエネルギー資源として期待されているが、2002年には導入目標値が設置され、導入実用化が急務となっている。このようなバイオマスエネルギーの普及導入の促進を目

的として、そのための原料に応じたプロセス開発；すなわち熱化学反応(液化、流動化、スラリー化、抽出等の加圧熱水反応、熱分解、ガス化-間接液化)、生物学的反応(メタン発酵、エタノール発酵、生物電池(微生物発電)、バイオ・フューエル製造)の研究を行う。また導入にあたって必要なエネルギーシステム評価の研究を行う。

研究テーマ：

テーマ題目15

新燃料開発研究グループ

(Advanced Fuel Research Group)

研究グループ長：斎藤 郁夫

(つくば西)

概要：

重質炭化水素資源(石炭・重質油等)のクリーン化・高効率転換・利用に関する研究を行っている。ハイパーコール(無灰炭)は石炭をガスタービンやディーゼルエンジンで直接利用する可能性を拓くことから、その製造法確立のため、選択的粉砕脱灰法および溶剤脱灰法によるハイパーコール製造最適条件の探求とその利用に関する基礎的研究を行っている。また、原油の重質化と石油製品需要の軽質化傾向の改善、石油製品のクリーン化に対応するため、重質原油からガソリンや軽油等を製造する技術(熱分解・水素化分解等)とともに、軽油やナフサ・ガソリン等の超深度脱硫技術の開発を実施している。

研究テーマ：

テーマ題目16、テーマ題目17

クリーン燃料研究グループ

(Clean Fuel Research Group)

研究グループ長：幡野 博之

(つくば西)

概要：

石炭などの有機物をクリーンに、かつ、高効率で使用することを目的として、燃料転換技術ならびに燃焼技術に関わる研究を実施している。ユニットの重点課題である「有機物/水系水素製造法の反応特性」は有機物と高温高圧水蒸気中を反応させて水素とCO₂に変換すると同時に、生成するCO₂をCaO等の吸収剤で固定化することで高純度の水素を得るというものである。平成14年度は水素製造コスト試算を行うと共に、連続運転を行いそれまでのバッチ試験結果の内容(水素濃度80%前後、メタン20%程度、2ppm以下のH₂S)を確認した。特に、当初水蒸気濃度が50%程度で実施していたが、改造により90%以上の水蒸気濃度とすることができた。水蒸気分圧がほぼ同じであれば全圧が異なってもほぼ同じ結果が得られることを明らかにした。この他に、格子金属や触媒を用いた高効率低温ガス化の研究や、加圧流動層燃焼装置を用いた下水道汚泥などの高効率燃焼など、固体を含む多相系の反

応装置を核としてエネルギー・環境問題に資するための研究を行っている。

研究テーマ：

テーマ題目18、テーマ題目19、テーマ題目20、テーマ題目21

太陽エネルギー利用研究グループ

(Solar Energy Research Group)

研究グループ長：田中 忠良

(つくば西)

概要：

太陽エネルギーの多角的な利用を図るため、太陽電池により得られた電気を用いて水を電解して水素と過酸化水素を同時に製造する技術とアセトン／水素系熱再生型燃料電池の研究を行っている。水電解は良く知られた技術だが、陽極において、漂白や殺菌等に用いられる有用な化学物質である過酸化水素を酸素の代わりに製造できれば、従来技術よりも少ないエネルギーで水素と過酸化水素を製造できるので、結果的に製造コストを低減できると期待されている。また、アセトン／水素系熱再生型燃料電池が実現すれば、100℃程度の低品位太陽熱エネルギーから電気を得ることが可能になる。これらの技術を統合し、100℃程度の低品位太陽エネルギーから熱・電気・燃料(有用化学物質)を供給するトライジェネレーションシステムを構築することがグループの最終的な目標である。

研究テーマ：

テーマ題目22

熱化学研究グループ

(Thermochemical Engineering Research Group)

研究グループ長：永石 博志

(北海道センター)

概要：

エネルギー源の多様化による炭素系有機資源と熱の有効利用技術の開発を目的とする。これまで行ってきた化石資源の流体燃料化技術や高度燃焼技術など環境調和を図ったエネルギー転換技術に関するプロセス開発や計測技術開発研究で養った高温高圧技術、化学構造解析技術、自動遠隔実験操作技術、可視化観測技術などの要素技術を駆使して、新たなエネルギー供給・利用システム構築への貢献を目指す。具体的には、「太陽熱利用石炭ガス化技術開発」プロジェクトへの参画等と関連して、石炭、重質油などの熱特性、反応性を計測し、評価する技術開発や資源の転換反応に関する研究を行っている。平成14年度は、光照射による石炭表面温度、表面性状の変化や熱化学的なガス化反応挙動を解析し、石炭・重質油の転換反応設計のための基礎データ取得と反応シミュレーション技術に関する研究や、廃プラスチックの化学原料としての再資源化技術と転換反応に関する研究を行った。

研究テーマ：

テーマ題目23、テーマ題目24

分子化学研究グループ

(Hydrocarbon Chemistry Research Group)

研究グループ長：三木 啓司

(つくば西)

概要：

自動車排ガスによる深刻な大気汚染を防止することを目的として、炭化水素燃料のクリーン化技術の開発を進めている。ディーゼル自動車の排気ガス中に含まれる窒素酸化物、粒子状物質などを削減するための酸化的超深度脱硫の研究では、軽油中の硫黄分を1ppm以下に低減できる新しい技術開発を目指す。本年度は市販軽油の光増感酸化脱硫法を検討し、硫黄分を10ppm以下に低減できることを示した。ナフサ・ガソリンなどの石油系軽質燃料を自動車用燃料電池の燃料として使用するには、燃料中に含まれる微量の硫黄分を除去する必要があるため、酸化反応と吸着分離を組み合わせた完全脱硫技術の開発を行っている。本年度はモデルガソリンを用い、最適酸化法および最適反応場の探索を行った。さらに、我が国周辺海域に多量に賦存する未利用の膨大なエネルギー資源であるメタンハイドレート資源の開発・利用のために、ガスハイドレートの熱物性などの基礎物性の測定と解析を行っている。低温・高圧示差走査熱分析装置を試作し、メタンハイドレートの分解熱の測定を可能とし、また、分解に及ぼす溶液の粘性等の影響を明らかにした。

研究テーマ：

テーマ題目25

流動層技術研究グループ

(Fluidized Bed Technology Research Group)

研究グループ長：武内 洋

(北海道センター)

概要：

- (1) 新しい触媒を開発し、天然ガスから二酸化炭素フリーの水素製造技術の開発を目的とする。その一環として、触媒を用いたメタンの水素と芳香族化合物への新しい改質技術の確立を図る。具体的には、マイクロ固定床流通式反応器を用いてメタン／水素切り換え反応法の最適化実験を行い、触媒の連続再生及び活性の長期安定化方法の確立を目指す。また、固定床反応器を用いたときの触媒上の析出炭素分布を調べ、触媒失活の原因を解明するとともに、流動層反応器による新規触媒活性化法を探索する。さらに、バイオガスの改質、改質ガスの変性、さらに選択酸化反応による変性ガス中の微量COの除去を連続的に行える高純度水素製造反応装置による実証試験を行い、プロセス設計用基礎データを収集する。
- (2) 石炭火力発電所から大量に排出される石炭灰を利用し、汚染された水資源の浄化技術を確認すべく、有害重金属ならびに有機物質の除去および晶析脱り

ン等について石炭灰の有効性を明らかにし、発展途上国におけるエネルギー・環境問題に資する。

[テーマ題目1] 小型分散システムの研究 (小型分散エネルギーシステムの解析とモデル化)

[研究代表者] 赤井 誠 (エネルギー利用研究部門小型分散システム研究グループ)

[研究担当者] 遠藤 尚樹、伊藤 博、前田 哲彦、
 稲田 孝明、竹村 文男
 (職員6名、他9名)

[研究内容]

- 1) エネルギー消費パターンのモデル化技術：寒冷地の集合住宅と個人宅1軒の年間エネルギー需要データを取得した。集合住宅中の10軒のデータの戸別測定を開始した。
- 2) システム最適化技術：上記結果を元に、MGT、SOFCと貯湯槽等を組み合わせたシステムでエネルギー・コストの削減が可能であることを示した。
- 3) 吸収システムの高効率化技術：熱駆動 HP システム用エジェクタの圧力・流量特性を明らかにした。小型吸収冷凍機用マイクロバブル式吸収器の性能評価試験装置が完成し、ベンチュリノズルの設計・製作を行った。
- 4) 氷スラリーによる高効率冷熱利用技術：PVA を50ppm 添加することにより氷の再結晶防止を実現した。超音波を使った過冷却解除器を高砂熱学工業(株)と共同で実用化した。
- 5) マイクロバブル生成技術：超音波による微細気泡の発生に及ぼす周波数、表面張力の影響を明らかにした。また、気泡に働く横方向力、界面への有機物の吸着量を明らかにした。
- 6) 地域別実負荷データに基づく分散エネルギーシステムの環境便益の評価：1)のデータに基づいた評価をLCA センターと共同で行った。また福岡における実測を開始した。
- 7) 水素-リチウム熱再生型電池：単セルを製作し、起電力測定を行った。リチウム極電位データの再現性に若干の問題が残っているが、大まかな特性は把握することができた。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] エネルギー消費パターン、最適化、吸収システム、氷スラリー、マイクロバブル、MHD、熱再生型電池

[テーマ題目2] 作動ガス循環型動力発生システムにおける燃焼制御技術に関する研究

(1) 水蒸気循環型タービン

[研究代表者] 壺岐 典彦 (エネルギー利用研究部門循環システム研究グループ)

[研究担当者] 倉田 修、江原 拓未、高橋 三餘

(職員4名、他1名)

[研究内容]

層流燃焼速度測定用実験装置を試作して、N₂およびCO₂で希釈したメタン-酸素混合気燃焼速度を測定するとともに輻射熱伝達の影響を考慮した数値計算を行った。大気圧付近における実験結果と数値計算結果には比較的良好な一致が見られ、輻射熱伝達が燃焼速度に及ぼす影響は強いことが判明し、実際のタービンシステム燃焼条件においても燃焼速度は輻射熱伝達により速くなると予想された。

水蒸気循環型タービンの概念を小型分散型用タービンシステムに適用したリヒートガスタービンシステムを考案しシステム解析を行った結果、既存のマイクロガスタービンに比べ、5%程度の熱効率の向上が見込めることがわかった。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] ガスタービン、水蒸気

(2) 作動ガス循環型ディーゼルエンジン

[研究代表者] 古谷 博秀 (エネルギー利用研究部門循環システム研究グループ)

[研究担当者] 齊藤 剛、高橋 三餘 (職員3名、他2名)

[研究内容]

水素ディーゼルエンジンの始動時には空気での運転が必要である。これまで研究を行ってきた紫外光による着火制御法を高温・高圧の空気-水素混合気に適用した実験を行った。これまで行ってきた O 原子の再結合速度が遅いと考えられるアルゴン希釈水素-酸素混合気の場合と同様に、線状の着火が得られることが確認され、始動時の着火制御装置としても、紫外光による着火法が有効であることが示された。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 水素、ディーゼル、紫外光レーザー着火

[テーマ題目3] 循環システムの研究

[研究代表者] 高橋 三餘 (エネルギー利用研究部門循環システム研究グループ)

[研究担当者] 古谷 博秀、齊藤 剛、高橋 三餘
 (職員3名、他2名)

[研究内容]

排熱利用高効率タービンシステム：システムのより詳細な検討により、提案したタービンシステムが排熱利用の面から有効であること、さらに実現性についても問題がないことが示された。

高圧縮比エンジンの着火に関する研究：高温高圧におけるレーザーブレークダウンの最小着火エネルギーを測定し、メタン-酸素-窒素混合気(当量比0.7)3MPa、800Kでは最小着火エネルギーは4.4mJ と小さいことがわかった。

高効率スターリングエンジン：水素内燃スターリングエンジンの特性をより詳細に調べた結果、再生器の低温

側で水蒸気の凝縮が起こり、これにより性能向上の一因になっていることがわかった。また、SOFC とスターリングエンジンのコンバインドシステムのサイクル計算から動作条件、効率などを予測した結果、小型分散用として有望なシステムであることがわかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】タービン、スターリングエンジン、レーザ着火

【テーマ題目4】熱・物質移動制御の研究

【研究代表者】宗像 鉄雄（エネルギー利用研究部門熱・物質移動制御研究グループ）

【研究担当者】白石 正夫、西尾 匡弘、中納 暁洋、染矢 聡（職員5名、他6名）

【研究内容】

- 高性能低温生成・利用技術：パルス管冷凍機に関しては、蓄冷材の熱容量変化に着目した蓄冷器で、蓄冷器内の熱損失の影響について実験し、興味ある結果を得た。可視化実験では、二次的な流れを制御することで性能がより向上できる可能性があることがわかった。また、超低温領域でのパルス管冷凍機の概略特性を把握した。超臨界の空気・窒素の熱輸送に関しては、超臨界空気中で現れる熱現象の可視化に成功した。また、超臨界空気に磁場を印加する実験を行い、磁場源に酸素が引きつけられる様子を可視化することに成功した。さらに、超臨界窒素の臨界点近傍における熱伝達を解析的に調べるために、二次元熱解析コードの開発を行った。
- 超高効率太陽電池基板製造技術：高周波磁場印加装置を試作し、ルツボ周囲の温度計測を行なった。その結果、ルツボ下部中央部で最も温度が低くなることがわかった。また、融液内対流に対する高周波磁場の影響を二次元数値解析コードによって詳細に検討するとともに HSMAC 法を用いた三次元数値解析コードへの拡張も行なった。二次元数値解析により、大きなルツボになると、流れ場が不安定となり、比較的低周波数の磁場印加で振動的な流れ場となることがわかった。また、モデル流体を用いた流れ場の検討では、流れ場のスカラー計測に使用する特殊な化学染料を特定し、速度場の3成分（擬似3次元）計測のためのシステムを検討した。さらに、速度場の計測結果を検討する上で重要な界面張力温度係数の正確な測定も試みた。
- CO₂大量隔離技術の適用可能性および社会的合意形成に関する研究：CO₂溶解密度計測では、従来実測値のほとんど無い深地下の高温度条件における計測を行い、ほぼ目標の範囲でのデータ整備が完了した。粘度計測では、落球法の改良を行い計測のめどを得ることができた。CO₂溶解度の計測では、ハイドレートの有無による二重性を実験的に確認した。CO₂の溶解拡散挙動の計測では、計測に適した DeLIF 手法の開発と

CO₂の水に対する溶解度計測を行った。また、溶解時における CO₂の界面近傍での物質移動計測において空間解像度を更に向上させるための装置改造を行ない、広範囲の pH 領域を高解像度に計測する手法を開発した。さらに、地下帯水層を模擬したポーラスメディアにおける CO₂の透過・溶解試験のための装置を設計・試作した。CO₂回収・処理システムの適用可能性に関しては、国内での CO₂隔離候補地についての調査を継続した。また、トータルシステム構築のケーススタディの一つとして、航走船舶技術のコスト試算を実施した。CO₂大量隔離技術適用の社会的合意形成に関しては、外部サーバーの運用を拡張し、情報開示手法の適用の検討とともに大量隔離技術周辺情報の集約をはかる活動を開始した。当初目標に掲げていた地中隔離技術だけではなく、海洋隔離技術に関する隔離量と隔離期間を表現するモデルの構築に着手した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】パルス管冷凍機、超臨界、太陽電池、CO₂大量隔離、熱伝達、物質伝達

【テーマ題目5】エネルギー変換材料の研究

【研究代表者】袖岡 賢（エネルギー利用研究部門エネルギー変換材料研究グループ）

【研究担当者】袖岡 賢、藤田 和宏、岩下 哲雄、井上 貴博、鈴木 雅人、永井 功、田中 隆裕（職員7名）

【研究内容】

C/C composite や Ceramic Matrix Composite 上にコーティングを施すことにより、高温での耐酸化性・耐環境性を向上させるための研究を進めている。平成14年度は、SiC/SiC 複合材料上に、酸化物の耐酸化コーティングをプラズマ溶射法により行う際の、SiC/SiC 基材表面の予酸化処理の効果について調べた。CMC は SiC 繊維の3次元直交織プリフォームに CVI により SiC マトリックスを形成したものを使用し、表面を1473K の高温大気中であらかじめ酸化した CMC と酸化していない CMC を基材として使い、CMC 基材全面にジルコンあるいはムライトの被覆を行って、熱サイクル試験後の皮膜の構造を比較した。試験の条件としては、バーナー加熱により、293K~1473K の加熱・冷却工程を100サイクル繰り返した。予酸化処理を行わないジルコン皮膜は50サイクル以下で大きな剥離を生じてしまったが、予酸化処理を行ったジルコン皮膜には明確な剥離は認められなかった。しかし、断面の観察では皮膜/CMC 界面での亀裂や、CMC 基材から皮膜表面に貫通する亀裂が多数観察された。このことから、予酸化処理はジルコン皮膜の CMC に対する密着性を向上するために有効であるが、ジルコン皮膜の酸素遮蔽能力は不十分であることが示唆された。これに対しムライト皮膜は予酸化処理の有無にかかわらず剥離は生じず、ジルコン皮膜よりも良好な密

着性を示した。また皮膜中に微細な亀裂は生じていたが、皮膜表面から CMC 基材に至る連続した亀裂は少なかった。よって、被膜による酸素遮蔽能力を期待しうることが判った。

【分野名】 エネルギー・環境

【キーワード】 タービン材料、テーラードマテリアル、耐環境性コーティング (EBC)

【テーマ題目6】 乱流制御による新機能熱流体システムの創出

【研究代表者】 吉田 博夫 (エネルギー利用研究部門ターボマシン研究グループ)

【研究担当者】 川口 靖夫、菊島 義弘、阿部 浩幸、松沼 孝幸、瀬川 武彦、宇波 (特別研究員)、李 鳳臣 (特別研究員)、魏 進家 (特別研究員)、深淵 康二 (特別研究員)、児玉 良明 (海技研)、春海 一佳 (海技研)、笠木 伸英 (東大)、鈴木 雄二 (東大) (職員6名、他8名)

【研究内容】

本テーマの目的は、最新のマイクロデバイス技術ならびに制御技術を用いて乱流を知的に制御しその短所を克服し長所を伸ばすための基盤技術を確立することである。短所克服のための乱流摩擦抵抗を減少させる研究では、ピエゾ素子アレーから構成される壁面変形アクチュエータにより摩擦抵抗の主たる原因である壁面近傍渦構造を変調することに成功した。また、長所を伸ばす研究では、翼からの流れの剥離を抑制するためにスピーカにより人工的な乱れを加えて層流を乱流化させ、剥離を抑制する第一世代の能動制御システムを完成した。この制御システムでは本格的な流体実験では初めて片持ち梁型 MEMS センサを使用し流れの向きを簡単に識別できることを実証した。今後、開発中のマイクロボルトクスジェネレータ (MJVG) をアクチュエータとして使用する予定である。また、流体自身の機能に働きかける制御方法として水に界面活性剤を微量添加した場合の流れと熱伝達の基本特性を実験的かつ直接数値シミュレーションにより検討した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 乱流制御、抵抗低減、マイクロデバイス

【テーマ題目7】 小型セラミックガスタービンの研究

【研究代表者】 吉田 博夫 (エネルギー利用研究部門ターボマシン研究グループ)

【研究担当者】 松沼 孝幸 (職員2名)

【研究内容】

本テーマの目的は、小型分散エネルギーシステムの重要な要素の一つである小型セラミックガスタービンの性能を極限的に高めるための基礎となる知見を蓄積し、基盤技術を確立することである。小型化した場合、タービ

ン翼列の空気力学的特性が著しく低下することを実験的に明らかにした。レーザを用いた光学的3次元流れ場計測により空力特性低下のメカニズム解明のために変動する流れ場のデータを体系的に収集した。今後、これらのデータを解析し低下の原因を究明し設計にフィードバックさせる。金属の適用が困難な1000℃を超える高温運転によるガスタービン高効率化に鑑み、セラミック要素の使用を検討した。今年度はロータ部分をセラミック化し予備的な試験を行い安全を確認した。また、脆性材料であるセラミックの異物衝突に対する信頼性を向上させるために、局所的破損ならびに構造的破損に関する数値解析の検討を行い、衝撃応力を算定する手法ならびに破損箇所の推定法を見いだした。

【キーワード】 マイクロガスタービン、セラミック、小型分散エネルギー源

【テーマ題目8】 DME エンジンシステムに関する研究

【研究代表者】 後藤 新一 (エネルギー利用研究部門クリーン動力研究グループ)

【研究担当者】 小熊 光晴、木下 幸一、塩谷 仁 (職員4名、他10名)

【研究内容】

本研究では、DME (ジメチルエーテル) を用いたエンジンシステムの研究を行い、実用化の目処をつけることを目的とする。本年度は、大臣認定によるナンバー取得を目標とした2t トラックおよび福祉マイクロバス用の DME エンジンシステムのベンチテストを行い、大臣認定用のエンジン性能および排気特性データを取得した。その結果、NO_x はベース車両軽油運転時の80%に無煙運転のまま低減可能であった。このデータ等により、大臣認定の申請書類を現在作成中である。また、自動車用燃料としての DME の標準化時に必要な潤滑性評価試験機を設計製作し、またこれによる試験を行った結果、DME 用潤滑性評価方法の可能性を見出した。

今後は、2トントラック・福祉バスの大臣認定によるナンバー取得と走行試験、4トントラックのエンジンベンチ試験・車輛の研究開発、および発電用大型エンジンの研究開発を順次行う予定である。

【キーワード】 環境、エンジン、新燃料、DME、ジメチルエーテル、自動車、発電、標準化

【テーマ題目9】 熱回生利用の研究

【研究代表者】 角口 勝彦 (エネルギー利用研究部門熱回生利用研究グループ)

【研究担当者】 角口 勝彦、平野 聡 (ほか非常勤2名)

【研究内容】

自立駆動熱輸送については鉛直下向きに5m、外部動力投入なしで低質熱を輸送する実験を行った。作動媒体として水およびメタノールを使用した場合、それぞれ130℃および90℃以上の温度の熱源であれば継続的に熱

輸送が可能である事が明らかになった。また過冷却現象を利用した蓄熱 (Super- TES) については、燐酸ソーダを蓄熱材とする蓄熱体を充填したベンチスケールの蓄熱装置を製作し、最長2ヶ月間の過冷却蓄熱と熱回収実験を行った。この結果、従来型の潜熱蓄熱では10日程度で蓄熱効率が0に低下するが、過冷却蓄熱によれば2ヶ月の長期蓄熱においても50%程度の高い蓄熱効率が維持されることを明らかにした。

【研究担当者】盛田 耕二

【研究内容】

ガイア融雪システムを4設備完成させた。地層の伝熱特性測定方法の検討を行い、この方法によって青森県黒石市の現場における地層の有効熱伝導率、熱容量、卓越した伝熱機構などを明らかにした。

【研究担当者】松本 成司ほか非常勤1名

【研究内容】

高温電気炉により、Si, Fe, Ca, Al 等の酸化物の混合割合を変えて熔融実験を行うとともに状態図等の関連した文献値との比較を行った。また高温ヒートパイプについては、加熱方法の影響について検討を行ったが、加熱装置及び冷却系故障のため実験を実施できなかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】自然エネルギー、未利用エネルギー、ヒートパイプ

【テーマ題目10】 燃焼反応制御の研究

【研究代表者】宮寺 達雄 (エネルギー利用研究部門燃焼反応制御研究グループ)

【研究担当者】宮寺 達雄、土屋健太郎、竹内 正雄、浮須 祐二、畑中 健志、椎名 拓海、北島 暁雄

【研究内容】

ダイオキシン生成挙動の研究に関しては、塩素源として塩化水素を供給したときもダイオキシン類が生成することを確認し、その同族体分布は、他の塩素源の場合とほとんど異ならないことを明らかにした。廃棄物中の塩素量の違いにより燃焼条件が変化し、生成挙動が強い影響を受けることがわかった。PAH の生成挙動については、プロパンを燃焼した場合、メタンの場合と異なり良好な燃焼状態でも PAH が多く生成することを明らかにした。反応の速度論的な研究に関しては、酸素原子とフッ素化プロパンの反応速度定数を決定した。また、燃焼における芳香族の塩素化反応のエネルギー障壁を検討した結果、既に付加している塩素の数にかかわらず、同じ程度の活性化エネルギーで反応が進行することを明らかにした。有害排出物の処理の研究に関しては、焼却飛灰から抽出したダイオキシン類の脱塩素反応を、担持パラジウム触媒を用いて液相中82°Cで行い、99.9%以上の分解率を達成した。NO_x 処理触媒については、金属イオンや金属酸化物の担持量のコントロールが活性に重要な

影響を与えることを明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ダイオキシン、抑制技術、廃棄物焼却

【テーマ題目11】 天然ガスハイドレート資源化技術の開発

【研究代表者】海老沼孝郎 (エネルギー利用研究部門ガスハイドレート研究グループ)

【研究担当者】海老沼孝郎、皆川 秀紀、内田 努、長尾 二郎、竹谷 敏、大村 亮、(職員6名、他15名)

【研究内容】

本研究課題は、海底堆積層及び永久凍土地帯に分布する天然ガスハイドレートを新たな資源として利用するために、天然ガスハイドレートを含む堆積層から天然ガスを経済的かつ安全に生産する技術の開発を最終目標とする。このためには、天然ガスハイドレートを含む堆積層の態様の解明、天然ガスハイドレートの分解挙動の解明、生産シミュレータの開発及び天然ガスハイドレートを分解しガスを採取する手法の開発が必要である。特に本課題においては、天然ガスハイドレート堆積層の基礎物性と分解動特性の解明に注力し、コア・スケール (直径50-100mm、長さ200-300mm 程度) の実験からガス産出方法の評価が可能な室内実験規模へ展開する。本課題の成果は、産総研地圏資源環境研究部門を中心に開発される生産シミュレータとともに、最終的にはガス採取手法の開発に資する。

天然ガスハイドレートの分解 (ガス産出) 過程をモデル化するためには、まずコア・スケールの実験により、分解に係わる基礎物性の整備と分解動特性の解析を行なう必要がある。平成14年度は、以下の研究を実施した。

(a) 基礎物性の解明

天然ガスハイドレートに包蔵されるガス密度は、資源量評価と生産手法開発のいずれにおいても重要な因子である。平成13年度に引き続き、多成分系ハイドレートの組成、構造及びガス密度の関係を定量化した。天然ガスハイドレートの分布は、その生成平衡条件から推定可能であるが、ガス組成、間隙水組成及び堆積物の性状に依存する。平成13年度までに、多孔質モデル物質を用いて、孔隙径と生成平衡条件の関係を定量化した。平成14年度は、堆積物中の孔隙径分布の測定手法を開発した。天然ガスハイドレートを含む堆積物をモデル化するために、堆積層の骨格構造と孔隙スケールでの天然ガスハイドレートの賦存状態を解明する必要がある。平成14年度は、マイクロフォーカス X線 CT と共焦点走査型光学顕微鏡による堆積物のイメージング手法を開発した。天然ガスハイドレート堆積物の各種の物性測定と分解実験に利用するために、模擬試料の作成方法を開発した。また、天然ガスハイドレート堆積物の力学特性を明らかにするために、模擬

試料を用いた三軸強度試験法を開発した。

(b) 分解動特性の解析

天然ガスハイドレートの分解動特性を解明するために、模擬堆積物試料を用いたコア・スケールでの分解実験手法を開発した。加熱による天然ガスハイドレートの分解をモデル化するために、温度勾配を与えて、熱流量と分解速度の関係を明らかにした。天然ガスハイドレート堆積物の構造解析を主たる目的に導入したマイクロフォーカス X 線 CT と共焦点走査型光学顕微鏡を用いて、模擬堆積物試料の分解過程についても、可視化実験を行なった。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] ガスハイドレート、天然ガス、資源開発、物性、動特性、利用

[テーマ題目12] エネルギー貯蔵材料の研究（大容量キャパシタ電極用炭素材料の開発）

[研究代表者] 羽鳥 浩章（エネルギー利用研究部門エネルギー貯蔵材料研究グループ）

[研究担当者] 山田 能生、丸山 勝久、児玉 昌也、曾根田 靖、吉澤 徳子、山下 順也、高木 英行 他8名（職員8名、他8名）

[研究内容]

電力貯蔵はエネルギー利用の多様化・高効率化のための重要技術の一つであり、二次電池やキャパシタといった電力貯蔵デバイスがハイブリッドカーや電力需給の平準化といった用途で使われている。炭素材料は、次世代エネルギーシステムの中ですでに重要な役割を果たしているリチウム電池や燃料電池などの先進デバイスにおいてなくてはならない材料として近年脚光を浴びているが、エネルギー貯蔵材料グループでは、長年培ってきた炭素材料のナノ構造制御・解析技術を生かして、キャパシタ用高性能電極の開発を行っている。14年度は、キャパシタ用炭素材料の最適構造の解明のため、カルビン、カーボンナノファイバー、カーボンエアロジェルなどの新規多孔質炭素材料の製造と構造解析を行い、炭素構造とキャパシタ性能との相関性を明確にするための研究を行った。その結果、炭素繊維を膨張処理した試料において、既存の炭素系電気二重層キャパシタ用電極材として使われている活性炭に比べて、2～3倍の電気容量が得られることが明らかとなり、その電解質濃度依存性から、インターカレーション反応が疑似容量として働いていることが示された。また、カーボンエアロジェルを用いて細孔構造と電極特性との相関について詳細な検討を行ったところ、充放電速度によるマイクロ孔とメソ孔の容量寄与度の変化や、マイクロ孔への特異吸着現象によってマイクロ孔サイズがイオンサイズに比べてわずかに大きいときに貯蔵容量が最大となることなどが明らかになった。電気二重層キャパシタの多孔質炭素電極界面での現象についてはいまだ不明な点も多く、本研究の成果は理想構造の炭

素電極創出には欠かせない重要な知見を与えるものと言える。

本研究では、炭素系材料を用いた水素貯蔵や水素精製技術に関しても先導的な研究を行っており、本年度は特に燃料電池用水素精製技術として有望な分子ふるい炭素膜の製造に成功した。この膜は水素分子と他の分子を細孔（ふるいの目）の大ききで分ける能力をもち、ガソリンやメタノール等から作られる改質水素ガス中においておよそ1%含まれる一酸化炭素濃度を10ppm 以下に削減できる性質を示した。その他にも、XRD による石炭・チャーの構造解析と標準化法の高度化など、炭素系材料の構造解析技術に関する詳細な検討も行っており、炭素材料をベースとした「構造制御技術の高度化」、「表面制御技術の高度化」、「構造解析技術の高度化」を柱として、革新的次世代エネルギー技術の創出に資する研究開発を進めている。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 炭素材料、キャパシタ、水素利用、

[テーマ題目13] 水素貯蔵用高次修飾ナノカーボン触媒の開発

[研究代表者] 高木 英行（エネルギー利用研究部門エネルギー貯蔵材料研究グループ）

[研究担当者] 羽鳥 浩章、LEE Young-Jae、上田 圭祐、八田千賀子、小池 美智、森田 祐子、井上 マリ（職員2名、他5名）

[研究内容]

水素を利用したエネルギーシステムを構築していく上で、その貯蔵・供給技術の確立は最重要課題である。これまでに高圧で圧縮する、低温で液化する、水素吸蔵合金を使用する等の方法が提案されているが、いずれも問題点が多い。これに対し、カーボン系吸着材は、高い貯蔵能力、軽量、豊富な資源量から水素貯蔵材料として注目されている。しかしながら、カーボン表面と水素分子との相互作用は基本的に分子間力のみであり、これまでに十分な貯蔵量は達成されていない。また、精度の高い水素貯蔵量評価技術の確立、貯蔵メカニズム及び水素とカーボン表面との相互作用に関する知見の集積など解決すべき課題は多い。一方、シクロヘキサンやデカリン等のハイドライドを利用した水素貯蔵技術は、高い水素貯蔵量、CO₂排出量が理論的にはゼロであること、ハンドリングが容易であるなどの理由から、発展が期待されている。しかしながら、この水素貯蔵系構築のためには、ハイドライドからより温和な条件下で効率良く水素を取り出すことができる触媒が必要であり、その開発が求められている。本研究では、ナノ構造をもつカーボン材料表面に水素活性サイトを付与した高次修飾ナノカーボンを開発し、水素貯蔵材料として、またケミカルハイドライド転換触媒として利用するための基礎的知見を得るこ

とを目的としている。

平成14年度までに、ナノカーボンの水素貯蔵量評価法及び表面構造解析法を確立した。種々のナノカーボンの水素貯蔵特性を評価し、ナノカーボンの構造と水素貯蔵量との相関を明らかにした。また、表面に水素と高い相互作用をもつ金属種を高分散担持したナノカーボンを調製し、その水素吸着特性から、カーボン表面に弱く化学吸着した水素の存在を見出している。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素貯蔵、ナノカーボン、触媒

【テーマ題目14】システム安全の研究

【研究代表者】小杉 昌幸（エネルギー研究部門システム安全研究グループ）

【研究担当者】小杉 昌幸、中川 祐一、歌川 学、大森阿津美（職員4名、他1名）

【研究内容】

エネルギー安定供給の確保のためにエネルギー貯蔵・輸送施設における長期的安全性評価技術の開発を目的としたシステム安全研究として、以下の要素研究を行った。

① 災害加速のメカニズムの研究では、ガス濃度と火災加速現象との関係を解明するため、爆発圧力を計測するガス爆発実験を行った。この結果、構造物内ガス爆発においては、プロパン-空気混合気で3.5~5.0%の濃度範囲において火災加速による圧力再上昇を確認し、そのピークが破壊圧力の3~4倍となることを明らかにした。破壊部からのガス流出機構と火災加速の関係について実験を継続している。

また、水素の保安技術に関連して、高圧ガスの噴流の混合、拡散機構、燃焼機構について基礎実験的な研究を行っている。

② 地下貯蔵施設の長期安定システムの研究では、地下構造材料の安定性を評価する手段として破壊力学的実験を行い、湿潤環境と破壊靱性との関係を明らかにし、さらに、岩石の高温履歴に伴う破壊靱性の低下を明らかにした。また、湿潤環境下の岩石のモードⅠの実験手法を学会の規格化委員会に提言した。さらに、モードⅡ及びⅢの破壊靱性の評価方法について実験を継続している。

安定監視技術の研究として、地下の最も弱い部分である断層不連続面を効果的に監視する新技術の創出と実用化開発を目的とし、ライセンス型共同研究（運営費交付金）において断層監視の実用装置を開発して静岡県蒲原町の善福寺断層に設置し、実際の断層の挙動監視をスタートした。また、同装置特許の実施契約締結と原位置設置法に関するノウハウ登録を行った。前述の断層監視によって得られたデータ解釈に資するため、岩石資料によるせん断実験を行い、地下岩盤内圧力や断層の寸法効果を考慮したせん断挙動モデルを明らかにした。

原位置の断層監視を継続しており、断層挙動との関連として、地震発生履歴データに基づく断層周辺のひずみエネルギー解析を進めている。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】安全工学、破壊力学、岩盤力学、地震工学

【テーマ題目15】バイオマスの研究

【研究代表者】小木 知子（エネルギー利用研究部門バイオマス研究グループ）

【研究担当者】小木 知子、澤山 茂樹、柳下 立夫、井上 誠一、塚原健一郎（職員5名、他8名）

【研究内容】

(1) バイオマスのガス化

重点課題であるバイオマスのガス化に関しては、小型噴流床型バイオマスガス化装置を設計、製作した。設計にあたっては、実証プラントに近い条件でガス化できること、多種のバイオマスに適用可能であること、生成ガス、タール、水溶性成分などを容易に回収・分析できることに留意した。ガス化試運転実験に基づき、バイオマス供給方法等、いくつかの改造を行い、調整したガス化炉を用いて、スギ（木材）やライグラス（草本）のガス化を行い、反応条件の検討を行った。その結果、噴流床型ガス化炉を用いてのガス化では、スギの場合、ガス化収率が高く（条件によってはほぼ100%）、タールの発生は極微量であること、ガス化剤として用いる水蒸気や酸素は $[H_2O]/[C]=0.5-2$ 、 $[O_2]/[C]=0-0.1$ が適当で、後段の液体燃料製造にふさわしい組成（ $[H_2]/[CO]=2-3$ ）のガスが得られることがわかった。

(2) 微生物電池

生物電池関連では、これまで研究してきた生物電池に水素生産菌である *Enterobacter aerogens* を用いると、水素生産の効率が向上することを明らかにした。水素生産に適した電子伝達剤のスクリーニングを行い、従来生物電池で利用されてきた電子伝達剤のほとんどが水素生産の効率向上を可能にすることが分かった。

(3) エタノール発酵

ヘミセルロースの構成成分であるキシロースを利用できる酵母のエタノール発酵に関する研究を行った。突然変異処理により、野生株よりも高温に耐性のある株が得られた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマスのガス化、微生物電池、エタノール発酵、メタン発酵

【テーマ題目16】ガスタービン発電用完全無灰炭製造技術

【研究代表者】斎藤 郁夫（エネルギー利用研究部門新

燃料開発研究グループ)

【研究担当者】鷹觜 利公、坂西 欣也、川島 裕之、
(職員4名、他4名)

【研究内容】

完全無灰炭（ハイパーコール）製造における熱時抽出機構を明らかにするために、石炭モデル構造を用いた石炭-溶剤間の相互作用シミュレーション、および熱による構造変化のシミュレーションを行った。瀝青炭（Upper Freeport 炭）の分子構造モデルを、構造解析データをもとに構築した。このモデル構造は従来提案されている構造と異なり、軽質な成分であるアセトン可溶成分から最も重質な成分である溶剤不溶成分まで、全体が分子の集合体から形成された新しいモデルである。この分子集合体モデルを用いて、昇温時における石炭の構造変化及び石炭分子-溶剤分子間の相互作用についてシミュレーションを行った結果、この熱時溶剤抽出では、350-400℃で起こる分子集合体の物理的な構造緩和現象により各分子が遊離し、結果として溶剤抽出率が大きく増加することが明らかとなった。

瀝青炭からハイパーコールを高収率で製造するための前処理および抽出条件の探索を目的として、酸処理、水熱処理の前処理効果の検討、および抽出時の極性溶剤種、添加物の効果について検討した。その結果工業溶剤として新たに CMNO（粗メチルナフタレン油）が最大81%の高い抽出率を与え、また NMP（N-メチルピロジリノン）、2-ナフトール、2-メチルキノリンの添加物の存在により、抽出率が7-10%向上することが明らかとなった。メタノール、メタノール・水混合溶剤、あるいは酢酸10wt%水溶液による EN の含浸処理により、水溶性またはイオン交換性のアルカリ、アルカリ土類金属の除去が確認できた。溶剤抽出前後の石炭の固体²³Na-NMR 測定により、抽出炭中にイオン交換性 Na が残存していることが確認できた。このようなイオン交換性の Na は、酸素官能基とイオン結合したカルボキシレートやフェノラート類として存在しているため、高温溶媒抽出により抽出炭中に溶出すると推定された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】完全無灰炭、溶剤抽出、ガスタービン利用

【テーマ題目17】新燃料開発の研究

【研究代表者】斎藤 郁夫（エネルギー利用研究部門新燃料開発研究グループ）

【研究担当者】佐藤 信也、杉本 義一、坂西 欣也、
鷹觜 利公、松村 明光
(職員6名、他5名)

【研究内容】

原油の重質化と石油製品需要の軽質化傾向の改善、石油製品のクリーン化に対応するため、重質原油からガソリンや軽油等を製造する技術（熱分解・水素化分解等）

を実施した。タールサンド合成原油中の軽油留分および減圧軽油留分を、中東産石油留分と混合して水素化処理を行い、いずれの留分ともタールサンド合成油を混合することによって脱硫反応が促進され、低硫黄油の製造が容易であることを明らかにした。さらに、精製した軽油留分（ディーゼル燃料）のエンジンテストを行い、排ガス中の汚染物質の量に関して、タールサンド軽油の添加による影響が小さいことを明らかにした。タールサンド合成原油を中東産原油と混合精製して利用することは、軽質な輸送用燃料の量的確保および低硫黄燃料油の製造といった面で利点が多いことを明らかにしていた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】重質油、分解、

【テーマ題目18】有機物/水系水素製造法の反応特性
(石炭等の熱化学的分解による水素製造に関する研究)

【研究代表者】幡野 博之（エネルギー利用研究部門クリーン燃料研究グループ）

【研究担当者】幡野 博之、鈴木 善三、倉本 浩司、
林 石英、波岡 知明（職員3名、他2名）

【研究内容】

化石資源・廃棄物等から二酸化炭素を回収しながら高濃度の水素を製造するための基盤技術を開発することを目的としている。また、目標値は水素濃度80%以上の高純度水素を二酸化炭素濃度1%以下としている。本目標を達成するためには反応条件と反応特性（速度、組成）、二酸化炭素吸収剤の繰り返し性、燃料性状の影響などの試験が必要となり、最終的にはベンチプラント、パイロットプラントの運転により性能を確認する。

石炭から高純度水素を作ると同時に二酸化炭素吸収と組み合わせた研究は産総研の技術であり、世界で実施している研究は無い。生成ガスから二酸化炭素を回収する研究は多いが効率的に見て、遜色ない値かそれ以上になっている。そのため、世界的に見ても最先端を走っているといえる。平成14年9月段階では連続反応器の改造等がほぼ終了し、100%スチームによる連続供給試験が可能となった。

灰分の影響については二酸化炭素吸収反応による発熱のみが生じる条件（ガス化の吸熱が無い）Si、Al と Ca と反応して鉱物を作る条件を絞ることが出来た。現在、ガス化反応が同時に生じている場合の影響について検討を開始している。加圧容器内に設置して目視観察するための流動層を製作し、粒子混合や気泡挙動は加圧下でも常圧の式を利用することが可能であることを明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素、二酸化炭素吸収剤、化学反応サイクル

〔テーマ題目19〕 格子酸素を用いた低温ガス化に関する研究

〔研究代表者〕 幡野 博之（エネルギー利用研究部門グリーン燃料研究グループ）

〔研究担当者〕 幡野 博之、白田 謙介
（職員1名、その他1名）

〔研究内容〕

エネルギーネットワークの安定性を確保するバッファプロセスである起動停止の容易な流動層を用いた低温ガス化法として酸化金属中の格子酸素を利用した高効率で低環境負荷ガス化技術開発を目的としている。

酸化金属中の格子酸素を使うことで、効率的に部分酸化ガス化を可能とし、さらに還元された金属と水蒸気との反応でスチームから水素を生産する。そのため、ポリエチレンなどの炭化水素については500-600℃以下の低温でもポリエチレン含有水素の2倍以上の水素を生成できることを明らかにした。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 格子酸素、低温ガス化、高カロリー

〔テーマ題目20〕 コプロダクションによる CO₂フリーな物質生産システムの構築

～タスク1：バイオマスからの水素と炭化物のコプロダクション～

〔研究代表者〕 幡野 博之（エネルギー利用研究部門グリーン燃料研究グループ）

〔研究担当者〕 幡野 博之、鈴木 善三、倉本 浩司

〔研究内容〕

大気中の CO₂と太陽エネルギーに由来するバイオマスのエネルギー利用は大気中の賞味の CO₂濃度増加に繋がらないカーボンニュートラルであることから、その積極的な導入が望まれている。本プロジェクトではコプロダクションの概念に立脚し、バイオマスのガス化と炭化物の併産技術の確立を行っている。バイオマスのガス化によって水素を製造し、燃料電池などの燃料として利用する。このとき、従来の石炭ガス化のように、完全ガス化を志向するのではなく、得られる熱源の温度に応じて、ガス化可能部分は水素へ転換し、チャー化した部分は炭化物として取り出す。前者はカーボンニュートラルかつ低エクセルギー率の化学エネルギーとして利用でき、後者は地中投棄や土壌改質媒体として利用する。このバイオマスの有機質を炭化物として安定化し、利用することは、安価で高効率な CO₂の固定化を意味する。これまでに迅速熱分解装置、循環流動層型流通ガス化反応器を利用して、種々の温度および水蒸気分圧下でガス、タールおよびチャーの収率を系統的に調査した。流通実験においては700℃以上の温度では炭素基準で80%程度のガス化を迅速に達成できることを確認した。また、レーザー後段に、固気分離を目的としたサイクロンが取り付けられているが、このサイクロン部でガス化が促進され

ていることを見出した。これは、サイクロン内部での旋回流が固気接触に寄与したものと考えられる。

〔分野名〕 エネルギー環境

〔キーワード〕 バイオマス、ガス化、水素、炭化物、コプロダクション

〔テーマ題目21〕 含有カリウム触媒利用熱化学再生バイオマス改質プロセスに関する研究

〔研究代表者〕 倉本 浩司（エネルギー利用研究部門グリーン燃料研究グループ）

〔研究内容〕

大気中の CO₂と太陽エネルギーに由来するバイオマスのエネルギー利用は大気中の賞味の CO₂濃度増加に繋がらないカーボンニュートラルであることから、その積極的な導入が望まれている。本プロジェクトではバイオマスの熱分解特性および化学的性状を最大限に利用して、高効率にエネルギー転換するプロセスを開発することを目的としている。すなわち、流動層ガス化反応器において、バイオマス中に存在するアルカリ土類金属（Naあるいは K）と一次熱分解時に放出されるタールの積極的な接触を促し、タールを迅速に改質しようとするものである。また、一次熱分解時に生成したチャーは反応性に乏しいため、これをあえてガス化することはせず、別途燃焼させ、燃焼熱を一次熱分解生成物の改質反応に必要な熱源として利用することを想定している。以上のことから、プロセスの実用化においては、バイオマスの熱分解、揮発分とタールの効率的ガス化、アルカリ金属類の放出と反応器内での保持、チャー燃焼反応熱の再循環を最適に組み合わせなくてはならない。これまでに、北海道大学との共同研究において、アルカリ土類金属の迅速熱分解時の放出挙動、触媒流動層におけるタールの軽質化と炭化挙動を調査した。また、プロセスシミュレータを用いて、総合的なプロセス熱効率とガス化条件（ガス化温度、水蒸気/炭素比など）との関係などを調査した。

〔分野名〕 エネルギー環境

〔キーワード〕 バイオマス、ガス化、水素、タール

〔テーマ題目22〕 太陽エネルギー利用の研究

〔研究代表者〕 田中 忠良（エネルギー利用研究部門太陽エネルギー利用研究グループ）

〔研究担当者〕 安藤 祐司、天野 雅継、青山 幸弘
（職員3名、他1名）

〔研究内容〕

生活・産業に必要なエネルギー形態は主に熱と電気だが、太陽エネルギーを用いれば、太陽熱温水器等による熱エネルギーと太陽電池を利用した電気エネルギーの両方を得ることができる。しかし、日射変動による出力の不安定性という理由から、これらのエネルギーを安定的に得ることは容易ではない。一方、電気や熱に比べて、

輸送性・貯蔵性に優れている燃料（水素）も太陽エネルギーによって得ることが可能である。したがって太陽エネルギーを利用して燃料を製造すれば、太陽が有する出力不安定性という欠点を克服できるだけでなく、エネルギー利用の自由度が増し、エネルギーをより効率的に利用できると考えられる。

このような観点から、太陽から熱、電気、燃料を製造するソーラートライジェネレーションシステムを提案し、重要な要素技術と考えられる、水電解による水素と過酸化水素の同時製造技術およびアセトン／水素系熱再生型燃料電池の研究を行っている。

(1) 水電解による水素と過酸化水素の同時製造技術：過酸化水素生成極に種々の市販の電極材料（カーボン）を用いて一連の実験を行った。水素極に白金、過酸化水素極にカーボンクロスを使用することにより、2V程度の印加電圧で水素と過酸化水素が製造できることを実験的に明らかにした。効率向上を達成するためには、活性および選択性の高い過酸化水素製造電極の開発が不可欠であることを明確化した。

(2) アセトン／水素系熱再生型燃料電池：反応場の面積を拡大することにより、電極面積の増大が単位面積あたりの出力に及ぼす影響について検討した。その結果、電流値が増大するが、単位電極面積当たりの電流値は減少することが明らかになった。また、金属錯体を前駆体に用いて触媒を調製し、塩化物を前駆体とした触媒と触媒表面状態・反応特性を比較し、触媒表面状態が反応特性に及ぼす影響について検討した。その結果、ルテノセンと塩化白金酸カリウムから調製した炭素担持ルテニウム－白金複合触媒粒子は塩化物前駆体のものに比べ、平均粒径が小さく、粒径のばらつきも小さいことが明らかになった。この触媒を用いて電流電圧特性を測定した結果、塩化物前駆体よりもルテノセンを用いた方が短絡電流値が大きくなることが明らかになった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 太陽エネルギー、水素、燃料電池

〔テーマ題目23〕 熱化学の研究

〔研究代表者〕 永石 博志（エネルギー利用研究部門熱化学研究グループ）

〔研究担当者〕 本間 専治、池田 光二、池上真志樹、佐々木正秀、大山 恭史
（職員6名、他11名）

〔研究内容〕

共同研究の一環として、太陽エネルギーを反応系に利用する「光直接照射石炭ガス化基礎研究」技術開発ならびに石炭利用基盤技術となる「石炭の基礎物性とガス化反応性に関する研究」を行った。太陽光・熱などの自然エネルギーを利用して、石炭、天然ガスなどの化石資源に二酸化炭素や水を反応させ、メタノールなどの液体燃

料の原料となる合成ガス（CO および水素）を高効率に製造する技術開発を行い、CO₂排出を低減しつつ、自然エネルギーの高ポテンシャル化、貯蔵性および輸送性の向上を図ることを目的とした。本研究では、太陽エネルギーの利用可能性を検討し、「エネルギーを合理的・高効率に利用する技術」開発への展開を図るため、光直接照射により高密度のエネルギーが石炭粒子に供給され、高温に加熱された場合を想定し、石炭の反応挙動に関する基礎的知見を得るために、レーザーを利用した超高温反応器を試作し、石炭の水蒸気ガス化特性について実験的に検討した。その結果、指標温度800～2700℃の温度範囲で石炭と水蒸気を反応させたところ、本実験条件範囲で、(1) 石炭を1500℃以上の高温で20分間保持した後のチャーの水蒸気ガス化反応性が低下し、(2) 水蒸気の熱分解は、ある条件において促進されることが示唆された。一方、噴流床ガス化など一般的なガス化反応条件における石炭ガス化の「チャーの履歴によるガス化反応性の変化」の研究では、設定実験条件が同一でも実験装置が異なることによりチャーのガス化反応速度が大きく異なる場合があることの原因を明らかにするとともに、より正確なガス化反応速度測定あるいは予測手段を提示することを目的に、チャーの履歴によるガス化反応性の変化を調べた。装置及び実験方法の相違がもたらす実測データの相違の主原因を探るため、固定層反応器を用いて、石炭の熱分解から生成チャーのガス化に至るまでの一連の履歴を変化させ連続的にガス化実験を行った。また、同一の装置で、ガス化転化率の異なる各々の残渣チャーの活性点数をチャーのCO₂吸着-昇温脱離（TPD）実験により求め、チャーガス化反応速度との関連性を解析した。ガス化反応の進行に伴うチャーの反応活性点数とガス化反応速度には、反応初期から少なくとも約8割の反応率範囲では、良好な相関が得られた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 石炭ガス化

〔テーマ題目24〕 炭素系有機資源の転換・再資源化技術の研究

〔研究代表者〕 永石 博志（エネルギー利用研究部門熱化学研究グループ）

〔研究担当者〕 本間 専治、池田 光二、池上真志樹、佐々木正秀、大山 恭史、張 戦国
（職員7名、他6名）

〔研究内容〕

「廃プラスチックの高効率石油化学原料化技術開発」の受託研究として行っている「一次分解油の触媒活性影響評価」に関する研究を補佐するために、廃棄物処理技術あるいは新規資源転換技術としてポリエチレンを代表とするポリオレフィン系プラスチックなどの炭素系有機資源の転換反応に関する基礎試験を行った。ポリオレフィン系廃プラスチックの代表としてポリエチレンを主と

した廃プラスチックの熱分解を行い、熱分解生成物をガリウムおよび／またはホウ素シリケート系触媒を用いて接触分解し、BTX や低級オレフィンを高効率に回収するプロセス開発のために、本研究では、触媒失活を抑制する熱分解条件および触媒の再活性化条件を明らかにし、反応制御およびプロセスの最適化を図ることを目的とする。H14年度は、小型試験装置を用いて基礎データを取得し、失活した触媒の再生条件を検討するとともに物質収支を得るための熱分解・接触分解連続試験装置を設計および製作した。最適分解油の分解深度の検討においては、まずポリエチレン (HDPE) の熱重量天秤による熱分解特性の評価を行い、常圧での完全熱分解物条件を確認し、次いで熔融／熱分解基礎試験装置を用いてプラスチックの熔融および熱分解実験を行った。ポリエチレン系廃プラスチックは、熔融状態である液相では約430℃以上には温度上昇せず、この温度で熱分解が進行すると気相へ移動する熱分解生成物の沸点範囲は、初留点～150℃留分(約2.5wt%)、150～200℃留分(約7%)、200～250℃留分(約9%)、250℃付近の留分(約40%)、250℃以上留分(約24%)と、非常に幅広い分布を有する熱分解生成物が生じることがわかった。また、これら熱分解生成物を小型の接触分解装置でガリウムシリケート触媒を用いて500℃で接触分解すると、熱分解温度が低いと(例えば450℃) BTX は得られるが収率が低く、触媒の失活も早いことがわかった。これは、触媒上で炭素析出が起きる為と考えられ、触媒機能を有効に働かせるためには、接触分解される熱分解ガスがさらに低分子化されている必要があることが示唆された。しかし、熱分解条件と接触分解反応の関係を詳細に調べるためには、先の液相熱分解反応では熱分解温度を十分に広く検討することができない為、熱分解反応部に工夫を加えた試験装置が必要なことがわかった。そこで、射出型スクリーフイーダーを利用して安定に定量的に原料を供給でき、かつ熱分解温度を600℃まで設定可能な熱分解・接触分解連続試験装置を設計し、製作した。これにより最適熱分解反応の制御条件と物質収支を検討した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 廃プラスチック

【テーマ題目25】 軽油の酸化的超深度脱硫に関する研究

【研究代表者】 三木 啓司 (エネルギー利用研究部門分子化学研究グループ)

【研究担当者】 三木 啓司、矢津 一正、古屋 武、山本 佳孝、(職員4名、他4名)

【研究内容】

軽油中の硫黄分低減は、ディーゼル車の排気ガス対策上、不可欠である。現行の水素化脱硫法では除去が困難なジベンゾチオフェン類を効率的に除去できる酸化脱硫技術を確立し、軽油中の硫黄濃度を1ppm 以下に低減する経済的プロセスを開発することを目標とする。本年度

の研究では、光増感剤を用いる多段酸化脱硫法により硫黄濃度362ppm の市販軽油を10ppm 以下へと大幅に削減できることを示した。また、過酸化水素などの酸化剤を用いる選択的酸化も有効な方法であることを明らかにした。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 脱硫、軽油

⑥【電力エネルギー研究部門】

(Energy Electronics Institute)

(存続期間：2001.4～)

研究部門長：大和田野芳郎

副研究部門長：幸坂 紳、横川 晴美

総括研究員：秋葉 悦男、石井 格、横川 晴美、
幸坂 紳

所在地：つくば中央第2、つくば中央第5

人員：214 (84) 名

経費：1,493,145千円 (341,912千円)

概要：

(1) ミッション

環境負荷低減やセキュリティの確保に配慮しつつ、拡大、多様化する人間活動をサポートすることを目的に、電力エネルギーを中心とした使いやすく経済的なエネルギー供給システムの構築に貢献する。

(2) 考え方：

電力エネルギーは、需要拡大の一方で、環境負荷の低減(特に炭酸ガス排出削減)、供給の自由化などに対処するため、一次エネルギー源のシフト、再生可能エネルギーの導入、高効率化省エネルギー化などの大きな変化が供給構造に求められている。これらは共通してエネルギー源の小型分散化、さらには移動化(可搬化)を指向しており、個別の分散エネルギー源の技術の進歩と共に、これらを相互に既存システムと調和させて運用する技術の開発が不可欠となってきた。本研究部門は、これら高効率分散電源技術の開発とエネルギーネットワークの強化技術の開発を当面の最重要課題として位置付け、これを支えるための基礎的な材料技術及び長期的エネルギー源技術、エネルギー環境技術などを配して新しいエネルギーシステムの構築に貢献する。

(3) 主要研究テーマ：

1) 高効率分散電源技術の研究開発

燃料電池技術、太陽光発電技術、熱電発電技術

2) ネットワーク強化技術の研究開発

エネルギーネットワーク技術、超電導電力応用技術、電力貯蔵技術、エネルギー材料技術、エネルギーシステム監視技術

3) 長期的エネルギー技術の研究開発
 水素エネルギー技術、核融合エネルギー技術

 外部資金：
 経済産業省
 エネルギー使用合理化技術開発委託費
 次世代型分散エネルギーシステム基盤技術研究開発
 (289, 776, 523円)

経済産業省
 電源多様化技術開発等委託費
 超電導発電機基盤技術研究開発 (27, 384, 781円)
 交流超電導電力機器基盤技術研究開発 (165, 249, 131円)
 太陽光発電技術開発 (61, 897, 393円)

経済産業省
 原子力試験研究委託費
 水素同位体混合系に対する水素吸蔵材料の特性に関する研究 (1, 134, 174円)
 核融合高磁界超電導マグネットの応力緩和技術に関する研究 (14, 326, 944円)
 KrF レーザーによる核融合に関する研究
 (59, 984, 903円)
 超高強度レーザーによる高エネルギー粒子・放射源に関する研究 (12, 985, 648円)
 高効率磁場核融合に関する研究 (112, 299, 421円)
 特定装置の維持運営に必要な経費 (12, 772, 404円)

経済産業省
 試験研究調査委託費
 日本の亜熱帯海域における海草藻類場の評価手法に関する研究 (11, 065, 001円)
 (地球環境保全等試験研究に係るもの)

新エネルギー・産業技術総合開発機構
 太陽光発電技術研究開発
 革新的次世代太陽光発電システム技術開発
 高効率カルコゲナイド系太陽電池の研究開発
 (27, 708, 845円)
 大量導入に向けた共通基盤技術の研究開発
 太陽光発電システムのリサイクル・リユース処理技術等の研究開発 (25, 896, 345円)
 大量導入に向けた共通基盤技術の研究開発及び調査
 太陽光発電システム評価技術の研究開発
 (39, 190, 057円)
 固体高分子形燃料電池システム技術開発
 固体高分子形燃料電池要素技術開発等中温作動型
 固体高分子形燃料電池の研究開発 (37, 072, 232円)

大量導入に向けた共通基盤技術の研究開発及び調査
 太陽電池評価技術の研究開発 (141, 985, 840円)
 エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発
 汎用回生型大容量スーパーキャパシタの研究開発
 (45, 990, 718円)
 次世代パワー素子の超高熱流束冷却システムの基盤研究開発 (8, 679, 218円)

(財) エンジニアリング振興協会
 熱電変換モジュール評価技術確立 (7, 354, 850円)

(財) 日本宇宙フォーラム
 形状記憶合金を用いた小型衛星太陽電池パドル駆動機構の研究 (1787, 750円)
 表面張力異常を示す流体を示したパンプ熱制御手法の研究 (3, 940, 500円)

(財) 日本産業技術振興協会
 クラスタナノ構造成膜プロセスシステム製品化技術開発研究 (40, 332, 200円)

(株) 西条産業情報支援センター
 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業
 (水素エネルギー利用アドバンス型ハイブリッド冷凍システムの開発) (6, 348, 950円)

(株) 大旺機会
 平成14年度地域新生ソーシアム研究開発事業
 (2, 981, 600円)
 (地滑り監視・予測のための土中電界システムの開発)

発表：誌上発表147 (118) 件、口頭発表416 (131) 件
 その他31件

超電導応用グループ

(Superconductivity Applications Group)

研究グループ長：淵野修一郎

(つくば中央第2)

概要：

電力供給ネットワークの高効率化、安定化に不可欠な基盤技術である超電導電力応用技術を確立し、超電導送電ケーブル、限流器、超電導発電機等の超電導電力応用機器の早期実現を図る。また、長期的視野に立ったエネルギー源の安定供給に不可欠な核融合炉用高磁界超電導マグネットの構成技術の開発を行う。具体的には、

1) 超電導送電ケーブルの冷却モデルにより冷却特性を明らかにし、長距離冷却技術を確立すると共に、導体安定化および偏流現象解析手法の開発を行い、

導体集合化技術を確立する。

- 2) 共振切り替え型限流器システムの研究開発のために Bi 系超電導線材を使用した高効率、低損失な空心交流超電導マグネットの研究開発を行う。また超電導静止機器実用化のための最適方式を検討すると共に、将来不可欠なネットワーク周辺機器を幅広く探索し、バルク応用、デバイス応用への展開を図る。
- 3) 高速回転する超電導マグネットの高電流密度領域での安定性試験を行い、運転負荷率向上のための基礎データを収集し、超電導発電機用導体の大電流・高密度技術を確立する。
- 4) 応力自己支持型超電導線材の研究開発として、Ta 繊維強化型 Nb₃Sn 線材の高電磁力環境（高引張・圧縮）下における超電導特性の最適化を進め、核融合炉用高磁界超電導マグネットの導体構成技術に反映する。

研究テーマ：

テーマ題目 1

超電導材料技術グループ

(Superconductor Technology Group)

研究グループ長：山崎 裕文

(つくば中央第2)

概要：

超電導の産業応用を目指し、超電導材料（薄膜・線材等）の作製技術、評価・計測技術の開発や物性研究・理論研究を行い、その高特性化を図るとともに、応用技術の高度化を促進する。

大面積酸化超電導膜の作製・評価技術の研究、および超電導の物性研究と、超電導限流器への応用を主要な目標とし、各種高周波デバイス等を副目標として行う。交流超電導機器基盤技術研究開発プロジェクトの支援研究として十分な成果を挙げ、平成17年度以降の次期フェーズの研究開発の核を生み出すような先行的研究を行う。

研究テーマ：

テーマ題目 1

薄膜太陽電池グループ

(Thin Film Solar Cells Group)

研究グループ長：仁木 栄

(つくば中央第2)

概要：

次世代の低コスト高効率薄膜太陽電池として期待される CuInGaSe₂ (CIGS) 系太陽電池の超高効率・低コスト化技術と高信頼性化技術の確立を目指す。

- 1) ZnO/CIGS 界面を精密に評価し、それを制御する手法を確立する。
- 2) 高 Ga 濃度 CIGS 太陽電池作製技術を開発する。透明で低抵抗な透明導電膜作製技術を確立する。

目 標：

- ・平成16年度までに20%以上の変換効率を達成する。

- ・溶液成長バッファ層を用いない産総研独自のプロセスを開発する。

研究テーマ：

高効率 CIGS 太陽電池の開発

半導体エネルギーデバイスグループ

(Semiconductor Energy Devices Group)

研究グループ長：下川 隆一

(つくば中央第2)

概要：

半導体薄膜等のデバイス物理および製作プロセス・欠陥格子不整合の制御手法の研究開発を行うと共に、太陽光発電研究開発プロジェクトを通じて平成17年度中に高 Voc 高効率の極薄膜結晶 Si 太陽電池及び薄膜結晶化合物太陽電池のコンセプトの確立・試作・解析評価を行うことを目標としている。平成14年度は、極薄膜結晶 Si と格子不整合化合物薄膜 (Si ヘテロエピ技術) の高品質化を図るとともに高 Voc 化を進める。また、積層化薄膜技術・デバイス用高品質材料にチャレンジし、半導体エネルギーデバイスに必要な不可欠な欠陥評価・制御技術の確立に基づく電子現象・新デバイス技術の研究開発を行う。高 Voc 高効率化には結晶表面/界面の制御・パッシベーションが研究課題となる。そこで、光閉じ込め型の極薄膜結晶シリコン太陽電池の高効率セル設計 (特に、高 Voc) ・構成材料・プロセス・解析評価技術の研究開発を進め、新しい高効率セルコンセプトの提案・試作を行う。

研究テーマ：

極薄膜結晶シリコン太陽電池高性能化の研究

太陽光発電システムグループ

(Photovoltaic Systems Group)

研究グループ長：作田 宏一

(つくば中央第2)

概要：

太陽光発電システムの大量導入実現に向け、実用化技術開発と導入普及を支援するため、ライフサイクルでの性能向上・コスト低減を目指した以下の研究に取り組んでいる。

- (1) 太陽光発電システムの導入時における最適設計、施工時の適切な品質検査、運転時における故障の早期発見・修復・保守、等を総合的に支援する技術の開発。
- (2) 製造段階からリサイクルを考慮した「二重封止型リサイクラブルモジュール」の開発。
- (3) 太陽電池セル・モジュールの性能・長期信頼性評価、およびこれらの標準化に関する研究。

研究テーマ：

太陽電池性能評価技術の確立、太陽光発電システム総合支援技術の開発

エネルギーネットワーク

(Energy Network Group)

研究グループ長：石井 格

(つくば中央第2)

概要：

炭酸ガス削減への寄与と需要・供給双方の多様な要求を満たす規制緩和との両面から今後の普及が期待されている分散電源を大規模に有効に用いる技術として、新しいエネルギーネットワーク技術が必要である。これについて、分散型変換器の多数並列化技術と自律分散ローカルシステムの最適化技術の開発を行う。

また、産業連関をベースとするエネルギー・環境分析モデルの研究を行う。

研究テーマ：

テーマ題目 3

燃料電池グループ

(Fuel Cell Group)

研究グループ長：横川 晴美

(つくば中央第2・つくば中央第5)

概要：

燃料電池の中でも固体酸化物形燃料電池 (SOFC) は発電効率が最も高く排熱の有効利用が可能であること、長期安定性に優れていること、低コスト製造技術の開発に成功していることからその実用化が待望されている。天然ガス以外のジメチルエーテル、灯油などの多様な燃料を用いるための基盤技術、小型・軽量でも発電効率が高く、起動停止特性・負荷変動応答特性の優れた燃料電池を製造するための基盤技術の開発を行っている。燃料電池は従来のエネルギー変換技術にはない革新性・総合性をもっているため、熱効率の導出法に焦点をあてた規格・標準化のための研究を行いその普及に備えている。

研究テーマ：

テーマ題目 4

エネルギー材料グループ

(Energy Materials Group)

研究グループ長：本間 格

(つくば中央第2)

概要：

エネルギー材料グループは持続可能社会の基盤はエネルギー技術であると認識し、高機能材料をベースとした再生可能エネルギー技術の開発研究を目的としている。再生可能エネルギー技術を構築するためには従来にない効率的・革新的なエネルギー材料の開発が必要であり、高効率で発電する高分子型燃料電池や高速充放電が可能な大容量キャパシタ等の高効率な次世代型エネルギーデバイスを広く産業界・民生用途に供与しなければならない。本グループではこれら高効率エネルギー変換・貯蔵・リサイクル技術実現の為の新材料開発を行う。また環境負荷低減のためのセンサー等の機能デバイスの開発も同時に行う。具体的な研究目標としては

- ・100℃～200℃の中温度領域で作動出来る高分子燃料電池用新規電解質膜および耐 CO 型の電極の開発。
 - ・電池性能として30Wh/kg, 3kW/kg のエネルギー密度、パワー密度を兼ね備えた大容量スーパーキャパシタ開発とエネルギー回生技術への応用。
 - ・メソポーラスシリカおよびメソポーラスカーボン等のナノ構造材料を利用した電気二重層キャパシタ、ハイレート電極、環境センサーの開発。
- の3つの研究テーマを行う。

研究テーマ：

中温作動型固体高分子形燃料電池の研究開発

汎用回生型大容量スーパーキャパシタの研究開発

ナノポーラス金属酸化物を利用した環境センサーの技術開発

熱電変換グループ

(Thermoelectric Energy Conversion Group)

研究グループ長：小原 春彦

(つくば中央第2)

概要：

熱電変換は熱エネルギーと電気エネルギーの間の直接変換で、特殊な半導体や金属材料を用いて、効率良く相互エネルギー変換を行うものである。材料に温度差を与えると起電力が発生する効果 (ゼーベック効果) を用いて熱流から電力を取り出したり、反対に材料に電流を流すことで吸熱・冷却現象を起こす効果 (ペルチェ効果) を用いて物を冷やすことができる。当グループでは未利用排熱を熱電変換により電気として回収するデバイスの開発を進めている。様々な分野で捨てられている排熱を電気としてリサイクルすることで大規模な省エネ効果が期待されている。

研究テーマ：

熱電変換技術の研究

水素エネルギーグループ

(Hydrogen Energy Group)

研究グループ長：秋葉 悦男

(つくば中央第5)

概要：

水素貯蔵材料は低い水素圧力であっても液体水素をしのぐ水素密度で水素を貯蔵・輸送できる材料である。水素自動車の燃料タンクなどの用途に利用されると期待されている。しかし、現状では十分コンパクトに水素を貯蔵できるのだが、重量が重い点が課題とされている。そのため、軽量な水素貯蔵材料の開発を進め、世界最高級の約3質量%の水素吸蔵量を持つ材料の開発に成功した。現在、更に高性能な材料開発を行っている。また、材料開発に欠かすことのできない、水素貯蔵材料のナノ構造と結晶構造の解析も併せて進めている。

研究テーマ：

水素吸蔵合金の組織・構造・水素吸蔵性の研究

核融合プラズマグループ

(Fusion Plasma Group)

研究グループ長：八木 康之

(つくば中央第2)

概要：

21世紀の新しいエネルギー源として期待される核融合を、磁場閉じ込め方式の一つである逆磁場ピンチ方式で単純且つ効率よく実現するための研究開発を行っている。特に世界三大逆磁場ピンチ装置の一つである TPE-RX 装置を用いて、逆磁場ピンチ方式が原理的に将来の核融合炉として必要な条件を満たすかどうかを確認するために、プラズマ閉じ込めの特性の理解とその向上の研究を行っている。

研究テーマ：

高効率磁場核融合に関する研究

パワーレーザーグループ

(Power Laser Group)

研究グループ長：大和田野芳郎

(つくば中央第2)

概要：

高真空や強磁界を必要としないレーザーを用いた慣性核融合方式によるコンパクトで経済的な核融合炉の実現を目指し、炉用レーザーの有力候補である KrF (フッ化クリプトン) レーザーについて、実用化のために不可欠な高強度・高繰り返しレーザー技術及び、効率が高く安定した出力が得られる照射方式の研究開発を行う。

また、レーザーによって生み出される超高温、高密度エネルギー状態の応用について研究し産業技術への展開も図る。

研究テーマ：

KrF レーザーによる核融合の研究

宇宙技術グループ

(Space Technology Group)

研究グループ長：阿部 宜之

(つくば中央第2)

概要：

宇宙のグローバル性を利用し、環境とバランスのとれたエネルギー施策に貢献するため、宇宙の極限環境におけるエネルギー技術、および、地球環境モニタリング技術の研究を推進する。宇宙エネルギー技術に関しては、特に将来の基幹電力システムとして位置づけた宇宙太陽発電衛星に関し、実現に向けた重要技術課題に特化した研究開発を行うと共に、高温熱発電については、軌道間輸送及び軌道作業用電源への適用に特化し、地上技術へのスピノフも念頭においた研究を進める。地球環境観測に関しては、地球温暖化に伴う諸現象を追跡すること等を目的とし、ハイパースペクトラルセンサーを用いた地球観測システムのプロトタイプを試作とその利用技術の研究を行う。

研究テーマ：

宇宙用発電技術の研究、地球観測技術の研究

電力環境計測グループ

(Energy Environment Monitoring Group)

研究グループ長：飯高 弘

(つくば中央第2)

概要：

安全で安心な電力エネルギー供給システムを構築するためには、システム自体を頑健にするとともに、産業・都市防災への組織的な対応の実現を基本目標にしなければならない。このような観点から地象異常にともなう電磁界変動を高感度に計測することが可能な可搬型 SQUID センサを開発するとともに、電磁界変動の計測を活用した頑健で柔軟な電力エネルギー供給システムの基盤形成を目指す。

研究テーマ：

新たなエネルギー供給システム構築のための環境監視技術の研究

クラスタープロセス連携研究体

(Cluster Advanced Nanoprocesses CRT)

連携研究体長：岩田 康嗣

(つくば中央第2)

概要：

クラスタープロセス連携研究体では、クラスターによってナノ構造材料の機能性を格段に高める研究開発を行っている。次世代型ナノ構造機能性材料の製品イメージとしては単色エネルギーの電子線源、極薄大容量キャパシター、超高密度磁気記録媒体、次世代ディスプレイが挙げられる。これまでに汎用性の高いシリコンクラスターを独自の方法でサイズを揃えて生成する事に成功した。更にシリコンクラスターを基板に蒸着し、クラスター同士の相互作用によるナノ構造秩序の形成を世界で初めて実証した。現在、3nm 以下のクラスターによる高機能性立体秩序構造材料を作製し、新製品コンセプト作りをしている。

[テーマ題目1] 超電導電力応用技術に関する研究

[研究代表者] 淵野修一郎 (電力エネルギー研究部門

超電導応用グループ)

山崎 裕文 (電力エネルギー研究部門

超電導材料グループ)

[研究担当者] 淵野修一郎、古瀬 充穂、樋口 登、

新井 和昭、野村 晴彦、岡野 眞、

梅田 政一、我妻 洸、海保 勝之、

山崎 裕文、幸坂 紳、馬渡 康徳

Develos Bagarinao Katherine

(職員13名 他6名)

[研究内容]

1) 全長100m の模擬ケーブルの初期冷却時に生じた2種類の振動を解析した。また、実規模の送電ケーブル

と同じ長さ・管径比(L/D)とした長尺冷却モデル(1/10縮径、1/10縮長)の製作を行った。

2) 大面積 PLD 装置で作製したサファイア基板 YBCO 薄膜で、クラック発生の臨界膜厚が向上すること、それが組成ずれに起因することを明らかにした。2インチ径 YBCO/LaAlO₃ 薄膜で 3MA/cm² 以上の Jc を得た。様々な単結晶基板上に作製した YBCO 薄膜について、ピン力密度の磁界依存性の解析から、YBCO 薄膜では点欠陥のような等方的なピンと c 軸方向に相関を有するピンの両者が有効であることが強く示唆された。誘導法における第3高調波成分の発生機構を理論的に解明し、実験で理論を裏付けるスケール則を観測した。誘導法 Jc の周波数依存性を調べることで電流電圧特性の測定を可能とした。

3) 製作した交流マグネットの交流損失を測定し、新たに機械損失低減マグネットの設計・製作に着手した。10A・1kV 級共振切り換え型限流器システムの評価試験方式の検討を行い、製作に着手した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 超電導、ケーブル、限流器

[テーマ題目2] 太陽光発電技術の研究開発

[研究代表者] 仁木 栄 (電力エネルギー研究部門 薄膜太陽電池グループ)

下川 隆一 (電力エネルギー研究部門 半導体エネルギーデバイスグループ)

作田 宏一 (電力エネルギー研究部門 太陽光発電システムグループ)

[研究担当者] 仁木 栄、山田 昭政、松原 浩司、Fons Paul、岩田 拓也、下川 隆一、坂田 功、山中 光之、川浪 仁志、作田 宏一、大谷 謙仁、柳澤 武、津田 泉、高島 工、小柳 理正、小島 猛、高久 清、中村 國臣、土井 卓也 (職員19名 他13名)

[研究内容]

- (1) 反射防止膜無しで効率16.4% (変換効率18%に相当) の CIGS 太陽電池のプロセスを確立した。また、ワイドギャップカルコゲナイド太陽電池を開発し、Cu (In_{1-x}Ga_x) Se₂ 太陽電池 (x≥0.5) で効率10%を達成した。室温で抵抗率5×10⁻⁴Ωcm、可視光平均透過率88% (400-800nm) の高品質な透明導電膜を作製した。
- (2) 低温エピタキシャル成長による接合形成がセルの高 Voc・高効率化に有効な方法であることを実証し、4×4mm²P 型単結晶 Si 基板を使用して効率13.3% (Voc 0.594V, Jsc33.23mA/cm², FF0.674) の世界最高値の接合セルを試作出来た。
- (3) 開発品 Si 太陽電池・モジュールの性能評価を開始し日本における太陽電池校正技術を国際的に紹介すると共に、結晶シリコン太陽電池・モジュールを用い移

設した太陽電池評価システムの測定精度を解析した。各種新型太陽電池セル・モジュールの評価に必要な精度を明らかにした。また、Web 上で動く設計支援ツールを完成・公開し、ユーザからのフィードバックにより改良するための整備を行った。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 太陽電池、CIGS、結晶シリコン、性能評価

[テーマ題目3] エネルギーネットワークに関する研究

[研究代表者] 石井 格 (電力エネルギー研究部門 エネルギーネットワークグループ)

[研究担当者] 石井 格、近藤 潤次、村田 晃伸、安芸 裕久 (職員4名 他1名)

[研究内容]

1) 熱・電気統合ネットワークの研究

分散型のコジェネレーションについて、電気に加えて熱も融通するシステムについての解析を行い、導入パターンによるエネルギー利用効率や地球温暖化ガス排出量の変化について解析を行った。例えば10軒の家庭からなる集合住宅に燃料電池コジェネレーションを導入した1つの例では、5~7軒にコジェネレーションを設置して全体での融通を行うことが、もっともエネルギー利用効率が高くなることがわかった。燃料電池コジェネレーションの場合には、改質水素を相互融通することにより、さらに効率のよいシステムの構築が可能となると考えて、システムの検討を行っている。この研究において、外部研究機関と共同研究を立ち上げ、特許出願も行った。

2) 次世代パワーエレクトロニクス適用効果の研究

パワーエレクトロニクス研究センターと共同で解析を行った。分散電源のインバーターに適用した場合に定格時の損失を約1/3に低減できるほか、部分負荷時の効率はさらに向上効果が大きいことを確認した。また、現在入手できる SiC ダイオードを用いて、損失やノイズの低減効果を実験的に検証することを目的に、大学との共同研究を進めている。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] エネルギーネットワーク、分散型コジェネレーション、熱・電気統合、パワーエレクトロニクス

[テーマ題目4] 固体酸化物形燃料電池の研究

[研究代表者] 横川 晴美 (電力エネルギー研究部門 燃料電池グループ)

[研究担当者] 横川 晴美、野崎 健、加賀 保男、山地 克彦、根岸 明、加藤 健、門馬 昭彦、嘉藤 徹、酒井 夏子、齋藤 喜康、堀田 照久、高野 清南 (職員12名 他4名)

〔研究内容〕

- 1) 性能評価、規格・標準化について、質量法により流量測定精度0.1%達成の見込みを得た。また直流負荷電流に交流を重畳印加し、セル各部の内部抵抗を精度良く（1%程度）測定するシステムを試作し、小型システムに適用可能な直径12cm 出力40W 級のセルを用いて実際の運転条件下（最大電流100A 程度、最大燃料利用率80%程度）で発電特性を測定した。
- 2) 小型・高性能化について、湿式共焼結製造プロセスについてテープキャスト法を簡易化した方法で小型セルで0.32W/cm²（700℃、0.7V）、小型円筒セルで0.2 W/cm²の出力密度を得、さらにフェライト系 SUS を用い、プレス加工によりインターコネクタを試作した。また、空気極側の集電材料の長期安定性試験を実施した。
- 3) 燃料多様化について、液体燃料直接導入装置の設置・試運転を行い、テスト用アノードの事前の性能評価を行った。YSZ 上メッシュ電極（Ni, Cu）での炭素析出を2次イオン質量分析計、プローブ顕微鏡で観察した。燃料極室入り口付近（メタン-水蒸気）出口付近（水素-水）模擬ガス中でフェライト系合金の酸化挙動・浸炭挙動を明らかにした。
- 4) 材料の製法とデータベース化について、泳動電着法の改良によりアノード支持型薄膜緻密電解質を作成し、アノード過電圧の低いセル特性を得ることに成功した。また、酸化物インターコネクタ材料物性収集・データベース化を行った。耐炭素析出特性の高いスカンジウム置換ジルコニアおよびセリアについて左記物性測定を行い、電極特性との関連を検討した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 固体酸化物形燃料電池、規格・標準化、燃料多様化、材料データベース

〔テーマ題目5〕 エネルギー基盤技術・材料の研究

〔研究代表者〕 本間 格（電力エネルギー研究部門エネルギー材料グループ）、
小原 春彦（電力エネルギー研究部門熱電変換グループ）、
秋葉 悦男（電力エネルギー研究部門水素エネルギーグループ）

〔研究担当者〕 本間 格、周豪 慎、日比野光宏、
小原 春彦、李哲 虎、山本 淳、
高澤 弘幸、上野 和夫、秋葉 悦男、
中村優美子、榎浩 利、早川 博
（職員12名 他20名）

〔研究内容〕

中温形固体高分子形燃料電池用電解質膜材料について、金属リン酸化合物やヘテロポリ酸等を複合した高分子電解質膜をゾルゲル法により合成した。分子量4500のPDMS と安定化処理したチタンおよびジルコニアのア

ルコキサイドを塩酸触媒を用いてゾルゲル重合し透明均一で柔軟な複合膜を得た。膜の耐熱性は約300℃程度であった。また、電極について独自の電極合成手法であるソノケミカル法を用いた炭素粉末表面上への活物質ナノレベル層のコーティング技術を開発した。

新しい熱電変換材料であるスクッテルダイトについて、世界にさきがけて、大型単結晶を高圧法により育成した。また、リン系のスクッテルダイトの磁気構造を世界で初めて明らかにした。

世界ではじめて Mg-Ti 合金をナノ構造制御により製造し、水素吸蔵材料として有望であると提案した。また、水素吸蔵材料の結晶構造解析を進めている。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 固体高分子形燃料電池、熱電変換材料、スクッテルダイト、水素吸蔵合金

〔テーマ題目6〕 次世代核融合の研究

〔研究代表者〕 八木 康之（電力エネルギーグループ核融合プラズマグループ）、
大和田野芳郎（電力エネルギーグループパワーレーザーグループ）

〔研究担当者〕 八木 康之、榊田 創、平野 洋一、
芦田 久男、島田 壽男、小口 治久、
早瀬喜代司、佐藤 康宏、大和田野芳郎、
加藤 進、高橋 栄一、松本 裕治、
松嶋 功、奥田 功（職員14名 他3名）

〔研究内容〕

- 1) 逆磁場ピンチ装置の PPCD の電源増強によって5倍のエネルギー閉じ込め時間の向上、平均エネルギー閉じ込め時間3.5ms を達成した。
- 2) 中性粒子ビームプロトタイプ機単独で25kV, 25A, 15ms の定格を確認し、TPE-RX 本体に接続し総合動作確認及び入射試験を開始した。
- 3) 高繰り返し動作 KrF レーザー増幅器の開発において、沿面放電式電子エミッターを開発し長寿命の見通し押しを得た。隔膜温度の実時間空間分解測定により、熱放射+強制水冷の隔膜冷却方法で2Hz 動作が可能との見通しを得た。
- 4) KrF レーザーの短パルス化と集光特性の改善により3×10¹⁹W/cm²の紫外光では世界最高の集光強度を達成した。予備的な照射実験により、高密度プラズマによる超高強度特有のレーザー吸収機構に関する知見を得た。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 核融合、KrF レーザー、逆磁場ピンチ

⑦【環境管理研究部門】

(Institute for Environmental Management
Technology)

(存続期間：2001.4.1～)

研究部門長：指宿 堯嗣
副研究部門長：山本 晋

所在地：つくば西、つくば中央第5
人員：124 (72) 名
経費：1,160,484千円 (527,694千円)

概要：

1. 研究の方向性

本研究部門では、快適で安全な環境の創造を目的として、温室効果気体を含む環境負荷物質の放出と大気、陸域、海洋等への分配・循環メカニズムと環境影響を明確にし、適切な環境浄化・修復技術の選択と開発、さらに技術の評価を行うとともに、技術・手法の実用化、国際的な普及・移転を推進する。

具体的には、

- 1) 化学物質等のリスク削減を実現するために、環境の浄化・修復に資する省エネルギーで省資源な技術(対策、計測技術)の開発
- 2) 地域から地球規模の環境影響評価技術と手法、エネルギー・環境技術の評価手法などの開発
- 3) 環境管理に必要な標準等の基盤整備などに資する技術・手法の開発

を行う。

環境管理研究部門の重点研究課題は下記4の通りであり、都市における資源循環・廃棄物、化学物質問題などを視野に入れた地域環境の改善・保全及び地球温暖化防止に寄与する総合的な研究開発を推進する。

2. マネージメントの方針

各研究グループの研究目標を設定し、その達成に向けて具体的な年度計画をグループ長及び研究員との十分な議論に基づいて作成し、各研究者の役割(分担)を研究者の個性、能力を考慮して決定する。重点研究課題を担当する研究グループ、研究者については、マンパワー、予算などに配慮し、研究の促進を図る。

人材育成、研究ポテンシャル向上のために、若手研究者を中心に海外における研究成果発表、研究交流の機会を担保する。研究部門における新たな技術ニーズ及び技術シーズを発掘するために、萌芽的研究、調査研究を部門内で公募し、実施する。

研究業務の推進には日常的な切磋琢磨が重要であり、また、環境研究の総合性を考慮し、研究グループ単位での議論に加えて、研究グループ間の交流を促進するように努める。

3. 成果の普及

環境管理研究部門においては、「社会的ニーズを実現する技術」の研究開発が重要であり、研究成果の普及を日常的に行う必要がある。研究開発内容及び研究者のデータベースをコアとする部門のホームページを開設し、研究成果の発信と社会ニーズの取り込みを積

極的に行っていく。ホームページ内に特許を含む研究成果を紹介するとともに、トピックスについては報道関係への公表、産業界への発信を積極的に行っていく。

年に1回、部門としての研究成果発表とともに、研究分野ごとの研究成果発表を関連する学会、研究会と連携して行う。発展途上国への技術移転・普及のために、JICA 研修等に協力するとともに、アジア太平洋地域の環境技術研究者との年1回のワークショップ開催を目指す。

4. 環境管理研究部門における重点研究課題

- 1) 省資源・ダウンサイズ環境分析システムの研究開発：化学物質適正管理、環境制御等に必要の計測技術確立を目的として、簡易な分析前処理方法、新規な分子認識能を持つ機能性材料、マルチセンサチップ等を開発しシステム化する。
- 2) 有害化学物質・粒子状物質 (SPM) の発生源対策技術と環境負荷低減効果の評価：SPM・有害化学物質の発生源・生成機構、大気、陸域、海洋(沿岸)への分配と生態系への負荷を評価する手法及び固定発生源とディーゼル車対策技術の開発・評価を行い、有望技術の完成を促進する。
- 3) 有害化学物質の先端的処理・浄化技術の研究開発：環境中有害化学物質の不拡散・浄化を目的として、各種先端的酸化技術(低温プラズマ、オゾン、触媒、光触媒など)を開発し、省資源でエネルギー効率の高い実用システムを提案する。
- 4) 環境浄化能を強化した土壌浄化技術の研究開発：安全で経済性の高い新規土壌修復技術開発を目的として、有害化学物質と腐植物質の反応を促進する無機及び生態触媒を見いだすとともに、土壌浄化への適用技術・手法を提案する。
- 5) 窒素及び有害化学物質の新規生物学的除去技術の研究開発：規制強化に対応できる新規水浄化技術開発を目的として、有害化学物質を栄養源とするアンモニア酸化微生物群集とその管理方法を開発し、その実用化を図る。
- 6) 炭素の生物地球科学的循環過程評価の研究開発：海洋の CO₂吸収ポテンシャル評価を目的として、北太平洋表層における季節的な二酸化炭素循環過程と、太平洋中深層水への人為起源二酸化炭素蓄積速度の解明を行う。
- 7) CO₂海洋隔離トータルシステム評価技術の研究開発：海洋中に注入された CO₂と海水の相互作用解明と海洋環境への影響評価・将来予測、海洋隔離プロセス全体の実効性評価を行う。
- 8) 大気/海洋/植生間の CO₂交換量・放出量推定手法の研究開発：CO₂対策の評価ツール確立を目的として、大気/海洋、大気/植生間の CO₂交換量の観測とその結果を大気大循環モデルにより解析し、放出源・放出量及び吸収量を推定する手法を開発する。

 外部資金：
 経済産業省 重点分野研究開発委託費
 「ノニルフェノールの国際標準分析法開発」 (37,603千円)
 経済産業省 原子力試験研究委託費
 「微視的数値解析手法による地層環境内の物質拡散現象予測の高度化に関する研究」 (3,746千円)
 経済産業省 試験研究調査委託費 (地球環境保全等試験研究に係るもの)
 「都市気候・エネルギー連成モデルによるヒートアイランド対策の総合評価に関する研究」 (17,043千円)
 「有害大気汚染物質・揮発性有機化合物の高効率・簡易型処理システムに関する研究」 (23,500千円)
 「ベンゼン排出量低減に関する総合研究」 (23,564千円)
 「自動車由来有害大気汚染物質の光分解除去に関する研究」 (28,330千円)
 「産業起源内分泌かく乱物質の環境複合毒性検出システムの開発と動態予測モデル作成に関する研究」 (30,816千円)
 「ハロゲン化ダイオキシン類似物質の QSAR 分析法と分解処理技術の開発」 (26,566千円)
 「ダイオキシン類及び内分泌かく乱物質のセンシングシステムを用いた環境リスク対策の研究」 (31,978千円)
 「内分泌かく乱化学物質等の有害化学物質の簡易・迅速・自動分析技術に関する研究」 (22,486千円)
 「ダイオキシン類による地域環境汚染の実態とその原因解明に関する研究」 (5,671千円)
 「ディーゼル車排出ガスを主因とした局地汚染の改善に関する研究」 (11,069千円)
 「フッ素系地球温暖化物質の回収・分解技術に関する研究」 (24,369千円)
 試験研究調査委託費 (環境研究総合推進費に係るもの)
 「吸収線パラメータの実験的決定とその信頼性評価の研究」 (3,181千円)
 「各種生態系における大気と CO₂ (二酸化炭素)、CH₄ (メタン)、エネルギー交換量の解明に関する研究」 (9,256千円)
 「地球温暖化における陸上生態系フィードバックに関する研究」 (2,528千円)
 「生態系における安定同位体比の測定による物質フローの解明に関する研究」 (9,721千円)
 「観測データベースに基づくモデル化と炭素収支の数値把握に関する研究」 (3,640千円)
 「太平洋の海洋中深層データ解析による長期的二酸化

炭素吸収量の解明に関する研究」 (11,028千円)
 「環境ホルモン・重金属による地球規模の海洋汚染観測システムの構築に関する研究」 (15,505千円)
 「事業所等における芳香族化合物の連続監視技術に関する研究」 (22,132千円)
 「化学輸送モデルを用いた東アジアにおけるハロカーボン排出量の推定に関する研究」 (5,114千円)
 「海洋上の有機エアロゾルに対する人間活動の影響及びその放射強制力の評価」 (4,525千円)
 「亜寒帯林森林生態系における炭素収支に関する研究」 (15,715千円)
 「熱帯森林生態系における炭素収支に関する研究」 (3,959千円)
 「地上データによるリモートセンシング手法の検証と改良 (陸域生態系の炭素収支観測データベース構築と総合的解析に関する研究)」 (9,375千円)

経済産業省 科学技術総合研究委託費
 「閉鎖性水域の水質改善を目的としたマイクロバブル生成機構の研究」 (11,509千円)

文部科学省 科学技術振興調整費
 「アジア太平洋地域の大気環境の改善のうちアジア太平洋地区大気環境改善のための国際会議の主催」 (17,295千円)

文部科学省 若手任期付研究員支援
 「含窒素有機化学物質の分解触媒の開発」 (16,610千円)
 「海洋炭素固定技術に伴う温暖化物質動態解明」 (9,113千円)

運輸施設整備事業団
 「平成14年度内湾堆積物表層における酸素循環過程の解明と内湾複合生態系酸素循環モデル構築に関する基礎的研究 (現場調査による湾央域底生生態系における酸素循環過程の解明)」 (9,127千円)

財団法人地球環境産業技術研究機構
 「多機能を有する超分子錯体光触媒の開発に関する研究」 (1,747千円)

財団法人造水促進センター
 「生物機能促進研究 (有害物質高度処理プロセス) 効果の検証」 (10,398千円)

財団法人地球環境産業技術研究機構
 「流動層を用いた大規模高効率ハイドレート生成プロセスに関する研究」 (2,214千円)

文部科学省 科学研究費補助金

「硝酸態窒素を蓄積するイオウ酸化細菌の動態解析と数理モデル化による環境影響評価」(12,400千円)
「個々の分類群のアバダンス分布に基づくアンモニア酸化細菌群集の動態解析手法の開発」(8,700千円)
「マイクロバブルによる極限反応場を利用した排水中有害化学物質の分解に関する研究」(6,100千円)
「酸化触媒反応による難分解性有機塩素化合物の腐植化促進とそれによる毒性変化の評価」(7,800千円)

産業技術研究助成事業

「バイオメティック手法による環境管理技術の研究」(10,290千円)
「太陽エネルギー利用環境浄化システムの開発」(7,500千円)

発表：誌上発表118(101)件、口頭発表366(115)件、その他37件

域間環境評価研究グループ

(Inter-Spheric Environment Study Group)

研究グループ長：鷺見 栄一

(つくば西)

概要：

大気圏、水圏における粒子状物質の挙動を解明する域間環境研究は重要性が認識されているが、従来の研究体系ではどの分野にも属さない課題が多く解明が遅れている。大気から海面への粒子状物質の湿性沈着量を評価するための大気拡散モデルを開発すること、河川等からの粒子状物質の流入過程及び汽水域と沿岸海域における粒子状物質の有機物特性を解明し、粒子状物質の挙動モデルを開発することを行う。

上記の目的のために、東アジア海域における硫黄酸化物の湿性降水量および大気中残留量の見積もりを試みること、河川からの粒子状物質の流入過程と汽水域(荒川)および東京湾における有機態粒子状物質の分布と化学特性を解明すること、東京湾の底層に流入する非生物態有機粒子の拡散・沈降のモデル化することを行う。

平成14年度では、東アジア海域におけるエアロゾル観測プロジェクト(APEX)で行われた奄美大島での集中観測の現地データについて輸送シミュレーションモデルによって解析を行った。東京湾周辺の河川及び海域での懸濁態粒子についての現地観測を行ない、荒川河口域での懸濁態粒子の有機物特性と化学特性について論文にまとめた。

研究テーマ：

テーマ題目1、テーマ題目2

環境計測グループ

(Environmental Measurement Group)

グループ長：吉山 秀典

(つくば西)

概要：

大気環境中の微粒子や室内で放散されるホルムアルデヒドなどのガス成分、水および土壌中の内分泌かく乱物質などの有害汚染物質の測定法開発と標準化をめざし、凝縮粒子の測定方法に関する研究、排ガス中ダストの新型試料採取システムの開発、PM2.5測定装置の標準化、シックハウス症候群原因物質の測定法の開発、ノニルフェノールの国際標準分析法開発、産業起源内分泌かく乱物質の環境複合毒性検出システムの開発と動態予測モデル作成に関する研究、ハロゲン化ダイオキシン類似物質のQSAR分析法と分解処理技術の開発を行った。

凝縮粒子の測定方法では標準測定方法の確立に重要なパラメータ、化学成分定量や測定上の問題点・留意点などについて検討した。

排ガス中ダストの試料採取システムの開発ではPM2.5微粒子濃度を簡単に測定可能な微粒子試料採取システムをめざし、定流量等速吸引法に基づく口径可変式ダストサンプラを試作し、装置の各種特性試験を行った。口径の開閉性、耐熱性、漏れなどの基本的特性試験、関東ローム試験ダストを用いた研究室におけるJIS法との比較試験を行った結果、JIS法と極めてよい相関性が確認され、また等速吸引操作を極めて簡単に行えることができるなど、試作した口径可変式ダストサンプラの実用性が確認された。

大気中のPM2.5測定装置の標準化をめざした研究では、分粒特性を調べるために標準粒子の発生と検出装置の確立を行い、また流量計の測定精度について検討した。

シックハウス症候群原因物質の測定法の開発：今迄に得られた知見を基に、樹脂が接着剤として使われている状態でホルムアルデヒドが材料等を通して放散挙動を調べ、実際の住宅環境での測定指針の基礎資料として貢献した。

ノニルフェノールの国際標準分析法開発では相対感度係数に基づいたNPの高度分離測定手法の開発に成功し、実環境データによる検証を行った。本方法ではノニルフェノール各成分の測定に最適なフラグメントイオンをもとに内標準物質に対する相対感度係数を算出し、高精度定量を可能にした。その結果、従来法では測定が困難であった13種のノニルフェノール成分について正確な定量が可能になった。

産業起源内分泌かく乱物質の環境複合毒性検出システムの開発と動態予測モデル作成に関する研究ではダイオキシン、コブラナPCB、ノニルフェノール類について、二次元ガスクロマトグラフィによる精密精製・純化法の基礎検討を行った。特に合成樹脂産業の

主要材料であるノニルフェノールの環境ホルモン活性はごく一部の成分のみが有していることを世界で初めて明らかにした。また、東京湾柱状底質試料を分析し、過去90年間に海底泥に残留した内分泌攪乱物質の鉛直分布を明らかにした。

ハロゲン化ダイオキシン類似物質の QSAR 分析法と分解処理技術の開発では分取ガスクロマトグラフィを応用した分析法を開発した。この方法を用い環境試料より PHDLC を含む化学物質グループを抽出した。PHDLC 分析の基礎検討を行い、塩素化ナフタレンと臭素化ジフェニルエーテルの分析法を確立した。また、排ガス中に含まれる PHDLC の放電分解反応について室内実験系の基礎検討を行った。焼却灰中に含まれる PHDLC の放電分解反応についてコロナパルス放電を用いた分解効率の検討を行った。

研究テーマ：

1. 排ガス中ダストの新型試料採取システムの開発
2. PM2.5測定装置の標準化
3. ノニルフェノールの国際標準分析法開発
4. 産業起源内分泌かく乱物質の環境複合毒性検出システムの開発と動態予測モデル作成に関する研究
5. ハロゲン化ダイオキシン類似物質の QSAR 分析法と分解処理技術の開発

環境分子科学研究グループ

(Environmental Molecular Science Group)

研究グループ長：山田 耕一

(つくば西)

概要：

本年度の研究の目的は以下の3点に集約される。1) 地域から地球規模の環境影響評価技術の高度化に関連し、硫酸、硝酸や有機物等と水のクラスター会合により生成する大気微粒子成長過程をクラスターレベルで観測する技術を開発する。2) 環境管理に必要な基盤技術開発の一環として、大気中温暖化物質等の定量分析精度の向上をめざし、化学物質と酸素・窒素・水分子等との分子間相互作用や粒子-光子相互作用に関して現状より1桁高い精度の分光データを提供する。3) 特定化学物質のリスク削減を実現するため、有機溶媒のリスク評価技術とその使用量削減のための省エネルギー革新的化学プロセスを開発する。

第1の目的に関する課題では、①硫酸及び硝酸水溶液のクラスター構造に関する研究、②気相クラスター検出のための分析装置の開発、③硝酸及び硫酸を含む大気中粒子状物質の生成及び変質過程の研究、を実施した。第2の目的に関する課題では、①CO₂、N₂O、COの吸収線パラメータの実験的決定とその信頼性評価の研究、②エアロゾルの赤外分光特性からの組成決定に関する研究、を行った。第3の目的に関する課題では、①DNA 複製反応における金属イオンの役割を中心にした低環境負荷反応設計技術に関する研究、②化学物

質の凝集・分散等溶媒和クラスター構造に基づく環境動態挙動に関する研究を行った。

研究テーマ：

テーマ題目 3、テーマ題目 4、テーマ題目 5

環境流体工学研究グループ

(Environmental Fluid Engineering Group)

研究グループ長：清野 文雄

(つくば西)

概要：

本研究グループは、CO₂等の地球温暖化物質及び各種有機塩素化合物等の環境負荷物質の発生源から地圏、水圏、大気圏にいたるその動態を分子流体物理的な観点から解明し、さらに、それら地球温暖化物質及び環境負荷物質の分離や回収、及びその固定法を研究開発するとともに、その環境影響評価に資する研究を行うことを目的とする。このため、環境負荷物質の動態解明、マイクロバブル応用技術、ハイドレート応用技術に関して研究を進めた。

環境負荷物質の動態解明では地層中における核種の拡散現象の予測手法の高度化のため、微視的な物質拡散現象を再現する流体解析コードを開発するとともに、大気中における環境負荷物質の拡散機構の解明を目的として、地球の自転により形成される乱流場の構造の解析を行った。さらに、水圏中に拡散した環境負荷物質と水分子との相互作用の解明を目的として、液体構造を分子レベルで解析した。

マイクロバブル応用技術では、閉鎖性水域の水質改善を目的として、マイクロバブルの最適設計手法について研究を進めるとともに、有害化学物質の分解技術への適用を目的として、マイクロバブルの効果的な圧壊促進法を開発した。

ハイドレート応用技術では、フッ素系地球温暖化物質のハイドレートをを用いた回収プロセスの確立を目的として、分離効率等の基礎データを実験的に取得した。また、CO₂のハイドレートを利用した固定技術の確立を目的として、プロセスにおけるハイドレートの生成・成長過程について検討した。さらに、ハイドレート応用技術全般に対する基礎として、I型ハイドレート構造の熱力学的安定性、ガス分子含有率の理論的な予測手法を構築した。

研究テーマ：

テーマ題目 6、テーマ題目 7、テーマ題目 8

計測技術研究グループ

(Measurement Technology Group)

研究グループ長：田尾 博明

(つくば西)

概要：

化学物質の適正管理に係る技術基盤の整備・確立を図るため、高感度でコンパクトかつ高精度な次世代環境分析技術を開発することを目的とする。この目的を達成す

るため、新規分析装置の開発、分析前処理法の簡易化、多成分センサの開発、マイクロ流体分析チップの開発を行う。また、新しく開発した方法の標準化を行い、その普及を図るとともに、環境負荷物質の放出実態・環境挙動を解明し、有効な対策技術の選定に活用する。標準化に関しては、海水中の有機スズ化合物の高感度分析法のテクニカルレポートを制定する。また、環境挙動の解明に関しては、有害化学物質による地球規模の海洋汚染の実態把握を行う。新たに、土壌汚染及び微生物の検出法にも取り組む。

研究テーマ：

テーマ題目9、テーマ題目10、テーマ題目11

浄化機能促進研究グループ

(Advanced Remediation Group)

研究グループ長：辰巳 憲司

(つくば西)

概要：

①省エネ・低環境負荷型土壌修復技術の研究では、起源の異なる土壌14種類から抽出、精製した腐植物質について化学的特性を明らかにした。環境浄化触媒としては、有害有機物の分解に対して種々の触媒を検討した結果、鉄-フタロシアニンが最も有効であることがわかった。また、界面導電現象を利用した土壌浄化技術の開発で、電解槽のpHを制御できる模擬汚染土壌浄化装置を作成した。また、環境浄化に適した組み換え植物の創製で、担子菌カワラタケのラッカーゼ遺伝子をタバコに導入し、PCR法によりラッカーゼ遺伝子の導入を確認した。

②省エネ・低環境負荷型廃棄物対策技術の研究では、フッ素含有排水の処理では、新たに開発した機能性凝集剤で、平成13年度に規制が強化された基準(8ppm)を充分クリアできることを明らかにした。現在この凝集剤は、数工場で実際に利用されている。また、昨年度に開発したエッチング排水から銅を資源として回収可能にする機能性凝集剤を用い、エッチング排水のみでなく、これまで産業廃棄物として廃棄されていたエッチング廃液からも50%以上の銅を含むスラッジが得られ、銅を回収する技術が確立できた。

研究テーマ：

テーマ題目12、テーマ題目13

浄化触媒研究グループ

(Catalytic and Electrochemical Purification Group)

研究グループ長：小淵 存

(つくば西)

概要：

当グループでは、環境対策技術において触媒および電極反応を要素とする先導的技術の開拓および有望な技術の有効性評価を行う。今中期計画期間においては、ディーゼル車排出粒子状物質(PM)および窒素酸化物(NOx)、燃焼排ガス等に含まれる亜酸化窒素

(N₂O)を主な対象物質とし、これらの対策技術に関する新規開拓及び評価を目的とする。今年度は、公害防止技術地域密着研究において、燃料性状変更によるPM、NOx低減効果の評価を行う。また、部門重点課題として、PM低減のための燃料改善の効果把握と先導的な触媒反応システム探索を行う。前年度に引き続き、排ガス中のNOxや土壌中の重金属などの有害物質を分解・捕集できる電気化学反応系を検討し、その応用可能性を確認する。また、窒素分を含む揮発性有機化合物に関して、NOxを副生しない分解無害化のための触媒反応を見出す。N₂Oに関して、触媒を用いた無害化反応プロセスに関して共存ガスの影響(反応阻害、促進の両面)を明らかにする。

研究テーマ：

テーマ題目14、テーマ題目15、テーマ題目16

水質浄化研究グループ

(Hydrospheric Environmental Purification Group)

研究グループ長：高橋 信行

(つくば西)

概要：

水中微量有害物質の高度処理技術や環境低負荷型の処理プロセスの確立と普及をめざし、都市域にある染色事業所からの染色排水に含まれる染料由来の難分解性有機物を対象としたオゾン処理と生物処理との併用による省エネルギー型の廃水処理技術の開発、汚染地下水中に微量存在する有機塩素化合物の高効率捕捉が可能となる新規吸着材の開発について検討した。

オゾン処理と生物処理との併用による省エネルギー型廃水処理技術の開発では、オゾン処理および生物処理の単独での有機物除去効果を把握し、それらと併用による除去効果との比較から促進効果を明らかにし、さらにエネルギー消費の観点からの最適併用条件を明らかにした。有機塩素化合物の新規高効率吸着材の開発では、β-シクロデキストリン(CD)を用いて修飾CD(モノ-6-デオキシ-6-メルカプト-β-CD)を新規に合成し、高分子担体への結合を行った。

研究テーマ：

テーマ題目17

生態系機能制御研究グループ

(Ecological Control and Microbiology Research Group)

研究グループ長：諏訪 裕一

(つくば西)

概要：

窒素及び有害化学物質に係わる環境汚染の解決は国内外で最も重要な課題である。それらに係わる環境基準あるいは排出規制は強化されつつあり、各事業所もその対応に迫られている。様々な廃水処理技術のうち経済的に最も有利な生物学的処理技術が新規課題に適用できるか否かは、廃水処理の方針を決定するために

まず知るべき事項であり、また、規制の実効性を行政に判断させる点でも重要である。当グループでは、規制の強化に伴って新たに処理対象となる各種の産業廃水等からの効率的な窒素除去技術の開発と環境での窒素循環に係わる微生物とその動態解析を主な研究課題とする。新規に浄化を必要とする廃水・汚染現場は、環境浄化能を持つ微生物の生存に対しても過酷な条件である。これに対応するために化学物質を分解して得たエネルギーを窒素除去に利用する微生物と生物学的窒素除去で中心的な機能を担う硝化細菌を共存させる新規な浄化技術の実証と管理・維持方法の基本的な考え方の確立を中・長期的な目標とし、実用的プロトコルの提案をめざす。

研究テーマ：

テーマ題目18

大気環境評価研究グループ

(Atmospheric Environment Study Group)

研究グループ長：近藤 裕昭

(つくば西)

概 要：

大気環境評価研究グループでは、地表に近い大気中の物質の輸送過程を中心に研究を進めている。現在の研究の中心は植生や森林生態系による大気中の二酸化炭素の吸収量を大気力学的な立場から測定・評価すること、および、**Large-Eddy Simulation** やメソスケール気象・化学反応モデルを用いたマイクロスケールからメソスケールの物質輸送過程の解明などの研究である。これらの研究は、炭素循環に関わる陸上生態系の役割や地球温暖化などの気候変化に対する生態系の応答の解明に寄与する。シミュレーションモデルは、複雑な大気化学過程を経る浮遊粒子状物質大気汚染のメカニズムの解明や発生源対策、都市温暖化対策の総合的な評価などに利用されている。これらの研究を行うにあたっては、国内外の研究機関・大学等と幅広い共同研究を行っている。

研究テーマ：

テーマ題目19

地球環境評価研究グループ

(Global Environment Study Group)

研究グループ長：原田 晃

(つくば西)

概 要：

温室効果物質を中心とした環境負荷物質の放出と大気、陸域、海洋への分配・循環メカニズムを明らかにし、負荷物質による環境影響や考えられている対策技術が及ぼす環境影響を明確にするための研究を行う。平成14年度では、これまでに開発してきた全球大気輸送モデルをさらに改良し、これを用いた温暖化物質の排出源の強度を推定する手法の開発を続行した。特に、モデルの短距離輸送特性を **Rn-222** で、全球規模の輸

送特性を **SF6** で検証した。また、本グループが中心となって収集してきた北部太平洋における海洋観測データのデータベースを充実させるとともに、これを用いて海洋による二酸化炭素の吸収・蓄積速度を求めた。さらに、二酸化炭素の海洋貯留、鉄散布による海洋施肥、海洋中深層水汲み上げによる海洋施肥など海洋を利用した技術の環境影響を評価するための基礎的研究を続けた。また、エアロゾルの地球温暖化/冷却効果を評価するために、エアロゾルの観測を続行した。

研究テーマ：

テーマ題目20、テーマ題目21、テーマ題目22、テーマ題目23

光利用研究グループ

(Photoenergy Application Group)

研究グループ長：松沢 貞夫

(つくば西)

概 要：

大気及び室内環境汚染物質・有害化学物質の光分解除去によるリスク削減、大気汚染物質の分解過程の解明、及び超難分解性物質の再資源化をめざし、ベンゼン類、アルデヒド類、多環芳香族化合物の光触媒分解及び光触媒材料の開発、理論化学計算によるアルコキシラジカルと酸素分子との反応の解析、及び金属錯体を用いる **CO₂**還元反応とフッ素系化合物の光分解反応に関する検討を行った。

光触媒分解では、酸化チタン (**TiO₂**) 表面でのベンゼン類、アルデヒド類の分解率の向上を図ると共に、ピレンの光触媒分解生成物についても調べた。また、**TiO₂**による光吸収を400nmより長波長側(可視光)まで拡大するため、窒素ドーピングした **TiO₂**の新規合成法を開発した。理論計算では、**C1~C5**アルコキシラジカルと酸素分子との反応に対するポテンシャルエネルギー曲面 (**PES**) を求めた。その結果、**PES** に対応するエネルギー障壁がほぼ実験的に求められている活性化エネルギーとよく相関することがわかり、対流圏における **VOC** のオゾン生成能を理解する上で重要な知見が得られた。**CO₂**の還元反応では、ルテニウム-ルテニウム錯体を合成し、光励起状態からの還元的消光、分子内電子移動反応を含めた励起緩和過程について検討した。フッ素系化合物の反応では、ヘテロポリ酸の一種であるポリタングステン酸によりトリフルオロ酸が **CO₂**とフッ化物イオンに完全に光分解することを見出した。また、この反応について、触媒サイクルを含めた全体の機構を明らかにした。

研究テーマ：

テーマ題目24、テーマ題目25、テーマ題目26

励起化学研究グループ

(Excited State Chemistry Group)

研究グループ長：二家村 森

(つくば西)

概要：

低温プラズマ、マイクロ波、光触媒、低温作動型触媒・吸着剤などを利用し、ベンゼンやフロン類等、揮発性有機化合物（VOC）の分解・吸着除去効率を向上させる。また、インプラント型プロセスへの応用として、低温プラズマによる水素製造、燃料改質に関するデータを取得する。熱プラズマ蒸発法やゾルゲル法により磁性超微粒子を合成し、各種磁性体の磁気的性質を加熱速度との関係から明らかにする。キラリティーを有する有害化学物質のレセプター分子を合成するとともに、VCDによるキララル分子の絶対配置の確定、データベース公開を行う。平成14年度は、プラズマ反応器に対しゼオライトを複合させることにより、吸着剤の濃縮効果を利用して、ベンゼンの分解効率が向上することを明らかにした。また、メタノール改質に対してプラズマを適用した場合、周波数の影響が顕著に現れ、5kHzで90%のエネルギー変換効率が得られることを確認した。光触媒分解法では、酸化チタンを触媒とした気相中のアルカン、アルケン、芳香族炭化水素化合物の分解反応を行い、触媒活性劣化の原因を明らかにするとともに、酸化チタン表面にロジウムを担持することにより活性劣化が抑制できることを見出した。RFプラズマにより磁性多孔体に適した磁性超微粒子を合成した。ペルメトリン等の内分泌攪乱作用が疑われている殺虫剤を含む、光学活性分子の赤外円二色性データベースのWeb公開を開始した。

研究テーマ：

テーマ題目27、テーマ題目28

【テーマ題目1】東アジア域の広域大気汚染の準実時間シミュレーション

・大気圏・水圏における粒子状物質の挙動（運営費交付金）

【研究代表者】前田 高尚（環境管理研究部門域間環境評価グループ）

【研究担当者】鷺見 栄一（職員1名）

【研究内容】

大気から海面への粒子状物質の湿性沈着量を評価するための大気拡散モデルを開発するために、東アジア海域における硫酸化合物の湿性降水量および大気中残留量の見積もりを試みる。

平成14年度では、日本周辺で行われた広域大気汚染の集中観測プロジェクト（APEX、ACE-ASIA）に合わせて開発した準実時間シミュレーションシステムを用い、日本の南西諸島および韓国済州島周辺における観測結果の解析を行った。特に、時々刻々の硫酸化合物濃度の由来（発生源と輸送経路）の解析結果は、実測された汚染物質濃度の変化やその他の汚染指標と整合し、観測期間中に発生した高濃度現象の原因とその特徴を解明することができた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】東アジア域、広域大気汚染、準実時間シミュレーション、硫酸化合物濃度

【テーマ題目2】水圏における粒子状物質の特性解明と挙動モデルの開発

・大気圏・水圏における粒子状物質の挙動（運営費交付金）
 ・産業起源内分泌攪乱物質の環境複合毒性検出システムの開発と動態予測モデル作成に関する研究（試験研究調査委託費：地球環境保全等試験研究に係わるもの）

【研究代表者】鷺見 栄一（環境管理研究部門域間環境評価グループ）

【研究担当者】鈴木 昌弘（職員1名）

【研究内容】

河川等からの粒子状物質の流入過程及び汽水域と沿岸海域における粒子状物質の有機物特性を解明し、粒子状物質の挙動モデルを開発することを行う。上記の目的のために、河川からの粒子状物質の流入過程と汽水域（荒川）および東京湾における有機態粒子状物質の分布と化学特性を解明し、東京湾の底層に流入する非生物態有機粒子の拡散・沈降のモデル化することを行う。

平成14年度では、水圏における粒子状物質の特性解明について、荒川河口域の観測において、上流から海域における懸濁態粒子中の親生物元素組成を調査し、生物及び非生物由来成分の寄与の時空間変動を明らかにした。また、東京湾における生物由来懸濁態粒子の分解特性と分解過程を海水・堆積物の化学分析により解明した。

水圏中の粒子状物質の挙動モデルを開発するために以下の検討を行った。東京湾に流入する河川及び東京湾の海水中の懸濁態粒子の組成について分析した結果、懸濁態有機炭素（POC）に占める非生物態（デトリタス）炭素の比率が河川水で約0.8、表層水で約0.3、底層水で約0.6であることが解った。東京湾の生態系モデルによるシミュレーションの結果では、上記の比率は表層水で約0.3であり、観測値と同じであった。ただし、河口に近づくに従って計算値はほぼ一定であるが、観測値は大きくなりその差は大きくなっていった。河口近くでは、生態系モデルを改良する必要があることが解った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】東京湾、荒川、粒子状物質、親生物元素組成、懸濁態有機炭素、デトリタス

【テーマ題目3】クラスター及び微粒子の特性に関する研究

・硫酸及び硝酸水溶液のクラスター構造に関する研究（運営交付金）
 ・気相クラスター検出のための分析装置

の開発（運営交付金）

- ・硝酸及び硫酸を含む大気中粒子状物質の生成及び変質過程の研究（運営交付金）

〔研究代表者〕 小原ひとみ（環境管理研究部門環境分子科学研究グループ）

〔研究担当者〕 脇坂 昭宏、山田 耕一、望月 俊介
（職員2名、他1名）

〔研究内容〕

硫酸及び硝酸水溶液のクラスター構造に関する研究では、当研究室の液滴断片化質量分析装置を用いて、硝酸塩を含む溶液のクラスター構造解明に関する実験を行った。目的は大気環境中での微粒子成長過程・物理変化・化学反応を理解することである。そのために硝酸塩を含む溶液として硝酸アンモニウムと塩化ナトリウムが共存する水溶液をモデル溶液系として選び、そのクラスター構造を質量分析法により観察した。測定した液滴断片化質量スペクトルを用いて、クラスター構造の分布を詳細に検討し、イオン対の安定度比較を行った。その結果、この水溶液系では、ナトリウムイオンと硝酸イオン間の相互作用が、ナトリウム-塩化物イオン、アンモニウム-塩化物イオン、またはアンモニウム-硝酸イオン間の相互作用に比べて強いことがわかった。これは大気環境中の硝酸塩エアロゾル表面の化学反応を理解するうえで重要な情報のひとつである。

気相クラスター検出のための質量分析装置開発を引き続き行った。模擬大気実験装置において光化学反応により気相で生成するクラスターは、上に述べたような液相から取り出すクラスターよりも低濃度であり、かつ不安定で寿命が短いものが多い。このような気相のクラスターを質量分析計で感度よく検出するため、液滴断片化質量分析装置開発で得られた知見を生かしつつ、装置の最適化を行っている。クラスターイオンを質量分析装置に導入するため高電圧の印加が必要であるが、これが放電を起こすことにより不安定となり測定を阻害している。スキマー部分の形状を変更するとともに、放電に対して安定な電源を用いる等、さらに改良を行っている。

硝酸及び硫酸を含む大気中粒子状物質の生成及び変質過程の研究では、昨年度までに得られているフローリアクターによる実験データを用いて、気体分子から光化学反応を経て生成する粒子状物質の生成・変質過程を検討した。化学反応速度論による数値計算シミュレーションにより実験結果を解析した。SO₂を出発物質とする粒子生成反応にアンモニアを共存させ、生成する粒子を観察した結果、アンモニアの添加によって微小粒子の生成が促進されることを見出した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 クラスター、溶液構造、粒子状物質、光化学反応

〔テーマ題目4〕 大気中温暖化物質等の定量精度向上の研究

- ・吸収線パラメータの実験的決定とその信頼性評価の研究（試験研究調査委託費・環境研究総合推進費に係るもの）
- ・エアロゾルの赤外分光特性からの組成決定に関する研究（運営交付金）

〔研究代表者〕 山田 耕一（環境管理研究部門環境分子科学研究グループ）

〔研究担当者〕 佐藤 優、森野 勇（職員1名、他1名）

〔研究内容〕

2002年秋に宇宙開発事業団により軌道投入された人工衛星 ADEOS-II 搭載機器 ILA-II による観測などリモートセンシングによる大気中温暖化物質等の定量分析精度向上のため、地球環境研究推進費継続課題の一環として、大気中微量成分の吸収線パラメータの決定と評価を行うこと、及び PSCs や絹雲を対象に室内及び遠隔場でのエアロゾルの赤外分光特性の測定を行い、クリスチャンセン効果関連部分のエアロゾル組成測定における定量性及び観測への応用性について検討することが課題である。

吸収線パラメータ（吸収線の位置、強度、線幅）の決定に関しては、気象研究所と連携して赤外吸収強度の信頼性を評価し、精度1%のデータとして提供することを目標に研究を行った。CO₂の赤外領域の振動回転遷移強度について、信頼性の高いデータを提供するためには、測定温度の誤差についての再検討が必要であることがわかった。当研究室における実験的研究に関しては、装置の故障があつて数ヶ月実験が滞ったにもかかわらず進展が見られた。N₂O および CO の純回転遷移を当研究室の AIST テラヘルツ分光器でサブミリ波領域において精密に測定し、個々の吸収プロファイルについて高度なモデル関数（Galatry 関数）を用いて解析した。その結果これらの分子の吸収線パラメータを高精度で決定することができた。また気象研で測定された、N₂O の赤外線スペクトルを用いて、振動回転遷移の圧力幅を検討した。その結果を用いて吸収線の圧力幅係数の回転量子数依存性について、新規にパーズ近似表現を用いた経験式が、通常用いられる級数展開による近似式より有効であることを示した。

エアロゾルの赤外分光特性の研究では、大気環境中のエアロゾルの遠隔赤外観測による定量分析を可能にすることを目標とする。粒径数〜数十ミクロンのエアロゾルの赤外領域での光学特性を実験的に明らかにするため、シリカ粗大粒子をモデルとして赤外線消光スペクトル測定し、クリスチャンセン帯域の分光特性について検討した。その結果、ミー散乱領域の中心付近で最大となる消光の粒径依存性を明らかにした。クリスチャンセン帯域によるエアロゾル組成決定の実用化のためには、測定精度の一層の向上が必要である。そのために微粒子を測定セル内の空気中に安定に滞留させ、再現性の高い分光計

測をするため測定セルを改良する必要があることがわかった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 衛星観測、地球温暖化、微粒子、エアロゾル、リモートセンシング

〔テーマ題目5〕 低環境負荷反応設計技術の研究

- ・低環境負荷反応設計技術に関する研究（運営交付金）
- ・化学物質の環境動態挙動に関する分子科学的研究（エネルギー需給構造高度化委託費）

〔研究代表者〕 脇坂 昭宏（環境管理研究部門環境分子科学研究グループ）

〔研究担当者〕 小原ひとみ、望月 俊介（職員1名、他1名）

〔研究内容〕

この課題では、化学プロセスで使用される有害物質排出量を削減するため、当研究室の液滴断片化質量分析法により得られる液相のナノクラスター構造に基づいた低環境負荷反応の設計法について研究した。

低環境負荷反応設計技術に関しては、理想的な選択的反応系である DNA 複製プロセスにおける水とイオンの機能の解明することを目指した。このため今年度より DNA 複製反応効率に関する研究を開始した。PCR（Polymerase Chain Reaction）法を用いて、DNA 複製反応に対する金属イオンと溶媒の効果を検討し、液滴断片化質量分析法により観測される溶液中における特異的なクラスター構造との関係を明らかにした。その結果、有機化合物－金属イオン－水間で形成される特異的なクラスター構造が反応効率に関与することを見出した。

化学物質の環境動態挙動に関する研究では、水環境中に放出された親水性・疎水性・両親媒性物質について、凝集・分散等の動態挙動を解明することを目指した。具体的には PRTR 法等による管理対象水溶性有機化合物（エチレングリコール、ジメチルホルムアミド、アルコール類等）が水及びイオンとの疎水的・静電的相互作用により、クラスターを形成する特性を明らかにし、リスク評価の基礎データとするのが目標である。そのために水－有機溶媒混合系における疎水性・親水性溶質に対する溶媒和構造を系統的に理解する作業を開始した。液滴断片化質量分析法により溶媒和とクラスター構造を解析し結果、有機溶媒（ジメチルホルムアミド、ジメチルスルホキシド、アルコール類）が水と混合すると、有機溶媒分子の自己会合クラスターが形成されること、また Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Zn^{2+} 等のイオンが共存するとこの自己会合がさらに促進され、リスクの増加につながる可能性を見出した。

上記2つの研究課題に共通するモデル溶液系として水－ブタノール混合溶液中のクラスター構造を研究した結果、共存する金属イオン（ Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Zn^{2+} ）によって

クラスター構造を制御できることを見出した。有機化合物－イオン－水から成るクラスター構造の研究は、有機溶媒の使用量を削減するための化学反応系の開発、環境中や生体内での化学物質の動態挙動解明に寄与することを示した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 クラスター、溶液構造、溶媒和、DNA複製、PRTR、PCR

〔テーマ題目6〕 環境負荷物質の動態解明

〔研究代表者〕 永翁 竜一（環境管理研究部門環境流体工学研究グループ）

〔研究担当者〕 永翁 竜一、灘 浩樹、高田 尚樹（職員3名）

〔研究内容〕

原子力発電の高レベル放射性廃棄物の地層処分に関して、人間の生活圏に対する長期放射能汚染を長期に渡って防ぐため、数値解析と実験的手法によって地層内の地下水流れによる微視的な物質拡散現象を明らかにした。具体的には、X線CT計測による物体形状データから多孔質体境界座標を生成するプログラムおよび、格子ボルツマン法による流体解析コードを開発し、その計算結果が Darcy 則を満たすことを確認した。また、濡れ性を考慮できる界面追跡モデルと効率的な計算コードを開発した。

また、大気－水圏との境界に存在する気液界面近傍での乱流構造を解明し両相間での熱や物質の交換量の推定手法を確立することを目的として、気液界面にごく弱い一様なせん断が作用する気液界面近傍での乱流構造を三次元直接数値計算によって明らかにした。特に、界面の汚染によって弾性効果が出現する場合の界面近傍の乱流構造について検討を進めた。

さらに、水の結晶化・融解のシミュレーションを実施し、昨年度開発した新しい水分子モデルは、従来のモデルよりも格段に現実の結晶化・融解シミュレーションに優れていることを確認した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 放射性廃棄物、格子ボルツマン法、流体解析、せん断流れ、水分子

〔テーマ題目7〕 マイクロバブル応用技術

〔研究代表者〕 高橋 正好（環境管理研究部門環境流体工学研究グループ）

〔研究担当者〕 高橋 正好、高田 尚樹（職員2名）

〔研究内容〕

マイクロバブルの優れた酸素溶解能力と微細懸濁物質の捕獲除去能力を利用して、閉鎖性水域の環境浄化技術を構築することを目的として、まず、水溶液中の Ph を変化させ気泡表面のゼータ電位と気泡の表面電位の特性を明らかにした。これをベースに気液界面の電荷メカニ

ズムを解明するための研究に着手した。また、マイクロバブル発生装置の最適化設計に必要な気泡の制御法の指針を確立するため、格子ボルツマン法を用いた流体数値解析を行い、気泡および液滴の変形・分裂挙動の計算結果を比較検討しその妥当性を確認するとともに、分裂挙動に関する気泡・液滴数密度と初期配置の依存性を見出した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】マイクロバブル、水質改善

【テーマ題目8】ハイドレート応用技術

【研究代表者】山崎 章弘（環境管理研究部門環境流体工学研究グループ）

【研究担当者】山崎 章弘、清野 文雄、多島 秀男（職員2名、他1名）

【研究内容】

ハイドレート法を用いたフッ素系地球温暖化物質の回収プロセスを確立してそのエネルギー・環境影響評価を行うため、多孔体内でのハイドレート生成を利用した分離プロセスを考案し、フロン134a と窒素の混合気体に対する分離効率についての実験を進めた。ハイドレートの形成条件下で非常に高いフロン134a の選択性が得られることを明らかにした。今後、高選択性を目指したプロセスの最適化を行う。

さらに、流動層装置を用いて、CO₂ハイドレートの生成、生長に及ぼす流れの影響について検討し、相間の物質移動過程を利用した粒子成長過程を実験的に確認するとともに、プロセスエネルギー消費についても検討し、攪拌槽法に比べて格段に消費エネルギーが小さいことを明らかにした。

プロセスの設計手法を確立するため、I型ガスハイドレートの分子間相互作用・分子配列・分子運動すべてを考慮した高精度自由エネルギー計算を行い、安定性の圧力依存性・ガスサイズ依存性を定量的に評価した。特に、分解圧力とガス占有率間に2種類のユニバーサルな関係が成り立つことを示し、開発に対しても重要な知見を得た。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ハイドレート、フッ素系地球温暖化物質、HFC134a、分子間相互作用

【テーマ題目9】省資源・ダウンサイジング環境分析システムの研究開発（運営費交付金）

【研究代表者】田尾 博明（環境管理研究部門計測技術研究グループ）

【研究担当者】田尾 博明、木村 明、野田 和俊、長縄 竜一、中里 哲也、鳥村 政基、佐藤 浩昭、黒澤 茂、津野 宏、兼清 泰正、市枝 信之、川村 千晶、谷川 實、愛澤 秀信、朴 鐘元、

島 忠夫、三浦 英之（職員8名、他9名）

【研究内容】

化学物質の適正管理技術を確立するため、高感度でコンパクトかつ高精度な次世代環境分析技術を開発する。このため1) 高感度分析装置、2) 簡易な分析前処理法、3) 分子認識センサ、4) マイクロ流体分析システムを開発し、分析に要する時間と経費を1/5以下に低減するし、感度を5倍以上向上させる。これにより重金属、ダイオキシン類、内分泌攪乱作用が懸念される物質に関して、世界の最高レベルの分析性能を目指す。1) GC と ICP-MS とを接続する従来のインターフェイスには、GC のキャリアガスが ICP 中心部に再現性よく導入されないという問題点があったが、これを解決するための新しいインターフェイスを開発し、精度を約3倍向上させた。これに関してメーカーと共同特許出願の準備を行った。有機スズ化合物試験方法のテクニカルレポートを作成し、9月に日本工業標準調査会標準部会環境・資源循環専門委員会にて承認された。2) 前処理法に関しては、温度制御可能な光化学反応装置を作製し、各種形態のヒ素化合物の光酸化分解率を検討した。生体関連ヒ素化合物の分解は、従来、高温で強酸および酸化剤を使用する必要があったが、本法では常温・無試薬分解が可能であった。本装置を HPLC のポストカラム反応装置として用いることで、従来検出できなかった、海水中のアルセノベタインの検出が可能となった。本法は、海洋環境中ヒ素の動態解明に貢献するものと期待される。3) センサに関しては、アミロースにビニル基を導入し、これにビスフェノール A を包摂した状態で架橋剤を加えて casting 重合を行うことによりビスフェノール A の選択的吸着材を合成し、これを水晶振動子 (QCM) の金電極表面に被覆することによりビスフェノール A センサを作製した。アミロース誘導体のみで (casting を持たない) 重合を行った場合と比較して、ビスフェノール A に対する明確な周波数応答が観察され、ビスフェノール A を選択的に検出可能 (現時点での検出限界約1ppm) であることが確かめられた。アミロースは天然に豊富に存在し、安価で、毒性もないといった特長を有するためビスフェノール A 以外にも内分泌攪乱作用が懸念されているノニルフェノールなど水酸基を有するものに対する適応が可能である。また、間接検出法を利用したベンゼンの QCM センサの開発を行っている。この方法では、従来の脂質膜を利用せず、反応試薬とベンゼンを反応させたときに発生する生成物を銀等の QCM 電極材料と反応させて、その重量変化から間接的にベンゼンを検出する。分解薬剤として、五酸化ヨウ素を主成分とする薬剤が、通常温度域 (+5℃~40℃) でベンゼンと良好に反応するためこれを利用した。恒温槽 (30℃) に分解薬剤、30MHz 銀電極の QCM を設置し、標準ガスとして窒素バランスのベンゼン10ppb で、検知特性を求めた結果、分解薬剤量0.5g の条件で、最大約0.3ppb/Hz の感度が

得られた。これは、従来のガス検知管と比較して、約100倍高感度であった。この QCM センサは、キャニスターとガスクロマトグラフを用いる方法と比較して簡便であるため、誰でも扱いやすく、現場で使用可能である。さらに、QCM 上にダイオキシン (DXN) 抗体を固定した DXN センサを開発した。本センサは0.1ng/mL から100ng/mLの濃度範囲で、2,3,7,8-TCDD 濃度を測定可能であった。実際の環境試料(ゴミ焼却場の飛煤)から高速溶媒抽出法により前処理して調製したダイオキシン類含有試料を用いて、本法による測定条件の検討を開始した。4) マイクロ流体システムに関しては、マイクロ流路中で特異的に形成される油水界面を電気化学的検出場として応用することで、新規な化学物質増幅検出系の構築に成功した。これに関して特許を出願し、増幅効率のさらなる向上を目的にマイクロ流体チップの改良を重ねた。また、マイクロカラム電極を抗原抗体反応場とした濃縮型電気化学 ELISA 技術を構築し、ダイオキシンの簡易濃縮検出への適用を検討した。一方、使い捨て型微生物検査チップを開発することを目的にマイクロ流路内での濃縮・分離プロセスについての基礎検討を開始した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】高感度分析装置、簡易分析、センサ

【テーマ題目10】内分泌攪乱化学物質等の有害化学物質の簡易・迅速・自動分析技術に関する研究(地球環境保全等試験研究に係るもの/環境省)

【研究代表者】田尾 博明(環境管理研究部門計測技術研究グループ)

【研究担当者】田尾 博明、木村 明、野田 和俊、長縄 竜一、谷川 實(職員4名、他1名)

【研究内容】

ダイオキシン類、PCB、有機スズなどの内分泌攪乱作用が懸念される化学物質や、アルデヒド等の発ガン性物質の汚染実態調査や処理技術開発、排出実態解明等を効率的に行ううえでニーズの高い、簡易・迅速・自動分析法の開発を目的とする。昨年度主にアルデヒド類を選択的に吸着する鋳型重合膜を表面に被覆した水晶振動子による簡便なアルデヒド類検出法に関して検討を行った。しかし、昨年度の製法では重合膜を被覆する際の膜量・厚みの制御が困難で、作製したセンサの感度を均一にすることができなかった。そこで本年度は、センサへの重合膜の被覆法について、均一で再現性の高い製膜法の開発を目標にモノマー溶液の組成・濃度・粘性等の検討に加え、重合温度・重合開始条件・モノマー塗布法等の被覆条件等、広範囲に検討を行った。今回、モノマーにはメタクリル酸メチル、架橋剤としてエチレンジアミンジメタクリレート、重合開始剤として2,2-アゾビスイソブチロニトリルを用いた。鋳型物質にはアセトアルデヒド

ドを用いた。このモノマー溶液に鋳型物質であるアセトアルデヒドを加えた後、溶媒としてクロロホルムを用いて最適な濃度及び粘度に調製し、表面を清浄にした水晶振動子へ一定量滴下した。その後、水晶振動子を約45°に傾斜させた台上で毎分約2回で速度で回転し、モノマー溶液が基板に均一に拡散した状態で重合反応を行い、吸着膜を作成した。重合反応後生成した鋳型重合膜の膜量を、今回の「回転法」と、従来の塗布後静置して重合する「静置法」との間で比較を行ったところ、同様のモノマー組成であっても静置法では膜量に大きな個体差が現れるのに対して、回転法では均一な膜量の重合膜が得られることが分かった。また、アセトアルデヒド以外の物質に対する選択性を検討したところ、次の選択性が得られた。「クロロホルム」「エタノール」「メタノール」「アセトン」「ヘキサン」このうち、クロロホルムに対して若干の応答が見られた理由については重合膜合成時の溶媒として使用したため、アセトアルデヒドと同時にクロロホルムの鋳型も生成したのが原因と考えられる。アセトアルデヒドに対する検量線を作成したところ、空気中においてアセトアルデヒド濃度0~4%の範囲で良好な直線関係がみられた。測定分解能は約10ppm/Hz、選択性は対エタノールで約5倍であった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】アルデヒド、鋳型重合、センサ

【テーマ題目11】環境ホルモン・重金属による地球規模の海洋汚染観測システムの構築に関する研究(地球環境保全等試験研究に係るもの/環境省)

【研究代表者】田尾 博明(環境管理研究部門計測技術研究グループ)

【研究担当者】田尾 博明、中里 哲也、神崎 亮(職員2名、他1名)

【研究内容】

地球規模で進行する内分泌攪乱化学物質や重金属類による海洋汚染の実態を把握し、その動態を解明するため、定期商船を利用する海洋観測システムを開発し、観測を通して全球的な海洋汚染情報を取得する。昨年度に引き続き、自動採水システムによる日本-中近東間の試料採取を1回並びに日本-豪州間の試料採取を3回行った。海水(500mL)を0.45μmのメンブレンフィルターでろ過した後、冷蔵庫にて保存した。重金属分析用には予め硝酸(1+1)5mLを入れたポリプロピレン容器にろ過海水を保存した。日本-豪州間の海水では、1回目の採水試料でジブチルスズ化合物の濃度が異常に高く、採水に伴うコンタミネーションが起こっていると考えられた。原因を調べた結果、採水ラインの一部にポリウレタンでライニングした箇所があり、ポリウレタンの製造に使用されたジブチルスズ化合物が原因と推測された。採水ラインの変更は技術的にも費用の面からもできないため、

海水を流し続けてポリウレタンに含まれる有機スズ化合物を洗い出すことで対応せざるを得なかった。しかし、2回目の採水試料からは、ジブチルスズ化合物の濃度は他の海域から予想されるレベルまで低下していたため、その後の採水ではコンタミネーションは起こっていないと考えた。2回目以降の採取試料から検出されたトリブチルスズ化合物の濃度は、日本近海に比べて外洋域で低くなっているが、全ての採水地点から検出されており、地球規模で有機スズ化合物による汚染が進んでいることが確認された。重金属に関しても、亜鉛など金属の種類により日本近海で濃度が高くなるものがあり、人為起源と考えられた。また、前年の結果と比較して時間的な変化や地域的な特性を把握することが可能となった。

雌性ホルモン活性に関しては、100L 又は300L の海水をポリウレタンフォームに通して海水に含まれる化学物質を吸着させ、このポリウレタンフォームを冷凍（-20℃）保存した。実験室にてポリウレタンフォームをソックスレー抽出によりアセトン又はジクロロメタンで抽出した後、ヘキサンに転溶し、シリカゲルカラムに通した。これをヘキサン30mL で溶出させた後、窒素を吹き付けて濃縮し、最終的にノナン100 μ L に定容した。雌性ホルモン活性の測定は、酵母 Y190株にヒトエストロゲンレセプター遺伝子 α 、コアクチベーターの発現プラスミド、及び β -ガラクトシダーゼ発現系レポータープラスミドを酵母 Two-Hybrid System 法により導入した酵母 (J.Nishikawa) を用い、96穴プレート培養法、及び化学発光レポーター遺伝子測定法 (F.Shiraishi) で行った。また、測定はラット肝 S9で処理した+S9試験及び-S9試験を行った。ここで+S9試験は化学物質が生体内で代謝された場合の化合物の活性を評価するもので、-S9試験は試験化合物そのものの活性を評価するものである。これらの試験の結果、最終抽出液そのものの活性は、日本-豪州間で採取した海水に関しては、どの海域においても認められなかったが、代謝産物が活性を示す海域が、太平洋中部海域に認められた。しかし、この活性を示す原因物質に関しては、人為起源か自然由来かも不明であり、今後検討していくべき課題である。なお、これに関しては来年度以降の新規課題で解明していくことを予定している。この候補化合物として、多環芳香族炭化水素 (PAH) やその水酸化体が考えられたため、海域における濃度測定と、雌性ホルモン活性の測定を行った。その結果、東京湾や駿河湾等の日本近海域では、PAH やその水酸化体濃度が ppt レベルであり、PAH そのものよりも水酸化体の濃度の方が高い場合が多いことが観測された。また、PAH の一種であるアントラセンは+S9、-S9両試験において雌性ホルモン活性を示さないが、その水酸化体の一種である2-ヒドロキシアントラキノンは-S9試験でニルフェノールの約1/3の活性を示すこと、並びに1-ヒドロキシアントラキノンは+S9試験で高い活性を示すことが確認された。外洋域に関して

は、PAH やその水酸化体の濃度は未解明であるが、PAH そのものは燃焼や石油流出に伴って大量に海洋域に排出されているはずであり、上記の候補化合物としても調査していく必要があることが示唆された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】海洋汚染、有機スズ化合物

【テーマ題目12】環境浄化能力を強化した土壌浄化技術の研究開発（運営費交付金）

【研究代表者】辰巳 憲司（環境管理研究部門浄化機能促進研究グループ）

【研究担当者】辰巳 憲司、和田 慎二、福嶋 正巳、市川 廣保、森本 研吾、飯村 洋介、澤田 章、川崎 幹生、飯泉 佳子、藪田ひかる（職員6名、他4名）

【研究内容】

自然が持つ浄化能力を強化することによって、省エネ型環境修復技術の開発が可能になる。特に、腐植物質が有害化学物質を固定化し無害化する能力に注目し、この能力と植物や太陽光などの自然の浄化能力を融合させた新たな環境修復技術を構築するため、①腐植物質と有害化学物質の相互作用を利用した土壌浄化、②環境浄化触媒の探索及びその環境への適用、③界面導電現象を利用した土壌浄化技術の開発、④環境浄化に適した組み換え植物の創製、の研究を行う。

①腐植物質と有害化学物質の相互作用を利用した土壌浄化では、まず麦藁堆肥、泥炭、黒ボク土、褐色森林土、トロピカルピート等種々の起源の各土壌から14種類程度の腐植物質を分離・精製し、各腐植物質の化学組成や構造解析について元素組成分析 (C, H, N, S, 灰分)、官能基分析、分子量解析、分光パラメータ解析を行った。次に、これら腐植物質の構造パラメータと腐植物質添加による PCP 分解率の促進の度合いとの相関性を調べたところ、腐植化度の低い泥炭や堆肥由来の腐植物質の添加が PCP 分解の促進に対して有効であることが明らかになった。一方、PCP の分解生成物についても解析を行った。腐植物質を添加しない場合、PCP の酸化生成物として α -テトラクロロキノン、ヒドロキシノナクロロジフェニルエーテル類 (H-NCDEs)、オクタクロロジベンゾ-p-ダイオキシン (OCDD) が生成した。しかし、腐植物質共存下では、PCP より有害と考えられる H-NCDEs や OCDD の生成を大幅に抑制することができた。この理由として、PCP の酸化中間体（ペンタクロロフェノキシラジカル等）の腐植物質へのラジカルカップリングを経た共有結合に起因することを、反応後の腐植物質分画の熱分解 GC/MS や ^{13}C -NMR による解析結果から明らかにした。

②環境浄化触媒の探索及びその環境への適用では、有害有機物としてペンタクロロフェノール(PCP)と PAHs を対象として、それらの分解に有用な触媒系の探索と条

件の最適化を行った。触媒として、金属-ポルフィリン錯体、および金属-フタロシアン錯体を用い、分解最適条件（pH、触媒量）の検討を行った。有害有機物の分解に対して種々の触媒を検討した結果、鉄-フタロシアンが最も有効であることがわかった。

③界面導電現象を利用した土壤浄化技術の開発では、カオリンと有害有機物を均一に混合した模擬汚染土壤を用い、ラボスケールの小型装置を試作し土壤浄化試験を行うため、多環芳香族化合物（PAHs）を対象とした均一な汚染土壤の調製方法について検討した。模擬汚染土壤としてカオリンを用い、フェナントレン、アントラセン、ピレン、ベンゾ[a]ピレンなど石油系汚染土壤に含まれていると考えられる PAHs を対象とした。さらに、電圧印加中に土壤が酸性化し電気浸透流速度が低下するという事は、触媒を汚染土壤中へ移動・拡散する上で大きな問題となる。そこで、正負両電解槽の pH を制御すれば、土壤の pH も制御できるものと考え、電解槽の pH を制御できる模擬汚染土壤浄化装置を作成した。

④環境浄化に適した組み換え植物の創製では、担子菌カワラタケのラッカーゼ遺伝子をタバコに導入し、PCR法によりラッカーゼ遺伝子の導入を確認した。その結果、ラッカーゼ遺伝子が導入された個体は43個であった。さらに、遺伝子導入タバコの茎および根の部分について、葉と同様の手法によりラッカーゼ活性の検出を試みたところ、10個体において、根の部分で高い酵素活性が検出された。以上のことから、形質転換タバコは、その根において強くラッカーゼを発現するため、汚染土壤中のフェノール性水酸基を有する有害化学物質、例えばビスフェノール A、ペンタクロロフェノールなどの分解除去に非常に有用であると考えられる。今後、得られた形質転換タバコの有害化学物質に対する反応性や分解除去能力などについて詳細に検討する予定である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】腐植物質、バイオミメティック触媒、汚染土壤、エレクトロカイネティックレメディエーション、担子菌、カワラタケ、ラッカーゼ、遺伝子、組み換え植物、タバコ

【テーマ題目13】重金属リサイクル型産業排水処理剤の開発（運営費交付金）

【研究代表者】辰巳 憲司（環境管理研究部門浄化機能促進研究グループ）

【研究担当者】辰巳 憲司、和田 慎二（職員2名）

【研究内容】

重金属を含む排水は、以前から水酸化カルシウムを使う水酸化物沈殿法で処理されてきたが、大量のスラッジが発生し、その処分が大きな問題であった。そこで、スラッジを削減できる処理剤の開発を目指す。スラッジ量が削減できるということは、スラッジ中の重金属含有量

が増すことであり、これまで産業廃棄物として処分されてきたスラッジが、資源として有効利用できる可能性が生じることを意味する。

本年度は、銅エッチング排水を対象として、重金属リサイクル型産業排水処理について検討した。プリント配線板の回路は、銅箔がラミネートされた銅張積層板や予め無電解銅めっきが施された基板を、塩化第二銅を含むエッチング液を用いてエッチングすることが広く行われている。このエッチング工程では、塩化第二銅が金属銅と反応して塩化第一銅を生成する。この際、銅の溶解に伴うエッチング能力の低下を防ぐため、エッチング液の化学的再生と濃度調整が必要で、添加薬剤による増量分がエッチング装置よりエッチング廃液として排出される。このエッチング廃液は、産業廃棄物として処分されていたが、この廃液と洗浄工程で排出される排水を一緒にして処理し、銅が回収可能なスラッジを得ることを目指した。その結果、エッチング排水に開発した酸化力を有する処理剤を添加し、処理条件を検討した結果、排水を加熱した状態でアルカリ性にするにより、銅を水酸化銅ではなく酸化銅として沈殿させることができることが分かった。さらに、エッチング排水に廃液を添加して一緒に処理することにより、スラッジ中の銅含有量を絶乾重量で50%以上に高めることができることを明らかにした。

一方、フッ素含有排水の処理では、従来法のフッ化カルシウムとして除去する方法ではその溶解度15mg/l以下に除去することができないため、フッ素と非溶解性の化合物を作る希土類元素を利用した新たに処理剤を開発し、それによる処理を行った。その結果、平成13年度に規制が強化された基準（8ppm）を充分クリアできることを明らかにした。現在この処理剤は、数工場で実際に利用されている。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】重金属、凝集剤、フッ素、スラッジ

【テーマ題目14】粒子状物質の発生源対策技術と環境負荷低減効果の評価に関する研究：ディーゼル車排出粒子状物質低減技術の有効性評価（運営費交付金、部門重点課題）

【研究代表者】小淵 存（環境管理研究部門浄化触媒研究グループ）

【研究担当者】小淵 存、大井 明彦、内澤 潤子（職員3名）

【研究内容】

H_2-O_2 反応等の容易に進行する反応場で化学物質酸化分解等、他の反応を促進させることを目指す。本年度は、Pt 触媒上での H_2-O_2 反応中での NO_x 還元、炭化水素酸化、アクリロニトリル分解、同じく Pt 触媒上でのエタノール- O_2 反応中でのアセトニトリル分解を検討し、いずれについても H_2 反応がない場合に比べて反応がより

低温から進行することを確認した。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 ディーゼル車、粒子状物質、DPF、触媒、燃料性状

【テーマ題目15】 電気化学反応を用いた環境中化学物質の排出抑制手法の研究（運営交付金）

【研究代表者】 中山 紀夫（環境管理研究部門浄化触媒研究グループ）

【研究担当者】 中山 紀夫、内澤 潤子（職員2名）

【研究内容】

有害化学物質を電極を用いた酸化還元反応により捕集・分解したり、建築物等に用いられる金属材料の劣化を電気化学反応制御により防止することにより、環境中への有害物質の拡散・塵材の排出等を抑制するシステムを開発することを目的とする。今年度は、電極反応による重金属イオン拡散抑制技術と金属材料の腐食を防止する薬剤について基礎的な検討を行った。重金属イオン拡散抑制技術については、拡散方程式を用いた解析により電極の間隔と奥行きを最適化することによりこれを通過する有害物質をほぼ100%捕捉できることが判り、電極反応によるイオン拡散抑制技術への適用の見通しを得た。腐食防止技術については、5-アミノウラシルが水溶液中のCaイオンとともに二量体を形成し鉄鋼表面に吸着することによりその腐食を97%以上抑制することを見出した。また、プリン誘導体である尿酸にも同様な効果があることを見出した。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 電極反応、有害化学物質、重金属、腐食防止

【テーマ題目16】 H₂の反応を利用する化学物質無害化プロセス（運営交付金、萌芽的研究）

【研究代表者】 小淵 存（環境管理研究部門浄化触媒研究グループ）

【研究担当者】 小淵 存、内澤 潤子、難波 哲哉（職員3名）

【研究内容】

H₂-O₂反応等の容易に進行する反応場で化学物質酸化分解等、他の反応を促進させることを目指す。本年度は、Pt触媒上でのH₂-O₂反応中でのNO_x還元、炭化水素酸化、アクリロニトリル分解、同じくPt触媒上でのエタノール-O₂反応中でのアセトニトリル分解を検討し、いずれについてもH₂反応がない場合に比べて反応がより低温から進行することを確認した。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 化学物質無害化、H₂、NO_x、アクリロニトリル、アセトニトリル

【テーマ題目17】 生物機能促進研究（有害物質高度処理

プロセス）効果の検証（外部資金一別項で記載）

【テーマ題目】 汚染地下水の高度浄化を目的とした高効率新規吸着剤の合成（運営交付金）

【研究代表者】 高橋 信行（環境管理研究部門水質浄化研究グループ）

【研究担当者】 益永 秀樹、上桝 勇、佐藤 芳夫（職員3名）

【研究内容】

清浄な地下水は、快適な環境を創造するための重要な環境資源であり、災害時には緊急な用水ともなる。このため、地下水の保全や回復に努めることは極めて重要なことである。本研究では、地下水汚染の代表的な要因物質であるトリクロロエチレンやテトラクロロエチレン等の有機塩素系化合物の高度除去を目的として、活性炭に比べて吸着選択性及び再生再利用の容易さの点で優位性が期待されているシクロデキストリン（CD）を結合した高効率新規吸着材を開発する。

平成14年度は、β-CDから6位のOH基をSH基に置換した修飾CD（モノ-6-デオキシ-6-メルカプト-β-CD、以下6-SH-β-CDと略す）を合成し、高分子担体への結合を行った。表面にエポキシ基を有する高分子担体（約800 μmol/g-dry gel）に無修飾のβ-CDを結合させると3 μmol/g-dry gel 足らずしか結合せず、しかも1級水酸基と選択的に結合しない。このため、CD結合量をできるだけ多くかつ1級水酸基の部位で結合させる目的で、水酸基（OH）よりもエポキシ基との反応性が高いSH基に置換した修飾型の6-SH-β-CDを合成し、高分子担体への結合を行うため、無修飾のβ-CDから、モノ-6-O-(p-トルエンスルホニル)-β-CD（6-TsO-β-CD）を合成し、6-TsO-β-CDをチオ尿素と反応させた。次にNaOHを加えて加熱し、過剰量のNaBH₄を加えた後、室温で攪拌し、塩酸でpH3にした。次に、Amberlite MB-3で溶出させた後凍結乾燥し、これを炭酸水素アンモニウムバッファーを用いてSephadex CM-25カラムでクロマト分離し、目的とする6-SH-β-CDを得た。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 シクロデキストリン、有機塩素化合物、吸着剤

【テーマ題目18】 窒素および有害化学物質の新規生物学的除去技術の開発とその管理方法（運営費交付金）

【研究代表者】 山岸 昂夫（環境管理研究部門生態系機能制御研究グループ）

【研究担当者】 山岸 昂夫、山口 文男（職員2名）

【研究内容】

ジメチルホルムアミド（DMF）は合成繊維や合成樹脂等の製造に使用され、製造プロセスから高濃度かつ多

量に排出されている生物学的に難分解な PRTR 指定化合物である。現状の処理プロセスでは DMF が持つアミノ基由来のアンモニアが窒素として $100\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 以上残存して放流されている。第5次総量規制による排出規制強化に伴い、DMF 自体ばかりでなく残存する窒素の処理も要求されている。これまで膜分離一槽式硝化脱窒活性汚泥法による DMF とアンモニアを同時に除去するシステムをベンチスケールリアクターで検討してきたが、窒素負荷量 $0.1\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ 相当で、化学物質および窒素とも除去率95%以上を達成した。さらに従来法に比べ、脱窒・pH調整のための薬剤費の節減、パッキ量・余剰汚泥処分量の低減が可能であった。生物学的窒素除去プロセスからの温室効果ガスである亜酸化窒素の生成が問題となっているが、フェノール+アンモニアおよび DMF+アンモニアの両系でその低減方法を検討した。まず、生物阻害物質が存在する場合、および不十分な脱窒が見られる条件では亜酸化窒素発生量が大きいことを明らかにした。不十分な脱窒を解消する程度の量のメタノールあるいは酢酸をフェノール+アンモニア系に添加した場合、フェノールを利用する脱窒は維持され、さらに亜酸化窒素の発生は98%以上低減され、温室効果ガス生成をほぼ完全に抑制できることが示された。DMF+アンモニア系についても同様の検討を行っている。沿岸や地下水の普遍的な汚染物質である硝酸イオンの存在下では微生物の代謝は脱窒に大きく依存する。これまで未解明であった脱窒が優占する環境での塩素化フェノールの微生物分解能を実験室で維持させることに初めて成功し、この成果を国際一流誌に公表した。極めて低濃度の汚染物質が持続的に分解されたことから、自然界に存在する低濃度の内分泌攪乱物質が硝酸イオンで汚染された環境においても微生物によって浄化されることが示唆された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】アンモニア、硝酸、化学物質、生物学的窒素除去、硝化、脱窒

【テーマ題目19】大気/植生間の CO_2 交換量・放出量
推定手法の研究開発（運営費交付金）

【研究代表者】山本 晋（環境管理研究部門副部門長）

【研究担当者】近藤 裕昭、蒲生 稔、村山 昌平、
三枝 信子、飯塚 悟、王 輝民、
岩男 弘毅（職員5名、他2名）

【研究内容】

本研究では他大学、他研究機関と共同でシベリアから東南アジアに至るアジアの代表的な植物・土壌生態系を亜寒帯、温帯、熱帯別に選定し、微気象学的方法による森林・草地生態系のフラックス、チャンパー法による土壌呼吸・植物呼吸、光合成など主要な炭素循環プロセスを統一的方法で、原則通年観測する。産総研では、北東ユーラシアに広域に分布するカラマツ林生態系（北方林）およびタイとインドネシアの熱帯林を研究対象とし

て、生態系の炭素収支をフラックス観測と生態学的手法によって推定する。また、これらの観測結果をデータベース化し、年々変動の解明の研究につなげるためのデータベースの研究を岐阜県高山の観測データを用いて行った。さらに、アジア地域に多い複雑地形の観測データへの影響を調べるため、LES モデルを開発中である。

本年度は北方林では観測地点を北海道（苫小牧）、中国東北部（老山）、中央シベリア（トゥラ）に設定し、それぞれの地点で調査観測と拠点整備を進めた。2002年の6月と10月の、老山および苫小牧におけるフラックスと日射量の関係を予備的に解析した。その結果によると、苫小牧に比べて夏季のバラツキが老山ではやや大きい、両地点間に際だった差異は認められなかった。また、トゥラの予備調査の結果、地上部炭素集積量はヘクタールあたり10~30トン C、土壌有機炭素は40~140トン C と推定した。カラマツのような落葉性の森林群落では、春の展葉タイミング、着葉期間、夏季の降雨パターンなどが年間ベースの炭素収支に影響するが、根呼吸の季節性、黄葉化のタイミングと針葉中の窒素濃度変化などに関する情報も必要であると考えられる。

熱帯林では熱帯多雨林帯にある若齢二次林サイトと、落葉熱帯季節林と常緑熱帯季節林のサイト、計3サイトで二酸化炭素収支観測を行った。観測は渦相關法による二酸化炭素収支、熱収支測定と気象観測からなっている。また土壌呼吸をチャンパー法により測定した。

インドネシアのカリマンタン島ブリットスハルトにある30m 塔を使用して二次林の成長段階における二酸化炭素収支の観測を行っている。このサイトでは1998年のエルニーニョに伴う異常乾燥による火災により二次林が消失し、その後5年にして高度10m 近くまで復活してきている。2002年度は中規模のエルニーニョによる乾燥期が6月から10月まで断続的に生じ、前年度までの典型的な熱帯多雨林気候とは異なり、生態系純交換量の年積算値は減少した。毎木調査から求まる森林バイオマスの増加量から1次の純生産量 NPP を求めた。さらに土壌呼吸量も考慮して、総生産や生態系呼吸量など、この群落における炭素循環の分配状態を推定した。それによると、生態系純生産量はバイオマス増加量と似た値となった。

熱帯季節林の常緑林では、常緑ではあるが、生態系純交換量 NEE は5-9月の雨季に大きく、12-4月の乾季に小さいという明瞭な季節変化がみられた。年間の NEE は 10ton C/ha/yr と大きい結果になった。サケラートでは樹木調査が1985年より行われており、ほぼ成熟林であるという。大きな NEE となった原因のひとつには、夜間に蓄積された二酸化炭素が水平移流で流出している可能性がある。NEE の風速の依存性を調べると、風速が大きいほど NEE は直線的に大きくなった。雨季と乾季にわけて、夜間の NEE は風速の大きいときの値をとるものとする、NEE は 6ton C/ha/yr ほどまでに減少した。

熱帯季節林の落葉林での観測はタイ中西部のメクロンで行っている。乾季雨季の季節パターンが葉面積指数 LAI や NEE に明確に現れている。ここでは2002年の NEE は3.7ton C/ha/yr である。

アジアフラックス観測サイトの一つである岐阜県高山市郊外の冷温帯落葉広葉樹林(高山サイト)において1993年以降行っている空気力学的方法と1998年に開始した渦相関法を用いて、過去8年間の生態系純生産量 (NEP) を求めた。関連するデータを分散型データベースシステム “Ecosystem Database in AIST” で公開中 (一部公開準備中) である。このデータベースをもとに、生態系純生産量 NEP、光合成総生産量 GPP、生態系呼吸量 Rec を一日ごとに算出し、地上気温や光合成有効放射量との関係を求めた。GPP は樹冠で吸収された光合成有効放射量 APAR の関数とし、総生産量の光強度依存性を表すパラメータを葉面積指数の関数とした。葉面積指数の季節変化は、樹冠における光合成有効放射の減衰率から推定し、これらの観測値に合うような経験式を作成した。落葉樹林の展葉時期については、冬から春にかけての積算温度の関数とした。以上の方法により、森林樹冠上における NEP の季節変化を地上気温と光合成有効放射量の観測値から推定するモデルを構築した。

モデル計算結果は、展葉・落葉時期の前後に一部問題点があるものの、観測された NEP の季節変化の概要をほぼ良好に再現した。1998年の高山サイトでは、4月の気温が他の年に比べて特に高く、その結果1998年の展葉開始日は例年に比べて20日以上早く、このことが1998年前半の NEP をその他の年に比べて高くしたことが観測結果と計算結果で確認された。2000年の高い NEP は、2000年の梅雨明け以降、入力放射量が安定して高い値を維持したことが直接的な原因と考えられる。

陸上生態系を含む複雑地形上の大気環境中 CO₂集積・拡散過程の詳細解明を目的とした数値シミュレーションモデルの開発を行った。数値シミュレーションモデルは LES (Large Eddy Simulation) と呼ばれる大気乱流解析手法をベースとして、これに熱輸送解析並びに物質 (CO₂) 輸送解析を連成させることにより作成した。本モデル開発においては特に、ベースとなる大気乱流解析モデルの高精度化に関する検討を重点的に行った。大気乱流解析モデルの予測精度の検証は、山岳地形上の中立大気乱流場を対象とした精密風洞実験との比較により行った。LES の各種 SGS (sub-grid scale) モデルの性能比較や地表面境界条件の違いが予測精度に及ぼす影響などに関して詳細な検討を行い、極めて高精度の予測が可能となる大気乱流解析モデルを作成した。この大気乱流解析モデルの高精度化に関する検討で得られた研究成果・知見の多くは、熱輸送や物質 (CO₂) 輸送の解析モデルの開発においても十分に活用されている。本モデル開発の最終形態である大気乱流+熱輸送+物質 (CO₂) 輸送の連成解析モデルを作成した後は、地表面全体が高

さ5m程度の樹木(樹木はCO₂吸収源として機能)に覆われている山岳地形上の非等温大気乱流場中のCO₂集積・拡散過程の解析を行った。CO₂集積・拡散過程には乱流の寄与が大きく、山岳地形周辺で生じる衝突、剥離、循環、再付着などの様々な乱流性状にCO₂集積・拡散過程が大きく影響される状況について明らかにした。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 二酸化炭素フラックス、陸上生態系、北方林、熱帯林、観測データベース、LES

[テーマ題目20] 二酸化炭素等地球温暖化物質の発生源・吸収源推定手法の開発

- ・ 全球大気輸送モデル (運営交付金)
- ・ 化学輸送モデルを用いた東アジアにおけるハロカーボン排出量の推定に関する研究 (環境省受託研究費)

[研究代表者] 田口 彰一 (環境管理研究部門地球環境評価研究グループ)

[担当研究者] 田口 彰一 (職員1名)

[研究内容]

平成14年度は大気の輸送の年々変動が大気中二酸化炭素の増加率に与える影響を引き続き調査すると共に、年々変動する気象データを用いて年々変動する二酸化炭素の収支の推定を行うための実験を開始した。増加率の影響は年間積分された収支が一年毎に発生または吸収へ変動するように季節変動する陸上植生の放出・吸収分布を与えた。年々変動する放出・吸収量の推定には一ヶ月だけ放出があるようなパルス状の発生を与えその後3年間の積分結果を作成した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 二酸化炭素、全球大気輸送モデル、大気中二酸化炭素濃度増加率

[テーマ題目21] 西部北太平洋亜寒帯域表層水中の全炭酸濃度変動要因の解明

- ・ 太平洋の海洋中深層データ解析による長期的二酸化炭素吸収量の解明に関する研究 (環境省受託研究費)
- ・ 二酸化炭素測定ハンドブックの整備とISO化に関わる調査 (財団等受託研究費)

[研究代表者] 原田 晃 (環境管理研究部門地球環境評価研究グループ)

[研究担当者] 鶴島 修夫、青木 繁明、柴本 陽子 (職員2名、他1名)

[研究内容]

フロンを用いて間接的に海洋中深層の二酸化炭素吸収速度を見積もったところ、北太平洋で最も人為起源二酸化炭素が蓄積されている海域は日本沿岸の西部海域で8gC/m²/yearであった。また、1990年代平均でみると、

北太平洋が $0.54 \pm 0.01 \text{Pg C/year}$ ($\text{Pg} = 10^{15} \text{g}$) の人為起源二酸化炭素を吸収していることがわかった。一方、西部北太平洋表層で一次生産に固定された炭素は、年間平均で見ると約半分が有光層より下にもたらされることがわかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】海洋、二酸化炭素、吸収速度

【テーマ題目22】洋上大気内エアロゾル中の硫酸塩、黒色炭素粒子濃度の季節変動の解明

- ・海洋上の有機エアロゾルに対する人間活動の影響およびその放射強制力の評価（環境省受託研究費）

【研究代表者】兼保 直樹（環境管理研究部門地球環境評価研究グループ）

【研究担当者】古賀 聖治

【研究内容】

父島の大气中 PAHs は数枚のフィルターをコンポジットサンプルとすることで、月平均値程度の時間分解能での測定が可能となった。現在までの約半年の観測により、夏季と冬季において PAHs の組成の違いが見え始めている。また、散乱係数の湿度依存観測のための機器の試作を開始した。現時点で得られているデータから、冬季のアジア大陸起源気塊の放射強制力を試算した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】放射強制力、PAHs、黒色炭素

【テーマ題目23】海中の粒状物質の組成と人為的な二酸化炭素注入による影響調査

- ・海洋生態系機能の利活用技術の開発（運営費交付金—ユニット融合化）
- ・海洋炭素固定化技術に伴う温暖化物質動態解明（文部科学省受託研究費—科学技術振興調整費）
- ・炭素海洋隔離に伴う環境影響予測技術に関する希釈挙動の推定（民間受託研究費）
- ・深層水汲み上げに伴う海水中二酸化炭素の挙動に関する研究（民間受託研究費）
- ・海洋隔離による CO_2 排出削減量評価手法の検討（民間受託研究費）
- ・二酸化炭素の海洋隔離に係わる海洋拡散過程および数値モデルの研究（民間受託研究費）

【研究代表者】原田 晃（環境管理研究部門地球環境評価研究グループ）

【研究担当者】鶴島 修夫、青木 繁明、柴本 陽子（職員2名、他1名）

【研究内容】

「二酸化炭素の海洋隔離に伴う環境影響予測技術研究開発」プロジェクト第1期の観測データを元に、海洋隔離を実施するのに適した海域を提案するとともに、その海域での影響評価のために必要な手法を検討し、本年からの調査・観測計画を定めた。また、これまでに蓄積されている西部北太平洋の二酸化炭素関連パラメータのデータを整理し、海洋実験の際にもっとも迅速に測定可能な pH のデータのみから全炭酸量を推定する方法を開発した。さらに、相模湾で二酸化炭素、栄養塩、沈降粒子などの観測を実施し、来年予定されている深層水汲み上げ実験へ向けた基礎データを収集した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】海洋、二酸化炭素、海洋隔離、深層水

【テーマ題目24】大気及び室内環境汚染物質・有害化学物質の光分解除去によるリスク削減

- ・自動車由来有害大気汚染物質の光分解除去に関する研究
（試験研究調査委託費：地球環境保全等試験研究に係わるもの）
- ・可視光利用光触媒環境浄化技術の高機能化に関する研究
（内部競争的資金：融合的共同研究）

【研究代表者】竹内 浩士（環境管理研究部門光利用研究グループ、企画本部）

【研究担当者】松沢 貞夫、根岸 信彰、佐野 泰三（職員3名）

【研究内容】

地球環境保全等試験研究では、自動車由来の揮発性有機化合物（VOC）及び粒子状物質（PM 中）の有害物質を無害化するため、光触媒を用いた沿道での太陽光利用浄化（パッシブ浄化）および道路排水系への適用も考慮した人工光源利用浄化（アクティブ浄化）技術の開発を目指す。光触媒としては、二酸化チタン（ TiO_2 ）又は改良や新規合成法で得られたチタン系のものを用いる。研究では、有害物質の光及び光触媒分解性評価、沿道で有害物質を除去する際に必要な高性能光触媒材料の開発、及びそれを用いた環境浄化システムの開発を行う。同時に環境データの取得も行う。融合的共同研究では、紫外光に加えて可視光（400nm 以上）をも利用できる光触媒及び関連材料を開発し、太陽光や室内光を有効に利用して空気及び水を浄化する高効率かつ省エネルギー的な方法を開発する。

平成14年度は、アルデヒド類、ベンゼン類の気相での光触媒分解で中間生成物の生成量を少なくすることを目的として光触媒酸化反応と熱酸化反応の併用効果について、また、多環芳香族炭化水素の TiO_2 薄膜上での光分解についても調べた。白金担持酸化チタンの温度を 40°C から 190°C に増大させ、アセトアルデヒドで光と熱の併用効果を調べた結果、紫外光照射下でのアセトアルデヒ

ド分解速度および CO₂生成速度が70℃より高い温度で増大した。トルエンでも同様の結果が得られた。多環芳香族炭化水素の TiO₂薄膜上での光分解については、基質が吸着すれば短時間に80%程度の分解率となることがわかった。CO₂までの完全酸化とはならず中間生成物ができるが、その後も光照射をし続けるとさらに分解が起こり低分子化することが今回始めて明らかになった。可視光をも利用できる光触媒の合成については、過去に報告された湿式合成法等とは異なる新規窒素ドーピング法（特許出願中）を見出し、光吸収の長波長側への大幅拡大と NO の可視光分解を確認した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】大気環境浄化、空気浄化、光触媒、酸化チタン、自動車排気、可視光応答性

【テーマ題目25】大気汚染物質分解過程の研究（運営交付金）

【研究代表者】瀬戸口 修

【研究担当者】瀬戸口 修（職員1名）

【研究内容】

ペルオキシラジカル及びアルコキシラジカルは揮発性有機化合物（VOC）の対流圏酸化過程で生成する重要な中間体であり、その化学反応性についての知見はこれらの VOC のオゾン生成能を理解する上で重要である。しかしこれらラジカルが関与する反応の実験的決定は、反応過程における複数ラジカル種の共存や多くの素反応の同時進行によって困難なため、いくつかの簡単なラジカル種に限られている。本研究では、ペルオキシラジカルと一酸化窒素の反応によって生成するアルコキシラジカルの消滅過程（酸素分子との反応、熱単分子分解反応、化学活性化経路の分解反応、異性化反応）を理論化学的に評価、検討するために、種々の置換ラジカル種の反応に適用可能で見通しの良い相関関係を構築することを目的とする。研究手段・方法論としては、*ab initio* 分子軌道法を用いて化学反応のポテンシャルエネルギー曲面（PES）、及び反応物、生成物の固有の物理化学量を算出する。また必要において反応のダイレクトダイナミクス計算を行う。

本年度は、C1～C5アルコキシラジカルと酸素分子との反応に対するポテンシャルエネルギー曲面（PES）を求めた。その結果、PES に対応するエネルギー障壁がほぼ実験的に求められている活性化エネルギーとよく相関することがわかった。この PES 曲面をもとに変分遷移状態理論を用いて *n*-プロキシラジカルと *i*-プロキシラジカルの反応速度定数を求め比較検討を行った。近年、ラジカル分子反応のバリアーは、反応エンタルピー変化よりむしろ基底状態表面とイオン性表面間のカーブクロッシングによって関係づけられることが提案されている。本研究では、アルコキシラジカルと酸素分子の反応での反応速度定数の活性化エネルギーの支配因子を

調べるために、このモデルの妥当性を検討した。すなわち、反応物のイオン状態と生成物の基底状態を結ぶポテンシャルエネルギー曲面と生成物のイオン状態と反応物の基底状態を結ぶポテンシャルエネルギー曲面の間のクロッシングを求めた。このクロッシングによって算出されるクロッシングポイントの高さは実験値に知られている活性化エネルギーと良い相関関係にあることがわかった。したがって、この相関関係から実験的に決定されていないラジカル反応の活性化エネルギーが予測可能であると考えられた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ラジカル反応 大気化学 計算化学

【テーマ題目26】超難分解性環境負荷物質の再資源化に関する基盤研究（地球環境産業技術研究機構プログラム研究開発、萌芽的研究）

【研究代表者】竹内 浩士（環境管理研究部門光利用研究グループ、企画本部）

【研究担当者】堀 久男、永長 久寛、小池 和英、忽那 周三、高野 裕子、青柳 晴美（職員4名、他2名）

【研究内容】

環境中での蓄積性が問題となりつつあるパーフルオロカルボン酸類の固定発生源対策としての分解・無害化方法を開発する。また二酸化炭素の光還元反応については、触媒機能をもつ金属錯体部位間を多座配位子で有機的に結合させることにより、光増感と多電子還元との2つの機能を持ちながら高活性な多機能光触媒を開発する。

ヘテロポリ酸を光触媒として用いたトリフルオロ酢酸（CF₃COOH）の分解反応の解析と、より炭素・フッ素結合が多く難分解性と予想されるペンタフルオロプロピオン酸（C₂F₅COOH）の光触媒分解を試みた。多機能触媒については、光増感部位と触媒部位の機能をもつ錯体ユニットを連結させたモデル錯体について、光化学・光電気化学的測定から、光吸収による励起状態の生成効率、触媒部位への励起（電子）移動効率を求め、多機能触媒に適した結合方法を明らかにした。

トリフルオロ酢酸はヘテロポリ酸の一種であるポリタングステン酸により二酸化炭素とフッ化物イオンに完全に光分解し、反応前後の炭素・フッ素の物質収支も合っていた。この反応はポリタングステン酸イオンが光励起された後、光コルベ反応でトリフルオロ酢酸から電子を奪う。そこで二酸化炭素とトリフルオロメチルラジカルが発生し、トリフルオロメチルラジカルが酸素と水によりさらにフッ化物イオンと二酸化炭素に分解する。還元されたポリタングステン酸イオンは酸素により酸化されて元の状態に戻るという機構で触媒サイクルが形成されていることを解明した。また、同じ触媒によりペンタフルオロプロピオン酸も光分解し、二酸化炭素とフッ化物イオンが生成することを明らかにした。

多機能触媒は、光増感を担う部位としてルテニウムトリスピリジン錯体を用い、架橋配位子として配位子間の相互作用が比較的小さいイソプロピル骨格で架橋された 1,3-bis(4'-methyl-[2,2']bipyridinyl-4-yl)-propan-2-ol (BL) を利用してルテニウム錯体と連結した錯体 ($[\text{Ru}(\text{dmb})_2(\text{BL})\text{Re}(\text{bpy})(\text{CO})_3\text{Cl}]^{2+}$; $\text{dmb}=4,4'$ -dimethyl-2,2'-bipyridine, $\text{bpy}=2,2'$ -bipyridine) を合成し、光励起状態からの還元的消光、分子内電子移動反応を含めた励起緩和過程について検討した。ルテニウム部位の導入により可視域の光吸収が増大し、主にルテニウムユニット上に局在した励起状態が生じた。また、この励起状態は電子受容体 (BNAH) との反応により効率的に還元的消光を受けて、1電子還元体 ($\text{Ru}^+-\text{BL}-\text{Re}^+$) を生成した。この状態では、不対電子は Ru^{2+} イオンに配位した配位子上にアニオンラジカルとして局在しており、触媒活性を担うルテニウムユニットへの電子移動過程は遅いことが明らかになった。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] フッ素、光分解、パーフルオロカルボン酸、触媒、二酸化炭素、錯体、光増感、多電子還元

[テーマ題目27] VOC の高効率分解に関する研究

- ・ベンゼン排出量低減に関する総合研究
(試験研究調査委託費：地球環境保全等試験研究に係わるもの)
- ・有害大気汚染物質・揮発性有機化合物の高効率・簡易型処理システムに関する研究
(試験研究調査委託費：地球環境保全等試験研究に係わるもの)
- ・フッ素系地球温暖化物質の回収・分解技術に関する研究
(試験研究調査委託費：地球環境保全等試験研究に係わるもの)

[研究代表者] 二タ村 森 (環境管理研究部門励起化学研究グループ)

[研究担当者] 二タ村 森、尾形 敦、永長 久寛
金 賢夏、梶島 一、神郡 一代
木下 元、近藤 充 (職員4名、他4名)

[研究内容]

ベンゼン排出量低減に関する総合研究では、化学工業、石油製品・石炭製品製造業、原油・天然ガス鉱業、鉄工業等から排出されるベンゼンを低温プラズマや光触媒の利用により高効率分解するシステムの構築を目指す。有害大気汚染物質・揮発性有機化合物の高効率・簡易型処理システムに関する研究では中小の事業所でも取り扱える小型で安価な VOCs 分解除去装置の開発を目指し、排ガス条件によらない高効率の分解除去システムの構築を図る。フッ素系地球温暖化物質の回収・分解技術に関

する研究では高性能分離膜やハイドレートを利用した回収技術と低温プラズマを中心とした分解技術を開発するとともに、各要素技術の相補的なシステム化を図ることにより、化学構造や排出源を異にするフッ素系地球温暖化物質の工場等の排出源からの大気環境中への放出を抑制し、地球温暖化防止に資する。低温プラズマによるフッ素系地球温暖化物質分解技術の開発では触媒との複合化等によりコンパクトで低コストな分解システムの構築を目指す。さらに、個別の発生源に適合する新規処理システムを設計し、実用化の基本計画を策定する。

平成14年度、ベンゼン排出量低減に関する総合研究では低温プラズマと触媒、光触媒との複合化について検討し、 MnO_2 のようなオゾン分解触媒との組み合わせでは無声放電型リアクタとの複合化が有効であり、オゾン生成能については電極材よりも電極間距離が有意なパラメータになることを示した、光触媒ペレットと無声放電型リアクタとの組み合わせで低温プラズマと光触媒との相乗作用が確認された。

有害大気汚染物質・揮発性有機化合物の高効率・簡易型処理システムに関する研究では、研究を進めるために必要な多成分ガス連続同時分析手法の確立、及びベンゼン分解反応を対象にゼオライト複合反応器について検討を行った。

分析法の確立については、フーリエ変換赤外分光法 (FT-IR) を用い、多成分ガスを連続的に分析するための詳細な条件設定を行った。ベンゼン分解反応については、プラズマ反応器に対しゼオライトを複合させることにより、吸着剤の濃縮効果を利用して、ベンゼンの分解効率が向上することを明らかにした。

プラズマ反応による触媒自身の賦活化については、プラズマ下で触媒作用を引き起こす活性点の有・無、及びその反応促進効果について検討を行った。その結果、プラズマ下でゼオライトそのものも触媒作用を持ち、定常反応においても分解効率の向上が可能であることを明らかにした。

フッ素系地球温暖化物質の回収・分解技術に関する研究では、プラズマ反応器の型がフッ素系地球温暖化物質の分解特性と副生成物分布に及ぼす影響について検討し、バックグラウンドガス、共存水などの反応制御因子の効果を解明した。HFC 類の分解では無声放電型リアクタを酸素存在下で用いることにより、分解率が向上することが明らかになった。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 揮発性有機化合物 (VOC)、低温プラズマ、光触媒、吸着剤、濃縮、分解

[テーマ題目28] 動的磁気特性を利用した吸脱着プロセスの開発

- ・動的磁気特性を利用した排ガス処理技術の開発に関する研究

(試験研究調査委託費：地球環境保全
等試験研究に係わるもの)

〔研究代表者〕 菊川 伸行 (環境調和技術部門触媒設計
グループ)

〔研究担当者〕 菊川 伸行、小林 悟、菅澤 正己、
小菅 勝典、竹森 信、長野 義信
(職員5名、他1名)

〔研究内容〕

動的磁気特性を利用した排ガス処理技術の開発に関する研究では、クリーニング、金属メッキ業界等の中小企業から排出されている発ガン性等の健康被害や光化学スモッグ等を引き起こすとして問題となっている VOC を吸着回収処理するために、磁性を有する多孔性材料を開発し、その動的磁気特性等を利用した新たな吸着回収法に基づく排ガス処理技術の開発に関する研究を行う。中小発生源でも使えるようなコンパクトで操作性が簡易、かつ安価な簡易型排ガス処理装置としての実用化をめざす。

平成14年度の動的磁気特性を利用した排ガス処理技術の開発に関する研究では、磁性多孔体の創製において、磁気ヒステリシス加熱に適した磁気特性をもつ磁性微粒子の合成法をほぼ確立した。この磁性微粒子に種々の表面処理を施してからゾル・ゲル法等の多孔体の合成工程に組み込むことにより、比表面積700m²/g以上、飽和磁化10emu/g以上のシリカ系磁性多孔体が得られた。また、炭素系磁性多孔体の合成については、キトサンおよびキトサン金属錯体の炭化・賦活によって、700m²/gを超える磁性活性炭が得られることがわかった。これらの磁性多孔体の VOC 吸着特性を評価し、そのいくつかについて大量合成を試み、VOC 吸着脱離試験に供した。

磁性多孔体を利用した排ガス処理システムの検討では、合成した種々の磁性微粒子・磁性多孔体について、1～5kHz, 56kHz, 2450MHz の三つの異なる周波数帯の交流磁界を与えた時の発熱挙動を測定し、本加熱法がキュリー温度手前の一定値に迅速に加熱できる優れた加熱法であることを明らかにした。また、VOC の吸着脱離試験を行い、その特性を把握し、問題点を解明した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 VOC、磁性多孔体、磁気ヒステリシス
加熱、吸着特性

⑧【環境調和技術研究部門】

(Research Institute for Green Technology)

(存続期間：2001. 4. 1～)

研究部門長：春田 正毅

副研究部門長：浜田 秀昭、佐々木義之

総括研究員：小林 幹男

所在地：つくば中央第5、つくば西

人員：121.9 (73) 名

経費：1,166,536千円 (379,350千円)

概要：

1. 研究目的と研究概要

環境調和技術研究部門では、持続可能な循環型社会構築に資する環境負荷極小化技術の創出を目指し、物質循環プロセスおよび革新的化学プロセスに関する研究開発を、下記の三つの視点で行っている。

- 1) プロセスの革新により資源、エネルギーの消費量及び有害物質、廃棄物等の排出量を抑制する。
- 2) プロセスに随伴する有害物質等を出口前で無害化する。
- 3) プロセスから排出される熱や物質を分離・回収、有効利用することにより、資源、エネルギーの消費量と環境負荷を減らす。

このような視点を基に、当部門は、①触媒、②分離・濃縮、③素材・資源の基盤技術を核として、時代を切り拓く新しい技術の芽の創出とそれを実用化する橋渡しを行うことにより、世界的にも存在感のある環境技術の研究拠点となることを目指し、以下に示すような研究課題に取り組んでいる。

- 1) 原子効率の高い化学反応や有害物質を用いない化学プロセスおよび有害物質フリーあるいはリサイクル可能な物質・材料 (エコマテリアル)
- 2) 有害物質の高効率分解・除去技術
- 3) 固体、液体、気体の高効率分離技術や革新的熱利用技術

2. 研究体制

環境調和技術研究部門には多様な技術的背景を有する研究者が集まっており、大別すると3つの基盤技術に分類される。

- 1) 触媒技術：貴金属触媒、酸化物触媒、分子触媒、表面科学等
- 2) 分離・濃縮技術：吸着分離、膜分離、固固分離、抽出等
- 3) 素材・資源技術：循環型材料 (エコマテリアル)、環境調和型反応媒体等

また、当部門は以下の14の研究グループから構成されている。

- ①エコマテリアルグループ ②再資源化グループ
- ③粒子分離グループ ④金属回収グループ ⑤膜分離プロセスグループ ⑥グリーンプロセスグループ
- ⑦熱利用化学システムグループ ⑧高圧流体プロセスグループ ⑨グリーンケミストリーグループ ⑩触媒探索グループ ⑪触媒設計グループ ⑫触媒解析グループ ⑬クリーン燃料グループ ⑭炭化水素変換グループ

3. 研究内容

1) 物質循環プロセス～3R (reduce, reuse, recycle) への取り組み

循環型社会の構築には、法体系や社会システムの整備に加え、3R (リデュース、リユース、リサイクル) システムの総合的な推進を可能にするため、それぞれの分野で今後一層の技術開発が必要となる。当部門においては、まず、複雑な形状・成分からなる使用済み製品を、固体の状態で効率よく相互分離する技術、それに続く、金属等の有価な物質を省エネルギー的に精度よく回収する技術、リサイクルした物質を有効に再資源化する技術、さらには、リサイクルし易い素材・有害な物質を含まない素材を製造する技術、等の開発に取り組んでいる。また、3R 技術を現実のものにするには、対象となる技術がより省エネルギーで環境に調和したものであることが必須であり、LCA 手法等を利用した評価技術の研究をも推進している。

さらに、資源・製品・物質の循環は、単に一つの国にとどまらず、国際的な循環システムの中に組み込まれているものが多く、適切な循環システムを構築するには国際的な取り組みが必要である。当部門においては、わが国にとってとりわけ関連の密なアジア諸国を中心に、共同で循環プロセス構築のための研究を推進している。

2) 革新的化学プロセス

2-1) グリーンケミストリーへの取り組み

グリーンケミストリーでは、化学工業製品の生産プロセスにおいて、必要なものだけを必要な量だけ、高効率かつ低環境負荷で製造することを目指している。そのためには、①原料、中間体の環境調和化、②分子効率の高い変換反応、③分離・変換プロセスの効率化、④製品の環境調和化が必要で、当部門では、これらの研究目標に取り組むことによって、持続可能な社会の構築に貢献しようとしている。

2-2) 省エネルギー化学プロセスへの取り組み

当部門では、ユニットオペレーションの高効率化と環境調和型への転換により、化学プロセスの省エネルギー性の向上を図るための研究を行っている。具体的には、①省エネ型分離・回収技術、②熱回収・再生利用技術、③環境調和型反応・生産技術の三つの要素技術の開発を柱に、プロセスの集積化・融合化を進めながら、究極の「ゼロエミッション型省エネルギー化学プロセス」の実現を目指している。

2-3) 環境汚染物質処理技術への取り組み

窒素酸化物、粒子状物質、揮発性有機化合物などの有害物質による大気環境の汚染が問題となっており、これらを低減するための触媒技術等の研究を行っている。具体的には、①汚染物質の発生を抑制す

る燃料のクリーン化触媒 (燃料油の超深度脱硫・脱芳香族触媒など)、②排ガス中の汚染物質を処理する触媒・吸着剤 (ディーゼル NO_x 分解・還元触媒、VOC 除去触媒など) 等、環境保全のための基礎・開発研究を進めている。

4. 研究課題

環境調和技術研究部門における具体的な重点課題は、次のような考え方で設定している。ひとつは共通基盤技術の高度化で、当部門において対外的な競争力を有しており各種の環境問題に取り組むに当たって強力なツールとなり得る基盤技術の先鋭化と拡充につながる課題を重視している。具体例は、分離膜や超臨界流体に関する研究が挙げられる。他は、社会的な要請への対応であり、特に社会的な緊急性が高い課題であって当部門のポテンシャルを生かすことができると考えられるものである。その例としては、有価金属回収、軽油クリーン化、排ガス浄化がある。このような考え方にに基づき、当部門では以下の9つの重点課題を設定している。

- 1) 粒子分離技術の高度化
- 2) 炭化水素脱水素用の高性能触媒の開発
- 3) ハロゲンフリー化学
- 4) 有価金属回収技術の高度化
- 5) 環境調和型化学プロセスの設計と分離膜の創製
- 6) 超臨界流体を利用する材料合成法の開拓
- 7) 革新的熱利用プロセスの設計・開拓
- 8) 軽油の超クリーン化触媒の開発
- 9) 次世代燃焼排ガス浄化触媒の探索

5. 研究方針

環境調和技術研究部門では、いくつかのフラッグシップ的研究課題の選定を目指して、以下の措置を講じることにより、新たな技術、学術領域の開拓を行っている。

1) 研究グループ内の多様性の確保

多様なバックグラウンドを有する研究者から成る研究グループを意識的に発足させることにより、例えば以下のような部門独自の技術的手法や技術分野の開拓が可能となった。

- ・バイオリクターへの分離膜の利用 (グリーンプロセスグループ)
- ・表面現象の分離への応用 (粒子分離グループ)
- ・コンビナトリアル触媒探索における無機と有機の連携 (触媒探索グループ)
- ・物理的外場力を利用する NO 分解触媒の表面科学的知見に基づいた設計 (触媒設計グループ)

2) 研究グループ間の連携

部門内の研究グループ間の連携を図ることにより、例えば以下のような部門独自の技術的手法や技術分野の開拓が可能となった。

- ・バイオサーファクタントを用いる蓄熱技術：グリーンプロセスグループと熱利用化学システムグループの連携
- ・リサイクルにおける環境負荷量の推定：再資源化グループとエコマテリアルグループの連携
- ・炭素膜前駆体としての高分子微粒子分散膜の調製と物性：高圧流体グループと膜分離グループの共同研究
- ・プロピレンオキシドの気相一段合成触媒の開発：触媒解析グループ、炭化水素変換グループ、生活環境系の2グループの連携

3) 外部との連携

他の研究ユニットや産総研外の機関との連携を図ることにより、例えば以下のような新規な技術、学術領域の構築を目指している。

- ・エコ・アドバンスド技術、先進的環境修復技術：生物機能工学研究部門との連携
- ・表面科学、計算科学との融合による、分子・原子レベル触媒設計手法の開発：計算科学研究部門、生活環境系との連携
- ・エコマテリアル設計指針：物質・材料機構及びアジア諸国の研究機関との国際共同研究
- ・マッチングファンドによる他ユニットとの連携 (3件)

外部資金：

- ・経済産業省委託 高効率高温水素分離膜の開発事業 (執行額：18,546千円)
- ・経済産業省委託 内部熱交換による省エネ蒸留技術開発事業 (執行額：25,239千円)
- ・財団法人日本国際問題研究所委託 あか剤の加水分解・湿式酸化処理に関する実験 (執行額：225,466千円)
- ・財団法人地球環境産業技術研究機構委託 プログラム方式二酸化炭素固定化・有効利用技術の開発「高分子膜によるCO₂分離技術の開発」最適システムの検討 (執行額：5,300千円)
- ・財団法人九州産業技術センター委託 平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業(高リサイクルで安価なごみ焼却灰のセメント原料化技術の開発) (執行額：3,182千円)
- ・財団法人金属系材料研究開発センター委託 平成14年度『省エネルギー型金属ダスト回生技術の開発』亜鉛蒸気分離回収条件設定に関する研究 (執行額：2,225千円)
- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構委託 次世代化学プロセス技術開発 新固体酸触媒プロセス技術開発 均一系触媒からのアプローチ (執行額：3,523千円)
- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構委託 バイオマスエネルギー高効率転換技術開発/セルロース系バイオマスを原料とする新規なエタノール醗酵技術等により燃料用エタノールを製造する技術の開発/もろみエタノールの膜濃縮技術の開発 (執行額：10,825千円)
- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構委託 バイオマスエネルギー高効率転換技術開発/セルロース系バイオマスを原料とする新規なエタノール醗酵技術等により燃料用エタノールを製造する技術の開発/もろみエタノールの膜濃縮技術の開発 (執行額：13,897千円)
- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構委託 エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発 エネルギー・物質併産プロセス評価解析システムの開発 (執行額：21,329千円)
- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構委託 エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発 高性能蓄熱材料による熱搬送・利用システムの研究開発 (執行額：12,324千円)
- ・経済産業省エネルギー使用合理化技術開発委託費 ミニマム・エナジー・ケミストリ研究開発 (執行額：176,805,371千円)
- ・経済産業省(文部科学省)原子力試験研究委託費 核廃棄物関連金属配位性のヘテロ元素系化合物の開発 (執行額：6,655千円)
- ・経済産業省(文部科学省)原子力試験研究委託費 超臨界水による使用済イオン交換樹脂の分解処理技術の開発 (執行額：5,435千円)
- ・経済産業省(環境省)試験研究調査委託費(地球環境保全等試験研究に係るもの)ディーゼル機関排出物の低減のための軽油品質改善技術に関する研究 (執行額：15,434千円)
- ・経済産業省(環境省)試験研究調査委託費(地球環境保全等試験研究に係るもの)動的磁気特性を利用した排ガス処理技術の開発に関する研究 (執行額：17,662千円)
- ・経済産業省(環境省)試験研究調査委託費(地球環境保全等試験研究に係るもの)表面処理工程廃液の減量

化技術開発のための研究（執行額：11,922千円）

- ・経済産業省（環境省）試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの）エコ・アドバンスド技術による高効率環境修復・保全システムの確立（執行額：13,445千円）
- ・経済産業省中小企業産業技術研究開発委託費 地域中小企業支援型研究開発（技術シーズ持込み評価型）剥離処理によるカーシュレッターダストの高度単位分離および選別（執行額：7,508千円）
- ・文部科学省委託国際物質循環時代のエコマテリアル化指針のうち国際技術共有可能なリサイクル・排出抑制プロセス技術及びリサイクル配慮設計技術（執行額：7,801千円）
- ・文部科学省若手任期付研究員支援（継続）表面科学を活用する新規触媒設計手法の構築（執行額：18,144千円）
- ・文部科学省若手任期付研究員支援（新規）感温性表面による廃水の革新的処理プロセス（執行額：11,769千円）
- ・産業技術研究助成事業 多機能錯体触媒による二酸化炭素の有機原材料化技術の研究（執行額：9,510千円）
- ・産業技術研究助成事業 廃電気・電子機器リサイクルのための選択粉碎・容易分離技術の開発（執行額：19,630千円）

発表：誌上発表124（109）件、口頭発表333（89）件、その他12件

エコマテリアルグループ

（Ecological Materials Group）

研究グループ長：大矢 仁史

（つくば西）

概要：

循環型社会創生のためには、静脈技術の開発、高度化だけでは充分ではなく、動脈側の素材、製品設計も必要である。そのために、静脈側のリサイクル、リユース技術の情報収集とその環境負荷を把握し、その結果を素材、製品設計に生かすことによって、真に環境にやさしく、循環型社会創生に貢献できる技術開発を行っている。

まず、静脈側の環境影響評価技術としては、今までに行ってきた冷蔵庫のリサイクルシステム評価手法を廃自動車に応用し、ウレタンシートのリサイクルシス

テムを評価した。また、鉄、非鉄金属回収についてもそのインベントリーデータ取得を行った。

動脈側の素材設計として、水銀フリー蛍光体開発に関して新しい蛍光体開発プロセスとして液相法を提案し、蛍光体として最良の粒径と言われている1ミクロン程度で、しかも、均一な粒径、形状の蛍光体粒子を合成できる新規プロセスを開発した。赤、緑に続いて今までその合成が困難であった青色蛍光体のアルカリ土類金属ケイ酸塩の組成及び形状を制御し、液相法による蛍光体前駆体の合成を行った。また、易解体性高分子素材の研究については、その基礎的研究として層状水酸化物の薄片化技術を応用するために高分子素材と薄片化層状水酸化との親和性について考察した。

研究テーマ：

テーマ題目 1

再資源化グループ

（Materials Utilization Group）

研究グループ長：遠藤 茂寿

（つくば西）

概要：

資源循環型社会を構築するうえでゴミ焼却の資源循環システム化とそれに関連する要素技術の開発が不可欠である。当研究グループでは、焼却に負荷をかけない固体廃棄物のリサイクル技術、焼却無害化技術および焼却残渣の分離・無害化・再資源化技術の開発を行う。企業などとの共同研究を通じて平成16年中に環境低負荷型焼却残渣処理システムの設計指針を構築することを目標とする。

研究テーマ：

テーマ題目 2、テーマ題目 3

粒子分離グループ

（Particle Separation Group）

研究グループ長：四元 弘毅

（つくば西）

概要：

廃棄物や使用済み製品のリサイクルに適用する高効率・低環境負荷型粒子分離技術の開発を目的として研究を行っている。省エネルギーで、且つ廃水処理が不要な乾式分離は、リサイクル現場での需要が大きいものの、微粒子の分離効率が低いため、その適用は粗大な粒子の分離に限定されている。湿式分離は、微粒子の分離に優れるが、湿式処理に伴う廃棄物からの有害成分の溶出や、分離に利用する化学試薬の後処理のため廃水処理が必要であり、リサイクルへの適用が見送られる傾向がある。これらの欠点を改善するため、乾式分離については微粒子対応化を図り、湿式分離については、化学試薬を用いないケミカルフリー技術を開発する。これらの改善された粒子分離技術により、リサイクルの促進に寄与する。また、粒子分離技術を応用した廃水処理等、リサイクルの周辺技術に関連した

研究も実施している。

研究テーマ：

テーマ題目 4

金属回収グループ

(Metals Recovery Group)

研究グループ長：田中 幹也

(つくば西・つくば中央第5)

概 要：

金属循環型社会を構築するためには、省エネルギー的で、高選択的な金属分離回収技術の開発が不可欠である。当グループでは、溶媒抽出法や吸着法による精製技術、電解法や凝縮法による採取技術などの革新を達成することにより、廃棄物および鉱石からの金属回収に関する新規プロセスを提案することを目標としている。また排水中の有害金属を、酸化還元法、沈殿法、吸着法により除去することも検討している。今年度は、無電解ニッケルめっき廃液中のニッケルの回収、省エネルギー的銅電解採取、電炉ダストからの亜鉛の直接回収等について研究した。

研究テーマ：

テーマ題目 5

膜分離プロセスグループ

(Membrane Separation Processes Group)

研究グループ長：原谷 賢治

(つくば中央第5)

概 要：

高分子を出発原料とした膜素材の合成から製膜・評価技術の確立そして膜応用プロセスの開発と、膜分離の基礎から応用にわたる基盤研究を一貫して行うことにより「膜利用高効率エコ・プロセスの構築」に貢献することを第一の目的とする。また、膜工学研究から派生する応用技術の各種工業界へ展開を積極的に行うことを第二の目的とする。当研究グループは第1期中に、フッ素系温室効果ガスの95%以上を回収する膜プロセスの設計、 H_2/CO や O_2/N_2 分離で、従来型分離法に比べて10%以上の省エネ化を達成できる高性能な膜の開発など、「省エネルギー的物質濃縮・分離プロセスの開発」を目標とし、新規膜素材の探索・合成および膜透過・分離機構の解析評価研究、膜利用型の高効率エコ・プロセスの設計・解析法の検討を行う。

研究テーマ：

テーマ題目 6

グリーンプロセスグループ

(Green Processes Group)

研究グループ長：柳下 宏

(つくば中央第5)

概 要：

環境汚染物質の排出抑制や地球温暖化防止には省エネルギー、低環境負荷の化学プロセス、エネルギー生産プロセスの開発が不可欠となっている。そこで、バ

イオマス等未利用資源の積極的な活用を目的として、適応可能な機能材料化学手法や反応分離プロセスを探索すると共に、その際に必要となる要素技術の検討を幅広く行うとともに、これらのプロセスで必要となる新しい環境調和材料や機能性分離膜の創製技術、評価技術及び、その適用技術に関して研究開発を行っている。

具体的には、エタノール選択的透過性を有する高性能なシリカライト膜等を用いて、醗酵エタノールを醗酵槽から連続的・選択的に回収し、エタノールを高濃度に濃縮する基礎技術の検討、電気化学的手法による無機物を膜素材とした製膜法の開発、各種膜素材を用いた相転換法による高性能分離膜の作製、環境浄化技術への適応を目指したバイオサーファクタント（生物由来の界面活性剤）の探索・選定等を検討した。

研究テーマ：

テーマ題目 6、テーマ題目 7

熱利用化学システムグループ

(Energy-Efficient Chemical Systems Group)

研究グループ長：中岩 勝

(つくば中央第5)

概 要：

当グループでは「省エネルギー」に関して材料技術とシステム技術を一体化した独自の視点により、自ら確保した外部資金を基本として政府の政策や企業活動を通じた持続的成長社会の形成に資する研究を行い、成果を適切な形で発信していく。具体的には化学プロセス及び化学プロセスを利用したシステムにおいて、主として熱利用に関する抜本的な省エネルギー効果を有するシリカ系またはカーボン系の新規吸着材料に第2種基礎研究、革新的省エネルギー蒸留技術の開発、エネルギー・物質併産（コプロダクション）システムの評価技術開発、水素分離膜反応器等の非定常操作に関する研究を展開し、炭酸ガス排出抑制など地球環境問題の解決、化学産業等の国際競争力強化等に資する。これらの課題について企業及び大学との共同研究等を行い、新規プロジェクト等の検討への積極的な参画を進める。

研究テーマ：

テーマ題目 8

高圧流体プロセスグループ

(High Pressure Fluid Processes Group)

研究グループ長：大竹 勝人

(つくば中央第5)

概 要：

当グループは環境に有害な有機溶媒の使用を抑制するために、高温・高圧の流体を代替溶媒とした有機溶媒フリーの新しい化学プロセスの開発を行うことを目的とする。二酸化炭素や水は、超臨界状態を含む高温・高圧状態で、有機溶媒の代替として使用できるような物性を帯びるとともに、通常の溶媒にない種々の特

性を有するようになる。本研究グループでは、高温・高圧流体のこれらの特性を生かして、年間500万トン以上生産・使用されている有機溶媒の使用量の削減に貢献する、環境調和型化学プロセスの開発を長期目的とする。そのために、中期目標として現在当グループが所有する種々のシーズ技術を元にした企業との共同研究などを進めるとともに、研究遂行の上で必要な基礎物性の蓄積、シーズ技術の探索を行う。当研究グループでは、基礎物性の蓄積と応用技術の開発を通して、世界的に通用する研究を行うことを目指している。

研究テーマ：

テーマ題目9

グリーンケミストリーグループ

(Green Chemistry Group)

研究グループ長：林 輝幸

(つくば中央第5)

概要：

21世紀の化学産業を地球環境の保全と両立させつつ発展させるために、化学プロセスに派生する環境負荷を低減し、もしくは汚染を未然に予防する「グリーンケミストリー」の技術体系を確立することが必要である。当グループは、インプラントで環境負荷の低い原料、反応系、プロセス等を用い、環境負荷の低い製品を設計する、「グリーンケミストリー」の実現のための技術の確立を目指す。そのため、錯体技術、触媒技術、ヘテロ元素技術、光化学技術、高分子技術等これまでに蓄積した技術を駆使することにより、酸化反応、付加反応、フリーデルクラフツ反応、カップリング反応等、化学産業の中核をなす反応のための触媒開発、ハロゲンを用いない有機合成プロセスや材料加工プロセス等の開発、ハロゲンを含まない機能材料の開発、環境調和型の機能材料やその製造技術の開発を行う。

研究テーマ：

テーマ題目10

触媒探索グループ

(Combinatorial Catalysis Group)

研究グループ長：佐々木義之

(つくば西・つくば中央第5)

概要：

環境調和型触媒技術は今後の化学産業の発展に不可欠の要素であり、特に、環境浄化触媒、あるいは石油化学産業や基礎化成品製造において用いられる触媒の高効率開発が緊急の課題となっている。一方、創薬等においてその効果が実証されているコンビナトリアル合成手法を触媒開発に応用できれば、開発効率の飛躍的な向上が期待できる。当研究グループでは、ハイスループット触媒探索技術・触媒情報化技術の基礎を開発するとともに、粉体を用いた触媒自動調製技術、及びコンビナトリアル的な光錯体触媒技術についての検討を開始する。また、窒素酸化物分解のための新しい

触媒系の開発、メタンや二酸化炭素等、未利用炭素資源の新しい有効利用法の開発を目指す。

研究テーマ：

テーマ題目13、テーマ題目14

触媒設計グループ

(Catalyst Development Group)

研究グループ長：浜田 秀昭

(つくば中央第5・つくば西)

概要：

地球環境及び都市環境の保全のため、種々の燃焼器、エンジン、化学プロセスなどの効率を改善するとともに、それらから排出される環境負荷物質を除去、低減する新規技術の開発が不可欠となっている。当研究グループでは、触媒設計の観点で、NO_xを始めとする有害物質を除去するための新規触媒及び触媒システム技術を開発することを目標としている。また、当グループでは、触媒化学、表面科学、微粒子・多孔体合成の三つの手法を総合して、排気ガス中の有害成分を除去するための触媒システムの開発を行う点で世界的にもユニークなグループである。平成14年度には、革新的技術開発の基礎となる新規触媒、触媒材料を探索するとともに、触媒と多機能を複合した浄化システムの基礎となるデータを得ることを目的とする。

研究テーマ：

テーマ題目15、テーマ題目16

触媒解析グループ

(Catalyst Analysis Group)

研究グループ長：テッド大山

(つくば西)

概要：

当グループは、米国バージニア工科大学のテッド大山教授をグループリーダーとして招聘することにより、21世紀における触媒研究方法論の新しい潮流と産総研における触媒研究の連携を作るべく、平成14年5月に設立した。当グループでは、化学プロセスの中で20%以上のシェアを有する選択酸化反応を対象に、特に、従来困難であった気相酸素を用いたプロピレンの直接エポキシ化反応に重点をおいて、新規触媒系の研究開発を行っている。また、新規触媒系の系統的な探索研究を目指して、反応下での触媒構造・物性解析手法の開発を行っている。本年度は、研究室の創設にあたり解析機器の導入と研究インフラの整備を行い、複合酸化物系触媒を対象に探索研究を開始した。

研究テーマ：

テーマ題目17

クリーン燃料グループ

(Hydrotreating Catalysis Group)

研究グループ長：葭村 雄二

(つくば中央第5)

概要：

各種輸送機関等から大気中に放出される有害物質を大幅に低減するためには、環境に優しいクリーンな輸送用燃料（内燃機関用）を製造する触媒技術の開発が緊急の課題であり、中長期的には燃料電池車用燃料（水素源）製造に向けた石油系燃料の超クリーン化技術の開発が望まれている。当研究グループでは、環境触媒の重点研究課題である「軽油の超クリーン化触媒の開発」を実施するにあたり、石油精製業界や触媒会社との共同研究を通じて平成16年中に超低硫黄の軽油（S<10ppm）、及び燃料電池用超低硫黄のガソリン基材（S<1ppm、後段の吸着脱硫処理後のS～数ppb）を製造できる次世代型精製触媒を開発することを目標とする。また、当重点課題の基盤をなす要素技術として触媒精密調製技術、及び放射光等を利用した触媒のworking状態におけるin situ構造解析技術を新規に構築し、精製触媒の高性能化・長寿命化対策に資する。更に、環境に優しいクリーンな燃料を製造するための新規触媒技術（応用技術～基盤技術）の構築は世界共通の課題であるため、得られた先導的研究成果を我が国のみでなく、国際共同研究等を通して海外にも積極的に発信する。

研究テーマ：

テーマ題目18

炭化水素変換グループ

(Hydrocarbon Conversion Catalysis Group)

研究グループ長：村田 和久

(つくば中央第5・つくば西)

概 要：

石油、天然ガス、メタンハイドレート、あるいはバイオマスなどから得られる「炭化水素」を化学工業原料やクリーンな燃料に変換する新プロセスの開発及び既存プロセスの効率化、省エネルギー化は、化学物質によるリスク削減のためのグリーンプロセス技術、及び地球温暖化対策技術として重要である。当グループでは、芳香族系あるいは脂肪族系炭化水素から水素、オレフィン、含酸素化合物等の有用物質を製造するための基盤技術の確立を目的として、平成16年度中に炭化水素などの分解や改質、COシフト反応、脱水素反応、選択酸化反応などに用いる高性能触媒系の開発を目指す。

研究テーマ：

テーマ題目17、テーマ題目19

[テーマ題目1] 環境調和型素材設計と評価（運営費交付金、ミレニアムプロジェクト）

[研究代表者] 大矢 仁史（環境調和技術研究部門エコマテリアルグループ）

[研究担当者] 大矢 仁史、日比野俊行、西須 佳宏（職員3名、他3名）

[研究内容]

水銀フリー蛍光体開発に関して、均一な複合体組成と表面状態の制御、蛍光体粒子径、粒子形状の制御を目的として液相法を提案し、蛍光体として最良の粒径と言われている1ミクロン程度での蛍光体合成の可能性を実験的に証明した。しかも、均一な粒径、形状の蛍光体粒子を合成できる新規プロセスを開発した。

本研究は、住友化学株式会社、東北大学、新潟大学との共同研究であり、本プロセスは水銀フリー蛍光体に最適な複合素材が提示された後に、高効率蛍光体複合素材合成法に資するものである。したがって、本法は従来から使われている蛍光体にも適用可能な技術である。本年度は、青色蛍光体開発を中心に研究を行い、その成果をもって赤、緑、青の3波長型蛍光体の水銀フリー蛍光体高効率化技術開発を終了した。

易解体性高分子素材の研究については、その基礎的研究として層状水酸化物の薄片化技術を応用するために今年度は高分子素材とのナノコンポジット化に着手し、親水性層状水酸化物と親水性、疎水性各種高分子の複合化実験によりその最適な実験条件探索を行った。

環境影響評価技術については、今までに行ってきた冷蔵庫のリサイクルシステム評価手法を廃自動車に応用し、出光テクノファイン(株)、セイシン企業(株)が共同で開発したウレタンシート、ターポリン等のクッション用ウレタンの微粉化リサイクルシステムについてそのインベントリーデータを実験的に取得し、環境評価を行った。また、自動車のリサイクルについて日本では主流の方法となっているシュレッダー法について、その各種プロセスを調査し、鉄、アルミ、銅についてもそのインベントリーデータ取得を行った。シュレッダーダストについては、ウレタンをリサイクルしてもなお混合プラスチックを主成分としての高品位燃料化の研究開発を行った。また、今後の環境評価のためにインベントリーデータを取得した。

以上のような、素材設計、環境評価を有機的につなげるため、蛍光体のリサイクル、相分子の再利用法について調査を行い、製造システムでの環境負荷の大きなプロセス、リサイクルシステムでの問題点について明らかにした。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] エコマテリアル、素材設計、環境評価、循環型社会

[テーマ題目2] 焼却残渣の高度乾式選別及び素材化技術の開発（運営費交付金）

[研究代表者] 遠藤 茂寿（環境調和技術研究部門再資源化グループ）

[研究担当者] 遠藤 茂寿、増田 薫（職員2名、他1名）

[研究内容]

都市ゴミ焼却により発生する焼却灰・飛灰（焼却残渣）中には、カラー印刷紙、ゴム、プラスチック等に用いられる光沢剤、着色顔料、安定剤等に使用される種々の重

金属類が混入しており、それらの無害化・安定化処理が不可欠である。特に飛灰中には融点が低く、蒸気圧の高い金属ほど高濃度に濃縮されやすい。それらは現在、コンクリート固化、アスファルト固化、あるいは、キレート処理等の安定処理を施された後、管理型処分場へ埋立処分されている。しかし、経年変化に伴う重金属の溶出やコスト面の課題も多く、新たな安定化処理技術と有効利用技術の開発が望まれている。ところで、高温高压の水熱条件（～400℃、～50MPa）では高い溶解度が得られるため、常温では水に難溶解性の化合物も十分溶解される。さらに水熱反応の温度領域は、一般ゴミ焼却プロセスで発生する廃熱の利用が可能な範囲である。また、各焼却残渣中の金属類や塩素は、その物理的、化学的性質と生成過程の関係から特定の粒子径範囲に濃集することが予想される。以上にもとづいて本研究は、焼却残渣を乾式で高度に分級・選別することで金属類等が濃集する特定の粒子群を回収すると同時に水熱反応を利用することで焼却残渣の安定化、素材化が可能な低コストの焼却残渣再資源化システムの実現を目指す。

そのため本研究では、焼却残渣粒子の基礎物性や金属類の含有量分布の把握、水熱条件下における金属類の溶解特性、および、水熱反応による粒子形態や結晶状態の変化について実験的検討を行う。それらをベースに乾式選別・分級、水熱処理による金属回収、焼却残渣安定化法の検討を行い、システム設計・構築の基礎データを提供する。

平成14年度においては、粒子径0.59～1.18mmである焼却主灰中を乾式で分離する方法を検討した。粒度分画後の組成分析によれば、この焼却主灰中には、Al、Fe、Ni、Zn、Cu、Cd、Crなどが比較的多く含まれており、これらを分離回収することで有効な資源回収につながる。そこで磁性体の回収を目指して磁気分離による選別を行った。その結果、Fe、Niの強磁性体やCr、Znなどを含有する残渣とCuや非磁性体を含有する粒子群に分画された。特に磁性物として回収された金属には、主灰中にある含有量の70～80%が濃集・偏析された。また、金属の含有状態により残渣粒子に密度の差異が認められることから、密度偏析を利用する分離法と併用することで更に高効率な回収が期待できると考える。

焼却飛灰の有用利用を目指した水熱熱間加圧成形による固化体製造においては、飛灰にガラスカレット（10～30%）を添加することにより、引っ張り強度は6～14MPaに上昇し、人工軽量骨材や廃セメント固化体、花崗岩程度、あるいは、それ以上の強度を得ることができた。更に、鉛の溶出量を十分制御可能なことが確認された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】焼却残渣、水熱処理、乾式分級

【テーマ題目3】複合材料の単体分離と樹脂廃棄物の識別（運営費交付金）

【研究代表者】遠藤 茂寿（環境調和技術研究部門再資源化グループ）

【研究担当者】遠藤 茂寿、鈴木 繁幸、増田 薫、古屋仲茂樹（職員4名、他1名）

【研究内容】

急速な情報社会化を反映してパソコンなど電子情報機器類の普及は著しく、その当然の帰結として廃棄量の急速な増加が生ずる。2002年では約20万t/年ものパソコンが廃棄された。電子情報機器類には多くの有価物が含まれているが、特徴的なことは、プリント配線基板が10%の割合で搭載されている点である。ガラス繊維などで強化されたエポキシやフェノールなどの樹脂に銅箔を積層構造に配線したプリント配線基板には、銅が1/3～1/2程度含まれていることから、電子機器類廃棄物からプリント配線基板に使用される銅の数%に相当する銅の回収が可能といわれている。更に、基板に搭載されている電子部品には金や白金など貴金属類が使用されており、その回収も可能である。

複合材料や種々の素材から構成される廃製品の単体分離は、構成物質の機械的、熱的性質や構造に依存した手法によることが望まれる。例えば、脆性材料では衝撃や圧縮が、また、層状構造では剥離などが有効であると考えられる。そこで、本研究では上記の廃電子・電気機器やそれに使用されている複合材料からの有価物回収を行う上で有効な単体分離技術の開発を目指す。また、同時に解体・分離されて部品や素材の効率的な識別手法の開発を行う。

- 1) 表面剥離・捻転による PCB の単体分離：電子機器からの有価金属の回収を目的に従来の化学的処理や粉碎処理でなく、表面切削・剥離法による分離を検討した。プリント基板表面を切削すると樹脂と金属は異なった形状の粒子となり、金属と樹脂の単体分離が容易に可能であった。また、単体分離が不十分な場合においても、二次的な機械作用として捻転を加えることで、金属と樹脂の回収率を95%以上にすることができた。この結果をもとに分離装置の試作を行った。
- 2) 携帯電話からの金属類の分離回収：携帯電話のプリント配線基板から金属回収する効率的な単体分離法を探索した。磨砕と衝撃による銅の単体分離と回収を検討した。衝撃粉碎は磨砕に比べて単体分離、金属回収に優れており、70%の銅が回収できた。他方、金は一部微粒子化するため、重液分離では目標回収率をクリアできなかった。
- 3) 複合材料リサイクルのための最適粉碎技術の研究：協力企業からプリント基板及びシュレッダーダストのサンプルを入手し、有害元素の分析を終了。現在、構成部品類の硬さ試験を実施中。衝撃粉碎システムの設計・製作を行った。
- 4) 廃プラスチックの識別・分離：廃テレビバックカバーのマテリアルリサイクルを目的として昨年開発した

ラマン分光法を利用した樹脂識別システムの特性評価を行った。廃家電リサイクル工場における使用を想定した黒色PP/PSの素材判定に関して、 $2800\sim 3000\text{cm}^{-1}$ 付近のラマンスペクトルに着目した判別規則を決定し、迅速で高精度な判定が可能なシステムの構築ができた。しかし、臭素系難燃剤の同定までは至らなかった。むしろ、難燃剤検出については物理的に困難である可能性が高い。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】単体分離、剥離、プリント基板、同定・識別、ラマン分光、廃プラスチック

【テーマ題目4】粒子分離技術の高度化（運営費交付金、経産省委託費）

【研究代表者】四元 弘毅（環境調和技術研究部門粒子分離グループ）

【研究担当者】四元 弘毅、大木 達也、石田 尚之（職員3名、他1名）

【研究内容】

リサイクルを推進するため、微粒子分離技術及び油水分離技術の環境低負荷化を図る。乾式分離については、 0.3mm までの粒子を分離できる気流選別機を開発する。湿式分離については、高加速度振動を水に作用させることにより、 $10\mu\text{m}$ までの粒子を比重分離できるマイクロジグ技術を開発する。油水分離では、温度変化によって油滴の捕捉と放出を行う感温性表面を創製し、これを繰り返し使用可能な油分離材として用いた油処理プロセスを開発する。湿式分離及び油水分離については、化学試薬を多量に使用することで同じ目的を達成する技術は既存するが、環境負荷の面からリサイクルへの適用が敬遠されている。当該研究で開発する技術はケミカルフリープロセスであり、リサイクルでの普及が期待されるものである。

気流選別では、試作した気流選別機の性能を確認するため、 $300\mu\text{m}\sim 355\mu\text{m}$ のジルコニアビーズ（比重6.04）と、 $425\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ のガラスビーズ（比重2.44）を用いて分離試験を実施した。カラム中にオリフィスを設けたものの方が、設けのないものに比べてやや広い風速範囲で高い選別効率を示した。ジルコニアと同じ大きさの $300\mu\text{m}\sim 355\mu\text{m}$ のガラスビーズを用いると、ジルコニアとの選別は容易になるが、この場合、ストレートカラムとオリフィスを設けたカラムとでは、ほとんど差は見られなかった。扁平粒子として銅とアルミの直径 $3\sim 9\text{mm}$ の円盤を用いて試験を行った場合、オリフィスの効果が著しいことが確かめられており、微粒子においても粒子の形状が球形から隔たるに従って、オリフィスの効果がより顕著になるのではないかとと思われる。

マイクロジグでは、 $10\sim 50\mu\text{m}$ の粒度幅を持つ粒子群を、篩い分けすることなく比重分離することを目的としている。加振力 49N の小型加振機により水を脈動させ

た場合に、比重4.2及び比重2.5の球形ガラスビーズの運動を解析し、両者を比重分離できる粒度幅の限界を検討した。比重差1.7の粒子群の場合、 $50\mu\text{m}$ の低比重粒子と $34\mu\text{m}$ の高比重粒子は同じ速度で沈降するため、通常の沈降では $34\sim 50\mu\text{m}$ 以内の粒度幅を持つ粒子群しか比重分離できない。マイクロジグ試験装置を用いた解析の結果、水に一定以上の振動加速度の振動を付与することにより、粒度幅が拡大することを実験的に初めて証明した。粒度幅は概ね振動加速度の増大とともに拡大される。現有の小型加振機では $30\sim 50\mu\text{m}$ 粒子の比重分離が可能で、 $50\mu\text{m}$ 粒子を基準とすると、適用粒度幅が25%拡大したことになる。大型加振機（ 1000N 以上）により高加速度振動を付与できれば、さらなる粒度範囲の拡大が可能であると予想される。

油水分離では、感温性分子を平板に固定したモデル表面を作成し、その感温性表面がどのように油微粒子を捕捉あるいは放出するかを定量的に把握するため、油滴とモデル表面に働く力（相互作用力）を走査プローブ顕微鏡により直接測定した。その結果、感温性分子としてN-イソプロピルアクリルアミドを固定したモデル表面と油滴間では、 25°C においては、反発力が、 40°C においては引力が働くことが確認された。これは、感温性表面が 40°C において油滴を引きつけ、 25°C においては放出することを示している。また、N-イソプロピルアクリルアミドを、架橋剤であるメチレンビスアクリルアミドで架橋し、網目構造をもたせて固定した表面では、反発力、付着力がともに顕著になることが判明した。この構造を持つ分子を表面に固定した油水分離材は、十分な油水分離能力を持つことが期待される。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】気流選別、マイクロジグ、感温性表面

【テーマ題目5】有価金属回収技術の高度化（運営費交付金、環境省公害防止特別研究）

【研究代表者】田中 幹也（環境調和技術研究部門金属回収グループ）

【研究担当者】田中 幹也、品川 俊一、小山 和也（職員3名、他1名）

【研究内容】

無電解ニッケルめっきは、電子部品、精密機械部品などの生産に欠かせない表面処理技術であるが、その使用済み浴は、わが国で年に12万トン程度排出され、ほとんどがスラッジ化により処理され、各種成分は回収されることなく廃棄されている。しかし、スラッジ処分場の確保が非常に困難であることを考えれば、排出物・廃棄物抑制型の新しい廃液処理プロセスの開発が必要である。本研究は、溶媒抽出法を利用した使用済み浴の処理プロセスを開発することを目的としている。

すでに、使用済み弱酸性無電解ニッケルめっき浴からニッケルを分離回収するために、キレート抽出剤である

LIX84I を用いたプロセスを提案した。しかし、抽出および逆抽出の速度が十分でないために、連続操作を行った際には十分な回収率を得られないことが予想された。そこで本年度は、LIX84I を含む有機相に、別種の抽出剤を少量添加することにより、ニッケルの抽出および逆抽出速度を改善することを検討した。実験には、使用済みめっき浴のモデル液を用い、縦型シェーカーによる振とう操作により抽出および逆抽出の速度を評価した。

実験の結果、20vol%LIX84I 単独使用では、40分間振とうしても平衡に到達しなかった。また、カルボン酸系抽出剤である VA10や α -ヒドロキシオキシムである LIX63を加えると抽出速度はわずかに向上するが、それでも40分振とうしても平衡に到達しなかった。これらに対して、酸性有機リン抽出剤である D2EHPA を2vol%加えた場合、抽出速度が大きく改善され、振とう開始後10分でほぼ平衡に到達した。各種の酸性有機リン化合物(D2EHPA、PC88A、Cyanex272)を添加したとき、抽出速度の向上は、D2EHPA と PC88A の方が、Cyanex272よりも大きかった。D2EHPA と PC88A の間では、違いが認められなかった。LIX84I を単独で使用したとき、および2vol%の酸性有機リン化合物を添加したときの、振とう時間と1kmol/m³の硫酸によるニッケルの逆抽出率の関係を調べたところ、LIX84I 単独使用の場合は、逆抽出率が100%に達するのに60~70分必要であったのに対し、酸性有機リン化合物を添加すると逆抽出速度が向上した。加速の程度は、D2EHPA>PC88A>Cyanex272であり、D2EHPA が最も大きかった。D2EHPA を用いることにより、逆抽出率が100%に達するまでの時間を2.5分に短縮することができた。このように、LIX84I に少量の酸性有機リン化合物、特にD2EHPA や PC88A を加えると、弱酸性溶液からのニッケルの抽出速度および有機相からの逆抽出速度が大きく改善されることがわかった。

以上の検討に加え、溶媒抽出法で使用される抽出試薬を油吸収材に含浸させた溶媒含浸材による、無電解ニッケルめっき操作に伴って排出される洗浄排水中のニッケルの除去についても検討した。ポリエチレンおよびポリプロピレン製の熱融着繊維から成るシート状の油吸収材(九州フィルター工業製、KFO Mat P-185)(KFO)およびカボック繊維から成るシート状の油吸収剤(カクイ製、オイルキャッチャーKT-65)(OC)を溶媒含浸用の基材として使用した。比較のために、Rohm and Haas社製の多孔性樹脂 Amberlite XAD7HP も基材として使用した。これら基材と、所定濃度の D2EHPA または LIX860エタノール溶液とを一晩混合した後、ろ過により分離し、水でよく洗浄し、80℃の乾燥器中で一晩乾燥させ、溶媒含浸材を調製した。実際の使用済み浴を適宜希釈してモデル洗浄排水として用いた。まず各種の含浸材によるニッケルの除去速度を調べた。その結果除去速度は、D2EHPA および LIX860のどちらを使用した場合

も、OC>>KFO>>XAD7HP であり OC が最も大きかった。次に平衡状態におけるニッケル除去率と pH の関係を調べた。どの含浸材を用いても、pH 調節を行わずに90%以上のニッケルが除去できることがわかった。いったん溶媒含浸材に捕捉されたニッケルは、鉍酸に容易に溶離できることもわかった。さらに除去-溶離操作を繰り返しても、少なくとも5サイクルまでは、LIX860-OC 以外は、除去率を大きく損なうことなく使用できることも明らかとなった。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 無電解ニッケルめっき、溶媒抽出、含浸繊維

[テーマ題目6] 環境調和型化学プロセスの設計と分離膜の創製(運営費交付金、経済産業省委託費、NEDO 委託)

[研究代表者] 原谷 賢治(環境調和技術研究部門膜分離プロセスグループ)

[研究担当者] 原谷 賢治、溝口 敬信、藤原 一郎、内丸 祐子、須田 洋幸、柳下 宏、池上 徹、根岸 秀之(職員8名、他3名)

[研究内容]

1) 新規分離膜の創製研究

膜分離法の採用により大幅な省エネ効果が見込める新規分野へ適用するための新たな分離膜の創製研究を行う。具体的なターゲットは、(1)空気分離膜(空気からの酸素分離膜)、(2)耐熱性水素分離膜、(3)石油成分分離膜、そして温室効果ガスの分離膜である。H14年度は、(1)に関しては、酸素の高分離性をねらった金属含有分子ふるい炭素膜の作製および高透過性を目指したケイ素系有機高分子の分子設計を行うことを目的とした。O₂分離性能が優れる分子ふるい炭素膜に金属元素を導入し分子レベルの空孔を形成してO₂透過の高速化を図ることを試みた。炭素前駆体ポリマーとして PPO(ポリフェニレンオキシド)を用い、スルホン酸 PPO(H-SPPO)を調整し、イオン交換により金属イオンを導入した M-SPPO 中空糸膜を作成した。得られた M-SPPO 膜は乾燥の後、真空下で焼成し金属含有炭素膜を得た。一価と二価の金属を導入した炭素膜において、分離性をあまり損なうことなく O₂透過性を4乗の幅でコントロールできた。O₂高透過性空気分離膜を目指して、主鎖がシロキサンと嵩高いピナフタレンからなる共重合体である新規なポリマーを合成した(Mn=7,500~23,000の共重合体)。ポリジメチルシロキサンに比較して O₂透過係数がやや減少し、O₂/N₂分離性が向上した。嵩高いピナフタレン骨格の導入による透過性の向上は見られなかったが、ポリマー鎖の熱運動が抑制されてふるい効果が強調され分離性が上昇した。

(2)に関しては炭化ケイ素膜の開発のために、前駆

体高分子の架橋構造とセラミックス収率の関係を検討することを目的とした。前駆体のシラン系高分子へ不飽和炭化水素系架橋剤によるヒドロシリル化架橋を行うことにより、セラミックス収率が20%から80%へ大幅に向上することや製膜性が改善することを見いだした。

(3)に関しては Ag イオン型およびプロトン型ナフィオン膜のオレフィン促進輸送機構を解明することを目的とした。銀イオン交換ナフィオン膜の C₂および C₃オレフィン/パラフィンの透過、分離機構を明らかにした。オレフィン/パラフィンの分離係数は単一ガスでは C₂で7~13、C₃では17~50が期待されるが実際の混合ガス系では、C₂≒7、C₃≒14~16であった。これは大きな溶解量のオレフィンガスがポリマーを可塑化して拡散性の増加をもたらし、他方のパラフィンガスの透過性も増加するためである。

2) プロセス化の検討

実用化可能な性能レベルをクリアしている膜に関して、応用プロセスの設計・検討や実用型膜の作製法の研究を行う。具体的には、(1)発酵エタノールの浸透気化膜分離法の開発と(2)膜による有機蒸気の排出抑制と再資源化を検討する。

平成14年度は、(1)に関しては、シリカライト膜の工業的な生産化を目指して、短時間でかつ再現性良く高性能のシリカライト膜を作製する方法を検討するために、基板に種結晶を塗布して水熱合成する方法を検討した。まず、種結晶の相互成長を促す製膜液の条件の探索を行い、種々の組成の製膜液を用いてシリカライト膜の作製を検討した結果、製膜液である水性ゲル混合物中の TPABr が非常に低い濃度である必要がある事が分かった。次に種結晶の大きさおよび形状がシリカライト膜形成に及ぼす影響について検討した。粒径が12 μm の種結晶を用いた時に得られたシリカライト膜は透過流束0.31kg/m²・h、分離係数23.4と高い浸透気化性能を示したが、結晶がそれ以上に大きくても小さくても、また大きさが不均一でも形成されるシリカライト膜の性能は低かった。粒径12 μm の種結晶を用いてさらに詳細な製膜条件を検討している。

(2)に関しては、有機蒸気やフッ素系ガスなどの実用型高性能分離膜の製法研究を行うとともに、それらの高効率分離プロセスの設計研究を検討した。温暖化係数の非常に大きい PFC (Perfluoro compound) ガスの分離・回収に適した分離膜の製法研究を開始した。また、揮発性有機蒸気 (VOC) の膜による分離・回収に関しては、昨年その優位性を明らかにした VOC 透過型膜 (シリコン膜) による循環流分離プロセスの膜の部分を、VOC 排除型膜 (分子ふるい炭素膜) と VOC 透過型膜を直列につなぐ配置にすることにより、低濃度 VOC への対応や100%に近い回収率の達成など、対応範囲の広い分離プロセスが設計できることを

明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】省エネルギー膜分離プロセス、水素分離、バイオエタノール分離

【テーマ題目7】生体系機能材料に関する研究 (運営費交付金)

【研究代表者】北本 大 (環境調和技術研究部門グリーンプロセスグループ)

【研究担当者】北本 大 (職員1名)

【研究内容】

本研究では、生体素材を活用して、優れた機能性と環境適合性を有するバイオサーファクタント (生体型界面活性剤) 等のエコマテリアルの創製とその機能化を目指して、研究開発を行った。

近年、生物を利用した環境浄化や処理法は、環境調和性が高い技術として注目されているが、未解決の課題が多く未だ実用的段階には至っていない。特に、我が国においては、土壌汚染や有機性廃棄物の効果的な処理技術の確立は、埋立て地等からの強力な温室効果ガス (メタン) の発生抑制やバイオマスの循環利用のためにも急務の課題である。これらの生物利用技術では、実際の環境中で、いかにして「分解者 (微生物) と標的 (分解対象物) との接触」を促進するかが最大のポイントとなる (例えば、微生物の分解能をいくら引き上げても、土壌中ではこの「接触」が制限されるため、分解反応の速度は著しく低下してしまう)。そこで本研究では、「両者の仲介者=界面活性剤」の効果的な利用を考え、従来の生物反応に新しい物理化学的手法を統合させることにより、この問題のブレークスルーを目指した。

具体的には、バイオサーファクタント (生体由来の界面活性物質) の優れた界面特性を利用して、環境中での微生物の「移動」や、土壌等に強く吸着された汚染物質の「洗い出し」(バイオマスや畜産廃棄物に対しては、その「分散・可溶化」) を促進し、両者の「接触」を物理的に増強することにより、反応・分解処理速度、利用速度の飛躍的な向上を目指した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマテリアル、バイオサーファクタント、土壌汚染、有機性廃棄物

【テーマ題目8】革新的熱利用プロセスの設計・開拓 (運営費交付金、経済産業省委託、NEDO 委託、戦略的創造研究推進事業等)

【研究代表者】中岩 勝 (環境調和技術研究部門熱利用化学システムグループ)

【研究担当者】中岩 勝、秋谷 鷹二、大森 隆夫、遠藤 明、山本 拓司 (職員5名、他4名)

【研究内容】

本研究は、エネルギー材料の創成と応用に関する研究

と省エネルギープロセスの解析とシステム化に関する研究により構成される。まず、エネルギー材料の創成と応用に関する研究では、低温排熱で冷熱を発生させることを目的として新規シリカゲル系多孔質材料の探索を開始した。新規合成手法として溶媒揮発法を採用して合成した多孔質材料の吸着材としての可能性を評価するために、冷熱発生を可能とする作動媒体としてメタノールおよび水蒸気を選定し、材料の細孔構造と吸着特性の関係を検討した。細孔径1.4~2.8nm の新規シリカゲルの水蒸気吸脱着等温線によれば、細孔径により吸着が起こる相対圧を制御可能であり、十分に冷凍や空調に利用する冷熱の発生が可能な特性を持っていることが示唆された。溶媒揮発法によるメソポーラスシリカの形成とその構造最適化により、7℃の冷熱発生を想定すると、現在までのところ、現状世界最高水準である蓄熱密度700kJ/kg を達成できたと考えている。また、この様にして発生させた冷熱を高効率に輸送する技術の開発を目的として、氷スラリーによる冷熱輸送技術を提案し、一番の課題である氷粒子の凝集防止にバイオサーファクタントの添加が有効であることを世界に先駆けて明らかにした。これらの研究開発の一環として、IEA の改良型ヒートポンプ実施協定執行委員会に政府代表代理として出席し、関連技術情報の紹介に努めた。またシリカとは異なる材料系として、圧カスイング吸着 (PSA) あるいは温度スイング吸着 (TSA) 用の気体分離材として適したナノスケールの細孔構造を有するカーボンプライオゲル微粒子の作製に成功した。具体的には、レゾルシノールとホルムアルデヒドを出発物質とする逆相乳化重合によって合成した有機湿潤ゲルを凍結乾燥し不活性雰囲気中で炭化して得られるカーボンプライオゲル微粒子の表面に存在する“ウルトラマイクロ孔”の孔径を、乳化条件・炭化条件を変えることで0.33~0.50nm の範囲で制御する方法を確立した。また、微粒子の細孔特性が窒素・酸素などの気体分子の選択的吸着性に及ぼす影響を検討した結果、酸素分子の吸着速度は窒素分子の吸着速度に比較して10倍以上迅速であることが判明し、速度差分離型の吸着材として優れた性能を有していることを実証した。また酸素吸着特性の温度依存性を検討し、温度操作を用いても吸着量を制御可能であることを示した。

省エネルギープロセスの解析とシステム化に関する研究では、まず、コプロダクションによるエネルギー・物質生産システムに関して、コプロダクションのプロセス設計手法等の確立を目的に、ヒートポンプ機能をもつ熱回収型の化学プロセスの熱回収と物質生産の効率の関係をエクセルギー概念等により解析する手法について検討した。また、高効率高温水素分離膜の開発に関して、水素生成と水素分離を一体的に行う膜反応器設計の支援技術の一環として、反応器形式や操作法の選定・最適化のために必要となるシミュレーターを作成し、種々の条件での定常挙動を明らかにした。さらに、この系に時間的

周期操作を加えた場合に、系の動的挙動と反応成績の関係について検討した。さらに内部熱交換型蒸留塔 (HIDiC) の応用と実用化に関する研究に関して、従来の蒸留塔では運転上最も重要な因子である外部還流を用いずに操作する制御方式を検討し、多成分系において省エネルギー性を確保しつつ安定な連続運転を可能とする操作・制御技術の基本方式を明らかにした。これに関連してオランダ・デルフト工科大学との国際共同研究が採択された。HIDiC の実用化を目指した基盤研究に関しては、平成14年度開始の地球温暖化防止エネルギー対策プログラムにおける「内部熱交換による省エネ蒸留技術開発 (H14-H17)」を提案し、中核機関として研究を開始した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】省エネルギー、吸着、蒸留、反応工学、メソポーラスシリカ、カーボングル、ナノテクノロジー、内部熱交換型蒸留、水素分離膜、気体分離、調湿空調

【テーマ題目9】超臨界流体を利用する材料合成法の開拓 (運営費交付金、経済産業省委託費)

【研究代表者】大竹 勝人 (環境調和技術研究部門高压流体プロセスグループ)

【研究担当者】大竹 勝人、菅田 孟、中澤 宣明、依田 智、竹林 良宏 (職員5名、他1名)

【研究内容】

環境に有害な有機溶媒の使用を抑制するために、有機溶媒フリーの新しい化学プロセスの開発を行うことを目的とする。

二酸化炭素や水は超臨界状態を含む高温高压状態下で通常の溶媒にない種々の特性を有している。本研究では、これらの特性を生かして、年間500万トン以上生産されている有機溶媒の使用量の削減に貢献する、環境調和型化学プロセスの開発を長期目的とする。そのために、中期目標として現在当グループが所有する種々のシーズ技術を元にした企業との共同研究などを進めるとともに、研究遂行の上で必要な基礎物性の蓄積、シーズ技術の探索を行う。当研究グループでは、基礎物性の蓄積と応用技術の開発を通して、世界的に通用する研究を行うことを目指している。

今年度は、超臨界流体を利用したリポソーム調製法の開発、有機無機複合材料の新規合成・構造制御法の開発 (膜分離グループとの共同研究)、高温高压流体中でのエン反応を利用した新たな化合物の調製プロセスの開発を行った。

リポソーム調製法の開発では、前年度に開発した、人体・環境に有害な有機溶媒の代わりに超臨界二酸化炭素を用いるリポソームのバッチ式生調整法の連続化を行った。種々の連続化法を検討したが、リポソームの形成過程が減圧過程に於ける相の反転を含むものと推察される

ことから、最終的に圧力調整が比較的簡単に行える気相抜き出し型の半連続バッチ法を選択し、プロセス開発を行った。その結果、条件にもよるが連続型装置を用いてもバッチ型と同程度のリポソームが形成されるプロセスの開発に成功した。連続化により、リポソーム形成のために要する時間は前年度の2時間程度から20分程度となり、短時間に効率よくリポソームを形成することが可能となった。

有機無機複合材料の新規合成・構造制御法の開発では、拡散性や溶解性に優れた超臨界二酸化炭素に金属錯体を溶解して高分子膜に含浸し、炭素膜の前駆体としての微粒子分散ポリマー膜の調整を試みた。金属錯体として白金のアセチルアセトン錯体 (Pt(II)(acac)₂) を用い、ポリイミド膜含浸して熱分解する手法により、10nm 程度の Pt 微粒子が高分散したポリイミド膜を調製することができた。作成した膜から焼成した炭素膜の水素/窒素分離性能は、未処理膜に比べ20倍程度増加した。

エン反応を利用した新たな化合物の調製プロセスの開発では、アリルベンゼンとマレイミドの間のエン反応を検討した。反応溶媒として高温高压のエタノールを用いることにより、従来法では24時間で収率10%程度であったものが、1/3の反応時間で、4倍以上の収率を得ることができた。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 高温高压流体、超臨界流体、代替溶媒、環境調和化学プロセス

【テーマ題目10】 ハロゲンフリー化学の研究開発（運営費交付金、産総研委託費）

【研究代表者】 林 輝幸（環境調和技術研究部門グリーンケミストリーグループ）

【研究担当者】 林 輝幸、小林 敏明、大内秋比古、清水 政男、魚住 俊也（職員5名、他3名）

【研究内容】

1) 研究目的

ハロゲンは安価で反応性が高く、化学工業で多用されているが、有機ハロゲン化合物の毒性や、焼却時にダイオキシンの発生原因となることから、その代替が広く求められている。本研究では、ハロゲンや有機ハロゲン化合物を用いるファインケミカルズ合成反応、亜塩素酸ナトリウムを用いるセルロース系天然高分子材料の漂白法、臭素系化合物を用いる高分子難燃化法について、ハロゲン（化合物）を用いない方法の開発を目指す。

2) 研究手段・方法論

ファインケミカルズ合成では、有機ハロゲン化合物を用いない反応経路や、非ハロゲン系の脱離基の開発を行う。セルロース系天然高分子材料の漂白においては、非ハロゲン系の薬剤と光照射を組み合わせた、新しい

漂白技術を開発する。非臭素系難燃化技術の開発では、ポリカーボネートやABS樹脂に有効な新しい難燃剤、難燃化技術の開発を行う。

3) 年度進捗

窒素-硫黄結合を有する複素環化合物である N-置換 1,2-ベンゾイソチアゾリン-3-オン類は、抗菌剤等の生理活性物質として注目されているが、従来、塩素由来の塩化スルフェニル化合物を用いて合成されている。本研究では、塩化スルフェニル化合物を用いない合成法の検討を進め、スルフェンアミド類から、S-複素環置換2-メルカプト安息香酸エステル類を合成した。このものはアミン類と反応して高収率で N-置換2-スルフェンアミド安息香酸エステルを与え、アルカリ条件で目的物となる。脱離した複素環置換基はほぼ定量的に回収することができた。

綿布の漂白には酸化漂白と還元漂白があるが、現在多くの場合亜塩素酸ナトリウムを用いる長時間の高温処理により行われている。綿布の酸化漂白を、過炭酸ナトリウム、過酸化水素、過酸化ナトリウム等種々の酸化剤を用いて、室温で、各種エキシマレーザーを照射して行い、酸化剤と波長等の効果を調べた結果、酸化剤としては過炭酸ナトリウムが最も有効で、エキシマレーザーは $XeCl > XeF > KrF$ の順に効果が高かった。この方法で、従来の塩素系漂白剤を用いた長時間の高温処理と同等以上の漂白効果が得られることがわかった。

一方、綿布中の着色物質の構造は不明であるが、植物性色素に多い骨格を持つモデル化合物を用い、昨年度検討した水素化ホウ素ナトリウムを用いる光還元漂白反応の機構を検討した結果、着色物質に存在するπ電子共役系への水素移動により共役系の切断が起こっていることが示唆された。

ABS樹脂は、非臭素系の難燃剤を混合して用いても、高い難燃性は実現できないと考えられている。本研究では、ケイ素化合物をABS合成過程の途中で化学結合させた新たなABS樹脂を合成した。このものは、UL-94法で試験片を水平にして炎を当てた場合、通常のABS樹脂や対応するケイ素化合物を混合したABS樹脂に比較して、燃焼速度低下と、液化したポリマーが炎を上げて落下する「ドリップ」の量の減少を示した。

一方、現在非臭素系難燃剤の主流であるリン系難燃剤は、その加水分解性が問題となっていた。本研究では、ポリカーボネート用難燃剤として、揮発性や加水分解性の低いリン化合物の探索を行い、P-P結合を有する化合物が、5wt%でも、試験片を垂直にして炎を当てた場合でも途中で消炎する、V-0の難燃効果を示すことを見出した。一方、これまで不明であったリン系化合物とポリカーボネートの加工温度（240℃）における相互作用について検討した結果、トリフェニル

ホスフィンオキサイドでは、ポリマーの分解により分子量が大きく低下することが明らかになった。

P-P 結合を有する化合物は、ポリスチレンに対しても有効であり、10Wt%の添加量で、試験片を水平にして炎を当てた場合途中で消炎する HB レベルの難燃性を示した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 複素環化合物合成、光漂白、難燃剤、ポリカーボネート、ABS

[テーマ題目11] グリーン触媒プロセス（運営費交付金、産総研委託費、NEDO 次世代化学プロセス技術開発）

[研究代表者] 林 輝幸（環境調和技術研究部門グリーンケミストリーグループ）

[研究担当者] 林 輝幸、畠中 康夫、佐藤 一彦、島田 茂（職員4名、他7名）

[研究内容]

1) 研究目的

グリーンケミストリーの構築のためには、多くの化学反応、特にファインケミカルズやスペシャルティケミカルズの合成手段を、触媒を用い、余計な副生物を出さない、毒性の低い反応剤を用いる反応系に代えていく必要がある。そのための触媒系、反応系、溶媒系の開発を目指す。

2) 研究手段、方法論

我々は、このような観点から、過酸化水素酸化反応、フリーデルクラフツ反応、アミン類の付加反応等の触媒反応の開発、新規触媒の開発を行う。また、毒性の低いカップリング反応剤の開発等も検討する。一方、イオン性液体を用いて、触媒反応系からの生成物分離の簡略化、触媒・溶媒系の再使用等を図る。

3) 年度進捗

過酸化水素を用いる酸化反応については、アジピン酸合成に有効な触媒系の検討を行った。シクロヘキセンからのアジピン酸合成に関しては、相関移動触媒の検討を行い、硫酸水素メチルトリオクチルアンモニウムのアニオン部、カチオン部を代えて検討したが、顕著な触媒活性の向上は認められなかった。シクロヘキサノール、シクロヘキサノンからのアジピン酸合成に関しては、前周期遷移金属酸化物やそのオキシ酸について検討し、無溶媒条件下で有望な触媒系を見出しつつある。また、別のアジピン酸合成中間体であるシクロヘキサジオールからのシクロヘキセンからの合成に、高分子スルホン酸触媒が有効なことを見出した。

フリーデルクラフツアシル化反応は芳香族ケトンの合成法として重要であるが、従来法は原料である酸塩化物の製造およびアシル化反応の際に大量の腐食性・毒性化合物が副生するとともに過剰量の酸を反応促進剤として必要とした。一方、酸塩化物の原料であるカ

ルボン酸を直接アシル化剤として用いる方法は、副生物を水のみとすることができる理想的な反応である。

この反応に対して、新規ルイス酸触媒である $\text{Eu}[\text{N}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_2]_3$ がかなりの活性を示すことを見出した。これまで知られている触媒と比べて適用範囲が広く、最高の活性を示した。また、触媒の再利用も可能であった。

また、医薬品の合成中間体として重要なテトラロン類の合成法として分子内のフリーデルクラフツアシル化反応を検討した。4-フェニル酪酸の脱水環化反応を 1mol% の $\text{Bi}[\text{N}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_2]_3$ を触媒として 180°C で行うと定量的に 1-テトラロンが得られることを見出した。この触媒は、従来の溶媒量の酸を用いる方法では製造が困難な低反応性基質に対しても有効であった。

一方、前年度までに開発した回収再利用が可能なクロスカップリング反応剤である超原子価有機ビスマス化合物アザビスモシンの、より安価な原料を用いる大量合成法を開発した。

オレフィンのオリゴマー化は潤滑油の製造等に用いられているが、従来は腐食性の酸触媒を用いる必要があった。本研究では、低配位性対アニオンであるテトラキス（ペンタフルオロフェニル）ボレートアニオンを有するプレンステッド酸として、2mol% の $[\text{H}(\text{OEt})_2]_2^+[\text{B}(\text{C}_6\text{F}_5)_4]^-$ を触媒として用いたところ、転化率 94% の高収率で 3 量体から 5 量体のオリゴマーを選択率 85% で得た。

金錯体 $\text{Ph}_3\text{PAuCH}_3$ と酸触媒との組み合わせた触媒系が、アセチレンの水和に極めて有効なことを見出しているが、この系がアニリン類のアセチレン類への付加反応にも有効であり、無溶媒で定量的にシッフ塩基類を与えること、フェニルヒドラジンの場合には、フィッシャーのインドール合成の中間体であるフェニルヒドラゾンを与えることを見出した。

一方、ルテニウム触媒を用いるアルコールの過酸化水素酸化によるカルボニル化合物の合成反応において、イオン性液体を用いることにより生成物分離が容易となり、触媒再使用が可能となることが明らかになった。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] グリーンケミストリー、錯体触媒、相間移動触媒、酸触媒、イオン性液体

[テーマ題目12] 環境調和型機能材料（運営費交付金、原子力試験研究）

[研究代表者] 林 輝幸（環境調和技術研究部門グリーンケミストリーグループ）

[研究担当者] 林 輝幸、大内秋比古、韓 立彪（職員3名、他1名）

[研究内容]

1) 研究目的

核廃棄物の再処理や回収を効率化し、原子力利用の

安全性と効率性を高めるために、金属抽出能力、選択抽出能力の高い金属抽出剤を開発する。また、毒性の高い揮発性有機金属化合物の高温熱分解による金属薄膜の製造プロセスに代わり、光反応性の高い難揮発性有機金属化合物と光照射を用いる省エネルギー型室温プロセスを開発する。

2) 研究手段・方法論

当グループでこれまで開発したヘテロ元素系化合物の合成技術を含む種々の合成技術を用いて、種々の有機リン化合物やカルボニル化合物を合成し、希土類金属に対する抽出能を検討する。化学構造を変えることにより、難揮発性有機金属化合物の光反応性を高める方法、及び最適な光照射手法の開発を行う。

3) 年度進捗

金属抽出剤については、複官能性の五価有機リン化合物である N, N'-ビスホスホノアルカンジアミン化合物が、硝酸酸性溶液中の La³⁺イオン及び Eu³⁺イオンを効率よく有機相に抽出すること、特に、N, N'-ビスホスホノエチレンジアミン化合物がランタノイドの選択的な抽出に有効なことを見出した。また、種々のピリジン・N-オキシド化合物、マロン酸アミド化合物を合成して抽出能を検討した結果、長鎖アルキル基を有する一部のマロン酸アミド類が、低い酸性度領域で La³⁺イオン及び Eu³⁺イオンに対する極めて高い抽出力を示すことを見出した。

薄膜製造プロセスについては、II-VI属半導体の原料として用いられている有機セレン化合物についての検討を行った。従来は毒性が高く揮発性のジメチルセレン等を用いる高温熱分解によりセレン原子の発生が行われていたが、光反応性を高める官能基を持つ難揮発性有機セレン化合物としてペンチルフェニルセレニドを合成し、炭化水素系溶液中での光反応を、KrFエキシマレーザーを用いて室温で行った。その結果、合成した難揮発性有機金属化合物の光反応性は高く、約7パルスの KrF エキシマレーザー照射によりほぼ全量が分解することが判った。また、より高い効率で金属を遊離させるために、反応機構に関する検討として生成物の分析も行い、ペンタン、1-ペンテン、デカン、ジフェニルジセレニド等の生成を確認した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 有機リン化合物、ホスホン酸アミド、ホスフィン酸アミド、マロン酸アミド、金属抽出、選択抽出、省エネルギー、有機金属化合物、光分解反応

[テーマ題目13] コンビナトリアル触媒探索手法の研究 (運営費交付金)

[研究代表者] 佐々木義之 (環境調和技術研究部門触媒探索グループ)

[研究担当者] 佐々木義之、伊藤 建彦、佐々木 基

(職員3名)

[研究内容]

実験室では粉体で用いることが多い触媒担体は自動化する上で取り扱いが困難である。そこで担体を粒子化したあと活性成分をつける含浸触媒として多種自動調製する方法の開発に着手している。前年度に引き続き効果的な基本方法及び装置の具現化について検討し、各工程での要素技術を明らかにしながらモデル装置の試作を行い、静電気除去や溶液の分配にいくつかの問題は残っているが一応稼動する装置を作成した。また、含浸法以外の調製法についても要素技術を確認し、粉体の取り扱いも含め全体の将来像を検討した。

触媒評価としては含浸タイプの触媒については前年度に触媒混合物の直接調製と混合物を用いた性能評価が有効なことを明らかにしたので、この方法の高度化及び実用化の具現化を試み、シーケンスを含めた装置として特許出願した。更に共沈法などその他の調製によって作成された触媒の評価についても自動化に有効な方法を検討した。

また、データベース作成で培ったノウハウを生かし、効率的なデータの取得のための触媒調製順序の決定法、触媒反応を蓄積するのに最適なデータベース構造の開発や効率的なデータ検索利用方法の開発を行った。薄膜を用いた迅速触媒探索法の開発に関しては、限られた条件ではあるが、系統的にモデル触媒が探索できる系があることを見出した。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] 触媒調製、コンビナトリアル探索、ファクトデータベース

[テーマ題目14] コンビナトリアル手法を用いた光機能性金属錯体の迅速探索技術 (運営費交付金)

[研究代表者] 佐々木義之 (環境調和技術研究部門触媒探索グループ)

[研究担当者] 佐々木義之、今野 英雄 (職員2名)

[研究内容]

光デバイスや光触媒等に用いられる光機能性材料の迅速探索を目指し、平成13年度に得られた基礎的知見のもとに、マイクロ波による光機能性金属錯体のコンビナトリアル合成に本格的に取り組んだ。本探索手法の適応範囲を広く探索するために、様々な基質を検討し、本手法が有機 EL 用発光材料の迅速探索に有効であることを明らかにした。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] 金属錯体、コンビナトリアル探索、グリーンケミストリー、光機能性材料、マイクロ波

[テーマ題目15] 次世代燃焼排ガス浄化触媒の探索 (運

営費交付金)

〔研究代表者〕 浜田 秀昭 (環境調和技術研究部門触媒設計グループ)

〔研究担当者〕 浜田 秀昭、金田一嘉昭、菊川 伸行、羽田 政明、藤谷 忠博、中村 功 (職員6名、他4名)

〔研究内容〕

本研究では、NO_x 問題を抜本的に解決するための新規 NO_x 除去触媒技術開発の目途をつけることを目標とする。特に、理想的な技術であるが実用触媒開発の目処が立っていない NO 直接分解について、実用化へのブレークスルーを図り、共存酸素濃度1%以上の条件下で分解率50%以上の触媒を見出す。また、還元剤を使用する NO 還元法についても、ディーゼルやボイラー排ガス等の実排ガス条件下において NO_x を50%以上低減できる触媒を見出す。本研究では、従来世界的にもほとんど試みられていない表面科学的手法を実用触媒開発へ応用する試みを NO 除去触媒を例にとり行うことを特徴としており、この新しい方法論を開拓することも大きな研究目標である。なお、当研究グループは、炭化水素による選択還元触媒に関して世界で最初にアルミナ等の酸化物系触媒を見出した実績があり、その後も一貫して NO_x 研究を続けてきている。

1) NO 直接分解触媒の研究

① 表面科学的手法によるアプローチ

NO 解離活性のある金属として Pd を選定し、Pd 単結晶表面に Zr を蒸着して NO 分解反応に対する効果を検討した。蒸着した Zr の酸化還元挙動を XPS により調べたところ、蒸着した Zr は ZrO₂ となっているが、823K で加熱処理を行うと、分解し Zr 金属になることが明らかになった。次に、Zr を利用することで、NO 解離により生成した酸素を脱離させることが可能かどうかを検討した。高い NO 解離能を持つ Pd (311) 表面に Zr を蒸着した場合、NO 解離活性は Zr の被覆率にほとんど影響されなかった。一方、Zr は NO 分解で生成する解離酸素により酸化されて ZrO_x を形成した。その後、表面を高温で加熱すると ZrO_x は金属 Zr に分解された。このように、NO 分解によって生成した解離酸素を表面から脱離させることができ、金属と金属酸化物の組み合わせにより耐酸素表面の設計が可能であることを見いだした。

② 触媒化学的手法によるアプローチ

各種触媒上での NO 分解反応に対する共存酸素の影響を調べた。その結果、貴金属触媒では酸素に対する反応次数は約-1次であった。一方、酸化コバルト系触媒の場合、反応次数は約-0.5次と小さく、酸素阻害程度が低かった。この値は高活性触媒である Cu-ZSM-5 とほぼ同じであった。次に、NO 分解活性の向上を目的として、酸化コバルトに対する

種々の添加物の効果を調べた。酸素脱離促進を期待した銀や金の添加は大きな効果はなかったが、ナトリウムが存在が活性に大きく影響し、ある特定のナトリウム量で NO 分解活性が最大となることが明らかとなった。また、他のアルカリ金属やアルカリ土類金属も活性を向上させることを見出した。

2) NO 選択還元触媒の探索・開拓

① 炭化水素による選択還元

デカンを還元とする NO 選択還元反応に対して銀担持アルミナに微量 Rh を添加すると、低濃度 SO₂ 共存下で活性が大きく向上することを見出した。触媒の調製に当たっては、Ag→Rh の順で担持した触媒が Rh→Ag の順で担持した触媒や同時担持触媒よりも高い活性を示した。Rh の効果の要因を調べるため、反応中の触媒表面吸着種の挙動を FT-IR により観察したところ、Rh が反応中間体である NCO 種の生成を促進する効果を有することが明らかとなった。

② 水素による選択還元

水素による NO 選択還元反応において、Ir/SiO₂ 以外に Rh/SiO₂ も高い活性を示すことが判明した。本触媒反応系の大きな特徴は、O₂ と SO₂ の両者の存在で NO 還元が大きく促進される点である。FT-IR による触媒吸着種の観察から、NO 還元は NH_x 種を経由して進行すること、また、SO₂ 単独では活性点に吸着して NO 吸着を阻害するが、酸素共存下では SO₂ が酸化されて Rh-SO₃ が形成されることで NO 吸着が可能となることが判明した。本反応の今後の解決課題として高濃度酸素条件での NO 還元選択性の向上が挙げられる。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 窒素酸化物、分解、還元、触媒システム

〔テーマ題目16〕 シリカ系多孔体物質の開発と応用技術 (運営費交付金)

〔研究代表者〕 小菅 勝典 (環境調和技術研究部門触媒設計グループ)

〔研究担当者〕 小菅 勝典、菊川 伸行、竹森 信、 (職員3名)

〔研究内容〕

揮発性有機化合物 (VOC) を含む排ガスの浄化に有用な新規ナノ空間材料を開発するため、マイクロ構造、マクロ構造を精密に制御したシリカ系多孔体を低コスト、低環境負荷な合成条件で作製した。また、Si の一部をヘテロ原子で置換したシリカベースナノ空間材料においては、高含有量かつ高耐熱性を有する合成条件を検討した。さらに、得られたシリカ多孔体の特性評価、VOC 吸着・脱着さらには分解挙動について検討を行った。

低コストシリカ原料である珪酸ナトリウム溶液 (水ガラス) と低環境負荷な非イオン性高分子界面活性剤 (ポ

リエチレンオキシドとポリプロピレンオキシドとの共重合体)を用いて、反応物質の混合比を変化させ、反応温度20~50℃、大気圧下において、1~6時間で反応させた。所定時間経過後乾燥、焼成を行い、得られたシリカ多孔体の細孔特性を検討した。また、Siの一部を他元素で置換したり、高分散微粒子として金属元素がシリカマトリックス中に存在する高耐熱性シリカ系多孔性材料を合成するため、有機シリコン原料である Si-アルコキシドを用いて、50℃付近で均質な中間物質を経由する反応プロセスを検討し、得られた金属含有シリカ多孔性材料の細孔特性並びに金属元素の存在状態を明らかにした。

高分子界面活性剤は自己秩序形成能を有し、形成された分子集合体から、より高次の規則メソ構造体が生成することが知られている。シリカ、並びに他の元素が共存する場合にも、この規則構造体は、界面活性剤の親水性・疎水性バランスとその生成機構に基づいて、無機元素と複合化した種々の無機有機ナノ規則構造へと転化する。さらに、このミクロスケールの規則構造を数ミクロンから数百ミクロンの規則マクロ形態を持つ粒子へと成長させなければならない。その方法として、高次のナノ規則構造の構造を無機化合物に転写する、転写したものをさらにマイクロサイズで連結させる、また転写を非水溶液系で行うなど、ナノ規則構造体の構造制御と同時にその成長メカニズムを制御することが本研究のキーポイントである。

ナノおよびミクロンの異なるスケールで同時に規則構造性を有するロッド状及び繊維状シリカメソ多孔体の生成メカニズムを検討することによって、詳細な合成条件を明らかにすることができた。前者は、長さ1~2ミクロン、幅0.5ミクロンで、1次元ナノ細孔が貫通している。後者は、反応条件によって、外形寸法が制御可能で、長さ10~数百ミクロン、幅10~20ミクロンの繊維状シリカが得られる。比表面積は400~800m²/gである。また、球状シリカ多孔性材料においては、界面活性剤の親疎水性バランスによりメソ構造に差異が認められることが明らかになった。生成物はいずれも100ミクロン以上の真球状であり、比表面積は800m²/g以上で、メソポアばかりでなくマイクロポア多孔体が合成できることも分かった。また、シリカをわずかに含む結晶性アルミナ多孔体の合成に成功し、固体酸性度とメソ構造特性との関連を検討中である。さらに、これまでに合成した種々のシリカ系多孔性材料の、いずれの多孔性パラメータが、VOC吸着特性に大きな影響を及ぼすかについてモデル物質を用い評価している。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】メソポーラス、マクロ形態制御、吸着特性、VOC吸着

【テーマ題目17】高選択性酸化触媒の研究開発(運営費交付金、生活環境系特別研究体と共同研

究)

【研究代表者】春田 正毅(環境調和研究部門)

【研究担当者】テッド大山、高橋 厚、村田 和久、三村 直樹、稲葉 仁、春田 正毅(職員6名、他5名)

【研究内容】

プロピレンオキシドはポリウレタン等のプラスチック原料として重要な基幹化成品であり、現在、世界で約400万トンが生産されている。現行法では、有機過酸化物等を用いてプロピレンから二段階の工程で製造されているが、これを気相一段の酸素酸化で行うための新規触媒の開発を行う。5年後の目標として、1)実用レベルの触媒初期性能の獲得、2)新触媒材料の創製と反応機構の解明、3)触媒の長寿命化のための指針の蓄積を目指し、これら1)~3)の達成により、10%以上の省エネルギー化(原油換算30万kl(年間400万t生産として))に貢献する。

これまでの探索研究で既に見いだしている金担持酸化物系触媒と修飾ゼオライト系触媒に、新規に検討することを計画しているヘテロポリ化合物系触媒を加えた3つの触媒系に関して、プロピレンの酸素または酸素・水素混合ガスとの反応に対する活性、選択性が各々の触媒系の微細構造、表面物性等とどのような関係があるかを明らかにする。また、反応速度論的挙動、反応中の表面吸着種の解析を各々の触媒系について行い、それらのデータを比較検討することにより、実用化できる触媒性能を有する触媒系の設計・創製を行う。

気相一段エポキシ化について、金担持酸化物触媒系において、担体酸化物のメソポーラス構造の制御、表面の疎水化処理、助触媒の添加効果の検討を行い、水素・酸素共存下の反応で、選択率90%を維持しつつ、プロピレン転化率を10%近くまで向上させることができた。また一方、気相酸素のみを用いる反応系に於いて、銀を主体とした複合酸化物系で新たなエポキシ化触媒系を見出しつつある。修飾ゼオライト系では、市販のH-ZSM-5型のハイシリカゼオライト担体の代わりに、メソポーラス化合物をチタンやアルミの共存下で合成し、これらの担体上で気相酸素のみからエポキシ化が起こるを見いだした。

金担持酸化物触媒系において、初期性能ではプロピレン転化率10%、選択率90%以上の目標に近づきつつある。今後の課題として、触媒活性の長期安定性の向上が第一に挙げられる。このため触媒表面処理法や助触媒の添加効果の検討をさらに進めて行く。また、担体であるチタンシリケートが3次元多孔体構造を持つときに大きな転化率の向上が得られたので、さらに詳細に検討し、担体構造の最適化を進める計画である。一方、複合酸化物系についても、物質系を広げさらに触媒探索をすすめて行く予定である。さらに、これらの触媒系について、in situ赤外分光分析法等の手法を適用し、よりの確な触媒機能の解析を行う。これらのデータを集積してゆくことで、

触媒活性サイトに関するより分子論的な理解が深まることを期待している。

修飾ゼオライト系などの触媒を用いてプロピレンを酸素により直接酸化するためには、固体酸化物表面上の酸性的性質を制御することにより反応が進行することを確認した。しかし同時に、修飾ゼオライト系のみでは PO 収率、選択率及び空時収率の飛躍的向上は期待できないことも併せて明らかになったので、第2の添加物効果の検討、反応方法の工夫などを行うことで、触媒性能の向上を目指す。

【分野名】エネルギー・環境

【キーワード】プロピレンオキシド、金担持酸化物触媒、修飾ゼオライト、複合酸化物触媒、その場触媒解析

【テーマ題目18】軽油の超クリーン化触媒の開発（運営費交付金）

【研究代表者】葭村 雄二（環境調和技術研究部門クリーン燃料グループ）

【研究担当者】葭村 雄二、佐藤 利夫、鳥羽 誠、阪東 恭子、木嶋 倫人、松林 信行（併任）、今村元泰（併任）（職員5（併任2）名、他9名）

【研究内容】

平成16年中に軽油のサルファーフリー化（S<10ppm）と低多環芳香族化（多環芳香族量1wt%未満）を同時に達成し、しかも温和な反応条件下で機能する新規な耐硫黄性貴金属触媒（許容硫黄濃度<2000ppm）を開発することを目標としており、本年度は、軽油中の硫黄量を20ppm以下、多環芳香族量を1%以下に低減し、しかも高沸点留分の低減も合わせて可能にする Pd-Pt/Yb-USY ゼオライト触媒の長寿命化設計を行う。また、同開発触媒の工業化に向けて重要となる成形体化触媒、Pd-Pt/Yb-USY ゼオライト-Al₂O₃触媒の調製法の検討を行う。上記 Pd-Pt/Yb-USY ゼオライト触媒に比べ、Pd-Pt/TiO₂触媒では、貴金属表面積基準で約3倍の脱硫活性を有することが当グループで見出している。このため、貴金属担持触媒の更なる高性能化（HDS 選択性の強化）を目指して、新規ナノポーラス・チタニア担体を含む各種試作チタニア担体を用いた Pd-Pt/TiO₂触媒についても検討し、担体の構造や貴金属原料及び貴金属担持法等が触媒の性能に及ぼす影響を明らかにする。更に、硫化水素/水素雰囲気下およびチオフェン脱硫反応条件下での担持貴金属触媒の in-situ XAFS 解析を行い、ナノサイズの貴金属粒子の硫黄被毒挙動、及びその挙動に及ぼす触媒担体（USY ゼオライト、Al₂O₃、SiO₂等）の影響を明らかにする。更に、希土類元素である Yb の添加効果について検討を行う。

（年度進捗）

1) 耐硫黄性貴金属触媒の開発

昨年度までに、新規な Pd-Pt/Yb-USY ゼオライト触媒を開発し、軽油中の硫黄量が500ppm 以下であれば、約2700時間の寿命を有していることを確認した。また、Pd-Pt/Yb-USY-Al₂O₃触媒（成形体）を試作し、共同研究先に性能評価用サンプルを提供した（現在、評価実験待ち）。本年度、本成形体触媒の調製法の簡略化を図り、マイクロ波を利用する乾燥法が（Pd-Pt）相の高分散化に極めて有効であることを見出した（貴金属の分散度=約70%、貴金属粒子径=約1.4nm）。

貴金属の耐硫黄性の簡便な評価法として、還元-硫化処理した貴金属触媒上に CO 分子を吸着させ（パルス吸着法）、その CO 吸着量から残存 metallic 量を求める方法について検討を行った。この結果、HDS 活性の焼成温度依存性は、還元処理（Reduced）触媒のそれと良く対応しており、HYD 活性の焼成温度依存性は、還元-硫化処理（Reduced-Sulfided）触媒のそれと良く対応した。還元後、及び還元-硫化後の貴金属触媒上に吸着させた CO 分子の IR スペクトルから、HYD 反応の活性サイトは、硫化水素存在下で（Pd-Pt）粒子上に残存する metallic サイトと推察した。一方、HDS 活性サイトは、貴金属硫化物上（高分散度ほど硫化物相の表面積が大）に生成する硫黄配位不飽和サイトと推察した。

Pd-Pt/Yb-USY ゼオライト触媒の HDS 及び HYD 活性は共に焼成温度に依存するが、300℃で焼成した触媒を用いれば、T=290℃、P=3.9MPa、WHSV=4h⁻¹条件下で、深脱軽油（S=263ppm）から S<10ppm のサルファーフリー軽油を製造できることがわかった。希土類元素 Yb の添加により Pd-Pt 相の硫化雰囲気化下での凝集が著しく抑制されることが、TEM 測定で確認された。

2) 放射光等を利用した触媒の working 状態における構造解析技術

昨年度は Pd-Pt/USY 触媒の還元過程、および硫化過程における Pd K-edge EAXFS、Pt LIII-edge EAXFS をそれぞれ in-situ で測定し解析し、活性な金属サイトの構造を明らかにしてきた。本年度は、Pd-Pt/USY とは異なる活性を示す Pd-Pt/SiO₂、Pd-Pt/Al₂O₃に関して同様の測定解析を行い、活性の違いと表面構造の違いの関連性について検討してきている。その結果、還元後硫化水素中で処理すると、Pd-Pt/SiO₂では Pt は硫化を受けず Pd のみが硫化されること、Pd-Pt/Al₂O₃では Pt の硫化も見られるようになり、Pd-Pt/USY では Pt 側はほぼ完全に硫化されることがわかった。このことから、SiO₂上では、Pt のまわりを Pd が覆うような、いわゆる Core-shell 構造に近いもの、Al₂O₃上では、Pt が部分的に金属粒子表面に出てきているような構造をとり、USY 上では、ほとんどの Pt が金属外表面上に在るものと推定される。この様に、担体を変えることにより、表面の合金の構造

がまったく違ってくることが明らかになってきた。これらの触媒を用いた、軽油の水素化脱芳香族反応では活性の序列は $\text{Pd-Pt/USY} > \text{Pd-Pt/Al}_2\text{O}_3 > \text{Pd-Pt/SiO}_2$ であることから、金属粒子表面上の Pt の作用が重要であることが示唆された。

3) 触媒精密調製技術

Pd-Pt 系担持触媒では、 TiO_2 担体が Yb-USY ゼオライト担体に比べ高い脱硫 (HDS) 選択性を示すことを見出している (貴金属単位表面積あたりの HDS 活性で約3倍)。そこで、比表面積や細孔分布の異なる数種類のゾル・ゲル法により調製したチタニアを選別して、Pd-Pt/チタニア触媒 (Pd/Pt=4) を調製した。4,6-DMDBT の脱硫反応活性 (HDS) の比較から、1級アルコールである1-PEA を配位子として用い、ゾル・ゲル法により調製した TiO_2 担体は市販 TiO_2 の約1/2の HDS 活性、Yb-USY ゼオライト担体の約2倍の HDS 活性を有していることがわかった。一方、テトラリンの水素化 (HYD) 活性を還元-硫化処理後の分散度基準 (残存 metallic 量に対応) で比較すれば、ゾル・ゲル法で調製した TiO_2 は市販 TiO_2 に比べ、約3~8倍の TOF 値を示した。

一方、非ゾル・ゲル法の TiO_2 調製法についても検討を行い、細孔分布がシャープで、軽油の精製に最適な10nm のメソ細孔径を有するチタニア担体を直径7nm のチタニア超微粒子の低温焼結により調製することが可能となった。また、核生成過程と結晶成長過程を制御した水熱合成法により、規定された表面原子配列もつチタニアの調製も可能となった。さらに、剥離法により、特異なスリット状のメソ孔をもつチタニア・ナノシートの調製に成功した。これらの各種チタニア担体を用い触媒物性と反応特性の相関の検討を開始した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】クリーン軽油、貴金属触媒、耐硫黄性、in situ XAFS、放射光利用、ゾル・ゲル法

【テーマ題目19】炭化水素脱水素用の高性能触媒の開発 (運営費交付金)

【研究代表者】村田 和久 (環境調和技術研究部門炭化水素変換グループ)

【研究担当者】村田 和久、斉藤 昌弘、高原 功、稲葉 仁、三村 直樹 (職員5名)

【研究内容】

石油、天然ガス、メタンハイドレート、あるいはパイオマスなどから得られる「炭化水素」を化学工業原料やクリーンな燃料に変換する新プロセスの開発及び既存プロセスの効率化、省エネルギー化は、化学物質によるリスクの削減、及び地球温暖化対策にとって重要な課題である。当グループでは、炭化水素から水素、オレフィン

等の有用物質を製造するための基盤技術の確立を目的として、平成14年度は炭化水素の脱水素反応に対して、耐コーク性の向上や高スチーム条件下でも活性が持続する触媒開発の指針を得ることを目的とした。

エチルベンゼンの脱水素反応については、 CO_2 共存下 $\text{Fe/Al}_2\text{O}_3$ 系触媒上での反応において、触媒上への炭素析出量に及ぼす反応条件の影響を検討した結果、 CO_2 共存下での反応では、炭化水素からだけでなく生成物のひとつである CO からの C 析出もあり得るので、炭素析出の抑制が今後の課題であることが明らかになった。また、 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ 触媒への Y_2O_3 の添加により、触媒活性は向上するものの、炭素析出の抑制はできなかった。また、層状化合物を前駆体として調製した鉄系酸化物触媒をエチルベンゼンの脱水素に応用し、表面積あたりの活性が高い Fe/Al/Zn 触媒を見出した。

プロパンの脱水素反応については、非 Cr 化を目指して $\text{Ga}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 触媒の活性などを、 $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 触媒と比較検討した結果、① $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 触媒の活性は CO_2 共存により向上するが、 $\text{Ga}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 触媒の活性は CO_2 共存により低下すること、② $\text{Ga}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 触媒上の炭素析出量は、活性の差を反映して $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 触媒上の C 析出量よりもかなり少ないことが明らかになった。 Cr/H-ZSM-5 触媒による CO_2 共存のエタンの脱水素を行い、 $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 触媒よりも高い活性を得ることが出来た。活性は担体のシリカ/アルミナ比に依存し $1900 > 190 > > 90 > 29$ の序列が得られた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】二酸化炭素、炭化水素、脱水素

⑨ 【情報処理研究部門】

(Information Technology Research Institute)

(存続期間：2001. 4. 1~)

研究部門長：大蔭 和仁

副研究部門長：戸村 哲

総括研究員：戸村 哲

所在地：つくば中央第2、関西センター尼崎事業所

人員：59 (36) 名

経費：435, 178千円 (308, 727千円)

概要：

情報処理研究部門の役割は、情報に関する基盤技術 (インフラ) の提供拠点となることである。特にインターネットに代表されるデジタル情報システムを「誰でもどこでも」「快適に」「安心して」利用できる技術の開発を行なう。

当研究部門の中のグループ構成はグローバル IT セキュリティグループ、メディアインタラクショングループ、および情報科学研究グループの3つである。こ

これらの各グループにより実施される重点課題名をそれぞれ

- (1) グローバル IT セキュリティに関する研究
- (2) インタラクション指向メディア処理技術に関する研究
- (3) 数理的システム設計検証技術に関する研究

と名づけて実施している。さらに、当研究部門では産総研内の複数の研究者によって構成されるグループで実施する研究の他に、産総研にいる研究者（主として一人）が中心となり、インターネットを介した外部の研究者らと研究協力しながら遂行するテーマも重要と考え、それを情報処理基盤研究と名づけ、部門長直下の管理の研究テーマとして実施している。

これらの研究体制により「誰でもどこでも」「快適に」「安心して」利用できる情報システム技術の研究開発を行なっている。

上記(1)、(2)、(3)の重点課題の概要を述べる。

グローバル IT セキュリティ技術に関する研究：

グローバルな情報通信における日本の安全保障レベルを向上させる技術の研究開発を、実証的方法論に基づいて行う。

電子政府などに代表される日本の IT システム基盤の安全保障レベルを向上させる方法のひとつに、利用可能なシステムの選択肢を複数確保すること、日本におけるシステム開発が持続可能なシステムを確保し、利用することがある。この目的を達成するために、オープンソースソフトウェア技術の研究を行い、オープンソースソフトウェアによる IT システム基盤の開発、構築、運用実験を行う。つぎに IT システム基盤を流通するコンテンツに関する安全保障レベルを向上させるために、各地域で使用する文字・言語・文化に対応したドキュメントを利用するための多言語情報処理技術、コンテンツを安全に流通させるためのデジタルコンテンツ管理技術の研究を行う。また、IT セキュリティ技術そのもののレベルを向上させるために、IT セキュリティの基盤である暗号強度評価および暗号応用技術、IT システムを運用する上で必要不可欠なセキュリティ情報集約技術、技術と運用の両面からセキュリティレベルを向上させる情報セキュリティ管理技術などの研究を行う。とくに情報セキュリティ管理技術においては、内閣官房情報セキュリティ対策推進室と連携しつつ、電子政府全般のセキュリティレベルの向上に貢献する。さらに今後 IT システム基盤が確立され、利用範囲が広がるにつれて、既存のソフトウェアに新たな機能を安全に追加する方法が重要となる。この次世代の IT システム基盤での基盤ソフトウェア技術を戦略的に確保することは安全保障上必要である。このために拡張可能システム技術の研究を行う。

インタラクション指向メディア処理技術に関する研究：

実時間性、実環境性、適応性に富んだインタラクション指向の先端的メディア処理技術の研究開発を行うことを目的としている。

短期的には、特に、①音響・画像情報の統合、②音源分離と音声認識のロバスト化、③音声認識・対話の高度化、④非言語情報を活用したインターフェース支援、⑤統計的学習と確率推論によるユーザモデリング、⑥メディアコンテンツ理解など、ヒューマンインターフェース技術の実環境ロバスト性、環境・ユーザ適応性に重点を置いた研究を行っている。中長期的には、これらの技術を、さらに、他のセンシング技術、ネットワーク技術、情報検索などのアプリケーション技術などと融合し、マルチメディア情報検索システム、インタラクティブ・ロボットなど、より具体的な形へ展開していく。また、これらの研究成果を産業界、学会に還元すべく、成果をアルゴリズム、ソフトウェア、ハードウェア、データベースなどの形で社会に提供する取り組みにも力を入れている。

数理的システム設計検証法に関する研究：

ソフトウェアの動作検証のための伝統的方法であるテストによる方法では、高い検証精度を得られないため、これを補うものとして期待されるのが、数理的モデルをたてて論理的にシステムの動作を推論していく、モデル検査、定理証明などの数理的技法（形式的技法）である。この技法の最大の技術的課題は、記述量爆発の問題である。詳細化・抽象化の技法の研究を通して、この問題を解決することが本テーマの目的である。検証における詳細化・抽象化の技法をサポートするソフトウェア・ツール作成を可能にする数理的な理論を構築する他、モデル検査法と相補って効果を発揮すると考えられる、項書換系に基づく検証技法を考案する。また、企業と共同で開発現場において数理的技法を適用する事例研究を行い、実用化における問題点を掌握する。さらに、コンソーシアム「システム設計検証技術研究会」を組織し、チュートリアル講演をわが国のエキスパートに依頼して、本技術の最先端の現状を解説する機会を設ける。

上記すべての重点研究課題に対して、当研究部門の成果の普及の方針は

- (1) ソフトウェアやハードウェアアーキテクチャのオープン化による直接的な普及
- (2) 国際的な機関との協調・協力による普及
- (3) データベースの公開による普及
- (4) 論文として公開し世界と競うことによる普及である。

外部資金：

経済産業省 科学技術総合研究委託費「高速ネットワーク環境下における高度医療アプリケーションの研究開発医療情報交換に係る情報セキュリティに関する調査研

究」(執行額11,771千円)

経済産業省 科学技術総合研究委託費「暗号通信手順の安全性自動検証に関する研究」(執行額16,108千円)

経済産業省 科学技術総合研究委託費「大域情報処理技術」(執行額34,538千円)

文部科学省 若手任期付研究員支援(新規)「システム詳細化・抽象化の数理モデルの確立」(執行額11,347千円)

文部科学省 科研費補助金「ユーザと情報システムとの認知的調和のための確率的制御機構の研究」(執行額11,301千円)

文部科学省 科研費補助金「操作的意味を保存するプログラム変換の研究」(執行額1,100千円)

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 産業技術助成事業「実時間 Linux 向き組込用並列分散計算システムの実用化研究」(執行額14,000千円)

発表: 誌上発表31(30)件、口頭発表107(25)件、その他8件

グローバル IT セキュリティグループ

(Global IT Security Group)

研究グループ長: 戸村 哲

(つくば中央第2)

概要:

グローバル IT セキュリティ技術の目的は地球の上のいろいろな人たちが、その言葉や文化や社会や習慣に適応した方法で、情報技術を利用すること、そして人類が使用する新しい社会基盤である情報技術をほかの社会基盤と同じように安心して利用できることの二つである。

ネットワーク社会の発展により、世界中のすべての場所で、より多くの人たちが、より多くの局面で情報技術を活用できるようになることが期待されている。このために解決すべき課題の一つとして、人間社会との親和性の高い情報技術を達成することがある。ネットワークで世界中がつながることによって新しい問題が明らかになることがある。会社の事業部門だけで使っていたのでは、顕在化しないもの、一つの国の中で使っていたのでは認識できないものなどのように、そうした問題を解決するのがグローバル IT セキュリティ技術である。

グローバル IT セキュリティグループは、日本で生まれ、世界中で使われるソフトウェアを産み出すこと、

そしてそうしたソフトウェアを造ることのできる人を育てること、さらには日本中にそうした人たちの輪を広げることを目指している。

研究テーマ:

テーマ題目 1

メディアインタラクショングループ

(Media Interaction Group)

研究グループ長: 浅野 太

(つくば中央第2)

概要:

ネットワークのブロードバンド化などに伴い、音楽、映像などのストリーム配信や、映画や番組のオン・デマンド化など、情報技術(IT)を駆使したサービスが、現実のものとなり始めている。また、家電のIT化や、家庭やオフィスで人と共存するロボットの実用化も急速に進んでいる。このような情報機器とやりとり(インタラクション)し、これらの提供するサービスを快適に利用するには、自然で使いやすいインターフェースが必要である。

メディアインタラクショングループでは、音響と画像情報の統合を用いた実環境におけるロバストなインターフェース、身振り手振りや対話中の言いよびみなどマルチモーダルな情報の利用によるユーザ支援、統計的学習・確率推論を用いた環境やユーザの好みなどのモデリング・適応技術、自然な発話を理解する音声認識・状況依存の対話管理を中心とした音声対話理解など、自然で使いやすいインターフェースを目指した開発・研究を行っている。また、インターフェースで培った技術を核として、産業界や学会などに貢献できるような活動も行っている。

研究テーマ:

テーマ題目 2

情報科学研究グループ/情報科学連携研究体

(Informatics Research Group/Collaborative Research Team of Informatics)

研究グループ長: 木下 佳樹

(関西センター尼崎事業所)

概要:

情報技術が社会に浸透し、あらゆる機械が情報処理システムによって制御される現代では、情報処理システムが誤動作すると、あちこちに甚大な影響を及ぼすことになり、より高い安全性、より高い信頼性をもった情報処理システムの構築が強く求められている。

当研究グループでは情報処理を数理科学的手法によって考察する数理的システム設計検証技術の研究を進めている。この技術は、情報処理システムが、その仕様を満たすことを、論理的な推論によって検証する技術である。従来、情報処理システムの検証は、実機を稼働させて動作を観察する、テストによる方法で行われてきたが、システム全体に致命的なダメージを与え

る例外処理などでの誤動作は、テスト法では見過ごされがちである。

数理的方法を併用すると、テスト法だけでは発見できない誤動作を、実機を稼働させずに早い段階で見つけることができ、システムの安全性・信頼性を向上させることができる。

当研究グループでは、数理的システム設計検証のためにモデル検査、定理証明などの学術的研究に加えて、企業や産総研の他の研究部門と共同して、実用化研究を進めている。

研究テーマ：

テーマ題目 3

情報処理基盤研究

(Base Research of an Information Technology)

研究グループ長：大蒔 和仁

(つくば中央第2)

概要：

部門内の研究グループに属さない研究者（主として一人）が中心となり、非常勤職員およびインターネットを介して外部の研究者らと研究協力しながら遂行する研究テーマを「情報処理基盤研究」というカテゴリに包含する。そのため「情報処理基盤研究」を部門長直下の管理の研究テーマとして実施している。カテゴリは次の内容を含むものである。

- (1) しなやかな情報の流通と応用を支援するシステム DeleGate
- (2) ネットワークコンピューティングの空飛ぶ魔法の絨毯 HORB
- (3) ネットワークを渡り歩けるコンピュータ NTC および KNOPPIX の日本語化
- (4) リアルタイムシステム
- (5) 安全なエージェントシステムの制御支援
- (6) 大域脱出オペレータ
- (7) 社会的なエージェントにおける義務と権利の情報処理モデル
- (8) その他（テキスト圧縮、プログラムの等価性、Montague 文法と論理）

研究テーマ：

テーマ題目 4

[テーマ題目 1] グローバル IT セキュリティ技術に関する研究（運営費交付金）

[研究代表者] 戸村 哲（情報処理研究部門グローバル IT セキュリティグループ）

[研究担当者] 一杉 裕志、高橋 直人、田代 秀一、田沼 均、中村 章人、新部 裕、錦見美貴子、半田 剣一、田中 哲、渡邊 創、北川 隆、江渡浩一郎、大野 允裕、上地 宏一、横田 裕思（職員11名、他5名）

[研究内容]

グローバル IT セキュリティ技術に関する研究では、グローバルな情報通信における日本の安全保障レベルを向上させる技術の研究開発を実証的方法論に基づいて行う。

電子政府などに代表される日本の IT システム基盤の安全保障レベルを向上させる方法に利用可能なシステムの選択肢を複数確保すること、日本におけるシステム開発が持続可能なシステムを確保し、利用することがある。この方法を達成するために、オープンソースソフトウェア技術の研究を行い、オープンソースソフトウェアによる IT システム基盤の開発、構築、運用実験を行う。またそれに伴い、社会的に必ずしも認められた地位を持っていない開発者を発掘し、情報社会の基盤となるソフトウェア開発を実践的に進めたり、フリーソフトウェアイニシアティブという団体を立ち上げたりしている。

つぎに IT システム基盤を流通するコンテンツに関する安全保障レベルを向上させるために、各地域で使用する文字・言語・文化に対応したドキュメントを利用するための多言語情報処理技術の研究を行う。この研究ではアプリケーション開発者が利用できる多言語処理用の汎用ライブラリを開発を行い、広く公開することを目的としている。今年度においては、m17n X ライブラリの各機能に関して、それぞれ必要なデータ型と関数を開発した。そしてまたコンテンツを安全かつ便利に流通させるためにデジタルコンテンツ管理技術について研究する。現在、「権限委譲方式」について研究を進めている。

それから IT セキュリティ技術そのもののレベルを向上させるために、電子政府を安全に運営する際に不可欠な暗号強度評価や、電子透かし向け ID 符号化法・複合法に関する研究および匿名アンケートシステムに関する暗号応用技術、セキュリティ関連情報をインターネット上で発信・共有するためのシステムを開発するセキュリティ情報集約技術、分析・計画・実行・監査のサイクルを通して総合的にセキュリティ確保を図る情報セキュリティ管理技術などの研究を行う。進捗状況としては、電子政府推奨暗号リストの発表や、暗号応用技術の国際会議での発表、セキュリティ情報サービス動作試験の開始、政府の「情報セキュリティポリシーに関するガイドライン」の改定作業などが行われた。

さらに今後 IT システム基盤が確立され、利用範囲が広がるにつれて、既存のソフトウェアに新たな機能を安全に追加する方法が重要となる。この次世代の IT システム基盤での基盤ソフトウェア技術を戦略的に確保することは安全保障上必要である。このために拡張可能システム技術の研究を行う。具体的には、再利用性を向上させるモジュール機構、新たな言語機能の追加を容易にする言語処理系、ソースコード理解支援システムなどについて研究する。プログラミング言語 MixJuice の web ページについては、継続的に充実を図っており、デザイ

ンパターン改善カタログは最初のバージョンを公開中である。

【分野名】情報通信

【キーワード】セキュリティ、電子政府

【テーマ題目2】インタラクション指向メディア処理技術に関する研究（運営費交付金）

【研究代表者】浅野 太（情報処理研究部門メディアインタラクショングループ）

【研究担当者】秋葉 友良、麻生 英樹、市村 直幸、伊藤 克亘、本村 陽一、後藤 真孝、吉村 隆、伊堂 史織、緒方 淳、後藤 孝行、首藤 麻里、山本 潔、Velusamy Devi Chitra、速水 悟（職員8名、他7名）

【研究内容】

本研究は、実時間性、実環境性、適応性に富んだインタラクション指向の先端的メディア処理技術の研究開発を行い、この成果をアルゴリズム、ソフトウェア、ハードウェア、データベースなどの形で社会に提供し、貢献することを目的としている。

この目的を実現するため、特に、ここ3年程度の短期目標として、ヒューマンインターフェース技術の実環境ロバスト性、環境・ユーザ適応性に重点を置いて、下記の研究を行う。

- (1) 音響情報と画像情報を確率ネットワークを用いて統合することによる、ロバストな話者追跡。
- (2) 音源分離・音響モデルの実環境適応などによる音声認識技術の実環境ロバスト性の改善
- (3) タスク適応などによる音声認識・対話技術の高度な制御
- (4) 非言語情報を活用した音声インタフェース支援
- (5) 統計的学習と確率推論によるユーザモデリング・支援
- (6) 音楽情報処理によるメディアコンテンツ理解

この短期目標の達成度を見て、次の3年程度で、ここで開発した技術を、他のセンシング技術、ネットワーク技術、情報検索などのアプリケーション技術などと融合し、マルチメディア情報検索システム、インタラクティブ・ロボットなどへ展開していく。

平成14年度の進捗状況として、音響・画像情報統合を用いた話者追跡では、マイクロホンアレイからの信号及びステレオカメラ画像を同期して収録するシステムを構築し、音響・画像の学習用同期データを収録した。また音響による音源位置推定、及び画像による人物追跡アルゴリズムの実時間インプリメントを終了し、確率ネットワーク（Bayesian Network）を用いて音響・画像情報統合を行い、統合した情報から話者位置及び発話区間の検出手法を提案した。

音声認識技術の実環境ロバスト性の改善については、

実時間音源位置推定及び音源分離のためのハードウェアについて、設計を終了した。

タスク適応などによる音声認識・対話技術の高度な制御では、大語彙言語モデルの構築を終了し、関連機関へ無償配布の準備を進めている。また言語モデルのタスク適応法として、記述文法による制約を統計的言語モデルに統合する手法を開発して質問応答システム用言語モデルへ適用し、評価実験を行った。

非言語情報を活用した音声インタフェース支援では、これまでワークステーション上で動作していた音声補完のデモシステム（楽曲検索・再生システム）を、ノートパソコン一台で動作可能となるようにした。

統計的学習と確率推論によるユーザモデリング・支援においては、対話的なタスクを遂行するための新たな確率的な状態遷移モデルについての提案を行った。また開発したベイジアンネットソフトウェア BayoNet は、各種イベントでデモンストレーションし、ライセンスングによる成果普及、遺伝子情報処理、障害診断、ユーザモデリングへの応用研究を推進している。

音楽情報処理によるメディアコンテンツ理解の研究では、インタラクティブな音楽情報の操作（検索、部分提示、同期表示等）を目的とした、楽曲中の「サビ」区間の検出を可能にするシステムを開発した。なお「RWC 研究用音楽データベース」を技術研究組合新情報処理開発機構 RWC 知的資源ワーキンググループ RWC 音楽データベースサブ WG 主査として制作し、現在配布を行っている（2002年10月現在、国内配布数69件）。この成果により、日本音楽知覚認知学会から研究選奨を受賞した。

【分野名】情報通信

【キーワード】インタラクション指向メディア

【テーマ題目3】数理的システム設計検証法に関する研究（運営費交付金、科学技術振興調整費、科研費補助金、企業からの共同研究費）

【研究代表者】木下 佳樹（情報処理研究部門情報科学研究グループ）

【研究担当者】高橋 孝一、大崎 人士、古澤 仁、渡邊 宏、高井 利憲、松岡 聡、早水 公二、亀山 幸義、新田 直也、林 晋（職員5名、他6名）

【研究内容】

ソフトウェアの動作検証のための伝統的方法であるテストによる方法では、高い検証精度を得られないため、これを補うものとして期待されるのが、数理的モデルをたてて論理的にシステムの動作を推論していく、モデル検査、定理証明などの数理的技法（形式的技法）である。この技法の最大の技術的課題は、記述量爆発の問題である。本テーマは、詳細化・抽象化の技法の研究を通して、この問題を解決することが目的である。

検証における詳細化・抽象化の技法をサポートするソフトウェア・ツール作成を可能にする数理的な理論を構築する他、モデル検査法と相補って効果を発揮すると考えられる、項書換系に基づく検証技法を考案する。また、企業と共同で開発現場において数理的技法を適用する事例研究を行い、実用化における問題点を掌握する。コンソーシアム「システム設計検証技術研究会」を組織し、チュートリアル講演をわが国エキスパートに依頼して、本技術の最先端の現状を解説する機会を設ける。平成14年度はまず産業における数理的システム設計検証法について次の事例研究を行った。

(1) 鉄道信号システムへの適用

簡単な駅の連動表を、実時間システムのモデル検査が可能な UPPAAL システムによって記述し、動作を検証した。競合する特許の申請がすでに出されていることが判明、対応策を考慮中。

(2) 計量器への適用

共同研究相手先企業より、実際の非自動秤製品 (SR2000) の組込ソフトウェアのフローチャートによる記述を借用、いくつかの性質を満たすことの検証事例を、LTL (Linear Temporal Logic) に基づくモデル検査ツール SPIN によって作成した。計量器組込ソフトウェアの通常の動作仕様は、LTL によって記述可能であると判断した。

(3) 電力自動検針システムへの適用

共同研究相手先企業と協力し、電力自動検針システムのデータ転送部の検証を行った。形式仕様がないので、ソースコードと技術者との質疑の結果から形式仕様を記述して、プログラムを抽象化した遷移系を設計し、後者が前者を満足することを、CTL (Computation Tree Logic) に基づくモデル検査器 SMV を用いて検証した。

(4) 車搭載ソフトウェアへの適用

共同研究相手先企業が開発している車搭載メータ制御ソフトウェアの動作と要求仕様を、LTL に基づくモデル検査器 SPIN によって表し、前者が後者を満たすことを、モデル検査法を用いて検証した。その結果、当該ソフトウェアの潜在的なバグを発見するなどの肯定的結果を得た。

次に等式付木構造オートマトン (ETA) 検証法を用いて、ETA が受理する木言語の全体がなすクラスが補集合をとる演算に関して閉じていること、および ETA の空判定問題を肯定的かつ構造的に解決した。しかし今回考案した空判定問題解決のための算法は計算量が大きいため、近似計算「YES を返せば受理言語が空であるが NO を返しても空かもしれない」の多項式時間算法を考案した。盗聴者が計算可能な文面の集合と、通信者が外部に秘密にしておきたい文面の集合とが互いに素であることを示すための、ETA を用いた新しい自動検証法を開発した。

また詳細化・抽象化の技法を用いて、自由 Kleene 代数の存在を示し、これを用いて正規表現の完全性の簡潔な別証明を与えた。今後、同じアプローチで ω 正規表現の完全性を示し、リアクティブ・システムにおける詳細化の関手意味論によるモデルの基礎を与える計画である。一方、分配則のマップの概念を用いて代表的意味論から操作的意味論を生成する研究を行った。今後、このテクニックを用いて、遷移系間の関係が双模倣であることの証明法を開発していく計画である。このアプローチでは詳細化を双模倣によって定式化する。

【分野名】情報通信

【キーワード】システム検証

【テーマ題目4】情報処理基盤研究 (運営費交付金)

【研究代表者】大蒔 和仁 (情報処理研究部門長)

【研究担当者】磯部 祥尚、大澤 一郎、大谷木重夫、岡田 康治、小方 一郎、佐藤 豊、須崎 有康、戸田 賢二、丹羽 竜哉、平野 聡、海老原一郎、関山 守、飯島 賢吾、中島 俊夫、蛭田 智則、邑中 雅樹 (職員13名、他4名)

【研究内容】

グループの概要に掲げてある(5)から(7)はそれぞれ論文発表として顕著な成果を上げている。しかしこれらはいずれも計算機ソフトウェアに関する理論研究であって、あらかじめ計画を立ててその計画通りに実施できる性格ではない。そこで以下の説明では(1)から(4)までについて言及することとし、(8)は今後の展開を期待して成果の出る時期を待つものである。

DeleGate という応用プロトコルレベルの中継システムは情報システムのセキュリティ向上、応用サービス運用・利用支援、付加価値実現をはじめとする広範な応用可能性を開拓するとともに、国内外に普及させて多数の利用者の実用に供しその要請に応えている。

DeleGate 第7版においては特にセキュリティ面での脆弱性の解決や、Windows 向けの移植性の向上等を行なった。DeleGate 第8版においてはこれまでに暗黙の初期設定の大幅な変更、利用者認証とアクセス制御方式の拡充等を行なった。インターネットによる改版の公開頻度は月に2~3回、配布先は累計25000サイトに達する。分散オブジェクト技術 (HORB) は高度な情報ネットワーク基盤ソフトウェアで様々な機種のコピュータをネットワーク上で結合し、分散オブジェクトプログラミングを可能にするソフトウェアとして世界で初めて実用化に成功した。HORB はオープンソースソフトウェアとして多数の製品に利用され、Sun RMIやMicrosoft .NET など同様の技術が次々と商用化された。HORBはHORB Open ユーザーズグループが活発に活動するなど、発展を続けているが、次の目標として、様々な機器へのHORB組込みを提案することである。

平成14年度は、宇宙開発事業団と共同で HORB を宇宙機のライフサイクルシミュレータ SPLISE の分散インターフェースに用いる研究を開始した。SPLISE は人工衛星など宇宙機的设计、打ち上げ、運用などのライフサイクルをネットワーク上で行うための技術である。産総研は衛星を模した組込みボード上のソフトウェアと地上系を HORB を用いて接続する技術や、シミュレーションを分散して実行する技術の開発に参加している。また今春に産官学と連携して宇宙用 HORB チップについて検討を行った。

ネットワークを渡り歩けるコンピュータ (KNOPPIX) はスムーズな OS 移行の技術として、また産総研の事務部門をフリーソフトウェアに置き換えるための Linux ディストリビューションパッケージとして KNOPPIX 日本語版と DemoLinux 日本語版の開発を行っている。

なお技術移転についてだが、「ネットワークを渡り歩けるコンピュータ」の移転計画は、民間企業3社、KNOPPIX&DemoLinux の移転計画は、関連企業、団体、学校など3件が現在進行中である。

リアルタイムシステムは、リアルタイム処理に普遍的に役立つソフト及びハードを開発し、ユビキタスコンピューティングなどの社会的産業的ニーズに応えるものである。

リアルタイムシステム(並列分散・組込・実時間 Java)の開発では、GC の実時間化を、本年度中の完成を目指し作業中である。現在実時間化アルゴリズムは確定し、実装を行っている段階である。実時間 Linux 向き組込用並列分散計算システムの実現に向けて、リアルタイムイーサネットについては、定評のあるネットワークシミュレータ Opnet へ実時間プロトコルを組み込んで予備の評価を行った。肯定的な評価結果を得たので、更にプロトコルを詳細化し、実用的評価に移る。リアルタイム MPI に関しては、ART-Linux との摺り合わせを行い、実現方式を確定した。本年度中に初期版を実装し、予備評価を行う。3次元画像処理の高速化に関しては VVV プログラムの主要部分をハードウェア記述言語で実装し、シミュレーションや FPGA 並列装置での評価を行い、高い高速性を実証した。現在 FPGA を用いた専用小型ハードウェアを開発中である。オープンコンピュータ計画について、グループ概要の(3)のグループと連携し、関連企業と共同研究契約を結び、FPGA を用いた評価ボードの提供を受けた。評価ボードには、M32R という組込用プロセッサのソフトマクロを搭載しており、Linux が動作する。このシステムはプロセッサの HDL やドライバを公開(現在 NDL ベース)しているもので、産総研は、Linux のウィンドウシステムが動作するようにした。また、ブートローダも開発する予定である。M32R の実チップを用いた組込小型ボードの開発を予定しておりこの仕様を検討する。また、小型のプロセッサカードを開発して、ART-Linux を実装している。この

ハードウェア仕様、BIOS、ハンドラのパラメータチューニングなどのノウハウを公開する。

[分野名] 情報通信

[キーワード] 情報処理基盤研究

⑩【知能システム研究部門】

(Intelligent Systems Institute)

(存続期間：2001. 4. 1～)

研究部門長：谷江 和雄

副研究部門長：小鍛治 繁、平井 成興

総括研究員：坂上 勝彦

所在地：つくば中央第2、つくば東

人員：106 (72) 名

経費：699,254千円 (424,405千円)

概要：

1. 研究ユニットのミッション

計算機基盤 (IT インフラ) と人間 (ユーザ) や実世界 (実環境) との接点にあつて、人間の行う様々な知的活動や作業を支援あるいは代行する、知能情報処理やロボティクス・メカトロニクス技術を利用した種々のシステムの実現を目指す研究を知能システム技術と位置づけ、情報技術 (IT) と物流の調和のとれた社会の構築と新産業創出を視野に入れつつ、その基礎原理、要素技術、システム化技術の研究開発を行う。

2. 研究の概要

(1) 知的インタフェースの研究開発

人がより自然に複雑な情報を取得すること、および機械システムやロボットがより親和性高く人と相互作用することを可能にする技術の確立を目指し、画像、音声、触覚等の認識・理解、推論・学習等を用いた、情報システム側が人の意図を読み取り人に合わせる事ができる知的なヒューマンインタフェース技術、人との情緒的コミュニケーションを可能にする人間共存型ロボットの要素技術、応用技術を研究している。

(2) 行動知能の研究開発

人の作業知能を情報システムにインプリメントし、プラント点検・保守等の産業的応用や生活支援ロボットなどの知的な作業支援システムを構築するためのタスク・インテリジェンス技術、および作業に必要な環境情報獲得手段としてとくに汎用性に優れている3次元視覚システム VVV (Versatile Volumetric Vision) の基盤技術の高度化と応用開発のための研究を進めている。

(3) 社会支援知能システムに関する研究

社会において人が安全に安心して生活するため

に必要なサービスを提供することをめざし、高度情報交通システム（ITS）の研究開発、およびフィールドロボティクス技術の研究開発を推進している。具体的には、前者において、車両制御、ITを活用した自動車の高効率走行技術、安全走行技術の究極を追求するとともに、後者においては、屋外作業ロボットの基礎技術と、それをベースにした災害対応技術、人道的対人地雷撤去技術を研究している。

(4) 知能メカニズムに関する研究

人あるいは動物が持つ技能を解明して工学的に実現する方法や、マイクロ物体の操作技術（マイクロ技能）、生物が持つ分散型システムを工学的に実現して利用する方法等についての基礎から応用まで、新しい知能システムの実現方法と応用分野開拓を目指した研究開発を進めている。

(5) ヒューマノイドに関する研究

ヒューマノイドロボティクスに関する基盤的、応用的研究を推進している。基盤研究として、ヒューマノイドプラットフォームを研究インフラとして社会に提供することを目指し、ヒューマノイドロボットのハードウェアの共同開発、シミュレータ及び全身運動制御系を中心としたソフトウェアの開発を行っている、また、応用研究として、プラントメンテナンス、対人サービス、施設内警備、移動作業機械運転など、人の形が特徴的に活用できる応用分野の発掘とこれらの分野でのヒューマノイド利用技術の研究を進めている。

外部資金：

経済産業省「ロボット機能発現のために必要な要素技術開発事業」（42,321千円）

経済産業省「多感覚情報のデータベース化と情報サービスへの応用に関する研究開発」（1,090千円）

経済産業省 エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費「人間協調・共存型ロボットシステム開発」（22,940千円）

経済産業省 電源多様化技術開発等委託費「人間協調・共存型ロボットシステム開発」（23,763千円）

経済産業省 石油生産合理化技術開発等委託費「石油生産支援ロボットシステム研究開発」（8,223千円）

経済産業省 原子力試験研究委託費「原子力ロボットの実環境作業構成技術に関する研究」（16,060千円）

経済産業省 原子力試験研究委託費「ロボット群と保全

知識ベースの協調によるプラント点検・提示システムの研究開発」（21,539千円）

経済産業省 中小企業産業技術研究開発委託費「実時間全焦点顕微鏡実用化研究」（17,202千円）

経済産業省 科学技術総合研究委託費「人間支援のための分散リアルタイムネットワーク基盤技術の研究 分散リアルタイムネットワーク基盤技術の研究 分散センサ／アクチュエーター・ネットワークの研究」（36,972千円）

発表：誌上発表117（103）件、口頭発表233（82）件、その他34件

【テーマ題目1】知的インタフェースの研究開発（運営費交付金、指定交付金、萌芽的研究費他 内部グラント予算、融合研究費、財団受託費、民間受託費、科振費）

【研究代表者】 坂上 勝彦（知能システム研究部門）

【研究担当者】 坂上 勝彦（職員13名、他3名）

【研究内容】

1. 研究目的・目標

コンピュータやネットワークが急速に普及するにつれて、外界（実環境）、コンピュータ（仮想環境・計算環境）と人間の3つを繋ぐ知的インタフェースがますます重要になっている。そこで、コンピュータによる画像、音声、触覚等の認識・理解、推論・学習等を用いて、情報システムが人間の表現を読みとり人間に合わせることで、次世代の知的なヒューマンインタフェース技術を研究し、高度情報化社会の恩恵を誰もが受けられるようになるための技術の確立を目指す。論文発表、国際会議発表による成果発表は言うまでも無く、特許出願あるいは秘密保持契約締結を進める。

2. 研究計画

生活する空間で使用可能なユビキタスステレオビジョン（USV）用実時間動作型インタフェースの画像処理アルゴリズムの開発、屋内外広域空間でのロバストな情報同定が可能なウェアラブル視覚システム（Weavy）技術、および知的空間構築への応用を想定した空間情報アクセス手法の探索的研究、メンタルコミットの生理的・心理的・社会的効果を確認する実験的研究に取り組む。音声系について、ユニバーサル音声記号系を用いた音声処理方式高精度化の継続的追求と、語彙、文法に依存しない音声検索システムのマシン上へのインプリメントを行うとともに、頑健な音源分離手法の開発に関し、昨年度確立した AR-HMM 分解音源分離法の演算量低減法開発と実環境音でその実証実験を行う。また、学習推論に関する基礎的探索

的研究を継続する。

3. 進捗状況

USV を用いて、室内での腕差しポインティングと Bluetooth 制御の組み合わせによる、非拘束費接触室内機器操作 I/F プロトタイプを開発、及び安全管理応用への実験を開始。それぞれ外部資金獲得に成功。Weavy について、データフュージョンによるウェアラブル PC のみでの位置・方位推定プロトタイプシステムを開発。ウェアラブル PC での手の追跡とインフラ側での動的学習を両立し、アプリケーションも開発。低遅延ウェアラブルアクティブカメラ制御と、高精度顔画像情報収集を両立。さらに、Weavy 商品化に向けて企業へのライセンスに成功。USV、Weavy については意識が近い研究者とユニット横断的に融合研究を推進。メンタルコミットロボット・パロの耐久性とセンサの能力を高め、さらに CCD カメラを有し、外部 PC と無線で更新しながら、ロボットと相互作用する人の顔を認識するシステムを開発した。同時に、積極的な成果普及活動に努めた。その他、多様なシーズ研究のそれぞれにおいて、順調に進んでいる。

【研究テーマ】

研究用音声データベース、実時間全焦点顕微鏡実用化研究、実環境下で同時発生する非音声音の分離および認識に関する研究、ハイスピード・高感度・高ダイナミックレンジカメラの開発、ウェアラブルビジュアルインタフェースの実用化に関する研究、ブーリアンカーネルを用いたプール関数の帰納学習、人間支援のための分散リアルタイムネットワーク基盤技術の研究、障害者支援知能情報システム

【テーマ題目2】行動知能の研究開発（運営費交付金、指定交付金、萌芽的研究費、融合研究費、民間受託費、原子力特会、科振費）

【研究代表者】平井 成興（知能システム研究部門）

【研究担当者】末廣 尚士、富田 文明（職員16名、他21名）

【研究内容】

1. 研究目的・目標

情報技術を実際に人間の社会活動や日常生活において活用できるようにするためには、単なる計算機内の情報処理、ディスプレイ上の情報提示だけでなく、実環境における物体操作などの行動を伴う作業支援手法の確立が重要である。行動知能とは、そのように実環境の情報を知的に獲得し、また、それら情報に基づいて知的に作業を行う知能システムの実現に関わる技術であり、本研究ではその体系的な追求を進めている。

2. 研究計画

作業実行の技能・知能に関しては、これまでに構築してきた統合作業実験システムおよびスキルベース作

業システム要素を統合し、統合作業実験システムの能率向上を目標とした総合評価実験を行う。また、プラント保全知識ベースにおいて、複数エージェント間での注意の共有の道具として注意制御手法、および点検情報蓄積のための環境サーバーの拡張を行う。さらに、生活支援行動知能システムの概念設計に着手する。

作業に必要な情報獲得に関しては、既考案のマルチカメラシステムによる幾何モデリングのための多眼間対応新アルゴリズムの検証と全方位データの統合アルゴリズムの精度改良を進める。また、高精度距離計測のための各種の画像の歪み補正法と構造的拘束に基づく誤差補正法の開発を進める。さらに、応用に向けた技術開発も進め、産業利用等の促進も図る。

3. 進捗状況

プラント保守ロボットシステムでは、これまで個別に進めてきた研究の成果をブラッシュアップさせるとともに最終年度としての成果をより効果的に見せるための統合システムの構築を進めている。また、プラント保守ロボットの展開を図るために、オール・イン・ワンの統合プラットフォームとして人間型ロボットを用い、広範な作業全体を実行できるロボットシステムの研究開発の新規提案を行い、採択された。

生活支援ロボット技術に関しては、軽量マニピュレータシステムの可換ハンドの製品化を達成した。

マルチカメラシステムのカメラキャリブレーション法に関し、単体カメラで標準的とされている Zhang の手法を拡張したアルゴリズムを開発した。その結果、Zhang の手法をそのまま利用するのに比べ、誤差を概ね半分に抑えることができた。

ヒューマノイドの光学系を対象に、シールドおよびレンズ系の補正アルゴリズムを開発した。これにより歪曲収差を0.2pixel程度に収めることができた。拘束を利用した精度向上に関しては平面拘束の適用により把持位置において2mm以下に収めることができた。これらを利用して、ヒューマノイドロボットが数m離れたパネル山を認識してアプローチし、パネル把持のための立ち位置微調整を自動で行うプログラムを開発した。非製造業分野へのロボット技術の展開を目標とした経済産業省のプロジェクト「ロボット機能発現のために必要な要素技術開発事業」の公募に、作業スキルのモジュール化を基本コンセプトにしたロボットシステム基盤要素のソフトウェア的モジュール化提案を行い採択された。

【研究テーマ】

人の手先技能を実現する遠隔操作システムの開発、フレキシブルパーソナルロボット、原子力ロボットの実環境構成技術に関する研究、ロボット群と保全知識ベースの協調によるプラント点検・提示システムの研究、ロボット機能発現のために必要な要素技術開発

**〔テーマ題目3〕社会支援知能システムに関する研究
(運営費交付金、指定交付金、民間受託
費、他省庁受託、財団受託、内部グラ
ント)**

〔研究代表者〕 小鍛治 繁 (知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 小森谷 清、津川 定之 他(職員15名、
他4名)

〔研究内容〕

1. 研究目的・目標

社会において人が安全に安心して生活するために必要なサービスを提供する。この目的のため、交通、輸送、通信支援、災害対応技術など、生活に重要な分野での技術基盤強化と産業創成をめざし、自由度の高い情報収集技術、高い頑健性を持つ移動技術、環境の整備技術を開発する。

実験室で開発されてきた RT (ロボット技術) は広く社会に普及する過程を目指しており、このための十分な頑健性、環境認識能力、自立性を実現していかなければならない。社会支援知能システムにおいては積極的にこれに挑み、RT 適用の場を開拓していく。

ITS における自動車走行制御技術においては多数の招待講演などの実績をもち、国際的にもトップレベルを維持している。フィールド環境での応用として、人道的地雷除去技術が日本の国際貢献の場として注目される中、不整地走行技術などのこれまでのポテンシャルに基づき政府の方針に協力して活動・研究を進めている。

2. 研究計画

空中に情報通信等に利用可能な浮遊基地を実現するための LTA の発進、回収実験の準備を進める。

車車間通信を用いた交差点や合流路での安全・効率的な運転支援システムの開発を行い、複数車両を用いた実験を行う。昨年度試作した実験車に複数のセンサ、車車間通信装置を接続し、車載プラットフォームに必要な情報伝達機能を試験する。

土砂などの不定形物体操作のために、複眼視計測データに基づく3次元形状の処理時間を改良し、屋外計測実験により有効性を確認する。また、不定形物体の多様な挙動を表現できるモデルの設計を行う。無人航空移動体、脚クローラ複合機構、脚腕両用機構等、フィールドで環境の保全、災害予防、災害時情報収集、人道的地雷の撤去などの分野でのプロジェクト策定を行うとともに、具体的なニーズに応じた諸作業を実現する形態についての探索的研究を行う。

3. 進捗状況

先進 LTA 技術開発のため産総研コンソーシアム「ALTAC」を設立、運営し、研究会を開催してきている。この活動の上に NEDO 基盤技術研究促進事業による成層圏 LTA 基礎実証実験の予算を獲得した。現在 LTA の設計、実験用コンポーネントの環境槽内

での機能テストを実施している。

地域新生コンソーシアム「ヒューマンセンタード ITS ビューエイドシステム」においてカーエリアネットワーク (CAN) を搭載した自動走行車両をプラットフォームとして試作、コンソーシアムにおいて各社の作成した搭載機器の評価を行った。同車両を利用して、都市内低速走行時の運転支援実験も進めている。また、本年 NEDO 基盤技術研究促進事業による予算を獲得し、高齢者の運転支援について、IT 機器の操作性の評価研究を立ち上げることが出来た。

複眼視計測データによる不定形物体 (破砕石等) の3次元形状の測定をスケールモデルを用いて進め、計測時間を30%程度に短縮した。野外での実対象の測定にも成功し、天候などの測定条件の範囲を広げつつある。撮像装置が移動体上に置かれるので、観察方向の変化に対応できる不定形物体モデルを試作している。不整地の移動技術についての応用的検討を進め、政府のアフガン復興支援会議に関連する人道的地雷撤去支援計画策定に協力、また政府のアフガン調査団にメンバーを派遣するなど、政府のアフガン支援活動調査にも協力した。科学技術振興事業団の「人道的観点からの対人地雷の探知除去活動を支援するセンシング技術、アクセス・制御技術の研究開発」に産学と共同提案し、予算を獲得した。無人航空移動体についても応用的検討を進め、文部科学省の「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」において予算を獲得した。

〔研究テーマ〕

採掘機器自動化のための環境認識技術に関する研究、低価格包囲型ディスプレイ装置及びソフトウェアの開発、自律型無人ヘリコプターの研究開発、多感覚情報のデータベース化と情報サービスへの応用に関する研究開発

**〔テーマ題目4〕知能メカニズムに関する研究 (運営費
交付金、科振費、寄付金、研究助成金)**

〔研究代表者〕 小鍛治 繁 (知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 黒河 治久、荒井 裕彦 他(職員12名、
他5名)

〔研究内容〕

1. 研究目的・目標

人が安心かつ安全に利用できる物理サービスを実現するために、人あるいは動物が持つ技能を解明して工学的に実現する方法や、生物が実現している分散型のシステムを工学的に実現して利用する方法等について基礎から応用までの研究を行い、自律性をもった知能システムの開発を目指す。

ロボット技術 (RT) の進展は生物のもつ機能を人工的に実現するという動機が大きな推進力となっている。自己組織的なシステム構成の探求やマイクロスケールでの RT の開発など、環境に対して物理的に作用を行うシステムの「巧みさ」の創生は重要な技術プロ

ントである。

知能システムで開発されてきたマイクロアクチュエータはマイクロからサブミリにいたる実用的に重要なスケールで利用できる独創的なもので、製品化のめどがつけられた。自らの構成を変化させうる自己組織ロボットは世界の最先端をいく性能を評価されており、国際学会での授賞を重ねている。

2. 研究計画

人間・動物の技能の探索的な解明を行い、工学的な実現によりロボットの機能拡張を検討する。また、動作領域を拡張した二本指マイクロハンドと全焦点画像システムを統合化したシステムを構成し、作業実験を行う。操作力を検出できる高感度ファイバセンサを試作する。

自己組織型ロボットの改良モジュールを試作し、自律性の高い動作を実現する。動作シーケンスの自由度を高めるためにセンサ情報の利用を組み込んだ動作計画法を開発する。また、シミュレーションに基づき、複数の構成要素からなる人工システムの自己組織的機能創出法の探索的研究を行う。

3. 進捗状況

二本指マイクロハンドの動作領域を500×500×100ミクロンに拡張した。このハンドを全焦点画像システムと組み合わせた統合システムを構成した。駆動メカニズムの製造プロセスを改良し金属材料を使用して大幅に製造コスト、寿命を改善した。蛋白質結晶の微細位置決めを実現し、商用機の開発にめどをつけた。光ファイバを加工してマイクロハンド用の力センサを構成し、感度の測定を行った。

自己組織型ロボットのモジュールを改良試作し、体積30%重量10%を削減し小型化した。外部との結合配線を全て除いて自立性を高め、また駆動サーボ特性を強化して運動性能を向上させた。各種の形態に応じて分散構造に適した移動様式の自動生成手法を開発し、実機により性能を確認した。

【研究テーマ】

モジュール型ロボットの分散的移動制御手法

【テーマ題目5】ヒューマノイドに関する研究（運営費交付金、指定交付金、石油特会、電源特会、エネ高勘定、民間受託、科研費）

【研究代表者】谷江 和雄（知能システム研究部門）

【研究担当者】比留川博久（職員7名、他0名）

1. 研究目的目標

ヒューマノイドロボティクスに関する基盤研究・工学的研究を行うことを目標とする。基盤研究としては、ヒューマノイドロボティクスに関する先進的な理論・アルゴリズムを提案することにより学術的貢献を行うことを目指す。工学的研究としては、ヒューマノイドロボットのハードウェアの共同開発、シミュレータ及

び全身運動制御系を中心としたソフトウェアの開発を行い、研究インフラとして社会に提供していくことを目指す。

2. 研究計画

人間協調・共存型ロボットシステム研究開発プロジェクト（HRP）の中、応用動作ライブラリの研究開発を主として行う。具体的には、ヒューマノイドロボットの不整地移動技術・転倒制御技術・全身遠隔操作技術・動作生成技術及びこれらを統合する技術の開発を行う。また、ヒューマノイドロボットハードウェアの研究開発を行う。これらの技術開発成果を、ヒューマノイドロボットの屋外共同作業への応用・車両代行運転への応用、対人サービスへの応用に共通基盤技術として提供していく。

3. 進捗状況

- ・不整地移動技術については、ヒューマノイドロボット HRP-2P を用いた実験による検証を行っており、最終的には HRP-2により段差±4cm 以内、傾斜5% 以内の不整地上の移動を実験により実証した。
- ・転倒制御技術は、シミュレーションによる研究をほぼ完了し、HRP-2P 実機による実証を行う。
- ・全身遠隔操作技術については、バックホー実機の遠隔操作を実現した。
- ・動作制御技術については、HRP-2P による寝転び・起上り動作の実現に成功した。これは、人間サイズのヒューマノイドロボットとしては世界初の成果である。
- ・産学官プロジェクトである NEDO 基盤技術促進事業「実環境で働く人間型ロボット基盤技術の研究開発」（2002-2006）を立ち上げ、HRP プロジェクト終了（2003年3月）後も、ヒューマノイドの実用化、ビジネス化に努力する体制を整えた。

【研究テーマ】

人間協調・共存型ロボットシステム開発（電源）、人間協調・共存型ロボットシステム開発（エネルギー）、石油生産支援ロボットシステム研究開発、複数対象物の Position Dependent Grasp

⑪【エレクトロニクス研究部門】

(Nanoelectronics Research Institute)

(存続期間：2001. 4. 1～)

研究部門長：伊藤 順司

副研究部門長：鈴木 英一、安藤 功兒

総括研究員：山地 邦彦、鈴木 英一、安藤 功兒

所在地：つくば中央第2

人員：146 (61) 名

経費：974, 015千円 (723, 302千円)

概要：

革新的技術シーズの創出を目指した新電子現象・材料の探索・解明・制御に関する研究と、それらの成果を具体的デバイスに応用することで産業ニーズに応える研究とを両輪として行う。これにより、半導体デバイス、スピンドバイス、超伝導デバイスにおいて、技術トレンドを先取りした成果をあげるとともに、原理・現象的に革新的な新機能デバイスや新機能材料の創出を目指す。

[ニーズ重点型テーマ]

- (1) LSI 基盤技術の研究: ロードマップにおける50nm 世代 (2010年) 以降の応用技術開発に資するため、新トランジスタ構造、およびそれを集積化するための高誘電率ゲート絶縁材料および電極材料をパッケージで研究する。
- (2) システムインテグレーション技術の研究: 自発光型オンチップディスプレイを中核とした新しいウェアラブル/モバイルプラットフォームデバイスの先駆的開発および、オンチップデバイスの高密度集積を実現する3次元実装 (配線) の開発を行う。
- (3) スピンドバイスの研究: 電荷、スピン、フォトンの相互作用に基づく新現象・機能の解明と制御、および携帯情報機器用の超低消費電力不揮発性メモリ (MRAM) および高速ネットワーク用スピン光素子などを実現するための要素技術の開発を行う。
- (4) 超伝導デバイスの研究: 超伝導デバイス集積技術を駆使して、ジョセフソン効果や磁束量子現象を応用した超高精度計測デバイスを開発し、次世代の電気標準技術を確立する。

[シーズ創出型テーマ]

- (1) 超伝導現象、材料の研究: 高温超伝導物質は今後も大きな技術革新のシーズとなる可能性があるが、その超伝導発現機構は未だに解明されていない。ここでは、超伝導理論、新物質探索・創成、物性解明と応用の3つのアプローチで研究を推進する。
- (2) 新酸化物材料の研究: 酸化物材料は金属や半導体にはない多様な機能を発現する可能性を持っている。ここでは酸化物新材料探索、薄膜形成初期過程制御を軸として、新電子材料開発とシースルー (透明) エレクトロニクスへの応用を目指した研究を行う。

外部資金

超高密度電子 SI 技術の研究開発 (エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費/経済産業省)

平成14年度重点分野研究開発委託費 (構造特許) (メモリデバイスの研究開発事業/経済産業省)

高異方性ナノプロセスによる微細 MOSFET(若手任期付研究支援/文部科学省)

高速ネットワークのためのスピン光機能素子に関する研究 (若手任期付研究支援/文部科学省)

発表: 誌上発表140 (119) 件、口頭発表303 (134) 件、その他8件

先端シリコンデバイスグループ

(Silicon Nanoscale Devices Group)

研究グループ長: 鈴木 英一

(つくば中央第2)

概要:

イオン照射減速エッチングプロセスを開発し、世界で初めて縦型 XMOS (IMOS: チャネル厚15nm) の試作に成功し、動作実証した。また、Fin 型についてもゲート長30nm の素子試作に成功し、動作実証した。世界初の超臨界 high-k 薄膜堆積装置のプロトタイプを設計、製造した。この装置での使用を念頭に、La 酸化膜用の新規な MO 原料 La (EtCp)₃ について世界で初めて CVD データを示した。酸化物ゲート電極材料については、SrMoO₃ 薄膜で150 μΩcm 以下の導電性を達成した。

デバイス評価計測グループ

(Analysis and Instrumentation Group)

研究グループ長: 岡山 重夫

(つくば中央第2)

概要:

アモルファスシリコンでの含有水素の結合形態の違いによる光照射誘起構造揺動に与える影響を変調分光法で評価し、国際会議、JAP、Phys. Rev. 等3件の論文発表。さらに、薄膜試料での測定スペクトルを解析する上で障害となる結晶 Si 基板との屈折率差に由来する光学干渉効果の補正法を確立し、Si-H 結合に合金元素が隣接する薄膜試料での光誘起構造揺動を a-SiN:H および a-SiO:H 合金系について調べ、新たな成果を得た。

量子凝縮物性グループと共同で CaInO、CaRuO 化合物の微細構造観察を行った。広島大学と YCaTiO₃ の金属-絶縁体転移の近傍での構造変化を詳細に調べた。また、電力エネルギー研究部門熱電発電素子グループと PrRu₂P₁₂ の電子線回折による構造評価を行い、金属-絶縁体転移の近傍における低温で新たな構造変化を見出した。

SEM 分解能評価法の構築のために、画像処理システムを整備し、C 上の金属微粒子を試料とする評価実験を開始し、自己相関法による分解能評価について検討した。コンタミネーション低減用ガス導入試料ホルダーを考案。特許出願。

機能集積システムグループ

(Microsystems Group)

研究グループ長: 金丸 正剛

(つくば中央第2)

概要:

- (1) シリコンエミッタと混載した4ビットシフトレジスタの動作を行い、16×16画素構成のオンチップディスプレイ実現の見通しを得た。HfC 被覆シリコンエミッタを新たに開発し、放出特性の大幅な改善および長寿命化に成功した。さらに作製した電子源を真空封止管に実装し、世界で初めて CRT 管実装での動作試験に成功した。
- (2) サイドゲート付きシリコン細線 FET のメモリ保持特性を測定し1000秒程度のメモリ保持が可能であることを明らかにした。また、第2ゲートを用いたメモリ読み出し特性を測定し、非破壊読み出しが可能なこと、p 型細線 FET と n 型細線 FET では相補的動作をすることを明らかにした。

高密度 SI グループ

(High Density Interconnection Group)

研究グループ長: 青柳 昌宏

(つくば中央第2)

概要:

3次元多層配線インターポーザの基本構造として、感光性ポリイミド膜上への金属微細配線の形成に成功した。また、20GHz までのポリイミド膜の高周波誘電特性の測定評価に成功した。さらに、独自開発の超高速 TDR 測定により、立ち上がり6ps の信号伝搬特性の評価実験に成功した。

超伝導計測デバイスグループ

(Superconducting Devices Group)

研究グループ長: 東海林彰

(つくば中央第2)

概要:

次世代電圧標準デバイスの開発: NbN/TiN/NbN 接合のアレイを作製し、10K において大きな定電圧ステップ (>3mA) が得られることを実証した。また、32,678個の NbN/TiN/NbN 接合から成るアレイにおいて、1V を超える定電圧ステップを得ることに成功した。さらに、素子特性評価用冷凍機システムの設計を行った。

HTS SQUID を用いた非破壊計測技術の開発: 通常磁気環境下で動作する非破壊評価システムを構築し、従来の非破壊検査手法では困難な複合材料の検査手法を開発した。また、YBCO 膜と STO 膜の5層構造を作製し、良好な電気的特性を得た。低消費電力型地球環境計測用超伝導デバイスの開発: 超伝導局部発振器を試作し、0.5-0.8THz において200nW 以上の発振電力が得られることを実証した。

磁束量子デバイスグループ

(Flux-Quantum Devices Group)

研究グループ長: 佐々木 仁

(つくば中央第2)

概要:

単一磁束量子回路を用いた高精度デジタル/アナログ変換器の開発: 入力8ビットの RSFQ DAC の設計と試作を行った。全ての要素回路の正常動作を確認し、回路設計に誤りが無いことを確認した。8ビット RSFQ DAC 回路全体の動作試験および特性評価を行う準備を進めている。

単一磁束量子回路を用いた広帯域型アナログ/デジタル変換器の開発: 入力帯域幅8GHz、出力2ビットの RSFQ ADC を設計と試作を行ない、低速試験において要素回路の正常動作を確認した。要素回路および RSFQ DAC 回路全体の高速動作試験を行う準備を進めている。

スピントロニクスグループ

(Spintronics Group)

研究グループ長: 鈴木 義茂

(つくば中央第2)

概要:

超 Gbit 級 MRAM 用スピン伝導素子の開発においては、これまでに単結晶超薄膜強磁層を持つトンネル接合を作製し、磁気抵抗効果が厚膜の場合の3倍程度に増大すること、および、室温で量子サイズ効果による磁気抵抗の振動が現れることを世界で初めて見出した。導波路型光アイソレータ/光論理素子の開発においては、アトミックレーヤーエピタキシー技術を応用することにより低光損失 CdMnTe 導波路の作製に成功し、TE-TM モード変換を実証した。新スピン機能半導体素子の研究においては、新希薄磁性半導体 (Ga, Cr) As、さらに、強磁性かつ絶縁性を示す II-VI 族磁性半導体 ZnCrTe の開発に世界で初めて成功した。後者は II-VI 族としては過去最高のキュリー温度 (~10K) を達成した。これらの物質はこれまでの希薄磁性半導体と異なりキャリア数が極めて少なく、今後の光学用の磁性半導体の開発研究のあり方について新しい方向を示した。

量子凝縮物性グループ

(Condensed Matter Physics Group)

研究グループ長: 柳澤 孝

(つくば中央第2)

概要:

ルテニウム酸化物における圧力誘起強磁性相転移とそれに関連する磁場誘起新量子臨界現象を発見した。難合成物質であるモリブデン酸化物の新結晶育成法の開発に成功した。ホウソウ系高温超伝導体における多バンド効果による超伝導転移理論を提案した。電子ドープ酸化物高温超伝導体の光学伝導度の測定データが理論の予言と非常によく一致することを示し、異方的超伝導であることを確立した。クーロン相互作用を起源とする超伝導のオーダーパラメーターを弱結合極限において厳密に計算し、d-p モデルにおいてクーロン相

相互作用により d 波超伝導が起こることを示した。酸化物高温超伝導体の基底状態はスピン、電荷の分布が非一様に分布していることをモンテカルロ計算により示した。

ストロンチウムールテニウム酸化物の普遍的単結晶育成方法を系統的に確立した。

超伝導材料グループ

(Superconducting Materials Group)

研究グループ長：伊藤 順司

(つくば中央第2)

概要：

比熱、熱伝導、ラマン、NMR 測定から Cu-1234 が典型的なマルチバンド超伝導体であることを明らかにした。Cu-1234系超伝導体に重イオン照射 (Au^{+15}) を行うことにより J_c が向上し、 $J_c \sim 10 \text{ MA/cm}^2$ (77K)、 $H_{irr} = 12 \text{ T}$ (77K) を得た。さらに、重イオン照射試料のピーク効果により、非常に高い不可逆磁界 H_{irr} (77K) $> 20 \text{ T}$ の可能性を見出した。Sapphire 基板上に CeO_2 と Tl-1212 (Sr) の2重バッファー層を形成することで APE 法により配向性の良い Tl-1223 薄膜を再現性良く作製することに成功 ($T_c = 104 \text{ K}$ 、 $J_c > 0.3 \text{ MA/cm}^2 @ 77 \text{ K}$) するとともにナノドットを拡張したピン止め中心により、 J_c を1桁以上向上 ($> 1 \text{ MA/cm}^2$) させる方法を開発した。 T_c に関しては Tl-1223系での最適元素分布、最適ドーピングにより、Hg系に迫る $T_c = 133.5 \text{ K}$ を実現し、 T_c 向上の機構を NMR の測定等から明らかにした。

低温物理グループ

(Low-Temperature Physics Group)

研究グループ長：柏谷 聡

(つくば中央第2)

概要：

無限層の高圧下での相図と T_c を、酸素量と Sr (La) /Cu 比をパラメータにして調べ、無限層単結晶のもとになる Sr (La) CuO_2 単結晶を TSFZ 法で育成した。

NCCO 薄膜を各種ドーピング量に関して作成し、アンダードーピング NCCO 薄膜の作成に成功した。NCCO、NbN の光学伝導度スペクトル、および MgB_2 の光学反射スペクトルを、サブミリ波～遠赤外線の領域において測定し、異方性超伝導性を光学的性質から明らかにした。YBCO/LSMO 微小接合の極低温計測を行いコヒーレント輸送現象の存在を確認し、強相関物質中のメゾスコピック効果の観察に成功した。異方性超伝導体のトンネル理論を発展させ、低温 STM による YBCO 薄膜表面の電子状態との比較を行った。

機能性酸化物グループ

(Oxide Electronics Group)

研究グループ長：阪東 寛

(つくば中央第2)

概要：

層状ペロブスカイト酸化物 $LaSrFeO_4$ の単結晶を育成し、この物質が冷却と共に複数種類の反強磁性秩序相をもつことを見出した。金属非金属転移近傍の遷移金属酸化物表面には電子相関効果の影響をバルクよりも強く受けた電子状態が存在することをペロブスカイト型バナジウム酸化物 $CaVO_3$ 単結晶の超高真空中劈開面における光電子分光およびその酸素吸着効果から示した。極微量の吸着酸素による半導体的遷移金属酸化物表面付近の電子状態の局在化、エネルギーシフトの描像を電子ドーピング $SrTiO_3$ の光電子分光、in situ 表面電子物性測定により示した。

ゾルゲル法によるシースルー酸化物半導体 $CuAlO_2$ の製膜を試み透明電極酸化膜に匹敵する面伝導度を示す膜の製膜に成功した。

フロンティアデバイスグループ

(Novel Electron Devices Group)

研究グループ長：岡山 重夫

(つくば中央第2)

概要：

室温オゾン雰囲気蒸着法により、良好なバリア特性の NiOx トンネル層を作製し、縦型 Ni//Co//Ni 単一電子トランジスタ基本構造を作製した。そのスピン依存性伝導特性を評価した結果、15K のクーロンブロックド領域において50%以上の TMR の増大を観測した。AVS 発表。

単一電子微小電流計について、理論的検討を加え CPEM2002にて発表。回路構成に必要な抵抗特性について LT23で発表。極低温での試料温度制御等に優れた汎用性の高い希釈冷凍機を試作した。

エレクトロインフォマティクスグループ

(Electroinformatics Group)

研究グループ長：小池 汎平

(つくば中央第2)

概要：

XMOS コンパクトモデルの開発：XMOS トランジスタの回路応用技術の研究を可能とする回路シミュレータ用デバイスモデルの開発を開始し、基本モデルとしてダブルチャージシートモデルを考案するとともに、モデル計算プログラムを開発して、その計算結果とデバイスシミュレーション結果と比較することによって、モデルの妥当性の検証に成功した。XMOS 回路応用技術の研究：XMOS トランジスタの特性を有効に活用する回路応用技術についての検討を行い、検討結果について特許出願を行った。

酒井グループ

(Sakai Group)

主任研究員 酒井 滋樹

(つくば中央第2)

概要：

強誘電体ゲートメモリ FET の研究：材料とプロセ

スを研究し、従来短かった情報記憶時間の長期化に成功した。すなわち12日経過後も情報“1”と“0”を十分識別できた。非破壊読み出し型で情報不揮発ランダムアクセスメモリ（1TFeRAM）実用化への道を拓いた。

超伝導超格子の研究：

BSCCO 固有ジョセフソン接合薄膜作製技術の研究し、超格子数が、4と30の高品質固有接合を実現した。

パルスレーザ堆積技術の研究：

大面積均一製膜のための方法を理論的に検討し、予備実験を開始した。

⑫【光技術研究部門】

(Photonics Research Institute)

(存続期間：2001.4～)

研究部門長：渡辺 正信

副研究部門長：八瀬 清志、平賀 隆、山田家和勝

総括研究員：大柳 宏之、山田家和勝、八瀬 清志、平賀 隆

所在地：つくば中央第2、つくば中央第4、つくば中央第5、つくば東、関西センター

人員：218 (85) 名

経費：1,228,610千円 (592,781千円)

概要：

本研究部門では、光技術が光情報通信・光応用機器など光産業技術の先導となると同時に、種々の幅広い計測・加工技術の基盤となる汎用性を有する特徴を生かした研究開発を行う。特に光情報通信・処理技術および光材料・デバイス技術を主な対象とするソフトフォトンクス、人間や環境にとって使いやすい光表示・入出力技術を主な対象とするアメリティフォトンクス、レーザー・放射光など新たな光源の極限性能実現や先端的光計測利用技術の開発を目指すハードフォトンクスの分野で有機的な連携による研究開発を行う。これにより新たな情報化社会の新産業育成に寄与すると共に、福祉高齢化社会を人に快適な技術で支える基盤を確立することを目的とする。またこれらの目的遂行のために効率的でかつ機動的な研究開発を推進し、我が国のみならず世界において光技術研究の中核的研究機関になることを目指す。また新たな応用分野としてライフフォトンクスの開拓を視野に入れている。

【1】ソフトフォトンクス分野—光情報コミュニケーション技術

将来のテラビット級の光時分割多重通信 (OTDM) と波長分割多重通信 (WDM) の混合システムに対応可能なキー・テクノロジーの確立を目的として、パルス計測制御技術や光機能デバイス技術の開発を行う。

また将来の通信セキュリティに重要な量子情報暗号通信技術の研究や、表示・記録等の光デバイスのための材料・デバイス技術の開発を行う。

【2】アメリティフォトンクス分野—インターヒューマン光材料デバイス技術

ガラス材料を利用した導波路を中心とした情報通信・処理用光デバイス技術、および有機材料や有機・無機ハイブリッド材料を利用したヒューマン・インターフェイス用光デバイス (ディスプレイ、ホログラム、FET、発光素子等) の研究開発を行う。

【3】ハードフォトンクス分野—未踏光・量子源・計測利用技術

可視から近赤外域における超短パルスレーザー発生制御・圧縮・増幅技術の研究開発を行う。また広帯域にわたる自由電子レーザー、エネルギー可変 γ 線、多機能放射光、低速陽電子ビーム等の発生とそれを利用した高機能材料精密計測・プロセス技術の研究開発を行う。さらに広帯域光センシング技術、光位相・コヒーレンス計測・制御技術、光操作技術の研究開発を行う。

外部資金：

文部科学省受託研究費 (科学技術振興調整費)

アクティブ・ナノ計測基盤技術の確立

バイオ共役光受容ナノマテリアル創生に関する研究
高輝度近接場光プローブの開発と全反射光制御方法
フレキシブル光—電子デバイスプロセス技術

文部科学省受託研究費 (原子力)

放射線障害防止に必要な経費

特定装置の維持運営に必要な経費

小型高輝度放射源の開発とその利用に関する研究

エネルギー可変 γ 線発生技術の高度化とその利用に関する研究

SR 光およびイオンビームによる微構造3次元セラミックスの作成

光子情報複合検出技術に関する研究

自由電子レーザーの先端技術に関する研究

挿入光源を利用した動的過程の高度評価法に関する研究

原子力エレクトロニクスのための素子化プロセス技術二冠する研究

超低速短パルス陽電子ビームによる表層物性評価法の研究

単一サイクルパルスの発生に関する研究

超高輝度 KHz プラズマ X線源とその応用の研究開発

エネルギー需給構造高度化受託研究費

省エネ LSI—省エネルギー発光素子技術の開発

地域新生コンソーシアムエネルギー研究開発

フェムト秒光電子融合回路素子技術の開発

電源多様化受託研究費
フェムト秒光電子融合回路素子技術の開発評価

経済産業省受託研究費

中小企業支援型研究開発（中小企業委託費）

平成14年度重点分野研究開発委託費（構造改革特別枠）

NEDO 受託研究費
シート型ペーパ鉄シリサイド太陽電池の製作に関する研究開発
有機薄膜太陽電池の研究開発
超微粒子分散等構造制御技術
高次構造制御技術

財団等受託研究費
ガラス融液における物質移動に対する磁場の影響
低ダイオキシン化廃棄物燃料処理のためのリアルタイム

民間受託研究費
VUV 偏光光学素子の開発動向調査
光導波路用ガラス薄膜の微細加工に関する研究
発泡シリコン材料の評価
光技術を用いた新検査技術開発
可変形ミラーを用いた低消費電力・自動制御 Yb 系
VUV 偏光素子の基礎検討

他省庁直接受託研究費
総務省受託研究費（戦略的情報通信研究開発推進制度）

フェロー制度等研究費
STA フェローシップ制度
JSPS フェローシップ制度
科学技術特別研究員制度

共同研究費
陽電子ビーム法による層間絶縁膜材料の空隙構造に関する研究

研究助成金等
NEDO12年度産業技術研究助成事業
（財）鉄鋼環境保全技術開発基金
（財）東京応化科学技術振興財団

発表：229（200）件、口頭発表470（160）件、

その他35件

情報通信フォトニクスグループ
（Information Photonics Group）

研究グループ長：土田 英実

（つくば中央第2）

概要：

情報通信ネットワークの大容量化と高度化に資することを目的として、超高速光計測・制御技術、光信号処理技術、量子暗号技術に関して、サブシステム化まで視野に入れた研究開発を行う。平成16年度までにテラビット級光時分割多重信号のタイミング揺らぎ評価技術、光パケットヘッダ認識技術、伝送距離が数10kmの量子鍵暗号鍵分配技術を開発することを目標とする。電気光学的ハーモニックミキサを開発し、繰返し160GHzまでの光パルスに対するタイミング雑音計測技術を開発した。インコヒーレント加算を利用したタイミング雑音低減技術を開発し、モード同期半導体レーザーのジッターを429fsも低減した。ポリウムホログラムを用いた光パケットヘッダ認識における入出力特性を明らかにした。伝送距離35.7kmの量子暗号鍵分配装置を試作し、量子符号誤り率7%、鍵生成率2Hzを達成した。波長1550nm帯において相関光子対の高効率発生を実現した。

研究テーマ：

パルスタイミング雑音計測・制御技術の研究
光パケットヘッダ認識技術の研究
量子暗号通信の研究

光電子制御デバイスグループ

（Ultrafast Optoelectronic Devices Group）

研究グループ長：小森 和弘

（つくば中央第2）

概要：

当研究グループは光技術研究部門の中において、次世代超高速大容量光情報通信の実現に必要な不可欠な超高速デバイスに関するブレークスルー技術を開発すること、特に新原理、新構造に基づく次世代の光・電子融合素子を開発することを目的としている。平成16年度までに次世代の超高速大容量情報通信技術のために光・電子の量子状態制御に基づく高機能高性能な光・電子融合素子を開発することを目標としている。

研究テーマ：

量子ナノ光電子素子の開発
超高速光-電子（OEO）素子の開発
フォトニック結晶導波路素子の開発
ナノ構造を用いた光制御・光非線素子の開発

超高速フォトニクス計測グループ

（Ultrafast Photonic Measurements and Materials Group）

研究グループ長：挟間 壽文

(つくば中央第2)

概要:

CdS/ZnSe/BeTe 量子井戸のサブバンド間遷移を利用した超高速光スイッチにおけるキャリア緩和時間として、 $1.8\mu\text{m}$ において270fsの応答速度を達成した。

CdS/ZnSe/BeTe 半導体量子井戸サブバンド間遷移利用した光励起型レーザーの基本3準位を与える二重量子井戸構造の作成に成功した。また、屈折率評価と光導波路構造等の解析を通じてレーザー構造の最適設計法を確立した。

通信波長帯対応の反射型近接場顕微鏡を試作し、200fsの時間遅延分解能を達成した。標準試料として使える誘電体微小球の作成方法を確立した。

通信波長帯域において10GHz以上の高繰返し波長可変フェムト秒光パルスの発生が可能な新しい原理に基づく光パラメトリック発振器を考案し、その原理実証に成功した。

ガラス材料技術グループ

(Optoelectronics Glass Group)

研究グループ長: 西井 準治

(関西センター)

概要:

光通信デバイスの温度無依存化を目指し、導波路フィルターで温度依存性 $4\text{pm}/^\circ\text{C}$ (従来の1/3)と達成した。また、デバイスの超小型化を目指し、一辺が 10mm 以下のガラス基板上に導波路、サブ波長周期構造およびミラーを集積し、世界最小の波長分離素子を作製した。

光学特性に優れた微小光学素子の形成を目指し、超高压印可と炭酸ガスレーザー照射を利用して有効径 $60\mu\text{m}$ 、屈折率変化1%、開口数0.14マイクロレンズを作製した。

ディスプレイや照明用の省エネ・高輝度発光体の開発を目指し、イオン注入によってシリカガラス中に銅-カルコゲン結合が形成できることを確認するとともに、蛍光波長の短波長化を確認した。また **CdTe** 超微粒子分散バルクガラスにおいて、波長 544nm で発光率30%を達成した。また、ナノ粒子を含有するガラス粉体を作製し、発光を確認した。

研究テーマ:

導波路とサブ波長周期構造

マイクロオプティックス

高輝度発光体

量子ナノ構造グループ

(Quantum Nanostructure Group)

研究グループ長: 小倉 睦郎

(つくば中央第2)

概要:

量子細線や量子ドットなどの低次元量子ナノ構造を

用いることにより、半導体レーザや光変調器あるいは電界トランジスタの性能が飛躍的に向上することが期待されている。本グループでは、有機金属気相成長法(MOCVD)に流量変調法を応用することにより、極めて均一性の高い化合物量子ナノ構造の形成に成功し、それらの物性評価、およびナノデバイスの開発を行っている。

光エレクトロニクス材料グループ

(Optoelectronic Materials and Devices Group)

研究グループ長: 仁木 栄

(つくば中央第2)

概要:

酸素ラジカル源のプラズマ室を改造することで、残留不純物である Al濃度の大幅な低減に成功した。P型ドーピングに関しては、**ZnO** 薄膜の極性を抑制することで高温成長時でも高濃度のアクセプタドーピングが可能な手法を開発した。また、電子と正孔の移動度に大きな差のある **ZnO** においては、ホール効果による p 型の判定が困難であること、また精度向上のための条件を示した。

低効率 $2\times 10^{-4}\Omega\text{cm}$ 以下、400-800nmの波長域で平均90%以上の透過率を示す **Zno** 透明導電膜の作製に成功した。室温でも $5\times 10^{-4}\Omega\text{cm}$ という低抵抗性製膜に成功した。**MgZnO** への高濃度 Al ドープ技術を開発し、透明導電膜の分野にバンドエンジニアリングの概念を初めて提案し、新しい応用分野の可能性を示した。

研究テーマ:

紫外発光デバイスの開発

低抵抗透明導電膜の開発

有機半導体デバイスグループ

(Functional Condensed Materials Group)

研究グループ長: 鎌田 俊英

(つくば中央第5)

概要:

表示やあかりなどの人の視覚にかかる光の利用技術において、人に優しく作用する技術ならびにそれらを自然と調和させる技術を開発していくことを目的とする。特に、耐衝撃性、好接触感、拡張性、低消費電力製、低生産エネルギー等、ユビキタス環境下で利用するヒューマンインターフェース情報機器開発に必須な特性を有するフレキシブル光入出力素子および駆動素子を創製していくため、そのためのキーテクノロジーとなる「有機半導体デバイス創製技術基盤」を確立することを目指している。こうした目的を達成するために、有機半導体薄膜の構造制御技術、薄膜界面解析・制御技術、デバイス評価技術などの開発を行っている。またこれらの技術を用いて有機トランジスタをはじめ有機光入出力素子などの有機半導体素子の開発を行っている。

研究テーマ：

プリンタブル有機薄膜トランジスタの開発に関する研究

フレキシブル有機薄膜光入力素子の開発に関する研究

有機デバイス創製技術基盤に関する研究

有機超薄膜グループ

(Ultra Thin Films Group)

研究グループ長：八瀬 清志

(つくば中央第5)

概要：

有機薄膜トランジスタ、電界発光素子、太陽電池の開発において、分子配向や素子構造を最適化することで、より高い機能の発現を目指している。また、カーボンナノチューブやタンパク分子の異なる光電子機能を利用した光スイッチやセンサーの開発も行っている。

- (1) ポルフィリン、ポリチオフェン等の有機半導体および導電性高分子を真空蒸着法および摩擦転写法により電界効果トランジスタ (FET) を作製した。分子配向が制御された薄膜において、異方的な光学特性に加えて、10倍に達する異方的な FET 特性を評価した。また有機感光体 (フタロシアニン) と有機電界発光 (EL) を組み合わせた外光取り込み型 EL 素子において、膜厚の最適化により、近赤外レーザー (780nm) の照射により、千倍以上輝度が向上する RGB の三原色につき EL 発光を達成した。さらに、導電性高分子 (ポリフェニレンビニレン) とフラーレン (C60) の積層構造を有する有機薄膜太陽電池において、C60層への Mg ドーピングにより、エネルギー変換効率が3桁以上向上することを確認した。
- (2) カーボンナノチューブ (CNT) の光学特性に着目し、近赤外域における高い可飽和吸収非線形光学特性を利用した、レーザー発振およびノイズ低減素子を開発した。
- (3) 金属微粒子へのタンパク分子および DNA の組み込みを目的として、2ステップ合成法を用いた置換反応による機能性チオール分子の導入を行い、機能性バイオ微粒子の合成法を確立した。さらに、表面・微粒子間の分子認識反応を実現した。

研究テーマ：

有機薄膜デバイスの作製とその特性評価

カーボンナノチューブの光応用

バイオフォトンクスに関する研究

分子フォトンクスグループ

(Molecular Photonics Group)

研究グループ長：松田 宏雄

(つくば中央第5)

概要：

可視領域で透明な非線形光学材料の開発を目指し、

芳香族エステル、ヘリックス構造を有するポリ乳酸等の重合度を制御した合成および電気光学評価を行うとともに、磁場や近接場光を利用した分子配向および分子移動の機構を明らかにするための研究開発を行っている。

- (1) 乳酸オリゴマの施光分散スペクトルが電場で変化することを確認した。
- (2) キラルポリカルドジイミドがリオトロピック・コレステリック液晶を呈することを見出し、その配向化と光機能について検討した。
- (3) 高い極性を有するジメチルアミノスチルバジリウムトシレート (DAST) の微結晶が磁場によって配向することを見出した。
- (4) フォトポリマーを用いたマイクロレエンズアレイおよびナノメートルオーダーのドットアレイの作製に成功した。

デバイス機能化技術グループ

(Photonic Device Application Research Group)

研究グループ長：谷垣 宣孝

(関西センター・つくば中央第2)

概要：

人と高度情報ネットワークとの接点となる光機能デバイスの開発に必要な基礎的・基盤的な研究を行うことを目的とする。有機・高分子薄膜作製、有機無機複合化、超精密研磨などの材料プロセッシング技術と、ホログラム、プローブ顕微鏡、核磁気共鳴 (NMR)、赤外光精密測定といった計測技術を駆使して、ナノ構造を有する有機材料・有機無機複合材料の創製、機能化、光物性測定を行い、光スイッチ、光インターコネクション、光メモリ、表示素子、受光素子のヒューマンインターフェイス光デバイスの開発を目指す。また光計測技術のライフサイエンスへの応用を目指し、無侵襲計測技術等の開発を行う。また近接場光応用計測、力検出 NMR 等、新規計測技術の開発、分光放射率測定標準化研究も行っている。

研究テーマ：

フレキシブル光機能素子を目指したプロセス技術及び評価技術の研究開発

ライフフォトンクスのための計測技術に関する研究

集合体フォトンクスグループ

(Mesoscopic Photonics Group)

研究グループ長：小林 俊介

(つくば中央第2)

概要：

高効率有機デバイス開発に向けて、新しいトランジスタ構造を提案するとともに、最も重要である電極/有機半導体界面の評価法を開発した。このためペンタセンを有機半導体とするボトムコンタクト、TFT を作製、有機トランジスタの基礎特性を解明し、今後の設計指針を明らかにした。また、電子および正孔をキ

キャリアとする有機半導体を検討し、その評価装置を製作した。

有機薄膜太陽電池のエネルギー変換効率を向上させるため、有機分子のバルク p-n 接合を内包する太陽電池の作成を行った。フラーレンへの Mg ドーピングによって n 型半導体層のバンド構造が変調され、有機薄膜太陽電池の性能が著しく向上することを明らかにした。P 型有機半導体層にもドーピング処理を行うことで特性の改善が予測された。

波長よりも小さなスケールの光集積回路のための光機能素子の開発を目的とし、有機薄膜結晶の光励起特性を調べた。(チオフェン・フェニレン) コオリゴマー単薄膜結晶において常温で励起子ポラリトンが生成している可能性を見出した。これらを光集積回路の機能素子に応用するための導波路構造作製法についての見通しを明らかにした。

研究テーマ：

- 高効率有機デバイスの開発
- 有機分子バルク p-n 接合形成技術の開発
- 光集積回路のための有機光機能素子の研究

超短パルスレーザーグループ

(Ultrafast Lasers Group)

研究グループ長：鳥塚 健二

(つくば中央第2)

概要：

次世代光情報通信技術や高精度計測技術を支えるキーテクノロジーとして超短光パルスの技術開発が不可欠となっている。特に超短光パルスの高時間分解能及び高ピーク強度を利用した計測、物質プロセス等の応用は注目されている。本グループでは、フェムト秒・アト秒レーザーパルスの発生制御、及びそれを用いた短波長コヒーレント光の発生等の技術開発を目的としている。

可視から近赤外域における10フェムト秒（1フェムト秒=千兆分の1秒）級光パルスの発生・増幅と5フェムト秒以下への圧縮、1フェムト秒以下のパルス特性制御などの技術を開発し、未踏のモノサイクル領域超パルス光技術を開拓すること、またこれら新光源の有効性を実証することを目標とする。

光の短パルス化に伴い、パルス内の電界振動の波形が物質との相互作用に影響し、新現象や新機能が期待できることが理論的に予測されている。これらの研究により新しい物質制御機能の開拓が期待でき、産業の基盤技術としての意義が大きい。

研究テーマ：

- 超短光パルスの発生評価技術の研究開発
- 単一サイクルパルスの発生に関する研究

広帯域量子放射技術グループ

(Wideband Photonics Group)

研究グループ長：山田家和勝

(つくば中央第2・関西センター)

概要：

蓄積リング NIJI-IV の真空チャンバーの大幅改造により、FEL ゲインを9% (200nm) と従来の3倍以上に向上させることに成功し、200nm 以下の波長域での FEL 発振は確実な状況となった。

NIJI-IV FEL システムを用いた赤外 FEL 発振と LCS-X 線発生に関する理論計算を行い、1-12 μm の範囲で赤外発振が可能であること、0.1-2MeV のエネルギー域で 10^5-10^6 photons/s の X 線収量が得られることがわかった。

SiC 製膜中に赤外 FEL (12.6 μm) を同時照射し、低温 (400~500℃) 基板上で結晶性の大幅改善に成功した。

LCS-X 線の高収率発生のための、ファブリーペロー共振器用周波数フィルタを製作し、5kHz 以上のノイズ除去に成功した。

ダブルノズルから噴射されたアルゴンガスに YAG レーザー基本波及び2倍波を照射し、X 線スペクトルを観測した結果、初期電離は2倍波が、イオン化促進は基本波が優れていることがわかった。

独自構造の FZP を用いて硬 X 線を集光し、12.4keV、16keV において0.1 μm、82keV において1 μm の空間分解能達成に成功した。

研究テーマ名：

- 広帯域量子放射の発生とその利用に関する研究
- 自由電子レーザー先端技術に関する研究
- 高透過性光子ビームを用いた非破壊検査技術の開発と高度化に関する研究

放射光利用技術グループ

(Synchrotron Radiation Application Group)

研究グループ長：小池 正記

(つくば中央第2・つくば中央第4)

概要：

80nm の分解能の表面分析装置を製作し光電子顕微鏡に組み込み、偏光アンジュレータの能力を最大限に発揮させ、蓄積リング、偏光アンジュレータ、ビームライン分光計測系をリアルタイムで系統的に制御するシステムの構築をした。このような分光計測法が可能なのは当所放射光施設が世界唯一である。偏光挿入刻限の光輝度性、偏光性を利用してアミノ酸の構造変化に関する研究を神戸大学との共同研究で推進した。

SR 光による X 線利用技術により綿密な酸化チタンのフォトニック結晶 (1ミクロン、アスペクト比2程度) の形成に室温で成功した。ルチル型酸化チタンの微細加工を行うため、イオン注入用マスクを開発した。

多層膜ミラー評価装置を製作し使用波長での反射率等を行い、多層膜ミラーの評価・作製パラメータの最適化等可能とした。

鉄シリサイド光機能材料の開発のため Fe/Si 多層膜

を作製し特性を評価した。作製した Fe/Si、Fe/FeSi 多層膜の構造・磁気特性を磁気抵抗 (GMR) 効果、内部転換電子メスバウア散乱スペクトル (CEMS スペクトル) 等から評価し、Fe/Si 多層膜においては、FeSi 化合物による界面形成が GMR 効果を誘起することがわかった。

研究テーマ：

先端放射光利用技術の開発研究

挿入光源を利用した動的過程の高度評価法に関する研究

SR 光およびイオンビームによる微細加工法の研究

高機能量子ビーム開発利用グループ

(Advanced Quantum Particle Beam Research Group)

研究グループ長：鈴木 良一

(つくば中央第2)

概要：

低速陽電子ビームにより薄膜中の微小空孔のサイズだけでなく空孔の連結・開放性の評価も可能にするため、エネルギー可変陽電子ビームによる陽電子寿命測定法と γ 線検出器の波高分布測定を組み合わせた2次元陽電子寿命測定装置の開発を行い、次世代 LSI 用低誘電率絶縁膜 (low-k 膜) などのポーラス膜中のサブナノ～ナノ空孔の連結性の評価を行った。

陽電子寿命測定および陽電子寿命・運動量相関測定用の真空試料槽に多試料交換機構の導入等の改良を行った。これにより、複数の試料の同一条件での測定が可能になり、より信頼性の高い測定を効率的に行うことが可能になった。SiC ショットキー・ダイオードと Si ジャンクション・ダイオードの γ 線による放射線損傷の比較を行った。

次世代の高機能量子ビーム源を発生するために C バンド (5712MHz) のマイクロ波を用いた小型電子加速器の設計を行い、電子銃部および初段の加速管を完成させた。

先端量子計測グループ

(Spectroscopic Photon Sensing Group)

研究グループ長：大久保雅隆

(つくば中央第2)

概要：

人間の五感で感じ取れる外界の情報には、種類、精度、取得速度に限界がある。現代社会は、我々自身が作り出した多くの人工の眼からの情報なしでは成り立たない。人工の眼は、観測対象と物質の相互作用を電気信号に変換するデバイスである。物質として超伝導体を使うことにより、従来技術では達成不可能な光子検出性能を実現することができる。光子は、電磁波のエネルギー最小単位であるエネルギー量子であり、材料から放射される光子は材料特有のエネルギーを持っている。超伝導検出器は、光子エネルギーの測定精度

において半導体技術の壁を越えている。我々は、先端材料開発や従来技術で見ることができなかった未知現象を解明するために、この超伝導検出器を計測ツールとして実用化することを目標としている。

超伝導検出器実用化のための要件として、分析対象材料からの信号を効率よく検出するために、超伝導検出器の有感面積を大きくしたいという要請がある。しかし、大きくするとエネルギー測定精度が悪化するという問題があった。本年度は、超伝導検出素子の構造を工夫することにより、検出器面積を大きくしても性能悪化を抑えることができる素子構造を発見した。

研究テーマ：

光子情報複合検出技術に関する研究

光計測制御グループ

(Optical Measurement and Control Group)

研究グループ長：天神林孝二

(つくば東)

概要：

光計測技術の研究では波長走査フィゾー干渉計による光学平行平板の表面形状において得られた1nmの繰返し計測精度に対して精度の検証を行うとともに、誤差解析を実施した。また昨年度考案した真直度計測法をプロファイラに応用し、大きな面積を持つ計測対象の形状を、プローブの走査誤差に影響されずに計測できる方法を新たに提案した。

光制御技術の研究では、光フィードバック干渉法に基づく液晶補償光学システムを、ヒトの眼とほぼ同じサイズかつ同じ収差をもつ人工眼に適用し、このシステムによって高解像の網膜像を得ることが可能であることを実験的に検証した。

また、これまでに開発してきた光操作技術を用いて、プラズマディスプレイの試作研究を行った。光操作により、蛍光体を配列・定着させて試作したディスプレイでは、従来の化学定着を用いるより発光を長寿命化できることが確認できた。

[テーマ題目1] 次世代光情報通信基盤技術に関する研究

[研究代表者] 土田 英実 (光技術研究部門情報通信フォトニクスグループ)

[研究担当者] 小森 和弘、挾間 壽文、西井 準治、他 (職員14名、他18名)

[研究内容]

次世代の超高速・超高密度情報通信に資するため、超高速光計測・制御技術、超高速光制御デバイス、導波路型光デバイスおよび微小光学素子を開発する。そのための具体的目標は以下のとおりである。

1) 超高速光時分割多重 (OTDM) 伝送・交換技術の基盤として、数100Gbps パルス列に対するタイミング揺らぎ計測・制御技術、スイッチング時間1ps 以下

のサブバンド間遷移利用光・光スイッチ、100Gbpsパルス列の波長変換を可能とする光・電気・光 (OEO) スwitch、3次元フォトニック結晶導波路、近接場光学顕微鏡などのデバイス開発支援技術を開発する。

2) 超高密度メトロ系ネットワークへの応用を目指して、サブ波長周期構造を利用した極微分波器、温度調節不要で長期信頼性の高い光導波路 (光路長温度依存性 $4 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 以下、耐熱温度 100°C 以上) 等を開発する。なお、平成14年度の成果は以下のとおりである。

1) 電気光学的ハーモニックミキシングを利用して、繰り返し80GHz の OTDM パルスに対するタイミング揺らぎ計測技術を確立し、この手法が160GHz まで拡張できる見通しを得た。14年度に開発したタイミング揺らぎ計測技術は、独自手法である時間領域復調法を拡張して、従来は不可能であった高繰り返しパルスに適用したもので、当該分野では世界最高性能の計測技術に位置づけられる。

2) 波長 $1.8 \mu\text{m}$ において応答時間270fs のサブバンド間遷移を観測した。昨年度試作した素子はバリア層の X バンドにキャリアが溜まることによる遅い緩和成分があったが、井戸層を CdS とすることによってこれの回避に成功し、波長 $2 \mu\text{m}$ 以下での世界最高速を達成した。サブバンド間遷移光・光スイッチは、種々の材料系を用いて内外の研究機関で開発が進められているが、本研究で達成した270fs の応答速度は波長 $2 \mu\text{m}$ 以下での世界最高速である。

3) ポリイミドを用いた超高速電気伝送線路と受光素子を集積し、伝送線路上で230fs の電気信号伝搬を確認した。波長 $1.5 \mu\text{m}$ 帯3次元フォトニック結晶の作製において、電子ビーム露光装置を用いて約50nm のつなぎ精度描画を達成した。 $1.5 \mu\text{m}$ 帯で動作可能な近接場顕微鏡用の光ファイバ干渉計を製作した。

4) 回折効率90%以上で、偏波無依存の深溝グレーティング作製技術を開発し、透過型の小型分波器を実現した。モノリシックなガラス導波路において、光路長の温度依存性が世界トップレベルの $4 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ を達成した。温度 100°C 以上に加熱しても安定な回折格子内装導波路を初めて試作し、熱光学スイッチへの応用が可能であることを確認した。

【分野名】 情報通信

【キーワード】 超高速光時分割多重、タイミング揺らぎ計測、光・光スイッチ、OEO スwitch、フォトニック結晶、光導波路、近接場光学顕微鏡

【テーマ題目2】 新材料・超構造による光機能デバイス技術に関する研究

【研究代表者】 仁木 栄 (光技術研究部門光エレクトロニクス材料グループ)

【研究担当者】 小森 和弘、小倉 陸郎、他

(職員11名、他20名)

【研究内容】

新しい材料や量子構造の創製技術を確立し、次世代情報・通信技術に資する未踏技術領域での光機能デバイスを実現する。そのための具体的目標は以下のとおりである。

1) 酸化亜鉛 (ZnO) 等の超ワイドギャップ半導体に注目し、紫外発光デバイスや透明導電膜等への応用のための基盤技術の確立を目指す。波長400nm 以下の発光デバイス、抵抗率 $2 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$ 以下の透明導電膜を実現する。

2) 化合物半導体量子ナノ構造の精密な作製・評価技術、およびデバイス応用のための高機能発現技術の開発を行う。時間的・空間的に長い位相コヒーレンス (数10ps、数 μm) や高効率な利得・屈折率変化等、量子ナノ構造によって初めて発現される物性と、それらを用いて初めて実現される超高速光スイッチ素子や負性抵抗素子、量子論理素子等の高機能なデバイス動作を実現する。

なお、平成14年度の成果は以下のとおりである。

1) 紫外発光デバイスの開発において、p 型 ZnO の開発に向け、ZnO 薄膜の極性の制御による窒素ドーピングの高濃度化と不純物 Al 濃度の大幅な低減に成功した。また、p 型の判定を行うための評価基準を初めて明確にした。さらに、ZnSeO 系混晶において、Se 濃度の自己変調効果を発見した (応用物理学会講演奨励賞受賞)。高品質な MgZnO の成長条件を明らかにした。

2) 低抵抗透明導電膜の開発において、抵抗率 $2 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$ 以下、400-1100nm の波長域で平均96%以上の透過率を示す ZnO 透明導電膜の作製に成功した。室温においても $5 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$ という低温製膜に成功した。また、Al:MgZnO を用いて透明導電膜の分野にバンドエンジニアリングの概念を初めて提案し、新しい応用分野開拓の可能性を示した。

3) 量子ナノ構造の均一化において、TBA (トリブチルアルシン) を用いた量子細線成長技術の改良を進め、細線の長さ方向の均一性向上に成功し、 $3 \mu\text{m}$ の範囲で均一なスペクトルを得た (前年度 $1 \mu\text{m}$)。分解能0.3ミクロンの顕微磁気フォトルミネセンス装置を開発し、理論的に予測されている量子細線中の低次元エキシトンのゼーマン分裂や偏光状態によるエネルギー分裂を検出した。

4) ナノ構造を用いた光制御・光非線形素子の開発において、量子細線中のエネルギー・位相緩和等の高速応答特性をポンププローブ分光法、位相ロック分光法、テラヘルツ分光法により測定し、5ピコ秒程度の励起子生成時間、高品質細線固有のコヒーレンス長が長いことに起因する110ps 程度の短いエネルギー緩和特性を確認した。励起子の位相緩和時間については、顕微

分光の発光線幅および顕微イメージングの測定から、数 μm の範囲においては数ピコ秒以上と推定したが、時間分解測定では0.3~0.6psと短かった。今回の測定では数100 μm の範囲の平均となっており、素子が5 μm 以上では不均一なためである。量子細線の長い位相緩和を利用するためには、均一性のさらなる向上、数 μm の範囲を使用する素子構造の開発等が必要であることを結論づけた。

- 5) 量子ナノ電子素子の開発においては、InGaAs 量子細線 FET のフォトコンダクティビティを測定することにより、キャリアが細線層から側面の井戸層に実空間遷移することで、負性抵抗が生ずることを明らかにした。磁気抵抗の観測により、極低温では細線のエネルギー損失率は量子井戸よりも大きくなることを見出した。

[分野名] 情報通信

[キーワード] 量子ナノ構造、量子細線 FET、ワイドギャップ半導体、酸化亜鉛

[テーマ題目3] アメニティフォトンクスに関する研究

[研究代表者] 八瀬 清志 (光技術研究部門有機超薄膜グループ)

[研究担当者] 鎌田 俊英、小林 俊介、西井 準治、谷垣 宣孝、他 (職員28名、他22名)

[研究内容]

ヒューマン・フレンドリーな情報通信用光デバイスのフレキシブル、低コスト、低消費電力かつ高性能の有機デバイスの創製のための平成16年度までの目標は以下のとおりである。

- 1) 先端有機デバイス：移動度として $1\text{cm}^2/\text{Vs}$ の有機トランジスタ、照射により輝度が千倍増加する省エネ発光素子および発光効率3%以上の超微粒子発光体、光電変換効率が1%以上の有機薄膜太陽電池、等の研究開発を行う。
- 2) 次世代光部品：可視領域で透明な偏光制御材料によるフレキシブル・ディスプレイ、光誘起表面レリーフを用いた書き換え可能ホログラム、合波・分岐(パッシブ)および光スイッチ(アクティブ)光導波路、表面プラズモン共鳴を用いた高感度バイオセンサ、等の研究開発を行う。

なお、平成14年度成果は以下のとおりである。

- 1) 先端有機デバイス：①新規開発した有機トランジスタ素子構造により、 $10^{-9}\text{cm}^2/\text{V}$ 台のアモルファス有機半導体を用いて $10^{-2}\text{cm}^2/\text{V}$ 台の移動度を得ることに成功した。また、可溶性高分子ゲート絶縁層に水溶性無機層状化合物層を導入することで、有機薄膜トランジスタのゲート絶縁性を2桁以上向上させるとともに、絶縁層のカットオフ周波数を2桁程度向上させることに成功した。半導体微細加工技術を用い FET 電極構造を作製し、有機半導体ペンタセンの最適蒸着条

件を見いだした。(チオフェン/フェニレン) コオリゴマー単結晶のポラリトン特性を評価する手法を開発した。②近赤外光の入射により $10^2\sim 10^4$ 倍明るく光る緑および青色の有機 EL 素子を作製し、ディスプレイへの応用展開を示した。超微粒子のドーピングにより、波長540nm で発光効率4%を達成し、また、遷移元素のドーピングとして Br イオン配位で、発光波長を50nm 変化させることに成功した。③有機薄膜太陽電池の光の利用効率を分子 p-n 接合形成により向上させ、変換効率1%を達成した。

- 2) 次世代光部品：①芳香族ポリエステル高分極配向高分子を効率よく合成する触媒重合法を見いだした。有機微結晶の磁場配向により偏光カラーフィルターを作製した。②色素輸送法によって簡便に光導波路を作製する技術を開発した。また、感光波長域が532nm で露光感度、回折効率が従来のもと同様なホログラム記録用のフォトポリマーを開発した。③金表面の単分子膜および金属微粒子表面における蛋白の固定化および基板表面のマイクロパターンニング化を行った。④新規な微小突起型プローブを開発し、材料の屈折率のナノレベルのマッピングを行った。輝度温度及び分光放射輝度の低温度測定のための放射計システムの性能評価を行い、システムの有用性を明らかにした。試作小型 MRI 装置を設置し、1H、27Al の画像化に成功した。

また、全く新しい成果として、近赤外波長領域で、光吸収率が大きくなるとカーボンナノチューブの光強度が低下する現象(可飽和吸収効果)を確認し、通信波長帯に利用可能な光スイッチを開発した。

[分野名] 情報通信、ナノテクノロジー

[キーワード] 有機半導体デバイス、有機 EL 素子、有機太陽電池、電気光学高分子、カーボンナノチューブ、表面プラズモン共鳴法、走査プローブ顕微鏡

[テーマ題目4] 未踏領域光発生・計測・制御技術に関する研究

[研究代表者] 鳥塚 健二 (光技術研究部門超短パルスレーザーグループ)

[研究担当者] 大久保雅隆、天神林孝二、他 (職員12名、他4名)

[研究内容]

超高速大容量光情報通信技術や高精度計測・プロセス技術を支えるキーテクノロジーとして、未踏の高速レーザー光源技術、光波計測・操作技術、光子検出器技術の研究開発を行う。具体的な研究目標は次の通りである。

- 1) 超短パルスレーザー技術に関する研究：可視から近赤外域における5フェムト秒(fs)以下級光パルスの発生・圧縮、振動位相精度(サブ fs)のパルス光波制御を行う。超短パルスレーザーのジッターは、製品

化されているもので200fs、大学・研究機関でも20fsであり、米 JILA と我々のみが数 fs 以下の制御に成功している。特に異波長のパルス光間での制御は当所独自の技術である。今後振動位相の精密制御によって複数光波の合成が可能となれば、アト秒級短パルス発生に繋がるブレイクスルーを与え得る技術として意義深い。

短パルスレーザー増幅における既存技術の限界を超える、10fs10テラワット増幅技術を開発する。高出力 fs パルス増幅では、原研関西研等における16fs 前後が限界と考えられる。当所では利得狭帯域化補償技術や高耐力広帯域反射鏡技術の高度化により、従来の限界を超える値の実現を目標としている。

- 2) 高精度光計測制御操作技術に関する研究：独自の解析アルゴリズムや手法を用いて、従来技術を大きく超える計測精度の光学平面超高精度計測技術ならびに大面積高精度計測技術開発を行う。

液晶補償光学素子等を用いた実用性の高い波面補償光学技術を開発する。これにより眼底カメラ等への補償光学技術の普及が期待される。

金属微粒子や低屈折率微粒子への光マニピュレーション（ピンセット）効果を明らかにする。これによりプラズマディスプレイ作製等、光ピンセットの産業利用も可能となる。

- 3) 光子情報複合検出技術に関する研究：単一光子のエネルギーを従来技術では達成不可能な精度で測定できる超伝導分光検出器を実現する。本研究により、X線分析技術の高分解能化や分光検出器技術の新たな市場開拓に繋がるものと期待される。

なお、平成14年度の成果は以下のとおりである。

- 1) 超短パルスレーザー技術に関する研究

2波長フェムト秒パルスレーザー（Ti:sapphire（800nm）及び Cr:forsterite（1250nm））の受動的タイミング同期により、約1fs の相互のタイミングジッターを確認した。さらに、相互の CEP ビート測定に成功した。

分散補償鏡の技術を用いて低ジッターの6.9fs レーザー発振器出力及び7.8fs の高強度で単一ショット CEP 測定された圧縮パルスを得るとともに、CEP 揺らぎの測定実験を行った。

非線形波長変換による波長157nm の真空紫外フェムト秒パルスの特性測定実験に着手した。ダブルパルス化して、スペクトルインタフェロメトリーによる材料評価を行う見通しを得た。

- 2) 高精度光計測制御操作技術に関する研究

波長走査干渉計において、19画像位相シフトアルゴリズムを設計し、光学ガラスの表面形状測定で、繰り返し精度1nm（世界最高）を得た。またプローブ走査による進直度計測で、従来不可能であった同一原理による回転誤差3成分の同時測定が可能となった。光ピ

ンセットを用いて、オイル中に分布した水滴をトラップし、安定に操作できることを実証しており、この力の発生原因を理論的に検証した。ヒトと同サイズの眼球モデルを用いて網膜イメージング実験を行い、良好な結果を得た。

- 3) 光子情報複合検出技術に関する研究

リフトオフ法により作製した200 μm 角の検出器において、77eV という高分解能を実現し、超伝導検出器の大面積化に目処をつけた。

熱型超伝導光子検出器で使われる温度センサーは、空間的に超伝導領域と常伝導領域に相分離した状態で動作していることを世界に先駆けて明らかにした。

Fe-Cr 合金標準物質の組成を数%の誤差で決定した。また半導体検出器では不可能なステンレス（Fe, Mn, Cr, Ni の隣接元素を含有）の組成が分析可能であることを示した。

[分野名] 情報通信

[キーワード] 超短パルスレーザー、光ピンセット、フォトリソグラフィ

[テーマ題目5] 多機能量子放射発生・利用技術に関する研究

[研究代表者] 山田家利勝（光技術研究部門広帯域量子放射技術グループ）

[研究担当者] 小池 正記、鈴木 良一、他（職員17名、他4名）

[研究内容]

エネルギー可変 γ 線（サブ MeV-数10MeV）、ナノメータ放射光X線（サブ keV \sim 100keV）、プラズマ軟 X線（サブ keV）、偏光可変アンジュレータ放射（30 \sim 45eV）、VUV-IR 自由電子レーザー（0.15 \sim 10 μm ）、低速陽電子ビーム（数 eV \sim 数10keV）等、特徴的な量子放射の発生と、その微視的計測・加工、動的解析技術等への先端利用技術開発を行う。具体的な研究目標は下記の通り。

- 1) 広帯域量子放射の発生とその先端利用技術に関する研究

①小型蓄積リングを用いた FEL の真空紫外(<0.19 μm)から赤外域(\sim 10 μm)における発振を実現する。また広帯域 FEL の高度利用研究の探索を行う。当面、発振型 FEL の世界最短波長（190nm）を越えることを目標としている。また10 μm に至る長波長発振は蓄積リング FEL では世界的にも例が無い。②1 \sim 40MeV のエネルギー域で LCS- γ 線の収量を従来の10倍程度、収量変動を3%以内とする。また LCS- γ 線を用いた重量物 γ 線 CT システムを構築する。 γ 線源を定常的に利用できるのは当所のみであり、LCS- γ 線 CT 技術開発は世界初のものである。③多層膜フレネルゾーンプレート（FZP）技術を高度化し、作製した FZP をX線顕微鏡に適用することにより、8 \sim 20

keV のエネルギー領域で $0.1\mu\text{m}$ 、それ以上のエネルギー領域でサブミクロンの空間分解能（世界最小値）の達成を目標とする。50keV 以上の高エネルギー領域では、既に世界最小である。④ダブルノズルガスタターゲットを用い、波長数 nm 付近でレーザープラズマ軟X線源技術を開発する。デブリが大幅に減少でき、実用性が見込まれる。

2) 高輝度ビームによる微視的加工・動的解析技術に関する研究

①偏光可変アンジュレータと光電子放出顕微鏡を組合せた表面分光法により、80nm の空間分解能で表面物質や構造、電子状態等の動的解析技術を確立する。Cu (104) -O 表面の低次元構造の電子状態観測等世界レベルの成果を得ている。②偏光可変アンジュレータ放射による偏光変調分光法を実現させ、アミノ酸の固相試料で円二色・線二色性スペクトルの測定を行う。アミノ酸の化学進化やタンパク質生成過程が解明でき、ライフサイエンスへの寄与が期待される。③フォトニック結晶作製を目指した放射光（イオンビーム）による微視的加工技術を構築する。光通信素子の開発につながる技術であるとともに、放射光の新たな利用を拓くものとして意義深い。

3) 高機能量子ビームの発生・制御技術の高度化と革新的物性評価技術に関する研究

①パルス陽電子による陽電子・ポジトロニウム寿命測定（世界最高強度のパルス陽電子を使用）、寿命運動量相関測定（薄膜・表面用は世界に1台）、飛行時間型陽電子消滅励起オージェ電子分光（世界最高計数率）の測定・解析法を確立する。②低誘電率層間絶縁膜等、半導体 LSI や光関連デバイスで重要な薄膜の微細構造や材料の表面状態の評価を行い、これらの評価法の有効性を検証する。陽電子ビームの産業技術への具体的な利用として注目できる。高強度陽電子マイクロビーム発生を当面の目標とする小型電子加速器実現のための要素技術を確立する。陽電子ビームによる物性評価技術の実用化に繋がる技術開発として重要である。

なお、平成14年度成果は以下のとおりである。

1) 広帯域量子放射の発生とその先端利用技術に関する研究

① NIJI-IV の真空チャンバーの大幅改造により、FEL ゲインが $\sim 9\%$ (200nm) と従来の2.5%に対して3倍以上に改善され、200nm 以下の波長での FEL 発振はほぼ確実となった。

② 作製した FZP を X 線顕微鏡に適用し、12.4keV、16keV において $0.1\mu\text{m}$ 、82keV において $1\mu\text{m}$ の空間分解能達成に成功した。82keV では、走査型顕微鏡で金メッシュの透過像および蛍光X線像を、結像型顕微鏡で透過像（拡大率100倍）を観測した。

2) 高輝度ビームによる微視的加工・動的解析技術に関する研究

する研究

① 偏光可変アンジュレータビームラインに分光システムを組合せ、紫外から軟 X 線領域における偏光変調分光法を実現した。

② イオンビームによる、TiO₂（ルチル単結晶）の数10nm 精度の加工断面を持つ微細加工、内部加工（三次元加工）に成功した。

3) 高機能量子ビームの発生・制御技術の高度化と革新的物性評価技術に関する研究

① 世界初の陽電子寿命 γ 線エネルギー2次元測定法による、low-k 膜中の空孔サイズ及び空孔連結性の評価に成功した。

② C バンドマイクロ波を用いた小型電子リニアックの設計を完了した。

【分野名】情報通信

【キーワード】自由電子レーザー、放射光、偏光可変アンジュレータ放射、低速陽電子ビーム、電子リニアック、電子蓄積リング

⑬【人間福祉医工学研究部門】

(Institute for Human Science and Biomedical Engineering)

(存続期間：2001.4.1～)

研究部門長：斎田 真也

副研究部門長：多屋 秀人、山根 隆志

総括研究員：ロノ町康夫

所在地：つくば中央第6、つくば東

人員：139 (57) 名

経費：473,264千円 (389,837千円)

概要：

急速な高齢化の進行より、製品・情報・行動環境などにおける人間特性との不適合、寝たきり高齢者の増加や介護負担の増大、あるいは疾病や障害者の増加などの諸問題に対処すべく、人間福祉医工学研究部門は、人間工学、福祉工学および医工学の3研究分野を基盤に、中期目標の実現に向けて以下の5つの重点研究課題を設定し、これらの研究を通じて高齢社会でも安全で安心な国民生活の実現を目指す。

課題1：高齢者の感覚知覚特性データの収集と環境評価法の開発に関する研究

高齢者を含む各年代における視覚、聴覚、温熱感覚特性のデータベースの構築を行うとともに、JIS 及び JIS TR(標準情報)さらに ISO/IEC, CIE などにおける国際標準の制定を目指す。また、高齢者・障害者の特性も考慮した環境・製品の安全性や機能性の評価法と評価機器の開発を行う。

課題2：人間生活における認知行動モデル化の研究

生活場面における認知行動モデルの構築を目標に、具体例として運転行動を取り上げ、運転時における視覚情報の能動的獲得においては注意機構の知見を取り入れ、実運転およびシミュレーションにおける運転行動 DB の構築およびその分析によりデータ駆動型状況依存行動モデルの構築を目指す。

課題3：福祉機器開発技術に関する研究

高齢者の自立支援を目的として、身体機能の代替・補助技術および機能訓練技術に関する研究開発を、主として歩行様態を中心に行う。得られた技術シーズの産業応用を常に念頭に置き、企業との共同研究などに積極的に取り組み、技術の洗練化、高信頼性の実現を図る。

課題4：生体機能代替システムに関する研究

品質管理に優れ、長期耐久性を有する、人工物による生体機能代替システム実現のための設計・評価技術の開発を行う。中心課題として人工心臓を設定し、動物実験において使用可能な耐久性にすぐれたポンプ機構の開発及びそれに関わる生体材料の比較評価を行う。

課題5：医用計測・治療支援機器技術に関する研究

次世代の診断・治療技術の基盤の確立を目標に「手術に伴う患者の精神的・身体的負担の軽減を目的とした低侵襲の治療支援機器の開発」「治療に必要な診断情報（組織の形態や代謝）の計測および提示技術、検査診断の高精度化および予防医学をめざした計測技術の開発」を行う。

外部資金：

経済産業省 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業「高齢者のための IT 支援適応型エイジレス・インタフェースの開発」(2,908千円)

経済産業省 平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業「超高齢社会に適応した IT ヘルスケア&ライフサポートシステムの構築に関する研究」(1,539千円)

財団等受託研究費「オプティカルフローに基づく運動酔いの心理物理学的計測システムの高度化と評価」(1,323千円)

経済産業省 中小企業産業技術研究開発委託費「脳内微小透析に関する研究開発」(14,838千円)

経済産業省 中小企業産業技術研究開発事業「排尿障害者用超音波尿意センサの開発」(16,127千円)

経済産業省 中小企業産業技術研究開発事業「高齢者の筋組織評価を目的としたフィールド型肢横断面画像計測装置の開発」(7,597千円)

経済産業省 中小企業産業技術研究開発事業「生活設備機器評価のための仮想人間動作生成技術」(7,597千円)

文部科学省 科学研究費補助金「等粘性負荷運動の生理学的特性とトレーニング効果の解明」(2,700千円)

文部科学省 科学研究費補助金「生体の光イメージングの研究－生体の平均光路長マップの作製－」(1,600千円)
NEDO 産業技術研究助成事業「実時間適応学習能力を有するサイバネティック・インタフェースの開発」(9,350千円)

NEDO 産業技術研究助成事業「血液自身を潤滑油とした血液循環補助装置」(7,360千円)

NEDO 産業技術研究助成事業「術中 MRI と内視鏡のリアルタイム画像統合技術」(16,100千円)

発表：誌上発表114(108)件、口頭発表345(91)件、その他17件

感覚知覚グループ

(Perception Group)

研究グループ長：佐川 賢

(つくば中央第6)

概要：

- (1) 高齢者特性に関する知的基盤の確立に関して、視覚、聴覚、温熱感覚に関して高齢者特性を中心にデータを収集し、標準化へ向けた活動を継続して行った。前年度までに得られた視覚及び聴覚のデータを基に、1) 年代別輝度の求め方と光の評価方法、2) 日本語文字の最小可読文字サイズ推定法、3) 妨害音及び聴覚の加齢編を考慮した音圧レベル、の3つの JIS 原案、及び、パーソナルコンピュータのリアル PCM オーディオ信号出力性能の測定方法、の JISTR の制定を行った。一方、温熱環境に関しては、睡眠における温湿度の影響を定量化する手法を検討した。また、これらの規格原案を国際標準に反映するため、ISOTC159において臨時委員会を設けて活動を開始した。
- (2) 環境評価設計手法の開発に関しては、視覚情報による道路環境等の空間把握に関してオプティカルフロー（網膜流れ像）の視野依存性を明らかにするとともに、映像酔いの定量的評価法を検討した。また、視覚障害者のための聴覚情報として障害物知覚訓練用音響 CD の第2版を完成し、視覚障害者へ配布して普及に努めた。さらに、補聴器の音質改善のための歪み低減法や形態電話を用いたモバイルオーディオメータの開発など、高齢者の聴覚情報環境を改善のための基礎技術を検討した。

研究テーマ：

テーマ題目 1

行動モデリンググループ

(Human Behavior Modeling Group)

研究グループ長：赤松 幹之

(つくば中央第6)

概要：

開発した運転行動計測用の実験用車両を用いて、実際の道路上での運転行動データの計測を行い、約1500トリップのデータの収集を行った。これらのデータのデータベースを進めるとともに、このデータを用いて一時停止交差点への減速・停止行動の分析を行った。これによって、交差点での行為（右左折直進）によって最低速度が異なること、交差点構造によって個人差が現れる場合と現れない場合があることなどが明らかになった。さらに、ある特定の一時停止交差点での行動データを用いて、ネットワーク型の確率モデルであるベイジアンネットワークモデルを用いて行動イベント発生タイミングのモデルを構築した。これによって操作行動イベント間の因果関係をモデル化することができた。そして、このモデルを基にして、操作行動タイミングの通常からの逸脱を確率論的に判定する手法を開発した。この他、運転行動データベースを用いて、幾つかの運転行為のモデル化についても着手した。

研究テーマ：

テーマ題目 2

視覚認知機構グループ

(Visual Cognition Group)

研究グループ長：熊田 孝恒

(つくば中央第6)

概要：

平成14年度の主な目的は、高齢者を含むユーザが視環境中の視覚情報を認知する機構を、注意誘導特性の観点から解明することであった。そのために、人間が対象を認知する際に、先行情報や記憶情報などのトップダウン情報がどのように対象の認知や注意の誘導に影響を及ぼすかを行動指標と高度認知反応指標を用いて検討した。また、これらの過程について、若齢者と高齢者を比較することにより、トップダウン情報の働きの認知的加齢特性を検討した。その結果、単純な情報探索場面では、目標の特徴に関するトップダウンの情報が有効に機能するが、加齢によってその機能は低下すること、また、目標近傍に妨害刺激が存在する場合には、トップダウンの情報が十分に与えられていても選択の限界があることが明らかになった。また、複雑な場面では、当該場面に対する短期的、あるいは長期的な経験による履歴が注意の制御に重要な役割を担っていることが明らかになった。

研究テーマ：

テーマ題目 2

身体・生態適合性評価技術グループ

(Physical and Ecological Usability Design Group)

研究グループ長：小木 元

(つくば中央第6)

概要：

1. 触覚機能計測とユーザビリティ評価技術：製品使用時におけるユーザビリティを評価するために、触覚機能を対象に多様な触刺激パターンと呈示モードが選択できる多目的触刺激呈示装置を試作した。
2. 動作機能に対する住宅設備・機器・製品の適合性評価：手すりの負荷計測システムを構成し、高齢者のまたぎ動作における負荷（段差と障害物の高さ）と負担（筋電、重心動揺、動作範囲）の関係を明らかにした。
3. 行動環境特性の生活現場における計測・分析とユーザビリティ評価技術：高齢者の行動環境特性の計測法を検討し、行動環境特性計測装置を試作するとともに、工業製品満足度に関する第2次調査試行を行った。

研究テーマ：

テーマ題目 3

認知的インタフェースグループ

(Human-Computer Interaction Group)

研究グループ長：北島 宗雄

(つくば中央第6)

概要：

1. 実体模型システムの開発と高機能内視鏡の要素技術開発：破壊を伴う手術操作を対象とできる患者実体模型の試作に成功した。また、顕微内視鏡を用いて繊毛運動に伴う繊毛波動と繊毛輸送能を同時に画像記録することができた。
2. ウェブからの情報獲得の認知モデルの開発に関する研究：ウェブ認知ウォークスルーの評価を実際のウェブサイトを模擬した実験用サイトを作成して行った。
3. 適応型情報変換技術の開発に関する研究：語彙データベースを用いて、特定のウェブページがどのようなユーザに適切かを示すウェブコンテンツの指標化技術を提案した。
4. その他、超鏡対話システムの開発（対話系）、仮想形状の力覚呈示に関する研究（出力系）、把持による意思伝達に関する研究（入力系）：入力系としては、把持による意思伝達の有効性を確認するための実験システムを完成させ、インタフェース操作における特徴抽出の可能性を見出した。出力系としては、力覚形状呈示において異なる装置・力覚呈示方法の比較実験により等価点での閾値を求めた。対話系としては、自己像表示の時間遅れが課題遂行方略に及ぼす影響を計測した。

研究テーマ：

テーマ題目 2

高齢者動作支援工学グループ

(Neuromuscular Assistive Technology Group)

研究グループ長：増田 正

(つくば中央第6)

概要：

寝たきり予防訓練装置については、力覚フィードバックの特性を付加し活かして、訓練装置としてだけではなく運動機能評価装置としても利用できるようにし、同時に、関節角や筋感覚の評価プログラムを開発した。また、モデル実験として被験者6名を対象とした訓練実験の結果、20%程度の弱い負荷で、1日30分の等尺性収縮訓練により弱い負荷でも筋力低下が予防できた。リハビリ訓練のための人体モデリングの研究では、静止立位状態からの歩行開始動作のシミュレーションに成功した。発揮最大筋力や姿勢要因を変化したシミュレーションを構築し、高齢者歩行の特徴の生体力学的分析を行い、定性的には妥当であることを確認した。リハビリにおける非侵襲生理計測技術については、人体の外部から微弱な電波を照射し、人体内の電氣的インピーダンスを推定する手法を開発している。多様な福祉機器や生活環境の的確な評価を行うための動作データベース構築においては、基本姿勢・動作データを計測し、データベース化のため前処理を行った。また、身体適合性評価技術の1つとして、空間寸法評価指標作成用の実験を行い、約1100試技のデータを取得した。

研究テーマ：

テーマ題目 3

福祉機器グループ

(Assistive Device Technology Group)

研究グループ長：永田 可彦

(つくば東)

概要：

下肢リハビリ技術では、下肢関節訓練装置について人体ダミーで動作範囲の検証を行った。また足関節訓練装置の設計も行い、結果的に能動5自由度および受動1自由度の機構を実現した。

携帯型尿意センサに関して、せき損センターの協力のもとで療養現場において試作機の臨床試験40例を行った。また、新たに開発したエコー波形分析装置によって傾斜素子の近接音場を測定し、素子設計に対応した周波数変化が得られていることを確認した。

人と機械のインタフェース技術に関しては、生体生理信号（脳波、筋電位）から人間の5種類の状態を推定する実験を行い、95%以上の高い推定精度を確認した。その学習時間を10数秒に短縮するアルゴリズムも導入した。

以上の基礎研究をもとにノウハウ情報開示等を行い、企業やコンソーシアムと協力して特許実用化に向けて共同研究を実施している。

一方、加齢と循環機能の相関を解明するため、中高年齢者約350名の動脈コンプライアンスに対する、血圧、自律神経機能、身体活動量などの測定を行い相関分析を行った。また若年～中年女性を対象にしたトレーニング効果の計測実験を行った。

研究テーマ：

テーマ題目 3

人工臓器・生体材料グループ

(Artificial Organ and Biomaterial Group)

研究グループ長：山根 隆志

(つくば東)

概要：

人工心臓の機構開発に関しては、モノピポット遠心ポンプは、数週間使用できる低コストの補助循環用ポンプとして、企業と実用化開発を行うことになった。低コスト化と長寿命化を目標とした非接触型動圧浮上遠心ポンプは、軸受隙間内のインペラ位置調整により溶血量が1/6に低下し、本邦初の動物実験を実施した。一方、小型で長寿命が見込まれる磁気浮上回転ポンプについては、軸流ポンプ形式で回転数4000rpmまでの浮上回転を確認した。

人工心臓の可視化評価に関しては、NEDOプロジェクトで企業が開発中の補助人工心臓の可視化を行い、ピポット軸受の抗血栓性に重要な偏心渦現象を把握した。

人工心臓用材料に関しては、専用血液レオメータを用いて、チタン合金の表面粗さに関する抗血栓性比較試験を実施した。ピポット用ポリエチレン材料について、回転摩耗試験およびクリーブ試験を行い、材料別の摩耗比較を行った。

試験評価用模擬血液に関しては、ポリウレタン膜マイクロカプセル懸濁液について粒径を分離調整することにより検出感度不足を克服し、一般市販血液ポンプの溶血試験に使える可能性を確認した。

研究テーマ：

テーマ題目 4

ニューロバイオニクスグループ

(Neurobionics Group)

研究グループ長：鈴木 慎也

(つくば中央第6)

概要

病気・事故等で損なわれた高次生体機能を補助・代替する技術やこれらの機能の加齢変化に適応するヒューマンインターフェース技術の確立をめざして、その基盤となる神経行動機能特性の解析及び計測・制御技術の研究開発を行っている。具体的には筋・末梢・中枢神経系の生理計測・機能解析を通じて最適なシステム設計とその制御法の確立を目指している。複数神経細胞活動計測法を高機能化するために、電極微動に伴うスパイク振幅変動を追跡可能とし、複数神経細胞活

動の長時間安定記録が可能となった。大脳皮質運動野の損傷による前肢運動の障害及びその回復過程を明らかにした。加齢変化は記憶力にも現れるが、特に作業記憶への影響が顕著であり、その記憶に海馬-前頭前野路の神経可塑性が密接に関わる。この神経可塑性に関して解析を進め、2つの性質を示すことを発見し、更に、前頭前野の自発性局所電位への持続的影響、前頭前野可塑性発現への細胞内カルシウム機構の関与を明らかにした。

研究テーマ：

テーマ題目 3

治療支援技術グループ

(Surgical Assist Technology Group)

研究グループ長：鎮西 清行

(つくば東)

概要：

医師の第二の目・可視化技術

MRI 対応内視鏡の臨床評価に向けて新内視鏡の安全性評価を行った。樹脂筐体への滅菌ガスの残留は生じず、新内視鏡によるリスクの増加はないことが確認された。臨床試験の手続き中である。

医師の第二の手・MRI 誘導ロボティクス

MRI 対応手術ロボットの動作試験、米ハーバード医学校での院内倫理委員会の準備を進めている。基礎としての MRI 対応メカトロニクスでは、ロボットなどの CAD データを入力として MRI の磁場分布を計算するソフトウェアを開発した。

針刺しのバイオメカニクスでは、穿刺の瞬間を明瞭に検出できる穿刺の「手ごたえ」センサの原理確認に成功した。ロボット穿刺の検知など幅広い応用が期待できる。

医師の第二の脳・手術ナビゲーション/手術トレーニング技術

手術トレーニングシステムの研究として、実体模型によるもの、仮想現実感によるものを進めている。前者は使い捨ての頭部実体模型に6軸分力センサを入れた内視鏡操作スキルの評価システムを開発、被験者実験を行った。後者は力覚擬似呈示を応用したシステムを開発中である。輪郭抽出、組織判定、3D メッシュ生成を自動に行うソフトウェアを開発した。

研究テーマ：

テーマ題目 5

医用計測グループ

(Biomedical Sensing and Imaging Group)

研究グループ長：本間 一弘

(つくば東)

概要：

複合脳内計測プローブの開発において、光マイクロプローブ・微小透析・MRS など個々の要素の検討を深め、要素間の複合化の指標を得た。また、熱弾性応

力測定法を用いた実験では、人工股関節デザインの差による骨表面応力分布変化を可視化した。近赤外光計測とイメージング技術の開発においては、健常なヒトの頭部・上腕・脚部の測定を行い、画像再構成を行った。また、上腕については MRI 画像も取得、光による画像との比較検討を行った。MRI/S (磁気共鳴イメージング/スペクトロスコーピー) 技術に関しては、超高速撮像法 (2次元断層撮像:50msec) を提案し、¹²⁹Xe の超偏極 MRI 技術の基盤技術を確立した。光学的無侵襲生体計測技術の開発においては、近赤外分光法と多変量解析の組み合わせによる定量分析の際に不要な信号を選択的に除去する解析手法を開発するとともに、血糖値測定を目的とする光計測装置の基準設計精度を明らかにした。

研究テーマ：

テーマ題目 5

[テーマ題目 1] 高齢者の感覚知覚特性データの収集と環境評価法の開発に関する研究

[研究代表者] 佐川 賢 (感覚知覚グループ)

[研究担当者] 犬飼 幸男、都築 和代、蘆原 郁、氏家 弘裕、中村 則雄、関 喜一、倉片 憲治 (職員8名、他9名)

[研究内容]

高齢者を含む各年代における視覚、聴覚、温熱感覚特性のデータベースの構築を行うとともに、JIS 及び JIS TR (標準情報) さらに ISO/IEC, CIE などにおける国際標準の制定を目指す。また、高齢者・障害者の特性も考慮した環境・製品の安全性や機能性の評価法と評価機器の開発を行う。

本課題では、高齢者の感覚知覚特性に関する知的基盤の確立と、高齢社会における環境評価設計技術の開発を目指して、人間感覚計測技術の開発、高齢者を含む多数のデータ収集及び環境評価設計技術の開発を行う。

(1) 知的基盤の確立

産総研では標準基盤戦略 (平成14年11月) を打ち立て、研究成果を JIS や ISO 等の国際標準として確立する活動を推進している。3つの基本戦略の一つとして、高齢者・障害者・消費者対応の JIS の推進が揚げられ、本研究課題はこの基本戦略に人間工学を基盤として直接寄与することを目的としている。このため、視覚、聴覚、温熱感覚の加齢による特性変化を捕らえる計測法の開発、及びデータの収集を行い、加齢変化のデータベースを構築して高齢者・障害者配慮設計指針の JIS 及び JIS TR (標準情報) として確立する。さらにそれらを ISO, IEC 等における国際標準の場へ提案するため、ISO COPOLCO (消費者政策委員会)、ISOTC159 (人間工学)、CIE (国際照明委員会) などの国際標準化活動を展開する。

平成14年度は、高齢者・障害者配慮設計指針に関す

る JIS 原案3件（視覚2件、聴覚1件）を作成し、それぞれ審議委員会を構成し、数回の委員会を開催して JIS としての有効性、信頼性を検討し原案を完成した。

(2) 環境評価設計技術の開発

人間を取り巻く環境創造のハード的な技術は進展しているものの、人間から見た環境評価というソフト的な技術は立ち後れている。本課題ではこの問題を解決するため、視覚、聴覚、温熱感覚を対象に、高齢者・障害者のための安全性・機能性及び快適性に視点を当て、環境評価法の要素技術及び評価機器の開発を行う。

具体的には、交通視環境の安全性評価法、低周波騒音の不快感・許容度の評価、睡眠を中心とした温熱環境の快適性の評価法などを開発し、高齢者の生活環境の改善を目指す。

さらに、高齢者・障害者のための感覚技術情報提示機器の評価・設計支援技術として、視覚障害者に聴覚情報で障害物を認知させる訓練システムの開発とその評価、補聴器の音質歪みの計測と評価、高齢者に適合する携帯電話システムの開発等、IT 時代における高齢者のユーザビリティ及びアクセシビリティに基づいた評価設計法の開発を目指す。

平成14年度は、光学的流れ像による運動知覚の視野依存性を明らかにし、運転時の速度知覚や映像酔いの定量的評価法の提案を検討中。低周波の騒音被害者の不快感・許容度を計測し、その予測式を開発中。温湿度の睡眠に及ぼす影響の定量化を検討した。

一方、感覚情報機器の開発に関しては、視覚障害者のための障害物知覚訓練用音響 CD ver 1.0 (2002改訂版) を視覚障害関係者へ再度配布中。補聴器に関しては、非線形歪による音質変化について計測し、補聴器等に用いられる小型電気音響変換器の歪低減手法を開発中。携帯電話の高齢者用音質フィッティングのための、モバイルオージオメータを試作中。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 感覚知覚、環境評価、国際標準、工業標準、高齢者、障害者、人間工学、知的基盤

[テーマ題目2] 人間生活における認知行動モデル化の研究

[研究代表者] 赤松 幹之（行動モデリンググループ）、熊田 孝恒（視覚認知機構グループ）、北島 宗雄（認知的インタフェースグループ）

[研究担当者] 宇津木明男、高橋 昭彦、熊谷 徹、金子 利佳、武田 裕司、森川 治、橋本 亮一、竹内 晴彦、佐藤 滋、山下 樹里（職員14名、他23名）

[研究内容]

生活場面における認知行動モデルの構築を目標に、具

体例として運転行動を取り上げ、運転時における視覚情報の能動的獲得においては注意機構の知見を取り入れ、実運転およびシミュレーションにおける運転行動 DB の構築およびその分析によりデータ駆動型状況依存行動モデルの構築を目指す。

人間の認知機構の研究は多く行われているが、実生活において多く発生する移動中の認知行動に関しては未知の部分が多い。本研究課題では、人間の認知行動の例として、自動車運転中の視覚的認知行動を取り上げ、視行動の計測・分析から認知行動特性を明らかにし、年齢等を含む人間特性の違いを見出すことを目的とする。

移動中の人間の認知行動において、特に自動車運転時などの高速移動時には、能動的に視覚情報を獲得しながら運転操作などの行動制御を行っている。能動的な視覚情報獲得は、眼を動かして視野を選ぶ行動（視行動）と、視野内の何に注意を向けるかという視覚的注意のトップダウン機構の2つの機能からなっている。そこでこの2つに重点をおいて研究を行う。

本研究では視覚的注意のトップダウン機構の特性を注意の切り替えと注意の配分の観点から解析してモデル化を行うこと、および自動車運転のための操作行動と視行動特性における特性を計測・解析し、計測データに基づいたモデル化を行い、統合的なモデル構築を目指す。

平成14年度は、トップダウンによる視覚的注意機構に関しては、高齢者も含む被験者実験を実施し注意の移動特性を計測し、眼球運動の潜時は加齢により長くなるが、眼球運動直前の知覚対象への注意の移動は高齢者でも若齢者と同様に生じ、知覚対象の同定を促進する場合のあることを明らかにした。この結果、トップダウンの効果が年齢に関わらずほぼ同じであることを明らかにした。さらに、注意の空間的制御を実験的に検討した結果、人間は効率的な注意の配置を行うために、過去に注意を向けた対象を記憶・抑制するメカニズムを利用していることを明らかにした。また、この抑制メカニズムは、加齢の影響を受けにくく、比較的維持されることが示唆された。

運転シーンによるトップダウン的な注意の配分に関しては、運転シーンの類似性に基づく一対比較によって運転シーンの分類を行った。そして、これらの運転シーンの注目点との関連性を分析した結果、注目点は空間的位置が決まっている対象物に対するものと、位置や動きに不確実性があり、注意が広く全体に分布するものの2種類のタイプに大別されることを見いだした。

運転操作のための視行動特性に関しては、自動車運転操作行動において重要な交差点周辺を対象にドライビングシミュレータを用いた被験者実験により視線データの計測を行った。そして、計測された視線ベクトルの時系列から、微小の時間差を持つ2つの視線ベクトルの交点から移動中の注視点を推定する手法を開発した。この手法を用いて、交差点内のターンニングタスクについて解

析し、交差点部の内側をなぞるように注視点を移動させていることを明らかにした。また、個人ごとに解析した結果、交差点内側を見ない傾向の強い被験者は運転における几帳面傾向が低いことが分かった。このように、新しい計測法および解析法を導入することによって、これまで知られていなかった人間の視行動特性を明らかにすることができた。

次に、交差点脱出時の車線のセタスクに関しては、左折終了時にかけて、注視点が交差点内側の縁石付近から徐々に正面方向に戻していくことが明らかになった。これはサッケードによる眼球運動とは異なるものであり、注視物の存在しないこのようなゆっくりとした滑らかな視線方向の変化はこれまで知られてない新たな知見である。

また、このことは、車両を車線に乗せるタスクは連続的な視覚的情報処理を必要とするものであることを示唆している。言い換えれば、車両の進行方向と車線の位置と方向を一致させるための視覚的手掛かりはあるオブジェクトの位置といった特定の視点に基づくものではなく、視野内の全体的な視覚情報の変化すなわちオプティカルフローであると予想される。そこで、オプティカルフロー知覚に関する幾つかの基本特性を調べた。その結果、視野内のオプティカルフローの面積の増加に伴い知覚速度も上昇すること、網膜像速度ベクトルの大きさとの兼ね合いで知覚速度が決定されること、などを明らかにした。

この他、実路での運転行動の計測と蓄積に関しては、現時点で1800トリップ程度のデータを蓄積し、実路データに基づく操作行動モデルの構築に着手した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】認知行動、注意機構、人間特性、視覚情報、視行動

【テーマ題目3】福祉機器開発技術に関する研究

【研究代表者】永田 可彦（福祉機器グループ）、増田 正（高齢者動作支援工学グループ）、鈴木 慎也（ニューロバイオニクスグループ）、小木 元（身体・生態適合性評価技術グループ）

【研究担当者】児玉 廣之、本間 敬子、福田 修、菅原 順、横井 孝志、稗田 一郎、長谷 和徳、金子 文成、瀧田 正寿、金子 秀和、篠原 正美、大塚 裕光、横山 一也（職員17名、他18名）

【研究内容】

高齢者の自立支援を目的として、身体機能の代替・補助技術および機能訓練技術に関する研究開発を、主として歩行様態を中心に行う。得られた技術シーズの産業応用を常に念頭に置き、企業との共同研究などに積極的に取り組み、技術の洗練化、高信頼性の実現を図る。

個別課題の設定においては、ヒトの運動としてもっとも基本的な「歩行」を軸として、血管系循環器や神経生理等の基礎的研究をベースに、人体モデル化技術を活用し、予防的視点およびリハビリ的視点から機器開発に取り組む。また、我々が有する技術シーズを活用し、歩行動作以外の日常生活支援装置の実用化を図る。各課題を機能の回復・維持、代替・補助、知見の蓄積に分類し、相互に連携し研究を行う。

平成14年度成果

1) 下肢リハビリ装置の開発

人体ダミーを対象に、装置の動作確認を行い、適切に稼働することを確認した。また足関節訓練機構の基本設計を行った。さらに健常者による膝関節の屈曲・伸展動作を対象に、関節角度と関節トルクとの関係を計測した。これまでにロボット工学分野で最も権威ある二つの国際会議のうちのひとつで発表を行い、反響を得た。

2) 寝たきり予防訓練装置の開発

若年被験者を対象として下肢の筋肉を1週間ギプス固定し、寝たきり状態のモデル化実験を行うとともに、1日に30分間、最大収縮力比30%以下の弱い等尺性収縮を訓練として行った。その結果、このような弱い強度の訓練によっても筋力低下が予防できることが分かった。訓練装置については、力覚提示技術を用いて弱い収縮力で調節動作訓練が可能な装置を試作し、運動機能を評価するために関節運動覚および位置覚機能を計測する方法を開発した。ギプス固定による筋不活動のモデル実験において、MRI 画像上での変化が見られないにも係わらず、筋力が低下するという結果が得られた。

3) フィールド型体肢横断筋組織評価装置の開発

下肢用プローブの試作が完成し制御プログラムを作成している。このプログラムが完成次第、画像再構成ソフトウェアのカスタマイズを行う予定である。現在プローブと皮膚のコンタクト方法について検討中である。

4) IT 支援適応型エイジレス・インターフェースの開発

生体信号である筋電信号を制御の活用した赤外線リモコン制御装置（バイオリモート）を開発した。制御指令の判断には、ニューラルネットワークによる識別技術を応用した。上肢機能の衰えた障害者による実験で、テレビ、ビデオ、電灯、さらにはコンピュータを使ったウェブアクセスが数時間程度のトレーニングで自由に使えるようになる事を確認した。

5) 排尿障害者用超音波尿意センサの開発

時間周波数解析を高速で実行するエコー波形分析装置を試作した。これを用いて、測定精度の向上を図るための出力周波数が連続的に変化する傾斜超音波素子の近接音場測定を行い、素子設計に対応した周波数変

化の傾向が得られた。実際の膀胱壁に近い距離に対して、現状の周波数特性で、どの程度の壁面分解能が得られるかを検討するための実験材料の製作を進めている。

6) 人体運動モデリング技術の開発

歩行シミュレーション技術開発において、定常歩行のみならず、歩き始めのシミュレーションが可能なようにシステムの改良を進め、プロトタイプでの歩行開始シミュレーションに成功した。3次元筋骨格系と神経系の構造を有し、持続歩行が可能なモデルの開発は世界で初めてである。

7) 生活現場におけるユーザビリティ評価技術に関する研究

製品使用時における触知覚に関するユーザビリティ向上のため、多様な触刺激パターンと呈示モードが選択できる多目的触刺激呈示装置を試作した。また、住宅設備や製品の動作適合性用に、手すりの負荷計測システムを構成し、高齢者のまたぎ動作を対象に負荷（段差と障害物の高さ）と負担（筋電、重心動揺、動作範囲）の関係を明らかにした。

さらに、高齢者の行動環境特性の計測法を検討し、行動環境特性計測装置を試作するとともに、工業製品満足度に関する第2次調査を行った。

8) 循環・神経系における運動障害による特性変化に関する研究

中高齢者約300名を対象に、身体機能として血圧、動脈コンプライアンス、自律神経系機能、身体活動量などを測定した。現在、データ解析中で動脈コンプライアンスの分析がほぼ終了し、年齢、血圧や身体活動量との関連を分析しているところである。また、複数のトレーニング実験（持久性運動、抵抗性運動）を実施し、動脈硬化予防のための効果的な運動処方を模索した。現在、後期高齢者を中心にサンプル数の拡充を図っている。

9) 感覚運動機能の神経生理学的研究

脳卒中後のリハビリ訓練による大脳皮質の感覚運動機能編成機構を明らかにするために、人間の脳梗塞に類似する動物モデル（ラットの大脳皮質血栓 [rose bengal] モデル）を用いて、脳梗塞領域周辺および反対側皮質の電気生理応答の変容や運動障害の回復過程に関する基礎的データを集積している。今回我々は世界に先駆けて、リハビリ訓練による反対側皮質（運動野）の機能再編成を、本動物モデルを用いて明らかにした。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 高齢者、機能訓練、インタフェース、生体信号、ユーザビリティ、リハビリ訓練

【テーマ題目4】 生体機能代替システムに関する研究

【研究代表者】 山根 隆志（人工臓器・生体材料グルー

プ)

【研究担当者】 野中 勝信、白崎 芳夫、林 和彦、西田 正浩、丸山 修、伊藤 敦夫、小沼 一雄（職員8名、他18名）

【研究内容】

品質管理に優れ、長期耐久性を有する人工物を用いた生体機能代替システムの実現をめざした研究を行う。心不全患者のために、3ヶ月以上動物実験で連続使用可能な遠心型人工心臓の研究開発を行い、生体材料の比較評価も行う。遠心式人工心臓の承認申請に必要な生体適合期間は3か月であるので、これを超えることを目標と設定している。

国際的位置づけとして、数週間寿命の人工心臓で臨床に達しているものは世界に数あるが、経済性で当所開発品に匹敵するものはドイツ製1機種のみである。特に当所の経済性で数ヶ月以上の寿命を目標にしている機構は世界に類を見ない。5年以上寿命の人工心臓も世界に4機種はあるが、経済性で当所開発品に匹敵するものは、豪州で開発中の1機種のみである。磁気浮上式で長期寿命を実現している人工心臓もあるが、制御系が不要なこの動圧浮上式は経済的に圧倒的優位に立つもので、新産業創出に大いに貢献するものと期待できる。

平成14年度成果

1) 人工心臓の機構に関する研究：

これまで開発を進めてきた、羽根車を1点支持したモノピポット遠心血液ポンプについては、2週間の動物実験経験もあり、1年間程度の寿命が期待できる。今後、血液ポンプを使い捨て形態にするため、血液ポンプと駆動部の分離を行うほか、量産モデル形状に改造することに対する抗血栓性の再検討を行うと共に、流量モニタ機能や独自の診断機能などを付与する検討を行う。数週間寿命の人工心臓で臨床に達しているものは世界に数あるが、経済性で当所開発品に匹敵するものはドイツ製1機種のみである。当所開発品が近い将来数ヶ月以上の寿命を達成すれば、これより経済的を上回るものは世界にない。

5年以上の寿命が見込まれる動圧浮上式遠心血液ポンプに関しては、狭い隙間に起因する溶血を防止するため、動圧軸受の軸方向隙間を25ミクロンから68ミクロンに拡大し、かつシュラウド前面圧力を調整した。その結果、インペラ浮上距離が6ミクロンから34ミクロンまで増加したことにより、牛血による溶血が原設計から1/6に低下した。このことは潤滑理論による解析、および STAR-CD ソフトによる数値解析でも検証した。この改善をふまえ、本邦で初めて、動圧浮上人工心臓の第1回動物実験を実施し、ヒツジから脱血した新鮮血を、その場で血栓試験にかけた。これにより血栓に関する検討を行い、現在は改良設計を進めている。世界には磁気浮上式で長期寿命を実現している有名な人工心臓もあるが、制御系が不要なこの動圧浮

上式は経済的に圧倒的優位に立つもので、今後、新産業創出に大いに貢献するものと期待できる。

一方、10年以上の寿命が見込まれる小型を特徴とする磁気動圧浮上軸流ポンプについては、本邦で初めて、磁気浮上駆動部と軸流ポンプ部の統合を図り、そのポンプ特性を試験した結果、回転数4000rpm まで浮上回転を確認した。

2) 人工臓器・生体材料の生体適合性評価の研究：

世界に例のない人工臓器の溶血評価用模擬血液として、膜材がポリウレタン製のマイクロカプセル懸濁液を使って、4種の市販血液ポンプ（BP-80、Sarns、HPM-15および CAPIOX）の溶血特性を加速試験によって調べ、一般的に溶血試験に使われている牛血による溶血成績と比較した。その結果、2機種については溶血レベルが低い検出できなかったが、他の2種類のポンプ（BP-80、Sarns）については、模擬血液を使った溶血順位が、牛血による順位と一致し、溶血評価に使える可能性を確認した。

また、血液に接触する抗血栓性材料として、表面粗さ4種類（Ra=0.05, 0.12, 0.82, 1.60 μm ）のチタン合金（Ti-6Al-4V）について、回転剪断流を印加する専用レオメータを用いた抗血栓性スクリーニング試験を遂行中である。

また、人工心臓用ピボットの耐摩耗性について、セラミックピボット軸に対するポリエチレン受けの回転摩耗試験を実施し、超高分子量ポリエチレンおよび表面改質したものを比較検討した。その結果、概して中心よりも周辺部が摩耗すること、弾性変形およびクリープが存在すること等が明らかとなった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 生体機能代替、人工心臓、生体材料、模擬血液、生体適合性

【テーマ題目5】 医用計測・治療支援機器技術に関する研究

【研究代表者】 鎮西 清行（治療支援技術グループ）、本間 一弘（医用計測グループ）

【研究担当者】 山内 康司、小関 義彦、鷲尾 利克、葭仲 潔、中谷 徹、兵藤 行志、谷川ゆかり、有本 英伸（職員10名、他11名）

【研究内容】

「高齢化社会における安心・安全で質の高い生活」（国家産業技術戦略 H12.4）を達成するために不可欠な「手術に伴う患者の精神的・身体的負担の軽減を目的とした低侵襲の治療支援機器の開発」「治療に必要な診断用情報の計測および提示技術、高精度検査診断や予防医学などに活用するための医用計測技術の開発」を行うことを目的とする。

近赤外 CT・トポグラフィ、MRI/S、光計測技術など

による生体可視化技術の開発、画像誘導型の低侵襲治療・訓練支援システムの開発を目指す。また、基礎研究から応用・実用化までを産学連携および国際的視野に立つ医工連携で推進する。

本課題での治療支援技術は、「治療法の変革の如何にかかわらず、病変をより局所的・動的（生理的, in situ）に同定し、到達することのニーズは高まる」ことを基本認識に、医師を意思決定と実行のループから外さないことを念頭に「医師の第二の目・手・脳」を実現する上で不可欠な基礎技術の研究と、その臨床医療の場での試行・応用を目指す。第二の目・手・脳が担うべき役割として、ピンポイント（微小）化、形態に加えて生理機能の可視化を行い、訓練→計画→実施→評価を一貫・包括的に支援するシステムを構築する。

具体的には、実現性や症例数の多さから前立腺の経皮的穿刺、段階的に難易度を高く設定できる経鼻腔頭蓋底アプローチに関する技術開発を当面のターゲットとする。平成14年度成果

本研究では、米国ハーバード大学 Brigham & Women's 病院および Johns Hopkins 大学、国内では東京女子医科大学等の9医療機関との医工連携を活用し、臨床応用に向けた研究開発を行っている。

1) MRI 画像誘導ロボットシステムは、臨床試験の準備を進めると同時に訓練・治療統合システムへの展開をはかりつつある。

1-1) MRI 対応メカトロニクスは、設計・評価技術の完成に近づきつつある。

弱い常磁性体を均一磁場内に静置した場合の静磁場の歪みを予測するソフトウェアが完成した。磁場不均一性を20%以内の誤差（実測比）で計算可能であった。CAE ツールとしてのパッケージは初めて。その他の影響要因についても予備実験・解析を進めている。臨床用 MRI でも実施可能な MRI 対応性の評価方法を考案した。

1-2) 軟組織の変形解明と穿刺技術への応用：針刺しの能動制御に関しては、新鮮な視点から研究に着手している。針先端の切開と針側面の摩擦を分離して計測できる荷重センサを考案し、穿刺の瞬間を明瞭に検出できることを見出した。この結果、針刺しの瞬間だけ針先端と側面で増減が逆転すること、それぞれ単独の計測では誤判定の生じる可能性が有ることが分かり、力計測によるものとして初めて穿刺の「手応え」の定量化に繋がった。

2) 鼻腔内手術訓練システム

・実体模型の副鼻腔の裏側に6軸分力センサを入れた内視鏡操作パフォーマンス計測システムを開発し、被験者実験により作用力、内視鏡の軌跡データを収集した。熟練医は内視鏡で鼻腔壁を押す力をほとんど加えることなくすばやく目標点を内視鏡視野に捕捉することができた。定量的で信頼できる比較が可

能なパフォーマンス計測法は世界的にも見当たらないことから、ユニークなシステムと考えている。

- ・MRI 画像と CT 画像から、鼻腔と脳下垂体周辺を重点的に精度良く輪郭抽出、組織判定、3D メッシュ生成を自動に行うソフトウェアを開発した。複数の画像モダリティから情報を集めるソフトを安定して動作させることはまだ容易でないと言われることから注目される。

3) 可視化技術

- ・MRI 対応内視鏡に関しては、MRI 対応可能な内視鏡として初めて滅菌ガスの残留がないことを確認した。
- ・MRI では3D 拡散強調撮像法開発に成功し、ファントムおよび動物実験で動作確認した。また、高感度化のため、129Xe ガスのイメージングを試みた。同法で世界的に有効策を見出していない129Xe ガスの生体内（肺以外）への導入方法を平行して検討している。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 生体可視化技術、MRI 対応技術、画像誘導、手術訓練、ロボット

⑭【脳神経情報研究部門】

(Neuroscience Research Institute)

(存続期間：2001. 4. 1～)

研究部門長：河野 憲二

副研究部門長：国分 友邦、栗田多喜夫

総括研究員：岡本 治正、山根 茂、国分 友邦、栗田多喜夫

所在地：つくば中央第2、つくば中央第6、つくば中央第4、つくば北、臨海副都心センター

人員：54 (54) 名

経費：647,571千円 (444,743千円)

概要：

本研究部門では脳の機能を理解し、それに基づく技術基盤の確立を目的として、脳の物質的な構造と仕組みの理解からは、脳神経系の診断用材料の開発や神経組織の修復再生技術の開発などによるバイオ産業や医療福祉産業の振興に、また脳における情報表現と情報処理の理解からは、これからの情報化社会に求められる、人間と相性のいい脳型の情報技術の開発に貢献する。

本部門の研究分野は21世紀のライフサイエンス研究の重要な課題となっており、まだ他の科学分野に比べ萌芽的段階であるため、その推進にあたっては既存の研究分野にとらわれず、研究課題に取り組む若手の研究者の育成と、グループ及びユニットの枠組みをこえ、

内外の先端的な研究者との交流の推進を図る。

また、本部門の成果は国際的な学術雑誌等での発表を第一命題とし、さらにインターネット等を利用した情報発信や民間企業との共同研究等を通して社会への貢献を図る。

さらに研究の推進にあたり、科学技術政策の企画立案等への参画や安全かつ効率的な研究環境の整備に参画する。

研究の概要：

本研究部門の研究対象である脳は、その物質と機能の両側面を合わせ持つ特殊性から、DNA、タンパク等の分子のレベルから、認知行動やコミュニケーション等脳の高次機能に至るまでそれぞれのレベルで、研究分野 (discipline) をまたがるハード面からの生物学的アプローチとソフト面からの情報科学的アプローチを組み合わせた研究を展開する必要がある。そこで、前項で述べた目的を達成するために以下の4つの重点研究課題を設定した。①脳神経細胞・遺伝子の機能解析とその利用、②高次認知行動機能の研究、③脳における情報処理機構の解明 (生理学的アプローチ) ④脳情報工学に関する研究

発表：誌上発表118 (102) 件、口頭発表209 (75) 件、その他19件

脳遺伝子情報研究グループ

(Molecular Neurobiology Group)

研究グループ長：岡本 治正

(つくば中央第6)

概要：

- (1) 線虫の排泄行動突然変異体、aex-1突然変異体の表現型解析を進め、シナプス伝達に異常のあることを見出した。線虫の腸における細胞内カルシウム振動及びその細胞間伝播の動態を Ca 指示蛍光タンパク質カメラオンにより明らかにした。
- (2) ホヤ胚における表皮感覚神経の分化機構の解析を開始した。
- (3) マウス Snail 遺伝子 (Msna) プロモーター等を利用してトランスジェニックマウスを作製したところ、神経冠幹細胞を GFP により特異的に標識、可視化することができた。
- (4) FGF による神経誘導また前後軸に沿ったパターンニングに、FGF シグナル伝達経路の下流にある Ets ファミリー転写因子が関与することを示唆する知見を得た。
- (5) ディスフェルリンの結合タンパク質がカベオリン3であることを免疫沈降法により明らかにした。
- (6) Rax 1を中心とした遺伝子破壊実験から出芽パターン制御のモデルを構築した。

脳機能調節因子研究グループ

(Molecular Neurophysiology Group)

研究グループ長：久保 泰

(つくば中央第6)

概要：

- (1) 神経情報伝達に重要なイオンチャネルや受容体の機能を調節するペプチドや、また生体防御機構に作用するペプチド（主に抗菌性ペプチド）を同定した。これは従来の抽出・精製法では同定できなかった微量の生理活性ペプチドについて遺伝子工学的手法により構造を明らかにしたものである。また遺伝子発現や化学合成法によりこれらのペプチドの生理特性を解析した。
- (2) 昨年構築したグルタミン酸受容体と蛍光タンパク質との融合タンパク質を初代培養海馬神経細胞に発現し、生きた状態でタンパク質の動態を観察できるシステムを利用して、神経活動に伴うグルタミン酸受容体や細胞接着に関わるタンパク質の動態を解析している。
- (3) カルシウムチャネル cDNA を用いた機能発現系により、薬理学的特性やサブユニットとの相互作用による機能制御機構について解析した。またこれらの結果を基礎として無脊椎動物のカルシウムチャネルを標的とした薬物探索系の開発を行った。

DNA 情報科学研究グループ

(Information Biology Group)

研究グループ長：鈴木 理

(つくば中央第6)

概要：

- (1) 好熱性、超好熱性古細菌由来の転写関連蛋白質の立体構造
(TBP 蛋白質、シリンダー状に会合した FFRP 蛋白質) を決定し、これを他の蛋白質立体構造と比較、解析する事により、
①古細菌のみならず、病原菌等真正細菌を含めた転写系の制御機構に関する有用な知見を得た。
②また、蛋白質の耐熱化に関する有用な知見を得た。
- (2) 紅藻（イデユコゴメ）は原始的で共生を解明するための良い材料である。紅藻の第一染色体（420K）、葉緑体（150K）の全塩基配列を決定した。
- (3) ヒトを中心とする各種生物のゲノム配列を比較、解析し、システムの高度化と相関する因子を特定した。その多くは、増加する遺伝子を効率よく転写制御し、また増大するゲノム DNA 分子を効率よく複製するための DNA 分子構築に関与するものとして説明できる事が明らかになった。

構造生理研究グループ

(Structure Physiology Group)

研究グループ長：佐藤 主税

(つくば中央第6)

概要：

- (1) 電子顕微鏡画像を用いたタンパク質の構造決定法である単粒子解析法を開発するために、He ステージ電

子顕微鏡での Na チャネル像の自動拾い上げプログラムの作成に成功した。

- (2) 神経伸長の基本原理の解明：新型偏光顕微鏡と共焦点顕微鏡を組み合わせたシステムで神経伸長の画像を捉えた。
- (3) ニワトリの胚網膜スライスを用い、各発生段階における外網状層から内網状層への情報伝達経路の構築過程をカルシウム (Ca) イメージングで行った。
- (4) 超解像光学顕微鏡および無侵襲脳光計測における走査技術として、可視光から近赤外光における高時間・空間分解能をもつデジタル制御走査技術を開発した。
- (5) Ca ダイナミクスに基づく多様な膜興奮パターンの発生と Ca 波の発生伝搬との関連をモデル的に考察した。
- (6) インターネット環境下での画像データ転送歪みに対する方策を検討した。マルチキャストリアルタイム対話時の日本語文字処理の不具合原因を究明し、インターネットでの連携実験ネットワーク構築の改善を図った。

感覚認知科学研究グループ

(Human Perception and Cognition Group)

研究グループ長：斉藤 幸子

(つくば中央第6)

概要：

- (1) 脳磁場と脳電位の同時計測の論文が国際誌に掲載された。日大医学部と共同で鼓索神経除去者の味覚 MEG データを計測した。
- (2) MEG による視野反転課題を用いた左右選択反応時間課題実験を行った。
- (3) 脳磁場・電位計測および機能的核磁気共鳴画像を用いた図形認知のダイナミクスの研究を開始した。
- (4) 色知覚特性の定量化手法を確立するため、視覚評価を目的とする予備的な心理実験を実施し、あわせて計算機実験により当該手法の妥当性を検討した。
- (5) 悪臭を用いた嗅覚順応実験により、これまでの定説とは異なる新たな知見を得た。MEG 用の嗅覚刺激装置で、ニオイの立ち上がり計測するための高速気体センサーを開発し、特許を申請した。国際特許申請にも選ばれた。
- (6) 視覚情報の知覚認知における色知覚量の変換過程を、データベースとして再現した。またインターネットを利用した情報発信の一環として、Web データベースとしての検索機能を追加し、ホームページ上に公開した。
- (7) 人間のニオイの感覚的特性について、データベースを公開し、様々な分野から反響を得た。
- (8) スティック型嗅覚検査法による嗅覚障害者の診断の共同研究を行い国内外で多くの発表を行った。嗅覚検査法が国内誌に論文掲載された。
- (9) その他、東京医科歯科大学整形外科と共同研究で末

梢神経障害モデルの磁場計測・ダイポール解析の結果を国際誌に、元技術指導生と共著の子供の嗅覚の論文を国内誌に発表した。

認知行動科学研究グループ

(Cognitive and Behavioral Sciences Group)

研究グループ長：杉田 陽一

(つくば中央第2)

概要：

- (1) 古い記憶と新しい記憶の想起時に側頭部の活動が違っていることをfMRIによって確認できた。
- (2) 「色」を見ることなく育ったサルは行動実験を開始した。
- (3) サルにおける視聴覚統合の訓練を終了し、行動実験のデータを取得した。
- (4) 高次視覚機能における臨界期の有無を検討する実験の準備が整った。

システム脳科学研究グループ

(Systems Neuroscience Group)

研究グループ長：山根 茂

(つくば中央第2)

概要：

- 1) 時間順序の脳内表現機構：時間順序判断課題を腕から道具へ拡張して、道具も腕の一部であることを客観的に証明した。折れ曲がり回数のことなる棒を用いて、交差の回数の偶奇が「非逆転」「逆転」に対応することを見出した。マウスで時間順序判断課題を行うことに成功し、サルでも訓練を開始した。
- 2) 音声言語処理の脳内機構：朗読と単語の理解能力における男女差要因をfMRI計測で解明した。朗読音声の再生、高速再生、逆転再生等を巧みに組み合わせた独創的な実験パラダイムに独立成分分析を組み合わせ、声を「聴く」領域と話を「理解する」領域を分離画像化することに成功した。質問紙を用いない、客観的言語テストに利用できる成果であり、日本音響学会で招待講演、マスコミ（フジテレビ、産経新聞）で成果広報をおこなった。
- 3) 運動学習機構：外界の力学条件が変わると運動も変わる、その切替が小脳の下流で行われていることを示唆する結果を得た。運動最適化の「小脳ランダムウォーク仮説」を発表した。重要論文として Elsevier 社 Neuroscion (神経科学者向けの Web site) の Paper Alert 欄に掲載された。小脳学習の最新の研究動向について Nature に News and Views 執筆を依頼され、寄稿、掲載された。単一神経細胞記録中に運動学習が完了する視覚刺激の条件をほぼ求めた。追従眼球運動神経系において視覚から運動への変換機構をほぼ解明し、実際に計算可能なモデルを提案した。追跡眼球運動の開始時には前頭眼野が修飾していることがわかった。
- 4) 可塑性関連分子の脳内発現：海馬と大脳新皮質にお

いて MARCKS と neurogranin の発現を調べたところ、アンモン角から海馬台に投射する結合において、また新皮質連合野の II-III 層に起始するフィードバック結合において高い可塑性が存在する結果を得た。オトナのサル視覚系においても視覚経験に依存する構造変化が示唆された。生後30日齢までのサルでは、脳の広い範囲にわたって構造的な変化が起きていることが示唆された。

- 5) 情報の意味付けとやる気の脳内情報処理機構：前帯状皮質の神経活動が「この行動を続けると報酬が得られるのだ」という情報を表していることを発見し、Science 誌に発表した。また分散情報が統合され意味付けされる機構の実験系を準備した。
- 6) 画像処理による眼球運動計測システム：一台のカメラでも眼球回転中心の三次元位置を精密に計算できる方法を考案した。企業に本計測技術の移転を行なった。ゴルフ練習装置については企業と共同で特許出願準備をした。

脳機能解析研究グループ

(Neuroscience Research Institute,
Brain Architecture Analysis Group)

研究グループ長：飯島 敏夫

(つくば中央第2)

概要：

1. (1) 大画角 CCD を高速動作させるタイミングボードの設計/試作/動作チェック/性能評価/改良を完了した。(2) グラフィン社製 PCI ボード仕様に準拠したソフトウェアを完成させ、デバッグを終了した。PC の外部データバス上にある大容量高速メモリへのバンク切替アクセス機能の実現にも成功し、長時間脳活動記録への活路を見出した。(3) ヘッドボード-タイミングボード-PCI ボードの結合テストを行い、システム評価をほぼ終了させた。また、小型軽量なカメラ筐体の試作品を作成した。(4) 光量差分データの獲得及び表示機能を、人工大脳皮質 (LED-マトリクス) を試作してテストし、各種パラメータの調整を完了した。(5) 現在、ラット及びモルモットの脳標本からの神経活動に伴う光シグナルの記録実験を進行中である。低励起光強度 (5000lux 以下) での測定が可能となる等、システムの性能は目標スペックを上回っている。現在は、電子シャッター機能を用いたストロボ撮像などのオプション機能を検証しながら、システムの完成度を高めている。
2. 上記項で述べた新しい計測システムを用い、サル一次運動野、運動前野、前頭連合野の神経活動の空間的ダイナミクスを計測する実験の準備中である。
3. エピソード記憶再生中に、同一の時間に起こった出来事の記憶をまとめあげて、再構成して思い出す際に、右海馬領域が活動することを、fMRI を用いた研究で明らかにした。この結果は Human Brain Mapping

誌 (IF=5.688) に掲載。また、過去に自分が体験した出来事を思い出す際に、幼少時代や最近の出来事を思い出している際には海馬領域は賦活されるのに、思春期の出来事を思い出している際には賦活されないという発見を PET を用いた研究で発見した。さらに新しく学習した人物の顔貌と名前の連合学習が固定化される以前と以後とでは、人名を想起する際に関与する神経ネットワークが異なることが示唆された。このことに関する成果の一部は Journal of Cognitive Neuroscience 誌 (IF=5.115) に発表した。

情報数理研究グループ

(Mathematical Neuroinformatics Group)

研究グループ長：赤穂昭太郎

(つくば中央第2)

概要：

- (1) 特異点構造が学習に及ぼす影響を明らかにするために、複素ニューラルネットと混合分布モデルの局所解の構造を明らかにした。
- (2) 幾何学的構造に着目した学習アルゴリズムとして Bregman divergence に着目した方法を示し、乗算型のアルゴリズムを導いた。
- (3) 入力空間のマージンを大きくするようなサポートベクタマシンの改良を行った。
- (4) 恒等写像学習を用いて複数の射影画像から運動と形状の復元をオンラインで行うアルゴリズムを提案した。
- (5) 3次元に拡張した自己回帰モデルから回転不変な特徴量を抽出する方法を確立した。
- (6) ユーザが一部のデータに対して与えた順序を用いて推薦システムやデータマイニングに応用する枠組みを提案した。
- (7) 独立成分分析を拡張した方法によりナイーブベイズ法を拡張し、実際のデータにより有効性を確かめた。

脳情報工学研究グループ

(Neuroengineering Group)

研究グループ長：梅山 伸二

(つくば中央第2)

概要：

- (1) 劣化画像に対してガボールフィルタを適用し、その出力に対して独立成分分析を施すことによって、劣化過程不明の画像復元が実現できることを明らかにした。また、ハーフミラープリズムを用いた2画像同時観測システムを試作し、これを用いて、動物体の見えからの拡散/鏡面反射成分の分離実験に成功した。
- (2) 幼児のモータースキル学習の計算モデルの構築については、跳躍運動生成に適したニューラルアーキテクチャの設計を行い、またモーターコマンドと外界との同期をとるための機構を設計した。
- (3) 読唇のモデル化については、時系列学習と動作選択、および両者の統合を行うニューラルネットの設計を行い、また顎の動きを含む顔表情を表現できるシミュレ

ータの製作を行った。さらに、提案するモデルを検証するための fMRI 計測を進めつつある。

- (4) ロボットの見えの情報と位置の情報を用いてニューラルガスにより自己組織的に位置マップを形成し、見えの情報から位置データに平均誤差3.8cm 以内で変換できた。
- (5) 所内テクニカルセンターとともに設計、試作したプロンプター状装置を用いて自然な手話会話映像をいくつか得た。その映像と市販の手話学習用ビデオとを対象として顔領域と顔部品の検出追跡するのに色情報、動き情報に基づく、差分、オプティカルフローを用いる手法を検討した。

⑮【物質プロセス研究部門】

(Institute for Materials & Chemical Process)

(存続期間：2001.4.1～)

研究部門長：伊ヶ崎文和

副研究部門長：玉置 敬

総括研究員：水田 進、玉置 敬

所在地：つくば中央第5

人員：134 (65) 名

経費：606,444千円 (439,612千円)

概要：

1) ミッション

持続可能性社会実現のための化学技術開発を目的に、革新的技術シーズとなる新物質・材料の創製並びに新反応プロセスの開発を行うと同時に、このための基礎・基盤技術の整備・確立を図ることである。具体的には、解析シミュレーションを不可欠の技術開発要素として、基礎・基盤化学技術から特異反応場等の先端技術まで幅広いスペクトル間の連携・融合により、触媒・反応プロセス技術、特異反応場創出、利用技術および、機能物質・材料創製技術の研究を重点的に進め、産業競争力強化、並びに安全で安心な持続可能社会の実現に貢献することである。

2) 研究部門内再編

本年度は一部グループ再編を行った。(1)「メンブレン化学研究ラボ」の設立によるポーラス材料グループの縮小という現実を受けて、材料開発グループ(機能性無機化学物質グループとポーラス材料グループ)2つを触媒・膜システムグループに統合した。他方(2)バイオ系グループの再編については、材料システムグループの解散及び機能集積材料グループの新設を行った。

3) 重点研究課題

重点研究課題として、(1)「新転換反応プロセスの研究開発」、(2)「低反応性小分子の化学工業原料

化)、(3)「特異物性ポリマーの研究開発」、(4)「機能性無機膜材料の研究開発」、(5)「分子情報材料の研究開発」、(6)「生体の機能模倣と鍵物質の研究開発」及び(7)「分子固体プロトニクスの研究開発」の7課題を設定した。

重点研究課題を「触媒・反応プロセス」「新材料創製」として整理した。各課題の取り組み視点は以下の通り。

「触媒・反応プロセス」はグリーン・サステイナブル・ケミストリ (GSC) の実現を目指す方向である。「化学物質と環境」は今後とも考慮すべき重点であり、その中心が GSC と認識する。従来の副生成物のある、多段階反応に代わる新反応プロセス構築に関して、「触媒・膜」をキーワードとして「新転換反応プロセスの研究開発」を設定した。

また、新しい原料、溶媒、新しい触媒という観点から主として分子触媒を用いる「低反応性小分子の化学工業原料化に関する研究開発」を2番目の重点研究課題とした。

「新材料創製」では無機・有機・高分子・生体材料分野に対して重点をそれぞれ一つに絞り、「特異物性ポリマーの研究開発」「機能性無機膜材料の研究開発」「分子情報材料の研究開発」「生体の機能模倣と鍵物質の研究開発」を重点研究課題として設定した。

「特異物性ポリマーの研究開発」では生分解性プラスチックにおけるカーギル・ダウ社のポリ乳酸攻勢に対して、企業との共同研究等を追究しながら、日本企業のこの分野での展開を視野に入れた研究を行うと同時に標準化なども検討の予定である。また、高圧場での無触媒重合によるポリマー合成の基礎的な成果を基にした展開を図っていく。

「機能性無機膜材料の研究開発」では基本特許を取得している塗布熱分解法を着実に技術展開し、マイクロ波フィルタなどへの実用化を追究すると共に、レーザ光分解による新しい方向の探求を行う。

「分子情報材料の研究開発」では化学反応や超分子相互作用などを利用した分子構造体の新しい構築法を提案・実証することを目的として研究する。当面は中分子液晶によるペーパーライクフルカラー記録表示材料としての実用化を目指す。

「生体の機能模倣と鍵物質の研究開発」では生体膜の物質認識・輸送機構を模倣した新規分離膜や細胞(セル)と高分子材料表面との親和性の制御によるセルマニピュレータなど新概念の提案・実証を行う。また、合成脂質等では企業での実用化のために積極的に対応する。本研究課題は今後化学のバイオテクノロジーへの展開として非常に重要である。

新材料創製の範疇に広い意味ではいる研究課題として「分子固体プロトニクスに関する研究開発」を今年度重点研究課題とした。プロトンは水素結合の

切断—形成を繰り返す事により物質中を移動する特異な粒子である。将来的には新しいタイプの燃料電池やプロトン付加—脱離反応を利用した分子メモリなどへの展開を夢見ながら、当面はプロトン移動速度の精密測定技術を開発し、拡散機構を検討すると共に、ドーピング手法などによるプロトン拡散の高速化を検討する。

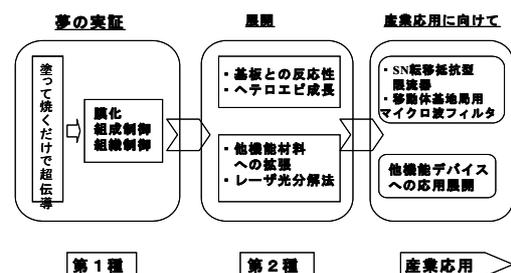
これらの研究課題を本研究部門内部だけではなく、「メンブレン化学研究ラボ」「環境調和技术研究部門」「生物機能工学研究部門」等の他の研究ユニットとも密接に連携をとりながら遂行した。また、研究体制を強化し目標の迅速な達成とより大きな成果の獲得を図るために、中期目標期間中にも研究姿勢・方向の明確化に務め、必要に応じグループの大括り化を行うと共に、中期目標期間終了後の他研究ユニットとの融合、組み替え等も視野に入れる。

4) 本格研究の取り組み

基礎研究から産業応用に至る間には「死の谷」とも「ダーウィンの海」とも言われる困難な状況が存在し、材料が企業化されるまでには多くの場合10年から20年かかる。研究課題によって部門内でも可能なものもあるが、当然規模としては限定される。本格研究への取り組みについては試行錯誤を繰り返しながら進んでいくことになる。部門として例示しながら述べてみたい。

機能性無機膜材料の研究開発の課題である「塗布熱分解法」の提案は画期的な飛躍と考えている。すなわち、「塗って焼くだけで超伝導」をキャッチフレーズとする無機膜製造の革新であった。最近話題となっている「ソフト溶液プロセス」の先鞭をつけたものと言って良い。その発想(夢)を下図に示したように展開した。展開できた原因は(1)同一研究者(グループ)が一貫して関係している。(2)第2種基礎研究の段階でニューサンシャイン計画に参画し、研究予算の獲得が出来たこと及び人材確保が行われたこと。(3)息の長い研究期間が認められたことと考える。現在は来年度の間中評価を控えて、大面積化を早急に実現すべく部門での運営交付金を重点的に充当している。

この経験を踏まえ、産総研内外の組織との連携によって本格研究を推進しているところである。



発表：誌上発表103 (89) 件、口頭発表244 (75) 件
その他8件

触媒・膜システム研究グループ

(Catalysis & Membrane Systems Research Group)

研究グループ長：伊藤 直次

(つくば中央第5)

概要：

新規な化学プロセスやエネルギーシステムの実現のために、新触媒、新機能無機材料、無機および金属系膜素材開発に基づいた反応プロセスの改良・開発・提案を行うとともに、両者を融合化して同時並列操作例えば反応分離法や触媒膜法などによって革新的な化学原料や製品合成法を実証提案・開発を目指すことで、物質プロセス部門の重点課題「新転換反応プロセスの開発」を担って行く。具体的には、メンバーの有する触媒調製やキャラクタリゼーション技術、無機系機能材料開発・解析評価技術、気相・液相反応合成技術、膜開発とそれを利用した反応技術などの幅広いポテンシャルを活かし、中期的には、イ) 天然ガス、石油などのクリーン化と2次原料化プロセス、ロ) 反応・燃焼補助剤やエネルギー源として重要な水素や酸素の革新的分離・製造・利用技術、ハ) 基礎化学品製造のための画期的な選択的酸化法、ニ) 機能化学品製造のための触媒膜(金属系、イオン伝導体、ゼオライト、多孔質体、固定化酵素)反応法などの社会的ニーズの高い反応、新反応プロセス開拓、エネルギー・環境対応のためのシーズ研究に取り組み、その実現を目指す。

研究テーマ：

テーマ題目 1

分子触媒グループ

(Molecular Catalysis Group)

研究グループ長：坂倉 俊康

(つくば中央第5)

概要：

精密に構造の制御された触媒を用いて、環境および資源問題を考慮した効率的合成反応を開発し、持続可能社会実現に貢献することを目標とする。分子触媒の反応制御因子としては、金属骨格、配位子の他に、光反応場、超臨界流体場、マイクロリアクターなどの特異反応場との組み合わせを検討する。合成目標としては基礎化学品、高分子からファインケミカルズまでを範疇とする。研究を進めるにあたってのキーワードは、再生可能資源、環境負荷低減(ハロゲンフリー、有機溶媒フリー)、高選択性、省エネルギー等である。今年度の目標としては、研究面では、二酸化炭素や水を媒体として、炭酸エステル合成、ウレタン合成、環状カーボネート合成、ヒドロホルミル化、酸化的カルボニル化などに関して新たな高効率触媒系の開発を行うとともに、オレフィン類と二酸化炭素の付加反応など

新反応の開拓をはかる。

研究テーマ：

テーマ題目 2

高圧化学グループ

(High Pressure Chemistry Group)

研究グループ長：本田 一匡

(つくば中央第5)

概要：

特異反応場を利用した新たな材料製造プロセス技術の開発を目指して、グループのポテンシャルである超高压発生技術、X線回折測定・解析技術、分光測定技術を最大限に活用した基礎・基盤研究を実施している。具体的には、重点課題「特異物性ポリマー」において、ダイヤモンドに匹敵する光学特性をもちながらダイヤモンドより機械的に柔軟な3次元ポリマーの新規開拓を目的として、アセチレン類の高圧重合、物性測定研究を行っている。同じく、重点課題「分子固体プロトニクス」および新萌芽研究「プロトン拡散材料の基盤研究」において、高速プロトン伝導材料開発の設計指針の提示等を目的として、拡散係数測定方法の開発、プロトン拡散物質の高温高压下での拡散係数測定、分子固体酸の高温高压下での構造解析等の研究を行っている。また、行政ニーズ対応・外部貢献を目的として、爆発安全研究センターが行う中国遺棄化学兵器処理プロジェクトに参加し、ピクリン酸金属塩の相転移機構解明等を実施している。自らの研究ポテンシャルを維持、向上させるために、方法論の高度化研究も絶えず行っている。

研究テーマ：

テーマ題目 3、テーマ題目 9

無機固体化学グループ

(Inorganic Solid State Chemistry Research Group)

研究グループ長：熊谷 俊弥

(つくば中央第5)

概要：

本グループは、持続的経済発展の基盤となる革新的技術の確立を目的として、高度情報化社会の実現や環境と調和した循環型社会システムの構築に資する機能性無機膜材料及び層状構造化合物の合成・評価技術の開発を行う。すなわち塗布熱分解法による低コストの量産製膜技術、塗布光分解法・反応性蒸着法による低温製膜・パターンニング技術、精密単結晶育成技術、及びX線回折法による高次元原子変調解析技術などの製造・評価技術を応用・発展させることにより、大面積超伝導膜、メモリ用強誘電体膜、磁気抵抗体膜、透明導電膜、リチウムイオン二次電池材料、強相関電子系材料等の機能性無機膜材料及び層状構造化合物を開発し、情報・エネルギー分野への応用を図る。

研究テーマ：

テーマ題目 4

物性解析グループ

(Material Analysis Group)

研究グループ長：林 繁信

(つくば中央第5)

概要：

新物質・材料の創製のためには高度な物性・構造解析技術の開発が不可欠である。当研究グループは、従来から蓄積してきた「固体 NMR」の測定・解析技術を生かし、新物質・材料の創製のための高度な物性・構造解析技術の開発を目指すとともに、当該ユニット内、産総研内の他のユニット、産総研外の材料創製グループとの共同研究等を通じて、新物質・材料の創製に貢献する。研究課題は、「ホストのナノもしくはサブナノ空間におけるゲストのサイトおよびダイナミクスを解析することにより、物質内での原子や分子のダイナミクスを利用した新規機能性材料の創製に資する」ことを基本とする。

具体的には、当該研究部門の重点研究課題「分子固体プロトニクスの研究開発」において固体酸におけるプロトン拡散機構の解明と拡散速度の測定を行う。また、水素吸蔵材料における水素拡散、規則性微空間材料を利用した無機有機ナノ複合材料のナノ空間における分子のダイナミクスを明らかにし、材料設計に資する。さらに、固体 NMR 法の測定・解析技術の高度化をはかるとともに、材料創製グループと共同研究等を行い、高度な物性・構造解析技術の新しい応用を示す。

研究テーマ：

テーマ題目 3、テーマ題目 5

「水素同位体混合系に対する水素吸蔵材料の特性に関する研究」（「外部資金」に記載）、「高速プロトン拡散材料の基盤研究」（「内部資金」に記載）

機能分子化学グループ

(Molecular Function Group)

研究グループ長：玉置 信之

(つくば中央第5)

概要：

次世代 IT として期待されているペーパーライクフルカラー記録表示材料及び多重メモリ並びに微小機械、高感度センサーの実現のために、化学反応や超分子相互作用を利用して情報（刺激）の感知、変換、保存、再生を行う新しい分子組織体を構築することを目指す。当グループでは、分子の光反応性、キラリティー、自己組織化能に着目した分子設計を行う。具体的な合成ターゲットとしては、中分子（ダイマーまたはオリゴマー）液晶、光重合性有機ゲル、光応答性高分子を取り上げる。中分子液晶は刺激に対する分子配列の迅速な応答性とガラス化後の分子配列の安定性を両立する可能性がある。本性質を利用したフルカラー書き換え記録表示材料の実用化を目指す。光重合性有機ゲルでは、ナノワイヤーを分子からのボトムアップ

で作成することを目指す。光応答性高分子では、光反応に誘起される下限臨界溶解温度の変化により表面の濡れ性変化の増幅を狙い、濡れ性変化を駆動力とする新しい微小機械の実現を図る。

研究テーマ：

テーマ題目 6

生体模倣材料グループ

(Biomimetic Materials Group)

研究グループ長：新保 外志夫

(つくば中央第5)

概要：

近年、材料に要求される性能は、簡単な単機能からいくつかの機能が連携して働く複合機能へ、また構造も、単純で均質なものから設計構造化された高性能なものへと変わりつつある。そこで本グループでは、実際にそのような精緻な構造を有し連携した機能が高度に制御され働いている生き物に着目し、その機能や構造を手本として、超分子や機能素子等の分子レベルから、それらを埋め込んだ“場”のサブミクロンオーダーの材料レベル、さらにはミリメートル以上のシステム・デバイスレベルと、あらゆる階層レベルで相互の密接な連携を保ちながら研究を行い、医用分野や工業分野に応用可能な次世代型機能材料の開発を目指す。具体的には、生体膜を模倣したホスト分子含有高選択性分離膜の開発、バイオミネラライゼーション模倣無機有機複合体形成技術の開発、人工脂質の合成と脂質ナノ構造体形成技術の確立、を行うとともに、そのような材料開発に欠かせない、プラズマによる機能性薄膜創製技術や分子間ファンデルワールス力による分子集合体形成技術についてもその確立を図る。

研究テーマ：

テーマ題目 7

生体関連機能物質研究グループ

(Biorelated Functional Materials Group)

研究グループ長：古沢 清孝

(つくば中央第5)

概要：

21世紀は生命科学の時代といわれる。遺伝子に組み込まれた情報と細胞の中で機能している生体分子とその精妙で奥深い相互作用のシステムが明らかにされつつある。研究成果を利用するためには生体機能分子を構築し機能を活用する技術が重要である。生体機能を活用する核酸工学や糖鎖工学、脂質工学の発展は、今後の質の高い社会の構築に必須な要件である。さらに今後の技術の展開、なかでも安全で人に優しい持続可能社会を実現するためには、今まで以上に生体系と人工系が調和した物質材料技術の開発が不可欠と考えられる。当グループは有機合成技術の基盤に立ち、特にバイオを視野に入れた境界領域で生理活性分子から機能性高分子素材にわたるものづくりを推進している。

関連分野と連携を図りつつバイオと化学の知識と技術の融合による研究展開を追究している。

研究テーマ：

テーマ題目 7、テーマ題目 8

環境適合型高分子材料グループ

(Ecological Research Group)

研究グループ長：田口 洋一

(つくば中央第5)

概要：

環境中への循環が可能な地球環境に負荷の少ない生分解性プラスチックの多様化及び機能向上を検討する。熱的に優れた生分解性プラスチックの合成を目的として、 γ -ブチロラクトンと光学活性ラクチドとの共重合反応、および α -アミノ酸を含有するポリブチレンサクシネートの合成を検討した。生分解性プラスチックの生分解性精密制御のため、酵素等のブレンドを検討しており、低温、含水条件でも活性を示すイットリウム触媒について、カプロラクトン及びペンタデカラクトンの重合を検討した。植物など再生可能資源を利用したより環境に負荷の少ない生分解性プラスチックを開発するため、糖類を含有する生分解性エポキシ樹脂、および廃糖蜜とオイルパーム繊維を利用した生分解ポリウレタンについても検討した。また、環境に負荷を与える有機溶剤を用いない水系での新規合成反応や生体内環境に優しい材料の開発など、地球環境や生体に優しい新規高分子材料の開発を検討した。

研究テーマ：

テーマ題目 9

機能集積材料グループ

(Function-Integrated Materials Group)

研究グループ長：金森 敏幸

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、高分子材料による機能性表面によって細胞の機能を自在に操作する技術（セルマニピュレーション）の確立を当面の目標としている。さらに、この研究を通して材料-細胞間の相互作用について物理化学的理解を深め、細胞が有する複数の分子素子・ドメイン間の精緻な協調に基づく“ビビッドな”機能を人工的に再現することにより、今までの人工材料には無かった高次な機能を発現しうる人工材料・分子デバイスの開発を目指す。具体的な研究内容としては、1) 材料表面での細胞培養技術と材料-細胞間相互作用の評価、2) 機能性分子素子の設計・合成および機能評価、3) 高分子構造の微細制御と機能性分子素子の集積技術、4) 物理刺激による高分子機能の遠隔制御技術、5) 機能集積材料によるデバイス・システムの理論設計、の5つを掲げた。上記研究を推進するに当たっては、出口（応用先）を具体的に想定することを常に心掛けた。また、当グループの研究内容は、

従来の科学技術の枠組みの中には収まらない領域的なものであるため、内外共に積極的に研究交流を行った。

研究テーマ：

テーマ題目 7（以下のテーマ題目に係る年度報告は、「内部競争的資金及び外部資金」のページに記載）

「光応答性表面を用いたセルマニピュレーションシステムの開発」（NEDO 平成14年度産業技術研究助成事業）

「細管状組織の再生を目的とした中空糸状 scaffold の開発」（平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業）

「高選択性分離膜による放射性廃液処理と放射性廃棄物エミッションの低減化の研究」（原子力試験研究）

微小重力科学グループ

(Microgravity Materials Science Group)

研究グループ長：奥谷 猛

(つくば中央第5)

概要：

特異反応場である微小重力環境を利用して高品質結晶や構造制御材料の生成メカニズムを解明し、そのメカニズムに合致した創製方法を駆使し、高品質結晶や構造制御材料を合成する方法を確立する。平成14年度は、2.8m 落下管で得られる0.76sの微小重力下で1cmの径の球状シリコン融液の厚さ1mmの表層が単結晶から成る球状シリコン単結晶を合成した。10m 落下塔を用いてII-VI化合物半導体であるCdTeの一方方向凝固を行い、冷却方向に柱状結晶が整列した組織のCdTeを得た。微小重力下では対流がなく、比重差のある物体を均一に分散できることを利用して、均一組成・組織のSiGe、 β -FeSi₂の作製に成功した。これらの材料は既存のプロセスでは均一組成・組織を作製することは難しい材料であり、微小重力環境の特色を利用して合成に成功した。微小重力下での材料の生成メカニズムを明らかにすることにより、微小重力環境を生かした材料合成では、長時間の微小重力環境が必要ではなく、数mの自由落下で得られる短時間微小重力環境でも十分その特色を生かすことができることが明らかになった。

研究テーマ：

研究題目10、研究題目11

 [テーマ題目1] 新転換反応プロセスに関する研究（運営費交付金、経済産業省委託、NEDO委託、JRCM委託）

[研究代表者] 伊藤 直次（物質プロセス研究部門触媒・膜システムグループ）

[研究担当者] 早川 孝、渡邊 昭雄、岡部 清美、折田 秀夫、内田 邦夫、榊 啓二、角田 達朗、原 重樹、栗木 安則

(併任)、鈴木 邦夫、向田 雅一、
小林 清、高津 淑人、Tsyganok Andrey、
稲葉美恵子、山本 輔、布施 真琴、
菊地 武志、田村 英佑、井上 敏秀、
高橋 朋宏、青柳 圭介
(職員13名、他10名)

〔研究内容〕

1) 膜型反応器による芳香核直接水酸基導入技術の開発 (委託)

ベンゼンの分子状酸素による芳香核直接水酸基導入反応によるフェノール合成法プロセスを確立するために、酸素膜の開発を行い、組成25vol.%Ag-75vol.%Bi1.6Y0.403、厚さ1mmの試料に850℃、2.2気圧以上の酸素分圧差条件下で目標としていた1cc/min/cm²以上の酸素透過能が得られた。また、パラジウム膜を組み込んだ膜型反応器の開発とそれによるフェノール合成における全反応経路の実験的解明と計算化学手法による反応機構解明については、稼動寿命改善を目指した結果、目標の2カ月を超える3カ月以上の運転が可能で、可能な反応器設計法を確立し、それによって再現性かつ定常性のあるデータをとることが可能になった。さらにPd(111)表面上でのベンゼンと酸素原子の反応を計算モデルとして用い、反応経路のエネルギー変化を調べたところ、酸素原子とベンゼンとの反応によるフェノール合成は、エネルギー的に十分可能であることを明らかにした。

2) 製鉄プロセス顕熱利用高効率水素製造技術開発(委託)

メタン等炭化水素から改質反応によって水素を安価に製造することを目的としたコークス炉ガスの顕熱を熱源に利用する酸素透過型メンブレンリアクターシステムの開発研究の中で、同リアクターに用いる高性能膜触媒の実反応条件下での長期安定性能評価試験を行っている。本年度は、Ru系及びRh系の触媒を混合導電性酸素透過膜に積層した小型膜反応器を用いて、Ru系触媒が高い活性(メタン転化率75%)を300時間以上維持し、且つ高い酸素透過速度(20ml/min・cm²)を得られることを明らかにした。

3) 高温水素分離膜(委託)

セラミックス系で管状微細孔膜を用いた水素分離型メンブレンリアクターの設計のための、反応速度解析実験と反応器設計のためのシミュレーション技術の開発を行っている。本年度は、多孔質膜メンブレンリアクターによるメタン水蒸気改質反応に対して、性能評価のためのシミュレーションプログラムを作成して、膜性能の指標を示すとともに、基礎実験として市販触媒を用いた反応活性試験を行った。

4) シングルカーボンナノチューブ大量技術研究開発 (委託)

熱CVD法により製造される大量シングルカーボン

ナノチューブからの触媒の除去と分離・精製を目的に、多層カーボンナノチューブを振動ボールミルにてエタノールを溶媒として10分粉碎すると分散性が向上することが分かった。

5) 触媒膜反応システムに関する研究

固定化酵素メンブレンリアクターによる光学分割法として膜の構造、および材質が反応速度、光学純度に及ぼす影響について、蛍光プローブを結合した酵素を中空糸膜に固定化し、その膜の断面を顕微鏡観察することにより膜内酵素分布を調べた結果、膜の材質により分布の仕方が異なることを見出し、それが反応速度の差に繋がり、酵素固定量の増大がかえって光学選択性の低下をもたらすことも確認した。

6) メカノケミカル法による超深度脱硫触媒の開発

硫化モリブデン触媒をメカノケミカル的に微粒化処理することで、軽油中の脱硫活性の向上を見出しているが、調製した触媒等の非担持触媒は実軽油中のアミン類により被毒し、触媒活性が低下することが分かった。しかしアルミナゾルを用いて造粒したメカノケミカル触媒は担持触媒と同程度の触媒活性の低下であることを解明した。

7) 合成ガスからのスーパークリーン燃料合成触媒の研究

メソポーラスメタロシリケートを独自の低温迅速合成法により調製し、これを担体として用いてCo系の触媒を調製し、スラリー床でのFischer-Tropsch合成を行い、温和な条件において商業プロセスと同程度の活性の発現するような触媒調製法の検討を行っている。低温迅速合成法により、Al、Ti、Zr、およびV等を含み、MCM-41と類似な構造を有するメソ細孔金属シリケートを合成し、これらを担体とするCo系触媒を調製して、スラリー相で9.9気圧、230℃という温和な反応条件で行い、AlまたはTiでシリカ骨格置換した触媒において、それぞれ転化率57%および61%、 α 値0.89および0.83を得た。また、AlやTiがシリカ骨格に置換することにより、安定した活性が得られることを明らかにした。

8) シクロヘキサン系等水素輸送貯蔵システムの開発 (共同研究)

シクロヘキサン等のナフテン化合物は水素貯蔵量が大きく、貯蔵輸送媒体として期待されているが、平衡論的制約から開放するために、本提案では、平衡移動を可能にする水素選択分離膜を組み込んだ反応器すなわちメンブレンリアクター方式を取り上げ、高速水素透過Pd膜により1L/minの規模の水素製造装置の開発に取り組んでいる。その結果、水素回収率90%を超える反応操作法を確立した。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕水素膜、酸素膜、固体触媒、アモルファス合金、ポーラス材料、パラジウム、水

素貯蔵材料、メカノケミカル処理、メンブレンリアクター、天然ガス、合成ガス、水素、酸素、軽油、脱硫、FT 合成、脱水素反応、水蒸気改質反応

〔テーマ題目2〕低反応性小分子の化学工業原料化

〔研究代表者〕坂倉 俊康（物質プロセス研究部門分子触媒グループ）

〔研究担当者〕坂倉 俊康、宮沢 哲、安田 弘之、小野澤俊也、崔 準哲、何 良年、Mahmut Abila、白石 貢一、（職員5名、他3名）

〔研究内容〕

1. 二酸化炭素からの炭酸ジメチル・ウレタン合成：

- ・繰り返し使用が容易な無機系脱水剤を用い、「メタノールと二酸化炭素だけからの DMC 合成」を検討した。従来この種の試みが成功しなかったのは、高温の反応系中に直接脱水剤を添加したため、脱水剤からの水の脱離が起こったと考えた。そこで反応部（高温）と脱水部（室温）を分離し、両者の間で反応液を循環させるプロセスを検討した（脱水部にモレキュラーシーブ充填）。その結果、脱水部がない場合には、DMC 生成量は短時間で頭打ちとなり熱力学的制約が明確であるのに対し、脱水部を設けると DMC 収率が反応時間とともに増加し、メタノール基準で50%程度の収率が達成された。また脱水部がある場合には触媒量及び反応圧力に比例して収率が向上した。
- ・二酸化炭素からの脱水を経る炭酸誘導体合成に関して、ジアルキルスズ誘導体に代わる新規触媒を開発することを目的として中心金属および配位子に関して広範な探索を行った。まずウレタン合成をモデル反応として検討した結果、ニッケル等の卑金属を中心金属とし、ピピリジンやフェナントロリン等の窒素系二座配位子と組み合わせて用いることにより高活性触媒となることを見出した。貴金属を中心金属としたり、ホスフィンなどのリン配位子を用いた場合にはよい結果は得られない。

2. 二酸化炭素からの環状カーボネート合成：

- ・従来、触媒としては均一系触媒が用いられてきたが、近年、触媒分離プロセス簡素化の検討が行われており、金属酸化物系触媒の開発が活発化している。我々は、二酸化炭素の活性化には塩基性、エポキシドの活性化には酸性が有効と考え、新規な酸・塩基両性固体触媒の開発を検討した結果、希土類の酸化塩化物、特に SmOCl が有効であることを見出した。従来提案されている MgO や Mg-Al-O と比べて極性溶媒無添加でも高い収率、選択率を与えた。また、反応の圧力依存性が大きく、超臨界 CO₂を用いることにより収率が大きく向上した。固体触媒は一般

に均一系触媒に比べて活性が不十分であるが、超臨界 CO₂の利用が固体触媒実用化の有効な手段となる。また、活性が一定となる圧力（約15MPa）は原料と CO₂が均一相を形成する領域と一致した。さらに、Sm₂O₃、SmOCl とともに、高表面積の ZrO₂に担持することによって活性が大きく向上した。

- ・我々は前述のように SmOCl 触媒系では超臨界条件下で活性が大幅に向上することを明らかにした。さらに興味深いことには、目視観察の結果、反応初期には超臨界 CO₂とエポキシドが均一相を形成するが、反応の進行に伴い生成物である環状カーボネートが超臨界 CO₂相から自動的に相分離することを見出した。CO₂の超臨界状態（高压、高温）を維持したまま生成物を分離できる可能性を示しており重要である。一方、反応の進行に伴い超臨界 CO₂と環状カーボネートが相分離するので、超臨界 CO₂に選択的に溶解する触媒を開発すれば、超臨界相の温度および圧力を保ったまま、均一系触媒の分離・再利用が可能となる。我々は、このような触媒分離回収システムの一例として、新規なフッ素化アルキルホスホニウム塩触媒（Rf₃MePI-Rf=CH₂CH₂(CF₂)₅CF₃）を用い、繰り返し反応において高い収率、選択率が保持されることを確認した。
 - ・また、新規触媒の探索を継続した結果、遷移金属置換したアニオン部を有し、テトラアルキルアンモニウム塩をカチオンとするヘテロポリ酸が高い触媒活性を有することを見いだした。ハロゲンフリー触媒になる可能性があり、置換遷移金属の種類によって活性が大幅に変化する点で興味を持たれる。
- #### 3. メタンからのメタノールまたはアセトアルデヒド合成：
- ・高密度二酸化炭素を安定な反応媒体として利用し、RhCl(PMe₃)₃を照射下に用いることにより、炭化水素類の触媒的カルボニル化（アルデヒド合成）が可能であることを報告している。この反応の機構を明らかにするためベンゼンを基質として中間体の単離を試みたところ、RhCl(C₆H₅)(H)(PMe₃)₃が高収率で得られ、C-H 結合の酸化的付加機構で反応が進行することが証明された。さらに興味深いことに RhCl(C₆H₅)(H)(PMe₃)₃の生成速度は CO₂の添加量に大きく依存しており、CO₂濃度が高いほど加速された。
- #### 4. 有機/水二相系による分子触媒の回収：
- ・親油性部としてアルキレン鎖、親水性部として PEG 骨格を併せ持つ配位子を合成し、有機/水二相系で Rh 触媒を用いて長鎖アルケンのヒドロホルミル化を実施した。その結果、従来提案されている水溶性ホスフィンに比べて高い反応速度（TOF）が得られた。また、有機部分（生成物）を取り除いて触媒を水相に回収することにより、容易に触媒の再利用

が可能であることを確かめた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 二酸化炭素、メタン、炭酸エステル、ウレタン、水溶媒、ヒドロホルミル化

〔テーマ題目3〕 分子固体プロトニクス（運営費交付金）

〔研究代表者〕 青木 勝敏（物質プロセス研究部門高压化学グループ）

〔研究担当者〕 青木 勝敏、林 繁信、水野 正城、
本田 一匡、藤久 裕司、山田 高広、
千勝 雅之、張本 敏子
（職員6名、他2名）

〔研究内容〕

燃料電池の固体電解質材料として有望視されている無機固体酸のプロトン拡散機構を解明するとともに、高速プロトン拡散を実現する材料の設計指針提示を目指し、拡散係数測定方法の開発、プロトン拡散物質の拡散係数決定、分子固体酸の高温高压下での構造解析等の研究を行った。

1. 氷中のプロトン拡散測定と機構の解明

常圧下では氷のプロトン拡散が非常に遅く、また、 H_2O 分子自体が結晶中を移動してしまうため、拡散係数の正確な計測が難しい。一方、超高压下では高温でも氷が存在でき、プロトン拡散が計測可能なレベルまで速くなる。また、高压相の隙間がない結晶構造が H_2O 分子単独の運動を制限するため、純粋なプロトン拡散のみが観測できる。このような超高压状態の特徴を巧みに利用し、独自に開発した赤外反射スペクトル測定手法を用いて氷中のプロトン拡散係数を世界で初めて直接計測した。温度107、137°C、圧力8~13GPaではプロトン拡散係数は約 $10^{-15} m^2/s$ 、活性化エネルギーは0.6eVであり、いずれも圧力依存性は小さいことを見出した。

2. 固体硫酸中のプロトン拡散測定の準備

固体中のプロトン輸送イオンとして注目されている硫酸イオンに注目し、固体硫酸中のプロトン拡散測定を行うための準備を開始した。要素技術の整備として、試料となる純硫酸の精製法の確立、測定器具用の耐酸性材料の選択、高温高压 X 線回折測定システムの設計等を行った。プロトン拡散測定を行うための圧力-温度条件を定めるため、新たに考案した高温高压ラマン散乱測定用の光学系を用いて140°C、10GPa までの相図を作成した。室温下では常圧から47.4GPa の範囲で圧力を操作し、液相から固相 I、さらに固相 II への相変化を観察し、相境界を決定した。また、II 相は47.4GPa まで安定であることを明らかにした。さらに、140°C、10GPa までの相関係を初めて明らかにした。これらの結果より、プロトン拡散測定を行う条件は圧力1.2GPa 以上、温度100°C以下と見積もった。室温高压粉末 X 線回折実験を行い、II 相における分

子配置の圧力変化をリートベルト解析で調べたところ、分子鎖間距離は分子鎖内距離よりも5倍も柔らかく、分子鎖間の隙間が加圧により急速に縮んでいる特徴が明らかとなった。

3. 基準物質 $CsHSO_4$ のプロトン拡散係数の測定

固体電解質材料として有望視されている $CsHSO_4$ を基準物質と位置づけ、核磁気共鳴法によりプロトン拡散速度を決定し、機構を解明した。 $CsHSO_4$ を合成し、粉末 X 線回折で合成物を確認した後、熱分析により相変化の有無およびその履歴現象の有無を調べた。その結果、室温から高温側へ、固相 III、固相 II、固相 I、固相 Ia の存在が確認された。固相 Ia の高温側で融解して液相となった。固相 Ia は文献には報告されていない相である。固相 II、固相 I は安定相であり常時観測されたが、固相 III と固相 Ia の観測は熱履歴に依存した。

試料の熱履歴を考慮して、核磁気共鳴法によりプロトンのスペクトルおよびスピナー格子緩和時間の測定を行った。固相 II において、スペクトルの線形およびスピナー格子緩和時間が温度に大きく依存して変化し、プロトンの運動が確認された。測定データを理論的に解析した結果、プロトン拡散の速度を見積もることができた。プロトン拡散速度から見積もったプロトン伝導度の計算値とマクロな物性値であるプロトン伝導度の実験値（文献値）とが非常に一致を示し、ミクロなプロトン移動現象がマクロなプロトン伝導に反映されていることがわかった。固相 I においては、プロトンが固相 II より一段と速く運動していることを示すスペクトルおよびスピナー格子緩和時間の測定データが得られた。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 プロトン拡散材料、プロトン伝導、超高压、核磁気共鳴

〔テーマ題目4〕 機能性無機膜材料の研究（運営費交付金（特許実用化研究を含む）、NSS 電特委託費、NEDO 産業技術研究助成、エネ庁補助事業、文科省若手任期付き研究員支援制度、科研費補助金）

〔研究代表者〕 熊谷 俊弥（物質プロセス研究部門無機固体化学グループ）

〔研究担当者〕 秋本 順二、後藤 義人、相馬 貢、
真部 高明、山口 巖、土屋 哲男、
水田 進、高橋 靖彦、近藤 和吉、
塚田 謙一、矢部 明、神谷 国男、
山口 泰明、渡辺 知宏、武田 実
（職員8名、他8名）

〔研究内容〕

(1) 大面積超電導膜

SN 転移抵抗型限流器および高効率マイクロ波フィ

ルタへの応用を目標として、低コストで量産化が可能な塗布熱分解法により、大面積超電導膜の作製技術を開発している。市販最大サイズ（5cm 径）の格子整合 LaAlO_3 基板上に作製した超電導膜の通電試験評価を電中研等と共同で行い、塗布法で作製した膜が高い通電法 I_c ($>100\text{A}/\text{cm}$ 幅) を持つことを実証した。また、NSS プロジェクト基本計画目標サイズ（10cm \times 30cm）に対応した製膜装置を導入し、 YBCO/CeO_2 ヘテロエピ膜をサファイア基板（実用基板）上に作製した。これらのうち5cm 径膜について、 LaAlO_3 基板上の YBCO 膜と同程度の臨界電流密度 $J_c > 2.0\text{MA}/\text{cm}^2$ （誘導法）および表面抵抗 $R_s = 0.77\text{m}\Omega$ @12GHz, 77K を達成し、限流素子用12cm \times 1cm 膜では $J_c > 1.5\text{MA}/\text{cm}^2$ が得られた。また、大面積超電導膜の量産化に関する研究開発をオプション契約のもとにライセンス型共同研究により遂行した。さらに、Y を Yb に置換した新規低温製膜プロセスを提案した（特許出願）。H14年度低温工学会優秀発表賞受賞。

(2) 低温製膜技術

低温製膜とパターニングを同時に行える技術として塗布光分解法と反応性蒸着法を開発している。塗布光分解法による磁気抵抗体 $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ のエピタキシャル膜作製では、電気特性と作製条件の関係を調べ、基板温度500°Cで抵抗温度係数 $\text{TCR} = 3.4\%$ の特性が得られた。これは基板温度700°Cでレーザーアブレーション法により作製した膜の特性に匹敵する高い値である（NEC との共同研究）。また、強誘電体 Pb (Zr , Ti) O_3 膜の生成機構を調べ、エピタキシャル膜の成長には格子ミスマッチだけでなく基板材料の光学吸収特性が寄与していることを実証した。さらに In_2O_3 膜では、エキシマレーザーによる金属有機化合物の光化学反応により室温でエピタキシャル膜の作製に成功した。一方、反応蒸着法による磁気抵抗素子の作製では、大きなトンネル磁気抵抗を得るためハーフメタル物質であるマグネタイト (Fe_3O_4) を用いたジャンクション構造を作製したところ、 Fe_3O_4 層は、界面部まで含めて化学的・構造的に良質な単結晶膜であることが確認され、基板温度と酸素分圧の最適化により、最小平均ラフネスとして $R_a = 1\text{nm}$ が得られた。

(3) リチウム電池材料

リチウムイオン二次電池材料酸化物について、単結晶を合成し、結晶構造、電子構造、物性の解析を行った。特に、実用材料であるスピネル型リチウムマンガン酸化物などについて、精密に測定された単結晶 X 線回折データを用いて、単結晶 MEM 法により正確な電子密度分布解析に成功すると共に、第一原理計算の結果と定量的な比較を行い、化学結合に関する定量的な議論を進展させた（平成14年度日本結晶学会進歩賞受賞）。また、5V 級の正極材料として注目されているスピネル型酸化物置換体について、粒径および化学

組成を正確に制御可能な単結晶合成法を見出した（特許出願）。さらに、層状リチウムマンガン酸化物について、リチウム脱離反応に伴う結晶構造変化の詳細を調べ、岩塩型二酸化マンガンが生成していることを明らかにした（東北大学との共同研究、特許出願）。一方、エネ庁補助事業において、既存のスピネル型リチウムマンガン酸化物におけるサイクル劣化などの致命的な問題点を克服するため、代替材料となりうる新規酸化物正極材料の探索を行い、新規アルカリ遷移金属酸化物の製造方法を見出した（特許出願）。

(4) X 線回折法による層状構造化合物解析技術

研究目的：高次元結晶に属する非周期複合結晶構造を持つ量子スピン梯子物質の複合変調構造解析をおこなうことによって超伝導関連の物性発現機構を解明すること。

研究手段：高次元超空間群の対称性をもちいた X 線構造解析法および原子間距離をもちいた高次元 Bond-valence sum 法。

方法論：非周期格子間相互作用をモデルに取り入れることによって複合結晶構造の原子変調を精密に決定する。電荷分布および電荷移動量を定量的に求めることによって化学結合の本質を明らかにするとともに物性発現機構を解明する。

年度進捗：量子スピン梯子格子系複合結晶の母物質物質 ($\text{Sr}_2\text{Cu}_2\text{O}_3$) $_{0.70}\text{CuO}_2$, “ $\text{Sr}_{14}\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$ ” における複合変調構造および CuO_2 鎖から Cu_2O_3 梯子面へ向けてのホール移動機構に及ぼす微量の不純物元素の影響について、高次元原子変調解析法と高次元 Bond-valence sum 法をもちいて厳密かつ定量的に解明することに成功した（仁科賞および朝日賞受賞の青山学院大の秋光教授と共著）。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] 塗布熱分解法、塗布光分解法、エキシマレーザー、製膜技術、低温成長、精密単結晶育成技術、X 線構造解析、超伝導体、磁気抵抗体、LSMO、強誘電体、PZT、リチウムイオン二次電池材料、強相関電子系材料、複合結晶、高次元結晶

[テーマ題目5] ナノ空間を利用した複合材料に関する基礎研究（運営費交付金）

[研究代表者] 林 繁信（物質プロセス研究部門物性解析グループ）

[研究担当者] 林 繁信、小森 佳彦、藤井 和子、谷 晋輔、林 幸、渡邊 玄、高垣 敦、鈴木 健之（職員2名、他6名）

[研究内容]

ナノ空間を利用した高機能な電子デバイスやイオン伝導デバイスを創製するためには、ナノ空間における分子や原子、イオンの吸着サイトや配列状態を制御すること

が重要である。本研究では、固体 NMR 等を用いてナノ空間における分子などの挙動を明らかにし、ナノ空間材料の機能化を目的としている。

平成14年度は、一次元チャンネルを有するゼオライト (ZSM-5) におけるゲスト分子の運動がカチオンや水分子の影響を受けることを明らかにし、脱水、水和操作を行うことで分子運動を可逆的に ON/OFF できることを見出した。また、メソポーラスシリカのメソ孔内面に有機基で修飾し、メソ孔のナノ空間における有機分子(ニトロアニリン)の運動状態が変化することを見だし、ホスト内壁の有機修飾基によるゲスト有機分子の運動状態制御の可能性を示した。さらに、無機ホスト中の有機色素分子が水分子の存在によりその色を可逆的に変化させることを見だし、その色変化のメカニズムがイオン-分子間相互作用であることを明らかにした。また、色変化の挙動がゼオライトの細孔径やカチオンの種類に依存することを示すとともに、他の色素にも応用が可能であることを示した。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 無機有機複合材料、固体 NMR

〔テーマ題目6〕 分子情報材料創成に関する研究 (運営費交付金、内部グラント、科学研究費補助金)

〔研究代表者〕 玉置 信之 (物質プロセス研究部門 機能分子化学グループ)

〔研究担当者〕 長沢 順一、吉田 勝、秋山 陽久、甲村 長利、木戸脇匡俊、則包 恭央、Ajay Mallia、青木 健一、和田 百代、工藤 成史 (職員5名、他6名)

〔研究内容〕

- (1) 中分子液晶は刺激に対する分子配列の迅速な応答性とガラス化後の分子配列の安定性を両立する可能性がある。また、コレステリック液晶では分子が自発的にらせん周期配列を取り、らせん周期に依存した波長において選択反射が起こるためらせん周期の制御によるあらゆる色を再現することが可能である。本テーマでは中分子コレステリック液晶を利用したフルカラー書き換え記録表示材料の実用化を目指している。本年度は、光モード記録においてそのメカニズムを明らかにし、より高感度な光記録を実現するために、中分子液晶に添加剤を加えた場合の分子配列変化を X 線回折により調べた。その結果、中分子液晶の反射波長を長波長にシフトさせる添加剤の場合のみスメクティック構造 (平行配列) の成長を示唆する小角ピークのシャープ化が観察された。すなわち、一定の長さのアルキル基を有するトランスアゾベンゼン誘導体を添加すると反射波長が長波長シフトし、シス体への光異性化で短波長に戻る理由は以下のように説明できた。トランス体の添加で部分的にラセン構造に寄与しない中分子

液晶のスメクティック構造を誘起し、光反応でアゾベンゼン誘導体がシス体に異性化するとその折れ曲がった構造からスメクティック構造誘起の能力が消失し、完全な中分子液晶のラセン構造が再生する。以上の結果、この反射波長の光化学的制御がこれまで知られていなかった全く新しい機構に基づくものであることが判明した。また、この研究の過程から適当なアルコキシル基を有するアゾキシベンゼンは従来のアゾベンゼン誘導体よりもより大きく波長シフトを起こす優れた添加剤であることを見出した。

さらに、コレステロール部を有するアゾベンゼン誘導体を合成し、中分子液晶のガラス状態での熱安定性 (約80℃) を損なわない光応答性添加剤であることを見出した。本発見はより実用的な光モードフルカラー書き換え記録の実現を可能にする。また、合成した化合物の一部に単独で光応答性を有する非高分子コレステリック液晶を初めて見出した。本化合物は、自ら光を感じて光物性を制御する新しいスマート材料への応用が考えられる。

反射バンド変化の初期過程の解明については、液晶分子が描くらせん状配列の軸の傾きを数度程度の精度で測定できる装置を開発した。今後、本装置を用いて測定を行う。

液晶中のアゾベンゼン誘導体の様に場による束縛を受けた化合物の異性化反応についての情報を得るために、環構造を有するアゾベンゼン誘導体を合成し、結晶構造、光・熱異性化反応挙動を調べた。その結果、環ひずみを持ったシスアゾベンゼンの構造解析に世界で初めて成功し、異性化反応への環ひずみの影響を実証することができた。

- (2) 機能分子合成の基礎研究のうち光重合性有機ゲルでは、コレステロール部、ウレタン部、ジアセチレン部を有する新しい重合性有機ゲルの開発とそれを用いた分子からのボトムアップによるナノワイヤー作成を検討している。分子構造とゲル化能、光重合性の関係を明らかにするためにさらに新たな誘導体を合成すると共にゲル形成条件 (濃度、溶媒の種類) についても検討を行った結果、ゲル化を起こし光重合するために少なくともコレステリル基が1つあること、ウレタン部位が2つあることが必要条件であることが判明した。また、スパーサー部位の構造を変化させることでエタノールのような極性溶媒中でゲル化を起こす化合物が得られた。ゲルの構造については赤外スペクトル、透過型電子顕微鏡により、光重合性については核磁気共鳴スペクトル、重合度測定により解析を進めている。

一方、光応答性高分子では光反応に誘起される下限臨界溶解温度の変化により表面の濡れ性変化の増幅を狙い、濡れ性変化を駆動力とする新しい微小機械の実現を図っている。本年度は、共重合体を構成しているアゾベンゼンモノマーの置換基構造をより親水的なも

のに変えたところ、これまで低温で起こっていた膜の光濡れ性変化が室温付近で出来るようになった。この材料と同じ成分と組成で架橋剤を入れて架橋膜を作り濡れ性変化について調べたが、現在のところ光の照射の影響はあまり見られず、単に熱により膨潤、収縮を起こす膜であった。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] 光反応、液晶、分子組織化、有機ゲル、キラリティー、光応答性高分子

[テーマ題目7] 生体の機能模倣と鍵物質の研究開発
(運営交付金、産業技術研究助成事業、平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業、原子力試験研究委託費)

[研究代表者] 新保外志夫 (物質プロセス研究部門生体模倣材料グループ)

[研究担当者] 新保外志夫、広津 敏博、岩坪 隆、芝上 基成、高木 俊之、古沢 清孝、蒲 康夫、村上 悌一、金森 敏幸、須丸 公雄、Samuel P. Kusumocahyo、鈴木 孫一、宮脇 和博、亀田 光淑、山口麻奈絵、枝廣 純一、板屋 越緑 (職員10名、他7名)

[研究内容]

ナノテクノロジーを始めとする21世紀の材料技術の展開には生体に学んだ材料技術の開発が不可欠と考えられる。生体では生命の複雑で精緻な営みを維持するために、巧妙に作り上げられた構造体の中で、数多くの機能が凝縮され高度なコントロールの下に調和して働いている。本研究では、このような精緻な生体の仕組みを模倣あるいは利用することにより従来の枠を越えた新しい次世代材料の開発を目指して、1) 生体鍵物質の合成と利用、2) 生体膜等生体組織の模倣、3) 材料によるセルマニユピレーション、について研究を行った。その結果、平成14年度は以下の成果を得た。

- 1) 生体鍵物質の合成と利用：N-グリコシド型機能物質の調製を目的として、各種チオアミド糖と銀塩を用いた新規な脱硫環化型複素環形成反応について検討した。その結果、ヌクレオシドアナログである5-アザウラシル誘導体及び新規な N-グリコシドである糖-キナゾリン誘導体を高収率で与える合成法を見出した。脂質類に関しては、糖脂質の基本骨格部のキラルなアミノアルコール類について立体選択的合成法を検討し、全4種の立体異性体を調製する方法を見出した。また、細胞間の情報伝達に関与するアミノリン酸系脂質の可溶性誘導体を合成し、その生理作用を検討した。その結果、ある種のハロゲン置換体が天然脂質の生理作用を拮抗的に阻止することを見出した。
- 2) 生体膜等生体組織の模倣：①安定な脂質ナノ構造体

を創製することを目的として、両端のキラリティーの異なるヘテロなものを始めとして種々のテトラエーテル型、テトラアミド型の環状脂質や重合性環状脂質を合成した。合成した脂質について自己組織化構造を検討し、テトラエーテル型重合性環状脂質は紐状および球状と見られる構造体を、また、環状脂質は二次元シート状の構造体を形成することを明らかにした。②生体膜を模倣した異性体分離膜については、シクロデキストリン含有ポリイオンコンプレックス膜を作製し、それがキシレン異性体を識別輸送することを明らかにした。また、光制御膜の研究については、スピロピラン色素含有 PNIPAAm を合成し、その温度依存性相転移が履歴現象を示すことを見出した。③バイオミネラルイゼーション模倣による材料形成では、当所で開発したプロセスにおいて従来稀にしか見られないアラゴナイトの結晶が選択的に形成されること、キトサン膜を前もってイオンコンプレックス化すると CaCO_3 の結晶が膜内部にも生成することを見出した。④パルス放電プラズマでアクリル酸のプラズマ重合を行うと、連続波プラズマより効果的にカルボン酸含量の多いポリマー薄膜が形成することを見出した。また、ポリ乳酸不織布の表面をプラズマ処理しヒドロキシアパタイト層を形成させると、それが優れた酵素固定化材料になることを示した。

- 3) 材料によるセルマニユピレーション：①材料表面が細胞の接着・増殖に及ぼす影響を明らかにするために、ポリ乳酸平膜の表面に酸素プラズマ処理を施し、細胞の接着・増殖挙動を検討した。その結果、酸素プラズマ処理を行うと細胞の形態が正常になるだけでなく、接着性も増すことが明らかになった。また、小口径人工血管を目指して中空状 scaffold 内で細胞を培養する知見を集積した。②含フッ素ポリイミド中空糸膜を使用した人工肺デバイスに関しては、紡糸条件等を再検討することにより、必要性能を有するデバイスを作製した。最終チェックを行い、共同研究機関と動物実験を行った。③セルドネーションを目指したセルセパレーター開発に関しては、PNIPAAm グラフトポリプロピレン不織布を作製し、特定の細胞を認識する抗体の吸脱着が温度に応答して変化することを確認した。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] バイオミメティックス、生体機能分子、機能性分離膜、先進医療、外部刺激応答性材料、プラズマ表面処理

[テーマ題目8] 生体関連機能性材料の研究開発 (運営交付金)

[研究代表者] 古沢 清孝 (物質プロセス研究部門 生体関連機能物質グループ)

[研究担当者] 飯尾 心、伊藤 昭二、松永 睦生、二宮 扶実 (職員3名、他2名)

〔研究内容〕

生体を構成する材料は、環境の変化に知的に応答して物質変化・輸送・運動などの機能を発現している。このような生体材料が有する機能を模倣した材料を創製して安全で安心な人に優しい持続可能社会の実現に貢献することを目指す。本年度は、熱に応答する高分子材料の機能化、グアニジノ基を有する電解質高分子の合成技術について検討を行った。ポリ N-イソプロピルアクリルアミドについて分子サイズの異なる感熱性高分子を調製する手法を検討し連鎖移動剤添加により分子量を1,000～5,000,000の範囲で制御する重合方法を開発した。水溶液の粘度特性を明らかにし増粘剤としての実用性を検討した。

また、電解質機能高分子であるポリアリルビグアニドについて、従来重合しないと言われていたアリル系化合物であるアリルビグアニド・モノマーの重合により電解質機能高分子を合成する方法を検討した結果、強酸性溶媒の種類、モノマー／開始剤比を変えることで高分子量の化合物 (Mw=100,000～140,000) を収率13%で、分子量 Mw=85,000程度では収率約85%で得る目処が得られた。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 感熱性高分子、電解質高分子

〔テーマ題目9〕 特異物性ポリマーの研究開発 (運営費交付金、エア・ウォーター (株) と共同研究)

〔研究代表者〕 田口 洋一 (物質プロセス研究部門 環境適合型高分子材料研究グループ)

〔研究担当者〕 田口 洋一、広瀬 重雄、増岡登志夫、船橋 正弘、国岡 正雄、藤田 賢一、大石 晃広、青木 勝敏、山脇 浩、坂下 真美、橋本 茂、増田 隆志、王 易 (職員10名、他3名)

〔研究内容〕

耐熱性を付加した柔軟な生分解性プラスチックの合成を目的として、γ-ブチロラクトンと光学活性な L-ラクチドとの共重合反応を高圧条件で検討した。得られた共重合体の熱分析は、融点が高い生分解性ポリマーが得られたことを示し、伸度はポリラクチドよりも高い値であった。また、耐熱性を有する生分解性プラスチックの調製のために、グリシン、アラニンなどの天然に存在する α-アミノ酸を含むポリブチレンサクシネート共重合体の調製を検討し、アミノ酸1モル%含有の共重合体を高分子量で得ることができたが、アミノ酸の添加により重合速度が減少することが明らかになった。

生分解性プラスチックの生分解性精密制御のため、酵素等のブレンドを検討しており、低温、含水条件で活性を示す触媒を検討している。希土類金属化合物であるイットリウム触媒を用いると、カプロラクトンが室温付近

で開環重合することを明らかにし、詳細な重合条件を解析し、ペンタデカラクトンも重合することを明らかにした。同触媒を用いて、カプロラクトン、開始剤及びセルロースを室温で混合した後、加熱硬化させる複合樹脂の直接成型法について検討した。

再生可能資源を利用したより環境に負荷の少ない生分解性プラスチックを開発するため、単糖類及び二糖類を原料とした水酸基を脂肪族エステル鎖中に有する新規生分解性エポキシ樹脂の合成条件を検討し、最適条件が130℃、5時間であることを明らかにした。廃糖蜜を原料とする生分解ポリウレタンにオイルパームから得られる繊維を充填した複合体においては、比強度、比弾性率などの力学的特性が充填剤のアスペクト比3近傍で最大値を示した。

生分解性プラスチックの初期分解速度を制御するため、ポリエステル系やポリ乳酸系、でんぷん-ポリオレフィン系などの生分解性プラスチック表面をフッ素系プラズマなどによって表面改質したところ、一定期間分解が抑制されるような分解パターンを示した。

表面処理により抗血栓性を付与した材料を実用化するために、エア・ウォーター (株) との間で共同研究を行った。プラスチック表面にプラズマ開始グラフト重合による表面改質を検討し、他の処理方法よりも高い抗血栓性がより長時間持続するという結果を得た。また、両親媒性ポリマー担持セレン試薬を合成した。これを用いることにより、水中でもセレン試薬は分解することなくオキシセレン化反応や脱セレン化反応が円滑に進行することを明らかにした。

中型の高温高圧反応装置として、ピストンシリンダー高圧装置を整備した。ある程度の試料空間を確保しつつコンパクトで取り扱いの容易であることを念頭に、約0.15cm³の試料体積を有し2GPa、200℃の温度圧力範囲でポリマー合成を行える装置を組み上げた。この装置の整備により、示差熱分析や熱重量分析等の物性評価を行うのに十分な量の高温高圧合成が行えるようになった。

110-200℃、0.3-1.5GPa の温度・圧力領域でアセチレン類である2-プロピン-1-オールの重合反応を行い茶褐色の固体ポリマーを得た。残存する不飽和結合により可視域では光透過性が劣るが、赤外域での屈折率は1.6以上を示した。特に0.6GPa、200℃で反応させた回収試料については、1.7近い屈折率を示した。これら2-プロピン-1-オールのポリマーは熱重量分析および示差熱分析よりガラス転移や融解を示さず、350℃以上で熱分解することが明らかとなった。このことから多数の分岐を持つ網目ポリマー (ネットワークポリマー) が生成していると推測される。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 生分解性プラスチック、PBS、カプロラクトン、糖類、生分解エポキシ樹脂、複合体、高圧重合、ポリアセチレン、超

高圧

【テーマ題目10】微小重力環境下での高品質結晶や構造制御材料の生成メカニズムの解明と創製（運営費交付金）

【研究代表者】奥谷 猛（物質プロセス研究部門微小重力科学グループ）

【研究担当者】中田 善徳、永井 秀明、間宮 幹人、渋谷 直哉（職員3名、他1名）

【研究内容】

特異反応場である微小重力環境を利用して高品質結晶や構造制御材料の生成メカニズムを解明し、そのメカニズムに合致した創製方法を駆使し、高品質結晶や構造制御材料を合成する方法を確立する。平成14年度は、2.8m落下管で得られる0.76sの微小重力下で1cmの径の球状シリコン融液の厚さ1mmの表層が単結晶から成る球状シリコン単結晶を合成した。10m落下塔を用いてII-VI化合物半導体であるCdTeの一方凝固を行い、冷却方向に柱状結晶が整列した組織のCdTeを得た。微小重力下では対流がなく、比重差のある物体を均一に分散できることを利用して、均一組成・組織のSiGe、 β -FeSi₂の作製に成功した。これらの材料は既存のプロセスでは均一組成・組織を作製することは難しい材料であり、微小重力環境の特色を利用して合成に成功した。微小重力下での材料の生成メカニズムを明らかにすることにより、微小重力環境を生かした材料合成では、長時間の微小重力環境が必要ではなく、数mの自由落下で得られる短時間微小重力環境でも十分その特色を生かすことができることが明らかになった。

【分野名】ナノテク・材料・製造分野

【キーワード】微小重力、高品質結晶、構造制御材料、均一材料

【テーマ題目11】微小重力環境を利用する物性のDBの整備（運営費交付金）

【研究代表者】奥谷 猛（物質プロセス研究部門微小重力科学グループ）

【研究担当者】中田 善徳、永井 秀明、マティアス・グスタフソン（職員3名、他1名）

【研究内容】

微小重力下の液体中には熱対流が抑制される。半導体融液から結晶を作製するにあたっては、正確な融液の熱物性値が結晶成長シミュレーション、結晶成長プロセスの制御に必要である。本研究では、正確な半導体融液の熱物性を測定するために、融液内の対流を抑制できる微小重力環境下での測定として10⁻³g、1.43秒の微小重力環境が得られる10m落下塔を利用するための短時間で可能な測定方法について検討した。その結果、

1. Pulse Transient Hot Strip 法について検討した。

この方法は固体試料の熱物性測定のために開発された

方法で、厚さ数ミクロンの固体表面の熱伝導度、熱拡散率をセンサーを二対の固体試料に挟んで測定する方法であるが、本研究では、表面が平滑な電気不導体基板上に金などの金属Stripを蒸着し、この上に液体試料一滴（0.2～0.5ミリリットル）で覆い、Stripに各種のパルス幅を持つ交流電流を流し、Strip回路の温度変化を測定することによって、熱伝導度、熱拡散率を測定する理論を構築した。

2. 液滴試料に適用できる Pulse Transient Hot Strip 法で水、粘度の異なるシリコンオイルの熱物性値を測定した。その結果、センサーに接する厚さ10ミクロンメートル以内の液体の熱物性値が約1%の精度で測定でき、数10ミリ秒幅の1パルスで測定できることがわかった。また、ごく短時間で、かつ、ごく微量の試料で測定ができるために、液体試料の対流の影響はなかった。

【分野名】ナノテク・材料・製造分野

【キーワード】熱物性、半導体、微小重力、融液、ホットストリップ法

⑩【セラミックス研究部門】

（Ceramics Research Institute）

（存続期間：2001.4.1～）

研究部門長：亀山 哲也

副研究部門長：山東 睦夫

総括研究員：上養 義則、岡寄 正治、小田 喜一

所在地：中部センター

人員：158（64）名

経費：666,305千円（385,687千円）

概要：

我が国のセラミックス産業は、技術的ポテンシャルの高さに裏打ちされた生産性の高さにより、国際的に高いシェアを持っており、様々な部品・部材を広く世界に供給している。一方、その市場規模は小さく、材料に関わる標準や設計技術等の基盤技術も未成熟である。また、従来の材料開発は、性能の向上やコストの削減を主な目的としており、安価で高機能な材料を生み出してきたが、環境等に対する配慮に欠けていたことも否定できない。今後進展するであろう高度情報化社会及び高齢化社会、更に価値観の多様化に対応した安心・安全・快適さの実現に資するためには、幅広い機能を持つセラミックス材料を世界に供給できる産業の持続的発展が不可欠である。

セラミックス研究部門の特徴は、セラミックス材料の産業応用に不可欠なプロセス技術を主な研究分野とし、新材料の探索から、原料合成、成形、焼成、特性評価に至る一貫した研究体制を持つことにある。この

特徴を活かし、セラミックス材料に共通する研究課題を抽出し、異種材料との融合的な研究展開も視野に入れつつ、組織力を活かした研究体制により課題の解決を図り、産業の国際競争力の維持・向上及び社会の持続的発展に貢献するための技術の体系化を目標とする。

セラミックス研究部門の主な研究対象は、現在、重要な社会的課題として認識されている「人間生活の安心・安全・快適さの達成」、「環境汚染の浄化・低減あるいはエネルギーの確保・高効率化」、「高度情報化社会の実現」、並びに「知的基盤の構築」に対応することを主眼に、以下の5つの研究課題を重点的に研究した。

1. 機能集積化セラミックスの研究：環境と調和した社会の持続的発展を可能とすると共に、高度情報社会における利便性の追求に不可欠な高性能小型電子機器等に使用される複数の機能が集積したセラミックス材料を創成するための研究を行った。具体的には、シリコン半導体上に電子セラミックスの低温集積を可能にするテーラードリキッドソースの設計・開発による次世代強誘電体メモリ、FET センサー等の開発を行った。また、環境に配慮した非鉛系圧電体の組成制御に関する研究を進め、圧電定数 (d_{33}) 200pC/N を目指した。次世代半導体デバイス用の高熱伝導性半導体封止材として、高充填性且つ経年劣化の少ない球状 AlN フィラーの開発を行った。さらに、小型で高効率な分散型電源を実用化する目的で、炭化水素を直接燃料に使用することが可能な中温領域 (400℃-800℃) の固体電解質燃料電池に不可欠な固体電解質材料に係わる研究を行った。

2. 環境セラミックスの研究：人間生活の安心・安全・快適さの達成のために、太陽光などの自然エネルギーを用いて有害物質を安全に分解・無害化する高機能性光触媒、メソポアの吸脱着作用による環境調和材料、有害物質吸収作用を持つ材料の開発に係る研究を行った。

具体的には、太陽光などの無公害の自然エネルギーを用いて安全に環境中の有害物質を分解・無害化する高機能性光触媒環境材料を開発するとともに環境浄化への応用・実用化を進めた。また、吸着能力に優れたナノメートルオーダーの細孔を均一かつ大量に有するセラミックス材料を低エネルギーで迅速に製造するプロセス、メソ空間を利用した材料の機能化技術の開発を進めた。さらに、燃焼工程等から排出されるダイオキシンや重金属等の環境汚染物質の高温での除去、無害化を総合的に実現する「環境セラミックス」材料の開発を行った。

3. 生体機能性セラミックスの研究：社会の高齢化、情報機器の高度化により加速される材料の高度な構造制御、機能の多重化の要請に応え、高齢化社会の

安心安全に資するため、生体機能、生物機能を活用するセラミックスの開発、新たな構造制御を可能とするバイオメテックス材料研究を推進し、生体組織の形成メカニズムを模倣した3次元的規則構造形成プロセス技術の確立を目指した。

4. 低環境負荷型材料プロセスの研究：セラミックスの低環境負荷型焼結技術の確立を図るために、温度場、遠心力場等の反応場を利用して、従来の焼結技術に比べて、焼結温度を200℃以上低く、焼結時間を2分の1とするセラミックス焼結技術の開発を目指した。

5. 材料標準に関する研究：工業標準整備への戦略的対応、技術的基盤の整備をミッションに掲げ、国の標準化事業に着実に貢献するとともに、標準化戦略策定への積極的関与を行った。これまで標準化事業の主体と位置づけられてきた特性評価法の標準化にとどまらず、将来的には市場を支配する直接的ツールとなり得る材料規格の制定を視野に入れた研究展開を図った。

標準化の対象となる幅広い技術分野の中で、現時点では、力学的特性の評価法、化学分析手法と分析のための標準物質、高機能性光触媒環境材料の特性評価法、の3分野に注力した。いずれの分野においても、今中期計画の中で JIS 等の工業標準の制定を目標とした。

また、当研究部門では、セラミックス技術の基盤的研究として、微粒子の配列制御、超音波の非線形効果を利用するプロセス、機能の評価と解析、釉薬あるいは窯業原料のデータベース構築などに関わる研究を行った。さらに、植物成長剤の応用に関わる連携研究を遂行した。

外部資金：

経済産業省 エネルギー使用合理化技術開発委託費「未来型 CO₂低消費材料・材料製造技術研究開発」

経済産業省 電源多様化技術開発等委託費「超電導応用基盤技術研究開発」

経済産業省 電源多様化技術開発等委託費「二酸化炭素回収対応タービンの研究開発」

経済産業省 原子力試験研究委託費「特定装置の維持運営に必要な経費」

経済産業省 中小企業委託費 中小企業情報流通円滑化事業「セラミックスカラーデータベース」

経済産業省 中小企業委託費 中小企業情報流通円滑化事業「国内窯業原料データベース」

経済産業省 試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの）「産業起源内分泌かく乱物質の環境複合毒性検出システムの開発と動態予測モデル作成に関する研究」

経済産業省 試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの）「有害藻類発生湖沼の有機物、栄養塩類、生物群集の動態解析と修復効果の評価に関する研究」

経済産業省 科学技術総合研究委託費「協奏反応場の増幅制御を利用した新材料創製に関する研究 反応場協奏増幅による構造規則化プロセス制御に関する研究 超音波複合反応場における協奏増幅プロセス制御に関する研究」

経済産業省 科学技術総合研究委託費「カビの酵素高生産能を利用した環境調和型工業プロセス技術の基盤研究内分泌かく乱物質分解酵素の活用技術の開発」

経済産業省 科学技術総合研究委託費「生体硬組織の無機ネットワーク構造を模倣した骨組織誘導型人工骨の創製」

経済産業省 科学技術総合研究委託費「生体組織形成を模倣したミセルの自己組織化による規則配列制御ナノスケールセラミックスの創製」

経済産業省 試験研究調査委託費（環境研究総合推進費に係るもの）「イオンクロマトグラフィーによるオンサイト型水質モニターの開発に関する研究」

文部科学省 若手任期付研究員支援（継続）「遷移金属含有メソ空間の構築と有害物質除去」

文部科学省 若手任期付研究員支援（継続）「階層構造からなる生体硬組織代替材料の研究」

財団法人中部科学技術センター 平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業「電気パルス抗体作製法に基づく高感度環境ホルモンセンサーの開発」

財団法人中部科学技術センター 平成14年度中小企業地域新生コンソーシアム研究開発事業「環境浄化用常温硬化型フラクタル構造光触媒透明コートの開発」

財団法人ファインセラミックスセンター 健康寿命延伸のための医療福祉機器高度化プログラム 身体機能代替・修復システムの開発 生体親和性材料「自家骨に近い骨形成能と機械的性質を有するセラミックスの開発」

ン酸カルシウム／生分解性有機高分子複合体の調製」

財団法人長崎県産業振興財団「粘土鉱物系抗菌剤の材料設計及び構造解析に関する研究」

新エネルギー・産業技術総合開発機構 エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発「急速昇温型遠心焼結装置の研究開発」

新エネルギー・産業技術総合開発機構 ナノテクノロジープログラム「ナノレベル電子セラミックス材料低温成形・集積化技術①プロセス基盤技術（原料粉末材料の開発）」

新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究助成金「廃水処理のための可制御高効率ソノケミカル反応装置の開発」

財団法人北九州産業学術推進機構 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業「チタン廃棄物を利用した光触媒用酸化チタン製造技術の開発」

財団法人名古屋産業科学研究所 平成13年度即効型中小企業地域新生コンソーシアム研究開発事業「スラリー濃縮・固形化特性評価装置の開発」

発 表：誌上发表164（144）件、口頭発表377（105）件、その他13件

テーラードリキッドソース研究グループ
 (Tailored Liquid Source Research Group)

研究グループ長：加藤 一実

(中部センター)

概 要：

21世紀の高度情報化社会・環境調和型社会の持続的発展のために必要な高性能小型電子機器の創出のためには、複数の機能が集積した機能集積材料の創製が緊要であり、そのためのテーラードリキッドソースの開発が不可欠である。当研究グループでは、機能集積材料の一例として次世代強誘電体メモリ、超電導線材、FETセンサー等の開発を行った。

研究テーマ：

テーマ題目1、テーマ題目2

機能複合粉体研究グループ

(Tailored Solid Source Research Group)

研究グループ長：大橋 優喜

(中部センター)

概 要：

高密度実装に対応した半導体デバイス、圧電体等の小型化・機能集積化において、革新的な低粘性・高放

熱性封止技術、圧電特性向上、環境負荷低減などが必須である。当該分野が産業ニーズ把握を特に重要とする事から、半導体封止材料や圧電材料メーカーとの共同研究を中心とした研究体制を積極的に進め、個別適用例を蓄積し、新技術提供を目指して研究をおこなった。

研究テーマ：

テーマ題目 3

低環境負荷型焼結技術研究グループ

(Advanced Sintering Technology Research Group)

研究グループ長：渡利 広司

(中部センター)

概 要：

低環境負荷型焼結技術研究グループは、セラミックス製造におけるエネルギー、製造コストや環境等の制約要因を克服するため、特異な反応場を利用したプロセス技術の構築を目指している。焼結における反応場として、外部反応場と内部反応場に大別される。外部反応場として、温度場、雰囲気場、超臨界場、遠心力場、磁場、電場、光場等が挙げられる。これらの反応場を人為的に創出し、さらにその条件を精緻に制御することにより、外部反応場から材料へ効率的にエネルギーを投入する技術を研究した。同時に、外部反応場に対してセラミックス粒子、粒界、基板、バッファ層等の内部反応場の特性を適切に制御することにより、材料内の界面反応、核生成、結晶成長を誘導し、焼結における化学反応を促進する技術の確立を目指した。この結果、セラミックスにおける低エネルギー型焼結技術、環境調和型プロセス技術、焼結基盤技術の知見が得られた。

研究テーマ：

テーマ題目 4、テーマ題目 5、テーマ題目 6

生体機能性セラミックス研究グループ

(Bio-functional Ceramics Research Group)

研究グループ長：横川 善之

(中部センター)

概 要：

生体構造・機能を模倣しテンプレート、自己組織化等の分子制御技術を用い、その界面反応、結合により3次元的規則配列を実現するナノレベルの反応場のスケールアップによるナノアッププロセス技術の確立、ナノレベルからバルクまでの様々なレベルでのシームレスな高次構造を持ち様々な機能が集積したセラミックス材料開発を進めた。

研究テーマ：

テーマ題目 7、テーマ題目 8

メソポーラスセラミックス研究グループ

(Mesoporous Ceramics Group)

研究グループ長：野浪 亨

(中部センター)

概 要：

ナノメートルオーダーの細孔を均一かつ大量に有するセラミック材料を創生するため、低エネルギーで迅速に製造するプロセスを開発し、さらに開発されたメソポーラス材料の構造特性や住環境の安心安全化特性などに関する設計評価技術を確立する。また、メソ空間を利用した材料の機能化技術を確立し、環境材料や生体材料等への展開を行った。

研究テーマ：

テーマ題目 9

空間機能化セラミックス研究グループ

(Eco-functional Ceramics Research Group)

研究グループ長：鈴木 憲司

(中部センター)

概 要：

セラミックスの有する空間を機能化することにより、低温で稼動可能な次世代自動車用燃料電池の開発、炭化水素・アルコール・有機系廃棄物等からの燃料電池用水素製造法の確立、無機系廃棄物を原料とした高機能建材の開発等に取り組んだ。また、環境改善用機能性セラミックス等の開発を行った。

研究テーマ：

テーマ題目10

力学特性標準技術研究グループ

(Evaluation Technology for Component Design Research Group)

研究グループ長：兼松 涉

(中部センター)

概 要：

セラミックスは硬くて1000℃以上の高温にも耐える優れた材料であり、エネルギー機器等の多くの産業利用が行われている。しかし、セラミックスは金属材料と違い、高度な機器に利用することを試み始めてから日が浅く、何故壊れるのか、どのように使えば壊れないのかがよく分かっていなかった。当グループでは、セラミックスの特徴に合った使い方や壊れ難いセラミックスを開発するための基盤となる、破壊機構の理論的な解明を目指した研究活動を行った。

その成果は JIS・ISO など工業標準・国際標準の制定に際し、技術的基盤として提供されるとともに、世界最高水準の材料開発における設計指針として、プロセス研究者によって活用されつつある。

研究テーマ：

テーマ題目11

化学計測研究グループ

(Chemical Analysis and Standardization Research Group)

研究グループ長：上巻 義則

(中部センター)

概 要：

高機能・高性能のファインセラミックスの開発によって、化学計測（分析）技術は不可欠なものである。近年、金属成分に加えて非金属成分も機能・性能に大きく係わることが明らかになり、非金属成分についても確な定量法が求められてきている。当グループでは、非酸化物系ファインセラミックス中の非金属成分の分析法の確立ならびに化学分析用国家標準物質の開発を目的とした研究を行った。

研究テーマ：

テーマ題目12

環境材料化学研究グループ

(Ecomaterials Chemistry Research Group)

研究グループ長：埜田 博史

(中部センター・瀬戸サイト)

概要：

太陽光などの自然エネルギーを用いて有害物質を完全に分解・無害化する高機能性光触媒環境材料について、産業廃棄物を有効利用するとともに太陽光に多く含まれる可視光の利用効率に優れ、効率良く有害化学物質を分解・無害化する高機能性光触媒環境材料を開発し、開発に必要な性能評価技術の開発と環境浄化への応用を進めた。

研究テーマ：

テーマ題目13

粒子配列制御研究グループ

(Particle Arrangement Processing Research Group)

研究グループ長：後藤 昭博

(中部センター)

概要：

セラミックス粒子プロセッシング技術に関して、粒子径等の特性制御と粒子配列制御による二次元、三次元規則構造の構築、粒界の制御および非平衡プロセスによる複合化配向技術の確立を目指して研究・開発を行った。

具体的には、プロセッシング技術として「ナノ粒子技術」、「セラミックス厚膜・薄膜気相迅速合成」、「固液分散系セラミックス粒子配列制御」など、材料開発として「高精度微小アクチュエーター」、「マイクロ波・ミリ波吸収材料」などをキータムとして研究を進めた。

研究テーマ：

テーマ題目14

超音波プロセス研究グループ

(Ultrasonic Processing Research Group)

研究グループ長：飯田 康夫

(中部センター)

概要：

液体中への超音波照射は、常温・大気圧下で微少な極限環境を容易に創出することから、低エネルギー・低環境負荷のプロセス技術として期待されている。

当研究グループでは、超音波を利用したソノケミカル反応場の高度化と制御性付与の研究を通して、材料創製のための環境に優しい新しいプロセス技術に関する研究を行った。

研究テーマ：

テーマ題目15

データベース基盤技術研究グループ

(Application Technology of Traditional Ceramics Research Group)

研究グループ長：杉山 豊彦

(中部センター)

概要：

産業技術総合研究所中部センターセラミックス研究部門が保有する30万点以上のテストピースの中から、基本的なテストピース2万点以上のセラミックスカラーデータベース化と追試による再現性における信頼性評価、また公設試等との共同研究を通じて、窯業原料データベースや無機廃棄物リサイクル素材のデータベース化を行った。

研究テーマ：

テーマ題目16

解析評価研究グループ

(Molecular-Function Analysis Research Group)

研究グループ長：岡寄 正治

(中部センター)

概要：

ナノ空間による反応制御：メソポーラスシリカのナノ空間に、従来の流体力学法則に反して、反応溶液を流すことが可能であること、且つ、その中で化学反応は特殊な進行をすること、等を見いだした。

多孔質セラミックスの機械的強度増加の為の技術開発を目指した基礎的研究：最近、透過型電子顕微鏡法等による多孔質アルミナの微細構造観察を行い、焼結過程におけるネック生成・成長プロセスに及ぼす格子欠陥の影響について検討した。

計算機シミュレーション：

分子シミュレーションを利用して“その場観察”が困難な高温、高圧状態でのセラミックスの特性と、原子の挙動との関連を解析する研究を行った。

研究テーマ：

テーマ題目17、テーマ題目18、テーマ題目19

植物成長剤開発応用連携研究体

(Development of New Plant Growth Regulators Collaborative Research Team)

連携研究体長：片山 正人

(中部センター)

概要：

今日地球温暖化はその深刻さを増しつつあるが、この温暖化を解決するためには、その最大の原因である二酸化炭素を如何に減少させるかであり、森林がこの

深刻な状況を克服する鍵として、世界各地で森林再生のための植林が進められている。この植林においては、植林のための苗木を効率よく大量に生産させる技術を完成させる必要があり、その最も優れた方法は有効な発根促進剤を用いて挿し木による苗木の育成である。当連携研究体では、植林用苗木作りのための強力な新規発根剤の開発を行った。

研究テーマ：

テーマ題目20

[テーマ題目1] 次世代強誘電体メモリの開発 (運営費交付金)

[研究代表者] 加藤 一実 (セラミックス研究部門テラードリキッドソース研究グループ)

[研究担当者] 加藤 一実、鈴木 一行、西沢かおり、符 徳勝、(職員3名、非常勤1名)

[研究内容]

21世紀社会に必要な高性能小型電子機器の創出のためには、複数の機能が集積した機能集積材料の創製が緊要であり、そのためのテラードリキッドソースの開発が不可欠である。平成14年度は強誘電体薄膜の高品質化のため、溶液原料の合成技術の開発と構造解析を実施するため、次の項目について検討した。1) 強誘電体薄膜の組成、結晶性、微構造の制御を目的とし、分子構造を制御した溶液原料のプロセスを開発し、薄膜の結晶化過程、微構造発達過程を調べ、薄膜の結晶構造形成過程を解明する。2) 強誘電体薄膜の高品質化のため、合成した溶液原料の構造を分光学的に精密解析する。その結果、 $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ 、 $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 、 $(\text{Y,Yb})\text{MnO}_3$ 等新規強誘電体の溶液原料の合成法及び650°Cで作製した強誘電体薄膜の電気的特性を明らかにし、次世代強誘電体メモリへの適用性を示すことができた。また、反応性を制御した原料分子から形成した非晶質膜の紫外線照射により、 $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ 薄膜の結晶性と表面形態を制御することが可能であることを明らかにした。

[分野名] ナノテク製造分野

[キーワード] 強誘電体薄膜、揮発性メモリ、非鉛系強誘電体、テラードリキッドソース、化学プロセス

[テーマ題目2] 酸化物絶縁体膜の構造制御 (運営費交付金)

[研究代表者] 加藤 一実 (セラミックス研究部門テラードリキッドソース研究グループ)

[研究担当者] 加藤 一実、三木 健、西澤かおり (職員3名)

[研究内容]

21世紀社会に必要な高性能小型電子機器の創出のためには、複数の機能が集積した機能集積材料の創製が緊要。そのためのテラードリキッドソースの開発が不可欠で

ある。平成14年度は多孔質酸化物薄膜等の高品質化のため、溶液原料の合成技術の開発と構造解析を実施するため、次の項目について検討した。1) 酸化物絶縁体膜等の組成、結晶性、微構造の制御を目的とし、分子構造を制御した溶液原料のプロセスを開発し、膜状セラミックスの結晶化過程、微構造発達過程を調べ、薄膜の結晶構造形成過程を解明する。2) 酸化物絶縁体膜の多孔質化等の目的のため、合成した溶液原料の構造を分光学的に精密解析する。その結果、センサ等への応用を踏まえ、ポリエチレングリコールを添加した水溶液原料から、膜厚が約1 μm の酸化チタン多孔質厚膜を形成することができた。また、反応性を制御した原料分子から形成した非晶質膜の紫外線照射により、 ZrO_2 薄膜の結晶性と表面形態を制御できることを明らかにした。

[分野名] ナノテク製造分野

[キーワード] 酸化物絶縁体膜、微構造制御、膜厚制御、テラードリキッドソース、光アシストプロセス

[テーマ題目3] 機能複合粉体の研究 (運営費交付金)

[研究代表者] 大橋 優喜 (セラミックス研究部門機能複合粉体研究グループ)

[研究担当者] 大橋 優喜、太田 一徳、高尾 泰正、川上 省二、砥綿 篤哉、楠本 慶二、伊賀 武雄 (職員6名、他1名)

[研究内容]

直接窒化法により合成された破砕状窒化アルミニウム粉末 (フィラー) を、カルシウムアルミネート系のフラックス中で熱処理することにより球状化することに成功した。初期粒径、熱処理温度、時間等により合成粉の粒径、形状因子 (円形度) が制御可能であることを明らかにした。更に窒化アルミニウムの耐湿性を改善するための新しい表面改質方法について検討した。

無鉛圧電セラミック材料 ($(\text{Bi}0.5\text{Na}0.5)\text{TiO}_3\text{-BaTiO}_3\text{-SrTiO}_3$ 系) において、重要な圧電特性の指標の一つである圧電定数 d_{33} が141pC/N (89BNT-2BT-9ST組成) という性能が得られた (H14年度目標150pC/N、最終目標 (H16) 200pC/N以上 (アクチュエータへの実用化が視野に入る値))。また、BNT-BT-ST系において ($\text{Bi}0.5\text{Na}0.5)\text{TiO}_3\text{-SrTiO}_3$ 系の詳細な圧電及び誘電特性を調べた。その結果、0.85BNT-0.15ST組成で最も良好な圧電特性を示す事が明らかになった。

[分野名] ナノテク製造分野

[キーワード] 窒化アルミニウム、フィラー、非鉛圧電体、圧電定数

[テーマ題目4] 急速昇温型遠心焼結装置の研究開発 (NEDO委託費)

[研究代表者] 渡利 広司 (セラミックス研究部門低環境負荷型焼結技術研究グループ)

〔研究担当者〕 渡利 広司、糸 正市、長岡 孝明、
安岡 正喜、津越 敬寿、堀田 裕司、
佐藤 公泰、杵鞭 義明
(職員7名、他1名)

〔研究内容〕

今日のファインセラミックス産業の80%以上は電子材料関連であり、特に小型携帯電話の急速な普及や電気製品の小型化に伴い、コンデンサー部品、圧電体部品、半導体部品、基板部品の急速な小型化・集積化が進み、小型形状(大きさ:数mm)、厚膜(厚さ:10~数100 μ m)や薄膜(厚さ:数10nm~10 μ m)のセラミックスの製造技術の開発が必要とされている。しかしながら、現状ではこれらの大きさのセラミックスに効果的な圧力を負荷して緻密化を促進する焼結技術やその装置はない。当該研究グループは、新東ブイセラックス(株)との共同研究を通じて、小型形状、厚膜や薄膜を対象とした急速昇温型遠心焼結装置の研究開発に取り組んでいる。

〔分野名〕 材料・ナノテクノロジー

〔キーワード〕 焼結、セラミックス

〔テーマ題目5〕 マイクロ波を用いた焼結(運営費交付金)

〔研究代表者〕 安岡 正喜(セラミックス研究部門低環境負荷型焼結技術研究グループ)

〔研究担当者〕 安岡 正喜、渡利 広司、糸 正市、
長岡 孝明、津越 敬寿、堀田 裕司、
佐藤 公泰(職員7名)

〔研究内容〕

旧来のセラミックスはガスの燃焼や抵抗体の発熱により、限られた空間を高温にすることによって焼結反応を進行させ、セラミックスを緻密化している。しかしながら、これらの方法はエネルギー効率が非常に悪く、消費されるエネルギーに比べ放出されるエネルギーは数十倍以上である。一方、効率的なエネルギー投入方法として、電子レンジによる食品加熱に見られるようなマイクロ波等の電磁波の利用が挙げられる。マイクロ波による非平衡の反応場を作り、材料自身の発熱によって必要な部分だけの加熱により反応や焼結が容易になれば省エネルギープロセスへの発展が期待できる。現在、当該研究グループにおいて酸化物系電子セラミックスを対象に、セラミックスが電磁波を効率良く吸収できる電磁波の投入法や断熱材の仕様等について検討を進めている。

〔分野名〕 材料・ナノテクノロジー

〔キーワード〕 焼結、セラミックス

〔テーマ題目6〕 焼結反応過程解析手法の研究開発(運営費交付金)

〔研究代表者〕 津越 敬寿(セラミックス研究部門低環境負荷型焼結技術研究グループ)

〔研究担当者〕 津越 敬寿、渡利 広司、糸 正市、

長岡 孝明、安岡 正喜、堀田 裕司、
佐藤 公泰(職員7名)

〔研究内容〕

半導体デバイスに代表されるように、電子セラミックスやその他の材料においても、その設計・製造工程は微細精密化が進んでいる。特に焼成プロセスを経るセラミックスは焼成温度・時間の低減化や正確な機能発現が求められており、このため現状ブラックボックスである焼成プロセス中の反応場の解析、すなわち高温における物質の化学状態変化の解析が重要となってきた。しかしながら、現存の分析手法では重量増減、熱の出入、熱脱離物評価、加熱前後の物性差あるいは結晶構造変化などマクロな変化を観察するにとどまり、原子間の反応過程、原子集団(例えば官能基など)や分子構造などといったものの熱励起による変化を直接分析できる手法の開発が待たれている。そこで、当該グループは現在、*in-situ*にかつ精緻に材料の化学変化を分析できる発生気体分析(EGA)+質量分析(MS)装置の開発とその分析技術の確立に取り組んだ。

〔分野名〕 材料・ナノテクノロジー

〔キーワード〕 焼結、質量分析、化学反応、セラミックス

〔テーマ題目7〕 生体機能性セラミックスの研究(運営費交付金)

〔研究代表者〕 横川 善之(セラミックス研究部門生体機能性セラミックス研究グループ)

〔研究担当者〕 横川 善之、斎藤 隆雄、加藤 且也、
永田夫久江、穂積 篤、寺岡 啓、
稲垣 雅彦(職員7名、他17名)

〔研究内容〕

社会の高齢化、情報機器の高度化により加速される材料の高度な構造制御、機能の多重化の要請に応え、高齢化社会の安心安全に資するため、生体機能、生物機能を活用するセラミックスの開発、新たな構造制御を可能とするバイオメテックス材料研究を推進する。生体構造・機能を模倣しテンプレート、自己組織化等の分子制御技術を用い、その界面反応、結合により3次元的規則配列を実現するナノレベルの反応場のスケールアップによる新規なプロセス(ナノアップセラミックスプロセス)技術の確立、ナノレベルからバルクまでの様々なレベルでのシームレスな高次構造を持ち様々な機能が集積したセラミックス材料(Hierarchically Structured Ceramics)を創成する。高度な生物機能等を活用する境際的な知識体系を構築し、生体、環境、情報等幅広く応用できる生体機能性セラミックスの基盤研究を行った。

〔テーマ題目8〕 産業起源内分泌かく乱物質の環境複合毒性検出システムの開発と動態予測モデル作成に関する研究(地球環境保全等試

験研究)

【研究代表者】 齋藤 隆雄 (セラミックス研究部門生体機能性セラミックス研究グループ)

【研究担当者】 齋藤 隆雄、加藤 且也、横川 善之、永田夫久江、穂積 篤、寺岡 啓、稲垣 雅彦 (職員7名、他2名)

【研究内容】

内分泌攪乱作用が疑われている物質の中で、特に一般産業化学物質として大量生産・消費されているプラスチック可塑剤のフタル酸エステル類、プラスチック樹脂の原材料のビスフェノール A や非イオン系界面活性剤原料のアルキルフェノールに着目し、それらの内分泌攪乱活性をレポーター遺伝子が導入されたエストロゲン感受性の培養ヒト乳ガン細胞株で検討した。その結果、短時間で化学物質の内分泌攪乱性を感度よく評価できることが示された。BPA には NP, 4-OP と比較して数倍高い内分泌攪乱性が認められた。フタル酸ジエステルとその加水分解物であるフタル酸モノエステル及びフタル酸の内分泌攪乱性の結果から、高い内分泌攪乱性を示したのはフタル酸ブチルベンジルであった。

またこれら化学物質を酵素分解させた反応産物を試験物質としてその内分泌攪乱性を評価し、ラッカーゼの酸化反応を利用した内分泌攪乱物質分解の有効性について検証した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 内分泌かく乱物質、ビスフェノール A、アルキルフェノール、フタル酸エステル類、乳ガン細胞、免疫毒性、ナチュラルキラー細胞、ユーロピウム

【テーマ題目9】 生体硬組織の無機ネットワーク構造を模倣した骨組織誘導型人工骨の創製 (科学技術総合研究委託費)

【研究代表者】 寺岡 啓 (セラミックス研究部門生体機能性セラミックス研究グループ)

【研究担当者】 横川 善之、齋藤 隆雄、加藤 且也、永田夫久江、穂積 篤、寺岡 啓、稲垣 雅彦 (職員7名、他5名)

【研究内容】

本研究では、正常な骨組織に置換される人工骨を創製することを目指し、骨形成に関して最適な構造を持つ多孔質人工骨の設計、構築を目標とする。骨の無機ネットワーク等から、骨形成に関わる形状要素が最適化された人工骨を設計し、作製した人工骨を用いてウサギ等の骨欠損モデルの再生やスキャフォールドとしての可能性を検討する。さらに、外科的な手法によらない注入により骨欠損部に留置する方法を開発する。なお、臨床応用に関しては、仮骨延長及び脊椎再建を目標とした。今年度は、直径が約1mmで、骨誘導が期待できる直径300 μ mの貫通孔を持つ HA ビーズを作製した。上記 HA ビー

ズの集積化により、完全連通孔ネットワークを持つ人工骨多孔体を構築した。上記集積体を、12週齢の健康雄 SPF ウサギの脛骨近位端に作製した径5mm、深さ5mmの骨欠損孔 (骨欠損モデル) に埋植し、ビーズ埋植後7日目に、貫通孔に浸入する新生骨組織、新生血管、骨梁形成を伴う骨芽細胞の浸入が認められた。ビーズ間隙にもビーズ表面を起点とした新生骨形成が認められた。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 アパタイト、ビーズ、集積体

【テーマ題目10】 メソポーラスセラミックスの研究 (運営費交付金)

【研究代表者】 野浪 亨 (セラミックス研究部門メソポーラスセラミックス研究グループ)

【研究担当者】 田尻 耕治、前田 雅喜、大橋 文彦、木村 辰雄 (職員5名、他21名)

【研究内容】

アルミニウムケイ酸塩クラスターの組成を制御することにより、比表面積や吸着特性などの物性を制御する手法についての研究を行った。特に無機ナノカプセル材料の大量合成方法に関する研究を行い、これまで報告した濃度の10倍濃度 (初期濃度300mmol/l) での大量合成に成功した。また、多孔質燐酸カルシウム (アパタイト) の合成を行った。約2 μ mの粒子状でナノサイズの孔を有するアパタイトの合成に成功した。比表面積は約80m²/gであった。

組成制御技術とソルボサーマルプロセスを併用することで表面に触媒機能等を付与した材料の応用開発を行った。チタニア修飾されたシリカエアロゲルに金を担持した構造の材料の作製法を開発するとともに、チタニア修飾過程の詳細を検討した。また、シリカエアロゲル中の熱伝導のモデル化を進めるため、複合体構造のエアロゲルについての熱伝導データを収集・解析した。

有機分子集合体を利用してリン酸アルミニウム骨格構造中に有機基が存在している新規材料を室温で合成することに成功した。組成制御技術の一環としてこのような有機基の導入技術の開発に取り組んでいるが、メソ構造及びマクロ構造制御を同時に実現し得る合成技術も見出した。

カオリナイト質粘土の仮焼条件制御による細孔径の制御技術を検討した。石灰工業における石灰石水洗廃泥やアルミ工業における水酸化アルミスラッジ等を用いた焼成体の物性評価として、有害ガスの吸着挙動等の研究を行った。その結果、カオリナイト質粘土の仮焼条件制御により、床下調湿用途に適した調湿材料の調製方法を確立した。また、チタニア製造工程で生じる産業廃棄物の有効利用法を見出し、特許化を指導した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 メソポーラスシリカ、遷移金属酸化物、光触媒、粘土鉱物、

〔テーマ題目11〕空間機能化セラミックスの開発（運営費交付金）

〔研究代表者〕鈴木 憲司（セラミックス研究部門空間機能化セラミックス研究グループ）

〔研究担当者〕鈴木 憲司、堀内 達郎、尾崎 利彦、犬飼 恵一、増田 浩之

（職員5名、他5名）

〔研究内容〕

21世紀の経済活動を支えるため、エネルギー・環境問題の早急な解決策が求められている。本研究では、環境問題のひとつである燃焼工程等から排出されるダイオキシンや重金属等の環境汚染物質の除去、燃焼排ガスの無害化を総合的に実現する「空間機能化セラミックス」材料の開発を行う。排ガス浄化技術は焼却や加熱施設等でのシステム改良による解決策が焼却炉メーカーを中心として取り組まれているが、本研究は解決策を高温で機能を発揮する「空間機能化セラミックス」に求めるものである。高温における排ガス浄化は、熱回収の高効率化、システムの長寿命化、ダイオキシン生成抑制等、多くの利点を有する、正しくエネルギー・省資源・環境問題の解決に資する技術である。当グループは、高温で塩化水素等の酸性ガスや重金属を固定化するセラミックスとしてハイドロソーダライト及びハイドログロシュラーを見出し、燃焼排ガス高温処理の分野で先駆的な研究を行っている。これらの特性や反応メカニズムを詳細に調べることで、新たな用途への展開あるいは新規環境浄化用セラミックスの開発を図っている。

ハイドロソーダライトは850℃以下の高温で塩化水素と反応し、塩素イオンをβ-ケージ中に取り込み、固定化することが既に分かっている。本年度は、イオン半径のさらに大きなヨウ素イオンの固定化について調べた。ハイドロソーダライトはカオリナイトと水酸化ナトリウム水溶液を所定の割合で混ぜ、100℃で24時間加熱して調製した。反応ガスには乾燥窒素で希釈したヨウ化水素（濃度=1000ppm）を用いた。ハイドロソーダライトとヨウ化水素を反応温度600℃、空間速度10000h⁻¹、反応時間3時間の条件で反応させた後、回収したハイドロソーダライトを調べた。その結果、ヨウ化水素はハイドロソーダライトと反応し、ヨウ素イオンがβ-ケージ中に固定化することが明らかとなった。さらに、ヨウ素イオン固定量はハイドロソーダライト中に占めるヨウ素イオンの重量割合が1wt%であり、これは塩素イオン（7wt%）に比べて少ないことも分かった。

ハイドログロシュラーは400℃以上での加熱によりアルミノシリケートに分解する。昨年度までの研究において、アルミノシリケートは高温で塩素イオンを固定化するばかりでなく、炭化水素等の酸化分解機能も有することが明らかとなった。本年度は、アルミノシリケートが有する酸化分解機能の要因について探索した。ハイドログロシュラーは、生石灰、アルミナ、シリカを所定の割

合で混合し、水を加えた後、200℃で水熱処理を施すことにより調製された。アルミノシリケートのXRD、ESR、ラマン分光測定等を行った結果、構造中にパーオキサイドとスーパーオキサイド2種類の活性酸素の存在することが明らかとなった。さらに、アルミノシリケートを触媒としてプロピレンの酸化分解反応を試みたところ、400℃以上で主に活性酸素に起因する酸化活性を示し、生成物は水と二酸化炭素のみであった。この結果は、アルミノシリケートがメタルレス酸化触媒としての可能性を示唆するものとして注目される。

〔分野名〕ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕セラミックス、活性酸素、ハロゲン固定、環境、排ガス浄化

〔テーマ題目12〕セラミック部材の力学的特性に関する基礎的研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕兼松 渉（セラミックス研究部門力学特性標準技術研究グループ）

〔研究担当者〕兼松 渉、宮島 達也、阪口 修司、伊藤 正治（職員4名、他3名）

〔研究内容〕

本研究は、高温構造用セラミック部材の高信頼性化・長寿命化のための指針を得ることを目的とする。研削加工損傷や摩耗現象などの高接触応力に起因する表面損傷機構および、繊維強化セラミックの腐食性雰囲気における損傷許容性について、破壊理論に基づいた精緻な実験的解析により損傷形成過程のモデル化を図り、部材特性の高精度な解析手法を開発する。研究成果は学術論文の形で公表するとともに、JIS 原案または AIST-TR の策定に寄与することによって産業界に転載されるだけでなく、ISO 等の国際規格を提案する際の技術的基盤として活用される。

表面損傷機構に関する研究については、前年度までに開発した、表面損傷をプラズマエッチングにより可視化する手法を、摩耗損傷および研削加工損傷の可視化・損傷範囲の定量化に適用した。その結果、研削加工損傷の形態についてより実際に近いモデル化が可能となり、これまで不明確であった強度劣化の程度と加工方向との関連を説明することができた。また、本手法を摩耗のモデル実験として位置づけられるひっかけ試験における損傷の評価に適用した結果、垂直荷重の増加に対する接線抵抗の変化は、その増加率から3段階に分類することができ、これに対応した損傷形態の変化を確認できた。すなわち、第1段階では、接線抵抗は垂直荷重の増加に比例して増大し、損傷は単一粒子の内部またはそれに隣接する粒子に限定されると推定された。第2段階では、接線抵抗は垂直荷重の増加にほぼ比例して増大するが、その増加率は第1段階よりも大きい。損傷層深さは垂直荷重の増加に対して単調に増加し、擬塑性変形が開始されることで表面には明瞭な痕跡が観察された。さらに荷重が増加し、第3段

階に入ると、変動成分の振幅が大きくなり、損傷層深さのバラツキも大きくなった。接触応力の大きさを比較すると、実際の摩擦においては第1段階で見られるような微小な破壊が支配的であることが示唆された。

新たな取り組みとして、豊橋技術科学大学との間で圧子圧入による粘弾性・弾塑性特性評価手法の開発に関する共同研究に着手した。透明圧子を透過するレーザ光の強度変化から圧子変位を検出する手法を考案し、高精度な変位制御型の圧子圧入試験法を開発した。本手法の開発により、ヤング率、強度等の基礎物性に加えて応力緩和機構の同時解析を可能とした。従来法の適用範囲外にある有機無機複合生体セラミックスなどの多孔質材料へ適用し、新規物性評価法としての有用性を確認した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 接触損傷、摩擦、プラズマエッチングエッチング、圧子力学

【テーマ題目13】 セラミックス化学計測の研究（運営費交付金）

【研究代表者】 上養 義則（セラミックス研究部門化学計測研究グループ）

【研究担当者】 上養 義則、柘植 明、森川 久、中根 清（職員4名）

【研究内容】

高機能・高性能なファインセラミック材料の開発に当たって、化学状態を含めた成分組成を正確に把握することは不可欠である。従来は金属成分の分析に力点が置かれてきたが、近年、非金属成分も材料の機能や性能に大きく影響することが明らかになりつつある。当研究グループではこれまで培ってきたファインセラミックス中微量金属成分の化学計測（分析）技術を基盤に、現行の JIS R 1603並びに1616の改正に資することを目的に、炭化ケイ素と窒化ケイ素両ファインセラミック材料の化学分析方法について、非金属成分分析技術の開発に重きを置いて研究を行った。また、つくばの計測標準研究部門、成果普及部門品質保証室と共同で、非酸化物系ファインセラミックス化学分析用標準物質の開発にも取り組み、炭化ケイ素の国家標準物質2種類の開発を目指して研究を行った。また、局所分析法にて固体材料を分析する際に問題となる「均質性」を定量的に表現する指標の提供を目指して、固体の均質性評価法に関する基礎的な検討を行った。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 化学分析、計測標準物質、微量含有物、セラミックス粉末

【テーマ題目14】 高性能性光触媒の開発と評価及び環境浄化への応用に関する研究（運営費交付金）

【研究代表者】 埜田 博史（セラミックス研究部門環境

材料化学研究グループ）

【研究担当者】 埜田 博史、田中 一彦、深谷 光春、渡辺 栄次（職員4名、他3名）

【研究内容】

産業廃棄物をマトリックスとして利用した光触媒環境材料を開発すると共に、チタン廃棄物であるチタンクラッド鋼研磨粉を用いて水溶性で担持させやすい特性をもつ安価な酸化チタンコーティング液を開発した。また、表面に孔が空き、その孔の中に光触媒が顔を出すというフラクタル構造を持つ高機能で常温硬化型の透明光触媒膜の低コストのコーティング技術を開発した。さらに、可視光応答性や脱酸素機能を有する高性能光触媒環境材料の開発を行い、ダイオキシンを含んだ水の処理や脱臭などの環境浄化への応用を進め、装置開発も行った。また、イオン排除作用による陰イオンの分離と陽イオン交換作用による陽イオンの分離が短時間（1成分/分）以内で同時分離計測できる水質モニタリング法を開発し、種々なイオン性水質汚濁成分のオンサイトでの同時分離計測を可能にする新規なイオンクロマトグラフィーを用いた水質モニターの開発・製品化を行った。そして、光触媒製品のまがいものを排除し光触媒製品の信頼性を確立して光触媒産業の健全な発展を促すために必要不可欠な光触媒環境材料を性能評価試験法の開発を進めており、光触媒製品技術協議会などの業界団体と協力して、液層フィルム密着法とガスバグ A 法、ガスバグ B 法、反射物体色測定法などの開発を行った。さらに、光触媒性能評価試験法の国内規格化（JIS 化）と国際標準化（ISO 化）を推進するため（社）日本ファインセラミックス協会を事務局としてオールジャパンの態勢で発足した光触媒標準化委員会に参画し、JIS 及び ISO（TC206）原案作成のために設けられた水質浄化性能分科会やセルフクリーニング性能分科会の分科会長や委員として活動している。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 光触媒環境材料、光触媒環境技術、光触媒性能評価技術、環境計測技術

【テーマ題目15】 粒子配列制御の研究（運営費交付金）

【研究代表者】 後藤 昭博（セラミックス研究部門粒子配列制御研究グループ）

【研究担当者】 後藤 昭博、佐野 三郎、都築 明博、李 京龍（職員3名、他1名）

【研究内容】

磁性粉体の泥しょう鑄込み成形の際に磁場を利用して、配向制御された成形体を作成するため、非イオン系分散剤を添加することにより、成形体作成に好ましい流動性の良い泥しょうを調製することが可能となった。また、ナノ粒子製造法に関して、工業的に量産可能な媒体攪拌粉碎法によるナノ粒子調製条件（溶媒、媒体粒子径、攪拌回転数）のデータを収録した。これらの成果を活用し、

ミリ波帯で利用可能な電波吸収材料開発のため、ミリ波帯での電波吸収能測定技術を用いて、粉体のミリ波吸収特性評価法と、M型フェライトのカルシウム置換の効果について検討した。M型フェライトのカルシウム置換の効果として、期待していた電波吸収帯の高周波領域へのシフトは見られなかった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 磁性粉体、磁場、鋳込み、配列制御、電波吸収

【テーマ題目16】 超音波プロセスの研究（運営費交付金）

【研究代表者】 飯田 康夫（セラミックス研究部門超音波プロセス研究グループ）

【研究担当者】 飯田 康夫、小塚 晃透、辻内 亨、安井 久一（職員4名、他1名）

【研究内容】

液体に超音波を照射することによって生ずる微小気泡の振動（キャビテーション現象）によりプラズマを発生させたり、音響圧により微粒子を操作することができる。このような超音波の特性を利用した新たなプロセスの開発や、反応場の解析を進めている。超音波によるソノケミカル反応場や音響放射力の理解とその特徴を生かした材料合成、環境浄化等への産業応用を目的として、液相を場とする強力超音波場や制御された定在波場の理論解析と光散乱法、高速ビデオ、分光計測などを用いたキャビテーションの観察を行った。Keller式を基礎とした微小気泡のダイナミクスと気泡内化学反応、熱交換などを組み入れたシミュレーションコードの開発し、各種条件化での高温発生機構を解明した。また、レーザー光散乱法による気泡数、気泡径の実時間、空間分解測定法を開発し、キャビテーションダイナミクスの理解に応用した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 超音波、非線型音場、マニピュレーション、局所高温場、化学反応

【テーマ題目17】 データベース基盤技術に関する研究（運営費交付金）

【研究代表者】 杉山 豊彦（セラミックス研究部門データベース基盤技術研究グループ）

【研究担当者】 杉山 豊彦、鈴木 和夫、長江 肇、中野 研一、黒川 利一、水野上登代子、池戸みかる、野田 基広、堀川 展（職員5名、非常勤職員4名）

【研究内容】

産総研の保有する釉薬テストピースの有効利用およびセラミックス系廃棄物、未利用資源の積極的な利用の促進を目的とし、セラミックカラーデータベースの開発およびセラミックス系廃棄物、未利用資源の組成や基本的物性のデータ収集、それに関わる調整、成形技術など各

種プロセスのデータの蓄積を行う。また、セラミックス業界、研究機関、大学などから強い要望に応じて、国内窯業原料データベースを、公設研究機関と協力し、作成することを目標とする。セラミックカラーデータベースに関しては、第1期間で保有する基本的なテストピースの15000点以上の電子データ化を目標とする。

当所の30万点以上の釉薬テストピースは、80年以上の高レベルの研究の蓄積であり、世界的にも貴重な資料である。このため、構築中のデータベースは、学会、業界などから高い評価を受け、共同研究、技術指導の要請がある。また、国際的にも各国の研究機関、企業から注目されている。国内窯業原料データベースは、これまで40年にわたって、4版が発行された書籍の第5版に相当するもので、今回から電子情報のデータベースとして構築した。このデータベースは日本国内の原料を網羅し、各県の公設試験研究機関が責任をもってデータの作成を行ったもので、産業の基盤情報として貴重なものである。

平成14年度においては、セラミックカラーデータベースにおいて約3500件の新規データ追加入力を行った。また、データの信頼性評価などを目的として、10種類の釉薬の再現性試験を行い、釉薬種類による特徴の把握を行った。これらの成果に基づいて、企業などからの共同研究の要請に対応した。国内窯業原料データベースでは、窯業部会の原料分科会と共同して委員会を組織し、ホームページレイアウト、データ検索方法の検討などを行って、データベースを構築し、データを整備して公開した。また、今後の維持管理についても、体制の整備を行った。リサイクルデータベースでは、産学官連携共同研究のとりまとめを行い、推進委員会を通じて研究遂行に参画するとともに、基礎的研究を推進した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 データベース、窯業、原料、発色、リサイクル

【テーマ題目18】 「セラミックス中のナノポアを溶液反応のナノ化学工場として用いる技術の開発」（運営費交付金）

【研究代表者】 岡嵯 正治（セラミックス研究部門 解析・評価研究グループ）

【研究担当者】 岡嵯 正治、澤口 直哉、鳥山 和美（職員2名、他1名）

【研究内容】

化学反応の制御は、反応分子系を狭い空間に反応進行時に閉じ込めることで可能となる。酵素反応がその代表例であるが、最近ではミセルなどの人工的ナノ空間に閉じ込めることで反応制御が出来る場合が見出されている。我々は、蜂の巣状にナノチャンネルが集まった形のMCM-41などのメソポーラスセラミックス中に反応溶液を流し、そこで光照射などで反応を起こすことで、同様の反応制御が可能であることを見出した。例えば、カル

ボニル化合物 (QCO) のアルコール (ROH) 溶液を紫外線照射すると、QCO は励起され ROH から水素を引き抜き、短寿命のラジカル対 (QCOH・・R' OH) が生じる。普通の溶液では、ラジカル対はすぐバラバラになり、再結合の結果 QCOH-QCOH、QCOH-R' OH、R' OH-R' OH が1:2:1の比で生成する。この反応を上記 MCM-41を充填したカラム中 (流通系) でおこすと、QCOH-R' OH が75%以上の確率で生じることを見出した。ミセルなど籠状の空間に系を閉じ込めた場合、この種の現象が生じることは良く知られているが、MCM-41のナノチャンネルは両端が開いており、従来の考え方で説明出来ない。我々は、ナノチャンネル中を溶液分子はグループとして流れるという仮説で、この現象を説明した。また、このナノチャンネル中を我々の実験条件下でアルコール溶液が流れることは、古典論では説明不可能である。これらの現象の解明に向け、我々は、“ナノ空間での物理化学”という全く新しい分野の構築にチャレンジしているのである。

【分野名】 ナノテク、材料、製造

【キーワード】 ナノ空間、反応制御、ラジカル対

【テーマ題目19】 多孔質セラミックスの組織評価技術の開発 (運営費交付金)

【研究代表者】 マヌエル・イー・ブリト (セラミックス研究部門解析評価研究グループ)

【研究担当者】 マヌエル・イー・ブリト (職員1名)

【研究内容】

多孔質セラミックスへの新たな電子顕微鏡観察法の可能性を示した。昨年度発見した HAADF 法による格子欠陥 (特に転位) コントラスト向上の手法を利用し、炭化物・窒化物セラミックスの組織評価に応用した結果が研究トピックとして挙げられた。焼結過程の初期段階におけるネック成長に及ぼすグリーン密度及び残留塑性変形の影響を調べたところ、初めに仮定した残留塑性変形によるネック生成・成長の促進を、非酸化粉末についても実験的に証明できた。

【分野名】 ナノテク、材料、製造

【キーワード】 分析電顕、セラミックス、焼結、ネック生成

【テーマ題目20】 計算機実験による多結晶材料のセラミックス界面における物質交換の研究 (運営費交付金)

【研究代表者】 澤口 直哉 (セラミックス研究部門解析評価研究グループ)

【研究担当者】 澤口 直哉、岡崎 正治 (職員2名)

【研究内容】

イットリア添加ジルコニアセラミックスについて、粒界近傍に生じる偏析をモンテカルロ法に基づく分子シミュレーションによって解析した。この系ではイットリウ

ムイオンの粒界偏析が知られているが、偏析は高温処理で生じるため、偏析の機構については明らかではない。そこで、イットリウムがランダムに分布したジルコニアをモデル化し、シミュレーションによってイットリウムの分布が変化する様子を調べた。位置エネルギーで陽イオンの交換を判定し、最終的に得られた元素分布を解析したところ、イットリウムが粒界に偏析する傾向が得られ、 $\Sigma 9$ 、 $\Sigma 3$ 、 $\Sigma 5$ 対応粒界のいずれについても偏析が生じることが示された。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 粒界、偏析、シミュレーション

【テーマ題目21】 植物成長剤の開発と応用に関する研究 (運営費交付金)

【研究代表者】 片山 正人 (セラミックス研究部門植物成長剤開発応用連携研究体)

【研究担当者】 片山 正人、馬場 甫、増井 裕子 (職員1名、他2名)

【研究内容】

植林用苗木を大量生産するための発根促進物質の開発を行ってきたが、その中で4-クロロインドール-3-酢酸 (4-Cl-IAA)、そのエステル類及び5、6-ジクロロインドール-3-酢酸が強力な発根促進活性を有し、しかもこれらの化合物が撒布処理によっても樹木、花卉植物等に対して顕著な発根・生育促進作用を示すことを見出した。当研究体は、これらの極めて重要な成果をさらに発展させるために様々な研究を行って今年度以下に示す成果を得た。

- (1) (株) 東海化成とのライセンス共同研究によって産総研が有する単独特許第 3026155号「4-クロロインドール-3-酢酸のエステル類」及び(株) 東海化成との共同特許第3341162号と第3343588号の実施化を目指して、ベンチャー企業・(株) 東海グローバルグリーンング (TGG) を設立した (2002年9月10日に設立、2003年3月12日に認定)。
- (2) 5、6-ジクロロインドール-3-酢酸 (5、6-Cl₂-IAA) は、これまで Fischer のインドール合成法によって合成されていたが、本方法では、収率が低く実用化には適しておらず、製造コストを引き下げる新規合成法の開発が望まれていた。今年度本開発研究において、3、4-ジクロロトルエンを出発物質として5、6-ジクロロインドールを経る比較的安価な大量合成法を確立した。
- (3) 4-Cl-IAA は、圃場等における応用評価試験の結果、次のような活性を示すことが明らかとなった。
 - ① イピルイピル (東南アジアに自生する樹木) に対しても液肥液 (1ppm) を散布処理することによって強い発根・成長促進活性を示した。
 - ② 田植え用育苗に撒布処理 (1&5ppm) することによって顕著な根と植物体の成長を促進した。
 - ③ トウモロコシに撒布処理 (1ppm) することによ

って実の収量を増加した。

- ④ 豆類（黒枝豆、小豆、黒大豆）に対し撒布処理や種子処理によって、莢数、豆重量、粒数が増加した。

【研究分野】 環境・エネルギー

【キーワード】 発根促進剤、植林、二酸化炭素減少、地球温暖化防止、苗木作り

⑩【基礎素材研究部門】

(Institute for Structural and Engineering Materials)

(存続期間：2001. 4. 1～)

研究部門長：五十嵐一男

副研究部門長：立山 博、中村 守、鷺見 新一、山本 茂之

総括研究員：安部 英一、村上 純一、三輪 謙治、朝比奈 正、犬養 吉成、立山 博、中村 守、鷺見 新一、山本 茂之

所在地：中部センター、東北センター、中国センター、九州センター

人員：157 (106) 名

経費：1,081,652千円 (542,919千円)

概要：

基礎素材研究部門は、「安心・安全で質の高い生活を保持しつつ循環型社会へのスムーズな移行」という社会的な命題の解決に対して、材料/素材の研究開発に携わる組織として低環境負荷製造プロセスやリサイクルプロセスの革新、長寿命・高信頼性化技術の高度化、機能融合型先進材料の創製等の研究結果をもって寄与する。

そのため、本研究部門では、金属（主として軽量金属）及び無機系材料/素材を中心として、バルクから表面にわたる構造を様々なスケールで制御することで多彩な新機能を発現する先進構造材料/素材群を基礎素材と定義し、これらの低環境負荷製造、リサイクル、長寿命化、機能融合等にかかわるプロセス技術、評価技術、成形・加工技術、基盤技術等における COE を目指すとともに、それらを研究開発する人材と持てるインフラの能力を最大限発揮して産業技術の革新に努める。

本年度は求められている社会ニーズ（循環型社会の構築に資するリサイクル、省エネ、CO₂削減、成形・加工技術等）に対して限られた研究資源で責任ある成果を挙げるために、1. 循環型基礎素材に関する研究開発、2. 長寿命・高信頼性基礎素材に関する研究開発、3. 先進基礎素材の研究開発、の三分野に絞って研究を実施した。さらに上記三分野を特徴づける研究課題を各々2課題ずつ計6課題設定し、研究手法、研究

ポテンシャルを共有できる2ないし3研究グループを束ねて、本研究部門の進むべき方向の明確化と研究成果の具現化の促進を図っている。加えて、一連の研究課題推進において生ずる知的基板の確立、データベース化に関わる研究についても地道に取り組みつつある。

上述した三研究分野の概要とその下で実施している各設定研究テーマを以下に示す。

(1) 循環型基礎素材

[テーマ題目1] 軽量金属材料プロセスに関する研究

[テーマ題目2] 環境適合性および機能融合型基礎素材材料開発のための基盤技術の確立に関する研究

金属材料の組織を制御することで、リサイクル性を保持しながら機械的特性を向上させる技術、および、使用部材の軽量化と資源の消費を削減する技術やマテリアルリサイクルにおける再生品の特性劣化をリサイクル過程で新たな特性を付与すること等で補う技術の開発を行う。また、これらと関連して、部材化技術、成形・加工技術にも取り組む。

(2) 長寿命・高信頼性基礎素材

[テーマ題目3] 耐環境性複合材料に関する研究

[テーマ題目4] 高信頼性コーティングの開発に関する研究

モノリシック材料では対応できない過酷な使用環境下において高信頼性を保証する複合材料・部材の開発・評価を行う。また、材料・部材へ表面処理により表面特性（硬度、耐食性、耐摩耗性）を大幅に向上させることで長寿命化と長期間使用時の信頼性を飛躍的に高める技術開発を行う。

(3) 先進基礎素材

[テーマ題目5] 基礎素材表面への新機能発現・機能融合技術に関する研究

[テーマ題目6] 無機・有機ハイブリッド材料技術に関する研究

材料が発現する機能の融合化や高性能化により有害物質フリーや環境浄化に有効な環境適合性材料/素材の開発を行う。また、ここでは、基礎素材と機能材料等との境際的な材料開発に関わる萌芽的な研究開発も行う。

外部資金：

文部科学省 科学技術総合研究委託費「材料の低環境負荷ライフサイクルデザイン実現のためのバリアフリープロセス技術に関する研究、微細組織制御による循環型素材（Al, Mg）の高性能化」（17,595千円）

文部科学省 科学技術総合研究委託費「都市ゴミの高付加価値資源化による生活排水・廃棄物処理システムの構築 汚泥を含む有機廃棄物の石油製品化、有機廃棄物用

亜臨界水処理装置の開発」(6,637千円)

文部科学省 科学技術総合研究委託費「環境調和型無機・有機ポリマーハイブリッドの開発に関する研究」(13,298千円)

文部科学省 科学技術振興調整費「金属化合物クラスターにおける触媒機能開発」(13,980千円)

文部科学省 科学技術振興調整費「複相組織制御による耐酸化コーティング開発」(14,368千円)

文部科学省 原子力試験研究委託費「プラズマ利用イオン注入法による金属材料表面の高機能化に関する研究」(13,582千円)

文部科学省 原子力試験研究委託費「2段式反応焼結による繊維強化炭化ケイ素複合材に関する研究」(10,503千円)

環境省 試験研究調査委託費(地球環境保全等試験研究に係るもの)「ノリ加工用海水の浄化・再生に関する研究」(11,086千円)

経済産業省 エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費「未来型 CO₂低消費材料・材料製造技術研究開発」(119,523千円)

経済産業省 エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費「地域新生コンソーシアムエネルギー研究開発/廃プラスチック分解油の深度脱塩素・脱臭素精製触媒および油化プロセスの実用化」(17,637千円)

経済産業省 エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費「地域新生コンソーシアムエネルギー研究開発/廃プラスチック分解油の深度脱塩素・脱臭素精製触媒および油化プロセスの実用化」(13,176千円)

経済産業省 エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費「次世代型分散エネルギー基盤技術研究開発 新規水素貯蔵材料開発のための支援技術開発-水素貯蔵システムの水素脆化および材料データベースの研究」(16,200千円)

経済産業省 エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費「次世代型分散エネルギー基盤技術研究開発 新規水素貯蔵材料開発のための支援技術開発-軽量低温材料の微細組織の研究」(6,765千円)

経済産業省 エネルギー需給構造高度化技術開発等委託

費「二酸化炭素回収対応タービンの研究開発 二酸化炭素回収対応タービン構成材料の物性評価に関する研究、高温水蒸気環境下適合材料-素材耐環境特性の研究」(12,180千円)

経済産業省 電源多様化技術開発等委託費「二酸化炭素回収対応タービンの研究開発 二酸化炭素回収対応タービン構成材料の物性評価に関する研究、高温水蒸気環境下適合材料-遮熱・冷却構造素材の研究」(7,737千円)

経済産業省 電源多様化技術開発等委託費「熱水用発電プラント等開発 深部地熱用金属材料の解析評価 深部地熱用金属材料の解析評価」(26,521千円)

経済産業省 電源多様化技術開発等委託費「革新的次世代太陽電池技術研究開発のための解析・評価、太陽電池の高効率化を目的とした光拡散反射性基板の解析・評価、太陽電池の高効率化を目的とした光拡散反射性基板の解析・評価」(14,576千円)

経済産業省 電源多様化技術開発等委託費「超高効率太陽電池製造技術実用化のための解析・評価、色素増感型太陽電池等の解析・評価、可視光応答型酸化チタン薄膜の応用に関する研究・評価」(3,543千円)

経済産業省 中小企業産業技術研究開発委託費中小企業関連情報流通円滑化研究事業「ものづくり情報資産データベース整備、切削加工データ」(2,000千円)

経済産業省 中小企業産業技術研究開発委託費中小企業関連情報流通円滑化研究事業「ものづくり情報資産データベース整備、軽量金属の塑性加工技術」(4,500千円)

経済産業省 中小企業産業技術研究開発委託費中小企業関連情報流通円滑化研究事業「ものづくり情報資産データベース整備、木質材料の乾燥技術」(3,500千円)

経済産業省 平成14年度重点分野研究開発費「自動車軽量化のためのアルミニウム合金高度加工・形成技術の開発事業」(5,982千円)

経済産業省 平成14年度重点分野研究開発費「精密部材成形用材料創製・加工プロセス技術の開発事業」(34,807千円)

新エネルギー・産業技術総合開発機構「材料ナノテクノロジープログラム ナノコーティング技術プロジェクト/ナノコーティング・パフォーマンスの解析・評価技術耐熱コーティングの時間依存劣化挙動の解明」(9,905千円)

新エネルギー・産業技術総合開発機構「革新的部材産業創出プログラム 高機能高精度省エネ加工型金属材料（金属ガラス）の成形加工技術プロジェクト」（19,479千円）

新エネルギー・産業技術総合開発機構「エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発 環境応答型ヒートミラーの研究開発」（34,189千円）

財団法人科学技術交流財団 平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業「軽金属の省エネルギー型高効率射出成形加工技術の開発」（1,890千円）

財団法人中部科学技術センター 平成14年度中小企業地域新生コンソーシアム研究開発事業「誘導加熱による廃タイヤからのスチール線除去に関する研究」（589千円）

財団法人名古屋都市産業振興公社「木質系廃棄物のリサイクルに関する実用化検討調査」（385千円）

財団法人ひろしま産業振興機構 平成13年度即効型地域コンソーシアム研究開発事業費「複雑微細形状ハイテク金型の高速・高品位微細放電加工技術の開発」（1,547千円）

財団法人ひろしま産業振興機構 平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業費「半凝固射出成形法による循環型・軽量高品質自動車部品の研究開発」（477千円）

岡山県産業振興財団 平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業費「革新的“界面制御鑄ぐるみ”プロセスによる掘削用新規超硬ビットの実用化研究開発」（3,818千円）

財団法人 長崎県産業振興財団 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業「アルツハイマー痴呆早期診断のための脳波計測用ヘルメットの開発」（434千円）

財団法人九州産業技術センター 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業「マイクロカプセル化技術を応用した機能性製剤製造システムの開発」（2,034千円）

財団法人九州産業技術センター 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業「メカトロ用高性能ナノコンポジット磁石及びサーボモータの開発」（4,127千円）

財団法人北九州産業学術推進機構 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業「電気製鋼炉用カー

ボン電極の酸化防止技術の開発」（1,163千円）

北九州産業学術推進機構 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業「阿蘇産黄土を使ったダイオキシン類の吸着・分解剤の開発と実用化」（2,291千円）

財団法人九州産業技術センター 平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業「ヒト細胞を用いた次世代型高機能タンパク質生産システムの開発／白血病関連タンパク質の発現技術の開発」（5,250千円）

財団法人九州産業技術センター「酸化チタン被覆微細中空ガラス球の開発とそれを用いた環境浄化に関する研究」（1,474千円）

株式会社東北岡野エレクトロニクス 平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業「光通信用高性能ペルチエモジュールの開発」（8,865千円）

株式会社久留米リサーチ・パーク 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業「修飾オリゴヌクレオチドを用いた遺伝子診断用 DNA チップの開発」（2,140千円）

宇部興産株式会社 「平成13年度新規産業創造技術開発費補助金（次世代薄膜弾性波フィルターに関する研究）」（2,174千円）

発表：誌上発表276（217）件、口頭発表513（149）件、その他30件

金属材料組織制御・評価研究グループ

（Processing and Control Group）

研究グループ長：斎藤 尚文

（中部センター）

概要：

軽量金属材料に高強度、高靱性、耐磨耗性、易加工性等の特性を付与するための結晶粒極微細化のための組織プロセスとして、Friction Stir Processing (FSP)、押出し加工、回転式 ECAP などに関わる研究を行った。FSP 法により工業用純アルミニウム (A1050) の結晶粒径を0.5 μm 程度に制御し、引張強度を焼鈍材の2倍、冷間圧延材の1.5倍（圧延方向）まで高めることができた。また Mg-Li 系合金の結晶粒径を押し出し加工により2-3 μm に微細化して材料に高速超塑性特性を発現させ（全伸びは300-500%）、ブロー成形で欠陥がほとんどない球状の製品を試作することができた。

研究テーマ：

軽量金属材料プロセスに関する研究、金属材料組織制御・評価に関する研究

軽量金属材料凝固プロセス研究グループ

(Institute for Structural and Engineering Materials,
Light Metals Solidification Processing Group)

研究グループ長：三輪 謙治

(中部センター)

概 要：

マグネシウム合金 (AZ91D) にマイクロエクスプローションプロセスを適用し、電磁振動条件を最適化することにより、凝固状態において通常の組織の約1/15以下 (100 μm) の組織微細化に成功した。電磁振動プロセスをマグネシウム合金に適用し、金属ガラス形成能の向上に寄与するきざしを見出した。また、セミソリッド試験機を導入し、AZ91D マグネシウム合金に関する新しい成形加工技術の開発を行った。さらに、誘導過熱による廃タイヤからのスチール線除去技術の開発を行った。

研究テーマ：

軽量金属材料プロセスに関する研究、軽量金属材料凝固プロセスに関する研究

木質材料組織制御研究グループ

(Advanced Wood-based Material Technology
Group)

研究グループ長：金山 公三

(中部センター)

概 要：

研究目的等は以下のとおり、

- ・高温水蒸気処理により木粉の流動性が向上し、押し出し成形や射出成形が可能なることを実証した。
- ・木材の熱伝導特性を制御する指針を得ることを目的として、年輪などの傾斜機能性が熱伝導率に及ぼす影響について解析を進めた。
- ・圧密木材の収縮膨潤が通常の木材に比較して大きいために実用上問題となるので、収縮膨潤量の低下を目指した加工条件の探索を進めた。

研究テーマ：

木質材料組織制御に関する研究

機能付与リサイクル技術研究グループ

(Function Adding Recycling Technology Group)

研究グループ長：馬淵 守

(中部センター)

概 要：

マグネシウム合金等の軽量金属材料を対象に、塑性加工によるインプロセス組織制御等の先端材料プロセス技術とリサイクル技術の融合により、リサイクルと同時に材料に高付加価値 (高性能化) を付与するアップグレードリサイクル技術に関する研究を行った。その結果、熱間押し出しを利用した固体リサイクル法を開発し、目標値である300MPa 以上の高強度を示すマグネシウム再生材の創製に成功した。再生されたマグネシウム合金の強度は、鋳造材に比べ2倍以上の高い

値であった。また、超軽量化、高精形状付与を目的に、セル構造 (多孔質) 化技術ならびに精密部材成形加工プロセスに関する研究を行った。

研究テーマ：

軽量金属プロセスに関する研究、機能付与リサイクル技術に関する研究

金属系複合材料研究グループ

(Metal matrix composite group)

研究グループ長：坂本 満

(九州センター)

概 要：

種々のエネルギー・環境機器においては強度や靱性等の機械的性質のみならず、耐食性や耐摩耗性等の機能性に優れた高温材料が必須である。当研究グループでは、金属の複合組織・構造や表面・界面をマイクロからナノレベルで制御することで、上記の諸機能を高度化し、材料の信頼性を高めて寿命を延ばすための材料プロセス技術と耐酸化被膜形成技術やコーティング技術、各種の高温特性評価技術の開発を行っている。今年度は、新開発の Fe-36Cr-9Ni-5Mo-C 系合金について、石炭炊火力発電ボイラー部材として実用化評価試験を行い、現行材料に比較して優れた高温耐久性を示すことを確認した。また、耐環境性材料被覆技術の開発においては、Ni 基合金の IN625単相材による炭素鋼の摩擦被覆技術を確立するとともに、Mo (Si, Al) 2基複合材料で1300℃、数百時間の連続使用にも耐える自己修復性保護被膜の形成に成功した。さらに、難燃性マグネシウム合金のプロセス技術について、民間企業との共同研究と技術移転を進めた。

研究テーマ：

耐環境性複合材料に関する研究、金属系複合材料に関する研究

耐環境性評価技術研究グループ

(Materials Life Characterization Group)

研究グループ長：横川 清志

(中国センター)

概 要：

14年度の研究目的、成果等は以下のとおり。

- 1) 材料の耐環境性予測：鉄の微視的な水素脆化挙動として、転位の運動に及ぼす水素の影響を、当グループが開発した鉄-水素系原子埋め込み法のポテンシャルに基づき計算し、実験から指摘されていた水素による軟化と硬化が説明できることが分かった。
- 2) 低温材料の水素脆化：液化水素貯槽材料として候補にあがっているオーステナイト系ステンレス鋼の水素脆化の化学成分等の要因に基づいた新たな水素脆化指標を提案し、液化水素貯槽用として水素脆化を考慮した新規材料の開発を行った。
- 3) 二酸化炭素回収対応タービンの素材耐環境特性の研究：次期燃料多様化タービン構造用候補材料につ

いて、高温水蒸気環境下における環境特性として水蒸気酸化による水素吸収特性と水素環境脆化の関係を検討した。

研究テーマ：

耐環境性複合材料に関する研究、耐環境性評価技術に関する研究

セラミックス系複合材料研究グループ
(Ceramic Matrix Composites Group)

研究グループ長：谷 英治

(九州センター)

概要：

SiC/SiC 複合材の作製時に、マトリックス部としてカーボンペーパーにフェノール樹脂とシリコン粉末のみを含浸していたが、炭化ケイ素粉末を添加することで、マトリックス部の組織均一化の改善が認められた。これは相対的にフェノール樹脂とシリコン粉末の量が減少し、組織の均一化に寄与するためと考えられる。

C/SiC 複合材では、炭素繊維織布を用いると剪断強度が弱くなるため、フェノール樹脂2回含浸後には、弾性率が低く、大きな歪みを示した。炭素繊維の体積含有率を27%から19%に下げることにより、複合材的な破壊挙動を得たが、繊維の量が少ないので、線形破壊後の保持荷重値が小さかった。

また、繊維に代わって段ボール、スポンジを用いて2段反応焼結を行うと、成形の容易な軽量 Si/SiC 多孔質構造体を製造でき、耐熱衝撃性、耐熱性が優れていることを見出した。

研究テーマ：

耐環境性複合材料に関する研究、セラミックス系複合材料に関する研究

高耐久性コーティング研究グループ
(Durable Coating and Surface Modification Group)

研究グループ長：池山 雅美

(中部センター)

概要：

ダイヤモンド状炭素薄膜の形成条件を探索し、セラミックスやプラスチックなどの絶縁性材料表面にもダイヤモンド状炭素薄膜の形成に成功した。ダイヤモンド状炭素薄膜の内部応力緩和を図るために、ダイヤモンド状炭素薄膜中へのシリコン添加が可能となるように装置の改造を行った。その結果、シリコン導入によって内部応力の緩和、膜の密着性の向上を確認すると共に、高温での炭素注入により、シリコン表面上に窒化炭素の形成が可能となった。イオン注入及び薄膜作成を動的にシミュレートできる電算機シミュレーションコードを開発し、共同研究先を通じて、市販化を開始した。知的財産権に関わるインセンティブ予算により、ダイヤモンド状炭素被膜の構造分析用ラマン分光分析装置、耐食性評価装置、金属イオン源の整備を行った。

研究テーマ：

高信頼性コーティングの開発に関する研究、高耐久性コーティングに関する研究

高耐食性コーティング研究グループ
(Advanced Anti-Corrosion Coatings Group)

研究グループ長：南條 弘

(東北センター)

概要：

表面粒子の成長過程で、欠陥のない原子レベルで平坦な表面の構築による耐食性の向上を行っている。14年度はこの粒成長を促進する最適不働態化処理時間を見つけるため、5~180分の間で検討し、20分前後が適切であることを見出した。これは、長すぎる処理時間が皮膜を厚くしたり、緻密化したりして、粒成長を促す原子移動が抑制されるためである。また、不働態皮膜の粒成長機構を解析するため、多元系ホッピングモデルによる等イオン価数二元合金上に形成する酸化皮膜内深さ方向組成分布式と成長速度則を導出した。

昨年合成した C12ヒドロキサム酸防食剤を鉄の表面にコーティングする溶液の種類や濃度を耐食性の観点で評価し、1mM と低濃度では耐食性に乏しいが、2mM では2倍の耐食性を得た。さらに、防食剤のコーティング溶液をエタノールからメタノールに変えると、3倍まで耐食性が向上した。この柔らかい有機防食剤の吸着構造を観測するため、走査型プローブ顕微鏡の観測手法を検討し、エネルギー散逸を利用した NC-AFM において、カンチレバーの振幅を大幅に小さくし、探針と被測定物を従来よりも接近させる方法が有望であることを理論解析的に示した。

研究テーマ：

高信頼性コーティングの開発に関する研究、高耐食性コーティングに関する研究

環境応答機能薄膜研究グループ
(Multifunctional Thin Film Group)

研究グループ長：吉村 和記

(中部センター)

概要：

多層薄膜に関する光学シミュレーション手法を用いることで、光触媒特性と断熱特性を併せ持つ新しい多層膜構造を見出した。スパッタ法を用いて、実際にこの構造を持った多層膜を作製し評価を行った結果、この膜は優れた断熱特性と高い光触媒活性を併せ持っていることが分かった。

マグネシウム・ニッケル系の調光ミラー薄膜の研究を行い、透明時の可視光透過率が50%を越える薄膜材料の作製に成功した。また、高性能ヒートミラーの研究において、多層膜の構造の最適化を行うことで、遠赤外領域の反射率を向上させることに成功した。

薄膜の界面制御に関する研究：界面制御性に優れた薄膜作製法として、ラマンシフトレーザを用いたレー

ザ蒸発法の高度化に関する研究を行った。その成果として、様々なポリタイプの SiC 薄膜を作り分けることができる成膜手法を世界で初めて開発した。

研究テーマ：

基礎素材表面への新機能発現・機能融合技術に関する研究、環境応答機能薄膜に関する研究

機能性ナノマテリアル研究グループ
(Functional Nanomaterials Group)

研究グループ長：村上 純一

(中部センター)

概要：

14属ナノクラスターの基板との衝突誘起解離については、構成粒子数20程度までにおいて、Si, Ge, Sn クラスターは構造安定性のサイズ依存性が大変類似しており、Pb クラスターのみがこれらと大きく異なることを明らかにした。

金ナノクラスターの材料化の研究では、2nm 以下の金クラスターの液相合成に成功し、それを用いて作製した金クラスター・シリカ複合体は、水素および CO の酸化に活性を持つことが分かった。

単一サイズナノクラスター材料化の研究では、タングステン5量体への窒素分子の活性化吸着を明らかにするとともに、その吸着状態から N₂O を生成させることに成功した。

ナノクラスターのグラファイト上における高速拡散現象の滑り拡散機構の解明のために、滑り運動の長時間挙動と拡散係数の温度依存性について調べ明らかにした。

研究テーマ：

基礎素材表面への新機能発現・機能融合技術に関する研究、機能性ナノマテリアルに関する研究

高耐久性材料研究グループ
(Highly Durable Materials Group)

研究グループ長：朝比奈 正

(中部センター)

概要：

自動車用ポーラスアルミニウム材料の構造制御技術の確立：ポーラスアルミニウム系自動車材料が有する、大きな衝撃エネルギー吸収性や小さな変形時の瞬間最大変形応力を併せもつ新規な自動車用材料を実現するため、空隙率制御性の改善と機械的特性の向上を図り、よって製品化プロセス技術の基礎を確立する目的で、構造の均質性が特性に与える影響の検討を開始した。

難成形チタン合金材料の適用化技術開発・利用拡大技術開発：生体での使用を指向し、素地密着性の高い Ti-C 系や Ti-N 系耐食皮膜の形成条件の明確化を行う一方、Ti 焼結体においては、窒化珪素や炭化珪素を添加することにより大幅な強度の向上を実現した。

高機能プロセス技術における萌芽的基礎研究の展開：難成形性金属粉末あるいはセラミックス粉末に対

し、スパッタリングにより界面制御層材料をコーティングすることで、易焼結化への取り組みを開始した。一方、静滴法によってアルゴン雰囲気中での溶融純チタンの表面張力や接触角を測定し、基本材料物性の整備に努めた。

研究テーマ：

軽量金属材料プロセスに関する研究、高耐久性材料に関する研究

相制御プロセス研究グループ
(Phase Engineering and Processing Group)

研究グループ長：小林 慶三

(中部センター)

概要：

環境に優しい元素で構成される Fe₂VAl 熱電材料を、FeAl 合金粉末を出発原料とした MA 法で合成したところ、粉末回収率の大幅な改善が達成された。本手法を用いることにより、組成制御が容易になり、p、n 型の熱電特性を示す Fe₂VAl バルク材の作製プロセスを確立できた。

メカニカルアロイング (MA) により作製した Ti-2at%Fe-10at%Si アモルファス粉末を、高圧パルス通電焼結 (PCS) 技術を用いることにより、600℃という低温で成形できることを見出した。これは市販のチタン合金粉末の成形に必要な温度より300℃以上低いものである。得られた成形体の組織はナノ結晶から構成されており、1.7GPa の高い圧縮強度を示した。

市販超硬合金の結合相である Co を FeAl に置き換えた、ポイズンフリー超硬合金 FeAl-WC を MA-PCS 法にて作製した。FeAl-WC は市販超硬合金よりも、高温における耐酸化性 (900℃における酸化量が1/7) や、相手材を銅とした場合の耐摩耗性が良好 (被摩耗量 1/3) であることが明らかとなった。

研究テーマ：

環境適合性および機能融合型基礎素材開発のための基盤技術の確立、相制御プロセスに関する研究

機能性金属材料研究グループ
(Metal-based Functional Materials Group)

研究グループ長：橋本 等

(東北センター)

概要：

メカニカルアロイングとパルス通電焼結によるナノ組織制御では、Bi-Sb-Te 系熱電変換材料の性能指数の向上を目指し、carrier 濃度の制御による性能指数向上の可能性を調べた。p-type の Bi-Sb-Te 系熱電変換材料に、Au、Cu および Pb を微量添加し、carrier 濃度、power factor、熱伝導率および性能指数の変化を調べた結果、Au、Cu の添加によって carrier 濃度は増加したが、Pb の添加では減少した。p-type への Au、Cu の添加による carrier すなわち hole 濃度の増加は、これらが電子の donor ではなく acceptor とし

て作用している可能性を示唆している。power factor は Au では増加後減少、Cu、Pb では減少後増加した。一方、熱伝導率は全ての場合、添加によって増加し、結果として、0.03%の Au を添加した材料の性能指数が $3.0 \times 10^{-3} \text{K}^{-1}$ と最大になり、無添加材より約10%性能指数が向上した。

計算状態図の活用による環境適合基礎素材開発では、インバーなどの高合金快削鋼の鉛フリー化を目指し、Fe-Ni-S 系に関する熱力学データおよび状態図の文献等の収集を行った。計算状態図の活用による機能融合型基礎素材開発では、新しい強磁性形状記憶合金の開発を目指して、Ni-(30-37)Co-30Al 合金を溶解し、均質化熱処理を施した後、B₂単相合金を3種類作製した。

研究テーマ：

環境適合性および機能融合型基礎素材開発のための
基盤技術の確立、機能性金属材料に関する研究

多機能材料技術研究グループ

(Multifunctional Materials Technology Group)

研究グループ長：立山 博

(九州センター)

概要：

応力発光体について、素材探索を行い強い発光強度をもつ ZnS、アルミン酸ストロンチウムなどのいくつかの有望な素材を見出した。発光機構については、欠陥移動型発光と圧電型発光の二つの種類があることを明らかにした。さらに、応力と発光特性の関係は、応力の大きさ及び負荷速度の広い範囲において直線関係のあることを明らかにした。

デバイス化技術に関しては、高配向性の窒化アルミニウム薄膜をアルミ箔の上に作製し、これをシート状のフレキシブル圧力センサーデバイスとして試作した。電気的等価回路計算を通じて最適な伝達関数を決定し、デバイスとして有効に機能することを確認している。電気泳動法による、圧電体膜デバイスの作製については、原料微粒子の液体中への分散方法や、泳動電圧の大きさなど、基礎的パラメータの影響を調べた。高性能のデバイスとするため、直方体状の原料粒子の合成と高配向成膜について研究を進めている。

研究テーマ：

環境適合性および機能融合型基礎素材開発のための
基盤技術の確立、多機能材料技術に関する研究

分子構造制御研究グループ

(Molecular Structure Design Group)

研究グループ長：小野 泰蔵

(中部センター)

概要：

ペルフルオロアルカンに代表されるペルフルオロ系の基 (RF) と有機系の基 (RH) を適当な連結基 (X) で結合した構造の含フッ素ハイブリッド化合物 (RF-

X-RH) の結晶構造は、フッ素の撥水撥油性のために、マイクロ相分離構造を取ることを明らかにした。このようなフッ素の分子認識能に基づくパッキング様式について、分子構造との関連を明らかにし、この現象を利用したクリスタルエンジニアリングを提唱した。昨年度は、弱い分子間相互作用のみに注目した分子設計を行ったが、今年度は、水素結合を形成することが可能なアミドを連結基として利用した含フッ素ハイブリッド化合物 (RF-CO-NH-RH) を合成し、それらの結晶構造とパッキングの関係について調べた。その結果、アミドの分子間水素結合の形成とマイクロ相分離構造が共に結晶構造に現れ、二つの分子配向制御方法を同時に利用できることが確認され、含フッ素ハイブリッド化合物によるクリスタルエンジニアリング手法が、さらに広範な化合物の分子設計に対して適応可能であることが分かった。

研究テーマ：

無機・有機ハイブリッド材料技術に関する研究、分子構造制御に関する研究

無機・有機複合化材料技術研究グループ

(Inorganic-Organic Hybrid Materials Group)

研究グループ長：犬養 吉成

(九州センター)

概要：

本グループでは、溶液中でナノメートルオーダーの厚さに超薄層化 (ナノシート化) する層状珪酸塩と、無機材料 (珪酸塩) および有機材料 (高分子) の両方に結合する相溶化剤を用いて、分子スケールでの構造制御技術を開発すると共に、ポリエステルなどの汎用性高分子を用いて、力学特性に優れた無機・有機ハイブリッド材料の開発を行う。具体的には、層状珪酸塩と高分子とを化学的に結合する新規な相溶化剤分子の合成、および層状珪酸塩を高分子中に均一にナノシート化分散させるための反応条件の検討を行う。また、層状珪酸塩と相溶化剤とのナノ複合体の構造および形成過程を各種分析手法により調べる。

また、安定な光機能性を有する分子会合体の開発を目指すとともに、その評価解析を行う。具体的には、発色源であるサリチリデンアニリンを骨格とする光機能性液晶化合物を合成して、分光光学スペクトルを測定し、光機能特性と分子構造との関係の解明を目指す。ミセル、リポソーム等中の光機能性分子 (クロロフィル分子等) の分光特性について、吸収・蛍光スペクトルを測定し、会合体形成機構の解明を目指す。

研究テーマ：

無機・有機ハイブリッド材料技術に関する研究、無機・有機複合化材料技術に関する研究

炭素材料複合化技術研究グループ

(Carbon-based Materials Group)

研究グループ長：今村 健

(九州センター)

概要：

炭素は工業用基材として確立された材料ではあるが、その特性（軽量、安定性、耐熱性等）を生かして他の材料では代替できない新しい機能を有する炭素材料の開発が期待されている。本研究グループでは、炭素とセラミックスを複合化して軽量で高剛性の複合材料を開発し、高速移動基台等としての利用を目指す。また、機能性を有した微細な炭素素材の製造技術と利用技術の開発を目指すとともに、気相成長炭素繊維を用いた新規な高熱伝導性炭素繊維強化炭素材料の開発を目指す。

研究テーマ：

炭素材料複合化技術に関する研究

天然素材複合化技術研究グループ

(Natural Substance-Composed Materials Group)

研究グループ長：柴田 昌男

(九州センター)

概要：

天然素材である生物系資源は、有機廃棄物を含めて再生可能資源であり、利用に伴う炭酸ガスの増加がないので、地球環境保全のため、その利用技術の開発が期待されている。本研究グループでは、農産廃棄物や都市ゴミの分解・成分抽出による有用物質生産技術と成分利用技術の開発、および天然素材による分子認識利用技術の開発を目指す。

具体的には、i) 加圧熱水法を用いて籾殻を中心とする農産廃棄物から有用物質であるキシロオリゴ糖を製造する技術開発及び下水汚泥や古紙等の都市ゴミ中の有機廃棄物を石油製品である BTX へ変換する技術開発、ii) 糖導入型ポリアリルアミンを用いて実排水中低濃度のホウ素およびセレン除去技術の開発、iii) レクチン担持カラムあるいはレクチン担持磁性微粒子の調製とそれを用いる新規白血病治療システムの開発、等に取り組む。

研究テーマ：

天然素材複合化技術に関する研究

予測診断技術研究グループ

(Prediction Diagnosis Group)

研究グループ長：岡田 三郎

(中国センター)

概要：

素材や構造体の表面、内部に発生する亀裂や組織異常を早期に検知して破壊を未然に防止したり、内部状態をモニタリングするには、素材・構造体の健全性の予測診断技術の開発が不可欠である。当グループは、長寿命・高信頼性基礎素材の開発に資するため、素材の内部構造の非破壊方式予測診断技術の研究、ならびに過酷な環境下で使用される構造部材に高い信頼性と長寿命を付与するための高信頼性表面処理技術の研究

を行い、超音波、画像等による検出技術とウェーブレット解析等の知的解析診断技術を用いた素材・構造体の健全性の予測診断技術の確立を目指すことを研究の目的とする。

モバイル情報通信機器用フェライト薄型化技術開発では、GHz 帯周波数のモバイル情報通信機器にアイソレータ、サーキュレータとして利用される、硬磁性材料であるマグネトプラムバイト型フェライトのエピタキシャル薄膜の作製技術の開発を行っている。

革新的“界面制御鑄ぐるみ”プロセスによる掘削用新規超硬ビットの実用化研究開発では、超硬チップの厚さ方向における透過超音波の音速を測定し、これらの音速を用いて WC 体積率を推定した結果、WC 体積率は WC 粒子径に依存せず、5%以下の測定誤差で定量的に測定できることを明らかにした。

複雑微細形状ハイテク金型の高速・高品位微細放電加工技術の開発では、高速・高品位微細放電加工技術の開発に資するため、微細加工に適した新しい加工条件、加工モニタリング、放電異常現象の検知診断技術を開発した。

高信頼性表面処理技術の研究では、反応性スパッタリング法により、二酸化炭素、メタンと金属から高硬度のモリブデンオキシカーバイド及びタングステンオキシカーバイドを合成し、アルミニウム合金基材及び鉄鋼基材上に被覆した。これらの金属オキシカーバイドの製膜条件、膜構造、膜組成と被膜硬度との関係について調べ、製膜時の基材温度：400℃、製膜速度：1.5m/h 以上の条件下、被膜のマイクロビッカース硬度：20GPa 以上の金属オキシカーバイド被膜を形成できる製膜条件を見出した。

研究テーマ：

高信頼性コーティングの開発に関する研究、予測診断技術に関する研究

環境浄化複合材料研究グループ

(Clarification Composite Materials Group)

研究グループ長：木村 邦夫

(九州センター)

概要：

環境浄化に有用な新規な複合材料の創製技術確立を目的に、環境浄化剤（酸化チタン被覆微細中空ガラス球状体）の製造プロセス開発に取り組み、原料として適する火山ガラスを見出すと共に、その最適粒度と加熱発泡条件を決定し、併行して、光触媒活性に対して影響が大きい酸化チタンの結晶子サイズの制御方法を検討した。また、環境浄化剤を最も有効に利用可能なリアクターの構造について検討し、海苔加工用海水の浄化・再生に適した装置の設計指針を得た。ダイオキシン類を削減するための吸着・分離剤の開発では天然黄土の前処理（熱処理）条件を検討し、最適条件を見出した。炭酸カルシウム系多孔質環境浄化材の創製に

関する研究では、 $\text{Ca}(\text{OH})_2\text{-NaCl}$ 混合成形体の CO_2 による炭酸化硬化と硬化体の脱塩処理による多孔化について検討し、最適条件を見出した。

研究テーマ：

環境浄化複合材料に関する研究

**〔テーマ題目1〕軽量金属材料プロセスに関する研究
 (運営費交付金)**

〔研究代表者〕 三輪 謙治 (基礎素材研究部門総括研究員)

〔研究担当者〕 三輪 謙治、朝比奈 正、齊藤 尚文、馬淵 守、今井 恒道、重松 一典、鈴木 一孝、安江 和夫、阪口 康司、田村 卓也、山田 康雄、下島 康嗣、千野 靖正、細川 裕之、加藤 清隆、園田 勉、渡津 章 (職員17名、他 名)

〔研究内容〕

材料産業の国際競争力強化と循環型低環境負荷社会の実現の達成を目的に、実用省成分軽量合金を対象にマイクロエクスプロージョンプロセスとセミソリッドプロセスを統合し、市販鋳造材より結晶粒径が1/10以下で50%以上高い強度を持つ鋳造加工プロセス技術を開発する。また、マグネシウム合金にあっては、リサイクル材の強度をバージン(鋳放し)材の1.5倍以上(300Mpa)に高めるリサイクル技術を開発する。さらに、地球温暖化の抑制と持続的な経済成長を両立させるため、自動車軽量化のためのアルミニウム合金高度加工・形成技術開発の一環として、高性能ポーラスアルミニウム材料を開発する。

平成14年度は、1) FSP 法により工業用純アルミニウム(A1050)の結晶粒径を $0.5\mu\text{m}$ 程度に制御し、引張強度を焼鈍材の2倍、冷間圧延材の1.5倍(圧延方向)まで高めることができた。また、FSPにより処理された領域の機械的特性は、板の垂直方向ならびに水平方向の異方性はみられず、すべての方向で特性が改善されていることが分かった。2) Mg-Li系合金(Mg-Li、Mg-Li-Y、Mg-Li-Zn、Mg-Li-Nd、Mg-Li-Zr)の結晶粒径を押し出し加工により $2\text{-}3\mu\text{m}$ に微細化し、ひずみ速度 10^{-2}s^{-1} 、試験温度 350°C で高速超塑性特性を発現させることに成功した(全伸びは300-500%)。さらに、高速超塑性機能を付与したMg-Li-Zr板材のブロー成形を行い、欠陥がほとんどない半球状の製品を試作することができた。3) マグネシウム合金(AZ91D)にマイクロエクスプロージョンプロセスを適用し、電磁振動条件を最適化することにより、凝固状態において通常の組織の約1/15以下($100\mu\text{m}$)の組織微細化に成功した。4) 熱間押し出しを利用した固体リサイクル法によって再生されたAZ91マグネシウム合金は室温において鋳造材に比べ2倍以上の高強度、高延性を示し、押し出し材とほぼ同等の優れた特性を示した。このように、固体リサイクルプロ

セス技術によって、目標値である300MPa以上の高強度を示すマグネシウム再生材の開発に成功した。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 軽量金属、マグネシウム、アルミニウム

〔テーマ題目2〕環境適合性および機能融合型基礎素材開発のための基盤技術の確立(運営費交付金)

〔研究代表者〕 立山 博 (基礎素材研究部門総括研究員)

〔研究担当者〕 立山 博、橋本 等、小林 慶三、上野 直広、徐 超男、秋山 守人、阿部 利彦、及川 勝成、孫 正明、多田 周二、朴 容浩、西尾 敏幸、松本 章宏 (職員17名、他 名)

〔研究内容〕

再資源化が容易な環境適合性基礎素材および多様な機能を複合化させた機能融合型基礎素材は、持続可能な経済社会発展の基盤である。本研究では、環境適合性基礎素材としてPb、Niなどの有害物質を含まない快削鋼や硬質材料および高強度・高耐食性バルクアモルファス合金の開発を、また機能融合型基礎素材としてセンサー/アクチュエータの要素部品である応力発光体、圧電体および磁性体などのセンシング素材、熱電変換材料、磁気形状記憶合金の開発とデバイス化を目指し、その基盤技術を確立することを目的としている。

応力発光体に関しては、高輝度かつマイクロメータ以下の超微粒子応力発光体を創製することを目的として、実用可能な高輝度応力発光体材料開発のための基礎研究を行った。対象材料は、今までの探索の中で、高い発光輝度を示したユウロビウムを添加したアルミン酸ストロンチウムを用い、超微粒子を作成するための新規な「修飾ゾル・ゲル法」を開発した。この方法を用いることにより、従来にない最高の輝度を示す応力発光体の超微粒子化に初めて成功した。

デバイス化技術については、基板の選択並びに、基板上に作成する各種金属の種類により、窒化アルミニウムの薄膜の特性が大きく変化することが判明した。特に、その配向性は、金属電極上に生成する窒化アルミニウムのナノサイズの柱状結晶等に依存することが明らかになった。アルミニウム箔上に形成した高配向性窒化アルミニウム薄膜を用いて人体表面の圧力変動から脈波の検出を行う脈波センサを開発した。その結果、従来の歪みゲージ式の圧力センサでは困難な脈波の微細構造の検出に成功した。

熱電変換材料として知られるBi-Te系金属間化合物をMA-パルス通電焼結技術によってスパッタリングターゲット(特許出願中)に成形した。10時間以下の短時間のMAで合成したBi-Te系金属間化合物は微細な結晶で構成されており、割れを生ずることなく脆い金属間化合物の成形体を作製することができた。本ターゲットを用い

て、n 型および p 型の8対の薄膜状熱電素子を作製することができ、その起電力は30K の温度差で50mV を越えることが確認できた。

計算状態図の活用による環境適合基礎素材開発に関しては、インバーなどの高合金快削鋼の鉛フリー化を目指し、Fe-Ni-S 系に関する熱力学データおよび状態図の文献等の収集を行った。現在、データの妥当性の検討およびギブスエネルギーのモデリングの検討とエネルギーの評価を行っている。計算状態図の活用による機能融合型基礎素材開発に関しては、新しい強磁性形状記憶合金の開発を目指して、Ni-(30-37)Co-30Al 合金を溶解し、均質化熱処理を施した後、B2単相合金を3種相作製した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 応力発光体、圧電体、磁性体、熱電変換材料、磁気形状記憶合金

【テーマ題目3】 耐環境性複合材料に関する研究（運営費交付金）

【研究代表者】 横川 清志（基礎素材研究部門総括研究員）

【研究担当者】 横川 清志、坂本 満、谷 英治、黒田 正範、福山 誠司、安 白、菖蒲 一久、佐藤 富雄、山崎 淳一、上野 英俊、熊谷 年男、田原 竜夫、岸 和司、前田 英司（職員17名、他 名）

【研究内容】

本研究では、耐熱材料の高信頼性を保証する機械特性と長寿命を約束する高耐食性・高耐摩耗性を付与する複合材料技術及び表面処理技術と材料評価技術を確立することを目標とする。

数値目標としては、500℃以上での耐食性、800℃以上での耐熱・耐摩耗性で現行材料を凌駕する金属系材料とコーティング技術、弾性率110～160Gpa のセラミックス系複合材料を2週間以内で製造する技術、及び高温酸化・高温腐食・高温摩耗性・水素脆性等の耐環境性評価技術の開発を目標とする。

Fe-Cr-Ni-X-C 系の合金について、高温強度、耐酸化性及び耐高温摩耗性の観点から材料のスクリーニングを行い、Fe-36Cr-9Ni-5Mo-C 系が最もバランスに優れた組成であることを明らかとした。本系材料について、石炭炊き火力発電ボイラー部材として実用化試験を行い、現行材料と比較して優れた高温摩耗特性を示すことを確認した。また、高温強度、耐酸化性及び耐高温摩耗性等の耐環境性に優れた開発材料のより効果的な実用を想定し、これを用いた材料被覆技術の開発を目指した摩擦被覆法の検討を行い、その第一段階として現時点で最も高温耐食性に優れた IN625単相材による摩擦被覆に成功した。

自己修復性保護被膜については、Mo(Si, Al)₂基複相

材料の耐酸化特性について調査し、1300℃で数百時間の連続使用にも耐えうることを確認した。また還元反応を利用することによって、高融点金属基材料の全表面に、アルミナを中間（反応防止）層とし、さらに Mo(Si, Al)₂基複相材料を形成させた厚膜コーティングを施すことが可能であることを示した。この方法によってこれまで困難であった高融点金属基材料用耐酸化コーティングの評価が容易に実施できる見込みである。また、耐酸化性コーティング（遮熱被覆システム）については、その剥落の原因となる酸化物中間層の不均一成長の原因を、遮熱層内の欠陥と想定し、熱画像解析によるその検出を試み、伝熱解析シミュレーション結果と一致することを見出した。現在、本法の実証のための温度勾配付き長時間安定性試験装置を開発中である。

SiC/SiC 系材料では、マトリックスに SiC 粉末を混合することにより、密度が2.2から2.4g/cm³と増加することを見出し、更なる改善を行っている。C/SiC 系材料では、繊維界面の強度特性が SiC/SiC 系材料より弱いので、曲げ強度は約100MPa と強度的には SiC/SiC 材料より劣るが、破壊挙動は同様な結果が得られた。また、自動車用 CMC ブレーキディスクは低価格な短炭素繊維を用い、目標の密度2.4g/cm³、三点曲げ強度50～60MPa、弾性率30GPa、破断時の伸び0.3%の値が、何とかクリアすることができた。

鉄の微視的な水素脆化挙動として、転位の運動に及ぼす水素の影響を、当グループが開発した鉄—水素系原子埋め込み法のポテンシャルに基づき、鞍点を利用する方法によりシミュレーションを行った。その結果、実験から指摘されていた水素による軟化と硬化が説明できることが分かった。また、鉄の巨視的な水素脆化挙動を、当グループによる亀裂先端モデルを用いて、同様に計算したところ、既の実施したニッケルの水素脆化と同様、水素による原子間結合力の低下が大きいことが分かった。この計算の中で、結晶モデルの塑性変形挙動を迅速且つ正確に解析する新しい手法を考案して特許出願した。

液化水素貯槽材料として候補にあがっているオーステナイト系ステンレス鋼の水素脆化の化学成分等の要因に基づいた新たな水素脆化指標を提案し、それに基づいて溶製した試験片について検証を行い、液化水素貯槽用として水素脆化を考慮した材料の化学成分範囲を決定し、新規材料の開発を行った。次期計画として試験水素圧力70MPa に向けた試験装置の設計を行い、特許出願をした。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 高耐食性、高耐摩耗性、表面処理技術、材料評価技術

【テーマ題目4】 高信頼性コーティングの開発に関する研究（運営費交付金）

【研究代表者】 池山 雅美（基礎素材研究部門研究グル

ープ長)

【研究担当者】池山 雅美、南條 弘、岡田 三郎、
宮川 草児、宮川 佳子、斎藤 和雄、
中尾 節男、増田 晴穂、真田 徳雄、
米谷 道夫、石川 育夫、門 哲男、
宮内 秀和、藤瀬 健領、今出 政明
(職員17名、他 名)

【研究内容】

過酷な環境下での使用に際して、構造部材に高い信頼性と長寿命を付与する表面処理技術の開発を行う。具体的には、耐摩耗性、耐食性に劣る金属材料(軟鉄、ステンレス、アルミニウム合金、マグネシウム合金等)表面にダイヤモンド状炭素(DLC)やクロム、モリブデン、タングステン等の金属オキシカーバイド等の耐摩耗性・耐食性に優れた被膜の形成や有機分子修飾技術などにより、従来の材料に比べて高い信頼性と長寿命を有する構造部材の開発を行う。

クロム、モリブデン、タングステン等の金属オキシカーバイド被膜の数値目標は、製膜時の基材温度400℃以下、製膜速度1.5m/h以上の条件で硬度15GPa以上の被膜を作製することである。

特許出願中の正・負パルス電源型プラズマ利用イオン注入(PBII)装置の電流量及び試料室を大型化したPBII装置を新設した。被加工物への大電流正高電圧パルス印加により試料表面への多量の電子ビーム照射が可能となり、その結果、試料表面温度1000℃を越える加熱が可能となった。この、その場試料表面加熱技術を応用して、DLC膜の電気伝導特性の改質についても研究している。また、中間層へのシリコン添加により、サンドペーパーで磨いてもほとんど剥離しない程度にDLC膜の密着性を向上させた。ガラス、窒化珪素、アルミナ、プラスチック等の絶縁物表面へのDLC膜形成も可能となった。DLC膜の透過電子顕微鏡観察によって、DLC膜中に直径数10nmの単結晶ダイヤモンドが形成する場合があることも見いだした。さらに、配管内面へのDLCコーティングに適したPBII装置を試作した。金型用金属へのDLCコーティング及びDLC膜の摩擦摩耗特性評価について、新炭素材料研究センター、機械システム研究部門等との共同研究をスタートさせた。プラズマ利用イオン注入を動的にシミュレートできる電算機シミュレーションコードを開発・改良した。プログラム登録手続き中で、登録後、共同研究相手先により市販される予定である。

反応性スパッタリング法により、二酸化炭素、メタンと金属から高硬度のモリブデンオキシカーバイド及びタングステンオキシカーバイドを合成し、アルミニウム合金基材及び鉄鋼基材上に被覆した。これらの金属オキシカーバイドの製膜条件、膜構造、膜組成と被膜硬度との関係について調べ、製膜時の基材温度：400℃、製膜速度：1.5m/h以上の条件下、被膜のマクロピッカース

硬度：20GPa以上の金属オキシカーバイド被膜を形成できる製膜条件を見出した。

金属表面の酸化物平坦化に関して、不動態化時間と粒成長について調べ、20分未満でより大きな粒成長が起き、表面処理の初期が重要であることを明らかにすると共に理論的検討を加えた。

昨年合成した有機防食剤、C12ヒドロキサム酸(Hydroxamic acid: HAA)の吸着挙動を検討した結果、0.96mMと低濃度では防食性に乏しいが、2mMでは2倍の防食性を示した。さらに、その防食特性はエタノール中で結合させるよりもメタノール中で結合させた方が未添加の場合の3倍程度に改善された。軟質材料の水平方向及び垂直方向の高分解能化に適切な観測法の一つとして、位相一定モード(-120deg)のDynamic-mode-AFM法を提案した。

また、地熱井で実際に用いられたSUS316鋼製ケーブルの使用時間と素線のき裂長の度数分布からケーブルの余寿命推定が可能か実データを元に検討を行った。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】金属オキシカーバイド、ダイヤモンド状炭素、薄膜、イオン注入

【テーマ題目5】基礎素材表面への新機能発現・機能融合技術に関する研究(運営費交付金)

【研究代表者】村上 純一(基礎素材研究部門総括研究員)

【研究担当者】村上 純一、吉村 和記、多井 豊、
丸山 豊、山口 渡、武藤 八三、
田澤 真人、金 平、楠森 毅、
岡田 昌久、山田 保誠
(職員17名、他 名)

【研究内容】

21世紀の産業のキーワードのひとつは環境浄化であり、また省エネルギーである。これらを実現可能とする高機能・新機能基礎素材の開発のためには、複数の機能を併せ持つ薄膜材料、微粒子・クラスター材料が有望と考えられている。本研究テーマではスパッタ法、レーザー蒸着法を用いた多層薄膜コーティング技術の開発、新規表面・界面制御技術の開発、金属ナノクラスター担持手法と担持されたクラスターの特性解明によるナノクラスター材料化技術の開発により、省エネルギー材料、環境浄化に有効な触媒材料等の新規機能共生材料の実現を目指す。

組成制御及び表面形状制御により、下図に示すようにマグネシウム-ニッケル合金薄膜を用いた調光ミラーの透明時における可視光透過率を60%以上に高めることに成功した。また、この材料が常温で動作する水素センサとしても用いることができることを実証した。

NESAガラス上に酸化チタン薄膜を形成することで、表面積を増加させることにより光触媒活性を高めるとと

もに、断熱性も高めた新しい材料を作製することに成功した。

酸化チタン薄膜の表面を、プラズマ処理やイオン照射により、窒素原子の入り方を制御してドーピングすることで光の吸収を制御し、波長370nm以上の可視光に应答する光触媒活性を約3倍程度に高めた試料を作製することに成功した。

酸化バナジウムと酸化チタンの積層構造の最適化を行うことで、可視光透過率を58%に高めることに成功した。(NEDOプロジェクトとして採択。)

サファイア基板上に成長したSiCのエピタキシャル薄膜のポリタイプの同定を行い、下図に示すように薄膜がα型の単一相であることを明らかにした。(図2)また、成膜条件の制御によりその結晶性を30%程度高める手法を開発した。

膜の高品質化のためにPLD製膜装置の改良を行い、p型Si(111)基板上へのn型SiC半導体薄膜の作製により高耐圧のp/n型のI-V特性を示すSi/SiC接合を作製した。

クラスター材料化に関する研究においては、種々の条件下で作製し、サイズ分布の異なる金ナノクラスターのサイズをPDMS法、および従来の光学的手法、透過電子顕微鏡法によって観察した。その結果、PDMS法は従来の方法よりサイズ評価に対して有効な方法であることが明らかとなった。

シリカエアロゲルに担持した金ナノクラスターの触媒活性評価を行い、一酸化炭素や水素の酸化反応に対して触媒活性を持つことが明らかとなった。

グラファイト基板上に担持した単一サイズタングステンナノクラスター(5量体等)への窒素吸着をX線光電子分光法で調べた結果、窒素分子は通常の固体表面では見られない反応性に富む“解離の前駆体”として吸着されることが明らかとなった。

グラファイト上での金クラスターの長時間(2μsec)の拡散挙動を計算機シミュレーションで調べ、クラスター拡散はnsecより短い時間範囲ではsuperdiffusionの挙動を示すが、それより長い時間範囲ではnormal diffusion挙動を示すことを初めて明らかにした。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】クラスター、薄膜、スパッタリング、レーザーアブレーション

【テーマ題目6】無機・有機ハイブリッド材料技術に関する研究(運営費交付金)

【研究代表者】犬養 吉成(基礎素材研究部門総括研究員)

【研究担当者】犬養 吉成、小野 泰蔵、高瀬 晃、坂上 作光、古賀 淑哲、今井 祐介、林 永二、西田 雅一、深谷 治彦、早川 由夫(職員17名、他名)

【研究内容】

新しいナノ構造制御技術を開発し、より高度な機能・特性の無機・有機ハイブリッド材料の創製を目指す。すなわち、無機・有機ハイブリッド化合物の無機部と有機部が互いに認識しあう分子認識機構を利用した全く新しいナノレベル分子配列制御方法に基づくクリスタルエンジニアリングを確立する。無機、有機ハイブリッド化合物による分子配列制御技術は、世界に先駆けて我々が提唱するものである。

また、界面制御技術及び層状珪酸塩の高分子へのナノ分散化を利用し、高分子単独と比較して、用途展開可能な1.5倍の力学特性を示す無機・有機ハイブリッド材料を創製すると共に、ナノ分散化機構の解明では、各種段階で国際的な論文の発表を目指す。

今回、無機・有機ハイブリッド化合物の無機部の構造、及び分子間力としてvan der Waals結合以外に水素結合、ハロゲン結合が共存するような場合について結晶構造がどのようになるか検討した。無機部の変化は結晶性に影響し、例えば、無機基の炭素数が9から6になると、結晶性が悪くなるなどの影響が出た。また、無機・有機ハイブリッド化合物の連結基として水素結合形成能が高いアミドを用いると、水素結合方向への結晶成長が促進されて極めて細い結晶となることが、高エネルギー放射光を用いたX線解析により明らかとなった。しかしながら、水素結合のような強い分子間相互作用があっても、無機・有機分子認識による分子集合則は、常に良く成り立つ事も分かった。水素結合より強い分子間相互作用として最近注目されているハロゲン結合と無機・有機分子認識による分子集合則が同時に成り立つような結晶構造として、一格子に最大24分子が入った巨大格子が出現する事が分かった。以上の結晶構造上の基礎的知見は、本クリスタルエンジニアリングの高いポテンシャルを示すと同時に限界も明らかにした。応用研究としてのジアセチレン誘導体の結晶相光重合反応は、予想外に再現性を得るのに苦労したが、ついに再現性良く金属光沢を有する結晶を得る方法を確立する事ができた。

H13年度に世界で初めて1.5倍以上の曲げ弾性率を達成したが、無機ナノシート/PET系ハイブリッド材料の曲げ強度を向上させるため、13年度に曲げ強度と相関が認められた分子量について、その増大化を検討した。溶融重合によって合成したハイブリッドをさらに固相重合させると、数平均分子量は5,000から13,000へ増大し、高重合度のハイブリッド材料(曲げ強度PETの1.3倍)が得られた。

相溶化剤として、イオン結合部位および共有結合部位の両方を有する新規なもの(IP10TP)と、イオン結合部位のみを有するもの(C12TP)を用いて、無機ナノシート/PET系ハイブリッド材料を合成し、それらと比較評価した。表1のX線回折分析結果に示すように、IP10TPの方が無機ナノシートの積層枚数(Ns)は減少しており、相溶化剤と無機ナノシートおよびPETとの

結合によって、無機ナノシートの PET 中への分散が起こり、相溶化剤として優れていることが確認された。また、無機ナノシートを PET 中に均一にナノ分散させるための基礎的研究として、無機ナノシートと相溶化剤からなるナノ複合体の水中での構造を溶液型 X線回折装置により検討した。ホスホニウム塩とアンモニウム塩の 2種の相溶化剤で比較すると、アンモニウム塩はシート間で交互に深く入り込んで傾いた構造と考えられるのに対し、大きなフェニル基を3個有するホスホニウム塩はそれほど傾かず、浅く入り込んだ構造と考えられ、無機ナノシートの積層面間隔はホスホニウム塩の分子鎖長と比べて大きく広がって、相溶化剤として好ましい構造を取ることが分かった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 無機・有機ハイブリッド材料、

⑩【機械システム研究部門】

(Institute of Mechanical Systems Engineering)

(存続期間：2001. 4. 1～)

研究部門長：筒井 康賢

副研究部門長：佐々木信也

総括研究員：服部 光郎、石川 雄一、加藤 孝久

所在地：つくば東

人員：131 (50) 名

経費：1,122,172千円 (607,786千円)

概要：

機械技術を中心とした製造技術は、機械技術それ自身はもとより、IT、バイオなどをも含めた様々な分野において開発された技術を、工業製品として社会に提供するための必須の技術分野である。その意味から、製造技術はあらゆる産業の根幹を成すものであり、我が国産業技術の国際競争力の向上や、将来に渡る持続可能な社会の実現にとって、極めて重要な技術であると位置づけられる。当機械システム研究部門では、この製造技術の中核を成す機械技術を対象として、先端領域への挑戦・開拓と基盤技術の強化を目指した研究開発を推進することをミッションとしている。

そして、このミッションを推進するために、内閣府の総合科学技術会議において、わが国の製造技術分野に対する国家的・社会的要請に応えるための重点領域として提示された、

「製造技術革新による競争力強化」

「製造技術の新たな領域開拓」

「環境負荷最小化のための製造技術」

を踏まえ、

「環境調和型製造技術」

「マイクロ・ナノファブリケーション技術」

「信頼性工学技術」

を重点研究課題として取り上げている。さらに、これらの技術を横断するキーテクノロジーの方向性や、研究開発の基本的アプローチとして「マイクロ化」を取り上げ、工業製品の企画、設計、製造、運用、保守・管理、再生、廃棄に至るまでの一貫したライフサイクルにおける機械システム技術という観点に立って、基礎・基盤技術の研究開発や次世代のコア技術となる技術シーズを発掘する萌芽的研究から、産業界との連携等による応用・実用化研究、さらに産総研標準化ポリシーに基づいた標準化研究にまで至る幅広い研究開発を行っている。

具体的には、上記の3つの重点研究課題に対応する代表的な研究として、

- ・最小限の資源やエネルギー投入によって、環境への負荷低減化を可能とする生産システムや材料加工の実現を目指したマイクロファクトリー技術、ネットシェイプ加工技術
 - ・代表的なマイクロ・ナノファブリケーション技術である MEMS (Micro Electro Mechanical Systems: 微小電気機械システム) 技術、その中でもとりわけ大きな課題となっている異種材料の加工技術や低コスト化技術、さらにセラミックスの厚膜成形を可能とするための革新的なコア技術であるエアロゾルデポジション技術
 - ・機械機能の長期にわたる信頼性の確保・向上にとって、とりわけ重要となる機械摺動部における摩擦・摩耗現象の制御、潤滑や異常の予知・診断、さらには微視的視点からの現象の本質的解明と、その応用などを目指した革新的トライボロジー技術
- などに関する研究開発を実施している。

研究計画の立案に当たっては、産業界等からのニーズや、これまでの当部門の研究ポテンシャル等を踏まえながら、次世代製造技術創成のため長期的戦略の構築という観点からの新たな提案を重要視している。

研究開発の実施に当たっては、当部門内の異なる研究グループ、産総研内の他の研究ユニットはもとより、産業界等の外部機関との間での密接な研究協力や連携を図り、融合化による新しい技術分野の開拓や効率的な研究開発の推進に努めている。

研究成果の発信、普及に関しては、学会への論文発表という形での学術分野への発信にとどまることなく、産業界等との直接的な連携による実用化を目指した活動など、研究成果の具体的出口を明確に意識した発信等を含め、多角的な展開を行うこととしている。

以上、当機械システム研究部門は、新規性や独創性の高い工業製品の創出 (プロダクトイノベーション) とともに、工業製品のライフサイクル全体にわたる一連のプロセスに関する新たな製造技術の開発 (プロセスイノベーション) を推進するという立場に立って、

社会ニーズに的確に応えるための産業界が今まさに必要としている技術開発から、未来を見据えた中長期的な課題の解決に向けたリスクの高い基礎研究に至るまでをバランスよく推進し、製造技術に関する新たな概念や技術の提示、及びその実現を通して、国内外における本格研究の中核的拠点化を目指している。

そして、これらの活動を通して、製造技術を中心とする産業技術の躍進と、21世紀の世界が目指す持続可能な社会の実現に対する貢献を果たしていきたいと考えている。

外部資金：

(題目1)

経済産業省 エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費「エコ・テラードトライボマテリアル創製プロセス技術の研究開発」(執行額 4,492千円)

(題目2)

経済産業省 エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費「エネルギー使用合理化技術国際共同研究開発(機械製造マイクロファクトリーの要素技術とシステム化に関する研究)」(執行額 8,820千円)

(題目3)

経済産業省 エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費「環境適合型次世代超音速推進システム技術開発(CO₂排出抑制技術の開発 CMCの耐環境性評価)」(執行額 4,399千円)

(題目4)

経済産業省 電源多様化技術開発等委託費「離島用風力発電システム等の研究開発」(執行額 5,836千円)

(題目5)

経済産業省 原子力試験研究委託費「高速 X 線 CT を用いた多次元熱流動計測の高度化に関する研究」(執行額 16,556千円)

(題目6)

経済産業省 科学技術総合研究委託費「マイクロ分析システムの統合化技術に関する研究」(執行額 14,283千円)

(題目7)

文部科学省 若手任期付研究員支援(継続)「単一分子機械・素子の動作確認と集積化」(執行額 11,455千円)

(題目8)

経済産業省 「重点分野研究開発委託費(歯車のナノレベル形状評価のための計測器の校正原理及びその原理に

基づく校正方法の研究とその標準化)」(執行額 23,671千円)

(題目9)

経済産業省 「平成14年度製造技術高度情報化研究開発事業(微小な矩形断面形状構造を持つ超精密型の製造・計測技術の研究開発)」(執行額 26,601千円)

(題目10)

経済産業省 「平成14年度製造技術高度情報化研究開発事業(超高速卓上ミリング加工機の開発)」(執行額 11,165千円)

(題目11)

財団法人浜松地域テクノポリス推進機構 「平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業(0.1nm分解能の小型超精密位置決め装置の開発とナノ加工への応用)」(執行額 660千円)

(題目12)

株式会社不二製作所 「平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業(炭素系微粒子高速噴射による高性能潤滑性コーティング技術の開発)」(執行額 1,705千円)

(題目13)

財団法人埼玉県中小企業振興公社 「平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業(マイクロ圧縮成形システムによる細密樹脂部品の新加工技術開発)」(執行額 3,935千円)

(題目14)

新エネルギー・産業技術総合開発機構 「エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発 衝撃結合効果を利用した窯業プロセスのエネルギー合理化技術に関する研究開発」(執行額 33,929千円)

(題目15)

新エネルギー・産業技術総合開発機構 「ナノテクノロジープログラム ナノレベル電子セラミックス材料低温成形・集積化技術」(執行額 247,935千円)

発表：誌上発表121(105)件、口頭発表305(92)件、その他26件

ファインファクトリー研究グループ

(Fine Manufacturing System Group)

研究グループ長：岡崎 祐一

(つくば東)

概要：

(研究の目的・目標)

機械製造現場における省スペース化・省エネルギー化・低コスト化・迅速化・高速化・高精度化等の革新をもたらすと期待される「マイクロファクトリ」の創始者の主要なメンバとして、その産業界への普及を目的とし、(1)講演・執筆等を通じた思想の普及、(2)具体的機器開発とその評価を通じた可能性と方向性の提示、(3)民間企業や国際的活動集団との協同による研究開発支援を進める。

(H14年度計画)

マイクロファクトリの宣伝活動および企業との連携に傾注する。機器開発として超高速主軸を用いた卓上型ミリング加工機、超小型化射出成形機、加熱成形機、および微細形状測定装置の開発を進める。海外の研究機関における研究開発活動を調査し、可能な連携を進める。

(H14年度進捗状況)

○マイクロファクトリの普及・啓蒙活動

- ①多くの執筆、講演、研究会活動、イベント出展、見学者対応、民間との共同研究等を通じ、マイクロファクトリの思想普及に貢献した。
- ②マイクロファクトリに関する第3回国際ワークショップ (IWMP2002: 米国ミネアポリス) を共催し、マイクロファクトリの世界的広がり貢献した。

○小型化機械の開発と評価

- ①デスクトップ型超高速ミリング加工機：主要な要素である、最高回転速度30万 rpm のマイクロスピンドルおよび、リニアモータを用いた高加速度小形ステージを企業とともに開発した。また、既に開発された超高速ミリング加工機を用いて、その高速運動特性と加工性能を評価し、加工機の小型・高速化の優位性と問題点を明らかにした。
- ②マイクロ射出成形機：微小樹脂レンズに代表される小形精密射出成形部品の合理的製造を目指した超小型射出成形加工機を設計・試作した。これは従来の多数個取りに代わって1個取りを採用し、超小型の金型内部に材料の融解・供給装置その他の機構を集積した斬新な構造をもつものである。(特許出願)
- ③微小形状測定機：マイクロ加工された部品の3次元形状を精密に測定するための、微小回転旋回走査型接触プローブを用いた微細形状測定システムを試作し、基本動作を確認した。(特許出願)
- ④超小型加熱成形加工機：ユニークな機構をもつ超小型成型加工機を鋭意設計・試作中である。
- ⑤小型機械加工機：企業と共同研究を行い、マイクロファクトリの考えを導入したユニークな小型加工機の設計・製作・評価を行った。
- ⑥超精密粗微動ステージ：超高分解能をもつ小型・簡便・安価なステージ機構を開発することを目的とし、ステップモータ+ボールねじ駆動に加えて圧電アクチュエータと分解能1nm 以下のリニアスケールを

組み込んだ粗微動位置決めステージにおいて、粗微動切り替えによらず、固定的な制御系を構築し、連続的な運動制御を行い、その位置決め分解能や広い速度範囲における動的追従性能を評価した。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] 小型/精密工作機械、超精密/マイクロ機械加工、精密機構、知的計測

研究テーマ：

経済産業省 エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費 「エネルギー使用合理化技術国際共同研究開発 (機械製造マイクロファクトリーの要素技術とシステム化に関する研究)」

経済産業省 「平成14年度製造技術高度情報化研究開発事業 (超高速卓上ミリング加工機の開発)」

財団法人埼玉県中小企業振興公社「平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業 (マイクロ圧縮成形システムによる細密樹脂部品の新加工技術開発)」

プロセスメカニズム研究グループ

(Advanced Process Technology Group)

研究グループ長：明渡 純

(つくば東)

概要：

(研究の目的・目標)

次世代情報・通信関連機器などの高速、高出力、小型化には、ナノ組織制御などを利用し各種材料性能を素材レベルで飛躍的に向上させると同時に厚みのある部材レベルでの複合・集積化・微細パターンニング技術が不可欠となる。現状では、各種薄膜形成法 (スパッター法、CVD、レーザーアブレーション法、化学溶液法など) で、酸化物系機能材料を中心に世界各国で盛んに研究されているが、従来薄膜プロセスやバルクプロセスの延長では、ナノスケールの組織制御や部材レベルの微細構造形成、成膜速度、プロセスコストの観点で、一長一短があり、広い膜厚範囲に於いて、これらの限界を打破しうる低温・高速かつ実用レベルで低コストなプロセス技術は実現されていない。

本グループでは、製造技術の視点から低コストで実用的なナノ材料、機能性材料のプロセス開発と実証を目的に、従来薄膜手法とは全く異なる力学的作用に立脚した非熱平衡なプロセス技術の開発やプローブ顕微鏡手法を応用したナノ計測・評価技術、さらに、これらを基にしたデバイス開発に取り組んでいる。エアロゾルデポジション法 (AD 法) の研究開発では粒子衝突による力学的エネルギーだけで、従来薄膜手法に対し約30倍の成膜速度で、透明なナノ構造セラミックス膜を常温形成できることや、600℃程度の熱処理を行うことで、従来薄膜手法並の圧電特性が得られることなどを世界に先駆け見出した。これらの成果は、

20報以上の原著論文・解説や約40件の特許出願にまとめられている。現在、この手法を耐摩擦コーティングに応用、民間企業と共同しユーロ紙幣用 ATM の磁気ヘッドコーティングとして国内、ヨーロッパなどでフィールド試験を行っている。また、計測技術ではナノスケールでの摩擦力分布を表面形状の影響を受けずに計測できる横振動 FFM (LF-FFM) の開発に成功、セイコーインスツルメント社・日本電子社を通して実用化するなど同分野で原子、ナノレベルのダイナミックな表面現象の計測、材料機械特性の評価技術に関して高いポテンシャルと実績を持つ。本課題では、このようなポテンシャルを背景に、下記の2項目を目標として研究開発を進めている。

1) 加工メカニズムの物理化学的解明とその体系化

目標：走査型プローブ顕微鏡技術や超音波計測技術によりナノスケールの機械特性評価技術、化学反応分析技術を開発し、微粒子ビーム加工で観察されるセラミックス微粒子の常温衝突固化現象など、力学的加工に於ける非熱平衡過程の解明とその体系化を行う。

2) 非熱平衡過程を用いた革新的プロセス技術の確立

目標：実用的ナノ材料プロセス技術として、非熱平衡過程を利用した高速成形／コーティング／集積化技術を確立し、酸化物、窒化物など非金属機能性材料を対象に500℃以下のプロセス温度と10 μ m以下の微細パターンニング技術を実現し、MEMS、NEMS デバイスなどの製造技術への展開を図る。

(H14年度計画)

衝突固化現象を利用したエアロゾルデポジション法 (AD 法) や衝撃バルク成形法に於いて原料微粒子特性が膜物性に及ぼす影響を明らかにし、加工メカニズムモデルの構築に取り組む。圧電材料、磁性材料、絶縁材料を中心にナノ構造部材の形成と構造評価を行い、プロセス応用への基礎データを取得し電気機械特性向上の指針を得る。また、成膜体の電気特性向上を目指しエネルギー援成膜技術の基礎実験に取り組む。以上の成果を、現在実施中の NEDO プロジェクトへ還元、さらにナノテクノロジープログラム関連プロジェクトを立ち上げ、民間企業と共同し応用展開の検討も開始する。

(H14年度進捗状況)

衝撃固化現象を利用した AD 成膜法において、原料粉末や被加工材の機械特性、表面特性などに応じて、成膜速度が従来の7~10倍と著しく向上すること (特許取得済み) を見出した。現在、この効果を解明するために膜組織の TEM 観察や粒子飛行速度の精密な測定、シミュレーション計算を行いつつ、脆性材料微粒子のマイクロ塑性ならびに破碎によるメカニカル拡散モデルを構築中である。圧電材料については、原料粉末の機械特性、表面物性を調整することで、600℃の熱処理温度で残留分極

値を20 μ C/cm²から32 μ C/cm²に増加することに成功、バルク材料値 (1250℃で焼結したバルク値40 μ C/cm²) に大幅に近づけ、各所で盛んに研究されているスパッタ法やゾルゲル法、低温焼結原料を用いた厚膜技術の特性を越える世界最高レベルの性能を実現できた。また、ソフトフェライト材料では、800℃のプロセス温度でバルク材料 (1300℃) 並の磁気特性が得られることを確認した。

以上の成果から当グループが中心になり民間企業6社と情報関連機器用の微小電気機械システム部材の開発を目的として、経産省ナノテクノロジープログラム「ナノレベル電子セラミックス材料低温成形・集積化技術」プロジェクトを立ち上げた。

また、現在、民間企業との共同研究 (12件)、大学との共同研究 (6件)、国立研究所、地方公設試 (2件) を実施している。本プロセスで常温形成したアルミナ膜を用いて、民間企業と共同し静電チャックへの適用性を検討した結果、吸着性能や熱伝導性能が従来品に比較し2倍以上向上できることが確認され、事業部レベルの検討を開始。この他、TBC (熱遮蔽) コート、超伝導部材、燃料電池部材、半導体製造装置用部材、窒化鉄磁石部材の創製などへの応用を目的とした共同研究をスタートした。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] イオン注入、エアロゾルデポジション、コーティング、表面改質、超音波顕微鏡、プローブ顕微鏡、マイクロアクチュエータ、強誘電体、超微粒子、MEMS、 μ -TAS、電子ビーム、セラミックス材料、厚膜

研究テーマ：

新エネルギー・産業技術総合開発機構「エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発 衝撃結合効果を利用した窯業プロセスのエネルギー合理化技術に関する研究開発」

新エネルギー・産業技術総合開発機構「ナノテクノロジープログラム ナノレベル電子セラミックス材料低温成形・集積化技術」

集積機械研究グループ

(Integrated Solid-State Electro Mechanical Instruments)

研究グループ長：前田龍太郎

(つくば東)

概要：

(研究の目的・目標)

半導体微細加工技術や実装技術等を駆使し、限られた空間中に多機能の機械要素を集積した機械システム (集積機械) を構築する。集積機械システムとしては PZT 材料を利用した光スキャナーや高周波スイッチ、

2×2低コスト光スイッチ、3次元配線多層基板、流体操作マイクロシステムを試作する。

光スキャナーの数値目標は、網膜投写型ディスプレイ等への応用を目指し機械式振れ角度15度、ミラー大きさ500ミクロン角、共振周波数 X 軸20KHz 以上、Y 方向60Hz とする。この数値はディスプレイ用として現在実用化されている他の手法（電磁型と静電型の組み合わせ）に十分対抗できるスペックであり、基礎技術が確立されれば、画像表示や3次元物体認識等の様々な光学応用が期待され、他のピエゾアクチュエータ（インクジェットヘッド、マイクロポンプ等）へも適用が可能である。現在ピエゾを利用したマイクロアクチュエータの研究機関としてはスイスローザンヌ工科大学、米国ミネソタ大学、ペンシルバニア大学、旧オムロングループと同等の高いレベルにあり、特に厚膜領域のPZT膜作製ではトップレベルである。

高周波スイッチはスイッチング速度マイクロ秒オーダー、損失0.5dB 以下を目指す。また長期安定性もオムロン等の国内メーカーの掲げている109サイクルより一桁上を目指す。特に今後無線 LAN 等で応用が期待される5～数10GHz 領域での応用を目指す。この目標は世界的にもトップのミシガン大学のリベイツ教授グループを凌ぐ目標値といえる。

2×2光スイッチは損失5dB 以下、コスト1系統あたり10ドルオーダーを目指す。現在これと同等の発表されたスイッチは日本航空電子の MEMS を用いたものである。スペックは同等でコストは成形技術をベースとするために大幅に下がるものと期待される。

多層配線では4層、40ミクロンピッチ貫通孔加工、電極配線の完成を目指す。この数値は LSI の検査用プローブカードの3次元配線を達成するための要素技術である。国内ではフジクラ、ASET が研究を行っているが、今回フジクラとは共同開発を行うこととした。この技術はルーセントと共に現在トップと考えられる NTT の大規模光スイッチの配線にも応用が可能であり、現在共同開発を検討している。

流体操作マイクロシステムでは汎用的な実装を意識した流体継ぎ手の開発を行う。最高温度100℃、耐圧10気圧を目指す。現在流体デバイスの実装を念頭に置いた汎用的な流体継ぎ手の開発は世界的に例がなく、カリフォルニア工科大学等をはじめとする各研究機関が散発的に開発を行っているのみである。この継ぎ手の仕様は今後応用が展開されるマイクロリアクタ（東大北森プロジェクト）等の3年後の目標スペックと遜色のない値である。

上記のデバイス群の試作達成のためには、PZT 材料の電気特性の向上、微細成形技術の精度向上・高アスペクト化、ガラス、シリコン材料の高精度加工、ポリマー材料の微細加工技術の確立が必要である。これらの用齟齬術の目標値も世界レベルのデータと遜色な

い。

製造技術の最近のトレンドはアイデアを、如何に迅速に製品化に実現するにかかっている（Bring me a product not an IP.）。本研究グループは学会での発表はもちろんのこと、産業界からの新しい要求の実現を最も重要な課題とし、迅速な対応に努めている。

（H14年度計画）

光スキャナーについては前年の材料開発（圧電定数の向上、結晶化温度の低下、内部応力の低減等）に引き続き、X 軸方向について周波数およびダイナミックモードでの振動角度の目標値のクリアーを目指す。今年度より開始した高周波スイッチは設計および第1次試作を終え、基礎データを取得する。金型マスター製造技術および PMMA や PC 材料の成形技術確立後に引き続き、光スイッチで設計の変更、プロセス改良を通じてコスト以外の目標値をクリアーする。多層配線では、前年までの孔ピッチ80ミクロンの単層貫通孔配線技術の確立に続き、4層接合および、貫通孔加工までを目標とする。流体システムでは、前年までの各コンポーネント開発に引き続き、流体のレギュレータ、マイクロミキサー、手動バルブをシステム化し、耐圧2気圧以上を目指す。

（H14年度進捗状況）

光スキャナーについては、前年の材料開発（圧電定数の向上、結晶化温度の低下、内部応力の低減等）に引き続き、デバイス試作によってX軸方向についての目標値（振動数およびスキャナー振動角度）の数値をクリアーした。本年度開始した高周波スイッチは試作を完了し、特性を計測した。特に静電アクチュエータの問題点である下部電極に梁が固着するプルイン現象の打開策を考案した。

前年は金型マスター製造技術および PMMA や PC 材料の成形技術確立後に、アSEMBルを行い8×8スイッチの試作と動作確認を行った。本年度は信号の結合損失を改善するために側面粗さおよび側壁角度の改善、スイッチ素子の商業化を考慮した設計変更等により再試作し、コスト以外の目標値（損失）をクリアーした。次年度以降は駆動部以外の部品の成形による製造を行い更なるコストダウンを図る。

前年までの孔ピッチ80ミクロンの単層貫通孔配線技術の確立に続き、多層配線開発を行った。ピッチを減らすためにシリコンウエハを100ミクロンまで研磨し、貫通孔形成後に4層接合を行ったが、室内の清浄度不足および加工後のウエハの直接接合が困難であるために接合部に不良が発生した。今後接合方法の再検討を行い目標の達成を目指す。

流体システムについては、レギュレータ、ミキサー、手動バルブをシステム化し、耐圧2気圧以上のシステムを完成し、実証した。耐圧は計測範囲が2気圧と限定されているために、今後の改善を要する。一部の継ぎ手ユニットは製造業者に技術移転し、市販を開始した。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] バイオ MEMS、光 MEMS、MEMS パッケージング、マイクロ成形加工

研究テーマ：

経済産業省 科学技術総合研究委託費「マイクロ分析システムの統合化技術に関する研究」

経済産業省「平成14年度製造技術高度情報化研究開発事業（微小な矩形断面形状構造を持つ超精密型の製造・計測技術の研究開発）」

微小機構研究グループ

(Micro-Engineering Group)

研究グループ長：尾崎 浩一

(つくば東)

概要：

(研究の目的・目標)

微小な領域で顕著になる現象を利用して微小機械システムに効果的なメカニズムを構築するという技術観点をベースに、微小機能構造体の構築、計測、制御、特性評価に関する技術開発をすすめる、機械システムの機能向上に資する基盤技術を発信することにより、産業の発展に貢献することを目的とする。

そのために、マイクロエネルギー供給技術、微小流体場の計測と制御技術、異種材料から構成される微小構造体の信頼性向上のための評価技術を開発する。

(1) マイクロエネルギー供給技術

携帯型燃料電池の開発競争は、企業を中心として極めて活発であるが、実用化にはいまだ技術上のブレークスルーが必要である。本研究では微細加工技術により、他で行われていない新規な手法にチャレンジする、

(2) 微小流体場の計測・制御技術

マイクロ化学チップの飛躍的性能向上や新たな機能を創製するため、マイクロチャンネル内における流体中に存在する分子や分子クラスターの選択的拡散輸送を実現するシステム構築に向けて、反応界面での微小領域における速度、温度、反応生成物質の拡散状況等を定量的に計測可能な新たな光学的計測システムを開発する。またナノスケール粒子表面に分子を選択的に吸着させるための構造をプリントし、更に光学的に「かご化」を制御することにより、機能発現を制御可能な選択的分子拡散輸送システムの構築をめざす。

(3) 微小構造体の信頼性評価技術

信頼性のある実用的なマイクロマシンやマイクロリアクターを実現するためには、使用するさまざまな微小構造体の信頼性評価を行うことが必要不可欠である。本研究では、現在までに厚さ100nm程度までの極めて薄い薄膜材料の機械的特性を精度良く測定することが可能な微小材料用引張試験法を開発

してきた。今後は、同手法を用いてさまざまな薄膜材料の特性評価を行うとともに、力学的負荷と熱的負荷が加わる微小構造体の信頼性評価技術の開発を行い、信頼性特性データの取得と蓄積を目指す。また微小材料用引張試験法については、NEDO 新規産業支援型国際標準開発事業に参画し、試験手法の国際標準化をめざす。

(H14年度計画)

(1) マイクロエネルギー供給技術

中温度作動型の携帯型燃料電池の実現を可能にするイオン伝導性セラミックの自立薄膜を試作する。また、加振力により振動する強誘電体固体素子の発電特性を実験的に明らかにし、そのモデル化と高性能化を図る。

(2) 微小流体場の計測・制御技術

微小領域におけるピンポイント光学計測、光照射を可能とする焦点距離が数十～数百マイクロンのマイクロレンズを組み込んだ光学計測、光照射チップの開発を行う。さらにこのチップとかご化染料を混入したナノ粒子を用いて、希望とする微小領域において紫外光レーザーを照射することによりかご化を取り外し、青色レーザーを照射することにより蛍光発光させ、反応界面における速度、温度、反応生成物質の拡散等の計測を行う。

(3) 微小構造体の信頼性評価技術

スパッタチタン薄膜等の金属薄膜の機械的特性には、表面組織構造が大きく影響する。これまでの研究で同薄膜には厚さ10nm程度以下の表面層が存在することが明らかになったが、同組織の微細組織構造は未解明である。平成14年度では、分析顕微鏡等を用いて同表面層の微細組織構造を調べる。一方、異なる材料特性を利用する異種材料からなる微小構造体は、化学チップやバイオチップ等に今後広く使用されていくと考えられる。このような異種材料によって複合化した微小構造体の信頼性評価手法に関して調査を行い、特に信頼性評価の加速試験手法を検討する。また微小材料用引張試験法については、NEDO 新規産業支援型国際標準開発事業に参画し、試験手法の国際標準化をめざす提案原案を作成する。

(H14年度進捗状況)

(1) マイクロエネルギー供給技術

中温度作動型の携帯型燃料電池の構成設計をし、イオン伝導性セラミックを関西センター生活環境系特別研究体との協力で試作した。この自立薄膜化について試みたが自立化させるまでには到っていない。強誘電体固体素子の発電特性については、実験装置の特性を改善し、基礎データを得るとともに、固体素子の外部力による変形仕事を仲立ちとした電力エネルギーへの変換過程を弾性率変化の関連から考察した。また、流体の流動抵抗低減技術について、企業から共同研究の実施申込があり、3種の抵抗低減面を試作し、評価試

験を実施し、ディンプル型が有効であることを示した。

(2) 微小流体場の計測・制御技術

反応界面の現象解明のための光学的計測システムの構築を行った。ナノオーダー粒子にかご化染料を混入し、希望とする微小領域において、紫外光レーザー (355nm) を照射することによりかご化を取り外し、青レーザー (476nm) を照射することにより蛍光発光させ、反応界面における速度計測を行った。また、マイクロチャネルにおける界面動電現象による混合拡散促進技術開発のため、電気浸透流による粒子拡散に関する実験を行った。

(3) 微小構造体の信頼性評価技術

スパッタチタン薄膜の表面層の微細組織構造を調べた。EDX 分析の結果、同層からは Ti と O が検出された。また、フーリエ変換法によって同層の組織構造を調べた結果、同層の回折図形は TiO_2 の (001) または (011) と一致することが分かった。以上の結果より、厚さ10nm 程度の表面層は TiO_2 であることが明らかになった。一方、表面層以外の内部結晶の EDX 分析結果では O が検出されなかったため、スパッタチタン薄膜への酸化の影響は表面から厚さ10nm 程度であると考えられる。また、マイクロリアクターの重要構成要素であるメンブレンの信頼性評価に関する調査を行い、マイクロリアクター内で力学的、熱的負荷が加わるメンブレンの信頼性手法に関する検討を行った。また微小材料用引張試験法については、試験手法の国際標準化をめざす提案原案の骨子を作成した。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] 微小機能構造体、マイクロエネルギー、微小流動、流体計測、微小構造体、機械特性評価、信頼性評価

循環型生産システム研究グループ

(Environmentally Conscious Manufacturing System Group)

研究グループ長：服部 光郎

(つくば東)

概要：

(研究の目的・目標)

循環型社会の実現には環境負荷の小さい生産技術が重要である。そこで製品設計の視点からは、製品ライフサイクルの最適化による環境負荷低減の実現のために、資源循環型製品及びその製品が提供するサービスのあり方を提示する。また、製品製造プロセスの視点からは省エネルギー化、低エミッション化のための要素技術、システム化技術を推進する。特にテーブルトップ型複合加工機と利用技術開発を進める。

(H14年度計画)

(1) 低エミッション複合加工・システム化技術

(1-1) 加工技術

工具、ワーク間の相対移動精度、加工ユニット取り

付け精度などマイクロ複合加工機の基本性能を詳細に調べる。微小な部品・金型を作成する場合、デスクトップ型加工機の加工エネルギー、クーラント等の廃液、及び生産ラインの縮小に伴う設置コスト、空調などの環境維持コストの削減効果を具体的な製品の加工を対象として評価するための方法について検討、評価に必要な基礎データの収集を行う。また、短加工時間、低加工コスト、高加工精度等に加えて、加工廃液の処理容易性、材料の再利用性等を考慮に入れた低環境負荷の新規微細複合加工技術について検討する。

ナノ秒レーザー、フェムト秒レーザーでの微細加工結果を強度、硬さなどの面から比較することにより、微細部品・金型に適したセラミック材料、レーザー光源、加工方法を見いだす。

微細部品・金型に適したセラミック材料、レーザー光源、加工方法を見いだし、加工材料の形状をインプロセスまたはオンマシンでモニタリングする技術を開発する。

反射光のパターン形状だけではなく、レーザー光の強度と反射光強度のデータを融合することにより、より正確な加工除去量を検出することを試みる。またこの検出データをもとに YAG レーザのコントロール及び XYZ 軸ステージを駆動して焦点位置のコントロールを行い、高精度加工を行うことを試みる。

硬脆材料の微細加工の実現を目指した多刃工具の切れ刃群の加工技術向上をはかる。また同工具による加工特性を追求する。

(1-2) システム化技術

低エミッションシステム化技術としては、①設計技術、②製造技術、③回収技術がある。

① 設計技術については、LCA センターと共同で、これまで蓄積してきた環境適合設計技術をマニュアル化し全国への普及を目指す。

② 製造技術については、「エミッションフリーマニュファクチャリング」について課題のフォーメーションを進め、プロジェクト化提案を行う。

③ 回収技術については、昨年度調査を開始した廃家電製品の排出量予測を継続して行うこととし、本年度は数学的モデルの作成、および実際に収集された排出データとの比較によりモデルの有効性を確認する。

(H14年度進捗状)

(1) 低エミッション複合加工技術

試作したデスクトップ複合加工機の基本機能を調べるためユニット取り付け誤差、静剛性、ステージの真直度、位置決め精度などの測定を行った。ヘッド取り付け用ねじの締め付けトルクを一定にして加工ヘッドの交換を行った場合のヘッド取り付け誤差は $\pm 3 \mu\text{m}$ であった。また加工機の Y, Z 軸に比べ X 軸方向の移動に伴う真直度が大きくなった。これは X 軸ステ

ージに取り付けられている加工ヘッドの重量が精度の低下に起因していると考えられる。

窒化珪素に対してレーザパルスの照射時間がナノ秒、フェムト秒のレーザを用いて同一深さの穴を加工し加工表面を比較したところ、フェムト秒レーザの加工表面は粗さが小さく、熱影響層がほとんど観察されなかった。ナノ秒レーザの加工表面には酸化層が存在した。材料表面の深さ方向に対して加工影響層がどのように変化しているかを明らかにするため、レーザ加工表面を深さ方向に対して約2°の斜め無歪み研磨を行い、研磨表面を測定することにより深さ方向分布を求めた。ナノ秒レーザの加工影響層厚さは数μm以下であることが分かった。

レーザ加工機においてレーザの反射光の強度変化を検出しZ軸テーブルを移動することにより、レーザの焦点位置を数十マイクロオーダーで加工面上に制御し、常に一定の加工状態で加工できるシステムを構築した。

レーザ溝加工時の反射光パターンをインプロセスでCCDに取り込み、その強度分布データを特徴量として多変量解析することにより、初期状態との違いをマハラノビス距離として算出し、実加工除去量との相関を求めた。

多刃工具の加工技術の向上について検討を行った。加工手法の安全性、信頼性、合理性を高めるため加工抵抗測定と加工する鋳鉄板の減耗量測定のための機器などの設計製作を行い、欠けを生じない断続（回転）加工の実験準備を進めた。

(2) 低エミッションシステム化技術

同システム化技術のうち、設計技術については、これまで蓄積してきた環境適合設計技術を機械工業分野へも発展させ、工業界において指針となるマニュアルを完成させた。工業製品が環境に及ぼす影響は、これまで電気電子分野の活動が顕著であったことを考えると、機械工業界への普及の意義は大きい。また回収システムについては、平成13、14年度の廃家電製品の排出量データに基づき、排出量予測のための多変量解析モデルを作成した。

エミッションフリーマニファクチャリングのプロジェクト化についてはH14年度は本格プロジェクト化が出来ず、検討してきた課題から個別のプロジェクト化の委員会による調査研究レベルにとどまった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 マイクロ・複合加工、低エミッション生産システム、リサイクル設計

循環型材料加工研究グループ

(Net Shape Forming Group)

研究グループ長：松崎 邦男

(つくば東)

概要：

(研究の目的・目標)

環境負荷低減と材料の高性能化を目的として、粉末冶金法および塑性加工法の高度化による材料成形技術の開発を行なう。環境負荷低減に有効な軽量材料であるマグネシウムおよびチタン材料に関して、粉末製造法と固化成形法の検討により機械的特性および成形性に優れ、さらに環境負荷低減を目指した素材製造法の開発を行なう。また、難加工材であるマグネシウムおよびチタンの加工法を開発を目指す。

(H14年度計画)

Ti, Mg合金等の粉末成形技術について型技術も含めた開発を行い、形状付与と機能付与を併した低環境負荷型の成形プロセスの確立を目指す。そのためにMgでは粉末法で作製した合金について成形性の評価を行なうとともに、より低温200℃以下で加工可能な方法の開発を行なう。また、マグネシウム板材の高性能化と環境負荷低減、コスト低減を目指して溶湯直接圧延法によるマグネシウム板材の製造法連続鋳造を開発するために、それに適した新しい展伸用マグネシウム合金の開発を行なう。そのためにMg合金溶製装置を開発し、合金の作製を行なう。Tiに関してはMIMプロセスにより溶製材と同程度の強度、伸びを有する材料の作製条件を検討する。

(H14年度進捗状況)

Mg合金に関しては、AZ31合金粉末を高温押し出しにより、種々の条件で棒材を作製し、その機械的性質、成形性を調べた。得られた試料は室温で300MPa以上の強度、および18%の伸びを示し、通常の展伸材よりも僅かに優れていた。また、圧縮試験の温度変化を調べた結果、押し出し比1:10、押し出し温度300℃で作製した試料では150℃以上で60%以上の変形を生じるが縦方向へのクラックが生じ、成形性は低いことが分かった。それに対して、1:20で作製した試料では、150℃以上でクラックを生じることなく、60%以上の圧縮変形が可能であることを見出した。展伸材についても調べた結果、60%以上の変形を達成するためには225℃以上での加工が必要であり、一般にもマグネシウムの圧縮200℃以上が必要とされており、粉末を高い押し出し比で作製することにより、機械的特性に優れ、さらに150℃の低温でも変形可能な素材を得られることがわかった。低温での加工が可能になることで、低環境負荷成形プロセスの開発に寄与できるものと考えられる。また、多軸試験機を用いて、背圧を付した成形法を開発を行なった。背圧の付加により難加工材のMg合金も180℃で、十字型の成形が可能であることを見出した。このように十字型に成形可能なことは、大抵の形状への成形が可能であることを示しており、さらに200℃以下で成形が可能なのは、マグネシウムの展伸材を実際の部材に加工していく上で非常に有益であり、応用上貴重な知見が得られたものと言える。今後は、背圧、温度の正確な制御により加工条件を詳細に調

べる。また、実際の部材への成形を目指して、型の設計と部材のへ加工を行ないたい。

チタンに関する研究では純チタン金属粉末を用いて、超臨界二酸化炭素を脱脂工程に適用してチタン焼結体を作製し、焼結保持時間の違いにおける機械的特性を検討した結果、焼結保持時間を長くすることによって、拡散が活発となり気孔が減少するため、より緻密な焼結体を得ることができる。しかし、焼結体内の酸素含有量が増えて脆化を招くため、焼結保持時間は適切に選択する必要があることが分かった。これにより、適切な条件を選ぶことより、溶製材と同等の機械的特性をえられ、種々の応用への期待できるものと考えられる。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 塑性加工、粉末冶金、ネットシェイプ加工

研究テーマ：

株式会社不二製作所「平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業（炭素系微粒子高速噴射による高性能潤滑性コーティング技術の開発）」

循環型機械材料研究グループ

(Ecology-Oriented Structural Material Group)

研究グループ長：市川 洸

(つくば東)

概要：

(研究の目的・目標)

循環型社会の構築に寄与するために、低環境負荷機械材料の材料設計・製造プロセス技術及び性能評価技術の開発を通じて、これらの技術革新に必要な指針を提供する。低環境負荷機械材料の実現を目指して、高速超塑性加工、放電プラズマ焼結及び噴射成形プロセスの要素技術を確立するとともに、この3つのプロセス技術によって製造された低環境負荷機械材料を性能評価技術で材料評価し、標準化に資する。低環境負荷機械材料の目標値は、強度：従来材の2倍以上、靱性：従来材の1.5倍以上、耐食性：従来材の5倍以上、超塑性成形性：従来法の10倍以上を、板厚1mm 以上で達成する。このような低環境負荷機械材料は世界的に見ても例がないので、各要素技術の研究は世界レベルにある。

(H14年度計画)

全体計画として、低環境負荷機械材料の実現を目指し、高速超塑性加工、放電プラズマ焼結及び噴射成形プロセスの要素技術を確立するとともに、この3つのプロセス技術によって製造された低環境負荷機械材料を性能評価技術で材料評価し、標準化に資する。本研究開発の各要素技術の年次展開を次の表に示す。

次に各要素技術の平成14年度計画について述べる。

年度	平成13	平成14	平成15	平成16
低環境負荷機械材料	←	←	←	←
高速超塑性加工	←	←	←	←
放電プラズマ焼結	←	←	←	←
噴射成形プロセス	←	←	←	←
性能評価技術	←	←	←	←

1) 高速超塑性加工用ステンレス鋼材の製造プロセスの開発

平成13年度で確認した高速超塑性を発現するナノ結晶 SUS304の実用サイズを製造する技術を開発するための基礎データを得る。

2) 放電プラズマ焼結技術の開発

放電プラズマ焼結技術を利用して、材料特性の優れた純鉄、純チタン、超硬合金、傾斜機能材料を開発する。

3) 噴射成形プロセス技術の開発

噴射成形、恒温加工及び熱処理法を融合させることにより、高温強度や靱性に優れ、かつ成形不可能なマグネシウム合金などの難加工材を製造できる先進プロセス技術を開発する。具体的には、マグネシウム合金部品製造への噴射成型法の適用を目的に、微細組織を得るためのコレクター移動制御条件を検討するとともに、再結晶された Mg 合金の高温変形挙動を明らかにする。

4) 性能評価技術の開発

低環境負荷材料の開発を目的として、体内で使用される金属系材料の耐食性、腐食疲労特性および各種金属イオンの環境調和性等のデータを取得し、基盤技術を構築し標準化に資する。また、体内で長期間使用される製品の寿命等の性能を実験室的において予測できる性能評価技術の開発を行う。

(H14年度進捗状況)

1) 高速超塑性加工用ステンレス鋼材の製造プロセスの開発

冷間強加工→焼なましサイクルを加工熱処理でひずみ速度 $1 \times 10^{-2} \text{s}^{-1}$ において200%以上の伸びが得られ、高速超塑性を確認した。これにより、ひずみ速度 $1 \times 10^{-3} \text{s}^{-1}$ を基準として10倍の超塑性成形性（ひずみ速度 $1 \times 10^{-2} \text{s}^{-1}$ で200%以上の伸び）を達成した。この加工熱処理を3度加えた試料の靱性値は、1.5倍以上の 0.90MJ/m^2 を達成した。室温引張強度は従来材の1.5倍以上を達成した。結晶粒微細化加工熱処理のための加工部分に従来法の冷間加工のみではなく冷間加工、温間加工、深冷加工を組み合わせる従来法と同等の物が作れることを確認した。

2) 放電プラズマ焼結技術の開発

当所に導入した世界最大級の大形放電プラズマ焼結装置を用いて、純鉄、純チタン、超硬合金、傾斜機能材料の放電プラズマ焼結実験を行った。ナノ結晶純鉄

粉末の放電プラズマ焼結実験では、直径40mm 円板のナノ結晶バルク材を製造した。結晶粒径は23~30 nm で最高室温引張強さ1433MPa を達成した。放電プラズマ焼結した純鉄バルク材の結晶粒径と室温引張強さとの関係を調べた結果、結晶粒径の増加に伴う強度の増加傾向により逆ホール・ペッチの関係が見られた。

ナノ結晶純チタン粉末の放電プラズマ焼結実験では、直径40mm 円板のナノ結晶バルク材を製造した。室温引張強度567~592MPa、室温伸び29.3~33.6%を得た。また超硬合金の放電プラズマ焼結技術の開発に関する企業との共同研究で、放電プラズマ焼結法を用いて直径100~200mm、肉厚0.3mm の超硬合金製円板を作ることに成功した。特許を共同出願して、現在カッターの本体部として実用化に向けて検討中である。従来の円柱状母材から薄板状に切り出す方式で作られているカッター本体部に比べて、安価に製造することができる。傾斜機能材料ではアパタイト系 FGM の試験条件を調べた。

3) 噴射成形プロセス技術の開発

マグネシウム合金 AZ91-D を噴射成形法により、種々の条件下で噴射させた結果、次のようなことが明らかになった。

① 噴射の可否は液相線以上の温度であれば、噴射温度にそんなに依存しない。しかし、噴射温度が坩堝の A₁点を超えると、ノズル径が収縮するため、2回目以降の噴射成形に、同じ坩堝は使用できない。また、噴射温度が液相線直上の低温度域では、若干のマグネシウム合金が残るため、2回目以降の噴射成形に、同じ坩堝は使用できない。

② 噴射後の堆積物の形状は X-方向の移動速度および Y-方向の躍動速度に大きく左右され、これらの最適条件は、噴射温度が液相線の620℃から710℃までは、それぞれ10mm/s、100mm/s と一定であったが、760℃になると、溶湯の粘性が変化したため、Y-方向の躍動速度は200mm/s と変化した。

③ 噴射後の堆積物の組織は、噴射温度に大きく左右され、噴射温度が高くなるほど、固液共存での固化領域が少なくなり、またこの領域での結晶粒径も大きくなる。

4) 性能評価技術の開発

チタン材料は、化学プラントを中心に広く利用されている。本研究では、民生分野へのチタン材料の用途の拡大を目指して耐食性に関するデータを取得している。食器などから生体内での使用環境までを幅広く比較検討するため、6種類のチタン材料、ステンレス鋼、Co-Cr-Mo 合金を用いて、0.05mass%塩酸、1%乳酸溶液、1.2%アミノ酸溶液、生理的食塩水、細胞培養液中で7日間の溶出試験を行い、金属イオンの溶出量に関するデータを取得し溶出試験方法として確立した。

また、異種金属材料が組み合わせて使用される場合に必要となるガルバニック腐食に関して基礎データを取得し標準的な試験方法として確立した。さらに、各種溶液中で金属材料表面に生成する不動態皮膜を X 線光電子分光分析 (XPS) 法を用いて状態分析する方法を初めて標準化することができた。これら3件の耐食性の評価方法に関して、厚生労働大臣および経済産業大臣により H14年7月25日 JIS として制定された。医療分野への初の応用を目指したため、特に大学病院を中心に全国15ヶ所の臨床医の先生方にも広く書面審議に加わって頂いた。この耐食性の一部は、ISO に提案され現在規格化が検討されている。今回の ISO 提案は、この分野では日本初の国際貢献である。腐食疲労試験に関しては、世界最長のデータを目指して現在も連続試験中である。環境調和性に関しては、金属イオンを中心に細胞膜を通して細胞組織内に取り込まれるメカニズムを精力的に検討している。アミノ酸と結合して細胞組織内に取り込まれるメカニズムが一部解明されつつあるが、金属イオンの種類により取り込まれる金属の量とメカニズムは大きく異なることが分かった。これらの基礎データは低環境負荷材料の設計指針に有用となる。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] 高強度、高機能、環境適合、高温材料

トライボロジー研究グループ

(Tribology Group)

研究グループ長：佐々木信也

(つくば東)

概要：

(研究の目的・目標)

トライボロジーは製造技術の根幹を担う重要な工学である。機械システム研究部門は公的研究機関として我が国最大のトライボロジー研究者集団を擁し、ナノから大型システムまでトライボロジー全般に係わる横断的かつ基礎・基盤の研究開発を推進している。ナノ/マイクロ・トライボロジー、エコ・トライボロジー、メンテナンス・トライボロジーを3つの柱として、他の研究ユニットと連携しつつ、国内外の研究機関や企業との共同研究を積極的に展開し、最先端の技術情報拠点となるべくセミナーの開催やデータベースの構築にも努めている。これらの一連の活動により、研究レベルの高さは国際的にも認められつつある。本研究課題の目的は、トライボロジー技術のさらなる向上と普及に努め、我が国の産業競争力強化に貢献することにある。同時に、融合領域におけるトライボロジーの特徴を生かし、新しい科学の発見や技術の芽を育てることも重要な役割として捉え、トライボロジーから次世代の産業技術を生み出す“本格研究”の推進を長期レンジでの目標としている。

(H14年度計画)

1) ナノ/マイクロ・トライボロジー

イオンビーム加工を用いた表面の微小パターンニングやSAM膜等を用いた表面制御により、摩擦をコントロールするための基礎メカニズム解明を進める。具体的には、

○自己組織化膜（SAM）のナノ・トライボロジーへの応用

自己組織化を利用して、レドックス活性ルテニウム錯体やロタキサンなどの機能性分子を基板へ固定化させ、単一分子レベルでの物性測定を行う。

SAMの導電性をAFMで測定し、従来までのターフェニル分子の100倍の導電性向上を分子構造変更で得る。

分子機械の集積化を行い、動作機構を解明することにより分子素子および分子機械への展開を図る。

耐久性に優れるSAMの探索を目的に、分子構造の異なるSAMを作成し摩擦・摩耗特性を測定する。

○ナノ・マイクロ表面制御・計測技術

FIB加工、MEMS作製技術等を用いて、微小パターンニング表面の創製やマイクロ・トライボロジー計測技術の高度化を行う。

AFMインデンテーションによる硬さの評価法について、ナノインデンテーション装置との比較により極微小領域での硬さ測定法の確立を図る。

○機能性流体の機械要素への応用

液晶型電気粘性流体を用いたジャーナル軸受の静特性を、数値解析と実験の両面から明らかにする。

2) エコ・トライボロジー

地球にやさしいトライボロジー技術の実現を目指し、CO₂削減や低環境負荷に貢献するトライボロジーシステムを構築するため、生分解性油や水系潤滑剤等に適したトライボマテリアルの開発を行うとともに、様々なトライボマテリアルの基本特性をデータベース化することにより新規開発材料の普及を図る。具体的には、○溶射法によるシリンダライナー用トライボマテリアルの開発

エンジンプロックのリサイクル性に配慮し、アルミ-シリコン系材料をベースに、生分解性油潤滑下において従来材である鋳鉄と同等以上の摩擦・摩耗特性を示す材料開発を行う。

○SPS法によるチタン系複合材料の開発

海水や水、アルコール中でのプロセス潤滑用トライボマテリアルの創製を目的に、チタン系複合材料へのセラミックス粒子添加効果を明らかにする。

○高温固体潤滑性材料の開発

SPS法ならびに溶射法を用いて、転がり軸受ならびにすべり軸受用部材としても十分な機械的強度を有し、かつ室温から500℃までの高温環境下において低摩擦（0.3以下）かつ低摩耗（ $10^{-9}\text{mm}^2/\text{N}$ ）を実現する高温トライボマテリアルの開発を行う。

○トライボロジー特性データベースの構築

DLCをはじめとする硬質薄膜や新旧トライボマテリアルの基本的なトライボロジー特性を、SRV摩擦試験機を用いて評価しデータベース化する。

3) メンテナンス・トライボロジー

トライボロジーシステムのメンテナンス技術向上を目指し、アコースティック・エミッション（AE）法と他のセンシング技術との複合化により、高信頼性異常予知診断システム等を開発する。具体的には、

○AE法による軸受損傷診断技術

1本の軸が複数の軸受によって支持されている軸系において、アコースティックエミッション（AE）を用いて、損傷が発生している軸受を標定する方法を開発し、診断の効率化を図る。

○電磁気観測による地震予知に関する研究

既設の地電流観測ステーションによる地中電荷変動計測を行い、電磁波観測データ及び気象情報との比較解析を行って異常信号と地震発生との関連を調べる。封圧下での岩石の圧縮変形試験を行って、岩石破壊と電磁気現象発生の関係を調べる。

(H14年度進捗状況)

ナノ/マイクロ・トライボロジー

○自己組織化膜（SAM）のナノ・トライボロジーへの応用

レドックス活性ルテニウム錯体について、脱プロトン化による分子の導電性変化の観察に成功した。この成果は単一分子スイッチへの展開が期待される。

SAMの導電性をAFMで測定し、100倍の導電性向上をオリゴフェニレンピレン分子で得ることができた。

プレートオンディスク摩擦試験機を用いてSAM修飾表面の摩擦・摩耗特性を測定し、アルキル基の炭素数が18以上のSAM分子を用いた場合、高い耐久性を示すことを確認した。

○ナノ・マイクロ表面制御・計測技術

シリコン基板上に微小なAFM用3次元ステージを試作した。また、高真空中での凝着力・摩擦力測定を行い摩擦力に及ぼす凝縮水の影響を明らかにした。

ナノ領域における押し込み試験では、試料のピルアップの影響が大きく、接触面積を精度良く決定する上で重要であることを明らかにした。

○機能性流体の機械要素への応用

液晶ジャーナル軸受の静特性において、均一電場を付加した条件では圧力分布の実測値と数値計算結果が一致することを確認した。

エコ・トライボロジー

○溶射法によるシリンダライナー用トライボマテリアルの開発

Al-Si系材料系において、Siを35wt%、Cuを5wt%、

Mg を0.1wt%添加した超微粒子からなるアトマイズ粒子（平均粒径 $20\mu\text{m}$ ）を溶射粉末として開発し、これにより従来の Al-Si 系溶射被膜と比較して、硬度で2倍、耐摩耗性で100倍の性能向上を実現することができた。さらに、酸化物系ウィスカーを添加することにより、従来の鋳鉄以上の耐摩耗性を得ることができた。また、エンジン油を用いた境界潤滑条件下では、鋳鉄と同程度の低い摩擦係数を達成することができた。

○SPS 法によるチタン系複合材料の開発

チタン金属材料に TiN 及び SiC セラミックスを添加して焼結することにより、アルコール中での摩耗をチタン金属に対して1/1400から1/120000に低減することができた。

○高温固体潤滑性材料の開発

$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Gr-hBN-Ni}$ 系複合材料について Ni 相をより高融点の NiAl 相に置換することにより、高密度の焼結体を得ることができた。

○トライボロジー特性データベースの構築

SRV 試験機を用いた各種材料の基本的なトライボロジー特性データ取得に際し、ドイツ国内でのラウンドロビンテストや自動車メーカーならびに潤滑油添加剤メーカーでのテスト条件を調査するとともに、SRV 摩擦試験機をスクリーニング試験機として用いている国内企業を対象に、試験条件の実態調査を行った。これらの結果をもとに、データベース取得のための摺動条件を決定し、現在使用されているトライボマテリアルや国家プロジェクトなどにおいて新規に開発された材料を集め、データの蓄積を開始した。潤滑油には市販の生分解性油も採用した。

メンテナンス・トライボロジー

○AE 法による軸受損傷診断技術

転がり疲れの実験によって提案した標定アルゴリズムの妥当性を検証した。その結果、標定の成否は AE 波形の減衰に大きな影響を受けることが明らかになった。

○電磁気観測による地震予知に関する研究

既設の地電流観測ステーションによる地中電荷変動計測および電磁波観測を行いデータの蓄積を図った。岩石圧縮変形試験の予備実験として200MPa までの圧力のもとで岩石試料の油圧シール確認を行った。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] マイクロ・ナノ/エコ/メンテナンス・トライボロジー、表面分析、表面改質

研究テーマ：

経済産業省 エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費「エコ・テラードトライボマテリアル創製プロセス技術の研究開発」

経済産業省 エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費「環境適合型次世代超音速推進システム技術開発（CO₂排出抑制技術の開発 CMC の耐環境性評価）」

経済産業省 電源多様化技術開発等委託費「離島用風力発電システム等の研究開発」

文部科学省 若手任期付研究員支援（継続）「単一分子機械・素子の動作確認と集積化」

先進材料・構造健全性研究グループ

(Advanced Materials & Structural Integrity Group)

研究グループ長：平野 一美

(つくば東)

概要：

(研究の目的・目標)

エネルギー機器や輸送機器等に用いられる先進材料・構造システムを対象としてその最適構造設計および破壊防止設計指針を策定するために、マクロ・ミクロな観点から変形、破壊メカニズムの解明を通じた損傷許容性評価研究を行うとともに、統合化モデリングとシミュレーション手法を援用することにより、長期耐久性評価や寿命・余寿命予測に関する研究開発を実施する。また、機能検証から信頼性確保が実用化のキーとなりつつある MEMS (Micro Electromechanical Systems) についてその信頼性向上を図るための研究開発を実施する。さらに、材料データベースのみならず製造プロセス・設計データベースを包含したシステムデータベースの構築を図り、先進材料関連知的基盤の整備を促進させる。

(H14年度計画)

(1) 超耐熱構造材料の長期耐久性評価に関する研究

融液成長複合材料 (MGC) について、超高温・高圧水蒸気環境下におけるクリープ試験を行い、荷重荷方向、採取方位、変形温度、変形応力、水蒸気圧依存性を調べ、その変形メカニズムを解明するとともに、材料中の水素/酸素/水酸化物イオンの拡散挙動、それらと転位との相互作用を調べる。また、超高温大気中における混合モード破壊強度特性を評価する。

(2) MEMS の信頼性確保および NEMS

(Nanoelectromechanical Systems) 実現に向けた萌芽的研究

MEMS より NEMS へのパラダイムシフトを目指し、これまで実施しその見通しが得られた「MEMS を構成する材料の機能・耐久性向上を図るハイブリッドナノ・キャラクタリゼーション」の研究開発を進展させ、NEMS の実現を図る機能発現メカニズムの解明およびメカニクスに関する萌芽的研究に着手する。

(3) 先進複合材料の知的基盤整備促進に関する研究

耐熱樹脂系複合材料を対象として恒温及び熱サイクルエージング後の有孔引張・圧縮強度特性の評価、恒

温及び熱サイクルエージング後の残存有孔疲労強度特性の評価を行う。また、フライトシミュレート条件下における熱・機械的応答の評価を行う。さらに、チタン系複合材料の高温低サイクル疲労寿命評価を行う。

(H14年度進捗状況)

(1) 超耐熱構造材料の長期耐久性評価に関する研究

昨年度高性能化した模擬実環境材料試験評価装置を用いて、融液成長複合材料の1500-1600°C・0-0.6MPaの高圧水蒸気環境下におけるクリープ試験を行い、荷重負荷方向、採取方位、変形温度、変形応力、水蒸気圧依存性を明らかにした。また、クリープ変形後の表面分析を行った結果、材料中へのH₂OおよびHの拡散を確認した。これらの拡散により転位密度が増大し、超高温・高圧水蒸気環境下においてクリープ変形が加速することを明らかにした。さらに、シェブロン・ノッチ付き円盤試験片を用いたブラジリアン試験法により、同材料の1500°Cを超える超高温大気中での純粋モードI、IIそして混合モード破壊靱性を評価するとともに混合モード破壊条件を明らかにした。

(2) MEMSの信頼性確保および

NEMS (Nanoelectromechanical Systems) 実現に向けた萌芽的研究

MEMSの候補材料として期待されている強磁性形状記憶合金Fe-Pdの応力サイクルや熱サイクル下における機能劣化メカニズムを解明するために、AFM(原子間力顕微鏡)とMF(M) (磁気力顕微鏡)を併用したハイブリッド・ナノキャラクタリゼーションを実施した。本手法によりマイクロ、ナノレベルの微小領域の機能特性を評価することができること、および表面形状や磁区構造より、劣化特性が予測できる可能性を有すること等を明らかにした。また、平成13年度に開発に着手した繰り返し微小荷重負荷・耐久性評価装置の整備を継続し、ミクロンオーダーの薄膜の耐久性試験を含む力学特性試験が可能であることを明らかにした。

(3) 先進複合材料の知的基盤整備促進に関する研究

将来航空機の候補機体材料である耐熱樹脂(ビスマレイミド、ポリイミド)系複合材料に関して、恒温及び熱サイクルエージング後の有孔引張・圧縮強度特性、恒温及び熱サイクルエージング後の残存有孔疲労強度特性、フライトシミュレート下における熱・機械的応答の評価研究を行った。また、部分強化航空機用エンジンコンポーネントに関連したチタン合金系複合材料について高温低サイクル疲労寿命の評価を行った。研究論文にまとめ先進材料関連の主要な国際会議にて論文講演を行い世界に研究情報発信を行うとともに、引続き次世代金属・複合材料研究開発協会を通してACMDS (Advanced Composite Materials Database System) データベースとしてホームページ公開を行った。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] 先進材料、長期耐久性、ナノ・キャラクタリゼーション、構造健全性、知的基盤、システムデータベース

複雑現象工学研究グループ

(Applied Complexity Engineering Group)

研究グループ長：市川 直樹

(つくば東)

概要：

(研究の目的・目標)

要素還元的な手法では現象の解明・予測などが困難となる、複雑で大規模な非線形システムに対して、現象解明および診断・予測予知を高精度に実現するため、全体パターン・多様性・フラクタル・カオスと言う複雑系的な視点を機械工学に導入し、要素還元にとらわれない新しいパラダイムを工学の分野に拓くことを目標とする。複雑系の研究はこれまで経済学・脳科学などを対象にされてきたが、機械工学に応用するというこうした試みは世界的にも例がない。

この中期における具体的な目標としては、グループや研究所内外の研究者との交流・議論を通して、こうした概念・手法を具現化できるようなプロジェクトの提案を行うこととする。各自の研究を複雑系的な観点から、ソフト・ハード両面に対して捉え直し、その可能性を探る。時空間パターン計測技術の開発として、配管内あるいは多孔質内の混相流の界面断面形状などのパターンを観察可能にするX線CT装置等の開発を行う。

(H14年度計画)

H14年度は、H13年度に引き続き、各自がこれまで手がけてきた研究テーマを、全体パターン・多様性・フラクタル・カオスと言う複雑系的な観点から、ソフト・ハード両面に対して捉え直すとともに、グループとしての共通基盤となる研究シーズを見つけ出す。

- 1) パターン形成メカニズムの解明：外力などを受け、多くの要素が相互作用する系における複雑挙動からの階層的組織化・パターン化に至る過程の解明を目指す。横風中での大量弾性ロッド群や二相流中の気泡群の挙動などをモデルとした実験を行い、取得された時間的・空間的データの分析に取り組む。
- 2) 時空カオスの工学的応用：結合振動子系や流体など非線形系に生じる時間的にも空間的にも複雑な現象(時空カオス)の工学的応用を目指す。カオス、進行波、孤立波、自励振動等の制御(安定化と切り替え)により、熱や物体の高効率輸送を行うための基礎データの取得と解析・制御法の検討を行う。特に気液二相流の非線形統計解析を進め、断面のボイド率の変化や差圧などの時系列データ解析手法を確立させることに取り組む。

(H14年度進捗状況)

a) 原子炉における気液二相流複雑流動評価に関する技術開発

間欠的で非均質な流動特性を反映した高精度の気液二相流シミュレーションコード開発のための検証データの取得を目的として、圧力の多点計測とワイヤメッシュセンサによる時空間ボイド率分布詳細計測技術の開発と、統計解析による時系列データの定量化を行なった。具体的には、スケール拡大にともなう流動現象の複雑化を調べる大口径管実験、気液対向流の複雑な界面挙動に支配される燃料タイププレート CCFL を模擬する多孔板 CCFL 実験、自然循環炉チムニーの気泡ブルーム揺動と循環量推定のための自然循環実験など実機において生じると予想される複雑な気液二相流の流動実験を行い、線形および非線形統計量を算出した。特に、非線形統計量解析では、複雑な気液二相流の特徴を捉えた非線形統計量の算出方法を検討し、ダイナミクスの観点から、解析モデルの妥当性を検証した。

二相流に対して時間遅れ座標系に再構成された軌道の幾何学的複雑さを表す相関次元を求める場合、計算過程におけるスケリング領域および収束性の判定が困難だった。そこで、可変時間遅れを用いた軌道再構成と生体等の定常性の弱い現象に対して用いられている point 相関次元法を組み合わせるによりスケリング領域判定性と収束性を向上させ、客観的かつ信頼性の高い解析を可能とした。

スラグ流における圧力変動と断面ボイド率の時系列に対して相関次元を求めた。断面ボイド率に関しては、相関次元がガス流量に対して単調増加しないことが明らかとなった。これらの統計手法の信頼性の検定をサロゲートデータ法により調べた。断面ボイド率から求めた相関次元は信頼できるが、圧力変動から求めたものは検定に通らず、信頼性に欠けることがわかった。今後、他の非線形統計量の計算、管径による違いなどを数多くのデータを解析する事により、さらに興味深い知見が得られることが期待される。

b) 高速 X 線 CT の開発

高エネルギーパルス X 線源の開発を完了するとともに、新システムの動作試験を行い、半導体検出器および画像再構成アルゴリズム等開発要素を評価した。開発要素として、電子線の収束径を最適化し、所定の分解能を実現する小ピッチの線源配置を実現するとともに、高速なパルス照射を可能とするマルチ電子管電極を新たに設計・製作した。また、これらの装置を 10^{-7} Torr の高真空容器内に設置し、新システムにおける空間および時間分解能の上限把握、X 線動作条件設定、流体計測での精度評価を行い、所定の機能が実現できている事を確認した。最終年度につき、装置開発と流動実験結果の総括を行い、実用化に向けた課題の検討を行なった。

c) 柔軟ロッド群のパターン化

ロッド配列内部における時空パターン形成メカニズムを実験的に明らかにするために、昨年度までに解析を行っていた300本配列を1000本配列（25行40列）へと拡張した結果に対しての解析を行った。300本のロッド配列と同様に、1000本のロッド配列においても、ロッド群の集団的な非線形挙動は、数種類の大域的な非線形モードに収束することが明らかとなった。さらに、時間の経過とともに、ロッド先端の配列の形状が対称モードと非対称モードの間を飛び移るように遷移を繰り返すことも確認した。VTR 画像のフレーム分析から波動の空間的波数を、加速度計による計測データの周波数分析から波動を特徴付ける角周波数を、いくつかの風洞風速においてそれぞれ求めた。その結果、風洞風速に依存して空間的波数も角周波数も変化することが判明した。この結果に適合するような波動方程式を用いて、ロッド配列の時空パターンを支配方程式を数学的にモデル化することが今後の課題である。

d) 反応拡散素子による機能の発現

空間的に分布した膨大な数の素子の協調動作により機能を発現する分散機械システムを開発を行っている。制御原理として反応拡散現象を用い、興奮波の伝播を利用した知的搬送システムを提案し、数値シミュレーションにより検証した。興奮場の幾何学的形状による方向性の設定や論理演算の実現が可能であり、形状マスクを用いることにより、入出力ポートおよび搬送路のダイナミックな設定が可能である。

e) マイクロ流体へのカオス・フラクタルの応用

カオス・フラクタルなどの工学応用によりマイクロ流体での問題点のいくつかを解決できる可能性がある。今年度は実際にマイクロ流路内の流れ場計測を行い、特に気体と液体が混在する場合のマイクロ流体の特徴的な現象の把握を行った。マクロなスケールでは観察できない壁面のわずかな濡れや液滴との干渉で流路全体に大きな速度変動が観察されることなどが明らかになった。また、カオス的混合に関する文献調査を引き続き行った。壁面の溝により2次流れを断面内に生じさせる手法を試作し、実験を行っているが現在までその効果は確認されていない。今後実験および理論的に詰めていく予定である。

f) 生体系における自己組織化（協同現象）

機械系では一般に外力に対して固定的な応答を示すのに対して、生体系では同じ外力でも多様な応答性を示すことが知られており、この多様性は生体系の種の存続に非常に重要である。一方、被服構成要素や化学反応系でも類似の複雑性が認められ、微小の入力差でも多大な応答差が生じ得る。この生体系の示す多様性、複雑性に着目して、個体（生体）間相互作用や刺激・反射（反応）に対する理論解析を中心とした基礎的アプローチを行っている。特に、生体系における階層に

よらない普遍的な情報伝達メカニズムに対するモデル構築を実証する観点から、マクロな個体レベルでの自己組織化（協同現象）に着目しながら研究を進めている。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 複雑系／カオス／フラクタルの応用・制御、マイクロ・高速 X 線 CT、マイクロ流体

研究テーマ：

経済産業省 原子力試験研究委託費「高速 X 線 CT を用いた多次元熱流動計測の高度化に関する研究」

総括研究員

(Principal Research Scientist)

総括研究員：加藤 孝久

(つくば東)

概要：

(研究の目的・目標)

厚さ数ナノ潤滑膜のトライボロジー特性を明らかにし、高強度ナノ潤滑膜を開発する。厚さ2ナノメータ以下のナノ潤滑膜の開発を目標とし、また、摩擦係数、耐久性が PFPE より優れた自己組織化単分子膜 (Self-assembled monolayer, SAM) を利用して高強度ナノ潤滑膜を開発する。一方、大学（東大、東工大、名古屋大、長岡技術科学大学、鳥取大学、名城大学、Dartmouth 大学、シンガポール大学 NUS）と共同研究を実施し、また民間企業に対して技術指導を行い、産学官の共同研究開発に務める。

(H14年度計画)

これまでの研究でナノ潤滑膜は吸着分子層および流動分子層からなることを明らかにしてきた。H14年度はそれぞれの層のトライボロジー特性を明らかにし、その結果をもとにして、高強度二分子層潤滑膜を開発する。二分子層潤滑膜の開発は超高密度記録 (HDI) にて期待されており、情報ストレージ研究推進機構 (Storage Research Consortium, SRC) と共同研究を行う。具体的には、厚さ2ナノメータ以下のナノ潤滑膜の開発を目標とし、また、摩擦係数、耐久性が PFPE より優れた自己組織化単分子膜 (Self-assembled monolayer, SAM) を利用して高強度二分子層潤滑膜を開発している。

(H14年度進捗状況)

○吸着分子層および流動分子層のトライボロジー特性の解明

- ① 吸着分子層と流動分子層それぞれを厚さ 1 Å の精度で固体表面に固定する技術を開発した。
- ② 吸着分子層と流動分子層からなるナノ潤滑膜の摩擦特性、耐摩耗特性を明らかにした。そして、最適な組み合わせを提案した。
- ③ 自己組織化単分子膜 (Self-assembled monolayer, SAM) を吸着分子としたナノ潤滑膜を開発中であ

る。SAM 自身は従来のフッ素系吸着分子層より強度が高いことを明らかにした。

④ モンテカルロ法を用いてナノ潤滑膜の力学的特性に関するシミュレーションプログラムを開発し、その特性を高めた。ナノ潤滑膜表面の粗さ、ナノメニスカスの伸び特性などを明らかにした。

⑤ 分子動力学法を用いてナノ潤滑膜の力学的特性に関するシミュレーションプログラムを開発し、その特性を高めた。固体の速度、押付け力などのマクロな条件を与えた場合に、それに伴って発生するナノ潤滑膜内でのすべり現象を明らかにした。

○ナノトライボロジーの普及・啓蒙活動

① 定期的講義および特別講義を行い、ナノトライボロジーおよび摩擦制御に関する啓蒙を行った。

定期的講義：東京大学、東京工業大学

特別講義：長岡技術科学大学、東京工業大学、電気通信大学、北海道大学

② ドイツ国立材料研究所 (BAM) と、ナノトライボロジーを主題として国際シンポジウムを主催し (H15年2月)、ナノトライボロジーの発展に尽くした。

③ 民間企業に技術指導を行い、トライボロジー技術の啓蒙、トライボロジー機械要素の開発に貢献した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 ナノトライボロジー、摩擦制御、自己組織化単分子膜、耐摩耗性向上、磁気ディスク

⑱【ナノテクノロジー研究部門】

(Nanotechnology Research Institute)

(存続期間：2001. 4. 1～)

研究部門長：横山 浩

副研究部門長：南 信次、阿部 修治

総括研究員：徳本 洋志、松本 和彦

所在地：つくば中央第2、つくば中央第4、

つくば中央第5、つくば東

人員：108 (45) 名

経費：979, 600千円 (253, 714千円)

概要：

ナノテクノロジーとは、バイオテクノロジーを含むあらゆる物質科学技術を革新する新分野である。本研究部門は、基礎科学と産業技術応用の両面において、ナノテクノロジーの意義を広く社会に向けて表現し、学界、産業界におけるナノテクノロジー研究開発を先導することを目的とする。このために、本研究部門では、理論・計算科学を研究活動の基盤としてとして重視し、その上にプロセス・加工技術と計測技術を配置

し、ナノ材料、ナノデバイス、ナノバイオテクノロジーをターゲットとした、世界水準で特徴ある研究開発を推進する。

ナノ材料……………理論・ナノシミュレーション、カーボンナノチューブ、超分子・自己組織系、ドラッグデリバリシステム

ナノデバイス……………スピンエレクトロニクス、カーボンナノチューブ、分子エレクトロニクス

ナノ計測……………プローブ顕微鏡技術、超高感度局所分光技術

ナノ加工・プロセス……………プローブ加工、薄膜形成、インクジェット技術

ナノバイオテクノロジー…バイオチップ

加えて、ナノテクノロジーのための研究基盤施設として、AIST-NPF をさらに拡充し、日本全国レベルで進められているナノテクノロジーネットワークの形成にも貢献する。

外部資金：

科学技術振興事業団「ダブルティップカンチレバーの試作、評価」(2,224千円)

新エネルギー・産業技術総合開発機構「ナノテクノロジープログラム(ナノマテリアル・プロセス技術)ナノ機能合成技術プロジェクト」(194,517千円)

新エネルギー・産業技術総合開発機構「ナノテクノロジープログラム(ナノマテリアル・プロセス技術)ナノカーボン技術プロジェクト」(22,940千円)

経済産業省 科学技術総合研究委託費「染色体の構造と機能解明のためのナノデバイスに関する総合研究」(21,752千円)

経済産業省 科学技術総合研究委託費「新しい情報処理プラットフォームのためのアクティブ原子配線網に関する研究」(39,216千円)

経済産業省 科学技術総合研究委託費「ホウ素系新超伝導物質の材料化基礎研究」(6,750千円)

経済産業省 科学技術総合研究委託費「カーボンナノチューブエレクトロニクスに関する研究」(26,310千円)

経済産業省 科学技術総合研究委託費「界面メゾスコピック構造の研究」(125,437千円)

文部科学省「ナノプロセッシング・パートナーシップ・プログラム」(263,528千円)

文部科学省 若手任期付研究員支援「単一種分子から成る新規伝導体の開発と応用」(13,753千円)

文部科学省 科学研究費補助金「分子の電気伝導の理論」(2,100千円)

文部科学省 科学研究費補助金「半導体・金属グラニューラー構造の非線形磁気伝導現象の解明とデバイス応用」(2,400千円)

内部資金：

特許実用化共同研究開発「ナノテクノロジー用マニピレータおよびプローブの実用化とその応用」(8,206千円)

ハイテクものづくり「スーパーインクジェットによる環境適応型デバイス製造技術」(16,551千円)

ハイテクものづくり「カーボンナノチューブを用いた一電荷分布測定プローブの実現」(14,712千円)

発表：誌上发表103(99)件、口頭発表338(134)件、その他9件

ナノ構造物性理論グループ

(Nanomaterials Theory Group)

研究グループ長：阿部 修治

(つくば中央第2・つくば中央第5)

概要：

ナノメートルスケールの科学技術においては実験開発研究の指導原理として理論・計算科学の重要性は極めて高い。当グループはナノテクノロジー研究部門における理論・シミュレーションへのニーズとシーズを専門的に高度化する役割を担っており、同時に、様々な実験・開発研究の当初より参画して、予測から検証へという新たな研究の流れを先導してゆくことを目指している。具体的な研究領域として、(1) ナノ構造物質の光・電子機能の理論的解明、および(2) ナノスケールの量子機能解明と量子状態制御、を取り上げ、物性物理や物理化学の理論的手法、ないし計算物理や計算化学のシミュレーション手法を用いて研究を展開している。本年度は、研究領域(1)においては、光誘起相転移の効率を画期的に高めるためのモデル提案を論文発表し、さらに、電荷注入による分子の磁性制御について理論的研究を行った。研究領域(2)においては、ナノワイヤの量子輸送の第一原理的な計算手法開発を進め、ナノグラファイト材料の物性解明を行い、量子制御の理論限界について研究を行った。また、ナノテクノロジーにおける自己組織化の概念を明確にするための基礎的検討を行い、材料科学における「階層性の

自己組織化」という概念を提示した。

研究テーマ：

テーマ題目 3、テーマ題目 4

近接場ナノ工学グループ

(Near-Field Nano-Engineering Group)

研究グループ長：時崎 高志

(つくば中央第2)

概要：

ナノメートルサイズのデバイスでは、その極近傍に存在する場（近接場）がデバイスの高性能化に重要な役割を果たしている。場としては、デバイスの機能に応じて電磁場、分子間力、電子波など様々であるが、本グループでは、特に液晶における分子間力と、半導体微細構造などにおける光近接場の制御に注目し、これらの近接場の高度制御を通してデバイスの高性能化を目指すとともに、新機能を有するデバイスを提案することを目的とする。近接場は分子構造やデバイスのナノ構造に敏感であるため、新たな分子構造やナノ構造の予測・設計、ナノメートル精度の作製法、さらに、近接場を正確に評価するための測定法・解析法の確立、などを具体的な課題として、理論的な予測と実験的な評価を両輪として研究開発を進める。

研究テーマ：

テーマ題目 2、テーマ題目 3

ナノクラスターグループ

(Nanocluster Group)

グループ長：菅原 孝一

(つくば中央第5)

概要：

サブナノメートルから数ナノメートルのサイズの粒子をナノクラスターと呼んでいる。ナノクラスターの性質は、構成する原子の種類だけではなく、構成原子数や原子配列あるいは形状などにより劇的に変化するため、ナノテクノロジー分野の研究開発を支える基盤材料となりうる。そのためには、(1) ナノクラスターのサイズや構造を明らかにすること、(2) サイズや構造と性質との関係を明らかにすること、(3) サイズや構造をそろえて大量に作製することが必要である。ナノクラスターグループは最も基本的な(1)に焦点を合わせ、レーザー分光、質量分析、X線回折、電子顕微鏡などを用いた手法の開発と物質の探索を行っている。

研究テーマ：

テーマ題目 2、テーマ題目 5

機能性超分子グループ

(Supramolecular Chemistry Group)

研究グループ長：川西 祐司

(つくば中央第5)

概要：

ナノスケールにおける機能・物性制御が可能な、超分子系材料の開発を目的とする。分子環境や外部刺激

に応じ、予定された機能や物性が発現する、インテリジェントな応答・反応性を持った人工分子系を、構築することを目標としている。系の最小単位として、分子や分子の集積体からなる機能ブロック（機能性超分子）をとりあげ、その合成と機能開発を進めた。加えて、機能対構造、物性対構造の知見の拡充と、分子アーキテクチャの具体化に向け、物理化学的・分析化学的手法による機能ブロックの評価を行った。金属錯体、 π/σ 共役分子、ホストゲスト系分子、それらの複合系を機能ブロックの構成部品とし、液晶・界面・高分子・金属表面への埋め込みや相互作用利用による材料化を検討中である。

研究テーマ：

テーマ題目 3

分子ナノ組織体グループ

(Molecular Nano-Assembly Group)

研究グループ長：松本 睦良

(つくば中央第5)

概要：

アルカンを混合することにより、スピロピランのラングミュア膜、LB膜における光誘起J会合体形成を制御できることを明らかにした。シランカップリング剤を含む混合LB膜の相分離構造を検討し、ドメイン成分が交換可能であることを明らかにした。

カルコゲニド類縁体を系統的に合成し、それらの分子性薄膜の電気物性を評価し、分子と金属との接合部としての重カルコゲン（テルル、セレン）の役割を明らかにした。またチエニルアルカンチオールを系統的に合成し、その自己組織化膜の構造評価を行った。

繊維状組織体形成能を有する双頭型両親媒性化合物を水溶液中で親水性基板界面と相互作用させると球形中空微粒子を形成することを明らかにした。またこの系における球状から繊維状への形態変化を伴う自己組織化機構を明らかにした。

比較的小さな置換基を有する α 、 ω -オリゴチオフェンを種々合成し、その液晶相について検討したところ、無置換体は6量体以上で、ジシアノ誘導体は3量体以上で、またジメチル誘導体では4量体において、ネマチック相と考えられる液晶相を発現した。

研究テーマ：

テーマ題目 3

分子ナノ物性グループ

(Molecular Nanophysics Group)

研究グループ長：徳本 圓

(つくば中央第2・第5)

概要：

フラーレン強磁性体 TDAE-C60の強磁性転移における臨界紙数を測定し、相転移の性質を明らかにした。STM/STS を用いて、カーボンナノチューブ分子内接合、MoS₂ナノチューブなど種々の分子性ナノ構造体

の微視的構造と電気的特性の関係を明らかにした。単層カーボンナノチューブにおいて非線形光学特性の一種である「可飽和吸収効果」を観測することに成功し、それを用いた光素子を考案しその特許を申請した。

単一成分から成る分子性伝導体において、世界で初めて磁気的量子振動の観測に成功し、この物質がフェルミ面を持つ正真正銘の金属であることを証明した。

自己組織化オリゴシラン薄膜の電荷輸送特性の分子鎖長、末端基長及び分子運動依存性を系統的に調べ、それらの現象を説明する電荷輸送モデルを提案し、分子インターフェース制御の可能性を示した。

LB膜における分子配向の支配原因の一つがアクセプター種の違いであることを明らかにした。また、長鎖アルキル基と酢酸基を導入したメロシアニン色素の分子構造のわずかな違いや下相水中の金属イオン種がJ会合体の形成に与える影響を調べた。

サーモトロピック系キュービック液晶化合物ANBC-16の高圧下における相転移を観測し、温度圧力相図の詳細を明らかにした。

研究テーマ：

テーマ題目 1、テーマ題目 3

バイオナノマテリアルグループ

(Bio-nanomaterials and Surface Interaction Group)

研究グループ長：羽藤 正勝

(つくば中央第5)

概要：

糖は、再生可能な資源であると同時に、細胞表面で認識機能、或いは水環境下の生体成分の安定化等、独特の機能を持っている。当グループでは、このような糖の特性に焦点を当て、人間の健康や環境を維持する技術開発を目標に、A) “バイオナノベシクル” や “生体分子デバイス” の開発に関する研究と、B) それらを支える “Force Microscopy” と “表面間相互作用” に関する研究を行っている。研究課題 A では1) 糖鎖を有する新規糖脂質の開発とキュービック液晶等各種液晶の研究、糖鎖を表面に有するナノベシクルの合成等待着てマテリアル合成の研究と2) それを利用した膜蛋白質+糖脂質液晶からなる “水素発生用生体分子デバイス” の開発や糖鎖の分子認識能を用いた標的特異機能を持つ新規ドラッグデリバリシステム (バイオナノベシクル) の開発を行っている。

また、研究課題 B) では、バイオナノベシクルや “生体分子デバイス” を nm スケールでその場観察を行うための新しい手法の開発や糖鎖-糖鎖・糖鎖-蛋白質の相互作用の解析と構造-活性 (体内動態) 関連の解明を行っている。

研究テーマ：

テーマ題目 3

単一分子・界面技術グループ

(Single molecular and interfacial engineering

Group)

研究グループ長：野副 尚一

(つくば中央第5)

概要：

単一分子・界面技術を主要な手法としてナノテクノロジーを実用に結びつける端緒を開くことを目標として、以下の項目について研究を行う。1) 走査型プローブ顕微鏡による単一原子・分子操作技術、自己組織化技術及びラジカル等の励起ビーム技術を用いて原子・分子レベルからナノメートルスケールで制御された構造の構築技術に関する研究を行う。また、それ自身が高度な特性を持つナノチューブや DNA 等の生体分子の表面・界面での高度制御技術にも取り組む。2) 表面・界面の制御・評価技術に関する研究を行う。このため、走査型プローブ顕微鏡の手法の高度化、カーボンナノチューブ探針の有効利用技術の開拓、アトムプローブ・STM 複合装置による原子・分子極限操作技術の開発、非線形分光法等の新規手法に取り組む。3) 微細加工技術により素子あるいはマイクロリアクターの形成を試み、ナノメートルスケールで初めて発現する新奇な現象の探索を行う。

研究テーマ：

テーマ題目 2

先進ナノ構造グループ

(Superior Nanostructure Group)

研究グループ長：秋永 広幸

(つくば中央第4)

概要：

物質をナノ構造化することによって、合目的的に設計された機能の発現と制御を可能とし、そのようなナノ材料の開発成功例を積み上げていくことを活動指針とし、この過程で、「先進」と呼ぶに相応しいナノ構造と、そのナノ構造に触発された新しい研究分野あるいは研究概念を創造していくことを本グループの長期目標としており、より具体的には、ナノスピントロニクスとナノプロセッシングの2つのサブテーマを掲げている。前者においては、ナノ構造化することによって様々な物質における電子の持つスピン物性が顕著になることを利用して、大量の電子情報処理を、低コスト・低エネルギー消費で実現するためのメモリー機能や電磁場に対する高い感度を備えた機能を期待出来るナノスピントロニクス材料を設計・開発し、更にその全く新しい材料形成技術を構築することを目指している。現在までに、室温・低磁場において大きな物性変化を示すナノスピントロニクス材料、強磁性体/半導体ヘテロ接合材料における室温スピン注入の実証等に成功している。後者では、産総研ナノプロセッシング施設を、産学官の研究者に広く提供することにより、そのアイデア実現を加速し機動的ナノテクノロジー研究開発を支援することを行っている。

研究テーマ：

テーマ題目 1、テーマ題目 7

メゾテクノロジー連携研究体

(Collaborative Research Team of Mesotechnology)

連携研究体長：中山 景次

(つくば東)

概要：

トライボマイクロプラズマ、トライボエミッション、摩擦帯電現象、電子的欠陥分布などの摩擦にもなる電磁氣的諸現象を中心に、これらの諸事象をナノレベルで計測・解析する技術を開発し、様々な産業界のトライボロジー問題の解決とメゾ、ナノのスケールでの微小機械システムの開発に向けた当該研究チーム全くの独自の革新的ナノトライボロジー技術を開発することを目的とする。トライボマイクロプラズマから放出されるフォトンの二次元分布計測装置を試作し、本装置を用いてかねてより提唱していたトライボマイクロプラズマを摩擦接点の隙間において発見し、その特性と発生機構を明らかにした。さらに、コンピュータのハードディスクのヘッドとディスクの摺動接触部のシミュレーション試験においてマイクロプラズマの発生を観察するとともに、低マイクロプラズマ特性を持つ DLC 膜と耐マイクロプラズマ特性を持つ潤滑膜を見出すことができた。また、光デバイスを中心とするナノ薄膜中の欠陥を計測するための超高真空 TSEE・TSPE・TSNE 複合計測装置を試作し、その性能を確認するとともに、近接場光技術を用いて表面プラズモンと表面突起形状との関係を調べた。

研究テーマ：

テーマ題目 2

スーパーインクジェット連携研究体

(Collaborative Research Team of Super Inkjet Technology)

連携研究体長：村田 和広

(つくば中央第2)

概要：

省資源、省エネルギープロセス化への要請や、新たな微細加工技術への対応を目標として、従来の1/1000以下の超微細液滴を精密に基板上に配列できる超微細インクジェット（スーパーインクジェット）技術を開発した。産総研では、この技術を用いて、金属超微粒子による線幅数ミクロンの微細配線の描画、導電性高分子のパターニング、カーボンナノチューブの局所成長制御、セラミックスのパターニングなどへの応用を発表した。超微細インクジェット技術は、応用分野が多岐にわたり、周辺技術や周辺特許の確立は産総研だけでは困難であると考えられたため、複数企業との共同研究（＝連携研究体）を行うことにより技術のさらなる高度化と早期の実用化を目指している。2002年4月にプレスリリースを行い、産総研との共同研究を希

望する企業と共同研究契約を結び、特に積極的に研究に参加する企業に対し技術情報開示を行った。その結果、民間企業7社（このうち2社は、産総研の集中研において共同研究を行っている。）と共同研究体制をスタートさせ、本技術の実用化に向け第一歩を踏み出している。

研究テーマ：

テーマ題目 5

[テーマ題目 1] 量子ナノ構造と量子機能材料・デバイス（運営費交付金、戦略的創造研究、ナノテクノロジープログラム（ナノカーボン、ナノ機能合成））他

[研究代表者] 南 信次（ナノテクノロジー研究部門副部門長）他

[研究担当者] 松本 和彦、徳本 洋志、徳本 圓、秋永 広幸、清水 哲夫、カザウイ・サイ、アブドゥ・ハサニエン、眞砂 卓史（職員8名、他10名）

[研究内容]

カーボンナノチューブは従来にない特徴を有するユニークな電子デバイス材料・光機能材料であり、その広範な可能性を探索・追究するため、基礎特性解明から素子開発にまたがる広いスペクトル範囲で研究を推進する。具体的な研究目標は、(i) カーボンナノチューブを用いて、電荷やスピンを、室温で個別に認識・測定するナノデバイス・システムを開発すること、それを用いて、半導体の界面・表面欠陥、電荷分布等を評価するための革新的技術を開発すること、(ii) 電子デバイスへ応用する上で重要な、パルスティック伝導の確認、オーミック接合形成技術やカーボンナノチューブの金属・半導体判別手法を開発すること、(iii) 構造制御されたカーボンナノチューブ組織体を構築する技術を確立し、それに基づき、光電変換素子、センサー、非線形光学素子等を開発すること、(iv) これらの基盤となるカーボンナノチューブの電子物性を理解するため、高度な走査型プローブ顕微鏡技術を駆使して、カーボンナノチューブナノ構造体の微視的構造と電気特性との相関関係を解明すること、である。当部門は、カーボンナノチューブによる単一電子素子の開発、世界最高分解能の STM 観測、化学修飾によるカーボンナノチューブ均質薄膜の実現等、これらの研究を推進する上で、世界のトップレベルの実績を有している。

本年度は、微細性に優れたカーボンナノチューブと量産性に優れたフォトリソグラフィ技術を組み合わせ、単一電子トランジスタを構築した。これにより、従来困難であったカーボンナノチューブの位置指定の問題を解決し、量子効果ナノデバイスの量産手法を確立した。更に、従来の単一電子トランジスタの1000倍の高電流密度を実現した。また、低融点金属を加熱溶融しながらカー

ボンナノチューブへ電極接合することにより、オーミック接合の実現を試みた。単層カーボンナノチューブにおいて非線形光学特性の一種である可飽和吸収効果を見いだした。また、単層カーボンナノチューブを化学修飾して可溶化し、Langmuir-Blodgett (LB) 法を用いることにより、光学的に均質で、チューブの配向が制御された薄膜を作製した。基礎物性の面では、プローブ顕微鏡技術 (STM/STS) を用いて、カーボンナノチューブ分子内接合、MoS₂ ナノチューブなど種々の分子性ナノ構造体の微視的構造と電気的特性の関係を解明した。

スピントロニクス材料は、定常的エネルギー消費を伴わないメモリー機能や電磁場に対する高い感度によって、低コスト・低エネルギー消費で大量の電子情報の処理を可能にする革新的材料として大きな期待が持たれる。本研究の具体的な目標は、(i) 超高磁場応答ナノ構造磁性体材料として磁場感度10000% (per10mT)、10V以下駆動の条件を満たす材料を開発すること、(ii) 高スピン偏極機能材料ヘテロ構造で1%以上のスピン注入現象を実証すること、である。この目標達成のため、ナノメートルオーダーで造形サイズを制御可能な新規ナノ構造磁性体作製方法とその評価手段を確立する。本分野は、世界的に研究が活発化しているが、当研究部門は、特に半導体ベースのスピントロニクス材料開発において世界を先導している。

本年度は、金属・半導体ハイブリッド構造における構造機能相関を明らかにするための素子構造の作製に成功した。また中間目標であった、磁場感度10000% (per 100mT) の条件を満たす材料の開発に成功した。強磁性体金属/絶縁体/半導体ヘテロ構造において、室温で1%以上のスピン注入を実現した。目標の上方修正を行う。プローブ陽極酸化により強磁性体薄膜の加工が可能であることを発見し、特許出願を行った。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 ナノチューブ、スピントロニクス

【テーマ題目2】 ナノ計測技術とナノサイエンス

【研究代表者】 徳本 洋志 (ナノテクノロジー研究部門 総括研究員)

【研究担当者】 中山 景次、初鹿野寛一、野副 尚一、久保 利隆、宮前 孝行、菅原 孝一、古賀 健司、宮脇 淳、水谷 亘、清水 哲夫、井上 貴仁、松本 和彦、西村 聡、羽藤 正勝、時崎 高志、重藤 知夫 (職員16名、他19名)

【研究内容】

(1) ナノトライボロジー

本研究の目的は、摩擦にともなう電磁氣的諸現象を中心に、凝着力、摩擦力、潤滑状態なども含めた諸事象をナノレベルで計測・解析する技術を開発し、様々な産業界のトライボロジー問題の解決とメゾ、ナノの

スケールでの微小機械システムの開発に向けた革新的ナノトライボロジー技術を開発することである。

まず、雰囲気制御型トライボマイクロプラズマ撮像装置、トライボプラズマフォトンエネルギー計測装置を構築し、これらの装置を用いてトライボマイクロプラズマを世界で初めて発見するとともに、エネルギースペクトル計測に成功して気体放電マイクロプラズマモデルを実証することができた。さらに低プラズマ発生 DLC 膜と耐プラズマ PFPE 潤滑油を見出し、ハードディスクドライブの超長寿命化技術開発に大きく貢献することができた。また、超高真空 TSEE、TSPE、TSNE 複合装置の設計・製作、および超高真空 SKPM 装置による Si (111) 表面のポテンシャル原子像の計測にも成功した。

(2) 表面ナノサイエンス

分子スケールの構造体による機能性分子素子の作製を目指している。具体的には、(1) 分子配線を目指した、分子の両端にバインディング・サイトをもつオリゴ・フェニレンビニレンの化学合成、(2) 分子骨格に側鎖基を持たないオリゴ・フェニレンビニレンの末端にメチルチオール基を導入し、その単分子膜の作製および評価、(3) 酸化膜上のアミノシラン化合物のパターニングによる選択的な化学反応制御に成功した。

金属酸化物の研究の中では、(1) SrTiO₃ (100) (チタン酸ストロンチウム) の表面構造を実験・理論の両面から解明、(2) シングルドメインサイズが数 nm から数10nm 程度のチタン酸バリウムの自己組織化形成に成功した。

有機分子膜の原子・分子レベルでの解明、およびこれらの知見に基づく薄膜形成法の確立を目指して研究している。具体的には、(1) 和周波発生分光法を用いて酸化シリコンとポリメチルメタクリレート界面の分子レベルでの挙動解明、(2) ポリエチレンテレフタレート上に酸化アルミニウムを堆積させた界面に形成される化学結合の制御、(3) 自己組織化単分子膜 (SAM) の分子に対する反応性の違いを利用した、SAM 膜上の直鎖アルキル分子の垂直配向制御に成功した。

(3) クラスタサイエンス

ナノクラスタの性質は、構成する原子の種類、サイズ、形状などにより劇的に変化する。これらを制御する手法を開発し、特異な性質を持つナノクラスタを見だし、ナノテクノロジー分野の研究開発に役立てることを目的にしている。具体的には、気相法によりナノクラスタを作成し、高分解能のレーザー分光法、質量分析法、透過型電子顕微鏡、X線回折法等を用いてその構造を評価し、安定なナノクラスタを探索する。今年度は、金属を含むクラスタの構造を解明するためのゼロ運動エネルギー光電子分光 (ZEKE) 装置を開発し、銀アンモニアクラスタの

ZEKE スペクトルの測定に成功した。一方、種々の金属とシリコンを含むクラスターを気相反応で生成したところ、タングステンは、特定サイズでシリコンとクラスターを形成することを見いだした。これは、安定な二層構造が形成されることを示している。また、ナノクラスターの内部構造を定量的および統計的に観測するための電子顕微鏡観察手法を開発し、ガス中蒸発法で生成した金ナノ粒子の内部構造の統計情報を得た。クラスターサイズが、3-18nm の範囲では、通常の結晶構造ではなく非結晶性の正二十面体構造が支配的であることを見いだした。

(4) 走査プローブ技術

ナノメートル領域の評価には欠かせない走査プローブ顕微鏡技術の高性能化・高機能化を図るとともに、ナノバイオテクノロジー等の新分野への応用展開を目標とする。具体的には、(1) 力学的に優れた多層カーボンナノチューブ (CNT) の先端を先鋭化し、高強度でかつ単層 CNT と同等の高分解能を有する探針の開発に成功した。また、AFM カンチレバーと CNT との接合を改良し導電性を高め、電極としての特性を改善した。(2) AFM カンチレバーに導入した高周波信号を“マックスウェル応力顕微鏡”にて観測するシステムを構築し、試料の数 GHz に及ぶ電場応答を観測した。極微細加工では、AFM カンチレバーを用いた局所陽極酸化法の改良を進め、幅20nm 程度の細線加工に成功した。(3) 水中試料用の液中 AFM の最適化を行い、生体において重要な脂質二分子膜ベシクル構造の評価を行った。また、極低温 (5K)・強磁場 (6T) にて動作する“近接場光学顕微鏡 (SNOM)”を開発し、これを用いて半導体量子構造の局所評価を行った。(4) 液中 AFM を改良した“磁気力制御 AFM”を開発し、細胞膜上の弾性力、および細胞内の骨格構造に対応する画像の取得に成功した。また、(3) の SNOM を利用して(2) にて作製した極微小光導波路の光学評価を行った。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] ナノトライポロジー、ポテンシャル原子像、分子素子、自己組織化単分子膜、ゼロ運動エネルギー光電子分光、正20面体構造、走査プローブ顕微鏡、マックスウェル応力顕微鏡

[テーマ題目3] ソフト複雑系ナノシステム

[テーマ題目4] ナノ物質の構造・機能理論・シミュレーション

[研究代表者] 阿部 修治 (ナノテクノロジー研究部門 ナノ構造物性理論グループ)

[研究担当者] 川畑 史郎、川本 徹、小林 伸彦、下位 幸弘、針谷喜久雄

(職員5名、他4名)

【研究内容】

光誘起相転移の効率を画期的に高めるためのモデルを理論的に提案し、計算機シミュレーションによってその実効性を確認した。提案したのは2種類の構成単位から成るナノ構造材料を使う方法である。単独では相転移を起こさない物質でも、適切な2つの物質を組み合わせることで、効率よく相転移する材料を作り出すことができることをモンテカルロシミュレーションによって示した。さらに現実に近いシミュレーションを行うため、分子動力学法による研究を開始した。また、実際の物質設計を目標として実験グループと共同研究を行い、スピントロニクス系での光照射下のヒステリシス特性を理論的に解明した。

共役高分子などの有機導体において電荷の注入など外的な刺激による機能の発現機構の解明を計算物理的な手法により理論的研究を行った。電荷注入による磁性制御について、共役分子に2つの局在スピン (ラジカル) が結合した系を考え、ラジカル間の磁性整列が電子の注入によりどのように変化するかを研究し、直鎖状分子の場合について体系的な結果を得た。また、共役高分子において、注入された電子が分子構造の変形を伴って自己束縛化し、ポーラロンあるいはバイポーラロンなどの状態をとることが知られているが、新たにその中間的な状態が存在する事を理論的に明らかにした。

ナノワイヤや単分子など、ナノスケールにおける電気伝導は、系の電子状態に強く依存する。そのため、精密な理論による電子状態の解析を基礎として、伝導特性を議論することが重要である。電子状態計算法として第一原理電子状態計算法があるが、通常の方法論では電気伝導特性を解析することは容易ではない。そこで我々は、差分法やグリーン関数を用いて電気伝導特性を解析できる第一原理電子状態計算手法の開発整備を進めた。また、解析手法の整備とともに、実際の系への適用もを行い、ナノワイヤ、単分子の電気伝導特性に関する理論解析を行った。ナノワイヤの量子化コンダクタンスやそのコンダクタンスの原子種及び構造依存性について明らかにし、金電極上のアルカンカルコゲナイドの電気伝導の実験結果に対する理論的裏付けを行った。

ナノメートルスケールのグラファイト系について、形状の効果、電子間相互作用の効果等を考えて磁性の機構や電子状態を研究した。ナノグラフェンにおける新奇な電子波干渉パターンに関して、その機構解明を行った。メビウス型の境界条件を付けた系について、ジグザグエッジのスピンに関連する磁壁ソリトンと、それに伴うギャップ内状態に注目して理論解析した。また、カーボンナノチューブの電子のスピンに依存した輸送現象に関して研究を行った。

量子コンピュータをはじめとする量子情報処理においては、量子状態の制御を行う必要がある。量子系の制御

に究極限界があるのかどうかという命題の解決を目標として、古典制御理論と量子情報理論とを融合する方法を開発し、量子制御の情報理論の限界を導出した。そして、制御系と被制御系との間の情報理論的相関が量子制御の限界を支配していることを見だし、量子誤り訂正のシステムは究極限界を達成する量子制御系であることを示した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 光機能、分子機能、量子効果、スピン

【テーマ題目5】 ナノマニュファクチャリング材料・技術・システム

【研究代表者】 徳本 洋志(ナノテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 山口 智彦、菅原 孝一、古賀 健司、
中尾 幸道、中村 徹、水谷 亘、
村田 和広(職員7名、その他4名)

【研究内容】

ナノ材料を用いた機能性の発現には、材料の開発はもちろんのこと、それを如何に基板上などに配列させるかという視点が非常に重要である。また近年、省資源、省エネルギープロセス化への要請や、新たな微細加工技術への期待が高まっている。こうした産業界からの要請も視野に入れ、ナノマニュファクチャリング材料・技術・システムの研究を行っている。

研究アプローチとしては、(1) 物理化学的手法に基づき金属ナノ粒子のマニュファクチャリング技術の開発、(2) 微細な有機薄膜パターンの簡便な作製方法の確立と、活性化した表面を利用した選択吸着や化学反応をによるナノ構造の構築、(3) 従来の1/1000以下の超微細液滴を精密に基板上に配列できる超微細インクジェット(スーパーインクジェット)技術の開発などを柱に、材料から、手法、さらにはシステム化まで幅広いスペクトルでの研究を展開している。

まず、材料面では、銅および銅合金ナノ粒子の酸化等に関わる物性データを蓄積するとともに、貴金属ナノ粒子と高分子マトリクスとの複合化により機能の高次化と多様化を図り、高次階層構造を自己組織化的に構成する技術を開拓している。

超微細な薄膜作成法の開発としては、低コストで応用範囲が広いマイクロコンタクトプリント法を用い、作製パターンの分解能として $1.5\mu\text{m}$ の線幅のSAMパターン作成が可能となっている。さらに、今後より高分解能のEB描画によるサブミクロンのスタンプ作製を計画している。

マイクロメートルスケールのパターンニング方法としては、超微細インクジェット技術の開発を進めている。超微細インクジェット技術を用いて、金属超微粒子による線幅数ミクロンの微細配線の描画、導電性高分子のパターンニング、カーボンナノチューブの局所成長制御、セラミックスのパターンニングなどへの応用可能性を示し、装

置の実用化に取り組んでいる。

今年度の成果としては、①マイクロバランス(水晶振動子、9MHz)上で直径数nmの銅ナノ粒子の酸化速度を計測した。 $\text{Cu}\rightarrow\text{Cu}_2\text{O}\rightarrow\text{CuO}$ に対応すると考えられる2相的な重量変化には約1日を要することを示唆する結果を得た。②統合的自己組織化という新概念に基づき、有機物で被覆化した直径約7nmの銀または銅ナノ粒子をポリスチレン溶液(トルエン)に分散させ、ガラス基板上に広げ室温大気下で乾燥させ、 $10\mu\text{m}$ 間隔で配列する島状ポリスチレンマトリクス中に $2\mu\text{m}$ のナノ粒子自己集合体を得た。③セロファン、デンプン、寒天などの溶液浸透性高分子を用いて、高分子マトリクス内で銅、金、白金等の金属ナノ粒子を還元的に合成する新しい手法を開発に成功した。④金膜上にスタンプしたチオール誘導体SAMを利用し、SH-DNAオリゴマーのパターン吸着、金微粒子をプローブとしたパターンの可視化を行い、ナノギャップ電極上でのDNA電気特性測定のためのDNA吸着の条件だしを行った。⑤また、チオール誘導体の機能性測定の試料作成のため、 $2\mu\text{m}$ 線幅のスタンプを作製し、パターン形成されたサンプルにより分子による局所的表面電位測定に成功した。⑥コンタクトプリント技術の応用として、PDMS上に転写した金膜パターンの作製に成功した。精度の改善により、フレキシブル電極(ゲート電極など)への応用が期待される。⑦超微細インクジェット技術の実用化のために、複数企業との共同研究(=スーパーインクジェット連携研究体)体制を組織した。⑧計算科学研究部門と共同研究を行い、超微細インクジェットの流体計算モデルの構築を進めている。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 ナノマニュファクチャリング材料、超微細インクジェット技術、コンタクトプリント

【テーマ題目6】 ナノバイオ・メディカルテクノロジー
(運営費交付金、科学技術振興調整費)

【研究代表者】 山崎 登(ナノテクノロジー研究部門バイオナノマテリアル研究グループ)

【研究担当者】 井上 貴仁(職員1名、他4名)

【研究内容】

Drug Delivery System(DDS)用ナノ粒子に、異なる糖鎖を結合したり、その分子構造をリモデリングすることにより、癌組織などへの標的指向性を有する、新規DDSナノ材料を開発する。糖鎖の有する分子・細胞認識機能に着目したDDS開発は前例の無いものであり、また、生体内において標的指向性を実現した例はほとんどない。

本年度は、合成糖蛋白質、天然糖蛋白質、糖脂質をそれぞれ結合したナノ粒子複合体を、合計約百数十種類合成した。これらの糖鎖導入DDSナノ粒子について、モ

デル系での分子認識能評価、及び担癌マウスでの体内動態評価を行った。その結果、ナノ粒子表面の糖鎖構造や分布パターンを変化させることによって、分子認識能や標的指向性を制御できる可能性を明らかにした。

染色体の構造解析・操作のためのマイクロフルイデックスシステムを開発する。一枚の微小な半導体基板上に操作・加工等の機能を一括して作り込み、高分解能顕微鏡技術と複合化して、従来より著しく迅速で均質な、染色体個別の輸送、選別、固定化、加工を実現するシステムを開発する。DNA の分離・解析用のマイクロフルイデックスの研究開発は盛んであるが、本研究のように、

(DNA の高次構造としての) 染色体そのものを個別にハンドリングするシステムはほとんど報告がない。

本年度は、染色体個別の輸送を行うために、半導体微細加工技術を用いて、幅 $40\mu\text{m}$ 、深さ $20\mu\text{m}$ の微小な流路をシリコン、石英基板上に形成し、染色体が低電圧で操作できることを確認した。コンパクトかつ高速な選別を目的として、マイクロ電極を用いて、電解質溶液中の染色体に交流電圧を印加し、その周波数に対する応答挙動を観察した。そして、電圧変調によりコンパクトな染色体ソーターを実現できることを明らかにした。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 ドラッグデリバリー、糖鎖、DNA、フルイデックス

【テーマ題目7】 ナノテクノロジー基盤整備・社会貢献

⑩【計算科学研究部門】

(Research Institute for Computational Sciences)

(存続期間：2001.4.1～)

研究部門長：北浦 和夫

副研究部門長：池庄司民夫、三上 益弘

所在地：つくば中央第2

人員：49 (26) 名

経費：185,226千円 (154,617千円)

概要：

本研究部門は、ミクロからマクロまでを含めた広範な系を対象としている。現実の問題のほとんどは、マルチスケール、マルチ物理といわれる複合現象であり、それらを扱うためのシミュレーション手法の開発を重要課題と捉えている。また、現象の解析の段階から、新しい現象の予測、狙った機能を持つ系の設計の段階に進むべく、一般的な最適化問題等にも取り組んでいる。当面の要素的課題として、5つの重要課題を設定して研究を進めている。それぞれの研究概要は以下のとおりである。

シミュレーション基礎理論に関する研究： シミュレ

ーション技術を高度化しその適用範囲を拡大する事を目指し、電子相関、電子励起状態、輸送問題を扱うための理論手法の開発と量子計算の大規模化のための手法の改良・開発、およびこれらの手法の適用研究を行っている。

化学反応シミュレーション技術に関する研究： 広範な化学反応(不均一触媒、溶液反応など)を扱うことを目指して、化学反応解析・設計手法および反応経路予測手法の開発と具体的な化学反応の機構の研究を行っている。

生体系シミュレーション技術に関する研究： 生体高分子の構造・機能を計算科学によって解明することを目的とし、量子化学計算を中核とした解析・設計技術の研究とともに、新規・既成の手法によるタンパク質などの研究を行っている。

ナノテクノロジーシミュレーション技術に関する研究： 1nm から100nm にわたるナノスケール材料の構造の制御、発現される機能の解析を可能とする手法の開発、およびこのサイズの系が持つ特徴について系統的な研究を行っている。

流体固体統合シミュレーション技術に関する研究： 実用上重要な問題にもかかわらず未だ解明されていない複合現象、例えば乱流、複合材料、固体・流体連成現象などの解析を可能にするために、有限要素法などの離散化数値解析の高精度化、大規模シミュレーション手法及びシステム統合化技術の開発を行っている。

外部資金：

文部科学省 科学研究費補助金 局在化基底による新しい固体電子励起状態計算手法の開発(執行額 1,000千円)

文部科学省 科学研究費補助金 全電子 MO 計算による K^+ 漏洩チャネルタンパク質のイオン選択および透過機構の研究(執行額 2,900千円)

発表：誌上発表53 (51) 件、口頭発表148 (48) 件
その他4件

量子モデリング研究グループ

(Quantum Modeling Research Group)

研究グループ長：北浦 和夫

(つくば中央第2)

概要：

量子力学の原理に従って電子の振る舞いを記述し、電子機能素子や化学反応過程を高信頼度、高効率に扱う手法の開発・改良に取り組む。

研究テーマ：

テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3、テーマ題目5、テーマ題目7、テーマ題目9、テーマ題目

12

粒子モデリング研究グループ
(Particle Modeling Research Group)

研究グループ長：三上 益弘

(つくば中央第2)

概要：

分子動力学法、モンテカルロ法などにおいて統計力学の新しい手法を開発し、生体系や自己組織化膜などの複雑な物質の構造・機能と分子間相互作用の関係を研究する。

研究テーマ：

テーマ題目 2、テーマ題目 3、テーマ題目 7、テーマ題目 9

連続体モデリング研究グループ
(Continuum Modeling Research Group)

研究グループ長：手塚 明

(つくば中央第2)

概要：

乱流などの流体现象解析、複合材料などの固体现象解析、固体・流体連成問題などの複合現象解析を行うための新しい数値解析法の研究開発を行う。

研究テーマ：

テーマ題目 4、テーマ題目 7、テーマ題目 10

複合モデリング研究グループ
(Hybrid Modeling Research Group)

研究グループ長：池庄司民夫

(つくば中央第2)

概要：

生体系やナノテクノロジーの研究対象は、マイクロ・メソ・マクロの種々のスケールの複合系になっている。こうした複合系を扱うために、種々のシミュレーション技術を融合した新しい方法の開発に取り組む。

研究テーマ：

テーマ題目 1、テーマ題目 2、テーマ題目 4、テーマ題目 6、テーマ題目 7、テーマ題目 8

基礎解析研究グループ
(Fundamental Analysis Research Group)

研究グループ長：浅井 美博

(つくば中央第2)

概要：

シミュレーション技術の基礎である物理解析や数理解析の研究を行う。物理解析に関しては、電子相関、電子励起、電子輸送などが具体的課題である。

研究テーマ：

テーマ題目 1、テーマ題目 2、テーマ題目 5、テーマ題目 6、テーマ題目 9、テーマ題目 11

[テーマ題目 1] 化学反応シミュレーション技術 (運営費交付金)

[研究代表者] 池庄司民夫 (計算科学研究部門)

[研究担当者] 池庄司民夫、都築 誠二、森川 義忠、片桐 秀樹、Boero Mauro、内丸 忠文 (職員5名、他1名)

[研究内容]

電子状態計算で扱える原子の数を大幅に増加させるとともに、反応経路を効率的に探索することを可能にすることにより、現実の問題における広範な化学反応 (不均一触媒、溶液反応など) を扱えるようにすることを目的として、化学反応解析・設計シミュレーション技術および反応経路予測技術を開発する。また、STM による電子注入や光による電子励起など、電子励起状態が関与する反応制御のシミュレーション技術の研究を行う。

(1) 第一原理分子動力学法の高速・高機能化

当部門を中心に開発している STATE について、電極反応をいかにシミュレーションするか考察して、周期境界条件に合わせた“のこぎり波”状の電場のある状態での計算を可能にした。

(2) 量子・古典ハイブリッド法

フラグメント MO 法を用いると、任意のフラグメント間の相互作用エネルギーをいろんなレベルで計算することが容易である。この特徴を生かして、系をいくつかの領域に分け、各領域ごとに異なったレベルの波動関数や基底関数を適用できる方法を開発した。プログラムの現バージョンは5領域を設定することが可能で、ab initio レベルの HF、MP2、DFT、半経験的方法の CNDO、INDO、AM1 と PM3 を混合して計算することができる。(生体系シミュレーション技術と重複している。)

(3) 効率的反応経路探索法の開発

複雑な化学反応経路を広範囲にかつ高速に検索できる新しい統計力学理論に基づいた手法について、ナノテクのシミュレーション技術と関連して調査を継続した。

(4) 光誘起化学反応の解析 (ポリジアセチレンの光誘起構造相転移)

π 共役系をもつ有機高分子であるポリジアセチレンのサーモクロミズムやフォトクロミズムの機構を解明するために、側鎖構造を取りこんだポリジアセチレンの第一原理計算を行った。ポリジアセチレンの異性体である PDA 型、PBT 型の電子状態及びそれらに関わるポテンシャル面の計算を行い、主に (1) なぜポリジアセチレンでは PBT 型が観察されないのか、(2) 側鎖の有無が電子状態にどのような影響を与えるか、(3) 側鎖の構造と電子状態との関係、等について検討を行った。(ナノテクノロジー研究部門と共同研究。)

(5) 電極反応

燃料電池における電極反応の解析を目指して、電極反応の触媒として働く遷移金属の表面上に水と中間生成物でありかつ被毒作用のある一酸化炭素分子のある系の計算を始めた。(NEC 基礎研と共同研究)

(6) Cu 表面でのメタノール合成初期過程

Cu (111) 面での、CO₂の水素化の反応ダイナミクスを前年に継続して解析した。(筑波大と共同研究)

(7) TiO₂ (110) 面での蟻酸分解反応

蟻酸 (HCOOH) が TiO₂表面で分解する過程の吸着種について実験で得られている振動分光のデータと比較するため、赤外吸収のスペクトルを計算した。また、触媒反応の実験的検討で最近注目されている表面赤外可視和周波発生 (SFG) にも対応できるように、計算手法を開発中である。(東大との共同研究)

(8) 超臨界流体中の化学反応

超臨界水で特異的に起こる無触媒反応を解析するために、溶質を含む超臨界水の第一原子分子動力学を行った。すなわち、超臨界水中で特定の原子間距離を拘束して、反応座標を変化させて反応を進める計算をして、シクロヘキサノンオキシムからナイロンの原料である ϵ -カプロラクタムになるベックマン転移反応の経路とその活性化自由エネルギーを計算した。プロトンが原料の酸素原子 (窒素原子でなく) に作用するところに、密度依存性と温度依存性があり、これが超臨界水中で特異的に反応が起こる原因ではないかという推測をたてた。

(9) 反応性指標を用いた有機反応における化合物の反応性推算

大気中に放出された化学物質の環境影響を評価するために、大気中の反応速度の実測値との相関を調べたところ、結合エネルギーに着目した場合に最も良好な相関関係が得られた。結合エネルギーの計算値と理論式を組み合わせることによって、簡便・迅速に反応速度の概算値を算出する計算式を導いた。多くの場合、計算式は、ほぼ満足できる精度で反応速度の予測値を与えた。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 第一原理分子動力学法、STATE、量子・古典ハイブリッド法、FMO 法、効率的反応経路探索法、ポリジアセチレン、誘起構造相転移、電極反応、表面赤外可視和周波発生、超臨界水中、反応性指標

[テーマ題目2] ナノテクノロジーシミュレーション技術 (運営費交付金)

[研究代表者] 三上 益弘 (計算科学研究部門粒子モデリング研究グループ)

[研究担当者] 三上 益弘、森川 義忠、篠田 涉、橋本 保、池庄司民夫、手塚 明則、西村 憲治、尾崎 泰助、小川 浩、中西 毅、劉 子敬、篠田 恵子、寺倉 清之 (職員10名、他3名)

[研究内容]

1ナノメートルから100ナノメートルのスケールにわたるナノスケール材料 (無機材料、有機材料、生体高分子材料、およびそれらからなる複合材料) の構造の制御、発現される機能の解析を可能とするシミュレーション手法の開発、およびナノスケール系の持つ特徴について系統的な研究を行い、ナノテクノロジーのためのシミュレーション技術を確立する。

本研究課題では、シミュレーション手法の開発とその適用研究を並行して進める。

(1) 電子状態計算の大規模化・高精度化

ナノ構造体の持つ機能は、本質的に量子効果に関係するため、大規模系の電子状態計算を可能にするオーダー (N) 法の開発と、標準的な密度汎関数法と分子軌道計算法の高精度化を行う。

(2) 分子動力学法の大規模化・高精度化

ナノ構造体では、集合体としての安定性が重要であり、その予測・解析には分子動力学シミュレーションが有効である。そこで、大規模、高精度化を進める。

(3) 粗視化法による分子間相互作用の導出

メゾ領域系の計算では、原子数が数億になるため、原子レベルでの分子シミュレーションの実行が困難である。また、このスケールでは原子レベルの情報は必要でないため、原子団又は分子団を一つの粒子として扱う粗視化法が有効である。そこで、今年度、分子シミュレーションの適用範囲を広げる新たな手法を開発する。

(4) 適用研究

以上のように開発している第一原理分子動力学法と分子動力学法を用いて、下記の適用研究を実施する。

- Si (100) 表面での Ge 量子ドットの安定構造の研究
- ナノ構造の自己組織化現象 (形成メカニズムの解明)
- 脂質二重層膜の安定性・低分子透過性の研究
- 材料特性のナノオーダー解析

平成14年度の進捗状況は次のとおり。

(1) 電子状態計算の大規模化・高精度化

密度汎関数法の高速・高精度積分法と基底関数を環境依存で最適化する新しい計算手法を開発し、密度汎関数法の高速化を実現した。これをカーボンナノチューブのデバイス応用と電極表面の物理に関する数値計算を実施し、実験値を良く再現する結果が得られた。

また、分子間相互作用を高精度で計算する手法の確立を目指し、基底関数の選択や電子相関の補正法が分子間相互作用の計算に与える影響について解析を行った。これらの成果を CH/ π 、CH/O 等の弱い分子間相互作用の作用機構や、これらの弱い相互作用が大環状化合物の立体構造に与える影響を解析するのに適用し、置換基が CH/ π 相互作用の大きさに極めて大きな影響を与えることや、弱い相互作用が大環状化合物の安

定構造に大きな影響を与えることを明らかにした。また、チオフェン二量体に適用し、チオフェン環の間の相互作用の方向依存性がオリゴチオフェンの結晶中での分子配列に大きな影響を与えていることを明らかにした。

(2) 分子動力学法の大規模化・高精度化

分子系の自己誘導力分子動力学法や HMC への拡張に有利な剛体モデルを用いた等温等圧アンサンブルの時間可逆な数値積分法を開発し、複雑ナノ物質の高効率サンプリングと長時間シミュレーションを可能にした。

(3) 粗視化法による分子間相互作用の導出

ミセル、コロイド、ベシクルなどの高次構造を持つ系を研究するために、新しい粗視化法（可逆階層的粗視化法）とそのポテンシャル関数を開発した。本粗視化法は、単一原子の運動の時間平均化、原子集団の統計平均化、分子を構成する原子団の統計平均化の三種の粗視化法からなり、二酸化炭素、水などの溶媒と界面活性剤や高分子などの溶質を同一の基準で粗視化できる。この粗視化法と分散粒子動力学法 (DPD) と組合わせて、気液界面におけるミセル形成、二酸化炭素超臨界流体中におけるミセル形成、高分子混合系のナノ組織形成などに適用し、実験値を再現できることがわかった。

(4) 適用研究

b. ナノ構造の自己組織化現象

銅基板上のアデニン分子は、二重鎖構造や六方構造など複数の自己集合化構造が存在することが STM により観察されている。本研究では、二量体間に存在する複数の水素結合パターンに注目し、二量体間の分子間相互作用を高精度非経験的分子軌道法により、また、アデニン分子と銅基板間の吸着エネルギーを本研究で開発した高精度密度汎関数法から求め、原子間ポテンシャル関数を構築し、それを用いた分子動力学シミュレーションを行い、アデニン分子が直線状に並んだ一重鎖よりも一重鎖が二本平行に並んだ二重鎖構造の方がより安定で、さらに、二重鎖が集合してできた六方構造が最も安定であることを明らかにした。

c. 脂質二重層膜の安定性・低分子透過性

分岐のある疎水性鎖を持つ脂質分子は一般に安定性が高く、イオンなどの透過性が低い二重層膜を形成することが知られている。しかしながら、疎水性鎖の分岐が膜の性質に与える影響について、分子レベルでの理解はほとんど進んでいない。そこで本研究では、疎水性鎖が直鎖である DPPC とメチル分岐を持つ DPhPC の二重層膜について、それぞれ等温等圧 (NPT) アンサンブルで分子動力学 (MD) シミュレーションを行い、その構造や運動の比較から、脂質分子のメチル分岐による膜安定性に与える

影響を調べ、脂質分子の疎水性鎖の配向分布は、DPhPC の方が広く、さらに DPhPC の同一分子内にある2本の疎水性鎖は互いに平行な配向を取りにくくなっていることを明らかにした。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] 密度汎関数法、分子軌道法、分子シミュレーション、分子動力学法、モンテカルロ法、分子間相互作用、粗視化法、ナノ構造体、自己組織化膜、生体膜、量子ナノドット、表面・界面

[テーマ題目3] 生体系シミュレーション技術（運営費交付金）

[研究代表者] 北浦 和夫（計算科学研究部門量子モデリング研究グループ）

[研究担当者] 北浦 和夫、舘野 賢、Fedorov Dmitri、長嶋 雲兵、古明地勇人、上林 正巳（職員6名）

[研究内容]

生命現象の本質を計算科学によって解明することを目的とする。そのためには、生体高分子を、マルチスケール、マルチフィジックス、ならびに多くの複合領域にわたる境際的な対象として捉え、量子力学計算を中核とした解析・設計シミュレーション技術の研究を行う。研究内容は、生体巨大分子のため計算手法の開発研究と、これらを活用した生体分子の構造・機能の研究から成る。

1. 生体巨大分子のための計算手法の開発

(1) フラグメント分子軌道 (FMO) 法の開発

タンパク質や DNA/RNA などの巨大分子の量子化学計算を可能とする方法として、分子を小さなフラグメントに分割して計算するという独自性の高い方法 (FMO 法) を開発している。本年度は以下の進展があった。①アルゴリズムの改良により計算を高速化して、世界で最大規模となる10,000原子系の計算を可能とした。②タンパク質の構造・機能の解析に有用な、タンパク質中の各アミノ酸残基間の相互作用エネルギーを解析する方法を開発した。③ FMO 法を用いた分子動力学シミュレーションプログラムを開発し、FMO 法が分子動力学計算に使うための十分な精度を持つことを検証した。④数百台のプロセッサによる並列計算を効率よく行うことを目指して、新規 FMO 法プログラムの開発を開始した。

(2) 量子・古典融合法の開発

生体高分子のような巨大系に対しては、機能部位のみを量子力学で、その他の部分は古典力学で取り扱う量子・古典融合法が現実的な計算手法として有効である。FMO 法の、分子をフラグメントに分割して計算するという特徴を生かして、分子の各部分に異なったレベルの量子力学計算や古典力学計算を

混在させることができる量子・量子と量子・古典融合法を開発した。

(3) 電荷分布の高速計算法の開発

昨年度に引き続き、タンパク質など巨大分子の電荷分布の簡便な計算法である電荷平衡法 (Qeq) に関して、次の開発・改良を行った。①積分計算アルゴリズムを改良し、従来法に比べ100倍程度高速なプログラムを作成した。②連続体近似に基づく溶媒モデル (GB 法) を Qeq に導入し、溶媒の誘電率の変化に対応した電荷分布を得ることができるようになった。

(4) 生体分子系の解析のための新しい分子動力学法の開発

生体分子系のための分子動力学シミュレーション手法の開発・改良研究で、次の進展があった。①膜タンパク質の水、イオンの透過現象を定量的に取り扱うための非平衡定常流系の分子動力学プログラムを開発した。②新しいグランドカノニカル分子動力学法と境界条件を開発し、モデル系での検証を完了した。③生体高分子系の一部分を剛体近似で扱う手法を開発し、これにより大規模系の高速・高精度計算が可能になった。

2. 生体分子の構造・機能のシミュレーションによる解明

(1) カルシウムポンプによるイオンの選択的透過性の研究

昨年度に引き続き、カルシウムポンプ SPCA の N 端側ドメイン (A ドメイン) について、Ca²⁺ 結合モデルを量子力学的計算によって精密化した。さらに、膜貫通ドメインのモデルを構築し、第一原理計算を用いて Mn²⁺ の結合様式に関する詳細な解析を進めた。

(2) リボザイムの酵素反応機構の解析

リボザイムの酵素反応機構を第一原理分子動力学法 (CPMD 法) によって解析し、①Mg²⁺ の存在によって反応のエネルギー障壁が~10kcal/mol ほど低くなり、リン酸ジエステル結合の加水分解が促進される、②Mg²⁺ が存在する場合には、イオンが存在しない場合と異なり、溶媒水分子は反応に直接関与せず適切な反応が進行する、などを見出した。

(3) DNA の電気伝導性の解析

DNA は、次世代のナノデバイス素材の候補として、近年大きな注目を浴びている。本研究では、系に含まれる金属イオンの種類とその状態や水和水の有無などが、DNA の電子状態に大きな影響を与え、これにより DNA が絶縁体や半導体になり得ることを見出した。

(4) 核酸塩基類縁体の構造と塩基対形成能

昨年度に引き続き、化学修飾した核酸塩基について、Watson-Crick 型塩基対の形成能と置換基の関

係を、計算化学的手法によって系統的に解析した。今年度は、以下の進捗があった。①これまでに得た知見を、総括的に総合論文としてまとめた。②水素結合による分子認識能の設計に向けて、分子構造と分子認識能の関係を解析した。③核磁気スペクトルの結合定数と計算で求めた水素結合の強度との関係を解析し、両者の相関関係を見出した。

(5) リゾチームの分子認識機構の解析

昨年度に引き続き、FMO-HF/4-31G 計算により、リゾチームとトリーN-アセチルグルコサミン (NAG₃) 複合体の全系の計算を行い、各 NAG ユニットの基質認識部位の少数の (2から4個) アミノ酸残基により、主に水素結合により分子認識機構されている様子を明らかにした。

(6) エストロゲンレセプタータンパク質と基質の結合エネルギー計算

エストロゲンレセプタータンパク質 (約4,000原子系) とエストロゲンを含む環境化学物質など11種の化合物との相互作用エネルギーを FMO-HF/STO-3G で計算した。これらの化合物のエストロゲンに対する相対結合エネルギーは、実験から得られた相対結合親和性とよい相関があることを見出した。

(7) タンパク質-DNA 複合体の結合様式の解析

FMO-HF/STO-3G 計算により、タンパク質と DNA 複合体 (Hin-recombinase の C 末端52残基のポリペプチドと合成12-塩基対 hixL DNA の複合体: 約1,700原子系) における、タンパク質と DNA の結合様式を解析した。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 生体分子シミュレーション、大規模系の量子化学計算、量子・古典融合法、大規模系のシミュレーション手法、タンパク質の構造・機能シミュレーション

[テーマ題目4] 流体固体統合シミュレーション技術 (運営費交付金)

[研究代表者] 手塚 明 (計算科学研究部門連続体モデリング研究グループ)

[研究担当者] 手塚 明、笹本 明、鈴木 健、奥田 敏、西村 良弘、伏木 誠、松本 純一 (職員6名、他1名)

[研究内容]

実用上重要な問題にもかかわらず未だ解明されていない複合現象、例えば乱流、複合材料、固体・流体連成現象などの解析を可能にするために、最適設計などのシステム統合化技術の確立を睨んで、パラメータ依存性を極力排除した、有限要素法などの離散化数値解析の高精度化、大規模シミュレーション手法の研究を行う。

(1) 高精度数値解析手法の開発

1) 高精度熱流体・拡散系解析手法の開発

気液二相流とは、流れの中に液体、気体という物性（密度、粘性、比熱等）が大きく異なる2つの状態が混在し、その境界面が流れの進展に伴い時時刻々変化する現象である。商用ソフトウェアでは、密度差が大きい流体が混在し、外部との流出入がある条件では、数値的な不安定性や解析精度上の問題が生じ、解析不可能な場合が多い。気液各相の速度差、密度差が大きく、過酷な計算条件ゆえに従来解析不可能であった実問題での気液界面挙動を、精度良く安定に解析可能な汎用的数値解析手法を開発した。高精度の二相流解析の実現には、信頼性の高い流体解析技術が前提であり、更に任意挙動の界面に適用可能な高精度の界面関数構築手法が必要とされていた。提案手法は界面捕捉法の一つである VOF 法を安定化有限要素法に発展させたもので、汎用性のある界面評価法により、不連続分布である界面関数を正確に解析、気液界面での表面張力による界面平滑を加味することにより、計算精度及び安定性の飛躍的向上に成功した。数値解析例として鉄鋼精錬過程の転炉内の2次元気液二相流シミュレーションを行い、その有効性を確認した。

2) 局所構造を効果的に捉えるマルチスケール解析手法の開発および応用

リサイクル法や環境保護の影響から、包装資材として使われていた発砲スチロールに代わり、紙製緩衝材の需要が増しているが、ダンボール等紙製緩衝材の設計では、個別的に緩衝実験により製品化されているのが現状である。このように設計指針のない状況を打破するべく、ダンボール緩衝材の衝撃強度解析について、岐阜県生産情報研究所、日本総研との共同研究を行っている。本年度は、以下の二項目の成果を得た。

- i) 線形静的均質化法コードを産総研と富士総研の共同開発の並列計算プラットフォーム (PCP) を用いて並列化を行い、より大規模な線形静的解析を実現した。
- ii) 商用衝撃解析ソフト LS-DYNA に線形静的均質化法コードの組み込みを行い、マイクロ解析はユーザサブルーチン内にて線形静的均質化法、マクロ解析は LS-DYNA という解析を実現した。ユーザサブルーチンは本来材料定義のためのものであり、変形座標や要素コネクティビティがユーザサブルーチン内では利用できない仕様となっていたが、ユーザサブルーチン相互を common 文でつなぐ事で、ユーザサブルーチンの仕様を逸脱する形で実現した。

(2) 大規模数値解析の開発

並列計算プラットフォームに対して、熱流体の解析において需要の高い有限差分法および有限体積法に対

応したデータ形式を提案、およびそれを用いたラプラス方程式解析のサンプルプログラムを作成し、並列計算プラットフォームと共に一般公開を行っている。有限要素解析と比較して差分法、有限体積法では並列解析領域間にオーバーラップが生じ、コーディング上の難点となっているが、本サンプルプログラムにはユーザマニュアルが具備されており、初学者にも理解しやすいように工夫されている。

(3) 最適設計手法の開発

超小型の化学分析システムなどの実現に向けて、液体用ポンプのマイクロ化が重要な課題となっている。その中で、機械的に動く弁（バルブ）を持たない「バルブレス・ポンプ」は、シンプルな構造と高い性能で注目されている。バルブレス・ポンプでは、流れ方向によって異なる流動抵抗を発生する「動的バルブ」によって整流効果を実現する。機械システム研究部門にて開発された、温度による液体粘性の変化を動的バルブの原理として利用したバルブレス・ポンプに対して、その整流効果を最大にするような温度変化パターンを求めるための最適パラメータ設計を行い、同バルブレス・ポンプの性能改善可能性の評価を行った。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] 計算力学、二相流解析、マルチスケール解析、並列解析、最適設計

[テーマ題目5] シミュレーション基礎理論（運営費交付金）

[研究代表者] 浅井 美博（計算科学研究部門基礎解析研究グループ）

[研究担当者] 浅井 美博、土田 英二、片桐 秀樹、中西 毅、Aryasetiawan Ferdi、Torres Alonso Jose Antonio、寺倉 清之（職員5名、他2名）

[研究内容]

シミュレーション技術を高度化しその適用範囲を拡大する事を目指し、基礎理論の研究開発及びその実装と具体的な問題への展開を行う。特に、電子レベルのシミュレーションにおいて課題となっている電子相関、電子励起状態、輸送問題を扱うための理論手法開発、量子シミュレーションの大規模化のための基盤的アルゴリズムの改良・開発を行う

1. 電子相関・電子励起状態の計算理論の開発・改良

(1) 電子励起状態

- ・固体の光吸収に伴う励起子を記述できないという時間依存密度汎関数法 (TDDFT) の欠点を克服する為に、より精密な理論から導出される Bethe-Salpeter 方程式で表される電子相関効果の詳細を検討し、TDDFT に用いるべき適切な非局所交換相関項を探索した。
- ・電子励起状態を介した固相高分子重合反応機構を

Hartree-Fock 近似に基づく周期系のバンド計算法と配置間相互作用法を融合した第一原理手法を用いて研究した。

- 多体摂動論における全電子エネルギー計算法の一つとして Luttinger-Ward 公式を用いた方法を開発し、RPA 近似に対して適用した。

(2) 強相関電子系の理論

強相関電子系のモデル理論研究で用いられている精密な多体論的な手法と第一原理計算を融合させる事によりパラメーターフリーな強相関電子状態理論を構築する。

- 動的平均場理論 (DMFT) と GW 法を自己無撞着的に用いる事により、元来電子斥力パラメータを含んだモデルに対する理論であった DMFT をパラメーターフリーな計算となる様に改良した。

2. 固体電子材料・ナノ材料の関連する電子物性の理論研究

(1) ナノ電子物性

- 半導体カーボンナノチューブと金属電極からなる界面におけるバンドベンディング効果を理論的に研究した。これを考慮にいたれたカーボンナノチューブの電気伝導の理論を構築し、カーボンナノチューブを用いた分子論回路のデバイス設計に対して指針を与えた。
- 金原子よりなるナノワイヤー及びそれに付加された炭素原子の安定構造を計算した。
- 分子の電気伝導に対する Green 関数理論を拡張ヒュッケル近似、第一原理 Hartree-Fock 計算等の化学的に現実的なレベルの計算で実装するための研究を行った。金属電極の半無限性を陽に取り入れた。
- 導体内部のクーロン相互作用を自己無撞着的に取り扱える様に Recursive Green 関数法を拡張し、これを用いて導体のコンダクタンスの計算を行った。特に最近話題になっている、量子細線のコンダクタンスの“0.7異常”問題をこの手法を用いて解析した。
- 量子細線における輸送現象では電子の波動的な性質が顕在化する。一方、量子ドットにおいては電子輸送の粒子的な性格が重要である。最近実験家によって研究されている片腕に量子ドットを持つ Aharonov-Bohm (AB) リングではこれらの競合・協調が重要になると考えられている。この問題の複雑な干渉効果を数値計算を行う事により理論的に解析した。
- DNA 分子の電気伝導実験結果を理論的に解析した。Poly(dG)-Poly(dC) の電流電圧特性 $I \propto \sinh(bV)$ 中のパラメータ b は温度に逆比例するが、Poly(dA)-Poly(dT)系では温度依存しない。Poly(dG)-Poly(dC) ではホッピング機構が、後

者ではトンネル機構が働いている事を仮定すればこの実験結果を説明する事が出来る事を示した。

(2) 固体電子物性

有機導体や金属化合物などの電子物性とその構造機能相関を研究した。

- K_3C_{60} は等方的な超伝導体であるが $NH_3K_3C_{60}$ は反強磁性絶縁体である。この違いは NH_3 分子による“化学的な圧力効果”により結晶対称性が低下し、軌道縮重が解ける事によると考えられる。我々はバンド内・バンド間電子-格子相互作用に対する vertex 補正を考慮にいて、電子格子相互作用に由来する電子間有効ポテンシャルを計算し、それに対するバンド縮重効果を解明した。
- TTF-TCNQ の電子構造に対する圧力効果を第一原理計算に基づき研究した。
- TTF-CA の自発分極を第一原理計算に基づき研究した。
- CaB_6 の準粒子分散を GW 法を用いて計算した。
- ZnO, AlN, GaN などのワイドギャップ半導体の電子有効質量を GW 法に基づき計算した。
- 占有及び非占有状態にある Cu 金属電子の準粒子自己エネルギーの波数依存性を GW 法で計算した。

3. 電子状態計算の高精度化・高速化

有限要素法による第一原理計算プログラムを開発及びその実装のためのアルゴリズム開発などを行っている。

・高速化

先に開発した準ニュートン法に効率の良い前処理ルーチンを追加し3割程度の高速化を実現した。これをプログラムに組み込んだ。

・インターフェース

入力処理ルーチンを改良しコマンド入力方式とした。これにユーザビリティを向上したと同時に、バージョンアップ時のソフトウェア・メンテナンスも容易になった。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] 電子相関、輸送問題、有限要素法

[テーマ題目6] 材料シミュレーション技術 (運営費交付金)

[研究代表者] 池庄司民夫 (計算科学研究部門複合モデルリング研究グループ)

[研究担当者] 織田 望、石橋 章司、(職員2名)

[研究内容]

バルクの材料に関する計算は、実材料の設計、ナノテクノロジーの基盤となるものであり、継続的にその手法を改良・開発する。

(1) 有機固体の第一原理計算

擬一次元有機伝導体 TTF-TCNQ(tetrathiafulvalene-

tetracyanoquinodimethane) の構造と電子状態を求めるために、第一原理手法による構造最適化と圧力/変形下での電子構造計算を行った。

ドナーである TTF (tetrathiafulvalene) とアクセプターである CA (p-chloranil) が1軸方向に交互に積層した結晶構造を持つ TTF-CA (tetrathiafulvalene-p-chloranil) について、相変化挙動を明かにするために、第一原理電子状態計算を行った。

(2) アモルファスシリコンの第一原理計算

水素化アモルファスシリコン (a-Si:H) の成長機構について、tight-binding 法を用いて表面に対するシリルラジカルの安定性を調べたところ、表面水素を取り除くよりも、表面水素を介して吸着する方が本質的であるという結果が得られた。第一原理計算も始めた。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] 第一原理手法有機固体、TTF-TCNQ、TTF-CA、アモルファスシリコン、tight-binding 法

[テーマ題目7] ソフトウェアパッケージ整備に関する研究 (運営費交付金)

[研究代表者] 池庄司民夫 (計算科学研究部門)

[研究担当者] 池庄司民夫、森川 義忠、三上 益弘、篠田 渉、手塚 明、鈴木 健、松本 純一、劉 子敬、田中 真悟 (職員7名、他2名)

[研究内容]

本研究開発は、逐次解析処理を並列処理に移行させるための技術や個別に開発されてきたシミュレーション技術の統合化技術等を開発し、実用的なソフトウェア技術を開発する事を目的とする。これらの開発により、コンピュータシミュレーション技術の産業応用が加速され、材料・製品開発の期間短縮につながる。

(1) 離散化数値解法のための並列計算プラットフォームに関するソフトウェア開発 (第2期)

平成14年3月4日に一般への無償公開を開始した、並列解析コード書き替え促進ツールである「離散化数値解法のための並列計算プラットフォーム (Parallel Computing Platform/PCP)」について、7月4日にはユーザ会を富士総合研究所にて行い、九州・沖縄からの参加者を含む69名の参加があり、盛況のうちに終了した。7月5日にバージョンアップ、7月11日に英語版のリリースを開始した。ユーザは機械、航空、電子、土木、化学、生体の各工学分野と多岐に渡っており、産業界で自社コードの並列化の検討に多数使われている。(富士総研との共同研究)

(2) 大規模汎用分子動力学計算ソフトウェアの開発

古典分子動力学および第一原理分子動力学計算を、机上のクライアントから先端情報計算センターのスーパーコンピュータにサブミットして解析できるプラッ

トフォーム tacpack を開発中であるが、平成14年度は操作性のさらなる向上と公開のためのセキュリティ確保を行った。

[分野名] 情報・通信

[キーワード] 並列計算プラットフォーム、PCP、大規模汎用分子動力学計算、tacpack

[テーマ題目8] 生体分子のための量子シミュレータの開発 (運営費交付金：内部グラント (萌芽的))

[研究代表者] 北浦 和夫 (計算科学研究部門量子モデリング研究グループ)

[研究担当者] 北浦 和夫、館野 賢、尾崎 泰助、Fedorov Dmitri、古明地 勇人、上林 正巳、(職員6名)

[研究内容]

蛋白質や DNA などの生体高分子は巨大であるため量子論的計算は困難で、従来から古典力場によるシミュレーションが行われてきた。しかし、古典論では本質的に化学反応が扱えない、蛋白質と基質間などの分子間相互作用の計算では信頼性が低い、などその限界は明らかである。タンパク質のような巨大分子に適用可能な量子論的シミュレーション法が実用化できれば、基礎科学としての生命現象の理解に貢献することとまらず、タンパク質工学、生体分子材料工学や創薬などの分野で基盤技術として活用されることが期待される。私たちが開発しているフラグメント分子軌道法 (FMO 法) は、分子を1アミノ酸残基程度の小さなフラグメントに分割して分子軌道 (ab initio MO) 計算を行う方法で、分子が巨大であればあるほど通常の量子化学計算より高速に計算できる方法である。また、この方法は通常の方法では困難である大規模並列計算が容易であるという特徴を持っている。本研究では、FMO 法をより高速化すること、および、より大きな分子 (1万原子分子程度、多数の蛋白質がこのサイズでカバーできる) の計算を可能とするために、理論と計算アルゴリズムの改良を行った。

本研究で得られた具体的な成果は、以下のとおりである。

- 汎用プログラムの開発：世界的に普及しているフリーの電子状態計算プログラムである Gamess (開発：アイオワ大) に FMO 法を組みこんだ。本プログラムを用いると、数万原子からなる巨大分子も計算することが可能である。(実際に計算した最大の系は約6000原子分子。)
- FMO 法の高速化：並列計算アルゴリズムを改良し、128台のパソコンクラスター (PⅢ、1GHz、FastEthernet 接続) で、並列化効率80-90%を達成した。このシステムで、約2000原子からなるタンパク質の HF/STO-3G 計算が約30分でできた。
- 古典力場と FMO 法の融合法の開発：FMO 法を用いた IMOMM 型 (諸熊ら) の量子・古典融合法を開発した。
- FMO-

MDの開発：FMO法プログラムの一つであるABINIT-MP（開発：国立衛研・中野ら）を、分子動力学プログラムPEACH（開発：古明地）に組み込み公開した。

（PEACH-ABINIT-MP、古明地、中野ら）

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】生体巨大分子、タンパク質、量子化学計算、フラグメント分子軌道法、ab initio MO法

【テーマ題目9】ナノシミュレーション技術の研究開発
（運営費交付金：内部グラント（萌芽的））

【研究代表者】三上 益弘（計算科学研究部門粒子モデリング研究グループ）

【研究担当者】寺倉 清之、三上 益弘、浅井 美博、都築 誠二、森川 良忠、片桐 秀樹、石橋 章司、Ferdinand ARYASETIAWAN、橋本 保、土田 英二、篠田 渉、尾崎 泰助、内丸 忠文（フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター）、本田 一匡（物質プロセス研究部門）（職員14名）

【研究内容】

ナノサイズゆえに発現する量子効果、界面・境界をあらわに扱わなければならないことに起因する系の大規模化、及び自己組織化を利用した物質の微細加工・構築を扱うために、高効率の位相空間サンプリング法・高速高精度相互作用計算法・物性機能計算法の各要素技術の開発を先行して行う。これらの成果を元に、平成15年度から新規プロジェクトとして計画されているプロジェクトに応募し、競争的外部資金の獲得を目指し、平成21年度に統合ナノシミュレーションシステムを完成させる。

本プロジェクトでは、高効率の位相空間サンプリング法・高速高精度相互作用計算法・物性機能計算法の各要素技術の研究開発とその適用研究を行い、上記目的を達成する。

(1) 高効率位相空間サンプリング法の開発

複雑な構造を持つ物質では、多数の変数があり、従来のシミュレーション技術では、十分にその位相空間（座標と運動量変数からなる空間）を探索することができず、その結晶構造、ガラス構造、液晶構造を探ることができなかった。位相空間の効率的なサンプリング方法の開発は、ナノシミュレーション技術の重要な要素技術である。本プロジェクトでは、最近、我々が実施した基礎研究の成果として得られた高効率サンプリング法であるレプリカ交換法、経路サンプリング法を元にさらに効率的なサンプリング法を開発する。

(2) 高速・高精度相互作用計算法の開発

ナノ物質の構造・機能を正確に予測するためには、原子・分子間相互作用を高速かつ高精度に計算できる

ことが不可欠である。本プロジェクトでは、最近の我々の研究成果であるリカージョン法に基づいた高速・高精度相互作用計算法を開発する。

(3) 物性・機能計算方法の開発

密度汎関数法に基づくナノ構造体における量子的電子伝導、磁性、光物性の予測手法の高精度化および大規模システムへの適用手法を開発する。特に、励起状態の予測精度向上を目指して、最新の解析的手法の成果を取り入れたシミュレーション技術を開発する。

平成14年度は、下記の研究成果を得た。

(1) 高効率位相空間サンプリング法の開発

分子系の自己誘導力分子動力学法への拡張に有利な剛体モデルを用いた等温等圧アンサンブルにおける時間に可逆な運動方程式のアルゴリズムを開発した。この手法は、従来広く用いられてきたシェーク法のような拘束分子動力学法に比べて、優れた計算効率を持つことを示した。この計算効率の優位性は、複雑系の計算で大変有用な多重時間積分を用いた際により高くなり、さらに並列計算環境ではその効率が格段に優位になることを示した。さらに、従来の手法で計算される系の構造や動的な性質を高い精度で再現するアルゴリズムであることも分かり、精度を落とさず効率の高い分子動力学シミュレーションが可能になった。

(2) 高速・高精度相互作用計算法の開発

数値局在基底を用いた密度汎関数計算において計算の律速段階は行列要素の数値積分であり、200原子の系において全計算時間のおよそ80%を占めている。そこで、高速・高精度積分法を開発するために数値積分法としてファジーセル空間分割法、実空間メッシュ法の二つの手法を比較検討した。その結果、実空間メッシュ法がファジーセル空間分割法に比べおよそ2~3倍程度の効率を持っていることが分かった。また実空間メッシュ法は空間的にメッシュが一樣に張られていることから、構造最適化や分子動力学計算において安定に動作することが分かった。

(3) 物性・機能計算方法の開発

現在用いられている時間依存密度汎関数法（TDDFT）は固体の光吸収に伴う励起子を記述できない。そこで、本研究では、二体相関を改善する標準的なBethe-Salpeter方程式からTDDFTに用いる非局所交換相関項を導出し、TDDFT法の範囲内で絶縁体や半導体の励起子が半定量的に記述できるようにした。また、強相関電子系の第一原理シミュレーションを可能にする為に、モデル系に対する精度の高いシミュレーション理論と第一原理計算を結びつけることを試み、動的平均場理論（DMFT）とGW法を自己無撞着的に用いる事により、DMFTをパラメーターフリーな計算となる様に改良した。

本プロジェクトを実施した結果、上記の研究成果を得て、平成15年度からスタートする文部科学省プロジ

エクト:超高速コンピュータ網形成プロジェクト (NAREGI) ナノサイエンス実証研究の二つの分担研究プロジェクトとナノ集合体プロジェクトの分担研究を獲得した。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] 密度汎関数法、分子軌道法、分子シミュレーション、分子動力学法、モンテカルロ法、分子間相互作用、粗視化法、ナノ構造体、自己組織化膜、生体膜、量子ナノドット、表面・界面

[テーマ題目10] 複数の物理現象が錬成するマイクロマシン (MEMS) をターゲットとした大規模数値解析・最適設計の応用研究 (運営費交付金: 内部 Grant (国際))

[研究代表者] 手塚 明 (計算科学研究部門連続体モデリング研究グループ)

[研究担当者] 手塚 明、笹本 明、奥田 敏、鈴木 健、西村 良弘、田中 克己、米谷 道夫、松本 純一、尾崎 浩一 (ものづくり先端技術研究センター)、松本 壮平 (機械システム研究部門)、Byung Man Kwak (韓国・韓国科学技術院 (KAIST))、Byeong C. Koh (韓国・Samsung Adv. Inst. of Tech. (SAIT))、Hyoung Gon Kim (韓国・Korea Inst. of Sci. & Tech. (KIST)) (職員9名、他4名)

[研究内容]

実用化を睨んでのマイクロマシン (MEMS) の開発には、ハードウェア開発及び数値解析・設計検証の研究グループの密な連携が必要である。ここでは、産総研機械システムで開発中のマイクロポンプをターゲットとした。マイクロポンプでは伝熱、流体、強度解析が複雑に絡み合うため、数値解析上は連成解析・大規模解析が必要である。また、実用化に際しては、流出流量の最適化が求められているが、これについては、マイクロポンプの最適形状設計、時系列も考慮した最適制御設計が必要である。

国際共同研究のフォーメーションとして、数値解析に関しては大規模解析・連成問題解析に実績のある産総研計算科学が担当、最適設計については企業プロジェクトに実績のある KAIST が担当、VR による設計ツール開発の検討は KIST が担当、マイクロマシン (MEMS) ハードウェアを睨んでの検証・議論には産総研機械システム、SAIT がそれぞれ担当となり、それぞれの得意分野を活かした国際的研究コラボレーションを行った。

超小型の化学分析システムなどの実現に向けて、液体用ポンプのマイクロ化が重要な課題となっている。その中で、機械的に動く弁 (バルブ) を持たない「バルブレス・ポンプ」は、シンプルな構造と高い性能で注目され

ている。バルブレス・ポンプでは、流れ方向によって異なる流動抵抗を発生する「動的バルブ」によって整流効果を実現する。本研究では、機械システム研究部門にて開発された、温度による液体粘性の変化を動的バルブの原理として利用したバルブレス・ポンプに対して、その整流効果を最大にするような温度変化パターンを求めるための最適パラメータ設計を行い、JSME Int. J に掲載された。更に、今後のコラボレーションの進展のため、本研究の共同研究者である Samsung Advanced Institute of Technology の Byeong C. Koh 博士 (現在、Samsung Advanced Institute of Technology の専務 (executive vice president) に昇進) を招聘し、議論をおこなった。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] 計算力学、マイクロポンプ、最適パラメータ設計

[テーマ題目11] 局在化基底による新しい固体電子励起状態計算手法の開発 (外部資金: 科学研究費補助金)

[研究代表者] 片桐 秀樹 (計算科学研究部門基礎解析研究グループ)

[研究担当者] 片桐 秀樹、Aryasetiawan Ferdi、石田 俊正 (分子科学研究所) (職員2名、他1名)

[研究内容]

固体における基底電子状態の第一原理計算は現在、密度汎関数理論 (DFT) に基礎をおく局所密度近似 (LDA) または密度勾配補正 (GGA) を使った計算手法が主流を占めており、さまざまな系に応用されている。しかし励起状態については LDA や GGA はバンドギャップを過小評価してしまうという欠点がある。そのため、固体の励起電子状態をより正しく計算できる方法が望まれている。一方、分子においては Hartree-Fock 法を出発点として電子相関を取り込む方法が発展しているが、固体への適用例は少ない。本テーマでは主に、

- ① 固体の電子励起状態を計算する手法として、一体の波動関数 (Hartree-Fock 波動関数) から出発して、多体波動関数を結合クラスター近似、摂動法、CI 法などの電子相関理論によって求める手法について研究すること、
- ② 上を第一原理で実行可能にするために一体波動関数の局在化の手法について研究すること、
- ③ 上の成果に基づいて固体電子励起状態の第一原理計算プログラムを開発整備し、ポリジアセチレンなど現実の物質に応用して、手法の有効性を確認すること、の3つを目的としている。

平成14年度から局在化基底 (ガウス基底関数) を用いた第一原理固体電子状態計算のプログラム開発をスタートさせ、一次元周期境界条件を用いた結晶軌道

Hartree-Fock 計算及び post Hartree-Fock 計算を行うプログラム群を作成した。Hartree-Fock 近似よりさらに進み、より厳密に電子相関を取り扱う様々な手法を周期系に適用するためには、二電子原子積分を結晶軌道の基底に変換したもの（分子系の分子積分に相当するもの）を生成する必要がある。しかし周期系においては、分子にはない並進対称性から生ずる問題、特に二電子積分に関する格子和を有限項で打ち切ることによるさまざまな問題点が出てくる。これらの問題を解決し、並進対称性が正しく反映された積分変換のプログラムを作成した。この積分変換のプログラムは、別に作成した分子計算用の二次の Rayleigh-Schrodinger 摂動法 (MP2)、coupled-cluster (CC) 法、equation of motion (EOM)-CC 法などのプログラム群と結合させることができる。これによって簡単な一次元系物質に MP2法、CC 法などを適用することが可能となった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 第一原理計算、結晶軌道法、励起状態

【テーマ題目12】 全電子 MO 計算による K⁺漏洩チャンネルタンパク質のイオン選択および透過機構の研究 (外部資金: 科学研究費補助金)

【研究代表者】 北浦 和夫 (計算科学研究部門量子モデリング研究グループ)

【研究担当者】 北浦 和夫、上林 正巳、古明地勇人 (職員3名)

【研究内容】

本研究課題では、K⁺漏洩チャンネルタンパク質 (約6,000原子) のフラグメント分子軌道 (FMO) 法による全電子量子化学計算を行い、タンパク質とイオンの相互作用とチャンネル内でのイオン間相互作用を求め、チャンネルタンパク質によるイオン選択とイオン透過機構を電子状態レベルで明らかにすることを目的とする。

平成14年度は、次年度に実施するカリウムイオン漏洩チャンネルタンパク質全系の計算に向けての準備として、FMO 法とそのプログラムをつぎのとおり拡張・改良した。

大規模系の計算を行うために、FMO 計算プログラムを改良して10000原子系の計算を可能とした。また、FMO 法をより高速化するための近似 (環境静電ポテンシャル計算を点電荷近似で行う) を導入し、分子間相互作用系 (分子性結晶) で精度の検証を行い、この近似が十分満足できることを検証した。

並列計算処理を高速化した。安価な PC クラスタで高効率並列計算が行えるようにプログラムを改良し、128台の PC (100baseT イーサネット接続) で約80%の並列化効率を達成した。

FMO 法で量子/古典融合法計算を可能とした。系をいくつかの領域に分けて、各領域に異なったレベルの波動関数と基底関数を用いることができる方法を開発すると

ともに、この一つのレベルとして力場を採用する (量子/古典融合法) ことを可能とした。

FMO 法による分子動力学プログラムの開発を行い、テスト計算により FMO 法が分子動力学計算に適用できることを確認した。

予備計算として、チャンネルタンパク質単量体 (約1500原子系) とカリウムイオンの相互作用計算 (HF/STO-3G レベル) を行った。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 全電子 MO 計算、チャンネルタンパク質、K⁺イオン選択機構

②【生物機能工学研究部門】

(Institute for Biological Resources and Functions)

(存続期間: 2002.9~)

研究部門長: 曾良 達生

副研究部門長: 中村 和憲、澤田美智子

総括研究員: 巖倉 正寛、清水 隆、奥野 洋明、三井 洋司、岡 修一

所在地: つくば中央第6、北海道センター

人員: 108 (100) 名

経費: 772,124千円 (501,363千円)

概要:

1. ミッション

本研究部門のミッションは、「微生物等、及びそのゲノム情報の機能解析により生物資源、遺伝子資源の医薬を含む工業利用へのシーズ発掘及び有効活用・産業化を図る」こと、及び「分子及び分子集合体の構造と機能の解明及びその応用に関する技術、細胞機能の解明、人為的操作に関する技術、及びポストゲノムの解析に必要な各種ツール開発を行う」ことである。

2. 研究の概要

ヒトゲノム配列のドラフト発表に代表されるように、様々な生物種のゲノム配列決定が相次いでいる。このような状況下で特定の遺伝子の機能をいち早く解析し知的財産権を確保する流れが先進諸国で加速している。一方、近年の分子生物学的解析の進展に伴い、地球上に生息する微生物の99%以上が未知であるとの推定がなされ、遺伝子資源の宝庫として微生物が改めて注目されつつある。さらに、人類の持続可能な発展のために、新規産業の創出はもとより、既存産業分野においてもバイオテクノロジーの利用拡大が強く希求されている。

このような認識のもとに、本研究部門では、“持続可能な循環型社会の実現”を究極目標として、新規生物資源 (特に微生物資源) の探索・解析、ゲノ

ム情報に基づく有用遺伝子の探索、その発現産物であるタンパク質の機能解析、さらには生体分子・分子集合体の機能解析を基礎とした分子・細胞レベルでの生物機能の解明を、ゲノム解析の成果を活用しつつ、産業化を念頭に置き基礎から応用に至る研究フェーズで行っている。具体的には、以下の6つの重点研究課題を設定し、研究開発を進めている。

1. 生物遺伝子資源の探索・解析
2. 遺伝子、細胞機能の解析・制御・利用技術
3. 蛋白質、核酸の構造・機能の解析・制御・利用技術
4. ゲノム情報を活用した高機能物質開発
5. ナノバイオテクノロジー
6. 環境生物学

また、組換え生物の安全性評価やバイオ標準等、行政ニーズの高い研究にも積極的に取り組んでいる。

最近の特筆すべき成果としては、共生細菌のゲノム断片が昆虫の染色体上に転移しているという、生物進化の謎解きに繋がる細菌－高等生物間の遺伝子転移の発見がある。(東大との研究協力)

外部資金：

- ・平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業（タマネギの生体機能成分賦活化のための生物合理性制御技術開発）／財団法人北海道科学技術総合振興センター（執行額 918千円）
- ・平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業（機能性分子キャリアシステムによる植物経口ワクチン素材の開発）／財団法人北海道科学技術総合振興センター（執行額 5,301千円）
- ・平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業（突然変異誘発による新規ヒト疾患モデルラットの作製）／財団法人北海道科学技術総合振興センター（執行額 1,100千円）
- ・平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業（高速カラー実体モデル作成による次世代画像診断システムの開発）／北海道電力株式会社（執行額 336千円）
- ・遺伝子発現制御に関する研究／北海道大学（執行額 17,442千円）
- ・平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業（常温瞬間脱ハロゲン化反応を活用した有害物質処理システムの開発）／財団法人九州産業技術センター（執行額 3,551千円）
- ・健康寿命延伸のための医療福祉機器高度化プログラム
- 早期診断・短期回復のための高度診断・治療システム
心疾患治療システム機器の開発（高次生体情報センサー基盤技術の開発）／新エネルギー・産業技術総合開発機構（執行額 12,222千円）
- ・生物機能活用型循環産業システム創造プログラム 環境中微生物の高精度・高感度モニタリング技術の開発／新エネルギー・産業技術総合開発機構（執行額 36,938千円）
- ・微生物による昆虫の生殖操作機構の解明と利用／生物系特定産業技術研究推進機構（執行額 31,355千円）
- ・平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業（可視化・計測法を用いたナノレベル DNA 損傷検査法（装置）の開発）／（電子顕微鏡法による DNA 損傷観察）／財団法人産業創造研究所（執行額 3,163千円）
- ・平成14年度課題対応新技術研究開発事業（バイオテクノロジーのための顕微鏡用温度・高精度位置制御ステージ技術に関する研究開発）／財団法人日立地区産業支援センター（執行額 1,354千円）
- ・生物機能活用型循環産業システム創造プログラム／植物利用エネルギー使用合理化工業原料生産技術開発／植物の物質生産プロセス制御基盤技術開発／新エネルギー・産業技術総合開発機構（執行額 25,919千円）

発表：誌上発表81（62）件、口頭発表209（50）件、その他18件

生物資源情報基盤研究グループ

(Microbial and Genetic Resources Research Group)

研究グループ長：鎌形 洋一

(つくば中央第6)

概要：

- 1) 生物遺伝子資源の探索・解析に関する研究
メタン発酵リアクター、水処理活性汚泥、熱水環境、昆虫・動物内部共生体などを中心に新規微生物資源の探索、ならびに分離培養を経ない手法による微生物の多様性解析およびこれら微生物群の機能解析に関する研究を行っている。これまでにさまざまな新規微生物の取得ならびに微生物群集多様性解析を行い、これらの微生物（集団）の機能を明らかにしてきた。本年度もメタン発酵リアクター、温泉バイオマット内からまったく新規な微生物の単離に世界に先駆けて成功している。またさまざまな昆虫からきわめてユニークな内部共生体を発見するとともに、共生体の遺伝子の一部が宿主染色体へ転位する

現象を初めて発見した。

2) 環境生物学

環境浄化と微生物の活動の関係を明らかにする目的で、環境汚染物質分解微生物（群）の探索と挙動解明を行った。ダイオキシンを炭素源として完全分解する微生物を発見し、その分解様式を解析した。また、ジクロロフェノキシ酢酸を分解する全く新規の遺伝子を発見した。メタン発酵リアクター内で重要な役割を担うメタン生成古細菌の遺伝子発現が水素濃度によって高度に制御されることを初めて見いだした。

研究テーマ：

運営費交付金

- 1) 生物資源情報基盤研究
- 2) 有用物質解析
- 3) RIO-DB（微生物資源化学分類情報 DB）

分子生態解析研究グループ

(Molecular and Microbial Ecology Research Group)

研究グループ長：丸山 明彦

(つくば中央第6)

概要：

特定の微生物や遺伝子、化学物質等の検出・定量法の開発を通し、分子・細胞レベルでの微生物生態系解析手法や環境診断手法の効率化や高度化を進めるとともに、新しい微生物現象の発見や生物・遺伝子資源の探索・開発、環境影響評価、安全性評価等への応用を図ることを目的とした。その結果、水圏微生物を対象に同時多重染色 FISH 法や相対分子定量法を確立するとともに、沿岸から海底熱水地下生物圏に至る様々な環境中より多数の新規微生物系統群を見出した。中でも石油分解菌や極限環境指標微生物等については、その定量解析手法を確立するとともに、その特異な分布特性を解明し環境診断や環境影響評価への道を拓いた。また、熱水地下生物圏探査に不可欠な微生物試料採取に関わる新しい方法や装置を開発、導入するとともに、微生物・遺伝子資源の探索や解析、利用に向けた研究を所内外と共同で実施した。また、酵母 DNA やヒト培養細胞、植物病原菌等を対象にマイクロアレイ法の活用を図るとともに、多数の化学物質の毒性情報を蓄積した。さらに、実際の環境試料への適用を図り、マイクロアレイ毒性評価法の標準化や普及に取り組んだ。

研究テーマ：

運営費交付金

- 1) 分子生態解析研究

遺伝子機能制御研究グループ

(Gene Regulation Research Group)

研究グループ長：進士 秀明

(つくば中央第6)

概要：

- ・酵母の転写制御因子による統括的遺伝子発現制御機構の解析と利用

1) 解糖系制御のキーとなる GCR1 転写制御因子の発現が GCR1 自身により制御されている事を明らかにしたが、さらに GCR1 自身の制御には、解糖系遺伝子上流では Gcr1p と共に働く Rap1p は関与していない事を Rap1 のコンディショナル変異株を用いて確認した。

2) 酵母解糖系転写制御因子 GCR1、GCR2 の変異によるゲノム全体での遺伝子発現頻度情報を DNA chip により解析した。GCR1、GCR2 の変異による効果は解糖系遺伝子に非常に特異性が高いことを明らかにした。一方、gcr1 や gcr2 変異体をグルコースで培養した場合には、TCA サイクルや呼吸関連遺伝子の発現が上昇することを明らかにした。

- ・植物細胞の環境応答の制御遺伝子の探索と機能解析

1) 植物細胞に防御応答を誘導する感染シグナル物質であるエリシターで処理したタバコ培養細胞において、発現誘導あるいは発現抑制される遺伝子群を同定するため、タバコの cDNA ライブラリーからピックアップした約500個の cDNA および約60個の既知の遺伝子の cDNA をのせたタバコ cDNA アレイ（マクロアレイ）を作成して解析し、エリシターに応答して発現が上昇するあるいは低下する遺伝子群の効率的な解析法の検討を行うとともに、エリシター応答性遺伝子群の探索を行った。

2) 植物細胞の環境応答機能の制御機構を解明するため、感染防御応答過程で発現変動する遺伝子の転写制御因子の解析を行っている。感染シグナルに反応して発現量が上昇する防御遺伝子の転写制御エレメントと相互作用する転写因子 ERF2 を恒常的に過剰発現させたあるいは条件的に発現させる形質転換タバコ植物において、ERF2 遺伝子の発現によって防御遺伝子であるキチナーゼ遺伝子の発現が活性化することを見いだした。

研究テーマ：

運営費交付金

- ・植物細胞の環境応答の制御遺伝子の探索と機能解析
- ・酵母の転写制御因子による統括的遺伝子発現制御機構の解析と利用

生物時計研究グループ

(Clock Cell Biology Research Group)

研究グループ長：石田直理雄

(つくば中央第6)

概要：

脆弱 X 症候群は遺伝性的な精神遅滞の原因としてはもっとも頻度の高い病気であり、精神遅滞のほか、多動性や睡眠異常などの症状が観察される。この病気は

RNA 結合タンパク質をコードする FMR1 (fragile X mental retardation gene 1) 遺伝子の loss of function によって引き起こされるが、その標的 mRNA や生理的機能についてはほとんど分かっていない。FMR1 遺伝子産物のアミノ酸配列はホヤやショウジョウバエなどで高く保存されていることから、遺伝学的研究材料として優れたショウジョウバエを用いて FMR1 の機能解析を進めた。P-element による FMR1 欠失変異体の行動を観察したところ、ハエ成虫の日周行動が恒暗下で無周期となった。さらにこの arrhythmic な表現型は正常 FMR1 遺伝子導入により正常へと回復した。FMR1 遺伝子が生物時計の制御に関わっていることを強く示唆することが解明されたので、世界に先駆け Cell プレスの Current Biol. へ投稿し受理された (Current Biology, Vol. 12, 1331-1335, 2002, 細胞工学, Vol. 21 No. 9. 1068-1069, 2002)

研究テーマ：

生物時計研究

機能性核酸研究グループ

(Functional Nucleic Acids Research Group)

研究グループ長：西川 諭

(つくば中央第6)

概要：

生体内における RNA 分子の役割については最近その重要性が再認識されている。当グループではその RNA に焦点を当て、人工的な新しい機能を持った核酸(新機能性核酸：RNA アプタマー等)を創出し、その機能構造を明らかにし、遺伝子や蛋白質の人為的制御法や、検出・診断の新素材として役立つことを目的としている。また、天然に見られる RNA の果たすユニークな現象に着目し、RNAi や RNA-RNA 結合タンパク質相互作用の分子レベルでの解析とその応用を目指している。

研究テーマ：

運営費交付金

1) 新機能性核酸の分子認識機構の解明

HIV-Tat タンパク質に対するアプタマーの立体構造を NMR、生化学実験(横浜国大との共同)から明らかにし、天然型に比べ100倍も強い結合能の秘密を解明した。HutP は mRNA のターゲット配列に結合することで遺伝子の転写を制御する調節蛋白質である。ターゲット RNA の二次構造の重要性、ならびに HutP タンパク質の N 末端の塩基性アミノ酸が結合に関与していることを見出した。一方で、HutP 蛋白質の結晶化、X 線構造解析(生物資源研と共同)に成功し、6量体の立体構造を明らかにした。

2) 新機能性核酸の創製

ユニークな構造をもつ RNA である HCV-IRES に対するアプタマーを創出し、相互作用解析結果か

ら IRES の構造的特徴を同定するとともにアプタマーが翻訳反応を抑えることを見出した。この手法はアンチセンス核酸の標的部探索に有用である。

HCV-NS3プロテアーゼに対するアプタマーを多コピー発現するベクターを構築した。

3) 新機能性核酸の生体外での利用系の開発

アプタマーの新しい利用法として、ジェノタイプニング(遺伝子型識別)への利用を検討した。インフルエンザウイルスのサブタイプ(Aichi, Panama)を識別する修飾 RNA アプタマーをインビトロ選択法により創出した。一つは Aichi をもう一つは両方を認識結合することを見出し、新しい応用を開拓しつつある。

4) 新機能性核酸の生体内での利用系の開発

HCV-NS3アプタマーの細胞内評価系確立のため、GFP の誘導体である YFP と CFP をプロテアーゼ切断配列で連結し、FRET による蛍光変化で切断を定量できる系を作成した。植物細胞への dsRNA の導入実験から、他生物種と異なり、長い塩基配列かつ長いループ構造を持つものがより高い RNAi 効果を示すことを見出した。

蛋白質デザイン研究グループ

(Protein Design Research Group)

研究グループ長：巖倉 正寛

(つくば中央第6)

概要：

我々が欲する機能を有する蛋白質を確実に創成するための技術としての配列空間探索による蛋白質デザインというコンセプトの実証研究と、デザインした蛋白質利用としての配向制御固定化による生体外での蛋白質利用技術開発研究を行っている。

配列空間探索による蛋白質デザイン手法の開発のためには、網羅的1アミノ酸置換変異体の作製及びその特性解析が必須である。ジヒドロ葉酸還元酵素と p-ヒドロキシ安息香酸ヒドロキシラーゼを対象に変異解析を進め、前者に関しては、110部位について1600個以上の1アミノ酸置換変異体の作製を完了すると共にその中から約700個の変異体タンパク質を分離精製均一化し、その特性データ調べた。補酵素特異性に関する性質を利用することにより、元の野生型酵素の補酵素特性の完全転換に成功した。また、配列空間探索の観点で行ったジヒドロ葉酸還元酵素の網羅的円順列変異体解析から示された構造形成にとって必須なフォールディングエレメントと名付けた配列単位が構造形成能の獲得(フォールダビリティ)に重要であることを明らかにした。後者に関しては、全てのシステイン残基およびメチオニン残基の部位について系統的且つ網羅的に1アミノ酸置換変異体の作製を試み、全変異体の作製を完了した。作製した変異体の特性データとして比活性、副反応及び熱安定性を調べた。また、このよ

うな網羅的1アミノ酸変異体の特性データが変異による機能の変化予測に重要であることを明らかにした。

デザインした蛋白質の生体外での利用技術の観点から、低分子化合物と特異的に結合する機能性タンパク質の創製及びその利用を目的とした研究を推進し、結合のモニタリングを容易にするレポータータンパク質としての蛍光タンパク質を種々選択し、配列制御固定化に向けた配列変換を行い、高効率で配列制御固定化を可能とする改良タンパク質の作製に成功した。また、改良タンパク質が配向制御固定化反応のモニタリングに有用であり、我々が開発した方法に従うと、世界最高の高密度配向制御固定化が達成できることを確認した。

研究テーマ：

運営費交付金

- 1) 蛋白質デザイン研究
- 2) 蛋白質機能の変異予測技術の研究開発と利用

蛋白質ダイナミクス研究グループ

(Protein Dynamics Research Group)

研究グループ長：森井 尚之

(つくば中央第6)

概要：

- 1) タンパク質の構造核形成部位の構造安定性がタンパク質全体のフォールディング速度を規定していること、核形成部位の構造化エンタルピーと構造化エントロピーが極めて良好に相関することなど、タンパク質のフォールディング機構における構造階層性を実験的に明らかにした。また、独自開発アルゴリズムにより、核形成部位の統計解析データをもとに、核形成部位の安定性を予測する方法論を考案した。このデータを利用して、わずか10残基にも関わらず水溶液中で安定なヘアピン構造を形成する人工小タンパク質の設計創出に成功し、その構造安定性評価を行った。
- 2) コイルドコイル構造の形成機構を配列との関係で理解するために、モータータンパク質に存在するコイルドコイル可能性領域の網羅的な部分フラグメントの構造性を調べた結果、いずれも構造形成能が低かった。一方、末端部の強制的構造化をはかると長距離にわたるコイルドコイル形成が引き起こされることを明らかにした。 β バレル構造のタンパク質については、20残基程度の長さのフラグメントペプチドを網羅的に作成し、構造核候補となる局所構造性の高い部位の探索を進めた。
- 3) フィブリル形成性の小タンパク質について、前年のLD点変異体に加えて、短縮型の多数の変異体を用いた解析を進め、フィブリル形成に必要な配列部位をほぼ特定した。さらに、変異体実験により、この部位の中央でターン構造形成が起きていることを推定し、フィブリルの分子モデルを提案した。

- 4) タンパク質構造化における立体的相互作用モデルとして、単分散均一サイズの棒状粒子を調整しスメクティック構造を形成させた。粒子の軸比とスメクティック構造形成条件の関係を明らかにした。
- 5) 20種のタンパク質について、高圧 DSC による高圧熱物性のデータを蓄積した。これとタンパク質構造との関係を調べるために、 α -content、 β -content、圧縮率などとの相関を調べたところ、加圧による変性温度の上昇と α -content との間に、また熱転移ピーク面積の減少と圧縮率との間に、それぞれ相関が認められた。
- 6) 生体分子の電子状態の記述に適用可能な、新しい量子分子シミュレーション方法を開発した。この *ab initio* FMO-MD 法は、フラグメント分子軌道法 (FMO) 法と分子動力学法 (MD) を組み合わせ、分子の電子状態変化を考慮しながら分子ダイナミクスをシミュレーションできる。FMO 用ソフト ABINIT-MP と MD 用ソフト PEACH から FMO-MD 法のソフトウェアを一通り完成し、単純ペプチドで、量子シミュレーションの動作を確認した。

研究テーマ：

運営費交付金

- 1) タンパク質の構造形成および機能発現におけるダイナミクス研究
- 2) タンパク質機能の変異予測技術の研究開発と利用

生理活性物質開発研究グループ

(Biologically Active Substances Research Group)

研究グループ長：山崎 幸苗

(つくば中央第6)

概要：

動植物、微生物等の生物資源から産業的に有用な新規生理活性物質を開発することを目的とし、主として培養細胞におけるバイオアッセイや遺伝子発現変化を指標として、生物資源抽出物をスクリーニングし、さらに各種クロマトグラフィーにより活性成分の精製・単離を行なう。今年度は①脂肪細胞前駆体において分化の指標の1つとなる脂肪蓄積の促進活性を数種の植物試料に見出し、活性成分の抽出を行なった。②海産微生物由来抗菌物質の探索、精製を行った他、古紙マイクロ波分解液に強い抗菌活性を見出した。③コラーゲンのプロテアーゼ分解物からアンジオテンシン変換酵素阻害ペプチドを数種見出し、そのうちの1つが高血圧自然発症ラットへの強制経口投与で血圧降下作用を示すことを確認した。④合成リン脂質の一つが脾臓 B 細胞のインスリン分泌を顕著に促進することを見出し、メカニズムを解析した。⑤ヒト大腸上皮由来 Caco-2細胞に各種のバクテリアを作用させた時の遺伝子発現変動を DNA チップで解析し、数種類の遺伝子が発現上昇することを見出した。

研究テーマ：

運営費交付金

- 1) 生理活性物質開発研究
- 2) 有用物質解析

酵素開発研究グループ

(Enzyme Exploration Research Group)

研究グループ長：三石 安

(つくば中央第6)

概 要：

本グループの研究目的は、新しい機能をもつ微生物酵素とその遺伝子を探索し確保すること、ならびに既知酵素を含む取得酵素について、蛋白質の改変技術をもちいて新規な特性をもつ酵素を創製することを通じて、生物遺伝子資源の確保と産業用酵素を開発することである。この目的を達成するため、産業的に重要な新しい加水分解酵素を生産する微生物を探索し酵素遺伝子を取得すること、および進化分子工学の手法を用いて標的酵素遺伝子の試験管内進化により、望ましい特性をもった新規な酵素を積極的につくり出す研究開発を行なっている。

研究テーマ名：

- 1) 新しい微生物酵素の探索：

Geotrichum sp. M128株より精製した新しいキシログルカン特異的エンドグルカナーゼのアミノ酸配列情報をもとに、該酵素遺伝子のクローニングを行い配列を解析した。また、発現系を構築し、活性のある組換え蛋白質を取得した。遺伝子配列の相同性検索より、本酵素はファミリー74のグリコシダーゼに属することを明らかにした。

- 2) 酵素機能の改変技術の開発：

DNA 修復酵素の一種であるエンドヌクレアーゼ V を使い、2種類の DNA シャプリング方法を開発した。また、変異遺伝子ライブラリー作製の上で重要な方法となる遺伝子クローニング方法を開発した。

脂質工学研究グループ

(Lipid Engineering Research Group)

研究グループ長：神坂 泰

(つくば中央第6)

概 要：

微生物での脂質生産に関わる遺伝子を探索し、それらの有用遺伝子を再構築することによって、脂質生産を人為的にデザインする系の開発をめざす。そのために、脂質蓄積に関与する蛋白質及び遺伝子を脂質蓄積性の微生物や、遺伝子レベルでの解析が進んでいる出芽酵母などで解析を進める。また、新たな脂質遺伝子資源を有する微生物を自然界よりスクリーニングし、その培養方法等の検討を行う。平成14年度は、以下の成果が得られた。

- 1) モルティエラ属糸状菌の脂質蓄積部位であるリピッドボディの大きさとリピッドボディ画分の蛋白質との関連を調べ、リピッドボディが小さい時には、

リピッドボディ画分の蛋白質のリン酸化が活性化されることを見出した。

- 2) リピッドボディの形成過程の変異株を、モルティエラ属糸状菌から4株、出芽酵母 *S. cerevisiae* からは56株、取得した。
- 3) 生理活性をもつ n-6ドコサペンタエン酸のみを高度不飽和脂肪酸として有する新規なラビリンチュラ属菌を分離し、培養担体として繊維を用いた培養が増殖に有効であることを見出した。
- 4) 油糧植物であるアブラヤシの病原菌感染の指標を検討した結果、アブラヤシ幼苗葉のピグメント組成が成木葉とは異なることを見出した。

研究テーマ：

運営費交付金

- 1) 脂質の生物生産の高効率化

バイオセンシング技術研究グループ

(Biosensing Technology Research Group)

研究グループ長：水谷 文雄

(つくば中央第6)

概 要：

- 1) ポリシロキサンエマルジョンからのディップコート法により、10マイクロオーダーの微小酸素センサを作製し、これをベースとするクレアチニンセンサ等を開発した。また、二次元架橋化ポリシロキサン単分子膜を LB 報により電極上にコートした電極を作製し、単分子膜が分子フィルタとして選択透過性を示すことを明らかとし、過酸化水素センサ、NOセンサとして機能することを示した。
- 2) スルホン酸誘導体薄膜は表面に水を強固に結合した状態で存在するものと推測されるが、現在、膜構造の詳細については解析中である。
- 3) AFM 探針に貴金属をコートし、コンピュータ/圧電素子による位置制御をしつつ光レジストを硬化させて絶縁膜を作るという方法で微小探針を作製し、原子間力制御型電気化学顕微鏡を試作した。サブミクロンの空間分解能が達成可能との見通しを得た。

研究テーマ：

運営費交付金

- 1) バイオセンシング技術研究
- 2) 構造規制ナノドメイン分子層および局所化学反応を利用したマルチ抗体チップ構築の研究

分子認識研究グループ

(Molecular Recognition Research Group)

研究グループ長：小高 正人

(つくば中央第6)

概 要：

- 1) シスプラチン耐性を獲得した癌細胞に高活性を持つ新規白金錯体と DNA との複合体を固定したナノ微粒子を調製することができた。さらに、この微粒子を用いた親和性タンパク質精製のための最適条件

を見出した。

- 2) アミロイド- β -タンパク質 (A β) の分子間認識を固相-液相間で解析できる方法について検討し、A β (10-35) のアミノ酸配列を含む蛍光プローブと新規会合阻害剤を用いた競争的阻害実験により、A β の分子認識においてリジン-ロイシン-バリン-フェニルアラニン-フェニルアラニンのアミノ酸配列が重要であり、かつ会合阻害剤がこの部位を認識することを示した。
- 3) 固相合成法において、カルボン酸基を固相との結合部位とする新規セレンリリンカーをデザインし合成に成功した。さらに、このリンカーをセリン及びトレオニンの側鎖へ結合させた誘導体を合成することができた。
- 4) 骨髄への癌転移において、骨髄由来内皮細胞の表面には、前駆細胞から破骨細胞を分化誘導させるのに必須な破骨細胞分化誘導因子 (ODF あるいは RANKL) が発現していることを見出し、癌細胞と内皮細胞の両方が存在する場合にだけ破骨細胞の誘導増強が起こることを明らかにした。内皮細胞を癌細胞と共培養すると、内皮細胞表面上の ODF 発現量が増加したことから、癌細胞が何らかの機構で内皮細胞を刺激して ODF 発現量を増加させ、前駆細胞からの破骨細胞誘導を促進していることが示唆された。

研究テーマ：

- 1) 分子認識研究
- 2) 癌の転移機構の解明
- 3) ナノバイオテクノロジー推進のための微小マシン機能素子の開発
- 4) ウイルス膜融合タンパク質のコンフォメーション変化を解析するための新規プローブ法の開発

複合微生物研究グループ

(Microbial Community Research Group)

研究グループ長：金川 貴博

(つくば中央第6)

概要：

複合微生物系は環境保全対策に広く用いられている。当研究グループでは複合微生物系中の特定微生物の定量方法の確立や、微生物相を解析する手段の確立のための研究を行っている。研究方法は、DNA 解析を主としている。当所で開発した DNA 解析方法を、医療、食品など広い分野で使用することも目指している。

- 1) 産業廃水の処理に汎用されている活性汚泥法において、最大のトラブルであるパルキング (汚泥の沈降性悪化) の原因となる糸状性細菌の動態 (量の増減) を解析した。
- 2) 特定の微生物が生態系に与える影響を評価するためのモデル微生物生態系としての活性汚泥系の構築を行った。

- 3) PCR 法に根ざした菌相解析で正しい結果を得るために、PCR での DNA 増幅の際に発生する偏りを減らす方法を見出した。
- 4) 当所で開発した DNA 解析方法 (蛍光消光法を利用したリアルタイム定量 PCR (QP-PCR) 法) を、遺伝子組換え作物の定量に応用し、よい結果を得た。
- 5) DNA 計測の標準化へ協力するため、国際会議に出席し、また国内の関係者とも連携し、標準化について討議した。

研究テーマ：

運営費交付金

- 1) 複合微生物系の解析研究
- 2) 蛍光消光現象を利用した DNA 測定技術の実用化促進研究
- 3) DNA 計測の標準化

環境保全型物質開発・評価研究グループ

(Environmentally Degradable Polymer Research Group)

研究グループ長：常盤 豊

(つくば中央第6)

概要：

- 1) 糖鎖型およびエステル型の高機能高分子の開発：天然に豊富に存在するスクロースとジビニルアジペートから酵素触媒を用いて重合性スクロースエステルの合成を行った。枯草菌由来のプロテアーゼを使用した場合、1'-O-スクロースビニルアジペートが高収率で得られた。一方、*Pseudomonas cepacia* 由来のリパーゼを使用した場合、6-O-スクロースビニルアジペートが得られた。温度刺激応答性高分子にエステル結合を導入することにより、生分解性で32℃付近に相転移点をもつ高分子を得た。
- 2) 生分解性高分子素材の環境影響評価：系統的類縁関係の明確な放線菌を用いて、各種ポリエステルの分解能を調べた。*Streptomyces* 属に属する菌株には、ポリカプロラクトンやポリブチレンサクシネート、ポリ β -ヒドロキシ酪酸、ポリエステルカーボネートを分解するものが多く存在した。しかし、*Micrococcus* 属、*Microbacterium* 属及びそれらに関連する16属に属する菌株は、顕著なポリエステル分解能を示さなかった。ゴム分解微生物の特性を把握するため、タイヤゴム表面の分解痕がなだらかで、粘着性を帯びるなど、特徴的な性質を持った新たなゴム分解菌を見いだした。
- 3) 生分解性高分子素材の処理技術の開発：放線菌 *Saccharothrix* 属の1菌株が、ポリ乳酸を強力に分解することを発見した。この菌株は、使用後のポリ乳酸廃棄物の処理に有望と思われた。タイヤゴム粒子の微生物分解では、攪拌速度を変化させる2段階培養法を用いることによって、分解速度と処理効率を改善させられることを見いだした。

研究テーマ：

運営費交付金

- 1) 環境保全型物質開発・評価研究
- 2) 機能性糖エステルの開発

遺伝子資源解析研究グループ

(Systematic Genomic Resources Research Group)

研究グループ長：湯本 勲

(北海道センター)

概要：

酸化ストレス、高アルカリ環境、低温などの極限環境に生存する微生物の探索やその環境適応に関与する生理学的機構の解明を行う。環境依存的に機能するタンパク質群の機能解析や反応機構を理解することで、環境適応に関与するタンパク質群の多様性や共通性について解析を進めると共に、それらタンパク質、遺伝子や極限環境適応原理の産業利用を目指した研究を行う。また環境修復を目的とした微生物スクリーニングにより得られた微生物を用いて、廃液、廃棄物処理、土壌汚染への応用を目的として研究を行う。

- 1) 生物遺伝子資源の探索・解析に関する研究
カムチャッカにて *T. ishikariensis* を採集出来た。同地域においては北海道東部・サハリンに比べて生物種Ⅱの分離率が高かった。
- 2) 新規極限環境微生物（低温、好熱、好アルカリ）4株の同定がほぼ完了した。染色色素であるインジゴを還元する微生物を複合系で分離した。
- 3) 絶対好アルカリ性細菌 *Bacillus clarkii* K241U から2種類の膜結合性チトクロム *c* を精製し、その性質の一部を明らかにした結果、新しいタイプのチトクロム *c* であることが示唆された。
- 4) 新規高活性、温度依存性カタラーゼの精製、タンパク質化学的性質の検討および一次構造の決定がほぼ終了。

環境生物工学

- 5) 農薬や重金属で汚染された土壌に植物を栽培することにより、植物による吸収・分解・蓄積作用によって土壌中の汚染物質を減少させることが出来ることが確認出来た。
- 6) 高カタラーゼ産生微生物の過酸化水素含有液への投入量を増やすことによって、微生物の過酸化水素耐性能が大幅に上昇することが確認出来た。
- 7) 動植物性油脂および炭化水素分解処理に適した微生物を分離することが出来た。その一部については分類学的な検討を行っている。

研究テーマ：

運営費交付金

- 1) 遺伝子資源解析研究
- 2) 極限環境適応因子研究
- 3) 環境生物工学

分子環境適応研究グループ

(Molecular Adaptation Research Group)

研究グループ長：扇谷 悟

(北海道センター)

概要：

酵母における低温適応については、DNA マイクロアレイによる網羅的解析とバイオインフォマティクスにより、従来未知であった経時的な低温適応機構を明らかにすると共に新規な低温応答発現制御領域を見いだした。さらにこれらのアプローチから得られた情報を利用して、新規な低温誘導発現系を構築し、転写効率が既存の発現系よりも優れていることを明らかにした。現在、低温における発現系の有用性を実証する実験を進めている。また、常温リパーゼの低温活性化を目指して、進化分子工学手法により変異体を効率的に作出する技術を考案し、変異体のスクリーニングを進めている。変異体の中には、生産量が増大したものも見いだされ、本手法が酵素生産に有用な技術であることがわかった。未利用水産資源による高度不飽和脂肪酸の生産においては、高度不飽和脂肪酸ナトリウム塩の培地への添加による高度不飽和脂肪酸の増加効果や、イカゴロから作製した培地の有用性を見いだした。

研究テーマ：

運営費交付金

- 1) 分子環境適応研究
- 2) 原子分解能立体構造解析に基づくリパーゼの高機能化の研究
- 3) 海洋有機物からの生体機能物質再生利用技術ーマリンコンビナート

蛋白質構造研究グループ

(Protein Structure Research Group)

研究グループ長：津田 栄

(北海道センター)

概要：

40種類以上の未知・未利用の不凍蛋白質を日本産魚類より見出し、20種類以上の変異型リパーゼを発現（そのうちの1種類について高機能化を実現）。これらの成果は2件の特許出願、2件の招待講演、10報以上の論文（査読有）、2件の新聞記事として発表した。不凍蛋白質の3次元構造解析と詳細な機能解明は、アミノ酸配列および遺伝子配列の知的財産化の後に開始できる段階にある。また不凍蛋白質の産業応用を検討するために企業（ニチレイ（株））との共同研究を開始した。日本産動植物から発見した不凍蛋白質や独自開発の人不凍バイオ物質はいずれも世界初。

研究テーマ：

運営費交付金

- 1) 蛋白質構造研究
- 2) 不凍蛋白質の構造構築原理の解明
- 3) 原子分解能立体構造解析に基づくリパーゼの高機能化の研究

遺伝子発現工学研究グループ

(Proteolysis and Protein Turnover Research Group)

研究グループ長：田村 具博

(北海道センター)

概要：

当グループでは、「細胞内プロテアーゼネットワークの解析」と「低温環境下での組換えタンパク質生産技術の研究開発」の2テーマについて研究を進めている。

「細胞内プロテアーゼネットワークの解析」においては、古細菌 *Thermoplasma acidophilum* 由来、トリコーンプロテアーゼとアミノペプチダーゼについて結晶構造の情報をもとに約20種の各種変異体を作成し機能解析を行った。その結果、酵素の基質特異性に寄与するアミノ酸残基を特定した。また海外研究機関との共同研究により新たに古細菌由来プロテアーゼの結晶構造解析が終了した。酵母由来のプロテアソームに会合する ATPase 成分を組換えタンパク質として世界で初めて生産に成功し、機能解析を可能とした。脱ユビキチン化酵素については16種の中から4種利用可能な酵素が組換えタンパク質として生産可能である事が判明し、ユビキチン化タンパク質同定技術の開発を行った。

「低温環境下での組換えタンパク質生産技術の研究開発」においては、大腸菌内で生産が困難と予想される遺伝子約100種を単離した。またリゾチーム感受性細胞株の単離に成功した。単離した菌体は、培養液中リゾチーム濃度が400 $\mu\text{g/ml}$ 以上に耐性を示す野生型に対し12.5 $\mu\text{g/ml}$ の濃度で溶菌する30倍以上の高感受性菌であることが判明し、細胞破壊効率を著しく高める事に成功した。尚、本年度掲げた研究計画全体に対し、計4件の特許出願を行った。

研究テーマ：

運営費交付金

- 1) 遺伝子発現工学研究

生物資源高度利用研究グループ

(Bioresource Utilization Research Group)

研究グループ長：加我 晴生

(北海道センター)

概要：

- 1) 未利用かつ資源量の多い生物資源量を調査し、トウキビ芯の熱分解の予備試験を行ったが、無水糖の生成は僅かであった。なお、木酢液のいくつかについて興味ある抗菌活性が得られている。
- 2) 糖鎖を有するポリスチレンを合成し、有機溶媒と水に対する溶解度を調べ、分子量と糖含有率の影響を明らかにし、その両親媒性機能を検討した。
- 3) インダンジオールは、シス体、トランス体ともに良好に光学分割でき、ヘミアミナルは、定量的に一方の光学活性体に誘導できることを明らかにした。

研究テーマ：

運営費交付金

- 1) 生物資源高度利用研究

ナノバイオテクノロジー研究グループ

(Nano-Biotechnology Research Group)

研究グループ長：鈴木 正昭

(北海道センター)

概要：

タンパク質等の生体物質を配列させるために生体物質との接着ができるシランカップリング剤をシリコン基板上に単分子状に形成させる条件について検討した。市販のシランカップリング剤を用いて試薬の種類、濃度、反応時間、溶媒の影響について検討した。

金属のナノ粒子を用いて環状ケイ素化合物を重合させてポリマー薄膜を合成する方法について検討した。銅ナノ粒子はレーザーアブレーション法で合成し、銅ナノ粒子の粒径、濃度等と重合効率について調べた結果、ケイ素化合物膜の最表面に存在する銅ナノ粒子の濃度と粒径が重合効率に大きく影響し、最表面のナノ粒子の濃度が大きく粒径が小さい程効率が高くなる事が分かった。また銅以外の金属についても実験を行い、新たにニッケルなども重合に効果的であることが明らかになった。

バイオセンシング等への応用を目的として液体中でのレーザーアブレーションによる銀ナノ粒子の合成を検討した。純水中で銀板にレーザーを照射することにより、銀のナノ粒子(コロイド)を得た。粒子の粒径、分散状態、安定性はレーザー照射条件に依存した。これまでに数 nm の大きさで粒径分布が狭く、鋭い UV 吸収を示し数ヶ月間水中で安定な銀ナノ粒子が得られた。

研究テーマ：

運営費交付金

- 1) ナノバイオテクノロジー研究

総括研究員：清水 隆、部門付：川崎 一則

(つくば中央第6)

概要：

本グループでは、生体の持つ様々な機能をささえる最小の生命ユニットである細胞を、新規な、あるいは改良法による可視化技術等によって解析し、細胞の持つ動的な機能の機構を解明することに貢献し、それら機能の応用を探索するとともに、細胞動態解析ソフトウェアや顕微鏡周辺装置などの解析ツールを開発することを目標としている。

- 1) 急速凍結レプリカ電子顕微鏡法で得た細胞膜の膜内粒子の精密画像を解析することによって膜タンパク質の分類と局在性を明らかにする方法の開発を行っている。本年度は、急速凍結装置の改良を行い、細胞内構造を従来よりも高精度に反映したフリー

ズ・フラクチャー白金レプリカの作製を可能にした。この手法を用いて、酵母、赤血球などの細胞膜を観察し、直径2-4nmの膜内粒子までも捉えることに成功した。

- 2) 細胞全体の複雑な運動や変形を光学顕微鏡を用いて高解像度で解析する手法を開発し、細胞運動の統一的理解に寄与することを目指している。本年度は、運動中の細胞の顕微鏡画像から数理モデルを用いて数秒後の形態を予測し、実際に生じた変化の結果とのズレを画像上にマッピングする方法を開発し、これを用いて細胞形態変化を従来より高精度に解析することを実現した。
- 3) 細胞集合体における各々の細胞が示すダイナミクスの機構理解に資するため、細胞性粘菌の子実体形成を例にとり、光学顕微鏡による細胞運動解析を行った。着目する細胞を均一に蛍光標識して、細胞集合体内で個々の細胞を可視化し細胞移動を解析する技術を構築した。これを細胞性粘菌の子実体形成に適用し、細胞集団の複雑な形態形成過程における個々の細胞動態を追跡・解析することを可能にした。
- 4) 細胞運動の分子レベルの解析のため、化学エネルギーを運動エネルギーに変換する分子モーター（酵素）と呼ばれる一群の蛋白質について研究している。今年度は分子モーターのうち、ncdと呼ばれるものにつき、一連の変異体を作成し、その構造を分光学的に調べた結果、酵素活性部位が特殊な環境を作り出していることを示唆する結果を得た。

研究テーマ：

運営費交付金

- 1) 細胞ダイナミクスの解析・利用に関する研究
- 2) ウイルス膜融合タンパク質のコンフォメーション変化を解析するための新規プローブ法の開発

部門付：斉田 要（つくば中央第6）

概要：

生体内ペプチドホルモン VIC に関して、その機能解明と応用を行っている。

哺乳類のシグナル分子であるペプチドホルモン VIC/ET-2を発見し、その機能解明をおこなっている。VICの機能解明には、特異的 VIC 抗体が必須である。これまでに開発されたが、どの抗体も類似ホルモン ET-1とクロスしてしまい、特異性の高い抗体開発は成功していない。我々は抗体作成のための抗原分子のデザインを種々検討特異的 VIC 抗体の作成を目指した結果、特異性の高い抗体ができつつある。免疫染色法や Western blot 法を用いて、抗血清や精製抗体の特異性を検討中である。

また、VIC/ET-2遺伝子の発現定量法を開発した。本手法を用いて、遺伝子発現の急激な変動を精査し、その情報から、遺伝子機能を予測している。マウスの子宮で、

VIC/ET-2遺伝子の高い発現を見出した。そこで、性周期や妊娠に伴う子宮における発現量の変化を real-time PCR 法で定量的に詳細に解析した。妊娠の進行による子宮の増大に伴い VIC/ET-2の発現量が急激に増大することを見出した。VIC 遺伝子の子宮における機能の一つとして、子宮筋の増殖に関与していることが推測された。

研究テーマ：

運営費交付金

- 1) 生体内ホルモンに対する抗体の特許化・商品化のための促進研究
- 2) 新しい高感度ペプチド測定法の開発

部門付：松村 健（北海道センター）

概要：

本研究グループでは、動物や微生物のゲノム情報を基に、産業上有用な物質をコードする遺伝子を遺伝子組換え技術により植物に導入し、組換え植物体内で従来植物が生産し得ない有用物質を大量に生産させる系の開発を行っている。

- 1) 動物等由来機能性遺伝子の植物における発現に関する研究

過年度、ウシ由来形質転換成長因子 β (TGF- β) 遺伝子を導入し、発現が確認された組換え植物を用い、植物発現した TGF- β が、天然型 TGF- β と同様の生物活性を有しているかを明らかにする目的で、ミンク由来細胞を用い、細胞増殖抑制効果を検定した結果、組換え植物の葉磨砕液を供試した処理区で明らかな細胞増殖抑制効果が認められることを明らかにした。即ち、植物体内でウシの TGF- β を活性を保持させたままで発現させる系の確立に成功した。また、マウスに病原細菌を接種し、発症させる系において、接種前後一種鑑定殿期間、ヒト IFN- α 発現ジャガイモの葉の磨砕液をマウスに経口投与し、マウス個体の臓器で細菌増殖抑制及びクリアランス効果があるかを検討した。この結果、非組換えジャガイモの葉由来磨砕液を経口投与した系では、細菌増殖に変化は認められないが、組換えジャガイモ葉由来磨砕液、および天然型ヒト IFN- α を経口投与した系では、菌対数の減少が確認された。さらに、組か絵ジャガイモ葉磨砕液処理区では、天然型ヒト IFN- α 投与区よりも50分の一の濃度で同等の効果が見いだされることを明らかにした。

- 2) 可食・加工適正を有する園芸作物への遺伝子導入に関する研究

イチゴにマーカー遺伝子、除草剤耐性遺伝子を導入した個体の解析を行った。マーカーに用いた GUS 遺伝子の発現解析により、導入遺伝子が葉、果実で発現することを確認した。また、除草剤耐性遺伝子を導入したイチゴでは、除草剤散布試験により耐性を確認した。これらの結果から、安定的にイチゴの

形質転換を行える系を確立したと言える。そこで、母乳中に分泌され抗菌作用を示すウシ由来ラクtofフェリン蛋白質の遺伝子を植物で発現可能なように遺伝子を構築し、この遺伝子をイチゴへ導入する実験を行った。この結果、供試試料から遺伝子が導入したと思われる細胞が増殖し、一部の細胞では再分化が認められた。これらの再分化個体から、DNAを抽出し、PCR法において検定した結果、ラクtofフェリン遺伝子の導入が確認された。

研究テーマ：

運営費交付金

- 1) 動物等由来機能性遺伝子の植物における発現に関する研究
- 2) 可食・加工適正を有する園芸作物への遺伝子導入に関する研究

総括研究員：三井 洋司（つくば中央第6）

概要：

- 1) ヒト臍帯静脈から分離した血管内皮細胞（HUVEC）に、テロメラーゼ遺伝子を導入して過剰発現させた細胞にさらに *mot 2* 遺伝子を導入した細胞株を得ることが出来た。この細胞株を継代培養することによって200回以上の長期にわたって寿命に至らないことが確認された。
- 2) SV40T 抗原遺伝子を導入して不死化した細胞株をタンパク濃度を下げて培養できるように育種した結果、無タンパク培養できる細胞株が樹立された。その細胞株が分泌するタンパクとしてホリスタチン等80種類が同定された。
- 3) 内皮細胞増殖因子（VEGF）に対する受容体、*flk* や、*tie 2*等は、分裂加齢で急速に失われるが、*hert* 導入不死化細胞株は10回分裂細胞程度の高い発現を示した。また当細胞株は内皮を剥離したラット血管内壁に生着することが移植実験から確認された。
- 4) 精巣に特異的に発現する新規の遺伝子、*テスミン* を発見した。その発現は初め精子細胞の細胞質に限局しており、減数分裂直前に細胞核に移動することが明らかになった。その核移行前に酸化ストレスを暴露すると、*テスミン* は直ちに核内に局在ようになった。
- 5) 培養細胞に*テスミン* 遺伝子を導入した細胞株を用いて、酸化ストレスの投与により、細胞質から核へ*テスミン* 局在が移行することを実証した。
- 6) また *mutated* 遺伝子の導入により、この局在移動には*テスミン* 分子中の核外排出シグナル（NES）が必須であること、そしてこの NES 配列にふくまれる *cystein* が酸化ストレスに応答して、NES の機能失活に関与することが証明された。

研究テーマ：

運営費交付金

- 1) 安全性試験に活用するヒト細胞株の実用化への実証

3) 研究系

①【人間系特別研究体】

（Special Division for Human Life Technology）

（存続期間：2001. 4. 1～）

研究系長：田口 隆久

副研究系長：湯元 昇

総括研究員：湯元 昇、福見 俊夫

所在地：関西センター

人員：63（34）名

経費：476,984千円（327,754千円）

概要：

産総研関西センターに配置されるライフサイエンス系の基盤的研究を担当する。特に、融合と連携をキーワードとした研究開発の推進に努める。前者の「融合」に関しては、バイオ関連の先端研究を推進するとともに高分子科学系の研究との融合を図り、新たな技術分野の確立に努める。また、関西センターが、ポストゲノム研究を意識した「細胞・組織、あるいはさらに高次な構造機能機能」に着目したライフサイエンスを指向していることと対応した細胞機能の計測・操作技術への研究展開を重視する。後者の「連携」に関しては、外部機関との共同研究・技術指導・受託研究を積極的に進めることにより、新産業創生につながる産学官連携研究の要となって活動する。

外部資金：

経済産業省 細胞内ネットワークのダイナミズム解析技術開発事業 「生体分子標識技術開発のうち生物系素材を基にした発光・蛍光プローブの開発」（50,290千円）

財団法人京都高度技術研究所 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業 「天然抗菌性顔料と新規印刷技術の複合化による高機能絹製品の開発」（3,121千円）

財団法人新産業創造研究機構 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業 「キトサンを用いた低摩擦抵抗船底塗料の開発」（7,222千円）

財団法人大阪科学技術センター 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業 「脳動脈瘤治療を目的とした治療機器とデバイスの開発」（1,803千円）

大阪大学 タンパク3000プロジェクト「結晶化に関する研究」（3,490千円）

財団法人大阪科学技術センター 平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業 「ポストゲノム解析用マイクロ HPLC の開発」(954千円)

財団法人京都高度技術研究所 平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業 「バイオマス繊維/生分解プラスチックの界面制御型複合材料の開発」(2,314千円)

財団法人大阪科学技術センター 平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業 「新規リボン型デオキシ核酸の技術開発」(1,648千円)

株式会社自然総研 平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業 「N-アセチルグルコサミン生産用酵素製剤の効率的生産方法の開発」(3,278千円)

財団法人化学技術戦略推進機構 「マイクロカプセル調製技術の体系化とインテリジェント化」(3,141千円)

経済産業省 試験研究調査委託費(地球環境保全等試験研究に係るもの) 「生分解性プラスチックの適正使用のための分解菌データベース作成に関する研究」(15,109千円)

経済産業省 科学技術総合研究委託費 「運動・知覚神経と筋との双方向再接続技術に関する研究」(12,828千円)

文部科学省 若手任期付研究員支援(継続) 「細胞の品質管理機構による新規人工蛋白質のスクリーニング」(14,872千円)

文部科学省 若手任期付研究員支援(継続) 「新規遺伝子発現制御系・光スイッチの開発」(15,002千円)

文部科学省 科学研究費補助金 「ホタルのルーツを求めた中国雲南省の発光甲虫生態調査」(3,300千円)

文部科学省 科学研究費補助金 「発光生甲殻類分布海域を指標とした地球温暖化評価」(2,000千円)

文部科学省 科学研究費補助金 「ディスコティック液晶の単分子膜による配向制御とナノ構造」(1,300千円)

文部科学省 科学研究費補助金 「表面プラズモン励起増強蛍光分光法で観測する超薄膜表面」(2,600千円)

三菱化学研究奨励基金研究助成 「脂質二分子膜の光重合を用いた人工生体膜のパターン化」(1,000千円)

発表: 誌上発表77(64)件、口頭発表144(38)件、その他9件

動的構造機能制御研究グループ

(Biomolecular Dynamics Research Group)

研究グループ長: 湯元 昇

(関西センター)

概要:

光制御ペプチドを用いて蛋白質の構造形成を制御するため、ペプチド主鎖のアミド結合にケージド基を導入するための方法を確立した。また、セリン-トレオニン蛋白質リン酸化酵素を簡便に検出できるモノクローナル抗体を作製し、その特許化を行なった。機能蛋白質の安定化技術の開発のため、酵母の分泌系を品質管理システムとして用いるスクリーニングシステムにより、ウシトリプシンインヒビターの SS 結合に置き換わって安定な構造を維持するアミノ酸ペアを検索した。ポストゲノム解析用システムの有効性を検証するために必要なモデルサンプルとして鎖長の異なるペプチドやアミノ酸を置換したペプチドの混合物、酵素・蛋白質のアミノ酸置換体混合物の調製と関係機関への提供を行った。蛋白質の重要な立体構造である α ヘリックスの構造安定化要因をモデルペプチドを用いて明らかにし、その要因を組み込むことにより、 α ヘリックス構造予測プログラムの精度を向上させた。さらに、ユニット融合的共同研究として、ナノテクノロジーで大きな課題とされているナノ機能素子の運搬、配置を行うことができる微小マシン機能素子を運動蛋白質を用いて開発することを目的として、運動蛋白質の運動を光制御できるペプチドを開発した。

研究テーマ:

テーマ題目 1

精密構造解析研究グループ

(Protein Finestructure Research Group)

研究グループ長: 安宅 光雄

(関西センター)

概要:

重点課題である「有用蛋白質機能解析」中「高品位結晶作製と超好熱菌蛋白質解析」に大部分の努力を集中した。すなわち超好熱菌2種のゲノムが全解読されているので、そのゲノム情報を最大限活用して有用蛋白質の遺伝子を取得し、機能解析し、知財化して最終的には産業に結びつけることを目指している。超好熱菌 *Pyrococcus horikoshii* の遺伝子のうちアミノペプチダーゼ(デブロッキングという特異で産業応用できる活性を有する)3種、チオレドキシシ(酸化ストレス除去関連)、エンドグルカナーゼ(多糖類分解に使える)について、また別の超好熱菌 *Aeropyrum pernix* 遺伝子のうちシステイン合成酵素(システインが合成できる)、グリセロール-1-リン酸脱水素酵素(耐熱性

概要：

人間系においては、ライフサイエンス研究と高分子材料研究を融合させ、人間の自立した生活に役立つような技術、材料、システムの開発に資するバイオエンジニアリングの研究推進を指向している。このグループには、有機合成や高分子挙動解析等に優れた資質と実績を有する研究者が結集しており、この研究者を組織化して本当に役に立つ刺激応答材料の開発を目指す。人工筋肉関係の研究ではすでにその方向で成果が出始めており、また、センサー材料としての可能性も大きい。さらに、ウェット系である生体組織と人工材料とのインターフェース（例えば神経電極）の開発に役立つような有用機能性材料の開発が大きな目標である。これらの開発により、単なるデスクトップ上の成果ではなく、人間に実際に役に立つ技術を確認し、医療福祉等を中心とした分野での新たな切り口を見いだしてゆく。人工筋肉（高分子アクチュエーター）技術に関わる研究開発では世界的にも注目されており、昨年、当該グループが主催して国際シンポジウムを関西センターで開催し成功をおさめた。また、この技術を実用化すべく、企業と共同研究を経て、産総研ベンチャーの設立にも成功した。一方、有機合成関係でも、その合成技術は高く評価されており、有機合成関係の世界的雑誌にもしばしば取り上げられている。最近、無機有機複合体技術を駆使して光で放出制御可能な多孔性シリカ材料の開発に成功した。様々な応用の期待される本格的技術であり、Nature 誌に成果が掲載される予定である。さらには、2次元パターン化生体膜模倣システムという独創的な成果もあげており、光計測や膜タンパク質研究者との協力によりユニークな測定システムの構築が期待されている。

研究テーマ：

テーマ題目 6

グリーンバイオ研究グループ

(Green Biotechnology Research Group)

研究グループ長：相羽 誠一

(関西センター)

概要：

循環型社会では生物資源の有効利用と生分解性材料のリサイクルが重要な技術となる。当グループにおいては、天然多糖のキチン及びキトサンの化学（化学修飾、酵素分解）を基盤にそれらの各種誘導体やオリゴ糖の調製、それらの生物活性の探索、医療福祉材料への応用などの研究を進め、「機能性糖鎖高分子」を開発していく。また、生分解性プラスチックの普及を図るべく、分解挙動及び分解菌に関するデータベースの構築を目指すとともに、リサイクル性あるいは機能性を有する「新規生分解性高分子」の開発を進めていく。

具体的な研究計画として、

- 1) 水溶性キトサン誘導体を合成し、低摩擦抵抗船底

塗料への応用を図る。この研究は世界初で、実用化されればその省エネ効果は大きい。酵素分解ではキチンから変形性関節症の改善や美肌効果のある N-アセチルグルコサミンを酵素法で生産する技術を開発する。従来法に比較して環境低負荷で生産できる技術が開発される。

- 2) 土壌中での分解予測の基礎データを得るため、生分解性プラスチックを分解する分解菌の分離、同定、分解挙動解明を行い、分解菌データベースを作成する。この種のデータベースは世界初で、生分解性プラスチックの普及を促進する。新規生分解性プラスチックとして生分解性ポリアミドであるポリ(2-ピロリドン)の分子量と物性を改良するために多官能性開始剤を用いて2-ピロリドンを重合し、高分子量ポリアミドを合成する条件を探索する。

研究テーマ：

テーマ題目 7

[テーマ題目 1] 蛋白質の動的構造機能制御技術と高機能化、安定化技術の研究開発

[研究代表者] 湯元 昇 (人間系特別研究体動的構造機能制御研究グループ)

[研究担当者] 達 吉郎、茂里 康、上垣 浩一、
中村 努、萩原 義久
(職員5名、他4名)

[研究内容]

「研究目的」

蛋白質の機能発現に重要な動的な立体構造形成過程を、蛋白質全体の解析手法とペプチドを用いたモデル系解析手法を併用して研究することにより、蛋白質の立体構造と機能を自在に制御する技術と、高機能蛋白質を効率よく生産する技術を開発することを目標とする。ポストゲノム時代に必須な蛋白質の立体構造と機能を解析するための新しい手法の開発であり、国際的にも極めてユニークなものである。

「平成14年度計画」

- 1) 蛋白質の動的構造形成過程の制御技術の開発と機構解析

光制御ペプチドを用いた蛋白質構造形成機構解析のためのモデル系の確立と、機能蛋白質の立体構造形成過程、特に蛋白質の構造形成の失敗による繊維状化過程について、グループで立体構造を解析している蛋白質などを用いて解析する。

- 2) 蛋白質の機能の制御技術の開発

重要な細胞機能を担っている、蛋白質リン酸化酵素、脱リン酸化酵素、アミノ酸トランスポーター、運動蛋白質などの制御分子の探索を行う。

- 3) 蛋白質の高機能化、安定化技術の開発

酵母の分泌系を品質管理システムとして用いることにより、安定化した蛋白質を容易にスクリーニン

ができるシステムを構築し、S-S 結合に置き換わって安定な構造を形成できるアミノ酸ペアを探索する。

「平成14年度進捗」

1) 蛋白質の動的構造形成過程の制御技術の開発と機構解析

構造形成過程を制御できると考えられる新規なケージドペプチドとして主鎖のアミド結合にニトロベンジル (NB) 基をもつものを開発した。また、NB 基が導入された直後のアミノ酸が Gly 以外の場合には、通常の固相合成ではペプチド鎖の伸長反応が進まないことが明らかになったため、X-NB-Y (X: Ala, Gly, Phe, Glu, Ser, Lys; Y: Ala, Ser, Asp, Leu) という2残基のビルディングブロックを調製した。さらに、主鎖への NB 基の導入により、導入部位のペプチド結合の約40%が cis 型構造をとっていることが判明した。

2) 蛋白質の機能の制御技術の開発

旭川医大、香川大学との共同研究で、細胞の情報伝達において重要な働きをしているセリン-トレオニンタンパク質リン酸化酵素を簡便に検出できるモノクローナル抗体を作成し、その特許化を行った。

3) 機能蛋白質の高機能化、安定化技術の開発

酵母の分泌系を用いて安定化した蛋白質を容易にスクリーニングできるシステムを利用し、蛋白質中の S-S 結合を代替するアミノ酸ペアを探索した。本研究では、3本の S-S 結合を持ち、S-S 結合が構造と安定性に及ぼす影響を調べる材料として広く用いられてきたウシトリプシンインヒビター (BPTI) の1本の S-S 結合 (Cys14-Cys38) に着目した。2つの Cys をランダムなアミノ酸に置換したライブラリーから安定な構造を維持するアミノ酸ペアを探索した結果、2つの変異体グループ (C14G グループ、C38V グループ) が得られた。これらの変異体は中性、37°Cで安定な構造を形成しており、変性中点温度の比較では、Cys を単純に Ala に置換した変異体 (1-SS BPTI) よりも12~17°C安定性が向上していた。C38V グループはトリプシン阻害活性を示さなかったが、C14G グループは天然型 BPTI に匹敵する阻害活性を示した。蛋白質の産業的生産において、S-S 結合の再生が問題となることが多いが、S-S 結合の本数を減少させることで再生は非常に容易となると考えられる。そのため、本研究で用いた方法は蛋白質の生産性を向上させる有効なツールになると期待される。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】蛋白質、構造形成、機能制御、ケージド化合物

【テーマ題目2】高品位結晶作製と超好熱菌蛋白質解析に関する研究 (運営費交付金)

【研究代表者】安宅 光雄 (人間系特別研究体精密構造解析研究グループ)

【研究担当者】安宅 光雄、石川 一彦、山野 尚子 (職員3名、他12名)

【研究内容】

当研究グループでは運営費交付金を使用した研究を主として行い、重点課題である「高品位結晶作製と超好熱菌蛋白質解析」に大部分の努力を集中した。

研究目的はポストゲノムの大きな課題である、ゲノム情報を最大限活用した有用蛋白質遺伝子の取得、その機能解明、知財化であり、同時に蛋白質結晶を利用した構造解析による精密立体構造の決定である。

研究手段と方法論としては、遺伝子工学と分子生物学とバイオインフォマティクスを最大限活用し、全解読された超好熱菌2種類のゲノム情報から、産業上有用と期待される遺伝子を取得する。その遺伝子を大腸菌などで発現させて遺伝子のコードする蛋白質を取得し精製する。精製した蛋白質に期待した活性や機能があるか、また正確な基質特異性や補酵素要求性、至適温度、至適 pHなどを明らかにする。これらの研究により知的財産化が可能になる場合には特許出願する。さらに結晶化を行いX線構造解析の手段を用いて立体構造を決定する。結晶化は大切であるにもかかわらず未解明の部分が多いので、その体系化にも努力する。

年度進捗は概要の部分でも触れたが、超好熱菌 *Pyrococcus horikoshii* の遺伝子のうちアミノペプチダーゼ (デブロッキングという特異で産業応用できる活性を有する) 3種、チオレドキシシン (酸化ストレス除去関連)、エンドグルカナナーゼ (多糖類分解に使える) について、また *Aeropyrum pernix* 遺伝子のうちシステイン合成酵素 (システインが合成できる)、グリセロール-1-リン酸脱水素酵素 (耐熱性の高いエーテル脂質を合成し、また市販されていない試薬の製造に使える)、チオレドキシシン関連3種 (酸化ストレス防止ができる) について、それぞれ大腸菌を用いた発現を行って機能解析した。新たに活性があることを確認できた部分のすべてについて物質特許を出願した。また立体構造を決定するため結晶化を進めている。磁場の中で、核酸代謝関連のタンパク質の品質が大幅に向上することを見だし、また、X線トポグラフに現れるリゾチーム結晶中の歪みが上向き磁化力を印加すると減少し下向き磁化力を印加すると増加することを明らかにした。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】タンパク質、ゲノム、酵素、超耐熱性、酵素、構造生物、タンパク質立体構造

【テーマ題目3】生物発光システムを利用した細胞機能解析用分子プローブの創製及び神経細胞機能の可視化

【研究代表者】近江谷克裕

【研究担当者】近江谷克裕、中島 芳浩、小島 正己

(職員3名、他11名)

【研究内容】

「研究目的」

高齢化社会における安心・安全で質の高い生活を実現するため、細胞機能を指標とした創薬、或いはテラーメイド医療のキーポイントである。そこで、光関連蛋白質の構造機能解析を基盤とし、それを活用した細胞機能の操作・計測のための新技術を開発する。また、光関連蛋白質を利用して神経栄養因子 BDNF やプロスタグランジン合成酵素の細胞内局在等の細胞内情報を可視化する。

「平成14年度計画」

1) 生細胞内で3つ以上の生体情報を同時可視化

細胞内のプロテオームを乱すことなく細胞内の複数の分子応答とそれに伴うダイナミズム変化を定量的、空間的且つ時間的に追跡するための色識別型発光タンパク分子プローブ及び発光・蛍光エネルギー移動型プローブの創製を行う。

2) 神経栄養因子等の時空間同時解析。

BDNF の生理作用は、神経細胞の生存を維持し、神経活動を活発にすることである。本研究では、BDNF のプロセッシングサイトに位置する一塩基多型 SNP に注目し、この SNP 依存的な神経細胞死のメカニズムを明らかにすると同時に、そのリスクから脳を守るべく創薬に資する研究を行う。

3) プロスタグランジン E 合成酵素の細胞内動態解析

プロスタグランジン E 合成酵素の機能を解明するため、個体レベルは TG マウスや KO マウスの作成を、また細胞レベルでは、プロスタグランジン E 合成酵素・蛍光タンパク融合体可視化プローブを導入した細胞を構築、ストレス負荷に伴うプロスタグランジン E 合成酵素の変動をイメージング、評価するシステムを構築する。

「平成14年度進捗」

1) 細胞内で3つ以上の生体情報を同時可視化

複数の細胞内の情報を可視化できる色識別可能な鉄道虫発光タンパクを哺乳類細胞内で安定に発現させることに成功し、マルチ遺伝子転写活性測定系を構築した。さらに、細胞機能可視化用発光タンパク群の探索及び高機能化発光性渦鞭毛藻由来青色発光タンパクを哺乳類細胞内で安定に発現させることに成功した。また発光・蛍光エネルギー移動型分子プローブによる翻訳後修飾過程の可視化発光・蛍光融合タンパクを構築・試作して得られたデータを基に、発光・蛍光エネルギー移動型分子プローブを作成し、細胞内の代表的な翻訳後修飾である活性ペプチドプロセッシング量の定量化に成功した。マルチ遺伝子転写活性測定システムとして特許を出願した。

2) 神経栄養因子等の時空間同時解析。

BDNF のプロセッシングサイトに位置する一塩基多型 SNP は、BDNF のプロセッシングを阻害し、活性型 BDNF の産生を低下させることが、さらに、この BDNF を発現させた神経細胞をストレス環境下に置くと、通常以上に細胞死が誘導されることが明らかとなった。本結果は SNP データと細胞機能の関わりを明らかにするものであり、Cell 誌に論文として掲載された。

3) プロスタグランジン E 合成酵素の細胞内動態解析

プロスタグランジン E 合成酵素のモノ抗体を作成した。プロスタグランジン E 合成酵素を心臓において特異的に発現量を増加させた TG マウスを作成した。プロスタグランジン E 合成酵素・蛍光タンパク融合体可視化プローブを導入した細胞を作成し本酵素が細胞内のミトコンドリアに局在することを明らかにした。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 細胞、蛋白質、遺伝子、酵素、イメージング、生物発光、光スイッチ

【テーマ題目4】 神経回路再接続に関する研究（運営費交付金）

【研究代表者】 田口 隆久（人間系特別研究体ニューロニクス研究グループ）

【研究担当者】 田口 隆久、川崎 隆史、清末 和之、藤森 一浩、工藤 卓
(職員5名、他4名)

【研究内容】

- (1) 受容体は60Kda の rabex5であることが判明。結合部位の同定に成功し、ここを欠損させると神経突起伸長が起こらないことを明らかにした。
- (2) 形質転換していない培養筋細胞（筋管を形成している）からニューロクレシンが自発的に分泌されており、電気的刺激で筋収縮を起こすとこれが止まることを明確に証明した。
- (3) 抗体を用いて MDP77が骨格筋と心筋に特異的に発現していることを発見。特に筋紡錘にも発現している点が注目される。Two hybrid 法により MDP77 に結合する蛋白質を解析し、候補となるものを数種類見いだしている。
- (4) ラットを用いた動物実験により、空のコラーゲンチューブに比較し、2つの蛋白質を加えたチューブは顕著に伸長が加速された。興味深いことに、この2者では作用が異なり、発芽成長と成熟の過程をそれぞれが担っている可能性が高い。
- (5) シナプス伝達の長期増強を誘導する因子が蛋白質であり、その作用機構にキナーゼが関与していることを発表した。さらに、この因子同定を行うため、大量の条件付け培地を調製して因子を精製中。電気

生理的アッセイがこの作業のボトルネックとなっているため、より簡便なアッセイ法を確立するため、神経電気信号の自動解析ソフトウェアを開発し、2次元電極の活用を試みている。

- (6) ヒヨコの刷り込み学習に関連する部位と時期においては、伝達物質放出機構がことなり、高感度伝達から安定伝達へと変化していることを突き止めた。
- (7) シナプス機能の調節にはシナプス直下での活動依存的局所蛋白質合成が関与しているとの作業仮説を立て、シナプス部位に輸送される mRNA を2種同定し、その一方の活動依存的局所合成の直接観察に成功した。
- (8) 筋知覚神経の成長因子が筋由来株細胞の条件付け培地中に多く含まれることを発見し、これがこれまで知られているニューロトロフィン系とは異なる蛋白質であることを証明した。この蛋白質の同定も迅速に進行中である。
- (9) メダカを用いてその卵の遺伝子を組み替えることにより、生きたメダカ個体における任意の細胞で任意の時期に特定の遺伝子を発現するシステムの構築が進行中である。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 神経再生、ニューロン、シナプス、細胞、蛋白質

[テーマ題目5] 生体デバイス応用に向けた基板制御技術に関する研究(運営費交付金)

[研究代表者] 清水 洋(人間系特別研究体メソフェーズ工学研究グループ)

[研究担当者] 清水 洋、清原 健司、寺澤 直弘、物部 浩達(職員4名、他1名)

[研究内容]

生体関連デバイスには将来、ウェアラブル、携帯、軽量など身体に装着可能な各種デバイスにより実現されるものが多く、現在のフレキシブルディスプレイやシートバッテリー等いわゆる携帯型デバイスの研究開発の流れはやがて人体の健康管理などに対応する各種センサーデバイスなどへ広く展開すると考えられる。そのためにはフレキシブルなポリマー基板に実装可能な各種機能材料が求められ、特に有機半導体を用いた電子デバイスの研究が盛んになってきている。

本研究テーマでは、高速の電荷移動媒体として注目を集めているカラムナー液晶に焦点を当て、プラスチック基板における電荷移動パス構築のための新規な液晶半導体材料の開発及びこれらのデバイス応用技術としての配向制御に関する新規なアプローチを実施し、現行の液晶半導体に匹敵する電荷移動度を持ち、かつ配向制御性のよい材料の開発を目指すとともに、一般的に高粘性故に配向制御の極めて困難な液晶半導体の欠点を克服すべく新規な配向制御手法を確立することを目的に研究に取り

組んでいる。

H14年度は、電荷移動パスとなる液晶半導体はカラムナー相の発現が必須であるが、電荷移動度の高速化の観点から現在取り組まれている手法(π 電子系の拡張)とは異なる、分子運動性の制御による最適化というコンセプトをベースに研究に取り組んだ。これはフルオロアルキル基や水素結合基の導入による分子間の特異的相互作用の実現によってもととの液晶性を変化させずに分子の運動性のみを制御しようとする試みであり、典型的なディスコチック液晶骨格であるトリフェニレンを用いて前者ではカラムナー相における積層分子のカラム軸垂直方向の揺動運動を、後者ではカラムナー相における回転揺動及びカラム軸方向の揺動運動を制御し、それによって液晶性の向上を実現することが出来た。更に前者では、デバイス応用上重要な配向制御性としてフルオロアルキル基の導入によって基板に対して強い垂直配向が誘起されることが見出された。これは従来の配向制御が電場や磁場などの外部場による制御をその基本としていた現状に対して、新たに分子構造のデザインによって配向制御性を獲得しようとする全く新規なコンセプトに通じる可能性のある発見と考えられる。

[分野名] ナノテク、材料、製造分野

[キーワード] 液晶、プラスチックエレクトロニクス、フレキシブルデバイス、有機半導体

[テーマ題目6] 細胞・生体の機能制御に資する刺激応答材料に関する研究(運営費交付金)

[研究代表者] 田口 隆久(人間系特別研究体刺激応答材料研究グループ)

[研究担当者] 田口 隆久、田中 裕子、藤原 正浩、安積 欣志、田中 睦生、安藤 尚功、田和 圭子、杉野 卓司(職員8名、他2名)

[研究内容]

- (1) 高分子電解質膜の圧力下における熱処理により、電解質膜の含水性、イオン伝導性が向上し、電場応答特性が改良されることを発見。アニオン交換膜への金の無電解メッキ法を開発。高分子電解質アクチュエータと電子導電性アクチュエータの複合化を行い、高分子電解質型に比較し5倍以上の力の発生を確認。
- (2) 孔径が約3ナノメートルのMCM-41の細孔出口近傍に、選択的に光により可逆的に二量化・単量化できる有機置換基(クマリン誘導体)を修飾することにより、二量化しているときは内包物を貯蔵して徐放しないが、光照射によりクマリンが単量化すると内包物が徐放するような新しいスマートカプセル材料の創製に成功。
- (3) ジアセチレン型合成脂質による2分子膜にリソグラフィによるパターン化を施し、重合化しない部

分に細胞膜と同等の生体膜を組み込む技術を開発した。

- (4) 表面プラズモン蛍光分光法 (SPFS) を開発し、DNA とその相補鎖の会合キネティックスの解析に成功。さらに、プローブ DNA と2種類の混合ターゲット DNA とのハイブリダイゼーションのキネティックスも解析することが可能であることが示された。
- (5) フォトクロミック分子にイオン認識能を組み合わせた分子を創製し、二つの機能の相互作用の体系化を試みた。イオン認識部位としてクラウンエーテル、フォトクロミック部位としてクロメンを有するイオン応答性フォトクロミック分子を合成し、イオン存在下におけるフォトクロミズムを検討結果、クラウンエーテル部位がイオンと錯形成することによって紫外光照射すること無しに開環体へと異性化することを発見。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 人工筋肉、高分子アクチュエータ、多孔質シリカ、マイクロカプセル、スマートカプセル、表面プラズモン、脂質二分子膜

【テーマ題目7】 (運営費交付金) 「高分子鎖中に特殊構造を有する生分解性ポリアミドの開発」

【研究代表者】 川崎 典起 (人間系特別研究体グリーンバイオ研究グループ)

【研究担当者】 相羽 誠一、中山 敦好、山本 襄、山口真利子 (職員3名、他2名)

【研究内容】

ポリアミド4は1953年に Ney らにより2-ピロリドンに重合することにより合成され、広範に使用されているポリアミド類 (ポリアミド6、ポリアミド66、ポリアミド11、ポリアミド12等) と同様に注目されてきた。しかし、熔融成形加工における熱安定性の面で改善すべき点があり、汎用高分子材料として実用化されていない。物性を改良するために高分子量化や単分散化という観点から研究がなされてきたが、この観点とは別に我々はポリアミド4の基本骨格を修飾するために高分子鎖中に様々な構造の導入を試みている。様々な特殊構造を高分子鎖中に導入することにより、従来のポリアミド4に対して物性の改良や機能性の付与をすることができる。例えば、高分子鎖中に分岐構造を有するポリアミド4の場合では引張り強さ等の機械的性質の改良が期待できる。さらに、ポリアミド4はその融点 (260℃) が高いにも関わらず、土壌中や活性汚泥中で生分解を受けることが見出され、優れた熱特性や機械的性質を有する生分解性材料となる可能性を持っている。本年度は特殊構造として分岐構造を有するポリアミド4を合成し、融点、引張強度、生分解性について評価する。また、高分子鎖中に生理活性分子を有する新規生分解性ポリアミド4の合成も検討する。ポ

リアミド4はピロリドンに開始剤を加え、開環重合させて合成するので、開始剤となる各種カルボン酸誘導体として多塩基カルボン酸の塩化物およびエステルを合成した。カルボン酸の数を1から7まで変化させた。これらの開始剤を用いることで、線状及び分岐状のポリアミド4を合成できる。塩基性触媒と開始剤の濃度が適当な場合、重合反応は速やかに進み、5~10分で全体が完全に固化したが、そのまま約1日放置した後、精製した。得られたポリアミド4は白色または淡黄白色の粉末状または繊維状で溶媒キャスト法によりフィルムにすることができた。線状と比較して分岐型ポリアミド4の分岐数が多くなることによる融点の変化は顕著に現れなかった。分子量が高い場合、分岐点の密度が低くなり分子鎖配列の乱れが起こらず、結晶性に影響しないため線状ポリアミド4と同様のバルク物性を持つものと考えられる。5分岐型ポリアミド4 ($M_n 9.1 \times 10^4$) の引張強度 (21.1MPa) はセバコイル酸誘導体を開始剤とした線状ポリアミド4 ($M_n 3.0 \times 10^4$ 、引張り強さ11.8MPa) より大きくなり、市販のポリアミド6 ($M_n 1.1 \times 10^4$ 、引張り強さ18.6MPa) と同様な値となった。生分解性を調べると、7分岐ポリアミド4は標準活性汚泥により28日間で52%分解された。また、生理活性分子としてニコチン酸を選び、この塩化物を開始剤にして、末端にニコチン酸を有するポリアミドを合成できた。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 生分解性プラスチック、ポリアミド、ナイロン、活性汚泥、ピロリドン

② 【生活環境系特別研究体】

(Special Division for Green Life Technology)

(存続期間：2001. 4. 1~)

研究系長：小林 哲彦

副研究系長：宮崎 義憲

総括研究員：宮崎 義憲、香山 正憲

所在地：関西センター

人員：155 (51) 名

経費：757,948千円 (270,977千円)

概要：

当研究ユニットの基本ミッションは、「環境と調和した経済社会システムの構築」および「高齢社会における安心・安全で質の高い生活の実現」に貢献することである。環境とエネルギーの境界領域を研究分野と定め、特に生活者、消費者の視点での新技術開発を通して、Sustainable Developments に貢献できる「人と環境にやさしいライフスタイル」の提案を目標としている。このため、触媒、電気化学、分離膜などの「応用界面科学」に関する技術ポテンシャルを分野融合的に発展させ、「生活密着型のクリーンエネルギー技

術」および「生活環境の保全・浄化技術」に関する新産業の創成に貢献できる技術革新を目指している。

(関西センター)

外部資金：

経済産業省

エネルギー使用合理化技術開発委託費

次世代型分散エネルギーシステム基盤技術研究開発

「固体高分子形燃料電池の研究」(155, 172千円)

試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの）

「有機塩素化合物等有害化学物質の排出抑制のための電気化学的高度分解処理技術の開発に関する研究」(12, 140千円)

中小企業産業技術研究開発委託費

地域中小企業支援型研究開発

「介護施設における消臭システムの開発」(19, 870千円)

新エネルギー・産業技術総合開発機構

固体高分子形燃料電池システム技術開発事業

固体高分子形燃料電池要素技術開発等事業

「固体高分子形燃料電池の劣化要因に関する研究 劣化要因の基礎的研究(2)作動条件による劣化要因」(39, 589千円)

「新規一酸化炭素被毒耐性アノード触媒の開発」(25, 244千円)

「電極触媒用高性能カーボン担体の研究開発」(21, 643千円)

エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発

「非平衡反応系による高効率物質併産プロセス技術の研究開発」(14, 808千円)

「HEV用ニッケル水素電池の低コスト化技術の研究開発」(24, 837千円)

平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業

「新防汚塗料用三級カルボン酸の簡易合成法の研究開発」(20, 330千円)

「合金メッキ技術を利用した次世代高容量電極の開発」(8, 603千円)

「ナノメッキ技術による次世代二次電池の開発」(871千円)

発表：誌上発表139(134)件、口頭発表349(91)件、その他12件

環境ガラス研究グループ (Ecoglass Research Group)

研究グループ長：小林 哲彦

概要：

本グループでは、ガラスを基礎とした技術開発を通じて、生活に密着した環境浄化技術、省エネルギー・環境適合型新素材の開発を行うことを目的としている。そのために、ゾルーゲル法による無機有機ハイブリッドガラス材料の創製と高機能化技術の開発、ガラスの分相現象を利用したナノレベルでの構造制御技術、液相法、化学蒸着法などによる表面、界面の構造・機能制御技術の開発を行い、環境浄化やクリーンエネルギー資源抽出のための、高機能・高効率分離膜の開発、環境調和型高輝度発光材料等の開発を行っている。また、ガラスそのもののリサイクル技術、再資源化、高付加価値化技術の開発も行っている。

以上の研究を効率良く行うために、産学との連携を積極的に推進している。即ち、ニーズの把握および、要素技術のシステム化のためには産と、基礎的部分における足らざる研究ポテンシャルを補うためには学との連携を推進している。

研究テーマ：

テーマ題目4

環境触媒研究グループ

(Environmental Catalyst Research Group)

研究グループ長：坪田 年

(関西センター)

概要：

本グループは従来から低温CO酸化活性に優れた金超微粒子担持触媒や常温常圧下で有機合成反応を進行できる金属カルボニル触媒の開発において多くの革新的成果を発信しており、産総研イノベーションズを通じた、情報開示契約や研究試料提供の実施など実用化を目指した技術移転に取り組んでいる。

特に、金超微粒子担持触媒は触媒機能の発現が触媒ナノ構造に大きく依存するため、高分解能電子顕微鏡や表面科学手法による原子レベルの構造・機能解析研究の成果を取り入れた実触媒系の開発を他に先駆けて実施して来た。現在は、同じ系内のナノ界面機能材料科学RGと特に強い連携の下、環境負荷物質であるホルムアルデヒドの低温酸化触媒系を見出した。

一方、水環境浄化分野では、固体高分子電解質を用いる電解処理法とCE法による環境分析を組み合わせたシステム技術化を目指している。それぞれはオリジナル性の高い技術であり、電解技術は基本特許を基に脱ハロゲン低環境負荷高度浄水技術として開発を行っている。またCE分析法では環境分野での応用に不可欠な高感度化に取り組んでいる。

研究テーマ：

テーマ題目3、テーマ題目1

次世代電池研究グループ

(Advanced Battery Research Group)

研究グループ長：辰巳 国昭

(関西センター)

概要：

- 1) ハイブリッド自動車用電池には15年という非常に長いカレンダーライフが要求されるが、迅速に電池開発を進めるために寿命の加速試験法の確立が望まれている。そこでリチウム電池について10倍以上の加速耐用年数試験法の確立を目標に、電池特性劣化メカニズムの解明及び各電池構成材料の評価手法の確立を目指した研究を進めている。劣化試験用の小容量モデル電池の試作を開始し、初期暫定仕様を決定した。電極材料・電解質については各種分析手法を適用し、電池構成材の劣化因子の抽出に着手した。さらに、温度や SOC 等を加速因子とした加速法の適用範囲の予備検討を開始し、耐用年数評価技術のための加速因子及び測定マトリックスを決定した。
- 2) 現行のリチウム電池では引火性・可燃性の有機溶媒が電解質として用いられていることから、安全性を飛躍的に改善するために、引火性のないイオン性液体を用いた非プロトン系電解液の研究開発を進めており、リチウム金属によっても還元されない高い耐還元性を示すアンモニウム系イオン性液体の開発に成功した。
- 3) 現在用いられているリチウムイオン電池のエネルギー密度は、本来リチウム系二次電池が有する傑出した理論エネルギー密度に較べれば十分高いとは言えない。より高いエネルギー密度を達成する新規正極・負極材料の探索・開発を行っており、特に負極材料については、スズ系薄膜電極の特性を中心に研究を進めている。

研究テーマ：

テーマ題目 8、テーマ題目 5

小型燃料電池研究グループ

(Advanced Fuel Cell Research Group)

研究グループ長：宮崎 義憲

(関西センター)

概要：

- 1) PtRu 合金触媒に替わる新規触媒として、高い耐 CO 特性を有しかつ固体高分子形燃料電池 (PEFC) 作動条件で安定な触媒系を検討している。Ru に替わって MoOx や WOx、NbOx をカーボンブラック担体上に析出させることで、耐 CO 特性を向上させた。特に Pt-MoOx 触媒は PtRu 合金触媒に匹敵する耐 CO 特性を発現した。
- 2) メタノール直接型燃料電池 (DMFC) の研究: PtRu 合金触媒を使用する場合の触媒材料の前駆体とメタノール酸化活性の関係を調べた。かさ高い1,5-シクロオクタジエンを配位子とした Pt 錯体を前駆体として調製した PtRu 合金触媒のメタノール酸化活性が他の前駆体によるものよりも高かった。

- 3) 直接型燃料電池として他の燃料について検討した。人体にまったく無害な L-アスコルビン酸 (ビタミン C) を燃料とすると、燃料の膜透過によるロスが少なく、また、燃料極に触媒金属がなくても発電が可能であることを示した。
- 4) 昨年度得られた可逆セル (URFC) 高性能化のための重要な因子の一つである集電体層の撥水性制御の最適化に関する知見を生かし、可逆性が高く、均一な電極の製造方法を開発して、電極面積を100cm²級まで大型化した可逆セルを開発した。

研究テーマ：

テーマ題目 6

水素システム研究グループ

(Hydrogen Energy System Research Group)

研究グループ長：栗山 信宏

(関西センター)

概要：

- 1) 新規高密度水素吸蔵材料の研究：高容量水素化合物 NaAlH₄とその水素放出過程における中間生成物である Na₃AlH₆についての反応速度測定より、両化合物における Ti 塩添加物の反応速度向上機構がほぼ同じであることを見出した。また、軽量高压容器と水素吸蔵合金の組み合わせによる新規水素貯蔵容器のための合金開発のために35MPa までの水素圧まで高精度な水素吸蔵量評価が可能な装置を試作し、希土類系 AB5型水素吸蔵合金を検討した。その結果、圧力範囲0.1~35MPa かつ298Kにおいて、LaNi₅が130kg-H₂/m³、PrNi₅および NdNi₅が120kg-H₂/m³と目標値135kg-H₂/m³に近い値を示すことを見出した。
- 2) 水素吸蔵材料特性制御に関する研究：Ca-Ni-Pd 3元系の安定化について検討したところ、Ca-Ni-Pd 合金ではなく CaPd₂が1wt%程度の水素吸蔵量を示す安定相として得られた。これは、CaPd₂が非常に安定であるためと考えられる。
- 3) 水素吸蔵合金利用技術に関する研究：空気-金属水素化物電池において、構成部材の最適化を行い、水素ガスによる充電と電気化学的な放電のサイクルを200回以上繰り返すことに成功した。

研究テーマ：

テーマ題目 7

界面機能制御研究グループ

(Solid State Combinatorial Research Group)

研究グループ長：小林 哲彦

(関西センター)

概要：

- 1) 赤外線サーモグラフィ計測法を触媒評価に応用し、燃焼触媒の活性迅速評価技術を確立した。
- 2) サーモグラフィの技術によってスクリーニングした触媒を用いて、固体高分子形燃料電池の電極触

媒の高性能化を図り、優れたカーボン担体や、耐一酸化炭素 (CO) 被毒特性の向上に効果のある金属酸化物系添加物を開発した。

- 3) 5種類の貴金属を12種類の金属酸化物に担持した触媒ライブラリを構築し、水性ガスシフト反応やメタノール水蒸気改質に対する活性を評価した。
- 4) 結晶化前駆体法により $(\text{Ca}_2\text{CoO}_3) \times \text{CoO}_2$ 及び $(\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{O}_4) \times \text{CoO}_2$ 長尺ウィスカー (長さ10mm) の合成に成功し、これらが現在知られている物質の中で最も高い熱電性能を持つことを明らかにした。
- 5) コンビナトリアル合成法により作製した試料のゼーベック係数高速評価技術 (600試料/時間) を構築した。
- 6) コンビケム技術により LaNiO_3 が n 型の熱電特性を示すことを見出した。
- 7) $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$ 大型単結晶の合成に成功し、この物質固有の熱電変換効率を測定した。
- 8) $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$ 大型単結晶と粉末を複合化した焼結体を作製し、変換効率を従来試料の約二倍向上させた。

研究テーマ：

テーマ題目 2

界面イオニクス研究グループ

(Interfacial Ionics and Solid State Chemistry Research Group)

研究グループ長：蔭山 博之

(関西センター)

概要：

中温域固体伝導体の研究では、ペロブスカイト型化合物 ($\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}$) $\text{ScO}_{3-\delta}$ が、600°C、水素雰囲気中で約 $6 \times 10^{-3} \text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ のプロトン導電率を示すことを見出した。また、セリア系材料を対象に通電焼結法を用いた粒径制御により機械的強度の向上の検討を行った。イオン性液体の機能化とその応用の研究では、塩の融点を劇的に低下させるアニオン種を見出した。また、レドックス機能を有する分子そのものをイオン性液体に転換する手法を開発し、レドックスホッピング伝導のような特異な伝導機構の発現が確認できた。イオン導電体のダイナミクス観測の研究では、ウレア系ポリマーゲル電解質を創製し導電特性を調べた。また、イオン種の拡散定数とイオン易動度の測定から塩の解離度、ポリマーと塩との相互作用の大きさを表すパラメータを見積もる評価手法を新たに開発した。全固体リチウム電池用新規電極材料の開発では、リチウム負極/ガラス固体電解質/ (ガラス固体電解質+ニッケル酸リチウム) で構成される全固体型セルにおいて10サイクル以上の充放電が可能で50mAh/g 以上の放電容量を有することを見出した。

研究テーマ：

テーマ題目 5、テーマ題目 6、テーマ題目 8

ナノ界面機能科学研究グループ

(Interface Science Research Group)

研究グループ長：香山 正憲

(関西センター)

概要：

環境エネルギー技術の革新のためには、触媒や電極など界面機能材料の開発が鍵を握っている。金/酸化物触媒などナノヘテロ界面では、特別の電子状態により特異な機能が発現すると考えられる。こうした界面機能材料の表面・界面の原子・電子構造や機能のメカニズムを、電子顕微鏡観察、表面科学、理論計算の三つの手法の緊密な連携により解明し、界面の構造と機能を設計・制御する科学と技術を確認する。また、実用研究グループとも連携して、界面機能材料の開発に基礎からの貢献を行う。H14年度は、①電顕観察では、 Au/TiO_2 触媒について、 TiO_2 上の金微粒子の成長過程の観察を試みた。電子線ホログラフィー法による平均内部ポテンシャル観察について、 TiO_2 担持の金微粒子に加え、Pt 微粒子を扱った。また、 Ir/TiO_2 触媒や Au-Ir/CeO_2 触媒の観察を行った。②表面科学手法では、STM により Au の吸着した $\text{TiO}_2(110)$ 表面の局所状態密度・局所仕事関数を測定し、表面・界面の局所的電子状態を探った。③第一原理計算では、欠陥や異なるストイキオメトリを持つ $\text{TiO}_2(110)$ 表面に Au が積層した構造を扱い、 TiO_2 表面構造の効果を明らかにした。また、ナノヘテロ界面の設計指針の構築を目指し、 $\text{Cu/Al}_2\text{O}_3$ 界面、金属/SiC 界面の計算を行った。

研究テーマ：

テーマ題目 1

新テーマ発掘研究グループ

(Novel Environmental Technology Research Group)

研究グループ長：小林 哲彦

(関西センター)

概要：

メタン資化菌によりメタンをメタノールに変換する技術開発において、変換酵素 MMO サブユニットの大腸菌でのタンパク質発現に成功した。また木質の半炭化やセルロースの微生物分解などのバイオマス利用技術の検討を行った。

機械構造部材の研究では、アルミナ-ジルコニア系材料を遠心成形し、強度や摩耗特性に優れた焼結体を得ることができた。また、サイアロン焼結体を比較的低温で熱処理し、針状の結晶を成長させることにより高強度高靱性化を達成することができた。エネルギー利用研究部門との連携のもと行っている電力貯蔵用フライホイールの長期信頼性に関する研究では、軸受関連部材の CFRP について500h 超の長時間クリープ試験を行い、試験方法の問題点を検討し改善するとともに真空中と大気中での結果を比較検討した。

フレキシブルな表示素子の実現のために必要な、高

分子基材上に蒸着可能な ITO 技術を確立するために、イオンビームアシスト法を開発した。その結果、100°C 以下の基材温度で ITO を蒸着しながら100eV の酸素イオンを照射することにより、密着性に優れ、表面が滑らかである ITO 薄膜を形成することに成功した。

研究テーマ：

テーマ題目 4

電池システム連携研究体

(Secondary Battery System Collaborative Research Team)

連携研究体長：境 哲男

(関西センター)

概要：

本連携研究体では、長年培われた水素電池やリチウム電池、空気電池などの電池材料技術をベースにして、企業との連携研究により電池システムでの実証研究を実施することで、早急に実用化することを目指している。主な成果は以下のものである。

- 1) ハイブリッド自動車用ニッケル水素電池の低コスト化技術：負極に用いる希土類系水素吸蔵合金において、希土類元素の数%を Mg で置換することで、サイクル寿命と出力特性の向上を図りながら、合金中の Co 含有量を半分に低減する技術を確立した。正極においては、高価な発泡ニッケルを用いないバインダー結着式正極を開発した。電池メーカーと協力して、これら新材料及び電極技術を用いた HEV 用電池を試作して、実用に必要な1kW/kg の高出力を達成した。
- 2) 次世代リチウム二次電池用合金系負極の開発：従来の黒鉛系負極の2倍以上の容量で、300サイクル後の容量維持率60%と世界最高の寿命特性を有するナノコンポジット合金 (Sn-Fe-Ag 系など) を開発した。この場合、ナノ合金粒子が Li 吸蔵により再配列して、ナノサイズの Li 吸蔵合金を可逆的に形成していた。このようなナノ材料技術によって、Li 吸蔵時の大きな体積変化が緩和され、長寿命化できる機構を解明した。

めっき技術を用いて銅箔基材と一体化したスズ合金めっき負極の開発においては、Sn 合金/Zn/Sn 合金/Zn/Cu など電極の多層構造化や傾斜材料化によって長寿命化できることを見出した。これは Li 吸蔵時の体積変化が層間で緩和されるためと分かった。これらの成果をベースにして、実用化に向けての製造プロセスの検討を開始した。

研究テーマ：

テーマ題目 8

【テーマ題目 1】界面機能科学に関する研究

【研究代表者】香山 正憲 (生活環境系特別研究体ナノ界面機能科学研究グループ)

【研究担当者】香山 正憲、田中 孝治、田中 真悟、秋田 知樹、伊達 正和、前田 泰 (職員6名、他3名)

【研究内容】

環境エネルギー技術の革新のためには、触媒や電極など界面機能材料の開発が鍵を握っている。金/酸化物触媒などナノヘテロ界面では、特別の電子状態により特異な機能が発現すると考えられる。こうした界面機能材料の表面・界面の原子・電子構造や機能のメカニズムを、電子顕微鏡観察、表面科学、理論計算の三つの手法の緊密な連携により解明し、界面の構造と機能を設計・制御する科学と技術を確立する。また、実用研究グループとも連携して、界面機能材料の開発に基礎からの貢献を行う。

H14年度は、金/酸化物触媒について、三つの手法の緊密な連携を行う。①電顕観察では、Au/TiO₂触媒について、TiO₂上の金微粒子の成長過程の観察を試み、また、界面原子構造の詳細を検討する。電子線ホログラフイー法による平均内部ポテンシャル観察について、TiO₂担持の金微粒子に加え、Pt 微粒子を扱う。Ir/TiO₂触媒や Au-Ir/CeO₂触媒の観察を行う。②表面科学手法では、STM (走査トンネル顕微鏡) により Au の吸着した TiO₂ (110) 表面の局所状態密度・局所仕事関数を測定し、表面・界面の局所的電子状態を探る。③第一原理計算では、欠陥や異なるストイキオメトリを持つ TiO₂ (110) 表面に Au が積層した構造を扱い、TiO₂表面構造の効果を探る。また、ナノヘテロ界面の設計指針の構築を目指し、Cu/Al₂O₃界面、金属/SiC 界面の計算を行う。④環境触媒、燃料電池、水素システム等のグループとのユニット内連携を行い、基礎からの貢献を行う。

H14年度の進捗状況は以下のとおりである。

電子顕微鏡観察では、Au/TiO₂触媒について、析出沈殿法での焼成過程の金微粒子の成長を連続観察した。オストワルド成長が主であるが、粒子分布による金総量見積もりから、通常の触媒では微小クラスターが多数存在することが示唆された。電子線ホログラフイー法で見出した TiO₂上金微粒子の平均内部ポテンシャルのサイズ依存性について、金の電子状態、界面結合や電子移動の観点から検討した。この現象が貴金属一般のものか探るため、Pt 微粒子の観察を行った。また、Ir/TiO₂触媒では、TiO₂上に Ir 微粉末を担持した系について、大気中焼成で金属 Ir 微粒子が酸化され、薄膜状に成長し、水素雰囲気還元で金属状態になることを観察した。ホルムアルデヒド分解に高活性を示す Au-Ir/CeO₂触媒についても構造解析を行った。

表面科学手法では、TiO₂(110)-(1X2)表面に微少な Au クラスターを真空蒸着した系について、STM により、TiO₂表面、クラスター表面、界面近傍の局所状態密度・局所仕事関数を測定した。Au クラスターの高さ (厚み) が約0.4nm を境にクラスターの仕事関数が大きく変化

し、状態密度からも非金属→金属転移がおきることが判明した。触媒活性には、少なくとも0.4nm以上のクラスターが関与すると言える。界面の電荷移動についての情報が得られ、触媒機能について検討した。これらの結果は、第一原理計算と定性的に合致している。

理論計算では、TiO₂(110)-(1X1)の理想表面、及び、表面架橋酸素やTiOペアの欠損など、欠陥や異なるストイキオメトリを持つTiO₂(110)表面にAuが一原子層積層した構造の第一原理計算を行った。酸素原子やTiOペアの欠損したTi-richまたはO-richな表面では、理想表面とは異なり、Auとの結合エネルギーが大きく、電子移動も観察された。これは、界面の原子・電子構造(触媒活性)が雰囲気やTiO₂表面状態に依存することを示唆し、従来の実験と合致する。TiO₂(110)-(1X2)表面にAu原子の吸着した構造の計算も行い、STM実験と比較した。また、ナノヘテロ界面の設計指針を検討するため、各種ヘテロ界面の第一原理計算を行った。Cu/Al₂O₃(0001)界面では、引っ張り変形の計算を行い、界面の結合性と機械的性質を検討した。Al/SiC(111)界面の計算を行い、従来の結果と併せて、Ti又はAl/SiC(111)又は(100)界面の全結果を界面設計の観点から分析し、支配因子を検討した。

ユニット内外との連携として、電子顕微鏡観察を中心に、燃料電池の電極触媒(Pt/C等)やセル構造の構造解析(界面機能G・小型燃料電池G)、水素吸蔵合金の構造解析(水素システムG)、リサイクル着色ガラスの金属析出の微構造解析(環境ガラスG)、メソポーラス材料の構造解析(人間系・刺激応答材料G)など、基礎からの貢献を行った。

[分野名] 環境・エネルギー、ナノテク・材料・製造

[キーワード] 電子顕微鏡、第一原理計算、表面科学、界面科学、触媒

[テーマ題目2] 材料コンビケムに関する研究

[研究代表者] 舟橋 良次(生活環境系特別研究体界面機能制御研究グループ)

[研究担当者] 舟橋 良次、上田 厚、山田 裕介、塩山 洋、鹿野 昌弘(職員5名、他4名)

[研究内容]

エネルギー・環境問題は年々深刻化しており、人類は存亡の危機に直面している。この問題を解決するためには、新たな低環境負荷エネルギーシステムの構築が必要であり、そのためには優れた機能を有する様々な素子材料が不可欠となる。しかし新物質には従来よりも優れた機能が要求されるため、物質探索は益々困難になる一方である。我々は機能物質の発見の確率を高める技術としてコンビナトリアルケミストリー(コンビケム)に注目し、具体的なターゲットとして新エネルギー・環境材料

の創製を目標としつつ、「材料コンビケム」技術の高度化にも力を入れている。また、計算材料科学やナノ構造解析と「材料コンビケム」とを補完的に組み合わせた全く新しい物質探索の方法論「マテリオミクス」の実現も目指し、具体的なターゲットとしている「固体触媒」と「熱電酸化物」の探索を行っている。

触媒材料の探索は、主に燃料電池関連触媒の探索を中心に行った。燃料電池に必要な触媒材料は、燃料である水素の製造・精製触媒および燃料電池のアノード・カソード触媒である。水素製造・精製触媒に関しては、5種類の貴金属を12種類の異なる担体に担持した触媒を調製し、独自に開発した触媒性能迅速評価装置を用いて、種々の条件での活性測定を行い新しい触媒系を見出した。また、アノード触媒に関しては、COを含む水素の酸化反応を行い、気相中でのCO被毒耐性の確認を行った。評価に基づき、いくつかのアノード触媒において、その電気化学的評価も行い溶液中でもCO被毒耐性が改善されることを見出した。

熱電材料の探索のために金属硝酸塩水溶液を用いた高速合成・評価技術を装置開発も含め構築した。試料調製装置はバイオ研究で用いられているものを基に開発した。この方法では一日に1000種類の試料合成が可能であり、溶液混合から塗布までの速度は100試料/時間で、消費金属重量も一試料あたり数十μg程度と非常に少量である。現在調製したライブラリーを様々な条件下で焼成して、一日1000種類の試料を合成している。熱電特性の評価にはゼーベック係数を独自に開発した「ゼーベックテスター」を用い定量的に測定している。この方法では一方の端子を加熱し、試料両端に温度差をつけることにより測定しており、650試料/時間の速度で特性評価が可能である。

[分野名] ナノテク、材料、製造

[キーワード] コンビナトリアルケミストリー、高効率物質探索、触媒材料、熱電材料

[テーマ題目3] 環境触媒に関する研究

[研究代表者] 上田 厚(生活環境系特別研究体界面機能制御研究グループ)

[研究担当者] 上田 厚、坪田 年、奥村 光隆、桜井 宏昭、徐 強、山田 裕介、木内 正人(職員7名、他13名)

[研究内容]

現在、我々は日常生活において極めて数多くの化学物質に囲まれて生活している。これらの化学物質の中にはその有害性を懸念されているものがあり、更に数ppb(10億分の1)レベルという極微量の化学物質が人体に悪影響を与える事例が報告されている。その典型的な例がシックハウス症候群と呼ばれる化学物質過敏症である。我々は、アルデヒド類、CO、加齢臭を対象とした常温作動型触媒の研究開発を行い、現在社会に必要な化学物

質によってもたらされるリスクを極小化し環境と化学の両立と、来るべき高齢化社会への対応を目指している。

我々が蓄積してきた、貴金属/金属酸化物の調製技術と迅速触媒評価技術を組み合わせた「材料コンビケム」技術を用いて、アルデヒド類、CO、トルエンを常温で除去するための触媒候補材料の迅速探索を行った。その結果、従来触媒（白金系触媒、パラジウム系触媒）よりも高い低温酸化活性を持つ Ir-Au 触媒を開発した。また、金属酸化物触媒と外部エネルギーを組み合わせたアルデヒド類、トルエン等の除去技術について検討した結果、空気清浄機への組み込みを想定した場合の要求性能をほぼ満たす除去性能を確認した。引き続き、信頼性を高めるための研究開発を継続する。今年度の成果踏まえて、民生用触媒において目指すべき研究方向である、触媒材料の省貴金属化・脱貴金属化について今後、進めていく所存である。

【分野名】 ナノテク・材料・製造・環境・エネルギー

【キーワード】 触媒材料、シックハウス原因物質、加齢臭、生活悪臭

【テーマ題目4】 生活環境素材に関する研究

【研究代表者】 角野 広平（生活環境系特別研究体環境ガラス研究グループ）

【研究担当者】 角野 広平、山下 勝、赤井 智子、
蔵岡 孝治、神 哲郎
（職員5名、他5名）

【研究内容】

本研究課題では、ガラスを基礎とした技術開発を通じて、生活に密着した環境浄化技術、省エネルギー・環境適合型新素材の開発を行っている。そのために、ゾルーゲル法による無機有機ハイブリッドガラス材料の創製と高機能化技術の開発、ガラスの分相現象を利用したナノレベルでの構造制御技術、液相法、CVD 法などによる表面、界面の構造・機能制御技術の開発を行い、環境浄化やクリーンエネルギー資源抽出のための、高機能・高効率分離膜の開発、環境調和型高輝度発光材料等の開発を行っている。また、ガラスそのもののリサイクル技術、再資源化、高付加価値化技術の開発も行っている。具体的には以下の研究開発に取り組んだ。

(1) 高機能分離膜の研究

CVD 法、ゾルーゲル法、多孔質ガラスの表面改質等により、無機系高機能分離膜の開発を行うことを目的としている。まず、①メンブレンリアクターに用いることが可能な高性能な水素透過膜の作製を目指した。本研究では、膜基材である焼結金属管をシリカゾルのディップコーティングにより緻密化し、更に CVD により Pd 膜を蒸着し、水素透過膜を作製した。これにより、本年度目標の分離性能 0.8 kmol/h/m^2 (1気圧差) を達成することができた。

また、②ゾルーゲル法により、ナノレベルでの無機-有機ハイブリッド化技術を開発し、膜厚方向で気孔がそろった（目標50%以上）ガラス膜を作製を目指している。本年度は、有機分子の配向率評価法を検討し、目標である10%を越える10-25%程度有機分子が配向した膜が得られた。③メタノール分離膜の開発では、ナノレベルで細孔を制御した多孔質ガラス膜を基材とし、表面を疎水性に修飾することにより、5wt%以下のメタノールを1回の分離操作で80wt%にする高性能分離膜の開発を目指している。本年度は、細孔径が2nm の多孔質ガラスを用いることによって、メタノール分子の分離係数の持続時間がこれまでのものより5倍程度長い膜が得られた。さらに、④チタニア担持三次元積層光触媒の開発では透光性が高く光触媒が大きな膜が得られている。

(2) ガラスリサイクル技術

ガラスリサイクル技術の開発では、⑥廃ガラスからアルカリや着色成分を取り除き再資源化・高付加価値化する技術の開発を行っている。ここでは、酸処理、分相の条件を最適化することによって、99.9%程度の純度のシリカが得られている。また、⑥光照射により着色し、加熱により脱色するリサイクルが容易な着色ガラスの開発では、実用可能な安定性と濃さを持つ着色技術を開発し、更に、新たに2色の着色が得られている。びんガラス、板ガラスの着色装置を完成させ、実用化への目途をつけた。

(3) 新規生活環境素材の開発

これまで培った基礎技術を活かし新規な生活環境素材の開発を行っている。即ち、多孔質ガラスを基材とした環境調和型発光材料の開発、硬さと柔軟性を持ちかつ光学的な機能等を持ったハードコート膜の開発を行なった。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 ガラス、分離膜、無機分離膜、多孔質ガラス、CVD、ゾルーゲル、水素透過膜、有機-無機ハイブリッド、チタニア、光触媒、リサイクル、着色ガラス、シリカガラス、発光体、ハードコート

【テーマ題目5】 次世代電解質に関する研究

【研究代表者】 野村 勝裕（生活環境系特別研究体界面イオニクス研究グループ）

【研究担当者】 野村 勝裕、松本 一、蔭山 博之、
竹内 友成、田淵 光春、齋藤唯理、
加茂 真一、高原 晃里、近藤 繁雄、
栗栖 保之、中島 章子、片岡 弘
（職員8名、他4名）

【研究内容】

本研究課題では、次世代の燃料電池、二次電池、光電変換電気化学デバイスなどを実現するため、中温域にお

いても安定に機能するプロトン、リチウムイオン伝導性及びアニオン伝導性の電解質、及びそれらの界面でのイオン伝導の制御技術に関する研究開発を行い、平成16年度中に数十℃～650℃の温度域で、 10^{-3}Scm^{-1} を超える導電率を持つ高安定性の次世代電解質開発の見通しを得ることを目標とする。

本研究課題では、要素研究として、

- 1) 無機固体をベースとして、結晶構造、微細組織の制御などにより、中温域 (600～800℃) で安定に作動し、ユビキタスパワー源等に適用できる600℃で約 $10^{-2}\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ の伝導度を有する高イオン伝導性固体材料を探索する「中温域固体伝導体の研究」
- 2) 常温溶融塩を対象として、不揮発性、難燃性を有する各種イオン導電体、反応性溶媒などを探索する「イオン性液体の機能化とその応用の研究」
- 3) 電解質材料に PFG-NMR による拡散定数測定などの分析法を適用して新規な評価手法を確立することにより、電解質材料のダイナミクスの測定を通してスタティックな情報を得る「イオン導電体のダイナミクス観測の研究」

を実施し、高導電率と安定性を兼備した次世代電解質の研究開発を先導する。

平成14年度における各要素研究の研究内容は、以下の通りである。

1) 「中温域固体伝導体の研究」

より高いプロトン導電性を示す化合物を開発するため、平成13年度に引き続き、 $\text{A}^3\text{B}^3\text{O}_3$ 型をベースとする $(\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x)\text{ScO}_{3-\delta}$ ($0.2 \leq x \leq 0.4$) などの新規ペロブスカイト型化合物を合成し、全導電率の温度及び雰囲気依存性を検討する。また、固体電解質型燃料電池の電解質として有望な材料を対象に、通電焼結法を用い短時間で焼結を行うことにより、粒径を制御し、機械的強度を向上する検討を行う。

2) 「イオン性液体の機能化とその応用の研究」

イオン性液体の基本物性のコントロール (粘度、導電率)、及びイオン性液体の機能化について検討を行う。また、合成したイオン性液体の基礎物性の温度特性並びに導電機構を調べる。

3) 「イオン導電体のダイナミクス観測の研究」

新規ウレア系ポリマーゲル電解質を創製し、その導電性能を PFG-NMR などの手法を用いて調べる。また、イオン種の拡散定数とイオン易動度の測定から、塩の解離度、ポリマーと塩 (イオン) との相互作用の大きさを表すパラメータを見積もる評価手法を検討する。

平成14年度における各要素研究の成果は、以下の通りである。

1) 「中温域固体伝導体の研究」

平成13年度の成果を踏まえ、 $(\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x)\text{ScO}_{3-\delta}$ ($0.2 \leq x \leq 0.4$) 系化合物を合成し、全導電率の温

度及び雰囲気依存性を検討した。 $X=0.2$ 組成のものが、600℃、水素雰囲気中で約 $6 \times 10^{-3}\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ のプロトン導電率を示すことを見出した。また、中温域作動固体電解質型燃料電池の電解質として有望な CeO_2 系材料を対象に、通電焼結法を用い短時間で焼結を行うことにより、粒径を制御し、機械的強度を向上する検討を行った。

更に、物質・材料研究機構が実施した「高次ナノイオニクス材料の創製・評価と高度エネルギー利用技術分野への応用に関する研究・調査」に参画し、次世代電解質開発の長期展望について検討した。

2) 「イオン性液体の機能化とその応用の研究」

イオン性液体の基本物性の制御では、塩の融点を劇的 (100℃から-10℃等) に低下させるアニオン種を見出した。このアニオンについては融点のみならず、粘性も20%程度低下させることが分かった。イオン性液体の機能化では、機能としてレドックス機能を有する分子そのものをイオン性液体に転換する手法を開発し、レドックスホッピング伝導のような特異な伝導機構の発現が確認できた。

3) 「イオン導電体のダイナミクス観測の研究」

ウレア系ポリマーゲル電解質を創製し、その導電率、充放電特性及びイオン種の拡散定数を測定した。その結果、解離イオン種とポリマー間に相互作用が存在し、それが塩の解離を促進していること、また、その相互作用はカチオンの方がアニオンより大きいことが分かった。また、イオン種の拡散定数とイオン易動度の測定から、塩の解離度、ポリマーと塩 (イオン) との相互作用の大きさを表すパラメータを見積もる評価手法を新たに開発した。この手法をゲル電解質およびイオン性液体に応用し、それぞれの塩の存在状態に関する考察を行った。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 イオン性液体、ハイブリッドイオン伝導体、中温域固体伝導体

【テーマ題目6】 固体高分子形燃料電池に関する研究

【研究代表者】 安田 和明 (生活環境系特別研究体小型燃料電池研究グループ)

【研究担当者】 安田 和明、五百蔵 勉、藤原 直子、城間 純、上田 厚、山田 裕介、塩山 洋、蔵岡 孝治、秋田 知樹、松本 一、赤井 智子、宮崎 義憲 (職員12名、他15名)

【研究内容】

- 1) PEFC において一酸化炭素 (CO) 被毒に対する耐性を高めることが重要な課題であるが、現状使われている Pt-Ru は Ru が資源的に稀少な点や50ppmを越すような高濃度 CO では被毒の影響が大きい等の問題がある。そこで白金-金属酸化物系触媒に着目し、ア

ノード触媒の開発を行っている。Pt-Ru 触媒に代わり、Ru 量を減らしたものの、Ru を含まない触媒について探索した結果、Pt 触媒、Pt-Ru 触媒に Ta、Nb を添加することにより CO 被毒に対する耐性が向上することを見出した。また、Pt-Mo 系酸化物を電極触媒に使用した燃料電池は、Pt-Ru を電極触媒に使用した場合と同程度の CO 耐性を示した。さらに他の酸化物系を探索している。一方、PEFC アノードにおける吸着 CO 酸化の水蒸気分圧依存性を詳細に検討し、燃料ガス中の水蒸気分圧が高いほど吸着 CO 酸化ピーク電位は低下することや、高担持密度触媒の方がより低い酸化ピーク電位を示し水蒸気分圧依存性も小さいことを明らかにした。

- 2) 新規電解質材料として無機-有機複合体からなるイオン伝導性膜の作製を行っている。また、プロトン伝導性をもつ有機塩の性質を調べ、候補材料を探索中である。
- 3) 種々の Pt-Ru 系電極触媒を調製してメタノール酸化活性について評価し、前駆体の効果について検討した。今後白金-酸化物系を中心に電極触媒のスクリーニングを行う。また、小型電子機器の電源として期待されるマイクロ燃料電池に適した燃料の探索を行っており、人体に無害で安全性の高いアスコルビン酸（ビタミン C）を用いる燃料電池を開発した。メタノールを燃料とする燃料電池では燃料極に白金触媒を必要とするが、アスコルビン酸を燃料とすると金属触媒がなくても発電することを示した。
- 4) 水電解機能を併せ持つ可逆燃料電池（URFC）の基本技術開発を行った。Pt-Ir 混合酸素電極触媒を用いて、可逆性が高く均一な電極の製造方法および膜-電極接合方法を開発し、セル電圧・往復効率・繰り返し運転特性などについて検討した。電極面積100cm²の単セルを設計・製作した。現在セル性能向上の可能性を引き続き追求している。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 固体高分子形燃料電池、マイクロ燃料電池、アスコルビン酸燃料電池、可逆燃料電池

【テーマ題目7】 水素エネルギーに関する研究

【研究代表者】 栗山 信宏（生活環境系特別研究体水素システム研究グループ）

【研究担当者】 栗山 信宏、田中 秀明、清林 哲、竹市 信彦（職員4名、他1名）

【研究内容】

- (1) 高容量水素化物 NaAlH₄の課題である反応速度の向上に関する知見を得るために、NaAlH₄とその水素放出過程における中間生成物である Na₃AlH₆についての反応速度測定を行った。その結果、両化合物における Ti 塩添加物の反応速度向上機構がほぼ同じである

ことを見出した。一方、3wt%級水素貯蔵材料の可能性を有する CaNiH₃の脱水素状態の安定化させるために、Ca-Ni-Pd₃元系の安定化について検討したところ、Ca-Ni-Pd 合金ではなく CaPd₂が1wt%程度の水素吸蔵量を示す安定相として得られた。これは、CaPd₂が非常に安定であるためと考えられる。CaPd₂の生成を回避するために、今後、メカニカルアロイングなどの非平衡的手法の検討を行う。

- (2) 天然ガス自動車用軽量高压容器のデータを用いて、水素吸蔵合金の水素吸蔵量、密度、および、容器内での体積分率を変化させた場合、種々の水素充填圧力におけるシステム重量および体積を評価したところ、体積分率が十数%程度と小さいときにシステム重量をあまり増加させず（約1.3倍）にシステム体積をコンパクトにできること（約0.6倍、体積効率では約1.7倍の向上）を明らかにし、論文および特許としてまとめた。さらに、現在実証試験が行われている燃料電池自動車（容器外容積160L、充填圧力35MPa）の走行距離を1充填300km から燃料電池実用化戦略研究会の目標である500km に引き上げるためには、体積水素密度135kg-H₂/m³を超える水素吸蔵合金が必要であることが明らかになった。
 - (3) 10MPa 以上の高水素圧領域で高精度な水素吸蔵量評価が可能な装置を試作し、常圧付近で水素占有サイトに空きがあり、密度が高く高い体積水素密度が期待される希土類系 AB₅型水素吸蔵合金を探索した。その結果、ハイブリッド水素貯蔵容器の使用圧力範囲（0.1~35MPa）かつ298K において、平衡水素圧が1MPa 以下と低いながらも LaNi₅が130kg-H₂/m³、PrNi₅および NdNi₅が120kg-H₂/m³と目標値135kg-H₂/m³に近い値を示すことを見出した。また、SmNi₅および GdNi₅は、平衡水素圧がそれぞれ約4MPa および10MPa とハイブリッド水素貯蔵容器に適していた。これらの合金は、現状では体積水素密度がそれぞれ94kg-H₂/m³および84kg-H₂/m³と大きくないものの、低温での平衡圧測定から元素置換等による平衡圧の制御によって高体積密度化が図ることができるものと判断している。この結果から、希土類系 AB₅型水素吸蔵合金がハイブリッド水素貯蔵容器用合金の候補となりうることがわかった。
 - (4) WE-NET 計画第2期タスク11との共同研究において、炭素系材料の水素吸蔵量精密評価を担当している。その過程で、関西熱化学製高表面積活性炭 Maxsorb（公称比表面積3000m²/g）の水素吸蔵量の相互比較を担当し、炭素系材料の水素吸蔵量比較実験の際における標準物質として配布するに至っている。また、同タスクで開発された水素吸蔵合金の繰り返し水素吸放出による耐久性評価を行っている。
- 【分野名】 環境・エネルギー
- 【キーワード】 水素貯蔵、水素吸蔵合金、水素化物

[テーマ題目8] 次世代電池に関する研究

[研究代表者] 辰巳 国昭 (生活環境系特別研究体次世代電池研究グループ)

[研究担当者] 辰巳 国昭、栄部比夏里、小池 伸二、小林 弘典、田淵 光春、松本 一、齋藤唯理亜、棚瀬 繁雄、境 哲男 (職員9名、他19名)

[研究内容]

(1) リチウム電池用電池材料の創製に関する研究：負極については、高容量かつ長寿命な合金系材料の探索を行っている。まずナノコンポジット合金では、集電体と一体化加工技術の開発、さらに材料の微細構造及び反応機構の解明を目標に研究を進め、Sn-Ag-Fe系などを開発し、初期容量600mAh/gで300サイクル後でも30%が維持されることを見出した。引き続き300サイクル後の容量保持率を50%に高めることを目指す。負極用合金めっき材料については、最適な処理条件をほぼ確立するとともに、反応機構についてもほぼ解明できた。量産化技術へのフィードバックを進めるとともに、電池材料化の開発を進めている。

正極材料については、湿式製造法を用いた放電容量100mAh/g以上、放電平均電圧3V以上、初期充放電効率80%以上を達成しうる鉄含有 Li_2MnO_3 系正極の最適化学組成及び製造条件を見出すことを目標に研究を進めており、鉄含有 Li_2MnO_3 系正極においては鉄及びニッケルの含有量をそれぞれ40~60%、約10%に制御することが必要なことを見出した。電解質については、イオン性液体系電解質において脂肪族非対称4級アンモニウムカチオンを端緒とした材料設計を行い、電気化学特性・電池構成部材との反応性を評価した結果、リチウム金属負極にも適用し得るイオン性液体系を見出した。

(2) HEV用ニッケル水素電池の低コスト化技術開発：ニッケル水素電池用新材料として最適な材料の選定を行うとともに、これらの新材料を用いた電極の製造プロセスを検討し、HEV用電池としての実証を進めている。その結果、高性能化と低コスト化の両立が可能な新基材及びその電極化技術の開発にほぼ成功し、密閉電池化を進めている。現在、出力やコスト目標を80%程度達成した。さらに開発中のMg添加低コスト合金や導電性処理水酸化ニッケル、超薄型セパレータなどの新材料を採用することで、目標の100%達成を目指している。

(3) FCV用リチウム電池の評価技術の開発研究：劣化試験用の小容量モデル電池の試作を開始し、初期暫定仕様を決定した。電極材料・電解質については各種分析手法を適用し、電池構成材の劣化因子の抽出に着手した。さらに、温度やSOC等を加速因子とした加速法の適用範囲の予備検討を開始し、耐用年数評価技術のための加速因子及び測定マトリックスを決定した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 二次電池、ニッケル水素電池、リチウム電池、リチウムイオン電池、ハイブリッド自動車、燃料電池自動車、電池材料、電極材料、イオン性液体、寿命評価

4) 研究ラボ

①【薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ】

(Research Initiative for Thin Film Silicon Solar Cells)

(存続期間：2001.4.1~)

研究ラボ長：松田 彰久

副研究ラボ長：近藤 道雄

所在地：つくば中央第2

人員：18 (3) 名

経費：142,112千円 (26,261千円)

概要：

太陽光発電の爆発的普及のために必要な太陽電池の大幅な低コスト化を実現する最有力候補であるアモルファスシリコンや微結晶シリコンに代表される薄膜シリコン系太陽電池の高性能化、高スループット化、プロセスの低温化を目的として、薄膜シリコン系材料の高品質化、製膜の高速化等の当該太陽電池構成に必要な基盤要素技術を開発する。研究テーマとしては、1) 微結晶シリコン材料の研究開発、2) 光安定化シリコン薄膜材料の研究開発、3) 太陽電池構成に対する研究開発、を行い、平成17年度目標である3600cm²以上の面積の太陽電池モジュールで変換効率12%、コスト100円/Wの実現を通して、世界における当該太陽電池の実用化を先導する。

H14進捗状況：p型ドーブ層成長時における膜中キャリア密度や膜中B関連結合密度のその場観察法として、全反射赤外分光法を導入した。その結果、p型ドーブ層成長中にキャリアがほとんど観測されず成長後に急にキャリアが増加するという現象や、Si-B-H結合が急激に減少する現象を見出し、微結晶p層の成長制御に対する多くの知見が得られた。また、アモルファスシリコンの光安定性の向上に対し、2種類のアプローチを行い、アモルファスシリコン成長条件によっては基板温度250℃の低温においても膜中Si-H₂結合密度が0%となることを見出されるなど、低温の基板温度における光劣化の大幅な制御の可能性が示された。さらに、均一にナノ結晶構造を膜中に取り込んだ膜を活性層に用いたn-i-p型太陽電池が光劣化率、光劣化後効率ともに通常のアモルファスシリコン太陽電池より優れている場合があることを見出した。微結晶シリコン太陽電池における不純物含有効果を解明するため、超高真空対応のプラズマCVD装置により微結晶シリコン太陽電池を試作し、p-i-n構成における

太陽電池特性低下原因も特定され、微結晶シリコン太陽電池の効率向上への指針が得られた。タンデム型太陽電池構成に対する要素技術として、光安定化アモルファスシリコン薄膜の低温成長の可能性が示されたほか、四端子構造の試作や中間透明層の効果について検討を開始した。

外部資金：

- 1) 経済産業省、電源多様化技術開発等委託費 太陽光発電技術開発
- 2) 新エネルギー・産業技術総合開発機構、太陽光発電技術研究開発／先進太陽電池技術研究開発／シリコン結晶系薄膜太陽電池モジュール製造技術開発
- 3) 新エネルギー・産業技術総合開発機構、太陽光発電技術研究開発・革新的次世代太陽光発電システム技術研究開発／ナノ構造制御シリコン太陽電池の研究開発

発 表：誌上発表15 (15) 件、口頭発表21 (5) 件
その他1件

【テーマ題目 1】太陽光発電技術研究開発

革新的次世代太陽光発電システム技術研究開発

ナノ構造制御シリコン太陽電池の研究開発

【研究代表者】 近藤 道雄 (薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ)

【研究担当者】 松田 彰久、藤原 裕之、新井 大介、伊藤 学

【研究内容】

(1) ナノ構造制御シリコン製膜、評価

パルスプラズマ CVD を用いた空間分離型ナノ構造制御シリコン形成装置を完成し、薄膜をガラス基板上に形成した。膜質をラマン散乱、および発光測定によって結晶化度、結晶サイズ、バンドギャップを評価した (スタンレー共同)。また正確なサイズおよび分布を透過電子顕微鏡で評価した (九大共同)。その結果、パルス放電条件、水素希釈比を調整することによって1~2ナノメートルのサイズを有するナノ結晶を気相合成することに成功した。またこのナノ結晶のバンドギャップは1.7~2eV 程度と従来報告されているものより大きいことが明らかになった。このナノ結晶分散アモルファスシリコンを用いて太陽電池を作製、室温基板ながら、開放電圧0.85V を得た。これはナノ結晶のサイズ制御により通常の微結晶アモルファス混合相で見られる電圧低下が抑制できたことを意味する。光劣化後欠陥密度においては現在 $1.5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ が得られており、 $1/250$ 万 Si (2×10^{16}) 以下を達成している。

(2) デバイス作製評価

デバイスにおいては従来法を修正した水素希釈変調法によってナノ結晶サイズを制御したアモルファスシリコンを用いたデバイスの検討を平行して進めている。これはナノ結晶含有効果をデバイスによって検証することが目的である。高希釈率層と低希釈率層を数ナノメートルオーダーで交互堆積する際に膜厚の組み合わせを最適化することで、一定希釈率条件で作成された基準セルに対してより低い劣化率 (18% Vs5%) と高い劣化後変換効率 (6.7% Vs7.3%) を得た。このセルは膜厚の最適化や、基板テクスチャ処理を行っていないものであり、その向上分を考慮すると、劣化後変換効率9%以上は十分達成可能であると考えられる。

【分野名】 環境・エネルギー

【テーマ題目 2】太陽光発電技術研究開発

先進太陽電池技術研究開発

シリコン結晶系薄膜太陽電池モジュール製造技術開発

【研究代表者】 近藤 道雄 (薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ)

【研究担当者】 松田 彰久、藤原 裕之、松井 卓矢、佐藤 愛子

【研究内容】

(1) タンデム太陽電池高効率化技術

タンデム型太陽電池高効率化の鍵はトップセルの光劣化抑制である。アモルファスシリコンの光劣化が膜中 SiH₂量と相関があるという知見を基にデバイスプロセスに適用可能な低温 (<250C) で膜中 SiH₂低減のための製膜法を検討した結果、三電極法によりプラズマを基板から遠ざけることによって気相反応および表面反応を制御し、膜中の構造緩和を促進した結果 SiH₂量を低減することに成功した。光劣化後欠陥密度においては現在 $1.5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ が得られている。光劣化率はショットキーセルおよび NIP 型太陽電池において5%程度となっており、劣化率の目標を達成している。課題は効率の絶対値の向上であるが、現在の方法ではセル作製の際の界面の大気暴露および不純物混入によると思われる曲線因子の低下であり、これは今後超高真空下で一貫形成することで解決されると期待される。また、薄膜化されたトップセルで高電流を得る方法として透明中間層を用いる方法を検討し、中間層での多重反射による干渉効果、フリーキャリア吸収、過剰テクスチャによるボトムセルの電圧低下が問題であることが明らかになり、最適な中間層形成条件のための指針を得た。

(2) 微結晶シリコン高速化技術

産総研開発の VHF 高圧枯湯法とホローカソードの組み合わせにより2.5nm/s において欠陥密度 $1 \times$

10^{16}cm^{-3} (1/500万 Si) を達成した。太陽電池に適用した結果、NIP 構造では1nm/s 時に9%の変換効率を2nm/s 時に8.1%、3nm/s 時に7.9%を達成した。このとき、製膜時の圧力を高くすること、電極構造をその圧力に最適な構造を選ぶことが重要であることを見出した。また、pin 構造では p/i 界面の欠陥生成および不純物拡散などの損傷を制御することが重要であることが見出された。

【キーワード】 太陽光発電、太陽電池、薄膜シリコン、アモルファスシリコン、微結晶シリコン

②【デジタルヒューマン研究ラボ】

(Digital Human Laboratory)

(存続期間：2003. 4. 1～2010. 3. 31)

研究ユニット長：金出 武雄

総括研究員（研究ラボ長代理）：松井 俊浩

副研究ラボ長：持丸 正明

所在地：臨海副都心センター

人員：22 (9) 名

経費：109,978千円 (65,958千円)

概要：

「人間」はほとんどの産業システムおよび製品にとって、それを利用する対象として設計され、あるいはまたその性能を定める根本的な部品として、もっとも重要な要素である。例えば車は人を運び、人に運転される。しかし「人間」はこのようなシステムにおいてもっとも理解の進んでいない対象である。人工的に設計・生産された部品では、その形状・構成・機能について最先端の数学的・計算機的なモデルが開発されている。しかるに遙かに複雑で洗練された人間の機能とその行動に関するモデルはほとんど存在していない。このような意味で人間はシステムの中で“もっとも弱いリンク”であると言える。デジタルヒューマン研究ラボの目的はこのギャップを埋めることにある。ここでは計算機上に人間の機能を実現し、それを利用して人間の機能と行動を記述・分析・シミュレート・予測することを目的として、人間の計算機モデルを開発していく。このような技術は人間に係わるありとあらゆるシステムを設計し運用する上で、より個人に適合させ、より簡単に使えるようになり、より調和的にするために、重要になると考えている。

デジタルヒューマンの3つのモデリング軸：人間は多くの機能を持っている。デジタルヒューマン研究ラボではこれらを3つの軸として分類している。最初の軸は生理・解剖学的な機能である。生物として人間の体は多くの構成要素・器官・循環器を制御している。生理・解剖学的な人間のモデルは形状・物質的特性・生理学的パラメータとそれらと内部的・外部的な刺激

との関係から記述されよう。次の軸は運動・機械的な機能である。人間は歩いたり走ったり、移動したり物を扱ったりする。運動・機械的な人間のモデルは人間の運動の機構的、動力学的、行動学的な分析により記述される。最後は人間の感じ・考え・反応し・対話する機能である。認知・心理的な人間のモデルは人間が外界の事象、他の人間、環境などに対する認識的・心理的な行動を取り扱う。これらの3つの軸は当然のことながら独立ではない。人間のデジタルヒューマンモデルはこれら3つの軸を統合することにより達成される。ただいかに深く関係があるとはいえ、人間の構成と機能を研究するのに、例えば細胞や神経、遺伝子やタンパク質と言ったもっとも細かい構成要素から積み上げなければならないわけではない。デジタルヒューマン研究ラボの焦点は人間の機能そのもの、すなわち機能がどうなっていて、どのような時に発現し、どのように係わるか、という点にある。

デジタルヒューマンの3つの構成要素：計算機モデルは人間の機能を記述する。これ以外に2つの技術がデジタルヒューマン研究とその応用に必要と考えている。人間を実環境の場において、可能な限り人間を妨げずに精密に計測する手法である。心理的な計測・モーションキャプチャによる運動計測・形状計測・表情分析などがこれに相当する。デジタルヒューマンモデルを利用する応用分野においては、このような観測技術は計算機モデルを駆動するための入力となる。計算機上の仮想人間が実世界の人間と対話する際には、人間の表情やジェスチャーを理解する観測技術が必要になる。反対に仮想人間の出力は音声や視覚的、力覚提示装置などの提示技術が重要になる。われわれは三次元音場、三次元グラフィック技術、力覚提示装置からヒューマノイドロボットを提示技術の対象として研究している。これら観測、モデリング、提示技術の3つがデジタルヒューマン研究の3つの構成要素となる。

デジタルヒューマンの4つの研究分野：人間の機能は個人や状態、文脈に依存し、その発現メカニズムの多くは複雑かつ深遠で、科学的に解明されていない。ただし、産業応用を想定した場合、必要な人間機能が十分な精度で再現できれば有用なデジタルヒューマンとなる。必ずしも、人間機能が完璧かつ精緻に再現できなくても良い。そこで、デジタルヒューマン研究ラボでは、具体的な産業応用課題を設定し、それを解決しながら、徐々に統合的なデジタルヒューマンモデルを構成していくアプローチ—Application Driven Research スタイルを取る。ここでは、大きく3つの応用シナリオを描いている。第1は、人に合わせるデジタルヒューマンで、人間の形状、運動、感覚、感性の個人差、状態差、時間変化をモデル化し、それに適合するように製品の形状や機能を設計・構成する研究である。人体形状モデルに基づく個別適合着用品の設計、

手の詳細モデルに基づく製品設計、全身動作モデルに基づく自動車設計などの研究を進めている。第2は、人を見守るデジタルヒューマンである。家庭やオフィス、病院などで活動する人間の状態を、可能な限り人間にセンサを装着せずに見守り、理解する研究である。超音波センサやカメラなどを天井や壁面に取り付け、発信器を身の回りの製品類に取り付けることで、製品の動きを介して人間の行動を知る研究などを進めている。第3は、人を支えるデジタルヒューマンである。音声や力覚提示技術を介して、人間の行動、状態に即したサービスを提供し、人間の行動を支える技術である。ヒューマノイドロボットや三次元音場提示などの研究がこれにあたる。第4は、これら3つの応用シナリオの基盤となる研究で、人を知るデジタルヒューマン研究である。ここでは、もっとも原理解明が遅れていて、モデル化の難しい心理認知機能の研究を中心に進める。人間の運動データを、動物行動学的な仮説に基づく動作素に分解し、行動の裏にある心理活動を知る研究、手術中の医師と患者のインタラクションにおいて、患者の生理心理反応を確率モデルで再現する研究などを進めている。これらの心理認知モデルを上記3つの応用シナリオに取り込み、個々の応用シナリオに関わる人間機能を必要とされる部位・解像度(精度)で再現できる統合ソフトウェアプラットフォーム「人クラス」を構成する。

外部資金：

科学技術振興機構 CREST「デジタルヒューマン基盤技術」120百万円
 文部科学省 科学技術振興調整費 15百万円
 文部科学省 科学研究費補助金 1百万円(1件)
 民間受託研究費 60百万円以上(6件以上)
 (社)人間生活工学研究センター 受託研究費 30百万円(2件)
 情報処理振興事業協会 未踏ソフトウェア事業 20百万円(3件)

発表：誌上発表22(21)件、口頭発表38(18)件、その他9件

人間モデリングチーム

(Digital Human Modeling Team)

研究チーム長：松井 俊浩

(臨海副都心センター)

概要：

人間機能モデリングチームは、人を知り、それをモデルとして表現することを目的とする。これは、デジタルヒューマンの基盤的、共通的な研究を構成すると同時に究極の目標である。ここでは、アプリケーションに向けた技術開発より、学術的な原理の追求、多く

のデジタルヒューマン研究を統合していくデータベースやソフトウェア基盤を構成すること、トータルシステムの上で研究成果の相互活用を図ること、に注力する。

研究テーマ：

テーマ題目1：動作の表現と歩容解析

人間の動きを記録したり再現する、また動作を比較、圧縮、要約する、さらに動きから心理状態などをシンボリックに推定することを可能とするための適切な動作表現の方法を研究する。

テーマ題目2：手術支援

特に副鼻腔炎手術において、発汗、脈はく、呼吸、体表面温度などから患者の心理状態と生理的反応を推測することのできる自律神経系のモデルを構築し、執刀医師に適切なフィードバックを返す方法を研究する。手術の研修に使えるようなシミュレータを構成する。

人間適合設計チーム (Human Centered Design Team)

研究チーム長：持丸 正明

(臨海副都心センター)

概要：

人間に適合する機器・装着品を設計・製造・販売する計算機援用技術の確立を目的とし、生理解剖因子ー運動機械因子ー心理認知因子の3つの軸を相互に絡めながら、人間の機能を計算機上の数学モデルとして再現する研究を行う。人間の解剖構造・形態・運動・力・感覚の計測技術とデータベース、それらをモデル化して機器や装着品のCADモデルとの相互作用を、計算機上で仮想評価する技術、モデル化した人体形態や運動をCGや実体模型として提示する技術を一貫して研究する。研究スタイルは、Application Drivenとし、企業との共同研究を中心とした具体的な問題解決を例に、科学的・工学的立脚点からデジタルヒューマンの研究を進めていく。研究成果を社会的にインパクトのある形で発信するまでの、完結した、ストーリー性のある研究を目指す。

研究テーマ：

テーマ題目3：人体形状・感性モデルに基づく装着品の適合設計技術

靴・メガネ・ガスマスク・下着・補装具・音響機器など人体に直接装着する製品を、個人ないしは集団に適合するように設計するための計算機援用技術を研究する。単に形状による適合性だけでなく、変形・圧力・音響・感性などの機能も複合的にモデル化し、総合的なフィット性向上を図る。主として企業との共同研究・受託研究で進める。

テーマ題目4：足部の4次元変形計測の研究

ビジョン技術を用いて運動に伴う人体の変形を計測する研究を行う。平成15年度は足の計測、特に、ボール部(足の指付け根付近)の周囲長の運動中の変化を足裏圧力分布とともに高精度で計測するためのカメラ

校正技術、形状計測技術、システム技術を研究する。

テーマ題目 5：手の機能モデル—Digital Hand の研究

手で操作する製品として、サイズとシェイプのバリエーションが大きいマウスを取り上げ、さまざまなサイズ・シェイプの手によるマウス操作姿勢を計算機上で再現するハンドシミュレータの開発を目指す。このために、1mm 以下の精度で手の寸法・形状・姿勢を再現するための構造モデル、製品と手のサイズ・シェイプの関係に応じて手の姿勢を合成する運動モデル、手のサイズ・シェイプの個人差再現の研究、手の形状を精密に CG 表現する研究を行う。

人間行動理解チーム

(Human Activity Understanding Team)

研究チーム長：西田 佳史

(臨海副都心センター)

概要：

人間行動理解チームの目的は、日常生活環境において無拘束に人の行動を観察する技術、観察された行動データから人の行動モデル（デジタルヒューマン）を用いてその人の状態を解析・推定する行動解析技術、推定結果に基づいて日常生活環境を制御することで、危険防止、事故の早期発見、生活向上支援などを行う行動活用技術を開発し、これら3つの要素技術を人間支援空間として統合し、医療・福祉分野、住宅分野、教育分野へ応用することを通じて「人を見守るデジタルヒューマン技術」を具体的に構築・検証することにある。

研究テーマ：

テーマ題目 6：行動観察技術—UltraBadge

行動観察技術に関しては、空間中の様々な場所で生じる行動を頑健に計測するための分散センシング技術、これら分散センサをネットワーク化し、情報収集と記録を行うセンサネットワーク技術、実際に行動観察が必要とされる環境でセンシング環境を容易に構築する技術を開発する。具体的には、分散センシング技術としてこれまで開発してきた超音波3次元タグやその計算アルゴリズムを改良・発展させるとともに、メーカーへライセンス契約を行うことで、外部の人への提供を開始する。また、広範囲（100m×100m）な環境でセンサネットワークを構築するためのセンサネットワーク、簡便なインストールを可能とするキャリブレーション技術や、実際の使用に耐えうる複数物体同時追跡機能を実現する。

テーマ題目 7：行動モデル化・解析技術

行動モデル化・行動解析技術に関しては、収集されたセンサ信号から行動情報を抽出するための人間行動モデル、人間行動モデリングに利用するための行動データベースの開発を行う。人間行動モデルに関しては、超音波3次元タグのセンサ情報から、人の行動（100種類程度）を認識する機能を実現する。また、人の心理

状態・環境の状態に基づいて、計算機上で行動を生成する仮想人間を実現し、グラフィック表示する生活行動シミュレータを作成する。行動データベースに関しては、XML 形式で表現された行動情報を行動データベースに記録するためのミドルウェアを開発し、センター内のセンサルームにおいて検証実験を行う。行動活用技術に関しては、センター内センサルームでの日常作業支援への応用研究を行う一方、センサネットワークによる見守り支援が必要とされている現場として特別養護老人ホームに焦点をあて、高齢者の車椅子からベッドへの移乗行動のモニタリング、または、痴呆高齢者のベッドサイドモニタリングを行うソフトウェアを作成し、特別養護老人ホームの現場スタッフによって導入の可能性の評価を受ける。

ヒューマノイドインタラクションチーム

(Humanoid Interaction Team)

研究チーム長：加賀美 聡

(臨海副都心センター)

概要：

ヒューマノイドロボットが人のように安定して移動し、物体を把持し、人間を認識してインタラクションを行う機能を統合した対人サービス用ヒューマノイドロボットの研究を行うことが本チームの目的である。主に二つの方向で研究を行う。(1) ヒューマノイドロボットの自律性向上の研究 対人サービスアプリケーションを目的にヒューマノイドロボットの自律性向上の研究と、人間の運動モデルをヒューマノイドロボットに応用し、ロボットの運動を効率化・高速化・安定化する研究を行う。(2) 人間のモデル化と対人インタラクション機能の研究 人間の動きを予測・解析可能な運動モデルの獲得と、人間の動きに学んだロボットの動作の改良、人間を観察する手法の研究を行う。

研究テーマ：

テーマ題目 8：対人サービス用ヒューマノイドロボットの設計・開発

注視用と環境観察用の画角の異なる二対四眼の高解像度。様々な掴み方のできる多自由度ハンド、人間の歩容を再現できるだけのトルク・速度が生成可能な脚機構を搭載する。このために高速多入出力 IO ボードを開発。

テーマ題目 9：高速・効率的・安定な二足歩行のデジタルヒューマンモデルの確立

人間の歩行のモーションキャプチャ、床反力計測・分布圧力計測、人間の力学的パラメータの同定、ロボットの歩行と人間の歩行を比較。人間の歩容のモデル化、ロボットでの実現。目標4km/h。

テーマ題目10：インタラクションのための人間と環境情報検出手法

動的フットプリントからの個人の特性推定。高速・高密度・大面積・高解像度の分布型圧力センサを開発

(30hz, 5mm グリッド、60×40cm, 300×200点)。人間の歩行をモーションキャプチャシステムとあわせて計測し、個人特徴を計測する手法を研究する。人間の歩行における歩行余裕を計測する。

[テーマ題目1] 手術支援（運営費交付金+科学技術振興機構 CREST、人間福祉医工学研究部門と共同研究）

[研究代表者] 持丸 正明（デジタルヒューマン研究ラボ）

[研究担当者] 持丸 正明、酒井 健作
 （職員1名、他1名）

[研究内容]

人間の心の働きを知る研究には、第1種基礎研究としては認知心理学や社会心理学などの基盤があり、工学としては、人工知能の研究がある。当研究センターでは、一般的な「考える機械」を作るのではなく、人間のメンタルな働きを知ることが我々の生活に直結する応用としてヒューマンエラーと手術シミュレーションを選び、認知的解明と計算機モデルの構成、実応用への適用を行う。手術シミュレーションは、術中患者の心理・生理状態を管理し、手術を安全かつ低負担で遂行するために不可欠な医療技術である。特に副鼻腔炎の手術における医師と患者のインタラクションを扱う。この手術は、実物を用いた訓練が困難であり、本研究は、臨床実習に代わり、仮想患者（Digital Patient）上での実習環境を提供することを目的とする。手術操作に対する患者の反応モデル、患者の反応に対して操作を選択する医師作用モデル、両者の相互作用モデルが必要となるが、今年度は、患者反応モデルの開発、およびその有用性評価のための簡易シミュレータを開発する。患者反応モデルは、人間の心理作用として手術によらず汎用性がある。類似研究は、Mississippi 大学、Vanderbilt 大学、九工大などで行われているが、DHRC は、生理ではなく医療手術における認知心理的なインタラクションを扱う点で特徴がある。7名の手術観測データに基づき、医師作用（操作フェーズ種、操作量、操作部位）と患者生理指標（心拍、呼吸数）間での因果関係を解析した。患者生理状態の変動はランダムではなく、医師作用の影響を受けて変動していることを明らかにした。特徴的な振る舞いとして、鉗子による開放操作において疼痛が生じない場合、緊張による交感神経亢進という予想に反して、身構え動作と呼吸抑制から生じる心拍数低下が有意に見られた。その後鉗子が引き抜かれ、リラックス状態に移行することにより呼吸亢進および心拍数増加が観察された。また、鉗子および内視鏡を深く差し込むほどに心拍数が大きく変化することがわかった。これは患者が術具の挿入深度を知覚し、それに応じて身構え・呼吸抑制動作を行っていることを示している。一

方、疼痛発生時は交感神経亢進による心拍・呼吸の増加が見られ、生理学知見と一致する患者の振る舞いが観察された。これら医師操作と患者反応の因果関係構造と発生確率に基づき Bayesian Network によるモデル構築を行った。Bayesian Network は、確率変数と兆候間の因果関係を有向グラフで表現するので、相互作用の構造を視覚化でき、情報の専門家以外が構造の理解、作成、検証できる点で有利である。また、観測困難な長年の経験として医師が蓄積している知識についても、事前確率としてモデルに取り込める仕組みが用意できる。これらの結果について学会発表等を行ったところ、医師から興味深い結果との評価を得た。

[分野名] 情報通信

[キーワード] 医用工学、人間計測、心理モデル

[テーマ題目3] 人体形状・感性モデルに基づく装着品の適合設計技術（運営費交付金+科学技術振興機構 CREST+受託研究費、各企業と共同研究）

[研究代表者] 持丸 正明（デジタルヒューマン研究ラボ）

[研究担当者] 持丸 正明、河内まき子、木村 誠、土肥麻佐子（職員2名、他2名）

[研究内容]

人間機能を計測・モデル化し、それに適合する機器を設計・製造・販売する計算機援用技術を開発する。このために、人間の形状・変形・運動の計測技術、それを計算機上で再現するモデル化技術、モデル化された人間特性を多数蓄積し、知的再利用に向けて整備するデータベース技術、再現結果の提示技術、および、人体モデルと製品の適合性を計算機上で評価する仮想評価技術の研究を行う。人体部位・製品アプリケーションを特定して具体的に進めながら、他の人体部位や製品に広く展開しうる手法体系の確立を指向する。靴、下着、メガネ、サポータ、ガスマスクなどの装着品を、人体特性に適合するように設計・構成するための技術として、設計機械であるコンピュータに、設計対象である製品だけでなく、その利用者である人間の機能をモデル化して再現する研究を行う。人間特性としては、人体形状の集団特性や個人特性（生理解剖機能）を基盤とし、それに、運動中の形状変形（運動機械機能）、触覚や圧迫感、嗜好や感性（心理認知機能）を加味したモデルの開発を行った。また、そのために必要となる計測技術の開発と、企業との連携による具体的な応用技術の開発を並行して行った。(a) 静的な人体形状計測技術：共同開発した可搬型の足形状スキャナで解剖学的特徴点をデータベースに基づいて自動検出する技術、標準足モデルを再分割して計測データにフィッティングすることで欠落のない高密度足モデルを生成する技術の開発。(b) 動的変形計測：靴設計に必要な

足の指付け根付近（ボール部）の歩行中の変形を、1.0mm未満の精度で計測する技術。別に独自開発した圧力分布計測装置と同時計測できるシステムを構成。(c) 人体形状データ処理技術：製品設計寸法を設計値に合わせながら個人の形状特性を反映した個別製品形状の格子変形技術。多数の人体形状モデルを統計処理する技術の開発ソフトウェアライブラリ整備。著作権登録し、企業向けに販売（年度内に5本程度見込）。(d) 製品設計応用：青年男女100名の頭部形状、高齢者男女200名の頭部形状について系統的な形状差を明らかにするとともに、代表人体モデルを合成し、メガネフレーム、ガスマスク適合設計に活用（製品試作段階）。(e) 感覚知覚モデル：足形状、足裏材料特性、触覚感度分布と靴のフィット感の関係を明らかにした。(f) 感性モデル：メガネをかけたときの印象を、顔のかたちとメガネのかたちから予測する研究を開始した。(g) 社会実験：上記技術を統合し、店頭で測った個人体型に合う製品を選定・製造・販売するビジネスの実証試験を、大阪府箕面市の協力を得て10月から開始した。

【分野名】情報通信

【キーワード】人体形状、人間計測、感性工学

【テーマ題目6】行動観察技術—UltraBadge（運営費交付金+科学技術振興機構 CREST+科振費+IPA 未踏ソフトウェア、知能システム部門と共同研究）

【研究代表者】西田 佳史（デジタルヒューマン研究ラボ）

【研究担当者】西田 佳史、堀 俊夫、本村 陽一、山崎 信行（職員3名、他1名）

【研究内容】

行動観察技術に関して、行動が生じる様々な環境で手早く設置が可能で、必要な情報を効率的に収集する装置として、これまで開発してきた超音波3次元タグを改善する。また、環境内に分散配置した各種センサ同士を接続するセンサ・ネットワークの構築およびセンサ・データ処理プログラムの開発を容易にする基盤ソフトウェア（ミドルウェア）を開発する。さらに、これまで発展させてきた対象物操作行動計測・認識技術をキー技術として、外部の特別養護老人ホームと連携することで、痴呆高齢者の事故防止支援システムのフィージビリティ検証を行う。行動観察のための環境センサ化技術に関しては、今年度行った改善によって、世界最小（11×11×15mm）の超音波タグを開発に成功し、同様の装置を研究しているケンブリッジ大や東大では扱われていない、手早いセットアップが可能な簡便なキャリブレーション手法（特許1件）、同時サンプリング手法、仮想環境構築手法を開発した。行動観察のためのセンサ・ネットワーク・ソフトウェアに関しては、オブジェクト指向技術に基づいて基盤ソフトウェアの開発を進めており、ネットワークや

センサの取り扱いなどの機能をモジュール化したミドルウェアの基礎部分が完成しつつある。また特別養護老人ホーム（愛全園）との協力関係を結び、老人ホーム内に超音波3次元計測システム（センサ100個）を設置し、車椅子・歩行器とベッドの移乗行為に関するデータ収集を開始した。

【分野名】情報通信

【キーワード】ユビキタスセンシング、人間計測

【テーマ題目8】対人サービス用ヒューマノイドロボットの設計・開発（運営費交付金+科学技術振興機構 CREST+IPA 未踏ソフトウェア+民間受託研究費、各企業や知能システム部門と共同研究）

【研究代表者】加賀美 聡（デジタルヒューマン研究ラボ）

【研究担当者】加賀美 聡、James Kuffner、Simon Thompson、立山 義祐（職員2名、他2名）

【研究内容】

ヒューマノイドロボットが人のように安定して移動し、物体を把持し、人間を認識してインタラクションを行う機能を統合した対人サービス用ヒューマノイドロボットの研究を行う。このために、以下の2つの研究を進める。(1) ヒューマノイドロボットの自律性向上の研究：対人サービスアプリケーションを目的にヒューマノイドロボットの自律性向上の研究と、人間の運動モデルをヒューマノイドロボットに応用し、ロボットの運動を効率化・高速化・安定化する研究を行う。(2) 人間のモデル化と対人インタラクション機能の研究：人間の動きを予測・解析可能な運動モデルの獲得と、人間の動きに学んだロボットの動作の改良、人間を観察する手法の研究を行う。ロボットが自分で外界を認識し、状況に応じて安定した効率的な運動を行えることが自律性向上の第一である。そこで、ロボットの三次元視覚から周辺の環境を幾何学的あるいは意味的に把握する研究、人間の歩行をモデル化し、それをロボットに適用することで安定で効率的なヒューマノイドロボットの歩行動作を生成する研究、人間の多様な全身動作を生成する研究を行った。(a) 三次元視覚：三次元視覚を用いてロボット周辺環境（障害物や階段）の奥行き画像を取得し、それに応じて移動経路や動作を生成する技術を開発した。(b) 人間歩行モデル：人間とヒューマノイドロボットの歩行動作を同一の運動計測装置で計測・比較し、歩行効率化に重心の上下動と足部MP関節を利用した足裏ZMPの移動が有効であるとのモデルを立て、ヒューマノイドロボットに実装した。歩行速度1.8km/h（従来比1.5倍）、重心左右動1/4以下、消費エネルギー30%減を実現した。また、これと並行して、コンパス状の単純なモデルで、人間の歩行をシミュレーションし、歩行速度に対応した下肢基本動

作の変化をモデル化した。(c) 全身動作生成：実測した人体動作データを参照し体型や環境に応じた全身運動を生成する技術の開発を行った。動力学的拘束まで満足する動作生成は、人間の全身関節角度自由度からなる超空間で起姿勢と終姿勢をつなぐ姿勢軌道を生成する問題として定式化した。実際の運動データを超空間内にマッピングし、幾何学的拘束と動力学的拘束を満足する姿勢軌道を導出した。荷物の上げ下ろし、扉の開閉など多様な動作を生成した。また、動力学的拘束を満足しないかわりに、動作生成を実時間で実行する技術も合わせて開発した。人体と環境との幾何学的拘束を中心として全身関節角度を時々刻々で最適化する。体型や手先の位置をその場で変更しても、実時間で新しい運動を生成し提示できる。

【分野名】情報通信

【キーワード】ロボット、知能機械システム

③【ライフエレクトロニクス研究ラボ】

(Life Electronics Laboratory)

(存続期間：2002. 4. 1～2005. 3. 31)

研究ラボ長：守谷 哲郎

副研究ラボ長：外池 光雄

所在地：関西センター

人員：109 (10) 名

経費：120,687千円 (98,137千円)

概要：

研究目的

生命活動を“生きたまま”計測しその情報を我々の生活や医療に有効活用することは、21世紀の科学技術に課された中心的な使命の一つである。現在、生命活動を観測し、そのデータをコンピュータで処理するというプロセスにより、医用映像技術、生体機能マッピング、バイオイメーキングなどで多様な新技術が輩出しているが、これらは生物が内蔵している情報と我々観測者が人工システムを介してコミュニケーションを行い得ると言う実証である。患者－医療診断機器－医者、高齢者－健康管理システム－介護支援者などの組み合わせでは、計測機器は単なるインターフェースのレベルを超えて、相互に情報を交換する(＝スーパー・インターフェース)機能を備えた時代になろう。その結果、医療の分野でも技術の重点がハードウェアからシステム、コミュニケーションへと移っていくと予想される。

こう言った時代の大きな流れの中で、当研究ラボでは、例えば健常人の脳機能の画像化研究について工学的計測法の見地から世界に先駆けた研究を行っており、医学的な脳疾患の研究と相補的な地位を占めている。さらに、脳活動画像化データに基づいた言語コミュニケーションや視覚・聴覚相互作用の研究、五感情報処

理の基礎的研究なども進めている。従来のライフエレクトロニクス研究では、電子計測手法の高度化により生命活動を高精度で分析可能とする要素技術の積み上げを行ってきたが、今後は個々の計測モダリティを越えた、要素解析から技術統合化への取り組みに移行し、医療・健康への応用を目指して展開する。そのためには、細胞・器官や個体の持つ生命システムとしての構成原理を熟知し、観測者・観測装置との相互作用を含めたバイオメディカルデータ全体を情報技術的観点からとらえ直す新たな研究課題に挑戦する必要がある。従って、いわゆるバイオイメーキング技術やメディカルグリッドなどの研究は今後の我々の大きな目標となる。

当ラボの展開を含めて産総研全体に対し、医工連携による本格研究に基づいた、医療福祉機器産業を支えうる先導的技術の開発が望まれている。特に、いつでも、何処でも、誰でもが品質の高い診断・治療の恩恵にあずかれる社会を目指す研究、すなわち“ユビキタス医療システム”研究への分野融合的な取り組みが始まっており、当研究ラボはこの分野の研究の主力拠点を構成してセンター化を実現する。

研究手段と方法

各重要研究課題をセンサーエレクトロニクス、システムインテグレーション、画像処理、並列計算、GRID等での産総研が得意とする情報通信技術(IT)を積極利用して研究し、生命・医療分野の大容量データ解析システム、遠隔医療技術、バイオイメーキング技術等の開発のコアグループを形成する。

1) 生体計測利用基盤技術：－医学・工学フュージョン－

非侵襲的計測法による医用映像技術、生体機能マッピング技術の提供を目的として、リアルタイム画像処理技術の導入やデータ統合化などによる、機能MRI (fMRI) や MEG を用いた言語、聴覚等の高次機能分析法の研究、fMRI や超音波による画像診断の治療現場のニーズに合わせたリアルタイム評価医療システムの実証研究を行う。また IT、通信技術を利用した医師の画像診断における信頼度の向上や遠隔医療技術へ向けてメディカルグリッドの構築を行う。

2) 細胞活動・分子機能分析制御技術の開発：－バイオメディカルエレクトロニクス－

聴覚・嗅覚エレクトロニクス、細胞制御エレクトロニクスにおいて国内を先導する研究を進め、さらに医療現場(ナノメディシン)、環境浄化などで実用化システムを検証する。福祉機器としての超音波補聴器を完成させる。

3) ライフイメーキング技術の開発：－非破壊、リアルタイム、ズームイン/アウト－

バイオ、医療、環境分野で、今後重要度が増す高

効率的な細胞・組織診断技術、機能モニター技術に向けて、非侵襲・非破壊の萌芽的機能イメージング技術を高感度化し、実用化する（研究例：NMR 顕微鏡、SQUID 顕微鏡、X 線顕微鏡、液晶偏光顕微鏡、超音波スペクトロスコーピー）。

外部資金：

経済産業省 試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの）「臭気環境目標の設定に必要な臭気に係る量反応関係に関する研究」（22, 469千円）

発表：誌上発表82（80）件、口頭発表103（45）件、その他3件

生体計測基盤技術研究グループ

（Bio-measurement Basic Technology Research Group）

研究グループ長：中井 敏晴

（関西センター）

概要：

21世紀の医療福祉機器技術にとって、非侵襲計測の高度化は欠かせない研究課題である。生体計測基盤技術 G においては下記の MRI、MEG、超音波診断装置のテーマに関して、相互に連携を取りながら先進技術の開発に取り組む。情報技術との結びつきではメディカル・グリッド技術を用いたテレメディシンにも挑戦する。

研究テーマ：

テーマ題目 1、テーマ題目 2、テーマ題目 3

細胞分子機能制御技術研究グループ

（Cellular & Molecular Function Evaluation Research Group）

研究グループ長：中川 誠司

（関西センター）

概要：

高齢化社会を迎える21世紀では、人の活動を支える感覚情報処理などに関連した支援技術が不可欠となってくる。こういった状況の中で、我が国の優れたエレクトロニクス、デバイス技術を医療福祉・環境問題の解決につなげていくためのバイオメディカルエレクトロニクスの発展が望まれている。細胞分子機能制御技術 G は QOL の向上に資するテーマに総合的に取り組む。

研究テーマ：

テーマ題目 4、テーマ題目 5、テーマ題目 6

ライフイメージング技術研究グループ

（Life-imaging Technology Research Group）

研究グループ長：外池 光雄

（関西センター）

概要：

今後のユビキタス医療システム（再生医療、遺伝子

治療等）の発展に伴い、細胞・組織レベルでの活動度や機能を非侵襲に連続モニターする技術（＝バイオイメージング技術）の開発が重要になってくる。本重点課題は平成13年度から全く新たに取り組み開始した萌芽的な課題であるが、環境モニター基盤技術、再生医療支援技術などの研究要素を取り込んでさらなる発展が期待される。

研究テーマ：

テーマ題目 7、テーマ題目 8、テーマ題目 9

【テーマ題目 1】医用ビジョン（運営費交付金）

【研究代表者】中井 敏晴（ライフエレクトロニクス研究所生体計測基盤技術研究グループ）

【研究担当者】中井 敏晴（職員1名、他18名）

【研究内容】

（fMRI による高次脳機能計測とその可視化の研究）

種々の日本語インターフェイスの認知過程や、失語症の発生機序を明かにすることを目的として、意味処理や注意、文字の読み出し機構などの連動的な働きを fMRI を用いて解明する（長期目標）。臨床検査として fMRI を実用化するために、並列計算システムを用いて実時間で脳機能を解析、可視化するシステムを開発する（ラボ期間目標）。さらには、時間情報を持った脳機能データを抽出する動態 fMRI 法に発展させ、脳機能連合モデルの検証を可能とする（平成15～16年目標）。

年度進捗状況

言語情報処理の解明においては、言語機能と運動機能の相互作用について、道具を介した脳内処理についての検討を開始した。漢字や無意味線図を指で書き写す場合と、ペンで書き写す場合を比較検討し、右頭頂葉に特徴的な活動の変化を見出した。この知見は、道具の使用が転写作業を合理化していることを示唆する。これを非言語的コミュニケーション研究とも関連させ、言語によって提示された道具名について、実際の道具使用時とパントマイム時との脳活動の差異、および道具使用の「フリ」の形式の違いによる脳活動の差異を検討することで、言語野と運動野および頭頂連合野等の関係について解明する fMRI 実験を進めている。臨床医学的には、特に道具使用の「フリ」については、失語であるのか失行であるのか未だに解決のついていない問題であり、これを検討することで医療の面から失書症および失行症などのリハビリテーション支援に貢献しうる。さらに、ペン入力等を効果的に用いた情報機器システムを設計する上で必要となる知見をも提供するものである。本テーマ、および関連した研究は、平成15年度に、英文誌8報、国際会議での論文発表12報として報告されている。

fMRI の実用化技術開発においては、平成14年に開発した逐次型計算型アルゴリズムによるリアルタイム

fMRI (rt-fMRI) システムの性能評価と臨床評価の準備を進めた。また、計算手法の改良を行い若干の計算速度の向上を得るとともに、rt-fMRI のグリッド環境への移植を完了した。通常の脳機能計測 (5分程度) における rt-fMRI は実用レベルで完成した。運動系列学習による短期運動学習課題を用いて、15分間の連続撮影を行い、fMRI による動態解析法における時間情報の意義について検討した。長時間撮影により得られたデータの解析を通して、特有の問題点がいくつか判明した。信号強度のベースライン補正の方法、時間軸方向のデータ平滑化、データ収集後半の体動の問題である。現在、これらの対策を検討中である。以上の開発成果は、NeuroImage および Magnetic Resonance Engineering 誌に掲載された。

また、GRID を模擬する LAN レベルのモデルで、データ発生、データ解析、データサーバーへの転送、解析結果の一連の処理を、スケジューリングシステムにより一元的に管理しながら、それぞれの計算機において自動的に処理を行い、リモート解析を行うことに成功した。リモート解析の実現により、異った解析方法を同時に行うことが可能となる。また、GRID 用のインターフェイスを作製し、ネットワークの設定、Job の送信、解析結果の表示部分などを改良した。今後、インターネット接続による遠隔解析の試験を行い、セキュリティシステムの確認などを行う予定である。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] fMRI、リアルタイム処理、言語機能、メディカルグリッド

[テーマ題目2] MEG 視覚化 (運営費交付金)

[研究代表者] 外池 光雄 (ライフエレクトロニクス研究ラボ生体計測基盤技術研究グループ)

[研究担当者] 外池 光雄、岩木 直、山口 雅彦、浜田 隆史 (職員4名、他34名)

[研究内容]

MEG 視覚化 (脳磁図による生体刺激物質の識別機構可視化に関する研究)

MEG、EEG、fMRI 等を併用した各種の非侵襲センサーの統合と複数感覚間の注意の集中と分割、相互作用、高次脳活動の可視化に対する脳機能の高度バイオイメージング技術の開発を目標とする。これらの研究・技術ポテンシャル、研究実績を有する点では世界のトップクラスである。特に、五感の感覚の総てを統合的に研究している点は独創的であり、内外でも他に例がない。未踏技術分野である嗅覚・味覚の MEG 研究では世界をリードしている。視覚・聴覚の融合研究の解析や信号原の逆問題解析法では、空間フィルタ法を用いた解析法を新たに開発し、そのプログラムソフトは他機関への技術提供支援も行っている。また、融合研究課題である Grid 研究に参画し、MEG デー

タをバイオグリッドに載せて内外と交信する研究を世界に先駆けて取り組んでいる。

年度進捗状況

本研究チームメンバーの一人である岩木は現在、米国ハーバード大 HMS、MIT/MGH に留学しているが、同 NMR センターでは Matti Hämäläinen ら世界のトップクラスと共同で MEG の臨床応用研究や、新規技術である electrical impedance tomography (EIT) のシステム開発を実施中である。一方、味覚・嗅覚研究では新たな改良型刺激装置を設計・製作中であり、味や匂いの脳内知覚と認知の情報処理機能解明の研究を世界に先駆けて実施している。H15年度本研究課題においては、MEG 計測手法の新たな開発、五感計測技術の高度化、MEG 視覚化イメージング技術の開発と信号源解析手法のさらなる開発を推進している。Grid 研究では、2002年度に MEG データを阪大やバルチモア等に送り、リアルタイムで解析するテストに世界で初めて成功した。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] MEG、EEG、五感計測技術、逆問題解析法、空間フィルタ法

[テーマ題目3] 医用超音波診断 (運営費交付金、医療福祉指定研究、計測標準研究部門と共同研究)

[研究代表者] 菊池 恒男 (計測標準研究部門音響振動科音響超音波標準研究室)

[研究担当者] 菊池 恒男、佐藤 宗純 (職員2名、他3名)

[研究内容]

(体内3次元動態可視化・診断システムに関する研究)

本研究は、既存の超音波画像診断装置で用いられている RF 信号のパワースペクトル形状をフラクタル次元 (FD 値) を用いて数値化することにより、肝疾患の程度・種類を定量診断する新しい装置を試作し、臨床評価を行うことを目標としている。実用に極めて近い診断装置を試作し、臨床レベルでの有用性を実証した点に意義があり、国際学会等でも注目され世界的に価値の高い研究である。

年度進捗状況

全体として、計画に従って進捗することができ、実用的な成果が得られたものと認識している。例えば、脂肪肝定量診断については、従来から医師が画像診断で行ってきた結果と良く対応することを示し、将来的にスクリーニング検査の効率化など、実用の可能性を示すことができた。一方、肝硬変など、肝繊維化に関わる疾患については、定量診断確度を更に向上させることが急務の課題であり、今後も臨床において症例数を増やすと共に、装置の改善を図ることが必要である。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 超音波画像診断装置、フラクタル次元、
脂肪肝定量診断

[テーマ題目 4] 超音波聴覚エレクトロニクス (NEDO
産業技術研究助成事業)

[研究代表者] 中川 誠司 (ライフエレクトロニクス研
究ラボ細胞分子機能制御技術研究グル
ープ)

[研究担当者] 中川 誠司、外池 光雄、山口 雅彦
(職員3名、他16名)

[研究内容]

(重度難聴者のための骨導超音波補聴器の開発に関する研究)

骨導超音波知覚メカニズムの解明に関する研究を継続的に行っているのは、世界中で当グループのみであり、次々と新しい知見を発表し続けている。それらの知見は骨導超音波知覚のみならず、一般的な聴覚メカニズムの新たな側面を明らかにするもので、関連分野に大きなインパクトを与えている。骨導超音波補聴器の開発は、その適用や安全性の検証も含めた実用化研究の段階を迎えつつあり、ベンチャー化も含めた一歩進んだ開発体制作りへの検討も始まっている。

年度進捗状況

(1) 聴覚健全者、重度難聴者を対象とした聴覚心理計測や聴覚誘発電位・脳磁界計測を実施し、骨導超音波補聴器開発に必要な知覚特性やメカニズムの一部を明らかにすることができた。具体的には、以下のような知見を見いだした。1. 30kHz 骨導超音波が周波数10-14kHz の高周波可聴気導音に対して、有意なマスキング効果、および TTS (Temporal Threshold Shift) を及ぼす。2. 骨導超音波の聴覚ダイナミックレンジは20dB 程度で、気導可聴音に比して非常に小さい。骨導超音波知覚には、外有毛細胞の寄与が小さいと考えられる。3. 骨導超音波知覚も気導可聴音と同様の神経伝導路を有する。

上記1、2の結果は、骨導超音波補聴器の設計に有用な情報を与えるだけでなく、骨導超音波の知覚に蝸牛が関与していることを示唆する。3の結果と併せて、骨導超音波補聴器の適用判定に関する重要な根拠となりうる可能性がある。今年度中に骨導超音波知覚の時間分解能、音像定位能、および聴覚的誘導現象の解明に取り組む予定である。

(2) 骨導音の頭部内伝搬過程のコンピュータシミュレーションを行い、骨導超音波によって形成される音場が急峻かつ複雑な分布を示すことを明らかにした。この結果から、骨導超音波知覚時の音像移動現象を説明することができた。また、振動子呈示部位の最適化を図る上での重要な知見を得ることができた。

(3) (1)の結果に基づいて音声変換回路を設計し、骨導超音波補聴器を試作した。従来型に比べて言語伝

達性能の大幅な向上 (簡単な日本語単語の同定率が70%) を図ることができている。今年度中に難聴者および聴覚健全者を対象とした大規模聴取テストを行い、その性能、訓練効果を詳しく検討する予定である。

(4) 骨導技術を応用した雑音に強いマイクロフォン (骨導マイクロフォン) の開発をめざし、発声による骨導音伝搬過程の解明に取り組んだ。頭部内音場分布のコンピュータシミュレーションにより、最適な骨導收音部位の検討を行った。今年度中に声道形状、気管中の流体メカニズムを考慮したモデルを構築し、発声による音場分布の解析手法を確立する予定である。

(5) 心理生理指標に基づく音響環境の最適化に関する研究を推進し、今年度は以下のような知見を得た。
1. 帯域ノイズのバンド幅がアノイアンス (主観的不快感) に及ぼす影響を評価し、バンド幅が極端に狭い場合 (純音)、もしくは広い場合 (ホワイトノイズ) には、不快感が高まる。2. 聴覚刺激の両耳相互相関 (IACC) が低いほどプリファレンスが高く、聴覚誘発 N1m 反応も増大する。

今年度はさらに、音像移動に関する最適条件の検討を行う。また、これらの知見を参考にして、複数チャンネル方式の骨導超音波補聴器の最適化も行う予定である。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 超音波聴覚、骨導超音波補聴器、重度難聴者、聴覚ダイナミックレンジ、蝸牛、音源定位

[テーマ題目 5] エレクトロケモセラピー (運営費交付金、光技術研究部門と共同研究)

[研究代表者] 松村 英夫 (光技術研究部門)

[研究担当者] 松村 英夫、眞島 利和
(職員2名、他6名)

[研究内容]

(外場利用細胞機能制御技術)

新型 (金平糖型) のマグネト・リポソームの開発は他に例がないものであり、複合微粒子としてのマグネト・リポソームの作製法の高度化及びリポソーム微粒子膜の電場による物質の膜透過性高度化を行うことにより、より良い医療が可能となる新しいツール開発を目指す。また、当所で開発した密着型フラッシュ軟 X 線顕微鏡 (分解能40nm) は、培養液中の細胞を生きのまま観察できる特徴をもつ。細胞外マトリックスなど新規な医用診断の対象となる可能性をもつ対象に、密着型フラッシュ軟 X 線顕微鏡の適用範囲を広げることができた。ナノメータースケールのバイオイメージング技術の確立をめざす。

年度進捗状況

複合微粒子としてのマグネト・リポソームの作製法については中心微粒子に逐次的付着反応を行わせるための制御された混合装置を工夫し良好な結果を得た。また、リポソーム微粒子膜の電場による物質の透過性改良技術に関しては、リポソーム膜の組成による自然透過能の差および電場印加による透過能変化を調べている。現状の結果では寿命（内相への物質保持時間）と電場印加による物質透過（流出）能間には必ずしも相関が取れないというデータが得られている。今後より多くの系で実験を重ねる方針である。また、密着型フラッシュ軟X線顕微鏡を用いて、培養細胞の細胞外マトリックス（ECM）を観察できることが判明した。蛍光顕微鏡像との比較などにより、X線像とECMの構成要素との対応関係を明らかにする。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】マグネト・リポソーム、膜透過性、エレクトロケモセラピー、軟X線顕微鏡

【テーマ題目6】嗅覚エレクトロニクス（運営費交付金）

【研究代表者】佐藤 孝明（ライフエレクトロニクス研究ラボ細胞分子機能制御技術研究グループ）

【研究担当者】佐藤 孝明、廣野 順三
（職員2名、他16名）

【研究内容】

（嗅覚受容におけるニオイ分子識別機構の研究）

嗅覚におけるニオイ識別機構を解明するため、1000個の細胞の応答を評価し、機能同定したレセプタをライブラリーに加える。また、ニオイ識別機構の仮説実証のための関連研究として、嗅覚レセプタ機能発現系の構築を推進し、遺伝子組換えレセプタを含む嗅覚レセプタの機能と構造の関係解明を目指している。1000細胞/年の計測は世界最高レベル。また、これまでに当該グループが機能同定した嗅覚レセプタ数34種は世界最多。

年度進捗状況

機能発現系の構築に困難が伴い、予定より進行が遅れている。最近、ある機能分子を共発現させることで、応答性が改善されたように見えるので、さらにその効果を確認する実験を行っている。また、現在、打合わせ中の共同研究により予算が確保され、実験装置を更新することが出来れば、機能同定レセプタライブラリー構築のために、予定通りの細胞数で応答計測を行えると期待される。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ニオイ識別機構、嗅覚レセプター

【テーマ題目7】MR マイクロイメージング（運営費交付金、医療福祉指定研究）

【研究代表者】中井 敏晴（ライフエレクトロニクス研

究ラボライフィメーシング研究グループ）

【研究担当者】中井 敏晴（職員1名、他8名）

【研究内容】

（MRの超高感度化と顕微画像に関する研究）

細胞・組織の3次元的な構築や分子機能の動態計測を非侵襲的に行うための高感度マイクロイメージング技術を開発する（最終目標）。ラボ期間の目標としては、1）1Hによるマイクロイメージング基盤技術の確立（空間分解能80 μ 以上）、2）偏極率を保持しながら偏極ガスを検出系に連続フローで供給する技術の確立、3）1H/129Xe同時検出が可能なマイクロイメージングシステムの開発、4）偏極ガスの画像化技術の確立を達成し、偏極ガスを応用したマイクロイメージング技術のシーズとしての可能性を実証することを目指す。同様の開発は世界的にも例がない。

年度進捗状況

平成14年度に作成したマイクロイメージング用プローブを用いて、静磁場強度や空間分解能とSN、コントラスト分解能の関係について定量的に評価を進めている。今年度中に、ファントムによる評価を終了し、組織の画像化を試みる予定である。偏極ガスの供給技術の開発では、ステンレス管のコーティング材料の検討を行なった結果、フッ化鉄やキシリレンなどによる被覆の場合に信号の減衰が少ないことが判明し、ステンレス管の加工によるガス供給システムの方法がみついた。マイクロイメージングシステムの開発では、1H/129Xeの同時制御システムのハードウェア構築を行った。また、ラジオ波の送受新回路のデジタル化を行い、検波精度を向上させた。現在、信号の同時検出を行うパルスシーケンスプログラムを改良しており、年度内の画像収集を目指している。また、SNに限界のあるマイクロイメージング画像のコントラスト分解能を改善するために、画像の特徴抽出を行うため独立成分解析によるフィルタ処理の理論的検討をほぼ完了し（NeuroImageに掲載予定）、実際に生体組織から得られた画像への応用を進めている。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】MR マイクロスコープ、超偏極キセノンガス、パルスシーケンス、画像コントラスト、独立成分解析

【テーマ題目8】嗅覚・味覚中枢研究（経済産業省 試験研究調査委託費）

【研究代表者】外池 光雄（ライフエレクトロニクス研究ラボライフィメーシング研究グループ）

【研究担当者】外池 光雄、山口 雅彦、中川 誠司、岩木 直（職員4名、他19名）

【研究内容】

（嗅覚・味覚の中枢機構と感覚量の定量化に関する研究）

未踏技術分野である嗅覚・味覚の MEG (脳磁図) 研究で当研究グループは世界をリードしている。人間の嗅覚や味覚の脳機能情報処理に関する計測と評価の基礎的研究を実施するとともに、この計測技術を具体的には臭気公害防止技術の研究開発課題 (環境省) に適用し、本研究分野で国際的に最も力量ある共同研究チーム体制を主導・構築して、悪臭防止技術を目指した「臭気環境目標設定のための臭気に関する量反応関係の研究」の推進、環境の臭気基準 (感覚量の定量化) の根拠を定める基礎資料を提供する。

年度進捗状況

嗅覚・味覚の MEG 研究では現在、嗅覚や味覚の刺激装置を新たに改良・製作中であり、これらを用いて味や匂いの脳内知覚・認知の中枢部位の同定や情報処理機構解明の研究を世界に先駆けて推進している。特に味覚研究では、電気味覚に対する MEG 応答を計測し、電気刺激に伴うアーチファクトの除去に ICA 解析法を適用して、味覚の MEG 応答の記録に初めて成功した。また、嗅覚では悪臭の不快性を計測・評価する手法を検討しているが、臭気が生体に及ぼす生理的影響を眼球運動追跡装置による eye-tracking と MEG 応答との関係を調べており、悪臭の生理的反応と脳応答との相関関係を明らかにする予定である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 嗅覚・味覚刺激装置、中枢部位、電気味覚、不快性、悪臭、眼球運動追跡装置

【テーマ題目9】 イメージング応用 (運営費交付金)

【研究代表者】 近藤 哲朗 (ライフエレクトロニクス研究所ライフイメージング研究グループ)

【研究担当者】 近藤 哲朗、秋葉 龍郎、中村 真理 (職員3名、他2名)

【研究内容】

(遺伝子機能可視化に関する研究、画像計測による環境モニターの研究)

疾病の原因究明や治療効果のモニタリングには対象分子の画像化技術の発展が必須だが、とくに生体脳の遺伝子発現レベルでのリアルタイム画像可視化技術は世界的にも確立していない。伝達物質受容体や関連タンパクなどの機能分子の遺伝子発現および神経細胞内での動的挙動を可視化することによって、新しい治療支援技術の開発に繋げる。プランクトン現存量測定の高速度の実現を目的として、分光学的に識別が困難な動物プランクトンの検出識別の画像処理技術を発展させる。技術的には世界のトップレベルにある

年度進捗状況

自然状態の神経回路網を反映する脳スライスにおける神経活動依存的な受容体遺伝子の発現および発現産物の細胞内動的挙動の多重モニタリング計測技術を構築した。また、遺伝子改変マウスの in vivo での脳活

動依存的遺伝子発現のリアルタイム計測技術の開発を進めている。環境モニターに関して、試作機の高度化を行い国内で連続計測ポイントを設けると共に物理量、化学量の同時計測を行った。さらに、海外の展示会などを利用して世界的に成果の普及に図った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 遺伝子発現、リアルタイム可視化、プランクトン現存量測定、環境モニター

④【次世代光工学研究ラボ】

(Laboratory for Advanced Optical Technology)

(存続期間：2001.4.1～2009.3.31)

研究ラボ長：富永 淳二

副研究ラボ長：深谷 俊夫

所在地：つくば中央第4

人員：11 (6) 名

経費：70,830千円 (48,189千円)

概要：

産業技術総合研究所中期目標に掲載されている、「鉱工業の科学技術分野」の「(1) 社会ニーズへの対応」において、「2. 経済社会の新生の基礎となる高度情報化社会の実現-情報化基盤技術の第4項」である、「大容量・高速記憶装置技術の新たな応用の開拓と新規産業の創出を目的として、光による情報記録を波長の数分の1程度の微細領域で可能とする技術を確立する」を実現するため、「近接場光応用工学研究センター」のミッションは、産総研独自技術「スーパーレンズ」方式を利用し、真にサブ TB から1TB の記憶容量を有する大容量光ディスクシステムの研究開発と、その派生技術として研究が進められている貴金属ナノ粒子、ワイヤーを用いた局在プラズモン光型高感度光センシング技術の開発に重点を置くと共に、局在光 (近接場光、表面プラズモン光) の産業利用を促進する上で重要となる基礎原理の解明にある。特に「スーパーレンズ」技術を用いた大容量光ディスクシステムにおいては、経済産業省が平成14年度から開始した「情報通信基盤高度化プログラム」内の「大容量光ストレージ技術の開発事業」テーマに財団法人光産業技術振興協会と共に参加しており、「スーパーレンズ」技術の高度化を検討していくものである。近接場光応用工学研究センターは、国内の光ストレージ産業のさらなる発展と、リスクの大きい新規光ストレージ技術開発を中心に、次世代の光記録システム研究開発の国内拠点となるばかりでなく、広くその高精度光技術を核とした新規光デバイス分野の開発拠点として、7年間の研究開発をリードしていく。近接場光応用工学研究センターの研究組織は、スーパーレンズ・テクノロジー研究チーム、表面プラズモン光応用デバイスチーム、お

よびそれらの基盤をサポートしさらに新規光デバイスの創製を担当する近接場光基礎チームから構成されており、それぞれが相互に協力し合いながらテーマにおける課題の解決、推進を行う。

外部資金：
経済産業省 高度情報通信「大容量光ストレージ技術の開発事業」(10,495千円)

発表：誌上発表24(24)件、口頭発表31(21)件、
その他2件

スーパーレンズテクノロジー研究チーム
(Advanced Super-RENS Technology Research Team)

研究グループ長：中野 隆志
(つくば中央第4)

研究テーマ：

テーマ題目1

表面プラズモン光応用デバイス研究チーム
(Applied Surface Plasmon Device Research Team)

研究グループ長：富永 淳二
(つくば中央第4)

研究テーマ：

テーマ題目2

近接場光基礎研究チーム
(Nano-Optics Research Team)

研究グループ長：深谷 俊夫
(つくば中央第4)

研究テーマ：

テーマ題目3

[テーマ題目1] サブテラバイトからテラバイト記憶容量を有する次世代大容量光ディスク・システムの研究開発(運営費交付金、および経済産業省プロジェクト資金)

[研究代表者] 中野 隆志(近接場光応用工学研究センター)

[研究担当者] 島 隆之、富永 淳二、深谷 俊夫、桑原 正史、Kolobov Alexander(職員6名、他3名)

[研究内容]

近接場光、表面プラズモン光、局在プラズモン光を応用して超高密度光ディスクを開発することを目的として研究を行っている。本研究は2サブテーマに分かれており、運営交付金とマッチングファンドを利用した企業との開発型共同研究と経済産業省の「大容量光ストレージ開発事業」による先端基盤技術研究からなる。近接場光応用工学研究センターでは、特にスーパーレンズと呼ばれる独自の光学非線形応答薄膜を研究の核として、光に

よる解像限界以下の微細な記録マークを高感度で読み出すための技術開発を行っている。平成15年度の成果として、①新規ディスク構造を創製し、赤色レーザー光学系を用いて100nmで47dB、80nmで42dBの信号強度を得ることに成功した。信号増幅度は100nm領域で10倍以上に達した。また、このディスク構造を青色レーザー光学系に適用し100nmで37dB以上の信号強度を得た。②読み出し原理において、集光スポット内で発生する熱が超解像読み出しに関与していることを突き止めた。

また、経済産業省「大容量光ストレージ技術の開発事業」では、平成15年度に貴金属ナノ構造を光ディスク内に形成し、局所的な電場増強効果(局在プラズモン効果)を応用して、読みとりレーザースポット(約600nm直径)内から100nm以下のマーク信号を増幅及び識別する検討を行い、銀ナノ粒子構造を工夫すれば、微細なマークでも100倍以上の信号増幅が可能であることを確認した。また、スーパーレンズと組み合わせることで、読み出し感度を上げることに成功した。

[分野名] 情報通信

[キーワード] ナノテクノロジー、先進光技術、光超解像

[テーマ題目2] 貴金属ナノ粒子、ワイヤーを用いたプラズモン光デバイスの開発(運営費交付金)

[研究代表者] 富永 淳二(近接場光応用工学研究センター)

[研究担当者] 富永 淳二(職員1名、他2名)

[研究内容]

平成14年度に「スーパーレンズ」の派生技術として開発された新規貴金属ナノ構造体作製技術(貴金属酸化物のプラズマ還元法)を用いて、新規光デバイスの創製、分子センシングへの応用を図っている。平成15年度は、平成14年度(次世代光工学研究ラボ)に引き続き、Agナノ粒子作製条件の検討と共に、ラマン分光法と組み合わせた高感度分子認識技術開発、およびAgナノ構造を用いた局在プラズモン光トランジスタの検討を行った。その結果として、①スパッタリング成膜による酸化銀薄膜のプラズマ還元処理により、50nm以下のAgナノ粒子集合体を作製し、 10^{-5} MのBA-IPA溶液からBA分子のSERSを確認した。②Agナノ粒子構造からなる光ディスクを作製し、青色レーザーの透過信号を赤色レーザーによって信号増幅(100倍)することに成功した。③安息香酸-イソプロピルアルコール・Agイオン飽和溶液にレーザーを照射すると、Agナノドール(直径<50nm)が形成できることを発見した。

[分野名] 情報通信

[キーワード] ナノテクノロジー、先進光技術、分子センサー

【テーマ題目3】近接場光基礎研究（運営費交付金）

【研究代表者】深谷 俊夫（近接場光応用工学研究センター）

【研究担当者】Alexander Kolobov、桑原 正史
（職員3名、他1名）

【研究内容】

新規近接場光応用システム・デバイスの提案およびセンターの重点課題研究を支援する基礎基盤研究と新規近接場光応用システム・デバイスの探索研究を実施し、実験及びコンピューターによるシミュレーション技術を用いて、局在光の特性を正確に把握すると共に、新規光デバイスの創製を検討している。平成15年度の成果として、①平板型レンズの試作評価を行い、スーパーレンズ構造上に8層のレンズ層を設け、結像・集光特性を調べることで、負の屈折率現象の発現を確認した。②放射光利用X線構造解析によって、スーパーレンズ関連記録材料の原子レベルでの構造を研究しGeSbTe相変化記録材料、酸化銀、酸化白金のナノ分解状態を解析した。③新規熱リソグラフィ微細描画方法を提案し、TbFeCo光磁気記録材料と誘電体の熱拡散現象を応用して、ドット径50nm以下の構造を作製することに成功した。

【分野名】情報通信

【キーワード】ナノテクノロジー、先進光技術、近接場光デバイス

⑤【微小重力環境利用材料研究ラボ】

(Microgravity Materials Laboratory)

(存続期間：2001. 4. 1～2003. 3. 31)

研究ラボ長：奥谷 猛

所在地：北海道、つくば中央第5

人員：7 (1) 名

経費：58,703千円 (57,703千円)

概要：

本研究ラボでは、特異反応場である微小重力環境を利用して高品質結晶や構造制御材料の生成メカニズムを解明し、そのメカニズムに合致した創製方法を駆使し、高品質結晶や構造制御材料を合成する方法を確立し、「産業力強化」に貢献するとともに、流体の熱対流がない微小重力環境を利用して、物質・材料の正確な物性を提供し、「産業技術の発展のベースとなる知的な基盤の整備」に貢献するために、重点課題「微小重力環境下での高品質結晶および構造制御材料の製造」を設定し、微小重力環境の特色を生かして、常重力下では合成が不可能な材料の合成を目指している。

平成14年度では、今まで行ってきた微小重力環境下での高品質結晶や構造制御材料の生成メカニズムの解明の結果を基に、径20mmφの表層がシリコン単結晶からなる半導体を製造するとともに微小重力下でのみ可

能となる構造制御材料について検討した。

1. 無容器凝固法による単結晶の合成

均質な融液の急速一方向凝固では、半導体の種類によって単結晶が生成する場合とそうではない場合があることが明らかになった。また、微小重力下での半導体融液の無容器凝固では、融液内に対流がなく、融液表面の揺らぎによる均一核生成により単結晶が生成するものと考えられた。これらの結果より、自由落下中に融液を凝固することにより単結晶が合成可能であることが明らかになった。自由落下中の融液は非接触の状態では真球状になるため、得られるのは単結晶球状半導体である。平成14年度では2.8m落下管を利用して径20mmφの表層がシリコン単結晶からなる半導体を製造した。球状のシリコン単結晶は従来の平板状の太陽電池よりは高性能で、安価に製造可能である。また、球状半導体は回路を球表面に描画するなど三次元的なデバイスなど、新しいコンセプトのデバイスを提供できる可能性もある。

2. 均質融液からの急速凝固によるナノ材料と構造制御材料の合成

微小重力下では融体の均質性が保持できる。これを利用して均質な融液を冷却板に衝突させて凝固してナノレベルで均質に分散した材料及び構造制御した材料を合成する。既存の方法では合成が難しいSiGe、β-FeSi₂等のナノ均質材料を作製した。また、磁性材料の均質融液の磁界中凝固では、組織、結晶方位が制御できることを明らかにし、磁界中凝固メカニズムを明らかにした。

外部資金：

JSPS フェローシップ制度

発表：誌上発表5 (3) 件、口頭発表14 (10) 件

⑥【純度制御材料開発研究ラボ】

(Laboratory of Purified Materials)

(存続期間：2001. 4. 1～2003. 3. 31)

研究ラボ長：堀野 裕治

副研究ラボ長：茶谷原昭義

所在地：関西センター

人員：8 (6) 名

経費：45,799千円 (34,920千円)

概要：

イオン・プラズマ技術を駆使した、超高純度材料表面・薄膜の創製とその特性評価及び微量添加物による特性制御方法の技術開発を目的とする。超高純度化による薄膜・表面の新しい特性の発見、高機能・新機能薄膜材料の開発を目指す。

第1期の目標として、超高真空に対応でき、プロセ

ス中の汚染が非常に少ないイオン・プラズマプロセス技術を主な手段として、超高純度化プロセスの確立、超高純度化による新規薄膜・高性能薄膜の創製及び表面処理、コーティングによる超高純度材料の耐高温酸化性、耐腐食性などの表面特性向上技術の開発を行う。また、表面・薄膜の高感度組成分析のための機器分析技術の開発を行う。

- 1) 超高純度薄膜の創製：クロム薄膜に鉄をイオン注入することにより、低温における電気抵抗率が極小値を示すことを見出し、構造解析等を行った。その結果、イオン注入による鉄原子の分散が重要であることを示した。同位体を制御した²⁸Si と²⁸Si¹²C のエピタキシャル薄膜の創製をイオンの照射条件を制御して行い、結晶構造を制御できることを示した。また、同位体制御した金属薄膜を超高真空中で作製できる新型のイオン源の開発を行い、チタン薄膜の合成に成功した。これにより、利用可能なイオン種を大幅に増やす見通しを得ることができた。
- 2) 高純度表面コーティング技術：プラズマイオン注入法 (PBII 法) により、市販のステンレスに高純度金属コーティングを行い、腐食特性への高純度コーティングの有用性を明らかにしている。新たに金属アーク様プラズマ源の開発を行い、立体形状物を用いたイオンの回り込みの割合を実測した。これにより、実用に資するイオン注入・コーティング技術開発の目処が立ち、新しい代替めっき技術として期待できる。また、当該ラボとメーカーとで開発したプラズマイオン注入・成膜装置により、複雑形状物へのダイヤモンドライクカーボン (DLC) のコーティングを行い、その特性を評価した。従来、困難とされている数十ミクロンの厚膜 DLC の合成にも成功した。
- 3) 照射効果による材料中の不純物制御：イオンビーム照射誘起キャビティによりシリコン結晶中の7種類の元素に関する除去する割合を測定した。イオンビーム照射による SiC 低温結晶成長に関する基礎特性を調べ、照射量に対し臨界量があることを明らかにした。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 高純度、不純物、イオン、同位体、プラズマイオン注入、イオンビーム照射、コーティング、薄膜

外部資金：

極微量金属イオン注入制御による超機能耐環境材料の研究開発 (エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費/経済産業省)

重イオンマイクロビームによる化学結合状態分析法に関する研究 (原子力試験研究委託費/文部科学省)

発表：誌上発表11 (9) 件、口頭発表24 (14) 件、その他1件

⑦【メンブレン化学研究ラボ】

(Laboratory for Membrane Chemistry)

(存続期間：2002. 4. 1～)

研究ラボ長：水上富士夫

副研究ラボ長：鈴木 敏重

所在地：東北センター

人員：35 (15) 名

経費：176,350千円 (51,206千円)

概要：

本研究ラボでは、化学工業における難反応製造プロセスの刷新、環境負荷物質の低減・処理を対象とし、無機素材を用いた反応膜、触媒膜、分離膜、有機・無機ハイブリッド膜を創製し、省エネルギーと低環境負荷に配慮したシンプルな反応・分離プロセスや有害物の検出・処理システムを開発する。とりわけ酸素や水素の触媒的活性化と、選択的透過を実現する反応膜による、酸化反応、水素化反応、水和・脱水反応、アルキル化反応など、化成品製造の基礎となる反応プロセスの刷新に挑戦する。これにより従来多段の反応を必要とした化成品の合成を、一段の反応で実現する膜利用プロセスの確立に取り組むと共に、高温での反応に対し、省エネルギーと環境負荷低減につながる温和なプロセスを提案する。水素の選択分離、空気中の酸素の分離など、エネルギー消費が大きい現行のガス分離技術に対し、分子サイズや親和力の違いを認識する機能膜を用いた気体分子の精密分離に取り組む。同様に、分子やイオン認識機能を持つ膜材料を創製し、有害イオンとりわけ放射性金属イオンの封鎖や分離技術に応用する。また、モジュール化した反応膜と混合・分離過程を集積化し、小空間に納めた高効率でコンパクトな反応システムや、オンサイト利用を目的とした有害化学物質検出センサーを開発する。すなわち、反応、分離、認識等の機能を持った反応膜や多孔体の開発と利用による環境低負荷型化成品の製造、分離プロセス技術および環境の維持保全に資する有害化学物質の検出・隔離封鎖技術を創出する。

上記研究を遂行するため、当研究ラボでは反応膜材料、多孔質材料、機能界面材料などの1) 材料開発を基盤技術とし、これらを用い、2) 膜反応プロセスと3) 有害化学物質の封鎖・分離・計測の研究課題に重点的に取り組む。

外部資金：

経済産業省 エネルギー需給構造高度化受託研究費「革新的化学プロセス技術－膜型反応器による芳香核直接水

酸基導入技術の開発」(執行額87,105千円)

文部科学省 原子力試験研究「高レベル放射性廃棄物の地層処分用緩衝材材料の機能評価と高度化に関する研究」(執行額11,650千円)

環境省 地球環境保全研究「有害物質の漏洩防止材料の開発に関する研究」(執行額19,112千円)

環農林水産省 生物機能の革新的利用のためのナノテクノロジー・材料技術の開発費「水分子クラスターの動態評価と利用」(執行額4,885千円)

発表: 誌上発表18(18)件、口頭発表27(3)件、その他5件

[テーマ題目1] 反応・分離材料の開発に関する研究

[研究代表者] 水上富士夫(メンブレン化学研究ラボ)

[研究担当者] 鈴木 敏重、清住 嘉道、川合 章子、和久井喜人、池田 拓史、黒田 孝夫、乾 昌路、Tanaka Alfredo、Llosa Tanco Margot、Chattopadhyay Abhijit、El-Safty Sherif Eswaramoorthy Muthusamy(職員5名、他7名)

[研究内容]

本研究では分離・透過に加え、反応機能をも有する無機系膜素材の設計・合成とその部材化の研究開発を進めることにより、プロセスのコンパクト化を目標とした。

なお、本研究では膜素材として、固体触媒の典型である貴金属(特にパラジウム)系とゼオライト系を対象とした。具体的には、新しいナノ空間材料の合成、その骨格置換、層状物質からの規則性微空間材料への変換、金属ナノ粒子の担持などの検討で、部材化研究の内容は、貴金属膜の作成、ナノ空間材料の製膜法、多孔質基材(板、チューブ、粒子)中への粒子の均一分散法などの開発である。同時に、それらの組成、構造の分析・解析・評価法の開発も併せて行った。

平成14年度において得られた成果を以下に示す。

1) 金属系膜材料の開発に関する研究

膜母材として多孔質アルミナチューブを用い、無電解メッキ法によりパラジウム膜を被覆する条件を探索した。均質で欠陥のない金属薄膜を被覆するためには、母材の細孔が均一で、表面の凹凸が少ないことが必要である。このため、母材にアルミナゾルを含浸することを試みた。膜の均質性や膜圧、欠陥の有無を支配するメッキ液の組成、温度、反応時間等のパラメーターを換え、膜の品質の改良を試みた結果、サブミクロンサイズの均一な細孔径を有する陽極酸化アルミナ膜表面への、銀の析出を確認した。

2) シリケート系多孔膜材料の開発

アモルファスシリカを出発物質とし、アルカリイオン濃度や反応温度など、水熱合成の条件を制御することにより、シリカ五員環のストレートチャンネルを構造中に持つアルミノシリケートを二種類合成した。また、Half cup-type sodalite cage 型層状ケイ酸塩を出発原料に用い、その層間を各種遷移金属水酸化物で修飾することにより、層間同士を直接接合しソーダライト・ゼオライトとすることに成功した。この新規転換技術により未同定相も得られており、現在構造解析中である。さらに、シリカライト/モルデナイト複合膜の合成にも成功した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 無機膜、パラジウム膜、シリケート系多孔質膜、無電解メッキ、水熱合成、分離機能、透過機能、反応機能

[テーマ題目2] 膜反応プロセスの開発に関する研究

[研究代表者] 水上富士夫(メンブレン化学研究ラボ)

[研究担当者] 丹羽 修一、横山 敏郎、花岡 隆昌、濱川 聡、佐藤 剛一、小村 賢一、Ciocilteu Stefan、Gora Artur、Bere Kossi、葉 淑英、Szollosi Gyorgy、Sasidharan Manickam(職員5名、他7名)

[研究内容]

本研究では、膜材料開発グループとの連携の下に、無機系膜の分離・透過機能と触媒機能の活用で反応プロセスの高効率化、コンパクト化を行い、新規環境調和型生産システムを構築することを目標とした。具体的には、無機反応膜の優位性や欠点を調べ、新規反応開拓への指針を得る。また、比較のため従来の固体触媒反応も合わせて検討する。さらに、小型反応器の開発にも取り組み、コンパクトな化学品製造プロセスの構築に必要な基盤技術を確立する。

平成14年度において得られた成果を以下に示す。

1) パラジウム膜リアクターによる酸化反応

新規に流通式の膜反応装置を立ち上げ、装置全体のシステム調整、正常作動の確認を行った。本装置に、パラジウム/アルミナ膜リアクターを組み込み、ベンゼン・酸素・水素からのフェノールの生成反応に取り組んだ。その結果、フェノールが単流収率10%以上で生成することを確認した。さらに、原料をトルエンにした場合は、選択率ほぼ100%でクレゾール類が生成した。

2) 固体ルイス酸触媒の反応

テトラエトキシシラン等を出発原料として用いるゾル/ゲル法により、トリフルオロメタンスルホン酸/希土類金属塩(Sc、La、Hf等)を埋包した固体ルイス酸触媒を合成した。Sc触媒によるFriedel-

Craft 型アセチル化反応に対しては、均一系触媒反応と同等の、触媒活性を示した。また、シクロヘキサノールの脱水反応によるシクロヘキセンの合成においては、市販の高活性 Y 型ゼオライトと同等の触媒活性を示した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 無機膜、パラジウム膜、膜リアクター、フェノール、クレゾール、一段酸化反応、固体ルイス酸触媒、脱水反応、難反応プロセス

[テーマ題目3] 有害物質の漏洩防止・センシングに関する研究

[研究代表者] 水上富士夫（メンブレン化学研究ラボ）

[研究担当者] 鈴木 敏重、小野寺嘉郎、松永 英之、和久井喜人、蛭名 武雄、長瀬多加子、高橋由紀子、Tatineni Balaji、Sugiyana Doni、Nasir Muhamad（職員6名、他4名）

[研究内容]

本研究では、低環境負荷をめざして、高レベル放射性廃棄物の地層処分場、産業廃棄物の処分場からの有害化学物質の封鎖・分離技術を検討する。有害物質の漏洩防止と遮水に用いるため、ベントナイト混合土等を候補素材として遮水性・有害物質固定能に優れたシート膜材料を開発し、これによる遮水性能評価を行い、透水係数とベントナイトの鉱物化学組成との相関を調べる。また、種々の鉱物・酸化物との複合化により有害物質の吸着能を付与した遮蔽材を開発し、長期の漏洩防止を目指す。

現場における有害化学物質の迅速・正確な計測を実現するため、目視、検出キット、薄膜化などの計測手法を開発し、簡易で高感度の計測システムを目指す。このため、高感度で高選択性の吸光、蛍光応答系を開発し、簡易なキット化のため固相系、薄膜化への拡張を図る。

平成14年度において得られた成果を以下に示す。

1) 有害物質の漏えい防止に関する研究

ベントナイトの化学組成と遮水性の相関を調べたところ、ベントナイトにイオン交換し Na の比率が高いと遮水性が増大し、Ca²⁺交換によって著しく低下した。遮水性能の違いは湿潤環境におけるベントナイトの組織形態の差から説明できることを電子顕微鏡観察により明らかとした。また種々の天然鉱物およびそれらのナノ複合体を用いて重金属イオン（ヒ素、カドミウム等）の吸着試験を行い、吸着性能の高いベントナイト混合土を選定した。この混合土のテストピースを用いて長期評価試験を行い、六百年以上にわたりヒ素の漏洩が防止できることを実証した。Si-Al-Mg 組成の水和酸化物が、成分組成

を変えることでイオン交換選択性が変化することを見出した。

2) 有害物質の分離・センシングに関する研究

微量の有害化学種の存在で、可視蛍光の ON-OFF スwitching 現象が起こる系を見いだした。例えば、蛍光試薬のジルコニウム錯体が選択的にフッ化物イオンと置換し、1分以内に可視蛍光の強度変化を与えた。これにより 0.1ppm レベルのフッ化物イオンの目視定量が可能である。テルビウム錯体のエネルギー移動発光をプローブとしたカテコールアミンの可視蛍光検出系についても見出した。このような蛍光吸光応答系を、より簡易な検出系に応用するため、試薬の累積による薄膜化を検討した。キレート試薬型 LB 膜の金属イオン反応特性を詳細に調べ、石英基板上に累積したキレート試薬の反応性がさらにその上に累積した不活性高分子 LB 膜の累積数にほとんど影響を受けない事を明らかにした。この現象を利用することで、膜の速度論的特性を損なうことなくその機械的強度を向上させることができ、本システムをセンサーへ適用するための重要な情報を得た。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 有害物質、漏洩防止、分離、センシング、高レベル放射性廃棄物、産業廃棄物、フッ化物イオン、目視定量、可視蛍光検出

⑧【マイクロ空間化学研究ラボ】

(Micro-space Chemistry Lab)

(存続期間：2002.4.1～)

研究ラボ長：清水 肇

副研究ラボ長：前田 英明

所在地：九州センター

人員：11 (7) 名

経費：57,974千円 (36,939千円)

概要：

近年の「化学産業」を取り巻く環境は厳しく、ニーズの多様化による多品種少量生産型への移行や国際的な競争力強化と共に、省資源・省エネルギーや低環境負荷といった永続的・持続的社会的実現のための貢献など、大幅な生産の効率化と質的転換が迫られている。微小なマイクロ空間を活用し、流体を高速・高精度に扱うマイクロ空間化学技術は、反応・分析・計測の効率化・高速化のための革新的な技術としてのみならず、新規で特異的な反応場としても注目を集めており、化学産業だけではなく、医療、製薬、バイオ関連、食品産業などからも大きな期待が寄せられている。

本研究ラボでは、マイクロリアクター技術を基礎とするマイクロ空間技術にナノテクノロジーを融合させ、新たな研究領域や研究センターの創設に連携する異分

野融合性の高い新規研究・技術領域を創出することを目標とすると共に、新たな機能を有する高性能の微小流体デバイスの開発及びその応用・展開技術の確立を通して、化学産業のみならず、環境、医療、製薬、バイオ関連、食品産業、化成工業等への貢献を目指している。

本研究ラボでは次の3つの重点課題、1) 微小流体分析チップ技術、2) ナノマテリアルプロセッシング技術、3) 生物有機化学システム技術 を掲げて研究を行っている。

第1の課題においては、マイクロ流体システムの特性を最大限に利用した分析チップの開発を行った。小型化と迅速化を可能にするマイクロ流体チップにおいて、その高度な流体操作に基づく高精度分析を可能にすることを最大の目的とした。本研究の成果を基にすれば、ある特定の目的に特化したチップを作成することにより、末端の検査・医療現場への普及を前提とした低コスト化の実現が可能となる。本年度の具体的な研究目標としては、従来法の検査精度よりも1桁程度高精度に相当する変動係数5%未満の分析チップの開発を目指した。研究の結果、蛍光性官能基を導入したプローブ DNA 溶液と検体 DNA 溶液とを同時にマイクロ流路に送液し、その両液での界面で配列相補性に従って形成される2本鎖 DNA の量を、蛍光強度によって定量する手法を見いだした。現段階では一部の配列での検討のみであるが、変動係数3%前後と、従来法の10倍近い精度を達成した。また、マイクロ流路内では分子の形や並び方が変化するなどの新規現象も見出した。

第2の研究課題としては、マイクロリアクターを用いて特性の制御されたナノ粒子を工業的に合成する方法の確立を掲げた。目標の達成のためには、本質的に粒子核生成と成長を精密に制御することが必要になる。そのためにはその反応系にあったリアクターを設計・作成して精密に合成条件制御を行い、反応条件の精密制御法、核生成と成長の制御法を確立することが必要となる。本年度は、マイクロリアクターを用いて半導体ナノ粒子である CdSe の合成を試みた。合成条件の精密制御法を確立し、反応系の適切な選択を行ってその制御方法を開発し、さらにマイクロ空間内でのナノ粒子の工業的生産の基礎的な知見を得、生産方法を開発することを目標とした。研究の結果、適切な反応系の選択の選択によりマイクロリアクター内でナノ粒子合成ができることをまず確認し、合成条件制御により粒径2-5nm の CdSe ナノ粒子の合成が可能で蛍光波長制御が可能であることを示した。さらに、同一の原料を用いれば非常に再現性高く粒径制御が可能であることを明らかにし、マイクロリアクターの反応制御性の高さを示した。

第3の研究課題として、マイクロ・ナノ空間を用い

た生物有機化学反応システムの構築を掲げた。この分野は高度な機能を持つ生体模倣システム構築の観点から、将来を嘱望されている技術である。しかしながら、この分野ではまだ基本技術の確立がなされておらず、世界的に見ても基礎研究段階である。本研究では、このマイクロ・ナノ空間を用いた生物有機化学反応システムの基盤技術である、マイクロ空間内での化学反応の特異的現象の解明、マイクロ空間内での酵素反応制御技術と細胞利用技術の基盤の確立を目指すこととした。本年度はマイクロチャンネル内での細胞応答制御技術の基盤の確立として、マイクロ空間内での酵素反応の特殊性の解析、酵素の固定化、反応の効率化などの技術を確認することとした。マイクロチャンネル内での細胞応答制御技術に関しては、マイクロチップ中に細胞を固定化もしくは流通させ、その挙動変化を蛍光分析により検出する系を開発し、基盤技術の確立を行った。具体的には、癌化した細胞などをマイクロチャンネル内に流通させ、抗がん剤候補化合物の検索を行うマイクロチップの開発を行った。このマイクロチップを用いて、バッチ式同様の刺激応答の経時変化や阻害物質による蛍光強度の減衰を微量で測定することが出来た。また、マイクロチャンネル内に細胞を固定化する技術の確立、およびポリジメチルシロキサン樹脂を用いたチップの製造技術の確立も行った。さらに、マイクロチャンネル内において、単純な有機合成反応がバッチ式の反応に比べ、10000倍程度効率化される現象も見出した。

上記3課題の研究基盤を支えるものとして、マイクロ流路における流体挙動観察、および数値流体力学シミュレーションを行っている。マイクロ流路中の流体は、その低いレイノルズ数のため、流れが層流となること、また、反応流体の比表面積が広がるなどの特徴を持つが、マイクロ空間における非常に高効率な化学反応のメカニズムを解明するには不十分であり、上記以外のマイクロ空間ならではの流体挙動、および物質移動挙動が関わっているものと考えられる。従来法に比べて圧倒的に優れた特徴を持つ化学反応、分析が可能となるメカニズムを解明し、将来的には最適なマイクロリアクター構造設計の指針とするために、流体力学シミュレーションが大きな役割を果たす可能性がある。本年度は、多くのマイクロリアクターが有する、屈曲構造を持つマイクロ流路における流体挙動について解析を行った。その結果、流速、カーブの曲率の変化に応じて、2層流の界面形状が大きく変形することがシミュレーション、および3次元的流体挙動観察により明らかとなった。このことは屈曲構造による界面積の増大、さらにその面を通した分子拡散による物質の混合を促進することを示しており、マイクロリアクターにおける化学反応設計において流路の構造設計が重要であることが明らかとなった。

外部資金：

NEDO FOCUS21 マイクロ分析・生産システムプロジェクト「マイクロ空間化学反応・現象の解明に関する研究開発」(執行額17,950千円)

NEDO 平成14年度産業技術研究助成事業「シリコンナノ粒子精密連続合成のためのマイクロ空間プロセスの開発」(執行額25,870千円)

NEDO 地域新生コンソーシアム研究開発事業「光学式免疫センサを用いた 環境ホルモンの同時検出システムの開発」(執行額7,827千円)

NEDO 地域新生コンソーシアム研究開発事業「ナノサイズ蛍光粒子製造用マイクロ流体システムの開発」(執行額766千円)

NEDO 地域新生コンソーシアム研究開発事業「マイクロ化学プラントを用いた焼酎蒸留残渣の有効利用技術の開発」(執行額9,955千円)

発表：誌上発表32 (27) 件、口頭発表85 (19) 件

微小流体分析チップ技術グループ

(Micro-fluid Analysis Chip Technology Group)

研究グループ長：山下 健一

(九州センター)

概要：

マイクロ流体システムの特徴を活かし、簡単・迅速・高精度・客観性を併せ持つ分析用デバイスの開発を行う。このような性能の分析デバイスは、環境ホルモンの検出や臨床検査など、末端現場での使用に最適であり、健康管理産業やテーラーメイド医療への利用が期待される。本年度においては、抗原抗体反応を利用した多種環境ホルモン同時迅速分析のためのマイクロチャンネル構造体の最適化試験に加え、遺伝子診断システム用マイクロチップ開発のための研究を行った。前者においては、ウレタン樹脂を鋳型として PDMS 樹脂をマイクロ成形し、ガラス、PDMS 樹脂、アクリル樹脂から成る多層構造マイクロチャンネルチップの開発に成功した。また、酸素プラズマ処理による PDMS 表面の親水化に成功し、低コスト、量産性に優れた多層構造マイクロチャンネルチップの設計・作製技術を確立した。後者においては、溶液を流し込むだけという極めて簡単な操作でありながら、マイクロ流路の設計などによって溶液を高度に操作できることに着目し、固相担体へのプローブ分子の固定化を必要とせずに、流路内で特定の分子種だけを分離する技術を新たに開発した。

研究テーマ

テーマ題目 1

ナノマテリアル創製技術グループ

(Nano-Material Processing Technology Group)

研究グループ長：中村 浩之

(九州センター)

概要：

マイクロ流体システムの特徴を生かして、ナノ粒子合成プロセスの開発とその確立を図ることを研究目的とする。本年度は、マイクロリアクターを用いて、量子サイズ効果により蛍光色に変化し、応用範囲が広くしかも比較的研究例が多い CdSe ナノ粒子の合成を試みた。その結果、従来報告されている、いわゆるホットソープ法による合成法をマイクロリアクターに適用することによって、粒子径2-5nm 程度の CdSe ナノ粒子の合成が可能であり、その粒径は反応温度と加熱時間の制御によって制御可能であることを示した。しかも、この方法は非常に再現性が高く、これをパイプアップすることによりナノ粒子を工業的に生産できる可能性があることを示した。またこれとは別に、比較的難しいとされる触媒担持などの、マイクロリアクターの内壁修飾法を簡単に行う方法の一つとして、ナノ粒子の自己組織化を利用したマイクロリアクターの簡便な表面修飾法の開発も目指して研究を進めた。その結果、シリカ粒子にチタニアナノ粒子を担持した複合粒子をキャピラリー内壁に自己配列させ、それらのパターンニングや多層構造の粒子膜を構築することが可能なことを示した。

研究テーマ

テーマ題目 2

生物有機化学システム技術グループ

(Bioorganic Chemistry System Group)

研究グループ長：宮崎真佐也

(九州センター)

概要：

マイクロ・ナノ空間を用いた生物有機化学反応システムは、高度な機能を持つ生体模倣システム構築の観点から、将来を嘱望されている技術である。しかしながら、この分野ではまだ基本技術の確立がなされておらず、世界的に見ても基礎研究段階である。本研究グループでは、このマイクロ・ナノ空間を用いた生物有機化学反応システムの基盤技術である、マイクロ空間内での化学反応の特異的現象の解明、マイクロ空間内での酵素反応制御技術と細胞利用技術の基盤の確立を目指している。具体的な研究内容としては、複合生体分子合成を指向したマイクロリアクターを用いる有機合成反応技術の開発、従来のバルクでの反応系では困難な多段階酵素反応用マイクロリアクターの開発、ならびに細胞フロー型マイクロチップを用いた薬剤検索システムの開発を行っている。

研究テーマ

テーマ題目 3

[テーマ題目 1] 小型迅速計測・分析用マイクロ流体チップの開発に関する研究(運営費交付金、経済産業省地域新生コンソーシアム研究開発)

[研究代表者] 山下 健一 (マイクロ空間化学研究ラボ 微小流体分析チップ技術グループ)

[研究担当者] 山下 健一、前田 英明、山口 佳子 (職員 3名)

[研究内容]

マイクロ流体システムの特徴を活かし、その高度な流体操作性に基づき、極めて簡便な操作でありながら、簡単・安価・迅速・高精度・客観性を併せ持つ分析用デバイスの開発を行う。また、特定のニーズに合わせた、マイクロ流体システムを作成するための、普遍的な技術の開発も行う。このような性能の分析デバイスは、例えば環境ホルモンの検出や健康診断、臨床検査などの末端現場での使用に最適であり、健康管理産業やテーラーメイド医療を根底で支えるものになると期待される。本年度においては、マイクロ流路内での抗原抗体反応を利用した多種環境ホルモン同時迅速分析のためのマイクロチャネル構造体の最適化試験に加え、遺伝子診断システム用マイクロチップ開発のための研究を行った。

環境ホルモン検出のためのマイクロチャネル構造体の最適化については、地域コンソーシアム事業「光学式免疫センサを用いた環境ホルモンの同時検出システムの開発」に参画し、研究を行った。本テーマにおいては、リアクター素材として、ポリジメチルシロキサン (PDMS) 樹脂を選定し、作製方法並びに PDMS 表面の親水化処理法を検討し、環境ホルモン分析用マイクロチャネル構造体の設計・試作を行った。その結果、ウレタン樹脂を鋳型として PDMS 樹脂をマイクロ成形し、ガラス、PDMS 樹脂、アクリル樹脂から成る多層構造マイクロチャネルチップの開発に成功した。また、酸素プラズマ処理による PDMS 表面の親水化に成功し、最終的に低コスト、量産性に優れた多層構造マイクロチャネルチップの設計・作製技術を確立した。

遺伝子診断システム用マイクロチップ開発については、前述したような特徴を持たせたマイクロチップの開発に重点をおいた。この性能は、国際的に主流となっている DNA チップなどの大規模診断システムとは対極的立場にある。本グループで開発した分析用デバイスは、溶液を流し込むだけという極めて簡単な操作である。しかしながらその溶液は、マイクロ流路の設計などにより、高度に操作される。固相担体へのプローブ分子の固定化を必要とせず、また、流路内で特定

の分子種だけを分離する技術などを新たに開発し、上記性能を達成した。本手法は、臨床現場での利用に特に適した分析法であり、このような技術は、テーラーメイド医療を支えるものとして将来の需要が見込まれる。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] マイクロ流体システム、分析チップ、マイクロリアクター、遺伝子診断

[テーマ題目 2] ナノ材料合成技術の確立とその応用展開技術の開発に関する研究(運営費交付金、経済産業省産業技術総合研究所技術研究助成事業、経済産業省地域新生コンソーシアム研究開発、経済産業省フォーカス21、糖鎖工学研究ユニットと共同研究)

[研究代表者] 中村 浩之 (マイクロ空間化学研究ラボ ナノマテリアル創製技術グループ)

[研究担当者] 中村 浩之、前田 英明、井上 耕三 (職員 3名、他 2名)

[研究内容]

粒子のサイズが10nm 程度以下になると、バルクには見られない特性が現れることがしばしばある。このような特性を利用した、半導体ナノ粒子の生体分子タグや単電子トランジスターなどへ応用や、磁性ナノ粒子の生体分子タグや大容量記録媒体への応用など、近年のナノ粒子を応用した技術の発展は目覚しく、その応用範囲が広がってきている。このようなナノ粒子の合成には、高度に制御された反応が必要な場合が多い。しかし、一般に化学反応の制御性は反応容器が大きくなるにつれて低下するので、このような高度な反応制御が必要なナノ粒子の合成は非常に難しい問題である。一方で、マイクロリアクターは反応の制御が非常に容易であり、しかも、反応器のパイルアップにより小規模な工業的生産は可能である。そこで、本テーマでは、マイクロ流体システムの特徴を生かして、ナノ粒子合成プロセスの開発とその確立を図ることを研究目的としている。マイクロ流体システムを用いるマイクロ化学プロセスの確立に関し、本年度はリアクターの構造並びに合成条件を最適化により、所望特性を有する CdSe ナノ粒子の製造プロセスを確立することを目的とし、反応温度および時間のコントロールによる粒子径のコントロール法の確立、およびそれらのファクターの蛍光特性などへの影響の調査、さらに生成粒子の特性の再現性の調査を行い、それらの結果を元に、CdSe ナノ粒子の工業的合成の可能性を評価した。その結果、マイクロリアクターを用いて CdSe ナノ粒子が合成できることを確認し、その際に、220-320℃間での反応温度制御および2-120秒程度の滞留時間の制御により粒子径をコントロールする方法を確立し、こ

れにより粒子径約2-5nm、蛍光波長500-630nm程度の粒子を任意の平均粒径で製造することができるようになった。また、ナノ粒子の原料溶液の調製方法およびその製造方法の規格化を行って本法によるCdSeの合成を行と、粒子径、蛍光波長のみならず蛍光スペクトルの強度も非常に再現性よく合成できることがわかった。この再現性の高さから、本法は、ナノ粒子の工業的合成法として非常に高いポテンシャルを持つという判断した。

ナノ粒子生成過程の解明と精密制御技術の確立に関して、本年度はマイクロリアクターを用いてCdSeナノ粒子を合成する際の、核生成および成長メカニズムの解明を目的とし、シード粒子添加による粒子径制御の可能性の調査、低温でのCdSeナノ粒子の成長挙動の調査、およびマイクロリアクターを用いる粒子成長プロセスの解明を行った。シード粒子の添加による核生成と成長の制御の研究から、CdSeナノ粒子原料溶液を100-150度の低温で熟成することにより、CdSeナノ粒子の核と思われる1nm程度の非常に小さい粒子が生成することがわかった。さらに、上記粒子の生成は、熟成温度および原料組成により大きく影響され、粒子の生成メカニズムが温度および原料組成に大きく影響されることが予想され、CdSeナノ粒子の製造プロセスの重要な制御因子がわかった。マイクロリアクターを用いることで、粒子の成長挙動の推定が非常に簡単に行え、本研究で行った粒子の成長モードは拡散律速であることを明らかにした。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] マイクロ流体システム、ナノ粒子、化学合成プロセス

[テーマ題目3] 生化学反作用マイクロ流体システムの開発に関する研究（運営費交付金、経済産業省フォーカス21、経済産業省地域新生コンソーシアム研究開発

[研究代表者] 宮崎真佐也（マイクロ空間化学研究ラボ生物有機化学システム技術グループ）

[研究担当者] 宮崎真佐也、前田 英明（職員 2名、他 3名）

[研究内容]

我々はこれまでに、マイクロ空間内では酵素反応が効率化される現象を見出している。また、マイクロチャンネル内において、複合生体分子合成のモデルである単純な有機合成反応が、バッチ式の反応に比べ1000倍程度効率化される現象も見出している。これらの現象を解明すれば、化学合成の革新的なイノベーションとして、マイクロ空間化学を確立することが出来る。現在、そのメカニズムの解明を進めており、これまでにチャンネル長を変えた種々のリアクターを用いて酵素反応を行い、チャンネル内の流体の線速が速いほうが、よ

り酵素反応の効率が改善されるという結果を得ている。この結果については今後、さらに詳細に検討を行う。また、上記研究と平行して、マイクロ酵素化学プラントの基盤となる酵素固定化マイクロリアクター技術の確立を行った。まず、マイクロチャンネル表面の高度修飾技術を確立した。ゾルーゲル法やナノ微粒子修飾技術を用いて、マイクロチャンネル表面にナノ多孔構造等の高次の構造を構築する技術を確立した。これらの表面に、共有結合により酵素を高度に固定化する技術を確立し、マイクロリアクターを作製したところ、バッチ式よりも格段に反応効率が向上した。さらに、マイクロリアクターを集積化したマイクロ化学プラントの実用性を高めるため、酵素を可逆的に固定化する技術の確立も行っている。まず、ジスルフィド結合を介して酵素を可逆的に固定化する技術を開発した。しかし、この方法は適用範囲が限られるので、さらに汎用性を高めた可逆的固定化技術の開発も行っているまた、細胞利用技術の基盤として、癌化した細胞などをマイクロチャンネル内に流通させ、抗がん剤候補化合物の検索を行うマイクロチップの開発を行った。本年度は候補化合物への細胞応答を蛍光強度変化で検出するマイクロチップのプロトタイプを作製した。このマイクロチップを用いて、バッチ式同様の刺激応答の経時変化や阻害物質による蛍光強度の減衰を微量で測定することが出来た。また、マイクロチャンネル内に細胞を固定化する技術の確立、およびポリジメチルシロキサン樹脂を用いたチップの製造技術の確立も行った。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] マイクロリアクター、有機合成、酵素反応、細胞チップ

⑨【先端バイオエレクトロニクス研究ラボ】

(Laboratory of Advanced Bioelectronics)

(存続期間：2002. 4. 1～2003. 7. 31)

研究ラボ長：軽部 征夫

副研究ラボ長：箕浦 憲彦、横山 憲二

所在地：つくば中央第4、つくば中央第5

人員：9 (4) 名

経費：132, 598千円 (130, 426千円)

概要：

超微量の化学物質、生体成分などを高感度に測定するシステムは、医療福祉、環境、食品、セキュリティなどの分野で強く要望されている。しかし、従来から行われている機器分析では試料の前処理が煩雑で、長時間を要し、測定装置そのものが極めて高価であるなどの問題を抱えている。

一方、生体のもつ優れた分子識別機能を応用したバイオセンサーは、これらの問題を解決する優れた計測

デバイスである。当研究ラボは、バイオセンサーの研究で世界をリードしてきた。これらの知見と経験を生かして毒性化学物質や DNA を高感度に計測するバイオチップやタンパク質の分離・同定を行うバイオシステムチップの構想を創案するに至った。

当研究ラボは、超微量の毒性物質、DNA、タンパク質などの生体成分を迅速かつ簡便に検出、機能解析を行うバイオシステムチップの構築を目標として、病原性微生物が産生する毒素、有機塩素化合物、多環芳香族化合物などの毒性化学物質の超高感度測定システム、およびポストゲノム、プロテオミクス時代に不可欠なハイスループットに DNA やタンパク質を解析できるシステムチップの開発を目指す。

具体的には、毒素検知チップの開発とプロテインシステムチップの開発に取り組んだ。

第一のテーマである毒素検知チップの開発は、大腸菌 O-157、ボツリヌス毒素などを対象として、糖鎖の分子識別機能を巧みに利用することにより、毒性化学物質の超高感度計測を達成することを目的としている。

第二のテーマであるプロテインシステムチップの開発では、細胞内で作られている DNA やタンパク質を分離、同定を行うことを目標とし、半導体微細加工技術やナノテクノロジーを巧みに利用して2次元のデバイスを構築する。

いずれのテーマも、最終的な目的は、化学物質や DNA、タンパク質の超高感度な計測である。

1. 毒素検知チップの開発

生物由来の毒素タンパク質に着目し、そのタンパク質が生体内に摂取された際の細胞膜上での付着に関与する糖鎖—タンパク質相互作用の分子認識機構を基本原理とした、毒素タンパク質検知チップの開発を行う。当研究ラボは、糖鎖の設計・合成技術に高いポテンシャルをもつため、糖鎖とタンパク質との相互作用をセンシングに利用したこのような研究は独創性が高い。社会問題となっている生物由来毒性化学物質（病原性大腸菌 O-157、ボツリヌス菌、黄色ブドウ球菌などの毒素）を超高感度（ピコレベル）に測定するための毒素検知チップを開発することを目標とし、分子認識能を有する機能性物質（糖鎖）の新規合成法の確立、基板表面への固定化技術などの基盤技術について検討し、新たなセンシングシステムの設計をする。

平成14年度においては、毒素タンパク質が認識する糖鎖の分子設計とその大量合成法、及び合成した糖鎖とタンパク質との相互作用を表面プラズモン共鳴などにより検討し、病原性大腸菌 O-157に対応する糖鎖の大量合成法、及び相互作用測定のために、この糖鎖の基板への固定化法を確立した。

2. プロテインシステムチップの開発

タンパク質を網羅的に解析するためのプロテインシステムチップを開発する。具体的には、細胞内で発現しているタンパク質を分離するための新しい分離方法、材料、チップの開発を行う。これまでに報告されているプロテインチップは、タンパク質を並べたプロテインアレイであるが、これでは既知のタンパク質しか検知できない。未知のタンパク質を含め、網羅的に解析するためには、まず精密な分離が必要である。現状は二次元電気泳動がその方法にあたるが、時間がかかる、多量の試料が必要であるなど問題が多い。世界的な研究の流れは、二次元電気泳動、質量分析といった方法を自動化しているだけであり、根本的な問題解決は全く行われていない。

平成14年度においては、細胞内で発現している数千のタンパク質を分離し、解析するためのチップの開発を行った。具体的には、電気泳動法を原理とし、チップ内表面を種々の材料でコーティングし、高い分離能を示すタンパク質分離チップの開発に向けて研究を行った。

そして、新規に開発した表面コーティング方法および材料により、タンパク質を吸着・分離する高分子材料、チップ作製に成功した。

外部資金：

文部科学省 科学研究費補助金

「リサイクルを指向した強相関ペプチドポリマーマテリアルの創成」（執行額 1,900千円）

文部科学省 科学研究費補助金

「蛍光共鳴エネルギー転移を利用したセンサーペプチドの創成」（執行額 1,100千円）

発表：誌上発表18（18）件、口頭発表55（18）件、その他3件

⑩【極微プロファイル計測研究ラボ】

（Ultra-fine Profiling Technology Research Laboratory）

（存続期間：2002.4.1～）

研究ラボ長：一村 信吾

所在地：つくば中央第2

人員：9（4）名

経費：171,737千円（76,089千円）

概要：

1. 研究目的（ミッション）

現在、原子・分子レベルの極微構造体を制御して物質・材料に新たな機能を付加し、新しい産業を創出しようとする大きな潮流が生まれている。極微ブ

ロファイル計測研究ラボは、「計測できるものだけが制御できる」との基本コンセプトのもと、「極微で形容される対象を計測する技術と、そこから派生する制御技術の開発と普及」を目指すことをミッションとする。

極微の世界を調べる上で「より小さなものを見たい」、「より僅かなものを検出したい」等の要求は、ライフサイエンスや情報・通信、環境・エネルギーなどの重点分野を問わず共通する。このため、このような共通の要求指標のもとに基本部分の開発を進めていけば、特定の分野への応用に向けたインタフェース部を付加することで、常に最先端の要求に合致する計測技術を提供できると考えられる。そこで本ラボでは、①極微小空間計測、②極微量計測を主要な指標として、次のような研究を推進する。

①極微小空間計測

—極微小空間の構造・組成・状態プロフィール計測技術と制御技術の研究

原子列で数個～数百個相当の厚さを有する膜構造体の界面平坦性、厚さ、均一性、組成などの精密計測技術と、急峻な界面構造を実現する薄膜形成技術開発を行う。特に、シリコン基板上に制御された膜厚を有するシリコン酸化膜を形成し、その膜厚・膜質等を精密に評価した上で、深さ解析用（深さナノスケール）の標準物質として供給することまでを目標とする。このうち薄膜形成技術の研究では、「超高濃度オゾン発生・制御技術」に基づくオゾン酸化膜の形成技術開発に注力する。また超高濃度オゾン利用技術のシリコン以外の半導体分野、更には半導体以外の分野（環境分野、ライフサイエンス分野等）への展開による「オゾンエンジニアリングの世界」の構築も視野にいれて研究を推進する。

②極微量計測

—極微量物質の空間・時間分布プロフィール計測技術の研究

基本部分とインタフェース部の開発を組み合わせることで、汎用性を持つ研究開発が推進できるというモデルの実証を目指した研究を展開する。このため「アトムカウンティング技術」（レーザを用いた単原子計測技術）を基本的なポテンシャルとして、原子・分子の数と質量の確度100%の計測へとレベルアップする研究開発を行う。同時に、①極浅注入不純物原子・分子の深さプロフィール計測（半導体分野への応用）、②大気環境中の対象原子・分子の計測（環境分野への応用）への展開を目指したインタフェース部開発として、①' 固体表面エッチングの制御技術の開発、②' 実環境から真空中に導入するための差圧検出システムの開発に取り組む。

2. 研究方法論

当ラボでは、独自性の高い研究、二番煎じでない

研究の推進を主眼とし、新しい装置・手法の開発を通してその独自性を確立する、**Technology oriented**な研究アプローチ法を第一義としている。研究開発アイデアの独自性は知的財産権の獲得という形で、研究開発成果の独自性はオリジナル論文の発表という形で発信されるのが通例である。当ラボではこれを更に進め、知的財産は実用化・製品化の形で社会へ発信・普及すること、研究開発成果は獲得知識の共有化（データベース化）や標準化、もしくは標準物質の提供という形で社会への発信・普及することまでも視野に入れた研究開発を展開することを目指している。いわば、公知の事実として発信した後は利用者が現れるのを待つという受身的な成果発信から、利用者が利用しやすい形にまで成果を加工するという攻めの成果発信を推進することを目標としている。

例えば、ラボの課題1の柱である「超高濃度オゾン発生・制御技術」を核とした研究では、次のような展開を進めている。

超高濃度オゾンの発生・制御に係る技術は、日・米の基本特許（日本特許第1791865号、米国特許第5332555号）取得の段階から当ラボのメンバーが深く関与し、企業からの研究員受け入れなどを通して技術移転・技術協力を進め、その技術を成長させてきたものである。これまで、「オゾンビーム発生装置」、「小型オゾンビーム発生装置」などを製品化させた上で、現在、「大容量型高純度オゾンビーム発生装置」の実用化・製品化を進めている。企業との共同出願になる特許件数は、既に30件近くに及んでいる。これらは、この一連の過程において第2の基礎研究と呼ぶべき **translational research** を実践し、その成果を世に示してきた結果といえる。

また装置開発と並行してオゾンの応用技術開発にも取り組み、従来技術に無いオゾン酸化の特徴を明らかにしてきた。これが契機となって、次世代液晶の酸化技術や次世代パワーデバイス（SiC デバイス）の酸化技術としてオゾン酸化に関心が集まり、外部機関などとの共同研究体制の構築のもとに、新しい技術開発課題への挑戦が始まりつつある。更に課題1では、産総研の主要ミッションの一つである「標準物質の開発・供給」（計測標準研究部門との連携）も志向して展開している。ナノテクノロジーの研究開発を支えるナノスケール物質の供給を通して、様々な産業分野への波及効果も期待できることから、社会への発信・普及に貢献できる研究展開と位置付けできる。

外部資金：

経済産業省「3D ナノメートル標準物質創成」（120,000千円）

発表：誌上発表8 (5) 件、口頭発表22 (5) 件、

【テーマ題目1】極微小空間計測の研究（主として経済産業省委託研究制度）

【研究代表者】 一村 信吾

【研究担当者】 一村 信吾、野中 秀彦、黒河 明、
中村 健（職員4名、他4名）

【研究内容】

研究の目的

高濃度オゾンガスを用いてシリコン基板上に制御された膜厚を有するシリコン酸化膜を形成すること、その膜質や界面構造（界面平坦性、界面歪）などを精密に評価すること、その上で計測標準研究部門との協力のもとに、作製した極薄シリコン酸化膜を深さ解析用ナノスケール標準物質として供給することを第一の目標とする。このため、供給開始が予定される2006年4月を視野に入れて、次のような課題設定のもとに研究を進める。①極薄酸化膜形成技術の研究、②大面積酸化技術の研究、③酸化膜計測・評価の研究、④標準物質供給に向けた研究（表面汚染層の計測評価研究）。

平成14年度進捗状況（研究の内容・成果）

1) 極薄酸化膜形成技術の研究

共同研究により開発した高純度オゾン発生装置は、改良を重ねた結果、2002年10月に共同研究先（株）明電舎より製品化の運びとなった。この装置で発生する超高濃度（～100%）オゾンは、供給システムに使用する材質とその温度によっては、酸化膜作製基板に到達する前に著しい分解を起こすことを明らかにした。この知見を基に、オゾン酸化に際して最適と考えられる「局所加熱方式」（石英管内に設置したサセプタへの集光型赤外線ランプによる局所加熱）に基づく酸化炉を開発した。また上記オゾン装置を用いて、シリコン（100）基板（サイズ；10×10mm²）の酸化実験を行い、a) 低温におけるシリコンの高速酸化、b) シリコン酸化膜成長の活性化エネルギーの決定、c) 酸化速度の高い制御性、d) 高品位シリコン酸化膜の作製を行った。

2) 大面積酸化技術の研究

① オゾン供給システムの開発

平成15年度に計画するオゾン酸化膜製膜に対応できるオゾン供給システムとして、堆積膜の厚さ制御に適した高圧型と減圧型のオゾン発生・供給システムを試作・開発を行った。仕様は下記の通りである。

a) 減圧型オゾン発生・供給システム

- ・オゾン最大供給量 60sccm 以下
- ・オゾン最大供給圧力 2,000Pa 以下
- ・オゾン濃度 90%以上
- ・オゾン供給時間 連続供給

b) 高圧型オゾン発生・供給システム

- ・オゾン最大供給量 20sccm 以下
- ・オゾン供給圧力 大気圧～5,000Pa 以上
- ・オゾン濃度 30%（大気圧）～80%（5000Pa）
- ・オゾン供給時間 60分

② 供給システム材料の探索と不動態化の研究

半導体プロセスをはじめとするガス供給ラインには、現在ステンレス材料（SUS 材料）が一般に使われている。しかしオゾンの反応性を考えると、別の材料系も候補となる。そこで高濃度オゾンの供給・利用に適した金属材料探索ならびにそれら金属表面の安定化（不動態化）特性を調べた。

まず、金属管中でのオゾン分解の模様を計測することで、不動態化の進行状況を計測する手法を開発した。不動態化処理には、大気圧オゾン発生装置（岩谷産業株式会社との共同開発）からの高濃度オゾンガス（オゾン濃度約30vol%）を室温供給する方法を用いた。この処理は既設配管の処理などにも適用可能で、利便性が高いのが特長である。これら計測法と処理法を適用して各種材料（ステンレス材、純アルミニウム材、マンガン添加アルミニウム材、純チタン材）の測定を行った。

③ 大面積基板用金属酸化炉の開発

オゾン酸化技術の新しい応用として、低温酸化の特色を活かした液晶用高品位 TFT 酸化膜の作製が考えられる。そこで要請される大面積酸化技術も視野に入れて、直径200mmの基板をオゾン酸化するための酸化炉を検討した。炉壁材料を金属として機械強度を持たせると同時に、炉壁材料を水冷してオゾンの炉壁での熱分解を抑え、併せて迅速な加熱冷却をおこなえる熱設計を行った。更に、酸化室とヒーター室を分離構造とし、ヒーター室にオゾンが侵入しない構造とした。

④ オゾン濃度の空間分布測定法の開発

オゾンによる大面積酸化膜形成では、シリコン基板に供給されるオゾン濃度の空間的なプロファイルの制御が重要であり、それを可能にする計測技術が不可欠である。オゾン濃度の空間分布計測に向けて、レーザを用いた新しい濃度計測法として、パルス紫外光レーザを用いた場合吸収係数が見かけ上減少する飽和吸収過程を利用し、高濃度のままでその場測定する手法を新たに開発した。

3) 酸化膜計測・評価の研究

急峻な界面構造の作製と評価に向けて、界面の歪形成、構造遷移層形成、酸化機構を様々な手法を用いて解析し、次の知見を得た。

- ① オゾン酸化膜作製時の形成応力のその場実時間観測に初めて成功し、界面における大きな応力形成はない。
- ② 酸素酸化の生じない水素被覆したシリコン表面を

用い、オゾン酸化ではバックボンドとダングリングボンドへの酸素挿入率が異なる。

③ 自然酸化膜やケミカル酸化膜など (Preoxide film) を介したオゾン酸化によっても、酸化膜質の改質と同時に構造遷移層が極めて薄いシリコン酸化膜が形成される。

④ 付着確率は Si (100) 2×1あるいは Si (111) 7×7の表面構造に依存することなく約0.8以上であり、吸着の活性化障壁は何れの表面にも存在せず、解離吸着機構は 03→02+0(a)である。

[分野名] 標準

[キーワード] 極薄シリコン酸化膜、オゾン、

⑪【ジーンファンクション研究ラボ】

(Gene Function Laboratory)

(存続期間：2002. 7. 1～)

研究ラボ長：多比良和誠

所在地：つくば中央第4

人員：6 (6) 名

経費：175, 775千円 (110, 174千円)

概要：

研究目的

ヒトゲノムの概要配列が2001年に発表され、ヒトの遺伝子数は3～4万とされている。このうち60%に及ぶ遺伝子は異なったスプライシングを受けるため発現するタンパク質の数は10～20万種類以上と言われている。これら個々の遺伝子の機能を調べるための従来の方法として当該遺伝子をノックアウト、あるいは病変など特定の形質を発現している個体の遺伝子のポジショナルクローニングによる究明などが行われてきたが、これには大変な労力と時間を要した。

本研究ラボでは、こうした問題を解決するため独創性の高い基礎・応用研究を目指している。外国の技術に頼りがちなバイオの分野でポストゲノム時代に通用する Made-in-Japan の独創性の高い基礎・応用技術確立し、その有用性を実証する。

研究内容

現在、ベンチャー企業から公的機関までの多くの組織が、ポストゲノムを念頭に置いた遺伝子探索プロジェクトを進行させているが、我々はまず我々独自に開発した RNAi ベクターを用いてヒト全遺伝子に対するノックダウン siRNA ライブラリーを作製し、様々な遺伝子を網羅的に同定するシステムを構築している。我々は、すでに実際の細胞内での機能に基づいて遺伝子を探索するシステム (ジーンディスカバリーシステム) を構築し、多数の機能遺伝子の同定に成功した。一例を挙げると、以前は、アポトーシスやガン転移に

関係する新規遺伝子を発見するのは至難の業であったが、我々が開発したジーンディスカバリー技術を用いることにより100以上の新規遺伝子を短期間で発見することができた。このシステムでは我々が世界で初めて開発したタンパク質 (ヘリカーゼ) と RNA で構成されるハイブリッド型リボザイムの技術を用いてリボザイムが標的 RNA の高次構造に左右されずに機能できるようにすることで、機能遺伝子の検索効率を上げた。さらに最近、我々は世界に先駆け siRNA 発現ベクターの開発に成功した。リボザイムと比較して微量で有効な RNA 干渉はノックアウトのように2本の染色体上の双方の遺伝子を破壊する必要がないという特徴もあり、PCR のようにバイオの世界を変える強力な武器となりつつある。siRNA 発現ベクターは個々の既知遺伝子の機能・役割 (ジーンファンクション) の解明にも有用なツールとなるが、逆に、着目する表現型変化に何らかの影響を与えている新規重要遺伝子を確実に同定できるので、経費や時間の大幅な短縮が可能になり、ポストゲノム時代の強力な遺伝子探索ツールになる。今後は siRNA 発現ベクターを用いて、細胞老化あるいは癌化といった細胞増殖に関連する疾患原因遺伝子や、細胞分化や運動等の重要現象に関わる新しい機能をもつ未知の遺伝子の機能解明とその利用にむけて邁進する。

siRNA だけでなく、miRNA を含めた18-25塩基の小さな RNA は2002年の Breakthrough of the Year (Science 誌が年末に発表) の第一位に輝いており、哺乳動物における200種類と予測されている miRNA の標的遺伝子の探索が、世界中でこれまでに類を見ない激しい競争下で行われている。しかし、miRNA はその標的となる mRNA と部分的にしか結合しないため、標的遺伝子の検索はとて難である。20塩基程度の短い miRNA が70%の精度で結合できるポテンシャル標的サイトをバイオインフォマティクスなどの手法で予測すると、ゲノム全体で8000箇所ぐらいの候補がある。タンパク質に翻訳される領域に限定しても数百の標的サイトになる。この中で、本当の標的遺伝子を見つけるには科学の直感またはセレンディピティとユニークな技術が要求されるが、我々は、世界で初めて哺乳動物 miRNA の標的遺伝子を発見した。さらに、標的遺伝子の探索が困難な、宝の宝庫である200種類以上の哺乳動 miRNA のなかで、我々は既に60種類以上の miRNA に対するそれぞれの標的遺伝子を同定した。このように、発現プロフィール工学、マイクロ RNA 工学、遺伝子サイレンシング工学などの独自のユニークな基盤技術を活かして、有用な遺伝子の機能 (ジーンファンクション) を解明している。

これら疾患原因遺伝子や新しい機能をもつ未知の遺伝子の同定といった成果を医療に還元する方法の一つに遺伝子治療がある。トランスジェニック動物の作成

では受精卵や胚性幹細胞への遺伝子導入が行われているが、遺伝子治療では、ヒトの臓器を構成する細胞に安全にかつ効率よく遺伝情報を導入して、mRNA・リボザイム・RNAi等の治療用RNA分子を長期間(できれば一生涯)発現させる高度な技術が要求されている。そこで我々は、ウイルスや染色体といった自然界にある遺伝子導入・発現系の仕組みを解明して、それを安全な型で、大量生産できる素材で再現する「ハイブリッドベクター」の開発を目指している。その成果は癌・遺伝性代謝疾患のような難病の治療に貢献することが期待されている。

植物では、モデル植物において全ゲノムの塩基配列が決定され、ポストシーケンスとして個々の遺伝子の機能解明がさらに重要な課題となっている。しかし植物ゲノムには、機能が重複した遺伝子が数多く存在し、単一遺伝子破壊株では、その遺伝子の表現型が現れないことがしばしばあり、これら遺伝子の重複性が遺伝子の機能解析を困難なものにしている。また、コムギなどの有用植物などは複二倍体であり、遺伝子ノックアウト法などの従来のサイレンシング技術が効果的に作用しない。そこで我々は、独自に開発したリプレッサーを用いた新規サイレンシング技術(CREST)を用いて遺伝子機能の網羅的解析を行っている。さらに、最近植物においても小さなRNA(miRNA)がこれらリプレッサー機能を制御して植物の機能制御を行っていることが明らかになってきており、miRNAを介した遺伝子発現調節機構の解明にも取り組んでいる。

細胞運動や細胞質分裂は細胞増殖に必須のプロセスであり、その機構解明には臨床医学的にも重要な意義がある。従来、動物細胞の細胞質分裂は、赤道付近に形成される収縮環が能動的に収縮し、その結果二つの娘細胞が形成されるとされてきた。しかし我々の細胞性粘菌を用いた解析により、核分裂後の両極が反対方向にアメーバ運動し、赤道付近が受動的に収縮するという新たな分裂機構も存在することが明らかになった。我々は、高等動物細胞もこの新規分裂機構を行うことができるかと推測し、ガン細胞の分裂機構との関連を推定し、RNA工学に基づくジーンディスカバリーを利用しつつさらに機構解明を進めていく。

こうした細胞運動を分子レベルで見ると、分子モーターとよばれるタンパク質が、生体内の繊維状タンパク質をレールとして一方向に動くことによって駆動されることが知られている。しかし、その運動機構はよくわかっていない。我々は、低温電子顕微鏡法を用いて、レールタンパク質に結合したキネシンとよばれる分子モーターの立体構造を、従来よりも高い分解能で得ることに成功した。また、キネシンは2つのモーター部分を交互にもちいてレール上を「歩く」ように進むと考えられているが、我々は、一方のモーター部分

の機能を改変した変異分子モーターを作成することに成功し、現在、その運動機能の解析を行うとともに、ナノバイオテクノロジーへの応用を視野に入れた基盤研究も進めている。

以上のように、我々の研究の特徴として、ケミストリーの切り口から、ナノテクノロジー、構造生物学、動植物細胞・モデル動物を用いた研究まで、幅広い融合領域をカバーしており、融合した基礎・応用技術による日本の産業界および医療へ貢献していきたい。

発表：誌上発表36(30)件、口頭発表105(24)件

⑫【単一分子生体ナノ計測研究ラボ】

(Single-Molecule Bioanalysis Laboratory)

(存続期間：2002.10.1～)

研究ラボ長：馬場 嘉信

副研究ラボ長：石川 満

所在地：四国センター

人員：17(5)名

経費：49,466千円(43,377千円)

概要：

生体分子1個を操作し計測する技術開発を標榜して、当ラボは平成14年10月に四国センターに設置された。分離・分析のプラットフォームの微小化、および処理する試料の極微量化が進み、究極的には一個の分子に到達しつつある化学分析をナノテクノロジーの一環として捉えるところに大きな特色がある。このラボを拡充発展させてわが国の健康産業(バイオ関連機器産業、医療支援産業、創薬支援産業、食品関連産業、健康環境維持産業等)の発展育成に、主として技術面から貢献することを目的とする。

21世紀には、国民の高齢化が一層進み、生活様式が変化する中で、がん、脳卒中ばかりでなく、肥満によって誘発される高血圧、糖尿病などの「生活習慣病」や、高齢化に伴う「痴呆」や「寝たきり」が増加することが予想されている。国民の健康寿命を延伸するためには、これらの疾患の発症機構の研究や、予防及び治療技術の高度化、そして簡便化がますます要求される。健康寿命の延伸のために必要な研究開発のうち、病気とはいえないがその直前の状態、いわゆる「未病」状態の人の健康指標を迅速にその場測定して、適切な予防および治療を施すことが極めて重要になってくる。当ラボを、このような予防および治療を可能にする革新的技術を開発するためのわが国における中核的拠点へと進化させ、21世紀の人類社会の発展に寄与することを目指す。

世界諸国に先駆けて少子高齢化に直面する日本において、年額30兆円にもなる国民医療費の削減、中で

も老人医療費の伸びの抑制や家族介護費用の低減を図ることが大きな課題になっている。健康で活力に満ちた質の高い生活を確保するために、「未病」状態の人の健康指標をその場測定すること、そして IT 技術を利用して得られた情報を効果的に活用できるような社会的システムを構築することが要求されるであろう。このような社会システムを実現するためには、新たな原理に基づく、より微小、高効率、高精度、その場測定が可能な新たな計測法の開発がカギとなる。健康産業の創生は、我が国全体の大きな流れであり、技術開発の将来展望を描いた「国家産業技術戦略」でも、社会ニーズへの対応として掲げられた四つの目標の中に、「高齢社会における安心・安全で質の高い生活の実現」を掲げている。政府のバイオテクノロジー戦略大綱（2002.12.6）においてもバイオツール開発の重要性・緊急性、機能性食品産業の重要性等がうたわれており、当研究ラボの研究開発目標もこの方向に沿ったものである。

当ラボが設置されている四国センターが立地する四国地域に目を転じると、この地域では健康産業関連技術開発のポテンシャルが高いことが知られている。四国地域では、四国経済産業局を中心として「四国テクノブリッジ計画」を推進し、健康関連産業や医療・福祉産業の産業クラスター形成を目指している。四国地域には健康、医療・福祉関連、環境等関連の分野で産学連携に積極的に取り組んでいる企業や、今後取り組む計画を持っている企業が多く存在するとともに、徳島大学、愛媛大学、香川大学、高知医科大学においてバイオテクノロジーの研究で顕著な成果を出している。特に徳島大学では、ゲノム機能研究センターや分子酵素学センターのような独自の研究機構を持ち、医学・工学融合領域での日本の牽引役として期待されている。また、四国地域には健康産業・医薬品等に関連する優秀な技術やノウハウを持った企業も広く分布している。今や健康を維持するための機能性食品等の研究開発は産業界の重要なターゲットとなっている。四国には早くから在宅健康管理システムを導入し、医療費の削減に成功している自治体もあり、住民の健康に対する意識は高いと云える。このように、四国という地域的な視点から見ても、ラボを設置、およびそれに続く拡充のための時宜は十分に熟していると考えられる。

国際社会におけるわが国の立場という視点から、当ラボの成り立ちを眺めると、これまでわが国はバイオ分野の基盤技術である DNA およびタンパク質解析の技術開発の分野でアメリカに大きく遅れをとってきたという事実と直面する。この事態を打開するために、本研究ラボでは、日本の得意分野である DNA およびタンパク質を1分子レベルで操作・計測する技術、すなわちナノメートル（10億分の1メートル）レベルの

超微細加工技術を活用して、DNA およびタンパク質を解析するための高性能なバイオナノデバイス技術を開発することを目指している。この新しい技術は、だれもが元気で長生きできる活力のある社会を創ることに貢献するだけでなく、バイオテクノロジーとナノテクノロジーの融合領域における新たな産業を創出することに貢献すると期待され、最近、学会のみならず産業界からも大きな注目を浴びている。

【研究手段および方法論】

DNA やタンパク質を1分子レベルで自由に操り、1分子レベルで DNA やタンパク質の情報を測る技術を開発して、病気の診断予防技術などの実用技術に育てることが、ナノテクノロジー化が急速に進んでいる化学分析における研究開発の世界的な動向となっている。1分子を操作・計測することによって、これまで不可能と考えられていたことが可能になってきたからである。このような最新の動向を踏まえ、本研究ラボにおいては、以下の研究課題に取り組んでいる。

1) 単一細胞診断技術の開発

単一細胞内での単一分子の動的過程の研究に必須な新規な蛍光プローブの開発から出発して、生体分子をプローブで標識する技術、標識された生体分子を細胞へ導入する技術の開発も含む。単一細胞に着目した研究は、これまでの多数の細胞から得られていた知見とは異なる、より本質的な知見を与える可能性があるため、ここ2、3年で急速に注目を集めている。細胞としては、エネルギー代謝に特異的な細胞を中心に研究を展開する。このテーマは生活習慣病を治療し予防するという最終ゴールにつながる、極めて現代的な研究課題である。

2) バイオナノデバイスを基盤とした診断技術の開発

少子高齢化社会における未病状態での簡便な診断を可能とする、革新的な高速化、小型化、低価格化、高分解能化を達成できるバイオデバイスの開発を目指す。それには反応・分離・センシング等の種々の機能を融合・集積化した「次世代バイオナノデバイス技術」が必要である。このようなマイクロ・ナノシステムを構成するためには、ガラス、プラスチック等の未確立のナノ微細加工技術が必要である。さらにバイオデバイスでは、センシングあるいは解析が重要な要素となるが、そのためにはデバイス表面にバイオ親和性、バイオ分子認識性、バイオ分子分離性などの機能を付与する必要がある。

3) 一分子 DNA 解析技術の開発

現在、ヒトゲノムシーケンシングがほぼ終了し、次の段階としてテーラーメイド医療等の観点から個人のゲノム解析が脚光を浴びている。現在開発中のナノチャンネル電気泳動システムに基づき、これまで扱われていた DNA 断片（～1000bp）よりもはるかに長い断片（～Mbp）を迅速・簡便・安価に解析

できる技術を開発する。従来法の単純な改良のみでは、これら3つの要求に応えることは極めて困難と予想されている。従来法の限界を克服できる可能性を有する、単一分子の操作、検出および識別に基づく新規な「単一分子 DNA シークエンシング技術」を開発する。

4) 生体機能評価技術の開発

バイオナノデバイスの開発のためには、疾患あるいは重要な生体機能に関連した DNA やタンパク質をプローブやサンプルとして用いることが極めて重要である。本研究課題においては、より社会的にインパクトのある五大疾患（がん、痴呆症、糖尿病、高血圧、アレルギー疾患）に関連した DNA やタンパク質の機能を評価するための技術開発を進める。また、未病状態においては、近年、肥満が生活習慣病を誘発する原因として重視されており、肥満を防ぐことが、生活習慣病の予防につながるものと期待されている。本研究課題においては、肥満に関連した DNA およびタンパク質の機能解析技術開発もあわせて進める。

発表：誌上発表2（1）件、口頭発表41（8）件

5) フェロー

【フェロー】

(AIST Fellow)

所在地：つくば中央第2、
つくば中央第5、
北海道センター

概要：

フェローは、理事長の諮問を受けて、研究者の代表として他の研究者の指導にあたりるとともに、特別な研究を行っている。

平成14年度は、3人のフェローを置いている。

機構図

フェロー 立矢 正典
フェロー 大津 展之
フェロー 大塚 榮子

(2) 内部競争的資金

内部資金を活用して、萌芽的研究や有望技術シーズ等に関し、産総研内部に競争的資金分配制度を創設し、競争的研究環境を醸成して、研究活動の活性化を図った。

〔研究題目〕 量子ドット超格子を用いた薄膜熱電変換デバイスに関する研究

〔研究代表者〕 山本 淳（電力エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 李 哲虎、高澤 弘幸、小原 春彦、山口 栄雄（神奈川大学）

〔研究内容〕

半導体や金属を用いた熱電変換は、簡単な構造で熱と電気の直接エネルギー変換が可能であるため、未利用熱エネルギーの有効利用技術、温暖化ガスを使用しない冷却技術、微小電子デバイスの熱拡散技術として、その高性能化が待たれている。しかしながら、熱電変換の実用化のためには高い性能指数をもつ半導体材料の開発、およびそれらの材料を集積化してデバイスを構成する設計・プロセス技術の確立が必要である。

本研究では量子ドット構造を有する薄膜の熱的・電気的輸送特性を詳細に吟味し、熱電材料としての性能向上の可能性を検討するとともに、薄膜材料を用いた新しい熱電変換デバイスの提案と実証を目指している。

材料面では、これまでに Si-遷移金属系量子ドット超格子の製膜装置の改造と立ち上げ、熱電特性の薄膜成長中その場観察装置の立ち上げを行い、H15年度は、主に Si-Ni 系、Si-Co 系などの薄膜の試作を行った。またイオン注入法により Si-Bi 系薄膜を作製し、アニール条件と量子ドット構造、輸送特性の相関について詳しい知見を得た。Si 系以外の候補材料として III 族窒化物を検討し、薄膜の熱電特性の組成依存性を明らかにした。

新構造薄膜デバイスの実証の観点からは、1) 薄膜 III 族窒化物熱電発電デバイスの試作および 1.5 μW 級の発電実証、2) 金属系ミニチュア発電デバイスの試作と 30mW 級発電実証、3) マイクロアレイ型熱電変換デバイスの試作、を行い、従来のセラミックスバルク材料を用いた発電デバイスと異なる機能を持つデバイスの提案および実証を行った。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 熱電変換、未利用熱利用、熱電能、抵抗率、超格子

〔研究題目〕 大容量電気化学キャパシタ電極として使用可能な表面擬似容量系物質の探索

〔研究代表者〕 日比野光宏（電力エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 日比野光宏

〔研究内容〕

〔目標〕

固体内でのイオン拡散に制約を受けない高速充放電可

能な電極材料の探求を行う。具体的には、表面反応を利用し、酸化還元反応を擬似容量とする電極材料の探索、開発を行う。あるいは活物質を導電助材と高度に複合化することで、導電性及びリチウムインターカレーションの反応表面積を高める。

〔研究計画〕

① 過硫化物の合成と電気化学的評価

鉄、マンガン、ニッケルのような安価かつ軽量の金属のジスルフィド（過硫化物）を合成、評価する。またセレンなどで一部硫黄を置換した試料も合成、評価する。

② 複合化材料の作成と電気化学的評価

ゾルゲル法やソノケミカル法を利用して、電極活物質と導電助剤カーボンの複合化を行い、リチウムインターカレーション特性及び高速充放電挙動を調べる。

〔成果〕

① 過硫化物の合成と電気化学的評価

NiS₂では硫黄の一部をセレンで置換した場合もキャパシタとして機能した。容量は0.5F/g ほどで擬似容量による高容量はみられなかった。ただし、1000 mV/s 程の大きな掃引速度では、セレン置換量の大きな試料では、金属的な導電特性が有利にはたらくことがわかった。

② 複合化材料の作成と電気化学的評価

ゾルゲル法により酸化マンガンとアセチレンブラック (AB) とを複合化した。合成時の AB 混合により容量は増大し、電極作成時の AB 混合はサイクル特性を向上させることが明らかとなった。またソノケミカル法では、酸化マンガンが AB 表面を厚さ数 nm で均一に覆い、高い導電性を有した。この場合、高速充放電が可能であり、電流密度60A/g でも200mAh/g を超える容量を示した。本研究では測定可能な最大の電流を試したが、100A/g 程の電流においてもリチウム拡散による出力性能の低下は見られず、さらに大きな出力密度が期待できることが明らかとなった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 キャパシタ、リチウムイオン電池、ナノ複合体

〔研究題目〕 小型ダイレクトメタノール燃料電池における膜電極接合体製造技術の開発およびその実証

〔研究代表者〕 岡田 達弘（環境調和技術研究部門）

〔研究担当者〕 岡田 達弘、國松 昌幸、喬 欽

〔研究内容〕

リチウム電池などの2電池に代わる携帯機器用小型燃料電池実現に向けて、マイクロチューブ状の高分子電解質を用いた新しいタイプのダイレクトメタノール燃料電池（メタノールを直接燃料極で反応させる燃料電池、DMFC と略記）開発のための技術的問題点を解決する

事を目的に、単セルの設計と膜電極接合体構成法の研究を行った。内径0.3mm、外径0.6mmのチューブ状の全フッ素化型高分子電解質を用い、燃料極として Pt-Ru 触媒、空気極として Pt 触媒をカーボン繊維に固定した小型燃料電池を試作し、電極作成条件の最適化を進めた。触媒とチューブ状電解質との接触を改善し触媒利用率を向上するため、燃料極、空気極ともカーボン繊維と触媒担持カーボン粒子の組合せによる触媒構成法を検討した。高触媒担持カーボン粒子を触媒として用い、触媒層の電氣的導通を確保する役割をカーボン繊維に持たせ、チューブ状電解質の内外に高分子電解質溶液を粘着剤として固定する方式で触媒量増大と反応面積の改善を試みた。その結果、メタノール水溶液を燃料とし電極面積当たり出力として、 2.2mW/cm^2 を上回る出力密度が達成された。次に燃料極に Pt-Ru ブラック、空気極に Pt ブラックを用いることで触媒担持量を増やしたところ、低電流域では電池電圧が著しく改善されたが高電流域ではその差が見られなくなり、明らかに触媒層における接触抵抗が性能に大きく影響していることがうかがえた。このとき 1.2mW/cm^2 の出力において、 0.2cm^3 の1M メタノール水溶液を使用し3時間以上の連続運転が可能であった。本研究によって、マイクロチューブ型 DMFC プロトタイプの作製に必要なシステム設計のめどを付けることができた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】燃料電池、携帯機器、メタノール

【研究題目】エアロゾルデポジション法によるマイクロ超音波源の開発

【研究代表者】明渡 純（機械システム研究部門）

【研究担当者】明渡 純、マキシム・レベデフ、佐藤 治道、中野 禪、芦田 極

【研究内容】

（目標）

圧電厚膜を利用した小型超音波源は、 μ -TAS など小型分析機器の薬液混合、DNA 濃縮や医療用触覚センサーなどの次世代の用途でキー要素になると期待されている。しかしながら、圧電膜にはその周波数から設計上 $30\mu\text{m}$ 以上の厚みと $100\mu\text{m}$ 以下の微細パターンが要求される。現状ではバルク材料を張り付け組み立てる構造のため微小化すると接着剤によるダンピングや加工サイズの点で限界があり、実用的なレベルでの検討の大きな障害となっている。ここでは、そのプロトタイプとして、Si やガラス、金属材料をベースにした微小構造部材上に PZT（圧電材料）をエアロゾルデポジション法で直性形成し構成されたマイクロ超音波源やマイクロアクチュエータを試作する。また、エアロゾルデポジション法と精密プレス技術と組み合わせ、従来 MEMS 技術より一桁以上安価で高速応答な超音波ジャイロ素子やマイクロ光スキャナーなどに繋がるプロトタイプデバイスを提

供する。

（研究計画）

初年度はエアロゾルデポジション法を用いて作製した圧電厚膜の超音波発生源としての特性評価と材料技術の最適化を行う。また、Si 基板上に形成した超音波源の一次試作を行い、その動作確認を完了する。

（年度進捗状況）

本 PJ では、超音波発生源として高周波応答可能な高い機械的 Q 値をもつ圧電厚膜の成膜条件を検討、 $100\mu\text{m}$ ～数 mm 角の微小超音波発生装置を試作した。その結果、Si 基板上での超音波源としての動作を確認、優れた電気機械特性を得た。基板上に展開された液膜中の微粒子が超音波の照射により凝集・分散する現象（超音波輻射圧とは異なる。）を発見。液中微粒子のハンドリング技術や μ -TAS への応用に関する特許を出願。プロトタイプの作製に必要な圧電トランスデューサー部の基本設計が完了した。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】エアロゾルデポジション、超音波、圧電ジャイロ、光スキャナー、MEMS、常温衝撃強化

【研究題目】オゾンの励起状態制御による超低温酸化装置

【研究代表者】野中 秀彦（極微プロファイル計測研究ラボ）

【研究担当者】野中 秀彦、一村 信吾、黒河 明、中村 健

【研究内容】

（目標）

100%オゾンの光励起による 200°C 以下の温度領域における超低温酸化技術を開発する。そのために、大面積基板移動機構とオゾン光励起部が一体となった超低温オゾン酸化炉による大面積基板の超低温酸化技術を開発する。（研究計画）

本年度においては、既存の装置を用いて、オゾン光励起のシリコン低温酸化における効果を明らかにし、酸化条件の最適化のための基礎データの取得を進める。さらに、大面積酸化用光起用光源を決定・取得し、ビーム均一性などを評価する。平成15年度においては、プロトタイプであるオゾン励起状態酸化装置を開発する。本装置は、大面積試料の超低温酸化用の酸化炉であり、オゾン酸化炉本体のほかに、レーザ光照射領域調整のための光学系と試料移動機構を装備するため、それらの実現のための装置の試作を進める。並行してレーザ光照射オゾン酸化の最適条件の確定を行い、このために、励起状態原子状酸素のプロセス中の濃度測定技術も新たに開発する。作製したオゾン励起状態酸化装置に最適条件を適応し、オゾン励起状態制御による大面積試料上へのシリコン酸化膜の超低温作製技術を開発する。

(年度進捗状況)

本年度(初年度)は、光励起用大強度光源(エキシマレーザー)を新たに取得した上で、既存の装置を用いて、オゾン光励起のシリコン低温酸化における効果を明らかにし、酸化条件の最適化のための基礎データの取得を進めた。その結果、波長248nm、強度20mJ、繰り返し30Hzの紫外光を用いた場合、通常のオゾン酸化にとっては困難な試料温度200℃という低温において膜厚2.7nmの酸化膜を20分で作製できるなど、オゾン光励起による酸化速度の増大を実証することができた。それらの結果を用いて、オゾン励起状態制御によるシリコンの超低温酸化装置に関して、オゾン導入方法、試料移動方法および速度、資料加熱方法などの設計指針が明らかとなった。また、委託費「3D ナノメートル評価用標準物質創成技術プロジェクト」の下で、減圧超高濃度オゾン連続供給装置の開発に成功した。その結果、プロトタイプの前作製に必要な技術のうち、大面積試料対応の大流量オゾン供給システムの課題が解決した。さらに、運営交付金「ユニット間融合共同研究」の下で、高濃度オゾンのプロセス領域その場濃度測定技術の開発に成功した。その結果、プロトタイプの前作製を進める際に必要な、酸化装置内の試料位置におけるオゾン供給濃度の局所その場モニターが可能となった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 オゾン、光励起、低温酸化

【研究題目】 新規プロセスによる新構造 XMOS デバイスの試作開発

【研究代表者】 鈴木 英一(エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 昌原 明植、石井 賢一、柳 永勲、
関川 敏弘、細川 新一、高嶋 秀則

【研究内容】

【目標】

以下の2点をプロトタイプとして試作することを目標としている。

1. 世界最小寸法の XMOS デバイス

このプロトタイプは、XMOS デバイスが微細化に最も適したデバイスであることを実証するためのものである。

MOS デバイスを使わないと実現できないアプリ回路

このプロトタイプは、ゲートを二つ持つ XMOS デバイスの、4端子デバイスとしての特徴を最大限に生かして、従来の単一ゲートデバイスでは実現できなかった機能を実証し、新規 LSI 回路実現を図るものである。

【研究計画】

自己整合された二重ゲートを、独自に提案した、従来の CMOS プロセスに、イオン注入とウエットエッチングを付加しただけのシンプルなプロセス(イオン照射減速エッチング)で実現できる方法(特願2002-248814)

により、本 PJ で進める自己整合型二重ゲート縦型 XMOS デバイスの第1のプロトタイプである世界最小寸法の XMOS デバイス試作を行う。

【年度進捗状況】

本プロジェクトでは、新開発のイオン照射減速エッチングを用いて世界最薄の Si チャネル厚15nm の縦型 XMOS (IMOS) デバイスの試作に成功し、第1のプロトタイプの前作製に用いたイオン照射減速エッチングは、(110)バルク Si ウェハを用い、イオン注入層を微細な縦型 Si ウォールチャネル形成のための異方性ウエットエッチマスクとして用いる独特のものである。ゲートを一度に作製するため自動的に自己整合できるばかりでなく、①イオン注入層がそのままソース、ドレインになる、②先にソース、ドレインが形成されるので high-K ゲート材料の適用可能、③金属ゲート適用可能、などの従来にない数々の特徴を持つ XMOS プロセスである。試作に成功した Si ウォール幅15nm の IMOSFET (世界最小 Si ウォール幅) で、短チャネル効果が有効に抑えられるという、ダブルゲート MOS 特性を実験的に明瞭に示した。

【研究題目】 スーパーインクジェットによる環境適応型デバイス製造技術

【研究代表者】 村田 和広(ナノテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 村田 和広

【研究内容】

超微細液滴を精密に基板上に配列できる超微細インクジェット(スーパーインクジェット)は、種々の材料を数ミクロンのドット径で基板上に精密に配列可能である。線幅数ミクロンの超微細配線のほか、カーボンナノチューブを用いた電解放射型素子の電子放出源、あるいは有機トランジスタのような能動素子もインクジェットプロセスによって作成可能で、環境適応型のデバイス製造技術として有望である。こうした新しい製造プロセスを構築するためには、様々な試行錯誤が必要で、その基盤となる研究用インクジェット装置の構築が必要である。装置に望まれる要件として、貴重な溶液を効率的に使用できること、アイデアを実証するまでの時間、条件探索の効率化が重要である。つまり、生産性よりはむしろトライアンドエラーの効率性を重視した、簡便かつ高精度な装置が望ましい。本研究では、こうした研究用途の超微細インクジェット装置のプロトタイプの実現を目指している。また、インクジェットの研究は、ヘッド技術だけでなく、溶液や基板などとのマッチングも重要で、地道な観測と考察のフィードバックループがあって、初めて研究が進展する。このために、高倍率高速現象観察装置の整備を行う一方、現象解明のために計算科学研究部門との共同研究を開始し、自由界面を扱える有限要素法によるインクジェット飛翔液滴の解析を進めている。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】超微細インクジェット、ミニマルマニユファクチャリング、省資源、省エネルギー、デバイス製造技術

【研究題目】カーボンナノチューブを用いた一電荷分布測定プローブの実現

【研究代表者】松本 和彦(ナノテクノロジー研究部門)

【研究担当者】松本 和彦

【研究内容】

一電子を室温で検知可能な感度を有する単一電子トランジスタを走査プローブ顕微鏡のカンチレバー先端に形成し、これをテラビットメモリの読み出しプローブとして用いる。単層カーボンナノチューブを所定の位置に成長するように触媒をフォトリソグラフィでパターンニングし、かつ電界を印加することにより、ほぼ所望の位置、所望の方向にカーボンナノチューブを成長させることが可能になった。次いで、窒化シリコン/酸化シリコン/シリコン基板を用い、選択エッチング技術を活用してシリコンカンチレバーを形成する。この際、通常のカンチレバーと異なるのは、カンチレバー先端に触媒を形成し、カーボンナノチューブを形成することである。次いでこのカーボンナノチューブの両端に引き出し電極を形成する。最後のカーボンナノチューブに欠陥を導入することにより、単一電子トランジスタを完成する。これにより電荷分布測定プローブを実現した。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】カーボンナノチューブ、単一電子トランジスタ、走査単一電荷プローブ

【研究題目】炭化水素を燃料とした小型固体酸化物形燃料電池の開発

【研究代表者】日比野高士(セラミックス研究部門)

【研究担当者】日比野高士、平林 大介

【研究内容】

燃料電池の小型発電機への応用には、これまで固体高分子形燃料電池(PEFC)が有望視されてきたが、最近になり固体酸化物形燃料電池(SOFC)もその有力な候補として検討されるようになった(米国DOEではSECA、EUではFP5、民間ではBMW)。これはSOFCがPEFCに対して寿命が長く信頼性が高いこと、比較的安価な材料を使用できること、及び水素以外にも炭化水素・アルコールを燃料ガスとして直接使用できることによる。ただし、従来までのSOFCではセルデザインがあまりに複雑であるために、振動などの機械的ショックや温度の上げ下げに伴う熱的ショックによりセラミックス部材が破損する危険性が非常に高かった。そこで、我々はSOFCセルデザインを単純化するために、燃料ガスと空気を分けることなく、それらの混合ガス中で発電できる単室式SOFCを世界で初めて考案し、その性能を高めるための材料開発を行ってきた(2000年にScience掲載)。本

ハイテクものづくりPJでは、これまでの研究成果をもとにして実用レベルで求められる性能とサイズを満たす単室式SOFCのデモ機をイビデンと大日本印刷とで共同して試作することを目的とした。

我々が開発した単室式SOFCの特長は①炭化水素燃料を直接使用できる、②セルデザインが単純である、③ガスセパレーターやガスシール部材が不要である、④電解質を薄膜化することなく二つの電極を印刷技術で近づけるだけでオーム抵抗を低減できる等が挙げられる。これにより、従来の二室式SOFCより小型・軽量でポータブル性に優れたセルスタックを構成することが可能になる。そこで、これらの特長を活かしてH14年度には家庭コージェネレーション用発電機への適用を目指して、電解質対面電極配置のデモ機(容量0.5-1kW)を試作する。また、H15年度にはコードレスファンヒーター用発電機を目指して、電解質同一面電極配置のデモ機(容量0.1-0.3kW)を試作する。

年度進捗：H14年度として電解質対面電極配置のデモ機を試作するために、これまでの基礎データをもとにして目標とする容量が達成できるようなセルスタックの設計を行った。また、その試作を現在共同研究を行っているイビデン株式会社に委託した。現時点での進捗状況はスタックについては外枠が完成した段階であり、燃料電池については電解質シートと電極材の作成を行っている途中である。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】固体酸化物形燃料電池、低温作動、炭化水素燃料、デモ機

【研究題目】新方式好感度圧力センサーの開発

【研究代表者】秋山 守人(基礎素材研究部門)

【研究担当者】秋山 守人、上野 直広

【研究内容】

産業技術総合研究所の有する高周波(rf)マグネトロンスパッタリング技術を用いた薄膜素子作製技術を基に、窒化アルミニウム(AIN)および強誘電体(PZTなど)の高配向性薄膜作製技術の開発、並びにそのセンサー素子構造の開発を九州大学および鹿児島県工業技術センター、オムロン株式会社と行い、耐熱性・耐食性・耐久性に優れた新方式圧力センサーの実用化を目指した。その結果、薄膜の作製条件をコントロールすることによって、薄膜の内部応力および薄膜を構成しているナノ粒子の粒径の調整に成功した。九州大学との共同研究による、透過型電子顕微鏡(TEM)を用いた窒化アルミニウム薄膜の結晶成長機構の解明において、結晶成長初期の配向性の膜厚依存性を観察することに成功した。オムロン株式会社との連携においては、複数の金属のナノインターレイヤーの膜厚などをコントロールすることによって、非晶質であるガラス基板上においても、世界最高レベルの超高配向性窒化アルミニウム薄膜の作製に成功した。

また、オムロン株式会社において新方式センサーの専用 IC の設計・開発にも成功しており、今後、各種環境下で実用化に向けた有効性の検証を行い、新方式センサモジュールに関しての量産化を目指している。

【分 野 名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 窒化アルミニウム、薄膜、フィルター

【研究 題目】 ウェアラブルビジュアルインターフェースの実用化に関する研究

【研究代表者】 蔵田 武志（知能システム研究部門）

【研究担当者】 蔵田 武志、興梠 正克、大隈 隆史、加藤 丈和

【研究 内容】

【目標】：ウェアラブルビジュアルインターフェースの実用化に関し、ソフトウェア開発キットとその開発キットを用いたプラットフォームの開発を行う。

【研究計画】：産業技術総合研究所で開発されたウェアラブルビジュアルインターフェースに係わるソフトウェア、開発段階で得られたノウハウ、およびそれらの関連特許を基に、メディアドライブ株式会社と共同で、ウェアラブルビジュアルインターフェースの実験・展示プラットフォームを開発し、大学や研究・開発機関での実験システムの基盤として、また、科学技術展示機関での展示システムとしての実用化を目指す。同時に、本プラットフォームに使用されるソフトウェア開発キットの個別の実用化も目指す。

【進捗状況】：腰部の加速度計、ジャイロ、磁気センサーと頭部のウェアラブルカメラから自己位置・方位を推定するパーソナルポジショニング、ユーザの手振りの画像認識により直感的な入力を可能にするハンドジェスチャーインタフェース、実空間中の文字候補領域を自動的に抽出、認識する実世界 OCR からなる開発キットを開発中である。また、開発キット、ハードウェアを組み合わせたプラットフォームの実用化において、既存の機器の組み合わせでは小型化や性能的に限界があるため、専用のハードウェアモジュールを設計中である。

【分 野 名】 情報通信

【キーワード】 ウェアラブル、ヒューマンインタフェース

【研究 題目】 クラスタナノ構造成膜プロセス技術開発

【研究代表者】 岩田 康嗣（電力エネルギー研究部門）

【研究担当者】 大柳 宏之、大木 美加、武藤麻紀子、澤田 嗣郎、滝谷 俊夫、小村 明夫（日立造船株式会社技術研究所）、中島琥一郎、吉岡 邦男、渡辺 勲、板山 潤（甲子園金属株式会社）島田 尚一（大阪大学大学院工学研究科）、東野 文男（東京農工大学工学部）

【研究 内容】

（目標）

低環境負荷の高電力密度蓄電素子、光論理ゲート及び弾道電子放出源への利用に期待の大きなシリコン系ナノ構造薄膜、高密度磁気記録媒体への利用として高い期待が持たれるナノ磁性薄膜など主として研究機関を対象とした市場ニーズに即して、ナノ構造薄膜の生成を実証し、その用途に合わせてクラスタープロセスシステムの開発を進めることで事業展開を図る。

（研究計画）

平成13年度研究において製作したクラスタープロセスシステムの製品モデル機で生成したクラスター薄膜の気相中性能評価分析システムを製作し、市場ニーズに沿ったクラスター薄膜の性能評価を進める。クラスタープロセスシステムの製品モデル機を基に、市場ニーズに沿ったシステム設計、プログラム開発、試作機の製作等の開発研究を行う。独自の真空精密加工技術を基に、市場ニーズに沿ったシステムの各要素部品の設計、製作等の開発研究を行う。

（H14年度進捗状況）

当研究開発は H14. 4から H14. 6まで実施し、H14. 7以降の計画は大学発事業創出実用化研究開発事業（G-3-67）クラスターナノ構造成膜プロセスシステム製品化技術開発に関する研究へ移行した。

クラスター薄膜の気相中性能評価分析システムの設計、製作を進め、クラスター薄膜生成システムの市場ニーズ調査を行った。調査結果を基に、クラスター薄膜生成システムの試作機のシステム設計、及びシステム制御用プログラムの開発を進めた。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 クラスタビーム、ナノ構造薄膜、衝撃波制御

【研究 題目】 DNA マイクロアレイを用いた環境ホルモン評価システムの研究

【研究代表者】 木山 亮一（糖鎖工学研究センター）

【研究担当者】 劉 建翔、王 勇、丹治 雅夫、伊勢 良太、下遠野理香（株式会社インフォジーンズ）

【研究 内容】

研究内容：産総研「環境ホルモン評価用 DNA マイクロアレイのためのデータベース作成」DNA マイクロアレイを用いた遺伝子発現プロファイリングによる環境ホルモンの評価を行うために、基準となる化学物質に関する遺伝子応答データベースを作成する。更に、遺伝子機能に関して基礎研究を行ない遺伝子特許申請を行う。

相手方（株式会社インフォジーンズ）「環境ホルモン評価用 DNA マイクロアレイ技術の高速化」DNA マイクロアレイの実験プロセスのシステム化を図り、オートメーション化・ハイブリダイゼーションの効率化により

処理速度を現在の約10分の1にすることにより低コスト化を図る（平成15年度も継続予定）。特に環境ホルモンとの関わりに関して、質量分析装置などを用いることにより関連遺伝子の機能に関する情報を得ている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 環境ホルモン、エストロゲン、DNA マイクロアレイ、遺伝子発現プロファイル

【研究題目】 **ハイスピード・高感度・高ダイナミックレンジカメラシステムの開発**

【研究代表者】 大場光太郎（知能システム研究部門）

【研究担当者】 大場光太郎、
山田 茂（ワイマチック株式会社）

【研究内容】

（背景）

生命科学などの分野でイメージングは重要な技術であり、細胞膜の電位分析などで高解像度、高感度、高ダイナミックレンジ、高波長帯域、ハイスピードを満足させるカメラが求められている。

（目標）

最近のフォトダイオードの、高感度、高ダイナミックレンジ、高波長帯域、ハイスピードにおける性能を生かした、ハイスピード・高感度・高ダイナミックレンジカメラシステムを試作するため、フォトダイオード素子は既存の最高レベル性能のものを用い、レンズ系からフォトダイオードまでをファイバーアレイでつないだ、ファイバーアレイカメラを試作する。

（研究計画）

今年度では、受光素子モジュールから出力される信号を処理するためのアナログ回路の設計、デジタル回路の設計と、データをネットワーク経由して獲得し、画像として再生するためのコントローラシステムの開発を進め、最終的には得られた画像の感度の検証を行う予定である。

【分野名】 情報通信

【キーワード】 センサー、高感度、高速

【研究題目】 **ソフトウェアパッケージ整備に関する研究**

【研究代表者】 池庄司民夫（計算科学研究部門）

【研究担当者】 池庄司民夫、森川 義忠、三上 益弘、
篠田 渉、手塚 明、鈴木 健、
松本 純一、劉 子敬、田中 真悟
（職員7名、他2名）

【研究内容】

本研究開発は、逐次解析処理を並列処理に移行させるための技術や個別に開発されてきたシミュレーション技術の統合化技術等を開発し、実用的なソフトウェア技術を開発する事を目的とする。これらの開発により、コンピュータシミュレーション技術の産業応用が加速され、材料・製品開発の期間短縮につながる。

(1) 離散化数値解法のための並列計算プラットフォームに関するソフトウェア開発（第2期）

平成14年3月4日に一般への無償公開を開始した、並列解析コード書き替え促進ツールである「離散化数値解法のための並列計算プラットフォーム（Parallel Computing Platform/PCP）」について、7月4日にはユーザ会を富士総合研究所にて行い、九州・沖縄からの参加者を含む69名の参加があり、盛況のうちに終了した。7月5日にバージョンアップ、7月11日に英語版のリリースを開始した。ユーザは機械、航空、電子、土木、化学、生体の各工学分野と多岐に渡っており、産業界で自社コードの並列化の検討に多数使われている。（富士総研との共同研究）

(2) 大規模汎用分子動力学計算ソフトウェアの開発

古典分子動力学および第一原理分子動力学計算を、机上のクライアントから先端情報計算センターのスーパーコンピュータにサブミットして解析できるプラットフォーム **tacpack** を開発中であるが、平成14年度は操作性のさらなる向上と公開のためのセキュリティ確保を行った。

【分野名】 情報・通信

【キーワード】 並列計算プラットフォーム、PCP、
大規模汎用分子動力学計算、tacpack

【研究題目】 **高周波半導体ナノ構造デバイスに関する研究**

【研究代表者】 菅谷 武芳（情報処理研究部門）

【研究担当者】 小倉 睦郎、小森 和弘、張 起連

【研究内容】

本研究では、負性抵抗量子ナノ細線 FET の高周波高出力デバイスへの応用を図るため、磁気抵抗振動の解析によりナノ構造中の一次元電子輸送特性の詳細な研究を進める。さらに量子細線における散乱抑制効果、負性抵抗のメカニズムを明らかにし、室温での負性抵抗実現を目指す。

平成14年度は、負性抵抗量子ナノ細線 FET の室温動作を実現させるため、量子細線の MBE 成長条件及びデバイスプロセスの最適化を行った。MBE 成長条件を最適化し、電子ビームリソグラフィによりゲート長を50nmにした量子細線 FET は、オンセット電圧0.1V で顕著な負性抵抗特性が見られ、210K の高温においても負性抵抗が観察された。また負性抵抗メカニズムを解明するため、フォトンコンダクティビティ特性、細線 FET の磁気抵抗特性を測定した。フォトンコンダクティビティ特性に関して、負性抵抗が生じるドレイン電圧では、細線の基底準位からの応答が明らかに減少し、細線の高次サブバンドにキャリアが遷移していることを確認した。また、細線 FET の磁気抵抗特性から、トレンチ型細線の場合には、電子の状態密度の変化により電子-フォノン相互作用が大きくなるため、極低温 (<6K) においては電

子のエネルギー損失率が大きくなることを見出した。またトレンチ型細線の方が損失率の温度依存性が小さいため、高温では逆にエネルギー損失が小さくなり、効率的にキャリアが高次のサブバンドに遷移することが可能なため、負性抵抗が生じやすいことがわかった。

これらの実験結果を査読付き論文誌に投稿し、APLをはじめとする論文誌にこれまでに6編が掲載されている。

【分野名】情報通信

【キーワード】ナノ構造デバイス、量子細線、負性抵抗、高周波、分子線エピタキシー

【研究題目】短波長サブバンド間遷移レーザーに関する研究

【研究代表者】秋本 良一（情報処理研究部門）

【研究担当者】秋本 良一

【研究内容】

【目標】本提案では、伝導帯バンドオフセットが $\sim 3\text{eV}$ と大きな値をもつ II-VI 族半導体ベースの量子井戸構造（CdS/ZnSe/BeTe）を利用することにより、従来の III-V 族半導体材料系では実現不可能な $1.5\sim 3\mu\text{m}$ で発振するサブバンド遷移レーザーを実現するために必要な基盤要素技術の開発を行う。

【研究計画】二重量子井戸構造を利用した光励起タイプのサブバンド間遷移レーザーの実現を目指して、以下に従って研究を進めていく。

1. サブバンド間遷移波長の短波長化にかかわる結晶成長技術の開発
2. サブバンド間遷移レーザー活性層の設計と形成
3. レーザーの反転分布の関わる超高速キャリアダイナミクスの解明
4. レーザー共振器および光導波路構造の検討
5. 光励起によるサブバンド間遷移発光および誘導放出の観測

【平成14年度進捗状況】高品質なヘテロ界面を有する CdS/ZnSe/BeTe 量子異動において、 $1.55\mu\text{m}$ サブバンド間遷移波長を実現した。同様にレーザーに関与する3準位系を形成する結合量子井戸の成長を行い、結合量子井戸が形成されていることを確認した。フェムト秒ポンププローブ法により、光励起キャリアの緩和過程について調べた。LO フォノンの放出過程に基づくモデルで、実験の緩和時間が再現可能であることがわかった。これによりレーザーデバイスの動作が予測可能となった。光導波路構造におけるレーザー活性層およびクラッド層の屈折率を評価し、素子の最適設計を行った。光励起によるサブバンド間遷移発光および誘導放出の観測について励起レーザーの整備を進めたところで時間切れとなった。

【分野名】情報通信

【キーワード】量子井戸、サブバンド間遷移、赤外レーザー、超高速緩和

【研究題目】フレキシブル有機薄膜光入力素子の創製技術に関する研究

【研究代表者】鎌田 俊英（情報処理研究部門）

【研究担当者】吉田 学、小笹 健仁、高田 徳幸、植村 聖

【研究内容】

本研究では、フレキシブルエレクトロニクス技術開発の一環として、光センシング機能を有するフレキシブルフォトダイオード創製技術を開発する。特にフレキシブルデバイス素材に適合性の高い有機半導体を用いて、光照射によるより効率的なキャリア発生をもたらすための、素子内における pn ヘテロ接合領域の拡張化技術、ナノスケールレベルでの pn ヘテロ接合構造を構築する技術を開発する。またこれらを用いて、機能分離型素子構造や、光起電効果との複合化技術、さらには入射光の受光感度の向上技術等を検討する。これらの技術により、入力光を電気信号としてより効果的に取り出す（高い S/N 比、低電圧駆動性）ことを目標とする。平成14年度は、高い光電変換効率を得るための素子内における、材料構造の設計に関する検討と、受光感度の向上を実現すべく、主として以下のような検討を行い、それぞれの成果を得るに至った。(1) ストライプ pn 接合の創製：突起型島状薄膜の創製により、大きな接合表面面積を持つ横型光電変換素子の作成に成功した。このようにして作成した横型構造光電変換素子は、従来の縦型（積層型）光電変換素子に比べて、その効率が3桁以上向上することを見出した。(2) 超格子ストライプ pn 接合の創製：光電変換の位相を揃えるために、格子状の形状を有する鋳型構造薄膜の作成法を新たに開発した。(3) 積層 pn 接合の高効率化：積層型光電変換素子（縦型素子）において、最適効率を与える層構造の設計を行った。その結果、層の構成を pnp とすると最高効率が得られることを明らかにした。

【分野名】情報通信

【キーワード】受光素子、フレキシブル素子、光電変換、光センサー

【研究題目】陽電子マイクロビーム用コンパクト加速器の基礎研究

【研究代表者】鈴木 良一（情報処理研究部門）

【研究担当者】大平 俊行、三角 智久、山田家和勝、清 紀弘、豊川 弘之

【研究内容】

陽電子は電子・光デバイス用材料などの高機能材料の物性評価・測定のプロブ粒子として有用であり、陽電子マイクロビームが実現すればさらに詳しい物性評価が可能になることから、陽電子マイクロビーム発生用に最適化したコンパクト電子加速器の設計及び基本コンポーネントの開発を行っている。物性測定用の陽電子ビームを発生するための電子加速器は、小型、高い安定性、高

出力、高いパルスレートを必要とする。そこで新しい加速器の加速周波数は、現在の産総研リニアックの加速周波数の倍の周波数である C バンド (5.712GHz) を選定し、加速器の初段部の設計・製作を行った。この初段部は、20kV のグリッド付き電子銃とし、電子銃・バンチャー・加速管で校正される初段部の長さは約35cm と、従来の S バンド加速器に比べて小型化を実現した。また、シリコン系のマイクロ波トランジスタを用いた加速器のビームローディング等をモニタするための回路を製作し、マイクロ波の大電力増幅系とを組み合わせれば、小型、高い安定性、高出力、高いパルスレートの加速器が実現すると期待される。

【分野名】 情報通信

【キーワード】 電子加速器、マイクロ波、C バンド、陽電子発生、ビームローディングモニタ

【研究題目】 光誘起による表面周期構造の可逆的形とその応用に関する研究

【研究代表者】 福田 隆史 (情報処理研究部門)

【研究担当者】 琴 昌大、木村 龍実、島田 悟、松田 宏雄

【研究内容】

平成12年11月～平成15年3月の期間にわたり NEDO 産業技術助成事業の助成を受け、「光誘起による表面周期構造の可逆的形」の研究開発を行った。光によりポリマー薄膜表面上に μm ～ nm スケールの凹凸の形成を可能とする全く新しい技術 (現象) である。この技術はリライタブルホログラム、超高密度光情報記録、また、従来方式とは全く異なる新しいナノパターンニング技術など、種々の応用について大きなポテンシャルを持っており、将来の光産業・ナノテクノロジー分野への貢献が期待できる。したがって、我々はこの技術 (現象) の基礎原理の解明をもって新規材料の設計・合成を進めると共に、その応用について検討を行った。その結果、光照射に誘起される物質移動のダイナミクスを記述するモデルの特定化、新規な高効率材料 (アゾベンゼン化合物、他) の合成、2次元微細パターンへの可逆的記録、近接場光によるナノパターンニング、近接場光プローブ評価用テスター開発をはじめとする基礎・応用両面における様々な成果を得た。それらの成果は、国際誌発表8報、国際会議8件 (うち3件が依頼講演)、国内学会等10件 (うち4件が依頼講演)、総説・記事5件、特許出願3件という形で公開・発信した。

【分野名】 情報通信

【キーワード】 光誘起表面周期構造、リライタブルホログラム、超高密度光情報記録、ナノパターンニング、光微細加工技術、近接場光、アゾベンゼンポリマー

【研究題目】 適応的光波制御技術の研究開発

【研究代表者】 白井 智宏 (情報処理研究部門)

【研究担当者】 白井 智宏

【研究内容】

既存の補償光学システムには形状可変鏡が用いられているため、大型・高価・大消費電力・光波の高精度制御が困難である等の欠点があった。当該研究開発では、これらの欠点を全て解決し、この補償光学システムを各種光学機器に広く適用できる汎用装置として実現することを目標に、高分解能の光アドレス型液晶空間位相変調素子と光波の高分解能制御に適した並列光フィードバック干渉法を利用する新しいタイプの補償光学システム技術の確立を目指した。さらに、その新しい応用分野の一例として、この装置を眼底カメラに適用し、眼の角膜や水晶体の歪みの影響を適応的に除去することによってその分解能を飛躍的に向上させ、これまでは不可能であった網膜上の視細胞の映像化を実現する技術の確立を目指した。3年計画の最終年度となる本年度の研究では、超高感度冷却 CCD カメラを導入した光電子ハイブリッド型の補償光学システムを構築し、ヒトの眼とほぼ同じサイズかつ同じ収差をもつ人工眼を対象として、安全基準以下の微弱光による網膜イメージング実験を行った。その結果、高感度化により CCD カメラの画像転送レートが現象するほど、システムを正常に動作させるための調整がやや困難になる等の問題点が明らかとなった。これらの問題を解決する新しい手法として、通常の CCD カメラを利用しても微弱光で動作させることができる新しいタイプの光学配置を考案し、その有効性を実験的に検証した。以上の成果および前年度までに得られた成果により、ここで提案した液晶補償光学システムが、各種工業計測や医療計測機器に容易に適用できる汎用システムとなり得ることが明らかとなった。

【分野名】 情報通信

【キーワード】 補償光学、液晶空間位相変調素子、光波干渉法、眼底カメラ、収差補正

【研究題目】 不凍蛋白質の構造構築原理の解明

【研究代表者】 津田 栄 (生物機能工学研究部門)

【研究担当者】 津田 栄、西宮 佳志、三浦 和紀、三浦 愛、佐藤 涼子、加賀谷奈穂、田中正太郎、宇梶 慎子、小橋川敬博

【研究内容】

とくに食品や細胞の凍結保存分野で世界的規模の需要が見込まれる不凍タンパク質 (略称: AFP) に関して、その新規探索、組成解明 (アミノ酸配列+遺伝子配列)、機能解明、高機能型分子デザイン、生産法の開発を行うことで、不凍蛋白質の構造構築原理の解明を試みた。その結果、40種類以上もの魚類由来の純国産 AFP を見出し、その組成や性質の解明と生産法の開発を行い、10件の特許として出願した。さらに、魚類のものとは異なる組成をもつ昆虫および植物由来の純国産 AFP も新たに

発見し、それらの AFP に関する氷結晶成長抑制能の比較、凍結濃縮抑制剤としての効能試験などについて極めて多くの成果を得た。これらの研究成果は、国際的にインパクトの高い研究論文として出版したほか、招待講演、新聞記事などでも発表した。さらに、食品関連大手企業、東海大学、北海道大学などと共同研究を開始し、ベンチャー開発戦略研究センターとも協力することで AFP によるベンチャー企業創出の準備を開始し現在に至っている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 不凍蛋白質、3次元構造、NMR、X線、凍結保存

【研究題目】 原子分解能立体構造解析に基づくリパーゼの高機能化の研究

【研究代表者】 近藤 英昌 (生物機能工学研究部門)

【研究担当者】 近藤 英昌、川崎 公誠、扇谷 悟、津田 栄、野呂奈津子、藤原 峰子

【研究内容】

(目標)

天然酵素により高い活性や安定性を付加することは、産業用酵素として高機能化した酵素の創製につながる。本研究では酵素の高機能化へ応用可能な新たなアプローチを開発することを目的とし、原子分解能X線結晶構造解析によって得られる構造情報に基づいたタンパク質の分子設計を行う。

(研究計画)

産業用酵素のモデル酵素として *Bacillus subtilis* 由来リパーゼ (BsL) を用いる。BsL はこれまでに我々が 1.3 Å 分解能で立体構造を決定している。本研究ではさらに高い分解能の構造解析を行い、通常の分解能よりも詳細な構造情報を得る。その構造情報に基づき、リパーゼを使用する実際のバイオプロセスで望まれる低温領域 (0~25°C) で高い活性を有する変異体の作成を目指す。

(年度進捗状況)

BsL の立体構造を原子レベルの分解能である 1.0 Å 分解能で決定し、anisotropic displacement parameter (ADP) を導入した構造精密化を行った。各アミノ酸残基の ADP の立体構造上での分布を解析した結果、活性部位に近いループ領域が高い異方性を示していることが明らかになった。このことからこの領域は分子全体とは異なる方向へ分子運動しており、温度低下に伴う酵素活性の変化に関与していると推察された。次にこの領域に変異を導入した10数個の変異体 BsL を作成し、酵素活性の温度依存性を野生型と比較した。

作成した変異体のうちの1種類は10°Cから30°Cの間で野生型に比べておよそ1.5倍高い活性を示した。また至適温度が40°Cから30°Cへ低下した。次に低温活性向上のメカニズムを明らかにするためにこの変異体の立体構造解析を行い野生型と比較した。変異体では変異導入によ

って活性部位近傍の柔軟性が増加しており、このことが低温領域における高活性化に関連していると考えられる。

一般的な酵素の高機能化を目的とした変異体作成では、ほとんどの変異体は機能が変化しないか低下し、数多くの試行錯誤的な変異体の作成が必要である。本研究での活性の向上の割合は約1.5倍程度と高いものではないが、わずかに10数種の変異体の中に低温活性型が見出された。このことは本研究でのアプローチが低温活性酵素の人工設計への方法論として有効であることを示している。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 タンパク質結晶学、リパーゼ、低温活性酵素、産業用酵素、原子分解能構造解析

【研究題目】 組換えタンパク質生産システムの研究開発—低温条件で働く系—

【研究代表者】 田村 具博 (生物機能工学研究部門)

【研究担当者】 田村 具博、中島 信孝、三谷 恭雄、三浦友未佳

【研究内容】

目標：既存のシステムでは生産困難であったタンパク質を生産するため、大腸菌やコムギ胚芽由来の系より低温で機能する無細胞タンパク質合成系を開発する。また既に開発している、*R.erythropolis* 細胞を宿主とした発現系における宿主細胞の遺伝子破壊による機能改変技術の確立を目指す。

研究計画：複数の低温環境下で増殖可能な微生物より粗抽出液を調製しタンパク質合成に必要な条件を検討する。また、本タンパク質合成に必要な mRNA 合成に必要な発現ベクターの開発を行う。一方、*R.erythropolis* 細胞の遺伝子破壊を行うために必要な技術開発を進める。

年度進捗状況：低温下における無細胞タンパク質合成系に使用可能な微生物としてシュードモナス属の微生物を選択し、タンパク質合成に必要な細胞抽出液を調製した。また、mRNA 合成に必要な発現ベクターを構築した。これら両者を用いることで、10度以下でのタンパク質合成が可能であることを確認すると共に、大腸菌由来無細胞タンパク質合成系では困難な温度域でのタンパク質生産が可能であることを確認した。また、*R.erythropolis* 細胞の機能改変については、トランスポゾンを用いた無作為な遺伝子破壊技術を確立。相同性組換え技術の確立へ向けた技術要素の抽出を終了した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 無細胞タンパク質合成、低温、シュードモナス属

【研究題目】 構造規制ナドメイン分子層および局所化学反応を利用したマルチ抗体チップ構築の研究

【研究代表者】 佐藤 縁 (生物機能工学研究部門)

【研究担当者】 平田 芳樹、澤口 隆博、水谷 文雄

[研究内容]

本研究では以下の方法によりマルチセンサチップを作製、評価するための基盤技術の確立を行っている。

- 1) 反応性基を末端に有するチオール化合物と非反応性のアルカンチオール等の混合物を金電極上に単分子修飾してマイクロドメインを形成させる。
- 2) 走査型プローブ顕微鏡技術を活用して、酵素や抗体をマイクロインジェクションすることにより目的物質で修飾されたドメインを形成させる。修飾表面の機能を表面プラズモン顕微鏡等により観察する。

このほか、金-チオールの結合を切断する過程を利用して、チオール誘導体の高感度測定を進めている。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 免疫センサ、抗体チップ、自己組織化膜、マイクロ化

[研究題目] 癌の転移機構の解明

[研究代表者] 岡田 知子 (生物機能工学研究部門)

[研究担当者] 岡田 知子、小高 正人

[研究内容]

癌は転移を起こす際に、癌の原発部位から周辺血管に入り込み(浸潤)、血管を通過して他臓器近傍に行き、そこで血管から抜け出して転移形成臓器内で増殖を起こす。よって癌細胞と、血管の内側を構成する内皮細胞との相互作用を解析する事は、癌の転移機構を解明する上で非常に重要である。これまで我々は、*in vitro*での癌細胞の浸潤能測定法を確立し、これを用いて癌細胞と血管内皮細胞との相互作用を解析して来た。さらに転移の中でも解析の遅れている骨(骨髄)への転移機構を解析するために、骨髄由来の内皮細胞を樹立し、骨髄転移性癌細胞との相互作用を解析してきた。一方、癌細胞が骨という特殊な組織に転移を起こす際には、生理的条件下で骨を破壊する細胞である破骨細胞を上手に利用している可能性が示唆される。そこでまず、転移性癌細胞における癌細胞、内皮細胞、破骨細胞の3者の関わりを解析した。骨髄由来内皮細胞の表面には、前駆細胞から破骨細胞を分化誘導させるのに必須なODF(Osteoclast Differentiation Factor: 破骨細胞分化誘導因子)が発現している事が判明し、癌細胞、内皮細胞、前駆細胞を共存培養すると、癌細胞と内皮細胞の両方が存在する場合にだけ、破骨細胞の誘導増強が起こる事が判明した。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 癌の転移、骨髄、破骨細胞

[研究題目] 好冷性微生物の遺伝的多様性に関する研究

[研究代表者] 星野 保 (生物機能工学研究部門)

[研究担当者] 湯本 勲、横田 祐司、切明 路子、

O.B. Tkachenko

(Main Botanical Garden, Russian Academy of Sciences)

[研究内容]

本研究では日本と地誌的・生態学的に関連の深く、これまで詳細な微生物調査の行われていないシベリア東部から極東地域において雪腐病菌の分布調査を行ない、これまでに私達が採取した日本、ロシア、北欧各地の菌株との遺伝的多様性の比較検討を行うことによって、雪腐病菌のユーラシア大陸での進化と拡散について検討を行った。

日本(北海道)に分布する雪腐病菌、*Typhula ishikariensis*の2つの遺伝型(生物種 I および II)は沿海州からシベリア東部で採取されたが、シベリア中部からロシア欧州部までは生物種 I のみしか採取されず、雪腐病菌の遺伝型は不連続な分布をとることを明らかにした。加えて、雪腐病菌の十分な調査が行われていない東グリーンランドにおいて調査を行い、Kulusuk および Ammassalik では西グリーンランドと共通のグループ III と称される低温適性の分類群(遺伝型: 生物種 D)の菌株を多数採取し、グリーンランドからシベリア中央部までこの分類群が広く分布することを明らかにした。

現在、*T. ishikariensis*の異名とされる *T. borealis* および *T. hyperborea* は両者の担子胞子の形態が異なると記載されている。当研究室の保存菌株より、子実体を形成させ、担子胞子の形態観察を行うと *T. hyperborea* は生物種 I であり、*T. borealis* は生物種 II であることが分かった。しかし、生物種 I の担子胞子の形態は変化が多く、交配型からは生物種 I であっても生物種 II 様の担子胞子を形成する菌株が存在することが確認された。これらの結果から、生物種 II は生物種 I から派生したものと考えられる。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 雪腐病、遺伝的多様性、シベリア、グリーンランド

[研究題目] 新しい高感度ペプチド測定法の開発

[研究代表者] 斎田 要 (生物機能工学研究部門)

[研究担当者] 斎田 要、瀧澤 聡、木下 憲明
(免疫生物研究所)

[研究内容]

新しい高感度ペプチド測定法を開発し、商品化を目指す。商品としては ET-1高感度検出キット(2年後)、ET-2高感度検出キット(数年後)が想定される。

- 1) 新しい高感度測定法の開発(ET-1高感度検出法)
(担当: 免疫生物研究所、産総研)

病理学の高感度免疫染色法に使用されている、高感度測定材料(抗体と HRP を多数標識した試薬)を ELISA に用いることを検討する。通常、標識抗体には2モルしか結合しない HRP が数十倍も結合できることになり、より高感度な検出系を作成できる。この原理を用いて、血管収縮ペプチドであるエンドセリン-1(ET-1)に対する高感度測定法を開発している。

2) 抗 ET-2抗体の創製と高感度測定法の開発 (ET-2 高感度検出法) (担当:産総研)

ヒトのシグナル分子であるペプチドホルモン ET-2 の機能解明には、特異的 ET-2抗体が必須である。しかしながら、今まで、特異的抗体の作成は、世界で試みられてきたが、どの抗体も類似ホルモン ET-1とクロスしてしまい、特異性高い抗体は、入手できなかった。特異的抗体を取得できれば、ET-2のヒト組織内の局在が明らかになり、また定量的な検出が可能にできるため、大きなブレイクスルになる。よって、特異的 ET-2抗体の作成を目指した。さらに、上記(1)の高感度ペプチド測定法を ET-2に適用する事を試みている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ペプチド、測定法、高感度

【研究題目】 実環境下で同時発生する非音声音の分離および認識に関する研究

【研究代表者】 佐宗 晃 (知能システム研究部門)

【研究担当者】 佐宗 晃、児島 宏明

【研究内容】

(目標)

非音声音を扱う際に問題となるのは、非音声音には様々な種類があり、また同じ音源から得られる波形でも様々に変化し得るということである。このため、①認識に用いるテンプレート(見本)をどのように構築するかが問題となる。また、実環境下では、複数の音源が存在することもあり、②混合音の認識も大きな問題となる。本研究では、これらの問題を解決する手法を確立し、デモシステムを構築することを目標とする。

(研究計画)

先に挙げた2つの問題点を解決するために、平成14年度内で、①音源のテンプレートモデル、②混合音の分離手法、③音源認識手法の3つの要素に分解して研究を進める。

(進捗状況)

Hidden Markov Model (HMM) と Auto-Regressive (AR) 過程の組み合わせで構成されるテンプレートモデルと EM アルゴリズムに基づいたモデル学習手法、および尤度に基づいた認識アルゴリズムを開発した。また、マイクロフォンアレイによる音源分離として、周波数領域の独立成分分析を用いたシステムを構築した。

以上の内容について、特願2003-77946、佐宗晃、“波形認識方法および装置、ならびにプログラム”の特許出願と、研究発表1件、依頼講演1件、誌上発表2件を行った。

【分野名】 情報通信

【キーワード】 環境音認識、AR-HMM、音源分離

【研究題目】 高次脳機能を実現する神経回路形成の仕

組みに関する研究

幼児脳の発達過程における学習の性質とその重要性の解明

【研究代表者】 杉田 陽一 (脳神経情報研究部門)

【研究担当者】 杉田 陽一、橋本 幸紀、積山 薫 (公立はこだて未来大学)、鈴木 陽一 (東北大学電気通信研究所)、宇野 記子、阿波由紀子

【研究内容】

本研究の目標は、幼児期の学習の性質及びその重要性の神経学的基盤を解明することである。視覚体験の効果を明らかにするために、実験動物の幼児期に特殊な視覚体験をさせて、その後の発達経過を心理学的方法で検討する。また、視覚体験の効果を生理心理学的に解明するために、単一細胞活動記録及び組織学的方法で線維投射様式を明らかにする。これらの成果は、生物学的な基盤に立った教育システムの開発に多くを資することが期待される。

本年度は、昨年度から特殊な視覚環境下で育ててきたサルを用いて、その効果を心理学的(行動科学的)に検討した。そして、「顔」や「表情」を見たことがなかったサルは、表情を創出することは出来るが、他のサルの表情を知覚出来ないこと、また、「色彩」を見ることなく育ったサルは、光の波長は弁別できるものの「色の恒常性」を持たないことなどが明らかになった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 幼児、脳、発達、知覚、認知

【研究題目】 人間の記憶システムのイメージング研究
人間の記憶システムの脳イメージング研究

【研究代表者】 仁木 和久 (脳神経情報研究部門)

【研究担当者】 ステーブン・フィリップス、ラオ・ジング (脳神経情報部門)

【研究内容】

(目標と研究計画)

記憶システムは、人間の知的機能の共通基盤をなしているため、工学的にも脳科学にもその解明が重要かつ必要である。本萌芽研究では、人間の高次認知と記憶との関連に注目し、人間の記憶の階層的な構造とその特性の解明を目標とし、「人間の柔軟でダイナミックな分散的、階層的記憶システムの解明」を目指し、そのための脳イメージング研究の基礎を確立する。

(14年度進捗状況)

若い記憶が VIVID なエピソード記憶特性が強いのに対し、古い記憶はアウトライン記憶化しており、前者は左海馬傍回下部に最大の活動源があり、後者では右海馬の活動と大脳前頭葉の同期活動を伴う等、脳内表現に大きな違いが生していることを JOCN 論文で明らかにした。また、この興味ある示唆を証明し、階層的記憶の経

時的变化および特性の解明・解析する MRI 実験を遂行、解析を試みている。さらに、意味記憶の想起が海馬で行われていることを、HIPPOCAMPUS 論文で明らかにした。この発見は、従来の記憶心理の常識と異なるばかりでなく、海馬がタスク目的指向の意味記憶の想起に関与していることを明らかにした。この延長として、最も高等な認知活動の一つとして知られているインサイト（洞察）に海馬が寄与していることを HIPOOCAMPUS 論文で明らかにした。また、この知的な現象の解明に関する種々の実験と考察を現在遂行している。

以上、H14年度では、問題解決等の高次認知に海馬が積極的に関与してことを明らかにした。

この一連の研究の展開が評価され、独創的創造研究“脳科学と教育”「知的学習の成立と評価に関する脳イメージング研究」が採択され、H14年秋から研究を開始することとなった。

【分野名】 ライフサイエンス・情報通信

【キーワード】 ヒト記憶システム、ヒト知能システム、脳イメージング

【研究題目】 爆発現象の化学的解明に関する研究

【研究代表者】 松永 猛裕（爆発安全研究センター）

【研究担当者】 松永 猛裕、飯田 光明、岡田 賢、大竹 勝人

【研究内容】

本研究は、爆発現象を化学的な視点で捉え、高エネルギー物質の反応機構の解明、安全化技術、分子設計、危険性評価技術の開発等の研究を行うことを目的としている。このため、近年、特にコンピュータケミストリ手法の利用と分光計測技術の導入に力を注いでいる。具体的な研究内容は以下の通りである。

① 化学物質の爆発性予測

化学物質の分子構造から発火・爆発性を予測する手法を確立する。特に、今年度は、住友化学工業（株）と共同研究に着手し、プラントなど化学物質を実際に取り扱う現場で、発火・爆発性が懸念される反応工程の危険性を推定することを目的として、住友化学工業（株）がいくつかの危険反応事例を選び、ARC などの熱分析試験等のデータを実測し、当所が量子化学計算で危険性を予測する手法を検討した。

② 煙火組成物の危険性評価および安全化に関する研究

煙火組成物の自然発火危険性を予測するために、MDSC (Modulated DSC) 法と熱線法により、煙火原料の熱伝導率を測定した。MDSC 法は熱線法に比べ、必要な試料量が少なく、良いことから、危険性の高い物質の熱伝導率を安全に測定できることが期待された。その結果、MDSC 法では密度と熱伝導率との間に良好な相関が見られた。また、熱線法の低密度データはその外そう点にあった。このことから、煙火として使用する密度範囲の熱伝導率は、MDSC 法か

ら見積もることができることが示された。

ポリウレタン成形による煙火の安全化については、三井化学（株）製のポリメリック MDI という常温硬化型のポリウレタン原料が煙火成型に適していることを確認した。これは、熱を加える必要がないこと、湿状態で混合できること、および、1液タイプで取り扱いが簡単なことによる。この原料を用いた滝ランスを試作して、従来製品との比較を行った。

③ 火薬類の劣化に関する研究

ピクリン酸（下瀬火薬）が長期間、放置されたことによる金属塩の生成を想定し、そのような劣化物とピクリン酸との判別が可能であるか、および、金属塩の爆発感度がどの程度であるかを調べた。その結果、ピクリン酸水溶液中で金属微粉末を腐蝕させることにより、簡便に金属塩を合成できることがわかった。合成した金属塩中で鉄塩は2価であり、1分子当たり6個の水を含んでいた。銅、亜鉛、および、鉛塩も合成したが、結晶水の評価は困難であった。振動スペクトルは、ピクリン酸とピクリン酸塩との区別が良好にできたが、金属種による違いは見られなかった。爆発感度を知るために、DSC 熱分析、打撃感度試験、摩擦感度試験、および、静電気感度試験を行い、各金属塩の爆発感度を得た。

④ 化学系廃棄物の安全処理に関する研究

化学系の廃棄物について、その発火・爆発危険性を調べる評価法、混合危険性評価、事故事例の収集を行うことを目的としている。今年度は、液相での混合危険性評価を詳細に検討した。このために、ニトロメタンをモデル物質に選び、アルカリ水溶液と混合し、その熱安定性の変化を化学的に解明することを目的とした実験を行った。ニトロメタンを選んだ理由は、他の化学物質との混合で爆発した例が多く知られていること、および、小さな分子なので分光計測が容易であることによる。ニトロメタンと水酸化カリウム水溶液を注意深く混合し、その状態変化を観察した。その結果、混合直後は2相に分離しているが、界面から反応が始まり、次第にニトロメタンが変性し、茶色の水溶成分が水溶液側に溶出していった。十分な時間を経て、界面は無くなった。茶褐色の水溶液を自然乾燥させると、茶褐色の固体が得られた。同様の実験をニトロベンゼンについても行ったが、変色や水溶成分への溶出は見られなかった。観測されたラマンスペクトル及び分子軌道計算の結果から、ニトロメタンに水酸化カリウムを混合した際に生成した成分は、ニトロメタニドである可能性が高い。

⑤ 新規高エネルギー物質の探索

窒素高含有物質や安定な環状ニトラミンの探索を行うことを目的としている。今年度は、超臨界水などを利用した高エネルギー物質の超微粒子化やコーティング技術の探索を行った（日本工機（株）と共同研究に

着手)。また、二酸化炭素の超臨界流体を用いて主として RDX (1,3,5-トリニトロ-1,3,5-トリアジン) の微細化 (目標粒子径: 5~10 μ m)、球状化、および、表面コーティングを目指し、装置を試作中した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】爆発、煙火、危険性予測、安全

【研究題目】水素の安全技術に関する研究

【研究代表者】堀口 貞茲 (爆発安全研究センター)

【研究担当者】堀口 貞茲、荷福 正治

【研究内容】

自動車や発電などに燃料電池を導入する動きが高まっており、燃料電池の燃料として水素が注目されている。水素は従来より各種の産業で幅広く利用されているガスであるが、可燃性であり爆発危険性が高い。燃料電池などの分散的な利用では従来と異なる形態を取るため、実用化に当たっては利用形態に合わせて安全性に関する検討を十分に行う必要がある。本研究では、水素の製造、貯蔵、輸送などにおける安全技術の確立を目指して、特に分散的な利用における水素の物性面からの危険性を解析し、危険性に関するデータを実験的に収集し整備するとともに、利用技術に対応した安全技術の開発を目指した研究を行った。

(1) 水素の製造・貯蔵プロセスにおける着火の抑制

高圧水素ガスが空気中に放出される場合、ガスのみであれば静電気はほとんど発生しないが、鉄さび、ほこり、水滴などの固体あるいは液体を伴って放出されると静電気が発生する。そこで、圧力が20MPaまでの範囲で高圧水素ガスを口径が4mmの SUS 製ノズルより大気中に放出する実験を繰り返し、静電気の発生を測定した。測定方法は、ノズルの前方300mmの位置に SUS 製、開き目1mm、サイズ500×500mmの金網を地面から絶縁させた状態で放出気流と垂直に設置し、静電電圧計 (30kV) を用いて金網に帯電する静電気の電圧を測定する方法により行った。添加物は内容積1Lの高圧試料容器の中にあらかじめ50gの酸化鉄粉 (粒径0.5mm以下) を入れておき、これを高圧水素ガスとともにノズルから約5秒間放出した。添加物のない条件で水素圧10~20MPaの範囲で合計30回の放出を行ったが、いずれも静電気の発生は認められなかった。添加物を加えた場合は、同じ水素圧の範囲で20回の放出を行ったところ、静電気はすべての実験で発生し、発生電圧は最高2.5~4.5kVであった。測定系の静電容量は120pFであり、電気量は3~5×10⁻⁷クーロンに相当する。以前水素圧が2~2.6MPaの比較的低下で同様の実験を行っているが、今回高い水素圧で行っても発生する電気量は同程度であることが分かった。この結果、添加物を伴って高圧水素ガスが放出されると静電気の発生することが確認された。

(2) 水素吸蔵合金の爆発危険性の解明と安全技術

水素吸蔵合金は水素を含むため空気中では可燃性を有するものが多く、常温の空気中で自然発火を起こすものもある。したがって実用化するにあたっては合金の種類により空気中の発火性、燃焼性に特別の配慮が必要となることが考えられる。本年度は AB5型水素吸蔵合金の代表的なもののひとつである MmNi5について、空気中の発火性を検討し、これまでに検討した LaNi5との比較を行った。

合金は、測定ごとに50gの粉体を活性化処理した後、水素の吸脱着を5回行ったものを試料とした。自然発火性試験は、50gの試料を底辺直径約50mm、高さ約30mmの円錐状に堆積させ、発火の有無を調べるものであるが、粉体層の底部及び中央部に熱電対を挿入して堆積層内部の温度変化も測定した。その結果、水素をほぼ100%吸蔵したものは室温で静置すると水素の放出が進み、それに伴って粉体層内の温度が5~15℃低下し、発火することはなかった。また、水素をほぼ完全に放出したものはほとんど温度変化は起こらなかった。これに対して水素の平衡圧をほぼ大気圧に保持して数分間放置した後に取り出して空気中に堆積させた場合、温度の低下は起こらず、堆積層内の温度が上昇した。繰り返し同じ条件で測定したところ、発熱により赤熱し、温度が500℃以上になった場合が2回あった。このうちの1回は、水素の燃焼と考えられる火炎が観察された。先に行った LaNi5の場合に比較して発火性はやや低くなるが、MmNi5の場合も条件により常温の空気中で自然発火を起こす危険性があることが明らかになった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素エネルギー、安全、爆発災害防止

【研究題目】火薬類の環境低負荷利用技術に関する研究

【研究代表者】藤原 修三 (爆発安全研究センター)

【研究担当者】藤原 修三、緒方 雄二、和田 有司、丁 佑鎮、尾和 香吏

【研究内容】

瞬時に大量のエネルギーを発生させる火薬類は、反応性エネルギー物質として利用されているが、制御技術の問題と反応時に発生する衝撃・振動等から十分に利用されていないのが現状である。このため、本研究では火薬類を安全かつ有効に利用するには、制御技術の確立と環境影響評価が重要である。火薬類の環境低負荷利用技術に関する研究として、老朽化した構造物を環境低負荷に解体する制御発破技術や砂漠緑化等の環境修復技術の研究開発を実施した。また、爆発災害事故を未然に防ぐために爆発災害事例に関するデータベースの開発を行った。

環境低負荷解体技術に関する研究では、コンクリート切断用に開発した成形爆薬を用いた切断実験を実施しモ

ルタル供試体を用いて切断状況等を観察した。また、モルタル供試体が受ける動的応答性を解明するためにひずみゲージによる計測を実施した。さらに、破壊状況を数値シミュレーションする手法について検討した。ライナー材の材質としてはアクリル材ではほとんど切断効果がないが、金属材料では切断効果があることを確認した。実験結果から最適な切断条件としては、亜鉛メッキ鋼板でライナー角度が60度または90度の時に最大の切断効果があることを確認した。しかし、ライナー角度が120度の場合に十分な切断効果が期待できないことからライナーカッターを十分に生成させるためのスンドオフの効果についても検討する必要があると思われる。

環境修復技術に関する研究では、砂漠の緑化技術に関する文献調査を実施した。文献調査から多くの砂漠が岩石砂漠であり、植物による緑化を促進するには植物の育成に必要な最適土壌を作成することが重要であることが明らかになった。また、ANFO爆薬と岩石ブロック（花崗岩、砂岩、凝灰岩）を用いた破壊における粒度分布に関する研究を実施した。ANFO爆薬は、肥料として利用されている硝安をプリル状に加工したものに燃料として軽油を一定の割合で添加した爆薬である。実験結果から装薬量の問題から岩石の種類による顕著な相違は得られなかった。

災害事例データベースに関する研究では、昨年10月に科学技術事業団と共同で開発したリレーショナル化学災害データベース（RISCAD）を公開した。公開時には、収録期間：1949年5月23日～2001年9月21日、収録件数：和文4,159件、英文396件、付帯情報：和文英文とも43件、事故進展フロー：和文英文とも72件、熱分析データ：71件、登録化学物質：4,985件のデータを収録した。また、産総研で開発している災害事例データベース（RIO-DB）は、昨年度に発生した災害事例をデータベースに逐次追加した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】火薬類、成形爆薬、環境低負荷技術、環境修復技術、データベース、化学災害

【研究題目】セラミックカラーデータベース

【研究代表者】杉山 豊彦（セラミックス研究部門）

【研究担当者】中野 研一、長江 肇、鈴木 和夫、黒川 利一、山田 豊章、水野上登代子、池戸みかる、野田 基広、堀川 展

【研究内容】

セラミックス研究部門80年に亙る陶磁器研究の中から、特に、釉薬に関して保存されている約30万点に及ぶテストピースについて、釉組成、使用原料、焼成温度、焼成雰囲気、釉の色調等の性状を体系的、総合的に整理する。検索項目として釉名称、焼成温度、測色値、出力項目として、テストピースの画像、配合等を有するデータベースを構築する。データ入力数を増してデータベースの価

値を高め、また、データベースの改良、拡充を検討する。平成14年度においては、約3000件のデータを追加作成するとともに、データベースを基盤とした共同研究、企業からの要請などに対応する中で、利用価値の高いテストピースを調査し選定することを行った。また、テストピースと論文、報告などの形で残されている研究成果の対応調査を行って、テストピース情報の有する価値を高めた。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】釉薬、発色、陶磁器、データベース

【研究題目】ものづくり情報資産データベース

国内窯業原料データベース

【研究代表者】鈴木 和夫（セラミックス研究部門）

【研究担当者】長江 肇、中野 研一、黒川 利一、杉山 豊彦、山田 豊章、吉居 督晃

【研究内容】

全国の公設試験研究機関などで構成される組織（旧工業技術連絡会議窯業連合部会）において、「日本の窯業原料」として出版、改訂されてきたデータ集の新版を、インターネット上に公開されるデータベースの形式で構築することを目的とし、窯業部会・原料分科会（53機関）と共同して窯業原料データベース委員会を組織し、全国の原料の調査、試験方法の統一、試験、データの整理、データベースの構成、検索機能などを検討し、データベースを構築した。平成14年度には、「種類・分類」「地域」「化学分析値」「取り扱い先」検索とこれらの組み合わせによる絞り込み検索システムを開発し、国内で算出する724種の窯業原料について、X線回折や熱分析データを含む69項目のデータを入力するとともに、解説等を掲載したデータベースを完成し、公開した。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】窯業原料、データベース

【研究題目】セラミックス・セラミックス薄膜の光学特性データベース

【研究代表者】田澤 真人（基礎素材研究部門）

【研究担当者】田澤 真人

【研究内容】

本データベースは、セラミックス及びセラミックス薄膜の分光透過率、反射率、放射率のような光学特性を提供するデータベースである。いろいろな形状を有する無機材料及び無機薄膜試料を保有または作製しており、これまで各種測定法で光学特性を評価してきた。これらの試料の分光透過率、反射率、放射率等の光学特性を収集整理、再評価、再測定し、広範囲の業種からの利用に対応できるようパソコンレベルでのアクセスを可能にする。

平成14年度は、紫外・可視・近赤外測定及び赤外測定を継続し、データ量を増大させた。測定の種類としては、正反射率、半球反射率、透過率等を整備している。特に

半球分光反射率について、可視領域及び赤外領域での測定を継続した。同時に、セラミックスの表面粗さ等の新しい測定手法を取り入れ、これまでの光学的測定、特に赤外領域における正反射スペクトルとの相関を表示するための準備を開始した。そのために、セラミックス表面での測定位置を詳細に特定できるように測定方法の工夫を行った。さらに、スペクトルの表示方法の最適化を図り、テキストデータをダウンロードできるようにするなど、より利用しやすいようにした。

【分野名】環境・エネルギー、ナノテク・材料・製造

【キーワード】セラミックス、セラミックス薄膜、光学特性

【研究題目】微生物化学分類情報データベース

【研究代表者】鎌形 洋一（生物機能工学研究部門）

【研究担当者】鎌形 洋一、関口 勇地、花田 智

【研究内容】

バイオテクノロジーの拡大発展のために、遺伝子資源としての新規な微生物の探索、分離が現在世界中で積極的に進められている。このうち、学術上記述する価値のあるものについては *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* を初めとするいくつかの研究雑誌に次々と発表されており、微生物の新属新種の記載、ならびに既存種の再分類などの研究論文はここ5年ほどの間に急増している。しかしながら、新規な微生物の名称、系統的位置、化学分類上の性質、生理学的特性、酵素や遺伝子に関する情報を網羅し、online でアクセス可能なデータベースは存在しない。本研究では、特にここ15年ほどの間に記述されたおよそ2,000種の原核微生物（真正細菌および古細菌）すべての名称（ならびに名称の変遷）、系統進化的位置、各種マーカー分子のデータ、関連遺伝子情報、文献情報など、その微生物を知る上で最も重要な項目を原著論文や当研究部門で新たに得た情報をもとに抽出／網羅し、発信することにある。また、微生物研究者のみならず、専門外の研究技術者に対してもアクセスしやすく、かつ検索機能を施した高品位 DB を構築することを目指した研究を行った。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】生物資源、新規微生物、化学分類

【研究題目】研究用音声データベース

【研究代表者】児島 宏明（知能システム研究部門）

【研究担当者】児島 宏明、大村 浩

【研究内容】

音声情報処理の研究や評価に必要な音声サンプルを、データベース化して広く公開することを目的とする。

【研究計画】：このデータベースは、「日本語単語音声データベース」と「日英ノンネイティブ音声データベー

ス」から成る。前者は、男性約15000、女性約10000の日本語音声サンプルを含み、それに音素片ラベル情報やピッチ・フォルマント情報などを付加して、データベースとして整備・構築する。後者は、多言語音声情報処理の研究に必要とされるノンネイティブ話者を含んだ日本語および英語の単語音声をデータベース化する。これらを、インターネットや CD-ROM で配布・提供する計画である。

【進捗状況】：本年度は、音声データごとにピッチやフォルマント情報を追加して WWW ページ上で公開するとともに、それらの情報を利用しやすくするためのソフトウェアツールの作成などを行った。また、日英ノンネイティブ音声データの収集を行い、これらを加工、変換処理し、順次データベースに追加した。

【分野名】情報技術

【キーワード】音声情報処理、音声サンプル、多言語

【研究題目】極限環境保安対策用金属系材料データベース

【研究代表者】福山 誠司（基礎素材研究部門）

【研究担当者】福山 誠司、横川 清志、瀧口 邦子

【研究内容】

極限環境下（高圧水素中、高温、極低温）において使用される金属系材料の安全性確保のため、当研究所において保有しているデータ（引張性質、疲労性質、破壊靱性値、弾塑性破壊靱性値、クリープ性質、破面写真等）を一般に公開し、既存の装置材料あるいは将来の水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術に使用される材料の安全対策技術を確立する。そのため、金属材料の水素脆化挙動をデータベースに追加すると共に、文献の追加を行う。更に、検索エンジンの改良を行い、データベース利用者の利便を図るべく整備を行う。

本年度は、鉄原子100万個の水素脆化挙動の EAM 法を用いた分子動力学計算によりシミュレーションした結果を動画としてデータベースに追加した。また、簡単に画面を見ながら操作できるように検索エンジンの改良を行った。当研究所の刊行物として印刷されている関連報告書類も PDF ファイル化し、データベースに追加した。更に、研究担当者等により発表した水素脆化に関する論文リストをデータベースに追加した。

本年度の動向は、水素利用の新しい展開として、燃料電池自動車の高圧水素ガス貯蔵タンクの開発が進められるようになり、本データベースへのアクセス件数が今年度は1000件／月を越え、昨年度に較べて増加してきており、極限環境下におけるデータベースとしては、現在稼働している水素を利用する化学プラントあるいは将来の水素エネルギー利用における候補材料の安全、寿命予測および開発に従事している利用者へ貢献しているものと考えられる。しかし、知的財産権との兼ね合いにより本データベースの公開範囲を再考する時期にきているもの

とも考えられる。

〔分野名〕 環境・エネルギー、標準

〔キーワード〕 データベース、金属材料、引張性質、クリープ性質、疲労性質、破壊力学的性質、高温、室温、低温、高圧水素

〔研究題目〕 深海底層域の生態系環境に関するデータベース

〔研究代表者〕 辻 正明（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 原田 晃

〔研究内容〕

経済産業省（旧通商産業省）では、マンガン団塊採鉱に伴う深海域の環境影響調査を、金属鉱業事業団に委託して実施している。本調査は、海洋生態系における環境影響予測手法を開発し海域の調査・観測及び実験等によってマンガン団塊の採鉱が海洋環境に及ぼす影響を評価することを目的としている。本データベースは、1989年から金属鉱業事業団と産業技術総合研究所（旧、工業技術院資源環境技術総合研究所）との共同調査によって得られた深海底層域の生態系に関する環境調査結果を公開し海洋環境保全技術の研究に供することを目的とする。本年度は昨年度開設したデータベースをより充実させるため、未公開データの数値データ、画像データの編集作業、数値データ及び画像データのデータベース化を実施した。また、データの範囲を「マンガン団塊採鉱に伴う深海域の環境影響調査」だけでなく、現在実行している「二酸化炭素海洋隔離に関する環境影響評価」に広げるために、データの収集、データベース化の準備を実施している。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 海洋、生態系、環境影響評価

〔研究題目〕 沿岸堆積物表層の物質循環データベース評価

〔研究代表者〕 左山 幹雄（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 左山 幹雄

〔研究内容〕

これまでのプロジェクトで取得した、東京湾・小網代湾・三河湾・広島湾などの沿岸域堆積物表層における有機汚濁物質（炭素・窒素・酸素）の分解・無機化過程に関連する数値データ（水一堆積物間の炭素・窒素・酸素のフラックス、堆積物表層における炭素・窒素・酸素の代謝速度、炭素・窒素・酸素の鉛直濃度プロファイル、底生生物群集の種組成と現存量など）、及びこれまでに開発した有機汚濁物質の分解・無機化過程に関するシミュレーション数理モデルの概念と構造を公開する。平成14年度は、東京湾について酸素の動態に関連する数値データを公開した。また広島湾及び三河湾については、他の数値データも公開した。また、「沿岸堆積物表層の物質循環数理モデル」の概念と構造についてさらに公開を

進めるとともに、より分かりやすく利用しやすい内容にした。さらに、総合的な（断片的ではない）信頼性の高いデータを提供するために、数値データベースをより充実させた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 沿岸域、堆積物、物質循環

〔研究題目〕 陸域生態系における温室効果ガスフラックスのデータベース

〔研究代表者〕 三枝 信子（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 近藤 裕昭、蒲生 稔、村山 昌平

〔研究内容〕

環境管理研究部門では、地球環境問題の広域的・総合的な解明の一環として、重要な温室効果気体である二酸化炭素の陸上生態系での発生・吸収量の把握を目的とした長期連続観測を行っている。このような長期観測データの集積とデータベース化・公開は環境研究の基礎データを提供するものであるとともに、国際的な分担と貢献と言う面からも重要である。特に当データベースは、アジアフラックスネットワーク（アジアにおける温室効果気体の観測ネットワーク）構築を担う重要な一拠点として、独立行政法人農業環境技術研究所、岡山大学と共同で推進しているものである。

当データベースで公開されるデータは、環境管理研究部門で実施している陸域生態系における長期野外観測によるもので、岐阜県高山（広葉樹林）、ハンガリー（農耕地）、北海道苫小牧・中国東北部（針葉樹林）、タイ（熱帯林）等での野外観測により得られたものである。データ検索・表示等の操作プログラムには、（独）農業環境技術研究所で開発されたシステムを基盤として用い、これを改良して使用している。

本年度は、特にネットワークのさらなる安全確保を目的とした各種プログラムの改良、野外観測データの品質管理手法の検討、および観測データの整備と新規登録を行った。特に、未公開の観測サイト3地点に関する情報収集とデータ登録を進め、収録データ拡充を推進した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 アジアフラックス、データベース、陸上生態系、炭素収支、生態系純生産量

〔研究題目〕 高密度界面ナノ構造を利用した光機性能ナノコンポジットに関する研究

〔研究代表者〕 越崎 直人（界面ナノアーキテクトニクス研究センター）

〔研究担当者〕 佐々木 毅、尹 鐘源、Leszek Zbronic

〔研究内容〕

本研究は国際協力推進グラントとして、イタリアのローマ大学トルベルガータ校 Enrico Traversa 氏及び同国・パドバ大学 Alessandro Martucci 氏との共同で行われた。日本側で開発してきた可視光応答性光電極機能

や光応答型ガスセンサ機能をもったユニークな光機能性ナノコンポジット及びその気相法による調製技術とイタリア側の大量生産に向けたゾルーゲル法を使ったナノコンポジットの調製技術の融合を図ることにより、光機能性ナノコンポジットの高機能化・高性能化を目指した。ローマ大学 Traversa 氏とのナノコンポジット光電極に関する研究では、スパッタ法で調製した Au/TiO₂, Pt/TiO₂系の可視光光電極応答性に関する検討を行い、可視域での光電極応答の違いは分散相の仕事関数の違いに起因することが明らかにした。また、ゾルーゲル法により調製した Au/TiO₂系ナノコンポジットについても、可視域での特性発現メカニズムやスパッタ法で作成した試料との違いの原因を解明した。パドバ大学 Martucci 氏との光応答型ガスセンサナノ材料に関する研究では、ゾルーゲル法により調製した NiO/SiO₂系ナノコンポジットの光応答型ガスセンサ特性を測定し、従来知られているセンサ感度と比較しても十分大きな性能のものが得られた。レーザーアブレーション法により NiO/SiO₂ナノコンポジット膜や NiO ナノ微粒子堆積膜などの光応答型ガスセンサ特性発現機構についても検討した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 ナノコンポジット、光機能性、ガスセンサ、光電極

【研究題目】 レドックス応答性多核錯体型スイッチング素子の開発

【研究代表者】 金里 雅敏（界面ナノアーキテクトニクス研究センター）

【研究担当者】 金里 雅敏、北條 博彦、名川 吉信

【研究内容】

分子内に2個以上の金属イオンを有する多核金属錯体は、金属間でのゲスト化合物の取り込みや電子のやり取りに加え、電子スペクトルにおける特異的な挙動等、興味深い性質を示すことが知られている。これらの錯体は、レドックスに伴う構造変化や物性変化を利用したスイッチング素子への応用が期待される。

金属の価数によって外部刺激に対する応答が異なるレドックス応答性多核金属錯体の創製に向けて、レドックス活性なチタン、バナジウム、鉄、コバルト、ニッケル、銅、モリブデン及びセリウムを含む新規の金属錯体の合成並びに電気化学特性を中心とするキャラクタリゼーションを行った。特にシッフ塩基を配位子とする鉄の新規複核錯体について、特異的な刺激応答性を見出すとともに、可逆性と安定性を確認することができた。得られた錯体は、スイッチング素子を開発するための有力な素材になると考えている。

この研究は、超分子錯体の構築と機能発現において優れたポテンシャルを有するドイツのアーヘン大学の Prof. Albrecht のグループ及び金属錯体による機能発現を見据えた物性測定、構造解析技術を得意とするフラン

スのルイパスツール大学の Dr. Mandon のグループとの連携により推進した。関連の研究室を相互訪問するとともに、オープン講演会を3国間で、計6回開催した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 スwitching素子、多核金属錯体、レドックス

【研究題目】 リビングラジカル重合法による well-defined polymer 合成とナノ構造制御
超高感度バイオセンサーを指向した抗体分子固定化技術の開発

【研究代表者】 黒澤 茂（環境管理研究部門）

【研究担当者】 黒澤 茂

【研究内容】

本研究では、超微量重さセンサーである水晶振動子 (QCM) と抗体を用いたバイオセンサーの確立のため、抗体のセンサー上への高効率での固定化法の確立に焦点を絞り、抗体のセンサー上への最適な固定化条件を明らかにする。このための基体として、従来、合成が困難であった分子構造の明確なグラフト高分子をリビングラジカル重合で QCM 上に合成し、三次元に伸長した高分子鎖上での抗体の固定化条件について明らかにする。

産総研と Uppsala 大学の Angstrom Laboratory の J. Hilborn 教授との間で交互に行き来し、効率的に実験を進めた。抗体のセンサー上への最適な固定化条件を明らかにするため、分子量分布の小さなポリアクリル酸をリビングラジカル重合により QCM 上への合成条件と、三次元に伸長したポリアクリル酸上への抗 CRP 抗体の固定化条件について検討し、それぞれ要素となる基礎的な知見を得た。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 水晶振動子、リビングラジカル重合、ナノ構造、バイオセンサ、グラフト高分子

【研究題目】 先進機能を有する生体型エコマテリアルの開発とその環境保全・修復技術への応用

【研究代表者】 北本 大（環境調和技術研究部門）

【研究担当者】 北本 大、小川 昌克、鎌形 洋一、
Prof. Yoich NAKATANI、
Prof. Rene MOLETTA

【研究内容】

（目標）

生体素材を活用し、優れた機能性と環境適合性を有するバイオサーファクタント（生体由来の界面活性剤）等のエコマテリアルを創製する。それらの機能を利用した安全で効率的な水・土壌環境の浄化システム、有機性廃棄物（バイオマス）の有効利用システム等を開発し、既存の化学物質やプロセスによる環境負荷の低減を目指すとともに、人と環境の安全・健康を培う循環型社会の育成に

資する。

(研究の背景)

近年、生物を利用した環境浄化や廃棄物処理法は、環境調和性が高い技術として注目されているが、未解決の課題が多く技術的には完成されていない。特に、我が国においては、有機性廃棄物の効果的な処理技術の確立は、埋立て地等からの強力な温室効果ガス（メタン）の発生抑制やバイオマスの循環利用のためにも急務の課題である。これらの生物利用技術では、実際の環境中で、いかにして「分解者（微生物）と分解対象物との接触」を促進するかが最大のポイントとなる。そこで本研究では、「両者の仲介者＝両親媒性の化合物」の効果的な利用を考え、従来の生化学的反応に新しい物理化学的な手法を統合させることにより、この問題のブレークスルーを目指す。具体的には、以下のようなアプローチで国際共同研究を展開した。

- (1) バイオプロセスを活用し、先進的なバイオサーファクタント等を創製する。さらに、実環境（複雑な混合系）への適用を考え、その「動的な」物性・機能を、蛍光測定法等により詳細に検討した（特に、ULP と共同）。
- (2) バイオサーファクタントの優れた界面特性を利用して、環境中での微生物の「移動」や、土壌等に強く吸着された汚染物質の「洗い出し」（バイオマス・畜産廃棄物に対しては、その「分散・可溶化」）を促進し、両者の「接触」を物理的に増強することにより、分解処理速度の飛躍的な向上を目指した。
- (3) 分子遺伝学的手法と蛍光プローブ法を駆使し、環境中での分解微生物の「動き」や「働き」を、迅速かつ定量的に検知可能な最先端の「微生物モニタリングシステム」を開発した（特に、INRA と共同）。

これらの手法により、環境修復や環境影響評価、バイオマス有効利用に関わるシステムの技術的な基礎を確立した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオサーファクタント、エコマテリアル、蛍光法による動的解析、微生物モニタリング、環境浄化

【研究題目】生活圏大気環境の保全・浄化に資する次世代型環境触媒に関する研究

【研究代表者】葭村 雄二（環境調和技術研究部門）

【研究担当者】葭村 雄二、佐藤 利夫、鳥羽 誠、
阪東 恭子、濱田 秀昭、藤谷 忠博、
羽田 政明、松林 信行、今村 元素

【研究内容】

（目標）ディーゼル車等の輸送機関から排出される排ガス等の健康影響は益々懸念されており、都市部や沿道域大気環境汚染の抜本的解決に資する環境触媒技術の開発が世界的に急務となっている。このため、本国際共同研

究では、1. ガソリンや軽油の硫黄を経済的にゼロレベルまで低減（サルファーフリー化：内燃機関燃料仕様では $S < 5 \sim 10 \text{ppm}$ 、燃料電池用燃料仕様では $S < \text{数十 ppb}$ ）できる石油精製触媒技術（クリーン燃料製造触媒技術）、及び2. 排ガス中の窒素酸化物を窒素と酸素に直接分解する deNO_x 触媒技術（排ガス浄化触媒技術）や Nox 選択還元触媒の性能向上対策技術に係る基盤技術を共同で構築する。

(研究計画)

1. のクリーン燃料製造触媒技術では、サルファーフリー燃料製造用の新規貴金属触媒技術を開拓すると共に、*in situ* XAFS 法による貴金属触媒の作用機構解明を行い、貴金属触媒の高度化設計指針を修得する。また、2. の排ガス浄化触媒技術では、究極の deNO_x 触媒と考えられている NO 直接分解触媒の反応機構を *in situ* FT-IR 法を用いて解明すると共に、 NO 選択還元反応機構に基づき deNO_x 触媒の高度化設計指針を修得する。更に、国際誌等を通して、得られた成果に係る情報の発信を行う。

(年度進捗状況)

1. のクリーン燃料製造触媒技術に関しては、直留軽油（硫黄量 $\sim 1 \text{wt}\%$ ）を一段の反応でクリーン軽油（硫黄量 $< 10 \sim 50 \text{ppm}$ ）へと転換可能なモリブデン系触媒の担体として期待されているチタニア (TiO_2) 担体の特性について検討を行った。約 10nm の平均細孔径を有し、しかも高表面積を有する TiO_2 担体（千代田化工建設㈱製、表面積 $= 120 \text{m}^2/\text{g}$ ）を用いて調製した Mo/TiO_2 触媒は、 $\text{Mo}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 触媒に比べ約6倍の脱硫活性（触媒の重量基準）を示し、 TiO_2 担体の有望性が確認された。一方、超低硫黄・低芳香族軽油製造用の触媒として期待されているパラジウム-白金系貴金属触媒に関して検討した結果、貴金属の表面とバルク相の耐硫黄性が異なること、また、貴金属の耐硫黄性が担体種 (SiO_2 、 Al_2O_3 、 USY ゼオライト等) に影響を受けること等が *in situ* XAFS 法を用いた解析から明らかとなり、固体酸特性や細孔構造等を考慮した担体の設計指針を修得した。

2. の排ガス浄化触媒技術に関しては、新規な NO 直接分解触媒を探索することと、水蒸気共存により NO 選択還元活性の向上が見られた $\text{In}_2\text{O}_3\text{-Ga}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ 触媒について反応機構に及ぼす水蒸気の影響を FT-IR により調べた。その結果、酸化コバルト (Co_3O_4) に微量のアルカリを添加することにより NO 分解活性が飛躍的に向上することを見出した。また NO 選択還元反応機構に及ぼす水蒸気の影響については、水蒸気の共存により C_3H_6 と NO の反応選択性が向上し、また最終中間体である NCO 種の生成と分解が促進されることを明らかとした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】脱硫触媒、サルファーフリー軽油、 TiO_2 担体、貴金属触媒、 deNO_x 触媒、 NO

分解触媒、NO 選択還元触媒、 Co_3O_4 触媒、in situ XAFS、in situ FT-IR

【研究題目】新規な液晶性化合物における電荷移動特性及びナノ構造構築のための界面配向特性に関する研究

【研究代表者】清水 洋（人間系特別研究体）

【研究担当者】清水 洋、清原 健司、寺澤 直弘、物部 浩達

【研究内容】

長距離的分子配向秩序が固体結晶とは明確に異なる動的状態にある液晶状態での電子的電荷移動挙動が注目を浴びている。応用的には電界発光素子用電荷輸送材料、電子写真感光体等への展開に期待があるものの、今後のフレキシブル機能デバイスへの研究展開は必須。本共同研究では、液晶研究の分野で層の厚い欧州の中でも要の一つであるストラスブール材料物理・化学研究所（フランス）から測定試料の提供を受け、こちらで電荷移動特性に関する測定・評価を行うとともに、最近、新規な興味深い分子構造及び配向構造を有する材料系を合成しているヌーシャテル大学（スイス）とは先方が開発した新規なフラーレン系 dendrimer 液晶を用いてナノサイズ電荷移動及び発光構造構築に関する研究を行い、デバイス応用に対応する材料としての可能性の解明を目的とした取り組みを実施した。

平成14年度は仏側とは2つの材料系で研究を行った。仏側が新たに合成した2、6-置換アントラセンを主骨格に持つ新規な・電子スタック系スメクチック液晶に関して電極界面における配向挙動及びその電荷移動度の計測を行った。当該スメクチック相の配向を摩擦転写法によって作成したポリマーフィルム上で検討したが（先方の研究結果を踏まえて）、明確な均一配向膜を得ることは難しかったが、当該スメクチック相における電荷移動度は電子・ホール両電荷に対してほぼ等しい $10^{-3}\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ レベルの高速性を持つことが判明、昨年当共同研究において見出された異なる材料系における相等の分子配向秩序を有するスメクチック相での高速性を支持する結果を得た。一方、スイス側との共同研究は、共同研究のターゲット化合物について初期的な計測を実施するための必要最低限の試料量が判明、先方にて新たに共同研究用の試料の合成及び精製が必要となり、残念ながら本年度は先方にて当方計測用の試料合成、精製に終始する結果となった。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】液晶、電荷移動度、配向制御

【研究題目】蛋白質のモデルペプチドを用いた安定構造の予測技術の開発

【研究代表者】湯元 昇（人間系特別研究体）

【研究担当者】達 吉郎、茂里 康、上垣 浩一、

中村 努、萩原 義久

【研究内容】

「目標」

今後の環境対策技術である、バイオプロセスによる有用物質生産技術において、生体触媒である酵素蛋白質の安定化は必須である。しかし、蛋白質は分子量が大きく安定構造を理論設計することは現状では困難である。そこで本研究では、構成アミノ酸の総数が少なく、局所の相互作用による安定化に単純化できるペプチドで、安定構造を予測・設計する汎用的法則を見つけだし、それを複雑系である蛋白質に応用することにより、安定な蛋白質を設計できる技術の開発することを目標として研究を行った。

「研究計画」

本研究では、計算科学の研究者であり、ペプチドの構造予測の理論計算分野で世界をリードしている一人である Dr. Mihchael Petukhov（ロシア、サンクトペテルブルグ核物理学研究所）を本グラントで60日間招聘し、研究代表者の実験グループに参加して、Dr. Petukhov が安定構造を予測したペプチドを、その場で実際に合成することにより、理論と実践を緊密に連携させることを計画した。

「平成14年度進捗」

本研究では、研究代表者、招聘研究者、及び EMBL（独）の Dr. Serrano のグループと共同で α ヘリックスの構造安定化要因を明らかにし、それを α ヘリックス構造予測プログラムに、パラメータとして取り込みことにより、安定な α ヘリックス構造を形成できるペプチドを予測する精度を上昇させた。

具体的には、モデルペプチドの C 末端部分と中心部に種々のアミノ酸を含む52種のペプチドを合成し、 α ヘリックス構造の安定性を測定することにより、各アミノ酸の各部分における α ヘリックスの安定性に対する寄与の度合いを評価した。従来は、いずれの部位でも α ヘリックス安定化効果は同一であると仮定されていたが、実際に合成すると、安定化効果は部位により異なること、また安定化効果が大きい部位はアミノ酸の種類により異なること、が明らかになった。このように明らかになった構造安定化要因をパラメータとして α ヘリックス構造予測プログラムに取り込んだ。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】蛋白質、ペプチド、立体構造、構造予測

【研究題目】エビ殻キチンからの機能性糖質の酵素法による生産

【研究代表者】相羽 誠一（人間系特別研究体）

【研究担当者】相羽 誠一

【研究内容】

各種酵素を用いてキチンを分解し、N-アセチルグルコサミン及びアセチルキトビオースを生産する方法につ

いて研究する。タイのチュラロンコン大学との共同研究で行う。用いた酵素は日本で生産されているセルラーゼ製剤とタイで廃棄物として処理に困っているゴム樹液の上澄みである。これらの中にはキチナーゼと N-アセチルヘキソサミニダーゼが含まれており、キチンの分解に有効である。

まずセルラーゼ製剤を用いて調べた。60mg/mL のキチンを用いたところ、4日後のアセチルキトビオースの生成量は7.2mg/mL となった。N-アセチルグルコサミンに対してアセチルキトビオースを選択的に生成できた。さらに選択的に生成させるために、キチナーゼをキチンに吸着させて分離濃縮することを試みた。収率は落ちたが、選択性は6.7倍に向上した。簡便な操作でアセチルキトビオースを選択的に生成させることができた。

ゴム樹液を用いて分解条件を検討した結果、20mg/mL のキチンを用いたところ、8日間でアセチルキトビオースは約30%の収率で、N-アセチルグルコサミンは10%にとどまり、アセチルキトビオースが重量比で3倍多く、選択的に生成してきた。さらにキチンと酵素の添加量を増加させて調べたところ、生成速度が増加した。この樹液のキチン分解活性は pH が2~3.5の範囲において最も高活性で、pH を変えることでアセチルキトビオースと N-アセチルグルコサミンの収率を変化させることができた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 キチン、キチナーゼ、N-アセチルグルコサミン、アセチルキトビオース、セルラーゼ

【研究題目】 複数の物理現象が錬成するマイクロマシン (MEMS) をターゲットとした大規模数値解析・最適設計の応用研究

【研究代表者】 手塚 明 (計算科学研究部門)

【研究担当者】 手塚 明、笹本 明、奥田 敏、鈴木 健、西村 良弘、田中 克己、米谷 道夫、松本 純一、尾崎 浩一 (ものづくり先端技術研究センター)、松本 壮平 (機械システム研究部門)、Byung Man Kwak (韓国科学技術院)、Byeong C. Koh (Samsung Adv. Inst. of Tech)、Hyoung Gon Kim (Korea Inst. of Sci. & Tech)

【研究内容】

実用化を睨んでのマイクロマシン (MEMS) の開発には、ハードウェア開発及び数値解析・設計検証の研究グループの密な連携が必要である。ここでは、産総研機械システムで開発中のマイクロポンプをターゲットとした。マイクロポンプでは伝熱、流体、強度解析が複雑に絡み合うため、数値解析上は連成解析・大規模解析が必要である。また、実用化に際しては、流出流量の最適化

が求められているが、これについては、マイクロポンプの最適形状設計、時系列も考慮した最適制御設計が必要である。

国際共同研究のフォーメーションとして、数値解析に関しては大規模解析・連成問題解析に実績のある産総研計算科学が担当、最適設計については企業プロジェクトに実績のある KAIST が担当、VR による設計ツール開発の検討は KIST が担当、マイクロマシン (MEMS) ハードウェアを睨んでの検証・議論には産総研機械システム、SAIT がそれぞれ担当となり、それぞれの得意分野を活かした国際的研究コラボレーションを行った。

超小型の化学分析システムなどの実現に向けて、液体用ポンプのマイクロ化が重要な課題となっている。その中で、機械的に動く弁 (バルブ) を持たない「バルブレス・ポンプ」は、シンプルな構造と高い性能で注目されている。バルブレス・ポンプでは、流れ方向によって異なる流動抵抗を発生する「動的バルブ」によって整流効果を実現する。本研究では、機械システム研究部門にて開発された、温度による液体粘性の変化を動的バルブの原理として利用したバルブレス・ポンプに対して、その整流効果を最大にするような温度変化パターンを求めめるための最適パラメータ設計を行い、JSME Int. J に掲載された。更に、今後のコラボレーションの進展のため、本研究の共同研究者である Samsung Advanced Institute of Technology の Byeong C. Koh 博士 (現在、Samsung Advanced Institute of Technology の専務 (executive vice president) に昇進) を通常交付金予算にて招聘し、議論を行った。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 計算力学、マイクロポンプ、最適パラメータ設計

【研究題目】 亜熱帯沿岸地域の養殖場における有機汚濁底質の浄化技術に関する研究

【研究代表者】 星 加章 (海洋資源環境研究部門)

【研究担当者】 谷本 照巳、三島 康史

【研究内容】

亜熱帯沿岸地域におけるエビ養殖場の有機汚濁底質浄化のため、タイ国のエビ養殖場で、エビ養殖と並行して底質改良剤 (Mg(OH)₂) およびイトゴカイによる底質浄化実験を行い、その効果検証を行った。

【分野名】 地質・海洋

【キーワード】 沿岸環境、亜熱帯、エビ養殖場、イトゴカイ、底質浄化、底質改良剤

【研究題目】 歩行の力学・運動学的デジタルヒューマンモデルモデルの研究

【研究代表者】 加賀美 聡 (デジタルヒューマン研究センター)

【研究担当者】 加賀美 聡、持丸 正明、堀 俊夫、

宮田なつき

【研究内容】

人間の歩行を幾何学的・力学的・運動学的な機能として計算機上に再現可能な形でモデリングすることを目的とする。人間の歩行計測システムの開発、ZMP 指標による安定性評価手法の開発、ロボットによる実現の3つを柱に研究を行う。(1)人間の形状を含む幾何学的・運動学的・力学的なモデルを実際の運動状態から獲得するシステムを研究する(2)人間型ロボットで用いられる歩行安定性解析を、実際の人間の歩行分析に適用することにより、人間の二足歩行における動的安定性(=転倒リスク)の評価手法を研究するとともに、人と類似の、安定でエネルギー消費の少ない歩行軌道の生成手法を開発する(3)人間の自由度配置に近い人間型ロボットを試作し、実際に歩行させることにより三次元的に安定な歩行を可能とする。

【分野名】情報通信

【キーワード】歩行、安定性評価、ZMP

【研究題目】石英ガラスのレーザー光化学微細加工法の開発

【研究代表者】新納 弘之(光反応制御研究センター)

【研究担当者】川口 喜三、佐藤 正健、奈良崎愛子、丁 西明、黒崎 諒三

【研究内容】

目標、研究計画

石英ガラス材料(SiO_2)に代表される(紫外)透明材料は、光エレクトロニクス分野の基盤材料として広く使用されており、近年の高度情報化社会の発展を支える光通信技術の進歩によって、高品位でかつ簡便・安価な微細加工技術の開発が期待されている。当研究チームにおいて独自に開発されたレーザー誘起背面湿式加工法(LIBWE法: Laser-induced backside wet etching)は、ナノ秒パルスのエキシマレーザーを加工対象物の石英基板の背面から照射し、色素を高濃度に含む有機溶液または水溶液のアブレーションによって誘起された高温・高圧の特殊な反応場が石英基板表面を微細加工するオリジナリティの高い手法である。本法は海外でも反響を呼び、独国ライプツヒ表面加工研究所およびゲッチンゲン・レーザー研究所においても本法による光学素子の微細加工の研究が進められており、情報交換を行った。

平成14年度は、微細加工特性向上、加工メカニズムの解明、ならびに、産業技術への応用を目指し微細パターン構造を利用した表面機能化素子や光学素子の試作を行った。

年度進捗状況

レーザー誘起背面湿式加工法での微細加工特性を改善するために縮小光学系の改良を行い、石英ガラスの1ミクロン分解能のグレーティングおよびグリッド(格子状)アレー作製に成功した。さらに、微細加工の加工メ

カニズムを解明するために、時間分解画像観察法を用い石英ガラス/有機溶液界面における気泡および衝撃波の膨張過程を測定し、発生圧力(約200MPa)を求めた。さらに、産業技術への応用を目指し、加工パラメータの最適化、ならびに、微細パターン構造を利用した表面機能化素子等の試作を検討した。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】石英ガラス、精密微細加工、液体アブレーション

【研究題目】可視光応答性の多孔質薄膜半導体光電極を用いた水からの直接水素製造システムの研究

【研究代表者】佐山 和弘(光反応制御研究センター)

【研究担当者】阿部 竜、鄒志 剛、荒川 裕則

【研究内容】

(目標、研究計画)

光触媒分野で開発された種々の可視光応答性酸化半導体について電極化を行い、伝導帯準位や格子欠陥、粒界などの因子と量子収率との関係を正確かつ詳しく調べ、電極の高効率化に役立つ知見を得るとともに、高効率な多孔質薄膜電極膜を調製する手法を確立する。また、上記の実験結果を参考にして妥当性のある理論限界効率の計算などを行い、本システムが将来、太陽エネルギーを用いた水素製造システムとして実用化につながるかどうかについて明確にする。

平成14年度は、萌芽的テーマとして初年度であり、数多くの可視光応答性酸化半導体についていくつかの多孔質薄膜電極調製方法を検討し、高効率化のための各種因子の影響を調べ、電極設計指針を明確にするための研究をおこなった。成膜方法としては、純粋な TiO_2 結晶粉末からの調製で高い効率が出ると知られている粉末塗布法および半導体前駆体やコロイドを導電性ガラス上で結晶化させる湿式法を主に検討した。

(年度進捗状況)

従来型の可視光応答性半導体である WO_3 について、報告されている高い量子収率の再現性を確認するとともに、効率が高い理由を調べた。既報では WO_3 結晶のコロイドを導電性ガラス上で焼結して膜化する湿式法を用いている。同一方法で実験を行い、量子収率80%(400nm)に達する電極を作成でき、再現性が確かめられた。SEM観察したところ、40nm程度の均一な微粒子が隣接粒子と接合しながら多孔質膜を形成していることが確かめられた。膜強度も比較的強く、粒子同士の接合は良いと言える。つまり膜質が良いため、粒子間の電子移動は良いと考えられる。また、この粒子はSEMやXRD、光触媒活性から判断すると比較的結晶性も良いため、電荷分離能力も高いと考えられる。この電子移動と電荷分離能力の両方が良いため、高い量子収率が得られたと推察される。次に、数多くの可視光応答性酸化物

半導体について探索を行い、現在のところ BiVO₄において3.9%の量子収率を得ている。今後は本半導体膜調製法の最適化を行いさらなる性能向上を目指す。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 水素製造、太陽エネルギー変換、半導体電極

【研究題目】 医用化合物スクリーニング支援システム
生体中の疾病マーカー物質のセンシング
システム開発

【研究代表者】 黒澤 茂（環境管理研究部門）

【研究担当者】 黒澤 茂

【研究内容】

日本の超高齢化社会の到来に対し、国民総医療費の削減に有効な医療診断機器の開発に対し基礎的な基盤技術を研究開発する。このために水晶振動子（QCM）を用いた微量分析技術により疾病罹患時に生体中に増加するタンパク等の医用マーカー物質を在宅や診療所にて測定可能なセンシングシステムの作成に重要な要素技術を開発する。

当該年度は、ポータブル型の疾病マーカーセンサ測定用の試作器を作成し、その特性をフィブリノーゲン分解産物（血栓症のマーカー）検出用の水晶振動子式センサーの特性を検討した。その作成が非常に困難とされている、単独使用が可能な水晶振動子式ポータブル型の疾病マーカーセンサ測定用の試作器を作成し、ヒト血清中のフィブリノーゲン分解産物（血栓症の生体マーカー）検出用の迅速・高感度・簡易な水晶振動子式センサーとしての特性を明らかにした。また、肺炎罹患の指標となる、C反応性タンパク（CRP）測定用に抗CRP抗体のセンサー上への固定化法について検討し、酵素処理することで固定化量及び抗原抗体反応量の増加する条件を見出した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 水晶振動子、疾病マーカー、フィブリノーゲン分解産物、C反応性タンパク、抗体

【研究題目】 3次元超微細構造製造技術の確立と次世代型携帯端末部品の開発

【研究代表者】 前田龍太郎（機械システム研究部門）

【研究担当者】 前田龍太郎、村越 庸一、清水 徹、単 学伝

【研究内容】

（目標）

放射光によるパターン作製から、電鋳による金型、成形までの一貫した独自の LIGA（放射・電気成形）プロセスを中心としたマイクロマシニング技術により3次元超微細構造製造技術を確立するとともに、次世代型モバイル・ディスプレイのキーとなる電子・光学部品を開発

する。

（研究計画）

本提案では以下の項目の研究開発を行う。

(1) LIGA トータルプロセスの開発

(2) 強度分布制御ディープ X 線リソグラフィによる3次元加工技術の開発

(3) LCD フロントライティングパネル用光学部品の開発

(4) 立体構造チップコイルの開発

(5) 狭ピッチプローブカードの開発

当研究所では全体のプロジェクトに対し、(1)LIGA トータルプロセスの開発の中で LIGA マスクの経済的、迅速製法および樹脂・金属材料の成形技術を担当している。

前者については本年度は製作ターンアラウンドタイム短縮手法として特に鉛の高精度直接パターンニング技術を検討する。同時にコストダウンに向けたダイアフラムの製法としてポリイミド材料の利用を検討する。

後者については実用材料として次に重要な金属材料の微細ホットエンボスを検討する。対象材料はマグネシウムベースの金属ガラス材料、SUS 材料等を主な対象とする。また型離れの技術として超音波振動法を検討する。（年度進捗状況）

当研究所では全体のプロジェクトに対し、(1)LIGA トータルプロセスの開発の中で LIGA マスクの経済的、迅速製法および樹脂・金属材料の成形技術を担当した。前者について本年度は製作ターンアラウンドタイム短縮手法として特に鉛の高精度直接パターンニング技術を検討した。同時にコストダウンに向けたダイアフラムの製法としてポリイミド材料の利用を検討し、即納型 X 線露光用マスクを開発した。

後者については実用材料として次に重要な金属材料の微細ホットエンボスを検討した。対象材料はマグネシウムベースの金属ガラス材料とパラジウム系の金属ガラスの成形を行い、後者についてはプローブカード用途に使用可能であることを確認した。また型離れの技術として超音波振動法を検討し、効果のあることを確認した。今後高温での振動に耐えるようにジグの工夫を行う。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 微細部品製造、ホットエンボス、LIGA 技術

【研究題目】 BioMEMS を利用した煙道中のダイオキシン測定システムの開発

【研究代表者】 前田龍太郎（機械システム研究部門）

【研究担当者】 市川 直樹、楊 振、一木 正聡

【研究内容】

（目標）

最大の発生源であるゴミ焼却炉の煙道中排ガスから発生するダイオキシン類を、その場で把握できる高速測定

分析システムを開発する。ダイオキシンの分離反応には、たとえば、試薬に特異的な結合タンパク質を使った免疫定量法（イムノアッセイ法）を利用し、それを行うマイクロ分析システムを開発する。

〔研究計画〕

本提案では上記のマイクロ分析システムについて、分離反応部は、マイクロマシニング手法を駆使し、サンプル流体の反応ウェル、サンプル、薬液等の輸送ポンプ、マイクロバルブ、フローセンサ、温度調節用のヒーターと温度センサ等々をマイクロチップの中に集積化する。反応を検出して定量化する部分は、光学的な手法を活用し、そのセンシング部分を分離反応部と一体集積化する。ハイスループット、省試薬、全自動、超小型、簡便、低価格の新規なシステムを実現する。

基本エレメントの集積化を行う。全体的にはできるだけモノリシックな構造を目指す、製造上相容れない場合にはジョイントによるアセンブルが必要になる。ここでは効率の高い継ぎ手の製作およびアセンブル技術の研究開発を行う。具体的にはジョイント部はシリコンの深堀エッチングでマスターを製作し、メッキにより金型を製作する。アセンブルについては流体を含んだ微細回路の実装技術を開発する。また微小流路内の流れの計測を行う。

〔年度進捗状況〕

基本エレメントの集積化を行った。ここでは効率の高い継ぎ手の製作およびアセンブル技術の研究開発を行った。具体的にはジョイント部はシリコンの深堀エッチングでマスターを製作し、メッキにより金型を製作した。アセンブルについては流体を含んだ微細回路の実装技術を開発した。マクロな世界からミクロな世界へ微量な流体を供給するための流体ソケットを試作した。流体ソケットにこれまで開発したミキサー、レギュレータおよび微小流量計を統合化し、デモンストレーションを行った。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 流体ソケット、バイオ MEMS、化学分析

〔研究題目〕 先進複合材料による革新的高温機械要素技術の研究開発

〔研究代表者〕 佐々木信也（機械システム研究部門）

〔研究担当者〕 佐々木信也、村上 敬、梅田 一徳、間野 大樹、是永 敦

〔研究内容〕

〔目標〕

次世代の超音速旅客機の開発に際し、エンジン周りなど高温環境下での駆動が余儀なくされる摺動部品の開発が必要不可欠になっている。そこで、室温から900℃までの広い温度範囲において、低摩擦（0.3以下）かつ低摩耗（ 10^{-9} mm³/N）を実現する固体潤滑材料の開発を行う。

〔研究計画〕

スパークプラズマ焼結（SPS 法）やプラズマ溶射法を用い、高温固体潤滑性のあるトライボマテリアルの創製を行う。高温トライボロジー特性は、SRV 摩擦試験機を用いて評価し、摩擦・摩耗メカニズムの解明を通して、材料設計にフィードバックする。

〔年度進捗状況〕

ジルコニア、アルミナなどの酸化物セラミックスをベースとした複合材料を、SPS 法ならびにプラズマ溶射法により開発し、それらのトライボロジー特性に及ぼす高温固体潤滑材の添加やプロセスパラメーターの影響について検討した。アルミナベースの複合材料において摩擦係数が0.3を下回る材料の開発に成功したが、耐摩耗性においては目標をクリアできていない。開発材料の中より、最も優れる材料を転がり軸受に組み込んで高温特性評価を実施した結果、初期の摩擦特性は優れるものの、長時間運転によりスパーサーの損傷に起因した軸受けの破損が起こることが明らかとなった。これらの結果より、複合材料には固体潤滑性の付与と同様に機械的強度の向上が必要不可欠であることが判った。複合材料の強度向上に着目し、材料設計を見直した。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 トライボロジー、高温固体潤滑剤、超音速旅客機、エンジン

〔研究題目〕 エコ・テラードトライボマテリアル創製プロセス技術の研究開発

〔研究代表者〕 佐々木信也（機械システム研究部門）

〔研究担当者〕 佐々木信也、日比 裕子、加納 誠介、村上 敬、是永 敦、間野 大樹、三宅 晃司、沼田 俊充、志村 洋文

〔研究内容〕

〔目標〕

トライボロジー用途に着目した材料設計指針の構築と、これを実現するための材料創製プロセス技術の開発を行う。また、トライボマテリアルのトライボロジー特性評価と摩擦・摩耗メカニズムの解明を進め、開発されたトライボマテリアルの広範に渡る展開を図るためのデータベースの構築を行う。

〔研究計画〕

トライボロジー特性向上を図る上で、表面の吸着活性向上に着目し、アルカリ金属、アルカリ土類金属を利用した複合酸化物材料の創製が可能となるプロセス技術の開発を進め、創製したトライボマテリアルの特性ならびにメカニズム解明により、トライボマテリアル設計の検証を行う。また、基本的なトライボロジー特性データを取得することにより、データベースの構築を図る。

〔年度進捗状況〕

平成14年度は、プロジェクト最終年度にあたり、トライボマテリアルの設計指針に関する知識の体系化を進め

るとともに、これまでにプロジェクトで開発された各種材料の基本トライボロジー特性評価を行い、既存材料との比較から摩擦・摩擦耗メカニズムを考察するとともに、データベース構築に向けたデータ取得を行った。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 トライボロジー、表面改質、レーザー、プラズマ、データベース

【研究題目】 次世代モバイル用表示材料基盤技術の研究

液晶パネル用一体型光学フィルムの開発

【研究代表者】 長沢 順一

【研究担当者】 工藤 成史 (NEDO フェロー)

【研究内容】

光吸収、屈折率または導電性において10%以上の異方性を有する共役高分子ナノファイバーの配列制御技術の確立を目標とする。そのために異方的ゲル形成条件の検討やゲル化後の配向付与方法の検討を行う。現在の液晶パネルでは、偏光フィルム、位相差フィルム、カラーフィルター、配向膜、導電膜など様々な光学、電気特性を有するフィルムが張り合わされている。これらの機能の複数を同時に有するプラスチックフィルムを開発するために、有機ゲル状態を経由する共役高分子のナノファイバー合成技術を利用する。共役高分子のナノファイバーは大きな光吸収、屈折率及び導電性の異方性が期待できる。実際にはウレタン結合を含む各種ジアセチレンコレステリルエステル誘導体を合成し、それらの化合物のゲル化と重合反応を検討した。シクロヘキサン等の非極性溶媒でゲル化する化合物が多かったが、一部の化合物ではエタノール等の極性溶媒でもゲル形成が起こった。赤外吸収スペクトル測定によりウレタン部の分子間水素結合がゲル化に重要な役割を果たしていることが分かった。また、ゲル形成にはコレステリル基が少なくとも1つは必要で、分子のスタッキングに関与しているものと思われる。形成された大部分の有機ゲルは紫外線により重合し、固体核磁気共鳴測定によりジアセチレン部分の重合が確認された。電子顕微鏡観察によりゲルが繊維構造を持っていることを確認した。ナノファイバーの配向制御を行わせるために、くし型電極版と石英版ではさんだセル中で電場下でのゲル化を試みたが、配向の異方性は観察できなかった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 有機ゲル、ナノファイバー、水素結合、光重合、ポリジアセチレン

【研究題目】 次世代モバイル用表示材料基盤技術の研究

有機表示素子用高繊細電極の開発

【研究代表者】 谷垣 宣孝 (光技術研究部門)

【研究担当者】 八瀬 清志、三崎 雅裕 (東京理科大学)

【研究内容】

フレキシブルディスプレイに応用可能な微細電極作製技術を開発することを目標とする。平滑基板上に摩擦によって高分子の高配向(面内一軸配向)超薄膜を作製する技術(摩擦転写)を利用する。この配向高分子膜は微視的に見ると帯状の堆積物の集合体であり、連続膜ではない。ここに金属をつけることによって導電性の面内異方性が大きい金属膜を作製する。さらに、これを用いてディスプレイ駆動用のアドレス電極を作製する技術の開発を行う。実際にはポリ(四フッ化エチレン)の摩擦転写膜の上に金を真空蒸着し、摩擦転写条件・蒸着条件を選ぶことにより、膜の縦横に導電性の異方性をもち、かつ半透明な電極を作製することができた。これを透明陽極に用い、有機電界発光素子を試作した。具体的には異方性金電極上に、正孔注入層として銅フタロシアニン、正孔輸送層として芳香族ジアミン化合物、発光層および電子輸送層としてキノリノールアルミニウム錯体、陰極として銀マグネシウムを順次層状に真空蒸着し素子を作製し発光特性を評価した。銀ペーストを異方性電極後付けしたとき、その幅で発光が観察され、この異方性電極がディスプレイ用のアドレス電極として使用可能であることを示すことができた。また、異方性電極の偏光フィルターとしての働きを利用した偏光特性についても確認できた。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 高分子配向、異方性電極、有機電界発光素子

【研究題目】 次世代モバイル用表示材料基盤技術の研究

微細パターン化分子配向ドメインを持つフィルム開発の研究

【研究代表者】 清水 洋 (人間系特別研究体)

【研究担当者】 物部 浩達、清原 健司、寺澤 直弘、趙 可清、瀬戸口善宏 (立命館大学連携大学院博士課程)

【研究内容】

次世代モバイル表示デバイスに対して高分子を主体としたフレキシブルな各種デバイスの研究開発が主流となっており、高分子フィルム中に機能発現を担うマイクロ・ナノ構造を創り込む技術が必要となっている。本テーマでは、高度に異方的なマイクロ/ナノスケールの分子配向ドメインを液晶膜中に形成させ、それを光重合によって固定化する手法によって光導波路、電荷輸送路、有機半導体回路などの機能構造を持つ高分子フィルムを作製する技術に関する研究を行う。特に、産総研オリジナルの偏光赤外レーザーを用いた新規な液晶配向制御法を用いて研究に取り組み、産業界との共同研究に向けた基礎研究を行う。

具体的には、液晶半導体の配向を制御し、フレキシブ

ルデバイスの基板として光・電子機能構造を持つ高分子フィルムを作製する技術の開発を目標に、高度に異方的なミクロスケールの分子配向ドメインの形成により、電荷輸送回路、光学的異方性パターンなどの機能構造を持つ高分子フィルムを作製する。

H14年度は、半導体性ディスコチック液晶について波長可変赤外レーザを用いた配向制御とメカニズム解明及び配向ドメインのパターンニングに関する検討を行った。その結果、典型的なディスコチック液晶相であるヘキサゴナルカラムナー相では、照射光の偏光面が吸収の遷移モーメントに直交する関係で再配向が起こることが見出されメカニズムの概要も把握できたことから、振動励起すべき化学結合の振動モードと照射光の偏光方向の組み合わせにより、多様な配向方向を持つ液晶ドメイン形成が可能であることを明らかにした。更に、線幅100ミクロン程度の均一分子配向を持つ線状ドメインの描画に成功した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 液晶、配向制御、マイクロ機能構造、高分子

【研究題目】 次世代モバイル用表示材料基盤技術の研究

【研究代表者】 玉置 敬 (物質プロセス研究部門)

【研究担当者】 玉置 敬

【研究内容】

従来のガラス基板を用いた液晶ディスプレイ装置 (LCD) は、板厚 mm 以下による軽量化を図っているが、強度の点から限界に達しつつある。これに代わって、軽く、薄く、割れにくいポリマー基板を用いた LCD の開発が急がれている。また、LCD には偏光膜、光位相差膜、配向膜、導電膜などさまざまな機能フィルムが使われているが、ポリマーにはそうした機能をそれ自体に付与することが可能であることから、基板と機能膜を一体的に創り込むことによって、生産工程の簡略化、連続化 (roll-to-roll) が見込まれるとともに、信頼性の高い製品の製造が期待できる。さらにこの技術は、LCD とともに今後有望視されている有機 EL (OLED) ディスプレイにも応用可能であり、極めて波及効果が大きい。本研究では、こうしたニーズに対応した技術の確立に資することを旨として、これまでに培ってきたシーズを発展させた以下の基盤的材料技術の開発を行う。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 モバイル情報機器、表示材料、ポリマー基板

【研究題目】 次世代モバイル用表示材料基盤技術の研究

【中項目名】 マイクロパターン偏光素子開発の研究

【研究代表者】 玉置 敬 (物質プロセス研究部門)

【研究担当者】 Christian Ruslim (NEDO 養成技術者)

【研究内容】

液晶表示ディスプレイなどを高臨場感あふれる立体表示とするために必要な基盤技術確立を目標とする。高臨場感立体表示には、映像を右眼及び左眼用の画素に分離し、観察者の脳内で立体認識を行わせる方式 (両眼視差方式) が一般的である。このためには両眼の画素に分離する必要があり、いくつかの方法が提案されている。本テーマでは、簡便かつ高性能な方法として、色素の光配向技術を用いたマイクロパターン偏光素子の研究開発を行う。実際には、ガラス基板にスピンコートした光配向ポリマー上にリオトロピック液晶色素 (C.I.Direct Blue67, $\lambda_{\max} \sim 530\text{nm}$) の水溶液を塗布し、光配向法で色素を異方配向させて乾燥し、色素膜からなるマイクロパターン偏光素子の作製を行った。色素配向に及ぼす種々の条件での検討の結果、最適条件を決定した。光学特性は、二色比 $D \sim 20$ 、配向度 $S \sim 0.8$ 、偏光度 $p \sim 0.94$ を示し、ほぼ実用的性能に近いものが得られた。また、色素配向のメカニズムを解明するために、色素水溶液のリオトロピック相の特性及び構造について検討した。さらに、本研究を実用化へ展開するために、企業との共同研究を進めた。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 立体液晶表示、マイクロパターン偏光素子、リオトロピック液晶、光配向

【研究題目】 次世代強誘電体メモリの開発

【研究代表者】 加藤 一実 (セラミックス研究部門)

【研究担当者】 加藤 一実、鈴木 一行、西沢かおり、符 徳勝

【研究内容】

21世紀社会に必要な高性能小型電子機器の創出のためには、複数の機能が集積した機能集積材料の創製が緊要であり、そのためのテラードリキッドソースの開発が不可欠である。平成14年度は強誘電体薄膜の高品質化のため、溶液原料の合成技術の開発と構造解析を実施するため、次の項目について検討した。1) 強誘電体薄膜の組成、結晶性、微構造の制御を目的とし、分子構造を制御した溶液原料のプロセスを開発し、薄膜の結晶化過程、微構造発達過程を調べ、薄膜の結晶構造形成過程を解明する。2) 強誘電体薄膜の高品質化のため、合成した溶液原料の構造を分光学的に精密解析する。その結果、 $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ 、 $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 、 $(\text{Y,Yb})\text{MnO}_3$ 等新規強誘電体の溶液原料の合成法及び 650°C で作製した強誘電体薄膜の電気的特性を明らかにし、次世代強誘電体メモリへの適用性を示すことができた。また、反応性を制御した原料分子から形成した非晶質膜の紫外線照射により、 $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ 薄膜の結晶性と表面形態を制御することが可能であることを明らかにした。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 強誘電体薄膜、不揮発性メモリ、非鉛系強誘電体、テラードリキッドソース、化学プロセス

【研究題目】 電子ビーム励起プラズマを用いた新機能材料創製プロセスの開発ーヒートミラーの特性と評価法

【研究代表者】 吉村 和記（基礎素材研究部門）

【研究担当者】 吉村 和記、岡田 昌久、金 平、田澤 真人

【研究内容】

電子ビーム励起プラズマを用いた積層薄膜のコーティングにより創製が可能になる新機能材料の一つが高性能ヒートミラーで、これは熱的な省エネルギー機能と光触媒作用を併せ持つ画期的なガラスである。本研究では、より性能に優れたヒートミラーを開発するため、光触媒活性の精密な評価方法を確立すると共に、優れたヒートミラー特性と光触媒活性の双方を有するための積層薄膜構造の最適化を行うことを目標としている。

本年度は、ヒートミラーに光触媒活性を持たせるための基礎研究として、最外層の酸化チタン薄膜の光触媒活性に関する詳しい研究を行った。まず、酸化チタン薄膜の膜厚と光触媒活性との関係を調べた結果、メチレンブルー等の溶液の分解に対する光触媒活性は膜厚にあまり依存しないのに対して、アセトアルデヒドなどのガスの分解に対する光触媒活性は、厚さが300nm程度までは、ほぼ膜厚に比例して大きくなることがわかった。また、膜の構造に関しては、溶液の分解に関してはルチル層もアナターゼ相も同様の活性を示すのに対して、ガスの分解に対してはルチル相はほとんど活性を示さず、よく結晶化したアナターゼ相が大きな活性を持つことがわかった。

従来から提唱されているヒートミラーの構造では、最外層の厚さが30nm程度と非常に薄いため、上記の結果より、ガスの分解に対して小さい光触媒活性をもたせることしかできない。そこで、光学的なシミュレーションにより新たな層構造の探索を行った結果、最外層の酸化チタンの厚さが300nm程度でヒートミラー特性の得られる条件があることを見いだした。これにより、ガラス上に酸化チタン（300nm）／窒化チタン（30nm）／酸化チタン（30nm）という構造を作り、しかも最外層の酸化チタンをよく結晶化したアナターゼ相にすれば、光触媒特性とヒートミラー特性の双方を併せ持つ高性能ヒートミラーが実現可能であることを示すことができた。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 光触媒、ヒートミラー、酸化チタン

【研究題目】 高速演算処理用高効率熱放散システムの開発

【研究代表者】 小林 慶三（基礎素材研究部門）

【研究担当者】 小林 慶三、松本 章宏、西尾 敏幸

【研究内容】

高速演算処理用プロセッサから発生する熱を効果的に除去する放熱システムを開発するため、スパッタを利用した薄膜状熱電素子の開発などに取り組んだ。

(1) 多孔質銅ブロックの作製技術の開発

成形パンチの位置を制御することにより任意の空隙率を有する成形体を得るプロセス（空間制御型パルス通電焼結技術）を開発し、市販アルミニウム製ヒートシンクを上回る熱放散性を示す多孔質銅製ヒートシンクを後加工なしでニアネット成形した。

(2) Bi-Te系熱電材料の薄膜成形技術の開発

原料となる金属粉末を短時間のメカニカルアロイング（MA）処理で合金化し、パルス通電焼結によりターゲットに加工し、さらに特殊なマスクング技術を利用したスパッタ法により薄膜状熱電素子を作製する技術を開発した。

(3) ヒートシンクによる高冷却モジュールの開発

より高性能化した複合機能型熱伝導シート（相変化熱伝導材＋電磁波吸収（EMC）対策シート）に、多孔質銅ブロックの特性をさらに改善したコイル状銅とバルク状銅からなる新規なハイブリッド銅ヒートシンクを組み合わせて、高性能の冷却モジュールを試作した。実際に市販コンピュータに装着し、その冷却特性が市販アルミニウム製ヒートシンクの2倍以上であることを確認した。

(4) 低温域で作動する熱電材料の開発

毒性元素を含まない低温作動型熱電材料として Fe_2VAI を選定し、スパッタ技術を利用して Fe_2VAI を薄膜状素子に加工した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 熱電発電、Bi-Te、薄膜、ヒートシンク

【研究題目】 超伝導量子干渉素子を用いた革新的物性評価システムの開発

【研究代表者】 白川 直樹（エレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 池田 伸一、吉田 良行（日本学術振興会科学技術特別研究員）、堀之内秀有（(有) エレクトロラボ）

【研究内容】

新材料の開発ないし既存材料が持つ新機能の発掘（2001年に話題を呼んだ MgB_2 がよい例）には、それら材料の種々の極限的な環境における物性を正確に、効率的に評価していく必要がある。物性評価装置のひとつである、超伝導量子干渉素子を用いた磁化測定装置（米国 Quantum Design 社製の MPMS）は、4,000万円程度と高価であるにも拘らず国内外の研究機関に広く（500台以上）普及している。が、測定温度の下限は約2ケルビンで、近年発見が続いた、有機物質のみからなる強磁性体や、スピン3重項超伝導体など、1ケルビン付近に転

移温度を持つ種々の新物質には適用できない。そのためこれらの物質の研究は手作りの装置によって行なわれてきた。もし MPMS によってこうした新物質の研究ができるようになると、数多くの研究者に福音をもたらし、物質科学のフロンティアを切り拓こうとする世界規模の研究活動に資することができる。さらに、この装置に電気抵抗、ホール係数を測定できる機能を付加する事で多機能化し、研究開発の効率化支援する。加えて、この評価装置への液体ヘリウム補給を自動化することで、メンテナンスを省力化する機械の商品化にすでに成功した。こうした一連の改良により、高価な磁化測定装置の活用範囲を広げ、先端材料開発力のさらなる底上げに資することができる。

H14年度末までに、上記全ての製品化に成功し、さらにスペックの向上を目指して現在も開発が続いている。

【分野名】情報通信

【キーワード】超伝導量子干渉素子 (SQUID)、磁化測定、ヘリウム3

【研究題目】環境汚染物質含有土壌の低コスト型無害化システムの実用化技術開発

【研究代表者】鳥村 政基 (環境管理研究部門)

【研究担当者】田尾 博明

【研究内容】

本研究では、全国の土壌汚染地の汚染調査と土壌浄化がほとんど行われていない現状が汚染調査や土壌浄化に係るコスト起因しているとし、より安価で簡易な汚染物質測定法および無害化処理法の開発を目標として研究をすすめてきた。具体的には、環境汚染物質の高感度簡易測定法と汚染土壌の加熱酸化法を組み合わせることで、低コスト型 PCB・ダイオキシン等有害化学物質含有土壌の無害化処理システムの実用化を目指している。汚染物質の高感度簡易測定法の開発に置いては、測定対象物質が含まれる試料溶液から対象物質を流すだけで簡便に濃縮できるカラム型電解槽を設計・試作した。濃縮場として炭素繊維をカラム様に充填しこれを濃縮場とするだけでなく、同時に測定対象物質由来の電気化学信号を増幅して発信できる検出場としての機能も持たせることに成功した。この結果として、非常に希薄な測定対象物質の水溶液から目的物質を30分自動運転で15倍近く濃縮することが可能であった。現在の研究成果はモデル化学物質に対するものであり、今後 PCB やダイオキシン等の測定に対応した濃縮場の開発 (特異抗体の高密度表面修飾等) が必要となる。一方、汚染土壌の無害化処理法として、従来法に比べ低温で処理が可能な低コスト型酸化分解法の開発を行った。本法は湿式酸化法と OHラジカル法を応用した加熱酸化法であり、処理条件の最適化により従来法では分解できなかった難分解性物質含有排水の100%浄化を実現できるポテンシャルを持つことから、土壌スラリー中での適用性の評価を進めてきた。

高効率な土壌処理を実現すべく、反応条件の更なる最適化を図り、より低処理コストな (反応効率が高く浄化処理速度が高い) 装置の試作を目指して、現在装置設計に取り組んでいる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】土壌汚染、土壌浄化、簡易分析

【研究題目】排ガス中ダストの新型試料採取システムの開発

【研究代表者】小暮 信之 (環境管理研究部門)

【研究担当者】小暮 信之、酒井 茂克 (北海道環境科学研究センター)、小高波留香、白井 忠 (㈱東京ダイレック)

【研究内容】

工場などの固定発生源から排出される PM2.5微粒子濃度を簡単に測定可能な微粒子試料採取システムを開発するため、定流量等速吸引法に基づく口径可変式ダストサンプラを試作し、装置の各種特性試験を行った。試作したサンプラはダクトに挿入可能な1形式とし、φ47mmの円形ろ紙を装着して、等速吸引により採取したダスト質量と吸引したガス量からダスト濃度を求める、いわゆる JIS に準拠した普通型手動試料採取装置である。しかし、等速吸引は、吸引ノズルを選定し吸引流量を調整する従来の方式でなく、サンプリング管に付設した制御バルブを回転することにより、一定の吸引流量で吸引ノズルの口径を任意に変化させて行う新しい方法に基づく。口径の開閉性、耐熱性、漏れなどの基本的特性試験、関東ローム試験ダストを用いた研究室における JIS 法との比較試験及び実際の燃焼排ガスをを用いた各種ばい煙発生施設における JIS 法との比較試験を行った結果、JIS 法と極めてよい相関性が確認され、また等速吸引操作を極めて簡単に行えることができるなど、試作した口径可変式ダストサンプラの実用性が確認された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ダストサンプラ、PM2.5、ダスト濃度、定流量等速吸引、口径可変式

【研究題目】人工生体膜を被覆したセンサー用高感度・高選択性水晶振動子の開発

【研究代表者】芝上 基成 (物質プロセス研究部門)

【研究担当者】坂元 君年、荻原 珠子

【研究内容】

【目標・計画】

大気や河川に存在する極微量物質を素早く検知することは、環境保全の観点から極めて重要かつ有益なことである。また例えば血液にごく僅か含まれるタンパク質等の、いわゆるバイオ分子の種類や量を測定することは、実用およびサイエンスの両者の立場から高い価値が認められる。これらの目的を充足しうる手段の一つとして水晶振動子センサー (QCM) が挙げられる。しかし QCM

で様々な種類の極微量分子を検知するためには、水晶振動子に何らかの形で認識能を与えなければならない。本研究では味覚・嗅覚を司るといわれる生体膜を模倣した人工生体膜を水晶振動子表面に被覆することにより、分子認識能に優れたセンサー用水晶振動子を創製することを目的とする。本課題では特に新規な構造を持つ人工脂質を合成し、これを組織化することにより分子認識能に優れた人工生体膜の調製を試みる。

【成果】

生体膜に見られる糖脂質やリン脂質をモデルとした新規な構造を持つ人工脂質を合成した。これらの主たる構造的な特徴は(1)親水性に富む糖誘導体やエーテル部位を頭部を持つこと、(2)2本の長鎖アルキル基を疎水部を持つことが挙げられる。この特徴により、これらを構成分子とする人工生体膜は、水晶振動子表面上でラメラ構造を取ることが予測される。実際に人工生体膜を塗布した水晶振動子は、特定種の分子に対して強い吸着能を示すことが明らかとなった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 人工脂質、生体膜、水晶振動子

【研究題目】 塗布熱分解法による大面積超伝導膜の量産技術

【研究代表者】 熊谷 俊弥 (物質プロセス研究部門)

【研究担当者】 相馬 貢、真部 高明、山口 巖、近藤 和吉、塚田 謙一、矢部 明、神谷 国男

【研究内容】

塗布熱分解法は高価な真空装置を必要とせず、需要の急拡大が予想されるマイクロ波フィルタ素子等の開発にとって、低コストで高品質な超伝導膜を大量生産するのに最も適した手法と考えられている。本研究では、大面積超伝導膜の量産用塗布溶液の品質管理・評価技術の開発および枚葉式同時製膜プロセスの開発を行うことを目標とする。まず、ICP 発光分光分析装置を用いて、バッチ法で調製する塗布溶液の濃度及び金属組成比の精密制御ならびに品質管理技術を開発した。その結果、塗布溶液の濃度及び金属組成比を±5%以内の精度で再現性よく作製・評価する技術が確立された。また、作製した溶液の保管条件の最適化を行うことにより、ポットライフが向上した。さらに、この溶液を用いて作製された大面積超伝導膜の金属組成比が溶液組成比と一致することも示された。これと並行して大面積超伝導膜の枚葉式同時製膜プロセスを開発するために、温度センサーを埋め込んだ5cm 径及び7.5cm 径のウェハーを用いて、大面積赤外線加熱炉および横型管状炉内部の温度分布を測定し、昇温及び定温過程における加熱炉温度制御にフィードバックした。その結果、上記溶液濃度・組成制御技術の向上と相まって製品膜の均一性向上及び安定した製品特性の発現が確認された。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 塗布熱分解法、大面積超伝導膜、製膜技術、マイクロ波フィルタ

【研究題目】 カルボン酸ナトリウムを用いた廃液及び排ガス中の有機化合物の回収に関する研究

【研究代表者】 坂口 裕 (物質プロセス研究部門)

【研究担当者】 坂口 裕、蒲 康夫、小野澤俊也、山崎 信助、榊 愛由子、関口 道子、木田 吉重、井関 清治

【研究内容】

カルボン酸ナトリウム分子集合体及びカルボン酸ナトリウム長繊維を用いて、廃液及び排ガス中の有機化合物を効率的、選択的に回収すること、近い将来に実用化を行うこと、を目的として、共同研究を行った。産総研は、主として実験室レベルでの基礎研究を担当し、岡村製油(株)は、主として、長繊維製造のスケールアップを目差した大規模実験、実際の製造プラントからの廃液及び排ガス中の有機化合物の回収実験を担当した。

種々の炭素鎖長のカルボン酸ナトリウム長繊維を、確実に再現性よく製造する方法及び原理を明らかにし、特に、実用重要なステアリン酸ナトリウム長繊維を、ステアリン酸及び通常ステアリン酸ナトリウム結晶の両方を原料として製造する技術を、100リットル規模までスケールアップした。

実際の製造プラントの廃液中から、有機化合物、特にトルエンを効果的に回収し、更に、排ガス中の有機化合物、特にブタジエンを効率的に回収することが出来た。

海上に流出した重油の選択固形化、回収等、他の応用分野への展開、新しい回収技術についても、検討を行っている。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 カルボン酸ナトリウム、長繊維、炭化水素の固形化、海上流出油の回収

【研究題目】 ナノテクノロジー用マニピレータおよびプローブの実用化とその応用

【研究代表者】 三木 一司 (ナノテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 成島 哲也、小野 崇人 (東北大学)、長村 俊彦 (株式会社 ユニソク)

【研究内容】

従来は、カンチレバーの表面にレーザ光を反射させる、光てこ法と呼ばれる手法が原子間力顕微鏡の計測手法の主流であった。この場合には、照射光の反射方向の変化から原子間力を測定する。カンチレバー部分以外に光てこ部分が複合して装置構成が複雑であり、このために除振が難しく、装置のサイズを小さくするのも難しかった。これに対してピエゾ抵抗効果を用いたカンチレバー (微小変位検出器、特許2500331号 (1996. 3. 13登録)) は光

を用いない手法であり、かつ従来の光てこ法と同等の性能が出ることが本研究で実証できた。ピエゾ抵抗効果を用いたカンチレバーの多様化はナノテクノロジーの研究環境を飛躍的に高めると期待できる。その理由は多くのカンチレバーを同時に使うマルチプローブ技術を達成するための技術的な壁が非常に低くなるためである。これは装置構成を簡単にできるためである。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 走査型プローブ顕微鏡、多探針プローブ、カンチレバー、原子間力顕微鏡、マニピレータ

【研究題目】 臨床遺伝子診断用小型 DNA 解析装置の開発

【研究代表者】 町田 雅之（糖鎖工学研究センター）

【研究担当者】 近藤 勲、中村 道大、澤上 一美、阿部 初美（プレシジョン・システム・サイエンス株式会社）

【研究内容】

臨床遺伝子診断用小型解析装置事業化

国際ヒトゲノムプロジェクトが終了し、ゲノムの精密な解読により、疾患に関係する遺伝子の変異が続々と発見されつつある。同時に遺伝要因と環境因子がからんで発病する疾患関連遺伝子も突き止められている。特に「一塩基多型（SNP）」を利用した疾病関連遺伝子の発見やゲノム医学への展開は、テーラーメイド医療や診断、創薬の面から、医学医療分野を刷新するものと予想される。このためには、特異的 DNA を検出、集約し、迅速かつ信頼性の高い自動化 DNA 検査技術が求められることになる。そこで、血液や唾液などの試料から、DNA の抽出・精製、増幅、SNPs 解析のための反応、と続く一連の反応を全て自動で行い、最終解析結果が出力される完全自動システムを開発を目的とし、このために必要なプロトコールの基盤を開発する。

本研究課題では、これまでに基盤を築いたアダプター法による SNP の検出技術について、単一の容器で2つの SNPs を検出するための反応系の確立、および自動化処理を行うための最適化について重点的に開発した。特に、安定的に試料を調製するためのマルチプレックス PCR の条件、処理時間を短縮するための各反応工程の最適化と至適時間の設定を行った。また、磁気ビーズを用いた汎用の自動処理装置を用いて、全自動化が可能であることを示した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 一塩基多型（SNP）、磁気ビーズ、自動処理

【研究題目】 熱電変換素子用材料製造に関する研究

【研究代表者】 舟橋 良次（生活環境系特別研究体）

【研究担当者】 舟橋 良次、鹿野 昌弘、浦田 さおり

国吉 幸浩、中尾日六士、井上 七重、日高 一久（堺化学工業株式会社）

【研究内容】

産総研が開発した Co 系熱電酸化物大型単結晶を多結晶と複合化した単結晶複合体を作製した。この複合体の熱電性能指数は0.5以上となり、この系の多結晶体ではこれまでにない高い値となった。n 型酸化物をコンビケム技術により探索した。今年度は特に高速評価法の確立を目指し、短時間で多数試料のゼーベック係数が測定できるゼーベックテスターを開発した。このテスターの開発により1000種類の試料合成と特性評価が一日で可能となった。これまでに見つかった有望な n 型酸化物は LnNiO_3 と Ln_2NiO_4 である。この中でも LaNiO_3 は電気抵抗率が非常に低く期待がもてる物質である。これらの酸化物の大量生産を目的とした、組成の最適化、焼成条件の最適化を試みた。今後、これらの酸化物粉末材料製造の工業化を検討する。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 コンビナトリアルケミストリー、高効率物質探索、触媒材料、熱電材料

【研究題目】 高効率球状超微粒子発光体の開発

【研究代表者】 徐 超男（基礎素材研究部門）

【研究担当者】 徐 超男、西久保桂子、師 文生

【研究内容】

（目標）

産業技術総合研究所の保有する技術シリーズ「高輝度球状微粒子発光体」を活用し、プラズマディスプレイや新規なセンサーなどに応用する高効率球状超微粒子発光体を開発する。

研究計画：高効率球状超微粒子発光体の目標使用並びに実用化コストを達成するために、理論解析、パラメーター最適化手法を用い、球状粒子およびナノ粒子の制御技術を開発すると共に、球状超微粒子の製造条件を確立する。さらに、超微粒子の紫外励起発光特性、応力発光特性を評価し、球状粒子とナノ粒子の合成機構の解明を行い、高輝度超微粒子発光体の量産化技術の確立を目指す。

（年度進捗状況）

本研究では、発光輝度は対象になっている超微粒子発光体の化学組成とともに、結晶の微細構造や、表面状態などにも強く依存することが分かった。発光体微粒子の方は通常の発光体粒子よりも製造条件で大幅に変化し、再現できる結果に至るまでは実験を重ねることにより、各種制御因子を明らかにしてきた。その結果、これまでに困難とされてきた高結晶性の微粒子発光体の作製に成功し、結晶性と粒子サイズ・形状の制御技術を開発した。これらの球状発光粒子は、発光輝度が高い上、製膜に有利で、高輝度蛍光体としてプラズマディスプレイパネル（PDP）に実用化可能であることが明らかになった。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 発光体、球状粒子、超微粒子

〔研究題目〕 活動支援型健康状態モニタリングシステムの開発

〔研究代表者〕 上野 直広（基礎素材研究部門）

〔研究担当者〕 上野 直広、秋山 守人、永田 可彦、
福田 修（人間福祉医工学研究部門）

〔研究内容〕

本共同研究は、自動車のドライバーの健康状態モニターや高齢者のホームケアに用いる、人体の脈波情報を基本とした健康状態モニタリングシステムを開発し、産総研の特許技術やノウハウのライセンス化を促進することを目標とする。基礎素材研究部門で開発した高い耐久性と様々な形状に変形可能な柔軟性を備えるフレキシブル箔状圧電センサについて、脈波センサとしての特性向上、量産化のための連続成膜技術の確立を行う。また、人間福祉医工学研究部門の脈波信号解析技術・ミミックセンサ技術を基に、車内などの実環境において発生するアーチファクトなどの除去技術、および信号解析技術の開発を行う。また共同研究先の企業である(株)パラマ・テックは、自動血圧測定装置では日本ではトップクラスのシェアを占め、また最近では携帯型デジタル心電計を開発して健康モニターの分野に力を入れており、これまで蓄積してきた生体信号測定装置の開発技術を活用することで、実装技術に関する問題の解決を図る。本年度は、使用フィルムの材質の選定によるフレキシブル箔状圧電センサの柔軟性・形状復元性の向上、圧脈波信号に対する脈波信号解析の最適化などを行い、各課題要素への対応を行った。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 健康モニター、脈波、圧電、ミミックセンサ

〔研究題目〕 神経栄養因子（BDNF）の細胞生存活性を細胞死活性に変換する機能的な塩基多型（Functional SNP）の研究とその応用展開

〔研究代表者〕 小島 正己（人間系特別研究体）

〔研究担当者〕 小島 正己、秋山 泰、広川 貴次、
富井健太郎、達 吉郎、上垣 浩一、
安宅 光雄、田口 隆久、川崎 隆史、
藤森 一浩

〔研究内容〕

我々のゲノム上には、「一塩基多型 SNP（Single Nucleotide Polymorphism）」と呼ばれる DNA 変異が、数百塩基に一個の割合で存在し、その出現パターンは各人で異なっている。そこで、SNP 配列を指標にした個別治療法の開発が、現実味を帯びてきた。しかし、ゲノム上の全 SNP 配列を決定する網羅的研究は国家プロジ

ェクトとして進んでいるが、SNP 配列の機能を明らかにする研究は世界的に見ても進展がない。

本研究では、「脳由来神経栄養因子 BDNF（Brain-Derived Neurotrophic Factor）」と呼ばれる神経系成長因子の SNP を研究する。BDNF の生理作用は、神経細胞の生存を維持し、神経活動を活発にすることである。本研究では、BDNF のプロセッシングサイトに位置する SNP に注目し、この SNP 依存的な神経細胞死のメカニズムを明らかにすると同時に、そのリスクから脳を守るべく創薬に資する研究を行う。ここまでの研究から、この SNP は、BDNF のプロセッシングを阻害し、活性型 BDNF の産生を低下させることがわかった。さらに、この BDNF を発現させた神経細胞をストレス環境下に置くと、通常以上に細胞死が誘導されることがわかった。つまり、この提案で注目する SNP は、BDNF の機能を「細胞生存活性」から「細胞死活性」に変換し、我々の脳の重大な「リスクファクター」として働く可能性が強い。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 神経細胞、DNA、蛋白質

〔研究題目〕 分散型熱物性データベースに関する研究と公開

〔研究代表者〕 馬場 哲也（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 奥宮正太郎、佐々木 緑、石川加寿子

〔研究内容〕

（目標）

開発された計量標準技術を活用して、材料の熱物性に関する標準データを測定により取得し、その信頼性を評価して一般に公開する。

（研究計画）

分散型熱物性データベースマネージメントシステムを改良し、オンラインジャーナルとのデータ交換・参照機能を実現するとともに、物質・材料の記述、分類方法の構造化する。また、平成14年度に供給を開始する熱物性標準物質の標準値および標準物質候補材料について取得したデータを収録する。また代表的な金属、半導体、セラミックスなどの文献データを収集、評価し、100件程度の標準データを収録する。さらに基本材料および新規に開発される材料について500件以上の熱物性データを収録する。

（年度進捗状況）

分散型熱物性データベースマネージメントシステムにおいてオンラインジャーナルとのデータ交換・参照機能を実現した。また、収録する熱物性データに対応する物質・材料の記述、分類方法の体系化を図り、ガラ状黒鉛の熱膨張率と高密度等方性黒鉛の熱拡散率および、代表的な金属、半導体、セラミックスなどの文献データを収集、評価し、約120件の標準データを収録した。さらに基本材料および新規に開発される材料について約600件の熱物性データを収録した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造
 【キーワード】 データベース、熱物性、分散型、インターネット

【研究題目】 都市圏における人為起源元素の分別分析と多元素相関解析

【研究代表者】 千葉 光一（計測標準研究部門）
 【研究担当者】 稲垣 和三、伊藤 彰英、藤森 英治（名古屋大学）

【研究内容】

都市圏を代表する試料として大気浮遊粒子に着目し、誘導結合プラズマ質量分析法（ICP-MS）及び誘導結合プラズマ発光分析法（ICP-AES）を用いて、大気浮遊粒子の主成分から超微量元素までの多元素定量法の確立を目指した。

大気浮遊粒子試料を多量に捕集することは困難であるため、少量試料からの多元素分析法の開発を試みた。まず試料約50mgを硝酸/フッ化水素酸/過塩素酸を用いる酸分解法により溶液化し、主成分元素はICP-AESで、微量元素はICP-MSで定量した。また、白金族元素に関しては、Te共沈によりマトリックス元素を除去した後、ICP-MSで定量した。

名古屋市都心部、郊外部、湾岸部の道路脇から捕集した粉塵試料（計10試料）を分析した結果、白金族元素6元素を含む約50元素の定量値を得ることができた。この結果をもとに、Alで規格化した相対濃度を、地殻中相対濃度と比較した濃縮係数を算出して考察したところ、Si, Na, Mg, Caの濃縮係数はいずれの試料についてもほぼ1であり、ほとんどが自然起因であるのに対し、Cr, Zn, Mo, Cd, Sbの濃縮係数は地殻と比べて10-100倍濃縮されていた。したがって、これらの元素は人為的に環境中に排出され、粉塵中に存在していたと考えられる。さらに、白金族元素のPt, Pdの濃縮係数は10以上であり、自動車の3元触媒を起源として大気環境中に排出されたものと考えられる。また、採取地域ごとと比較すると、特に湾岸域で、Cr, Mo, Zn, Cdなど多くの元素の濃縮係数が他の地域に比べて高かった。この結果は、湾岸域が工業地帯に近接していることを反映したものと考えられる。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 都市圏、元素、元素の分別分析、多元素相関解析、濃縮係数、大気浮遊粒子、誘導結合プラズマ質量分析法（ICP-MS）、誘導結合プラズマ発光分析法（ICP-AES）

【研究題目】 新規代替冷媒の熱物性計測とデータベース開発に関する研究

【研究代表者】 馬場 哲也（計測標準研究部門）
 【研究担当者】 藤井 賢一、増井 良平、倉本 直樹、

関屋 章、田村 正則、徳橋 和明
 水門 潤治（フッ素系等温暖化対策テクノロジー研究センター）

【研究内容】

地球環境保全のために、新規代替物質の化学合成とその熱物性計測を行い、そのデータベースを開発して、ヒートポンプシステム等の省エネルギー化を図ることを目的とする。新規代替冷媒であるHFE-245mc(CF₃CF₂OCH₃)は、トリフルオロアセチルクロリド(CF₃COCl)とメチル p-トルエンスルホネート(p-CH₃C₆H₄SO₃CH₃)、及びフッ化カリウム(KF)との反応により合成した。この反応で合成したHFE-245mcには、不純物としてフルオロメタン(CH₃F)、及びクロロメタン(CH₃Cl)が含まれる。これらの不純物は沸点が異なるため低温蒸留により除去し、GC分析値99.999%の高純度サンプルを合成した。この物質のPVT性質を新たに開発した磁気式密度計により0.02%の精度（相対標準不確かさ）で計測し、温度：室温～107℃、圧力：0.1～30MPaの範囲で合計62点の実測値を得た。新規代替物質の化学合成能力を持ちその地球環境保全効果を評価できるフッ素センターと、最先端の計測技術を使って物性を測定できる計測標準研究部門との連携によって、熱利用システムの成績係数(COP)を正確に評価できる信頼性の高い熱物性データベースの構築を行った。この研究はヒートポンプシステム等のCOPの正確な評価を可能とするものであり、その物性情報の普及は地球環境保全と我が国の地球環境産業の発展に寄与するものである。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 代替冷媒、熱物性、データベース

【研究題目】 次世代パルスドリブン型電圧標準システムの基礎技術開発—ジョセフソン交流圧標準の研究

【研究代表者】 吉田 春雄（計測標準研究部門）
 【研究担当者】 岩佐 章夫、村山 泰、東海林 彰、山森 弘毅、佐々木 仁、石崎 真弓（エレクトロニクス研究部門）

【研究内容】

- ① 目標：ジョセフソン電圧標準の交流への拡張を図る。
- ② 研究計画：素子の高密度・高品質化、デバイス周波数広帯域化を目指したデバイス開発と交流発生回路開発、ならびに精密評価技術開発を行う。
- ③ 年度進捗状況：2～3個のジョセフソン接合を積層した構造からなる12,288個の直列接続ジョセフソンアレーを作製し、量子電圧約400mV、電流幅約1mAを得た。この結果、約32万個の素子を組み込むことが必要な10Vの電圧標準デバイスに、積層構造素子を組み込む可能性が示された。一方、約32万個の素子を有するデバイスの開発には、素子構造に含まれる絶縁薄膜の抜本的な改善がなければ、素子イールドの低下が大き

な問題となることが分かった。デバイス評価に不可欠な電圧精密評価装置は試作・調整中である。

【分野名】標準

【キーワード】ジョセフソン効果、交流電圧標準

【研究題目】気体流量標準用音速ノズルの標準化

【研究代表者】寺尾 吉哉（計測標準研究部門）

【研究担当者】石橋 雅弘、中尾 晨一、高本 正樹

【研究内容】

計量研／産総研で独自に進めてきた超精密加工音速ノズルに関する研究成果を基に、音速ノズルに関する JIS 草案を作成することを目的とする。その際、現在改訂作業中である音速ノズルに関する国際規格 ISO9300にもその成果の導入を提案し、ISO の改訂版と可能な限り整合性の取れた JIS 草案の完成を目標とする。

計量研／産総研では、音速ノズルに関する研究を1990年頃から本格的に始め、これまで世界的にもデータがなかった小流量域での精密測定結果を膨大に有するにいたった。その結果は現 ISO の式と大きく異なるため、その導入による大幅変更を ISO に提案した。この大きな食い違いは、現 ISO が大流量域での測定結果のみに基づいて作られていたためであり、小流量領域での使用が増えるにつれ、問題が大きくなりつつあるところであった。当初は半信半疑で迎え入れられた提案も、様々な国際比較や追試等が行われ、最終的には全面的にそのまま取り入れられることとなった。

また、通常よりも格段に形状誤差が小さい超精密加工音速ノズルを用いると高精度の流量測定が可能となるため、その導入も ISO に同時に提案していたが、これもそのまま取り入れられることとなった。これにより、これまで一般に「音速ノズル」と呼ばれていたものが「普通加工の音速ノズル」と格下げとなり、その影響は極めて大きい。

この ISO は、現在、草案 (DIS) が完成し、ほぼそのまま国際規格となる見通しである。したがって、これと等価な JIS が完成すれば国際的整合性も全く問題ないものとなり、ISO に等価な JIS 草案を完成した。

【分野名】標準

【キーワード】気体流量、音速ノズル

【研究題目】信頼性の高い真空計測方法の標準化

【研究代表者】平田 正紘（計測標準研究部門）

【研究担当者】秋道 斉、杉沼 茂実、国分 清秀

【研究内容】

半導体製造などの先端産業では、正確な真空圧力測定が重要課題であって、真空・span>v の比較校正法と実用真空計の使用法などは不可欠の情報である。そこで、真空計の高精度の比較校正法、及び、比較校正と実用真空測定に使用する真空計（スピニングローター真空計 (SRG)、隔膜真空計 (DG)、電離真空計 (IG) など）

を高精度・高信頼度で操作する方法の確立・標準化 (JIS 化、ISO 化) を目標とする。まず、真空計の比較校正法の JIS の改正を目指し、高精度化の問題点を明確にするために比較校正装置を試作した。真空測定では、圧力範囲に適切な真空計の選択、真空装置への取り付け、操作、管理、校正、測定値の評価が重要な課題となる。標準化項目を洗い出し、各項目の内容の検討を進めた。SRG は他の真空計に比べて中・高真空中で最も高い信頼性を有し、実用真空計を比較校正・span>キる時の基準真空計に有力である。しかし、1)パラメータ (温度、気体の分子量、ローターの密度など) の不適切な入力による誤った指示、2)低圧側の測定限界と精度を決めるオフセットの変動と指示値のばらつき、3)通常0.1%程度で安定な感度の突然の変化 (約2%)、4)分子流から粘性流になる0.1Pa 以上の高圧における感度の低下とその補正限界、などの問題がある。JIS 化項目を洗い出し、実験と各項目の内容の検討を進めた。

【分野名】標準

【キーワード】真空計、比較校正、スピニングローター

【研究題目】ファスト・リバース DC 法に関する標準情報

【研究代表者】高橋 邦彦（計測標準研究部門）

【研究担当者】佐々木 仁

【研究内容】

研究計画

ファスト・リバース DC 装置を一般的に利用するため、これまでに提案した評価手法を更に一般化、汎用化する試験方法、システムについて研究し、併せて、標準化されたシステムと試験手法の普及を目的に、より廉価な汎用インターフェイスとそのドライバを開発する。

年度進捗状況

単年度計画であるため、TR の作成に向けたすべての作業を平成14年度にて実施。規格化に向けた用語、あるいは試験方法についての理論的な検討、審議を目的に、交流電圧、電流標準を利用する企業と標準供給を担う中立試験事業者が参加する委員会を電気学会、関係する工業会の主導の基で組織した。同委員会では、熱電形交直変換器が有する交直差、用語、ファスト・リバース DC 装置評価法、交直差比較試験法の標準化原案を作成し、また同委員会に参加企業、公的校正機関の間でサンプルを用いたトレーサビリティの検証のための持ち回り試験を実施した。

【分野名】標準

【キーワード】交直変換器、交直差、ファストリバース法

【研究題目】超高温水を利用した有機化合物の分離・検出技術の開発と化学標準分野への応用に関する研究

【研究代表者】 鎗田 孝（計測標準研究部門）

【研究担当者】 黒岩 貴芳、衣笠 晋一

【研究内容】

今日高速液体クロマトグラフィー（HPLC）は環境分析等に欠くことのできない分離分析手法となっているが、一方で有機溶媒を定常的に使用するため環境へ及ぼす負荷は無視できない。そこで、水を高温高压状態（超高温状態）にすると有機化合物の溶解力が増加することに着目し、超高温水を移動相に利用したクロマトグラフィー（超高温水クロマトグラフィー、SWC）の開発を行うとともに、化学標準分野への適用を検討した。SWCを長時間連続運転するためには、耐久性に優れた充てん剤の適用が不可欠である。そこで、数種類の HPLC 用充てん剤について SWC における耐久性を評価し、ポリ（ステレンージビニルベンゼン）共重合体が SWC に良好に適用可能であることを見いだした。また、SWC の保持挙動に関して、移動相－固定相間の溶質の移動 ΔH を一定とする、疎水性相互作用が支配要因であることを明らかにした。さらに、FID（水素炎イオン化検出器）や ICPMS（誘導結合プラズマ質量分析計）、NMR（核磁気共鳴装置）との複合化により、化学標準分野において困難であった対象物質の分析可能性を検討した。このうち、FID との複合化では、従来の HPLC では困難であった飽和有機化合物の検出を可能とするとともに、ワイン中のエタノール測定に適用し従来分析法と同程度の定量精度を得ることに成功した。

【分野名】 標準

【キーワード】 クロマトグラフィー、高温高压水、超高温

【研究題目】 走査電子顕微鏡分解能測定法の標準化

【研究代表者】 エレクトロニクス研究部門

デバイス評価計測グループ

【研究担当者】 岡山 重夫、松畑 洋文

【研究内容】

（目標）

平成16年度以降に、電子顕微鏡メーカーによる成果と産総研の研究成果を踏まえ、ドキュメントとしてまとめ、TC202/SC4国内委員会提案（JIS K0132-1977改定）として ISO/TC202/SC4へ提出する。

（平成14年度計画と進捗状況）

- (1) SEM のデジタル画像データを取り込み、フーリエ変換、自己相関、相互相関等の解析を可能とするソフトウェア環境の整備。
- (2) 分解能評価用の標準試料作製技術とコンタミネーション低減技術

HOPG（高配向グラファイト）を基板として微細な金属蒸着粒子を堆積した分解能評価用の試料を作製し、試料作製技術としての有効性を実証。

（平成15年度計画）

- (1) 分解能評価用の試料作製技術と試料評価法を確立する。

- (2) フーリエ変換、自己相関、相互相関等の解析手法による分解能測定値の比較と標準化に必要な評価手法に関する課題の明確化

- (3) 分解能評価測定データの蓄積とデータベース化（平成16年度計画）

- (1) ラウンドロビンによる測定・評価比較

- (2) 分解能評価法に関するドキュメントの整備。ISO 提案用の基本ドラフトの取り纏め

【分野名】 標準

【キーワード】 走査電子顕微鏡、SEM、分解能

【研究題目】 ファインセラミックスの加工損傷評価手法の標準化

【研究代表者】 兼松 渉（セラミックス研究部門）

【研究担当者】 宮島 達也、伊藤 正治、川原みゆき

【研究内容】

セラミックスの更なる用途拡大を図るためには、将来的にはセラミックスの用途別に材料規格の体系が整備されることが必要と考えられるが、その前段階として、部品の製造プロセスの中核をなす機械加工の過程で、特性劣化を生じないことを保証することが不可欠と考えられる。本研究は、セラミックスの部品加工工程で最も多用される研削加工において表面に残留する損傷の評価手法について、JIS 規格の素案を作成することを目標に、平成13年度から3年計画で開始されたものである。

本年度は、平成13年度において作成した規格の一次素案において明らかにできなかった強度低下判定に必要な試験片本数および、曲げ試験治具に求められる性能を中心に詳細な検討を行った。試験片本数の決定に際しては、手法の厳密性を考慮するとともに、利用者の利便性を考えて適用事例を添付した。用いる用語に関しては、JIS、ISO 等の関連規格を参考に、それらとの整合性が保たれるよう配慮した。その結果をもとに付録に示すような規格の第二次案を作成した。

なお規格案のなかでは、暫定的な条件や設定値がなお残されているが、これらについては平成15年度における詳細な検討および外部意見の聴取を通して、さらに適正化を進める予定である。具体的には、試験片の加工条件、砥石の目直し条件および、曲げ試験治具の仕様については、過度に厳密な条件設定ではなく、利便性を考慮した実態にあわせたものとする予定である。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 構造用セラミックス、研削加工、き裂、曲げ強度

【研究題目】 非酸化物系ファインセラミックスの化学分析方法の標準化

【研究代表者】 上養 義則（セラミックス研究部門）

〔研究担当者〕 上養 義則、柘植 明、森川 久

〔研究内容〕

本研究は非酸化物ファインセラミックスのうち、炭化ケイ素並びに窒化ケイ素中の非金属成分 (C, N, O, F, Cl, S) の定量方法を確立し、現行の JIS R 1616並びに 1603中に記載された懸案事項を解決して、同 JIS の改正を目的に実施するものである。前3者は燃焼分解／ガス分析法で、後3者は高温熱加水分解／分離分析法で定量する。

燃焼分解／ガス分析法では作製したモデル試料を用い、遊離炭素中の有機物炭素と黒鉛状炭素の分別定量条件について検討した。その結果、550℃で3分間の燃焼を行って有機物炭素を燃焼させた後、850℃で5分間の加熱を行って黒鉛状炭素を燃焼させる手法が最適であることを見だし、遊離炭素の分析手法を確立した。また、窒化ケイ素中の窒素の定量をトレーサビリティの確保されたものにするための基礎的な検討を行った。

高温熱加水分解／分離分析法では、まず、炭化ケイ素中の硫黄の定量的な回収を目的に検討を行った。各種硫黄化合物について1500℃までの熱重量分析を行い、化合物の違いによる分解挙動の違いが硫黄の回収率に影響することを突き止めた。炭化ケイ素中における硫黄の存在形態であると考えられる硫酸塩の回収率は95%以上であり、定量的な測定が行われていることが分かった。次いで窒化ケイ素中のハロゲン及び硫黄の定量法について基礎的な検討を行い、反応管の両端を保温すると効果的であることが分かった。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造、標準

〔キーワード〕 JIS、炭化ケイ素、窒化ケイ素、非金属成分、化学分析方法

〔研究題目〕 PM2.5測定装置の標準化

〔研究代表者〕 吉山 秀典（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 吉山 秀典、白波瀬雅明

〔研究内容〕

大気中に浮遊する微粒子の中で2.5 μm 以下の微粒子を選択的に捕集する装置の標準 (JIS) 化を目指した研究である。この研究では微粒子の分粒特性、流量計の特性及び捕集した微粒子を計量する方法などを検討しなければならない。

平成14年度は分粒特性について標準粒子の発生装置を確立し、検出方法を検討した。噴霧法としては、標準粒子を含む溶液を効率良く噴霧するために、試作と市販の噴霧器を試験し、原子吸光に適用されているアトマイザーに絞り、検出法としては空気力学的粒径分析器とし、この検出器の校正を行った。流量計についてはピストン式、湿式及び膜式流量計の校正精度や容易さを検討した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 PM2.5、微粒子、JIS、採取装置

〔研究題目〕 金属系材料の腐食・疲労試験方法の標準化

〔研究代表者〕 岡崎 義光（機械システム研究部門）

〔研究担当者〕 岡崎 義光

〔研究内容〕

(目標)

金属系材料は構造材料や医療材料などに多く使用されている。しかし、寿命を予測する上で重要な腐食疲労特性に関するデータは、データ取得に長期間を要するために民間団体のみではデータが取得しにくく、標準基盤研究による体系的なデータの整備及び試験方法の確立が ISO 及び産業界から強く求められている。そのため、金属系材料における腐食・疲労試験方法を確立し、標準化を行うことを目標とする。

(研究計画)

金属材料の腐食疲労試験に関しては、回転曲げ疲れ等の疲労試験の JIS はあるが、実際に使用される環境では腐食を伴って疲労破壊することが多い。金属系材料の腐食疲労特性に及ぼす製造条件、試験片形状、負荷荷重、周波数、波形、摩擦、腐食環境、ねじり等の影響に関するデータを取得・解析し、規格案としてまとめる。特に、生体内環境等実使用を模擬し、さらに、加速的腐食環境等を考慮した条件での腐食疲労試験方法を検討する。

また、耐食性や腐食疲労特性の低下(材料劣化)により、溶出する各種微量金属が生体や環境に与える影響を調べるため、各種溶液中に溶出する金属イオンの定量及び機能・炎症反応による生体防御機構を担う細胞の培養方法を検討し、データ取得を行う。

(年度進捗状況)

今年度は、ISO に金属系インプラント材料として規定されている材料のうち代表的な合金に対してデータを取得するため、Co-Cr 合金、高窒素ステンレス鋼に対して腐食疲労データを取得するとともに、昨年度に引き続きチタン材料についても周波数、波形、ねじり等の影響を検討し、データ取得を行った。また、破壊のメカニズムを解析するために亀裂伸展状態と破面観察を行った。各種溶液中に溶出する金属イオンの定量を行うとともに、機能・炎症反応による生体防御機構を担う細胞の培養方法を検討し、金属イオンの影響についてデータ取得を行った。

〔分野名〕 標準

〔キーワード〕 疲労特性、力学試験、金属材料

〔研究題目〕 相補形シリコン細線デバイスの開発とその評価

〔研究代表者〕 松川 貴（エレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕 昌原 明植、金丸 正剛、長尾 昌善、山内 洋美

〔研究内容〕

(目標)

シリコンナノ構造においてはじめて顕在化する電子現象を利用した集積可能な要素デバイスの開発を行うことを目的とする。また、デバイス内部のナノスケール電氣的特性分布の計測技術を開発する。

(研究計画)

- (1) 相補形シリコン細線デバイス：ゲート制御 SOI (Silicon on Insulator) 細線 FET において発現する細線電流のヒステリシス現象を利用し、n 型細線 FET と p 型細線 FET を並列接続した相補形細線 FET による共鳴出力トランジスタの原理実証を行う。
- (2) ナノスケール微小領域電位計測技術：細線デバイスのナノスケール電位分布を走査型マクスウェル応力顕微鏡により測定し、本技術がナノデバイス評価に適用可能であることを実証する。

(進捗状況) シリコン細線チャネル、サイドゲート、SOI 基板ゲートによる4端子素子を作製し、サイドゲートによる細線表面への帯電制御が可能であり、それによる細線電流変調を実証した。この変調は n 型細線と p 型細線で相補的動作をすることを見出した。これを利用した相補的細線 FET を試作し、共鳴的出力特性を示すことと、そのピークの位置と幅をサイドゲート電圧印加により制御できることを実証した。また、ナノスケール電位分布計測技術として走査型マクスウェル応力顕微鏡により上記素子の電位分布を測定し、素子の動作解析を行った。これにより本計測技術がナノスケール素子の電位評価に有用であることを実証した。

[分野名] 情報通信

[キーワード] シリコン細線、SOI、走査型マクスウェル応力顕微鏡

[研究題目] 高電気伝導性酸化物の極微細 XMOS トランジスタへの応用

[研究代表者] 柳澤 孝 (エレクトロニクス研究部門)

[研究担当者] 白川 直樹、池田 伸一、長谷 泉、清水 貴思、昌原 明植、鈴木 英一

[研究内容]

高電気伝導酸化物を世界で初めて極微細トランジスタのゲート電極に応用し、その有効性を実証するのが研究の目標である。われわれが結晶育成を行ったモリブデン酸化物 SrMoO_3 は酸化物でありながら銅に匹敵する電気伝導率を有しているという特異な物質である。現在までに、単結晶を育成して詳しく結晶構造や物性の研究を進めているところであるが、本研究では、これを薄膜化することにチャレンジし、導電性を劣化させずに薄膜を作成する技術を確認する。薄膜化の方法としては、プラズマダメージの小さいヘリコンスパッタ法やプラズマレーザ堆積法について詳細な実験を行い、条件の最適化を行うことで実現することを第一の目標とする。そののち、さらに一歩進めて、当該薄膜を XMOS のゲート電極として形成し動作確認を行う。最終的には、50nm スケ-

ルの酸化物ゲート電極/絶縁膜の MOSFET の動作確認を目標とする。

第一段階として、単結晶育成および薄膜作製を行う。プラズマレーザ堆積法により詳細な実験により薄膜化の条件の最適化を行い、どのような条件化で導電性のよい薄膜が得られるかを明らかにする。得られた薄膜の電気抵抗測定を行い現在電極として用いられているポリシリコン等との比較を行う。

H14年度は高導伝性モリブデン酸化物 SrMoO_3 の単結晶育成および薄膜化に成功した。単結晶の電気抵抗は室温で $20 \mu \Omega \text{cm}$ であり、酸化物としては破格の非常に低い抵抗値が得られた。

[分野名] 情報通信

[キーワード] 高電気伝導性酸化物、薄膜育成、トランジスタ

[研究題目] 多バンド超伝導体の基礎物性

[研究代表者] 田中 康資 (エレクトロニクス研究部門)

[研究担当者] 伊豫 彰、エイドリアン クリサン (JSPS フェロー)、常盤 和靖

[研究内容]

提案グループで10年以上の蓄積のある多バンド超伝導体の物質開発と提案者を中心に再構築した独創的な多バンド超伝導物性理論を組み合わせ、基礎科学と応用に大きなインパクトを与える新概念の確立に挑戦する。具体的には、3年間で f -soliton を捕獲するのが目的であり、平成14年度はその1年目である。

平成14年度は Cu-1234 中にある二つの超伝導オーダーパラメーターのダイナミクスの人工的な制御を試みた。 f -soliton の発現には、二つのオーダーパラメーター間の相互作用や、一つ一つのオーダーパラメーターの固有の凝縮温度 (超伝導になる温度) の制御が必須だからである。 Cu-1234 では、複数の CuO_2 超伝導面があるため、超伝導オーダーパラメーターも複数個ある。マクロな超伝導転移温度は、高い T_c を持つ超伝導オーダーパラメーターによって指定されるが、 f -soliton の発現は、理論的には、マクロな T_c ではなく低いほうの T_c (T_{c2}) 以下でおきる。

電荷供給層にある酸素の量をかえることにより、マクロな T_c を変えず、低い T_c だけを制御することができる。このようなことができるのは、 Cu-1234 などの多層型高温超伝導体だけであり、その試みは、世界的になされたことのない、きわめてユニークな実験である。これは、 T_{c2} と T_c の一致という形や、小さいギャップの喪失という形で、NMR やラマンスペクトルにミクロな現象の変化として確認できた。また、磁束格子融解磁場というマクロな物理量にもその影響が現れていることも明らかになった。

[分野名] 情報通信

[キーワード] 超伝導エレクトロニクス、量子コンピュー

ーター

【研究題目】高性能キャピラリー分離・分析システム構築のためのチップ型シリカ系マイクロモノリシックカラムの開発

【研究代表者】 太田 一徳（セラミックス研究部門）

【研究担当者】 大橋 優喜、砥綿 篤哉、森川 久

【研究内容】

高性能かつ低環境負荷型のキャピラリー分離・分析システム〔特に、微粒子（分離材）等を充填した毛細管（キャピラリー）を分離場として使用する電気泳動法（キャピラリー電気クロマトグラフ法、CEC）〕を構築するための、最重要な課題は、高性能かつ取り扱いやすい形状のキャピラリーカラムの開発である。本研究は、主として、CEC 用の高性能かつ取り扱いやすい形状のカラム（チップ型シリカ系マイクロモノリシックカラム）の調製（開発）を目標とする。

1年目（平成14年度）は、チップ型シリカ系マイクロモノリシックカラムの調製方法の確立に関する基礎的な検討を、2年目（平成15年度）は、1年目の研究成果を基に、シリカ板を用いてチップ型シリカ系マイクロモノリシックカラムの調製を行う。

平成14年度は、内径100 μm 程度の熔融石英管を用いて、その壁面と一体構造であり、かつ、マイクロサイズの貫通孔とナノサイズの非貫通孔を有するシリカ連続体カラム（マイクロモノリシックカラム）の再現性のよい調製方法及びその特性について検討を進めた。その結果、調製したカラムは、マイクロ液体クロマトグラフ法用の高性能な分離カラムとして機能するとともに、CEC 用のカラムとしても十分使用可能であった。しかしながら、このカラムを用いる CEC では、分離に比較的長い時間を要した。これは、マイクロ液体クロマトグラフ用のカラムと CEC 用のカラムでは、最適なシリカ連続体の状態（固定相の密度）が異なることを示唆する結果である。現在、CEC により適した流体抵抗の小さいカラムの調製について検討を進めている。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 キャピラリー分離・分析システム、キャピラリー電気クロマトグラフ法、シリカ系マイクロモノリシックカラム

【研究題目】ペプチド性シデロフォアをモデルにした新規錯体触媒の開発

【研究代表者】 井上 宏之（海洋資源環境研究部門）

【研究担当者】 滝村 修、山岡 到保

【研究内容】

トリブチルスズ（TBT）分解菌から、4種類の有機スズ分解活性を示すシデロフォアを精製した。その内2種類は、ジフェニルスズ分解活性を示した。残りの2種類は、TBT 及びトリフェニルスズ（TPT）分解活性を示した。TPT 分解シデロフォア及び誘導体を用いて IVB

属の有機金属化合物及び種々の有機スズ化合物に対する分解特性を検討した結果、両シデロフォアはトリフェニル鉛分解活性を示した。ジフェニルスズ分解反応について、速度論的解析および各種スペクトル解析を行った。ジフェニルスズ分解の反応速度定数は、これまでに報告されている種々の人工酵素の反応速度定数と比較しても、 K_m 値は100倍、また k_{cat} 値は10倍程度優れていることが分かった。

【分野名】 地質・海洋

【キーワード】 有機スズ、シデロフォア

【研究題目】亜熱帯複合生態系の構造と機能に関する基礎研究

【研究代表者】 山室 真澄（海洋資源環境研究部門）

【研究担当者】 成島いずみ、張 新、梅田さゆり、坂田 将

【研究内容】

従来、個々の独立した生態系として研究されてきたサンゴ礁・海草藻場・マングローブ生態系を、それぞれが相互作用を持つ複合生態系であるとの仮説を証明することを目的に、今年度はマングローブ-海草藻場-サンゴ礁が健全な状態で存在し、かつ試料の前処理や冷凍保存などが可能な施設が近接する調査地として、沖縄県石垣島吹通川を選定し、現地調査とサンプル採取を行った。現地調査ではマングローブ林のかなり上流にまで現生と思われるサンゴ骨格が認められた。またマングローブの葉が形を保ったまま海草帯の端まで運ばれており、有機物のやりとりという観点からは、マングローブ-海草藻場-サンゴ礁は複合生態系を形成しているという説を支持していた。

【分野名】 地質・海洋

【キーワード】 サンゴ礁、海草藻場、マングローブ、脂質組成、安定同位体比

【研究題目】高分解能古地磁気強度層序の研究

【研究代表者】 山崎 俊嗣（海洋資源環境研究部門）

【研究担当者】 山本 裕二、小田 啓邦

【研究内容】

本研究は、過去数万年間の古地磁気強度変動を高分解能で求めるための手法の開発を行い、従来より一桁以上高分解能かつ絶対値に裏打ちされた古地磁気強度変動の標準曲線を構築することを目標とする。火山岩を用いた古地磁気強度データは、データのばらつきが非常に大きく信頼性に乏しかった。本研究では、熱残留磁化と ARM（非履歴性残留磁化）を組み合わせた新手法（ショウ法をさらに改良したもの）の有効性を確認した。次に、火山岩による過去数万年間の古地磁気絶対強度測定の研究用試料を揃えた。平成14年度中に測定が完了したのはそのうちの一部であるが、特筆すべき結果として、約8万年前の試料から、地磁気エクスカージョンと考えられる

小さな古地磁気強度（現在の13%）と北極から大きくはずれた古地磁気極の位置を得た。従来の相対古地磁気強度変動曲線では約8万年前には小さな落ち込みが見られるにすぎないが、実際の地磁気は大きく変動していたことが判明し、相対変動曲線を火山岩の絶対値でキャリブレーションすることの重要性が示された。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】古地磁気、古地磁気強度、古地磁気層序、第四紀、エクスカッション

【研究題目】銀イオン担持無機イオン交換体の開発と機能応用

【研究代表者】榎田 洋二（海洋資源環境研究部門）

【研究担当者】猪飼 修、細川 純嗣、梅野 彩、大井 健太

【研究内容】

銀イオン交換したイオンふるい吸着剤が海水用抗菌剤や銀ナノワイヤ担体として優れた特性を有することを見出し、新規な機能材料の開発と新たな分野展開を進めている。海水用抗菌剤の開発においては、各種イオンふるい吸着剤へ銀イオンを担持させ、担持された銀イオンの海水系での安定性を評価し、ナトリウムイオンふるい材料よりリチウムイオンふるい材料の方が安定性がよいことを見出した。海水から採取した菌を用いて培地と培養条件を検討して、海水付着微生物を用いる殺菌性能評価法を確立した。

銀ナノワイヤの開発においては、各種銀担持無機イオン交換体について電子線照射によるナノワイヤ生成特性を検討し、固相内の銀担持量と銀イオンの移動度が大きな要因であることを明らかにした。世界最高のアスペクト比の銀ナノワイヤを得ることができた。外部場を利用するナノワイヤ成長制御技術の予備的検討を終えた。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】イオンふるい吸着剤、海水用抗菌剤、銀ナノワイヤ

【研究題目】マイクロプラズマを用いたナノ構造材料低温創製技術の開発

【研究代表者】佐々木 毅（界面ナノアーキテクトニクス研究センター）

【研究担当者】清水 禎樹、越崎 直人、寺嶋 和夫

【研究内容】

大気圧中でプラズマを発生させることが可能な誘導結合型高密度微小プラズマ発生器を用いた CVD 装置を開発し、カーボンナノチューブなどのナノ構造体の低温合成法の開発を目指して研究を進めた。本年度はマイクロプラズマの安定発生条件の最適化、原料ガスの供給方法ならびにガス組成の影響と生成物との関係を検討した。本研究で使用した誘導結合型高密度マイクロプラズマ発生器は極めて低い電力で石英ガラスキャピラリー内にプ

ラズマを発生させることができ、プラズマガス中にメタンなどの原料ガスを混在させることによってカーボン系のナノ構造材料の調製が可能であった。メタン-アルゴン混合ガスを供給し大気圧中でプラズマを発生させて非加熱基板上にグラッシーカーボンあるいは結晶性カーボンナノカプセルが合成された。その堆積速度は $2.5 \cdot \text{m/min}$ であり超高速合成および非加熱基板上への堆積が可能であることが明らかとなった。また微小領域に選択的に材料を堆積できることも確認し、マスクフリーのパターニング等への応用も可能であることも明らかとなった。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】マイクロプラズマ、低温プロセス、ナノ構造材料

【研究題目】マイクロプラズマを用いたナノ構造材料低温創製技術の開発

【研究代表者】佐々木 毅（界面ナノアーキテクトニクス研究センター）

【研究担当者】清水 禎樹、越崎 直人、寺嶋 和夫

【研究内容】

大気圧中でプラズマを発生させることが可能な誘導結合型高密度微小プラズマ発生器を用いた CVD 装置を開発し、カーボンナノチューブなどのナノ構造体の低温合成法の開発を目指して研究を進めた。本年度はマイクロプラズマの安定発生条件の最適化、原料ガスの供給方法ならびにガス組成の影響と生成物との関係を検討した。本研究で使用した誘導結合型高密度マイクロプラズマ発生器は極めて低い電力で石英ガラスキャピラリー内にプラズマを発生させることができ、プラズマガス中にメタンなどの原料ガスを混在させることによってカーボン系のナノ構造材料の調製が可能であった。メタン-アルゴン混合ガスを供給し大気圧中でプラズマを発生させて非加熱基板上にグラッシーカーボンあるいは結晶性カーボンナノカプセルが合成された。その堆積速度は $2.5 \cdot \text{m/min}$ であり超高速合成および非加熱基板上への堆積が可能であることが明らかとなった。また微小領域に選択的に材料を堆積できることも確認し、マスクフリーのパターニング等への応用も可能であることも明らかとなった。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】マイクロプラズマ、低温プロセス、ナノ構造材料

【研究題目】 H_2 の反応を利用する化学物質無害化プロセス

【研究代表者】小渕 存（環境管理研究部門）

【研究担当者】小渕 存、内澤 潤子、難波 哲哉

【研究内容】

H_2 - O_2 反応等の容易に進行する反応場で化学物質酸化

分解等、他の反応を促進させることを目指す。本年度は、Pt 触媒上での H_2 - O_2 反応中での NO_x 還元、炭化水素酸化、アクリロニトリル分解、同じく Pt 触媒上でのエタノール- O_2 反応中でのアセトニトリル分解を検討した。

触媒を用いた NO_x から N_2 への還元方法として、室温から進行する H_2 - O_2 反応へ NO_x を組み込むことにより、 NO_x 還元の大幅な低温化を目指した。 Al_2O_3 に貴金属 (Pt, Pd, Ir, Rh) を担持した触媒は、1000ppm NO +1% H_2 +2% O_2 の組成において高い NO 転化率を示した。中でも Pt は60-225°Cで98%以上の転化率を示したことから、この触媒上では H_2 + O_2 反応とのハイブリッド化により、 NO 還元の低温化が可能になることが分かった。ただし、100°Cにおける N_2O への選択率が60%もあり、 N_2 選択性の向上が必要であった。100°C付近での N_2 選択性を向上させるために、Pt 担体の種類の影響を検討した。Pt/ TiO_2 では N_2O 選択率が46%まで減少し、さらに Pt/ ZrO_2 では N_2O 選択率が25%まで低下した。

触媒を用いた炭化水素 (HC) の完全酸化 ($HC+O_2 > CO_2+H_2O$) は、炭素鎖の長さや種類によって異なるが、少なくとも150°C以上の温度を必要とする反応である。これについても低温での反応促進を目的として H_2 - O_2 反応とのハイブリッド化を検討した。その結果、Pt/ Al_2O_3 上での C_2H_4 酸化反応において、 H_2 非存在下では150°Cで C_2H_4 転化率が100%に到達するのに対して、 H_2 共存下では60°C以上で C_2H_4 転化率が100%を示した。 C_2H_4 以外の C_2 - C_4 の飽和および不飽和炭化水素についても同様の検討を行ったところ、不飽和炭化水素では H_2 + O_2 反応とのハイブリッド化により炭化水素転化と CO_2 生成が低温へシフトするのに対して、飽和炭化水素ではこの効果は認められなかった。

アクリロニトリル (AN) 分解に適した触媒の探索ならびに H_2 - O_2 反応とのハイブリッド化による活性の向上を行った。その結果、Pt 系触媒において、AN- O_2 反応では150°Cで反応が始まり200~250°Cで AN 転化率100%になるのに対し、AN- H_2 - O_2 反応では75-200°Cの AN 転化率が100%に達することを確認した。

H_2 - O_2 反応以外のハイブリッド化反応系として、Pt 触媒上でのエタノール (EtOH)- O_2 反応中でのアセトニトリル (AcN、含窒素系の劇物) 分解を検討した。AcN=200ppm、 H_2O =7%、 O_2 =10%を含む系 (N_2 希釈、0.5L/min) にエタノールを0.33%添加したところ、150°C付近から分解反応が起り、220°Cで転化率はほぼ100%に達した。これは添加しない場合と比較して約50°C低かった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】化学物質無害化、 H_2 、 NO_x 、アクリロニトリル、アセトニトリル

【研究題目】電気浸透流を利用した新しい汚染土壌の現位置浄化方法に関する研究

【研究代表者】福嶋 正巳 (環境管理研究部門)

【研究担当者】福嶋 正巳、澤田 章、辰巳 憲司、和田 慎二、森本 研吾、市川 廣保、飯村 洋介

【研究内容】

目的：有害有機物として多環芳香族化合物やクロロフェノールを対象とし、環境に対して二次汚染とならず穏和な条件下で有害有機物を分解できる触媒を土壌へ移動・拡散するために電気浸透流を利用し、有害有機物をその場で分解・無害化する方法の確立を目的とする。

研究計画：本研究では、カオリンと有害有機物を均一に混合した模擬汚染土壌を用い、ラボスケールの小型装置を試作し土壌浄化試験を行う。現在までの研究から、鉄-ポルフィリン錯体の様なイミダゾール環を配位子とする鉄の環状化合物が疎水性有機物の分解に対して有効であることを明らかにしている。したがって、このような触媒を電気浸透流により土壌へ効率的に移動・拡散させる条件を見出すための検討を行う。

H14年度の成果：ラボスケールの浄化装置による有害有機物の浄化効率を定量的に評価するため、多環芳香族化合物 (PAHs) を対象とした均一な汚染土壌の調製方法について検討を行った。模擬汚染土壌としてカオリンを用い、フェナントレン、アントラセン、ピレン、ベンゾ[a]ピレンなど石油系汚染土壌に含まれていると考えられる PAHs を対象とした。また、有害有機物としてペンタクロロフェノール (PCP) と PAHs を対象として、それらの分解に有用な触媒系の探索と条件の最適化を行った。触媒として、金属-ポルフィリン錯体、および金属-フタロシアニン錯体を用い、分解最適条件 (pH、触媒量) の検討を行った。有害有機物の分解に対して種々の触媒を検討した結果、鉄-フタロシアニンが最も有効であることがわかった。さらに、電圧印加中に土壌が酸性化し電気浸透流速度が低下するという事は、触媒を汚染土壌中へ移動・拡散する上で大きな問題となる。そこで、正負両電解槽の pH を制御すれば、土壌の pH も制御できるものと考え、電解槽の pH を制御できる模擬汚染土壌浄化装置を作成した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】汚染土壌、原位置浄化、電気浸透流、多環芳香族化合物、エレクトロカイネティックレメディエーション

【研究題目】環境及び生体中のエレメンタルスペシエーション技術の開発

【研究代表者】中里 哲也 (環境管理研究部門)

【研究担当者】田尾 博明

【研究内容】

本研究では、環境試料および生体試料中の未知金属化学種を高感度に同定するために、有機金属および金属タンパクを精密分離して高感度検出できる二次元液体クロ

マトグラフィー／誘導結合プラズマ質量法 [LC²/ICP-MS] による金属化学種のスクリーニング法の開発と、レーザー脱離イオン化飛行時間型質量分析法 (MALDI-TOF-MS) 等を用いる正確な分子量と分子構造の決定法を確立することを目指す。海水には高濃度 (1-2%) の塩化物イオンが共存物質として含まれており、ヒ素の LC²/ICP-MS 測定において、ヒ素と同質量の ArCl が ICP によって生じ、ヒ素の質量分析計での検出の妨げとなっていた。そこで本研究では、ArCl を除去するため、オクタポールリアクションセル (ORS) を用いて、ICP で生じた ArCl をヘリウムと衝突させることにより解離させて、ヒ素のみを質量分析計で検出する方法を開発した。さらに、水素化物発生法 (HG) を用いて、液体クロマトグラフィーで分離したヒ素のみをガス化し ICP-MS で検出する方法を開発した。これらの結果、無機のヒ素化合物に加えて、従来は測定が困難であった海水中に存在する超微量のモノメチルヒ素の測定が可能となった。また、水素化物発生法ではガス化されず測定不能であったアルセノベタイン等の高メチル化ヒ素化合物を検出するため、反応管内蔵型の光酸化反応 (Photooxidation, PO と略) 装置を新規に開発し、この反応管の中で高メチル化ヒ素を無機ヒ素に変換した後、水素化物発生法によりガス化して高感度に ICP-MS 検出できる PO-HG-ICP-MS 法を開発した。併せて、海水試料から高メチル化ヒ素を選択的に抽出できる LC カラム抽出法を開発し、抽出したヒ素化合物を、イオン排除クロマトグラフィーにより電荷と分子の大きさに応じて高分解能で分離することが可能な二次元 LC (LC²) を開発した。最終的に二次元 LC (LC²) と上記の PO-HG-ICP-MS をオンライン結合した LC²/PO-HG-ICP-MS により陽、陰、両性イオンおよび中性の各ヒ素化学種を定量する方法を確立した。この分析法は海水等の環境試料だけでなく、人尿などの生体試料分析にも有用であり、従来の LC/ICP-MS では検出できなかった未知化学種を新たに7種類検出することができた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】微量金属、化学形態、高感度分析

【研究題目】表面ナノテクノロジーを利用する新しい触媒設計手法の確立

【研究代表者】羽田 政明 (環境調和技術研究部門)

【研究担当者】羽田 政明、濱田 秀昭、藤谷 忠博、金田一嘉昭、中村 功

【研究内容】

分子レベルでの触媒解析と実用触媒設計を一体化して行い、触媒の原理・原則に基づいた新たな触媒設計手法の開拓を目指す。主として窒素酸化物 (Nox) の直接分解反応について、表面現象の観察が可能な表面科学的手法を用いて、反応分子の挙動および反応特性から触媒活性点・触媒構造を明らかにし、この情報を基に酸素共存

下でも活性低下の少ない高性能な NO 直接分解触媒開発のための指針を得るとともに、表面科学と触媒化学の融合による新しい効率的な触媒設計手法の有効性を明らかにする。平成14年度は、NO 分解の第1段階である NO の解離に対して活性を有する表面に着目し、表面科学により調べたパラジウム表面の NO 分解活性点と実際の担持パラジウム触媒の活性との関連性を定量的に検討した。その結果、表面科学よりステップと呼ばれる凹凸のある表面が NO 分解反応に活性であること、担持パラジウム触媒の NO 分解活性はステップサイトの露出割合で整理できることが明らかとなり、NO 直接分解反応において表面科学と実触媒との接点を見出すことができた。また、NO 分解能のない表面を修飾することによる NO 分解活性の発現の可能性を表面科学・実触媒の両面から検討し、第2成分としてアルカリを添加することにより NO 分解活性が発現する現象を見出した。活性発現の要因として添加したアルカリが NO 解離サイトを生成するためであると推定した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】窒素酸化物 (Nox)、直接分解、表面科学

【研究題目】革新的グリーン触媒技術の開発

【研究代表者】島田 茂 (環境調和技術研究部門)

【研究担当者】島田 茂、林 輝幸、川村 真人

【研究内容】

本研究は、革新的な触媒技術の開発によりファインケミカルや医薬品製造分野のグリーン化を推進することを目的とし、この分野において重要でありかつ特に問題の多いフリーデル・クラフツアシル化反応を環境にやさしいグリーンプロセスへ置き換えることを目指す。フリーデル・クラフツアシル化反応は、毒性・腐食性の強い反応剤を必要とし且つ多量の毒性・腐食性廃棄物を発生するという問題を抱えている。この反応をカルボン酸と芳香族化合物との直接反応による水のみが副生成物となる理想的なプロセスへと変換するための触媒開発を行う。

本反応は極めて難しい反応であり、新たに取り組む反応であるため、初年度は、反応の特徴および触媒に要求されるファクターを把握するため、既知の強力なルイス酸触媒を中心に用い、その可能性および限界を見極め実用的な触媒開発の指針を得ることを第一の目的として研究を進めた。その結果、新規ルイス酸触媒である Eu[N(SO₂CF₃)₂]₃ が極めて有効な触媒であることを明らかにした。この触媒は、これまで報告されている触媒の中で最も適用範囲が広く、かつ高収率である。従来の酸塩化物を用いるフリーデル・クラフツアシル化反応では、触媒量のルイス酸を用いた場合には、脂肪族の酸塩化物では副反応が起こりやすく適用範囲がごく限らるという問題点があった。一方、今回開発した方法では脂肪族のカルボン酸でも問題なく反応が進行する。しかし、

反応温度が250℃という高温であることが実用化の上では大きな問題であり、低い温度で効率的に働く触媒系の開発が今後の課題である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】グリーンケミストリー、酸触媒、廃棄物削減

【研究題目】含フッ素ハイブリッド化合物によるクリスタルエンジニアリング

【研究代表者】小野 泰蔵（基礎素材研究部門）

【研究担当者】小野 泰蔵、早川 由夫、林 永二、深谷 治彦、西田 雅一

【研究内容】

（目標）

全く新しい材料設計方法を提案し、その方法論を用いた新規材料の設計と合成を行うことにより該方法論の有効性を検証する。

研究計画：含フッ素ハイブリッド化合物の分子構造と結晶のパッキング様式との相関を求める。さらに、この相関を用いて分子設計を行い、導電性材料の開発を行う。また、水素結合やハロゲン結合をも含めたさらに一般的なクリスタルエンジニアリング手法の確立を行う。

（年度進捗状況）

大きく2つのことを行った。まず、ヘキサフルオロプロペン三量体と置換フェノールから得られる含フッ素ハイブリッド化合物に5種類のパッキングモチーフあることを見出し、パッキングモチーフと分子構造との相関を確立した。この相関を利用してクリスタルエンジニアリングを行った。すなわち、ヘキサフルオロプロペン三量体と長鎖アルキル置換フェノールから合成される含フッ素ハイブリッド化合物がパッキングモチーフの3の結晶構造を有する事を利用した導電性材料の開発研究である。具体的には、長鎖アルキル基部分にジアセチレン官能基を導入し、固相光重合を起こすように分子設計を行った。その結果、予想した固相光重合が起こり、金属光沢を有する黒色の結晶を得た。この研究を基に、固相反応場形成媒体に関する特許を申請した。次に、水素結合やハロゲン結合といった強い分子間相互作用を有する含フッ素ハイブリッド化合物の結晶構造を系統的に調べた。その結果、フッ素-フッ素あるいはフッ素-炭化水素間のような弱い分子間相互作用でも、強い分子間相互作用と協奏的に働いて結晶構造を規定出来る事がわかった。この事実より、ハイブリッド化で結晶中の分子配向を制御するという極めて独創的な本クリスタルエンジニアリング手法が特定の狭い分子種だけに当てはまるのではなく、普遍的に利用可能である事がわかった。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】ハイブリッド、フッ素、クリスタルエンジニアリング

【研究題目】ナノディスク状ホスト分子材料の開発

【研究代表者】亀川 克美（基礎素材研究部門）

【研究担当者】亀川 克美、今村 健

【研究内容】

カーボンブラックを酸化分解して得られる特異な構造のナノディスク状ホスト分子材料の水溶液中の有機化合物分子に対する捕捉特性を明らかにし、本ホスト分子材料の農薬などの有害化学物質に対する毒性低減機能について検討した。カーボンブラックを濃硝酸により100℃で6日間酸化分解することによりナノディスク状ホスト分子材料を調製した。このナノディスク状ホスト分子材料（NDHM）の水溶液中の2-ナフトールに対する吸着性能を調べた結果、NDHM はナフトールの捕捉量が非常に高く、最大捕捉量は1.28mmol/g に達した。この結果から1モルの NDHM が1.5モルの2-ナフトールを捕捉し、NDHM の見掛けの表面積は約500m²/g となることがわかった。またゲスト化合物が9-フェナンスロールの場合には800m²/g にも達し、ナノディスク状ホスト分子材料の見かけの表面積は活性炭に匹敵することがわかった。そして、このホスト分子材料の毒性低減機能をヒメダカを用いて検討した結果、NDHM は水に溶けた状態で殺菌剤である TPN (1,3-Dicyano-2,4,5,6-tetrachlorobenzene) を捕捉し、ヒメダカに対する毒性を明らかに低減させることを確認した。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】吸着、分子捕捉材料、農薬、無毒化

【研究題目】究極の潤滑システム開発のための基礎研究

【研究代表者】加藤 孝久（機械システム研究部門）

【研究担当者】加藤 孝久、尾崎 浩一

【研究内容】

（目標）

それぞれ一分子層程度の吸着層および流動層からなる究極的なナノ潤滑膜の固定方法を開発すると共に、そのトライボロジー特性を明らかにする。

（研究計画）

本研究は以下の4つのサブテーマからなり、代表者、分担者、ポスドク3名（JSPS フェロー2名および産総研特別研究生1名）、研修生1名の合計6名でチームを作って研究を遂行した。

① 吸着層および流動層の固定方法とそれらの役割の解明：情報機器、宇宙用機器などで使われているフッ素系高分子潤滑剤をそのまま固体表面に塗布すると一部は吸着層となり、残りは流動層となる。本サブテーマでは、それぞれの厚さを制御する方法を開発した。またこうして作成した試料の摩擦特性、耐久性を評価して、より耐久性の高いナノ潤滑膜を固定する方法を提案する。

② 高強度の吸着層の開発：ダイヤモンドライクカーボ

ン (DLC) 上に自己組織化単分子膜 (Self-assembled monolayer, SAM) を用いて高強度の吸着層を作る手法を開発する。また、その摩擦特性、耐久性を評価し、高い強度の吸着層を固定する方法を明らかにする。

- ③ 吸着層および流動層の挙動の動的シミュレータ開発：ナノ潤滑膜（主として流動層）の固体表面上での流動、形態に関するモンテカルロシミュレータを開発する。高分子潤滑剤の固体表面上での特異な挙動、形態を明らかにする。

ナノ潤滑膜創製の方法論：上記3つの研究を総合して、低摩擦、高耐久性および高安定しゅう動性を持つナノ潤滑膜を創製する方法論を確立する。固体表面の改質方法、吸着層の固定方法、吸着層・流動層の厚さ、潤滑剤分子の構造・官能基種類などを考慮し、また固体面改質から潤滑膜固定までのプロセスについて研究する。

(年度進捗状況)

- ① 吸着層および流動層の固定方法とそれらの役割の解明

(1) 吸着層および流動層の膜厚が、溶液濃度、固体試料の溶液浸漬速度、後処理（熱処理）時間に依存することを明らかにし、1Åの精度でそれぞれの層の厚さを制御する技術を開発した。

(2) こうして作成した試料をピンオンディスク試験機で評価し、摩擦係数マップおよび耐久性マップを作成した。吸着層および流動層がそれぞれ一分子層厚さからなる、二分子層潤滑膜が最も摩擦係数が低くかつ耐久性が高いことを明らかにした。

- ② 高強度の吸着層の開発

(1) 従来のフッ素系潤滑剤パーフルオロポリエーテル (PFPE) 潤滑膜に比べて、同程度強度の SAM 吸着層を開発した。

(2) SAM 膜吸着層と PFPE 潤滑剤とを混在させた、複合潤滑膜を開発した。これは PFPE 単体の潤滑膜より強度の高いことを示した。

- ③ 吸着層および流動層の挙動の動的シミュレータ開発

(1) シミュレータを開発し、バルク状態では球形の分子も、固体表面上では表面力の影響を受けて押しつぶされた形になることが明らかになった。この結果は、吸着層測定の結果（最大で15Å）と定量的に一致する。

(2) ナノ潤滑膜の表面はオングストロームレベルの粗さがあることが従来報告されてきた。シミュレーションからも、熱振動のためにこのような粗さがあることが明らかになった。

- ④ ナノ潤滑膜創製の方法論

以上の結果より、より長寿命のナノ潤滑膜は、より緻密な吸着層、より表面が滑らかな流動層（これは1分子層の時に実現される）の組み合わせによって実現されることがわかった。また、吸着層に SAM を、流動層に PFPE を用いることによって高強度のナノ潤滑

膜が得られることがわかった。

今後の展望

より強固な吸着層を開発するために、固体表面処理 (DLC 被膜のコーティング) から吸着層固定 (PFPE または SAM) までを連続プロセスで行う研究を展開することとした。このプロセス装置が完成し、現在研究中である。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 吸着層、流動層、摩擦試験、耐久性、モンテカルロ法、自己組織化単分子膜、パーフルオロポリエーテル、ダイヤモンドライクカーボン

【研究題目】 プロスタグランジン E 合成酵素

【研究代表者】 近江谷克裕（人間系特別研究体）

【研究担当者】 近江谷克裕、藤森 一浩、萩原 義久、茂里 康

【研究内容】

(目標)

今後急速な高齢化を迎える我が国において、高齢者が健康かつ安心して暮らせる社会を実現するため、遺伝子機能の解明に基づくテーラーメイド医療や画期的な新薬開発を促すためのバイオテクノロジー基盤技術を構築することは重要である。本研究では我々が特許化した新規膜結合型グルタチオン非特異的プロスタグランジン E 合成酵素の機能解明を通じて本酵素を利用した新薬開発等を最終目標とする。特に、本酵素がストレスや心機能との関わりが大きいことから、培養細胞レベル或いはトランスジェニックマウスやノックアウトマウスを用いたモデル生物レベルでの機能解明を、特に心臓機能との相関から検討し、心臓機能に及ぼすストレス影響を評価するモデル生物（細胞）の創製を目指す。

(研究計画)

1) 平成14年度で開始した TG マウスや KO マウスの作成を継続、作成されたマウスは順次、機能解析を行う。機能解析を行うための、抗体その他は既に準備済みである。また、心機能の評価を慶応大学医学部心臓病先進治療学福田助教授と共同で行う。最終的に心臓特異的ストレス応答モデルマウスの作成を目指す。

2) 細胞レベルでの機能解析を行うため、プロスタグランジン E 合成酵素・蛍光タンパク融合体可視化プローブを導入した細胞を構築、ストレス負荷に伴うプロスタグランジン E 合成酵素の変動をイメージング、評価するシステムを構築する。また、これらの細胞を基に、外的因子に連動するプロスタグランジン E 合成酵素の制御機序を解明する。最終的に心臓特異的ストレス応答モデル細胞の作成を目指す。

(平成14年度進捗)

培養哺乳類細胞におけるプロスタグランジン E 合成酵素のプロモータ領域を明らかにした。プロスタグラン

ジン E 合成酵素のモノ抗体を作成した。プロスタグランジン E 合成酵素を心臓において特異的に発現量を増加させた TG マウスを作成した。

【研究題目】 バイオ・無機融合によるマテリアルイノベーション

【研究代表者】 舟橋 良次 (生活環境系特別研究体)

【研究担当者】 舟橋 良次、鹿野 昌弘、浦田さおり

【研究内容】

高温、空気中でも安定に作動する酸化物熱電材料の高効率探索とそれを用いた熱発電モジュール作製のための要素技術の開発を目的とする。そのために、独自に構築したコンビナトリアル合成法を用いて作製した試料の高速・高精度ゼーベック係数測定に用いる「ゼーベックテスター」を開発した。このテスターは二対の熱電対とニクロム線ヒーター、計測器とパーソナルコンピューターから成る。このテスターにより試料の室温におけるゼーベック係数が600試料/時間の速度で精度よく測れるようになった。コンビナトリアル技術を用いゼーベック係数は低いものの、抵抗率が数 $m \cdot cm$ と非常に低い (La, M) NiO₃ (M: Na, Sr, Bi) を見出した。この酸化物焼結体をホットプレスにより作製した。その電気抵抗率は室温~700°Cにおいて $1m \cdot cm$ と酸化物としては非常に低くなった。残念ながらゼーベック係数は低いものの、発電素子用材料として期待できる材料であることが分かった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 コンビナトリアルケミストリー、高効率物質探索、触媒材料、熱電材料

【研究題目】 イオン性液体の機能化とその応用

【研究代表者】 松本 一 (生活環境系特別研究体)

【研究担当者】 松本 一、齋藤唯理亜、蔭山 博之

【研究内容】

近年、不燃性の安全な電解液としてイオン性液体が注目されている。産総研生活環境系では既存の系では不可能であったリチウム金属の電析が可能なイオン性液体(脂肪族4級アンモニウム系)の開発に成功し、リチウム電池特性の評価を行い97%以上の充放電効率を示しうる事を明らかにしてきた。しかしながら、プロトンやリチウムイオン等の物理的な物質移動を伴うものであるため、イオンの移動が全体の性能を支配しているのが現状である。本テーマでは、安全性と信頼性を種々の電気化学デバイスに提供しうる不揮発性のイオン伝導材料であるイオン性液体に、イオン伝導性と電子伝導性の両方を付与して高性能化を図る試みを提案し、さらに既存の電気化学デバイスの性能向上、新しいデバイスの創製を目的とするものである。今年度はイオン性液体中での拡散現象をとらえる手法として NMR を用いた拡散挙動の解析法の検討を行い、解析手法の詳細な検討を行った。ま

た、レドックス分子のイオン性液体化の検討を行った。モデル系としてフェロセンを取り上げ、アンモニウム基を導入し、フッ素系アニオンと室温で溶解する塩が合成できることを明らかにした。粘性と導電性の相関を詳細に検討した結果、酸化還元ホッピングによる伝導機構が発現することが明らかとなった。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 イオン性液体、常温溶解塩、電気化学

【研究題目】 フレキシブルパーソナルロボット

【研究代表者】 河井 良浩 (知能システム研究部門)

【研究担当者】 河井 良浩、富田 文明、松下 俊夫、吉見 隆、植芝 俊夫、角 保志、小谷内範徳、安達 弘典

【研究内容】

(目標)

屋内屋外を問わず実世界の多様な環境内で長時間行動できる4輪4脚移動機構を有し、高度な3次元視覚機能などの情報処理システムを搭載したパーソナルロボットの研究開発を行う。

(研究計画)

パーソナルロボットが実用的であるためには、「屋内屋外を問わず移動でき」、「長時間行動でき」、かつ、「自律行動ができる」ことが必要であり、これを満たすハード的にもソフト的にもフレキシブルなパーソナルロボットの開発を行う。

- 1) 実環境を自由に移動し、長時間行動可能にするために、4輪4脚移動機構を有するロボットの開発を行う。静止状態で電力消費なしに安定姿勢を保て、かつ、段差や階段などでも移動できるように4足ロボットとする。また、平地での移動に際し、電力消費を低減するために、足先に車輪を配置する。具体的には、一般的な階段(高さ18cm、奥行き28cm)の階段の昇降、最大15°の斜面でも人間が歩く速度と同等な2km/hで移動でき、一度の充電で4時間以上(一般的な使用状況想定時)動けるロボットを作成する。
- 2) 自律行動が可能ためには、高機能な視覚機能が必須であり、3次元視覚システム研究グループで開発している VVV システムに、障害物や階段の認識、3次元地図の自動作成、自己位置の認識、各種物体の認識、各種動作の認識などの機能の追加・強化を行う。

(進捗状況)

- 1) 4輪4脚移動機構の詳細検討・設計を行った。
- 2) 高度な3次元視覚機能の開発として、小型カラー3眼ステレオカメラシステムの開発、画像劣化補正機能の開発、および、環境計測機能(計測精度の高精度化、形状計測)の開発を行った。

【分野名】 情報通信

【キーワード】 パーソナルロボット、4輪4脚移動機構、3次元視覚機能

〔研究題目〕高性能質量分析装置の開発

〔研究代表者〕齋藤 直昭（電力エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕谷本 充司、小山 和義

〔研究内容〕

質量分析は広範囲の研究分野で利用されている分野横断的な重要な技術であり、分析装置のさらなる高性能化と小型化のための開発が望まれていた。当グループの質量分析技術に関するポテンシャルが極めて高いこと、および小型装置は分野横断的にニーズが多いことなどを背景とし、当グループでこれまでに開発した質量分析装置の高性能化（質量分解能の向上）を目的とした研究を提案、採択されて実施した。

質量分解能を規定する各種要因を抽出・検討した。それらのうち、現装置の性能向上には電場の均一性・時間安定性、および各種の時間分解能の改善が重要であるとの指針を得、それらの改善に必要な要素技術の開発を行った。その結果、途中段階であるが、質量分解能を既存の値の2倍である10,000まで向上させることに成功した。引き続き開発を進めている。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕質量分析

〔研究題目〕次世代地球観測のための統合システム技術

〔研究代表者〕戸田 義継（電力エネルギー研究部門）

大山 英明（知能システム研究部門）、

土田 聡（地球科学情報研究部門）（電力エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕川田 正国、町田 和雄、

岩崎 晃（電力エネルギー研究部門）

〔研究内容〕

本研究では超多バンドセンサの雛形となる ASTER/SWIR センサ（短波長赤外センサ）の研究を踏まえて、衛星動力学機構と観測センサの融合により、観測データの空間／スペクトル分解能向上を目指した研究を行い、将来の基盤技術を築くことを目的とする。

本研究課題においては、地球観測衛星システムならびに観測センサシステムそれぞれについて、システム融合の観点から要素ならびにシステム化技術について研究を行う。ターゲットとして、経済産業省の次期地球観測センサとして期待されている ASTER2ならびに将来センサを想定し、商業化もにらんだ次世代地球観測において、高品質の観測画像を提供するための基本的な技術を修得する。研究計画は1年であり、衛星システムならびに観測センサシステムの両面から研究を行う。

ASTER/SWIR では衛星の飛行中に、地上の特定の場所をそれぞれのバンドの検出器が観測する時間は隣接バンド間で360ms の差がある。この間に衛星の姿勢変動が発生すると、バンド間レジストレーション特性が劣化する。100シーン以上の衛星取得画像について画像間ず

れ量をサブピクセルレベルまで計測する詳細な解析の結果、衛星の Roll 方向に地上位置で6.8m に相当する振動が発生していることが判った。このことは、衛星および周囲の装置の高速擾乱をかなり高精度に検出・補正することの可能性も示している。一方、センサ側のアプローチとして、ハイパースペクトルを実現するフィルター分光型の装置を開発し、作成した装置を用いて、撮像実験を行い、スペクトル画像を取得した。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕地球観測、衛星姿勢、超多バンドセンサフロンティア

〔研究題目〕癌抑制蛋白質 p53の発現を調節する新規蛋白質 CARF の分子機構の解析

〔研究代表者〕スニル カウル（糖鎖工学研究センター）

〔研究担当者〕モハメド カムルル ハサン、矢口 智子、杉原 崇（財団法人環境科学研究所）、レヌー ワダワ（中外製薬株式会社）

〔研究内容〕

癌抑制蛋白質 p53、及び p53発現調節を担う ARF は、癌細胞において高い頻度で異常が起こっている。これらの蛋白質は共に細胞老化・癌化を制御する経路において、重要な役割を果たす。それ故、これらに結合して活性を調節する因子は、非常に重要な要因となる。我々は、新規に p19ARF 結合蛋白質を単離し、CARF と名付けた。そして、細胞の老化・不死化・癌化を制御する経路において ARF と CARF が構造的および機能的にどのように関連しているかの解明を進めていく。

平成14年度の研究内容及び成果

1. CARF に対する抗体の作製と正常及び癌細胞における CARF の発現解析

大腸菌発現プラスミドへ CARF 遺伝子を組み込み、精製等を経て、抗 CARF 抗体を作製した。得られた抗 CARF 血清とその精製抗体の反応性を細胞由来の蛋白質で検討したところ、大腸菌で発現させた蛋白質、培養細胞で CARF を強制発現させた蛋白質、そして未処理の細胞の蛋白質のいずれにもその特異的反応性が示された。

2. 細胞内における ARF 及び CARF の相互作用の解析

CARF と ARF との結合は、動物細胞を用いた免疫沈降法、二重免疫染色法で確認した。内因性及び外来性の遺伝子で発現した蛋白質の両方について上述手法を用いた結果、CARF と ARF は免疫沈降し、また細胞では核周囲で両蛋白質が同じ部位に局在することが示された。さらに、ARF 欠損ヒト癌細胞に CARF を導入し、ARF の存在、不在で CARF の発現効果を検討した。その結果、CARF は ARF と共に制御されることがわかり、CARF は ARF と共存して働き、ARF の機能を十分に発揮するために必要な蛋白質であることが明らかになった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 癌抑制蛋白質、ARF、CARF、p53、MDM2

〔研究題目〕 プロテインビーズアレイ技術

〔研究代表者〕 町田 雅之（糖鎖工学研究センター）

〔研究担当者〕 國廣 澄子

〔研究内容〕

プロテオミクスは多種多様にわたる解析が必要であり、失活というやっかいな問題があることから、その基本となるタンパク質の供給と取扱は煩雑かつ困難である。例えば、DNA チップにヒントを得たプロテインチップでは、DNA チップと同様に非効率的なスポッティングが必要であることはもとより、販売に重要な要素である乾燥によって問題が生じること、タンパク質の失活により長期の保存は不可能であることなど、DNA チップと比較しても多くの問題点がある。本提案では、タンパク質を発現する DNA 断片をビーズに高密度に固定化することにより、1反応溶液中で異なるタンパク質を保持する多数の異なるビーズを提供する。これにより、網羅的かつハイスループットな解析が要求されるプロテオミクス分野に対応した独創的な解析技術の基盤を築く。

上記の技術を実現するために、タンパク質を発現するためのユニットを有する DNA 断片を磁気ビーズ上に固定化し、試験管内でタンパク質を発現させると同時に磁気ビーズ上にタンパク質が固定化される系を構築した。この磁気ビーズは長期の保存が可能であり、必要なときに1時間以内にタンパク質を固定化した磁気ビーズを調製することができる。また、異なる2種類のタンパク質を発現・固定化した磁気ビーズを、それぞれのタンパク質に対する特異的蛍光標識抗体で標識してフローサイトメトリーで分離することにより、2種類の磁気ビーズを分離可能であることを示した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 磁気ビーズ、試験管内タンパク質合成、フローサイトメトリー

〔研究題目〕 化学修飾剤による自己免疫機構と疾患発症の加齢依存性解明

〔研究代表者〕 倉地 幸徳（年齢軸生命工学研究センター）

〔研究担当者〕 倉地 幸徳、古川 功治、岡田 知子（生物機能工学研究部門）、古川安津子、久芳 弘義、山本 悠喜

〔研究内容〕

本研究は、“T、B 細胞レパトリーの動的特性の時間軸変化とその分子機構解明”を目指す我々の長期目標の中の中期目標と位置付けられるが、レパトリー解析法の確立とアルキル化抗癌剤に対する免疫応答の分子機構解明にある。解析は、T細胞レパトリーに加え、よ

り複雑な B 細胞レパトリーを含めて、自己免疫疾患治療法開発を視野に入れた研究展開を行うが、本研究の視点は先端的なものであり、既存の解析技術やリソースに加えて、新規の研究技術、評価系の開発も要求される。

（研究成果）化学修飾された蛋白質に対する免疫応答研究を年齢軸変化を視野に入れ展開した。本研究では免疫レパトリー変化に焦点を絞った研究を行ったが、従来の方法論では限界があったため、研究推進に必須となる方法論の開発から始め、配列解析を中心にした解析法と立体構造を中心にした解析法2つを開発した。また、本研究は視点を化学修飾自己蛋白質に移すことにより自己免疫疾患と化学修飾剤との関連も精査できる。これは、これまでに余り進められていない新規性の高い着眼点である。

〔研究題目〕 高速プロトン拡散材料の基盤研究

〔研究代表者〕 青木 勝敏（物質プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 青木 勝敏、林 繁信、水野 正城、本田 一匡、藤久 裕司、山田 高広、千勝 雅之、張本 敏子

〔研究内容〕

燃料電池の固体電解質材料として有望視されている無機固体酸のプロトン拡散機構を解明するとともに、高速プロトン拡散を実現する材料の設計指針提示を目指し、プロトン拡散物質の拡散係数決定、分子固体酸の高温高圧下での構造解析等の研究を行った。

1. 基準物質 CsHSO₄のプロトン拡散係数の測定

固体電解質材料として有望視されている CsHSO₄を基準物質と位置づけ、核磁気共鳴法によりプロトン拡散速度を決定し、拡散機構を解明した。安定相（固相 II）については、プロトン拡散速度から見積もったプロトン伝導度の計算値とマクロな物性値であるプロトン伝導度の実験値（文献値）とが非常によい一致を示し、ミクロなプロトン移動現象がマクロなプロトン伝導に反映されていることがわかった。140℃以上で出現する超プロトン伝導相（固相 I）では、固相 II よりプロトンが一段と速く運動していることを示すスペクトルおよびスピナー格子緩和時間の測定データが得られた。

2. 固体硫酸中のプロトン拡散測定の準備

固体中のプロトン輸送イオンとして注目されている硫酸イオンに注目し、固体硫酸中のプロトン拡散測定を行うための準備を開始した。要素技術の整備として、試料となる純硫酸の精製法の確立、測定器具用の耐酸性材料の選択、高温高圧 X線回折測定システムの設計等を行った。プロトン拡散測定を行うための圧力-温度条件を定めるため、新たに考案した高温高圧ラマン散乱測定用の光学系を用いて140℃、10GPa までの相図を新規に作成した。固相 II における分子配置の圧力変化を粉末 X 線回折測定で調べたところ、分子鎖間

距離は分子鎖内距離よりも5倍も柔らかく、分子鎖間の隙間が加圧により急速に縮んでいる特徴が明らかとなった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 プロトン拡散材料、プロトン伝導、超高压、核磁気共鳴

【研究題目】 二次元脂質ナノ構造体の創製と機能評価

【研究代表者】 芝上 基成（物質プロセス研究部門）

【研究担当者】 芝上 基成

【研究内容】

【目標・計画】

糖鎖が細胞間認識の中心的な役割を担うことが判明し、「糖鎖工学」なる言葉が生まれて久しいが、現段階では糖鎖に関わる個々のバイオ分子の機能解明や遺伝子工学を用いた改変、およびドラッグデリバリーシステムへの応用等がその中心であり、広大なナノバイオの世界ではその活躍の余地はあまりに広い。生体内におけるその重要性にもかかわらず DNA やペプチド等に比べて、ナノテク技術を駆使した材料としては十分には活用されていないのが現状である。

本課題ではまず糖鎖を生体系から「切り離し」、インテリジェンスを持つ機能材料として眺める。次に自己組織化技術により糖鎖を二次元に集積させる。このようにナノレベルで「並べ替える」ことにより、糖鎖の分子認識能を最大限に発揮させることを目的とした「二次元糖脂質ナノ構造体」の構築を当面の目標とする。さらにこの「ナノ構造体」を、生体分子を識別する分析テクノロジーの基盤技術へと発展させる。

【成果】

本課題で得られた研究開発成果は以下の通りに要約される。

① 人工糖脂質の合成法の確立

本研究で用いる脂質の多くは反応性の高いチオール基を有するものである。従って通常の合成法では純粋な形で取り出すことは困難な場合が多い。そこでコンピケム用樹脂を用いることで、安定な形でこれらの化合物を合成する手法を確立した。

② 糖鎖の二次元集積化

集積する場として本研究では金微粒子および金基板を用いた。いずれの場についても合成した糖脂質と金との間に形成される化学結合により、二次元集積化しうることを見出した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 脂質、糖脂質、自己組織化

【研究題目】 分子情報材料

【研究代表者】 玉置 信之（物質プロセス研究部門）

【研究担当者】 吉田 勝、秋山 陽久、甲村 長利、田和 圭子、木戸脇匡俊、則包 恭央、

Ajay Mallia、青木 健一、和田 百代、工藤 成史

【研究内容】

現在の情報技術の著しい発展の中で、有機材料は重要な役割を果たしている。今後、さらに良質で大容量の情報より快適に扱う技術、例えば、紙のように薄いフルカラー表示材料、テラビットメモリー、超高感度高解像度光センサーなどの実現のために、有機材料に対する期待は大きい。これらの要求に応じていくためには、生命体中の情報を司る有機化合物のように、分子の自発的な組織化能をうまく利用でき、1分子と1分子の間での情報のやりとりを精密に制御できる新たな分子を合成すること（分子ナノテクノロジー）が重要であると考えられる。

上記のような分子の特徴を生かした情報材料を「分子情報材料」と定義し、これまで新規物質探索、物性評価、材料開発に関する研究を進めてきている。本研究は、核となる「中分子液晶の研究」と次世代分子情報材料の基盤研究となる「機能分子合成の基礎研究」からなる。「中分子液晶の研究」では、機構の解明等に関する基礎研究とフルカラー書き換え記録表示材料への実用化研究を行う。また、「機能分子合成の基礎研究」では、有機・高分子物質が示す超分子相互作用と分子構造の相関を調べ、それを利用した新規情報機能材料を創製することを目的とする。本年度の成果は以下の通り。

- (1) 中分子コレステリック液晶とアゾベンゼン誘導体からなる光モード記録材料においてそのメカニズムを明らかにし、より高感度な光記録を実現するために、中分子液晶に添加剤を加えた場合の分子配列変化を X 線回折により調べた。その結果、トランス体の添加で部分的にラセン構造に寄与しない中分子液晶のスメクティック構造を誘起し、光反応でアゾベンゼン誘導体がシス体に異性化するとスメクティック構造誘起の能力が消失し、中分子液晶のラセン構造が再生することが判明した。
- (2) コレステロール部を有するアゾベンゼン誘導体を合成し、中分子液晶のガラス状態での熱安定性（約80℃）を損なわない光応答性添加剤であることを見出した。本発見はより実用的な光モードフルカラー書き換え記録の実現を可能にする。また、合成した化合物の一部に単独で光応答してコレステリックピッチを変化させる非高分子コレステリック液晶を初めて見出した。本化合物は、自ら光を感じて光物性を制御する新しいスマート材料への応用が考えられる。
- (3) 液晶中のアゾベンゼン誘導体の様に場による束縛を受けた化合物の異性化反応についての情報を得るために、環構造を有するアゾベンゼン誘導体を合成し、結晶構造、光・熱異性化反応挙動を調べた。その結果、環ひずみを持ったシスアゾベンゼンの構造解析に世界で初めて成功し、異性化反応への環ひずみの影響を実証することができた。

(4) 光と温度の and に対して応答する光応答性高分子では、アゾベンゼンを含むポリイソプロピルアクリルアミド共重合体における応答性のアゾベンゼン上の置換基依存性を調べた。アゾベンゼンモノマーの置換基構造をより疎水的なものから親水的なものに変えたところ、これまで-6°C付近の低温から室温付近で選択的に膜の光濡れ性変化が起こるように制御できることが明らかとなった。

(5) 構成分子間で情報交換が可能な新しい分子組織体を提供するために、電荷移動相互作用と静電的相互作用を含む分子複合体を合成した。アントラキノンジスルホン酸アルカリ金属塩とメチルピオロゲン塩化物の混合溶液に hidroキノン を添加することで容易に二つのアクセプターと一つのドナーを含む電荷移動結晶が得られることを見出した。アントラキノノン-2, 6-ジスルホン酸の場合、各成分の比が1:1:2となり、X線結晶構造解析の結果、二つの電荷移動錯体のカラムが直交する興味深い構造を取っていることが明らかとなった。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] 液晶、コレステリック液晶、中分子、記録、表示、分子ナノテクノロジー、機能分子、アゾベンゼン、電荷移動錯体、光応答性高分子、NIPAM、下限臨界溶解濃度

[研究題目] 局所分析手法による固体の均質性評価法に関する基礎的研究

[研究代表者] 柘植 明 (セラミックス研究部門)

[研究担当者] 柘植 明、上養 義則、森川 久、中原 悠希 (名工大)

[研究内容]

本研究は、粉体混合物などの固体混合物では「均質と見なせる最小の量 (均質最小量)」が存在することに着目し、「均質最小量」を求める方法を確立することで、粉体混合物の均質性について新たな数値的評価指標を提示するための基礎的研究である。そのため、局所分析法を用いた均質最小量の測定法の重要要素として、混合物の異なる箇所における多数回測定の回数を中心に検討を行った。

まず、乱数を用いて成分の異なる2種類の粒子が完全にランダムに配置された混合粉体の数値モデルを作製し、そのモデルを用いて統計的な計算を行ったところ、混合物の異なる20箇所以上を測定しないと、母集団の分布を正しく推定できない場合があることが分かった。

次に、実測モデルとしてシュウ酸第一鉄とケイ酸ナトリウム の2成分系混合粉体を用いて、フーリエ変換赤外分光顕微マッピングシステムにより、測定面積を変えながら各面積において試料の異なる100箇所の反射スペクトルを測定した。得られた各測定面積における100個の

測定値を5個ずつ及び20個ずつに分けて求めた標準偏差を、100個の測定値すべての標準偏差と比較したところ、20個以上の測定では母集団の分布をほぼ正しく表せることが分かった。

以上のモデル計算および実験結果から、「均質最小量」の測定における測定個数は、試料の異なる20箇所以上の測定が必要であるとの結論が得られた。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] 均質最小量、測定個数、FT-IR

[研究題目] 生体分子のための量子シミュレータの開発

[研究代表者] 北浦 和夫 (計算科学研究部門)

[研究担当者] 北浦 和夫、舘野 賢、尾崎 泰助、Fedorov Dmitri、古明地 勇人、上林 正巳

[研究内容]

蛋白質や DNA などの生体高分子は巨大であるため量子論的計算は困難で、従来から古典力場によるシミュレーションが行われてきた。しかし、古典論では本質的に化学反応が扱えない、蛋白質と基質間などの分子間相互作用の計算では信頼性が低い、などその限界は明らかである。タンパク質のような巨大分子に適用可能な量子論的シミュレーション法が実用化できれば、基礎科学としての生命現象の理解に貢献するとともに、タンパク質工学、生体分子材料工学や創薬などの分野で基盤技術として活用されることが期待される。

私たちが開発しているフラグメント分子軌道法 (FMO法) は、分子を1アミノ酸残基程度の小さなフラグメントに分割して分子軌道 (ab initio MO) 計算を行う方法で、分子が巨大であればあるほど通常の量子化学計算より高速に計算できる方法である。また、この方法は通常の方法では困難である大規模並列計算が容易であるという特徴を持っている。本研究では、FMO法をより高速化すること、および、より大きな分子 (1万原子分子程度、多数の蛋白質がこのサイズでカバーする) の計算を可能とするために、理論と計算アルゴリズムの改良を行った。

本研究で得られた具体的な成果は、以下のとおりである。

- 汎用プログラムの開発：世界的に普及しているフリーの電子状態計算プログラムである Gamess (開発：アイオワ大) に FMO法を組みこんだ。本プログラムを用いると、数万原子からなる巨大分子も計算することが可能である。(実際に計算した最大の系は約6000原子分子。)
- FMO法の高速化：並列計算アルゴリズムを改良し、128台のパソコンクラスター (P III、1 GHz、FastEthernet 接続) で、並列化効率80-90%を達成した。このシステムで、約2000原子からなるタンパク質

の HF/STO-3G 計算が約30分できた。

- 3) 古典力場と FMO 法の融合法の開発：FMO 法を用いた IMOMM 型（諸熊ら）の量子・古典融合法を開発した。
- 4) FMO-MD の開発：FMO 法プログラムの一つである ABINIT-MP（開発：国立衛研・中野ら）を、分子動力学プログラム PEACH（開発：古明地）に組み込み公開した。（PEACH-ABINIT-MP、古明地、中野ら）
- [分野名] ナノテク・材料・製造
- [キーワード] 生体巨大分子、タンパク質、量子化学計算、フラグメント分子軌道法、ab initio MO 法

[研究題目] ナノシミュレーション技術の研究開発

[研究代表者] 三上 益弘（計算科学研究部門）

[研究担当者] 寺倉 清之、三上 益弘、浅井 美博、都築 誠二、森川 良忠、片桐 秀樹、石橋 章司、Ferdinand ARYASETIAWAN、橋本 保、土田 英二、篠田 渉、尾崎 泰助、内丸 忠文（フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター）、本田 一匡（物質プロセス研究部門）

[研究内容]

（研究目的）

ナノサイズゆえに発現する量子効果、界面・境界をあらわに扱わなければならないことに起因する系の大規模化、及び自己組織化を利用した物質の微細加工・構築を扱うために、高効率位相空間サンプリング法・高速高精度相互作用計算法・物性機能計算法の各要素技術の開発を先行して行う。これらの成果を元に、平成15年度から新規プロジェクトとして計画されているプロジェクトに応募し、競争的外部資金の獲得を目指し、平成21年度に統合ナノシミュレーションシステムを完成させる。

（研究手段）

本プロジェクトでは、高効率位相空間サンプリング法・高速高精度相互作用計算法・物性機能計算法の各要素技術の研究開発とその適用研究を行い、上記目的を達成する。

(1) 高効率位相空間サンプリング法の開発

複雑な構造を持つ物質では、多数の変数があり、従来のシミュレーション技術では、十分にその位相空間（座標と運動量変数からなる空間）を探索することができず、その結晶構造、ガラス構造、液晶構造を探索することができなかった。位相空間の効率的なサンプリング方法の開発は、ナノシミュレーション技術の重要な要素技術である。本プロジェクトでは、最近、我々が実施した基礎研究の成果として得られた高効率サンプリング法であるレプリカ交換法、経路サンプリング法を元にさらに効率的なサンプリング法を開発する。

(2) 高速・高精度相互作用計算法の開発

ナノ物質の構造・機能を正確に予測するためには、原子・分子間相互作用を高速かつ高精度に計算できることが不可欠である。本プロジェクトでは、最近の我々の研究成果であるリカーゾン法に基づいた高速・高精度相互作用計算法を開発する。

(3) 物性・機能計算方法の開発

密度汎関数法に基づくナノ構造体における量子的電子伝導、磁性、光物性の予測手法の高精度化および大規模システムへの適用手法を開発する。特に、励起状態の予測精度向上を目指して、最新の解析的手法の成果を取り入れたシミュレーション技術を開発する。

（H14年度進捗状況）

平成14年度は、下記の研究成果を得た。

(1) 高効率位相空間サンプリング法の開発

分子系の自己誘導力分子動力学法への拡張に有利な剛体モデルを用いた等温等圧アンサンブルにおける時間に可逆な運動方程式のアルゴリズムを開発した。この手法は、従来広く用いられてきたシェーク法のような拘束分子動力学法に比べて、優れた計算効率を持つことを示した。この計算効率の優位性は、複雑系の計算で大変有用な多重時間積分を用いた際により高くなり、さらに並列計算環境ではその効率が格段に優位になることを示した。さらに、従来の手法で計算される系の構造や動的な性質を高い精度で再現するアルゴリズムであることも分かり、精度を落とさず効率の高い分子動力学シミュレーションが可能になった。

(2) 高速・高精度相互作用計算法の開発

数値局在基底を用いた密度汎関数計算において計算の律速段階は行列要素の数値積分であり、200原子の系において全計算時間のおよそ80%を占めている。そこで、高速・高精度積分法を開発するために数値積分法としてファジーセル空間分割法、実空間メッシュ法の二つの手法を比較検討した。その結果、実空間メッシュ法がファジーセル空間分割法に比べおよそ2~3倍程度の効率を持っていることが分かった。また実空間メッシュ法は空間的にメッシュが一樣に張られていることから、構造最適化や分子動力学計算において安定に動作することが分かった。

(3) 物性・機能計算方法の開発

現在用いられている時間依存密度汎関数法（TDDFT）は固体の光吸収に伴う励起子を記述できない。そこで、本研究では、二体相関を改善する標準的な Bethe-Salpeter 方程式から TDDFT に用いる非局所交換相関項を導出し、TDDFT 法の範囲内で絶縁体や半導体の励起子が半定量的に記述できるようにした。また、強相関電子系の第一原理シミュレーションを可能にする為に、モデル系に対する精度の高いシミュレーション理論と第一原理計算を結びつけることを試み、動的平均場理論（DMFT）と GW 法を自己無

撞着的に用いる事により、DMFT をパラメーターフリーな計算となる様に改良した。

本プロジェクトを実施した結果、上記の研究成果を得て、平成15年度からスタートした文部科学省プロジェクト：超高速コンピュータ網形成プロジェクト (NAREGI) ナノサイエンス実証研究の二つの分担研究プロジェクトとナノ集合体プロジェクトの分担研究を獲得した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 密度汎関数法、分子軌道法、分子シミュレーション、分子動力学法、モンテカルロ法、分子間相互作用、粗視化法、ナノ構造体、自己組織化膜、生体膜、量子ナノドット、表面・界面

【研究題目】 ユニット融合化共同研究

【研究代表者】 小池 汎平 (エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 鈴木 英一、関川 敏弘、
中川 格 (エレクトロニクス研究部門)、
須崎 有康、戸田 賢二 (情報処理研究部門)

【研究内容】

エレクトロニクス研究と情報処理研究の境界領域において、チップベースの情報学に基づくエレクトロインフォマティクスという新しい研究分野を構築し、情報処理技術を駆使した高機能デバイスの開発、情報通信技術の垂直統合体制を確立することを目指して、エレクトロニクス研究部門と情報処理研究部門にわたる融合化共同研究を行った。まず、XMOS トランジスタを応用した回路技術の研究で活用するために、回路シミュレータ用デバイスコンパクトモデルを設計し、業界標準の回路シミュレータ Spice と連動するデバイスモデルプログラムコードの開発を行った。2つのゲートに異なる電圧をかけたときの振る舞いを記述したデバイスモデル基本式の導出と Verilog-A 言語を用いた評価用プロトタイププログラムの開発に成功し、はるかに計算時間のかかる厳密なデバイスシミュレーションの結果と比較してよい一致を見ることができた。これらの成果についてコンパクトモデリングに関する国際ワークショップ WCM2003に採択され発表を行った。(Nakagawa, Sekigawa, Tsutsumi, Suzuki, Koike.: *Primary Consideration on Compact Modeling of DG MOSFETs with Four-terminal Operation Mode, 2003 Workshop on Compact Modeling, Nanotechnology Conference, Feb. 2003.*)
さらに、XMOS トランジスタの応用技術として XMOS トランジスタの特性を巧みに利用した新しい回路技術 (超低消費電力回路、超高速回路等) についての検討を進め、実際にゲートドライブ方式などのいくつかの回路を考案し、それらの回路の定性的な特性の解明を行った。考案した回路技術について特許出願を行った。(関川、小池、中川：二重ゲート電界効果トランジスタのゲート

信号印加方法 (出願中) 他) また、エレクトロニクス技術の提供するシーズと情報処理技術からのニーズとを一元的に融合させ新たな付加価値を生む情報システム化技術開発を目指して、技術動向を調査した。さらに、FPGA を用いたアーキテクチャエミュレータ装置の応用研究を進めた。

【分野名】 情報通信

【キーワード】 ダブルゲート MOS トランジスタ、デバイスモデリング、回路シミュレーション

【研究題目】 非酸化物系ファインセラミックス化学分析用標準物質の開発と供給

【研究代表者】 上養 義則 (セラミックス研究部門)

【研究担当者】 上養 義則、柘植 明、森川 久 (セラミックス研究部門)、
千葉 光一、日置 昭治、野々瀬菜穂子、
岡本 研作 (計測標準研究部門)、
小池 昌義、原田 泰 (成果普及部門)

【研究内容】

ファインセラミックス用炭化ケイ素国家標準物質 (組成標準) 2種類の開発を目的に、セラミックス研究部門、計測標準研究部門、成果普及部門品質保証室の融合的協力の下に研究を行った。製造方法並びに結晶形の異なる市販の炭化ケイ素原料微粉末2種類を購入し、50g ずつ小分けして標準物質候補試料約600本ずつを作製した。作製した候補試料の均質性を確認するため、ISO ガイド35に従ってそれらからそれぞれ30本ずつを抜き取り、JIS R 1616に沿って加圧酸分解/誘導結合プラズマ発光分析法 (ICP-AES) により、幾つかの成分を定量した。しかし、現行の JIS R 1616に規定された手法では両試料ともに完全には分解出来ないことが分かり、試料分解方法について検討を行い、両試料ともに完全分解を可能とした。得られた分解液を用いて ICP-AES の結果、Fe に若干のバラツキが認められるものの、その他の成分では有意の差は認められず、両候補試料は均質であることを確認した。また、同様の手法によって両試料を分解し、誘導結合プラズマ質量分析法により定性分析を行い、標準物質のユーザーが求められる成分を考慮して、測定項目を決定した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造、標準

【キーワード】 国家標準物質、ファインセラミックス、炭化ケイ素、組成分析、均質性

【研究題目】 高濃度オゾンによる炭化ケイ素 (SiC) の酸化とデバイス特性評価

【研究代表者】 野中 秀彦 (極微プロファイル計測研究ラボ)

【研究担当者】 野中 秀彦、黒河 明、福田 憲司、
小杉 亮治

【研究内容】

目標 既にシリコン酸化膜においてデバイス水準の界面・耐電圧特性が得られることが実証されている高濃度オゾン酸化法により、SiC において従来目標の次世代となる超1kV 級の高耐電圧デバイス用の高品質酸化膜を得ることを目標とする。本研究では、研究ラボが有する高濃度オゾン酸化技術及び計測技術と研究センターが有するデバイス作製・評価技術を融合することにより、SiC パワーデバイスのさらなる高性能化を目指す。

研究計画 本年度（初年度）では、既に開発が進んでいる高濃度オゾン対応シリコン酸化炉を原型として、SiC 酸化に必要なより高温の酸化条件に対応した酸化炉の設計を行い、ユニット共同で装置開発を進める。さらに極微プロファイル計測研究ラボ（以下研究ラボ）においてオゾン供給条件の最適化のためのレーザー光を用いたオゾン濃度分布のその場測定技術を開発する。第2年度（最終年度）では、開発した酸化炉を用いて、研究ラボで進める SiC 基板上での平面・垂直オゾン濃度分布の解析を取り入れた試料合成を行い、パワーエレクトロニクス研究センター（以下研究センター）において SiC MOS デバイスの作製とその電気的特性評価を行った結果を用いて、高信頼性酸化膜作製のためのプロセスの最適化を行う。

年度進捗状況 濃度オゾン対応シリコン酸化炉を原型として、SiC 酸化に必要なより高温の酸化条件に対応した酸化炉の設計を行い、共同で装置開発を進めた結果、4mm 角 SiC 試料を用いて、酸素酸化温度の約1400℃からオゾン酸化温度の約950℃への大幅な低温化とアルミ電極の単純 MIS 構造による評価において良好な耐電圧特性（12MV/cm、膜厚14.5nm）の両立などの成果が得られた。さらにオゾン供給条件の最適化のためのレーザー光の飽和吸収現象を用いたオゾン濃度分布（位置分解能4mm×4mm 以下）のその場測定技術を開発し、試料直上におけるオゾン濃度やオゾン流量と濃度の関係等を明らかにした。450Pa、60sccm の条件では、試料サセプタ温度約900℃では、オゾン濃度（生存率）は試料直上で10%以下まで低下していたが、オゾン酸化の優位性は実証された。濃度低下の主因は、サセプタ（過熱基板）として使用した焼結 SiC の品質に由来するものである。今後オゾン生存率を向上して、プロセスの最適化を図るためには、SiC オゾン酸化では供給オゾンの大流量化や導入方法の改良及びサセプタの材質を焼結 SiC から高ドーブ単結晶 SiC などに変えてオゾン濃度の制御性を向上する必要があることが明らかになった。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 オゾン、SiC、酸化膜

〔研究題目〕 ナノバイオテクノロジー推進のための微小マシン機能素子の開発

〔研究代表者〕 湯元 昇（人間系特別研究体）

〔研究担当者〕 達 吉郎、茂里 康（人間系特別研究体）、

上田 太郎（ジーンファンクション研究ラボ）、

樋口 真弘（界面ナノアーキテクトニクス研究センター）、

芝上 基成（物質プロセス研究部門）、

山崎 登（ナノテクノロジー研究部門）、

久保 泰（脳神経情報研究部門）、

小高 正人、友廣 岳則（生物機能工学研究部門）

〔研究内容〕

（目標）

本研究では、日本のナノバイオロジーの高いポテンシャルを活かして、世界に先駆けて新しい産業基盤を形成することを目的として、ナノテクノロジーで大きな課題とされているナノ機能素子の運搬、配置を行うことができる微小マシン機能素子を開発する。

「研究計画」

運動蛋白質を開発してきたジーンファンクション RL と、それを微小マシン機能素子としてシステム化するための要素技術をもつ各グループが融合化して、運動蛋白質に望みの動きをさせるための基板修飾、運動蛋白質に運ばせる「荷物」（ナノ機能素子）の開発と運動蛋白質との結合方法の開発、運動制御機構の開発を行う。

（平成14年度進捗）

1) 基板の開発：

配向よく運動蛋白質を並べる手法を検討した。具体的にはモデルとしてビオチン化したカーボンナノチューブを用い、均質な単分子膜の形成を確認し、微小管を用いて実際の検討を行った（界面ナノ RC）。

2) ナノ機能素子の開発と運動蛋白質との結合：

運動蛋白質と結合させるためのアビジン結合リボソームの調製（ナノテク RI）、異方性をもつ新規複合高分子型微粒子の調製（生物機能工学 RI）、および糖誘導体を金微粒子に導入する方法の検討（物質プロセス RI）を行った。

3) 運動制御機構の開発：

運動制御ペプチドの開発（人間系 SD）と運動蛋白質への運動制御機能の付与の検討（脳神経 RI）を行った。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ナノバイオ、運動蛋白質、ナノマシン、機能素子

〔研究題目〕 バイオインフォマティクスによる糖転移酵素タンパク質遺伝子の発見

〔研究代表者〕 秋山 泰（生命情報科学研究センター）

〔研究担当者〕 秋山 泰、諏訪 牧子、浅井 潔、
広川 貴次、富井健太郎、向井 有理、
地神 芳文、成松 久

〔研究内容〕

糖転移酵素は、タンパク質を糖鎖で修飾し多様な機能を支配する。ヒトでは200~300種とされるこの酵素を網羅的に発見、機能解析、保有することが今後のバイオテクノロジーとして重要な糖鎖工学技術の鍵となる。この目的のため本研究では、バイオインフォマティクスを駆使した遺伝子同定システムと、網羅的な機能解析実験系をリンクし、我が国における糖鎖研究プロジェクトの加速に貢献することを目指す。

糖転移酵素は、ゴルジ装置膜上に存在し、第一エクソン上のN末端側に1本膜貫通ヘリックスを持ち、C末端側に特有の立体構造が見られる。遺伝子同定システムにはこれらの性質および以下の点を考慮し、組み込む必要がある。

- 1) 第一エクソンを落とさない遺伝子予測：一般に第一エクソンを予測するのが困難とされるが、大規模並列計算機を活用し、全ての開始コドン(ATG)から始めて遺伝子候補を提示する方法を検討した。
- 2) 膜貫通ヘリックス領域の特徴による絞込み：膜貫通領域で、疎水性が最も高い位置を基準とした位置特異的アミノ酸残基分布を用い、ゴルジ装置膜上の糖転移酵素と他のタンパク質とで、精度の良い判別が可能になった。
- 3) C末端の立体構造予測による絞込み：今まで開発してきた立体構造認識法を糖転移酵素特有の構造認識用に改良した。

今後はこれらを適用してヒトゲノム配列から網羅的に糖転移酵素遺伝子を発見する段階に入る。そして、発見した新規遺伝子に関しては、網羅的に発現確認、機能解析が本格化する。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 糖転移酵素、遺伝子発見、バイオインフォマティクス、ゴルジ膜局在

〔研究題目〕 高性能熱電材料の開発とその応用

〔研究代表者〕 舟橋 良次 (生活環境系特別研究体)

〔研究担当者〕 舟橋 良次、鹿野 昌弘、三原 敏行 (生活環境系特別研究体)、山本 淳、李 哲虎、小原 春彦、高澤 弘幸 (電力エネルギー研究部門)、小林 慶三、松本 章弘、西尾 敏幸 (基礎素材研究部門)

〔研究内容〕

本研究では、室温~700℃の広温度域での応用を可能にする新規熱電材料を開発し、新たなエネルギー・エレクトロニクス分野の開拓に挑戦する。

3d 電子の配置を基に n 型の熱電特性を示すと予測される Ni 及び Mn 系の酸化物高速スクリーニングをコンビケム手法により行った。その結果、これらの金属を含む系で数種の n 型物質が見つかった (生活環境)。組成を傾斜させたバルク試料を準備し、EDX 等の組成分析

技術とサーマルプローブ法を組み合わせることで、熱電材料の最適組成を効率的に決定できるシステムを構築した。またサーマルプローブ法の高精度化も試み、これまでに平均36%の誤差率で熱伝導率を効率よく定量測定することができるようになった (電力エネ)。

環境融合型熱電材料 Fe₂VAl を、MA-パルス通電焼結 (PCS) 法により合成および成形を行った。出発原料に FeAl 合金粉を用いて MA することにより粉末回収率の大幅な改善と目的組成の制御が容易となり、また PCS 法によりサブミクロンオーダーの微細組織制御が可能となった (基礎素材)。電力エネ、生活環境で行っている Sr-Ti 系及び Ca-Co 系酸化物の焼結体を PCS 法により作製した。PCS 条件の最適化により緻密な成形体を作製できることがわかった。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 コンビナトリアルケミストリー、高効率物質探索、触媒材料、熱電材料

〔研究題目〕 環境エネルギー材料開発のためのコンビケム技術の研究

〔研究代表者〕 小林 哲彦 (生活環境系特別研究体)

〔研究担当者〕 小林 哲彦、山田 裕介、上田 厚、塩山 洋、藤原 直子、栗山 信宏 (生活環境系特別研究体)、三村 直樹、高橋 厚 (環境調和技術研究部門)

〔研究内容〕

〔目標ならびに研究計画〕 環境エネルギー研究において、新材料開発がシステム革新の鍵を握っている場合が少なくない。環境エネルギー材料の開発の迅速化を図るため、コンビナトリアルケミストリーの適応を図る。具体的な開発対象材料系を触媒 (電極触媒を含む)、水素吸蔵材料に設定し、探索速度の2桁以上の迅速化を目指す。材料開発方法論に革新をもたらす「材料インフォマティクス」についても検討する。

〔年度進捗状況〕 燃料電池用水素製造・精製触媒、燃料電池用アノード電極触媒、プロピレンエポキシ化触媒を具体的なターゲットに選定し、以下の研究を開始した。(1) 材料迅速調製技術：有機化学用自動合成装置を大幅に改良し、固体系担持触媒の自動合成を可能にした。一日に100個程度の触媒の調製が可能である。本装置を用い用途の広い貴金属系担持触媒について、ライブラリーの自動合成を開始した。(2) 迅速評価技術：触媒反応の生成物分析の平行化、高速化を目的として、迅速ガス分析法であるガスセンサ、PAS、高速ガスクロ、IRサーモビューア、質量分析計を検討し、触媒反応の違いによる迅速ガス分析法の最適な組み合わせに関する検討を行った。また、時間のかかる電極触媒評価 (燃料極) に、気相の迅速触媒評価が適用できることを示した。気相評価することにより、一度に10以上の試料の評価が可

能となった。(3) 材料設計方法論：人工知能の一つであるニューラルネットワークを用いた機能予測の研究に着手した。実際の触媒反応データを元に、情報処理に重要なディスクリプターの選定を行った。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 コンビナトリアルケミストリ、触媒

【研究題目】 新規イオン流体の開発と環境エネルギー技術への応用

【研究代表者】 松本 一（生活環境系特別研究体）

【研究担当者】 松本 一、柴部比夏里、安田 和明、徐 強（生活環境系特別研究体）
林 輝幸、富永 健一（環境調和技術研究部門）

【研究内容】

有機溶媒に代わる新規溶媒として、イオン流体に注目が集まっている。塩でありながら常温から液体状態にあり、揮発性に乏しく難燃性であり、分子構造に応じて溶解度やその温度依存性などの物性を変えることが出来る。このため、現在の有機溶媒で問題になっている揮発散逸や引火の心配がなく、溶解特性や分離特性を設計できる新しい溶媒である。電気化学デバイスにおける利用では安全性や長期の安定性の向上が、また化学プロセスでの利用では揮発性有機溶媒の削減や触媒のリサイクル性向上、安全性の向上などが期待されている。本研究では、新規イオン流体を合成し、構造と物性との関連を明らかにしつつ、高信頼性電気化学デバイスやグリーンケミストリーへの応用の可能性について検証した。融合化の観点から見た特筆すべき成果として、電気化学デバイスにおける新規電解質の研究では、材料開発側とシステム評価側の連携によって、種々のイオン性液体から脂肪族6員環カチオンとイミドアニオン（TFSI）からなる系がリチウム負極を用いた次世代リチウム電池系において有効であることを見出し、他に類を見ない充放電効率(97%以上)を達成することができた。また、化学プロセスにおける新しい媒体としての研究では、ハロゲン化物のカルボニル化にイオン性流体が有効であるとの環境調和技術研究部門での知見が、生活環境系特別研究体での金属カルボニル陽イオンに関する研究と融合して、オレフィン、アルコールのカルボニル化にイオン性流体が有効なことが見いだされた。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 イオン性液体、常温溶融塩、リチウム電池、グリーンケミストリー

【研究題目】 障害者支援知能情報システム

【研究代表者】 坂上 勝彦（知能システム研究部門）

【研究担当者】 坂上 勝彦、樋口哲也、関田 巖（次世代半導体研究センター）、蔵田 武志、大隈 隆史、興梠 正克、富田 文明、

河井 良浩、依田 育士（知能システム研究部門）、西村 拓一、中村 嘉志（サイバーアシスト研究センター）、堀 俊夫、西田 佳史（デジタルヒューマン研究ラボ）

【研究内容】

【目的・目標】 日常生活支援知能情報技術の確立のために、着装型視覚情報機器、環境埋め込み型情報機器による多様な形態の情報機器の融合による次世代インタフェース技術及び情報サービス技術の研究を行い、屋内外での障害者支援を行うシステムの開発により、これらの技術を実証的に検証する。

【進捗状況】 具体的には、以下の3種類の融合的システムのプロトタイプを開発し、検証実験を行うことにより新しいタイプの障害者支援方式を実現するための要素技術の確立を行った。すなわち、①視覚障害者遠隔支援システム画像センサのインテリジェント化、②高度なビジョンシステムと音響システムの融合による障害者安全行動支援、③ウェアラブル情報機器とユビキタス（環境埋め込み型）情報機器の組み合わせによる障害者支援である。特にテーマ③の成果は、電子情報通信学会平成15年1月パターン認識・理解研究会、VR 学会ミックストリアリティー研究会共催のテーマセッション「複合現実感とウェアラブルコンピュータ」において“バリアフリー情報支援のためのウェアラブル・ユビキタス協調システムの実現にむけて”のタイトルで特別講演として発表を依頼された。

【分野名】 情報通信

【キーワード】 障害者支援、画像処理、ウェアラブル、ユビキタス

【研究題目】 固体表面・界面の化学反応性に対する実験的・計算科学的研究

【研究代表者】 春田 正毅（環境調和技術研究部門）

【研究担当者】 春田 正毅、藤谷 忠博、中村 功

【研究内容】

本研究では、触媒機能発現の要因となる金属ナノ粒子の「ナノサイズ効果」及び「接合界面効果」を解明するために、ナノ界面の原子構造・電子状態とそこで起きる化学反応との関係を実験的・理論的に明らかにすることを目標とする。

Au/TiO₂系を対象に透過型電子顕微鏡による内部ポテンシャル測定と走査トンネル顕微鏡による仕事関数測定を行った。その結果、平均内部ポテンシャルは金のサイズが5nm 以下になると上昇し始め、2nm 以下になると急激に上昇すること、及び仕事関数はサイズが小さくなると減少し、0.4nm 以下になると担体表面とほぼ同じ値になることが明らかになった。

Au/TiO₂における電子状態と化学反応性を CO 吸着実験により調べた結果、CO は中性及びアニオニックな金

微粒子に吸着しており、カチオニックな粒子への吸着は観測されなかった。また、アニオニックな粒子への吸着力は中性粒子への吸着に比べ相対的に強いことが明らかになった。

実験によって得られた結果を詳細に明らかにするために、計算科学的手法による電子状態と化学反応性の解析を行った。担体表面構造と電子状態との関係を第一原理分子動力学法により計算した結果、欠陥がある表面は金との結合エネルギーが大きく、界面での電荷移動が生じることが明らかになった。さらに、金13原子クラスターでは、負電荷を帯びた金原子が酸素活性化の活性サイトになっている可能性が示唆された。

以上の結果、触媒反応を原子レベルでの構造・電子状態と関連づけて解析できた。特に、TEM、STM と計算科学との緊密な連携を進めた結果、構造と電子状態との関係を論理的に取り扱うことが可能となった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】計算科学、電子顕微鏡、表面科学

【研究題目】健康で生産的高齢化社会創出—循環器発症の予防と QOL の維持—

【研究代表者】倉地 幸徳（年齢軸生命工学研究センター）

【研究担当者】倉地 幸徳、倉地須美子、桑原 光弘、磯部 拓（年齢軸生命工学研究センター）
齋田 真也、菅原 順、林 貢一郎、武田 司、熊田 孝恒、横井 孝志、長谷 和徳（人間福祉医工学研究部門）
二木 鋭雄、松岡 克典、絹見 朋也、吉野 公三（ヒューマンストレスシグナル研究センター）

【研究内容】

高齢化社会に突入した我国の「健康で活力生産的産業社会の持続達成」への貢献を目指す。第一段階として、深刻な社会問題の寝たきり高齢者の主要因である循環器病に焦点を絞り、新視点からの機構解明と、より効果的で安全な予防・治療法の基盤技術開発を行い、高齢者が健康で持続的参加のできる社会福祉環境創りに貢献する。具体的には年齢軸に沿ったマウス血液と肝臓核内蛋白質発現の解析、年齢・運動の血液凝固への影響とそれに基づく運動処方構築、加齢効果と生活活動度を考慮に入れた心臓血管呼吸系の運動負荷応答を数理モデル化し、循環器系の状態の老化予測・診断システムの構築を目指す。初年度はユニット間での討議を進め、課題設定、研究分担、実験条件検討を行った。マウス血中蛋白質及び肝臓組織細胞核内蛋白質の分離、同定作業のプロトコール作成のため、前処理はじめ各段階の検討を行った。年齢・運動・血液凝固関係の課題については少数測定項目の計測および評価を行い初期データ取得、技術獲得を図

り、次年度以降に向けての研究基盤創りを行った。心肺機能・運動・年齢課題では熱産生をも含めた筋でのエネルギー消費を算出する数理モデルを構築し、エルゴメータを用いた運動負荷試験に関する実験系をセットアップした。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】高齢化社会、循環器病、QOL

【研究題目】化学物質リスク評価のための DNA チップ及びデータベースの作成

【研究代表者】木山 亮一（糖鎖工学研究センター）

【研究担当者】大西 芳秋、會田 雪絵、寺坂 俊一、平野 隆、中村 史、中村 徳幸、三宅 正人（ティッシュエンジニアリング研究センター）、飯野 福哉、吉田喜久雄、中西 準子（化学物質リスク管理研究センター）

【研究内容】

工業製品等の安全管理は、産業振興のために必須の問題であるが、国がその標準化に積極的に関与する必要がある。近年問題となっている環境ホルモンに対する安全評価は、製品や原材料の安全評価にとどまらず、新たな化学物質を産業化・製品化する際に基準となるべき政策的な重要性を有している。本研究では、ユニットそれぞれの持つポテンシャルを融合し高めることにより、最新技術である DNA チップを利用したさらに精度の高い評価システムを作成し、それにより国際的にも通用する化学物質リスク評価のためのシステム及び基準作りを行う。研究の成果として、(1)マイクロダイセクション（微量細胞試料取得法）等による微量サンプルを用いた検出系に関して、試料から DNA チップ解析までの手法を確立した。(2)高分子ポリマーを利用することで DNA チップ解析の高感度高速処理化が可能になった。(3)化学物質リスク評価データベースに関して、約200の遺伝子について、MCF-7乳癌細胞における約20種類の化合物の影響・リスク評価のためのデータベースを作成し、環境ホルモンデータベースの基盤を作った。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】環境ホルモン、エストロゲン、DNA マイクロアレイ、遺伝子発現プロファイル

【研究題目】可視光利用光触媒環境浄化技術の高機能化に関する研究

【研究代表者】指宿 堯嗣（環境管理研究部門）

【研究担当者】松沢 貞夫、根岸 信彰、佐野 泰三

【研究内容】

本研究では、紫外光に加えて可視光（400nm 以上）をも利用できる光触媒及び関連材料を開発し、太陽光や室内光を有効に利用して空気及び水を浄化する高効率かつ省エネルギー的な方法を開発する。400nm 以上の波

長の光を利用できる二酸化チタン系光触媒の合成を他元素ドーピング法および有機増感剤法により試みる。また、流通系反応装置を用いる光触媒材料の空気浄化性能の評価法について検討を行う。

可視光をも利用できる光触媒の合成については、過去に報告された湿式合成法等とは異なる新規窒素ドーピング法（特許出願中）を検討し、光吸収の長波長側への大幅拡大と NO の可視光分解を確認した。一方、有機増感剤法については、フタロシアンなどの有機増感剤を吸着させた光触媒を作製し、光を照射して反応を行わせて可視光応答性の検討を行った。空気浄化性能の評価法については、JIS 化、ISO 化に向けて試験条件の影響を調べた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】空気浄化、水質浄化、光触媒、酸化チタン、可視光応答性

【研究題目】**土壌汚染調査・評価・管理手法の開発**

界面動電現象を利用する汚染土壌浄化変化の評価

【研究代表者】辰巳 憲司（環境管理研究部門）

【研究担当者】辰巳 憲司、福嶋 正巳、澤田 章

【研究内容】

土壌中の有害金属（鉛、銅、カドミウム、クロム、ヒ素）を、電気浸透流や電気泳動といった界面動電現象を利用して原位置にて除去する土壌修復方法の開発を目的とする。このように界面導電現象を利用する土壌修復技術は、エレクトロレメディエーションと呼ばれている。この技術では、通電することで、電極を設置している井戸（電解槽）内の水が電気分解し、正極で水素イオン、負極で水酸化物イオンが発生する。これによって銅や鉛といったカチオン系の重金属が、負極付近の土壌で水酸化物を形成し、残留すること、長時間通電することにより土壌が不必要なまでに酸性化し、土壌を構成するアルミニウムやシリカなどが溶出する等の問題があった。これらの問題により、この技術は広く用いられていなかった。そこで、電気分解によって発生する水素イオンや水酸化物イオンを、電解槽内でその発生量に応じて中和剤を添加し、電解槽内の pH を一定に保つ方法を検討した。この方法によって、カチオン系の重金属が負極付近の土壌で水酸化物を形成し、残留するのを防止し、従来の方法と比較して大幅に修復期間を短縮することに成功した。また、土壌が不必要に酸性化することを抑え、アルミニ

ウムやシリカの溶出量を減少させることができた。さらに、電気浸透流が減少・停止することを防ぎ、その流速をほぼ一定に保つことが可能になった。以上の通電に伴う電解槽の pH 変化を制御する方法によって、これまで問題にされた土壌の pH 変化を抑制し、修復効率を向上させることが可能になった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】エレクトロレメディエーション、汚染土壌、界面動電現象、原位置修復、重金属、電気泳動、電気浸透

【研究題目】**土壌汚染調査・評価・管理手法の開発**

重金属に耐性があり、積極的に蓄積する植物の探索

【研究代表者】辰巳 憲司（環境管理研究部門）

【研究担当者】辰巳 憲司、飯村 洋介

【研究内容】

重金属を積極的に蓄積する植物をスクリーニングし、それによる、重金属汚染土壌浄化技術を開発するため、重金属を積極的に吸収する能力を有する植物を、実汚染土壌を用いてスクリーニングする。また、それらの植物を用いて、汚染現場における実証試験を行う。さらには、より高効率な汚染土壌の修復のため、土壌改良剤などを併用した、植物による重金属汚染土壌の浄化技術を開発する。

本年度は、汚染現場の土壌を用いて、ハイパアキュムレーター（重金属を積極的に吸収する能力を有する植物）のスクリーニングをポット栽培により行った。その結果、草本植物において、カドミウム吸収能力が高い植物をスクリーニングできた。この植物は、汚染土壌のカドミウム濃度を環境基準値以下に低減する能力を有していることから、土壌の浄化を、低コストで行うことの可能性を見出した。また、株式会社小泉と、植物による重金属汚染土壌の浄化に関する研究において共同研究を行っており、科学技術振興財団のプロジェクト（平成15年度委託開発事業）に採択された。このプロジェクトは、産業技術総合研究所が有する特許である、特願2000-223653（H12.7.26）、特願2001-30982（H13.10.5）および米国特許09/748,264（Jun. 27, 2002）をベースにし、実用化開発を行うものである。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】植物、汚染土壌、重金属、ハイパアキュムレ

(3) 外部資金

中期目標や中期計画で定められているように、産業技術総合研究所は、業務の効率的な実施による費用の低減、自己収入の増加その他の経営努力により財務内容の改善を図ることとなっており、そのため、外部資金や自己収入の増加と固定的経費の割合の縮減に努めている。

外部資金の多くは、各省庁からの様々な制度から委託研究費で、その多くが、競争的資金となってきている。産業技術総合研究所が受け入れる外部資金は、制度的には、受託研究として受け入れられ、研究終了後それぞれの委託元に詳しい研究報告がなされている。

平成14年度に受け入れた受託収入の概要

資金名	件数 (テーマ)	決算額 (千円)
受託収入		18,297,201
(1) 国からの受託収入		13,437,334
1) 経済産業省		7,637,539
(i) 産業技術総合研究所委託費	44	4,741,120
(ii) 中小企業産業技術研究開発委託研究費	4	531,972
(iii) 特許生物寄託委託費	1	520,940
(iv) 放射線廃棄物地層処分システム評価費等	1	488,202
(v) 塩淡水境界面の形状把握に関する研究	1	96,344
(vi) 構造改革特別委託費（研究開発課）	14	1,062,335
(vii) その他	1	1,457
2) 文部科学省		4,549,397
(i) 科学技術振興調整費	102	3,615,905
(ii) 原子力試験研究費	44	918,967
(iii) 海洋開発及地球科学技術調査研究促進費	2	13,068
(iv) その他	1	1,457
3) 環境省		1,081,430
(i) 公害防止等試験研究費	34	750,780
(ii) 地球環境保全等試験研究費等	3	64,847
(iii) 地球環境研究総合推進費	26	261,773
(iv) 環境技術開発等推進事業	2	4,031
4) その他省庁	1	168,968
(2) 国以外からの受託収入		7,978,678
1) 新エネルギー・産業技術総合開発機構	60	4,207,734
2) その他公益法人	136	2,860,117
3) 民間企業	131	897,844
4) 受託出張	131	12,977
その他収入		2,578,515
研究助成金（経理委任分）		1,055,989
合計		25,050,511

1) 国からの外部資金

①【経済産業省】

(i) 産業技術総合研究所委託費

(44テーマ 4,741百万円)

・石油安定供給技術開発等委託費

石油及び可燃性天然ガスの安定的かつ低廉な供給の確保に資するため、石油及び可燃性天然ガス資源の開発の促進並びに石油の備蓄の増強のための技術の開発に係る委託事業により、石油及び可燃性天然ガスの安定的かつ低廉な供給に係る技術の開発及び利用の促進を図るための経費。

平成14年度は、4テーマを193百万円で実施した。

・石油生産流通合理化技術開発等委託費

石油の生産の合理化に資するため、石油の生産の合理化のための石油精製支援ロボットシステム等の技術開発に係る委託事業により、石油の生産の合理化に係る技術の開発及び利用の促進を図るための経費。

平成14年度は、2テーマを44百万円で実施した。

・エネルギー需給構造高度化技術開発等委託費

内外の経済的社会的環境に応じた安定的かつ適切なエネルギーの需給構造の構築を図る観点から、石油代替エネルギーの開発及び利用、並びにエネルギーの使用の合理化のための技術の開発に係る委託事業により、石油代替エネルギーの開発及び導入並びにエネルギーの使用の合理化に係る技術の開発及び利用の促進を図るための経費。

平成14年度は、20テーマを574百万円で実施した。

・エネルギー使用合理化システム開発調査等委託費

平成14年度は、4テーマを2,414百万円で実施した

・電源多様化技術開発等委託費

内外の経済的社会的環境に応じた安定的かつ適切なエネルギーの需給構造の構築を図る観点から、石油代替エネルギーの開発及び利用、並びにエネルギーの使用の合理化のための技術の開発に係る委託事業により、石油代替エネルギーの開発及び導入並びにエネルギーの使用の合理化に係る技術の開発及び利用の促進を図るための経費。

平成14年度は、14テーマを1,516百万円で実施した。

(ii) 中小企業産業技術研究開発受託研究費

(532百万円)

・シナジーセラミックスの技術開発

平成14年度は、25百万円で事業を実施した。

・中小企業支援型共同研究開発

活力ある中小企業者のニーズを把握し、国立研究所又は独立行政法人が中小企業ニーズの高い研究テーマについて、大学等との連携を図りつつ研

究を実施し、その成果について中小企業者に広く還元するための経費。

平成14年度は、共同研究型を8テーマ、シーズ持ち込み型を8テーマ採択し、232百万円で実施した。

・中小企業関連情報流通円滑化研究開発

中小企業の業務効率化のためは、技術相談の回答事例（Q&A）をデータベース化・ネットワーク化（テクノレッジネットワーク）するとともに、産業技術総合研究所の全国ネットワークを統合してシステムの拡大を行う。また、産業技術総合研究所が有する大容量・高速ネットワークを活用して迅速なアクセスを可能とするとともに、研究資源が活用できる体制整備をすることにより、中小企業の新技術開発の振興を図るための経費。

平成14年度は、184百万円で事業を実施した。

・ベンチャー支援ファクトリー

技術駆動型中小企業が研究開発成果を基に技術集約型の最先端産業機器、分析機器等を試作するためには、超精密加工装置や高度計測機器を活用することが不可欠である。一方、これらの高度機器は高価であるのみならず、保守・操作にも高度な技術を必要としていることから、中小企業者が使用することを目的とした最先端機器、分析・評価機器を整備し、日常的にこれらの最先端機器を運用している産業技術総合研究所職員の支援を得て、最先端産業機器や分析機器の試作を行える施設を設置するための経費。

平成14年度は、91百万円で実施した。

(iii) 特許微生物委託費（521百万円）

特許制度におけるバイオ関連の特許出願は、出願者において特許対象となる生物株を出願前に寄託当局に寄託することが義務づけられている。産業技術総合研究所特許微生物寄託センターは、国内唯一の寄託当局として特許庁長官から指定されており、また、WIPO ブダペスト条約（1980年）により認定された国際寄託当局でもある。当該事業については、産総研そのものが特許庁長官の指定を受けて寄託当局となると共に、特許庁からの寄託業務の委託を受けることとなる。

平成14年度は、521百万円で事業を実施した。

(iv) 放射線廃棄物地層処分システム評価費

(488百万円)

原子力発電の使用済み核燃料の再処理で生じる高レベル放射性廃棄物は、日本においても世界主要国と同様に、地下深部に埋設する計画である。この地層処分は、地下1,000m程度が想定され、将来10万年間以上の長期にわたって安全性を確保するものである。このような長期間では人工的な隔離機能（人工バリア）には限界が

あるため、深部地層環境における隔離機能（天然バリア）の適切な評価技術の確立を目的としている。

平成14年度は、488百万円で事業を実施した。

(v) 塩淡境界面の形状把握に関する研究（96百万円）

海岸付近では、地下深部の淡水が塩淡境界面に沿って上昇してくることが知られており、天然バリアの核種隔離性能を見積もる上で、塩淡境界面の形や境界面に沿った地下水上昇を正確に把握することが重要になる。

本調査は、孔井を用いた連続観測と物理探査により、海岸浅所の塩淡境界面の0形状把握と地下水流動の実測をおこない、塩淡境界面形状と、淡水地下水の流速・圧力の関係を確認する。また、地球化学的な手法により、深部地下水正常の把握をおこなう。

平成14年度は、96百万円で事業を実施した。

(vi) 構造改革特別委託費（研究開発課）

(1,062百万円)

平成14年度は、14テーマを1,062百万円で事業を実施した。

(V) その他調査

(9テーマ 197百万円)

②【文部科学省】

(i) 科学技術振興調整費 102テーマ 3,616百万円

科学技術の振興に必要な重要研究業務の総合推進調整のための経費。各省庁、大学、民間等既存の研究体制の枠を超えた横断的・総合的な研究開発の推進を主たる目的としている経費。

平成14年度は、106テーマで3,616百万円で実施した。

(ii) 原子力試験研究費 44テーマ 919百万円

文部科学省設置法第4条第67号に基づき、各府省所管の試験研究機関及び独立行政法人における原子力試験研究費を文部科学省に一括計上するものであり、各府省の行政ニーズに対応した試験研究等を実施するための経費。

平成14年度は、44テーマを919百万円で実施した。

(iii) 海洋開発及地球科学技術調査研究促進費

2テーマ 13百万円

「地球環境遠隔探査技術等の研究」は、文部科学省内局に予算を一括計上し、観測機器の開発を目標とする要素技術に関する研究と観測要求に基づくミッションパラメータに関する研究、の2通りの研究分野から構成されている。

平成14年度は、2テーマを13百万円で実施した。

③【環境省】

- (i) 公害防止等試験研究費 34テーマ 751百万円
環境省設置法第4条第3号の規定に基づき、地球環境保全等に関する関係行政機関の試験研究機関の経費及び関係行政機関の試験研究委託費に関する予算を環境省において一括計上することにより地球環境保全等に関する試験研究の総合的推進を図っている。

平成14年度は、34テーマを751百万円で実施した。

- (ii) 地球環境保全等試験研究費 等

3テーマ 65百万円

地球温暖化分野を対象として、各府省が中長期的始点から計画的かつ着実に研究機関で実施・推進されるべき研究で、地球環境保全等の観点から(1)現象解明・予測、(2)影響・適応策、(3)緩和策、などをテーマとする研究課題である。

平成14年度は、3テーマを65百万円で実施した。

- (iii) 地球環境研究総合推進費

26テーマ 262百万円

地球環境問題が人類の生存基盤に深刻かつ重大な影響を及ぼすことに鑑み、様々な分野における研究者の総力を結集して、学際的、省際的、国際的な観点から総合的に調査研究を推進し、もって地球環境の保全に資することを目的としている。

平成14年度は、26テーマを262百万円で実施した。

- (iv) 環境技術開発等推進事業(実用化研究開発課題)

2テーマ 4百万円

地球環境問題や大気・水環境等への負荷低減のために対応が急がれる環境技術の研究開発であり、研究開発終了後比較的短期間にある程度の実用化が見込めるものを実施する。

平成14年度は、2テーマを4百万円で実施した。

④【その他省庁】

1テーマ 169百万円

2) 国以外からの外部資金

- 1) 新エネルギー・産業技術総合開発機構

平成14年度は、60テーマを4,207百万円で実施した。

- 2) その他公益法人

平成14年度は、136テーマを2,860百万円で実施した。

- 3) 民間企業

平成14年度は、131テーマを898百万円で実施した。

- 4) 受託出張

平成14年度は、受託出張の経費13百万円を受け入れた。

【経済産業省】

－産業技術総合研究所委託費－

【研究題目】高温空気燃焼対応高度燃焼制御技術開発

【研究代表者】大屋 正明(エネルギー利用研究部門)

【研究担当者】宮寺 達雄、土屋健太郎、竹内 正雄、鈴木 善三、椎名 拓海、北島 暁雄、飯島 宏子

【研究内容】

高温空気燃焼技術を、微粉炭焚ボイラー、廃棄物焼却プロセスに適用した場合の、ダイオキシン類、亜酸化窒素、微量金属などの環境汚染物質の評価を行う。

小型燃焼器の燃焼状態の変化に対するダイオキシン生成挙動を調べ、ダイオキシン前駆物質の生成とダイオキシン類への変換条件を明らかにする。また、加圧燃焼・加圧ガス化条件での亜酸化窒素および有害金属類の排出量の測定を行う。

外熱式の小型流動層実験装置を用いて模擬ゴミの燃焼実験を行い、廃棄物に含まれる塩素量と燃焼室の温度が排ガス中 PCDD/Fs の同族体分布に与える影響を調べた。本実験条件下では、PCDDs の方が高塩化物の割合が多く、PCDFs に比べて塩素化が進んでいた。また、排ガスの CO 濃度が増えると PCDDs、PCDFs とともに生成量が増加するが、この時それぞれの同族体分布は高塩化物側に移行した。この生成量と同族体分布の変化は PCDFs の方が PCDDs に比べて大きかった。このことから、PCDDs と PCDFs では主要な反応経路が異なり、PCDDs は塩化速度が速い物質を経由して生成し、PCDFs の生成経路は燃焼反応の影響を強く受けると推測される。

また、固体燃焼における微量有害物質の排出抑制の研究については、脱水汚泥の加圧流動層燃焼による焼却実験を0.6~1.0MPa の圧力条件で行った。CO は20ppm以下、灰中未燃分は0.1%以下で燃焼効率は極めて高かった。NO も20ppm(O₂6%換算)で、乾燥下水汚泥焼却時に比べ、1/5程度の値となった。一方、N₂O は100~500ppm(O₂6%換算)で非常に高い値を示し、フリーボード温度に強く依存した。汚泥中に含まれる重金属類の挙動に関しては、水銀は約60%が排ガス中に移行することが確かめられた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】燃焼、ダイオキシン、亜酸化窒素、重金属

【研究題目】エコ・テラードトライボマテリアル創製プロセス技術の研究開発

【研究代表者】佐々木信也(機械システム研究部門)

【研究担当者】佐々木信也、日比 裕子、加納 誠介、村上 敬、是永 敦、間野 大樹、三宅 晃司、沼田 俊充、志村 洋文

【研究内容】

(目標)

大量のエネルギーを必要としている従来の表面改質技術等のエネルギー加工プロセスの高効率化を図ることはエネルギー使用の合理化のために不可欠となっている。プロセスに投入するエネルギーを節減するためにはプロセス条件の最適化を図ることが望まれている。このためには、プロセス条件と出来上がった製品の性能との関連を評価することが必要となる。また、物性測定方法の精度や再現性等の信頼性についての評価もプロジェクトを推進する上で必須となっている。本研究では、レーザとプラズマの複合表面被膜作成プロセスにおいて重要な因子である、母材と被膜界面の接合状態を明らかにしてプロセスの最適化に寄与することを目的とする。

(研究計画)

レーザ・プラズマ複合プロセスを用いた表面被膜作製技術において重要な因子である、母材と被膜の界面の接合状態や傾斜組成の状態を明らかにし、プロセス条件との関連を見出すことにより、最適プロセス条件を把握する。また、当プロジェクトで開発された材料の基本的なトライボロジー特性を把握することにより、他の用途にも使用範囲が拡大可能なデータの蓄積を図る。

(年度進捗状況)

平成14年度は、プロセス条件と被膜界面状態関連の評価技術の確立するため、密着性評価試験法の高度化を図った。荷重域の異なる3種類のスクラッチ試験機を用い、被膜剥離の起こる臨界荷重を測定するとともに、ダイヤモンド圧子形状の影響について実験的検討を行った。剥離強度の解析に当たっては、FEM解析により材料内部での応力分布をシミュレートし、その解析結果をもとに評価方法の妥当性を検討した。また、プロジェクトで開発された各種材料の基本トライボロジー特性評価を行い、既存材料との比較から摩擦・摩耗メカニズムを考察するとともに、データベース構築に向けたデータ取得を行った。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 トライボロジー、表面改質、レーザ、プラズマ

【研究題目】 極微量金属イオン注入制御による超機能耐環境材料の研究開発

【研究代表者】 堀野 裕治(純度制御材料開発研究ラボ)

【研究担当者】 坪内 信輝、空野 由明、茶谷原昭義、木野村 淳

【研究内容】

低エネルギーイオンビーム照射装置を用いて、1keV(一部20keV)の質量分離した15N+イオンビームを発生させ、室温から610℃までの様々な温度に設定したステンレス材へ照射を行った。その後、注入窒素の深さ分布をNRA法により調べた。その結果、窒素の深部拡散現象が観測された。さらに、窒素の拡散係数の照射温度

依存性を調べた。このデータを解析し、既報の他のプロセスと比較したところ、高温の基板上へイオン注入した場合の窒素拡散の機構は、室温注入後高温アニールした場合(アニール拡散)のそれとは異なることがわかった。一方、低電流密度の本実験と、既報の高電流密度の窒素拡散機構はほぼ同じであることがわかった。室温照射後にアニールする場合と高温基板に照射する場合のそれぞれにおいて、注入窒素の拡散速度に大きな影響を与えると考えられる有効欠陥数が大きく異なることが、双方の拡散速度の違いを生み出している可能性が考えられる。また、超低エネルギーの炭素、珪素イオンビームをSi基板上へ照射することにより、緻密で表面平滑な炭化珪素単結晶が、従来法よりも数100℃低温で形成可能であることが明らかになった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 低エネルギーイオンビーム、イオン注入、拡散

【研究題目】 三次元画像診断システム等技術開発

【研究代表者】 平野 隆(糖鎖工学研究センター)

【研究担当者】 角田 慎一、市原 昭、上平 初穂、柳本 剛

【研究内容】

がん、糖尿病、心疾患は生活習慣病として総合科学技術会議においても重点的研究課題として取り上げられているが、がんによる死亡率は年々増加しつつある。がんに関する研究開発は平成15年度から新たに国によりがん研究10年計画が開始される状況にある。がんは他の疾患と異なり自らの遺伝子に何らかの異常が生じて発症することが確立した疾患である。このためヒトゲノム解析により染色体上の塩基配列が決定された現時点で、がんに対する研究開発が大きく進展することが期待されている。がん起因する染色体の異常を全染色体にわたって効率良く検出する方法がCGH(Comparative Genomic Hybridization)法であり、正常細胞の細胞分裂中期の凝集した染色体をガラスプレート上に展開し、がん組織から得たDNAと正常DNAを異なる蛍光色素で標識化して競争的にハイブリダイズさせる方法である。高解像度の蛍光顕微鏡下で染色体を観察することにより、何の遺伝子配列に関する情報を必要とせずに染色体の増幅、欠損などがんに関わる異常を全染色体にわたって検出可能である。平成14年度においては90%以上の染色体が重なることなくプレバート上に配列可能なプロトタイプの染色体前処理装置を企業との共同研究で完成させた。この装置はすでに国内の染色体研究者を驚嘆させ、販売実績が上がりつつある。この装置を用いて展開させたプレバートを用いて、共同研究先の企業が開発した光学系及び処理ソフトを用いて染色体の解像度を検証し、基本計画書の目標値に匹敵する3Mbレベルの解像度があることを確かめた。また染色体異常部位とがんの悪性度、

転移性、薬剤感受性等の治療に有用な臨床情報とリンクさせるソフトを開発し、類似のパターン解析等の検索が可能となった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 染色体異常、画像診断、CGH

【研究題目】 人間協調・共存型ロボットシステム開発

【研究代表者】 比留川博久（知能システム研究部門）

【研究担当者】 比留川博久、横井 一仁、梶田 秀司、金子 健二、藤原 清司、金広 文男

【研究内容】

プラットフォームを各種応用タスクに利用するためのタスク記述環境の構築、タスク遂行中の転倒等の障害発生時において、システムをリセットすることなく自律的に障害回復手順を計画・実行し、活動を継続できる機能を実現することを目標とする。この目標を実現するため、自動障害回復機能を内蔵するタスク記述方式、高速な逆運動学計算方式・動作計画法等を検討し、「動作生成技術」を確立する。平成14年度は、転倒状態から回復する技術、転倒回復技術の研究について、平成13年度にシミュレーションによって検証を行ったソフトウェアの実機への搭載及び改良を行った。これによって、うつぶせ・仰向け両状態からの転倒回復動作が可能なることを確認することができた。本研究では、回復制御の初期状態としては(1)うつぶせでの転倒状態、(2)仰向けでの転倒状態の2状態を想定したが、転倒状態によっては様々な初期状態があり得る。また、回復動作を行う床面は平面であることも仮定したが、一般には不整地や傾斜面の場合がある。これらのより一般的な場合にも対応できる回復制御の実現が望まれる。本研究は、転倒したら回復できないという人間型ロボットの大きな欠点の克服への第一歩と位置づけられ、人間型ロボットの実用化に大きく貢献するものと考えられる。

【分野名】 情報通信

【キーワード】 人間型ロボット、転倒回復、動作生成

【研究題目】 知的材料・構造システム開発

【研究代表者】 菊島 義弘（スマートストラクチャー研究センター）

【研究担当者】 関谷 忠、卜部 啓、遠山 暢之、佐藤 宏司、秋宗 淑雄、許 亜 (NEDO フェロー)、湯瀬かおり (NEDO フェロー)、島田 明佳 (東大院生)

【研究内容】

複合材料を用いた構造物のスマート化は、構造物の安全性向上、破壊防止、快適空間の創世の観点からも非常に重要な研究課題である。最終年度では、知的機能を持たせたスマートボードの開発を目的として、大型構造物を模擬した複数の CFRP（炭素繊維強化プラスチック複合材料）板、スティフナ（剛性補強板）が結合され

たデモンストレータ用スマートボードの開発を行った。スマートボードには、スマートセンサ網（光ファイバ、圧電セラミックス）とスマートアクチュエータ群（圧電セラミックス、形状記憶合金）を組み込み、これまでに開発された技術を統合化したデモンストレータ用スマートボードの開発を以下の観点から行った。

- (1) 損傷の起こり易い部位（ボルトによる結合部）を対象として、損傷時に生じる振動モード形状変化を少数の光ファイバセンサで検出、位置固定する構造物の健全性モニタリングシステムの開発を行った。
- (2) 圧電セラミックスの線材化、シート化技術の開発を行い、高変位出力を得るための改良を行った。
- (3) 巨大な回復応力に勝る安定保持可能な SMA（形状記憶合金）アクチュエータを用い、ボルト結合部の締め付けを行い破損部の進展抑制を行った。
- (4) スティフナ付き CFRP 板に発生する振動モードを分類し、ブロック単位で振動モードをクラスタ化する制御系開発を行い、静粛化に寄与する振動低減を行った。
- (5) 上述の4項目を統合したデモンストレータ用スマートボードの開発を行い、構造物内の健全性、位置固定、損傷進展抑制、振動抑制等が行えるスマートボード作成を行った。

【分野名】 ナノテク・製造・技術

【キーワード】 新機能性材料、光学センサ、複合材料、振動制御、スマートストラクチャー

【研究題目】 微粒子利用型生体結合物質創製技術開発

【研究代表者】 小高 正人（生物機能工学研究部門）

【研究担当者】 小高 正人、友廣 岳則、岡田 知子、中村 和彦、奥野 洋明、半田 宏（プロジェクトリーダー：東工大）

【研究内容】

各種の白金錯体-DNA 固定微粒子を用いて、DNA 結合タンパク質の精製・解析の検討を行う。ヒトテロメア配列を有する DNA と白金錯体との結合体を固定した微粒子を調製し、その基本的なアフィニティー精製条件を確立し、効率の良い親和性タンパク質の精製・解析法を見出す。また、アミロイド-β-タンパク質の結合部位を迅速かつ正確に検討するために、固相担体上にペプチドライブラリーを作製し、蛍光ラベル化したプローブによる結合評価法を見出す。H14年度は、特にシスプラチン耐性細胞株に有効な白金誘導体について、白金錯体-DNA に親和性を有するタンパク質の解析を行った。白金錯体-DNA をリガンドとするアフィニティー微粒子を用いて Hela 細胞の核粗抽出物から精製を行ったところ、一置換活性型白金錯体では溶出タンパク質がシスプラチンの場合と大きく異なることがわかった。別途、シスプラチン耐性 Hela 細胞株から調製した核粗抽出物による比較検討も行った。一方、アミロイド-β-タン

パク質のフィブリル形成に対し強い阻害活性が見られた化合物について培養細胞を用いた毒性試験を行ったところ、アミロイド β -タンパク質の細胞毒性をほぼ完全に抑制することが判明した。その作用機構は蛍光プローブペプチドを用いた競争阻害実験により確認された。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】微粒子、タンパク質、結合

【研究題目】シナジーセラミックスの技術開発

【研究代表者】神崎 修三（シナジーマテリアル研究センター）

【研究担当者】大司 達樹、近藤 直樹、鈴木 義和、平尾喜代司、吉澤 友一、周 游、宮崎 広行、山内 幸彦、淡野 正信、黄 海鎮、藤代 芳伸、柘植 明、阪口 修司、兼松 渉、宮島 達也、林 裕之、Mark I. Jones、朱 新文、Devaraj Amutha Rani、飛田 浩孝、古川 一夫

【研究内容】

本研究開発では耐環境性等に優れたセラミックスの特質を生かしつつ、使用環境下で長期間に涉って低摩擦特性を維持するセラミック材料の創製技術を確認することを目標としている。平成14年度は昨年度に引き続き、固体潤滑材の分散や表面改質プロセスの開発と最適化を検討し、更なる摩擦係数の低減を図った。また、低摩擦係数と高熱伝導率を共生させる技術として、種類の異なる材料の交互積層を取り上げ、プロセス要素や積層構造設計指針に関する検討を行った。その結果、固体潤滑剤分散材と高熱伝導材を交互に積層化することにより、固体潤滑剤を分散した単独相と同等の摩擦係数低減効果が発現されることに加えて耐摩耗性を大幅に向上できること、分散量が10%程度であれば熱伝導率の低下も小さくできることが明らかとなった。また、開発材の適用範囲拡大の可能性を検証することを目的に、潤滑剤使用条件下での摺動特性の評価・解析研究を実施し、定常運転状態での摩擦損失低減を可能とする潤滑油の粘性低減には、本プロジェクトで開発している高耐摩耗性材料の利用が必要であることが明らかとなった。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】セラミックス、摺動材料、熱伝導率、破壊靱性、固体摩擦係数、耐摩耗性

【研究題目】細胞機能発現制御技術開発

【研究代表者】今村 亨（年齢軸生命工学研究センター）

【研究担当者】町田 雅之、浅井 潔、今村 亨、鈴木 理、浅田 眞弘、石崎 明、隠岐 潤子、倉持 明子、萩原 央子、佐野 元昭、國廣 澄子

【研究内容】

目標

発現頻度差を有する遺伝子を迅速に解析するために、特異的、高感度、高効率な新規解析技術（プロトコル）を開発し、これを利用して機能遺伝子を解明することを目標とした。

研究計画

PCR と DNA アレイを組み合わせて遺伝子発現を解析する PCR-アレイ法を高度化し、網羅的な高感度遺伝子発現解析を可能とするために APCR（arbitrary primer-based PCR）-アレイ法を、また、高特異的発現解析を可能とするために TPCR（targeted primer-based PCR）を利用する遺伝子発現解析法を開発することを計画した。

年度進捗状況

- 1) 「高感度 APCR-アレイ法の開発」として、アービトラリープライマーを用いた PCR を利用する第1法、特定配列プライマーを用いる第2法、遺伝子上流域の CpG モチーフを認識して全長領域を増幅する第3法、の3タイプの APCR-アレイ法を開発した。第2法は cDNA 3'-末端を固定化したアレイとの、第3法は任意の領域を固定化した DNA アレイとの組み合わせに適する方法として、実用性を確認した。既存の方法に比べ、1000分の1以下の試料量で結果を得られる高感度が実証された。
- 2) 「高特異性・高感度 TPCR 発現頻度解析法の開発」として、揃った Tm、長いハミングディスタンスとなるようダブル法を用い全 cDNA 情報を背景配列としてデザインした高特異的配列のプライマーを用いて、類似配列の集団である遺伝子ファミリーの各々の遺伝子を同時に増幅し、定量する方法を開発した。この方法が、低発現・高類似性の遺伝子の発現頻度の特異的定量的解析に実用的である事を実証した。
- 3) 「遺伝子機能の推定」として、前項までに開発した発現頻度解析法を用いて解析し、従来法で確認するなどにより、複数の遺伝子機能の解明・推定を行うことに成功し、本技術の有用性を実証した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ゲノム、細胞機能、発現、技術開発

【研究題目】炭素系高機能材料の技術開発

電気的高機能材料化プロセス評価技術

【研究代表者】古賀 義紀（新炭素系材料開発研究センター）

【研究担当者】古賀 義紀、田中 章浩、角舘 洋三、湯村 守雄、薄葉 州、横井 裕之、山本 和弘、中村 拳子、大花 継頼、石原 正統、梅田 一徳、大嶋 哲、吾郷 浩樹（新炭素系材料開発研究センター）、内田 邦夫（物質プロセス研究部門）

〔研究内容〕

本研究開発では、炭素系高機能材料（ナノチューブ等）による優れた電子放出能を有する電気的高機能材料化プロセスの評価を行うことを目的としており、電気的高機能材料の最適材料化プロセス技術の確立に資する事を目標としている。

炭素系高機能材料（ナノチューブ等）による優れた電子放出能を有する電気的高機能材料化プロセスの評価を行うとともに、電子放出材料への応用を目指して、カーボンナノチューブの成長制御の開発を進めた。高性能ナノチューブ合成触媒溶液を調製し、インクジェットプリンタを用いて基板上に塗布し、微細パターンを描画した後、ナノチューブ合成反応を行い、配列した多層カーボンナノチューブのパターンの形成と電子放出特性を確認した。本方法は、薄型壁掛けテレビ等の実用化を大いに促進するものと期待され、電子放出材料への応用を目指して CVD 法の研究に注力した。それは、基板を用いてその上に成長できること、原料の炭化水素、触媒の形態などで多様なアプローチが可能であるからである。ナノ粒子触媒を実現するのに、よりハンドリングが容易で、直径の制御が可能な逆ミセル法に着目した。この逆ミセル法は、有機溶媒中、金属塩化物を大量の界面活性剤の存在下で化学的に還元する方法で、活性剤に覆われて比較的安定なナノ粒子を与える。これを触媒として、ナノテクノロジー部門村田研究員と共同で、インクジェットプリンタを用いて基板上に塗布し、微細パターンを描画した後、ナノチューブ合成反応を行った。この基板を用いて、熱 CVD 反応を行った。アセチレンの存在下880℃で加熱を行い、アセチレン濃度や流量を最適化することにより、20-80nm の外径の多層ナノチューブのパターンの形成に成功した。このパターン化した多層カーボンナノチューブの電子放出特性を測定した。このパターン化した多層カーボンナノチューブからの電界放出電子は、83mA/cm²の値を示し、フィールドエミッションディスプレイの電子源として十分な値 (>10mA/cm²) であり、良好な電子放出特性を示した。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 ナノチューブ、触媒、インクジェットプリンタ、電子放出特性

〔研究題目〕 環境適合型次世代超音速推進システム技術開発

〔研究代表者〕 袖岡 賢（エネルギー利用研究部門）

〔研究担当者〕 田中 隆裕、鈴木 雅人、井上 貴博、
築山 真弓、佐々木信也、梅田 一徳、
是永 敦、村上 敬

〔研究内容〕

比重が小さくかつ耐熱限界温度の高いセラミック系機械要素のジェットエンジンへの適用は、軽量化と無冷却化による燃料消費率の低減により大幅な CO₂削減に寄

与するものと期待されている。しかしながら、SiC/SiC 複合材等の現状のセラミックス基複合材料や、高温使用可能な自己潤滑材料は、未だ研究開発段階にあり、十分な高温耐久性、耐環境性が保証されていないため、劣化挙動を解明し、耐環境性や耐久性に優れた材料を開発することが、環境適合型次世代超音速推進システム実現のために必要不可欠である。

今年度の成果として、CMC の耐環境性向上技術の開発においては、繊維/マトリックス間の酸化物界面層を、液相であるアルコキシドを用いて導入することを試みた。この結果、曲げ試験の荷重-変位において、最大荷重後の応力低下は緩やかであり、繊維による高靱化機構がより良好に働くこと、さらに高温大気による酸化後も、高靱化機構が有効に働くことが判明した。また、昨年度までに開発した耐酸化緻密質マトリックス形成技術とこの耐酸化性界面層を同一 CMC 内に導入し、両技術を同時に適用が可能であることを確認し、統合化にむけての目処を立てた。酸素遮蔽被膜の検討においては、SiC/SiC 複合材料上に、ジルコンおよびムライトのプラズマ溶射コーティングを行い、熱サイクル試験により、その安定性、耐剥離性の評価を行った。ムライト皮膜は、良好な密着性を示し、膜面に垂直な亀裂の発生も少なく、酸素遮蔽被膜として有望であることを見出した。革新的高温機械要素技術の開発においては、Al₂O₃-Gr-hBN-Ni 系複合材料について、放電プラズマ焼結法と微細な粒径の出発原料粉末の適用により組織が均一で緻密な焼結体が得られることが分かった。さらに同焼結法により作製した高密度の Al₂O₃-CaF₂、B-Mo₅Si₃-Al₂O₃、TiO₂-CaF₂系複合材料の高温摩擦特性についても評価を進めている。軸受については、パラメータを絞った実用に即した条件での性能試験の必要性が明らかとなった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 ジェットエンジン材料、セラミックス基複合材料、耐環境性コーティング、高温耐摩耗材料、軸受

〔研究題目〕 グリコクラスター利用型バイオ繊維製造技術開発

〔研究代表者〕 地神 芳文（糖鎖工学研究センター）

〔研究担当者〕 新聞 陽一、安部 博子

〔研究内容〕

固定化酵素の生産は、バイオリクター等物質生産に必須である。しかし、酵素を大量発現し、精製し、さらに坦体に固定化する過程が必要であり、労力と時間がかかるうえ、酵素の損失と失活の問題もあった。そこで、酵母細胞壁を固定化坦体として酵素を固定化することで、酵母を培養しさえすれば固定化酵素が無限に得られるシステムの開発を行った。

糖鎖合成に必要な糖転移酵素は、酵素タンパク質の C 末端側に酵素活性部位があるため、従来の GPI アンカ

一法が適用できなかったが、別の細胞壁タンパク質 PIR を細胞壁固定化アンカーとして利用することにより、その欠点を克服し、汎用性の高い固定化技術を開発した。

ヒト型糖鎖を生産するために、ヒト・フコース転移酵素 (Fuc-TVI) 固定化酵母を構築し、酵母細胞壁への酵素の局在を蛍光顕微鏡で確認するとともに、酵母細胞自体及び細胞壁画分にフコース転移酵素の活性を検出した。また、PIR 遺伝子の破壊により、内在性の PIR タンパク質の細胞壁でのスペースを空けることにより、フコース転移酵素の固定化量を増加させ、より高い酵素活性を得ることに成功した。さらに、開発した酵母細胞壁固定化糖転移酵素を用いて、糖鎖自動合成機に組み込むための実証試験を自動合成チームに依頼した。その結果、NMR による分析でフコースの転移を確認し、酵母細胞壁固定化糖転移酵素生産技術が、糖鎖自動合成システムに適用可能なことを確認した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 糖鎖合成、糖転移酵素、酵母細胞壁

【研究題目】 超高密度電子システムインテグレーション技術

【研究代表者】 伊藤 順司(エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 青柳 昌宏、仲川 博、所 和彦、板谷 太郎、伊藤日出男、赤穂 博司、佐藤 弘、小見山耕司、菊地 克弥、鄭 殷実、瀬川 繁昌

【研究内容】

目標：本研究では、超高速デバイスを用いた、高密度実装構造に関する超高速特性評価技術の基礎研究を行うため、配線内のインピーダンス分布、接続部 LCR モデル、信号伝搬特性、線間クロストークなどを計測評価する技術を開発する。また、光電気複合実装技術に関連して、光アクティブインターポーザに向けた基本デバイスに関する基礎的研究を進めるため、レーザービームの出射方向を偏向できるビーム偏向型面発光レーザー素子による光軸アライメント補正機能を検証するとともに、ビーム偏向型面発光レーザー素子を用いた高速信号伝送を可能とする光アクティブインターポーザ技術を開発する。

研究計画：電子システム集積の考えに基づき、3次元高密度集積化技術について、超高速素子を用いた高密度3次元実装構造の超高速特性に関する評価技術の開発を進める。また、光電気複合実装技術について、光アクティブインターポーザ用素子技術の開発を進める。

年度進捗状況：3次元 LSI チップ積層実装構造に関する超広帯域特性評価の実現をめざして、昨年度までに開発した超伝導素子による超高速信号発生回路で生成した超高速ステップ信号を利用した時間領域反射 (TDR) 測定手法の評価検証を進めた。特に、微細配線を有する実装構造測定評価モデルとして、高解像

度感光性ポリイミドによりミクロンレベルの微細配線構造を試作した。また、光電気複合実装技術に関連して、光アクティブインターポーザの基本発光デバイスであるビーム偏向型面発光半導体レーザー (VCSEL) の開発を進めた。特に、VCSEL に関して、偏向制御のためのメサ電極構造を分割し、電極下の層構造に変更を加え、ビーム偏向量を増大させる方法について、検討した。

【分野名】 情報通信

【キーワード】 インターポーザ、感光性ポリイミド、面発光レーザー

【研究題目】 エネルギーシステム総合評価基盤技術研究開発

【研究代表者】 近藤 康彦 (エネルギー利用研究部門)

【研究担当者】 近藤 康彦

【研究内容】

(1) 目標

産業構造変化やエネルギー利用技術導入効果を考慮した、中長期エネルギー需給モデル開発を行う。これにより地球温暖化ガス排出抑制を目的とした、エネルギー利用効率向上策を検討するためのツールの提供を行う。

(2) 研究計画

我が国を含めたアジア地域の先進国、およびアジア地域の発展途上国において、経済発展によって増大するエネルギーの消費を、将来の経済成長に伴って生ずる産業構造の変化、また経済成長によって生ずる、人口の都市への集中、モータリゼーション、またライフスタイルの変化に伴って増大する、国民1人あたりのエネルギー消費量の変化について、詳細な分析が可能となるモデルの構築を行う。

また、未利用エネルギー利用技術および省エネルギー技術など、高度エネルギー利用技術の導入によるエネルギー需要量増加の抑制効果を考慮するモデルを開発することにより、中長期にわたるアジア国別のエネルギー需要量の動向と、アジア域内での輸出入を考慮したエネルギー供給量の推定を行う。

(3) 年度進捗状況

国別のエネルギー需要量を詳細に見積もるために、アジア諸国を対象として、都市人口変動、ライフスタイルの変化、自動車の普及量および使用形態、またエネルギー多消費型産業について情報の収集、調査を行った。

またエネルギー供給可能量を見積もるために、化石燃料の性質と賦存量に関するデータベースの作成、エネルギー多消費型産業や輸送部門、民生家庭部門における、省エネルギー技術の導入によるエネルギー需要量増加抑制効果、都市廃棄物等の未利用エネルギー利用技術によるエネルギー供給能力について情報の収集、

分析を行った。

さらにアジア諸国において、国別の経済（国内総生産）成長に伴って生ずる、産業構造の変化を考慮した、長期エネルギー需要量を推定するための、ソフトウェアを構築した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 アジア諸国、エネルギー

〔研究題目〕 エネルギーシステム総合評価基盤技術研究開発

エネルギー使用形態を考慮した国別のエネルギー需要試算法に関する研究

〔研究代表者〕 八木田浩史（エネルギー利用研究部門）

〔研究担当者〕 八木田浩史、遠藤 栄一、野村 昇、
玄地 裕

〔研究内容〕

(1) 目標

エネルギーの使用形態（エネルギー消費機器の普及、効率、および使用形態）を考慮して、国別のエネルギー需要を見積もる手法を開発する。

(2) 研究計画

人口が多い途上国（中国、インド、インドネシア等）を含むいくつかの国について過去のエネルギー需要の増加要因を、運輸部門（自動車）、民生部門（空調機器、家電機器）の機器効率、機器普及率、機器使用形態を含めて因子分析する。分析結果に基づいて、エネルギーの使用形態を考慮して将来のエネルギー需要を試算する手法を開発する。実際に試算したエネルギー需要に基づき新技術の導入可能性を国別に検討する。

(3) 年度進捗状況

平成14年度は、各国の運輸部門のエネルギー消費見積もりを深度化するため、アジア諸国を対象として自動車の普及量および使用形態について情報の収集と整理を行った。具体的には、中国、インド、インドネシア、韓国、台湾、タイ、フィリピン、シンガポール、ヴェトナム、マレーシア、香港、オーストラリア、ニュージーランドに関して、以下の情報について収集と整理を行った。

- (1) 自動車の普及状況：乗用車、二輪車、バス、貨物
自動車の普及台数の各国別年推移（1975～最新年）
- (2) 自動車の生産、輸出入台数
- (3) 自動車の使用形態：走行距離、使用年数
- (4) 自動車旅客輸送量：各国別年推移
- (5) 自動車貨物輸送量：各国別年推移
- (6) 運輸部門エネルギー消費量：各国別年推移
- (7) パーソントリップ：各国別年推移
- (8) 道路延長：各国別年推移
- (9) 鉄道延長距離：各国別年推移
- (10) 新車・中古車割合：各国別年推移
- (11) クリーンエネルギー車保有台数：各国別年推移

(12) 自動車排ガス原単位：各国別年推移

その結果、各国のモータリゼーションが、日本の30年前に相当するような急速な勢いで進展していることを確認した。また自動車運輸部門のエネルギー消費量は、自動車の保有台数の増加以上に、増加している傾向があるため、運輸部門のエネルギー消費を見積もる際には、各国の自動車の使用条件を考慮した検討を行うことが必要であることを再認識した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 アジア諸国、モータリゼーション、自動車運輸

〔研究題目〕 エネルギーシステム総合評価基盤技術研究開発

アジア地域におけるエネルギー高度利用技術の社会的および対環境適合性に関する評価研究

〔研究代表者〕 近藤 康彦（エネルギー利用研究部門）

〔研究担当者〕 近藤 康彦、穆 海林、小竹 恵子、
寧 亜東、深澤 大樹、小竹志織里

〔研究内容〕

(1) 目標

我が国を含めたアジア地域の先進国、およびアジア地域の発展途上国において、経済発展によって増大するエネルギーの消費を、将来の経済成長に伴って生ずる産業構造の変化、また省エネルギー技術などの高度エネルギー利用技術の導入を考慮に入れた、アジア国別のエネルギー需要量と、これを賄うための輸出入を考慮したエネルギー供給量について、10～100年間の中長期にわたって推定を行うためのツールの構築を行う。

(2) 研究計画

我が国のエネルギー利用技術支援による、省エネルギーと地球温暖化ガス排出削減ポテンシャルを定量化するために、国別のエネルギー需要量を推定するソフトウェア、およびエネルギー供給量を見積もるソフトウェアを開発と、エネルギー供給可能量を見積もるための資源量データベースの作成することで、アジア地域における中長期エネルギー需給量の動向と、地球温暖化ガス排出量について分析と評価を行う。

(3) 年度進捗状況

平成14年度においては、我が国を除いたアジア諸国において、国別の長期エネルギー需要量を推定するために、ソフトウェアの開発を行った。このソフトウェアでは、国別の経済（国内総生産）成長に伴って生ずる、産業構造の変化を考慮して、国別のエネルギー消費部門（第1～3次産業、運輸、民生の各部門）における国民1人あたりの国内総生産と国民1人あたりのエネルギー消費量との関係をモデル化した。

さらに、アジア諸国の鉄鋼業、セメント工業、石油

精製・石油化学工業のうち、大企業の企業別生産規模、生産量、エネルギー消費量について調査を行った。特にアジア諸国において広く利用されている石炭のデータベースについては、炭質、賦存量に関する調査を行い、中国、インドネシア、ベトナム、日本の、28種類の石炭サンプルについてデータを取得した。

〔分 野 名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 アジア諸国、エネルギー需給、産業構造変化

〔研究題目〕 エネルギーシステム総合評価基盤技術研究開発

製造プロセスと社会構造の変化を考慮したエネルギー需給

〔研究代表者〕 松本 成司（エネルギー利用研究部門）

〔研究担当者〕 角口 勝彦、松本 成司、平野 聡、大木 留恵

〔研究内容〕

(1) 目標

わが国および東アジアの産業部門におけるエネルギー消費削減に対する、新・省エネルギー技術導入可能性と省エネルギーポテンシャル等について、産業構造の変化等も考慮できる技術評価法を確立することを目標とし、高精度の中長期エネルギー需給モデル開発にも資する。

(2) 研究計画

上記の目標を達成するため、関連研究と連携を保ちつつ、5年間の計画で下記の課題を実施する。

- 1) エネルギー・物質フローと技術要素のデータベースの構築
- 2) 個別技術と産業構造の関連性解析
- 3) 非技術的要素との関連性解析
- 4) 新技術の導入可能性およびポテンシャルの評価

(3) 年度進捗状況

平成14年度は、我が国の製造業のエネルギー消費変化の可能性を検討するため、鉄鋼・紙パルプ・セメント・石油化学等のエネルギー多消費である素材製造業を対象とし、エネルギーおよび物質のフローの過去から現在までの変遷についてデータの収集を行い、業種間の比較検討を行った。業種により公表されているデータの精粗に差があり、製造プロセス変化までを考慮した検討することは、鉄鋼関連の一部を除いては実施できなかった。さらに必要なデータとその整理方法についての検討を行った。製造業におけるプロセスの変化の可能性と省エネルギーポテンシャルを検討するため、素材製造業における主要プロセスのエネルギーを中心とした過去から現在までの技術変遷と、素材を大量に消費する自動車産業の生産量・採用素材・廃棄物等の変遷についても調査しデータを蓄積した。現時点で導入可能な新技術についても調査し現状技術との比

較を行ったが、代替性評価が不可能であったため導入可能性の検討については実施できなかったため、代替性評価に必要な項目の検討を行った。

〔分 野 名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 エネルギーフロー、マテリアルフロー、製造プロセス

〔研究題目〕 エネルギーシステム総合評価基盤技術研究開発

アジアの都市化を考慮したエネルギー・環境統合分析モデルの研究

〔研究代表者〕 村田 晃伸（エネルギー利用研究部門）

〔研究担当者〕 村田 晃伸

〔研究内容〕

(1) 目標

2030年頃までに近隣アジア地域で深刻化が予想される都市化による様々なエネルギー・環境問題を対象に、我が国の技術による貢献の可能性を定量的に分析するツールを開発し、技術導入や技術移転などの手段を通して我が国ならびに近隣アジア地域の地球温暖化対策に対する意義と効果を明らかにする。また、分析のためのデータベースとインターフェースを開発する。

(2) 研究計画

上記の目標を達成するため、関連研究と連携を保ちつつ、5年間の計画で下記の課題を実施する。

- ①都市化とエネルギー環境に関するシナリオのモデル化手法の検討ならびにデータベース作成
- ②分析評価手法および分析ツール開発
- ③対策技術評価

(3) 年度進捗状況

都市化、都市廃棄物関連データ調査ならびに対策技術関連データ調査を実施した。都市化に伴う一般廃棄物の増加量に関するシナリオを、経済成長、人口増加などの基礎量のシナリオに基づいて作成するための既存手法を調査した。人口と経済規模の両面で巨大な存在である中国の15の省・都市を対象に、それらの量に関するデータを収集して分析を加え、シナリオ作成のためのモデル化手法を検討した。都市人口増加に基づく推計と GDP 成長に基づく推計の2通りのモデル化手法を開発し、2050年まで中国全土の都市ごみ発生量を推計した。都市人口増加に基づく推計の結果、中国全土の都市ごみ発生量は2030年で約2億1000～2億2,000万 t、2050年で約2億6,000万 t 程度という結果が得られた。一方、GDP 成長に基づく推計では、基づく推計では、2030年で約1億7,500～1億8,000万 t、2050年では約2億1,000～2億2,000万 t 程度という値を得た。ごみ焼却熱回収・発電と埋め立て地メタンガス回収・発電に関するプロジェクト情報を収集し、データを整理した。

〔分 野 名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 都市化、都市廃棄物、エネルギー回収

〔研究題目〕 ミニマム・エナジー・ケミストリ研究開発

〔研究代表者〕 春田 正毅（環境調和技術研究部門）

〔研究担当者〕 春田 正毅

〔研究内容〕

化学産業における抜本的な省エネルギー化を実現するためには、反応工程や分離・濃縮工程等の単なる改良ではなく、新規な媒体や触媒、あるいは分離手法、さらにはそれらを組み合わせた革新的な化学プロセスの開発を目指す必要がある。そのため、本研究では以下の5分野において特に重要と考えられる課題に取り組む。a) 新規な媒体として、超臨界二酸化炭素や超臨界水等の超臨界流体を取り上げ、その特異な性質を利用する新しい反応場の確立を目指す。また、HCFC-123に代わる大型冷凍機用の候補化合物の評価と選択を行う。b) 反応については、汎用化成品の製造技術として最大の生産量(20%以上を占める)を有する酸化反応の省エネルギー・省資源化を目指して、気相一段エポキシ化や膜反応器による直接水酸基導入プロセス等の開発に取り組む。c) 化学プロセス全体の60%~70%のエネルギーを消費している反応物・生成物の分離・濃縮では、蒸留に代わる新しい技術として分離膜や吸着剤を用いる方法の開発を行う。d) 化学製品の最終処理ではセルロース系天然高分子の漂白を取り上げて、ハロゲン系薬剤を用いない新しい省エネ型漂白技術の開発を行う。e) 革新的化学プロセスのエネルギー・環境評価では、エネルギー低減効果や環境影響リスクの定量的評価手法を開発する。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 省エネルギー、省資源、革新的化学プロセス

〔研究題目〕 ミニマム・エナジー・ケミストリ研究開発

高効率冷媒合成・利用技術

〔研究代表者〕 山辺 正顕（フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター）

〔研究担当者〕 関屋 章、田村 正則、権 恒道、松川 泰久、水門 潤治、杉江 正昭、内丸 忠文、徳橋 和明、田中 克己、忽那 周三、高橋 明文、阿部 隆、近藤 重雄、陳 亮

〔研究内容〕

1) 目標

大型のターボ式冷凍機用冷媒として CFC-11に代わり HCFC-123が使用されて来たが、HCFC-123はモントリオール議定書により規制され、これに代わる優れた代替物はまだ見つかっていない。そこで、候補化合物の評価とそれらの比較検討から低環境負荷ならば

に省エネルギー性を反映した指標を提案し、これに基づいて大型冷凍機用代替冷媒を選択することを目指す。省エネ効果としては、吸収式冷凍機に比べて10%の改善を期待している。

2) 研究計画

環境への負荷が低い代替冷媒の選択に必要な基礎的研究として、種々の化合物の環境影響評価、燃焼性等の安全性評価、及び物性評価に関する知見の蓄積、その予測手法の開発、候補化合物の合成法の検討を行う。これらの知見に基づき化合物を総合的に評価して環境への負荷の低い大型冷凍機器用冷媒の選択指針の提案、化合物の選択を行う。

3) 本年度進捗状況

代替冷媒候補化合物として沸点0~50℃の含フッ素化合物の物性、毒性等のデータを収集し、さらに冷凍サイクル計算を行い、冷媒性能を評価するために必要な成績係数(COP)などの推算を行い評価対象化合物の絞り込みを行った。また、ヒドロフルオロオキソラン類の一部に COP の比較的高い化合物があることを見いだした。これらの選定した評価対象化合物について、環境影響評価で重要な OH ラジカルとの反応速度の推算、燃焼性評価に必要な生成熱と燃焼熱の計算を行った。

また、大型冷凍機の現状、将来予測、海外動向の調査、および冷媒の代替候補化合物の合成法に関する調査を行い、状況を把握した。さらに、評価対象化合物に関する合成法の研究を開始した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 代替物、冷媒、大型冷凍機

〔研究題目〕 次世代型分散エネルギーシステム基盤技術研究開発

〔研究代表者〕 大和田野芳郎（電力エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 大和田野芳郎

〔研究内容〕

1) 研究の背景・目的・目標

地球温暖化問題(CO₂)・地球環境問題(NO_x、PMなど)の解決、わが国のエネルギー供給の安定化・効率化、新規産業・雇用の創出、水素エネルギー社会の実現等に資するため、省エネルギー効果、環境負荷低減効果、エネルギー供給源の多様化などの優れた特性を有する燃料電池を中心とした次世代型分散エネルギーシステムの構築を目指し、その基盤技術を開発する。

2) 研究の全体計画

燃料電池用クリーン燃料製造のための支援技術開発：ガソリンの硫黄、芳香族炭化水素分の除去を石油精製プラントにおいて高効率で行う燃料クリーン化反応の機構解明など、燃料電池用クリーン燃料製造技術の支援技術開発を行う。分散型電源システムの高性能化のための支援技術開発：各種の燃料電池について、

劣化メカニズムの解明、新電解質や新電極触媒による大幅な効率や信頼性の向上など、性能を飛躍的に向上させるための支援技術開発を行う。新規水素貯蔵材料開発のための支援技術開発：新規な水素貯蔵材料の性能向上・長寿命化に不可欠な水素吸収・放出特性と材料微細構造の相関関係の解明など、高性能水素貯蔵材料開発のための支援技術開発を行う。

3) H14年度の研究内容及び成果の概要

クリーン燃料製造について、高圧触媒反応装置を用いて触媒性能を評価し、原料ガソリン中の芳香族、オレフィン、硫黄量とも大幅に低減し、特に硫黄は50ppm から約3ppm まで大幅に低減することを見出した。固体高分子形燃料電池について、Pt 触媒、Pt-Ru 触媒に Ta、Nb を添加することにより CO 被毒に対する耐性が向上することを見出した。熔融炭酸塩形燃料電池の高効率加圧動作に向けて、電解質へのアルカリ土類金属炭酸塩添加による正極溶出抑制効果を0.4~0.5MPa の加圧状態で調べ、電池性能を劣化させない最大添加量を明らかにした。固体酸化物形燃料電池への液体燃料直接導入装置を設置し、耐炭素析出特性の高いスカンジウム安定化ジルコニア等の表面反応係数等を測定した。直流負荷電流に交流を重畳印加しセル各部の内部抵抗を精度良く（1%程度）測定するシステムを試作し、40W 級のセルを用いて実際の運転条件下（最大電流70A 程度、最大燃料利用率80%程度）で発電特性を測定した。水素貯蔵材料の開発において、世界初めでの高圧水素雰囲気下（最高水素圧力：1.0MPa）の原子間力顕微鏡観察を行い、水素雰囲気下においても大気圧下あるいは減圧下と同様に測定が可能であることを確認した。軽量水素吸蔵合金として有望な Ca-(Ni, Pd)3元化合物をボールミルによるメカニカルアロイイング法によって合成し、ほぼ純粋な CsCl 構造水素化合物である CaNi_{1-x}Pd_xHy が作成可能であることを明らかにした。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 省エネルギー、クリーン燃料

〔研究題目〕 次世代型分散エネルギーシステム基盤技術研究開発

新規水素貯蔵材料開発のための支援技術開発

高効率光触媒による水からの水素の直接製造

〔研究代表者〕 荒川 裕則（光反応制御研究センター）

〔研究担当者〕 佐山 和弘、阿部 竜

〔研究内容〕

目標、研究計画

クリーンで無尽蔵な再生可能エネルギーの代表である太陽光エネルギーを光触媒により直接利用し、水を原料とした高効率なカーボンフリー水素製造システムを開発

する。具体的には、水を水素と酸素に完全分解するための高性能光触媒材料の開発、反応機構の解明、可視光を高効率で利用する反応システムの設計等を行い、本光触媒の水素製造システムの実現可能性について検討を行う。高効率光触媒の開発については、光触媒を電荷分離、逆反応抑制、反応サイト形成、安定化などの立場から高機能設計することにより、太陽エネルギーを効率よく化学エネルギーに変換するための光触媒系を開発する。具体的には複合酸化物や非酸化物半導体などの新規材料探索、半導体バンド構造の伝導帯・価電子帯ポテンシャルやバンドギャップを自由に制御・精密測定するための技術開発、半導体の特性及び担持金属に関する特性と光触媒活性との関連、電荷移動や光反応機構等について研究を行う。

平成14年度は、昨年度に引き続き、太陽光の可視光を有効に利用するため、新規の可視光応答性半導体材料の探索を中心に検討を行う。既存の可視光応答性光触媒の活性を向上させるために、半導体表面の構造制御による高表面積化や、光吸収領域の向上、助触媒機能の精密制御を行う。また、半導体バンド構造の精密制御方法を確立するための研究を開始する。

年度進捗状況

SrTiO₃や InTaO₄等の複合酸化物ホスト化合物にニッケルやクロム等の各種遷移金属を微量ドーブし新しい可視光応答性の酸化物半導体を開発した。量子力学計算を行い新規半導体のバンド構造を解明した。さらにこの計算手法を利用して新しい半導体の設計にも着手した。既存の可視光応答性光触媒の活性を向上させるために、錯体重合法や粉砕法等を用いた高表面積化や、光吸収領域の向上、助触媒機能の精密制御を行った。さらにクロムイオン添加効果など新しい光触媒活性の向上方法についても検討した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 光触媒、可視光、水の分解、水素製造

〔研究題目〕 次世代型分散エネルギーシステム基盤技術研究開発

燃料電池用クリーン燃料製造のための支援技術開発

〔研究代表者〕 葭村 雄二（環境調和技術研究部門、エネルギー利用研究部門、海洋資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 葭村 雄二、鳥羽 誠、阪東 恭子、佐藤 利夫、三木 康朗、松井 高史、市橋 祐一、村田 和久、齊藤 昌弘、高原 功、稲葉 仁（環境調和技術研究部門）、斎藤 郁夫、佐藤 信也、坂西 欣也、矢津 一正、古屋 武（エネルギー利用研究部門）、大井 健太、王 正明、石井 亮、雪 梅、チトラカ

一・ラメシュ、坂根 幸治（海洋資源環境研究部門）

【研究内容】

研究の背景・目的・目標

容積基準のエネルギー密度が高く、供給インフラが整備され、しかも輸送・貯蔵性が容易で安全対策も充実した石油系燃料は、燃料電池普及段階の燃料（水素源）として最有力視されている。石油精製連産品である石油系燃料（ガソリンや重質ナフサ等）を燃料電池用燃料源にするためには、難易度が高いとされる石油製品の改質技術、改質触媒の性能を最大限に発揮させるための燃料電池用燃料の品質設計、要求される燃料品質を経済的にクリアするためのクリーン燃料製造技術（精油所での実施を想定）等に係る基盤技術の構築が望まれている。特に、石油系燃料中に含まれる芳香族や硫黄化合物は、水素製造触媒（改質触媒、CO 変成触媒等）や燃料電池電極材料の性能や耐久性に及ぼす影響が強く懸念されており、内燃機関燃料に比べ格段にクリーンな燃料電池用燃料が求められている。このため、本研究では、燃料電池用クリーン燃料を石油精製プラントにおいて製造するために、ガソリンやナフサから低芳香族（芳香族含有率<1%）、サルファーフリー（硫黄濃度<1ppb レベル）及びオレフィンフリーの燃料電池用クリーンガソリンを製造できる新規石油精製触媒技術及び分離精製技術などの支援技術開発を行う。更に、ガソリン性状が水素製造用改質触媒等の性能や耐久性に及ぼす影響を解明し、燃料電池用クリーンガソリンの品質基準の確立を支援する。

具体的には、次の3つの要素技術について研究開発を実施する。

1. 水素化精製触媒技術によるクリーンガソリン製造技術の開発
2. 酸化反応・吸着分離を組み合わせた完全脱硫技術の開発
3. クリーンガソリンの品質基準確立のための基盤技術開発

2) 研究の全体計画

現行のガソリンや重質ナフサをクリーンガソリン（芳香族濃度<1%、硫黄濃度<1ppb レベル、オレフィンフリー）に転換可能な新規技術として、水素化精製触媒技術と吸着分離技術を組み合わせた高度精製技術、及び酸化反応と吸着分離技術を組み合わせた高度脱硫精製技術（硫黄濃度<1ppb レベル）を開発する。この中では、触媒反応機構、酸化脱硫反応機構、及び触媒や吸着剤の硫黄被毒機構等の解明を含めた基盤技術の構築も合わせて行う。更に、水素製造用改質触媒等の開発を行うとともに、改質触媒等の性能や耐久性維持の面から要求されるクリーンガソリンの品質設計を行い、要求される品質に柔軟に対応するための各種高度精製技術のシステム化及び最適化を行う。

3) H14年度の研究内容及び成果の概要

水素化精製触媒技術によるクリーンガソリン製造技術の開発では、芳香族低減機能と脱硫機能を具備した水素化精製用貴金属触媒の設計・調製を行うと共に、貴金属触媒の硫黄被毒機構について検討を行った。また、水素化燃料を対象に硫黄化合物除去性能の評価技術を確立すると共に、酸化亜鉛を含む無機多孔体の硫黄化合物除去特性を検討し、高性能吸着剤開発の指針を得た。

酸化反応・吸着分離を組み合わせた完全脱硫技術の開発では、ナフサ、ガソリン中に含まれるスルフィド類、チオフェン類等の硫黄化合物の高効率・高選択的な酸化法の探索のため、モデルガソリンを用いて酸化反応を検討し、生成物のキャラクタリゼーション、反応選択性を明らかにした。また、無機系及び有機系吸着剤による吸着分離を検討し、ppm レベルの硫黄濃度を達成する最適分離条件を明らかにした。

クリーンガソリンの品質基準確立のための基盤技術開発では、ガソリン中の成分のモデル化合物による改質を検討し、成分の構造と触媒性能の関係を明らかにした。上記モデル物質への芳香族類の添加による触媒性能への影響を予備的に調べた。また、改質ガス中のCO濃度を低減するための低温COシフト反応用触媒の改良を行った。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 燃料電池、クリーンガソリン

【研究題目】 次世代型分散エネルギーシステム基盤技術研究開発

固体高分子形燃料電池の高性能化のための支援技術開発

【研究代表者】 宮崎 義憲（生活環境系特別研究体、環境調和技術研究部門）

【研究担当者】 宮崎 義憲、小林 哲彦、安田 和明、藤原 直子、五百蔵 勉、城間 純、上田 厚、塩山 洋、山田 裕介、蔵岡 孝治、赤井 智子、松本 一（生活環境系特別研究体）、岡田 達弘、柳下 宏、根岸 秀之、遠藤 明、原谷 賢治（環境調和技術研究部門）

【研究内容】

1) 研究の背景・目的・目標

普及を目指す次世代型固体高分子形燃料電池（PEFC）発電システム開発のために必要な基盤研究として、燃料電池の主要な構成材料である電解質、電極触媒の評価方法、及び、基盤データ取得に関する研究、改質器用触媒のデータベース構築に関する研究を行う。これにより得られた成果を広く提供し、産業界等の効率的な普及型PEFCの開発に貢献する。

2) 研究の全体計画

PEFC が本格的に普及するには、主要構成材料で

ある電解質、電極触媒の高性能化、信頼性、耐久性の向上、コスト低減、省資源化や液体炭化水素系燃料の改質技術の開発等が求められている。本研究では、普及型 PEFC の効率的な開発に資するため、新規電解質、電極触媒については適切な評価方法を検討するとともに、その実用化可能性評価、及び基盤データを提供し、改質器用触媒についてはデータベースを構築する。

3) H14年度の研究内容及び成果の概要

(1) 電解質の研究

高温作動電解質の候補として考えられる常温熔融塩系電解質膜、ガラス系電解質膜、エンブラ系等の新規電解質を作製し、プロトン導電率に関する測定データを取得した。また、これらの電解質材料の燃料電池としての適用性を評価するための評価手法に関する研究を行った。

(2) 電極触媒の研究

燃料極触媒として最も実用性が高く、実績のある Pt-Ru 合金系触媒を用い、高濃度の CO を含有する改質ガスを燃料とした場合問題となる、アノード触媒の CO 被毒に対する耐性(耐 CO 特性)に関して評価手法を検討した。Pt-Ru 合金系触媒に種々の金属酸化物を加えた電極触媒や、異なった錯体前駆体を用いて調製した Pt-Ru 合金触媒について系統的にデータ取得を行い、新規電極触媒開発のための指針を得た。また、分子設計の多様さと合成の容易さからも可能性を持っている有機金属錯体材料について、白金に代わる空気極触媒の候補としての触媒能調査、反応機構解明のための評価法の検討を行った。

(3) 改質器用触媒データベース構築に関する研究

触媒ライブラリーを迅速に作成するために自動触媒調製装置を作成した。一日に100個程度の触媒調製が可能である。本装置を用いて貴金属/金属酸化物の2成分系触媒ライブラリーを作成した。従来より触媒評価速度が1桁向上する迅速触媒評価装置を製作し、2成分系触媒ライブラリーについてメタノール改質反応及び CO シフト反応活性を評価した。これらの反応に対する触媒反応ライブラリーを取得すると共に、新規な触媒系候補を見出した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 固体高分子形燃料電池

[研究題目] 次世代型分散エネルギーシステム基盤技術研究開発

熔融炭酸塩形燃料電池の高性能化のための支援技術開発

[研究代表者] 谷本 一美 (産学官連携部門 関西産学官連携センター熔融炭酸塩形燃料電池連携研究体)

[研究担当者] 谷本 一美、小島 敏勝、野村 勝裕、

宮崎 義憲、柳田 昌宏

[研究内容]

1) 研究の背景・目的・目標

高効率で環境負荷の低減が可能であるとともに石炭、メタンなどの多様な燃料が利用でき、分散型から火力代替の規模まで適用可能な燃料電池発電システムの開発を行う。その中で、実用を目指し、さらなる高効率化を図るため高圧化、高出力化した熔融炭酸塩形燃料電池 (MCFC) 発電システムの研究開発に資する研究を行う。特に重要な課題である電池の長寿命・長期安定性を確保のために、電池材料の耐久性向上に関する研究を行う。

2) 研究の全体計画

高圧化による電池性能及び電解質板を中心とした電池材料について劣化挙動を解明し、寿命制限因子を明らかにするとともに、長寿命化材料の設計指針を示す。

3) H14年度の研究内容及び成果の概要

高圧化により、電池性能の向上が図ることができ、高効率化が期待できる。一方、高圧化により正極の酸化ニッケルが液体である電解質への溶出が促進される。本年度は、材料劣化をみるために1.2MPa の高圧下での発電が可能な試験装置を設置した。酸化ニッケルの熔融炭酸塩への溶解は炭酸カルシウム、ストロンチウム、バリウムの添加によりその抑制が期待できるが、多量の添加は電池性能の低下を引き起こす。電池性能を損なうことなく酸化ニッケルの溶解を低下させる最適添加量を0.4-0.5MPa での長期発電試験を実施し、それを求めた。

電解質として用いる熔融塩炭酸塩の組成と基礎物性のデータの蓄積し、組成からそれぞれのデータの予測する方法を開発した。また、新たに長期発電条件下での電解質損失の原因の一つである電解質板からの熔融炭酸塩の揮発・飛散状態を解明するため二酸化炭素の添加により生成する炭酸塩の濃度変化でその場観察する手法を見出した。

[分野名] 環境 エネルギー

[キーワード] 熔融炭酸塩形燃料電池

[研究題目] 次世代型分散エネルギーシステム基盤技術研究開発

固体酸化物形燃料電池の高性能化のための支援技術開発

[研究代表者] 横川 晴美 (電力エネルギー研究部門)

[研究担当者] 横川 晴美、酒井 夏子、堀田 照久、山地 克彦、嘉藤 徹、高野 清南、野崎 健、根岸 明、加藤 健、加賀 保男、門馬 昭彦、齋藤 喜康、柏原 斌紀、本多 武夫 (電力エネルギー研究部門)、遠藤 栄一 (ライフサイクアセスメント研究センター)、

高本 正樹、寺尾 吉哉、中尾 晨一、
土井原良次（計測標準研究部門）、
野村 勝裕、竹内 友成、蔭山 博之、
宮崎 義憲（生活環境系特別研究体）、
日比野高士（セラミックス研究部門）、
高橋 三餘、壹岐 典彦、古谷 博秀
（エネルギー利用研究部門）

〔研究内容〕

1) 研究の背景・目的・目標

高効率で環境負荷の低減を図れるとともに多様な燃料が利用でき、適用性の広い固体酸化物形燃料電池発電技術（SOFC）の開発に資する研究を行う。このため、低コスト化、起動特性の改善、燃料多様化、小型高効率化、規格標準化等に関する研究を行う。

2) 研究の全体計画

固体酸化物形燃料電池の高性能化のための支援技術開発（SOFC）については、SOFC 用途拡大のための基盤的研究を行う。燃料多様化用材料・改質技術の研究、発電特性・規格標準化技術の研究、電解質材料の信頼性向上に関する研究、単室・二室発電システムの特性評価、SOFC と熱機関のハイブリッドシステムの検討を行い、性能低下を引き起こす炭素析出を抑制するために不可欠な電極材料等への炭素析出メカニズムの解明など、飛躍的に性能を向上させるための技術の支援技術開発を行う。具体的には次の各課題について検討する。

- (1) 「燃料多様化用材料・改質技術の研究」
- (2) 「発電特性・規格標準化技術の研究」
- (3) 「電解質材料の信頼性向上に関する研究」
- (4) 「単室・二室発電システムの特性評価の研究」
- (5) 「SOFC と熱機関のハイブリッドシステムの研究」

3) H14年度の研究内容及び成果の概要

燃料多様化用材料・改質技術の研究では、ドデカンモデル液体燃料として直接導入時の問題点を抽出・評価し、燃料利用率を高くすることで安定なセル特性が得られることを見出した。金属インターコネクタ材料の水蒸気による酸化・劣化現象について、伝導特性の変化、酸化被膜の微構造などの解明を行った。ランタンフェライト系空気極の拡散係数測定、インターコネクタ材の物性データ収集など行った。

発電特性・規格標準化技術の研究の発電特性解析研究では、トレーサー希釈法等を用い、燃料及び改質ガス流量、組成の高精度分析システム（測定精度0.1%程度）の開発を開始した。また、小型（kW～）SOFCシステム用の数10W～100W 程度の単セル、スタックの性能を高精度に解析するシステムの試作を行った。更に、流量標準研究では、水素等の流量標準に用いるためにベンチュリーノズルのノズル流出係数を求めるシステムを製作しその不確かさ要因を解析した。また、

効率標準研究では、システム効率を決定する因子を検討し、各因子に対し要求される測定精度、その測定方法の調査、測定技術上の課題を整理した。電解質材料の信頼性向上に関する研究では、ホタル石型構造を持つセリア系電解質について、空气中1000℃保持における導電率の経時変化を検討し、開始後約200時間まで僅かに（約2%）低下するものの、それ以降の変化は見出されなかった。また、結晶構造の変化も認められなかった。

単室・二室発電システムの特性評価の研究では、Ni-GDC（Ce_{0.9}Gd_{0.101}）アノード支持体に3wt%以上のルテニウムを添加すると、600℃において直接導入されたメタンのアノード反応が著しく促進されることが見出され、ルテニウムの改質反応への触媒効果が示唆された。

SOFC と熱機関のハイブリッドシステムの研究では、熱機関としてスターリングエンジン、燃料としてメタンを用いた場合、空気予熱器の温度効率が0.8の時に52%と高い効率を示しことが明らかになったが、熱の利用率が極めて高くなるために、高温熱交換器のユニット数が狭い範囲に限定されることがわかった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 固体酸化物形燃料電池

〔研究題目〕 次世代型分散エネルギーシステム基盤技術研究開発

新規水素貯蔵材料開発のための支援技術開発

〔研究代表者〕 秋葉 悦男（電力エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 秋葉 悦男、中村由美子、榎 浩利、早川 博、嘉藤 徹（電力エネルギー研究部門）、栗山 信宏（生活環境系特別研究体）、中野 英俊（計測標準研究部門）、横川 清志、斎藤 尚文（基礎素材研究部門）、堀口 貞茲（爆発安全研究センター）、赤井 誠、古谷 博秀（エネルギー利用研究部門）、荒川 裕則（光反応制御研究センター）

〔研究内容〕

1) 研究の背景・目的・目標

燃料電池自動車に燃料である水素を貯蔵するために有効な水素吸蔵材料の開発が求められている。水素吸蔵材料を開発するためには、材料が水素を吸蔵する機構を理解し、最適な材料を狙った開発手法が必要である。本研究では、水素貯蔵材料の水素貯蔵機構の解明、水素貯蔵材料のナノ構造およびマクロ構造の解析などを進めることで、新規水素貯蔵材料開発を支援する。

2) 研究の全体計画

「新規水素貯蔵材料開発のための支援技術開発」では、水素利用国際クリーンエネルギーシステム研究開

発 (WE-NET 計画) の支援のために必要な水素の輸送貯蔵技術を中心に研究開発を進めることとしている。具体的には、水素貯蔵材料の研究、水素と構造材料の研究、水素の安全技術に関する研究、水素貯蔵システムの研究およびその他の支援研究を行う。

3) H14年度の研究内容及び成果の概要

新規水素貯蔵材料開発のための支援技術開発では、水素エネルギーに関して、現在最も重要な課題とされている水素貯蔵材料およびその利用技術に重点をおいた研究を進めた。水素吸蔵材料では、WE-NET 計画の成果の一つである3質量%級水素吸蔵合金の精密な結晶構造解析を行い、水素が金属で囲まれたサイトをどのように占有しているかの考察などを進めた。水素と構造材料の研究では、水素を輸送する容器を構成する材料が水素により劣化する現象 (水素脆化) の機構解明を行い、ステンレス系材料と一般的な炭素鋼の劣化機構が類似の物である事を初めて解明した。その他、水素の安全技術に関する研究、水素貯蔵システムの研究を進めると共に可逆セル、水素の燃焼技術、燃料電池の燃料の多様化、光触媒による水素製造などその他の支援研究も行った。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 水素吸蔵合金 燃料電池

[研究題目] 次世代型分散エネルギーシステム基盤技術研究開発

固体高分子形燃料電池の研究

[研究代表者] 宮崎 義憲 (生活環境系特別研究体)

[研究担当者] 宮崎 義憲、安田 和明、藤原 直子、五百蔵 勉、城間 純、矢澤 哲夫、蔵岡 孝治、赤井 智子、松本 一、上田 厚、小林 哲彦、山田 裕介、塩山 洋、坪田 年、岡田 達弘、柳下 宏、根岸 秀之、遠藤 明、原谷 賢治ほか (環境調和技術研究部門)

[研究内容]

普及型の固体高分子形燃料電池 (PEFC) の効率的な開発に資するため、新規電解質、電極触媒については適切な評価方法を検討するとともに、その実用化可能性評価、及び基盤データを提供し、改質器用触媒についてはデータベースを構築する。

電解質の研究では、燃料電池電解質としての使用が考えられるガラス系電解質、常温熔融塩系、エンジニアリングプラスチック系の新規電解質について、プロトン導電率や物質透過性、燃料電池の実用的な電解質材料として要求される物性に関する評価方法の検討を行い、新規電解質の特性に関する基盤データを取得し、その可能性を見極める研究を行った。ガラス系電解質では、柔軟性をもつ $\text{SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5$ -高分子系無機-有機ハイブリッド固体

電解質膜をゾルゲル法で作成し、導電率の P_2O_5 含有量依存性や雰囲気湿度依存性を調べた。測定範囲内の 80°C で 10^{-3}Scm^{-1} 台の導電率が得られた。

電極触媒の研究では、白金-ルテニウム合金系触媒の耐 CO 特性評価方法について、予め CO を吸着させた触媒電極を用いたストリップングボルタモグラムや燃料電池の標準的作動電位に保持したときに CO 含有ガスを導入してから1時間経過後の電流値から評価する方法などを提案した。また、後者の方法を用いて、白金-ルテニウム-金属酸化物触媒の耐 CO 被毒性や白金-ルテニウム触媒の耐 CO 特性に及ぼす錯体前駆体の効果を評価した。また、有機金属錯体を構成要素とする空気極触媒材料の触媒能調査、反応機構解明のための評価法の検討を行った。調査結果から、酸素をうまく結合できるような空の配位サイトを持った錯体を分子設計したり、バナジウムのような多様な原子価状態を取りうる金属を用いて、そのいずれの酸化状態にも対応しうる柔軟性のある錯体を合成することの重要性がわかった。さらに、触媒活性の評価に使われる回転リングディスク測定などの種々の電気化学測定の測定と解析を自動化する Windows 上で動作するグラフィックユーザーインターフェース (GUI) ベースのソフトウェアを開発した。これを用いて、新規触媒探索として複数の金属種を有する種々のポリメタルサイアノイド錯体の酸素還元活性を評価した。

その結果、酸素還元反応過電圧については、焼成前触媒に比べ焼成後のものは最大 0.5V 以上の過電圧低下が見られ、また、4電子還元割合が増加することが示された。

改質器用触媒データベースの構築に関する研究では、迅速作成するために有機化学用自動合成装置を大幅に改良した装置での自動合成により貴金属/金属酸化物の2成分系触媒ライブラリーを作成し、メタノール改質反応及び CO シフト反応に対する触媒特性を評価することにより、触媒反応データベースを構築した。貴金属では Au、Ag、Cu、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru を対象として、金属酸化物では SnO_2 、 SiO_2 、 Ga_2O_3 、 Al_2O_3 、 ZnO 、 Fe_2O_3 、 MnO_2 、 WO_3 、 Nb_2O_5 、 V_2O_5 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CeO_2 、 La_2O_3 を対象として評価した。低温 CO シフト反応用として、特に Pd/MnO_2 、 Ir/CeO_2 、 Pd/ZnO が優れた触媒系候補として、また、低温メタノール改質反応用として、 Pd/MnO_2 、 Ru/CeO_2 、 $\text{Rb/Al}_2\text{O}_3$ が優れた触媒系候補であることがわかった。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 固体高分子形燃料電池、電解質、電極触媒、改質触媒、評価方法、基盤データ

[研究題目] 超低損失・省エネルギー型デバイスシステムに関する研究

[研究代表者] 荒井 和雄 (パワーエレクトロニクス研究センター)

〔研究内容〕

今後、太陽光発電などの分散電源の導入の進展に伴い、電力ネットワークのエネルギー損失低減が重要な課題となると考えられる。また、情報通信機器の急速な普及に伴う電力需要の急増を回避するために、情報通信機器の抜本的な低消費電力化が求められる。本事業では、電力変換器等のパワーエレクトロニクスおよび情報通信機器の革新的な省エネルギー化を図り地球温暖化の抑制に貢献する。また、このような技術革新により、国際競争力のある新たな省エネルギー半導体産業の創出と同時に、電力機器、情報通信機器両分野での民間需要、雇用の創出を図る。

本事業では、電力ネットワーク、電力機器の省エネ化を目指し、インテリジェントビル等のローカルエリア電力ネットワーク内の無停電電源設備、電力消費機器などを超低損失電力変換器で結合し、エネルギー利用効率の高いシステムを形成するためのネットワーク設計技術、各種制御技術等の研究開発を行う。また、SiC 素子などを利用した小型・超低損失電力変換器のための高密度実装・モジュール化技術等の基盤技術を開発する。

さらに情報通信機器の省エネ化を可能とする基礎・基盤技術として、画像表示部や演算回路をワンチップにシステム化し、情報処理内容に応じて最適パワーマネジメントを行うことにより、情報通信機器の抜本的省エネルギーを可能とするインテリジェントシステムチップの研究開発、ならびに視認性に優れ、省エネルギー効果の大きな自然光活用ディスプレイの研究開発を行う。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 超低損失電力変換器、ワンチップシステム化、自然光活用ディスプレイ

〔研究題目〕 超低損失・省エネルギー型デバイスシステム技術研究開発

省エネルギーLSI システム技術開発

〔研究代表者〕 伊藤 順司(エレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 鈴木 英一、金丸 正剛、田上 尚男、石井 賢一、清水 貴思、柳 永勲、坂本 邦博、松川 貴、長尾 昌善、昌原 明植、田村祐一郎、高嶋 秀則、細川 新一

〔研究内容〕

(目標)

情報通信機器の中核となるマンマシンインターフェースデバイスである多機能集積システムチップの超低消費電力化を目指し、情報処理内容に応じて最適なパワーマネジメントを行うシステムを構築するための基盤技術を開発する。具体的には、自発光型オンチップディスプレイ、ダイナミックパワー制御型集積回路を同一チップ上に混載するための基盤技術を開発する。

(研究計画)

(a) 自発光型オンチップディスプレイ技術

MOSFET 型シリコンエミッタを電子源として用いた自発光型ディスプレイに画像表示回路を内蔵させることで従来液晶ディスプレイと比較して大幅な低電力化と多機能化を図る。

(b) ダイナミック制御低消費電力 LSI 技術

二重ゲート構造 MOSFET (XMOS) の特長を生かして、FET 単体および回路ブロック全体の動作しきい値電圧を最適かつ動的に制御することにより、待機時電力および動作時電力を大幅に低減する技術を開発する。

(進捗状況)

電界放出型シリコンエミッタと n-MOSFET 論理回路の混載作製プロセスを開発し、同一基板上に自発光型ディスプレイの電子源となる4×4マトリクス状シリコンエミッタアレイおよび電子源駆動を目的とした基本論理回路を作製し、論理回路出力によりシリコンエミッタの電子放出特性を制御することに成功した。セルフアラインダブルゲートを持つ XMOS 素子の実現を目指し、実用に耐える最適なプロセスの開発を行い、Fin 型の微細ダブルゲート XMOSFET 作製プロセスの開発に成功し、XMOS 固有の優れた特性の実証に成功した。また、高誘電率材料を開発するために超臨界流体を用いた新規薄膜堆積装置・プロセスの開発を行い、世界初の原理実証プロトタイプ装置を完成させた。

〔分野名〕 情報通信

〔キーワード〕 フィールドエミッションディスプレイ、二重ゲート構造 MOSFET、省エネルギーデバイス

〔研究題目〕 超低損失・省エネルギー型デバイスシステムに関する研究

超低損失電力モジュール技術開発

〔研究代表者〕 荒井 和雄(パワーエレクトロニクス研究センター)

〔研究担当者〕 奥村 元、福田 憲司、西澤 伸一、高橋 徹夫、清水 三聡、沈 旭強、田中 保宣、石田 夕起、加藤 智久、小杉 亮治、先崎 純寿

〔研究内容〕

SiC や GaN の超低損失素子の特長を生かした小型・低消費電力の電力変換器(スイッチ、インバータなど)を実用化するための基盤技術を開発する。素子の高性能、プロセスの高度化、デバイスの信頼性の向上を図ると共に、モジュール化に適したデバイス設計、実装、技術のモジュール化基盤技術の確立を図る。SiC などの超低損失素子の特長を生かした小型・低消費電力の電力変換器(スイッチ、インバータなど)を実用化するための基盤技術を開発することを目的とする。開発開始年度(平成14年)のシリコン電力変換器と比較して電力損失1/3、

体積1/4、250℃で動作可能な超低損失電力変換器の実現のための基盤技術の確立とそのプロトタイプ実証を目標とする。

平成14年度については、SiCの開発した要素プロセス技術を活用し、パワーモジュール化に必要な縦型パワーMOSデバイスの設計と第1次試作を行う。GaNについては、パワーデバイス作製に必要な要素プロセス技術を開発する。また、モジュール化に必要な基本的実装基盤技術を立ち上げる。試作した縦型MOSのオン抵抗は同型のシリコンデバイスの約1/10で、SiCデバイスのSiデバイスに対する低損失性の優位性が実証された。GaNについては、サファイア基板上的MBE成長の結晶性の向上を進めるとともに、ヘテロ接合電界効果型トランジスタの試作を行い、電極構成の工夫により、オン抵抗を低減した。

【分野名】エネルギー・環境

【キーワード】SiC、パワーモジュール、パワーMOSデバイス、GaN、オン抵抗

【研究題目】超低損失・省エネルギー型デバイスシステムに関する研究

超低損失素子利用ネットワーク技術開発

【研究代表者】石井 格（パワーエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】村田 晃伸、近藤 潤次、樋口 登

【研究内容】

電力ネットワーク、電力機器の省エネ化を目指し、インテリジェントビル等のローカルエリア電力ネットワーク内の無停電電源設備、電力消費機器などを超低損失電力変換器で結合し、エネルギー利用効率の高いシステムを形成するためのネットワーク設計技術、各種制御技術等の研究開発を行う。

平成14年度については、ローカルエリア電力ネットワークへの接続が想定される各種分散電源、電力貯蔵設備、無停電電源設備、電力消費機器および超低損失電力素子を用いた電力変換器の動特性モデル化等を行うとともに、これを用いてネットワークを縮小模擬できるシミュレータの仕様を検討・確定し、中心となる部分の整備を行った。また、このネットワークを構成する機器に超低損失素子を適用した場合について、回路設計に基づいた計算を行って、その適用効果を明らかにした。

【分野名】エネルギー・環境

【キーワード】ローカルエリア、電力ネットワーク、超低損失素子、シミュレータ

【研究題目】未来型CO₂低消費材料・材料製造技術研究開発

無機・有機系材料におけるCO₂低排出型材料技術開発

【研究代表者】五十嵐一男（基礎素材研究部門）

【研究担当者】五十嵐一男、馬淵 守、斎藤 尚文、池山 雅美、金山 公三、吉村 和記、多田 周二、坂本 満、遠藤 貴士、四元 弘毅、亀山 哲也、山東 睦夫、加藤 一実、大橋 優喜、渡利 広司、横川 善之

【研究内容】

材料は、産業や社会生活の根幹をなす基盤素材であり、その使用量が膨大であることから、これらの製造、加工、使用、リサイクルの全体においてCO₂排出量抑制が可能になれば喫緊の課題であるCO₂削減に大きく貢献できる。

本プロジェクトは、材料技術の立場からCO₂削減に寄与するために、金属、無機・有機系材料、バイオマス、セラミックスなど様々な材料について、その製造・加工プロセスが省エネルギーになる技術、装置・システム等が省エネルギー化できる材料の開発及び使用することで直接的にCO₂排出量抑制効果がある材料の開発、並びに使用後の材料を有効的に再利用するための省エネルギーリサイクルプロセス技術、を開発することを目的とする。

そのため本プロジェクトは、材料が直接関わる省エネルギー製造プロセス技術、省エネルギー材料技術、及びリサイクル材料技術を骨格として、CO₂排出削減効果が現状ももっとも高いと考えられる1) 無機・有機系材料におけるCO₂低排出型材料技術開発、及び2) セラミックス系材料におけるCO₂低排出型材料技術開発を選定し、早期の技術移転、研究開発のスピードアップ等を可能とするため研究の初期あるいは中期から産業界、大学等との共同研究を含めた連携型の研究開発として実施するものとする。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】省エネルギー、リサイクルプロセス、無機材料、有機材料、セラミックス

【研究題目】未来型CO₂低消費材料・材料製造技術研究開発

セラミックス系材料におけるCO₂低排出型材料技術開発

【研究代表者】亀山 哲也（セラミックス研究部門）

【研究担当者】亀山 哲也、山東 睦夫、加藤 一実、大橋 優喜、渡利 広司、横川 善之、三木 健、鈴木 一行、西澤かおり、太田 一徳、砥綿 篤哉、高尾 泰正、川上 省二、楠本 慶二、安岡 正喜、穂積 篤、符徳 勝、西村ゆつき

【研究内容】

本プロジェクトは、様々な材料についてその製造・加工プロセスの省エネルギー化、材料そのものの使用により省エネルギー化・CO₂排出量抑制効果がある材料の開

発、使用後の材料を再利用するためのリサイクルプロセスの省エネルギー化等に取り組むことにより、材料の製造・加工・使用・再生のあらゆる場面で省エネルギー化、CO₂排出量抑制に効果のある材料基盤技術の確立を図るものである。そこで本研究では、セラミックス系材料に焦点をあて、各種セラミックス材料の製造・加工プロセスの省エネルギー化及び CO₂排出量抑制に効果のあるセラミックス材料の省エネルギー的原料製造技術、およびセラミックス使用時における省エネルギー化技術の研究開発等を行う。

セラミックス材料の製造・加工プロセスの省エネルギー化に関しては、圧電特性が良好で、鉛を含まないセラミックス材料を、シリコン半導体等の基板上に薄膜状或いは厚膜状として直接合成し、小型高性能電子機器への応用展開を図るための、基盤の研究を進める。具体的には、複数の金属を目的の化学組成となるように内包した溶液を利用したケミカルプロセス経路により、多元系機能性セラミックスを低温で膜状化する。その際、膜厚と結晶構造を制御するための研究開発要素について検討した。

また、セラミックス材料の使用時における省エネルギー化に関しては、高密度 LSI あるいはパワーエレクトロニクスに使用される高熱伝導封止材フィラーに使用可能な球状窒化アルミニウムの合成において、火炎の内炎(還元炎)を利用する方法における燃焼ガス種が合成に及ぼす条件の探索、また、フラックス(熔融酸窒化物)中での市販窒化アルミニウム粉末の球状化処理法の検討を行った。

【分野名】 ナノテク製造分野

【キーワード】 省エネルギー、非鉛圧電体、厚膜、高熱伝導、フィラー

【研究題目】 人間協調・共存型ロボットシステム開発

【研究代表者】 比留川博久(知能システム研究部門)

【研究担当者】 比留川博久、横井 一仁、梶田 秀司、金子 健二、藤原 清司、金広 文男、富田 文明、河井 良浩

【研究内容】

発電プラントの保守・点検作業の高度化を進めるため、プラント応用ロボットシステムを開発することを目的とする。本研究では、発電プラントの保守・点検作業に有効な、定常の時の監視・検査を行うための「視覚情報処理技術」並びに非常時のバルブ操作等を行うための「全身遠隔操作技術」を確立する。平成14年度は、視覚情報処理技術については、高精度形状計測機能などの3次元環境認識処理技術を開発してヒューマノイドロボット HRP-2 に実装し、歩行路面の地形形状計測、及び、対象物体の認識に基づく歩行経路計算、対象物体把持を安定して行えるようにした。全身遠隔操作技術については、安定性を確保したまま両手を自在に遠隔操作する制御ア

ルゴリズムを人間型ロボットに実装し、その有効性を実験的に検証した。また、共同研究先の企業(川崎重工業、東急建設)と共に、人間型ロボットによるバックホウの代行運転を実現した。これは、雨天時の屋外で、人間型ロボットにより建設機械を運転するという世界初の快挙であり、各方面から大きな注目を集めた。

【分野名】 情報通信

【キーワード】 人間型ロボット、遠隔操作、視覚情報処理

【研究題目】 シナジーセラミックスの技術開発

【研究代表者】 神崎 修三(シナジーマテリアル研究センター)

【研究担当者】 大司 達樹、近藤 直樹、鈴木 義和、平尾喜代司、吉澤 友一、周 游、宮崎 広行、山内 幸彦、淡野 正信、黄海 鎮、藤代 芳伸、柘植 明、阪口 修司、兼松 渉、宮島 達也、楊 建鋒、上野 俊吉、ダニエルドニ、余 継紅

【研究内容】

本研究開発では、超高温ガスタービンなど高効率かつ安全な発電機器を環境保全に配慮しつつ実現するため、耐熱性、耐腐食性、高温強度、多孔性等を複合的に発現させた高性能多孔質セラミック材料の創製技術を確立することを目的としている。平成14年度は、前年度までに得られた多孔質材料の粒子・気孔の形態や配向性を制御する技術、高融点粒界相を形成させ粒界を強化する技術等を統合することにより、高温での損傷許容性、変形許容性、耐熱衝撃性及び耐食性の発現を目指した。その結果、高融点粒界相を持つ柱状粒子配向窒化ケイ素多孔体において、1500℃で460J/m²以上の破壊エネルギー、従来緻密体と同等の強度と1/2程度の弾性率と同時に、温度差1200℃以上の耐熱衝撃性を得た。さらに、粒界ガラス相を除去したサイアロン多孔体において、1000℃以下の温度で SO₂濃度300ppm の腐食性ガスに120時間暴露した後の強度劣化がないことを確認した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 多孔質、強度、破壊エネルギー、耐熱性、耐食性、耐熱衝撃性

【研究題目】 発電用炭素高機能材料技術開発

【研究代表者】 古賀 義紀(新炭素系材料開発研究センター)

【研究担当者】 田中 章浩、角舘 洋三、湯村 守雄、薄葉 州、横井 裕之、若槻 雅男、山本 和弘、中村 挙子、大花 継頼、石原 正統、梅田 一徳、大島 哲、吾郷 浩樹、内田 邦夫、北村 順也、長谷川 猛

【研究内容】

本研究では、高温耐食性、高硬度等の耐環境性を有する新炭素系物質の材料化プロセスの確立に資することを目的とし、高温耐食性、高硬度特性等が期待される新炭素系物質について、構造・特性評価、材料化プロセスの最適化等を行う。

耐食性材料として有望なほう素を含む物質（炭化ほう素）をステンレス鋼などの汎用材料表面へコーティングする技術として、原料粒子を高速・高温で打ち出すことができるため、基板との密着性が優れた厚膜形成が可能な電磁加速プラズマ法による溶射厚膜形成プロセスを開発した。本方法で形成された溶射膜の空洞、クラック等の膜の欠陥形成に関して、プロセス条件の最適化を行うことにより、欠陥を非常に少なくすることができた。とくにピンホール様の欠陥は耐食性膜として使用する場合大きな問題になるが、原料粉体の粒径分布を制御し原料粒子径を小さくすることによって、プラズマ流により加速される粒子の速度が高速となり、この衝突エネルギーを利用してより緻密な膜を得られることが可能になった。

また、ダイヤモンドより耐食性が優れているほう素-炭素-窒素系物質について、高压溶融法により結晶性の非常に高い試料を作製するとともに、高硬度な高压相を作成し、低压相および高压相の結晶構造の詳細、転移機構を明らかにした。また常温加压により得られた低压相と高压相が高配向して共存しているペレット状材料は、さらに優れたトライボロジックの性質も付加することが期待される材料である。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 炭素系材料、溶射、電磁加速プラズマ、高压溶融法、耐食性、高硬度

【研究題目】 超電導発電機基盤技術研究開発

【研究代表者】 淵野修一郎（電力エネルギー研究部門）

【研究担当者】 幸坂 紳、淵野修一郎、海保 勝之、野村 晴彦、石井 格、樋口 登、新井 和昭、立石 裕、山口 浩、名取 尚武、古瀬 充穂、田中 秀樹、津川 一仁

【研究内容】

（目標）

超電導発電機開発プロジェクトにおける、70MVA 級モデル機の開発および長時間運転研究により超電導発電機の高度の信頼性は確認されたものの、経済性、大容量化に関する研究課題が残されている。これらの課題解決には超電導発電機の設計基準の最適化および大容量化のための基盤技術の開発が必要である。このため発電機の回転子の主要部分である超電導界磁巻線の高密度化、大容量化設計基準の確立を目標とする。

（研究計画）

超電導界磁巻線の運転条件下の環境を再現する回転試

験装置を用いて、これまで十分に把握されていない超臨界ヘリウムによる冷却特性、および超電導安定性関連特性データを蓄積し、理論的考察と合わせて高密度化、大容量化設計基準の確立を図る。

（年度進捗状況）

超電導発電機の界磁巻線の高密度化に必要な安定性試験を行い、回転による安定性向上効果を明らかにした。

界磁巻線の安定性試験においては高電流密度領域（高負荷率）での安定性試験を行い、液体ヘリウムに浸漬した状態で、試料を回転した状態と静止した状態での性能比較を行った。試験に用いた試料は界磁巻線の一部を模擬した1ターン巻線であるが、冷媒の回転に伴う熱伝達特性の影響を試験することができた。この結果臨界電流の約1/2の電流を流した場合においても回転により熱伝達特性が改善され、より多くの熱擾乱に対し安定なことが確認された。また、AE 診断技術を用いたマグネット安定性評価技術の研究を進めた。

【分野名】 環境 エネルギー

【キーワード】 超電導電力応用、超電導発電機、回転子マグネット、安定性

【研究題目】 交流超電導電力機器基盤技術研究開発

【研究代表者】 淵野修一郎（電力エネルギー研究部門）

【研究担当者】 淵野修一郎

【研究内容】

（目標）

交流超電導電力機器は、常に交流損失による熱発生を伴うため、冷却効率の優れた、より高温での運転が望まれ、高温超電導体の利用が不可欠である。このため、酸化物超電導材料の作製技術や、機械的に脆弱な酸化物超電導線材を取扱うため各種固体材料の熱応答特性の評価技術が必要となる。また、交流損失の低減技術、高電圧絶縁・電磁力対策技術、極低温冷却技術など超電導機器特有の技術開発も不可欠である。これらの研究開発により、交流超電導機器を実現するための基盤を確立する。

（研究計画）

将来の基幹系用限流器として最も有力と思われる共振切換型限流器の技術課題を明らかにする。また限流器や変圧器実現に不可欠な交流超電導マグネットを酸化物超電導体で実現する技術確立を目指す。

超電導送電ケーブル実現に不可欠な長尺冷却技術の確立を図る。

超電導薄膜限流器に用いられる大面積超電導膜の作製技術を開発する。

低コストな塗布熱分解法による量産技術を開発すると共に、磁束ピン止め機構の解明とピン止め点導入による高電流密度化を図る。

交流超電導電力機器用各種材料の熱応答特性評価技術の開発を行い、もって交流超電導電力機器の実用化の推進に資する。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 超電導電力応用、交流マグネット、超電導送電ケーブル、超電導材料、大面積薄膜、塗布熱分解法、SN 転移抵抗型限流器、精密熱膨張計測

[研究題目] 交流超電導電力機器基盤技術研究開発
限流器・変圧器等静止機器に関する研究

[研究担当者] 淵野修一郎、梅田 政一、古瀬 充穂、田中 秀樹、新井 和昭（電力エネルギー研究部門）

[研究内容]

(目標)

極低損失な空心交流超電導リアクトルを使用した共振切り換え型限流器の研究開発

(研究計画)

5年間で10kV/200A 級で空心交流超電導リアクトルを開発して100A 級の共振切り換え型限流器システムを実証試験する。

(年度進捗状況)

今年度は Bi2223テープ線材を使用してパンケーキョイル型空心交流リアクトル（1kV/25A 級100mH）を開発して、超電導リアクトルの液体窒素温度における交流損失及び交流損失機構の評価を行った。交流損失の測定結果は周波数50Hz、通電電流10Arms において20Wであった。このとき超電導リアクトルの液体窒素での発熱密度は20kW/m³であり、常温換算発熱密度は～200kW/m³となる。この発熱密度は常伝導リアクトルの～1/10である。交流損失機構に関しては、超電導線材の履歴損失と交流電磁振動に起因する機械損失がほぼ1:1となった。また、機械損失に起因する損失はコイルの常温における機械的共振尖鋭度 Q と密接な関係があることが判明した。この機械損失を無視できるレベルまで低減するには機械的共振尖鋭度 $Q=300$ 以上に高める必要があることが判明した。製作した超電導リアクトル、常伝導リアクトル、コンデンサー及びアレスターを組み合わせ共振切り換え型限流器システムを製作して、回路パラメーターを種々に換えることができる評価試験装置（短絡比5～50、回路の共振尖鋭度：1～150、位相の設定：0～270度、故障時間：1～10サイクル）を使用して限流評価試験を行った。その結果、数値解析と非常に良い一致を示すとともに、定常状態から限流運転状態、さらに定常運転状態への復帰する過度応答がスムーズで高速応答（～1/2サイクル）することが確認され、優れた限流器であることが明らかになった。

[分野名] 環境 エネルギー

[キーワード] Bi2223テープ線材、交流超電導リアクトル、交流損失、共振切り換え、超電導限流器 超電導電力機器

[研究題目] 交流超電導電力機器基盤技術研究開発
高電流密度超電導膜作製技術研究開発

[研究代表者] 山崎 裕文（電力エネルギー研究部門）

[研究担当者] 幸坂 紳、馬渡 康徳、Katherine Develos Bagarinao、小原 春彦、中川 愛彦、山田 博、Jai-Cai Nie

[研究内容]

(目標)

電力ネットワークの安定化に大きな効果をもたらすことが期待される超電導限流器の方式である SN 転移抵抗型限流器の実現には、高い臨界電流特性を有する大面積超電導薄膜の開発が不可欠である。本項目は、超電導膜の臨界電流密度を決める磁束ピン止め機構の解明を行って、高電流密度の大面積超電導膜を作製するための基盤を確立することを目的としている。

(研究計画)

レーザーアブレーション法によって限流器用 YBCO 大面積膜を作製すると共にマイクロ組織を調べて、中間層・YBCO 膜の成膜機構を解明する。酸化物超電導薄膜の磁束ピン止め機構の解明とピン止め導入技術の開発を行って、高臨界電流密度を得る。大面積超電導膜の臨界電流密度等の評価技術を開発する。

(年度進捗状況)

大面積 PLD 装置で作製したサファイア基板 YBCO 薄膜で、クラック発生の臨界膜厚が1.8 μ m 以上にも向上すること、それが組成ずれに起因する欠陥濃度の増大によることを明らかにした。様々な単結晶基板上に作製した YBCO 薄膜のピン力密度の磁界角度依存性の解析とマイクロ組織の観察を行い、YBCO 薄膜では点欠陥のような等方的なピンと c 軸方向に相関を有するピンの両者が有効であることを示した。サファイア基板上の CeO₂バッファ層 に高温熱処理を施し、原子レベルで平坦化するとともにナノドットを生成させ、YBCO 薄膜のピン止め特性を向上させた。誘導法 J_c 測定法をバルク超電導体に適用したときの第3高調波誘導電圧 V_3 の振舞を理論的に明らかにして、バルク材の J_c を評価する方法を確立した。誘導法 J_c の周波数依存性を調べることで電流電圧特性の測定を可能とした。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 超電導電力応用、超電導材料、大面積薄膜、磁束ピン止め、臨界電流密度

[研究題目] 交流超電導電力機器基盤技術研究開発
超電導送電ケーブル研究開発

[研究担当者] 淵野修一郎、樋口 登、古瀬 充穂、岡野 真、我妻 洸（電力エネルギー研究部門）

[研究内容]

(目標)

電力需要の増加及び地球温暖化問題等から電力の有効利用が重要であり、この観点から交流超電導機器、特に超電導送電ケーブルの早期実現の期待度は大きい。そこで、超電導送電ケーブル実現に不可欠な長尺冷却技術の確立を目指す。

(研究計画)

超電導送電ケーブル実用化に不可欠な長尺冷却技術の確立のための技術課題(圧力損失に関する問題、定常冷却特性の問題、冷却時に発生する流動不安定問題等)の解決を行うが、特に対向流冷却方式の検討、流動不安定性現象の解明を重点的に行う。このため、実規模の冷却長(冷却ステーション間隔5km)を想定して、同じ流動パラメータである長さ/管径(L/D)比を持つ長尺冷却モデルを構築し、実規模の定常及び過渡冷却特性をシミュレーションして、実規模レベルの長尺冷却が可能であることを実証する。

(年度進捗状況)

本年度は、超電導送電ケーブルの冷却特性を解明するため、縮経(実ケーブルの1/10)、全長100mの2重管(冷却長200m)の初期冷却時に発生した振動現象の解明を行ない、レジネグの不安定性が生じる条件を明らかにすると共に、振動を回避する方法を示した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 超電導送電ケーブル、長尺冷却技術、流動不安定性

[研究題目] 交流超電導電力機器基盤技術研究開発

Y系大面積超電導膜作製技術の研究開発

[研究代表者] 熊谷 俊弥(電力エネルギー研究部門)

[研究担当者] 真部 高明、山口 巖、相馬 貢、水田 進、近藤 和吉、塚田 謙一

[研究内容]

本研究では、液相法の一つである塗布熱分解法(MOD)をもちいて、SN転移抵抗型限流器用Y系大面積超電導膜の低コストな量産技術を開発するとともに、作製した大面積膜試料の化学的評価技術を開発することを目標とする。この際、YBCOと格子不整合のサファイア基板上に一挙にY系大面積膜を作製するのは非常に困難が予想されたため、(1)先行的にYBCOと格子整合の基板(LaAlO₃など)をもちいて高臨界電流密度(Jc)を有するY系大面積膜の作製技術・化学評価技術の蓄積を行い、これと並行して、(2)本プロジェクトでの目標である10cm×30cmサイズの間層つきサファイア基板上への高品質なY系大面積膜の低コストな大量製造技術を開発する研究計画とした。

本年度は、5cm径LaAlO₃基板上に作製した超電導膜の通電試験評価を電中研等と共同で行い、MODで作製した膜が極めて高い通電法Ic(>100A/cm幅)を持つことを実証した。塗布熱分解法、Y系大面積超電導膜、SN転移抵抗型限流器また、プロジェクト基本計画目標サイ

ズ(10cm×30cm)に対応した製膜装置を導入し、各種サイズのY系超電導膜/蒸着CeO₂中間層/サファイア基板多層膜の製膜を開始した。H14年度末時点で、最大10cm×30cmサイズ全面でのエピタキシャル配向Y系膜が作製できた。このうち、1cm×12cmサイズ矩形基板上の膜において、膜のほぼ全面にて誘導法Jc>1MA/cm²(at77K)の特性が得られた。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 塗布熱分解法、Y系大面積超電導膜、SN転移抵抗型限流器

[研究題目] 交流超電導電力機器基盤技術研究開発 熱応答特性計測技術開発

[研究代表者] 加藤 英幸(電力エネルギー研究部門)

[研究担当者] 加藤 英幸、山田 修史、奈良 広一、竹歳 尚之、八木 貴志、遠藤 亮、馬場 哲也

[研究内容]

超電導マグネットや超電導限流素子をはじめとする交流超電導機器の実用化において、超電導線材や超電導薄膜の熱応答特性評価(異種材料間の熱膨張率差に起因する熱応力や薄膜・基盤間の界面熱抵抗やクエンチ挙動時の耐熱衝撃性等)が重要な技術要素の一つとなる。本研究では、線材や構成部材の熱膨張率を精密に測定するためにGM冷凍機を用いたレーザ干渉式熱膨張率絶対計測装置を開発し、また薄膜の熱応答(温度変化)を高速に測定する熱反射法計測装置の開発を行い、以て交流超電導電力機器用材料の熱応答特性評価を行い実用化に資するものである。

H14年度はGM冷凍機を用いたレーザ干渉式熱膨張率絶対測定装置の性能評価試験として、低温機器用構造材料であるステンレススチールの熱膨張率を多数回実測し、冷凍機の振動の影響を排除できること、極めて取り扱いが簡便であること、必要十分な精度で測定が可能であることを実証した。また非接触非破壊で対象物の熱特性評価が可能な熱反射法計測装置として熱物性顕微鏡を開発し、基板上超電導薄膜の熱特性評価法として整備を進めた。測定対象の超電導薄膜表面に薄いMo膜を付けることで熱浸透率の実測が可能であり、膜面内方向での分布評価も可能であることを確認した。これまでにサファイア基板上超電導薄膜(HoBCO)やMgOまたはSrTiO₃基板上超電導薄膜(YBCO)の熱特性評価データを取得しており、概ね順調な進捗にある。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 精密熱膨張計測、限流器用超電導薄膜、熱浸透率分布測定、熱物性顕微鏡、計測評価技術

[研究題目] フライホイール電力貯蔵用高温超電導軸受技術開発

〔研究代表者〕 西郷 宗玄（スマートストラクチャー研究センター）

〔研究内容〕

（目標）

高温超電導軸受の近年の著しい技術進歩により支持軸受損失の極めて小さい高速フライホイール電力貯蔵装置の実用化の見通しが得られつつある。電力分野で実現期待度の大きい日負荷平準化用電力貯蔵装置の実用化に対しては、非接触で支持される巨大高速回転体システムの安全性と信頼性の確保は重要な技術開発の一つである。本研究では、(1)軸受システムの非常時の安全性確保技術と(2)CFRP（炭素繊維強化プラスチック）フライホイールの長期信頼性を確保するための研究を行う。

（研究計画）

- (1) 制御型軸受について、弾性モード制御安定度の向上化、非常事故時バックアップ性能の向上化を目指して新しい制御アルゴリズムを開発する。
- (2) CFRP について、500h 超の長時間にわたる真空中でのクリープ特性の評価を行うとともに、特性改善に資するために繊維-マトリックス界面の劣化機構について解明する。

（年度進捗状況）

- (1) 磁気軸受制御に関して、PID 包含 LQ 制御法による軸の曲げモードの制御アルゴリズムを開発し、実験による検証を行った。さらに、非常時の保護軸受の負担を軽くする非線形制御の制御アルゴリズム開発に着手し、基本的アルゴリズムの実験検証を行った。
- (2) CFRP 材のクリープ特性評価について、真空中および大気中での長時間の試験を行った。設定荷重は静的な破断荷重の90%以上である約56kgf とし、真空中及び大気中において500h 超の長時間クリープ試験を行った。試験数が少ないためさらにデータ蓄積を必要とするが、静的な強度とクリープ強度との差や、真空中と大気中との明確な差は認められなかった。

〔分野名〕 エネルギー

〔キーワード〕 エネルギー貯蔵、フライホイール、磁気軸受、CFRP

〔研究題目〕 フライホイール電力貯蔵用高温超電導軸受技術開発
高性能化技術開発

〔研究代表者〕 西郷 宗玄（スマートストラクチャー研究センター）

〔研究担当者〕 西郷 宗玄、セリム・シブリオグル

〔研究内容〕

（目標）

軸受システムの非常時の安全性確保技術を開発する。

（研究計画）

弾性モード制御安定度の向上化、非常事故時バックアップ性能の向上化を目指して新しい制御アルゴリズムを

開発する。

（年度進捗状況）

- i) PID 包含 LQ 制御剛体モードの制御が容易な PID 制御と弾性モードの制御が扱える最適 (LQ) 制御を組み合わせた制御法で、弾性ロータの弾性変形を考慮した低次元化集中定数モデルとして曲げ1次モードまで考慮する3質点モデルで構成した。軸受系は位相進み補償器によって安定化後、そのサーボ剛性を利用して分布定数系のモード成分を求め、さらに集中定数系のモード系と一致するようにモード行列の修正を行い、物理座標系の質量行列と剛性行列を導出する。この系に LQ 制御を適用する。制御実験により LQ 制御の1次曲げモード制振効果を検証した。
- ii) 非線形制御 機械式補助軸受に接触しても安定な制御力を電磁石で発生させるため、電流の二乗に比例し、ギャップの二乗に逆比例する非線形磁気力特性を考慮するゼロバイアス制御則を開発した。剛体モード振動を対象として、この非線形力を扱える安定な制御則をリアプノフの直接法で導いた。制御実験では8000rpm まで運転し、対向する電磁石の一方のみ制御電流が作用して安定な制御を行っていることを確認した。さらに、制御をオフしてフリーラン（タッチダウン状態）後、制御をオンする実験を行い、制御を再開後瞬時に安定な回転状態が即時に実現することを確認した。

〔分野名〕 環境、エネルギー

〔キーワード〕 磁気軸受制御、フライホイール

〔研究題目〕 フライホイール電力貯蔵用高温超電導軸受技術開発

軸受関連部材のクリープ特性に関する研究

〔研究代表者〕 藤田 和宏（スマートストラクチャー研究センター）

〔研究担当者〕 藤田 和宏、永井 功、袖岡 賢

〔研究内容〕

（目標）

CFRP（炭素繊維強化プラスチック）フライホイールの長期信頼性を確保するための研究を行う。

（研究計画）

フライホイールロータ材として用いられる CFRP の、従来解明されていない真空中でのクリープ特性の評価と、真空中での繊維-マトリックス界面の劣化機構について解明する。

（年度進捗状況）

昨年度は大気中24h 程度の短時間クリープ試験を行ったが、本年度は真空中および大気中での長時間の試験を行った。そのため雰囲気を真空（ $10^{-2} \sim 10^{-3}$ Torr）にしてクリープ試験を行うことができる装置の作製を行った。クリープ試験機は、長期の試験であることなどを考慮して重りによる定荷重負荷方式を採用した。試料は炭素繊維

維数千本の束で構成されるストランド試料を用い、アルミタブへ接着剤で固定したものを試験片とした。本真空対応型試験機では、真空中にある試料へペローズを介して負荷をかけるため、試料に負荷する荷重はペローズの伸縮の影響を受ける。そのため、ロードセルを用いて荷重を補正することとした。昨年度行った静的引張試験において、破断荷重の平均値は60.4kgf（試験数27本）であることを報告した。長時間のクリープ試験を行うに当たり、設定荷重は静的な破断荷重の90%以上である約56kgfとし、上述のようにペローズ等の影響を考慮しつつ、これに近い値となるように重りを負荷して真空中及び大気中において500h超の長時間クリープ試験を行った。試料破断もしくは試験終了までの時間を、昨年度の大気中短時間クリープ試験の結果と比較検討した。試験数が少ないためさらにデータ蓄積を必要とするが、静的な強度とクリープ強度との差や、真空中と大気中との明確な差は認められなかった。

【分野名】環境、エネルギー

【キーワード】CFRP、フライホイール

【研究題目】二酸化炭素回収対応タービンの研究開発

【研究代表者】壹岐 典彦（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】高橋 三餘、倉田 修、吉田 博夫、袖岡 賢、藤田 和宏、岩下 哲雄、井上 貴博、鈴木 雅人、江原 拓未、林 淳子（エネルギー利用研究部門）、横川 清志、福山 誠司、安 白、重松 一典、斎藤 尚文、中村 守、東 ひろえ、中島 圭子（基礎素材研究部門）、兼松 渉、宮島 達也、伊藤 正治（セラミックス研究部門）、栗山 信宏、田中 秀明、清林 哲、竹市 信彦（生活環境系特別研究体）、榎 浩利、秋葉 悦男、早川 博、中村優美子（電力エネルギー研究部門）

【研究内容】

地球環境問題の深刻化に伴い、発電部門で生じる環境影響物質への対策が不可欠となっている。このため、より高効率な発電システムの開発が望まれており、タービン入口温度1500℃以上とするガスタービン技術を開発する必要がある。その実用化のために、システムのクロード化、高温・高圧に耐える構成要素が不可欠であるため、これらに係わる技術の研究開発を行い、基盤技術を確立する。また、これらの基盤技術を他のガスタービンシステムの性能向上に活用する。この目標の下で①水蒸気潜熱利用ガスタービンシステム、②高温水蒸気環境下適合素材、③タービン材料の耐久性向上・損傷評価、④タービン廃熱活用素材技術に関して研究を推進した。本年度は、研究成果を発展させる方向として、①では水蒸気の潜熱利用によるガスタービン効率向上を選択して検

討を行った。②では様々な素材について水蒸気環境下での試験を行った。タービン材料の耐熱合金の表面形態を観察、遮熱コーティング部材のダメージの定量的把握、炭化ケイ素繊維強化炭化ケイ素のせん断強度特性の評価を行った。更にしみだし冷却方式のため、金属多孔体の内部構造制御技術の開発に着手した。③では、X線回折パターン比較による炭素繊維強化炭素複合材（C/Cコンポジット）残留歪の評価、アルミナ系オーバートップコートを施した高温用遮熱コーティングのコンセプト提案、コーティング製造指針を明らかにした。④に関して、チタン-クロム系ラーベス相合金からBCC（体心立方格子）構造水素吸蔵合金をミリング処理で得るとともに、チタン-バナジウム基BCC型水素吸蔵合金の繰返し水素化特性を向上させる指針を得た。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】高効率ガスタービン、耐熱材料、水素吸蔵合金、水蒸気

【研究題目】離島用風力発電システム等の研究開発

【研究代表者】松宮 輝（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】松宮 輝、小垣 哲也、二井 義則

【研究内容】

【背景・目的・目標】

風力エネルギーは、クリーンで無尽蔵な自然エネルギーであり、温暖化防止の解決に寄与する有力な石油代替エネルギーとして、国際的に大規模な風力エネルギー利用の時代を迎えている。しかし、わが国は台風の襲来があり、山岳性の荒い気象を有し、また島国であるための立地条件、電力系統条件が厳しいため、コスト、電力品質、耐久性、および環境インパクトをブレイクスルーする日本的な外部条件（風況、立地、電力網）に適合した風力技術開の確立が不可欠である。本研究は、離島に代表される厳しい日本的な外部条件に適合した風力技術の確立を図った。その中には、同等の厳しい外部条件に曝される山岳風力、それらの基礎技術・新要素技術の開発、基礎データの取得や標準化も含まれる。

【研究成果】

- I. 風車性能：低レイノルズ数領域で高い性能を維持する新翼型（MELシリーズ）を開発し、風洞により空力特性を得た。新翼型を用いて小型風車の試設計を行い、基本設計手法を把握した。低レイノルズ数における流れ場のメカニズムの詳細な調査のため、MEL翼型回りの流れの3次元乱流数値シミュレーションを実施し、風洞実験と比較した。その結果、風洞試験では困難な105以下でのレイノルズ数における翼型性能を数値シミュレーションに十分に予測することが可能であることが判明した。また、風車性能計測法（IECおよびJIS）で定められる風車の性能計測法を利尻島の設置された風車に適用し、手法の有効性を掌握した。
- II. 風況・地形：筑波山風返峠および鈴鹿山系野登山

において高速風況計測を継続実施し、IEC 国際標準よりもはるかに厳しい複雑地形における乱流強度やガストのデータを収集した。高い乱流や気流の歪みをもたらす複雑地形について、工学的なモデル化（複雑地形の分類）に着手した。

Ⅲ. 環境影響： 前年度に引き続き、北海道浜中町風力タービンの環境騒音測定を実施し、風力タービンの環境騒音と風環境下での暗騒音の特性を調べ、騒音の伝搬特性及び予測式の適用性を明らかにした。また得られた知見を踏まえ、IEC 騒音計測法の改訂に寄与した。

Ⅳ. 新要素技術： 風力タービンの性能は、翼型特性に支配される。Vortex Generator (VG) を用いた境界層制御によって、翼型性能を改善し、風力タービンの性能を向上させることが知られているが、これまでに開発されている VG は、揚力とともに抗力も増加させるため翼性能向上の指標である揚抗比の増加は限定されていた。揚力係数だけを増加させ、抗力係数の増加を抑制する新しい VG を開発し、風洞実験によって VG のパラメトリックなおよび配置変化を行ったところ、その効果を検証した。開発した VG は断面が翼型であり、翼端において Tip Vortex（翼端渦）を生成することにより翼表面上の流れを効果的に乱流促進し、これが揚力の改善をもたらすことが確認された。また、形が流線型となったため抗力が低減し揚抗比が低レイノルズ数においてかなり改善された。特に小型風車への適用が有望である。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 風力発電、外部条件、風車性能、風車用翼型、風況計測、風車騒音、ボルテックスジェネレータ

〔研究題目〕 太陽光発電システム実用化のための解析・評価

超高効率太陽電池製造技術実用化のための解析・評価
安価に製造できる新規な色素増感型太陽電池の評価

〔研究代表者〕 荒川 裕則（光反応制御研究センター）

〔研究担当者〕 佐山 和弘、原 浩二郎

〔研究内容〕

目標、研究計画

色素増感太陽電池は、従来の pn 接合型太陽電池と光吸収が異なるため、従来の太陽電池で用いられてきた効率評価法が利用出来ない可能性がある。例えば、吸収波長が色素により異なるため、通常の効率測定方式が利用しにくい。そこで、色素増感太陽電池の精密な評価方法を確立するための検討を行う。

年度進捗状況

N3色素より光吸収領域が100nm 長いブラック・ダイ色素（900nm まで光を吸収）を用いた色素増感太陽電池

の性能の正確な評価のためのレファレンス・セルの作製法について検討し、その評価法を確立した。また、色素増感太陽電池の太陽光エネルギー変換効率を正確に測定するため、光吸収効率（Light harvest efficiency）の測定方法について検討した結果、光散乱剤の含まれない透明 TiO₂膜の使用とガラス基板を出来るだけ薄いものを使用することが良いと示唆された。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 太陽電池、色素増感太陽電池、評価方法、太陽エネルギー変換効率、光吸収率

〔研究題目〕 太陽光発電技術開発

〔研究代表者〕 大和田野芳郎（電力エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 大和田野芳郎

〔研究内容〕

1) 研究の背景・目的・目標

枯渇のない再生可能エネルギーである太陽光を利用した太陽光発電は、環境に調和したエネルギーの安定供給に寄与することが期待されている技術である。太陽光発電の大量導入には、低コストで高性能の太陽電池を実現すること、その長期耐久性を評価する技術が必要不可欠である。本研究では、これらの太陽光発電技術に関わる研究開発を行い、その基盤技術を確立することを目的とする。

2) 研究の全体計画

シリコン系、CuInSe₂ (CIS) など化合物系の薄膜太陽電池及び将来飛躍的な低コスト化が期待される色素増感型太陽電池などの抜本的な高性能化と長期信頼性向上を目標とする研究開発を行う。

3) H14年度の研究内容及び成果の概要

薄膜シリコン太陽電池の研究開発において、アモルファスシリコンの光劣化抑制、微結晶シリコンの高品質膜の高速成長などが大きく進展し、多接合型太陽電池の変換効率12.4%を達成した。CIS系薄膜太陽電池の研究開発では、プロセスの高精度化などにより、効率18%が見込める段階に達した。また透明導電膜についても、室温で抵抗率 $5 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$ 、可視光平均透過率88%（400-800nm）の高品質を達成した。結晶シリコン太陽電池の研究開発では、低温プロセスでも高性能が得られることが実証された。結晶化合物太陽電池ではその場熱処理により膜質が大きく向上する事を明らかにした。将来の普及の中心になると予測される新型薄膜太陽電池・モジュールの長期性能予測及びその試験法確立の基礎となる劣化要因分析を進め、定量的なデータを把握し早期異常及び劣化・故障診断法を検証した。ブラックダイのような長波長吸収の色素を用いた太陽電池の太陽エネルギー変換効率を簡便に測定できるレファレンスセルを開発し、誤差の少ない光吸収効率（LHE）評価法を確立した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

[キーワード] 太陽電池、性能評価

[研究題目] 太陽光発電技術開発

薄膜シリコン系太陽電池の研究開発

[研究代表者] 松田 彰久 (薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ)

[研究担当者] 松田 彰久、近藤 道雄、藤原 裕之

[研究内容]

1. 研究の背景・目的・目標

太陽光発電の大量普及促進のため、高性能・低コスト薄膜シリコン系太陽電池の実用化を支援する。

2. 研究の全体計画

気相・表面反応診断法を駆使した膜成長過程の微視的理解に基づくアモルファスシリコンおよび微結晶シリコン材料の高品質化・高速製膜化を行うとともに、太陽電池構成のための要素技術を開発する。

3. H14年度の研究内容及び成果の概要

1) エピタキシャル成長 p 層におけるキャリア発生において、エピタキシャル成長を終了した直後にキャリア密度が急上昇すること、Si-H-B 結合が急減していることを見出すなど、微結晶 p 層成長時の膜成長表面反応診断の結果、微結晶 p 層成長制御に対する多くの知見が得られた。

2) 高速製膜アモルファスシリコンの光安定性の向上に対し、2種類のアプローチを行い、アモルファスシリコン成長条件によっては低温基板温度領域である250℃においても Si-H₂密度が0%となることを見出されるなど、低温の基板温度における光劣化の大幅な制御の可能性が示された。また、均一にナノ構造を膜中に取り込んだ膜を活性層に用いた n-i-p 型太陽電池を試作し、光劣化率、劣化後効率ともに通常のアモルファスシリコン太陽電池より優れている場合がある可能性を見出した。

3) 微結晶シリコン太陽電池における不純物効果の解明を行うため、超高真空対応のプラズマ CVD 装置により太陽電池を試作し、p-i-n 構造における特性の低下原因が特定され、微結晶シリコン太陽電池の効率向上への指針が得られた。また、高品質微結晶シリコンの高速製膜のための新しい電極構造を提案した。

4) アモルファスシリコン-微結晶シリコン積層構造によるタンデム型薄膜シリコン太陽電池構成による高効率化に対する要素技術として、光安定化アモルファスシリコン薄膜の低温成長の可能性が示されたほか、四端子構造の試作や中間透明導電層の膜厚依存性の検討により変換効率12.4%の太陽電池の試作に成功した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 太陽電池 モルファスシリコン 微結晶シリコン

[研究題目] 太陽光発電技術開発

新規な色素増感型太陽電池の性能評価

[研究担当者] 荒川 裕則、佐山 和弘、原 浩二郎

[研究内容]

1) 研究の背景・目的・目標

色素増感太陽電池は、従来の pn 接合型固体太陽電池と全く異なる特徴のために、これまでの太陽電池で用いられてきた効率評価方法が利用できない可能性がある。吸収波長が色素ごとに異なるため通常の効率測定方式が利用しにくい可能性がある。効率の精密な評価は研究の発展のために必要不可欠であり、その確立が求められている。

2) 研究の全体計画

本研究・評価では、色素増感太陽電池の太陽エネルギー変換効率や短絡電流 (J_{sc}) 見かけの量子収率 (IPCE)、光吸収効率 (LHE)、実質的量子収率 (APCE)、形状因子 (ff)、開放電圧 (V_{oc}) など様々な電池特性に対して、温度や光量、吸収波長、紫外線効果、セル面積、セル形状、マスク効果、光応答速度、バイアス光効果、光散乱効果、リード線抵抗、など様々な因子の影響を評価する。また、上記の結果を基に太陽エネルギー変換効率および IPCE スペクトルを正確に測定する方法を総合的に確立する。また、複雑な装置や手法を用いて正確だけを追求することとは対照的に、より簡便に測定できる技術についても検討する。

3) H14年度の研究内容及び成果の概要

今年度は、今後の主流であるブラックダイという赤外領域に吸収を持つ色素で増感された太陽電池について、太陽エネルギー変換効率の誤差を小さくするためのレファレンスセル法について検討し、その評価法を確立した。また、光吸収効率 (LHE) についても検討し、その誤差を小さく測定する手法を確立した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 太陽電池、色素増感

[研究題目] 太陽光発電技術開発

超高効率低コスト CIS 系太陽電池技術の研究開発

[研究代表者] 仁木 栄 (電力エネルギー研究部門)

[研究担当者] 仁木 栄、ポール・フォンス、山田 昭政、松原 浩司、岩田 拓也、櫻井啓一郎

[研究内容]

1) 研究の背景・目的・目標

本提案では、次世代の低コスト高効率薄膜太陽電池として期待される CuInGaSe₂ (CIGS) 系太陽電池の超高効率・低コスト化技術と高信頼性化技術の確立を目指す。CIGS 太陽電池の実用化に向けて NEDO 先進太陽電池技術研究開発における CIS 系太陽電池目

標（2005年度、 $\eta=13\%$ 、 60cm^2 ）達成のための企業への技術サポートと、2005年以降に必須の重要要素技術の先行的な開発を行う。現有技術課題の抜本的な解決と革新的プロセス技術の開発によって、最終年度までに最高性能の CIGS 太陽電池作製技術の確立を目指す。

2) 研究の全体計画

高効率化技術については、

(a) 高 Ga 濃度 CIGS 太陽電池技術の確立による高開放電圧化 (VOC)、(b) ZnO/CIGS 界面制御技術の確立によるフィルファクター (FF) の向上を図る。

低コスト化技術としては、

(c) 溶液成長を用いない真空一貫プロセスの確立、(d) 高速製膜によるスループットの向上、というアプローチで研究開発を行う。

さらに、太陽電池の信頼性の向上を目指して

(e) 光照射効果等の欠陥に起因する現象の理解と制御技術を開発する。

3) H14年度の研究内容及び成果の概要

(a) 高効率 CIGS 太陽電池の開発

(a-1) プロセス技術の確立

- ・反射防止膜無しで効率16.4%（変換効率18%に相当）の CIGS 太陽電池のプロセスを確立した。
- ・光散乱法による成長その場観察技術を確立した。これによって、CIGS 吸収層の組成や膜厚だけでなく平坦性も向上できるなど CIGS 吸収層製膜の制御性が格段に向上した。

(a-2) 界面・表面制御技術

CIS 表面の保護層として試料膜形成直後に堆積した Se 層が内部の保護に有効であること、酸素、炭素不純物のない清浄面が得られることを明らかにした。

(b) 低抵抗透明導電膜の開発

- ・パルスレーザー堆積法による ZnO 透明導電膜の作製技術を開発した。近赤外での光透過特性を向上することで太陽電池の特性を向上できることを示した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 太陽電池、CuInGaSe₂ (CIGS)

[研究題目] 太陽光発電技術開発

極薄膜結晶シリコン太陽電池に関する研究

[研究代表者] 下川 隆一（電力エネルギー研究部門）

[研究担当者] 下川 隆一、山中 光之、坂田 功、川浪 仁志、安部 弘記（湘南工科大）

[研究内容]

1) 研究の背景・目的・目標

太陽光発電の本命である多結晶シリコン太陽電池の変換効率（特に、開放電圧 Voc）の向上と大幅なコス

トダウンを実現するために、極薄膜結晶 Si 太陽電池の高効率セルコンセプトの提案と試作を行うことを主たる研究目標としている。サブテーマとして、多くの機関の相互の効率的な研究開発を可能とする太陽電池の共通評価方法の研究を行い、そのグローバルスタンダード化を図ることを目標とする。

2) 研究の全体計画

本研究は、我々の新提案である光閉じ込め型極薄膜結晶シリコン太陽電池の高効率の可能性を実証することと同時に、実用化太陽電池の大半を占めている多結晶シリコン太陽電池を薄膜化（省エネルギー・省資源化）したときの変換効率の限界を追求・検証することにある。具体的には、光閉じ込め型極薄膜 Si 太陽電池の高効率化シナリオを提案し、拡散反射アルミナ基板上に堆積形成した極薄膜結晶 Si セル（数 μm ）と支持基盤を必要とする厚さ100 μm 以下の接着接合極薄膜結晶 Si セルの2種類の光閉じ込め型セルを試作、薄膜結晶 Si セルの高効率化の可能性を実証する。太陽電池共通評価方法の研究では、これまで曖昧であった放射照度測定 of WRR（世界放射基準）トレーサビリティを確立し、国際基準に合致する日本の太陽電池 JIS 体系を完成すること、過渡光電流測定による欠陥準位のエネルギー分布の測定を完成し、欠陥準位の起源や欠陥反応の機構解明に資することが目的である。

3) H14年度の研究内容及び成果の概要

本年度は、極薄膜 Si セルの高 Voc・高効率化を図ることを目的に、熱歪みを最小にする低温薄膜堆積法による接合形成技術を開発する。特に、初期の結晶核形成過程の研究に重点をおいて良質の Si 結晶エピタキシャル成長を可能にし、極薄膜 Si セルの高 Voc 化を図る。

成長初期の核形成を制御する2段階成長法を提案し、150°Cの低温エピタキシャル成長が可能であることを見出した。さらに、ドーパントの活性化制御方法の研究を行い、効率13.54%（ $4\times 4\text{mm}^2$ ）の世界トップ値の低温エピタキシャル接合セルを試作することに成功し、低温エピタキシャル成長による接合形成がセルの高 Voc・高効率化に有効な方法であることを実証した。アルミナ基板上の極薄膜 Si 基板では、これまでにない高い Voc0.459V のセル（効率3.22%）が得られた。太陽電池共通評価方法の研究については、JIS 体系の原器となっている広開口角絶対放射計の管理・精度維持向上を図った。また、薄膜材料内および界面の欠陥の評価技術として、過渡光電流測定の検討を継続した。従来よりも光量の大きなパルスレーザーを使用し、光量に対する過渡光電流の依存性を調べ、この手法の前提である、欠陥準位が過剰キャリアで完全に埋められる実験条件を明らかにした。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 結晶シリコン太陽電池、太陽電池共通評

価方法

〔研究題目〕太陽光発電技術開発

太陽電池の高効率化を目的とした光拡散反射性基板の解析・評価

〔研究代表者〕田澤 真人（基礎素材研究部門）

〔研究担当者〕田澤 真人、徐 剛、金 平、岡田 昌久、吉村 和記

〔研究内容〕

1) 研究の背景・目的・目標

各種薄型太陽電池の効率向上を目的として、光閉じ込め効果を向上させる光拡散反射性基板を開発することを目的とする。これまでの研究からセラミックス基板に適当な屈折率と膜厚を有する薄膜を作製することによって、光閉じ込め効果の向上が可能であることがわかったので、本研究では、セラミックス基板に各種薄膜を作製し、その屈折率、膜厚と光閉じ込め効果を向上させるための光学的特性との関係を明らかにする。

2) 研究の全体計画

各種の太陽電池の高効率化を目的として、光拡散反射性基板の開発を行う。具体的には、アルミナセラミックス等光吸収のないセラミックス基板の表面上に適当な屈折率と膜厚を有する薄膜を作製することによって実現する。理論的及び実験的に屈折率及び膜厚の最適化を行う。

3) H14年度の研究内容及び成果の概要

平成14年度は、セラミックス基板上薄膜の屈折率及び膜厚の最適化を実験的に進めるために、薄膜及び半導体層の一つの真空装置内で作製し、光閉じ込め効果の元となる光学特性を評価した。成果としては、まずこれまでに得られた理論的結果をさらに詳細に調べ、基板の屈折率及び薄膜の屈折率、膜厚の多様な組み合わせについて高い光閉じ込め効果を得るための設計指針を得た。次にマグネトロンスパッタリング法を用いてセラミックス基板上に屈折率の異なる薄膜を作製してそれぞれについて光閉じ込め効果を調べた。その結果、半導体層内における吸収が増大する条件を得ることができた。

〔分野名〕環境・エネルギー、ナノテクノロジー・材料

〔キーワード〕薄型太陽電池

〔研究題目〕太陽光発電技術開発

超高効率太陽電池基板製造技術の研究開発

〔研究代表者〕宗像 鉄雄（エネルギー利用研究部門）

〔研究担当者〕宗像 鉄雄、染矢 聡

〔研究内容〕

1) 研究の背景・目的・目標

枯渇のない再生可能エネルギーである太陽光を利用

した太陽光発電は、環境に調和したエネルギーの安定供給に大きく寄与することが期待されている技術である。太陽光発電の大量導入には、低コストで高性能の太陽電池を実現すること、その導入・普及を支援する技術は必要不可欠である。本研究では、特に、太陽電池の高性能化・低コスト化のため、超高効率結晶化合物系太陽電池の基板として用いられる半導体単結晶の製造過程に関わる研究開発を行い、その基盤技術を確立することを目的とする。

2) 研究の全体計画

超高効率結晶化合物系太陽電池の高性能化・低コスト化を実現するために、基板として用いられているゲルマニウム単結晶およびシリコン単結晶の製造過程を理論的・実験的に解析し、伝熱制御の観点から最適な熱環境を実現する基盤技術の開発を行う。

3) H14年度の研究内容及び成果の概要

平成13年度に開発した二次元融液内対流シミュレーションコードを用いて、CZ法による半導体単結晶育成時の融液内対流を計算し、単結晶育成に最適な高周波磁場の強さ（印加電流、周波数等）を明らかにした。また、三次元融液内対流シミュレーションコードへの拡張にも着手した。さらに、平成13年度に試作した単結晶育成用CZ炉に高周波磁場を印加するための高周波磁場印加装置を試作し、単結晶育成炉内の温度場の計測を行った。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕太陽電池

〔研究題目〕太陽光発電技術開発

薄膜結晶化合物太陽電池の研究

〔研究代表者〕川浪 仁志（電力エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕川浪 仁志、下川 隆一、山中 光之、坂田 功、Nammalvar Gopalakrishnan (STAフェロー)

〔研究内容〕

1) 研究の背景・目的・目標

太陽エネルギーを資源化するための、太陽電池の低コスト高効率化は国際的にも要請が強く、半導体技術先進国として我国に期待されている課題である。

最も高い変換効率を誇る結晶化合物太陽電池は、多接合化、集光によるさらなる高効率化への挑戦、集光、Siヘテロエピ技術のブレイクスルー、薄膜剥離法などによる低コスト化に集中すると考えられる。

本研究は、薄膜結晶化合物太陽電池基礎技術の開発で、多接合高効率化、低コスト化の基本的な技術開発を行い、低コスト高効率化の要請に応えるものである。

即ち、次世代薄膜太陽電池の実用化を促進するために、薄膜結晶化合物太陽電池の基礎研究と、基礎的な試作解析評価を行う。特に、行使不正薄膜成長技術（Siヘテロエピ技術）について、シリコン基板上の高品質

なⅢ-V族化合物半導体薄膜形成の指針および素子化による実証を行う。

2) 研究の全体計画

次世代薄膜結晶化合物太陽電池の基礎技術開発を行う。特に、格子不整薄膜成長技術（Si ヘテロエピ技術）について高品質化技術を完成し、技術検証のためのセル試作を行う。

3) H14年度の研究内容及び成果の概要

本年度は、格子不整薄膜成長技術（Si ヘテロエピ技術）について総合的な高品質化技術の向上を図るとともに、Si ヘテロエピ技術と組み合わせたセル試作プロセスの確認を行う。

Si 基板上への高品質 GaAs 膜成長技術について、前年度見いだした厚いバッファ層の有効性に関し更に検討を進め、その熱処理（TCA）などを行う高品質プロセスに組み込むことで膜質が大きく向上する事を明らかにした。

太陽電池特性を薄膜のキャリア寿命で予測することを目指し、時分解 PL 法による GaAs 薄膜のキャリア寿命測定を試みた。膜質とキャリア寿命とにある程度の相関が見られた。

GaAs 単一接合太陽電池試作プロセスを整備した。これにより、薄膜の高品質化技術を太陽電池特性で評価できるようになった。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 太陽電池、格子不整薄膜成長技術（Si ヘテロエピ技術）

[研究題目] 太陽光発電技術開発

太陽電池・モジュールの長期性能評価および寿命予知のための技術

[研究代表者] 柳澤 武（電力エネルギー研究部門）

[研究担当者] 柳澤 武、小島 猛、小柳 理正

[研究内容]

1) 研究の背景・目的・目標

太陽光発電システムの導入促進化が図られる中で、長期耐久性能の確保及びその評価のための技術は不可欠な課題である。20年以上の性能保障は社会的要請である。本研究は現在技術開発が進められている新型太陽電池・モジュールの開発、導入促進化及び安定供給化の一環として、長期にわたる性能の予測手法及び劣化・故障の早期予知、診断法を開発するための先導的研究を行う。

2) 研究の全体計画

劣化・寿命に対する各種複合環境ストレスの要因分析及びストレス加速性及び劣化等に関連する欠陥生成メカニズム解析に基づいた律速過程の解明を行う。また、電池及びモジュールの劣化や異常を早期に検知するためのパラメータを探索し、診断手法を確立するための基礎技術を確立する。

3) H14年度の研究内容及び成果の概要

(I) a-Si、CIS 系太陽電池・モジュールの長期性能予測を行うため、種々の環境ストレスに対する劣化・故障モード及びストレス加速性の定量的な把握を進めている。本年度は CIGS、a-Si タイプの薄膜電池・モジュールについて、ストレスとなる複合環境を設定した長期にわたる加速劣化試験を実施し、封止材の光透過性・物性の変化及びその電池性能等に及ぼす影響度との相関関係を定量的に明らかにした。また、多数の評価パラメータを用いて劣化の多面的な要因分析を行った。

(II) 新型電池・モジュール性能の劣化・故障及び異常状態の早期検知・診断のための評価パラメータを探索した。微弱磁気、局部パルス光、極微弱光、微小スポット光、ライン光等を用いた手法の基礎的実験を進めた。有効性を確認し、実用化の検討を行った。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 太陽電池、CIGS、a-Si タイプ

[研究題目] 太陽光発電技術開発

太陽電池用新材料の解析評価
光導波路分光法を用いた太陽電池の色素の吸着構造の評価

[研究代表者] 松田 直樹（界面ナノアーキテクニクス研究センター）

[研究担当者] 松田 直樹（界面ナノアーキテクニクス研究センター）、加藤 健次（計測標準研究部門）

[研究内容]

1) 研究の背景・目的・目標

太陽電池は21世紀にはより広い範囲で実用化されることが確実視されており、1%の発電効率向上も全体としては非常に大きなエネルギーの節約になる。太陽電池では、発電効率を向上させるため色素が添加されているが、界面に吸着した色素では会合や界面との相互作用により吸収バンドの変化が観察される場合があり、増感用色素は固定化方法や処理方法に依存して触媒としての機能が大きく変わる、あるいはバルクの状態から期待されていた性能が発現しない事等が報告されている。その原因としては増感用色素の吸着構造や状態がバルクに存在する場合の構造や状態とは異なる可能性が考えられる。しかし現在は色素の界面での構造・種や界面との相互作用等に関する情報が少ないため、開発も手探りである。

近年我々は紫外から可視、更に近赤外域にわたる波長範囲の光を同時に透過させる事が可能なスラブ光導波路（slab optical waveguide : SOWG）分光法を世界に先駆けて開発した。この装置を用いると界面に単分子層以下の量で吸着した色素の吸収スペクトルを測定し、界面における吸着種を決定する事が可能になっ

た。更に SOWG と ITO (インジウムスズ酸化物) 等のガラス透明電極と組み合わせることで電気化学的に界面の電位を制御しながら吸着した色素の吸収スペクトルのその場測定を行うことに成功した。

本研究では SOWG 分光法を用いて太陽電池表面に吸着した色素の吸収スペクトルをその場測定し色素の吸着構造・吸着種等の評価を行い、更に太陽電池の高効率化に寄与することを目的としている。

2) 研究の全体計画

上記の目標を達成するため、具体的には ITO 電極や半導体を利用した高感度な SOWG を開発し、電気化学的制御下でその表面に極微量だけ吸着した色素の吸収スペクトルをその場測定し、色素の吸着構造・種・量等を検討する。また ITO 電極や半導体の表面修飾方法を開発し、異なった界面状態・形状等での吸収スペクトルのその場測定を行い吸着した色素の情報を得る。

界面に吸着することで電気化学的に活性な物質の特性が変化する例は多く報告されており、吸着状態を検討する必要がある。本研究では有機金属錯体の電気化学的特性を詳細に検討するため、透明 (ITO、ダイヤモンド) 電極上に固定化し、SOWG 分光法で電気化学測定及び吸収スペクトル測定を同時に行う。

第一に最外層に数十 nm の厚さの ITO 等の薄膜を形成させ電気化学的に制御可能な SOWG を作製する。蒸着やスパッタリングの条件を検討し、電気と光を同時に通すことが可能な SOWG を作製する。ITO 薄膜に関しては従来から検討し続けており、比較的高感度で単分子層以下程度の吸着量に関して吸収スペクトルを測定でき、かつ電気化学的にも CV 測定等を同時に行うことに成功している。

第二に SOWG 分光法を用いて固定化するための条件を検討する。固定化することは特性評価や触媒として利用する際に非常に便利であると同時に、色素と界面の相互作用を検討する上で重要である。我々の SOWG 分光法を用いた色素やタンパクの吸着挙動の研究から界面の状態が固定化に大きく影響することが分かっている。

第三に時間分解 SOWG 分光法を用いて吸着の初期過程を検討し界面との相互作用を比較する事で、吸着し固定化するための条件と吸着に伴う状態変化をより詳細に検討する。

3) H14年度の研究内容及び成果の概要

- ①昨年度に引き続き ITO 等の半導体電極を用いた高感度な SOWG を開発した。
- ②イオン性高分子やシランカップリング剤等を用いてこれら SOWG の表面修飾方法を検討した。
- ③SOWG 上に一滴垂らしたグリセリン中に光ファイバーを挿入し、SOWG 内に光を導入する方法を考案した。光の導入効率がよく、長時間の測定に対し

ても透過スペクトルのドリフトが少なく安定している等の長所があり、SOWG 分光法の測定が著しく容易になった。

- ④SOWG 分光法による時間分解吸収スペクトルのその場測定を行い、ヘモグロビン等のタンパクの固液界面への吸着に伴う吸着と脱離の速度定数、吸着の平衡定数、ギブスの自由エネルギー変化 (ΔG) を決定することに成功した。

- ⑤SOWG 分光法を用いて種々の色素分子の吸着状態を検討した。

[分野名] 環境・エネルギー、ナノテクノロジー・材料、計測標準

[キーワード] 太陽電池、SOWG

[研究題目] 太陽光発電技術開発

可視光応答型酸化チタン薄膜の応用に関する研究・評価

[研究代表者] 吉村 和記 (基礎素材研究部門)

[研究担当者] 吉村 和記、金 平、岡田 昌久

[研究内容]

酸化チタン薄膜にリチウムをドーピングする方法を検討し、Li エバポレータを用いてリチウムをドーピングすることで、青く着色し、可視光領域において吸収を持つ可視光応答型の酸化チタン薄膜を作製する方法を確立した。この手法により作製した可視光応答型酸化チタン薄膜を用いて湿式太陽電池を構成し、その発電特性の評価を行った。その結果、リチウムのドーピングにより、可視光応答性をもたせた酸化チタン薄膜を用いると、ドーピングを行っていない酸化チタン薄膜を用いた場合に比べて、短絡電流は減少するが、曲線因子は増加することがわかった。

[分野名] 環境・エネルギー、ナノテクノロジー・材料

[キーワード] 太陽電池、酸化チタン

[研究題目] エネルギーシステム総合評価基盤技術研究開発

[研究代表者] 赤井 誠 (エネルギー利用研究部門)

[研究担当者] 赤井 誠、西尾 匡弘

[研究内容]

環境制約下における今後のエネルギー技術開発やエネルギー政策に関する意思決定は、従来の経済性、技術的特性、および国家の安全保障政策といった見地のみでなく、時空間的により広範な視点に基づくべきであるとの認識が高まっており、特に政府による技術開発プログラムにおいては、アカウントビリティの確保といった面からも、これらを包括的にとらえた技術評価と、それに基づいた技術開発戦略の策定と実践が必須となる。本研究では、新規発電技術などの新エネルギーシステム技術と地球環境対策技術の、リスクと便益に対する公衆の認知についての調査と分析に基づき、これらの技術導入にか

かるコスト便益評価を行う手法を開発し、種々の側面での意思決定プロセスに資することを目的としている。具体的には、次のような研究を実施する：(1)社会コスト評価システムの設計【リスク認知度に相違があると見なされる技術を想定し、技術に対するリスク認知に基づいた社会コストの測定を行うためのシステムを設計する。また、研究事例の殆どない、環境外部コスト以外の社会コストの定量化手法についても検討を行う。】；(2)社会コストに関する調査と分析【技術の導入に係る社会コストを構成する項目のうち、顕著な値を示すと予想される健康被害や環境影響について、リスク認知の分析を可能とする仮想市場法（CVM）に基づく調査を実施するためのシステムを開発し、実際の調査を通じて、幾つかの選定した技術に対する便益及び社会コストの評価を行う。】；(3)社会コスト評価システムの開発【上記で開発した手法及び得られたデータに基づき、技術の導入に係る社会コスト及び便益を評価するための手法・システムを確立する。】；(4)施策（電源立地、リスクコミュニケーション）への適用方法の検討【文献調査および複数の専門家との討議を元に、①意思決定：費用便益分析、リスク便益分析、②リスクコミュニケーション：合意形成のための Public communication 戦略への適用、の観点から、施策への適用方法について検討を行う。】

本年度は、リスク認知が技術の受容性と WTP に及ぼす影響に関する予備テストの結果を分析し、これにより改善した調査票による本格的調査を実施した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】外部性、便益、支払い意思額、WTP、リスク、認知

【研究題目】シナジーセラミックスの研究開発

【研究代表者】神崎 修三（シナジーマテリアル研究センター）

【研究担当者】大司 達樹、近藤 直樹、鈴木 義和、平尾喜代司、吉澤 友一、周 游、宮崎 広行、山内 幸彦、淡野 正信、黄海 鎮、藤代 芳伸、柘植 明、阪口 修司、兼松 涉、宮島 達也、林 裕之、Mark I. Jones、朱 新文、Devaraj Amutha Rani、飛田 浩孝、古川 一夫

【研究内容】

本研究開発では、セラミックスの強度・靱性、耐摩耗性、信頼性など耐摩耗材料に要求される特性の向上と調和を図ることにより、耐摩耗材料として利用し得る優れたセラミック材料の創製技術を確立することを目的としている。平成14年度は、昨年度に引き続き高い強度・靱性と優れた耐摩耗性の両者を併せ持つ材料を創製するためのプロセス技術の開発とその高度化を検討した。具体的なプロセス技術として、窒化物系材料においてはイオ

ン注入により摩擦係数の低下等を図り、強度・靱性の低下を生じることなく耐摩耗性を向上させた。また、炭化物系材料においては、適切な焼結助材の選択と液相焼結技術の適用により、優れた耐摩耗性を損なうことなく強度・靱性の向上を図った。更に、引っ掻き試験による微小破壊開始条件の解析を行った結果、引っ掻き試験の荷重増加に従って抵抗値の増加が4段階に分かれること、重大な損傷を発生させる荷重値には閾値がある可能性が高いことが明らかとなった。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】セラミックス、摺動材料、曲げ強度、破壊靱性、耐摩耗性、表面改質

【研究題目】細胞機能応用計測技術開発

【研究代表者】町田 雅之（糖鎖工学研究センター）

【研究担当者】浅井 潔、今村 亨、萩原 央子、佐野 元昭、國廣 澄子、鈴木 理、浅田 眞弘、石崎 明、隠岐 潤子、倉持 明子

【研究内容】

近年のゲノム解析の進歩により大量のゲノム塩基配列が蓄積される中で、遺伝子とその機能に関する情報を迅速に得ることが重要な課題となっている。そこで、全ゲノム塩基配列より遺伝子領域を予測する技術を開発するとともに、遺伝子の機能を迅速に明らかにするために、転写制御ネットワークを高速に解析するための技術開発を行うことを目的とする。

遺伝子領域の予測技術については、多重出力隠れマルコフモデルによって、相同性検索の情報、EST 配列情報と、統計情報による遺伝子発見を自動的に統合する実用的なシステムを実現した。開発した遺伝子領域予測システムを、麹菌全ゲノムからの遺伝子自動発見に適用し、その有用性を確認した。また、転写制御ネットワークについては、転写制御領域と転写制御因子に着目し、タンパク質と DNA との特異的相互作用を利用して、高速・高感度に解析するための解析要素技術を開発するとともに、要素技術のシステム化によって網羅的解析系を確立する。具体的には、赤外蛍光色素による検出を備えた高速な電気泳動などによって、DNA 断片上に存在するタンパク質の特異的結合部位を高速・高感度に解析するための技術を開発する。また、ファージディスプレイを用いて DNA ライブラリーを構築し、全ゲノム中に存在する DNA 結合性転写制御因子を網羅的に取得するための技術を開発する。H14年度には、ファージディスプレイ技術について、正確な濃縮技術と DNA チップによる解析技術を用いることにより、数日以内にゲノムワイドに DNA 結合タンパク質を濃縮する技術を確立した。また、イミュニティー遺伝子と Translational Coupling を用いることにより、挿入 DNA 断片の翻訳読み枠が正しいときにのみ、クローンが生存できる技術を確立した。ラ

イブラリーからのタンパク質のフォールディングを必要とする機能ドメインの濃縮はこれまでにほとんど成功例が無く、様々な DNA 塩基配列特異的な濃縮は全く報告されていない。本方法は、全ゲノム中から DNA に結合するタンパク質の遺伝子の濃縮ができるだけでなく、ゲノム中の全 DNA 結合タンパク質の塩基配列に対する親和性を解析することが出来る。本技術開発では、機能ドメインの正確な濃縮を実現するために重要となるベクターの改良技術に関する出願を済ませており、学術的ポストゲノム情報基盤の構築だけでなく、産業的利用価値が高い。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】隠れマルコフモデル、ファージディスプレイ、DNA 結合タンパク質

【研究題目】高効率石油掘削技術等研究開発

超潤滑・耐摩耗材料化プロセス技術

【研究代表者】古賀 義紀（新炭素系材料開発研究センター）

【研究担当者】古賀 義紀、田中 章浩、角舘 洋三、湯村 守雄、薄葉 州、横井 裕之、若槻 雅男、山本 和弘、中村 拳子、大花 継頼、石原 正統、梅田 一徳、大島 哲、吾郷 浩樹、内田 邦夫、北村 順也、長谷川 猛（新炭素系材料開発研究センター）日比 裕子（機械システム研究部門）、藤原 修三、松永 猛裕（爆発安全研究センター）、内田 邦夫（物質プロセス研究部門）

【研究内容】

本研究では、石油掘削に不可欠な超潤滑・超摩耗材料化プロセスの評価を行うことを目的としており、最適な材料化プロセスの確立に資することを目標とした。超潤滑性表面を実現するため、表面平坦性の実現のために、MWCVD プロセスにより、ナノサイズに制御したダイヤモンド結晶を基板面から最表面にまで形成し、超潤滑特性を得た。膜厚は、1ミクロンであり、均質で密着性の高い耐摩耗性膜を実現し、摩擦係数は、0.05以下であり、その結果、石油掘削用部材適用のためのナノ結晶ダイヤモンド膜による超潤滑、超低摩擦膜が実現した。さらに、超硬度新物質と期待されてきた窒化炭素膜の合成を MWCVD 法により、結晶化膜合成を行い、極めて信頼性の高い α -C₃N₄ 結晶膜の合成に世界に先駆けて成功した。硬度は、50Gpa 以上を得た。摩擦係数は、0.08 を得た。

DLC 膜の摩擦摩耗特性の雰囲気湿度を変えて調べた。その結果、(a) 摩擦係数は概ね乾燥空気中の方が高湿度空気中よりも小さいが、比摩耗量は乾燥空気中の方が高湿度空気中よりも大きいこと、(b) 乾燥空気中での摩擦面は脆性的な性質を持ち、高湿度空気中での摩擦面や延

性的な性質を持つと考えられ、このことが摩擦摩耗、特に摩耗量の違いに影響すると考えられることが判明した。また、高温水蒸気中で CVD ダイヤモンドの摩耗試験を行い、100℃の水蒸気中において室温での摩擦に比べて、ダイヤモンド膜の摩耗量を促進できること等を明らかにした。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】ナノダイヤ、窒化炭素、DLC、超潤滑特性、超硬度

【研究題目】高機能石油採取用糖鎖集合化剤製造技術開発

【研究代表者】地神 芳文（糖鎖工学研究センター）

【研究担当者】新聞 陽一、安部 博子

【研究内容】

酵母細胞壁は、グルカンやキチンなどの糖質と糖タンパク質の複雑な複合体である。細胞壁糖タンパク質は、小胞体やゴルジ体で合成され、細胞膜に輸送後、細胞壁に組み込まれるが、その生合成過程及び組み込み過程の詳細については未だ不明なことが多い。細胞壁タンパク質には、主に GPI アンカー型と PIR タンパク質がある。GPI アンカーは、ホスファチジル・イノシトール等の脂質に、糖鎖リンカーを介してタンパク質を結合した生合成中間体構造をしているが、糖タンパク質の C 末端に結合させなければならない制限がある。一方、もうひとつの細胞壁糖タンパク質である PIR については、最近見つかったタンパク質であるため、詳細がほとんど不明であるが、糖タンパク質のどの部分に挿入しても機能できるため、固定化酵素の生産など有用性が高いので、その生合成過程について検討した。

PIR タンパク質の糖鎖付加について詳細に解析した結果、N-結合型糖鎖2本及びO-結合型糖鎖が多数付加していることが分かった。N-結合型糖鎖付加部位を削除し、O-結合型糖鎖だけが付加する改変型 PIR1 タンパク質を作成し、O-結合型糖鎖付加に関与する PMT 糖転移酵素遺伝子の変異株を用いて、関与する PMT 遺伝子を調べた。その結果、PMT3及び6の関与が明らかになった。さらに PMT3、6の酵素タンパク質が複合体を形成して、4種ある PIR タンパク質の種類を認識して、特異的にO-マンノースの付加を行っていることを明らかにした。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】糖鎖合成中間体、細胞壁タンパク質、O-結合型マンノース

【研究題目】人間行動適合型生活環境創出システム技術開発

【研究代表者】松岡 克典（ヒューマンストレスシグナル研究センター）

【研究担当者】松岡 克典、渡邊 洋、梅村 浩之、

吉野 公三、足立 公洋

【研究内容】

作業現場で作業者が「ひやり・はっと」する場面を生理状態計測により検出・収集して、作業現場の危険要因の抽出を行う技術を開発するために、本年度は皮膚電気コンダクタンス（GSR）と瞬時心拍数を用いた「ひやり・はっと」状態の検出アルゴリズムを開発した。VR空間で被験者に「ひやり・はっと」場面を提示して驚愕させた時のGSRと瞬時心拍数の計測データを用いて本アルゴリズムの有効性を検証した。その結果、21名の被験者実験データに対して、本アルゴリズムは安静時と運動時両方において、検出感度が100%であることが示された。また、検出特異度（「ひやり・はっと」状態ではない時に検出信号を出力しない割合を表す）は安静立位中で90%、自転車こぎ中で87%となった。このことから、昨年度よりも計測項目を2項目に減らすことに成功し、かつ大幅な検出精度の向上が達成でき、実用化に向けて大きく進展した。

一方、作業者が作業現場で選択する経路を予測することにより安全な作業環境を創り出す技術開発を目指して、作業環境（静的、動的障害物）によって作業の移動動線が変化するデータを実験室実験で収集し、作業環境によって現れる作業者動線を推定する経路選択モデルを開発した。開発モデルでは、移動前に大局的に経由点を計画するプロセスと、移動中に行われる局所的な経路変更の2プロセスからなる。実験で見られた移動経路と開発モデルが再現した移動経路の一致率は、いずれの環境条件に対しても80%以上を得ることができた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ヒヤリ・ハット検知、心拍、皮膚コンダクタンス、経路選択予測

【研究題目】石油生産支援ロボットシステム研究開発

【研究代表者】比留川博久（知能システム研究部門）

【研究担当者】比留川博久、横井 一仁、梶田 秀司、金子 健二、藤原 清司、金広 文男、富田 文明、河井 良浩、吉見 隆

【研究内容】

石油プラントの保守・点検作業の高度化を進めるため、石油プラント保守応用ロボットを開発することを目的とする。石油プラント保守応用ロボットが保守・点検作業の途中で転倒することを想定し、転倒後を想定した状態から、視覚技術と動作生成技術を用いて転倒回復動作を行う総合動作を実現する手法を確立する。平成14年度は、保守・点検作業の一例として、人間と人間型ロボットの協調作業を取り上げた。まず、視覚技術を用いて人間型ロボットが対象物の位置を求める。続いて、人間型ロボットが対象物を持ち上げ、人間とともに協調搬送する。最後に、対象物を固定物に組み付けて作業は完了する。この作業中、転倒が発生することを想定し、動作生成技

術を用いて転倒回復動作を行わせた。この際、計画当初は視覚技術を用いることを検討したが、床面が平面であることを仮定することにより、視覚技術を用いることなく転倒回復動作を行うことに成功した。保守・点検作業の一例として人間と人間型ロボットの協調作業について取上げたが、遠隔操作による単独作業、自律作業等も実現する必要がある。これらの多様な作業の実現により、人間型ロボットによる保守・点検作業の実用化に大きく近づくものと期待される。今後は、転倒時にも破損しない人間型ロボットの実現が強く望まれる。

【分野名】情報通信

【キーワード】人間型ロボット、保守点検作業、協調作業

— 中小企業産業技術研究開発受託研究費 —

【研究題目】シナジーセラミックスの技術開発

【研究代表者】神崎 修三（シナジーマテリアル研究センター）

【研究担当者】大司 達樹、近藤 直樹、鈴木 義和、平尾喜代司、吉澤 友一、周 游、宮崎 広行、山内 幸彦、淡野 正信、黄 海鎮、藤代 芳伸、柘植 明、阪口 修司、兼松 渉、宮島 達也

【研究内容】

本研究では、環境エネルギーを電気エネルギー等へ変換するエネルギー変換機能と、触媒化学反応による物質の選択分離—浄化を行う選択分離浄化機能の多重化により、能動的な環境浄化機能を有する材料を創製することを目標としている。平成14年度は、選択分離浄化材料に関しては600℃において作動電圧を1.5V以下へ低減すること、熱電材料に関しては数十%の発電出力向上を目指した。選択分離浄化材料の開発においては、数～数10ナノメートルのレベルでの反応空間及びマトリックスの構造制御を行った結果、窒素酸化物分子と共存酸素分子の選択分離が可能となった。これに併せて、ミクロン以上の領域でイオンや電子を流れやすくするための伝導経路の最適化を行った結果、セル動作に必要な電流及び電圧の大幅な低減（80mA・1.5V以下）を達成した。熱電材料については、熱から電気への変換効率向上を図るために、高電気伝導性を維持すると同時に高熱起電力及び低熱伝導性を発現することを試みるとともに、n-p型材料の接合界面制御などを行った結果、約30mW/cm²（従来比20%増大）の出力密度が得られた。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】電気化学セル、NOx浄化、イオン伝導、ナノ反応場、熱電変換

【研究題目】地域中小企業支援型研究開発（共同研究型）

実時間全焦点顕微鏡実用化研究

【研究代表者】大場光太郎（知能システム研究部門）

【研究担当者】大場光太郎、谷川 民生

【研究内容】

（目標）顕微操作や LSI 検査など、光学顕微鏡でしか観測できないサブミリからマイクロオーダーを対象とする産業を活性化することを目標とする。ここでは、光学顕微鏡の大きな問題点であった被写界深度の浅さ問題（奥行きが違う対象物に同時にピントの合わない現象）を解決するため、焦点距離を高速に振らす機構と、超高速デジタル画像処理システムを融合することにより、全焦点画像（どこにでもピントの合った画像）と、奥行きデータを同時に実時間で獲得する、新しい概念の実時間全焦点顕微鏡システムを開発してきた。そこで、本共同研究では、提案する新しい概念の実時間全焦点顕微鏡のマーケットを広げるため、三次元透過型顕微鏡への拡張を行い、透明および半透明な対象物（特に生体組織）を三次元的に観測するシステムを開発するとともに、蛍光観測に対応した実時間三次元蛍光観測顕微鏡の研究開発を行う。

（研究計画）平成14年度には、実時間全焦点顕微鏡システムに、細胞などの透明および半透明な対象物に対応するための新しいアルゴリズムの開発を行い、システムに実証してその精度検証を行う。

（進捗状況）平成14年度には、実時間全焦点顕微鏡に透明体に対応したアルゴリズムを実装し、平成15年度に製品化を予定している。また実際の透明体の例として、高エネルギー研究所との共同研究により、たんぱく質結晶の三次元形状の獲得に成功し、研究成果を国際会議などで紹介している。

【分野名】情報通信

【キーワード】実時間全焦点顕微鏡

【研究題目】地域中小企業支援型研究開発（共同研究型）

介護施設における消臭システムの開発

【研究代表者】木内 正人（生活環境系特別研究体）

【研究担当者】三原 敏行、本城 国明、浅沼 達哉

【研究内容】

（目標）病院や老人ホームなど、介護を必要とする人々が暮らす施設において発生するにおいを、染み付かせず分解する壁紙を、製品として開発する。そのために、壁紙となる基材の高分子材料の表面に、チタニア（光触媒）をコーティングする。イオンアシスト法による前処理技術を開発することを目標とする。

（研究計画）チタニアを高分子フィルムに適合させるため、100℃以下の温度でマグネトロンスパッター法を用いて形成する技術を確認する。また、高分子フィルム上に形成したチタニアが長期間にわたって活性であり耐久性に優れたものであるためのイオンアシスト法を開発し密着性を確保する技術を確認する。さらに量産化を視野

に入れ、高速製膜技術を確認する。

（年度進捗状況）100℃でマグネトロンスパッター蒸着を行い、チタニア膜を各種高分子基材に形成する技術を確認した。製膜時の雰囲気組成が膜質に影響を及ぼすことを見出した。また、低エネルギーイオンアシスト法による基材前処理技術により、密着性が飛躍的に向上することを見出した。さらにロールツーロール蒸着方式について検討し、量産化に目処をつけることができた。フィールドテストを行い、光触媒特性の確認を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】光触媒、快適性、壁紙

【研究題目】地域中小企業支援型研究開発（共同研究型）

有害物質取り扱い環境用防護服システムの開発

【研究代表者】吉田 均（スマートストラクチャー研究センター）

【研究内容】

原子力施設における放射線環境や毒ガス、細菌、遺伝子組換え施設等の有害物質取り扱い環境下における防護服の開発は緊急の課題である。これら作業の従来の方方は、大量の二次廃棄物を発生させており、廃棄物処理場の確保が困難な状況のもとで、極めて深刻な社会問題に直面している。本研究の目的は当該研究代表者が開発したスマートストラクチャーに関する特許（特許2668850）を製品化するために実施した。具体的には共同研究相手先である千代田メンテナンス㈱の自社使用とともに、これを商品化して国内外に広く普及させることを目的として、スマートリング、制御装置、着脱部材、防護服、等を開発し、これら各要素の統合システムとしての「有害物質取り扱い環境用防護服システム」を開発した。当該研究の成果概要は以下のとおりである。

- a) 温度変化を与えるだけで可逆的に形状変化をするスマートリングを開発した。
- b) 高度なシステム制御を行うためのリングの開閉を可能とする制御システムを開発した。これによって当該スマートリングはセンサ、アクチュエータの両機能のみならず、プロセッサ機能（計算・判断機能）をも発現可能な高度な制御が可能となった。
- c) 二次汚染廃棄物排出量を1/10、作業能率を4倍、製品コストを1/2に低減できる「有害物質取り扱い環境用防護服システム」を開発、製品化した。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】スマートストラクチャー、Ti-Ni 合金、防護服システム

【研究題目】地域中小企業支援型研究開発（共同研究型）

脳内微小透析に関する研究開発

【研究代表者】 瀧田 正寿（人間福祉医工学研究部門）

【研究担当者】 瀧田 正寿、川島 均

【研究内容】

現在、微小透析（マイクロダイアリシス）は、分析方法が高価で高度なスキルも要するため、その周辺製品も含めて販売が滞っている。需要供給バランスを満した販売拡張を目指すため、簡便且つ低価格なマイクロダイアリシスプローブ用センサーを試験開発し、生体サンプルも数日間安定して連続計測可能であることを確認した。誰にでも簡単に計測が行え、メンテナンスも容易であり、これまでのように高価な機器も高度なスキルも不要、サンプリングと計測も実時間となるユーザーフレンドリーなセンサーの開発が促進された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 マイクロダイアリシス、センサー、連続計測

【研究題目】 地域中小企業支援型研究開発（共同研究型）

医薬品製造プロセス用固定化蛋白質の開発

【研究代表者】 巖倉 正寛（生物機能工学研究部門）

【研究担当者】 巖倉 正寛、広田 潔憲

【研究内容】

我々が開発してきた「配向制御した固定化蛋白質の作成技術」を用いて、抗体認識分子等を配向制御固定化した担体を作製し、その抗体医薬品製造プロセスに適用可能なアフィニティクロマト担体を開発することを目的に研究を行った。

天然由来の抗体認識タンパク質はそのままの形では、我々の配向制御固定化を適用できないことから、配向制御固定化反応に適用できるような配列のデザインを行った。天然配列を参考にアミノ酸配列を設計し、これをコードする DNA を化学合成することにより人工遺伝子を作製し、大腸菌で発現させることにより、抗体タンパク質であるイムノグロブリン G と強く結合する固定化用抗体認識タンパク質を作製した。

作製して得られた固定化用抗体認識タンパク質をセルロース系、アガロース・セファロース系、合成高分子（トヨパール）系などの市販の担体を用いて固定化を行ったところ、タンパク質の固定化は高効率で進み、いずれの場合も機能の保持を考慮に入れた有効固定化効率が70～80%と非常に高い効率で固定化を行うことができた。

抗体認識タンパク質を固定化した固定化担体の抗体結合能を測定し、市販品と比較したところ、単位量当たりのイムノグロブリン G の結合容量は80～100mg/ml 担体であり、世界市場に出回っている最高性能を示す市販品担体の約2倍の性能を示した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 配向制御固定化、抗体認識タンパク質、

抗体医薬品製造プロセス、アフィニティクロマト担体

【研究題目】 地域中小企業支援型研究開発（共同研究型）

排尿障害者用超音波尿意センサーの開発

【研究代表者】 児玉 廣之（人間福祉医工学研究部門）

【研究担当者】 児玉 廣之、吉村 尚

（株式会社タケシバエンジニアリング）

岩坪 暎二、木元 康介、松尾 清美

（総合せき損センター）

【研究内容】

1) 研究の背景・目的・目標

排尿障害者は国内で約600万人と推測されている。本人の日常生活への支障、尊厳の喪失のみならず、看護・介護者の肉体的・精神的負担は深刻である。これらの問題を解決する手段として、患者本人や介護者が日常生活の中で使用できる超音波尿意センサーをせき損センターでの臨床測定を進めながら開発する。

2) 研究の全体計画

超音波尿意センサーのプロトタイプについて、せき損の臨床・療養場面における有効性と改良項目を明らかにする。総合せき損センターに研究再委託し、臨床・療養環境の中で、排尿時期（尿意）の検知が可能な姿勢や生活行動等の測定条件についての評価、臨床・療養場面におけるプロトタイプの有効性と課題について提言を求める。産総研では、プロトタイプの基本性能を解析確認する。共同研究先のタケシバエンジニアリングでは、センサーの改良項目に沿って、プロトタイプを改良していく。

3) H14年度の研究内容及び成果の概要

排尿障害者用超音波尿意センサーを開発するために、臨床試験による実用化研究を行った。臨床試験実施に至る前の準備を十分に重ねたことにより、大きな成果を上げることができた。臨床試験は、プローブの素子配列と指標計算方式の異なる二つのプロトタイプ装置を用い、臨床検査場面での測定に絞って実施した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 超音波尿意センサー、臨床測定評価、プローブの素子配列

【研究題目】 地域中小企業支援型研究開発（共同研究型）

機能タンパク質（主に GPCR）濃縮 cDNA ライブラリーのカクテル及びプロテインスープの実用化に関する研究

【研究代表者】 久保 泰（脳神経情報研究部門）

【研究担当者】 久保 泰、小林寿珠子

【研究内容】

（目標）特定の機能タンパク質、例えば G タンパク質

共役型受容体（GPCR）や酵素阻害剤を網羅的に含む濃縮ライブラリーの構築とその実用化をめざす。これにより、GPCRの中から特定の化合物（リガンド）と反応するものや、あるいは酵素阻害剤の中から特定の酵素に利くものをそれぞれの生理活性を指標にして効率よく探索することが可能になる。

（計画）

- 1) 特定組織からの mRNA の抽出と平均化操作
- 2) ID プライマーを用いた完全長 cDNA の合成と cDNA ライブラリーの調製
- 3) 機能タンパク質濃縮 cDNA ライブラリーの製品評価
- 4) ライブラリーの分画と cDNA マイクロアレイ/チップの作製
- 5) cDNA 分画より無細胞系タンパク質合成による機能タンパク質濃縮スーパの調製
- 6) (4)及び(5)の商品化

（年度進捗状況）

産総研が保有する特許技術「機能タンパク質のスクリーニング技術」を基に、GPCR および酵素阻害剤について濃縮 cDNA ライブラリーの調製を行った。これらのライブラリーは、ランダムなシーケンスにより独立性の高い良質のライブラリーである事を確認した。また機能発現に適した cDNA 発現系を検討するために、種々のタンパク質合成系について比較検討した。酵素阻害剤濃縮ライブラリーは、小麦胚芽無細胞タンパク質合成系を用いたプロテインスーパの実用化が可能である事が分かった。一方 GPCR は膜に組み込まれて受容体としての機能を発揮する。そのため、人工脂質膜との組み合わせ合成など、膜タンパク質発現の至適化に向けた条件検討を進めている。

ある機能タンパク質ファミリーに共通する特異的なアミノ酸配列あるいは構造モチーフを基に合成したオリゴヌクレオチド（詳細；特許第3243531号「機能タンパク質のスクリーニング技術」）

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】cDNA、機能タンパク質、スクリーニング技術、受容体、酵素阻害剤、GPCR

【研究題目】地域中小企業支援型研究開発（技術シーズ持込み評価型）

高齢者の筋組織評価を目的としたフィールド型体肢横断面画像計測装置の開発

【研究代表者】福田 修（人間福祉医工学研究部門）

【研究担当者】福田 修、児玉 廣之

【研究内容】

我が国の高齢化は世界的に見ても極めて急速に進んでおり、予防医学的な観点から寝たきり高齢者の体肢筋組織調査に関する研究が重要視されている。本研究では、超音波診断装置と画像処理システムを組み合わせた新し

い体肢横断面撮影システムを開発し、実験室に限らずフィールドにおいても CT や MRI と同様な筋の定量評価を実現することを目標とした。そして、研究期間においてプロトタイプを構築し、提案手法の有効性を確かめることを検討した。成果として、体肢の形状に合わせた広範囲の超音波診断画像撮影を可能にする大型プローブの開発、および、断片撮影後、横断面合成をオンラインで自動化するためのソフトウェア開発を完了した。また、これらからなるシステムを使って評価実験を実施し、その動作を確認したところ筋、脂肪、骨などがはっきりと視認できることが明らかになった。本装置は、体肢横断面を1秒程度の高速度で計測することが可能であり、被計測者への負担が非常に少ないことも確認できた。得られた成果を学術論文や講演会などで発表するとともに、開発機器を展示会などに出展したところ、国内の研究者や市場から確かな手ごたえを得ることができた。今後は、画像処理に基づく脂肪組織および結合組織量の定量化を実現するソフトウェア開発、および、さらなる装置の有効性を検証するための高齢者を対象としたフィールド調査を実施する予定である。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】体組成、フィールド調査、超音波

【研究題目】地域中小企業支援型研究開発（技術シーズ持込み評価型）

木質系炭素繊維シートの吸収性能改良に関する研究

【研究代表者】羽鳥 浩章（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】山田 能生、丸山 勝久、児玉 昌也、高木 英行

【研究内容】

アンモニアは尿臭の原因物質であるが、この尿臭の除去は快適な生活環境を得る上で病院や高齢者介護の現場では特に重要である。本支援研究対象企業は、繊維状の木質炭素をシート化する技術を有しており、消臭性・調湿性シートをすでに商品として販売しているが、アンモニア等の塩基性ガスの消臭効果が不十分であるとして、その性能改善を要望していた。本研究においては、木質系炭素繊維の低廉性を損なうことなく、アンモニア臭除去等の用途で十分な吸収性能を実現するための製造技術改良を目的に研究を行った。液相酸化法を用いて酸性官能基を導入して、そのアンモニア吸着特性の改善効果を検討した結果、木質系炭素の構造とアンモニア吸着特性との間の相関関係が明確になり、アンモニアの吸着条件に応じて構造をコントロールすれば、比較的容易に性能改善ができることがわかった。さらに今回の検討で竹炭が市販活性炭よりも高いアンモニア吸着特性を有し、これが竹炭本来の細孔構造に起因したものであることが明らかになった。悪臭等の除去など実用面で考えた場合、低濃度アンモニアの吸着除去能力が問われるが、多孔質

炭素への酸性官能基導入は、化学吸着量の増加ならびに物理吸着能力の改善という2つの効果があることが見いだされた。本液相酸化法は、室温で溶液に浸しておくという極めて簡便な方法によって大量の酸性官能基を導入できることから、低廉性を特徴の一つとする木質系炭素の特性改善法として実用的な方法と言える。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】活性炭、竹炭、アンモニア吸着、脱臭

【研究題目】地域中小企業支援型研究開発（技術シーズ持込み評価型）

生活設備機器評価のための仮想人間動作生成技術

【研究代表者】横井 孝志（人間福祉医工学研究部門）

【研究担当者】横井 孝志、金子 文成、長谷 和徳、稗田 一郎、増田 正

【研究内容】

生活設備機器や福祉機器の開発および人間工学的評価をねらいとして、仮想人間の動作を生成する技術の研究開発を行った。

この仮想人間動作生成技術の研究開発するため、旧生命工学工業技術研究所および産業技術総合研究所人間福祉医工学研究部門において蓄積した人間工学的製品評価技術、動作シミュレーション技術、仮想人間利用技術、ならびに株式会社サイヴァースの有する技術シーズを基盤とし、現状の仮想人間システムの特性を検討しながら、まず①仮想人間動作生成をねらいとした3次元動作計測のための身体標点モデル（身体上の座標計測点位置に関するモデル）を構築する。次に、②この身体モデルにもとづいて計測した動作データをもとに、仮想人間に姿勢保持や動作を行わせるためのデータ変換手法を構築する。最後に、③実際に動作データを計測し、これをもとに仮想人間を駆動して、これらの技術の妥当性を検証する。

仮想人間システムの例として Jack を想定し、汎用性を持たせて実測動作データをこのシステムに変換するため、適切な身体標点位置を決定するとともに、変換方法についても決定した。この機能をコード化して株式会社サイヴァースの動作計測システムに組み込んだ。このシステムによって実測した動作データを、Jack に移し、Jack 上の仮想人間の動作を生成できることを確認した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】仮想人間、動作生成、人間工学、製品評価

【研究題目】地域中小企業支援型研究開発（技術シーズ持込み評価型）

身障者用高効率駆動機構アームサイクルの開発

【研究代表者】岩月 徹（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】岡根 利光（ものづくり先端技術研究セ

ンター）、織田 紀之（オーテック有限会社）

【研究内容】

（目標）

人間にとって力を発揮しやすい直線軌跡状にペダルを移動する高効率自転車駆動機構の技術をアームサイクルに応用し、従来型車椅子に比べて動力性能において上回るものを開発する。

（研究計画）

中小企業の有する SDV という高効率自転車駆動機構の技術をシーズとしてそれを車椅子に適用して従来型車椅子に比して高効率で巡航速度も10-15km/h と速く、変速機により登坂性能も向上させ、降坂走行時および横断勾配走行時の安全性、安定性も高いものを開発する。

（年度進捗状況）

静的腕筋力測定実験から手と肩とを結ぶ方向に力が最も出ることがわかった。そのため駆動機構の直線部は、手と肩を結ぶ方向に一致させて設置するよう設計した。また引き力の方が大きいので、押しより引きのほうが負荷がやや高まるように設計した。

実際の車両は、SDV 駆動機構によるものと、直線往復駆動機構によるものとを製作し、比較検討した。直線往復駆動機構では、折返し点の問題に対して腕の運動エネルギーを保存するという解決法ではなく、負荷を折返し点に向かって漸増させることにより、運動エネルギーを負荷側へ与えきって停止するという解決法をとることにした。SDV に比して運動は不連続になるという欠点があるが、力を出しやすい直線軌跡部を長くとれるという長所をもつ。

SDV 駆動機構によるアームサイクルでは、最高速度20km/h、巡航速度10km/hを確認し、従来型車椅子の走行性能を上回ることができた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】自転車、車椅子、駆動機構、高効率、人間工学、運動軌跡、身障者

【研究題目】地域中小企業支援型研究開発（技術シーズ持込み評価型）

剥離処理によるカーシュレッターダストの高度単位分離および選別

【研究代表者】遠藤 茂寿（環境調和技術研究部門）

【研究担当者】遠藤 茂寿、大矢 仁史、古屋仲茂樹、李 載寧、Cui Yang、高橋 謙三

【研究内容】

循環型社会形成に向けた多様な取り組みの一つである自動車リサイクル法や「使用済み自動車リサイクルユニシアチブ自主行動計画」によるリサイクル可能率の目標を達成する上でカーシュレッターダスト ASR の高度選別は不可欠である。しかし、ASR のリサイクルにとって、銅細線と PVC の選別が障害となっている。そこで、

銅細線ならびに PVC の選別・分離によるリサイクルの促進を図る。圧縮溶融に伴う被覆ケーブルの剥離処理・単体分離技術と単体分離した銅細線の高度除去技術を開発し、ASR を高炉へリサイクル可能な銅含有率である 0.5% 以下の樹脂リッチな高品質燃料化することを目的とした。

本研究では、産総研の有する粉碎、単体分離性の評価手法やプロセスの環境影響評価に関するポテンシャルを利用し、当該技術シーズの有効性を確認する。さらに、後工程である静電選別／比重分離における樹脂回収や銅成分除去を高効率で行なうための知見を収集し、ASR 選別システムの構築に関する情報を提示することを目指す。

ASR の有効利用を阻害している PVC 被覆銅細線に対し、押し出し型成形による溶融剥離処理と単体分離性との関係について適正な評価を行ない、その有効性を検討した。剥離処理した ASR 成形体を破碎・選別し、剥離生成した粒子の特性と比重選別における樹脂回収率や銅の混入率との関係を検討し、ASR 選別システム全体の高効率化を可能にする剥離法に関する工学的な知見を求めた。また、圧縮を含む当該処理のエネルギー消費を評価し、環境負荷的に適正である技術開発の指針を検討した。

その結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 溶融剥離処理は ASR 中のビニル被覆銅細線の単体分離にとって極めて有効である。
- 2) 溶融剥離した成形体の破砕物から容易に金属の回収が可能であり、その残渣中の銅含有率を 0.5% 以下に抑えることができ、ASR の高品質燃料化が可能になった。
- 3) 環境影響からみて廃車処理における ASR の RDF 化は資源生産性が高いことが明らかになった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ELV、シュレッダーダスト、ASR、溶融剥離、銅回収、高品質燃料化

—放射線廃棄物地層処分システム評価費—

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

【研究代表者】月村 勝宏(深部地質環境研究センター)

【研究担当者】月村 勝宏

【研究内容】

1. 地質データベースシステムの整備
地質情報の電子化、5万分の1地質図幅の電子化、沿岸域音波探査データのデータベース化、資源地域の試すい・物理探査データ等のデータベース化、岩石物性のデータベース化、岩石化学分析値のデータベース化を昨年度に引き続き実施した。また、これらを統合し

たデータベースシステムのプロトタイプを構築した。さらに、データベースの地質情報を用いて地質構造を解析するための三次元地質構造解析システムの検討を行った。

2. 火山・マグマの予測的手法の整備

火山・マグマ活動を予測するための研究として、火山データファイルを作成するとともに、複製火山の研究、単性火山の研究及び巨大カルデラ火山の研究により、火山発生メカニズムの解明を行っている。複成火山の研究では、東北地方南部の火山につき噴火物の微量成分と精密重力探査を実施した。単性火山では、地下のマグマ構造が明らかになっていない九州北部において、引き続き火山の活動履歴の研究を実施した。巨大カルデラ火山の研究は、国内でのデータ取得が難しいので、データ取得が可能なインドネシアロンボク島リンジャニデラにおいて調査を開始した。

3. 隆起・浸食の予測手法の整備

隆起浸食量を予測するための研究として、浸食速度の研究および岩石の風化速度の研究を実施している。浸食速度の研究では、阿武隈山地の調査を実施した。岩石の風化速度の研究は、花崗岩の風化プロセスの研究を昨年引き続き実施した。

4. 熱水活動・地下水流動の予測手法の整備

熱水活動・地下水流動を予測するための研究として、同位体分析による深部水の研究、火山周辺や地熱地域の熱水の影響の研究及び乾燥地域の地下水の化学組成の研究を、昨年引き続き実施した。同位体分析による深部水の研究では、近畿地方、東海地方及び阿武隈地方において調査を実施するとともに、希ガス同位体及び炭素同位体による地下水調査手法の研究を実施した。火山周辺の熱水の影響の研究は、単性火山周辺への影響を代表例として九州北西部の有田一波差見地区での調査及び地熱地域の代表例として奥会津地域の調査を実施した。

5. 地震・断層活動を予測するための研究として、断層データファイルの作成を行うとともに、会津盆地西縁部における断層の移動の調査、鳥取県西部地域における低活動性断層の調査を行った。さらに、活断層の発生・移動のメカニズムを解明に資するため、岩石の破壊・変形挙動の実験、応力測定装置の開発を行った。会津盆地西縁部断層の調査では、断層の位置を解明するために反射法地震探査を実施した。鳥取県西部地域の低活動性断層の調査では、2000年の地震断層の周辺部の地表調査を行った。

6. 核種移行解析のための三次元地質モデル作成手法の整備

三次元地質モデル作成手法の研究は、花崗岩地域として阿武隈高地、堆積岩地域として新潟県東部をモデル地域として調査を実施している。花崗岩地域の調査では、地質調査、精密重力探査、断裂・裂隙の分布の

調査、河川水の水質と同位体組成の調査、河川底質の化学組成の調査を実施した。

堆積岩地域の調査では、新潟県金丸地域において新たに2ヶ所のボーリング坑を掘削し、ウラン濃集状態と地下水の酸化還元状態との関係を検討した。

7. 核種移行解析のための物理化学的知見の整備

核種移行解析に必要な岩石の透水性及び化学反応の研究を実施している。岩石の透水性の研究では、高温下における透水挙動の研究及び大型模擬実験装置を用いた地層変形と透水性の関係の研究を昨年度に引き続き実施した。化学反応では、鉄鉱物の溶解実験及び岩石・土壌のウランの分析を実施した。

8. 核種移行の数値解析手法の整備

水理解析コード TOUGH2を用いた地下水流動解析システムの構築、元素の溶解度を Eh-pH 図に計算して表すことができる環境 FLASK-AQ の構築、及び格子ボルツマン法による微視的流動を解析するコードの開発を実施した。

〔研究題目〕核燃料サイクル施設安全対策技術調査 (放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

地質データの統合とデータベースシステムの構築の研究

〔研究代表者〕 渡部 芳夫(深部地質環境研究センター)

〔研究担当者〕 渡部 芳夫、鈴木 正哉、内藤 一樹、岸本 清行

〔研究内容〕

高レベル放射性廃棄物の地層処分に関連する地質特性変化のメカニズムの抽出・検証・定量化・予測手法ならびに評価体系の整備等の妥当性・適合性の照合のためには、地質学的な知見・データのうち、特に現状地層特性に関する情報を集約し、基盤データとして整備する必要がある。ところが、日本国内の地域地質に関する情報は、国や研究機関等から種々の形で出版・公表されており、これらの情報の全てを参照することは非常に困難なうえに、それぞれの情報に含まれる地質の分布、年代、分析値等もまちまちである。このため、最も不正確な情報の精度に影響を受けることなくこれらの膨大なデータをもれなく利用するために、必要な精度以上の情報だけが、なるべく多くのソースから得られることが必要である。

本研究ではこの情報基盤として必要な条件は、可能な限り情報を広く集約することによる「網羅性」とともに、それぞれの情報の「精度」や「品質保証」が提供されていることと定義した。さらに空間分布や地域性に非常にばらつきのある地質情報にとって、正確な位置情報の管理も不可欠であることから、本研究では、「網羅性」と「精度・品質保証」を同時に満たしたシステムを構築し、地質情報の精度や定義等が客観的に参照できる条件を考

慮して、最も規格化が進んでいる地質調査所(現地質調査総合センター)発行物を対象として数値化・集約し、データベースサーバーに格納することとした。

これらの個々のデータベース構築作業として、基盤 GIS データと関連要素データベースの構築を平行して昨年度から開始し、今年度からは複合データベースの仕様の検討と拡張も開始した。この結果、本年度2月10日時点で、集約対象の548点の処理を完了し、昨年度完了分とあわせて1,093点の地図類について基盤 GIS データ化を完了した。既に、国内の地形・標高等の基図データは電子化しサーバーに導入済みであるので、本年度は地質図等の基盤 GIS データの格納と、これに関連付けられている文字・数値・画像等各種データとのリンクの作成を継続するとともに、これらの各データ群を一括してネットワーク上から検索・閲覧するための機能の拡張とともに、最新のインターネットブラウザへの対応のための Java コードの書き換えを行い、試験データセットによるデータベース接続試験を行った。

地層処分に貢献できる地層特性変化に関する情報は、全国的に膨大なものがあり、さらに現在も公表と蓄積が続いている。本研究では、これらを基盤データとして利用するためのデータベースとして整備することを目的として実施している。現時点では、個々の情報の対象と目的、その精度、参照先や定義を客観的に確保できるものに限り、要素ごとのデータベースとして集約を実施しており、本年度までの2年間で産総研発行済み地質図類の基盤 GIS データ化が完了するところである。データベースの価値を保持するための、新規データの更新作業は継続することが前提であるが、来年度からは集約対象をこれに加えて他省庁等の国の機関出版物に拡張する予定である。

一方、利用用途に適した内容のデータのみ抽出が容易に検索できるという、本来の用途に答えるためには、異なる縮尺やデータ対象の情報を重複して管理するデータベースについて、特定の用途に応じて最適のデータセットを抽出するロジックが必要である。これについては、個々の情報の集約段階の初期の段階で“情報抽出キー”となる項目をシステムに取り込む必要があることが明らかとなっているが、本年度は十分な検討ができなかったため、引き続き検討を行う。これら集約された基盤 GIS データベースの利用のためのベースとなるデータベースシステムとユーザーインターフェースについては、本年度の改良と拡張は予定通り実施され、プロトタイプとしての完成度は格段に進んだ。

平成15年度には、本年度の検討結果に基づいて基本的な方針を固めるとともに、実現できる機能についてはこれらを実装した実用版のプロトタイプの完成を目指す予定である。

〔分野名〕地質・海洋

〔キーワード〕基盤 GIS、地質図、地質図幅

〔研究題目〕核燃料サイクル施設安全対策技術調査
（放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備）

地質構造解析等の地質データ処理システムの研究

〔研究代表者〕岸本 清行(深部地質環境研究センター)

〔研究担当者〕岸本 清行、渡部 芳夫、中嶋 輝允、内藤 一樹

〔研究内容〕

本研究の目的は、地下水移行モデルにおいて、移行経路とフラックス（質量速度）を規制する地質特性の地下3次元解析機能を実装することである。このモデルには、核種移行に重要な物性・化学組成等の境界面を任意に指定して、地表地質調査・物理化学探査・ボーリング調査等の低次元データを表示する機能、これらの低次元データを3次元データに展開する機能、さらに直接データの存在しない空間領域での境界面を補完する機能が含まれる。

これまでに、ボクセルモデルによる地下の立体的物性分布の表示・解析法の検討を行った。また、各種の地球化学データベースと地質データベースの管理とその他のGISソフト等との連携や統合を支援する市販のツールソフトによって現有データの評価を開始した。ここでの問題点として、地表ならびにごくわずかの垂直データ（ボーリング孔）から地下物性分布を較正することが困難であることが明らかとなり、事前に十分な地下データが存在しない条件では、むしろ各種の低次元データ（地表2次元、ボーリング1次元、等）から物性境界面分布へのデータ変換アルゴリズムを先に検討するべきとの結論が得られた。観測手法に依存した各種データ（パラメタ）は、それぞれの物理・化学的原理に親制された出力であるため、相互の変換や補間技術もそれらの条件に依存するからである。また同時に、得られた各次元データの一括表示（データの種類の依存しない）機能も、データの統合化のために開発を進める必要あると考えられる。

地下水の移行モデルと地下地質モデルの関係は物理的な入れ物（媒質モデル）とその中を移動する物質の流れ（フラックスモデル）の因果関係をモデル化することと置き換えられる。3次元の媒質モデルを表現する方法として、フェンス図や2次元断面層構造図、ブロックモデル図等を検討し、媒質の中に存在する各種の物質フラックスや分布を表現する適正を比較評価し、必要なパラメタの種類によらず統一的な取り扱いができるシステムの構築を検討した。

3次元地質構造モデル化のうち、ボクセルモデルによる地下の立体的物性分布の表示・解析法の検討を行うとともに問題点を整理した。各種の低次元データ（地表2次元、ボーリング1次元、等）から物性境界面分布へのデータ変換アルゴリズムを先に検討するべきとの結論が

得られた。またその時には、それぞれの物理・化学的原理に留意した適切なパラメタ選定と意義付けが今後の重要な課題である。

〔分野名〕地質・海洋

〔キーワード〕3次元モデル、地下地質構造、物性境界面、ボクセルモデル

〔研究題目〕核燃料サイクル施設安全対策技術調査
（放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備）

5万分の1地質図幅の情報高度利用の研究

〔研究代表者〕渡部 芳夫(深部地質環境研究センター)

〔研究担当者〕渡部 芳夫、牧本 博

〔研究内容〕

本研究では、産業技術総合研究所地質調査総合センター（及び前身の地質調査所）出版の5万分の1地質図幅を数値化し、地質図情報利用の効率化・高機能化を促進することにより、地層処分に係わる評価のための地質学的データ基盤の一基本情報として資することを目的とする。

地層処分に係わる地質現象の解明には、個々のデータの解析に加え、多様かつ大量の地質情報の統合と各データ値の相関関係等の考察が必要である。このためには各データをコンピュータ処理に対応したデータファイルとして作成・整備することが不可欠である。また、地質現象の多くは、その現象に関係するパラメタが地球上での位置情報を有しており、適切な情報処理を通じてGISソフトウェア等を用いたデータ解析も有効な研究手段となる。

平成14年度は、地質調査所から昭和50年度－昭和57年度に出版された地質図幅を中心に、地質図78図幅分、地域地質研究報告86図幅分の数値化を実施し、数値データセットを完成・整備した。

本研究は、最近のGISを含めた情報処理の進展に対応して、地質図情報もその処理対象にすべく設定している。本課題で数値化した地質図及び地域地質研究報告の数値データセットの利活用により、目的に応じたデータ抽出・加工や、他種・多様なデータとの重ね合わせやその可視化等、地質図情報利用の効率化・高機能化を促進することが可能となり、地層処分に係わる評価の基礎資料としての有用性をたかめることができよう。

〔分野名〕地質・海洋

〔キーワード〕5万分の1地質図、ベクトル数値地図、地域地質研究報告数値化

〔研究題目〕核燃料サイクル施設安全対策技術調査
（放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備）

沿岸域音波探査データの統合化の研究

【研究代表者】 渡部 芳夫(深部地質環境研究センター)

【研究担当者】 渡部 芳夫、岡村 信行

【研究内容】

沿岸域の長期的な地殻変動は、断層・褶曲・段丘面等様々な地質構造として保存されている。陸域より侵食作用が少ない海域では、それらの構造が失われ可能性が低く、陸域より精度よく地殻変動の解析ができる可能性がある。しかしながら海域の大部分は定常的に堆積物が供給されるため、地殻変動の記録が海底下に埋没していることが多い。音波探査データは海底下に保存された断層・褶曲・海底段丘等の形態や構造を観察することができるので、その解析によって様々な地殻変動を明らかにすることができる。

旧地質調査所海洋地質部及び当所海洋資源環境研究部門は地質調査船白嶺丸及び第2白嶺丸を用いて過去約27年間以上にわたって日本周辺海域の音波探査データを収集しており、既に日本周辺海域の大部分をカバーしている。本テーマは、これらの音波探査データと位置データと統合したデータベースを構築し、必要な場所の音波探査データをすぐに見つけだし、広域的な地殻変動の解析を効率的に行えるようにすることを目的として実施している。

昨年度までに、日本海沿岸、西南日本太平洋側、東北日本太平洋側、オホーツク海のデータ入力を終了し、日本周辺沿岸域の80%以上のデータベース化を完了している。

平成14年度には、GH763（八戸沖）、GH804（八丈島東方）、GH782（日本海中部）、GH783（山陰沖）の4航海のデータを入力した。データの作成方法は従来と同じで、アナログテープに記録された音波探査データを再生してデジタル化し、ゲイン調整とバンドパスフィルターを施して、音波探査データの標準フォーマットであるSEG-Y フォーマットで保存した。1979年以前に調査が行われたデータについては、航海によって磁気テープの保存状態にかなり違いがあるが、全体としてテープの酸化が進み、データを再生してもS/N比がかなり低下しているものが多い。さらに航海データの精度もGPSが広く用いられる現在と比較して、かなり劣るため、必ずしも質の高いデータとはいえない。SEG-Y データと航海データとの対比は、船上記録に書かれた時刻とプロフィールに基づいて行った。また、1982年に実施した下北半島東方沖のデータについては、録音テープが紛失して見つからなかったため、SEG-Y 形式のデータに変換することができなかった。この航海の音波探査データについては、船上記録を撮影したフィルムからデジタルイメージを作成した。

磁気テープにデータが残っているものについては、ほぼすべて入力が完了した。この中で未入力海域として残っているのは、九州西方、紀伊水道南方、相模湾・房総半島南方、下北半島東方及び北海道太平洋岸域である。

北海道太平洋岸域は現在第2白嶺丸によって調査が進められているので、その進捗にあわせて登録していく予定である。それ以外の海域は、調査年度が古いため、磁気テープが保存されていないか、信号として音波探査データを再生できず、SEG-Y 形式のデータを作ることができない。下北半島東方については、かなり質の高い船上記録データがフィルムとして残っているので、イメージとしてデータベースに登録する予定である。

また、登録したデータの中には、登録から漏れている測線や、登録されていても航海データに誤りがあるものが一部含まれているので、それらを見つけ出して追加・修正する必要がある。それらの作業によって、本データベースはほぼ完成する。伊豆小笠原海域にもかなりデータは存在するが、当面本データベースには含めない予定である。

これらのデータを用いて海域の様々な地殻変動を推定することが可能である。海域の活断層図については音波探査データを基に作成されたものがいくつか公表されている（活断層研究会、1991等）、一方、広域的な地殻変動については十分に検討されていない。日本周辺海域では、四国南方沖の大陸棚で、更新世の海水順変動によって形成された海底の段丘に注目して、数十kmに達する長波長の地殻変動の推定が行われている（岡村、1990; Okamura and Blum, 1993）。このような解析手法を適用することによって、広域的な地殻変動の解析が他の海域でも可能になることが期待されるし、陸域の段丘のデータなどを組み合わせることによって、沿岸域の地殻変動をより精度よく解析できる可能性がある。

【分野名】 地質・海洋

【キーワード】 日本周辺沿岸域、音波探査データベース、SEG-Y

【研究題目】 核燃料サイクル施設安全対策技術調査
（放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備）

資源地域の試すい・物理探査等の情報のデータベース化の研究

【研究代表者】 渡部 芳夫(深部地質環境研究センター)

【研究担当者】 渡部 芳夫、棚橋 学

【研究内容】

我が国の深部地質情報には石油、石炭、金属等の資源の探査及び開発を目的として採取されたものが多い。これらの情報の一次資料は一般的に非公開であるが、二次的な資料の多くが産業技術総合研究所地質調査総合センターに保管されているほか、関係する学協会の出版物等の形で公開されている。本研究では、我が国の深部地質に関する資源探査関係のデータを集積して整備する。

リレーショナルデータベースサーバー及びWebサーバーシステム上にこれらのデータを整備し、産総研の

Lan 内でアクセスできるようにし、関係する研究者に提供している。本年度はパフォーマンス向上のため、CPU を最新の Penitum4, 2.0GHz に変更し、さらに OS を Vine Linux v.1から最新の Linux 環境である RedHat Linux7.3上に移行した。WWW サーバー (Apache)、リレーショナルデータベース管理システム (PostgreSQL) も最新のものとした。

我が国土の深部地質情報の数値化ならびにデータベース化については、本年度は石油公団が実施している「石油天然ガス基礎地質調査」や「大水深海域基礎地質調査」のデータの数値化を進めた。基礎試錐「南海トラフ」、「チカップ」、「小国」、「東山」報告書のデータ化を行った。さらに、石油技術協会「最近の我が国の石油開発」に記載されている基礎試錐30坑の調査概要のデータ化を行った。これらの報告書データは上記サーバー上において提供している。日本語全文検索システム Namazu により Web データベースの検索機能を利用して、このような報告書の文書情報を有効に利用できるようにしている。現在591の文書が登録され、43,770個のキーワードが登録されている。また、これまでに整備した反射法地震探査データ解析及び GIS システムを用いて、海域反射法地質探査データの解析や海底線削によって得られた物理検層データのプロット等を対象に、深部地質構造の解析のケーススタディを行った。今後、本解析システムを利用し、各地の深部地質解析を実施し情報をデータベースに取り込んでいく予定である。

平成13年度はデータベース設計・構築としてデータベースサーバーの機能を強化し、Web 閲覧システム上における地質文書ファイル検索システムの構築、石油石炭関係の試錐、地層データの数値化を進めた。平成14年度は、資源探査関係の試錐、物理探査データ数値化、GIS による総合解析システムの構築を進め、データベースサーバーの機能強化、データベース整備を行った。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】石油天然ガス基礎調査、大水深海域基礎地質調査、資源探査資料、物理探査データ数値化、リレーショナルデータベース、Web サーバーシステム

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

岩盤物性のデータベースと物性評価の研究

【研究代表者】高橋 学 (深部地質環境研究センター)

【研究担当者】高橋 学、林 為人

【研究内容】

実験室内における岩石の透水係数の測定手法は、古典的な定水位法・変水位法に加えて、トランジェントパル

ス法、フローポンプ法、オシレーション法等がある。これらの手法は基本的にそれぞれの測定可能な透水係数の範囲を有しているものの、クロスチェックのできる共通測定可能範囲がある。この特徴を利用して、同じ測定条件 (封圧等) において複数の室内測定手法による同一岩石供試体の透水係数測定を行った既往研究の文献を調査し、各種手法による透水係数の測定結果が一致するかどうかについて、比較検討を行った。

原則として、同一測定条件 (封圧、間隙水圧、温度、動水勾配等) において複数の室内測定手法による同じ岩石供試体の透水係数を測定した内外の既発表の文献を調査・収集した。国内外の学術雑誌のみならず、国内の各種学協会の年次研究発表会・シンポジウムなどからもすべての入手可能な関連文献を収集して、データの抽出を行った。その結果、計16点の文献から、約45供試体のデータを収集した。

本研究では、既存文献の調査により、異なる手法による透水係数の測定結果が一致する否かについて、統計的に検討した。得られた主な結果は、要約すれば次に示すとおりである。

- (1) 同一供試体の同一測定条件における複数手法による透水係数は、すべての場合同じオーダー内に収まっている。2つの手法による透水係数の比が $1/2 \sim 2$ の範囲に入っているデータは全体の81%であり、同透水係数の比が $1/3 \sim 3$ の範囲に入っているデータは全体の92%になっている現状が判明した。
- (2) 個別の手法間の比較においても、特定の手法による透水係数の測定結果は現有のデータにおいて、常に過大評価または過小評価というような一定の傾向が認められなかった。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】岩の透水試験手法、室内透水試験、文献調査

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

地球化学の既存データのファイルの作成

【研究代表者】今井 登 (深部地質環境研究センター)

【研究担当者】今井 登、御子柴真澄、金井 豊

【研究内容】

放射性廃棄物処分における周辺岩盤の地球化学的基礎情報を収集し、データベースを構築するための基礎データを整備することを目的とする。このため、収集したデータをデータベースに適合する形に変換して地球化学データベースとして登録し、様々なキーワードで検索・抽出するシステムの開発と、データの有効性を解析・評価するためのシステムを作成する。

- (1) 地球化学的基礎情報の収集・整備

平成14年度は、1960年以降の岩石鉱物鉱床学雑誌に掲載された約100文献から地球化学データを収集した。対象とした岩石類は花崗岩、安山岩、玄武岩、花崗閃緑岩、角閃岩、斑れい岩、流紋岩、石灰岩、ドロマイト、長石、凝灰岩、河川堆積物、海底堆積物、湖底堆積物、閃長岩、泥岩、粘板岩等である。また、登録した元素は主成分元素、微量成分元素、同位体比等である。これらに関連するデータとして試料名、岩石名、地層名、産地、文献（著者、タイトル、巻、号、ページ、年）、時代、採取者、画像等のデータを収集した。これらのデータをデータベースに適合する形に変換し登録する作業を行った。登録したデータはデータベース上で試料名、岩石名、文献、産地、地層名等のキーワードを用いて検索できる。また、各種の統計量との相関図、任意の元素データについてヒストグラムの作成が可能であり、これらの解析結果により抽出されたデータを様々な観点で評価することができる。

(2) データベースのネットワーク化

データベースをネットワークに対応させるため、データベースサーバーの構築とともに利用環境の整備を行い、ネットワーク上でデータベースを利用できるようにした。このシステムは Windows2000上にデータベースサーバーを設置し、この上にマイクロソフトの Jet エンジンデータベースを構築したものである。データベースで使用するデータテーブルは試料、濃度、文献、分析法、単位、岩石分類、緯度経度、試料採取者詳細、時代、画像である。さらに Web 上から情報を配信するために WWW サーバーと ASP プログラムの設定を行った。開発する ASP プログラムを実行するために、Windows2000サーバー上に ASP プログラム実行のためのシステムを作成した。ASP プログラムとして試料名によるデータ検索システム、岩石名によるデータ検索システム、データの総合検索抽出システム、文献検索抽出システムを開発した。例えば試料名によるデータ検索システムの動作としては、岩石名によるデータの検索及び岩石名の部分一致による抽出を行い岩石情報、元素分析情報、画像情報、時代情報、試料採取者情報、緯度・経度情報を表示できるようにした。

本年度は岩石鉱物鉱床学雑誌に掲載されている地球化学データの一部を収集した。収集したデータはエクセル形式に変換してデータベースに取り込んだ。本年度収集した文献は1960年以降の岩石鉱物鉱床学雑誌約100文献である。また、データベースをネットワークに対応させるため、データベースサーバーの構築と利用環境の整備を行い、ネットワーク上でデータベースを利用できるようにした。そのために Windows2000上にデータベースサーバーを設置し、この上にマイクロソフトの Jet エンジンデータベースを構築した。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] 地球化学データベース、データベース、ネットワーク

[研究題目] 核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

長期火山活動のデータファイル作成と地域区分・時系列解析

[研究代表者] 山元 孝広(深部地質環境研究センター)

[研究担当者] 山元 孝広、伊藤 順一、中野 俊、高田 亮

[研究内容]

長期的な火山活動に関する既存データを集約しデータファイルを作成するとともに、それらのデータに基づく活動様式の区分について検討する。同種の公表データファイルとしては核燃料サイクル開発機構「地質環境の長期安定性に関する研究」の成果の一部として日本火山学会から1999年に公表された「日本の第四紀火山カタログ」がある。これは地質調査所(現産業技術総合研究所)が1981年に発行した日本の火山(第2版)を大幅に改訂したものであり、ある時点での文献資料から日本の第四紀火山を網羅するという目的をかなりの部分満足している。ただし、火山の時代認定という最も根本的なデータが不足している現状ではデータファイルに絶えず最新の情報を取り入れていく必要があるものの、任意の学術団体から出されたこの「カタログ」ではデータの更新が一度も行われていない。また、大学の多数の研究者を中心とした編集体制であったため地域間でのデータの質にバラツキが目立つこと、データの出典に関する情報が不足していること等、不満も多い。

平成13年度までに集約した各第四紀火山の位置、活動様式、活動時期、文献情報に関するデータファイルを、平成13年度中に公表されたデータを使って最新のものに更新した。これまでに集めた308第四紀火山のうち、平成13年度公表文献が収録できた火山は96火山であった。収録した文献は著者/タイトル/文献名/巻数/頁数/発行年の一覧表を html ファイルとして保存し、データファイル本体にそのファイルへのハイパーリンクを埋め込んだ。新規公表文献に活動様式、活動時期に関する新情報が含まれる場合はこれをもとにデータファイルを修正した。

さらに今年度は、個々の火山活動の地下影響範囲を示す地球物理学的データのファイル作成を新規に実施した。データは「噴火予知連絡会誌」や「日本火山学会誌」に公表された火山性地震の震源分布図から震源域の東西水平方向の広がり、深さ、火山中心からの距離を読みとり、火山名/取り込んだ震源分布図画像/イベント発生時期/文献情報と合わせてデータファイルとした。地震観測データが公表された火山は29で、収録した火山性地震の

イベントの数は133になった。

収録した火山性地震観測データから、震源分布域を火山毎にプロットすると震源域の広がり火山毎に大きく異なっている。特に三宅島・伊豆大島・神津島・東伊豆単成火山群のような伊豆弧の火山や雲仙火山で広がり大きい。これらと比べると他の火山での震源域の広がり小さく、火山の中心から20kmの範囲内に収まっている。震源の深さに対しては全てのデータが20km前後から地表付近までに分散し、火山毎の特徴は認められない。震源域の水平方向への広がり、マグマが側方へどれだけ移動しやすいのかを示していると見ることができる。言い換えれば岩盤がどれだけ水平方向に割れやすいかを示すものであり、岩盤にかかる地域的な応力配置と関連性があることは容易に指摘できよう。事実、火山中心から20km以上遠方まで震源域が到達した火山の多い伊豆弧や雲仙火山の位置する別府一島原地溝帯は明らかな引張り応力場であり、それだけマグマが側方へ移動しやすいことになる。逆に圧縮応力が大きい他地域の火山では、そのような震源域の拡大は認められない。ただ、今回収録した火山性地震のデータはここ数十年のイベントだけをpushしたものであることは注意しておく必要がある。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】長期火山活動、データベース、火山性地震

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

東北日本複成火山の時空分布と成因の研究

【研究代表者】山元 孝広(深部地質環境研究センター)

【研究担当者】山元 孝広、宮城 磯治、伊藤 順一

【研究内容】

複成火山が卓越する典型的な島弧火山活動場として東北日本を取り上げ、過去の活動場変化の把握とその変化に関与したマグマプロセスの検討を行い、長期的な活動場予測に向けた基礎的研究を行う。東北日本ではその地下に東から太平洋プレートが沈み込み、これに対応して脊梁山地沿いに火山活動が最も活発な火山フロントが存在する。フロントよりも太平洋側の前弧域では火山活動がほとんどなく、フロントを挟んで活動の明暗がはっきりしている。一方、フロントよりも日本海側の背弧域では火山の分布がまだらになるが、火山の位置は固定していない。これまでの研究により、特に東北日本南部では30万年前以降に火山活動場が火山フロント周辺から背弧側へ大きく拡大し、第四紀火山空白域でも火山が新規に出現したことを明らかにしている。本研究では第1期において複成火山の長期的なマグマ噴出率の時間空間的変

化を明らかにするとともに、30万年前以降に背弧側に新規出現した火山について火山活動の詳細な特徴付けを行う。第2期は背弧域での新規火山出現に関与したマグマの成因を考察するとともに火山出現が周辺に与えるテクトニックな影響についても定量的な見積もりを行う予定である。

平成14年度は東北日本南部の前弧・背弧域でこれまで火山とは認識されていなかった低重力異常体の野外調査及び年代測定と、背弧域新規出現火山発生のマグマプロセスを調べるため肘折火山噴出物の化学組成分析を行う。これまでの火山の時空分布調査は既存文献に頼ることが多く、そもそも火山と認識されていないものは数の中に入っていない。肘折火山のような小型のカルデラ火山は窪んだ負の地形であるため、浸食が進めば火山地形は容易に失われるであろう。しかし、そのような浸食火山であっても周囲の岩石よりも密度が小さいため起こる低重力異常構造が残るため検知することは可能である。今回調査を行った岩体は、平成13年度実施「地下地質システムの代表的地域調査」の精密重力探査によって火山フロントの前弧側23kmの阿武隈山地西部(寺坂地域)に見つかった径2kmの低重力異常体、同じくフロントの前弧側14kmの阿武隈山地西縁部(松川地域)に以前から知られていた径3kmの低重力異常体、フロントの背弧側35kmの群馬県奈良俣ダムに見出した径3kmの低重力異常体である。

寺坂地域・松川地域とも従来の文献では基盤の白亜紀花崗岩類の窪地を海成中部中新統岩倉層が不整合で覆うものと記載されていた。しかし、寺坂地域の当該層は本質的に黒雲母流紋岩を含む非溶結の火砕物からなること、この火砕物は周辺の花崗岩類を破碎しこれに貫入すること、火砕物には炭化木片が含まれ乾陸環境で噴出したことから、海成層ではなく火道の跡であることが確実にになった。松川地域の当該層も同じである。また、奈良俣地域の低重力異常に対応する地層の記載は既存文献になく、今回の調査で基盤の花崗岩類に広角でアバットする火砕物とこれを覆う湖成堆積物を確認した。寺坂・松川・奈良俣地域の火砕物のジルコン FT年代値は、それぞれ 10.8 ± 0.6 、 11.2 ± 0.4 、 2.1 ± 0.2 Maであった(Maは百万年前)。肘折カルデラの複数の火砕流ユニットから平成13年度に採取した試料に対して、電子線プローブマイクロアナライザ(EPMA)を使用した斑晶鉱物化学組成の分析と微細組織の観察と、二次イオン質量分析計を用いた斑晶ガラス包有物の含水量分析を行った。肘折の複数の噴火ステージより採取された磁鉄鉱斑晶のEPMAによる化学分析値(Mg/Mn比及びAl₂O₃wt%)は、ほぼ一定であった。このことは、噴火直前のマグマの物理化学条件が、噴火ステージによらずほぼ一定だったことを示している。斑晶ガラス包有物の含水量の平均は6wt%H₂Oであった。飽和溶解度より、マグマの圧力は約270Mpa(1000℃の場合)と見積もられる。この圧

力は、地下10km 強の深さに相当する。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】東北日本、複成火山

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

第四紀火山岩類の高精度 K-Ar 年代測定による火成活動履歴評価の研究

【研究代表者】松本 哲一(深部地質環境研究センター)

【研究担当者】松本 哲一、宇都 浩三

【研究内容】

最新の超高感度希ガス質量分析計を導入し、既存システムよりもさらに高精度な第四紀火山岩類の K-Ar 年代測定を行うために必要な諸条件の最適化を検討するとともに、新たな年代測定システムを活用することによって、地層処分候補地周辺の地表及び地下に分布する第四紀火山岩類の正確かつ精密な年代情報が提供可能なことを実証する。

前年度後半に実施した英国 Micro Mass 社製 MM-5400Ar 型超高感度希ガス質量分析計の立ち上げ作業では未解決であった、質量分析計への試料ガス導入手法に対するエレクトロンマルチプライヤー・イオンカウンティング (EMI) 検出器の感度の安定性を評価した。地下の帯水層下に長期間存在したために炭酸塩等の続成鉱物が付着し、それらの鉱物からの活性ガス成分 (水・二酸化炭素・炭化水素・酸素・水素等) を通常のアルゴン抽出・精製操作では除去し切れなかったボーリングコア試料であっても、1M硝酸溶液による化学浸出処理法が活性ガスを質量分析時に支障をきたさないレベルまでに減ずるのに有効な手段であることを様々なボーリングコア試料を用いて評価した。新システムによる実試料測定例として、雲仙火山科学掘削計画の山体掘削で得られた USDP-1ボーリングコア試料と雲仙火山周辺の地表に分布する溶岩流・火砕流・土石流堆積物等について系統的な K-Ar 年代測定を行なった。得られた K-Ar 年代データから、新システムが高精度・高確度な年代情報を迅速に提供できることを実証した。

最新の希ガス質量分析計を導入し、一連の立ち上げ作業とアルゴン抽出・精製装置の部分改造の結果、1~10万年前に噴出した第四紀火山岩類の K-Ar 年代を従来システムよりも2倍以上の精度で測定可能な新たな分析システムを開発した。

新システムでは、試料重量を最大で従来の1/10まで減らすことができ、アルゴン抽出炉による真空加熱溶解中に試料から発生する活性ガスの量も従来の1/10まで減少した。これにより、活性ガスが装置の真空系内壁に付着して生じる真空度の劣化速度も低減し、従来法では真空度回復のために頻繁に行っていた真空系の再加熱処理の

回数も格段に少なくなり、第四紀火山岩類の K-Ar 年代データを1日のうちに数回求めることが可能となった。帯水層下に長期間存在したために炭酸塩等の微細な続成鉱物が表面に付着したボーリングコア試料であっても、分析装置内で真空加熱溶解する前に1M 硝酸溶液による化学浸出処理を行えば、続成鉱物から発生した大量の活性ガスのために精製不十分なアルゴン試料ガスを質量分析計に導入できないという問題も回避可能なことを明らかにした。新システムによる実試料測定例として、雲仙火山科学掘削計画の山体掘削で得られた USDP-1ボーリングコアと雲仙火山周辺の地表に分布する噴出物について系統的な K-Ar 年代測定を行ったところ、大部分の試料に対して年代誤差シミュレーションで予想した値と同程度またはそれ以下の誤差で有意な年代を得ることができた。得られた年代データからは、雲仙火山全体の噴火形成過程について数多くの新たな知見を得ることができた。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】第四紀火山、高精度、K-Ar 年代

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

西南日本の単成火山の時空分布と成因の研究

【研究代表者】宇都 浩三(深部地質環境研究センター)

【研究担当者】宇都 浩三、伊藤 順一、
Nguyen Hoang、松本 哲一

【研究内容】

西南日本の背弧 (日本海) 側には、小規模なアルカリ玄武岩の単成火山を主体とする火山群が広い地域に散在している。これら火山群は、火山フロント側に島弧の伸びに平行に列をなして分布する成層火山とは異なり、噴火のたびごとに噴火の場所が移動するので、将来の噴火の場所を特定することが困難である。これら火山活動の過去の時間空間分布及び化学的特徴を明らかにし、そのマグマの成因及び時間空間分の規則性を究明することで、将来の火山噴火の時間空間分布予測を行う必要がある。本研究では、北西九州に分布する過去1000万年間に活動したアルカリ玄武岩を主体とする火山岩類の時間空間分布及びマグマの化学的性質の時間空間変化を明らかにし、マグマ成因論の立場から火山活動の規則性、成因を明らかにし、将来予測のための基礎的理解を得ることを目的としている。平成13年度は、既存文献の調査、山口県青野山・阿武両単成火山群及び佐賀県有田地域の第三紀火山岩地域の現地調査を行い火山岩分布調査と岩石試料の採取を行うとともに、佐賀県伊万里市周辺の第三紀玄武岩類の K-Ar 年代測定、福岡地域玄武岩類の主成分及び微量成分元素分析、同位体比分析を行った。平成14年度

も引き続き、北西九州地域の火山岩類の野外地質調査及び試料採取、K-Ar 及び $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定、主成分及び微量成分元素分析、Sr, Nd, Pb 同位体測定を行った。

平成14度は、長崎県の北松浦半島から平戸島、生月島にかけての中新世後期北松浦玄武岩類と佐賀県有田町及び周辺地域の鮮新世火山岩類の地質調査と、長崎県五島列島の福江島の中新世前-中期の火成岩類及び第四紀単成火山群、宇久島火山の地質調査を行った。いずれの調査においても、野外において火山岩類の分布、産状、層序を検討し、化学分析及び年代測定に適した岩石試料の採取を行った。次に、火山活動の時空分布の把握のために生月島、平戸島、度島及び的山大島の玄武岩類の K-Ar 年代測定と、有田地域の火山岩類の $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定を実施した。生月島玄武岩は、北側で8-8.4Ma、中央-南部で7.1-7.8Ma の年代を示す。平戸島の玄武岩は、さらに若い6.5-7.2Ma の年代が得られた。一方、的山大島及び度島の玄武岩は、9Ma と北西九州では最も古い。有田地域の青螺山・黒髪山地域の玄武岩から流紋岩までの幅広い組成の5試料について2.3-2.8Ma ときわめて一致する年代が得られた。

さらに、マグマ発生の起源を理解するために、生月島、平戸島及び周辺地域の中新世火山岩類と、有田地域の火山岩類について、主成分及び微量成分元素の濃度分析及び Sr, Nd, Pb 同位体比測定を行った。生月島、平戸島及び周辺地域のアルカリ玄武岩類は、 K_2O , Rb, Ba, Zr, Nb 等インコンパチブル元素濃度組成に大きなバリエーションがあることが明らかとなった。しかし、インコンパチブル元素同士の濃度比には大きな差は認められず、起源マントル物質に大きな違いはなく、主に部分融解の程度に4倍程度の差があったと考えるのが妥当と結論される。また Sr, Pb 同位体比が高く Nd 同位体比の低い玄武岩と Sr, Pb 同位体比が低く Nd 同位体比の高い玄武岩が同一時代、同一場所に存在することが明らかとなった。両同位体比に乏しいアセノスフェアマントルが同様に富むリソスフェアマントルを取り込みながら部分融解したというモデルが考えられる。有田地域の青螺山・黒髪山を中心として腰岳・牧ノ山・黒岳に分布する玄武岩-安山岩-流紋岩類は、微量元素組成においては $\text{SiO}_2 = 50\text{wt}\%$ 付近の玄武岩においてカンラン石の影響と、 $\text{SiO}_2 > 75\text{wt}\%$ 以上の流紋岩においてカリ長石の分別作用の影響が考えられるが、安山岩類の全岩組成は玄武岩、流紋岩とを結ぶ直線的变化の中間に位置する。

平成14年度は、北西九州地方の第三紀-第四紀単成火山群の地質調査を継続するとともに、その時間空間分布把握のための K-Ar, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定、マグマの成因と化学組成の時間空間変化を把握するための各種化学分析を実施した。特に、中期中新世に東シナ海が拡大形成されたときの背弧拡大軸であった Shinzhi-Taiwan Folded Zone に位置する五島列島を中心に、火山活動の性状把握を試みた。これまで広域的にほぼ同時に起こ

たと考えられてきた中新世後期のアルカリ玄武岩類である北松浦玄武岩類が、実際は、半径10-20km 範囲で起こった比較的規模の小さい火山活動の集合体であり、1000万年前から600万年前の間に、時間と場所を変えながら断続的に継続したことが明らかになりつつある。また、鮮新世の小規模火山体である青螺山・黒髪山等に出現する安山岩、流紋岩類は、玄武岩類の活動に伴伴するものであり、時間空間的にも化学組成の上でも一連のものであることも明らかになりつつある。平成15年度には、引き続き五島列島及び佐賀県有田地域-長崎県佐世保地域の現地調査を行うとともに、有田地域の南側の長崎県東彼杵地域、川棚地域にもものばして、広域的な火山岩類の分布、産状の把握を行う。また、平成14年度の現地調査で採取した火山岩類について K-Ar, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定、各種化学分析を行い、火山活動の時間空間的変遷と化学的特徴の時間空間的特徴の把握に努める予定である。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】西南日本、単成火山

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

大規模カルデラ噴火等地質変動調査

【研究代表者】高田 亮 (深部地質環境研究センター)

【研究担当者】高田 亮、山元 孝広

【研究内容】

日本島弧の長期火山活動の評価のための比較研究の一環として、インドネシア島弧で100万年前より新しい大規模噴火を火山発達史の中で位置付けし、その時空分布を明らかにする。大規模カルデラ噴火のような巨大地質変動はその影響範囲が甚大であるものの、発生頻度が極めて低いため、日本の事例だけではそのメカニズムを十分に解明することができない。目標として、インドネシアで複数の事例研究を行い、大規模噴火の場所、規模、年代及び大規模噴火前後での火山活動の時空分布の集中・拡大・拡散等の変化を明らかにする。

インドネシアのロンボク島で東西70km に広がる第四紀火山群を SAR 画像を用いて、西ロンボク火山コンプレックス、中央ロンボク火山コンプレックス、リンジャニ火山 (標高3726m)、東ロンボク火山コンプレックスに地形分類した。上記のうち、カルデラが中央ロンボク火山コンプレックスの上のみ存在している、現地調査を行い各火山コンプレックスから K-Ar 年代測定用岩石試料を採取した。

テフクロロジーと ^{14}C 年代測定を行い、リンジャニ火山 (標高3726m) でカルデラ形成に至る約1万年間の噴火史を明らかにした。形成史は、成層火山形成期 (6000y.B.P.)、低活動期 (6000-800y.B.P.)、カルデラ形成期、後カルデラ形成期に分けられる。低活動期には、

長期平均噴出率の低下を伴い、2回の subplinian 噴火が認められた。岩石の化学分析の結果、噴出したマグマも玄武岩質から珪長質 ($\text{SiO}_2=65\%$) へ変化した。中央ロンボク火山コンプレックの中心から5kmほど離れた東山腹でリンジャニ火山が成長したのち、低活動期には、火山活動がさらに5km東へ移動した。カルデラ形成は、リンジャニ火山でなく西の中央ロンボク火山コンプレックの中心で起こった。まず、plinian の West Rinjani pumice (DRE 体積: 3km^3) の噴出で始まり、Segaraanak pyroclastic flows (DRE 陸上体積: 7km^3) でクライマックスを迎えた。このとき陥没した Segaraanak caldera は、カルデラリム間で $6 \times 7\text{km}$ の規模をもち、東側は、リンジャニ火山の西山腹の崩壊による馬蹄形地形 (幅と奥行き 3.5km) につながっている。カルデラ形成時期は、火砕流堆積物中の炭7個の炭素同位体年代測定から、AD 1210–1260y. B.P (暦年代補正值) の間と推定される。

インドネシア島弧では、今回の調査結果をこれまでの知見に加えると、過去1000年間に大規模噴火が1883年クラカタウ、1815年タンボラ、そして13世紀のリンジャニと3回起こったことになる。インドネシアでは歴史記録が600年程度しか遡れないため、リンジャニ噴火がこのように比較的最近に発生したものであることは全く予想されていなかった。今回の結果は改めてインドネシア島弧での大規模噴火発生頻度の高さを示すものとなった。来年度以降の調査ではこのような高頻度大規模噴火をもたらす地質学的背景、大規模噴火に至るマグマ供給系の発達過程の解明に向けた調査を継続する予定である。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】隆起、浸食、阿武隈

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

長期変動に関する FEP 相関図の検討

【研究代表者】小玉喜三郎(深部地質環境研究センター)

【研究担当者】小玉喜三郎、山元 孝広、笹田 政克

【研究内容】

地層処分システムが、将来およそ10万年程度の期間における地質環境の長期変動によってどのような外的影響を受けるかを網羅的かつ定量的に評価することは、地層処分システムの安全性確保上不可欠な要件である。上記の目的で、ここでは国際 FEP データベースから、特に処分システム領域に外因として影響を及ぼす地質及び気候関連事象の因果関係を示す相関図を作成した。この相関図に基づく解析は、処分システム領域の影響度の重み付けや、今後の重要研究課題を抽出するために利用される。相関図作成に当たった考え方や記述方法を概説する。

(1) 国際 FEP と我が国に固有な FEP の抽出

OECD/NEA は2000年に世界各国の事例を精通して高レベル放射性廃棄物の地層処分システムに影響を与える事象(以下 FEP とする)を国際 FEP データベースとしてリストアップし、その影響特性に基づき階層てきなカテゴリーに分類した。処分システム領域に外乱として影響を与えるのは、外的要因の地質学的プロセスとその影響に含まれる FEP である。それらから、「岩塩に関する FEP」等明らかに我が国には存在しない、あるいは影響が少ないと思われる FEP を除外し、FEP 相互の因果関係を矢印でつないだ FEP 相関図を作成した。

(2) 地質及び気候による影響の FEP 相関図

FEP は大きく地球の内部エネルギーを原因とする地質関連 FEP と、気候関連 FEP に区分される。これらを図の左右に配置し、最終的な地層処分システム領域を最下位に配置することによって FEP 相互の因果関係を一連の矢印でつなぎ、理解しやすく図示した。

FEP 間の因果関係は厳密には複雑で相互に影響を及ぼす合うこともしばしばあるが、主要な現象にしぼることとし、矢印にはそれらを「構造性地震」、「隆起・沈降」のように添記した。

(3) 特徴表

各矢印が示す具体的な現象や因果関係の内容を「特徴表」としてまとめた。そして、事象の関連ごとに「メカニズムと現象」、「時間的特徴」、「空間的特徴」、「影響度」について詳述した。

(4) 処分システム領域への主要影響要素

解析の結果、自然環境の長期変動が処分システム領域に外乱として影響を与えるのは、以下のような合計6つの主要影響要素であることが示された。前4者は処分システム領域が FEP から直撃的に受ける影響であり、太い矢印群図で示した。

<直撃的影響要素>

- 1) 火山・マグマ活動による噴火・貫入の影響
- 2) 構造性及び火山性地震による地震動・地震断層の影響
- 3) 火山性地震による地震動・地震断層の影響
- 4) 浸食と堆積による処分場の削削の影響

<間接的影響>

- 5) 地質の変化にともなう水文学・水文地質学的変化を介して受ける影響
- 6) 気候の変化にともなう水文学・水文地質学的変化を介して受ける影響

国際 FEP データベースに基づき、我が国固有の地質関連 FEP 及び気候関連 FEP について、相互の関係と処分システム領域への影響を示す FEP 相関図を作成した。その結果、処分システム領域に与える主要な影響要素は6つのグループに集約できることを示した。これらの結果は、影響度の相対的な比較や今後取り組むべき重要研究課題の抽出に活用していきたい。

〔分野名〕地質・海洋

〔キーワード〕長期変動、地質及び気候関連事象、FEP、放射性廃棄物

〔研究題目〕核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

隆起・沈降の空間分布に関する研究

〔研究代表者〕山元 孝広(深部地質環境研究センター)

〔研究担当者〕山元 孝広、卜部 厚志

〔研究内容〕

本研究は代表的調査地域の東北南部において前弧域の阿武隈地域から背弧域の会津-新潟地域に至る第四紀後半の地殻変動量の広域分布と時間変化を把握することを目的としている。地殻変動の中でも特に隆起運動は河川浸食による埋設物の地表への接近をもたらすため、過去の変動履歴を定量的に明らかにしておくことが地質環境変化の将来予測のためには不可欠である。しかしながら、地殻変動量を計測には過去のある時に形成された地形面を基準にして変位量を決める必要があるため、基準面がどれだけ保存されているかによって変動量空間時間分布データに濃淡が生じてしまう。例えば海岸部では海水準変動の影響を直接受けるため、最終間氷期以降の各種堆積面が段丘化して広がり、従来から地殻変動量の見積もりがなされてきた。一方、内陸山間部には海水準変動の影響が直接及ばないこと、堆積面自体が狭く保存されにくいことから、正確な編年をもとにした地殻変動量の見積りはほとんど行われていない。本研究は火山灰層序学的研究によってこのような内陸山間部でのデータの空白域を解消とすることを目的の一つとしている。また、活断層や第四紀火山活動の認められない前弧域(阿武隈地域)と両方の影響を受けた背弧域(会津-新潟地域)を火山灰編年による同一の時間基準面で比較することは、これまで以上の精度で島弧横断方向での変動量変化を明らかにすることになる。

平成13-14年度は前弧域の阿武隈地域を中心に野外調査による地形面の認定、地形面構成物の観察と試料採取、被覆風成層の帯磁率測定、指標火山灰の組成分析による同定、放射性炭素年代測定を行った。阿武隈地域は隆起準平原状山地の代表で、調査地域であるその中央部には標高400~500mに頂部がそろった浸食小起伏面と標高1000m前後の独立峰からなる浸食残丘が広がっている。第四紀を通じて阿武隈地域は浸食の場となっていたため、第四紀層の分布はごく僅かで、これを対象にした調査研究は全く行われていない。平成14年度は阿武隈山地中央部の川俣~小野町にかけての南北30km、東西20kmの範囲に調査域を拡大し、各段丘堆積物の最高旧河床面と現河床面との比高を測定するとともに、被覆風成層・指標火山灰との層序関係から段丘堆積物の編年を行った。

測定した比高はその地点における浸食量にほかならない。

河川システムで浸食が起きるか堆積が起きるかは、河川流量と碎屑物負荷量のバランスが決めている。隆起準平原状山地の阿武隈地域では基本的に浸食作用が卓越し、河川流量>碎屑物負荷量の状態が長期間にわたって続いている。段丘化して残っている河川堆積物の存在は、この関係が一時的に逆転し河川流量<碎屑物負荷量となった時期があったことを示している。テフラ層序から判断するとその時期は低海面期のステージ2~3、5b、6にあたり、阿武隈山地では氷期に降水量が低下して河川流量が著しく減少したものと考えられる。浸食小起伏面の高度分布や段丘面の比高分布に地域差が認められないことは、調査地域内では相対的な隆起沈降が起きていないことを示しており、構造運動による碎屑物負荷量の増加は考えられない。また、火山活動による碎屑物負荷量の増大も河川堆積物に火砕物が含まれていないことから容易に否定される。結局、阿武隈山地内に点在する河成段丘は汎世界的な気候変動を反映した気候段丘であり、同時期の堆積面は阿武隈山地のみならず日本各地の山間部で見つかるものと期待される。阿武隈山地における河川浸食量は、既に述べたように段丘化した旧河床面と現河床面の比高と等しい。各時代の比高とも現河床の標高と逆の相関があるが、これは河川流量が標高の高い上流部ほど少なく浸食量も少ないことを意味している。従って、河川堆積物の保存されいない山地頂部周辺の浸食量は今回比高として得られた浸食量を超えることはなかったと判断されよう。低位、中位、高位段丘の年代を3万、9万、15万年として全比高量を浸食率に直すと各段丘とも1m/万年となりほぼ一定の値が得られる。この浸食率は火山活動や地殻変動の影響がほとんどない深成岩分布域でのバックグランド値とみなすことができよう。また、この程度の浸食量は地層処分ではほとんど問題にならない量である。

〔分野名〕地質・海洋

〔キーワード〕隆起、浸食、阿武隈

〔研究題目〕核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

花崗岩類の化学的風化作用の指標に関する研究

〔研究代表者〕亀井 淳志(深部地質環境研究センター)

〔研究担当者〕亀井 淳志

〔研究内容〕

岩石は水と反応することで化学的風化作用を進行させる。このとき岩石を構成していた初生鉱物は、二次鉱物へと変化する。二次鉱物の生成に使用された元素は岩石内に残留するが、使用されなかった元素は溶脱する。この仕組みを利用して、岩石の化学的風化の程度が全岩化

学組成により見積もられてきた。具体的には、岩石中の残留元素と溶脱元素の比や、新鮮な岩石と風化した岩石の溶脱元素の比を用いて風化度を見積もる。

高レベル放射性廃棄物の地層処分にとって、地表における岩石の風化作用は処分地の隆起につながる重要な現象である。処分地を含めた周辺地域全体の風化作用を検討するには、ある基準を用いてその程度を広域的に評価する必要がある。上述した岩石の化学的風化の指標は、1箇所の露頭における二次鉱物の晶出・分解を解析して議論がなされており、地層処分地のような広域的スケールにおいて大きな岩体の本来の組成変化を考慮しつつ、化学的風化を議論したものはない。したがって、上述の指標を用いて、単純にある岩体の化学的風化の程度を評価することはできない。

そこで本研究では、花崗岩体の広域的な化学組成変化を考慮しつつ、化学的風化の程度を見積もることができる指標の考案を目的とした。

研究対象は、平成13・14年度委託費研究集中域に分布する古期岩類（長屋岩体・鹿山岩体）である。

(1) 花崗岩類の風化作用の記載

肉眼的に風化作用の程度が異なる花崗岩類の試料を研究集中域（長屋岩体および鹿山岩体）より採取した。また、これらの試料から岩石薄片を作成し顕微鏡記載を行った。岩石薄片は佐藤芳治氏（元地質調査所技官）に依頼して作製した。

(2) 花崗岩類の化学分析

新鮮～風化した岩石試料について、主微量成分・希土類元素組成を測定した。測定は、採取試料を室内実験室にて微粉末化し、これをカナダ Actlabs 社（日鉄鉱コンサルタント(株)経由）に依頼して、誘導結合プラズマ分析装置及び誘導結合プラズマ質量分析装置により行った。

本研究では花崗岩類の化学的風化度を岩体規模で判断する方法を考察した。その結果、縦軸に風化の指標（残留元素／溶脱元素）、横軸に花崗岩類の化学的变化（例えば SiO_2 量）をとることで、その風化度を表現できることが明らかとなった。

研究集中域に産する長屋岩体及び鹿山岩体の風化の進行状況を、岩石の肉眼観察・顕微鏡観察・化学的解析により検討した。その結果、両岩体の風化作用は主に斜長石の変質により進行しはじめていることが分かった。顕微鏡観察では黒雲母も弱い変質を被っていたが、化学的解析ではその違いを判別できなかった。これは、鏡下において黒雲母が変質しているものの、 K_2O や MgO といった元素の溶脱には至っていないことを示している。

今回は、肉眼観察・顕微鏡観察・化学的解析による花崗岩類の広域的風化度を見積もる手法を考察した。しかし、変質鉱物の同定には至らなかった。したがって、今後、X線回折装置による変質鉱物の同定を行い、風化に伴う化学組成の変化が変質鉱物の生成過程と一致してい

ることを確認する必要がある。また、本研究では全岩化学組成の主要元素組成についてのみ考察を行い、微量元素組成を使用した議論には至らなかった。風化生成鉱物である二次鉱物は層状ケイ酸塩鉱物であることが多い。したがって、LIL 元素（large ion lithophile elements）はこれらの鉱物に対して大きく影響される可能性があり、逆に HFS 元素（high field strength elements）は影響されないと判断される。一方、層状ケイ酸塩の形を取らない二次鉱物では、上述した微量元素の分配が逆になることも予想される。また、風化鉱物には非晶質鉱物も含まれ、これらに対する微量元素の振る舞いは明らかでない。したがって、微量元素の扱いは主要元素のように単純ではないと判断される。この課題を解決するには、今後、二次鉱物及び非晶質鉱物に対する風化過程での微量元素の分配を明らかにすることが重要であろう。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】花崗岩、化学的風化作用

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
（放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備）

深部上昇流体の分布・起源に関する研究

【研究代表者】風早 康平（深部地質環境研究センター）

【研究担当者】風早 康平、高橋 正明、高橋 浩、
竹野 直人、森川 徳敏、安原 正也、
稲村 明彦、佐脇 貴幸

【研究内容】

地層処分地の深度は300m 以深とされているため、表層から地下1000m 程度までの地下水系について研究する必要がある。しかしながら、これまで、地下300m 以深の地下水については、データが不足しておりその実態についてほとんどわかっていないのが現状である。本研究では、主に、300m 以深の温泉掘削によって得られる深層地下水、温泉水の研究を行い、地下深部の深層地下水の性状把握とマントル物質を含む深部上昇流体の影響等を評価することを目的としている。また、深部上昇流体は、その上昇量が極めてわずかであっても、例えば、10万年の超長期にわたる地層の安定性問題に重大な影響を与える。本研究では、大きくわけて以下の3つのサブテーマに分類される。

(1) 深部流体詳細調査

大阪府石仏、有馬温泉周辺（神戸）や中央構造線沿い（和歌山・奈良県）等で比較検討のため温泉・地下水・河川水・湧水の調査を実施し、約120ヶ所で水試料及びガス試料を採取した。これらの試料について、化学組成・水素・酸素同位体比の分析を行った。同位体分析の結果、多数の同位体比がシフトした地下水、温泉水等が見つかった。これらは、石仏周辺だけでなく、和歌山地域、中央構造線沿いの地域及びその周辺

部に見られ、有馬型熱水の寄与がこれらの地域で無視できない量であることがわかった。一方、新潟県松之山及び山形県月山地域より温泉水、湧水及び河川水試料合計16試料を採取し、化学分析及び水の水素・酸素同位体組成分析を行った。高塩濃度の温泉水の形成機構について、同位体地球化学的に考察し、3通りの場合、すなわち、古海水、火山性熱水、深部流体等の塩濃度の高い地下流体の混入を受けたもののいずれかであると推定し分類した。DIONEX社のイオンクロマト DX-500を導入し、陽イオン及び陰イオン合計13成分の分析条件設定を行った。また、試料濾過用フィルターから硝酸イオン、硫酸イオン等が溶出する問題について検討を行った。

(2) 深部流体検出の新手法開発

安定炭素同位体トレーサー法より得られた深部上昇流体の寄与に、どの程度の誤差が見込まれるのかを評価し、手法の適用性について解析した。測定誤差や個々のリザーバーの $\delta^{13}\text{C}$ の変動幅に起因する誤差が、この手法の誤差へ与える影響について誤差伝播の一般式を用いて評価した。この手法の誤差は、小さいものでは3.5%程であり、多くの試料について10%以内の誤差で解析が行えることがわかった。しかし、 CO_2 濃度が低い試料では非常に大きな誤差を示した。また、汎用連続フロー型炭素同位体比測定装置の測定条件の最適化のために、各種基礎測定を行った。神戸・芦屋・西宮市街地において採取した浅層-深層地下水について、希ガス用質量分析計(東大)によって、ヘリウム・ネオン濃度及び、ヘリウム同位体比($^3\text{He}/^4\text{He}$ 比)の測定を行った。井戸の深度が深いほど、ヘリウム同位体比と濃度が高いことがわかった。また、神戸地域における深部起源の端成分のヘリウム同位体比は、有馬温泉よりも低いことがわかった。この原因は、神戸地域では深層地下水が大阪層群中に長い滞留時間で存在しているため、長期にわたる岩石からの ^4He の付加によるものと思われる。ヘリウム同位体の特性を利用した非常に古い地下水の滞留時間推定法の開発について検討を開始した。一方、質量分析計による精密な地下水溶存ヘリウム同位体測定法の確立のため、希ガス精製装置による溶存ヘリウムの精製法を確立し、ヘリウム同位体質量分析計(英国 Micromass 社製 Model MM-5400He)を導入した。今後、分析条件を詳細に検討し、分析を開始する予定である。

(3) 深部流体の特徴

深部起源流体をトラップしていると考えられている鉱物に含まれる流体包有物を採取、分析するため、脈を含む石英及び方解石試料を高知県久礼から興津にかけての海岸沿い、安芸から室戸にかけての海岸沿い、和歌山県熊野川沿い及び紀伊半島西海岸にて採取した。これらの試料から石英脈を含む15枚の両面研磨片を作成し微小領域ラマン分光分析を行った。分析の結果、

メタン、窒素、二酸化炭素のガス種と炭質物(CM)が流体包有物に含まれることが明らかとなった。64個の流体包有物は9種類のタイプに区分し、生成環境について考察した。

近畿地方における深層地下水、温泉水の詳細調査により、石仏地域、和歌山、及び中央構造線沿いの地域に存在する地下水において、有馬型熱水と同様の水の水素及び酸素同位体及び Cl 濃度の特徴を有する流体の混入を受けているものが見つかった。これらの深部熱水の上昇による地下水系の汚染は、断層等の裂か系を通じて生じていると考えられていた。しかし、自然湧出している石仏地域では、断層は存在していないことが注目される。当該地域では、花崗岩体が地下に広く存在しているが、自然湧出の産状は花崗岩に存在する小さな割れ目を通じて生じていることが確認された。一方では、有馬-高槻構造線と同様に、中央構造線では、その場に存在する地下水系が高い割合で深部上昇熱水の影響を受けていることも示された。平成13年度の報告では、深部上昇流体の混入した深層地下水の範囲として1万 km^2 を確認したが、今回の研究結果はさらにその範囲が広がる可能性を示唆している。平成15年度も本詳細調査研究をさらに広範囲に実施し、深部上昇熱水の広がりや地域による性質の違い等を明らかにしてゆく必要がある。

会津地域及びその周辺の温泉水の調査では、その地下水の成因として、1) 海成層形成時に取り込んだ古海水、2) マグマ発散物等火成作用によりもたらされる水、3) 有馬型の深部上昇熱水、及び4) 油田鹹水(成因不明)あるいは粘土鉱物等の脱水により生成された水等が考えられた。さらにそれらは、地域の特徴もあり、成因との因果関係も推定することができた。これらの成因に関しては、1) 及び4) に関しては、非常に古い水が超長期にわたり保持されていることを示しており、地層の安定性が高いことを示している。一方、2) 及び3) に関しては、水そのものがマグマや地下深部からきている可能性があり、地層の長期的な安定性は低いことを示している。しかし、その証明のためには、今後、ヘリウム及び炭素同位体トレーサーの手法を用い、より詳細な調査を必要とする。実際には、これらの成因がまったく異なる温泉水についても、これまでは、その産状の地域の特徴や水質からグリーンタフ型温泉と区分されていた。つまり、既存の水質による温泉の区分については、地層処分の安全性評価の観点からすればまったく意味をもたないことがわかった。

極微量深部流体の検出手法開発については、土壌ガスを用いた炭素同位体トレーサーを用いた手法に関しては、誤差、精度も含めて評価手法を示した。今後、安定炭素同位体トレーサー法をガス試料だけではなく、水試料にも適用していく。そのためにも汎用連続フロー型炭素同位体比測定装置による実試料の測定を進める。また、低濃度の試料については、精度の良い寄与率の推定が行え

ないため、放射性炭素をインジケータに追加した手法を新たに開発する必要がある。また、ヘリウム同位体を用いた深部熱水の検出については、モデル地域である神戸において、マントル起源成分の空間分布とその特徴について多くの知見を得ることができた。神戸地域の深層地下水に付加される深部流体は有馬型と同様の化学的特徴を有しているが、ヘリウム同位体比は異なっている。この原因は、神戸の地下帯水層内で長期間滞留している間に放射壊変起源の ^4He が付加されたためである。どの程度 ^4He が付加されたかは、時間及び地下水の流動速度により決まる。今後、ヘリウム同位体トレーサを深部流体の検出のみならず、深部上昇流体のフラックス量測定、深部上昇流体を含む深層地下水の滞留時間の測定に用いることができるようにするための研究開発を続けてゆくことが重要である。

今年度導入したヘリウム同位体分析装置は、平成15年度に地下水溶存希ガスの精密分析のための基礎データとして標準大気、標準ヘリウム試料及び、標準水の分析により分析精度の評価を行う予定である。流体包有物を用いた深部流体の研究に関しては、メタンに富む一相の流体包有物がしばしば炭質物を含むことを見出した。また、そのピーク幅は周囲の碎屑性炭質物に比べて狭く、メタンの $\nu_{1\text{CH}_4}$ バンドはメタン蒸気の 2917cm^{-1} より低波数側にシフトしていることが見出された。このような流体包有物中のメタンと炭質物の関係について、メタンからの直接的な炭質物の沈澱や炭質物からの熱分解によるメタンの生成は想定しがたく、おそらく炭質物はメタンとともに移動して、トラップされたのではないかと考えられる。この場合、水みちを通じてメタンや炭質物の移動がおこなわれたことになり、地下水への還元剤の注入フラックスとしてどの程度影響を及ぼしうるのかが今後論じられる必要がある。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】深部流体、温泉水、同位体、希ガス、ヘリウム

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

温泉の水質特性と起源に関する研究

【研究代表者】高橋 正明(深部地質環境研究センター)

【研究担当者】高橋 正明、風早 康平、高橋 浩、森川 徳敏、安原 正也、稲村 明彦

【研究内容】

地層処分の想定深度である300m以上に達する温泉開発目的のボーリング調査が、近年日本各地において行われている。これまで温泉が存在していないと考えられていた堆積岩地域や、硬質岩地域においても、多数の新しい温泉が確認されはじめている。本研究は、これらの温

泉の地球化学的性状の詳細な調査、起源や形成機構の解明を様々な地質地域において実施することにより、これまでほとんどデータが存在しなかった深部地下水系への深部上昇水等の混入の実態、流量等の情報を収集し、地層処分地の適正評価のための基準作成に資するものである。

平成13年度に阿武隈地域(福島県浜通～中通)及び東海東部地域(愛知県東部、静岡県西部、山梨県西部及び長野県南・中部)より採取した温泉水及び湧水試料250試料の陽陰イオン13成分一斉分析を行った。関東山地地域(長野県中・東部、東京都、千葉県、埼玉県、群馬県、栃木県及び茨城県)及び福島西部地域(福島県中通～会津)にある深部流体あるいは長期に停滞している水を起源としている可能性があると考えられる食塩泉を、各種温泉情報より抽出し、そのうち200ヶ所より温泉水及び湧水試料の採取を行った。関東山地及び福島西部地域より得られた水試料200試料の水素・酸素同位体組成分析を行った。また、関東山地地域より得られた水試料100試料の陽陰イオン13成分一斉分析を、本年度導入したイオンクロマト DX-500により行った。

有馬、石仏等の深部流体起源の温泉水及び北海道平野部、関東平野、仙台平野-古川盆地、新潟平野-秋田平野等の油田鹹水等深層熱水(長期に停滞している水)起源の温泉水の既存化学組成、水素・酸素同位体組成データとの比較を行い、各地域の温泉水の供給、形成機構について検討を行った。

阿武隈及び東海地方東部地域の合計362ヶ所より温泉水試料、湧水試料を採取し、水温、化学組成及び水の水素・酸素同位体組成の分析を、イオンクロマトグラフ、質量分析計等を用いて行った。東海地方東部地域では、中央構造線及び糸魚川-静岡構造線に沿った各所で、有馬型深部上昇水が寄与する温泉の存在が明らかになった。また、両構造線の周辺地域あるいは延長上に当たる地域でも、深部上昇水の寄与の想定される温泉が存在している可能性が考えられた。さらに、阿武隈、東海地方東部両地域には海水あるいは第三系中に胚胎している塩水を起源とする可能性が考えられるいくつかの温泉が存在することも明らかになった。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】温泉、化学組成、同位体

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

地熱地域の水質・温度分布と岩石変質

【研究代表者】関 陽児(深部地質環境研究センター)

【研究担当者】関 陽児

【研究内容】

放射性廃棄物の地層処分問題を扱う際に、地下水と周

囲の岩石との相互作用に対する理解は、必要不可欠なものである。本研究は、高温の地下水と岩石との相互作用（地熱変質）が、地熱系の発達にともなってどのように変化して行くかを明らかにすることを目的とする。対象とした地熱系は、福島県河沼郡柳津町西山地域に位置する奥会津地熱系である。同地熱系は、高温・高ガス濃度・高溶存成分濃度で特徴づけられる裂隙規制型の地熱系であり、その貯留槽深度における実測温度は300℃以上、全放出流体中のCO₂は1wt%、全溶存成分濃度は2wt%に達する（関、1996）。

奥会津地熱系の研究対象としての利点は、国内の他の高温の地熱系と比較してその高温部の空間的広がり小さくかつ独立しているため、地熱系全体を理解するのに適している点にある。本研究では、このような特徴をもつ奥会津地熱系を対象に、地熱系の発達に伴う水質や温度構造の変化、及びそれらと母岩との相互作用の産物である地熱変質帯の変化の実態を明らかにした。本研究では、昨年度までに実施されてきた1) 地熱系内外の岩石中の変質鉱物の記載、変質分帯、2) 代表的変質岩の全岩化学分析及び変質帯ごとの化学成分収支の算出（関、2000、2002）、3) 熱水性鉱物中の流体包有物の均質化温度の測定に引き続き、4) 計算コードを用いての地熱流体の沸騰や冷却に伴う変質鉱物に関する熱水の化学的飽和度の挙動について計算を行い、5) それらの結果の総合的な解析を実施した。奥会津地熱系における代表的な二つの坑井から噴出する地熱流体を対象として、代表的な変質鉱物20種以上に関する化学的飽和度、すなわちLog(Q/K)（Q：活動度積、K：平衡定数）を、様々な温度、ガス濃度条件において算出した。計算には、熱力学計算コードPECS（竹野、1988）を使用した。対象とした坑井84N-2tは、噴出試験や蒸気生産が開始する以前の、本格的な貯留層内沸騰が生じていない状態での地熱流体の分析データをもつ唯一の坑井である。もう一つの坑井84N-1tは、その位置や噴出流体の温度が低いこと等から、地熱系縁辺部の流体を噴出した坑井と考えられる。84N-2tの全放出流体組成に対して、奥会津地熱系で産出する変質鉱物の飽和度を計算すると、実測最高温度付近の300℃で、主要な変質鉱物である石英、イライト、緑泥石、硬石膏に関する飽和度が全てゼロとなる。したがって、84N-2tで代表される本地熱系の貯留層熱水は、300℃付近で前記鉱物群と化学平衡に存在することにより、その化学種組成が決定されていると考えられる。この84N-2tの地熱流体が、ガス濃度が1/10に低下する脱ガス沸騰により50ないし100℃温度低下すると、緑泥石が不飽和、イライトが過飽和な状態に移行する。これは、流体包有物均質化温度から沸騰が予想されているイライト帯の形成条件を示している可能性が高い。84N-1tの全放出流体組成に対して、奥会津地熱系で産出する変質鉱物の飽和度を計算すると、実測最高温度付近の250℃において、主要変質鉱物の飽和度は過飽和か

ら不飽和まで多様性を示す。また、それらの飽和度がゼロに収束する温度は見い出されない。実測最高温度付近では、石英、イライト、カオリナイト、炭酸塩鉱物が過飽和を示すことから、同坑井から噴出した地熱流体が、カオリナイト帯を形成したと解釈することが可能である。

奥会津地熱系の水質・温度構造の変化と、それにより生じた母岩の変質の形成過程は、以下のとおりまとめられる。

(1) 地熱系の活動開始当初

開放裂隙を通じた地熱系下部と地表との水理的連絡が良好で、地熱系の地下の様々な深度で活発な貯留層内沸騰が生じた。沸騰で分離したCO₂やH₂S等の酸性ガスは、より上位の相対的に低温の地下水塊に再溶解することにより、地表付近や中間深度に酸性粘土化変質帯を形成した。貯留層内の沸騰領域の一部では、イライトを特徴鉱物とする中性変質帯がAuの沈澱を伴いつつ形成された。

(2) 難透水帯形成期

主として酸性粘土化変質帯の成長に伴い、地表付近と中間深度に難透水帯が形成された。それにより、深部から上昇する地熱流体の地表への流出が徐々に制限されると同時に貯留層圧が上昇し、ついには大規模な貯留層内沸騰は終息した。

(3) 難透水帯形成後

上位に難透水帯が存在するため、高温の地熱流体が貯留層深度に長時間滞留することにより、貯留層深度周辺の高温度領域が徐々に拡大した。それに伴い、硬石膏を特徴鉱物とする中性変質帯の分布範囲が拡大した。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] 奥会津地熱系、熱水変質、流体包有物、地熱貯留層、解法裂隙系、変質鉱物飽和度

[研究題目] 核燃料サイクル施設安全対策技術調査
（放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備）

変質の種類と地質変動要因に関する研究

[研究代表者] 濱崎 聡志(深部地質環境研究センター)

[研究担当者] 濱崎 聡志

[研究内容]

地質特性変化の典型として岩石の変質があげられる。変質鉱物特に粘土鉱物はその物性によって吸着能力が高く、地下水中の化学種が割れ目沿いやその近傍の変質鉱物に吸着、固定される可能性が考えられる。このため岩石の変質は地質特性変化を特徴づける上で非常に重要である。したがって変質に関する岩石鉱物学的検討、及び地質事象の過程において変質作用が生じるメカニズムを把握することは、地質変動による地質特性変化を抽出する上で不可欠である。

一方、地質特性に影響を及ぼすと考えられる地質事象の中で、火成活動の影響が大きいことは言うまでもない。従来、火山活動の影響範囲は10-15kmとされている。しかし、火山活動は広範囲の熱水系を伴うことも多く、これには断層等の周辺地質構造やもっと大規模なテクトニックセッティング等、火山活動以外の要因も考慮に入れなければならない可能性がある。数100mの比較的浅い地表下で熱水系を形成する可能性のあるマグマ活動には、カルデラ、複成火山、単成火山、貫入等があげられる。これらのうち、カルデラや複成火山は大規模なマグマ活動のケースが多いため、ひとたび生じれば周辺の地質環境に大きな破壊をもたらす、噴出物によって周辺のかなりの範囲を覆ってしまうことがある。したがって、これらは火山活動の観点からの検討がより重要であろう。これに対し、単成火山やマグマ貫入は規模は大きくないが出現頻度は高く、地下のマグマ溜りを予見させるような熱水活動を伴うこともある。したがって、熱水系の形成に及ぼす火山活動の影響という観点からは、単成火山(群)や貫入火成岩等地表において比較的小規模なマグマ活動も検討対象として重要である。

以上の観点から本研究では、火成活動に伴う熱水・化学種による岩石の変質が地質特性変化に及ぼす影響程度・範囲や各々の過程について調査、研究を行う。特に変質帯の岩石鉱物学的及び地球化学的手法から変質作用の特徴を、また変質帯と火成岩の時間的空間的分布及び周辺の地質構造との関係から、地質条件や地質変動がマグマ-熱水系に及ぼす影響等に関する解析と考察を目的としている。

九州北西部には流紋岩を主とする鮮新世の珪長質火山岩が一時期に各地で噴出、点在し、火山群を形成している。これらの地域では広範囲の熱水活動を伴い、化石地熱系を形成している。平成13年度に熱水変質帯は大局的に火山地域内で同一方向に配列する傾向を示したことを踏まえ、本年度は、地表下の熱水系形成に影響を及ぼした火山活動及び地質構造的要因を解析するため、1)流紋岩を中心とする火山岩類の地質・岩相及び熱水変質帯の分布調査、2)新鮮な珪長質岩石から様々な程度に熱水変質を被った岩石の鉱物組成と化学組成分析、3)変質岩中の粘土鉱物について安定同位体的手法より熱水系の形成と火成活動の関連の検討、4)変質帯の分布及び粘土鉱物のK-Ar年代から火山活動と熱水系の時空関係の解析をそれぞれ行った。

本地域において約15-20km四方に点在する珪長質な火山活動は広範囲にわたり熱水変質帯を伴っているが、それらは散点的かつ大局的には北北西-南南東方向に配列して分布する傾向が見られ、かつて稼行された浅熱水性の含金石英脈鉱床の脈方向も変質帯の配列と調和的である。したがって、これらの要因として、本地域に分布する北北西-南南東方向の断層が影響を及ぼしている可能性が考えられる。熱水による弱変質から強変質にかけ

て、ハロサイト、スメクタイト、混合層鉱物、カオリナイト、セリサイトの順に粘土鉱物が出現していく。特に有田流紋岩分布域の南半部はセリサイトもしくはカオリナイトが広範囲にみられ、本地域において熱水活動が最も活発な地区であったことを示している。

変質岩中の熱水性セリサイトの酸素、水素の安定同位体比は、全ての試料において水素同位体比は-80~-65‰の間に入りほぼ一定であった。酸素同位体比は、有田地域で+9‰、有田から北方(白川、竜門)に向かい+7‰、有田から南方(古木場、小樽郷)に向かい+3‰まで軽くなり、波佐見地域で+4‰と再度若干重くなっている。また、有田流紋岩類最末期の黒雲母流紋岩ドームが2.43MaのK-Ar年代(黒雲母)を今回示したことから、セリサイトのK-Ar年代によると、有田地域の熱水活動は珪長質なマグマ活動の直後、変質の最も強い地域で2.2~2.1Maまで(有田、金山岳)、北方および南方に約5km離れた地域で2.0~1.8Maまで(白川、竜門、古木場)続いていたことがわかる。したがって、熱水活動は有田地域から北方及び南方へ時間的にも空間的にも広がっていったと考えられる。

本地域の熱水変質帯は珪長質火山地域内で北北西-南南東方向に配列して分布することが明らかとなった。本地域には、北西九州に特徴的な北北西-南南東方向の広域的な断層が多く分布している。これらの断層が熱水の上昇通路を規制する要因となった可能性は十分ある。したがって、マグマ活動による熱水系の形成には、広域的な地質構造が珪長質マグマの貫入あるいはその後の熱水活動に大きな影響を及ぼす可能性があると考えられる。このことをさらに検討するため、平成15年度は対象範囲を移動、拡大し、平成13-14年度の調査地域との比較検討を行う。

また、これらの熱水系を駆動した珪長質マグマの地質学的及び地球化学的な性格付けを行う必要がある。そのためには、変質岩のみならず、流紋岩自体の岩石化学的特徴を明らかにする必要がある。さらに変質帯と火成活動との時間的空間的關係から周囲の地質条件や地質構造がマグマ-熱水系に及ぼす影響範囲、程度を明らかにすることが重要となる。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】火成活動、熱水変質作用、地質構造

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)
乾燥地域および湿潤地域における地下水の化学組成の比較

【研究代表者】月村 勝宏(深部地質環境研究センター)

【研究担当者】月村 勝宏

【研究内容】

放射性核種は水に溶けて移行するので、この移行量を計算するには、地下水の流量及び地下水中の核種の濃度が必要である。このうち地下水中の核種の濃度は、地下水の水質（pH, Eh, 陰イオン濃度）に依存するので、地下水の水質を推定する必要もある。そこで、湿潤地域と乾燥地域で河川水の水質がどのように異なるかについて文献調査を行った。河川水は、表層の地下水が地表面に現れたものなので、河川水の化学組成は、表層の地下水の化学組成を表していると考えられる。乾燥か湿潤かの指標としては、流域単位面積当たりの河川流入量を用いた。検討したイオンまたは分子は、 Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SiO_2 である。

Na^+ 濃度は1ppm から1000ppm である。湿潤地域では大部分が1ppm から10ppm の範囲にあるが、乾燥地域では大部分が30ppm から500ppm の範囲に入る。 K^+ 濃度は1ppm から10ppm である。湿潤地域では大部分が1ppm から10ppm の範囲にあるが、乾燥地域のリオグランデ川では80ppm となっている。 Ca^{2+} 濃度は1ppm から100ppm である。湿潤地域では1ppm から100ppm と広い範囲にあるが、乾燥地域では100ppm 近傍に入る。これは、濃度が高くなると炭酸カルシウムとして沈澱するために100ppm よりも濃度が高くなりにくいためである。 Mg^{2+} 濃度は0.1ppm から3ppm である。湿潤地域では0.1ppm から1ppm と広い範囲にあるが、乾燥地域では1ppm から3ppm までの中に入る。これは、濃度が高くなると炭酸カルシウムと共沈するために3ppm よりも濃度が高くなりくいいためである。

Cl^- 濃度は1ppm から200ppm である。湿潤地域では大部分が1ppm から10ppm の範囲にあるが、乾燥地域のリオグランデ川では200ppm となっている。 SO_4^{2-} 濃度は1ppm から300ppm である。湿潤地域では大部分が1ppm から20ppm の範囲にあるが、乾燥地域では200ppm 前後となっている。 HCO_3^- 濃度は10ppm から300ppm である。湿潤地域では10ppm から200ppm と広い範囲にあるが、乾燥地域では100ppm から200ppm と狭い範囲に入る。これは、濃度が高くなると炭酸カルシウムとして沈澱するために200ppm よりも濃度が高くなりくいいためである。

SiO_2 濃度は10ppm から200ppm である。湿潤地域では10ppm から200ppm と広い範囲にあるが、乾燥地域では100ppm から200ppm と狭い範囲に入る。これは、非晶質シリカの溶解度100ppm を越えると、非晶質シリカとして沈澱するために200ppm よりも濃度が高くなりくいいためである。

一般に、溶存化学種の濃度は、乾燥地域で高い。これは、乾燥地域では蒸発量が多いために、濃度が高くなるためと考えられる。また、乾燥地域の方が地下の滞留時間が長いために、岩石と反応する時間が長く溶存種濃度が高くなるとも考えられる。

Na^+ , K^+ , Cl^- 濃度、 SO_4^{2-} では、降雨量と溶存化学種

量とは反比例の関係にある。これらの化学種は、乾燥地域で高濃度になっても、固体として沈澱しにくい化学種である。一方、 Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , SiO_2 は、乾燥地域であっても、濃度があまり高くない傾向にある。これらの元素は濃度が高くなると固体として沈澱する性質があるからである。

日本のような湿潤地域では、降雨起源の地下水の溶存イオン濃度は一般に低い。このため、放射性核種が陰イオンと錯体を作りにくいと言える。地下水が降水起源である限り、陰イオンと錯体を作って放射性核種の溶解量を上げにくいと言える。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】地下水、化学組成、乾燥地域

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査

（放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備）

断層の長期変動に関するデータファイル作成と地域区分・時系列解析

【研究代表者】杉山 雄一(深部地質環境研究センター)

【研究担当者】杉山 雄一、伏島 祐一郎、吉岡 敏和

【研究内容】

断層の長期変動を予測するためには、第四紀に活動を繰り返している活断層の活動史や3次元形状等に関するデータを収集・分析し、普遍的な規則性と個々の断層の特性を分離・抽出することが不可欠である。このような作業を効率的に行うためには、活断層に関する各種の情報を一定のフォーマットに基づいて整理し、データベース化する必要がある。このため、本研究では、活断層のデータベースの基本設計を行うことを主な目的とする。この目的に向け、平成12～13年度には活断層文献書誌データベースを設計し、我が国の活断層・活構造に関する文献を網羅的に収集・整理し、データベースに収納した。

平成14年度には、地図上に表示した活断層線や調査地点から、活断層調査結果を引き出せる「活断層調査データベース」の基本設計を行った。また、断層の長期変動の評価と特に関係の深い反射法探査結果に特化した「反射法地震探査データベース」の試作を行った。

「活断層調査データベース」については、まず GIS ソフトを必要としない一般公開用のデータベースを設計し、有馬-高槻構造線断層系をモデル断層として、データベースの試作を行った。データベースシステムの構築に当たっては、Microsoft Visual C++ 6.0 SP5 Professional を用いた。また、使用したデータベースエンジンは、Microsoft Access 2000である。動作環境は、OS: Windows 98以降、CPU: Pentium II 400MHz 以上、メモリ: 64MB 以上、ハードディスク空き容量: 300MB 以上と、低レベルに抑えた。

「反射法地震探査データベース」は、インターネット

上で探査結果の閲覧・引用が可能な html 形式とした。各探査結果へのアクセスは、断層名、探査地域名、地図上に表示した断層から各々行えるようにした。それぞれの探査について、探査場所・測線長・発振点間隔・受振点間隔・振源等の探査仕様、データ処理、解析結果等の概要を記述したテキストを作成した。データベースに取り込む画像情報は、測線位置図、時間断面図、深度変換断面図、解釈断面図等、探査結果の理解に必要な基本的なものに限定した。

平成14年度には、一般公開用の活断層調査データベースと反射法地震探査データベースの設計を行うとともに、一部の活断層について、データ入力を開始した。平成15年度には、これらのデータベースの改良と入力を進めるとともに、活断層研究センターにおいて構築を進めている全国主要活断層の地震発生可能性の評価を目的とする活断層評価データベースとの融合を図る。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】活断層、データベース、反射法地震探査

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

地層特性空間分布変化の地質構造要因に関する研究

【研究代表者】山元 孝広(深部地質環境研究センター)

【研究担当者】山元 孝広、牧野 雅彦、渡辺 史郎

【研究内容】

活断層は平面地図上では単なる線として表現されるが、構造地質学的には地下10~20km 程度の地震発生領域から地表に達する面として捉えるべきものである。またその面(断層面)も固定したものではなく活断層の成長に伴い断層面位置の移動(マイグレーション)が起こることが知られている。特に震源域と地表に現れる地震断層の位置が水平的に離れた断層では断層面の傾きが低角度であるため、地表付近のマイグレーション量や副次断層出現範囲も垂直な断層より大きくなる。活断層調査は1995年兵庫県南部地震以降日本各地で実施されているが調査目的が防災であるため、調査対象は地表に近い地下浅部に限られている。そのため、マイグレーション過程が解析できるような深度と精度を持った地下構造のイメージングは、千屋断層(1896年陸羽地震)の探査結果等の見事な事例を除くとほとんど実施されていない。本研究で今年度から取り上げる福島県西部の会津盆地西縁活断層帯は典型的な逆断層であり、最新の地震断層位置(1611年地震断層)が主断層と大きく離れた位置にある。それゆえマイグレーションを伴う断層発達過程を探る対象として最適である。平成14年度はまず反射法地震探査により地下数 km までの活断層帯の横断面を明らかにする。来年度以降にはボーリング調査と地表踏査による断

層の変位・移動履歴を特定、精密重力探査による地下構造の空間的広がり把握、水文地質学的調査による活断層周辺水理構造の解明を順次行い、活断層影響範囲のモデル化につなげる。

福島県河沼郡会津坂下町~耶麻郡高郷村の道路沿い測線長10km の1測線で、反射法地震探査を実施した。波動種別はP波で、発振点間隔を20m、受振点間隔を20mとし、発振位置の前/後=50/20ch の振り分け展開とした。同時収録チャンネル数は70ch 以上(最大受震距離、約1000m)、標準水平重合数は35重合になっている。標準震源には大型パイプレーター1台を用い、道路幅が狭く大型パイプレーターによる発震が困難な区間はインパクトを使用している。受震器には速度型地震計(固有周波数10Hz、9個グループ/CH)を、探査記録装置にはデジタル・テレメトリー型地震探査機(24ビット A/D 変換)を用い、垂直重合数が5回以上になるよう発震点毎の取得データを確認し調整している。データ収録時間は2秒で、サンプリング間隔は2ミリ秒である。探査記録のデータ処理は、通常の基本処理(共通反射点重合法による反射法データ処理)を行い、時間断面図及び深度断面図を作成した。

反射法地震探査測線沿いには、下位より基盤の花崗岩類、中新世の荻野層、漆窪層、塩坪層、中新世から鮮新世の藤峠層、後期鮮新世の和泉層、前期更新世の七折坂層、及び中期更新世の塔寺層が分布する。本測線では、2条の断面が認められ、このうち最も東側の断層が1611年地震断層を含む会津盆地西縁に相当する。この断層は西上がりの逆断層であり、上部は撓曲変形となっており、少なくとも七折坂層以下では反射面はほぼ平行に撓曲変形を示すことから、この断層の活動開始時期は七折坂層堆積以降の中期更新世のある時期と考えられる。もう一つの中央部の断層も同様に西上がりの逆断層で、七折坂層以下の地層に大きな変形を与えている。この断層は活断層としては認定されていないものの、第四紀期間中も活動を繰り返したことは確実である。基盤を基準にしたおおよその垂直断層変位量は約800m で、東の断層の撓曲変形よりもはるかに大きい。このような構造から判断すると会津盆地西縁活構造の主断層はむしろ活断層とは認定されていない中央部の断層であり、1611年地震断層を含む東側の断層は第四紀の比較的最近に活動が東へ約5km 移動したことにより出現したものであることが明らかになった。来年度以降は1611年地震断層の東でのボーリング調査により断層活動移動時期の特定、精密重力探査による各断層の空間分布の把握を実施する必要がある。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】活断層、マイグレーション、会津盆地西縁、地震波探査

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査

(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

断層運動とそれに伴う諸現象の研究

【研究代表者】 小林 健太(深部地質環境研究センター)

【研究担当者】 小林 健太、杉山 雄一、伏島祐一郎

【研究内容】

2000年鳥取県西部地震(M7.3)は、確実な活断層が認められない地域で生じた大規模な内陸型地震である。この地震の後、空中写真判読により、震源域に左横ずれを示すリニアメント群が判読された。また、地表踏査により、それらに沿った多数の断層露頭の存在が示された。しかし、リニアメント群の配置は地表地震断層の配置と完全に一致するわけではなく、断層露頭の記載も構造地質学・構造岩石学的な視点からみて十分とは言い難い。

本研究は、震源域とその外側地域をカバーする広域地表踏査を行い、構造要素を漏れなく記載し、その結果を余震分布や断層モデルと比較することにより、震源域に分布する断層の特性を抽出することを主な目的とする。さらに、震源域の外側に分布する断層との違いを検討することにより、地形学的には検出が困難な活動性の低い断層を地質学的に認識できるかどうか検討することをさらなる目的とする。

鳥取県西伯郡西伯町を中心に、同郡会見町、日野郡日野町・日南町・溝口町及び島根県美郷郡伯太町にわたる、北西-南東約17km・北東-南西約12kmの範囲において、詳細地表踏査を行った。その結果、以下の諸点が明らかになった。

(1) 断層ガウジ帯の分布と性状

震源域では6-10枚/5mの密度でガウジ帯が形成されており、特に震源域中央部では11枚/5m以上の密度を示す露頭が存在する。震源域から離れたところでは全般にガウジ帯の発達は低調であることが判明したが、震源域北東縁の日野川流域では震源域から離れるほど密度が高くなる。ガウジ帯の幅は1-10数cmにわたるが、比較的幅の広いものは震源域中央部と調査地域北東縁部に限って認められた。ガウジ帯の色は、震源域中央部では白ないし黄色系(還元色系)が90%を占めるのに対して、震源域の外側では赤色系(酸化色系)が69%を占め、有意な違いが認められた。

(2) カタクレサイト帯の分布と性状

震源域内の5地点においてカタクレサイト帯を確認した。震源域の外側ではカタクレサイト帯は認められなかった。震源域南東部の日野町根妻では面状カタクレサイト帯が認められた。このカタクレサイト帯は黒雲母の底面すべりによる伸長と斜長石の変質による粘土鉱物化を特徴とする。このカタクレサイト帯の走向・傾斜はN24°W・66°SWであり、左横ずれの剪断センスを示す。

(3) 岩脈の分布

震源域では6-10枚/100mの密度で岩脈が形成されており、特に震源域中央部では11枚/100m以上の密度を示す露頭が存在する。震源域の外側では岩脈の発達は低調であるが、調査地域北東縁部では6-10枚/100mの高い密度となる。このような岩脈の分布は、断層ガウジ帯と分布の特徴とよく似ている。

平成14年度の調査により、鳥取県西部地震の震源域直上とそれから離れた地域とでは、断層岩(ガウジ・カタクレサイト)の発達密度・幅・色相に差があることが確認された。断層ガウジよりも深部領域で形成されたと考えられるカタクレサイトは、震源域直上に限って産することが明らかになった。これらの結果は、地形学的には検出が困難な活断層を地質学的手法によって認識する調査体系の確立へ途を拓いたといえる。

【分野名】 地質・海洋

【キーワード】 鳥取県西部地震、カタクレサイト、断層破碎帯、断層ガウジ、リニアメント

【研究題目】 核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

岩石破壊・変形メカニズムの検証と定量化に関する研究

【研究代表者】 成田 孝(深部地質環境研究センター)

【研究担当者】 成田 孝、高橋 学

【研究内容】

石油の地下備蓄施設や、地下揚水発電所、高レベル放射性廃棄物処分施設等の大規模地下空間利用施設の安定性・安全性を検討するために、設備建設予定場所の原位置地圧の測定が建設に先だって行われることが多い。しかし、建設の可否の見極めは、事前の応力測定によって判断できるが、その後の安定性・安全性の検討のためには事前の一時的な応力計測のみならず、建設後の施設周辺の応力変化を長期的に計測することが重要になってくる。従来、ボーリング孔を用いて、応力の測定を行う場合、直接応力の大きさを流体圧力によって測定する水圧破碎法、ボーリングコアが原位置で受けている応力が解放される時の歪量を測定して、岩石の物性値から計算で求める応力解放法が、原位置応力の測定に用いられる代表的な方法である。この中で、前者の水圧破碎法については、測定時に測定箇所岩盤に何らかのダメージを与える可能性があるために、施設建設終了後の施設の長期的な安全性や安定性が問題となる場合には、計測手法としては好ましくない。そのため、施設建設を前提とした場合の原位置応力計測には、原位置岩盤にダメージを与えない応力解放法が、測定手法として選択されることが多い。しかし、この手法は計測のために歪ゲージを用いるため、計測箇所に水分が多く存在するような場所では、

測定用歪センサーを測定個所に固定することが非常に困難となる場合があり、測定自体も電氣的に行われるため、装置の絶縁不良等を招きやすいという点がある。さらに、これらの手法はいずれも測定時の原位置応力を求める手法であり、その後の応力変化を長期間測定する手法ではない。応力の変化を連続的に測定する手法には、歪ゲージを用いる手法もあるが、水分が存在する雰囲気では同様な理由で測定が非常に困難となることが予測される。

以上のような状況から、応力測定個所に電氣的な測定手法を用いず、測定装置の応力測定場所への固定にも、接着剤やモルタル他による埋設等の手段を必要としない応力変化測定装置の試作・開発を行い、長期間にわたる応力変化測定システムの完成を目指す。

平成13年度に、応力変化測定装置の試作を行った。今年度は、その応力変化測定装置の一部に改良を加えた。さらに、この改良を加えた応力変化測定装置に対して、実験室内においてキャリブレーション試験を行った。試作・改良を加えた応力変化測定装置は、ボアホール径76mmのボーリング孔に用いることを前提として設計されている。そのためキャリブレーション試験は、76mm径のボーリング孔を開けた（貫通）1辺20cmの角柱供試体（来待砂岩）を用い、そのボーリング孔の軸方向の中央に応力変化測定装置を設置して、材料試験機により一軸状態で荷重を載荷し実施した。角柱供試体側面（ボアホール軸に平行な対面2面）には歪ゲージを載荷軸方向に接着し、ボアホール内には載荷軸方向歪みと、水平方向歪みを計測できるようにクロス歪ゲージをFRPでモールドしたゲージをセットしてある。

平成13年度に試作した、油圧を利用した応力変化測定装置に対して、装置の構造に一部改良を加え、外部環境変化に対する計測値の安定性を確保できる構造とした。さらに、初期の応力変化測定装置内設定圧力を2MPaから10MPaまで2, 4, 6, 8, 10MPaと変化させて、76mm径のボーリング孔を開けた（貫通）1辺20cmの角柱供試体（来待砂岩）を用い、そのボーリング孔の中に油圧セルを設置して、材料試験器により一軸圧縮状態で荷重を載荷して、室内でのキャリブレーション試験を行った。

この結果、試作した応力変化測定装置は室内実験では、応力変化測定装置として充分使用できるという結果を示した。また荷重と歪が良好な線形関係を示すために、今回の500kNまでの荷重範囲内では、歪測定装置としての利用も可能である事が判明した。平成15年度には、本応力変化測定装置の角柱供試体内へのセット方向を水平、45度傾斜と変化させて、同様のキャリブレーション試験を行い、応力載荷方向の違いによる、本応力測定装置の感度試験を実験室で行うとともに、原位置でのキャリブレーション試験も行いたい。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】原位置地圧、応力測定、応力変化、油圧、キャリブレーション試験、歪計

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
（放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備）

水飽和状態における岩石の変形・破壊プロセスとメカニズムの解明

【研究代表者】富島 康夫(深部地質環境研究センター)

【研究担当者】富島 康夫、高橋 学

【研究内容】

岩盤の長期安定性を評価するためには岩石の変形・破壊について十分理解しておく必要がある。特に地下水等により岩盤が湿潤状態にある場合は、岩石内部の間隙水の影響で極めて複雑な挙動を示すことが考えられる。そのような湿潤状態の岩石の変形・破壊について明らかにするためにも、水飽和状態における岩石の変形・破壊プロセスとメカニズムについて把握することが必要不可欠である。そのためには局所的な間隙水挙動についても把握しておく必要があるが、土木、資源開発等の様々な分野で研究が行われている岩石の透水性や間隙水圧では局所的な間隙水の移動や水圧の変化について言及したものはほとんど見当たらない。本研究は、間隙水の影響を明らかにすることを目的とし、乾燥状態及び水飽和状態の試料を用いて封圧下における室内三軸圧縮試験を行い、その変形・破壊挙動の解析を行った。さらに局所的な間隙水挙動が岩石の変形・破壊挙動に与える影響を明らかにするために、変形・破壊過程での岩石試料の径方向の弾性波速度及び振幅変化の測定を試みた。平成13年度には空隙率の高いベレア砂岩を用いた室内三軸圧縮試験を行い、間隙水の排水、非排水状態における岩石の変形・破壊挙動について考察するとともに、封圧の影響についても検討した。その結果を受けて平成14年度には、同砂岩の3軸圧縮試験時における透過弾性波を測定し、速度及び振幅変化と間隙水挙動の関係について言及した。

三軸試験は水飽和状態の直径30mm、高さ60mmの円柱形ベレア砂岩を用い、封圧下において実施した。供試体の変形・破壊挙動を測定するとともに、変形・破壊挙動と弾性波特性との関係を明らかにすることを目的として、径方向に伝播する透過弾性波の振幅および速度変化を計測した。弾性波測定は発振周波数600kHz、1分間隔で行った。封圧に関しては12MPa、24MPaの2通り、間隙水に関しては排水、非排水状態の2通りの合計4通りの実験条件で計測を行った。設定温度は25℃、変位速度は0.02mm/sとし、最大応力値が確認された後応力変化が小さくなり、完全に破断面が生じたことが確認できるまで計測を続けた。その結果、非排水状態に比べて排水状態の方が振幅の減衰率が高いことが分かった。排水状態においては、き裂の発生・拡大に伴い空隙内部の水が試料外部に移動し、伝播経路上の空隙やき裂の一部に空気が侵入するため、岩石-空気あるいは水-空気の境界が生じ、減衰が大きくなると考えられる。それに対して

非排水状態においては、空隙やき裂内部に空気が侵入することが無いため、排水状態と比較して減衰が小さいと考えられる。また、排水状態では横ひずみが生じるとともに振幅が減衰するが、非排水状態ではひずみがある程度進んでから変化が生じる。排水状態では振幅増加に寄与する空隙閉塞の割合が比較的早いひずみ状態で少なくなり、逆にき裂の発生・拡大の影響が大きくなる。それに対し、非排水状態では水の存在によりき裂の発生・拡大が進みにくくなるため、振幅減少を小さくする効果が生じると考えられる。さらに排水状態においては、振幅変化と横ひずみの関係は封圧によらずほぼ同じであるが、非排水状態においては、封圧により異なる変化を示している。横ひずみが小さい範囲では封圧によらずほぼ同じであるが、封圧24MPaの場合ではひずみが-0.06%程度から、それまでほぼ一定であった振幅が減少に転じている。-0.06%以上になると空隙の閉塞効果より、微小き裂の発生・拡大が優位になるためといえる。12MPaの場合は振幅は破断直前に増加する。振幅が増加する理由としては、圧縮による空隙の閉塞が考えられるが、破断直前に空隙閉塞量が増加するとは単純に考えられず、そのようなメカニズムあるいはそれ以外の原因についてさらに検討する必要がある。

水飽和状態のペレア砂岩を用いて、室内三軸圧縮試験による変形・破壊過程における径方向の弾性波特性変化の測定を行った。その結果、三軸圧縮試験により生じる破断面を横切る経路の弾性波振幅変化、速度変化が大きいこと、速度変化と比較して振幅変化の方が変形破壊時における変化の大きいことが分かった。また、間隙水圧を開放した排水状態と、変形に伴って間隙水圧が変化する非排水状態とを比較した場合、封圧、伝播経路によらず、振幅の変化は排水状態の大きいこと、排水状態においては、振幅の変化と横ひずみの関係は封圧、伝播経路によらないことが分かった。両者では変形破壊時に岩石内部で生じる挙動が異なり、弾性波特性に与える影響も異なる。平成15年度は弾性波測定実験を継続しデータの蓄積を行うとともに、個別要素法を利用した2次元シュミレーション解析を行う。特に岩石の変形・破壊過程における間隙水の移動、局所間隙水圧の変化を考慮した数値解析モデルを作成し、水飽和状態における岩石の変形・破壊プロセスとメカニズムの解明を行う。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】三軸圧縮試験、透過弾性波、間隙水圧変化、変形破壊、水飽和状態

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

地殻変動の予測手法の研究

【研究代表者】牧野 雅彦(深部地質環境研究センター)

【研究担当者】牧野 雅彦、渡辺 史郎、住田 達哉

【研究内容】

断層の変位は周辺域の地層にも変位・変形を生じる。そのような実例について検討するため、阿武隈東縁部の双葉断層と畑川断層を含む地域で重力探査を行い、断層周辺の地下地質に関する概要調査を行った。

平成14年度は双葉断層周辺において新規に140点の重力探査を実施した。各測点ではGPS測量によって緯度、経度、標高を決定した。その結果、小高町を中心とする大規模な高重力異常の輪郭が明らかになった。また、岩石密度測定のため、岩石試料を53地点で採取した。

阿武隈東縁部における精密重力探査ならびに岩石試料採取を行った。小高町周辺の高重力異常を作る岩体は高密度、高磁性であることがわかった。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】断層、重力探査、岩石密度、双葉断層

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

阿武隈花崗岩地域の地質の研究

【研究代表者】高木 哲一(深部地質環境研究センター)

【研究担当者】高木 哲一、亀井 淳志

【研究内容】

3次元地質モデルによる核種移行解析の範囲は、処分地の地質、地下水脈の広がり、天然バリアの深度等に大きく依存し、天然バリアの施工区域(面積約4~6km²: NUMO計画)を中心とした広範囲に及ぶと判断される。天然バリア候補の1つである花崗岩類(亀裂性媒体)は、一般に上述の施工区域の範囲内においても多様な岩相変化・構造的変化(断層・裂か等)を伴う。したがって、3次元地質モデルによる核種移行解析の対象範囲では、さらに多種多様な岩相変化や複雑な構造的変化が期待される。そこで本研究では、3次元地質モデルを作成する準備段階として、まず2次元的地表地質踏査を行い、広域的平面内における花崗岩類の岩相変化の把握を目的とした。

研究対象は、委託費研究集中域の阿武隈山地である。平成13年度はリニアメントの多い地域(福島県三春町~船引町)を対象としたが、平成14年度はリニアメントの少ない地域(福島県船引町~葛尾村)を対象としている。ここでは、平成13・14年度の成果を総括し、花崗岩体の岩相変化(特に地質学・記載岩石学・岩石化学)について記す。

(1) 花崗岩類の岩相変化及び活動順序の検討

地表踏査により、花崗岩類を含めた深成岩類の岩相変化及び帯磁率の変化を記載した。この結果をもとに岩体区分を行い、地質図を作成した。また、各岩体の貫入関係を確認して深成岩類の活動順序を決定した。

一方、地表踏査で確認された地質構造的要素（断層及び面構造）も確認した。帯磁率の測定には、カナダ Exploranium 社製 Kappameter KT-9型携帯用帯磁率計を使用した。

(2) 岩石記載

地表踏査にて採取した岩石試料の顕微鏡観察を行い、各岩体の記載的特徴を明確にした。岩石薄片は佐藤芳治氏（元地質調査所技官）に依頼して作製した。また、各岩体を代表する試料の薄片について鉱物モード組成を測定した。

(3) 各岩体の化学的性質

地表踏査にて採取した岩石試料について主微量成分組成・希土類元素組成を測定した。測定は、採取試料を室内実験室にて微粉末化し、これをカナダ Actlabs 社（日鉄鉱コンサルタント(株)経由）に依頼して、誘導結合プラズマ分析装置及び誘導結合プラズマ質量分析装置により行った。

本研究により、平成13・14年度集中域は、斑れい岩類と9つの花崗岩類で構成され、これらは互いに貫入もしくは漸移関係によって接することが確認された。また、これら深成岩類は、固有の鉱物組み合わせ・帯磁率・化学組成を有していることも確認された。したがって、本集中域の花崗岩類（亀裂性媒体）は複合岩体を形成しており、それぞれ固有の岩質を有すると言える。

日本国内における主要な花崗岩分布地域は、数～百数十 km²オーダーの花崗岩体が複合岩体を形成している場合が多い。本研究集中域の花崗岩類も例外ではなく、日本列島に産する花崗岩類の代表例と言える。このような状況から、日本列島において花崗岩類の3次元地質モデルを作成する場合、モデルの中に岩相変化が生じる可能性は高い。したがって、花崗岩地域の核種移行を考察するならば、岩相変化に伴う核種移行の影響を検討する必要があるだろう。一方、本研究は、地表踏査による2次元的な岩相変化を明らかにしたものであり、3次元的な岩相変化の解釈には至っていない。花崗岩類に関して3次元的な岩相変化に関する研究例は存在せず、今後は3次元的な岩相変化の解析に関する研究が必要である。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】花崗岩、斑れい岩、阿武隈山地

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
（放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備）

阿武隈花崗岩地域の精密重力の研究

【研究代表者】牧野 雅彦（深部地質環境研究センター）

【研究担当者】牧野 雅彦、渡辺 史郎、住田 達哉

【研究内容】

高レベル放射性廃棄物を地下300m 以深に地層処分するにあたってその周辺の天然バリアの空間的特性・分布

を把握することは安全規制にとって重要な項目の一つである。本研究の主な目的は次の二つである。最初に、重力探査や弾性波探査等の物理探査によって、地表から地下深部までの地下構造の空間的分布を明らかにする。第二に、得られた地下構造を断層運動や火成活動等の地殻変動によって生じた裂罅・断裂の分布と比較検討し、地下水流動にどのような影響を与えているかを明示することである。相互に密接な関係を持つ地質構造と地下水流動に関する地下地質システムを解明するために、精度の高い地球物理学的データをどのように取得し、得られたデータから地質構造に関する情報を抽出するかを重点課題とした。本研究では阿武隈花崗岩地域において、それぞれ特性の異なる岩体の空間的分布、ならびに地下深部に伏在する断層の把握を目的として精密重力探査を実施し、その重力データから得られる定量的数値情報を地質調査、地下水調査等から得られる成果と比較検討を行う。

(1) 移ヶ岳西方悉皆調査地域周辺の精密重力

移ヶ岳西方集中調査地域において地質、断裂、精密重力、河川底質、地下水を総合的に調査研究し、それらの相互関係について明らかにした。当該地域において地下水流動をさらに詳細に調査するために、2ヶ所において行われたボーリング地点周辺の詳細構造を把握するために、精密重力探査を新たに156測点ほど実施した。また、弾性波探査の白沢一常葉測線に沿って測定された297点の精密重力データの再処理・編集を行った。盛岡―白河構造線を境にしてリニアメントの形状分布、発達状態が大きく異なる。東側では長い連続性の良いリニアメントが発達して、地形の起伏も大きいブロック状の分布をしているのに対し、西側では複雑に錯綜した短いリニアメントが分布し地形起伏量も小さい。このリニアメント分布形態の違いは盛岡―白河構造線を境界とする大規模な地殻変動を反映した結果であると推定される。

(2) 移ヶ岳北東集中調査地域の精密重力

移ヶ岳北東集中調査地域において新規に106点の重力測定を行った。測点の位置は GPS 測量によって求めた。この重力調査地域は日山（標高1054.6m）を最高峰として、麓山（標高897.1m）や蟹山（標高868.8m）等地形の起伏が大きいところである。既存点と合わせると重力データの総数は305点になる。斑れい岩が分布する移ヶ岳、麓山、辰子山（標高721.9m）付近で重力異常が高い。日山の南西付近（北移）にも斑れい岩が分布しており、高重力を示す。

(3) 郡山・柳橋調査地域の精密重力

盛岡―白河構造線の南方への延長を調べるために、郡山・柳橋地域において平成14年度に精密重力探査を実施した。新規の測点は207点であった。当該地域では南北方向の構造が卓越しており、2本の高重力異常帯が南北に走っている。盛岡―白河構造線は東の高重力異常帯の西縁を通る。また、阿武隈川沿いにある高

重力異常はかなり明瞭である。その重力急傾斜帯は郡山市街地中心部を南北に貫いて走る。調査地域の最高峰は高柴山（標高884.4m）で、北西方向に黒石山（標高864.5m）、鞍掛山（標高794.8m）が並ぶ。黒石山と鞍掛山は高重力を示すが、高柴山は低重力を示す。この結果は隣接する山体の密度が異なることを示す。

阿武隈花崗岩地域における3調査地域で精密重力探査を同じ基本仕様で行った。各地域では調査対象が異なるため重力測定の配置方法が異なるが、測定方法自体は共通にして統一した。その結果、地質・リニアメント・地下水等の各種調査データと比較するための、精度の高い重力データを整備することができた。

阿武隈山地西縁部には盛岡-白河構造線と呼ばれる重力急傾斜帯が南北方向に走るが、阿武隈花崗岩分布の西端よりも8~10kmほど東に外れている。盛岡-白河構造線は東北日本を南北に縦断する大きな構造線であり、西日本の中央構造線に匹敵する規模である。今回の調査及び様々な解析によって、盛岡-白河構造線に関する科学的知見が蓄積された。また、飯野-小浜線、郡山市街地を通る構造等、阿武隈山地西縁部には複数の断層が通っていることが明らかになった。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】阿武隈、精密重力探査、盛岡-白河構造線、地下水、断層、リニアメント

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
（放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備）
阿武隈花崗岩地域の断層・裂かの分布の研究

【研究代表者】塚本 齊（深部地質環境研究センター）

【研究担当者】塚本 齊、小池 克彦

【研究内容】

花崗岩等の結晶質岩石システムでは、地下浅部の風化帯を流れる浅層地下水を除き、深部地下水流動系は断層系により生成された地下の空隙を主に流動すると考えられおり、断層系のキャラクターゼーション、特に“水みち”と呼ばれる地下水移行経路のキャラクターゼーションは核種移行解析において最重要課題となっている。本研究では、地域的な地下水流動系に関与しうる規模の断層系を対象として、広域から露頭規模に至る断層系の分布・性状を把握し、断層系調査データと地質調査・精密重力調査・地下水調査などから得られた成果との検討を行う。

平成13年度は、北中部阿武隈花崗岩類分布地域全域を対象とした広域のリニアメント解析を行うとともに、断層が平均的に分布する郡山市北東部地域を対象に集中調査地域（平成13年度集中調査地域、以下 H13集中調査地域と略）を設定し、断層系の分布や盛岡-白河構造線・

飯野-小浜線等の大規模な地質構造との関係を把握した。平成14年度は、H13集中調査地域北東側の断層が部分的に偏し花崗岩体等がブロック状に分布する地域を対象に集中調査地域（平成14年度集中調査地域、以下 H14集中調査地域と略）を設定し、断層系調査を実施した。また、H13集中調査地域についても、本年報の「阿武隈花崗岩地域のボーリング調査による地下地質及び地下水流動系の調査」において設定されたボーリング調査地点周辺について断層系調査を実施するとともに、盛岡?白河構造線の南方延長と北部-南部阿武隈花崗岩類の境界部との関係についてもリニアメント解析等に基づく解析を行った。

なお、リニアメント解析に当たっては、断層が部分的に偏し花崗岩体などがブロック状に分布する地域である H14集中調査地域と、断層が平均的に分布する H13集中調査地域を同一基準で判定しリニアメントを抽出するために、これらの集中調査地域を含む郡山盆地東縁部から畑川破砕帯に至る地域についてフォトリニアメントの判断基準の見直し及び統一を行い、ランク1（極めて明瞭）~3（推定）の3ランクのフォトリニアメントを分類・抽出した。

(1) リニアメント解析

H14集中調査地域内の花崗岩からなる白馬石山・日山（天王山）・竜子山及び斑れい岩類からなる麓山東麓・移ヶ岳北麓は、周辺部の大きな谷筋でこそランク1~2のフォトリニアメントが発達するが、その内部にはランク3のフォトリニアメントしか存在せず、大きな断層が比較的少ない数 km²以上の大きなブロックを形成していると考えられる。この5地域を除き、フォトリニアメント抽出を行った全域についてランク1~2のフォトリニアメントが一定密度以上で分布しており、大きな断層が比較的少ない数 km²以上に達するブロックは存在しないと考えられる。盛岡-白河構造線は、阿武隈花崗岩体を NNE-SSW 方向に縦断する大構造であるが、その詳細な位置は不明であった。しかし、リニアメント解析結果や本年報の「阿武隈花崗岩地域の精密重力の研究」における精密重力データの解析結果を考慮すると、福島県田村郡三春町実沢地区を流れる実沢川に位置する NNE-SSW 方向のランク1のリニアメントに一致するものと考えられる。三春町実沢地区中南部以南では、盛岡-白河構造線は長屋岩体と石森岩体の断層境界をなしている。盛岡-白河構造線の推定存在位置付近では、比較的連続性のよいフォトリニアメントの全ての系統の連続性や延長が不明瞭になっており、また郡山市南東部付近では NNW-SSE 方向のせん断帯や重力急変点の連続性も不明瞭となっている等各種の構造に影響を与えている。

なお、作成したリニアメント分布図は、「阿武隈花崗岩地域」研究の基礎資料として各分担研究者に提供し、各研究手法に応じて利用された。

(2) 露頭断裂系調査

H14集中調査地域内では、一般に WNW-ESE 系及び NNE-SSW~NE-SW 系統の断裂系が卓越し、H13集中調査地域内の露頭断裂系調査結果とほぼ同様の発達状況を示す。なお、H14集中調査地域内では、H13集中調査地域とは異なり、低角の断裂系が顕著に発達する露頭が複数存在する。H13集中調査地域内で掘削されたボーリング地点のうち白沢サイト周辺には顕著なリニアメントが複雑に発達し、NW-SE 系・NNE-SSW 系・ENE-WSW 系のリニアメントが明瞭に認められ、また WNW-ESE 系のやや弱いリニアメントや N-S 系の小規模な谷が認められる。一方、白沢サイト東側に掘削したピット底面約9×8m、掘削深度0.6m~1.7m 程度のピット掘削底面や壁面にはリニアメントしてやや弱い WNW-ESE 系の断裂系が顕著に発達し、NNE-SSW 系~N-S 系~NNW-SSE 系の断裂系がこれに次いで発達するなど、周辺のリニアメントの発達状況とはやや異なった傾向を示し、底面ピット掘削調査の必要性・有効性が確認された。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】下水流動系、阿武隈花崗岩、断裂系、リニアメント、盛岡-白河構造線

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

阿武隈花崗岩地域の河川水の水質と同位体組成に関する研究

【研究代表者】安原 正也(深部地質環境研究センター)

【研究担当者】安原 正也、吉川 清志、稲村 明彦、
風早 康平、高橋 正明、高橋 浩、
森川 徳敏、牧野 雅彦

【研究内容】

福島県中央部に広がる阿武隈花崗岩地帯において、無降雨時の河川水を対象とした高密度の水文調査に基づき、地域の地下水流動系の実態を解明することを目的とした。また、一連の調査・解析を通じて、断裂系・断層構造が発達する硬岩地域の地下水流動系を、地表水文調査から評価する手法を確立することを目指した。

標高995m の移ヶ岳西方に広がる調査地域(面積150km²、標高差750m)の河川水を平成13年10月に合計315地点から採取し、水素・酸素同位体比を測定した。採取作業前には1週間程度降雨がなかったことから、調査時の河川水は地下水成分のみから構成され、基底流量に極めて近い状態であったと推定される。同位体比測定結果の水平・鉛直分布を詳細に検討し、地質構造との対比を行った結果、同地域の地下水流動系は、流動距離や鉛直循環深度が異なる局地流動系、中間流動系、地域流動系から成る階層構造を呈することが明らかとなった。

このうち、最も浅層部に位置する局地流動系の地下水の水平流動距離は数キロ程度であり、広域流動系(中間流動系、地域流動系)の地下水がインターセプトされる盛岡-白河構造線や飯野-小浜線の西側において、河川水への寄与が顕著となる。反対に、移ヶ岳山麓の高標高部(標高550-700m 付近)において涵養された地下水による地域流動系では、水平流動距離が10km に達する。この地下水は飯野-小浜線あるいは断裂系によって流動を阻害され、上向きの流れとなって浅層部にもたらされ、周辺の河川水の涵養に寄与する。一方、流動距離から見て、これら局地流動系と地域流動系の間、水平流動距離が5km 程度の中間流動系の存在が認められる。涵養標高は地域流動系とほぼ同じであるが、中間流動系の地下水は主に盛岡-白河構造線の周辺において地表部にもたらされ、河川水を涵養する。このような広域流動系(地域流動系、中間流動系)に従う地下水と局地流動系に従う地下水が種々の割合で混合し、地域の河川水の同位体組成分布を決定しているものと判断された。また、地下水流動系に関するこれまでの検討結果から、顕著な断層構造(盛岡-白河構造線、飯野-小浜線)についても、全域にわたって一様な水理学的特性を有するのではなく、非透水性の部分と透水性の部分の水平的にも鉛直的にも混在することが示唆された。

研究の結果、阿武隈花崗岩地帯の地下水の流動には階層構造が存在すること、また地下水流動系は断層構造や断裂系といった地質構造に強く規制されていることが明らかとなった。丘陵・山岳地帯には、地下水流動に関する適切な情報を提供する既存井がほとんど存在しないことが多い。しかし、このような場合でも、河川水に基づく地表調査から地下水流動系をかなり詳細に解明し得ることが明らかとなり、一つの有力な評価手法が確立されたと考える。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】花崗岩、地下水涵養、地下水流動、断裂系、河川水

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

阿武隈花崗岩地域の河川底質の化学組成の研究

【研究代表者】鈴木 正哉(深部地質環境研究センター)

【研究担当者】鈴木 正哉、内藤 一樹、上岡 晃、
安原 正也、渡部 芳夫

【研究内容】

地層処分において、放射性核種は地下水の流動に伴って深層から表層にもたらされると考えられているため、岩盤中を流れる地下水の経路及び地表に到達する場所の検出方法を確立することは必要不可欠である。また一方

で地下水とともに運ばれてきた核種を沈着・固定化する特定層あるいは物質の存在を明らかにし、その沈着・固定化のメカニズムを解明することは、天然バリア性能における核種移行遅延効果の観点からみても重要である。河川堆積物は、その上流の後背地に存在する物質の平均的な組成を示していることから、一般に地球化学図作成に用いられている。その一方で、ある地域における河川底質調査から、鉱泉や地下水湧出あるいは断層等による深層からの地下水流動に伴う元素の移動を検出する手法として適用できる可能性もある。そこで、本研究では花崗岩地帯に属する阿武隈地域において河川堆積物を対象にとり、各元素の濃度分布図を作成し、各元素の濃度分布と断層等の地質構造や基盤岩体との関連を検証するとともに、鉱泉や地下水湧出場所あるいは断層等の検出方法の適用性について検討を行っている。平成13年度は、阿武隈花崗岩地域に属する福島県郡山市東方において調査を行ったところ、南北方向に長さ数 km にわたってウラン濃度の分布が高い地域が確認された。これは基盤となる花崗岩の岩種の違いを反映しているというより、ほぼ同じ所に南北に走る大きな裂罅帯と関係があると推測した。平成14年度は、昨年の調査地域の北東側に隣接する地域において調査を実施した。本年度の調査地域は前年度の調査地域と比較して、露出する花崗岩類の種類が少なく、また裂罅も少ない地域に相当する。

(1) 調査地域及び手法

調査対象地域としては、福島県郡山市の東方にあたる船引町、浪江町、葛尾村を含む東経140度37分～47分、北緯37度29分～34分に囲まれる地域を対象に調査を実施した。試料採取地点としては、河川水の調査地点となるべく同じ地点となるように試みたが、採取地の状況から117地点について試料採取・分析を実施した。試料採取地点では、細粒の河川堆積物を約1kg 採取した。採取した試料のうち約200g を取り出した後、水ひを行い16 μm 以下の試料を分画した。分画した試料を40°Cで乾燥させ元素分析用の試料とした。元素分析は外注にて行い、ICP 発光分光分析により55元素について分析を行った。

(2) 結果と考察

今年度の調査地域においては、はっきりとしたウランの濃度異常を示す地域は見られなかった。濃度が4ppm よりも高かったのは4地点だけであった。この南東側の野川川に沿った調査地域は、他の地域に比べウラン濃度がやや高く、調査地域の平均値2.5ppm に比較して、野川川沿い地域の平均値は3.4ppm と0.9ppm 高い。しかし、調査地域全体の平均値との差が小さいことからわかるように、濃度異常をはっきりと示しているとは言えない程度のものであった。トリウム濃度の高い地域は、調査地域の東側と、西側縁辺の一部にみられる。濃度の高い東側には、葛尾岩体と五十人山岩体が分布し、また北東側の端には岩脈が

分布している。東側高濃度地域は、元々の母岩のトリウム組成が高いため、河川底質物にも反映されたと推測される。その一方、西側縁辺部の濃度が高い地域には、南北に走る裂罅が存在している。この周辺の岩体は同じものであることから、この地域における異常は、裂罅による可能性と考えられる。平成13年度調査地域において裂罅は南北に走るものがほとんどにあったのに対し、平成14年度調査地域においては裂罅は東西に走っている。このように裂罅が存在しても、その走る方向により地下からの供給のあるなしに影響がある可能性が示唆されており、裂罅の存在からすぐに地下水とともに地下から物質が供給されているとは断定できない。裂罅の存在とともに、周辺地域における応力の影響等を考慮しながら検討していくことも今後の課題であるかもしれない。

今年度の調査地域においてはウランの濃集地域は見られず、裂罅の存在がすぐに地下水とともに地下から物質が供給されている道筋とはならないことが明らかとなった。また、トリウムの濃度分布はある程度岩体の分布に対応しているとみることができ、トリウムとランタンに正の相関関係があることからこのことは支持される。さらにウラン濃度の高い地域では、ウランを吸着する物質が存在することが推測される。このウランを吸着する物質としては、反応性や吸着性の高い非晶質物質が考えられる。そこで来年度は、ウラン高濃度地域も含むいくつかの地点において、試料の X 線回折測定による非晶質物質の定量を行い、非晶質物質がウラン吸着に対して効果を持つかどうかの検討を行う。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] 河川低質堆積物、地化学探査、U、Th、濃度異常、非晶質物質

[研究題目] 核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

阿武隈花崗岩地域のボーリング調査による地下地質及び地下水流動系の調

[研究代表者] 山元 孝広(深部地質環境研究センター)

[研究担当者] 山元 孝広、安原 正也、稲村 明彦、
風早 康平、塚本 斉、亀井 淳志

[研究内容]

平成13年度実施の「地層特性変化に関するメカニズムの抽出」では、地下水流動系が断層系に支配された結晶質岩石システムの代表的調査地域として東北南部の阿武隈山地を対象に、広域的な地質・地質構造、及び地下水の流動系に関する安定同位体比の広域調査を実施した。その中でも断層が平均的に分布する東西約15km、南北約9km の値域を設定して集中調査を実施し、その西部に南北断列の集中域があること、集中域に重複して河川

低質にウラン濃度異常があること、河川水水質でも同じく集中域に水素・酸素同位体の低異常があることを見いだした。これら地表調査を総合すると、集中調査域の東で涵養された地表水が地下の断裂系を通じて移動し西部の南北断裂に沿って流出する概念モデルが考えられた。今年度はこの地質構造モデル及び地下水流動系モデルを、ボーリング調査による具体的な地下地質データによって検証することを目的としている。具体的には、ボーリング調査では採取したコアの岩石学的組織・構造及び物性や化学組成等の地層特性要素の具体的・定量的なデータを得た。また、採取した地下水の組成鉛直分布構造と各種同位体分析から、モデルの検証を行う。

阿武隈地域西部の代表的調査地域の内でも地下水・地表水の水平組成分布に顕著なパターンが認められる白沢村稲沢地区（白沢サイト）と三春町富沢地区三春サイトにおいて、オールコアボーリングを実施するとともに、帯水層からの地下水の直接採取を行った。また、これと平行して、ボーリングサイト周辺地域において、詳細岩石裂か調査と浅層水文の平面的な悉皆調査を実施した。コアは室内において組織・構造を記載するとともに、遠心法等によって間隙水を抽出した。採取した水の一般・微量水質組成、酸素・水素安定同位体組成を明らかにすることによって、当該地域の帯水層の鉛直構造の詳細を得ること、各層採水した大気の大気汚染のない地下水については通常分析に加え、トリチウム濃度、全炭酸の安定・放射性同位体分析及び希ガスの組成・同位体分析を行うことについては来年度早期に取りかかる予定でいる。

白沢サイトでは今回の地下水理調査によって地下浅層から深部に至るまで CO_2 濃度（分圧）異常が存在することが明らかになった。また、三春サイトでは深度80m以深の NaHCO_3 型の裂か水では重炭酸濃度が大幅に増加している。さらに三春サイトでは深度173～174mで上部採水区間よりも極端に酸化的な値を示す原位置採水データも得られており、単純な地表からの浸透だけではこのような地下水質は形成され得ない。それゆえ、地表調査から想定されたような地下水流動系概念モデルが独立に存在するものと見られる。地下水流動系との関連で重要な開口性の断裂・裂かは、白沢サイトにおいて全不連続面中4.6%であるのに対し、三春サイトでは10.8%と大きな開きがある。この原因は局所的な応力場の差によるものと見られる。また、比較的大きなペグマタイト岩脈の上面・下面は顕著な開口性の断裂・裂かを形成しており、母岩との物性境界や潜在的な弱線を利用した断裂系形成が示唆される。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】阿武隈、花崗岩、地下地質、地下水

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
（放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整

備）

新潟県東部堆積岩地域の地質とウラン濃集状態の研究

【研究代表者】渡部 芳夫（深部地質環境研究センター）

【研究担当者】渡部 芳夫、関 陽児、塚本 斉、鈴木 正哉、内藤 一樹

【研究内容】

廃棄物地層処分の安全評価で最終的に実施する放射性核種の移行シミュレーションでは、数～10年程度の実験結果をもって将来10万年程度の予測を行う。その計算結果の妥当性を同等の期間の実験により実施することは不可能であるため、検証方法は極めて限定的なものとならざるを得ない。従って、自然界に存在するナチュラルアナログ現象を対象として、シミュレーションにより予測する期間と同程度以上の期間におけるデータを取得し、そのデータを用いて当該地点の過去を起点としたシミュレーションを実施し、実際の対象状況により検証する方法が、現状の地質による唯一の検証手法である。

本研究では、放射性核種のアナログ元素の天然における濃集現象を対象とした、地下水移行モデルにおける移行遅延効果としてのケーススタディを実施するものである。個々の現象における過去の溶出量や現在の濃集形態、そしてそのメカニズムや条件の検討を行うことにより、最終的に移行シミュレーションの妥当性の検討に資することを目的とする。

本年度は、新潟県東部から山形県境にかけて分布するウラン鉱床及びウラン濃集体を対象として、昨年度に概査を実施した地域より、新潟・山形県境に位置する金丸地区を対象とした、地表地質調査、渓流水・土壌水調査・ボーリング調査、ならびにボーリング孔における地下水長期水質観測を実施し、これらのボーリング孔内水の水理地質学的構造と地層層序をあわせて検討した。

金丸地区での地表調査、ボーリング調査、ならびに周辺地域を含めた水理地質学的調査の結果をもとに、第三紀堆積岩中に位置する U 濃集層の分布構造と、水理地質学的構造の間の関係を検討した。堆積岩中での U 濃集層は、ボーリング地点の緩斜面下ではほぼ地表から10m程度の深度の粗粒砂礫岩中に位置し、水頭面からは5m程度の深度である。一方、金丸地区 H 露頭ウラン鉱床地周辺の渓流水、土壌水、H 露頭湧水、ボーリング孔内水を対象とした水理地質調査の結果、ボーリング孔内に異常に還元的な地下水を見いだした。また、ボーリング孔内水や H 露頭湧水が最大1ppb以上の U を溶存することが確認された。黄鉄鉱や炭質物に富む還元的な層準に保持されていた U が、酸化地下水により溶出・移動している可能性があり、通常であれば溶脱され得る環境での濃集メカニズムは、天然バリア中での移行遅延効果の一つとして、非常に重要であると結論される。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】山形県金丸地域、ナチュラルアナログ、

ウラン濃集、地下水移行モデル、天然バリア隔離性能

**【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)**

積岩地域の高精度年代層序指標の研究

【研究代表者】 渡部 芳夫(深部地質環境研究センター)

【研究担当者】 渡部 芳夫、柳沢 幸夫

【研究内容】

地層中における放射性核種移行解析のための3次元地質モデルを作成するためには、地層の年代を精度よく決定する標準地質年代尺度が必須である。この研究では代表的堆積岩地域である新潟県東部をモデル地域として、堆積岩地域において有用な高精度標準年代尺度を提供することを目的とする。平成13年度は、黒川村胎内川沿いに分布する鮮新統鍬江層の微化石層序の予察的な検討と各種放射年代測定を行った。平成14年度は、これを受けて、鍬江層の微化石層序の精査を行うとともに、標準層序の基準面の同時性を検証するために、富山県氷見地域の藪田層の微化石分析を実施し、合わせて同層中の火山灰層の年代測定を行い、標準年代尺度を作成した。

微化石分析では、平成13年度の検討によって新潟標準層序の西山階基底を定義する浮遊性有孔虫のNo.3 *Globorotalia inflata* bed の層準がほぼ判明した胎内川ルートの上層部について、さらに試料を追加採取して有孔虫化石の精査を行った。また、今年度は、鍬江層で確認できた西山階の基底年代の同時性を検証するために、同時代の地層である富山県氷見地域に分布する藪田層の有孔虫化石分析も合わせて実施した。鍬江層では、昨年度分析した試料の間を埋めるように試料を追加採取して分析を行った結果、No.3 *G. inflata* bed の下限が、層厚約1m の精度で同定できた。珪藻化石の基準層準 *Neodenticula koizumii* の初産出層準(350万年前)と *N. koizumii* の急増層準(300-310万年前)の年代から内挿して、胎内川ルートの上層部での西山階基底の年代は、約3.4Ma と算定できた。藪田層では、氷見市藪田、泊及び大境で採取した試料の浮遊性有孔虫化石分析を行い、No.3 *G. inflata* bed の下限は、藪田層中部で確認された。また、珪藻化石基準層準の年代を基にして、藪田層でのNo.3 *G. inflata* bed の下限の年代は約330万年前と算定された。年代測定では、藪田層での珪藻基準層準 *N. koizumii* の初産出層準を放射年代で評価するために、藪田層下限に挟在する火山灰層について、ジルコンフィッシュトラック年代を測定し、 $3.2 \pm 0.1\text{Ma}$ (320万年前、誤差10万年、 1σ) の年代値が得られた。以上から、西山階の基底を定義するNo.3 *G. inflata* bed の下限の年代は、約340~330万年前と限定することができた。

昨年度及び今年度の研究により、新潟堆積岩地域の層

序に関連した放射年代及び微化石年代層序に関する多数の信頼できるデータが整備された。特に、これまでほとんど信頼しうる年代データのなかった西山階の基底の年代については、ほぼその年代を限定できた。さらに、標準層序の椎谷/寺泊階境界及び寺泊/七谷階境界の年代についても、昨年度の放射年代測定や既存の年代層序の分析により、ほぼその年代が確定された。そして、これらの放射年代・微化石分析データと、既存の年代層序データを統合し、新潟堆積岩地域の標準年代尺度を作成した。これにより、新潟県堆積岩地域での3次元地質モデル作成の基盤となる高精度の年代層序が整備された。

【分野名】 地質・海洋

【キーワード】 新潟体積盆地、氷見、微化石層序、放射年代層序、西山階、椎谷階、寺泊階、七谷階

**【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)**

処分システム領域の核種移行に関するFEP 関連図の検討

【研究代表者】 小玉喜三郎(深部地質環境研究センター)

【研究担当者】 小玉喜三郎、竹野 直人、月村 勝宏

【研究内容】

放射性廃棄物の地層処分は人工バリアシステムに天然バリアシステムを加えた多重バリアシステムにすることで、放射性核種の拡散を阻止する機能を完結させることを目指す。これは工学的技術に十全の信頼性を置かない点で、工学万能主義的な現代において異色の発想ともいえる。しかしながら、工学的不完全さを補完する天然バリアは複雑なシステムであり、そのリスクを評価することは工学的完全性をもとめることとはまた別の大変な困難を伴う。

FEP 関連図の作成は複雑な天然バリアを分析して個々の事象に分けた後、それを因果律的に再構成するというこれまで広く受け入れられている科学方法論に則った手法であるといえる。

今回国際 FEP データベース(1)から地質と地表の関係する事象を抜き出して、それらの間の因果関係を再構成する作業を行ったので、その構築の方針とそこから先の作業への考察を次に記す。

事象は国際 FEP データベース(1)の「処分システム領域：環境要因」の「地質学的環境」及び「地表の環境」から選び、相関を図示する際のレイアウトの自然な形として、地質を下に配し、地表を上配するようにした。さらに「人工バリアからの移行」を地質の中で最下層に置き、生態系(生態学/生物学/微生物学的システム)を地表の最上位に置くことにした。これらの事象間の因果関係を結ぶ現象はできるだけ抽象化することとし、温

度・圧力（応力）・化学ポテンシャルのような示強変数と質量（化学物質）・熱（エネルギー）等の示量変数を明確に意識するとともに FEP の中での4大現象である水理（水力学／水文地質学的プロセスとその状態（地圏内））・熱（熱的プロセスとその状態（地圏内））・化学（化学／地球科学的プロセスとその状態（地圏内））・力学（力学的プロセスとその状態）の区分にもできるだけ留意することとした。図の中でフラックスとしされるものが、示量変数群であり、大概是地下水流により輸送される量である。

このような取り扱いの目的とするところは個々の事象をできるだけ物理化学的な取り扱いの俎上に乗せて数値モデル化するためである。これら4事象は互いに影響し関係しあうので、これらを統合的に扱うことがシステムとしての評価には欠かせない。ここで一般に連成と呼ばれる手法が数値モデル化とともに浮かび上がるが、実はさまざまな時定数を持った現象を一度に連成することは困難であり、またその必要もない。簡単に言えば、速い現象と遅い現象があれば切り分けることができるし、その方が効率的であることが多い。このような視点からみると、今回の作業は現象とパラメータを抽出して関連付けたまでであるので、さらにこれをもとに今後は現象の切り分け、特に時間的な視点や階層性を明らかにして、連成する必要のある現象（相互作用が強い）と統合するだけの現象（一方的な影響）の区分に取り組むべきである。

国際 FEP の地質と地表の事象についての相関図を作成するとともに、その方針や考え方について議論し、これをもとに今後取り組むべき課題について考察した。

【分野名】地質・海洋

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
（放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備）

物性変化に関する岩石組成・組織要因の研究

【研究代表者】高橋 学（深部地質環境研究センター）

【研究担当者】高橋 学、林 為人、住田 達哉

【研究内容】

物性を規定する岩石の組成・組織要因の項目を明らかにするとともに、各要因が物性を規定する法則を定量的に解明することを目的として、花崗岩質岩石を選び、密度・有効間隙率の基本物性のほかに、弾性波速度及び岩石の組成・組織の影響が比較的反映されやすい一軸引張試験による引張強度・ヤング率を研究の代表物性項目として、物性の変化特性を調査することとした。

平成14年度は、一軸引張試験による強度、ヤング率、ポアソン比のほか、弾性波速度、水飽和法による密度、有効間隙率の多くのデータを追加取得した。

(1) 一軸引張試験、弾性波速度測定

引張強度とヤング率とが正の相関を呈すると同時に、両物性と P 波速度との間でも良い正の相関関係が認められた。

(2) 水飽和法による密度・有効間隙率測定

水飽和法により阿武隈地域産出の花崗岩質岩石10種類、中国地方の広島花崗岩類・領家花崗岩類・山陰帯花崗岩類の計18種類、その他の日本列島産出の花崗岩6種類の乾燥密度、飽和密度、有効間隙率を測定した。花崗岩及び花崗閃緑岩の乾燥密度は2.60-2.64g/cm³に集中し、トータル岩の同密度は2.7-2.8g/cm³の範囲に、斑れい岩の同密度は約2.8-3.0g/cm³の範囲に分布している。岩種の判定は含有鉱物のモード組成に基づいているため、組成鉱物の密度と量比により、岩種間ではこのようなよい対応関係が明瞭に認められた。

日本列島に分布する多くの花崗岩質岩石の密度、有効間隙率、P 波速度、一軸圧縮試験による引張強度、ヤング率、ポアソン比等を測定した。これらのデータは日本列島における花崗岩質岩石の広域的な物性のバラエティ及び特定した地域の物性変化を概略的に把握するための基本資料に資するとともに、地層特性変化の要因抽出及びメカニズムの解明を目的とした岩石物性と組成・組織要因との関連性を究明する上で重要である。また、物性に対する組織要因の影響について、組成鉱物の粒径、風化、潜在マイクロクラックの選択的分布に起因した異方性等に関する知見を得ることができた。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】花崗岩質岩石、各種物性計測、岩石内組織変化

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
（放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備）

流体移動特性等の地層物性とその変化予測手法の研究

【研究代表者】高橋 学（深部地質環境研究センター）

【研究担当者】高橋 学、加藤 昌治、西山 哲、

林 為人、竹村 貴人、後藤 和幸

【研究内容】

岩石の透水係数に及ぼす温度上昇の影響を定量化するための実験的・理論的な検討を目的とする。高温・高压条件下における岩石の力学的特性に関するデータは少ないので、平成14年度は、より広範囲の温度・封圧・歪速度条件下におけるデータ取得を目指す。また、乾燥状態における実験のみを実施したが、高温時の透水データ取得のためには、飽和含水状態における力学特性の把握も行う。

(1) 封圧と温度の実験条件が同じ（封圧50MPa、室温）であれば、乾燥状態の供試体の方が湿潤状態の供試体

- よりも圧縮強度と破壊ひずみの値が高い。逆に、ポアソン比は湿潤状態の供試体の方がやや高い値を示す。
- (2) 封圧と温度の実験条件が同じ（封圧50MPa、200℃）であれば、乾燥状態の供試体の方が湿潤状態の供試体よりも圧縮強度と破壊ひずみの値が高い。逆に、ヤング率とポアソン比の値は湿潤状態の供試体の方がやや高い値を示す。
- (3) 封圧が50MPaの室温、乾燥状態の供試体と比較して、水の影響と温度の影響をそれぞれ個々にみたときはより脆性的に挙動するようになる。しかしながら、水と温度の両方が影響した場合には破壊ひずみは減少するが、非弾性ひずみはより延性的に挙動するようになる。

今年度は非排水状態における玄武岩の変形挙動を圧力及び温度の条件下で実験し、以下のような結果を得た。

- (1) 圧力（50Mpa）及び湿潤状態（非排水）のもとでは高温になる程、非弾性体積歪が増え、ダイラタンシー特性が明瞭となる。
- (2) 圧力（50Mpa）及び室温状態では湿潤状態（非排水）の方が乾燥状態よりも、より脆性的になる。
- (3) 圧力（50Mpa）及び温度（200℃）状態では、湿潤状態（非排水）の方がより脆性的になる。

以上、限定的なデータに基づく結果ではあるが、高温・湿潤状態の変形様式は温度及び湿潤の各条件を単独に行った結果から単純に推定できない可能性が示唆された。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】高温高圧透水試験、玄武岩、変形特性、内部構造変化

【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
（放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備）
地層特性空間分布変化の評価に関する実験的研究

【研究代表者】張 銘（深部地質環境研究センター）

【研究担当者】張 銘

【研究内容】

多重バリアシステムによる高レベル放射性廃棄物の地層処分では、その安全性の評価は基本的に人工及び天然バリアにおける物質（核種）の移行特性に支配される。この移行特性は核種の溶解、拡散、吸着及び沈澱等複数の要因に決定されるが、何れも地下水の流動に直接関与される。また、施設建設時の人工バリア材料の性能は人為的に設計・制御することが可能であるが、自然の岩盤からなる天然バリアはその起源、組織、地質の変遷プロセス等の違いによって、地域差、異方性及び非均質性が必然的に現れてくる。本研究は地質媒体における流体移動特性を適切かつ高精度に評価する方法の確立を総目標

とし、以下に示す三つの内容を研究目的としている。

- (1) 地質媒体、特にバリア機能が期待される難透水性地質媒体の透水特性の高精度測定評価技術を確立すること。
- (2) 地質媒体の透水特性に影響を与える主な要因である地層変形が地層、もしくはその材料の透水特性に及ぼす影響の評価手法を確立すること。
- (3) 地質媒体の透水特性とその他の物理及び地質工学的特性との相関性について明らかにすること。

上記の研究目的に応じて、以下に示す研究内容を実施した。

- ・これまで開発してきた難透水性岩を対象とした高精度汎用室内透水試験装置をさらに改良し、高速データ収録・監視装置を導入した。
 - ・昨年度考案・試作した地層変形と浸透流の同時モデリング試験装置の試運転を行い、載荷過程における漏水のチェック、土槽全体の止水機能及び載荷速度制御等の確認を実施し、必要な改良を行った。
 - ・模擬堆積地層を作製するための砂及び粘土の種類を選定し、これら試料の中性化手法を確立した。また、模擬地層の浸透率を調整するための試料混合率及び最適含水比を決定するために、一連の締め固め試験と透水試験を実施した。
 - ・模擬堆積地層の変形及び可視化浸透流同時試験を行った。模擬地層の初期長さは900mmで、水平的に450mmまで圧縮された。浸透流試験は地層の上部から下部へ及び下部から上部への2通りを実施した。
 - ・一連のチェック、試運転及び予備試験より、装置の実用性及び有効性が検証され、「地質構造及び水理のモデリング装置」の名称で特許出願を行った。
 - ・模型試験に用いる試料の力学的及び水理学的特性を定量的に評価するために、最大圧縮容量200kN、最大試験体直径100mm、高さ200mm、マニュアル及びパソコン制御の両方可能なACサーボモーターを用いた高精度万能試験装置を設計・試作した。
 - ・火成岩の例として稲田花崗岩を用い、有効間隙率、密度、超音波速度及び一軸圧縮試験を実施、これら結果と透水係数の関連性について検討を行った。火成岩の異方性とその物理、地質工学及び水理学的特性に及ぼす影響を調べるために、試験体は Rift, Grain & Hardway 面にそれぞれ直交して採取した3種類のものを使用した。
 - ・堆積岩の例として来待及び白浜砂岩を用い、有効間隙率、密度、超音波速度及び一軸圧縮試験を実施し、これら結果と透水係数の関連性について検討を行った。堆積岩の異方性とその地質工学及び水理学的特性に及ぼす影響を調べるために、試験体は層理面に直交及び平行して採取した2種類のものを使用した。
- (1) 新たに考案・開発した大型模型試験装置は流体（地下水）の存在を考慮した地層変形のモデリングが可能

である。

- (2) 化学特性を考慮した模型試験試料に無色透明な薬品を混合し、模型地層に透過させる無色透明な試験流体との化学反応による変色特性を利用すると、大型模型地層における流体の実流速及び浸透率の空間分布を評価することが可能であり、浸透流試験の可視化評価も可能である。
- (3) 岩の地質工学的特性は岩の基礎的物性特性と密接に関連し、岩の有効空隙率が大きい程、密度は小さく、超音波速度及び圧縮強さも小さく、透水係数は大きくなる。
- (4) 稲田花崗岩は異方性を有しており、その内部での超音波伝播速度、力学的強度及び透水係数のいずれも **Rift**、**Hardway** 及び **Grain** 面に直交した方向の順に大きくなる。
- (5) 超音波速度及び圧縮強さから見れば、来待及び白浜砂岩の両方とも顕著な異方性は認められていないが、層理面に直交した方向の静的弾性係数は層理面に平行した方向の静的弾性係数より大きい。
- (6) 透水係数は有効封圧の増加に伴って単調に減少していくが、試験体の強度、特に静的弾性係数が小さい程透水係数の減少幅（速度）が大きくなる。
- (7) 強度試験も透水試験も有効空隙率や超音波速度試験に比べ測定時間が長く、コストも高い。地下施設の安全性評価を行うために、相対的に有効空隙率が大きく、超音波速度の遅い地層、特に超音波の遅い方向の力学及びそれに直交した方向の水理学的試験を優先的に行うべきである。

〔分野名〕地質・海洋

〔キーワード〕地質媒体、透水特性、変形特性

〔研究題目〕核燃料サイクル施設安全対策技術調査
（放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備）

核種溶解・沈着の変化予測手法に関するナチュラルアナログの研究

〔研究代表者〕上岡 晃（深部地質環境研究センター）

〔研究担当者〕上岡 晃、金井 豊、高橋 嘉夫

〔研究内容〕

高レベル廃棄物中に含まれる核種の地層中での移行を予測するためには、ウラン、トリウム、希土類元素（REE）等ナチュラルアナログとして有用な元素の地層中における溶解・沈着等の挙動の実態を把握し、それらを支配する要因を解明することが重要である。本研究ではこの目的のため、まず実際のフィールドで採取された試料中の微量元素の分析を行い、各種元素の移動・濃集に関する基礎的データをこれまで収集してきた。平成14年度は、中東地区及び金丸地区において系統的に採取された試料につき、中性子放射化分析によって微量元素

の分布を調べた。また、形態別のウラン及び系列核種の分析等を行った。さらに、ウラン濃度の高い試料を含む一部試料については粒度分離を行った上で化学分析を行い、ウラン濃集機構の解明に有用なデータの取得を目指した。また、金丸地区周辺の地表水中のウラン濃度の調査を進めた。

中東地区及び金丸地区のウラン濃集帯より昨年度系統的に採取された試料につき、ウランや希土類元素等の挙動を明らかにするため、中性子放射化法を用い、非破壊によって化学分析を行った。中東地区については、別々に試料調製した2セットの試料について分析を行い、濃集部におけるウラン濃度の均質性も検討した。また、ウラン濃集部を含む中東地区の試料の一部につき、粒径2ミクロン以下から1～2mm までの6種のサイズに分離して化学組成を求め、ウラン・トリウム・希土類元素等の濃集・溶脱挙動を調べた。金丸地区の試料について、 γ 線及び α 線スペクトロメトリーによってウラン系列核種の定量を行い、深度別のウラン濃度を求めるとともに、放射平衡・非平衡の解析からウランの濃集・溶脱挙動を検討した。また、粉末 X 線回折による鉱物分析もを行い、ウラン濃度と鉱物組成との関連も検討した。中東地区の試料については、硝酸可溶部分と残さのケイ酸塩部分に分けてウラン系列核種の分析を行い、存在形態別のウランの挙動について調べた。さらに金丸地区周辺において、地表の河川水や湧水の採取と水質やウラン濃度等の分析を行った。また異なる孔径のフィルターでろ過した試料の比較も行い、水を介したウランの移動について検討した。

新潟・山形県下のウラン濃集帯である金丸地区及び中東地区から採取された試料の中性子放射化法による化学分析を行った。中東においては、昨年度ウランの濃集が確認された層準以外に下位の層準でもウランが高濃度であることが判明した。ウラン濃度の不均質性から、ウランは特定の部分に濃集・偏在していることが示唆される。また、中東における希土類元素濃度とセリウム異常の大きさの関係は、酸化的条件下での希土類元素の溶脱・沈着を示すものと考えられる。さらに、ウランに富む部分を含む中東のいくつかの試料について粒度分離して化学分析を行った結果、ウラン、トリウム、希土類元素等はシルト及び粘土サイズの細粒部分に濃集していることがわかった。濃集したウランのほとんどは酸可溶性成分として存在しており、またウラン系列にも顕著な非平衡が認められた。金丸地区でも、同様に30万年前以降のウランの溶脱が推測された。ウラン系列核種のナチュラルアナログ研究では、今回予察的に露頭の試料で検討し、ウランの移動・挙動に関する情報を得ることができた。この手法を地下深部のコア試料に適用し解析することで、地下深部でのウランの挙動が解明できる可能性が明らかになった。

〔分野名〕地質・海洋

〔キーワード〕 ナチュラルアナログ、希土類元素、ウラン系列核種

〔研究題目〕 核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

地下微生物による影響予測に関する研究

〔研究代表者〕 三田 直樹(深部地質環境研究センター)

〔研究担当者〕 三田 直樹、竹内 理恵、金井 豊

〔研究内容〕

高レベル放射性廃棄物中の核種の移動を規制する地質特性変化因子の中で、特に重要なものは地下水流動及び化学環境であると考えられる。このような地下深部環境の中で、微生物は化学反応に様々な影響を与えて、熱力学的な平衡論では扱えない現象をも可能としたり、また、生体活性作用として化学環境の形成、直接的な反応に関与したりしている。本研究においては、これらについて様々な微生物に関するデータを集め、その作用を系統的に検討し、化学環境に関する影響評価に資することを目的としている。昨年度は一般的に取扱いが困難で研究があまり進んでいないマンガン酸化細菌を中心にその種類と作用について検討を進めた。そこで今年度においては、さらに地下深部についての情報を得るため、実際のボーリング試料の中に存在する微生物についても予察的に検討を行うと同時に、微生物生態学的にどのような条件下で様々な微生物の作用活性が生じるのかについての検討を進めた。

(1) ボーリングコア中の微生物の予察的鑑定

地下深部に成育する微生物の実態と特性を把握するため、新潟-山形県境に近い金丸地区において今年度行われたボーリングのコアから採取した6箇所の試料の微生物について、予察的に鑑定を行った。その結果、表層ではマンガン酸化細菌の酸化能が相対的に高く、深部ではかなり微弱になっていることが判明した。酸化能の表層にこれらの菌が存在していることを示しており、環境条件と生存場所との対応が調和的である。

(2) 微生物の鑑定

ボーリングコアの試料をサーベイして明らかになった分離菌は、下位と比べ上位ほど微生物の種類に多様性があった。また、20m を超えるような深度においても弱い作用ながらも微生物が生育していることが判明した。Mn 酸化能を有する微生物の中から、特に興味深い6菌体について、さらに詳細な同定を行った。

(3) 微生物活性の環境対応機能調査

マンガン酸化細菌の活性に影響すると考えられる環境要因として、溶液の pH、温度等が考えられるので、環境要因を変化させて活性の変化を調査した。昨年度鑑定した1) 菌株 M-2、2) 菌株 T-1、3) 菌株 T-2の3種類について実験を行った結果、これらの菌に関し

ては、pH に関しては弱酸性～弱アルカリ域での生育が良好で、生育温度域については10～30℃程度が良好であった。

(4) DNA 解析

昨年度に微生物鑑定まで行った M-2及び T-1について今年度は DNA 解析を行い、微生物の特定を試みた。その結果、いずれの菌株にも16SrDNA の増幅が見られ、M-2は1451bp、T-1は1476bp の塩基配列が解読された。この結果をデータベースと比較した結果、M-2は *Curtobacterium* 属、T-1は *Bacillus cereus* の配列に最も近いことがそれぞれ判明した。

新潟-山形県境に近い金丸地区において採取されたボーリングコア中の堆積物試料を用いて、マンガン酸化細菌の調査を行った。その結果、20m 以深においても微生物の存在が確認され、堆積性の地下環境でも微生物研究が重要であることが示された。また、昨年度鑑定を行った菌株についての DNA 解析を進めた。微生物の存在が即廃棄物処分に影響を与えるということではなく、それと活性の有無とが絡んでいる。このため微生物の活性を示す環境条件の検討を行った。このようなデータは微生物の種類ごとに相違していることが考えられるため、系統的にデータを収集する必要がある。化学環境に影響を与える微生物にはマンガン酸化細菌のほかにも、鉄酸化細菌、イオウ酸化・還元細菌、窒素酸化細菌、メタン生成・酸化細菌等があるので、長期的にはそれらについても順次、特性と鑑定を進める必要があると考えている。さらに、種類と作用についてのデータベース化も開発する必要がある。

〔分野名〕 地質・海洋

〔キーワード〕 地下微生物、マンガン酸化細菌、DNA 解析

〔研究題目〕 核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

鉄鉱物の溶解反応の素過程と溶解速度の研究

〔研究代表者〕 間中 光雄(深部地質環境研究センター)

〔研究担当者〕 間中 光雄、月村 勝宏

〔研究内容〕

放射性廃棄物の地層処分システムの長期的安全性の評価、特に地下水によるオーバーパックの腐食及び地下水による放射性物質の移行について定量的かつ信頼性の高い評価を行うために、地下処分場において将来予想される地下水の酸化還元状態について、明確な推定がなされることが重要である。地下水の酸化還元状態は、オーバーパックの腐食及び放射性物質の移行に強く影響するが、地下水の酸化還元状態は、地下処分場に存在する Fe^{2+} を含む鉄(含鉄)鉱物の溶解によって制御される。つま

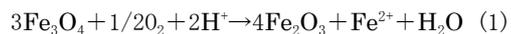
り、地下処分場において将来予想される地下水の酸化還元状態は、含鉄鉱物の溶解速度によって決定される。これまで、鉱物の溶解実験は近年盛んに行われてきたが、含鉄鉱物の溶解は酸化還元反応が関係する複雑な反応であるためにあまり行われていない。また、含鉄鉱物の溶解実験は、ほとんどが室温下で行われ、酸性領域の実験が多い。さらに、酸化還元状態の制御も行われていない実験がほとんどである。そこで、本研究では、地下処分場の化学的環境を模擬した系において主要な含鉄鉱物の溶解反応の素過程や速度を決定することを目的とする。この目的を達成するために、昨年度から酸化還元状態や温度を制御できる溶解実験装置を開発し、本年度からこの実験装置の改良を行い、試運転として磁鉄鉱の溶解実験を行った。

鉱物の溶解実験装置の開発として、Mixed Flow Reactor タイプの溶解実験装置を組立・改良した。大きな改良点は2点である。1つは、サンプル室や配管部の設計を変更しガスの漏れがないようにした。2つは、サンプル室や配管部内の水溶液の酸化還元状態を制御するためのバッファー室を設けた。この実験装置の特徴をいくつかあげる。1つは、任意のガスを絶えずバッファー室に吹き込むことにより、酸化還元状態を制御した系における鉱物の溶解を進行させられる。2つは、排出された水溶液中の溶質濃度が直接、鉱物の溶解速度に結びつけられる。他のタイプの実験装置を用いた場合、ある速度則を仮定しその積分形を溶質濃度と時間データにフィッティングさせ、鉱物の溶解速度を決定する。3つは、新鮮な水溶液を絶えずサンプル室に導入することにより、鉱物から溶出する反応生成物の沈澱が避けられる。

試料として、 $180\ \mu\text{m}$ 以下の合成磁鉄鉱（高純度化学）を用いた。粉末X線回折装置を用いて、この試料が磁鉄鉱であることを確認した。この試料は99.9% Fe_3O_4 で、微量なCr(0.01%)とNi(0.006%)を含む。合成磁鉄鉱試料を篩分けし、 $64\ \mu\text{m}$ から $180\ \mu\text{m}$ のサイズの磁鉄鉱粒子を集めた。篩分けし得られた試料の比表面積は、BET1点法装置（フローソープ III2310；島津製作所）を用いて測定した結果、 $0.43\text{m}^2\text{g}^{-1}$ である。磁鉄鉱の溶解は、上記の実験装置を用いて行われた。サンプル室に上記の磁鉄鉱約0.2gを入れ、サンプル室下部からHClでpHを4.05に調整した水溶液をポンプを用いて $0.55\text{ml}/\text{min}$ の流速で送液した。サンプル室下部からの水溶液送液により、バッファー室の半分が水溶液によって満たされた。バッファー室の残り半分は気相である。バッファー室とサンプル室の水溶液を混合させるために、もう一つのポンプを用いて $3.61\text{ml}/\text{min}$ の流速で水溶液を循環させた。バッファー室から排出された水溶液は、約11時間フラクションコレクターを用いて回収した。回収水溶液のpHと全鉄濃度は実験終了後に測定された。サンプル室及びバッファー室、ストック溶液はすべて $298\pm 0.3\text{K}$ に保持された恒温槽に収納されている。バッフ

ァー室内の水溶液とストック溶液には、大気：窒素=1:1の混合ガス($\text{Po}_2=0.1\text{atm}$)を実験開始4時間前から実験中、絶えず吹き込んだ。排出された水溶液のpHは、複合ガラス電極(DKK-TOA GST-2729C)を用いて測定された。pHの測定は、指示値が安定するまで約0.5~1分要した。溶液試料を測定する前に、pH標準液(pH=4.01と6.86)を用いてpH電極を校正した。排出された水溶液の全Fe濃度はICP(Seiko SPS7000)で分析した。

昨年度試作したMixed Flow Reactorタイプの溶解実験装置のサンプル室と配管部の設計を変更しガスの漏れがないようにし、装置内の水溶液の酸化還元状態を制御するためのバッファー室を設けた。改良した装置を用いて磁鉄鉱の溶解実験を行った結果、測定開始時にpH値は4.13を示したが、約8時間後には4.08となり実験終了時までこの値を示した。一方、全Fe濃度は測定開始時に $0.8\times 10^{-6}\ \mu\text{mol}/\text{l}$ を示したが、約10時間後には $2.6\times 10^{-6}\ \mu\text{mol}/\text{l}$ となり実験終了時もこの値を示した。全Feは、主として Fe^{2+} であると考えられる。なぜならば、pHが4近傍での Fe^{2+} の Fe^{3+} への酸化反応は遅いからである。実験終了時の H^+ の消費量と Fe^{2+} の生成量の関係から、磁鉄鉱の溶解反応はつぎのように示唆される。



Mixed Flow Reactorタイプによる鉱物の溶解速度は、水溶液中のpHの変化をもとにつぎの式で表現できる。 $\text{Rate} = 1/f_{\text{H}^+} [10^{-\text{pH}_{\text{initial}}} - 10^{-\text{pH}_{\text{steady state}}}] [\text{送液速度}] / [\text{鉱物の質量}] / [\text{鉱物の比表面積}] \quad (2)$

ここで溶解速度の単位は、 $\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ である。 f_{H^+} は、鉱物の溶解反応における H^+ 成分の化学量論数であり、磁鉄鉱の溶解反応の場合その値は2/3である。 $\text{pH}_{\text{initial}}$ はストック溶液のpH値であり、 $\text{pH}_{\text{steady state}}$ は定常時(本報告の場合、実験終了時)のpH値である。式(2)を用いて磁鉄鉱の溶解速度を計算した結果、 $\text{Po}_2=0.1\text{atm}$ の水溶液中の磁鉄鉱の溶解速度は $9.53\times 10^{-10}\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ であった。

次年度では、酸化及び還元状態における磁鉄鉱の溶解実験を行う。酸素または還元ガスを溶かした水溶液を循環させて、異なるpH及び温度で実験を行い、溶解速度のpH依存性や温度依存性を求める。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] 混成流型溶解実験装置、酸化還元状態、磁鉄鉱

[研究題目] 核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

水理条件による地下水循環変化の予測手法の研究

[研究代表者] 竹野 直人(深部地質環境研究センター)

〔研究担当者〕 竹野 直人、藤井 直樹

〔研究内容〕

地層処分における放射性核種移行評価では地下水流動を把握することが重要である。天然地盤における超長期の地下水流動の予測には、数値シミュレーションを行うことが唯一の現実的な方法である。地下水流動による核種の移行を考える場合、地形や境界条件だけでなく自然変動による岩盤の変形や放射性核種と岩石鉱物との化学反応もそれに影響を及ぼす。本研究では地下水流動の数値シミュレーションを行い、水理条件による地下水循環変化を明らかにすることを目的としている。

平成14年度は有限差分法による水理解析コード TOUGH2を用いた地下水流動解析システムを構築するためのテストランを行った。また数値拡散の問題や salt fingering についての調査を行いこれらの影響の評価法について検討した。

数値拡散は実際の拡散現象とは無関係に計算誤差によって引き起こされる現象であり、低浸透率のもとで、実際の拡散の影響も考慮せねばならないとき、数値拡散は望ましからざる artifact といえる。TOUGH2のように差分近似で数値解を求める場合、このような数値拡散がどのくらい抑えられているのか今後評価せねばならない。

今後さらに、TOUGH2の評価作業を継続するとともに上記のソルトフィンガリング現象のような問題が解けることを検証するとともに、実際の地質データを用いた3次元熱-水理解析に取り組む。

〔分野名〕 地質・海洋

〔キーワード〕 tough2、ソルトフィンガリング、数値拡散

〔研究題目〕 核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)

化学反応の熱力学解析の研究

〔研究代表者〕 竹野 直人(深部地質環境研究センター)

〔研究担当者〕 竹野 直人、鈴木 寛

〔研究内容〕

地層中における放射性核種の移行を評価するには、地下水中の放射性核種の挙動を理解することが重要である。一般に核種の挙動は、地下水の酸化還元電位、pH、陰イオン濃度等に依存する。そこで、本研究では、地下水の化学的性質をモデル化するための手法の一つとして、Eh-pH 図に着目し、商用ソフトとオリジナルソフトウェアを用いた作図の全元素への適用及びデータベースの比較を行い、地下水の化学的数値モデリングの基礎とすることを旨とした。本研究ではこれまでに、主要な元素について比較を試みたが、本年度はデータが欠如するものを除く全元素を対象に拡張し、炭酸ガスが共存する場合についても予察的な検討を試みた。また、今年度新た

に核種移行の化学拡散について拡散試験と分子シミュレーションによるモデル化に着手した。

熱力学データベース FACT と SUPCRT を用いてデータの利用できる全元素について水溶液系での Eh-pH 図を作成した。この代表的な2つのデータベースを用いて作成した Eh-pH 図を比較するとともに、Brookins(1988)を参照しながらレビューを試みた。作図には FACT は FACTSAGE を、SUPCRT は独自ソフト FLASK-AQ を使用した。

計算条件は25°C、0.1MPa、溶液濃度は 1×10^{-10} mol/kg とした。予察的に実施した炭酸ガスを含む系は大気中の二酸化炭素と平衡にある溶存 CO_2 濃度 1.585×10^{-6} mol/kg とした。

拡散試験では難透水性堆積岩の模擬物質として粘土鉱物集合体を使用し、拡散係数の温度依存性と組成依存性について調べた。このために、透過拡散試験法を用いて重水の拡散係数を調べた。媒体としては、飽和含水させた粘土鉱物の集合体(スメクタイト粉末を圧縮成型)を実験試料とした。試験溶液の NaCl 濃度は0.02, 0.05, 0.1, 0.3, 0.5 mol/dm³と5通りとした。また、恒温槽の温度を25, 40, 50, 60°Cとして、順次実験を行い、拡散係数の温度依存性を調べた。

分子シミュレーション法では、並列計算機をセットアップし、粘土鉱物(スメクタイト)と水分子間の相互作用モデルについて検討を行った。分子動力学計算は、古典分子動力学法により、FORTRAN プログラム MXDORTO, MXDTRICL (JCPE No. 029) 及びその並列計算用プログラム (MXDORTOP) を使用した。計算に使用した原子間ポテンシャルパラメーターは、東京工業大学理学部河村雄行教授より提供されたものを使用した。また、層間水の振動スペクトルは、ウイナー・ヒンチンの定理から、水素の速度相関関数のフーリエ変換により計算した。

Eh-pH 図では溶解度制限固相の pH・Eh 依存性について手がかりとなる情報を提示できたとともに、非晶質まで含めた安定・準安定の扱いについて今後検討する必要性が示された。拡散試験では活性化エネルギーが、バルク水中の水分子の自己拡散の活性化エネルギー(18kJ/mol)よりもやや大きな値であることが示された。また粘土鉱物集合体中における重水の実効拡散係数およびそれから求めた活性化エネルギーの塩濃度依存性はほとんどなかった。

分子シミュレーションでは水分子-鉱物表面間の水素結合が水分子-水分子間の水素結合よりも弱いことが示された。今後は、このモデルを使って、層間間隙における水分子の自己拡散係数及びその活性化エネルギーや各種の陽イオンの拡散挙動について調べていく必要が示された。

〔分野名〕 地質・海洋

〔キーワード〕 Eh-pH 図、透過拡散試験、スメクタイト

ト

**【研究題目】核燃料サイクル施設安全対策技術調査
(放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質情報データの整備)**

多孔質媒体内の流体流れの数値シミュレーション

【研究代表者】 高田 尚樹(深部地質環境研究センター)

【研究担当者】 高田 尚樹、高橋 学

【研究内容】

本年度は核種移行解析コードの整備の第一段階として、LBM に基づく3次元多孔質媒体内の単相流動解析コードと、解析中に用いる多孔質物体境界条件を計測データから設定する手法を開発する。さらに、実際形状を考慮した等温単相流体流れ場のシミュレーションを実施し、解析コードと物体境界条件設定法の適用性を検討する。

解析対象の流れ場は、主流方向の長さ約7.15mm と1辺4.4mm の正方断面を持つ矩形領域で、104×64×64個の立方格子で離散化される。その中央には多孔質体を、その両端には長さ1.4mm の空孔領域を配置した。上下左右の側面には鏡面对称の境界条件を適用し、計算領域外部にも同様の流れ場があると考えられる。流体は、一定速度 $U_{in} = 2.5 \times 10^{-3}$ 及び 10^{-2} で一様に流入し、下流端で一定圧力下に開放される。定常状態での流速分布からよどみ領域や高速な流れ領域が生じ、流体は同様の流路を優先的に通過するが、流量の増加に伴って流速分布の不均一性はより顕著になり、流体が特定の場所をより多く流れる傾向が強まることを確認した。

核種移行解析コードの整備の第一段階である本年度では、流れ場の解析で複雑な物体形状の境界条件を容易に実行できる格子ボルツマン法(LBM)に基づく3次元多孔質媒体内単相流体解析コードと、多孔質物体境界条件を計測データから設定する方法を開発し、多孔質体内部の流動シミュレーションを実施した。

【分野名】 地質・海洋

【キーワード】 数値シミュレーション、格子ボルツマン法、多孔質媒体、流体流れの可視化

—構造改革特別委託費—

【研究題目】極端紫外線(EUV)露光システムの基盤技術開発事業

【研究代表者】 富江 敏尚(次世代半導体研究センター)

【研究担当者】 松嶋 功、屋代 英彦、李 東勲、青田 達也

【研究内容】

(目標)

高出力 EUV プラズマ光源達成のため、Mo/Si 多層膜の反射率の高い13nm の波長域で変換効率の高い錫をターゲットにするプラズマ光源技術の確立を目指す。

(研究計画)

微粒子群ターゲット供給装置の試作と、最適な錫微粒子径と輸送ガス圧、輸送管等の条件を求める。また、固体材料を用いるときの最大の課題とされているプラズマによる光学素子の汚染に関して、磁場を用いた高速イオンの遮断法の開発に着手する。

さらに、多層膜表面の極微量汚染の検出を目指して、EUV 光を用いて、付着した一原子層の錫原子を定量的に評価する手法の開発を行う。

(進捗状況)

- ・レーザーアブレーションでガス状の錫を供給するキャピティ方式プラズマから、狭帯域発光スペクトルを発生させるのに成功した。発光スペクトル全体に占める利用可能な波長域での発光強度の比であるスペクトル利用効率として12%近くが得られ、 $2\pi \text{str}$ への変換効率として5%を越える値も可能であることを示した。従来の固体平板ターゲット実験では、スペクトル利用効率は1-2%に過ぎなかった。この違いは、生成されるプラズマ密度の違いによる放射の透明度の違いに依る。
- ・プラズマからの高速イオンは周辺物質をスパッターして新たな汚染源になるので、プラズマの遮蔽が重要であるが、磁場による遮蔽実験を行い、2000-5000ガウスの磁場で、一桁程度のプラズマ遮蔽が行えることを確認した。
- ・極端紫外光励起光電子分光法(EUPS)による測定で、Si ウエハー上の錫汚染が、表面被覆率%の、これまでの反射率測定法に比べて2桁近い高感度で、検出できることを確認した。

【分野名】 情報通信

【キーワード】 EUVL 用光源、錫プラズマ、スペクトル利用効率、磁場によるプラズマ遮蔽、極微量汚染

【研究題目】ネットワークコンピューティング技術の開発事業

【研究代表者】 関口 智嗣(グリッド研究センター)

【研究担当者】 工藤 知宏、児玉 祐悦、小島 功、瀬河 浩司、建部 修見、田中 良夫、中田 秀基、首藤 一幸、石川 裕、佐藤 三久、伊藤 智、小川 宏高

【研究内容】

10ペタバイト級の大容量データ処理を可能とするシステム(グリッドデータファーム)を実現するためには、クラスタ技術とグリッド技術を有機的に統合し高速性、高信頼性、利便性を実現する技術の開発が必要である。本事業では、システム基盤となる大容量データ処理用クラスタ技術及び、広域分散されたクラスタ間を接続し全体を統合運用するグリッドクラスタ・フェデレーション基本技術を開発することを目的とした、平成14年度の事

業である。

大容量データ処理を実現するため、市場で調達可能な技術を基本とし、高速マイクロプロセッサ、高密度ディスクとネットワークを搭載したノードを多数組み合わせたクラスタを構築し、高速処理と大容量アクセスを実現するための基本技術を開発した。

さらにデータ生成消費の偏在に対応し信頼性を確保するために、データ記憶の広域分散配備と容易なファイルにアクセスを実現する分散ファイルシステムのためのグリッドミドルウェア基本コンポーネントを開発した。平成14年11月米国で開催された国際会議 SC2003では、本事業で開発したシステムを利用し、日米間における大規模データ転送実験を行い、当時における転送速度の世界記録を達成した。

【分野名】情報通信

【キーワード】グリッドデータファーム、クラスタシステム、Gfarm

【研究題目】窒化物半導体を用いた低消費電力型高周波デバイスの開発事業

【研究代表者】奥村 元（パワーエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】清水 三聡、沈 旭強、小倉 睦朗（職員3名、他4名）

【研究内容】

超高速・大容量・多機能の情報処理を担うワイヤレス通信技術に資するため、従来デバイスの性能を大きく凌駕する高出力高周波デバイスの基盤技術を確立することを目的とする。このため、準ミリ波、ミリ波領域に至る高周波領域で特徴を発揮する窒化物半導体の材料ウエハー作製からデバイス化プロセス、デバイスモジュール作製までの研究開発を一貫して行い、そこにブレークスルーをもたらす新たな要素技術を確立して、数 GHz から数10GHz の帯域において高効率、高出力、低歪み等の特性を併せ持つ革新的高周波デバイスの開発を行う。

本研究開発では、産業界の研究者を結集した新機能素子研究開発協会との共同研究契約のもと、4研究サイト（愛知、草津、つくば、大津）での集中共同研究体制をとる。当所が担当するつくばサイトでは、H14年度は初年度として、AlGaIn/GaN ヘテロ構造ウエハーの各種欠陥、歪、及びその面内分布を評価解析し、ウエハー高品質化の指針を示す。特に、ヘテロ構造ウエハーやその上に形成したデバイス構造に対して、微小領域における素子特性と材料特性との相関の抽出を試みる。不純物低減やヘテロ界面制御に優れた超高真空プラズマ MBE 法を用いて SiC 基板上への AlGaIn/GaN ヘテロ構造作製とその電気特性評価を進める。

AlGaIn/GaN ヘテロ構造ウエハー評価技術では、ワイドギャップ特性に即した手法として顕微紫外ラマン散乱/PL、光 ICTS 測定装置等を整備した。これらの手法

を用いて MOCVD 法成長ヘテロ構造ウエハーを評価した結果、ウエハーの反りとラマンピークシフトに明確な相関が見られることが確認され、AlN バッファ層厚に対して、GaIn エピ膜の結晶性と反り（歪み）がトレードオフの関係にあること等がわかった。また、分光エリプソメトリによる測定で、簡便に Al 組成分布を求めることができることがわかった。さらに、PL 測定、XRD 測定との比較から Al 組成分布の評価において十分な相対精度を持つことが確認できた。

MBE 法によるウエハー技術では、SiC 基板上への III 族窒化物半導体エピタキシャル成長のための表面前処理方法を検討した。清浄平坦表面実現に、Ga flash-off 処理が有効であること、その上への平坦 GaIn 層成長には Ga 原子による表面修飾が必要であること等を実証した。また、サファイア基板上成長における AlGaIn バッファ層の有効性とそのための条件を明らかにした。

【分野名】情報通信

【キーワード】窒化物半導体、高出力高周波素子、ワイヤレス通信、大容量高速通信

【研究題目】高効率有機デバイスの開発事業

【研究代表者】八瀬 清志（情報処理研究部門）

【研究担当者】八瀬 清志、鎌田 俊英、小笹 健仁、吉田 学、内丸 祐子、吉田 郵司、小林 俊介、太田 浩二、星野 聡（NEDO フェロー）、植村 聖（NEDO フェロー）

【研究内容】

60インチ程度の大きさを持つ軽量・薄型大画面ディスプレイならびに紙のように薄く携帯性に優れたモバイル入出力端末としてのフレキシブルシートディスプレイの実用化を図るべく、それに必要な高効率発光素子創製技術、有機薄膜トランジスタ（TFT）技術、フレキシブル封止技術などの要素技術を確立するとともに、それらを総合して試作品を開発することを目的とする。

産総研においては、産学官の共同研究により、ディスプレイ駆動用の高性能有機 TFT の開発を行っており、H14年度においては、印刷法による作製が可能な、新規な電界効果トランジスタ（FET）として、トップ・アンド・ボトム型 FET の開発を行った。FET 移動度 $10\text{--}2\text{cm}^2/\text{Vs}$ オーダーおよびオン・オフ比105のプリンタブル TFT の作製に成功した。

【分野名】情報通信

【キーワード】ディスプレイ、有機半導体、TFT、FET、印刷法

【研究題目】エネルギー使用合理化革新的温暖化対策技術開発

【中項目名】低摩擦損失高効率機器駆動のための材料表面制御技術

〔研究代表者〕 田中 章浩（新炭素系材料開発研究センター）

〔研究担当者〕 田中 章浩、古賀 義紀、大花 継頼、梅田 一徳、鹿又美紀彦

〔研究内容〕

水環境下で使用される機器の摺動部に適用できる炭素系硬質皮膜を開発することを主目標とした研究である。H14年度は、その第一段階として、C と H のみの単層ダイヤモンドライクカーボン（DLC）膜を製作し、さらにそれらの水中での基本的トライボロジー特性を明らかにすること等を計画した。

既設の熱電子励起型プラズマ CVD 装置を用いて、H を含む DLC 膜の成膜を行った。それらのトライボロジー評価を、ボールオンプレート型往復動摩擦試験機を用いて行なった。水中での摩擦係数は、空気中でのそれらより低くなる傾向が見られた。DLC 膜の比摩耗量は水中のほうが空気中よりも小さくなった。ボール試験片の摩擦面を観察した。水中で得られた摩擦面においては、明瞭な移着物の存在が認められるが、空気中でのそれには明瞭な移着物は認められなかった。荷重の増加に伴い摩擦係数はやや減少するような傾向も見られたが、それは不明瞭なものであった。また、往復速度が変化しても摩擦係数の定常値には系統的な変化は認められなかった。荷重、速度を変えた時の DLC 膜の比摩耗量に関しては、大雑把には比摩耗量は荷重が増加すると減少する傾向を示した。また往復速度についても、一部の例外を除くと速度が増すに伴い比摩耗量には減少する傾向が見られた。摩擦係数のデータを負荷荷重と往復速度との積に対してプロットした結果、摩擦係数は始めやや減少しその後ほぼ一定の値になる傾向を示すことが分かった。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 DLC 膜、水環境、摩擦、摩耗、トライボロジー

〔研究題目〕 高効率高温水素分離膜の開発事業

〔研究代表者〕 原谷 賢治（環境調和技術研究部門）

〔研究担当者〕 原谷 賢治、藤原 一郎、内丸 祐子、須田 洋幸、中岩 勝、大森 隆夫、伊藤 直次、早川 孝

〔研究内容〕

炭化ケイ素系分離膜の開発：高効率高温水素分離膜としての炭化ケイ素系膜の開発を目指し、本年度は、高温水蒸気耐性が低いとされるシロキサン結合の生成膜中における割合を少なくすることを目的として、ケイ素系高分子前駆体であるポリカルボシランを非酸素系で架橋させ、その製膜性、熱分解生成物の多孔性等に関する予備的な検討を行った。その結果、炭化水素系不飽和化合物のヒドロシリル化反応を利用して非酸素系架橋させたポリカルボシランを用いることによっても製膜が可能であることがわかった。また、これを塗布、乾燥後、アルゴ

ン気流中で熱処理することによって得た炭化ケイ素系膜は、ガス選択透過性が期待できる多孔性を有していることが判明した。

物質移動計算及び膜透過計算：モジュール構造の最適化の指標を与えるために、理想条件下での H_2/CO_2 分離の膜モジュール設計計算を行った。膜モジュール入口ガスは $80\%H_2-20\%CO_2$ の混合ガスとし、開発目標の水素透過率 ($1 \times 10^{-6} \text{mol/m}^2/\text{s}/\text{Pa}$) の膜を用いて、 $p_h=0.8$ 、 $p_1=0.1 \text{MPa}$ で運転する場合、 $1 \text{NM}^3/\text{hr}$ の水素供給用モジュールの膜面積は約 0.025m^2 、 $300 \text{NM}^3/\text{hr}$ の水素供給用では約 7.5m^2 と設計された。

膜反応器設計における改質反応・計算：メタンの水蒸気改質反応を $500 \sim 600^\circ\text{C}$ という低温で行う場合の基礎的情報を得て、それを膜反応器設計へ反映させるために、市販触媒を用いた反応試験を行い反応速度や生成物組成などのデータを取得するとともに、膜反応器設計計算では、等温二重管型膜反応器を対象にシミュレーションを行った。

その結果、以下のようなことが明らかになった。

- ① 使用したルテニウム担持触媒 ($2 \text{wt}\% \text{Ru}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 、粒径 $1 \sim 2 \text{mm}$) は $500 \sim 600^\circ\text{C}$ の低温域でメタン改質反応に対して高い活性を示した。反応生成物は水素、 CO 、 CO_2 であり、 $H_2/(\text{CO} + \text{CO}_2)$ 比は、化学量論的最大値である4に対して、 500°C で3.73、 550°C で3.63であり、 CO シフト反応も $60 \sim 70\%$ 進行していることがわかった。
- ② メタン転化率が $400^\circ\text{C} \sim 700^\circ\text{C}$ の範囲にわたって測定した結果、反応速度は大きくほぼ平衡に達していることが推測された。

二重管型の膜反応器を対象としたシミュレーターを作成し、その定常状態における挙動についてシミュレーションにより検討を行った。透過速度の大きいケース A と小さいケース B の2通りについてのシミュレーションの結果、 500°C で水素製造量 $1 \text{Nm}^3/\text{hr}$ を達成するには、ケース A (水素透過係数 $1 \times 10^{-6} \text{mol/m}^2/\text{s}/\text{Pa}$) では比較的小さいサイズの膜反応器でよいが、ケース B (水素透過係数 $1 \times 10^{-7} \text{mol/m}^2/\text{s}/\text{Pa}$) ではかなり大きな膜反応器を用い、しかも反応側の圧力を 10atm にする必要があった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 高温水素分離、セラミック膜、水蒸気改質

〔研究題目〕 内部熱交換による省エネ蒸留技術開発事業

〔研究代表者〕 中岩 勝（環境調和技術研究部門）

〔研究担当者〕 中岩 勝、秋谷 鷹二、大森 隆夫、遠藤 明、山本 拓司、黄 克謹、宮田 竜彦

〔研究内容〕

蒸留プロセスは種々の分離プロセスの中でも特にエネルギー多消費型であり、化学産業の全熱使用量の40%が蒸留プロセスで使われている。内部熱交換型蒸留塔（Heat Integrated Distillation Column, 略称HIDiC）は蒸留塔を2つの部分（濃縮部と回収部）に分割し、濃縮部の操作圧を回収部より高くして温度レベルを逆転させて結合し、濃縮部で取り去る熱量を直接回収部に供給することが可能とする技術である。これにより圧縮機動力を一次エネルギー換算で30%以上の省エネルギーが期待できる。本年度は、従来の蒸留塔では運転上最も重要な因子である外部還流を用いずに操作する制御方式を検討し、多成分系において省エネルギー性を確保しつつ安定な連続運転を可能とする操作・制御技術の基本方式を明らかにした。これに関連して同様のプロジェクトを開始しているオランダ・デルフト工科大学との国際共同研究を実施した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 省エネルギー、蒸留、内部熱交換、プロセス制御、地球温暖化

【研究題目】 3D ナノメートル評価用標準物質創成技術の開発事業

【研究代表者】 小島 勇夫（計測標準研究部門）

【研究担当者】 黒澤 富蔵、高辻 利之、渡部 司、
権太 聡、三隅伊知子、黄 強先、
金 泰皓、一村 信吾、野中 秀彦、
黒河 明、中村 健、尾高 憲二、
藤本 俊幸、寺内 信哉、東 康史、
山岸 秀一、黒田 宏

【研究内容】

ナノテクノロジーという物質の構造を超微細に制御・加工・計測することを基盤とする技術分野に対応できる、正確さと信頼性に裏打ちされた国家計量標準となるナノメートルスケール（ものさし）の開発を行う。開発されるスケールは、面内方向および深さ方向に対する国家標準にトレーサブルな校正のために利用されるもので、認証値と不確かさを付与した認証標準物質として供給される。

平成14年度は、下記の通り当初の計画通り研究を進めることができた。

(1) 面内方向スケール校正用標準物質創成技術の研究開発

A. AFM（原子間力顕微鏡）とレーザ干渉計を駆使した高精度評価技術の開発

レーザ干渉計の不確かさ要因で一番大きい周期誤差に関して検討した。対称光学配置の差動方式マイケルソン干渉計及び高感度ファブリ・ペロー干渉計と可変波長レーザを組み合わせた周波数走査の方法について、干渉計の構造、干渉計の分解能、干渉信号処理方法などについて検討し、新しい装置の設計

のための指針を得た。また、既存の AFM を用いてピッチ150nm の面内方向スケールを測定・評価した。

B. 面内方向スケール校正用候補標準物質の開発

三菱電機株式会社先端技術総合研究所に依頼し、EB 描画装置を用いてピッチ10nm～1000nm のレジストパターンをもとに厚さ25nm と5nm のタングステン薄膜をエッチングした試料を作製した。

(2) 深さ方向スケール校正用標準物質創成技術の研究開発

A. 高精度積層膜構造評価技術の開発

・膜厚測定の不確かさの評価

深さ方向スケールへの値付けの核となる X 線反射率法における不確かさを低減するために、測定装置由来の不確かさの主要因となる走査角度の信頼性について重点的に検討し、国家標準とのトレーサビリティの確保を念頭においた校正装置の設計を完了し、試作を行った。また、試料構造に由来する不確かさを軽減するために、測定試料の平面度評価システムを装置上での振動に特に配慮して設計し、試作を行った。更に試料表面の汚染層による不確かさを減らすために、表面汚染量の精密評価システムを試作した。

・膜中均質性評価システムの開発

候補標準物質の膜中の均質性を向上させるために、薄膜の断面に極微小の電子ビームを照射し、透過した電子のエネルギー損失量から組成を評価できる電子線エネルギー損失分光法を用いた、膜中均質性評価システムを超高分解能透過電子顕微鏡に付加し、基本性能の評価を行った。

B. 深さ方向スケール校正用候補標準物質の開発

堆積基板の表面形状を原子レベルで観察できる評価システムを作製した上で、基板処理と界面の乱れの関係調べた。界面構造を評価した結果、オゾン酸化膜では熱酸化膜に比べて急峻な界面が得られることが確認できた。また、オゾンを用いたシリコン系標準物質作製に向けて、次年度に計画する製膜に対応できるオゾン供給システムとして、堆積膜の厚さ制御に適した高圧型と減圧型の供給システムを試作した。併せてオゾン供給に向けて供給配管の安定化処理法を検討した。

化合物系半導体標準物質の開発に向けて、組成を変えた3種類の超格子試料を作製し、その構造について評価を行った。

【分野名】 標準

【キーワード】 ナノスケール、面内方向スケール、深さ方向スケール、認証標準物質

【研究題目】 ロボット機能発現のために必要な要素技術開発

〔研究代表者〕 谷江 和雄（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 谷江 和雄、平井 成興、末廣 尚士、
北垣 高成、神徳 徹雄、
社団法人日本ロボット工業会、
松下電工株式会社

〔研究内容〕

（目標）

様々なロボット要素を通信ネットワークを介して組み合わせることにより多様なロボットシステム構築を可能とするロボット用ミドルウェア技術基盤を確立することを目標とする。

（研究計画）

我が国の製造業を支えてきたロボット技術を基盤としてロボット技術の活用範囲を拡大することを目指して、アクチュエータ、センサ、制御プログラム等といった様々なロボットシステムを構成する要素をモジュール化し、それらを部品として自由に組み合わせて統合し、新しい機能を持ったロボットシステムを容易に構築することを可能とするロボット構築手法を提案し、それを実現するソフトウェア基盤技術としてロボット用ミドルウェアを3年計画で研究開発するものである。単に、ロボット用ミドルウェアの標準仕様案を策定してミドルウェアを開発するだけでなく、典型的なロボットシステム構築例を示すことでミドルウェア技術の有効性を実証する。同時に多数の関係者の参画のもとで本技術を活用したシステム開発手法を広範に普及させて産業活性化を推進させるための戦略を検討する。なお、研究開発に際してロボット技術固有の機能の実現や広範なニーズを満たす標準仕様案の策定が技術課題となるため、工業会、産業技術総合研究所、新たな生活支援分野へのロボット技術の展開を図る企業の三者が密接に連携する研究体を構成して研究開発を実施する。

（進捗状況）

初年度にあたる平成14年度では、産業技術総合研究所はロボット用ミドルウェアの基本機能に関する研究を担当して、力センサ、ロボットアーム等の典型的な要素のモジュール化手法を提案し、基礎的な実装検討を通して各要素をモジュール化した場合のサーボ制御実現の目処を得た。

〔分野名〕 情報通信

〔キーワード〕 システム統合、ソフトウェア、産業活性化

〔研究題目〕 細胞内ネットワークのダイナミズム解析技術開発事業

生体分子標識技術開発のうち生物系素材を基にした発光・蛍光プローブの開発

〔研究代表者〕 近江谷克裕（人間系特別研究体）

〔研究担当者〕 近江谷克裕、中島 芳浩、山岸 和敏、
尾辻 智美、道畑 朋子、上田 直子

〔研究内容〕

（目標）

生きた細胞内の本来の機能を保持させたまま複数（少なくとも3種）の生体分子を識別、細胞内プロテオームを攪乱せず解析できる標識技術として、色特性（赤、黄、青色の異なる発光）を利用した「色識別型発光タンパク分子プローブ」を開発する。またタンパク質修飾過程を解析できる標識技術として、発光から蛍光へのエネルギー移動の変化を指標とした「発光・蛍光エネルギー移動型分子プローブ」を開発する。さらに可視化プローブの能力を最大限に引き出す基質を分子設計し、合成を行い、細胞内ネットワークを識別解析するシステムとする。

（研究計画）

生きた細胞の機能を保持したまま細胞内ネットワークを識別解析するシステムとして、細胞内のプロテオームを乱すことなく細胞内の複数の分子応答とそれに伴うダイナミズム変化を定量的、空間的且つ時間的に追跡するための色識別型発光タンパク分子プローブ及び発光・蛍光エネルギー移動型プローブの創製、及び可視化プローブの能力を最大限に引き出す基質を分子設計し、合成を行う。研究開発はマルチ標識基盤技術の開発を産総研が担当、東洋ビーネットがマルチ標識分子プローブの構築と最適化を行う。

（平成14年度進捗）

①色識別可能な発光タンパクの実用化；複数の細胞内の情報を可視化できる色識別可能な鉄道虫発光タンパクを哺乳類細胞内で安定に発現させることに成功し、マルチ遺伝子転写活性測定系を構築した。②細胞機能可視化用発光タンパク群の探索及び高機能化発光性渦鞭毛藻由来青色発光タンパクを哺乳類細胞内で安定に発現させることに成功した。③発光・蛍光エネルギー移動型分子プローブによる翻訳後修飾過程の可視化発光・蛍光融合タンパクを構築・試作して得られたデータを基に、発光・蛍光エネルギー移動型分子プローブを作成し、細胞内の代表的な翻訳後修飾である活性ペプチドプロセッシング量の定量化に成功した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 生物発光、細胞機能、イメージング

〔研究題目〕 細胞内ネットワークのダイナミズム解析技術開発事業

〔研究代表者〕 平野 隆（糖鎖工学研究センター）

〔研究担当者〕 地神 芳文、平野 隆、横尾 岳彦、
仲山 賢一、新聞 陽一、千葉 靖典、
スニル・カウル、岡本美智代、市原 昭、
カムルル・ハサン、矢口 智子、相田 哲

〔研究内容〕

ポストゲノム時代におけるバイオテクノロジーの中心課題として、生きた細胞内でのタンパク質分子の局在や動態、相互作用の解析が求められている。この目的のため

めに世界最高性能の超高感度高速リアルタイム三次元顕微撮像システムを開発し、生細胞におけるタンパク質動態を分子レベルで三次元観察する可視化解析技術開発を目指す。この装置開発のため、産業技術総合研究所ではバイオ分野の研究する側のニーズを装置開発側に伝え、中間評価までのプロトタイプ機への開発に貢献する。さらに、開発されたプロトタイプ機の有用性を検証して装置の性能の高度化を図り、また動物細胞や酵母細胞の細胞内蛋白質について、リアルタイムでの相互作用解析を行なう。得られた成果は、高齢化を迎える我が国の国民健康増進へ貢献するための治療薬開発へ向けて利用する。平成14年度においては酵母細胞壁合成系のリアルタイム可視化に関する研究開発で観察しようとするいくつかのタンパク質と3種類の蛍光タンパク質（EGFP（改変緑色蛍光タンパク質）、Venus（高速蛍光発光タンパク質）、mRFP（単量体型赤色蛍光タンパク質））を融合させる発現ベクターを作製した。また細胞壁生成に関与する遺伝子の酵母変異株を作製した。さらにトリプトファントランスポーターである Tat2タンパク質に EGFP を融合したタンパク質を発現させる系を確立した。また細胞の癌化・不死化に関する分子ネットワーク解析の研究開発ではモータリン及び p53、GRP94、MPD などのモータリン結合分子の全長及び様々なデリーション変異体発現ベクターを構築した。これらの分子と GFP 等のタグ付融合タンパク質を発現ベクターに組み込み単離した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 リアルタイム三次元顕微鏡、蛍光タンパク質、酵母細胞壁合成、不死化細胞

【研究題目】 自動車軽量化のためのアルミニウム合金高度加工・形成技術の開発事業（高信頼性ポーラスアルミニウム材料の開発）

【研究代表者】 朝比奈 正（基礎素材研究部門）

【研究担当者】 朝比奈 正、山田 康雄、加藤 清隆、園田 勉、渡津 章、文 翠娥

【研究内容】

自動車の軽量化は、燃費節減を通じて炭酸ガスの排出量削減を可能とし、地球温暖化防止の最も効果的な手段である。本開発は、自動車に搭載可能なアルミニウム材料の加工・形成技術を確立し、耐衝撃性に優れる軽量構造体を実現する基盤技術を開発することを目標とする。

本研究においては、ポーラス金属の最適構造制御の開発、ポーラス材の基礎設計技術の確立及びポーラス構造・特性評価技術の開発を進めることにより、従来にない高い信頼性と衝撃吸収性能を併せ持つポーラス金属構造材料を開発する。

産総研においては、高度に構造が制御された多孔質構造体を創製し、その機能の評価することによって、プロジェクトに必要な材料開発指針を提示する。そのため本年度においては、材料創製プロセス技術と計測・評価技

術の開発を進めた。

材料創製プロセス技術開発では、中空アルミニウム球の充填層による構造体技術、金属射出成形による高空隙率材料の創製技術、粉末の性状調整による高空隙率材料の創製技術、発泡スチロールのアルミニウム表面化技術の研究を平行して進め、高度に構造が制御された多孔質構造体を創製する手法の確立を行うと同時に、塩化ナトリウムによるスペースホルダー法においては、作成した試験片の機械的特性を評価し、こうした多孔質構造体における構造設計指針を得た。

一方、計測・評価技術の開発においては、本年度、試験片を回転しながら透過像が観察できるX線透視装置を導入し、試験片内の密度さ、その不均一性を評価することを開始した。その結果、透過観察だけではセルの構造解析に定量性が不足することが判った。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 多孔質材料、ポーラスアルミニウム、自動車用衝撃吸収材

【研究題目】 精密部材成形用材料創製・加工プロセス技術の開発事業

【研究代表者】 馬淵 守（基礎素材研究部門）

【研究担当者】 馬淵 守、下島 康嗣、細川 裕之

【研究内容】

近年、特に医療、バイオ、情報通信、機器部品等の様々な分野において機能性マイクロ機器の重要性が増してきており、その製造のために微細成形加工が可能で高強度、高靱性等の特性を有する金属系新材料に対する要求が強くなっている。しかしながら、これらの要求を実現するための実用的な材料創製技術や高精密加工技術が十分確立されていないのが現状である。そこで、産総研中部センター内に集中研を設置し、(財)金属系材料研究開発センターと共同で「精密部材成形用材料創製・加工プロセス技術の開発事業」を開始した（経済産業省受託）。本プロジェクトは、(1)「高易加工性金属系新材料の開発」、(2)「高精密金属金型材料創製・加工技術の開発」、(3)「高精密部材成形加工技術の開発」の研究項目により構成され、産総研はいずれの項目にも参画している。14年度では、主に WC-Co 系超硬材料の収束イオンビーム（Focused ion Beam: FIB）による微細加工に関する研究を行った。その結果、WC-Co 系超硬材料の FIB 加工において、Co 相が加工面起伏を生じさせることがわかり、Co 相の幅を小さくすることが精度よい加工に重要であるとの結果を得た。そこで、Co 相のない WC 材料の FIB 加工を行った結果ところ、ナノオーダーの精度を有する高精密微細加工を達成できた。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 高精密加工、収束イオンビーム加工、超硬合金

—経済産業省その他—

〔研究題目〕原子力安全基盤調査研究委託費 総合的
評価費活断層等調査費 地下地質調査費
活断層等周辺地下地質調査に関する研究

〔研究代表者〕横倉 隆伸（地球科学情報研究部門）

〔研究担当者〕加野 直巳、山口 和雄、田中 明子、
大滝 壽樹、伊藤 忍、駒澤 正夫

〔研究内容〕

リニアメントが存在するが活断層と認定されていない、京都盆地南部をモデル地域として、反射法地震探査等による地下構造の把握と活断層の認定基準の抽出などを行った。その結果、低地部では大阪層群の堆積層が比較的に水平成層をしていること、丹波層群と思われる基盤はやや凹凸があるものの深度は600-800m 程度であること、丘陵部では基盤深度は200m 程度であること、丘陵-低地境界は明瞭な断層となっており変位の累積性が認められること、その他いくつかの断層が存在すること、などが明らかとなった。大阪層群の海成粘土層の対比から、丘陵-低地境界の断層は約90~40万年前にかけて0.1m/1000y 程度の一様な垂直変位速度を有していたことが明らかとなった。Ma9以降の変位基準がないため、その後の断層活動は明らかではない。しかし変位直線を外挿するとちょうど現在の地表面（必ずしも堆積面ではないが）の標高差にほぼつながることから、現在でも0.1m/1000y 程度の変位速度を有していると考えても矛盾はない。また近傍の高位段丘が傾動していることから、活断層の可能性があると推定される。

〔分野名〕地質・海洋

〔キーワード〕活断層、調査法、京都盆地、反射法探査、
重力探査、基盤

〔研究題目〕地球環境遠隔探査技術等調査研究委託費
（低消費電力型サブミリ波分光放射計に
関する研究）

低消費電力型サブミリ波分光放射計に関する研究

〔研究代表者〕神代 暁（エレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕神代 暁

〔研究内容〕

本研究は、中層大気（成層圏）中でのオゾン層破壊ガス分子（ClO_x、HO_x、NO_x等）の濃度分布を、人工衛星上から地球規模で計測するためのサブミリ波帯低雑音受信器の開発を目的とし、消費電力・占有体積等、搭載機器への制約の強い人工衛星上での多チャンネル化が有利な超伝導集積型受信器の設計・作製・特性評価を内容とする。平成14年度は、アンテナ、ミキサ、局部発振器、結合回路、出力フィルタを1チップ上に実現した集積化受信器の設計ならびに試作を行い、アンテナ・ミキサ間の結合効率を評価した。その結果、大気中のオゾン層破壊分子の濃度観測に極めて重要な、中心周波数

0.87THz、3dB 帯域幅0.37THz を持つ広帯域受信器の実現が可能であることがわかった。また、最適化されていない光学系のもとで、受信器性能指数として最も重要な受信器雑音温度を測定し、0.90THz において1030K の値を得た。今後光学系の最適化を図ることにより、受信器雑音温度を世界トップデータに匹敵する値に改善できる可能性を明らかにした。さらに、受信器の周波数分解能を決める局部発振器の発振線幅評価装置の立ち上げに着手した。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕サブミリ波、アンテナ、ミキサ、局部発振器

〔研究題目〕地球環境遠隔探査技術等調査研究委託費
（次世代高分解能衛星センサによる地質
構造情報識別技術の研究）

〔研究代表者〕古宇田亮一（地球科学情報研究部門）

〔研究担当者〕村上 裕

〔研究内容〕

平成14年度は、異なる分解能に特有な識別範囲を三次元動画処理によって表示し、総合的な識別能力を高め判断処理の正確さを向上できた。これを近接画像と比較して構造抽出の有効性と適用範囲を明らかにした。ALOS 以後の次世代衛星のセンサパラメータとしては、高分解能性の追求だけでなく、動画的な処理の正確性を向上できる軌道安定性、ポジショニングシステムも含めた衛星姿勢制御系の改善と、同一場所の繰返し撮像のための複数衛星システムの統合運用、及び、既存データベース群と相互運用システム等の利用に直結したシステム構築が必要である。又、信号レンジを犠牲にしての分解能向上より、実8ビット以上のレンジの確保の必要性を提案した。これらが、地質構造情報識別能力の向上と正確性に寄与するものと考えられる。

〔分野名〕地質・海洋

〔キーワード〕次世代高分解能衛星、リモートセンシング、
地質構造、情報識別技術

〔研究題目〕重点分野研究開発委託費（印刷画像向き
データ圧縮方式の標準化）

〔研究代表者〕樋口 哲也（次世代半導体研究センター）

〔研究担当者〕岩田 昌也、坂無 英徳

〔研究内容〕

リアルワールドコンピューティングプロジェクト（次世代情報処理基盤技術開発事業）における研究業績等を基に開発された、印刷画像向き2値画像データ可逆圧縮技術を、下記のように国際標準化することを最終目標とする。

—国際標準化機構（ISO）と国際電気標準化会議（IEC）との合同専門委員会の静止画像符号化に関する作業部会（ISO/IEC JTC1 SC29/WG1）において、2値画像

符号化の現行標準である JBIG2方式の追補としての採用。

—ISO における印刷用製版データ交換に関する作業部会 (ISO TC130/WG2) において、電子製版画像データ交換用タグ付きファイルフォーマット TIFF/IT への採用。

本年度の研究開発は、下記の2項目に大別される。すなわち、(1)国際規格骨子提案ならびに国際標準化活動計画立案と、(2)符号化方式に関する研究開発である。

(1)に関しては、FDAM (Final Draft Amendment) 投票が2003年2月27日に開始されることが確認された。同年7月の ISO/IEC JTC1 SC29/WG1会合にて投票結果の承認が行われる予定。また、ISO TC130/WG2委員会に対しては、同委員会から正式に要請された実験レポートの提出などを行った。

(2)に関しては、標準ソフトウェアの開発、効率的な圧縮アルゴリズムに関する研究を行い、高速な符号化エンジンを開発して、約2.8倍の高速符号化処理を実現した。上記アルゴリズムを実装した FPGA の開発も行い、ハードウェアシステムの実証実験も行った。さらに、暗号化および電子透かし技術を開発し、セキュリティ機能を付加した。

[分野名] 標準

[キーワード] データ圧縮、デジタル画像フォーマット、国際標準化

[研究題目] 重点分野研究開発委託費 (ノニルフェノールの国際標準分析法開発)

[研究代表者] 山下 信義 (環境管理研究部門)

[研究担当者] 指宿 堯嗣、羽成 修康、堀井 勇一、谷保 佐知

[研究内容]

ノニルフェノールは内分泌攪乱物質としての危険性が指摘されているにもかかわらず、多数の異性体の混合物であるため、現在の総量分析法では精度が不十分である。

本研究ではノニルフェノールについて、高精度分析法を新規開発し、国内外機関と協力し国際標準分析法へと結びつける。平成14年度は相対感度係数にもとづいた NP の高度分離測定手法 (ガスクロマトグラフ質量分析法—選択的イオン測定法) の開発に成功し、実環境データによる検証を行った。本方法ではノニルフェノール各成分の測定に最適なフラグメントイオンをもとに内標準物質に対する相対感度係数を算出し、高精度定量を可能にした。その結果、従来法では測定が困難であった13種のノニルフェノール成分について正確な定量が可能になった。また国際標準のための作業として ISO/TC147/SC2 のドイツ側コンビナーと打ち合わせをおこなった。二度にわたりドイツ、ワーキンググループと討議した結果、ISO 147イギリス総会において発表時間を確保し、提案内容の説明が可能になった。

[分野名] 環境

[キーワード] ノニルフェノール、JIS、ISO

[研究題目] 重点分野研究開発委託費 (歯車のナノレベル形状評価のための計測器の校正原理及びその原理に基づく校正方法の研究とその標準化)

[研究代表者] 高辻 利之、近藤 孝之 (機械システム研究部門)

[研究担当者] 高辻 利之、近藤 孝之、直井 一也、大澤 尊光

[研究内容]

(目標)

高精度な歯車の形状を測定するために三次元測定機や専用の測定機が使用されているが、しかし、これら測定機を世界共通の標準を用いて校正する方法がなく、最高級歯車 (ISO 精度等級0~2) の精度が保証できないのが現状である。ドイツでは、ドイツ物理工学研究所 (PTB) が独自に開発した歯車専用の測定機を原器として保有し、この原器で測定した歯車を基準に測定機を校正している。この原器の精度は世界最高といわれているが、しかし、500nm より良い精度を保証することができない。アメリカでは、米国国立標準技術研究所 (NIST)、その他の認定機関の三次元測定機で測定した歯車が基準となっている。しかし、三次元測定機は一般的な形状の測定を考えて校正されるため、三次元測定機による測定形状の保証精度は、歯車専用の PTB 原器よりも低いといわれている。

本研究では、500nm より高い精度が保証できる歯車の歯形評価のための測定機を校正する原器及び校正方法について研究を行い、その成果を基に国際規格案を作成・提案する。

(研究計画)

- ①アーティファクトの製作と校正技術の開発
- ②実証試験及び測定不確かさの評価
- ③国際規格案骨子作成及び国際標準化活動 (年度進捗状況)

- ①アーティファクトの製作と校正技術の開発

歯車よりはるかに高い精度のマスターボール2個と円盤で構成する校正原器 (ボールアーティファクト) を試作した。また、回転テーブルの中心軸を直線に移動させ2個のマスターボールの中心間距離を高精度に測定する装置を試作した。

- ②実証試験及び測定不確かさの評価

提案するボールアーティファクトを用いて歯形を評価するための最適なボールアーティファクトの設計資料を得た。また、ボールアーティファクトの値付けにおける不確かさ要因を考慮し、ボールアーティファクトの値付けの不確かさの算出を行った。

- ③国際規格案骨子作成及び国際標準化活動

プロジェクト推進のための委員会を立ち上げ、校正原器に関する規格のワーキングドラフトを検討した。歯車関連業界にアンケートを取り、業界に受け入れられる校正原器及び測定機の校正方法を検討した。国際的には、ISO/TC60会議に出席し、関連情報の収集を行った。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 歯車、歯形、計測、校正、標準化

【研究題目】 重点分野研究開発委託費（歯車のナノレベル形状評価のための測定機の校正原理及びその原理に基づく校正方法の研究とその標準化）

【研究代表者】 高辻 利之、近藤 孝之（計測標準研究部門）

【研究担当者】 直井 一也、大澤 尊光

【研究内容】

歯車の形状を測定するために三次元測定機や専用の測定機が使用されている。ドイツ物理工学研究所（PTB）が独自に開発した歯車専用の測定機は世界最高といわれているが、歯形を500nmより良い精度で保証することはできない。このように、歯車の歯形を最高級の精度（ISO精度等級0～2）で保証できないのが現状である。

本研究では、歯車の歯形を500nmより高い精度で保証できるように、歯形測定機を評価するための原器（ダブルボール・アーティファクト）と原器の校正方法を提案する。また、その成果を基に、測定機の評価法に関する国際規格案を作成・提案する。

初年度は、次のようなことを行った。

- (1) 提案を行うダブルボール・アーティファクトの強度設計を行い、本研究で用いるアーティファクトの仕様を作成した。
- (2) ダブルボール・アーティファクトを用いた歯形測定機の評価方法の研究として、「レーザ干渉計の測定の不確かさの評価」、「歯形測定機によるボールアーティファクト測定時の不確かさを求めるシミュレーションプログラムの開発」、「不確かさ評価における形状偏差の影響と球の三次元変位の測定手法の検討」を行った。
- (3) 国際規格案の作成のために、歯車業界の動向、関連規格、関連企業における校正方法、校正精度、証明方法、企業が持つ歯形測定機を提案する方法で校正するときの必要条件や問題点、歯形測定機の校正に関するISOの動向を調査した。

【分野名】 標準

【キーワード】 歯車、歯形測定機、ダブルボール・アーティファクト

【研究題目】 平成14年度製造技術高度情報化研究開発事業「超精密型の加工・計測技術の研究開発（微小な矩形断面形状構造を持つ超精密型の製造・計測技術の研究開発）」

【研究代表者】 前田龍太郎（機械システム研究部門）

【研究担当者】 前田龍太郎、楊 振、単 学伝、高木 秀樹、池原 毅、小倉 一朗、安藤 泰久

【研究内容】

（目標）

21世紀の日本の製造業は、光・情報通信産業、バイオ・医療関連産業が我が国製造業の開拓領域の中心になると言われている。現在これを製造する基盤技術として、既存の機械技術の高度化と、半導体微細加工技術等の新しい技術の取り込みがなされている。ところがこれらの技術は現在製造コストが高い。一つのアプローチとして微細な成型技術およびそのための金型技術の開発が望まれている。日本の金型産業が、将来にわたって世界をリードし続けるには、上述の新しい分野で要求されるような、高度技術を要する型や、将来の日本の製造業を支える新しい型技術への移行を進めなければならない。

以上から本研究開発では、将来の超精密型の代表例として、光スイッチ素子や微細な生化学分析等を行う微小流体デバイスに用いられる微小な矩形断面形状構造を持つ型を取上げ、従来技術を凌駕するドライエッチング技術や放射光露光技術等の新技術の開発を行い、それに必要不可欠な精密測定技術の開発も行う。同時に公的研究機関として、これらの新技術の普及と実用化にも重点を置く。

（研究計画）

①微小な矩形断面形状構造を持つ超精密型の製造技術

これまでに第1次マスター作成のためのシリコン深堀エッチング装置を試作した。レジスト塗布装置により、段差や斜めの形状を作成するための加工技術を開発した。X線露光用のマスクを試作し、アクリル材料の露光を行った。金型の抜けを制御するための側壁を角度分解能（0.2度）の角度制御をおこなった。側面粗さは50nmを達成した。

本年度はシリコンの加工や放射光露光により試作したマスター型をもとに金型を製作し、更なる勾配制御および側面粗さのコントロールを行う。目標数値は側面の粗さ30nm、側面の角度分解能0.1度を目指す。これら加工技術の開発と共に、ネットワークを通じての加工技術データの積極的な公開および公開試作を通じて本加工法の金型関連学協会への普及に努める。

②狭隘部精密計測技術

昨年度は原子間力プローブ顕微鏡の原理に基づいた微細形状計測装置の試作を行った。それにより勾配角度の計測を角度分解能0.2度程度で行うこと、および側面の粗さ測定分解能として5nm以下を達成した。今年度は前年の原子間力プローブ顕微鏡の原理に基づいた計測装置により、矩形断面形状構造の抜け勾配角度を±0.05度以内の不確かさで計測できることを目指す。また側面の粗さを非破壊で測定分解能として1nm以下で計測する

技術を開発する。また計測装置のソフト改造を行い、計測の自動化を進め、実用化を図る。

(年度進捗状況)

①微小な矩形断面形状構造を持つ超精密型の製造技術
昨年度は第1次マスター作成のためのシリコン深堀エッチング装置を試作した。またレジスト塗布装置により、段差や斜めの形状を作成するための加工技術を開発した。X線露光用のマスクを試作し、アクリル材料の露光を行った。次年度以降の展開を考慮し、金型の勾配角度の制御を1度程度で行えること、および側面の粗さとして200nm以下を達成した。

今年度はさらに初年度に試作したシリコン深堀エッチング装置により、さらに詳細な加工実験を行った。具体的には側面の粗さが大きいと考えられるボッシュ特許に基づいたエッチングプロセスに加え、シリコン基板を冷却して加工を行うクライオプロセスによる加工実験を行い、これにより更に高い角度分解能(0.2度)で金型の抜けを制御するための側面の勾配角度制御を行なった。側面粗さは50nmをクリアした。シリコンの加工や放射光露光により試作したマスター型をもとに金型を製作し、これについても勾配制御および側面粗さのコントロールを行った。また放射光露光技術においてはアクチュエータ機能を有した放射光露光用のマスクの製作を行った。

これら加工技術の開発と共に、全国の公設試験所と研究会ネットワークを組織し、これを通じて加工技術データの積極的な公開および公開試作を通じて本加工法の金型工業会への普及に努めた。

②狭隘部精密計測技術

昨年度は原子間力プローブ顕微鏡の原理に基づいた微細形状計測装置の試作を行った。それにより勾配角度の計測を角度分解能0.5度程度で行うこと、および側面の粗さ測定分解能として50nm以下を達成した。

今年度は前年の原子間力プローブ顕微鏡の原理に基づいた計測装置により、矩形断面形状構造の抜け勾配角度を±0.2度以内の不確かさで計測できることを確かめた。また側面の粗さを非破壊で測定分解能として5nm以下で計測する技術を開発した。また計測装置の改造を行い、計測の自動化計測を可能とした。これにより計測装置として実用化を大きく前進させた。

【分 野 名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 微細成形、ドライエッチング、放射光露光技術

【研究題目】 平成14年度製造技術高度情報化研究開発事業「平成14年度製造技術高度情報化研究開発事業(超高速卓上ミリング加工機の開発)」

【研究代表者】 岡崎 祐一 (機械システム研究部門)

【研究担当者】 岡崎 祐一

【研究内容】

(目標)

機械製造技術での主工程である機械加工技術分野において、工作機械のデスクトップサイズレベルへの超小型化は、省資源・省エネルギー化のみならず、動作やスペース面での無駄の排除、立地性の向上や管理のしやすさ等、多くの利点を享受できる。然るに、今日需要の伸びが大きい微小かつ精密な機械部品及び金型は、未だその多くが従来スケールの工作機械で製造されており、大幅な小型化を望むニーズが強い。工作機械の超小型化に於いては、動作への慣性の影響が小さく、高速化が容易であり、熱膨張による精度の低下も小さくなる等省エネ以外にも利点が多い一方、剛性の不足等で加工精度が低下することや、量産能力などの点で劣るなど、実用化へ向けて解決すべき課題が多い。

本研究開発では、微小かつ精密な金型及び機械部品の生産を対象に、その主工程のひとつである切削加工に於いて、上記の課題の解決を図り、超小型化を目指したデスクトップ型工作機械の実用化に不可欠な基盤技術の開発を行う。

(研究計画)

超高速主軸(回転速度毎分20万回転超)を用いた小型高精度のミリング加工機(実証機)の開発を平成15年度末における最終的な達成目標とし、既に試作・開発をした主要機構要素を用いて数値制御卓上型超高速ミリング加工機のプロトタイプを完成させる。

(年度進捗状況)

基本設計と主要機構要素とは以下のとおりである。

- ①基本構造と機構の設計：超高速回転の小型主軸と高加減速・高追随性のステージを備え、十分な剛性が得られる躯体構造。
- ②超高速主軸：主軸回転速度を大幅に上げ、高能率加工や難削材の加工が可能な回転速度300,000rpmの超小型主軸。
- ③高速ステージ機構：コンパクトで高加速度(最大2G)のリニアモータ駆動XYステージ。
- ④Z軸スライド機構：主軸、案内および駆動ねじ軸を同軸配置とした精密変位機構

システムの総合的評価の一部として、XYステージの最高送り速度400mm/s、最高加速度2.1Gを得た。また、各軸の変位制御分解能0.1μmを確認した。

【分 野 名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 小型工作機械、超高速ミリング、運動制御

【研究題目】 土壤汚染状況調査・分析法調査事業

【研究代表者】 丸茂 克美 (海洋資源環境研究部門)

【研究内容】

日本各地の土壤の化学分析を環境省の定めた分析法で実施して、含有量と溶出量を明らかにした。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] 土壌汚染、化学分析

[文部科学省]

—科学技術振興調整費—

[研究題目] 材料の低環境負荷ライフサイクルデザイン実現のためのバリアフリープロセスング技術に関する研究

微細組織制御による循環型素材 (Al, Mg) の高性能化

[研究代表者] 馬淵 守 (基礎素材研究部門)

[研究担当者] 馬淵 守、千野 靖正

[研究内容]

本研究の目的は、これまでに開発してきたインプロセス組織制御技術を応用し、マグネシウム合金およびアルミニウム合金スクラップを原料として、再溶解をへずに熱間押し出し等の加工熱処理のみにより柔軟成形可能な高性能材料を創製する技術を開発することである。14年度では、熱間押し出しにより再生したマグネシウム合金 (AZ31) の機械的特性を調べ、結晶粒微細化および不純物分散がリサイクル材に及ぼす影響を明らかにした。

(i) 室温特性

AZ31マグネシウム合金切削屑を温度503K、押し出し比44:1の条件で大気中にて熱間押し出しすることにより“再生材”を作製した。一方、バージン・バルク材を再生材と同様の温度・押し出し比で熱間押し出しすることにより“押し出し材”を作製し、2種類の試料の機械的性質を引っ張り試験により調べた。再生材の引張強度、0.2%耐力、破断伸びの値はそれぞれ約312MPa、247MPa、22%であった。これらの値は押し出し材の値とほぼ同様の値である。このように再生材は、通常の押し出し材と同じ優れた機械的特性を示した。再生材の優れた機械的特性は、リサイクル時のインプロセス制御 (結晶粒微細化 (=3.6μm)) に起因するものである。

(ii) 超塑性特性

温度623K、歪み速度 3.3×10^{-4} 1/sでの高温引張り試験の結果、再生材および押し出し材の歪み速度感受性指数 (m 値) は同じ値であったにもかかわらず、再生材の破断伸びが低いことが確認された。その原因として、再生材内部に混入した不純物 (酸化物) の影響が挙げられる。今後一層の不純物無害化技術の開発が必要である。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] マグネシウム合金、インプロセス制御、超塑性

[研究題目] 協奏反応場の増幅制御を利用した新材料創製に関する研究

反応場協奏増幅による構造規則化プロセ

ス制御に関する研究

超音波複合反応場における協奏増幅プロセス制御に関する研究

[研究代表者] 飯田 康夫 (セラミックス研究部門)

[研究担当者] 飯田 康夫、小塚 晃透、辻内 亨、安井 久一、清水 和江

[研究内容]

(目標)

液体中に強力な超音波を照射することにより、キャビテーション気泡や揺動効果に基づくソノケミカル反応場と呼ばれる特異な反応場を形成することができる。この反応場を特徴付けるものは、超音波の作用により生成した微小気泡が超音波の周波数で振動を繰り返し、ナノ秒程度の高温・高圧場を形成することにある。さらに、液体中に微粒子や固体表面が存在する条件下では、メカノケミストリーと関連した協奏効果が期待できる。このようなソノケミカル反応場の特徴を生かした新材料創製や環境浄化プロセスを実現することを目的として、本研究では、キャビテーション気泡挙動の理論的・実験的解析を行い、各種影響因子を定量化するとともに、協奏増幅プロセスとしての制御技術を開発する。

(研究計画)

ソノケミカル反応場の協奏増幅による構造制御メカニズムの解明を目指して、ソノケミカル反応場への影響因子を調べるとともに、ソノケミカル反応とメカノケミカル反応との協奏増幅現象の探索を行う。さらに、反応場生成機構の解析によりソノケミカル反応場の制御機構を解明し、メカノケミカル反応場における攪拌等との複合により、協奏増幅するプロセスの制御技術を開発する。

(年度進捗状況)

キャビテーション気泡の振動と気泡内化学反応に関するコンピュータシミュレーションを行いキャビテーション気泡に対する雰囲気気圧の効果を解明した。実験系では、レーザー散乱を用いてソノケミカル反応場における気泡挙動の光学的評価を行った。この結果、反応場の可制御性付与にとって重要なパラメータである音圧の腹に存在する気泡数の相対変化についての評価が可能となった。また、気泡画像と光散乱法の同時測定により、気泡径の変化を詳細に求めることが可能となった。さらに、活性アルミナを添加した条件下でのメチルオレンジの吸着・分解実験、あるいはソノケミカル反応場における酸化物質鉛膜の作製を行い、新材料創製プロセスとしての有効性を明らかにした。

[分野名] ナノテク・材料・製造、環境・エネルギー

[キーワード] 超音波、セラミックス、協奏増幅

[研究題目] 染色体の構造と機能解明のためのナノデ

バイスに関する総合研究

オンチップ染色体ナノハンドリングシ

テムの開発

【研究代表者】井上 貴仁(ナノテクノロジー研究部門)

【研究担当者】井上 貴仁、高橋 一典、比山 文

【研究内容】

平成14年度は、流体デバイス中での染色体の選別を高精度かつ高速に行うため、電圧変調を用いた電気泳動技術を開発し、その動作検証を行う。さらに、この技術を分子モーターなどの染色体1分子マニピュレーションに応用する。これらの成果を基に、小さな半導体チップ上で個別の染色体を効率よく、かつ、高速に操作できるオンチップ染色体ハンドリングシステムを試作する。

当該年度は、コンパクトかつ高速な選別を目的として、マイクロ電極を用いて、電解質溶液中の染色体に交流電圧を印加し、その周波数に対する応答挙動を観察した。その結果、染色体はそのサイズにより応答挙動が異なり、この性質を利用して、電圧変調によりコンパクトな染色体ソーターを実現できることを明らかにした。これにより、輸送、選別の機構については、チップ上で実現可能であることを示すことができた。さらに、分子検出機構もチップ上で実現し、システム全体を小型化するために、流体デバイス内に分子検出用のマイクロ電極アレイを作り込むプロセスを検討し、導電率、インピーダンス、酸化還元電位など電気化学測定による単一分子あるいは単一細胞の検出に応用した。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】チップソーター、マイクロフルイディクス、単一分子検出

【研究題目】生体外細胞操作と細胞外環境設計による組織工学

間葉系骨髄幹細胞と人工材料による人工骨髄含有人工骨組織形成法の開発

【研究代表者】大串 始 (ティッシュエンジニアリング研究センター)

【研究担当者】大串 始、池内 正子、廣瀬 志弘、町田 浩子、寿 典子、木原 隆典、大島 央、吉田 綾子、池田 悦子

【研究内容】

増殖した患者細胞をトリプシン処理により分離して2次培養を行う、この2次培養の時に、種々因子 (vitamine C, 燐酸、Dexamethasone 等の分化誘導因子) を種々の濃度で加える。間葉系幹細胞の骨芽細胞への細胞分化は alkaline phosphatase (ALP) 染色で、さらに骨化 (石灰化) は alizarin 染色によりマクロ的に確認する。この2次培養を多孔体のセラミック内で行い、その後採取した同一患者に移植する。なお、この石灰化の定量的な判断を行うため、カルセインを培地に添加して石灰化の程度をカルセインの蛍光度の測定を行い、定量的な考察を行う。さらに、この細胞分化をより促進するために種々のホルモンや因子を加える、また細胞表面の抗原も

解析する。

この目的のために、購入予定の蛍光顕微鏡を用いる。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】骨、細胞培養、幹細胞

【研究題目】生体外細胞組織と細胞外環境設計による組織工学

血管系人工組織開発細胞 高なじみの性材料と体内異組織細胞収集法による小口径人工血管の影響

【研究代表者】児玉 亮 (ティッシュエンジニアリング研究センター)

【研究担当者】児玉 亮、芝 良昭、小山 寿恵、岡村 愛、楊 大為

【研究内容】

細胞高なじみ性人工細胞外マトリックス材料があれば、多くのバイオマテリアルの問題点を解決できる可能性がある。

本研究において、今まで三菱化学(株)の開発によりポリアミノ酸・ウレタン共重合体 (略して PAU) を用いることにより、内径1.5ミリの小口径人工血管においても、コラーゲン以上の細胞適合性と細胞治癒、内皮組織化を見出している。PAU を含む細胞高なじみ性人工細胞外マトリックスを用いて、新しい内皮組織化の早い人工血管を目指す。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】血管、人工臓器、生体材料

【研究題目】植物の環境応答と形態形成の相互作用ネットワークに関する研究

植物環境応答ネットワークと遺伝子発現制御に関する研究 環境ストレス応答と耐性獲得機構

微生物感染に対する生態防御応答機構

【研究代表者】進士 秀明 (生物機能工学研究部門)

【研究担当者】進士 秀明、鈴木 馨

【研究内容】

(目標)

微生物の感染に対して、植物は微生物由来の感染シグナルであるエリシターを認識して生体防御遺伝子群の発現を誘導する。植物における環境シグナルの認識、細胞間・細胞内情報伝達系と遺伝子の転写制御機構を明らかにするため、微生物エリシターに反応する生体防御遺伝子の発現制御実験系を用いて、植物の生体防御における環境応答の制御機構を解明する。

(計画)

微生物エリシターあるいは環境ストレスによって誘導される転写制御遺伝子のシス DNA エlementをトランスジェニック植物を用いたレポーター遺伝子実験により機能解析する。微生物エリシターによって発現が誘導さ

れる遺伝子を探索・同定し、その配列と発現様式を解析して機能を推定する。

〔年度進捗状況〕

植物に防御応答を誘導するエリシターによって、発現が誘導される遺伝子と発現が抑制される遺伝子を同定し、エリシター応答性の転写制御エレメントと転写制御因子を明らかにした。植物に防御応答を誘導するエリシターは、植物培養細胞に対して増殖抑制を、幼植物体に対しては成長抑制を引き起こす。タバコ培養細胞にエリシターを処理することで細胞増殖の停止およびサイクリン遺伝子等の発現量が減少する。サイクリン B 遺伝子の発現抑制が転写の抑制によって起こることを明らかにした。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 植物、遺伝子発現制御、生体防御

〔研究題目〕 新しい情報処理プラットフォームのためのアクティブ原子配線網に関する研究

〔研究代表者〕 三木 一司(ナノテクノロジー研究部門)

〔研究担当者〕 白木 一郎、矢代 航、
S.H. Pan (ヒューストン大学)、
J.H.G. Owen (ナノテクノロジー研究部門、STA フェロー)

〔研究内容〕

(アトムテスターに関する研究) 原子配線網の信号特性を探る技術では、原子サイズでしかも極微電流で計測する必要がある。このための要素技術は低温測定であり、原子オーダーで基板からの高さを制御できる電気特性試験器(アトムテスター)を構築している。本装置は低温走査型トンネル電子顕微鏡技術の権威である、ヒューストン大学の Pan 教授と協力して行った。第一段階のアトムテスターの立ち上げは産業技術総合研究所で完了した。約40K で、試作したアトムテスターの動作が確認でき、電気的特性の二端子測定ができることが確認できた。微細加工技術により作製した相対位置補正パターンにより二端子間の距離を知る手法も整備した。

(基板内配線に関する研究) 埋め込み型細線構造を開発し、実用的な立体交差が可能な配線網構造を実現する。有力な候補として「ビスマス完全細線」について検討を行っている。研究課題の一つは、配線部分から基板へのリーク電流を軽減できる技術を開発することである。

「ビスマス完全細線」を、SOI (silicon on insulator) 技術を用いて、ビスマス原子配線の埋め込み部分を表面から僅か数 nm 程度に限定し、その部分より下側は絶縁基板化する技術を研究開発した。これにより、微弱な信号電流が基板へリークすることが防げるようになった。また、シリコンよりバンドギャップが小さいシリコンゲルマニウム混晶層内にビスマス配線を埋め込む技術も開発し、シリコン層で挟み込むことによっても外部リークを抑制することにも成功した。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 原子配線、走査型プローブ顕微鏡

〔研究題目〕 人間支援のための分散リアルタイムネットワーク基盤技術の研究

分散リアルタイムネットワーク基礎技術の研究、分散センサ/アクチュエータ・ネットワークの研究

〔研究代表者〕 坂上 勝彦(知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 坂上 勝彦、蔵田 武志、大隈 隆史、興梠 正克、加藤 丈和(知能システム研究部門)、堀 俊夫、西田 佳史(デジタルヒューマン研究ラボ)

〔研究内容〕

(目的・目標)

ケアウェア(人が携帯または着用した視覚センサや超小型ディスプレイ等を持つ情報機器をネットワークに接続し、ユーザに対するケア、すなわちお世話を提供する身近な存在)の研究、および、分散センサ/アクチュエータ・ネットワーク(環境中の様々な場所に分散して配置されたセンサやアクチュエータによる人間支援システム)の研究を行っている。

〔進捗状況〕: ケアウェアについては、(a) 3次元物体追跡に基づく実時間拡張現実情報提示、(b) 小型能動視覚による状況把握、および(c) ジェスチャに基づくビジュアルインタフェースに関する研究を行った。さらに、環境側センサとの融合技術、ユーザ自身・ユーザ周辺のセンシング技術に関して、今後の研究進展につながる成果が得られた。分散センサ/アクチュエータネットワークについては、分散センサ、ネットワーク用通信、処理フレームワークの開発、超音波3次元タグシステムのハードウェア改良、超音波3次元タグシステムの操作ソフトウェア整備、冗長なセンサ・データを用いた高速位置推定アルゴリズムの開発を行った。各種センサや通信デバイスを抽象化することにより、柔軟なプログラミング環境を開発し、実装例を挙げてその利点を示した。また、超音波3次元タグを無線化することで、人間の行動に制約を与えるという、有線の場合に存在していた問題を解決した。

〔分野名〕 情報通信

〔キーワード〕 ウェアラブル、ネットワーク、分散センサ、人間支援

〔研究題目〕 科学技術計算専用ロジック組込み型プラットフォーム・アーキテクチャに関する研究

科学技術計算プログラムのプラットフォーム向き並列分散化及び組込みソフトウェア化に関する研究 分子軌道法プログラムに関する研究

〔研究代表者〕 長嶋 雲兵(グリッド研究センター)

〔研究担当者〕 稲富 雄一

〔研究内容〕

プラットフォーム・アーキテクチャ開発グループが試作した汎用 CPU 版プラットフォーム・システムを用いて、通信システム・ソフトウェア、およびソフトウェア開発環境の整備を進めた。科学技術計算専用ロジックの開発に対して、分子軌道法に対象を絞り込み、詳細設計の資料となる小原のアルゴリズムの詳細な解析を進めた。専用ロジックの研究では、初期積分と漸化計算部分を共存させたアーキテクチャという設計方針を定めた。

非経験的分子軌道法および密度汎関数法に基づく第一原理電子状態計算においては、抽出した計算コア部を汎用 CPU 版プラットフォーム・システム上と、並列分散プラットフォーム上に実装し、より高速な計算アルゴリズムの検討を進めた。

〔分野名〕 情報通信

〔キーワード〕 分子軌道法、専用ロジック LSI、専用プロセッサ

〔研究題目〕 人間系の特性を考慮した大規模・複雑システムモデル化、解析、制御、設計に関する総合研究

生命系モデルの組織化に関する研究

〔研究代表者〕 三宅 淳 (ティッシュエンジニアリング研究センター)

〔研究担当者〕 三宅 淳、中村 史、浅井美那子、劉 学螢

〔研究内容〕

自己組織化するペプチドのアミノ酸シーケンスについて、アルゴリズム化するための場合わけの方法を検討する。そのために、分子サイズの機械装置設計への応用を目指し、設計情報と構造と機能の関係について検討する。また磁気制御 AFM を用いて自己組織化させたペプチドの会合体を取り扱い、 α ヘリックス構造の機械的な測定を行い、生体分子の力学的評価を行った。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ペプチド、生体計測

〔研究題目〕 高速ネットワーク環境下における高度医療アプリケーションの研究開発

医療情報交換に係る情報セキュリティに関する調査研究

〔研究代表者〕 田代 秀一 (情報処理研究部門)

〔研究担当者〕 田代 秀一

〔研究内容〕

柔軟で安全な情報アクセス制御方式を確立し、医療現場での高速ネットワークの活用を促進することを目標とする。

医療機関における情報の流れ、権限関係、トラストリレーションシップ、情報フロー権限委譲フロー等をモデ

ル化した。このモデルに沿った情報管理ポリシーにしたがって情報を管理する「ポリシー実施エンジン」と情報利用者等関係者の権利に係る情報を格納する「権限情報運搬カード」の基本ソフトウェアに対し、権限委譲機能を実装するための拡張作業を行うとともに、「権限情報運搬カード」に対して、院内の権限関係を明確に定義し、そこに定義された範囲での安全な権限委譲を行える形に拡張した「権限データ」を発行するためのソフトウェアを作成した。

医療現場においては、さまざまな緊急事態が発生することが予想されるため、どこでだれがどのように権限を委譲すべき事態が発生するか、あらかじめ詳細にわたって定義しておくことは困難である。一方で、権限委譲を自由にすぎると、その悪用の危険が増大する。権限委譲フローに一定の制限を設けるとともに、権限委譲の際、委譲元の権限と100%同じ権限ではなく、そのサブセットとなるような権限のみを委譲できるように委譲する権限に制限を与えられる構造を追加した。これは「追加ポリシー」と呼ぶデータであり「ポリシー実施エンジン」は、管理対象情報に元から付加されている「ポリシー」と、この「追加ポリシー」とを合成することにより、最終的なポリシーを生成し、それに従った情報利用管理を実施する。安全性と柔軟性とを両立させるための権限委譲手順を設計し、ポリシー実施エンジン中へ実装することができた。

〔分野名〕 情報通信

〔キーワード〕 情報セキュリティ、DRM(Digital Right Management)、AAA(Authentication Authorization Accounting)

〔研究題目〕 顕微光電子分光法による材料・デバイス
の高度分析評価技術に関する研究

〔中項目名〕 光電子スペクトル高度解析技術の研究

〔研究代表者〕 富江 敏尚(次世代半導体研究センター)

〔研究担当者〕 錦織健太郎

〔研究内容〕

(目標)

局所的な元素同定や電子状態の解析に資するため、短パルスレーザー生成プラズマを光源とした内殻準位励起の光電子顕微分光法に関する研究を行い、実用化に向けて、サブ μm ビーム照射試料からの光電子スペクトルの高精度解析技術および励起波長を13nm 以下に短波長化する技術の研究を行う。

(研究計画)

開発中の内殻励起顕微光電子システムにおいて得られた光電子信号中に2次電子信号と思われる低エネルギー成分が大きい原因を解明する。また、より多くの金属元素の観察を可能にするために、励起光を13ナノメートル以下に短波長化する。さらに、マイクロビーム径の一層の微細化を行う手法を開発する。また、広く本課題の進展状況を宣伝するため、年度後半に国際会議を開催する。

(年度進捗状況)

開発中のシステムでは、マイクロビーム照射時の照射フォトン数の少なさを補うため、光電子が高効率で捕集できる磁気ボトルを用いている。これまで光電子飛行時間信号の再現性が良くなかったが、原因は、磁気ボトル内の光電子発生位置依存性が大きいためであろうと考え、試料設置位置を2次元走査して、位置依存性を詳細に調べた。この結果、光電子発生位置は、50ミクロンの精度で調整すべきことが明らかになった。今回の結果を受け、マイクロビーム位置が外部から調整できる構造を設計・製作したので、今後は、再現性の高い光電子飛行時間測定が出来る見込みである。

飛行時間法で電子分光する際には、励起 EUV 光が十分に短パルスである必要がある。これまでの3ns レーザ照射では、狭帯域線スペクトル線の発光寿命が6ns 以上と長かった。今回、プラズマ生成をサブ ns パルス照射で行うことで、波長13nm の EUV 光を短寿命パルスで得るのに成功した。

12月に国際シンポジウムを開催したが、130名もの参加者を得て盛大な会議になった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 表面分析、光電子分光、極紫外光、レーザー生成プラズマ光源、EUPS

【研究題目】 顕微光電子分光法による材料・デバイスの高度分析評価技術に関する研究

顕微光電子分光基盤技術の研究

【小項目名】 光電子スペクトル高度解析技術の研究

【研究代表者】 城 昌利 (計測標準研究部門)

【研究担当者】 城 昌利

【研究内容】

本研究で開発中の手法は1) バックグラウンドを除去する部分、2) その結果得られた損失関数をさらに解析して深さ方向の分布を求める部分、の2つからなる。後者の解析は継続中である。前者に関して、後者の結果を待たずとも可能であることがI期で分かったので、実際の顕微分光データ解析に向けた検討を行った。本プロジェクトで開発する顕微分光システムで利用可能な X 線エネルギーは、X 線光学系の物性値で決まり、最大400eV程度であり、Mg/AlのK線を用いる通常の商用装置(1254、または1487eV) に比べて小さく、そのスペクトルはますます表面近傍のごく浅い領域に敏感になる。このような状況で、解析が正しく行われるかどうかを確かめることがまず必要なので、放射光を用いて測定された通常より長い波長のスペクトルの解析を行った。バックグラウンド自体は良好に除去されるが、計算された損失関数の形状は商用装置のエネルギーで測定されたものと顕著な違いが見出された。

【分野名】 計測

【キーワード】 光電子分光、表面分析

【研究題目】 海底熱水系における生物・地質相互作用の解明に関する国際共同研究

コア採取孔上の物理量の長期変動の研究

【研究代表者】 田中 明子 (地球科学情報研究部門)

【研究担当者】 田中 明子、浦辺 徹郎

【研究内容】

海底熱水系における生物圏-地殻圏相互作用のシステムを解明するためには、その場における地圏から水圏・生物圏へのエネルギー・物質フラックスを定量的に測定・長期観測することが必要とされる。これまでの研究で、海水中に噴出した熱水の挙動やフラックスはある程度明らかになってきたが、それだけではなく、海底下の物理的環境・イベントをできるだけ高密度かつ正確に捉えることが必要である。このためには、海底下のシステムを擾乱することなしに、海水に源を持つ変動と分離して観測を行うことが不可欠となる。そこで、海底の掘削孔や熱水湧出地帯に設置し、そこから流出する熱水/そこに流入する海水の流速および温度を長期間にわたり測定できる装置 Medusa/Gemini 型・Mini-Medusa 型熱水流速計を開発した。これを用いて、これまでにデータの得られていない島弧縁海系の海底熱水域である水曜海山カルデラにおいて、熱水の流速と温度および海底付近の水温のデータを長期間にわたり測定した。その結果次のような知見が得られた。1)海底面の温度は、約半日周期の変化がある。2)海底熱水系の流速と温度の時間変動が、掘削孔のケーシングパイプ上と天然の熱水噴出口の上では、卓越周期が異なる。3)熱水の温度と海底付近の水温は正の相関を持つ。4)全ての観測点において同時に同位相と逆位相のイベントがある。

【分野名】 地質・海洋

【キーワード】 海底熱水系、熱水流速計、水曜海山

【研究題目】 海底熱水系における生物・地質相互作用の解明に関する国際共同研究

熱水地下生物圏の微生物群集の解明に関する研究

【研究代表者】 丸山 明彦 (生物機能工学研究部門)

【研究担当者】 丸山 明彦、花田 智、河原林 裕、砂村 倫成、森 浩二、東 陽介

【研究内容】

これまでほとんど明らかにされていない熱水系地下生物圏微生物の生物学的特性や生態学的、地球科学的な役割の解明に資するため、その多様性や現存量、現場活性等の解析を通し、微生物群集の構成や時空間分布特性の解明を目指す。また、この始原的環境に連綿と生き長らえていることが期待される始原的な生物の探索を行うとともに、分離培養手法や直接遺伝子解析手法等により生物資源や遺伝子資源の獲得を図る。さらに、これらの研究に不可欠な試料の採取や処理、解析に関わる方法論や装置等の開発を行うことなどを目的とした。平成14年度

は、前年度に引き続き伊豆小笠原海域で最も海底熱水活動の活発な水曜海山での調査研究を実施し、潜水艇を用いて海底面―海底下から微生物試料採取を行うためのハイブリッド採水システムや現場培養システムを構築した。また、掘削循環水のろ過除菌用フィルターシステムを考案、海底設置型掘削装置 BMS へ装着し世界ではじめて無菌的な海底掘削を実現した。これまでに得られた微生物・遺伝子試料の解析を進め、水曜海山カルデラ内が一部の微生物にとって良好な天然の連続培養器として機能していることや海底面―海底下が新規微生物の宝庫であること、陸上温泉等で新規微生物の分離培養に成功したこと、直接塩基配列解析手法の検討を進め温泉試料より始原的な酵素遺伝子を見出したこと、豊羽鉱山地下掘削孔内貯留熱水中には特定の好熱菌が優占することなど、いくつかの注目すべき成果をあげた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 微生物、遺伝子、海底熱水、地下、装置開発

【研究題目】 風送ダストの大気中への供給量評価と気候への影響に関する研究

風送ダストの長距離輸送過程の実態解明に関する研究 風送ダスト粒子の物性に関する研究 風送ダスト粒子の物性に関する研究

【研究代表者】 金井 豊（地球科学情報研究部門）

【研究担当者】 清水 洋、高橋 嘉夫

【研究内容】

本年度は計画の3年目にあたり、第I期の最終年度でもあるため、風送ダストの集中観測期間（IOP）を設定し、これまでの研究成果・実績を積み重ねて、プロジェクト全体での観測が行われた。当所の担当する観測地点は、中国の青島、北京、合肥の3ヶ所、日本国内のつくば、名古屋、福岡、沖縄の4ヶ所の合計7ヶ所である。2002年4月と2003年3月とに集中観測期間（IOP）を設定し、担当地域の中国東部・日本各地の観測点でダストサンプリングを行うとともに、定期的な観測も並行して行った。IOP-1では、中国東部の北京でイベントに応じた短期の試料採取が、国内では解析用の必要量を考慮して3-7日継続して採取し、いくつかのイベントに対応した試料採取がなされた。サンプラーによって得た試料の粒度分析・化学分析等の解析を行って、ホームページに掲載・公開すると同時に、プロジェクトの他グループによるデータ解析に大きく寄与した。IOP-1の期間でイベントが起こった時期には、粗粒の粒子が増加していることが確認される成果を得た。2 μ m程度よりも小さな粒子は有機質の粒子が多く、それよりも粗粒の粒子は鉱物質のダストである。特に北京では11 μ mよりも大きな粒子が非常に多くなっており、発生源近くでの現象を明らかにすることができた。IOP-2では、発生地帯が湿潤だったため

かダストイベントが少なく、IOP-1とは異なる状況でのサンプリングがなされ、対比のためのよい観測となった。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 風送ダスト、地球化学サイクル、粒度分布、鉱物組成、化学組成、黄砂

【研究題目】 雲仙火山：科学掘削による噴火機構とマグマ活動解明のための国際共同研究

【研究代表者】 宇都 浩三（地球科学情報研究部門）

【研究担当者】 星住 英夫、角井 朝昭、下司 信夫、松本 哲一、篠原 宏志、斉藤 元治、風早 康平、高橋 浩

【研究内容】

雲仙火山の噴火機構、火山体成長史・構造、地殻内マグマ活動を解明を目的とした国際共同研究の一環として、地質学的・年代的・地球化学的手法を用い、雲仙火山成長史・マグマ発達過程を明らかにすること、および地球化学的・水文学的手法を用い雲仙火山の火山ガス放出過程を明らかにすることを目標とする。

雲仙火山および島原半島の火山活動史およびマグマの進化過程を、地表地質および第1期山体掘削結果を総合して定量的モデルを構築し、背弧地域の地溝帯内に形成された活動的火山のテクトニクス上の意義付けを行う。雲仙火山周辺での土壌ガス調査・掘削坑から採取された流体試料および掘削コアの変質鉱物の分析を行い、火山体内部での深部起源流体の分布や移動経路を明らかにする。火山ガス・地下水も含めた火山性流体の放出過程の総合モデル化を行う。

本年度は山体掘削コアの層序を確定し、K-Ar, 40Ar-39Ar法により噴出年代を特定することにより噴火史の概要を明らかにした。また、マグマの化学組成の時間変化の概要を明らかにした。土壌ガス経由の深部起源CO₂放出量観測手法を検討し確立した。

島原半島全域において土壌ガス調査を実施し、深部起源CO₂放出の地域的な分布の予察的な概要を得た。

【分野名】 地質・海洋

【キーワード】 雲仙火山、科学掘削、噴火履歴、深部流体

【研究題目】 地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究

地震波伝播特性の高精度化に関する研究 強震動評価に用いる地下構造の物性値に関する研究 S波速度構造の解析手法

【研究代表者】 横倉 隆伸（地球科学情報研究部門）

【研究担当者】 加野 直巳、山口 和雄

【研究内容】

強震動予測のためには、基盤に到るまでのS波（横波）速度構造を知ることが重要であるが、現在のところS波震源の大出力化は困難であるため、直接的に深部ま

での S 波探査を行うことはできない。しかし大出力化の容易な P 波(縦波)震源に起因する P-S 変換波や直接 S 波を抽出すれば、地下深部までの S 波速度構造情報を得ることが可能であると予想される。本研究では、そのための解析手法開発を目標とする。平成14年度は、昨年度までに開発した静補正法および速度解析法をさらに改良したことにより、既存の反射法データから S 波速度情報を抽出するための解析手法がほぼ完成に近づいた。現在のところ、この手法により、基盤深度約2km程度までの S 波速度構造を解析できるようになった。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】強震動予測、S 波速度構造、解析手法、深部構造、基盤

【研究題目】陸域震源断層の深部すべり過程のモデル化に関する総合研究

【研究代表者】伊藤 久男(地球科学情報研究部門)

【研究担当者】伊藤 久男、藤本光一郎、増田 幸治、桑原 保人、今西 和俊、木口 努、重松 紀生、儘田 豊、新井 崇史、加野 直巳、山口 和雄、田中 明子、駒澤 正夫、大谷 具幸(地圏資源環境研究部門)、宮下由香里(活断層研究センター)、堀川 晴央(活断層研究センター)

【研究内容】

1) 研究の背景・目的・目標

従来の大地震の発生予測手法では発生時期の見積りに数百年程度の幅があり、将来の制度向上にも限界がある。より高い精度で大地震の発生を予測するためには、まず内陸地震のモデル化を行う必要がある。本研究では、陸域震源断層に関する観測、物質科学的分析及び室内実験を組み合わせることにより、陸域の断層深部におけるすべり過程のモデル化に挑む。

2) 研究の全体計画

内陸地震の決定論的な発生予測に道を開くため、下部地殻における断層のすべりと震源核形成に関する新しいモデルの構築を行う。モデル化に際しては、基盤的地震観測網によって得られるデータ、および、内陸において平均変位速度が最大級の活断層である糸魚川静岡線および震源核形成が始まっていると考えられる長町-利府断層における総合的な観測によって取得するデータを利用する。

3) H14年度の研究内容及び成果の概要

平成14年度は本研究第Ⅱ期の1年目としてモデルの統合化を開始した。地質学的手法による深部断層岩の解析としては低温マイロナイト中の塑性変形と破壊の共存を見だし、塑性変形から破壊への遷移のメカニズムについてモデルを提出した。断層深部の変形機構・物性の解明については国内初の性能となるガス

圧式高温高压岩石変形実験装置により断層抗井物質の高温高压下での変形破壊実験を行い、Dry な場合と Wet な場合との比較、粒径の効果等を調べた。制御震源を用いた深部構造探査としては長町-利府断層における反射法探査データの再解析、糸魚川-静岡構造線におけるアレイ観測・解析を行い断層深部の構造を得た。断層深部情報システムの作成としては、本プロジェクトの諸データを一元的に管理し、統合解析を容易にするためウェブ版情報システムを開発・構築し、データの入力と予備的な解析を行った。地震波速度構造、比抵抗構造の両方を満足する新たなモデル作成を行いつつある。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】陸域震源断層、深部すべり、モデル化

【研究題目】陸域震源断層の深部すべり過程のモデル化に関する総合研究

地質学的手法による深部断層岩の解析

【研究代表者】藤本光一郎(地球科学情報研究部門)

【研究担当者】藤本光一郎、重松 紀生、大谷 具幸(地圏資源環境研究部門)、宮下由香里(活断層研究センター)

【研究内容】

本研究は、花崗岩質地殻における断層深部現象の痕跡が観察できる畑川破碎帯などの地質学的解析に基づき、断層深部の滑り過程のモデル化に必要な陸域震源域の実態の把握および塑性変形から破壊に至る物理・化学過程の解明を目標としている。平成14年度は特に断層のマイクロ過程の素過程、および素過程と断層のマクロ過程の關係に着目し、いくつかの作業仮説を提唱するに至った。また、畑川破碎帯よりも深部が露出している断層帯として二期より日高変成帯の調査が開始され、我々も主として地球化学的観点からの物質解析を進めている。

畑川破碎帯は東北日本阿武隈山地東縁に100km に渡り分布する断層で、最大幅100m のカタクレーサイト帯、最大幅2km の左横ずれマイロナイト、および幅数 m 未満の小剪断帯の3つの構造要素から構成される。このうち低温マイロナイト中の塑性変形と破壊の共存を見出した。これはかつての震源域の下限において繰り返し地震を起こしながら形成したことを示す。畑川破碎帯の断層岩分布は大地震における破壊発生から伝播に至る過程をあらわし、また低温マイロナイトが分布する地域は、かつての地震が繰り返し始まった場所であった。今後、この可能性を力学的評価によりの検証することにより、地殻内の地震活動について理解が深まる可能性は大きい。

また、塑性変形から破壊への遷移もメカニズムについての研究から、粒界滑りの過程での粒子間の歪の不適合により発生した可能性があることを明らかにした。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】畑川破碎帯、塑性変形、日高変成帯、断

層岩

〔研究題目〕陸域震源断層の深部すべり過程のモデル化に関する総合研究

断層深部の変形機構・物性の解明

〔研究代表者〕増田 幸治（地球科学情報研究部門）

〔研究担当者〕藤本光一郎、増田 幸治、重松 紀生、新井 崇史

〔研究内容〕

下部地殻上部に相当する高温高压下において存在すると推定されている断層岩類について、推定した下部地殻環境条件下でのすべり実験を行い、摩擦構成則を構築する。それらの実験を遂行するために国内初の性能となるガス圧式高温高压岩石変形実験装置を設計製作したうえで実験を実施する。第Ⅰ期（平成11年度から13年度）には国内初の性能となるガス圧式高温高压岩石変形実験装置を設計製作した。

平成14年度は、断層岩中に形成された断層面の摩擦挙動を調べるとともに、花崗岩質地殻の断層深部の主要な構成鉱物である石英、長石などのすべり実験を高温高压下で行い、流動と摩擦のメカニズムを考慮した摩擦構成則を構築するためのデータを蓄積した。実験にはガス圧式高温高压変形実験装置を使用し、摩擦滑り実験をおこなった。断層岩（マイロナイト）、石英・長石の高温高压下での変形破壊実験を行い、Dry な場合と Wet な場合との比較、粒径の効果等を調べた。

〔分野名〕地質・海洋

〔キーワード〕下部地殻、すべり実験、摩擦構成則、断層岩、ガス圧式高温高压岩石変形実験装置

〔研究題目〕陸域震源断層の深部すべり過程のモデル化に関する総合研究

制御震源を用いた深部構造探査

〔研究代表者〕伊藤 久男（地球科学情報研究部門）

〔研究担当者〕伊藤 久男、桑原 保人、今西 和俊、木口 努、儘田 豊、加野 直巳、山口 和雄、田中 明子、駒澤 正夫、堀川 晴央（活断層研究センター）

〔研究内容〕

平成13年度に長町一利府断層を対象に行った反射法構造探査のデータの再解析を行った。特に自然地震解析による速度構造と反射法による速度解析との結果を比較し、反射法処理の信頼性を検討した。その結果いままでの処理結果は概略妥当であることを結論した。

本プロジェクトによる断層深部構造研究の一環として糸魚川一静岡構造線北部の深部構造を明らかにするための反射法構造探査が行われた。探査ではパイロサイスと同時に100kg の発破が4か所実施された。本研究では松本盆地東縁断層の深部、深度10-20km の3次的な地

震波散乱構造を明らかにするため、反射法探査の際の発破のアレイ観測を実施した。ここではまず解析の第1段階として、観測された波形の中に見られる特徴的な波群に注目しこの波群の発生源を考察する。

発破はすべて良好な記録が得られた。そのうち、顕著な波群がある発破一観測アレイの組み合わせで見いだされた。この顕著な相は SP1から P 波で伝播し、SP1と C アレイのほぼ中間点で S 波に変換した PS 変換波であると解釈される。このことはこの PS 変換波が東傾斜する松本盆地東縁断層の深部構造と強い関係がある可能性を示す。一方、振幅に関してはこのモデルでは観測されるような大振幅は説明できない。また C アレイ以外の3つのアレイではこのような PS 変換波は顕著ではない。これらのことは変換点が局所的に非常に大きな速度コントラストを持つ可能性や変換点の非一様性を考える上で興味深い。

本プロジェクトの諸データを一元的に管理し、統合解析を容易にするためウェブ版情報システムを開発・構築し、データの入力と予備的な解析を行った。本プロジェクトでは反射法構造探査あるいは自然地震解析により地震波速度構造が、MT 法調査により比抵抗構造が得られつつあるが両方を満足する地下構造モデルを構築するために新たなモデル作成を行いつつある。

〔分野名〕地質・海洋

〔キーワード〕長町一利府断層、糸魚川一静岡構造線、深部構造、反射法、アレイ観測

〔研究題目〕乱流制御による新機能熱流体システムの創出

〔研究代表者〕大橋 秀雄（エネルギー利用研究部門）

〔研究担当者〕吉田 博夫、川口 靖夫、菊島 義弘、阿部 裕幸、瀬川 武彦、松沼 孝幸、前田龍太郎（機械システム研究部門）

〔研究内容〕

本プロジェクトでは、産業技術総合研究所、航空宇宙技術研究所、海上技術安全研究所の陸・海・空関連技術を掌握する3国研がそれぞれにおける研究ポテンシャルを融合させ国内外の諸大学とも連携協力してプロジェクトの推進に当たっている。産業技術総合研究所グループの研究目的は、最新のマイクロデバイス技術ならびに制御技術を用いて乱流を知的に制御しその短所を克服し長所を伸ばすための基盤技術を確立することである。短所克服のための乱流摩擦抵抗を減少させる研究では、ピエゾ素子アレーから構成される壁面変形アクチュエータにより摩擦抵抗の主たる原因である壁面近傍渦構造を変調することに成功した。また、長所を伸ばす研究では、翼からの流れの剥離を抑制するためにスピーカにより人工的な乱れを加えて層流を乱流化させ、剥離を抑制する第一世代の能動制御システムを完成した。この制御システムでは本格的な流体実験では初めて片持ち梁型 MEMS

センサを使用し流れの向きを簡単に識別できることを実証した。今後、開発中のマイクロボルトックスジェネレータ (MJVG) をアクチュエータとして使用する予定である。また、流体自身の機能に働きかける制御方法として水に界面活性剤を微量添加した場合の流れと熱伝達の基本特性を実験的かつ直接数値シミュレーションにより検討した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 乱流制御、抵抗低減、マイクロデバイス

〔研究題目〕 都市ゴミの高付加価値資源化による生活排水・廃棄物処理システムの構築

汚泥を含む有機廃棄物の石油製品化 有機廃棄物の可溶化法 有機廃棄物用亜臨界水処理装置の開発

〔研究代表者〕 柴田 昌男 (基礎素材研究部門)

〔研究担当者〕 柴田 昌男、坂木 剛、山田 則行、甲斐田泰彦

〔研究内容〕

汚泥を含む都市ゴミ中の有機廃棄物をベンゼン、トルエン、キシレン等の石油製品化するためには、有機廃棄物を水に可溶化し、同時に石油製品化に必要な有機酸を生成させる必要がある。有機酸生成量を増加させるために有機廃棄物用亜臨界水処理装置のスラリーポンプ出口に過酸化水素水を直接注入するための加圧可能な過酸化水素水貯槽および高压注液ポンプを設置した。固形物濃度約10%の消化汚泥スラリーの連続処理を処理温度209℃～325℃、処理時間2.0分～8.3分、過酸化水素水無添加の条件で行い、得られた処理水中の全炭素、全窒素、カルシウム、リン、蟻酸、酢酸、乳酸の定量分析を行い、消化汚泥の水可溶化特性を検討した。その結果、全炭素量は処理温度約300℃で最大となり、全窒素量は処理温度の上昇と共に増加し、カルシウムおよびリンの溶解量は処理温度の上昇と共に減少し、蟻酸の生成量は約250℃で、酢酸および乳酸の生成量は約300℃で最大となること等を明らかにした。また、酢酸の生成量が最も多いことを明らかにした。処理時間は約5分が適当であった。以上の結果より、過酸化水素水無添加での消化汚泥の処理条件は、処理温度約300℃、処理時間約5分が適当であると考えられる。過酸化水素水の添加効果を処理温度293℃で検討した結果、過酸化水素水の添加によって全炭素量は減少、全窒素量は増加、カルシウムおよびリンの溶解量は増加、有機酸の生成量は増加すること等を明らかにした。生成量が最も多いのは酢酸であったが、増加率が最も高いのは蟻酸であった。消化汚泥に炭酸カルシウムを添加して回分式処理を行ったところ、リンの溶解量は減少し、有機酸の生成量が増加する傾向がみられた。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 消化汚泥、石油製品化、亜臨界水処理、

水可溶化、過酸化水素水、有機酸

〔研究題目〕 カビの酵素高生産能を利用した環境調和型工業プロセス技術の基盤研究

内分泌かく乱物質分解酵素の活用技術の開発

〔研究代表者〕 斎藤 隆雄 (セラミックス研究部門)

〔研究担当者〕 斎藤 隆雄、加藤 且也、ペンホン、横川 善之、永田夫久江、穂積 篤、寺岡 啓、稲垣 雅彦、阿知波初美、橘樹 淳子

〔研究内容〕

本研究ではプラスチック樹脂の原材料や非イオン系界面活性剤などの内分泌攪乱物質の効果的な分解に向けて、自然界より内分泌攪乱物質分解能力の高い酵素を探索し、有用タンパク質の大量生産システムを利用して内分泌攪乱物質分解酵素を生産し、さらに大量生産された内分泌攪乱物質分解酵素を固定化したバイオリアクターなどの、内分泌攪乱物質を迅速に分解・除去する技術の開発を目標とした

14年度は土壌分離菌が産生するラッカーゼによる内分泌攪乱物質の分解反応の解析、吸着・包括固定化ラッカーゼの作製、吸着剤とラッカーゼを組み合わせた内分泌攪乱物質の分解・除去システムの検討を行い、以下の成果を得た。

プラスチック可塑剤、樹脂関連物質及び染料等の製造過程中的物質などの内分泌攪乱物質のラッカーゼによる分解を行ったところ、ビスフェノール A (BPA)、ノニルフェノール (NP)、4-オクチルフェノール (4-OP)、2,4-ジクロロフェノールなどで分解が認められた。また、天然エストロゲンである17β-Estradiol (E2) もメデイエータ存在下で分解された。これら反応液中のエストロゲン活性を MVLN 細胞で調べたところ、エストロゲン活性の消失が認められた。

ゾルーゲル法によるラッカーゼの包括固定について検討し、N-2 (アミノエチル) 3-アミノプロピルトリメトキシシランとテトラメトキシシランを混合して用いた場合に用いた場合に最も高い活性が得られた。さらに、多孔質セラミックス表面を各種シランカップリング剤でシラン化した吸着剤と活性炭の BPA 吸着能を検討したところ、活性炭でほぼ100%近い吸着能が得られた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 内分泌かく乱物質、ラッカーゼ、固定化酵素、吸着剤

〔研究題目〕 微生物由来細胞認識・破壊タンパク質の作用機構解明と応用に関する研究

MCRC タンパク質・遺伝子の性状解明に関する研究

〔小項目名〕 MCRC タンパク質のX線結晶構造解析

【研究代表者】原田 一明(生物情報解析研究センター)

【研究担当者】原田 一明、秋葉 俊彦

【研究内容】

B. thuringiensis が生産する結晶性タンパク質の中で MCRC タンパク質 (哺乳類細胞認識結晶性タンパク質) と呼ばれるタンパク質群の中にヒト癌細胞を特異的に破壊するタンパク質が発見され、癌の診断薬、治療薬への利用が期待されている。本研究は、これらのタンパク質の立体構造を明らかにして癌細胞破壊のメカニズムの解明をめざすものである。

MCRC タンパク質のうち、癌細胞に対する破壊活性が確認されている、A1190、A1470、A1547株由来のタンパク質について結晶の作成を行い、X線回折像を調べて構造解析が可能な A1190及び A1470の結晶について構造決定を行った。

子宮癌の細胞を特異的に破壊する A1190由来のタンパク質については重原子同型置換法による結晶構造解析を行い、良好な電子密度図が得られた。それに基づいて構造モデルを作成し、放射光を用いて測定した高分解能データを用いて構造の精密化を進め、立体構造の概要が解明された。このタンパク質は、7本のヘリックスから成るドメイン1個とβシートで構成される2個のドメインからできていることが明らかになった。

白血病細胞に特異的な A1470株由来のタンパク質については小さいながらも構造解析が可能な分解能の結晶が得られ、水銀の重原子誘導体を用いて、放射光で4波長のデータを測定し、MAD法により位相を決定した。それを用いて計算した電子密度図から初期モデルを作成することができた。このタンパク質はねじれたβシートで構成され、A1190由来のタンパク質とはまったく異なった構造であることが分かった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】MCRC タンパク質、X結晶構造解析、癌細胞破壊活性、タンパク質立体構造

【研究題目】創薬及び生物研究情報基盤としての生体内ペプチドの多角的データベース化に関する研究

機能蛋白質発現系と分化発生系を用いた生体内ペプチドの生物活性と機能検索に関する研究

【研究代表者】久保 泰(脳神経情報研究部門)

【研究担当者】久保 泰、岡本 治正、稲垣 英利、木村 忠史、楊 仙玉、仲島 由佳、小林寿珠子

【研究内容】

(目標)

生体内ペプチドは、細胞情報伝達や代謝において重要な働きをする機能蛋白質(受容体、イオンチャネル、トランスポーター、酵素など)と特異的に作用し、その生

理機能を調節している。また生体内ペプチドの中には、個体発生や細胞分化の過程で時間や空間特異的に特定細胞に作用して、細胞の特性変化、分化、発生にかかわるものがある。本研究課題では、分離・同定された生体ペプチド、あるいはペプチドプールの中から、これらの生物活性を有するものを系統的にスクリーニングし、そのペプチドの同定と構造・生理機能解明をはかる。さらには生体内ペプチドに関する情報を集積しペプチドデータベースを構築する。

(計画)

種々の生理活性評価のために、受容体、イオンチャネル、トランスポーター、酵素等の脳神経系機能蛋白質を特異的に発現する発現系を樹立する。発現スクリーニング用 cDNA ライブラリーを作製し、それより調製した生理活性ペプチドプールより生理活性を示すものを同定する。細胞の分化・発生の調節にかかわる因子を探索するシステムの確立及びその探索。

(年度進捗状況)

アセチルコリン受容体に対する阻害活性を示す新規の神経毒様ペプチドが、蛋白質加水分解酵素阻害活性や抗菌活性を示すものがあることを見出した。

日本産ヒキガエル及び南米産のカエルの皮膚分泌腺 cDNA ライブラリーから機能未知でペプチド様配列を含む cDNA を数種類単離した。大腸菌の融合タンパク質発現系で発現したこれらの新規ペプチドが、蛋白質加水分解酵素阻害及び抗菌活性を有する事を確認した。

発生過程のアフリカツメガエル受精卵を用いて、未分化細胞を神経あるいは表皮細胞に分化することを促す因子の探索方法について種々の条件検討を行い、スクリーニング系の確立を行なった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ペプチド、生理活性ペプチド、機能タンパク質、スクリーニング技術、抗菌性、細胞調節因子

【研究題目】量子標準体系の高度化に関する研究

時間・周波数標準の高度化に関する研究
高精度時間・周波数標準の研究
原子泉型時間・周波数標準器の開発に関する研究

【研究代表者】松本 弘一(計測標準研究部門)

【研究担当者】黒須 隆行、福山 康弘、柳町 真也、古賀 保喜、阿部健太郎

【研究内容】

10^{-15} ~ 10^{-16} 台の正確さを持つ高精度時間・周波数標準の実現を目指して原子泉方式周波数標準器を開発し、精度評価を行うと共にそのレベルでの計測技術に関する研究を行う。

平成14年度は、セシウム原子泉周波数標準1号器(JF-1)を開発し、 $\sigma_y = 2 \times 10^{-15}$ ($\tau = 1$ 日)の周波数

安定度及び長期間の連続運転を実証した。JF-1の確度評価を行い、世界トップレベルの不確かさ (1.4×10^{-15}) を達成した。具体的には、外部共振器レーザーのモードホップと注入同期レーザーのロックのはずれが生じない安定な光源システムを構築した。その結果、1ヶ月以上の期間標準器を連続動作させることが可能になった。また、衝突シフトの大きさを低減するため以下3つの事を行い、次の結果が得られた。①状態選別の実施：信号に寄与する $|F.m\rangle = |3.0\rangle$ の原子だけを選別し、ラムゼー共鳴信号を観測するようにした。②レーザー光を利用して磁気光学トラップ (MOT) で捕獲された高密度原子雲を急激に膨張させる技術を開発した。③密度の高くない原子トラップを開発した。

共振器内の位相分布を有限要素法を用いて計算し、位相差に基づく周波数シフトを 0.5×10^{-15} の不確かさで評価した。総合的なシフトの大きさを 1.4×10^{-15} の不確かさで評価した。

【分野名】標準

【キーワード】セシウム原子泉方式周波数標準器、一次周波数標準器、原子時計

【研究題目】文脈主導型、認識・判断・行動機能実現のための動的記憶システムの研究

【研究代表者】栗田多喜夫 (脳神経情報研究部門)

【研究担当者】田中 勝、赤穂昭太郎、河野 憲二、小高 泰、竹村 文、麻生 英樹、速水 悟、児島 宏明、岡島 健治 (日本電気株式会社)、渡邊 正孝 (東京都神経科学総合研究所)、泰羅 雅登 (日本大学)、稲瀬 雅彦 (近畿大学)

【研究内容】

曖昧な状況の中でも一連の情報断片から文意を読み取り、適切な判断を下したり、新奇な状況に遭遇してもその状況下での新しい文脈を推測して、必要に応じて情報を収集し、適応して行くことができる情報システムを実現するための本質的な機能として、大脳前連合野を中心としてワーキングメモリの機能に焦点を当て、能動的監視システムを構成することを達成目標として、心理学・生理学と工学・情報科学の研究者がグループを組み、視覚世界に現れる行為文脈の抽出、ルールの学習と記憶、新規性の発見と選択的注意などの機能の実現のための基盤技術の確立を目指した研究の一部を分担し、以下のサブテーマに関する研究を行った。

視覚情報処理モデルの評価 (産業技術総合研究所 脳神経情報研究部門)

視覚情報抽出機構の研究 (日本電気株式会社 基礎研究所)

時系列データから行為単位を分節・認識するニューラルネットワークモデル (産業技術総合研究所 情報処理研究部門)

サルワーキングメモリの機能的構造の解析 (東京都神経科学総合研究所)

選択的注意の神経機構の研究 (産業技術総合研究所 脳神経情報研究部門)

頭頂連合野における三次元形態の知覚と認識の神経機構の研究 (日本大学 医学部)

頭頂連合野の多点電極記憶による機能的構造の研究 (近畿大学 医学部)

【分野名】ライフサイエンス、情報通信

【キーワード】文脈、動的記憶システム、視覚情報処理、選択的注意

【研究題目】仮分子生理活性物質の分子機構の解明

【研究代表者】中村 和彦 (生物機能工学研究部門)

【研究担当者】中村 和彦、友廣 岳則、岡田 知子、小川 昌克、小高 正人、奥野 洋明

【研究内容】

低分子生理活性物質は、生物機能を調整する分子である。本研究ではこれら物質について、その化学的性質を直接的に観察する手段としての有機合成を効率的に行う手法を開発し、またこれを分子プローブとして生物現象を解明することを目標とした。有機合成としては精密有機合成を基盤とした液相法と自動化・機械化を指向する固相合成法によるハイブリッドプロセスを展開し、生物機能の解明には特異的分子間相互作用 (分子認識) の検出を計画した。

- 1) デヒドロペプチドの固相合成：デヒドロペプチドの固相合成にあたり、セレン原子を含むリンカーと呼ばれる機能分子を新規に開発した。すなわち、セレンシアネートと保護カルボン酸を分子内に有するリンカーを新たに開発し、保護セリンとの反応で固相合成に適用可能な分子を合成した。本法により細胞接着に関わる RGD を含む低分子デヒドロペプチドの合成に成功した。
- 2) 不凍ペプチドの合成：魚類から得られる不凍タンパク質は氷結晶表面に規則的に結合して成長を阻害する機構が提唱されているが、多官能性のタンパク分子ではその分子メカニズムを解明することは容易ではない。そこで、固定された立体構造を有する低分子の不凍ペプチドを新たに設計して、構造と活性に関する多くの知見を得た。
- 3) β アミロイド形成の分子機構と阻害剤：アルツハイマー症の原因タンパク質 β アミロイドは、溶液中で会合体を形成すると神経細胞に対して毒性を発現する。水和性残基と分子認識部位を持つ新規分子を設計・合成したところ、固相実験系で会合阻害効果を示すとともに培養神経細胞に対する β アミロイド会合体の神経毒性を抑制することが確認された。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】生理活性物質、有機合成、分子認識

〔研究題目〕低温での組換え蛋白質発現システムの研究開発

〔研究代表者〕田村 具博（生物機能工学研究部門）

〔研究担当者〕田村 具博、中島 信孝、三谷 恭雄、三浦友未佳

〔研究内容〕

（目標）

組換えタンパク質生産時に宿主細胞に対して細胞増殖阻害効果を示すタンパク質など、既存の生産系では合成困難なタンパク質群の生産を低温環境下に細胞増殖阻害効果を抑制する条件下で生産する組換えタンパク質生産システムの開発を行う。

（計画）

宿主細胞として低温から中温まで増殖可能な微生物、ロドコッカス・エリスロポリス細胞を選択し、該細胞で機能する発現ベクターを構築する。また組換えタンパク質の回収率を高めるため、宿主細胞の機能改変を行う。

（年度進捗状況）

既に開発した発現ベクターに加え、複製開始起点の異なる新たなベクターの構築を行った。このことにより、同一細胞内に不和合性を示さない2種のベクターを共存させながらタンパク質を生産させることが可能になった。また、遺伝子発現制御に必要なプロモーターについても、誘導型に加え、構成型プロモーターの開発を終え、プロモーターとベクターの種類を組み合わせた多様な発現系構築が可能になった。宿主細胞の機能改変については、組換えタンパク質生産効率を高めるためのリゾチーム感受性が30倍以上高まった細胞を取得し、組換えタンパク質の回収率を著しく高めることに成功した。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕ロドコッカス属細胞、低温、組換えタンパク質、発現

〔研究題目〕マイクロ分析システムの統合化技術に関する研究

〔研究代表者〕細川 和生（機械システム研究部門）

〔研究担当者〕細川 和生、市川 直樹、前田龍太郎、松本 荘平、尾崎 浩一、楊 振

〔研究内容〕

（目標）

化学反応や生化学検査を行う微小な機器（マイクロ分析システム）をマイクロマシン技術により製造する試みが、欧米を中心としてここ数年強力に進められている。このようなマイクロ分析システムを用いると貴重な試薬・生体サンプルの節約や、集積化・並列化による実験の高効率化、分析機器自体のコストダウンなどが図れるが、こうした微小な領域での流体の現象解明およびそれを用い、システム化する上での問題点は明らかになっていない。本研究はマイクロ DNA シーケンサなどマイクロ流体システムの開発を通して、微小領域の流体力学

のような基礎科学への貢献およびバイオを中心とした新規産業の振興をめざす。

（研究計画）

微量の反応液をマイクロ流路内において自由にハンドリングする技術の開発を中心として、マイクロ分析システムの統合化技術を確立する。第1および第2年度では、バルブ、圧力計、流速測定技術など要素技術の開発を中心に行った。最終年度は、システム化を意識し、外部液駆動装置が不要となるデバイスの開発とその基礎現象の解明、および統合化に不可欠な流体ソケットの開発を行う。

（年度進捗状況）

本研究はマイクロ DNA シーケンサなどマイクロ流体システムの開発を通して、微小領域の流体力学のような基礎科学への貢献およびバイオを中心とした新規産業の振興をめざす。現在のマイクロ流体システムにおいては、ポンプなど外部の液駆動機器による装置全体の増大、試験部体積に比べて非常に大きくなるデッドボリューム等の問題がある。当該年度は、こうした問題を解決する一つの方法として、毛細管力を利用したポンプデバイス不要の混合デバイスおよびその駆動原理となる毛細管力による気液界面の移動に関する理論の展開と実験による検証を行った。マイクロ混合器の機能を確認すると共に、微細な矩形管内の気液界面の動きに関して無次元量を用いて解析が可能であることを明らかにした。また、統合化技術として、縦型マイクロ流体デバイスのテスト・ソケットを開発した。流体の入出力のみならず、電気・光の入出力を可能とすることにより、様々な用途のデバイスに適用できる。また、すべての接点が半田及び接着剤フリー構造で、試験チップの着脱はワンタッチで行われる。このような流体ソケットを開発することにより、効率よく様々なデバイスを試験することが可能となった。

〔分野名〕ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕マイクロ流体、MEMS、マイクロ TAS

〔研究題目〕運動・知覚神経と筋との双方向再接続技術に関する研究

〔研究代表者〕藤森 一浩（人間系特別研究体）

〔研究担当者〕藤森 一浩、波佐間久美子、川崎 隆史、沼川 忠広、田口 隆久

〔研究内容〕

（目的）人間の調節的かつ滑らかな運動の制御には、筋の収縮状態の情報を末梢から中枢へフィードバックすることが不可欠である。しかしながら、筋知覚神経の分化・回路形成・軸索伸長・経路探索・再生に関わる分子生物学的な知見の蓄積は皆無である。そこで、本研究課題ではシステムとしての運動機能再建のための基盤技術として、運動・知覚神経と筋との双方向再接続技術の確立を目標とする。（計画）筋知覚神経軸索伸長評価系として選択的培養法の開発と既知神経軸索伸長因子の活性評価、

そして筋芽細胞由来知覚神経軸索伸長因子 MDAPP の生化学的解析を行なう（成果）従来行なわれてきたプラスチック皿上の平面解離培養系で軸索伸長評価を行なうと細胞接着性・可溶性因子のどちらの作用なのか区別が困難であった。そこで、後根神経節をコラーゲンゲルの中に浮遊させ、軸索が立体的な環境を伸長するより生体に近い軸索伸長活性評価系を開発した。この系を用いて、当ラボで発見された運動神経突起伸長因子であるニューロクレシン・MDP77、また HBGAM・Amphoterin はいずれも知覚神経軸索の伸長を促進することは無かった。そこで、筋知覚神経に作用しうる新規の軸索伸長因子の探索を行った結果、不死化骨格筋細胞株マウス C2 細胞、ラット L6細胞いずれにおいてもその培養上清中に強力な筋知覚神経軸索伸長因子 MDAPP を見出した。MDAPP の生化学的特性を調べた結果、既知の神経栄養因子や軸索伸長因子とは異なるヘパリン結合性蛋白質であることが明らかになった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】筋知覚神経、再生、株化細胞、標的由来因子

【研究題目】生体硬組織の無機ネットワーク構造を模倣した骨組織誘導型人工骨の創製

【研究代表者】寺岡 啓（セラミックス研究部門）

【研究担当者】横川 善之、斉藤 隆雄、加藤 且也、永田夫久江、穂積 篤、寺岡 啓、稲垣 雅彦、井上麻貴子、酒井 美穂、山田 知花、原田由紀子、大島 直樹

【研究内容】

社会の高齢化、QOL 向上への期待に伴い、自家骨伝導、置換を意図した多孔体人工骨による硬組織再生に期待が寄せられている。しかし、骨代替材料として実用化されている水酸アパタイト等のリン酸カルシウム系セラミックス多孔体に関して、機械的特性及び骨形成に関わる細胞の分化・増殖に適した多孔体内部構造の設計指針はほとんど確立していない。本研究では、正常な骨組織に置換される人工骨を創製することを目指し、骨形成に関して最適な構造を持つ多孔質人工骨の設計、構築を目標とする。骨の無機ネットワーク等から、骨形成に関わる形状要素が最適化された人工骨を設計し、作製した人工骨を用いてウサギ等の骨欠損モデルの再生やスキャフォールドとしての可能性を検討する。さらに、外科的な手法によらない注入により骨欠損部に留置する方法を開発する。なお、臨床応用に関しては、仮骨延長及び脊椎再建を目標とした。今年度は、直径が約1mm で、骨誘導が期待できる直径300 μ m の貫通孔を持つ HA ビーズを作製した。上記 HA ビーズの集積化により、完全連通孔ネットワークを持つ人工骨多孔体を構築した。上記集積体を、12週齢の健康雄 SPF ウサギの脛骨近位端に作製した径5mm、深さ5mm の骨欠損孔（骨欠損モデル）

に埋植し、ビーズ埋植後7日目に、貫通孔に浸入する新生骨組織、新生血管、骨梁形成を伴う骨芽細胞の浸入が認められた。ビーズ間隙にもビーズ表面を起点とした新生骨形成が認められた。各ビーズは上記新生組織により連結されており、ビーズの埋入部位からの移動は無かった。また、ビーズ内部に細胞及び繊維性結合組織の浸入が HA ビーズ集積化によって構築した人工骨が、硬組織再生を目的とした人工骨として、高い潜在能力を持つことを示唆している。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】アパタイト、ビーズ、集積体

【研究題目】暗号通信手順の安全性自動検証に関する研究

【研究代表者】大崎 人士（情報処理研究部門）

【研究担当者】大崎 人士、高井 利憲

【研究内容】

本研究では、情報科学における基礎技術を通信工学に応用し、情報システムの安全性を検証する技術を開発する。具体的には、書換系およびツリー・オートマトンの理論による数理的基礎を進展させ、暗号通信手順（暗号プロトコル）の安全性自動検証のためのソフトウェア（「検証システム」と呼ぶ）を作成することである。

暗号をもちいた通信プロトコルで意図する相手にのみ秘密情報を伝達することができるか、あるいは秘密保持性があるかを自動検証する手法の開発では、「自動化の利点を失わずに、いかに広いクラスの通信プロトコルを検証可能にするか」は、社会的ニーズを反映した重要な研究課題である。本研究では、従来のツリー・オートマトンの定義を拡張し、新たに提案する数理的なモデルについての各種の閉包性および決定問題を解決する。さらに新しい数理的なモデルをもちいたリアクティブ・システムのための自動検証方法を考案し、現実的な時間で安全性を検証するためのアルゴリズムの開発や、近似計算アルゴリズムの開発などを行う。

今年度は、(1)従来のツリー・オートマトン理論を拡張して導出した等式付ツリー・オートマトンについての理論的成果と、(2)等式付ツリー・オートマトンによる自動検証の適用事例を紹介した論文を国外誌および国際ワークショップにて示した。これにより従来の理論では、秘密保持性の自動検証がきわめて難しいとされていた「Diffie-Hellman の鍵交換プロトコル」や「Shamir のスリーパス・プロトコル」を使う暗号通信手順が、等式付ツリー・オートマトンによる自動検証の対象に含められることを示した。また、こうした理論的基礎をもとに、暗号通信手順の安全性自動検証システムを構築した。

【分野名】情報通信

【キーワード】検証システム

【研究題目】閉鎖性水域の水質改善を目的としたマイ

クロバブル生成機構の研究

【研究代表者】高田 尚樹（環境管理研究部門）

【研究担当者】永翁 龍一、高橋 正好

【研究内容】

近年、湖沼や湾等の閉鎖性水域での水質汚濁の改善では、直径数十 μm の微細な空気の泡=マイクロバブル（MB）を散布して水中へ酸素を溶け込ませる技術が注目されている。本研究では、MB発生装置の基本設計に必要な情報を提供することを目的に、MBの生成機構、および水と空気の間での酸素輸送機構の解明を目標として、流体力学に基づくコンピュータシミュレーションならびに室内実験を行った。

MB生成機構を調べるシミュレーションでは、多数の泡をせん断力によって分裂させて微細化するには、力の強さだけでなく、泡の直径、数密度、発生容器内での泡の配置も重要であることがわかった。室内実験では、MBの上昇速度、泡表面の電位の大きさ、発生個数と直径分布が明らかになった他、直径が数 μm 以下の泡（気泡核）の形成が理論的に予測できること、気泡核がMBの発生に影響していることも確認された。一方、酸素輸送機構に関するシミュレーションでは、水の回転を制御することが泡の微細化と高効率生成に不可欠であること、水と空気の接触面（界面）上の速度の変化と界面に作用するせん断力が酸素輸送に重要な役割を果たすこと等が確認された。さらに、界面と渦との相互作用、および水-空気間の酸素輸送促進プロセスも解明され、界面が汚れると酸素の溶解は遅くなることが明らかになった。室内実験では、MBは酸素などの物質を水中に溶解するのに優れていることが実証された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水質浄化、マイクロバブル、環境修復技術

【研究題目】環境調和型無機・有機ポリマーハイブリッドの開発に関する研究

【研究代表者】今井 祐介（基礎素材研究部門）

【研究担当者】今井 祐介、

COMANDUR Saujanya Bhaskar、

吉原 昌弘、筑紫 智美、犬養 吉成、

安部 英一、立山 博

【研究内容】

我々の生活を支える材料は、高性能化、高耐久性を目指して開発され、大量生産されてきたために、産業廃棄物処理や環境汚染等の社会問題を生み出してしまっている。そのため、近年、このような問題に配慮した材料開発への社会的要求が急速に増大している。本研究では、1nmの厚さと数 μm の広がりを持つ層状ケイ酸塩と、ポリエチレンテレフタレート（PET）とのナノレベルでの複合化により、軽量・高性能かつリサイクル可能な環境調和型無機・有機ポリマーハイブリッドを創製する

ことを目的とする。本課題の解決により、高性能、軽量化、リサイクル性を兼ね備えた材料として、自動車等の工業用途等への応用を目指す。1nmの厚さと数 μm の広がりを持つ層状ケイ酸塩（ケイ酸塩ナノシートの積層体）をPET中にナノレベルで均一に分散させ、かつ、PETとケイ酸塩ナノシートとの界面に化学結合を導入することによって、力学的特性・耐熱性の向上を図る。そのために、ケイ酸塩ナノシートとPETの両者を化学結合により架橋する役割を担う相溶化剤の設計と合成、およびナノ複合化技術の確立に取り組む。ポリマーハイブリッド中のPETの分子量が低いことが問題となったため、固相重合法を適用したところ、ハイブリッドにおいても、PETの固相重合が良好に進行し、分子量を増大させることに成功した。相溶化剤分子の構造を変化させたところ、相溶化剤分子の構造中、接続部となるアルキル鎖の長さが分散性に大きく影響することを確認した。PET/ケイ酸塩ナノシートポリマーハイブリッドの結晶化挙動およびガス透過性に関する検討を行った。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】無機・有機ハイブリッド、ナノ複合材料、ポリエチレンテレフタレート、層状ケイ酸塩、相溶化剤

【研究題目】生体組織形成を模倣したミセルの自己組織化による規則配列制御ナノスケールセラミックスの創製

【研究代表者】穂積 篤（セラミックス研究部門）

【研究担当者】横川 善之、斉藤 隆雄、加藤 且也、

永田夫久江、穂積 篤、寺岡 啓、

稲垣 雅彦、大島 直樹、井上麻貴子、

酒井 美穂

【研究内容】

界面活性剤の会合により形成した柱状ミセルの特定部位を相互に接合させ、柱状ミセルを2、3次元に規則配列させ、それを鋳型にしたナノスケールセラミックスの合成技術の開発を行う。具体的には、柱状ミセルをヘテロ界面に固定化し、その一部に官能基等を導入し、固定を取り除くことで柱状ミセルを自己組織化させる。また、固定化する界面が固相の場合、その表面を親水化、疎水化することによりミセル形状を制御することについても検討する。最終的には、この規則配列したミセル集合体を鋳型にしてセラミックス化するとともに、フィルターや光導波路等への幅広い応用、生体組織形成のような高選択的、省エネルギーなプロセス開発を目指す。昨年までに確立した波長172nmの真空紫外（VUV）光を利用した有機物の低温除去プロセス「フォトカルシネーション」の新しい応用展開として、ポリマーのような耐熱性のない基板に、膜厚を分子スケールで制御したセラミックス超薄膜を低温で形成するプロセスを確立した。これにより、バルク体の性能を損なうことなく、表面のみに

ガラスと同等の化学的特性を付与することが可能となった。また、微小荷重領域におけるポリマーの耐摩耗性を著しく向上させることに成功した。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 テンプレート、フォトカルシネーション、表面処理、ポリマー

〔研究題目〕 LCA 手法による地球温暖化対策設計ツール開発に関する研究

〔研究代表者〕 玄地 裕 (ライフサイクルアセスメント研究センター)

〔研究担当者〕 玄地 裕

〔研究内容〕

1) 研究の背景・目的・目標

地域省エネルギー戦略を設計支援するため、民生部門の地域スケールでのエネルギー連関を記述したツール開発と設計指針提示を目標とする。具体的には、エネルギー消費の巨大な東京23区をモデル地区とし、需要側として、特に夏季電力需要逼迫の主原因である都市高温化による気温上昇とそれに伴うエネルギー消費増加のモデル化による解析、供給側として、地域冷暖房システムにつき、ライフサイクルコスト、ライフサイクル CO₂排出量分析を行うことで、都内エネルギーシステム設計指針を提示する。

2) 研究の全体計画

地域データベースの作成、都市気象モデル、気象ビルエネルギー消費錬成モデルの開発、運輸データベース化、地域エネルギー供給最適化モデルの作成を行い、最終的にモデル統合化を目指す。ケーススタディーを行うことで、都市部の具体的省エネルギー戦略について検討する。

3) H14年度の研究内容及び成果の概要

地域エネルギーシステムが広範囲に都市部に導入された際のヒートアイランド効果も考慮したエネルギー評価をケーススタディーとして統合化の手法や問題点について検討を行った。

モデル地区として23区内から典型的事務所街区を選び、気温変化とエネルギー消費量についてシミュレーションを行った。その結果、エネルギー消費の大小と気温の高低は必ずしも一致せず、エネルギーシステム自体の効率の影響が気温感応度よりも大きかった。しかし、エネルギーシステムの違いによる気温上昇度はヒートアイランド対策効果と同等であり、気温の面から考えた場合、エネルギーシステムの影響は大きかった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 コージェネレーション、ヒートアイランド、省エネルギー、都市

〔研究題目〕 大域情報処理技術新情報処理パラダイムに基づく技術分野

〔研究代表者〕 大蒔 和仁

〔研究担当者〕 関口 智嗣、児玉 祐悦、中田 秀基、高木 浩光、坂根 広史、濱崎 陽一、瀬河 浩司、建部 修見、田中 良夫、首藤 一幸、工藤 知宏、戸村 哲、半田 剣一、錦見 美貴子、高橋 直人、田代 秀一、一杉 裕志、新部 裕、田沼 均、中村 章人、渡邊 創、田中 哲、木下 佳樹、高橋 孝一、大崎 人士、渡邊 宏、古澤 仁

〔研究内容〕

世界中に分散して置かれる膨大な計算機資源を、i) 計算機ネットワークを用いて有効に利用するとともに、ii) ハードウェア的にもソフトウェア的にもつなぎ目がないように構成し、接続するための基礎技術の確立を目指す。iii) また、大域での情報処理の方式についてシステムが正しく動作することを保証するための理論の確立を目指す。この目的のためにそれぞれに対応して以下の(1)~(3)の3つ技術について研究を実施した。

- (1) グリッド技術：gridRPC (グリッド リモートプロセッサコール) に基づいて、気象予報を行なう既存の逐次プログラムをグリッド上で動作するように対応を行い気象予報グリッドポータルを開発した。既存プログラムの Ninf-G 対応は極めて容易であり少ない労力でグリッドポータルを構築できた。これにより、gridRPC の有効性のひとつを示すことができた。
- (2) グローバル情報技術：オープンソースソフトウェアを中心とした国際シンポジウムの開催、汎用多言語ライブラリの整備を行なった。また多言語情報セキュリティ分析システムのサーバー結合の事象実験を行なった。さらに、分散共同開発を支援するオブジェクト指向言語の改善と Web による公開を行なった。
- (3) システム検証技術：プログラムの構成方法を検証する技術として、詳細化・抽象化の技術が多数提案されてきている。本プロジェクトではカテゴリー理論(圏論)に基づいてプログラムの詳細化・抽象化の理論の研究を遂行している。本年度は正規表現のための関手モデルを確立した。

〔分野名〕 情報通信

〔キーワード〕 グリッド技術、グローバル情報技術、システム検証技術

〔研究題目〕 生命工学 (生体情報分野)

〔研究代表者〕 地神 芳文 (糖鎖工学研究センター)

〔研究担当者〕 岡本 治正、岡村 康司、岡部 繁男、久保 泰、大塚 幸雄、海老原達彦、木村 忠志、亀山 仁彦、落石 知世、松田 知恵、岩崎 幸一、石田直理雄、宮崎 歴、丸山 進、今村 亨、鈴木 理、浅田 真弘、池本 光志、斎田 真也、

齊藤 幸子、小早川 達、遠藤 博史、
寺崎 太洋、氏家 弘裕、熊田 孝恒、
赤松 幹之、鈴木 慎也、瀧田 正寿、
金子 秀和、河野 憲二、杉田 陽一、
菅生 康子、持丸 正明、河内まき子、
仲山 賢一、新聞 陽一、横尾 岳彦、
千葉 靖典、植村 浩、成松 久、
久保田智己、三井 洋司、スニルカウル、
田中真奈美、進士 秀明、高木 優、
鈴木 馨、藤田 篤、岡 修一、
山崎 幸苗、齊田 要、木山 亮一、
水野 敬文、川崎 一則、吉岡 恭子、
国分 友邦、鈴木 理、小池 英明、
山崎 和彦、舘野 賢、原田 一明、
小田原孝行、安宅 光雄、水谷 文雄、
飯島誠一郎、矢吹 総一、澤口 隆博、
平田 芳樹、佐藤 縁

【研究内容】

(1) 研究の背景 (目的・目標)

生命工学は、生体を構成する生体分子、細胞、組織・器官のレベルから人間の生理、心理、行動特性に至る生命現象とこれらを取り巻く関連技術を研究し、その成果を通して生態系と調和のとれた産業と社会の構築に貢献することを目標としている。当該研究課題は、生命現象の根底で重要な働きをしている生体の内外からの情報の受容・伝達・制御・統合・応答までの過程における精緻な生命現象の研究を通じて、生命工学の体系化に寄与する新技術の開発と新産業基盤の形成に貢献することを目指している。具体的には、個体レベルにおける高次な生体情報処理機構である脳神経系の形成とその統合機構を中心に、種類の異なる真核細胞を対象として細胞内外からの情報を受容し応答する遺伝子レベルの情報発現制御機構、及びこれらに係わる生体情報分子の構造特性を明らかにする(基礎的・基盤的研究)。また、得られた知見の工学的応用を進める(工学的応用研究)。

(2) 研究の全体計画

1) 脳神経系機能の形成と統合

<基礎的・基盤的研究>

神経誘導・分化機構及び関連因子、イオンチャネル形成と集積機構、日周期行動の脳内制御機構等の更なる解析を通じて、脳神経系の発生・構築と高次機能の形成に関するキー遺伝子群の機能及び発現制御機構を遺伝子工学的、細胞生物学的手法により解明する。

<工学的応用研究>

感覚情報処理機構の協調性、柔軟性、統合性等の更なる解明を通じて、その人間工学的応用とその実用化をめざす。

2) 細胞情報の発現と伝達制御

<基礎的・基盤的研究>

細胞分裂加齢・不死化情報の伝達と制御、細胞シグナル応答の機能制御、細胞極性制御・細胞防御調節等の研究を通じて、真核細胞の遺伝子発現制御機構とシグナル伝達応答機構を解明する。

<工学的応用研究>

酵母によるヒト型糖蛋白質の生産、動物細胞による分岐糖鎖の自在な改変、ヒト糖鎖遺伝子の網羅的解析などを通じて、これら技術の創薬などへの実用化をめざす。

3) 生体情報分子の構造と機能発現

<基礎的・基盤的研究>

転写因子など蛋白質の構造解析と機能予測の研究を通じて、生体分子の構造特性及び細胞機能発現の分子過程の更なる解明を行う。

<工学的応用研究>

バイオセンサー素子の微小化、高性能化を通じて、センサー開発に必須なセンサーからの微小信号の計測技術を確立するための研究を実施する。

(3) 年度進捗状況

1) 脳神経系機能の形成と統合

<基礎的・基盤研究>

目的に応じて、カエル、ホヤ、マウス、ラット、線虫等、適切な実験動物を選び、神経誘導・分化機構及び関連因子、イオンチャネル形成と集積機構、日周期行動の脳内制御機構等の更なる解析を通じて、脳神経系の発生・構築機構と高次機能の形成機構の解明に大きく貢献した。このうち、線虫の分子遺伝学的解析では、神経と筋肉の接合部で筋肉側から神経に情報を伝える「逆行性神経伝達」を制御する遺伝子を発見し、標的器官から神経細胞に向かう逆行性情報伝達機構が個体レベルで実際に働いていることを示した。同様の機能をもつと推測される遺伝子が人間にもあり、重症筋無力症など難病の原因解明や新薬開発に役立つと期待される。

<工学的応用研究>

脳活動による具体的機能として行動に焦点を当てて系統的に研究を推進した。「生体情報処理機構の研究」では、運動に関連した領域における脳内の神経活動の基本特性を解明し、「感覚情報の能動処理を可能にする神経回路網の探求」では、感覚における受動的処理機構を解明し、「脳機能計測に基づく認知行動の情報処理過程の解明に関する研究」

(MEG 計測に基づく大脳中枢機能のダイナミカル解析の研究)では、より行動に関わる脳内情報処理網を解析し、そして、「人間行動適合型生活環境システム技術—操作行動適合技術の開発」では、人間における具体的な行動特性を解析した。特に、ヒトの味覚の脳機能に関しては、第一次味覚野が島皮質と弁蓋部の移行部にあることやその活動部位(上側

頭溝、帯状回、海馬など)を明らかにしたほか、MEG計測の知見をもとに脳波計を用いて味覚障害を他覚的に検査する手法を開発した。

2) 細胞情報の発現と伝達制御

<基礎的・基盤的研究>

細胞分裂加齢・不死化情報の伝達と制御、細胞シグナル応答の機能制御、細胞極性制御・細胞防御調節等の研究を通じて、真核細胞の遺伝子発現制御機構とシグナル伝達応答機構の解明に貢献した。研究対象の生物種は、ヒト・マウスなどの哺乳類細胞、タバコやシロイヌナズナなどの植物細胞、出芽酵母や分裂酵母などの真核微生物と多種多様であるが、これらの研究は細胞内外におけるシグナルとその伝達機構の解明を必要とする点で共通している。特に、細胞分裂加齢・不死化情報の伝達と制御の研究では、腫瘍抑制遺伝子(p19ARF)の結合タンパク質(Pex19p)が老化様細胞周期抑制の負の制御に関与するという新しい概念を提示した。

<工学的応用研究>

生体情報の受容と伝達に関与しヒトの体内で機能をもつ糖蛋白質としてFGF(繊維芽細胞増殖因子)を選定し、その構造機能相関の研究を実施した。酵母及び動物細胞を用いて、FGFの機能に必要な糖の構造や付加位置の分泌や特性に対する影響を解析し、糖鎖の自在な変換、その工学的応用のための基盤技術を確認した。また、ヒトのライソゾーム遺伝病の1種であるファブリー病の治療薬として期待されている α -ガラクトシダーゼの高活性標品を酵母で生産する技術を開発した。また、糖鎖の関連する病気の診断や治療に有益なヒト由来の糖鎖合成関連遺伝子の網羅的解析により、新規な糖転移酵素遺伝子を多数単離して、その機能を明らかにした。

3) 生体情報分子の構造と機能発現

<基礎的・基盤的研究>

生体情報システムに係る生体高分子、特に転写因子、イオンチャネル関連分子、糖鎖認識タンパク質について、構造と機能発現との相関を研究した。複数の古細菌種で基本転写因子であるTATAボックス結合蛋白質(TBP)の立体構造及びDNAとの複合体の立体構造などを解析した。また、タンパク質と糖鎖との相互作用を原子レベルで解析する一環として、糖鎖の結合したイラクサアグルチニンとリゾチームの高分解能X線解析を行い、各々のタンパク質における機能部位での糖鎖との相互作用の詳細を明らかにした。

<工学的応用研究>

微小、高性能センサーの開発を主目的に、局所領域の観察・制御技術である各種プローブ顕微鏡の解像度向上のための研究、種々の機能を持つ分子を固体表面に任意に配列させ、望みの機能を付与し発現

させる手法の開発などを従来から行ってきた。今年度は、バイオセンサー素子の微小化、高性能化を通じて、センサー開発に必須なセンサーからの微小信号の計測技術を確認する研究を実施し、貴金属電極上へのチオールの単分子膜形成過程をanalyteの濃縮過程として利用する新しい高感度バイオセンサーを開発した。さらに、走査型プローブ顕微鏡技術に関して、新たに生化学反応プロファイルの可視化に有力なツールとして走査型電気化学顕微鏡を取り上げ、従来の顕微鏡に比べて数十倍の解像度向上が可能な見通しを得た。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 生命工学、脳神経系機能、細胞情報、生体情報分子

[研究題目] ホウ素系新超伝導物質の材料化基盤研究
「共有結合ネットワークの幾何学的効果の研究」

[研究代表者] 針谷喜久雄(ナノテクノロジー研究部門)

[研究担当者] 古門 聡士、山城 敦

[研究内容]

ホウ素と共通の2p電子軌道をもった原子である、炭素がつくる共有結合ネットワーク系における電子物性の研究を推進させる。ナノ炭素系新物質として注目されている、フラーレンやカーボンナノチューブ、ナノグラファイト等をモデル物質として選び、電子状態と磁性、輸送現象、光学応答に関して、それらの物性の発現機構を解明する。平成14年度においては、カーボンナノチューブを1次的にランダムに並べた系に関して、スピバルブ効果を利用したナノデバイスの発案を行った。スピンの配置空間を2倍にした、4値コンダクタンスを利用したナノデバイスの可能性に関して、スピンに依存した電気伝導に関する理論の研究を進展させた。また、ナノグラファイトの磁性に関する理論的研究を継続させた。とくにメビウス型境界条件を付けたときに、ジグザグエッジにおいて生成する磁壁ソリトン付随のミッドギャップ状態に注目して理論解析した。スピン回転の効果を考えると、メビウスの帯を1周する間にジグザグエッジに沿ってスピンの空間的に360度回転するという特徴を持った、定性的に新しい解が得られた。誘電分極の効果を加味すると、磁性解から電荷分離解への相転移現象が起こることがわかり、物質モデルの振る舞いに関して詳細な相図にまとめられた。さらに、メビウス境界条件を課した共役高分子、たとえばポリフェニレンやポリチオフェンを例にして、電子状態と光学選択則および幾何学的構造の変化にともなう光物性の振る舞いに関して、物性を予言する目的の研究を行った。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] ナノ炭素系、輸送現象、スピントロニクス、磁気秩序、電荷秩序、光物性

〔研究題目〕カーボンナノチューブエレクトロニクスに関する研究

〔研究代表者〕松本 和彦(ナノテクノロジー研究部門)

〔研究担当者〕松本 和彦

〔研究内容〕

直径1~2nm の単層カーボンナノチューブに化学的処理を行って欠陥を導入すると、直径1~2nm の量子ドットをカーボンナノチューブ内に形成できる。欠陥はトンネル接合として働き、量子ドットは島領域として働く。この欠陥導入カーボンナノチューブの両端にソース/ドレイン電極を形成し、両電極の中間にサイドゲート電極、あるいは酸化シリコン/シリコン基板の裏面にバックゲートを設けることにより、単一電子トランジスタが形成できる。ソース/ドレイン間にバイアスを印加し、ゲートバイアスをパラメータとして測定する。ドレイン電流はゲート電圧に対して振動し、クーロン振動特性を室温においても示す。またドレイン電流のドレイン電圧依存性を調べると、ドレイン電圧が0V 近傍においてドレイン電流が流れないクーロンギャップ特性を室温で観察した。ドレイン電流の、ドレイン電圧/ゲート電圧依存性を3次元表示することにより、クーロンダイヤモンド特性を室温で得た。これはカーボンナノチューブ内の島領域のサイズが1~2nm である為、クーロンエネルギーが5000K と非常に高くなった為、室温での測定が可能になったものである。

〔分野名〕ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕カーボンナノチューブ、単一電子トランジスタ

〔研究題目〕高速 LSI 用歪 SOI ウェーハの研究開発
欠陥のウェーハ面内マッピング

〔研究代表者〕大串 秀世(新炭素系材料開発研究センター)

〔研究担当者〕李 成奇、渡邊 幸志

〔研究内容〕

次世代の高速 LSI 用半導体ウェーハとして注目されている SOI (Si on insulator) の開発のために必要な欠陥のウェーハ面内マッピングに関する研究を展開している。当グループは今まで半導体材料中の欠陥評価に関しての実績があり、その経験を買われて本プロジェクトの研究に参加している。本年度は3年間のプロジェクトの2年目に当たり本格的な研究に入った。プロジェクトの参加企業が SiGe をベースにした製造した歪 Si の欠陥のウェーハ面内分布を、当グループで開発した走査型等温過渡容量分光法装置による電気的測定と物質材料機構と共同で電子ビーム励起による光学的測定の両面から調べた。この結果歪 Si 層には通常の Si ウェーハにない欠陥の存在が確認され、それらとウェーハ製造プロセスとの対応について知見を集積した。

〔分野名〕情報通信、ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕半導体材料、歪シリコンウェーハ、欠陥マッピング

〔研究題目〕ブロードバンド光シンセサイザの開発

〔研究代表者〕松本 弘一(計測標準研究部門)

〔研究担当者〕大苗 敦、石川 純、洪 鋒雷、
稲場 肇、藤間 一郎、美濃島 薫、
平井亜紀子

〔研究内容〕

光周波数コムのあるモードの光周波数は、モード次数、モード成分間隔とオフセット周波数という3つのパラメータで表せられるので、マイクロ波周波数を基準として光周波数を精密測定する際、次数50万の周波数マルチプライヤ、すなわち「光のものさし」として利用できる。さらに、これら周波数軸上のパラメータを制御する技術は、時間軸上での超短パルスの位相や、その他の状態を精密に制御する技術でもあるので、高品位な超短光パルスを発生させることにも貢献できる。

本プロジェクトでは、広帯域光コムを発生させる技術、光コムを用いて光周波数を超高精度に測定する技術を開発し、光周波数シンセサイザ実現のためのキーテクノロジーを確立する。同時に、この光コムの持つ広帯域、高精度といった特徴を、時間軸分光技術、周波数軸分光技術、広帯域分散計測技術に活用して、それぞれの分野で革新的な応用があることを実証する。

〔研究題目〕ブロードバンド光シンセサイザの開発
高品位フェムト秒光コムの研究

〔研究代表者〕美濃島 薫(計測標準研究部門)

〔研究担当者〕美濃島 薫

〔研究内容〕

光通信帯1.5 μm とその第2高調波である近赤外780nm 領域を中心とし、超短パルスレーザと非線形ファイバによりフェムト秒広帯域光を発生した。可視・近赤外の1オクターブに及ぶ広帯域光を発生させコムの位相特性の簡単な評価法を開発した。光コムの伝播特性向上のため、微量吸収線の効果を含めた空気屈折率の影響を調べた。フェムト秒広帯域光の大気伝播に関する基本特性を得た。

〔分野名〕標準

〔キーワード〕フェムト秒パルスレーザ、光コム

〔研究題目〕ブロードバンド光シンセサイザの開発
光コム周波数標準の研究

〔研究代表者〕大苗 敦(計測標準研究部門)

〔研究担当者〕大苗 敦

〔研究内容〕

繰り返し周波数が150MHz と1GHz の2台のモード同期チタンサファイアレーザについて、スペクトルの広帯域化、繰り返し周波数などの安定化を行った。光周波数

計測システム構築のために必要ないくつかの評価実験、ダウン・コンバージョンのための方式の検討を行った。セシウム原子時計及び水素メーザを基準に用いた光周波数計測を行った。通信帯のファイバレーザ (IMRA) とフォトニック結晶ファイバ (三菱電線) の組み合わせにより広帯域なスペクトルを得た。

【分野名】標準

【キーワード】光周波数計測、ダウン・コンバージョン、フォトニック結晶ファイバ

【研究題目】ブロードバンド光シンセサイザの開発
固体屈折率の研究

【研究代表者】藤間 一郎 (計測標準研究部門)

【研究担当者】藤間 一郎

【研究内容】

被測定試料の幾何学的厚さ情報が不要な低コヒーレンス干渉計による群屈折率測定法を考案した。周期誤差のない高分解能干渉計を検討した。また、高分解能測長ツールの一つであるリニアスケール用の干渉計を検討した。

【分野名】標準

【キーワード】群屈折率、分散、高分解能測長

【研究題目】ブロードバンド光シンセサイザの開発
分子の超微細構造測定の研究

【研究代表者】洪 鋒雷 (計測標準研究部門)

【研究担当者】洪 鋒雷

【研究内容】

広帯域レーザ装置を導入することにより、波長532nm領域において従来からの研究で行ってきた分光領域をさらに広げ、この波長領域のヨウ素分子超微細構造測定を行った。光コムを利用したヨウ素分子の超微細構造の精密測定を行った。

【分野名】標準

【キーワード】ヨウ素分子、微細構造、YAG レーザ

【研究題目】界面メソスコピック構造に関する研究

【研究代表者】中山 景次 (ナノテクノロジー研究部門)

【研究担当者】中山 景次、初鹿野寛一、荒井 智文、Yilmaz Ozmen

【研究内容】

(目標)

本研究の目的は、薄膜界面とクラスタ界面におけるメソスコピック構造を欠陥の電子状態を中心に、TSEE 法、TSPE 法、SKPM 法、STM-LE 法の融合による計測技術を開発することであり、その開発目標は原子～ナノメートルの解像度である。

(研究計画)

(1) TSEE/TSPE による界面構造計測技術の開発に関する研究、(2) STM-LE による界面構造計測技術の開発に関する研究、(3) SKPM 計測による界面構造計測技術

の開発に関する研究の3つのサブグループに分けて推進する。(1)においては、TSEE と TSPE を用いた界面欠陥構造計測技術を開発する。ここでは、TSEE による表層欠陥と TSPE による深層欠陥の全く新規な計測技術開発を目標とする。(2)においては、STM-LE を用いた界面構造計測技術を開発する。ここでは、原子～ナノメートルレベルの解像度を目標とする。(3)においては、現有の SKPM・NC-AFM の複合装置を用いて界面構造計測装置を開発する。ここでは、原子レベルの解像度を目標とする。

(H14年度の進捗状況)

TSEE/TSPE による界面構造計測技術の開発に関する研究においては、超高真空 TSEE・TSPE・TSNE 複合計測装置を設計・製作し、その性能を確認した。STM-LE による界面構造計測技術の開発に関する研究においては、既存の超高真空 STM 装置を改造し、極低温超高真空 STM-LE 装置を設計・製作し、その性能を確認した。また、SKPM 計測による界面構造計測技術の開発に関する研究においては、現有の UHV-SKPM・NC-AFM 複合装置を立ち上げ、Si 単結晶の昇温・急冷プロセスにより表面に結晶粒を作成し、この結晶粒をポテンシャル計測により調べた。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】デバイス設計、製造、プロセス技術、超精密計測、解析・評価技術

【研究題目】窒化物ハイブリッド成長膜による低損失スイッチング素子

【研究代表者】奥村 元 (パワーエレクトロニクス研究センター)

【研究担当者】清水 三聡、沈 旭強

【研究内容】

本研究では、材料特性から高耐圧低損失素子用材料として期待が高いワイドギャップⅢ族窒化物のヘテロ構造を、成長初期制御に優れた MOCVD 法と不純物低減、界面制御性に優れた rf-プラズマ MBE 法を併用して作製する。この時、サファイア、Si、SiC 等の大面積基板上に、異元素導入効果や選択成長技術を駆使して、従来以上の高品質Ⅲ族窒化物ヘテロ構造ウエハーを実現し、そのウエハーを用いて従来素子より飛躍的に性能の良い低損失スイッチングデバイスを開発することを目的とする。具体的には、ハイブリッド成長による AlGaIn/ (In) GaN エピタキシャル2次元電子系を作製し、それを用いた低損失の高耐圧、大電流スイッチングデバイス (1000V 級、 $1\text{m}\Omega\text{cm}^2$ 以下) を作製することを目標とする。加えて、デバイス実用化の観点から、大面積 (4インチ以上) ウエハーでのデバイス作製を目指す。

1. ハイブリッドエピタキシャル成長技術に関する研究
Ⅲ族窒化物のヘテロ構造を、成長初期制御に優れた MOCVD 法と不純物低減、界面制御性に優れた rf-プ

ラズマ MBE 法を併用して作製する。この時、サファイア、Si、SiC、サファイア等の各種基板上に、異元素導入効果や選択成長技術を駆使して、表面平坦化、結晶粒界低減、転移欠陥低減のための成長要素技術を開発し、従来以上の高品質Ⅲ族窒化物ヘテロ構造ウエハーを実現する。

平成14年度は初年度として、ガス供給系や除害装置などの窒化物半導体ハイブリッド結晶成長装置の準備を行うと共に、並びに MBE 法による高品質エピタキシャル膜成長要素技術の開発を行った。MBE 法による結晶成長に関し、Si フラックス照射等、従来とは異なる成長プロセスを開発して、MBE 成長膜の平坦化、転位密度低減を果たした。ステップフロー成長実現の結果と思われる0.4nm の rms 値を持つ平坦な原子状ステップ表面を template 基板を使わずに実現すると共に、薄膜中の貫通転位密度を Si 照射により $7 \times 10^8 / \text{cm}^2$ まで大きく低減できた。また、MOCVD template 基板上への MBE 成長で、MBE 成長条件を適切にすることでエピタキシャル膜の結晶性が改善することを確認した。

2. ウエハー特性・デバイス特性評価技術に関する研究

ハイブリッド成長エピタキシャルウエハーの2次元電子ガス特性、深い準位等の欠陥構造、及びそのウエハーを用いて作製されたヘテロ接合電解効果トランジスタチップの静特性、耐圧、導通損失、スイッチング損失等を評価し、高品質ヘテロ構造ウエハー作製に資する。このため、ワイドギャップ半導体である窒化物半導体ヘテロ接合に適する評価法を確立する。

平成14年度は初年度として、エピタキシャルウエハーの基本的電気特性を的確に評価する体制整備を行った。具体的には、紫外線ラマン散乱分光法や分光エリプソメトリー、光 ICTS 法等のワイドギャップ特性に対応できるエピタキシャル膜評価法の整備を進めると共に、エピタキシャル膜の絶縁性評価、2次元電子ガス系の特性評価装置を構築した。

3. 窒化物スイッチングデバイス作製技術に関する研究

ハイブリッド成長エピタキシャルウエハーを用いてヘテロ接合電解効果トランジスタを作製し、耐圧1000V、オン抵抗 $1 \text{m} \Omega \text{cm}^2$ 以下を目標に低損失スイッチングデバイスとしての性能向上を図る。この際、デバイスパフォーマンスを決めているのは、ゲート電極としてのショットキー接合、ソース/ドレイン電極としてのオーミック接合、及びソース/ドレイン間の表面準位、深い準位であることを鑑み、これら接合の特性向上と表面パッシベーション技術の改善に注力する。また、実用化に向けて実際の大面积基板上に均一にヘテロ構造を作製し、そのエピタキシャル膜を用いてスイッチングデバイスを試作すると共に、得られたスイッチングデバイスの短期、及び長期信頼性を確認する。

平成14年度は初年度として、接合形成、電子ビーム露光等、窒化物半導体 HFET 構造作製のための要素プロセス装置の整備、及び各要素プロセスの条件出しを行った。特に、HFET デバイスの特性向上に重要な低抵抗オーミックコンタクトのため、2段階オーミック形成プロセスを用いてコンタクト抵抗の改善を果たした。また、種々の電極サイズを試作し、ソース/ドレイン耐圧として100Vを越えるものも得られた。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 窒化物半導体、電力素子、低損失素子、エピタキシャル成長、分子線エピタキシャル法、化学気相成長法

[研究題目] 国際物質循環時代のエコマテリアル化指針のうち国際技術共有可能なリサイクル・排出抑制プロセス技術及びリサイクル配慮設計技術

[研究代表者] 小林 幹男 (環境調和技術研究部門)

[研究担当者] 小林 幹男、春田 正毅、遠藤 茂寿、大矢 仁史、四元 弘毅、田中 幹也、古屋仲茂樹、品川 俊一、小山 和也、西嶋 昭生、大見 孝

[研究内容]

資源循環や環境調和材料 (エコマテリアル) に係わる現象は、我が国一国内で閉じておらず、国際的な循環・ライフサイクルの中で生じている。したがって、これらに関連した技術開発を行うには、国際的、とりわけアジア域での循環・ライフサイクルを検討することが必要である。本課題では、わが国の有するリサイクル・排出抑制プロセス技術及びリサイクル配慮設計技術のアジア諸国への適正化のための現状調査・検討ならびに関連するライフサイクル管理のガイドラインづくりの推進に資する調査・検討を行う。平成14年度においては、中国、韓国、ベトナム、タイ、シンガポール、香港等から資源循環分野の専門研究者を招聘、昨年度に引き続き、リサイクルに関する国際ワークショップ (The 2nd International Workshop on Recycling at Tsukuba) を開催し、それぞれの国々における先端的なリサイクリング技術の紹介及びそれに関してのディスカッションを行った。また、ワークショップ参加の外国研究者とともに、我が国における家電製品リサイクルに関する最先端の技術・工場及び我が国におけるエコプロダクツ (環境調和製品) を調査した。さらに、産総研研究担当者らは、中国、韓国、ベトナム、タイ、ミャンマー、シンガポール、香港におけるリサイクリング技術の研究を行いつつある大学・研究機関及びリサイクリング工場を訪問し、研究の現状、今後の方向性等を調査し、現地の研究員とのディスカッションを行った。これらの活動により、アジア域におけるリサイクルシステムの現状及び各国におけるリサイクリング技術開発の状況に関する情報を集積し、それらを

元にした考察を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リサイクル、エコマテリアル、アジア、国際循環、環境調和

【研究題目】アジア太平洋地域の気候環境の改善のうちアジア太平洋地区気候環境改善のための国際会議の主催

【研究代表者】指宿 堯嗣（環境管理研究部門）

【研究担当者】近藤 裕昭、竹内 浩士、松沢 貞夫、佐野 泰三、蒲生 稔、三枝 信子、飯塚 悟、西嶋 昭生（国際部門）

【研究内容】

3月11日～13日につくば国際会議場において第8回大気科学と大気質への応用国際会議を開催した。このための準備として、ホームページにより参加要領を全世界に発信した。また、ポスターを8月に印刷して世界に配布した。10月に Abstract を募集を行い、339件の Abstract が集まった。この編集作業を行うとともに10のサブセッションを設け、研究推進委員の協力を仰いでプログラムの編集を行った。この際、各セッションを担当する推進委員と協議の上、海外から招へいする研究者について調整を行った。この結果をもとに1月に抄録集を編集し印刷した。3月10日の九大のワークショップを合わせて10日の夕方より第8回大気科学とその大気質への応用国際会議を開催した。11日は plenary セッションを中心に吉川弘之産総研理事長、米国 EPA S.T.Rao 大気モデル部長、松野太郎地球フロンティアシステム長（Jamstec）の講演を午前中に、午後からはエアロゾルに関する最新の研究の講演を行った。12、13日は5会場で10分科会を並行して行った。参加国は27カ国、参加者数は約400名であった。大気科学・大気環境の分野においてこの規模の国際会議を行ったのは日本では初めての経験であり、研究成果の発信という通常の成果以上に若手研究者への刺激、日本の研究水準の宣伝に大きな効果を上げることができた。また、大気環境の各分野でアジアをターゲットとした研究協力の進展を促進することができた。この会議に先立ち、5月、9月には中国・インドネシアでの調査、11月にはカナダでのワークショップ、2月にはタイ等で対策技術の普及に関する活動を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】アジア太平洋地区、国際会議、ASAAQ、大気環境改善

【研究題目】アジアグリッドイニシアチブ

【研究代表者】関口 智嗣（グリッド研究センター）

【研究担当者】田中 良夫、建部 修見、首藤 一幸

【研究内容】

アジアグリッドイニシアチブは、アジア太平洋地域にグリッドテストベッドを構築し、グリッド環境の提供、

運用を行うプロジェクトである。構築、運営方法に関する技術的な方針について参加組織間での合意が得られ、試験的な運用を開始した。テストベッドの構築に際しては、セキュリティは Grid Security Infrastructure (GSI) と呼ばれるグリッドにおける標準的なセキュリティ技術を利用すること、情報サービスは MDS (Monitoring and Discovery Service) と呼ばれる LDAP (Light Weight Directory Access Protocol) ディレクトリサービスに基づくプロトコルを利用すること、米国アルゴンヌ国立研究所で開発され、現在世界中で事実上の標準ソフトウェアとして利用されている Globus Toolkit を標準ソフトウェアとして利用することなどが決められた。これに基づき、各参加組織がアジアグリッドテストベッドに提供する計算資源に Globus Toolkit などの必要なソフトウェアのインストールおよびセキュリティ、情報サービスの設定などを行ない、テストベッドの構築を開始した。2003年2月の時点で、15カ国、40組織が参加し、日本、韓国、香港、タイの4カ国、9組織がテストベッドに計算資源としてクラスタ計算機を提供し、合計約300のプロセッサを保持するテストベッドとなっており当初の目標を達成した。

【分野名】情報通信

【キーワード】ApGrid、グローバス・ツールキット、グリッドテストベッド

【研究題目】生体組織再生を目的とした機能性複合基盤材料の開発

【研究代表者】陳 国平（ティッシュエンジニアリング研究センター）

【研究担当者】陳 国平

【研究内容】

培養基盤材料は細胞の足場として生体細胞を三次元的に維持し、細胞機能を制御して組織形成を誘導・促進する重要なファクターであると指摘されている。この基盤材料には、生体に悪影響を及ぼさないための生体親和性や、新しい生体組織が形成すると共に分解・吸収されるための生体吸収性、高度な機械強度、多孔質性などが要求されている。

本研究では、生体吸収性合成高分子材料の骨格構造体内部に、さらに細胞生理活性物質と細胞外基質を導入し、軟骨や、靭帯、骨などの生体組織再生をより容易にする培養基盤材料を開発する。さらに近接組織の同時再生を目指して階層構造を有する複合多孔質基盤材料を作製し、この材料内で骨髄由来の間葉系幹細胞を培養して、骨・軟骨組織や、骨・靭帯組織の同時再生を試みる。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】生体材料、骨、軟骨、細胞培養

【研究題目】細胞の品質管理機構による新規人工蛋白質のスクリーニング

【研究代表者】 萩原 義久（人間系特別研究体）

【研究担当者】 湯元 昇、達 吉郎、中村 努、
上垣 浩一、茂里 康

【研究内容】

（研究内容・目標）

本研究は新規人工蛋白質の創出によって、蛋白質の立体構造の構築原理を明らかとすることを目標としている。蛋白質の本質的理解は生物を分子論的に理解する上で必須なだけでなく、産業面では新機能酵素の開発に貢献し、環境に優しいバイオプロセスの普及を推進する。またポストゲノム時代を迎え、アミノ酸配列からその立体構造を知り、機能を探り出す必要性が高まっている。本研究はこれらのニーズに合致しておりが本研究を行う意義は大きい。

（研究計画）

本研究では『細胞の品質管理機構』を利用して、ランダムなアミノ酸配列のライブラリーの中から強固な立体構造を持つ人工蛋白質をスクリーニング法によって得る。本年度は、ランダムに合成した DNA をもとにライブラリーを作製する。また、部位特異的アミノ酸置換報によりジスルフィド結合領域を部分的にランダム化し、このライブラリーについて安定な変異体を検索する。さらに新規人工蛋白質との比較を行うための、天然に存在する蛋白質やペプチドの基礎的データの収集を行う。

（年度進捗状況）

現在までにジスルフィド結合をランダムに置換したライブラリーを完成し、引き続きスクリーニングを行う段階にある。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 蛋白質工学、人工蛋白質

【研究題目】 ストレスシグナルのプロテオーム解析

【研究代表者】 絹見 朋也（ヒューマンストレスシグナル研究センター）

【研究担当者】 絹見 朋也、石井 保之、木全 順子

【研究内容】

酸化ストレスは癌、老化、神経変性疾患など重要な疾患に関わっている。プロテオーム解析により酸化ストレスにより誘導されるタンパク質を探索し、その分子構造解析、発現解析を行う。これにより酸化ストレスマーカーの探索、ストレスの生体への影響をタンパク質レベルで理解することを目的としている。超微量タンパク質を構造解析するためのプロテオーム解析システムを立ち上げて、より多くのタンパク質をより少ない量で網羅的に分離、構造解析できる系を構築する。このシステムを、様々なストレスを負荷した培養細胞、動物由来試料へ適用し、ストレスに応答したタンパク質の探索、構造研究への応用を行っていく。今年度は培養細胞への酸化ストレス負荷によって構造変換するタンパク質を6種類見出し、その構造解析を行った。酸化剤によるストレス応答

としてタンパク質のリン酸化と酸化が起こることを示してその構造を明らかにした。この結果から酸化ストレスとパーキンソン病の関連を示唆する結果を得た。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 プロテオーム、ストレス

【研究題目】 組み換え植物を用いた動物型糖脂質の生産

【研究代表者】 田坂 恭嗣（生物機能工学研究部門）

【研究担当者】 田坂 恭嗣

【研究内容】

（目標）

スフィンゴ糖脂質は化粧品原材料として利用されている。しかし動物の脳から抽出する従来の生産方法では BSE（狂牛病）等の感染症の問題があり、また人工合成では高コストという欠点がある。本研究では植物の遺伝子組換え技術を利用し、動物の糖転移酵素遺伝子を植物に組み込み、新たな動物型糖脂質代謝系を付与した組換え植物を作出することを目標としている。

（研究計画）

動物の糖転移酵素 $\beta 1,4$ ガラクトシルトランスフェラーゼ遺伝子を単離し、構造解析後に植物発現ベクターを構築し植物に導入し発現させることによりラクシルセラミドを合成する組換え植物を作出する。

（年度進捗状況）

ラクシルセラミドを生産する植物を作出するために、ヒト由来 $\beta 1,4$ ガラクトシルトランスフェラーゼ遺伝子の cDNA を単離した。この遺伝子を植物で発現させるために Ti プラスミドに挿入して植物発現ベクター pBE/ β GT を構築し、アグロバクテリウムを使ってタバコを形質転換した。得られた形質転換体を薬剤耐性マーカーであるカナマイシンへの抵抗性と PCR 法を併用して調べたところ 42 系統にヒト由来の $\beta 1,4$ ガラクトシルトランスフェラーゼ遺伝子が挿入されていることが確認された。現在は組換えタバコの脂質の解析を進めている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 組み換え植物、糖脂質、物質生産

【研究題目】 ゲノムワイド DNA アレイによる癌診断技術

【研究代表者】 角田 慎一（糖鎖工学研究センター）

【研究担当者】 平野 隆

【研究内容】

社会の高齢化が急速に進行する現在にあって、癌をはじめとする疾患の優れた診断・治療技術の開発は急務である。癌ではゲノム DNA のコピー数異常（癌遺伝子の増幅、癌抑制遺伝子の欠失など）がその悪性形質発現に大きく関わっていることが明かとされつつあることから、これら DNA 異常領域を全ゲノム領域にわたって迅速・簡便・高精度に解析することができれば、癌関連遺伝子

の同定や癌進展のメカニズムの解明、さらにはゲノム異常の情報に基づいた的確な臨床診断（正確な予後予測、的確な治療方針の選択）を支援するシステムの開発が可能となる。そこで本研究では、癌のゲノム DNA 異常領域を簡便かつ高精度に解析しうる技術を確立し、それによって新たな癌関連遺伝子の同定や臨床診断に有用な染色体領域の発見に展開していくことを目的とする。

本年度は各種モデル検体を用いて本解析手法の性能評価を行った。その結果、本解析技術が1コピーの増加・欠失をも検出可能な高精度な異常検出性能を有することが明らかとなった。今後は本システムにより、多数の臨床癌組織検体の解析を行い、癌の悪性度のマーカーとなる染色体異常領域のスクリーニングを行う予定である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 癌、ゲノム異常、
bacterial artificial chromosome、
DNA アレイ

【研究題目】 酵母による糖タンパク質医薬の生産系の開発

【研究代表者】 千葉 靖典（糖鎖工学研究センター）

【研究担当者】 地神 芳文、高岡 友紀

【研究内容】

従来、エリスロポエチンや G-CSF などの医療用糖タンパク質は動物細胞で生産されてきた。しかし、動物細胞を利用した生産はコストが高く、生産性が悪い、また感染症の問題も指摘されてきた。これらを克服するための代替宿主が望まれており、これまでに昆虫細胞、植物細胞、酵母、カビ、大腸菌などが考えられてきた。しかしこれらを用いて生産した糖タンパク質では糖鎖構造が哺乳類のものとは異なるため、抗原性を有する、ヒト生体内に導入した際にタンパク質が目的の臓器へ集積する前に分解されてしまうなどの不安定性が問題とされてきた。研究グループでは、これまで、出芽酵母の糖鎖リモデリングに関する基礎的研究を進めてきた。そこで酵母による糖タンパク質医薬の生産系を構築することを目的とし、宿主の糖鎖改変、遺伝子発現、糖鎖構造解析、ならびに構造機能相関を検討する。

平成14年度は、ファブリー病治療薬となりうる組換えヒト α -ガラクトシダーゼの出芽酵母からの大量精製系を確立した。まず、組換え型ヒト α -ガラクトシダーゼ A を発現する出芽酵母 HPY21G 株について、培養上清中に分泌される量と菌体内に蓄積している量とを比較したところ、菌体内に蓄積した量が3~5倍ほど多かった。

HPY21G 株について150L の大量培養を外注し、その培養上清、菌体を得た。培養上清については、中空糸モジュールを使った脱塩・濃縮を行った後、25mM MES (2-[N-morpholino]ethanesulfonic acid) 緩衝液 (pH 6.0) に対して十分な透析を行った。続いて、陰イオン交換カラム (HiTrapQ)、逆相カラム (HiLoad Phenyl)、

ゲル濾過カラム (HiLoad 16/60 Superdex 200 pg) を利用し精製を行った。得られた精製酵素は電気泳動的に均一であり、この酵素に対して昨年開発したマンノシダーゼで処理し、糖鎖の非還元末端側にリン酸が露出したいわゆる Man-6-P 型糖鎖を有する α -ガラクトシダーゼに変換した。 α -ガラクトシダーゼは再度 HiTrapQ カラムで精製を行い、標品とした。菌体内からの精製については、菌体100g に対し、ジエチルエーテル10ml を加え、室温で1時間放置、さらに精製水150 ml を加え、室温で攪拌しながら酵素の抽出を行った。20時間後、遠心して不要物を除き、その上清を25mM MES 緩衝液 (pH6.0) に透析した。以後、培養上清からの精製方法と同様、陰イオン交換カラム (HiTrapQ)、逆相カラム (HiLoad Phenyl)、ゲル濾過カラム (HiLoad 16/60 Superdex 200pg)、 α -マンノシダーゼ消化、陰イオン交換カラム (HiTrapQ) により精製を行った。菌体2600g から抽出された酵素は約45mg であり、最終的に13mg の精製標品が得られた。さらにより高効率で生産するメタノール資化性酵母に糖鎖改変系を移植すべく、ベクターや発現宿主の改良を行った。宿主には既にキリンビールと共同出願した Ogatae minuta 株を利用した。まず O. minuta 株の OCH1遺伝子を取得し、相同組換えを利用した遺伝子破壊株を作製した。この och1破壊株でヒト α -ガラクトシダーゼ遺伝子を発現させるべく、発現ベクターの構築を行った。O. minuta URA3遺伝子をマーカーとして有するベクターに、アルコールオキシダーゼプロモーターの下流にヒト α -ガラクトシダーゼ遺伝子を導入した断片を挿入した発現ベクターを構築した。URA3遺伝子中の制限酵素 NotI 部位で切断して線状化した後、形質転換を行った。現在得られたクローンについて、 α -ガラクトシダーゼを発現しているか検討中である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ヒト型糖鎖、酵母、リソソーム病

【研究題目】 体内時計分子リン酸化による分解機構の解明

【研究代表者】 宮崎 歴（生物機能工学研究部門）

【研究担当者】 宮崎 歴

【研究内容】

ヒト per 蛋白質のリズミックな蛋白分解を細胞培養系で再現することに成功した。この系にさまざまな阻害剤を加えることで、24時間周期の蛋白分解に(1) Casein kinase I ϵ と δ のリン酸化による PER1蛋白分子量の増大(2)それに引き続きユビキチン-プロテオーム系による時間特異的分解が関与することを見出した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 時計遺伝子、蛋白リン酸化、ユビキチン

【研究題目】 逆行性神経情報伝達機構の分子生物学的

研究

【研究代表者】戸井 基道（脳神経情報研究部門）

【研究担当者】戸井 基道、豊永 リカ、岩崎 幸一

【研究内容】

（目標）

中枢神経系や末梢神経系における神経情報処理は、神経細胞間や神経・筋接合部位に形成されるシナプスを介して行われる。従来このシナプス伝達は、前細胞から後細胞への一方方向性のものと思われてきたが、近年その逆に、後細胞から前細胞への逆行性の神経伝達が存在することが明らかになってきた。本研究では、モデル生物線虫を用い、この新規神経伝達機構の分子メカニズム（制御する遺伝子の網羅的解析）、および細胞生理メカニズムを解明し、脳における情報処理の理解と、損傷したシナプス再生技術の開発のための基礎データの取得を目指す。

（研究計画）

逆行性伝達を制御する因子をゲノム網羅的に単離・解析するために、既に得られている因子（AEX-1）と遺伝的に相関を示すもの、あるいは類似した表現型を示す線虫突然変異体を多数単離する。得られた突然変異体の原因遺伝子を、染色体上にマッピングし、順次目的の遺伝子を同定していく。さらに逆行性伝達と同期した細胞内の生理現象（小胞の挙動やイオン濃度変化）を、可視化解析するための形質転換体を作製する。

（年度進捗状況）

突然変異誘発剤を用いて作製したライブラリーから、約150,000ゲノム相当のスクリーニングを行い、逆行性伝達が異常になったと推測される新規の突然変異体を30系統単離した。このうち表現型の顕著な13系統について優先的にマッピングを行い、約100kbの領域に原因遺伝子を位置づけた。そのうちのひとつとして、ナトリウムポンプベータサブユニットを同定した。また可視化解析に用いるためのカルシウム感受性蛍光タンパク質の改良を行い、線虫体内に導入した形質転換体の作製に成功した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】脳神経、遺伝子、シナプス伝達、線虫

【研究題目】小脳における運動学習の計算機構の解明に関する研究

【研究代表者】竹村 文（脳神経情報研究部門）

【研究担当者】竹村 文

【研究内容】

（目標）

動物は様々に変化する環境の中で、そのときどきに適した運動を行うことができる。このためには、優れた脳機能の一つである運動学習機能が必要である。本研究では、運動学習が小脳で行われているとの仮説にたち、小脳の神経回路における学習の計算機構を解明することを目標とする。

（研究計画）

複数の脳内領域の同一ニューロンから運動学習前、中、後、を通して神経活動を記録し、そのニューロン活動が運動学習の原因である感覚情報もしくは結果である眼球運動情報とどのような関係にあるのかを解析する。その結果に基づいて、計算機シミュレーションを行い、学習を通して運動誤差を最小にしていけるために、脳が神経機構をどのように変化させているかを明らかにしていく。

（年度進捗状況）

覚醒サル慢性電気生理実験を行うための実験システムを確立し、サルのトレーニングおよび処置を行った。確立した実験システムを用いて、覚醒したサルの行動実験を行い、短時間で最大効率の運動学習が得られるパラメータを調べ、課題を設定した。これによって、運動学習を通して、同一細胞のニューロン活動を記録し、その発火活動が運動の変化とともにどのように変化していくかを定量的に解析することが可能になった。さらに、その課題遂行中のサルの大脳皮質MST野から学習を前・中・後を通したニューロン活動を記録した。記録部位としてMST野を選んだのは、学習過程を捉える上で、学習の座と考えられる小脳へ入力されるニューロン活動の持つ情報が学習前後でどのように変化するかを把握する必要があると考えたためである。その結果、この脳領域（MST野）では学習を説明することのできるニューロン活動の変化がおきていないことが示唆される実験結果を得ることができた。この点を押さえておくことは、小脳の学習計算機構を解析する上で、大変重要な成果である。今後は、学習の座と考えられる小脳からニューロン活動を記録し、学習メカニズムの解明を試みる。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】脳・神経、動物、情報工学

【研究題目】ヒト微生物共生系の遺伝子解析及び利用

【研究代表者】古賀 隆一（生物機能工学研究部門）

【研究担当者】古賀 隆一

【研究内容】

（目標）

共生微生物と人の相互作用は人の一生を通じて続くため、その健康や老化に与える影響は甚大である。従ってこの関係を解析し、改善する方策を見つけることは人の健康増進・老化抑制に非常に有効であると考えられる。本研究では、DNAマイクロアレイなど新規技術を用いて高度生命現象である微生物と人の共生系を遺伝子レベルで解析し、成果を人と微生物の関係を改善することによって健康増進や老化抑制を図る食品成分やプロバイオティクスの開発に役立てることを目的としている。

（研究計画）

人培養細胞-微生物共培養系をモデルとして、DNAマイクロアレイ、生物情報処理技術、組織化学的手法を

駆使し、微生物との相互作用に関与する人遺伝子群を同定するとともに炎症反応などの生命現象と微生物との関係も見出す。興味深い遺伝子が見つければ、これら遺伝子発現変化を指標とした食品成分やプロバイオティクスの新規スクリーニング法の開発を目指す。

〔進捗状況〕

まず細菌との共培養や分化および薬剤処理それぞれに特有の遺伝子発現パターンを DNA マイクロアレイ解析により取得、類似度に基づき分類した。同時に微生物処理により発現変化した遺伝子候補を選出し、これら候補遺伝子発現変化を定量 PCR によって予備的に確認した。一連の解析によって微生物との相互作用による遺伝子発現変化は薬剤処理や分化に伴う変化とは質的に異なること、一部の炎症反応やガン関連遺伝子が処理した微生物によって異なる発現変化を示すことがわかった。このような遺伝子発現変化の違いが、寄生や相利共生と言った人と微生物との関係を決定しているのかもしれない。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 腸内細菌、健康と老化、プロバイオティクス、機能的食品

〔研究題目〕 人の技能を実現する遠隔操作システムの開発

〔研究代表者〕 尹 祐根（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 尹 祐根

〔研究内容〕

〔背景・目的〕

今後、少子化・高齢化が加速度的に増加していく日本において、極限環境下における高度な作業だけでなく、医療現場での手術支援、遠隔医療、遠隔福祉など人の技能が必要とされる遠隔操作分野で使用するこのことのできる、人の技能を実現する遠隔操作システムの開発が求められている。しかし、人の技能を遠隔地の知能ロボットシステムで実現することは容易ではない。そこで、本研究では、操縦者がマニュアル操作により技能を必要とする作業を行い、操縦者の指令値より人の技能を解析する。そして、解析した技能を遠隔操作システムに埋め込み、簡単な指令で複雑な作業を実現する遠隔操作システムを開発することを目的とする。

〔進捗状況〕

平成14年度は、前年度までに開発された手先技能解析及び入力装置である小型高性能力帰還形入力装置のさらなる高性能化を目指し、新しく開発した構造剛性解析手法を適用して改良を行った。さらに、この装置を使い、人のマニュアル操作により遠隔操作を行い、簡単な人の手先技能を解析した。

〔分野名〕 情報通信

〔キーワード〕 遠隔操作、ロボット、手先技

〔研究題目〕 モジュール型ロボットの分散的移動制御

手法

〔研究代表者〕 神村 明哉（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 神村 明哉

〔研究内容〕

〔目的・目標〕

近年、人工物はますます大規模複雑化しており、要素の故障に対して脆弱な現在の集中的管理システムではなく、分散的に情報を処理し、全体としてある機能を実現する分散システムの重要性が叫ばれている。機械システムとしてのロボットもその例外ではなく、ロボットを分散的に構成・制御する分散型ロボットシステム（モジュール型ロボットシステム）が、優れた耐故障性や、環境に適応しながら形を変えタスクを実行することが可能などの理由から注目されている。そこで、本研究では、そのようなロボットシステムを実現するためのロボットモジュールハードウェア、およびその分散的移動制御手法の提案を行なう。また、実際にハードウェアの試作、シミュレータの開発を行い、実験的に有効性を確認することを目的とする。

〔進捗状況〕

平成14年度は、ロボットモジュール20台の試作、及び任意のモジュール構造（多自由度構造）による移動動作を自動的に生成するための手法の提案、そのシミュレータの開発を行った。具体的には、神経振動子と呼ばれるパターン発生器をモジュールのモータコントローラとして配置し、それを他の振動子群と適切に結合することで振動子間の位相差が自律的に生成され、モジュール構造による移動が実現される。この振動子ネットワークの最適化に進化型計算手法（遺伝的アルゴリズム）を適用することで、任意のモジュール構造を与えるだけで自動的に効率のよい移動パターンを生成するシステムとした。シミュレータで得られた移動パターンを実際にハードウェアに組み込むことで、様々なモジュール構造における移動実験にも成功した。

〔分野名〕 情報通信

〔キーワード〕 ロボット、モジュール、分散システム、移動

〔研究題目〕 含窒素有機化学物質の分解触媒の開発

〔研究代表者〕 難波 哲哉（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 小淵 存、益川 章一

〔研究内容〕

含窒素有機化学物質は、発ガン性をはじめとする人体への強い毒性が指摘されており、中でもニトリル化合物およびニトロ化合物の毒性は世界的にも問題になっている。窒素酸化物（Nox）や青酸ガス（HCN）などの有害物質の副生が懸念される従来の酸化的処理に代わり、加水分解法は化合物中の炭素原子を CO₂へと転化させ、窒素原子を無害な N₂へと転化させることができるものと期待される。本研究は触媒による加水分解反応によっ

て、含窒素有機化学物質を無害化することのできる触媒技術の開発を目的とするとともに、環境保全技術における加水分解反応の体系化を試みる。

本年度は種々の反応条件下における含窒素有機化学物質の反応性評価ならびに加水分解の反応経路の明確化について検討した。

アクリロニトリル（以下 AN と略す）分解に対して高い活性を示した Cu-ZSM-5ならびに Ag/ZrO₂について、O₂および H₂O 濃度ならびに空間速度に対する依存性を検討した。これらの触媒上での AN 分解反応には O₂が必須であり、H₂O は AN+O₂反応を促進することが分かった。Cu-ZSM-5は、低空間速度における AN 分解に適し、Ag/ZrO₂は H₂O 存在下で広い空間速度範囲に対して使用できる触媒であることが分かった。Cu-ZSM-5上での AN 分解反応経路を検討するために副生成物の生成挙動を調べた。AN 分解における微量副生成物として HCN, HNCO, N₂O が検出された。AN を含む反応ガスと触媒との接触時間に対するこれら副生成物の生成量の関係から、HCN と HNCO が反応中間体であることが示唆された。Cu-ZSM-5上での活性点は、ゼオライト上に高分散した Cu イオンであることが示唆された。H₂-TPR による Cu イオン状態の検討ならびに吸着 AN の表面反応解析により、AN 分解は Cu イオンの酸化還元特性に密接な関連があるものと推測された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】アクリロニトリル、加水分解、Cu-ZSM-5、Ag/ZrO₂

【研究題目】被害量算定による総合的影響評価手法の開発

【研究代表者】伊坪 徳宏（ライフサイクルアセスメント研究センター）

【研究担当者】伊坪 徳宏

【研究内容】

本研究では、従来の問題比較型とはアプローチが異なり、かつ、信頼性と透明性の観点から LCIA 研究水準を飛躍的に向上させるものと期待される被害算定型の影響評価手法の開発を目的とした。ここで目的とする被害算定型の影響評価手法は、環境負荷物質の排出量とそれによって実際にエンドポイントが受け得る被害量を定量的に関係づけるダメージ関数の構築が基礎となる。本研究を遂行するに当たっては、被害量評価手法の充実化が喫緊の課題であると考え、ダメージ関数の開発を通じた被害評価手法の構築に向けた検討を重点的に行った。

平成14年度は人間毒性、生態毒性、富栄養化に関わるダメージ関数の算出に向けた検討を行った。健康影響では発癌、呼吸器系疾患について被害態様（発癌部位など）を明確化した上で、これらの態様ごとに環境負荷とそれに伴う影響リスクの増分を算定した。生態毒性では、有害物質の排出と生物多様性との定量的関係づけを行った。

特に生物の絶滅リスクに注目し、有害物質の暴露に伴う水生生物の絶滅確率の増分について算定を行った。富栄養化では、窒素やリンが閉鎖系水域に到達した際に発生し得る底生生物と水産資源への被害量の増分について算定を行った。これにより、影響の規模が異なる影響領域であっても、共通するエンドポイントにおいては発生する被害量の比較統合を可能にするシステムを開発することができた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】LCIA、エンドポイント、被害評価、統合化

【研究題目】海洋炭素固定技術に伴う温暖化物質動態解明

【研究代表者】鶴島 修夫（環境管理研究部門）

【研究担当者】鶴島 修夫、原田 晃

【研究内容】

14年度は天然状態の海洋における各種温室効果気体の動態調査を中心に行った。加えて、鉄散布実験における二酸化炭素の動態調査、相模湾における深層水汲み上げの事前調査も行った。天然状態の外洋調査は北海道の東に位置する定点 KNOT (155E、44N) で行った。定点観測は1998年以降行われており、得られたサンプルの分析とデータ解析を行った。表層二酸化炭素濃度変動は100 μmol/kg 以上で、太平洋亜熱帯や大西洋亜熱帯、東部北太平洋などの他海域の観測定点と比べて大きいものであった。二酸化炭素濃度の季節変動は、植物プランクトンによる一次生産量の変動と良い相関があり、一次生産量の大きい5月から6月にかけて大きく濃度が減少し、その後も10月まで濃度減少が見られる。秋季から冬季は鉛直混合が活発になり濃度は上昇した。これに対応する形で、メタン濃度は春季から秋季にかけて表層で濃度の増大が見られ、主に生物生産の活発な時季に生成が起きていることがわかった。亜酸化窒素については表層での明瞭な季節変動は見られなかったが、中深層の濃度分布より硝化に伴い生成があることが推察された。西部北太平洋において鉄散布実験が行われ、鉄散布後植物プランクトンが大増殖した。このとき二酸化炭素濃度は急激に減少し、大気からの二酸化炭素吸収速度が大きく増大した。しかしながら、固定された炭素は表層にとどまっておらず、短期的な輸送効率はずしも高くないことが示唆された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素、海洋

【研究題目】環境複合微生物の迅速検出による環境質評価

【研究代表者】関口 勇地（生物機能工学研究部門）

【研究担当者】関口 勇地、村松 瑞穂、須永 明子

【研究内容】

本研究では、迅速・簡便に複合微生物群集中の特定微生物群を検出・定量する技術を開発し、その技術によって微生物を指標とした廃水処理プロセス等のバイオプロセスの診断、各種環境の環境室診断を達成することを目的としている。平成14年度は、嫌気性廃水処理プロセスをモデル微生物生態系とし、その生態系においてプロセス診断上重要な指標となる微生物の特定を行うと同時に、新しい微生物検出・定量技術の開発し、そのプロトタイプを完成させることを年間目標とした。その結果、嫌気性廃水処理プロセスの運転上重要ないくつかの微生物（バルキング原因細菌、各種嫌気性共生細菌、メタン生成古細菌）を同定し、そのいくつかについて機能解明を行った。また、rRNA を指標としてそれらを特異的に検出・定量するための各種 DNA プローブを作成した。また、リボヌクレアーゼ H とオリゴヌクレオチドを利用した、rRNA を指標とする極めて簡便・迅速な特定微生物群の検出・定量手法を開発した。本手法の実用性を評価し、その有効性、簡便性を実証した。本手法を実際の複合微生物試料（活性汚泥や嫌気性廃水処理汚泥等）に適用し、いくつかの重要な微生物群の検出・定量を行った。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 環境微生物、プロセス診断、微生物検出技術

〔研究題目〕 超臨界二酸化炭素の地下水・地下物質に対する動的溶解特性に着目した CO₂地中隔離技術開発

〔研究代表者〕 染矢 聡（エネルギー利用研究部門）

〔研究担当者〕 染矢 聡

〔研究内容〕

CO₂隔離技術は地球温暖化防止のための急務策として必要性が認められているものの、その研究開発は世界的にもほとんど進んでいない。しかし世界的な必須事項である CO₂隔離を、環境影響を最低限に抑えつつ低コストで実現することには大きな意義がある。本研究はそのための技術開発における要素研究として、液体または超臨界 CO₂が水・地下水にどのように溶解するかという動的溶解特性を明らかにし、CO₂地中隔離にもなう諸現象を把握することを目的とする。CO₂地中隔離における安全性に加え、隔離サイトの選定においては、CO₂の地下水に対する溶解挙動の把握が必要不可欠である。具体的には CO₂溶解に大きく影響する界面状態を考慮しつつ、光学的計測手法を用いて界面近傍の pH 分布や流れをマクロ及びミクロスケールで解明する。

平成13年度10月から開始された本研究では平成14年度までに高压容器など、基本的な実験装置を整え、pH 計測のための試料の特性調査と選定を終了した。平成15年度までには CO₂の溶解を示す pH 変化を高精度に捉える手法を確立する。また、帯水層の一部では液体 CO₂が

包摂化合物を形成するため、この場合における飽和溶解度を明らかにする。更に平成15年度中に微小スケールにて現象を観測するためのシステムを導入し、平成16年度にこれを用いた実験を実施する計画である。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 液体二酸化炭素、溶解、流れの可視化

〔研究題目〕 二酸化炭素を原料とする高分子合成反応

〔研究代表者〕 崔 準哲（物質プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 坂倉 俊康、白石 貢一

〔研究内容〕

（目標）

現在、化学産業分野では「持続可能社会の実現」及び「環境に調和した化学技術」をキーワードとして安定供給可能で循環可能な炭素資源としての二酸化炭素の利用がますます重要性を増している。しかし、二酸化炭素の有機合成への利用は、エポキシド、アセチレン等の高エネルギー化合物との反応を除くと、ほとんど水素化反応に限定されており、より多彩な利用法の開拓が望まれている。

本研究では上記の観点から、二酸化炭素の有用化合物への変換として、超臨界技術や分子触媒を活用して高度な反応制御を行うことにより、二酸化炭素とオレフィンからの高分子合成という全く新しい反応の開発を目標とする。

（研究計画）

本研究の期間内においては、分子触媒および超臨界流体反応場の活用によって二酸化炭素を活性化し、オレフィン類との反応によってポリエステル類を合成するプロセスおよびその反応機構を検討する。

（年度進捗状況）

平成14年度においては、種々の遷移金属錯体と二酸化炭素との反応性、生成した錯体の構造等を検討することにより、二酸化炭素の活性化条件を明らかにした。また、生成錯体に対してのオレフィンの反応性を検討し、反応機構を明らかにした。

具体的には以下の通りに行った。

1) 遷移金属錯体と二酸化炭素との反応性

種々の遷移金属錯体と二酸化炭素との反応性、生成した錯体の構造等を検討することにより、二酸化炭素の活性化条件を明らかにした。

2) 生成錯体に対してのオレフィンの反応性

二酸化炭素との反応により生成した錯体に対してのオレフィンの反応性を検討し、反応機構を明らかにした。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 環境対応技術、省エネルギー、エネルギー効率化技術

〔研究題目〕 単一分子機械・素子の動作確認と集積化

【研究代表者】石田 敬雄（機械システム研究部門）

【研究担当者】石田 敬雄

【研究内容】

（目標）

可動できる単一分子を分子機械とみなし、この分子機械素子の動作を走査型トンネル顕微鏡（STM）を用いて観察し、その動作機構を解明する。

（研究計画）

①超高真空 STM の立ち上げ、②分子機械動作の機構解明、③分子機械の集積化をメインに研究展開する。

（年度進捗状況）

H14年度は①超高真空 STM の立ち上げ調整に時間がかかっている。まだノイズが多いためノイズ対策を当面継続する。

②分子機械動作の機構解明、③分子機械の集積化 特に分子機械のみかけの動作機構について、様々な分子機械や分子機械と動かない分子などを比較した結果、分子が動くことで導電性変化が起こり、これ STM で見えるが見かけの動きを生じることがわかってきた。またそれ以外の動きのモードがあることも見いだした。また集積化については分子機械を更に下地に埋め込む条件出しが中心となり、磁場、光アシストまでとはいかなかった。但し極低温（液体窒素温度80K）で分子機械のみが集積した構造が確認され、冷却が集積化に有効である可能性が出てきた。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】分子機械、走査型プローブ顕微鏡

【研究題目】ナノ構造体での超高速電子移動の解明と制御

【研究代表者】古部 昭広（光反応制御研究センター）

【研究担当者】古部 昭広

【研究内容】

（目標、研究計画）

本研究では、分子・固体の界面における電子移動過程という、非常に短い時間の現象について、時間幅フェムト秒のレーザーを用いる分光手法を開発しながら実験的研究を行い、電子状態・反応速度の観点からそのメカニズムを解明し、デバイス応用に繋げるための基礎を築くことを目的とする。有機分子と無機固体の界面電子移動は、最近研究開発が盛んに進んでいる色素増感太陽電池の光電変換過程における重要な初期過程である。

（年度進捗状況）

前年度までに開発した高時間分解能分光システムの性能をさらに向上させた。具体的には、一波長検出測定モードに関しては、観測波長をこれまでの2.5mm からさらに長波長化し10mm の赤外領域まで広げた。多波長検出モードについては、これまでの可視域（400-800nm）に加えて新たに近赤外領域（800-1500nm）の測定をできるようにした。今年度のシステム改良により超高速電

子移動反応をより詳細に追跡出来るようになった。

この測定システムによって、前年度に引き続いて表面吸着分子からナノメートルサイズの半導体微粒子への電子移動過程、それに続く半導体内での電子の緩和過程を調べた。既に見出した表面局在状態を経た新しい電子移動メカニズムについて、その一般性を確かめるため、半導体および吸着色素依存性を詳細に調べた。その結果、表面局在状態は励起色素と半導体表面準位の電荷移動相互作用に基づく複合体のような状態であり、その状態から酸化色素と伝導電子に分離する速度は伝導帯の状態密度に大きく依存し、状態密度が大きいとさほど大きくなることが分かった。このようなメカニズムを直接実験的に明らかにしたのは本研究が初めてである。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】ナノ構造体、電子移動、超高速分光

【研究題目】水素貯蔵用高次修飾ナノカーボン触媒の開発

【研究代表者】高木 英行（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】羽鳥 浩章、LEE Young-Jae、

上田 圭祐、八田千賀子、小池 美智、

森田 祐子、井上 マリ

【研究内容】

水素を利用したエネルギーシステムを構築していく上で、その貯蔵・供給技術の確立は最重要課題である。これまでに高压で圧縮する、低温で液化する、水素吸蔵合金を使用する等の方法が提案されているが、いずれも問題点が多い。これに対し、カーボン系吸着材は、高い貯蔵能力、軽量、豊富な資源量から水素貯蔵材料として注目されている。しかしながら、カーボン表面と水素分子との相互作用は基本的に分子間力のみであり、これまでに十分な貯蔵量は達成されていない。また、精度の高い水素貯蔵量評価技術の確立、貯蔵メカニズム及び水素とカーボン表面との相互作用に関する知見の集積など解決すべき課題は多い。一方、シクロヘキサンやデカリン等のハイドライドを利用した水素貯蔵技術は、高い水素貯蔵量、CO₂排出量が理論的にはゼロであること、ハンドリングが容易であるなどの理由から、発展が期待されている。しかしながら、この水素貯蔵系構築のためには、ハイドライドからより温和な条件下で効率良く水素を取り出すことができる触媒が必要であり、その開発が求められている。本研究では、ナノ構造をもつカーボン材料表面に水素活性サイトを付与した高次修飾ナノカーボンを開発し、水素貯蔵材料として、またケミカルハイドライド転換触媒として利用するための基礎的知見を得ることを目的としている。

平成14年度までに、ナノカーボンの水素貯蔵量評価法及び表面構造解析法を確立した。種々のナノカーボンの水素貯蔵特性を評価し、ナノカーボンの構造と水素貯蔵量との相関を明らかにした。また、表面に水素と高い相

相互作用をもつ金属種を高分散担持したナノカーบอนを調製し、その水素吸着特性から、カーボン表面に弱く化学吸着した水素の存在を見出している。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素貯蔵、ナノカーボン、触媒

【研究題目】塗布光分解法によるエピタキシャル透明導電膜の低温成長とその機構解明

【研究代表者】土屋 哲男（物質プロセス研究部門）

【研究担当者】土屋 哲男、武田 実（千葉工大修士）

【研究内容】

金属酸化物を熱処理に耐えられない有機基板やシリコンデバイス等に用いるためには、低温で成長法開発が必要不可欠である。エキシマレーザーは、1光子あたり3~6eVのエネルギーをナノ秒間照射できるので、エピタキシャル成長の低温化が期待できる。これまでに、エキシマレーザーを用いた塗布光分解法により種々の酸化物膜の低温成長に成功しているがそのメカニズムは明らかにされていない。本研究では、塗布光分解法によるエピタキシャル成長を制御するため、格子整合性の異なった単結晶基板およびアモルファス基板上に酸化物膜の作製を試み、その制御因子や結晶成長機構を明らかにすることを目的とした。

本年は、塗布光分解法による結晶成長制御因子を明らかにするため、金属有機化合物（スズアセチルアセトナート）の光分解反応および結晶化反応をレーザー波長や照射繰り返し数、ショット数、基板効果を調べ、塗布光分解法による結晶成長制御因子について明らかにした。また、塗布光分解法により室温で In_2O_3 膜の作製を検討し、得られた膜の極点図形測定を詳細に調べた結果、エピタキシャル成長していることを明らかにした。塗布光分解法により室温で作製した In_2O_3 や SnO_2 膜の結晶性を通常の熱分解法により作製した膜のそれと比較検討を行い、塗布光分解法が低温で結晶成長する有効な手法であることを示した。最後に、塗布光分解法によるエピタキシャルおよび多結晶成長機構を明らかにするため、各種酸化物基板にレーザー光が照射された場合の温度上昇を計算により求め成長機構を考察した。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】塗布光分解法、エピタキシャル成長、 In_2O_3 、 SnO_2

【研究題目】表面科学を活用する新規触媒設計手法の構築

【研究代表者】中村 功（環境調和技術研究部門）

【研究担当者】中村 功

【研究内容】

本研究では、表面反応を詳細に調べることができる表面科学的手法を触媒開発研究に取り入れて、窒素酸化物（NO）の分解特性に関する基本原理をナノレベルで解

明し、高効率に NO を直接分解できる反応場の表面構造を明らかにすることを目的として研究を行っている。さらに、ナノレベルでの表面反応解析から明らかにされた知見を基に、精密かつ効率的な触媒設計へとつなげる一連の研究を展開することで、表面科学的手法を用いた新たな触媒設計手法の構築を目指す。

本年度は、種々の金属単結晶表面上での NO の吸着・解離および N_2 、 O_2 の脱離挙動を種々の表面分析装置を用いて調べた。これにより、NO 直接分解反応 ($2\text{NO} \rightarrow \text{N}_2 + \text{O}_2$) に対して有効な金属種の探索を行うとともに、金属表面構造の影響を検討し、反応場に関する知見を得る。さらに、NO 解離により生成した酸素を触媒表面から容易に脱離させることが可能な表面を見出すため、NO 解離に効果的な金属単結晶上に酸素引き抜き効果を有する金属種を添加した表面上での酸素脱離促進効果を調べた。

その結果、種々の金属に対して NO 分解の反応機構や活性点に関する基礎的知見を得ることができた。特に、パラジウムに関しては活性が表面構造に強く依存することが見いだされた。この成果は、パラジウム粒子の微粒子化が NO 解離を促進することを示しており、実触媒の設計に結びつく有益な知見となった。さらに、NO 解離に有効なパラジウムと酸素引き抜き効果を有するジルコニウムを組み合わせることで、耐酸素表面の設計が可能であることを見だし、NO 直接分解触媒の設計に重要となる知見を得ることができた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】触媒、表面科学、窒素酸化物の分解

【研究題目】遷移金属含有メソ空間の構築と有害物質除去

【研究代表者】木村 辰雄（セラミックス研究部門）

【研究担当者】野浪 亨、田尻 耕治、前田 雅喜、大橋 文彦

【研究内容】

本研究では、生活空間に存在する有害化学物質を除去し、安心、安全、健全な生活環境を生活する人全てに平等に提供するような材料開発を目指し、自律型調湿機能及び有害化学物質認識機能を同時に有する遷移金属含有メソ空間を構築することを目的としている。

平成14年度は、遷移金属含有メソ空間の構築に向けて、メソポーラスシリカの合成手法の確立及びメソ空間内への遷移金属酸化物の導入技術の検討を行った。メソポーラスシリカの合成では、層状ケイ酸塩を利用した特異な合成技術に着目して研究を進めている。層状ケイ酸塩カネマイトと種々の界面活性剤との反応により得られるメソポーラスシリカ前駆物質の構造をメソ領域だけでなくシリカ骨格構造（マイクロ領域）の変化を詳細に検討した結果、カネマイトから誘導される各種構造を有するメソポーラスシリカ前駆物質の生成機構の全解明に至った。

メソ空間内への遷移金属酸化物の導入技術の開発に向けて、光エネルギーを利用した有害化学物質の分解除去を実現するためにチタニアのメソ孔内部への固定化を検討した。チタンアルコキシドとメソポーラスシリカ表面のシラノール基 (Si-OH) との反応を利用してメソ孔内に遷移金属種を固定化することが可能であった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 メソポーラスシリカ、遷移金属酸化物、有害物質除去

【研究題目】 複相組織制御による耐酸化コーティング開発

【研究代表者】 田原 竜夫 (基礎素材研究部門)

【研究担当者】 田原 竜夫、菖蒲 一久、坂本 満

【研究内容】

ニオブ、モリブデン、タンタル、タングステンなど高温では容易に酸化されてしまう高融点金属材料に耐酸化性を付与できる技術が開発されると、火力発電用ガスタービン等に使用されている既存の耐熱金属材料 (ニッケル基超合金) を約200℃上回る耐熱性を実現できるため、熱エネルギーのより効率的な利用が可能となり、化石燃料資源の節減と二酸化炭素削減に大きく貢献できる。本研究では、耐酸化コーティングによる上記課題の解決を目指し、その実現のために、 $\text{Mo}(\text{Si}, \text{Al})_2$ を主要構成相とする $\text{Mo}(\text{Si}, \text{Al})_2$ 複相材料を耐酸化アルミナ皮膜形成のための耐酸化リザーバー層として選択し、特にニオブ基材のための耐酸化コーティング材料として開発することを目的とする。

今年度は幅広い化学組成を有する $\text{Mo}(\text{Si}, \text{Al})_2$ の中から最適な Al 量を決定できるよう、種々の組成を有する Mo-Si-Al 三元合金の耐酸化特性と熱膨張特性に関する研究、ならびに Nb 基材への $\text{Mo}(\text{Si}, \text{Al})_2$ 系複相材料のコーティング手法に関する研究等を実施した。その結果から、基本組成として $\text{Mo}(\text{Si}_{0.6}, \text{Al}_{0.4})_2$ が最適であり、Nb 基材との間には反応防止のために Al_2O_3 中間層を導入する必要があることを示した。また Nb 基材の全面に Al_2O_3 中間層を有する $\text{Mo}(\text{Si}_{0.6}, \text{Al}_{0.4})_2$ 系複相材料コーティング皮膜を形成させる方法を考案し、その有効性を実証した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 耐熱材料、高融点金属、耐酸化性

【研究題目】 10K 低温場レーザープロセッシングによる窒化炭素作製に関する研究

【研究代表者】 佐藤 正健 (光反応制御研究センター)

【研究担当者】 佐藤 正健

【研究内容】

(目標、研究計画)

これまでに極低温場レーザー反応制御技術と高精度量子化学計算を用いて、未確認分子であるベンズジイン等

の高反応性活性種を生成・同定できることを JACS などに報告してきた。この長年蓄積してきた独自の極低温場レーザー反応制御技術を駆使することによって、反応活性種を高濃度に生成させて他の手法では合成不可能な機能性材料の創製新手法への展開が可能になると考えた。今年度より低温場で生成させた反応性窒化炭素化合物、ベンズジイン等の反応活性種の低温重合に基づいた高付加価値新規材料創製法の開発に挑戦する。今年度の目標として、超高硬度材料、発光材料、光電材料などの電子機能材料として全世界的に注目されつつも未だ合成法の確立していない薄膜状炭素系窒化物の合成を試みる。

(年度進捗状況)

昨年度高濃度生成を実現したベンズジインの反応に基づいた共役ラダーポリマーの合成では、低温での重合反応を示唆する結果が得られた。さらに、低温反応場でのレーザー反応制御によって選択的に生成した反応性窒化炭素化合物の低温重合に基づき、今年度、独自に開発した手法によって薄膜状炭素系窒化物合成に成功した (特許出願済)。得られた膜は X 線光電子分光による解析から窒素/炭素比が1である高窒素含有率の窒化炭素膜であることが明らかになった。さらに得られた薄膜の光機能材料としての有用性を検討するため、膜質の向上を目指した反応条件の最適化を進めるとともに、吸収・発光等の光学特性の評価を行った。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 窒化炭素化合物、低温重合、レーザー反応制御、X 線光電子分光、光学特性

【研究題目】 金属化合物クラスターにおける触媒機能開発

【研究代表者】 山口 渡 (基礎素材研究部門)

【研究担当者】 山口 渡

【研究内容】

環境負荷が低く省エネ効果の高い化学工業プロセスの実現に向けて、画期的な機能をもつ化学工業用触媒を開発するための新しい方法論を見出すことを目的とする。構成原子数十個以下の小さな微粒子 (ナノクラスター) は、物性が原子1個ごとのサイズ変化とともに質的に変化する。この特異な性質に着目し、サイズ・組成の揃った金属化合物クラスターを固定化した固体表面で従来にはない触媒機能が発現する可能性とその制御性について主に基礎的観点から検討を行う。

サイズ・組成を原子1個単位で厳密に規定した遷移金属化合物ナノクラスターを、固体基板の表面に安定に担持させる。これを触媒モデルとして、種々の気体分子を吸着させ、その吸着状態や吸着分子間の反応、またそれらのクラスターサイズ・組成に対する依存性などについて詳細に調べる。平成13年度までに、遷移金属およびその化合物ナノクラスターの作製条件の最適化と、クラスターサイズを変えることなく表面に固定する技術の確立

を実現している。

平成14年度は、化学的に不活性な窒素分子から穏和な条件下で窒素化合物を合成する触媒反応の実現を視野に入れ、まずその前段階として、固体表面に固定された遷移金属ナノクラスター上への窒素の吸着と活性化について研究を行った。その結果、高配向熱分解グラファイト（HOPG）表面に固定されたタングステン5量体上で、タングステンの多結晶バルク体表面には見られない吸着状態が見出された。この吸着状態は、窒素が2原子分子の構造を保ちながら化学的に活性化され、穏和な条件下での反応に適した状態となったものであることがわかった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 ナノクラスター、触媒機能

【研究題目】 小型分散型電源用 MHD エンジンの開発

【研究代表者】 前田 哲彦（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】 前田 哲彦、清水 和弥、奥野 喜裕、山岬 裕之（東京工業大学）、柿崎 和志（筑波大学）、石川 本雄（筑波大学）

【研究内容】

MHD（Magneto-Hydro-Dynamics 電磁流体力学）エンジンとは、内燃機関等によるピストンの駆動力を液体金属等の運動に伝え磁場の印加された流路に導き、直接電力に変換し電力を取り出す発電装置である。また、ダクト内部の液体金属の封入量を変化させることで、ピストンのストロークを変え排気量を調節でき、変動の激しい電力需要にあわせて、出力を変化させることが大きな特徴であり低出力から高出力まで高い効率で運転できる。

本研究では液体金属の運動を電気に変換する MHD 発電部分に重点をおき、出力可変範囲が広く、小型高効率な分散型電源用エンジンの開発を行うために必要な基礎検討を行った。

まず液体金属の駆動に空気オットーサイクルを用いた場合において、液体金属の流体摩擦損失やピストンシリンダーの摩擦損失等を考慮し、時間発展的にその運動特性を数値計算を用いて計算した。

磁場強度2テスラの場合、発電効率45～46%程度、1テスラの場合、26～30%程度となる試算結果を得た。また、この内燃機関によるピストンの駆動を模擬するために駆動装置の試作調整と、液体金属 MHD 発電流路、シリンダー装置を設計製作した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 小型分散型電源、MHD 発電、液体金属

【研究題目】 フェムト秒光パルスによる光化学反応の量子制御に関する研究

【研究代表者】 大村 英樹（光反応制御研究センター）

【研究担当者】 大村 英樹

【研究内容】

（目標、研究計画）

フェムト秒パルスによる光化学反応の量子制御に関する研究は、フェムト秒光パルスの特徴である極短時間性とコヒーレンスの両方を利用し、これまで注目されていなかったコヒーレントな分子運動や電子の位相を、レーザーを用いて操作し光化学反応を制御しようとするものである。従来の熱による化学反応制御とは原理的に異なった、レーザーによる精密な光化学反応制御の発展につながると期待される。

フェムト秒パルスによる光化学反応の量子制御に関する研究の年次計画は

- (1) フェムト秒光パルスの位相制御装置の開発とその評価
- (2) 光化学反応過程における量子干渉効果の観測
- (3) 量子干渉効果を用いた光化学反応制御技術の開発である。

年度進捗状況

- ・光化学反応過程における量子干渉効果の観測

光化学反応の量子制御の出発点はまず、反応過程における量子干渉効果の十分な観測が出発点となる。そこで、気相における光化学反応過程における量子干渉効果の観測のための、光分解生成物測定法の確立および量子制御可能な光分解反応系の探索を行った。具体的には、位相制御された2つのナノ秒レーザー光パルスを用いて、2原子分子であるヨウ化臭素、多原子分子であるヨウ化アリルについて、直接光解離過程の量子干渉効果の観測に成功した。

- ・量子干渉効果を用いた光化学反応制御技術の開発

上記のナノ秒光パルスでの結果をフェムト秒光パルスでの実験に拡張した。二原子分子であるヨウ化臭素、多原子分子であるヨウ化アリルの光分解生成物の空間角度分布の量子制御に成功した。ヨウ化臭素では、複数の反応経路が観測されるが、それぞれの反応経路で振動的な振る舞いの初期位相が異なることが観測された。現在のところ、反応経路に依存した初期位相のメカニズムについては不明であるが、初期位相を自由にコントロールすることがより精密な量子制御につながるため、重要な実験結果であると考えている。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 反応制御、フェムト秒レーザー、位相制御

【研究題目】 階層構造からなる生体硬組織代替材料の研究

【研究代表者】 稲垣 雅彦（セラミックス研究部門）

【研究担当者】 横川 善之、斉藤 隆雄、加藤 且也、永田夫久江、穂積 篤、寺岡 啓、稲垣 雅彦、大島 直樹、井上麻貴子、

酒井 美穂

【研究内容】

水酸アパタイト等生体活性セラミックスで被覆されたチタン材料が人工股関節等に実用化されており、高齢化による骨損傷等で歩行が困難な患者が自分の足で歩けるようになるなど大きな成功を収めている。一方、埋入後、再手術あるいは、何らかの修正が必需であることが多く、長期間安定な体内埋入後の骨吸収等に伴うコーティング層の経時変化を考慮した長期間使用可能な生体材料の開発が待たれている。本研究では、早期の初期固定のみならず、骨同化の経時変化に応じて骨と最適な界面を維持し20年以上使用可能な生体材料を開発することを目的とする。具体的には、生体活性セラミックス層を生体適合性金属基板材料表面に形成するが、サブ～数百 μm の凹凸構造をもつ階層的組織を有する新規なコーティングならびにその構築手法を開発する。具体的には、メッシュ等によるマスキングまたは傾斜方向に積層する新規なコーティング手法により、階層的構造からなる生体活性セラミックス層形成について検討した。基材に対して強固な密着強度を有する傾斜的な水酸アパタイト/チタン複合皮膜被覆材料に関し、多孔化する手法の開発を行った。世界最高の密着強度を有する水酸アパタイト/チタン複合皮膜材料を開発し動物実験で引き抜き試験を行った。階層的組織を有する水酸アパタイト/チタン複合皮膜の構築においては、金属製のマスクを用いてチタン基材上にチタンを溶射することにより、マスクのパターン通りに凹凸構造を形成することができた。これにより、意図した凹凸構造を構築することが可能であった。得られた水酸アパタイト/チタン複合皮膜は階層的な凹凸構造であり、本研究で目指す階層構造を有するコーティング形成法をほぼ確立できた。また、ビーグル犬の大腿骨に移植後1ヵ月で摘出して引き抜き試験を行ったところ、市販品と比べほぼ1.5倍の引き抜き強度を示した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 アパタイト、プラズマ溶射、階層構造、コーティング

【研究題目】 脳内分散情報の視床による注意統合機構

【研究代表者】 小村 豊 (脳神経情報研究部門)

【研究担当者】 小村 豊

【研究内容】

注意統合の脳内機構の解明をめざす本プロジェクトの初年度として、サルは行動実験に必要な実験制御系の基本を確立した。窓付きシールドルームを導入し、サルはシールド内、暗所へ、モニターやPCなど制御機器はシールド外、明所に、隔離設置し、実験者が、サルは行動を妨害せず、暗視カメラによって、観察できるように実験室を設計した。これによって、実験を無菌操作で進行できるだけでなく、シールドルームに防音防磁性能があるので、注意の負荷量の厳密な操作や、微少な神経活動

電位の安定した記録という、本研究必須の実験に適した環境を整えることができた。また、ミリ秒単位の脳活動の時間経過を解析することを想定して、リアルタイム実験制御用PC (REX) と視覚刺激発生装置 (Mac 後にVSG) を、DIOチャンネルを介するPC message とシリアルポートを介するRS232C通信方式を使って、時間制御の厳密性を保ったまま、色、大きさ、位置などの各種視覚属性を任意に変えられる視覚刺激呈示システムを構築した。以上のシステムを使って、実際にサルは行動実験を開始し、眼球運動や報酬獲得などの行動学的データを収集しただけでなく、反応時間や正解率を解析し、行動の定性的傾向を把握できた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 脳内注意機構

【研究題目】 臍帯血からの神経幹細胞の分離技術の開発

【研究代表者】 金村 米博 (ティッシュエンジニアリング研究センター)

【研究担当者】 金村 米博、山本 篤世、森 英樹、費 理香、中川 敦世

【研究内容】

疾病もしくは損傷により著しく傷害された中枢神経組織の機能回復を図る有効な治療法は現代医学でも十分に開発されておらず、その開発は国際的にも緊急を有する課題である。その状況下で国際的にも、ヒト幹細胞・組織の移植治療、とりわけ神経幹細胞を用いた中枢神経の再生医療の実現に大きな期待が寄せられている。現在まで基礎研究の結果から、移植用神経幹細胞の細胞ソースとして胎児由来神経幹細胞とES細胞が有望視されているが、倫理的問題あるいは安全性の問題が十分に解決していない。一方、成人脳内の内在性神経幹細胞や自己骨髄細胞を用いた治療は、生体外での細胞増幅プロセスに数週間以上の日数が必要であり、脊髄損傷や虚血脳など急性期から亜急性期での幹細胞移植が効果的との報告のある神経疾患の治療には十分に対応できない。また自己細胞を用いた再生医療ではすべてがテラーメイドになり、医療コストを押し上げる潜在性を有する。そこでこれら諸問題を解決する方法として、既に非血縁間同種移植が実用されており、最近、神経幹細胞の存在が予想されている臍帯血に注目し、臍帯血細胞から効率的に神経幹細胞を分離する技術の開発を実施する。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 神経、幹細胞、臍帯血

【研究題目】 システム詳細化・抽象化の数理モデルの確立

【研究代表者】 渡邊 宏 (情報処理研究部門)

【研究担当者】 渡邊 宏、早水 公二

【研究内容】

本研究は、ハリアクティブシステムの詳細化・抽象化の数理モデル構築と数理モデルを使いシステム検証の事例研究を行うこと、並びに詳細化・抽象化の数理モデルの利用を支援する詳細化・抽象化検証ツールの試作・試用試験を行うことにより大規模システムの開発技術とバグを見つける検査技術を確立することである。

本年度は双模倣による遷移系の詳細化・抽象化の数理モデルを研究する。またシステム設計検証への数理モデルの適用として、モデル検査技術の調査およびシステム検証の事例研究を行う。

双模倣による詳細化・抽象化の数理モデルの研究では、システム詳細化・抽象化の数理モデルとして分配則のマップの研究を行い、抽象モデルと具体モデルの分配則どうし間のマップは、それぞれが生成するモデルの遷移系間に双模倣を導くことを示した。また、抽象化技術 *cone of influence reduction* の余代数表現を使った一般化方法について検討した。システム検証の事例研究では、モデル検査技術および SMV, SPIN や UPPAAL などのモデル検査器の調査を行った。また電力自動検針システムを事例にシステムの仕様書の検証を行ない、システムの仕様書の検証でモデル検査の有効性を示す一例を得た。

【分野名】情報通信

【キーワード】システム検証技術、モデル検査、詳細化、抽象化

【研究題目】高異方性ナノプロセスによる極微 MOSFET

【研究代表者】昌原 明植(エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】石井 賢一、柳永 勲、松川 貴

【研究内容】

(目標)

新たに見出した高異方性エッチング特性を利用した独自の微細ナノウェットプロセスを構築する。この技術により、高性能微細立体構造 MOS デバイス作製技術を開発する。開発したデバイスの電気的特性をミクロの視点から観測する技術を開発し、デバイス実用性の向上をはかる。最終的には、集積可能なダブルゲート相補型 MOS (CMOS) 回路の実現を目指す。

(研究計画)

申請者が発見したイオン照射誘起減速エッチング現象を用いて、シリコン基板を3次元的に微細加工可能な高異方性ナノウェットプロセスを開発する。さらに、走査型プローブ容量顕微鏡を用いて、微細 Si 構造体中で活性化した不純物配置をナノスケールで観測する。

(年度進捗状況)

独自に開発した高異方性ウェットプロセスを用いて、基板に対し垂直に起立した極微細シリコン伝導チャネル形成技術を確立した。具体的には、イオン照射減速エッチング現象を用いてイオン注入層をエッチングマスクに

利用した異方性ウェットエッチング法、加えて、微細加工した酸化膜エッチングマスクを用いた高異方性ウェットエッチング法とにより、微細 Si ウオールを形成した。厚さ20nm 以下の極薄 Si ウオールチャネルを再現性よく形成することが可能であることを確認した。これらの新開発技術を用いて、20nm 厚縦型 MOSFET の開発を行った。半導体中のドーパント分布を微視的に評価するための、走査型容量顕微鏡の導入を行った。予備実験として、平面型トランジスタ構造のゲート部分の観察を試みた。

【研究題目】感温性表面による廃水の革新的処理プロセス

【研究代表者】石田 尚之(環境調和技術研究部門)

【研究担当者】石田 尚之

【研究内容】

様々な産業分野から排出される油を含んだ廃水は、大きな環境汚染源となるために適正な処理が必要である。また、産業界におけるゼロエミッション化の推進に伴い、処理後の油が循環利用できるプロセスの確立が必要である。しかし、油分が水中にエマルジョン状態になった廃水は、従来の手法では効率的な処理が難しく、新たな廃棄物を発生する場合も少なくない。

そこで本研究では、含油廃水を、薬剤等を用いずに処理できるとともに、簡単な操作で油が循環利用できるプロセスの開発を目的とする。まず、繊維状の固体表面に感温性分子を固定し、温度変化による油微粒子の捕捉・放出制御を行うことのできる油水分離材を新規に創製する。この分離材を用いて、温度により廃水中の油分のみ分離材表面に吸着させ、あるいは吸着した油を回収して、分離材を再生・繰り返し使用できるプロセスを開発する。処理水中の油濃度が排出規制値の5ppm 以下で、除去後の油が回収できることを目標とする。

本年度は、固体平板に感温性分子を固定したモデル表面を試作し、この表面が油微粒子をどのように捕捉・放出するかを定量的に把握するため、走査プローブ顕微鏡を用いて油微粒子・表面間に働く表面力を直接測定した。その結果、この表面と油微粒子には40℃で引力、25℃で反発力が働くことを確認した。これは感温性表面が40℃付近で油微粒子を引きつけ、25℃付近で放出することを意味する。さらに、表面分子が網目型構造を持つときに、油微粒子との引力、反発力とも顕著になることを見いだした。よって、この構造を持つ油水分離材は十分な油水分離能力を持つと期待される。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】廃水処理、エマルジョン、油水分離、感温性表面

【研究題目】レーザープロセッシングによるβ-鉄シリサイドの低温合成

【研究代表者】奈良崎愛子（光反応制御研究センター）

【研究担当者】奈良崎愛子

【研究内容】

（目標、研究計画）

1.5 μm 光通信帯での近赤外発光特性が注目されている環境半導体の鉄シリサイド薄膜は、イオンビーム打ち込み法等の他の合成手法では β 結晶相の析出に長時間の高温アニール処理（ $\sim 800^\circ\text{C}$ ）を必要とする。そこで、レーザーアブレーションにおいて結晶性微粒子が特異的に発現することに基づき、鉄シリサイド合金の紫外レーザーアブレーションにより、 200°C 以下の β 結晶相の低温合成を目指す。

（年度進捗状況）

α 結晶相焼結体ペレットのパルスレーザー堆積法（PLD）を用い、室温の基板上に作製した薄膜試料において、X線回折測定および顕微ラマン分光解析から β 結晶相および非晶質相を確認することができた。本手法は、 β -鉄シリサイド半導体の低温合成プロセスとして有望であることが判明した。さらに、 β 結晶相の析出効率の向上を目指し、実験条件の最適化を図った。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】鉄シリサイド、環境半導体、レーザーアブレーション、 β 結晶相、パルスレーザー堆積法（PLD）

【研究題目】単一種分子から成る新規伝導体の開発と応用

【研究代表者】田中 寿（ナノテクノロジー研究部門）

【研究担当者】徳本 圓

【研究内容】

本課題においては、分子設計が可能な有機分子や金属錯体分子を用いて新規の分子物性を実現し、次世代の分子物性開発を牽引しうる物質の開発を目標としている。特に、我々が近年開発した単一種分子から成る伝導体（単一種分子性伝導体）は、従来の分子性伝導体の常識である異分子間の電荷移動や部分酸化を行うことなしに伝導キャリアを発生させた新しいタイプの分子性伝導体であり、そのシンプルな組成や構造の多様性から注目されている。このような分子性伝導体を利用して我々が目指すのは a) 磁性金属の導入による単一種分子性磁性伝導体や b) 単一種の分子のみから成る分子性超伝導体、c) さらに配位子側に機能性を組み込んだものが考えられる。たとえば a)、c) の組み合わせにより中心金属として磁性金属を導入し、さらに配位子側にも有機ラジカルスピ部位を導入すれば、単一種の分子から成るフェリ磁性伝導体の実現も期待される。またこのような新規物質の開発と同時に、単一種分子性伝導体の電子構造、伝導機構について明らかにすることにより、今後の単一種分子性伝導体開発の指針となる。

本課題はまだ予備実験的な段階にあるものが多いが、

たとえば上述したような a) の手法により幾つかの単一種分子性伝導体への磁性金属の導入に成功している。また、つい最近ではマイクロカンチレバーを用いた新たな手法で単一種分子性金属の微弱な量子磁気振動の測定に初めて成功している。これは単一種分子性金属結晶が明らかにフェルミ面を持つ、言い換えれば従来の無機金属と本質的には同等の金属であることを明らかにしたことになり、今後の研究進展に向けて弾みがついた段階にある。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】単一種分子性伝導体、フェルミ面、磁気量子振動、単一種分子性磁性伝導体

【研究題目】バンド制御による高効率可視光応答性ナノ構造光触媒の設計・開発

【研究代表者】阿部 竜（光反応制御研究センター）

【研究担当者】阿部 竜

【研究内容】

（目標、研究計画）

次世代のクリーンエネルギーとして水素が注目されており、これを太陽光と光触媒を用いて水から製造出来れば、世界のエネルギー問題の抜本的解決に繋がる可能性を有している。この観点から半導体光触媒による水の分解反応が注目・検討されてきたが、太陽光の大部分を占める可視光の利用には至っていないのが現状である。そこで本研究プログラムでは複合酸化物半導体のバンド構造を設計制御することで、可視光を用いて水を水素と酸素に効率よく分解可能なナノ構造光触媒を開発することを目的とする。

（年度進捗状況）

チタン、ニオブ、タンタルを基本元素とし、これらとランタノイド元素を組み合わせた複合酸化物を合成し、バンド構造および結晶構造と光触媒活性の相関に関して検討した。その結果、光触媒活性はその結晶構造につよく依存し、伝導帯を形成する元素の配列が光触媒活性の発現に極めて重要であることが分かった。今年度は紫外照射下ではあるが、水の分解が可能な新規化合物を3種見出した。現在は量子化学計算等から、可視光を吸収可能な新規材料を設計中である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】半導体光触媒、水の分解、水素製造、結晶構造、バンド構造

【研究題目】材料の低環境負荷ライフサイクルデザイン実現のためのバリアフリープロセスング技術に関する研究

最適ライフサイクル選択のための材料パフォーマンスデザイン、金属/化合物複合構造体のパフォーマンスデザイン、インプロセス合成による高機能金属間化合物の複合形成

〔研究代表者〕 鈴木 孝和（成果普及部門）
 〔研究担当者〕 橋本 等、朴 容浩、孫 正明、
 鷲見 新一（基礎素材部門）、
 鈴木 孝和（成果普及部門）、
 梅原 博行（計測標準研究部門）、
 手塚 明（計算科学研究部門）

〔研究内容〕

高機能の複合材料のパフォーマンスを最適に保つように組織・構造を制御しながら同時に成型加工を行うために、前期で構築したスプレーフォーミング技術、焼結技術、化学的気相含浸技術の柔軟成形加工技術を基礎とし、それらの制御によって達成される内部構造がパフォーマンス、長寿命化に与え得る特性を明らかにし、複合技術の高性能化とプロセスの省資源化、省エネルギー化を目指した最適ライフサイクル実現に向けた適合設計技術を確立する。

メカニカルアロイングを利用して固体内部エネルギーを蓄積し、 MoSi_2 の合成・成形温度を低下させ、 MoSi_2 の合成および Nb との複合化成形による強靱化を同時に達成できるプロセスの開発を目的として、平成14年度は、複合材料の高温強度を低下させる粒界の SiO_2 相の形成を抑制するため、Al の添加の影響を詳細に調べた。その結果、Al の添加は SiO_2 相形成の抑制に効果的であった。また、添加量の調節によってマトリクスを2相組織 ($\text{C}_{11\beta}/\text{C}_{40}$) 化でき、複合材料の室温靱性と高温強度を改善できた。さらに、Mg 添加の影響を調べた結果、Mg の添加は SiO_2 相の形成の抑制に効果的だけでなく、室温靱性も改善された。

一方、3次元に編んだ SiC 繊維プリフォームへの SiC の気相析出含浸法 (CVI 法) によるニアネットシェイプ成形を目的として、これまで SiC の析出速度、均一性の析出圧力依存性、析出温度依存性、温度勾配依存性についてコンピュータシミュレーションによるモデリングを行い、その影響をストレートモデルとくびれモデルで解析した。平成14年度は、それらの原料濃度依存性について検討した。その結果、原料濃度と析出速度はほぼ正比例することが示された。このことは実験的にも裏付けられている。また、実際に試作した CVI 法による SiC/SiC を5mm の立方体試験片とし、その圧縮強度試験を行い、空孔率と圧縮強度に負の相関があることが見出された。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 ニケイ化モリブデン、メカニカルアロイング、SiC/SiC 複合材料、気相析出含浸法 (CVI 法)、ニアネットシェイプ成形、コンピュータ・モデリング

—原子力試験研究費—

〔研究題目〕 原子力構造材の遠隔検査技術に関する研究

〔研究代表者〕 中野 英俊（計測標準研究部門）
 〔研究担当者〕 松田 洋一、服部浩一郎
 〔研究内容〕

1) 研究の背景・目的・目標

放射線環境下や狭隘部での非破壊検査を実現するため、レーザによる非接触の超音波発生、及び検出技術を開発する。レーザによる発生では、パルスレーザを用いて数 MHz~100MHz までの超音波を励起する技術を開発する。また、レーザによる検出では、試料表面の光学的性状や形状に影響を受けにくい光計測技術を開発する。これらの技術開発により、従来検査が困難であった線量の高い部位や狭隘部での測定を可能とする遠隔検査技術の確立を目的とする。

2) 研究の全体計画

レーザによる非接触超音波技術において、最大の技術課題は実環境での超音波検出技術の開発であり、特に光散乱面では光の持つ位相情報が破壊され、高感度の検出が困難となる。このため、位相共役結晶（フォトリフラクティブ結晶）により、破壊された光の位相情報を復元し、検出感度を向上させる技術を開発する。また、広範囲の検査を迅速に行うため、短時間で S/N の高い信号波形が得られる超音波励起レーザを実現する。さらに、励起及び検出光を光ファイバーで伝送する技術を開発し、検査システムとしての融通性を得る。これにより、迅速な走査を可能とし、得られた2次元欠陥イメージから検出能力を実証する。

3) 平成14年度の研究内容及び成果の概要

本年度は、フォトリフラクティブ素子の感度を補うために、レーザによる励起効率の高い表面波を音源として利用すると共に、単位時間に多数の超音波を励起する技術を開発した。また、前年度に導入した超音波検出用光学系により表面波波形を検出し、擬似開口き裂の位置及び深さ計測の基礎実験を行った。

〔分野名〕 標準

〔キーワード〕 超音波非破壊検査、レーザ超音波、き裂計測、光位相共役

〔研究題目〕 低エネルギーX線精密回折分光技術の開発

〔研究代表者〕 藤本 弘之（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 中山 貫、渡部 司

〔研究内容〕

Fe 同位体の、14.4keV の核共鳴散乱波長の測定不確かさ評価を進めた。その結果、系統誤差がかなり大きいことが、見いだされた。これにより、X線のコリメート方法、絶対角度設定装置の姿勢、標準回折結晶の姿勢の校正方法を高度化する必要があることが分かった。Kr や、Tm などの8keV 付近の核共鳴散乱波長の絶対測定は放射光施設での準備状況と合わせ、次年度以降に行う。低エネルギー回折光学素子の特性評価も次年度以降に行

う。高精度ゴニオメータ架台として能動的防振装置を購入し、絶対角度設定装置を放射光施設 Spring8に設置する準備が整ったが、系統誤差の解消のため KEK で測定、不確かさ評価を継続することとした。

〔分野名〕標準

〔キーワード〕X線、放射光、核共鳴散乱、メスbauer効果、精密分光

〔研究題目〕微小試験片の熱物性計測技術に関する研究

〔研究代表者〕馬場 哲也（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕竹歳 尚之、阿子島めぐみ、渡辺 律

〔研究内容〕

(1) 微小試験片の熱物性計測技術の開発

直径10mm以下の円柱状試料の断面に沿った広がり1mm以下の微小領域における熱拡散率の分布を計測する技術の確立するために、平成14年度は要素技術として、試料表面の直径100 μ m以下の微小領域を周期変調されたレーザービームにより加熱したときの温度応答を微小視野高速赤外放射温度計により測定する技術を開発した。さらに、これまでに開発した要素技術をシステム化するとともに温度応答から熱拡散率を算出するアルゴリズムとプログラムを開発して、微小領域熱拡散率分布計測技術を確立した。

(2) 原子力用材料の熱物性計測と評価

主要な原子力材料について室温から高温に至る熱物性の計測とキャラクター化を行い、材料の構造との相関に基づいて評価された熱物性データを生産する。生産されたデータを高水準データセットとしてデータベース化し、原子力データフリーウェイを通じて速やかに供給するために、平成14年度には、セラミックス複合材について、室温から高温における熱拡散率の精密測定を行い、熱拡散率とその他のキャラクターとの相関関係を明確にした。さらに本研究課題において測定され収録された熱物性データを分散型熱物性データベースシステムによりインターネット上に公開した。

〔分野名〕ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕微小領域、熱拡散率、放射温度計、セラミックス複合材、熱物性、分散型、データベース、インターネット

〔研究題目〕高速X線CTを用いた多次元熱流動計測の高度化に関する研究

〔研究代表者〕三澤 雅樹（機械システム研究部門）

〔研究担当者〕三澤 雅樹、市川 直樹、森川 泰、赤井 誠、兵藤 行志

〔研究内容〕

（目標）

原子炉システム内の複雑形状流路や大口径管内の二相

流動は本質的に非定常で多次元性の強い現象であるため、一次元モデルを主体とした従来の解析手法では厳密な評価はできず、実験的にも間欠性を考慮しない平均的なデータしか得られていない。時間的に変動する気液相分布を、流路内部にわたって、瞬時に、非接触で計測できる高速X線CT（Computer Tomography、コンピュータ断層撮影）装置を開発し、気液界面を明確に判別するための高解像度化の研究開発を行う。

（研究計画）

高速X線CT高性能化に不可欠な半導体検出器とマルチパルスX線源を新たに開発し、多次元熱流動計測技術の高度化を図る。

（年度進捗状況）

非定常で多次元性の強い原子炉システム内の二相流現象を、非接触で高精度に計測できる高速X線トモグラフィ装置を開発するため、H10～H12年度は高分解能化に不可欠な高感度半導体検出器、H13～H14年度はマルチパルスX線源の開発を行ってきた。

H14年度実施した線源開発では、電子線の収束径を最適化し、所定の分解能を実現する小ピッチの線源配置を実現するとともに、高速なパルス照射を可能とするマルチ電子管電極を新たに設計・製作した。また、これらの装置を10⁻⁷Torrの高真空容器内に設置し、新システムにおける空間および時間分解能の上限把握、X線動作条件設定、流体計測での精度評価を行い、当初目的としていた機能が実現できる事を確認した。

最終年度につき、装置開発と流動実験結果の総括を行った。装置開発はほぼ予定通りに進めることができ、検出器および線源の要素技術開発の過程では最先端技術の実用化に努め、特許出願等を積極的に行った。本研究で用いたCdTe半導体は、現在、X線γ線イメージングで注目を集めている。また、パルス線源開発では高エネルギー、高速X線ラジオグラフィに適用可能なシステムが構築できるなど、副次的な成果も多い。今回目的とした気液二相流以外にも、流動層、ジェットなど他分野への応用も実証された。取得した気液二相流データは、3次元数値計算との比較を目的とした別プロジェクトへと引き継がれるなど、発展的なシーズを残して終了できた。今後は、装置を外部に開放したり、取得データを共有するなどの形で成果普及に努めたい。

〔分野名〕ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕気液二相流、トモグラフィ、X線、高速スキャン

〔研究題目〕水素同位体混合系に対する水素吸蔵材料の特性に関する研究

〔研究代表者〕林 繁信（物質プロセス研究部門）

〔研究担当者〕小森 佳彦、秋葉 悦男、榎 浩利、中村優美子

〔研究内容〕

原子炉及び核融合炉で発生する水素およびその同位体を捕集し、かつ同位体分離するための先端的高機能材料の創製に関する基礎研究を行う。具体的には、水素同位体（軽元素、重水素）が混合した系に対する水素吸蔵材料の特性についての基礎データの取得を行い、水素吸蔵材料を用いた水素同位体取り扱い技術の確立に貢献する。

水素同位体が混在することによる、結晶構造の変化、水素のサイトや拡散挙動の変化などをマイクロなレベルで調べるとともに、水素吸蔵特性や吸放出速度などのマクロな特性の変化についても調べ、相互の関連について検討を行う。これらの結果を基にして、水素吸蔵材料を用いた水素同位体分離材料の設計指針を提示する。

平成14年度は、V-H-D系および $Ti_{0.1}V_{0.9}$ -H-D系の 1H および 2H のスピン格子緩和時間の測定結果を再解析し、得られた活性化エネルギー、頻度因子の値およびそれらの分布幅を平成13年度に解析した $Ti_{0.33}V_{0.67}$ -H-D系の結果と比較・検討した。その結果、水素拡散挙動の、合金組成、結晶構造、水素のサイト、含まれる水素同位体の比などに対する依存性を明らかにした。また、V-H-D系および $Ti_{0.1}V_{0.9}$ -H-D系、 $Ti_{0.33}V_{0.67}$ -H-D系における水素同位体の昇温脱離を示差熱・熱重量分析および質量分析の同時測定によって観測し、脱離途中では気相にHが濃縮されることを明らかにした。昇温脱離挙動の合金組成依存性から、固体内での水素拡散が昇温脱離挙動に重要な役目を果たしていることを示唆する結果が得られた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素吸蔵材料、同位体効果

【研究題目】核廃棄物関連金属配位性のヘテロ元素系化合物の開発

【研究代表者】林 輝幸（環境調和技術研究部門）

【研究担当者】林 輝幸、韓 立彪、池田周士郎、
牧岡 良和、田中 正人

【研究内容】

（目標）

現在、超ウラン元素の再処理や核分裂生成物の分離には、ホスフィンオキシド類やイオン交換樹脂が用いられているが、次世代の抽出剤の候補として、各種の五価有機リン化合物や、各種のキレート性配位剤についての検討が、各国で開始されている。本研究は、種々の五価有機リン系、ポリカルボニル系等の新規化合物を合成し、金属への配位挙動を明らかにすることにより、放射性廃棄物中の高効率な抽出に資する。

（研究計画）

当グループで見出している、遷移金属錯体触媒による有機リン化合物の新合成法により得られる新しい五価ビニルリン化合物や、イオウ、ケイ素等の特異性を利用するカルボニル化合物の新規増炭反応等を利用・拡張して、金属配位性のある種々の新しい有機化合物を設計・合成

し、得られる化合物について、各種金属に対する配位性等を検討する。その結果に基づき、超ウラン元素や核分裂生成物元素に対する配位性等について評価する。

（年度進捗状況）

複官能性の五価有機リン化合物である N,N' -ビスホスホノアルカンジアミン化合物が、 La^{3+} イオン及び Eu^{3+} イオンを効率よく抽出すること、特に、 N,N' -ビスホスホノエチレンジアミン化合物が、重希土類金属イオンを選択的に抽出することを見出した。また、種々のピリジン- N -オキシド化合物、マロン酸アミド化合物等を合成して抽出能を検討した結果、長鎖アルキル基を有する一部のマロン酸アミド類が低い酸性度領域で La^{3+} イオン及び Eu^{3+} イオンに対する極めて高い抽出力を示した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】金属抽出剤、再処理、有機リン化合物、
カルボニル化合物

【研究題目】原子力施設に係るエネルギー発生源の爆発影響評価システムに関する研究

【研究代表者】中山 良男（爆発安全研究センター）

【研究担当者】中山 良男、松村 知治、若林 邦彦、
本田 一、藤久 裕司、山脇 浩

【研究内容】

高エネルギー物質の爆発危険性・爆発影響を高い精度で予測するシステムを開発した。爆発危険性については、10⁻⁵程度の低い爆発確率の予測可能性について検討した。爆発影響については、殉爆、爆風圧などを予測する実験システム・数値シミュレーションシステムを統合して、実規模の爆発影響を定量的に評価した。殉爆については、中国遺棄化学兵器発掘時の殉爆可能性を評価する実験を行い、数値計算予測システムを開発した。爆風圧については、実験室規模から実規模にいたる実験を行うとともに、爆風伝播挙動を高精度で数値予測するシステムを開発した。これらの成果は、中国遺棄化学兵器処理事業や火薬類保安などの行政ニーズに応えるものである。原子力関連で使用される有機溶媒の爆発危険性を評価し、事故時の威力評価を行った。殉爆については、通常弾から化学弾への殉爆可能性について実験を行うとともに、各種火薬類の起爆特性を明らかにし、数値シミュレーションシステムを開発した。爆風圧については、地中式火薬庫からの爆風圧を実測し、これを高い精度で数値予測するシステムを開発した。有機溶媒については、リン酸トリブチルの爆発危険性について水中爆力試験、ウェッジ試験を実施し、その爆発特性を評価した。室内実験、野外大規模実験（約1/10スケール）を行い、多くの実験データを得るとともに、数値計算のための並列計算コード開発を行った。リン酸トリブチルと発煙硝酸混合試料の水中爆力試験を行った。

【研究題目】重イオンマイクロビームによる化学結合

状態分析法に関する研究

【研究代表者】 空野 由明(純度制御材料開発研究ラボ)

【研究担当者】 木野村 淳、茶谷原昭義、堀野 裕治

【研究内容】

円筒型の X 線分光結晶と X 線位置検出器 (X 線 CCD) を von Hamos 型の分光光学系に従って高真空中で精密に駆動する機構の詳細設計と試作を行った。Von Hamos 型の分光光学系では、分光結晶と X 線 CCD をブラッグの回折条件を満たすように平行移動させる必要がある。移動のストロークは分光結晶で約500mm、X 線 CCD で約1000mm 必要であり、必要な位置決め精度は20ミクロン以下である。そこで、精密に位置決めされたリニアガイド (レール) 上に分光結晶と X 線 CCD を載せ、これらをチャンバ外部から真空ベローズを介して直線駆動する方式を採用した。試作した駆動機構を平成13年度に完成した試料室に結合し、局所・高分解能粒子励起 X 線分光装置本体を完成させた。結合後に駆動機構の機械的精度を評価した結果、目標の20ミクロン以下の位置決め精度が得られた。また、完成した分光器にイオンビームを通して動作確認を行った結果、Cu や Mg の特性 X 線スペクトルを計測でき、化学結合状態分析に十分な分解能が得られることがわかった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 X 線、分光結晶、粒子線励起 X 線分光、イオンビーム、化学結合状態

【研究題目】 プラズマ利用イオン注入法による金属材料表面の高機能化に関する研究

【研究代表者】 池山 雅美 (基礎素材研究部門)

【研究担当者】 池山 雅美、宮川 草児、宮川 佳子、中尾 節男、斎藤 和雄、増田 晴穂、山本 翼、小野 泰蔵、林 永二

【研究内容】

硬く滑らかで付着性が著しく低い性質を持つ金属表面をプラズマ利用イオン注入法により作製する技術の開発および開発された金属材料の利用方法について検討を行うことを目的とし、将来の粉体プロセスを有する各種プラントの配管内面の処理等への実利用を目指す。

平成14年度は、プラズマ利用イオン注入法による高硬度・低摩擦表面 (ダイヤモンド状炭素被膜) の作製には関しては、平成13年度に開発した正・負両極のパルス電源を使用する独自のプラズマ利用注入装置 (特許出願中) を用いて、金属板や小型の配管部品内面へのダイヤモンド状炭素被膜の形成において、雰囲気ガス圧や試料に加える正・負の高電圧パルスの電圧・パルス幅・パルス間隔、試料温度などの影響について調べた。また、製膜時の雰囲気ガスにシリコン含有ガスを新たに導入することにより、DLC 膜中にシリコンを含有させて、DLC 膜中の内部応力を緩和させることも試みた。作製した DLC 膜の摩擦摩耗特性等機械的特性を評価した。さら

に、金属直管内面への DLC 被膜形成に適した同軸型のプラズマ利用イオン注入装置を試作した。DLC 膜のフッ素化処理についても昨年度に引き続き、フッ素ガスおよびフッ素含有試薬を用いて調べた。

プラズマ利用イオン注入装置による金属配管部材への DLC 製膜については、内径10mm あるいは30mm、長さ10cm のアルミ直管の内面にほぼ均一な DLC 膜の形成に成功した。同軸型のプラズマ利用イオン注入装置を試作したが、同軸状のプラズマの発生は現時点ではまだ得られていない。DLC 薄膜表面のフッ素化は、フッ素ガスあるいはフッ素化試薬を用いて行ったが、DLC 薄膜の表面あれや剥離が生じるなどの結果が得られた。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 ダイヤモンド状炭素被膜、プラズマ利用イオン注入法、高硬度、耐摩耗性

【研究題目】 核融合高磁界超電導マグネットの応力緩和技術に関する研究

【研究代表者】 梅田 政一 (電力エネルギー研究部門)

【研究担当者】 梅田 政一、古瀬 充穂、田中 秀樹、新井 和昭

【研究内容】

(目標)

500Mpa 以上の電磁応力に耐える高強度 Nb₃Sn 線材の研究開発を行う。研究計画：長尺 Nb₃Sn 線材化が可能な Ta 繊維強化型 Nb₃Sn 線材の機械強度と超電導特性の最適化を行うとともに開発した Ta 繊維強化型 Nb₃Sn 線材を使用してコイル製作により高電磁応力 (>300Mpa) の実証試験を行う。

(年度進捗状況)

今年度は0.5mm 線径の Ta 繊維強化型 Nb₃Sn 線材の Ta 強化繊維を線材中に分散強化を行った線材、線材の中心部分に Ta 強化繊維を集中した2種類の長尺線材 (使用線材長~100m級) を製作して、コイル巻き線の後に、最適熱処理およびエポキシ含浸を行う (W&R 法) 方式で製作した。試験コイルは0~7T のバックアップと7~14T のバックアップ磁界中で評価試験を行った。このコイルは電磁応力・歪み、クエンチ特性、マグネット安定性の検証試験を行うために歪みゲージ、温度計、電圧計測線、磁界計測素子等を取り付けた。電磁歪みは2次元応力解析モデルとほぼ一致した。試験最大応力・歪みレベルは100Mpa、0.1%であった。クエンチ特性は短尺臨界電流・磁界特性と一致し、線材の銅比が比較的小さい0.3と小さいにもかかわらずマグネット不安定性が起らず線材の長尺健全性が確認できた。この試験結果を踏まえて、ITER-CS モデルコイルの素線と電流容量が同等となる1mm 線径の Ta 繊維強化型 Nb₃Sn 線材 (線材構造：Ta 分散強化型) の設計を行い、長尺線材を製作し、高電磁応力 (>300Mpa) の実証試験を行うコイル試作を進めている。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 繊維強化型 Nb₃Sn 線材、臨界電流の歪み劣化、Ta 強化型 Nb₃Sn 線材、エポキシ含浸型超電導コイル超電導

〔研究題目〕 KrF レーザーによる核融合に関する研究

〔研究代表者〕 大和田野芳郎(電力エネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 奥田 功、松本 裕治、松嶋 功、高橋 栄一、加藤 進、三浦 永祐、谷本 充司

〔研究内容〕

レーザー核融合は、超高パワーのレーザー光を燃料球に照射することによって短時間に核融合反応を起こしてしまう方式で、炉の構造が単純で小型軽量化が可能である。高効率で繰り返し動作が可能な KrF レーザーは、核融合炉用に最適と考えられおり、これに必須の高繰り返し動作技術の確立と、超高強度紫外レーザーを用いた高速点火方式の基礎過程解明を目標とする研究を進めている。

平成14年度は、高繰り返し動作技術の開発において、電圧反射波の影響抑制による励起用電子ビームエネルギーの増大に成功すると共に、繰り返し動作でのレーザー発振出力の測定により、増幅特性の安定性を確認した。また、超高強度化において、短パルスフロントエンドと真空伝搬光学系の改良により、集光パワー密度 2×10^{19} W/cm²、プレパルスの強度比 10^{-9} 以下、という大エネルギーの紫外域では世界最高の集光強度を達成した。また、これを用いた平面ターゲット照射実験において、急峻な密度勾配にもかかわらず、高い吸収率と高速電子発生を伴う吸収過程の存在を明らかにすると共にシミュレーションによる解析も進めた。今後、KrF レーザーの高繰り返し動作における電子ビーム発生ダイオードの長寿命化、ダイオード及びレーザーガスの循環法の確立等により、2Hz での長時間動作を実現する予定である。また、超高強度紫外レーザーによる高速点火方式の利点を検証する予定である。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 レーザー核融合、KrF レーザー、高繰り返し動作、超高強度

〔研究題目〕 高効率磁場核融合に関する研究

〔研究代表者〕 八木 康之(電力エネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 早瀬喜代司、平野 洋一、芦田 久男、島田 壽男、佐藤 康宏、榊田 創、小口 治久、関根 重幸、木山 學

〔研究内容〕

核融合プラズマグループでは、健全な21世紀のエネルギーシステムを構築するための長期的視野に立ったエネルギー源開発の一貫として、効率良い磁場閉じ込め型熱核融合プラズマの実現を目指している。そのために必要

なプラズマ閉じ込め技術の開発及び物理の理解を長期目標とする。現在、逆磁場ピンチ(RFP)型閉じ込め方式の炉としての成立性を検証する(原理検証)ことを中期的目標としている。本研究は IEA の研究協力協定の下に日本、米国、伊、スウェーデンの4カ国で推進されており、当グループはその中で中心的役割を果たしている。研究課題としては、特に、各種能動的プラズマ制御手法による閉じ込め向上を試みている。

平成14年度は、パルスポロイダル電流駆動によりエネルギー閉じ込め時間5倍増に成功し、4ms を達成した。また、RFP における電流駆動及び加熱によるプラズマ圧力限界の研究等を目的として、RFP では世界初のパワー中性粒子ビーム装置の開発・入射実験を実施している。平成14年度には、プロトタイプ装置を用いて25keV、25A、15ms のビーム入射に成功し、電子温度の微増を確認した。今後、一層の閉じ込め向上により原理検証の一つの目標であるエネルギー閉じ込め時間5ms 以上の達成を目指し、RFP 方式のプラズマ閉じ込めの進展を図る。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 磁場閉じ込め核融合、逆磁場ピンチ、中性粒子ビーム

〔研究題目〕 動的アニール・ソフトイオンビームプロセスによる高品質ダイヤモンド半導体基盤技術に関する研究

〔研究代表者〕 長谷川雅考(新炭素系材料開発研究センター)

〔研究担当者〕 小倉 政彦、渡辺 幸志、チェン・イーガン、大串 秀世

〔研究内容〕

これまで非常に困難であったホール効果測定による直接の n 形電気伝導性の確認を窒素イオン注入を用いて成功した。またホウ素イオン注入による p 形ダイヤモンド半導体のショットキー接合の作製に成功した。これをもとに接合特性の評価に成功した。ホウ素イオン注入 p 形ダイヤモンドのショットキー接合を用いた接合特性の評価からイオン注入に伴う照射損傷に起因する欠陥準位の同定を目標とした研究に発展させたい。さらに平成15年度以降の計画であるイオン・レーザー同時照射実験をイオン工学研究所との共同研究により平成14年度の後半から開始した。以上の成果に基づいてイオン・レーザー同時照射を用いて n 形は窒素、燐、硫黄、p 形はホウ素イオン注入に対する効果の検証を行う。また従来からおこなってきた硫黄を用いたイオン注入による n 形層の研究では、ガスドーピングによる p 形ダイヤモンド薄膜の組み合による pn 接合からエレクトロルミネッセンスを観測する事に成功し、発光素子への手がかりを得た。

〔分野名〕 情報通信、ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 ダイヤモンド、イオン注入、半導体材料

〔研究題目〕 原子力エレクトロニクスのための素子化プロセス技術に関する研究

〔研究代表者〕 奥村 元 (パワーエレクトロニクス研究センター)

〔研究担当者〕 高橋 徹夫、石田 夕起

〔研究内容〕

高信頼性が必要とされる原子炉等の計装や、原子力システム機器・原子力用ロボット等で使用されるエレクトロニクス(原子力エレクトロニクス)には、高温・高放射線照射下の苛酷な複合環境で長期に安定に動作する半導体素子が必要とされる。これを実現するためには、物性的に限界がある Si に代わる新しい半導体材料を用いた素子作製のためのプロセス技術の開発が急務である。本研究課題では、高温かつ高放射線環境下において安定に動作する半導体素子を利用したエレクトロニクス実現のための素子化プロセス技術とその評価技術の開発を行う。

具体的には、耐熱・耐放射線性半導体材料として有望な炭化珪素(SiC)をとり上げ、耐放射線性を有する半導体の素子作製プロセスの開発を目指して、酸化膜界面形成過程の機構解明等に基づいた接合形成制御プロセス技術の開発、及びキャリアの誘起消滅過程の解析評価技術を基にした伝導性制御プロセス技術の開発を行う。また、放射線照射によって誘起される欠陥評価のための新しい手法を開発し、それらの手法を用いて各種素子化プロセスを素子の耐放射線性の観点から評価することを目的とする。

本年度の研究開発成果は、次の通りである。酸化膜/SiC 界面形成のためのプロセス解析では、界面欠陥の消失は界面層内部での自己消滅であるという結果を得た。またこれより、界面欠陥を消失させるには、酸化後に950℃以上でアニールすればよいことを提示した。高チャネル移動度 SiC-MOSFET の開発では、3C-SiC を用いることで、耐圧などにはまだ問題は残っているが、チャネル移動度が234cm²/Vs という4H-SiC に比べ二桁高い値を得ることが出来た。SiC デバイスの耐放射線性では、ダイオード、MOSFET とも数 MR の放射線を照射にも関わらず特性に変化は見られなかった。以上、本研究により耐放射線性半導体の素子作製の実用化に技術的な目処をつけ、さらにこれらの技術を用いて作製した素子が非常に優れた耐放射線性を示したことで、SiC デバイスの耐放射線性デバイスとしての有用性を示すことが出来た。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 シリコンカーバイド、耐放射線素子、放射線照射欠陥、素子化プロセス

〔研究題目〕 2段式反応焼結による繊維強化炭化ケイ

素複合材に関する研究

〔研究代表者〕 谷 英治 (基礎素材研究部門)

〔研究担当者〕 谷 英治、岸 和司、前田 英司

〔研究内容〕

核融合炉の第一壁材として、耐熱性、高熱伝導性、耐熱衝撃性、耐放射線特性に優れた緻密な繊維強化炭化ケイ素複合材の製造に関する研究である。繊維強化炭化ケイ素複合材は高温強度特性に優れ、低放射化材料として期待されているが、繊維とマトリックスの界面制御に BN コーティングが不可欠である。しかし、中性子照射により B は He へと核変換し照射損傷を高め、N は¹⁴C という長半減期の放射性物質に核変換するので核融合炉には BN コーティングは使用できない。また核融合炉で冷却剤に使用する高圧の He ガスが漏れないような緻密な材料が必要とされている。繊維強化炭化ケイ素複合材の作製方法は、CVI 法(気相析出法)、PIP 法(液相含浸・焼成法)もあるが、緻密な複合材を得るには体積が増加する反応を伴うシリコン溶融含浸法しかない。

本研究では、繊維強化複合材料のマトリックス中に炭素源のフェノール樹脂とシリコン粉末を混合して反応焼結させる反応焼結法と、多孔質な炭素系のマトリックスに系外よりシリコンを溶融含浸して緻密な炭化ケイ素を生成させる溶融含浸法を組み合わせた二段式反応焼結法により、BN コーティングを用いずに緻密で第一壁材に適した繊維強化炭化ケイ素複合材を得る最適な条件の検討を行う。

平成14年度は、SiC/SiC 複合材の作製時に、マトリックス部としてカーボンペーパーにフェノール樹脂とシリコン粉末のみを含浸していたが、炭化ケイ素粉末を添加することで、マトリックス部の組織均一化の改善が認められた。C/SiC 複合材では、炭素繊維織布を用いると剪断強度が弱くなるため、フェノール樹脂2回含浸後には、弾性率が低く、大きな歪みを示した。炭素繊維の体積含有率を27%から19%に下げることにより、複合材的な破壊挙動を得たが、繊維の量が少ないので、線形破壊後の保持荷重値が小さかった。また、繊維に代わって段ボール、スポンジを用いて2段反応焼結を行うと、成形の容易な軽量 Si/SiC 多孔質構造体を製造でき、耐熱衝撃性、耐熱性が優れていることを見出した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 繊維強化、複合材、炭化ケイ素、炭化ケイ素繊維、炭素繊維

〔研究題目〕 超高輝度 kHz プラズマ X 線源とその応用の研究開発

〔研究代表者〕 富江 敏尚 (光技術研究部門)

〔研究担当者〕 松嶋 功、屋代 英彦、眞島 利和

〔研究内容〕

(目標)

keV エネルギーの X 線発生の数 kHz 以上の超高線り

返し化を可能にする技術および、生物応用技術の開発を通じて、新たな利用技術の開拓を行う。

〔研究計画〕

超短パルスレーザー照射により生成されたプラズマから高輝度の硬 X 線を発生させるために、照射条件の制御と、ターゲットの形状や、状態の選択などで硬 X 線への変換効率の向上を図る。さらに高繰り返し照射に対応可能なターゲットの供給装置を開発する。また、これを用いて生物・医療応用の実証実験を行う。

〔年度進捗状況〕

超短パルスレーザーの高繰り返し化を制限している熱レンズ効果を、レーザーロッドを極低温に冷却することで低減する実験を行った。サファイア結晶は液体窒素温度近くまで冷却すると銅よりも優れた熱伝導度を示すという特性があり、励起される中心部と冷却する周辺部との間の温度勾配が小さくなる。また、極低温では温度勾配に依存する屈折率の変化率が小さくなる。この二つの特性により、熱レンズ効果が270倍以下にできる見込みである。冷却のため、液体窒素タンクの底面に溶接した銅ブロックにロッドをマウントした。小型の液体窒素製造装置と接続する構造であり、タンクには連続的に液体窒素が供給できる。銅ブロックの温度は、冷却開始後約30分で88K に到達した。結露防止のためレーザーロッドは真空容器内に収納する。励起20W での熱レンズの焦点距離をプローブビームで測ったところ、室温で1m 以下であったが、極低温では測定限界の25m 以上になった。

直線共振器を構成して自己発振モードで動作させたところ、1kHz、20W 励起で、4.9W の出力が得られた。次年度には、ポッケルスセル光スイッチを挿入した再生増幅器を構成して、パルス切り出しを行う。

また、既存の低繰り返し高強度レーザーを励起源として、keV X 線発生のためのフェムト秒パルス集光技術の研究を行なった。さらに、keV X 線を用いた生物応用の検討に着手した。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造、(ライフサイエンス)

〔キーワード〕 keV X 線、kHz フェムト秒レーザー、熱レンズ効果、液体窒素冷却

〔研究題目〕 原子力試験研究委託費—高選択性分離膜による放射性廃液処理と放射性廃棄物エミッションの低減化の研究

〔研究代表者〕 新保外志夫 (物質プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 新保外志夫、金森 敏幸、岩坪 隆、遠藤 智徳

〔研究内容〕

本研究では、放射性廃液の減量化のため、放射性元素に対して高い選択性を有するキャリア輸送系を用いて、特定の有害な放射性元素のみを高効率で濃縮・除去しう

る分離膜デバイスを開発することを目的とする。平成14年度は、①アクチノイド系元素を選択的に膜に取り込むキャリアの開発、②安定で高性能な膜の作製、の2点について検討を行った。①のキャリアの開発については、アクチノイド元素の抽出剤として有名なオクチルフェニル-N, N'-ジイソブチルカルバモイルメチルフォスフィンオキシド(CMPO)と最近原研で開発されたN, N, N', N'-テトラオクチル-3-オキサペンタン-1, 5-ジアミド(TODGA)、および新規に合成した数種の化合物について、含浸液膜でキャリアとしての性能を検討した。その結果、新規に合成した化合物数種はいずれも殆どキャリア性能は示さなかったが、CMPO と TODGA は液膜のキャリアとして働き、アクチノイドと化学的性質が類似している模擬元素セリウムを濃縮輸送することが分かった。②の安定で高性能な膜の作製については、含浸液膜と有機ゲル膜についてその構成要素を検討し、膜の機械的強度と透過速度に優れた支持高分子-膜溶媒の組み合わせを選定した。選定した両者について輸送性能と膜耐久性を検討し、輸送性能では含浸液膜が、また耐久性では有機ゲル膜が優れていることを示した。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 キャリヤー輸送、可塑性高分子膜、ランタノイド元素、膜分離

〔研究題目〕 先端領域放射線標準の確立とその高度化に関する研究

〔研究代表者〕 鈴木 功 (計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 高田 信久、工藤 勝久、坂本 勲、檜野 良徳、斎藤 則生、瓜谷 章、小池 正記、黒澤 忠弘、佐藤 泰

〔研究内容〕

放射光軟 X 線のフルエンス標準を開発することを目指し、軟 X 線エネルギーフルエンス計測用のカロリメータを設計し、製作するとともに、多段電極型イオンチェンバーを用いて、希ガスの光吸収断面積を精密に測定した。X 線照射線量の高精度標準化について、自由空気電離箱関連の各種特性の取得と補正係数の値を確立する一環として、自由空気電離箱中におけるX線の減衰に対する補正係数を計算と測定によって得、これらの比較から使用すべき補正値の値を決定した。環境用のラドン標準校正場を確立するため、産総研が保有するラジウム標準溶液を基にしたラドン発生装置から取り出したラドンガスにつき、その濃度を正確に値付けるため、インライン用の電離箱を導入し、希釈前後の濃度をモニターした。

Be (α, n) ^{12}C 核反応により発生させた準単色高速中性子を用いた標準の開発の一環として、位置検出型比例計数管とシリコン半導体検出器を組み合わせた複合型検出器の設計・製作を行った。ここで用いる検出器用の多チャンネル信号処理系の整備を行い、エネルギーの精

密測定のための特性試験を実施するとともに、NE213シンチレーション検出器の性能向上を図った。

金属膜の多層構造により発現する GMR 特性を放射線検出器に応用するため、ヘリコンプラズマスパッタ法により作製した Fe/Si 多層膜への Ar イオン照射実験を行い、Fe/Si 界面構造の変化に伴う GMR 特性の変化、磁化の減少を見出した。今後は、構造特性の基礎データを収集するとともに中性子検出に適する膜構造への最適化を図る。

【分野名】標準

【キーワード】放射光軟 X 線、照射線量、放射能、高速中性子、多層膜検出器

【研究題目】原子力ロボットの实環境作業構成技術に関する研究

【研究代表者】末廣 尚士（知能システム研究部門）

【研究担当者】末廣 尚士、北垣 高成、音田 弘、中村 晃、齋藤 史倫、尹 祐根

【研究内容】

（目的）

本研究では、原子力プラント内での保守点検作業の基盤技術として、未整備環境下で作業を行うことのできる作業構成技術の確立をめざしている。そのために、複雑環境下でオペレータによる作業実行に必要な作業のノウハウ（実環境技能）を構成する手法の開発を目的として研究を行っている。

（目標）

実環境における作業では、物体間の摩擦、遊び、あいまい性などのため、従来の幾何モデルに基づく物体操作方式だけでは作業が実行できない。そこで、不確実性を考慮した接触および仮想的な拘束記述に基づく技能の体系化を行い、視覚・力覚によって拘束を導く手法を研究する。そして、プラント内で工具を扱う作業を想定し、作業を実行するためのオペレーション技術の確立を目指す。

（進捗状況）

前年度までに、不確実な隠れた状態を探索的に遷移させるオペレーション技術を取り上げ、実環境技能の分類と体系化を行い、実環境下における仮想拘束を利用した技能、接触拘束を利用した技能それぞれに必要な機能の開発を行い、それらの融合手法に基づく実環境技能の開発に着手した。また隠れた状態の探索を行い非決定論的に状態遷移させるための手法の開発を行った。オペレーション技能（スキル）の視点から環境や対象をモデリングするための検討を行い、簡易幾何モデルの利用手法を開発した。さらに全体を統合するための操作統合システムを構築するために、空間情報の教示システムやハプティックインタフェースの開発を行うとともに、従来から用いている環境モデリングシステムの高速化に着手した。

平成14年度は、前年度までに開発された実環境下における仮想拘束を利用した技能と接触拘束を利用した技能をロボットアームに実装した。またそれらの融合に基づく実環境技能による統合作業システムのプロトタイプを構築した。さらに統合作業システムの有用性を示すための作業実験環境の構築を行った。

【分野名】情報通信

【キーワード】原子力ロボット、オペレーション、スキル、接触拘束、仮想拘束

【研究題目】超臨界水による使用済イオン交換樹脂の分解処理技術の開発

【研究代表者】菅田 孟（環境調和技術研究部門）

【研究担当者】菅田 孟、大竹 勝人、依田 智、竹林 良浩

【研究内容】

本研究では、超臨界水を用いて、原子力発電所の使用済みイオン交換樹脂を分解し、減容化するための基礎データを取得することを目的に、イオン交換樹脂の超臨界水酸化による分解条件を検討した。ステンレス製のバッチ反応器を使用して、陽イオン交換樹脂、陰イオン交換樹脂のいずれにおいても、温度400℃以上、酸化剤過剰量2倍程度で、30分以下の反応時間で有機物を分解できることを明らかにし、簡単なモデルによる分解機構の考察を行った。しかし、陰イオン交換樹脂の分解時に生成するアンモニアは分解困難で、有機物がほとんど分解される400℃でもほとんど分解しなかったが、450℃では均相反応から予想されるよりもはるかに高い分解率が得られた。これは、石英製の反応器による実験との比較から、金属製反応器壁が触媒として働いているものと推察された。また、これまで得られたデータを基にプロセス化の課題について考察した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】超臨界水酸化、イオン交換樹脂、分解

【研究題目】高レベル放射性廃棄物の地層処分用緩衝材材料の機能評価と高度化に関する研究

【研究代表者】小野寺嘉郎（メンブレン化学研究ラボ）

【研究担当者】小野寺嘉郎、蛭名 武雄、長瀬多加子、Chattopadhyay Abhijit

【研究内容】

本研究の目的は、高レベル放射性廃棄物の地層処分システムにおける緩衝材候補材料の品質管理のための基礎資料を整備するとともに、緩衝材の機能高度化のための高機能吸着材を開発することである。このため本研究では、産地の異なる種々のベントナイト試料の鉱物学的・結晶化学的特性と止水性や核種吸着性等の機能との相関関係を明らかにし、ベントナイトの品質管理のためのデータベースを構築する。また、ベントナイトの核種吸着機能を補完・高度化するための高選択性無機イオン吸着

材の開発を行う。一方、結晶化学的な解析データ、核種の吸着性及び計算機シミュレーションによる性能予測結果に基づきベントナイト試料をスクリーニングし、緩衝材材料として適したベントナイト種の選定及び合成緩衝材との組み合わせ効果について検討を行う。

本年度は、種々のベントナイト試料について核種吸着能や砂との混合土の透水係数を測定した。これらの測定値とベントナイト試料の鉱物学的・結晶化学的特性との相関性を検討し、両者の関係を近似し得る幾つかの相関式を得た。一方、化学組成の異なる一連の Si-Al-Mg 系複合水和酸化物 (MHO) の合成法と合成物のキャラクタリゼーションについて検討し、当該 MHO が環境親和材料の一つとして利用し得ることを明らかにした。また、トポ化学的手法による高選択性無機イオン吸着材の創製を検討し、新たにイオンふるい型バリウム選択性無機化合物を見出した。さらに、アルギネートゲルの高い包括固定能を利用した多機能性マイクロカプセルによる新規な放射性核種の一括除去法を提案し、実証した。

【分野名】原子力防災・安全基盤技術

【キーワード】高レベル放射性廃棄物、地層処分、緩衝材、機能評価、高度化

【研究題目】微視的数値解析手法による地層環境内の物質拡散現象予測の高度化に関する研究

【研究代表者】高田 尚樹 (環境管理研究部門)

【研究担当者】三澤 雅樹 (機械システム研究部門)

【研究内容】

日本では近年、原子力発電による高レベル放射性廃棄物の地層処分の安全評価において、地下水によって地下処分場から地表に運ばれる放射性物質が人間に影響を及ぼすシナリオが検討されている。そこで本研究では目的を、地層のような微細で複雑な隙間を持つ物体内部での物質拡散現象の解明と高精度予測のためのコンピュータシミュレーション技術の開発としている。目標は、(1) マイクロフォーカス X 線 CT (μ -XCT) 計測による地層を模擬した複雑流路の構造計測と高空間分解能 (数十 μ m) の検出器の開発、(2) 複雑な構造物内部での流体と界面の挙動の再現に適した格子ボルツマン法 (LBM) に基づく数値流体モデルと解析コードの開発、である。

本年度は、当該研究所所有の μ -XCT 装置を用いてニッケルクロム焼結金属の断層撮影を行い、断層データを演算処理した結果、外部から直接観察できない数十～数百 μ m の隙間の3次元空間分布を得ることに成功した。次に、その隙間分布データから仮想的な複雑流路を作成し、LBM に基づいて開発した解析コードを用いて70 μ m の解像度で複雑流路内の水の流れのシミュレーションを実施した。その結果、圧力-流量の関係に関して適切なデータが得られたほか、流量の増加に伴って水は特定の経路を通してより多く流れる傾向が見られ、水の流速の空間分布の不均一性はより顕著になることが明らか

になった。また、液体で濡れた固体表面を模擬するための数値流体モデルも開発し、落下して飛び散る水滴のシミュレーションを実施して妥当な結果を得ることも成功した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】原子力発電、地層処分、放射性廃棄物、コンピュータシミュレーション

【研究題目】RI 廃棄物のクリアランスレベル検認技術の確立に関する研究

【研究代表者】檜野 良穂 (計測標準研究部門)

【研究担当者】佐藤 泰、瓜谷 章、原野 英樹

【研究内容】

現在大量に保管されている医療や研究用に使用された RI 廃棄物の多くは、短半減期核種の容器やシリンジ等で、既に十分減衰し、放射性廃棄物として管理する必要は無いと考えられるが、最終的に一般産業廃棄物と同様の取り扱いを可能にするには、第三者を納得させるためのクリアランステストを行い、危険性のないことを説得力のある形で証明する必要がある。一方、近年開発されたイメージングプレートは、極めて高感度に二次元の放射線測定が可能で、しかも、測定データは二次元のイメージとしてコンピュータに保存され、第三者への説得力ある情報開示が行えることから、廃棄物中の極微量放射能測定に最も適した手法となり得る。

イメージングプレートの感度は、食物中に微量含まれる K-40 の分布を見ることが出来る程の高感度であるが、具体的にどの程度の放射能がそこにあるのか、と言った定量的な測定を行うには、適当な放射能レベルの指標となる線源と一緒に測定する必要がある。そこで、H14年度においては、イメージングプレートの感度校正に適した標準面線源の作成を試み、対数目盛の線源作成に成功した。この線源は、極微量の放射性 Cl-36 をインクジェットプリンタ用インクの3色に異なる濃度で混入し、カラー濃度調整することにより放射能濃度を自由にコントロール可能としたもので、実際に放射能レベルを0.02～20Bq/cm²までの3桁をカバーする対数目盛の標準面線源作成に成功した。これを用いて、花崗岩や陶石などの環境資料とともに測定し、イメージングプレートが環境レベルの放射能測定に適していること、また、放射能の濃度を変化させた指標線源を併用することにより、簡単に放射能レベルが推定可能であることが実証された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】放射性廃棄物、クリアランス、イメージングプレート

【研究題目】マルチコンポジットマテリアルの最適化と構造・特性評価の研究

【研究代表者】小林 慶規 (計測標準研究部門)

【研究担当者】伊藤 賢志、平田 浩一、富樫 寿、

川原 順一、梅原 博行、広津 敏博
(物質プロセス研究部門)

〔研究内容〕

空気中など酸素の存在下で放射線照射をうけた高分子材料の劣化は、放射線による分子鎖切断で生じるフリーラジカルと高分子中に拡散によって侵入した酸素分子が反応することにより進行する。この放射線酸化効果は、高分子表面に酸素透過を抑制するバリアー層を形成することにより低減できると考えられる。本研究の目的は、高分子表面上への酸素バリアー層形成による放射線酸化抑制効果を実証すること及び最適なバリアー層を形成するための諸条件を明らかにすることにある。

酸素透過性が抑制された高分子においては、放射線劣化試験に長時間が必要であることが問題となっている。そこで、本年度は高温で劣化されたポリエチレンを用いて、陽電子消滅法による高分子劣化の高感度検出の可能性について検討した。安定剤を含むポリエチレンおよび安定剤を含まないポリエチレンについて、陽電子消滅 γ 線エネルギー測定および陽電子寿命測定を行った。その結果、陽電子消滅測定により、ポリエチレンの劣化を初期段階で検出できることが明らかとなった。これは、陽電子が極性基に効率よく捕獲されるためであり、ポリエチレンに限らず、他の非極性高分子についても、劣化の初期検出が可能であると考えられる。

〔研究題目〕 ロボット群と保全知識ベースの協調によるプラント点検・提示システムの研究開発

〔研究代表者〕 喜多 伸之 (知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 喜多 伸之、末廣 尚志、音田 弘、喜多 泰代、脇田 優仁、楊 海園

〔研究内容〕

(目的)

原子力プラントの安全性／信頼性の向上を目指して、保全環境をデジタル化し維持することにより、見たいときの、見たい場所の、見たい情報を、見たい者に、見たい形で提示できるようにし、異常の早期発見を実現することを目的とする。

(研究計画)

原子力プラントに設置された様々なセンサや、点検移動ロボットに搭載されたセンサなどが収集したプラントの情報を、一箇所に集約し、後の利用がし易いように統合的に蓄積するシステムを環境サーバーと呼ぶ。本研究では環境サーバーを実現する上で最も重要となる次の3技術を研究する。環境の変化やセンシング目的に応じて効率良く点検情報を収集するための注意制御技術、収集した点検情報の時空間的な整合性を保つための変動除去技術、時空間的に広がった膨大な点検情報をコンパクトに蓄積するための3次元投射技術である。

(進捗状況)

H14年度には、3次元投射については、3D-2D 位置合わせから、画像の切り出し、仮想環境へのマッピングまでシームレス化した。さらに、多種の情報蓄積の一例として床面傾き情報の蓄積実験を行った。中心窩投影画像をベースとしたシステム化を進めた。3次元投射のための位置あわせを中心窩投影を扱えるよう拡張し、シミュレーション画像により評価し良好な結果を得た。能動指標を用いた注視制御のベースを中心窩投影に変更するための拡張を行った。

〔分野名〕 情報通信

〔キーワード〕 移動ロボット、視覚システム、原子力プラント

〔研究題目〕 高密度マルチスケール計算技術の研究

〔研究代表者〕 関口 智嗣 (グリッド研究センター)

〔研究担当者〕 田中 良夫、建部 修見、西川 武志、山本 直孝、横川三津夫

〔研究内容〕

グリッド用ソフトウェアの開発として、Grid RPC に基づく Ninf-G システムを用いた環境を構築するとともに、グリッドポータル作成ツール GridLib を利用し、量子化学計算用ポータル及び熱流体解析システム用ポータルを構築し、マルチスケール計算基盤を利用するための利用技術開発を行った。また、高密度マルチスケールモデルのためのマルチスケール計算基盤を利用した環境として、クラスタシステムを広帯域ネットワーク (つくば WAN) に接続し、マルチスケール計算手法の一つとして分子動力学法ステンスル (MD ステンスル) による MD シミュレーションを実施する環境整備を実施した。

〔分野名〕 情報通信

〔キーワード〕 グリッドポータル、マルチスケール計算基盤

〔研究題目〕 特定装置の維持運営費

〔研究代表者〕 鈴木 功 (計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 高田 信久、工藤 勝久、瓜谷 章、小山 保二

〔研究内容〕

当所では、先端領域放射線標準の確立とその高度化に関する研究、設定された放射線標準を供給する業務等を行うため、いくつかの放射線発生装置を維持し、運営している。中性子発生装置、およびファンデグラフ型粒子加速装置は、イオンビームを加速して、広いエネルギー範囲で単色の中性子ビームを発生させることに用いており、高速中性子フルエンス、中速中性子フルエンスの国家標準を確立するための研究開発を推進するとともに、速中性子フルエンス標準の供給ために使用している。高圧電圧の安定化のための補助部品の導入や保守点検、イオン源や各種制御系の整備等を行って、安定稼働を実現させた。また、高出力 X 線発生装置は、X 線標準を高

品質化するための技術開発、および、既確立の標準の供給に用いており、安定動作のための関連部品の補充や、保守作業を実施し、原子力関連機関への標準供給にも役立てた。

【分野名】標準

【キーワード】イオン加速器、中性子、X線、校正

－その他－

【研究題目】遺伝子発現制御に関する研究

【研究代表者】田村 具博（生物機能工学研究部門）

【研究担当者】田村 具博、董 莉、金 完變、
影井亜貴子

【研究内容】

（目標）

微生物や動物を含めた細胞内タンパク質の量を制御しているタンパク質転写・翻訳系およびタンパク質分解系関連分子について構造解析と機能解析を行い、タンパク質の一生がどのように制御されているか解析を行う。同時に、タンパク質構造解析遂行上必要になる組換えタンパク質生産について、生産効率化へ向けたシステムの開発を行う。

（研究計画）

古細菌や酵母由来遺伝子情報をもとに、タンパク質転写・翻訳系関連分子を中心に年間100種前後の組換えタンパク質を生産可能なシステムの確立を目指す。またタンパク質分解系関連タンパク質についても興味深い分子について組換えタンパク質の生産を行い、可能なものから順次機能解析を進める。

（年度進捗状況）

古細菌や酵母由来の遺伝子情報をもとに、タンパク質転写・翻訳系関連分子を中心に組換えタンパク質発現系を構築した。発現ベクター構築後、大腸菌を宿主としてタンパク質の生産量を確認し、10mg以上の組換えタンパク質回収が見込まれるタンパク質群について延べ70回精製を行った。また、結晶構造解析に必要な充分量のタンパク質を生産するため、組換えタンパク質生産システムの構築を行った。宿主細胞の培養並びに、アフィニティカラムを用いた精製を1回のサイクルとして考え、年間100回の精製を可能にするシステムの構築を行い完了した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】組換えタンパク質、転写、翻訳

【研究題目】結晶化に関する研究

【研究代表者】安宅 光雄（人間系特別研究体）

【研究担当者】安宅 光雄

【研究内容】

プロジェクト全体としては、本年度から5年間でタンパク質の新規で基本的な構造3000種類を決定しようと文部科学省が推進する計画である。その中で「個別的解析

プログラム」の「代謝系」に参加し、とくに「結晶化」というテーマを委託されている。このテーマとしては、結晶の品質向上を図れる手段を明らかにすることが目標である。本年度は常磁性塩を結晶化剤として磁場中で作った卵白リゾチーム結晶が、一定の高品質を有していることを踏まえ、そのような結晶中の常磁性イオンの位置を結晶構造解析で明らかにした。プロジェクト参加者全員が共有する全体目標である超耐熱性タンパク質の新規構造決定については、*Aeropyrum pernix* 由来のシステム合成酵素の野生型の結晶化を行って論文発表した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】タンパク質、タンパク質立体構造、構造生物、超耐熱性、結晶成長

【研究題目】富士火山の噴火様式の進化に関する研究

【研究代表者】高田 亮（地球科学情報研究部門）

【研究担当者】高田 亮

【研究内容】

（目標）

富士山腹でトレンチ調査を複数行い、表層に隠れた代表的な過去の噴出物を特定し、その噴出年代、噴出場所、噴火様式、噴火履歴、規模などを推定する。得られた情報を時系列として扱い、相互の関連性を議論し、噴火様式の進化のモデルを試作する。

（研究計画）

平成13年度は既存資料の解析とトレンチサイト選定のための予備調査を行う。平成14年度は富士山南腹でトレンチ調査を行う。平成15年度は富士山南東腹と北西腹でトレンチ調査を行い、これまでに得られた結果をもとに噴火様式の進化のモデルを試作する。

（14年度進捗状況）

富士火山南腹のスコリア丘などの側火口近傍でトレンチ調査を13ヶ所で行った。(1) テフラ層序、広域火山灰分析、14C年代測定から、これまで噴火年代不明であった新富士火山旧期／中期のスコリア丘が、6300yBPより古いもの（あざみ塚、黒塚、高鉢山、北高鉢山、北東高鉢山）、6300yBP前後のもの（西臼塚、桧塚）、3700-6300yBPの時期のもの（平塚、東臼塚、サージ（～4150））、3200-3700yBPの時期のもの（白塚）、3200yBPごろのもの（腰切塚・西黒塚、日本ランド溶岩）、に分類できた。(2) 山頂噴火卓越期（3200-2200 yBP）といわれる時期に、側噴火が卓越する時期（～3000-2500yBP）があることが明らかとなった（大室、砂沢、浅黄、高山）。この時期の噴火はスコリア噴出量が溶岩流噴出に比べて多かった。(3) 2200年以降の噴出物に関する新たな知見では、新発見された溶岩流「須山胎内溶岩」のトレンチで、～900yBPの噴出年代が得られた。また、不動沢溶岩、日沢溶岩、水ヶ塚檜丸尾溶岩、小天狗溶岩、大淵スコリアの噴出場所と噴火年代が明らかとなった。

【分野名】地質・海洋

〔キーワード〕 火山、噴火、富士山

〔研究題目〕 ナノテクノロジー総合支援プロジェクト
ナノプロセッシング・パートナーシップ・
プログラム (NPPP)

〔研究代表者〕 横山 浩、秋永 広幸 (ナノテクノロジー
研究部門)

〔研究担当者〕 中桐 伸行、落合 勲、佐藤 平道、
本多 尚子、樋口 博文、仙波 靖之、
風間 茂雄、大山 育子、唐澤しのぶ、
岡野美樹子

〔研究内容〕

(目標)

産総研ナノプロセッシング施設 (AIST NPF) にライン
アップされた先端機器を、産学官の研究者に広く提供し、
ナノテクノロジー研究開発を支援することを目的とする。
ユーザーによる機器の自主利用、依頼による微細構造作
製を行うとともに、産総研の専門家によるユーザー教育、
技術相談を実施する。

(計画)

施設公開に対応すべく抜本的に拡充し、今後整備され
る機器・設備を活用しながら、産学官連携部門、研究環
境整備部門等の産総研の支援部門と一体となって、支援
活動を実施する。また、ナノテクノロジー総合支援プロ
ジェクト「ナノレベルでの極微細加工・造形支援」に参
画する5機関 (産業技術総合研究所、早稲田大学、東京
工業大学、大阪大学、広島大学) の幹事機関として、相
互の情報交換をはじめ、統一的な広報・周知活動、ユー
ザーセミナーなどを企画する。

(年度進捗状況)

- 1) NPPP を紹介するパンフレットの作成や、ホーム
ページ及び利用ガイドを作成し、Web によるオンラ
インでのユーザー登録・申請の受付を開始した。
- 2) 装置利用方法についてテクニカルスタッフが直接ガ
イダンスを行い、研究者が積極的に装置を利用する環
境を整えた。
- 3) AIST NPF の日常点検・監視、装置予約・使用状
況管理、共通消耗品管理の体制を整え、さらに事故・
故障処理フローを整備した。
- 4) 極微細加工・造形グループの幹事機関として、極微
細加工・造形グループ会議を開催し、運営委員会では
造形グループでまとめた支援方針を提案した。また、
グループの広報活動として展示会参加、極微細加工・
造形支援グループワークショップの開催、アジアワー
クショップを開催した。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 微細加工、ナノ造形、リソグラフィ

〔研究題目〕 糖ヌクレオチド代謝回路関連酵素群

〔研究代表者〕 地神 芳文 (糖鎖工学研究センター)

〔研究担当者〕 地神 芳文、千葉 靖典、久保田智巳、
渡辺 明子、仲山 賢一、新聞 陽一、
横尾 岳彦

〔研究内容〕

これまで機能解析が進められた酵母の糖鎖修飾におけ
る糖ヌクレオチド代謝回路関連遺伝子産物などの大量発
現系の構築と、精製・結晶化および結晶構造解析を行う
ことを目標とし、メタノール酵母による発現系の構築、
目的タンパク質の精製、結晶化、X線結晶構造解析を行
なう。ターゲットとしては、糖転移酵素 (マンノース転
移酵素: Och1p) および酵素とドナーあるいはアクセプ
ターとの複合体、マンノースリン酸転移酵素とレギュレ
ーターの複合体 (Mnn4p, Mnn6p)、ゴルジ体内で糖ヌ
クレオチドの膜輸送系を促進させるためにGDPをGMP
に分解する Gda1p, Ynd1p などを選択した。これらの
タンパク質の N-末端または C-末端に6×His のタグが
付加するように遺伝子を構築し、メタノール資化性酵母
Pichia pastoris を利用しジャーファーマンターによる
大量培養を行った。*Mnn4p* 以外のタンパク質について
は大量生産ができたため、これらについて、結晶化すべ
く、ハンギングドロップ法によるスクリーニングを行な
ったが、解析に適した結晶構造を得るには至らなかった。

現在、すべての遺伝子について N-末端に His タグの
みを付加したようなタンパク質を発現するように遺伝子
を構築し直している。これらをメタノール資化性酵母に
導入し、発現を行う予定である。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 結晶構造解析、酵母、酵素

〔研究題目〕 「試行を通じた学習」の脳内機構の解明
とその応用に関する研究

〔研究代表者〕 河野 憲二 (脳神経情報研究部門)

〔研究担当者〕 河野 憲二、Luc Berthouze、
Adriaan Tijsseling

〔研究内容〕

人間がコミュニケーションを学ぶ時、試行を通じた学
習が重要な役割を担っていると考えられている。本研究
では、動画像中の唇の動きから何を喋っているかを認識
する読唇の能力を身に付ける学習過程を参考にして、そ
れを工学的に実現することを通じて、試行を通じた学習
のモデル化を試みる。

(目標)

今までの機械学習では、与えられた入力刺激からパタ
ーン識別のための内部モデルを直接構成するアプローチ
が多くとられていた。このような学習は静的な入力に対
してはうまく作動するが、我々が日常行っているような、
複雑な環境の中から刻々変化する入力を選び、進めてい
くような動的に学習には対応できない。本研究では、与
えられた入力刺激を受け取り、カテゴリー化し、そのカ
テゴリー化された情報を使って行動を起こすいままでの

機械学習のシステムの、入力と出力の間にシステム自らが試行する機能を付加することにより認識機能の向上を目指す。

〔研究計画〕

教師の発話行為を認識し、それを仮想顔により模倣できるようなシステムを構築するため、画像から「唇、舌、歯、あご、頬、眉、喉仏」の位置と形状を検出し、顔の動きを計算するためのアルゴリズム、唇の動きを生成可能なCGで作成した仮想顔のためのソフトウェアを開発する。基本要素を組み合わせて、教師の発話行為を認識し、それを仮想顔により模倣できるようなシステムを構築し、試行を通じて読唇の能力を次第に学習するための方法について検討する。

〔年度進捗状況〕

平成14年度には、試行を通じた学習を実現するためのシステムのための3つのコンポーネント（sequence network、CALM sequence network、顔のシミュレータ）を試作することができた。

sequence network：時系列的に連続した情報を受けて学習するモジュールで、自律性があり、オンライン学習ができ、新奇な入力を検出でき、パターンを正確に再現でき、時系列情報を保持でき、入力キューが一つでも、そこから後の連続したデータを想起でき、ノイズに強いことなどの性質が要求される。このような条件を満たすニューラルネットワークを、異なる時定数のスパイクニューロンと再帰結合を用いて試作し、任意のシーケンスのパターンを学習することを確認した。

CALM sequence network：時系列的に連続した情報をカテゴリーにわけたモジュールで、一つ一つのモジュールが、Murre(1992)の提案したCALM(Categorization and Learning Map)の構造をとるように試作した。このnetworkは、sequence networkからの連続した入力を取り扱うことができ、外部からのフィードバックで内部表現を変更することができる。

学習中の2つのノード間の競合を比較して、試行を繰り返すことにより競合が減少していることがわかった。

〔分野名〕 情報通信

〔キーワード〕 学習、コミュニケーション、ニューラルネットワーク

〔研究題目〕 遺伝子情報解析に関する研究

〔研究代表者〕 河原林 裕（糖鎖工学研究センター）

〔研究担当者〕 河原林 裕、辻村 昌也、張 子連

〔研究内容〕

〔目標〕

転写・翻訳に関連するタンパク質の内、5年間で総計100個程度の新規なタンパク質の構造と機能を明らかにする。

〔研究計画〕

当研究代表者がゲノム解析を行った超好熱古細菌を中心に、構造・機能解明を進める上で重要なタンパク質を

コードする遺伝子に関する情報をグループに提供すると共に、大腸菌での発現系の構築を行い、構造機能の解明を進める。

〔年度進捗状況〕

ゲノム解析が終了している超好熱古細菌の内でも、*Sulfolobus tokodaii strain 7*は、真核生物に最も近く様々な類似点を有しているため、この菌が有しているRNA修飾に関連する遺伝子の内で真核生物との類似性が高いなど非常に興味深い遺伝子を選択し、発現系の構築を行った。平成14年度では、以下の20個の遺伝子を選択して、遺伝子領域を選択してPCR増幅した産物を大腸菌での発現プラスミド pET プラスミドに導入して、効率的な発現系の構築を行った。

20個の遺伝子領域をPCRで増幅し、pET23, pET21ベクターに導入し、BL21CodonPlusに形質転換して発現の確認を行ったところ、その内9遺伝子については遺伝子産物が可溶性画分に確認されている。それらのタンパク質は、可溶性画分を80℃で処理することによってほぼ精製できることが確認された。熱処理後もタンパク質が可溶性であることから、これらの発現されたタンパク質は耐熱性であることが確認された。今後はこれらの発現されたタンパク質の機能を確認していきたい。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 転写・翻訳、超好熱古細菌、発現系

〔研究題目〕 データレゼボワール Data Grid システム整備

〔研究代表者〕 関口 智嗣（グリッド研究センター）

〔研究担当者〕 瀬河 浩司、児玉 祐悦、建部 修見、工藤 知宏

〔研究内容〕

データレゼボワールにより一致性が保たれるサイト内の大容量記憶に対して、サイト内からの自由で高速なアクセスを実現する並列ファイルシステムを構築する。従来のファイルシステムと同等のインタフェースを持つ高性能な並列ファイルシステムを実現することにより、理学系などの計算機システムに対する高度な知識が無い一般のユーザにとって使いやすい、クライアントの機種やオペレーティングシステムを選ばないシステムを提供する。

〔分野名〕 情報通信

〔キーワード〕 データレゼボワール、並列ファイルシステム

〔環境省〕

〔研究題目〕 臭気環境目標の設定に必要な臭気に係る量反応関係に関する研究

〔研究代表者〕 外池 光雄（ライフエレクトロニクス研究ラボ）

〔研究担当者〕 外池 光雄

【研究内容】

近年、環境問題の中で臭気に対する苦情件数だけは依然として低減せず、苦情の内容も身近なおいに対する悪臭の苦情が増えるなど複雑さを呈している。悪臭に対する苦情を減少させ、快適な生活環境を実現するために、これらの基礎となる臭気量の反応関係の法則性を明らかにすることが本研究の目的である。

このため、環境臭気の濃度応答特性、刺激の重ね合わせの量反応関係、順応の時間依存性の解明を目指し、嗅細胞レベル、嗅球レベル、脳応答・心理物理応答レベルの各レベルでの研究を連携して進めるとともに、脳波、MEG、fMRI等の非侵襲的計測で臭気に対する脳応答を計測・解析する。また、「におい環境指針」の策定のために、臭気の濃度や質が及ぼす応答変化や異なる刺激種の重ね合わせの法則性、また臭気の順応に関する時間依存性とそのメカニズムを上記の各レベルで明らかにするとともに、臭気の不快感への影響を明らかにし、臭気評価のモデル化を行う。

【分野名】 地球環境、ライフサイエンス

【キーワード】 環境臭気、悪臭計測、生理・心理計測、嗅細胞、嗅球、脳応答・心理物理

【研究題目】 臭気環境目標の設定に必要な臭気に係る量反応関係に関する研究

環境臭気がヒトに及ぼす生理的影響の解明と計測評価法の確立の研究

【研究代表者】 外池 光雄（ライフエレクトロニクス研究ラボ）

【研究担当者】 山口 雅彦、岩木 直、中川 誠司、浜田 隆史、須谷 康一、原田 暢善、小林 俊之、信宅 寛史

【研究内容】

臭気に対する生体への影響をにおいによる眼球運動の反応や脳応答の生理的变化で捉える眼球追尾システム、並びに脳波、脳磁図（MEG）等を用いたにおいの非侵襲実験系を構築し、不快な臭気に対する生理的応答の計測・評価手法の確立を目指す実験を行った。臭気が生体に及ぼす影響を調べる眼球運動追尾システムでは、追尾の時間精度が ms オーダー、空間分解能が mm オーダーである結果を得た。また、代表的な不快臭気に対して生理的影響、脳波、脳磁図（MEG）応答を計測する実験を実施中である。

【分野名】 地球環境、及びライフサイエンス

【キーワード】 環境臭気、MEG 計測、眼球運動追跡装置、においの生理反応

【研究題目】 臭気環境目標の設定に必要な臭気に係る量反応関係に関する研究

脳応答、心理物理応答レベルにおける臭気の順応特性の解明

【研究代表者】 齊藤 幸子（ライフエレクトロニクス研究ラボ、脳神経情報部門）

【研究担当者】 小早川 達、坂井 信之（脳神経情報部門）

【研究内容】

fMRI、MEGなどの非侵襲計測や心理物理計測によって臭気の順応過程を計測する刺激提示・評定システムを構築し、臭気に対する不快感や順応の時間依存性を、脳応答、心理物理応答レベル、の両面から計測し、特に認知的要因の影響について検討した。また、においの順応過程を計測する刺激提示・評定システムを構築し、これに関し高精度気体変動センサーを開発し、この特許出願を行った。認知応答、脳応答レベルの計測では、においの順応の時間依存性が5種類のパターンに分類できること、fMRIによる臭気に対する脳活動の特徴を明らかにした。

【分野名】 地球環境、ライフサイエンス

【キーワード】 においの順応、MEG、fMRI、臭気の不快感

【研究題目】 臭気環境目標の設定に必要な臭気に係る量反応関係に関する研究

嗅球レベルにおける異なる臭気種の重ね合わせの法則性に関する研究

【研究代表者】 森 憲作（東京大学大学院医学系研究科）（ライフエレクトロニクス研究ラボ）

【研究担当者】 森 憲作

【研究内容】

マウスやラットなどの嗅球部において、光学測定法を用いた嗅球内「におい地図」を作成し、汗臭い臭気の脂肪酸類やメルカプタン等の悪臭に反応する糸球の領域をそれぞれに決定した。さらに、嗅球内におけるこれら種々の臭気の濃度に対する重ね合わせの応答の測定を行った。動物の嗅球部において代表的な不快臭気に対し決定した「臭い地図」のこれらの研究成果は国際的な神経生理関連学会に発表し、高い評価を得た。

【分野名】 地球環境、ライフサイエンス

【キーワード】 嗅球、におい地図、光学測定法、糸球体

【研究題目】 臭気環境目標の設定に必要な臭気に係る量反応関係に関する研究

嗅細胞リセプターレベルにおける臭気の順応に関する研究

【研究代表者】 倉橋 隆（大阪大学大学院基礎工学研究科）（ライフエレクトロニクス研究ラボ）

【研究担当者】 竹内 裕子（大阪大学大学院基礎工学研究科）

【研究内容】

嗅細胞を用いたパッチクランプ法などの生理的実験に

よって、嗅覚順応に関わる時間依存性と異種のおい物質による分子メカニズムの研究を実施した。単一におい物質の嗅細胞応答の結果を踏まえ、におい受容カスケードの変化を捉えることができ、構成する細胞内因子の動向の理解、異なる刺激種の重ね合わせの効果、においの順応メカニズム解明の手がかりを得た。

〔分野名〕地球環境、ライフサイエンス

〔キーワード〕嗅細胞、におい受容、においの順応特性、パッチクランプ法

〔研究題目〕臭気環境目標の設定に必要な臭気に係る量反応関係に関する研究

低濃度環境臭気の採取方法、並びに代表的指標を見出すための研究

〔研究代表者〕福山 丈二（大阪市立環境科学研究所）
（ライフエレクトロニクス研究ラボ）

〔研究担当者〕増田 淳二

〔研究内容〕

一般に大気環境中の臭気レベルは非常に低く三点比較式臭袋法等で評価することが困難な場合が多い。そこで幅広い臭気物質、特に高揮発性の臭気物質を中心に悪臭の濃縮方法を検討し、低濃度臭気物質に対する捕集法、硫化水素やアンモニアなどの回収率の改善、検討、実際の大气中環境試料を用いた嗅覚捕集法、測定法の改良などの研究を行った。また、実際にこの手法を用いて環境中の幾つかの場所における臭気の採取を実施し現場の低濃度臭気捕集に有効である結果を得た。これらの成果を、臭気関連の国際会議などの学会で発表を行った。

〔分野名〕地球環境、ライフサイエンス

〔キーワード〕環境臭気、においの濃度、悪臭計測

〔研究題目〕都市気候・エネルギー連成モデルによるヒートアイランド対策の総合評価に関する研究

〔研究代表者〕近藤 裕昭（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕吉門 洋（化学物質リスク管理研究センター）、玄地 裕、大橋 唯太（ライフサイクルアセスメント研究センター）、亀卦川幸浩（(株)富士総合研究所）

〔研究内容〕

大都市における夏季のエネルギー需要は、年々増加傾向にある。一方で冬季にはヒートアイランド効果により都市では暖房エネルギーが節約できているとも言われる。夏季の大都市における高温化対策の効果は、これらを導入する地域の都市構造・街区構造に大きく依存する。このような複雑な都市のヒートアイランドとエネルギー需要の関係について、マルチスケールの都市気候モデルとエネルギー需要モデルを連成させ、さらにLCC、LCCO₂も考慮して各種対策技術が評価可能な手法の開発を行っている。

本年度はマルチスケールモデルの中心をなす都市キャノピーモデルの検証のため、夏季に東京都心の2カ所において100mスケールの領域の詳細な気温観測を行い、モデルの結果と比較した。週日と休日について比較を行ったが、週日の場合は人工廃熱を考慮した場合、休日については人工廃熱を考慮しないモデルの結果が観測とよく一致した。

従来の都市気候・エネルギー連成モデルは、夏季冷房条件下の東京を対象として、開発・検証が進められて来た。本研究では冬季暖房消費エネルギーへの影響も加味し、中間期を含む通年での妥当性を評価する必要がある。このため、ビルエネルギー・廃熱解析モデル（BEM）を対象に、その通年計算への適用を目的とした改良を実施した。結果を詳細空調設計のための評価モデルHASP（事務所ビル）、SMASH（住宅）と比較し、良好な結果を得た。

夏季の大都市における高温化対策の導入にあたっては数十年にわたるコスト（ライフサイクルコスト：LCC）やトータルで排出される二酸化炭素量（ライフサイクルCO₂：LCCO₂）などについても考慮し、冬季も含めたトータルの意味でその地域に最適な対策を導入する必要がある。このため、エネルギー供給システム、その他の対策についてそれらのライフサイクルコストおよびライフサイクルCO₂を評価することで、ライフサイクルの面からも最適な対策を提案することを目的とした研究を行っている。本年度は、ヒートアイランド対策のうち、ヒートアイランドに関係すると思われるエネルギー供給システムのコスト、LCCO₂分析を行った。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕都市気候モデル、ヒートアイランド、エネルギーシステム、ビルエネルギー需要

〔研究題目〕生分解性プラスチックの適正使用のための分解菌データベース作成に関する研究

〔研究代表者〕相羽 誠一（人間系特別研究体）

〔研究担当者〕常盤 豊、中山 敦好、山野 尚子、川崎 典起、土井 明夫、平栗 洋一、山本 襄、山下 桂子、山口真利子、ブエナベンツラダ・カラビア

〔研究内容〕

プラスチック廃棄物問題の解決に向けて生分解性プラスチックを普及させることを目的に、土壌中のプラスチック分解菌の分離、同定、分解挙動解明、そして分解菌データベース作成の研究を行う。本年度は42の公設試の協力のもと、全国55カ所の土壌を取り寄せ、同一環境条件下での有機物分解活性を調べた。各土壌の一般微生物の分布調査を行い、細菌、糸状菌、放線菌は場所によりかなり数に差があることが判明したので、それらの分布と分解性との関係について検討した。分解微生物は一般微生物総数の数%程度検出された。また、代表的な生分

解性プラスチックである PBSA と PLLA を対象に分解菌の定量と単離を行った。実環境での土壤中での生分解に影響する因子として、土壤微生物数、含水率、ポリマー分解菌数が重要であることを示した。土壤の生分解能をオリーブ油と PBSA にて調べ、これらが土壤分解性を予測するのに有効であることを示した。さらに、系統的類縁関係の明確な放線菌による各種ポリエステル分解能を調べた。ポリ乳酸分解微生物は *Pseudonocardiaceae* 科とその近縁の属に限定して存在することが明らかとなった。*Amycolatopsis* 属、*Saccharothrix* 属、*Lentzea* 属、*Kibdelosporangium* 属及び *Streptoalloteichus* 属がポリ乳酸分解能を示した。また、放線菌 *Saccharothrix* 属の1菌株が、ポリ乳酸を強力に分解することを発見した。なお、この研究は11機関の公設試と委託研究及び共同研究の契約のもとで実施した。

〔分 野 名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 生分解性プラスチック、分解微生物、分解挙動

〔研究 題目〕 有害大気汚染物質・揮発性有機化合物の高効率・簡易型処理システムに関する研究

〔研究代表者〕 尾形 敦（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 金 賢夏、小林 悟、二タ村 森、小淵 存、指宿 堯嗣

〔研究 内容〕

大気中に放出された揮発性有機化合物（VOCs）は、それ自身の毒性並びに後続する化学反応で粒子状物質（SPM）、光化学オゾンを形成する等、健康被害や環境汚染の原因物質となっている。排出源別では移動発生源に比べ圧倒的に固定発生源からの排出量が多い。その中でも大手企業の90%以上は除害装置が設置されているのに対し、中小の零細企業では導入コストや装置の大きさなどから適当な除去システムの導入が進んでいない。本研究では、中小の事業所でも取り扱える小型で安価なVOCs分解除去装置の開発を目指し、排ガス条件によらない高効率の分解除去システムの構築を図る。

H14年度は、研究を進めるために必要な多成分ガス連続同時分析法の確立、及びベンゼン分解反応を対象にゼオライト複合反応器について検討を行った。

分析法の確立については、フーリエ変換赤外分光法（FT-IR）を用い、多成分ガスを連続的に分析するための詳細な条件設定を行った。

ベンゼン分解反応については、プラズマ反応器に対しゼオライトを複合させることにより、吸着剤の濃縮効果を利用して、ベンゼンの分解効率が向上することを明らかにした。

プラズマ反応による触媒自身の賦活化については、プラズマ下で触媒作用を引き起こす活性点の有・無、及びその反応促進効果について検討を行った。その結果、プ

ラズマ下でゼオライトそのものも触媒作用を持ち、定常反応においても分解効率の向上が可能であることを明らかにした。

〔分 野 名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 低温プラズマ、ゼオライト、FT-IR、ベンゼン、分解

〔研究 題目〕 代替燃料層状燃焼エンジンに関する研究

〔研究代表者〕 後藤 新一（エネルギー利用研究部門）

〔研究担当者〕 小熊 光晴、木下 幸一

〔研究 内容〕

中大型ディーゼルエンジンに代替燃料を利用し、ディーゼルエンジンと同等以上の高い熱効率で、かつ自動車用排気ガス長期規制値の半分以下のレベルを達成できる層状燃焼エンジンシステムの研究開発を行う。本年度は、主に LPG（液化石油ガス）と DME（ジメチルエーテル）について検討する。LPG については、ディーゼル燃焼のさらなる熱効率向上を目的とし、セタン価向上剤を添加した LPG ブレンド燃料のディーゼルエンジンの研究開発、噴霧挙動観察などを行った他、レトロフィット対応 LPG ディーゼル自動車の走行試験を実施し、車両完成度を高めた。DME については、エンジンベンチを用いてのエンジン性能試験、噴射タイミングや EGR が NOx 排出量に及ぼす影響を調査・検討し、DME がディーゼル新燃料としての可能性を見出した。

〔分 野 名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 ディーゼル新燃料、LPG、DME、エンジン性能、排気ガス特性、LPG 自動車

〔研究 題目〕 ベンゼン排出量低減に関する総合研究

〔研究代表者〕 指宿 堯嗣（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 二タ村 森、永長 久寛、上梶 勇、小淵 存、大井 明彦、清水 聖幸、難波 哲哉、近藤 裕昭、兼保 直樹、吉門 洋（化学物質リスク管理研究センター）、斎藤 郁夫、松村 明光（エネルギー利用研究部門）

〔研究 内容〕

大気中のベンゼン濃度は環境基準値を超えており、ベンゼン排出量低減対策を確立することが緊急な課題となっている。ベンゼンの排出源は固定発生源、移動発生源と多岐にわたっているため、発生源に対する対策技術に加えて、対策技術の評価を併せて実施してベンゼン環境基準を達成するのに資する。

本研究では、(1)固定発生源対策、(2)移動発生源対策、(3)低ベンゼンガソリンの製造技術開発、(4)排ガス特性評価、並びに(5)大気中のベンゼン濃度予測モデルの開発と有効性評価、という研究を有機的に連携して行い、ベンゼン大気中濃度を低減するための総合研究を実施している。

(1)では、①1)無声放電型反応器の外管内壁にコーティングした TiO_2 、ステンレス製パンチ電極内に挿入した2) MnO_2 や3) TiO_2 - SiO_2 ペレットを用いて低温プラズマと触媒・光触媒の相乗作用について検討した。 MnO_2 、 TiO_2 、 TiO_2 - SiO_2 とも投入電力密度の増加と共にベンゼン分解率が增大した。触媒活性の経時変化について検討したところ、 MnO_2 は時間の経過と共に分解率が増加して、定常状態では無触媒時と比べて50%程度高い分解率が得られた。 MnO_2 は系中で発生するオゾンの分解活性も示したことから、そのオゾン分解で生成した酸素原子が触媒表面上でベンゼンの酸化分解を促進したものと考えられる。これに対して、 TiO_2 や TiO_2 - SiO_2 を複合化した系では同様のベンゼン分解促進効果が認められたものの、オゾン分解に対する触媒活性が認められなかった。通常の光触媒酸化機構でベンゼン分解が促進されたものと考えられる。 TiO_2 系触媒を複合化した系では、光触媒活性の維持にプラズマ照射が有効であることが確認された。

②光触媒によるベンゼン分解技術では、実用的な光触媒分解システムの開発を目的として、光照射強度の効果および低温プラズマとの複合化について検討した。まず、500W-超高压水銀ランプの365nm 輝線を用いて照射光強度の依存性について考察した。日射条件の良い日中では紫外光領域のエネルギーは3~4.0mW であるが、この条件下でのベンゼン分解速度は $2.8 \times 10^{-6} \text{molg}^{-1} \text{min}^{-1}$ と求められ、 1m^2 の平面に 2.0mg/cm^2 の担持量で担持した酸化チタン上で125ppm の濃度のベンゼンが毎分10L で分解できるものと試算された。ベンゼン分解速度は光強度の増加とともに増大し、0.7mW の領域では光強度に対して1次、0.7~11.0mW の領域では0.5次に比例すること、また、 CO_2 、 CO 選択率は94、6%と求められ、光強度に依存しないことが分かった。紫外・可視吸光度法による検討から、触媒表面上の炭素析出物の量は光強度の増加とともに増加した。続いて、光触媒と低温プラズマ法の複合化では、無声放電リアクタのガラス管内側に酸化チタンをコーティングすることによりベンゼン分解率が向上することを見いだした。生成物として CO 生成量にほとんど変化は見られなかったものの、 CO_2 生成量が増加した。赤外吸収分光光度法による解析から、酸化チタン表面上で酸化反応が進行することを明らかにした。

(2)では、3台の市販乗用車（いずれも超一低排出ガス認定者）の三元触媒を購入して、金属組成を測定するとともに活性試験を行った。いずれの触媒系も触媒は2つ装着されており、その内2台は前段が Pt/Rh 系で後段が Pt/Pd/Rh 系であった。これに対し、残りの1台は両者とも Pt/Rh 系であったが、前段のハニカム担体はセル厚が薄く、セル密度も高いものが使用されていた。次いで、自動車の起動時のベンゼン排出を低減するための HC 吸着システムについて検討した。前年度にベンゼン吸着

能が高かった ZSM-5とモルデナイトについて、シリカ/アルミナ比を変えてベンゼン吸着能を測定したところ、前者では H 型のシリカ/アルミナ比が最も小さいものの吸着能が高く、Na-モルデナイトでも同じ傾向が得られた。しかし、いずれの場合も水分が共存すると吸着能がほとんどなくなることが明らかとなった。これら吸着能が高かったものについて最終評価を行った。

(3)のベンゼンの選択的分離法の開発では、様々なガソリン基材の中でベンゼン含有量の最も大きいリフオメートを原料として、高水溶性の置換型シクロデキストリンの水溶液を用いてベンゼンを選択的に分離する液抽出を試み、得られた抽出油分及び抽出残油の様々な性状を調べた。その結果、この方法が有効であることが分かった。例えば、ヒドロキシプロピルーβ-シクロデキストリン（分子置換度0.6）の20%水溶液100ml を用いて、リフオメート（ベンゼン含有量4.9%）100ml からの液抽出操作を12回繰り返し、ベンゼン含有量2.9%の抽出残油を得た。

(4)では、超低排出ガス認定者である試験車について、排ガス中のベンゼン排出状況をガソリン組成との関連で検討した。10・15モードではほとんど HC は排出されていないため、燃料との関係を解析することは不可能であったが、11モードではガソリン組成とベンゼン排出状況との関係が解析できた。その結果、超一提出ガス認定者においても、コールドスタート状況ではガソリン中のベンゼン量が多いものが、ベンゼン排出量が多くなることがわかった。また、実車において触媒の動作状況を測定して、(2)の三元触媒の最終評価を行うための動作条件を明らかにした。

(5)では、ベンゼンの発生源について、平成12年度を基準年として固定発生源、移動発生源とも発生源データを修正した。またこの際気温によるベンゼンの蒸気圧の変化を考慮して季節別の変化も求めた。モデル側でも水平拡散の扱いに問題があったためこれを修正し、年間の平均値を計算した。昨年度の結果では、計算結果が測定結果よりかなり低い値となったが、今回の結果では両者の差は小さくなった。また、発生源別の寄与も計算し、削減の効果について検討した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ベンゼン、固定発生源、移動発生源、ガソリン、予測モデル

【研究題目】ディーゼル機関排出物の低減のための軽油品質改善技術に関する研究

【研究代表者】葭村 雄二（環境調和技術研究部門）

【研究担当者】葭村 雄二、佐藤 利夫、鳥羽 誠、
阪東 恭子、木嶋 倫人、神田 幸雄

【研究内容】

（目標）

ディーゼル排ガスの都市・沿道域大気環境に及ぼす影

響は益々深刻化しており、特にディーゼル排気微粒子 (PM) の健康影響は強く懸念されている。このため、本研究では、ディーゼル排気微粒子除去装置 (DPF) の装着の有無を問わず、すべてのディーゼル車からの排ガス (特に PM) の大幅低減を目的とし、その低減に繋がる軽油の品質改善を経済的に可能にする石油精製触媒技術を開発する。

(研究計画)

軽油中の芳香族 (アロマ) 成分及び硫黄量を温和な反応条件下で同時に低減可能であり、しかもセタン指数 (軽油の着火性の指標) の向上も併せて可能な、軽油の品質改善触媒の開発を行う。更に、ディーゼル機関排出物の低減 (特に PM 低減) に有効とされている超低硫黄・低芳香族クリーン軽油の製造コスト評価を行い、本触媒技術の実用可能性評価を行う。

(年度進捗状況)

昨年度までに当グループで開発され、共同研究を通してパイロットプラントにより長期寿命 (約2,700時間) が確認された Pd-Pt/Yb-USY ゼオライト触媒の更なる改良・高度化設計を行うとともに、高度化設計指針を構築するために貴金属相の硫黄被毒機構についても詳細な検討を行った。昨年度までは、硫黄量=440ppm、芳香族総量=27.5wt%、多環芳香族量=5.4wt%の原料軽油から、 $T=300$ 、 $P=4.9\text{Mpa}$ 、 $LHSV=2\text{h}^{-1}$ の反応条件下で低硫黄・低芳香族軽油 (硫黄量=25ppm、芳香族総量=5wt%、多環芳香族量<1wt%) が製造可能であったが、触媒調製法の工夫により、更にクリーンな超低硫黄・低芳香族軽油 (硫黄量<10ppm、芳香族総量<5wt%、多環芳香族量<1wt%) を製造できることがわかった。更に、本研究で開発された Pd-Pt/Yb-USY ゼオライト触媒を用いて、現行軽油から超低硫黄・低芳香族軽油 (硫黄量<10ppm、芳香族総量<5wt%、多環芳香族量<1wt%) を製造する場合のコスト評価を行った。現行の製油所内に25,000バレル/日処理規模の反応器 (開発触媒を充填) を増設した場合、クリーン軽油の製造に係るコストアップは約1.7円/リットル程度であることが明らかとなり、軽油のサルファーフリー化に加え芳香族規制が課せられる場合には、経済性を発揮することが確認された。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] クリーン軽油、軽油品質改善触媒、サルファーフリー、低芳香族、貴金属触媒

[研究題目] 動的磁気特性を利用した排ガス処理技術の開発に関する研究

[研究代表者] 菊川 伸行 (環境調和技術研究部門)

[研究担当者] 菊川 伸行、小菅 勝典、竹森 信、小林 悟、菅澤 正己

[研究内容]

VOC 等有害大気汚染物質の排出抑制に資するため、

磁性を有する多孔性材料を開発し、その動的磁気特性等を利用した新たな手法に基づく排ガス処理技術の開発をめざした研究を行う。

平成14年度は磁性多孔体の高性能化と大量合成手法開発をめざすとともに開発された磁性多孔体による VOC 吸着脱離試験を行うという目標の元に研究を進めた。

磁性多孔体の創製では、シリカ系多孔体の合成に關して、合成条件並びに焼成条件を精査することによって、比表面積、飽和磁化とも性能の向上が図られた。また、比表面積を大きく減ずることなく疎水性を付与することに成功した。次いで吸着脱離試験のための大量合成に着手し5倍までのスケールアップの見通しが得られた。

磁性多孔体を利用した排ガス処理システムの検討では、56kHz の高周波における発熱挙動を磁気特性値から推算するモデル式が見出され、また、2.45GHz のマイクロ波による加熱には活性炭を磁性体等の非導電体で被覆した吸着剤が有効であることが判明した。さらに、磁性多孔体を用いた模擬 VOC 吸着脱離試験に着手し、磁気加熱によれば極めて短時間に脱離できるということを明らかにした。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] VOC、磁性、マイクロ波、高周波、吸着回収

[研究題目] 軽油の酸化的超深度脱硫に関する研究

[研究代表者] 三木 啓司 (エネルギー利用研究部門)

[研究担当者] 矢津 一正、古屋 武、山本 佳孝

[研究内容]

1) 目標

ディーゼル車から排出される窒素酸化物および粒子状物質を低減することを目標として、軽油中の難分解性硫黄化合物 (ジベンゾチオフェン (DBT) 類) を選択的に除去できる酸化的脱硫技術を確立し、硫黄分を1ppm 以下に削減できる経済的で効率的な酸化的超深度脱硫プロセスを提案する。

2) 研究計画

本研究では、軽油中に含まれるアルキル化 DBT 類を選択的に酸化・除去できる軽油の酸化的超深度脱硫技術の開発を目的として、以下のような研究を実施する。

- (1) DBT 類の選択的酸化法の開発：4,6-ジメチル化体を含む DBT 類の硫黄を選択的に酸化するために、光、空気を用いる光増感酸化法について検討する。また、酸化脱硫反応促進のために、物質移動現象を解明する。さらに、酸化剤を用いる DBT 類の選択的酸化法について検討する。
- (2) 酸化活性ならびに安定性向上：酸化反応を担う活性種生成系を固体に結合し、安定性ならびに活性強化をはかる。
- (3) 軽油含有成分への影響把握：酸化的超深度脱硫処

理が、軽油の主成分である炭化水素類におよぼす影響を明らかにする。

(4) 酸化的超深度脱硫処理の効率化：プロセス化を前提とした酸化生成物の分離法および利用法を含む、本法の効率化、低コスト化について検討する。

3) 年度進捗状況

光増感剤酸化法の市販軽油の酸化脱硫への応用について検討した。光酸化反応は、300W キセノンランプを光源とし、軽油／アセトニトリル (MeCN) 二相系中、酸素流通下、20℃において、光増感剤としてアントラキノン (AQ) を添加して行った。軽油中の硫黄分は、光照射時間の増加につれ減少し、AQ を光増感剤とする軽油の光酸化脱硫が可能であることを確認できた。反応時間8時間後における硫黄分の減少は、軽油 A では362から48ppm、軽油 B では573から229ppm であった。軽油の光酸化脱硫における AQ および MeCN の添加量の増加は、軽油中の硫黄分の削減に有効であった。軽油に対して MeCN 相の交換を行う二段光酸化脱硫 (軽油／MeCN=1/4, v/v) により、軽油 A では硫黄分を6ppm まで削減できることがわかった。また、軽油 B については三段光酸化脱硫により硫黄分を3ppm まで削減できた。以上、AQ を光増感剤として用いる軽油の光酸化脱硫法により、市販軽油中の硫黄分の10ppm 以下への削減を達成できることを明らかにできた。

光増感剤である AQ の固定化について検討を行った結果、AQ の誘導体であるアントラキノン-2-スルホン酸ナトリウムは、イオン交換法により簡便にイオン交換樹脂上に固定化でき、光増感剤として有効に作用することがわかった。

また、光増感酸化反応の炭化水素類への影響について検討を行った結果、DBT 類と1-メチルナフタレン (MN) の共酸化反応においては、AQ-光増感酸化反応により、MN も DBT 類と同様に効率的に酸化できることが分かり、光酸化脱硫法による軽油中からの多環芳香族類の同時除去の可能性を見いだすことができた。

さらに、酸化剤を用いる DBT 類の新規選択的酸化法の探索を行った結果、過酸化水素／12-タングストリン酸系が優れた活性を示すことを見いだすことができた。この酸化系は、モデル軽油／MeCN 二相系中においても、酸化剤として効果的に作用した。さらに、この酸化系は、実際の軽油の酸化脱硫においても有効に作用し、軽油中の硫黄分を30ppm 以下まで大きく低減できることがわかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】軽油、酸化脱硫、ジベンゾチオフェン、4,6-ジメチルジベンゾチオフェン、光増感酸化、アントラキノン、過酸化水素、タングストリン酸

【研究題目】自動車由来有害大気汚染物質の光分解除去に関する研究

【研究代表者】竹内 浩士 (環境管理研究部門)

【研究担当者】松沢 貞夫、根岸 信彰、佐野 泰三

【研究内容】

自動車由来の揮発性有機化合物 (VOC) 及び粒子状物質 (PM 中) の有害物質を無害化するため、光触媒を用いた沿道での太陽光利用浄化 (パッシブ浄化) および道路排水系への適用も考慮した人工光源利用浄化 (アクティブ浄化) 技術の開発を目指す。光触媒としては、二酸化チタン (TiO₂) 又は改良や新規合成法で得られたチタン系のものを用いる。研究では、有害物質の光及び光触媒分解性評価、沿道で有害物質を除去する際に必要な高性能光触媒材料の開発、及びそれを用いた環境浄化システムの開発を行う。同時に環境データの取得も行う。

平成14年度は、アルデヒド類、ベンゼン類の気相での光触媒分解で中間生成物の生成量を少なくすることを目的として光触媒酸化反応と熱酸化反応の併用効果について、また、多環芳香族炭化水素の TiO₂ 薄膜上での光分解についても調べた。白金担持酸化チタンの温度を40℃から190℃に増大させ、アセトアルデヒドで光と熱の併用効果を調べた結果、紫外光照射下でのアセトアルデヒド分解速度および CO₂ 生成速度が70℃より高い温度で増大した。トルエンでも同様の結果が得られた。多環芳香族炭化水素の TiO₂ 薄膜上での光分解については、基質が吸着すれば短時間に80%程度の分解率となることがわかった。CO₂ までの完全酸化とはならず中間生成物ができるが、その後も光照射をし続けるとさらに分解が起こり低分子化することが今回始めて明らかになった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】大気環境浄化、空気浄化、光触媒、酸化チタン、自動車排気、可視光応答性

【研究題目】磁性吸着剤を利用した環境汚染物質の高度処理技術に関する研究

【研究代表者】野村 明 (計測標準研究部門)

【研究担当者】岡本 研作、井原 俊英

【研究内容】

排水処理や大気汚染処理においては汚染物質を除去する工程で種々の吸着処理が行われている。本研究は、汚染物質に対する各種の吸着機能を持ち、しかも、磁場で捕集 (回収) できる磁性吸着剤を用いて、環境汚染物質を高度に処理するための技術を開発することを目的とする。本年度は最終年度であり、研究の総括的な成果は以下の通りである。

磁性吸着剤のベースとなる磁性多孔体を製造するための条件を種々検討し、その結果、シリカゲル細孔内にγ-酸化鉄を担持させた磁性多孔体を調製することができた。また、重金属処理用の磁性吸着剤を開発するため、磁性多孔質体に EDTA (エチレンジアミン四酢酸) を

化学的に固定化することにより、Cd、Cu、Pb等の重金属に対して良好な吸着能を有するものを開発した。更に、有機汚染物質を処理するために、炭素源としてフェノール樹脂オリゴマー溶液を、磁性多孔体に含浸させ、それを炭化した後、水蒸気賦活する一連のプロセスにより、活性炭担持磁性吸着剤を調製することができた。一方、磁性吸着剤を回収するための装置として、1.7Tを有する電磁石を利用する、磁性吸着剤の磁気分離装置を開発・試作した。具体的な処理操作は、処理流体に磁性吸着剤を添加して攪拌し、それを排出する際には、その途中に磁石を設置して、使用済みの磁性吸着剤を磁気的に分離して回収する、という極めてシンプルなものである。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】環境汚染処理、磁性シリカゲル、吸着剤

【研究題目】表面処理工程廃液の減量化技術開発のための研究

【研究代表者】田中 幹也、湯本 勲（環境調和技術研究部門）

【研究担当者】田中 幹也、湯本 勲、小山 和也、横田 祐司、星野 保、Huynh Trun Hai

【研究内容】

担当者らは、従来から、使用済み無電解ニッケルめっき液からニッケルを回収するプロセスを開発する目的で、キレート抽出剤であるLIX84Iを使用した溶媒抽出法の適用性を検討している。これまでの研究の結果、LIX84Iは、平衡時の抽出率および逆抽出率には優れているが、それらの速度が十分でなく、連続運転を行った場合に十分な効率が得られないことが予想された。そこで、今年度は、有機相に別種の抽出剤を加えることにより、それら速度を改善することを試みた。その結果、抽出および硫酸による逆抽出の速度を大きく改善できる抽出試薬を見出すことができた。

また、表面処理廃液中の過酸化水素の分解法を開発する目的で、高い過酸化水素分解活性を持つ微生物とその微生物が産生する酵素を廃液処理に応用することを目標として研究を行った。S-1株およびT-2-2株のカタラーゼの諸性質を検討した。S-1株のカタラーゼは基質との親和性、反応効率の面で優れていた。熱に対する安定性が低かったが、添加剤により熱安定性が増強された。本酵素は実廃液に対して市販の酵素と比較して高い効果を示した。一方T-2-2については、細胞抽出液および精製酵素の活性が我々の知る範囲内で最も高かった。熱安定性は55℃、15分の処理後もその活性を維持していた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】無電解ニッケルめっき、溶媒抽出、微生物処理、カタラーゼ

【研究題目】有機塩素化合物等有害化学物質の排出抑

制のための電気化学的高度分解処理技術の開発に関する研究

【研究代表者】山根 昌隆（生活環境系特別研究体）

【研究担当者】山根 昌隆、竹田さほり、村上 幸夫、坪田 年

【研究内容】

有機塩素化合物は洗浄用溶剤等に使用されるクロロカーボン類の他、芳香族塩素化合物の形で各種合成原料などへも用いられている。これらを含む排水はコスト面やプロセス管理が煩雑等の理由により効率的な処理が困難である。これらの化合物を使用する業種では中小規模工場・事業場も多く、それらにおいても利用可能な低コストかつオンサイトで効率的に有機塩素系洗浄溶剤等を含む排水を分解処理できる技術の開発が求められている。このような目的に対し、固体高分子電解質（SPE）膜を用いた電解法によれば処理操作の簡便化と装置のコンパクト化が期待できる。そこで本研究においてはSPE電解還元法による有機塩素化合物の分解処理技術の確立を目指す。

・研究計画および進捗状況

14年度については、(a)有機塩素化合物等を高効率で分解できるカソード材料の検討ならびに電解セル構造の最適化、および(b)電解処理システムの構築ならびに他の分解プロセスとの結合の予備的検討、についての研究を行った。

有機塩素化合物に対する還元効率が良好で、より耐久性に優れたカソード電極材料としてパラジウム系の電極材料を見いだしているが、脂肪族有機塩素化合物についてはその還元特性が芳香族有機塩素化合物に比してやや低い傾向が見られた。そこで直接電解処理の後段に電解生成水素ガスを利用する還元触媒カラムを接続した2段階処理法について検討し、ジクロロメタンに対して120℃加温することにより100%脱塩素できることが確認できた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】有機塩素化合物、分解処理、電解法、固体高分子電解質

【研究題目】地球化学図による全国的な有害元素のバックグラウンドと環境汚染評価手法の高度化に関する研究

【研究代表者】今井 登（地球科学情報研究部門）

【研究担当者】寺島 滋、岡井 貴司、御子柴真澄、太田 充恒、立花 好子、富樫 茂子、松久 幸敬、金井 豊、上岡 晃、谷口 政碩

【研究内容】

本研究は日本全土における有害元素をはじめとする約50元素の地球化学図を作成し、自然バックグラウンドと人為汚染の評価法を確立する。本年度は九州・四国地方

を中心に約500個の試料を採取し、合計でこれまでに全国から約3000個のすべての試料採取を終了した。試料としては河川堆積物を用い、試料の採取密度は1試料/10x10kmとした。採取した試料は主成分元素についてはICP発光分析法で、微量成分元素についてはICP質量分析法で分析を行った。

得られた元素濃度をもとに地球化学図を作成するため、試料を採取した地点に関する流域解析を行った。試料採取点ごとに固有の流域を求めるシステムを作成し、このような流域を元に試料採取点に適切なメッシュをかけ、地形を考慮しながらメッシュごとに流域の帰属を定めた。このようなメッシュデータを元に地理情報システムを用いて地球化学図を作成した。また、元素の有害性に係わる情報を得るため形態別分析法としてとして、0.1N塩酸可溶性成分の地球化学図を作成した。0.1N塩酸は鉱物を分解する力が弱いので、水酸化物、炭酸塩鉱物、粘土鉱物や鉱物表面の吸着態からの溶出を表していると考えられる。重金属元素については、基本的にバルク組成値を用いた地球化学図と同じ元素濃度分布の傾向を示すことが確認された。

元素濃度分布の特徴については、カリウムのような主成分元素については多くの場合背景地質と密接な関係があり、ヒ素、鉛、カドミウムのような微量元素は鉱床が存在する地域で顕著に高濃度となった。水銀は鉱床で高い濃度を示すが全体として分布は不規則であり、断層や温泉などにより地下から拡散してきた可能性も考えられた。一方、クロム、ニッケル、バナジウムは超塩基性岩の蛇紋岩が分布する地域で高い濃度を示した。今後は元素分布と背景地質や人為的影響などとの関係の解析を進めてゆく予定である。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】地球化学図、河川堆積物、環境汚染、有害元素

【研究題目】エコ・アドバンスド技術による高効率環境修復・保全システムの確立

【研究代表者】北本 大（環境調和技術研究部門）

【研究担当者】北本 大、柳下 宏、関口 勇地、木村 信忠、鎌形 洋一

【研究内容】

本研究では、バイオサーファクタント等の環境調和材料、及び即効的な環境生物モニタリングシステムを一体化した、安全かつ高効率な環境修復システムの確立を目指している。

進捗状況：本年度は、昨年度選定された新しいバイオサーファクタントについて、その界面化学的特性、環境適合性等をさらに詳細に調べると共に、環境中でバイオサーファクタントの効果を検証するために必要となる定量的なPCR（遺伝子増幅）手法の開発に取り組んだ。

新しい糖脂質型のバイオサーファクタント（マンノシ

ル-エリスリトールリピッド）について、その表面張力低下能、乳化能、可溶性を調べた。代表的な環境適合型の糖型合成界面活性剤（Tween系、Span系など）と、その特性を比較検討したところ、いずれの合成界面活性剤より、低濃度で、高い活性を発現することが判った。

環境微生物の迅速なモニタリング手法として、定量的PCRの開発を行った。活性汚泥で高頻度に観察される微生物群（*Leptothrix-Sphaerotilus* group）を標的として、その微生物量の測定を試みたところ、定量的PCR法が極めて有効なモニタリング手法であることが立証された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオサーファクタント、バイオレメディエーション、土壌汚染、石油、微生物動態

【研究題目】廃棄物焼却により生成するダイオキシン抑制技術の研究

【研究代表者】竹内 正雄（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】宮寺 達雄、浮須 祐二、畑中 健志、北島 暁雄、小野みき子

【研究内容】

廃棄物焼却によるダイオキシン生成を抑制するとともに、生成ダイオキシンを分解して環境に出さないための技術開発を行うことを目的として、温度制御による燃焼場近傍での生成抑制技術、電子線、マイクロ波照射による排ガス中ダイオキシンの分解技術、焼却灰中ダイオキシンの触媒分解技術の開発を行った。すでに電子線・マイクロ波照射による分解技術については12年度で終了しているので、本年度は温度制御による生成抑制技術と焼却灰中ダイオキシンの触媒分解技術の研究した。

焼却飛灰から溶媒抽出したダイオキシン類を、水酸化ナトリウムを溶解した2-プロパノール中、各種パラジウム触媒を用いて82℃で脱塩素反応を行った。アルミナにパラジウムを担持した触媒を用いて反応を行うと、ダイオキシン類の毒性を99.9%以上減少させることができた。溶媒抽出と触媒分解を組み合わせることで、焼却飛灰中のダイオキシン類を無害化できることが示唆された。

温度制御による生成抑制技術については、燃焼条件の変化に伴うダイオキシン生成挙動の研究を行い、燃焼温度の変化と同様に、廃棄物中の塩素量の違いにより燃焼条件が変化し、生成挙動が強い影響を受けることがわかった。また、燃焼後期の高温度部での滞留時間の影響を明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ダイオキシン、抑制技術、廃棄物焼却

【研究題目】有害物質の漏洩防止材料の開発に関する研究

【研究代表者】小野寺嘉郎（メンブレン化学研究ラボ）

〔研究担当者〕 小野寺嘉郎、蛭名 武雄、長瀬多加子、
Chattopadhyay Abhijit

〔研究内容〕

防止する材料開発を目的として、第一段階として種々の粘土鉱物について分子やイオンの収着能、遮水性に係わる透水係数や膨潤能等の測定を行い結晶化学的な性質との関係を明確にし、有害物質遮蔽材料としての機能に関する基礎資料を整備する。また、第二段階として表面修飾や表面処理による特定有害物質の収着機能の付与あるいは遮水性の向上について検討し、材料の高機能化を目指す。

透水係数は遮水工を構成する土の粒度にも依存するため、今年度は種々の粒径の珪砂の透水係数を測定し、粒径と透水係数の関係を調べた。また、一般に流通するベントナイト中のスメクタイト重量比は高々60%であり、残りは他の非膨潤性粘土鉱物であるため、これら非膨潤性粘土鉱物の透水係数に与える影響を評価するため、ベントナイトに含まれる代表的非膨潤性粘土鉱物成分であるイライト、カオリナイトを対象としてそれらの透水係数を測定した。さらに、ベントナイトの水和挙動分析を目的に、その主成分鉱物であるスメクタイトについて膨潤性に及ぼす層間イオン種の影響を、高湿度下における熱重量分析により比較検討した。

一方、当グループが開発中の Si-Al-Mg 系複合含水酸化物の各種有害イオンに対する吸着性能評価の一環として、当該化合物の化学組成とヒ素およびリン酸イオン吸着性の関係を多変量解析法により明らかにした。また、粘土鉱物の高機能化を目的にラングミュアプロジェクト法により作製した粘土修飾電極（粘土-Os 金属錯体複合膜）による有害有機化合物の選択的酸化分解について検討し、当該電極による各種フェノール類の分解が可能であることを明らかにした。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 漏洩防止材、廃棄物最終処分場、ベントナイト、スメクタイト、透水係数、イオン収着、機能評価、機能高度化

〔研究題目〕 標準ガス希釈器の信頼性向上に関する研究

〔研究代表者〕 高本 正樹（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 中尾 晨一

〔研究内容〕

本研究では、標準供給されている容器詰め高濃度標準ガスから乾式の環境計測器の校正に必要な低濃度標準ガスを希釈精製するために使用されている希釈器の信頼性向上をめざす。具体的には、希釈器に使用されている微小流量用流量計を校正するために微小質量流量標準を確立し標準供給を行う、さらに希釈器内部へ成分ガスの吸脱着の定量的な評価を行い適切な表面処理方法を確認することである。これらの結果を基に信頼性の高い標準

希釈器を開発する。また、既存の希釈器の性能評価のための校正装置を開発する。平成14年度は、

1. 極微小質量流量標準の確立と供給

3mg/min～0.1mg/min の流量を発生できる極微小標準流量発生装置を開発した。本装置は、上記の流量範囲において拡張不確かさ（包含係数 $k=2$ ）0.5～1% で流量標準設定を行うことができる。と同時に、天秤に懸垂された計測用ガス容器と試験部の配管を接続する FEP 製チューブの張力の質量測定へ影響によってこれより小さな流量ではこれ以上不確かさを小さくすることは難しいことも確認された。

2. 標準希釈器の開発

H13年度の結果を基に、標準希釈器が試作されその性能評価が行われた。標準希釈器は、100ppm 以上の濃度を持つ標準ガスから数 ppm から数十 ppb までの低濃度校正用ガスを希釈精製できる。また、全体は80℃に加熱することができ、またパージの時は120℃まで加熱可能になっている。試験されたガス種は、SO₂、NO_x、VOCs の三種類である。その結果、予備実験の結果通りにこれらガスの吸脱着による出力への影響は許容範囲内（平衡状態まで数分以内）であった。また、設定希釈率と最終的に測定された濃度とが比較された。その結果、高濃度標準ガスの場合（メタンガス 956ppm と一酸化窒素 98.4ppm）は、いずれも0.5%以内で一致した。しかし、低濃度標準ガスの場合（メタンガス 1.06ppm）は、両者の差が0.5～3.0%の間でばらついた。その原因は、現状の低濃度分析器の能力の限界から来ているものと思われる。

〔分野名〕 環境・エネルギー、標準

〔キーワード〕 標準ガス、希釈器、流量標準、希釈ガス、成分ガス、吸着・脱着

〔研究題目〕 産業起源内分泌かく乱物質の環境複合毒性検出システムの開発と動態予測モデル作成に関する研究

〔研究代表者〕 山下 信義（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 吉山 秀典、鷺見 栄一、鈴木 昌弘、
前田 高尚（環境管理研究部門）
竹田 さほり、山根 昌隆、坪田 年
（生活環境特別研究体）
斎藤 隆雄、加藤 且也、横川 善之
（セラミックス研究部門）

〔研究内容〕

内分泌攪乱物質（Eds）の環境複合毒性に関する研究領域を開拓するために、機器分析化学的生物検定法を用いた環境複合毒性検出システムの開発、環境中 EDs の精製・純化法の開発、難揮発性 EDs の高性能分析法の開発、生化学的 EDs 毒性検出試験法の開発、ホルモン感受性培養細胞を用いた EDs 作用評価法の開発、内分泌攪乱物質動態予測モデルの作成を行う。

ダイオキシン、コプラナ PCB、ノニルフェノール類について、二次元ガスクロマトグラフィによる精密精製・純化法の基礎検討を行った。特に合成樹脂産業の主要材料であるノニルフェノールの環境ホルモン活性はごく一部の成分のみが有していることを世界で初めて明らかにした。また、東京湾柱状底質試料を分析し、過去90年間に海底泥に残留した内分泌攪乱物質の鉛直分布を明らかにした。

また、クロロフェノール類混合系およびビスフェノール A・アルキルフェノール混合系について、異性体分離を含めた迅速一斉分離を達成した。イオン化法の検討では、APCI 法において従来法である ESI 法より感度向上が期待できる結果が得られた。

また、内分泌攪乱物質であるフタル酸エステル、ビスフェノール A、アルキルフェノール類の生物代謝において、生体内では膵臓・肝臓で産生されるコレステロールエステラーゼ、環境中では糸状菌の産生するラッカーゼがこれら化学物質の分解過程で重要な役割を示していることを明らかにした。

また、疎水性化学物質をおもに輸送する有機懸濁態粒子 (POC) の組成について、東京湾9月期の表層水について調査検討した。非生物の有機懸濁態粒子 (デトリタス) の POC の中で比率の16地点での平均値は28%であった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】内分泌攪乱物質、ノニルフェノール、電気泳動

【研究題目】産業起源内分泌かく乱物質の環境複合毒性検出システムの開発と動態予測モデル作成に関する研究

ホルモン感受性培養細胞を用いた Eds 作用評価法の開発

【研究代表者】斎藤 隆雄 (セラミックス研究部門)

【研究担当者】斎藤 隆雄、加藤 且也、横川 善之、永田夫久江、穂積 篤、寺岡 啓、稲垣 雅彦、阿知波初美、橘樹 淳子

【研究内容】

迅速・簡便に内分泌攪乱物質の生体影響評価を行歌目に、ホルモン感受性培養細胞を用いた試験管内評価法の開発を目指している。

内分泌攪乱作用が疑われている物質の中で、特に一般産業化学物質として大量生産・消費されているプラスチック可塑剤のフタル酸エステル類、プラスチック樹脂の原材料のビスフェノール A や非イオン系界面活性剤原料のアルキルフェノールに着目し、それらの内分泌攪乱活性をレポーター遺伝子が導入されたエストロゲン感受性の培養ヒト乳ガン細胞株で検討した。その結果、短時間で化学物質の内分泌攪乱性を感度よく評価できることが示された。BPA には NP, 4-OP と比較して数倍高

い内分泌攪乱性が認められた。フタル酸ジエステルとその加水分解物であるフタル酸モノエステル及びフタル酸の内分泌攪乱性の結果から、高い内分泌攪乱性を示したのはフタル酸ブチルベンジルであった。

またこれら化学物質を酵素分解させた反応産物を試験物質としてその内分泌攪乱性を評価し、ラッカーゼの酸化反応を利用した内分泌攪乱物質分解の有効性について検証した。

さらに最近問題になりつつある内分泌攪乱化学物質の新たな生体影響である免疫毒性について、より簡便で、効率的で多検体分析に適した手法について、ヒトナチュラルキラー細胞と放射性物質⁵¹Cr を用いずに、ヒトナチュラルキラー細胞株 NK-92株と非放射性物質ユーロピウムを組み合わせた方法について、免疫毒性が問題となりつつある農薬を試験物質に用いて検討し、ヒトナチュラルキラー細胞と放射性物質の⁵¹Cr を用いる従来法の代替法として有効であることを示した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】内分泌かく乱物質、ビスフェノール A、アルキルフェノール、フタル酸エステル類、乳ガン細胞、免疫毒性、ナチュラルキラー細胞、ユーロピウム

【研究題目】ハロゲン化ダイオキシン類似物質の QSAR 分析法と分解処理技術の開発

【研究代表者】山下 信義 (環境管理研究部門)

【研究担当者】吉山 秀典、荷福 正治 (爆発安全研究センター)

【研究内容】

塩素化ダイオキシン類と同様な環境影響、毒性が懸念される臭素・フッ素などのハロゲン元素置換のダイオキシン類似物質 (PHDLC : polyhalogenated dioxin-like compounds) については環境動態・危険性把握が急務であるが、これらの化学物質は理論的には数千種類もの成分を有するため、塩素化ダイオキシンのみを対象とした現在の分析手法では対応できない。このため、複雑な混合物である PHDLC に適した新規研究手法を開発し、併行して生化学的構造活性相関法 (QSAR) による危険性評価、高効率分解処理技術の開発から構成される、「発生源推定」「毒性評価」「分解処理技術」を融合させた総合的研究を行うことで第二、第三のダイオキシン問題の発生を防止し、今後のダイオキシン対策の円滑な推進に資する。代表的な環境試料から PHDLC を含む化学物質グループを抽出し、最先端の微量有害化学物質精製装置等を用い、特定の強毒性物質を精製するとともに、これらに対する高感度測定法/生化学的危険性評価法を開発する。同時に、炭素同位体分析等を併用し、従来法では解明できない都市周辺環境における汚染源を特定する。また、廃棄物焼却場・埋め立て処分場の自然発火等から排出される排ガス・焼却灰中に含まれる PHDLC の放

電分解反応について置換元素ごとの特性を明らかにし、高効率分解処理法を開発する。平成14年度は分取ガスクロマトグラフィを応用した分析法を開発した。この方法を用い環境試料より PHDLC を含む化学物質グループを抽出した。PHDLC 分析の基礎検討を行い、塩素化ナフタレンと臭素化ジフェニルエーテルの分析法を確立した。また、排ガス中に含まれる PHDLC の放電分解反応について室内実験系の基礎検討を行った。焼却灰中に含まれる PHDLC の放電分解反応についてコロナパルス放電を用いた分解効率の検討を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】塩素化ダイオキシン、臭素化ダイオキシン

【研究題目】ダイオキシン類及び内分泌攪乱物質のセンシングシステムを用いた環境リスク対策の研究

【研究代表者】黒澤 茂（環境管理研究部門）

【研究内容】

水晶振動子（QCM）法と表面プラズモン共鳴（SPR）法で抗体の固定化条件の検討を行い、物理吸着法や共有結合法による抗体固定濃度の最適条件をそれぞれ見出した。また、QCM 上に固定化する抗体の温度変化や長期間の室温保存に対する安定化作用を持ち、かつ非特異吸着の大幅な削減に有効な試薬として2-メタクリロイルオキシエチルホスホリルコリンポリマーが最適な安定化剤である知見を得た。

競争反応での抗2,3,7,8-TCDD 抗体固定化 QCM は、1~100ng/mL の2,3,7,8-TCDD 濃度の検出が出来た。この濃度は、廃棄物焼却炉の排ガスの排出基準値の10ng-TEQ（毒性等量）程度の環境モニタリングには十分な感度である。実際の環境試料（ゴミ焼却場の飛煤）から ELISA 法用に前処理して調整した高濃度のダイオキシン類含有試料を用いて、当該 QCM 法による測定条件の検討を行った。その結果、QCM 法と ELISA 法では相関係数が約1であり、QCM 法と GC/MS 法では相関係数が約0.89であることを明らかにした。現在の研究段階では環境試料中のダイオキシンのスクリーニング技術に利用できる可能性を明らかとした。

【分野名】環境管理・エネルギー

【キーワード】ダイオキシン、水晶振動子、表面プラズモン共鳴、競争反応、スクリーニング

【研究題目】内分泌攪乱化学物質等の有害化学物質の簡易・迅速・自動分析技術に関する研究

【研究代表者】田尾 博明（環境管理研究部門）

【研究担当者】木村 明、野田 和俊、長縄 竜一、谷川 實

【研究内容】

昨年度主にアルデヒド類を選択的に吸着する鑄型重合

膜を表面に被覆した水晶振動子による簡便なアルデヒド類検出法に関して検討を行った。しかし、昨年度の製法では重合膜を被覆する際の膜量・厚みの制御が困難で、作製したセンサの感度を均一にすることができなかった。そこで本年度は、センサへの重合膜の被覆法について、均一で再現性の高い製膜法の開発を目標にモノマー溶液の組成・濃度・粘性等の検討に加え、重合温度・重合開始条件・モノマー塗布法等の被覆条件等、広範囲に検討を行った。今回、モノマーにはメタクリル酸メチル、架橋剤としてエチレングリコールジメタクリレート、重合開始剤として2,2-アゾビスイソブチロニトリルを用いた。鑄型物質にはアセトアルデヒドを用いた。このモノマー溶液に鑄型物質であるアセトアルデヒドを加えた後、溶媒としてクロロホルムを用いて最適な濃度及び粘度に調製し、表面を清浄にした水晶振動子へ一定量滴下した。その後、水晶振動子を約45°に傾斜させた台上で毎分約2回の速度で回転し、モノマー溶液が基板上に均一に拡散した状態で重合反応を行い、吸着膜を作成した。重合反応後生成した鑄型重合膜の膜量を、今回の「回転法」と、従来の塗布後静置して重合する「静置法」との間で比較を行ったところ、同様のモノマー組成であっても静置法では膜量に大きな個体差が現れるのに対して、回転法では均一な膜量の重合膜が得られることが分かった。また、アセトアルデヒド以外の物質に対する選択性を検討したところ、次の選択性が得られた。「クロロホルム」エタノール>メタノール>アセトン」ヘキサン」のうち、クロロホルムに対して若干の応答が見られた理由については重合膜合成時の溶媒として使用したため、アセトアルデヒドと同時にクロロホルムの鑄型も生成したのが原因と考えられる。アセトアルデヒドに対する検量線を作成したところ、空気中においてアセトアルデヒド濃度0~4%の範囲で良好な直線関係がみられた。測定分解能は約10ppm/Hz、選択性は対エタノールで約5倍であった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】アルデヒド、鑄型重合、センサ

【研究題目】工業製品の生体影響評価のための組織特異的内分泌かく乱化学物質検出系の開発

【研究代表者】木山 亮一（糖鎖工学研究センター）

【研究担当者】垣沼 直人、矢萩 正樹、朱 耘

【研究内容】

本研究は、エストロゲン活性を有する内分泌攪乱化学物質の生理活性測定のために、エストロゲン応答遺伝子を用いた遺伝子発現プロファイルによる環境ホルモン評価システムの開発を目標とする。本研究は、産業技術総合研究所と厚生労働省の研究機関による共同研究を行い、研究分担としては、独立行政法人産業技術総合研究所はエストロゲン受容体遺伝子を含めた応答遺伝子についての転写制御機構とリガンド特異性の解明を行い、厚生労働

働省・国立がんセンターではさまざまな組織由来の細胞を用いたアッセイ系の構築とその評価を行う。また、転写制御領域とリガンド特異性の解明については別に埼玉県立がんセンターとの共同研究を行うことにより転写因子や遺伝子機能に関する情報を得る。平成14年度は、カスタム DNA チップの利用による組織特異的なエストロゲン応答評価法の確立を行い、各主要組織由来の培養細胞を用いたプロファイリングを行った。一方、環境ホルモン基準物質との組み合わせの検定に関しては、20物質に関しては終了したが、さらに平成15年度も継続して行い、50物質についてデータベースを作成する計画である。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】環境ホルモン、エストロゲン、DNA マイクロアレイ、遺伝子発現プロファイル

【研究題目】有害藻類発生湖沼の有機物、栄養塩類、生物群集の動態解析と修復効果の評価に関する研究

発生源・湖沼由来の有機物等の物理化学反応による低減化機構の解明

【研究代表者】横川 善之（セラミックス研究部門）

【研究担当者】横川 善之、斉藤 隆雄、加藤 且也、永田夫久江、穂積 篤、寺岡 啓、稲垣 雅彦、大島 直樹、井上麻貴子、酒井 美穂

【研究内容】

アオコの異常な増殖要因および有機物濃度の上昇要因が密接に関連して湖内生態系の群集構造の変化をもたらす。湖沼等における溶存有機物を削減する手法の検討、生物群集の動態変化への影響解析による削減効果を評価し、有害藻類の発生を抑制する有効な対策を講じることが本研究の目的である。発生源及び湖内蓄積有機物に対する物理化学的手法による分解挙動を解明するため、物理化学的手法による分解挙動の解明、高度化、効率的操作条件を明らかにした。発生源及び湖内蓄積有機物に対する物理化学的手法による分解挙動を解明するため、溶存有機物の吸着剤、二酸化チタン固定化法、オゾン、光触媒、紫外線の効果を組み合わせた物理化学的処理法を検討した。

種々の有機酸を含むモデル水と名古屋市内の河川から採水した水について、紫外線、オゾン、光触媒を併用した分解実験を行い、イオンクロマトグラフで分析した。紫外線照射量、オゾン添加量を多くすると削減効果が向上することがわかった。また、光触媒と紫外線を併用すると、紫外線だけの場合と比べ、削減効果は大きいこと、紫外線とオゾンを組み合わせることで高い分解効果が認められた。河川水では、COD として20ppm 程度の汚濁した水でも、分解効果はあるものの、溶存する化学種により紫外線よりオゾンの方が効果的なものもあり、溶存有機物に応じた光酸化分解法を選択することが必要であ

ると思われる。

光触媒は、紫外線の受光と攪拌により効果が大きく異なることが明らかとなった。平成13年度に開発した、比重の小さな比較的直径の大きなポリマービーズ（比重1.05、径8mm）表面に二酸化チタンをコーティングしたものが少量で最も効果的な削減効果が確認できた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水処理、光酸化分解、ハイブリッド型

【研究題目】ノリ加工用海水の浄化・再生に関する研究

【研究代表者】木村 邦夫（基礎素材研究部門）

【研究担当者】木村 邦夫、吉田 章、恒松 修二

【研究内容】

九州有明海沿岸は、日本の代表的なノリの産地で、海岸から数 km の内陸に位置する約2,500の小規模業者がノリを生産している。つみ取られたノリは、その後の加工処理までの間、一時貯留槽に保存されるが、その鮮度を保つため毎日数トンの海水を使用している。しかし、使用後の海水は、何の処理も施されないまま周辺の用水路に放流されるため、産地周辺では塩害が発生し、深刻な環境問題となっている。本研究では、排水を環境基準まで浄化し再利用するために、ノリ排水用トータル処理システムの構築を目的に、当所で開発した環境浄化剤（アナターゼ型酸化チタン被覆微細中空ガラス球状体）を用いた浄化装置の開発を行っている。

ノリ加工用海水の浄化・再生装置の場合、リアクター10本を並列に配すると仮定しても、初年度に試作した装置に平均粒径 $25\mu\text{m}$ の5wt%のアナターゼ型酸化チタンを被覆した微細中空ガラス球（環境浄化剤）を充填する構造では、数 m^3 の排水を数時間で浄化する所期の目的が達成できない。この問題点を解決する手段として、環境浄化剤の粒径を $100\mu\text{m}$ 程度に大きくすることが必要と判断された。しかし、粒子が粗くなると比表面積（単位重量当たりの表面積）が小さくなる。紫外線が照射されているアナターゼと汚染物質が接していないと反応（浄化）しないということからは不利である。そこで、光触媒能を上げるために、環境浄化剤の調製過程でアルミナの添加を試みた結果、5.0wt% TiO_2 を被覆した平均粒径 $100\mu\text{m}$ の試料に比べ、2.5wt% TiO_2 と2.5wt% Al_2O_3 を被覆した試料が NO_x 浄化能が優れていることが明らかになった。今後、これを用いた排水の浄化実験を行う計画である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ノリ加工用海水、排水浄化、酸化チタン、微細中空ガラス球状体、光触媒

【研究題目】ダイオキシン類による地域環境汚染の実態とその原因解明に関する研究

【研究代表者】辰巳 憲司（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 和田 慎二、市川 廣保、森本 研吾、
福嶋 正巳、飯村 洋介

〔研究内容〕

ダイオキシン類による環境汚染の実態が次第に明らかにされつつあるが、環境中での挙動、特に土壤の腐植物質との相互作用についてはほとんどわかっていない。本研究では、ダイオキシン類の組成分析に及ぼす土壤及び土壤腐植物質の影響及びその評価を行うため、腐植酸タイプが異なる腐植物質を含む様々な種類の土壤や腐植物質そのものとダイオキシン類の相互作用を解明することを目的とする。本年度は、固相マイクロ抽出（SPME）法を用いて、ヘキサクロロベンゼン（HCB）とヘプタクロロジベンゾダイオキシン（HpCDD）の腐植物質に対する分配係数評価法を確立した。

SPME 法は、試料溶媒と固相（ここでは液相が固定されたファイバー）との間の分配係数に基づいた抽出法で、抽出溶媒を使用することなく、少量で低濃度の試料を短時間で抽出・濃縮することが可能であり、従来の手法と比べ簡便・迅速である利点を持つ。腐植物質として、3種の腐植酸（アルドリッチ（AHA）、塘路湖黒ぼく土起源（THA）、美瑛泥炭起源（BHA2））を用いて、腐植物質を含む水溶液中での分配平衡を測定した。腐植酸水溶液中の遊離 HCB 濃度は、振とう開始後1時間で HCB 初濃度の約3/10～7/10に減少し、腐植酸水溶液濃度が高いほど小さい値を示した。3～12時間後には、どの試料中の HCB 濃度もそれぞれほぼ一定値に収束した。これらの結果より、腐植酸への HCB および HpCDD の分配が時間と共に進行し、最終的に平衡に達したことが明らかとなった。

腐植物質に対するこれらの疎水性有機汚染物質（HOPs）の分配係数を評価するため、HCB、HpCDD のそれぞれについて[HOP]_o と平衡時の[HOP]_w の比を腐植物質濃度に対してプロットして直線関係を得た。分配係数 K_{oc} は直線の傾きに相当し、これから各腐植酸に対する HCB、HpCDD の log K_{oc} を求めた。3種のどの腐植酸に対しても類似した分配係数値が得られ、本研究で用いた方法による分配係数評価が人工的腐植酸（AHA）のみならず天然の腐植酸（THA, BHA2）にも広く適用できることを示した。また、いずれの腐植酸においても HpCDD の分配係数が HCB のそれよりも大きく、オクタノール-水分分配係数 K_{ow} の大きい化合物の方がより腐植酸に分配されやすい傾向にあることを示唆した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 ダイオキシン、腐植物質、腐植酸、分配係数

〔研究題目〕 ディーゼル車排ガスを主因とした局地汚染の改善に関する研究

〔研究代表者〕 小淵 存（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 近藤 裕昭、松澤 貞夫、大井 明彦、
指宿 堯嗣

〔研究内容〕

川崎市をはじめとする我が国の局地的大気汚染問題は、主としてディーゼル車による窒素酸化物（NO_x）および粒子状物質（PM）について緊急対策が必要な事態にある。本研究では、このような局地汚染改善のため、ディーゼル燃料性状を変更した場合の排ガスの改善効果の評価、予測する。また、川崎市の局地汚染地域を想定した数値流体モデルによる拡散モデルや局地汚染対策モデルの構築などを通し、効果的な環境改善対策を提言することを目的とする。

本年度は、主に、シャーシダイナモメータおよびディーゼル中量車を用いて、燃料を低硫黄化（低硫黄軽油）、さらに軽質化（低硫黄クリーン軽油）した場合の NO_x および PM 排出量に及ぼす影響を調べた。その結果、現在一般的に使用されているベース軽油（S=480ppm、90%留出温度=337℃）と比べて、低硫黄クリーン軽油（S=28ppm、90%留出温度=286℃）を用いて川崎市のトラックモードで排出ガス特性を測定した場合、NO_x ではほとんど変化は認められなかったが、PM では11%の低減効果があり、軽油の軽質化が PM 低減に有効であることが明らかとなった。一方、局地汚染対策のための数値計算モデルの構築に関しては、川崎市池上新田地区の交差点を対象として、道路沿道の NO_x 等の拡散を正確に計算するため、境界条件としてより大きなスケールの情報をメソスケール（関東地方規模）からダウンサイズして持ってくるシミュレーションモデルの構築を開始した。PPM 法と呼ばれる誤差の小さい計算スキーム等を組み込むことにより、濃度が実際よりも拡散してしまう数値拡散や、負の値を計算してしまう数値振動を防ぎ、精度よく汚染物質濃度を計算することが可能となった。さらに、PM 中の有害成分（多環芳香族炭化水素類）を分析するための手法構築を行った。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 ディーゼル車、排ガス対策、NO_x、
粒子状物質、燃料、数値計算

〔研究題目〕 フッ素系地球温暖化物質の回収・分解技術に関する研究

〔研究代表者〕 二タ村 森（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 二タ村 森、永長 久寛、清野 文雄、
山崎 章弘、原谷 賢治、藤原 一郎、
須田 洋幸

〔研究内容〕

本研究では、高性能分離膜やハイドレートを利用した回収技術と低温プラズマを中心とした分解技術を開発するとともに、各要素技術の相補的なシステム化を図ることにより、化学構造や排出源を異にするフッ素系地球温暖化物質の工場等の排出源からの大気環境中への放出を

抑止し、地球温暖化防止に資することを目的とする。
研究計画：まず膜によるフッ素系地球温暖化物質の回収プロセスの開発、ハイドレートによるフッ素系地球温暖化物質の回収再生プロセスの開発、低温プラズマによるフッ素系地球温暖化物質分解技術の開発を個別に行い、各要素技術を精緻化する。さらに、個別の発生源に適合する新規処理システムを設計し、実用化の基本計画を策定する。

年度進捗状況：本研究では、i) 膜によるフッ素系地球温暖化物質の回収プロセスの開発、ii) ハイドレートによるフッ素系地球温暖化物質の回収再生プロセスの開発、iii) 低温プラズマによるフッ素系地球温暖化物質分解技術の開発を個別に実施した。今年度の研究概要は以下の通りである。i) 高分子の化学構造が分離性能と透過性能に与える影響について検討し、ポリイミド系膜が CF_4 に対して高い分離性能を示すことを明らかにした。さらにフッ素系ガスの分離に最適な膜の開発に必要な基礎データを取得し、プロセス設計計算を行ったところ、 SF_6 回収の経済性が高いことを確認した。ii) $HFC134a$ 、 $HFC245fa$ 、 C_2F_6 からハイドレートが生成する平衡圧力条件、これらフッ素系化合物-窒素混合系でのハイドレート生成条件、ハイドレートによる平衡分離性能を明らかにした。さらにハイドレートによる連続分離実験の予備的な検討として、多孔質アルミナに対する $HFC-134a$ の透過性能に関するデータを取得し、細孔内の透過モデルを構築した。iii) プラズマ反応器の型がフッ素系地球温暖化物質の分解特性と副生成物分布に及ぼす影響について検討し、バックグラウンドガス、共存水などの反応制御因子の効果を解明した。 HFC 類の分解では無声放電型リアクタを酸素存在下で用いることにより、分解率が向上することが明らかになった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】フッ素系地球温暖化物質、膜、ハイドレート、低温プラズマ、触媒、回収、分解

【研究題目】永久凍土地帯のメタンハイドレートの安定性と生成解離

【研究代表者】海老沼孝郎（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】海老沼孝郎、皆川 秀紀、内田 努、長尾 二郎、竹谷 敏、大村 亮、成田 英夫、島田 互、高橋 信夫（北見工業大学）

【研究内容】

メタンハイドレートは、メタンと水から成る氷状の固体物質であり、低温高圧条件で生成する。外観は氷と類似しているが、その結晶は、水分子が形成する籠状構造（12面体と14面体）の中にメタン分子が包蔵される構造を持つ。包蔵されるメタンは、水1ccに対して、標準状態換算約200ccに達する。メタンハイドレートは、生成平衡条件を満たす永久凍土地帯や大陸縁辺部の海底堆積

層に広く分布することが確認され、地球表層における主要な炭素（地球温暖化ガス）貯留源と考えられている。永久凍土地帯のメタンハイドレートは、環境変動による温度と上載荷重の変化に対応して、地球温暖化ガスを放出または吸収する。本研究は、永久凍土地帯の環境変動に対するメタンハイドレートの応答特性を検討するものである。特に、熱力学的安定深度より浅い層に分布することが指摘されているメタンハイドレートについて、その安定化機構と分解過程を解明して、環境変動に対する寄与を明らかにする。今年度は、メタン-エタン混合ガス系におけるハイドレートの生成解離機構とガス密度を明らかにするために、氷点下温度において、X線回折によるメタンハイドレート生成のその場観察を行なった。また、堆積物環境におけるガスハイドレートの分解実験を行い、系内への熱流入量とガスハイドレートの分解速度との関係を定量的に明らかにした。さらに、水中においてガスハイドレートが分解して気泡が成長する過程を観察し、密度変化から分解速度を検討した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】メタンハイドレート、永久凍土、地球温暖化、安定性、生成解離

【研究題目】吸収線パラメータの実験的決定とその信頼性評価の研究

【研究代表者】山田 耕一（環境管理研究部門）

【研究担当者】山田 耕一

【研究内容】

本研究は地球環境研究総合推進費による研究課題 A-10「衛星データを利用したオゾン層破壊の機構解明に関する研究」のサブテーマ2「大気微量気体のリモートセンシングのための分光データ精密化に関する研究」のサブサブテーマ2-2として遂行された。2002年秋に軌道投入された ILAS-II など人工衛星によるリモートセンシング観測によって得られるデータから、大気微量成分の分布について有用なデータを抽出するためには、精密な分光データを実験室であらかじめ決定する必要がある。われわれはこの課題に関して、サブサブテーマ2-1担当の気象研究所と共同で研究を行い以下の成果を得た。

(1) 吸収線の圧力幅係数の回転量子数依存性

吸収線の圧力幅係数は、分子の衝突断面積に依存し、その回転量子数 (J または m) 依存性は解析的に簡単な式で記述できない。そのため従来は量子数 m に依存する圧力幅係数 y を多項式展開、

$$y(m) = a_0 + a_1 |m| + a_2 |m|^2 + \dots$$

をもちいて経験的に表現してきた。ここで m は回転状態を表示する擬似量子数で $J+1 \leftarrow J$ 遷移で $m=J+1$ 、 $J+1 \leftarrow J$ 遷移で $m=-J$ と定義される。昨年度報告したとおり、この多項式は $m \rightarrow \infty$ で無限大に発散する。このため、広い J の範囲の圧力幅データを表現することが困難である。そこで本研究では、2つの

n 次式の商で表現される有理関数近似 (n,n-Pade 近似)

$$y(m) = \frac{a_0 + a_1|m| + a_2|m|^2 + \dots + a_n|m|^n}{(1 + b_1|m| + b_2|m|^2 + \dots + b_n|m|^n)}$$

を用いることを試みた。

この式は、 $y(0) = a_0$ 、 $y(\infty) = a_n/b_n$ で m の全領域で発散せず、広い範囲の圧力幅データを表現するのに適当である。これを窒素及び酸素と混合された N_2O の赤外吸収スペクトルの測定データ (サブサブテーマ 2-1で得られたもの) に適用した。

(2) 吸収線プロファイルの精密決定

吸収線プロファイルの精密測定法を昨年度に引き続き開発した。本年度は CO の $J=5-4$ 遷移、及び塩化水素 (HCl) の $J=1-0$ 遷移についてサブミリ波領域で測定し検討した。その結果、ディッケの縮幅 (Dicke narrowing) 効果が明瞭に観測され、従来広く採用されているフォイクト (Voigt) 関数では、吸収線の形状を正しく表現できないことがわかった。より精密な表現である、ギャラトリー (Galatry) 関数を用いる方式を導入し解析した。

(3) N_2O の振動基底状態の吸収線プロファイル

圧力幅係数が振動励起によって変化するかどうかを確認するため、 N_2O の振動基底状態における吸収線形状をサブミリ波領域で精密に測定し、得られたデータを、赤外線分光法で得られる振動回転遷移の圧力幅係数と比較検討した。その結果、測定誤差の範囲で圧力幅係数が振動励起によって変化しないことが確認された。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 衛星観測、吸収強度、吸収線幅

[研究題目] 各種生態系における大気との CO_2 、 CH_4 、エネルギー交換量の解明に関する研究

[研究代表者] 山本 晋 (環境管理研究部門)

[研究担当者] 近藤 裕昭、蒲生 稔、村山 昌平、三枝 信子、前田 高尚、高村 近子

[研究内容]

本研究による観測はアジアフラックスネットワークの確立による東アジア生態系の炭素固定量把握を目的として展開されている観測網の一環を成すものである。ここでは東アジアモンスーン気候帯の各種生態系において7種類のフラックス観測サイトを選定して、大気と植生間の CO_2 等交換量や気象の連続観測を実施した。各種生態系毎の炭素収支の特徴を把握し、気象条件の差異が各生態系と大気間の交換量に及ぼす影響、さらに、観測データの蓄積を図り、炭素循環過程の定量的解明を目指した。

本年度に産総研の研究グループが主に担当した高山落葉広葉樹林サイトにおける観測解析結果について述べる。岐阜県高山市郊外の冷温帯落葉広葉樹林において、渦相

関法による二酸化炭素・水蒸気・顕熱フラックス、気象条件などを長期連続測定している。8年間の年間純生態系生産量 (NEP) は平均 $224 \pm 82 \text{gcm}^{-2}$ であること、年によって 100gcm^{-2} 以上の大きな違いがあることなどが分かった。二酸化炭素フラックスの年による違いの第1の要因は光合成有効放射が梅雨期、夏季の降水状態により年々変動すること、第2に展葉を開始する時期の違いである。葉面積指数 (LAI) の観測結果に基づいて春季に LAI が増加を開始した日 (LAI が1を超えた日) を比べると、展葉開始日は年によって20日程度変動していること等が分かった。

また、高山サイトでは、夜間および冬季の二酸化炭素フラックスは主に気温の関数、夏季の日中の二酸化炭素フラックスは光合成有効放射と気温の関数で表現できた。一方、二酸化炭素フラックスに対する土壌水分量と飽差の影響は明瞭ではない。このことは、高山サイトは年間降水量が多く (2000mm 以上) 湿潤な条件下にあることに関係すると考えられる。

高山サイトの年間の NEP を求める際、現在のところ最大の不確定要因は、夜間安定時の補正をどの程度行うかという事である。また、夜間の補正が年間 NEE (Net Ecosystem CO_2 Exchange) に大きな影響を及ぼすという結果は、複雑地形地でのフラックス観測の一つの特徴であり、年間 NEE の値は慎重な取り扱いを必要とする点ではないかと考えられる。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 森林生態系、アジアフラックス、渦相関法、炭素収支、生態系正味交換量

[研究題目] 地球温暖化における陸上生態系フィードバックに関する研究

[研究代表者] 近藤 裕昭 (環境管理研究部門)

[研究担当者] 山本 晋、蒲生 稔、村山 昌平、三枝 信子、飯塚 悟

[研究内容]

陸上生態系を含む複雑地形上の大気環境中 CO_2 集積・拡散過程の詳細解明を目的とした数値シミュレーションモデルの開発を行った。数値シミュレーションモデルは LES (Large Eddy Simulation) と呼ばれる大気乱流解析手法をベースとして、これに熱輸送解析並びに物質 (CO_2) 輸送解析を連成させることにより作成した。本モデル開発においては特に、ベースとなる大気乱流解析モデルの高精度化に関する検討を重点的に行った。大気乱流解析モデルの予測精度の検証は、山岳地形上の中立大気乱流場を対象とした精密風洞実験との比較により行った。LES の各種 SGS (sub-grid scale) モデルの性能比較や地表面境界条件の違いが予測精度に及ぼす影響などに関して詳細な検討を行い、極めて高精度の予測が可能となる大気乱流解析モデルを作成した。この大気乱流解析モデルの高精度化に関する検討で得られた研究成

果・知見の多くは、熱輸送や物質（CO₂）輸送の解析モデルの開発においても十分に活用されている。本モデル開発の最終形態である大気乱流＋熱輸送＋物質（CO₂）輸送の連成解析モデルを作成した後は、地表面全体が高さ5m程度の樹木（樹木はCO₂吸収源として機能）に覆われている山岳地形上の非等温大気乱流場中のCO₂集積・拡散過程の解析を行った。CO₂集積・拡散過程には乱流の寄与が大きく、山岳地形周辺で生じる衝突、剥離、循環、再付着などの様々な乱流性状にCO₂集積・拡散過程が大きく影響される状況について明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】複雑地形、大気乱流、LES、
連成解析モデル

【研究題目】生態系における安定同位体比の測定による物質フローの解明に関する研究

【研究代表者】村山 昌平（環境管理研究部門）

【研究担当者】山本 晋、近藤 裕昭、蒲生 稔、
三枝 信子、飯塚 悟、高村 近子、
岐阜大学：小泉 博、秋山 侃、
京都大学：大手 信人

【研究内容】

（目標・研究計画）

本研究では、森林生態系において、大気・土壌等のCO₂濃度及び炭素、酸素安定同位体比等を測定し、気象要素の測定と組み合わせ、炭素循環の詳細を調べ、森林生態系における炭素収支の特徴及び気象条件の違いが炭素収支に与える影響を明らかにする。岐阜大学に委託し、特に林床部や土壌を中心とした未知の炭素フローに関して安定同位体比の測定などを通して明らかにし、森林生態系における炭素循環プロセスをより明確にする。また、京都大学に委託して、京都大学近郊に設けられた森林流域試験地において、安定同位体の測定を利用した水文過程の把握と物質循環量の定量化を行う。

（年度進捗状況）

落葉広葉樹林観測サイトにおける土壌呼吸フラックスおよび渦相関法による夜間の大気－森林生態系間CO₂フラックスの見積もりと地温との関係を調べ、それぞれの季節依存性を調べた。いずれのフラックスも地温の指数関数として表現され、土壌呼吸フラックスは、地温との相関についての季節依存性は小さかったが、夜間の大気－森林生態系間フラックスは、春から夏にかけての方が夏から秋にかけてよりも同じ地温でもフラックスが大きかった。この結果、春から夏にかけて地上部の呼吸の占める割合が大きくなることが分かった。岐阜大学では、測定から得られた光－光合成曲線に林床部の光条件季節変化を当てはめ、ササの日積算光合成量を推定を行い、秋期に光合成量が大きくなることを明らかにした。このことから、林冠が開いている春期と秋期に、林床のササの炭素固定能が系全体の炭素動態に大きく影響している

と推察された。また、同位体手法により、土壌呼吸由来のCO₂がクマイザサによりどの程度光合成に再利用されるか推定を行ったところ、夏期に10%程度、秋期に2%程度であることが明らかになった。京都大学では、森林生態系における物質の流出プロセスを解明するため、水文過程の物理的な観測と水の同位体比測定を用いた観測を行い、地中水流動のパスウェイと集水域内各部位での水の滞留時間の推定を継続して行った。また、同位体比測定から樹種毎の水欠損に対する気孔コントロールの指標である大気CO₂濃度に対する葉の細胞間隙CO₂濃度比の森林内における高度依存性を明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】安定同位体比、炭素循環、森林生態系

【研究題目】観測データベースに基づくモデル化と炭素収支の数値把握に関する研究

【研究代表者】近藤 裕昭（環境管理研究部門）

【研究担当者】山本 晋、蒲生 稔、村山 昌平、
三枝 信子、飯塚 悟

【研究内容】

アジアフラックス観測サイトの一つである岐阜県高山市郊外の冷温帯落葉広葉樹林（高山サイト）において1993年以降行っている空気力学的方法と1998年に開始した渦相関法を用いて、過去8年間の生態系純生産量（NEP）を求めた。関連するデータを分散型データベースシステム“Ecosystem Database in AIST”で公開中（一部公開準備中）である。このデータベースをもとに、生態系純生産量NEP、光合成総生産量GPP、生態系呼吸量Recを一日ごとに算出し、地上気温や光合成有効放射量との関係を求めた。GPPは樹冠で吸収された光合成有効放射量APARの関数とし、総生産量の光強度依存性を表すパラメータを葉面積指数の関数とした。葉面積指数の季節変化は、樹冠における光合成有効放射の減衰率から推定し、これらの観測値に合うような経験式を作成した。落葉樹林の展葉時期については、冬から春にかけての積算温度の関数とした。以上の方法により、森林樹冠上におけるNEPの季節変化を地上気温と光合成有効放射量の観測値から推定するモデルを構築した。

モデル計算結果は、展葉・落葉時期の前後に一部問題点があるものの、観測されたNEPの季節変化の概要をほぼ良好に再現した。1998年の高山サイトでは、4月の気温が他の年に比べて特に高く、その結果1998年の展葉開始日は例年に比べて20日以上早く、このことが1998年前半のNEPをその他の年に比べて高くしたことが観測結果と計算結果で確認された。2000年の高いNEPは、2000年の梅雨明け以降、入力放射量が安定して高い値を維持したことが直接的な原因と考えられる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】アジアフラックス、データベース、炭素収支、渦相関法、生態系純生産量

〔研究題目〕 太平洋の海洋中深層データ解析による長期的二酸化炭素吸収量の解明に関する研究

〔研究代表者〕 鶴島 修夫（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 鶴島 修夫、原田 晃

〔研究内容〕

これまでに国内外の北太平洋中深層の二酸化炭素ならびにフロンなどの化学トレーサーデータを太平洋スケールで収集した。これらをもとに、昨年度までに開発した大気から海洋への人為起源二酸化炭素蓄積速度の解析法を用いて、太平洋スケールにおける人為起源二酸化炭素の蓄積速度の時空間分布マップを作成した。その結果、北太平洋で最も人為起源二酸化炭素が蓄積されている海域は日本沿岸の西部海域で $8\text{gC}/\text{m}^2/\text{year}$ であり、また、南太平洋では南極周辺部が $12\text{gC}/\text{m}^2/\text{year}$ 以上であった。北太平洋全体としては1990年代平均で、 $0.54 \pm 0.01\text{PgC}/\text{year}$ ($\text{Pg}=10^{15}\text{g}$)、また、南太平洋では $0.78 \pm 0.02\text{PgC}/\text{year}$ の人為起源二酸化炭素を吸収しており、太平洋全体としてはモデル計算から期待される全海洋の人為起源二酸化炭素の約6割を吸収していることが明らかになった。さらに、気候変動あるいは地球温暖化に伴う海洋表層と深層との混合の鈍化により、これらの二酸化炭素の吸収の程度が数十年スケールで鈍ってきている可能性があることを明らかとした。今後は、本年度までに収集した国内外のデータをもとに、北太平洋全域の数十年スケールの人為起源二酸化炭素量の変動を明らかにするとともに、その変動メカニズムについての解明を明らかにする予定である。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 二酸化炭素、吸収速度、太平洋

〔研究題目〕 固定燃焼装置における N_2O 対策技術及び産業活動起源の CH_4 (メタン)、 N_2O (二酸化窒素) インベントリー推定に関する研究

〔研究代表者〕 宮寺 達雄（エネルギー利用研究部門）

〔研究担当者〕 鈴木 善三、小淵 存、内澤 潤子、難波 哲哉（環境管理研究部門）、匂坂 正幸（ライフサイクルアセスメント研究センター）、飯島 宏子

〔研究内容〕

自動車、固定燃焼装置等から排出される N_2O を低減するための N_2O 分解触媒及び N_2O 副生抑制型 NO_x 還元触媒の開発指針を得るとともに、化石燃料採掘時の CH_4 放出量と燃焼施設からの N_2O 排出量推定値の精度向上を図ることを目的として、触媒調製法及び共存ガス成分の影響の検討等の基礎研究を行うとともに、 CH_4 、 N_2O の排出量について現場測定を行いデータの検討を行った。

N_2O 分解触媒については、昨年に引き続き Rh 担持触

媒について、水分および NO_2 の影響を調べた。水分と NO_2 が同時に共存するといずれの担体においても活性が激減するが、その中で Al_2O_3 、 ZrO_2 は比較的高い活性を示し、これらが Rh 触媒担体として有望であることがわかった。 NO_x 選択還元触媒については、Co 等をイオン交換法で H 型フェリエライトに導入した触媒が、メタノールによる還元を高活性を示すとともに N_2O の副生が少ないことを明らかにした。 N_2O 排出量の推定に関しては、3年間にわたり下水汚泥焼却炉のベ11基の長期の実地調査を行い、運転記録と実測値より N_2O 排出係数とフリーボード最高温度の関係を明らかにした。これにより、運転記録から N_2O 排出量を精度良く推定する方法を確立し、全国の下水汚泥焼却炉からの N_2O 排出量推定値とその誤差を見積もることが可能となった。 CH_4 インベントリーに関しては、坑内採掘法により生産を行っているわが国の石炭鉱山起源の炭鉱のメタン排出量データの解析を行い、平均切羽深度とメタン量との関係を導いた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 地球温暖化、 CH_4 、 N_2O

〔研究題目〕 木質系バイオマスのエネルギー変換技術の評価に関する研究

〔研究代表者〕 小木 知子（エネルギー利用研究部門）

〔研究担当者〕 中西 正和、土手 裕*（*宮崎大学工学部）

〔研究内容〕

本研究においては、木質系バイオマスエネルギーの導入・実用化にあたり、木質系バイオマスからエネルギーを製造するプロセスを導入した場合の、温暖化軽減効果を計量的に評価することを試みる。14年度は、日本国内のバイオマスを用いて燃焼発電（ガス化発電）を行う場合について、モデル地域を想定し、地域特性に応じた適正規模の発電技術とシステムの検討を行った。またコスト試算を行うためのデータを得るべく、日本国内の燃焼発電の調査を行い、発電コストの比較、検討を行った。

その結果、日本の東北地方の小都市（人口3万人相当）地域では、マイクロガスタービンコジェネ（300kW、複数基）、ガスエンジンコジェネ（100kW、複数基）による小型分散型発電システムが適していること、300kWのマイクロガスタービンコジェネ発電の場合に必要なとされる木材量は 24.7AD (air-dry) $\text{t}/\text{日}$ であり、この都市の調達可能な木質系バイオマス量に適合することがわかった。また日本における木質系バイオマスの発電コストは、6~189円/kWh とばらつきが大きく、現状では石炭火力との経済的競合は困難であるが、炭素税等の温暖化対策措置を考慮すれば、競合可能となり、その場合、原料バイオマスのコストの圧縮が重要であることが示された。

〔分野名〕 環境・エネルギー

【キーワード】木質系バイオマス、燃焼発電、ガス化発電、温暖化軽減効果

【研究題目】交通需要の地域特性に適合した運輸部門の環境効率向上策とその普及促進策に関する研究—運輸部門における消費エネルギーの総量の低減手法に関する研究

【研究代表者】清水 健一（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】二瓶 光弥、岩月 徹

【研究内容】

ハイブリッド自動車は、従来の内燃機関自動車の概ね2倍の燃費が確保できることから開発と普及が盛んで、即実用可能な高効率車両として期待されている。運輸部門でのこれら新種車両による消費エネルギー削減量を検討するために、そのエネルギー効率を他の一般車両と同じスケールで精度よく評価できる汎用性の高い燃費評価基準が必須である。このため、一般の内燃機関自動車と同様に評価できるモード燃費試験法が必要となる。

しかし、ハイブリッドEVにはエネルギー蓄積要素としてモーター駆動用のバッテリーがあり、燃料と電気エネルギーの双方で走行することから、試験時の燃料消費量で燃費を推計するためには、試験前後で電池のエネルギー状態が同一であることが条件となる。そこで従来検討してきた電池の状態変化をキャンセルする複数の方法のうち、複数回の燃費試験結果から電池の状態変化がゼロの際の燃費を推測する方法について、形式の異なる市販ハイブリッド車を用いて試験法の妥当性を検討した。その結果、試験の走行モードに依存しないハイブリッドシステムの評価方法により、電池の電気量計測精度をはじめとする試験の総合精度を大きく左右する要素を把握することができた。

また、米国規格の始動直後の燃費を評価するいわゆる「コールドスタート燃費試験」では、冷えた状態で一回だけしか試験ができないため、複数回の試験を実施するには膨大な時間を必要とするが、この際の一つ一つの試験の精度が温間時のデータより大幅に悪化することが判明した。この精度悪化が車両状態の変化に起因することに着目して、温間時に近い精度を確保できるデータ処理方法を確立した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】燃料消費率評価法、ハイブリッド自動車、エネルギー蓄積要素

【研究題目】屋内外熱負荷低減効果の数値シミュレーションモデルによる検証

【研究代表者】玄地 裕（ライフサイクルアセスメント研究センター）

【研究担当者】玄地 裕

【研究内容】

1) 研究の背景・目的・目標

民生部門の省エネルギー対策として建築手法によるエネルギー消費削減が有望視されている。そこで本研究では、個別建物から都市スケールまで建築の各種環境保全手法が導入された場合の環境負荷低減効果の定量と技術評価を行い、各手法の効果的な設置法や現実的な活用を提示することを目的とする。具体的には、環境保全手法として太陽電池パネル（PV）が夏季の都市の気温と冷暖房エネルギー消費に及ぼす影響について検討する。ヒートアイランド化が進む東京23区域からモデル街区を選び、大規模PV設置の定量的影響評価を行い、ヒートアイランドへの影響も考慮したPV設置指針を明らかにすることを目標にする。

2) 研究の全体計画

実際の建物屋上にPVを設置し、PV設置時の熱の挙動を実測することでPV設置熱収支モデルを構築する。熱収支モデルを都市気象モデルに導入して、PV導入が都市気温、冷暖房エネルギー消費に与える影響を明らかにする。気温への影響、エネルギー消費への影響を屋上緑化などの他の屋上使用対策と比較することでPV設置指針を明らかにする。

3) H14年度の研究内容及び成果の概要

平成13年度に行った実測と太陽電池パネルの熱収支モデルをもとに、太陽電池パネルの気象モデルへ導入を行った。モデルを用いて太陽電池パネルが大規模に導入された際の夏季冷房負荷削減効果について検討した。その結果、PV大規模導入は、冷房消費量削減による省エネルギー効果があると推定された。また気温上昇は、設定した計算条件（全屋上面積の50%に設置、架台型、発電効率8%）範囲では、0.1℃以内であり無視できた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】太陽電池パネル、屋上面熱収支、ヒートアイランド、エネルギー消費、シミュレーション

【研究題目】環境ホルモン・重金属による地球規模の海洋汚染観測システムの構築に関する研究

【研究代表者】田尾 博明（環境管理研究部門）

【研究担当者】野田 和俊、長縄 竜一、木村 明、中里 哲也、鳥村 政基

【研究内容】

地球規模で進行する内分泌攪乱化学物質や重金属類による海洋汚染の実態を把握し、その動態を解明するため、定期商船を利用する海洋観測システムを開発し、観測を通して全球的な海洋汚染情報を取得する。昨年度に引き続き、自動採水システムによる日本—中近東間並びに日本—豪州間で海水試料の採取と各種海洋環境情報を取得した。海水試料は実験室に持ち帰って分析することにより、これらの海域における有機スズ化合物、重金属類濃

度、並びに雌性ホルモン活性を測定した。その結果、海域ごとの有機スズ化合物や重金属濃度レベルを把握することができ、また、前年の結果と比較して時間的な変化を把握することが可能となった。有機スズ化合物の一種であるTBTに関しては日本-豪州間の太平洋海域でも検出され、地球規模での汚染実態を明らかにすることができた。重金属に関しても、金属の種類により日本近海で濃度が高くなるものがあり、人為起源と考えられた。雌性ホルモン活性に関しては、海水試料を有機溶媒で抽出し、カラムクロマトグラフィーでクリーンアップを行った抽出液について、そのものの活性と、そのものではなく生体内で代謝された結果生じる物質の活性を、人のエストロゲンレセプターを導入した酵母を用いて調べた。その結果、そのものの活性はどこの海域においても、認められなかったが、代謝産物が活性を示す海域が認められた。この活性を示す原因物質に関しては、人為起源か自然由来かも不明であり、来年度以降の新規課題で解明していくことを予定している。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】アルデヒド、鋳型重合、センサ

【研究題目】東アジア諸国での日本製中古・使用済自動車及び中古部品の不適切な使用・廃棄による環境負荷増大の実態とその防止策の予備的検討

【研究代表者】稲葉 敦（ライフサイクルアセスメント研究センター）

【研究担当者】八木田浩史

【研究内容】

（目標）

多くの環境問題を引き起こしながら対応が遅れている我が国発の中古・使用済み自動車及び部品の実態と流出先で適切に使用・廃棄していくために必要な体制を構築するため必要な支援策を検討するとともに、それによる環境改善効果の推計に向けた予備的検討を行う。

（研究計画）

東アジア諸国に導入することが適切な整備技術及びリサイクル・処理技術に関する評価方法を開発する。対象国で必要とされる技術のうち、使用・廃棄を通じて環境負荷量が最小になる技術を選択するための方法を検討する。新たに開発が必要な技術を抽出し、その開発方法を検討する。

（年度進捗状況）

東アジア諸国に導入することが適切な整備技術及びリサイクル・処理技術に関する評価方法の構築の一環として、中古車のアジアにおける第二ライフサイクルを考慮したLCA手法について概念設計を行い、LCA評価の実施に必要な各種インベントリの作成準備、およびシナリオ設定の検討を行った。

具体的には、既に行われている日本の自動車のLCI

分析（製造、使用、廃棄）を基に、これをアジア諸国へ輸出される中古車に対して適用するための拡張を行った。本LCA評価においては、アジア諸国の自動車の使用、廃棄の段階に関する検討シナリオの設定をいかに行うかが問題だが、今年度は典型的な自家用ガソリン乗用車（1992年製造、2000cc）に限定した検討を行った。

その結果、東アジア諸国に導入することが適切な整備技術及びリサイクル・処理技術に関する評価方法として、中古車のアジアにおける第二ライフサイクルを考慮したLCA手法について概念設計の段階は終了し、想定する導入技術および導入シナリオなどに関する具体的な基礎データがあれば、技術評価が可能な状況まで到達した。

今後、具体的なシナリオに即して評価方法の拡張を行うと共に、評価に際して必要な基礎データを明らかにすることが必要となる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】自動車、環境負荷、アジア

【研究題目】未利用エネルギー供給技術の普及に及ぼす経済的誘導施策の効果に関する研究

【研究代表者】匂坂 正幸（ライフサイクルアセスメント研究センター）

【研究担当者】匂坂 正幸、八木田浩史、玄地 裕、嵐 紀夫

【研究内容】

未利用エネルギーの導入促進を図るためには、省エネルギー、CO₂排出量削減等の技術的な側面だけでなく、それに伴うコストの評価が不可欠であり、導入によるコスト上昇が大きい場合には何らかの経済的誘導施策が必要である。本研究では、未利用エネルギーの導入に際して経済的誘導施策がなされた場合の費用対効果を明らかにするため、都市におけるエネルギー需給構造モデルを構築した。モデル中に、補助金、炭素税等の経済的誘導施策を金額の形で入れることによってその効果を推定することができる。

下水熱、ごみ焼却熱等の未利用エネルギーを導入した際のエネルギー需給構造に関して、建物構成の異なる10地域を特定し需給構造最適化のスタディを行った。その結果、事務所がほとんどを占める地域では、ごみ焼却熱の導入がCO₂削減に有効であること、一方、住宅が大部分を占める地域では、熱供給配管敷設費用が大きいいため未利用熱の導入がなされないことが明らかになった。また、未利用排熱を活用するガスタービンコジェネレーションの導入効果の評価を、実際の建屋（産業技術総合研究所つくば西事業所）を対象として行い、発電効率30%の再生サイクルガスタービンを導入したとき、現行設備に比べて同等のコストでCO₂排出量を7.5%削減できること、さらに、民生用建屋に導入する場合に、需要パターンの異なる複数の建屋間で熱の融通を図ることが、省エネルギーに有効であることを明らかにした。省エネ

機器の導入にはコストがかかるため、ESCO 事業（省エネ機器を設置する見返りに省エネで浮いた金額の一部を受け取る事業）等への補助金により導入を促進すべきことが明らかになった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】未利用エネルギー、都市、エネルギー需給

【研究題目】産業における環境効率・資源生産性評価手法の開発と適用に関する研究

【研究代表者】匂坂 正幸（ライフサイクルアセスメント研究センター）

【研究担当者】田原 聖隆

【研究内容】

ライフサイクルをも考慮できる環境効率および資源生産性評価手法の確立を行うために、素材、製品、企業、産業レベルにおいて CO₂効率、エネルギー生産性を算出するケーススタディを実施することを目的とした。

CO₂効率、エネルギー生産性は、産業連関表をベースにしたもの、企業の環境報告書のデータをベースにしたもの、素材、製品の LCI データをベースにしたものをそれぞれ算出した。産業連関表分析をベースとする CO₂効率、エネルギー生産性は提案した概念により算出される。第一の「総 CO₂効率」は、産業 A の生産者価格（生産額）とその全体の CO₂排出量（直接と間接 CO₂排出量の和）の比として定義した。第二は「直接 CO₂効率」で、それは企業や産業により加えられる粗付加価値とその活動において直接排出する CO₂排出量の比として定義した。さらに、第三の CO₂効率は「間接 CO₂効率」であり、これはその産業における中間投入額（原価）に対する上流産業の CO₂排出量である間接 CO₂排出量の比として定義した。

システムバウンダリを考慮し、製品 LCI 分析により求まる製品製造時までの CO₂排出量と製品価格を比した LCI データベースの「CO₂効率」を、上記の「総 CO₂効率」と比較した。また、企業の環境報告書等から得られる企業活動に伴う CO₂排出量データと企業の総利益を比した環境報告書ベースの CO₂効率と「直接 CO₂効率」の比較を行った。その結果、素材/製品群、企業/産業群毎の特徴が明確になった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】環境効率、CO₂、環境パフォーマンス

【研究題目】イオンクロマトグラフィーによるオンサイト型水質モニターの開発に関する研究

【研究代表者】田中一彦（セラミックス研究部門）

【研究担当者】埜田 博史、森 勝伸、深谷 光春、渡辺 栄次、Murad I.H.Helaleh、Qun Xu、長谷部 清、古月 文志、佐藤 真治

【研究内容】

本研究の目的は、新規な分離機構を用いたイオンクロマトグラフィー（IC）の分離科学に係わる基礎的検討に基づいて、種々な環境水のオンサイト（現場）での水質評価を可能にする水質モニターを開発することにある。

産業技術総合研究所、北海道大学大学院地球環境科学研究科及び東ソー（株）が共同して開発した種々な環境水に含まれる種々な陰イオン（硫酸、硝酸、塩化物、フッ化物、亜硝酸、リン酸イオン等）、陽イオン（水素、ナトリウム、アンモニウム、マグネシウム、カルシウムイオン等）及びカルボン酸等の高速・高精度・高効率な同時分離計測を可能にするイオン排除及び陽イオン交換作用を用いた IC 技術を、旭テクネイオン（株）が試作・開発したポータブル型のイオンクロマトグラフを用いた水質モニターを導入することにより、その有用性を実証した。

本研究で開発した水質モニターは、情報化に対応するために、ノート型のパーソナルコンピュータを用いて得られた各種イオン性水質汚濁成分のモニタリング結果を Windows 上で処理し、Excel ファイルとして目的のサイトへ送信・解析できる性能を備えており、種々な環境水（酸性雨、河川水、土壌水、生物学的排水処理工程水等）への適用を可能にする等、種々なイオン性水質汚濁成分の環境での動態把握に有効なものである。今後は、産総研/東ソー（株）の共有特許の実施契約に基づいて、旭テクネイオン（株）から商品化されることになっている。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】イオンクロマトグラフィー、オンサイト型水質モニター、イオン性水質汚濁成分

【研究題目】事業所等における芳香族化合物の連続監視技術に関する研究

【研究代表者】野田 和俊（環境管理研究部門）

【研究担当者】長縄 竜一、鳥村 政基、兼清 泰正

【研究内容】

研究の目標として、ベンゼンを代表とする芳香族化合物による環境汚染が依然として進行しており、排出実態を把握し、その対策を行うことが急務となっている。本研究では、選択的かつ環境基準濃度レベルの高感度な連続監視ができる簡易測定装置の開発を目的とした。その中で、水晶振動子とベンゼン等芳香族化合物を分解する薬剤の化学反応系を新たに開発し、より簡便かつ高感度な検出法を開発した。

研究計画としては、ベンゼンガス等のガス濃度の微量変化を検出可能とする水晶振動子を利用した測定方法の研究開発を行い、現場で実用可能な測定装置の開発を行った。また、ベンゼン等芳香族化合物を高感度に検出するため、新たにベンゼンガス等に特異的な分解触媒反応・検出系を開発した。

年度進捗状況としては、水晶振動子を利用した検知法を開発し、基本発振周波数9～30MHz素子が利用できることが分かった。また、バッテリー稼働型現場計測用簡易測定器を開発した。開発した分解薬剤の最適な条件は、温度条件20～30℃、薬剤量0.1g、ガス通過流量100～200ml/min、分解時間5～10分であることを明らかにした。銀電極と分解薬剤を組み合わせた新たな測定手法によるベンゼンガスの測定結果、ベンゼン100ppb（窒素バランス）の標準ガスを使用した場合、環境温度30℃、基本周波数9MHz、薬剤量0.1g、通過流量100ml/min、10分後の測定値で約370Hz程度であることが分かった。これから、約0.27ppb/Hz（約0.8 μ g/m³）の感度であることが分かり、環境基準レベルを測定可能なことが示された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】簡易測定、水晶振動子、ベンゼン

【研究題目】海洋上の有機エアロゾルに対する人間活動の影響及びその放射強制力の評価

【研究代表者】兼保 直樹（環境管理研究部門）

【研究担当者】兼保 直樹、古賀 聖治、大島美紗子

【研究内容】

研究目標 島嶼および船舶において採取された濃度データから、西部太平洋域における炭素系粒子の二次元的分布を推定する。低濃度有機エアロゾル中の多環芳香族炭化水素類（PAHs）を分析し、各PAHs成分の濃度・相対組成の季節的な変動パターンおよび気象データの解析により発生源の地域や燃料の種類を識別する。さらに、エアロゾル散乱係数の湿度依存性を測定可能にする。

研究計画 PAHsの分析法を検討し、小笠原父島において採取されたサンプルからの分析を開始する。この結果から、バイオマス燃焼起源の化合物もしくはPAHs組成変化の季節変動の検出を試みる。また、積分型ネフエロメータの外気導入ラインにおいて相対湿度制御を行い、吸収係数の湿度依存性を測定する機器を試作し、実際に父島においてテストを行い、実用可能な状態までもっていく。

年度進捗状況 父島の大气中PAHsは数枚のフィルターをコンポジットサンプルとすることで、月平均値程度の時間分解能での測定が可能となった。現在までの約半年の観測により、夏季と冬季においてPAHsの組成の違いが見え始めている。また、散乱係数の湿度依存観測のための機器の試作を開始した。現時点で得られているデータから、冬季のアジア大陸起源気塊の放射強制力を試算した結果、地表面で最大40Wm⁻²と大きな値が計算された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】放射強制力、PAHs、黒色炭素

【研究題目】活性化学種との反応による不飽和炭化水

素からのエアロゾル生成機構の研究

【研究代表者】椎名 拓海（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】椎名 拓海

【研究内容】

大气中での放射や雲の生成などに大きな影響をあたえていると考えられる、2次有機エアロゾルの生成機構を素反応過程の観点から検討し、気相の有機物が大气中で凝集しやすいエアロゾル前駆物質となる過程を解明することを目的とする。

反応素過程の速度定数や反応生成物、反応分岐率などを観測・測定するための流通式反応容器と、限定された条件で光化学課程でのエアロゾル生成を観測するためのバッチ式反応容器を用いて、エアロゾル前駆物質の生成挙動を観測し、生成する有機エアロゾル成分物質の生成速度、生成量、化学組成に対して、原料物質であるガス状炭化水素の化学組成や酸化剤の種類、NO_x濃度の違いが与える影響、水分子の寄与等を調べる。

バッチ式反応器の製作、およびそれを用いたエアロゾル前駆物質の光化学的生成と検出を試み、その反応機構の検討を行った。活性種前駆体物質から生成したOHラジカルを起源とする開始反応により、不飽和炭化水素類からの酸化物質生成が確認された。また、不飽和炭化水素類の反応素過程を解明するために、いくつかの化学種を出発物質とした不飽和結合を持つ炭化水素との反応性を検討した。このうち酸素原子との反応では、付加反応を経由した分解反応により親分子よりサイズの小さいアルキルラジカルとそれに対応する分解生成物が検出された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】大気化学、エアロゾル、反応機構

【研究題目】都市と農村連携の相互性に関する研究

【研究代表者】美濃輪智朗（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】川口 靖夫、澤山 茂樹、猪瀬 順子、塚原建一郎

【研究内容】

サブテーマ(1)および(2) [都市農村連携における都市部（および農村部）の機能、環境負荷に関する研究]では都市部と農村部それぞれの分析を行うが、これらの分析との整合をはかりつつ、都市と農村連携統合モデルを策定する。これをもとに、都市・農村連携機能を発揮するための政策と技術の適合性、さらに社会適用へのステップを明らかにする。産総研ではバイオエネルギー利用、熱有効利用に関わる技術の適合性を明らかにする。

サブテーマ(1)、(2)におけるケーススタディをふまえて、物質循環、環境負荷、経済循環各モデルの構築、これらのサブモデルを統合したモデルの構築を行う。この統合モデルを用いた政策シミュレーションを通じて、政策ミックスの評価を行うとともに、都市農村連携地域規模の最適化をはかる。産総研ではモデル構築に必要な、

農産、林産副生成物の変換技術、都市廃棄物の変換技術、熱輸送および有効利用に関する技術の、現状技術、革新技術についてマスバランス、エネルギーバランス、経済性といった基礎データを収集、整理、加工する。統合モデルによる政策シミュレーションを通じて技術の適合性を明らかにする。平成14年度は現状技術の整理、事例収集・解析を行う。

平成14年度は、バイオマスの収集輸送、燃焼・メタン発酵などのバイオマス変換技術、熱輸送技術と供給システムの現状を調査して、それぞれのコストや環境影響（CO₂排出量等）、変換効率などの原単位としての数値を明らかにした。これらの数値は、サブテーマ(1)、(2)、(3)における検討に提供し、基本モデルを（共同で）構築した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマス、変換技術、熱利用

【研究題目】熱帯森林生態系における炭素収支に関する研究

【研究代表者】蒲生 稔（環境管理研究部門）

【研究担当者】前田 高尚、藤間 剛（CIFOR）、石田 厚（森林総合研究所）

【研究内容】

熱帯多雨林帯にある若齢二次林サイトと、落葉熱帯季節林と常緑熱帯季節林のサイト、計3サイトで二酸化炭素収支観測を行なった。観測は渦相関法による二酸化炭素収支、熱収支測定と気象観測からなっている。また土壌呼吸をチャンバー法により測定した。

インドネシアのカリマンタン島ブキットスハルトにある30m 塔を使用して二次林の成長段階における二酸化炭素収支の観測を行っている。このサイトでは1998年のエルニーニョに伴う異常乾燥による火災により二次林が消失し、その後5年にして高度10m 近くまで復活してきている。2002年度は中規模のエルニーニョによる乾燥期が6月から10月まで断続的に生じ、前年度までの典型的な熱帯多雨林気候とは異なり、生態系純交換量の年積算値は減少した。毎木調査から求まる森林バイオマスの増加量から1次の純生産量 NPP を求めた。さらに土壌呼吸量も考慮して、総生産や生態系呼吸量など、この群落における炭素循環の分配状態を推定した。それによると、生態系純生産量はバイオマス増加量と似た値となった。

熱帯季節林の常緑林では、常緑ではあるが、生態系純交換量 NEE は5-9月の雨季に大きく、12-4月の乾季に小さいという明瞭な季節変化がみられた。年間の NEE は10tonC/ha/yr と大きい結果になった。サケラートでは樹木調査が1985年より行われており、ほぼ成熟林であるという。大きな NEE となった原因のひとつには、夜間に蓄積された二酸化炭素が水平移流で流出している可能性がある。NEE の風速の依存性を調べると、風速が大きいほど NEE は直線的に大きくなった。雨季と乾季

にわけて、夜間の NEE は風速の大きいときの値をとるものとする、NEE は6tonC/ha/yr ほどまでに減少した。

熱帯季節林の落葉林での観測はタイ中西部のメクロンで行っている。乾季雨季の季節パターンが葉面積指数 LAI や NEE に明確に現れている。ここでは2002年の NEE は3.7tonC/ha/yr である。

【キーワード】熱帯多雨林 熱帯季節林 二酸化炭素収支 生態系純生産量 渦相関法

【研究題目】亜寒帯森林生態系における炭素収支（ボトムアップ（微気象・生態学的）アプローチによる陸域生態系の炭素収支解析に関する研究）

【研究代表者】山本 晋（環境管理研究部門）

【研究担当者】三枝 信子、王 輝民

【研究内容】

本研究では他大学、他研究機関と共同でシベリアから東南アジアに至るアジアの代表的な植物・土壌生態系を亜寒帯、温帯、熱帯別に選定し、微気象学的方法による森林・草地生態系のフラックス、チャンパー法による土壌呼吸・植物呼吸、光合成など主要な炭素循環プロセスを統一的方法で、原則通年観測する。産総研では、北東ユーラシアに広域に分布するカラマツ林生態系を研究対象として、生態系の炭素収支をフラックス観測と生態学的手法によって推定する。

本年度は観測地点を北海道（苫小牧）、中国東北部（老山）、中央シベリア（トゥラ）に設定し、それぞれの地点で調査観測と拠点整備を進めた。2002年の6月と10月の、老山および苫小牧におけるフラックスと日射量の関係を予備的に解析した。その結果によると、苫小牧に比べて夏季のバラツキが老山ではやや大きい、両地点間に際だった差異は認められなかった。また、トゥラの予備調査の結果、地上部炭素集積量はヘクタールあたり10～30トンC、土壌有機炭素は40～140トンCと推定した。カラマツのような落葉性の森林群落では、春の展葉タイミング、着葉期間、夏季の降雨パターンなどが年間ベースの炭素収支に影響するが、根呼吸の季節性、黄葉化のタイミングと針葉中の窒素濃度変化などに関する情報も必要であると考えられる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】亜寒帯針葉樹林、カラマツ、炭素収支、フラックス観測、クロスチェック

【研究題目】地上データによるリモートセンシング手法の検証（ボトムアップ（微気象・生態学的）アプローチによる陸域生態系の炭素収支解析に関する研究）

【研究代表者】山本 晋（環境管理研究部門）

【研究担当者】西田 顕郎（筑波大学）、

三枝 信子、岩男 弘毅

〔研究内容〕

本研究の目的はリモートセンシング（以下、RS）による観測結果や陸域生態数値モデルの結果を空間的に拡張するために、RS 技術を援用する手法を開発し、適用することである。現行の中分解能・高頻度観測衛星センサーでは、異なるセンサーで植生の季節変化を一貫した傾向で捉えることができていない。

本年度の研究では、高山観測サイトとの比較から、春先における植生の活性化時期などで RS による把握におおきなずれがあることがわかった。また、衛星で推定される葉面積指数（LAI）は、高山サイトでは過大評価であった。一方、陸域生態系モデル（Biome-BGC モデル）はデフォルトの設定では LAI や炭素吸収を過少評価する傾向が強く、LAI を基準にプールを増減したところ総一次生産量（GPP）は整合するものの、純一次生産量（NPP）や正味生態系交換量（NEE）の評価は改善されないことがわかった。また、Biome-BGC に外部からの LAI データを結合して、いろいろのケースについてモデルと現地観測結果を比較検討した。全ての炭素・窒素プールの初期状態を調整した adjust1のケースでは、LAI、GPP、NPP はそれぞれ観測結果にかなり近づいたが、NEE は逆に遠ざかる結果となった。これは土壌の従属栄養呼吸によるものである可能性が高い。ところが土壌プール以外のみを調整した adjust2のケースでも、NEE についても大きな改善は見られなかった上、adjust1のケースで達成されていた LAI、GPP、NPP の改善も失われた。これらの結果をさらに検討し、今後改良を図る。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕森林生態系、リモートセンシング、炭素収支、Biome-BGC

〔研究題目〕二酸化炭素収支のモデルによる予測のための情報基盤整備

〔研究代表者〕土田 聡（地球科学情報研究部門）

〔研究担当者〕土田 聡、岩崎 晃

〔研究内容〕

人間活動による炭素循環への影響が顕著になり、気候変動のリスクが高まっている。しかしながら、今後100年間を見通して、陸域生態系における炭素収支の変動を中心とした、炭素循環変動リスクに対して人間社会がどのように対処してゆくのかについての研究は十分にはなされていない。特に人間活動と炭素循環の相互作用や炭素循環の管理に関する知見は著しく不足しているのが実情である。本研究では、アジア地域の統合的炭素収支変動予測に基づいて21世紀の炭素管理手法を検討することを目的とし、予測モデルのためのリモートセンシングデータ情報基盤整備に関する研究を実施する。アジア地域における地球観測衛星を利用した植生パラメータ算出ア

ルゴリズムを評価・検討し、その最適化に向けた研究・技術開発を行う。つまりは、センサ精度に始まり大気補正・植生パラメータ算出に終わる一連の既存アルゴリズムについて、アジア地域環境の特殊性に対する適応性について検討し、より良いデータおよび計算手法についての要素研究・開発を進める。本年度は地球観測衛星データによる植生パラメータ算出の基本アルゴリズムの評価解析に着手した。また、衛星データ基盤整備およびその解析用地上観測データ基盤整備計画の作成にあたった。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕二酸化炭素、収支モデル、リモートセンシング

〔研究題目〕平成14年度スパイクタイヤ類似品に関する調査

〔研究代表者〕二瓶 光弥（エネルギー利用研究部門）

〔研究担当者〕二瓶 光弥、清水 健一

〔研究内容〕

スパイクタイヤ類似品（ガラス繊維含有タイヤを含む。以下同じ）について開発・普及状況、物理特性（強度等）の違いによる環境影響の発生の恐れの実態を把握し、使用取締りの現場における判断のためのガイドラインを策定するための基礎資料を得ることを目的とした。スパイクタイヤ類似品についての実態把握調査、スパイクタイヤ類似品の物理特性と路面損傷度等の関係に関する測定調査、従来型スパイクタイヤとスパイクタイヤ類似品との環境影響の差に関する文献調査を実施し、昨年実施した調査の結果並びに本年度の調査結果を踏まえ、使用取締りの現場における判断のためのガイドライン策定等、今後の政策的な対応のあり方について、技術的・専門的な観点から検討を行った。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕スパイクタイヤ、類似品、粉じん、環境影響

〔その他省庁〕

〔研究題目〕生物機能の革新的利用のためのナノテクノロジー・材料技術の開発（農林水産省）
水分子クラスターの動態評価と利用

〔研究代表者〕水上富士夫（メンブレン化学研究ラボ）

〔研究担当者〕清住 嘉道、川合 章子

〔研究内容〕

（研究目的）

ゼオライトに代表されるマイクロポーラス材料は、その特異な構造から、吸着剤・固体酸触媒・イオン交換剤などに広範に用いられている。しかしながら、その合成法は有機アミンを鋳型剤として、水熱合成処理を試行錯誤的に行っているのが現状である。本研究課題においては、電解水やクラスター制御剤を用いてマイクロポーラス材料を合成し、水クラスターの構造とマイクロポーラス材料合

成におよぼす役割を明らかにするとともに、得られたマイクロポーラス材料の吸着特性や触媒材料としての特性を評価することを目的とする。

(研究成績の概要)

- 1) 電解水製造装置を作成した。当該装置により電圧=10V、電流=12A、電流密度=3A/dm²、流速=2L/min.の条件で電解水が生成することを確認した。
- 2) ソーダライト合成時に、ジオキサンを添加することにより、新規層状ケイ酸塩の合成に成功した。この層状ケイ酸塩は、ソーダライトのケー지를 ac 面で半分に切った、Half-cup ソーダライト構造を有しており、八員環の中心にテトラメチルアンモニウム分子が存在していることがわかった (ソーダライトケー지에1分子)。さらに、この層状ケイ酸塩に NaAlO₂、LiOH、Ga(OH)₃、Cs(OH)₃などの無機塩を加えて乾式混練して、加熱するだけで、層間の Si-OH が脱水縮合してソーダライトに転換できることがわかった。その転換速度は、3時間ていどであり、従来の水熱合成法よりも速いこと、およびその転換反応は結晶核生成や結晶成長がない、Topotactic な反応であることがわかった。
- 3) アルカリカチオンの添加効果を調べる目的で、Naを K に変えて合成することにより、五員環を層間内に有する新規の層状ケイ酸塩の合成に成功した。

[分野名] ナノテクノロジー

[キーワード] 電解水、ゼオライト、層状ケイ酸塩

[研究題目] 1550nm 帯量子もつれ合い状態の効率的な生成・検出及びその利用に関する研究 (総務省)

[研究代表者] 土田 英実 (情報処理研究部門)

[研究担当者] 吉澤 明男、鍛冶 良作

[研究内容]

本研究の目標は光ファイバの低損失波長である1550nm 帯において、量子もつれ合い状態を効率良く発生・検出する技術、および量子もつれ合い状態を利用した量子暗号通信技術を開発することである。14年度はニオブ酸リチウムの擬似位相整合光導波路を利用して、偏光に基づく量子もつれ合い状態を効率よく発生・検出する技術を開発した。励起光源に波長775nm の半導体レーザーを用い、2本の導波路から発生する量子相関光子対の偏光および位相状態を制御して合波、干渉させることにより、励起光強度0.22mW に対して光子対を0.53kHz の頻度で検出することができた。また、発生した光子対を用いて二光子干渉実験を行い、可干渉度94%であることを確認した。この値はベル不等式の破れ

を検出するのに必要な70%以上の可干渉度を満足している。以上の結果より、本年度に開発した量子相関光子対の発生・検出方式が、次年度以降に開発する予定の量子暗号鍵配布技術に十分使用できる見通しを得た。

[分野名] 情報通信

[キーワード] 量子暗号通信、量子もつれ合い状態、量子相関光子対、擬似位相整合、2光子干渉、量子暗号鍵配布

[研究題目] 多感覚情報のデータベース化と情報サービスへの応用に関する研究開発 (総務省)

[研究代表者] 森島 昭男 (知能システム研究部門)

[研究担当者] 森島 昭男

[研究内容]

多感覚情報な情報を扱うことを可能とするシステムと人間とのインターフェース技術の開発を目的とし、多様な情報入力をシステム内に取り込むための情報処理方法と、システム内部での情報の表現方法に対する研究を行った。具体的には、多種のセンサから入力される情報を処理し、そこから有意な情報を抽出することを可能とする手法に対する検討を行った。

[分野名] 情報通信

[キーワード] 多感覚、感性情報

[研究題目] 浚渫土砂有効活用検討調査 (国土交通省)

[研究代表者] 村上 和男 (海洋資源環境研究部門)

[研究担当者] 山崎 宗広

[研究内容]

浚渫土砂活用方策の一つとして、湾口部地形改変の埋め込みに浚渫土を利用する可能性についての研究を実施した。H14年度は、水質環境の悪い徳山湾と広島湾奥部の海域を対象に、水理模型実験により地形改変による流動変化と海水交換促進の評価を行った。また、水理模型実験では夏期の躍層時での現象が再現できないため、徳山湾において流動と水質調査を実施し水理模型実験結果の妥当性について検討した。その結果、湾口部の深みを埋め込む地形改変は、徳山湾、広島湾とも湾内の流れや循環流を大きくすることができ、海水交換の促進につながる事が分かった。また、成層期における現地調査結果と基礎水槽実験結果、混合期における現地調査結果と水理模型実験結果が良く一致しており、それぞれの実験結果の妥当性が確かめられた。

[分野名] 地質・海洋

[キーワード] 水理模型実験、徳山湾、広島湾、閉鎖性湾、地形改変、海水交換

2) 国以外からの受託収入

①【新エネルギー・産業技術総合開発機構】

〔研究題目〕太陽光発電技術研究開発

先進太陽電池技術研究開発
シリコン結晶系薄膜太陽電池モジュール
製造技術開発

〔研究代表者〕近藤 道雄（薄膜シリコン系太陽電池開
発研究ラボ）

〔研究担当者〕松田 彰久、藤原 裕之、松井 卓矢、
佐藤 愛子

〔研究内容〕

(1) タンデム太陽電池高効率化技術

タンデム型太陽電池高効率化の鍵はトップセルの光劣化抑制である。アモルファスシリコンの光劣化が膜中 SiH₂量と相関があるという知見を基にデバイスプロセスに適用可能な低温 (<250C) で膜中 SiH₂低減のための製膜法を検討した結果、三電極法によりプラズマを基板から遠ざけることによって気相反応および表面反応を制御し、膜中の構造緩和を促進した結果 SiH₂量を低減することに成功した。光劣化後欠陥密度においては現在 $1.5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ が得られている。光劣化率はショットキーセルおよび NIP 型太陽電池において5%程度となっており、劣化率の目標を達成している。課題は効率の絶対値の向上であるが、現在の方法ではセル作製の際の界面の大気暴露および不純物混入によると思われる曲線因子の低下であり、これは今後超高真空下で一貫形成することで解決されると期待される。また、薄膜化されたトップセルで高電流を得る方法として透明中間層を用いる方法を検討し、中間層での多重反射による干渉効果、フリーキャリア吸収、過剰テクスチャによるボトムセルの電圧低下が問題であることが明らかになり、最適な中間層形成条件のための指針を得た。

(2) 微結晶シリコン高速化技術

産総研開発の VHF 高圧枯涸法とホローカソードの組み合わせにより 2.5nm/s において欠陥密度 $1 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ (1/500万 Si) を達成した。太陽電池に適用した結果、NIP 構造では1nm/s 時に9%の変換効率を2nm/s 時に8.1%、3nm/s 時に7.9%を達成した。このとき、製膜時の圧力を高くすること、電極構造をその圧力に最適な構造を選ぶことが重要であることを見出した。また、pin 構造では p/i 界面の欠陥生成および不純物拡散などの損傷を制御することが重要であることが見出された。

〔研究題目〕設計・製造支援アプリケーションのためのプラットフォームの研究開発

中小企業庁・NEDO 受託研究

〔研究代表者〕松木 則夫（ものづくり先端技術研究セ

ンター）

〔研究担当者〕澤田 浩之、徳永 仁史、大谷 成子、
富澤 拓志、岡野 豊明

〔研究内容〕

以下の3項目について研究開発を実施した。

(1) 規約の整備

・システム構造、構成等に関する規約

オブジェクト、コンポーネントおよびシステムに関する規約に関連して「Java と XML による製品モデルの記述とコンポーネント間連携技術」の研究を行い、その成果としてコンポーネントの動作環境であるコンポーネントバスのプログラムを開発した（特許出願中）。コンポーネントバスは **JavaBeans** が定めるコンポーネントインタフェースに基づき、これらのコンポーネントをイベントドリブンに制御するコネクタオブジェクトの生成と制御を行うことで、動的かつ信頼性の高いコンポーネント動作を可能とする環境である。コンポーネントバス上で動作する、アプリケーション開発基盤である「アプリケーションビルダー」（ビルダー）機能も開発した。このビルダーを利用すると、コンピュータの専門知識の少ない利用者にも、簡便な操作でアプリケーション開発が可能となる。

また、コンポーネント設計の指針として、設計製造支援アプリケーションが GUI 表示、製品データ管理、製品データ連携、アプリケーションの4種類のコンポーネントから構成することを提案した。コンポーネントのシステム上の規約は、**JavaBeans** に **Serializable** であることなど、コンポーネントバスでの動作に必要な条件である。

・立体形状誤差および加工品質情報に関する規約

「誤差に着目したオブジェクトネットワークによる形状表現技術」を発展させた「形状処理のコンポーネント化手法」の研究を行い、「独立コンポーネント」の概念を提案した。これに基づいて、立体形状誤差の取り扱いについての規約の基本概念を確立した。

(2) ソフトウェア部品群の開発

GUI 基本機能、表示基本機能、図形検証機能をコンポーネントバス上で動作するコンポーネント・ライブラリとしてプログラミングを完了した。

製品モデル情報管理プログラム群として、製品モデル情報の国際標準である **ISO10303 (STEP)** データの形状読込機能を開発し、市販 **CAD** で作成された製品モデルをコンポーネント内のオブジェクトとして取り扱う機能を開発した。

(3) 基幹情報の共有・有効活用のための機能の開発

GUI 基本機能、表示基本機能、図形検証機能のコンポーネント・ライブラリを利用して、「3次元形状情報の品質確認機能 (PDQ チェッカー)」の基本機能のプログラミングを完了した。その後、研究協力企業数社において実製品データによる試用、評価を受け機能

改善を継続している。PDQ チェッカーは、(社) 日本自動車工業会で商用アプリケーションと同列に評価され、その性能が平成15年6月に公開された。

PDQ チェッカーのアプリケーションとしての特徴は、(社) 日本自動車工業会の提案する PDQ ガイドラインのデータ交換に関係する重要チェック項目すべてを網羅していることにある。また、チェック結果の E-mail での送付、VRML によるチェック結果の簡易な確認機能など、中小製造業での利用を考慮した設計・実装が行われている。

【分野名】 情報通信

【キーワード】 コンポーネント技術、Java、CAD/CAM

【研究題目】 健康寿命延伸のための医療福祉機器高度化プログラム

早期診断・短期回復のための高度診断・治療システム

心疾患治療システム機器の開発（高次生体情報センサー基盤技術の開発）

【研究代表者】 水谷 文雄（生物機能工学研究部門）

【研究担当者】 水谷 文雄、飯島誠一郎、矢吹 聡一、佐藤 縁、平田 芳樹

【研究内容】

研究開発第2年次である平成14年度においては、心臓障害センサーとして前年度開発した超高感度酵素活性測定法を酵素イムノアッセイに適用して BNP センサーの開発を行うとともに、腎機能センサーとして前年度開発した尿素センサーに引き続きクレアチニンセンサーを開発し、生体試料（尿）中の尿素、クレアチニンの同時測定を行った。

昨年度、酵素活性測定を超高感度で行う新規方法として、まず酵素反応生成物を電極上に蓄積させ、その後蓄積した生成物の電解電流を測定するという新規な方法を開発した。本年度はこの方法を BNP の酵素イムノアッセイに適用するとともに測定系の改良を進め、20ppt～1ppb の範囲の BNP 測定を可能とした。すなわち、目標とする20～200ppt（心疾患患者の血液試料中の BNP 濃度の十分の一）はすでに達成しており、十分の一に希釈した血液を用いた健康人レベルの BNP 測定に要する感度2ppt の達成も比較的容易と考えられる。

クレアチニンセンサーは、我々が以前開発したポリジメチルシロキサン被覆電極型ガスセンサー上にクレアチニンアミノリアーゼ、クレアチンアミジノヒドロラーゼ、サルコシンオキシダーゼの3種の酵素を固定化することにより作製した。本センサーは、生体試料中に比較的高濃度で存在する易酸化性成分（アスコルビン酸、尿酸等）の影響を受けず、また、pH の変動によっても電流の変動はほとんど認められない。本センサーと前年度開発した尿素センサーとを用いて尿中のクレアチニンと尿素の同時測定を行い、数分のインターバルで同時測定が可能

であった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 心疾患治療、心臓障害センサー、BNP、超高感度センサー、腎機能センサー、クレアチニン、尿素

【研究題目】 健康維持・増進のためのバイオテクノロジー基盤研究プログラム

糖鎖合成関連遺伝子ライブラリーの構築

【研究代表者】 成松 久（糖鎖工学研究センター）

【研究担当者】 成松 久、立花 宏一、久保田智巳、岩井 俊恵、佐藤 隆、中西 伸夫、杉岡しげみ、石川 久美、高山 優子、清原 克恵、川本 理沙、梅谷 内晶、後藤 雅式、岩崎 裕子、亀山 昭彦、藤村 克也、比留間 徹、澤木 弘道、権娟 大、菊池 紀広、坂井登紀子、工藤 崇、大倉 隆司、張 延、Cheng Lamei、Wang Han、橘 かほり、阿部 純恵、岡村 佳代、池延真美子、地神 芳文、新聞 陽一、石井 智子

【研究内容】

ポストゲノム研究の重要課題としてタンパク質の翻訳後修飾があげられる。その主役は糖鎖修飾であり、これを担うのは糖転移酵素と呼ばれる一群の酵素である。300種類は存在されるであろうと予想されるこれらの酵素群を網羅的にクローニングし機能解析することは、今後のバイオテクノロジー発展の基盤となる。

我々は、ゲノムインフォマティクス法を用いて新規糖転移酵素遺伝子候補のクローニングを行ってきた。平成12年度に本プロジェクトで開発したソフトウェアを用い、NCBI Genbank ヒト核酸配列、Unigene、NEDO Full length cDNA プロジェクトの配列データベースに対して検索を行った。また、Ensemble ヒト open reading frame (ORF) アミノ酸配列に対する PSI-BLAST 検索も導入した。新たに10遺伝子を見つけ、昨年度完了していなかった候補遺伝子と併せてクローニングを行った。これらの遺伝子に関しては現在機能解析が進行中である。

以下、各種糖転移酵素の解析結果を記す。既存の1,4-糖転移酵素にホモロジーのある新規糖転移酵素遺伝子をクローニングし、基質特異性を解析した。本酵素（CSGalNAc-T2）は既知の CSGalNAc-T1と極めて高いホモロジーが存在し、in vitro ではコンドロイチンの伸張活性とともに、開始活性も有していた。しかし、培養細胞を用いた実験では、開始活性が見られなかったことから、主にコンドロイチン硫酸の伸長に関与していると考えられた。2番目のコア1合成酵素（C1Gal-T2）を単離し、その酵素の性質を決定した。この酵素は消化管での O-グリカンの合成に重要であることが示唆された。ヒト新規 pp-GalNAc-T10, 12, 14の組織発現と酵素活

性を決定した。また2つのヒト新規 pp-GalNAc-T 遺伝子をクローニングした。

N-結合型コア糖鎖生成に必要な既知の ALG 遺伝子のうちまだクローニングされていなかった5個のヒト ALG 遺伝子を全てクローニングし、酵母細胞においてその活性を確認した。さらに、新規な ALG13遺伝子を同定した。また、3個の糖ヌクレオチド輸送体類似遺伝子についても酵母細胞で発現させ、1遺伝子については、UDP-GlcNAc 輸送活性を認めた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】糖鎖遺伝子、糖転移酵素、糖タンパク質

【研究題目】生体機能活用型循環産業システム創造プログラム

環境中微生物の高精度・高感度モニタリング技術の開発

【研究代表者】中村 和憲（生物機能工学研究部門）

【研究担当者】中村 和憲、丸山 明彦、川原崎 守、木村 信忠、花田 智、金川 貴博、宮本 恭恵、鎌形 洋一、関口 勇二、北村 恵子、柴尾 晴信、砂村 倫成、野田 尚宏、有賀しのぶ

【研究内容】

遺伝子操作生物の環境安全性評価等に資するため、特定微生物及び微生物相の定量解析技術の開発、特定微生物の環境影響評価試験手法の開発を行うことを目的として研究を進めている。今年度は、組換え体微生物を高精度にモニタリングすることを目的として、蛍光蛋白質遺伝子を組み込む汎用的手法について検討し、本手法がモニタリングに利用可能であることを明らかにした。また、新たに考案した7種同時識別可能なマルチ FISH 法により、環境中の微生物を系統群別に解析できることを明らかにした。相対分子定量法による微生物相解析手法を現場データの収集に適用し、その有効性の検証を進めた。PCR 法を利用した微生物相の高精度な定量解析には、PCR バイアスの影響を低減化することが望ましい。本バイアスの低減に、当部門で開発された DNA 計測方法である蛍光消光プローブ法（QP 法）を利用できることを明らかにした。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】組換え微生物、高感度モニタリング、遺伝子検出、塩基配列解析、微生物系統分類

【研究題目】計量器校正情報システムの研究開発

【研究代表者】吉田 春雄（計測標準研究部門）

【研究担当者】池上 健、福山 康弘、平井亜紀子、藤間 一郎、松本 弘一、石川 純、稲場 肇、伊藤 信彦、吉田 春雄、東海林 彰、山森 弘毅、小柳 正男、

桐生 昭吾、岩佐 章夫、石崎 真弓、佐々木 仁、高橋 邦彦、藤木 弘之、桧野 良穂、工藤 勝久、瓜谷 章、黒澤 富蔵、高辻 利之、大澤 尊光、高本 正樹、嶋田 隆司、土井原良次、新井 優、井土 正也、岸本 勇夫、山澤 一彰、小倉 秀樹、大岩 彰、平田 正紘、米永 暁彦、秋道 斉、藤井 雄作、上田 和永

【研究内容】

研究開発テーマ「分野1. 時間標準遠隔供給技術の開発」

GPS を用いた時刻比較法による周波数測定をする際における、不確かさの評価実験のため、従来から当所で用いられている装置と同じ型の時刻比較装置を購入した。また、そのデータを処理するための計算機環境を整備して、最初の実験を当所の北海道・九州両センターとつくばセンターとの間で行った。

研究開発テーマ「分野2(1). 長さ標準供給遠隔供給技術の開発：波長」

モード同期ファイバレーザの共振器の中に圧電素子（PZT）を装着し、モード同期レーザの繰り返し周波数（光のものさしの目にあたる）の安定化を試みた。スペクトル全体にわたっての安定度は、安定化に使用したセンサーサイズのそれと同等にまでなった。（スペクトルのそれぞれの部分での様子は平成14年度で調べていく予定。）また、分散フラット光ファイバと光ファイバーアンプを用いることにより、光コムを広帯域化の予備的な実験を行ない、 $1.3\mu\text{m}\sim 1.7\mu\text{m}$ までのスペクトルの広がりを確認できた。

研究開発テーマ「分野2(2). 長さ標準遠隔供給技術の開発：光ファイバー応用」

精密な低コヒーレンス光波干渉計を開発すると共に、これらを10m長の単一モード光ファイバーとレンズ系による光入出力装置で連結することによって、新しいタンデム干渉計を開発した。この干渉計の光源としてスーパーミネセントダイオード（中心波長が約800nm、スペクトル幅が約60nm）を用いて、二つの光波干渉計の間で伝送される光の減衰特性、干渉縞パターンの安定性、及びその位相精度を評価し、また、実際にブロックゲージの遠隔測定の光学実験を行い、長さ測定の見通しを得た。

英国バース大学と三菱電線(株)において製作されたフォトニック結晶ファイバーによって超短パルスレーザの出力特性を評価したが、十分なスペクトル広がりが見られなかったため、今後もさらに検討することにした。

研究開発テーマ「分野2(3). 長さ標準供給遠隔供給技術の開発：ヨウ素安定化 He-Ne レーザ」

デジタル方式ヨウ素安定化ヘリウムネオンレーザ制御装置の設計を行い、最初の試作器を製作した。

研究開発テーマ「分野3. 電気標準遠隔供給技術の開発：

直流」

平成13年度においては、NbN/TiN/NbN ジョセフソン素子集積技術の開発、液体ヘリウムフリー動作を実証するための冷凍機システムの設計と発注及び (NbN/TiN) n/NbN 多重ジョセフソン素子集積技術の開発を行った。開発した技術を用いて作製した32、768個の NbN/TiN/NbN 素子を集積したチップに周波数16GHz のマイクロ波を照射した結果、約1V の直流電圧を発生させることに成功した。また、2重及び3重ジョセフソン素子を Si ウエハ上に集積し、均一な臨界電流を得ることに成功した。

研究開発テーマ「分野3. 電気標準遠隔供給技術の開発：交流」

AC-DC トランスファー標準の遠隔供給のための測定器の基本設計を行った。また要素回路の動作確認を目的としたプロトタイプ号機のシステム設計および詳細な回路設計を行ない、サンジェム (株) において試作を行った。試作したプロトタイプ号機の動作確認および性能評価を行ない、実用化を目指したプロトタイプ2号機の設計を行うための十分なデータを取得した。

研究開発テーマ「分野4. 放射能標準遠隔供給技術の開発」

γ 線核種放射能標準の遠隔校正を試みるため、テレビ電話システムと測定機器のコントロール用 PC 及びデータを一元的に管理するサーバーを設置した。これらを用いて、産総研内にある加圧型電離箱システムのコントロールを試み、離れた部屋から線源の挿入と電流の変化が読みとれ、実際の遠隔校正が実行可能であることを確認した。

研究開発テーマ「分野5. 三次元測定機測定標準遠隔供給技術の開発」

産総研が所有する2台の三次元測定機 (ブラウン&シャープ社製の同じモデルをネットワーク (イントラネット) 経由で接続し、それぞれの三次元測定機をもう一方の三次元測定機から制御できるシステムを構築した。

研究開発テーマ「分野6. 温度標準遠隔供給技術の開発」

白金抵抗温度計に対する振動の影響評価を現状の標準用白金抵抗温度計について行った。25 Ω 型では、極めて弱い1G の加速度 (周波数10Hz~500Hz) でも1時間当たり2mK の変化を、2G では、10mK の変化を示した。5 Ω 型では、変化量は約1/2と評価され、感温部の白金線径の差による結果と考察される。また、熱電対温度分布特性評価炉を開発し、温度均一部 (0.005 $^{\circ}$ C/cm) の性能を確認した。

研究開発テーマ「分野7. 流量標準遠隔供給技術の開発」

産業技術総合研究所つくば北センターにある大型の水用流量計試験設備をインターネットに接続する際の基本設計の資料とすることを目的として、接続に伴い発生すると思われる大型装置固有の問題点を洗い出した。この結果、同設備に改造を加えて、遠隔校正を可能にする

ための基本設計を完了した。

研究開発テーマ「分野8. 力学標準遠隔供給技術の開発」

本研究で最も重要なトランスファー用高精度デジタル圧力計を試作した。圧力範囲は需要の多い大気圧領域である。市販品の実験から横河電機製シリコンレゾナンス形圧力計を選定し、技術打合せを行ってゼロ点の確認と安定性の向上のためシール部をメタル製に置き換えた特別製の真空対応圧力計を入手した。

【分野名】標準

【キーワード】GPS、光コム、タンデム干渉計、多重ジョセフソン素子、 γ 線核種放射能標準、熱電対温度分布特性評価炉、水用流量計試験設備

【研究題目】計量器校正情報システムの研究開発

電気標準：直流電圧

【研究代表者】吉田 春雄 (計測標準研究部門) (エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】東海林 彰、山森 弘毅、石崎 真弓

【研究内容】

32,768個の NbN/TiN/NbN ジョセフソン素子から構成される1V の出力を持つプログラマブル電圧標準用ジョセフソン接合アレーを作製した。作製した素子が、液体ヘリウムを使用せずに動作可能であることを実証するために、小型冷凍機を用いた素子特性評価システムを開発した。このシステムには、2段の G-M 冷凍機が採用されており、そのコールドヘッド上に置かれたチップの温度を4-20K 間の任意の温度に設定することができる。室温から10K まで冷却するのに必要な時間は約4時間である。マイクロ波は冷凍機外部の発振器より、セミリジッド同軸線路と SMA コネクタを介してチップキャリア及びチップに導入された。チップの温度は、冷凍機内部に設置されたヒーターと温調計によって行われ目標値の ± 0.05 度の範囲に設定された。バイアス電流は、細い被服銅線 (0.1mm ϕ) によってチップに供給された。チップを1重のメタルシールドによって被い、地球磁場や外部環境磁場の影響を抑えるようにした。その周囲をさらに金メッキした銅のシールド板で被い、熱輻射によるチップ温度の上昇を抑えた。周波数16GHz のマイクロ波をチップに照射することによって2mA を越える定電圧ステップが得られ、小型冷凍機によって冷却することによって動作させることが可能であることを実証した。また、10V 出力素子開発への過程として、5V 出力を持つプログラマブル電圧標準用ジョセフソン接合アレーを試作した。

【分野名】標準

【キーワード】ジョセフソン素子、電圧標準、小型冷凍機

【研究題目】健康寿命延伸のための医療福祉機器高度

化プログラム

身体機能代替・修復システムの開発

生体親和性材料

【研究代表者】伊藤 敦夫（ティッシュエンジニアリング研究センター）

【研究担当者】伊藤 敦夫、河村 春生、小沼 一雄、神崎 紀子、櫻井 常葉、村松 俊樹、十河 友

【研究内容】

*多孔体の開発：気孔率55%以上（うち開気孔90%以上）、気孔径分布 $200\mu\text{m}$ 以上 $500\mu\text{m}$ 以下が90%以上、圧縮強度5MPa以上、大きさ $30\times 30\times 10\text{mm}$ 以上の多孔体をプレス成形と焼結の工程で製造する技術を開発する。

*薬剤担持技術の開発：bFGF-リン酸カルシウムナノカプセルを厚生省認可済み電解質輸液だけで作製する技術を開発する。多孔体 bFGF にハイドロゲルを注入し、ハイドロゲル中に bFGF を担持する技術を開発する。

*薬剤担持多孔体の評価：bFGF を固定化したプロトタイプデバイスの *in vitro* 徐放試験を行い、さらに *in vivo* で bFGF 担持多孔体の骨形成、血管形成能を評価する。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】生体材料、医療用デバイス、薬剤

【研究題目】平成14年度環境対応技術開発

生物機能利用環境中化学物質計測技術開発

【研究代表者】中村 史（ティッシュエンジニアリング研究センター）

【研究担当者】中村 史、三宅 正人、中村 徳幸、三宅 淳

【研究内容】

農薬や環境ホルモンなどの生体に悪影響を及ぼす物質を標的とし、生体関連分子、主にペプチドを結合素子として利用した高感度検出技術を開発する。また、リボソームクロマトグラフィーを利用した簡易型高感度検出技術を開発する。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ペプチド、環境ホルモン

【研究題目】太陽光発電技術研究開発

革新的次世代太陽光発電システム技術開発

高効率カルコゲナイド系太陽電池の研究開発

【研究代表者】仁木 栄（電力エネルギー研究部門）

【研究担当者】仁木 栄、山田 昭政、ポール・フォンス、松原 浩司、岩田 拓也、

櫻井啓一郎、小原 明

【研究内容】

目標：高効率ワイドギャップカルコゲナイド（禁制帯幅1.3eV以上）系太陽電池を実現するための技術課題の抽出とそれを踏まえた新材料の探索や製膜技術の開発を行う。さらに、これらを応用した新構造太陽電池に関する要素技術開発を行う（平成16年度目標変換効率：18%以上）。

研究計画：禁制帯幅1.3eV以上のカルコゲナイド太陽電池の高効率化技術を開発することで変換効率10%の太陽電池の開発を目指す。また、ワイドギャップカルコゲナイド太陽電池の高効率化のための技術的指針を明らかにするために鹿児島大学と共同で新しい界面・表面評価技術を開発する。

進捗状況：CIGS 吸収層の製膜法「3段階法」において、放射温度計を用いた手法及び光散乱分光法という2種類の成長その場観察新技術の開発に成功した。これまでの手法ではCu/III族比の変化のみを検知できたが、新しい観察技術の開発により組成だけでなく膜厚や平坦性などについても成長その場での制御が可能になった。これによって禁制帯幅1.34eVのCIGS太陽電池で変換効率11%を実現できた。界面の評価技術に関しては、鹿児島大学と共同で正・逆光電子分光法による界面電子状態の精密評価技術の確立を目指している。今年度は鹿児島大学の持つ光電子分光法による評価に不可欠なCIGS薄膜の表面清浄化技術を開発した。一つは産総研からの移送前にCIGS薄膜表面にSe防護層を形成しそれを鹿児島大学において除去する手法、もう一つは鹿児島大学において低エネルギーのイオンビームを用いて表面の酸化層を除去する技術である。いずれの手法とも有効な手法であり、CIGS薄膜の電子状態を正確に測定できることがわかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】カルコゲナイド、高効率、ワイドギャップ、太陽電池

【研究題目】太陽光発電技術研究開発

革新的次世代太陽光発電システム技術研究開発

有機薄膜太陽電池の研究開発

【研究代表者】八瀬 清志（情報処理研究部門）

【研究担当者】齊藤 和裕、谷垣 宣孝、吉田 郵司、近松 真之（産総研特別研究員）、高橋 光信（金沢大学）、村田 和彦、中村 潤一、横江 千帆（日本触媒）

【研究内容】

従来の技術とは異なる太陽電池やシステム技術等、大幅な低コスト化の可能性を持った要素技術の開発として、有機薄膜太陽電池に関して、(独)産業技術総合研究所、金沢大学、(株)日本触媒が共同し、太陽電池に適した

有機半導体材料とその製膜方法およびセル構造を開発することにより、電子輸送特性および光利用効率を行い、有機薄膜太陽電池の性能向上の可能性を見極める。H14年度においては、有機 p、n 半導体積層型セルにおいて、n 型半導体としてのフラーレン (C60) への蒸着法による Mg ドーピングを行うことで電子輸送特性が飛躍的に向上することを見出し、エネルギー変換効率0.5%を達成した。

【分野名】情報通信

【キーワード】有機太陽電池、光電変換、p-n 接合、バルクヘテロ接合、ドーピング

【研究題目】太陽光発電技術研究開発

大量導入に向けた共通基盤技術の研究開発

太陽光発電システムのリサイクル・リユース処理技術等の研究開発

【研究代表者】作田 宏一 (電力エネルギー研究部門)

【研究担当者】土井 卓也、津田 泉、水野 宏和、水崎 昌代

【研究内容】

今後の大量導入を想定し、既存製品 (家電、自動車等) 並の処理コスト・リサイクル率による太陽光発電システムのリサイクル・リユース処理技術を開発する。本サブテーマでは、現在の製造設備・構成材料を大きく変えることなく製造可能で、リサイクル時に太陽電池セルを容易に回収可能なリサイクラブルモジュールの開発を目的とする。

多セル化のための構造検討を行うため、各種手法による9セルモジュールの試作を行い、セルの固定方法として溶着型が有望であることを見出した。非接着フィルム材料として、効率低下が PET の半分程度のフッ素系材料を見出した。試作した9セルモジュールからのセル回収について、手作業による回収、及び多セルモジュール回収実験装置による回収ともに問題なく回収可能であることを確認した。

PET を用いた単セルモジュールについて、JIS 準拠の高温高湿試験、温湿度サイクル試験を実施し、モジュール状態での特性劣化が殆ど見られないことを確認した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】太陽光発電、太陽電池モジュール、リサイクル

【研究題目】太陽光発電技術研究開発

大量導入に向けた共通基盤技術の研究開発

太陽光発電システム評価技術の研究開発

【研究代表者】作田 宏一 (電力エネルギー研究部門)

【研究担当者】高島 工、大谷 謙仁

【研究内容】

全国各地の多種多様な住宅用太陽光発電システムの設置状況及び運転状況の詳細計測とその分析・評価を基に、太陽光発電システム設計支援技術・性能診断技術を開発する。

前年度開発した設計支援用シミュレーションプロトタイプを Web 上に展開し、実測データのデータベース等も含む総合支援サイトとして公開・運用を開始した。施工・性能診断支援技術への展開に必要なシミュレーションのリアルタイム化に向け、アメダス10分値による日射量推定について、自乗平均誤差 (RMSE) で $\sim 0.011\text{kWh/m}^2$ (比率にして数%) 程度の精度が得られることを確認した。

リアルタイム性能診断のための新たなモニターシステムとして、計測点を絞り端末の小型化を図った発電性能診断ネットワークを開発し、21件の一般募集モニターサイトで運用を開始した。能動的アレイ性能診断技術については、セル・モジュールの異常をインピーダンス変化として検出する電気的手法の開発に着手し、理論・実験の両面から検討を進めた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】太陽光発電、システム、評価技術

【研究題目】ナノテクノロジープログラム (ナノマテリアル・プロセス技術)

ナノ計測基盤技術プロジェクト

【研究代表者】田中 充 (計測標準研究部門)

【研究担当者】榎原 研正、坂口 孝幸、高畑 圭二、佐藤 輝幸、衣笠 晋一、松山 重倫、齋藤 剛、島田かより、小林 慶規、鈴木 良一、富樫 寿、平田 浩一、大平 俊行、松林 信行、今村 元泰、田中 智章、城 昌利、福本 夏生、馬場 哲也、加藤 英幸、山田 修史、竹歳 尚之、渡辺 博道、阿子島めぐみ、石井順太郎、清水祐公子

【研究内容】

ナノテクノロジーにおける材料関係分野での基盤的研究開発を行いつつ、得られた成果等の知識の体系化を図ることを目的とする「ナノテクノロジー」プログラムの一環として、本プロジェクトを実施した。本プロジェクトでは、ナノテクノロジープログラム等で実施される技術開発に共通な超微細・高精度な計測として、微小要素物理特性、空孔、表面構造、熱物性のそれぞれの基盤的計測技術を構築するとともに、これらの分野での新たな標準物質を開発することを目標に研究開発を進めた。これにより、ナノテクノロジープログラム中での知識体系の信頼性向上に寄与するとともに、産業界における材料開発の知的基盤を整備することが目的である。

平成14年度は、当初の計画通り遅滞なく研究を進めることができた。具体的には、

研究開発項目①「微小要素物理特性の計測基盤」

超臨界流体を利用した蒸発残渣および凝集粒子の発生の少ないナノ粒子発生装置を試作した。粒子質量分析技術の時間応答特性の高速化を妨げている要因の解析を行った。小角 X 線散乱法による粒径計測を均一オリゴマーに対して行い、0.2~2nm の領域で20%程度の精度で測定できた。また、動的光散乱装置ならびにパルス磁場勾配 NMR 装置の立ち上げを行い、50~100nm 領域で拡散係数からの粒径値を10%程度の精度で測定できた。液体中の粒子と気泡の識別実験のため、蛍光粒子からの蛍光を検出する蛍光分光装置を組み込んだ粒子計数装置の性能評価を行った。

研究開発項目②「空孔の計測基盤」

普及型陽電子寿命測定装置のためのビーム輸送・パルス化装置を試作し、電子線を用いたビーム透過試験を行った。標準試料開発の予備実験として、酸化珪素系スピコート膜について陽電子消滅 γ 線スペクトル測定を行い、生成するナノ空孔の特徴を明らかにした。また、分光エリプソメトリによる空孔サイズ測定について検討を行った。

研究開発項目③「表面構造の計測基盤」

標準薄膜作製装置についてシリコン基板上的金薄膜試料の蒸着条件の調整と膜厚計の校正を行い、1~4nm の膜厚の薄膜試料について、放射光を用いて光電子スペクトルの励起 X 線エネルギー依存性を測定した。その結果から金薄膜における50~1000eV の範囲の運動エネルギーの光電子の有効減衰を求めた。また、データベース収録のためにクロム珪化物等の無機化合物の電子分光スペクトルを収集するとともに、光電子分光装置の透過関数特性補正法や絶縁物の耐電軽減などの技術的な問題を解決した。また、非弾性散乱機構解析で、任意の励起波長によるスペクトルの解析を可能とした。さらに、通常測定されるピーク近傍の狭い範囲のスペクトルについても解析可能な見通しを得た。

研究開発項目④「熱物性の計測基盤」

ピコ秒サーモリフレクタンス法薄膜熱拡散率計測技術において、ドリフトの低減と S/N 比の向上を実現した。高速赤外放射測温技術の適用により、厚さ500 μ m 以下の円板状試料や厚さ200 μ m 程度のコーティングへのレーザフラッシュ法の適用可能性を検証した。ドクターブレード法により、コーティング標準物質を試作した。固体材料の熱・光学特性を高分解能で計測・校正する装置の温度制御能力を評価して改良を行った。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 粒子質量分析、動的光散乱、粒子計数、陽電子寿命測定、光電子スペクトル、ピコ秒サーモリフレクタンス法、レーザフラッシュ法

【研究題目】 太陽光発電技術研究開発

革新的次世代太陽光発電システム技術研究開発

ナノ構造制御シリコン太陽電池の研究開発

【研究代表者】 近藤 道雄（薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ）

【研究担当者】 松田 彰久、藤原 裕之、新井 大介、伊藤 学

【研究内容】

(1) ナノ構造制御シリコン製膜、評価

パルスプラズマ CVD を用いた空間分離型ナノ構造制御シリコン形成装置を完成し、薄膜をガラス基板上に形成した。膜質をラマン散乱、および発光測定によって結晶化度、結晶サイズ、バンドギャップを評価した（スタンレー共同）。また正確なサイズおよび分布を透過電子顕微鏡で評価した（九大共同）。その結果、パルス放電条件、水素希釈比を調整することによって1~2ナノメートルのサイズを有するナノ結晶を気相合成することに成功した。またこのナノ結晶のバンドギャップは1.7~2eV 程度と従来報告されているものより大きいことが明らかになった。このナノ結晶分散アモルファスシリコンを用いて太陽電池を作製、室温基板ながら、開放電圧0.85V を得た。これはナノ結晶のサイズ制御により通常の微結晶アモルファス混合相で見られる電圧低下が抑制できたことを意味する。

光劣化後欠陥密度においては現在 $1.5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ が得られており、1/250万 Si (2×10^{16}) 以下を達成している。

(2) デバイス作製評価

デバイスにおいては従来法を修正した水素希釈変調法によってナノ結晶サイズを制御したアモルファスシリコンを用いたデバイスの検討を平行して進めている。これはナノ結晶含有効果をデバイスによって検証することが目的である。高希釈率層と低希釈率層を数ナノメートルオーダーで交互堆積する際に膜厚の組み合わせを最適化することで、一定希釈率条件で作成された基準セルに対してより低い劣化率（18%Vs5%）と高い劣化後変換効率（6.7%Vs7.3%）を得た。このセルは膜厚の最適化や、基板テクスチャ処理を行っていないものであり、その向上分を考慮すると、劣化後変換効率9%以上は十分達成可能であると考えられる。

【研究題目】 次世代半導体材料・プロセス基盤技術開発（エネルギー使用合理化開発）

【研究代表者】 廣瀬 全孝（次世代半導体研究センター）

【研究担当者】 樋口 哲也、高橋 栄一、河西 勇二、関田 巖、岩田 昌也、坂無 英徳、村川 正宏、梶谷 勇 他4名

【研究内容】

デジタル回路のクロックスキューを適応的に吸収する、

遅延調整回路と遺伝的アルゴリズムに基づく調整手法の開発を目的とした。その結果、従来の1/8~1/16の面積のプログラブル遅延回路で、30ps刻みでのスキュー調整を実現した。また、ALU、乗算器を複数含むLSIを開発し、動作周波数1GHzで設計したLSIが、クロックタイミング調整により1.4GHzのクロックでも動作することを実証した。

高速データ転送技術の研究開発において、分布定数回路技術を用いた差動動作を基本とした回路配線構成技術の検証用LSIと、適応型調整技術を用いたデジタル信号波形の整形技術の検証用LSIを試作した。さらに、遺伝的アルゴリズムを用いて、Technology CADのパラメータフィッティングを短時間・高効率で行う技術を開発した。

【分野名】情報通信

【キーワード】適応調整技術、遺伝的アルゴリズム、クロックタイミング調整

【研究題目】次世代半導体材料・プロセス基盤技術開発（次世代半導体材料・プロセス基盤技術開発）

【研究代表者】廣瀬 全孝（次世代半導体研究センター）

【研究担当者】河村誠一郎、金山 敏彦、鳥海 明、森田 行則、宮田 典幸、安田 哲二、右田 真司、太田 裕之、二子 渉、Kundu Manisha、水林 亘、玄 一、西村 智朗、吉川 公麿、清野 豊、秦 信宏、吉野 雄信、高木 信一、多田 哲也、宮崎 剛英、西澤 正泰、前田 辰郎、井藤 浩志、Pobortchi Vladimir、Bolotov Leonid、奥井登志子、内田 紀行、寺澤 恒男、古室 昌徳、廣島 洋、権太 聡、富江 敏尚、屋代 英彦、黒澤 富蔵、錦織健太郎、金 相勲、新美 剛太

【研究内容】

1) 高誘電率材料ゲートスタック技術の研究開発

目標：高誘電率（high-k）ゲート絶縁膜、電極材料について、新規性の高い要素プロセス技術および概念実証機を開発し、デバイス作製・特性解析を通じて、移動度劣化のメカニズムを解明するとともに、ゲートモジュールとしての性能を実証し、信頼性を明らかにすることを目的とした。

進捗状況：原子層ごとにカーボン汚染除去と緻密化処理を行うLayer-by-Layer Annealing & Deposition法を開発し、 Al_2O_3 で極めて小さいC-Vヒステリシスと低リーク電流を確認した。酸化Si層によるhigh-k膜/Si界面反応の抑制には、臨界窒素面密度（ $4 \times 10^{15}/cm^2$ ）が存在し、フラットバンド電圧も、界面窒素面密度に依存することを示した。界面反応抑制のた

めの酸化シリコン層上に HfO_2 膜を形成したMISFETで、移動度 $200-300cm^2/Vsec$ を得た。EOT（等価酸化膜厚）=1.2nmのhigh-k膜で、リーク電流値 $10^{-4}A/cm^2$ 以下を得た。

2) 低誘電率材料配線モジュール技術の研究開発

目標：低誘電率（Low-k）層間絶縁膜材料と、これを用いた高性能銅配線モジュールの基盤技術を開発することを目的に、Low-k材料を出発原料の分子構造まで立ち戻って設計し、新成膜プロセスを開発する。また、Low-k膜の構造・化学結合状態を分子・ナノレベルで計測する技術の開発により、材料開発を加速する。誘電率1.5以下の極低誘電率材料を用いた配線モジュール技術の要となる、プロセス耐性と機械的強度を備えたLow-k材料と、これを用いたインテグレーション技術を開発する。

進捗状況：ポーラスLow-k材料の空孔構造を、X線散乱法・X線回折法や分光エリプソメトリ、窒素ガス吸着法、透過電子顕微鏡観察を総合して解析することに成功した。また、CMP（化学機械研磨）工程で最も問題となる基板への密着性の定量評価法として、スクラッチ試験による密着エネルギーの新測定法を開発した。ポーラスシリカ膜を、製膜後にテトラエトキシシラン（TEOS）処理を行うことで、 $400^\circ C$ アニールによる膜収縮が劇的に抑制されることを明らかにした。

3) 新構造トランジスタ及び計測解析技術の研究開発

目標：ひずみSOI（Si on Insulator）基板の作製技術と、これを用いた高移動度CMOS技術を開発する。深さ10nmレベルの極浅接合形成技術、走査プローブ技術を用いた10nmの空間分解能をもつ不純物濃度測定技術、空間分解能100nmレベルの応力プロファイル測定技術を開発する。

進捗状況：酸化濃縮法で作製した高Ge濃度SGOI基板に形成したひずみSOIで高移動度MOSFET動作を実証した。Si表層への電荷供給源として働くSiクラスターを第一原理計算によって探索し、 $TaSi_{12}$ クラスターは強力なアクセプタとして働くことなどを見出した。また、 $TaSi_{12}^+$ イオンビームを水素化Si表面へ堆積することにより、正孔が生成されることを確認した。Siの清浄表面および水素安定化表面で、STMにより、表面直下にある個々のボロン原子を捕捉することや、水素安定化Si表面の電位分布を検出することに成功した。Siのラマンスペクトルを高い空間分解能で計測するために、禁制偏光配置を用いる、新しい方式の走査型近接場光学測定法を開発し、500nmの空間分解能を達成した。

4) リソグラフィーマスク関連計測技術の研究開発

目標：65-45nm技術世代のリソグラフィに対応可能な計測技術の開発を目的として、極紫外光計測技術では100nmの微粒子分析を、寸法計測技術について

は0.8nmの計測精度を、マスク欠陥検査技術については60nmの欠陥検出を、それぞれ実現することを目標とする。

進捗状況：極端紫外線（EUV）のマイクロビームを試料の所定位置に正確に照射する手法を確立し、放出される光電子のスペクトル計測のS/N比を5倍以上に改善した。EUV光源の高繰り返し長時間連続運転を可能とする液滴ターゲットに着目して、その安定生成実験に着手し、液滴へのレーザー照射によるEUV光発生に成功した。CD-AFM用の長ストロークステージ製作に先立って1軸テストステージを導入し、停止時の安定性を評価した。この結果をベースに、装置全体を設計し、製作を開始した。凝縮性気体中でのインプリント技術を開発し、バブル欠陥の発生を抑制した。波長1064nmの赤外光と波長244nmの紫外光との和周波により、マスク検査用としての、波長198.5nmのDUV連続発振光を得た。

【分野名】情報通信

【キーワード】高誘電率材料ゲートスタック技術、低誘電率層間絶縁膜、ひずみシリコントランジスタ、走査型トンネル顕微鏡、リソグラフィ

【研究題目】石炭エネルギー開発事業石炭利用技術振興費

石炭利用次世代技術開発調査
ハイパーコール利用高効率燃焼技術の開発

【研究代表者】斎藤 郁夫（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】鷹鷲 利公、坂西 欣也、川島 裕之、
樫村 奈生、正木 健介、李 春啓、
明石 英子（NEDOフェロー）

【研究内容】

完全無灰炭（ハイパーコール）製造における熱時抽出機構を明らかにするために、石炭モデル構造を用いた石炭-溶剤間の相互作用シミュレーション、および熱による構造変化のシミュレーションを行った。瀝青炭（Upper Freeport 炭）の分子構造モデルを、構造解析データをもとに構築した。このモデル構造は従来提案されている構造と異なり、軽質な成分であるアセトン可溶成分から最も重質な成分である溶剤不溶成分まで、全体が分子の集合体から形成された新しいモデルである。この分子集合体モデルを用いて、昇温時における石炭の構造変化及び石炭分子-溶剤分子間の相互作用についてシミュレーションを行った結果、この熱時溶剤抽出では、350-400°Cで起こる分子集合体の物理的な構造緩和現象により各分子が遊離し、結果として溶剤抽出率が大きく増加することが明らかとなった。

瀝青炭からハイパーコールを高収率で製造するための前処理および抽出条件の探索を目的として、酸処理、

水熱処理の前処理効果の検討、および抽出時の極性溶剤種、添加物の効果について検討した。その結果工業溶剤として新たにCMNO（粗メチルナフタレン油）が最大81%の高い抽出率を与え、またNMP（N-メチルピロジリノン）、2-ナフトール、2-メチルキノリンの添加物の存在により、抽出率が7-10%向上することが明らかとなった。メタノール、メタノール・水混合溶剤、あるいは酢酸10wt%水溶液によるENの含浸処理により、水溶性またはイオン交換性のアルカリ、アルカリ土類金属の除去が確認できた。溶剤抽出前後の石炭の固体²³Na-NMR測定により、抽出炭中にイオン交換性Naが残存していることが確認できた。このようなイオン交換性のNaは、酸素官能基とイオン結合したカルボキシレートやフェノレート類として存在しているため、高温溶媒抽出により抽出炭中に溶出すると推定された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】完全無灰炭、溶剤抽出、ガスタービン利用

【研究題目】次世代化学プロセス技術開発 新固体酸触媒プロセス技術開発

均一系触媒からのアプローチ

【研究代表者】島田 茂（環境調和技術研究部門）

【研究担当者】島田 茂、畠中 康夫、相馬 芳枝、
徐 強、坪田 年、樋口 由美

【研究内容】

本研究開発では、(1)オレフィンのオリゴメリゼーション、(2)インダノン・テトラロン類の合成、(3)ヒドロキシカルボン酸の合成、の3つのターゲット反応において、大幅な省エネルギー、環境負荷の低減を図るための革新的な新規固体酸触媒技術の開発を目標とする。

平成14年度の各ターゲット反応の検討項目及び成果は以下の通りである。

(1) オレフィンのオリゴメリゼーション

1-デセンのオリゴマー化反応において、低配位性対アニオンを有するプレンステッド酸の触媒活性を調べ、触媒の構造と生成するオレフィンオリゴマー選択性の関係を明らかにした。2mol%の触媒を用い、100°C、2時間で反応を行うと、転化率94%の高収率で3量体から5量体のオリゴマーを選択率85%で得た。

(2) インダノン・テトラロン合成

4-フェニル酪酸の脱水環化反応に対し、Bi(NTf₂)₃が高い触媒活性を有することを見出した。従来法に比べ基質適応範囲が広く、反応性が低い基質においても高収率でテトラロンを与えた。さらに、触媒としてビスマス系以外にも希土類やガリウム、インジウムのルイス酸も良好な触媒活性を持つことが分かった。

(3) アルデヒドからのヒドロキシカルボン酸の合成

脂肪族アルデヒドのカルボニル化反応に関し、均一系と不均一系の両方において検討した。その結果、強

酸溶液中およびゼオライト、イオン交換樹脂及びこれらを金属イオンまたは金属カルボニルクラスター錯体で修飾した固体酸触媒を用いた場合に、ホルムアルデヒドからグリコール酸を高収率で得ることに成功した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】グリーンケミストリー、酸触媒、廃棄物削減

【研究題目】バイオマスエネルギー高効率転換技術開発

バイオマスの高速ガス化によるメタノール等気体・液体燃料への高効率エネルギー転換技術開発

バイオマスガス化基礎特性の把握

【研究代表者】小木 知子（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】井上 誠一、柳下 立夫、花岡 寿明、大久保英之、中西 正和

【研究内容】

「バイオマスガス化基礎特性の把握；平成14年度①（G-3-128）」では、小型噴流床型バイオマスガス化装置を設計、製作した。設計にあたっては、実証プラントに近い条件でガス化できること、多種のバイオマスに適用可能であること、生成ガス、タール、水溶性成分などを容易に回収・分析できることに留意した。製作したガス化装置の試運転実験に基づき、バイオマス供給方法部等、いくつかの改造を行い、ガス化がスムーズに進行することを確認した。「バイオマスガス化基礎特性の把握；平成14年度②（G-3-129）」では、製作したガス化炉を用いて、スギ（木材）やライグラス（草本）のガス化を行い、ガス化に及ぼす反応条件の検討を行った。その結果、噴流床型ガス化炉を用いてのガス化では、スギの場合、ガス化収率が高く（条件によってはほぼ100%ガス転換率）、タールの発生は極微量であること、ガス化剤として用いる水蒸気や酸素は $[H_2O]/[C]=0.5-2$ 、 $[O_2]/[C]=0-0.1$ が適当で、後段の液体燃料製造にふさわしい組成（ $[H_2]/[CO]=2-3$ ）のガスが得られることがわかった。ライグラスでは、ガス化率はスギに比べて低く、またタールは微量であったが、チャー（固体残渣）が発生した。ガス化特性の違いは、原料中に含まれる微量成分（灰分）の影響が大きいことが示唆された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ガス化、間接液化、液体燃料製造、噴流床型ガス化炉

【研究題目】化学物質リスク評価及びリスク評価手法の開発

＜化学物質総合評価管理プログラム＞

【研究代表者】中西 準子（化学物質リスク管理研究センター）

【研究内容】

本プロジェクトは、平成13年4月、化学物質のリスクの総合的な評価管理を行うための手法を構築するとともに、知的基盤の整備を目標とする「化学物質総合評価管理プログラム」の一環として開始された。本プロジェクトの最終目標は、平成17年度までに化学物質排出把握管理促進法に基づく PRTR 制度（以下、単に PRTR 制度という。）対象物質のうち、高生産量化学物質を中心に、約180物質の初期リスク評価および約30物質の詳細リスク評価を行い、リスク評価手法を確立するものである。

中間目標として、平成15年度までに約100物質の有害性評価書を作成し、暫定的リスク評価を行う。また8物質についてはリスク削減の費用対効果分析を試行する。

平成14年度終了時点において、3つの研究開発テーマそれぞれにおいて自主的に決めた年度計画を着実に達成している。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】化学物質総合管理プログラム、PRTR 制度、化学物質、リスク

【研究題目】化学物質リスク評価及びリスク評価手法の開発

＜化学物質総合評価管理プログラム＞

リスク評価、リスク評価手法の開発及びリスク削減効果分析

【研究代表者】中西 準子（化学物質リスク管理研究センター）

【研究担当者】富永 衛、米沢 義堯、吉門 洋、東野 晴行、駒井 武、堀口 文男、吉田喜久雄、蒲生 昌志、岸本 光生、東海明 宏、宮本 健一、林 彬勸、石川百合子、内藤 航、飯野 福哉、小野 恭子、小倉 勇、三田 和哲、井上 和也、高井 淳、藤原 和恵、山本 譲司、烏蘭 参丹、手口 直美、牧野 良次、石井 励一郎、小竹 真理、山口 治子、曹紅 斌、川辺 能成、篠崎 裕哉、八十田英一、飯野佳世子

【研究内容】

1. 暴露評価手法開発

① 広域大気中分布予測モデルの構築

本研究開発では、化学物質の生産・使用の大部分を占める、関東地方、中京地方、関西地方、瀬戸内地方、北九州地方を対象として、それぞれの域内での化学物質の月平均大気濃度の域内分布を推定する手法を開発する。

13年度では、産業技術総合研究所ですでに開発している関東域モデルを他地域への拡張適用を可能とするためモデルフレームの一般化を行うと共に、関西・中京地域地域の基礎データ（気象データ、及びグリッド排出量推計のための統計・地理情報等）の収集とデータ

ベース化を行った。これを基にして14年度は、中京地方・関西地方への適用拡張を行った。さらにその結果に基づいて、全国版への適用に向けての基礎データの収集とデータベース化による拡張を行った。

② 河川中・沿岸中分布予測モデルの構築

本研究開発では、化学物質の生産・使用が集中する関東及び関西地方を対象として評価するためのモデルを開発する。

H13年度は化評研において多摩川水系、荒川水系と利根川水系の月平均値推定モデルを開発した。H14年度では、降雨や使用パターンにより時間変動の大きな化学物質による影響を評価するため、関東地方での降水、取排水、水利用に関するデータ整備を行い、河川流量の日間変動を再現するモデルを開発し、これを基に水系での化学物質（ノニルフェノール、1,4-ジオキサンなど）の日平均濃度を推定するモデルを開発し、河川濃度推計モデルを作成した。

2. リスク評価、リスク評価手法の開発及び管理対策のリスク削減効果分析

(1) 詳細リスク評価手法の開発、詳細リスク評価書の作成

① 詳細リスク評価手法の開発

1) クロスメディアアプローチによる環境媒体と摂取媒体中濃度の解析手法の開発

人と生態系への様々な環境媒体を経由した曝露を評価するため、環境媒体間の化学物質の移行（クロスメディア）を組み入れた曝露評価モデルを開発し、それを基に様々な経路からの曝露量を解析・評価することを目的とする。

13年度は沿岸生態系評価モデルを開発の対象とし、流動モデルと生態系モデルを組み合わせ、海水ー底質間のクロスメディア輸送を組み込んだ沿岸域濃度評価プロトタイプモデルを完成した。14年度は、このプロトタイプモデルを基に、沿岸域濃度評価モデルのコーディングを行い、入出力インターフェイスの開発を行うとともに、各種化学物質の推計曝露量に関する文献データなどの収集整理を基にモデルの改良・検証を進めた。

2) 曝露量の個人差に係わるパラメータと原単位の解析と整備

曝露量の個人差を解析するために、性別、年齢、身体的特徴、食品等摂取量、行動パターン等の原単位について個人差の情報を付加した形で解析・整理すること、及び、具体的な物質について曝露の個人差を詳細に検討することにより、個人差パラメータのデフォルト値の提案を目的とする。

13年度は、個人曝露量に関する文献・報告書を収集して、曝露量の個人差、及び大気・水・米の摂取量の個人差について解析を行い、曝露の個人差、及び、大気、水、米について摂取量の個人差の因子解

析とデフォルト値の検討を行った。14年度では、有害大気汚染物質の個人モニタリングによる住民の曝露量の調査を実施するとともに、暴露係数（呼吸と水摂取）に関する文献および報告書を広く収集・解析することにより、日本人での化学物質への曝露の個人差、及び、大気、水、米について摂取量の個人差の因子解析とデフォルト値の検討を行った。

3) 有害性評価のためのエキスパートシステムの構築

多種類の毒性試験結果（測定のエンドポイント）からリスク評価のエンドポイントを選定するため、医学文献情報の収集・解析と聞き取り調査により、曝露により発現する有害影響の標的臓器と疾病による重み付けに関するエキスパートシステムの構築を目標とする。

13年度は、有害影響の重み付け手法について検討し、基礎となる考え方を提案した。その一般化のため、毒性試験検査項目と影響の標的臓器・疾病の関連性の解析をほぼ終了し、知識ベース構築のための毒性試験結果データベースを作成した。また、評価エンドポイントの重み付けに用いる疾病の早世障害総合指標について調査・解析するとともに、早世障害総合指標計算に必要な疾病の重篤度を専門家対象に聞き取り調査した。この結果を基に、14年度では、エキスパートシステム構築に必要な毒性試験及び臨床医学等の文献データ（主として経口毒性）の収集・解析を行うと共に、人への外挿用不確実係数に関する毒性試験での測定エンドポイントから有害影響が発現する標的臓器とその影響に起因する疾病の関係、有害性の重み付けについて、専門家への聞き取り調査とその結果の解析を行い、エキスパートシステムのプロトタイプの構築を行った。

② リスク管理対策の社会経済分析手法開発

候補となる複数のリスク管理対策（代替案）の効率評価のため、各種有害影響による損失余命、支払意思額、生活の質に基づく便益分析、支払意思額に基づく費用便益分析等の社会経済分析手法の開発を目的とする。

13年度は、死亡リスク削減に対する支払い意思額についてインターネットモニターによるプレテスト及び対面調査による本調査を実施し、リスク削減への支払い意思額及びそれに影響を与える因子について調査・解析を行った。また、非死亡影響については、文献調査とアンケートのプレテストを通して、「生活の質」指標を用いて定量的に評価する手法を検討した。14年度は引き続き、非死亡影響を定量的に表すために、文献調査及びアンケート調査によって、「生活の質」指標や支払い意思額のデータを収集した。また、死亡影響に関しても、対面調査によって、支払い意思額の死因による違いの有無（特に、癌プレミアムの存在）を調査した。

③ 詳細リスク評価書の作成

詳細リスク評価を行い、詳細リスク評価を行い、2物質（カドミウム、1,3-ブタジエン）についての詳細リスク評価書を完成し、2物質（ノニルフェノール、トルエン）についての詳細リスク評価書（暫定版）を完成した。また、さらに4物質（p-ジクロロベンゼン、TBT、鉛、PCB）についても詳細評価書作成作業を行った。

④ 詳細暴露・リスク解析手法プログラムの整備と試験的公開

⑤ 本プロジェクトで開発した評価手法等を一般に使用しやすいソフトウェアとし、プロジェクト内での評価作業での使用の簡便化を図ると共に、プロジェクトの成果として広く一般への普及を図る。

⑥ 13年度では、広域大気曝露評価モデル（関東地域）（(AIST-ADMER)）の Window GIU を用いたユーザーインターフェイスα版のプロトタイプを完成し、試用による動作確認を行った。また、技術講習会を開催し、モデルの広報を図ると同時に、普及・改良等への課題の把握を行った。この結果に基づき14年度では、広域大気曝露評価モデルの入出力インターフェイスを改良すると共に、ソフトの無料配布を行った。また、1,3-ブタジエン詳細リスク評価書をインターネットを通じて公開した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リスク評価、リスク削減効果分析、詳細リスク評価書

【研究題目】太陽光発電技術研究開発

革新的次世代太陽光発電システム技術研究開発

高性能色素増感太陽電池技術の研究開発

【研究代表者】荒川 裕則（光反応制御研究センター）

【研究担当者】春日 和行、杉原 秀樹、北尾 修、佐山 和弘、小西 由也、草間 仁、小野澤伸子、原 浩二郎、柳田 真利、山口 岳志、倉重 充彦、西川 健、上高原 隆、佐野 真二、根本 麻美

【研究内容】

目標、研究計画

クリーンで無尽蔵な太陽光エネルギーの高効率な利用による、新しいクリーンエネルギーの生産プロセスの提案と実証を目的とし、新しい次世代型太陽電池として注目されている色素増感太陽電池について検討し、高効率な光電変換を実現する為の技術開発を行う。具体的には、酸化チタンを代表例とする酸化半導体電極の製造技術、増感色素としての遷移金属錯体や有機色素の設計合成、酸化還元電解質溶液の構成・調製法、対極、セル化等の要素技術について検討し、世界最高水準の光電変換特性を持つ色素増感太陽電池を開発する。センター内の光反

応機構チームとも協力して基礎研究から実用化技術までの一貫した研究開発をセンター全体で進めて行く。

年度進捗状況

平成14年度は、半導体電極の最適化、新規高性能ルテニウム錯体色素の開発、高性能有機色素の開発、電解質溶液系の最適化、セルの耐久性・封止・集積化技術等の項目について行った。

半導体電極の最適化については、TiO₂光電極に照射される光の透過ロスを押さえ、光電極による光捕集効率の向上を目的として、粒子径の異なる TiO₂粒子を混合あるいは積層させ、光閉じこめ型光電極を作製し、その効果を検討した。光閉じこめ効果による色素太陽電池性能の向上に成功した。

ルテニウム錯体色素については、テルピリジントリカルボン酸、βジケトナート、チオシアナートを配位子としてもつ新規錯体を開発し、可視光エネルギーのみならず近赤外光エネルギーをも電気エネルギーに変換できる増感剤としてはたらくこと、長波長領域では従来知られていたものを上回る光電流が得られることを確認した。有機色素については、(株)林原生物化学研究所と共同で新規クマリン系有機色素を開発し、有機増感色素を用いたものとしては世界最高の光電変換効率7.7%の色素増感太陽電池の作成に成功した。

色素増感太陽電池の性能を最高に発揮させるためには、電解質溶液に含まれるヨウ素レドックス、及びコール酸等添加剤の組成の最適化が必須となっている。そこで電解質溶液を構成するヨウ素、ヨウ化リチウム、有機ヨウ素化合物、TBA、コール酸、溶媒の組成の最適化を行った。その結果、上述したように高い太陽エネルギー変換効率を示す色素増感太陽電池の性能発現が可能となった。

今までの検討結果により色素増感太陽電池の基本性能として7.5%~8.7%を達成することができた。これらの結果は色素増感太陽電池が実用太陽電池としての性能を持つことを示しており、実用に供するためのセル化技術の開発が重要となってきている。そこで、太陽電池セルを構成するために必要な封止技術について、封止材料、封止条件等を中心に検討している。現在のところ5mm角の封止太陽電池セルで太陽エネルギー変換効率9.2%を達成している。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】太陽電池、色素増感太陽電池、酸化チタン、ルテニウム錯体、クマリン色素

【研究題目】バイオマスエネルギー高効率転換技術開発

バイオマスの低温流動層ガス化技術の開発

低温ガス化触媒の循環流動層への適用可能性に関する調査

〔研究代表者〕 角口 勝彦（エネルギー利用研究部門）

〔研究担当者〕 幡野 博之、鈴木 善三、山田 理、
海保 守、安田 肇、美濃輪智朗、
千葉 晃嗣、徳田真樹子、麻生 光恵、
宇野 誠司

〔研究内容〕

本技術開発ではバイオマス資源の高効率なエネルギー転換技術の確立を目指し、前処理工程が比較的容易な流動層技術を適用した低温（600℃）バイオマス・ガス化技術を開発する。低温ガス化を行う際には、安定連続運転を困難にするタールが発生する。このタールトラブルを回避するため、共同研究機関（出光興産）が開発するタール分解機能を有した多孔質アルミナ粒子等の触媒を使用する。すなわちこの低温ガス化触媒粒子を循環流動層に適用し、バイオマス分解特性、タール分解触媒のタール吸着特性について検討する。またプロセス解析により、同ガス化システムの評価を行う。これらの手段により、循環流動層利用システムによるバイオマス・ガス化技術の実用化に資する。

平成14年度は、従来用いていたベンチスケールの石炭用小型循環流動層ガス化実験炉を、バイオマスを原料とする仕様に改良するための設計、製作を行った。具体的にはかさ密度の小さいバイオマスの供給系をスクリュウフィーダーによる直接供給から窒素ガス搬送供給方式に変更し、かつ供給時の管路閉塞への対応を図るとともに、装置に供給するガス流量計測の精度向上を図り、タール測定のためのサンプリングポートの設置等を行った。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 バイオマス、ガス化技術、流動層

〔研究題目〕 バイオマスエネルギー高効率転換技術開発

バイオマスの低温流動層ガス化技術の開発

低温ガス化触媒の循環流動層への適用可能性に関する調査

〔研究代表者〕 角口 勝彦（エネルギー利用研究部門）

〔研究担当者〕 幡野 博之、鈴木 善三、山田 理、
海保 守、安田 肇、美濃輪智朗、
千葉 晃嗣、徳田真樹子、麻生 光恵、
宇野 誠司

〔研究内容〕

本技術開発ではバイオマス資源の高効率なエネルギー転換技術の確立を目指し、前処理工程が比較的容易な流動層技術を適用した低温（600℃）バイオマス・ガス化技術を開発する。低温ガス化を行う際には、安定連続運転を困難にするタールが発生する。このタールトラブルを回避するため、共同研究機関（出光興産）が開発するタール分解機能を有した多孔質アルミナ粒子等の触媒を使用する。すなわちこの低温ガス化触媒粒子を循環流動

層に適用し、バイオマス分解特性、タール分解触媒のタール吸着特性について検討する。またプロセス解析により、同ガス化システムの評価を行う。これらの手段により、循環流動層利用システムによるバイオマス・ガス化技術の実用化に資する。

平成14年度はベンチスケール循環流動層ガス化装置を使用して、低カロリーガス化実験を行った。多孔質アルミナを用いた試験を実施した結果、循環流動層ガス化装置から生成したガスの60%はH₂であった。発生するタールはライザー一部で補足され、SPA法によるタール濃度は、25g/Nm³生成ガスであった。この値は、実機での目標である5-10g/m³生成ガスを達成可能なタール量となっており、循環流動層のような希薄な粒子濃度条件においても、多孔質粒子のタール補足効果は有効であることが確認できた。また、簡易型SPA法は、このような低濃度域において十分な精度を持つことが確認できた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 バイオマス、ガス化技術、流動層

〔研究題目〕 固体高分子形燃料電池の研究開発

中温作動型固体高分子形燃料電池の研究開発

〔研究代表者〕 本間 格（電力エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 本間 格、周 豪慎、日比野光宏、
中島 仁、山田 真路、金 濟徳

〔研究内容〕

固体高分子形燃料電池（PEFC）の中温領域（100～200℃）での作動が可能であれば、発電効率の向上、触媒CO被毒低減による改質システムの簡素化、冷却システムの簡素化、高効率化、システムのコンパクト化、低価格化が達成できる。本研究開発プロジェクトでは中温領域プロトン伝導性高分子電解質膜と高性能（耐CO型）触媒電極の双方の次世代型材料開発を行い実用化を目指す。

平成14年度の研究成果：

① 耐熱性有機無機複合電解質膜の合成

耐熱性無機高分子（ポリジメチルシロキサン等）とチタニア或はジルコニアのナノハイブリッド膜をゾルゲル合成しこれにヘテロポリ酸或は無水リン酸をドーブすることにより中温度領域でもプロトン伝導性を有する高分子電解質膜を合成した。柔軟で耐熱性を有する安価高分子電解質膜を開発した。

② 酸塩基複合型無加湿プロトン伝導膜の合成

リン酸系ポリマー（Polyvinylphosphoric Acids）と塩基性分子（Imidazole, Pyrazole等）を複合させた酸塩基複合型高分子電解質膜を作成し、無加湿状態でのプロトン伝導特性を評価した。水の存在無しに150℃で7x10⁻³S/cmのプロトン伝導性を有する新規高分子電解質膜の合成に成功した。

③ 貴金属含有型ヘテロポリ酸（分子クラスター酸化物触媒）の合成と触媒電極特性

12-タングステイ酸などのケギン構造を有するヘテロポリ酸のタングステンサイト中に Pt や Ru などの貴金属原子を置換的にドーブした貴金属含有型ヘテロポリ酸を合成し、電極触媒特性を評価した。これらの分子クラスター酸化物触媒において白金合金に匹敵する電極触媒特性を見出した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】高分子形燃料電池、電解質膜、触媒電極

【研究題目】バイオマスエネルギー高効率転換技術開発／有機性廃棄物の高効率水素・メタン醗酵を中心とした二段醗酵技術研究開発
メタン醗酵の効率化及びバイオエンジニアリング研究

【研究代表者】澤山 茂樹（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】塚原建一郎、多田 千佳、土田 ゆか

【研究内容】

「メタン醗酵の効率化及びバイオエンジニアリング研究、平成14年度①微生物固定化技術研究開発」では、固定化リアクター内の固定化微生物叢の一部を明らかにした。酢酸を供給した固定化メタン醗酵実験から、酢酸資化性メタン生成菌だけではなく水素資化性メタン生成菌が多く増殖していることを明らかにし、固定化メタン醗酵の効率化の基礎資料を得た。平成14年度②では、「微生物の固定化特性の検討」において、固定化微生物を充填したリアクターにおける醗酵微生物固定化特性について実験を行った。ベンチスケールで固定床型固定化法と流動床型固定化法について比較した実験の結果、固定床型固定化法の方がガス化特性に優れていることが明らかとなった。さらに、セル型固定化担体と繊維型固定化担体を比較実験したところ、若干セル型固定化担体の方がガス化特性に優れていることを明らかにした。これらの研究により、トータルシステムにおけるメタン醗酵効率化のために重要な知見が得られた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】メタン醗酵、水素醗酵、バイオガス

【研究題目】太陽光発電技術研究開発

大量導入に向けた共通基盤技術の研究開発及び調査

太陽電池評価技術の研究開発

【研究代表者】津田 泉（電力エネルギー研究部門）

【研究担当者】高久 清、中村 国臣、小柳 理正
柳澤 武、小島 猛、菱川 善博
中原 乾志、猪狩 真一

【研究内容】

(1) 複合加速試験装置の開発

加速係数100倍の加速方法を開発するために、複合

加速試験装置を開発し、試験条件を明らかにするとともに高照射下での高温保持試験、連続光下の温度サイクル試験等の各種の試験を実施し、現実には生じない異常な加速現象がなく、かつ、明らかな加速試験となっていることを確認した。その結果、加速試験としての妥当性が明らかとなり、今後の加速係数の把握が可能となった。

(2) 太陽電池セル・モジュール評価手法の研究開発

各種新型太陽電池のセル・モジュールの評価方法を開発する。そのため、結晶 Si 基準太陽電池セル評価において、ランダム誤差としては、標準電球によるスペクトロラジオメータの値付けとその長期安定性による影響が大きく、バイアス誤差としては、分光放射照度標準電球の校正値の不確かさの影響が大きいことを明らかにした。また、WPVS（World Photovoltaic Scale）対応の新型パッケージの開発を行い、基本性能を把握した。その結果、今後の技術開発の方向性が確認できた。

モジュール評価では、大面積高近似ソーラシミュレータでは放射照度場所むらによる影響が大きいことを確認し、キセノンランプの光軸調整手法の再検討、フィルタの位置枚数調整等を通じて、放射照度場所むらの改善を行った。その結果、測定精度の向上が図れた。

NEDO 開発品の性能評価として、ハイブリッド太陽電池モジュール、CIS 太陽電池モジュール、多結晶 Si 太陽電池セル等、7件の性能評価を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】太陽電池セル、太陽電池モジュール、校正技術、信頼性評価

【研究題目】バイオマスエネルギー高効率転換技術開発

セルロース系バイオマスを原料とする新規なエタノール醗酵技術等により燃料用エタノールを製造する技術の開発

もろみエタノールの膜濃縮技術の開発

【研究代表者】柳下 宏（環境調和技術研究部門）

【研究担当者】柳下 宏、池上 徹、北本 大、
根岸 秀之、佐藤 雄平、森山由紀子

【研究内容】

目標：本研究題目は、バイオマス資源のエネルギーへの高効率な転換技術のうち、糖・デンプン系のエタノール醗酵技術をセルロース系バイオマスに適用するための技術を開発し、実用化に目途をつけることを目的としている。

そこで、本研究では、エタノール選択的透過性を有する高性能なシリカライト膜の開発と、当該膜等を用いて発酵エタノールを発酵槽から連続的、選択的に回収し、エタノールを高濃度に濃縮する基礎技術を開発する。

進捗状況：本年度は、発酵液中の共存物質の分析を行

うとともに、それらが分離膜性能（分離係数と透過流束）に及ぼす影響について検討した。その結果、発酵液中には、副産物として種々の有機酸類（主としてコハク酸）及びグリセロールが生成、蓄積されたことが明らかとなった。

次いで、これらの物質がシリカライト膜のエタノール分離性能に及ぼす効果について調べた結果、コハク酸は分離係数と透過流束の双方の著しい低下を、グリセロールは透過流束の低下を惹起することが明らかとなった。

エタノール高選択性分離膜であるシリカライト膜の工業的な生産化を目指すために、製膜工程の短縮と再現性の高い高性能を有する分離膜の製膜法として、種結晶を基板上に塗布して水熱合成を行い、その製膜条件の検討を行った。

その結果、結晶化調整剤の量を減らすことで、きれいな膜が安定して作製できることがわかった。さらに、製膜初期に用いるシリカライトの種結晶の大きさが、その製膜後の分離性能に大きく寄与し、高分離性能を呈示するための最適な種結晶粒子径が存在することを明らかにするとともに、従来の種結晶を用いずに水熱合成だけで作製する方法と比較して製膜時間の大幅な短縮が可能であることを明らかにした。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 バイオマス、エタノール発酵、膜分離技術、浸透気化法、シリカライト、ゼオライト膜

【研究題目】 バイオマスエネルギー高効率転換技術開発

セルロース系バイオマスを原料とする新規なエタノール醗酵技術等により燃料用エタノールを製造する技術の開発
もろみエタノールの膜濃縮技術の開発

【研究代表者】 柳下 宏（環境調和技術研究部門）

【研究担当者】 柳下 宏、池上 徹、北本 大、根岸 秀之、土屋 和恵

【研究内容】

目標：本研究題目は、バイオマス資源のエネルギーへの高効率な転換技術のうち、糖・デンプン系のエタノール醗酵技術をセルロース系バイオマスに適用するための技術を開発し、実用化に目途をつけることを目的としている。

そこで、本研究では、エタノール選択的透過性を有する高性能なシリカライト膜の開発と、当該膜等を用いて発酵エタノールを発酵槽から連続的、選択的に回収し、エタノールを高濃度に濃縮する基礎技術を開発する。

進捗状況：エタノール高選択性シリカライト膜は、エタノール発酵時の副産物である有機酸の蓄積によって膜が親水化されるために、その分離性能が大きく低下することが明らかとなった。そこで、本研究では、分離性能

のこのような低下を防止することを目的として、疎水性素材であるシリコンゴムを用いて、膜のコーティングを行い、その改質効果について検討した。その結果、シリコンゴムコーティングを行うことにより、コハク酸によって惹起される分離性能の低下を軽減できることが明らかとなり、その程度はシリコンゴム濃度に依存して大きくなることが明らかとなった。

連続発酵／膜分離システムにおけるエタノール回収量の増大のためには、分離膜面積を増大させることが不可欠であり、平板状分離膜を管状化することが望ましいと考えられる。そのためには、水熱合成反応によって管状に製膜する前段階として、多孔質管状膜支持体上へシリカライト種結晶を均一塗布することが必要である。

そこで、泳動電着法に基づく結晶塗布膜作製方法について検討した。結晶としては、シリカライト結晶よりも、電着がしやすいA-4ゼオライト粉末を用い、1-プロパノールに分散させ、結晶塗布膜作製条件について検討した。なお、多孔質管状膜支持体を電着基材として用い、対極に円筒形ステンレスメッシュを配置した。その結果、電着浴中では両極間に電位勾配が存在し、本結晶粒子の泳動電着が可能であることが明らかとなった。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 バイオマス、エタノール発酵、膜分離技術、浸透気化法、シリカライト、ゼオライト膜

【研究題目】 ナノテクノロジープログラム（ナノマテリアルプロセス技術）

ナノ機能合成技術プロジェクト

【研究代表者】 横山 浩（ナノテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 阿部 修治、針谷喜久雄、下位 幸弘、川本 徹、川畑 史郎、小林 伸彦、坂野 貴子、Ping Huai、岩田 潤一、寺倉 清之、三上 益弘、浅井 美博、都築 誠二、森川 良忠、

Ferdi Aryasetiawan、尾崎 泰助、

篠田 渉、中西 毅、劉 子敬、

秋永 広幸、眞砂 卓史、高野 史好、

川西 祐司、鈴木 靖三、園田与理子、

谷田部哲夫、石川 満、中村 徹、

平谷 和久、名川 吉信、金里 雅敏、

北條 博彦、徳久 英雄、小山恵美子、

水谷 亘、Vasudevan Pillai Biju、

宮本 静子、時崎 高志、綾 信博、

瀬戸 章文、平澤 誠一、折井 孝彰、

崎山 要、

Zolotoukhina Tatiana Nikolaevna、

大谷 吉生、菅原 孝一、古賀 健司、

石飛 昌光（住友化学工業株式会社）、

押山 淳、白石 賢二、岡田 晋、

村上 浩一、牧村 哲也、大成 誠之助
(筑波大学)、
尾嶋 正治、小野 寛太、岡林 潤、
水口 将輝、大木 栄幹(東京大学)
岡 泰夫、村山 明宏、富田 卓朗
(東北大学多元物質科学研究所)、
安武 正敏、渡辺 和俊、安藤 和徳、
鹿倉 良晃、今井(倉持) 宏実
(セイコーインスツルメンツ株式会社)、
田中 厚志、清水 豊、大島 弘敬、
井原 宜孝、(富士通株式会社)
白井 正文(東北大学電気通信研究所)、
丸山 芳弘、奥儀 修(浜松ホトニクス
株式会社)、
内藤 泰久(モトローラ)

【研究内容】

[1] ナノシミュレーション技術の開発

● ナノシミュレーション技術(中間目標達成見込み)

【目標1】ナノ構造体シミュレーションの要素技術として、第一原理法と古典分子動力学法の高速度化、ハイブリッド化、および拡張アンサンブル法、分子間相互作用の精密化法など、大規模計算手法の開発を進め、直径10nm程度のサイズのナノ構造体の安定構造を求められるようにする。(住友化学工業との共同研究)。

【成果1】ナノ構造体シミュレーションの要素技術の開発は着実に進展した。部分剛体分子系の多重時間数値積分法を新たに開発し、これまで開発してきた自己誘導力法とハイブリッドモンテカルロ法とを結合したサンプリング法の高精度化を実現した。分子間平均力ポテンシャルを用いたモンテカルロ法により、10nmスケールの液晶系の高次構造シミュレーションが可能になった。

● ナノ材料の構造・機能予測(中間目標達成済み)

【目標2】シミュレーション技術の適用により、新しい電子・スピン機能材料や分子機能材料に関する提案を1つ以上行う。(筑波大学との共同研究)。

【成果2】水素吸着したシリコン結晶表面においてナノ構造を形成させることにより磁性を発現させることができるという新しい理論的提案を行った。

[2] ナノ機能材料の創製と機能実証

I. 電子・スピン機能材料創製と機能実証技術

● 超高感度磁場センシング技術(中間目標達成済み)

【目標3】超高感度磁場センシング素子を想定し、室温・大気圧の条件下で、既存の磁気抵抗材料より優れた磁気抵抗効果を発現する、構造機能相関を制御したナノ構造磁性体材料を開発し、その開発プロセス技術の有効性を実証する。(富士通(株)、東京大学との共同研究)

【成果3】磁場感度10000% (per 100mT) の条件を満たす材料の作製に成功した。

● スピン注入技術(最終目標達成済み)

【目標4】(中間目標) 実質的に完全スピン偏極度(ほぼ100%)を示す材料の設計

(最終目標) 高スピン偏極機能材料ヘテロ構造で1%以上のスピン注入現象を実証する。

(東北大学電気通信研究所、多元物質科学研究所との共同研究)

【成果4】平成13年度に、閃亜鉛鉱型 CrAs を物質設計し、スピン軌道相互作用を考慮してもそのスピン偏極度が99.8%となること、また格子定数が0.585nmとなることを示した。格子定数は、実験的に0.578nmとなることを実証することに成功した。また平成14年度には、高スピン偏極強磁性金属を電極とした強磁性金属/半導体ヘテロ構造にて、約2%のスピン注入現象を室温にて実証することに成功した。

● 局所磁気計測技術(中間目標達成見込み)

【目標5】ナノテクノロジーを活用したスピンエレクトロニクスを創生するための基盤となる局所磁気計測技術を開発する。(中間目標) 100ナノメートルを越える分解能で元素識別が可能な、局所スピン分光計測用ナノ構造磁性体評価装置の開発を行う。(東京大学、高エネルギー加速器研究機構、セイコーインスツルメンツ(株)との共同研究)

【成果5】当該ナノ構造磁性体評価装置の調整・稼働、そして性能評価を開始した。35ナノメートルの分解能の実現と化学イメージングを行うことに成功した。

II. 分子機能材料創製と機能実証技術

● 分子機能材料創製と機能実証(中間目標達成見込み)

【目標6】目的分子のバインディングによって、電子伝導性等の電気的変化を引き起こすセンシング機能分子を設計・合成し、その分子機能を単一分子分光法により確認するとともに、電極表面上に導入し微小電気計測法により一分子電気応答の確認を行う。

【成果6】核酸塩基認識ゲートと導電性ワイヤを複合化した機能分子を理論予測をもとに設計し、モデル系で塩基による電子状態変化の誘導に成功した。単一分子を検出・評価する表面増強ラマン計測システムを構築した。10ナノメートルのギャップ電極を備えた微小電気計測系を構築し、導電性分子の基礎的電気特性を評価した。

III. ナノ構造形成技術

● ナノ加工走査プローブ(中間目標達成済み)

【目標7】走査プローブを用いた陽極酸化によりナノ構造を作製するため、酸化環境を精密に制御できる加工システムを作製するとともに、安定に微細な酸化膜構造が作製できる条件を見出す。さらに、磁性材料等の新たな材料に対する加工手法・条件を得る。(セイコーインスツルメンツ(株)との共同研究)

【成果7】湿度・温度・気圧を精密制御できるプローブ

ブ陽極酸化加工システムを完成し、加工モデルとの対比を行うべくイオン電流等の測定を行った。これより最適な加工条件の見込みを得て、 $1\mu\text{m} \times 1\mu\text{m}$ の範囲内に幅 10nm のライン加工を行うことに成功した。さらに磁性材料等への金属オーバーコートにより安定な酸化加工を行う手法を開発した。

- ナノ加工レーザープロセス（中間目標達成見込み）
 - 【目標 8】レーザーアブレーションにより、粒径 $5\text{--}20\text{nm}$ の金属/金属酸化物ヘテロ構造粒子をサイズ・組成等を厳密に制御しつつ作製するプロセスを開発し、粒子のサイズ・構造と磁気的特性の相関の一部を評価する。

【成果 8】複合構造粒子が作製可能であるよう高度化したレーザーアブレーションプロセス装置を試作し、磁性金属/酸化物のナノヘテロ（コア/シェル二重）構造で粒径が $5, 10, 15, 20$ ナノメートルの均一粒子の作製に成功した。

[3] ナノ構造機能相関理論の一般化技術

- 構造機能相関理論の構築（中間目標達成済み）
 - 【目標 9】シミュレーションと実験の基盤の上に、低次元ナノ構造や分子ワイヤなどの単一ナノ構造体の構造と機能の相関の理論的解明を進め、電子・スピン機能や分子機能をもつ複合ナノ構造体の設計を行うための理論的基盤を構築し、1つ以上の新しいナノ構造機能の理論的提案を行う。

【成果 9】ナノ超構造において相変化スイッチングを高速化することができるという理論的提案、及び、局在スピンを2つ有する共役系分子において電荷ドーピングにより高スピン状態を発現できるという理論的提案、以上2つの、いずれも一般的理論モデルの提案を行った。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] ナノシミュレーション、ナノスピントロニクス、分子センサー、プローブ陽極酸化加工システム、ナノ加工レーザープロセス

[研究題目] ナノテクノロジープログラム（ナノマテリアル・プロセス技術）

精密高分子技術プロジェクト高性能材料の基盤研究開発
材料形成技術

[研究代表者] 清水 博（高分子基盤技術研究センター）

[研究担当者] 清水 博、中山 和郎、横山 英明、北野 武

[研究内容]

(1) 研究目標

本研究では、リアクティブプロセッシング反応機構の解明に向けたモデルポリマーによる二層膜界面での反応性の解析、せん断場等特殊場利用構造制御機構の解

明に向けた特殊場下その場測定によるブレンド相挙動の解析、実際の成形加工機を用いた溶融ブレンドによる構造制御要因の解析等を系統的に進め、材料形成技術の最適化を行う。

(2) 研究内容

- ① リアクティブプロセッシング反応機構の解明：反応性基をもつモデルポリマーを合成し、X線分光分析（XPS）により、二層膜界面での反応性を解析した。
- ② 特殊場利用構造制御技術の開発：
 - ・相溶性ポリビニルメチルエーテル（PVME）/ポリスチレン（PS）ブレンド系を対象に、高せん断流動場下ならびに高圧場下で相挙動を解析した。また、高せん断流動/高圧場同時賦与下での相挙動について予備的検討を行った。
 - ・サーモトロピック液晶性ポリエステル（LCP）とポリエチレンナフタレート（PEN）との溶融ブレンドを行い、押出成形によりシートを作製した。このブレンド系において、LCPがPENの結晶化に及ぼす効果を解析した。
 - ・粉碎機構を備えた溶融混練機を用いて、LCPとポリエチレンテレフタレート（PET）との溶融ブレンドを行い、押出し物の構造制御要因を解析した。また、押出し物の線膨張率を測定し、異方性低減化の可能性を検討した。
- ③ ブロック共重合体の配向制御：ブロック共重合体の自己組織化の速度と分子量の関係について調べた。

(3) 進捗

- ① 二層膜モデル界面での反応は、相溶系に比べてかなり進行が遅く、界面での局所濃度が非常に低いことが示唆された。TOF-SIMSによる解析の結果と自己無撞着場（SCF）の計算の結果、極性の強い側のポリマーの官能基濃度が界面で低くなっていることが分かった。
- ② 相溶性 PVME/PS ブレンド系では、高せん断流動場下（せん断速度： $500/\text{s}$ ）ならびに高圧場下（ 10MPa ）で共にその相図が高温側にシフトし、相溶領域が広がることを見出した。
 - ・LCP/PEN系の溶融ブレンドの押出成形シートでのPENの低温結晶化温度、溶融状態からの結晶化温度を詳しく調べたところ、極わずかにLCPを配合した成分で、PENの結晶化が進んでおり、LCPが結晶化を誘起していることが分かった。
 - ・粉碎機構を備えた溶融混練機を用いてLCP/PETブレンド系の押出し物を作製したところ、LCP相が球状ドメインとなりPETマトリクス中に均一分散した等方的構造を作り出すことができた。また、LCP結晶相は無配向構造であることが示唆され、線膨張率の解析から異方性が著しく低減化されたことが分かった。
- ③ シリンダーを形成するブロックコポリマーの構造

形成は、無秩序性と拡散係数の急激な低下の影響で、非常に狭い範囲でしか長距離相関を示さないことが分かった。長距離相関を得るためには、精密に分子量等を制御したものが必要で、限られた周期構造のものになってしまうことが分かった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 リアクティブプロセッシング、せん断流動場、特殊場、相挙動解析、成形加工、溶融混練、

【研究題目】 エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発

過冷却蓄熱による床暖房システムの研究開発

【研究代表者】 平野 聡 (エネルギー利用研究部門)

【研究担当者】 角口 勝彦、松本 成司、平野 聡、長通 元

【研究内容】

貯蔵された熱の抽出が熱需要に応じて可能な蓄熱式床暖房システムを実現するための基盤技術研究開発を行う。具体的には、燐酸水素二ナトリウム十二水和物 ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 、以下燐酸ソーダと略記) を加熱して完全に融解させた後に、周囲への放熱で温度が低下した蓄熱材を過冷却状態で貯蔵し、熱需要に応じて凝固を開始させて熱抽出を行わせる方法を考え、蓄熱装置の設計に必要な過冷却の制御条件と制御方法、長期繰り返し安定性、および蓄熱槽内の伝熱促進方法などについて、実験と理論解析の両面から検討する。

本年度は、従来型の潜熱蓄熱と対比させながら、燐酸ソーダを蓄熱材とした過冷却蓄熱の利用特性を明らかにした。また、蓄熱材の融解・凝固による蓄熱体間狭隙流路の拡大・縮小が熱交換性能、流動特性に及ぼす影響について検討した。

過冷却蓄熱の実験結果を基に、標準的な戸建て住宅に過冷却蓄熱太陽熱床暖房システムを適用した場合の熱収支を算出し、従来システムに比べて約20%の暖房エネルギー削減が期待できることを示した。また、燐酸ソーダ内の凝集粒子の沈降速度を融液の透過率変化から調べ、10~100 $\mu\text{m}/\text{min}$ のオーダーで時間経過とともに低下することを明らかにした。

さらに、矩形断面の蓄熱槽内に蓄熱体が林立する場合の熱交換水の圧力損失を試算し、床下暖房配管の流動損失と比較した。蓄熱体を細密充填で配置した場合の蓄熱槽内流動損失は、床部分の流動損失をはるかに上回る可能性があり、圧力損失特性の精密な評価が設計上重要になることを明らかにした。また、加振機構を持つ弾性流路熱交換試験装置を設計・試作した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 エネルギー貯蔵、蓄熱、過冷却、熱交換、圧力損失

【研究題目】 生物機能活用型循環産業システム創造プログラム

植物利用エネルギー使用合理化工業原料生産技術開発

植物の物質生産プロセス制御基盤技術開発

【研究代表者】 進士 秀明 (生物機能工学研究部門)

【研究担当者】 進士 秀明、鈴木 馨、中山 裕子、内藤 由紀、吉田 順子

【研究内容】

目標：植物の物質生産プロセスを制御するため、植物の代謝系関連遺伝子群の発現を統括的に制御する転写因子遺伝子群と発現制御 DNA エLEMENTの機能を解析して情報を収集・整理し、統括的な遺伝子発現制御による植物の機能改良のための技術基盤を確立する。

計画：シロイヌナズナなどのモデル植物において、ゲノム配列等のデータベースを基に転写因子遺伝子群に関して推定される構造・機能等の情報を解析・整理し、各転写因子遺伝子の cDNA を収集・整備する。これらを利用して植物の転写因子遺伝子群の発現プロファイルの解析を行うとともに、各種形質転換細胞・植物を作成して各転写因子の制御を受ける標的遺伝子群の発現プロファイルと代謝産物プロファイルの解析および表現型の解析を行いデータベースを整備する。さらに各転写因子が認識する発現制御シスELEMENTの解析および各転写因子の転写制御メカニズム解析等の結果を統合して、植物の統括的な遺伝子発現制御のための技術基盤を確立する。年度進捗状況：シロイヌナズナの転写因子遺伝子の配列情報の解析、転写因子遺伝子の cDNA の収集と整備、転写因子遺伝子の発現解析手法の検討を開始した。シロイヌナズナの遺伝情報データベースを基にした解析によって、植物特異的な転写因子である ERF ファミリーの遺伝子を122種類同定した。転写因子遺伝子の配列情報の解析によって得られた情報をもとに、ERF ファミリーの遺伝子の cDNA の取得とエントリークローンの作成を開始した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 植物、転写因子、遺伝子発現制御

【研究題目】 エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発

多様なニーズに対応するフレキシブルタービンシステムの研究開発

【研究代表者】 古谷 博秀 (エネルギー利用研究部門)

【研究担当者】 高橋 三餘、壹岐 典彦、齊藤 剛、N.Uzunow

【研究内容】

平成13年度より、産業技術総合研究所が中心となり、財団法人 エネルギー総合工学研究所、(株) 神戸製鋼所、(株) 東芝、川崎重工株式会社、東京工業大学と共

同で研究開発を行っている。

産総研では、産業の現場での廃熱の利用率を高め、いっそう省エネルギー効果を高める次世代型のフレキシブルタービン（MEPS）を提案するため、燃焼を利用してもエクセルギーロスを低減できる手法を、実システムへ応用する方向性について、水の蒸発潜熱を利用して廃熱を回収し、熱の循環と同等の効果をもたらすスチーム再生を中心として調査研究を行う。さらに、利用可能な廃熱調査の結果を受け入れ、二酸化炭素削減効果の大きなシステムを提案する。また、要素技術である噴霧微粒化技術について実験的な検討を行う。

平成14年度においては、スチーム再生サイクルの特性を、その機器構成要素の有無も含めて解析し、最高効率となる条件選定を行った。さらに、低コストでシンプルなシステムにおいても、廃熱により生成した蒸気の乾き度が高い場合、投入する水素エネルギーに対して高い効率でシステム動力が向上し、比較的低い圧力と温度条件においても、7割近いエネルギー変換が可能であることがわかった。また、これと同時に、ポテンシャル的にその応用が有望と考えられる小型ボイラーへの適応性を評価し、後段で低圧の蒸気を利用している環境では、新に投入した水素エネルギーのほとんど全てを動力に変換可能で、省エネルギーシステムとして革新的効果があることがわかった。さらに、噴霧の微粒化技術の開発に向けて、水の加熱と噴射方法の工夫によって微粒化を著しく向上し得るノズルの探索を行った。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 タービン、水素燃焼、排熱利用、噴霧技術

【研究題目】 エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発

エネルギー・物質併産プロセス評価解析システムの開発

【研究代表者】 中岩 勝（環境調和技術研究部門）

【研究担当者】 中岩 勝、秋谷 鷹二、大森 隆夫、遠藤 明、山本 拓司

【研究内容】

本研究は、化学産業等の製造業と発電等のエネルギー産業を統合した全く新しいシステムの構築により、発電のみを目的とした化石燃料の使用量を極限まで小さくし、物質生産とエネルギー生産を同時に高効率に行うことによりトータルのCO₂排出量を大幅に低減し、かつわが国の産業競争力強化に資することを目指している。そのために、既存あるいは新たに導入されるプロセスまたは設備において、従来にない高度省エネルギーシステムを実現するために必要な解析・評価ツール及びシステムを開発し、必要となるソフトウェア的な知見を明らかにするものである。本年度は、熱系と物質系をそれぞれ独立して最適化した後に、コプロプロセスを含む両系複合同

題の最適化を行うことを基本アルゴリズムとして検討を進めた結果、新規な計算アルゴリズムを開発した。全10段階で計算を進めることによって、コプロプロセス自体の熱と物質の需要を含め、確実に解が得られる工夫を施した。これを基本にプロトタイプソフトウェアを作成し、それをを用いた事例検討として、ICFG ガス化プロセスと標準的な部分酸化ガス化プロセスの比較検討、および低温排熱利用冷熱製造プロセスについて検討した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 省エネルギー、コプロダクション、解析、ソフトウェア、最適化、ピンチテクノロジー、地球温暖化

【研究題目】 エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発

高性能蓄熱材料による熱搬送・利用システムの研究開発

【研究代表者】 遠藤 明（環境調和技術研究部門）

【研究担当者】 遠藤 明、春田 正毅、中岩 勝、秋谷 鷹二、大森 隆夫、山本 拓司

【研究内容】

本研究では低温排熱で冷熱を発生させることを目的として新規シリカゲル系多孔質材料の探索を実施した。新規合成手法として溶媒揮発法を採用して合成した多孔質材料の吸着材としての可能性を評価するために、冷熱発生を可能とする作動媒体としてメタノールおよび水蒸気を選定し、材料の細孔構造と吸着特性の関係を検討した。細孔径1.4~2.8nm の新規シリカゲルの水蒸気吸脱着等温線によれば、細孔径により吸着が起こる相対圧を制御可能であり、十分に冷凍や空調に利用する冷熱の発生が可能な特性を持っていることが示唆された。溶媒揮発法によるメソポーラスシリカの形成とその構造最適化により、7℃の冷熱発生を想定すると、現在までのところ、世界最高水準である蓄熱密度700kJ/kg を達成できた。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 省エネルギー、メソポーラスシリカ、吸着、ケミカルヒートポンプ、空調、地球温暖化

【研究題目】 エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発

汎用回生型大容量スーパーキャパシタの研究開発

【研究代表者】 本間 格（電力エネルギー研究部門）

【研究担当者】 本間 格、周 豪慎、日比野光宏、渡邊 崇、古川 博康、平林 正之

【研究内容】

ナノ構造を有するマンガン酸化物を様々なソフト溶液化学手法を用いて作製し、その短いイオン拡散長や大きな比表面積から期待される速い電気化学過程を用いて高

速充放電可能な電極を作成した。

以下の3つの合成法を同時に試み電極特性の最適化を行っている。

- ① 超音波を用いた Sonochemical Coating 法
- ② 非水溶液中での Sonochemical Coating 法
- ③ 異元素ドーブゾルゲル法

①では独自のナノ電極合成手法としてソノケミカル法 (Sonochemical Coating) を用いて炭素粉末表面上への活物質ナノレベル層のコーティング技術を開発した。過マンガン酸カリウムと炭素粉末 (アセチレンブラック) が共存する分散溶液に超音波を照射することにより表面での還元反応を優先的に起こし炭素粉末表面にアモルファスマンガンのナノコーティング層を形成した。TEM 観察によりアモルファスマンガンのナノレベルの厚さ (約2-3nm) の活物質層が薄くコーティングされたナノ構造電極が作製できた。これらは巨大な比表面積を有しているため電荷移動速度が大きく、かつイオン拡散に要する時間も短いため大きな疑似容量を有したスーパーキャパシタ電極として機能することが期待できる。これらのナノ構造電極の活物質レベルでのパワー密度とエネルギー密度を測定した結果420Wh/kg、出力密度120kW/kg の極めて良好なスーパーキャパシタ特性を有する電極物質を合成出来た。これらの電池セル特性を関西電力、関西新技術研究所、日本電池と共同研究であり本年度中には産総研で開発したナノ構造マンガン酸化物の電池特性が評価出来る予定である。これまで作製したナノ構造マンガン酸化物ではエネルギー容量、パワー密度とも初期特性は良好なものサイクル特性に関しては数十回の充放電サイクルにより大きな容量劣化が起きた。より劣化の少ない活物質作製の為に新規合成法を考案、非水溶液中でのソノケミカル法合成、異元素ドーブしたマンガン酸化物のゾルゲル合成を行った。②の非水溶液中でのソノケミカル法を用いた合成では活物質中に含まれる構造水および吸着水を極力低減し水が劣化のプロセスとなっている因子を除くことを目的とした。アセトン中での合成により得られた活物質は水溶液中でのソノケミカル法で合成した試料よりサイクル特性が向上した反面、容量は小さくなった。非水溶液中での合成では反応中に生成する副生成物 (酢酸塩) 除去が課題である。③の異元素をドーブしたマンガン酸化物材料ではゾルゲル合成時に Cr, Fe, Ni, Co, Cu, Zn などのマンガン以外の遷移金属をドーブすることによりアモルファス酸化物のマトリックス中に電気化学的に不活性な他の遷移金属酸化物相を混入させることにより充放電時の体積変化の緩和やマンガンイオンの溶出低減を目的とした。溶液中に混合した異種遷移金属イオンは活物質中に均一に取り込まれナノサイズ以上の偏析等は観測されない単一相を形成した。マンガン酸化物はアモルファス構造を有しているので異種元素と固溶体を形成しているのではないかと推察している。これらの活物質は若干容量は低下した

もののサイクル特性は向上した。これらの活物質の電池特性も今年度中に測定予定である。NEDO のスーパーキャパシタプロジェクトではアノードとしてチタニアナノ構造を用いた電極開発を長崎大学に再委託している。最終年度である今年度は産総研で開発したナノ構造マンガン酸化物をカソードとして、チタニアナノ構造をアノードとしてスーパーキャパシタを作製しその性能評価を行う予定である。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 スーパーキャパシタ、ナノ電極、高出力型2次電池

【研究題目】 エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発

衝撃結合効果を利用した窯業プロセスのエネルギー合理化技術に関する研究開発

【研究代表者】 明渡 純 (機械システム研究部門)

【研究担当者】 明渡 純、岩田 篤、小木曾久人、中野 禅、吉田 博夫

【研究内容】

(目標)

低温 (200~500℃以下) の焼成温度で実用的な特性をもつ大面積セラミックス厚膜体/成形体の形成に向けた、衝撃結合効果を利用した新しいセラミックス形成技術を開発する。

(研究計画)

本プロセスの基本となる常温での衝撃固化メカニズムの解明と原料微粒子調整技術の開発を産業技術総合研究所で行い、これらの成果を基にプラスチック基材上への衝撃コーティング技術の開発とバルクレベルの衝撃成形技術の開発を東陶機器株式会社で行う。

(年度進捗状況)

① 粒子結合・膜緻密化メカニズムの解明

本年度は、常温衝撃成形技術の基礎的メカニズム解明に向け、常温成膜/成形体の粒子間結合状態や成膜/成形条件との関係、従来バルク焼結法や噴射コーティング法との違い、熱処理効果の影響などを明らかにする。前年度明らかとなった結晶微細化現象をヒントに、アルミナー-PZT 粉末の混合成膜を行い TEM などによる微細組織観察や粒子衝突シミュレーションの基礎的検討を行った。結果、衝撃結合効果によるセラミックス微粒子の固化現象では、原料微粒子は粒子衝突による高速塑性変形を伴い微細化し、成膜/成形体の緻密化することが証明された。また、実際の固化条件下では、理論計算上による粒子衝突時の衝撃力では粒子表面の上昇温度は焼結温度より遙かに小さいことが示唆され、マクロ的には原料粒子を熔融させることなくほぼ固体状態のまま常温固化できていることが明らかになった。現在、見通しの良いプロセス向上の指針を得るために、より詳細な理論計算、微細組織の観

察を進めている。現状では、原料粒子の粒径や分布が成膜／成形体の機械物性に大きく影響することが確認でき、バルク体の衝撃固化実験との比較から複数回の粒子衝突による緻密化が粉体固化の重要な要因であること判明しつつある。以上、本年度は、本プロセスのメカニズムを解明する上で、実験的現象把握、理論的検証の両側面において、当初予想以上の成果が得られている。また、これらの結果を原料微粒子調整技術にフィードバックする事を検討中である。

② 原料微粒子調整技術

H14年度は、本手法を実用性のある技術に高めるため、H13年度に見出した原料微粒子の乾式ミル処理による成膜／成形性への影響を検討し、約10～30倍の成膜速度の向上を確認したが、同時に膜密度の低下や膜硬度の低下が観察され問題点も浮かび上がった。そこで、①で検討した原料粒子径の影響による知見を元に、ミル処理した原料粉末に大気中の熱処理を加え、その特性向上を検討した。その結果、高い成膜体硬度（ビッカース硬度：1500Hv）、密度を維持したまま、約3～7倍成膜速度を向上できる可能性を見出し、本プロセスに適した原料粒子調整手法を確立する目処を立てた。

③ バルク体成形技術の開発

バルク体成形技術の開発においては、前年度の結果に基づき PZT 粉体及びアルミナの粉体を用いて熱電式衝撃印加装置で実験を行った。その結果、形成物ができるものの十分な緻密体を得ることが出来なかった。この方策として、粉体の前処理条件・十分な衝撃力印加のための他方式衝撃印加装置（ガス銃式）及び飛散防止試料ホルダーの開発が必須であると考えられたために、これらの問題解決策を盛り込んだガス銃式衝撃印加装置の設計・試作機が完成した。

[分 野 名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] エアロゾルデポジション、常温衝撃固化、超微粒子、静電チャック、セラミックインテグレーション、低温焼成

[研究 題目] ナノテクノロジープログラム

ナノレベル電子セラミックス材料低温成形・集積化技術

[研究代表者] 明渡 純（機械システム研究部門）

[研究担当者] 明渡 純、岩田 篤、小木曾久人、中野 禪、佐藤 治道、星 佳伸、NAM Sing-min、後藤 昭博、都築 明博、佐野 三郎、楠本 慶二、池庄司民夫、三上 益弘、手塚 明、小川 浩

[研究 内容]

(目標)

技術革新がめざましく諸外国との競争も激化している

情報・通信関連分野で、セラミックス電子部品の高機能化と複合・集積化技術は、製品性能を飛躍的に向上できる大きな可能性を秘めており、今後とも我国の競争力の鍵を握る重要な技術の一つである。しかしながら、現状ではプロセス温度の低温化と材料組織の微細制御が大きな課題となっている。

本プロジェクトでは、セラミックス微粒子の常温衝撃固化現象等の基本プロセス反応を詳細に解析、それらをナノスケールで制御し、さらに高効率な非熱平衡プロセス技術等を付加・援用することで、プロセス温度を飛躍的に低減、ナノスケールで物質構造を精密制御して材料素材の機能・特性を飛躍的に向上させると共に、部材、部品レベルの高精度な微細成形や金属、ガラスなど複数の異種材料素材との複合・集積化を達成し、最終的な製品レベルで機能の飛躍的に向上できる電子セラミックス材料の低温成形・集積化技術を開発する。また、本技術の実用性を検証するために、GHz 帯高集積回路素子や高速応答アクチュエータ素子、超高速光スイッチ等のマイクロデバイスや高輝度ディスプレイ等の開発を最終目標としつつ、これらを含む情報通信、精密機械、医療福祉、エネルギー関連をはじめとする広範囲な産業分野に活用できる基盤技術を開発することを目的とする。

(研究計画)

① 「プロセス基盤技術の開発」

電子セラミックス材料／金属材料の高度な微細成形・集積化プロセスを実現するためのアプローチとして、プロセス温度、成膜／成形速度の観点から常温でセラミックス微粒子の結晶組織を維持して固化できる衝撃固化現象の利用を有力な候補として検討する。この現象の素過程は詳細には明らかになっておらず、幅広いセラミックス材料に適用する為に、この基礎メカニズムを解明し、これを基本に、欠陥・密度・界面・配向性・結晶品位等の制御性と低プロセス温度を両立した新たな薄膜／厚膜成形技術を開発する。さらには、これらを用いた微細パターン形成、積層・集積化技術を開発する。

② 「応用プロセス・機能部材化技術の開発」

本研究項目では、①で開発されたプロセス技術（高速低温成形・集積化プロセス技術）を、IT 分野で今後大きな需要が見込まれる高速マイクロアクチュエータや高周波回路素子、光薄膜回路素子など、部品、実装レベルでのナノ結晶微細成形・集積化が必要とされる各種機能デバイスを開発し、その機能の飛躍的向上を図ると共にプロセス技術としての有効性を検証する。

(年度進捗状況)

① 「プロセス基盤技術の開発」

A. プロセス基礎メカニズムの解明

(1-1) 原料微粒子の機械特性、表面特性の評価・解析技術の開発

「常温衝撃固化現象」や最適な原料微粒子特性の解明に向け、H14年度は、原料粉体の機械特性や表面特性を評価するためナノメートルの空間分解能でトポグラフィ画像観察とナノインデンテーション測定が切替可能な基本装置の検討と1次試作を行う。

- ・両持ち梁方式の高加重走査型プローブ顕微鏡装置とナノインデンターと片持ち梁式の走査型プローブ顕微鏡を組み合わせた複合装置を目的スペックに対して比較検討した。結果、トポグラフィ画像検出感度と負荷加重範囲の点で、後者の方式で開発する方針を決定し、H15年度の原料微粒特性の測定に向け、市販の装置を改造した1次試作を完了した。
- ・音波力顕微鏡（UAFM）でセラミックス材料の弾性率評価に使えるカンチレバーの設計・試作を完了した。

(1-2) プロセス素過程の解析

「常温衝撃固化現象」の解明に向け、本年度は、原料粒子衝突過程に関する基礎実験やこれを元にした粒子衝突過程とナノ組織形成に関するシミュレーションのソフト環境の整備を行う。また、H15年度に向けプロセス素過程の解析やシミュレーション検討の基礎となる原料粒子飛行速度の測定手法を開発する。

- ・TEM 観察、XRD、超音波力顕微鏡（UAFM）による成膜体の構造解析から粒子結合状態、緻密化状態を評価、基板連続衝突による粒子破碎モデルが適切であると結論、これに基づくシミュレーションモデルの構築に着手した。
- ・原料粒子飛行速度の測定手法に関しては、50～1000m/sec の範囲、±10m/sec の精度で成膜寄与粒子の飛行速度だけを選択的に測定可能な飛行時間差式測定装置の試作を完了した。
- ・分子動力学的手法では、OS として Linux を用いた 16ノード構成のマシンの試作を完了した。FEM による連続体モデルでは市販ソフトによるシミュレーション検討を行い粒子衝突時の温度上昇や圧力上昇、粒子変形に関する実験結果との基礎的な比較検討を完了、連続衝突や臨界速度など H15年度に向けた解析課題の方針を決定した。

B. プロセス高度化技術の開発

(2-1) 高品位ナノ結晶複合・集積化プロセスの開発

プロセス温度の低減、電気機械特性の向上に向け、H14年度は、原料微粒子の乾式粉碎処理などによる成膜特性への影響やインプロセス、ポストプロセスの各種エネルギー援用（イオン、プラズマ、レーザー、ミリ波）成膜実験のための基礎的検討や装置の1次試作を行う。

- ・原料粉末へ粉碎処理、加熱処理などを行うことで、成膜速度や電気機械特性の大幅な向上が図れる可能性が見出された。
- ・各種エネルギー援用に関しては、エネルギービーム

収束系や制御系の最適化を図り、各種援用装置の1次試作を完了、基礎実験を開始した。

- ・PZT やアルミナについて高速原子ビーム（中性イオンビーム）援用を行うことで、結晶粒界に形成される欠陥構造を調整できることや基板加熱の効果が原料粒子によって膜の緻密化に大きく影響を与えることが明らかになり、H15年度に向けた方針や検討課題の抽出を完了した。

(2-2) 微細パターン形成、積層・集積化技術の開発

大面積での微細パターンの形成、異種材料の集積、複合化の実現に向け、H14年度は、大面積化のための幅広ノズルの検討やレジスト材を用いたリフトオフ法による微細パターンニング、研磨処理による平坦化処理を検討する。

- ・開口20mm×0.4mm のノズルを新たにデザイン・作製し、これらを装置として組み上げ試運転を行い、エアロゾルデポジション装置として問題なく運転ができることを確認した。
- ・粒子衝突に耐性があると考えられるレジスト材の選定を行い、50, 100, 200 μ m 線幅のラインのマスク基板の作製を行い、H15年度に向けた評価実験の準備を完了した。
- ・平坦化処理では、その膜厚精度及び平坦度の実力値の把握を行った。その結果、膜厚精度：±25%、平坦度：Ra100nm 程度であり、現行のエアロゾル発生器やノズルの開発での問題点や課題が把握できた。湿式の研磨処理により Ra=20nm が得られ、中間評価に向けての可能性を見出した。

② 「応用プロセス・機能部材化技術の開発」

下記の各課題とも基礎実験に必要とされるエアロゾルデポジション装置の立ち上げや各種評価装置の立ち上げを完了し、平成15年度以降の研究で活用する予定である。

A. 高性能圧電機能部材の開発

長尺インクジェット装置や高速光スキャナー、高速光変調用アクチュエータなどへの応用で最も重要となる高性能圧電厚膜形成や積層構造化の実現に向け、H14年度は、素材レベルの基礎的検討と各種想定アクチュエータ用部材上への厚膜形成をエアロゾルデポジション法（AD 法）で行い、これを評価して15年度に向けた課題抽出を行う。また、H15年度の以降のデバイス評価に必要とされるシミュレーション環境や測定装置の開発を行う。

- ・酸化鉛過剰組成合成法などにより高性能圧電材料を作製、バルクレベルの評価では、従来材料の性能を越える材料性能を実現し、次年度の評価材料とした。これを用い成膜試験を行ったが成膜体は得られなかった。そこで、プロセス基礎での成果知見を元に、原料粉体に前処理を施し、成膜体を得ることに成功した。しかし、まだ、十分な特性は得られていない。

次年度以降プロセス基礎でのさらなる成果に基づき、AD 法用の原料粉体としての最適化が必要である。

- AD 法で従来から検討されてきた PZT 系材料を Si やガラス、ステンレス基板上へ成膜して電気機械特性の評価を行い、下部電極構造や材料、基板材料などとの積層構造実現のための課題抽出を完了した。
- 光スキャナーに関してはデバイスレベルの1次試作を行い、その動作を確認、中間目標値に向けた課題抽出と開発目処を得た。
- 高速アクチュエータ評価装置の試作やデバイス設計のためのシミュレーション環境の整備を年度終了までに完了の予定。

B. 高周波機能部材の開発

高速バスラインや高周波キャパシター、高周波フィルター、電波吸収部材などへの応用で重要となる絶縁体/誘電体/金属体の積層構造、ナノ結晶誘電体、ナノ結晶磁性複合体などの実現に向け、AD 法で誘電体材料や高周波磁性材料の厚膜形成ならびに金属メッキ膜のパターニングを行い、成膜体の電気・磁気特性を評価し、15年度に向けた課題抽出を行う。また、次年度以降の高周波領域での電気・磁気特性の評価技術を開発する。

- チタン酸バリウム系、アルミナ系、TiO₂系誘電体、高周波ファライト材料について、室温で高密度厚膜（10～300 μm）の形成可能なことが確認された。
- 室温成膜したアルミナ厚膜に関しては銅メッキで線幅約8 μm のマイクロストリップラインを形成できること確認し H15年度に向けデバイス作製の基礎を確立した。
- AD 法で形成された高周波ファライト厚膜に関しては、固相粉末法により作製した Ni-Zn フェライト原料粉末を用いた室温成膜体の評価を行い3GHz で自然共鳴とみられる μ”の上昇を確認したが、緻密な成膜体が形成できなかった。これについては、原料粒子や成膜条件の課題抽出し、次年度に向けての改善点を明らかにした。
- 現行材料技術（LTCC, アルミナセラミックス）による低損失準ミリ波フィルターを試作・評価し、シミュレーションと実測のずれを明らかにし、開発フィルターの構造・設計手法を確立、準ミリ波域（20GHz）のフィルターの評価法を見出した。
- GHz 帯域の評価として、複素インピーダンス測定から、連続周波数で複素誘電率を決定する電気長の高精度補正法を新たに開発し、有限要素法による電磁界解析を併用することで、比誘電率5000以上の材料でも正確な評価が可能なることを示した。これらの結果は、次年度以降の膜試料の測定の基礎となるものである。

C. 電気光学機能部材の開発

高速光回路素子や高輝度ディスプレイなどへの応用で最も重要となる高透明な誘電体厚膜、高耐圧絶縁厚膜、高輝度蛍光材料を金属、半導体部材上へパターン形成、積層構造化の実現に向け、H14年度は電気光学材料である PLZT を AD 法で成膜し、電気光学特性を評価、15年度に向けた課題抽出を行う。

- プロセス基礎での成果知見を元に、数種類の PLZT 原料粉を用いて製造条件の割付実験を行うことにより、光伝播損失を3%～10%/10 μm 程度まで減らすことができている。年度終了時点においてはさらに条件を最適化することで目標の1.5dB/mm に近づく見込み。
- 界面の平滑化に関しては、金属下地として柔らかい Au を用いて AD 法で PLZT 膜を形成した場合、目標の面粗度100nm 以下の値を得ることはできていない。年度終了時点までに下地材料等の検討を行うことにより、平成15年度以降の製造プロセスの基本を確定する。
- 金属（Ni）パターンをマスクにしたリフトオフ法の基礎実験により、10 μm 以下の幅を持つ PLZT の微細パターンを形成することが可能なことを確認し、目標を達成した。
- PLZT を部材化した時の光散乱損失を評価する近赤外導波路評価用プローブ装置が納入され、装置の調整中である。年度終了時点までに目標どおり立ち上げを完了し、平成15年度以降の研究で活用する予定である。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 セラミックインテグレーション、エアロゾルデポジション、常温衝撃固化、MEMS、マイクロデバイス、高周波素子、マイクロアクチュエータ、光スイッチ、電波吸収体、電気光学効果、高周波フィルター

【研究題目】 エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発

分散電源排熱を利用したオフィスビル対応型小型吸収冷凍機の研究開発

【研究代表者】 竹村 文男（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】 竹村 文男、長谷川裕夫、遠藤 尚樹

【研究内容】

本研究開発では、分散電源の排熱を利用した小型吸収冷凍機の開発のため、吸収過程における熱・物質移動プロセスを分離することによって、それぞれの移動現象の促進を容易に行え、吸収器の構造を簡略化することが可能となるという考えに基づき、既存の流下液膜型吸収器の代わりに混合型吸収器を用いる吸収冷凍サイクルを提案している。混合型吸収器では従来の吸収器とは異なり、先冷却ベンチュリ型混合器を検討している。本年度は、

温度を35-45℃に先冷却し吸収能力が高い条件下での溶液をノズルから膨張させるベンチュリ型混合器の蒸気吸引試験を行い、入口条件（入口圧力、入口温度）と冷媒蒸気吸引量の相関を明らかにすることを目的とした。実験の結果、冷媒蒸気吸引量は入口圧力の上昇と伴に増加することが分かった。溶液循環量に対する割合は3-5%程度で低い値を示したが、その主な原因はノズル中心に位置した蒸気吸引部の構造的なことであり、そのため蒸気吸引に有効なノズル噴流が形成されていないからであると思われる。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 吸収冷凍機、排熱利用、吸収促進

【研究題目】 エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発

次世代パワー素子の超高熱流束冷却システムの基盤研究開発

【研究代表者】 大田 治彦（九大）（電力エネルギー研究部門）

【研究担当者】 阿部 宜之、岩崎 晃、田中耕太郎（静岡理工科大）、東之 弘（いわき明星大）、岡田 昌章（筑波技術短大）

【研究内容】

インバータ、サイリスタをはじめとした電力変換器におけるいわゆるパワーエレクトロニクス素子について、省エネルギー化を図るため炭化ケイ素や窒化ガリウムなどの次世代半導体の開発が進められている。一方、パワーエレクトロニクス素子の発熱は増加の一途をたどっており、現状技術のヒートパイプによる除熱能力がほぼ限界に達している。次世代半導体では現状技術よりも高い電流密度で動作させるため、更に発熱密度が上昇（原子炉炉心の熱流束に相当）するが、次世代半導体の高温動作の特長から除熱の重要性に関して全く認識されていないのが実状である。しかし、高温動作では電力変換に伴う損失が増大するため、素子の冷却技術は従来にもまして重要となるのは必至である。本研究ではこのような技術的な重要性に着目し、次世代パワーエレクトロニクス素子への適用を図った200~300W/cm²の冷却能力を有する冷却技術について研究を実施する。

産業技術総合研究所、九州大学、東京理科大学、東芝の4者の協力によって、標記の研究プロジェクトを推進する。まず、既存技術による除熱限界の検討、新技術となり得る要素技術に関するサーベイを実施し、次段階として冷却媒体、冷却面の構造、冷却条件の3つの異なった側面からのアプローチを行い、更に得られた知見をもとに実用化にむけた基盤技術開発へ展開する。

産業技術総合研究所は冷却媒体に着目し、現状技術である水による冷却能力を大幅に上回る可能性を有する媒体の伝熱特性、伝熱メカニズムに関する研究を行い、ヒ

ートスプレッダー、ヒートパイプとしての応用を念頭においた研究開発を進める。平成14年度は、パワーエレクトロニクス用冷却デバイスの高度化を図るため、まず大口径高熱流束ヒートパイプの作動流体を自己浸濡性流体に替えることによる除熱能力の向上に着目した。そのために、自己浸濡性流体である1-ブタノール水溶液を用いた銅製ヒートパイプを、2種類のウィック構造について試作した。さらに、ヒートパイプの除熱特性を正確に把握するため、真空環境で評価ができるように、除熱特性評価装置を設計、製作し、ヒートパイプの特性評価実験の準備を開始した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 パワーエレクトロニクス、冷却技術、表面張力、マランゴニ効果

【研究題目】 ナノテクノロジープログラム（ナノマテリアル・プロセス技術）

ナノカーボン技術プロジェクト

電氣的機能制御技術

デバイス応用基礎技術の開発

【研究代表者】 徳本 洋志（ナノテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 A. Hassanien, 清水 哲夫、阿部 秀和

【研究内容】

カーボンナノチューブは現在、非常に魅力的な電氣的な性質を示す材料として注目されていて、精力的に研究が進められている。その魅力的な電氣的性質を十分に利用した電子デバイスの実現には、克服しなければならないいくつかの重要な技術課題がある。カーボンナノチューブと既存の電子デバイスとの接合部分の抵抗を低くする適切な接合材料および方法を決定すること、カーボンナノチューブの電氣的特性を制御するためには高電圧をカーボンナノチューブの側面に印加しても破壊や電流の漏れなどの悪い影響を及ぼすことのない良好な絶縁材料の開発などの課題解決が必要不可欠である。ここでは、特に低い接合抵抗を実現するためにカーボンナノチューブの両端を接合材料で固定してその電氣的性質を精密に計測することを行ってきた。実際には、5万倍程度の拡大率をもつ走査型電子顕微鏡内で融解した金属内部にカーボンナノチューブを埋没させて固定する方法を開発し、5万倍程度の倍率で接合状態を確認しながら電氣的特性を同時に計測した。この結果を基に、電氣的に良好な接合が形成される過程と良好な電氣的性質を示す測定との同時計測の可能性について詳細な検討を行った。その結果、再現性には問題があるがかなり確率で接合抵抗を小さくすることができ、その場合には13kΩ（バリスティック伝導）を見出すことができた。今後は、このバリスティック伝導を再現性よく実現する条件を見出すとともに接合作成法を確立することに力を注ぐ予定である。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 カーボンナノチューブ、オーム性接合、

走査型電子顕微鏡、電流電圧特性、バリ
スティック伝導

〔研究題目〕 ナノカーボン技術プロジェクト

〔研究代表者〕 新炭素系材料開発研究センター

飯島 澄男（新炭素系材料開発研究セン
ター）

〔研究担当者〕 湯村 守雄、大嶋 哲、吾郷 浩樹、
横井 裕之、内田 邦夫、末永 和友、
橋本 綾子（新炭素系材料開発研究セン
ター）、
徳本 洋志、清水 哲夫、阿部 秀和、
山口 智彦（ナノテクノロジー研究部
門）、
奥村 光隆（生活環境系特別研究体）

〔研究内容〕

(1) 構造制御・量産技術（新炭素系材料開発研究セン
ター）

気相流動法並びに加圧流動床の両プロセスについて、
産総研に於いて、単層ナノチューブを良好な収率で得
られる触媒を開発した。それらの触媒を、企業分室に
於いてプロセスでの評価を行い、加圧流動床プロセス
に於いて、基本計画の目標の達成が可能である見通し
を得た。他のプロセスに於いても H15年中に、目標
達成の見通しを得るべく鋭意開発を継続中である。

(2) 物理・化学的機能制御技術（生活環境系特別研究体、
新炭素系材料開発研究センター）

析出沈殿法や気相グラフトリング法を用いて金超微
粒子をカーボンナノチューブに高分散に担持するこ
とを試みた。これらの触媒に対してパルプ製造の漂白等
で塩素に変わるクリーンな酸化剤である液相過酸化水
素合成を検討した。水溶液により分散しやすい単層カ
ーボンナノチューブを用いて、カーボンナノチューブ
の表面修飾により水との親和性を向上させ、さらに金
超微粒子の分散度を向上できれば、さらに触媒活性が
向上すると考えられる。カーボンナノチューブの分散
化に高分子化合物の添加が有効であることを見だし、
可溶化分散技術の目標である4g/L 達成の見通しを得
た。この成果に基づき、透明フィルムを試作し、カー
ボンナノチューブ添加により、導電率が最大3桁向上
することを確認した。

(3) 電気的機能制御技術（ナノテクノロジー研究部門）

配線ビアの低抵抗化を目指した微小触媒金属技術を
開発した。走査型電子顕微鏡用カーボンナノチューブ
操作ステージに加熱機構を付加し、電極金属を加熱
(200℃) 融解させ、金属-カーボンナノチューブ-
金属構造の作製と同時に電気特性評価を行い、接合抵
抗値の改善、再現性を向上した。

(4) 構造評価技術（新炭素系材料開発研究センター）

原子レベルの高感度分析技術においては当初の目標

であった単原子検出をカーボンナノホーン上の金属ク
ラスタールにおいて実現した。カーボンナノ材料中の金
属分布はその化学的性質を決定する重要な因子であり、
物理・化学的機能制御技術並びに電気的機能制御技術
開発を支援する技術である。

(5) 技術の体系化（ナノテクノロジー研究部門、新炭素
系材料開発研究センター）

研究開発項目(1)から(4)で収集、解明される特性デ
ータ、評価方法等を体系的に整理するための基盤とな
る文献・特許データを収集し電子ファイル化した。重
要な特性として成長メカニズムを選定し検討を開始し
た。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 ナノチューブ、触媒、大量合成、ナノチ
ューブ配線、高分解能電子顕微鏡

〔研究題目〕 ナノテクノロジープログラム（ナノマテ
リアル・プロセス技術）

ナノコーティング技術プロジェクト

〔研究代表者〕 秋宗 淑雄（スマートストラクチャー研
究センター）

〔研究担当者〕 袖岡 賢、井上 貴博、鈴木 雅人、
岩下 哲雄、藤田 和宏、香山 正憲、
田中 孝治、田中 真悟、秋宗 淑雄、
吉田 博夫、永井 英幹、立山 博、
岸 和司、菖蒲 一久、田原 竜夫、

〔研究内容〕

(1) プラズマ溶射層構造の最適制御による皮膜内応力制
御技術の開発

（エネルギー利用研究部門）

プラズマ溶射層構造の最適制御による皮膜内応力制
御技術の開発においては、溶射析出法による Al₂O₃-
YAG 系ナノ粒子分散複合コーティングの高温安定性
と各種特性の変化について詳しい測定を行った。さら
に、同様の手法によるナノ粒子分散複合コーティング
材料の探索を行い、Al₂O₃-GAP 系および Al₂O₃-ZrO₂
系についての検討に着手した。また、as-spray 状態
でのナノ構造の制御指針明らかにするために Al₂O₃
の液滴凝固堆積過程の詳細な検討を行った。

(2) 第一原理計算を用いたナノコーティング界面の微視
的構造と力学特性の解明と設計・評価技術の確立（生
活環境系特別研究体）

アルミナ/銅界面に第一原理計算を適用し、安定原
子配列と界面エネルギーを求めた。界面原子種や吸着
位置への依存性も探った。実験で観察される酸素原子
面との界面について、第一原理計算による引っ張り変
形計算を行い、界面の面間距離の増大によるエネルギー
変化、電子状態変化を探った。これにより、界面の
有効原子間（面間）ポテンシャルデータの構築に成功
した。

(3) 異相界面ナノ信頼性評価技術の確立 (スマートストラクチャー研究センター)

3種のセラミックコーティング膜(溶射膜)に、歪速度を変えた点荷重を負荷することにより、基材、結合層、およびナノ制御コーティング膜での弾塑性応答挙動、破壊現象を把握し、および界面剥離に及ぼす微構造因子と負荷因子を確認した。その結果、溶射膜における剥離の簡便な測定法を構築できた。

(4) 耐熱コーティングの時間依存劣化挙動の解明 (基礎素材研究部門・九州センター)

TBC のトップコート材であるジルコニア板、並びに圧痕付き溶射試料板に関して、表裏に温度差をつけた状態でサーモビューアによる観察並びに試料内温度分布のシミュレーションを行った。その結果、トップコートと基材間に欠陥があると、表面に温度分布の違いが現れることが明らかになった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 ナノコーティング、プラズマ溶射、サーモビューア、インデンテーション、第一原理計算

【研究題目】 ナノテクノロジープログラム (ナノマテリアル・プロセス技術)

精密高分子技術プロジェクト高性能材料の基盤研究開発
一次構造制御技術

【研究代表者】 竹内 和彦 (高分子基盤技術研究センター)

【研究担当者】 浅井 道彦、田中 進、山下 浩、
杉山 順一、土原 健治、萩原 英昭、
長畑 律子

【研究内容】

(1) 目的

高分子の立体規則性や分子量、モノマー配列、分岐構造等の一次構造を精密かつ任意、効率的に制御する合成技術を実現するための基盤に係る研究開発を行っている。

(2) 内容

(1) 錯体触媒による構造制御

極性基の導入によるポリオレフィンへの高機能化技術の開発を目指し、極性基含有モノマーとオレフィン類の共重合反応を実現するメタロセン系触媒や後周期遷移金属錯体触媒について検討した。また、ヘテロ元素ポリマーの物性・機能性の向上を目標として、主にケイ素系ポリマーにおいて機能性基の構造規則的な導入法を探索・検討した。

(2) 固相重合による構造制御

縮合系高分子の環境調和型重合プロセスとして、酸化炭素類を原料とするポリカーボナート等の合成法を取り上げ、主触媒種や配位子、助触媒の探索・

最適化による触媒の活性向上等について検討した。

また、固相重合による縮合系高分子の構造制御技術の開発を目指し、線状オリゴマーや大環状オリゴマーの合成についてその高選択性と高収率化の検討を行った。また、分子量制御のためのプレポリマーの効果的な結晶化法についても検討した。

(3) 分岐構造制御

多分岐高分子として、トリフェニルアミンを繰り返し単位とするポリマーを採り上げ、この系にビニレン基を導入するため、ビニル基を含むモノマーの重合並びに得られた多分岐共重合体の特性評価を行った。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 重合、金属錯体、固相重合、縮合重合、分岐構造、環境

【研究題目】 ナノテクノロジープログラム (ナノマテリアル・プロセス技術)

精密高分子技術プロジェクト高性能材料の基盤研究開発
三次元構造制御技術

【研究代表者】 海藤 彰(高分子基盤技術研究センター)

【研究担当者】 下村 正樹、Asok Kumar Dikshit,
Yongjin Li

【研究内容】

高性能高分子材料開発の基盤技術として、配向誘起場(応力、界面、磁場、流動など)における結晶化や結晶化条件の制御により、高分子の三次元構造(結晶・非晶構造、配向構造、相構造)をメゾ・ナノレベルで制御する技術を開発する。特に、結晶性高分子を含むポリマーブレンドなどの高分子複合系を対象とすることにより、各成分の配向や結晶性を制御し、新規な高次構造の形成を目指す。さらに、高分子の結晶化・配向結晶化などの構造形成過程の *in-situ* 計測 (X線回折法や振動分光法)により構造形成の機構を明らかにする。平成14年度は、結晶性高分子を含むブレンドについて実際に配向結晶化を試み、その高次構造の解析を試みた。また、X線回折法や振動分光法を用いて配向結晶化過程を *in-situ* 計測するための方法について検討するとともに、ラマン分光装置による *in-situ* 計測の可能性について調べた。その結果、以下の成果を得た。

① 立体規則性ポリスチレンは、結晶性高分子でありながら、ポリフェニレンオキシド (PPO) と相溶性ブレンドを形成することが知られている。イソタクチックポリスチレン (iPS)/PPO ブレンドの配向膜を張力下で結晶化することにより、配向した iPS のラメラ間に配向緩和した PPO の非晶鎖が挿入した構造が形成した。また、iPS/PPO ブレンドの配向結晶化試料では、iPS の配向試料と比較して力学物性が改善されることが明らかになった。

- ② シンジオタクチックポリスチレン (sPS)/PPO ブレンドの配向結晶化については、配向した中間相が結晶化を抑制し、結晶化度が低下することが明らかになった。また、中間相の形成は、結晶型に大きな影響を及ぼし、特にβ晶の出現を抑制することが明らかになった。
- ③ ポリフッ化ビニリデン (PVDF)/ナイロン11ブレンドの配向膜中で PVDF を結晶化することにより、PVDF の結晶配向を制御できることが明らかになった。
- ④ 広角 X 線回折装置にホットステージを組み込むことにより、シンジオタクチックポリスチレンの低温結晶化における構造変化を実時間計測した。また、ラマン散乱分光々度計に温度可変装置を組み合わせ高分子試料の測定を試みた。配向構造等の解析に有効な偏光状態を保持しつつ測定するため、反射鏡を用いて後方散乱を測定する配置とした。集光レンズを導入することによりラマン散乱強度の強い高分子試料では1分以内での測定が可能となった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 結晶化、配向、高次構造制御、ポリマーブレンド、in-situ 計測

【研究題目】 ナノテクノロジープログラム (ナノマテリアル・プロセス技術)

精密高分子技術プロジェクト高性能材料の基盤研究開発

表面・界面構造制御技術

【研究代表者】 堀内 伸 (高分子基盤技術研究センター)

【研究担当者】 堀内 伸、早川 晃鏡、藤田 隆

【研究内容】

1. 表面・界面構造形成要因・過程の解明

(1) 研究目標

異なる元素を含む高分子対の界面に電子分光結像法を適用し、界面の可視化を検討する。その際に、窒素、酸素等軽元素を検出するために最適な試料厚みを高精度で算出する。また、試料の電子線損傷の影響、試料と電子線の照射角度の調整を行い、本手法による界面解析法の高精度化を目標とする。

(2) 研究内容

電子分光結像法を高分子界面へ適用し、界面を可視化するとともに、材料物性や接着特性との相関を検討した。

(3) 進捗

エポキシ接着剤とポリブチレンテレフタレート (PBT) 接着界面における界面構造を明らかにし、接着前処理による接着強度の違いの要因を明らかにした。本成果を得るために、まず、試料作製法、観察条件の最適化を検討し、加速電圧200kV、低温下での100nm 以下の厚さの超薄切片、100K での観察 (クラ

イオ観察) が高精度の元素マッピング像を得るために必要であることを明らかにした。

2. 表面あるいは薄膜における機能性ナノドメインの配列制御

(1) 研究目標

ポリマー/金属微粒子複合体系の高密度磁気記録材料としての可能性を検討する。また、高分子固体表面あるいは薄膜における機能性ナノドメイン構造の構築と配列制御を目指し、光・電子機能性分子のオリゴチオフェン誘導体を有するブロック共重合体の分子設計と合成を行う。

(2) 研究内容

分子レベルからマイクロメートルレベルの広範囲にわたる階層的な規則構造構築を目指し、構造の異なる3種類のロッドコイル型ポリスチレン-*b*-オリゴチオフェンブロック共重合体を合成し、得られる薄膜構造について検討した。薄膜の構造解析については、主に光学顕微鏡、電子顕微鏡、X 線回折を用いた。

さらに、高分子薄膜表面へ、金属ナノ粒子をナノレベルで配列化させ、形成された粒子の状態を解析した。当初は、ブロック共重合体のナノドメイン構造を利用し、選択的に一方の相で金属錯体を還元することにより自己組織的に当該ナノ粒子を配列制御する、“Bottom Up”のアプローチを用いたが、ポリメチルメタクリレート (PMMA) へ UV 光を照射する、従来のリソグラフィーの手法に基づいた、いわゆる、“Top Down”の手法も利用した。

(3) 進捗

(1) 合成: ポリスチレン-*b*-ポリヒドロキシイソプレンを既存の方法により合成した後、ポリイソブレン側鎖にオリゴチオフェンをエステル化により導入することで目的のポリスチレン-*b*-側鎖型オリゴチオフェンブロック共重合体 (PS₄₀₀-*b*-POTI₂₅) を得た。一方、ポリスチレン-*b*-オリゴチオフェンブロック共重合体についても、末端にヒドロキシル基を有するポリスチレンとチオフェン誘導体との簡便な合成から、ロッドコイル型、コイルロッドコイル型、ロッドコイルロッド型の3種類のブロック共重合体を得た。

(2) 薄膜作製及び薄膜構造解析: 得られたポリマーの二硫化炭素溶液を調整し、高湿度気流下、キャスト薄膜を作製した。PS₄₀₀-*b*-POTI₂₅の0.25wt%ポリマー溶液を用いた場合、孔径1.3μm 程度の穴が空いた極めて規則性の高いマイクロポーラス構造が得られた。また、その構造中には恒等周期25nm でオリゴチオフェン相のシリンダー型ナノ相分離構造が基板に対し垂直方向に配列していることがわかった。さらに、シリンダー型オリゴチオフェン相ではオリゴチオフェン分子の分子間相互作用により分子レベルの規則構造であるスメクティック A 液晶構造が

構築していることがわかった。このように、分子レベルからマイクロメートルオーダーの広範囲に渡って高度な秩序構造が階層的に構築した“規則構造中に規則構造が形成された高分子薄膜”を瞬時に作製することに成功した。

(3) 金属ナノ粒子の配列制御技術

アセチルアセトナートを配位子とする金属錯体と高分子フィルムを窒素ガス雰囲気下に共存させ、180°Cの熱処理を行うと、金属錯体は昇華し、ポリマーフィルム内へ浸透する。金属錯体は其中で還元され、金属ナノ粒子を安定に分散させることができる。ナノドメイン構造を有するブロック共重合体に対し上記手法を適用すると、金属錯体は相対的に還元力の強い一方の相で選択的に還元され、結果として、ブロック共重合体のナノドメイン構造と同様のナノ粒子の配列が得られる。本手法により、パラジウムやコバルトの直径4nmのナノ粒子を配列化させることに成功した。この様なブロック共重合体を利用した金属ナノ粒子の配列化は、いわゆる“Bottom Up”のアプローチであるのに対し、同じ手法を、従来の“Top Down”法である光リソグラフィにより金属ナノ粒子のパターニングが可能であることを見出した。PMMAは他のポリマーに比べ特異的に金属錯体に対する還元力が弱いが、UV光を照射し、PMMAの分子構造を壊すことにより還元力が向上する。そのため、フォトマスクを用い、UV光照射すると、金属ナノ粒子を自由にパターニングすることが可能になる。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] 自己組織化、ブロック共重合体、階層構造、ナノパターニング、電子分光結像法、高分子界面、元素識別マッピング

[研究題目] ナノテクノロジープログラム (ナノマテリアル・プロセス技術)

精密高分子技術プロジェクト高性能材料の基盤研究開発
材料評価技術

[研究代表者] 三好 利一 (高分子基盤技術研究センター)

[研究担当者] 三好 利一、海藤 彰

[研究内容]

高分子の分子運動性の情報は高分子の物性や機能を考慮する上で重要な構造情報である。また、分子間相互作用と相構造の精密解析は、複合系高分子のナノ構造を制御する上で重要な課題である。本研究では、高分子ダイナミクスを精度高く解析する方法論の開発と距離やサイズ構造解析が可能な固体 NMR システムを確立し、高分子の物性、機能をナノスケールで解明することを目的とする。平成14年度は、結晶性高分子の結晶領域のダイナ

ミクス解析を可能にするため、固体 NMR における化学シフト異方性を利用した結晶構造ダイナミクスの解析を行うとともに、複雑な高分子系の相構造ならびに相互作用を精度高く評価可能にする手法の開発を試み、以下の成果を得た。

① 固体 NMR によるダイナミクス解析には多くの測定時間を要するといった欠点があるために、限られた高分子試料のダイナミクス解析にしか展開されてこなかった。1999年に K. Schmidt-Rohr らの研究グループが同位体を施すことなく、比較的短時間で、詳細な運動モードと相関時間を決定できる次元交換 MAS NMR 法を開発した。その手法のさらなる高度化を行い、イソタクチックポリ (4-メチル-1-ペンテン) 結晶の主鎖、側鎖の低速ダイナミクスを精度高く解析することに世界で初めて成功した。主鎖は約103度のジャンプ角を持った運動を示し、その運動の相関時間とその分布、運動の活性化エネルギーを決定した。側鎖は主鎖とともに動くが、側鎖自身の付加的な低速分子運動は存在しないことを明らかにした。

② 高分子の相互作用を精度良く検出するために、1H 高速試料回転法ならびに二量子遷移法を利用し、ポリアクリル酸内の1H-1H 距離計測より、分子間相互作用の高精度解析を行った。観測された低磁場、高磁場側のシグナルを、それぞれ水素結合している COOH とフリーな COOH に帰属した。加熱することにより、ガラス転移温度以上では、水素結合が切断されることが明らかになった。

③ スピン拡散実験により、ポリエチレンオキシド/ポリメチルメタクリレートブレンドは3nm 以内で混ざりあい、一相構造を形成していることを示した。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] 固体 NMR、結晶ダイナミクス、相構造、分子間相互作用

[研究題目] 固体高分子形燃料電池システム技術開発

固体高分子形燃料電池要素技術開発等
触媒電極反応機構の解明の研究

[研究代表者] 二又 政之 (界面ナノアーキテクトニクス研究センター)

[研究担当者] 二又 政之、松田 直樹

[研究内容]

触媒電極で起こる反応過程を表面増強全反射赤外分光 (ATR-IR) 法を改善した上で、詳細に解析することで、より効率的に作用する電極触媒の組成・構造を見出すことを目的とする。光導波路分光 (SOWG) を併用することで、錯イオン等で修飾された電極表面の電子状態を含む吸着状態・機能を複合的に解明する。近接場振動分光により局所的な触媒反応機構を解明し、触媒構造の設計指針を得ることを目的とする。

(1) ATR-IR 分光法による触媒電極反応の解明

内容：感度・波形を改善し、観測波長域を広げる。

成果：①Pt 薄膜をスパッタ法で形成し吸着種の吸収が10倍増強された。②Ge 表面への Si 薄膜形成に成功し観測限界を 700cm^{-1} まで拡大した。触媒反応がより高感度で解析できる見通しを得た。

(2) SOWG 分光法の確立と触媒反応機構の解明

内容：電極表面での高感度なその場吸収スペクトル測定法を確立し、短時間での吸着現象や電極反応を解析する。

成果：①SOWG への光導入部分を工夫し高感度化を達成し、色素やタンパクの固液界面における吸着過程の時間分解観察を行った。②ITO 及びダイヤモンド薄膜を形成した SOWG の作製条件を最適化した。

(3) 超解像振動分光法の確立と触媒表面への適用

内容：①倒立型赤外顕微鏡の試作。②近接場ラマン分光法の感度と空間分解能の改善。

成果：①倒立型赤外顕微鏡の設計・試作を行い、性能評価を進めた。②プローブへの金属コートを行い、感度が10倍以上改善できた。金属チップにより30nmの空間分解能の実現の見通しを得た。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 高感度振動分光、近接場振動分光、光導波路分光、燃料電池

【研究題目】 ベトナム国におけるバイオマス資源を活用した石油代替エネルギー利用プロジェクトの実施可能性調査

【研究代表者】 柳下 立夫（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】 西嶋 昭生、宇敷 建一、山田 則行、鳥羽 誠、美濃輪智朗

【研究内容】

本調査は、ベトナム国における未利用エネルギーを活用した石油代替エネルギー利用に関するモデル事業の実施可能性を調査することが目的である。本調査事業は株式会社日商岩井総合研究所と独立行政法人産業技術総合研究所が共同して実施した。当産業技術総合研究所は当該国におけるバイオマス資源の利用のための技術開発動向に関する調査文献等の整理・取り纏め並びに現地調査を行った。

具体的には、NEDO や環境省等が行ったベトナム国におけるバイオマス及び廃棄物の活用技術を調査するとともに、日本等で開発されているバイオマスや廃棄物の活用技術を整理した。また現地調査は、バイオテクノロジー研究所（NCST）及びハノイ工科大学、そしてベトナム国に進出している日本企業へ現地ヒアリングを行った。その結果、農産廃棄物のほとんどは最終的には堆肥化されて土壌に還元されているが、メタン発酵の導入普及が進んでいることが分かった。家畜糞尿ではほとんど堆肥化されていた。製糖工場から排出されるモラセス等

を原料としたエタノール発酵は広く行われており、製糖副産物であるバガスを燃焼して工場の熱電源を得ている。

工業団地や廃棄物処理会社に対する現地ヒアリングの結果、有機性廃棄物は埋め立て処理されており、テスト事業としてコンポスト化が行われていた。産業廃棄物は埋め立て処理されているが、有害物に関しては工場等で蓄積されているままのケースもあった。焼却処理施設の計画もあるようだが、まだ当分実現しそうにないことが分かった。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 ベトナム、バイオマス、石油代替、可能性調査

【研究題目】 革新的部材産業創出プログラム

高機能高精度省エネ加工型金属材料（金属ガラス）の成形加工技術プロジェクト—電磁振動による金属ガラス創製技術の開発

【研究代表者】 三輪 謙治（基礎素材研究部門）

【研究担当者】 三輪 謙治、安江 和夫、阪口 康司、田村 卓也、朴 訓模

【研究内容】

（目標及び研究計画）

マイクロマシン用の超精密歯車等の精密機械部品や、コリオリ流量計、圧力センサー、リニア・アクチュエータ等の高精度計測機器の機能部材、さらには航空機や自動車等に対して、軽量で高強度な構造材料として期待される金属ガラス棒材の量産化を目指した、 casting プロセスにおける電磁振動を利用した新プロセス技術の開発を行う。電磁振動によりガラス形成能を向上させ、多段冷却制御により棒状素材の創製技術を開発すると共に、量産化のための連続 casting 技術を開発する。平成14年度は、電磁振動力を利用した金属ガラス形成能の向上に対して、磁場強度、電流強度、電流周波数等の影響を明らかにし、金属ガラスの形成能を向上させる条件を求めると共に、形成能に最も大きな影響を及ぼすと考えられる電流周波数の影響を明らかにするため、周波数変換器を導入する。

金属ガラス形成能が比較的高い Mg 合金を、電磁振動下で熔融・凝固した結果、金属ガラスの形成は来なかったが、X 線回折試験で電磁振動の付与により、金属ガラス形成能の向上につながる可能性があることが認められた。なお、この場合には、実験装置における冷却速度が低すぎるといった問題点も浮上した。

Ti 系金属ガラスを創製する際の問題点を把握するため、金属ガラス形成能が大きく、幅広く調査されているジルコニウム系合金 ($\text{Zr}_{65}\text{Al}_{7.5}\text{Ni}_{10}\text{Cu}_{17.5}$) を用いて、電磁振動による金属ガラス創製技術を検討した。その結果、Zr 系合金は溶解凝固中に電磁振動を付与する際に、電磁振動システムが真空にできないため、大気中での電磁振動付与となり、試料の酸化が避けられなかった。この

合金系については、プロセス系内を真空にする等の酸化防止対策が大きな課題として浮上した。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 金属ガラス、電磁振動、マグネシウム合金、ジルコニウム合金

〔研究題目〕 エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発

急速昇温型遠心焼結装置の研究開発

〔研究代表者〕 渡利 広司（セラミックス研究部門）

〔研究担当者〕 渡利 広司、杵鞭 義明、中村 和雄

〔研究内容〕

電化製品の小型化、高集積化に伴い、小型形状、厚膜や薄膜のセラミックスを対象とする革新的な焼結技術の開発が必要となってきた。本研究では、非接触で試料に一定方向の圧力を負荷できる遠心力発生部と試料を急速に加熱できる加熱部からなる急速昇温型遠心焼結装置の研究開発を行う。＜平成13年度＞500℃で7000min⁻¹以上の高速回転できる金属製ローターの試作、急速加熱方式を決定する。＜平成14＞800℃で10000min⁻¹以上の高速回転できる窒素ケイ素製ローターの試作、急速加熱方式を組み立てる。＜平成15＞1200℃まで75℃/分で急速昇温し、10000min⁻¹以上の高速回転できる急速昇温型遠心焼結装置を試作し、各種性能を調査する。

その結果、これまで以下の成果を得ている。①1000℃下の温度での回転数20,000rpmの高速運転に成功した。②厚膜の遠心焼結において、試料の接線方向は遠心力が負荷される方向に対して極めて収縮率が少ないことを確認した。③遠心力の増加に伴い、膜焼結での剥離が抑えられることを確認した。④積層体の遠心焼結において、通常の焼結に比べてクラックの発生の原因となる巨大なポア（形状的には線状）が少ないことを明らかにした。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 焼結、セラミックス、厚膜

〔研究題目〕 エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発

環境応答型ヒートミラーの研究開発

〔研究代表者〕 金 平（基礎素材研究部門）

〔研究担当者〕 田澤 真人、徐 剛、吉村 和記、岡田 昌久、浅田 秀男

〔研究内容〕

温度に応じて自動的に太陽光熱を調節でき、紫外線遮断や環境浄化など複数的に機能する可能性のある新規環境応答型ヒートミラーを開発する。平成14年度では、①反射防止設計による可視光透過率の増大及び②冷暖房省エネルギー効果の概算に重点を置き、次の成果が得られた。

(1) 二酸化バナジウム (VO₂) 系材料を調光層とし、可視光透過率増大のための反射防止層を加えて環境応答

型ヒートミラーの基本構造を決めた。

(2) VO₂系調光薄膜の低温相及び高温相の複素屈折率をエリブソメトリ法で決定し、光学計算による構造設計を可能とした。

(3) 効率的な反射防止材料を光学計算により求めた。その結果、屈折率が2.0～2.5の範囲にあることを突き止めた。

(4) 適切な屈折率と光触媒効果を持つ酸化チタン (TiO₂) を反射防止材料とした。精密な反射防止設計により系の可視光透過率を32%から61%と大幅に改善した。

(5) 市販のソフトウェア (SMASH) を用いて年間暖冷房負荷を計算した。従来の Low-E 複層ガラスを上回る省エネルギー効果が確認できた。

平成14年度の研究により新規調光ガラスの開発が大きく前進され、省エネルギー性と快適空間作りが一体化することで、住宅やオフィスビル、自動車などへの応用が大いに期待される。

〔分野名〕 環境・エネルギー、ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 省エネルギー、自動調光、相転移、酸化バナジウム、酸化チタン

〔研究題目〕 固体高分子形燃料電池の劣化要因に関する研究

劣化要因の基礎的研究 (2) 作動条件による劣化要因

〔研究代表者〕 安田 和明（生活環境系特別研究体）

〔研究担当者〕 安田 和明、秋田 知樹、岡田 達弘、国松 昌幸、浜谷 健生、西原千鶴子、小野 千里、八木 清誠、佐古 和也

〔研究内容〕

(目的) 固体高分子形燃料電池の長時間運転における耐久性に影響を及ぼす因子を特定するとともにその作用機構を解明し、耐久性向上のための指針を得る。

(研究計画) 1) 反応ガスの供給が不足した場合など作動条件の変化が及ぼす電極内部構造の劣化現象を調べる。2) カーボン上の白金微粒子をモデル化した実験手法を検討し、白金微粒子の安定性について研究する。3) 遷移金属イオン、アンモニウムイオンなどが酸素極特性に及ぼす影響を把握し劣化機構を検討する。

(年度進捗状況) 白金粒子径が増大する現象を明らかにするため、グラファイト上に白金粒子を担持し、硫酸中で酸素雰囲気下に置き、原子間力顕微鏡観察を行ったところ、グラファイトのステップ近傍に粒径の大きな粒子が集中して現れることが観察された。水素が不足した状態を模擬して劣化を加速し、電極で起こる現象を高分解能透過型電子顕微鏡で調べた結果、白金微粒子の凝集と粒径増大などの現象が見られた。固体高分子電解質溶液から作製した膜のメタノール水溶液に対する溶解性を調

べ、熱処理を施すと室温での溶解が見られなくなるが、80℃では溶解がみられ、その量はナフィオン117膜より多かった。白金回転電極にナフィオン膜を被覆して触媒層モデル電極とし、酸素飽和の硫酸溶液中に種々の不純物イオンを微量含ませた状態で酸素還元反応を速度論的に評価した。その結果、不純物イオン量が H⁺イオンに比べ僅かに0.1~1%であっても、電荷移動過程反応速度の低下が見られた。さらに「劣化抑制剤」開発を試みた結果、フマル酸やグリシンなど、カルボン酸基を有するいくつかの添加剤を添加することで劣化を防止できることを見出した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】固体高分子形燃料電池、劣化要因、白金、酸素還元

【研究題目】固体高分子形燃料電池システム技術開発事業

固体高分子形電池要素技術開発等事業
新規一酸化炭素被毒耐性アノード触媒の開発

【研究代表者】宮崎 義憲（生活環境系特別研究体）

【研究担当者】宮崎 義憲、五百蔵 勉、藤原 直子、田 厚、山田 祐介、秋田 知樹、肖 敏、春日井絵里子、丹上 貴子、大長 亜紀、祖谷 恭代、岡田 達弘、城石 秀伸、喬 歆（環境調和技術研究部門）

【研究内容】

ルテニウムを使用しない新規な耐一酸化炭素（CO）被毒アノード触媒の開発を行うことを目的として、白金-金属酸化物系触媒、白金-金属有機錯体系触媒を検討している。平成14年度は引き続き触媒系のスクリーニング、前駆体の選定を新規触媒材料の電気化学特性や一酸化炭素被毒耐性などの点から行うとともに、触媒構造と触媒特性について検討した。

白金-金属酸化物系のスクリーニングでは、耐CO被毒性に優れた白金と金属酸化物の組み合わせを探索するために、気相での触媒反応を利用した迅速探索法を考案した、種々の白金-酸化物触媒組み合わせについて、CO、水素及び酸素を含むガスを流し、触媒反応による発熱を赤外線式カメラで評価した。その結果、白金-ニオブ酸化物及び白金-タンタル酸化物が耐CO被毒性に優れた触媒候補材料であることを見出した。

スクリーニングによって見出した白金-ニオブ酸化物の最適な触媒調製条件の検討を行った結果、塩化白金酸と塩化ニオブを出発原料として、2-プロパノール溶媒中でKOHにより強アルカリにした後、ホルムアルデヒド溶液を添加し加熱することで、白金を液相還元する方法が良いことがわかった。白金-モリブデン酸化物担持カーボン触媒について、硫酸水溶液中及びPEFC単セル

を用いた電気化学的な活性評価によって耐CO被毒特性を評価した結果、ペルオキシモリブデン酸または塩化モリブデンが前駆体として適していることがわかった。

また、白金と種々の有機金属錯体との組み合わせによる耐CO被毒性に優れた混合触媒の開発及び評価を行った。評価は混合触媒を用いて硫酸溶液中でのメタノール酸化及び過塩素酸中でのCO含有水素ガス酸化反応を3電極式ガラスセル中で電気化学的に評価した。前者の評価ではNi(mqph)(mqph: N-8-キノリル-o-フェニレンジアミン)、Pd(mqph)による混合触媒がPt-Ru/Cに対してそれぞれ2倍及び3倍のメタノール酸化電流密度を示した。Ni(mqph)混合触媒について後者の評価を行った結果、100ppm程度のCO量に耐え得ることがわかった。

さらに、白金-金属酸化物の界面構造の解析を開始した。走査型電子顕微鏡を用いて白金-ニオブ酸化物触媒の構造解析を行った結果、2~3nmの白金粒子がニオブ酸化物上に担持されて存在することがわかった。白金-モリブデン酸化物触媒を高分解能透過型電子顕微鏡で観察した結果、すべての白金超微粒子がモリブデン酸化物と接合しているわけではないことが明らかになった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】固体高分子形燃料電池、一酸化炭素被毒耐性、アノード触媒、白金、金属酸化物、有機金属錯体

【研究題目】エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発

非平衡反応系による高効率物質併産プロセス技術の研究開発

【研究代表者】蔵岡 孝治（生活環境系特別研究体）

【研究担当者】蔵岡 孝治、神 哲郎、Caili Su

【研究内容】

本研究開発では二酸化炭素分離と水素分離の相乗効果による水素製造プロセスの非平衡化・低温化を実現するための基礎装置技術向け基盤材料の研究開発を行う。そこで、(財)地球環境産業技術研究機構(RITE)及び独立行政法人産業技術総合研究所(産総研)が金属管支持水素分離膜の開発を実施し、大阪ガス株式会社(大ガス)が高性能な水蒸気改質触媒の開発を実施する。また、非平衡反応促進技術の導入による水素製造システム改善の条件評価と解析をRITEが実施し目標値の妥当性を検証するとともに経済性評価を行う。

(年度進捗状況)

1. 焼結金属管緻密化技術の開発

フィルターサイズ0.2ミクロンの焼結金属管内を減圧し、平均粒径2ミクロンの水酸化セリウム懸濁液を吸引し、管表面を平滑化した。酸性溶液は焼結金属管を腐食させることが判明したため中性の懸濁液を使用した。金属管表面には直径100ミクロン程度のガス流

入孔が 1mm^2 当たり20ヶ程度存在し、これを酸化セリウム微粒子で被覆した。緻密化後の表面では、2ミクロン程度の粒子により表面が覆われていることがわかった。

2. Pd 薄膜形成技術（化学蒸着法）の開発

ジルコニア粒子（平均粒子径 $0.5\ \mu\text{m}$ ）を焼結金属管に吸引後、コロイダルシリカ（日産化学工業製スノーテックス 0, 0L）をディップコーティングした。コーティング後の He/N_2 透過流量比は2.33（He 流量、 $0.55\text{kmol}/\text{m}^2/\text{h}$ ）であり、Knudsen 流の理論比（2.65）と極めて近い値となったことからガス透過孔のサイズはナノメートルレベルに到達している。パラジウムヘキサフルオロアセチルアセトナートを化学蒸着すると、He 流量は小さくなるものの 500°C における水素透過流量は $0.18\text{kmol}/\text{m}^2/\text{h}$ （ H_2/N_2 分離比、85）と CVD 前の He 流量に比べて著しく小さくならず、高い水素選択性を示した。本結果より、ガス透過孔を塞ぐようにパラジウムが蒸着されていると考えられた。CVD 後のパラジウムヘキサフルオロアセチルアセトナート減少量から推定されたパラジウムの使用量は、平均 Pd 膜厚 1.5 ミクロンに相当する量であり、パラジウムの使用量をさらに削減することが可能となった。しかし、ガス透過孔に堆積しているパラジウム量はそれに比べてかなり小さい筈であり、CVD 手法を改善することにより更なるパラジウム量の削減が可能であるため、CVD 装置の改造を行っている。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素分離膜、CVD、メンブレンリアクター、水素製造装置

【研究題目】エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発

HEV 用ニッケル水素電池の低コスト化技術の研究開発

【研究代表者】境 哲男（生活環境系特別研究体）

【研究担当者】境 哲男、棚瀬 繁雄、岩城 勉、
藤井 健吉、竹島 健次、福田 貞夫、
立石昭一郎、本庄 桂子、Yang Huabin

【研究内容】

自動車の燃費向上を実現するハイブリッド車（HEV）の導入は環境・エネルギー問題に関連して、 CO_2 削減目標を達成するために最も効果的な手段の一つであるが、電池のコストがその普及を阻んでいる。本研究では低コストで高出力なニッケル正極を開発するために必要な構成材料である高集電性基材や高導電性水酸化ニッケル、高導電性金属粉末、高結着性バインダー等の探索と設計を行い、最適な新材料の選定を行った。また、負極材料についても、高出力化及び長寿命化を実現できる水素吸蔵合金材料の探索と設計を行い、組成の最適化を図った。これらの低コスト材料を用いた HEV 用電池を電池メー

カーと協力して試作して、 $1\text{kW}/\text{kg}$ の高出力を達成した。

a) 高集電性基材の探索と設計：新塗着式ニッケル正極を開発するに当たり、放電特性を左右する重要な構成材料である基材の検討を行った。従来の高価な焼結体や発泡体に代えて、機械加工で得られる擬似3次元構造の基材を各種試作して、性能を検討した。

b) 正極構成材料の探索と設計：正極活物質としては、充填性に優れた球状水酸化ニッケル粉末を用い、オキシ水酸化コバルトで被覆処理したものが最も優れた特性を示すことを確認した。導電助剤として水酸化コバルトやニッケル粉末、黒鉛粉末などの添加必要性を調べた。バインダーは、最も重要な構成材料であり、ポリスチレン-アクリル共重合体、ポリビニルアルコール、スチレンブタジエンゴムに加え、ポリエチレン、ポリプロピレン及びこれらとフッ素樹脂との複合系について検討した。

c) 負極材料の探索と設計：低コスト化のためにコバルト量を0.3原子まで減少させた $\text{MmNi}_{4.2}\text{Co}_{0.3}\text{Mn}_{0.4}\text{Al}_{0.3}$ をベース合金とし、Mm の一部を3~5原子%の Mg で置換したところ、サイクル寿命が大幅に向上するが、高率放電性は低下する傾向があることを明らかにした。この場合、偏析相（Mg-Mn-Al相）が高放電特性への悪影響を及ぼしていると考えられたので、Mn 量を減少させた合金を作製したところ、高率放電特性が向上した。また、Mg 添加合金の表面処理の検討を行ったところ、アルカリ処理により高率放電特性が改善することを確認した。合金負極について、基材の形状の影響を調べたところ、擬似3次元化により高率放電特性の向上に効果があった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】電池、ニッケル水素電池、ハイブリッド車

【研究題目】固体高分子形燃料電池システム技術開発事業

固体高分子形燃料電池要素技術開発等
電極触媒用高性能カーボン担体の研究開発

【研究代表者】塩山 洋（生活環境系特別研究体）

【研究担当者】塩山 洋、山田 裕介、藤原 直子、
城間 純、木内 正人、本城 国明

【研究内容】

固体高分子型燃料電池の電極触媒用担体としては、通常カーボンブラックが使われている。しかしカーボン材料を広く考えた場合、カーボンブラック以上に電極触媒担体として優れた特性を持つ材料の設計は可能であると考えられる。そのため白金触媒の特性を最大限に引き出すことのできるカーボン担体の探索は、省白金資源等の観点から重要である。そこで電極触媒の活性に寄与する

因子を担体であるカーボンの組織構造に求めるために、様々なカーボン材料を準備し電極特性評価を行った。

各種のカーボン担体に10%の白金を担持して得られた各電極触媒の、メタノール酸化ピークの電流量と、酸素還元に対する動力学的電流量の値を測定した。その結果、従来より電極触媒用担体としてよく利用されてきたカーボンブラックである Vulcan の XC72が、必ずしも最良の担体ではないことが分かった。メタノールの電極酸化に関しては、熱処理温度が高く、即ちカーボン組織中の黒鉛結晶子が発達している担体が、概して高い性能を示すと思われる。また酸素還元に関する活性については、メタノール酸化触媒として優れているものが高い活性を示す訳ではないことが分かった。本年度の研究により、メタノール酸化に対しては XC72よりも5.8倍の活性を持つカーボン担体を、また酸素還元に対しては XC72に比べて9.0倍の活性を持つカーボン担体を見つけることができた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】固体高分子形燃料電池、電極触媒、触媒担体、炭素材料

【研究番号】加工全般にわたる技能の技術化に関する研究開発

【研究代表者】今村 聡、尾崎 浩一、大橋 隆弘
(ものづくり先端技術研究センター)

【研究担当者】碓井 雄一、リアポフ オレグ、伊藤 哲、
澤井 信重、藤瀬 健領、岡根 利光、
廣瀬 伸吾、瀬渡 直樹、清宮 紘一、
江塚 幸敏、高下 二郎、河西 敏雄、
土井 修典、斉藤 強、原田 典、
レベレフ マキシム、篠崎吉太郎、
小林 秀雄、松田 五明、北原 繁

【研究内容】

研究目的

鑄造の加工事例データベースとしては、鑄造事例、欠陥改善事例20件の集積を行った。また湯流れ欠陥の予測と注湯条件の最適化を図るために、鑄造企業7社との共同実験を行い実用鑄造合金であるアルミ合金2種、銅合金1種について渦巻き状試験鑄型を用いて流動停止温度を評価しデータベースを構築した。データベース活用機能として、鑄造技術シミュレーションを開発している。これは、①熱物性値シミュレータ、②主要合金について合金熱物性値、流動停止温度、砂型の熱物性値のデータベース化の推進、③ポロシティの発生過程をモデル化した計算システムを開発を行った。アルミ合金2種、銅合金1種については実験終了し、湯流れ欠陥の原因推定を可能にした。

鍛造分野においては、①高精度化技術②型の長寿命化③鍛造欠陥に関する情報収集を行い、加工条件データベース・加工事例データベースとしてデータ集積を実施し

た。平成13年度より実施した試加工により企業固有のベンチマークテストによる品質傾向を調査する事例調査を継続し、あわせて15社の比較を行なった。型寿命事例データから型寿命の予測・短い型寿命の原因推定・解説を行うデータベース活用機能の開発に着手した。鍛造欠陥の予測・原因推定機能、変形抵抗データベース、冷間鍛造の工程設計を支援する機能について開発を進めた。

金属プレスのデータベース化と技能の技術化を進めるため、論文103件、特許173件の加工事例データを収集した。データベースの再現性・安定性を向上させる金型技術をデータベース活用機能と併せて開発するために型の荷重分布・変位の測定装置を完成させ、インプロセスにおける型変位、荷重の変化について調査している。ロストコア側方押出しに関して、加工事例3件、加工条件3件をデジタル化した。

射出成形は加工事例を5件収集した。業界標準となる薄肉バーフロー成形の L/T (流動長/厚み) 試験により、材料種、成形機種種の 差異が成形性に与える影響についてデータ集積を開始した。

切削については、加工実験による加工データとして、機差関連の加工データ72件、エンドミルの寿命特性の評価実験40件、計112件のデータを収集し WEB から利用できる形に整理した。既存の加工条件データ収集に関しては、文献調査により切削工具摩耗経過曲線・VT 線図を中心としたデータを295件収集整理した。教育的データベースとして30件の解説データを作成した。切削事例データ、切削工具データを対象に絞り込み検索機能を開発した。これは、検索条件によるデータの有無を視覚的に表示し、データ全体の分布を俯瞰的に示し、必要に応じてより詳細なデータの表示を可能とする技術である。人間のフィーリングや勘などの主観を系統的に評価できる AHP 法を活用し、技能者がもつ加工条件を設定する際の勘やコツを作業者が習得するための熟練技能者技能分析手法を、切削加工条件の設定を対象として検討した。ドリル加工を対象に、技能者の技能分析を行ったところ、「ドリル寿命」には「切削環境(切削油有無)」の影響が最も大きく、二番目の「回転数」より2倍ほどコントロールしやすく、また、「回転数」は「ドリル寿命」をコントロールするが他の評価基準にはほとんど影響しないと考えていることなどがわかるなど、AHP 法により、作業者の加工時のコツやポイントを定量的に明確にすることが可能になった。

ユーザが自分の工作機械の機差を考慮した加工条件の選定ができるように、機差を簡単に調べることでできる機差簡易測定法を開発し、公設試の協力のもと、複数のマシニングセンター、フライス盤での切削実験結果を実施し、その機差評価手段としての有効性を実証した。

研削加工条件データについては鉄系材料については既存データを20件以上、難加工材についてはインコネルを用いて研削実験を行い、5件以上、加工事例データにつ

いては、企業より研削加工改善事例などの加工事例を30件以上収集した。UML 表現を用いた加工トラブル事例の記述として、研削加工事例を分析し、技能のモデル化を行った。数種類の事例から関連するものを分析すると多くの事例に適応できる解決策を見出せることを確認した。同様の手法で鍛造、切削、レーザー除去についても技能のモデル化事例を作成してテンプレート化した。

研磨加工分野では研磨加工事例の収集を研磨ワーキンググループの活動を通じて大学および研究機関に蓄積されているものを対象として行い、加工事例データベースとして350件のデータを整備した。また加工条件データベースは、昨年度のアンケート調査の結果を反映し、ステンレス鋼を中心としてアルミ材、チタン材などを加えた構成とし、電解砥粒研磨法について155件の実験データをデータベースとして整備した。さらに、研磨加工全般について、教育的解説と研磨関連の用語説明集を作成し、上記データベース上に整備した。

レーザー切断をはじめとするレーザーを用いた切断、穴あけ加工、微細除去加工などの除去加工に関する情報収集および実験を継続的に行った。平成13年度当初より0.5~6mm 厚の薄板および中厚板について実験を行った。加工実験では、軟鋼、ステンレス鋼の切断面あらさやドロス付着などの切断特性を示せる基礎データを、連続波の CO₂/YAG レーザー切断加工について総加工条件数2072件を実験収集し、公開データとしてグラフ数150件にまとめた。

レーザー溶接について、文献及び企業に対する調査と加工実験によりレーザー溶接加工に関するデータモデルの基本設計を行った。加工実験では、軟鋼、ステンレス鋼の溶込み深さや溶接欠陥の発生などの溶接特性を示せる加工事例データを連続波の CO₂/YAG レーザーについて、総加工条件数468件、グラフ数184件を収集し、公開データとしてまとめた。

アーク溶接では、体系的なデータベース構築の観点から、従来の高合金とステンレスの異材溶接に焦点を絞り込んだ。施工条件計算に用いる基礎実験として、平成13年度に定めた実験仕様に基づいて、ステンレス及びインコネルのビードオンプレート事例75件を蓄積した。溶接事例データベースとして、インコネル、ハステロイ合わせて24件を作成した。また、作業標準(手順書)の欠陥事例について、6件の事例を作成した。

めっきでは、電気めっきによるニッケルについて、文献データを精査し、収集。現在、機械特性に関するデータとして、加工条件200件、加工事例30件収集し、公開データとして20件まとめた。また、アニメーションを使った初心者にもわかりやすい解説ホームページを作成し、上記データと共に公開した。

物理・化学蒸着では、TiN および DLC についての物理・化学蒸着に関わる文献調査を行い、加工条件10件、加工事例10件収集した。

溶射では、プラズマ溶射の機械特性、被膜特性に関わるデータについては WG 委員会活動と文献データ調査により収集した。機械特性については現在、加工条件60件、加工事例200件収集し、公開データとして30件まとめた。アニメーションを使った初心者にもわかりやすい解説ホームページを作成し、上記データと共に公開した。加工データベース活用システムの一つとして、加工間データ連携のための突合せ検索技術を開発した。突合せ検索とは2つ以上の技術トピック間を繋ぐ関係情報をデータシートの検索の形で発見する仕組みである。例えば、ユーザが指定したある『切削加工条件』に関するデータシートと材料『硬さ』に関連するデータシートから、データシート間を連繋する新たなデータシート、例えば『結晶粒度』関連のデータシートといったユーザにとっては新しい有用な技術情報(データシート)を検索するものである。本検索機能の実現のためには、データシート毎に用語と意味との対応関係の同一性の保証の範囲を宣言しなければならない。これらのメカニズムを XML および RDF 技術を用いて技術文書に組み込み、厳密に関係のあるものについて、要素技術を辿ることを可能とした。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] データベース、加工、検索技術、技能の技術化

②【その他公益法人】

[研究題目] 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業(タマネギの生体機能成分賦活化のための生物合理性制御技術開発)

[研究代表者] 澤田美智子(生物機能工学研究部門)

[研究担当者] 澤田美智子、加我 晴生

[研究内容]

目標: タマネギ成分ケルセチン配糖体の定量分析や種々のアッセイ (*in vivo* および *in vitro*) を行うため、ケルセチン配糖体のグラム単位の合成を検討する。

研究計画: タマネギの主要な生体調節機能成分であるケルセチン配糖体には、抗酸化性、活性酸素除去や抗変異原性作用などが認められている。タマネギ成分ケルセチン配糖体の定量分析や種々のアッセイ (*in vivo* および *in vitro*) を行うため、ケルセチン配糖体のグラム単位の合成を検討する。また、合成されたケルセチン配糖体の中には、タマネギ中に含まれない非天然型の配糖体の生成も想定され、これらのアッセイを行うためにも配糖体の合成は必須である。

年度進捗状況: エーテル合成条件下のケルセチン配糖体合成法、ルイス酸を用いる一般的な配糖体合成法は、ケルセチンの配糖体合成が困難であることを明らかにした。低い収率ながら津志田らにより報告されているケル

ニヒ・ノル法の改良法が、ケルセチン配糖体合成に有効であることを明らかにした。本委託業務では、110°Cで一昼夜真空乾燥することによりケルセチンの結晶水2分子を除去し、他の試薬類も十分に乾燥することにより、ケルセチン配糖体の回収率を上げることができた。また、原報では糖供与体である高価なテトラアセチル- α -D-ブロモグルコースをケルセチンに対し5当量用いているが、3当量を用いてもケルセチンの配糖体化が十分に進行することを明らかにした。今回、大量合成をするにあたり、6gのケルセチンを用いたが、20gスケールの反応も2Lの反応フラスコで容易に行うことができる。また、脱アセチル化後の中和反応をイオン交換樹脂で行うことにより、反応系に水分や食塩などが入らず、操作を大幅に改善できた。しかし、その分離は極めて困難である。ケルセチン配糖体の精製は、ゲルろ過クロマトグラフィーによる粗分離、さらに分取用高速液体クロマトグラフィーで行われたが、ごく微量のサンプルにしか適用できない。そこで、チャージ量を大きくできるシリカゲルカラムクロマトグラフィーによるケルセチンのアセチル配糖体の分離、続く脱アセチル化で、ケルセチン配糖体を粗分離できた。さらに逆相カラムクロマトグラフィーかゲルろ過クロマトグラフィーによる分離で完全に精製できるものと期待される。

【分野名】ライフサイエンス

【研究題目】平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業（機能性分子キャリアシステムによる植物経口ワクチン素材の開発）

【研究代表者】松村 健（生物機能工学研究部門）

【研究担当者】松村 健、帯広畜産大学原虫病研究センター、他民間企業研究員

【研究内容】

本研究では、ワクチン等機能性ペプチドを簡便・低コストかつ効果的に投与可能にする目的で、腸管到達機能を保有する自己集合性粒子上にワクチン等機能性ペプチドを呈示可能な遺伝子を設計・合成し、植物の遺伝子組換え技術を利用して、可食性植物に導入・発現させる系を構築する。

研究計画：現行技術の植物の遺伝子組換え技術を利用したワクチン素材等の経口投与システム開発では、効果を発揮する消化管粘膜（特に腸管粘膜）に到達する以前に消化器系蛋白分解酵素の働きにより分解されてしまい、投与量に即した効果が得がたい問題点がある。

そこで、本提案では、この課題を解決すべく、消化管により分解されずに腸管まで到達する能力を保有している自己集合性粒子を利用する。具体的には、機能性ペプチド等をこの自己集合性粒子上に配置する遺伝子を設計、正しく機能発現させ、植物発現系を活用して大量発現させ、機能性ペプチドの効果的な経口投与を可能にするキャリアシステムを開発する。

年度進捗状況：当該年度において、目的の抗原分子をコードする遺伝子を設計・構築した。当該遺伝子を植物発現ベクターに挿入すると共に、バキュロウイルスベクターへクローニングし、昆虫培養細胞系での発現を確認した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】原虫、経口ワクチン、組換え植物

【研究題目】平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業（突然変異誘発による新規ヒト疾患モデルラットの作製）

【研究代表者】扇谷 悟（生物機能工学研究部門）

【研究担当者】扇谷 悟、川崎 公誠、佐原 健彦、株式会社トランスアニメックス、株式会社ジェネティックラボ、北海道大学先端科学技術共同研究センター、北海道大学遺伝子病制御研究所

【研究内容】

目標：高齢化社会・テラーメイド医療に代表される高度な福祉社会を実現するために、ES細胞が未だ開発されていないラットにおいて、治療法開発のための疾患モデルラットを作出する。

計画：突然変異誘発物質を投与したラットの中から、候補となる突然変異体を一次スクリーニングし、特定の遺伝子について突然変異を起こしたかどうかを検出し、遺伝子の変異と遺伝子発現の相関について検討する。

年度進捗状況：本年度突然変異ラットについて作出と飼育・継代を行っているため、本年度は正常ラットの遺伝子解析を行った。正常ラットから抽出したゲノムDNAについて、遺伝子の配列を解析した。アスパルテートアシラーゼについては、公開されている別の種類のラットのゲノム配列およびcDNA配列を参考にして、エクソン・イントロン構造を推定した。PCR法によってエクソン/イントロン境界を含めてエクソンを増幅し、塩基配列の決定を行った。全てのエクソンについて塩基配列を解析したところ、エクソン/イントロン境界を含めて、DNAデータベースに登録されているゲノム塩基配列との違いはなかった。

本年度、正常ラットの塩基配列を決定すると共に、塩基配列解析のための方法を設定できたので、来年度には突然変異ラットについて、これらの蛋白質の塩基配列の解析により突然変異の位置を特定すると共に、その突然変異と疾患との相関などについて検討していく予定である。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】突然変異、ラット、遺伝子、疾患モデル

【研究題目】平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業（超臨界CO₂を溶媒とした新規ドライクリーニングの実用装置の開発）

【研究代表者】 齋藤 功夫（超臨界流体研究センター）

【研究内容】

ドライクリーニング技術は、有機溶剤（主に石油系溶剤）の溶解力を利用した洗浄法が一般的であるが、本技術は、乾燥工程で使用されるエネルギー量及び大気に放出される溶剂量が莫大であり、省エネ省資源ならびに環境問題の観点から多くの問題を有している。これに対し、超臨界 CO₂は無害であるとともに溶解性に優れており、新規なドライクリーニング洗浄剤として有望である。本研究開発の目的は、31℃・7.3MPa で容易に超臨界状態となる CO₂の優れた溶解性能、拡散性、浸透性と、温度と圧力変化による溶媒物性変化を利用した熱駆動ポンプ（加熱により圧力差を誘起し、これを駆動力として CO₂を吐出）による衣料用ドライクリーニング装置の開発である。本技術の開発課題は洗浄処理時間の短縮や消費エネルギー極小化および助剤開発による洗浄効果の向上等である。

平成14年度では、現有装置へ新規な吐出器と凝縮器を製作・導入し、洗浄時間の短縮等洗浄能力の強化を図ると共に、本技術における消費エネルギーを極小化する目的で内部断熱を検討し、熱伝導度、CO₂に対する腐食性、加工性および価格の観点から2種類の樹脂を断熱材候補として決定した。さらに、CO₂への親和性が高く、かつ水溶性の汚れにも対処できる洗剤成分を選定し、ある種の界面活性剤が効果的であることを明らかとした。ただし、この界面活性剤は極微量でも臭いが強く、実用化のためにさらなる改良が必要であることがわかった。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 ドライクリーニング、超臨界 CO₂

【研究題目】 生物機能促進研究（有害物質高度処理プロセス）効果の検証

【研究代表者】 高橋 信行（水質浄化研究グループ）

【研究担当者】 高橋 信行、益永 秀樹、上榎 勇、佐藤 芳夫

【研究内容】

都市域にある染色事業所では、色度や発泡性などの周辺環境への悪影響から、将来的にはさらなる処理水の水質向上が切望されている。しかしながら現状では、処理基準を満たしてはいるものの、排水中に含まれる染料成分が難分解性であるため、既存の生物処理では必ずしも十分に除去されないことが多く、処理後にも十分な清浄感が達成されていないのが現状である。そこで、快適水環境の創造や再利用の観点に立ち、都市域にあり将来の実証装置設置が可能な染色事業所からの染色排水を対象にして、オゾン処理による有機物除去効果、色度除去効果、生物分解性向上効果を検討するとともに、オゾン処理有無溶液の生物処理を行い、有機物除去におけるオゾン処理実施の効果および最適処理条件について検討し、オゾン処理と生物処理の併用による省エネルギー型廃水

処理技術を開発する。

平成14年度は、将来的に実証装置の設置が可能な染色事業所（主に反応性染料を使用した糸染めを実施）を選定し、水質変動を考慮して年4回の採水を行い、4時間のオゾン処理およびオゾン処理後の8日間の生物処理を行った。その結果、1時間前後のオゾン処理で染料由来の難分解性有機物を90%程度分解でき、有機物総量（TOC）の20~25%を除去できることを確認した。なお、オゾン処理30分での初期 TOC1mg 当たりのオゾン注入量は0.9mgO₃/mgTOC であり、オゾン処理全期間での除去された TOC1mg 当たりの消費オゾン量は10~20mgO₃/mgTOC であった。また、オゾン処理後に染色事業所から採取した活性汚泥を植種液として生物処理を行うことにより、さらなる有機物除去が認められ、TOC除去率は65%程度にまで達した。この結果、オゾン処理と生物処理の併用により、それぞれの単独法よりも TOC除去量は増加することが確認できた。これと同時に、併用に伴う促進効果はオゾン処理時間が長くなると頭打ち傾向が認められることも明らかになり、消費エネルギーの観点からは30分~1時間程度のオゾン処理時間が最適であることを推察した。またこれらの結果をもとに、16年度以降に予定している実証装置での稼働のための運転条件を決定した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 難分解性有害物質、染色排水、オゾン処理、生物処理、色度、生物分解性

【研究題目】 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業（広禁制帯幅半導体のナノ表層構造評価用極端紫外分光装置の開発）

【研究代表者】 奥村 元（パワーエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】 清水 三聡、石田 夕起

【研究内容】

SiC, GaN 等のワイドバンドギャップ半導体のナノスケールの表層構造を評価するため、これらの半導体に対し侵入長の浅い極端紫外レーザー光を光源とする顕微分光システムを構築する。又このシステム内の光量損失を低減させ、実際に半導体材料評価が可能なシステムに仕上げる。具体的には、(1)極端紫外域のルミネッセンス、およびラマン散乱測定を主体とした顕微分光システムを試作する。(2)試作した分光システムを用いてワイドギャップ半導体のエピタキシャル膜、浅いイオン注入層、MOS 界面等における数百ナノからミクロンスケールの表層の結晶構造、電子特性の評価を行う。(3)上記の測定、解析を通じて、試作した顕微分光システムについて、空間分解能、深さ方向分解能、さらにシステムの性能指数（波長分解能、スループット、必要測定時間など）の評価を行う。

本研究開発の結果、高効率 CCD 検出器とカセグレン型対物鏡を用いた極端紫外線励起 (244nm) の顕微ラマン/フォトルミネッセンス分光システムの開発に成功した。SiC, GaN などのワイドギャップ半導体における200ナノメートルの表層測定が可能になり、イオン注入層、エピタキシャル超薄膜の評価が可能になった。このシステムは Si 薄膜や III-V 族半導体の評価にも十分使えることが分かった。ラマン測定に関しては当初の計画を遙かに上回る成果を上げ、非常に質の高いラマンスペクトルが観測できるようになった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 ワイドギャップ半導体、紫外ラマン散乱、

【研究題目】 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業 (0.1nm 分解能の小型超精密位置決め装置の開発とナノ加工への応用)

【研究代表者】 岡崎 祐一 (機械システム研究部門)

【研究担当者】 岡崎 祐一、白田 孝

【研究内容】

(目標)

小型かつ超高分解能をもち、超低速域での滑らかさを確保した精密ステージ機構を開発する。また、精密位置決めに必要な、微小振動計測の不確かさについて検討する。

(研究計画)

ユニークな構造をもつ簡易な小型精密ステージにおいて、ナノメータ分解能の連続軌跡制御時に適した制御系を構築し、その動的特性を評価する。また、レーザドップラ式振動計の原理から予想される不確かさ要因について検討・実験する。

(年度進捗状況)

ステップモータとボールねじ駆動機構を粗動機構として、圧電アクチュエータを微動機構としてもつ、小型精密ステージを用い、これに対し連続運動制御を行う制御系を構築し、応答挙動を評価した。ステージの変位は1mm以下の分解能をもつ内蔵の光学式リニアエンコーダによって検出される。粗動機構のボールねじのリードは1mmで、5相ステップモータを200分割のマイクロステップ駆動をすることによって、10nmの指令分解能を得ている。微動機構の圧電アクチュエータはボールねじの軸端に配置され、ステージとボールねじを共に最大5 μ m 変位させる。制御系は DSP ベースのモーションコントローラによって構成され、固定されたアルゴリズムによって、分解能1nmの指令パルスを連続的に受け、リニアエンコーダの出力と比較し、微動機構を変位させる。サーボ偏差は準静的には1nm以下、低速時には7nm以下、高速時には80nm以下に抑えられ、モード切り替えを行う位置決め動作に対する優位性を確認した。

レーザドップラ式振動計の不確かさについて、国内会

議1件、学術誌解説1件を発表した。研究管理団体が行った技術報告会で発表を行った。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 精密運動制御、ステージ機構、振動計測

【研究題目】 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業 (人工生体膜を被覆したセンサー用高感度高選択性水晶振動子の開発)

人工生体膜調製のための素材合成—人工脂質—、およびバイオ水晶振動子の評価

【研究代表者】 芝上 基成 (物質プロセス研究部門)

【研究担当者】 坂元 君年、荻原 珠子、後藤 理恵

【研究内容】

【目標・計画】

生体膜はにおいや味の感知を初めとして、様々な外来分子の認識に関与している者と考えられている。そこで本項目では、水晶振動子表面に生体膜類似の「人工生体膜」を塗布することにより、生体膜と同様な、あるいはそれを凌駕するような分子認識能を水晶振動子に付与することを目的としている。

本研究項目では、安定性・耐久性を示すことを念頭に置き、合理的に分子設計を行った各種の人工生体膜構成分子 (脂質等) を合成する。さらにこれらを水晶振動子表面に塗布することにより「バイオ水晶振動子」を調製し、その気体分子認識能の検討を行う。

【成果】

脂質 (一本鎖型、二本鎖型) およびカリックスアレーンから構成される人工生体膜を水晶振動子表面に形成させ、おおよそ70種類の人工生体膜の分子認識能について検討を行った。

リン脂質を構成成分とする人工生体膜については、ユニークなガス吸着能が確認された。一方、ベースラインの安定性に問題が見られたが、ある種のポリマーと混合することによりこの問題は低減されることを確認している。

4級アンモニウム塩を構成成分とする人工生体膜については、リン脂質のそれと異なる特異的なガス吸着傾向が見られた。また4級アンモニウム塩タイプ全般に安定性に若干の問題が見られたが、その中でも臭化物塩が比較的安定であること、そしてリン脂質と同様にポリマーを添加することにより人工生体膜の安定性の改善を見出したことは今後の実用化研究において重要な事柄であろう。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 生体膜、センサー

【研究題目】 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業 (細管状組織の再生を目的とした中空系状 scaffold の開発)

〔研究代表者〕 金森 敏幸（物質プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 金森 敏幸、山口麻奈絵

〔研究内容〕

Tissue Engineering（生体組織工学）が21世紀の最先端医療の中心の一つとなるであろうことは衆目の一致するところであるが、その基盤技術の一つとして、修復するための部位に細胞を移植し、そこに留め、分化・増殖させるための scaffold（細胞培養足場）の開発が挙げられる。材料と細胞の相互作用については、医用高分子の分野で長年研究されてきたが、表面で細胞を増殖させ、かつ望ましくは増殖後に生体内に吸収される様な scaffold の研究は、未だ不十分と言わざるを得ない。

このため、私どもは、地域で産業技術総合研究所と東京都立大学が長年に渡って研究してきた相転換法と筑波大学の有する細胞の共培養技術、および産業技術総合研究所と東京都立大学の材料表面処理技術、さらには埼玉県工業技術センターの材料力学特性評価技術を結集して中空糸多孔質 scaffold の製造技術を確立し、医療用具専業メーカーである泉工医科工業株式会社において製品化することを目的として、研究開発を実施した。

その結果として、次のような成果を得ることができた。

- 1) 相転換法を用いてポリ（L）乳酸から中空糸多孔質 scaffold を作製する条件を確立した。
- 2) 中空糸多孔質 scaffold 内面で細胞を増殖させるためには、細胞の初期接着性が極めて重要であることを明らかにした。更に、1) で開発した中空糸多孔質 scaffold の内面の初期接着性を向上させる技術として、低温酸素プラズマ処理とプラズマ後重合法による材料表面への RGD（アルギニン-グリシン-アスパラギン）シーケンスの導入法を確立し、それぞれ優れた初期細胞接着性促進効果を確認した。
- 3) 材料表面での細胞の分化誘導技術の一つとして、ラビングとイオン注入による細胞のパターンニング技術を確立した。
- 4) 腎糸球体上皮細胞とメサンギウム細胞を接着増殖することにより上皮細胞が極性を示すことを明らかにし、共培養の効果を確認した。
- 5) ポリ（L）乳酸中空糸多孔質 scaffold の力学特性と培養環境におけるその経時変化評価技術を確立した。
- 6) 以上の研究結果を、特許出願1報、国際誌への投稿5報、総説および新聞記事2報、学会講演13報として、対外発表した。

本研究により、前述のような研究成果を挙げることができたが、開発した中空糸多孔質 scaffold については現在大阪大学大学院医学系研究科臓器制御外科において実験動物を用いた前臨床試験を開始予定であり、その結果に応じて厚生労働省の認可取得に向けて準備を進める。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 Tissue Engineering、scaffold、先進医療、生体吸収性材料、プラズマ表面処理

〔研究題目〕 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業（常温瞬間脱ハロゲン化反応を活用した有害物質処理システムの開発）

〔研究代表者〕 木村 信忠（生物機能工学研究部門）

〔研究担当者〕 木村 信忠

〔研究内容〕

本プロジェクトでは、難分解性有機ハロゲン化合物（フロン、テフロン、PCB、ダイオキシン等）を、化学処理と生物処理を組み合わせ、安全・安価・簡便かつ効率良く分解・無害化するシステムを確立する。具体的には有害な有機ハロゲン化合物を対象に水素化アルミニウムリチウム・超音波処理法の適用性、脱ハロゲン化条件を検討し、次いで脱ハロゲン化した物質の微生物による完全分解を図る。さらに汚染した土壌やダイオキシンを含む飛灰等についても本技術の適用性を検討することを目的とする。そこで生物処理に利用する為に、ジベンゾ-*p*-ジオキシン分解菌 *Rhodococcus opacus* SAO101株を日本の南西諸島の森林土壌より分離した。分離した菌はジベンゾ-*p*-ジオキシンを唯一の炭素源として生育し、ピフェニル、ナフタレン、ジベンゾチオフェンなどの二環式の芳香族化合物の他に、トルエン、フェノール、クロロベンゼンなどの単環式の芳香族化合物を炭素源として利用した。また SAO101株は1から3塩素化ジベンゾ-*p*-ジオキシンに対して分解活性を示し、有機ハロゲン化合物の生物処理に利用可能な微生物を取得することが出来た。さらに微生物機能と安全性の評価のために、SAO101株によるジベンゾ-*p*-ジオキシンの分解産物の検討を行い、ジヒドロジオール、2,2',3'-トリヒドロキシビフェニルエーテル、2,2',3'-トリヒドロキシビフェニルエーテルのメタ開裂化合物が生成し、ジヒドロキシ化合物が蓄積していることを確認した。これらの結果からSAO101株によるジベンゾ-*p*-ジオキシンの分解経路を推定した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ダイオキシン、微生物分解

〔研究題目〕 平成14年度大都市における火山灰災害の影響予測評価に関する研究

〔中項目名〕 火山灰災害の直接的影響予測システム

〔研究代表者〕 須藤 茂（地球科学情報研究部門）

〔研究担当者〕 駒澤 正夫、斎藤 英二、渡辺 和明

〔研究内容〕

わが国の過去の火山灰災害のデータの整理解析、モデル危険火山の解析等により、火山灰災害の産業活動に対する影響評価とリスクマネジメントを行うために、火山噴火によって直接的に生じる降灰等の被害の予知・予測システムを構築する。

研究計画：1) 火山灰災害の実績評価のため既存公表資料から、わが国の火山灰堆積の事例約80について、分

布や年代のデータベースを作成する。2) わが国の首都圏に火山灰災害を与える可能性の最も高いモデル火山として富士山を選定し、山体構造調査を重力測定、山体変動調査を GPS により行う。3) 火山灰災害のモデル火山として富士山を選定し、噴火の場所、噴火の規模等のパラメータについて検討し、火山灰の影響が及ぶ範囲等の推定のための基礎資料を作成する。

年度進捗状況：1) 本年度までに収集した計約570ユニットの各降下火山灰の堆積量データをすべてデジタル化し、データベースを作成した。各地点の堆積量及び回数を千年、1万年、10万年の区切りで、日本全図に表示した。2) 重力測定により、富士山浅部では、火山活動と重力異常値との対応が確認された。富士山中腹のGPS連続観測装置をテレメーター化し、噴火直前までの山体変動の情報を的確に取得できるようにした。本年度末の時点では、異常な変動は認められていない。3) 火山灰災害をもたらす火山のモデルとして選定した富士山について、様々な規模の噴火が発生した場合に、各地点が10cm以上、1cm以上、1mm以上の火山灰に覆われる確率を図示した。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】火山灰災害、富士山、山体変動観測、GPS、重力測定

【研究題目】平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業（高齢者のためのIT支援適応型エイジレス・インターフェースの開発）

【研究代表者】永田 可彦（人間福祉医工学研究部門）

【研究担当者】永田 可彦、本間 敬子、福田 修

【研究内容】

ますます本格化する「超高齢社会」を迎えるにあたって、高齢者が安心・安全で質の高い生活を実現することができる環境を整備することが求められている。公共施設や住宅設計などにおける物理的・空間的なバリアフリー化が進められているが、既に生活の一部として急激に浸透しつつある電子メール・インターネットなどのIT技術に関しては、これらを自由に操作できる高齢者が極めて少ない。本研究では、高齢者や障害者が既存の情報電子機器などを簡便に制御し、快適な自立生活を実現する「IT支援適応型エイジレス・インターフェース」を開発した。本研究開発の成果は、Bio-remoteと呼ばれる開発プロダクトに集約される。このBio-remoteは、Bio:「生体の情報を」、Remote:「遠隔に伝える」という意味を持つインターフェースであり、使用者の生体生理情報などに基づいた環境制御・IT制御の遠隔操作が実現できる。この装置を試作し、高齢者・障害者を対象とした検証実験を行った結果、優れた有効性が確認できた。また、展示会などに試作機を持ち込み市場からも大きな反響を得た。現在、実用化を目指して更なる追加研究

を実施している。なお、本装置を開発する過程の要素技術である生体信号計測システムについては、この研究開発終了後に参画した中小企業から販売を開始するに至った。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】バリアフリー、インタフェース、生体信号

【研究題目】微生物による昆虫の生殖操作機構の解明と利用

【研究代表者】深津 武馬（生物機能工学研究部門）

【研究担当者】深津 武馬、安佛 尚志、
沓掛（高橋）磨也子、陰山 大輔、
今藤 夏子、後藤 俊輔、杉村 明子、
辰野 聖子、周防佐知江、大内 博美

【研究内容】

目的：ショウジョウバエおよび内部共生細菌であるスピロプラズマをモデル系として、雄殺しや細胞質不和合などの生殖操作の標的となる、昆虫類に普遍的な分子機構に関与する遺伝子を同定する。さらにはそれらの遺伝子を改変・操作することによって、宿主昆虫の生殖表現型を自在に操作できる系を確立する。

実施方法：ショウジョウバエにおいてEP因子をゲノム中にランダムに転移挿入した突然変異系統を多数作成し、その中から共生細菌による生殖操作が救済される突然変異体をスクリーニングして、生殖操作の標的となる宿主遺伝子群を取得する。さらにはショウジョウバエにおける導入遺伝子の時空間特異的発現システムを利用して、宿主昆虫の生殖表現型を自在に操作できる系を構築する。

進捗状況：ショウジョウバエのEP因子挿入突然変異体の作製、スクリーニング、さらにはGS系統の導入とスクリーニングも順調に進行中で、いくつもの内部共生に関わる遺伝子の突然変異体の候補が単離され、その一部については詳しい解析に着手している。突然変異体スクリーニングのほかにも、スピロプラズマの個体群動態や、宿主免疫系との相互作用などといった方面において、興味深い知見が次々と得られている。さらには、まったく予期せぬ展開であったが、貯豆の害虫として知られるアズキノウムシにおいて、共生細菌ボルバキアから宿主染色体へのゲノム水平転移という大きな発見があった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】昆虫、微生物、内部共生、生殖操作

【研究題目】メタンハイドレート資源開発生産手法開発

【研究代表者】成田 英夫（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】成田 英夫

【研究内容】

本研究課題は、経済産業省資源エネルギー庁が世界に

先駆けて開始した「メタンハイドレート資源開発」プロジェクトに係わるものである。産業技術総合研究所は、生産手法開発分野の中核研究機関であり、石油公団（資源量評価分野）、財団法人エンジニアリング振興協会（環境影響評価分野）とともに、本プロジェクトを推進している。生産手法開発分野においては、メタンハイドレートを孔隙に含む砂質堆積層から高い生産性と経済性を有した天然ガスの生産技術を確立することを目標として、メタンハイドレート堆積層中のメタンハイドレートの分解・採取技術の研究開発を行う。メタンハイドレート分解に伴う堆積層挙動とガス生産挙動のモデル化を行い、これらを人工的に作製した模擬堆積層による分解・採取法の評価試験及びフィールド産出試験で実証しながら、海洋におけるメタンハイドレート堆積層の基礎物性、機械的特性等の解析とその分解時の動特性の解明を通じ、その態様と挙動を明らかにする。さらに、本研究開発に必要な計測技術、模擬堆積層作製技術等を確立するとともに、資源量評価、環境影響評価等プロジェクト全体の研究開発の推進に資する共通基盤技術の検討・整備を行なう。平成14年度の研究開発にあたっては、「堆積層の態様解明」、「分解動特性の解明」、「生産シミュレータの開発」及び「分解・採取手法の開発」の4研究開発項目を実施した。実施にあたっては、メタンハイドレート堆積層の態様解明、分解動特性の解明を主に分担する「物性・動特性」及び生産性を予測するための専用シミュレータの開発を分担する「生産シミュレータ開発」の中項目を設けて、産業界及び大学との連携のもと研究開発の効率的推進を図った。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 メタンハイドレート、天然ガス、生産、物性、動特性、シミュレーション

【研究題目】 メタンハイドレート資源開発生産手法開発

【中項目名】 物性・動特性解析

【研究代表者】 海老沼孝郎（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】 海老沼孝郎、皆川 秀紀、内田 努、長尾 二郎、竹谷 敏、大村 亮、山本 佳孝、高橋 正好、前川 竜男、大山 裕之、島田 亙、鎌田 慈、川村 太郎、大垣 一成（大阪大学）、佐々木久郎（秋田大学）、兵動 正幸（山口大学）、辻 智也（日本大学）、川崎 達治（東京ガス株式会社）、関 健司（大阪ガス株式会社）、渡部 正治（三菱重工業株式会社）、井上 章（日本エネルギー学会）

【研究内容】

「堆積層態様の解明」においては、砂質堆積層の孔隙にメタンハイドレートを含む地層（メタンハイドレート堆

積層）の持つ基礎物性、物理的な構造、力学的性質などの諸特性を解析・評価し、当該堆積層の性状を明らかにするとともに、生産シミュレータのパラメータとするための取り組みを行った。平成14年度は、今後の基礎物性の解析及び機械的特性の解析に必要な計測基盤技術の開発等を重点的に実施した。「堆積物分解挙動の解明」においては、メタンハイドレート堆積層の孔隙スケールから堆積層全体にわたる挙動をモデリングするために、模擬メタンハイドレート堆積物などを使用した分解時の物質・熱移動現象の解析・評価を実施した。平成14年度は、堆積物に拘束力が付加された状態において、圧力勾配、温度勾配条件下で、堆積物中メタンハイドレートの分解速度を測定・解析する技術、イメージング計測による流れを観測する技術、分解に伴う機械的特性変化を把握するための遠心力载荷試験評価及びメタンハイドレート堆積層の浸透率変化及び圧密現象のモデル化等を重点的に実施した。「分解・採取手法の開発」においては、効率的・経済的な生産手法を確立するため、新たな分解手法の開発を実施するとともに文献調査等に基づいて高いエネルギー効率が期待できる分解手法について取りまとめた。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 メタンハイドレート、天然ガス、生産、物性、動特性

【研究題目】 メタンハイドレート資源開発生産手法開発

生産シミュレーター開発

【研究代表者】 山口 勉（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】 山口 勉、駒井 武、青木 一男、緒方 雄二、天満 則夫、羽田 博憲、清野 文雄、山崎 章弘、坂本 靖英、榊井 明、増田 昌敬、佐藤 徹（東京大学）、大賀光太郎（北海道大学）、栗原 正典（日本オイルエンジニアリング株式会社）、佐藤 龍也（地熱技術開発株式会社）、森 二郎（西日本技術開発株式会社）、鈴木 隆雄（株式会社現代企画社）

【研究内容】

メタンハイドレート堆積層の有する特性と分解時の諸現象のモデリングにもとづいて、生産挙動を予測するために、現有のプロトタイプシミュレータの改良・強化を図るとともに、生産性を評価する上で重要な分解速度、圧密挙動及び浸透率を数値的に記述する計算モジュールの開発及びサブモジュールを統合して評価する取り組みを行った。現有プロトタイプシミュレータの改良・強化については、要素モジュールの付加、メタノール（分解促進剤）成分の追加、計算速度の向上を図り改良を行なった。計算モジュールの開発については、垂直二次元の

圧密挙動評価モジュールの構築、メタン以外の微量ガス成分の存在を考慮した分解開始条件サブモジュールの作成、分解速度予測サブモジュール構築のためのパラメータスタディ、熱・物質移動を伴う浸透率解析手法の開発と各種パラメータの測定・評価などを実施した。また、シミュレータの統合化においては、上記計算モジュール群と既存シミュレータ及びプロトタイプシミュレータとのパラメータの受け渡し等の総合調整を行い、メタンハイドレートの物性を適当と思われる範囲で変化させながら、諸物性がメタンハイドレートの生産挙動に与える感度分析を実施した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】メタンハイドレート、生産、シミュレーション、浸透率、圧密挙動

【研究題目】採掘機器自動化のための環境認識技術に関する研究

【研究代表者】皿田 滋（知能システム研究部門）

【研究担当者】皿田 滋

【研究内容】

【目標】：坑内採掘機器の自動化・遠隔化を推進するための要素技術として、切羽の形状、破碎鉱石の性状、機器の自己位置等の切羽環境情報を収集するためのセンシング技術についての検討を行い、また、収集データに基づいて切羽環境情報を統合的に表現するためのモデルの形式・構造並びに表示方式についての検討を行うことを目的としている。

【研究計画】：平成13～15年の3ヵ年計画であり、期間内に以下の項目についての研究を実施する。

- 1) 国内外の技術動向調査を実施し自己位置及び切羽環境検知のためのセンシング方式の比較検討を行う。
(H13-15)
- 2) センシング方式確立のため実験室内において移動作業機器模型にセンサー系を搭載し試験を実施する。
(H13-14)
- 3) 現場適応性を確認するため現場環境において実規模のセンサー系を用いた現場計測実験を実施する。
(H14-15)

【進捗状況】：平成14年度における研究内容の概要は以下のとおりである。

(1) 環境形状計測実験

破碎鉱石の堆積形状を計測する方法として両眼立体視（ステレオビジョン）についての検討を行った。2台の CCD カメラから構成される屋内実験用計測システムを作製し、小型堆積模型を用いた屋内実験を行った。さらに、屋外での計測実験を実施した。

(2) 技術動向調査

関連学会への参加、文献収集、インターネット検索等により関連技術の情報収集を行った。

【分野名】情報通信

【キーワード】採掘、自動化、形状計測、作業環境モデル

【研究題目】平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業（電気・電子、自動車等使用済みプラスチックのゼロエミッションケミカルリサイクル技術の開発）

【研究代表者】加茂 徹（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】加茂 徹、小寺 洋一

【研究内容】

本研究が目指すゼロエミッションプロセスは、臭素系難燃剤を含有する廃家電製品及び自動車シュレグダーから発生する廃棄プラスチックを、高温ガス化溶融炉を使用して臭素系（塩素系を含む）ダイオキシン類を発生させることなく、臭素を含む廃プラ中の可燃物を化学原料または電気エネルギーとして回収し、また廃プラ中の不燃物を有価物として回収することで、投入された物質のほとんどを再資源化し環境負荷を与えないプロセスである。このプロセスを実現するため、部分酸化型の高温ガス化溶融技術を適用し、ガス化溶融炉で生成する臭素含有飛灰から臭素を回収する再資源化技術を応用した。

ガス化プロセスでは、実証規模の高温ガス化溶融炉を用いて臭素含有廃プラを部分酸化条件でガス化处理し、生成ガスを主に CO および H₂ ガスとして回収するとともに、処理後のスラグおよび精製ガス等の副生物に含まれるダイオキシン類が環境基準値以下まで無害化できることを実証した。また廃プラに含まれる臭素はスラグ及び精製ガスにはほとんど含まれず、その多くは飛灰に移行したので臭素を飛灰の形で回収できることを実証した。

臭素回収プロセスでは、先ず製品中に使用されている重金属類や難燃助剤として使用されているアンチモン化合物を廃水中から適正除去し、次の臭素回収工程において再利用可能な水質を得ることを実験室規模の試験で実証した。また臭素含有水から臭素を分離回収する方法について計算機によるシミュレーションを行い評価し、達成可能な経済性を持った世界初の臭素完全リサイクル型ゼロエミッションプロセスを構築できた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リサイクル、プラスチックリサイクル、臭素難燃剤、臭素のリサイクル廃プラスチック

【研究題目】平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業（不揮発性メモリ薄膜用高性能 MOCVD 装置の開発）

【研究代表者】飯島 高志（スマートストラクチャー研究センター）

【研究内容】

本研究課題では、プロジェクトで作製した PZT 膜の強誘電特性および圧電特性を微小領域で測定する技術を

確立し、その測定結果を装置開発にフィードバックすることにより、より高品質の強誘電体薄膜を作製するための MOCVD 装置を設計・開発するための条件を明らかにすることを目的としている。そこで、原子間力顕微鏡 (AFM) と強誘電特性評価装置を組み合わせ、*P-E* ヒステリシス曲線とそれに伴う微小変位曲線の測定が可能なシステムを構築し、MOCVD 装置による強誘電体薄膜が安定的に作製できるようになるまでの間、先行して化学溶液法を用いて作製した強誘電体薄膜での測定を試み、測定方法および条件を確立させた。次いで、MOCVD 法を用いて作製した (001) (100) 優先配向薄膜での特性評価を行い、作製した PZT 膜の強誘電・圧電特性の組成依存性について調べた。その結果、化学溶液法で作製した PZT 膜の上部電極の直径を $500\ \mu\text{m}$ から $30\ \mu\text{m}$ まで変化させ *P-E* ヒステリシス特性を調べたところ、電極径が減少しても、残留分極 (P_r) 値および抗電界 (E_c) 値はほとんど変化しないことが分かった。しかし逆圧電効果により誘起される膜厚方向の変位曲線は、上部電極径が $500\sim 300\ \mu\text{m}$ の場合、凹方向、すなわち逆バタフライ状の変位を示し、上部電極径が $200\sim 30\ \mu\text{m}$ の場合、凸方向、すなわちバルクと同様のバタフライ曲線を示すことが判明した。このことより、PZT 膜の変位特性は上部電極の大きさ (直径) の影響を強く受けることが明らかになった。さらに、抗電界以下のモノポーラ電界を印可することで、PZT 膜の圧電特性 (AFM d_{33}) を測定することが可能となった。また、MOCVD 法により作製した (100) (001) 優先配向 PZT 膜の強誘電・圧電特性を測定し、バルクと同様に Morphotropic Phase Boundary (MPB) 付近で微小変位特性が最大になり、バルクと同等の圧電特性を示すことが判明した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 薄膜、圧電体、PZT、センサ、アクチュエータ

【研究題目】 未知ウイルス攻撃に対する検知・回避技術の研究開発

【研究代表者】 森 彰 (サイバーアシスト研究センター)

【研究担当者】 森 彰、泉田 大宗

【研究内容】

従来のアンチウイルスソフトでは、既知のウイルスファイル中のバイト文字列 (シグネチャと呼ばれる) に対する文字列マッチングによりウイルス検知が行われているため、未知のウイルスを検知することが不可能である。未知ウイルス検知においては、自己解凍ウイルスや自己変形ウイルスといった、実行時にメモリ上に展開されるコードを利用するプログラムの解析が必要となるため、技術的に非常に困難であるが、本研究開発では、コードの静的解析とコードシミュレーションを組み合わせることにより、OS へのシステムコールのレベルでプログラムの振る舞いを解析することが可能になっている。この

解析技術を利用し、ウイルス固有の悪意ある振る舞いを禁止ポリシーとして別途記述しておくことで、より広範なウイルスの検知が可能になると考えられる。すでに基本ツールのプロトタイプ開発を終え、予備的な実証実験を行っているが、近年実際に蔓延したウイルスの大半を未知状態で検知できるという結果を得ている。今後は実用システム化を目指した効率化や、ポリシー記述・処理系の実装を進めていく予定である。

【分野名】 情報通信

【キーワード】 コンピュータウイルス、未知ウイルス検知、コードシミュレーション、ポリシー

【研究題目】 収集データを用いた LCA ケーススタディの実施

【研究代表者】 田原 聖隆 (ライフサイクルアセスメント研究センター)

【研究担当者】 田原 聖隆

【研究内容】

本研究は「製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発 (LCA プロジェクト)」にて工業会により収集されたデータを用いて、具体的な製品 (乗用車および複写機) の LCA ケーススタディを実施して収集データの検証を行うことを目的としている。具体的には、収集データのシステム境界や配分手法の適切さを確認すると共に、不足している収集データを明確することが目的である。

(社) 日本自動車工業会および (社) 日本自動車部品工業会やビジネス機会・情報システム産業協会で作成された乗用車および自動車部品、複写機のデータには、いずれの工業会でも調査されていないものがいくつか含まれている。さらに、素材そのものはいずれかの工業会で調査されていたとしても、その上工程が欠落しているデータがある。まず、このような不足データを明確にした。その上で、不足するデータを既存データで補充した LCI 分析を実施することで、各工業会で収集されたデータでの充足性の分析を行った。ここでは、①各工業会で収集されたデータだけを使用した製品の LCI 分析 (プロジェクト)、②収集データの不足分を既存データで補った製品の LCI 分析 (プロジェクト+既存データ)、③製品に使用される素材の全てに既存データを引用した LCI 分析 (既存データ)、を行い結果の比較を行った。なお、乗用車、複写機の製造に関する収集データにおいて、すべてのデータに共通している排出物項目の CO_2 , NO_x , SO_x で分析結果を比較した。その結果、不足データの明確化、収集データのシステムバウンダリを明確に明記しつつ、各工業会のデータの整合性を取る必要があることが分かった。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 LCA、インベントリデータ、ケーススタディ

〔研究題目〕石炭液化油の利用に関する研究

〔研究代表者〕 斎藤 郁夫 (エネルギー利用研究部門)

〔研究担当者〕 佐藤 信也、松村 明光

〔研究内容〕

将来の大型石炭液化工場の設計、建設、製品設計に当たり、瀝青炭液化プラントで取得した液化油の実用性能試験データを活用し、技術面からのリスクを低減することを目的として、(1)石炭液化油から調整した輸送用燃料を用いた実用性能試験結果および(2)リモナイト系石炭液化触媒を用いた石油系重質油の水素化分解試験についての調査研究を行った。その結果、(1)では、ディーゼルエンジン試験において、芳香族4級炭素と黒煙およびPM排出量は芳香族4級炭素と比較的良好な相関があり、二環以上の芳香族化合物では、核の部分水素化では芳香族4級炭素が減少せず、黒煙、PM排出量抑制には効果が乏しいと思われ、水素化処理においては、単なる水素化だけでなく、核の開環をする必要があると予想された。(2)の液化技術の他分野への応用では、既存の重質油処理技術では対応できない重質油に対して、高分散鉄系触媒が高い分解活性を示すことを明らかにした。その代表的な重質油である、ブラジル、マリム産原油の減圧軽油にリモナイト等の鉄系触媒を用いたスラリー床での分解実験の結果、熱分解では10%以上も生成したコークが3%程度まで減少し、減圧残油の転化率も60~70%と高いことを明らかにした。マリム産原油減圧残油のような重質油に対しては、高価な水素化触媒よりも安価な使い捨て触媒を使用することにより、経済的、効率的な水素化分解技術の構築が可能であることが明らかとなった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 石炭液化、輸送用燃料、重質油分解

〔研究題目〕表面張力異常を示す流体を利用したパッシブ熱制御手法の研究

〔研究代表者〕 阿部 宜之 (電力エネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 岩崎 晃、川田 正国、田中耕太郎 (静岡理科大学)、東之 弘 (いわき明星大学)、岡田 昌章 (筑波技術短大)

〔研究内容〕

宇宙用熱制御システムとして表面張力異常を示す作動媒体を用いた自発的な冷却システム技術の構築を図る。排熱量数 kW 程度の宇宙機では、最も軽量化が可能である2相流体ループによる熱制御系で、25~30kg/kW 程度の性能であり、排熱量が数10kW レベル規模で約10kg/kW 程度になると予想される。本研究で取り上げる表面張力異常を示す流体を用いた熱制御系は、液体と容器壁との濡れ性が確保され、気・液界面が形成されてさえいれば、自発的に冷却機能が発生するために構造が極めて単純化でき、数 kW レベルで2相流体ループの1/3程度の軽量化を目標としている。作動媒体として、表面張力異常が報告されている1-ブタノール水溶液、あるいは

は他の高級アルコール水溶液に焦点をあてて研究を行う。まず、必要な熱物性値、特に温度、濃度を変えたアルコール水溶液の表面張力を、クローズな系で高精度測定が可能な、示差毛管上昇法によって実測する。当該年度は1-ブタノール水溶液の予備測定を実施した。基礎現象の実験的把握に関しては、特に熱・物質移動現象における表面張力の効果を詳細に理解するため、落下実験施設の高品質な微小重力環境の利用をし、気・液自由界面、及び沸騰気泡界面における温度差マランゴニ効果、濃度差マランゴニ効果の状況を、トレーサー粒子を用いて可視化し、その理解を図る。当該年度は、ウィックレス・ヒートパイプについて、落下実験施設の高品質な微小重力環境を利用し、ガラス管製の可視化モデルを用いて、ヒートパイプ内部作動流体温度を計測し、トレーサー粒子により作動流体のマランゴニ対流による循環の状況を把握した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 熱制御、微小重力、マランゴニ効果

〔研究題目〕臨床遺伝子診断用小型解析装置事業化

〔研究代表者〕 町田 雅之 (糖鎖工学研究センター)

〔研究担当者〕 近藤 勲、中村 道大、澤上 一美、阿部 初美 (プレジジョン・システム・サイエンス株式会社)

〔研究内容〕

国際ヒトゲノムプロジェクトが終了し、ゲノムの精密な解読により、疾患に関係する遺伝子の変異が続々と発見されつつある。同時に遺伝要因と環境因子がからんで発病する疾患関連遺伝子も突き止められている。特に「一塩基多型 (SNP)」を利用した疾病関連遺伝子の発見やゲノム医学への展開は、テーラーメイド医療や診断、創薬の面から、医学医療分野を刷新するものと予想される。このためには、特異的 DNA を検出、集約し、迅速かつ信頼性の高い自動化 DNA 検査技術が求められることになる。そこで、血液や唾液などの試料から、DNA の抽出・精製、増幅、SNPs 解析のための反応、と続く一連の反応を全て自動で行い、最終解析結果が出力される完全自動システムを開発を行う。

本研究開発では、自動化処理が可能であることが確認されたアダプターを用いた SNP の検出技術を用いて、本 SNPs 検出プロトコルを自動化するための専用装置の製作に着手した。装置内動作、サンプル処理数などを検討し、自動化システムの仕様を決定した。特に、高効率・高精度の磁気ビーズ自動化処理ユニットである Magtration Technology を利用した試薬分注・磁気分離ユニットを用い、PCR 用 Thermal Cycler には、自動装置へ搭載した実績のあるユニットを採用した。また、低価格で磁気ビーズに捕捉された蛍光物質を測定するための検出ユニットについて、ビーズ導入法、ビーズ識別のための光学系などの開発と改良を行った。光学系につ

いては、複数の蛍光色素の検出に適した励起用レーザー、蛍光測定用光学系、光電子倍增管などを組み込んだ。このシステムを用いて、アダプターライゲーション SNPs 検出反応を行ったビーズを測定し、正確な結果が得られることを確認した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 一塩基多型 (SNP)、磁気ビーズ、自動処理

【研究題目】 クラスタナノ構造成膜プロセスシステム製品化技術開発に関する研究

【研究代表者】 岩田 康嗣 (電力エネルギー研究部門)

【研究担当者】 大柳 宏之、大木 美加、武藤麻紀子、澤田 嗣郎、滝谷 俊夫、小村 明夫 (日立造船株式会社技術研究所)、島田 尚一 (大阪大学大学院工学研究科)、屋我 実 (琉球大学工学部)、東野 文男 (東京農工大学工学部)

【研究内容】

【目標】

電子情報産業、環境エネルギー産業においてナノ構造制御が技術開発の本質的に重要となる産業技術課題に即して、成膜産業の市場ニーズに合った実用的なクラスタナノ構造成膜プロセス技術を開発し、ナノ技術産業への効果的な活用を図る。そのためには、新しく開発したサイズの揃ったクラスタビーム技術 (SCCS) によるナノスケールの配列秩序構造の自発形成を実証し、ナノ構造秩序薄膜の特性を明らかにすると共に、新型クラスタ源 SCCS を搭載したクラスタナノ構造薄膜製成システムを製品開発し、成膜産業における新しい事業展開を図る。

【研究計画】

この事業は、クラスタナノ構造制御技術を用い、日立造船株式会社を資金提供事業者とし、日立造船株式会社を事業化事業者としてクラスタナノ構造成膜プロセスシステム製品化の研究開発を3年かけて行い、平成17年に事業化を予定するものである。

【H14年度進捗状況】

ナノ構造クラスタビームプロセス技術の実用化開発として平成14年度クラスタビーム性能の高精度化を図るため、高精度クラスタビーム源 (クラスタ銃) の製作を行い、ナノ構造システムの生成及び構造安定性、光特性についての評価を行った。またナノ構造クラスタビームプロセス実用化を推進するために、クラスタ銃を搭載したクラスタ成膜プロセスシステムの製品モデルを開発し、システムの操作性、生産性、仕事効率など実用化に向けた評価を行った。クラスタビーム蒸着は高精度クラスタビーム源 SCCS を搭載したナノ構造薄膜評価システムにて行った。本評価システムにはクラスタナノ構造観察を行うための走査型トンネル顕微

鏡が装着されている。SCCS で生成したクラスタはヘリウム流束に載せて真空中に引出し、二段加速式飛行時間質量分析器でクラスタビーム評価を行った。結果、SCCS でシリコンクラスタは原子数 $N=20$ 付近のサイズを中心に、5%以下の狭いサイズ分散で生成されることを確認した。a-C 上に蒸着したシリコンクラスタについて走査透過電子顕微鏡による観察を行い、①粒径 2-3nm の粒子状構造を形成するクラスタが観られた。シリコンクラスタの蒸着密度 $1.04 \times 10^{13} \text{cm}^{-2}$ で基板表面が単層被覆されることを示し、成膜の実用化に向けて十分速い蒸着速度の見通しが得られた。ナノ構造薄膜生成システムの製品モデル機の開発では、クラスタビーム強度を高めることによって、クラスタ薄膜蒸着速度を向上させるための設計を行い、モデル機の製作を行った。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 クラスタビーム、ナノ構造薄膜、衝撃波制御、成膜産業分野

【研究題目】 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業 (可視化・計測法を用いたナノレベル DNA 損傷検査法 (装置) の開発 / (電子顕微鏡法による DNA 損傷観察))

【研究代表者】 川崎 一則 (生物機能工学研究部門)

【研究担当者】 川崎 一則、関 尚子

【研究内容】

DNA 観察のために走査型プローブ顕微鏡と電子顕微鏡 (シャドウイング法) を用いた場合の、両顕微鏡法の有用性と問題点を直接比較によって評価することを目的とした。そのために、(株) 生体分子計測研究所において走査型プローブ顕微鏡で観察したものと同一の DNA 試料を用いて電子顕微鏡観察を行った。シャドウイング法の試料調製方法を走査型プローブ顕微鏡用の試料調製方法により近い条件にするため、独自の改良シャドウイング法を考案した。マイカ表面に固定された DNA の試料を真空蒸着装置に入れ-170°C に冷却した後、横6° の低角度から約1nm の薄さで白金の回転蒸着を行った。蒸着薄膜をマイカから剥離し2%酢酸ウランで染色した後、透過型電子顕微鏡による高分解能観察と撮影を行った。この方法によってマイカに吸着させた DNA の繊維状構造を撮影することができたが、従来法では DNA の太さが10~15nm で観察されるのに対し、この方法では太さは4~5nm で観察され分解能の向上が達成された。走査型プローブ顕微鏡による DNA 像の太さも4~5nm であり両手法の分解能は同程度であることが認められた。以上の結果より、マイカ表面に吸着した DNA の観察において、走査型プローブ顕微鏡法はシャドウイング法と同等の性能を有していることが明らかになった。ただし、観察に要する熟練、時間、装置、試薬などの側面で走査

型プローブ顕微鏡法はシャドウイング法より効率が良く、特に多数の DNA 分子を対象とした解析には極めて有利であることが確認された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 DNA、可視化、電子顕微鏡、原子間力顕微鏡

【研究題目】 平成14年度内湾堆積物表層における酸素循環過程の解明と内湾複合生態系酸素循環モデル構築に関する基礎的研究（現場H調査による湾央域底生生態系における酸素循環過程の解明）

【研究代表者】 左山 幹雄（環境管理研究部門）

【研究担当者】 左山 幹雄

【研究内容】

これまで開発されてきた底層水貧酸素化予測モデルに、湾央域底生生態系の酸素循環過程がメカニズムとして組み込まれていない大きな理由は、堆積物表層の生物・化学・物理過程に伴う酸素循環過程を解明する調査手法が無かったためである。富栄養化海域の湾央域底生生態系では、堆積物表層の物質循環過程（活性）は、鉛直方向にミリメートル以下の空間スケールで急激に変化している。したがって、堆積物表層における酸素循環過程を解明するためには、水-堆積物界面近傍の酸素濃度プロファイルミリメートル以下の空間スケールで測定しなければならない。また、堆積物表層における酸素循環過程に対しては、海域の環境特性（水深、流動場、底層水の溶存酸素濃度、光条件、底質、底生生物群集の種組成と現存量など）が大きな影響を与えている。したがって、湾央域底生生態系の酸素循環過程を解明するためには、それぞれの現象に対応した高い時・空間分解能で酸素濃度プロファイルの変化を現場において測定する必要がある。そのため本研究では、高い時・空間分解能を有する微小酸素電極を用いて、酸素濃度プロファイルの現場測定を行う。平成14年度は、水-堆積物界面近傍の酸素濃度プロファイル現場においてミリメートル以下の空間スケールで測定できる装置（現場設置型酸素プロファイル測定装置）を導入し、改良して現場試験を行い、測定手法を確立した。また、現場環境下において測定した酸素濃度プロファイルと対比可能な酸素フラックスを測定できる装置（現場設置型酸素フラックス測定装置）の様式設計を行った。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 貧酸素、富栄養化、堆積物

【研究題目】 オプティカルフローに基づく運動酔いの心理物理学的計測システムの高度化と評価

【研究代表者】 佐川 賢（人間福祉医工学研究部門）

【研究担当者】 佐川 賢、氏家 弘裕

【研究内容】

映像酔いに影響する様々な要因を抽出し、映像ごとにデータベース化することで、任意の映像における影響要因を抽出し映像酔いの総合評価することを最終目標とする。そのために、今年度は、データベース化の手法として、影響要因を抽出する手法を検討した。

具体的には、以下の3点を明らかにしている。

- ・映像酔いの発生メカニズムに関する概念として、身体運動についての視覚情報と身体運動感覚情報との矛盾を基礎とする考え方を明確化した。この中で、矛盾情報を増強または低減する要因として、輝度やコントラストなどの初期視覚要因、視野サイズや大域的運動のタイプとその速度や時間周波数が含まれる光流動要因、大域的運動の安定性に依存する運動ベクトル予測性、映像中の認知情報に基づく文脈予測性に分類し、2つの予測性が崩れると酔いが増強され、予測が対応すると酔いが軽減されて映像を楽しめる状態になるとの考え方を明確にし、映像酔い発生についての議論を整理した。
- ・映像酔いを引き起こす身体運動に関する視覚情報として、オプティカルフローを用い、その運動タイプによる酔いの違いを明らかにした。この中で、視線軸に対する回転での酔いが、観察者間で最も高く、次に視線軸に対する並進往復運動での酔いが大きいことを示した。
- ・視線軸回りの回転運動刺激に対する回旋眼球運動には、一過性応答と持続性応答とがあることやその個人差が大きいことを明らかにするとともに、持続性応答の振幅の大きさが、映像酔いの主観評価値とよい相関があることを明らかにした。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 運動酔い、映像酔い、映像の生体安全性、オプティック・フロー

【研究題目】 超音波メカノケミカルプロセスによる有機ナノ微粒子の作製と光化学的特性

【研究代表者】 加藤 隆二（光反応制御研究センター）

【研究担当者】 加藤 隆二

【研究内容】

目標、研究計画

本研究の目的は有機ナノ微粒子の新しい作製法として、超音波メカノケミカルプロセスの可能性を試し、また作製した有機ナノ微粒子の光化学特性を調べ、その特異性の発現の可能性を検討するところにある。強力超音波はすでに無機ナノ微粒子の作製に応用されており、有機金属化合物を熱分解する熱分解法、金属イオンの超音波還元法などが試され、新しい手法として注目されている。そこで強力超音波の物理・化学作用の基本原則に立ち返り、それらの効果を複合して用いる手法を開発することで、有機ナノ微粒子作製の新しい可能性を追求する。

年度進捗状況

水中に有機結晶（アントラセン、ペリレン、フタロシアンニン等）を入れ、ホーンタイプの強力超音波発生器（20kHz）で超音波を照射し、ろ過、遠心分離によって大きな結晶を取り除くことで着色された液体を得た。着色は数週間保たれたことから、水中に有機微結晶が生成していると判断した。走査型電子顕微鏡観察、光散乱法による粒度分布測定などにより評価を行ったところ、600nm 程度の平均粒径の微粒子になっており、本手法により有機ナノ微粒子の生成が確認できた。

合成したペリレンナノ微粒子について、蛍光分光法により、その構造を詳細に調べたところ、微粒子表面がバルク結晶と異なる特異的な構造を持っていることがわかった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 ソノケミストリー、ナノ微粒子、メカノケミストリー

【研究題目】 膜型反応器に用いるメタン部分酸化触媒に関する研究

【研究代表者】 早川 孝（物質プロセス研究部門）

【研究担当者】 濱川 聡、Tsyganok Andrey、
稲葉美恵子

【研究内容】

メタン含有のコークス炉ガスと空気を原料ガスとして水素を製造する膜型反応器に使用可能な、高活性、低炭素析出性を有する安価材料によるメタン部分酸化用の担持金属触媒を開発して、混合伝導体膜型反応器の実用化に資することを目的とする。

前年度に行ったメタンの酸化的改質反応の触媒に関する検討で、当研究所の独自技術であるインターカレーション法による触媒が有望と考えられたので、同法によって貴金属を Mg-Al 複合酸化物に高分散担持した触媒を調製し、固定床流通法で触媒のスクリーニングを行うとともに、膜型反応器への適用性を詳細に検討した。

Ru、Rh、Pd 及び Pt 触媒の、極めて高い原料ガス流速下における流通法による活性評価の結果では、Ru および Rh 触媒が優れていた。また、インターカレーション法による触媒調製法は、これまでに行われている触媒調製法に比べて高活性な触媒の得られる技術であることが分かった。

Ru 系及び Rh 系の触媒の混合導電性酸素透過膜に積層した小型膜反応器の実験において、Ru 系触媒が安定で高活性を発現し、且つ高い酸素透過速度が得られた。

小型の膜反応器実験ではメタン転化率や酸素透過速度に関して満足できる結果を得ているが、今後は材料化学的な観点からの検討等の実用化に向けた問題点の抽出が必要と考えられる。また、実ガス組成での触媒活性の評価をする必要がある。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 水素、メタン、触媒、膜型反応器

【研究題目】 プログラム方式二酸化炭素固定化・有効利用技術の開発

「高分子膜による CO₂分離技術の開発」最適システムの検討

【研究代表者】 原谷 賢治（環境調和技術研究部門）

【研究担当者】 原谷 賢治、藤原 一郎

【研究内容】

分離膜は、分離性能、特性に適したシステムを構築することでその性能を最大限に発揮することが可能となる。開発した分離膜の分離性能、特性を勘案し、当該分離膜の性能を最大限に発現する為のシステムを検討する。

システムを設計するために用いるシミュレーションプログラムの精度の向上を図るために、理想系からのズレを考慮した計算法とプログラミングを行った。分離膜を装置化した膜モジュールは膜性能が十分に発現したものが理想的であるが、モジュール内圧力損失や、透過係数の濃度依存性、濃度分極現象、流動の不均一性などの因子がマイナスに働く。特に圧力損失は大きな影響を及ぼし、この影響を考慮したシミュレーションによる設計が必要である。中空糸膜の芯側に被分離ガスを供給し圧力差で外径側に透過を行わせる、いわゆるボアサイドフィード型十字流モジュールを設計解析するために、芯側流動での圧力損失にハーゲンポアゼイユ式を適用し、ガスの透過速度式と連立させて解く計算法を考案した。具体的なプログラミングでは連立微分方程式を数値積分する手法を採り、またハーゲンポアゼイユ式中のガスの粘性は Wilke の推算法を採用した。

モデルケースでの計算として燃焼排ガスを想定した CO₂、H₂O、O₂、N₂よりなる混合ガス系で計算した。このプログラムにより中空糸膜の内径および長さとの関係で変化する圧力損失が予測でき、圧力損失が無視できる範囲の中空糸膜のディメンジョンを決定することができた。また、この手法で実用型膜モジュールでの圧力損失の影響を考慮したモジュール性能の評価も有効に行えることが分かった。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 分離膜、膜モジュール設計、圧力損失

【研究題目】 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業（低価格包囲型ディスプレイ装置及びソフトウェアの開発）

【研究代表者】 岩本 和世（知能システム研究部門）

【研究担当者】 加納 裕（株式会社スリーディー）

【研究内容】

【目標】：安価に構築可能な、PC 及び4面包囲型スクリーンを有する臨場感に溢れる仮想空間生成装置、及びそれをサポートする基盤ソフトウェアの開発を行う。

【研究計画】：人に対して、前方、右、左、下面に4面の

スクリーンに立体視映像を提示できる4面包囲型ディスプレイを構築する。さらに PC 上での高速な3次元リアルタイム CG を生成し、提示される3次元画像に対して見やすさの観点や操作者の疲れ計測などの観点を取り入れた評価を行い、ユーザができるだけ満足する立体視環境の構築に役立てる。

[進捗状況]：上記仕様を満たしたディスプレイシステムとして、各スクリーンに対して2台ずつ液晶プロジェクタを割り当て、背面投影による偏光方式立体視を実現した。さらに各プロジェクタに1台ずつ描画用 PC を割り当て、各 PC で生成される画像のフレーム間同期を取るために、TCP ネットワーク技術を活用したグラフィックス制御技術開発を行い、フレーム間の同期を確実に取り、かつ遅延が可能な限り生じないソフトウェア技術を確立した。汎用の PC ベースで4面においてリアルタイムな画像処理という難易度の高い CG 生成環境を構築するため、ソフトウェア構成について十分な吟味を行い、できるだけ高速化の実現を図り、CG による映像提示を実現した。完成したディスプレイの提示映像について見学者による評価を行った。

[分野名] 情報通信

[キーワード] ディスプレイ、包囲型

[研究題目] 大都市大震災軽減化特別プロジェクト
自律型無人ヘリコプターの研究開発

[研究代表者] 小森谷 清 (知能システム研究部門)

[研究担当者] 小森谷 清、森川 泰、安達 弘典

[研究内容]

[目標]：災害が発生した場合にすぐさま現場に持ち込めて、地上から到達不可能な地域も含めて災害現場の画像情報等を収集でき、迅速かつ効率的な救助活動の支援に供することが可能な小型の自律型無人ヘリコプターの研究開発を行う。

[研究計画]：

研究開発1年目

1. 市販のラジコンヘリコプターをベースとして制御実験専用試作機を製作し、制御用数値モデルを構築する。
2. DGPS とビジョンシステムを用いた高精度誘導制御方式やその誘導制御に使用する航法センサーについて検討する。

研究開発2年目

1. 野外で試作機1号機のファーストフライトを行い、姿勢制御性能の確認を行う。
2. シミュレーションを通して制御系設計と高精度誘導制御法の研究を行い、自動離着陸、ホバリング制御の実験を行う。

研究開発3年目

1. 試作2号機を製作するとともに全ての搭載ユニットを搭載する。

2. 試作2号機を用いて、飛行制御と高精度誘導制御実験を行う。

3. 様々な状況設定をしてミッションの模擬を行い、最終的に評価する。

[進捗状況]：本年度は、市販のラジコンヘリコプターをベースとして制御実験専用試作機1号機を製作するため、必要とするスペックを満たしかつ軽量小型である搭載機器の選定を行い、搭載機器の重量を3kg 程度に収めた。ペイロードが3kg 程度確保可能な試作機のベースとなるラジコンヘリコプターの機体の選定を進めた。制御用コンピューターについては OS などのセットアップを行い、制御用アクチュエータであるサーボモーターを制御するソフトウェアなどの開発を開始した。また、姿勢制御や誘導制御などについては、実験機のモデリング等について検討を開始した。

[分野名] 情報通信

[キーワード] 無人ヘリコプター、自律型、災害対応

[研究題目] エージェントモジュールの基本ライブラリシステムの研究開発

[研究代表者] 野田五十樹 (サイバーアシスト研究センター)

[研究担当者] 野田五十樹、太田 正幸、篠田 孝祐

[研究内容]

災害および救助活動を総合的にシミュレーションするためのフレームワークとして、多種のシミュレータおよびエージェントモジュールを連動させ、統合的なシミュレーションを行うための基盤技術を開発する。特にエージェントの活動のシミュレーションは通常の物理的シミュレーションとは異質であるため、単純な方法での連動が困難と考えられる。本業務ではこのエージェントシミュレーションモジュールを統合することを目的とする。

[分野名] 情報通信

[キーワード] エージェント シミュレーション

[研究題目] アドホックネットワークおよび無線タグによる災害臨時情報共有交換システム

[研究代表者] 野田五十樹 (サイバーアシスト研究センター)

[研究担当者] 野田五十樹、太田 正幸、篠田 孝祐

[研究内容]

災害時における情報システムの可用性を高めるためには、既存の固定的通信インフラに頼らないシステムをバックアップとして用意する必要がある。一方、携帯機器や無線タグなど、家庭内や町中において無線通信可能な情報機器が近い将来急速に普及していくと考えられ、これを利用したアドホックネットワークは、既存の通信インフラを補完するものとして期待できる。しかし、人の動きや被災による個々の故障などにより、ネットワークの構成は動的に変化し、安定した通信路を確保すること

は難しい。このため、ネットワークの動的変化を前提とした、通信・情報処理の手法を開発する必要がある。

本サブテーマではこのような課題を克服し、可用性の高い災害時情報システムの実現に向け、機能・要素を持つシステムの構築を目指す。

〔分野名〕情報通信

〔キーワード〕アドホックネットワーク

〔研究題目〕平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業（マイクロ圧縮成形システムによる細密樹脂部品の新加工技術開発）

〔研究代表者〕芦田 極（機械システム研究部門）

〔研究担当者〕芦田 極、増井慶次郎

〔研究内容〕

（目標）

従来、不可能であった樹脂成形による微細光学部品の成形加工を可能にし、併せて当該製品を製造する電力消費量を1/10以下にすることを目標にする。

（研究計画）

これまでのモデル実験に基づくマイクロ加工の知見と、マイクロ成形ユニットおよびプロセス技術シーズを統合化し、マイクロ部品成形システムの実用化のためのシステムインテグレーションおよびそのシステム評価技術を担当する。システム全体としての消費エネルギー効率の評価による最適化を目指し、大幅な省エネルギー化を目指す。

（年度進捗状況）

①超小型精密圧縮成型加工機の試作

手のひらサイズのマイクロプレス機を発展させたポータブル射出成形機の機構をベースに、小型精密樹脂成形に見合った能力及び機構を有する小型卓上型射出成形機の試作に着手した。一般の光学樹脂材料を扱うことができ、かつ低温での可塑性と材料保持が可能な独自の機構を有しており、また、小型金型の熱容量の小ささを生かして積極的な温度制御を行い、従来にない樹脂材料の冷却条件を付与できる金型を設計製作した。

②ナノスケール金型構造作製技術の研究開発

ナノスケール金型構造の作製技術として、FIB 照射とウェットエッチングを組み合わせたナノスケール構造製作法について、基礎的な検討を進め、一度のエッチングで高さ方向に変化を持つ立体構造の形成手法を開発した。

〔分野名〕ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕マイクロファクトリ、卓上型射出成形機、省エネルギー、樹脂成形、ナノスケール金型、FIB、エッチング、ナノファブリケーション

〔研究題目〕平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業（再生 PET を利用した寿命制

御コンクリートの開発とその応用）

〔研究代表者〕ト部 啓（スマートストラクチャー研究センター）

〔研究内容〕

本研究開発事業は、炭素繊維を複合化してマイクロ波吸収特性を向上させた再生 PET 樹脂をコンクリートの骨材として利用することにより、外部からのマイクロ波照射で容易に破砕する「寿命制御コンクリート」を開発し、土木工事用の仮設構造物へ応用することを目的としている。

当センターでは、これに使用するマイクロ波加熱装置設計のための基礎データとして、コンクリートのマイクロ波反射・透過・吸収特性と水分及び厚みとの関係について実験的に調べるとともに解析を行った。また、照射用装置と被照射体の距離と加熱特性の関係についても調べた。これらにより、マイクロ波により必要な温度上昇を得ることが可能であることと、水分や厚みの影響が大きいこと等加熱に際して留意すべき点を明らかにした。

〔分野名〕ナノテク・製造・技術

〔キーワード〕コンクリート、破砕、マイクロ波、加熱、再生 PET 樹脂

〔研究題目〕平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業（超高齢社会に適応した IT ヘルスクエア&ライフサポートシステムの構築に関する研究）

〔研究代表者〕森川 治（人間福祉医工学研究部門）

〔研究担当者〕森川 治、多屋 秀人、橋本 亮一、京才 好子

〔研究内容〕

〔目標〕コミュニケーション手法の調査及びハイパーミラーによる心理的影響に関する研究

〔年度計画〕現状のマルチメディアコミュニケーション手法（TV 電話方式等）を把握し、ハイパーミラーとの心理的作用の違いを検証する。

〔平成14年度進捗状況〕今年度の研究では、現状のマルチメディアコミュニケーションの活用場面および関連技術動向の調査研究を行った。

本プロジェクトが目指す高齢者による日常生活の中でのハイパーミラーの使用においては、(1)IT 弱者を含む広汎な利用者を想定している、(2)「安否や健康状態の確認」、「相談」、「情緒的な交流」などでの利用が中心など、従来のオフィス業務中心のビデオ会議システムとは異なる使用目的・形態を想定している。

そこで、対話の要因とメディアの特性の関係を分析し、対話者の属性（メディア適合性）と対話目的（論理主体、情緒主体、背景主体、混合型）の組み合わせに対して要求されるメディアの特性（記述的情報、音声情報、映像情報、その他の感覚情報、相互作用情報）を調べた。その結果を相互関係表の形でまとめた。

また、ハイパーミラー対話は、対話者間のアイコンタクトが成立していないにもかかわらず、対面対話と同様なスムーズな対話が成立する特性を有している。この特性について被験者実験を通じて検討した結果、人間の視線認知特性の関わる事が明らかになり、対話の利用形態の違いは画面上での相対位置関係（RPAR：Relative Positioning Among Reflections）で出来る事がわかった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ハイパーミラー、メディア適合性、RPAR

〔研究題目〕 平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業（高リサイクルで安価なごみ焼却灰のセメント原料化技術の開発）

〔研究代表者〕 四元 弘毅（環境調和技術研究部門）

〔研究担当者〕 四元 弘毅

〔研究内容〕

都市ゴミ焼却灰をポルトランドセメント（普通セメント）の原料として利用するため、焼却灰中の塩素を除去する洗浄技術を開発する。焼却灰中には主灰（ボトムアッシュ）で0.4～3%程度、飛灰（フライアッシュ）で5～20%の塩素がそれぞれ含まれる。ポルトランドセメントにJISで許容される塩素量は200ppmであるため、焼却灰を原料として出来るだけ多く利用するには焼却灰中の塩素を除去する必要がある。この塩素の多くは水溶性であり、焼却灰を水洗することによって除去することが可能であるが、一部の難溶性塩化物の存在によって水洗後も0.3～1%の塩素が残留する。本研究では、この難溶性塩化物を可溶化するため、炭酸ガスを併用した都市ゴミ焼却灰の洗浄技術を開発する。研究全体では、脱塩洗浄のための実証プラントを建設し、自治体の焼却場から提供される焼却灰を用いて実証試験を実施するが、当所では、実証プラントの設計及び操業指針を得るためのデータ取得を目的とした基礎研究を分担する。今年度は、洗浄時の焼却灰と洗浄水の重量比、洗浄温度、洗浄時間、炭酸ガス吹き込み量等の諸因子が、脱塩に与える影響を明らかにし、炭酸ガス併用の効果が顕著であることを確認した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 焼却灰、セメント、リサイクル

〔研究題目〕 平成14年度深海底鉱物資源の探査技術等の開発調査

〔研究代表者〕 山崎 哲生（海洋資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 飯笹 幸吉、臼井 朗

〔研究内容〕

海底重金属資源、特にわが国EEZ内の黒鉱型海底熱水鉱床の採掘に関して、現状の探査・開発・回収方法のレビュー、サンプルを対象とした工学的特性試験と物理的脱塩試験などを実施し、開発の技術・経済性を評価す

るケーススタディーを実施した。その結果、既存製錬所の利用が可能であるため、開発が経済的に十分に成り立つ可能性があることを明らかにした。

〔分野名〕 地質・海洋

〔キーワード〕 海底重金属資源、排他的経済水域、熱水鉱床、探査技術、開発技術

〔研究題目〕 平成14年度課題対応新技術研究開発事業（バイオテクノロジーのための顕微鏡用温度・高精度位置制御ステージ技術に関する研究開発）

〔研究代表者〕 水野 敬文（生物機能工学研究部門）

〔研究担当者〕 水野 敬文

〔研究内容〕

本研究は「バイオテクノロジー用顕微鏡用温度・高精度位置制御ステージ技術開発」のための生物学的予備研究および試作機の性能評価を行うことを目的としている。初年度である本年度はまず、顕微鏡下で運動する細胞やタンパク質などを追尾する自動ステージを制御するソフトウェアを開発するために必要な、回転したり形や大きさを変化させながら移動していく細胞の動画を位相差顕微鏡及び蛍光顕微鏡法により収集した。この動画データをもとに次年度は自動追尾機能を開発していく。また、顕微鏡ステージ試作機の外形または構造による反射光または散乱光が、得られる顕微鏡画像の質に与える影響を調べ、試作機を既製顕微鏡に取り付けても背景光はほとんど変化せず、取得される顕微鏡画像にもなんの問題も発見されないことを確認した。さらに試作機のCO₂インキュベータ機能を装備した温度制御機能の性能を評価するために、試作顕微鏡ステージ上で各種動物細胞を実際に培養することを試み、試作機が専用の細胞培養用CO₂インキュベータに遜色ないCO₂インキュベータ機能を達成していることを確認できた。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 光学顕微鏡、研究支援機器、バイオイメージング

〔研究題目〕 CO₂ハイドレート天盤被覆層のガス封入性能と安定性の評価研究

〔研究代表者〕 西尾 匡弘（エネルギー利用研究部門）

〔研究担当者〕 染矢 聡、竹村 文男、坂東 茂、宋 永臣

〔研究内容〕

海底の環境である低温・高圧条件と海底堆積層直下の環境を利用した新規のCO₂隔離技術の実現可能性を明らかにすることを目的とする。低温・高圧条件では、水とCO₂の界面でハイドレートが生成されることが知られており、海底直下の堆積層中で人為的にハイドレートを生成させることができれば、堆積層の強度の補完と貯留CO₂溶出防止の効果が期待される。そのために、CO₂

ハイドレート天盤被覆層の安定性（溶解性）について想定される温度、圧力、塩分濃度、CO₂濃度等をパラメータとして実験的に調べる。また、CO₂ハイドレート層のCO₂透過試験を実施し、溶出挙動等の観察からCO₂の封入性能について評価を行う。一方、CO₂ハイドレート層の安定性評価モデルに必要なCO₂-水系の物性データについて、収集・整理しモデルの構築を図る。

今年度は、地下帯水層を模擬したポーラスメディアにおけるCO₂の透過・溶解試験のための装置を設計・試作し試運転を行った。CO₂の溶解拡散挙動の計測では、レーザー誘起蛍光法を改良したDeLIF手法を開発し、高精度のpH計測を可能にした。評価モデルに必要な物性値として、CO₂溶解度の計測では、ハイドレートの有無による二重性を実験的に確認するとともに、高温域への拡張も図った。粘度計測では、落球法試験装置を改良し計測のめどを得た。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】CO₂、ハイドレート、CO₂海底下隔離

【研究題目】二酸化炭素の海洋送り込み時挙動に関する研究

【研究代表者】西尾 匡弘（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】染矢 聡、宋 永臣、陳 白欣

【研究内容】

深度1,000m～2,500m程度の海洋に、直接液体二酸化炭素を送り込み、溶解希釈させることによって大気からCO₂を隔離する技術の中で、航走船舶から吊り下げたパイプを介した深海へのCO₂送り込み技術、パイプ先端部のノズルから海洋へのCO₂放出技術および放出後のCO₂液滴溶解挙動等の事象について、深海条件の模擬実験装置を用いた検討を行う。研究項目として、洋上からの送り込み開始時および停止時に想定される、パイプ内での液体CO₂と海水の直接接触に伴う現象として、超臨界/液体CO₂と海水の混相流での現象、ガス化およびハイドレート生成等によるノズルやパイプの閉塞の可能性が上げられる。一方、想定している技術では船舶が移動しながら液体CO₂を放出させるため、海流およびパイプによる乱れが存在する。これらの状況下で液体CO₂の液滴径を制御した放出手法および液体CO₂の微粒化放出による希釈促進手法の実現可能性についても検討する。また、放出された液体CO₂は、3,000m以浅では周辺海水より比重が小さいため、浮力により上昇しながら溶解するが、環境影響評価に必要なとされる希釈度の評価に必要なとされる溶解速度についても検討する。

今年度は、透明樹脂を用いて観測領域を確保した深海条件模擬装置を設計・試作し、深海条件における液滴放出挙動の観測を中心に実施した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】CO₂海洋隔離、液滴、航走船舶、ハイドレート、超臨界

【研究題目】多機能を有する超分子錯体光触媒の開発に関する研究

【研究代表者】小池 和英（環境管理研究部門）

【研究担当者】小池 和英

【研究内容】

目標

二酸化炭素の光還元反応は最低2電子の注入が必要であり、従来の光触媒は「電子移動を誘起する光増感剤」と「二酸化炭素を活性化し、多電子を注入できる触媒」の組み合わせが必要であった。触媒機能をもつ金属錯体部位間を多座配位子を用いて有機的に結合させることにより、2つの機能を持ちながら高活性な光触媒を開発する。

研究計画

光増感部位と触媒部位の機能をもつ錯体ユニットを連結させたモデル錯体を合成する。それらの光化学・光電気化学的測定から、光吸収による励起状態の生成効率、触媒部位への励起（電子）移動効率を求め、多機能触媒に適した結合方法を明らかにする。

年度進捗状況

光増感を担う部位としてルテニウムトリスピリジン錯体を持ち、架橋配位子としては、配位子間の相互作用が比較的小さいイソプロピル骨格で架橋された1,3-bis(4'-methyl-[2,2']bipyridinyl-4-yl)-propan-2-ol (BL) を利用してルテニウム錯体と連結した錯体（[Ru(dmb)₂(BL)Re(bpy)(CO)₃Cl]²⁺; dmb=4,4'-dimethyl-2,2'-bipyridine, bpy=2,2'-bipyridine）を合成し、光吸収・発光挙動を調べるとともに、光励起状態からの還元的消光、分子内電子移動反応を含めた励起緩和過程について検討した。ルテニウム部位の導入により可視域の光吸収が増大し、主にルテニウムユニット上に局在した励起状態が生じた。また、この励起状態は電子受容体（BNAH）との反応により効率的に還元的消光を受けて、1電子還元体（Ru⁺-BL-Re⁺）を生成した。この状態では、不対電子はRu²⁺イオンに配位した配位子上にアニオンラジカルとして局在しており、触媒活性を担うルテニウムユニットへの電子移動過程は遅いことが明らかになった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】二酸化炭素、錯体、光増感、多電子還元

【研究題目】地中貯留サイト選定のための超臨界CO₂挙動予測ツールの開発

【研究代表者】雷 興林（地球科学情報研究部門）

【研究担当者】薛 自求（財団法人地球環境産業技術研究機構）

西沢 修（地圏資源環境研究部門）

【研究内容】

帯水層岩盤に圧入されたCO₂（ガス状態や超臨界状態）の拡散に伴う岩盤物性変化（弾性波速度と比抵抗）を解析するモジュールと弾性波トモグラフィ解析モジュ

ールを開発した。

大量の室内実験（2試料 x3状態 x5以上の測定）の弾性波測定データを解析し、水や CO₂（ガスや超臨界）の拡散に伴う弾性波の変化を求めた。これらの結果をもとに数値モデル計算と室内モデル実験の結果との比較検討を行った。更に、現場での圧入された CO₂の拡散状況モニタリングの条件（発振・受振センサーの間隔など）を検討し、一定な条件下で CO₂のモニタリングが可能であることを示した。一方、キャップ層の安定性特に断層の様な軟弱な構造に及ぼす影響を検討するために、CO₂溶解水を注入しながら岩石変形・破壊実験を4試料分実施した。CO₂の脱気により、Dilatancy-hardeningが無効化され破壊核形成過程が極端に加速される可能性があることをはじめに実験で分かった。

【分野名】地球環境工学

【キーワード】CO₂地中貯留、浸透流解析、岩石破壊

【研究題目】大都市大震災軽減化特別プロジェクト大深度ボーリング試料による地質年代調査

【研究代表者】柳沢 幸夫（地球科学情報研究部門）

【研究担当者】柳沢 幸夫、高橋 雅紀、渡辺 真人、木村 克己、田中裕一郎

【研究内容】

文部科学省による大都市大震災軽減化特別プロジェクト（I）地震動（強い揺れ）の予測「大都市圏地殻構造調査研究」の委託研究一環として、独立行政法人防災科学技術研究所は、5年計画で大都市圏（首都圏および近畿圏）の平野部において、堆積層を貫き地震基盤に達する大深度ボーリング掘削を行い、地震時の強振動予測のための地下地質構造モデルを作成する研究を実施している。地球科学情報研究部門では、再委託研究として、大都市圏の大深度ボーリング試料について、微化石分析により地層の地質年代を明らかにし、あわせて地表地質と統合することにより、平野下の地下地質構造の解釈に資する研究を実施した。初年度にあたる平成14年度には、関東南部房総半島の鴨川市西部において掘削されたボーリング（深度2,000m）と周辺に露出する地層の地質学的検討を行った。その結果、ボーリングの地層の年代は20.3～18.4Ma（1Ma=100万年）より新しく、15Maより古いと考えられ、前期中新世後期から中期中新世最初期であることが判明した。また、この地層は房総半島南西部に分布する佐久間層群に対比され、右横ずれ構造運動に伴う strike-slip basin に埋積した堆積物であることがわかった。これにより、関東平野南端部における深部地質構造モデルを構築するための基礎データが得られた。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】地震防災、都市地質、地質年代

【研究題目】6軸反力計測フットウェア及び動作自動

生成モデルの試作評価

【研究代表者】持丸 正明（デジタルヒューマン研究センター）

【研究担当者】加賀美 聡、持丸 正明

【研究内容】

我が国の産業力強化の観点から、開発リードタイム短縮化の重要性が指摘され、また高齢化が急速に進む中で、高齢者を含む生活者にフィットした製品の提供による質の高い生活が望まれている。このため、個人の人体特性に適合した製品設計のためのデジタルヒューマン開発に必要な、人体ダイナミクス特性を、精度良く、かつ簡便に計測するための機械システムを試作するとともに、動作自動生成デジタルヒューマン実用化の可能性を検討することが必要である。デジタルヒューマンは、現在、主として人体寸法を中心に開発されており、さまざまな体型の人間の合成ができることが利点となっているが、実際の人間はさまざまな動作をし、それに伴って操作力が発生したり、重心が不安定になって転倒したりする。このようなダイナミクスを模擬できるデジタルヒューマンは、ニーズは高いものの実用化されていない。人体ダイナミクス特性を生体から推定する方法としては、各個人について人体表面形状と医用断層画像を取得し、それを合理的に節に分割した上で、積分によって節ごとの重量や重心位置、慣性モーメントを計算するのが一般的である。しかし、実際の人間の関節は、デジタルヒューマンのモデルのような剛体リンクではなく、どこで切断すれば、モデルに一致するデータが得られるかは不明である。ここでは、従来の生体計測とは発想を異にする動力学的なアプローチで、個人の人体ダイナミクス特性を計測する方法を研究する。すなわち、最初から、デジタルヒューマンモデルを仮定して、そのモデルにおいて動力学的な拘束を満足するような、モデル体節の人体ダイナミクス特性を最適化する。また、そのための計測機械システムを試作し、さらにその計測結果を用いて動作自動生成モデルの試作も行う。本方法が確立されれば、個人の運動特性に適合する機械システムのデジタル設計による製品開発が可能となる。

【分野名】情報通信

【キーワード】人体運動、ヒューマノイドロボット、人間計測

【研究題目】アルミ自動車材のLCA調査

【研究代表者】稲葉 敦（ライフサイクルアセスメント研究センター）

【研究担当者】八木田浩史、匂坂 正幸、山口 雅教

【研究内容】

（目標）

自動車のアルミ化について、リサイクル率、燃費を想定した場合の COP3的視点での CO₂削減効果算出のソフトを作成し解析を行う。

〔研究計画〕

本調査では平成16年度までに、自動車のアルミ化について、リサイクル率、燃費を想定した場合の COP3的視点での CO2削減効果算出のソフトを作成し解析を行う。ソフトは車一台の製造時及び走行時の CO2発生量及び同一暦年走行車の CO2発生量に分けて作成する。

〔年度進捗状況〕

自動車のアルミ化における CO2削減効果算出ソフトの作成に関して、平成14年度は、下記の作業を実施した。

1. 車一台の CO2発生量計算ソフトについては
 - ①情報整理及び出力仕様の決定：データチェック、出力画面仕様
 - ②プログラム概念設計：計算手順、計算式、入力テーブル
 - ③プログラム構成の決定：入出力部配置及び各部内の詳細配置の決定、入力画面
 - ④1次プログラムの作成（走行時の CO2排出減少量部分）：走行時 CO2排出減少量部分の作成
2. 同一暦年走行車の CO2発生量計算ソフトについては
 - ①情報整理及び出力仕様の決定：データチェック、出力画面仕様
 - ②プログラム概念設計：計算手順、計算式、入力テーブル

作成したソフトは、Microsoft Excel（エクセル）のブック形式となっている。アルミ化率、使用するアルミのスクラップ配合率などのパラメーターを設定することにより、2010年、2025年における車一台あるいは同一暦年の走行車全体に関して、アルミ化の進展による CO2排出量削減量を検討できるようになっている。

また CO2削減の評価の際に必要な基本パラメーターに関して、過去の調査報告書などを基に情報を収集すると共に、ソフトへの具体的な入力データの形で整理した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 自動車、CO2排出量、軽量化、アルミ

〔研究題目〕 平成14年度「省エネルギー型金属ダスト回収技術の開発」

亜鉛蒸気の分離回収条件設定に関する研究

〔研究代表者〕 玉川 建雄（環境調和技術研究部門）

〔研究担当者〕 玉川 建雄、小林 幹男、田中 幹也、付念 新

〔研究内容〕

1. 研究目標：電気炉排ガスから直接亜鉛を回収するプロセスの開発において、小型パイロットプラント試験のためのデータ集積のために、システム化ベンチスケール装置を用いて炭材フィルターの酸化亜鉛集塵効果及び酸化亜鉛の還元挙動を解明する。

2. 研究計画：酸化亜鉛粉末及び亜鉛蒸気を含む高温窒素ガス流を炭材フィルターに送り込んで通過させ、酸化亜鉛の炭材フィルターによる捕集挙動及び酸化亜鉛の還元挙動を調べる。この際、酸化亜鉛は亜鉛蒸気を一定量の酸素ガスにより酸化して生成させる。

3. 14年度の進捗状況：炭材フィルター温度を常温、850℃（酸化亜鉛が還元されない条件）及び1000℃（酸化亜鉛が還元される条件）、挿入ガス（全ガス）量100 NL/min、全ガス量に対する酸化前の Zn(g)濃度3.5～4.5%を主な実験条件としてデータ収集を行った。また更に横型卓上実験装置を用いて炭材表面にまぶした酸化亜鉛の反応時間による減少量変化を調べた。システム化試験装置の炭材フィルターでは、酸化亜鉛はほとんど還元されていないことが示された。一方卓上横型装置では、1000℃での酸化亜鉛減少率は850℃に比べて遙かに大であり、かつ反応時間が増につれて大きく増加することが分かった。システム化装置では酸化亜鉛と炭材の接触時間が小さいため酸化亜鉛の還元が不十分であったと思われる。実際のパイロットプラントではガス流は炭材移動層と向流で送り込まれ接触時間が十分に大きいので、炭材層に捕集された酸化亜鉛は還元されて通過していくものと推測される。本研究は平成14年度で終了であるが、実証化プラント設計に当たっては更に詳細なデータ収集が必要であると思われる。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 無電解ニッケルめっき、溶媒抽出、微生物処理、カタラーゼ

〔研究題目〕 熱電変換モジュール評価技術確立

〔研究代表者〕 小原 春彦（電力エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 高澤 弘幸、山本 淳、李 哲虎

〔研究内容〕

定型300℃級熱電変換モジュールの評価装置の高度化を踏まえ、定型700℃級熱電変換モジュール評価装置の開発を目標としている。研究計画は、電力エネルギー研究部門熱電変換グループにおいて開発してきた熱電変換モジュールの評価装置を高度化し、試験測定などを通して評価技術の確立を行う。本評価技術を用いて、研究開発と今後予定されている熱電変換モジュール評価を行う。年度進捗状況は、定型300℃級熱電変換モジュール評価装置の開発を基礎に、定型700℃級熱電変換モジュール評価装置の設計を行った。本評価装置の主要コンポーネントは、内径400mm と大型にしたフィードスルーカラー、高温対応で金属を採用したメタルベルジャー、メタルベルジャー昇降機、E タイプ熱電対、白金側温抵抗体、大電流端子等が並んだ端子据付テーブル。80mm■熱電変換モジュールの評価を可能とするφ150mm の試料テーブル、押し付け圧力を計測する荷重変換器、および、空気圧シリンダーによる押し上げ機構と最大10,000N

の加圧機構を合わせもつ試料テーブル昇降機である。

熱源では、均一な面内温度分布のヒーターの設計し、水冷ヒートシンクでは、入力熱量を高精度に計測できるヒートシンク内水冷流路を設計した。断熱方法は、真空断熱と大気中雰囲気での保温材断熱を取り上げ検討した。保温材断熱が熱流束計測において、温度分布を検証し温度計測が十分正確であることが確認できた。他方、発電出力の測定では、電圧印加法による計測精度の確立の課題は、実験データを基に検証できた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】熱電変換モジュール、性能評価技術、変換効率、熱電変換技術

【研究題目】深層水汲み上げに伴う海水中二酸化炭素の挙動に関する研究

【研究代表者】原田 晃（環境管理研究部門）

【研究担当者】原田 晃、鶴島 修夫、柴本 陽子

【研究内容】

目標、研究計画：相模湾で海洋観測を実施し、深層水の汲み上げを実施した場合の二酸化炭素の挙動を予測する手法を開発する。汲み上げ実験の際にも観測を実施し、炭素の収支を明らかにする。

年度進捗状況：2002年度は、昨年度に引き続き海水中の溶存無機炭素濃度、全アルカリ度の観測を実施した。また、表層から深層へ輸送される粒子の観測も実施した。昨年は表面から水深約15m まで水温（25℃）、塩分（34.0）とも均一な層が存在したが、本年度の観測ではこのような混合層はみられず、高温、低塩分の表面水から水深とともに連続的に水温が低下（塩分は上昇）していた。水深50m あたりで塩分が極大になるが、このことおよびそれ以深の分布は昨年の観測データとほぼ同様であった。溶存無機炭素濃度と全アルカリ度は、塩分に測点間でわずかな違いが見られた水深100m 以浅では測点間に違いが見られたが、それ以深ではほぼ一致していた。昨年度の観測結果と比較すると、溶存無機炭素は同様の分布であったが、塩分の小さい表面付近で全アルカリ度も小さかった。少なくとも本年観測した時期は、相模湾の極表層は低塩分の水（降水や河川水の影響を大きく受けた海水）に覆われており、このため全アルカリ度も低くなっていたと考えられる。8月11～27日に三浦海丘水深400m に時間分画式のセジメントトラップを係留し、沈降粒子4試料を採取した。同時に保存剤の有無による影響を調べたが、全粒子束に有意の差は認められなかった。また、この短い係留期間においても全粒子束に7倍を越える変化があることがわかった。このことは、深層水汲み上げ実験の際、単にセジメントトラップによる全粒子束の観測を実施しても、観測される変化が実験によるものなのか自然な変動なのか区別することは困難であることを示している。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】深層水、相模湾、二酸化炭素、沈降粒子
【研究題目】配位重合用フロー系マイクロミキサーの開発

【研究代表者】宮沢 哲（物質プロセス研究部門）

【研究担当者】宮沢 哲

【研究内容】

本研究開発の目的はブタジエン、イソプレン等の共役ジエン系モノマーの配位重合において、メタロセン系触媒が有する立体特異性・リビング重合性を同時に発現しうるマイクロフロー系システムの開発であり、具体的目標は①触媒調製用マイクロミキサーの開発、②重合用フロー系リアクターの開発、③マイクロフロー系システムによる高シス単分散ポリブタジエン（シス含量99%以上、分子量分布1.1未満）の合成である。平成14年度は幅・深さ200ミクロンのマイクロ流路を有する新規なマイクロミキサーを設計・試作し、これを用いたブタジエンの重合反応を検討した。マイクロミキサーの使用により、従来の手法では不可能であった室温付近での単分散ポリブタジエンの合成が可能であることを明らかとし、マイクロミキサーの有効性を示すことに成功した。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】マイクロミキサー、マイクロリアクター、リビング重合

【研究題目】平成14年度未踏ソフトウェア創造事業（金出武雄プロジェクトマネージャー）における公募プロジェクト

【研究代表者】金出 武雄（デジタルヒューマン研究センター）

【研究担当者】持丸 正明、加賀美 聡、西田 佳史

【分野名】情報通信

【キーワード】デジタルヒューマン、シミュレーション、人間計測、ヒューマノイドロボット

【研究題目】光メタン発酵に関する研究

【研究代表者】澤山 茂樹（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】柳下 立夫、塚原建一郎

【研究内容】

本研究では、新しいメタン発酵法として、光メタン発酵法の可能性について研究を行った。メタン発酵微生物系において、明条件により光合成細菌の増殖が誘導できれば、光合成細菌がアンモニアやリン酸を吸収してバイオマスが増加し、富栄養化物質の除去効果が期待できる。平成14年度は、光メタン発酵における有機物（還元力）の挙動の解析及び、光メタン発酵微生物の解析を行った。光メタン発酵リアクターから光合成細菌を分離し、分離株の16S rRNA 遺伝子配列の解析等から、光メタン発酵リアクター中ではバクテリオクロフィル *a* を持つ *Rhodospseudomonas palustris* という光合成細菌が主に増殖していることがわかった。明条件の光メタン発酵リ

アクター中では、光合成細菌がメタン生成菌や酸生成菌と競合しながら酢酸およびプロピオン酸を電子供与体や炭素源として利用し、同時にアンモニアやリン酸を吸収していることなどがわかった。これらのことから、明条件でメタン発酵が維持できること、光メタン発酵では光合成細菌の増殖によりアンモニアやリン酸の除去効果が期待できることなどが明らかになった。本研究で得られた基礎的知見を元に、新しい光メタン発酵技術の実用化を目指す。

【分野名】 エネルギー利用、バイオマス

【キーワード】 メタン発酵、光メタン発酵、バイオガス、光合成細菌

【研究題目】 流動層を用いた大規模高効率ハイドレート生成プロセスに関する研究

【研究代表者】 山崎 章弘（環境管理研究部門）

【研究担当者】 山崎 章弘

【研究内容】

本研究では、二酸化炭素海洋貯留法の一つである「二酸化炭素ハイドレート法」を念頭に置き、その最も基本的なプロセスであるハイドレート生成に対して、流動層型反応器を適用することを提案し、実験室スケールでの流動層型反応装置を用いて、様々な流動条件下でのハイドレート粒子の生成、成長過程を観察、解析した。特に、ハイドレート粒子形成過程において重要な因子であるハイドレート粒子の見かけ密度とハイドレートの粒子径に着目した。ハイドレートの密度はその形成プロセスに大きく依存することが明らかになった。即ち、攪拌槽を用いたハイドレート生成実験において、二酸化炭素飽和溶解水からハイドレート生成を行わせた場合、周囲の水よりも高密度なハイドレート結晶が得られたのに対し、液体二酸化炭素と水と二相系からでは水よりも低密度の結晶が生成した。これらを種結晶として流動場でのハイドレート粒子の成長実験を行った。その結果、比較的流速域において二酸化炭素ハイドレート種結晶の成長が観察され、流動層型反応器を用いることで二酸化炭素ハイドレートの粒径制御の可能性が示された。以上の結果から、流動層を用いるハイドレート生成法によって、海洋投棄後のハイドレート粒子の挙動を主として決定する因子であるハイドレート初期径と密度の制御が可能であることが示された。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 温暖化対策技術、二酸化炭素海洋貯留、ハイドレート、流動層

【研究題目】 ダブルティップカンチレバーの試作、評価

【研究代表者】 三木 一司（ナノテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 矢代 航

【研究内容】

近年ナノテクノロジーを応用したきわめて微細なデバイスが考案・試作されている。作製した微細デバイスの電気特性評価には、2点以上の触針をコンタクトさせる必要があるが、従来のカンチレバーでは触針間隔が広いいため、それに合わせて測定用のパッドを作って計測している。そのため周辺の配線等の影響が出て精度の高い計測が困難であった。このため、高性能デバイスの開発、評価に必要な極めて微細な領域の電気特性を高精度で測定できるカンチレバーが求められている。想定される間隔として100nm が考えられる。本実験調査で開発したダブルティップカンチレバーは、下図に示すように、通常の原子間力顕微鏡のカンチレバー先端部にエアギャップを有する2対以上の金属電極を作製し、走査プローブ顕微鏡の駆動機構を利用して直接にナノ・デバイスを評価するものである。以下3つの項目について試作・評価を行って、実効性を確かめた。①ダブルティップ・カンチレバーの作製、②環境制御型原子間力顕微鏡を用いたデバイス評価技術の確立、③ダブルティップ・カンチレバーの電気・物理的プローブとしての特性評価。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 走査型プローブ顕微鏡、多探針プローブ、カンチレバー、原子間力顕微鏡

【研究題目】 軌道上において有効な液体体積計測システムの開発

【研究代表者】 中納 暁洋（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】 中納 暁洋

【研究内容】

液体水素や液体酸素といった極低温の液体推進剤の軌道上での貯蔵・管理において、タンク内液量の正確な把握は重要となる。無重力、正確には微小重力環境である軌道上では、気体と液体がタンク内において不定形に分布し、液量の把握という基本的な作業でさえ非常に困難となる。更に、タンクの周囲は高真空環境であることから、閉鎖系の容器で使用可能な計測システムとする必要がある。本研究の目的は、このような環境下において有効、且つ、安価な液体体積計測システムを開発することにある。

2つの容器を管で繋いだ形の閉鎖系容器を構成し、片側の容器内に設置したスピーカーからスweep波を発信させるとヘルムホルツ共鳴現象が発現することが分かった。ここではこの共鳴周波数を測定することにより液体体積を求める計測システムの開発を行っている。本年度は試験流体として水、及び、極低温の液体推進剤を模擬した液体窒素を用い、地上での試験を実施した。特に、液体窒素を用いた実験では、スピーカーのインピーダンス計測から音響信号を捉える手法の導入を試みた。その結果、マイクロフォンが使用できない極低温環境下においても、この方法により共鳴信号が得られることを確認した。

[分 野 名] 環境・エネルギー

[キーワード] 液量計測、微小重力、ヘルムホルツ共鳴

[研究 題目] 形状記憶合金を用いた小型衛星太陽電池
パドル駆動機構の研究

[研究代表者] 岩田 敏彰（電力エネルギー研究部門）

[研究担当者] 岩田 敏彰、村上 寛、小川 明

[研究 内容]

1 研究目的・意義・計画

形状記憶合金を用いた太陽電池パドル駆動機構は、それ自身が制御装置であり、質量・容積ともに小型化でき、駆動のためのエネルギーを衛星からの電力に求めずに太陽から直接得るため、今後需要が見込まれる小型衛星用太陽電池パドル駆動機構として有望な候補と考えられる。本提案ではフライトモデル開発のため、無重力・振動・真空試験を行うとともに形状記憶合金を用いた太陽電池パドル駆動機構の設計の最適化および機能的な向上を図るものである。

平成14年度においては、真空装置のセットアップ、計測装置のセットアップ、落下実験を計画し、実施した。

2 進捗状況

真空装置のセットアップについては各種センサの出力を計測し、赤外線ヒータによる太陽電池パドル駆動機構の加熱が可能な真空装置を製作し、実際に実験も実施した。この意味で、年度計画に対する達成度は100%であるが、装置の改善すべき点（加熱窓の大きさ・形状、電気抵抗測定の方法）が新たにわかり、今後早い段階で解決する必要がある。

計測装置のセットアップについても回転精度を評価するためのセンサ（ポテンショメータ）を設け、サーモグラフィによる温度計測も行えるようになった。しかし、温度の精度が十分でなく、今後キャリブレーションを行う必要がある。達成度としては80%である。落下実験は予定通りの結果が得られ100%の達成度である。

[分 野 名] 環境・エネルギー

[キーワード] 形状記憶合金、小型衛星、太陽電池パドル

[研究 題目] 過冷却融液の磁界中凝固

[研究代表者] 奥谷 猛（物質プロセス研究部門）

[研究担当者] 中田 善徳、永井 秀明

[研究 内容]

微小重力下で得られる対流が抑制された均質な過冷却磁歪材融液を磁界中で凝固し、過冷却度、冷却速度と磁場の強さによる凝固組織の関係を明らかにし、微小重力環境下の磁界中凝固によって構造が制御された磁歪材合成を目的とする。平成14年度では、10m 落下塔で得られる1.43sの微小重力下で0.12Tまでの磁界中で $TbFe_2$ 、

$SmFe_2$ 磁歪材融液を一方向凝固する装置を設計、製作した。過冷却融液は一般的に無容器状態で得られやすいので、電磁浮遊液滴を自由落下させ、磁石板上に衝突凝固させる装置を作製した。常重力（電磁浮遊）状態から微小重力（自由落下）状態、及び、微小重力（自由落下）状態から常重力（電磁浮遊）状態への移行時の流体の流動状態を観察した。観察は、10m 落下塔を用いて、Fe や Si と同様の Rayleigh 数をしめす $3.0 \times 10^{-4} m^2 s^{-1}$ の粘度のシリコンオイルで行った。観察の結果、落下後20msで対流が止まることがわかった。この時間は3.1mmの自由落下距離に相当する。従って、本研究で採用した自由落下距離が0.5mの電磁浮遊-磁界中衝突凝固装置で十分実験可能である。

[分 野 名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] 過冷却、凝固、磁歪材、磁界、無容器凝固、自由落下、微小重力

[研究 題目] 高度人体デジタル計測システム技術の開発（特徴点と表面形状から人体寸法を自動計測する技術の開発）

[研究代表者] 持丸 正明（デジタルヒューマン研究センター）

[研究担当者] 持丸 正明、河内まき子

[研究 内容]

フィット性の高いものづくりへの要求は高まっており、近年では、寸法だけでなく体の形状に係るデータへのニーズも多く聞かれるようになってきている。特に、アンダウェア、靴、メガネなど身につける製品を提供している企業ではこうした要望が強くなっている。本事業では、こうした高品質の三次元形状計測データを基に、更に、人間の解剖学的特徴点の座標値を自動抽出する手法を開発し、これを基に、従来、手計測や人手による特徴点マーキングによって行っていた寸法計測を自動化し、より効率的な寸法計測を可能にする。併せて、近年産業でのニーズが高まっている身体形状についても、平均形状の算出や形状の差違を定量的に比較することを可能にするため、身体形状の正規化モデルの開発を行う。

[分 野 名] 情報通信

[キーワード] 人体形状

[研究 題目] 平成14年度地球環境国際研究推進事業（バイオマスからのクリーンガス生産）
基礎技術に関する研究

[研究代表者] 横山 伸也（エネルギー利用研究部門）

[研究担当者] 美濃輪智朗、花岡 寿明、横川 清志、幡野 博之、鈴木 善三

[研究 内容]

バイオマスから水素を高効率で生産する技術開発において、基礎技術に関する研究を行う。具体的には、1) 反応試験、2) カルシウム再生試験、3) ベンチ試験装

置検討を行う。

- 1) 反応試験においては、木材、カルシウム、水を原料とし、オートクレーブ中での反応を検討する。木材／カルシウム／水＝1（炭素）／2/2、反応温度650℃、反応圧力50barを基本として、木材／カルシウム／水の比率や反応温度、反応圧力の影響を検討し、設計、運転条件の基礎資料とする。
- 2) カルシウム再生試験においては、上記反応試験で得られた反応済みカルシウムの再生試験を行う。熱分析装置（TG）により再生特性を把握する。
- 3) ベンチ試験装置検討においては、産総研中国センターに設置する予定のベンチ試験装置に関して必要な検討を行う。

- 1) 反応試験について、それぞれカルシウム／木材比（Ca/C）0、1、2、4、反応温度600、650、700℃、反応圧力0.5、1、2.5、5MPaの検討を行った。特に圧力の影響は顕著であり、1MPa前後に水素収率のピークを確認した。石炭の場合の挙動（反応圧力の低下と共に暫減）と大きく異なった。
- 2) カルシウム再生試験については、上記反応試験で得られた反応済みカルシウムを熱分析装置（TG）、電気炉などにより再生試験を行った。
- 3) ベンチ試験装置検討について、反応式を推算・仮定し、これに基づいてマスバランス、熱収支を明らかにした。ベンチ試験装置の運転試験範囲を設定し、ベンチ試験装置の設計（容積、流速範囲、電気容量等）に反映させた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマス、水素製造

【研究題目】標準試料供給業務

【研究代表者】山田 理（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】海保 守、安田 肇、中久喜千亜紀、
稲葉 紋子、仁科 芳美（CCUJ）
木村 龍男

【研究内容】

NEDO/CCUJで推進しているBrain-Cプログラムの一環として、当所では最終的に100炭種に及ぶ標準試料炭の調整と供給を行っている。本業務の目的は、標準試料炭による体系的な研究を推進し、各研究機関におけるデータの整合性、解析の精度向上に役立て、石炭構造、基礎物性データの共有化を図ることにある。試料調製に用いる酸素遮断試料調整・保管システムは、粗・中・微粉砕系、微粉砕用グローブボックス・窒素ガス精製装置、自動式ラミネート包装機、集塵系などからなっており、粗粉砕・縮分後、ステンレス鋼製容器中に減圧低酸素雰囲気下で保管される標準試料炭は、大気中における中粉砕・縮分作業の時間を除いて、一貫して低酸素雰囲気中で処理・保管されるので、酸化による石炭の変質を極小に抑えることができ、標準試料炭を用いることで日本に

おける使用直前の石炭粒子の特性を再現することができる。平成14年度には、豪州炭3炭種、中国炭3炭種、インドネシア炭2炭種、ロシア炭2炭種の合計10種を受入れ、計80炭種の標準試料をその分析データとともに保有し、各試験機関のニーズに応じて配布している。現在のところ、Brain-Cプログラムに含まれる研究課題を実施する機関を対象としている。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】石炭、標準試料、不活性雰囲気、長期保存

【研究題目】消費者の受容性と環境効率指標に関する調査

【研究代表者】稲葉 敦（ライフサイクルアセスメント研究センター）

【研究担当者】匂坂 正幸、田原 聖隆、小林 智子

【研究内容】

「持続可能な消費」を実現するためには、生産者が環境調和型製品を生産するのみならず、消費者がそれを受容することが必要であり、生産者も消費者の受容性を考慮して生産することが必要である。本研究では、消費者の受容性を定量的に評価する手法開発と消費者意識の分析を行い、また、経済的指標を活用した環境効率指標の開発を行った。

1. 消費者の受容性の定量化手法の開発

本研究では、消費者の利用場面（生活シーン）を6つに分類し、そこに含まれる22の行動のそれぞれにおいて選択の対象を定め、どれを選択するかを直接聞く「受容価値の直接調査」と、その根拠なる要求項目の重要度を調査した。その結果、22の行動のうち多くの行動では、要求項目の重要度を基礎に物理的評価によって消費者の行動を推定することができるが、推定できない行動もあることが示された。

2. エコ意識の形成に関する研究

持続可能な消費のスタイルを社会全体に普及させるために、「地球環境にいい暮らし」についてのアンケート調査を実施し、一般の人々を、循環型社会イメージ（構成比16.3%）、ディストピアイメージ（14.9%）、情報社会イメージ（4.6%）、スローライフイメージ（15.0%）、省エネイメージ（36.1%）、イメージなし（13.1%）の6つのクラスターに分けることができた。それぞれのエコ意識の分析を継続する。

3. 経済的指標を活用した環境効率指標の開発

経済的指標を活用する環境効率の算出方法を考察することを目的として、「CO2効率」、「エネルギー生産性」をCO2排出量、エネルギー使用量と価格及び総利益の比と定義し、産業レベル及び企業レベルの環境効率を産業連関表のデータにより算出した。その結果、基礎素材産業や製造業、サービス産業の特徴が明らかになった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】環境効率、持続可能な消費

【研究題目】組織内およびインターネット上の遊休 PC を用いた大規模並列計算のためのミドルウェア

【研究代表者】首藤 一幸（グリッド研究センター）

【研究担当者】大西 丈治、佐藤 洋子

【研究内容】

本研究開発では、PC に代表される個人向け情報機器間で、計算能力、ストレージ、データ、入出力デバイスなどの計算機資源を、容易かつ安全にネットワーク上で授受、融通、集約、共有し、流通させるための基盤ソフトウェアの研究に取り組んでいる。最初のステップとして、手持ちの PC だけでは計算能力が足りない場合に、個人や組織の間で、気軽に、LAN やインターネットを経由して計算機資源を融通し、多数の PC を集約して大きな計算を行うことを可能とするミドルウェアを開発している。これを用いれば、誰でも、組織内の遊休 PC を束ねて科学技術計算を行うことが可能となり、またインターネット上で参加者を募り某大な計算資源を必要とする自然科学の問題に取り組むことが可能となる。

1990年代の終盤より、インターネット上の数十万台規模の PC による大規模分散計算が試みられてきた宇宙からの電波信号解析を行う SETI@home プロジェクトや暗号解析など数学の問題に取り組んでいる distributed.net は開発中のソフトウェアの代表であるが、これらのプロジェクトでは参加者は一方的に計算能力を差し出すことしかできない。それに対して、本ミドルウェアを用いることにより、参加者は誰でもアプリケーションプログラムを開発し、他の参加者の計算機資源を利用できる。また、本ミドルウェアを組織内で用いることで既存の PC を集約でき、新たな多額の投資をせずに大規模計算に取り組むことを可能とする。

【分野名】情報通信

【キーワード】メガコンピューティング、P2P、遊休 PC、パーソナル・パワー・プラント

【研究題目】G-XML 技術を用いた電子地質図の高度利用化の研究開発

地質図データ、ボーリング・データの整理・編集

【研究代表者】村上 裕（地球科学情報研究部門）

【研究担当者】木村 克巳、村田 泰章、金沢 泰夫、中野 司

【研究内容】

インターネットの WEB 上での情報交換を促進する手段として、各分野で標準化が進められている XML (eXtensible Mark-up Language) 技術のうち、地理情報システムに特化した G-XML プロトコルを用いて、

データベース化された地質図の流通を促進し、相互利用を行う環境を実現するとともに、地質図と関連するボーリングデータとの統合利用環境を実現し、知的基盤としての地質図の高度利用を促進するための技術開発を行う。

このため、産総研は地質図データ、ボーリング・データの整理・編集を分担した。地質図データに関しては、産総研で発行する100万分の1、20万分の1、5万分の1、2.5万分の1の地質図の DLG データを整備して、本研究開発事業の作業用に使用した。また、ボーリング・データに関しては、産総研で刊行した特殊地質図 No. 23-2「筑波研究学園都市及び周辺地域の環境地質図」の作成に利用し1000本のデータを整理し、数値化して、本研究開発事業の作業用に使用した。

【分野名】地質・海洋

【キーワード】電子地質図、標準化、G-XML、知的基盤

【研究題目】平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業（軽金属の省エネルギー型高効率射出成形加工技術の開発—セミソリッド成形加工条件の確立）

【研究代表者】三輪 謙治（基礎素材研究部門）

【研究担当者】三輪 謙治、安江 和夫、阪口 康司

【研究内容】

アルミニウム合金、マグネシウム合金等の軽金属の成形加工において、ランナレス化により、成形後に除去する不要部分を減らして、材料歩留りを向上し、また、セミソリッドプロセスを利用して、製品品質の向上を図ると共に、省エネルギーにも貢献する射出成形加工技術（「ランナレス射出成形法」）を開発する。平成14年度は、セミソリッドプロセスの効果を確認するため、セミソリッド成形加工試験機を試作し、軽金属のセミソリッド成形加工条件について調査する。

セミソリッド成形加工試験機の導入に時間を要するため、これが設置されるまでの期間について、別途、既存の半溶融射出成形加工試験装置を使用し、マグネシウム合金（AZ91D）の半溶融状態における成形加工の諸条件を詳細に調査検討した。

半溶融状態での組織制御は、金属固体内での拡散が律速しているため、平衡状態に到達するまでに時間を要す。AZ91D 合金の半溶融押し出し成形加工においては、580～595℃の温度範囲での加圧力は500KPa 程度でよく、加圧力よりも加圧速度が重要である。押し出し比により金型充填挙動は大きく変わり、押し出し比が10では連続体として充填されるため、鑄造欠陥が発生しにくい。押し出し比が100ではジェット状に充填されるため、雰囲気ガスを巻き込み、多数の鑄造欠陥が発生する。ダイス内では液相が優先的に通過するが、固相と液相との分離は発生しない。ダイス通過時に、固相粒子径はほとんど変化しないが、固相粒子内に存在した液相の排出等で液相量が増

加する。多孔性ダイスの代用として金網の使用は、鑄造欠陥の減少のみならず、均質組織を得るためにも有効な方法であること等を明らかにした。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 セミソリッド成形加工、鑄型充填性、マグネシウム合金、ランナレス成形

【研究題目】 平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業（電気パルス抗体作製法に基づく高感度環境ホルモンセンサーの開発）

【研究代表者】 富田 昌弘（三重大学工学部）（セラミックス研究部門）

【研究担当者】 加藤 且也、斎藤 隆雄、横川 善之、永田夫久江、穂積 篤、寺岡 啓、稲垣 雅彦、橘樹 淳子、阿知波初美、イルメスクロクサーナ

【研究内容】

環境ホルモン抗体の無機多孔体や有機—無機複合体を用いた高安定化抗体カプセル化ナノ粒子の作製とその新たな利用法の確立を目標とする。ゾルーゲル法によるタンパク質カプセル化法を用い、シランモノマーの加水分解重合法を利用した無機高分子抗体複合カプセル粒子の最適作成条件を検討し、抗体活性がネットワーク中に固定化された粒子、及び溶媒・温度安定性の向上した抗体保持粒子を調製した。立体選択的アルドール反応を触媒する触媒抗体として近年非常に注目されている抗体38C2をモデル抗体としてゾルーゲル法によるカプセル化を行い、その触媒活性について検討を加えた。反応基質と生成されるアルコールの量を逆相 HPLC による測定し基質の変換率を求めることにより、各ゲル化抗体の活性を比較した。ゲルの作製方法は、抗体溶液にシランモノマーや高分子を混合し、重合開始剤を加えシランネットワークを合成した。数分から1時間程度でゲル化し、抗体は、Si-O-Si の結合中にカプセル化された状態で安定化されると考えられる。そこで今回、モノマーとしてのアルキルシランや高分子の種類を検討し最適化を図った。その結果、カプセル化抗体は、カプセル化されていない“フリー抗体”と比較してその活性が半分以下に減少することが分かった。7種のアルキルシランの中で、ジメチルジエトキシシランをトリエトキシシラン中に混合させることにより、最も高い活性を示すことが分かった。次にゲル作製時の混合ポリマーの影響を検討した。最適シランモノマー条件用い、高分子として分子量の異なるポリビニルアルコール（PVA）とポリエチレングリコール（PEG）を加えることによりゲル作製を行った。その結果、PVA を用いた場合、重合度に関係なくほぼ同程度の活性を示したが、PEG の場合はその活性が著しく低下することが分かった。最適な PVA 条件は、重合度1500及び濃度4%と決定した。以上の条件で作製したゲルの繰り返し利用を検討したところ、最低でも8回

の繰り返し利用が可能であった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造ライフサイエンス

【キーワード】 環境ホルモン、バイオセンサー、ELIZA

【研究題目】 健康寿命延伸のための医療福祉機器高度化プログラム

身体機能代替・修復システムの開発

生体親和性材料（自家骨に近い骨形成能と機械的性質を有するセラミックスの開発）リン酸カルシウム／生分解性有機高分子複合体の調製

【研究代表者】 横川 善之（セラミックス研究部門）

【研究担当者】 横川 善之、斎藤 隆雄、加藤 且也、永田夫久江、穂積 篤、寺岡 啓、稲垣 雅彦、井上 幸博、酒井 美穂、イースバラダース ギリジャ、チャランドライ イランゴ、張 垠、塩津 義一

【研究内容】

自己修復機能を強化するとともに低侵襲術式に適し、それにより回復期間短縮等を可能にする生体親和性材料として、リン酸カルシウムセラミックスあるいはリン酸カルシウム／生分解性ポリマー複合体等を対象とし、特に骨や関節部の欠損部等への充填材に適用できる高度な自己修復機能を有する材料開発を目指した研究を行った。

骨修復用多孔体材料の候補としてマイクロスフェアを用いた多孔体が注目されている。生分解性ポリマーを球状化させるために界面活性剤を分散剤とする製法が多く検討されているが、界面活性剤を用いる手法は合成後の界面活性剤の除去が困難であるという問題があった。そこで、界面活性剤フリーで球状に組織化する球状生分解性ポリマーを得る手法を確立した。エマルション法の油相／水相界面でのリン酸カルシウムの析出を用いることによって、界面活性剤を用いずにマイクロスフェアを調製することに成功し、マイクロスフェアの粒径制御とマイクロスフェアから多孔体成形する手法を検討した。抗ガン剤や抗菌剤などに多く見られる疎水性薬物のモデルとして疎水性材料であるポリスチレンを油相に混合して、エマルション調製条件に及ぼす影響を検討した。球状アパタイト／高分子複合体の調製において回転速度、DCM量、PS量、総高分子重量、総高分子重量比を変化させ、粒径に及ぼす影響について検討した。粒径制御に最も効果的であったのは総高分子重量を変化させることであり、総高分子重量を大きくするほど高粒径側にシフトすることがわかった。またインジェクションモールド法を用いて球状アパタイト／高分子複合体を多孔体へ成形することができたが、機械的特性は不十分であった。今後、球状アパタイト／高分子複合体の密度を高めるなどの検討が必要である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 マイクロスフェア、ポリ乳酸、アパタイト

ト、DDS

【研究題目】粘土鉱物系抗菌剤の材料設計及び構造解析に関する研究

【研究代表者】 大橋 文彦 (セラミックス研究部門)

【研究担当者】 大橋 文彦

【研究内容】

固定化抗菌剤は様々な物質の表面に抗菌機能を付与することが可能であるため抗菌性発現物質の環境中への拡散を抑えることが可能であるし、徐放性抗菌剤は抗菌剤の担体からの放出速度を制御することで環境中への試剤の流出を最小限にすることができる。粘土鉱物系抗菌剤は従来の抗菌剤には見られないような優れた耐熱性とバランスの取れた抗菌抗黴能力を有することが明らかとなっている。こうした抗菌剤の製品化に当たっては、製品の使用に適合した、必要十分な抗菌抗黴能力を材料が具備することが必要となる。

本研究では、合目的性粘土鉱物系抗菌抗黴剤の合成条件を検討することを目的として、抗菌性と抗黴性の強弱を同時に制御した機能性材料の合成技術の確立を行った。また粘土鉱物系抗菌抗黴剤の構造解析を行うことを目的として、XRDのプロファイルフィッティングによる層間内に存在する有機金属化合物の立体配置状態を検討した。

その結果、金属錯体と有機化合物を同時に層間担持した試剤は、従来型の無機系抗菌抗黴剤とは異なる対微生物活性を示し、自在にその能力を制御出来ることが明らかとなった。また XRD による理論強度計算を行った結果、錯体平面が層間平面に対して水平にパッキングされていることが示唆された。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 粘土鉱物、層間化合物、抗菌抗黴

【研究題目】平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業（チタン廃棄物を利用した光触媒用酸化チタン製造技術の開発）

【研究代表者】 埴田 博史 (セラミックス研究部門)

【研究担当者】 埴田 博史

【研究内容】

光触媒の応用分野は、空気浄化（脱臭・排ガス浄化）、セルフクリーニング・曇り止め・抗菌防かび・水処理など広範囲に及んでおり、光触媒市場は大きな将来性を持っているが、その発展を阻害している要因として光触媒コーティング液などの光触媒原料価格が高いことが挙げられる。このコストを低減することがこれからの光触媒の普及の鍵を握っており、安価な光触媒コーティング液を製品化し販売することができれば、光触媒製品の開発と実用化が進み、それと共に光触媒の応用がさらに大きく進展することが予想される。

そこで本研究では、チタン鋼研磨過程で排出され産業

廃棄物として埋め立て処理されているチタン研磨粉を利用して安価な酸化チタン光触媒コーティング液を製造する技術の研究開発を行った。

産業廃棄物であるチタン研磨粉を原料として酸化チタン光触媒コーティング液を製造する方法としては熱酸化して酸化チタンを作り、それを溶液に分散する方法やアルコールと反応させてアルコキシドを作り、それを加水分解する方法などがあるが、本研究では従来製法において必要であった熱・アルコール処理工程を排し、化学処理と濾過工程のみで酸化チタン光触媒コーティング液を生成する技術を確立するとともに、その製造装置を開発した。この成果により、本研究開発の目標であった①産業廃棄物を利用し、②安全かつ簡便な製造工程により、③高機能の光触媒原料を、④安価（従来価格の1/2以下）に生産する技術の開発に成功し、産業廃棄物のリサイクルにも貢献することができた。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 光触媒環境材料、酸化チタン光触媒コーティング液、産業廃棄物のリサイクル

【研究題目】平成14年度中小企業地域新生コンソーシアム研究開発事業（環境浄化用常温硬化型フラクタル構造光触媒透明コートの開発）

【研究代表者】 埴田 博史 (セラミックス研究部門)

【研究担当者】 田中 一彦、深谷 光春、渡辺 栄次

【研究内容】

光触媒コーティング技術はいろいろなものに適用でき、建物の外壁などの現場施工にも使用することができる、非常に市場性の大きな汎用技術である。自然エネルギーである太陽光などの光の照射によって働き、ダイオキシンなど、ほぼ全ての有害化学物質を二酸化炭素や水、無機イオンなどの無毒な物質に変え、余計な有害物質を出さず安全に処理できる。現在、酸化チタン光触媒粒子を塗料に混ぜ込んだものが開発されているが、壁などに塗って光に当たると、その中の有機分が分解されて粉を吹いた状態になり酸化チタン光触媒が脱離してしまうため、耐久性の問題から、実用化できなかった。そこで、酸化チタン光触媒でも分解されにくい物質に酸化チタン微粒子を加えて分散した光触媒塗料が開発された。しかし、施工の際、光触媒塗料と基材との間に下塗りが必要となり、さらに下塗りの上に中塗りが必要となって三層塗りとなることもあるため、塗装に手間がかかり、高コストとなっていた。また、光触媒は光が当たるだけでなく、悪臭などの対象物質が接触してこないと分解できないが、塗料に酸化チタン光触媒粒子を混ぜ込んだ場合には、酸化チタン光触媒粒子が塗料の中に埋まっているため、光が当たらず、対象物質も接触しにくいいため、光触媒機能を発揮しにくいという問題があった。一方、ゾルゲル法で透明で硬い光触媒コートをつくる方法が知られていた

が、この方法は焼成が必要であるため、耐熱性の基板にしかコートできず、製造コストが高くつくという問題があった。

そこで、コーティング材料の中に酸化チタン光触媒粒子を分散して基材にコートし、ガスあるいは水溶液と接触させることにより、コーティング膜が固化すると共に基材表面に孔が開き、さらにその孔の中に孔が開いて、その孔の中に酸化チタン光触媒粒子が顔を出すというフラクタル構造の耐久性に優れた光触媒透明コートを開発した。これにより酸化チタン光触媒粒子と基材との十分な接着性を確保できると共に、光触媒が表面に顔を出しているため、光触媒反応を効率良く行うことができる。しかも、光触媒が細孔内で顔を出しているため、蟻地獄のように有害化学物質を吸着して効率良く分解することができる。この場合、光がなくても吸着が行われるため、悪臭などを吸着して除去することができる。

このフラクタル構造の耐久性に優れた光触媒透明コートを用いて光触媒壁紙への応用を行い、光触媒壁紙の連続製造装置の試作を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】酸化チタン光触媒コーティング膜、光触媒壁紙

【研究題目】平成14年度中小企業地域新生コンソーシアム研究開発事業（誘導加熱による廃タイヤからのスチール線除去に関する研究）

【研究代表者】安江 和夫（基礎素材研究部門）

【研究担当者】青山 政彦、久保田俊彦、小川 容功（中部科学技術センター）、安江 和夫、三輪 謙治、阪口 康司（基礎素材研究部門）、小川 英雄、小川 泰徳、笠木 敬司、吉良 直哉、岡田 朗（(株)アサヒダイテック）、伊藤 剛、鈴木 穰一（伊藤鋳工（株））、小笠原福守（川吉運送（株））、後藤 文男、後藤 秀幸、浜口 時彦、石原 伸次（ダイコー化学工業（株））、三村 祐治、川竹宏志郎、山本 俊、服部 一郎、山本 一雄、米田 忠広、荻野 雄一、佐々木長治（富士電波工業（株））

【研究内容】

本研究は、廃タイヤのマテリアルリサイクルを目的とするものである。まず、廃タイヤ中のスチール線を誘導加熱する事によって、ゴムとスチール線を分離する技術を確認する。続いて、ゴムを刃物による切断によりチップ化技術を開発する。さらにこのゴムチップを用いて、舗装用マットあるいは牛舎等で用いる大型マットを成形する技術を開発する。

研究分担と進捗状況は、以下の通りである。

（川吉運送（株））誘導加熱前処理として、廃タイヤを刃物により円周方向に3分割する。14年度は、装置の刃物等の要素技術を検討すると共に、分割装置の基礎設計を行い試作した。腰の弱い廃タイヤの分割でさらに装置の検討が必要である。また、スチール線の際で切断する技術も検討課題であることが分かった。

（富士電波工業（株）、産業技術総合研究所）誘導加熱によるスチール線分離に関するプロセス技術を開発する。本年度は、ゴムの熱分析等、加熱分離に関する基礎事項を検討した。続いて、誘導加熱に関する装置を試作し、タイヤ送り速度、所要電力、加熱周波数等が、分離効率及び分離状況に与える影響を検討した。効率的分離を行うには、タイヤ前処理と自動化が課題である。

（(株)アサヒダイテック）切断によるゴムチップ化技術を開発する。本年度は、ゴムのチップ化に関する切断装置を設計試作した。これを用い、刃物材質と強度、所要動力、切断速度等の基礎的検討を行うと共に、粒度制御、篩条件、搬送条件等に関するプロセス基礎技術を検討した。

（伊藤鋳工（株）、ダイコー化学工業（株））タイヤチップの成形技術を開発する。本年度は、機能性を備えた舗装用マットの開発のため、チップ粒度、バインダー添加量、成形荷重等プロセス条件と透水性、保水性等の関係を調べた。また牛舎などで用いる大型マットの仕様を調査すると共に、成形条件を検討し、試作を行って、実際の牛舎で実用テストを行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】廃タイヤ、リサイクル、誘導加熱、ゴムチップ、ゴムマット

【研究題目】木質系廃棄物のリサイクルに関する実用化検討調査

【研究代表者】金山 公三（基礎素材研究部門）

【研究担当者】金山 公三、小畑 良洋、山本 哲夫

【研究内容】

木質系廃棄物をリサイクルして構造材として再生利用するために、廃棄物の現状を明らかにするとともに、再利用の可能性を検討することを目的とし、これを達成するために、木質系廃棄物の現状の把握および構造材として再生利用する可能性の検討を行う。

上記2項目について各々下記のとおり進捗した。

(1) 木質系廃棄物の現状の把握

毎年100万戸以上の数の住宅が建設され、そのストック数は木造住宅に限っていても2,800万戸に達している。そして約25年経過するとこれらの住宅は除去され、大量の建築廃材を排出させながらその跡地には新築住宅が再度建設されていく実態が明らかになった。年次毎に多少のばらつきはあるものの、20万～30万戸の住宅が毎年解体されている。1棟の木造住宅に使用

される構造材の量 20m^3 程度から概算すると毎年400万～600万 m^3 の建築廃材（構造材）の排出が予想される。また構造材以外の部材の排出量を考えると膨大な量の建築廃材が毎年排出されている現状が浮き彫りになり、これらを有効に利用する方策を講じることの必要性が痛感される調査結果となった。

(2) 構造材として再生利用する可能性の検討

現在排出されている木質廃材には防腐剤としてCCA（銅、クロム、ヒ素が主成分）が含まれているものが多い。これらの有害物質を簡便に除去する方法は現状では存在しないため、これらを含む木質廃材を分別することが再利用には必須である。しかしながら、機械を使用しない人手による解体作業が要求されるため、コストの高騰が避けられず、現実的には厳しい。そこで、今後の方策として、(1)既設住宅に使用されている木材から簡便にCCAの分離が可能な技術開発、(2)新築時にCCAに替わる安全かつ有効な薬剤利用、の2点が望まれることが明らかとなった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 建築廃材、リサイクル、木材

【研究題目】 視覚情報が空間認知に与える影響

視覚情報が空間認知に与える影響：

MEGによる解析

【研究代表者】 中川 誠司（ライフエレクトロニクス研究ラボ）

【研究担当者】 中川 誠司、藤本 清、藤坂 洋一、岡本 洋輔

【研究内容】

空間認知においては様々な感覚が動員されるが、視覚入力が無くても体の感覚によって平衡感覚が発生する。更に視覚入力に加わると生理的な反応が複雑に重畳して、酔いの状態や空間識の異常が生じるなど未知の現象が多い。

年度進捗状況

MEGを用いた脳神経活動の計測により、聴覚野の反応特に三半規管の生理に関連した信号と空間認知の関係を明らかにしつつある。今後、視覚入力の提示を加えて、視覚聴覚野の相互作用を解析していく予定である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 空間認知、視覚情報、MEG、酔い

【研究題目】 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業（天然抗菌性顔料と新規印刷技術の複合化による高機能絹製品の開発）

【研究代表者】 相羽 誠一（人間系特別研究体）

【研究担当者】 村木永之介、山口真利子

【研究内容】

繊維製品開発のプラットフォーム技術として、天然抗

菌性顔料を用いた絹不織シートを開発するために、現在流通している安全性の高い天然抗菌剤について調査するとともに、ケラチン及びキトサン含有絹シートについて抗菌性と防カビ性を評価する。以下の試料について寒天シャーレ上での抗菌試験（ハローテスト）による評価を行った。

① 天蚕（未処理（NB）、キトサン処理（NC））

② さく蚕（未処理（SB）、キトサン処理（SC））

③ 家蚕（未処理（HB）、キトサン処理（HC））

④ 濾紙（にわとりケラチン処理（FH）、あひるケラチン処理（FD））

⑤ ジュート（にわとりケラチン処理（JH）、あひるケラチン処理（JD））

⑥ 木片（未処理（WB）、処理済み（WT））

処理試料では、木片（WT）、ジュートにわとりケラチン処理（JH）、ジュートあひるケラチン処理（JD）でハローが観測された。キトサン処理の試料では、全てハローは観測できなかった。ケラチンから遊離する物質に抗菌性があるものと思われる。次にコロニー計測法による抗菌性試験（公共用水域の大腸菌群計測法を参考）を各試料片上でを行い、大腸菌の増殖量を測定した。その結果、試作絹シートは未処理試料と比べて抗菌性を示さず、中には菌を増殖する様な結果が得られた。ケラチン処理試料（FD, FH）は約40%の生育阻止率を示した。さらに黒カビ（*Aspergillus niger*）を用いる抗カビ試験を行った。天然系抗菌剤では効果がなかった。全ての試作品試料において種菌から菌糸が成長拡大し、試料片の上でも生育阻害を受けなかった。このようにキトサンを溶液として利用する均一系では抗菌性が認められたが、今回のような絹シートに固着させて固体として利用する不均一系においては、当初の期待と反して抗菌性が全く認められなかった。抗菌性を付与するときは、今回の実験で抗菌能が確認された他の天然物由来の抗菌剤を使用する必要がある。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 キトサン、絹不織布、抗菌性、大腸菌、カビ

【研究題目】 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業（微小集積化化学デバイス用精密金型製作装置の開発 プラスチック製微小集積化化学デバイスを用いた分析技術の研究開発）

【研究代表者】 脇田 慎一（ヒューマンストレスシグナル研究センター）

【研究担当者】 脇田 慎一、鳴石奈穂子

【研究内容】

本研究開発全体では、LIGAプロセスによる微小化学集積化デバイスの産業技術化を目指して、立命館大学の小型SR装置“AURORA”とプラスチックレプリカ作

製の離型性を飛躍的に向上させるマスク X 線露光法を用いたプラスチック母型チップから、鋳型となる電気メッキを自動化した装置開発を行った。

産総研分担研究では、LIGA プロセスで作製したマルチチャンネルを有するマイクロプラスチックチップの電気泳動評価を目標とした。マルチチャンネルプラスチックレプリカチップは、既存のチップに比べて3倍以上の集積化を行ったために、分離チャンネルは直線ではない構造を有しており屈曲部分の構造最適化を行っていない状態でも、DNA 標準物質（100～1000bp）の測定を行った結果、既存のマイクロ電気泳動チップと比較して、遜色のない良好なピーク分離を得ることができた。

具体的には、プラスチックレプリカチップによる DNA 標準物質の100bp ピークの理論段数は、10チャンネルチップの場合約25000段、32チャンネルチップの場合約6500段であった。既存のプラスチックレプリカチップの場合、詳細分離条件を行うことにより約30000段の理論段数であった。

【分野名】 ライフサイエンス、ナノテク・材料・製造

【キーワード】 LIGA プロセス、マイクロ流体システム、チップ設計・評価メソッド

【研究題目】 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業（合金メッキ技術を利用した次世代大容量電極の開発）

【研究代表者】 境 哲男（生活環境系特別研究体）

【研究担当者】 境 哲男、棚瀬 繁雄、王 連邦、Kim Hyun、向井 考志、宅間 聖一、王 充田

【研究内容】

携帯用電子機器の高性能化の要望に対応するためには、リチウム二次電池の更なる高容量化が求められている。現在、負極には黒鉛材料が用いられているが高容量化は限界であり、次世代大容量負極の開発が望まれており、その一つの候補として Li 吸蔵量が黒鉛材料の3倍近い Sn 合金が注目されている。しかし、Sn 合金材料は、充放電反応中に大きな体積変化を起こすため、実用的なサイクル特性が得られていない。そこで本プロジェクトでは、Cu 箔上に Sn 合金めっきを行った基材一体化負極を開発して、実用化に耐えうる電極材料の選定と製造プロセスの確立を図った。

具体的には、種々2元系 Sn 合金の電極特性を評価したところ、めっき後に最適な温度で熱処理することで良好なサイクル寿命特性が得られることがわかった。検討した2元系 Sn 合金めっき電極の中では、Cu 集電体上に Sn-Zn めっきを施した電極が最も良好な性能を示し、従来の Sn 単独めっき電極よりも大幅な寿命向上が見られた。また、電極構造や充放電反応メカニズムを詳細に検討したところ、長寿命な電極は Sn 合金/Zn/Sn 合金

/Zn/Cu の層状構造を形成しており、この多層構造により Li 吸蔵時の体積変化が緩和され、サイクル寿命が向上することが分かった。そこで、積極的に多層めっき化を行ったところ、更なるサイクル特性の向上が得られた。次に、銅箔基材についても種々の表面形態および結晶構造をもつ材料を検討したところ、熱処理後の電極構造及び電極性能が大きく変化することを確認し、適切な集電体を選択する必要があることがわかった。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 電池、リチウム電池、合金系負極

【研究題目】 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業（キトサンを用いた低摩擦抵抗船底塗料の開発）

【研究代表者】 相羽 誠一（人間系特別研究体）

【研究担当者】 指輪 仁之

【研究内容】

天然由来材料であるキトサンを素材とし、ハイドロゲルの形成による海水との摩擦抵抗を著しく低減させる船底塗料を開発するために、キトサンの水溶性誘導体を10種類以上合成し、その構造と溶解性の関係を解明するとともに、ハイドロゲルの調製を行う。水溶性を付与するためにまず、キトサンとアクリル酸との反応を検討した。反応生成物を NMR で解析した結果、キトサンのアミノ基に2-カルボキシエチル基が置換していることが示された。誘導体の溶解性については置換度0.18以上の誘導体において水溶性を示した。この水溶性誘導体は pH1～13 における全ての pH 範囲で溶解した。置換度0.18の化合物の水に対する最大溶解濃度は8% (w/v) であった。そのほかアクリル酸誘導体を6種類用いてアミノ基への付加反応を行い、水酸基、アミド、4級アンモニウム塩、PEG の官能基を側鎖に有する水溶性誘導体を得ることができた。4級アンモニウム塩を有する誘導体においては置換度0.19以上で水溶性を示した。また、エステル基を有する場合はさらに親水性アミン類と反応させることにより、水溶性誘導体とすることができた。ハイドロゲルの調製のためにアクリル酸を付加した N-カルボキシエチルキトサンナトリウム塩とラウリルアルデヒドとの反応を検討した。得られたラウリル誘導体の酸性水溶液は、導入したラウリル基のためエマルジョン様を示し、微細なハイドロゲルの形成が確認できた。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 キトサン、マイケル付加反応、塗料、ハイドロゲル

【研究題目】 健康寿命延伸のための医療福祉機高度化プログラム身体機能代替・修復システムの開発

生体親和性材料（生体活性薬剤等を保持可能な表面修飾層の開発：骨芽細胞増殖

技術)

【研究代表者】 大串 始 (ティッシュエンジニアリング
研究センター)

【研究担当者】 大串 始、池内 正子、廣瀬 志弘、
町田 浩子、寿 典子、木原 隆典、
大島 央、吉田 綾子、池田 悦子

【研究内容】

我々はこれまでに、骨髄由来の間葉系細胞を *in vitro* あるいは *in vivo* で骨芽細胞へ誘導し、その骨芽細胞とセラミックの複合体を用いての研究をおこなってきた。現在、それらの結果をふまえて臨床応用レベルにまで研究を展開している。しかし、この骨芽細胞の誘導の効率や骨芽細胞活性ならびにその活性の生体内での維持等に関して解決すべき多くの問題を抱えている。それらの問題を解決するためには、骨芽細胞の活性の評価方法を確立して、高効率に間葉系細胞の骨芽細胞への誘導方法を見出すことにある。以上の点を考慮して14年度は以下の2点に関して研究を行った。

- 1) 培養骨芽細胞を含む種々セラミックの生体内 (*in vivo*) での組織反応の解析をマイクロ CT を用いておこなった。このマイクロ CT を用いた研究は JFCC (池田泰、水田安俊) との共同研究である。
- 2) モデル細胞として HOS 細胞を用いて、骨芽細胞の分離技術の確立を行った。
- 3) さらに、骨芽細胞の *in vitro* における骨基質形成の定量化を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 骨、細胞培養、生体材料

【研究題目】 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業 (ナノメッキ技術による次世代二次電池の開発)

【研究代表者】 栗山 信宏 (生活環境系特別研究体)

【研究担当者】 栗山 信宏

【研究内容】

ニッケル水素電池の性能の大幅な向上とコストダウンを図るために、焼結法による新型構造電極を開発する。電極活物質である粉末材料にナノスケールの複合めっき技術を導入し、出力特性は1/3時間放電率 (3C) における放電容量が従来品より20%以上向上させた新型構造電極を開発することを目標とする。電極集電体基板重量 (全体の25%占有) を排除し、その結果、走行距離の増大が見込まれる。

水酸化ニッケルへの無電解複合めっきは、めっき対応型水酸化ニッケル粉末の開発とめっき条件検討の2本立てで行った。無電解めっきに対応した水酸化ニッケル粉末は、水酸化ニッケル沈殿時の雰囲気制御により、利用率向上のための添加剤である Zn の減少防止と及びめっき皮膜形成状態の向上を図ることに成功した。焼結式電極のためのバインダー複合化品の作製は熱可塑性樹脂の

複合めっき条件検討により行い、一部に粒子の崩壊が見られるが作製条件の最適化により解決できる見通しを得た。産業技術総合研究所においては、作製された電極について10~20サイクルの充放電特性及び放電容量の評価を行い、電極特性及び電極としての安定性を確認した。めっき対応型水酸化ニッケル粉末は、10cycle 後においてペースト式電極において従来品より10%高い放電容量が得られることがわかった。焼結電極における活物質利用率は60%であり、電極への電解液の浸透不足が示唆された。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 ニッケル水素電池、めっき、電極特性

【研究題目】 ヒト神経幹細胞の大量培養法の開発

【研究代表者】 金村 米博 (ティッシュエンジニアリング研究センター)

【研究担当者】 三宅 淳、金村 米博

【研究内容】

現在、世界中で汎用されている神経幹細胞の分離・培養法は、ヒト由来神経幹細胞の培養に最適化されたものではなく、移植治療に使用するスケールまでの細胞数を得る大量培養が困難である。また、大量培養された細胞を実際の臨床に用いるためには、その細胞の安定性 (形質変化していない、有害物質の残留のない) の確認が必須である。

そこで、GMP 化されたシステムの下、現在使用されている神経幹細胞の分離法、培養条件 (培地、培養装置)、培養方法および細胞保存法をヒト神経幹細胞の培養に最適化させ、ヒト神経幹細胞の大量・安定・安全培養法の開発研究を行う。

ヒト神経幹細胞の培養時に使用する、培地、添加因子、成長因子などをヒト細胞に最適化し、その濃度・組成を決定する。さらに、それら培養液成分の組成をすべて合成物あるいはヒト型化し、GMP 対応の培養液を合成する。

将来、CPC において臨床移植用ヒト神経幹細胞の培養を開始するために、その前段階として、CPC と同じ清浄度を有し、同様の細胞培養設備を有する施設 (pre-clinical CPC : Cell Processing Center) を構築し、その内部でヒト神経幹細胞のクリーンアップ方法の検討を開始する。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 神経、幹細胞、細胞培養

【研究題目】 平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業 (ポストゲノム解析用マイクロ HPLC の開発)

【研究代表者】 湯元 昇 (人間系特別研究体)

【研究担当者】 達 吉郎、茂里 康、上垣 浩一、
中村 努、萩原 義久

【研究内容】

「目標」

本地域新生コンソーシアム開発事業全体では、解析の進む膨大なゲノム情報を元にタンパク質を調製しプロテオームからメタボローム解析を推進する手法とゾルーゲル法によって開発されたマイクロ HPLC カラムを連携させ、多様なポストゲノム解析にハイスループット分離分析用デバイスを開発、製品化することを目標としている。その中で産総研は、ポストゲノム解析用システムの有効性を検証するために必要なモデルサンプルを調製し、提供することを目標として研究を行った。

「研究計画」

ポストゲノム解析において、実際のプロテオーム解析では、多数の未知分子を含むため、システムの有効性の検証が困難であるが、成分に多様性をもつ既知試料をモデルとして分析することにより、開発したシステムの有効性が検証できる。そのため、鎖長の異なるペプチドやアミノ酸を置換したペプチドの混合物、酵素・蛋白質のアミノ酸置換体混合物をプロテオーム解析用モデルサンプル、SNP モデルサンプルとして調製することを計画した。

「平成14年度進捗」

細胞内で情報伝達に重要な役割を果たしているリン酸化に着目したフォーカスド・プロテオーム解析のモデルとなるリン酸化ペプチド、SNP のモデルサンプルとして、ウシトリプシンインヒビターの1本の S-S 結合 (Cys14-Cys38) の Cys をランダムなアミノ酸に置換したライブラリーから安定な構造を維持するアミノ酸ペアを探索したもの、神経ペプチド Y のアミノ酸を置換したペプチドなどを調製し、地域コンソーシアム参加機関に提供した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 プロテオーム解析、ペプチド、蛋白質

【研究題目】 平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業（バイオマス繊維／生分解プラスチックの界面制御型複合材料の開発）

【研究代表者】 相羽 誠一（人間系特別研究体）

【研究担当者】 中山 敦好、川崎 典起、中川 清次、山下 岩男、山本 襄

【研究内容】

非木質系バイオマス繊維を用いて従来よりも安価で高性能・高機能な生分解複合材料を開発するため、生分解性プラスチックと竹繊維の複合材料の強度に対する界面処理剤の影響を調べる。母材樹脂と竹繊維の界面接着力を大きくする目的で可塑剤、反応性官能基を有する化合物、アミド基の水素結合により接着性があるコポリエステルアミド系高分子を添加剤として使用し、引張強さに及ぼす効果について調べた。無水コハク酸、プルロニックを加えた試料は引張強さ、伸びの物性向上は見られな

かった。エンポール／竹に添加剤としてショウノウ、コポリエステルアミド系ポリマー（ビオステラ、copoly (PRN/CLN)、copoly (PRN/MVL)、copoly (AA/CLN)、copoly (LA/CLM))を加えた試料は添加剤を加えていない試料に対してほぼ全ての場合で物性の低下が見られた。以上の結果から、さらなる物性向上に関する研究に向けての基本的なブレンド条件、プレス成形条件についての各種パラメーターの効果の有無についてデータの蓄積ができた。次年度は界面接着力の向上をさらに目指す。また、学会、論文、特許の調査を行い、以下のような情報を得た。生分解性プラスチックのブレンド化研究としてケナフや葦、その他のセルロースなどが行われている。また、生分解性樹脂のブレンドに関する報告がいくつかあり、収集できる詳細な情報を集めた。相溶化の指針となる項目がいくつかあるので検討していく。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 竹繊維、生分解性プラスチック、界面接着、引張強度

【研究題目】 平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業（ゲノム発現解析チップスの開発）

【研究代表者】 三宅 正人（ティッシュエンジニアリング研究センター）

【研究担当者】 三宅 正人、宮本 力、川添 直輝

【研究内容】

遺伝子相互作用を指標とした、細胞死や分化誘導等の新しい細胞プロセス評価システムを開発するため、大規模・網羅的遺伝子導入に用いる固相系遺伝子導入技術の改良を目的として研究を行った。具体的には、移植細胞評価システムとして再生医療の分野で移植細胞の Quality Control に利用することを目的として、遺伝子導入の高速化と低コスト化をめざし、以下の3点の技術を確認すべく下記の内容で研究を行った。

- 1) 再現性の高い高効率な遺伝子導入を実現するための固相系遺伝子導入に汎用的に適用できる固定化ポリマーの開発。
- 2) 実用性の高い細胞の評価に目的ごとに必要なプロモーター・プローブ・プラスミドの開発とチップの作製、評価、並びに品質管理システムの確立。
- 3) チップ上で遺伝子導入された細胞から遺伝子発現データを再現性良く収集することができる蛍光タンパク質の定量的モニタリング技術の確立。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 遺伝子工学、細胞チップ

【研究題目】 マイクロカプセル調製技術の体系化とインテリジェント化

【研究代表者】 田口 隆久（人間系特別研究体）

【研究担当者】 藤原 正浩、塩川 久美

〔研究内容〕

マイクロカプセルは内部に様々な物質を内包でき、そのことにより内包物質の機能を安定化・高度化できることが期待されている。産業技術総合研究所、人間系特別研究体では、水／油／水系エマルジョンによる無機質マイクロカプセルの調製方法（界面反応法）を研究している。このカプセル形状および膜構造等の性質を制御する技術は、ナノ機能粒子のカプセル化の実用展開における基盤技術となる。本研究では、マイクロカプセルの膜材料として無機物質を選び、マイクロカプセルの特性のうち、特に形状、粒子径、カプセル膜の厚さ、膜内に存在する細孔の構造制御等のマイクロカプセルに関する基盤技術を体系化することを目指す。

界面反応法で得られる無機質マイクロカプセルは、不安定な水相・油相界面を反応場とするため、得られたマイクロカプセルの特性は、調製条件に強く依存する。したがって、マイクロカプセルの調製条件と得られたマイクロカプセルの特性との相関を明らかにし、調製技術の体系化がなされなくてはならない。そのために、調製条件を系統的に変化させ、それによる膜構造の影響を網羅し体系化することが必要となる。本研究プロジェクトでは、シリカ系、珪酸カルシウムおよび炭酸カルシウムに着目し、マイクロカプセルの粒子径、カプセル膜厚、膜内細孔構造への調製条件の効果を明確にするための研究を行う。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 ナノ粒子、マイクロカプセル

〔研究題目〕 水理模型実験による尼崎港の海水交換促進工法に関する研究

〔研究代表者〕 村上 和男（海洋資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 山崎 宗広

〔研究内容〕

閉鎖性の強い尼崎港の水質改善施策として、水理模型実験により効果的な海水交換促進法の提案を行う。H14年度は、淀川の尼崎港への影響を考慮して海水交換促進工法を実験的に検討した。その結果、尼崎港東部埋立地の一部に水路を開削したケースでは、下げ潮時に大量の淀川河川水が港内に流入し海水交換に大きく寄与することが確かめられた。また遊水池を造成したケースでは、港内の海水流動を大きくする効果がみられ、さらに港口部に剥離構造物を設置したケースでは、港内に循環流が形成され海水交換促進の効果がみられた。

〔分野名〕 地質・海洋

〔キーワード〕 水理模型実験、尼崎港、閉鎖性湾、海水交換

〔研究題目〕 平成13年度即効型地域コンソーシアム研究開発事業費（複雑微細形状ハイテク金型の高速・高品位微細放電加工技術の開

発）

〔研究代表者〕 岡田 三郎（基礎素材研究部門）

〔研究担当者〕 岡田 三郎、宮内 秀和

〔研究内容〕

本プロジェクトでは、先端的モバイル機器の国内製品化と型具の国産化の実現を図るため、内部機構部品の中でも複雑微細形状部を有するハイテク金型を、短期に微細・高精度で加工できるコア技術として、新たな発想による革新的な高速・高品位微細放電加工技術を研究開発することを目的とする。

具体的には、携帯電話などの軽薄短小モバイル機器の生産に不可欠なハイテク金型の短期・高度化要求に対し、革新的放電加工技術により高速で微細な金型製作を可能にする事業を行う。そのため、耐熱性・熱伝導率が高く、薄肉化要求に耐えうる超微粒構造体をした電極材料を開発する。切削加工と放電加工を併用したハイブリッド加工機を試作し、効率的な電極成形加工法を開発する。電極消耗率低減と加工速度向上の両立を図るため、微細加工に適した新しい加工条件、加工モニタリング、放電現象の解明と品質評価法を研究開発する。

現時点での研究開発結果は以下のとおり。

- 1) 加工中の放電電圧、電流を実時間に取り込み、放電効率を表示するモニタリングシステムを開発した。
- 2) 放電波形の波形解析法として、ウェーブレット解析に基づく波形解析法を開発した。

ウェーブレット解析に基づく時間一周波数解析により放電異常を検知する手法を導いた。また、ウェーブレットパターンマッチング法に基づいて放電波形の異常部分を抽出診断する手法を導いた。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 放電加工、波形解析、異常診断、ウェーブレット

〔研究題目〕 平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業費（半凝固射出成形法による循環型・軽量高品質自動車部品の研究開発－鋳造鍛造複合プロセスによる高強度マグネシウム部品の製造技術開発）

〔研究代表者〕 横川 清志（基礎素材研究部門）

〔研究担当者〕 横川 清志、福山 誠司、安 白

〔研究内容〕

CO₂排出規制に対応する循環型軽量材料による車両軽量化が急務となっている。本事業では地域自動車部品産業の一段の活性化に寄与すべく、独自の半凝固成形プロセスをベースに耐クリープ Mg 合金凝固割れ問題を解決し、高品質・低コスト軽量部品の実用化を図る。

本研究開発の技術シーズである「半凝固射出成形法」は、常用固相率が30%と大きく、原理的に凝固割れを軽減/回避できるため、耐熱マグネシウム合金の成形法として高いポテンシャルを有する。これを用いて耐熱マグ

ネシウム部品の製造技術開発を行う。またニヤネットシェイブの鍛造用半製品を製造し、これを一工程で鍛造成形することで強度特性に優れるマグネシウム部点を経済的に製造するための研究も行う。

車両軽量化のためにエンジン・駆動系部品のマグネシウム化のニーズがある。耐熱マグネシウム合金は既に存在しているが凝固割れの発生が実用化のネックとなっていた。この問題を解決する手段として半凝固プロセスが原理的に有効である。

産総研では、研究報告例の少ない耐熱マグネシウム合金 (AMCa403) におけるスラリーの最適化を広島大学と共同で行った。その結果、本年度は、半凝固射出成形装置のうちスラリー生成部分の温度条件を検討することで、固相率30%近くまで、目的の固相率のスラリーを生成できるようになった。晶出化合物の種類、量、相同定、形態、高温クリープ特性に及ぼすこれらの影響については、検討に着手しているが本格的な研究は平成15年度になる見込みである。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】半凝固射出成形法、自動車部品、マグネシウム合金

【研究題目】平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業（革新的“界面制御鑄ぐるみ”プロセスによる掘削用新規超硬ビットの実用化研究開発）

【研究代表者】岡田 三郎（基礎素材研究部門）

【研究担当者】岡田 三郎、宮内 秀和、今出 政明

【研究内容】

本プロジェクトは、“界面制御鑄ぐるみ”製造プロセスによる地盤掘削用超硬ビットの生産効率の大幅な向上と、刃先を高靱性化した超硬チップとビット母体金属の表面改質による長寿命・高特性超硬ビットの製品化を目標とする。高靱性超硬チップは、WC（タングステンカーバイト）と Co（コバルト）の複合材料であり、WCの分散均一性や粒子の大きさにより、強度に大きな違いが発生する。製品の信頼性を向上させるには、作成したチップ中の分散 WC の粒径や体積率の分布を非破壊方式で定量的に測定する必要がある。

平成14年度は、超音波による超硬チップの WC 体積率測定方法について検討した。2種類の材料からできている超硬チップでは、超硬チップを伝搬する超音波の音速と分散粒子の体積率に相関関係があり、WC 単体の音速と Co 単体の音速が分かれば、超硬チップの音速を測定することにより、WC の体積率を定量的に測定することができる。しかし、粒径が数十 μm と小さい WC では、WC 単体の音速測定が困難である。このため、WC 体積率と WC 粒子を変えた8種類の超硬チップにおける厚さ方向の透過超音波の音速を測定し、超硬チップの音速と WC 体積率のグラフから WC 単体と Co

単体の音速を推定した。その結果、透過超音波では、Co の音速は5604m/s、WC の音速は7118m/s であった。超硬チップの厚さ方向における透過超音波の音速を測定し、これらの音速を用いて WC 体積率を推定した結果、WC 体積率は WC 粒径に依存せず、5%以下の測定誤差で定量的に測定できることが明らかとなった。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】超音波、超硬合金、体積率測定、地盤掘削

【研究題目】平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業（超高純度塩化ナトリウムの製造技術及びその新規利用技術の開発）

【研究代表者】垣田 浩孝（海洋資源環境研究部門）

【研究担当者】吉原 一年、苑田 晃成、廣津 孝弘、大井 健太

【研究内容】

イオン交換吸着体等を用いた高度イオン分離技術と晶析技術を併用した新しい手法によって、海水からカリウムを低減した塩化ナトリウム純度99.999%以上の超高純度塩化ナトリウム（超高純度塩という）を純度99.99%の高純度塩化ナトリウム（高純度塩という）と同等の価格で安価に大量に製造する技術を開発すること、さらに得られた超高純度塩を用いて医薬用塩や海藻育成用人工海水用塩等の新規機能性塩類を開発することを目標とした。イオンふるい鑄型法を用いてカリウムイオンの吸着除去に適したイオン交換吸着体を調製した。当該吸着体を充填した大型カリウムイオン除去装置（50リットル容量のカラム）を試作し、従来の晶析プラントに適応した。その結果、海水からカリウム分を $8 \times 10^{-6}\%$ 以下に減少させた超高純度塩を低コストで製造する新規技術を開発することができた。従来技術では高純度塩を製造するために3回の晶析が必要であったのに対し、新規技術では超高純度塩を2回の晶析で製造することが可能になり、約20%のコスト削減が達成された。機能性塩開発においては、実海水に比べて約5倍の海藻生長促進機能をもつ人工海水用塩の作成に成功した。

【分野名】ナノテク・材料・製造、地質・海洋

【キーワード】イオン交換、分離技術、超高純度塩化ナトリウム

【研究題目】平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業（希少糖 D-ブシコースの製品開発・安全性・製造に関する研究）

【研究代表者】石川 満（単一分子生体ナノ計測研究ラボ）

【研究担当者】福岡 聡、田中 芳夫、長瀬 智美、大庭 英樹

【研究内容】

細胞のエネルギー代謝機能に対する、希少糖が有する抗活性酸素および代謝機能の亢進等の望ましい効果に至適な投与条件の評価、さらにグルコース等の補助因子の効果調べて、商品としての希少糖に付加価値を付与できる知見を獲得することが本研究課題の役割である。

着目した細胞に含まれるタンパク質の発現量とその分布に対する希少糖効果を解析し、特異的に発現あるいは発現が抑制されたタンパク質を探索し同定する。このようにして見出された標的タンパク質の細胞内動態を、量子ドット蛍光プローブ法を用いて単一分子レベルで調べることが目的である。この目的を実現するために、DNAチップ技術を用いて細胞に発現しているタンパク質の量と分布に対する希少糖の効果を解析する。また、蛍光プローブとして半導体量子ドットに着目する。量子ドットの合成、本来疎水的な表面を親水性にするための化学修飾、さらにDNAおよびタンパク質へ共役させる。

今年度は細胞に発現しているタンパク質の量と分布に対する希少糖の効果を、DNAチップ技術を用いて解析するための予備実験として、マイクロアレイ技術を用いて褐色脂肪細胞に特異的に発現している遺伝子の発現量を白色脂肪細胞と比較した。その結果、Northern法で得られていた結果と一致する結果が得られたので、マイクロアレイ法の信頼性が十分に高いことが確かめられた。可視領域で効率よく発光するので、従来から研究例の多いCdSe量子ドットの新しい合成法を探索した。その結果、従来法と比べてより危険度の少ない原料を用いて、より低温で進行する(100℃以下、従来法では230-300℃)反応を見出した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】褐色脂肪細胞、蛍光プローブ、量子ドット

【研究題目】カラーCCDカメラ画像をセンサー情報としたマイクロ操作システムの開発

【研究代表者】田中 芳夫(単一分子生体ナノ計測研究ラボ)

【研究担当者】大西 浩史、村上 昭継

【研究内容】

マイクロマシン、 μ -TAS (Micro Total Analysis System) など21世紀の産業の核と期待される様々な分野で、微小対象物を精密かつ自動的に操作する技術が必要とされている。このマイクロ操作技術のうち、非接触型のレーザーマニピュレーションは、光の放射圧を利用し、サブミクロンからミクロンサイズの対象物を操作できる。この方法は、比較的簡単に空間制御性に優れたシステムを実現でき、被操作対象を非接触操作できるため表面間の相互作用の影響がない、閉鎖系にも適用できる等のメリットもあり、様々な領域で注目されている。

カラーCCDカメラを視覚センサーとして利用し、メカトロニクス機器を制御するための画像処理と制御アル

ゴリズムを検討する要請を当該財団より受け、本研究ではこのレーザーマニピュレーション技術を対象に、画像処理により抽出した各種データ等を用いて、顕微鏡下のマイクロ作業を支援するシステムや微粒子操作を自動化する制御技術の開発を目標とした。平成14年度は、システム概念・基本設計を行い、カラーCCDカメラを視覚センサーとしたレーザーマニピュレーションシステムの基本的な実験系を構築した。また、マウスとパソコン上の複数のWindow画面をユーザーインターフェースとしたマイクロ作業支援システムを試作した。これにより、顕微鏡下のマイクロ作業の作業性が従来システムに比較して著しく向上できた。また、顕微鏡下でマイクロ微粒子の自動操作を行うための制御系概念設計および着色マイクロ微粒子の画像認識アルゴリズムの予備的検討を行った。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】マイクロ操作、光ピンセット、レーザーマニピュレーション

【研究題目】平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業(アルツハイマー痴呆早期診断のための計測用ヘルメットの開発)

【研究代表者】立山 博(基礎素材研究部門)

【研究担当者】立山 博

【研究内容】

脳波計測を行う上で、電極の形状や材質の研究が重要である。しかし、電極が指定部位の頭皮へ接着しなければ脳波は計測できない。そこで、頭髪をかきわけ頭皮へ接着する為の形状や頭皮に接着した際に、痛みを発生しない導電性高分子材料の選定を行い、最適な電極材料の評価並びにその開発を行った。電極材料を見極める際の条件として、電極抵抗が低いことが挙げられる。通常の導電性ゴムでは、皮膚からの電位変化を電解質溶剤を介してイオン移動で信号をとらえることになるため、導電性ゴムと電解質溶剤の界面に電気2重層が生成し、イオンの移動が妨げられ、電気抵抗が大きくなり良好な測定はできない。そこで、新たに超微粒銀粒子・シリコンゴム複合体の特性を検討した。銀粒子の表面は、電解質溶剤中でナノオーダーレベルで塩化銀等の化合物に変化し、界面でのイオン移動がスムーズとなり、電気抵抗の小さな電極となりうる。実際に、脳波計測用電極として用いた結果、銀入導電性材は感度的に脳波計測用電極として充分であることが明らかになった。特に、脳波計測用ヘルメットで用いる銀電極の先端に用いることで痛みを削減することが可能となった。

【分野名】ナノテク・材料・製造、ライフサイエンス

【キーワード】脳波計測用電極、超微粒銀粒子・シリコンゴム複合体、脳波計測用ヘルメット

〔研究題目〕平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業（マイクロカプセル化技術を応用した機能性製剤製造システムの開発）

〔研究代表者〕安部 英一（基礎素材研究部門）

〔研究担当者〕安部 英一、山田 則行

〔研究内容〕

液相法で調製されたマイクロカプセル（MC）は、内部に液体状あるいは固体状の熱に弱い薬物原体を含み、外壁である高分子膜は溶媒にぬれた状態となっている。このような MC から溶媒を除去すること、すなわち、乾燥する場合には経済的に有利な方法を用いるのが原則であるが、MC の特性として薬物原体や壁膜の性質を損なわないことが何より優先されなければならない。低温でしかも比較的高速の乾燥法として真空乾燥法がある。真空乾燥法は熱に敏感な物質の凍結・非凍結材料を真空下で加熱乾燥する方法であり、農薬製剤を目的とした MC の乾燥法として適切な方法のひとつであると考えられる。

アスピレーターを用いて脱水した3種のけい砂スラリー及び2種の MC スラリーについて、ダイヤフラム式真空ポンプと加熱チャンバーにより真空乾燥するときの被乾燥物の初期含水率、乾燥量、乾燥機温度を変化させて、MC スラリーの乾燥特性をけい砂スラリーのそれと比較することによって検討した。特に、けい砂スラリーについては真空乾燥そのものの特性を調べるために詳細な実験を行った。その結果、真空乾燥においては、含水率分布がほとんど生じないことから、湿潤材料の全域において乾燥が進行していることが示唆された。MC の乾燥速度は、けい砂に比較してやや遅くなる結果となった。これは湿潤状態の MC 表面が親水性であるために蒸気圧が低くなっていることによると推察された。

〔分野名〕ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕マイクロカプセル、薬物原体、真空乾燥、農薬製剤

〔研究題目〕平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業（メカトロ用高性能ナノコンポジット磁石及びサーボモータの開発）

〔研究代表者〕佐藤 富雄（基礎素材研究部門）

〔研究担当者〕佐藤 富雄、山田 則行

〔研究内容〕

従来の製造方法では開発できなかった、Sm-Fe-Co-N 系磁性相（ $\text{Sm}_2\text{Co}_{17-x}\text{Fe}_x\text{N}_y$ ：硬磁性相）と Co-Fe 合金（軟磁性相）とから成るナノコンポジット磁石の開発を最終目標として、マイクロエマルジョン法による $\text{Sm}_2\text{Co}_{17-x}\text{Fe}_x\text{N}_y$ 磁石粉末の成形に関して、最適粉体形状および最適粒度分布へ移行させる技術を確認する。本研究では、噴霧乾燥法によるナノ磁性粒子粉のミクロン

オーダーへの球形造粒技術の開発、粒度分布の検討・評価およびマイクロエマルジョン法で作製した造粒磁石粉によるボンド磁石の圧縮成形について検討した。

得られた主な研究成果は次のとおりである。

1. 噴霧乾燥法を採用することによって、出発原料であるサブミクロンの磁性粒子からミクロンオーダーの球形造粒粒子が得られ、その後の磁石粉末の固化成形性の向上を図ることができた。併せて、造粒時に磁性粒子の周りにエポキシ樹脂を均一コーティングする技術を開発した。
2. ナノオーダーの細孔を有する圧縮成形体得られ、且つその細孔径および細孔容積は硬化処理してもほとんど変化しなかった。
3. 噴霧乾燥粒子の金型投入時の流動性は手練粒子のそれと比較して向上することが分かった。また、成形時に亀裂も発生しない健全な成形体を得ることができた。
4. 作製したボンド磁石の成形密度は 5.5g/cm^3 であり、空隙を殆ど含まないほぼ真密度であることが確認された。ボンド磁石の磁気特性は 2.2MGOe であった。

以上の研究成果から、マイクロエマルジョン法で作製した磁石粉を用いたボンド磁石のサーボモータへの搭載が可能であることが見いだされた。

〔分野名〕ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕ナノコンポジット磁石、マイクロエマルジョン法、造粒、サーボモータ

〔研究題目〕平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業（電気製鋼炉用カーボン電極の酸化防止技術の開発）

〔研究代表者〕小川一太郎（基礎素材研究部門）

〔研究担当者〕小川一太郎、安達 芳雄、西久保桂子

〔研究内容〕

本プロジェクトは、黒鉛電極の酸化による消耗を抑制するための手法を研究開発するもので、本研究は、酸化抑制素材の選択と適切な組み合わせの検索を担当した。大型ブロック試料（直径50mm 高さ50mm）の酸化に伴う重量変化が逐次記録可能な酸化試験炉を試作した。昇温特性および重量の実測値について満足できる精度が得られた。装置の空気出口をより大きくすることで、製鋼用電気炉等、実用に近いより過酷な酸化条件下での実験が可能となった。 B_4C 及び SiC を主成分とする酸化抑制剤において、空気流量が小さい場合、 Al_2O_3 の添加により酸化抑制の効果が飛躍的に高まることが分かった。しかし、空気流量が 5l/min 程度の大流量の場合、耐酸化処理された黒鉛材の酸化による消耗は著しく急速になり、今後、空気流量と酸化速度の関係を明らかにする必要がある。 $\text{B}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ を主成分とする酸化抑制剤に各種添加物（18種類）を加えて、黒鉛材と酸化抑制剤との相互作用に及ぼす添加物の効果を調べた。その結果、いずれの添加物も、黒鉛材の表面近傍の気孔に侵入

するような良好な濡れ性を示さなかった。しかしバナジウム化合物及びクロム化合物を用いた場合、黒鉛表面の組織に異常が認められ、今後の黒鉛中の元素分布の測定、及びより高温での酸化試験が望まれる。また、純金属の添加により酸化抑制剤の発泡を避けることができることが明らかとなった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 炭素材料、黒鉛電極、耐酸化性

【研究題目】 平成13年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業（阿蘇産黄土を使ったダイオキシン類の吸着・分解剤の開発と実用化）

【研究代表者】 木村 邦夫（基礎素材研究部門）

【研究担当者】 木村 邦夫、恒松 絹江

【研究内容】

鉄鉱石焼結プロセス、ゴミ焼却プロセス等で発生する有害なダイオキシン類の抑制方法として、一般的に活性炭が利用されているが、吸着したダイオキシンの処理が不可欠であり、高温領域では利用できない。また、バッグフィルターでダイオキシン類を再合成している可能性も否定できず、活性炭吸着法に対する疑問も提起されている。

本研究では、熊本県阿蘇町に産する火山性天然鉱物の黄土を適正に加熱処理して細孔構造を制御することにより、ダイオキシン類を吸着し分解できることを見だし、吸着・分解のメカニズム、適正構造、熱処理方法等について検討した。

当所では、細孔加工のための熱処理方法調査、細孔加工の制御方法の開発、細孔加工装置の試作、黄土粉の流体特性と熱物性の評価並びに熱処理・吹き込みプロセスの設計を担当した。また、共同研究企業において実操業焼結炉で使用試験が行われ、排ガス中と飛灰中のダイオキシン類低減効果を確認し、国内産資源の阿蘇黄土を原料とするダイオキシン類吸着・分解剤を安価に製造する技術を確認した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 阿蘇黄土、細孔構造、熱処理、ダイオキシン類、吸着剤、分解剤

【研究題目】 平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業（ナノサイズ蛍光粒子製造用マイクロ流体システムの開発／マイクロ流体システムを用いるマイクロ化学プロセスの確立）

【研究代表者】 前田 英明（マイクロ空間化学研究ラボ）

【研究担当者】 前田 英明、中村 浩之

【研究内容】

マイクロ流体システムを用いるマイクロ化学プロセスの確立に関し、本年度はリアクターの構造並びに合成条

件を最適化により、所望特性を有する CdSe ナノ粒子の製造プロセスを確立することを目的とし、反応温度および時間のコントロールによる粒子径のコントロール法の確立、得られた生成物の蛍光特性評価をおこない、さらに CdSe ナノ粒子をコンスタントに合成できる方法の確立を試みた。キャピラリー型マイクロリアクターを用いて CdSe ナノ粒子を製造する際、反応温度および滞留時間を調整し、粒子径をコントロールする方法を確立し、これにより粒子径約2-5nm、蛍光波長500-630nm 程度の粒子を任意の大きさで製造することができるようになった。蛍光強度や粒度分布の広さは、粒子径とともに変化し、粒子の結晶性や成長プロセスが影響することが考えられた。本法による CdSe の合成は非常に再現性が高く、粒子径、蛍光波長のみならず蛍光スペクトルの強度も非常に再現性よく合成できることがわかった。またさらに CdSe ナノ粒子の原料溶液の調製方法およびその製造方法を規格化し、半値幅40-45nm の蛍光スペクトルを持つ CdSe ナノ粒子をコンスタントに合成できるようにした。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 マイクロリアクター、ナノ粒子、蛍光タグ

【研究題目】 平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業（ヒト細胞を用いた次世代型高機能タンパク質生産システムの開発／白血病関連タンパク質の発現技術の開発）

【研究代表者】 大庭 英樹（基礎素材研究部門）

【研究担当者】 大庭 英樹、Rumiana Bakalova

【研究内容】

株化白血病細胞の中から、病態の異なる数種の細胞を選び、これら細胞と正常白血球細胞から全タンパク質を抽出し、得られたタンパク質をプロテオーム解析とレクチン担持カラムクロマトにより白血病細胞のみに発現しているタンパク質の同定を行う。

株化白血病細胞は Jurkat（急性リンパ性白血病）及び Daudi（バーキットリンパ腫）を RPMI-1640培地で 37℃、5%CO₂雰囲気下で培養し、対数増殖期にあるものを用いた。正常 T 細胞は健康人（♂24歳）の末梢血からリンホセパール I により分離し、上記同条件下で48時間培養したリンパ球画分をさらに Stem Sep T 細胞用（ベリタス社）を用いて調製したものを用いた。細胞からのタンパク質抽出は組成の異なる3種の抽出液を用いて3段階で行った。得られた蛋白質は2次元電気泳動装置（Amersham Pharmacia Biotech 社）を用いて分析した。レクチン担持カラムは CNBr-activated Sepharose 4F（Amersham Biosciences 社）に小麦胚芽凝集素（WGA）を化学的に結合させて調製した。溶出は8M Urea を含む PBS(-)を用いて行い、さらにカラムに吸着したタンパク質は WGA の特異糖質である N-アセチ

ル-D-グルコサミンを含む同溶出液により溶離した。

Jurkat、Daudi、及び正常T細胞からタンパク質を得た。得られた各抽出タンパク質を2次元電気泳動したところ、泳動パターンに違いが観られた。特に高分子量のタンパク質に違いがあることが判明した。また、Reagent 2及び3で抽出して得た3種類の細胞の細胞膜上に存在するタンパク質をWGA担持カラムクロマトで分析した結果、Jurkat由来の膜タンパク質は同カラムに吸着することなく素通りするタンパク質と、同カラムに吸着してGlcNAcで溶出される画分に分けられることが判明した。Daudiの場合は膜タンパク質のうち同カラムに吸着する画分は無かった。一方、正常細胞の膜タンパク質の一部は同カラムに吸着するが、そのほとんどは吸着することなく溶出することが判った。これらの結果から3種の細胞では細胞膜上に存在するタンパク質に違いがあることが明かとなった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ヒト細胞、白血病、高機能タンパク質

〔研究題目〕 平成14年度地域新生コンソーシアム研究開発事業（マイクロ化学プラントを用いた焼酎蒸留残渣の有効利用技術の開発）

〔研究代表者〕 安部 英一（マイクロ空間化学研究ラボ）

〔研究担当者〕 安部 英一、前田 英明、宮崎真佐也、小濱 亮、天本 真里子

〔研究内容〕

本プロジェクトでは、クエン酸から乳酸を合成する酵素反応マイクロリアクターの開発を目指して研究を行う。産総研では、このマイクロリアクターの高効率化のため、マイクロチャンネル壁面を化学修飾し、酵素を固定化する技術の開発ならびにマイクロリアクターのチャンネル形状や材質などの検討を行った。以前我々は、マイクロリアクターで酵素反応を行うことにより、反応を効率化できることを見出した。さらにこれを発展させ、酵素を固定化する技術の開発にも成功した。しかしながら、なぜ酵素固定化マイクロリアクターではバッチでは達成できない反応効率化が可能となるかは不明であったし、また本方法では酵素を共有結合により完全に固定化するため、マイクロリアクターを集積化した場合、酵素の失活に伴いマイクロリアクター自身も廃棄せざるを得ないという欠点があった。そこで、酵素固定化マイクロリアクターの反応促進機構の解明と、それを利用し、さらに発展させた酵素の可逆的固定化方法を開発した。FE-SEMを用いた観察から、我々の開発した化学修飾方法により、マイクロチャンネルの表面に多孔質構造が構築されることがわかった。また、チャンネル表面をさらに高度に化学修飾し、ジスルフィド結合や錯体形成によるマイクロチャンネル表面への酵素の可逆的な固定化方法も開発した。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 マイクロリアクター、酵素、表面修飾

〔研究題目〕 酸化チタン被覆微細中空ガラス球の開発とそれを用いた環境浄化に関する研究

〔研究代表者〕 木村 邦夫（基礎素材研究部門）

〔研究担当者〕 木村 邦夫、安部 英一、恒松 絹江

〔研究内容〕

本研究の目的は、当所で開発した環境浄化剤（アナターゼ型酸化チタン被覆微細中空ガラス球状体）製造技術をベースとした廃水処理のための高効率リアクターの開発と、既存の技術を融合させた食品加工廃水用トータル処理システムの構築である。円筒容器の中心に15W殺菌灯を設置し、円筒と殺菌灯の間隙（約10mm）にアナターゼ型酸化チタン被覆微細中空ガラス球状体（平均粒径 $25\mu\text{m}$ ）を充填する構造では、水の浄化の場合、浄化装置1本当たりの処理量は50ml/min以下であった。処理量を増加させる手段として、環境浄化剤の粒径を100m程度に大きくすることが必要と判断された。しかし、粒子が粗くなると比表面積（単位重量当たりの表面積）が小さくなる。紫外線が照射されているアナターゼと汚染物質が接していないと反応（浄化）しないということからは不利である。バナジウムやタングステンの酸化物が光触媒能を上昇させる効果があることは知られている。実験の結果、タングステンの添加では、結晶子サイズが小さくなり、またNO_xを含む空気の浄化能も上昇する結果を得ることができたが、工業的にはコスト高は避けられない。一方、上記環境浄化剤の調製過程でアルミナの添加を試みた結果、光触媒能を上昇させる効果が認められた。今後、これを用いた水の浄化実験を行う計画である。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 排水浄化、酸化チタン、微細中空ガラス球状体、光触媒

〔研究題目〕 平成13年度地域新生コンソーシアム研究開発事業（光学式免疫センサを用いた環境ホルモンの同時検出システムの開発）

〔研究代表者〕 前田 英明（マイクロ空間化学研究ラボ）

〔研究担当者〕 前田 英明

〔研究内容〕

内分泌かく乱化学物質（いわゆる環境ホルモン）は、極低濃度でも生体ホルモンが受容体に結合して生物活性を発現する過程に介入して、その作用を阻害する。従来このような微量の環境ホルモンを検出する分析ためには、ガスクロマトグラフ質量分析計（GC-MS）や高速液体クロマトグラフ（HPLC）の非常に高価で大型の装置を使用する必要があった。加えて簡便な測定に欠け、多成分の同時分析を行うことが困難であった。本研究では、高感度かつ高選択的でありながら、低価格で簡便、かつオンサイトで多成分の同時分析が可能な小型センサシステムの開発・構築を行うためにマイクロリアクター技術を応用することとし、九州大学はじめ九州地域の企業と

連携して研究を行った。

産総研ではマイクロチャネル構造体の最適化試験を行った。リアクター素材として、ポリジメチルシロキサン (PDMS) 樹脂を選定し、作製方法並びに PDMS 表面の親水化処理法を検討し、環境ホルモン分析用マイクロチャネル構造体の設計・試作を行った。その結果、ウレタン樹脂を鋳型として PDMS 樹脂をマイクロ成形し、ガラス、PDMS 樹脂、アクリル樹脂から成る多層構造マイクロチャネルチップの開発に成功した。また、酸素プラズマ処理による PDMS 表面の親水化に成功し、最終的に低コスト、量産性に優れた多層構造マイクロチャネルチップの設計・作製技術を確立した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 マイクロリアクター、環境ホルモン

－科研費補助金－

【研究題目】 生命システム解明を目指した NMR による生体分子間相互作用解析法の開発

【研究代表者】 高橋 栄夫(生物情報解析研究センター)

【研究担当者】 高橋 栄夫

【研究内容】

目標 生体内に存在するタンパク質群は様々な分子間で相互作用をしてその機能を発揮する。研究代表者はタンパク質複合体の相互作用面を原子レベルで決定できる NMR 手法－交差飽和法－を開発しているが、本研究では、本法の測定感度向上、および適用できる複合体分子量限界などの拡張を行い、本法をハイスループットで網羅的な解析を行うことが可能な手法へと展開することを目標とする。

研究計画 1) 感度および(飽和移動) 効率を向上することを目的とした側鎖プローブを選定し、作成したシミュレーションプログラムによる検討を行う。2) 本法を実現するための安定同位体標識法の検討、および実際のタンパク質複合体試料の大量調製を行う。3) 本法実現のための NMR 測定法の開発、および測定条件の最適化を行い、有効性を検証する。

年度進捗状況 1) 測定感度等の観点からメチル基をプローブとする側鎖交差飽和法の検討を行った。シミュレーションによる検討の結果、メチルプロトン、その緩和特性から交差飽和法に極めて適していることが明らかとなった。2) アミノ酸前駆体の利用と重水培養法を組み合わせることで、本法に適したメチルプロトン選択的な標識試料を高収量で作成することができた。3) シミュレーションの予想通り、メチルプロトン検出の感度は高く、測定時間は従来法に比べ数十分の一に短縮できた。さらに側鎖をプローブとしたことで、短い照射時間で効率良い飽和移動が起こることが実験的にも示された。これに加え、メチル基の緩和特性を考慮し、測定法を改変することでさらなる感度向上が可能なことが明らかとなり、ハイスループットな解析

への適用可能性が一段と高まった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 タンパク質、相互作用、核磁気共鳴 (NMR) 法

【研究題目】 ゲノムワイドな膜蛋白質の構造、機能分類 G 蛋白質共役型受容体への応用

【研究代表者】 諏訪 牧子(生命情報科学研究センター)

【研究担当者】 諏訪 牧子、広川 貴次

【研究内容】

ゲノムワイドに膜蛋白質の立体構造情報、機能情報を抽出する方法論の提示を目的とする。具体的には、1) 各種ゲノムから、膜蛋白質を予測し、全体での分布を明らかにする。2) 配列情報から構造の違いを識別する認識法を確立し、構造型の個数を明らかにする。3) 構造の観点からの分類情報と機能との相関性を体系化して整理し、機能の多様性も含めた分類にする。4) 分類後の代表配列に対し精度の良い立体構造モデリング法を確立する。5) 以上の情報を含む総合データベースを作成する。本研究の最終目的は、全ての膜蛋白質に対して構造、機能情報を与えることだが、今年度はモデルケースとして GPCR に焦点を絞る。年度進捗状況は以下の通り。

- (1) 構造・機能分類：13年度までに完成した GPCR 遺伝子発見システムを整備し、他の生物種へ応用するため各解析プログラムの閾値を決定した。また、極性表面による立体構造認識プログラムを整備し、GPCR 遺伝子候補を構造情報(蛋白質内部の極性表面)で分類する基盤を作った。さらに機能分類を目的とし膜貫通ヘリックス、ループ、リガンド、結合 G 蛋白質等の物理的特徴量の相関性を多変量解析等で整理した。
- (2) 立体構造モデリング：対象配列が立体構造既知蛋白質のホモログであれば、比較モデリング法を行う。これに該当する Class A 受容体から代表配列を選択し、多重アラインメントすることで、膜貫通ヘリックス部分に特徴的な保存残基を抽出し、膜蛋白質に特化したアラインメント法開発の基礎を作った。膜外ループについては、膜外の短いループ、膜外で構造を作る長いループ、膜内に埋没するループに分類して構造予測する方法を確立した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ゲノム、G 蛋白質共役型受容体、構造分類、機能分類、網羅的解析

【研究題目】 ゲノム・プロテオームデータベースの連携による高次生物知識発見に関する研究

【研究代表者】 高橋 勝利(生命情報科学研究センター)

【研究担当者】 高橋 勝利

【研究内容】

完全ゲノム DNA 塩基配列データベース、mRNA 発現データベース及びプロテオームデータベースを相互に

連携し、各データベースに含まれる情報の相互補完・対応づけを行った上で、高次の生物知識を発見する事を目的とし、研究を行った。

1. 【プロテオームデータベースを利用したゲノム塩基配列からの遺伝子発見】

ここではプロテオームデータベースに含まれるペプチド質量数情報などを使って真核生物ゲノム配列からの遺伝子発見成功率を格段に向上させ、さらにエクソン・イントロン境界に関するルールを発見することを目指す。

2. 【完全ゲノム DNA 塩基配列データベースを利用したタンパク質同定法の確立】

完全ゲノム配列データベースからの遺伝子発見結果に立脚したローバストなタンパク質同定法を確立する。また、ここで精密化したプロテオームデータベースを使って、上項目の遺伝子発見を行う。この操作を繰り返すことにより、遺伝子発見とタンパク質同定の両者の整合性をとりつつ両者の認識率向上をねらう。

3. 【mRNA 発現パターンとタンパク質発現パターンとの相互比較による生物知識発見】

ここでは系に同じ摂動が加わった際の mRNA 発現パターンとタンパク質発現パターンとを相互比較し、摂動に対してグループで働く遺伝子群の特定や、タンパク質蓄積のメカニズムなどの高次生物知識を発見するための解析アルゴリズムの確立を目指す。

具体的には、以下の研究を実施した。

1. タンパク質2D-PAGE 像自動解析システムを改良し、プロテオームデータベース、タンパク質質量分析データベース機能を統合した統合プロテオーム解析支援システムを開発した。

2. 公的データベースに含まれる mRNA 発現パターンとタンパク質発現パターンとの相互比較を行うアルゴリズムを開発し、パターン間の相関を検出した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 mRNA 発現プロファイル、タンパク質発現プロファイル

〔研究題目〕 好熱性古細菌由来 NusA、G 両蛋白質の立体構造に基づく mRNA 伸長制御機構の解明

〔研究代表者〕 小池 英明 (脳神経情報研究部門)

〔研究担当者〕 小池 英明

〔研究内容〕

NusA、NusG は真正細菌と古細菌に共通する蛋白質であり、mRNA や RNA ポリメラーゼと相互作用して、転写開始後に mRNA の伸長を停止 (NusA)、あるいは、停止を解除 (NusG) する。本研究では、NMR 測定をもとに、超熱性古細菌 *Thermoplasma volcanium* 由来の NusA 蛋白質、および超好熱性古細菌 *Pyrococcus OT3* 由来の NusG 蛋白質の立体構造の決定および構造と機

能との関連を明らかにすることを目指した。NMR シグナルの帰属を詳細に検討した結果、NusA 蛋白質では単量体内だけでなく、単量体間に起因するシグナルを識別でき、溶液中で二量体を形成することを確認できた。NusA 蛋白質の単量体は RNA 結合蛋白質に多く見られる類似のドメイン2つから構成され、C 端側のドメインが会合面となって二量体を形成していた。NusG 蛋白質の場合はドメイン内のシグナルを同定することには成功し、2つのドメイン構造の決定には成功したが、ドメイン間のシグナルや両ドメインをつなぐリンカーの構造を示唆するシグナルを同定できず、よって、このリンカー部は溶液中で真に柔軟な構造を取ることが分かった。NusG は、N 側と C 側は異なるドメインに分類され、両ドメインが柔軟なリンカーによりつながっている。決定された立体構造座標を元に蛋白質表面の電荷分布を計算した結果、電荷の偏った分布が見られた。これらを基に NusA、NusG 両蛋白質と RNA ポリメラーゼおよび RNA との相互作用に関して仮説を提唱することができた。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 蛋白質、立体構造、転写制御、古細菌

〔研究題目〕 水素結合による分子組織体を經由するナノワイヤー形成の動的制御

〔研究代表者〕 玉置 信之 (物質プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 玉置 信之、長沢 順一

〔研究内容〕

非共有結合に基づく分子の自己組織化によって機能を持ったナノ構造体を形成しようというボトムアップ型の構造形成技術は、ナノテクノロジーの重要課題の一つである。本研究の目的は、分子の自己組織化を機能性ナノ構造体形成の中間体として利用する技術の開発である。より具体的には、導電性等が期待できる共役高分子のナノファイバーをモノマー分子の自己組織化を經由して合成するための手法を確立することである。我々はすでに2つの水素結合性ウレタン基と2つのコレステロールを有するジアセチレン誘導体が、非極性溶媒の良好なゲル化剤となり、かつゲル状態での紫外線照射で重合しポリジアセチレンのゲルを生成することを見いだしている。今回、コレステリル基の代わりにドデシル基を導入した化合物やスパーサーに嵩高い置換基を導入した化合物を合成し、化学構造とゲル化能の関係を検討した。

コレステリル基とドデシル基を両端に導入した化合物の有機溶媒に対するゲル化能を調べたところ、1wt%で非極性溶媒をゲル化し、紫外光照射により重合して濃紺のゲルを与えた。一方、両端にドデシル基を導入した化合物はゲル化を起こさなかった。以上よりゲル化にはコレステリル基が1つは必要であり、コレステリル基はゲル化に際して分子間のパッキングに寄与しているものと推測している。また、アミノ酸としてイソロイシンを導

入した化合物は溶解性が大きく、各種の溶媒に対してゲル化が起こらなかった。ゲルの IR 測定からウレタンのアミノ基とカルボニル基間で水素結合が形成されていることが示唆されており、嵩高い置換基が水素結合部位の近くに存在すると水素結合の形成を阻害するものと考えられる。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 自己組織化、有機ゲル、光重合、ナノ構造体、ナノワイヤー

〔研究題目〕 硝酸態窒素を蓄積するイオウ酸化細菌の動態解析と数理モデル化による環境影響評価

〔研究代表者〕 左山 幹雄（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 左山 幹雄

〔研究内容〕

平成14年度は、細胞内に硝酸態窒素を高濃度に蓄積するイオウ酸化細菌（NA-SOB）の、堆積物表層における動態解析手法の確立を目的として、以下の研究を行った。

1. 生息状況の時空間的動態の解明：東京湾堆積物表層に生息している NA-SOB の16S rDNA の配列を解読した。ヨーロッパ沿岸域の堆積物表層に生息している NA-SOB の配列と比較し、海域により異なる種の NA-SOB が生息していることを明らかにした。NA-SOB の種組成は、時空間的に大きく変化している可能性が高い。今後、東京湾の NA-SOB の clone library を作成し、種組成の変化を迅速に検出できる手法を開発する予定である。また、NA-SOB の細胞内に蓄積されている NO_3^- -N pool size が、種や生息環境によりどのように変動するかを解明するために、減圧化学発光式 NO_x 計を用いて single filament の NO_3^- -N pool size を測定する手法を確立した。
2. 時空間的動態を調節している環境要因の解析：水一堆積物界面の環境条件（ $\text{DO} \cdot \Sigma \text{S}^2$ -濃度など）を現場環境下で鉛直方向に mm の空間スケールで測定できる「現場設置型水一堆積物界面濃度プロファイル測定装置」を導入し、現場試験を行った。
3. 窒素代謝メカニズムの解明：NA-SOB を実験室環境下で維持できる培養実験系を構築した。未攪乱堆積物コアを対象として窒素循環過程を擬似現場条件下で測定することが可能な ^{15}N 法を、NA-SOB が生息している培養実験系に適用し、予備的な検討を行った。また、NA-SOB の single filament を対象に、 ^{15}N を用いて細胞内の NO_3^- -N pool の濃度と turn over を解析する方法について検討を行った。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 イオウ酸化細菌、硝酸態窒素、窒素循環

〔研究題目〕 自己組織化ナノ潤滑膜を用いた摩擦制御に関する研究

〔研究代表者〕 加藤 孝久（機械システム研究部門）

〔研究担当者〕 石田 敬雄、益子 正文

〔研究内容〕

（目標）

本研究で提案するナノ潤滑システムは、固体表面に分子層厚さの表面吸着層（以後吸着層と呼ぶ）を固定し、続いて吸着層の上にそれと同じスケールの自由流動層（以後流動層と呼ぶ）を配置して摩擦制御を行うという新しい概念である。吸着層分子には有機シリコン化合物およびフッ素系高分子を用いる。前者は自己組織化単分子膜（Self Assembled Monolayer: SAM）の研究で頻繁に用いられている分子であり。後者は宇宙用潤滑剤、磁気ディスク用潤滑剤として用いられているものである。流動層に関しては表面エネルギーの低いフッ素系高分子を考えているが、炭化水素分子も扱いやすいという意味で有力な候補である。このように、改質表面／吸着層／流動層ナノ潤滑システムを構築するが、このときに重要なことは、ナノ潤滑システム作成における大気の影響である。大気中には、酸素、水分子、イオン性汚染物質（いわゆるコンタミ）が含まれており、これらが層間に入り込むとある条件の下で液体分子鎖を切断すると言われている。本研究ではコンタミの影響を明らかにして表面改質、吸着層固定、流動層塗布を適切な連続プロセスで行うことが目的である。

（研究計画）

ナノ潤滑膜を固体表面に固定するには、潤滑剤分子の官能基を固体表面に吸着させる。このとき、固体表面を改質して適度にアクティブにすることが重要であり、これによって自己組織化分子の密度を調節できる。本研究では、DLC（ダイヤモンドライクカーボン）スパッタリング（現有装置）を行うに際してスパッタ室内の窒素分子量を調節することによってカーボンの sp^3 結合（ダイヤモンド結合）と sp^2 結合（グラファイト結合）の比率を調節し、これらの自己組織化膜形成への影響を研究する。続いて、末端に官能基を持つフッ素系化合物 Perfluoro-polyether（PFPE、 $\text{X-CH}_2\text{-CF}_3\text{-(OC}_2\text{F}_4)_p\text{-(OCF}_2)_q\text{-OCF}_2\text{-CH}_2\text{-X}$ 、 X:OH 、 COOH などの官能基）の自己組織化単分子膜を上で製作した改質固体表面上に形成させる方法を研究する。吸着層の厚さはフッ素系化合物を溶剤に溶かした時の濃度、ディップコーター（塗布装置、現有）にて塗布する時の条件、塗布後の高温処理の時間に依存するとされているが詳細は不明であり、本研究で明らかにする。形成状態は原子間力顕微鏡、接触角を測定することにより、また XPS（X線光電子スペクトル解析装置）を用いて元素分析することにより同定する。さらに、吸着層の厚さはエリプソメータを用いて計測する。さらに、超薄膜スクラッチ試験機を用いて薄膜の付着強度を計測する。これらの結果から、単分子膜の最適形成条件を提案する。

（年度進捗状況）

潤滑剤には表面保護のための吸着性と低摩擦のための流動性が必要であるが、これらは互いに相反する性質であるため、個々の分子にこれらを同時に期待することはできず、吸着性を受持つ固定層と流動性を受持つ流動層の二層構造にしなければならない。ただし、昨今の状況から潤滑膜は分子オーダーでなるべく薄いことが要求されるため、究極的にはそれぞれが単分子層程度からなる二分子層潤滑膜開発が重要となる。固定層の膜厚は溶液の濃度、ディスクの溶液への浸漬時間、浸漬・引上げ時間そして後処理としての熱処理時間に依存する。本年度はこれらを変化させて固定層の膜厚制御を行い、その結果として、約4Åから15Åまで1Åの制度で制御する技術を開発した。この固定層の上に流動層を0Åから30Åまで変化させて被覆し、この二分子層潤滑膜試料を用いて、摩擦係数および耐久性を評価した。その結果、①固定層は密なほど摩擦係数は低く耐久性は高い、②総膜厚が一定の場合には固定総率 (bonded ratio) が高いほど摩擦係数は低く耐久性は高い、③固定層、流動層いずれも厚さが15Å、すなわち単分子層厚さのときに摩擦特性、耐久特性共に最も優れていることを見出した。続いて、SAM (自己組織化単分子膜) を用いて複合構造ナノ潤滑膜の開発に取り組んだ。これは SAM により二次元パターンを形成し、これとフッ素系潤滑剤とを用いる方法である。スクラッチ試験機による評価の結果、層膜厚が10Å~20Åの場合には、開発した複合潤滑膜のほうが従来のフッ素系潤滑膜より高い強度を示すことがわかった。今後は実用化の観点からこの複合潤滑膜の信頼性、実用性評価を行う。

[分野名] ナノテク・材料・製造

[キーワード] 自己組織化単分子膜、ナノ潤滑膜、スクラッチ試験、磁気ディスク

[研究題目] ユーザと情報システムとの認知的調和のための確率的制御機構の研究

[研究代表者] 麻生 英樹 (情報処理研究部門)

[研究担当者] 浅野 太、速水 悟、伊藤 克直、原 功、秋葉 友良、本村 陽一

[研究内容]

本研究は、ユーザと情報システムとの認知的調和を実現できるようにするために、どのような確率的制御メカニズムが適切であるか、あるいはそのメカニズムがどの程度複雑なタスクに対して有効であるかを明らかにすることを目的とする。

平成14年度は、以下の3項目について研究を実施する。

- ・インタラクション中のユーザの状態の推定データの解析と確率的推論に必要な特徴量の抽出、ラベル・タグなどの情報の付加を行う。
- ・確率モデルとマイクロフォンアレイ画像入力装置及びロボットシミュレータ等を組み合わせた確率的対話制御メカニズムの有効性評価の環境を整備する。

- ・評価用インタラクティブシステムを用いて、確率的対話制御メカニズムの予備的な評価を開始するとともに、評価結果を用いて確率的制御メカニズムの改良、拡張を行う。

平成14年度は以下の成果を得た。

- 1) インタラクティブシステムを構築し、インタラクション中のユーザ状況の推定基盤データ収集および人手によるラベリングを行った。並行して音響信号と画像信号を統合してインタラクション中のユーザの発話状況や発話位置を推定する方法を提案し、上記のデータを用いて評価を行った。この結果、画像情報と音声情報とをペイジアンネットによって確率的に統合することでユーザの発話状態が推定できることを明らかにした。
- 2) 音声検索タスクおよび講演発話における自由発話データの収集・タグづけを行ないデータの分析を行った結果、音声検索タスクにおいて被験者に検索要求の背景から検索質問を想像させることで自由な発話に近いデータを収集できることを明らかにした。
- 3) Unified Modeling Language : UML をベースとした確率的タスクモデリングの概念を提案し、そのモデルにもとづいたインタラクションの柔軟な制御方式について検討を行った結果、提案方式が柔軟なインタラクションを実現する枠組みとして有効であることを確認した。

[分野名] 情報通信

[キーワード] ユーザインタフェース

[研究題目] 完全連通孔高強度アパタイト多孔体を用いた間葉系幹細胞増殖・分化技術の確立

[研究代表者] 大串 始 (ティッシュエンジニアリング研究センター)

[研究担当者] 大串 始、池内 正子、廣瀬 志弘、町田 浩子、寿 典子、木原 隆典、大島 央、吉田 綾子、池田 悦子

[研究内容]

我々は種々のアパタイトセラミック多孔体と骨髄細胞 (新鮮および培養細胞) の複合体を用いる事により、この複合体が骨形成能をしめす実験系を確立してきた。この事は間葉系幹細胞がアパタイト表面に吸着されることを示している。しかし、この骨形成には多量の細胞数を必要とすることより、この吸着効率を決して高くなかった。

例えば、培養骨髄細胞を5mm の直径で2mm の厚さの多孔体セラミックに付加する場合、約200,000個の細胞を要する。この効率の悪さの原因は、用いたアパタイトの気孔の連通性が悪いか、あるいは連通性が良好でもランダムな連通性に原因の可能性がある。すなわち、連通性が悪いかまたはランダムな場合は、必ず多孔体中のどこかに空気が残留する結果となり、細胞浮遊液の浸透

が阻害される。さらに、アパタイト表面と幹細胞表面との親和性が低い可能性もある。研究分担者の伊藤敦夫は長年アパタイトの研究に従事し、最近アパタイトセラミックに気孔の連通性が完全であり、さらにこの気孔が同軸方向に配列できる技術を確立した。そのため、この多孔体を利用すると細胞浮遊液を浸透させる際に空気の残留が起こらず、用途に応じて気孔径、気孔率、気孔方向を自由に変更できる。この伊藤により作製されたセラミックを用いることにより、アパタイト内での骨髄細胞浮遊液を自由自在の方向に導入可能であり、ひいては表面改質や組成変更によりアパタイト表面と細胞の接触数や接着時間を制御することも可能で、幹細胞の多孔体セラミックへの吸着効率が格段に増加出来ることを示唆している。

そこで、この新規多孔体セラミックや種々の無機および有機の因子を用いて、間葉系幹細胞の増殖を10~100倍に、骨芽細胞への分化効率を数倍に高める研究をおこなう。さらに、間葉系幹細胞の肝細胞への分化ならびに神経細胞への分化を行い、異所性の肝組織形成および脊髄損傷治療等への応用可能なセラミック・再生神経複合体作製をめざす。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 骨、生体材料、細胞培養

【研究題目】 ヒトの主観的味覚特性と味覚中枢の活動との相関に関する研究

【研究代表者】 齊藤 幸子（脳神経情報研究部門）

【研究担当者】 小早川 達、小川 尚（熊本大学・医学部）、興梠 征典（熊本大学・医学部）、大串 幹（熊本大学・医学部）、池田 稔（日本大学・医学部）、生嶋 一郎（熊本大学・医学部）、小野田恵子（日本大学・医学部）

【研究内容】

ヒトの大脳皮質味覚関連野は最近までほとんど分かっていなかったが、ヒトの脳活動を非侵襲的に計測する方法が用いられるようになって徐々に明らかになってきた。しかし、これらの活性化された領域がどのような心理学的意味を持っているかについては全くわかっていない。また、味覚中枢への伝導路についてもわかっていない。本研究では、主観的味覚特性と大脳の味覚関連賦活部位の相関を明らかにし、同時にヒトの味覚中枢伝導路に関する検討を行う。

実験計画は、産業技術総合研究所にて、味物質や濃度による味覚一次野の活動の特徴を検討し、また、日本大学医学部から実験協力を受けた鼓索神経切断症例のボランティアに対して、味刺激に対するMEG計測を行う。熊本大学では味覚障害を訴える患者の味覚検査から、実験協力者となりうる中枢性味覚障害者を選ぶ。

（進捗状況）

主観的味覚特性のうち、塩味の感覚的強度とヒトの大脳第一次味覚野の活動との関係を脳磁場計測（MEG）によって調べた。慢性中耳炎に対する手術の際、一侧の鼓索神経を切断した症例に対し、健常側の鼓索神経に対する味覚刺激を行い、中枢の味覚応答をMEGにより計測した。熊本大学医学部内に分担者を中心とした味覚研究グループを発足させて、味覚異常者の味覚検査がスムーズに行えるようにするとともに、健常者・味覚異常者の客観的味覚検査を、fMRIを用いて行なうために倫理委員会に申請し、対象となる健常者の客観的味覚検査を、fMRI法を用いて行なった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 味、脳磁場、脳活動

【研究題目】 高親和性抗体を用いた臨床検査用プロテインチップの開発

【研究代表者】 古川 功治（年齢軸生命工学研究センター）

【研究担当者】 古川 功治

【研究内容】

本年度の研究目標は以下に焦点を絞った。1) 高親和性抗体のデザイン、2) 抗体発現系の確立、3) 抗体創製効率化の免疫学的基盤解明。

まず、1) については、これまであまり議論されていない「H-L鎖の角度」に注目した新たな構造分類を可能にするコンピュータプログラムを作成した。これを用いて、現在明らかになっている抗体の立体構造を網羅的に解析した結果、H-L鎖の tilt 角が H63番のアミノ酸の種類に応じて変化していることを見いだした。抗体デザインに必須の知見である。(学会発表済、論文作成中)。また、高親和性化のデザインでは、抗原結合部位の構造をフレキシブルにすべきかが常に問題となる。我々は、抗体の親和性成熟を反映する一群のモノクローナル抗体の抗原結合を速度論的、熱力学的に詳細に解析し、ここで観られる親和性成熟法が「ジッパーモデル」→「lock & key モデル」の方向であることを見いだした(*Mol. Immunol.*, 2003.)。2) については、米 Scripps 研究所の P. Schultz 博士より恵与して頂いたファージディスプレイ発現系を改変することにより抗体発現系を作成し、抗体の Fab 部分が効率良く発現されるだけでなく、パニングにより、例えわずかな抗原親和性の差でも高親和性抗体を確実にスクリーニング出来る系を確立できた。3) については、B細胞レパトリーの網羅的解析法、解析結果表示法を確立するとともに、免疫応答に沿って起こるレパトリー変化を精査してきた。この結果、B細胞の取捨選択は単純に抗原親和性のみ依存するのではなく、細胞の増殖能にも依存し、このことは抗原受容体のクラスにも影響を及ぼしていると考えられた。これらの知見は、個体が持つ免疫履歴とも深く関わっており、抗体作製の最重要ステップであるモノクロー

ナル抗体作製段階の科学的基盤確立に大きく貢献する
(論文投稿中、作成中)。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 高親和性抗体、親和性成熟

【研究題目】 ナノコンポジット基板を利用したナノデバイス作製基礎技術

【研究代表者】 越崎 直人 (界面ナノアーキテクトニクス研究センター)

【研究担当者】 佐々木 毅、清水 禎樹、寺嶋 和夫

【研究内容】

構造が精密に制御されたナノコンポジット基板とマイクロプラズマ技術を利用してカーボンナノチューブ生成実験に適用することで、機能部品同士の結線などに必要となる低温での無機系ナノ構造体の生成技術の検討を行った。ナノコンポジット薄膜基板上でのカーボンナノチューブアレーの生成に関しては、モリブデンをマトリックスとし、カーボンナノチューブ生成触媒となるニッケル金属をナノドットとして含有するナノコンポジット薄膜基板を作製し、この上にホットフィラメントプラズマ CVD 法によりナノチューブを成長させた。1時間のプロセスにより、カーボンナノチューブが自己集合してあたかも杉の木のような形を形成し、これが基板上面に森のような分布した特長的な構造を形成することを見出した。マイクロプラズマ技術を利用したナノワイヤリング用基礎技術に関する研究では、微小空間に閉じこめられたマイクロプラズマを使って、カーボンナノチューブの低温・大気圧条件下での生成を目指した実験を行った。100ミクロン以下のガラスキャピラリー中にメタン・アルゴン混合ガスを導入し、プラズマを室温・大気圧条件下で発生させることで、結晶性グラファイトの生成が確認された。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 ナノコンポジット、基板、マイクロプラズマ、カーボンナノチューブ

【研究題目】 個々の分類群のアバundance分布に基づくアンモニア酸化細菌群集の動態解析手法の研究

【研究代表者】 諏訪 裕一 (環境管理研究部門)

【研究担当者】 庄司 正、関戸 尊子、

Paul Bodelier、Riks Laanbroek

【研究内容】

生物学的硝化反応の初期段階を担う化学合成無機栄養アンモニア酸化細菌 (AOB) は培養が困難であるため、群集構造に関する研究では分子生物学的方法が用いられることが多い。近年、PCR を用いた微生物群集構造解析においても定量的評価の可能性が検討されている。リアルタイム PCR 法は、インターカレーターや蛍光プローブを用いて PCR 増幅産物の蛍光強度をサーマルサイ

クラーと一体化した分光蛍光光度計でサイクルごとに検出する核酸定量法である。本研究では、環境中のアンモニア酸化細菌群集の動態解析を目的として、リアルタイム PCR 法による定量分析の可能性を検討している。本年度は、アンモニア酸化細菌の動態解析に汎用されている標的部位のまったく異なる2種類のプライマーセットを用い、リアルタイム PCR 法の適用を試み、その妥当性について検討した。

AOB 菌株5株を純粋培養し、各菌株から抽出した DNA を供試した。Proteobacteria β -subdivision AOB の 16SrDNA および *amoA* 遺伝子を増幅する2種類のプライマーセットを用い、BIO-RAD 社製 iCycler iQ™ リアルタイム PCR 装置で PCR を行った。インターカレーターとして SYBR Green I を用いた。

供試した AOB5株由来の DNA はすべて相対蛍光強度が指数関数的に増加する範囲を持ち、検量線を作成することができた。検量線は菌株間での違いが顕著であり、検量線を作成する菌株の選択によって16SrDNA および *amoA* 遺伝子の定量値を過大又は過小評価する可能性があることが示唆された。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 アンモニア酸化細菌、群集構造解析、定量 PCR

【研究題目】 マイクロバブルによる極限反応場を利用した排水中有害化学物質の分解に関する研究

【研究代表者】 高橋 正好 (環境管理研究部門)

【研究担当者】 中山 紀夫、永長 久寛

【研究内容】

マイクロバブルは直径が50 μ m以下の超微小な気泡であり、その優れた気体溶解能力から閉鎖性水域などの環境改善への応用が期待されている。我々は先行研究によりマイクロバブルに対してある種の刺激を加えることでこれを効果的に圧壊できること、および圧壊により形成された極限反応場により周囲の水分子が分解され各種のラジカルが発生することを発見した。本研究はこの発見を実用化技術として確立することを目的とする。14年度は高速液体クロマトグラフを利用して各種の難分解性有機化合物の分解について検討を進めた。その結果、フェールや4クロロフェノールなどの化学物質を効果的に分解できることを確認した。また、同様な現象が超音波においても確認されているが、ESR (電子スピン共鳴法) によるラジカル発生量の分析により、既存の技術に比べて2~3桁優れた効率でラジカルが発生することを認めた。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 マイクロバブル、圧壊、難分解性有機化学物質、フリーラジカル

【研究題目】 酸化触媒反応による難分解性有機塩素化

化合物の腐植化促進とそれによる毒性変化の評価

【研究代表者】 福嶋 正巳（環境管理研究部門）

【研究担当者】 福嶋 正巳

【研究内容】

鉄ポルフィリン錯体などバイオミメティックな触媒の土壌浄化への適用を図るため、難分解性有機塩素化合物の無害化促進に寄与する腐植物質の機能を解明する。H14年度は、鉄ポルフィリン錯体などバイオミメティック触媒系について、PCPの分解効率や生成物パターン、腐植物質の添加効果について検討を行った。その結果、水溶性鉄(III)-ポルフィリン錯体により、中性条件下(pH6-7)でペンタクロロフェノール(PCP)の酸化が効率的に起こることを明らかにした。また、これに泥炭起源の腐植物質を添加すると、PCPの酸化と脱塩素化が促進する結果を得た。また、麦藁堆肥、泥炭、黒ボク土、褐色森林土、トロピカルピート等種々の起源の各土壌から14種類程度の腐植物質を分離・精製し、各腐植物質の化学組成や構造解析について元素組成分析(C, H, N, S, 灰分)、官能基分析、分子量解析、分光パラメータ解析を行った。これら腐植物質の構造パラメータと腐植物質添加によるPCP分解率の促進の度合いとの相関性を調べたところ、腐植化度の低い泥炭や堆肥由来の腐植物質の添加がPCP分解の促進に対して有効であることを明らかにした。一方、PCPの分解生成物についても解析を行った。腐植物質を添加しない場合、PCPの酸化生成物として α -テトラクロロキノン、ヒドロキシノナクロロジフェニルエーテル類(H-NCDEs)、オクタクロロジベンゾ-p-ダイオキシン(OCDD)が生成した。しかし、腐植物質共存下では、PCPより有害と考えられるH-NCDEsやOCDDの生成を大幅に抑制することができた。この理由として、PCPの酸化中間体(ペンタクロロフェノキシラジカル等)の腐植物質へのラジカルカップリングを経た共有結合に起因することを、反応後の腐植物質分画の熱分解GC/MSや ^{13}C -NMRによる解析結果から明らかにした。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 腐植物質、バイオミメティック触媒、難分解性有機塩素化合物、無害化

【研究題目】 ホタルのルーツを求めた中国雲南省の発光甲虫生態

【研究代表者】 近江谷克裕（人間系特別研究体）

【研究担当者】 近江谷克裕、藤森 一浩

【研究内容】

「目標」

発光甲虫はホタル科、ヒカリコメツキ科、ホタルモドキ科の、イリオモテボタル科の4科より構成される陸棲の発光生物である。例えば、ゲンジボタルが属するホタル科は世界的に約2000種、熱帯から亜寒帯を生活圏とし

ており、日本国内ではおよそ2科9属45種のホタルが生息している。ホタルは世界各地に棲息、その地域、その種ごとに適応進化していると考えられ、種によって異なる発光パターンや発光色によってコミュニケーションを取り、種の保存が行われている。では、ホタルのルーツは何処になるのだろうか？今までのデータを整理、再検討を加え、ホタルの生態学、生体行動学及び分子遺伝学的知見の外挿を行った結果、中国雲南省地域が重要であるとの仮説に至った。しかしながら、中国国境までのベトナム北方地方でのホタル調査は行われているが、中国雲南省で本格的な調査は行われていない。また、中国人研究者によるホタルの本格調査も例がない。本研究ではこれらの仮説を検証することを目的に「ホタルのルーツを求めた中国雲南省の発光甲虫生態調査」と題し、中国雲南省のホタルの生態調査、発光行動観察及び採取を行う。

「研究計画」

本研究では中国雲南省のホタルの生態調査、発光行動観察及び採取を計画する。雲南省は中国最南部に位置し、昆明を中心とした温暖な地域から、北西部の寒帯地域、そして南部の亜熱帯地域を含むが、本計画の調査対象地域は昆明を中心とした温帯地域及び南部、南西部亜熱帯地域となる。また、比較として、生息環境が似ており、同種の発光甲虫が生息する南米サンパウロ周辺も調査する。帰国後、試料の解析、整理及び保存、遺伝子の抽出、遺伝子解析及び組織の観察等を行い、さらにそれらのデータを基に多様性の解析を行う。

「平成14年度進捗」

本年度はSARSの影響で中国に渡航できず、昨年度、その生態が確認された雲南省ホタルモドキ科の甲虫が同様に生息する南米ブラジルの発光甲虫、特に鉄道虫の生息環境や生態の調査を行った。なお、調査研究はサンパウロ大学と協力して行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 発光甲虫、分子進化、中国雲南省

【研究題目】 超音波を利用した超微細気泡発生装置の開発

【研究代表者】 竹村 文男（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】 竹村 文男

【研究内容】

工学の分野において、 $10\mu\text{m}$ 程度の超微細気泡を生成する技術の開発には大きな意義がある。我々は針先から放出される微量のガスに超音波を当てることで、効率よくかつ均一に $10\mu\text{m}$ 程度の超微細気泡を生成できることを見いだしており、本研究はその生成方法を応用し、より安定的にかつ大量に超微細気泡を生成するための技術を開発するものである。超微細気泡生成メカニズムの解明においては、超音波照射によって気液界面に生じる表面張力波が分裂することにより超微細気泡が生成して

いる可能性が高いことから、表面張力波の形状や波長について詳細に測定した。実験では、アクリル試験槽内に超音波振動子および針形状を持つマイクロシリンジを導入する。アクリル槽内に導入した試験液体中で超音波を発生させ、定在波を作る。マイクロシリンジからマイクロシリンジポンプを用いて液体に導入された微量ガスに超音波を付与し、超微細気泡を生成する。表面波の波長測定を行い、表面振動波の波長が周波数によって変化することが確認できた。また、気泡径分布の測定も行い、波長の影響などを調べた。さらに、流量を増加させるための方法として、多くのマイクロシリンジを配置することを検討し、その効果を確認した。

【分野名】環境・エネルギー、ナノテク・材料・製造

【キーワード】微細気泡、超音波、表面振動

【研究題目】一酸化窒素合成酵素による活性酸素生成と細胞内情報伝達

【研究代表者】一守 康史（ヒューマンストレスシグナル研究センター）

【研究担当者】一守 康史

【研究内容】

一酸化窒素合成酵素（NOS）は生体内において一酸化窒素（NO）を生成し、神経伝達、生体防御、血管抵抗の制御といった、様々な重要な生理機能の一翼を担っている。しかし複雑な構造を持つこの酵素は、条件が整わない NO を生成できず、NO を合成するために NADPH から得た電子を結果的に酸素に渡してスーパーオキシド・過酸化水素といった活性酸素を生成する可能性のあることが知られており、細胞障害の原因となることが示唆されていた。我々は、NOS が NO を生成できず活性酸素を生成する条件を人体に存在する3種の NOS を用いて精査することにより、生体内での NOS の細胞障害性を検討するとともに、細胞内情報伝達など生理的に必要な活性酸素が NOS を介して生成されている可能性を調べた。まず、生理的条件下でも血管内皮型の NOS（ecNOS）は、他の NOS に比べ活性は1/7程度であるものの50%が活性酸素を放出している。過酸化水素自身が血管抵抗を変化させる生体物質、EDHF である可能性があり、ecNOS からの過酸化水素の生成が生理的に利用されている可能性がある。更に、NOS に対する補酵素及び基質（類縁体）の影響を詳しく調べることにより、補酵素である BH₄ の欠陥、基質の L-Arginine の枯渇によって活性酸素が生成する事がわかった。また、NOS から発生する活性酸素の種類と量を正確に測定する方法を開発することによって、誘導型の NOS は他の NOS（スーパーオキシドが主な活性酸素生成物）とは異なり過酸化水素を主な生成物とすることがわかった。また、8ニトログアノシンのようなある種の脱共役剤によって NOS からの活性酸素の生成が促進

されることもわかり、例えば補酵素や基質が十分な生理的条件下においても、脱共役剤の存在下で有毒な活性酸素が生成する可能性が示された。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】NO、一酸化窒素、血管内皮、NOS、一酸化窒素合成酵素、活性酸素

【研究題目】局在化基底による新しい固体電子励起状態計算手法の開発

【研究代表者】片桐 秀樹（計算科学研究部門）

【研究担当者】片桐 秀樹、Aryasetiawan Ferdi、石田 俊正（分子科学研究所）

【研究内容】

固体における基底電子状態の第一原理計算は現在、密度汎関数理論（DFT）に基礎をおく局所密度近似（LDA）または密度勾配補正（GGA）を使った計算手法が主流を占めており、さまざまな系に応用されている。しかし励起状態については LDA や GGA はバンドギャップを過小評価してしまうという欠点がある。そのため、固体の励起電子状態をより正しく計算できる方法が望まれている。一方、分子においては Hartree-Fock 法を出発点として電子相関を取り込む方法が発展しているが、固体への適用例は少ない。本テーマでは主に、

- ① 固体の電子励起状態を計算する手法として、一体の波動関数（Hartree-Fock 波動関数）から出発して、多体波動関数を結合クラスター近似、摂動法、CI 法などの電子相関理論によって求める手法について研究すること、
- ② 上を第一原理で実行可能にするために一体波動関数の局在化の手法について研究すること、
- ③ 上の成果に基づいて固体電子励起状態の第一原理計算プログラムを開発整備し、ポリジアセチレンなど現実の物質に応用して、手法の有効性を確認すること、の3つを目的としている。

平成14年度から局在化基底（ガウス基底関数）を用いた第一原理固体電子状態計算のプログラム開発をスタートさせ、一次元周期境界条件を用いた結晶軌道 Hartree-Fock 計算及び post Hartree-Fock 計算を行うプログラム群を作成した。Hartree-Fock 近似よりさらに進み、より厳密に電子相関を取り扱う様々な手法を周期系に適用するためには、二電子原子積分を結晶軌道の基底に変換したもの（分子系の分子積分に相当するもの）を生成する必要がある。しかし周期系においては、分子にはない並進対称性から生ずる問題、特に二電子積分に関する格子和を有限項で打ち切ること由来するさまざまな問題点が出てくる。これらの問題を解決し、並進対称性が正しく反映された積分変換のプログラムを作成した。この積分変換のプログラムは、別に作成した分子計算用の二次の Rayleigh-Schrodinger 摂動法（MP2）、coupled-cluster（CC）法、equation of motion（EOM）

-CC法などのプログラム群と結合させることができる。これによって簡単な一次元系物質にMP2法、CC法などを適用することが可能となった。現在、水素原子の一次元鎖を例にとりてMP2、CCエネルギーの収束性を調べているほか、さらに現実的な系への適用と励起状態計算の準備を進めている。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 第一原理計算、結晶軌道法、励起状態

【研究題目】 全電子MO計算によるK+漏洩チャンネルタンパク質のイオン選択および透過機構の研究

【研究代表者】 北浦 和夫（計算科学研究部門）

【研究担当者】 北浦 和夫、上林 正巳、古明地勇人

【研究内容】

本研究課題では、K+漏洩チャンネルタンパク質（約6,000原子）のフラグメント分子軌道（FMO）法による全電子量子化学計算を行い、タンパク質とイオンの相互作用とチャンネル内でのイオン間相互作用を求め、チャンネルタンパク質によるイオン選択とイオン透過機構を電子状態レベルで明らかにすることを目的とする。

平成14年度は、次年度に実施するカリウムイオン漏洩チャンネルタンパク質全系の計算に向けての準備として、FMO法とそのプログラムをつぎのとおり拡張・改良した。

大規模系の計算を行うために、FMO計算プログラムを改良して10000原子系の計算を可能とした。また、FMO法をより高速化するための近似（環境静電ポテンシャル計算を点電荷近似で行う）を導入し、分子間相互作用系（分子性結晶）で精度の検証を行い、この近似が十分満足できることを検証した。

並列計算処理を高速化した。安価なPCクラスターで高効率並列計算が行えるようにプログラムを改良し、128台のPC（100baseTイーサネット接続）で約80%の並列化効率を達成した。

FMO法で量子／古典融合法計算を可能とした。系をいくつかの領域に分けて、各領域に異なったレベルの波動関数と基底関数を用いることができる方法を開発するとともに、この一つのレベルとして力場を採用する（量子／古典融合法）ことを可能とした。

FMO法による分子動力学プログラムの開発を行い、テスト計算によりFMO法が分子動力学計算に適用できることを確認した。

予備計算として、チャンネルタンパク質単量体（約1500原子系）とカリウムイオンの相互作用計算（HF/STO-3Gレベル）を行った。

以上、平成14年度に予定していた方法論とプログラムの開発は順調に進み、残るは溶媒モデルの組み込みのみで、これが終了し次第、チャンネルタンパク質の計算を実施する予定である。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 全電子MO計算、チャンネルタンパク質、K+イオン選択機構

【研究題目】 超高感度過渡吸収分光計による界面電荷再結合ダイナミクスの研究

【研究代表者】 加藤 隆二（光反応制御研究センター）

【研究担当者】 加藤 隆二

【研究内容】

目標、研究計画

本研究の目的は、界面での電荷再結合ダイナミクスを研究するための新しい実験手法として“超高感度過渡吸収分光計”を開発し、界面での電荷再結合ダイナミクスについて研究することにある。2年間の研究期間のうち、1年目である本年度は主に装置の開発を行い、単分子吸着系について測定可能な感度を達成する。2年目は開発した装置を用いて、有機固体界面における電荷再結合ダイナミクスについて研究する。

年度進捗状況

過渡吸収法では、励起パルス光によって生成した反応中間体による光の吸収を測定するので、高感度化のためには透過光強度の微小な変化を測定する必要がある。光源は安定度を高めるために、過渡吸収分光でよく使われるフラッシュランプを用いず、定常光であるハロゲンランプを用いた。光強度はあまり大きくないため、光学系での光のロスが起こらないようにレンズ等の光学系を選定した。試料を透過した光の検出にはシリコンPINフォトダイオードを用いた。得られた光電流信号から微小な変化のみ取り出すために、交流結合アンプを用いて時間変化する成分のみを抽出した。さらに増幅した後、周波数フィルターを用いてノイズ成分を除去し、オシロスコープで計測した。過渡吸収信号の計算、分光波長の制御など、すべての測定は自作のプログラムで自動化した。その結果、 10^{-6} の吸光度変化（吸光度= \log （[透過光強度]/[レーザー励起がある場合の透過光強度]））を測定できる、超高感度過渡吸収分光計を作製することができた。また、光検出器を変えることで最終的に紫外から近赤外（300nm-3000nm）までの過渡吸収スペクトルを測定することができるようになった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 過渡吸収、界面電子移動、高感度分析

【研究題目】 表面プラズモン励起増強蛍光分光法で観測する超薄膜表面での分子認識過程

【研究代表者】 田和 圭子（人間系特別研究体）

【研究担当者】 田和 圭子

【研究内容】

目標 本研究は、超薄膜による分子認識過程や超分子構造を一連の表面プラズモン分光法（SPR）を用いて明らかにしようとするものである。具体的には、金基板表

面に水溶性のエチレングリコール鎖の自己組織化膜を作製し、この超薄膜と α -シクロデキストリン (α -CD) とのホスト-ゲスト反応によりプソイドロタキサン構造を構築させることを試みる。ここで、エチレングリコール鎖末端に、光照射によって構造変化がおこるアゾベンゼン誘導体を化学修飾した化合物を用い、CD との包接化合物 (ロタキサン) 形成を光制御できる薄膜の創製を目指す。

研究計画 まずは、表面プラズモン分光装置および表面プラズモン励起蛍光分光装置をつくる計画である。プソイドロタキサン形成は超薄膜の分子構造に大きく依存すると考えられるが、今年度はエチレングリコールユニット数が6で、末端をアゾベンゼンとした化合物の合成をし、その自己組織化膜を作製する。それに対するロタキサン形成におけるキネティクスを SPR で測定し、CD の濃度依存性や超薄膜をスパーサーのチオールとの混合膜として、分子認識挙動と分子構造との関係を明らかにしたい。

年度進捗状況 本年度は計画に沿って(1)表面プラズモン分光装置の立ち上げと(2)基本骨格となるアゾベンゼン修飾エチレングリコール (チオール末端) 鎖 (ユニット数6) の合成及びその超薄膜作製を行った。これと α -CD とのホスト-ゲスト反応過程を SPR で観測し、プソイドロタキサン形成を確認した。

【分野名】 ライフサイエンス、ナノテク・材料・製造

【キーワード】 自己組織化膜、分子認識、超分子、光制御、表面プラズモン分光法

【研究題目】 独立成分分析を用いた物体の見えからの拡散/鏡面反射成分の分離手法の研究

【研究代表者】 梅山 伸二 (脳神経情報研究部門)

【研究担当者】 梅山 伸二

【研究内容】

物体表面での光の反射は、拡散反射と鏡面反射の二つの成分の和で表現されるが、多くのビジョンアルゴリズムにおいては、両者を分離する必要があった。

本研究の目的は、生体の脳における情報処理の一つのモデルとして最近注目されている独立成分分析を用いることにより、両者を分離する手法を開発することにある。具体的には、手法の理論的妥当性の検討や、問題の特性を利用した高速分離アルゴリズムの開発、また分離推定に用いる画像領域の設定に関する検討等、分離を効果的に行うためのパラメータ設定法を確立する。さらに、高解像度、高精度のデジタルカメラとハーフミラープリズムを用いた二台のカメラによる同時観測システムを試作し、準実時間的な分離実験を行う。

平成14年においては次のような成果を得た。(1) 問題モデルの特殊性や、分離すべき成分が2個しかないという性質を利用して、分離アルゴリズムを作成した。作成

したアルゴリズムは、2成分間の相互情報量を直接評価するものであり、一種の全探索アルゴリズムとなっているため、パラメータの設定等が容易であり、また安定なアルゴリズムとなっている。(2) 計算機制御可能な回転偏光フィルタと高精度デジタルビデオカメラを組み合わせた観測システムの試作を行い、これを用いて、物体の見えからの拡散/鏡面成分の分離実験を行った。その結果、2成分の分離が良好に行われることを確認した。

【分野名】 情報通信

【キーワード】 独立成分分析、鏡面反射、拡散反射

【研究題目】 シナプスにおける CaMKII 結合タンパク質のスクリーニング

【研究代表者】 亀山 仁彦 (脳神経情報研究部門)

【研究担当者】 亀山 仁彦、古賀裕美子

【研究内容】

カルシウム-カルモデュリンキナーゼ II (以下 C aMK II と省略) はシナプス伝達効率をカルシウムイオン依存性に変化させるのに重要な役割を果たしている。この分子の後シナプスにおける基質、結合タンパク質を網羅的に検索するために、酵母2ハイブリッド実験系を用いた。まず後シナプス膜における C aMK II のアンカーとなるとされる NMDA 受容体2B サブユニットの細胞内ドメインと自己リン酸されて活性化型キナーゼを模倣する変異型である C aMK II T286D を同時発現させたベクトルを酵母に発現させた。ここにマウス大脳 cDNA ライブラリーを共発現させて結合するタンパク質のスクリーニングを行った。このうち現在までに受容体や C aMK II との結合が報告されていない2つの分子を見いだした。これらの分子は NMDA 受容体サブユニットに C aMK II T286D の同時発現依存性に結合する。これらは既に配列が報告されて分子の機能は報告されているものであった。現在これらの分子と C aMK II、NMDA 受容体、との結合様式、細胞内分布の検討、受容体、キナーゼ活性に対する作用などの検討を行っている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 C aMK II、グルタミン酸受容体

【研究題目】 正常ヒト神経幹細胞由来神経細胞における、低酸素状態下での遺伝子制御システムの解明

【研究代表者】 金村 米博 (ティッシュエンジニアリング研究センター)

【研究担当者】 金村 米博、原 正之、三宅 正人、有田 憲生、田村 和義

【研究内容】

神経細胞は、各種分化細胞の中でも最も低酸素耐性能が低く、この特性が様々な虚血性神経疾患の治療を困難なものとしている。神経細胞が見せる低酸素状態下での生物学的反応性、並びに遺伝子制御メカニズムの解析は、

低酸素状態が神経細胞に及ぼす障害の防止並びに神経細胞の低酸素に対する耐性の獲得の技術を開発し、虚血性神経疾患の治療法開発に大きく貢献するものである。神経細胞は生物種の違いが最も大きい細胞の1つと予想され、従来の実験動物での基礎研究の知見が必ずしもヒト神経細胞に対して十分適応できない場合がある。ヒト神経細胞に対する最適な治療法の開発のためには、ヒト神経細胞を用いての基礎研究が望まれるところであるが、従来はヒト神経細胞の大量培養は技術的にも倫理的にも困難であった。本研究は、正常ヒト神経細胞を用いて、低酸素状態下でのヒト神経細胞の反応性、特にその遺伝子制御メカニズムを解析し、その知見に基づき、最終的にはヒト神経細胞の低酸素耐性を向上させる技術を開発し、虚血性神経疾患の新規治療法を開発することを目的としている。本研究の成果は、新規治療法及び薬剤開発に大きく貢献し、人類福祉に大いに寄与するものと考えられる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 神経、幹細胞、遺伝子解析

【研究題目】 目組み合せ構造を持つ確率モデル構築のための学習理論

【研究代表者】 高島 一哉 (脳神経情報研究部門)

【研究担当者】 赤穂昭太郎、神嶋 敏弘、西森 康則、新田 徹、藤木 淳

【研究内容】

知能情報学において学習機能の研究は重要な柱である。データを観測し、そこに潜在する確率的な法則を見出し、データが従うと思われる確率モデルを構築することが「学習」である。人間の知能はデータを観測すると抽象度の高い組み合わせ構造を持つモデルを構築し当該データを説明、予測する能力を持つ。本研究では特に以下の2項目についての学習理論について研究する。

- A) 抽象概念を表す隠れ変数を持つモデル
- B) 順序構造を扱うモデル

本年度は項目 A においては、観測データから対象を持つ確率モデルを推定する統計的手法として em アルゴリズムを使う場合の理論的検討を行った。その結果 em アルゴリズムによる学習が従来手法の APN (Adaptive Probabilistic Network) と同様に局所最適解にトラップされてしまう例があるという結果が得られた。また項目 B においては、順序構造扱うモデルの研究として新たに「順序例からの学習」の枠組みを提案した。他の学習・予測問題がカテゴリ変数や数値変数を扱うのに対し、この問題では、価格や嗜好といった基準について、どちらの対象が上位にあるかという順序を扱い、人々の嗜好の傾向の予測や解析への適用を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 確率モデル、学習理論、組合せ構造、順序構造

【研究題目】 場所細胞による移動ロボットのナビゲーションの研究

【研究代表者】 田中 敏雄 (脳神経情報研究部門)

【研究担当者】 田中 敏雄、西田 健次、栗田多喜夫

【研究内容】

(目標)

場所細胞は、ラットがある特定の場所に来たときに選択的に反応する神経細胞である。場所細胞は、環境の見えの情報、音などの情報から自分の位置をコードしていると考えられている。また、暗闇でも場所細胞の活動が見られることから、自分の動きに基づく位置情報もコードしていると考えられている。本研究では、このようなラットの場所細胞の機能を工学的に実現し、自律移動ロボットのナビゲーションの可能性を検討する。

(研究計画)

移動ロボット (Nomad) が壁や障害物に衝突しないように、あらかじめ自分の前方の領域が広い空間を移動するようにプログラムを精緻化する。そして、Nomad を室内の実験環境で移動させることにより、位置情報を獲得する。この位置情報からニューラルガスと競合ヘブ学習を用いて位置マップを形成し、アクタークリティック法によりナビゲーションを行う。そして、先に提案した自己組織化マップ (SOM) による方法と性能比較を行う。次に、Nomad に全方位カメラを取り付け、全方位画像を得る。全方位画像をパノラマ画像に変換し、そのパノラマ画像から特徴量を抽出し、場所細胞を形成する方法について検討する。

(進捗状況)

Nomad を室内の実験環境で移動させることにより、Nomad の odometry 情報から位置情報を獲得し、この位置情報からニューラルガスと競合ヘブ学習を用いて位置マップを形成し、アクタークリティック法によりナビゲーションを行った。そして、先に提案した SOM による方法と性能比較を行い、以下のような知見が得られた。

- (1) ニューラルガスと競合ヘブ学習による位置マップでは、移動ロボットの移動の軌跡のトポロジーを保った位置マップが形成されることが分かった。
- (2) いずれのナビゲーションでも、スタート位置により、最小ステップでゴールへ到達するために、ゴールに対して左側を通るパスと右側を通るパスが形成されることが分かった。また、SOM の位置マップを用いたナビゲーションの場合は、スタート位置により異なる経路を通りゴールへ到達する傾向があるのに対して、ニューラルガスと競合ヘブ学習の位置マップを用いたナビゲーションの場合は、パスに沿って移動するために、1つの経路を通る傾向があることが分かった。これらの実験結果から自律移動ロボットのナビゲーションの可能性が程度明らかになったと考えられる。そこで次に、環境の見えの情報から自分の位置を同定しナビゲーションを行うために、以下の実験を行っている。

ロボットに全方位カメラを取り付け、全方位画像を得る。全方位画像をパノラマ画像に変換し、そのパノラマ画像から特徴量を抽出し、ロボットの見えの情報と位置の関係から場所細胞を形成する方法について検討し、シミュレーションを行っている。

【分野名】情報通信

【キーワード】場所細胞、移動ロボット、ナビゲーション、自己組織化マップ、ニューラルガス、強化学習

【研究題目】日本手話発話中の話者の顔表情に表れる言語情報の画像認識とその手話認識への応用

【研究代表者】安本 勝哉（脳神経情報研究部門）

【研究担当者】安本 勝哉

【研究内容】

（目標）

画像中の手話者の顔を検出し、顔部品（眉、目、口）の相対的位置、形状、動きの変化を取得する手法を確立する。手指動作も画像認識によりその動きと形を取得する手法を探索する。そして、手話文全体の意味内容に合致するために必要な、手指動作、非手指動作、各々の役割分担を研究する。その後、手話文認識に適した注視点の切換え技術を開発し、最終的な認識は人間に任せながらも人間の手話認識をその都度支援するシステムの試作も試みる。

（研究計画）

ろう者二人の自然な手話対話を想定し、撮影カメラが対話相手の顔に相当するような、ハーフミラーを用いたプロンプター状の簡易な撮影装置を試作する。その装置で得られた手話発話ビデオ映像と市販のろう者のビデオ映像を素材に、顔領域の検出追跡と顔上の部品の相対的位置、形状、動きを自動的に取得する方法を探索する。手法としては色と動き情報に基づくテンプレートマッチング、DP マッチング、オプティカルフロー等を試みる。

（年度進捗状況）

手指動作の指文字五十音の内、静止状態で表現する41文字について、従来法とは異なり、奥行き情報を輝度値として含みかつ背景画像を含まない赤外線反射画像を取得し、カーネル法と判別分析により4人分の指文字認識を試みた。その結果、クラス数とカーネル幅を調節することにより、未知データに対する認識率の向上が可能であることを見いだした。また、二人が向き合った状態で手話会話することを想定したプロンプター状装置を設計・試作した。この装置により、目線情報等、手話を形づくるのに必須と言われる要素に不自然さを伴うことのない手話会話映像を得ることができると期待される。

【分野名】情報通信

【キーワード】日本手話、手話会話映像、非手指動作、顔部品、手指動作、画像認識、プロンプ

ター、カーネル法

【研究題目】発光性甲殻類分布海域を指標とした地球温暖化評価に関する研究

【研究代表者】近江谷克裕（人間系特別研究体）

【研究担当者】近江谷克裕、中島 芳浩

【研究内容】

（目標）

本申請では地球温暖化の指標となるモデル生物を設定することを目標に、日本列島におけるウミボタル分布マップの作成を行い、棲息分布、形態、遺伝子的な拡散と水温、水質などの環境要因の相関を検討、温暖化とウミボタル相関を評価し、さらにそれらのデータを基にウミボタルを温暖化評価モデル生物として確立することを目的とする。これまでに、ウミボタルより抽出したミトコンドリア遺伝子の部分配列を決定したことから、それらのデータを基に、地域分散を評価できる遺伝子配列を検証、その遺伝子情報を基に、遺伝子的な拡散を評価する。

（研究計画）

日本列島沿岸部に棲息する発光性甲殻類ウミボタルを指標とし棲息分布と海水温度変化の相関を検討、地球温暖化評価手法の確立の研究を行う。本年度は東日本、北日本を中心に観測ポイントとして信越、東北、北海道地方周辺の日本海沿岸、太平洋側を選択し、ウミボタルの海水温度、採取個体数、個体長、性差などを調査する。また、ウミボタルよりミトコンドリア遺伝子等を抽出、分子レベルでの相関を検討、生態学的な拡散速度と温暖化の関係を明らかにする。それぞれの観測データを基に、温暖化に伴う生物学的影響を考察、今後の影響をシミュレーションする。

（平成14年度進捗）

本年度は西日本を中心に観測ポイントとして沖縄、南・北九州、四国、中国、関西地方周辺の日本海沿岸、瀬戸内沿岸部を選択し、ウミボタルの採取を行った。また、ウミボタルよりミトコンドリア遺伝子を抽出、ミトコンドリア DNA をサブクローン化し、その全構造を決定した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ウミボタル、地球温暖化、分子進化

【研究題目】選択的分子拡散輸送を実現するナノスケール粒子の多機能化に関する研究

【研究代表者】佐藤 洋平（機械システム研究部門）

【研究担当者】佐藤 洋平

【研究内容】

（目標）

Lab-on-a-chip やマイクロ TAS の飛躍的性能向上のためには、マイクロチャネル内の微小領域（数ミクロン～数十ミクロン）化学反応界面における反応生成物の分子レベルでの選択的拡散輸送の実現が必要不可欠である。

本研究では、マイクロチャネル内における流体（液体、特に緩衝液）中に存在する分子または分子クラスターの選択的拡散輸送システム構築を行う。

〔研究計画〕

本年度は、化学反応界面における速度及び温度の同時計測が可能なシステムの構築を行い、更に界面動電駆動流における電気浸透流の流動構造の解明を行った。

〔年度進捗状況〕

マイクロ熱流体デバイス上の幅100ミクロンを有するマイクロチャネルに紫外光（波長355nm）レーザをスポット径10ミクロンで照射を行い、緩衝液に混入したかご化蛍光染料の脱かご化を行い、同時に青（波長473nm）の連続励起光を照射し、反応界面における速度及び温度の計測を行った。更に、電界を印加することにより電気浸透流を発生させ、静圧駆動流との流動構造の違いを実験的に明らかにした。本年度の研究成果により、マイクロ熱流体デバイス上のマイクロチャネルを簡素化し、流体自身に機能を付加することにより、微小領域における混合・拡散が効果的に行われることが明らかとなった。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 マイクロチャネル

〔研究題目〕 複数対象物の Position Dependent Grasp

〔研究代表者〕 原田 研介（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 原田 研介

〔研究内容〕

床などに置かれた複数の対象物の配置の違いに応じて、ヒトがどのような把握戦略を選択するかを実験的に求め、ヒトにとって作業が効率的になる把握戦略について考察する。また、この把握戦略をロボットに実装し、ロボットによる床に置かれた複数対象物の押し作業を実現する。

〔分野名〕 情報通信

〔キーワード〕 マニピュレーション、把握

〔研究題目〕 オントロジーとパターンの統合に基づくオンラインアシスタント構築ライブラリの開発

〔研究代表者〕 和泉 憲明（サイバーアシスト研究センター）

〔研究担当者〕 和泉 憲明

〔研究内容〕

近年、政府主導の IT 推進に象徴されるように、コンピュータ技術や情報通信技術の発展によりインターネット利用者人口が急速に拡大している。しかし、このような社会情勢にもかかわらず、エンドユーザーレベルでは、エキスパートシステムやソフトウェアエージェントなどの知識システムはほとんど利用されておらず、コンピュータの利用はメールや Web などに限られているのが現状である。以上の観点から、本研究では、知識システムの仕様記述と実装構造について、知識工学におけるオン

トロジーとソフトウェア工学におけるソフトウェアパターンを利用することにより対応を明確化させ、コンピュータアプリケーションの仕様記述からシステム実装までの統合的な構築方法論と構築ライブラリの整備を行った。そして、この構築方法論により、個人用計算機上に常駐し、電子メールや Web を駆使して個人秘書のようにユーザのさまざまな業務をサポートする、オンラインアシスタントの完成を目指した。

本研究では、平成13年度において、教師の業務に関するオントロジーを構築し、このオントロジーに基づきソフトウェアエージェントの構築パターンを再構成した。さらに、平成14年度において、ユーザ業務支援統合パッケージとして整備した。そして、電子メールや Web を駆使して個人秘書としてユーザの業務を支援することを目的として、本研究の成果を用いることにより、構築されるオンラインアシスタントは電子メールアドレスを有するソフトウェアエージェントとして実装可能となった。このソフトウェアエージェントは、一部の民間企業でも採用されるなど、その成果の十分性を示すものとして考えている。

また、一般の利用以外にも、本研究の成果の一部は、国内学会誌の国際動向の解説論文として採録されたり、国際雑誌にも研究論文として採録されるなど、学術的にも重要な成果をあげることができた。

〔分野名〕 情報通信

〔キーワード〕 ソフトウェアエージェント、オンラインアシスタント、オントロジーとパターン

〔研究題目〕 蛋白質の折りたたみ反応の階層的モデルの検証

〔研究代表者〕 新井 宗仁（生物機能工学研究部門）

〔研究担当者〕 新井 宗仁

〔研究内容〕

蛋白質のフォールディング（折りたたみ）機構を明らかとすることは、ポストゲノム時代における最も基本的な課題であり、生物学における最重要課題の一つである。一般に蛋白質はフォールディング反応の初期に、モルテン・グロビュール状態（MG 状態）と呼ばれる中間体を形成する。フォールディング反応が階層的であるならば、MG 状態で二次構造を形成している領域が、その後の反応の遷移状態において更に構造化（側鎖の密なパッキングを獲得）して天然状態へとフォールドすると考えられる。この階層的モデルを検証することを目的として、 α -ラクトアルブミン（ α -LA）のフォールディング反応の遷移状態の構造を ϕ 値解析法により詳細に調べ、MG 状態で構造が形成されている部分との比較検討を行った。実験の手順は次の通りである。まず、 α -LA の MG 状態で構造が形成されている部位と、構造が形成されていない部位において様々な変異を導入した一アミノ酸置換変異体を多数作成し、大腸菌を用いてこれら変異蛋白質の

大量発現を行い、高度精製する。次に、これら変異蛋白質の安定性やフォールディング反応の速度を測定し、野生型の場合と比較することにより、遷移状態における構造形成度 (ϕ 値) についての知見を得る。これまでの研究結果を総合すると、a-LA のフォールディング反応は、MG 中間体で形成された構造が遷移状態に進むにつれて更に構造化していくという階層的な反応で記述できることが示唆された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 蛋白質

【研究題目】 分子の電気伝導の理論

【研究代表者】 小林 伸彦(ナノテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 小林 伸彦

【研究内容】

単分子の電気伝導特性を理論的に解析するための理論的方法論の開発を行ない、伝導特性を議論することを目的とする。特に単分子の伝導特性は、分子と電極との結合、両者間の電荷移動も重要であるために、理論的に分子の電気伝導度を議論するには分子と電極との一体の系で精密な電子状態の解析に基づくことが重要である。そこで、密度汎関数法を用いた第一原理電子状態計算に基づく分子の伝導特性の解析手法を開発し、それを用いて伝導特性を解明し、分子素子のための理論的指針を提供することを目標とする。

今年度は、ベンゼン及びアルカンの電気伝導度を計算し、電極と分子の接合の影響について解析した。単分子の電気伝導特性は、分子の電子状態とともにその電極との接合に強く影響される。通常、金電極を用いた有機分子の電気伝導の実験は、分子と電極の接合原子として硫黄が用いられている。我々は、その接合原子として硫黄の他にセレン、テルルを用いてアルカンの電気伝導の理論計算を行い、接合原子種による伝導特性の違いを解明した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 分子、電気伝導、第一原理計算

【研究題目】 エネルギー的に乱れた物質中での電場依存電荷移動度

【研究代表者】 関 和彦(光反応制御研究センター)

【研究担当者】 関 和彦

【研究内容】

目標、研究計画

線形応答理論により、移動度や抵抗等の輸送係数は外部電場が弱い領域では外部電場に依存しないことが確立している。線形応答理論が成立しない様な、強い外部電場の下では輸送係数は電場依存性を示す事がある。本研究で取り上げるドナー又はアクセプター分子をドーブした高分子中での電荷移動度は、電場に対して強い非線形応答を示す。しかも、多くの分子と高分子の組み合わせ

において、移動度の対数が電場の平方根に比例するという Gill の経験則に従う事が知られている。さらに、最近の実験結果では高電場領域では電場の増加に従い移動度は飽和し、さらに高電場の領域では移動度は電場強度の減少関数となっていることも観測されている。本研究の目的は、Gill の経験則および高電場領域での電荷移動度の減少を統一的に説明する理論を構築する事である。年度進捗状況

これまでに、移動度の温度変化等の測定から、電荷の移動はドーブされた分子間のホッピング伝導であることが確立している。マークス式によるホッピングの頻度と静電ポテンシャルの乱れの両方の効果を考慮することにより、Gill の経験則と高電場領域での移動度の減少を統一的に説明する事ができた。この理論を改良するためには、ランダムな方向を向いて分散されている色素の永久双極子や、色素の高分子に対する配向が制御されていない事から来る高分子内部の誘起双極子が作る静電ポテンシャルの効果を考慮する必要がある。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 電荷移動、ランダム系

【研究題目】 光起電力効果の機能物性と光モータへの応用

【研究代表者】 一木 正聡(機械システム研究部門)

【研究担当者】 一木 正聡

【研究内容】

(目標)

本研究では誘電体の光起電力効果を静電気力用のエネルギートランスデューサとして利用し、マイクロマシンや MEMS において有用な特性であることを示すとともに、光起電力効果の機構解明を行うことを目的として研究を行う。ここでは、これまで以上の精密な特性計測を行う。これにより効率的な電力発生機構の指針を明らかにする。次に、小型化を検討することで、駆動特性の向上を図る。これにより、非接触でエネルギー供給することが可能な新しい MEMS デバイス用動力源としての有用性を示すことができる。

(研究計画)

光起電力の現象解明のために光起電力特性について精密特性評価を行う。ここでは、エレクトロメータ(既設)含む計測装置を用いるが、これまで以上に精密測定を行う。また、光源と素子の間に均一照射レンズを用いることにより、素子に光が均一に照射されるような工夫を行い、精密計測が可能となるようにする。光起電力特性としては、光起電流及び光起電圧の照射光強度依存性を定量的に明らかにし、これから暗導電率及び光起電力定数を算出する。とくに、光モータを効率的に駆動させるための出力特性に関する指針を得ることが目標である。

(年度進捗状況)

光起電力材料の材料作製及び特性評価に関する基礎

的知見を調べた。とくに、従来行われていなかった積層膜構造体に関して検討し、その試作、特性評価を行い従来にない知見を得た。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 光起電力効果、誘電体、ペロブスカイト構造

〔研究題目〕 臨界点近傍における圧縮性多成分系流体の特異的熱輸送に関する研究

〔研究代表者〕 中納 暁洋（エネルギー利用研究部門）

〔研究担当者〕 中納 暁洋

〔研究内容〕

流体の臨界点近傍では比熱や圧縮率などの熱物理学量が発散するため、特異な熱的振る舞いを示す。単成分系流体の臨界点近傍における熱輸送に関しては、これまで数多くの研究がなされているが、多成分系流体における熱輸送に関してはほとんど報告されていない。本研究の目的は多成分系の流体である空気の、相変化プロセスや最大露点近傍での熱輸送現象を解明することにある。

本年度はシャドウグラフ法を用いて、空気の気液二相共存状態から超臨界状態への相変化過程を調べると共に、実験セル底部から加熱を行ったときの熱輸送現象について調査を行った。相変化過程観察より、空気の場合も単成分系流体と同様のプロセスを経て相変化することが分かった。更に、空気の場合は単成分系の窒素に比べ、広い温度・圧力範囲で臨界淡白光現象が現れることが分かった。次に、レーザーホログラフ干渉計を用いて、超臨界空気中で現れる熱輸送現象を捉える可視化実験を行った。ここでは自然対流の発生を抑制させる温度分布を予め形成させ、実験セル底部に置いた平板ヒーターからステップ的に定常加熱を行う試験を実施した。その結果、ピストン効果の存在を示唆する実験結果が得られた。ピストン効果とは熱エネルギーが流体中を音波のように伝わる現象で、臨界点近傍における流体の高圧縮性と低熱拡散性により発現する特異な熱輸送現象である。空気も圧縮性流体であることからピストン効果による熱輸送が行われると考えられる。また、濃度変化によると考えられる大きな密度勾配の形成も確認した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 超臨界、空気、ピストン効果

〔研究題目〕 鉛非含有ビスマス系新規強誘電・圧電薄膜デバイスの開発

〔研究代表者〕 松田 弘文（スマートストラクチャー研究センター）

〔研究内容〕

ナノメートルオーダーの精度で変位を制御でき、また高速な応答を低消費電力で実現することができる強誘電体・圧電体材料は、機能材料と構造材料を融合した知的材料、高速不揮発メモリ、光スイッチ、各種位置センサ、

加速度センサ、超音波医療機器等への応用が提案され、今後の産業基盤の核を形成する材料として期待されている。

ビスマス系強誘電体は、先行する鉛系圧電材料に匹敵する強誘電体特性を有することから、最も有力な代替材料として強誘電体メモリ材料への応用や圧電体薄膜化が期待されている。また、種々の陽イオンを置換元素として導入し、特性や構造の制御が可能である。ところがビスマス系強誘電体材料は、結晶構造に強い異方性を持ち、主要な分極軸方向が薄膜面内に容易に配向してしまうために、本来有する優れた強誘電特性や圧電特性を、薄膜において発揮できずにいる。

本研究では、第1の目的である非鉛含有ビスマス層状強誘電体・圧電体の高品質かつ高特性を発揮する薄膜の合成において、化学溶液法を用いた薄膜化と、配向制御および配向性結晶の生成プロセスの解明を行った。その結果、強誘電・圧電特性を最大にする薄膜合成方法を発見・確立し、従来の2倍以上の強誘電・圧電特性を発現させることに成功するとともに、厚さ $1.2\mu\text{m}$ を超える膜の安定した合成を実現した。

また、第2の目的である微細加工技術を用いた圧電マイクロセンサー・アクチュエーターデバイスへの応用では、厚さ加工に成功し、デバイス化への基礎的な技術を確認した。

〔分野名〕 ナノテク・製造・技術

〔キーワード〕 非鉛系圧電体、薄膜、センサ、アクチュエータ

〔研究題目〕 超音波伝播特性による繊維強化プラスチックの長期耐久性評価手法の開発

〔研究代表者〕 遠山 暢之（スマートストラクチャー研究センター）

〔研究内容〕

航空機・自動車等の輸送機の一次構造材として適用が進められているFRP積層板を対象とした構造ヘルスマニタリング技術の開発を行った。FRP積層板の主要な損傷形態であるトランスバースクラックおよび層間剥離をラム波超音波を用いた新たな非破壊検査手法の開発を試みた。積層板の面内剛性係数がトランスバースクラック数とラム波伝播速度の共通のパラメータとなっていることに着目して、ラム波伝播速度を測定することで等価面内剛性係数を算出し、さらにシアラグ解析と古典プレート理論を組み合わせることで、逆問題的にトランスバースクラックの数を導出した。またラム波がFRP積層板の層間剥離部で分離して伝播することを実験的に明らかにし、層間剥離長さとラム波伝播速度との関係を定式化した。任意のトランスバースクラック数および層間剥離長さを有するFRP積層板を作製し、ラム波伝播速度を測定して実験的検証を行った結果、トランスバースクラックおよび層間剥離のいずれに関しても、理論値と実

験値は非常によい一致を示した。以上の結果より、ラム波伝播速度測定といった非常に簡易な計測システムを用いることで、これらの損傷を定量的に検出することができる新たな非破壊検査手法を開発した。

【分野名】 ナノテク・製造・技術

【キーワード】 超音波、繊維強化プラスチック、非破壊検査

【研究題目】 アルミナ拡散防止中間層を含む作製容易なニオブ基合金用耐酸化コーティングの開発

【研究代表者】 村上 敬（機械システム研究部門）

【研究担当者】 村上 敬

【研究内容】

（目標）

省エネルギーおよび二酸化炭素排出量削減の目的から、現在使用されている火力発電用ニッケル基超合金製冷却翼をより高融点のニオブなどの合金製部材に置き換え、火力発電の熱効率を改善することが急務になっている。ニオブ基合金は高温で耐酸化性に劣ることから、高温使用時は耐酸化コーティングをする必要がある。本研究では、研究者が所属する研究グループで保有する世界最大級の放電プラズマ焼結機を用いて作製した、 $\text{Mo}(\text{Si}, \text{Al})_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ 複合層/ Al_2O_3 層の二層被覆ニオブ基合金試験片（単純形状）について、大気中 $1200^\circ\text{C} \sim 1500^\circ\text{C}$ で毎回1.8ks 保持するサイクル酸化試験を行い、剥離、亀裂形成を起こしにくく、酸化による重量増加が小さい（ 1500°C 、720ks 保持で $10\text{mg}/\text{cm}^2$ 以下）コーティング条件を明らかにする。

（研究計画）

放電プラズマ焼結機 SPS-510（住友石炭鉱業（株）製、最大荷重5ton、最大電流1500A）を用いて、各層の厚さ、組成を変化させた数種類の $\text{Mo}(\text{Si}, \text{Al})_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ 複合層/ Al_2O_3 層の二層被覆ニオブ基合金試験片（単純形状、図1）を作製し、熱サイクル試験（アルゴンガス雰囲気中 $1200^\circ\text{C} \sim 1500^\circ\text{C}$ で毎回1.8ks 保持）を行う。同試験より、 1500°C で720ks 以上亀裂が発生せず、拡散等による劣化も起こらないコーティング条件（各コーティング層の組成・厚さなど）を明らかにする。

（年度進捗状況）

本研究では、(1)ニオブ基材の上に耐酸化性に優れる $\text{Mo}(\text{Si}, \text{Al})_2$ 、 NiAl 、 Cr 添加 $\text{Nb}(\text{Si}, \text{Al})_2$ 、 B 添加 Mo_5Si_3 粉末を直接のせ放電プラズマ焼結結合を行う、(2) (1)の粉末とニオブ基材間に Al 箔を挟み、放電プラズマ焼結結合を行う、の二通りの方法でニオブ基材へのコーティングを試みた。その結果、(1)について、 B 添加 Mo_5Si_3 層のみがニオブ基材に密着することが分かり、さらにコーティング層と基材間の熱膨張係数の差を小さくするため B 添加 Mo_5Si_3 層に5wt% SiO_2 を添加するとコーティング層中にクラックが形成されにくくなることが分かった。

また $\text{MoSi}_2 - \text{SiO}_2/\text{B}$ 添加 $\text{Mo}_5\text{Si}_3 - \text{SiO}_2$ 二層で全面コーティング（コーティング層厚さ約100nm）したニオブ基材（外径5mm、厚さ3mm）の耐酸化性を調べたところ、乾燥空気中 $1200^\circ\text{C} \sim 1400^\circ\text{C}$ で50hr 保持しても、コーティング層の剥離、基材の内部酸化が全く起こらないことが分かった。また(2)について、すべてのコーティング層はニオブ基材に密着したが、拡散防止機能が期待できるアルミナ中間層は $\text{Mo}(\text{Si}, \text{Al})_2$ 粉末を用いたときのみ形成され、他の場合は金属間化合物層が形成されることが分かった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 放電プラズマ焼結、ニオブ基合金、コーティング

【研究題目】 ディスコティック液晶の単分子膜による配向制御とナノ構造

【研究代表者】 物部 浩達（人間系特別研究体）

【研究担当者】 物部 浩達

【研究内容】

（研究の目的）

自己組織化能を持つ分子である円盤状液晶分子に焦点を当て、異方性発現の元となる分子配向を界面を利用して制御すること及びそれを利用した光電子機能素子構築を目指して、各種分子膜上での円盤状液晶分子のナノ組織化機構を解明することを目的とする。

（研究実施計画）

マイクロコンタクトプリンティング法などによりナノパターン化した分子膜を作製し、分子膜と円盤状液晶分子の双方の分子側鎖・構造の違いによる組織化の相違を偏光顕微鏡、走査型プローブ顕微鏡を用いてナノスケールで観察し、界面を利用した自己組織化能を持つ分子の配向制御の可能性および原理を解明する。

（進捗状況）

トリフェニレン系ディスコティック液晶膜について、金基板上的アルカンチオール、非対称ジスルフィド等の自己組織化膜上での配向挙動について検討した結果、レクタングュラーカラムナー相において、金基板上では細かいドメインが形成されたが、アルカンチオール自己組織化膜基板上ではより大きなドメインの形成がみられ、非対称ジスルフィド自己組織化膜基板に関しては、ディスコティックネマティック相での配向を反映してホモジニアスに近い planar 配向の傾向が見られた。ディスコティック液晶のカラムナー相においても、棒状液晶と同様に配向膜誘起の配向制御の可能性が見出された。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 ディスコティック液晶、自己組織化膜、配向制御

【研究題目】 等粘性負荷運動の生理学的特性とトレーニング効果の解明

〔研究代表者〕金子 文成（人間福祉医工学研究部門）

〔研究担当者〕金子 文成

〔研究内容〕

本研究は2年間の計画であり、最終目標は、等粘性負荷運動による筋出力の生理学的特性を明らかにし、等粘性負荷を臨床応用するための基礎生理学的データを得ることである。そのうち、初年度においては等粘性負荷運動装置を試作し、被験者実験を実施するにあたって安全性も考慮した装置の完成を目標とした。

試作した装置は、操作部、制御部、およびコンピュータに分かれ、操作部はトルクセンサ、モータ、ワイヤ巻取り機構、およびワイヤ、などからなる。また、制御部はモータドライバ、電源供給部、などで構成される。USBによりコンピュータと接続でき、コンピュータ制御によって稼動する。簡便に設置可能とするため、大きさは30×30×10cmと、従来の筋力測定および訓練機と比較して非常にコンパクトである。水平に設置するだけでなく、装置背部にあるフックを引っ掛けることで垂直に設置することができ、あらゆる方向への運動抵抗を与えられる。粘性係数をコンピュータプログラム上で設定することにより、ワイヤの引き出しに対して粘性抵抗を加えることができる。ワイヤ部分の強度など、臨床応用できるものにできるように更に改良する。

平成15年度は、本装置を用いて、筋収縮特性を明らかにするための実験を実施する。既存の等速性運動や等尺性運動との比較により、等粘性運動における筋収縮特性を明らかにする。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕粘性、運動負荷、筋力

〔研究題目〕操作的意味を保存するプログラム変換の研究

〔研究代表者〕渡邊 宏（情報処理研究部門）

〔研究担当者〕渡邊 宏

〔研究内容〕

本研究は、操作的な意味を保存するプログラム変換の特微付け、および判定条件を構築すること並びに操作的な意味を保存するプログラム変換をシステム詳細化・抽象化へ応用することである。

平成14年度は、操作的規則の分配則モデル間のマップを使って、遷移系の双模倣をもたらすプログラム変換の意味論的特微付けを行う。また振舞いを保存する変換の判定条件を与えるために分配則のマップを導く十分条件を求める。

この結果、操作的規則の分配則モデル間のマップが、言語の振舞いを記述した遷移系の間双模倣を導き操作的意味を保存する変換を与えることを示した。また実際のプログラミング言語やプロセス代数の具体例の中で操作的意味を保存する変換を見つけるための道具として、分配則のマップの存在証明に使える補題を4つ作った。

これらの補題を用いることで分配則のマップの実例三つ（言語の意味保存拡大の例、プロセス代数の例、一つの言語の二つの操作的規則の一貫性の例）を示すことができた。

〔分野名〕情報通信

〔キーワード〕プログラム意味論、操作的意味

〔研究題目〕ブーリアンカーネルを用いたブール関数の帰納学習

〔研究代表者〕佐土原 健（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕佐土原 健

〔研究内容〕

〔目的〕：本研究は、データマイニング等への応用が期待されるブール関数の帰納学習において、ブーリアンカーネルを用いた学習アルゴリズムを開発することを目的とする。

〔目標〕：任意のブール関数は、積和標準形で表現可能であるので、論理積が張る特徴空間上の超平面として記述できる。ブーリアンカーネルは、このような高次元の特徴空間の内積を、空間の次元に依存しない計算量で計算する関数であり、Support Vector Machine (SVM) と呼ばれる学習アルゴリズムに適用することで、特徴空間上の超平面を効率良く学習することが可能になると考えられる。また、ある種のブーリアンカーネルは、学習された超平面を分析する目的でも利用できるため、ブール関数値の決定に寄与しない論理積を取り除くことで、より精度の高いブール関数の学習が可能になると考えられる。本研究は、このようなアイデアに基づくブール関数の帰納学習アルゴリズムを開発し、既存の学習アルゴリズムよりも高い性能を有することを実験により検証すると同時に、アルゴリズムの性能を計算論的学習理論の見地から理論的に分析することを目標とする。

〔進捗状況〕：今年度は、任意の論理積が張る特徴空間の内積を計算する DNF カーネルと、長さが高々 k の論理積が張る特徴空間の内積を計算する k -DNF カーネルを用いたブール関数の帰納学習アルゴリズムを設計・実装し、計算機実験により、既存のアルゴリズムよりも高性能であることを確認した。特に、 k -DNF カーネルは、学習時のみならず、学習されたブール関数を分析し、長さが k よりも大きな論理積がブール関数の出力に関係するか否かを調べる目的でも利用可能であり、ブール関数の学習精度の向上に大きく寄与することが明らかになった。

〔分野名〕情報通信

〔キーワード〕データマイニング、計算論的学習理論、サポートベクトルマシン

〔研究題目〕生体の光イメージングの研究

－生体の平均光路長マップの作製－

〔研究代表者〕谷川ゆかり（人間福祉医工学研究部門）

【研究担当者】 趙 会娟、高 峰、蓮沼 裕子

【研究内容】

「酸素モニタ」「光トポグラフィ」等、既に製品化されている近赤外光を利用した無侵襲生体診断装置は、連続光を利用しているために、生体の「平均光路長」を測定することができない。そのため定量測定ができず、「危険値」の設定などの「診断」は困難である。一方、時間分解測定では簡便に「平均光路長」をもとめることができる。本研究では、時間分解測定が可能な光 CT (イメージング) 装置を用いてヒト右頭部の前額・側頭・後頭部や上腕、下肢など生体の各部位を対象に光学測定を行った結果をもとに「平均光路長」マップを作製することを目的とする。

研究計画としては、計測用ホルダを開発、また解析プログラムを開発し、健常な被験者を対象とした安静時の光学測定を行い、結果を解析して平均光路長マップを作製する。

平成14年度は光ファイバプローブの固定方法・プローブ間距離の測定法ならびにホルダの材質などを検討し、頭部測定用ホルダの改良点を検討した。また、健常者を対象として安静時の光学測定を行い、平均光路長マップを作製した。さらに、光学測定結果の妥当性の検証のため、上腕・下肢については MR 画像を取得し、光学測定結果から得られた再構成画像との比較を行い、上腕についてはかなり良い一致を見た。下肢については MR 画像とのずれがみられるため、プローブの固定方法や測定方法の検討の必要性がある。また、国際会議などで発表・討議を行った結果、タスク時のマップの変化の可能性や多チャンネルのイメージング装置への適用を考えた際に必要とされる、より広範囲でのマップの必要性などが課題とされた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 近赤外光診断装置、平均光路長、時間分解測定

【研究題目】 半導体・金属グラニューラー構造の非線形磁気伝導現象の解明とデバイス応用

【研究代表者】 秋永 広幸(ナノテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 秋永 広幸

【研究内容】

本研究代表者は、2000年に半導体・金属ハイブリッドグラニューラー構造において、室温、大気中の条件でも、数千%に及ぶ大きな磁気抵抗効果が観測されることを発見し、その現象を磁気抵抗スイッチ効果と名付けた。その後の研究によって、磁気抵抗効果の大きさは百万%を超える値にまで達成し、抵抗効果と言うよりは、磁場による金属-絶縁体転移ともとらえられるようになった。現在のところ、室温における磁気抵抗効果の大きさとしては最大の値である。磁気抵抗スイッチ効果は、その非線形な電流-電圧特性が、磁場によって線形性を取り戻

す効果であると見なすことが出来る。本研究テーマでは、この効果の物理的起源を明らかにすることを第1目標としている。一方、磁気抵抗効果の応用例としては、磁場センサーや磁場による電流スイッチが考えられ、その効果の適用範囲は広く、特にストレージ産業へ与えるインパクトが大きい。その応用を図るためには、大きな磁気抵抗効果を示すことはもちろんのこと、より低磁場においてより大きな磁気抵抗変化を示す、つまり磁場感度を向上することが必要となる。また、デバイス応用を考えた場合には、効果の再現性が良く、環境に対する耐性にも優れていなければならない。そこで本研究テーマでは、現象理解に基づいた磁気抵抗スイッチ効果のモデル化を行うことにより、これらデバイス応用への条件を満足する道筋を示すことを第2目標としている。平成14年度は、半絶縁性 GaAs 表面に金の電極からなるナノメートルスケールのギャップを作製した構造において、磁気抵抗スイッチ効果を観測することに成功した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 ナノスピニエレクトロニクス、非線形磁気輸送現象

【研究題目】 生物時計による性選択の分子機構

【研究代表者】 石田直理雄 (生物機能工学研究部門)

【研究担当者】 石田直理雄

【研究内容】

これまでにキイロショウジョウバエ (*Drosophilla melanogaster*) とシミランス (*Drosophilla simulans*) の交尾活動時間の違いについて報告してきた。今回さらにアナナス (*Drosophilla ananassae*) の交尾活動時間を測定した結果、上記2種と異なる交尾活動リズムを示すことが明らかとなった。そこでアナナスの交尾活動リズムの違いを分子レベルから解明する目的で、アナナスの時計 *timeless* (*tim*) のクローニングを試みた。その結果キイロショウジョウバエと非常に高い相同性を有する *Tim* ホモログ遺伝子の *cDNA* とゲノム配列のクローニングに成功した。そこでこの遺伝子に *heat shock* プロモーターを連結し、キイロショウジョウバエの *Tim0* 変異株へ導入した。その結果、温度を上げると活動リズムの周期性が回復したばかりか、変異株の中での *TIM* や *PER* 蛋白のリズミックな発現も回復した。この結果からアナナス *tim* 遺伝子がキイロショウジョウバエ *tim* のオルソログであることを結論した (Nishinokubi et al. GENE, 307, 183-190, 2003)。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 種分化、生物時計、生殖リズム

【研究題目】 貴金属ナノシート触媒の調製と高機能化

【研究代表者】 白井 誠之 (超臨界流体研究センター)

【研究担当者】 白井 誠之

【研究内容】

担持金属微粒子の触媒作用は、その構造、担体との電子的相互作用、担体細孔構造などと密接に関係している。本研究では層状化合物であるグラファイトを利用して、黒鉛層間にシート状の金属微粒子（金属ナノシート）を調製し、その触媒作用について検討した。

白金塩化物を黒鉛層間に挿入し白金塩化物-黒鉛層間化合物（PtClx-GIC）を調製した。更に PtClx-GIC を水素還元処理することで白金-黒鉛層間化合物（Pt-GIC）を調製した。透過型電子顕微鏡により Pt-GIC において白金集合体は厚み2~3nm のシート状であること、またシートには120° で折れ曲がった縁や六角形の穴を多数持つことがわかった。塩化白金を黒鉛を混合し還元処理した場合には、黒鉛表面に球状の金属粒子が形成されるのみであった。Pt-GIC 試料においてシート状の白金集合体ができるのは、塩化白金が黒鉛層間で上下からの相互作用を受けながら還元するためである。黒鉛層間に挿入された白金ナノシートを触媒としてフェニルアセチレンの水素化反応を行うと通常の炭素担持白金触媒に比較して2倍のエチルベンゼン選択性を示した。また、アダマンチルアセチレンの水素化反応においても高いアダマンチルエチレン選択性を示した。黒鉛層間に白金微粒子が挟まれている構造により反応基質が黒鉛層間に十分に挿入できず、炭素間三重結合の白金集合体への吸着が規制されることにより反応の選択性（形状選択性）が発現した。

今後は、白金のみならず種々の金属および合金についてナノシートを調製し触媒作用について検討する。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 黒鉛層間化合物、触媒、ナノシート、金属微粒子

【研究題目】 超高感度・超解像振動分光法の確立とナノ構造体/溶液界面への適用

【研究代表者】 二又 政之

【研究担当者】 二又 政之、松田 直樹、清水 敏美、澤田 嗣郎、片山 建二

【研究内容】

目標：単一分子検出感度と10nm 以上の空間分解能を有する超解像の赤外・ラマン分光法の確立を目標とする。それによりナノ構造体/溶液界面での機能発現メカニズム・形成過程・分子認識メカニズムの解明、電気二重層の構造や反応素過程の解明を行う。並行して、スラブ光導波路（SOWG）や非線形ラマン分光法を利用して金属以外の電極や誘電体/溶液界面に適用できる超高感度分光法の確立・適用を行う。

成果

1. 表面増強ラマン散乱：1) 色素や DNA 塩基について単一分子感度を実現した。2) 金属ナノ粒子表面の局所電場計算を行い、単一分子感度を与えるナノ構造を見出した。

2. 近接場ラマン：1) ファイバプローブへの金属コートにより数10倍の信号増強を見出した。2) ラマン光強度の試料膜厚依存性の実験的及び理論的解析を行った。
3. 近接場赤外：1) 自立型スキャナを設置するための倒立型赤外顕微鏡を設計し、試作した。
4. スラブ光導波路分光：1) 溶液から吸着する色素分子の解離状態やそのダイナミクスが解析できることを明らかにした。2) 導波路への0.5nm 厚さの吸着分子の検出が可能であることを明らかにした。
5. 超高感度分光法のナノ構造体/溶液界面への適用：1) 誘導ラマン散乱を水/空気界面、水、ベンゼントルエン溶液に適用し、信号増強メカニズムの検討、界面の水分子の検出、水分子間水素結合が、エタノールや塩化カリウムの添加によりそれぞれ強化、破壊されることを見出した。2) 表面増強ラマン散乱（SERS）のメカニズムに関して過渡反射格子法により検討し、SERS 活性な金基板と色素の間でのみ超高速（200fs 以内）で電荷移動が起きることを見出した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 超解像・超高感度振動分光、光導波路分光、非線形ラマン、有機ナノチューブ

【研究題目】 科学研究費補助金（特別研究員奨励費）

（次世代燃料電池電気自動車の為の高容量3mass%水素吸蔵 BCC 型合金の開発）

【研究代表者】 田村 卓也（基礎素材研究部門）

【研究担当者】 田村 卓也

【研究内容】

排気ガスの無いクリーンな燃料電池自動車が普及する要素として挙げられているのは、高い水素吸放出量を有する合金タンクの開発である。そのニーズを満たす水素吸蔵合金の候補として BCC 型水素吸蔵合金が挙げられる。昨年度、BCC 構造を有する Ti-Cr-V 合金において Cr 量を増加させる事により、水素放出量（9-0.01Mpa）が2.6mass%まで増加する事が判明した。しかし、一定の Cr 量以上において、従来知られている2水素化物とは異なる1水素化物が形成され、水素吸放出量が半減する事が判明した。そこで、本年度の研究では、1水素化物の構造、特性を調査し、1水素化物の形成を抑制する事により、さらに高い水素放出量を有する合金の検討、開発を行うことを目的とした。上半期、Ti-Cr-V 系合金における水素、重水素の同位体効果を測定し、1、2水素化物形成領域の境界線に及ぼす同位体効果の影響を調査した。その結果、水素では1水素化物が形成されるため、水素放出量が1.1mass%と少ないが、重水素においては2重水素化物が形成される Ti-56at%Cr-20at%V 合金において、2重水素化物が形成される重水素において重水素処理（重水素を吸蔵、放出）を行った後に水素を吸放出させた場合、水素においても1水素化物ではなく2水素

化物が主に形成され、重水素処理を行わずに水素を吸蔵させた場合と比較すると水素放出量が1.1mass%から2.2mass%と2倍になることが判明した。そこで下半期には、データ解析、論文取りまとめなどを行った。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 水素吸蔵合金、BCC 構造、同位体効果

－産業技術研究助成事業－

【研究題目】 高性能 MOSFET 型電界放出電子源の開発

【研究代表者】 松川 貴（エレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 金丸 正剛、長尾 昌善

【研究内容】

（目標）次世代 CRT 及びフラットパネルディスプレイの基盤技術として、高性能、高寿命の MOSFET 型フィールドエミッタの開発を行う。

（研究計画）シリコン基板上に微細加工技術を用いて作製した電界放出電子源（電子エミッタ）の高性能化を図るために、新しい電界放出電子源を開発する。具体的には、電子源から放出される電子ビーム電流を高精度に制御し安定した電子ビームを得ることを目的に、シリコン電子エミッタとシリコン MOS トランジスタを一体構造とした電子源を開発する。また、電流制御電極を電子ビーム収束用の静電レンズ構造とすることにより、放出される電子ビームを高輝度で収束させる機能を付加する。さらに、実用化に向けて必要な真空封止プロセスに対して耐性を有するように、電子エミッタ表面の改質技術を開発する。

（進捗状況）高性能、長寿命の MOSFET 型フィールドエミッタの開発を目的として、4×4個のエミッタアレイを配列した MOSFET 型電界放出電子源を作製し、内蔵 MOSFET によりエミッション電流を良好に制御できることを示した。また、収束レンズ付エミッタアレイにおいて発散角100mrad 以下の電子ビームを発生させることに成功するとともに、最大エミッション電流として直流動作にて2.0A/cm²、パルス駆動にて10.6A/cm²の結果を得た。さらに、シリコンエミッタ表面を耐酸化性のある HfC 膜で被覆することにより大電流化と長寿命化に成功した。

【分野名】 情報通信

【キーワード】 フィールドエミッタ、MOS トランジスタ、電界放出、ディスプレイ、表面改質

【研究題目】 機械的結合を主鎖構造に有する親構造高分子の開発

【研究代表者】 浅川 真澄（界面ナノアーキテクニクス研究センター）

【研究担当者】 清水 敏美、増田 光俊、小木曾真樹、秋山めぐみ、平本真由美、堀 ゆかり、山西 弘子

【研究内容】

従来の一次元線状高分子とは全く異なる概念からなる新構造高分子材料として、クラウンエーテルと2級アンモニウム塩の相互作用を利用することにより、機械的結合もしくは分子間相互作用を主鎖構造に有する高分子の効率的な合成技術の確立を目指している。本年度は、分子間相互作用を主鎖構造に有する高分子として、メソ位にクラウンエーテルをもつポルフィリンと末端にピリジル基をもつ2級アンモニウム塩からなる、水素結合と配位結合に基づく非共有結合型高分子を合成し、その分子量を静的光散乱法により決定した。その結果、溶液中において数十万の分子量を有する非共有結合型高分子が形成していることが判った。また、機械的結合を主鎖構造に有する高分子として、クラウンエーテルに直接2級アンモニウム塩が置換した化合物が、非極性溶媒中での相補的な水素結合に基づきテグス結び構造を形成することを利用し、このテグス結び構造をモノマーユニットとする高分子の合成を行った。その結果、相補的な水素結合によって効率良くテグス結び構造が形成するものの、この構造をモノマーとして高分子量化することは困難であることが判った。アミン部位をアセチル化した重合物を解析した結果、2量体から3量体のテグス結び構造オリゴマーの形成が確認出来た。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 自己組織化、ロタキサン、超分子ポリマー

【研究題目】 バイオミメティック手法による環境管理技術の研究

【研究代表者】 和泉 博（環境管理研究部門）

【研究担当者】 和泉 博、山上 奏子

【研究内容】

ペルメトリン、マラチオン、ヘプタクロル等の光学活性を有する殺虫剤は、内分泌攪乱作用が疑われる物質としてリストされており（環境ホルモン戦略会議 SPEED '98）、その残留性が問題となっている。一方でこれらの殺虫剤は、森林の保護や蚊をはじめとする害虫の駆除に非常に有用であるため、広範に使用されている。そのために、これらの物質の有用性を考慮した正確なリスク評価技術の確立が求められている。そこで、リスク評価の一手法である構造活性相関解析に用いる立体構造データの提供を目的として、まず、*cis*-ペルメトリン、マラチオン、ヘプタクロルについて光学分割を行い、赤外円二色性（VCD）スペクトルを測定した。クロルデン関連化合物であるヘプタクロルについては、密度汎関数法による理論計算を行い、実測値との比較から3次元立体構造（絶対配置）を決定した。公開可能なキラル分子については Web を利用して VCD データを公開した。また、有害化学物質を選択的に認識するセンサー等への応用を図ることを目的として、バイオミメティックレセ

ブター分子の設計を行い、その基本骨格となる新規物質としてアミノ酸やペプチドを導入したウルチタン、ラク トンイミン、ラクタムアルデヒド化合物等を開発し、特 許申請を行った。

【分 野 名】環境・エネルギー

【キーワード】内分泌攪乱物質、赤外円二色性、立体構 造、キラリティー、バイオミメティック、 分子認識

【研究 題目】包接化合物を用いた高効率エネルギー変 換技術に関する研究

【研究代表者】内田 努 (エネルギー利用研究部門)

【研究担当者】赤池 正美、池田 育子

【研究 内容】

目標：包接化合物の高い気体包蔵性に注目し、新規の 気体貯蔵媒体として開発するための基礎特性を解明する (高濃度気体貯蔵技術の研究開発)。またその高い気体 包蔵性と生成・分解反応の温度・圧力敏感性に注目し、 貯蔵した気体を圧力作動媒体として工業的に利用する技 術を開発し、更なる省エネルギー効果を目指す (包接化 合物の利用技術の研究開発)。

研究計画および進捗状況：高濃度気体貯蔵技術の開発 研究では、12年度に整備した装置を用いて、13年度は生 成温度・圧力条件を変化させてメタン包接化合物の生成 速度と包蔵される気体量との関係を明確にした。そして 試料中に貯蔵される気体量が理想状態の90%以上になる ことがわかったので、14年度には生成効率化のため、結 晶構造が変化し生成圧力がメタン包接化合物の約半分に まで低減できる添加剤を用いた研究を行った。また生成 平衡条件を変化させる塩を添加したとき、生成速度も抑 制することが明らかになった。さらに効率的分解技術を 検討するための基礎技術として、塩水溶液-二酸化炭素 界面張力の測定方法の開発を行った。またこの研究開発 において、生成試料中の気体密度を高精度で迅速に計測 する技術として、12年度から継続して行っているレーザ ーラマン法を利用した計測手法を開発した。一方圧力作 動媒体等への包接化合物の利用技術の開発研究では、 気・液界面積が大きく、かつ攪拌等を必要とせず繰り返 し反応させることのできる多孔質物質を利用して、包接 化合物の生成・分解過程による圧力調節研究を行った。 12年度に導入した生成・分解挙動観測装置製作を用い、 13年度はメタンガス等を用いた実験を行った結果、一晚 の反応時間で多孔質物質の約36倍の体積のメタンガスを 貯蔵できた。また室温程度の温度範囲で圧力を3～ 10MPa の範囲で昇圧・調圧できた。14年度はより低圧 からガスを吸蔵させる技術として、水溶性のアンモニウ ム塩を用い、生成圧力を常圧近くまで低減させた。

【分 野 名】環境・エネルギー

【キーワード】包接化合物、気体貯蔵、圧力作動媒体

【研究 題目】コンビナトリアル技術による高性能酸化 物熱電材料の探索とモジュール化のため の要素技術の確立

【研究代表者】舟橋 良次 (生活環境系特別研究体)

【研究担当者】舟橋 良次、鹿野 昌弘、木村 知恵

【研究 内容】

独自に構築したコンビナトリアル合成法を用いて作製 された試料の高速・高精度ゼーベック係数定量測定に用 いるゼーベックテスターを開発した。このテスターは二 対の熱電対とニクロム線ヒーター、計測器とパーソナル コンピューターから成る。このテスターにより試料の室 温におけるゼーベック係数が600試料/時間の速度で精 度よく測れるようになった。コンビナトリアル技術を用 い n 型酸化物の探索を行った。その結果 (La, M) NiO₃ (M : Na, Sr, Bi)系でゼーベック係数は低いものの、抵 抗率が数 mWcm と非常に低い酸化物が見つかった。 Co₃Co₄O₉ (Co-349)の電子物性を明らかにするため Co- 349の低温比熱測定を行った。この結果、この系の電子 比熱が大きかったことが分かった。この原因は電子強相 関により、スピントロピーがキャリアに貼り付いて いるためである。これが高い出力因子の原因である。コ ンビナトリアル技術により開発した LaNiO₃系焼結体を n 型材料に、Co-349を p 型材料に用い一对の発電素子 を作製した。基板にはアルミナ、接合材には銀ペースト を用いた。この素子は熱衝撃性に優れており、電気伝導 性も良好であった。

【分 野 名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】コンビナトリアルケミストリー、高効率 物質探索、触媒材料、熱電材料

【研究 題目】クラスター制御による超低損失電力素子 半導体用高効率 CVD プロセスの開発

【研究代表者】石田 夕起 (パワーエレクトロニクス研 究センター)

【研究担当者】西澤 伸一、加藤 智久

【研究 内容】

目標

CVD 炉内のクラスターその場観察を行い、前年度に 構築した物理モデルを完成させる。そして、このモデル に立脚した炉内の最適設計を行い高速成長技術を確立す ると同時に、さらなる高品質化のために、不純物濃度制 御、成長膜厚制御、成長膜内結晶欠陥低減化技術を開発 し、SiC-CVD プロセスの高効率化を達成する。

度進捗状況

デバイス作製に耐えうる実用的な高速 SiC エピタキ シヤル技術を構築するために、SiC の成長実験及びクラ スター形成のその場観察を行った。SiC の成長実験から は、成長過程が堆積とエッチングの競合で生じているこ とを明らかにした。クラスターのその場観察では、クラ スターの正体が Si 液滴だけではない事、及びクラスタ

一の生じない成長条件を見出した。これらの知見を基にして、新たに SiC エピ成長の反応モデルを提案しシミュレーションを行った。シミュレーションの結果から、ガスノズルの形状が成膜速度に大きな影響を与えることを見出した。そして、直線ノズルを用いて成長を行ったところ、100mm/h 以上という従来の CVD に比べ桁速い成長速度を得ることが出来た。この値は、他に報告されているものに比べ桁速い値である。このエピ膜を XRD で評価したところ、ロッキングカーブの値は 8 arcsec であり、成長速度が非常に速いにも関わらず、他で報告されているものと遜色のない値であった。また、室温での PL でも評価したが、強いバンド端発光が観測され、しかも不純物に帰因する発光はほとんどみられなかった。以上より、結晶性良く高速に成長する技術を確立することが出来たと考えている。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】SiC、CVD、高速成長、クラスタ

【研究題目】超臨界流体化学工学の構築に向けたマクロ及びミクロな移動現象の解明

【研究代表者】増田 善雄（超臨界流体研究センター）

【研究担当者】相澤 崇史、金久保光央

【研究内容】

超臨界流体を工業的に利用するためには、熱や流れといったマクロな移動現象および反応の特性に影響を及ぼすミクロな移動現象を明らかにする必要がある。本研究では、超臨界流体化学工学の構築に向けたマクロおよびミクロな移動現象解明のため、様々な検討を行った。まずマクロな移動現象に関しては、超臨界流体中でみられる特異な熱移動現象である Piston Effect についての検討を行った。そして、理論的な解析の結果から近似式の提案、プログラムの作成、それを用いた伝熱特性の解明を行った。また超臨界流体中の流れ及び温度を完全非接触で測定するため、高圧 MRI システムの構築を行った。MRI の測定可能な高圧セルの作成を行い、永久磁石を用いた MRI システムで高圧化での流速の測定が可能であることを示した。またミクロな移動現象に関しては、超臨界二酸化炭素中において、分光学的手法を用いた研究を行った。そして電子移動反応の重要な中間体であるエキシプレックスの周りの局所密度が、臨界点近傍においてバルクな密度より高いことを高圧過渡吸収法、および高圧蛍光寿命測定法により明らかにした。さらに臨界温度、圧力が高いために観測が困難であった超臨界水用のセルの開発を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】超臨界流体、移動現象、高圧 MRI

【研究題目】循環可能資源を利用した環境調和型化学反応プロセスの開発

【研究代表者】崔 準哲（物質プロセス研究部門）

【研究担当者】安田 弘之、坂倉 俊康、Mahmut Ablal

【研究内容】

目標

持続可能（循環可能）資源の代表例である、二酸化炭素やメタンなどの不活性小分子の変換を実現する手段としては、超臨界流体の利用及び分子触媒の活用による高度な反応制御が期待されている。さらに最近、超臨界 CO₂ を媒体とする有機合成反応が、有機溶媒の不要なプロセスとして環境問題の観点から重要視されている。

分子触媒及び超臨界流体反応場の活用によって、(1) 二酸化炭素の有用化合物への変換法開発の一環として、「ホスゲンの代わりに二酸化炭素を原料として用いるイソシアナート合成法」、及び(2) 超臨界二酸化炭素を媒体とするメタンの変換反応として、「酸化反応（メタノール合成）及び、カルボニル化反応（アセトアルデヒド、酢酸合成）」の開発を目標とする。

研究計画

本研究の期間内においては、分子触媒及び超臨界流体反応場の活用によって、①二酸化炭素とアミン類の反応によるイソシアナート合成、②メタン酸化及びカルボニル化反応の開発、③各々の反応機構を検討する。

年度進捗状況

平成14年度においては、1) 二酸化炭素からのイソシアナート合成に関しては、高活性の新規触媒の開発に成功した。2) 高密度二酸化炭素中での触媒的なメタンの変換反応としてアセトアルデヒドの合成法の開発及び酸化反応の触媒を探索を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】環境調和型プロセス、循環可能資源、超臨界状態、分子触媒

【研究題目】マグネシウム合金の固体リサイクルによるアップグレード化に関する研究

【研究代表者】千野 靖正（基礎素材研究部門）

【研究担当者】千野 靖正、馬淵 守、下島 康嗣

【研究内容】

本研究の目的はマグネシウム合金の新リサイクルプロセスとして、熱間押しにより直接再生材を創製する“固体リサイクル技術”を開発し、バージン材に対して高付加価値を有するリサイクル材を創製することにある。マグネシウム合金は熱間押しに供すると動的再結晶により微細結晶粒が得られ、優れた機械的特性を示す。すなわち、本プロセスによりマグネシウム合金の再生すると融解エネルギーの消費を削減するだけでなく、優れた機械的特性を示す素形材を作製することが期待できる。

H14年度は、代表的な展伸材である AZ31マグネシウム合金の切削屑を低温（503K）にて熱間押しにより再生した際の機械的性質を評価し、優れた機械的特性が発言することを確認した。また、固体リサイクル材の超塑性特性および空洞形成特性を調査し、固体リサイクル

材でも高い歪み速度感受性指数が得られること、すなわち超塑性現象が発現することを確認した。一方、固体リサイクル材の空洞体積率および空洞総数を測定し、バージン材よりも高い値を示すことを確認した。また、空洞形成は粒界近傍および粒内からも確認された。一連の結果より、粒内および粒界での酸化物の存在が空洞形成を促進し、固体リサイクル材の高温での低延性を引き起こしたことを明らかにした。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 マグネシウム合金、固体リサイクル、熱間押し

【研究題目】 太陽エネルギー利用環境浄化システムの開発

【研究代表者】 永長 久寛（環境管理研究部門）

【研究担当者】 根岸 信彰、佐野 泰三

【研究内容】

本研究は太陽エネルギーを総合的に利用する VOCs 分解処理システムの構築を目的としており、光触媒材料および太陽光集光ユニットの開発を行った。

ベンゼン、トルエンの光分解反応では触媒活性の低下が問題となっているが、粉末酸化チタンに Rh を担持することにより活性低下を抑制できることを見出した。この触媒は長時間の反応により次第に失活するものの、この活性低下の原因は触媒表面の Rh の酸化によることを X 線光電子スペクトルおよび水素還元処理・酸化処理による実験結果から明らかにし、劣化した Rh 担持酸化チタン触媒が窒素気流中での加熱処理により再生できることを示した。

また、ポリエチレングリコールの代わりにヒドロキシプロピルセルロースを用いて TiO₂ 透明薄膜光触媒を調製し、この光触媒活性をアセトアルデヒド、トルエン、ならびにキシレンの光触媒分解反応より評価した。薄膜の膜厚と光触媒活性との間には相関関係があるとされるが、この薄膜の場合での相関を調べるため、様々な膜厚における触媒活性を比較検討した。さらに、これら結果から導かれる最適な光触媒面積を算出し、その面積の光触媒が使用可能な光触媒反応装置を試作した。

続いて200～250℃の反応温度が得られる集光器、および高機能化された光触媒材料を固定した光触媒リアクターを作成し、環境浄化ユニットを試作した。実際の太陽光を利用して得られる集光温度および VOCs の分解能力を解析し、さらに吸脱着制御も含めた環境浄化ユニットの可能性を検討した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 太陽エネルギー、光触媒、揮発性化学物質

【研究題目】 高水素透過性アモルファス合金膜の開発に関する研究

【研究代表者】 原 重樹（物質プロセス研究部門）

【研究担当者】 原 重樹

【研究内容】

我々は既存のパラジウム合金膜に代わる安価な水素分離膜の一つとしてアモルファス合金膜を提案している。アモルファス合金膜は、水素透過係数はパラジウム合金より一桁劣るものの、原料コストは3桁近く安価であることから、近年注目を集めている。本研究ではこの透過係数の向上の指針を得ることを目的として、種々の合金膜を作製し、その特性の評価を進めてきた。これまでに $(Zr_{36}Ni_{64})_{1-a}(Ti_{39}Ni_{61})_a$ および $(Zr_{36}Ni_{64})_{1-a}(Hf_{36}Ni_{64})_a$ で表される一連の合金に着目してその水素透過係数を系統的に調べ、水素透過係数は Ti や Hf 量の増加により低下することなどを明らかにしてきた。今年度はその原因を詳細に調べることを目的として、透過係数に大きな影響を及ぼす水素溶解特性について $(Zr_{36}Ni_{64})_{1-a}(Hf_{36}Ni_{64})_a$ を対象に検討した。その結果、水素溶解量は Hf 量の増大とともに低下し、これが水素透過係数低下の主因であることが分かった。一方、拡散係数の Hf 量依存性は極めて小さいものと考えられる。すなわち、水素溶解度の大きな合金を設計することで透過係数の改善が期待できることが分かった。また、水素溶解量は水素分圧の約1/4乗に比例していたが、これは、水素が存在しうるサイトに分布があることを反映しているものと考えられる。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 水素、膜分離、アモルファス合金

【研究題目】 先進炭素系材料を利用した水素貯蔵技術の開発

【研究代表者】 花田幸太郎（機械システム研究部門）

【研究担当者】 花田幸太郎、張 慶華

【研究内容】

（目標）

先進炭素系材料（ナノダイヤモンド、ナノグファライト）について、精製・表面活性化処理を含む水素化技術、バルク化・軽量化を目的とした複合化技術、水素吸蔵放出特性評価・解析技術を開発し、5wt%以上の水素吸蔵量を有する新材料の創製を目的とする。

（研究計画）

水素を貯蔵する媒体としてナノクラスダイヤモンド、ナノグラファイトに着目し、以下のような方法で研究開発を実施する。

- (1) 表面処理
- (2) 水素化技術
- (3) バルク化技術
- (4) 複合化技術
- (5) 水素吸蔵特性評価・解析技術

a. 水素吸蔵特性評価

b. 材料組織評価

(年度進捗状況)

ナノ炭素材料について、精製及び表面活性化処理を含む水素化処理技術の開発、水素吸蔵・放出特性評価、異種材料との複合化による軽量化・形状付与技術の開発を行い、ファイバー長が短くヘリングボーン構造のグラフアイトナノファイバーが水素貯蔵媒体として最も適していること、触媒含浸処理により層間化合物の形成が必要であること、水素加熱法がナノ炭素材料の水素吸蔵に最も効果的であること、最適触媒等を明らかにし、本実験条件下において最大水素吸蔵量5.1wt%を達成した。さらに、ナノ炭素材料と Al、Mg 系バインダーとの複合化によって水素吸蔵多孔質体（空孔率最大50%、軽量化最大56%）の作製・成形加工が可能となった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 ナノ炭素、製造、水素吸蔵

【研究題目】 超微細孔性分子篩炭素膜による水素精製技術の開発

【研究代表者】 羽鳥 浩章（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】 吉澤 徳子

【研究内容】

燃料電池の燃料となる水素は、主にガソリン、天然ガス、あるいはメタノールなどの有機資源を改質して供給されるが、自動車用あるいは小型民生用に開発が進められている固体高分子型燃料電池システムでは水素と同時に発生する微量の一酸化炭素が触媒被毒を起し、電池性能の低下をもたらす原因となる。本研究開発は分子篩膜による水素精製技術に関するものであるが、ガソリン車のオイルフィルターと同様の感覚で容易に水素だけを濾し分けることのできる膜が開発されれば、コンパクトかつ省エネルギー型の革新的技術として、固体高分子型燃料電池の一酸化炭素による触媒被毒の問題が容易に解決できるものと期待される。我々はすでに、芳香族ポリイミドを出発原料として、分子サイズの細孔のみが発達した炭素膜が製造できることを明らかにしているが、本研究において水素精製に最適な細孔構造をもつ分子篩炭素膜の調製条件を検討した結果、極めて高い水素/一酸化炭素分離性能をもつ分子篩炭素膜の製造に成功した。この分子篩炭素膜は、燃料改質ガス中においておよそ1%含まれる一酸化炭素濃度を膜透過によって10ppm以下に削減できる物質特性を有する。また本年度は、実用上懸念される分子篩炭素膜への水分吸着の影響を明らかにするための検討も行い、分子篩炭素表面は疎水的であるため水との相互作用力が小さいこと、水分子についても分子篩効果によって細孔から排除し水素分離への影響を無くすことが可能であることも明らかにした。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 分子篩炭素、水素精製、膜分離

【研究題目】 多機能錯体触媒による二酸化炭素の有機

原材料化技術の研究

【研究代表者】 富永 健一（環境調和技術研究部門）

【研究担当者】 富永 健一、佐々木義之、瀬川 勝智

【研究内容】

二酸化炭素の高度利用を可能にする新規な反応として、二酸化炭素を原料とした不飽和炭化水素のヒドロホルミル化反応の開発を行った。ヒドロホルミル化反応は工業的に重要なプロセスの一つであるが、従来は有毒な一酸化炭素を原料としているため、二酸化炭素を代替原料として用いることで、より安全で環境負荷の低いプロセスとなることが期待される。これまでの研究では、分子内に不飽和結合を持つ化合物に対してはよい収率で生成物が得られたが、末端に不飽和結合を持つ化合物に対しては不飽和結合の水素化が起こるため十分な収率が得られなかった。これに対して、触媒として用いたルテニウム錯体の構造を制御することにより、反応選択性を向上させることを目指してきたが、今年度はイオン性液体を用いた二相反応系を応用することにより水素化を抑制し、末端に不飽和結合を持つものを含めより単純な構造の基質に対しても、良い反応選択性と収率で生成物が得られることを見出した。また、計算化学的な手法を用いてルテニウム以外の金属がこの反応に適用できないか検討した。ルテニウム錯体を用いた場合、四核のクラスター錯体が活性種となっているが、同様の構造で他の金属に置換すると、二酸化炭素に対する反応性が低くなってしまふことが分かった。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 二酸化炭素、錯体触媒、グリーンケミストリー

【研究題目】 生物時計機構を利用した睡眠障害モデル動物の開発

【研究代表者】 宮崎 歴（生物機能工学研究部門）

【研究担当者】 宮崎 歴

【研究内容】

昨年までの我々の研究から時計遺伝子変異が睡眠異常を起こすことを明らかにした。そこで、生物時計分子機構を攪乱する目的で核移行部位を欠失した rPER2遺伝子を導入したトランスジェニック動物作成を試みた。作成された時計遺伝子産物の核移行を阻害する PER2変異型タンパク質を発現させる変異動物14ラインのうち、強制発現が確認されたラインを7ライン同定し、そのうち2ラインの動物においてサーカディアンリズムに異常が確認された。さらに行動解析を進めるとともに異常の起きているメカニズムについても調べる予定である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ペリオド遺伝子、睡眠リズム、トランスジェニックマウス

【研究題目】 実時間適応学習能力を有するサイバネテ

イック・インタフェースの開発

【研究代表者】 福田 修 (人間福祉医工学研究部門)

【研究担当者】 福田 修

【研究内容】

本研究の目的は、活動筋から計測した筋電位信号から人間の意図を推定し、コンピュータや福祉機器などへ指令を伝達するサイバネティック・インタフェースを開発することである。このインタフェースは、筋収縮レベル、運動意思、関節インピーダンスなどの情報を伝達可能で、上肢切断者などの身体機能障害者にとって生活や就労を支援する唯一のコミュニケーション手段となり得る。また、スイッチやマウスなどのような特別なデバイスや操作環境は不要であり、ウェアラブルコンピュータの入力デバイスとしても有効である。本研究課題は3年の計画で実施されており、平成14年度はその2年目にあたる。平成14年度は、平成13年度に構築した新しいニューラルネットを利用して筋電位信号からの動作意図推定実験を実施した。このネットワークは、従来法において必要不可欠であった筋電位信号の前処理を省くことができ、処理を非常に簡略化することができる。従来手法との比較実験において、極めて高い識別精度を実現した。

今後は、筋電位信号から人腕の関節インピーダンス推定を行うとともに、そのインピーダンスモデルをインタフェースシステムへ実装することを検討する。また、本研究開発の妥当性を示すために、障害者を対象とした制御実験を行う。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 サイバネティック、インタフェース、筋電位

【研究題目】 次世代生体親和材料としての脂質ナノ構造体の開発

【研究代表者】 高木 俊之 (物質プロセス研究部門)

【研究担当者】 芝上 基成、鈴木 孫一、宮脇 和博、原田 敦弘、森 美千子、後藤 理恵、藤崎 里子

【研究内容】

【目標・計画】

古細菌は、高温・高圧・高酸性等の極めて過酷な環境下にも生息することが知られている。その高い耐環境性は細胞膜に見られる特異な構造を持つ環状脂質にあると推測されている。そこで我々は、この環状脂質をモデルとした人工脂質を合成し、これを構成分子とすることにより、機械的・熱的等に高い安定性を発揮する脂質ナノ構造体を構築できるのではと考えた。この作業仮説の下に様々な種類の人工環状脂質を合成し、そしてこれらの分子の自己組織化により様々な形態の脂質ナノ構造体の構築に挑む。さらに「究極のナノ機能素子」である膜タンパク質を脂質ナノ構造体へ組み込み、そしてその機能の制御を行うことについてもあわせて検討を行う。

【年度進捗状況】

各種人工環状脂質、および擬環状スフィンゴ脂質の合成法を確立した。さらに人工環状脂質の自己組織化を試みたところ、球状、チューブ状、シート状、そしてリボン状の脂質ナノ構造体の構築に成功した。一方、脂質ナノ構造体と膜タンパク質とのコンジュゲートを創製するために、(i) 超高感度熱量計を用いたラフト形成条件の探索、および(ii) 人工膜へのバクテリオロドプシン (bR) の再構成と膜中での bR の構造について検討を行った。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 人工環状脂質、脂質ナノ構造体、古細菌

【研究題目】 酸化物系単結晶セラミックス共晶複合材料の超高温・高圧水蒸気環境下におけるクリープ変形の加速機構の解明

【研究代表者】 原田 祥久 (機械システム研究部門)

【研究担当者】 原田 祥久

【研究内容】

(目標)

14年度は、酸化物系単結晶セラミックス共晶複合材料の超高温・高圧水蒸気環境下におけるクリープ試験を実施し、データを集積する。さらに、材料中での水素/酸素/水酸化物等の拡散挙動、それらの拡散による原子空孔の生成挙動および転位との相互作用を、表面分析およびナノ・マイクロ解析により、その変形・破壊メカニズムを解明することに着手する。

(研究計画)

13年度に引き続き、既存設備の模擬実環境材料試験評価装置等を用いて酸化物系単結晶セラミックス共晶複合材料の超高温・高圧水蒸気環境下におけるクリープ試験を実施し、データを集積する。特に、1500℃・0.6MPa未満の環境下におけるクリープの加速現象、1500℃・0.6MPa以上におけるネガティブクリープ変形に注目して行う。また、耐環境性・耐久性を評価する上で重要な材料中での水素/酸素/水酸化物等の拡散挙動、それらの拡散による原子空孔の生成挙動および転位との相互作用を調べるために、ナノスケール分析による表面拡散・反応・化学結合の解析、ナノ・マイクロ構造解析による原子空孔の生成挙動および転位との相互作用を調べ、その変形・破壊メカニズムの解明に着手する。

(年度進捗状況)

13年度に改造・高性能化した模擬実環境材料試験評価装置を用いて、酸化物系単結晶セラミックス共晶複合材料 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{YAG}$ 系の1400-1600℃の超高温、0.6MPa以下の高圧水蒸気、大気およびアルゴンガス環境下において引張クリープ試験を実施した。その結果、応力指数は6-12、活性化エネルギーは500-1000kJ/mol となった。クリープ寿命は水蒸気存在によって著しく低下し、アルゴンガス、大気、水蒸気環境の順に低下した。また、水蒸気環境では、OH が試料内に拡散し、活性化エネルギー

一を低下させ、クリープ速度は水蒸気圧の増加とともに加速した。さらに、転位構造観察において、水蒸気が転位を増大させクリープ変形を加速させること、相界面では転位が固着ししきい応力を発生させると推測した。一方、1500℃・0.6MPaの高圧水蒸気環境下におけるネガティブクリープ挙動は、転位観察の結果からこの材料は転位クリープ以外の変形メカニズムは考えられず、クリープ後の組織観察からも再結晶等が起こっていないことから追加試験を行った。その結果、熱ひずみによる見かけのネガティブクリープであることが明らかとなった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 超高温、水蒸気、クリープ、酸化物系単結晶、共晶複合材料

【研究題目】 塗布光分解法によるエピタキシャル酸化物膜の低温成長

【研究代表者】 土屋 哲男 (物質プロセス研究部門)

【研究担当者】 山口 巖

【研究内容】

金属酸化物は多種多様な機能を有するので、その薄膜化による各種デバイスへの応用が期待されている。しかしながら、酸化物膜の結晶成長には500℃以上の熱処理過程を要するので、シリコンデバイスに金属酸化物薄膜を組み込む際、アルミ配線などが膜の堆積・結晶化過程で拡散する問題がある。従って、500℃以下の低温で酸化物膜を結晶成長させる必要がある。我々は、この問題を解決するために紫外レーザー光による金属有機化合物の光化学反応を利用して金属酸化物膜を作製する塗布光分解法を提案してきている。紫外線レーザーは、1光子当たり6.4eVの高エネルギーを数ナノ秒間照射できるので基板への熱の影響は少ない。また、マスクを通してエキシマレーザー光を照射することにより照射部のみ薄膜が生成するので、未照射部分は溶媒で除去することでパターンニングが可能である。従来の方法よりも工程が少なく、また、エッチングに必要であったハロゲンガス必要ない点の特徴といえる。本研究では、塗布光分解法を用いて、チタン酸ジルコン酸鉛 $Pb(ZrTi)O_3$ (PZT)、ランタンストロンチウムマンガネート (LSMO) および酸化インジウム (In_2O_3) などの酸化物エピタキシャル薄膜の低温成長法を開発することを目的とした。本年は、エピタキシャル膜生成機構を明らかにするため、塗布熱分解法と光分解法を用いて各種基板上に薄膜の作製を試み、エピタキシャル膜の成長には、格子ミスマッチだけでなく基板材料の光学吸収特性が寄与していることを実証した。また、LSMO膜の電気特性と作製条件の関係を調べ、500℃の低温で、PLD法(700℃)で作製した膜の特性に匹敵するTCR(抵抗温度係数)3.4%を示す膜の作製に成功した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 エキシマレーザー、低温成長、PZT、

LSMO

【研究題目】 MEMS デバイスの耐環境・高信頼性集積化技術

【研究代表者】 高木 秀樹 (機械システム研究部門)

【研究担当者】 高木 秀樹、松本 壮平、前田龍太郎

【研究内容】

(目標)

MEMS デバイスの耐環境性と信頼性を向上させるため、接着剤などの中間物質を用いないウエハ直接接合による、組立・パッケージング技術を開発する。ウエハの直接接合を低温で実現するために表面活性化法を適用し、この手法による酸化物を中心とした耐食性材料及び機能性材料の接合、および表面粗さの大きなウエハや焼結セラミックスなどの接合手法を開発する。

(研究計画)

微細デバイスを形成したウエハを高精度に接合するため、真空中での位置決め機能を備えた表面活性化ウエハ接合真空装置を開発する。本年度までに装置の試作を終え、位置決め精度の評価及び常温での接合実験を開始する。サファイア、ニオブ酸リチウムなどのウエハ接合、及びこれらとシリコンとのウエハ接合について、表面活性化法及び従来のウエハ接合法により検討し、表面活性化法の効果を明らかにする。接合界面を金属とシリコンの組み合わせにすることにより接合時の反応を促進する手法を用いて、表面粗さの大きなウエハの接合の可能性を検討する。

(年度進捗状況)

表面活性化法による真空中ウエハ高精度接合装置の試作を終え、シリコンウエハを用いて常温接合が可能で十分な強度が得られることを確認した。位置決め精度について10ミクロン以下を達成した。サファイアやニオブ酸リチウムなどの酸化物においても、シリコンとの接合では表面活性化法により常温で接合が可能である。また、酸化物同士の表面活性化法による接合では、常温での接合でもかなりの接合強度が得られたが、200℃程度までの熱処理を行うことにより母材強度に匹敵する接合強度が得られた。同様の強度を従来のウエハ接合法で達成するには1000℃程度の加熱が必要であり、表面活性化法が熱処理温度の低温化に有効であることが確認された。表面粗さが大きく直接のウエハ接合が困難な焼結セラミックスについて、表面にプラチナ膜を形成して表面活性化法により接合することで、シリコンとの接合に成功した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 ウエハ接合、MEMS、常温接合

【研究題目】 加圧熱水反応を用いた未利用樹皮からのケミカルズ製造に関する研究

【研究代表者】 井上 誠一 (エネルギー利用研究部門)

【研究担当者】 井上 誠一、花岡 寿明、野口 将宏、

江頭 照美

[研究内容]

アジア・オセアニア地域などで植林されているラジアータパインの樹皮は、未利用で放置または焼却などにより処理処分されている。しかしこの樹皮中には、ホルムアルデヒドと反応し接着性を持つ成分であるタンニンが多く含まれている。このタンニンを効率よく樹皮中から抽出することを目的とし、加圧熱条件下メタノールを抽出溶媒としてタンニンの抽出を行った。その結果、加圧条件で抽出を行うと、常圧条件の抽出よりもタンニンの収率が向上した。また、メタノールを抽出溶媒として用いると、溶媒として水を用いたときと比較して、純度の高いタンニンが高収率で得られることが明らかになった。さらに加圧熱条件では、樹皮に対して少ない溶媒量および短い抽出時間でタンニンの抽出を行うことができ、エネルギー的にも有利な抽出方法であることが明らかになった。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 樹皮、タンニン、加圧熱条件

[研究題目] 自然界の適応淘汰に学ぶ比較蛋白質設計

[研究代表者] 小池 英明 (脳神経情報研究部門)

[研究担当者] 小池 英明

[研究内容]

壮大な時間をかけた自然界の蛋白質のアミノ酸改変に学び、立体構造およびアミノ酸配列の系統的な比較に基づいて、蛋白質の耐熱性の要因を明らかにし、その原理を応用した耐熱化の新技术を開発する。

中等度の好熱性を持つ古細菌 *Sulfolobus* 由来の TATA 配列結合蛋白質 (TBP) の立体構造を X 線結晶法により 2.0 オングストローム分解能で決定し、既に決定されていた超好熱性および常温性の生物種由来の TBP の立体構造と系統的に比較した。その結果、生育温度の高い生物種に由来する TBP ほど、その蛋白質内部を構成するアミノ酸の疎水性が高くなる一方で、表面の親水性が増すことを明かにした。この結果、超好熱性の TBP では内部の残基はほとんどが疎水性の高い 3 種のアミノ酸 (イソロイシン、ロイシン、バリン) によって占められている。これらの結果から、TBP の耐熱性を改変するために変異するアミノ酸残基の位置および導入されるべきアミノ酸の種類の候補を特定することができた。さらにこれと並行して超好熱性古細菌 *Pyrococcus* に由来する転写関連蛋白質の立体構造を X 線結晶法によりほぼ決定を終了し、構造の概略を明らかにすることができた。今後、この蛋白質を含め、TBP の解析により明らかになった耐熱性の原理の普遍性・多様性を検討する基礎ができた。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 蛋白質、耐熱性、立体構造、X 線結晶法

[研究題目] 血液自身を潤滑油とした血液循環補助装置

[研究代表者] 丸山 修 (人間福祉医工学研究部門)

[研究担当者] 山根 隆志、西田 正浩、小西 義昭 (日機装)、小野口富夫 (スリーボンド)、田川 雅士 (三菱重工業)

[研究内容]

高齢者が多くかつ移植ドナーの少ない我が国では、体内埋め込み型人工心臓の必要性が高い。拍動式の埋め込み型人工心臓はすでに実用化されているが、使用者の肉体への負担軽減のため、さらに小型の回転式人工心臓が希求されている。本研究では新たに開発される革新的要素技術、すなわち流体動圧軸受を採用することで、2年以上の連続使用可能な回転式小型人工心臓を開発する。血液適合性評価は動物実験のみに頼らず、マイクロカプセル模擬血液を開発応用することで、評価を加速実施する。非接触駆動による回転式血液ポンプを試作した。シュラウド付き軸流ポンプでは、回転はするがシュラウドがポンプ性能低下を招くため、軸流・遠心混合流ポンプであれば、所定のポンプ揚程を達成でき、溶血特性も低減可能な範囲との見通しが得られた。動圧軸受の溶血特性として、圧力設計により最小軸受隙間を拡大すれば溶血は低減できるという見通しを得た。また抗血栓性特性として動圧軸受内に血栓が懸念されるが、数値流体解析により軸受通過流量を増強することで改善できるであろうとの見通しを得た。ツールとして使用する数値流体解析の可視化実験検証により、計算精度は十分であることが確認できた。血液適合性評価のため、直径 10 μm 以下の微小カプセルを除去し、最頻直径 96 μm に設定し、Ht を 40% に合わせた新規マイクロカプセル模擬血液を使用して、体外循環用の市販遠心血液ポンプの溶血試験を行なった結果、従来の 50 倍の感度で溶血特性を調べることができた。更なる粒径制御を行なうことで、合成高分子系マイクロカプセル模擬血液を、牛血に代わる新しい溶血試験標準液として用いることが期待できる。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 動圧軸受、血液ポンプ、流れの可視化、模擬血液

[研究題目] 異種元素導入による電気化学キャパシタ用高性能炭素電極の開発

[研究代表者] 曾根田 靖 (エネルギー利用研究部門)

[研究担当者] 児玉 昌也、山下 順也、袴田 隆宏

[研究内容]

電気二重層キャパシタは、二次電池に比べ高速な電力の出し入れが可能であるという特徴から、ハイブリッドカーやパルスの電力の平準化といった分野での応用が期待されるが、現状のキャパシタはエネルギー密度が低いという欠点をもつことからその用途が限られている。本研究開発においては、様々な省エネルギー用途での実用

化が可能となるような大容量キャパシタの創出を目指し、酸化還元反応を利用した電気化学キャパシタ用高性能炭素電極の開発を行う。

カーボンナノファイバー（CNT）やカーボンエアロゲル（CA）などのメソ細孔性炭素の調製法を確立し、電気二重層キャパシタ電極としての基礎的特性を評価した。CNT については、硫酸中で80F/g の比容量が示され、層間化合物の分解によって静電的に容量を増加し得ることを見いだした。膨張化炭素繊維（ExCF）の比容量は濃硫酸中で450F/g に達し、その機構は、電解液分子のインターカレーションによる電気化学疑似容量と考えられた。

フッ素マイカ層間を用いた鋳型炭素化法によって得た薄膜状炭素は、単位表面積当たりの比容量が活性炭の約10倍に達した。ポリ塩化ビニルを出発物質とする活性カーボンエアロゲルは、有機電解液中において135F/g の高い容量を示し、特異吸着の機構を明らかにしたことにより、材料設計指針を得た。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】キャパシタ、ナノカーボン、電極材料、疑似容量

【研究題目】パルスレーザー成膜法を用いたSiC 半導体薄膜の低温合成による素子化技術の開発

【研究代表者】楠森 毅（基礎素材研究部門）

【研究担当者】楠森 毅、武藤 八三、山田 保誠

【研究内容】

炭化珪素（SiC）半導体素子は、電力損失の大幅減少および電気自動車に必要な高温・高耐電圧が得られることから、その迅速な実用化が求められている。しかしながら、現在のところ極めて高価な基板（SiC 単結晶）上に、イオン注入装置などの大規模な装置を用いることによってしかその素子構造は実現されていない。この製造上のコストが SiC 素子の開発と普及の上で大きな問題となっている。

当該研究の目的はこれらの問題を解決するために、パルスレーザー成膜（PLD）法により SiC 素子構造を安価な基板上に簡便な装置で作製するプロセス技術を構築することである。また成膜と同時にドーピングを行う複合 PLD 法により、簡便な装置で素子構造を作製する技術の開発を図る。

本年度は、①-SiC ヘテロエピタキシャル薄膜の低温合成および高品質な薄膜の作製条件の最適化を行った。その結果、2H、4H、3C の多形からなる単一相の SiC 薄膜を作り分けることに成功した。またアルミニウム（Al）用 K セルのセットアップを行い、p 型・n 型半導体化のためのドーピング技術の研究をスタートさせた。②デュアルレーザーアブレーションを行う際の蒸着システムを構築し、SiC と Al の同時アブレーションによる p

型半導体化の研究を開始した。③p 型 Si 基板の上に n 型 SiC をエピタキシャル成長させ、耐電圧の高い p-n 整流特性を得た。真空中で基板を加熱しながら金属を蒸着することにより、電気特性を測定するために必要なオーミック接触を得る方法を開発した。また光学特性を評価するための PL 測定系を構築した。

【分野名】ナノテク・材料・製造

【キーワード】炭化珪素、レーザー蒸着、ヘテロエピタキシー、p-n 接合

【研究題目】炭酸ガス貯蔵媒体としてのガスハイドレートの構造化・成長機構解明に関する研究

【研究代表者】竹谷 敏（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】長尾 二郎

【研究内容】

目標：CO₂削減のための海洋貯留技術として、高い気体包蔵性に注目した CO₂ハイドレートの研究は数多く行なわれてきているものの、分子レベルからその成長機構を解明するための研究は限られている。本研究では、CO₂ハイドレートの模擬物質として常圧でも安定な Xe ハイドレートが氷基板上で成長する過程を、Xe 雰囲気下の常圧下で原子間力顕微鏡（AFM）と X 線回折法（XRD）を用いてその場観察することにより、成長初期段階の結晶化機構、成長過程での分子オーダーでの成長機構を解明することにより、CO₂ハイドレートによる炭酸ガス貯蔵のガス包蔵性の向上などに寄与する基礎データの取得を目指している。

研究計画および進捗状況：平成13年度に、AFM 用低温ユニットおよびXRD用低温3軸試料台を開発作成し、平成14年度にはこれらを用い、Xe 雰囲気下の低温常圧下で、AFM および XRD により、Xe ハイドレートが氷基板上で成長する過程のその場観察を実施した。AFM での測定を行うことにより、氷試料に Xe ガスを吹き付け、表面形状変化の観察の結果、氷表面には多くの凹型の穴が形成され、その他の部分はなめらかな表面を維持していた。凹型の穴は氷表面からの水蒸気蒸発によって形成されたものと考えられ、その部分がハイドレート化しているかは、XRD による構造化に起因する回折ピークの測定を実施中である。

平成15年度以降、Xe ハイドレートが氷表面のどこで発生しているか、さらにはその後の成長が優位に起こる場所を解明し、形成過程の観察を継続実施予定である。水分子の供給とガスの表面吸着現象から、成長機構解明に関する指針が得られることが期待される。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】包接化合物、気体貯蔵

【研究題目】NxOy ガスへの紫外光照射により生成した活性化窒素/酸素を用いた SiO₂/SiC 界

面形成技術

【研究代表者】小杉 亮治（パワーエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】先崎 純寿、福田 憲司

【研究内容】

（目標）

窒素と酸素を含む N_xO_y ガスを原料ガスとし、さらにこれを紫外線照射により分解し、強力な酸化力を有する原子状酸素を生成することによって酸化膜/SiC 界面の形成を行う。これは、原子状酸素という新たな酸化種による SiC 熱酸化の試みと、パッシベーション的役割を果たす窒素原子が混在する雰囲気、良好な酸化膜/SiC 界面の形成を狙うものである。

（研究計画）

平成13年度は酸化装置の設計・開発および製作を行ってきた。平成14年度は製作した酸化装置を用いて原子状酸素による SiC の酸化を行い、酸化条件の最適化を行った。MOS キャパシタの CV 測定による MOS 界面の電気的評価は、当初平成15年度前半の予定であったが平成14度後半において一部評価を開始している。

（平成14年度成果）

平成14年度の前半は平成13年度に開発した酸化装置を用いて活性酸素による SiC 酸化の特徴について調べ、供給する原料ガスに酸素分子が含まれていても、50Torr以下の圧力で酸化を行うことにより、酸化種を原子状酸素に限定できることを見出した。さらに、原子状酸素による酸化によって界面準位の低減に成功した。平成14年度後半では、NO ガス雰囲気における界面処理により、界面準位の低減とチャネル移動度の向上を確認した。平行して縦型 MOSFET のマスク設計、各要素プロセス（ドライエッチング、ポリシリコンゲートプロセスなど）を立上げ、第一回目の試作において耐圧1.7kV、オン抵抗 $76m\Omega cm^2$ を確認した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】炭化珪素、酸化、金属-酸化膜-半導体 (MOS) 界面、MOS 型電界効果トランジスタ (MOSFET)

【研究題目】SiC 超低損失パワーデバイス実用化のための低温プロセス開発

【研究代表者】田中 保宣（パワーエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】小杉 亮治、加藤 智久、西澤 伸一

【研究内容】

ワイドギャップ半導体である SiC はその物理的特性（高絶縁破壊電界強度、高飽和電子速度、高熱伝導率）が Si よりも優れている上に、いくつかのプロセスにおいて Si と共通の技術を利用できることもあり、超低損失パワーデバイスを実現するための材料として注目されており世界中で盛んに研究が行われている。しかし、SiC

デバイスを実現するためには解決されるべき多くの問題が残っている。その一つに SiC デバイスプロセス特有の高温プロセスが挙げられる。SiC の場合、結晶中の不純物の拡散係数が極めて低いことから局所的伝導性制御にはイオン注入法が唯一の手法として用いられているが、注入した不純物の活性化、及び結晶性の回復のためには $1500^{\circ}C$ 以上という非常に高温のアニール処理が必要である。更に、CVD 法によるエピタキシャル膜成長には $1600^{\circ}C$ 以上の高温環境が必要である。これらの高温処理はデバイスプロセスの自由度を大きく制限する。本研究ではこれらのプロセス温度を下げるためにイオン注入層の活性化にはレーザーアニール法、エピ成長にはプラズマ CVD 法を新しく提案し、その特長を十分生かすべく SiCOI 基板 (SiC/SiO₂/Si) 上に同手法を駆使したパワーデバイスを作製することを目的とする。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】レーザーアニール、プラズマ CVD、SiCOI

【研究題目】メソ多孔体を利用した超深度脱硫触媒プロセスの技術開発

【研究代表者】白井 誠之（超臨界流体研究センター）

【研究担当者】岩佐 信弘（北海道大学）、内田 聡（東北大学）、蛭名 武雄（メンブレン化学研究ラボ）、久保田 岳志（島根大学）、阪東 恭子（環境調和研究部門）

【研究内容】

軽油からの硫黄分の除去には触媒を利用した水素化脱硫処理が施されている。水素化脱硫触媒としてはγ-アルミナにモリブデンを主成分としてコバルトを助触媒として担持した触媒が工業的に用いられている。しかし、従来のコバルト-モリブデン系触媒には水素化能が低かったり、直接酸性質を付与すると炭素質の堆積が多くなり、触媒の失活につながってしまう問題がある。そこで細孔閉塞を抑えるためにメソサイズの細孔を有する多孔体を用いることや、高脱硫化のために水素化能や固体酸性質を付加することが必要である。

本研究では、細孔構造と化学組成を制御したコバルトイオンを骨格内に含むメソ多孔体脱硫触媒を開発し、石油系原料に含まれる含硫黄複素環化合物（チオフェン、ベンゾチオフェン、ジベンゾチオフェン）を高効率で除去する脱硫プロセス技術開発を行った。特にキャラクター化をとり入れ、合成条件（水熱温度、pH、界面活性剤の使用）の最適化により環境負荷を極限までに低減させられる脱硫触媒システムおよび超クリーン燃料製造技術を開発することを目的とした。

本研究では水熱法により調製したコバルトを骨格内に含むメソ多孔体 (MST(Co)) の調製条件が含硫黄複素環化合物の水素化脱硫反応に及ぼす影響について詳しく検討し、MST(Co) の表面積、ナトリウム量が脱硫活性と密接に関係していることを明らかにした。特に低 pH

スラリーで水熱処理し、アンモニア処理することで大きな表面積を有する MST(Co)が調製でき、それが高い脱硫活性を示すことがわかった。今後、更に調製条件を細かく設定することで耐久性、寿命等触媒のアップグレードを更にはかる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】深度脱硫、脱硫触媒、メソ多孔体

【研究題目】実時間 Linux 向き組込用並列分散計算システムの実用化研究

【研究代表者】関山 守 (情報処理研究部門)

【研究担当者】戸田 賢二、金広 文男

【研究内容】

本研究は、オープンソースでネットワーク応用を含む組込機器の制御用 OS として注目されている Linux を用いた、並列分散実時間システムの製品化につながる開発を目的とする。

平成14年度は、並列分散実時間システム構築の為にリアルタイムイーサネットプロトコルの構築およびリアルタイム MPI の開発と、上記技術を用いたヒューマノイドロボット応用に性能及び機能の検証を行う。

平成14年度に達成した成果は以下の通りである。

- 1) デスクトップマルチプロセッサに、リアルタイム OS ART-Linux の移植を行った。
- 2) 組込用プロセッサ M32R への ART-Linux の移植の基本部分 (カーネル動作確認) を行った。
- 3) 低コストで簡便にリアルタイムシステムを構築するためのリアルタイムイーサネット開発の初年度研究として、リアルタイムイーサネットプロトコルの検討と予備的なシミュレーション評価を行った。
- 4) ART-Linux をターゲットとしたリアルタイム MPI の優先度指定を精密化し、幅広い応用に対応できるようにするための基本部分の実現を行った。
- 5) ART-Linux を効率よく実行し高い時間解像度を提供することのできるプロセッサアーキテクチャの基礎検討を行った。
- 6) ヒューマノイドロボットの次期版で必要とされる通信能力を解析した。(リアルタイムイーサネットの評価指標に用いる予定)

【分野名】情報通信

【キーワード】実時間 Linux

【研究題目】高異方性ナノプロセスを用いた極微細ダブルゲート MOSFET の開発

【研究代表者】昌原 明植 (エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】清水 貴思、松川 貴

【研究内容】

【目標】

加工対象物の物性を巧みに利用することにより低損傷で3次元の加工が可能な高異方性ナノプロセスを開発、

従来の微細加工技術ではなし得なかった縦型極狭 Si 伝導チャンネルを有する極微細ダブルゲート MOSFET 作製技術を開発する。そのチャンネル両側壁に、独自に開発する高品質な La 系高誘電率 (high-k) ゲート絶縁膜と双方にゲート電極を形成し、高性能かつ低消費電力な high-k ゲート縦型ダブルゲート MOSFET を実現する。

【研究計画】

縦型ダブルゲート MOSFET の基本構造作製プロセスの確立を目指し、10nm 級縦型 Si 伝導チャンネル形成技術および30nm 級実効ゲート長作製技術の安定化をはかるとともに、この独自素子の素子化周辺技術も同時に開発する。また、将来のゲート絶縁膜として期待される換算膜厚2nm 相当の La 系 High-k ゲート絶縁膜の MOSFET 特性を評価する。さらに、不純物濃度解析及び電位分布解析機能を有する、多機能走査型プローブ顕微鏡による半導体デバイス基礎データの取得を行う。

【年度進捗状況】

イオン照射減速エッチング現象の利用したナノウェットプロセスの高度化をはかり、さらに本プロセスと通常の MOS プロセスとの統合を試みることによって、SiO₂ をゲート絶縁膜に用いた20nm 以下の縦型 Si チャンネルを有する n チャンネル縦型 MOSFET を作製し、動作確認を行った。一方、SiO₂ゲート絶縁膜換算で2nm 以下の膜厚に対応する La 系 High-k 薄膜を Si 基板上に MOCVD 法で堆積することが出来た。更に Si のバンドギャップのほぼ中心にフェルミ準位を持つ Ru 金属をゲート電極として La 酸化膜 High-k MOSFET の試作に成功した。デバイス特性解析技術として、多機能走査型プローブ顕微鏡による、デバイスの基本構造としての pn 接合の電位分布測定を行い、デバイス構造、不純物分布を反映した表面電位分布が得られることを確認した。

【研究題目】Co-Ni-Al 系強磁性形状記憶合金による磁場駆動型アクチュエータ材料の開発

【研究代表者】及川 勝成 (基礎素材研究部門)

【研究担当者】及川 勝成、孫 正明、橋本 等

【研究内容】

Co-Ni-Al 系 B2強磁性形状記憶合金は、延性に優れることおよびマルテンサイト変態点、磁気変態点が-150℃～120℃と幅広く制御できることが特徴である。本研究では、Co-Ni-Al 系 B2合金の線材及び板材を作製し、ミクロ組織制御による特性改善により飽和変位量の大きく、応答速度に優れた安価な固体アクチュエータ材料開発を目的とする。

本年度は、Co-Ni-Al 系 b+g2相形状記憶合金の機械的性質と形状記憶特性をバランスさせるためのγ相量と組成、熱処理温度を最適化することを行った。

Co-Ni-Al 系 b+g2相形状記憶合金で、形状記憶効果を示すg相が強磁性となるような組成で、g相分率を種々変化させた試料を作製し、機械的特性および形状記憶効

果に及ぼす g 相分率の影響について調査した。g 相分率が増加するほど、引張り強度と破断伸びは増加し、形状回復率は低下する傾向がみられた。特に、g 相分率が20%近傍で著しく変化が見られ、その近傍が形状記憶特性、機械的特性のバランスが一番優れていると考えられる。

【分 野 名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 形状記憶合金、アクチュエータ、強磁性

【研究 題 目】 シリコンナノ粒子精密連続合成のためのマイクロ空間プロセスの開発

【研究代表者】 中村 浩之（マイクロ空間化学研究ラボ）

【研究担当者】 中村 浩之

【研究 内 容】

粒径10nm 程度以下の半導体材料のナノ粒子は、多核体同時分析を簡単に実現可能にする等の様々な可能性を秘めた画期的な蛍光タグとして注目を浴びている。現在最も研究が進んでいるものは CdSe ナノ粒子であるが、これはカドミウムやセレンなどを含み環境的にリスクが高い材料であり、使用が制限される上、ひとたび使用法を誤られると、環境汚染に結びつきかねない。そこで、本研究では、環境リスクの低い蛍光ナノ粒子（シリコンナノ粒子）を安定に供給するシステムを構築することを目的に、研究を行った。

本年度は、シリコンナノ粒子のマイクロリアクター中での合成に必要な要素技術の確立、マイクロリアクター中で反応を行うための反応系の選択、および反応条件の最適化を行った。マイクロリアクターによる正確な温度制御法として、原料溶液をあらかじめ設定温度にセットしたガラスキャピラリー中を通過させることによる方法を確立した。さらに、原料溶液の混合器として、二液を0.1s 以下で混合するマイクロ混合器の作成方法を確立した。しかし、既に報告されている方法をマイクロリアクターに適用しても、シリコンナノ粒子のほかに多量の固体副生成物が生じ、即座に流路が閉塞した。バッチ式反応装置で、シリコンアルコキシドを原料としてエーテル等の極性の高い溶媒を用いて合成を行うと固体粒子の生成は見られなかった。さらに、生成物からはシリコンナノ粒子からの青色もしくは緑の蛍光が生じていることを確認し、アルコキシドの種類や温度によって、生成物からの蛍光波長が異なることを見出した。今後は、より生産量の高い方法を、マイクロリアクターでの反応に利用することを検討する。

【分 野 名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 マイクロリアクター、ナノ粒子、蛍光タグ

【研究 題 目】 排水処理のための可制御高効率ソノケミカル反応装置の開発

【研究代表者】 安井 久一（セラミックス研究部門）

【研究担当者】 安井 久一、辻内 亨、小塚 晃透、

飯田 康夫、清水 和江、

畑中 信一（電通大）、

三好 憲雄（福井医大）

【研究 内 容】

目標：排水中に含まれる内分泌攪乱化学物質などの難分解性物質の分解に適用できる超音波を利用した化学反応装置を実用化するために、可制御高効率ソノケミカル反応装置を設計し製作する。そして開発した反応装置を、種々の化学反応や分解反応に適用し、その性能を評価する。

研究計画：平成14年度は、可制御高効率ソノケミカル反応装置の設計に向けて、コンピュータシミュレーションや光散乱法を用いた実験により、気泡挙動の解明を進める。また、さまざまなタイプの反応装置を検討し、予備実験を行うことで、オリジナルな反応装置を考案する。同時に、超音波による懸濁微粒子の分離技術を確立し、ソノケミカル反応装置に取り入れることを検討する。年度進捗状況：排水等の処理液体に微粒子を適量添加することにより、キャビテーション気泡数が増し、ソノケミカル反応の高効率化が図れる事がヨウ化物イオンの酸化反応より明らかとなった。また、界面活性剤を適量添加することによっても、高効率化が図れる可能性が明らかになった。さらに、気泡振動のコンピュータシミュレーションにより、難分解性物質の分解を担う OH ラジカル等の酸化剤の生成にとって、溶存気体が空気の場合、超音波強度に最適値が存在することが明らかになった（すなわち、超音波が強すぎると良くない）。さらに、超音波による微粒子フィルタリングの基礎を確立した。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 超音波、ソノケミカル反応、廃水処理

【研究 題 目】 流動層による大量排ガス中に含まれる低濃度 NOx の高度処理

【研究代表者】 松田 聡（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】 松田 聡、柴野紗綾夏

【研究 内 容】

都市域で問題となっている窒素酸化物（Nox）対策として、比較的まとまった量の換気を行っている箇所を対象に、流動層システムを使った低濃度 NOx の高度処理に関する研究を行う。トンネル排ガス等の低濃度脱硝設備として現在検討されている吸着・吸収法による方式に対し、同量の処理を行う場合、設置スペースと設備費に関して従来法の目標値の8割で抑える技術を開発することを旨とする。

今年度は、トンネル排ガスを処理対象にした場合、処理ガス量が大量であることと窒素酸化物濃度が数 ppm 程度であることを簡単な試算を行うことで示した。光触媒反応で窒素酸化物処理を行うことを考えた場合、酸化チタンをゾルゲル法でシリカゲルに担持した光触媒複合粒子が適していることを示した。さらに、実験室規模の

循環流動層システム（高さ2m）を製作した。反応部であるライザー部はパイレックスガラス製の二重管にした。ライザー部を工夫することにより、固気接触効率を向上させ粒子滞留時間を長くできることを見いだした。流動媒体として、シリカ多孔質粒子にチタニアを複合化した光触媒粒子を用いた。循環流動層システムにおける耐摩耗性を数時間運転後の光触媒の付着量で調べたところ、今回用いた粒子は十分使用できることが示された。光触媒複合化粒子の他に、参照用としてシリカ多孔質粒子、ガラスビーズ、を用いて、それぞれの粒子で窒素酸化物処理の検討を行った。その結果、光触媒複合粒子を用いて脱硝効率90%以上で長時間運転できることを明らかにした。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 流動層、NO_x 処理、光触媒

〔研究題目〕 光応答性表面を用いたセルマニピュレーションシステムの開発

〔研究代表者〕 須丸 公雄（物質プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 金森 敏幸、原 万里子、亀田 光淑、枝廣 純一

〔研究内容〕

目標：光照射によって細胞接着性を可逆的に変化させられる材料表面（光応答性表面）を細胞培養キュベットとして用い、微小パターン照射光学系、CCD マイクロスコープおよび画像処理アルゴリズムを組み合わせることにより、セルマニピュレーション（個々の培養細胞を思いのままに操作）を実現するシステムの開発を行う。
研究計画：いくつかの光応答性色素（フォトクロミック色素）を担持した重合性モノマーを合成し、これを含む機能性コポリマーをはじめとする光応答性材料を導入した表面を試作する。また、人工材料足場表面における足場依存性細胞の最適培養条件の検討を多角的に行う。
年度進捗状況：セルマニピュレーションシステムの重要な構成要素として、スピロピランやアゾベンゼンなど4種類の光応答性色素を担持した重合性モノマーの合成技術を確認した。さらにそれらと機能性モノマー（NIPAAm、MMA、長鎖エステルモノマー）とのコポリマーを重合し、その物理化学特性の解析を進め、光応答性色素とポリマー主鎖の間における相互作用の存在を確認した。そして、光応答性色素やこれらを担持したポリマーを用いた材料表面修飾手法を探索し、実際にいくつかの光応答性培養表面の試作を行った。また、本研究で提案した光応答性表面を用いた細胞操作技術に関する基本原理について特許出願を行った。

一方、人工材料表面における最適な細胞培養条件の探索において、人工足場と細胞組織からなる系での酸素の消費拡散について数値モデルを設定し、具体的な実験系に対応するモデルパラメータに基づいて酸素分圧分布の見積りと、臨界培養条件の特定を行った。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 セルマニピュレーション、光応答性材料、細胞接着性

〔研究題目〕 術中 MRI と内視鏡のリアルタイム画像統合技術

〔研究代表者〕 山内 康司（人間福祉医工学研究部門）

〔研究担当者〕 鎮西 清行、小関 義彦

〔研究内容〕

〔目標〕 MRI（磁気共鳴画像）による誘導を必要とする低侵襲手術において、MRI と硬性内視鏡の同時観察を可能にする能動的でリアルタイムな画像統合・提示技術を研究・開発する。内視鏡は MRI 対応性のあるマニピュレータによって操作され手術者の見たい部位に正確・安定に位置決めされる。位置決め情報と MRI 断層像上の座標系を相互参照することで、内視鏡画像と MRI は計算機上で統合され手術者に提示される。

〔研究計画〕

1) MRI 対応の内視鏡操作ロボット

MRI 内にて硬性内視鏡の視野の位置方向を操作する、合計6自由度を有するロボットを試作し、MRI 対応性を検証する。

2) MRI 対応の内視鏡

精細な画像が得られ MRI 下手術に対応した硬性内視鏡を開発する。

3) 座標系の一致と画像提示

内視鏡操作ロボットを指示して内視鏡視野を患部方向に誘導し MRI 画像と内視鏡とを統合提示するためのシステムを開発する。

4) 総合評価

上記3システムを統合し、動作確認を行う。また内視鏡像と MRI 画像との総合位置決め精度、MRI 対応性や滅菌可能性などを評価・確認する。

〔平成14年度の進捗状況〕

MRI 対応の内視鏡操作ロボットについては、回転3自由度を有するマニピュレータのプロトタイプを開発した。小型の超音波モータを使用し自由度の増加にもかかわらず小型化できた。

MRI 対応の内視鏡については、直視内視鏡を開発した。MRI 対応性を検証し、良好な結果が得られた。また機械的試験も行い十分な機械的強度を有することが検証できた。

座標系の一致と画像提示については、光学式位置計測装置による位置計測ソフトウェアについて基本部分を開発した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 MRI 対応性、内視鏡、ロボット

〔研究題目〕 高温触媒体により生成された水素

重水素ラジカルを用いた SiC MOS 界面

及び SiC 酸化膜の高信頼性化技術

【研究代表者】先崎 純寿（パワーエレクトロニクス研究センター）

【研究内容】

目標：平成15年度は高温触媒体を用いて生成された水素／重水素ラジカルによる SiC MOS 界面及び SiC 酸化膜中の欠陥終端プロセスを確立する。さらに、水素終端処理温度の低減（目標：500℃以下）を試みる。

研究計画：本年度は以下に示す3つのテーマに関して研究を遂行した。

テーマ①「高温触媒体により生成された水素/重水素ラジカルを用いた SiC MOS 界面形成条件の検討と SiC 酸化膜の信頼性評価」

テーマ②「SiC デバイス特性に影響を及ぼす SiC MOS 構造欠陥の評価」

テーマ③「SiC MOS 界面準位密度測定と SiC MOSFET の反転層チャネル移動度評価」

年度進捗状況：

テーマ①及び③に関して、昨年度に作製した高温触媒体を使用した水素／重水素ラジカル生成装置を用いて、SiC MOS 界面及び SiC 酸化膜中欠陥終端条件の最適化に取り組んだ。その結果、高温に加熱した熱触媒体表面での熱触媒作用により生成された活性化した水素ラジカルを試料に照射することにより、基板加熱温度500℃以下の低温で、SiC MOS 界面に存在する界面準位密度の低減に成功した。また、水素ラジカル照射時間の増加または熱触媒体の加熱温度の高温化が SiC MOS 界面準位密度の低減に有効であることを見出した。

テーマ②に関して、SiC 酸化膜の信頼性と SiC エピタキシャル層結晶欠陥との相関関係について検討を行った。その結果、溶解 KOH エッチングにより形成された SiC エピ層表面のエッチピット数と TDDB 測定から得られた絶縁破壊電荷総量 (Q_{BD}) には相関関係があることを見出し、エッチピット数の減少と共に Q_{BD} 分布が高信頼性側に広がっていることがわかった。

今後の予定として、活性水素ラジカルによる SiC MOS 界面準位の最適終端条件を用いて SiC MOSFET 及び SiC 酸化膜信頼性評価 TEG を作製し、活性水素ラジカル処理の効果について検討を行う。また、SiC 酸化膜の信頼性に影響を及ぼす SiC エピ層結晶欠陥の種類の同定を行う。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素ラジカル、触媒作用、酸化膜、信頼性

【研究題目】実用燃焼炉最適化に向けた高度燃焼制御基盤技術の開発

【研究代表者】北島 暁雄（エネルギー利用研究部門）

【研究担当者】赤松 史光（大阪大学）、飯塚 悟、国吉ニルソン（大阪大学）

【研究内容】

実用燃焼炉における高度燃焼制御技術に対する技術応用を念頭においた、燃焼制御基盤技術の開発を行う。環境負荷低減技術の基礎研究として、すすやダイオキシン類などの有害燃焼排出物の生成と深い関連が指摘されている多環芳香族物質（PAH）生成機構と燃焼状況との詳しい関係を解明し、生成抑制技術基盤の確立を目指す。同時に、高エネルギー変換技術の中核と目される高温空気燃焼について、実機流れ場を考慮した高強度乱流条件における詳細な燃焼特性を解明し、燃焼制御最適化のための基礎知見を蓄積する。以上の基礎的研究から得られたデータを基に、実炉への応用を念頭においた適切な燃焼モデルを構築し、最終的には実機燃焼制御パラメータ最適化のための知見の取得を目指す。本年度の主な研究結果は以下の通りである。まず、層流非予混合火炎の燃焼状態と PAH 生成挙動の関係に関して、火炎帯における平均流速勾配の増大が PAH 生成量の増大をもたらすことを明らかにした。また燃料化学種が異なると、理論混合分率の変化に対する PAH 生成量変化の傾向が大きく異なることを明らかにした。数値計算の結果から、燃焼状態の変化に伴う PAH 生成挙動の変化は、laminar flamelet concept に基づいた燃焼領域における炭化水素中間生成物の生成挙動と深い関連がある可能性が示された。次に高温空気高強度乱流燃焼に関して、乱流予混合火炎の希薄可燃限界は燃料の濃度、混合気の初期温度に支配され、酸素濃度の影響は小さいことが明らかとなった。また、従来乱流予混合火炎の火炎構造位相図を考慮する上で、重要な火炎構造にかかる特性値の一つであった、乱流予混合火炎における thin reaction zone と broken reaction zone の判定基準は、混合気の組成、初期温度の変化によって大きく変化することが明らかとなった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】多環芳香族物質・拡散燃焼・高温空気燃焼

【研究題目】廃電気・電子機器リサイクルのための選択粉碎・容易分離技術の開発

【研究代表者】古屋仲茂樹（環境調和技術研究部門）

【研究担当者】古屋仲茂樹、松田 聡、遠藤 茂寿

【研究内容】

本研究では、廃プリント基板や家電シュレッダーダストに含まれているプラスチックと金属の耐衝撃性が異なることに着目し、材質ごとに砕成物粒子のサイズに顕著な差違を与えることができ、後段の選別工程を大幅に簡略化すると同時に粉碎工程そのもののエネルギー効率を改善可能な高効率選択粉碎技術を3年計画で開発する。複数の操作条件とその組合せをリアルタイムに制御可能な衝撃型粉碎システムを製作し、様々な運転モードでの破壊挙動を追跡することにより、選択粉碎効果を極大化

する操作条件とその履歴を明らかにする。

初年度にあたる平成14年度においては、粉碎に伴う有害化学物質の拡散を防止する観点から、廃プリント基板上に実装されている重金属や有機ハロゲン化合物等を高濃度で含有する電子部品の有無を調査するとともに、各電子部品類の耐衝撃性の序列を把握し選択粉碎効果の極大化に向けた基礎データを取得した。また、衝撃力や粒子滞留時間等を自動制御可能な衝撃粉碎システムを設計・製作し、最新の高速ビデオカメラによりこの衝撃式粉碎機内における粒子破壊挙動を鮮明に撮影可能であることを確認した。

次年度には、本年度確立した衝撃粉碎過程の可視化手段を駆使して、耐衝撃性に劣る砕料粒子の破壊が優先的に進行する衝撃力の印加法、吸引・排気風量制御法、砕料供給法について検討する。また、粒子排出部開口率の自動制御機構を製作し、さらにシステムの改造を進める。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 廃電気・電子機器、リサイクル、粉碎、選別

－厚生労働科研費－

【研究題目】 マイクロアレー、プロテインチップを活用した、ヒト正常神経細胞を用いた薬剤安全性評価システムの開発

【研究代表者】 金村 米博（ティッシュエンジニアリング研究センター）

【研究担当者】 金村 米博、角田 達彦、岡野 栄之、伊藤 允好、山崎 麻美
（職員1名、他4名）

【研究内容】

ヒトに対する安全性の確立された有用な薬剤開発を行うための支援技術として、1. ヒト神経幹細胞あるいはそこから人為的に分化誘導したヒト神経・グリア細胞を *in vitro* 評価用基準細胞として用いる投与薬剤の遺伝子・たんぱく質発現に及ぼす影響を包括的に解析する手法の確立、2. 前述1の技術を駆使したヒト中枢神経細胞・組織に対する薬剤の副作用、催奇性を効率的、客観的にスクリーニングするための高感度安全性評価システム開発、3. 一塩基多型（single nucleotide polymorphism; SNP）情報の明らかなヒト神経幹細胞を利用した、遺伝子素因の異なるヒト神経系細胞における薬効の差異の判定試験、および SNP 情報に基づくヒト神経系の副作用予測システムの構築、の確立を目指す。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 神経、幹細胞、薬剤

2. 研究関連業務

産総研の研究を支援する業務を担う本部機能を東京及びつくばに集中した。これは、各所に分散していた研究関連業務、管理業務等について可能な限り集中することにより、重複業務を整理するとともに、統合のメリットを最大限に活用した業務運営効率の高い組織、制度を確立するものである。このため、管理業務においては、先進的に電子化を導入し、ネットワークを活用した事務処理の効率化を進め、処理の効率化・ペーパーレス化・迅速化を図っている。同時に、各業務を精査し、業務内容の見直し、外部専門家の活用を検討し、適当と考えられる業務については外部委託を推進している。また、業務効率化の観点から、研究関連部門等の業務内容の妥当性を点検し無駄のない業務運営を行っている。

より一層の研究活動の推進を目指して、以下のような機能を担う組織を作り、様々な社会ニーズへの的確な対応に努めている。

戦略的企画機能を担う体制を構築し、研究所全体の経営戦略案、研究戦略案の策定及び研究資源の要求案、配分案の企画、調整を行う。

技術情報を体系的に取り扱う体制を構築し、内外の産業技術動向と分野別研究動向を把握し、研究所内の重点的研究課題設定のためのシンクタンクとするとともに、毎年度、調査結果を報告書等により広く公表する。これをもって、産業技術に係る政策立案への貢献を積極的に推進するものとする。

産業界等との役割分担を図りつつ研究開発活動を推進するとともに、研究所で醸成された研究成果が、産業界等で広く活用されることを目指し、産業界等と積極的に研究協力・連携を推進する。そのため、日本全国に配置された研究拠点を活用して、広く研究開発ニーズや産学官の連携に対するニーズの発掘、収集に努めるとともに、ベンチャーも含めた産業界への技術移転等に努める。

また、研究所の概要、研究の計画、研究の成果等について、印刷物、データベース、インターネットのホームページ等の様々な形態により、広く国民に対して分かりやすい情報の発信を行う。同時に、国内外から要請の高い各種の標準化、規格化等、知的基盤構築に対して積極的に貢献する。

さらに、科学技術に関する国際的な研究展開、成果の国際普及、途上国技術支援を行う。

研究関連業務

<凡 例>

研究管理・関連部門名 (English Name)

所在地：つくば中央第×、△△センター

人 員：実効人員数 (職員数)

概 要：部門概要

機構図

(3/31現在の役職者名、各部署の人数 総人数 (職員数))

○○部 (○○English Name Division)

(つくば中央第○、△△センター)

概 要：業務内容

××室 (××English Name Office)

(つくば中央第○)

概 要：業務内容

△△室 (△△English Name Office)

(△△センター)

概 要：業務内容

業務報告データ (表等で報告)

(1) 監査室 (Auditors' Office)

所在地：東京本部

人員：4名

概要：

1. 監査室の業務概要

監査室の業務は、(1) 研究所の財務内容等の監査を含む業務の能率的かつ効果的な運営を確保することを目的とした独立行政法人通則法（以下「通則法」という。）第19条第4項に基づく監事による監査における補佐に関する業務、(2) 研究所の業務の執行状況を正確に把握して適切な助言及び勧告を行うことにより、内部統制システムの充実及び改善を図り、業務の適正かつ効率化及び業務の透明性の確保等に寄与することを目的とした内部監査業務、(3) 会計検査院法第22条第5号の規定に基づく会計検査院による会計実地検査及び通則法第39条の規定に基づく会計監査人の監査その他の外部機関の検査及び監査への対応に関する業務である。

2. 14年度業務内容

(1) 監事監査及び内部監査業務

本年度は、独立行政法人移行における監事監査及び内部監査としての実質的な初年度にあたり、監査年度計画に基づき、研究所の内部組織である研究関連・管理部門、研究部門及び研究センター等並びに地域センターに赴き、各種業務の執行状況について、合法性、合理性及び能率性の観点から、また会計処理については正確性及び有効性の観点を加えて監査を実施した。また、その結果に基づき、監査方針として部門監査及び機能監査を実施すべく、監査対象部門等の選定を行い、平成15年度監査年度計画を策定した。

(2) 外部機関の検査及び監査への対応に関する業務

① 会計検査院に係る業務

会計実地検査は、つくば本部では2回、地域センター7カ所で延べ20日間実施され、各会計実地検査に立ち会った。

② 会計監査人に係る業務

研究所は、会計監査人の監査を受けこととなるが、中央省庁等改革の推進に関する方針に基づき、会計監査人の候補者の名簿を経済産業大臣あてに提出し、大臣から新日本監査法人が選任された。

また、会計監査人が行う監査の実施状況について、定期的に報告を受けるなど監事監査及び内部監査との連携を図った。

機構図 (3/31現在)

監査室長 宮崎 芳徳
└ 総括主幹 黒羽 義雄 他

(2) 企画本部 (Planning Headquarters)

所在地：東京本部、つくば中央第1

人員：90名

概要：企画本部は、東京本部を霞ヶ関に、つくば本部をつくば中央第1に置く2本部体制をとっている。

東京本部においては、産総研の総合企画、政策、経営、渉外、財務、広報等を担当としている。理事長の執務を補佐、国会、経済産業省への総括的な対応をし、総合科学技術会議や NEDO 等の外部機関との窓口となっている。また、産総研の総合的な経営方針及び研究方針の企画及び立案、産総研の業務の実施に係る総合調整並びに報道及び業務合理化の推進等に係る業務を行っている。

つくば本部においては、産総研の技術戦略、研究計画、研究実施部門、管理関連部門との調整等を担当としている。分野別研究戦略の提案、研究センター・研究部門・研究系研究ラボの新設及び改廃案の策定、中期計画及び年度計画の取りまとめを行っている。また、産学官連携及び地域拠点に関する企画及び調整、研究実施部門への適正な予算配分及び人員配置、研究施設及び環境安全管理等に係る業務を行っている。

また、企画本部には、報道室、材料戦略室、特別事業推進室及び情報公開推進室を置き、それぞれの特定した業務を遂行している。

機構図 (3/31現在)

【企画本部】

└ 企画本部長	吉海 正憲
└ 副企画本部長	照井 恵光
	神本 正行
└ 総括企画主幹	島田 広道
	鳥山 素弘
	大辻 賢治
	遠藤 秀典
	若林 光次
	長谷川英一
	三木 幸信
	長谷川裕夫
	瀬戸 政宏
	矢野 雄策
	山岡 正和
	松田 宏雄
	渡村 信治
	竹内 浩士
└ 総括主幹	新井 良一
└ 【報道室】	室長 若林 光次
└ 【材料戦略室】	室長 小田 喜一
	室長代理 山中 裕
└ 【特別事業推進室】	室長 長谷川英一

【情報公開準備室】 室長代理 若林 光次 他
 室 長 遠藤 秀典
 室長代理 新井 良一 他

報道室 (Press Office)

(東京本部)

概要：報道室は、産総研の広報及び報道に関する基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関する事、及び、研究所の方針、重要な研究成果その他緊急時の対策等の報道に関する事業務としている。

材料戦略室 (Office of Strategic Material Research)

(東京本部)

概要：材料戦略室は、産総研の材料研究推進に関する基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関する業務を行う。

特別事業推進室 (Special Project Promotion Office)

(東京本部)

概要：特別事業推進室は、研究所の特別事業として推進する建設物等の総合調整に関する業務を行う。

情報公開準備室

(Information Disclosure Planning Office)

(東京本部)

概要：情報公開準備室は、「独立行政法人等の保有する情報の公開に関する法律」(平成14年10月1日施行)に対応し、当研究所の諸活動の説明責任を全うするように、積極的な情報公開関連業務を行う。

(3) 業務推進本部

(General Administration Headquarters)

所在地：東京本部・つくば本部

人員：59名 [内、事務局員8人] (すべて併任)

概要：「適正かつ効率的にその業務を運営するよう努めなければならない」(独法通則法第3条1項)という独法の使命に則り、産総研の業務運営の効率化を図ることを目的とし、理事長直属部門として平成13年7月10日に発足。

当本部では、「研究所の業務効率化に関する基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関する事」及び「研究所の業務効率化の推進に関する事」(組織規則第6条)の各業務を担当。

【平成14年度の主な業務内容】

○ユニット支援・運営検討会を設置し、管理・関連部門及びユニット付の業務の在り方等について検討を行い、報告書にまとめた。(その間、同時並行的に管理・関連部門の担当者による業務効率化検討チームを設置し、各部署での非効率な業務の抽出及びその解決に向けた

検討を行い、報告書に添付。)

○昨年度に引き続き、産総研イントラ・基幹業務システムの不具合への対応を行った。各部門に対し、財務会計、勤務時間、旅費、文書管理の各システムの整備、開発促進を支援。

○業務の外部委託を効率的に実施するため、警備業務や施設維持管理業務、その他公益法人への委託業務の見直しを行い、前年度契約額比は、警備業務では26%、さくら・けやき館管理では12%、施設維持管理業務では約20%の効率化を図った。

○管理・関連部門の業務のアウトソーシングの可能性について調査・分析を行った。

○地域センターの業務のつくば本部との連携の在り方等業務効率化に向けた調査・分析を行った。

○昨年度に引き続き「業務改善提案箱」をイントラ内で公開。今年度146件(設置から289件)の提案を受け、調整・回答を行った。

【効率化に向けての考え方】

独立行政法人の使命である効率的かつ効果的業務の運営にあたり、中期目標、中期計画及び年度計画に則り、効率化に向けた取り組みを実施する。すなわち、サービスの質や研究環境の向上と業務経費削減の両立を目指し、国研時代の旧習に変わる独法としての新しい経営のあり方を提示し、自己評価制度や監査業務との密接な連携を通して効率的な業務運営を実現させる。

【今後の計画】

平成14年度に抽出した業務効率化課題の改善を着実に遂行していくとともに新たな課題の抽出を行い、改善に向けた検討を行う。また、つくばに集中させた管理・関連部門が有機的連携の下、効果的に研究実施部門の運営の支援が行えるよう環境の整備を行う。

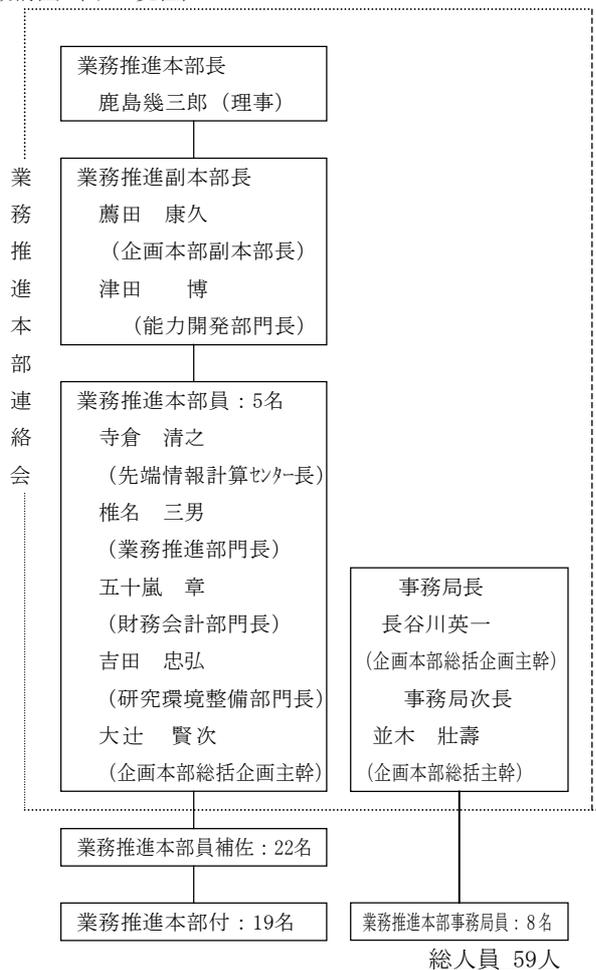
一方、平成14年度に実施した地域センターの管理・関連業務の業務効率化調査を踏まえ、業務フローの改善を行うとともに管理・関連業務のアウトソーシングの可能性調査の結果を踏まえ、その実効性について精査した上で、必要な改善を行う。

【主な活動経緯】

年月日	事項名	内容
14. 5. 31	「ユニット支援・運営検討会、WG」の発足	ユニット付及びユニット内の関係業務の内容を確認しつつ、理念・制度設計に則った効率的な運営を図るための対応策等について検討。
H14. 8. 8	「業務効率化検討チーム」の発足	管理・関連部門の非効率な業務を抽出・整理し、業務見直しの具体策を検討。
H14. 10. 1	「総括担当者会議」の設置	各管理・関連部門から総括担当者を選出し、部門間に跨る問題の調整・解決を図るため、定期的に総括担当者会議を開催。「業務効率化検討チーム」はこの会議に発展的吸収。

H14. 10. 18	「作業発注の改善について」全部門長あて文書発出	管理・関連部門の作業発注に対し、不要な作業が生じることのない様発注及び情報共有のルール化を周知。
H14. 10. 30	「ユニット支援・運営検討会報告書」公表	ユニット支援・運営に関する考え方、体制の在り方等を公表。
H14. 12. 5	「アウトソーシングの可能性に関する分析調査」委託事業の開始	外部コンサルタントにより、管理・関連部門業務のアウトソーシングの可能性について調査・分析を実施。
H14. 12. 5	「地域センターの間接部門の業務効率化に関する調査」委託事業の開始	外部コンサルタントにより、地域センターの間接部門の業務効率化に向けた調査・分析を実施。
H15. 3. 28	「アウトソーシングの可能性に関する分析調査報告書」公表	管理・関連部門業務のアウトソーシングの実行可能性について精査し、具体的な対象業務の抽出を行うとともに、その業務の効率化効果を含めた実行可能性を示した。
H15. 3. 28	「地域センターの間接部門の業務効率化に関する調査報告書」公表	地域センターとつくば本部との業務分担等、地域センターにおける業務実態の把握、問題点の抽出整理を行った。また、地域センター毎の業務効率や組織の改善につながる具体策を示した。

機構図 (3/31現在)



(4) 評価部 (Evaluation Department)

所在地：つくば中央第5

人員：17名 (15名)

概要：評価部では、研究および管理関連ユニットを対象に業務内容の妥当性及び効率化を点検するための評価を実施している。

研究ユニットの評価では、外部の専門家により構成されるレビューボードを設置し、ユニット毎の評価委員会において研究開発全般に亘る評価と助言を得、理事長に報告するとともに報告書を発行して一般に公開することとしている。平成14年度は、新設3ユニットのスタートアップ評価（プレ評価の呼称を変更）と60ユニットの成果ヒアリング評価を実施した。成果ヒアリング評価においては、「評価システム検討委員会報告書－新たな評価システムの構築に向けて－」（平成14年9月）に基づき、内部評価者による評価の導入など、評価手法に変更を加えた。なお、産総研における自己評価のあり方について検討を行うため、企画本部との共同事務局の下、14年8月に産総研研究評価検討委員会が設置され、研究評価の専門家を交えての議論が進められた。

管理・関連部門の評価では、業務の効率化及びサービス・業務の質の向上という観点から、業務内容、業務目標の妥当性及び業務実績を評価した。昨年度に引き続き今年度も、9部門、2センターの評価を実施した。

理事長の諮問機関である運営諮問会議は、当所全体のパフォーマンスの向上やポテンシャルの発展について、内外の専門家や有識者から助言を得るためのものであるが、評価部は企画本部とともに、この会議の設立と運営に携わっている。今年度は、国外委員5名と国内委員9名の出席のもと、5月16日に産総研臨海副都心センターにおいて第1回運営諮問会議を開催し、「議長サマリー」と題する提言が議長から提出された。

また、企画本部と連携しつつ独立行政法人評価委員会に対応することも当部の業務である。平成14年度は、平成13年度の産総研評価、第1期中期計画の数値目標の見直しへの対応等の業務を行った。

評価関連業務としては、NEDO プロジェクトの事後評価委員会等への対応、総合科学技術会議や経済産業省の評価関連会議への出席、米国の公立および民間研究機関の評価制度等の実地調査（11月）などを行い、当所の評価方法に反映させるよう努めた。

機構図 (3/31現在)

評価部 部長 古賀 洋一
次長 岡路 正博 他 15(13)名

評価

1. レビューボード

レビューボードは、研究ユニットを対象に評価と助言を与える外部専門家集団である。研究ユニット毎にその専門性を考慮して、3～8名の委員からなるレビューボードを組織している。平成14年度は、新設ユニットの委員、既設ユニットの追加委員など新たに45名を追加した結果、委員総数（実数）は315名となった。委員の選出にあたっては、利害関係判定基準に則り厳正に吟味した。委員委嘱の際には、利害関係者でないことの確認書の提出を求めるとともに、委員会で得た情報を他の目的に使用しない旨の承諾書の提出を求めた。

2. スタートアップ評価

スタートアップ評価は、新設研究ユニットが実施する研究の目標や運営方針などの妥当性についてレビューボード委員による評価と助言を得ることを目的としている。

平成14年度には、新設研究ユニットの中、グリッド研究センター（2002/01/01設立：以下同様）、爆発安全研究センター（2002/04/15）、糖鎖工学研究センター（2002/06/01）についてスタートアップ評価を実施し、それぞれの報告書として取りまとめた。年齢軸生命工学研究センター（2002/07/01）については、成果ヒアリングと兼ねて実施した。産総研において初めての社会科学系研究ユニットである技術と社会研究センター（2002/10/01）については、準備期間が必要との判断から次年度の早い時期にスタートアップ評価を実施することとした。また、新設の研究ラボ（メンブレン化学研究ラボ（2002/04/01）、マイクロ空間化学研究ラボ（2002/04/01）、先端バイオエレクトロニクス研究ラボ（2002/04/01）、極微プロファイル計測研究ラボ（2002/04/01）、ジーンファンクション研究ラボ（2002/07/01）、単一分子生体ナノ計測研究ラボ（2002/10/01）の6ユニット）は、昨年度と同様、スタートアップ評価の対象とはしなかった。

3. 成果ヒアリング

研究ユニットに対する成果ヒアリングは、中期計画の効率的推進の観点から毎年実施している。評価結果は、研究ユニット長の判断により研究活動に反映させることを第一義とするが、研究資源の配分等にも利用される。今年度の成果ヒアリングは研究ラボを含む全60ユニットを対象に、平成14年10月下旬から平成15年2月中旬にかけて実施した。平成14年度においても、レビューボード委員によるピアレビューを中心とし、研究課題と体制・運営に係る実績を評価するという基本的考え方に変わりはなかったものの、評価手法については、産総研内に設置された評価システム検討委員会の検討結果を踏まえ、内部レビューの導入、評価結果に関する評価者と研究ユニットとの意見交換（事実誤認など）など、新たな方式を取り入れ、改善を図った。

評価結果は、次年度当初に報告書として公表する予定である。

4. 管理・関連部門等の評価

昨年度と異なり、評価対象業務を各管理・関連部門等の全ての業務領域に拡大し、各業務領域についての指標の設定、目標水準の妥当性を年度前半の業績評価委員会で検討すること、定量的評価に加えて定性的評価を導入すること、顧客満足度調査等を実施するなど、評価方法の改善を図った。年度末の業績評価委員会において、目標水準達成度、定性的事項に関わる実績評価を実施した。評価結果は各管理・関連部門等に回付し、部門等からのコメントを求めた上で、取り纏めを行った。

5. 運営諮問会議

第1回運営諮問会議の内容を報告書として公開するとともに、会議での議論に基づいて議長から提出された提言「議長サマリー」に対する回答案を、企画本部と連携しつつ取りまとめ、9月に中間報告が作成された。また議長サマリーへの対応状況と平成14年度産総研活動実績の取りまとめなど、第2回運営諮問会議に向けた準備を進めた。第2回運営諮問会議は平成15年5月14日開催とした。

業務報告データ

平成13年度 成果ヒアリング評価結果報告書

(平成14年6月)

第1回産業技術総合研究所運営諮問会議報告書

(平成14年6月)

評価システム検討委員会報告書—新たな評価システムの構築に向けて— (平成14年9月)

*産総研公式ホームページ (<http://www.aist.go.jp/>) の評価部のページから閲覧可能。

(5) 環境安全管理部 (Safety and Environmental Protection Department)

所在地：つくば中央第5

人員：31 (13) 名

概要：環境安全管理部は、理事長を補佐し、研究所の労働環境及び安全衛生の管理並びに防災対策等に係る業務を行っている。安全管理は、産総研で働く職員のみならず周辺住民の安全保障にも関わる重要な事柄である。また、産総研自体にとっても生命線であり、あらゆる種類の事業の前提となる最優先事項であると位置付けている。

環境安全管理部は、産総研環境安全憲章に記載された基本的活動理念を実現・遂行するために、他の関連部門との密接な協力のもと、安全で快適な研究環境を創出し、これを確保することを最上の活動目的としている。この目的を実現するため、安全ガイドラインやマニュアル等

の整備と普及、環境・安全関連の施設・設備整備と改善等のハード・ソフト面での積極的活動を行うとともに、全職員の環境・安全に対する意識の向上のための活動を重点的に行っている。

 機構図 (3/31現在)

[環境安全管理部]

部長 飯田 光明
 部総括 岩瀬亀太郎
 総括主幹 山口 久
 シニアリサーチャー 栗木 安則
 " 細矢 博行
 " 寒川 強
 " 木下 好司
 " 白波瀬雅明 他 23(5)名

 平成14年度の主な活動

1. 規則類・ガイドラインの整備と普及
 - ・安全ガイドラインは、適宜、見直しを行い、項目の追加等2回の改訂。
 - ・ライフサイエンス関係の規程類を全面的に改訂し施行。
 - ・強磁場発生装置、レーザー機器、標識・表示、ドラフト点検等のマニュアルを制定。
2. 安全衛生管理体制の確立
 - ・各事業所における、労働安全衛生法に則した安全衛生管理体制運用の指導・支援。
 - ・研究グループ・チーム内の安全に関する話し合いの実施、チェックリストやマニュアル作成の要請。
 - ・ユニット及びグループ・チームの月1回の安全衛生会議開催を安全ガイドラインで明文化。
3. 化学物質・高圧ガス管理
 - ・薬品及び高圧ガスのデータベース管理システムの構築と本格稼働。
 - ・各部屋ごとの危険物量及び各棟ごとのボンベ保有量をチェックし、保有量の多い部屋及び棟の定期的報告開始。
4. ドラフト・スクラバの整備
 - ・局所排気装置（ドラフトチャンバー）、排ガス除外装置（スクラバ）設置の基本方針を策定し、各事業所のスクラバ整備を実施。
 - ・活性炭交換や清掃等の点検整備計画を策定し、計画に基づく活性炭交換、清掃の実施。
5. 作業環境測定
 - ・有機溶剤及び特定化学物質等について、法定の年2回の作業環境測定を実施。
 - ・測定を産総研内部で実施できるように、有資格者の確保及び測定機器の整備を開始。
6. 防災対策・地震対策

- ・全事業所における防災訓練の実施、参加人数は前年比3割増。
 - ・つくばセンターの緊急電話の改修と、緊急通報訓練の実施
 - ・地震対策専門部会を設置、短・長期の対策及び計画の審議。
 - ・全事業所の什器類の転倒防止を実施。
7. 教育・広報活動
 - ・全職員の安全ガイドラインによる安全教育の実施。
 - ・安全衛生に関する資格取得講習会の実施、衛生管理者の資格保有者は、当初目標の職員の1割を突破。
 - ・薬品や高圧ガスに関する安全講習会や巡視トレーニングを実施。
 8. ISO14001取得
 - ・ISO14001認証取得のための全事業所の初期調査終了。
 - ・中部センター、四国センターで審査登録の準備。
 - ・つくばセンターのマネジメントシステム構築開始。

(6) 研究コーディネータ (Research Coordinator)

 所在地：つくば中央第1他

概要：研究コーディネータは、理事長直属で、研究業務を分野毎に調整を行っている。

平成14年度は、総合科学技術会議（内閣府）の重点分野に沿った形で、ライフサイエンス、情報通信、環境・エネルギー、ナノテク・材料・製造、社会基盤（地質）・海洋、社会基盤（標準）に分野ごと研究コーディネータを置き、その分野に関して調整を行っている。

 機構図 (3/31現在)

[ライフサイエンス担当]

研究コーディネータ 中村 吉宏

[情報通信担当]

研究コーディネータ 築根 秀男

[環境・エネルギー担当]

研究コーディネータ 大屋 正明

[ナノテク・材料・製造担当]

研究コーディネータ 佐藤 眞士

[社会基盤（地質）・海洋担当]

研究コーディネータ 金原 啓司

[社会基盤（標準）担当]

研究コーディネータ 小野 晃

(7) 先端情報計算センター
(Tsukuba Advanced Computing Center)

所在地：つくば中央第1、先端情報計算センター

人員：33 (19) 名

概要：先端情報計算センターは、産業技術総合研究所の各研究ユニット及び研究関連・管理部門等に対し、計算機資源の提供を基本的使命としつつ、超高速計算機利用技術の支援、高速ネットワークによる産総研内および国内外情報交流の促進、高度な専門知識に基づく研究用データベースの整備・運用、産総研共通の業務用イントラネット、業務用データベースの運用・管理及び業務の情報化推進に関する業務を行っている。

機構図 (3/31現在)

先端情報計算センター長	寺倉 清之 (併任) 他
情報企画室	室長 横川三津夫 (併任) 他
情報基盤研究開発室	室長 池庄司民夫 (併任) 他
情報システム部	部長 寺倉 清之 (併任) 他

情報企画室

(Planning Office for Information Technology)

(つくば中央第1)

概要：情報企画室は、1. 先端情報計算センター運営全般に亘る企画立案、運用統括、予算管理。2. スーパーコンピュータ、ネットワーク、データベース等の最先端の情報資源及び産総研内基幹業務システム等、産総研全体に係る情報関連技術の導入利用計画及び管理・保守。3. IPアドレスやドメイン名などの名前資源管理、つくばWANやSuperSINETの接続等、対外的なネットワークの管理・運営。4. 情報セキュリティポリシーの維持管理等、産総研全体における円滑な情報システムの運用及びサポートに関する企画立案。5. 先端情報計算センター運営に関し、所内より広く意見を求めるに設置されるTACC運営委員会及びそのワーキンググループの事務局。

情報基盤研究開発室 (Office of Information Technology Research and Development)

(つくば中央第1)

概要：情報基盤研究開発室は、1. スーパーコンピュータシステム (日立 SR8000、IBM RSP 等すべての高性能コンピュータの総称) の管理・運用。2. 分子軌道計算ポータル管理・運用およびスーパーコンピュータシステム上で使うソフトウェアの管理・提供。3. 研究情報基盤研究開発課題で開発したソフトウェアの普及。4. スーパーコンピュータシステムへの課金とそのため課金情報システムの構築。

情報システム部 (Information Systems Division)

(つくば中央第1)

概要：情報システム部は、1. 情報システム用共通施設および業務用コンピュータの運営・管理。2. 情報セキュリティポリシーの運用。3. 業務用イントラネット及びデータベースの運用・管理。4. 業務の情報化推進に関する業務。5. ユーザ支援として、情報システムに関する問合せ、要望等の受け窓口業務 (ヘルプデスク) 及びその機器故障などの不具合対応。6. 電話の維持管理、運用に関する業務。

(TV 会議システム)

多地域に跨る研究拠点間のコミュニケーションの促進や会議のための出張削減を図るため、多地点 TV 会議システム装備の強化を行い、TV 会議の活用促進を行った。(業務用パソコン・ソフトライセンス)

研究関連・管理部門の業務用 PC および基本ソフトについて、更新、購入計画を策定し、効率的な運用、維持管理を行っている。また、旧研究所からの継続 PC および基本ソフトを含めた管理台帳を整備した。

(情報処理利用技術の研修)

行政系職員のスキルアップ、情報リテラシー向上のための研修を実施した。

研修内容：ホームページ作成ソフト、MS-Word、MS-Excel、MS-PowerPoint

参加人数：つくば、中部、関西、九州 計268名

(8) 特許生物寄託センター
(International Patent Organism Depository)

所在地：つくば中央第6

人員：35 (6) 名

経費：452,016千円 (運営費交付金9,306千円)

概要：

- ・特許庁からの委託機関として、また、ブダペスト条約に基づく国際寄託当局として、国内外からの特許生物の受託並びに求めに応じての分譲業務を行う。
- ・寄託生物種の生存試験を行うとともに、これに基づく保存技術及び形質維持の高度化を指向する研究開発を行う。

機構図 (3/31現在)

センター長 (岡 修一)

- 副センター長 (中原 東郎)
- 微生物細胞寄託技術主査 (併) (中原 東郎)
- 動物細胞寄託技術主査 (併) (岡 修一)
- 植物細胞寄託技術主査 (併) (岩橋 均)
- 寄託業務総括主幹 (早川 行男)
- 特許生物特別研究室長 (併) (岩橋 均)

特許生物寄託制度について

生物に関連した発明について特許出願する際は、寄託機関にその生物を寄託し、寄託機関が発行する受託証を提出する必要があります。寄託機関は、その生物の生存等を確認し、必要な期間保存します。また、第三者に試験・研究を目的として生物の試料を分譲します。

特許生物寄託センターは、特許庁長官から指定された国内唯一の寄託機関として、また、ブダペスト条約に基づく国際寄託当局として、国内外からの特許生物を受託

し分譲しています。

※ブダペスト条約

国際特許出願する際、ブダペスト条約が発行される前は、出願国毎に生物を寄託する必要があり大変不便でしたが、条約発行後は、条約上の寄託機関として認められた国際寄託当局のいずれかに寄託すれば、条約加盟国すべてに特許出願ができるようになりました。

平成14年度寄託等の件数及び手数料収入実績

事項	微生物の保管手数料					試料の分譲手数料					
	原寄託	新規寄託	再寄託	継続寄託	寄託特例	菌株分譲		海外送付追加(一般)		海外送付追加(動物)	
	(国際)	(国内)	(国際)	(国内)	(国内)	(国際)	(国内)	(国際)	(国内)	(国際)	(国内)
件数	343	447	0	4,808	0	73	38	19	0	0	0
金額(円)	75,460,000	9,387,000	0	52,888,000	0	730,000	380,000	2,850	0	0	0

事項	証明書の交付手数料							情報の通知手数料		合計
	届出に関する証明		最新の生存情報証明		生存試験証明		諸証明	情報通知		
	(国際)	(国内)	(国際)	(国内)	(国際)	(国内)	(国内)	(国際)	(国内)	
件数	2	1	4	0	0	0	22	0	0	5,757
金額(円)	4,000	2,000	8,000	0	0	0	44,000	0	0	138,905,850

(9) ベンチャー開発戦略研究センター
(AIST Innovation Center for Start-ups)

所在地：丸の内サイト

(東京都千代田区丸の内2-2-2 丸の内三井ビル2F)

人員：22 (2) 名

経費：703,548千円 (運営費交付金101,671千円)

概要：ベンチャー開発戦略研究センターは、文部科学省の平成14年度科学技術振興調整費「戦略的研究拠点育成」事業の中で、5ヶ年間の事業として採択され、平成14年10月15日に開設された。当センターの目的は、以下の通りである。

- ・大学・公的研究機関の技術シーズを基に創業する成長性の高いベンチャー企業(ハイテク・スタートアップ)創出の実践と課題の抽出、創出方法の研究
- ・ハイテク・スタートアップの創出システムの確立
- ・上記成果の産総研へのフィードバックを通じて、産総研をハイテク・スタートアップ創出のプラットフォームへと変革することを目指す

機構図 (3/31現在)

組織構成：

ベンチャー開発戦略研究センター長

：(併) 吉川 弘之

次長：(併) 吉海 正憲

戦略研究ディレクター：渡辺 孝 (非常勤)

組織運営ディレクター：(併) 後藤 隆志

ビジネスクリエータ：上野陽一郎 (非常勤)

渡辺 純一 (非常勤)

高村 淳 (非常勤)

増田 一之 (非常勤)

小野 實信 (非常勤)

ベンチャー支援室：(併) 今井 孝司 室長 他

ベンチャー戦略研究室：(併) 小黒 啓介 室長 他

チーフセクレタリ：(併) 森 康晃 他

開発戦略企画室：(併) 鳥山 素弘 室長 他

ビジネスクリエータ (Business creator)

(丸の内サイト)

概要：市場ニーズ・社会ニーズを踏まえて、産総研をはじめとする大学・公的研究機関の技術シーズを活用したビジネスモデルを構築すると共に、ハイテク・スタートアップ創業に必要な追加的研究開発と企業立ち上げ準備を行う『スタートアップ開発戦略タスクフォース』を統括する。

ベンチャー支援室 (Office of business development)

(丸の内サイト)

概要：ベンチャー支援室は、研究者からのベンチャー起業提案に対して、関連部門と連携して、創業のためのワンストップサービスを提供する。「AIST ベンチャー企業」の認定および「ライセンス型共同研究(ベンチャー支援)」、「ベンチャー支援任用制度」を実施する。また、創業に関する各種の専門的な相談に応じるほか、スタートアップ開発戦略タスクフォースを支援する「ビジネス化支援スタッフ」を配置する。

ベンチャー戦略研究室

(Research office for business and innovation)

(丸の内サイト)

概要：ベンチャー戦略研究室は、「スタートアップ開発戦略タスクフォース」が行うハイテク・スタートアップスの創出過程を継続的に調査し、課題を抽出するとともに、国内外の事例を収集・分析し、ハイテク・スタートアップス創出の一般モデルの構築を目指す。

チーフセクレタリ (Chief secretary)

(丸の内サイト)

概要：産総研内部の人材育成・意識改革を図るため、各種研修・セミナーの企画・運営を行う。

開発戦略企画室

(Planning office of business and innovation)

(丸の内サイト)

概要：ベンチャー開発戦略研究センターの活動計画を企画立案するとともに、産総研内外との調整を行う。

業務報告データ

○ベンチャー支援室が受けた企業相談件数
37件

○ライセンス共同研究
8件を採択 (応募数は10件)

○ベンチャー支援任用の数
3件 (応募数は27件)

○創業したベンチャー企業数
11件 (うち、センター設立後5件)

○AIST 企業の認定数
16件

○シンポジウム
H15年1月27日開催
参加者数：205名

○起業家研修
回数：8回 (7ヶ所)
参加人数：142名

(10) 技術情報部門
(Technology Information Department)

所在地：つくば中央第1、つくば中央第2、つくば中央第3、つくば中央第5、つくば中央第6、つくば中央第7、つくば東、つくば西

人員：61 (31) 名

概要：技術情報部門は、経済産業省や NEDO 等の外部機関と連携をとりつつ、研究機関、産業界、学協会、行政等から産業技術の研究開発動向に関する情報を収集、分析し、その結果に基づいて研究開発や技術政策の方向性に資する情報の提供を主な業務としている。また、産総研を最適に運営するためのマネジメントや組織の評価に関する調査・分析、政策上重要な課題の調査、研究情報に関するサービスの提供を行うとともに、産総研の研究能力を最大限に発揮するため、各研究ユニットの研究活動に関する技術動向調査や識者の意見を収集して関係部署へ提供する。

機構図 (3/31現在)

[技術情報部門]	部 門 長	一條 久夫	
	次 長	築根 秀男	他
— [技術情報調査室]	室 長	小黒 啓介	他
— [技術政策調査室]	室 長	岩崎 孝志	他
— [技術経営調査室]	室 長	米田 理史	他
— [産業安全工学特別調査室]			
	室 長	石川 雄一	他
— [図書業務室]	室 長	本城 一男	他

技術情報調査室

(Technology Information Survey Office)

(つくば中央第1)

概要：社会が求める技術開発課題と研究開発の現状を調査分析し、プログラム/プロジェクト提案へ反映させるとともに、産総研内外へ技術情報を提供・発信する。

技術政策調査室 (Research Policy Survey Office)

(つくば中央第1)

概要：科学技術が、環境、情報など社会のあらゆる面でいっそう影響を深めつつある21世紀において、技術と政策の関係はますます密接になろうとしている。本調査室では、内外の技術政策や研究開発動向の調査と分析に基づいて、産業技術戦略の策定や産総研における研究開発の中長期的な方向付けに役立つ情報の発信と提言を行う。

技術経営調査室 (Research Management Survey Office)

(つくば中央第1)

概要：最先端の研究を効率よく行い、産業技術へと発展させるには、研究マネジメント、研究組織・プロジェクトの評価法、成果発信戦略など、産総研の運営に最適な方法があり、本調査室では、研究所の運営手法に関する調査・分析を行う。

産業安全工学特別調査室

(Research Office for Industrial Safety Engineering)

(つくば中央第1)

概要：特別調査室では、その時々重点テーマの調査を行う。最近多発する事故により揺らぎつつある我が国製造技術の信頼性を再度確立するため、初めてのテーマとして産業安全工学を選び、安全性の確立・向上に関連する研究、関連事項を調査・分析し、その結果を内外へ発信する。

図書業務室 (Library Office)

(つくば中央第2、つくば中央第3、つくば中央第5、つくば中央第6、つくば中央第7、つくば東、つくば西、30(7)名)

概要：研究活動を行うに不可欠な情報源である学術雑誌の収集・管理、文献情報の提供、各図書室の運営、各図書室からの図書情報の一元的管理を行う。購入雑誌のオンラインジャーナル化を促進し、ネットワークを活用することにより文献検索の効率化を推進する。

研究関連業務

技術調査

技術情報部門の調査では、社会が求める技術開発課題と研究開発の現状調査、内外の技術政策や研究開発動向の調査、研究所の運営・評価手法に関する調査、安全性の確立・向上に関連する研究開発等の調査を行っている。また、これら調査活動の一環として、技術情報セミナーや「安全性・信頼性・保全性」所間連携研究会を開催している。

題 目	所 属	概 要
分野別技術動向調査	技術情報調査室	産総研で研究活動を実施している5研究分野（ライフサイエンス分野、情報通信分野、ナノテクノロジー・材料製造分野、環境・エネルギー分野、社会基盤分野）のそれぞれについて、担当者がこの一年間の活動で得た情報を整理分析した。
シーズ情報シート調査	技術情報調査室	昨年度の「シーズ情報シート集 ー150項目の技術解説ー」の増補改訂版であり、190の技術項目ごとに、技術概要、技術課題、産業界へのインパクト、キーパーソンなどを2ページにまとめた。
海外最先端技術動向調査	技術情報調査室	5分野の海外における技術動向調査を行った。 ライフサイエンス分野 組み替え作物 情報通信分野 米国産業界活性化のための先進CAE技術 ナノテクノロジー・材料・製造分野 コンビナトリアルケミストリの材料開発への応用 環境・エネルギー分野 米国の環境化学、欧州の環境化学 社会基盤 ナノメートル計測
マイクロリアクターの技術開発動向	技術政策調査室	高橋利和さんから提出されれば記載。提出されないときは「中止」と記載
材料研究最前線	技術政策調査室	CRESTプロジェクトは平成7年10月より開始された科学技術振興事業団の科学技術研究推進事業で、研究総括によるトップダウン型マネジメントと研究者からのボトムアップ型の提案公募を特徴とする。初期に選定されたテーマが昨年9月で終了し、それぞれ終了報告シンポジウムを開催した。主として材料系の終了報告会に数件参加し、日本の最先端科学のなかから、興味深いトピックス等について報告する。」
環境技術人材調査	技術政策調査室	中止
欧州におけるエネルギー・環境関連の技術開発動向調査	技術政策調査室	平成13年度に実施した地球温暖化対策分野の研究開発の米国動向調査の続編として、EU、ドイツ、フランスにおける地球温暖化対策分野の研究開発動向調査をとりまとめた。
プラスチックリサイクルに関する調査	技術政策調査室	日本及び欧州のプラスチックリサイクルの状況について取りまとめたものである。日本におけるプラスチックのリサイクル率は53%（2001年）であり、リサイクル率向上のためにさらなる取組が必要である。
イノベーション・システムにおける研究開発人材に関する研究会、	技術経営調査室	平成15年度へ継続
大学・企業との連携調査	技術経営調査室	平成15年度へ継続
米国NNIの運営状況に関する調査	技術経営調査室	主として膨大な米国NNI（National Nanotechnology Initiative）のweb（ http://www.nano.gov/ ）から得られた最新の情報を整理しまとめることにより、産総研のナノテクノロジー関連の経営企画部署、研究ユニットや研究者に米国ナノテクノロジーの運営活動状況に対する情報提供を行い、その情報把握や戦略決定に資することを目的としている。
産総研技術情報セミナー	技術経営調査室	平成14年度に3回開催した講演概要と、参加者へのアンケート結果の分析。
研究開発型企業の経営戦略とマネジメント	技術経営調査室	研究開発型企業9社へのインタビュー結果を総括。研究戦略、研究のマネジメント、産学官連携への取り組みなどのトピックスを踏まえ、産総研への提言を行った。産総研内部向け資料。
研究開発型企業における社外技術取り込みのためのウォッチャー調査	技術経営調査室	研究開発型企業における情報収集の仕組みとそれに携わるエキスパートの活動について調査し、産総研の情報収集機能についての提言を行った。産総研内部向け資料
研究開発型企業におけるポートフォリオ作成の調査	技術経営調査室	研究開発型企業における研究マネジメントツールとしてのロードマップに関して基礎的な調査を行い、産総研でロードマップやポートフォリオを活用するための提言を行った。産総研内部向け資料。
文理シナジーによる安全科学の総合的展開に関する調査	産業安全工学特別調査室	15年度継続
持続的発展を支えるためのメンテナンスの高度化に関する調査	産業安全工学特別調査室	メンテナンス技術に関してこれまでに行われた調査研究（最近20年間の調査研究報告書48件）のレビューと、現在活動中の調査研究委員会等の状況を取りまとめた

産業技術総合研究所

1) 図書

蔵書

平成14年度末

センター・事業所	区分	単 行 本				雑 誌				
		14年度受入数 (冊)			総蔵書数 (冊)	14年度受入数 (種類)			製本冊数 (冊)	総蔵書数 (冊)
		購入	寄贈	計		購入	寄贈	計		
北海道センター	外国	0	0	0	1,244	40	0	40	225	13,754
	国内	0	3	3	3,850	29	69	98	63	5,240
	計	0	3	3	5,094	69	69	138	288	18,994
東北センター	外国	0	0	0	429	30	0	30	106	5,089
	国内	0	22	22	1,663	24	25	49	51	1,621
	計	0	22	22	2,092	54	25	79	157	6,710
つくばセンター										
第2事業所	外国	899	0	899	65,589	715	17	732	176	43,682
	国内	367	54	421	67,762	53	880	933	1,169	12,140
	計	1,266	54	1,320	133,351	768	897	1,665	1,345	55,822
第3事業所	外国	32	8	40	2,666	52	50	102	394	9,134
	国内	104	7	111	4,330	33	247	280	80	3,790
	計	136	15	151	6,996	85	297	382	474	12,924
第5事業所	外国	295	43	338	23,222	332	0	332	1,129	53,264
	国内	174	74	248	15,106	120	90	210	417	15,505
	計	469	117	586	38,328	452	90	542	1,546	68,769
第6事業所	外国	123	10	133	7,341	317	4	321	1,173	28,070
	国内	145	7	152	9,595	138	12	150	214	11,094
	計	268	17	285	16,936	455	16	471	1,387	39,164
第7事業所	外国	117	0	117	17,191	298	0	298	618	46,154
	国内	163	0	163	13,585	73	0	73	80	18,473
	計	280	0	280	30,776	371	0	371	698	64,627
東事業所	外国	217	0	217	14,622	205	1	206	617	38,414
	国内	197	0	197	12,630	125	55	180	235	7,964
	計	414	0	414	27,252	330	56	386	852	46,378
西事業所	外国	78	0	78	7,911	103	5	108	451	27,826
	国内	197	0	197	8,821	76	548	624	172	8,080
	計	275	0	275	16,732	179	553	732	623	35,906
中部センター	外国	99	17	116	6,884	151	9	160	634	45,078
	国内	124	95	219	9,433	79	120	199	280	11,069
	計	223	112	335	16,317	230	129	359	914	56,147
関西センター *	外国	204	1	205	9,116	189	3	192	776	38,204
	国内	211	40	251	7,662	35	49	84	441	9,528
	計	415	41	456	16,778	224	52	276	1,217	47,732
中国センター	外国	0	0	0	1,556	50	0	50	179	9,806
	国内	42	3	45	3,412	49	5	54	137	2,371
	計	42	3	45	4,968	99	5	104	316	12,177
四国センター	外国	17	0	17	1,428	44	0	44	491	6,019
	国内	38	0	38	2,719	86	535	621	682	2,912
	計	55	0	55	4,147	130	535	665	1,173	8,931
九州センター	外国	15	4	19	2,773	73	0	73	302	14,006
	国内	125	4	129	5,078	72	0	72	156	13,196
	計	140	8	148	7,851	145	0	145	458	27,202
産総研 合 計	外国	2,096	83	2,179	161,972	2,599	89	2,688	7,271	378,500
	国内	1,887	309	2,196	165,646	992	2,635	3,627	4,177	122,983
	合計	3,983	392	4,375	327,618	3,591	2,724	6,315	11,448	501,483

* 関西センターには尼崎事業所、大手前及び扇町サイトの蔵書の一部も含む。

(11) 産学官連携部門 (Collaboration Department)

所在地：つくば中央第2

人員：115名 (79) 名

概要：産総研の使命は、産業界、大学、地域経済社会とのイコールパートナーシップのもと、互いの研究ポテンシャルを融合・発展させ、新しい産業を生み出すことにある。この使命を実現するために産学官連携部門は、全国9研究拠点に産学官連携センターを設置し、産学官連携の円滑な推進に努めるとともに、産学官連携コーディネータ等による経済社会ニーズを的確に把握し産学官連携の橋渡しを行ってきている。更に、知的財産部により産総研の研究成果について最大限の知的財産権化を図るとともに、産総研イノベーションズ（認定 TLO）と連携して研究成果の実用化に努めてきている。

平成14年10月にはベンチャー開発戦略センターが発足したことに伴い、ベンチャー支援室が産学官連携部門から同センターに移管された。しかしながら同センターと産学官連携部門は密接な関連があるので、両者の会議へ相互に乗り入れるよう措置をし、引き続き緊密な連携を図れるようにした。また、同じく、企業連携室と大学連携室の統合、連携業務室の分割など産学官連携部門内の組織を再編し、関連業務が一元的に管理できる体制を採り、業務の円滑化を図った。

産学官連携部門関連の組織を図1に示す。

機構図 (3/31現在)

[産学官連携部門]

部門長 後藤 隆志
 次長 本田 皓一
 審議役 高原 邦廣、今井 孝司、森 康晃
 総括主幹 川村 杉生、柳澤 剛、井島 哲男
 石井 正人 他

[企業・大学連携室] 室長 元吉 文男 他
 [地域連携室] 室長 澤田 吉裕 他
 [連携業務第一室] 室長 高原 邦廣 他
 [連携業務第二室] 室長 鈴木 稔 他

[知的財産部] 部長 羽鳥 賢一
 総括主幹 甲田 壽男、小林 晴己 他

[知的財産企画室]
 室長 中村 達之 他
 参与 石丸 公生
 顧問 佐村 秀夫

[知的財産管理室] 室長 渡部 陽介 他

[地域産学官連携センター]
 [北海道産学官連携センター] センター長 栗山 博
 [東北産学官連携センター] センター長 水野 建樹
 [つくば産学官連携センター] センター長 後藤 隆志
 [臨海副都心産学官連携センター] センター長 曾我 直弘
 [中部産学官連携センター] センター長 榎本 祐嗣
 [関西産学官連携センター] センター長 諏訪 基
 [中国産学官連携センター] センター長 横山 伸也
 [四国産学官連携センター] センター長 田辺 義一
 [九州産学官連携センター] センター長 清水 肇

[産学官連携コーディネータ]
 [北海道] 吉田 忠、太田 英順
 [東北] 板橋 修、鷺見 新一
 [つくば] 太田 公廣、永井 聰、佐藤 眞士、
 中村 吉宏、金原 啓司、野崎 武敏、
 齊藤 敬三、澤田 吉裕
 [中部] 芝崎 靖雄、長沼 勝義、木本 博
 [関西] 中村 治、山下 博志、千葉 俊行、
 若林 昇、上原 斎
 [中国] 川名吉一郎、上嶋 英機
 [四国] 勝村 宗英、上嶋 洋、榎原 実雄
 [九州] 安田 誠二、藤井 昭弘、若林 勝彦

企業・大学連携室
 (Corporate and Academic Collaboration Office)
 (つくば中央第2)

概要：産総研の研究成果に基づいて、企業や大学との連携の推進、すなわち、共同研究、技術移転、人事交流を行い、産業や科学技術の発展に寄与することを任務としている。専門分野を担当する産学官連携コーディネータの活動を補佐し、共同研究、TLO を介した技術移転活動等、研究ユニットと産業界の橋渡しを行っている。また、産学官連携活動における大学との連携として、連携大学院制度や共同研究の実施等を通じて、研究・人材交流を行っている。AIST 産学官交流フォーラムでは、産総研の技術シーズを定期的に発表し、企業との対面交流を行い、また、中小企業支援研究開発事業では中小企

業による産総研技術シーズの製品化を研究支援している。研究成果の移転を目的とした共同研究組織である「連携研究体」や情報交換による研究促進を目的とする研究会である「産総研コンソーシアム」の設立も推進している。これらの連携活動をスムーズに推進するための仕組み作りや、外部機関との各種協力協定の締結等も行っている。

地域連携室 (Regional Collaboration Office)

(つくば中央第2)

概要：地域に関連する技術開発について、技術政策の立案や補助金等の技術審査及び各経済産業局が実施する戦略プロジェクトへの支援等を行う。また、外部からの技術相談窓口業務を遂行するとともに、産業技術連携推進会議事務局として、総合調整を行うとともに諸活動を通じて、産総研と公設試験研究機関との良好なネットワークの構築、強化を推進する。さらに、テクノナレッジネットワーク事業において、技術相談 Q&A データベース、ものづくり基盤技術情報データベース等の充実を図り、インターネットを介して利便性の高い各種情報を産業界に提供した。

連携業務第一室 (Collaboration Affairs Office 1)

(つくば中央第2)

概要：産総研のミッションの一つである知的財産の創生及び活用・普及を図るために、共同研究・受託研究等の契約業務を行うとともに、外部からの研究資源獲得のための支援を行っている。このほか、他機関との連携を推進するため連携研究体設立支援・産総研コンソーシアム設立支援並びに委託研究契約等の業務を行っている。

連携業務第二室 (Collaboration Affairs Office 2)

(つくば中央第2)

概要：当室では、産総研のミッションの一つとしての積極的な研究協力、産学官連携の推進を図るとのものと、客員研究員の受け入れ、技術研修員の受け入れ、博士研究員の受け入れといった外部人材の受け入れ手続きに関すること及び連携大学院協定の締結、同教授の推薦、各種委員会委員の委嘱、依頼・受託出張といった産総研職員人材を外部に送り出す制度等の業務を行っている。

知的財産部 (Intellectual Property Division)

(つくば中央第2)

概要：研究成果が社会に使われることにより、経済及び産業の発展に貢献することは、産総研の大きな使命である。このため、知的財産部においては、知財権の戦略的な創出及び効果的な維持、管理を組織的に行い、産総研の研究成果の最大限の知財権化を図ると共に、指定技術移転機関（産総研イノベーションズ）を活用することにより、目に見える技術移転を推進している。また、職員に対して研修や説明会を開催することにより、知的財

産権についての意識の高揚を促すほか、内部弁理士や指定技術移転機関と連携し、内外のサービスニーズに対応している。さらには、ベンチャー支援室との連携により、ベンチャー立ち上げに関わる支援も行っている。

知的財産企画室

(Intellectual Property Planning Office)

(つくば) 中央第2)

概要：産総研の成果を十分に保護し、活用するために種々の施策を企画し実行している。具体的には、知的財産に関する規程類の整備や見直し、共同研究契約（知的財産関連事項）、秘密保持契約等の交渉・締結事務、内部の研修や説明会の開催を行っている。また、職員に対して特許取得のためのインセンティブ予算や発明者補償金の配付など実施料還元関連の業務を行っている。さらに、指定技術移転機関（産総研イノベーションズ）と連携し、研究成果の技術移転を推進している。

知的財産管理室

(Intellectual Property Administration Office)

(つくば中央第2)

概要：研究ユニットにおいて発生した発明を速やかに特許庁へ出願を行い、最大限に知的財産権化すること、また、海外においては予算の範囲内において最大限に有効な出願を行うことを内部弁理士と連携して実施している。具体的には、産総研単独出願において研究者が内部弁理士に特許相談（リエゾン）を受けられるように調整を行い、共同発明の場合は、共同で出願するための契約締結等、対外機関との調整を行っている。また、研究ユニットとの知的財産関係の窓口として、知財関連情報の提供や各種調査への対応、知財全般に関する相談業務を行っている。その他、特許プレ評価会等の各種委員会の事務局、出願案件の情報管理、出願関係予算の管理、外部弁理士事務所との契約締結業務を行っている。

[産学官連携センター] (Collabpration Center)

全国9研究拠点における産学官連携部門の窓口として地域の産業界・大学・公設研及び経済産業局等との連携活動を推進している。また地域産業技術連携推進会議への協力を行っている。産学官連携センターに設置された[ものづくり基盤技術支援室]は、技術相談窓口業務、技術情報のデータベース化、公設研ネットワーク他においてもものづくり技術の普及を行っている。

[産学官連携コーディネータ]

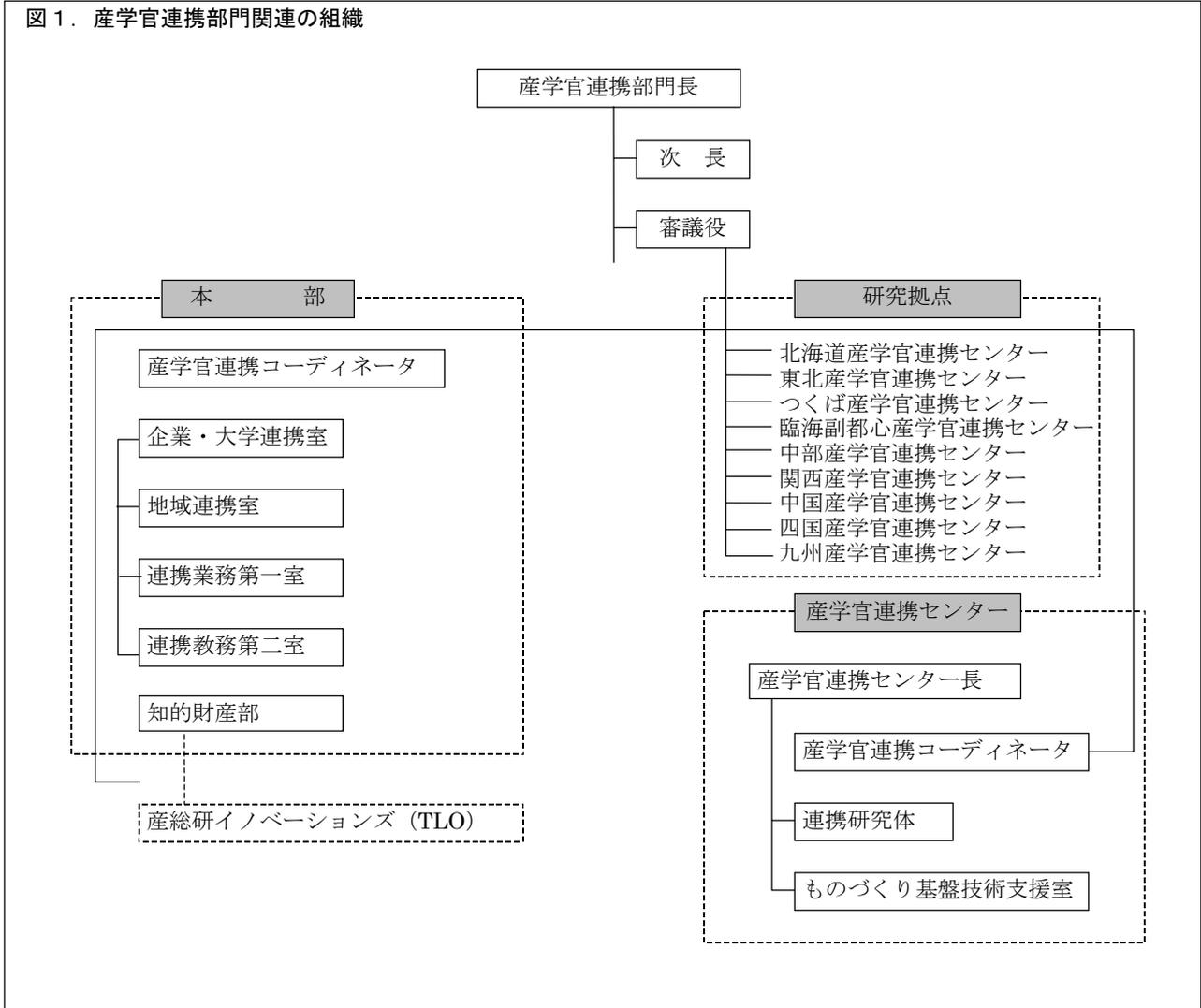
(Collaboretion Coordinator)

全国9地域拠点に配置し、企業や大学等と産総研との連携の橋渡しを行う。産学官連携コーディネータは主に以下のような役割を果たしている。

・企業や大学と産総研との連携プロジェクト（共同研究

- や受託研究) の企画・調整・立案
- ・産総研の有する知的財産権の民間への移転・事業化の支援 (産総研イノベーションズと協力)
- ・企業等のニーズと産総研の有する技術シーズのマッチング
- ・産総研における研究成果の把握・掘り起こし・権利化の支援 (知的財産部) との協力

図 1. 産学官連携部門関連の組織



産業技術総合研究所

1) 共同研究

産総研が他機関と対等な立場で共同して行う研究であり、その種類として持ち帰り型、集中研型等がある。平成14年度から新たに資金提供型共同研究制度を導入した。

(共同研究)

研究ユニット	国大	公大	私大	特殊	独立	公益	企業	国	公設試	その他	計(件)
深部地質環境研究センター										2	2
活断層研究センター							2				2
化学物質リスク管理研究センター	1										1
フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター						1	2				3
ライフサイクルアセスメント研究センター						1					1
パワーエレクトロニクス研究センター	1		1	2		3	5				12
生命情報科学研究センター			1	4		1	10			2	18
生物情報解析研究センター			1	2	1	6	1				11
ティッシュエンジニアリング研究センター	3	1	2			2	13				21
ジーンディスカバリー研究センター							2			1	3
ヒューマンストレスシグナル研究センター	1					2	8				11
強相関電子技術研究センター				3	1		3				7
次世代半導体研究センター	4		1				8			2	15
サイバーアシスト研究センター				4	2		6				12
マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター											0
ものづくり先端技術研究センター	2						10		1	1	14
高分子基盤技術研究センター						2	6		1		9
光反応制御研究センター							4				4
新炭素系材料開発研究センター	3			4	1	4	7		1		20
シナジーマテリアル研究センター	1		1			1	5			1	9
超臨界流体研究センター				1		1	5				7
スマートストラクチャー研究センター	3			1	2	4	10				20
界面ナノアーキテクトニクス研究センター	1			3							4
グリッド研究センター	1			3			5				9
爆発安全研究センター	1					2	3	1			7
糖鎖工学研究センター	4			1	3	3	16			1	28
年齢軸生命工学研究センター				2	1		3				6
技術と社会研究センター											0
計測標準研究部門	4	1	3	7	2	4	40		1	1	63
地球科学情報研究部門	3			1	1	1	5	1	1		13
地圏資源環境研究部門	8			3	1	1	15	2			30
海洋資源環境研究部門	4		2	3		2	29	1	3		44
エネルギー利用研究部門	13	1	9	1	3	15	49	1	3	1	96
電力エネルギー研究部門	10		6	1	7	3	18	1			46
環境管理研究部門	3				1	1	22		3		30
環境調和技術研究部門	10	1	2	2		4	35			1	55
情報処理研究部門	2		1	3		1	12	2			21
知能システム研究部門	7		3	2		1	21	1			35
エレクトロニクス研究部門	4		3	8	2	2	19			3	41
光技術研究部門	15		5	9		5	39	3	1	2	79
生物遺伝子資源研究部門	1			1		1	6				9
分子細胞工学研究部門	2			1	3	2	15		2	2	27
人間福祉医工学研究部門	3	3	3		1	2	24		1	1	38
脳神経情報研究部門	1	1	2	5		1	3				13
物質プロセス研究部門	2		2		2		28		2	1	37
セラミックス研究部門	11		5		2	2	101	1	1	2	125
基礎素材研究部門	12	4	7	4	1	5	86		3	4	126
機械システム研究部門	13		5	1		1	56	1	2	1	80
ナノテクノロジー研究部門	5		2	5	2	1	26			1	42
計算科学研究部門				4			5		1		10
生物機能工学研究部門	1			2		1	12				16
人間系特別研究体	15	2	4	3		3	16		5		48
生活環境系特別研究体	5	1	3	5		6	54	1	1		76
グリーンプロセス研究ラボ											0
薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ	9						7				16
デジタルヒューマン研究ラボ			4	2		1	13			1	21
ライフエレクトロニクス研究ラボ	4	3	5			1	5		1	2	21
次世代光工学研究ラボ							8				8
微小重力環境利用材料研究ラボ	3					1					4
純度制御材料開発研究ラボ	2	1	1			1	1				6
メンブレン化学研究ラボ	1						3				4
マイクロ空間化学研究ラボ	3		1				2				6
先端バイオエレクトロニクス研究ラボ		1					6				7
極微プロファイル計測研究ラボ							4				4
ジーンファンクション研究ラボ				1			1			1	3
単一分子生体ナノ計測研究ラボ											0
フェロー							2				2
先端情報計算センター	1						1				2
特許生物寄託センター											0
ベンチャー開発戦略研究センター	1						1				2
その他部門等	3	1		1		2	6		2		15
合計	207	21	85	105	39	104	930	16	36	34	1,577

※国際案件3件含む

研究関連業務

2) 委託研究

産総研で実施していない研究を他機関に委託し、委託先の研究ポテンシャルを活用して産総研の研究を推進する。

(委託研究)

研究ユニット	国大	公大	私大	特殊	独立	公益	企業	国	公設試	その他	計 (件)
深部地質環境研究センター	1									1	2
活断層研究センター											0
化学物質リスク管理研究センター	4	2	1								7
フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター											0
ライフサイクルアセスメント研究センター											0
パワーエレクトロニクス研究センター	1										1
生命情報科学研究センター											0
生物情報解析研究センター											0
ティッシュエンジニアリング研究センター	3	1									4
ジーンディスカバリー研究センター											0
ヒューマンストレスシグナル研究センター											0
強相関電子技術研究センター											0
次世代半導体研究センター	1										1
サイバーアシスト研究センター											0
マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター											0
ものづくり先端技術研究センター											0
高分子基盤技術研究センター											0
光反応制御研究センター											0
新炭素系材料開発研究センター											0
シナジーマテリアル研究センター											0
超臨界流体研究センター											0
スマートストラクチャー研究センター		1									1
界面ナノアーキテクトニクス研究センター											0
グリッド研究センター			1		1						2
爆発安全研究センター	6		1				1				8
糖鎖工学研究センター							1				1
年齢軸生命工学研究センター											0
技術と社会研究センター											0
計測標準研究部門			2				5			1	8
地球科学情報研究部門	1				1						2
地圏資源環境研究部門	1		2				4				7
海洋資源環境研究部門	6		2								8
エネルギー利用研究部門	3						4		1		8
電力エネルギー研究部門	1										1
環境管理研究部門	8	1					2				11
環境調和技術研究部門	4						1				5
情報処理研究部門											0
知能システム研究部門											0
エレクトロニクス研究部門											0
光技術研究部門		1	1				1				3
生物遺伝子資源研究部門											0
分子細胞工学研究部門	2										2
人間福祉医学研究部門	1		1				2		1		5
脳神経情報研究部門		1	1			1	1				4
物質プロセス研究部門											0
セラミックス研究部門	1						1				2
基礎素材研究部門											0
機械システム研究部門											0
ナノテクノロジー研究部門	1		1				1				3
計算科学研究部門											0
生物機能工学研究部門											0
人間系特別研究体	2								6		8
生活環境系特別研究体	1		1								2
グリーンプロセス研究ラボ											0
薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ											0
デジタルヒューマン研究ラボ											0
ライブエレクトロニクス研究ラボ	2										2
次世代光工学研究ラボ											0
微小重力環境利用材料研究ラボ											0
純度制御材料開発研究ラボ											0
メンブレン化学研究ラボ											0
マイクロ空間化学研究ラボ											0
先端バイオエレクトロニクス研究ラボ											0
極微プロファイル計測研究ラボ											0
ジーンファンクション研究ラボ											0
単一分子生体ナノ計測研究ラボ											0
フェロー											0
先端情報計算センター											0
特許生物寄託センター											0
その他の部門等							1				1
合計	50	7	14	0	2	1	25	0	8	2	109

※国際案件1件含む

産業技術総合研究所

3) 受託研究

他機関から委託を受けて産総研が実施する研究であり、その成果は委託元で活用できる制度。委託元の研究者を客員研究員として受け入れことも可能。

(受託研究)

研究ユニット	国大	公大	私大	特殊	独立	公益	企業	国	公設試	その他	計(件)
深部地質環境研究センター								1			1
活断層研究センター								2			2
化学物質リスク管理研究センター				1		1	1				3
フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター							3				3
ライフサイクルアセスメント研究センター						2					2
パワーエレクトロニクス研究センター						2		2			4
生命情報科学研究センター								1			1
生物情報解析研究センター						1	1				2
ティッシュエンジニアリング研究センター			1	2		2	1				6
ジーンディスカバリー研究センター							1				1
ヒューマンストレスシグナル研究センター			1				3				4
強相関電子技術研究センター											0
次世代半導体研究センター				2			1	2			5
サイバーアシスト研究センター				1	2						3
マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター											0
ものづくり先端技術研究センター				1		1	1				3
高分子基盤技術研究センター				2							2
光反応制御研究センター				2							2
新炭素系材料開発研究センター							1	1			2
シナジーマテリアル研究センター							1				1
超臨界流体研究センター						1					1
スマートストラクチャー研究センター			1	1		1	3				6
界面ナノアーキテクトニクス研究センター				1							1
グリッド研究センター	1					1	3	2			7
爆発安全研究センター						4	1	1			6
糖鎖工学研究センター	1					1		1			3
年齢軸生命工学研究センター											0
技術と社会研究センター											0
計測標準研究部門				2			3	2			7
地球科学情報研究部門	1			1	1	2	1				6
地圏資源環境研究部門	1			5	1	1	1	1		1	11
海洋資源環境研究部門				1		5	2	1			9
エネルギー利用研究部門				12		8	18	1			39
電力エネルギー研究部門				7		3	4				14
環境管理研究部門				1		6	3	2			12
環境調和技術研究部門				6		3	5	3		1	18
情報処理研究部門						1					1
知能システム研究部門					1	1	10	2		1	15
エレクトロニクス研究部門				1			5	1			7
光技術研究部門			1	3		1	7	2			14
生物遺伝子資源研究部門	1			2		4	2				9
分子細胞工学研究部門				1		1	3			1	6
人間福祉医工学研究部門						3	2				5
脳神経情報研究部門	1						2				3
物質プロセス研究部門						5	1				6
セラミックス研究部門				1		6	1				8
基礎素材研究部門				2		16	11	2		2	33
機械システム研究部門				3		2	8	1			14
ナノテクノロジー研究部門				3			1	1			5
計算科学研究部門							1				1
生物機能工学研究部門				1		1	1				3
人間系特別研究体	1					7	5				13
生活環境系特別研究体				5		2	6				13
グリーンプロセス研究ラボ											0
薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ				2							2
デジタルヒューマン研究ラボ						3	4				7
ライフエレクトロニクス研究ラボ						1					1
次世代光工学研究ラボ								1			1
微小重力環境利用材料研究ラボ											0
純度制御材料開発研究ラボ							1				1
メンブレン化学研究ラボ								1			1
マイクロ空間化学研究ラボ						2					2
先端バイオエレクトロニクス研究ラボ											0
極微プロファイル計測研究ラボ											0
ジーンファンクション研究ラボ											0
単一分子生体ナノ計測研究ラボ						1					1
フェロー											0
先端情報計算センター											0
特許生物寄託センター								1			1
その他部門等				2			2	18			22
合計	7	0	4	74	5	102	131	53	0	6	382

※国際案件6件含む

研究関連業務

4) 請負研究

受託研究によることができない研究を他機関からの依頼に応じて行うものであり、その経費は依頼者が負担する。

(請負研究)

研究ユニット	国大	公大	私大	特殊	独立	公益	企業	国	公設試	その他	計(件)
深部地質環境研究センター											0
活断層研究センター											0
化学物質リスク管理研究センター											0
フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター											0
ライフサイクルアセスメント研究センター						1	2				3
パワーエレクトロニクス研究センター											0
生命情報科学研究センター											0
生物情報解析研究センター											0
ティッシュエンジニアリング研究センター											0
ジーンディスカバリー研究センター											0
ヒューマンストレスシグナル研究センター											0
強相関電子技術研究センター											0
次世代半導体研究センター											0
サイバーアシスト研究センター											0
マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター											0
ものづくり先端技術研究センター											0
高分子基盤技術研究センター											0
光反応制御研究センター											0
新炭素系材料開発研究センター											0
シナジーマテリアル研究センター											0
超臨界流体研究センター											0
スマートストラクチャー研究センター											0
界面ナノアーキテクニクス研究センター											0
グリッド研究センター											0
爆発安全研究センター						1					1
糖鎖工学研究センター											0
年齢軸生命工学研究センター											0
技術と社会研究センター											0
計測標準研究部門											0
地球科学情報研究部門											0
地圏資源環境研究部門						1		2			3
海洋資源環境研究部門								2			2
エネルギー利用研究部門						1					1
電力エネルギー研究部門						1					1
環境管理研究部門											0
環境調和技術研究部門											0
情報処理研究部門							1				1
知能システム研究部門											0
エレクトロニクス研究部門											0
光技術研究部門											0
生物遺伝子資源研究部門											0
分子細胞工学研究部門											0
人間福祉医学研究部門											0
脳神経情報研究部門											0
物質プロセス研究部門											0
セラミックス研究部門											0
基礎素材研究部門											0
機械システム研究部門											0
ナノテクノロジー研究部門											0
計算科学研究部門											0
生物機能工学研究部門											0
人間系特別研究体											0
生活環境系特別研究体											0
グリーンプロセス研究ラボ											0
薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ											0
デジタルヒューマン研究ラボ											0
ライフエレクトロニクス研究ラボ											0
次世代光工学研究ラボ											0
微小重力環境利用材料研究ラボ											0
純度制御材料開発研究ラボ											0
メンブレン化学研究ラボ											0
マイクロ空間化学研究ラボ											0
先端バイオエレクトロニクス研究ラボ											0
極微プロファイル計測研究ラボ											0
ジーンファンクション研究ラボ											0
単一分子生体ナノ計測研究ラボ											0
フェロー											0
先端情報計算センター											0
特許生物寄託センター											0
その他の部門等											0
合 計	0	0	0	0	0	5	3	4	0	0	12

産業技術総合研究所

5) 技術研修

外部機関等の研究者、技術者を当所が受け入れ、当所の技術ポテンシャルを基に研修を行う制度です。本制度では、研究成果の権利化は原則として想定しておりません。

人頭経費（25,000円/人/月、または2,000円/人/日）を派遣先に負担していただきます。

(技術研修)

研究ユニット	国大	公大	私大	独法	特殊	公益	企業	国	公設試	その他	計(人)
深部地質環境研究センター	7		1								8
活断層研究センター										3	3
化学物質リスク管理研究センター	4						2				6
フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター											0
ライフサイクルアセスメント研究センター	11		5			7	13		3	2	41
パワーエレクトロニクス研究センター			6								6
生命情報科学研究センター	7		3				19				29
生物情報解析研究センター	14		5								19
ディッシュエンジニアリング研究センター	14	1	5							5	25
ジーンディスカバリー研究センター						1	1				2
ヒューマンストレスシグナル研究センター	3		2								5
強相関電子技術研究センター	7		1								8
次世代半導体研究センター	3	1	7								11
サイバーアシスト研究センター	1	1	6				1				9
マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター	4		1								5
ものづくり先端技術研究センター									3		3
高分子基盤技術研究センター	20		6				5			4	35
光反応制御研究センター	5		5				1				11
新炭素系材料開発研究センター	3		2				1				6
シナジーマテリアル研究センター											0
超臨界流体研究センター	7		1								8
スマートストラクチャー研究センター	3		2								5
界面ナノアーキテクトニクス研究センター	6		2								8
グリッド研究センター											0
爆発安全研究センター	12	1					6			4	23
糖鎖工学研究センター	22										22
年齢軸生命工学研究センター	7		3				1				11
技術と社会研究センター											0
デジタルヒューマン研究センター											0
近接場光応用工学研究センター											0
ダイヤモンド研究センター											0
計測標準研究部門	6		16	4	1	24	4		3	1	59
地球科学情報研究部門	23		3	1		1	1		1		30
地圏資源環境研究部門	9		1				1				11
海洋資源環境研究部門	48		6				9	2	1	4	70
エネルギー利用研究部門	14	1	28				11			3	57
電力エネルギー研究部門	14		13				3				30
環境管理研究部門	8		14				2		2		26
環境調和技術研究部門	7		52				15		1		75
情報処理研究部門	6		5			1	1		1		14
知能システム研究部門	16		9				1		1		27
エレクトロニクス研究部門	9		25				8				42
光技術研究部門	37	2	51			1	10			1	102
生物遺伝子資源研究部門	6										6
分子細胞工学研究部門											0
人間福祉医学研究部門	16	1	14				4		4		39
脳神経情報研究部門	15	2	4				1	1		1	24
物質プロセス研究部門	12	1	14				12		1		40
セラミックス研究部門	15		1							1	17
基礎素材研究部門	32	3	20			1	6		3		65
機械システム研究部門	11		13				4		2		30
ナノテクノロジー研究部門	14	1	13	1			2			1	32
計算科学研究部門	2		3								5
生物機能工学研究部門	46		20	2		2	6	1	1	1	79
人間系特別研究体	14	1	9				5		1		30
生活環境系特別研究体	9	4	13				9		1		36
グリーンプロセス研究ラボ											0
薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ	3										3
デジタルヒューマン研究ラボ	6	2	4						2		14
ライフエレクトロニクス研究ラボ	12	3	10								25
次世代光工学研究ラボ	1		2								3
微小重力環境利用材料研究ラボ											0
純度制御材料開発研究ラボ	1		2				1				4
メンブレン化学研究ラボ	1		3								4
マイクロ空間化学研究ラボ	5		8								13
先端バイオエレクトロニクス研究ラボ	5		4				2				11
極微プロファイル計測研究ラボ											0
ジーンファンクション研究ラボ	7		1				1				9
単一分子生体ナノ計測研究ラボ	6										6
循環バイオマス研究ラボ											0
フェロー	3						1				4
先端情報計算センター											0
特許生物寄託センター											0
ベンチャー開発戦略研究センター											0
その他部門等	24	2	4				2		1		33
合計	623	27	448	8	1	38	172	4	32	31	1384

研究関連業務

6) 客員研究員

外部機関等の研究者等が当所において研究を行う際に研究員として受け入れるための制度です。外部機関等からの申請による場合（申請型）と当所からお願いして来ていただく場合（招へい型）があり、申請型は客員研究契約を締結します。

申請型の場合は、人頭経費（25,000円／人／月または2,000円／人／日）を負担していただきます。

(客員研究員)

研究ユニット	国大	公大	私大	独法	特殊	公益	企業	国	公設試	その他	計(人)
深部地質環境研究センター	1					1	2			1	5
活断層研究センター	5	2	2	1		1	3		2	2	18
化学物質リスク管理研究センター			1				1				2
フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター											0
ライフサイクルアセスメント研究センター											0
パワーエレクトロニクス研究センター	1									4	5
生命情報科学研究センター	2										2
生物情報解析研究センター	2		1		1		1				5
ディッシュエンジニアリング研究センター	7	3	6			1	1	1		5	24
ジーンディスカバリー研究センター			1								1
ヒューマンストレスシグナル研究センター	1	2	1				1			2	7
強相関電子技術研究センター	1										1
次世代半導体研究センター	4										4
サイバーアシスト研究センター	4	1					3				8
マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター	1									1	2
ものづくり先端技術研究センター	10		5		1		2		22	1	41
高分子基盤技術研究センター											0
光反応制御研究センター											0
新炭素系材料開発研究センター		1					2				3
シナジーマテリアル研究センター							1				1
超臨界流体研究センター	1										1
スマートストラクチャー研究センター			1								1
界面ナノアーキテクトニクス研究センター											0
グリッド研究センター											0
爆発安全研究センター											0
糖鎖工学研究センター										1	1
年齢軸生命工学研究センター	3		1	4							8
技術と社会研究センター											0
デジタルヒューマン研究センター											0
近接場光応用工学研究センター											0
ダイヤモンド研究センター				1							1
計測標準研究部門	2	1			1	1	1			2	8
地球科学情報研究部門	4		1	5		1	3			9	23
地圏資源環境研究部門		1	2			1				1	5
海洋資源環境研究部門	1				3					1	5
エネルギー利用研究部門	4		2				1				7
電力エネルギー研究部門	7		2	1			2			2	14
環境管理研究部門	3	2	8	1			2	1	1	2	20
環境調和技術研究部門	3	1					3		2		9
情報処理研究部門	1						2				3
知能システム研究部門			4				3			1	8
エレクトロニクス研究部門	1		1		2	1	1			3	9
光技術研究部門	9		2	2	1		1			6	21
生物遺伝子資源研究部門										3	3
分子細胞工学研究部門	3						1				4
人間福祉医学研究部門	7	2	7			4	1			4	25
脳神経情報研究部門	10	2	3	1	2					1	19
物質プロセス研究部門	2									1	3
セラミックス研究部門											0
基礎素材研究部門	1						1			1	3
機械システム研究部門	19	1	7	1			1	2		8	39
ナノテクノロジー研究部門	11		2	1			4			2	20
計算科学研究部門	8								1	1	10
生物機能工学研究部門	1		2	1	2		3	2		3	14
人間系特別研究体	2		1		1			1		2	7
生活環境系特別研究体	3						1			1	5
グリーンプロセス研究ラボ											0
薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ											0
デジタルヒューマン研究ラボ							2				2
ライフエレクトロニクス研究ラボ	9	5	10			2	1	1	1	6	35
次世代光工学研究ラボ										1	1
微小重力環境利用材料研究ラボ											0
純度制御材料開発研究ラボ							1				1
メンブレン化学研究ラボ											0
マイクロ空間化学研究ラボ											0
先端バイオエレクトロニクス研究ラボ											0
極微プロファイル計測研究ラボ	2		1				1				4
ジーンファンクション研究ラボ	2		1	1			7			4	15
単一分子生体ナノ計測研究ラボ											0
循環バイオマス研究ラボ											0
フェロー											0
先端情報計算センター											0
特許生物寄託センター											0
ベンチャー開発戦略研究センター										1	1
その他部門等			4		2	1				1	8
合計	158	24	79	20	16	14	60	8	29	84	492

7) 連携大学院

連携大学院制度による大学院生には被指導者であると同時に研究協力者としての側面があり、研究促進の観点からも産総研では連携大学院生を積極的に受け入れている。

連携大学院制度とは、高度な研究水準をもつ国立試験研究所や民間研究所等の大学外研究機関の施設・設備や人的資源を活用して大学院教育を行う制度です。(参照：大学院設置基準第13条第2項 大学院は、教育上有益と認めるときは、学生が他の大学院又は研究所等において必要な研究指導を受ける事を認めることができる。(後略))産総研ではこの制度に基づいて大学と協定を結び、産総研研究者が大学から連携大学院教官の発令を受け、大学院生を技術研修生として受け入れ、研究指導を行っています。連携大学院制度による大学院生には被指導者であると同時に研究協力者としての側面があり、研究促進の観点からも産総研では連携大学院生を積極的に受け入れています。

(連携大学院)

大学名	研究科名	身 分	所 属	人 数
北海道大学	農学研究科	教授	生物遺伝子資源研究部門	1
	農学研究科	助教授	生物遺伝子資源研究部門	1
	農学研究科	教授	北海道センター	1
東北大学	理学研究科	教授	メンブレン化学研究ラボ	1
	理学研究科	助教授	メンブレン化学研究ラボ	1
	理学研究科	教授	海洋資源環境研究部門	1
	理学研究科	助教授	海洋資源環境研究部門	1
	理学研究科	教授	地圏資源環境研究部門	1
	理学研究科	助教授	地圏資源環境研究部門	1
	理学研究科	教授	地球科学情報研究部門	1
	理学研究科	助教授	地球科学情報研究部門	1
	理学研究科	教授	超臨界流体研究センター	1
東北学院大学	工学研究科	教授	基礎素材研究部門	4
	工学研究科	教授	超臨界流体研究センター	1
筑波大学	応用生物化学系	教授	生物遺伝子資源研究部門	1
	応用生物化学系	教授	分子細胞工学研究部門	1
	化学系	助教授	グリーンプロセス研究ラボ	1
	化学系	教授	グリッド研究センター	1
	化学系	教授	ナノテクノロジー研究部門	1
	化学系	教授	界面ナノアーキテクトニクス研究センター	1
	化学系	教授	光技術研究部門	1
	化学系	助教授	光技術研究部門	1
	化学系	教授	物質プロセス研究部門	1
	化学系	教授	分子細胞工学研究部門	1
	基礎医学系	教授	脳神経情報研究部門	1
	基礎医学系	助教授	脳神経情報研究部門	1
	基礎医学系	教授	分子細胞工学研究部門	1
	基礎医学系	助教授	分子細胞工学研究部門	1
	機能工学系	教授	マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター	1
	機能工学系	助教授	企画本部	1
	機能工学系	助教授	機械システム研究部門	2
	機能工学系	教授	知能システム研究部門	4
	生物科学系	教授	ジーンディスカバリー研究センター	2
	生物科学系	助教授	ジーンディスカバリー研究センター	1
	生物科学系	教授	分子細胞工学研究部門	2
	地球科学系	助教授	海洋資源環境研究部門	1
	地球科学系	教授	地球科学情報研究部門	2
電子・情報工学系	教授	フェロー	1	
電子・情報工学系	教授	次世代半導体研究センター	1	
電子・情報工学系	助教授	情報処理研究部門	1	

研究関連業務

大学名	研究科名	身分	所 属	人 数
筑波大学	電子・情報工学系	教授	人間福祉医工学研究部門	1
	電子・情報工学系	教授	知能システム研究部門	1
	電子・情報工学系	助教授	知能システム研究部門	1
	電子・情報工学系	教授	脳神経情報研究部門	1
	物質工学系	教授	ナノテクノロジー研究部門	1
	物質工学系	助教授	ナノテクノロジー研究部門	1
	物理工学系	教授	ナノテクノロジー研究部門	1
	物理工学系	教授	次世代半導体研究センター	1
宇都宮大学	工学研究科	教授	電力エネルギー研究部門	2
	工学研究科	教授	企画本部	1
東京工業大学	生命理工学研究科	教授	分子細胞工学研究部門	1
	総合理工学研究科	教授	機械システム研究部門	1
	総合理工学研究科	教授	生物遺伝子資源研究部門	1
	総合理工学研究科	助教授	環境管理研究部門	1
	総合理工学研究科	教授	薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ	1
	総合理工学研究科	助教授	薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ	1
	総合理工学研究科	教授	光反応制御研究センター	1
	総合理工学研究科	教授	サイバーアシスト研究センター	1
東京農工大学	工学研究科	教授	ティッシュエンジニアリング研究センター	2
	工学研究科	助教授	ティッシュエンジニアリング研究センター	1
千葉大学	自然科学研究科	助教授	生物遺伝子資源研究部門	1
	自然科学研究科	教授	地圏資源環境研究部門	2
	自然科学研究科	助教授	海洋資源環境研究部門	1
	自然科学研究科	教授	高分子基盤技術研究センター	1
横浜国立大学	環境情報研究院	助教授	ライフサイクルアセスメント研究センター	1
	環境情報研究院	教授	化学物質リスク管理研究センター	1
金沢大学	自然科学研究科	教授	環境管理研究部門	2
	自然科学研究科	助教授	環境管理研究部門	1
大阪大学	理学研究科	教授	産学官連携部門	1
	理学研究科	教授	脳神経情報研究部門	1
	理学研究科	助教授	脳神経情報研究部門	1
	理学研究科	教授	エレクトロニクス研究部門	1
	理学研究科	助教授	光技術研究部門	1
	理学研究科	教授	生活環境系特別研究体	2
	理学研究科	教授	人間系特別研究体	1
神戸大学	自然科学研究科	教授	光技術研究部門	1
	自然科学研究科	教授	産学官連携部門	1
	自然科学研究科	教授	人間系特別研究体	1
	自然科学研究科	教授	生活環境系特別研究体	1
	自然科学研究科	助教授	生活環境系特別研究体	1
	自然科学研究科	教授	地球科学情報研究部門	1
鹿児島大学	理工学研究科	助教授	電力エネルギー研究部門	1
	理工学研究科	教授	強相関電子技術研究センター	1
	理工学研究科	教授	人間系特別研究体	1
東京理科大学	基礎工学研究科	教授	エレクトロニクス研究部門	1
	基礎工学研究科	助教授	エレクトロニクス研究部門	1

産業技術総合研究所

大学名	研究科名	身分	所 属	人 数
東京理科大学	基礎工学研究科	教授	ナノテクノロジー研究部門	1
	基礎工学研究科	教授	パワーエレクトロニクス研究センター	1
	基礎工学研究科	教授	次世代半導体研究センター	1
	基礎工学研究科	教授	生物情報解析研究センター	1
	基礎工学研究科	教授	電力エネルギー研究部門	1
	基礎工学研究科	教授	物質プロセス研究部門	1
	理工学研究科	教授	エネルギー利用研究部門	1
	理工学研究科	教授	グリーンプロセス研究ラボ	1
	理工学研究科	助教授	サイバーアシスト研究センター	1
	理工学研究科	助教授	ジーンディスカバリー研究センター	2
	理工学研究科	教授	ナノテクノロジー研究部門	2
	理工学研究科	教授	パワーエレクトロニクス研究センター	1
	理工学研究科	教授	マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター	1
	理工学研究科	教授	ものづくり先端技術研究センター	1
	理工学研究科	教授	界面ナノアーキテクニクス研究センター	1
	理工学研究科	教授	環境調和技術研究部門	1
	理工学研究科	助教授	環境調和技術研究部門	1
	理工学研究科	助教授	企画本部	1
	理工学研究科	教授	機械システム研究部門	1
	理工学研究科	教授	計測標準研究部門	1
	理工学研究科	教授	光反応制御研究センター	1
	理工学研究科	教授	産学官連携部門	1
	理工学研究科	教授	新炭素系材料開発研究センター	1
	理工学研究科	教授	人間福祉医工学研究部門	1
	理工学研究科	教授	知能システム研究部門	1
	理工学研究科	教授	電力エネルギー研究部門	3
	理工学研究科	教授	評価部	1
	理工学研究科	教授	物質プロセス研究部門	1
	理工学研究科	教授	分子細胞工学研究部門	1
東京電機大学	工学研究科	教授	計測標準研究部門	1
	工学研究科	助教授	計測標準研究部門	1
	工学研究科	教授	次世代光工学研究ラボ	1
	工学研究科	教授	電力エネルギー研究部門	1
	工学研究科	助教授	電力エネルギー研究部門	1
日本大学	生産工学研究科	教授	環境調和技術研究部門	2
	生産工学研究科	教授	先端バイオエレクトロニクス研究ラボ	1
	生産工学研究科	教授	光技術研究部門	1
	生産工学研究科	教授	物質プロセス研究部門	1
上智大学	理工学研究科	教授	環境調和技術研究部門	2
	理工学研究科	教授	フェロー	1
	理工学研究科	助教授	光技術研究部門	1
	理工学研究科	助教授	グリーンプロセス研究ラボ	1
	理工学研究科	教授	セラミックス研究部門	1
	理工学研究科	教授	シナジーマテリアル研究センター	1
芝浦工業大学	工学研究科	教授	環境調和技術研究部門	1
	工学研究科	助教授	パワーエレクトロニクス研究センター	1
	工学研究科	教授	光技術研究部門	3
	工学研究科	助教授	光技術研究部門	1
	工学研究科	助教授	企画本部	1
千葉工業大学	金属工学専攻	教授	環境調和技術研究部門	1
	工業化学専攻	教授	環境調和技術研究部門	2

研究関連業務

大学名	研究科名	身 分	所 属	人 数
千葉工業大学	工業化学専攻	教授	エネルギー利用研究部門	1
	工業化学専攻	教授	高分子基盤技術研究センター	1
	工業化学専攻	教授	分子細胞工学研究部門	1
	工業化学専攻	教授	物質プロセス研究部門	2
神奈川工科大学	工学研究科	教授	エネルギー利用研究部門	3
	工学研究科	助教授	エネルギー利用研究部門	1
	工学研究科	教授	エレクトロニクス研究部門	1
	工学研究科	教授	ナノテクノロジー研究部門	1
	工学研究科	教授	ものづくり先端技術研究センター	1
	工学研究科	教授	環境管理研究部門	1
	工学研究科	教授	環境調和技術研究部門	1
	工学研究科	教授	機械システム研究部門	1
	工学研究科	教授	強相関電子技術研究センター	1
	工学研究科	助教授	強相関電子技術研究センター	1
	工学研究科	助教授	光技術研究部門	2
	工学研究科	助教授	高分子基盤技術研究センター	1
	工学研究科	助教授	人間福祉医工学研究部門	1
	工学研究科	教授	生物遺伝子資源研究部門	2
	工学研究科	教授	知能システム研究部門	1
	工学研究科	助教授	知能システム研究部門	1
工学研究科	教授	物質プロセス研究部門	2	
工学研究科	助教授	物質プロセス研究部門	1	
金沢工業大学	工学研究科	教授	エレクトロニクス研究部門	3
	工学研究科	教授	スマートストラクチャー研究センター	1
	工学研究科	教授	ティッシュエンジニアリング研究センター	1
	工学研究科	教授	ナノテクノロジー研究部門	1
	工学研究科	教授	フェロー	1
	工学研究科	教授	マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター	1
	工学研究科	教授	機械システム研究部門	2
	工学研究科	教授	計測標準研究部門	1
	工学研究科	教授	光技術研究部門	2
	工学研究科	教授	分子細胞工学研究部門	1
東邦大学	理学研究科	教授	エレクトロニクス研究部門	1
	理学研究科	助教授	ジーンディスカバリー研究センター	1
	理学研究科	教授	ナノテクノロジー研究部門	1
	理学研究科	助教授	人間福祉医工学研究部門	1
東京都立大学	理学研究科	教授	ナノテクノロジー研究部門	1
	理学研究科	教授	生物情報解析研究センター	2
	理学研究科	助教授	生物情報解析研究センター	4
奈良先端科学技術大学院大学	情報科学研究科	講師	生命情報科学研究センター	2
名古屋工業大学	工学研究科	教授	セラミックス研究部門	2
	工学研究科	助教授	セラミックス研究部門	1
岐阜大学	工学研究科	助教授	セラミックス研究部門	1
	工学研究科	教授	基礎素材研究部門	2
姫路工業大学	工学研究科	非常勤講師	基礎素材研究部門	1
	工学研究科	非常勤講師	純度制御材料開発研究ラボ	1
中部大学	工学研究科	教授	基礎素材研究部門	2

産業技術総合研究所

大学名	研究科名	身 分	所 属	人 数
中部大学	工学研究科	教授	セラミックス研究部門	2
名城大学	総合学術研究科	教授	産学官連携部門	1
大同工業大学	工学研究科	教授	基礎素材研究部門	3
愛知工業大学	工学研究科	教授	基礎素材研究部門	2
	工学研究科	助教授	セラミックス研究部門	1
立命館大学	理工学研究科	教授	光技術研究部門	1
	理工学研究科	教授	生活環境系特別研究体	1
	理工学研究科	教授	人間系特別研究体	1
	理工学研究科	教授	純度制御材料開発研究ラボ	1
大阪府立大学	工学研究科	教授	生活環境系特別研究体	1
京都工芸繊維大学	工芸科学研究科	助教授	ヒューマンストレスシグナル研究センター	1
	工芸科学研究科	教授	人間系特別研究体	1
同志社大学	工学研究科	教授	純度制御材料開発研究ラボ	1
大阪電気通信大学	工学研究科	教授	光技術研究部門	1
山口大学	理工学研究科	助教授	光反応制御研究センター	1
	理工学研究科	教授	スマートストラクチャー研究センター	1
	理工学研究科	教授	海洋資源環境研究部門	1
広島大学	生物圏科学研究科	教授	海洋資源環境研究部門	2
	生物圏科学研究科	助教授	海洋資源環境研究部門	1
	工学研究科	教授	基礎素材研究部門	2
	工学研究科	助教授	基礎素材研究部門	1
徳島大学	工学研究科	教授	海洋資源環境研究部門	2
佐賀大学	工学系研究科	教授	基礎素材研究部門	3
	工学系研究科	助教授	基礎素材研究部門	2
	工学系研究科	教授	九州センター	1
九州大学	総合理工学研究院	教授	基礎素材研究部門	1
	総合理工学研究院	助教授	基礎素材研究部門	1
	総合理工学研究院	教授	産学官連携部門	1
合 計				264

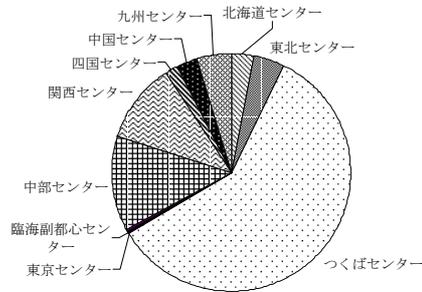
8) 技術相談

産業技術総合研究所が蓄積してきた技術ポテンシャルを基に、民間企業、公設試験研究機関等からの技術相談を受ける制度を運用している。平成14年度に各研究ユニット、各地域センターに設置しているものづくり基盤技術支援室、および産学官連携部門地域連携室、地質関係の技術相談所、標準供給保証室他に寄せられた相談などは次のとおり。

平成14年度技術相談集計

1. 拠点別

拠 点	件 数
北海道センター	151
東北センター	199
つくばセンター	2874
東京センター	4
臨海副都心センター	13
中部センター	634
関西センター	524
四国センター	88
中国センター	133
九州センター	228
合 計	4848



2. ユニット別 (GSJ 地質関係、計量標準以外)

ユニット名	件数	内訳及び注釈
研究コーディネータ	2	
企画本部	26	
環境安全管理部		
業務推進本部	1	
深部地質環境研究センター	23	GSJ
活断層研究センター	25	GSJ
化学物質リスク管理研究センター	15	
フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター	5	
ライフサイクルアセスメント研究センター	149	
パワーエレクトロニクス研究センター		
生命情報科学研究センター		
生物情報解析研究センター		
ティッシュエンジニアリング研究センター	3	
ヒューマンストレスシグナル研究センター	53	
強相関電子技術研究センター		
次世代半導体研究センター		
サイバーアシスト研究センター		
マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター	5	
ものづくり先端技術研究センター	88	
高分子基盤技術研究センター	34	
光反応制御研究センター	26	
新炭素系材料開発研究センター	15	
シナジーマテリアル研究センター	36	
超臨界流体研究センター	15	
スマートストラクチャー研究センター	6	
界面ナノアーキテクニクス研究センター	77	
グリッド研究センター		
爆発安全研究センター	40	
糖鎖工学研究センター		
年齢軸生命工学研究センター		
技術と社会研究センター		
計測標準研究部門	255	
地球科学情報研究部門	201	GSJ

産業技術総合研究所

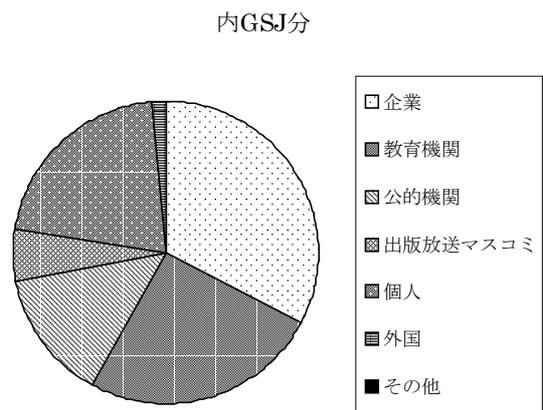
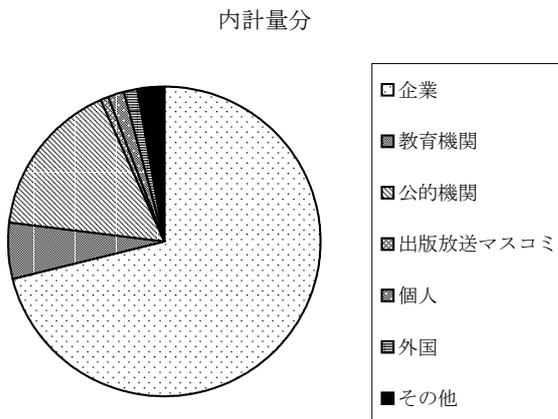
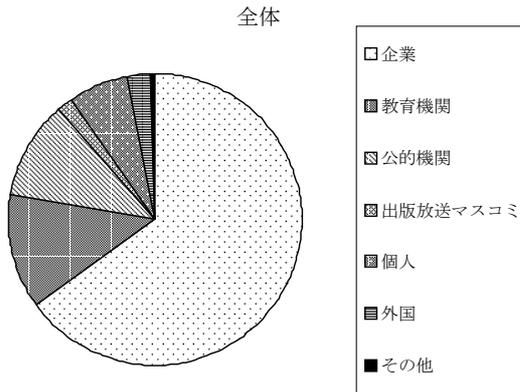
ユニット名	件数	内訳及び注釈	
地圏資源環境研究部門	93	GSJ	
海洋資源環境研究部門	126	つくばGSJ63、中国30、四国33	
エネルギー利用研究部門	136		
電力エネルギー研究部門	62		
環境管理研究部門	242		
環境調和技術研究部門	118		
情報処理研究部門	6		
知能システム研究部門	9		
エレクトロニクス研究部門	11		
光技術研究部門	71		
人間福祉医工学研究部門	13		
脳神経情報研究部門	16		
物質プロセス研究部門	68		
セラミックス研究部門	131		
基礎素材研究部門	350		
機械システム研究部門	93		
ナノテクノロジー研究部門	21		
計算科学研究部門	2		
生物機能工学研究部門	53		
人間系特別研究体	65		
生活環境系特別研究体	163		
薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ	1		
ライフエレクトロニクス研究ラボ	10		
微少重力環境利用材料研究ラボ	1		
純度制御材料開発研究ラボ	4		
メンブレン化学研究ラボ	15		
マイクロ空間化学研究ラボ	59		
先端バイオエレクトロニクス研究ラボ	28		
極微プロファイル計測研究ラボ	2		
ジーンファンクション研究ラボ			
単一分子生体ナノ計測研究ラボ	21		
先端情報計算センター	1		
特許生物寄託センター	4		
技術情報部門	2		
産学官連携部門	1115		
産学官連携部門北海道		92	含GSJ
産学官連携部門東北		59	
産学官連携部門つくば		247	
産学官連携部門東京本部		2	
産学官連携部門中部		402	
産学官連携部門関西		165	含GSJ
産学官連携部門四国		42	
産学官連携部門中国		66	
産学官連携部門九州		40	
成果普及部門	746	GSJ分は約710、計量標準32	
国際部門	11	含GSJ, 含計量相談	
業務推進本部	13		
能力開発部門	2		
研究環境整備部門	1		
合計	4985	一つの相談に複数ユニットが係ることがある。	

総数の内、GSJ（地質関係）技術相談と計量標準技術相談はつぎのとおり。

GSJ技術相談	1159件	つくば、北海道、関西の地質関係。注2
計量標準技術相談	292件	計測標準研究部門255と成果普及部門32、国際部門2、その他3を含む。

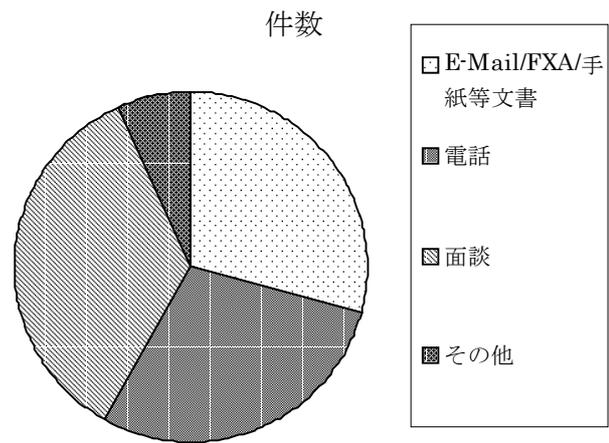
3. 相談者区分（GSJ 地質関係と計量標準を除く）

相談者の分類	全体	内GSJ分	内計量分
企業	3559	413	215
教育機関	691	316	17
公的機関	596	174	50
出版放送マスコミ	92	70	2
個人	362	265	5
外国	150	17	5
その他	23	1	8
合計	5473	1256	302



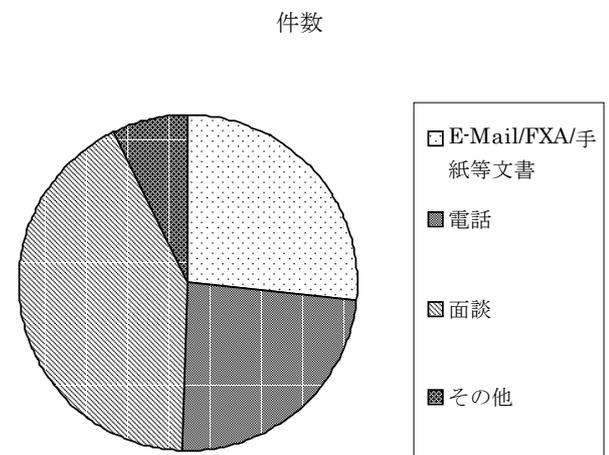
4. アクセス方法

アクセス方法	件数	%
E-Mail/FXA/手紙等文書	1589	29
電話	1590	29
面談	1924	35
その他	361	7
合計	5464	100



5. 回答方法

回答方法	件数	%
E-Mail/FXA/手紙等文書	1462	27
電話	1306	24
面談	2306	42
その他	390	7
合計	5464	100



研究関連業務

9) 受託出張・依頼出張

外部機関からの要請により、研究打ち合わせ、調査、講演等のために、職員を出張させることができます。必要な旅費および間接経費（受託出張の場合）は要請をした外部機関の負担となります。

(出張)

研究ユニット	国大	公大	私大	法人	企業	国	公設試	その他	計(件)
深部地質環境研究センター	5	0	0	3	1	2	3	0	14
活断層研究センター	2	0	0	4	0	1	3	0	10
化学物質リスク管理研究センター	10	0	1	0	0	0	1	1	13
フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター	1	0	0	1	0	0	0	0	2
ライフサイクルアセスメント研究センター	3	0	0	7	2	0	2	0	14
パワーエレクトロニクス研究センター	0	0	0	0	1	0	0	0	1
生命情報科学研究センター	14	0	0	2	0	4	0	0	20
生物情報解析研究センター	5	0	0	2	1	5	0	0	13
ティッシュエンジニアリング研究センター	4	1	1	7	0	0	0	1	14
ジーンディスプレイ研究センター	2	0	0	0	0	0	0	0	2
ヒューマンストレスシグナル研究センター	5	0	0	2	0	0	0	2	9
強相関電子技術研究センター	4	0	0	4	0	0	0	0	8
次世代半導体研究センター	8	0	0	1	0	1	1	0	11
サイバーアシスト研究センター	18	1	0	2	0	1	0	1	23
マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター	2	0	1	1	0	0	0	1	5
ものづくり先端技術研究センター	1	0	0	5	0	0	2	1	9
高分子基盤技術研究センター	1	0	0	10	1	0	0	1	13
光応答制御研究センター	2	0	0	2	1	1	1	0	7
新炭素系材料開発研究センター	37	0	0	3	0	0	0	0	40
シナジーマテリアル研究センター	1	0	0	2	0	0	0	1	4
超臨界流体研究センター	0	0	2	3	3	0	0	1	9
スマートストラクチャー研究センター	7	0	0	1	0	0	0	0	8
界面ナノアーキテクトニクス研究センター	0	0	0	4	0	0	1	0	5
グリッド研究センター	3	1	0	1	0	7	2	0	14
爆発安全研究センター	3	0	0	0	0	1	2	4	10
糖鎖工学研究センター	3	2	0	6	0	4	2	0	17
年齢軸生命工学研究センター	2	0	0	2	0	0	0	0	4
技術と社会研究センター	0	0	0	1	0	0	0	0	1
デジタルヒューマン研究センター	0	0	0	0	0	0	0	0	0
近接場光応用工学研究センター	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ダイヤモンド研究センター	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計測標準研究部門	12	0	0	61	6	9	7	3	98
地球科学情報研究部門	32	0	2	53	0	46	6	0	139
地圏資源環境研究部門	23	0	3	9	0	5	0	2	42
海洋資源環境研究部門	23	0	2	72	0	7	3	1	108
エネルギー利用研究部門	11	1	0	15	0	2	2	3	34
電力エネルギー研究部門	11	0	0	18	1	14	3	0	47
環境管理研究部門	9	1	1	8	0	6	4	1	30
環境調和技術研究部門	12	0	0	12	0	2	2	2	30
情報処理研究部門	8	0	1	3	0	4	3	0	19
知能システム研究部門	6	0	0	10	0	0	3	0	19
エレクトロニクス研究部門	17	0	1	9	0	1	0	0	28
光技術研究部門	16	0	0	10	1	3	0	0	30
生物遺伝子資源研究部門	4	0	0	8	0	7	0	0	19
分子細胞工学研究部門	3	0	0	1	0	1	0	1	6
人間福祉医学研究部門	17	0	0	9	0	0	2	1	29
脳神経情報研究部門	30	2	0	2	1	13	1	0	49
物質プロセス研究部門	14	0	0	7	2	7	3	0	33
セラミックス研究部門	4	0	0	11	0	1	1	0	17
基礎素材研究部門	31	0	0	43	1	9	18	4	106
機械システム研究部門	8	0	0	16	0	0	3	0	27
ナノテクノロジー研究部門	51	0	1	7	1	7	0	0	67
計算科学研究部門	6	0	0	2	0	10	0	0	18
生物機能工学研究部門	17	0	0	7	0	16	1	0	41
人間系特別研究体	9	1	0	5	0	3	0	0	18
生活環境系特別研究体	8	0	1	19	2	19	1	2	52
グリーンプロセス研究ラボ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ	1	0	0	0	0	0	0	0	1
デジタルヒューマン研究ラボ	1	0	0	0	0	0	0	0	1
ライフエレクトロニクス研究ラボ	0	0	0	2	1	1	0	0	4
次世代光工学研究ラボ	0	0	0	0	0	0	1	0	1
微小重力環境利用材料研究ラボ	2	0	0	0	0	0	0	0	2
純度制御材料開発研究ラボ	7	0	0	2	0	0	1	0	10
メンブレン化学研究ラボ	1	0	0	5	0	3	0	0	9
マイクロ空間化学研究ラボ	1	0	0	0	0	0	0	0	1
先端バイオエレクトロニクス研究ラボ	2	0	0	2	0	0	0	1	5
極微プロファイル計測研究ラボ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ジーンファンクション研究ラボ	4	0	0	3	0	1	0	0	8
単一分子生体ナノ計測研究ラボ	2	0	0	2	0	0	0	0	4
循環バイオマス研究ラボ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
フェロー	2	0	0	0	0	1	0	0	3
先端情報計算センター	4	0	0	1	0	1	0	0	6
特許生物寄託センター	0	0	0	0	2	1	2	0	5
ベンチャー開発戦略研究センター	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他部門等	16	0	2	102	24	8	33	40	225
合計	568	10	19	612	52	235	120	75	1691

10) 産業技術連携推進会議

約170の鉱工業系公設試験研究機関（支所を含む）並びに産総研との協力体制を強化し、これらの機関の総合能力を最高度に発揮させ、機関相互の試験研究を効果的に推進して、産業技術の向上を図り、我が国の産業の発展に貢献するために、産業技術連携推進会議を設置し運営している。

同会議では技術分野別に9部会を設け、部会傘下の分科会・研究会・地域部会で産業技術関連情報の相互提供、戦略の検討、活動状況及び活動成果の情報発信等を行っている。また、経済産業局ブロック毎に、地域産業技術連携推進会議も設置している。これは経済産業局に事務局を置き、産総研の各地域センターが協力し、地域関連施策との連携強化を図っている。これらの活動状況は次のとおり。

平成14年度産業技術連携推進会議開催実績数

総会・企画調整委員会	2
北海道地域産業技術連携推進会議	2
東北地域産業技術連携推進会議	2
関東甲信越静地域産業技術連携推進会議	4
東海北陸地域産業技術連携推進会議	4
近畿地域産業技術連携推進会議	3
中国地域産業技術連携推進会議	2
四国地域産業技術連携推進会議	0
九州地域産業技術連携推進会議	1
機械・金属部会	16
物質工学部会	15
窯業部会	13
資源・エネルギー・環境部会	7
生命工学部会	10
情報・電子部会	14
繊維部会	31
福祉技術部会	4
知的基盤部会	4
合計	133

11) 知的財産

産総研平成14年度特許関連統計

国内特許	出願件数	1,406件
	登録件数	315件
国外特許	出願件数	211件
	登録件数	133件
実施 (国内+国外)	実施契約件数	296件
	実施料	307百万円

(注) この他、意匠1件、商標26件の出願あり

研究関連業務

平成14年度ユニット別出願件数（国内出願）

研究ユニット	国内出願件数
センター	
深部地質環境研究センター	11
活断層研究センター	0
化学物質リスク管理研究センター	0
フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター	13
ライフサイクルアセスメント研究センター	0
パワーエレクトロニクス研究センター	13
生命情報科学研究センター	12
生物情報解析研究センター	4
ティッシュエンジニアリング研究センター	15
ヒューマンストレスシグナル研究センター	11
強相関電子技術研究センター	4
次世代半導体研究センター	26
サイバーアシスト研究センター	11
マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター	8
ものづくり先端技術研究センター	2
高分子基盤技術研究センター	32
光反応制御研究センター	17
新炭素系材料開発研究センター	21
シナジーマテリアル研究センター	39
超臨界流体研究センター	26
スマートストラクチャー研究センター	22
界面ナノアーキテクニクス研究センター	19
グリッド研究センター	1
爆発安全研究センター	0
糖鎖工学研究センター	30
年齢軸生命工学研究センター	2
技術と社会研究センター	0
ジーンディスカバリー研究センター	2
特許生物寄託センター	1
部 門	
計測標準研究部門	37
地球科学情報研究部門	0
地圏資源環境研究部門	3
海洋資源環境研究部門	33
エネルギー利用研究部門	27
電力エネルギー研究部門	32
環境管理研究部門	39
環境調和技術研究部門	101
情報処理研究部門	6
知能システム研究部門	43
エレクトロニクス研究部門	51
光技術研究部門	81
人間福祉医工学研究部門	24
脳神経情報研究部門	5
物質プロセス研究部門	51
セラミックス研究部門	66
基礎素材研究部門	109
機械システム研究部門	32
ナノテクノロジー研究部門	52
計算科学研究部門	1
生物機能工学研究部門	28

産業技術総合研究所

研究ユニット	国内出願件数
生物遺伝子資源研究部門	21
分子細胞工学研究部門	10
研究系	
人間系特別研究体	33
生活環境系特別研究体	94
研究ラボ	
薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ	7
デジタルヒューマン研究ラボ	3
ライフエレクトロニクス研究ラボ	5
次世代光工学研究ラボ	14
微小重力環境利用材料研究ラボ	2
純度制御材料開発研究ラボ	1
メンブレン化学研究ラボ	10
マイクロ空間化学研究ラボ	8
先端バイオエレクトロニクス研究ラボ	6
極微プロファイル計測研究ラボ	12
ジーンファンクション研究ラボ	4
単一分子生体ナノ計測研究ラボ	4
グリーンプロセス研究ラボ	4
連携研究体	
北海道地質調査連携研究体	0
関西地質調査連携研究体	0
ブラディオン連携研究体	0
熔融炭酸塩形燃料電池連携研究体	0
連携融合研究体	0
大分福祉技術連携研究体	0
機能性ペプチド連携研究体	0
新規ポリエステル系生分解性プラスチック連携研究体	0
情報科学連携研究体	0
高感度薄膜圧力センサー連携研究体	0
クラスタープロセス連携研究体	0
メゾテクノロジー連携研究体	0
電池システム連携研究体	0
スーパーインクジェット連携研究体	0
ポリウムグラフィックス連携研究体	0
植物成長剤開発応用連携研究体	0
高効率球状微粒子発光体連携研究体	0
研究拠点	
北海道産学官連携センター	0
東北産学官連携センター	0
臨海副都心産学官連携センター	3
中部産学官連携センター	1
関西産学官連携センター	1
中国産学官連携センター	0
四国産学官連携センター	0
九州産学官連携センター	0
産学官連携部門	0
フェロー	0
その他（管理・関連部門等）	0
合 計	1,406

研究関連業務

平成14年度ユニット別出願件数（外国出願）

研究ユニット	外国出願	
	権利数	国数
センター		
深部地質環境研究センター	0	0
活断層研究センター	0	0
化学物質リスク管理研究センター	0	0
フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター	2	4
ライフサイクルアセスメント研究センター	0	0
パワーエレクトロニクス研究センター	1	2
生命情報科学研究センター	3	3
生物情報解析研究センター	2	2
ティッシュエンジニアリング研究センター	11	12
ヒューマンストレスシグナル研究センター	0	0
強相関電子技術研究センター	2	2
次世代半導体研究センター	9	12
サイバーアシスト研究センター	4	4
マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター	1	1
ものづくり先端技術研究センター	0	0
高分子基盤技術研究センター	1	1
光反応制御研究センター	1	1
新炭素系材料開発研究センター	1	2
シナジーマテリアル研究センター	5	5
超臨界流体研究センター	5	5
スマートストラクチャー研究センター	2	2
界面ナノアーキテクニクス研究センター	2	2
グリッド研究センター	0	0
爆発安全研究センター	0	0
糖鎖工学研究センター	11	12
年齢軸生命工学研究センター	0	0
技術と社会研究センター	0	0
ジーンディスカバリー研究センター	2	2
部 門		
計測標準研究部門	4	4
地球科学情報研究部門	0	0
地圏資源環境研究部門	1	1
海洋資源環境研究部門	2	2
エネルギー利用研究部門	0	0
電力エネルギー研究部門	1	1
環境管理研究部門	4	4
環境調和技術研究部門	4	5
部 門		
情報処理研究部門	1	1
知能システム研究部門	6	6
エレクトロニクス研究部門	7	7
光技術研究部門	13	15
人間福祉医工学研究部門	1	1
脳神経情報研究部門	2	2
物質プロセス研究部門	3	3
セラミックス研究部門	12	13
基礎素材研究部門	23	32
機械システム研究部門	2	3
ナノテクノロジー研究部門	4	7
計算科学研究部門	0	0
生物機能工学研究部門	5	6

産業技術総合研究所

研究ユニット	外国出願	
	権利数	国数
生物遺伝子資源研究部門	0	0
分子細胞工学研究部門	1	1
研究系		
人間系特別研究体	6	6
生活環境系特別研究体	7	9
研究ラボ		
薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ	1	1
デジタルヒューマン研究ラボ	0	0
ライフエレクトロニクス研究ラボ	0	0
次世代光工学研究ラボ	1	1
微小重力環境利用材料研究ラボ	0	0
純度制御材料開発研究ラボ	0	0
メンブレン化学研究ラボ	0	0
マイクロ空間化学研究ラボ	0	0
先端バイオエレクトロニクス研究ラボ	2	2
極微プロファイル計測研究ラボ	1	1
ジーンファンクション研究ラボ	1	1
単一分子生体ナノ計測研究ラボ	0	0
グリーンプロセス研究ラボ	2	2
連携研究体		
北海道地質調査連携研究体	0	0
関西地質調査連携研究体	0	0
ブラディオン連携研究体	0	0
熔融炭酸塩形燃料電池連携研究体	0	0
連携融合研究体	0	0
大分福祉技術連携研究体	0	0
機能性ペプチド連携研究体	0	0
新規ポリエステル系生分解性プラスチック連携研究体	0	0
情報科学連携研究体	0	0
高感度薄膜圧力センサー連携研究体	0	0
クラスタープロセス連携研究体	0	0
メゾテクノロジー連携研究体	0	0
電池システム連携研究体	0	0
スーパーインクジェット連携研究体	0	0
ポリウムグラフィックス連携研究体	0	0
植物成長剤開発応用連携研究体	0	0
高効率球状微粒子発光体連携研究体	0	0
研究拠点		
北海道産学官連携センター	0	0
東北産学官連携センター	0	0
臨海副都心産学官連携センター	0	0
中部産学官連携センター	0	0
関西産学官連携センター	0	0
中国産学官連携センター	0	0
四国産学官連携センター	0	0
九州産学官連携センター	0	0
産学官連携部門	0	0
フェロー	0	0
その他（管理・関連部門等）	0	0
合 計	182	211

〔研究題目〕 中小企業関連情報流通円滑化研究開発
 〔研究代表者〕 澤田 吉裕（産学官連携部門地域連携室）
 〔研究担当者〕

藤井 篤（産学官連携部門地域連携室）、
 小島 俊雄（ものづくり先端技術研究センター）、
 小島 功（先端情報計算センター）、
 太田 英順、森 克芳、町田 充秀、佐藤 義幸、
 大谷 敏昭、和田 英男、柴田 薫（産学官連携部門
 地域産学官連携センターものづくり基盤技術支援室）、
 五十嵐一男（基礎素材研究部門）、
 森田 孝男（海洋資源環境研究部門）、
 山田 豊章（セラミックス研究部門）、
 福本 夏生（計測標準研究部門）、
 坂本 隆（脳神経情報研究部門）他

〔研究内容〕

中小企業及び公設試験研究機関（公設研）等のものづくり技術並びに新技術開発の振興を図るため、中小企業及び公設研とインターネットを介して、ものづくりに関する様々な技術情報の高度化と流通性の一層の円滑化を目的とした。

平成14年度には、産総研及び公設研がこれまでに行ってきた技術相談事例（Q&A）のデータベースへデータ追加を行った。また、産総研－公設研の協力の下に、ものづくりに係る研究開発成果を集積した「ものづくり情報資産データベース」の整備では、継続分7種類のデータ登録・公開を継続するとともに、新規に9種類のデータを整備した。これらのデータベースは、産総研内に設置したネットワークシステムを活用し、インターネット上に無料公開する「ものづくりに関する技術知識（テクノナレッジ）・ネットワーク」に登録し技術情報提供サービスを行った。上記登録データ及びネットワークの維持・管理とともに産総研の技術相談の対応にも活用を行った。さらに、公設研等の中小企業関連団体のホームページをミラーリングするクロスポイントネットワークでは、ミラー対象範囲の拡大のためのシステムの機能向上を行い、ミラー拡大対象機関に協力要請を行った。これらの事業を通じ、中小企業等との情報提供・情報交換のスピードとレベルの向上を実現できた。

2年間に Q&A データ、教本マニュアル、ものづくり情報資産データベースの登録データ数が増加するとともにアクセス数が大きく増大した。これはテクノナレッジ・ネットワークから得られるものづくり技術情報が役立つことが、中小企業を中心に世間で認められてきたためであると結論出来る。

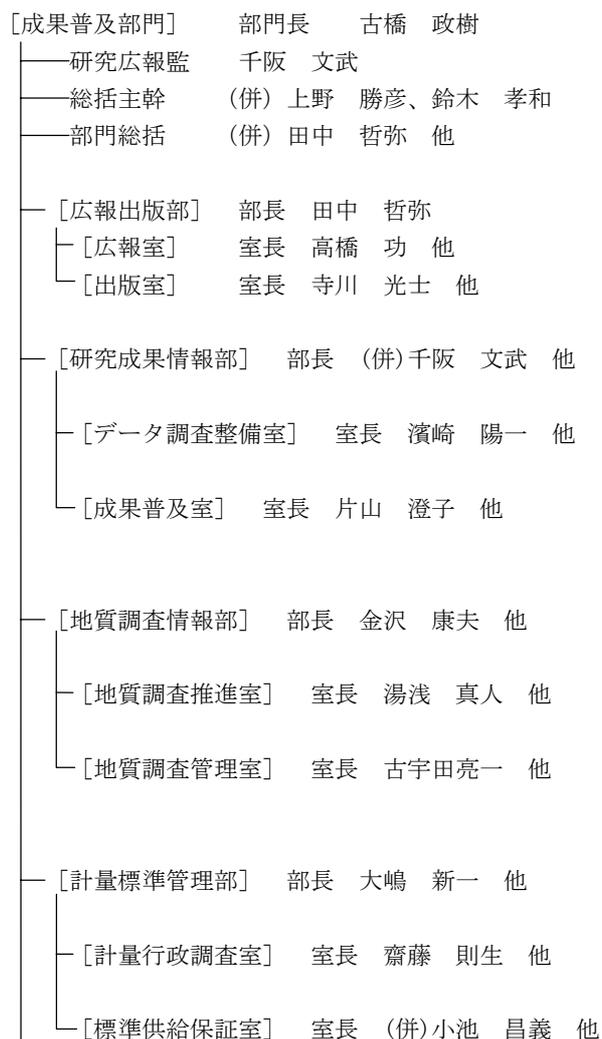
(12) 成果普及部門
 (Public Relations Department)

所在地：つくば中央第3、つくば中央第7、
 つくば中央第1

人員：132 (89) 名

概要：成果普及部門は、ホームページ、広報誌、パンフレット、講演会、所内公開、イベント出展、見学、報道発表等の広報活動を通じ、広く国民に対して研究所全体の研究成果を分かりやすい情報として提供するとともに、研究成果に関するデータベースの整備・発信、地質調査等に基づく地質図の作製や火山・地震などの地球科学情報の整備・発信、地質標本の保存・展示、国家計量標準の整備・供給・啓蒙活動、計量技術者育成のための計量教習、さらには研究成果を JIS や ISO 等の工業標準化へ展開するための活動や標準化を目的とした研究実施のための支援活動など、生活に密着した知的基盤情報を使い易い形に整理し直して、広く産業界、工業界などに提供している。

機構図 (3/31現在)



—	[工業標準部]	部長	山内 徹
	[工業標準企画室]	室長	瀬戸 和吉 他
	[工業標準整備室]	室長	江口 伸彦
	[地質標本館]	館長	青木 正博 他
—	[計量研修センター]	センター長	秦 勝一郎 他

概要：成果普及室は、産総研公式ホームページ・メールマガジンからの最新研究成果等の発信、コンテンツの企画・作成、旧工業技術院各研究所ホームページを含めたアーカイブ・データの整理、ウェブマスター宛の問い合わせの対応に関する業務を行っている。

地質調査情報部 (Geoinformation Division)
(つくば中央第7)

概要：地質調査情報部は、産総研の「地質の調査」業務に係わる研究部門・センター・関連部署との密接な連携のもとに、国内外の地質・地球科学情報の基盤整備を行うとともに、地質・地球科学に関する成果と整備された情報を多面的・効果的に発信・普及していく役割を担っている。

広報出版部 (Information & Publication Division)

(つくば中央第3)

概要：広報出版部は、技術情報部門、産学官連携部門、研究実施部門等との連携・協力体制のもとに、産総研全般に係わる研究成果、活動状況を出版、講演、研究所公開、見学、報道発表等を通じて、広く社会に発信している。

広報室 (Information Office)

(つくば中央第3)

概要：広報室は、報道発表、講演会・研究所公開等の催し物、見学などの広報活動に係る業務を行っている。

出版室 (Publication Office)

(つくば中央第3)

概要：出版室は、広報誌、刊行物その他印刷物の編集、発行、頒布、及び広報のための映像、画像の作製に関する義務を行っている。

研究成果情報部 (Research Information Division)

(つくば中央第3)

概要：研究成果情報部は、研究成果の普及のため、産総研内の研究成果・知的基盤・研究者人材に係わる情報のデータベース化と管理、及び産総研公式ホームページ等の企画・作成を行い、所内外の情報ネットワークを通じてこれら情報を提供している。

データ調査整備室 (Research Database Office)

(つくば中央第3)

概要：データ調査整備室は、研究成果発表・研究者人材・年報等の情報に関するDB化の企画と整備、各研究ユニット等が作成している研究情報DBの一般公開に向けたとりまとめと重点化施策、及び依頼試験と分析並びに研究所の設備使用の外部窓口に関する業務を行っている。

成果普及室 (AIST Web Office)

(つくば中央第3)

地質調査推進室

(Geological Survey Promotion Office)

(つくば中央第7)

概要：地質調査推進室は、産総研の「地質の調査」業務に関わる所内の連携を推進し、地質・地球科学に関する成果の出版・管理及び普及に関する業務を行っている。

「地質の調査」業務に係わる研究部門、研究センター、国際地質協力室、地質標本館等と連携し、関係組織間の連絡会議・各種推進部会・委員会の運営に関するほか、関連する外部の委員会や機関・団体への対応窓口として機能している。

研究部門・センターで作成された地質図・地球科学図の出版、研究報告書の編集と出版、数値地質図やデータ集のCD-ROM出版、及び「地質ニュース」の編集協力を行っている。

地質標本館と協力して地質情報展の開催、地質関連イベントへの参加等の活動を行うとともに、産業界、学界、地方自治体等との交流・連絡を強化し、地域のニーズに応えるよう努めている。国民への成果普及については、特に国民のニーズ調査を行い、成果発信にフィードバックしていく。

また、火山噴火や地震など突発的な地質災害が起きたときには緊急対策室を組織し、緊急調査の実施、迅速な情報収集と発信を行う。

地質情報管理室

(Geoinformation Administration Office)

(つくば中央第7)

概要：地質情報管理室は、地質・地球科学情報の系統的整備業務を目的として、地質データ・資料について情報基盤整備を行い、地質情報の数値化と標準化整備業務を促進している。

国内外の多くの機関との文献交換等による地質文献資料を収集し、その管理・提供を行い、日本地質文献

データベース（GEOLIS）と日本・世界地質図索引図検索データベースの公開・維持管理を行っている。各研究ユニットで作成された地質図と関連情報の校正・編集及び発信を担当するとともに、地質表記等の地質情報の標準化整備、地質図・地形測量や地質・地球科学に係わる知識・技術・成果を数値化し、ファクトデータベースとして整備・提供している。又、富士火山変動等の危ぶまれる火山の地形変動観測を軸に、機動的な情報収集・発信にも資する。

平成14年度は、地質情報を系統的に収集・管理・提供して国内外との地質情報交換を進めた。地形図・デジタル地形データの効率的収集・管理・提供を行った。世界地理座標系との整合をとりつつ地質図・地球科学情報の電子化を推進した。地質情報標準の国内外調査・整備・管理と GIS 技術の普及をはかり、ますます重要性を深める政府クリアリングハウスや東アジア各国へのメタデータ提供・環境整備を実務として担い、関係国際会議等に尽力した。

計量標準管理部（Metrology Management Division）

（つくば中央第3-9）

概要：計量標準は産業技術や研究開発を支えるだけでなく、円滑な商業活動を実現するための基盤であり、環境を評価するための基準を与えるなど、我々の生活に密着したものである。社会に必要とされる計量標準を的確に把握してその整備・普及の方向性を見出し、標準の供給を的確に行うとともに、計量標準に係わる活動の成果を社会に広く普及していく役割を担っている。

計量行政調査室（Policy and Planning Office）

（つくば中央第3-9）

概要：計量標準の開発や供給を欧米並みあるいはそれ以上に早く行うため、研究実施部門と緊密に連携して、計量標準整備計画の策定、維持、改善を図るとともに、新しい計量の標準を開発し、国内に供給している。

また、計量標準に係わる活動内容や研究成果などを広く普及させるため、様々な広報活動の企画・運営を行っている。

標準供給保証室（Service and Quality Office）

（つくば中央第3-9）

概要：産総研の成果である多岐にわたる計測標準の供給事務（申請書受付、証明書類発行など）を一元的に行うとともに、その信頼性を保証するために必要な、ISO/IEC17025、ガイド34に基づいた品質システムの支援業務を行う。

標準供給業務としては、次のものがある。

- ・ 特定計量器の検定、比較検査、基準器検査
- ・ 特定計量器の型式承認試験

- ・ 特定二次標準器の校正
- ・ 特定副標準器の校正
- ・ JCSS 認定事業に係わる技能試験
- ・ その他計量に係わる試験・校正サービス

工業標準部（Industrial Standards Division）

（つくば中央第3）

概要：工業標準部は、産業技術総合研究所の研究ポテンシャルを活用することにより、我が国の工業標準化に貢献することを目的とし、その実現ため「産総研・工業標準化戦略」を策定し、工業標準化活動に組織的に取り組んでいる。標準基盤研究や標準情報（TR）化研究の実施を始め、平成15年度から新たに産業技術総合研究所への委託事業として行われることとなったエネルギー・環境技術標準基盤研究等、社会ニーズに対応した標準化テーマの選定、国内・国際標準化活動への貢献等を通じて、工業標準化の実現に向けた活動を行っている。また、「くらしと JIS センター」を運営管理し、高齢者・障害者に配慮した標準化研究を実施するとともに、一般の方に工業標準化の意義や概要を分かりやすく紹介し、ご理解いただくため、「JIS パビリオン」への見学者の受入れを行っている。

工業標準企画室

（Industrial Standards Planning Office）

（つくば中央第3）

概要：工業標準化研究テーマの選定や研究進捗状況、成果の管理及び産総研における標準化活動に対する支援に関する業務を行っている。

工業標準整備室

（Industrial Standards Management Office）

（つくば中央第3）

概要：産総研の研究成果の規格化に関する支援業務、工業標準に関する技術専門家（委員等）の産総研内外への推薦や派遣に関する業務を行っている。

地質標本館（Geological Museum）

（つくば中央第7）

概要：地質標本館は、日本で唯一の地学専門の総合博物館である。地質標本だけでなく地学全般と地球の歴史・メカニズム、人間との関わりについて分かりやすく展示を行うとともに、地球科学に関する知識と情報を普及するための展示会、講演会などのイベントを行っている。また、平成13年7月20日から土・日・祝日の開館を実施し、利用者への利便を図っている。さらに、地質相談業務、試料調製業務、並びに地質標本の整備・管理もを行っている。

計量研修センター (Metrology Training Center)

(つくば中央第1)

概要：計量研修センターは計量に関する知識と技術を教える学校である。法定計量に関する教習及び講習、並びに社会的ニーズの高い計量教習の企画、調整及び実施を行っている。また、計量標準に係わる技術審査員や校正に係わる技術専門家養成のための研修の企画、実施も行っている。1903年に度量衡技術者講習として当センターの前身が創立され、戦後の1952年には計量教習所として新設された。その後2001年4月に独法化され、産総研成果普及部門・計量研修センターとなった。

1) 報道関係

平成14年度プレス発表件数(ユニット別)

ユニット名	発表件数
企画本部	2
活断層研究センター	1
ヒューマンストレスシグナル研究センター	2
強相関電子技術研究センター	1
次世代半導体研究センター	1
光反応制御研究センター	1
シナジーマテリアル研究センター	2
超臨界流体研究センター	1
グリッド研究センター	3
計測標準研究部門	1
海洋資源環境研究部門	1
エネルギー利用研究部門	1
電力エネルギー研究部門	2
環境管理研究部門	1
知能システム研究部門	6
エレクトロニクス研究部門	6
光技術研究部門	8
分子細胞工学研究部門	1
人間福祉医工学研究部門	1
脳神経情報研究部門	2
セラミックス研究部門	2
基礎素材研究部門	4
ナノテクノロジー研究部門	6
計算科学研究部門	1
生物機能工学研究部門	1
人間系特別研究体	2
生活環境系特別研究体	1
次世代光工学研究ラボ	1
極微プロファイル計測研究ラボ	1
ベンチャー開発戦略研究センター	1
産学官連携部門	5
成果普及部門	4
国際部門	1
合 計	74

※複数の研究ユニットの共同プレス発表3件を各々含む。

研究関連業務

H14年度取材対応件数

ユニット名	件数	ユニット名	件数
理事	2	情報処理研究部門	5
研究コーディネータ	6	知能システム研究部門	88
企画本部	10	エレクトロニクス研究部門	19
環境安全管理部	1	光技術研究部門	9
深部地質環境研究センター	14	生物遺伝子資源研究部門	4
活断層研究センター	10	分子細胞工学研究部門	2
化学物質リスク管理研究センター	10	人間福祉医工学研究部門	14
フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター	2	脳神経情報研究部門	5
ライフサイクルアセスメント研究センター	3	物質プロセス研究部門	7
生命情報科学研究センター	3	セラミックス研究部門	27
生物情報解析研究センター	11	基礎素材研究部門	24
ディッシュエンジニアリング研究センター	20	機械システム研究部門	7
ジーンディレクトリ研究センター	3	ナノテクノロジー研究部門	14
ヒューマンストレスシグナル研究センター	4	生物機能工学研究部門	21
次世代半導体研究センター	4	人間系特別研究体	9
サイバーアシスト研究センター	3	生活環境系特別研究体	10
マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター	2	デジタルヒューマン研究ラボ	8
ものづくり先端技術研究センター	3	ライフエレクトロニクス研究ラボ	8
光反応制御研究センター	3	次世代光工学研究ラボ	1
新炭素系材料開発研究センター	3	微小重力環境利用材料研究ラボ	1
シナジーマテリアル研究センター	10	純度制御材料開発研究ラボ	1
超臨界流体研究センター	8	メンブレン化学研究ラボ	3
スマートストラクチャー研究センター	3	マイクロ空間化学研究ラボ	6
界面ナノアーキテクトニクス研究センター	6	先端バイオエレクトロニクス研究ラボ	4
グリッド研究センター	34	極微プロファイル計測研究ラボ	2
爆発安全研究センター	4	先端情報計算センター	1
糖鎖工学研究センター	10	ベンチャー開発戦略研究センター	4
年齢軸生命工学研究センター	5	産学官連携部門	63
計測標準研究部門	31	成果普及部門	48
地球科学情報研究部門	28	国際部門	3
地圏資源環境研究部門	15	研究環境整備部門	1
海洋資源環境研究部門	17	北海道センター	1
エネルギー利用研究部門	23	東北センター	1
電力エネルギー研究部門	1	つくばセンター	6
環境管理研究部門	4	臨海副都心センター	1
環境調和技術研究部門	12	関西センター	1
		合計	757

平成14年度マスコミ等報道数

新聞		1,382
	朝日新聞	41
	読売新聞	69
	毎日新聞	39
	産経新聞	28
	日本経済新聞	166
	日刊工業新聞	249
	日本工業新聞	152
	日経産業新聞	180
	化学工業日報	97
	科学新聞	83
	電波新聞	25
	他	253
雑誌等刊行物		93
TV/ラジオ		114
	NHK	34
	民放 他	80
WEBその他		98
合計		1,687

2) 主催行事等
平成14年度講演会等実施一覧

担当部署	種別	主催等名称	名称	開催期間(始)	開催期間(終)	会場都道府県	会場名
産学官連携部門 四国産学官連携センター	主催	産総研四国センター	産総研四国センター第2回シリーズセミナー「マイクログ化学と健康科学」	2002/4/3	2002/4/3	香川県	産総研四国センター1講堂
産学官連携部門 北海道産学官連携センター	主催	産総研北海道地質調査連携研究体	第1回公開地質セミナー「名古屋市及び周辺地域の地質情報とGIS」	2002/4/5	2002/4/5	北海道	地質調査連携室
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第33回人間系セミナー	2002/4/5	2002/4/5	大阪府	人間系特別研究体2階会議室
成果普及部門 計量標準管理室	主催	産総研・計量標準総合センター	物理標準セミナー－物理標準整備の現状と将来－	2002/4/11	2002/4/11	東京都	東京ビックサイト
成果普及部門 計量標準管理室	主催	産総研・計量標準総合センター	法定計量セミナー－みんなの法定計量－	2002/4/11	2002/4/11	東京都	東京ビックサイト
成果普及部門 計量標準管理室	共同主催	(財)日本規格協会 産総研・計量標準総合センター	国際計量標準シンポジウム2002－知的基盤としての計量標準の役割－	2002/4/12	2002/4/12	東京都	東京ビックサイト
産学官連携部門 中部産学官連携センター	主催	産総研中部センター	志段味ヒューマンサイエンスパーク「研究機関一般公開」同時開催：講演会「中部ものづくり技術の新たな展開を目指して」	2002/4/18	2002/4/18	愛知県	産総研中部センター
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第34回人間系セミナー	2002/4/18	2002/4/18	大阪府	人間系特別研究体2階会議室
産学官連携部門 北海道産学官連携センター	主催	産総研北海道地質調査連携研究体	第2回公開地質セミナー「Mt. Edgecumbe volcano, the "Mt. Fuji of Alaska"」	2002/4/19	2002/4/19	北海道	地質調査連携室
人間福祉工学研究部門 行動モデリンググループ	共催	日本人間工学会	ケータイカーナビの利用性と人間工学シンポジウム	2002/4/25	2002/4/26	茨城県	つくばセンター共用講堂
人間系特別研究体	主催	産総研関西センター・池田・人間系特別研究体	第35回人間系セミナー	2002/4/26	2002/4/26	大阪府	人間系特別研究体2階
人間系特別研究体	主催	産総研関西センター・池田・人間系特別研究体	第36回人間系セミナー	2002/4/26	2002/4/26	大阪府	人間系特別研究体2階会議室
人間系特別研究体	主催	産総研関西センター・池田・人間系特別研究体	第37回人間系セミナー	2002/4/30	2002/4/30	大阪府	人間系特別研究体2階会議室
産学官連携部門 四国産学官連携センター	共催	産総研四国センター、産総研ものづくり先端技術研究センター	第2回アーク溶接データベースワークショップ	2002/4/30	2002/5/1	香川県	産総研四国センター1講堂
産学官連携部門 北海道産学官連携センター	主催	産総研北海道地質調査連携研究体	第3回公開地質セミナー「S波反射法地震探査および群列ボーリング解析結果に基づく大阪上町断層系の売新世活動度評価」	2002/5/7	2002/5/7	北海道	地質調査連携室

研究関連業務

担当部署	種別	主催等名称	名称	開催期間(始)	開催期間(終)	会議道府県	会場名
人間系特別研究体	主催	産総研四国センター、産総研ものづくり先端技術研究センター	第38回人間系セミナー	2002/5/16	2002/5/16	大阪府	人間系特別研究体2階会議室
産学官連携部門 関西産学官連携センター	主催	産総研人間系特別研究体	第1回スマートカプセル講演会	2002/5/17	2002/5/17	大阪府	産総研関西センター、多目的ホール
人間系特別研究体	主催	産総研関西センター・池田・人間系特別研究体	第39回人間系セミナー	2002/5/21	2002/5/21	大阪府	人間系特別研究体2階会議室
産学官連携部門 四国産学官連携センター	共催	産総研四国センター、四国海洋技術研究会	産総研四国センター講演会	2002/5/22	2002/5/22	香川県	産総研四国センター講堂
人間系特別研究体	主催	産総研関西センター・池田・人間系特別研究体	第40回人間系セミナー	2002/5/22	2002/5/22	大阪府	人間系特別研究体2階会議室
強相関電子技術研究会センター	共同主催	産総研 強相関電子技術研究会センター (CERC) JST スピン超構造プロジェクト (ERATO)	2002 CERC-ERATO International Workshop on "Phase control of correlated electron systems"	2002/5/22	2002/5/25	ハワイ	Hilton Waikoloa Village
成果普及部門 広報出版部 広報室	共催	関東経済産業局	パイオ・ゲノムベンチャーフォーラム in TSUKUBA	2002/5/23	2002/5/23	茨城県	産総研つくばセンター共用講堂
産学官連携部門 地域連携室	共同主催	産学官連携推進会議物質工学部会および資源・エネルギー・環境部会	平成14年度産学官連携推進会議物質工学部会および資源・エネルギー・環境部会総会	2002/5/30	2002/5/30	茨城県	産総研つくばセンター共用講堂
成果普及部門 広報出版部 広報室	共催	株式会社つくば研究支援センター	つくば産学官連携交流会	2002/5/31	2002/5/31	茨城県	つくば研究支援センター
産学官連携部門 北海道産学官連携センター	主催	産総研北海道地質調査連携研究体	第4回公開地質セミナー「遺跡の発掘におけるデフラ調査よもやま話」	2002/5/31	2002/5/31	北海道	地質調査連携室
産学官連携部門 四国産学官連携センター	主催	産総研四国センター	産総研四国センター第3回シリーズセミナー「バイオテクノロジーと健康科学」	2002/6/3	2002/6/3	香川県	産総研四国センター講堂
成果普及部門 地質調査情報部 地質調査推進室	主催	産総研 地質調査総合センター	地質調査総合センター記念講演会	2002/6/7	2002/6/7	東京都	明治記念館
基礎素材研究部門 木質材料組織制御研究グループ	共催	産総研中部センター 持続性木質資源工業技術研究会	持続性木質資源工業技術研究会 第24回研究会	2002/6/7	2002/6/7	愛知県	産総研中部センター
生活環境系特別研究体 新テーマ発掘研究グループ	共催	BESTEN研究会	第4回BESTEN研究会	2002/6/7	2002/6/7	大阪府	産総研関西センター
国際部門	主催	産総研	2002 AIST Showcase Symposium on Human Information Technology (HIT)	2002/6/11	2002/6/11	米国 サンタクララ	マリオットホテル
人間系特別研究体	主催	産総研関西センター・池田・人間系特別研究体	第42回人間系セミナー	2002/6/12	2002/6/12	大阪府	人間系特別研究体2階会議室
人間系特別研究体	主催	産総研関西センター・池田・人間系特別研究体	第41回人間系セミナー	2002/6/14	2002/6/14	大阪府	融合棟二階ホール
グリッド研究センター	主催	グリッド協議会	グリッド協議会設立記念講演会	2002/6/17	2002/6/17	東京都	東京ダイヤモンドホテル

担当部署	種別	主催等名称	名称	開催期間(始)	開催期間(終)	会議道府県	会場名
人間系特別研究体	主催	産総研関西センター・池田・人間系特別研究体	第43回人間系セミナー	2002/6/27	2002/6/27	大阪府	人間系特別研究体2階会議室
産学官連携部門 北海道産学官連携センター	主催	北海道経済産業局 産総研	産学技術マッチングフォーラム	2002/6/27	2002/6/27	北海道	科学技術振興事業団 研究成果活用プラザ北海道
計算科学研究部門 連続体モデリング研究グループ	共同主催	産総研 富士総合研究所	「離散化数値解法のための並列計算プラットフォーム」(Parallel Computing Platform/PCP) ユーザー会	2002/7/4	2002/7/4	東京都	株式会社 富士総合研究所 本社別館2F大会議室
成果普及部門 計量標準管理部 計量行政調査室	主催	産総研計測標準研究部門計量標準総合センター	国家流量標準施設(石油流量校正施設) 開所式	2002/7/9	2002/7/9	茨城県	第三事業所3-9 3F会議室
国際部門 国際標準協力室	主催	アジア太平洋計量計画(APMP) 流量技術委員会(TCFF)	アジア太平洋計量計画(APMP) 流量技術委員会(TCFF) 第1回会議	2002/7/17	2002/7/18	茨城県	産総研つくば中央3-9棟
次世代半導体研究センター	共同主催	半導体MIRAIプロジェクト 産総研 次世代半導体研究センター技術研究組合超先端電子技術開発機構	2002年半導体MIRAIプロジェクト成果報告会	2002/7/18	2002/7/18	東京都	日本科学未来館
生物遺伝子資源研究部門 高機能物質開発研究グループ	主催	日本藻類学会・アジア太平洋藻類学連合	Algae2002と日本藻類学会50周年記念公開シンポジウム	2002/7/19	2002/7/24	茨城県	産総研つくばセンター 共用講堂
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第45回人間系セミナー	2002/7/22	2002/7/22	大阪府	人間系特別研究体2階会議室
産学官連携部門 九州産学官連携センター	主催	第4回マイクロロリクター技術研究会@九州 研究講演会(九州センター内)	第4回マイクロロリクター技術研究会@九州 研究講演会	2002/7/23	2002/7/23	福岡県	福岡県中小企業振興センター
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第46回人間系セミナー	2002/7/23	2002/7/23	大阪府	人間系特別研究体2階会議室
産学官連携部門 北海道産学官連携センター 北海道地質調査連携研究体	主催	産総研北海道地質調査連携研究体	第5回公開地質セミナー「GISにおける近年の潮流と事例紹介」	2002/7/23	2002/7/23	北海道	地質調査連携室
ライフサイクリクスメント研究センター	主催	産総研ライフサイクリクスメント研究センター	第二回 日本版被害算定型影響評価ワークショップ	2002/7/24	2002/7/24	東京都	中央大学駿河台記念館
生活環境系特別研究体	主催	産総研生活環境系特別研究体	第2回生活環境系特別研究体フォーラム「コンビナトリアルケミストリーの新展開 ー無機機能性材料の開発に向けてー」	2002/7/26	2002/7/26	大阪府	産学技術総合研究所 関西センター 基礎融合材料実験棟 2F 多目的ホール
エレクトロニクス研究部門	主催	産総研 エレクトロニクス研究部門	第二回エレクトロニクスフォーラム	2002/7/26	2002/7/26	茨城県	共用講堂 大会議室
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第44回人間系セミナー	2002/7/31	2002/7/31	大阪府	人間系特別研究体2階会議室
産学官連携部門 北海道産学官連携センター 北海道地質調査連携研究体	主催	産総研北海道地質調査連携研究体	第6回公開地質セミナー「北海道地質図の歩み、デジタル地質図編纂の実際、重力基本図「根室」の作成と北海道東部の重力異常の特徴」	2002/8/2	2002/8/2	北海道	札幌市博物館活動センター

担当部署	種別	主催等名称	名称	開催期間(始)	開催期間(終)	会議道府県	会場名
国際部門 国際標準協力室	出展	国際標準試験所会議 (NCSLI)	国際標準試験所会議 (NCSLI) 2002年例会及び展示	2002/8/3	2002/8/8	米国サンチアゴ	Town & Country Resort & Convention Center
産学官連携部門 九州産学官連携センター	その他	化学とマイクロ・ナノシステム研究会実行委員会	第6回化学とマイクロシステム研究会	2002/8/6	2002/8/7	福岡県	九州大学国際研究交流プラザ
産学官連携部門 四国産学官連携センター	主催	産総研四国センター	産総研四国センター研究講演会ー産総研研究紹介シリーズー	2002/8/22	2002/8/22	香川県	産総研四国センター講堂
産学官連携部門 北海道産学官連携センター	主催	産総研北海道地質調査連携研究体	第7回公開地質セミナー「礼文島の地質と斜面変動ー北の孤島で起っていることー」	2002/8/23	2002/8/23	北海道	地質調査連携室
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第48回人間系セミナー	2002/8/23	2002/8/23	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体2階会議室
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第47回人間系セミナー	2002/8/27	2002/8/27	大阪府	人間系特別研究体2階会議室
成果普及部門 広報出版部 広報室	共催	ベトナムネットセミナー (BN2002)	ベトナムネットセミナー (BN2002)	2002/9/1	2002/9/2	東京都	学術総合センター2階中会議室
産学官連携部門 北海道産学官連携センター	主催	産総研北海道地質調査連携研究体	第8回公開地質セミナー「島弧会合部に形成されたforedeep堆積盆の埋積システムとテクトニクス」	2002/9/2	2002/9/2	北海道	地質調査連携室
基礎素材研究部門	主催	産総研基礎素材研究部門	基礎素材研究部門平成14年度第1回研究講演会	2002/9/2	2002/9/2	愛知県	産総研中部センター大会議室
産学官連携部門 四国産学官連携センター	主催	産総研四国センター	産総研四国センター研究講演会ー産総研研究紹介シリーズ第2回ー	2002/9/4	2002/9/4	香川県	産総研四国センター講堂
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第49回人間系セミナー	2002/9/4	2002/9/4	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体2階会議室
成果普及部門 計量標準管理部 計量行政調査室	共催	(社) 日本分析機器工業会 産総研	2002分析展計測標準研究部門ー標準物質セミナーー	2002/9/4	2002/9/6	千葉県	幕張メッセ2階 コンベンションホールB
エネルギー利用研究部門 クリーン燃料研究グループ	主催	産総研北海道センター	第16回流動層技術コース	2002/9/5	2002/9/6	北海道	産総研北海道センター
産学官連携部門 関西産学官連携センター	共同主催	近畿経済産業局、産総研関西センター	ベンチャー推進セミナーin産総研関西センター	2002/9/10	2002/9/10	大阪府	産総研関西センター基礎融合材料実験棟多目的ホール
基礎素材研究部門	主催	産総研基礎素材研究部門	基礎素材研究部門平成14年度第2回研究講演会	2002/9/13	2002/9/13	宮城県	産総研東北センター講堂
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第50回人間系セミナー	2002/9/18	2002/9/18	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室

担当部署	種別	主催等名称	名称	開催期間(始)	開催期間(終)	会議道府県	会場名
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第51回人間系セミナー	2002/9/20	2002/9/20	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
エネルギー利用研究部門 バイオマス研究グループ	主催	第8回国際エネルギーフォーラム併催展示会	第8回国際エネルギーフォーラム併催展示会	2002/9/20	2002/9/23	大阪府	大阪国際会議場(OICC)
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第52回人間系セミナー	2002/9/24	2002/9/24	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体2階会議室
地球科学情報研究部門 地震地下水研究グループ	共同主催	Institute of Geoscience, Geological Survey of Japan, AIST and Disaster Prevention Research Center, National Cheng-Kung University	Japan-Taiwan International Workshop on Hydrological and Geochemical Research for Earthquake Prediction	2002/9/24	2002/9/26	茨城県	つくば中央第7事業所
産学官連携部門 北海道産学官連携センター ものづくり基盤技術支援室	共催	(財)室蘭テクノセンター、北海道経済産業局、北海道知的所有権センター、社団法人発明協会、産総研北海道センター、室蘭商工会議所、室蘭地域環境産業推進コア	技術開発支援制度・特許活用セミナーin室蘭	2002/9/25	2002/9/25	北海道	室蘭市中小企業センター
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第53回人間系セミナー	2002/9/27	2002/9/27	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
人間福祉医学研究部門 視覚認知機構グループ	共催	日本心理学会「注意と認知」研究会	「注意と認知」に関する国際ワークショップ	2002/9/28	2002/9/28	東京都	産総研臨海副都心センター
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第54回人間系セミナー	2002/10/2	2002/10/2	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
産学官連携部門 東北産学官連携センター	共催	産総研 東北産学官連携協議会	第2回 東北産学官連携研究会	2002/10/3	2002/10/3	宮城県	仙台サンプラザ
産学官連携部門 北海道産学官連携センター 北海道地質調査連携研究体	主催	産総研北海道地質調査連携研究体	第9回公開地質セミナー「Aspects of the evolution of the Canary Islands H.U. Schmincke, Mari Sumita」	2002/10/3	2002/10/3	北海道	地質調査連携室
シナジーマテリアル研究センター 環境認識材料チーム	主催	産総研シナジーマテリアル研究センター	名古屋大学研究会	2002/10/3	2002/10/3	愛知県	名古屋大学
産学官連携部門 北海道産学官連携センター ものづくり基盤技術支援室	共催	(財)函館地域産業振興財団、北海道経済産業局 北海道知的所有権センター、(社)発明協会、産総研北海道センター	技術開発支援制度・特許活用セミナーin函館	2002/10/3	2002/10/3	北海道	北海道立工業技術センター
光技術研究部門	共催	産総研光技術研究部門、大阪科学技術センター	生活・生命における光-レーザーフोटオニクス	2002/10/4	2002/10/4	大阪府	大阪科学技術研究センター
生命情報科学研究センター	共催	文部科学省 産総研	産総研 生命情報科学人材養成コース 設立1周年記念シンポジウム	2002/10/4	2002/10/4	東京都	日本科学未来館TFみらいCANホール

担当部署	種別	主催等名称	名称	開催期間(始)	開催期間(終)	会議道府県	会場名
次世代半導体研究センター	出展	(社) 日本半導体製造装置協会	半導体製造技術Forum2002ビジネスリアルコーナー	2002/10/7	2002/10/8	東京都	東京ビックサイト
産学官連携部門 北海道産学官連携センターものづくり基盤技術支援室	共催	(社) 北見工業技術センター運営協会、北海道経済産業局 北海道知的所有権センター、社団法人発明協会 産総研北海道センター	技術開発支援制度・特許活用セミナーin北見	2002/10/8	2002/10/8	北海道	北見市工業技術センター
産学官連携部門	後援	全国繊維工業技術協会、(財)日本産業技術振興協会、東京都 経済産業省 中小企業庁 産総研	第40回全国繊維技術交流プラザ	2002/10/9	2002/10/10	東京都	東京都立産業技術研究所 八王子庁舎
国際部門	協賛	韓国産業技術財団 (産業資源部、外交通商部等支援)	韓・中・日ハイテクビジネスフォーラム	2002/10/16	2002/10/21	韓国	ソウル国際会議場
産学官連携部門 四国産学官連携センター環境調和技術研究部門 再資源化グループ	主催	産総研四国センター	産総研四国センター研究講演会ー発展するリーダー加工・計測技術ー	2002/10/17	2002/10/17	香川県	産総研四国センター講堂
産学官連携部門 北海道産学官連携センターものづくり基盤技術支援室	共同主催	粉体工学会東京談話会	粉体技術実習コース	2002/10/17	2002/10/18	茨城県	産総研つくば西事業所
人間系特別研究体	共催	(株) 旭川産業高度化センター、北海道経済産業局、北海道知的所有権センター、社団法人発明協会、産総研北海道センター	技術開発支援制度・特許活用セミナーin旭川	2002/10/18	2002/10/18	北海道	旭川リサーチセンター
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第54回人間系セミナー	2002/10/20	2002/10/20	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
情報処理研究部門 グローバルITセキュリティグループ	共同主催	フリーソフトウェアシンポジウム2002	フリーソフトウェアシンポジウム2002	2002/10/22	2002/10/23	東京都	日本教育会館
産学官連携部門 北海道産学官連携センターものづくり基盤技術支援室	共催	(財) 道央産業技術振興機構、北海道経済産業局、北海道知的所有権センター、(社) 発明協会、産総研北海道センター	技術開発支援制度・特許活用セミナーin苫小牧	2002/10/23	2002/10/23	北海道	グラントホテルニュー王子
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第55回人間系セミナー	2002/10/24	2002/10/24	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
産学官連携部門 関西産学官連携センター	共同主催	グローバル・ベンチャー・フォーラム開催協議会 (大阪商工会議所、大阪府、大阪市、(株) 大阪証券取引所、独立行政法人産業技術総合研究所関西センターにて構成)	グローバルベンチャーフォーラム2002 (Global Venture Forum02)	2002/10/24	2002/10/25	大阪府	マイドームおおさか3F (大阪商工会議所)
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第56回人間系セミナー	2002/10/25	2002/10/25	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
人間福祉医学研究部門	主催	産総研人間福祉医学研究部門 つくばバイオマテリアル研究会	産総研人間福祉医学研究部門研究フォーラム・第9回つくばバイオマテリアル研究会	2002/10/28	2002/10/28	茨城県	産総研 共用講堂大会議室
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第61回人間系セミナー	2002/10/28	2002/10/28	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室

担当部署	種別	主催等名称	名称	開催期間(始)	開催期間(終)	開催道府県	会場名
産学官連携部門 北海道学官連携センター ものづくり基盤技術支援室	共催	(財)十勝圏振興機構、北海道経済産業局、北海道知的所有権センター、(社)発明協会北海道支部・同帯広分会、産総研北海道センター	技術開発支援制度・特許活用セミナーin十勝	2002/10/28	2002/10/28	北海道	帯広市役所
ライフサイエンスセンター 人間系特別研究体	主催	産総研ライフサイエンスセンター研究センター 産総研人間系特別研究体	第三回 日本版被害算定型影響評価ワークショップ 第57回人間系セミナー	2002/10/28	2002/10/28	東京都	中央大学駿河台記念館
産学官連携部門 北海道学官連携センター ものづくり基盤技術支援室	共催	(財)釧路根室圏産業技術振興センター、北海道経済産業局、北海道知的所有権センター、社団法人発明協会、産総研北海道センター	技術開発支援制度・特許活用セミナーin釧路	2002/11/1	2002/11/1	北海道	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室 釧路工業技術センター
ライフサイエンスセンター 人間系特別研究体	共同主催	産総研 社団法人産業環境管理協会	LCA手法に基づく企業の環境管理セミナー	2002/11/5	2002/11/5	東京都	全国社会福祉協議会(全社協) 5階第1・第2合同会議室
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体協賛:(社)日本化学会液晶化学研究会(社)高分子学会関西支部日本液晶学会材料・化学フォーラム	第58回人間系セミナー(先進液晶材料国際ミニシンポジウム)	2002/11/5	2002/11/5	大阪府	関西センター・池田・基礎融合研究センター2階・大会議室
ライフサイエンスセンター 人間系特別研究体	主催	産総研ライフサイエンスセンター研究センター	AIST Workshop Gateway to Life Cycle Impact Assessment for APEC Member Economies	2002/11/7	2002/11/7	茨城県	つくば国際会議場
セラミックス研究部門	主催	産総研セラミックス研究部門	第1回セラミックス研究部門研究発表会	2002/11/7	2002/11/7	愛知県	産総研中部センター講堂
産学官連携部門 関西産学官連携センター	主催	産総研関西センター 池田市、近畿経済産業局、(財)大阪科学技術センター	産総研関西センター研究講演会 情報産業と科学技術研究ーくらしの中の頼れる技術ー	2002/11/7	2002/11/7	大阪府	池田市民文化会館アゼリアホール
ライフサイエンスセンター 人間系特別研究体	主催	産総研ライフサイエンスセンター研究センター	AIST Workshop Gateway to Life Cycle Impact Assessment for APEC Member Economies	2002/11/7	2002/11/7	茨城県	つくば国際会議場
成果普及部門 計量標準管理部 計量行政調査室	主催	産総研計測標準研究部門	計測標準研究部門第2回成果発表会	2002/11/7	2002/11/8	茨城県	つくばセンター第3事業所3F大会議室
成果普及部門 広報出版部 広報室	主催	産総研	平成14年度産学技術総合研究所国際シンポジウム“ポストゲノム時代のバイオインフォマティクス”	2002/11/8	2002/11/8	東京都	国際研究交流大学村東京国際交流館国際交流会議場
産学官連携部門 北海道学官連携センター 北海道地質調査連携研究体	主催	産総研北海道地質調査連携研究体	第10回公開地質セミナー「極東ロシアの新生代火山活動と日本海拡大の関連」	2002/11/8	2002/11/8	北海道	産総研札幌北サイト地質調査連携室
産学官連携部門 北海道学官連携センター ものづくり基盤技術支援室	共催	北海道経済産業局、北海道知的所有権センター、発明協会、産総研北海道センター、北海道科学技術総合振興センター、さっぽろ産業振興財団、北海道機械工業会、北海道中小企業総合支援センター	技術開発支援制度・特許活用セミナーin札幌	2002/11/8	2002/11/8	北海道	札幌第一合同庁舎6階北海道経済産業局第一会議室

担当部署	種別	主催等名称	名称	開催期間(始)	開催期間(終)	会場道府県	会場名
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第59回人間系セミナー	2002/11/11	2002/11/11	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
エネルギー利用研究部門	共催	産総研エネルギー利用研究部門	日豪石炭研究ワークショップ	2002/11/11	2002/11/13	東京都	NEDO研修センター
機械システム研究部門 集積機械研究グループ	主催	Global Emerging Technology Institute (GETI) 日本産業技術振興協会 産総研 北大	Power MEMS国際会議	2002/11/11	2002/11/13	茨城県	つくば国際会議場
次世代半導体研究センター	共同主催	半導体MIRAIプロジェクト 産総研次世代半導体研究センター 技術研究組合超先端電子技術開発機構	半導体MIRAIプロジェクト ひびきISO技術ワークショップ	2002/11/13	2002/11/13	東京都	産総研臨海副都心センター
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第62回人間系セミナー	2002/11/14	2002/11/14	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第60回人間系セミナー	2002/11/15	2002/11/15	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
シナジーマテリアル研究センター 環境認識材料チーム	主催	産総研シナジーマテリアル研究センター	日本セラミックス協会関西支部研修見学会	2002/11/15	2002/11/15	愛知県	産総研中部センター
産学官連携部門 地域連携室	共同主催	産学官連携推進会議資源・エネルギー・環境部会(産総研は事務局を担当)	平成14年度産学官連携推進会議資源・エネルギー・環境部会分科会および研究発表会	2002/11/18	2002/11/19	岡山県	メルパルク岡山
国際部門	協賛	文部科学省, 科学技術振興事業団	第4回日韓科学技術フォーラム	2002/11/18	2002/11/20	東京都	東京国際交流館
国際部門	共同主催	産総研 韓国産学官連携研究会	KOCI(韓国産学官連携研究会) - AIST共同ワークショップ開催	2002/11/19	2002/11/20	韓国	Diamond Hall Seogwipo KAL Hotel
産学官連携部門 四国産学官連携センター	後援	産総研海洋資源環境研究部門	TECNO-OCEAN 2002 International Exhibition/Symposium	2002/11/20	2002/11/22	兵庫県	神戸国際展示場(神戸ポートアイランド内)
成果普及部門 計量標準管理室 計量行政調査室	主催	産総研 計量標準総合センター 日本科学機器団体連合会 日本工業新聞社	産学官連携推進会議資源・エネルギー・環境部会(産総研は事務局を担当)	2002/11/21	2002/11/21	東京都	東京ビックサイト国際会議場6F 607, 608室
計測標準研究部門 長さ計測科 幾何標準研究室	出展	産総研	第3回NMIJ講演会	2002/11/21	2002/11/21	東京都	東京国際展示場
ライフサイエンスメント研究センター	共催	産総研ライフサイエンスメント研究センター, International Institute for Applied Systems Analysis (国際応用システム研究所)、UNEP (国連環境計画)	Life Cycle Approaches to Sustainable Consumption	2002/11/22	2002/11/22	オーストリア	International Institute for Applied Systems Analysis (国際応用システム研究所)
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第63回人間系セミナー (NMR講演会)	2002/11/22	2002/11/22	大阪府	関西センター・池田・新材料センター会議室
技術情報部門	主催	産総研技術情報部門	特別シンポジウム「省エネルギー技術開発の新しい息吹」開催についてのご案内	2002/11/25	2002/11/25	東京都	全共連ビル (4F中会議室)

担当部署	種別	主催等名称	名称	開催期間(始)	開催期間(終)	会議道府県	会場名
人間福祉工学研究部門 感覚知覚グループ	主催	産総研人間福祉工学研究部門	産総研人間福祉工学視覚研究フォーラム「文字の読みやすさに関する視環境と視覚特性」	2002/11/29	2002/11/29	茨城県	共用講堂中会議室
次世代半導体研究センター	主催	科学振興調整費総合研究課題「顕微光電子分光レーザー」研究グループ	レーザーベースの光源を用いた真空紫外顕微光電子分光技術とその応用に関する国際シンポジウム	2002/12/2	2002/12/4	茨城県	つくば国際会議場
産学官連携部門 北海道産学官連携センター	主催	産総研(財)北海道科学技術総合センター	ワークショップ「植物バイオビジネスの展開」	2002/12/5	2002/12/5	北海道	札幌パークホテル 3F エメラルド
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第64回人間系セミナー	2002/12/5	2002/12/5	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
産学官連携部門 北海道産学官連携センター	共同主催	(財)北海道科学技術総合振興センター 産総研北海道センター	ワークショップ「植物バイオビジネスの展開」	2002/12/5	2002/12/5	北海道	札幌パークホテル 3F エメラルド
地圏資源環境研究部門 アジア地熱研究グループ	主催	産総研地圏資源環境研究部門	平成14年度地圏資源環境研究部門成果報告会	2002/12/6	2002/12/6	茨城県	産総研共用講堂大会議室およびホワイエ
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第65回人間系セミナー	2002/12/6	2002/12/6	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
産学官連携部門 地域連携室	共催	(財)日本産業技術振興協会	「平成14年度広域関東圏研究開発成果発表会」～希望に満ちた少子高齢社会実現に向けて～福祉関連技術～21世紀産業をリードする～ナノテクノロジー	2002/12/9	2002/12/10	東京都	石垣記念ホール
人間福祉工学研究部門	主催	産総研人間福祉工学研究部門	ジェロントロジー研究フォーラム2002 ～認知的加齢とジェロントロジー～ シナジーマテリアル研究センター講演会	2002/12/10	2002/12/10	東京都	産総研臨海副都心センター会議室
シナジーマテリアル研究センター 環境認識材料チーム	主催	産総研シナジーマテリアル研究センター環境認識材料チーム	シナジーマテリアル研究センター講演会	2002/12/10	2002/12/10	愛知県	産総研中部センター C36L
産学官連携部門 四国産学官連携センター	主催	産総研四国センター	平成14年度産業技術総合研究所四国センターシンポジウム～健康科学ラボ設立記念と海洋研究成果発表～	2002/12/11	2002/12/11	香川県	産総研四国センター
超臨界流体研究センター	主催	産総研超臨界流体研究センター	産業技術総合研究所講演会～超臨界流体の特性解明と反応プロセスの展開～	2002/12/12	2002/12/12	宮城県	仙台サンプラザ
人間福祉工学研究部門	主催	産総研人間福祉工学研究部門	第6回産総研人間福祉工学研究部門研究フォーラム「注意と認知に関するワークショップ」	2002/12/13	2002/12/13	茨城県	産総研第6事業所6-11 2階会議室
人間系特別研究体 ニューロニクス研究グループ	主催	産総研人間系特別研究体	ナノバイオ融合研究フォーラム ーボトムアップ型ナノマシンの構築を目指してー	2002/12/16	2002/12/16	大阪府	産総研関西センター多目的ホール
産学官連携部門 北海道産学官連携センター ものづくり基盤技術支援室	共催	産総研 苫小牧市テクノセンター	「ものづくり技術支援ネットワークシステム及び技術」講演会	2002/12/16	2002/12/17	北海道	苫小牧市テクノセンター一講堂

担当部署	種別	主催等名称	名称	開催期間(始)	開催期間(終)	会報道府県	会場名
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第66回人間系セミナー	2002/12/17	2002/12/17	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
産学官連携部門 関西産学官連携センター	主催	産総研関西センター	杉山雄一先生講演会	2002/12/17	2002/12/17	大阪府	産総研関西センター基礎融合材料実験棟多目的ホール
光技術研究部門	主催	産総研関西センター	関西センターワークショップ「五感とパーソナルIT-情報産業-」	2002/12/17	2002/12/17	大阪府	千里ライフサイエンスセンター
次世代半導体研究センター	共同主催	半導体MIRAIプロジェクト 産総研次世代半導体研究センター超先端電子技術開発機構	半導体MIRAIプロジェクト リングラフイ関連計測技術ワークショップ	2002/12/18	2002/12/18	東京都	弘済会館
産学官連携部門 北海道産学官連携センター	主催	産総研北海道地質調査連携研究体	第11回公開地質セミナー「初心者でもわかるGISの活用事例-調査から防災まで-」	2002/12/18	2002/12/18	北海道	地質調査連携室
グリッド研究センター	主催	グリッド協議会	グリッド協議会第1回講習会	2002/12/19	2002/12/19	東京都	京王プラザホテル
電力エネルギー研究部門 クラスタープロセス連携研究体	主催	産総研電力エネルギー研究部門クラスタープロセス連携研究体	第2回クラスタープロセス計算機シミュレーション研究会	2002/12/19	2002/12/19	東京都	産総研臨海副都心センター第2会議室
海洋資源環境研究部門 海底系資源・環境研究グループ	主催	日本鉱業協会試錐委員会	陸上・海底掘削による地下生物圏へのアプローチ	2002/12/20	2002/12/20	東京都	秀和3虎ノ門ビルA会議室
成果普及部門 広報出版部 広報室	共催	(財)化学・バイオつくば財団 産総研	化学・バイオつくば財団講演会	2002/12/20	2002/12/20	茨城県	産総研共用講堂大会議室
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第67回人間系セミナー	2002/12/24	2002/12/24	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
産学官連携部門 九州産学官連携センター	共催	産総研九州センター 佐賀大学	連携大学院産学官交流セミナー	2003/1/8	2003/1/8	佐賀県	佐賀大学理工学部6号館(DC棟)2階多目的セミナー室
産学官連携部門 北海道産学官連携センター	主催	産総研北海道地質調査連携研究体	第12回公開地質セミナー「モンゴルと日本の過去・現在・未来」	2003/1/10	2003/1/10	北海道	地質調査連携室
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第68回人間系セミナー	2003/1/14	2003/1/14	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
産学官連携部門 九州産学官連携センター	主催	産総研基礎素材研究部門	独立行政法人産業技術総合研究所 基礎素材研究部門平成14年度第3回研究発表会	2003/1/15	2003/1/15	福岡県	(財)福岡県中小企業振興センター
アイシエーションセンター リング研究センター	共催	メデイカルサイエンス研究機構	メデイカルサイエンス研究機構発足記念シンポジウム	2003/1/16	2003/1/16	兵庫県	ホテルオークラ神戸

担当部署	種別	主催等名称	名称	開催期間(始)	開催期間(終)	会場道府県	会場名
成果普及部門 計量標準管理部 計量行政調査室	主催	産総研計測標準研究部門	計測標準研究部門第3回成果発表会(ポストセッション)	2003/1/16	2003/1/17	茨城県	第3事業所3F大会議室
人間系特別研究体	共同主催	関西バイオポリマー研究会 産総研人間系特別研究体 京都工芸繊維大学地域共同センター	第69回人間系セミナー(第18回関西バイオポリマー研究会)	2003/1/17	2003/1/17	大阪府	人間計測連携研究棟1階会議室
環境調和技術研究部門	共催	産総研環境調和技術研究部門 日本産業技術振興協会	第1回環境調和技術研究部門研究発表会ーグループシンクミケカルブロボセスの構築を目指してー	2003/1/20	2003/1/20	東京都	三会堂ビル9階・石垣記念ホール
産学官連携部門 北海道産学官連携センター 北海道地質調査連携研究体	主催	産総研北海道地質調査連携研究体	第13回公開地質セミナー「数値標高データを用了地形解析、及び解析図を使用した景観作成」	2003/1/22	2003/1/22	北海道	地質調査連携室
海洋資源環境研究部門 海底系資源・環境研究グループ	主催	新エネルギー・産業技術総合開発機構	地質・鉱物学的視点から見た我が国の土壌汚染の特徴と浄化に対するヒント	2003/1/23	2003/1/23	茨城県	つくば研究支援センター一研修室
産学官連携部門 関西産学官連携センター 環境管理研究部門	後援	三重県 大阪商工会議所、(社)大阪工業会、(社)関西経済連合会、近畿経済産業局	大阪ベンチャーサロン「関西圏元気づくりフォーラム」	2003/1/23	2003/1/23	大阪府	ハイハットトリージェンシー・オオサカ
環境管理研究部門	主催	産総研環境管理研究部門 産総研化学物質リスク管理センター	第2回環境管理研究部門・化学物質リスク管理研究センター研究講演会	2003/1/24	2003/1/24	東京都	KKRホテル東京10F瑞室の間
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第73回人間系セミナー	2003/1/24	2003/1/24	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
ライフサイクALSESメント研究センター	主催	産総研ライフサイクALSESメント研究センター	LCA研究センター講演会	2003/1/27	2003/1/27	茨城県	LCA研究センター資料室
ベンチャー開発戦略研究センター バンチャ一支援室	主催	産総研	科学技術振興調整費(戦略的研究拠点育成)「ベンチャー開発戦略研究センター」キック・オフシンポジウムー技術シーズを起業につなぐ研究システム改革ー	2003/1/27	2003/1/27	東京都	東京會館
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第71回人間系セミナー	2003/1/28	2003/1/28	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
産学官連携部門 中国産学官連携センター	主催	産総研中国センター 産総研基礎素材研究部門	産業技術総合研究所 研究講演会	2003/1/31	2003/1/31	広島県	広島カーデンパレス
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第75回人間系セミナー	2003/1/31	2003/1/31	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第72回人間系セミナー	2003/2/3	2003/2/3	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
成果普及部門 広報出版部 広報室	共催	物質・材料研究機構ナノテクノロジー総合支援プロジェクトセンター	第1回ナノテクノロジー総合シンポジウム(JAPAN NANO2003)	2003/2/3	2003/2/3	東京都	東京フアッシュョントウ
成果普及部門 広報出版部 広報室	共催	バイオテクノロジー開発技術研究組合	加速型生物機能構築技術(タイムマシンバイオ)プロジェクト成果報告会	2003/2/6	2003/2/6	東京都	虎ノ門パストラル本館8階けやき

研究関連業務

担当部署	種別	主催等名称	名称	開催期間(始)	開催期間(終)	会議道府県	会場名
シナジーマテリアル研究所センター	共同主催	産総研シナジーマテリアル研究所センター、フラインセラミックス技術研究組合	第7回シナジーセラミックスシンポジウム	2003/2/6	2003/2/7	東京都	品川プリンスホテル
産学官連携部門九州産学官連携センター	共催	産総研九州センター(財)九州産業技術センター	平成14年度産学官連携総合研究所九州センター研究講演会	2003/2/7	2003/2/7	福岡県	博多サンヒルズホテル瑞雲の間
生涯環境系特別研究体新テーマ発掘研究グループ	共催	日本表面科学会、産総研	第38回表面科学研究会	2003/2/7	2003/2/7	大阪府	関西センター
産学官連携部門 四国産学官連携センター	主催	産総研四国センター	産学官連携総合研究所四国センター研究講演会ー健康産業技術シリーズ 第4回ー	2003/2/7	2003/2/7	香川県	産総研四国センター講堂
ものづくり先端技術研究所センター	主催	産総研ものづくり先端技術研究所センター	第1回 ものづくりシンポジウム	2003/2/12	2003/2/12	東京都	テクノプラザかつしか
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第70回 人間系セミナー	2003/2/13	2003/2/13	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
成果普及部門 広報出版部 広報室	共催	日本ヒトプロテオーム機構	第1回日本プロテオーム学会	2003/2/13	2003/2/14	茨城県	産総研共用講堂
ライフサイエンスセンター	主催	産総研ライフサイエンスセンター	第四回 日本版被害算定型影響評価ワークショップー社会資産への影響評価ー	2003/2/14	2003/2/14	東京都	中央大学駿河台記念館
産学官連携部門 北海道産学官連携センター	主催	産総研北海道地質調査連携研究体	第14回公開地質セミナー「北海道における地質調査事業の変遷ー主として地質図幅調査についてー」	2003/2/14	2003/2/14	北海道	地質調査連携室
産学官連携部門 九州産学官連携センター	共催	九州経済産業局 産総研九州センター、(財)九州産業技術センター	環境バイオワーカーキングセッション	2003/2/19	2003/2/19	熊本県	KKRホテルくまもと
国際部門	主催	産総研	AIST/ITRI Joint Symposium	2003/2/19	2003/2/20	東京都	日本科学未来館
産学官連携部門 中国産学官連携センター	共同主催	産総研中国センター 中国経済産業局	バイオマス国際フォーラム	2003/2/20	2003/2/20	広島県	ホテル グランヴィア広島
次世代光工学研究ラボ	主催	産総研次世代光工学研究ラボ	International Super-RENS and Plasmon Science & Technology Symposium (ISPS2003)	2003/2/20	2003/2/21	茨城県	つくば国際会議場
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第74回人間系セミナー	2003/2/21	2003/2/21	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第76回人間系セミナー	2003/2/24	2003/2/24	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
ナノテクノロジー研究部門	主催	ナノ機能合成技術プロジェクト (SYNAF)	International Symposium of Synthetic Nano-Function Materials Project 2003	2003/2/24	2003/2/25	千葉県	セイコーインスツルメンツ(株)本社 SIIホール
産学官連携部門 地域連携室	主催	ライフサイエンス分野融合会議・産技連生命工学部会	平成14年度ライフサイエンス分野融合会議・生命工学部会バイオテクノロジー研究会合同研究発表会・講演会	2003/2/24	2003/2/25	茨城県	つくばセンター共用講堂
グリッド研究センター	主催	グリッド協議会	グリッド協議会第5回GGP調査会	2003/2/26	2003/2/26	東京都	京王プラザホテル

担当部署	種別	主催等名称	名称	開催期間(始)	開催期間(終)	会議道府県	会場名
成果普及部門 広報出版部 広報室 人間系特別研究体	後援 主催	新エネルギー・産業技術総合開発機構 産総研人間系特別研究体	化学物質管理セミナー(我が国におけるPRTR制度の審開け) 第80回人間系セミナー	2003/2/26 2003/2/28	2003/2/26 2003/2/28	東京都 大阪府	JA大ホール 関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室 共用講堂
光反応制御研究センター	主催	産総研光反応制御研究センター	産総研・光反応制御研究センター第2回研究発表講演会—21世紀を拓く光反応制御技術—	2003/2/28	2003/2/28	茨城県	共用講堂
ライフサイクアルアセスメント研究センター	共催	UNEP(国連環境計画) 産総研	UNEP/AIST Scientific Expert Meeting Life-Cycle based Policy Tools for Sustainable Consumption	2003/3/3	2003/3/4	フランス	パリ
成果普及部門 広報出版部 広報室	後援	(財) 国際情報化協力センター	アジアオープンソースソフトウェア(アジアOSS) シンポジウム2003	2003/3/4	2003/3/6	タイ	Dusit Laguna Resort ホテル
グリッド研究センター	その他	Global Grid Forum	第7回グローバル・グリッド・フォーラム(GGF7)	2003/3/4	2003/3/7	東京都	京王プラザホテル
産学官連携部門 九州産学官連携センター	共催	産総研吸収センター 九州経済産業局(社) 九州・山口経済連合会(財) 九州産業技術センター	第5回九州の産業界と産総研の技術交流会	2003/3/5	2003/3/5	福岡県	KKRホテル博多
デジタルヒューマン研究ラボ	主催	日本ロボット学会	ロボット工学セミナーデジタルヒューマン基礎技術	2003/3/5	2003/3/5	東京都	産業技術総合研究所 臨海副都心センター4F 会議室
成果普及部門 計量標準管理部門 計量行政調査室	主催	産総研計測標準研究部門 計量標準総合センター(NMIJ)	計量標準100年記念第1回シンポジウム	2003/3/5	2003/3/5	茨城県	産総研共用講堂
デジタルヒューマン研究ラボ	主催	科学技術振興事業団	第3回デジタルヒューマン・ワークショップ	2003/3/6	2003/3/7	東京都	臨海副都心センター4F
界面ナノアーキテクトニクス研究センター 高軸比ナノ構造組織化チーム	主催	Nanoarchitectonics Workshop 2003(界面ナノアーキテクトニクス国際ワークショップ)	Nanoarchitectonics Workshop 2003(界面ナノアーキテクトニクス国際ワークショップ)"Nano-Space Engineering for Nanoarchitectonics & quot;	2003/3/6	2003/3/7	茨城県	産業技術総合研究所 つくばセンター 共用講堂
デジタルヒューマン研究ラボ	主催	情報処理振興事業協会	未踏ソフトウェア創造事業「デジタル・ヒューマンを実現する人間機能のモデリングとその応用ソフトウェア」研究報告会	2003/3/7	2003/3/7	東京都	臨海副都心センター4F
マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター	共催	(財) 日本産業技術振興協会	平成15年第1回筑波伝熱コロキウム	2003/3/7	2003/3/7	茨城県	産総研中央第二第一会議室
成果普及部門 広報出版部 広報室	共催	(財) 日本産業技術振興協会	第16回AI-STスクエア「これからの環境・エネルギー技術戦略」	2003/3/7	2003/3/7	茨城県	産総研第2事業所第1会議室
産学官連携部門 九州産学官連携センター	出展	夢・創造博覧祭2003実行委員会	平成14年度九州大学・九州芸術工科大学産学官連携セミナー「夢・創造博覧祭2003」	2003/3/7	2003/3/9	福岡県	イズムホール
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第81回人間系セミナー	2003/3/11	2003/3/11	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
産学官連携部門 四国産学官連携センター	主催	産総研四国センター	単一分子バイオ計測およびナノバイオデバイスに関する国際シンポジウム(SMBN)	2003/3/11	2003/3/12	香川県	産総研四国センター 講堂

担当部署	種別	主催等名称	名称	開催期間(始)	開催期間(終)	会場道府県	会場名
セラミックス研究部門	主催	産総研セラミックス研究部門	セラミックス研究部門講演会ー光触媒の国際標準化と世界市場への普及を指してー	2003/3/12	2003/3/12	愛知県	中部センター 大会議室
次世代半導体研究センター	共同主催	半導体MIRAIプロジェクト 産総研次世代半導体研究センター 技術研究組合超先端電子技術開発機構	半導体MIRAIプロジェクト Low-k関連ワークショップ	2003/3/12	2003/3/12	東京都	産総研 臨海副都心センター
成果普及部門 広報出版部 広報室	共催	(財) 製造科学技術センター	人間協調・共存型ロボットシステム (HRP) シンポジウム	2003/3/12	2003/3/12	茨城県	産総研共用講堂、OSL
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第79回人間系セミナー	2003/3/12	2003/3/12	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第77回人間系セミナー	2003/3/12	2003/3/12	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第78回人間系セミナー	2003/3/12	2003/3/12	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
シナジーマテリアル研究所 環境認識材料チーム	主催	産総研シナジーマテリアル研究センター	第1回産総研化学センサ国際ワークショップ	2003/3/13	2003/3/13	愛知県	産総研中部センター
グリッド研究センター	その他	つくばWAN推進会議 文部科学省 国土交通省 茨城県 つくば市 筑波研究学園都市研究機関等連絡協議会 つくばサイエンス・アカデミー	第3回つくばWANシンポジウム (WAN2003)	2003/3/13	2003/3/13	茨城県	つくば国際会議場 (中ホール200)
物質プロセス研究部門	主催	グリーン・サステイナブル・ケミストリ・ネットワーク (GSCN)	1st International Conference on Green & Sustainable Chemistry (第1回 GSC 東京国際会議)	2003/3/13	2003/3/15	東京都	早稲田大学国際会議場
技術情報部門	主催	産総研技術情報部門	第6回 産総研・技術情報セミナー	2003/3/14	2003/3/14	茨城県	産総研つくばセンター 共用講堂
産学官連携部門 北海道 道産学官連携センター 北海道地質調査連携研究会	主催	産総研北海道地質調査連携研究会	2002年度第15回北海道センター公開地質セミナー	2003/3/14	2003/3/14	北海道	地質調査連携室
光技術研究部門	共同主催	産総研光技術研究部門 (財) 光産業技術振興協会	第5回光技術シンポジウム「超高速フォトニクス」～次世代光通信・計測の基盤技術として～	2003/3/14	2003/3/14	東京都	日本科学未来館みらいCANホール
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第82回人間系セミナー	2003/3/18	2003/3/18	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
成果普及部門 広報出版部 広報室	協賛	特定非営利活動法人神道国際学会	第3回世界水フォーラム『参加者センター』プレセッション「雨、地下水そして天の恵み」	2003/3/18	2003/3/18	京都府	京都市国立京都国際会議場イベントホール『参加者センター』
次世代半導体研究センター	その他	半導体MIRAIプロジェクト 産総研次世代半導体研究センター 技術研究組合超先端電子技術開発機構	半導体MIRAIプロジェクト High-k技術ワークショップ	2003/3/19	2003/3/19	東京都	弘済会館

担当部署	種別	主催等名称	名称	開催期間(始)	開催期間(終)	会議道府県	会場名
ライフサイエンスセンター メンタル研究センター	共催	(社)未踏科学技術協会 産総研ライフサイエンスセンター	第1回「持続可能な消費」国際ワークショップ The first International Workshop on Life Cycle Approaches to Sustainable Consumption	2003/3/19	2003/3/20	東京都	アルカディアア市ヶ谷 (私学会館)
成果普及部門 広報出版部 広報室	共催	(財)日本情報処理開発協会	アドバンスト並列化コンパイラ技術国際シンポジウム	2003/3/20	2003/3/20	東京都	早稲田大学理工学部57号館201教室
人間系特別研究体	主催	産総研人間系特別研究体	第83回人間系セミナー	2003/3/20	2003/3/20	大阪府	関西センター・池田・人間系特別研究体・2階会議室
サイバーアセスメント研究センター	主催	産総研サイバーアセスメントコンソーシアム	サイバーアセスメントコンソーシアム国際シンポジウム	2003/3/25	2003/3/25	東京都	東京ビッツグサイト
地図資源環境研究部門 アジア地熱研究グループ	主催	産総研地図資源環境研究部門	第5回アジア地熱シンポジウム-分散型エネルギーとしての地熱資源探査開発-	2003/3/25	2003/3/28	マレーシア	The Legend Hotel
パワーエレクトロニクス研究センター	共催	(財)新機能素子研究開発協会(財)エンジニアリング振興協会 産総研	超低損失電力素子技術開発 最終成果報告会-SiCの素子技術とパワーエレクトロニクスの新展開-	2003/3/26	2003/3/26	神奈川県	パシフィコ横浜 5F/501
ナノテクノロジー研究部門 先進ナノ構造グループ	その他	文部科学省ナノテクノロジー総合支援プログラム エクト 産総研ナノテクノロジー研究部門	Asian Workshop on Nanotechnology Foundries	2003/3/30	2003/3/31	茨城県	つくば国際会議場

平成13年度行事出展一覧
1. 主催行事（共同主催を含む）

担当部署	種別	主催等名称	名称	開催期間(始)	開催期間(終)	会場都道府県	会場名
産学官連携部門 四国 産学官連携センター	主催	産総研四国センター	産総研四国センター—一般公開	2002/5/25	2002/5/25	香川県	産総研四国センター
産学官連携部門 知的 財産部 知的財産企画 室	主催	産総研 (財) 日本産業技術振興協会 研イノベーションズ 日刊工業新聞社	AIST技術移転ショウケース2002	2002/5/30	2002/5/30	東京都	日刊工業新聞社
産学官連携部門 中部 産学官連携センター	共同主催	産総研中部センター 名古屋商工会議所	第37回新技術動向セミナー～産総研中部セン ターの先端材料技術を紹介～	2002/6/17	2002/6/17	愛知県	名古屋商工会議所 3階 第5会議室
産学官連携部門 中部 産学官連携センター	主催	産総研ものづくり先端技術研究センター	ものづくり先端技術研究センター—オーブンハ ウス	2002/6/20	2002/6/20	茨城県	オーブンハウス
生物遺伝子資源研究部 門	主催	産総研生物遺伝子資源研究部門	バイオウィーク in Sapporo 2002	2002/7/2	2002/7/4	北海道	センチュリーローヤル ホテル
成果普及部門 広報出 版部 広報室	主催	産総研つくばセンター	産総研つくばセンター—一般公開	2002/7/27	2002/7/27	茨城県	産総研つくばセンター
産学官連携部門 北海 道産学官連携センター 北海道地質調査連携研 究体	共同主催	産総研北海道地質調査連携研究体 日本科学 技術振興財団	サイエンスキヤンプ2002	2002/7/29	2002/7/31	北海道	札幌北サイトおよび洞 爺湖、倶多楽湖周辺
産学官連携部門 九州 産学官連携センター	主催	産総研九州センター	産総研九州センター—一般公開	2002/7/31	2002/7/31	佐賀県	産総研九州センター
産学官連携部門 関西 産学官連携センター	主催	産総研関西センター	産総研関西センター—一般公開	2002/8/2	2002/8/2	大阪府	産総研関西センター
成果普及部門 地質調 査情報部 地質調査推 進室	共同主催	産総研地質調査総合センター 北海道立地質 研究所 札幌市博物館活動センター	火山とともにも生きる北の大地 —北海道の地 質図展—	2002/8/2	2002/8/4	北海道	札幌市博物館活動セン ター
産学官連携部門 北海 道産学官連携センター 産学官連携部門 東北 産学官連携センター	主催	産総研北海道センター	産総研北海道センター—一般公開	2002/8/20	2002/8/20	北海道	産総研北海道センター
産学官連携部門 東北 産学官連携センター	主催	産総研東北センター	産総研東北センター—一般公開	2002/8/30	2002/8/30	宮城県	産総研東北センター
成果普及部門 地質調 査情報部 地質調査推 進室	共同主催	産総研地質調査総合センター 日本地質学会	地質情報展 新潟 「のぞいてみよう大地の不 思議」	2002/9/14	2002/9/16	新潟県	新潟市民芸術文化会館 りゅ〜とびあ
成果普及部門 広報出 版部 広報室	共催	日高山脈館(日高町教育委員会)、独立行政 法人 国立日高少年自然の家	日高山脈ネイチャーセミナー2002 11月「ア ンモナイトをつくろう」	2002/11/2	2002/11/2	北海道	国立日高少年自然の家
成果普及部門 広報出 版部 広報室	共催	茨城県立児童センターこどもの城	平成14年度児童健全育成対策事業—魔法のア ンモナイトつくり—	2002/11/9	2002/11/9	茨城県	産総研共用講堂
産学官連携部門 中部 産学官連携センター	主催	産総研中部センター	産総研中部センター—一般公開	2002/11/16	2002/11/16	愛知県	産総研中部センター
知能システム研究部門 ITS研究グループ	主催	産総研知能システム研究部門	オーブンハウス2002	2002/12/10	2002/12/10	茨城県	産総研東事業所
研究コーディネーター ナノテク・材料・製造 担当	共同主催	新エネルギー・産業技術総合開発機構 日本 貿易振興会 産総研	mano tech 2003 + Future (ナノテクノロジー —国際会議・展示会)	2003/2/26	2003/2/28	千葉県	幕張メッセ

2. その他参加行事

担当部署	種別	主催等名称	名称	開催期間(始)	開催期間(終)	会場道府県	会場名
産学官連携部門 関西 産学官連携センター	その他	日刊工業新聞社	モノづくりワールド2002大阪関西ナノテクノロジーフェア	2002/5/22	2002/5/25	大阪府	インテックス大阪
産学官連携部門 中部 産学官連携センター	出展	日刊工業新聞社	モノづくりワールド2002名古屋	2002/6/12	2002/6/15	愛知県	ポートメッセなごや (名古屋国際展示場)
産学官連携部門 広報 版部 広報室	出展	第1回産学官連携推進会議	第1回産学官連携推進会議	2002/6/15	2002/6/16	京都府	国立京都国際会館
情報処理研究部門 メ ディアインタラクシヨ ングループ	出展	IPA情報処理振興事業協会	ITX2002Summer	2002/6/28	2002/6/29	東京都	機産業記念館
産学官連携部門 地域 連携室	その他	茨城県研究開発型企業交流協会	第9回茨城県中小企業技術交流展	2002/7/9	2002/7/10	茨城県	産総研共用講堂
成果普及部門 広報出 版部 広報室	その他	全国社会福祉協議会 保健福祉広報協会	29th 国際福祉機器展	2002/9/10	2002/9/12	東京都	東京国際展示場「東京 ビッグサイト」東展示 ホール
成果普及部門 広報出 版部 広報室	出展	宇宙開発事業団	サイエンス・フロンティアつくば2002	2002/9/20	2002/9/20	茨城県	つくば国際会議場(エ ポカルつくば)
産学官連携部門 知的 財産部 知的財産企画 室	出展	特許庁、関東経済産業局	2002特許流通フェアin東京	2002/9/25	2002/9/27	東京都	東京国際展示場
成果普及部門 広報出 版部 広報室	出展	日刊工業新聞社	国際新技術フェア2002	2002/9/25	2002/9/27	東京都	東京ビッグサイト東4 ホール内特設会場
基礎素材研究部門 機 能性金属材料研究グル ープ	出展	山形県商工労働部	第36回山形県機械工業展テクノロードやまが た中小企業テクノフェア2002	2002/9/25	2002/9/27	東京都	東京国際展示場
産学官連携部門	出展	経済産業省 中小企業庁 北海道経済産業局 関東経済産業局 中部経済産業局 近畿経済 産業局 中国経済産業局 九州経済産業局 全国地質調査業協会連合会	2002中小企業ビジネスフェア	2002/9/25	2002/9/27	東京都	東京ビッグサイト
成果普及部門 地質調 査情報部 地質調査推 進室	出展	全国地質調査業協会連合会	全地連「技術e-フォーラム2002」よなご	2002/9/26	2002/9/27	鳥取県	米子コンベンションセ ンター “ビックシッ プ”
産学官連携部門 関西 産学官連携センター	後援	TOYRO 新事業創出推進会議 近畿経済産業 局 大阪府 産総研(財)大阪科学技術セン ター 大阪府商工会議所連合会 兵庫県商工 会議所連合会	TOYRO ビジネスマッチングフェア2002 ーニューズとシーズの新たな出会いー	2002/10/3	2002/10/4	大阪府	マイドームおおさか
情報処理研究部門 メ ディアインタラクシヨ ングループ	出展	IPA	IPA Autumnへユビキタス時代への進化～	2002/10/8	2002/10/9	東京都	東京ドームシティ
産学官連携部門 九州 産学官連携センター	出展	SAGA 技術交流フェア実行委員会(事務局: 佐賀県経済部新産業課内)	SAGA 技術交流フェア2002	2002/10/11	2002/10/13	佐賀県	佐賀県総合体育館
成果普及部門 広報出 版部 広報室	出展	つくば市、つくば市教育委員会、つくば科学 フェスティバル2002実行委員会 筑波研究学 園都市研究機関等連絡協議会	つくば科学フェスティバル2002	2002/10/12	2002/10/13	茨城県	つくばカピオ

担当部署	種別	主催等名称	名称	開催期間(始)	開催期間(終)	会場	会場名
深部地質環境研究センター 地球化学チーム	出展	青少年のための科学の祭典帯広大会実行委員会	2002 青少年のための科学の祭典 帯広大会「魔法みたい！おしゃやれなアンモナイトをつくろう」	2002/10/13	2002/10/14	北海道	帯広100年記念館・帯広児童会館
産学官連携部門 知的財産部 知的財産企画室	出展	特許庁、中部経済産業局	特許流通フェア中部2002	2002/10/16	2002/10/18	愛知県	名古屋市中企業振興会館
産学官連携部門 中部産学官連携センター	出展	産学交流テクノロジプロンテティア2002実行委員会	産学交流テクノロジプロンテティア2002	2002/10/16	2002/10/18	愛知県	名古屋市中企業振興会館(吹上)
成果普及部門 広報出版部 広報室	出展	(財)長野県テクノ財団 諏訪テクノレイクサイト地域センター	諏訪工業メッセ2002	2002/10/17	2002/10/19	長野県	諏訪工業メッセ2002メイン会場
産学官連携部門 九州産学官連携センター	出展	北九州市、(財)西日本産業貿易見本市協会	エコレクノ2002(グリーン・ベンチャー・マーケット)	2002/10/23	2002/10/25	福岡県	西日本総合展示場新館
成果普及部門 広報出版部 広報室	後援	技術交流・テクノフェア実行委員会	北陸技術交流テクノフェア2002	2002/10/24	2002/10/25	福井県	福井産業会館他2会場
産学官連携部門 知的財産部 知的財産企画室	出展	特許庁、近畿経済産業局	平成14年度近畿特許流通フェア	2002/10/29	2002/10/30	大阪府	マイドームおおさか
産学官連携部門 関西産学官連携センター	出展	中小企業総合事業団 関西TLO 大阪府 大阪商工会議所 関西経済連合会 大阪工業会	産学官技術移転フェア2002	2002/10/29	2002/10/30	大阪府	マイドームおおさか
産学官連携部門 関西産学官連携センター	出展	滋賀県環境ビジネス実行委員会	びわ湖環境ビジネスメッセ2002	2002/11/6	2002/11/8	滋賀県	滋賀県立 長浜ドーム
成果普及部門 広報出版部 広報室	後援	日経新聞社	日経テクノフェア	2002/11/6	2002/11/8	東京都	丸の内ビルディング
産学官連携部門 中部産学官連携センター	後援	愛知県、名古屋市 他3機関	第56回発明とくふう展	2002/11/6	2002/11/11	愛知県	名古屋三越栄本店
産学官連携部門 知的財産部 知的財産企画室	出展	特許庁・九州経済産業局	特許流通フェア2002in九州	2002/11/12	2002/11/14	福岡県	西日本総合展示場新館
グリッド研究センター	出展	The IEEE Computer Society	SC2002	2002/11/16	2002/11/22	米国ボルトモア	
計測標準研究部門 長さと計測科 幾何標準研究室	出展	産総研	全科展	2002/11/20	2002/11/22	東京都	東京国際会議場
産学官連携部門 関西産学官連携センター	出展	堺市(財)南大阪地域産業振興センター 近畿経済産業局 大阪府	産学官テクノフェアin南大阪2002	2002/11/26	2002/11/26	大阪府	じばしん南大阪 イベントホール
成果普及部門 広報出版部 広報室	後援	茨城県商工労働部	テクノフェア2002inつくば	2002/11/27	2002/11/28	茨城県	つくばカピオ
産学官連携部門 知的財産部 知的財産企画室	出展	特許庁、中国経済産業局	特許流通フェア2002in広島	2002/11/28	2002/11/29	広島県	広島県立広島産業会館 東館
産学官連携部門 九州産学官連携センター	出展	大牟田市、(財)大牟田市地域活性化センター、有明環境リサイクル産業推進機構	おおむたエコタウンフェア2002	2002/11/30	2002/12/1	福岡県	大牟田市エコリンクセンター
次世代半導体研究センター	出展	SEMIジャパン	SEMICON Japan2002	2002/12/4	2002/12/6	千葉県	幕張メッセ

担当部署	種別	主催等名称	名称	開催期間(始)	開催期間(終)	会報道府県	会場名
産学官連携部門 北海道産学官連携センター	後援	経済産業省中小企業庁、北海道経済産業局	2002中小企業ビジネスフェアinサッポロ	2003/1/27	2003/1/28	北海道	ロイトン札幌
産学官連携部門 知的財産部 知的財産企画室	共催	つくばサイエンス・アカデミー	つくばテクノロジ・ショーケース	2003/1/30	2003/1/30	茨城県	つくば国際会議場
成果普及部門 地質調査情報部 地質調査推進室	出展	震災対策技術展・学術展・シンポジウム実行委員会、(財)神戸国際観光コンベンション協会／(財)神戸市防災安全公社／他	第7回震災対策技術展(神戸会場) 出展	2003/1/30	2003/1/31	兵庫県	神戸国際展示場(神戸ポートアライランド)
成果普及部門 地質調査情報部 地質調査推進室	出展	震災対策技術展・学術展・シンポジウム実行委員会、(財)神戸国際観光コンベンション協会／(財)神戸市防災安全公社／他	第7回震災対策技術展(横浜会場) 出展	2003/2/6	2003/2/7	神奈川県	横浜国際平和会議場(パシフィコ横浜) 展示ホール
産学官連携部門 関西産学官連携センター	後援	大阪府(財)大阪産業機構 大阪科学技術センター	創都ビジネスフェア2003「ハイパーテクノロジフェア」	2003/2/13	2003/2/14	大阪府	マイドームおおさか
成果普及部門 広報出版部 広報室	その他	山形県産業科学館	「夢・ロボットパーク2003～ロボットはともだち」	2003/2/15	2003/2/16	山形県	山形県産業科学館及び霞城セントラルアトリウム
産学官連携部門 九州産学官連携センター	出展	物質・材料研究機構 エコマテリアル研究会 エコマテリアル(社) 未踏科学技術協会 エコマテリアル研究会	エコマテリアル展 「エコマテリアル：エコインダストリーと自然系素材の出会い」	2003/2/26	2003/2/26	東京都	日本科学未来館、みらいCANホール
シナジーマテリアル研究センター	出展	新エネルギー・産業技術総合開発機構 日本貿易振興会 産総研	ナノテクノロジに関する国際会議および国際展示会	2003/2/26	2003/2/28	千葉県	幕張メッセ国際展示場
産学官連携部門 北海道産学官連携センター	後援	北海道ティール・エル・オー株式会社	「TLOマーケティングフェア」	2003/3/11	2003/3/11	北海道	学術交流会館
産学官連携部門 関西産学官連携センター	出展	水のEXPO実行委員会 内閣官房、外務省、文部科学省、厚生労働省、農林水産省、林野省、経済産業省、国土交通省、環境省、大阪府、京都府、滋賀県	水のEXPO	2003/3/18	2003/3/22	大阪府	インテックス大阪

3) 見 学

平成14年度見学視察対応数（ユニット別）

ユニット名	対応件数 (対応個所数)
企画本部（理事等含む）	138
深部地質環境研究センター	15
活断層研究センター	14
化学物質リスク管理研究センター	12
フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター	14
ライフサイクルアセスメント研究センター	58
パワーエレクトロニクス研究センター	3
生命情報科学研究センター	34
生物情報解析研究センター	27
ティッシュエンジニアリング研究センター	100
ジーンディスカバリー研究センター	4
ヒューマンストレスシグナル研究センター	27
強相関電子技術研究センター	4
次世代半導体研究センター	115
サイバーアシスト研究センター	15
マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター	14
ものづくり先端技術研究センター	61
高分子基盤技術研究センター	21
光反応制御研究センター	16
新炭素系材料開発研究センター	27
シナジーマテリアル研究センター	85
超臨界流体研究センター	19
スマートストラクチャー研究センター	27
界面ナノアーキテクトニクス研究センター	21
グリッド研究センター	13
爆発安全研究センター	27
糖鎖工学研究センター	23
年齢軸生命工学研究センター	11
デジタルヒューマン研究センター	4
計測標準研究部門	494
地球科学情報研究部門	75
地圏資源環境研究部門	30
海洋資源環境研究部門	38
エネルギー利用研究部門	204
電力エネルギー研究部門	62
環境管理研究部門	126
環境調和技術研究部門	68
情報処理研究部門	52
知能システム研究部門	238
エレクトロニクス研究部門	59
光技術研究部門	97
生物遺伝子資源研究部門	22
分子細胞工学研究部門	7
人間福祉医工学研究部門	220
脳神経情報研究部門	14
物質プロセス研究部門	35

産業技術総合研究所

ユニット名	対応件数 (対応箇所数)
セラミックス研究部門	90
基礎素材研究部門	142
機械システム研究部門	289
ナノテクノロジー研究部門	89
生物機能工学研究部門	29
人間系特別研究体	53
生活環境系特別研究体	95
薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ	3
デジタルヒューマン研究ラボ	88
ライフエレクトロニクス研究ラボ	21
次世代光工学研究ラボ	4
微小重力環境利用材料研究ラボ	6
純度制御材料開発研究ラボ	6
メンブレン化学研究ラボ	5
マイクロ空間化学研究ラボ	15
先端バイオエレクトロニクス研究ラボ	16
極微プロファイル計測研究ラボ	3
先端情報計算センター	4
特許生物寄託センター	7
ベンチャー開発戦略研究センター	6
成果普及部門 工業標準部	27
成果普及部門 地質標本館	111
管理・関連部門	829
北海道センター	7
東北センター	7
つくばセンター	13
臨海副都心センター	30
関西センター	19
四国センター	1
九州センター	4
合 計	4,809

※見学対応時に同一の研究内容を複数の者で説明した場合は、1件として算出

4) 依頼試験

平成14年度依頼試験（鉱工業の科学技術に係る試験及び分析）の実績

種 類 ・ 項 目	件数（資料数）	手数料収入（円）	実施研究部門
精密可燃性ガス検定器（目盛試験）	10件（10台）	55,000	北海道釧山保安連携研究体
菌株分譲	1件（4本）	48,000	生物遺伝子資源研究部門
機器分析、機器試験（質量分析）	1件（2資料）	77,800	セラミックス研究部門
合 計	12件	180,800	

5) 施設使用

平成14年度設備使用（自動車試験道路外部貸出）の実績

外部貸出日数	使用料収入
71日	12,015,255円

（注）平成13年9月～平成14年3月（7ヶ月間）

6) 地質調査

① 地球科学図

本年度の各種地質図類の発行は、200万分の1地質編集図1件、5万分の1地質図幅5件、重力図1件、特殊地質図1件、鉱物資源図1件、空中磁気図1件、海洋地質図2件、数値地質図7件である。また、数値地質図 G3、G4の増す刷りを行った。海洋地質図については本年度から CD-ROM 版のみの出版へ移行した。

刊行物名	件数	発行部数	摘要
	図類・冊子		
200万分の1地質編集図	1・1	2,000	日本地質図第5版
5万分の1地質図幅	5・5	各 1,500	山崎、浦河、忠類、珠洲岬・能登飯田及び宝立山、近江八幡
重力図	2・0	各 1,100	5万分の1筑波山周辺地域重力図、唐津地域重力図
特殊地質図	1・0	1,500	東アジア地質図
鉱物資源図	1・0	1,500	九州
空中磁気図	1・0	800	有珠火山地域高分解能空中磁気図
海洋地質図 (CD-ROM版)	CD-ROM 2	各 1,200	見島沖表層堆積図、能登半島東方海底地質図
数値地質図 (CD-ROM版)	CD-ROM 1	1,000	北海道地質ガイド (第2版)
	CD-ROM 1	1,200	東・東南アジア地質災害デジタルマップ
	CD-ROM 1	1,000	200万分の1日本地質図第5版
	CD-ROM 1	1,500	100万分の1日本地質図第3版
	CD-ROM 1	1,500	20万分の1数値地質図幅集 (北海道北部)
	CD-ROM 1	1,500	20万分の1数値地質図幅集 (北海道南部)
	CD-ROM 1	1,000	GEOLIS+
数値地質図 (CD-ROM版)	CD-ROM 1	500	20万分の1地質図幅集増す刷り
数値地質図 (CD-ROM版)	CD-ROM 1	500	日本の新生代火山岩の分布と産状増す刷り

② 地球科学研究報告

本年度の研究報告書は、地質調査研究報告が53-4号～54-2号 6件、活断層・古地震研究報告 (2002年) 1件、CCOPテクニカルブリテン1件、地質調査総合センター速報2件。

刊行物名	件数	発行部数	摘要
地質調査研究報告	6	各 1,650	Vol. 53 No. 4～Vol. 54 No. 3
活断層・古地震研究報告	1	1,800	活断層・古地震研究報告 (2002年)
CCOPテクニカルブリテン	1	1,550	CCOPテクニカルブリテン (No. 31)
地質調査総合センター速報	2	250 200	千島弧―東北日本弧会合部の海洋地質学的研究 ―平成14年度研究概要報告書― 海洋中の堆積物形成過程に関する研究
地質ニュース	12	各 3,000	No. 572～583 (地質調査総合センター編集、株式会社公報社発行 1,180部買い上げ)

③ 刊行物販売状況

研究成果普及品のうち「地質の調査」に係るものは、「研究成果普及品有料頒布要領 (13要領第2号)」、「地球科学図及び地球科学データ集の有料頒布管理基準 (第75000-20010401-3号)」及び「地球科学図及び地球科学データ集のコンピュータ複製品の有料頒布管理基準 (第75000-20010401-4号)」により、地質調査情報部が有料頒布業務を遂行することになっており、平成14年度は下記のように有料頒布を行い、収入を得た。

平成14年度研究成果普及品頒布収入 14,675,244円

内 訳	頒布部数	頒布金額
委託販売収入 (4社合計)	7,359	11,520,183
直接販売収入 (標本館)	3,519	2,090,571
直接販売収入 (お・テ・マ・ト)	757	1,064,490
合 計	11,635	14,675,244

平成14年度シリーズ別頒布部数トップ5

シリーズ名	頒布部数
5万分の1地質図幅	3,602
20万分の1地質図幅	1,286
数値地質図	1,088
火山地質図	570
特殊地質図	150

平成14年度出版物別頒布部数トップ10

シリーズ名	出版物名	頒布部数
数値地質図	20万分の1地質図幅集	404
火山地質図	雲仙火山地質図	172
数値地質図	富士火山地質図	169
数値地質図	日本の新生代火山岩の分布と産状	160
5万分の1地質図幅	大宮	134
火山地質図	阿蘇火山地質図	133
5万分の1地質図幅	白馬岳	130
20万分の1地質図幅	岡山及び丸亀	104
20万分の1地質図幅	甲府	85
5万分の1地質図幅	三条	82

④ 文献交換

「地質の調査」に係わる研究成果物をもとに、国内外の「地質の調査」に関係する機関と文献交換を行い、地質文献資料の網羅的収集に努めている。さらに、収集資料の明確化と広範囲の利用者の利便性を考慮して、地質文献データベースを構築し、インターネット等で公開を行っている。

国内外交換先

	計	JAPAN	EUROPE	ASIA	AFRICA	U.S.A.	CANADA & C. AMERICA	SOUTH AMERICA	OCEANIA
国数	156	1	41	35	44	1	12	12	10
機関数	1,335	593	267	179	69	97	38	52	40

交換文献内訳

	計	地質調査 研究報告	その他報告類	地域地質研究 報告 (1/5万 地質図幅)	その他図幅	CD-ROM
件数	26	6	2	7	6	5
所外送付部数	6,393	3,280	256	1,090	971	795
国外送付部数	9,055	3,511	900	1,806	1,548	1,290

⑤ 文献情報活動

文献交換等で収集した地質文献資料の効率的・効率的な利用をめざして、GEOLIS（日本地質文献データベース）、J-MAPI（日本地質図索引図データベース）、G-MAPI（外国地質図索引図データベース）の3種類のデータベースを構築している。GEOLIS はすでにデータ数196,884件、Web 公開で年間280,767件のアクセス数がある。また、J-MAPI はデータ数10,594件、GEOLIS と J-MAPI の合体を行い、GEOLIS+として CD-ROM 版で提供している。G-MAPI はデータ数9,631件、Web 公開で年間25,731件のアクセス数となっている。今後はさらなる効率化を目指し、3種のデータベースを同一システム上で検索可能なシステムを開発する。

受 入

	単行本 (冊)	雑誌 (冊)	地図類 (枚)	研究資料集・ 受託研究資料	電子媒体資料 (個)
購入	275	141	32	0	24
寄贈・交換	244	5,895	4,621	10	786
計	519	6,036	4,653	10	810

製本・修理 (冊) 1,155

地質文献データベース

	採録数	登録数	アクセス件数	配布 (CD-ROM)
GEOLIS	19,079	196,884	280,767	4
J-MAPI	94	10,594		
G-MAPI	1,055	9,631	25,731	

閲覧・貸出など情報提供

所外閲覧者	入館者 (括弧内外国人)	閲覧件数	貸出件数	返却件数	つくば地区内相互利用複写枚数	
					他研→地 (括弧内件数)	地→他研 (括弧内件数)
189	6,806 (246)	14,079	3,092	3,018	1,316 (153)	443 (11)

地質文献複写外部委託

件数 (件)	通常コピー (枚)	カラーコピー (枚)
2,629	21,882	832

⑥ メタデータ・データベース

「地質の調査」の成果を一般に普及し、より高度な利活用をはかると共に、研究活動の一層の効率化を促進させるため、研究で用いた様々なデータや成果を利用可能なデータベース化し、又、その検索を高度で効率良く実行するためのメタデータを作成する。地質図・地球科学図は「地質の調査」による成果のうちで最も一般的で普及が必要であり、その利活用のために数値化が進められており、政府の「地理情報システム関係省庁連絡会議」と「GIS アクションプログラム2002-2005」でも主要課題として取り上げられ、電子政府クリアリングハウスで運用している。又、国内の物理探査調査研究活動についてのまとめも公表した。

メタデータ整備業務では、平成12年10月の地理情報システム関係省庁連絡会議関連 WG の決定を受けた標準フォーマット (JMP 第1版) に合わせて、地質図等の地球科学図類のメタデータを修正も含めて1,355件整備した。電子政府の地理情報クリアリングハウスのノードサーバーの運用を担当して Web 公開している。

データベース整備業務では、地質情報整備部会を核として RIO-DB 構築支援等を積極的に行うとともに、1/100万、1/200万及び1/20万北海道地域 (全26図幅) 数値地質図のデータ編集を行った。又、1/20万数値地質図のシームレス編集のための準備として、数値化済みデータのうち北海道地域の成果を Web 公開し、東北・関東地域 (全21図幅) のデータの再編集を行った。1/20万地質図2面と火山地質図類3面をベクトル数値化し、データの校正・編集を行った。

物理探査調査研究活動データベースでは、アンケート等による収集を行い、新規データ455件の追加登録と検索機能の高度化を図った。既存分を合わせて6,284件を整備し、Web による検索が可能となった。

平成14年度地質図・地球科学図データベース及びメタデータ整備

1. 地質図・地球科学図データベース整備 (件数)	
地質図類数値化作成数	28
1/20万地質図 シームレス化準備枚数	21
1/20万地質図・火山地質図類数値化数	5
2. メタデータ整備 (件数)	
地質図・地球科学図メタデータ作成数	1,355
物理探査調査研究一覧登録数	6,284

⑦ 地質標本館

平成14年度地質標本館行事一覧

実施期間	特別展	講演会	移動標本館	イベント	備考	入館者・参加者
4.16(火)～ 6.16(日)	「切手の鉱物」				科学技術週間 (4.16～21)	入館者 3,205
4.18(木)		「鉱物の世界」			科学技術週間公開日	入館者 107 聴講者 50
7.11(木)～ 9.8(日)			「鉱物の世界」		常陽資料館 (水戸市)	
7.17(水)～ 9.16(月)			「マグマのぼうけん」		豊橋市自然史博物館	
7.27(土)～ 9.29(日)	「活断層と地震」					入館者 6,222
7.27(土)		「活断層と地震考古学」			産総研つくばセンター一般公開	聴講者 133 入館者 1,731 (産総研3,321)
7.27(土)				「地震を体験してみよう！」		体験者 314
7.31(水)			「九州センター一般公開」		鳥栖市	入場者 450
8.2(金)			「関西センター一般公開」		大阪市	入場者 1,300
8.2(金)～ 8.4(日)			「北海道地質図展」		札幌市	
8.6(火)～ 8.8(木)				「サイエンスキャンプ」	岐阜市	
8.23(金)				「化石のクリーニング」		入館者 532 体験者 227
8.24(土)				「地球何でも相談」		入館者 223 相談者 32
8.30(金)			「東北センター一般公開」		仙台市	入場者 250
9.14(土)～ 9.16(月)			「のぞいてみよう大地の不思議」		新潟地質情報展、新潟市	入場者 913
9.14(土)～ 9.16(月)				「化石のレプリカ作り」	同	体験者 200
10～11月				野外観察会「奥久慈の海底火山とめ のうをさがして」	大子町	参加者 22
11.10(土)				「自分で作ろう化石レプリカ」(ウミユリ)	第9回	入館者 318 体験者 175
11.19(火)～ 2.2(日)	「のぞいてみよう大地の不思議」				新潟地質情報展再展示	入館者 2289
2.18(火)～ 3.25(火)	第1回「地質写真」コンテスト					
3.22(土)				「自分で作ろう化石レプリカ」	第10回	入館者 435 体験者 268

平成14年度地質標本館入館者数

年 月		入館者数		入館者内訳			対 応
(開館日数)		(一日平均)		個 人	団 体(件数)		
14. 4	(22)	1,671	(76)	1,071	600	(9)	7
14. 5	(25)	1,450	(58)	956	494	(9)	8
14. 6	(26)	1,033	(40)	674	359	(11)	8
14. 7	(26)	3,601	(139)	2,792	809	(19)	15
14. 8	(27)	3,346	(124)	3,039	307	(7)	5
14. 9	(25)	1,310	(52)	1,062	248	(9)	8
14.10	(26)	1,825	(70)	835	990	(17)	14
14.11	(26)	1,626	(63)	1,137	489	(14)	11
14.12	(23)	645	(28)	482	163	(6)	5
15. 1	(23)	947	(41)	825	122	(5)	3
15. 2	(24)	1,400	(58)	991	409	(8)	3
15. 3	(26)	1,599	(62)	1,335	264	(6)	4
合 計	(299)	20,453	(810)	15,199	5,254	(120)	91

7) 計量標準

- ① 物理標準
法定計量

種 類	受理個数	手数料 (円)	検査個数	不合格 個 数	不合格率 (%)
検 定	7	43,400	7	0	0.0
型式承認試験	54	8,875,500	48	0	0.0
指定検定機関の行う型式承認試験	11	—	11	0	0.0
基準器検査	2,175	30,570,100	2,178	20	0.9
行政機関等の検定検査用基準器検査	1,679	—	1,690	24	1.4
比較検査	143	1,358,500	132	0	0.0

校正・試験等

種 類	受理個数	手数料 (円)	検査個数	不合格 個 数	不合格率 (%)
特定標準器による校正 (特定二次標準器)	180	32,494,480	173	—	—
特定標準器による校正 (特定副標準器)	24	—	33	—	—
依頼試験	240	50,382,570	213	—	—
その他の依頼試験	142	—	107	—	—

検 定

当所で現在行われている計量法に基づいた検定業務は、精度の極めて高いものと高度の検定設備能力を必要とするものなどの機種だけがその対象となっている。

種 類		受理個数	手数料 (円)	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)	
温 度	ベックマン温度計	つくばセンター	0	0	0	0.0	
		大阪扇町サイト	7	43,400	7	0	0.0
		小 計	7	43,400	7	0	0.0
	ベックマン温度計以外の ガラス製温度計	つくばセンター	0	0	0	0.0	
		大阪扇町サイト	0	0	0	0.0	
		小 計	0	0	0	0.0	
	計	つくばセンター	0	0	0	0.0	
		大阪扇町サイト	7	43,400	7	0	0.0
		小 計	7	43,400	7	0	0.0
合 計	つくばセンター	0	0	0	0.0		
	大阪扇町サイト	7	43,400	7	0	0.0	
総 計		7	43,400	7	0	0.0	

イ、型式承認試験

計量器の構造（性能及び材料の特性を含む。）をあらかじめ十分に試験して、一定の基準に適合するものに「型式の承認」を与え、同一については、その後の計量器の検定に際し、構造の検定を省略（一部残るものもある）し、検定の適正化と効率化を図る制度である。

型式承認試験統計表

種 類	項目 本支所別	受 理 件 数			手数料（円）	試 験 件 数	不承認 件数	不承認率 （%）	
		新規	追加	計					
タクシーメーター	つくばセンター	1	0	1	229,600	1	0	0.0	
	大阪扇町サイト	0	0	0	0	0	0	0.0	
	計	1	0	1	229,600	1	0	0.0	
質量計	非自動はかり	つくばセンター	14	0	14	2,100,000	6	0	0.0
		大阪扇町サイト	0	0	0	0	0	0	0.0
		計	14	0	14	2,100,000	6	0	28.6
温度計	抵抗体温計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	0.0
		大阪扇町サイト	6	0	6	1,395,000	4	0	0.0
		計	2	0	2	1,395,000	4	0	0.0
	ガラス製体温計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	0.0
		大阪扇町サイト	0	0	0	0	0	0	0.0
		計	0	0	0	0	0	0	0.0
体積計	水道メーター	つくばセンター	4	0	4	814,800	5	0	0.0
		大阪扇町サイト	0	0	0	0	0	0	0.0
		計	4	0	4	814,800	5	0	0.0
	温水メーター	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	0.0
		大阪扇町サイト	0	0	0	0	0	0	0.0
		計	0	0	0	0	0	0	0.0
	燃料油メーター	つくばセンター	1	0	1	478,300	1	0	0.0
		大阪扇町サイト	0	0	0	0	0	0	0.0
		計	1	0	1	478,300	0	0	0.0
	液化石油ガスメーター	つくばセンター	1	0	1	481,800	1	0	0.0
		大阪扇町サイト	0	0	0	0	0	0	0.0
		計	1	0	1	481,800	1	0	0.0
ガスメーター	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	0.0	
	大阪扇町サイト	0	0	0	0	0	0	0.0	
	計	0	0	0	0	0	0	0.0	
圧力計	アネロイド型圧力計	つくばセンター	0	1	1	59,200	1	0	0.0
		大阪扇町サイト	0	0	0	0	0	0	0.0
		計	0	1	1	59,200	1	0	0.0
	アネロイド型血圧計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	0.0
大阪扇町サイト		24	0	24	2,349,600	27	0	0.0	
計	24	0	24	2,349,600	27	0	0.0		
熱量計	積算熱量計	つくばセンター	2	0	2	967,200	2	0	0.0
		大阪扇町サイト	0	0	0	0	0	0	0.0
		計	2	0	2	967,200	2	0	0.0
合 計	つくばセンター	23	1	24	5,130,900	17	0	0.0	
	大阪扇町サイト	30	0	30	3,744,600	31	0	0.0	
総 計	計	53	1	54	8,875,500	48	0	0.0	

指定検定機関の行う型式承認試験の承認件数

(手数料は伴わない)

種 類	項 目	承 認 件 数		
		新 規	追 加	計
ガラス電極式水素イオン濃度検出計		4	0	4
ガラス電極式水素イオン濃度指示計		2	0	2
非分散型赤外線式一酸化炭素濃度計		1	0	1
磁気式酸素濃度計		1	0	1
振動レベル計		1	0	1
自動車用普通騒音計		2	0	2
合 計	計	11	0	11

研究関連業務

ロ、基準器検査

計量器の構造、修理などの事業を行う者、及び計量関係行政機関等が、検定、定期検査、立入検査などを行う場合には、その標準として基準器検査に合格して基準器検査成績書が交付された基準器を用いることになっている。基準器検査の対象機種の大半については、当所が検査をおこなっており、これらの業務は、計量法に基づいて行う重要な標準供給業務となっている。なお、基準器検査は検定手数料の関係から次の二つに大別される。

(1) 手数料を徴収する検査（計量器メーカー等が使用するもの）

(2) 手数料を伴わない検査（計量行政機関等が使用するもの）

基準器検査統計表

種類	項目		受理個数	手数料（円）	検査個数	不合格個数	不合格率（%）	
	本支所別							
質量基準器	基準手動天びん	つくばセンター	209	1,913,000	190	4	2.1	
		大阪扇町サイト	214	2,006,000	214	2	0.9	
		小計	423	3,919,000	404	6	1.5	
	基準台手動はかり	つくばセンター	1	14,300	1	0	0.0	
		大阪扇町サイト	1	84,300	1	0	0.0	
		小計	2	98,600	2	0	0.0	
	基準直示天びん	つくばセンター	2	23,000	2	0	0.0	
		大阪扇町サイト	6	69,000	6	0	0.0	
		小計	8	92,000	8	0	0.0	
	基準分銅	つくばセンター	21	247,800	17	0	0.0	
		大阪扇町サイト	51	496,000	51	0	0.0	
		小計	72	743,800	68	0	0.0	
	合計			505	4,853,400	482	6	1.2
	温度基準器	基準ガラス製温度計	つくばセンター	0	0	16	0	0.0
			大阪扇町サイト	429	5,311,800	418	6	1.4
小計			429	5,311,800	434	6	1.4	
基準ベックマン温度計		つくばセンター	0	0	1	0	0.0	
		大阪扇町サイト	0	0	0	0	0.0	
		小計	0	0	1	0	0.0	
合計			429	5,311,800	435	6	1.4	
体積基準器	基準フラスコ	つくばセンター	0	0	0	0	0.0	
		大阪扇町サイト	0	0	0	0	0.0	
		小計	0	0	0	0	0.0	
	基準ビュレット	つくばセンター	0	0	0	0	0.0	
		大阪扇町サイト	9	120,600	9	0	0.0	
		小計	9	120,600	9	0	0.0	
	基準ガスメーター	つくばセンター	66	2,098,200	59	3	5.1	
		大阪扇町サイト	0	0	3	0	0.0	
		小計	66	2,098,200	62	3	4.8	
	基準水道メーター	つくばセンター	51	599,700	47	0	0.0	
		大阪扇町サイト	0	0	0	0	0.0	
		小計	51	599,700	47	0	0.0	
	基準燃料油メーター	つくばセンター	62	1,469,000	59	0	0.0	
		大阪扇町サイト	0	0	0	0	0.0	
		小計	62	1,469,000	59	0	0.0	
基準タリ	つくばセンター	133	3,523,350	125	0	0.0		
	大阪扇町サイト	0	0	0	0	0.0		
	小計	133	3,523,350	125	0	0.0		
基準体積管	つくばセンター	17	1,247,200	16	0	0.0		
	大阪扇町サイト	0	0	0	0	0.0		
	小計	17	1,247,200	16	0	0.0		
合計			338	9,058,050	318	3	0.9	

産業技術総合研究所

種 類	項 目		受理個数	手数料 (円)	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)
	本支所別						
圧力基準器	基準液柱型圧力計	つくばセンター	0	0	10	0	0.0
		大阪扇町サイト	214	1,230,800	211	3	1.4
		小 計	214	1,230,800	221	3	1.4
	基準重錘型圧力計	つくばセンター	0	0	19	0	0.0
		大阪扇町サイト	481	7,792,200	479	2	0.4
		小 計	481	7,792,200	498	2	0.4
合 計		695	9,023,000	719	5	0.7	
密度基準器	基準密度浮ひょう	つくばセンター	0	0	0	0	0.0
		大阪扇町サイト	13	146,900	13	0	0.0
		小 計	13	146,900	13	0	0.0
	液化石油ガス用 浮ひょう型密度計	つくばセンター	0	0	2	0	0.0
		大阪扇町サイト	18	329,400	18	0	0.0
		小 計	18	329,400	20	0	0.0
合 計		31	476,300	33	0	0.0	
濃 度	基準酒精度浮ひょう	つくばセンター	0	0	19	0	0.0
		大阪扇町サイト	20	226,000	20	0	0.0
		小 計	20	226,000	39	0	0.0
合 計		20	226,000	39	0	0.0	
比重基準器	基準比重浮ひょう	つくばセンター	0	0	8	0	0.0
		大阪扇町サイト	137	527,450	118	0	0.0
		小 計	137	527,450	126	0	0.0
	基準重ホルム度 浮ひょう	つくばセンター	0	0	5	0	0.0
		大阪扇町サイト	5	26,700	5	0	0.0
		小 計	5	26,700	10	0	0.0
合 計		142	554,150	136	0	0.0	
振 動	基準カーボ式ビックアップ	つくばセンター	3	207,000	4	0	0.0
		大阪扇町サイト	0	0	0	0	0.0
		小 計	3	207,000	4	0	0.0
合 計		3	207,000	4	0	0.0	
騒 音	騒音基準器	つくばセンター	12	860,400	12	0	0.0
		大阪扇町サイト	0	0	0	0	0.0
		小 計	12	860,400	12	0	0.0
	合 計		12	860,400	12	0	0.0
合 計		つくばセンター 大阪扇町サイト	577 1,598	12,202,950 18,367,150	612 1,566	7 13	1.1 0.8
総 計			2,175	30,570,100	2,178	20	0.9

行政機関等の検定検査用基準器検査統計表

種 類	本支所			不 合 格 個 数			不合格率 (%)
	つくばセンター	大阪扇町サイト	計	つくばセンター	大阪扇町サイト	計	
基準巻尺	0	22	22	0	0	0	0.0
基準手動天びん	27	72	99	1	4	5	5.1
基準台手動ばかり	0	0	0	0	0	0	0.0
基準直示天びん	6	8	14	1	0	1	7.1
基準分銅	283	840	1123	1	1	2	0.2
基準ガラス製温度計	0	155	155	0	2	2	1.3
基準ベックマン温度計	0	0	0	0	0	0	0.0
基準フラスコ	0	10	10	0	0	0	0.0
基準ビュレット	0	11	11	0	1	1	0.0
基準ガスメーター	2	0	2	0	0	0	0.0
基準燃料油メーター	12	0	12	0	0	0	0.0
基準水道メーター	17	0	17	5	0	5	29.4
基準タンク	19	0	19	0	0	0	0.0
基準体積管	0	0	0	0	0	0	0.0
基準液柱型圧力計	0	46	46	0	2	2	4.3
基準重錘型圧力計	0	36	36	0	0	0	0.0
基準密度浮ひょう	0	7	7	0	0	0	0.0
液化石油ガス用基準浮ひょう型密度計	0	43	43	0	0	0	0.0
基準酒精度浮ひょう	0	3	3	0	4	4	133.3
基準比重浮ひょう	0	54	54	0	0	0	0.0
基準重ボーム度浮ひょう	0	2	2	0	0	0	0.0
基準流水型熱量計	1		1	0		0	0.0
基準静電型マイクロホン	14	0	14	2	0	2	14.3
基準ホボ式ピックアップ	0	0	0	0	0	0	0.0
合 計	381	1,309	1,690	10	14	24	1.4

比較検査は、検定と同様に合否の判定を行うが、具体的な器差を明らかにして成績書を交付し、精密な計量に奉仕する制度である。

比較検査

種 類	項目	本支所別		検定個数	不合格 個 数	不合格率 (%)
		受理個数	手数料 (円)			
酒精度浮ひょう	つくばセンター	0	0	0	0	0.0
	大阪扇町サイト	143	1,358,500	132	0	0.0
	小 計	143	1,358,500	132	0	0.0
合 計	つくばセンター	0	0	0	0	0.0
	大阪扇町サイト	143	1,358,500	132	0	0.0
総 計		143	1,358,500	132	0	0.0

ハ、特定標準器による校正試験

特定標準器による校正（特定二次標準器）

種 類	項目		受理個数	手数料（円）	検査個数
	本支所別				
ISO型トロイダルスロート音速ノズル	つくばセンター		1	727,755	1
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		1	727,755	1
ビルドアップ式力基準器	つくばセンター		5	537,075	3
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		5	537,075	3
こうかん式力基準機	つくばセンター		5	880,190	7
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		5	880,190	7
油圧式力基準機	つくばセンター		10	2,120,580	11
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		10	2,120,580	11
実荷重式力基準機	つくばセンター		10	2,161,005	7
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		10	2,161,005	7
ロックウェル硬さ基準器	つくばセンター		3	561,330	1
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		3	561,330	1
ピストン式重錘型圧力標準器	つくばセンター		11	1,956,675	18
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		11	1,956,675	18
標準分銅	つくばセンター		91	5,446,875	91
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		91	5,446,875	91
アルミニウム点実現装置	つくばセンター		3	939,610	3
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		3	939,610	3
銀点実現装置	つくばセンター		3	922,560	0
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		3	922,560	0
銅点実現装置	つくばセンター		3	923,490	0
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		3	923,490	0
露点計	つくばセンター		9	2,953,480	9
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		9	2,953,480	9
気体流量校正装置	つくばセンター		1	916,650	1
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		1	916,650	1
長さ用633nmよう素分子吸収線波長安定化ヘリウムネオンレーザー装置	つくばセンター		3	982,800	3
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		3	982,800	3
振動加速度計	つくばセンター		1	506,940	1
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		1	506,940	1
荷電粒子測定装置	つくばセンター		2	56,070	2
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		2	56,070	2
液体シンチレーションカウンタ	つくばセンター		1	78,540	1
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		1	78,540	1

研究関連業務

種 類	項目		受理個数	手数料 (円)	検査個数
	本支所別				
中硬X線用電離箱式照射線量計	つくばセンター		3	1,558,620	1
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		3	1,558,620	1
軟X線用電離箱式照射線量計	つくばセンター		1	519,540	1
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		1	519,540	1
γ線用電離箱式照射線量計	つくばセンター		2	1,039,080	0
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		2	1,039,080	0
II形標準マイクロホン	つくばセンター		1	246,015	1
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		1	246,015	1
電圧発生装置	つくばセンター		5	2,984,100	5
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		5	2,984,100	5
標準キャパシタ	つくばセンター		2	1,304,100	2
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		2	1,304,100	2
標準抵抗器	つくばセンター		4	2,171,400	4
	大阪扇町サイト		0	0	0
	小 計		4	2,171,400	4
合 計	つくばセンター		180	32,494,480	173
	大阪扇町サイト		0	0	0
総 計			180	32,494,480	173

特定標準器による校正 (特定副標準器)

種 類	本支所	試 験 個 数		
		つくばセンター	大阪扇町サイト	計
水の三重点実現装置		1	0	1
スズ点実現装置		1	0	1
銀点実現装置		1	0	1
銅点実現装置		1	0	1
亜鉛点実現装置		2	0	2
水銀点実現装置		1	0	1
標準パワーメータ		1	0	1
標準カロリメータ		3	0	3
標準電力計		4	0	4
標準抵抗器		16	0	16
電圧発生装置		2	0	2
合 計		33	0	33

二、依頼試験

依頼試験統計表

種 類	受 理 個 数			手 数 料 (円)			試 験 個 数		
	つくば センター	大阪扇町 サイト	計	つくば センター	大阪扇町 サイト	計	つくば センター	大阪扇町 サイト	計
長さ									
よう素安定化ヘリウムネオンレーザ	3		3	960,800		960,800	3		3
ブロックゲージ	14		14	719,100		719,100	1		1
幾何学量									
リングゲージ	1		1	191,900		191,900	1		1
ボールプレート	5		5	882,000		882,000	2		2
一次元グレーティング	1		1	562,600		562,600	1		1
時間									
周波数発生器	2		2	420,060		420,060	2		2
質量									
標準分銅	29		29	2,405,300		2,405,300	7		7
高精度分銅	1		1	303,600		303,600	1		1
力									
高精度力計・ロードセル	13		13	3,142,600		3,142,600	16		16
一軸試験機	2		2	239,600		239,600	2		2
圧力									
デジタル圧力計	4		4	1,995,600		1,995,600	4		4
流量									
気体用流量計	1		1	475,190		475,190	1		1
タービン流量計	1		1	740,300		740,300	1		1
マスフロメータ	2		2	907,200		907,200	2		2
液体大流量	1		1	538,480		538,480	1		1
超音波風速計	3		3	5,912,800		5,912,800	3		3
密度									
密度標準液	5		5	408,000		408,000	5		5
粘度・動粘度									
粘度計校正用標準液	18		18	3,504,050		3,504,050	20		20
体積（衡量法）									
標準タンク	2		2	339,800		339,800	5		5
ビュレット		2	2		85,890	85,890		2	2
標準フラスコ		11	11		416,900	416,900	13	11	24
振動加速度									
振動加速度ピックアップ	1		1	262,500		262,500	1		1
直流・低周波									
標準電圧発生器	1		1	662,700		662,700	1		1
標準抵抗器	2		2	1,159,800		1,159,800	2		2
高周波									
標準ダイポールアンテナ	2		2	1,869,000		1,869,000	1		1
高周波電力標準校正	1		1	1,134,100		1,134,100	1		1
可変抵抗減衰器	1		1	362,860		362,860	1		1
測光量・放射線量									
可視域分光応答度試験	7		7	1,537,800		1,537,800	7		7
広帯域分光応答度試験	3		3	745,800		745,800	3		3
放射線									
照射線量測定器	9		9	781,300		781,300	8		8
γ線スペクトル測定試験	2		2	102,400		102,400	2		2
標準照射	1		1	167,100		167,100	1		1
中性子									
中性子源	1		1	97,500		97,500	1		1
中性子測定器	1		1	515,500		515,500			0
温度									
標準白金測温抵抗体	3		3	1,173,200		1,173,200	5		5
常温域黒体炉	1		1	391,600		391,600	1		1
定点黒体炉	8		8	1,378,400		1,378,400	8		8
移送式耳式体温計用黒体炉							1		1
シリコン単色放射温度計	2		2	751,400		751,400	2		2
ガラス製温度計		3	3		211,800	211,800	2	0	2
湿度									
露点計	2		2	1,469,740		1,469,740	2		2
衝撃値									
衝撃試験機（JIS B 7740）	1		1	289,800		289,800	2		2

研究関連業務

種 類	受 理 個 数			手 数 料 (円)			試 験 個 数		
	つくば センター	大阪扇町 サイト	計	つくば センター	大阪扇町 サイト	計	つくば センター	大阪扇町 サイト	計
粒子・粒体特性									
粒径	1		1	528,700		528,700			0
計量器の構成要素及び検査装置の試験									
電磁力平衡型はかり	4		4	137,200		137,200	4		4
ガスメーター用膜	2		2	137,000		137,000	1		1
特定計量器外部接続装置の性能試験	1		1	107,700		107,700	1		1
その他									
液体メーター用標準体積管	2		2	407,000		407,000	1		1
液体メータ用標準タンク	12		12	2,710,800		2,710,800	11		11
標準水道メーター	3		3	203,700		203,700	3		3
標準燃料油メーター	38		38	3,210,500		3,210,500	32		32
油封式湿式ガスメーター	2		2	907,200		907,200	2		2
OIML適合証明書									
非自動はかり	1		1	500,500		500,500	1		1
自動車等給油メーター	1		1	1,316,200		1,316,200	1		1
合 計	224	16	240	49,667,980	714,590	50,382,570	200	13	213

その他の依頼試験

種 類	本支社別			試 験 個 数		
	つくばセンター	大阪扇町サイト	計	つくばセンター	大阪扇町サイト	計
デジタル圧力計	4	0	4	4	0	4
温度計	0	2	2	0	2	2
白金抵抗温度計	2	0	2	2	0	2
水の三重点セルと保持装置	1	0	1	1	0	1
白金測温抵抗体	1	0	1	1	0	1
パイプの寸法測定及び内径測定	1	0	1	1	0	1
石英チューブ	1	0	1	1	0	1
露点計	2	0	2	2	0	2
カウンタ	1	0	1	1	0	1
力標準機の設置場所における重力加速度値	4	0	4	4	0	4
トルク標準機の設置場所における重力加速度値	2	0	2	2	0	2
圧力標準の設置場所における重力加速度値	2	0	2	2	0	2
鋼製巻尺	1	0	1	1	0	1
ブロックゲージ	1	0	1	1	0	1
よう素安定化He-Neレーザー	1	0	1	1	0	1
密度浮ひょう	1	0	1	1	0	1
SUS304連鎖分銅	26	0	26	26	0	26
54kN力標準機用分銅	9	0	9	9	0	9
1MN力標準機用増しおもり	16	0	16	16	0	16
分銅	29	0	29	29	0	29
合 計	105	2	107	105	2	107

② 認証標準物質

計量標準総合センターでは品質システムを整備し、生産計画に基づいて、標準物質の生産を行っている。特性値は、安定性と均一性を確認し、妥当性が確かめられた測定方法とトレーサビリティの確立された計測標準を用いている。また、不確かさを算出した上で、内部の標準物質認証委員会にて審議され、認証標準物質（NMIJCRM）を随時、頒布している

認証標準物質の一覧表

(物質工学工業技術研究所認証標準物質)

識別記号	名 称	頒 布 数
NIMC CRM4001-a	エタノール	2
NIMC CRM4003-a	トルエン	0
NIMC CRM4004-a	1, 2-ジクロロエタン	0
NIMC CRM5201-a	GaAs/AlAs超格子標準物質	10
NIMC CRM5501-a	高分子引張弾性率標準物質	0

(NMIJ 認証標準物質)

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM1001-a	鉄-クロム合金 (Cr 5%)	0
NMIJ CRM1002-a	鉄-クロム合金 (Cr 10%)	0
NMIJ CRM1003-a	鉄-クロム合金 (Cr 20%)	0
NMIJ CRM1004-a	鉄-クロム合金 (Cr 30%)	0
NMIJ CRM1005-a	鉄-クロム合金 (Cr 40%)	0
NMIJ CRM1006-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 5%)	0
NMIJ CRM1007-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 10%)	0
NMIJ CRM1008-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 20%)	0
NMIJ CRM1009-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 40%)	0
NMIJ CRM1010-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 60%)	0
NMIJ CRM1011-a	鉄-炭素合金 (C 0.1%)	0
NMIJ CRM1012-a	鉄-炭素合金 (C 0.2%)	0
NMIJ CRM1013-a	鉄-炭素合金 (C 0.3%)	0
NMIJ CRM1014-a	鉄-炭素合金 (C 0.4%)	0
NMIJ CRM1015-a	鉄-炭素合金 (C 0.5%)	0
NMIJ CRM3001-a	フタル酸水素カリウム	0
NMIJ CRM4002-a	ベンゼン	0
NMIJ CRM4011-a	o-キシレン	0
NMIJ CRM4012-a	m-キシレン	0
NMIJ CRM4021-a	エチルベンゼン	0
NMIJ CRM4022-a	フタル酸ジエチル	0
NMIJ CRM4401-a	VOC三種混合ガス (高濃度)	0
NMIJ CRM4402-a	VOC三種混合ガス (低濃度)	0
NMIJ CRM5502-a	動的粘弾性標準物質 (PVC)	0
NMIJ CRM5503-a	動的粘弾性標準物質 (PMMA)	0
NMIJ CRM5504-a	動的粘弾性標準物質 (PE-UHMW)	0
NMIJ CRM5505-a	動的粘弾性標準物質 (PEEK)	0
NMIJ CRM7301-a	海底質 (ブチルスズ分析用)	1
NMIJ CRM7302-a	海底質 (有害金属分析用)	6
NMIJ CRM7303-a	湖底質 (有害金属分析用)	0

研究関連業務

③ 講習・教習

平成14年度計量教習実績

成果普及部門計量研修センター

教 習 名		対 象 者	教 習 期 間	場 所	期 間	受 講 者 数	受 講 料 収 入 金				
一般計量教習	前 期	計量士になろうとする者及び計量行政機関の職員	H14.4.8～7.3	3月	つくば	30	3,630,000				
	後 期	同 上	H14.9.2～11.28	3月	つくば	39	3,339,600				
一般計量特別教習	濃 度 関 係	計量士になろうとする者及び計量行政機関の職員で一般計量教習を修了した者	H15.1.14～3.12	2月	つくば	31	1,839,200				
環境計量特別教習	騒音・振動関係	計量行政機関等の職員	H15.1.14～3.5	7週間	つくば	25	5,035,200				
短期計量教習			H15.3.6～3.20	2週間	つくば	15	924,000				
特 定 教 習	計量検定所・計量検査所新任所長教習	都道府県及び特定市の新任所長	H14.7.15～8.9	1月	つくば	50	96,800				
	指定製造事業者制度教習	当該制度の検査に携わる都道府県等の職員	H14.6.3～6.5	3日	つくば	12					
	計量検定所・計量検査所幹部職員教習	都道府県及び特定市の幹部計量公務員	H14.7.2～7.12	2週間	つくば	27					
	環境計量証明事業制度教習	都道府県及び特定市の職員	H14.11.18～11.20	3日	つくば	10					
	特定計量証明事業管理者講習	当該事業の環境計量士（濃度関係）であって、ダイオキシン類の実務の経験一年以上の者	H14.12.2～12.13	2週間	つくば	19					
	JCSSはかり研修	AIST, NITEの職員で品質システム審査員候補	H14.7.29～8.2	1週間	お台場	35	1,200,500				
	試験所・校正機関認定審査員研修	JNLA, JCSS, MLAP等の審査員等候補者、審査員等希望者、及びこれらの者と同等の審査知識・技術の取得希望者	H14.12.2～12.6	1週間	お台場	21	720,300				
環 境 計 量 講 習	濃 度 関 係	環境計量士の国家試験に合格した者であって、施行規則第51条（登録条件）の条件を満たさない者。登録しようとする区分に係る環境計量証明事業者等に属し、かつ、計量に関する実務に1年以上従事している方については、その実務経験が認められれば環境計量士として登録することが出来るので本講習を受講することは不要	H14.10.21～10.25	1週間	つくば	8					
			各4日間	つくば	H14.12.9～12.13	1週間	つくば	25			
					H14.7.16～7.19			30	2,733,000		
					H14.7.23～7.26			30	2,733,000		
					H14.8.6～8.9			30	2,733,000		
					H14.8.27～8.30			29	2,641,900		
					H14.9.3～9.6			30	2,733,000		
					H14.9.17～9.20			30	2,733,000		
					H14.9.24～9.27			29	2,641,900		
					H14.10.8～10.11			29	2,641,900		
	H14.10.15～10.18						29	2,641,900			
	H14.10.29～11.1						29	2,641,900			
	H14.11.5～11.8						29	2,641,900			
	H14.11.26～11.29						25	2,277,500			
	騒音・振動関係				各5日間	つくば	H14.9.9～9.13			30	1,731,000
							H14.9.30～10.4			29	1,673,300
							H14.10.21～10.25			28	1,615,600
H14.11.11～11.15				17			980,900				
JICA 集団研修	『法定計量』コース	発展途上国の計量関係公務員	H14.6.3～9.8	14週間	つくば	6					

8) 工業標準

① JIS/TR 制度の概要

日本工業規格（JIS）は、鉱工業品の品質の改善、生産能率の増進、生産の合理化、取引の単純公正化、使用、消費の合理化を図る等を目的として、鉱工業品の種類、形式、形状、寸法、構造、品質等の要素、また、鉱工業品の生産方法、設計方法、使用方法等の方法、若しくは試験、検査等の方法その他について規定した技術文書として、工業標準化法（昭和24年6月1日法律第185号）に基づく手続きによって制定される。

標準情報（TR）は、JIS 化等の標準化を行うには時期尚早であるが、JIS の制定の前提となる利害関係者のコンセンサスの形成を促進するため、技術情報を早期に市場に公開することが有効である、と主務大臣が、日本工業標準調査会（JISC）の意見を聴取した上で適切と判断した場合、「標準情報（TR：Technical Reports）」として

公表される。

② JIS/TR 化等の標準化研究

産総研では、市場適合性（市場のニーズ及び社会的ニーズ）を確保した社会に役立つ工業標準（ISO、IEC、JIS、TR）を作成することを目的として、以下の2つの標準化研究を行う。

イ、標準基盤研究

工業標準化を推進するためには、その前提として、関連技術に関する標準化のための基礎的データや評価手法等の関連情報が必要であるが、産業界を中心とした民間においては標準化のためのデータ等が不足しているか、ノウハウに属するようなものであって標準化の資料として活用できない場合、産総研が中心となって基礎的データの収集・蓄積・体系化や、試験評価方法の確立の基礎となる評価データの取得・分析等の標準基盤の整備（標準基盤研究）を推進し、以下に示すいずれかの工業標準原案を作成（規格改正案作成を含む）することを目的とする。

- ・国際標準（ISO、IEC）の獲得が我が国産業の発展に特に欠かせないものであって、国際標準化を行うために研究開発が不可欠である技術分野に対して国際標準原案作成のための研究開発を実施し、この原案を作成するとともに、必要に応じ JIS 原案を作成する。
- ・特定の公共目的（環境対応、高齢者・障害者対応等）の達成のために標準化を行う必要があるものであって、そのために研究開発が不可欠である技術分野に対して JIS 原案作成のための研究開発を実施し、この原案又は標準情報（TR）原案を作成するとともに、必要に応じ国際標準原案を作成する。

ロ、標準情報（TR）化研究

産総研において研究中又は研究終了後の研究成果について、標準化の観点からの研究成果の活用を促すため、JIS 化には、まず、市場に情報提供してその市場適合性を確認する必要性のある技術情報、JIS 化には時期尚早であるが、迅速かつ的確に規格関連情報として市場に提供することが可能又は必要と思われるもの等に対して、TR 化のための追加的な研究のための予算措置を行い、最終的に TR 案として報告書をまとめ、その結果から、産総研の研究成果の活用及び研究成果の実用化までの期間短縮を図ることを目的とする。

平成14年度 ISO/IEC の主な作成実績

成果普及部門 工業標準部

No.	ISO/IECの別	名 称	NP (新業務 項目) 提案	FDIS (最終国際 規格案) 承認	規格票 発行	提案者	所属 ユニット	研究名	ISO/IEC TC
1	ISO 16014- 1:2003	Plastics -- Determination of average molecular mass and molecular mass distribution of polymers using size-exclusion chromatography -- Part 1: General principles (プラスチックサイズ除外クロマトグラフィーを用いた重合体の平均分子質量及び分子質量分布の測定－第1部：一般原則)			H15. 4. 1	衣笠 晋一 中村 茂夫 (神奈川大学) 服部 滋 (元物質研)	計測標準研 究部門		ISO/TC61 (プラスチック) /SC5(物理・化学的 性質)
2	ISO 16014- 2:2003	Plastics -- Determination of average molecular mass and molecular mass distribution of polymers using size-exclusion chromatography -- Part 2: Universal calibration method (プラスチックサイズ除外クロマトグラフィーを用いた重合体の平均分子質量及び分子質量分布の測定－第2部：汎用校正法)			H15. 4. 1	衣笠 晋一 中村 茂夫 (神奈川大学) 服部 滋 (元物質研)	計測標準研 究部門		ISO/TC61 (プラスチック) /SC5(物理・化学的 性質)
3	ISO 16014- 3:2003	Plastics -- Determination of average molecular mass and molecular mass distribution of polymers using size-exclusion chromatography -- Part 3: Low-temperature method (プラスチックサイズ除外クロマトグラフィーを用いた重合体の平均分子質量及び分子質量分布の測定－第3部：低温法)			H15. 4. 1	衣笠 晋一 中村 茂夫 (神奈川大学) 服部 滋 (元物質研)	計測標準研 究部門		ISO/TC61 (プラスチック) /SC5(物理・化学的 性質)
4	ISO 16014- 4:2003	Plastics -- Determination of average molecular mass and molecular mass distribution of polymers using size-exclusion chromatography -- Part 4: High-temperature method (プラスチックサイズ除外クロマトグラフィーを用いた重合体の平均分子質量及び分子質量分布の測定－第4部：高温法)			H15. 4. 1	衣笠 晋一 中村 茂夫 (神奈川大学) 服部 滋 (元物質研)	計測標準研 究部門		ISO/TC61 (プラスチック) /SC5(物理・化学的 性質)
5	ISO 226:200 3	Acoustics -- Normal equal-loudness-level contours (音響－音の等ラウドネス曲線)	H11. 4	H15. 5	H15. 8. 15	蘆原 郁 鈴木 陽一 (東北大学) 他	技術情報部 門(人間福 祉医工学研 究部門)	H12-14 国際共同研 究助成事 業 (新エ ネルギー・ 産 業技術 総合開 発機構 助成)	ISO/TC43 (音響)
6	ISO/IE C 14492 AMD2	Information technology -- Lossy/lossless coding of bi-level images, AMENDMENT 2: Extension of adaptive templates for halftone coding (情報技術－2値画像の非可逆/可逆符号化、追補2: ハーフトーン符号化のための適応テンプレートの拡張)	H12. 12	H15. 7	H15. 12. 12	樋口 哲也 坂無 英徳	次世代半導 体研究セン ター	H13-15 基準認 証研究 開発事 業 (経済 産業省 委託)	ISO/IEC JTC 1/SC 29 (音声、 画像、マル チメディア ハイパー、 メディア情 報符号化) /WG 1

平成14年度JIS/TRの作成実績

成果普及部門 工業標準部

No.	TR/JIS の別	名 称	経済省提出 年月日	JISC 審議 年月日	公示/公表 年月日	提案者名	所属 ユニット	研究名	JISC 審 議専門委 員会名
1	TR Z0024	きゅう(嗅)覚による においの同定能力測定方 法(タイプII)	H14.1.9	H14.3.28	H14.5.1	斉藤幸子	脳神経情報 研究部門	H10標準基盤	消費生活 技術
2	JIS A0204	地質図—記号,色,模 様,用語及び凡例表示	H14.3.6 (申出)	H14.5.10	H14.7.20	鹿野和彦 湯浅真人他	地質調査総 合センター	H11TR化研究	土木技術
3	TR H0002	多孔質金属材料圧縮試験 片-アルミニウム及びア ルミニウム合金(タイプ II)	H14.6.5	H14.12.20	H15.3.1	馬淵 守	基礎素材研 究部門	H13TR化研究	非鉄金属 技術
4	TR K0007	工業用水・工場排水中の 有機不揮発性化合物測定方法 —ガスクロマトグラフィー 誘導結合プラズマ質 量分析法(タイプII)	H14.8.9	H14.9.27	H15.4.1	田尾 博明	環境管理研 究部門	H13TR化研究	環境・資 源循環
5	TR C0028	パーソナルコンピュータ のリニアPCMオーディオ 信号入出力性能の測定方 法(タイプII)	H14.9.26	H15.6.5	H15.7.1	倉片 憲治	人間福祉医 工学研究部 門	H13標準基盤	電子技術
6	TR A0018	地質図—ベクトル数値地 図の品質要求事項(タイ プII)	H14.11.20	H15.2.21	H15.5.1	長谷川 功 鹿野 和彦 他	地質調査総 合センター	H12TR化研究	土木技術
7	JIS S0014	高齢者・障害者配慮設計 指針—消費生活製品の報 知音—妨害音及び聴覚の 加齢変化を考慮した音圧 レベル	H15.2.24 (申出)	H15.7.15	H15.10.20	倉片 憲治	人間福祉医 工学研究部 門	H13TR化研究 H14原案作成委 員会	消費生活 技術
8	JIS S0031	高齢者・障害者配慮設計 指針—視覚表示物—年代 別相対輝度の求め方及び 光の評価方法	H15.3.13 (申出)	H15.7.15	H16.1.20	佐川 賢	人間福祉医 工学研究部 門	H11標準基盤 H14原案作成委 員会	消費生活 技術
9	JIS S0032	高齢者・障害者配慮設計 指針—視覚表示物—日本 語文字の最小可読文字サ イズ推定方法	H15.3.19 (申出)	H15.7.15	H15.10.20	佐川 賢	人間福祉医 工学研究部 門	H13標準基盤 H14原案作成委 員会	消費生活 技術

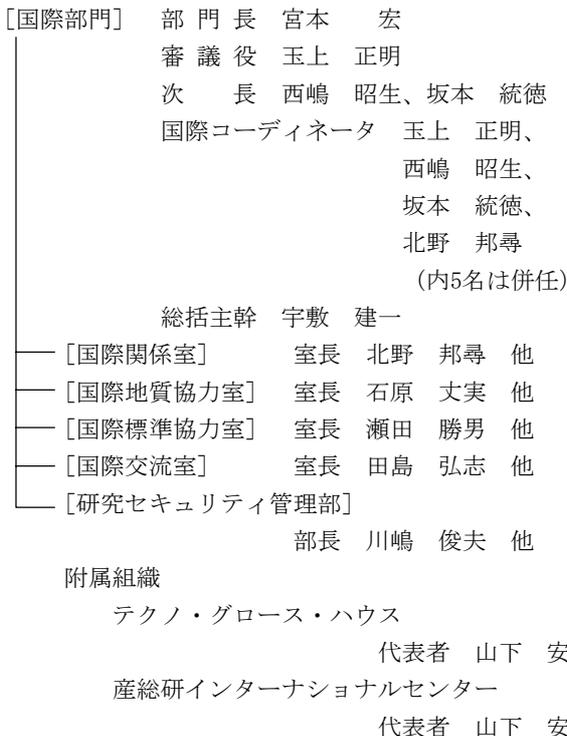
(13) 国際部門
(International Affairs Department)

所在地：つくば中央第2、つくば中央第3、
つくば中央第7、つくば中央第1

人員：71 (39) 名

概要：国際部門は、外国研究機関等の技術政策、研究動向などを、技術情報部門と連携をとりつつ分析・予測し、企画本部との連携のもと産総研の国際戦略を企画・立案、その実現に向けて活動する。本部門は、産総研の将来に向けての国際展開の重要性、発展性に鑑み、また国際関連業務の充実を目指してグローバルな視点を大切にして活動を行う。さらに産総研の海外への成果普及・技術移転と、積極的な海外共同研究プロジェクト掘り起こしのサポートを行う。また外国人外部人材受入審査に関する業務を行う。

機構図 (3/31現在)



国際関係室 (International Relationship Office)
(つくば中央第2)

概要：ツイン研究制度を発展させた Institute Partnership Program の実施によって、海外機関と包括的連携を行い、国際産学官連携を強化することによって研究所のミッションを遂行するための国際展開を図る。また、法人の研究ポテンシャルを強化し、研究のフロンティアを拡大するため、欧米をはじめとする先端技術をターゲットとした海外展開を行う。さらに国際共同研究、国際受託研究などを促進するためのインターフェースと

して、産総研国際シンポジウムの企画立案を成果普及部門と連携しながら実施する。

国際地質協力室
(International Geoscience Cooperation Office)
(つくば中央第7)

概要：地質の調査等に係わる国際協力活動の総括、対外的窓口の役割を担う。地質の調査等の研究関連ユニットと協力し、東・東南アジア沿岸・沿海地球科学計画調整委員会 (CCOP)、国際地質調査所会議、世界地質図委員会等の国際会議への参画、運営、および国際標準のための地球科学情報構築、ならびに地質の調査等に係わる国際技術協力プロジェクトの企画、立案、調整、運営、管理を行う。

国際標準協力室
(International Metrology Cooperation Office)
(つくば中央第3)

概要：国際度量衡総会、国際法定計量会議、国際度量衡委員会、量別諮問委員会等の計量標準に係わる国際会議や相互承認における議決の政策調査、分析、策定、国際査察の企画、管理ならびに国際比較の管理、国際比較情報の分析、管理、計量標準に係わる技術協力プロジェクトの企画、立案、調整、運営、管理を行う。

日本から選出された上記諸機関やその地域組織役員を支援し、また状況に応じてこれらの事務局機能を果たす。

国際交流室 (International Cooperation Office)
(つくば中央第2)

概要：職員の海外派遣、外国人招へい・受け入れ、外国人研究者の生活支援 (AIC)、国際交流に係わる研修、見学、国際共同研究、国際会議、国際ワークショップ等の開催支援等に係わる業務を行う。

また、海外への技術協力、海外派遣者の安全に関する調査、緊急時におけるマニュアル等の整備を行う。

研究セキュリティ管理部
(Research Security Control Division)
(つくば中央第2)

概要：外部人材の一元的なデータ整理・研究所のセキュリティ確保を目的とした外部人材事前登録に関わる業務を行なう。

また、産総研の職員が、安全保障輸出規制に適切に対応し国際的な活動を展開していけるよう、安全保障輸出管理関連法規の遵守に必要な情報及び安全保障輸出管理に関する業務を行なう。

テクノ・グロース・ハウス

(Techno-Growth House (TGH))

(つくば中央第1)

概要：テクノ・グロース・ハウスは、研究者ベースでのより活発な国際研究交流を官民間問わず支援するために設置され、国際的な研究交流活動を行うために海外から来る研究者に対して、オフィスファシリティ、国際会議室、資料室などの日本における活動拠点を提供することを目的としている。

産総研インターナショナルセンター

(The AIST International Center(AIC))

(つくば中央第1)

概要：産総研インターナショナルセンターは、産業技術総合研究所に滞在する外国人研究者およびその家族の生活上の支援を目的に、日本語研修、日本文化研修、日本産業事情視察、交流会、および生活相談業務等の支援事業を行う。

1) 海外出張

表1 平成14年度外国出張者数(予算別)

(件)

区 分	受 付	取 消 等	実出張数
産総研予算による出張	2,785	66	2,719
外部機関からの依頼による出張	338	2	336
外部機関からの受託による出張	3	0	3
外部制度による支出	15	0	15
外国の研究機関等から招聘による出張	146	3	143
分科省科研費による出張	22	1	21
計	3,309	72	3,237

※上表の件数は平成14年度出張申請書受理ベースの件数です。

研究関連業務

表2 平成14年度外国出張者数(国別)

区分/国名	計		1 内 部	2 公益法 人等依頼	3 民間等 より受託	4 外部 制度	5 海外か らの招聘	6 文科省 科研費
	件数	割合						
韓国	273	7.3%	218	14			40	1
台湾	73	2.0%	49	10			12	2
香港	17	0.5%	13	3		1		
フィリピン	13	0.3%	8	5				
インドネシア	25	0.7%	17	5			3	
カンボディア	1	0.0%						1
タイ	101	2.7%	74	16		1	9	1
マレーシア	16	0.4%	13	2			1	
ミャンマー	1	0.0%	1					
スリ・ランカ	3	0.1%	2	1				
インド	12	0.3%	11	1				
パキスタン	3	0.1%	1	2				
ラオス	1	0.0%		1				
シンガポール	51	1.4%	38	3			10	
バングラデシュ	2	0.1%	2					
中国	222	5.9%	195	15	1		6	5
モンゴル	14	0.4%	11	3				
ヴェトナム	51	1.4%	43	5			2	1
オーストラリア	89	2.4%	78	5		1	4	1
ニュー・ジーランド	48	1.3%	44	2				2
米国	1,066	28.5%	922	110	2	4	22	6
カナダ	163	4.4%	151	9		1	2	
メキシコ	19	0.5%	17	2				
ニカラグア	2	0.1%	2					
コスタ・リカ	3	0.1%	2	1				
ブラジル	8	0.2%	7	1				
アルゼンティン	7	0.2%	1	6				
チリ	3	0.1%	3					
ジャマイカ	1	0.0%		1				
パラグアイ	1	0.0%		1				
英国	163	4.4%	134	23		2	4	
ドイツ	265	7.1%	216	34		1	11	3
フランス	252	6.7%	217	26		1	8	
イタリア	119	3.2%	101	12		1	5	
スイス	91	2.4%	79	10			2	
オーストリア	40	1.1%	34	6				
ベルギー	36	1.0%	26	9			1	
オランダ	53	1.4%	39	10		1	3	
ルクセンブルグ	1	0.0%	1					
ノールウェー	23	0.6%	20	1			2	
スウェーデン	58	1.6%	51	7				
デンマーク	22	0.6%	19	1			1	1
フィンランド	20	0.5%	19				1	
アイルランド	8	0.2%	4	1			3	
スペイン	57	1.5%	46	8		1	2	
ポルトガル	10	0.3%	8	2				
ギリシャ	14	0.4%	12	2				
ロシア	39	1.0%	29	10				
ポーランド	17	0.5%	13	4				
チェッコ	23	0.6%	20	2		1		
ハンガリー	19	0.5%	14	5				
ルーマニア	2	0.1%	2					
ブルガリア	2	0.1%	2					
スロヴァキア	2	0.1%	2					

産業技術総合研究所

区分/国名	計		1 内 部	2 公益法 人等依頼	3 民間等 より受託	4 外部 制度	5 海外か らの招聘	6 文科省 科研費
	件数	割合						
イラン	1	0.0%		1				
トルコ	30	0.8%	30					
シリア	1	0.0%	1					
アラブ首長国連邦	2	0.1%	1	1				
イスラエル	1	0.0%	1					
エジプト	1	0.0%	1					
南アフリカ共和国	14	0.4%	12	1				1
アフガニスタン	1	0.0%	1					
テュニジア	2	0.1%	1	1				
ウクライナ	1	0.0%	1					
カザフスタン	1	0.0%	1					
グルジア	1	0.0%		1				
クロアチア	8	0.2%	6	2				
スロベニア	6	0.2%	5	1				
セネガル	2	0.1%		2				
ナミビア	1	0.0%	1					
バーレーン	1	0.0%	1					
フランス領西インド諸島	1	0.0%	1					
仏領マルチニーク	1	0.0%	1					
モーリタニア	2	0.1%		2				
モナコ	1	0.0%		1				
日本（海外在住）	31	0.8%	31					
計	3,735	100.0%	3,127	410	3	16	154	25

(1つの出張で数カ国またがる場合にはそれぞれの国にカウントされております。)

実出張者数	3,237		2,719	336	3	15	143	21
-------	-------	--	-------	-----	---	----	-----	----

表3 平成14年度外国出張者数(ユニット別)

区 分/組 織	計	1 内部	2 公益 法人等 依頼	3 民間 等より 受託	4 外部 制度	5 海外 からの 招聘	6 文科 省科研 費
110 理事長	5	5					
110 理事	24	21	2			1	
120 監事	2	2					
123 研究コーディネーター	2		1			1	
125 顧問	1	1					
130 企画本部	41	39	1			1	
140 評価部	8	8					
211 深部地質環境研究センター	7	7					
212 活断層研究センター	58	56	2				
213 化学物質リスク管理研究センター	36	36					
214 フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター	12	8	4				
215 ライフサイクルアセスメント研究センター	29	17	11			1	
216 パワーエレクトロニクス研究センター	13	11	1			1	
217 生命情報科学研究センター	44	31	9			3	1
218 生物情報解析研究センター	19	17	1			1	
219 ティッシュエンジニアリング研究センター	37	34	3				
220 ジーンディスカバリー研究センター	16	13				3	
221 ヒューマンストレスシグナル研究センター	17	16	1				
222 強相関電子技術研究センター	48	47				1	
223 次世代半導体研究センター	38	36	2				
224 サイバーアシスト研究センター	43	36	6			1	
225 マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター	6	6					
226 ものづくり先端技術研究センター	19	17				2	
227 高分子基盤技術研究センター	19	17				2	
228 光反応制御研究センター	19	18					1
229 新炭素系材料開発研究センター	30	23	7				
230 シナジーマテリアル研究センター	39	37	1			1	
231 超臨界流体研究センター	12	9			3		
232 スマートストラクチャー研究センター	59	55	1			1	2
233 界面ナノアーキテクニクス研究センター	32	28	3			1	
234 グリッド研究センター	73	42	30			1	
235 爆発安全研究センター	13	11	2				
236 糖鎖工学研究センター	32	28	4				
237 年齢軸生命工学研究センター	16	13				3	
238 技術と社会研究センター	9	6	3				
310 計測標準研究部門	288	250	25		3	9	1
320 地球科学情報研究部門	130	100	23	1	1	5	
321 地圏資源環境研究部門	116	99	12			4	1
322 海洋資源環境研究部門	80	53	21			5	1
323 エネルギー利用研究部門	171	140	28			3	
324 電力エネルギー研究部門	115	92	19			4	
325 環境管理研究部門	115	86	9			16	4
326 環境調和技術研究部門	71	59	4			8	
327 情報処理研究部門	36	26	9			1	
328 知能システム研究部門	97	87	4		2	4	
329 エレクトロニクス研究部門	66	57	6	1		2	
330 光技術研究部門	99	76	5		3	15	
331 生物遺伝子資源研究部門	36	33		1		1	1
332 分子細胞工学研究部門	21	19				2	
333 人間福祉医工学研究部門	61	55	5				1
334 脳神経情報研究部門	48	37	5			5	1
335 物質プロセス研究部門	32	29	3				
336 セラミックス研究部門	76	72	4				

産業技術総合研究所

区 分／組 織	計	1 内部	2 公益 法人等 依頼	3 民間 等より 受託	4 外部 制度	5 海外 からの 招聘	6 文科 省科研 費
337 基礎素材研究部門	65	59	2		1	3	
338 機械システム研究部門	94	88	4			1	1
339 ナノテクノロジー研究部門	76	56	7		1	12	
340 計算科学研究部門	20	15	3			2	
341 生物機能工学研究部門	41	29	9			3	
401 人間系特別研究体	38	30	1		1	3	3
402 生活環境系特別研究体	41	30	10			1	
412 薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ	6	6					
413 デジタルヒューマン研究ラボ	25	18	5			2	
413 ライフエレクトロニクス研究ラボ	13	12				1	
415 次世代光工学研究ラボ	13	13					
416 微小重力環境利用材料研究ラボ	7	7					
417 純度制御材料開発研究ラボ	3	3					
418 メンブレン化学研究ラボ	8	6				2	
419 マイクロ空間化学研究ラボ	6	6					
420 先端バイオエレクトロニクス研究ラボ	5	3	2				
421 極微プロファイル計測研究ラボ	4	4					
422 ジーンファンクション研究ラボ	20	20					
491 フェロー	3	3					
610 先端情報計算センター	5	1	1			3	
620 特許生物寄託センター	5	5					
630 ベンチャー開発戦略研究センター	5	5					
710 技術情報部門	8	7					1
720 産学官連携部門	39	32	7				
750 成果普及部門	27	26	1				
760 国際部門	73	65	7			1	
931 北海道センター	1	1					
937 中国センター	1	1					
939 九州センター	1	1					
(以下、産総研からの依頼出張)							
999 (株)環境管理センター	1	1					
999 (株)東芝 研究開発センター	1	1					
999 CCOP事務局	2	2					
999 インドネシア地質鉱物資源総局	1	1					
999 カンボジア地質資源総局	1	1					
999 コンバックコンピュータ株式会社	2	2					
999 サン・マイクロシステムズ株式会社	1	1					
999 タイ鉱物資源局	1	1					
999 パプア・ニューギニア鉱山局	1	1					
999 フィリピン鉱山地球科学局	1	1					
999 ベトナム地質鉱物資源局	1	1					
999 マレーシア鉱物地球科学局	1	1					
999 ラオス地質鉱山局	1	1					
999 株式会社SRA 中部支社SS部	1	1					
999 株式会社SRAグローバルITカンパニー	1	1					
999 株式会社富士通研究所	1	1					
999 近畿大学 農学部	1	1					
999 慶應義塾大学	1	1					
999 佐賀大学 農学部	1	1					
999 財団法人エンジニアリング振興協会	1	1					
999 財団法人次世代金属・複合材料研究開発協会	1	1					
999 財団法人高度情報科学技術研究機構	1	1					
999 埼玉大学 理学部	1	1					
999 山口大学 農学部	1	1					

研究関連業務

区 分／組 織	計	1 内部	2 公益 法人等 依頼	3 民間 等より 受託	4 外部 制度	5 海外 からの 招聘	6 文科 省科研 費
999 山梨大学 工学部	1	1					
999 情報処理研究部門 (外部者)	8	8					
999 清水建設 (株) 技術研究所	1	1					
999 川崎重工業 (株)	1	1					
999 大阪薬科大学 生物薬科学部門	1	1					
999 財団法人地球環境産業技術研究機構	1	1					
999 中国地質調査局	1	1					
999 東京大学大学院	1	1					
999 独立行政法人建築研究所	1	1					
999 独立行政法人航空宇宙技術研究所 流体科学研究センター	1	1					
999 独立行政法人食品総合研究所 応用微生物部	1	1					
999 日本大学大学院生物資源科学研究科	1	1					
999 北海道大学	1	1					
999 横須賀市自然・人文博物館	2						2
合 計	3,237	2,719	336	3	15	143	21
実出張者数	3,237	2,719	336	3	15	143	21

表4 平成14年度外国出張者数 (目的別)

区分／目的	計		1. 内部	2. 公益法 人等依頼	3. 民間等 より受託	4. 外部 制度	5. 海外か ら招聘	6. 文科省 科研費
	件数	割合						
国際会議・学会等	2,516	58.6%	2,203	228	2	11	60	12
動向調査	678	15.8%	581	77	1	2	12	5
実地調査	262	6.1%	198	47			11	6
在外研究	80	1.9%	55	3		4	17	1
共同研究	311	7.2%	242	19		1	48	1
技術協力	84	2.0%	43	25	1	1	14	
交渉折衝	86	2.0%	78	7	1			
在外研修	14	0.3%	13				1	
その他	266	6.2%	201	34	1		28	2
合計	4,297	100%	3,614	440	6	19	191	27

(1つの出張で目的が数種類ある場合にはそれぞれの目的にカウントされております。)

実出張者数	3,237		2,719	336	3	15	143	21
-------	-------	--	-------	-----	---	----	-----	----

表5 産総研職員を招聘した外国機関等

機 関 名	国 名	人数
ICCAS 2002	韓国	1
Young Dong Severance Hospital of the Yonse University	韓国	1
5th Asian Workshop on First-Principles Electronic Structure Calculations	韓国	2
APEC	韓国	1
BAK (韓国生物産業協会)	韓国	1
Daegu Environmental Technology Development Center [大邱環境技術開発センター]	韓国	1
Dong-A University	韓国	2
Electronics and Telecommunications Research Institute	韓国	1
KITECH (韓国工業技術院)	韓国	1
Korean Institute of Ceramic Engineering and Technology (韓国窯業技術院)	韓国	2
Korea Institute of Energy Research (韓国エネルギー研究所)	韓国	2
Korea Institute of Geology, Mining & Materials (韓国資源研究所)	韓国	1
Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources (韓国地質資源研究院)	韓国	1
Korea Institute of Machinery & Materials (韓国機械研究院)	韓国	4
Korea Institute of Science and Technology (韓国科学技術研究院)	韓国	1
Korea Organic Waste Recycling Council (韓国有機廃棄物リサイクル競技会)	韓国	1
Korea Research Insitutitel of Standards and Science (KRISS)	韓国	2
Korean Advanced Institute of Science and Technology (韓国産業技術総合研究所)	韓国	2
KRISS	韓国	1
Kwang-ju Institute of Science and Technology (光州科学技術大学)	韓国	1
National Research Laboratory on Environmental Biotechnology of Korea	韓国	1
NCF6&IMA6実行委員会	韓国	1
QSRC of Dongguk University	韓国	1
School of Physics, Seoul National University	韓国	1
The Korean Federation of Science and Technology Societies (韓国科学技術団体総連合会)	韓国	1
Yonsei University	韓国	1
韓国Korea Research Institute of Standards and Science	韓国	1
韓国ソウル大学Yoo教授	韓国	1
韓国標準研究所 (KRISS)	韓国	1
全南大学 (韓国光州)	韓国	1
東亜大学 (Dong-A University)	韓国	1
(財) 工業後術研究院: CMS/TRI (台湾)	台湾	1
(台湾) 中国工程師学会日本分会	台湾	2
Biochemical Engineering Center, Industrial Technology Research Institute	台湾	1
Center for Mesurement Standards, Industrial Technology Research Institute R.O.C	台湾	1
Disaster Prevention Research Center, Cheng Kung University: 成功大学防災研究センター	台湾	1
Industrial Technology Research Institute (ITRI)	台湾	1
工業技術研究印量測技術発展中心	台湾	1
台湾工業技術研究院	台湾	4
Tropical Rainforest Research Center (PPHT) (熱帯多雨林研究センター)	インドネシア	3
APEC/TILF	タイ	1
Chulalongkorn University (チュラロンコン大学)	タイ	3
Coordinating ommittee for oastal and Offshore Goscience Programs in East and South Asia (CCOP) 東・東南アジア地球科学計画調整委員会	タイ	1
Physics Department, Chulalongkorn University	タイ	1
タイ森林局 (Royal Forest Department RFD)	タイ	2
招聘/Chulalongkorn University (チュラロンコン大学)	タイ	1
ICS-UNIDO	マレーシア	1
Nanyang Technological University	シンガポール	1
National University of Singapore	シンガポール	1
シンガポール国立大学	シンガポール	8
APEC/TILF	中国	1
Chinese Academy of Science/Institute of Zoology中国科学院動物研究所	中国	1
中国科学院上海光学精密機械研究所	中国	1
中国信息产业部第54研究所	中国	1
中国地質科学院礦産資源研究所	中国	1
中国地震局地質研究所・構造物理開放実験室	中国	1
東・東南アジア沿岸及び沿海地球科学プログラム調整委員会 (CCOP)	ヴィエトナム	2
Australian National University (オーストラリア国立大学)	オーストラリア	2
Geodynamics Limited	オーストラリア	1
クイーンズランド大学	オーストラリア	1

研究関連業務

機 関 名	国 名	人数
Nike Symposium	米国	2
California Institute of Technology	米国	1
International Precious Metals Institute (国際貴金属協会)	米国	1
LOICZ (Land Ocean Interactions in the Coastal Zone project)	米国	1
MARGINS Office, National Science Foundation (NSF)	米国	1
National Institute of Health 米国国立衛生研究所	米国	1
Northwestern University	米国	1
NSF (National Science Foundation, U.S.A)	米国	1
Office of Naval Research International Field Office	米国	1
Pacific Northwest Research Institute, University of Washington (ワシントン大学)	米国	1
San Diego State University	米国	1
University of Delaware	米国	1
University of Michigan (ミシガン大学)	米国	2
US National Institute of Standards and Technology	米国	1
ソーク生物研究所	米国	1
ミシガン大学	米国	3
米国National Institute of Standards and Technology	米国	1
法政大学 アメリカ研究所	米国	1
Natural Resources Canada (カナダ国立天然資源研究機構)	カナダ	2
Elsevier Science (エルゼヴィア サイエンス)	英国	1
ロンドン大学クリーンメリー校	英国	1
19th International Liquid Crystal Conference Edinburgh International Conference Centre	英国	1
Rutherford Appleton Laboratory	英国	1
European Science Foundation	ドイツ	1
GeoForschungsZentrum Potsdam (ドイツ地球科学研究所)	ドイツ	1
Gerhard-Mercator University	ドイツ	1
International Continental Scientific Drilling Project (国際陸上掘削計画)	ドイツ	1
Max Planck Institute	ドイツ	1
Max-Planck-Institute for Polymer Research (マックスプランク高分子研究所)	ドイツ	4
Postgraduate Summer School in Precision Assembly (精密組み立てに関する夏期講習)	ドイツ	1
アウグスブルク大学	ドイツ	1
ベルリン自由大学	ドイツ	1
Beareu International des Poids et Mesures	フランス	1
C.N.R.S.-Laboratoire de Geophysique Interne et Tectonophysique (フランス国立科学研究センター地球物理学・構造地質学研究所)	フランス	1
Centre National Dela Recherche Scientifique	フランス	1
EMBO Workshop (ヨーロッパ分子生物機構 ワークショップ)	フランス	1
Raboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille	フランス	1
フランス外務省	フランス	1
フランス政府	フランス	1
ルイ・パスツール大学	フランス	1
Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente	イタリア	1
International School of Liquid Crystals	イタリア	1
Italian National Research Council イタリア学術会議	イタリア	1
The University of Messina, Italy	イタリア	1
University of Clifornia	イタリア	1
ETH Zurich (イーティーエイチ チューリッヒ)	スイス	2
University of Groningen (フローニンゲン大学)	ベルギー	2
Leiden Univ	オランダ	1
Nansen Environmental and Remote Sensing Center (ナンセン環境リモートセンシングセンター)	ノールウェー	1
ノルウェー工科大学	ノールウェー	1
Technical University of Denmark (デンマーク工科大学)	デンマーク	1
Department of Computer Science of the University of Helsinki	フィンランド	1
Science Foundation Ireland	アイルランド	1
University of Dublin Trinity College	アイルランド	1
Ministerio de Education Cultura y Deporte (教育・文化・スポーツ省)	スペイン	1
Campus de la Univ. Autonoma de Barcelona	スペイン	1
合 計		153

2) 技術研修

「独立行政法人産業技術総合研究所技術研修規程」(13規程第23号)に則り、企業及び大学等から派遣された者(外国籍)に対して研究所が蓄積してきた技術ポテンシャルを基に、産業科学技術の発展及び継承を図るために技術研修を実施している。また、国際協力事業団(JICA)や科学技術振興事業団(JST)、(社)科学技術国際交流センター(JISTEC)からの依頼により、JICA 集団研修、個別研修、及びサマーインスティテュート研修、ウィンターインスティテュート研修を実施している。平成13年度は、技術研修員8名(うち、5名は産学官連携部門扱い)、サマーインスティテュート研修員3名、ウィンターインスティテュート研修員18名を受け入れるとともに、JICA の研修として、集団研修10コース(計61名;平成12年度からの継続コース4コース・19名を含む)、個別研修18件・76名(うち、6日以上滞在は11名)を受け入れた。

3) 外国人研究者受入

表6 平成14年度外国人研究者受入実績(制度別)

受入制度	受入人数	取り扱い部門
外国人客員研究員 (内 JSPS/STAフェロー 36人)	275	国際部門、産官学連携部門(国内申請10件)
ウィンターインスティテュート	22	国際部門
JSPSサマープログラム	2	国際部門
科学技術特別研究員	8	産官学連携部門
重点研究支援協力員	22	産官学連携部門
NEDO養成技術者	7	産官学連携部門
JICA研修	39	国際部門
技術研修	45	国際部門、産官学連携部門(国内申請28件)
共同研究派遣	31	産官学連携部門
非常勤職員	328	能力開発部門
その他	27	国際部門
計	806	

(新規受入分、滞在6日以上)

表7 平成14年度外国人研究者受入実績(国籍別)

国籍	受入人数
中国	250
韓国	125
インド	51
米国	43
ロシア	29
英国	23
タイ	21
イタリア	20
フランス	20
インドネシア	18
バングラデシュ	16
台湾	16
ドイツ	15
ヴェトナム	14
フィリピン	14
カナダ	12
モンゴル	9
オランダ	9
ウクライナ	9
トルコ	8
ポーランド	7
シンガポール	6
アルゼンティン	5
ルーマニア	5
他33ヶ国	61
合計	806

(新規受入分、滞在6日以上)

表8 外国人受入数（受入ユニット別）

ユニット名	受入数
計測標準研究部門	40
環境調和技術研究部門	38
国際部門	31
界面ナノアーキテクトニクスセンター	28
地圏資源環境研究部門	29
基礎素材研究部門	28
機械システム研究部門	27
電力エネルギー研究部門	25
エネルギー利用研究部門	24
環境管理研究部門	24
生物機能工学研究部門	24
生活環境系特別研究体	23
ナノテクノロジー研究部門	22
光技術研究部門	21
海洋資源環境研究部門	21
脳神経情報研究部門	21
次世代半導体研究センター	21
地球科学情報研究部門	20
ティッシュエンジニアリング研究センター	17
知能システム研究部門	16
糖鎖工学研究センター	16
エレクトロニクス研究部門	14
シナジーマテリアル研究センター	15
メンブレン化学研究ラボ	14
物質プロセス研究部門	13
セラミックス研究部門	12
活断層研究センター	12
新炭素系材料開発研究センター	12
生物遺伝子資源研究部門	12
人間福祉医工学研究部門	12
計算科学研究部門	9
強相関電子技術研究センター	11
人間系特別研究体	10
分子細胞工学研究部門	9
スマートストラクチャー研究センター	9
ライフサイクルアセスメント研究センター	9
情報処理研究部門	8
先端バイオエレクトロニクス研究ラボ	8
産学官連携センター・部門	7
フェロー	6
化学物質リスク管理研究センター	6
深部地質環境研究センター	6
超臨界流体研究センター	6
デジタルヒューマン研究ラボ	6
ジーンディスカバリー研究センター	5
パワーエレクトロニクス研究センター	4
次世代光工学研究ラボ	5
生物情報解析研究センター	5
単一分子生体ナノ計測研究ラボ	5
ライフエレクトロニクス研究ラボ	3
爆発安全研究センター	4
高分子基盤技術研究センター	3
生命情報科学研究センター	3
グリット研究センター	3
フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー	3

産業技術総合研究所

ユニット名	受 入 数
ヒューマンストレスシグナル研究センター	2
マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター	2
微小重力環境利用材料研究ラボ	2
サイバーアシスト研究センター	2
業務推進	2
純度制御材料開発研究ラボ	2
年齢軸生命工学研究センター	2
マイクロ空間化学研究ラボ	1
ものづくり先端技術研究センター	1
光反応制御研究センター	1
先端情報計算センター	1
企画本部	1
極微プロファイル計測研究ラボ	1
ジーンファンクション研究ラボ	1
クラスタープロセス連携研究体	0
グリーンプロセス研究ラボ	0
成果普及部門	0
合 計	806

(新規受入分、滞在6日以上)

4) 科学技術協力協定

表9 外国人技術研修実績

1. 「独立行政法人産業技術総合研究所技術研修規程」(13規程第23号)に則り、企業及び大学等から派遣された者(外国籍)に対して研究所が蓄積してきた技術ポテンシャルを基に、産業科学技術の発展及び継承を図るために技術研修を実施している。
2. また、国際協力事業団(JICA)や文部科学省、(社)科学技術国際交流センター(JISTEC)からの依頼により、JICA 集団研修、個別研修、サマープログラム研修、ウインターインスティテュート研修を実施している。
3. 平成14年度は、6日以上滞在の技術研修員受入数は83名、5日以下38名のの総数121名を受け入れた。(JICA 集団研修で、平成13年度からの継続コース[集団研修<新材料・6名/生命工学・5名>2コース]を含むと、総数は132名となる。)

制 度	所 属	受入人数	5日以下	計
技術研修 (JICA研修以外)		20		20
	【ユニット別内訳】			
	活断層研究センター	4		
	ジーンディスカバリー研究センター	1		
	強相関電子技術研究センター	1		
	高分子基盤技術研究センター	2		
	界面ナノアーキテクトニクス研究センター	1		
	糖鎖工学研究センター	2		
	計測標準研究部門	4		
	地球科学情報研究部門	1		
	知能システム研究部門	1		
	エレクトロニクス研究部門	1		
	光技術研究部門	1		
	脳神経情報研究部門	1		
サマープログラム研修		2		2
	【ユニット別内訳】			
	生物機能工学研究部門	1		
	活断層研究センター	1		
ウインターインスティテュート研修		22		22
	【ユニット別内訳】			
	ライフサイクルアセスメント研究センター	2		
	高分子基盤技術研究センター	1		
	界面ナノアーキテクトニクス研究センター	1		
	デジタルヒューマン研究センター	1		
	計測標準研究部門	1		
	地圏資源環境研究部門	1		
	エネルギー利用研究部門	2		
	環境管理研究部門	3		
	環境調和技術研究部門	2		
	知能システム研究部門	2		
	エレクトロニクス研究部門	1		
	物質プロセス研究部門	1		
	機械システム研究部門	1		
	生物機能工学研究部門	2		
	先端バイオエレクトロニクス研究ラボ	1		
JICA個別研修		9	29	38
	【ユニット別内訳】			
	化学物質リスク管理研究センター	1		
	地球科学情報研究部門	1	21	
	地圏資源環境研究部門		3	
	海洋資源環境研究部門		1	
	環境管理研究部門	4		
	環境調和技術研究部門	1		
	機械システム研究部門	1		

産業技術総合研究所

制 度	所 属	受入人数	5 日以下	計
	生活環境系特別研究体	1		
	国際部門 国際関係室		3	
	国際部門 国際地質協力室		1	
JICA集団研修／国別特設				
	タイ国別特設	5		5
	【ユニット別内訳】			
	国際部門 国際標準協力室	5		
	ウクライナ国別特設	7		7
	【ユニット別内訳】			
	地圏資源環境研究部門	7		
	法定計量	6		6
	【ユニット別内訳】			
	国際部門 国際標準協力室	6		
	環境調和技術	6		6
	【ユニット別内訳】			
	ライフサイクルアセスメント研究センター	1		
	環境管理研究部門	2		
	物質プロセス研究部門	1		
	生物機能工学研究部門	1		
	メンブレン化学研究ラボ	1		
	産業標準・評価技術	6		6
	【ユニット別内訳】			
	糖鎖工学研究センター	1		
	環境管理研究部門	1		
	基礎素材研究部門	2		
	メンブレン化学研究ラボ	1		
	生活環境系特別研究体	1		
	石炭鉱山技術		9	9
	【ユニット別内訳】			
	地圏資源環境研究部門		9	
	合計	83	38	121

新材料開発及び環境保全プロセス（H13からの継続）		6		6
	【ユニット別内訳】			
	環境管理研究部門	4		
	基礎素材研究部門	2		
生命工学研究（H13からの継続）		5		5
	【ユニット別内訳】			
	生物遺伝子資源研究部門	5		
H13からの継続を含む合計		94	38	132

表10 外国機関との研究協力覚書締結

締結日	相手機関	相手国	対応部門
2002/4/11	国立計量研究所／NIM	中国	計量標準総合センター
2002/4/15	韓国化学研究院／KRICT	韓国	環境管理研究部門・環境調和技術研究部門・エネルギー利用技術研究部門
2002/5/14	フランス地質鉱山局／BRGM	フランス	国際地質協力室
2002/6/6	オーストラリア標準委員会／NSC	オーストラリア	計量標準総合センター
2002/6/7	米国地質調査所	アメリカ	地質調査総合センター
2002/6/21	Himert研究共同体	EU	計量標準総合センター
2002/6/21	韓国済州大学化学科	韓国	環境管理研究部門
2002/7/18	モンゴル鉱物資源省地質局地質調査センター／GIC	モンゴル	地球科学情報研究部門
2002/9/20	中国・香港理工科大学、韓国・スマート基盤構造技術センター、日本・建築研究所、アメリカ・イリノイ大学スマートストラクチャー技術研究所	中国・韓国・アメリカ	スマートストラクチャー研究センター
2002/9/30	メンデレエフ計量標準研究所	ロシア	計量標準総合センター
2002/10/11	ワイカト大学	ニュージーランド	セラミックス研究部門
2002/10/14	リモージュ大学、国立高等工業セラミックス学校、セラミックプロセス・表面処理科学研究所、セラミックス技術移転センター	フランス	セラミックス研究部門
2002/11/25	国立水研究所	アルゼンチン	環境管理研究部門
2002/12/11	地質核科学研究所／GNS	ニュージーランド	地質調査総合センター
2003/1/1	韓国セラミック工学技術研究所	韓国	セラミックス研究部門
2003/2/6	地質・鉱物資源研究所	アルゼンチン	地球科学情報研究部門
2003/3/13	中国地質調査局／CGS	中国	地質調査総合センター

(年度内締結分)

表11 科学技術協力協定期協議への提示協力テーマ数

開催時期	相手国	政府間定期協議名	産総研の協力テーマ件数（新規含む）
2002/5	ドイツ	第14回海洋科学技術パネル	3
2002/5	フランス	第19回海洋開発専門部会	2
2002/7	アメリカ	日米地球環境リエゾン会合	21
2002/10	韓国	第12回環境保護協力合同委員会	39
2002/10	中国	第6回環境保護合同委員会	6
2003/1	ロシア	第8回科学技術協力委員会	17
2003/2	中国	第10回科学技術合同委員会	18
2003/3	ポーランド	第5回科学技術協力協議	18

表12 海外研究機関との共同研究、受託研究、委託研究件数

共同研究	3件
受託研究	4件
委託研究	2件

(年度内契約分)

表13 国際シンポジウム等開催（国際部門扱い）

会議等名称	開催場所	開催期間	参加者数 (外国からの 参加数)	備考
2002 AIST Showcase Symposium on Human Information Technology (HIT2002)	米国カリフォルニア州 Santa Clara Marriott Hotel	2002/6/11	180(130)	主催
APEC-APLMF（アジア法定計量フォーラム）穀物水分計実習セミナー	タイ・バンコク	2002/8/18～8/31	35 (30)	協力
韓・中・日ハイテクビジネスフォーラム	韓国ソウル国際会議場	2002/10/16	150(120)	協力
China International Nanotechnology and New Materials Exhibition (China Nanomat 2002)	北京国際会議中心 (Beijing International Convention Center)	2002/11/3～5	2500(2450)	協力
産総研国際シンポジウム「ポストゲノム時代のバイオインフォマティクス」	東京国際交流館（臨海副都心）	2002/11/8	400(30)	主催
第18回APMP（アジア太平洋計量計画）総会	ヴェトナム・ハノイ	2002/11/11～11/15	100(82)	協力
第4回日韓科学技術フォーラム	東京国際交流館（臨海副都心）	2002/11/18～20	40(20)	協力
第9回APLMF（アジア法定計量フォーラム）総会	ヴェトナム・ハノイ	2002/11/18～11/22	72 (65)	協力
KOCI（韓国産業技術研究会）－AIST共同ワークショップ	韓国済州島 Seogwipo KAL Hotel	2002/11/19～20	75(50)	主催
AIST/ITRI（台湾工業技術研究院）Joint Symposium	日本科学未来館（臨海副都心）、産総研つくばセンター、臨海副都心センター	2003/2/19～20	75(30)	主催
アジアナノテクツアー	産総研つくばセンター	2003/2/24～25	60(40)	主催
nano tech 2003 + Future	幕張メッセ	2003/2/26～28	25000(3000)	共催
第10回JCRB（地域計量組織及び国際度量衡委員会）会議	つくば	2003/3/3～3/4	30 (25)	協力
メタデータと地球科学情報に関する第2回国際ワークショップ	韓国大田市 韓国地質資源研究院	2003/3/10～12	40(25)	共催
産業技術国際交流会	東海大学校友会館（霞ヶ関ビル）	2003/3/13	100(50)	協力

注1)「協力」は分科会の企画・組織化の分担、あるいは日本側とりまとめ・代表参加等。

注2) 研究ユニット等が主催し国際部門がかかわらない国際会議等が多数あり、重要なものは下記URLにて紹介されています。

http://www.aist.go.jp/aist_j/event/old_event_main.html

表14 外国要人来訪

来訪日	来訪者	訪問先
平成14年 5月22日	ベトナム副首相	つくばセンター
平成14年 6月20日	台湾行政院政務委員（大臣）	臨海副都心センター
平成14年11月18日	台湾政府改造委員会（行政院政務委員を含む）	臨海副都心センター
平成14年11月19日	中国地震局副局長	つくばセンター
平成14年12月18日	オーストラリア科学大臣	つくばセンター
平成14年12月18日	中国科学院視察団（副院長が団長）	臨海副都心センター
平成15年 1月22日	中国科学技術部副部長	つくばセンター
平成15年 1月28日	イラン鉱工業省鉱業次官	つくばセンター
平成15年 3月18日	チュニジア農林省長官	つくばセンター

（副大臣クラス以上）

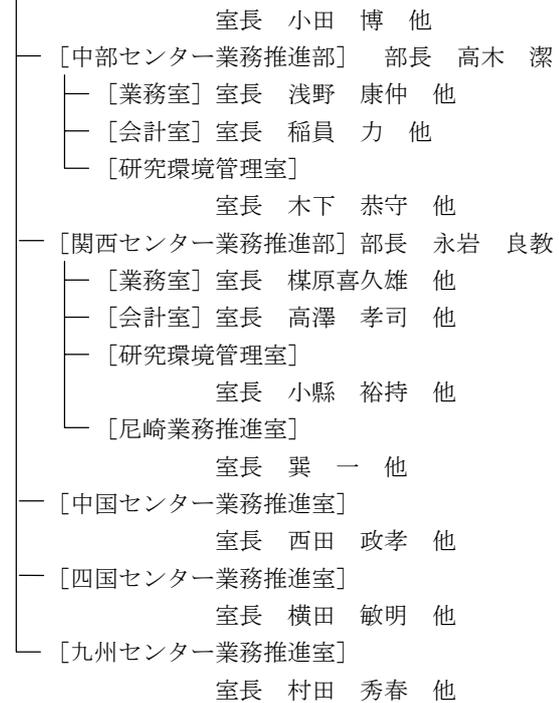
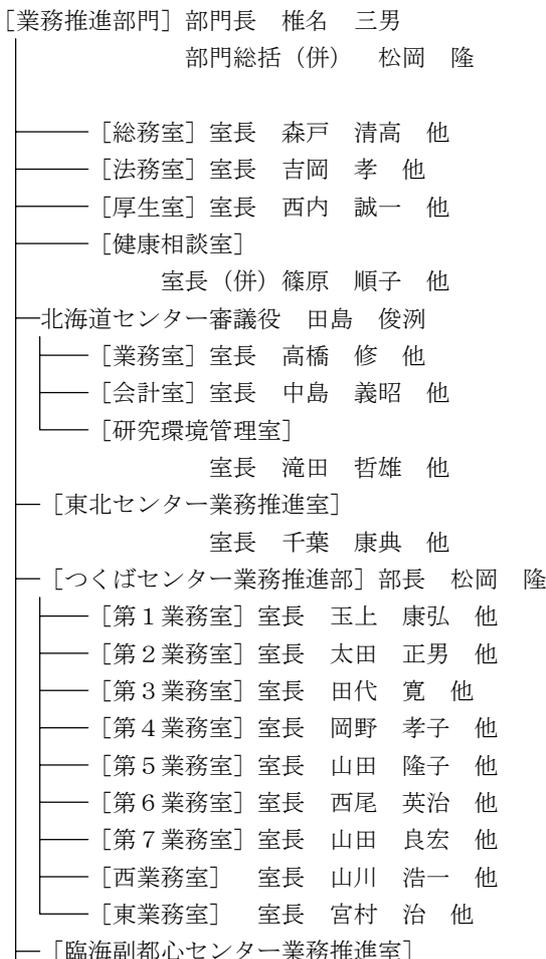
(14) 業務推進部門
(General Administration Office)

所在地：東京本部、北海道センター、東北センター、つくばセンター（つくば中央第1、つくば中央第2、つくば中央第3、つくば中央第4、つくば中央第5、つくば中央第6、つくば中央第7、つくば西、つくば東）、臨海副都心センター、中部センター、関西センター、中国センター、四国センター、九州センター

人員：376 (206) 名

概要：業務推進部門は、産総研の法務関連支援、文書管理、職員の福祉厚生の実施及び健康の維持増進を図り、職員の勤務及びサービス管理など研究ユニットに密着した支援を行うと共に、職場の安全・衛生管理、建物及び施設の管理を主な業務としている。また、地域センターの業務推進部（室）では、会計室又は会計担当を配置し、物品の調達・管理等の会計事務を行っている。これらの業務は、職員の日常生活（業務）に極めて密着していることから、職員の要望に積極的に応える姿勢が重要と考え、また、適切な業務運営と業務の効率化を推進する。

機構図（3/31現在）



総務室（General affairs Office）

（東京本部）

概要：東京本部における文書管理、安全衛生管理、施設管理等定常的な庶務業務を行うとともに、役員の秘書業務及び官庁との事務連絡等の業務を行っている。

法務室（Legal Office）

（東京本部）

概要：関係法令に基づく規程類（業務方法書、規程、規則、細則、要領等）の制定業務及び4法律事務所と顧問契約を締結し、日常の業務運営等に関する法律相談を行っている。

厚生室（Welfare Office）

（つくば中央第1）

概要：福利厚生業務として、公務員宿舎、団体扱の財形・生保・損保・簡保の差引き、レクリエーション費配分及び実施、サークル助成、公務災害補償、非常勤職員社会保険手続、退職相談等の業務の他、つくばセンター一時預かり託児・児童保育も行っている。経済産業省共済組合産総研支部業務として、短期給付、長期給付、福祉事業の3つの主な事業の他、支部及び分室診療所運営、食堂・売店・理美容・自動販売機等の委託を行っている。

健康相談室（Health Consultation Office）

（つくば中央第1）

概要：つくばセンター・東京本部・臨海副都心センター職員に対する健康診断の企画・実施、健康相談及び保健指導並びに労働基準監督署への報告、職場巡視等を行うと共に、つくばセンターでは健康管理システムによる

特殊検診受診項目確定、受診票作成・配信、結果管理及び結果通知配信、保健指導の為にデータ管理を行っている。インターネットメンタルヘルス相談、産業医等の予算に係る業務も行っている。

業務推進室 (General Administration Office)

(東北センター、臨海副都心センター、関西センター(尼崎)、中国センター、四国センター、九州センター)
 概要：各センターの業務推進室は、センターの文書・公印管理、職員の勤務及びサービスに関する管理・指導、職場の安全衛生管理、建物及び施設管理等を行い、安心して試験研究に取組める環境整備に努めている。また、計画的な研究及び業務の遂行に期するため、各種物品の的確な調達及び資産管理を行うとともに関係機関等との連絡調整事務を行っている。

業務室 (Region General Affairs Office)

(北海道センター、つくばセンター(つくば中央第1、つくば中央第2、つくば中央第3、つくば中央第4、つくば中央第5、つくば中央第6、つくば中央第7、つくば西、つくば東)、中部センター、関西センター)
 概要：つくばセンターの各サイト業務室は、サイト職員の勤務・サービス管理、庁舎の維持管理、安全で快適な研究環境を確保するための安全・衛生管理業務、研究施設等の維持管理業務を主な業務としている。
 地域センター(つくばセンターを除く。)の業務室は、センター職員の勤務・サービス管理、庁舎の警備・維持管理、人事・研修等の能力開発業務及び職員の健康維持増進並びに福利厚生の実施等を主な業務としている。
 これらの業務は、職員の規律の遵守とサービス支援の日常生活に密着しており、迅速な業務対応を行い効率的な組織運営を図っている。

会計室 (Region Accounting Office)

(北海道センター、中部センター、関西センター)
 概要：会計室は、予算及び決算に関する予算業務、支払い、収入及び旅費に関する経理業務、物品等の調達契約、役務契約などの調達業務、固定資産の管理、運用、減価償却計算、資産取得に伴う検収などの財産管理業務を行っている。
 これらの業務は、適正かつ迅速な業務執行を求められる支援業務であり、的確な業務の推進を図っている。

研究環境管理室

(Region Environmental Management Office)
 (北海道センター、中部センター、関西センター)
 概要：研究環境管理室は、安全で快適な研究環境を確保するための安全・衛生管理業務、研究施設等の整備・維持管理業務及び情報化を推進するため情報システム運営管理の業務を主な業務としています。よりよい研究環

境を形成すべく環境保全、施設の維持・管理の業務を推進している。

(15) 能力開発部門
 (Human Resource Department)

所在地：つくば中央第1
 人員：42 (35) 名
 概要：能力開発部門の役割は、職員の能力の向上、適材配置の増進、各職員の職務遂行の能率の向上、適切な処遇制度の構築・運営を図ることである。
 これらの人事制度は、組織運営の基盤となるものであることから、当部門においては、その適切な運営・改善・発展に不断の努力を払い、より良い制度となるように努めている。

機構図 (3/31現在)

部門長 津田 博
 能力開発コーディネータ 富樫 茂子
 笹田 政克
 工藤 勝久
 町田 進
 (内3名は併任)
 シニアリサーチャー 佐藤 芳夫
 部門総括 湯田 正俊
 総括主幹 竹原 淳一
 [人事室] 室長 湯田 正俊 他
 [勤労室] 室長 坂本不二夫 他
 [能力開発センター] センター長 小松崎 実 他

人事室 (Personnel Office)

(つくば中央第1)
 概要：
 ① 役員及び職員の任用に関すること。
 ② 評価制度の構築・実施に関すること。
 ③ 給与の支給に関すること。
 ④ 人件費の把握、見直しに関すること。
 ⑤ 兼業の許可に関すること。
 ⑥ 分限に関すること。
 ⑦ 就職に関すること。
 ⑧ 栄典及び表彰に関すること。

勤労室 (Staff Office)

(つくば中央第1)
 概要：
 ① 職員の労働条件の基準に関すること。
 ② 労使関係に係る総合調整に関すること。
 ③ サービス規律に関すること。
 ④ 役員及び職員の懲戒に関すること。

能力開発センター
(Human Resource Development Center)
(つくば中央第1)

- ① 職員の研修、能力開発に関すること。
- ② 職員に対する就職情報の提供及び相談に関すること。

業務報告データ
年度特記事項

1. 評価制度（短期評価・長期評価）の構築、実施。
2. ワイドキャリアスタッフ、所内公募制の実施。
3. 就業規則、給与規程の設定等労働条件の整備。
4. 新たに行政系職員向けに民法研修のプログラムを作成・実施。
5. 研究成果活用企業への役員兼業の実施。

(16) 財務会計部門
(Financial Affairs Department)

所在地：つくば中央第7、東京本部

人員：127 (85) 名

概要：財務会計部門は、独立行政法人産業技術総合研究所（以下、「産総研」という。）の本部機能の一部を担うものであって、産総研の活動について、財務会計面の内部管理を行い、独立行政法人会計基準等に従って、財務諸表等を作成し、社会に公表するとともに、管理行為と表裏一体である内部活動支援機能を果たすものである。

組織構成としては、財務室、予算室、経理室、財産管理室、調達部（4室で構成）を置くが、産総研の地域拠点における財務会計機能は、業務推進部門の地域組織に権限委譲をしている。

また、本部機能としての他部門等との連携については、主な内容を次に示す。

1. 産総研の支出予算配分計画を立案する企画本部との密接な連絡調整
2. 内部監査を担当する監査室と、会計検査院による実地検査等、会計監査人による監査、その他についての連絡調整
3. 人件費予算管理と給与業務を行う能力開発部門との業務上の連携
4. 研究施設の実体管理を行う研究環境整備部門と、施設新営等工事契約、施設の維持管理契約等について業務上の連携
5. 外部資金の獲得の推進に関して、産学官連携部門との連絡調整
6. 産総研の各研究ユニットに対する管理・支援機能全般について、必要に応じ、業務推進本部並びに業務推進部門と密接な連絡調整

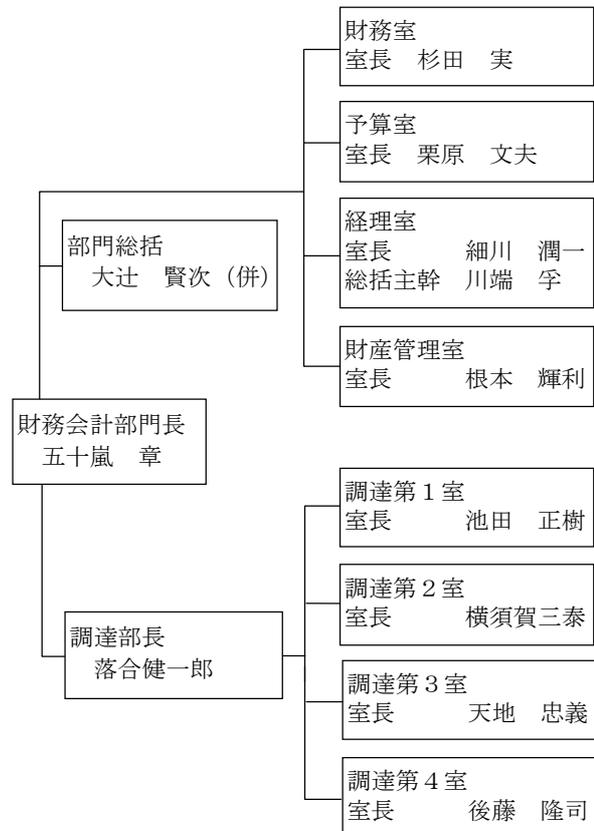
平成14年度は、独立行政法人化2年目であり、初年度に引き続き、業務態勢の確立と効率的業務実施に努めて

きた。以下内部組織毎に、主な業務活動の実績をトピックス的に示す。

【部門共通】

1. 会計監査人は、平成13年度に引き続き、新日本監査法人が指名されたことから、経理処理等の実務につき、会計監査にとどまらず、財務会計業務について諸般の指導を受けた。
2. 産総研設立以前より、国において建設中にあった産総研向けの研究施設が完成したことにより、新たに2件（計量研修センター実習棟、バイオテクノロジー研究開発センター）の追加現物出資を受けた。
3. 平成14年度の国の一次補正予算の施設整備費補助金を財源として、臨海副都心センター隣接地に研究施設用地（約7100m²）を新規に取得した。
4. 平成13年度の財務諸表等について、経済産業大臣から平成15年3月13日付けで承認があり、経営努力の認定を経た利益処分額としては、研究施設等整備積立金として21,444,593円となった。
5. 文部科学省科学研究費補助金などの応募対象機関となったことにより、この資金の経理処理（個別口座による預り金となっているため）に対応する態勢を整備した。

機構図（3/31現在）



財務室 (Finance Office)

(つくば中央第7)

概要：予算のとりまとめ、財務分析、予算の分野別情報の管理、余裕金の運用、資金の借入及び償還、他の所掌に属さないもの。

予算室 (Budget Office)

(つくば中央第7)

概要：年度計画に基づく実行予算の配賦の計画及び示達、予算の執行管理。

経理室 (Accounting Office)

(つくば中央第7)

概要：資金計画、決算、金銭の支払、出納及び保管、税務、計算証明、財務会計システムの管理。

- 収入件数 約3,600件、収入金額1,495億円。
- 支払件数 約19万件、支払金額1,523億円。
- 旅費計算件数 約7万件、約22億円。
- 小口現金交付件数 約500件、約7千万円。

財産管理室 (Property Administration Office)

(つくば中央第7)

概要：有形固定資産の検収・管理及び運用、共通在庫消耗品の払出及び在庫管理、借地権の取得及び管理。

- 不用品処分とリサイクルの促進
資産等廃棄点数1790点、総廃棄重量は資産とされない物品も含めて510ト、廃棄物処理費30,410千円。
消耗品をも対象としたリサイクル掲示板（イントラに設置）は、投稿・反応件数1,200件、閲覧等アクセス回数45,000件、また、リサイクルコーナー〔第2事業所テナント倉庫内（100m²）〕の設置により、リサイクルの促進を図った。
- 筑波センターにおける在庫消耗品払出センターの運用
第2・第5・東及び西の4ヶ所で運営。アイテム数は約2,500。
払出額＝受益者負担環流額約5.5千万円。

調達部 (Procurement Division)

(つくば中央第7)

概要：物件の調達、物件の売及び賃貸等の契約、役務の提供等の契約、調達物品等の市場調査、競争参加者の資格審査、政府調達に関する協定に基づく調達公示の官報掲載等。

各室の業務分担は、調達部長の決定によるが、おおむね、研究ユニット毎としている。

なお、地域拠点には、それぞれ契約担当職を配置。

- インターネット調達の導入とその成果
インターネット上で商品検索・注文を行い、翌日又は翌々日には指定場所まで納品され、支払は毎月一括で行うというスキームのインターネット調達を、オフィス用品（約25,000アイテム）に加え、理化学用品（約

28,000アイテム）、電子部品（約43,000アイテム）でも実施。

利用件数1万件、利用金額1.4億円。

- 政府調達協定の対象案件数149件、781億円。
- 全契約件数134,000件。
- グリーン購入法の適用

国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律の制定に伴い、産総研として、平成14年度における環境物品等の調達の推進を図るための方針を定め、個別指導等により、実施しているところ。

(17) 研究環境整備部門
(Research Facilities Department)

所在地：つくば中央第5、つくば中央第2、つくば東、つくば西

人員：84 (57) 名

概要：研究環境整備部門は、施設及び設備の整備計画、建設及び管理、共用研究設備・施設及びエネルギー等の供給施設の運営並びに電気工作物の保安等に係る業務を行っている。

これらの業務を遂行するため、施設計画室、建設室、施設管理室、建設事業推進室及びテクニカルセンターの4室1センターを配置している。

産業技術総合研究所の研究戦略に基づく研究遂行を効果的に展開するため、企画本部との連携のもと、良好な研究環境を継続的に提供するための業務を行うことを部門のミッションとしている。

次のとおりの施設等をその管理対象としている。

- 敷地面積 約250[㊦]
- 建築面積（延床面積） 約66万 m²（約720棟）

機構図（3/31現在）

[研究環境整備部門]	部門長	吉田 忠弘
	部門総括	岩瀬亀太郎
	総括主幹	武内 鼓 他
— [施設計画室]	室長	中嶋 廣義 他
— [建設室]	室長	飯倉 昇 他
— [施設管理室]	室長	塩釜 士郎 他
— [建設事業推進室]	室長	梶田 邦彦 他
— [テクニカルセンター]	センター長	飯尾 心 他

施設計画室 (Facilities Planning Office)

(つくば中央第5)

概要：施設計画室は、産業技術総合研究所における施設及び設備の計画・運営・管理に関連する総合的な調整業務等を行っている。

主な業務は、施設及び設備の整備計画、技術審査及び関連法令に関すること。並びに施設データの管理、研究実施部門等の施設使用の管理に関する業務である。

建設室 (Construction Office)

(つくば中央第5)

概要：建設室は、産業技術総合研究所における施設及び設備の建設・設計・積算・監理・監督・検査の業務を行っている。また、施設及び設備に係る各種申請等の業務を行っている。

施設管理室 (Facilities Maintenance Office)

(つくば中央第5)

概要：施設管理室は、産業技術総合研究所における施設・設備の運転、維持管理及びエネルギーの供給、外構・植栽の管理、産業廃棄物の収集処理、廃水の処理等の運営・管理を行っている。

これらの運営管理の遂行に係る労働安全、電気工作物の保安、省エネルギーに関する業務を行っている。また、研究ユニット等からの設計依頼の受付窓口を行うと共に施設設備等の補修、修繕の実施を業務としている。

建設事業推進室

(Construction Project Promotion Office)

(つくば中央第5)

概要：建設事業推進室は、平成13年度1号及び2号補正予算の推進に伴う施設・設備の整備に係る次の業務を一元的に行う。

- 一 建設事業の契約先選定に関すること。
- 二 建設事業の設計並びに工事、積算及び監理に関すること。
- 三 建設事業に係る申請等に関すること。

テクニカルセンター (Technical Service Center)

(つくば中央第5、つくば中央第2、つくば東、つくば西)

概要：テクニカルセンターは、産業技術総合研究所における研究活動を技術的側面から支援する業務を行う。主な業務は、研究用物品の設計・試作、研究者が自ら試行錯誤して工作ができる共用工作室の維持管理及講習等の指導、物質の化学分析・解析、及び試作・工作・分析等に関する技術相談、および動物・生物飼育管理事務業務の遂行にあたるものとする。

1) 施設の整備

施設建設記録 (平成14年度に産総研資産になった主なもの)

○バイオテクノロジー研究センターA棟

(北海道センター)

1. 施設目的

北海道センターはバイオ技術の主要な研究開発拠点

の一つとして位置づけられており、重点研究分野として低温微生物の探査と保存、低温活性酵素の研究推進を行っている。本施設は、寒冷地における生物や物質が低温において発現する現象や特性を解明し、低温科学技術分野における基礎研究の発展と成果の工学的応用による、新産業の創出に貢献することを目的とした施設である。

2. 施設概要

- (1) 規模：(建築面積) 1,89.37m²
(延床面積) 4,792.08 m²
- (2) 構造：鉄骨鉄筋コンクリート造地上3階建
- (3) 電気設備：受変電2,000kVA、自家発電300kVA、電灯高効率照明
- (4) 機械設備：空調 水熱源ヒートポンプ用マルキユニット
熱源 ガス焚冷温発生機
- (5) 施設の特徴：研究内容変化等による設備の改修更新時に下階実験室への支障を排除可
・実験室にメカニカルコリドの隣接、廊下側に EPS、PS の設置
・実験室、研究室、廊下を2重床

3. 整備費用・工事関連

- ・整備費用：22億円 (平成12年度～平成14年度国庫債務)
- ・工事発注・設計・監理：国土交通省 北海道開発局 (支出委任工事)
- ・設計・監理：株式会社久米設計
- ・施工：
 - 建築工事 鴻池・岩田・田中特定建設工事共同企業体
 - 電気工事 千歳電気工業株式会社
 - 通信工事 沖ウインテック株式会社
 - 空調工事 池田暖房工業株式会社
 - 衛生工事 五建工業株式会社
 - エレベーター 東芝エレベーター株式会社
- ・工期：平成13年3月17日～平成14年4月18日
- ・追加出資：平成14年6月6日

○計量研修センター実験棟 (つくばセンター)

1. 施設目的

本施設は、計量に関する講習・実習を通し正確な計量を確保し経済社会の基盤の維持に努め、計量の意義・重要性の認識を深めるとともに、新たな環境問題の高まりや製造業における生産管理工程の高度化等により、従来の計量制度では想定していなかったレベルの極微量物質計測等のニーズに対応した、計測技術の実務を集中的に教習することを目的として整備した施設である。

2. 施設概要

- (1) 規模：(建築面積) 757.84m²、

(延床面積) 1,492.53m²

(2) 構造：鉄筋コンクリート造地上2階建

(3) 電気設備：5-8棟より6.6KV

1回線受電 受電容量 800KVA

(4) 熱源設備：エネルギーセンターより供給の高温水を共同構より分岐し、熱交換器を介し冷温水ポンプにより、空気調和機、ファンコイルユニットへ温水の供給を行う。空冷チリングユニットより、冷温水ポンプにより、空気調和機、ファンコイルユニットへ冷水の供給を行う。ガス瞬間湯沸器より、各室の流し台に給湯の供給を行う。

(5) 施設の特徴：設備バルコニーを設け、ダクト・配管を集約させ、フレキシビリティを確保し、実習室内での機器の配置に柔軟に対応。

・各実習室をリニアに配置し、将来的な実習内容の変化に対応。

3. 整備費用・工事関連

・整備費用：9億円（平成12年度1次補正）

・工事発注・設計・監理：国土交通省大臣官房官庁営繕部営繕計画課筑波研究学園都市施設管理センター
（支出委任工事）

・設計：株式会社 エヌ・ティ・ティファシリテ
ィーズ

・監理：株式会社 佐藤総合計画

・施工：建築工事 株式会社 加賀田組
電気設備工事 株式会社 愛工社
機械設備工事 大成温調株式会社
エレベーター設備工事

フジテック株式会社

・工期：平成13年9月29日から平成14年10月15日

・追加出資：平成14年12月10日

3. 地域拠点

(1) 東京本部 (AIST Tokyo Headquarters) つくば本部 (AIST Tsukuba Headquarters)

所在地：

(東京本部)

〒100-8921 東京都千代田区霞ヶ関一丁目3番地の1

(つくば本部)

〒305-8561 茨城県つくば市東1-1-1

概要：産業技術総合研究所は、東京及びつくばに本部機能を集中した2本部体制をとり、それぞれの地理的な特長を生かした活動を行い効率的な運営を行っている。東京を行政との接点、情報収集、広報活動の拠点として産総研の機動的な活動に有効に活用するとともに、つくば拠点には補完する本部機能として、産学官連携、国際、業務推進等の大規模な研究拠点を隣接させることにより効率的となる組織を置いている。

具体的には、東京本部には、理事長、理事の一部等、企画本部のうち産総研の経営、財務に関する部署及び監査室等を配置している。つくば本部には、副理事長、理事の一部、企画本部のうち研究企画に関する室、産学官連携部門、国際部門、業務推進部門等、研究実施部門との密接な連携が不可欠な部署等を設けている。また、テレビ会議システムの活用により、東京・つくば両本部の有機的・効率的連携を図っている。

機構図 (3/31現在)

東京本部

役員

監査室

企画本部

業務推進本部

国際部門国際関係室東京分室

業務推進部門総務室

業務推進部門法務室

財務会計部門財務室

つくば本部

役員

企画本部

業務推進本部

評価部

環境安全管理部

技術情報部門

産学官連携部門

成果普及部門

国際部門

業務推進部門厚生室

業務推進部門健康相談室

業務推進部門業務推進部第一業務室

能力開発部門

財務会計部門

研究環境整備部門

(2) 北海道センター (AIST Hokkaido)

所在地：〒062-8517 札幌市豊平区月寒東2条17-2-1

代表窓口：電話011-857-8400、FAX011-857-8900、E-mail

サイト：札幌北サイト（住所：〒060-0808 札幌市北区北8条西2丁目札幌第一合同庁舎3階 電話：011-709-1812、FAX：011-709-1817）

人員：154 (89) 名

概要：産業技術総合研究所北海道センターは、旧北海道工業技術研究所、旧地質調査所北海道支所、旧資源環境技術総合研究所北海道石炭鉱山技術試験センターを母体として2001年4月1日発足した。

1) 北海道センターの運営

産業技術総合研究所北海道センターでは、ゲノム情報資源を社会に活かすゲノムファクトリー（遺伝子情報活用グリーン生産現場）の展開を中心とするナショナルセンター化を目指している。このため、14年度閉鎖系温室の整備、オープンスペースラボの企画設計を行うとともに、大学、公設機関、産業界との連携を強化して研究体制の充実を図った。また、北海道での産総研の認知をいっそう高めるため、道内各地に出かけて成果普及・広報を行い、円滑な研究進捗を図るための研究環境の維持管理、研究物品の迅速調達を行うとともに下記の研究支援に努めた。

2) 産学官連携の強化

新しく北海道経済産業局や函館、帯広、稚内などの地域のテクノセンター等と協働で、技術開発・特許活用セミナーを道内8箇所で開催し、全産総研の技術と連携制度の紹介を行うとともに、1対1の個別技術相談会を実施した。また、本セミナーの資料をフォーラムや展示会等にも持ち込み、全産総研紹介や「その場相談会」を行なった。

3) 産学官連携センター業務の円滑な推進

北海道大学農学部との連携大学院協定、外部研究機関との共同研究、受託・委託研究、技術研修、研究助成金等に係わる契約業務、STA、NEDO、JST、JICA、科学技術特別研究員、交流育成（派遣・招聘）等による研究者の招聘・派遣手続き、一般公開、講演会、技術・ビジネス交流会、特許流通フェア等への出展等による成果普及活動、更には質の高い特許取得と利用促進を目指した啓蒙活動を積極的に推進した。

4) ものづくり基盤技術支援

産総研ホームページにおいて新知識と技術の収集をしたいという要請にこたえるため、北海道センター Web ページを改善して技術情報 DB へのアクセスを

容易にし、企業の営業・技術担当者から明確な相談や質問文書が届くように送信フォームメニューを作成して利用改善を図り、この利用促進のアピール等に努力した。

5) ベンチャー起業の支援

産総研内外の技術シーズに基づいた起業化支援を目的として、「バイオベンチャー育成センター」を発足させた。また、ベンチャー嘱託職員による創業を目指したベンチャー嘱託職員を採用し、15年度に向けて「産総研ベンチャー支援任用制度活用のベンチャー第1号」、「道内で初めての産総研&大学発ベンチャー」発足を準備した。

機構図 (3/31現在)

[フェロー]	大塚 榮子
[北海道センター]	所長 栗山 博 所長代理 吉田 忠 審議役 田島 俊洸
[北海道産学官連携センター]	センター長 栗山 博 (兼任) 産学官連携コーディネータ 吉田 忠 (兼任)、 太田 英順
[ものづくり基盤技術支援室]	室長 太田 英順 (兼任)
[北海道地質調査連携研究体]	連携研究体長 太田 英順 (兼任)
[北海道センター業務推進部門]	[業務室] 室長 高橋 修 他 [会計室] 室長 中島 義昭 他 [研究環境管理室] 室長 滝田 哲雄 他
[生物機能工学研究部門]	副研究部門長 澤田美智子 他
[エネルギー利用研究部門]	副研究部門長 成田 英夫 他
[地球科学情報研究部門]	
[糖鎖工学研究センター]	
[微小重力環境利用材料研究ラボ]	

(3) 東北センター (AIST Tohoku)

所在地：〒983-8551 仙台市宮城野区苦竹4-2-1

代表窓口：TEL:022-237-5211 FAX:022-236-6839

E-mail: t-koho@aist.go.jp

人員：146 (56) 名

概要：産業技術総合研究所東北センターは、世界有数レベルの研究に基づくナショナルセンターとしての機能と全産総研の技術ポテンシャルを背景とする産学官連携

機能の二つの機能をもって、東北地域の産業技術発展の中核研究機関となることが期待されている。その中で、東北センターは、あらゆる技術の中に、環境保全とエネルギー削減への対応を組み込む、いわゆる「産業の環境化」を進める必要があると考え、この視点に立って、環境負荷の小さい機能性材料の開発と、生産段階から環境負荷の少ない、またエネルギー消費の少ない化学プロセス技術の開発研究を集中的に実施し、低環境負荷化学プロセスにおけるナショナルセンターを目指し活動してきた。同時に、東北経済産業局が推進する「産業クラスター計画 (循環型社会対応産業振興プロジェクト)」における産学官連携の中核機関としても重要な役割を果たすため積極的に活動を展開してきた。

平成14年度においては、研究ユニットを再編成し、新たにつくばセンターからも研究者を集め「メンブレン化学研究ラボ」を設立した。これにより、東北センターの構成研究ユニットは、超臨界流体研究センター、基礎素材研究副部門、メンブレン化学研究ラボの3つとなった。また、産業創出を目的とした「グリーンプロセスプログラム」を設立し、産学官連携の研究会組織として「超臨界インキュベーションコンソーシアム」の立ち上げ準備を行った。これらの組織活動を活発化させてナショナルセンター化を図るとともに、東北経済産業局との緊密な連携の下に産総研のネットワークを活用して東北地域における循環型社会対応産業振興への貢献を目指す。

この他、産学官の連携活動として、地域の企業や公設研との技術交流を深めるため第2回東北産業技術研究交流会、東北地域産業技術懇談会を開催。交流会では昨年を上回る参加者を得た。研究成果の発信では、成果発表会、講演会、一般公開などを開催し成果の普及に努めた。また、東北地域における新たな産業技術創生のために、開かれた共同研究施設 (東北産学官連携研究棟) の建設準備を進めており、平成15年12月竣工の予定である。

業務報告データ：

○刊行物

名 称 (Vol. No.)	刊行区分	発行部数
産業技術総合研究所東北センター技術資料 第2号	不定期	100部
産業技術連携推進会議 東北・北海道地域部会研究 論文集 第2号	年 刊	200部

○主催行事

開催年月日	名 称
14. 05. 30	平成13年度 JICA 集団研修 研修コース最終評価会並びに閉講式
14. 08. 30 (14. 09. 13)	東北センター 一般公開 (第2回基礎素材研究部門研究講演会)
14. 09. 16	第3回日韓合同シンポジウム (韓国)

14. 10. 03	第2回東北産業技術研究交流会 ―産総研の活用を探る―
14. 11. 22	第29回分析研究会
14. 12. 12	超臨界流体研究センター研究講演会 ―超臨界流体の特性解明と反応プロセスの新展開―
(15. 01. 27)	(超臨界流体研究センター 講演会)
15. 03. 04	平成14年度東北地域産業技術懇談会

* () は東北拠点内の研究ユニットが主催で連携センターが協力したもの

(4) つくばセンター (AIST tsukuba)

所在地：〒305-8561 茨城県つくば市東1丁目1番

人員：121 (54) 名

概要：昭和54年に筑波研究学園都市建設法に基づき、東京近郊にあった通商産業省工業技術院傘下の研究所が筑波研究学園都市に集団移転した。以来、数度の機構改革を経て、平成13年4月の独立行政法人化にあたり、旧筑波研究支援総合事務所（つくば中央第1）、旧電子技術総合研究所（つくば中央第2）、旧計量研究所（つくば中央第3）、旧産業技術融合領域研究所（つくば中央第4）、旧物質工学工業技術研究所（つくば中央第5）、旧生命工学工業技術研究所（つくば中央第6）、旧地質調査所（つくば中央第7）、旧機械技術研究所（つくば東）、旧資源環境技術総合研究所（つくば西）を各事業所として、産業技術総合研究所つくばセンターとして統合し、また、旧計量教習所（成果普及部門計量研修センター）も、東村山から平成13年12月につくばセンターに全面移転し、名実ともに統合された。

大括り化のコンセプトの元、従前の研究所の枠を越えて研究ユニットは再構成されており、研究ステージの発展とともに流動的に組替えできるような柔軟な組織構造を持つような組み立てが行われている。

つくばセンター（つくば本部）は、東京本部と並んで研究と密接に関わりのある本部機能と研究ユニットの大部分を集中配置して、産業技術総合研究所の中核を担っている。

機構図 (3/31現在)

[つくばセンター]	所長 平石 次郎
―[つくば中央第1]	管理監 松岡 隆
(つくば北)	管理監補佐 玉上 康弘
―[つくば中央第2]	管理監 太田 公廣
	管理監補佐 太田 正男
―[つくば中央第3]	管理監 永井 聰
	管理監補佐 田代 寛
―[つくば中央第4]	管理監 上野 勝彦 (兼)
	管理監補佐 岡野 孝子

―[つくば中央第5]	管理監 上野 勝彦
	管理監補佐 山田 隆子
―[つくば中央第6]	管理監 中村 吉宏
	管理監補佐 西尾 英治
―[つくば中央第7]	管理監 金原 啓司
	管理監補佐 山田 良宏
―[つくば西]	管理監 綱島 群
	管理監補佐 山川 浩一
―[つくば東]	管理監 野崎 武敏
	管理監補佐 宮村 治
―[つくばセンター産学官連携センター]	
	センター長 後藤 隆志
―[ものづくり基盤技術支援室]	
	室長 野崎 武敏 他
―[ブラディオン連携研究体]	
	連携研究体長 田中真奈実
―[つくばセンター業務推進部]	部長 松岡 隆
―[第一業務室]	室長 玉上 康弘
	室長代理 山川 浩一 他
―[第二業務室]	室長 太田 正男 他
―[第三業務室]	室長 田代 寛 他
―[第四業務室]	室長 岡野 孝子 他
―[第五業務室]	室長 山田 隆子 他
―[第六業務室]	室長 西尾 英治 他
―[第七業務室]	室長 山田 良宏
	室長代理 武田 福美 他
―[第西業務室]	室長 山川 浩一 他
―[第東業務室]	室長 宮村 治 他
---[企画本部]	
---[評価部]	
---[環境安全管理部]	
---[深部地質環境研究センター]	
---[活断層研究センター]	
---[化学物質リスク管理研究センター]	
---[フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター]	
---[ライフサイクルアセスメント研究センター]	
---[パワーエレクトロニクス研究センター]	
---[生物情報解析研究センター]	
---[ティッシュエンジニアリング研究センター]	
---[ジーンディスカバリー研究センター]	
---[強相関電子技術研究センター]	
---[次世代半導体研究センター]	
---[マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター]	
---[ものづくり先端技術研究センター]	
---[高分子基盤技術研究センター]	
---[光反応制御研究センター]	
---[新炭素系材料開発研究センター]	
---[スマートストラクチャー研究センター]	
---[界面ナノアーキテクトニクス研究センター]	

---[グリッド研究センター]
 ---[爆発安全研究センター]
 ---[糖鎖工学研究センター]
 ---[年齢軸生命工学研究センター]
 ---[技術と社会研究センター]
 ---[計測標準研究部門]
 ---[地球科学情報研究部門]
 ---[地圏資源環境研究部門]
 ---[海洋資源環境研究部門]
 ---[エネルギー利用研究部門]
 ---[電力エネルギー研究部門]
 ---[環境管理研究部門]
 ---[環境調和技術研究部門]
 ---[情報処理研究部門]
 ---[知能システム研究部門]
 ---[エレクトロニクス研究部門]
 ---[光技術研究部門]
 ---[生物遺伝子資源研究部門]
 ---[分子細胞工学研究部門]
 ---[人間福祉医工学研究部門]
 ---[脳神経情報研究部門]
 ---[物質プロセス研究部門]
 ---[機械システム研究部門]
 ---[ナノテクノロジー研究部門]
 ---[計算科学研究部門]
 ---[生物機能工学研究部門]
 ---[薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ]
 ---[次世代光工学研究ラボ]
 ---[先端バイオエレクトロニクス研究ラボ]
 ---[極微プロファイル計測研究ラボ]
 ---[ジーンファンクション研究ラボ]
 ---[先端情報計算センター]
 ---[特許生物寄託センター]
 ---[技術情報部門]
 ---[産学官連携部門]
 ---[成果普及部門]
 ---[国際部門]
 ---[業務推進部門]
 ---[能力開発部門]
 ---[財務会計部門]
 ---[研究環境整備部門]

(5) 臨海副都心センター (AIST Tokyo Waterfront)

所在地：〒135-0064 東京都江東区青海二丁目41番地6

人員：347 (76) 名

概要：産業技術総合研究所臨海副都心センターは、文部科学省及び経済産業省の連携協力によって整備された国際研究交流大学村に、産学官連携の役割を担う研究拠

点として、平成13年4月1日に設置された。当センターは国内外産学官各分野の一線級研究者による多様な研究に対応できるフレキシビリティの高いオープンスペースラボの空間を設けている。そして4つの研究センター（生命情報科学研究センター、生物情報解析研究センター、サイバーアシスト研究センター、高分子基盤技術研究センター）と1つの研究ラボ（デジタルヒューマン研究ラボ）が、新産業の創出や市場拡大につながる独創的かつ先端的技術シーズの研究開発とともに国内外の研究者交流や研究成果の情報交換を行っている。

平成14年度は、国際研究交流大学村において産業技術総合研究所国際シンポジウム「ポストゲノム時代のバイオインフォマテックス」を開催（平成14年11月8日）し、約400名の内外の研究者が参加した。又、臨海副都心センターへは、内外の大学・企業・政府関係者等約1,000名が視察に訪れており、国際的な産学官による研究交流拠点としての役割の一端を果たしている。

(6) 中部センター (AIST Chubu)

所在地：〒463-8560

名古屋市守山区大字下志段味字穴が洞2266-98

代表窓口：電話:052-736-7000、FAX:052-736-7400、

E-mail:

サイト：瀬戸サイト

人員：291 (178) 名

概要：産業技術総合研究所中部センターは、ものづくり産業の一大集積地である中京地域に立地し、セラミックスや軽量金属など工業材料の創製とそのプロセス・部材化を軸とした研究開発を通じ、新産業の創生と産業競争力強化に寄与している。当センターは、旧工業技術院名古屋工業技術研究所を母体として、昭和27年の設立以来、名古屋市北区平手町の本所と愛知県瀬戸市の瀬戸分室を研究拠点としてきたが、平成13年11月に志段味ヒューマンサイエンスパークに移転した。シナジーマテリアル研究センター、セラミックス研究部門及び基礎素材研究部門を擁し、サイエンスパークの中核研究機関として位置づけられている。本年度の代表的な活動状況を以下に示す。

●平成14年12月12日（木）中部産学官連携サミットに主催者として参画するとともに、併設した会場でワークショップを同時開催した。最新の技術開発成果を紹介し、産業界への技術移転を積極的に促進することを目的として、中部センターをはじめとして産総研から8テーマ、中部地域の13工科大と6公設研究機関からそれぞれ1テーマを展示した。600名余の参加者があり、技術移転のマッチングや技術交流を促進する場として好評を得た。また、サミット参加の産学官の指導的な立場の方々も見学を訪れ、当地域の産学官連携ネットワークへの理解と必要性が認められるのに良い機会となった。

●成果普及講演会を岐阜県（参加者60名）と富山県（参加者70名）で開催した。また、名古屋商工会議所で新技術動向セミナーを6月（参加者49名）と12月（参加者34名）に開催した。

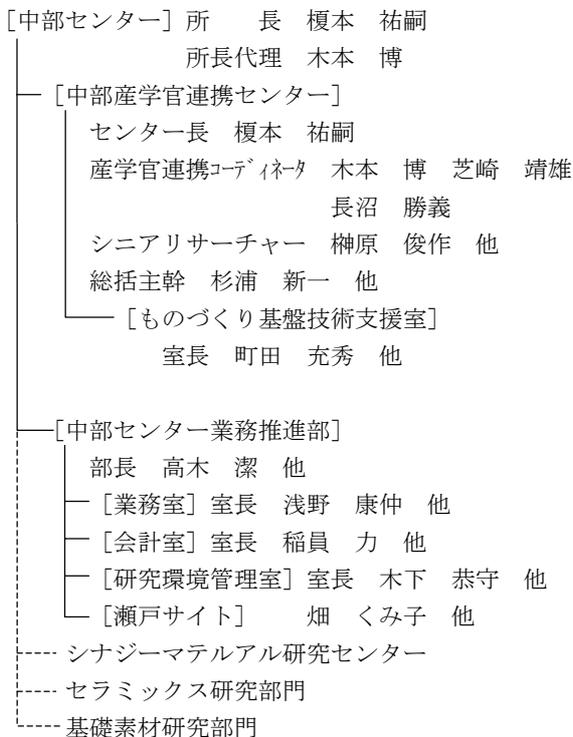
●企業人を対象とした志段味ヒューマンサイエンスパーク研究機関統一一般公開を4月（来場者200名余）に、また、子供から一般を対象とした中部センター一般公開を11月（来場者800名余）に開催した。これらの行事以外に、本年度の延べ見学者は1,144名に達した。

●知的財産権の取得を積極的に推進し、国内特許153件、外国特許30件を出願した。所有する知的財産権を活用し、技術移転を行った結果、ライセンス料1,187万円余と情報開示料1,120万円弱の収入があった。本年度中部センター発のベンチャー企業が2社発足した。

技術相談件数は586件あった。

●産業界をはじめとする外部機関との連携も積極的に展開し、共同研究188件、委託研究2件、受託研究18件を行った。大学とは、連携大学院の拡充強化に努め、8大学（名古屋工業大学、岐阜大学、大同工業大学、名城大学、中部大学、愛知工業大学、上智大学、姫路工業大学）に17名の教授と3名の助教授が就任した。

機構図（3/31現在）



(7) 関西センター（AIST Kansai）

所在地：〒563-8577 大阪府池田市緑丘1-8-31

人員：427（222）名

概要：産業技術総合研究所関西センターには、2研究

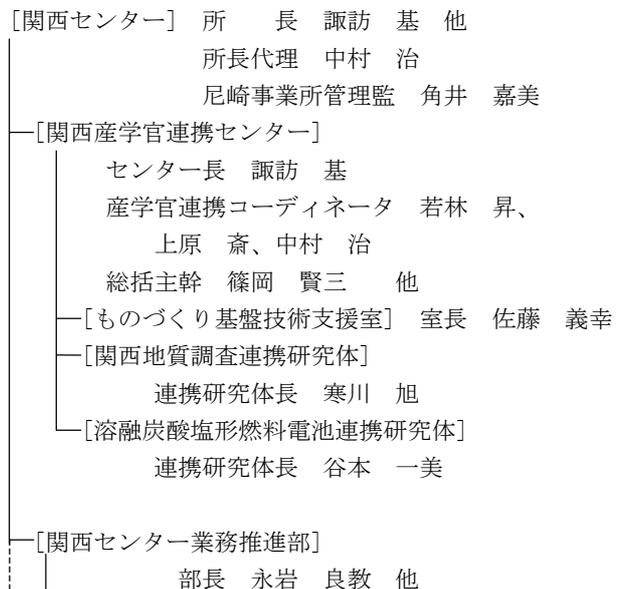
センター（TERC、ヒューマンストレスシグナル研究センター）、2研究副部門（計測標準研究部門、光技術研究部門）、2特別研究体（人間系特別研究体、生活環境系特別研究体）、2研究ラボ（ライフエレクトロニクス研究ラボ、純度制御材料開発研究ラボ）、及び関西産学官連携センター内の2連携研究体が置かれている。

関西センターは、①産総研が果たす社会貢献の社会との接点、②産学官連携の拠点、③産学官連携の産総研内パイロットプラントという位置付けの中で、4つの分野（ライフサイエンス分野、環境・エネルギー分野、光・情報技術分野、知的基盤分野）など、人間と暮らしに密着した技術領域を重点的に、広範な研究分野の融合を目指し、また関西産業界からの要請に応じることが出来る取り組みを推進している。

関西地域のもつ産業界、アカデミアの集積、産学官連携が組みやすい構造（必要なコンポーネントがほどよい距離に、また適度の規模に配置されているため、どこで、だれが、どのような仕事をしているかを正確に把握でき、そしてface to faceで、意見交換できる場が持てるという大きなメリット）を活かし、分野融合と産学官連携を念頭に置いた活動を展開した。

近畿経済産業局をはじめ、企業、大学、公的研究機関、自治体および企業団体やベンチャー支援団体などとの連絡、連携を推進している。産総研関西研究成果ビジネス化検討委員会や技術シーズ発表会を開催した。連携業務の平成14年度実績（共同研究>230件、技術研修135件、受託研究39件、特許出願>215件）は活発な産学官連携の実態を表しており、研究所公開（8月2日、参加人数>1378名）、研究講演会（11月7日、参加人数>400名）、関西センターHP（60000件のアクセス数）なども関西センターに寄せられている期待の大きさを示している。

機構図（3/31現在）



- [業務室] 室長 榎原喜久雄 他
 - [会計室] 室長 高澤 孝司 他
 - [研究環境管理室] 室長 小縣 裕持 他
 - [尼崎業務推進室] 室長 巽 一 他
-
- [活断層研究センター]
 - [ティッシュエンジニアリング研究センター]
 - [ヒューマンストレスシグナル研究センター]
 - [計測標準研究部門]
 - [地圏資源環境研究部門]
 - [情報処理研究部門]
 - [光技術研究部門]
 - [地球科学情報研究部門]
 - [人間系特別研究体]
 - [生活環境系特別研究体]
 - [ライフエレクトロニクス研究ラボ]
 - [純度制御材料開発研究ラボ]

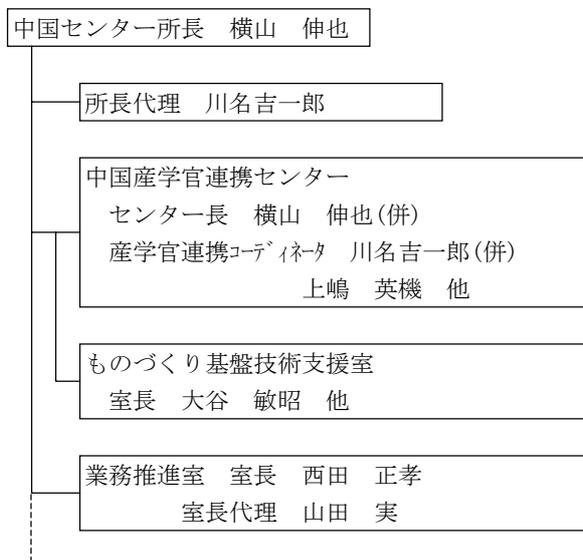
- 海洋資源環境研究部門
- 総括研究員
- 生態系環境修復創造研究グループ
- 海洋生態機能開発研究グループ
- 海洋動態機モニタリング研究グループ
- 物理環境修復創造研究グループ
- 基礎素材研究部門
- 耐環境性評価技術研究グループ
- 予測診断技術研究グループ

(8) 中国センター (AIST Chugoku)

所在地：〒737-0197 広島県呉市広末広2-2-2
 代表窓口：電話：0823-72-1111、FAX：0823-73-3284、
 E-mail：c-renkei@m.aist.go.jp

人員：68 (42) 名
 概要：独立行政法人産業技術総合研究所中国センターは、中国地域の研究拠点であり、旧工業技術院中国工業技術研究所を母体としている。研究分野は、海洋資源環境研究と基礎素材研究の2領域であり、将来のナショナルセンター化を目指して研究開発を推進している。また、中国産学官連携センターを設置し、産業技術総合研究所と地域経済社会や学界との連携をこれまでにない新しい体制で強力に推進している。

組織図 (3/31現在)



(9) 四国センター (AIST Shikoku)

所在地：〒761-0395 高松市林町2217番地14号
 人員：76 (36) 名

概要：独立行政法人産業技術総合研究所の四国における拠点としての四国センターは、四国で唯一の工業系公的研究所であり、'94.7月に香川県が技術・情報・文化の複合拠点として旧高松空港跡地を開発・整備して出来た「香川インテリジェントパーク」に移転した。同パークは先端技術・ソフトウェア開発などを行う県内外有力企業9社の民間研究所、国立香川大学工学部、香川県立図書館、県内一の総合コンベンション施設のサンメッセ香川など55の産業支援機関や試験研究機関が集積しており、最近では、同パークから平成14年4月に文部科学省の補助事業である知的クラスター創生事業に採択された「希少糖」研究が、世界へ向けて発信され、また、全世界からの情報が着信する世界の希少糖研究の拠点づくりを目指している。このような全国有数の研究開発や新規産業創出拠点のほぼ中央部に位置する四国センターは、これまでパーク内に立地する企業との産学官連携も多く、四国センターとパーク内研究機関や企業との共同・連携研究も増えてきている。例えば、コンソーシアム連携研究「横断的メンテナンス技術開発」では香川大学工学部と、「マイクロ波・水熱法利用の電磁波遮へい材料開発」では高温高压流体技術研究所と、「機械音の異常検知システム」では四国計測工業㈱、エントロピーソフトウェア研究所と連携研究を行い、同研究では四国計測工業㈱と共同でマイクロ波反応装置を開発し、販売実績も有している。

このように、四国センターでは特に産学官連携等において、産総研の他の地域センターに較べて非常に恵まれた場所に立地している環境を活かし、今後、同パーク交

流推進協議会等を通じて、更なる技術起業と地域振興に寄与したいと考えている。

平成14年度における四国センターの主な業務等は次のとおりである。

- (1) 単一分子生体ナノ計測研究ラボが設立された
 少子高齢化は、環境・エネルギー問題とともに、日本の抱える大きな課題です。医療費の急激な増大に対して、健康な人や未病状態（発病はしていないがその直前の状態）の人の医療対策を考えることが社会的に低コストで済むと認識され始めています。健康産業技術の開発には、医工連携による研究開発を全学上げて遂行しておられる徳島大学、無細胞生命科学工学研究センターの設置が予定されている愛媛大学、希少糖で有名な香川大学等のある四国地域が最適であり、四国センターではこの分野の研究開発を実施することとし、平成14年10月に「単一分子生体ナノ計測研究ラボ」を設立しました。細胞内での生体分子間の相互作用を調べる方法の開発、次世代ナノバイオデバイス技術の開発や1分子 DNA 解析技術等を開発していく予定です。

(2) 研究講演会シリーズセミナーの開催

- 健康科学技術に関するシリーズセミナー
 高齢化社会を迎えて今後、ますます重要性を増す、健康の維持・増進を目指す生体計測、或いは健康産業技術といった分野の動向を紹介するために、大学、研究機関、起業の同分野の専門家を招き、また、同分野関連産業界の人達を参加者として開催する研究講演会である。これまで第1回目を平成14年2月に開催。14年度においては4月に第2回、6月に第3回、平成15年2月に第4回を開催し、第5回からは平成15年度に開催する予定にしている。

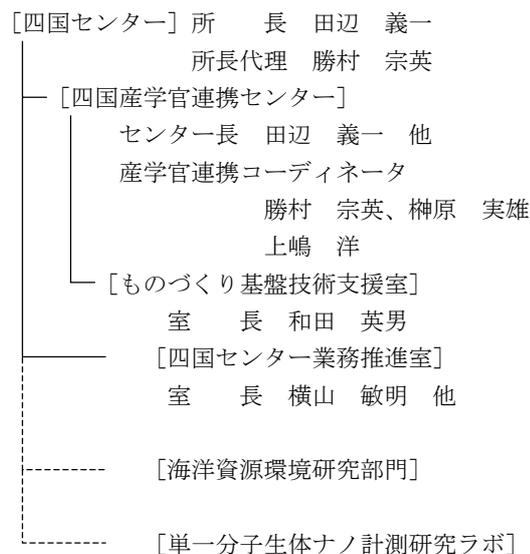
○産総研紹介シリーズ

四国及び周辺地域の企業や大学、公設試験研究機関、その他の技術開発に関係している者を対象に、産総研で行っている研究の内容や各分野の研究動向を当該分野のリーダーが紹介する研究講演会である。平成14年8月に第1回、9月に第2回を開催。第3回目からは15年度に引き続き開催することとしている。

(3) 四国海洋技術研究会の活動

四国の産業に関する調査事業のアクションプログラムとして、海洋産業に関する情報交換、及び研究プロジェクトの立ち上げを目標としてしている。会員は現在330名で、14年度におけるメールによる情報発信は30回、ホームページによる情報119件を数え、四国、及び日本の海洋に関する調査報告、国家戦略の中の海洋研究課題の紹介、海洋関連学会・講演会、技術支援策の公募の案内を行っている。

機構図 (3/31現在)



(10) 九州センター (AIST Kyushu)

所在地：〒841-0052 鳥栖市宿町807-1

代表窓口：TEL：0942-81-3600 FAX：0942-81-3690

サイト：

福岡サイト：〒810-0022福岡市中央区薬院4-4-20

TEL：092-524-9047 FAX：092-524-9010

大分サイト：〒870-1117大分市高江西1-4361-10

TEL：097-596-7175 FAX：097-596-7179

人 員：129 (68) 名

概 要：産業技術総合研究所九州センターは、鳥栖サイト（旧九州工業技術研究所）、大分サイト（旧九州工業技術研究所大分分室）および福岡サイト（新設）をまとめた研究拠点の総称である。

平成14年4月17日に福岡市で開催された九州地域産学官連携推進会議で、新設の九州産学官連携センター福岡サイトを披露した。

平成14年7月31日に、地域の青少年への科学技術の啓蒙を目的とした当センターの一般公開を鳥栖サイトで行った。「未来の科学者、生まれ！」をテーマとした体験型サイエンス実験ショーや移動地質標本館コーナーなども設けられ、活気ある公開となり、入場者数は459名に上った。

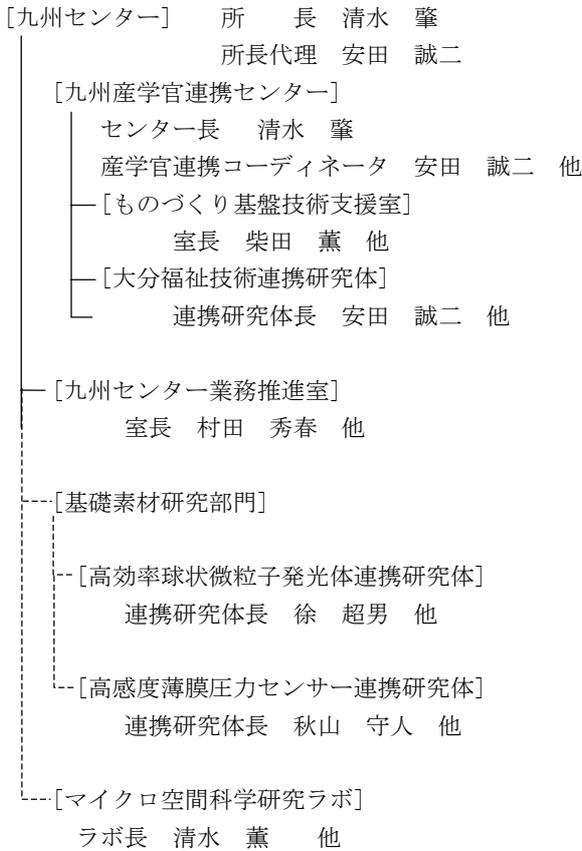
平成14年10月11日～13日に SAGA 技術交流フェア、10月16日～18日に特許流通フェア2002中部、10月23日～25日にエコ・テクノ2002、11月12～14日に特許流通フェア2002in九州および2002中小企業ビジネスフェア、11月30日～12月1日に大牟田エコタウンフェアの各イベントにパネル等の出展を行った。

平成15年2月7日に、「マイクロ・ナノの世界～21世紀をきり開く先端技術～」をメインテーマとした平成14年度九州センター研究講演会を福岡市で開催した。当セン

ターにおける研究成果の発表、および関連分野から講師を招いた特別講演を催した。参加人数は186名であった。

九州センター産学官連携推進事業（講演会・ミニシンポジウム）として、平成14年7月23日に第4回マイクロリアクター技術研究会@九州研究講演会（参加者75名）、8月6～7日に第6回化学とマイクロシステム研究会（参加者80名）、平成15年1月8日に第5回佐賀大学連携大学院産学官交流セミナー、1月15日に基礎素材研究部門研究発表会（参加者98名）、3月5日に第5回九州の産業界と産総研の技術交流会（参加者約195名）等を開催した。

 機構図（3/31現在）



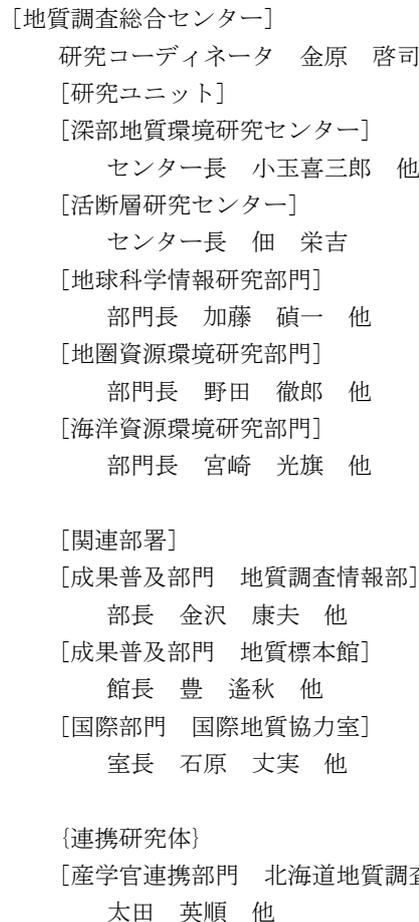
4. 地質調査総合センター
地質調査総合センター
 (Geological Survey of Japan)

 所在地：〒305-8567つくば市東1-1-1中央第7
 概要：産業技術総合研究所 地質調査総合センターは、産総研内の地質の調査に関連する組織の総称で、具体的にはあとで示す機構図に含まれる研究ユニット・関連部署・連携研究体及び関連研究コーディネーターからなる。この組織はほぼ旧地質調査所を引き継いでおり、対外的には Geological Survey of Japan を名乗って、各国地質調査所に対して我が国を代表する窓口となっている。地質の調査は、産総研のミッションの一つとして位置

付けられている。地球科学及び関連科学の幅広い分野にわたる研究者を有している地質調査総合センターは、学際的・境界領域的研究分野の積極的開拓を目指した連携体制を構築し、国の知的基盤整備の一翼をになうとともに、地震・火山噴火等の突発的地質災害発生時の緊急調査・観測体制に対応する仕組みとしての機能を持っている。また、地質調査総合センターは、参加する研究ユニットの地球科学分野における研究成果を一つの出口としてまとめ、旧地質調査所の出版物刊行を引き継いだ出版活動及び成果普及活動を実施する仕組みともなっている。更に、産学官連携活動の一環として、経済産業省知的基盤課との定期懇談会、資源エネルギー庁鉱物資源課との懇談会、関連業界団体である（社）全国地質調査業協会連合会との定期懇談会の実施も、地質調査総合センターとして行っている。

地質調査総合センターでは、各ユニット及び関連部署間の意思の疎通を計るために、隔週の連絡会議を開催し、情報交換・意見交換をおこなっているが、研究ユニット間の関係がフラットであることを保証するため、地質調査総合センター内各組織の関係はあくまでも対等であり、従って代表者を置かず、連絡会議の議長及び事務局（地質調査情報部地質調査推進室）のみが存在する。

 関連組織（3/31現在）



[産学官連携部門 関西地質調査連携研究体]
寒川 旭 他

事務局

[成果普及部門 地質調査情報部 地質調査推進室]

業務報告データ

日付	地質調査総合センター行事
H14. 5. 27	地球惑星科学関連学会2002年合同大会（東京都）で産総研、地質調査総合センターの紹介展示～31日まで
H14. 6. 7	地質調査総合センター記念講演会
H14. 8. 2	地質図展開催（札幌市）～4日まで
H14. 8. 20	経済産業省知的基盤課との第7回定期懇談会
H14. 9. 12	資源エネルギー庁鉱物資源課との懇談会
H14. 9. 14	地質情報展開催～16日まで
H14. 9. 26	全地連技術 e-フォーラムへ参加し産総研及び地質調査総合センターの紹介～27日まで
H14. 11. 11	地震学会にて産総研・地質調査総合センターの紹介～13日まで
H14. 11. 27	最新地質図発表会にて平成13年度発行地質図を展示即売
H15. 1. 30	震災対策技術展（神戸市）にて地質調査総合センターの研究活動を紹介
H15. 2. 6	震災対策技術展（横浜市）にて地質調査総合センターの研究活動を紹介
H15. 3. 20	経済産業省知的基盤課との第8回定期懇談会

5. 計量標準総合センター

計量標準総合センター

(National Metrology Institute of Japan)

所在地：〒305-8563 つくば市梅園1-1-1中央第3

人員：405 (272) 名

概要：産業技術総合研究所内の計測標準研究部門、成果普及部門計量研修センター及び計量標準管理部、国際部門国際標準協力室の4つの部署を一括して、計量標準総合センター（National Metrology Institute of Japan: NMIJ）と総称している。計量標準総合センターは、この4部署が互いに連携を取りながら、経済産業省が企画立案する政策のもと、計量標準や計測分析技術に関する先導的な研究開発を行っていくとともに、質の高い標準供給を行い、我が国のトレーサビリティ制度と法定計量制度の発展に貢献をしている。また、計量標準総合センターは、外部からは産総研の計量に関わる活動の中核的な組織として位置付けられ、国際的にはメートル条約などにおいて日本の代表機関として位置付けられている。計量に関わる活動を円滑に進めるために、企画本部も交えて毎週1回の定期的な連絡会を開催しており、その事務局を計量標準管理部が担っている。具体的な、主な活動は以下の通りである。

- 1) 標準整備計画に基づく、既存の計量標準の維持・改善と新しい標準の研究・開発
- 2) 高品質な標準の供給、共同研究・技術指導、広報活

動等による成果の普及

- 3) 計量標準の需要動向の調査と、それに基づく標準整備計画や研究課題への反映
- 4) メートル条約、OIML 条約などの国際条約に基づく活動（計量標準の国際相互承認 [MRA]、各国の標準研究機関 [NMI] との研究協力・技術協力など）
- 5) 計量や計測に関する人材の育成
- 6) 計量法に基づく計量器の型式承認試験、基準器検査等

関連組織（3/31現在）

- [計量標準総合センター] 代表 小野 晃
産学官連携コーディネータ／第3事業所管理監
永井 聡
- [計測標準研究部門]
部門長 小野 晃 他
- [成果普及部門計量標準管理部]
部長 大嶋 新一 他
[計量行政調査室]
室長 斎藤 則生 他
[標準供給保証室]
室長 小池 昌義 (併) 他

[成果普及部門計量研修センター]
センター長 秦 勝一郎 他

[国際部門国際標準協力室]
室長 瀬田 勝男 他

業務報告データ

- ・計量標準総合センター全体会合 1回
(4月1日)
- ・知的基盤課・計量標準総合センター連絡会 4回
(4月5日、7月9日、9月20日、11月27日)
- ・計量標準総合センター連絡会 39回
- ・2002年度供給開始標準項目
物理標準 15、 標準物質 32
- ・ピアレビュー
標準30品目に対して技術審査を10回実施
- ・品質システムの新たな認定件数
新たに15種類、24の計量標準について認証取得
国際比較
時間 長さ 質量 振動・音響 温度
5 4 3 2 5
物質 測光放射 放射線 電磁気 合計
15 3 7 2 40
- ・講演会等 9回
1. NMIJ 法定計量セミナー「みんなの法定計量」

- 4月11日 東京ビッグサイト 43名
2. NMIJ 物理標準セミナー「物理標準整備の現状と将来」 4月11日 東京ビッグサイト 43名
 3. 国際計量標準シンポジウム2002 4月12日 東京ビッグサイト 141名
 4. 標準物質セミナー 9月6日 幕張メッセ 287名
 5. 計測標準研究部門第2回成果発表会
11月7日・8日 3-9棟会議室 100名
 6. 第3回産総研計量標準総合センター講演会
11月21日 東京ビッグサイト 211名
 7. 計測標準研究部門第3回成果発表会
1月16日・17日 3-9棟会議室 150名
 8. Nano tech2003+Future シンポジウム「ナノ計測標準」 2月28日 幕張メッセ 70名
 9. 計量標準100周年第1回シンポジウム 3月5日 共用講堂 298名
- ・イベント参加 4回
1. INTERMEASURE2002 第20回国際計量計測展
東京ビッグサイト (4月10-12日)
 2. 2002分析展 幕張メッセ (9月4-6日)
 3. 全科展 in 東京2002科学技術総合展 東京ビッグ
サイト (11月20-22日)
 4. Nano tech2003+Future 幕張メッセ (2月26-28
日)
- ・産総研計量標準報告 Vol.1 No.2発刊 (2002.4)
- ・産総研計量標準報告 Vol.1 No.3発刊 (2002.7)
- ・産総研計量標準報告 Vol.1 No.4発刊 (2002.10)
- ・産総研計量標準モノグラフ 第1号発刊 (2002.5)
「計測におけるパフォーマンスとその評価」
- ・産総研計量標準モノグラフ 第2号発刊 (2003.3)
「CIPM勧告準拠 633nmヨウ素安定化ヘリウムネ
オンレーザの設計と製作」
- ・「国際単位系 (SI) は世界共通のルールです」
- ・「法定計量」ビデオ (日本語版・英語版作成)

Ⅲ. 資 料

Ⅲ. 資 料

従来の工業技術院年報では大部分を占めていた研究発表、特許登録などのデータは、産業技術総合研究所年報からは、単に研究ユニット別の発表数等を記載している。これらのデータは、産業技術総合研究所公式ホームページ (<http://www.aist.go.jp/>) からデータベースの形で提供されている。検索等が自由に行えるため、是非、公式ホームページにアクセスしていただきたい。

資料

1. 研究発表

ユニット名称	論文発表		口頭発表		著書刊行物 (全て)	地球科学情報			計量技術情報							
	(査読付)	(全て)	(国際学会)	(全て)		地球科学研究成果 論文誌	地質基本 図幅	地質図 類・地球 科学図	計	プロトコル	計量に係 わる告示 など	計量関係 JIS, TR	特定要求 事項	内 部 マニュアル	法人発行 の計量 技術論文	計
深部地質環境研究センター	22	27	10	130	14	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
活断層研究センター	22	33	48	124	23	18	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
化学物質リスク管理研究センター	12	13	18	50	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター	14	14	16	53	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ライフサイクルアセスメント研究センター	28	48	41	115	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
パワーエレクトロニクス研究センター	38	44	15	83	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
生命情報科学研究センター	33	48	38	102	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
生物情報解析研究センター	22	22	31	119	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ティッシュエンジニアリング研究センター	57	67	58	210	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ジーンディスカバリー研究センター	6	8	4	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ヒューマンストレスシグナル研究センター	32	36	32	100	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
強相関電子技術研究センター	52	61	73	149	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
次世代半導体研究センター	1	1	54	140	2	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	6
サイバーアシスト研究センター	23	29	6	37	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター	10	10	7	23	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
ものづくり先端技術研究センター	12	13	11	54	2	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
高分子基盤技術研究センター	30	32	41	117	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
光反応制御研究センター	54	57	29	113	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
新炭素系材料開発研究センター	36	43	32	131	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
シナジーマテリアル研究センター	75	79	58	116	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
超臨界流体研究センター	38	43	11	66	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
スマートストラクチャー研究センター	64	71	34	101	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
界面ナノアーキテクニクス研究センター	62	62	123	286	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
グリッド研究センター	10	11	26	91	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
爆発安全研究センター	10	14	12	48	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
糖鎖工学研究センター	42	46	32	114	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
年齢軸生命工学研究センター	13	14	17	58	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
技術と社会研究センター	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計測標準研究部門	178	221	167	598	45	0	0	0	0	6	61	5	11	202	9	294
地球科学情報研究部門	98	146	102	387	80	16	60	9	0	0	0	1	0	0	0	1
地圏資源環境研究部門	87	109	111	320	61	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
海洋資源環境研究部門	153	184	147	439	18	16	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
エネルギー利用研究部門	233	264	170	604	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
電力エネルギー研究部門	118	147	131	416	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
環境管理研究部門	101	118	115	366	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
環境調和技術研究部門	109	124	89	333	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
情報処理研究部門	30	31	25	107	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
知能システム研究部門	103	117	82	233	33	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
エレクトロニクス研究部門	119	140	134	303	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
光技術研究部門	200	229	160	470	28	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	7
生物遺伝子資源研究部門	62	69	38	160	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
分子細胞工学研究部門	26	30	17	72	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
人間福祉医学研究部門	108	114	91	345	16	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
脳神経情報研究部門	102	118	75	209	18	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
物質プロセス研究部門	89	103	75	244	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
セラミックス研究部門	144	164	105	377	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
基礎素材研究部門	217	276	149	513	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
機械システム研究部門	105	121	92	305	23	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
ナノテクノロジー研究部門	99	103	134	338	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計算科学研究部門	51	53	48	148	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
生物機能工学研究部門	62	81	50	209	17	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
人間系特別研究体	64	77	38	144	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
生活環境系特別研究体	134	139	91	349	11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
グリーンプロセス研究ラボ	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ	15	15	5	21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
デジタルヒューマン研究ラボ	21	22	18	38	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ライフエレクトロニクス研究ラボ	80	82	45	103	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
次世代光工学研究ラボ	24	24	21	31	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
微小重力環境利用材料研究ラボ	3	5	10	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
純度制御材料開発研究ラボ	9	11	14	24	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
メンブレン化学研究ラボ	18	18	3	27	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
マイクロ空間化学研究ラボ	27	32	19	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

産業技術総合研究所

ユニット名称	論文発表		口頭発表		著書刊行物	地球科学情報			計量技術情報							
	(査読付)	(全て)	(国際学会)	(全て)	(全て)	地球科学研究成果論文誌	地質基本図幅	地質図類・地球科学図	計	プロトコル	計量に係わる告示など	計量関係JIS、TR	特定要求事項	内部マニュアル	法人発行の計量技術論文	計
先端バイオエレクトロニクス研究ラボ	18	18	18	55	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
極微プロファイル計測研究ラボ	5	8	5	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ジーンファンクション研究ラボ	30	36	24	105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
単一分子生体ナノ計測研究ラボ	1	2	8	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
フェロー	10	10	2	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
先端情報計算センター	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
特許生物寄託センター	6	6	8	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ベンチャー開発戦略研究センター	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
産学官連携部門 つくば産学官連携センター 官連携センター プラディオ 連携研究体	2	2	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
管理関連部門・その他	27	36	21	85	16	1	7	0	0	0	9	0	0	0	0	9
合計	3,909	4,557	3,536	11,439	852	57	75	10	142	6	70	30	12	209	9	336

資 料

2. 兼 業

平成14年度兼業一覧

所 属	大学	官庁	民間	公的法人	団体等	計
深部地質環境研究センター	1					1
化学物質リスク管理研究センター		3		1		4
ライフサイクルアセスメント研究センター	2	2	1	2		7
生命情報科学研究センター	1			2		3
生物情報解析研究センター			1	2		3
ティッシュエンジニアリング研究センター	2	2		3		7
ジーンディスカバリー研究センター			3	1		4
ヒューマンストレスシグナル研究センター	1			1		2
強相関電子技術研究センター				1		1
次世代半導体研究センター			3	2		5
サイバーアシスト研究センター	1	2		1		4
マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター				1		1
ものづくり先端技術研究センター	1	1				2
高分子基盤技術研究センター		1				1
新炭素系材料開発研究センター	1					1
シナジーマテリアル研究センター	2	2				4
スマートストラクチャー研究センター	2					2
界面ナノアーキテクトニクス研究センター				1		1
グリッド研究センター	1	5	3	2		11
爆発安全研究センター				1		1
糖鎖工学研究センター	2		3	1		6
年齢軸生命工学研究センター				2		2
計測標準研究部門	5	1	2	2	2	12
地球科学情報研究部門	5	3	1	1		10
地圏資源環境研究部門		1		2	1	4
海洋資源環境研究部門	1	2	1	3		7
エネルギー利用研究部門	2	3		5		10
電力エネルギー研究部門	3	2	1	1		7
環境管理研究部門	3	3	1	4		11
環境調和技術研究部門	4	3	1	3		11
情報処理研究部門		4	1	3		8
知能システム研究部門	4	8	6	3		21
エレクトロニクス研究部門	1	1		1		3
光技術研究部門	3		2	2		7
分子細胞工学研究部門	2		1			3
人間福祉医工学研究部門	6	4		2		12
脳神経情報研究部門	2	3		2		7
物質プロセス研究部門	5	2		2		9
セラミックス研究部門	2	5	8			15
基礎素材研究部門	1	6		1		8
機械システム研究部門	2	4		1		7
ナノテクノロジー研究部門	3			1		4
計算科学研究部門	1			1		2
生物機能工学研究部門	1	2	2			5
人間系特別研究体	1		1	4		6
生活環境系特別研究体	1	1		1		3
デジタルヒューマン研究ラボ	1			2		3
ライフエレクトロニクス研究ラボ		1		1		2
ジーンファンクション研究ラボ			1			1
先端情報計算センター		1		7		8
管理関連部門・その他	3	9	3	16		31
合 計	79	87	46	95	3	310

3. 委員委嘱

平成14年度委員委嘱一覧

研究ユニット	計 (件)
深部地質環境研究センター	43
活断層研究センター	37
化学物質リスク管理研究センター	63
フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター	15
ライフサイクルアセスメント研究センター	66
パワーエレクトロニクス研究センター	6
生命情報科学研究センター	4
生物情報解析研究センター	30
ティッシュエンジニアリング研究センター	35
ジーンディスカバリー研究センター	6
ヒューマンストレスシグナル研究センター	25
強相関電子技術研究センター	4
次世代半導体研究センター	23
サイバーアシスト研究センター	21
マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター	11
ものづくり先端技術研究センター	33
高分子基盤技術研究センター	27
光反応制御研究センター	16
新炭素系材料開発研究センター	45
シナジーマテリアル研究センター	128
超臨界流体研究センター	8
スマートストラクチャー研究センター	25
界面ナノアーキテクニクス研究センター	5
グリッド研究センター	22
爆発安全研究センター	32
糖鎖工学研究センター	8
年齢軸生命工学研究センター	1
技術と社会研究センター	0
デジタルヒューマン研究センター	0
近接場光応用工学研究センター	0
ダイヤモンド研究センター	0
計測標準研究部門	510
地球科学情報研究部門	171
地圏資源環境研究部門	232
海洋資源環境研究部門	134
エネルギー利用研究部門	266
電力エネルギー研究部門	261
環境管理研究部門	133
環境調和技術研究部門	106
情報処理研究部門	88
知能システム研究部門	120
エレクトロニクス研究部門	34
光技術研究部門	111
生物遺伝子資源研究部門	46
分子細胞工学研究部門	31
人間福祉医工学研究部門	93
脳神経情報研究部門	33
物質プロセス研究部門	80
セラミックス研究部門	130
基礎素材研究部門	210
機械システム研究部門	116
ナノテクノロジー研究部門	29
計算科学研究部門	22
生物機能工学研究部門	17
人間系特別研究体	41
生活環境系特別研究体	109
グリーンプロセス研究ラボ	6
薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ	3
デジタルヒューマン研究ラボ	14
ライフエレクトロニクス研究ラボ	13

資 料

研究ユニット	計 (件)
次世代光工学研究ラボ	0
微小重力環境利用材料研究ラボ	5
純度制御材料開発研究ラボ	13
メンブレン化学研究ラボ	6
マイクロ空間化学研究ラボ	5
先端バイオエレクトロニクス研究ラボ	1
極微プロファイル計測研究ラボ	5
ジーンファンクション研究ラボ	3
単一分子生体ナノ計測研究ラボ	0
循環バイオマス研究ラボ	0
フェロー	21
先端情報計算センター	1
特許生物寄託センター	1
ベンチャー開発戦略研究センター	0
その他部門等	765
合 計	4,724

4. 中期目標

独立行政法人産業技術総合研究所は、3200人余の職員を擁する我が国最大規模の公的研究機関である。経済産業省傘下の独立行政法人として期待する役割は、多岐にわたる分野の研究者集団の融合と創造性の発揮による研究活動を通じた新たな技術シーズの創出、機動性・開放性を駆使した産学官ポテンシャルの結集による産業技術力の向上や新規産業の創出への取組みであり、さらには、地質の調査や計量標準の普及・供給に代表される国家的視点に立った信頼性と継続性の要求される業務の遂行を通じた産業社会にとっての知的基盤等の充実への貢献である。そしてこれらを通じた我が国経済の発展、国民生活の向上に寄与していくことが期待される。

係る観点を踏まえ、産業技術総合研究所に対しては、産業技術に係るニーズとシーズを踏まえつつ、将来の産業技術の要となる共通基盤的技術課題を抽出し、競争的資金の導入割合の増加等の体制の強化を図りつつ、創造性の高い研究の推進及びこれら研究成果の普及に努めるとともに、地質の調査、計量標準の普及・供給等産業社会の知的な基盤の構築に関する業務を着実に遂行することを求める。更には、自らの有するポテンシャルを結集した産業技術情報の収集、分析等を通じて産業技術政策の策定に貢献することを併せて期待する。

1. 中期目標の期間

独立行政法人産業技術総合研究所の平成13年度から始まる第1期における中期目標の期間は、4年（平成13年4月～平成17年3月）とする。

2. 業務運営の効率化に関する事項

平成13年度から始まる第1期は、研究業務（独立行政法人産業技術総合研究所法（以下個別法）第11条第1項第1号から第3号に規定された業務）、研究関連業務（同条同項第4号に規定された業務）、管理業務（同条同項第5号に規定された業務）の遂行における費用対効果の抜本的向上を図るため、以下の目標を実現するものとする。

1) 【組織運営】

工業技術院に属する試験研究機関15所及び計量教育習所を統合して産業技術総合研究所を発足させたことに鑑み、下記の各業務について、統合のメリットを最大限に活用した業務運営効率の高い研究組織、制度を確立するものとする。また、地域における産業競争力の強化、新規産業の創出に貢献するため、地域の産業界、大学、地方公共団体等と連携を図りつつ、地域展開を図るものとする。

- ・研究業務においては、多重構造を排除したフラットな研究組織を構築すること。
- ・関連業務においては、集中と分散による効率的な運営を行うこと。
- ・管理業務においては、重複業務を整理するとともに、施設・スペース管理を徹底し、有効活用すること。

2) 【戦略的企画】

研究課題の適切な選択および重点化を行うために、科学技術基本計画（閣議決定、2001年3月）、国家産業技術戦略（国家産業技術戦略検討会、2000年4月）、産業技術戦略（産業技術審議会、2000年4月）等に沿った重点研究課題を選び出し、研究資源の集中投資により研究開発を効果的に進めるなど、戦略的に企画するものとする。また、研究課題の評価を定期的に行い、外部ニーズ等の的確な反映により研究展開の柔軟性を保つものとする。

3) 【機動的な研究組織】

ミッション遂行に最適な研究体制の構築のために、研究組織については定期的に評価を行い、その結果に基づき、必要に応じて再編・改廃などの措置を講じ、機動的、柔軟かつ効果的な組織形態を維持するものとする。

4) 【研究の連携・協力】

他省庁研究機関、大学、民間企業等、様々な外部ポテンシャルとの連携・協力を強化し、研究推進の効率化を図るとともに、積極的に外部機関等における研究開発の発展に貢献するものとする。

5) 【評価と自己改革】

社会的要請や科学技術の進展の把握に努め、常に研究所の位置付けを確認しつつ、様々な観点から自ら行う研究の方向性、それまでに得られた研究成果等を評価し、その結果を研究資源配分に反映させる等、研究組織間の競争的環境を整備し、研究開発業務の向上に努める。併せて業務効率化の観点から、研究関連部門等の業務内容の妥当性を点検し無駄のない業務運営を行うものとする。

6) 【職員の意欲向上と能力啓発】

定期的に個人の業績を様々な観点から評価し、その結果を具体的な処遇・人員配置として適切に反映させ、勤労意欲の向上を図るとともに、業務を行う上で必要な研修の機会を与え、職員の能力の啓発に努めるものとする。

7) 【研究員の流動性の確保】

若手研究員の自主性、自立性を高める等、国内外の研究者コミュニティにおける人材の流動性の向上を図るとともに、蓄積された高いキャリアを様々な業務において有機的に活用するものとする。

8) 【業務の情報化の推進】

管理業務においては、先進的に電子化を導入し、ネットワークを活用した事務処理の効率化を進め、処理の効率化・ペーパーレス化・迅速化を図るものとする。

9) 【外部能力の活用】

各業務を精査し、業務内容の見直し、外部専門家の活用を検討し、適当と考えられる業務については外部委託を推進するものとする。

10) 【省エネルギーの推進】

研究開発においても、環境に調和して持続的に発展可能な社会に適応するため、エネルギーの有効利用に努めるものとする。

11) 【環境影響への配慮】

研究活動の環境影響への配慮の観点から、関係規格への対応を進めるものとする。

12) 【事業運営全体の効率化】

運営費交付金を充当して行う業務については、業務の効率化を進め、新規に追加されるもの、拡充分等は除外した上で、中期目標の期間中、毎年度、平均で前年度比1%の業務経費の効率化を行う。

3. 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する事項

個別法に記載されたミッションに鑑み、産業界、学界等との役割分担を図りつつ、下記1) から3) に該当する各研究開発目標を遂行して、産業技術の高度化、新産業の創出及び知的基盤の構築に貢献し、我が国経済の発展、国民生活の向上に寄与するものとする。

1) 【鉱工業の科学技術】《別表1》

2) 【地質の調査】《別表2》

3) 【計量の標準】《別表3》

1) ～3) の共通事項

ア) [政策的要請への機動的対応と萌芽的課題の発掘]

各分野における社会的政策的要請等に機動的に対応するために、最新の技術開発動向の把握に努め、重要性の高い研究課題や萌芽的な研究課題の発掘、発信を行うとともに、研究体制の構築等の必要な措置を講じ、研究開発を実施し、産業競争力の強化、新規産業の創出に貢献する。

イ) [研究活動の質的向上]

研究活動の質的向上を担保するため、以下の方策をとるものとする。

- ・外部意見を取り入れた研究ユニット評価と運営を行うこと。
- ・競争的研究環境を醸成すること。
- ・優れた業績をあげた個人について積極的に評価する。

ウ) [成果の発信]

研究所の概要、研究の計画、研究の成果等について、印刷物、データベース、インターネットのホームページ等の様々な形態により、広く国民に対して分かりやすい情報の発信を行うものとする。研究活動の遂行により得られた成果が、産業界、学界等において、大きな波及効果を及ぼすことを目的として、特許、論文発表を初めとし、研究所の特徴を最大限に発揮できる、様々な方法によって積極的に発信するものとする。

エ) [産学官一体となった研究活動への貢献]

産業界、大学と一体になったプロジェクトなど、産学官の研究資源を最大限に活用できる体制の下で

の研究活動の展開へ貢献するものとする。

4) 【技術指導、成果の普及等】

ア) [産業界との連携]

産業界等との役割分担を図りつつ研究開発活動を推進するとともに、研究所で醸成された研究成果が、産業界等で広く活用されることを目指し、産業界等と積極的に以下のような研究協力・連携を推進するものとする。

- ・日本全国に配置された研究拠点を活用して、広く研究開発ニーズや産学官の連携に対するニーズの発掘、収集に努めるとともに、ベンチャーも含めた産業界への技術移転等に努めること。
- ・技術相談等に的確に対応するとともに、これに伴う新たな展開として共同研究への発展を図る等、積極的に技術移転に努めること。特に外部ニーズに積極的に対応するために、受託研究制度を抜本的に見直し、研究受託件数の大幅な増加に努めること。
- ・産業界を支える人材の育成と産業技術力向上への貢献を目指し、企業等研修生、共同研究等に伴う共同研究者等を積極的に受け入れること。

イ) [大学への協力]

大学への協力として連携大学院制度等への積極的な協力を行うものとする。

- ・将来の産業界を支える人材の育成への貢献を目的として、学生の受け入れ、連携大学院制度への積極的な参画をすること。

ウ) [知的貢献]

学界、産業界への知的貢献として、内部研究人材・研究ポテンシャルを外部へ提供・活用するものとする。

- ・研究所の人的ポテンシャルの提供を積極的に進め、大学、大学院等の高等教育機関、学会、委員会、民間企業等へ、職員を派遣すること。

エ) [政策立案等への貢献]

産業技術に係る政策立案への貢献を積極的に推進するものとする。

- ・産業技術に係る研究所の持てる研究ポテンシャルを結集して、経済産業省、総合科学技術会議等における産業技術に関する政策立案に技術的側面から貢献すること。

オ) [標準化・規格化等、知的基盤への貢献]

国内外から要請の高い各種の標準化、規格化等、知的基盤構築に対して積極的に貢献するものとする。

- ・計量標準、工業標準、化学物質標準、地質図等、知的基盤の整備に貢献すること。
- ・国内外での標準化を目的とした技術開発を実施し、また標準の策定を支援する体制を整備すること。
- ・アジア諸国との標準化協力関係を構築すること。

カ) [国際活動]

科学技術に関する国際的な研究展開、成果の国際

普及、途上国技術支援を行うものとする。

- ・国際協力、国際貢献の観点から、国際協力プロジェクトの発掘・実施を積極的に進める等、国際的な研究展開を行うとともに、国際シンポジウムを開催し研究成果の公開普及、研究者の交流を図ること。
- ・発展途上国への技術協力・技術支援の観点から、国際協力プロジェクト等へ参画し、海外研修生の受け入れ等を積極的に推進すること。

5) 【情報の公開】

公正で民主的な法人運営を実現し、法人に対する国民の信頼を確保するという観点から、情報の公開に適正に対応するものとする。

6) 【その他の業務】

[特許生物の寄託業務]

- ・特許にかかる寄託制度の運営に関わることによる産業界への貢献を目的に、特許庁委託による生物株の寄託・分譲の業務を適切かつ円滑に遂行するものとする。

[独立行政法人製品評価技術基盤機構との共同事業]

- ・標準化関係業務等に関する共同事業を行うものとする。

4. 財務内容の改善に関する事項

- 1) 運営費交付金を充当して行う事業については、「2. 業務運営の効率化に関する事項」で定めた事項について配慮した中期計画の予算を作成し、当該予算による運営を行う。
- 2) 積極的に外部資金の増加に努め、総予算に対する固定的経費の割合の縮減等の経営努力を行う。
 - ・自己収入の増加
外部資金、特許実施料等、自己収入の増加に努めるものとする。
 - ・固定的経費の割合の縮減
大型機器の共通化、管理業務等の合理化を図り、固定的経費の割合を縮減するものとする。

5. その他業務運営に関する重要な事項

- 1) 業務の実施に必要な施設・設備の適切な整備に努めるものとする。
- 2) 管理業務に関わる支出額（人件費）の総事業費に対する割合を抑制するものとする。

別表1 鈹工業の科学技術

鈹工業の科学技術の研究開発については、研究課題を科学技術基本計画、国家産業技術戦略、産業技術戦略等に基づき重点化することとし、学界活動を先導して科学技術水準の向上に寄与するか、経済産業省の政策立案・実施に貢献するか、産業界の発展に貢献するか、国民生活の向上に寄与するか等の観点から決定するものとし、また、科学技術の進歩、社会・経済情勢の変化は絶え間ないことから、これら外部要因に基づいて研究課題を柔

軟に見直すよう努めるものとする。併せて、新たな産業技術の開拓に資する研究開発課題・研究分野の開拓を目指し、経済産業省、総合科学技術会議等における産業技術に関する戦略等の検討に反映させるものとする。

(1) 社会ニーズへの対応

1. 高齢化社会における安心・安全で質の高い生活の実現

1-1. バイオテクノロジー分野

高齢化社会における安心・安全で質の高い生活の実現及びバイオテクノロジー分野における産業創成をめざして、ポストゲノム時代におけるゲノム情報の応用、生命機能の理解とその人間生活向上への利活用、高度な情報処理機構を利用した脳科学・細胞生物学、環境計測・浄化・保全や廃棄物処理等のバイオテクノロジー技術及びこれらに共通的な技術課題について重点的に取り組むこととし、以下の研究開発を推進するものとする。

① ゲノム情報利活用技術及び有用蛋白質機能解析

- ・ゲノム情報に基づく生物情報の取得・解析・整理統合化に関して、発現頻度情報の取得とデータベースの作成を行う。また、最高レベルの構造解析システム及びモデリング技術を開発する。
- ・物質転換プロセスに役立つ遺伝子の抽出と利用技術、生体分子の観測に役立つ基盤技術を開発する。

② 有用生物遺伝子資源探索と機能性生体分子創製・利用

- ・核酸及び蛋白質の構造・機能を解析し、革新的な機能遺伝子の創製及び改良のための基盤技術を開発する。
- ・複合生物系、海洋生物、低温適応生物等からの有用遺伝子、分子の探索、生物の環境への適応機構の解析及びその解析・利用技術を開発する。また、細胞操作のための新技術を開発する。
- ・生物遺伝子資源を原料とした環境保全型材料の開発のための基盤技術を開発する。
- また、生物機能を利用した環境中の有害物質等のモニタリング及び除去のための基盤技術を開発する。
- ・遺伝子操作微生物の環境安全性を科学的に評価するために必要な基盤技術を開発する。

③ 脳科学技術（脳機能解析・脳型コンピュータ）

- ・脳機能を理解し、これを安心・安全で質の高い生活の実現に向けて利用することを目的に、脳や知覚・感覚器官の分子細胞レベルでの構造と仕組み、情報処理機構を解明する。

④ 分野融合的課題

- ・バイオ分野と他分野の融合的な研究により、筋肉活動等の修復を支援するために必要な神経細胞への電子デバイスの直接接合技術及び人工筋肉の開発に必要な基盤技術を開発する。

1-2. 医工学・福祉分野

高齢社会における安心・安全で質の高い生活の実現の

ために、医工学・福祉分野では、生体機能代替技術、医療診断・治療支援機器開発技術、福祉機器開発技術、生体ストレス・人間特性計測応用技術、及びこれらに共通的な技術課題について重点的に取り組むこととし、以下の研究開発を推進するものとする。

① 生体機能代替技術

臓器移植に代わる新たな治療技術を実現するため、細胞培養技術を用いた代替組織・代替臓器の構築技術及び長期間使用可能な人工臓器を開発するものとする。

- ・臓器移植に代わる新たな治療技術を実現するため、細胞培養技術を用いて、代替組織・代替臓器として機能する埋込み型細胞組織デバイスを開発する。
- ・在宅医療を実現するために、長期間連続使用可能な体内埋込み型人工臓器を開発する。また、人工機能代替材料の生体適合性の評価手法を確立する。

② 医療診断・治療支援機器開発技術

診断・治療に伴う患者と医師の身体的負担を軽減するために、無侵襲・低侵襲の診断機器及び治療支援機器の開発に貢献するものとする。

- ・手術に伴う患者の身体的負担を軽減するために、低侵襲での診断と治療ができる画像誘導型の手術支援システムを開発する。
- ・医療診断における診断画像の取得の高速化・高精密化のために、次世代型高次生体機能計測装置に必要な基盤技術を開発する。

③ 福祉機器開発技術

高齢者・障害者の活発な社会参加と自立を実現するために、高度情報技術及びメカトロニクス技術を利用した新しい福祉機器を開発する。また、福祉用具の人体適合性の評価手法を確立するものとする。

- ・高齢者・障害者の社会参加を促し、介護者の負担を軽減するために、日常生活を支援するリハビリ訓練機器等の自立支援福祉機器を開発する。
- ・適切な福祉機器の提供を行うために、高齢者・障害者向け福祉機器・用具の人体適合性を的確に評価できる手法を開発する。

④ 生体ストレス・人間特性計測応用技術

多様な生活者ニーズに対応したユニバーサルな製品・環境を創出するため、生体ストレスの解明、人間・生活特性の計測手法を開発するとともに、人間特性データに基づく製品・環境の設計支援技術を開発するものとする。

- ・人間生活における様々なストレスの軽減を目指し、環境ストレスが人間に及ぼす影響の解明に基づき、環境ストレス物質等の計測手法を開発する。
- ・多様な生活者ニーズに対応した生活環境を実現するために、生活行動特性の客観的な計測技術を開発し、人間特性データベースを構築し、人間適合性の高い製品・環境の設計支援技術を開発する。

2. 経済社会の新生の基礎となる高度情報化社会の実現
高性能化する情報通信環境を活用して、時間や場所の制約を受けずに、必要とする情報・知識を誰もが自由自在に創造、流通、共有できる高度な情報通信社会の実現を目指して、ヒューマンインターフェース技術、ネットワーク関連技術、高度コンピューティング技術、情報化基盤技術の研究項目について、以下のような研究開発を推進するものとする。

① ヒューマンインターフェース技術

高度情報化社会の恩恵を誰もが受けられるように、情報システムが人間の表現を読みとり人間に合わせる技術、知的な次世代個人通信システム技術等を開発するものとする。

- ・人々の様々な知的活動や作業を支援あるいは代行する情報システムを、生活支援、公共システム支援、社会安全、産業強化の視点から開発して、産業・生活両面において、人の行動・生活を支援する対人親和性の高い知能システムの実現に貢献する。
- ・個人の情報利用を支援し、情報弱者にも使いやすい知的情報サービスシステムを提供する、位置と状況に基づく次世代個人通信システムの実現を目的として、位置情報を通信に用いたデバイスの研究を行い、ネットワーク上での知的情報サービスシステムのプロトタイプを開発する。

② ネットワーク関連技術

ネットワークを用いて行政機関へのアクセス、高度コンピュータシステムの利用、広く普及した計算機資源の有効利用が安全かつ高速で実現される手法を開発するものとする。

- ・電子政府の実現と維持に必要なセキュリティ技術を開発する。

③ 高度コンピューティング技術

膨大な情報を高速に分析、処理、蓄積、検索することができることを目的として、高度コンピューティング技術を開発するものとする。

- ・大規模計算技術と情報数理論を用いた、分子構造予測、ゲノム配列解析、細胞シミュレーションなどのバイオインフォマティクス研究を推進し、生命機構に関する知識を計算機で詳細かつ高速に発見する情報技術を開発する。
- ・産業基盤に資する並列・分散環境での高性能計算機システム利用技術を普及し、この分野の中核的研究拠点となることを目的として、コンピューティング技術と通信ネットワーク技術との融合を図った情報インフラを構築し、世界的な標準化構築のための技術を開発する。

④ 情報化基盤技術

今後ますます増大する情報通信技術の高度化のニーズに対応していくため、次世代半導体技術、デバイス技術、ソフトウェア技術等の共通基盤技術を開

発するものとする。

- ・強相関電子の概念を中核とした革新的な電子技術における独創的成果を挙げることを目的として、強相関電子系相制御技術、超格子物質・接合作製技術、極限スピン計測技術、強相関デバイスプロセス要素技術、強相関フォトニクス物質、量子位相制御理論、などの強相関電子技術の基礎を確立する。
- ・2010年以降の超高速・大容量情報通信環境を実現するために必要な超高集積・低消費電力集積回路技術の基盤を確立する。
- ・情報通信における一層の多様化を実現するため、情報処理ハードウェアの飛躍的な多機能化・システム化を可能にする要素技術を確立する。
- ・大容量・高速記憶装置技術の新たな応用の開拓と新規産業の創出を目的として、光による情報記録を波長の数分の1程度の微細領域で可能とする技術を確立する。
- ・情報技術を人類社会の持つ多様性に対応可能にすることを目的として、公共性と中立性の高いソフトウェアを開発し、言語や文化の多様性や、ソフトウェアの利用形態や開発体制の多様性に対応できる情報処理技術を確立する。

3. 環境と調和した経済社会システムの構築

環境の保全と経済社会活動とが調和した持続的な循環型経済社会システムの構築に向けて、化学物質安全管理技術、資源循環・廃棄物対策技術（低環境負荷型材料開発を含む）、オゾン層破壊・地球温暖化対策技術、ライフサイクルアセスメント技術、グリーンケミストリー技術（低環境負荷型化学プロセス技術）、及びこれらに共通的な技術課題について重点的に取り組むこととし、以下の研究開発を推進するものとする。

① 化学物質安全管理技術

製造過程や製品、廃棄物等に含まれ、人間や環境に悪影響を及ぼす化学物質のリスクを極小化・管理する経済社会を実現するものとする。

- ・化学物質の安全性の評価・管理に係る技術基盤の整備・確立を目的として、環境汚染物質に係る排出・移動登録（PRTR）対象物質を10程度にグループ化し、各グループについて、化学物質の有害性の定量的評価技術、化学物質の曝露評価のための要素技術、及び地圏汚染評価のための地盤調査法とリスク解析手法を開発する。
- また、生態リスク評価手法を開発する。
- ・火薬類の新しい規制技術基準を構築するための基盤を確立する。
- ・化学物質の適正管理に係る技術基盤の整備・確立を目的として、コンパクトで簡便な分析システムのための要素技術を開発する。

② 資源循環・廃棄物対策技術（低環境負荷型材料開発を含む）

金属資源や有機系資源の有効利用と廃棄物の減量化、並びに低環境負荷型材料開発による資源循環型の経済社会を実現するものとする。

- ・廃棄物・副産物の原材料化とエネルギーとしての再生利用を目的として、製品粉碎粒子を対象としたカラム型風力選別機による乾式選別及び微小脈動流を利用した湿式比重選別の要素技術を開発する。
- ・プラスチックのリサイクル性と環境適合性を高める目的で、熱硬化性樹脂等のリサイクルが困難なプラスチック廃棄物のモノマーリサイクル技術を開発する。

③ オゾン層破壊・地球温暖化対策技術

フッ素系化合物によるオゾン層の破壊と二酸化炭素等による地球温暖化を抑制する経済社会を実現するものとする。

- ・温室効果ガス排出の最小化を目的として、フッ素系温室効果ガスの代替物の開発指標を確立する。
- ・二酸化炭素の貯留・固定を目的として、二酸化炭素と海水との相互作用の評価技術、海洋隔離による局所的な環境影響評価技術、海洋環境の将来予測手法、及び海洋／大気／植生間の二酸化炭素交換量および化石燃料消費による放出量の地域分布の評価手法を開発する。
- ・二酸化炭素等の低反応性小分子の固定化・有効利用を目的として、光触媒による新規な固定化技術、炭化水素の脱水素反応との組み合わせによる有効利用技術を開発する。

④ 環境負荷評価技術

製品の製造、輸送、廃棄等ライフサイクル全体での環境負荷の低減を図る経済社会を実現するものとする。

- ・ライフサイクルアセスメントによる製品や製造プロセス等の最適化を目的として、国際標準準拠型及び製品設計のためのソフトウェアを開発する。

⑤ 低環境負荷型化学プロセス技術

環境負荷の大きい原材料、製品、あるいは製造プロセスを代替する化学技術による持続可能な経済社会を実現するものとする。

- ・製造過程で酸塩化物やホスゲン等のハロゲン化合物を用いないファインケミカルスや高分子の合成法を開発する。
- ・水素や過酸化水素等の製造、輸送プロセスのグリーン化を目的として、水素透過金属膜、ゼオライト系等の二元機能触媒、及び金属担持薄膜触媒を用いる反応プロセスを開発する。

4. エネルギー・資源の安定供給確保

経済性と供給安定性を考慮した環境調和型エネルギー・資源供給構造の構築という社会的要請に対応するため、電力技術、省エネルギー技術、新エネルギー技術、資源技術等及びこれらに共通的な技術課題につい

て重点的に取り組むこととし、以下の研究開発を推進するものとする。

① 電力技術

国際的に遜色のない低廉な電力供給の実現、エネルギーセキュリティ確保及び地球環境問題への対応という社会的要請に応えるため、その一翼を担うべく、革新的電力デバイスと電力ネットワークの基盤技術の開発、超電導技術による高効率電力輸送技術の基盤技術を開発するものとする。

- ・革新的電力デバイスと電力ネットワークの基盤技術を開発する。
- ・超電導技術による高効率電力輸送技術の基盤技術を開発する。

② 省エネルギー技術

CO₂排出削減と省エネルギー型社会の実現に貢献するために、エネルギー高効率利用技術、動力等への変換合理化利用技術、エネルギー回収・蓄エネルギー技術、省エネルギーネットワーク技術に関する研究開発を行うものとする。

- ・ガスタービン発電システムの直接的な燃料となるクリーンコール製造技術、作動ガス循環型動力システムにおける燃焼制御技術を開発する。
- ・省エネルギー化の基盤技術確立に資するために、高出力密度電源の開発、二次電池のための新規材料開発、省エネルギーネットワーク技術の設計・評価法を確立する。

③ 新エネルギー技術

エネルギー安定供給と環境負荷の低減という社会的要請の同時解決を図るため、化石燃料の環境調和利用を図りつつ、環境負荷を小さくするクリーンエネルギーの基盤技術を開発するものとする。

- ・太陽光発電の大量導入に向けて、高性能低価格の太陽電池技術、及び太陽光発電システム・評価技術を開発する。
- ・燃料電池の高効率化技術、適用性拡大技術、燃料多様化技術などを開発する。
- ・風力タービンの安定出力を保証するための基盤技術、クリーン燃料製造のための基盤技術を開発する。
- ・太陽光を利用した革新的新エネルギー技術の基盤技術を開発する。

④ 資源技術

地下資源の探査手法、国土の地下資源量評価、資源開発・利用に伴う安全・監視・環境に関する基盤技術を開発するとともに、海外での資源開発研究協力・技術協力に貢献するものとする。

- ・地熱貯留層評価管理技術の開発と燃料資源、潜頭性金属鉱床等のポテンシャル評価技術の開発を行う。
- ・資源の開発・利用に係わる安全管理技術を開発する。
- ・アジア地域において地熱資源と鉱物資源調査に関する資源開発研究協力を果たす。

(2) 革新的・基盤的技術の涵養

1. 分野横断・革新的技術

ナノバイオテクノロジー、ナノデバイス、ナノ材料など、各分野の研究開発の推進の基盤となる、分野横断的なナノテクノロジー技術及び多分野にまたがる共通基盤技術である光技術、計算科学、人間のモデル化技術、計測分析技術について、先導的、先進的に研究開発を進めるものとする。

① ナノテクノロジー

ナノメートル制御材料、デバイス、システムの創製技術、材料・機器のマクロ性能の飛躍的向上をはかる技術を開発するものとする。

- ・ナノ構造における新規物理現象の開拓を行い、ナノメートルスケールで従来の材料・デバイスとは異なる構造・動作原理に基づくデバイス開発を行う。
- ・ナノメートル・オーダーの計測技術としての走査プローブ顕微鏡の分解能の高度化を行い、単一分子を含めたナノ構造の計測のための評価技術を開発するとともに、次世代半導体におけるプロセス診断技術へ応用するための実用技術を開発する。
- ・情報通信、化学、材料等の革新的・基盤的技術開発として、ナノメートルオーダーのサイズにおいて機能を発現する原子・分子集合体を創製する。

② 光技術

- ・情報、エネルギー、物質、生命等に関わる多様な物理現象において本質的な役割を果たしている「光」に対し、光の持つ可干渉性、超高速性、大容量性、高輝度性等のポテンシャルの極限的追求とその利用のための技術開発を行うことで、高度情報化社会、安全で安心な社会、および持続可能社会の構築に貢献する。また、誰でもが情報通信社会の恩恵を受けられるようにするために、人に優しく使いやすいマン・マシーン・インターフェース技術、およびもっとも身近で扱いやすい量子としての光の可能性を利用するため、横断的な分野の研究者の融合および有機的研究展開を目指すものとする。

③ 計算科学

現象発現の仕組みがより複雑化し、物理的にもコスト的にも実験・実証が困難化している状況の打破を目的として、構造と機能の解析・予測のシミュレーションをコンピュータで行うことによる現代科学技術の発展の基盤となる技術を開発するものとする。

- ・化学反応シミュレーションで扱われる原子の数を、大幅に増加することにより、現実の問題におけるより広範囲な対象（不均一触媒、溶液反応など）を扱えるようにすることを目的として、化学反応解析・設計シミュレーション技術および反応経路予測技術を開発する。
- ・1ナノメートルから100ナノメートルのスケールにわたるナノスケール材料（無機材料、高分子材料、生体高

分子材料、およびそれらからなる複合材料)の構造の制御、発現される機能の解析を可能とするシミュレーション手法の開発を通して、ナノスケール系の持つ特徴の系統的な研究を行い、複合系の機能予測が可能なシミュレーション技術を開発する。

④ 人間のモデル化技術

- 靴、衣服などが個人の体型によりよく適合するようにするために足、体型などを計測しそのモデルをコンピュータ内に形成する。そのモデルが人の動きに追従できる機能を付加するものとする。

⑤ 計測・分析技術

- 産業技術分野に対して定量的理解と共通の尺度を提供するため、計測分析技術の開発を行う。
- 次世代電気標準並びにエレクトロニクス産業の基盤を支える計測技術を実現するため、超伝導およびそれに付随する量子現象を利用する電子計測デバイスを開発する。
- 産業・科学技術の効率的な開発を分野横断的に支援するため、化学物質スペクトルデータベースを拡充する。また、物質・材料の熱物性データベースを整備し、公開する。

2. 材料・化学プロセス技術

日本経済の持続的成長を維持するための市場創出につながる革新的技術の確立を目的として、ナノ物質・材料技術、機能共生材料技術、特異反応場利用プロセス技術、高信頼性材料システム技術及びこれらに共通的な技術課題について重点的に取り組むこととし、以下の研究開発を推進するものとする。

① ナノ物質・材料技術

- ナノメートルサイズの物質の構造制御を利用して、超高速・大容量情報処理技術の基盤となる複合機能原料や新炭素材料、持続的な経済社会発展の基盤となる精密制御高分子材料、軽量金属材料、先進構造材料を開発するものとする。
- 超高速・大容量の情報処理・通信技術の基盤材料の提供を目的として、半導体プロセスと整合性の良い電子材料用液体原料や機能複合粉体原料の開発、室温で作動する紫外線発光機能を持つダイヤモンド材料の開発、及び新炭素材料の開発を行う。
- 炭素系材料によるナノスペースを利用した水素貯蔵、ガス分離材料等の開発とその量産化のための基盤研究を行う。また、超低摩耗機能を有する炭素系材料によるトライボマテリアル・スーパーハードマテリアル等の創製を行う。
- 材料のリサイクル性向上に向けて、鑄造・加工プロセスにおいて結晶粒径を微細化し高強度な単純組成軽量金属材料、及びリサイクルによる特性低下を生じないリサイクル技術を開発する。また、金属材料の耐食性向上を目的として高純度金属へのコーティング技術を開発する。

- 環境浄化材料への適用、分離プロセスや触媒反応の省資源・省エネルギー化を目的として、規則的に微細細孔が配置された材料の創製、改良とその低エネルギー製造プロセス技術を確立する。

- 高分子材料の性能・機能の飛躍的高度化を目指し、高分子の任意かつ精密な構造制御を実現する重合反応制御技術および高次構造制御技術を開発する。

② 機能共生材料技術

材料の組織を原子・分子からナノ、マイクロ、マクロにわたり制御する技術を開発し、複数の機能が共生した材料を創製することで、複合材料に変わる新たな多機能材料のコンセプトを確立するものとする。

- セラミックスの高次にわたる構造を制御するプロセス技術を開発し、複数の機能が共生したセラミックス材料を創製するとともに、開発技術の産業技術としての有効性を実証する。

③ 高信頼性材料システム技術

構造材料の信頼性向上、長寿命化を図るため、使用環境下での損傷形成過程を支配する主要因子の定量化を行うとともに、損傷位置の検出や損傷制御機能を持つ修復材料、ならびに長寿命複合材料、低摩擦摩耗材料を開発するものとする。

- 高温構造用セラミックス部材の信頼性向上をめざし材料設計指針の確立に向けて、損傷形成過程を支配する主要因子の定量化手法を開発する。
- 構造部材の信頼性向上を目的として、コンクリート、橋梁用鉄骨、車体機体用金属材料等の損傷位置を精度よく標準し損傷を抑制する材料を開発する。
- 構造材料の長寿命化を目的として、種々の使用環境において高信頼性を保持できるセラミックス繊維強化複合材料や、構造材料に高耐食性・高耐摩耗性を付与する表面処理技術、低摩耗・超低摩擦炭素系材料を開発する。

④ 特異反応場利用プロセス技術

材料製造に関わる環境や、エネルギー、製造コスト等の制約要因を克服し、材料の国際的な競争力を強化し新産業の創出に資するために、特異な反応場を利用した新たな材料製造プロセス技術を開発するものとする。

- 高性能センサー材料等への応用が期待されるものの製造が困難な高品質結晶材料を、微小重力環境を利用して容易に製造できる技術を開発する。
- セラミックス製造工程におけるエネルギーや資源の消費量削減を目指し、電磁波等の効率の利用により選択的なエネルギー投入を行う焼結・反応プロセス技術や、生体組織の形成メカニズムを模倣した3次元的規則構造形成プロセス技術を確立する。
- 環境負荷の少ない化学合成プロセス技術の確立を目的として、超臨界流体を利用した新規物質の創製・利用技術を開発するとともに、高温・高圧制御とそ

の場計測技術の開発により化学プロセス技術の基盤を整備する。

3. 機械・製造技術

経済社会の持続的発展を支えるための技術の緻密化と融合化による産業競争力の強化とともに、環境と調和した経済社会における資源の円滑な循環、高度情報通信社会及び高齢化社会、少子化社会への対応のために、ものづくり支援技術、マイクロナノ加工組立製造技術、循環型生産システム技術、信頼性工学技術（安全対応技術）及びこれらに共通的な技術課題について重点的に取り組むこととし、以下の研究開発を推進するものとする。

① ものづくり支援技術

ものづくり産業の競争力強化と新たな展開に貢献することを目的に、加工やその設計における技能の技術化を製造技術と情報通信技術の融合により実現し、高信頼性、高精度な技術情報を、ものづくり現場で利用可能なシステムとして開発するものとする。

- ・中小製造業の技術者が必要とする加工データのセンシング技術や加工データベースシステムの開発、加工技能の分析・解明による加工デジタルモデルを、利用目的に応じて的確・理解しやすい形式で提供する加工支援システムを開発する。
- ・加工デジタルモデル情報を、ネットワークを通じてものづくり現場における有効利用を可能とするためのシステム構築技術、様々なものづくり支援ソフトウェアシステムの柔軟・融合を可能にする設計製作支援共通プラットフォームシステム技術を開発する。

② マイクロナノ加工組立製造技術

情報通信、医療福祉分野等、様々な分野に適応した、高付加価値製造技術の基盤技術の確立を目的として、マイクロナノ加工技術を開発するとともに、その基礎となる各種加工現象を解明するものとする。

- ・マイクロ機械部品等を加工可能なマイクロファブリケーション技術の提供を目的として、精密形状転写加工のマイクロスケール解析評価技術、加工点付近の微小領域での現象の解明、ナノトライボロジーの解明、微細固体駆動素子技術等を高度化するとともに、ダウンサイジングに適した工作原理を示し、高精度な小型加工機構、IT技術や医療技術のための高集積機械システムを実現する。
- ・ナノスケール極微細加工を種々の部材に対して可能とするレーザー加工装置開発の要素技術である、レーザーダイオードの高コヒーレンス化に不可欠な温度安定化技術、超解像技術による微小加工技術の基盤を構築する。
- ・ナノスケールの構造により機能を発現する機能構造体の創製を目的として、この構成要素となる均一で汚染のないナノサイズの超微粒子の作製プロセス技術、ナノスケールの機能付加加工技術の基盤を確立

する。

- ・マイクロメートルオーダーの微細形状を持つ光学部品等の成形過程において成形材料の硬化の過程の解析技術と非接触計測技術を確立する。

③ 環境負荷低減生産技術

- ・機械とエネルギー・環境との調和を目的として、省エネルギー、低エミッション生産技術を実現するための製品ライフサイクル管理手法を確立するとともに、エコマテリアル、エコトライボロジー技術を高度化し、IT技術との融合による循環型生産システム技術の構築に貢献する。

④ 信頼性工学技術（安全対応技術）

- ・機械システムを構成する機械要素の破壊を事前に予知し、システム全体の破壊を未然に防ぐ等、機械システムの信頼性・安全性の向上を目的として、機械要素の高信頼性異常予知診断システム等を開発するとともに、寿命・材料評価に関するデータベースの構築や、破壊メカニズムの解明を行い、規格制定等に貢献する。

別表2 地質の調査（知的な基盤の整備への対応）

我が国の産業の発展、国民生活の安寧はもとより広く人類の持続的発展に貢献するため、我が国の技術開発及び科学研究に関する基本的な計画の要請に沿って、国土の利用や資源開発・環境保全に必要な不可欠な地質の調査及びこれらに共通的な技術課題について重点的に取り組むものとする。

① 【地質情報の組織化と体系的集積・発信】

日本の地質の調査研究を実施するとともに、地質の調査に係わる探査・分析技術、情報解析技術、情報提供技術の高度化を進める。それらの成果を地質図・地球科学図及び各種のデータベース等の知的基盤として整備し、社会に公表するものとする。

[地質図・地球科学図の作成]

- ・国土の地質情報基盤である1/5万地質図幅及び1/20万地質編さん図については、長期的な計画に基づいて着実な整備を進め、それぞれ新たに30図幅と8図幅を作成するとともに、特定観測地域の1/20万総括図の調査を行う。
- ・我が国周辺海域の1/20万海洋地質図については、北海道東方海域の海洋地質調査を継続するとともに、過去の調査成果を含めた14図を新たに作成する。
- ・九州地域の重力基本図の整備を行い、全国6地域中4地域の整備を完了するとともに、全国をカバーする地球化学図を新規に作成する。
- ・国内および周辺諸国における社会ニーズに対応した各種主題図を作成し、大都市圏国土利用、都市防災、資源安定供給等に必須な地球科学情報基盤の構築を進める。

[情報の数値化・標準化・データベース整備]

- ・地質図、各種地球科学図の数値化を進め、社会からの容易なアクセスと利便性の向上を図る。
- ・地質の調査に係わる地球科学情報の高精度化と標準化を進めるとともに、地質標本の整備を推進する。
- ・地質の調査の調査研究成果、ならびに各種地球科学情報、地質文献資料等の系統的収集・集積を行い、データベースとして整備公表する。

[地質情報の提供]

- ・地質の調査に係わる成果を、地質図類・報告書等の出版、オンデマンド印刷及びウェブ情報発信により提供するとともに、ウェブ総合情報検索システムを構築する。これらをさらに普及させるため、地質関連イベントへの参加、地質情報展の開催、地質標準的試料・標本の頒布等の活動を行う。
- ・地質の調査への理解を広げるため、地質の調査の成果の効果的な普及に努めるとともに、国民・企業等からの地質に関する相談に確実に対応する。

[地質の調査のための基盤的基礎的研究]

- ・地質の調査に係わる研究手法・技術の高度化を進めるとともに、新たな地球科学的理論・モデルを提出する。

② 【深部地質環境の調査・研究】

- ・地層処分システムの安全性評価に関する国の施策に資するために、評価手法・基準に関する地質の知見・データを整備し、評価モデルを構築するとともに、地質特性長期変化のメカニズム等の技術資料の整備を図る。また、地質環境図類の作成などによって深部地質の情報を社会に提供する。

③ 【地震・活断層及び火山の調査・研究】

- 地震・活断層及び火山の研究については、地震防災対策特別措置法、大規模地震対策特別措置法、第6次噴火予知計画等の法律および省庁横断的な研究推進計画に基づいた研究項目を分担実施するものとする。

[地震・活断層]

- ・政府の地震調査研究推進本部によって決定された全国主要98活断層の地震発生危険度調査を分担実施し、地震発生確率評価を行うとともに、12活断層に関する調査報告書を出版し、活断層ストリップマップを公表する。
- ・地震前兆現象の把握に資する地下水等の変化観測システムの整備、観測・解析手法の高度化、地震発生のモデル化と予測精度向上を図るとともに、強震動評価のための地下構造探査を行い、それらの情報を国・社会に提供する。
- ・日本周辺海域における海域活断層の分布把握や活動評価手法の開発等を進める。

[火山]

- ・測地学審議会による活火山のうち、最も活動的な火山である三宅島および岩手山の火山地質図を作成し、

合計13火山の整備を完了する。さらに、火山噴火予知及び火山防災に資する研究を行い、火山地域地球物理総合図、新たな火山科学図の作成手法を開発するとともに、火山関連情報のデータベース化を図る。

④ 【緊急地質調査・研究】

- ・地質調査分野における社会的要請等への機動的な対応に努めるとともに、地震、火山噴火を初めとする地質災害発生時には緊急の調査・研究を実施し、必要な関連情報の発信を行う。

⑤ 【国際地質協力・研究】

- ・地質の調査業務として実施すべき国際共同研究・国際プロジェクトについて、国の基本施策に基づきその長期戦略や実施内容等を策定するとともに、国際的に我が国のプレゼンスの維持向上が達成されるよう、地質の調査に関する我が国を代表する責務を果たす。
- ・海外、特にアジア太平洋地域の地下資源全般、地球規模環境問題及び沿岸域の持続的開発に関する研究協力・技術移転を進めるとともに、資源情報・地質環境情報の収集整備を行うとともに、地質情報の信頼性の向上と国際標準化の推進を実施し、知的基盤整備を行う。

別表3 計量の標準準（知的な基盤の整備への対応）

我が国経済活動の国際市場での円滑な発展を担保するため、各種の試験、検査、分析結果の国際同等性を証明する技術的根拠や技術開発・産業化の基盤である計量の標準を整備するとともに、計量法施行業務の適確な実施を確保するものとする。

① 国家計量標準の開発・維持・供給

経済構造の変革と創造のための行動計画（閣議決定、2000.12）、科学技術基本計画について、知的基盤整備特別委員会中間報告（産業技術審議会・日本工業標準調査会合同会議1999.12）の目標・方針に基づいて計量標準（標準物質を含む。）の開発・維持・供給を行い、また国際基準に適合した計量標準の供給体制を構築して運営するものとする。

- ・平成16年度までに既存の計量標準について140種類の維持・供給を継続するとともに、我が国経済及び産業の発展並びに計量法に基づく計量証明事業の信頼性の確保に必要とされる新たな計量標準について155種類の開発に着手し、既着手分と合わせて269種類の開発を進め、そのうち158種類の供給を開始する。
- ・計量標準の供給に関連する部署に、国際基準に適合した管理に係る品質システムを構築して運営し、また設定した151種類の計量標準に対して技術に係る品質システムを構築して運営する。
- ・メートル条約のもと国家計量標準と国家計量標準機関が発行する校正証明書に関する相互承認協定（グ

- ローバル MRA) の枠組みの中で、基幹比較、補完比較、多国間比較、二国間比較など110件の国際比較に参加し、それらのうちから107種類の計量標準に関して国際相互承認(暫定承認を含む。)を行う。
- 計量法に基づく校正事業者認定制度の円滑な運用のため、高精度の校正サービスを行う校正事業者の認定に係る技術審査を行う。
 - 計量法認定計量管理事業者制度に基づく極微量物質の分析を行う事業者の認定に係る技術審査を行う。
 - 計量標準の供給分野を拡大するため、物質・材料に関する標準データを取得し、産業界・学界に広く提供する。

② 特定計量器の基準適合性評価

- 計量法に基づき経済産業大臣から産業技術総合研究所に委任された法定計量業務を適切に遂行するとともに、経済産業省に対して法定計量システムの企画・立案の支援を行うものとする。
- 我が国の法定計量システムの国際統合を進めるため、特定計量器の技術基準を国際基準に整合させるとともに、型式承認試験の国際比較に参加し国際相互承認を進める。
 - 法定計量システムの国際統合を進めるため、法定計量の実施に関連する部署に国際基準(ISO/IEC 17025)に適合した管理・運営体制を構築して運営する。
 - 計量法技術基準の整理・統合を進めて、法定計量システムの運用の合理化を図るため、特定計量器に係る任意規格(工業規格)の原案を作成する。

③ 次世代計量標準の開発

次世代の計量標準を世界に先駆けて開発し、国際計量システムの構築において我が国の優位性を発揮するために、計量標準に関する先導的な技術開発を行うものとする。

④ 国際計量システムの構築

- 計量標準、法定計量等に関連する国際活動に主導的に参画して、我が国の技術を反映した計量システムを諸外国に積極的に普及するとともに、メートル条約と国際法定計量機関を設立する条約(以下、国際法定計量条約と略す。)のもとメンバー国と協調して国際計量システムの発展に努めるものとする。
- アジアを中心とした開発途上国への技術協力として、相手国の計量システムの確立と向上のために技術支援を行う。
 - メートル条約のもと国際度量衡委員会(CIPM)の活動やアジア太平洋計量計画(APMP)の活動に積極的に参画する。特に APMP では議長国と事務局の役割を引き続き果たすとともに、国際比較では幹事国を積極的に引き受ける。
 - 国際法定計量条約のもと国際法定計量機関(OIML)の活動やアジア太平洋法定計量フォーラ

ム(APLMF)の活動に積極的に参画し、APLMFでは議長国と事務局を引き受ける。

⑤ 計量の教習と人材の育成

計量に関する国内外の人材育成を通じて、我が国及びアジアを中心とした開発途上国の国家計量システムの発展を支援するものとする。

- 計量法に基づき計量士の資格取得希望者並びに計量公務員に対して、法定計量の技術と法規に関する教習を行う。
- 高度の計量技術をもった民間の人材を育成するため、校正事業者、環境計量証明事業者に係る技術研修を行い、また専門技術書の作成を行う。
- 校正事業者、計量証明事業者に対する適合性評価を行うための審査員研修を行う。
- アジアを中心とした開発途上国の技術者に対して、法定計量と計量標準に関する技術研修を企画・実施する。

5. 中期計画

独立行政法人通則法第31条第1項に基づき、独立行政法人産業技術総合研究所の平成14年度の事業運営に関する計画（以下、年度計画）を次のように定める。

1. 業務運営の効率化に関する目標を達成するために取るべき措置

1) 【組織運営】

- 平成14年度は改革への道筋を職員一人一人にまで浸透させるべき年と位置付け、研究ユニット長への権限委譲による意思決定の迅速化を促進するとともに、研究ユニット長を少人数にグループ分けした上で理事長との定期的な会合を開催し、組織運営上の問題についての情報伝達・意思疎通の更なる改善を図る。
- 東京及びつくばの2本部体制を効率的に運用するため、それぞれに配置された機能の見直し・再配置を機動的に進める。特に行政との接点である東京においては、平成14年度における情報収集、広報活動の重点化分野を設定して、必要な人材配置を行う。地域拠点においては、地域経済局との連携のもとに産総研の各拠点の活用指針の明確化をはかり、地域産業界、地域学界等と協力して様々な社会ニーズへの的確な対応に努める。
- 引き続き、研究関連業務、管理業務等について、主としてつくば地区に集中して行うとともに、平成13年度の実態調査等を踏まえ、組織形態及び業務フローについて改善を行う。さらに、業務効率化の観点から、重複する点、非効率な部分、過度の集中、研究者の負担の増大等について引き続き精査し、改善すべき点がある場合には、速やかな改善を行う。
- 研究スペースを有償の研究資源として捉え、引き続きスペース課金制度の適切な運用に努める。その際、使用する面積・実験室仕様・地域等で単価を必要に応じて見直すことにより、スペースの有効利用を促す。また、返却されたスペース等については、適切な施設の補修に努め、常に利用しやすいスペースとなるように保守する。既存及び今後導入する大型設備、高額な機器等については、共同利用等、有効活用を推進する。

2) 【戦略的企画】

- 引き続き企画本部が中心となって、人事、財務、予算、産学官連携等に関する企画調整を行うとともに、研究所全体の経営戦略案、研究戦略案の策定及び研究資源の要求案、配分案の企画、調整を行う。また、研究戦略案については、研究コーディネータを中核とする体制の一層の整備を図る。
- 引き続き技術情報部門において、研究所内外における産業技術情報の収集及び外部研究機関との連携を発展させ、シンクタンクの位置づけを強化する。調査結果は広く利用されるよう、報告書等としてまとめ、公表する。

- 社会ニーズや技術政策に対応した重点調査課題として、引き続き産業安全工学における研究課題、研究体制について調査する。

- 引き続き、研究所内の各研究ユニット等が重点的に実施する研究課題を設定する時の参考となるよう、最新の科学技術情報を提供する。

3) 【機動的な研究組織】

- 研究部門の活動や社会ニーズ・行政ニーズから生まれる重点的な研究課題に関しては、必要に応じて機動的なセンター化を進める。一方、産総研全体としての研究ユニットの最適配置を常に意識し、既存の研究ユニットの活動状況を把握する。また、平成13年度からスタートした研究ラボに関しては、その存続の可否を判断するための見直し評価を実施する。
- 研究ユニットの新設について、設立基準により厳正に審査・検討を行う。研究ユニットの見直しについては機動的に行う。また、緊急な政策的、社会的、または科学技術的な必要性が生じた場合は、機動的な課題の取り組み体制について検討を行う。

4) 【研究の連携・協力】

- 研究ユニット間の融合的共同研究を進めるための、研究コーディネータによる研究テーマの発掘、資金の支援を行う。
- 産学官の連携の更なる強化を図るため産学官連携コーディネータを充実させる。
- 筑波研究学園都市研究機関等連絡協議会との一層の連携強化を図る。
- 九州センターの産学官連携センターを産学の集積度が高い福岡市内に移転し、外部機関との連携に対する利便性を向上させる。
- 引き続き、機動的に連携研究体を運営する。
- 必要な研究テーマや技術分野に応じた研究コンソーシアム等を設立し、運営する。

5) 【評価と自己改革】

- 産総研の研究活動等について幅広い知見を有する内外の有識者で構成される運営諮問会議を設置し、産総研全般の運営に関する包括的な助言を得る。
- 研究ユニット（研究センター、研究部門、研究系、研究ラボ等）毎に、外部専門家等からなるレビューボードにより、ピアレビュー方式による研究ユニット毎の評価を行う。
- 上記の評価を行うに当たっては、①独立行政法人評価委員会が設定した評価基準、②研究センター、研究部門、研究系、研究ラボ等の研究ユニットの性格の違い、③個々のユニットに固有の事情等を勘案しつつ各ユニットの評価項目（軸）の設定を行う。
- 研究ユニット毎の評価は、上述の評価項目（軸）に沿って、研究計画、研究の進捗状況、投入した研究資源、組織内マネジメント等について公正かつ中立な評価を実施する。その評価結果をもとに研究ユ

ニット毎の研究内容の改善等に反映させる。

- ・研究費の配分にあたっては、上記評価結果とともに、新規に立ち上げる研究ユニットも含め、研究の必要性や、研究計画の妥当性を勘案して行う。
- ・研究ラボについては、レビューボードによる成果ヒアリングの評価を踏まえ、継続、廃止又は研究センター等への発展の可否等について判断を行う。
- ・研究ユニットの新設に応じプレ評価を実施する。その結果を研究内容の改善等に反映させる。
- ・平成13年度の業務実態調査等を踏まえ、業務効率化に向けた具体的目標の設定を行い、該当部署を指導するとともに、業務フロー等の改善計画を策定する。また、これらの目標・指標等をもとに業務評価を実施するとともに業務効率化の自発的推進がなされる環境整備を推進する制度について検討する。

6) 【職員の意欲向上と能力啓発】

- ・個人の評価に関しては、職員に対し、短期・長期評価制度の説明を引き続き行うとともに、当該制度に対する職員の意見等の把握に努め、制度の信頼性・安定性を高めていく。また、前年度の実績を踏まえ、適宜、制度のレビューを行い、必要があれば制度の変更等を行う。
- ・短期評価に関しては、年度当初の目標設定から年度末の評価に至るまでの間、被評価者・評価者間のコミュニケーションを確保しつつ適切な運用を図る。
- ・長期評価に関しては、評価対象者のリストアップ、評価対象者への通知、長期評価票の作成及び人事評価委員会での審査等の一連の手続を年度前半に終了する。また、長期評価制度の不服申立についても適切な対応を図る。
- ・短期評価制度は各研究ユニット、部門に運用の裁量を委ねるが、制度の理念を逸脱していないかどうかについて運用の実態を適宜モニターする。
- ・13年度の研修の内容をレビューし、研修内容やプログラムの充実・拡充を図る。

7) 【研究員の流動性の確保】

- ・博士研究員については、外部の制度による研究員受け入れを積極的に進めるとともに、産総研特別研究員制度のもと、引き続き博士研究員の受け入れ拡大を図る。また国内外の優れた研究員の招へいによって研究活動をより活発化させるとともに、産総研内部の人材提供に努める。
- ・研究現場において必要な人材の資質と人数に関するニーズを把握するとともに、研究職員の産総研内部における流動性を確保し、自立的、機動的な組織設計を更に推進する。
- ・研究職員の新規採用については、引き続き若手育成型任期付研究員を中心とし、研究員の流動性の確保に努める。広く国内外から優秀な人材を集められるよう、公募の周知広報に努めるとともに、内部にお

ける採用審査も、透明性のある厳正な審査を行うことにより、優秀な人材を確保する。

- ・研究関連部門等においては、技術情報の収集解析や、産学官連携、成果普及、国際連携等、より高度化した業務に対応するために、研究キャリアの豊富な専門の人材を配置する。

8) 【業務の情報化の推進】

- ・イントラ及び各基幹業務システムについては、ユーザ意見・要望等を取り入れてより使い易いシステムへの改善と、基幹業務システム間の連携・調整を図る。
- ・業務フローの分析に基づき、電子化による費用対効果の改善が期待できる業務については電子的決済を推進する。定型的業務についてはネットワーク上のワークフローシステムの適用による効率化を図る。
- ・管理者機能の充実やユーザ指向性の充実を図り、フレックスタイム等に対応した勤務時間管理システムを運用して、出勤整理の効率化を図る。
- ・健康管理システムの充実、より一層の省力化、迅速化を図る。全職員を対象とした特殊検診調査票・問診表の入力、受診票・結果通知書のイントラ配信を目指すとともに、経年的なデータ変化を踏まえた保険指導を地域センターで行うことを検討する。
- ・前年度に引き続き、情報システム系について認証サーバーの導入、通信の暗号化、ウィルス検出機構等の構築によりセキュリティ対策の高度化を目指す。
- ・情報システム系について、長期的な可用性、信頼性、安全性、拡張性の確保を目指して、システムの二重化、ソフトウェアの統一等に努める。
- ・購入雑誌のさらなるオンラインジャーナル化を推進し、ネットワークの活用による文献検索、閲覧等の迅速化、効率化を進める。
- ・引き続き「オンラインジャーナル講習会」をつくば及び地域センターで開催する。
- ・新入職員のための研修である「新人研修」において図書業務説明及びオンラインジャーナルの研修を実施する。
- ・学術雑誌、継続叢書類の利用頻度等を調査し、コストと利便性の観点から購入雑誌のさらなる見直しを行う。また、既存の雑誌についても重複雑誌の見直しを図る。

9) 【外部能力の活用】

- ・平成13年度の検討を踏まえ、効率的な委託形態による警備、高圧ガス管理、研究設備保守点検等の業務の導入を促進する。さらに、研究支援業務全般において、自ら業務を実施するよりも外部へ委託することが効率的と考えられる業務の抽出を行い、委託方法等について企画・準備を行う。
- ・引き続き産総研イノベーションズへの委託を実施し、技術移転に取り組み、国内企業、外国企業のニーズ

を収集すると共に、侵害発見、企業との交渉を促進させる。

10) 【省エネルギーの推進】

- ・研究の遂行を適切に実施しつつも地球環境への配慮も行う観点から、光熱水量費の更なる抑制を図るため、新たにテーマ毎の研究予算から直接電気料を差し引くシステムを構築・運用する。これにより、研究者の節電意識の一層の向上を図る。

11) 【環境影響への配慮】

- ・各事業所において設置された安全衛生委員会により、引き続き作業安全のための環境整備、安全衛生体制の効率化に努める。また、つくば東事業所の ISO 14001の登録を継続するとともに、他事業所の ISO 取得へ向け EMS（環境管理システム）の策定を開始する。

12) 【事業運営全体の効率化】

- ・1) から11) のような取り組みを通じ、運営費交付金を充当して行う業務については、業務の効率化を進め、新規に追加されるもの、拡充分等は除外した上で、前年度比1%の業務の効率化に努める。

2. 国民に対して提供すべきサービスその他の業務の質の向上を達成するため取るべき措置

研究所のミッションの遂行を通して我が国経済の発展、国民生活の向上に寄与するため、産業界、学界等との役割分担を図りつつ、将来の我が国の技術シーズの開拓、共通基盤の技術の開発等を始めとした公的機関に期待される各研究開発課題を着実に達成するため、中期計画を年度展開する。平成14年度の研究計画を下記1) から3) に示す。この際、新たな科学技術のブレークスルーの実現を通じた新産業の創出や社会ニーズへの対応、および公的機関としての中立性、公正性、信頼性を背景とした知的基盤の整備とともに、産業界、学界等に大きなインパクトを与える成果を積極的に発信する。

1) 【鉱工業の科学技術】《別表1》

2) 【地質の調査】《別表2》

3) 【計量の標準】《別表3》

1) ～3) の共通事項

ア) [政策的要請への機動的対応と萌芽的課題の発掘]

- ・有望研究課題の調査研究の実施、経済産業省の各種の検討会、各種学会、研究会、委員会への参加等により、最新の技術開発動向の把握に努め、重要性の高い研究課題の発掘、発信を行う。
- ・引き続き、社会的、政策的要請によって新たに実施する課題については、研究体制、支援体制について検討し、その実施に向けて機動的に対応する。
- ・引き続き、委託研究については、産総研の研究ポテンシャルを活用し積極的に受託に努める。
- ・引き続き、公募型の研究課題に積極的に応募する。

その際、募集情報の収集・提供を行うとともに、必要に応じて予備的な研究を実施するための措置を講じる。

イ) [研究活動の質的向上]

- ・研究ユニット（研究センター、研究部門、研究系、研究ラボ等）毎に外部専門家等を含めたレビューボードを設置しピアレビュー方式による成果ヒアリングによる厳正中立な短期評価を行う。評価結果を踏まえ次年度の研究資源の配分、研究内容の改善等に反映させる。また、評価結果は公表する。
- ・内部グラント、ベンチャー創出支援、特許獲得、マッチングファンドなどの制度を新設、拡充し競争的環境の整備を進める。
- ・引き続きフェロー制度を活用するとともに、優れた業績（受賞）を挙げたものに対して個人の業績評価に反映させる。

ウ) [成果の発信]

- ・研究成果発表データベースについては、データの更新、拡充を進める。また、ホームページ、広報誌の発行等により成果を広く発信する。
- ・プレス発表や取材への対応等による報道機関への発信を通じて、研究所の社会的認知度を高める。見学への対応や研究所公開、研究講演会等の開催により、広く産業技術への関心を向上させるよう努める。このため、研究成果をより分かりやすく、かつ広く発信するため研究成果物の展示品を作成し、見学の用に供するとともに、各地域センターでの一般公開や各種イベントに出展する。また、研究所の活動内容を紹介するビデオ、DVD等を制作し活用する。
- ・ホームページの更新を迅速に行うとともに、外部ユーザとの接点を密にするため、メールマガジンの配布を開始する。
- ・平成14年度の国内特許実施件数250件以上を達成することを目指し、特許出願を戦略的かつ積極的に行うため、研究予算支援、種々の研修会等の実施、出願戦略委員会の拡大を図るとともに、研究者へ先行（周辺）特許調査結果をフィードバックするための体制作りを目指す。
- ・特許の実用的価値を高め、産業界等で有効に活用されるよう、戦略的かつ適切な権利取得、質的向上のために組織的に対応するとともに、先の出願から1年以内の追加研究や試作品作製等に基づく国内優先権主張出願を推進し、実施化に結びつく特許出願の創出に努める。
- ・論文の発表、インパクトファクター（IF）等については、平成16年度における研究所全体の年間発表総数として5000報、及びインパクトファクター（IF）上位2000報のIF総数（IF×論文数の合計）で5000以上という中期計画の指標を達成すべく、発表件数、IF値等の推移を随時把握するとともに、

その着実な増加を図り、必要に応じて支援を行う。

- ・研究情報公開データベース（RIO-DB）の逐次更新を進め、インターネットを媒介として、国内外に公開する。
- ・情報化社会の発展に資する公共性の高いプログラム及びその改良版の頒布・公開を進める。
- ・地質の調査については、その最も基本的な成果物の一つである1/5万地質図幅に関して、特定観測地域、観測強化地域等のうち、須原・冠山・五條・青森西部・北川を始めとする23地域の地質調査を継続し、戸隠・高砂など8地域の図幅を完成する。
- ・計量の標準の開発・維持・供給については、既存標準の維持・供給を継続するとともに、引き続き我が国経済及び産業の発展に必要な新たな計量標準について開発を進める。中期目標期間末までに200種類の供給を開始することを目標としているが、これをできるだけ早く達成するため、今年度は物理標準10種類以上、標準物質20種類以上、合計30種類以上の新たな標準の供給開始を目指す。

エ）〔産学官一体となった研究活動への貢献〕

- ・産学官連携コーディネータ、研究コーディネータが協力して産業ニーズ、大学のシーズを把握し、産総研も含めた産学官連携プロジェクトの企画、立案を行うと共に、マッチングファンド制度を設定し、外部資金確保に努める。
- ・地域産学官連携センターにおいて、地域経済産業局が推進する産業クラスター制度、文部科学省が推進する知的クラスター制度に積極的に対応すると共に、地域技術情報の収集・整備を行う。
- ・デジタルマイスター研究制度により開発された研究成果データの公開を進めるとともに、技術相談 Q&A データ、研究者データの整備を進める。また、新たに、繊維・高分子関係のデータベースの作成を開始する。

4) 【技術指導、成果の普及等】

ア) 〔産業界との連携〕

- ・技術シーズと産業ニーズのマッチングを図るためのマッチングファンドを活用し、産業界との共同研究等のより一層の拡大を目指す。
- ・オープンスペースラボ、ベンチャー支援ファクトリー等の施設・設備を活用すると共に、特許実用化共同研究開発費等を制度化し、産学官連携研究を促進する。
- ・引き続き成果普及部門を中心として、技術情報部門、産学官連携部門、国際部門等と情報交換などを行い、成果普及を推進する。
- ・産総研特許の実施化の一層の促進を目指し、ライセンス型共同研究を拡大する。
- ・産学官連携部門と TLO との連携によって、特許実施による技術移転に積極的に取り組むとともに、米

国への技術移転のための体制整備をする。

- ・ベンチャー支援任用制度とベンチャーライセンス共同研究を実施する。また、ベンチャー支援制度に従って、施設、設備等の利用、研究スペースの手当等の支援に係わる情報を内外へ周知する。ベンチャー起業化希望者へのアドバイス、相談、指導のために、ベンチャー顧問団を組織し、ベンチャー支援を図る。
- ・産総研が有する高速・大容量情報ネットワークを活用し、インターネットにより、ものづくり技術をはじめとする様々な技術関連情報を提供するネットワークシステムの充実を図る。平成14年度は繊維、高分子等の技術分野におけるコンテンツの拡充を行うとともに、デジタルマイスター研究制度により開発された研究成果を公開し、あわせてシステムの普及拡大を図る。
- ・産学官連携コーディネータによる活動、マッチングファンドの活用により、平成14年度において1200件以上の共同研究契約、受託研究契約等を締結する。特に民間等からの資金提供の増加を推進するため、連携研究体の設立や関連規程の整備等環境の充実を図り、受託件数や資金提供付き共同研究件数の増加に努める。
- ・法人が持つ研究能力、研究設備、研究施設を活用して、企業からの研究者の受け入れ、学生への技術研修等を実施し、文献や特許明細書等では得られないノウハウ等の技術を移転し、技術指導を実効あるものとする。

イ) 〔大学への協力〕

- ・連携大学院協定を新規に5大学以上と締結するとともに、連携大学院生等の受け入れを促進させる。また、連携大学院以外にも、包括的協定を締結して連携研究を推進するなど、組織として連携協力を支援する体制を検討する。
- ・産総研の人材ポテンシャルを活用して、併任教授、非常勤講師等として、積極的に大学等の教育、研究に協力する。大学との人材交流に関して組織として支援できる体制を検討する。

ウ) 〔知的貢献〕

- ・各種学協会活動への協力と各種委員会等への委員委嘱を積極的に受ける体制を整備する。

エ) 〔政策立案等への貢献〕

- ・経済産業省の政策立案・調査部門等外部機関との連携体制を構築する。
- ・研究機関、産業界、学協会、行政等からの産業技術の研究開発動向に関する情報（技術、研究シーズ、その他）を収集、分析する。その結果をもとに、各種報告書、技術ロードマップ等、政策立案に資する情報を取りまとめ、経済産業省、総合科学技術会議等における中長期的な産業技術の戦略に関する政策

立案に貢献する。

オ) [標準化・規格化等、知的基盤への貢献]

- ・研究情報公開データベースについては、引き続き研究所内の研究成果を発信するための情報源として整備を進める。また、システムの改良を進め、研究所内外から利用しやすいデータベースとし、アクセス数の増加を図る。また、地質の調査、計量標準を含む知的基盤に関するデータベースについて、関連諸機関と連携して体系的な構築・整備を進める。
- ・工業標準となりうる研究開発のテーマを体系的に検討する。また、研究開発の成果を JIS、ISO 等の規格案にとりまとめ、国内外の標準関連会議での提案等を通じて積極的な規格化を図る。更に、JISC、ISO、IEC 等標準化関係機関からの委員派遣要請等に対して組織的に対応するため、委員経験者、規格策定経験者等の標準に係わる法人内職員のデータベースの入力情報を更新し、人材の一元的な管理を図る。
- ・近隣諸国をはじめとする関係諸国と標準化に関して協力関係を構築するため、標準専門家の招聘、派遣を企画、調整、実施する。これにより、ISO 等の国際標準の策定を目的とした人的ネットワーク形成を支援するとともに、国際会議報告書、海外調査報告書を一元的に管理し、海外の標準化動向をとりまとめる。
- ・アジア太平洋計量計画及びアジア太平洋法定計量フォーラムにおいて議長及び事務局を務める。

カ) [国際活動]

- ・国際協定締結、戦略的海外展開に関して基盤的研究分野と先端的研究分野及び国として行うべき重要な研究分野についてさらに連携強化を図り戦略的な海外展開を図る。
- ・海外の主要な研究機関の研究動向について技術情報部門と協力して分析を行うとともに、さらに新たに20の関係海外機関との連携を図る。また戦略的な立場から包括的な協定を豪州 CSIRO、シンガポール ASTAR 等と締結を目指す。
- ・国際交流、国際連携を促進するために、新たに15カ国以上の在日大使館との恒常的なネットワーク構築を図る。また成果普及部門と協力して先端研究分野における国際シンポジウムを開催する。
- ・引き続き発展途上国の支援の立場から、国際協力事業団が行う技術協力プロジェクト等への積極的な参画、研修生等の受入を行うと共に、技術シーズの円滑な移転とアジアとの連携強化を行う。

5) 【情報の公開】

- ・改正文書規程（14年4月1日施行予定）により、文書管理、保存等を進め、情報公開へ適切に対応できるようにする。
- ・改正文書規程の施行に合わせ、文書システムを本格稼働させ、情報公開に迅速に対応できるようにする。

- ・法律が施行された際には、開示請求に対し迅速かつ適切に資料の開示・提供を行う。

6) 【その他の業務】

[特許生物の寄託業務]

- ・特許庁からの委託機関として、また、ブダペスト条約に基づく国際寄託当局として、国内外からの特許生物を受託するとともに求めに応じて分譲業務を適切に行う。
- ・寄託生物に係るデータベースの整備、寄託された生物種に関する情報のカタログ化を推進する。
- ・寄託生物種の生存試験を行うとともに、これに基づく保存技術及び形質維持の高度化を指向する研究開発を行う。

[独立行政法人製品評価技術基盤機構との共同事業]

- ・独立行政法人製品評価技術基盤機構と JIS、ISO 等の標準整備を目的とした共同事業を継続して実施する。標準化を目的とする研究開発を協力して実施し、研究成果を JIS、ISO 等の具体的な規格案にとりまとめ、経済産業省関係部局に対して提案する。

3. 予算（人件費の見積もりを含む）、収支計画及び資金計画

1) 予算（人件費の見積もりを含む）《別表4》

2) 収支計画 《別表5》

業務の効率的な実施による費用の低減、自己収入の増加その他の経営努力により財務内容の改善を図る。外部資金、特許実施料、教習料、校正・検定手数料等、自己収入の増加に努める。高額のランニングコストを必要とする施設・大型機器の共通化、管理業務等の合理化を図り、固定的経費の割合の縮減に努める。

3) 資金計画《別表6》

4. 短期借入金の限度額

・23,818,000,000円

- ・想定される理由：年度当初における、国からの運営費交付金の受け入れ等が最大3ヶ月程度遅延した場合における産総研職員への人件費の遅配及び産総研の事業費支払遅延を回避する。

5. 重要な財産の譲渡・担保計画 なし。

6. 剰余金の使途剰余金が発生したときの使途は以下の通りとする。

- ・研究用地の取得
- ・研究用施設の新営・増改築
- ・任期付職員の新規雇用 等

7. その他主務省令で定める事項

1) 施設及び設備に関する計画

- ・空調関連設備改修、電力関連設備改修、給排水関連

設備改修等により施設の老朽化対策及び高度化対策を行う。

つくばセンター電力監視システム改修	194,959千円
つくば上水・雑用水配管改修	65,041千円
計	260,000千円

・国において整備されている追加現物出資予定の施設及び設備について、完成次第、適宜追加出資を受ける。

・研究施設・設備の効率的な点検・保守の方法を検討し、適切に実施する。

2) 人事に関する計画について

・研究職員の新規採用については、引き続き若手育成型任期付研究員を中心とし、研究員の流動性の確保に努める。公募には広く国内外から優秀な人材を集められるよう、十分時間をかけるとともに、内部における採用審査も複数の段階に分けて慎重に行うものとする。

・管理部門については、職務遂行の効率化、適材配置及び研修等による職員能力の向上を図ることによって、人員の抑制に努めることとする。

・受託業務の拡大に応じて、任期付き職員を若干名追加する。

・職員の評価制度による評価等に基づき、適材適所の配置を図るとともに、13年度に引き続き初任者研修等の職責階層別研修、語学研修その他の専門研修の実施により、人材の養成を図る。

3) 積立金の処分に関する事項 なし。

別表1 鈹工業の科学技術

鈹工業の科学技術の研究開発については、研究課題を科学技術基本計画、国家産業技術戦略、産業技術戦略等に基づき重点化することとし、学界活動を先導して科学技術水準の向上に寄与するか、経済産業省の政策立案・実施に貢献するか、産業界の発展に貢献するか、国民生活の向上に寄与するか等の観点から決定するものとし、また、科学技術の進歩、社会・経済情勢の変化は絶え間ないことから、これら外部要因に基づいて研究課題を柔軟に見直すよう努めるものとする。併せて、新たな産業技術の開拓に資する研究開発課題・研究分野の開拓を目指し、経済産業省、総合科学技術会議等における産業技術に関する戦略等の検討に反映させるものとする。

(1) 社会ニーズへの対応

1. 高齢化社会における安心・安全で質の高い生活の実現

1-1. バイオテクノロジー分野

高齢化社会における安心・安全で質の高い生活の実現及びバイオテクノロジー分野における産業創成への貢献を目的として、ポストゲノム時代におけるゲノム情報の本格的産業応用に対応するためのゲノム科学、加齢機構、糖鎖工学等に代表される生命機能を理解し

それを人間生活向上に役立てるとともに、高度な情報処理機構を利用した脳型コンピュータ等の開発に資するための脳科学を含む細胞生物学、環境計測・浄化・保全や廃棄物処理といった社会的要請に対応するための環境バイオを中心にバイオテクノロジー技術の発信基地となることを目指し、各項目の中期計画に対して、平成14年度は以下の研究開発を行う。

① ゲノム情報利活用技術及び有用蛋白質機能解析

【中期計画（参考）】

・遺伝子の発現頻度情報の取得・解析を目的として、ヒト cDNA 1.5万個以上の多目的発現解析の基盤構築、蛋白質遺伝子の4割以上に相当する2万個以上の遺伝子の発現頻度情報の取得とデータベースの作成及び多重遺伝子の自動注入システム及び細胞変化の自動解析技術を開発する。

《平成14年度計画》

・ヒト cDNA をもつ6,000個の Gateway 導入クローンを作成する。1,500個の Gateway 発現ベクターよりタンパク質発現条件の検討を行う。iAFLP 法を用いて、300万データポイント（組織数 x 遺伝子数）の遺伝子発現情報を取得する。細胞より抽出された150種類のタンパク質複合体サンプルを質量分析計で分析し、10種の新規のタンパク質複合体を見出す。浮遊細胞において細胞の形態変化に影響を及ぼす10種の遺伝子を検出し、解析を行う。

【中期計画（参考）】

・膜蛋白質等に関して、分解能2.5Å程度の電子顕微鏡による構造解析システムを開発する。溶媒分子等の存在下での2Å以内の高精度で解析できる高速モデリング技術を開発する。また、蛋白質の構造形成機構を解明し、有用な機能を有する人工蛋白質等を設計・創製する技術を開発する。

《平成14年度計画》

・極低温電子顕微鏡の分解能を2.5Åよりさらに向上させ、高感度高速検出を可能にする技術開発を開始する。幾つかの膜蛋白質について高分解能の単分子解析を行うとともに二次元結晶化を行う。単結晶の得られた蛋白質について結晶構造解析を進める。蛋白質-リガンド複合体の構造シミュレーションのための in silico rough スクリーニング法の試作版を作成する。フレキシブルドッキング計算のための MD パラメーターの作成し実験データに対比しうる MD 計算を開始する。溶液中における蛋白質複合体の NMR 解析に向けてリガンドおよびその受容体の発現・精製法を確立し、交差飽和法による様々な系における蛋白質複合体の界面同定を試みる。GPCR のモデルとしてのロドプシンについて刺激による構造変化を追う。ヒト cDNA 発現プロジェクトとの関係を深める。

・「配列空間探索による蛋白質デザイン」の研究開発

を引き続き行う。具体的には、①ヒドロ葉酸還元酵素について、引き続き系統的網羅的一アミノ酸置換変異体作製を行い、60%以上の部位について解析を完了させる、②p-ヒドロキシ安息香酸ヒドロキシラーゼについて、全てのシステイン残基およびメチオニン残基の部位の一アミノ酸変異体についての特性解析を進め、副反応だけでなく基質特性等についての解析を行い、変異体データベースを充実させる、③選定した金属イオンと結合する配列モチーフの選別と結合のモニタリングを容易にするレポーター蛋白質の組み合わせの候補の蛋白質発現を行うと共に配列空間探索技術を用いて結合レポーター蛋白質の特性を向上させ、結合モニタリング用蛋白質の開発を試みる、の3つの観点から研究を行う。

- ・構造形成核を見いだすための要因分析をヘリックス及びベータ構造性タンパク質について、さらに多数の変異体を用いて進める。また、構造形成機構に関する知見の応用として、ペプチド性人工転写調節因子の設計を試みる。集合体構造の形成条件を定量的に考察し、さらに分子間相互作用による構造核の一般性を証明するための分子設計と合成を行う。圧力効果を利用した高圧酵素反応装置のための基礎データを取得する。生体分子の電子状態計算システムの開発をさらに進める。クラスター計算機を利用してタンパク質についての全電子計算を行うとともに、エネルギー最適化構造計算を試みる。
- ・蛋白質の構造形成機構を解明し、有用な機能を有する人工蛋白質等を設計・創製する観点から、光で構造制御可能なケージドペプチドを用いたモデル系での構造形成過程解析を行う。また、細胞機能に深く関わる蛋白質の繊維状構造形成過程を制御する要因を解明する。酵母蛋白質分泌系を用いた品質管理機構を用いた有用蛋白質のスクリーニング系により安定構造をもつ蛋白質を創製する。高度好熱菌由来で産業界ニーズの高い有用蛋白質が培地1リットル中に100mg以上含まれ、生産菌の簡単に除去できる大量生産系を構築する。有用蛋白質の機能高度化のため、5種の結晶化条件を探索し、3種の結晶化蛋白質構造機能相関を解析する。

【中期計画（参考）】

- ・国内外の有用なバイオインフォマテクスデータベースの統合化、データベースの検索・解析技術の開発・高度化を行い、独自のアノテーション（注釈機能）等の付加により、生物情報を広く実利用できる環境を整備する。

《平成14年度計画》

- ・統合データベース解析については、ヒトゲノム配列、遺伝子情報、発現情報、タンパク質立体構造情報、関連ソフトウェアの整備を目的とした統合バイオデータベースを社団法人バイオ産業情報化コンソー

シアム（JBIC）と共同で構築・運用する。また、ヒトゲノムと完全長 cDNA に関するアノテーションを実現するため、国際共同研究プロジェクトを開始する。さらに、ヒトとマウス、ハエ等のゲノムデータを用い、遺伝子の相同性分類、機能的分類、ゲノム構造進化などの比較ゲノム解析による生物進化の研究を行う。遺伝子多様性解析については、単塩基多型の情報とヒトゲノム配列、多型マーカー、遺伝子情報を集約した遺伝子多様性統合データベースを構築する。また、ヒト多型マイクロサテライト DNA のタイピング実験を実施し、これを指標とした連鎖分析により、慢性関節リュウマチと尋常性乾癬の原因遺伝子の候補領域を特定する。さらに、統計学的分析によるゲノムワイドのハプロタイプ頻度解析、QTL 解析のアルゴリズム構築、Pooled DNA 検定ソフトの整備、遺伝統計学的ソフトの高速化・並列化などの遺伝統計学ソフトウェアの開発を行う。

【中期計画（参考）】

- ・網羅的クローニングにより分離したヒト由来糖鎖合成関連遺伝子等の機能解析を行い、それらを利用して、新規な糖鎖合成法を開発する。

《平成14年度計画》

- ・構築しつつある糖鎖合成遺伝子ライブラリーを用いて、引き続き糖鎖機能の基礎研究そして酵母等を用いた糖鎖の人工的リモデリング技術の開発を進める。糖鎖合成遺伝子ライブラリーの応用として各種癌（細胞株）での癌化に伴う糖鎖異常の機序の解明とその糖鎖異常による悪性度や転移能等への影響の評価をする。また、その他の糖鎖異常が知られている疾患モデル（各種細胞株、動物）における糖鎖とその合成遺伝子との関連について、リアルタイム PCR 法等の手法を用いて解析をし、臨床診断・治療への応用技術の研究開発を行うと共に、基礎的な糖鎖合成の制御機構についての解析を進める。またデータベース等を利用することを始めとして、ヒト疾患とこれらライブラリー化された糖鎖合成遺伝子との関連について遺伝子マッピング等の解析を進める。糖鎖の生物学的機能の解明を視野に入れ、プロテオーム解析技術を下地にして各種の生理活性物質とその上に存在する糖鎖構造に関する解析を進め、基礎データの蓄積と解析あるいは上記までの研究開発とも連携させて応用技術の開発を行う。

【中期計画（参考）】

- ・蛋白質等の整列化技術の開発により、プローブ顕微鏡を用いて整列蛋白質等の配向・機能を評価する技術を開発する。また、細胞の特性の解析に必要なバイオイメージング技術、細胞の操作技術の高度化を行う。

《平成14年度計画》

- ・ポリシロキサン膜の分子レベルの超薄膜化法を開発

し、ミクロンサイズのセンサの作製に着手する。走査型トンネル顕微鏡により完全に解離しているスルホン酸誘導体の構造を解明し、前年度のカルボン酸の系と比較する。原子間力制御型の高解像度走査型電気化学顕微鏡を試作、評価する。

- これまでは計測が困難であった脳の深部、連合領域など神経細胞集団のより高次で複雑な脳活動、記憶、情動などの計測や解析を進めるため、MEGとEEG、fMRI、PET等の他の非侵襲センサーとの併用、統合処理手法を一層推進し、信頼性が高く有効な計測・解析法を世界に先駆けて開発する。既存の超音波診断装置に(a)データ収集・記録系、(b)波形解析系、(c)マンマシンインターフェース、を一体化させた装置を用いて臨床実証実験を進める。
- 細胞応答の光学的計測、嗅覚レセプタの分子生物学的解析、レセプタの可視化と定量、行動実験による個体レベルでのニオイ識別機構の解析、機能アッセイ系の改良などを引き続き進めると共に、カルボン識別機構についての成果を取りまとめる。また、新たな機能アッセイ系の開発を試みる。
- これまでのリポソームの電気特性の研究を基盤として、磁気微粒子、リポソーム、バインダーの構成要素を変え、その組み合わせにより複合微粒子としてのマグネット・リポソームの電気特性がどのような特徴をもつのかを調べる。微生物の孢子や孢子嚢は、一般に塩素処理や脱水処理など通常用いられる殺菌処理に対して抵抗性を有していることを考慮すると共に、孢子虫類をターゲットとして、処理技術を開発するため、外部研究機関や企業を含めた研究チームを結成する。

② 有用遺伝子探索と機能性生体分子創製

【中期計画（参考）】

- 高機能・高活性なハイブリッド・リボザイム等を作製し、それによる革新的な機能遺伝子探索技術を開発する。また、膜融合、核移行シグナル等を介した細胞内、核内への特定遺伝子の導入技術を開発する。《平成14年度計画》
- リボザイム系の更なる改良と、RNAiとの合体で、高度に有効な新機能遺伝子の同定を行う。又、次世代アプタマーの構築を行う。これらのテクノロジーを用い、新機能遺伝子の同定を行う。
- 細胞性粘菌の実験系を用いて平成13年度に発見した新規細胞質分裂関連遺伝子の機能解析を進めるとともに、新規細胞質分裂関連遺伝子の探索を継続し、細胞質分裂機構の全貌解明を目指す。
- 遺伝子標的化シグナルの構造解析と対応する細胞側因子を同定する。また標的化シグナルを任意の遺伝子に付与できるモデル系の開発を行う。遺伝子発現系に応用するために染色体等の遺伝情報が細胞内で安定に存在できる機構を明らかにする。癌の遺伝子治療に有効な新規遺伝子を開発する。

【中期計画（参考）】

- 加齢、増殖分化、生体リズム等に関する遺伝子及びその産物を同定し、これを用いて増殖・分化・脳神経機能等の評価・調節技術を開発する。《平成14年度計画》
- 年齢軸遺伝子調節機構の総合的理解に向けて、重要な血液凝固、線溶系因子遺伝子の年齢軸調節機構解明を更に進める。至適遺伝子導入ベクターの動物モデルテストを行う。免疫反応系の年齢軸調節機構解明に向けてプロジェクトの立ち上げを行う。
- 微量遺伝子発現を高感度で解析する新規技術としてTPCR-array法及びAPCR-array改良法を開発する。さらに、脳神経系機能や皮膚の再生・細胞の分化増殖などの機能を制御する遺伝子・分子群の同定と機能解析をき行い、それらの制御による細胞の操作を図る。
- 機能遺伝子、タンパク質同定のテクノロジーを開発する。植物遺伝子抑制因子を用いた遺伝子調節発現機構システムを構築する。又、遺伝子発現機構に関する機能複合体の構造解明へのアプローチを構築する。
- アプタマーの分子認識機構の解析をもとにさらに一般的な、RNA・タンパク質の認識機構の様子を認識部位の解明、RNA結合タンパク質のX線立体構造解析から行う。具体的には13年度の3つの方法をさらに進める。高分解NMRによるアプタマーの立体構造解析については立体構造解析を完成させ、さらに同一タンパク質に結合する類縁アプタマー間の共通構造を見出す。表面プラズモン法を用いたアプタマー・タンパク質間分子間相互作用解析についてはRNA・タンパク質に加え、RNA・RNA相互作用を同法により解析し、相互作用の原理を探る。タンパク質側から機能の遺伝学的、構造のX線結晶解析はX線構造解析から立体構造の解明を目指す。また、HCVの遺伝子、産物のタンパク質を多角的に攻撃する新機能性核酸のデザインし、それらの機能の判定を行いさらに細胞内での効率的発現システムを作成する。さらに、安定型アプタマーの創製ならびに機能判定を行う。加えて、植物細胞において新機能性核酸の解析・評価を行うための要素技術の確立を目指す。そのための植物プロトプラスト安定性、導入効率、核・細胞質での発現効率等の評価を行う。
- ゲノム全体としての遺伝子ネットワークに基づく遺伝子機能情報を得ることを目的として、クロマチン構造による環境設定を基礎とした発現制御機構と得られた成果を用いた組織特異的な環境ホルモン検出系の構築を行う。当所で発見され、特許申請中の新規物質 Bradeion（特開2000-139470、米国 PH680

US) をモデルとして、その大腸がん細胞特異的分裂制御機能を利用して、早期診断法(テストストリップ法、及びマイクロアレイによるジェノタイプング及び薬剤感受性・耐性描出)・ゲノム創薬、さらには特異的機能性核酸因子(アンチセンス、リボザイム等)を用いた遺伝子治療へ応用する。ゲノム解析による遺伝子座情報取得技術の確立と応用を目的として、ゲノムサブトラクション法を用いて腎がんの変異部位をクローニングし、新規遺伝子取得(遺伝子機能解明)にとって不可欠であるゲノム解析法の確立を行う。臨床診断に用いることのできる染色体上の異常を見いだすことを目的として、CGH 画像解析装置により肝細胞癌50例の解析を行い、幹細胞癌に特異的な異常部位の検出を行う。また肝細胞癌の染色体異常に関する特許を申請する。

- ・転写制御ネットワークの解明を目標として、酵母、糸状菌、植物などのモデル生物系について、転写制御因子と転写制御エレメントの網羅的解析を実施し、制御遺伝子を同定して機能解析を行う。転写制御因子の変異がゲノム全体での遺伝子発現に及ぼす効果を DNA チップにより解析する。マルチカラー磁気ビーズなど機能ゲノム科学に重要な自動解析技術を開発する。
- ・分裂寿命のあるヒト正常細胞について、遺伝子改変技術を駆使して、不死化させる技術を確認するとともに、その分子遺伝学的な機構を解析することを目標として、*tert* 遺伝子及び *mot2* 遺伝子を導入したヒト細胞について、その分裂寿命及び増殖能力を解析するとともに、先に遺伝子改変によって不死化したヒト血管内皮細胞については、ラット血管内への注入による細胞移植試験及び分泌性タンパクの同定と解析を行う。脳腸管ペプチドとして発見したマウスのエンドセリン2 (VIC) について、遺伝子改変技術等を用いてその生理的機能とシグナル伝達を解明することを目標として、VIC 遺伝子の転写制御領域にマーカー蛋白遺伝子をつないでトランスゲニックマウスを作成し、発現する臓器及び発現細胞の同定と解析をすすめる。又 VIC 関連遺伝子の改変過程で得られた眼神経異常マウスの系統樹立と形態異常を解析する。減数分裂や精子形成に関わる新規の遺伝子について、その構造と発現調整を解明するとともに、寿命制御への役割を解明することを目標として、マウスにおける *tesmin2* のゲノム及び cDNA の全塩基配列を決定し、精子細胞への分化過程に伴う局在変化を解析するとともに、ネマトーダのホモログ遺伝子に対する発現抑制を行って、その生殖細胞の分化異常を解析する。
- ・生物の示す多くの基礎的生物現象の根幹にある生物学的繰り返し時間(バイオロジカルタイミング)の背後にある分子的基礎を、分子生物学、神経科学、

生理学、遺伝学、行動学、形態学などの基礎的研究手法により総合的に研究しこれを広く産業社会へ利用することを目的として、生物時計遺伝子産物の核内移行分子機構とプロテオーム解析において、特に14年度はプロテオーム解析とリン酸化の関連を中心に研究する。この為、時計遺伝子産物の新規分解経路等に焦点を当て、1) 生物時計遺伝子産物核内分子機構とプロテオーム解析、2) 新規時計遺伝子ホモログの機能解析、3) 新規時計関連遺伝子の探索、4) 新規シャペロンタンパクの腫瘍抑制機能の解析、の研究を行う。光学顕微鏡で観察されるエンドソームなどの細胞内オルガネラや細胞骨格の形態変化や細胞集団の集合体形成過程を高精度に解析する手法の研究を行い、細胞動態解析ソフトウェアや顕微鏡周辺装置など、細胞ダイナミクスの解析ツールを開発する。急速凍結レプリカ電子顕微鏡法で捉えられる細胞膜の膜内粒子の精密画像を解析することによって膜タンパク質の分類と局在性を明らかにする方法を開発する。

- ・癌細胞の増殖、転移、細胞分化の機構を解析し、診断治療応用技術開発を行う。具体的には、まず抗癌物質等の生理活性物質の合成、及びその活性発現機構を解析するために、修飾ナノ微粒子を用いた親和性タンパク質の精製法を確立し、抗癌物質シスプラチン耐性を持った癌細胞に高活性を示す新規白金錯体とその DNA 複合体を合成し、親和性蛋白質精製を行う。またアルツハイマー病に関与する β アミロイドの分子間相互作用の解析については、生体膜一液性因子の相互作用を分子レベルで解析する実験系を構築し、生理機能発現の機構について検討する。一方、デヒドロアミノ酸の合成について、セレン原子を有する先行導入型リンカーを用いた新しい概念に基づく効率的固相合成を進める。更に、細胞接着分子の翻訳後修飾の解析を及び転移性癌細胞と内皮細胞との相互作用に関わる接着分子の解析を行うと共に、癌の骨髄転移機構について、特に癌細胞、内皮細胞、破骨細胞3者の関わりについて解析する。
- ・臨床インフォマティクス研究センターについて、共同研究施設の整備に着手する。

【中期計画(参考)】

- ・未利用生物遺伝子資源の探索を行い、新規微生物を500株以上分離解析する。複合生物系・生態系の解析を行い生物遺伝子資源の賦存状況を明らかにし、得られた生物遺伝子資源の保存とデータベース化を行う。

《平成14年度計画》

- ・環境中や動物体内中に存在する微生物の多様性解析と新規微生物の探索収集に関しては、海洋深層、水田土壌、各種昆虫の体細胞共生体などを標的にした多様性解析および微生物分離を試みる。また微生物

化学分類データベースの充実を図る。

- 環境微生物の物質循環・代謝に果たす役割の解明と環境浄化技術への応用に関しては、昨年度に引き続きダイオキシン、ジクロロフェノキシ酢酸などの汚染物質を取り上げ、その分解微生物の取得および基本特性を解明することを目標とする。
- 共生微生物の共生機構の生理学的・遺伝学的解明に関しては、特にキイロシヨウジョウバエの雄殺しに関与する微生物の機能解明および雄殺しを相殺する宿主遺伝子の大規模解析を開始する。また絶対嫌気性メタン生成共生系の共生および種間電子伝達に関わる遺伝子の発現制御機構を引き続き解明する。
- 環境中全微生物相解析手法の開発と適用に関しては、これまでに開発した顕微鏡画像解析手法を基盤とし、全微生物や特定微生物の定量・視覚化技術のさらなる開発、改良を行う。従来の FISH 法では一度に染色識別可能な微生物（群）は2~3種類に限られている。このため、5種以上同時多重染色法（multiFISH-DC 法）等の開発に取り組む。環境微生物の多様性情報を採取、整理し、有効な微生物相解析マーカーの開発を図る。
- 極限環境からの微生物・遺伝子資料の効率的獲得に関しては、海底熱水活動域で使用可能な微生物濃縮装置や計測／培養装置の改良を行い、水曜海山で効率的な試料採取を行うと共に、採取試料の解析を進め、微生物群集の特徴解明や熱水生態系の構造解明を試みる。沿岸油濁環境の浄化を促す技術開発に資するため、石油分解菌を含む複数の微生物の挙動解析を行うと共に、分離細菌の長期保存時における生存性と分類群との関係解明を図る。
- 極限環境微生物の遺伝的多様性と環境適応能に関する研究に関しては、雪腐病菌の遺伝的多様性の調査については、雪腐病菌に関するカムチャッカ・マガダン・ヤクーツク（シベリア北東部）における微生物調査および得られた菌株の生理特性（至適増殖温度、各種培地での増殖能）の比較を行う。
- 新規好アルカリ性細菌の分離および好アルカリ性細菌の膜機能の解析については、新しい機能を持った新規好アルカリ性微生物を分類し、新種としての提唱を試みる。また、各種好アルカリ性 *Bacillus* 属細菌の膜機能を比較し、膜機能と遺伝的多様性の関連性について考察する。
- バルキング菌の動態解析に関しては、活性汚泥法による廃水処理において、固液分離障害（バルキング）の原因となる糸状性細菌の動態を、実験室内でのモデル廃水を用いて解析する。
- 活性汚泥の菌相解析に関しては、活性汚泥の菌相を正確に解析するための手段の開発に着手する。菌相の解析手段にはリアルタイム定量的 PCR 法の適用を検討する。菌相を解析する場合には、微生物の分

類基準に準拠して数グループに分別し、それぞれを定量することとする。

- 複合微生物系解析手法の他分野への適用に関しては、当研究部門で開発した蛍光消光法（QP 法）による特定遺伝子の定量検出方法の医療や食品分野などへの応用を図る。

【中期計画（参考）】

- 有用酵素、高機能糖質材料、各種生理活性物質の探索と利用技術の開発を行う。また、それら有用分子の高効率生産技術の開発を行う。

《平成14年度計画》

- 有用な低分子生理活性化合物の開発に関しては、新規ポリフェノール等のウイルス増殖阻止活性の測定系に、正常株化細胞やマウス等のプライマリーカルチャーを取り入れるとともに、化合物の作用を遺伝子発現変動の面からも解析する。また、各種生物資源を対象としてアポトーシスや細胞分化の制御活性を探索し、活性成分を単離、構造決定する。
- 新規生理活性ペプチドの開発と応用に関しては、各種生物資源に含まれる蛋白質のプロテアーゼ分解物に、血管内皮細胞の機能制御ペプチド等の検索を続けるとともに、平成13年度に見出されたペプチドの機能についてさらに解析を進める。
- 化学的・生物的因子による遺伝子発現変動の解析に関しては、遺伝子発現変動を指標とし新規生理活性物質を探索するために、腸や気管内の微生物との相互作用でヒト細胞の遺伝子発現がどのように変動しているかを、DNA チップを用いて網羅的に解析する。
- グリコシダーゼについては、取得した酵素蛋白質をもとに遺伝子のクローニングを行い、遺伝子資源として知財化する。また、遺伝子解析を行い発現系を構築してオリゴ糖の生産に利用する。ラクトナーゼについては、生産菌の候補を絞り込み、酵素蛋白質を取得する。超好熱菌のゲノム情報を活用した耐熱性酵素の取得では、*Pyrococcus* および *Aeropyrum* 属菌の耐熱性酵素に加えて、*Sulfobus* 属菌のゲノム情報をもとに、ここから有用酵素の発現クローニングを行う。酵素の進化分子工学的な改変では、DNA 修復酵素を利用した新規な点変異発生手法および DNA シャフリング手法を開発する。
- 脂質生産微生物の脂質代謝、脂質輸送の研究において、リピッドボディの形成過程に関与するものとして同定された蛋白質について、部分アミノ酸配列を分析し、遺伝子レベルでの解析を行う。また、リピッドボディ形成過程に関わる変異株の取得を行う。ラビリンチュラ類海生菌を用いた高度不飽和脂肪酸生産方法について、新規な高度不飽和脂肪酸組成を持つ株の特許出願を行うとともに、ラビリンチュラ属菌の持つ増殖特性を利用した新規な培養方法の検

- 討を進める。脂質生産植物の BSR 罹病植物組織と非罹病植物組織について、サンプル数を増やして詳細に検討し、寄生菌感染の検出指標の拡充を図る。
- ・発現ベクターの改良と低温特異的タンパク質の検索に関しては、細胞増殖阻害効果を示すタンパク質について、低温環境下で生産可能なタンパク質の検索を進める。
 - ・ *Rhodococcus erythropolis* 細胞の機能改変に関しては、*Rhodococcus* 細胞を利用したタンパク質生産において、細胞膜合成系変異株を取得し、組換えタンパク質の回収率を高めるための技術開発を行う。
 - ・真正細菌、古細菌プロテアーゼの機能解析に関しては、古細菌 *Thermoplasma acidophilum* 細胞のゲノム情報をもとに得られたタンパク質の内、精製が可能であったプロテアーゼ様分子について、引き続き生化学的機能解析を進めて行く。
 - ・ユビキチン化タンパク質同定技術の開発に関しては、ユビキチンとユビキチン鎖に対する抗体を用いて、動物組織や培養細胞からのユビキチン化タンパク質精製を試みる。
 - ・出芽酵母を用いた細胞内タンパク質分解機構の解析に関しては、出芽酵母を材料に、細胞内タンパク質分解系の中心酵素であるプロテアソームについての機能解析を進める。
 - ・植物による生物由来高機能物質生産システムの開発を行う。具体的には、サイトカイン等、植物で発現された動物由来機能性遺伝子産物の生物活性を動物細胞等で評価する。経口ワクチン開発のため、ヒトウイルス遺伝子等を改変し、ジャガイモ等食用可能な植物で発現させる。植物が本来持っていない動物の糖質関連酵素遺伝子を植物で発現させ、植物脂質の糖鎖修飾改変技術の開発を進める。
 - ・末端基がアミノ基とアミノ基以外の2種類のシランカップリング剤の混合単分子膜を形成し、単分子膜上へのビオチン、アビチン結合能と単分子層の組成、配列状態の関係について AFM、XPS、接触角測定等の手法により調べる。
 - ・小口径人工血管材料として有望なセグメント化ポリウレタン、天然シルクの微細加工を外部の研究機関と共同で進める。
 - ・銅をはじめとする金属ナノ粒子による環状シリコン化合物の重合反応について検討し、金属ナノ粒子-ポリマー複合体の合成とその構造、光学的性質を調べる。液体中でのレーザーアブレーションによる金属、半導体ナノ粒子の合成について検討する。
 - ・分子が構築する精密高次構造の解明、及び有機アミン類との相互作用性を検討するとともに、引き続き、膜微粒子の有機アミンとの相互作用を定量的に検出するのに最適な色素類の選抜を進める。さらに、生物付着初期の表面組成分析等を行い、材料面からの

付着および成長促進技術に関する基礎的情報を得る。

- ・海藻由来糖鎖認識物質の糖鎖認識機構解明を目的に、単一糖鎖をマトリックスに固定化する条件を明らかにする。また、新規な包接能を有する糖鎖分子材料の創製のため、超臨界二酸化炭素条件における多糖集合体への低分子の挿入要件を明らかにする。

【中期計画（参考）】

- ・細胞の環境認識応答機構を遺伝子レベル、蛋白質レベルで解明し、優れた環境適応能をもつ細胞の創出及び機能制御技術を開発する。

《平成14年度計画》

- ・低温誘導性遺伝子の誘導機構の解明に関しては、DNA マイクロアレイを用いた低温誘導遺伝子の探索を進める。低温誘導に関わる発現制御領域候補について、その機能の解析を行う。また、遺伝子破壊酵母を作製し、特定遺伝子の発現制御に及ぼす各種因子を明らかにする。
- ・常温酵素の低温活性酵素化に関しては、リパーゼ生産変異体の酵素学的性質の解析を行うと共に、さらに低温活性が向上した酵素を進化分子工学的に作出する。
- ・低温活性酵素の機能解析に関する研究に関しては、新規海洋性低温好アルカリ性細菌において、可溶性のチトクロム c を精製し、その性質を調べるとともに1次構造を決定する。また、低温適応性、温度依存性に特色のあるヘムタンパク質を精製しその諸性質を明らかにする。
- ・高度不飽和脂肪酸の効率的生産に関しては、微生物を利用した未利用水産資源による高度不飽和脂肪酸の生産量をさらに向上させる。
- ・代謝機能を含んだ環境汚染物質バイオアッセイ系の開発に関しては、遺伝毒性を迅速に検出できるレポーターシステムのための、レポーターの検討を行う。
- ・不凍タンパク質の探索・3次元分子構造解明・高機能型分子設計に関しては、不凍タンパク質の探索実験をより多くの魚類や昆虫、植物等の体液に対しても行う。こうして見出された不凍タンパク質について、大腸菌を用いた遺伝子発現系の構築を開始する。既に発現系が確立された不凍タンパク質等の構造解析を実施する。魚類由来の不凍タンパク質については、すり身からの高速・高収率精製法についても検討する。
- ・産業用酵素の結晶化と X 線構造解析に関しては、産業的に有用な酵素のデザイン・創出を行う目的のために、種々の脂質分解酵素、タンパク質分解酵素、糖分解酵素の X 線結晶構造解析を行う。

【中期計画（参考）】

- ・未利用バイオマス等から生分解型環境低負荷バイオ材料等の開発及び、環境影響評価技術の開発を行う。また、各種難分解性化学物質、有機スズなどの有害

物質の生物学的モニタリング技術及び分解技術を開発する。

《平成14年度計画》

- ・バイオマスの熱分解に関しては、未利用あるいは廃棄糖質など利用可能な生物資源量を調査し、引き続きバイオマスからの無水糖の収率向上を図る。また、実用化に向けて、ニュー木酢液・炭化物など生産物の性状分析を進め総合利用について検討する。
- ・無水糖・糖類の高機能化に関しては、無水糖・糖類の精密重合により糖含有高分子を合成し、その両親媒性などの機能を検討する。
- ・生体触媒による物質変換に関しては、他のジオール、ヘミアミナル等の生体触媒による物質変換を行い、それらの光学活性体の合成法を検討する。
- ・糖鎖型およびエステル型の高機能高分子の開発に関しては、糖鎖型の高機能高分子として、スクロース分岐を有する高分子を創製する。また、エステル型の高機能高分子として、温度刺激応答性高分子、ポリ(N-イソプロピルアクリルアミド)の主鎖にエステル結合を導入して、それに生分解性を付与する。
- ・生分解性高分子素材の環境影響評価に関しては、ポリエステル分解菌の分布状態を調べる。ゴム分解微生物の特性を把握するため、Amycolatopsis 属のゴム分解菌について菌学的性質とゴム分解特性の関係を調べる。
- ・生分解性高分子素材処理技術の開発に関しては、ポリ乳酸の酵素処理技術を開発するため、ポリ乳酸分解酵素の生産条件や特性について検討する。ゴムタイヤの生物処理技術を開発するため、タイヤ粒子表面のコロニー形成条件の解明及びゴムの架橋密度と攪拌速度の影響についてさらに検討する。
- ・環境毒性評価に関しては、化学物質の毒性情報の蓄積を図るとともに、実際の環境水や化学物質を対象に酵母 DNA マイクロアレイ評価法の有効性を検証する。また、ヒト培養細胞を用いたマイクロアレイ毒性評価系の確立についても検討する。さらに、蛍光タンパク質を蓄積させる簡便な毒性評価法では、化学物質応答遺伝子群の中で特に発現変動が著しい遺伝子についてその利用を図り、セルチップ技術の確立を図る。また、全国の関連機関と協調し、標準化に必要なデータの取得と当該技術の普及に努める。
- ・メカノケミカル法により海洋性多糖含有量が60重量%以上の熱可塑性ポリマーアロイの製造法を開発するため、混合粉碎法による複合化の基本的条件を解明する。また、多糖系ポリマーアロイの引っ張り強度特性を検討する。
- ・シデロフォアなどの分解機能を利用して有害物質の分解特性と生物モニタリング技術を検討し、効率的な汚染物質の低減化技術を開発する。また、精密な

構造をした特殊な機能を有した材料を造るため、海綿やけい藻の元素(ケイ素、ヒ素など)濃縮に係わるタンパク質などのミネラルゼーションにおける機能を明らかにし、生物を模倣した生態機能材料の開発に資する。

- ・イトゴカイの底質浄化機能を最大にする諸条件のうち、他のマクロベントス群集との競合関係を明らかにするための現場調査・室内実験を行う。あわせて、アマモ場の移植・造成技術の開発のため、アマモ栄養株と種子の底泥活着性向上に関わる実験、藻場・干潟に生息する生物の生息条件と物理環境条件との関係の把握、鉛直微細構造とプランクトン等、微小生物過程との相関性を解明するために必要な測定解析手法について検討する。
- ・各種生物の食物連鎖段階を決定することにより、化学物質などによる環境への影響を評価するための基礎データを整える。また沿岸海洋に分布するサンゴ礁・海草藻場・マングローブ生態系などの相互作用に着目し、これらを複合的に捉えて、環境評価のためにこれらの構造と機能を明らかにする。さらに、海産哺乳類ジュゴンを用いた化学物質早期探知システムの開発を目指す。
- ・生分解型環境低負荷バイオ材料等の開発の観点から、土壌の基礎特性の解明、プラスチック分解菌分離、など全国規模分解菌データを収集する。生分解性ポリアミド開発のため、生理活性分子組込型ポリアミド4の合成を行う。未利用バイオマス活用の観点から、キチン由来 N-アセチルグルコサミン生産のための高活性酵素群生産技術と生成物分離方法を確立する。高重合度キトサンオリゴ糖を酵素分解で生成させるための最適条件を解明する。
- ・引き続きホルムアミドとアンモニアを含む廃水処理技術の確立を検討する。特に、プロセスからの温室効果ガスの発生抑制技術と、脱窒速度を促進する技術について検討する。また、窒素除去に係わる微生物の新規解析技術および技術の至適化に関する研究を行う。

【中期計画(参考)】

- ・遺伝子操作生物の環境安全性評価に資するため、環境中における特定微生物及び微生物相の定量解析技術、特定微生物の環境影響評価試験手法の開発を行う。

《平成14年度計画》

- ・環境中微生物の高精度・高感度モニタリング技術の開発に関しては、特定微生物の定量解析技術の開発、微生物相の定量解析技術の開発、特定の微生物の環境影響評価試験手法の開発を引き続き実施するとともに、遺伝子操作生物の環境安全性評価への応用も図る。

③ 脳科学技術(脳機能解析・脳型コンピュータ)

脳の機能を理解し、それに基づく技術基盤を確立することを目的として、脳神経組織の構造と機能の理解からは、精神神経疾患の診断治療技術の開発や神経組織の修復再生技術の開発などによるバイオ・医療福祉産業の振興に、また脳における情報表現と情報処理の理解からは、これからの情報化社会に求められる、人間と相性のいい脳型の情報技術の開発に貢献することを目指して、平成14年度は以下の研究開発を進める。

【中期計画（参考）】

- ・脳機能を理解し、これを安心・安全で質の高い生活の実現に利用することを目的に、脳の柔軟な情報処理及び神経細胞の発生・再生機構を分子生物学的、細胞生化学的及び生理学的アプローチで解析し、それを利用した非同期型コンピュータの設計原理を開発する。また、脳活動のリアルタイム計測のための機器の高度化を行う。

《平成14年度計画》

- ・脳神経細胞・遺伝子の機能解析とその利用について以下の研究を行う。1) 前方神経領域についてその詳細なパターン化に FGF シグナル経路の下流 Ets ファミリー転写因子が必要であることを確認する。前方神経領域一般に発現する3遺伝子について、FGF に応答するエンハンサー配列を同定する。16細胞期以降で割球組み合わせ実験を行うことにより *in vivo* 発生経過中で実際に表皮感覚神経を誘導する割球及び誘導の時期を決定する。シナプトタグミン遺伝子の4つのシスエレメントそれぞれにつき最小塩基配列を決定する。逆行性シナプス伝達機構の解析のため、*aex-1* を介した逆行性シナプス伝達分子、及びその放出に関与する因子の同定を行う。腸組織の培養系でカルシウム振動・伝播を再現し、これと膜電位変化を関連付けて解析する。前年度までに得られたトランスジェニックマウスをライン化、維持するとともに、神経冠幹細胞の分離、濃縮法を検討する。イースト2-hybrid 法、免役沈降法などにより、カベオリン3以外のディスフェルリン結合タンパク質を探索する。極性を持つ出芽パターン制御機構の解析のため、モデル中の既知タンパク質について局在性など解析を進める。2) 作製した受容体可視化マウスを使い、脳スライスサンプル上で種々の条件下におけるシナプスの動態を観察する。取得した新規生理活性ペプチドの電気生理学的、薬理学的特性を明らかにするとともに、高等動物におけるこれらの機能を明らかにしていく。3) 単粒子解析法による蛋白質の構造決定技術確立のため、新たな情報学的方法による2次元平均化用の自動 Reference 作成プログラムを開発する。新型偏光顕微鏡と共焦点顕微鏡を組み合わせたシステムでの神経生物学的研究を進める。単一心筋細胞の張力計測システムについ

て、臨床応用に必要な機器開発を行う。超解像光学顕微鏡の試作、およびデジタル制御走査技術の開発研究を進める。また真空紫外円二色性スペクトル測定用ビームラインの運用実験を行う。4) FFRP 蛋白質の会合と選択による遺伝子制御の仮説を実験的に検証する。紅藻の第一染色体の DNA 配列とともに、葉緑体の DNA 配列の決定を終了する。両者に記録されている遺伝子を同定するとともに、遺伝子上流のプロモーター領域を解析し、核が葉緑体をどのように制御するかを解析する。

- ・脳における情報処理機構の解明について以下の研究を行う。1) 運動学習機構の解明を目指して、神経細胞の記録時間中の短時間で学習が完了する課題を開発し、サルをトレーニングし、学習中にニューロン活動を記録する実験の準備を進める。また、注意による運動の修飾機構の実験を進める。2) 神経回路構築中あるいは再構築中に、可塑性関連分子の時間と場所における機能発現を調べる。3) 視床、視床枕と大脳皮質との相互作用で外部からの刺激に意味付けが形成されるとの仮説にたち、それを実証する実験システムを構築する。4) 時間順序判断の機構を心理物理学的手法に加えて fMRI、脳磁計や脳波計による計測法を用いて明らかにする。5) 同一個体のサルの発達段階の脳画像を MRI 計測し、データベース化する。
- ・高次認知行動機能の研究について以下の研究を行う。記憶のイメージングについては、意味記憶、エピソード記憶、作業記憶などに研究対象を広げていく。幼少サルの固視および弁別訓練を開始する。背景から物体を切り出すメカニズムを明らかにするために、第一次視覚野と第四次視覚野から単一細胞活動の同時記録を行う。視聴覚間相互作用のメカニズムを明らかにするために、第一次視覚野と第一次聴覚野から単一細胞活動の同時記録を行う。味の質や強度等の心理特性と脳活動の関係を主に時間特性から検討する。舌上の触刺激に対する脳活動部位の解明のため MEG 装置による舌上の触覚誘発応答の計測を本格的に行う。嗅覚による味覚増強効果が起こっている時の脳活動と、味覚刺激を単独に提示した時の脳活動とを比較する。嗅覚順応時の特性把握、嗅覚順応時の脳活動の計測法について検討をおこなう。嗅覚同定能力についてのデータベース化を行う。国際比較による味、ニオイの熟知度と感覚特性について、日本、ドイツ、メキシコ間と本格的に研究を行う。嗅覚同定能力計測法（特許出願済み）の実用化を目指し、嗅覚障害の計測が可能かどうかに関して、複数の大学と実用化に向けた共同研究を行う。一次運動野の知覚—運動制御に関連したあらたな機能の解明：知覚—運動反応の MEG 計測を行い、空間情報の運動変換過程の解明を目指す。半球間視覚情報伝

達経路実験および大学との共同研究を通して患者への計測実験を行い、聴覚についても半球間伝達時間計測実験を行う。また図形認知のダイナミクスを解明するために脳磁場・電位計測および機能的核磁気共鳴画像を用いた研究を開始する色知覚特性の定量化手法の妥当性を、心理物理実験等を通して検証し、研究成果を発表する。色知覚特性を尺度化した複数の表色系について、それらの対応関係を体系的に整理し、データベース化を進める。

- ・脳型情報処理の基本原理の解明について以下の研究を行う。1) 学習過程の数理的理解のために、複素ニューラルネットワークに関して、特異性に起因した学習アルゴリズムの性質を調べる。また、幾何学的学習アルゴリズムを統一的に取り扱うための枠組みを構築する。2) 自己組織化におけるトップダウン情報の利用法に関して、**Distributional clustering** を隠れ変数を含む階層的なベイジアンネットワークモデルに拡張する。また、汎化能力の高いカーネル多変量解析手法の高速な学習法を構築する。さらに、類似した順序系列をまとめるクラスタリング手法と、訓練事例から順序を予測する手法を開発する。3) 大規模なデータ処理と可視化が可能な PC クラスタシステムの開発を目指して、シミュレーションに必要となる基本演算のライブラリ化とハードウェア化について研究する。4) 独立成分分析 (ICA) のコンピュータビジョンへの応用を目指して、従来の技術では困難であった源情報と観測過程が共に未知な状況下における共復元問題等への応用技術を開発する。
- ・脳型情報処理の工学的実現について以下の研究を行う。1) 大画角 CCD センサーを用いた光計測システムを構築し、行動下サル脳の活動を光計測して、運動前野の神経興奮の時間・空間的分布と前頭連合野、あるいは頭頂連合野などからの入力との関係について研究する。2) 海馬周辺回路のゲート機構が扁桃体からの入力に関与している可能性が光計測により示された為、電気生理学的手法を用いてメカニズムを解析する。3) 触覚刺激の弁別タスクを学習させた動物を作成、行動実験と光計測法を用いて、体性感覚野の **Tactile Working Memory** の解明を行う。4) エピソード記憶の想起時において脳内に記憶が保存されていた時間の違いによって変化する長期間で起こる動的な脳活動の測定、ならびに時間と記憶の情動的価値の相互作用の解明を fMRI 装置による神経活動の測定と自律神経系の活動による生理学的変化の測定 (GSR、心電等) を行う。5) 脳の視覚情報処理を模倣した汎化能力の高い認識手法の開発を目指して、運動物体を背景から効果的に切り出すための手法、**SOM** で自己組織化した代表ベクトルを基底として利用するカーネルベース学習法について検討する。また、動きを含む指文字の認識手法を

開発する。その他、動画像からの関節物体の動き情報の抽出を目指して、2つの関節物体の3次元形状がどの程度復元できるかを検証する。6) 感覚運動情報の自動分節のためのニューラルネットワークモデルの開発では、耳の聞こえないろう者や高度難聴者が健聴者の通常の発話を目で見て読み取る読話能力を身に付ける学習過程のモデルについて検討する。また、アクティブビジョンシステムの開発に向けて、基本制御用プログラムを作成する。その他、移動ロボット (Nomad) に全方位カメラを取り付け、ロボットの見えの情報と位置の情報を統合した場所細胞のモデルについて検討する。

④ 分野融合的課題

【中期計画 (参考)】

- ・神経突起伸長因子等を用いて神経回路を再接続する技術を開発する。また、神経電極、人工筋肉等に必須なモノリシックデバイスの実現に資することを目的として情報認識変換分子システムを開発する。
《平成14年度計画》
- ・神経回路再接続技術を開発する観点から、ニューロクレシンの発現制御により神経突起伸長を制御する方法を開発し、その応用を目指した動物実験も推進する。シナプス形成を制御する観点から、シナプス伝達効率を制御する分子の特性を解析し、精製方法を確定するとともに、シナプス可塑性に関わる分子の実体と生理学的現象解析を融合した解析を進める。また、神経電極開発の観点からシナプス制御に資する高分子材料開発を進める。さらに、筋知覚神経や筋紡錘の成長に関わる栄養因子の探索を独自のアクセシ系を用いて進めるとともに、神経回路網活動のアクセシ系を確立し、評価手法も開発する。
- ・神経再接続技術に資する細胞機能操作技術を確立する観点から、神経機能可視化技術の開発を目指して、蛍光蛋白質と神経栄養因子を結合した光分子プローブにより神経栄養因子のマルチ動態解析を行う。さらに、新たな発光蛋白質遺伝子解析を行い、1次構造を解明すると同時に既知発光蛋白質の構造改変により細胞機能改変を行う。また、細胞機能解析用新規分子プローブとして発光・蛍光複合光分子プローブを実用化する。
- ・モノリシックデバイス開発の観点から、カラムナー液晶における液晶分子動態や構造と液晶性との相関を解明する。また、ポリマーベースのフレキシブルデバイス技術に関連したモノリシック機能実装技術として赤外レーザー光による液晶配向制御技術を他の材料系にも展開、かつ、簡単なマイクロサイズの配向構造を持つ光重合フィルムを作製する。自己組織化膜を用いた配向制御技術を種々の自己組織化膜材料で検討する。
- ・人工筋肉開発をめざした高分子アクチュエーターの

高機能化のため、様々な材料の複合化と加工技術の高度化により耐久性・出力が2倍以上向上した素材の開発に努めるとともに、作動原理を解析し、新しい観点からのアクチュエーターの可能性を探索する。細孔出口部分の機能材料複合化により無機・有機ナノカプセルを高度化し、その制御された徐放機能を確認する。また、クラウン化合物等の機能性単体の構造制御技術と精密合成技術を確立し、神経細胞機能操作にも資する生体膜イオン透過性制御材料開発につながる要素技術を確立する。

1-2. 医工学・福祉分野

高齢社会における安心・安全で質の高い生活の実現のために、医工学・福祉分野では、臓器移植に代わる新たな治療技術としての生体機能代替技術、診断・治療に伴う患者の身体的負担の軽減をめざした医療診断・治療支援機器開発技術、高齢者・障害者の活発な社会参加と自立を実現する福祉機器開発技術、多様な生活者ニーズに対応したユニバーサルな製品・環境を創出するための生体ストレス・人間特性計測応用技術、及びこれらに共通的な技術課題の研究開発を推進するため、各項目の中期計画に対して、平成14年度は以下の研究開発を行う。

① 生体機能代替技術

【中期計画（参考）】

- ・細胞の三次元培養技術を用いて、軟骨・靭帯、骨、血管等の組織を再構築する再生技術を開発し、これらデバイスを用いた臨床治験を行う。また、動物実験代替用等の検査用組織デバイスを開発する。

《平成14年度計画》

- ・ヒト培養細胞の安全性を確立して人工関節適応患者の骨髄細胞培養を行い、臨床応用へ供与できる体制を整える。生物由来多孔体に匹敵する性能を有する完全連通孔多孔体の大量生産技術の開発を行う。また、細胞の成長因子を徐放するスキャフォールドや骨芽細胞の分化を誘導する遺伝子導入技術を開発する。軟骨細胞の培養に適した生分解性高分子・コラーゲンハイブリッド培養担体を開発する。大型動物を用いて、膝関節の軟骨欠損モデルを構築する。トランスフェクションアレイ技術を確立し、ヒト細胞表現型を指標とした遺伝子スクリーニング手法を開発する。遺伝子レベルで薬剤などの効果・毒性を評価する動物実験代替法の開発に着手する。また、神経幹細胞の選択的分離法および安定・大量培養法の開発を行う。

【中期計画（参考）】

- ・品質管理に優れた人工物を用いた体内埋込み型の生体機能代替システムとして、動物実験において3ヶ月以上連続使用可能な遠心型人工心臓、埋込型インスリン注入システム等を実現するための要素技術を

開発する。また、共通基盤的技术として、生体適合材料に関する適合性評価試験法に資する標準情報を提供する。

《平成14年度計画》

- ・人工心臓の機構の研究では、高耐久性を特長とする動圧浮上式遠心血液ポンプに関して、溶血・血栓の数値解析を行い、溶血試験および動物実験の結果と比較する。また、小型を特長とする軸流血液ポンプに対し、従来より小型化した磁気浮上駆動機構を組み込み、その動作特性を確認する。
- ・血液適合性評価の研究では、マイクロカプセルを用いた模擬血液により、実用デバイスを実用条件で試験できる溶血評価法を提案する。また種類の異なるチタン合金の抗血栓性スクリーニング試験を通じて、適切なポンプ材料を選定する。人工臓器用マイクロポンプの研究では、マイクロファブリケーション技術により低電圧化を図り、かつ生体・薬液適合性のある材料を使用してポンプを試作し、性能計測を行う。
- ・複数神経細胞活動計測技術の高機能化を目指し、実時間スパイク振幅ベクトル表示装置の出力信号を用いて神経細胞活動を実時間で分離抽出を可能とする。末梢神経線維活動の分離記録における複数電極の最適配置法を確立する。前年度に開発したラットの選択反応学習課題を用いて、中枢神経系損傷による感覚運動学習障害が定量化可能な動物モデルを開発する。加齢に伴い変化する認知記憶機能に関わる前頭前野及び関連領域との機能連関について重点的に解析する。

② 医療診断・治療支援機器開発技術

【中期計画（参考）】

- ・画像誘導型の低侵襲手術支援システムの要素技術を確立し、医学系機関との連携して画像誘導型の低侵襲医療システムを開発し、臨床試験に供する。

《平成14年度計画》

- ・MR コンパティビリティの予測技術を内視鏡などの設計段階に応用し、完成した機器を用いた実測誤差の比較を行い誤差20%以内の達成を目標とする。
- ・MR 下手術マニピュレータとしては、臨床試験使用を視野に入れ、高精度・狭可動領域のMR 対応ロボットを新規開発するとともに、手術ロボット、MRI 装置、座標計測装置などをネットワーク上で統合したソフトウェアの開発を行い、パフォーマンスを確認する。
- ・軟組織の変形解明のため、穿刺針と組織間の摩擦を能動的に低減させる手法の基礎研究を開始する。あわせて具体的課題として、前立腺の経皮的穿刺を目標とし、前立腺の力学特性の計測を行う。
- ・組織機能センシング技術の開発では、光マイクロプローブ・微小透析・MRS など個々の要素の検討を

深め、要素間の複合化を図る。また、赤外線応力画像法を用いた力学的適合性評価法を検討する。脳へらプローブによる術中モニタリングシステムの開発においては、ファイバの配置の再検討を実験・解析両面から行う。光イメージング装置についてはデータの蓄積を行うと同時に、連続光計測データへの適用可能性を検討する。

- 多核種化・高速化・高感度化を目指した新しいMRI/S技術の開発を推進する。また、組織機能の評価するためのMRI/S技術、MRI技術と融合したマイクロ機器の実現の可能性を検討する。
- 光を用いた無侵襲生体計測・診療技術の確立と実用化を目指し、生体組織を構成する主要素の光学定数の収集、および解析アルゴリズムの開発を行う。また、測定対象の温度、散乱特性が変動する環境に下でのグルコースの濃度を正確に予測することが可能なアルゴリズムを検討する。
- 高機能内視鏡手術支援システムの要素技術として、破壊を伴う手術操作を対象とできるような、患者の実体模型を作成する。さらに、繊毛運動の有無を判定する画像処理アルゴリズムを開発し、顕微内視鏡に実装する。

【中期計画（参考）】

- 分子レベルの機能を画像化及びスペクトル分析するための次世代型高次生体機能計測装置の要素技術、及び生体組織の構造と機能の評価するための解析手法を開発する。

《平成14年度計画》

- 高次脳機能計測については、言語機能をつかさどるそれぞれのモジュール間の相互作用の検討を進めると共に、脳機能の実時間計測・可視化システムの実用運転化を目指す。また、超高齢化社会における医療福祉機器への適用を目指す応用技術として臨床現場への展開を図る。
- これまで脳磁図計測が困難であった脳の深部、連合領域などのより高次で複雑な脳活動、記憶、情動などの計測や解析を進めるため、MEGとEEG、fMRI、PET等の他の非侵襲センサーとの併用、統合処理手法を一層推進し、信頼性が高く高効率な計測・解析法を世界に先駆けて開発する。また、複数の脳部位の活動が予想される信号源推定の逆問題についてもさらに有効な解析法の開発を行う。これらの技術を実際の人間生活で想定される種々の重要な場面（突発事故、予想不可能な危機、ヒューマンエラー、意思決定、判断など）に積極的に適用し、ヒトの脳活動の処理、人間行動の原理を明らかにする。これによって不測事態の危機管理等に役立つ脳機能のイメージング技術の構築、及び安全で安心、使い易い機器開発への具体的な利用を図る。
- 既存の超音波診断装置に(a)データ収集・記録系、

(b)波形解析系、(c)マンマシンインターフェース、を一体化させた装置を用いてデータ収集・解析を行い、臨床に於いて最終的な総合評価を行う。

- 偏極ガスの連続供給装置とイメージング装置を接続し、偏極率の連続モニタリングシステムの運用を行うとともに、偏極率向上のための条件設定について検討する。プロトン、偏極ガスを用いたイメージの収集を試み、画像化上の問題点の整理、直径2ミリ程度のマイクロプローブの試作を行う。また、連続フローガスの計測時における誤差など問題点について基礎的検討を行う。
- 相互排他的発現系の研究で、CMVプロモーターの代わりに細胞特異的プロモーターを用いて、その下流に薬剤依存性転写制御因子cDNAを連結する。これと、上記相互排他的発現ベクターを小脳初代培養に導入し、プルキンエ細胞特異的でしかも薬剤依存的相互排他的発現系を構築する。対象となる野生型遺伝子とその変異遺伝子を、同一個体内で特定の細胞で任意の期間だけ、交互に発現させるin vivo制御系の確立を目指す。さらに、近接場顕微鏡や偏光顕微鏡をベースにして、従来より時間空間分解能が高くしかも観察試料へのダメージが極小に押さえられるような新しい生体分子観察顕微鏡の開発（共同研究）を試みる。
- 治験支援産業創生先端技術センターについて、共同研究施設の整備に着手する。

③ 福祉機器開発技術

【中期計画（参考）】

- 情報技術及びメカトロニクス技術を用いて在宅用多自由度下肢リハビリ訓練機器を開発し、生活場面における妥当性を検証する。また、高度難聴者を対象とした超音波補聴器等の開発を進める。

《平成14年度計画》

- 下肢リハビリ装置に関して、4自由度関節訓練機構の動作特性を計測する。足関節の底屈・背屈および内反・外反の訓練を付加し、股関節・膝関節・足関節の計6自由度の可動域訓練が可能な機構を設計・試作する。
- 高齢者・障害者用インタフェース技術に関して、動的確率内包型リカレントニューラルネットを利用し、連続動作時で95%以上の動作識別精度を実現する。
- 骨導超音波補聴器が難聴者にとって極めて有益な補聴器となり得ることが明らかになったが、現状では、どの高度難聴者でも日常生活においてこの補聴器を容易に使用できるという状態には到っていない。そこで、難聴者の程度や人の状態によっては聞こえにくいという問題点を再検討し、補聴器の音声言語回路をよりロバストに改善するなど、超音波聴覚の最終課題である音声認識力、音声単語知覚機能を本質的に向上させるために必要な改良を行う。

【中期計画（参考）】

- ・福祉用具使用時の動作負担について計測技術を確立し、動作負担データベースを構築する。さらに、運動機能回復訓練機器等の福祉用具の人体適合性評価手法を提案する。

《平成14年度計画》

- ・リハビリ訓練のための人体モデリングとしては、歩行シミュレーション技術を拡張し、歩行以外の運動も生成可能とする。また、高齢者歩行の不安定性の原因解明に活用し、その機能低下を予防する運動訓練プログラムの提案を行う。
- ・寝たきり予防訓練装置の開発としては、前年度に試作した低負荷寝たきり予防訓練装置プロトタイプの臨床評価を行うとともに、問題点を改善する。また、モデル実験として健常成人を用いたギプス固定実験を行い、その影響を重心動揺や筋力、筋電図を指標として計測し、訓練装置の効果の検証を行う。
- ・生活空間評価のための行動モデル化と行動評価技術としては、動作計測データをもとに、基本姿勢・動作を精度良く識別できるように生活行動・動作自動認識手法を改良するとともに、動作計測データにもとづいたバーチャルヒューマン動作生成手法の精度を確認する。

④ 生体ストレス・人間特性計測応用技術

【中期計画（参考）】

- ・環境ストレスに対する生体防御メカニズムを分子・細胞レベルから個体レベルで解明するとともに、ストレス物質をオンチップで検出する技術及び生体ストレス傷害の計測技術を開発する。

《平成14年度計画》

- ・種々のストレスに対する生体の応答の解明、およびストレスの計測・評価を可能とする測定デバイスの開発を目指して、研究を進展させる。化学物質、活性酸素種、脂質酸化物などに対する細胞の応答を明らかにする。実験動物を用いた研究も始め、これらストレスに加えて、精神的ストレスの個体に対する影響を検討すると同時に、ストレスによる傷害を防ぐ薬物の開発にも取り組む。ストレス応答蛋白質については、二次元電気泳動-HPLC/質量分析システムによるプロテオーム解析技術を開発する。レドックス制御因子チオレドキシシン、免疫抑制因子 GIF については、結合蛋白質や細胞内シグナル伝達分子の同定、生理機能の解明を目指す。ストレスの計測・評価については、波長可変型2次元 SPR 装置、QCM センサの最適化を行う。フェノール系環境ホルモンやダイオキシン類の超高感度計測デバイスの開発を目的として、電気化学検出器をオンチップ化した Lab-chip の最適化に取り組む。これらを用いて、8-OHdG など、ストレスマーカーの検出を行う。また、拡散型セルチップの研究に着手する。

【中期計画（参考）】

- ・日常生活行動を計測するためのウェアラブル・センシング技術を開発する。高齢者等の動作特性及び感覚特性に関する計測法を開発し、外部関連機関と連携して人間特性データベースの構築を行うとともに、情報環境における人間の注意・認知機構の解明を通じて人間の認知行動モデルを構築する。さらに、人間特性に基づく製品適合性評価方法を開発し、環境設計等に資する標準情報を提案する。

《平成14年度計画》

- ・ウェアラブルセンサの研究開発では、日常生活の中で身体加速度、脈波、音情報を常時計測するウェアラブルセンシング手法を開発し、ストレス状態を評価する指標の探索を行う。ひやり・はっとセンサの研究開発では、動的な場面での「ひやり・はっと」状態の計測技術を開発する。作業行動特性の評価技術の研究開発では、陥没口と突起物によって選択される経路を調べ、経路選択予測モデルの構築を試みる。高齢者の作業行動特性の評価研究では、繰り返し打点作業の操作時間と操作誤差の年齢による変化を指標化する。生活環境の認識技術の研究開発では、複雑な背景を含む生活シーンから人の顔の位置を高速に検出するシステムの改良を進め、具体的事例への応用を試みる。
- ・高齢者感覚特性の知的基盤の確立と環境評価設計手法の開発を目指し、知的基盤の確立については、有効視野計測システムの整備、高周波領域の最小可聴閾と不快度のデータ収集、低周波音の不快度・許容度のデータベース化、温冷覚、痛覚等の局所温熱特性のデータ収集を行う。さらに、それぞれ国内外の標準化に向けた活動を行う。
- ・環境評価設計手法の開発に関しては、車の運転者の空間把握特性におけるオプティカルフローの寄与率の定量化、視覚障害者のための聴覚による障害物知覚の訓練システムの臨床場面への適用、高齢者用聴覚情報呈示機器の評価法について実験的検討を行う。
- ・住生活における製品適合性の向上を目指し、製品環境のユーザビリティ評価技術システムの基本設計を進める。
- ・人間の認知行動モデルの一つとして状況依存型行動モデル構築を目指し、実路運転行動データを充実させ、1000トリップ以上のデータベースを構築する。自動車運転行動における状況認識の解析としては、タスク切り換え要因の分析と抽出を行う。多変量確率モデルによる行動評価手法の検討に関しては、行動データベースを基にベイジアンネットワークモデルのパラメータの推定を行う。さらに、ベイジアンネットワークに関して、自動車運転行動の様々な要因が運転者の行動への影響を解析する。また、行動予測モデルを構築する際に問題となる(1) データベ

ースの効率的利用、(2) 変数とモデル構造の選択問題、(3) 動的な構造モデルとの連関のさせ方、(4) 性能評価の方法について検討する。

- ・高齢者を含むユーザが視環境中の視覚情報を認知する機構を、視覚認知特性、注意誘導特性、視覚的記憶特性の観点から解明を目指し、具体的には、人間が対象を認知する際に、先行情報や記憶情報などのトップダウン情報がどのように対象の認知や注意の誘導に影響を及ぼすかを行動指標と高度認知反応指標を用いて検討する。また、これらの過程について、若齢者と高齢者を比較することにより、高齢者の視覚認知特性におけるトップダウン情報の働きを明らかにする。
- ・ウェブナビゲーションの認知モデル (CoLiDeS モデル) に基づいてウェブサイトのユーザビリティを評価する方法 (ウェブ認知ウォークスルー) の概念設計を行う。また、ウェブ上のホームページで使用される言語情報を分析することにより、ユーザ特性との合致度を表示する手法を提案する。
- ・情報環境におけるヒューマンインタフェース向上を目指し、入力系としては把持による意思伝達の有効性の観点からタスク分析を行う。出力系としては力覚形状表示における質の評価基準の一端を明らかにする。対話系としては自己像表示の時間遅れが仮想対話行動に与える影響を測定する。

2. 経済社会の新生の基礎となる高度情報化社会の実現
高性能化する情報通信環境を活用して、時間や場所の制約を受けずに、必要とする情報・知識を誰もが自由自在に創造、流通、共有できる高度な情報通信社会の実現を目指しヒューマンインタフェース技術、どこでも安全に繋がる情報ネットワーク技術を追求するネットワーク関連技術、膨大な情報の処理を容易に行う高度コンピューティング技術、またそれらの元となる情報化基盤技術を中心に、さらに人間にとってそれらが使い易いものになるように、各項目の中期計画に対して、平成14年度は特にグリッドコンピューティングの加速的推進を図りながら以下の研究開発を行う。

① ヒューマンインタフェース技術

高度情報化社会の恩恵を誰もが受けられるように、情報システムが人間の表現を読みとり人間に合わせる技術、知能情報技術と実世界に働きかけるシステムとの融合技術、位置と状況に基づく次世代個人通信システム技術を開発する。

【中期計画 (参考)】

- ・人が生活する空間で人と安全に共存し、人に物理的サービスおよび心理的サービスを提供する知能システムの実現を目的として、人間共存ロボット技術と自律化技術の開発を行う。また、ウェアラブルコンピュータ等、最新の IT 技術を駆使した情報システ

ムにアクセスする方法を、視覚、音声等を用いて容易にする次世代のヒューマンインタフェース技術を開発する。

《平成14年度計画》

- ・生活する空間で使用可能なユビキタスステレオビジョン用実時間動作型インタフェースの画像処理アルゴリズムの開発、屋内外広域空間でのロバストな情報同定が可能なウェアラブル視覚システム (VizWear) 技術、および知的空間構築への応用を想定した空間情報アクセス手法の探索的研究、メンタルコミットの生理的・心理的・社会的効果を確認する実験的研究、人間の心理・動作の数理的モデルに基づいた動作生成手法の高度化および同モデルに基づく心理状態推定手法の開発に取り組む。音声系について、ユニバーサル音声記号系を用いた音声処理方式高精度化の継続的 pursuit と、語彙、文法に依存しない音声検索システムのマシン上へのインプリメントを行うとともに、頑健な音源分離手法の開発に関し、昨年度確立した AR-HMM 分解音源分離法の演算量低減法開発と実環境音でのその実証実験を行う。また、学習推論に関する基礎的探索的研究を継続する。
- ・空中に情報通信等に利用可能な浮遊基地を実現するための LTA の発進、回収実験の準備を進める。車車間通信を用いた交差点や合流路での安全・効率的な運転支援システムの開発を行い、複数車両を用いた実験を行う。昨年度試作した実験車に複数のセンサ、車車間通信装置を接続し、車載プラットフォームに必要な情報伝達機能を試験する。土砂などの不定形物体操作のために、複眼視計測データに基づく3次元形状の処理時間を改良し、屋外計測実験により有効性を確認する。また、不定形物体の多様な挙動を表現できるモデルの設計を行う。無人航空移動体、脚クローラ複合機構、脚腕両用機構等、フィールドで移動・作業を実現する形態についての探索的研究を行う。
- ・人間・動物の技能の探索的な解明を行い、工学的な実現によりロボットの機能拡張を検討する。また、動作領域を拡張した二本指マイクロハンドと全焦点画像システムを統合化したシステムを構成し、作業実験を行う。操作力を検出できる高感度ファイバセンサを試作する。
- ・自己組織型ロボットの改良モジュールを試作し、自律性の高い動作を実現する。動作シークエンスの自由度を高めるためにセンサ情報の利用を組み込んだ動作計画法を開発する。また、シミュレーションに基づき、複数の構成要素からなる人工システムの自己組織的機能創出法の探索的研究を行う。
- ・情報処理システムと人間とのより自然で制約の少ないインタラクションの実現のために以下の研究を行

う。音声言語の新しいモダリティをさらに探索的に研究する。音源位置が動的に変化する環境でのハンズフリーの音声認識を実現するために、音響処理と動画像処理を融合する研究を開始する。大量のマルチメディア情報へのアクセスを円滑で容易にするために、情報検索技術、確率的ネットワークと実世界データ収集・提示用ロボット端末の統合を進める。さらに、実環境性・実時間性・適応性に富んだ音声、音響、音楽、動画像のモデリングおよび理解のための確率モデルとロバストなアルゴリズムの提案・改良を進めるとともに、研究用データの整備を行う。

【中期計画（参考）】

- ・人間型ロボットの性能向上と新応用分野発掘に関わる研究を行い、ヒューマノイドロボット技術を開発する。また、人の作業知能を情報システムにインプリメントし、より知的な作業システムを構築するためのタスクインテリジェンス技術を確立する。さらに、3次元視覚システムの高度化の研究を行い、各種産業における実用化技術を確立する。

《平成14年度計画》

- ・これまでに構築してきた統合作業実験システムおよびスキルベース作業システム要素を統合し、統合作業実験システムの能率向上を目標とした総合評価実験を行う。プラント保全知識ベースに関しては、複数エージェント間での注意の共有の道具として注意制御手法、および点検情報蓄積のための環境サーバーの拡張を行う。また、生活支援行動知能システムの概念設計に着手する。3次元視覚に関して、既考案のマルチカメラシステムによる幾何モデリングのための多眼間対応新アルゴリズムの検証、全方位データの統合アルゴリズムの精度改良法の追及、高精度距離計測のための各種の画像の歪み補正法と構造的拘束に基づく誤差補正法の開発を進める。
- ・人間型ロボットの応用動作ライブラリの研究完了を目指す。具体的には、高低差±4cm以内・傾き5%以内の不整地歩行、直立状態からの転倒により移動機能を失わない転倒制御技術、全身遠隔操作技術を用いた車両代行運転、転倒状態から自律的に起き上がる動作生成技術の実現を目指す研究と、これらを実行可能なヒューマノイドハードウェアを研究開発する。また、以上のソフトウェア及びハードウェアを屋外共同作業へ応用しその効果を実証する。以上に加え、ヒューマノイド高度化に向けた、歩行速度、安定性などの基本特性の向上、およびヒューマノイドの応用可能性についての基礎的検討を行い、今後の研究課題を探索する。

【中期計画（参考）】

- ・誰でもどこでも高度な情報支援が受けられるという社会において、情報弱者のサポート、プライバシーの保護、情報洪水の解消を実現する知的情報サービ

システムの実現を目的として、状況依存通信ソフトウェア技術と位置による通信を用いた携帯端末・インフラ技術と、電子データを構造化し有用な情報をユーザの状況に応じて提供する技術を用いた、次世代個人通信システムを開発する。

《平成14年度計画》

- ・ユビキタスネットワークの研究においては、ネットワーク上での情報処理の主体要素である、1)埋め込みコンピューター、2)センサー、3)ユーザー、4)マイボタンが連携して動作するためのデータ形式、通信方式、処理分割方式を明らかにする。また、ネットワーク構成に依存しないコンピューターの利用技術として、ネットワークを渡り歩けるコンピューターを小型携帯端末で利用する実験を行う。さらに、ユビキタス社会の安全性を支えるネットワーク防御技術への第一歩として、インターネット上で伝搬するコンピューターウィルスを未知状態で検知する技術に関する研究を行う。
- ・空間光通信システムの研究については、位置に基づく通信環境を構築することを目的として、高速空間光データ通信を可能とする、室内レーザー装置により光反射物体の三次元位置データを収集し、位置をIDとして使用する技術を確立する。また、位置に基づく通信技術を確立するために、個人認証や高速通信機能を有する再帰的光反射通信端末の性能向上を図り、その性能評価を行う。
- ・意味に基づく情報検索の研究については、情報検索エンジンを高速化するとともに、インタフェースとアルゴリズムを洗練する。意味的トランスコーディングの研究については、ウェブの特殊なプロキシサーバ（トランスコーディングプロキシ）を拡張することにより、検索サービスと連動してインタラクティブな要約やプレゼンテーションのサービスを提供できる環境を構築して公開するとともに、平成13年度に開発したインタラクティブなプレゼンテーションの技術を自然言語の要約機能によって拡張する。インテリジェントコンテンツの作成については、生データに意味構造化を施したインテリジェントコンテンツを研究用のコーパスとして配布するとともに、一般のエンドユーザーへの普及を促進する。言語データ等の収集・保守・拡張・改良・配布を行う組織を設立するとともに、言語データの構造記述および他のデータとの関係の記述ツールを国際標準に組み入れる。意味関係をより直観的・直接的に操作できる機能を意味構造化支援ツールに実装する。位置に基づく通信とインテリジェントコンテンツの技術を統合するため、位置計測と直結する空間的な意味と、言語データ等が持つ組合せ的な意味とを融合する技術を開発する。
- ・分散型エージェント社会シミュレーションの研究に

については、個人の情報に加えシステム全体のマクロな情報を用いた個人の情報支援・ナビゲーションを実現する手法を開発し、プロトタイプを示す。また、マクロな情報を帰納的に学習し属性を抽出する手法の開発に着手する。さらに、これらの手法を、テーマパークやショッピングなどの現実の場において検証するためのシステム整備を進める。また、大規模災害時における情報支援を可能とするレスキューアドホックネットのルーティングに関する設計・予備的実装を行うほか、レスキューシミュレーションによる有効性の検証実験を行う。

② ネットワーク関連技術

情報通信ネットワークを用いた多様な活動が、安全かつ自在に行える社会の実現を目的として、プログラムコードの安全性を検証し、ハードウェアの違いを吸収して異なる計算機上で実行でき、ネットワーク上の計算機資源に効率的にアクセス可能とする技術を開発する。

【中期計画（参考）】

- ・情報システムを活用した行政情報へのアクセスが安全かつ容易に行えるよう電子政府の実現に必要なとされる情報セキュリティ技術を研究する。そのために組織運営とソフトウェア技術のバランスの取れた方法を開発する。また、セキュリティホール（脆弱性）の主要原因となりつつある、**http** を用いた不正アクセスを防止する方法を研究し、モバイルコードに対するセキュリティ技術を開発する。

《平成14年度計画》

- ・内閣官房情報セキュリティ対策推進室を中心とした電子政府のセキュリティレベルの向上支援を本格化させる。また、セキュリティ情報収集分析支援システムの改良版を公開し、複数サイトのデータを統合する機能を加えたシステムを開発して一般公開システムの本格運用を行う。また、電子政府で使用する暗号強度評価を引き続き行うとともに、対応するファイル形式の拡張や、サーバ自体の機能の拡張を行う。さらに、セキュリティに関する脆弱性情報を入手、重要度を評価、問題と解決策を検証、経過と成果を開示して、ソフトウェア開発にフィードバックする新たなソフトウェア工学モデルを確立する。

③ 高度コンピューティング技術

膨大な情報を高速に分析、処理して、それを蓄積し、さらに検索する技術の実現を目的として、高度コンピューティング技術を開発する。

【中期計画（参考）】

- ・統計情報と物理計算の融合により、100残基級のタンパク質立体構造について、サブマイクロ秒の挙動を分子動力学法計算で、またサブミリ秒の挙動を知識情報処理との融合による推定で、解析可能なシステムを開発する。大規模ゲノム配列からの遺伝子領

域と機能の予測を目的として、100Mb 級の配列の高精度な注釈付けが行える高速な配列情報解析システムを開発する。タンパク質構造予測、ゲノム配列解析については現状の100倍以上高速化する。細胞内での遺伝子制御ネットワークや代謝ネットワークなどの高速なモデリングを可能とするため、1000要素級の細胞シミュレータ・システムを開発する。

《平成14年度計画》

- ・遺伝子領域予測システムの開発では、大規模なゲノム配列の注釈付けに適用できるよう、これまでに開発したプログラムの統合化を図る。より細かな条件設定をおこない、一層の予測精度の向上を目指す。生命情報科学のための数理モデルの研究では、生命情報科学の様々な問題に適用できるパターン認識技術、確率モデル等の数理モデルの理論的研究とその応用を行う。
 - ・単粒子解析ソフトウェアをさらに改良し、公開して多くの研究者に評価されることを目指す。知識表現技術の研究では、文献で報告されているパスウェイの事例を組み合わせ、観測事実を説明しかつ実験データに矛盾しないパスウェイを導出するための推論技法の開発を行う。
 - ・13年度までに完成した埋没ループ予測を組み込み、さらに高精度な膜貫通ヘリックス予測プログラムを開発する。またβストランド型の膜タンパク質予測にも取り組む。自動発見システムで同定したGPCR配列に対して、構造の観点から分類し、立体構造予測まで試みる。GPCR 発見の手法を、他の生物種のゲノムにまで応用し、比較ゲノムの観点からも解析を行う。
 - ・タンパク質立体構造予測について、アブイニシオ予測、スレディング法、相同性モデリングの3つの異なる手法ごとに、技術改良を進めつつ、これらを融合利用するシステムを検討する。スレディング法では、公開予定のFOREST WWWを通じて国内外技術の相互比較を行う。立体構造からの機能予測に関してもシステム化を進め、酵素活性部位データベースの構築を目指す。
 - ・S-system とベイジアンネットモデルを組み合わせ、より複雑な発現制御ネットワークの同定を目指す。代謝ネットワークのモデル化では枯草菌基礎代謝物の全電子化を完了する。これら遺伝子制御ネットワークと代謝ネットワークを統合した細胞システムモデル化のスキームに関して検討する。細胞内物質の局在情報を網羅的に測定する質量分析イメージングの開発を進める。
- 【中期計画（参考）】
- ・科学・工学・社会において飛躍的に増大した情報量を処理できる情報インフラの実現と、実際の産業活動における大規模科学技術計算として生産・加工・

設計・製造等の産業基盤での利用に向けて、並列・分散環境での高性能計算機システム利用技術の普及、新たなビジネスモデルの創成、世界的な中核研究拠点となることを目的として、コンピューティング技術と通信ネットワーク技術との融合を図るための技術を開発し、世界的な標準化構築のための技術を開発する。

《平成14年度計画》

- ・ApGrid (Asia-Pacific Grid) においては、各国の機関と協力して ApGrid テストベッドの構築に着手し、試用を開始する。Ninf で培った Grid RPC 技術を核にしたグリッドミドルウェアの開発を進め、高性能ライブラリの呼び出し、ソフトウェアの高性能化、応用ソフトウェアの開発、ユーザインターフェースの開発を行う。また、高速ネットワークで接続された複数のスーパーコンピュータに Ninf-G などの開発したソフトウェアを移植し、実用に供することで運用実験を行うと共に、改良すべき点の抽出を行う。ハイエンドコンピューティングにおいては、10Tflops 級、1ペタバイト級のデータを扱うことを目指した要素プロセッサの設計を進め、構築に着手するとともに、ミドルウェア技術の開発を行う。このための高速処理用数値ライブラリ、システム管理ライブラリ等の開発を行う。システム組込型ハードウェアの開発ならびにリアルタイム OS の評価を進める。

④ 情報化基盤技術

今後ますます増大する情報通信技術の高度化のニーズに対応し、技術の発展を維持していくため、次世代半導体技術、デバイス技術、ソフトウェア技術等の共通基盤技術を開発すると同時に、萌芽的な研究課題の発掘、発信を行う。

【中期計画（参考）】

- ・強相関電子の概念を中核とした、革新的な電子技術を創成し、新科学技術分野創成をするような独創的成果を挙げることを目的に、強相関電子系相制御技術、超格子物質・接合作製技術、極限スピン計測技術、強相関デバイスプロセス要素技術、強相関フォトニクス物質、量子位相制御理論、などの強相関電子技術の基礎を解明する。これによって、世界の学界・産業界に向けて強相関電子技術の学理的成果の発信を行うとともに、強相関電子技術開発における現実的課題を解明する。

《平成14年度計画》

- ・強相関電子系相制御技術に関し、巨大磁気抵抗、巨大磁気光学効果、光電応答型磁性物質（光金属、光磁石）創製など、従来の常識を越える、光・磁気・伝導結合型の新しい電子物性・電子機能の開拓する。量子臨界相制御を中心とする、超巨大磁気抵抗、電子軌道液晶状態の実現、および有機結晶における量

子強誘電性・量子リラクサーなど、強相関電子系の新電子機能の探索を行う。

- ・キュービックアンビル装置（8-10GPa, 4K）、1軸圧力セル（0.4GPa, 1.8K）を駆使し、他チームとの協力関係のもと物質横断的に量子臨界相を創成し、新規な量子物性を開拓する。また、量子臨界相の基礎学理を究明する。極限環境発生装置の整備をさらに進め、圧力3GPa 以上、到達温度100mK 以下の極限環境を実現する。
- ・酸化物・硫化物・分子性結晶などに、平成13年度に得られた絶縁体膜作製技術を用いて FET 構造を作製し、FET 動作させる。その過程で、電界誘起モット転移（絶縁体－金属転移）、超伝導、強磁性ごとのプロトタイプについて現象発見の努力を行う。また、引き続きプロセス・デバイス構造の検討などを行う。
- ・強相関フォトニクス技術に関し、光励起による電荷、軌道、スピン秩序の制御とそのダイナミクスについては、マンガン酸化物、バナジウム酸化物等において光による電荷、軌道、スピン秩序の超高速制御を試みる。超高速光誘起モット転移の探索については、各種モット絶縁体において、光励起による超高速モット転移（絶縁体－金属転移）の探索を進め、そのダイナミクスを明らかにする。低次元モット絶縁体の巨大非線形光学応答と超高速緩和ダイナミクスについては、非線形光学応答の定量的評価と超高速緩和ダイナミクスの系統的研究を行う。光誘起中性－イオン性転移のダイナミクスについては、量子相転移系を含む様々な有機電荷移動錯体において、超高速光誘起中性－イオン性転移のダイナミクスを明らかにする。
- ・強相関薄膜研究では、基板のエピタキシャル力を利用して $(\text{La}, \text{Sr})_2\text{VO}_4$ 、 $(\text{La}, \text{Ce})_2\text{CuO}_4$ などの物質を薄膜単結晶化して物性を調べる。また、スピンフラストレーション系やらせん磁性系の高品質薄膜材料を作製する。強相関超格子研究では、Mn 系酸化物と Ru 系など他の酸化物強磁性体とのスピントネル分光によりスピンバンド構造に関する知見を得る。また、3種類の材料を用いた超格子における界面効果の非対称性に注目した研究を行う。
- ・強相関デバイスプロセス要素技術に関し、標準プロセス技術の高度化を進めるとともに、トンネルデバイスおよび FET デバイスに適用可能な、作製プロセス技術を確立する。また、電子ビームによる直接描画技術と微細加工技術の最適化を行い、100nm 以下のサイズの線幅を持つ強相関メゾスコピック素子プロセス技術を開発する。強相関デバイスの研究については、トンネルデバイスである磁性トンネル接合のバリア層の最適化により、MR 値の向上を図る。高温超伝導積層型接合では、接合と高温超伝導

配線を組み合わせた SQUID デバイスの試作と基本特性評価を行う。さらに、強相関電界効果デバイスのゲート絶縁膜のさらなる高耐電圧化・薄膜化を行うとともに、強相関材料を用いた FET を作製し、素子特性を評価する。

- ・第一原理バンド計算などの手法を用いて、定量的な物理量の評価を可能にする。また、磁気カイラル効果などの新しい原理提案を行う。CMR をもたらず金属・絶縁体転移の多重臨界現象をモンテカルロ法を用いて調べる。量子モンテカルロ計算により格子場と相互作用している粒子のグリーン関数を厳密にもとめ、各種非線型過程の計算を行う。

【中期計画（参考）】

- ・特性寸法70nm 以下の極微細トランジスタおよびその集積化に必要な新材料（高、低誘電率絶縁膜、電極）・プロセス技術、それらの計測解析技術、要素デバイス構造ならびに回路構成技術等について、関連する基礎現象の解明も含めて開発する。

《平成14年度計画》

- ・シリコンと高誘電率ゲート絶縁膜の間の界面層形成技術を向上させ、ゲートリーク電流が $1 \times 10^{-2} \text{A/cm}^2$ の MOS ダイオードを作製するとともに、high-k ゲートスタック構造トランジスタモジュール基盤技術を確立する。電子スピン共鳴法および赤外吸収分光法を用いた Si/ゲート絶縁膜界面の原子レベル計測に基づき、良好な界面層と MOS デバイスとして有望な Si/薄膜高誘電率材料を作製する。
- ・プラズマ重合法と塗布法による低誘電率絶縁膜材料およびその成膜技術を開発する。低誘電率絶縁膜のプロセス耐性についての課題を抽出し、最適な配線モジュール技術の構築を図る。低誘電率材料薄膜の機械的強度のナノインデンテーションによる評価手法を確立する。X 線の回折・散乱・反射を同時に解析する手法を確立し、空孔構造、壁構造の解析を進める。
- ・極紫外光による光電子分光のエネルギー分解能の向上を図る。プラズマ光源の完全なデブリ除去を目的とする微粒子供給方、プラズマによる光学素子の汚染抑制法、多層膜鏡の損傷評価法の開発を行う。マスク・レジストパターンの寸法を校正できる CD-AFM 装置を作製し、特性を評価して、計測精度 0.8nm を実現するために解決すべき課題を抽出する。大きさ60nm までのリソグラフィーマスク欠陥の検出を目標として、欠陥検査に用いる波長200~160nm の連続出力レーザ光源とこの波長に対応するセンサーを開発する。
- ・ドーパント不純物あるいは遷移金属原子を含む Si クラスタを Si 表面へ供給し、Si 表面層にキャリアを生成する可能性を、第一原理計算による電子状態の解析と電氣的測定により実証する。Si 表面の

安定化処理法を開発し、走査トンネル顕微鏡による不純物分布計測の可能性を実証する。酸化濃縮法による SGOI (SiGe on Insulator) 基板上での高移動度ひずみ Si MOSFET 動作を実証し、CMOS 高速動作のために、pMOS トランジスタの移動度の向上と最適素子分離構造の開発を図る。

- ・デジタル回路ではクロックスキューを適応的に吸収する、遺伝的アルゴリズムに基づく手法と遅延回路応用チップの開発を行う。アナログ高周波回路のチップ試作と評価により、調整アルゴリズムの研究を行う。インピーダンス調整を遺伝的アルゴリズムで行う技術について、基本アイデアを実証するための TEG 作製を行う。最悪値を調整的に向上させる場合に有効な進化型計算アルゴリズムを検討する。
- ・新デバイス技術の研究開発に関しては、自己整合二重ゲート XMOS 素子の試作を進め、デバイス動作確認、評価を行う。また、しきい値電圧を自由に制御可能な二重ゲートの長を生かし、最適にパワーを制御して省エネルギー・低消費電力化をはかる新規な回路システムの考案と試作に着手する。
- ・新ゲート電極/絶縁材料の研究開発に関しては、超臨界流体を用いた新規薄膜堆積法により、High-K ゲート絶縁薄膜作製法としての有効性を実証する。また、高導電性金属酸化物ゲート電極の成膜・プロセスを開発し、酸化物ゲート電極としての実用性を示す。
- ・ナノスケール評価技術の研究開発に関しては、操作プローブ、電子ビーム、光学的手法によるナノスケールでの微細構造解析の有効性を示し、デバイス構造への適用をはかる。

【中期計画（参考）】

- ・画像表示デバイス（自発光型、画素数16x16以上）と制御回路をシリコン基板上に一体集積化する技術、ならびにチップレベルの高密度実装に関する要素技術を開発する。

《平成14年度計画》

- ・多機能自発光型オンチップディスプレイの研究開発に関しては、真空パッケージ化する前段階として、シフトレジスタ集積型のプロトタイプチップを試作し、真空槽内での動作実証を行う。また、エミッタへの損傷の少ない真空シール技術の開発に着手する。
- ・FET 型ナノシリコン機能デバイスの研究に関しては、シリコンナノ細線のメモリ特性（書き込み特性、保持特性など）を明らかにするとともに、マルチゲート化による新しい多機能素子の考案と試作に着手する。
- ・3次元多層配線技術の研究に関しては、配線金属とポリイミド有機絶縁膜からなる3層以上の多層微細配線形成プロセスの開発を行い、プロトタイプの試作を行う。

【中期計画（参考）】

- ・従来、光学で不可能であった10nm オーダに至る高解像度の実現とその工学的な応用、新規産業の創出を目的として、近接場光を用いて情報記録を微細領域で可能とする技術を確立する。

《平成14年度計画》

- ・スーパーレンズ技術の実用化に向けた信号強度レベルの目標を40dB と改め、企業と協力し、635nm 赤色レーザーでの近接場光ディスク・システムの原型モデルを提示するとともに、大容量光ストレージ用の次世代スーパーレンズ（405nm 青色レーザー応用）研究に着手する。
- ・H13年度で未達であったライン&スペース描画と伴に、さらなる極微細線加工にチャレンジし、技術的見極めを行う。

【中期計画（参考）】

- ・人類社会が地球規模で情報技術を活用し、その恩恵に浴するため必要不可欠な情報技術の実現のためには、情報技術が人類社会の持つ多様性に対応できなければならない。そのために、公共性と中立性の高いソフトウェアを開発し、多言語情報処理技術では、言語文化の多様性に対応する技術、グローバルソフトウェア技術では、ソフトウェアの利用形態や開発体制の多様性に対応する技術を確立する。

《平成14年度計画》

- ・オープンソースソフトウェアによる開発およびそのセキュリティ評価方法の調査研究として以下の研究を行う。GNU/Linux on SuperH プロジェクトでは、13年度の成果を広く普及させるとともに、問題点をツール化する。未踏ソフトウェア創造事業のプロジェクト管理では13年度の成果に加えてさらに個人の活力を引き出すことを目標とする。フリーソフトウェアに関する普及と啓発では団体を設立し、セミナーなどを行うこととする。GNU/Linux 多言語ライブラリの開発では、仕様の外部評価に基づき、多言語ライブラリの実装を行う。プログラミング開発環境の研究では、MixJuice 言語のアプリケーションとして、EPP の新版および、Java ソースコードブラウザを開発する。

《平成14年度計画》

- ・次世代半導体設計・製造技術研究、低消費電力次世代ディスプレイ製造技術研究について、共同研究施設の整備に着手する。

3. 環境と調和した経済社会システムの構築

環境の保全と経済社会活動とが調和した持続的な循環型経済社会システムの構築に向けて、化学物質のリスクを極小化・管理するための化学物質リスク対策技術、資源の有効利用と廃棄物の減量化・資源循環を目指した資源循環・廃棄物対策技術（低環境負荷型材料

開発を含む）、オゾン層破壊・地球温暖化対策技術、製品のライフサイクル全体を考えた環境負荷評価技術、持続可能な経済社会を実現するための低環境負荷型化学プロセス技術の研究開発を推進するため、各項目の中期計画に対して平成14年度は以下の研究開発を行う。

① 化学物質安全管理技術

化学物質のリスクを極小化・管理する経済社会を実現するため、以下の研究開発を行う。

【中期計画（参考）】

- ・ヒト有害性の定量的評価と生態系有害性の定量的評価手法に関して、既存の毒性試験および疫学的調査の結果を元に、PRTR 対象物質のリスク評価に資する用量-作用関係式を導出する。また、水系排出の大きい農薬について、既存の毒性試験および疫学調査の結果を元に、リスク評価に資する用量-作用関係式を導出する。

《平成14年度計画》

- ・化学物質曝露評価手法の開発に関しては、AIST-ADMER の関西・中京版及び全国版の完成と公開を行う。METI-LIS のさらなる検証と改良を行う。土壌地下水モデル、海域生物濃縮モデルについてはプロトタイプ版を完成する。暴露量の分布と差に関する研究の中間とりまとめを行う。
- ・評価手法の開発に関しては、ノニルフェノールで、新しい生態リスク評価手法を提案する。有害性重みづけ評価システムを完成する（Ver. 1.0）。WTP、QOL の結果を一部、リスク評価に適用する。社会経済分析法を体系化する。
- ・新規リスク探索に関しては、検索システムの完成と公開を行う。さらに、トルエン、co-PCB、ノニルフェノール、p-ジクロロベンゼン、鉛、トリブチルスズについてのリスク評価書の策定を行う。カドミウム、1,3-ブタジエンのリスク評価書の公開を行う。

【中期計画（参考）】

- ・火薬類の新しい規制技術基準に対応するため、爆発影響評価システムと、化学産業における爆発被害影響の総合リスクマネジメント体系を構築するための基盤を確立する。

《平成14年度計画》

- ・化学物質爆発危険性予測手法に関しては、複雑な条件下での殉爆可能性評価に資するため、引き続き、ピクリン酸・ピクリン酸金属塩などの、感度・起爆・爆燃・定常伝爆に関する基礎データを取得する。また、ピクリン酸金属塩合成・分析技術、処理技術の開発を行う。
- ・爆発影響評価システムに関しては、殉爆問題や爆発影響評価に適用可能な三次元並列化コードを開発する。また、レーザー衝撃波による超高压下での物質の挙動に関する研究を行う。

- ・高安全性火工品の開発については、開発品と従来品との性能比較を実施するとともに、従来法では製造困難な小型高品位室内仕掛け花火の可能性を探索する。輸送基準作成のための安全性データを取得する。
- ・反応プロセスの爆発防止技術については、さらに対象ガスを広げるとともに評価の精度の向上を検討する。

【中期計画（参考）】

- ・省資源・ダウンサイズ環境分析システムのための新規な分子認識能を有する機能性材料及びマルチセンサチップを開発し、分析前処理に要する時間と経費を低減するとともに分析感度を5倍以上向上させる。また、実用的な ppt レベルの有害イオンの予備分離・濃縮材料を開発する。

《平成14年度計画》

- ・高感度分析装置に関しては、PCB 処理工程管理へ GC/ICP-MS を応用するため、PCB 各同族体を塩素／炭素比から区別する方法を確立する。有機スズの環境データの収集と解析を行う。
- ・光反応を利用する前処理法に関しては、触媒等を用いてリン・窒素化合物の分解効率を向上させる。
- ・分子認識材料及びマルチセンサに関しては、各種アミロースを用いて、ビスフェノール A に最適な MIP を合成し水晶振動子センサを作成する。ベンゼンの水晶振動子センサでは、酸化剤の影響を調べ、発生するヨウ素を効率よく吸着する検知膜を作成する。また、キレート形成膜や有機色素膜等に基づくイオン選択性薄膜の開発を継続し、有害無機イオン類の目視系簡易計測技術などへ応用する。
- ・マイクロフロー分析システムに関しては、2種類の作成工程を評価・改良する。また、酵素イムノアッセイ系を実現し、アルキルフェノール類の高感度検出へ応用する。また、水中病原菌を迅速に検出するため静電濃縮技術による目的微生物の濃縮法を検討する。
- ・社会問題となっている毒性化学物質を超高感度に測定するための毒物検知チップやプロテインチップを開発する。このため、分子認識能を有する機能性分子の新規合成あるいは生体物質利用技術、基板表面への固定化技術などの基盤技術について検討し、新たなセンシングシステムを設計・製作する。

② 資源循環・廃棄物対策技術（低環境負荷型材料開発を含む）

資源の有効利用と廃棄物の減量化をしつつ資源循環を図る経済社会を実現するため、以下の研究開発を行う。

【中期計画（参考）】

- ・製品から各種構成素材を固体のままの状態 で分離・濃縮できる省エネルギー分離技術に関して、固体粒子の風力選別及び湿式比重選別について限界粒径を

下げる技術を開発する。具体的には、風力選別については現状の限界粒径2~1mm を0.3mm に、湿式比重選別については、50 μ m を10 μ m に下げる。

《平成14年度計画》

- ・風力選別については、カラム型気流選別機における気流の脈動が限界粒径引き下げに及ぼす効果を調査する。湿式分離については、試作したマイクロジグ内の微粒子の挙動を解析し、微小脈動の波形が低比重粒子の沈降遅延を拡大する効果を検証する。また、微小油滴を捕捉する油水分離材を創製し、その効果について検証する。

【中期計画（参考）】

- ・フェノール樹脂、エポキシ樹脂等の熱硬化性樹脂から液体生成物を80%以上かつモノマーを40%以上回収できる液相分解法を開発し、既存のプロセスに対して40%以上の省エネルギーを達成する。

《平成14年度計画》

- ・フェノール樹脂やエポキシ樹脂については既に中間目標となるモノマー収率40%に達している。本年度は、プロセス全体としての省エネ率向上のために、反応条件の穏和化、各溶媒における反応条件の最適化および各種触媒の効果を検討する。さらに、実際の反応系に共存する臭素を除去するため、各種アルカリ金属を共存させた場合の臭素系難燃剤の反応挙動を検討する。

③ オゾン層破壊・地球温暖化対策技術

オゾン層の破壊と地球温暖化を抑制する経済社会を実現するため、以下の研究開発を行う。

【中期計画（参考）】

- ・代替化合物の分子設計とその合成に必要な計算化学的な解析手法ならびにフッ素化学手法を開発する。また、代替化合物の大気寿命予測に基づく長期的環境影響評価法を開発する。

《平成14年度計画》

- ・最重点課題として温暖化影響評価の要素技術である大気中での反応挙動ならびに燃焼性に関する有意なデータの蓄積及び計算機化学を利用した予測手法を開発する。産総研 RIO-DB としてフッ素化合物データベースを公開する。触媒及び担持担体の選択に重点をおいた含フッ素エーテル等の効率的合成法の開発ならびに新規なフッ素化学反応の探索研究を継続する。

【中期計画（参考）】

- ・海洋／大気間の二酸化炭素交換量の観測結果の解析をもとに、太平洋における交換量を評価するとともに、森林吸収量の観測と評価手法の開発に関して、アジアの二酸化炭素吸収量を評価する。また、海洋中に注入された二酸化炭素と海水との相互作用を明らかにするとともに、発生源での二酸化炭素の回収から海洋隔離に至るシステムの評価を行う。

《平成14年度計画》

- ・西部北太平洋亜寒帯域での定点時系列観測データのデータベース化を図るとともに、メタンなど二酸化炭素以外の温暖化物質についての解析を進める。西部北太平洋での10年規模の環境変化を観測するための手法開発に着手する。堆積物中の化学、生物に関するデータの品質管理を引き続き行うとともに、整理がついたものからデータベース化し、試験運用を開始する。
- ・高山、苫小牧での長期観測に基づき、森林によるCO₂吸収強度の季節変動・年々変動の要因解明を行い、そのモデル化を図る。カナダサスカチュワン州で渦相関法に基づくCO₂フラックスの連続観測手法を開発し、中国・シベリア北方林へ適用する。熱帯季節林・多雨林におけるCO₂収支解析を行う。
- ・炭素、酸素の同位体測定をルーチン化し、気象要素の変化と炭素収支の変化の関係について解析する。
- ・地上と衛星での観測を統合化して東アジアの植物の気候変化に対する応答を解明する。
- ・森林生態系におけるフラックス観測のデータベース構築を進め、アジアのAsiaFluxネットワーク、世界のFLUXNET計画の展開に貢献する。
- ・二酸化炭素等地球温暖化物質の発生源・吸収源推定手法の開発：新モデルを用いた研究を進める。二酸化炭素濃度の他に、二酸化炭素同位体、メタン、代替フロンなどへ適用の可能性を探る。
- ・地球化学的手法を用いて西太平洋について、一次生産の変動について解析し、西太平洋中緯度域における環境復元手法の開発を行う。また、エルニーニョ・南方振動に呼応した赤道湧昇域の沈降粒子の組成変動を明らかにする。

【中期計画（参考）】

- ・二酸化炭素の固定化を目的として、可視光応答性光触媒、2段法光触媒水分解プロセス、及び新規の可視光応答性酸化物半導体光触媒を開発する。また、二酸化炭素共存下でのエチルベンゼンの脱水素によるスチレンの製造技術を開発する。

《平成14年度計画》

- ・太陽光触媒による水からの水素の直接製造については、引き続き、新規の可視光応答性半導体光触媒の探索を行うと共に開発した光触媒系の性能向上をねらう。炭酸ガスの光還元固定に関しては、酸化物半導体触媒を用いた色素増感系での検討も開始する。
- ・引き続き、種々の試作触媒の性能、吸着性状などを明らかにし、それらの知見から高性能触媒の開発のための指針を得るとともに、種々の解析手法（FT-IR、UV、XAFS および ESR など）を用いてこれまでに見出した触媒の構造を詳細に分析し、活性発現の機構を明らかにする。また、CO₂が果たす役割を明らかにするため、O₂による酸化脱水素反応に

ついても調査する。

④ 環境負荷評価技術

製品のライフサイクル全体での環境負荷の低減を図る経済社会を実現するためのツールを開発する。

【中期計画（参考）】

- ・国際標準規格準拠型（ISO）-LCAの実施可能な手法としてLCAソフトウェアを開発する。また、日本での実効的環境影響評価手法を開発するとともに、LCAソフトウェアに組み込み、普及を図る。さらに、LCA手法を活用した製品設計のための標準型LCAの開発に関して、環境調和型製品開発（DfE）マニュアルを作成する。

《平成14年度計画》

- ・被害算定型影響評価手法開発に関しては、H13年度に継続して、酸性化、人間毒性、栄養養化などの地域規模の影響に関するダメージ関数を開発するとともに、LCAの影響評価において通常行われる環境カテゴリごとの評価に適用するために、影響カテゴリの設定とその特性化係数の開発を行う。DfEマニュアルの作成に関しては、H13年度に開発したQFDEの手法を、製品設計部門のみならず、購買・生産・販売等の企業の全部署が環境調和型製品開発に係わる手法に拡張する。また、インベントリデータ集の発行等により産業界でのLCA実施を支援するとともに、アジア諸国および欧米諸国との協力を進め、ワークショップの開催等によりその成果の普及に貢献する。さらに、企業の環境調和性の評価手法としての環境効率、および企業の環境活動に資する手法としてライフサイクルコストの具体的な手法を検討する。
- ・中期計画の実施を支え、さらにLCAの普及と実施者を拡大するために、下記の研究を実施する。国レベルでのCO₂排出削減可能性を検討するソフトウェアである、NICE（NIRECO₂Emission）の改良版の開発に関しては、日本エネルギー学会におけるシナリオ検討をインプットしたデモ版を作成する。地域冷暖房検討ソフトウェアの開発に関しては、平成13年度まで作成してきた地域熱環境モデル、地域データベースを統合化して統合プロトタイプソフトウェアの開発を検討する。太陽電池パネルが広範囲に都市部に導入された際のヒートアイランド効果も考慮した二酸化炭素排出量評価をケーススタディーとして取り上げ、統合化を行うことではじめて明らかになる問題について検討を行っていく。エネルギー技術の研究開発や導入普及に関しては、引き続き太陽光発電の研究開発に関する費用効果分析を実施し、投資効率比較のために、燃料電池の研究開発について調査、分析を進める。また、家計部門のエネルギー消費の現状分析を進め、将来の民生用エネルギー需要構造について検討する。

《平成14年度計画》

- ・環境調和型ディーゼルシステム技術研究について、共同研究施設の整備に着手する。
- ⑤ 低環境負荷型化学プロセス技術
環境と調和した化学技術による持続可能な経済社会を実現するため、以下の研究開発を行う。

【中期計画（参考）】

- ・化成品や高分子合成のハロゲンフリー化を目的として、製造過程で塩素、酸塩化物、ホスゲン等のハロゲン化合物を用いない複素環化合物、ポリカーボネート等の合成および固相重合の反応機構を解明する。

《平成14年度計画》

- ・環境調和型のグリーン化学プロセスとして、過酸化水素を用いるアジピン酸合成触媒の効率化、オレフィンオリゴマー化やインダノン・テトラロン合成のための酸触媒の開発、付加反応、酸化反応に対するイオン性流体の適用、効率的な金属抽出剤の開発を行う。また、ハロゲンフリー化のために、複素環を脱離基とする窒素-イオウ結合化合物合成法の開発、ケイ素系やリン系の新規または新機構に基づく難燃剤の合成と評価、ハロゲン系薬剤を用いない光漂白のための薬剤、光源の検討と、脱色過程の解明を行う。
- ・環境調和型重合プロセスに関しては、配位子や助触媒の探索・最適化による触媒の活性向上、効率的脱水法等について検討する。また、ポリウレタンやポリアミノ酸等の合成法についても検討する。

【中期計画（参考）】

- ・二元機能触媒材料としてのメンブレンリアクターの開発を目的として、脱平衡反応を利用する水素製造プロセス、特異場反応を利用する含酸素化合物合成、形状選択反応・分離膜を利用する合成ガス等の製造プロセスを開発する。

《平成14年度計画》

- ・製鉄プロセスにおける熱のカスケード利用による高効率水素製造技術を開発するために、混合導電膜を利用したメタン部分酸化法の基盤技術を確立する。膜触媒用として、活性金属を触媒表面に微粒化し高分散させて活性を向上させるための触媒調製法の検討と担体組成を探索する。さらに触媒の膜反応器への適応性を調べる。
- ・触媒膜反応システムに関しては、Pd 触媒膜による選択酸化反応を他反応系へ応用して行くとともに諸条件の最適化および計算科学的手法による機構解析を行う。また、ゼオライト触媒膜や固定化酵素膜反応器の実証的、理論的研究を行う。
- ・高圧反応技術に関しては、F・T 合成に優れた性能が得られた MPAS 担体について、Al の役割を明らかにするとともに、Al 以外の金属を含有したメソポーラスメタロシリケート (MPMS) を合成し、触

媒性能試験する。両親媒性触媒を用いた有機合成プロセスに関しては、ヒドロホルミル化反応等への適用試験を行う。

- ・メカノケミカル活性化法による軽油中の難脱硫成分の脱硫に関しては、硫化モリブデンをナノサイズに超微粒子化することで更に高活性化を検討するとともに、チオフェン類の吸着構造と活性化因子を計算化学的手法により検討する。

4. エネルギー・資源の安定供給確保

経済性と供給安定性を考慮した環境調和型エネルギー・資源供給構造の構築という社会的要請に対応するため、低廉かつエネルギーセキュリティ、環境に配慮した電力技術、CO₂排出削減と省エネルギー型社会の実現に貢献するための省エネルギー技術、エネルギー安定供給と環境負荷の低減を目指す新エネルギー技術、地下資源の確保等のための資源技術等の研究開発を推進するため、各項目の中期計画に対して、平成14年度は以下の研究開発を行う。

① 電力技術

国際的に遜色のない低廉な電力供給の実現を図りつつ、エネルギーセキュリティ確保及び地球環境問題への対応という社会的要請に応えるため、その一翼を担うべく、革新的電力デバイス、電力ネットワーク、超電導技術による高効率電力輸送技術の基盤技術を開発する。

【中期計画（参考）】

- ・炭化珪素等を使用した革新的電力デバイスによる超低損失電力素子の基盤技術を、素子構造、パッケージデザインの検討を通じて開発する。

《平成14年度計画》

- ・結晶の大口径については、4インチ基板の口径拡大部の品質を向上させる技術を開発する。
- ・高品質単結晶成長については、結晶品質評価、結晶炉内現象解析を駆使することで、マイクロパイプをはじめとする結晶欠陥の発生・伝播機構を明らかにしていく。それにより、結晶品質を維持する単結晶成長技術、および成長結晶品質を向上させる技術を開発し、マイクロパイプフリー実現を目指す。
- ・界面形成技術については、原子状酸素による酸化をオゾン/N_xO_yに紫外光を照射することにより、チャンネル移動度の向上を図る。
- ・高信頼性ゲート酸化膜技術においては TDDB 評価方法を確立して、高信頼性ゲート絶縁膜を開発する。
- ・面方位/低オフ角度については、SiC の大口径 (11-20) 面を用いたチャンネル移動度の向上を基板結晶成長 G との共同で進める。
- ・レーザアニーリングによる低温プロセス技術、プラズマ CVD などの新技術を、MOS デバイス作製技術へ展開する。

- ・高速成長 CVD 技術においては、CVD 気相反応その場観察や CVD シミュレーションを駆使して100 $\mu\text{m/hr}$ の高速成長の達成を目指すと共に、得られたエピ膜の特性を評価する。
 - ・耐放射線性プロセスの観点からは、各種酸化法の評価を通して Si-Si ボンドが生成しない理想的界面形成法を明らかにし、MOS 構造を用いて耐放射線性を評価する。
 - ・立方晶 SiC については、ヘテロおよびホモエピタキシャル成長の併用で厚膜化と結晶改善を図り、ショットキーダイオード等のデバイス特性の向上を図る。
 - ・SiC 基板上成長やアンモニア MBE 法との併用によるウエハー作製とそれらを用いたデバイス構造作製、並びにウエハーの深い準位等の欠陥評価、HFET デバイスの高周波特性評価を行う。また、H13年度に見いだした異元素導入、新型 HFET 構造による特性向上を押し進める。
 - ・立方晶 GaN/AlN/SiC 構造での2DEG 系の特性向上を図って HFET デバイス構造の試作を行い、立方晶結晶による電子デバイスの可能性を追求する。また、薄い AlN 膜の絶縁特性、界面平坦性を高め、トンネルバリアーとしての可能性を調べる。
 - ・SiC デバイスを用いた高密度モジュールの技術課題を明確にする。またモジュール化を前提としたデバイスシミュレーション技術を立ち上げるとともに、デバイス、熱設計、EMI、回路などを統合化できるシミュレーションソフトを調査・選択する。熱測定などの物性計測、必要な材料要素技術について、内外の協力を仰ぐためにスーパーデザイン研究会を組織する。
- 【中期計画（参考）】
- ・スーパーノードネットワークの概念設計について、社会インパクトを明らかにし、設計指針を明確化する。
- 《平成14年度計画》
- ・スーパーノードネットワークの構成要素の仕様、超低損失電力素子の位置付けと課題を明確にする。超低損失電力素子を用いた各種応用について、その構成・仕様と技術課題・適用効果などについて明確化する。
- 【中期計画（参考）】
- ・超電導ケーブル長尺冷却技術の研究を行い、比例縮小冷却モデル試験による長尺冷却技術を確立する。また、限流器用大面積超電導薄膜作製技術の高度化を行う。
- 《平成14年度計画》
- ・実規模の送電ケーブルと同じ、長さ/管径とした長尺冷却モデル（500m）を構築し、その初期冷却特性、定常温度分布、冷却不安定性を明らかにする。
- ・空心交流超電導マグネットを使用した共振切り替え型20A 級限流器回路を試作し、動作特性の把握、基礎設計資料の収集を行う。
 - ・超臨界状態における回転試験を行い、実規模発電機に近い熱伝達特性において、発電機用超電導導体の安定性評価を行う。
 - ・大容量の界磁巻線の安定性試験を行い、大容量に伴う問題点を明らかにする。また、超音波発生と安定性との関連を明らかにする。
 - ・繊維強化型 Nb₃Sn 線材の特性評価を行うと共に、100~300MPa 級の電磁応力に対するマグネット性能評価を行う。
 - ・大面積基板上の YBCO 膜の作製・評価を進め、ミクロ組織と超電導特性の関連を明らかにしながら、特性向上を図る。特に、サファイア基板上のマイクロクラックの発生や、ターゲット-基板間距離やレーザー強度の影響について調べる。
 - ・成膜方法の最適化により、マイクロクラックフリーでかつ双晶界面ができるだけ一方向に揃った YBCO 薄膜を作製し、その輸送特性の測定を行って、双晶界面のピン止め効果について結論を得る。その結果を受け、刃状転位等の他のピン止め中心について調べる。
 - ・第3高調波測定による臨界電流密度測定法において、電流電圧特性（べき乗則の n 値）の測定などの高度化を図る。また、スリットを設けた超電導ストリップへの磁束侵入・排出について、バルクピンが強い実際の Y 系超電導膜などを想定して、臨界状態モデルに基づいて解析を行う。
- ② 省エネルギー技術
- CO₂排出削減と省エネルギー型社会の実現に貢献するために、エネルギー高効率利用技術、動力等への変換合理化利用技術、エネルギー回収・蓄エネルギー技術、省エネルギーネットワーク技術に関する研究開発を実施する。
- 【中期計画（参考）】
- ・ガスタービンに供給可能な灰分200ppm 以下の無灰炭製造技術を開発する。
- 《平成14年度計画》
- ・急速昇温型連続抽出装置を独自に製作し、急速昇温時における抽出率、脱灰率を検討し、昇温速度の影響を明らかにして、ハイパーコール製造プロセスの連続化の可能性を検討する。更に原炭中に含まれる金属の形態分析を行い、脱灰率に及ぼす影響を明らかにするとともに灰分200ppm 以下のハイパーコール中に残存する微量金属との関連を明らかにする。
- 【中期計画（参考）】
- ・作動ガス循環型動力システムにおける燃焼制御技術の開発によって、CO₂回収対応型タービンの熱効率60%以上、水素燃焼ディーゼルエンジンの熱効率

45%以上の達成に貢献する。

《平成14年度計画》

- ・CO₂回収対応型タービン開発に重要な要素技術として、水蒸気雰囲気下に適したバーナの性能試験および半導体レーザーによる濃度計測法の酸素以外の化学種への適用性評価などを行うことにより、開発目標達成に向けて研究を進める。

【中期計画（参考）】

- ・高効率熱電材料を開発するための基盤技術としての量子効果材料やかご型構造材料について構造と物性の研究を行い、作動温度が広く高効率（6%以上）の素子の開発及び関連システムの研究を行う。

《平成14年度計画》

- ・p型材料であるアンチモン化亜鉛材料とn型材料であるかご型構造材料をビスマステルル系材料と組み合わせたセグメント構造素子を作成するために、インサート材の検討を行い、機械的特性、電気的特性に優れたセグメント素子を作成する。また、かご型構造材料（スクッテルダイト系材料）の熱電性能を向上させ、熱伝導率低減機構や基礎物性を解明する。
- ・完成度が高い発電モジュールの出力特性を評価し、モジュール評価方法の標準化を目指す。

【中期計画（参考）】

- ・民生部門の電力負荷平準化を目的として、キャパシタ容量10Wh/L 達成のための炭素電極材料を開発する。

《平成14年度計画》

- ・炭素電極材料の開発に最適な炭素構造を解明するために、カルビン、カーボンエアロジェルを始めとする新規多孔質炭素材料の構造の制御と解析を行い、炭素構造とキャパシタ性能との相関性の解明を進める。また、大容量化のため疑似容量を導入した電気化学キャパシタの開発を行う。

【中期計画（参考）】

- ・次世代高性能二次電池の開発に貢献するため、新規合成プロセスと構造解析に基づき電気化学特性に優れた新規電極材料及び新規電解質を開発する。

《平成14年度計画》

- ・H13年度の研究内容を続行することに加え、H14年度は、特に燃料電池自動車をはじめとするハイブリッド系自動車用リチウム電池実用化をターゲットとして見据えた研究開発を行う。1)新規電池材料として、1-1)鉄系正極材料について、現在検討中の4V系材料と同等以上の容量を持ち、より高電位を示す鉄系材料の構造設計を行う。1-2)電解質について、固体電解質として機械的強度の高い無機及び高分子電解質の設計と合成プロセスの検討を行う。引火性のない非プロトン系電解液の研究開発も合わせて行う。1-3)負極については、高容量型の合金を含む金属系負極の実用化のための研究開発を行う。2)10

倍以上の加速耐用年数試験法の確立を目標に、加速因子として温度や負荷等を検討し、電池及び各電池構成材料の寿命挙動を調べ寿命に与える影響の分析を行う。安全性向上のための課題抽出を行う。

【中期計画（参考）】

- ・自立分散ネットワーク技術の開発を行い、高速制御ソフトウェアと多数モジュール制御技術、分散エネルギーに関する広域情報を組み合わせ全体エネルギーシステムを運用する技術の基礎と評価手法を確立する。

《平成14年度計画》

- ・パワーモジュールを並列動作させる実験を、パワーモジュールのデジタル制御の開発を行う大学と連携をとって進める。自律分散ローカルシステムの制御方法の研究について、システム構成と制御方式の検討を進め、具体的なモデルシステムを想定した動作の解析を可能な段階に達せしむ。また、エネルギー環境分析モデルの研究に関しては、産業連関をベースとするエネルギー・環境分析モデルとデータベースを完成させる。
- ・北海道地区の集合住宅における一年間のエネルギー需要データを計測しモデル化を行う。実測データをもとに寒冷地域用の小型分散システムの機器構成を決定し、システム運用コスト、CO₂排出削減効果を明らかにする。

③ 新エネルギー技術

エネルギー安定供給と環境負荷の低減という社会的要請の同時解決を図るため、化石燃料の環境調和利用を図りつつ、環境負荷を小さくするクリーンエネルギーの基盤技術を開発する。

【中期計画（参考）】

- ・低コスト高性能の太陽電池生産に向けて、高効率積層型薄膜シリコン系太陽電池の製造技術、光閉じ込め型極薄膜結晶シリコン太陽電池技術、CIS系太陽電池の高信頼プロセス技術、超高効率の化合物太陽電池の低コスト製造技術、安価で高性能な色素増感太陽電池技術などを開発する。

《平成14年度計画》

- ・ドープ層の結晶核形成過程の解明に関しては、窓層として用いられるドープ層成長における結晶核形成過程をプロセス診断法を駆使して解明し、極薄膜ドープ層における結晶性向上を図る。
- ・高速製膜アモルファスシリコンの光安定性の向上に関しては、光劣化の原因であるSi-H₂構造を低減する製膜法を開発し、高速製膜時の光安定性を向上させる。太陽電池製造プロセスに適用し、安定化後変換効率の向上を図る。
- ・太陽電池における不純物効果の解明に関しては、微結晶シリコン太陽電池における不純物効果を超高真空下での製膜により解明し、不純物により律速され

ている変換効率向上を図る。

- ・タンデム型太陽電池の要素技術開発に関しては、低温形成光安定化シリコン薄膜形成技術開発およびタンデム型太陽電池形成に関する要素技術開発を行う。
- ・光閉じ込め型セルの試作の成果を踏まえて、高出力電圧の極薄膜結晶シリコン太陽電池の開発を進める。特に、バッファ層の改善によりシリコンの結晶性改善を図ると共に、開発した高反射率基板を用いた各種の接着型の高効率太陽電池の試作を行う。
- ・薄膜材料内および界面の欠陥の評価技術について、新しい欠陥制御手法で作成したシリコン系薄膜に、H13年度開発した過渡電流測定法を適用し、膜形成過程と膜中の欠陥の特性の関係を明らかにする。
- ・薄膜結晶化合物太陽電池について、Si へのヘテロエピ成長に、低温成長前処理法と MEE 成長バッファ層との組み合わせを検討し、界面での相互拡散抑制効果を確認する。これと組み合わせ、薄膜結晶化合物太陽電池の試作を開始し、Si 基板上へのヘテロエピ膜の高品質化を太陽電池特性で評価する。
- ・太陽電池特性を左右する ZnO/CIGS 界面における現象を理解するために、ZnO/CIGS 界面に適した評価技術を開発する。
- ・低抵抗透明導電膜の実現のため、ZnO 透明導電膜成長の低温成長技術を開発する。
- ・変換効率18%以上の CIGS 太陽電池を実現できるプロセスを確立する。
- ・増感色素として引き続き Ru 錯体を中心とする世界最高性能を持つ新規金属錯体の開発をねらう。TiO₂ 等の酸化物半導体光電極材料の検討では電流・電圧低下を抑制する方法について検討する。また、電解質溶液の検討では各種レドックス、溶媒、添加剤等について探索と最適化を検討する。

【中期計画（参考）】

- ・太陽光発電システムの大量導入に向けて、多数の太陽電池パワーモジュールの高機能並列動作技術を開発すると共に、太陽電池モジュールの設計・監視・診断などの総合支援技術、性能・信頼性評価技術、リサイクル技術などを確立する。

《平成14年度計画》

- ・システム設計支援ツールを完成すると共に、アレイ精査装置による日影補正係数推定、簡易モニターシステムプロトタイプ開発、性能診断支援技術の原理実証などを行う。
- ・二重封止型モジュールの多セル化。回収作業自動化による定量的回収率評価を行う。
- ・国際比較 (WPVS) による評価精度確認すると共に、多接合を含む各種太陽電池評価の最適光源・手法を検討する。
- ・複合加速劣化試験装置開発し、試験を開始する。

【中期計画（参考）】

- ・次世代型燃料電池の開発に貢献するため、燃料の多様化技術、起動停止特性の改善技術などを開発し適用用途の拡大を図るとともに、新規電解質及び新規電極触媒技術を開発する。

《平成14年度計画》

- ・高い耐 CO 特性を有する電極触媒の開発を目指し、Pt/金属酸化物系触媒を中心に、新規な触媒系の探索を継続して行う。また、PEFC に最適な電極構造設計に関する基礎的研究を行う。
- ・DMFC についても、新しい電極触媒系のスクリーニングを行うとともに、メタノール透過抑制等の観点からも膜-電極接合体構造の最適化について研究を併せて行う。
- ・URFC については、種々の Pt-Ir 系電極の酸素還元・発生の可逆性に関する基礎的な検討と高活性化の研究を行う。また、電極の面積化に必要な作製技術の基礎検討を行う。
- ・固体酸化物形燃料電池について、種々の炭化水素系燃料の直接導入による小型・高効率化の実現にむけ、金属材料の水蒸気酸化・浸炭現象の解明、炭素析出による燃料極劣化機構の解明および他の材料特性評価などを行う。トレーサー希釈法等を用いた流量・組成の高精度分析システムの開発、単セル・スタック発電性能評価システムの試作、軽量小型・低温作動セルのセル接続手法の検討を行う。小型 SOFC システムの最適化に必要な周辺機器も含めた要求仕様を調査・検討する。規格標準化研究では、流量標準研究用のシステムの製作と不確かさの要因を解析し、システム効率については決定因子の検討・課題抽出を行う。

【中期計画（参考）】

- ・変動風荷重に対して風力タービンの出力変動50%低減低減を実現する技術を開発する。

《平成14年度計画》

- ・WINDMEL 風車の強風山岳性風況下で運転試験を継続し、強風・突風・乱流に対する運転・出力特性を計測する。特に、出力変動特性を多様な風・負荷特性下で試験を行い、目標値50%低減が達成される条件を調査する。その結果から山岳風車の設計指針を策定し、また国際標準の技術資料、国際風特性データベース提供なども推進する。

【中期計画（参考）】

- ・化石資源・廃棄物等から水素濃度80%以上の高純度水素を二酸化炭素濃度1%以下で製造するための基盤技術を開発する。

《平成14年度計画》

- ・乾式供給条件で使用されるペレットや粉末石炭からの水素・タール生成速度を急速昇温型反応装置を使って検討する。同時に、炭酸化、脱炭酸化反応を繰

り返し、二酸化炭素吸収剤の構造変化と吸収特性の関係、寿命などを検討する。

【中期計画（参考）】

- ・樹木系バイオマスをガス化率90%以上でガス化する技術を開発する。

《平成14年度計画》

- ・引き続き固定床ガス化装置で各種バイオマス構成成分のガス化を試み、後段の間接液化に適した組成 ($H_2/CO=2\sim 1$) のガス製造のための検討を行う。小型噴流床型のガス化装置を試作し、数種のバイオマスサンプルのガス化を行う。

【中期計画（参考）】

- ・酸化物を中心とした微粉末半導体光触媒を用いた太陽光による効率的な水の直接分解プロセスを開発するための基盤技術を開発する。

《平成14年度計画》

- ・太陽光触媒による水からの水素の直接製造については、引き続き、新規の可視光応答性半導体光触媒の探索を行うと共に開発した光触媒系の性能向上をねらう。

【中期計画（参考）】

- ・水と炭酸ガスと太陽光から高効率で高エネルギー化合物を製造する人工光合成プロセスの確立のための基盤技術を開発する。

《平成14年度計画》

- ・引き続き錯体触媒反応を試みると共に、酸化物半導体触媒を用いた色素増感系での検討も開始する。

【中期計画（参考）】

- ・将来のエネルギー供給の基幹部分を担う原子力について、より安全で環境負荷の小さい核融合方式に関する基盤技術の研究開発を行う。

《平成14年度計画》

- ・逆磁場ピンチ方式について、中性粒子パワービームのプラズマ装置への設置及びビーム予備実験を実施すると共に、閉じ込め特性の向上・高度化のために種々の手法を試みる。慣性閉じ込め方式について、更に高い集光強度を得るためレーザーパルス幅の一層の短縮を図ると共に、原型増幅器の繰り返し頻度上昇と高耐力化のための技術開発を行う。

④ 資源技術

地下資源の探査手法、資源量の評価手法、資源開発・利用に伴う安全技術、環境保全技術に関する研究開発を行うとともに、アジアを中心に資源開発研究協力を実施する。

【中期計画（参考）】

- ・ヒストリーマッチングに地球物理学的なモニタリング手法を適用した地熱貯留層評価管理技術の開発を行う。

《平成14年度計画》

- ・貯留層変動の把握・予測技術のシステム統合化に着

手する。奥会津、大霧などの地域にて、生産一時停止等の機会を捉えて重力・SP・比抵抗・微小地震等のモニタリングシステムを適用し、デベロッパ・電力会社との共同によりヒストリーマッチングを行い、統合システムの問題点・改良点を抽出する。また、新たに AMT 法探査機器を導入し、統合システムへの組み込みを図る。各種ソフトウェアについては、これまでの室内実験、野外補足調査の結果に基づいて改良を行うとともに断裂型貯留層を対象に機能拡張を行う。周辺探査技術としては、高感度傾斜計と圧力干渉試験とのジョイント観測、坑内地震計利用アレイ観測、散乱重合法等の FS 調査を行う。

【中期計画（参考）】

- ・石炭起源天然ガス資源、ガスハイドレート、潜頭性大規模熱水性鉱床等に関して、鉱床の成因・形成機構を解明、資源ポテンシャルの評価技術の開発を行う。

《平成14年度計画》

- ・ガスハイドレート資源評価技術の開発のため、南海トラフ等の既存地質データの再評価と地質調査を行い、ガスハイドレートの空間分布把握に必要な基礎資料を収集する。
- ・炭原型水溶性天然ガス鉱床の調査と試・資料の収集、海底堆積物中のメタン生成・消費関連分子指標の測定、炭化水素混合ガス等のハイドレート生成条件の実験的・理論的評価を進め、ハイドレート鉱床の成因に関する地化学的検討を行う。
- ・島弧の含油ガス堆積盆の構造・貯留岩・根源岩の特性及びその形成機構、及び堆積盆の地史、テクトニクスの検討を行い、天然ガス鉱床賦存に関する地質学的特性を抽出する。また、水溶性天然ガス等のガス成分や付随水の化学・同位体組成を測定し、メタンの起源や鉱床成因及び環境保全に関する地質・地化学的検討を行う。
- ・石炭起源天然ガスの資源ポテンシャル評価法の開発を目的として、三陸沖周辺や北海道等の野外地質調査と既存地質データの再評価を行い、石炭形成環境の空間的分布把握、及び、堆積盆の地史、テクトニクス、鉱床の成因・形成機構の解明に必要な基礎資料を得る。また、石炭や三陸沖コア試料の分析により、石炭のガス生成能力に関係する分子指標の抽出を試みる。
- ・メタンハイドレート堆積層の態様に係わる構造、分解熱、機械的特性等を解析する。また、メタンハイドレート堆積層の分解挙動について、分解過程の可視化技術の開発、分解速度の解析等を行う。
- ・北海道南部無意根一豊羽熱水系において、地球物理

学的手法・地球化学的手法で、鉱化流体の移動経路、天水との混合帯を描き出し、鉱床モデルをリバイズする。

- ・国内・極東ロシア・モロッコ・中米などの酸性貫入岩に伴う金・銅・鉛・亜鉛・錫・モリブデンなどの鉱床を比較し、各地における有効な探査指針を整理する。特に斑岩銅鉱床について、重点的に検討を進める。
- ・タルクやパイロフィライトの鉱床の成因的分類方を提案し、各タイプごとに探査法・評価法・自然への負荷の少ない採掘法を検討する。

【中期計画（参考）】

- ・資源の開発・利用及び放射性廃棄物等の地層処分を安全かつ低環境負荷で実施するための地下計測・監視技術確立のために、長期地下モニタリング技術の開発を行う。また、リスクアセスメントの高度化等による安全管理手法の開発、安全基準、検定、爆薬及び液化石油ガスの安全利用等に係る基準の策定に関する研究を実施する。

《平成14年度計画》

- ・散乱重合法について、並列計算機のハードウェア機構を考慮した高速化アルゴリズムを開発し、海上3次元探査データに適用する。地震波全波形トモグラフィ解析について、測定データから震源波形を推定するインバージョン手法を組み入れる。ランダム不均質構造に対し、散乱波を含むデータに時系列解析アルゴリズムを適用して反射波を抽出する手法を開発する。岩石異方性による多様な S 波速度分離現象を解明する。
- ・2.5次元人工信号源電磁法データ解析手法を電磁トモグラフィデータが扱えるよう改良し、金属鉱床探査データに適用する。MT 法3次元有限要素法アルゴリズムに改良を加え、地形および人工信号源を組み込めるようにする。差分法による MT 法3次元逆解析手法の大規模データへの適用を行う。
- ・シンクロトロン X 線 CT 画像データを解析し、空隙率等について NMR データ等と比較する。NMR 検層による坑井内亀裂検出のための予備実験を行う。粘土中の物質拡散データを取りまとめ、拡散メカニズムを考察する。NMR 物探装置による地質試料の空隙率の定量実験を開始する。
- ・蓮沼海岸ほかで地下水観測を継続するとともに、堆積岩・花崗岩試料を用いて地下水センサーの実験と改良を行う。本センサーは光音響分光法を用いた新しい手法であり、センサーのキャリブレーションならびに関連する地層間隙水の水質・同位体分析を行うこととする。
- ・地下深部の初期応力状態を明らかにするため、坑井を深度700m まで増掘し、その間の岩盤調査と応力測定を行う。

- ・高温下及び封圧下での堆積岩の長期クリープ試験を継続・実施し、長期変形挙動解析に資する基礎データを蓄積する。
- ・ボーリング掘削時の掘削音計測を実施し、掘削音の反射波解析と現位置の亀裂の比較検討を実施し解析法の改良を進める。
- ・コアによる3次元地下応力測定の実験を継続して試験マニュアル作成の基礎データとするとともに、岩石コアの封圧下でのひずみ挙動について検討する。
- ・光ファイバーを用いた熱物性量センサー及びキャパシタンス電極を用いた比抵抗測定装置のプロトタイプを製作し、その特性を把握する。
- ・海外の鉱山における鉱山用保安機器とそのマネジメントによるリスク低減効果を半定量的に算定する。

【中期計画（参考）】

- ・インドネシアでの地熱資源調査とベトナムでの鉱物資源探査・評価についての資源開発研究協力を行う。《平成14年度計画》
- ・ベトナム北部の金属・非金属鉱床およびそれらを胚胎する地質条件について情報収集に向けて準備を行う。

(2) 革新的・基盤的技術の涵養

1. 分野横断・革新的技術

福祉高齢化社会においても安全・安心な生活、高度情報化社会および環境と調和した社会システムの実現のためのフロンティア技術の開拓を目指し、新現象の解明、革新的物質・デバイスの創製のために、ナノバイオテクノロジー、ナノデバイス、ナノ材料など、各分野の研究開発の推進の基盤となる、分野融合的ナノテク総合センター（仮称）を軸とした分野横断的なナノテクノロジー技術及び多分野にまたがる共通基盤技術である光技術、計算科学、人間のモデル化技術、計測分析技術に関して、先導的、先進的に研究開発を進めるため、各項目の中期計画に対し、平成14年度は以下の研究開発を行う。

① ナノテクノロジー

ナノメートルにおける物質の制御による有用な材料、デバイス、システムの創製技術とともに、材料・機器のマクロ性能の飛躍的向上をはかる技術を開発する。

【中期計画（参考）】

- ・量子構造における新規物理現象の探索・解析を行い、単一電子検出デバイス、スピンドバイス、超伝導デバイス等へ応用するための要素技術を開発する。《平成14年度計画》
- ・複合化による超分子機能の誘導においては、引き続き分子複合化による超分子機能発現の探索を行う。また13年度にその有効性が確認された系について、機能の高度化ならびに新機能の誘導を行うため、構

造の拡張を図る。また、集合系による超分子機能の誘導においては、オリゴマー領域の部分骨格によるキャビティ形成能の予備的評価を行うとともに、集合による副次的効果が確認された系について特性に対する構造因子を明らかにする。

- 共鳴多光子イオン化法、レーザー誘起蛍光法、ゼロ運動エネルギー光電子分光法などの分光的手法を用いて、高感度、高分解能で金属原子を含むクラスターを測定し、それらの振電構造や幾何構造を明らかにするとともに、反応性との関連を解明する。また、ガス中蒸発法により生成し、高温ヘリウムガス（気相）中で熱処理を行った3~20nmの金ナノ粒子を高分解能電子顕微鏡による構造観察を行う。加えて、正二十面体構造などクラスター特有の最安定構造を持つものを合成し、クラスター同士が融着しないように表面を安定化させ、配列化を目指す。
- 高感度、高分解能な実験手法を用いて、金属原子を主成分とした多成分クラスター・ナノ粒子の構造、クラスター・ナノ粒子の反応と成長過程、クラスター・ナノ粒子の安定化と配列の研究を行い、ナノ構造材料の構造ブロックになり得る新規なクラスター・ナノ粒子の創成を目指す。
- 有機分子のナノ構造におけるキャリア、スピン、励起子などのかかわる新機能を理論的な解明を目指して、共役ポリマーにおいてポーラロンペア状態がより一般の系でも成立する概念であるかどうかを究明し、実験事実との比較を行う。また、磁性ユニットをもつ共役分子系のモデル化を行い、ドープ状態、励起状態での磁気的機能を計算物理的手法により研究し、複数のスピン整列メカニズムがある場合にその協調と競合の過程を検討する。加えて、さまざまなナノ構造モデルにおける光誘起相転移の条件探索を行い、スピンモデルのモンテカルロシミュレーションと二重井戸ポテンシャルを用いた分子動力学シミュレーションを併用し、熱誘起相転移と光誘起相転移の違いを明らかにする。また、ナノ構造化による相転移の加速に関して、超格子系のほかにランダム系の構造についてシミュレーションを行い、構造ユニット間の相互作用の種類に対する依存性について明らかにする。
- 新スピン機能素子の研究に関しては、超 Gbit 級不揮発性磁気メモリ（MRAM）用強磁性トンネル接合の高品質化によりそのスピン依存電子干渉効果を調べるとともに、Cr 系磁性半導体物質群における強磁性の発現機構の解明、ならびにスピン機能半導体磁気光学導波路における非相反効果の実証を行う。
- 酸化物の多様な電気伝導機構の解明と応用に関する研究に関しては、Ru 酸化物の強磁性転移付近の新量子現象の探索および高温超伝導体のメカニズムの解明を進めるとともに、Cu-1234類縁多層系、Tl

（Cu）系、NdCe 系などの高温超伝導体の高品質試料の作製を行い、その物性とデバイス応用可能性を調べる。また超伝導薄膜表面の電子状態の解明と制御性の改善により、FET 構造ベースの新超伝導素子の可能性を探る。さらに、Mo 酸化物材料の LSI 用ゲート絶縁膜材料としての特性を明らかにするとともに、透明酸化半導体薄膜のシースルーエレクトロニクス材料としての可能性を明らかにする。

- 量子機能素子の研究に関しては、強磁性体を用いた単一電子トランジスタ構造を作製しそのスピン依存伝導特性を調べるとともに、THz 発振素子用の超伝導体/絶縁体超格子を複数含む薄膜チップを作製する。
- 半導体アプリケーションチップ実用化技術開発（MRAM）について、共同研究施設の整備に着手する。

【中期計画（参考）】

- 単一分子の導電特性、力学特性等の物性を計測するために、多針の多機能走査トンネル顕微鏡を開発する。さらに、生体分子間の相互作用が計測可能なプローブの開発のための要素技術を確立する。

《平成14年度計画》

- 糖鎖機能を応用することによる DDS ナノ材料の高機能化技術の開発を目指して、分子認識制御型 DDS ナノ粒子の一連の複合糖質・リボソーム複合体を合成し、その糖鎖構造とレクチン（糖鎖認識蛋白質）による分子認識機能並びに生体内動態との関連性について解明する。
- 3量体以外にも、2~5量体のチオフェンオリゴマー誘導体を合成し、その温度相転移挙動を明らかにする。また、結晶構造解析とあわせて、凝縮系での分子の配列状態について検討を行う。
- 自発分極や強誘電性のスイッチング現象などで注目されているバナナ型液晶の相挙動の圧力依存性を高圧 DTA、高圧広角 X 線回折により明らかにする。また、光学的に等方の Cubic 相をとる ANBC-16 の同族体である、アルキル鎖長の違う ANBC-17、ANBC-20、ANBC-22 について圧力下の相挙動を高圧 DTA により系統的に測定、解析を行う。
- 集合化による誘導効果として固相反応性や強発光性を確認したパラ置換ジフェニルヘキサトリエンなどのパイ共役系分子について、分子単独と集合系の構造-機能の対応を検討し、集合構造に起因する効果を明らかにする。さらに剛直な部分構造を有するパイ共役系オリゴマーを合成し、キャビティ形成能などの分子特性の予備評価を行うとともに、構造に起因する機能を明らかにする。

【中期計画（参考）】

- 走査トンネル顕微鏡等の高度化により、次世代半導体における10nm オーダーの形態観察、局所元素分

析および作製プロセス評価のための in-situ 機能解析技術を開発する。

《平成14年度計画》

- ・より小型で伝送距離の長い (>10ミクロン) 光導波路を実現するために、数値計算を利用して材料と構造の最適設計を行うとともに、金属材料・加工法の精度を高めて高性能な導波路を作製する。計測には時間分解の手法を取り入れて、導波路の伝搬遅延特性などの基本的特性の評価を進める。
- ・水面展開膜、LB 膜中での光反応、J 会合体形成について種々の分子を用いて検討する。相分離構造を利用したナノ構造形成手法を検討する。LB 膜表面の凹凸と自由エネルギーの相関に関して、詳細な検討を行う。界面を利用したナノ構造形成、制御を試みる。有機自己組織化膜における分子の秩序性および構造があたえる物性への影響を明らかにする。分子内に芳香環を有する一連の分子、および重カルコゲンを有する分子を合成し、その分子の金基板上での配列および電気的物性について研究を進める。
- ・デュアルプローブ SNOM で現状で撮像される画像のノイズの原因であるプローブの相対位置の極僅かな変化によるノイズを押さえるとともに、二本の探針と試料の三者の相互作用により生じる信号等の解釈を進めてデュアルプローブ SNOM の有効な利用法を確立を図る。
- ・アバランシェブレークダウンが出現するための構造条件を定量的に明らかにすることにより、ナノファブリケーション技術によって磁気抵抗スイッチ効果の素過程を定量的に評価することを行う。
- ・カーボンナノチューブ先端の化学修飾により機能性プローブチップを開発し、生体分子試料などの特定、また分子内の特定部位の検出を試みる。また、機能性プローブチップにより基板の表面状態をナノ領域で制御し、この表面状態を利用して制御された化学反応系を開発する。

【中期計画（参考）】

- ・極限機能分子としてのカーボンナノチューブを応用するための要素技術（大量生産、高分解能、高再現性、長寿命化等）を開発する。

《平成14年度計画》

- ・超高真空・極低温 STM 装置を導入し、CNT の STM によるマニピュレーション技術を高めるとともに、1ナノチューブの電気伝導特性を計測することで、半導体特性と構造との関連を明らかにする。金属ダイカルコゲナイド系 (MoS₂など) ナノチューブの STM による研究に着手する。また、ナノチューブ1本の光電流応答の分光特性、電流-電圧特性を調べ、光・電子機能応用への可能性を探索する。
- ・金属錯体を用いた磁性伝導体の構築を目指して配位子側に有機ラジカルを組み込んだ分子磁性伝導体の

開発を行う。また、単一成分金属錯体からなる金属結晶の合成を行い、金属錯体の電子状態を詳しく観察する。

- ・SWNT のナノレベルでの光伝導・電気特性を解明し、更に機能応用への展開を図るために、電子ビーム lithography 技術を用いて、100nm 程度のギャップ幅を持つ電極系を作製し、SWNT のナノレベルでの光電特性の評価を行う。
- ・カーボンナノチューブ集合体の構造制御と機能探索を目的として、LB 膜作製条件を最適化することにより、薄膜中におけるチューブの配向制御技術を確立する。また、可溶性 SWCNT の精製手法を更に高度化し、光・電子物性や機能の評価に耐え得るような純度を実現する。
- ・単一 CNT の先端を化学修飾し、自己形成的に金属との結合を形成させ、その評価を行うとともに、世界でまだ開発されていない分子分解能を有する化学結合カミソリ顕微鏡の可能性を明らかにする。加えて、CNT のカイラリティー制御の可能性についても検討する。
- ・カーボンナノチューブを用いた革新的電子素子技術の開発を目指して、13年度に世界に先駆けて確立した MWCNT 探針技術をさらに進め、TEM 中で先端を鉛筆型に先鋭化し、その効果を、AFM 測定を通して確認する。また、CNT エレクトロニクス用の基盤を確立するため、強磁場・超低温・超高真空 STM を用いて、清浄な CNT の電子伝導（特に、世界的に議論されている量子伝導）、金属との界面接合（世界的に未解決）を評価する。加えて、金属触媒をパターンニングし、任意の場所に任意の方向に CNT を成長する技術を開発し、これを用いてナノ構造の電子デバイスを作製する。
- ・CO₂レーザー蒸着法によるカーボンナノホーンの合成を行う。合成条件とカーボンナノホーンの微細構造、収率の関連を調べ大量合成技術を確立する。
- ・高分解能観察装置に電子線エネルギー分析装置を取り付けて、元素分析を行う。ナノスペース炭素材料を対象にサブナノメートル元素分析を実現する。
- ・逆ミセル法を用いた二元系金属超微粒子触媒の、量産プロセス（気相流動法）での、量産性を確認する。
- ・リソグラフィ法を利用したナノチューブ成長触媒のパターンニング技術を確立する。さらに、基板上でナノチューブのネットワークを作製する方法の開発も行う。
- ・ナノチューブの化学修飾の成果は、H14年度開始のナノカーボンプロジェクトへ引継ぎ、新規物性を明らかにする。
- ・磁場中合成した生成物の磁場効果を系統的に検討するとともに、磁場効果を考慮した CVD 炉中での物質輸送等のシミュレーション技術を開発する。

【中期計画（参考）】

- 自己集積性分子の高効率精密合成により、10-100nmの有機ナノチューブ、ナノワイヤー等の材料創製を行うとともに、構造制御および任意の固体表面に固定化する技術を開発することで、機能集積素子の実現に資する。

《平成14年度計画》

- カルダノールグリコシド系脂質においては、混合物を精密分離し、トリエン、ジエン、モノエン、飽和系の4種の成分を任意に混合し、目的に見合う形態を得るためのコンビナトリアルセルフアセンブリ技術と種々の独創的ナノチューブ創製を目指す。特に、不飽和結合が脂質ナノチューブの形態制御（ねじれ状、コイル状、チューブ状など）およびサイズ次元制御（内径、外径、長さ、膜厚など）に及ぼす構造因子を明らかにする。さらに、脂質ナノチューブのマニピュレーション技術や基板上への任意固定・配列化を実現する。
- 固定化用ロタキサンの合成、超構造体形成能を持つ複核金属錯体、シグナル増幅型超分子（ dendリマー等）の分子材料設計・合成を行い、ナノスケールセンシング技術開発、情報変換用単分子機能材料開発のために、SAM等による固定化技術、機能・構造の観察技術、物性評価技術等の確立を目指す。

【中期計画（参考）】

- ナノ機能構造体の生産性及び制御性に優れた加工法及びそれを実現する加工装置技術の基盤技術を開発する。

《平成14年度計画》

- ナノ加工を実現する上で必須な高コヒーレンス固体半導体レーザーの実現のための要素技術である、レーザー内の温度分布を一様にする高熱流束除熱技術について、ペルチェ効果を利用する方法と流動性固体結晶であるクラスレートを活用する方法の、2つの新規に考案した方法に関して、実現可能性を実証する実験を行う。また超解像技術を用いた長焦点深度・微小集光径ビームを実験的に検証し、加えて加工現象の材料特性およびビーム特性への依存の検討、簡単な系における加工検証を行う。

② 光技術

【中期計画（参考）】

- 次世代光情報通信における高精度な光計測、光の発生・制御のため、光機能材料、超高速動作光制御デバイス、高精度光計測・制御技術、量子暗号通信等を開発し、超高速・超高密度情報通信の実現に貢献する。

《平成14年度計画》

- 繰り返し80GHz程度の光時分割多重パルスに対するタイミング揺らぎ評価技術を開発する。量子鍵暗号分配装置の特性を改善し、伝送距離を50kmに拡張する。

張する。波長1550nm帯における相関光子対高効率発生技術を開発する。光パケットの経路情報をポリウムホログラムに角度多重して書き込み、波長1550nmの光で読み出す技術を開発する。

- 量子細線トランジスタの高周波量子ナノデバイスへの応用を目指し、超高速動作の必要条件を明らかにする。1.5 μm 帯3次元フォトニック結晶導波路の作製とフォトニック結晶キャビティを用いた高速・高効率光-光デバイスの設計を行う。長波長帯の光-電子-光変調素子の開発の為に、高周波伝送線路の試作と、光変調器の設計を行い、1.5 μm 光導電スイッチで変調に必要な電圧（4V）を達成する。光-光変調素子の高効率・低消費電力動作の為に量子ナノ構造の開発に着手すると共に、量子ナノ構造を用いた素子を使った光-光制御の基礎実験を行う。
- 光通信波長帯近傍においてサブバンド間遷移吸収が可能な新構造素子の開発、誘電体微小球共鳴モードへの光導入・取り出し効率の実験的・理論的検討を行う。超高速光デバイス評価技術として、ファイバー干渉計を利用した反射型近接場顕微鏡の試作、10GHz動作を目指した光パラメトリック発振器の開発を行う。サブバンド間遷移レーザーの活性層として、非対称結合量子井戸構造を分子線エピタキシー法で作製する。また光励起によるサブバンド間発光およびレーザー発振につながる誘導放出過程発現の可能性の検証を行う。

- 顕微磁気 PL（フォトルミネッセンス）による低次元エキシトンの評価、量子細線 FET における磁気抵抗測定による散乱要因の特定、量子細線中のエキシトンポラリトン分散効果の測定、量子細線中のエキシトンの緩和時間計測を進める。

【中期計画（参考）】

- 光情報通信・情報処理等に必要化合物半導体、酸化物半導体等の高品質薄膜結晶成長、界面制御、微細構造形成技術による高性能光デバイス実現のための要素技術を確立する。

《平成14年度計画》

- 電流注入によって室温（300K）で発光する ZnO 系 LED を開発する。MgZnO/ZnO 量子井戸構造を作製し、72meV（LO フォノンエネルギー）を越える結合エネルギーを持つ励起子を形成し、発光効率の向上を図る。ZnO の p 型化を目指して各種アクセプタ型不純物の活性化技術を開発する。ZnO 透明導電膜の低温（150 $^{\circ}\text{C}$ ）成長技術を開発する。

【中期計画（参考）】

- 光通信における高性能光集積回路の開発を目指し、ファイバーや導波路用のガラス系材料開発とデバイス化技術開発を行う。

《平成14年度計画》

- アドドロップ機能などを有する光導波路、1.0%以

上の屈折率変化を $100\mu\text{m}$ 以下の領域に誘起できるガラス材料、ハロゲン化物配位 Cu イオンを高濃度で分散させた発光ガラス、波長 550nm 以下での発光効率が3%以上の超微粒子分散ガラスを開発する。

【中期計画（参考）】

- 超高速大容量光情報をリアルタイムで処理するため、有機・高分子系材料による高輝度発光素子、フレキシブルな光導波路、ペーパーライクカラー記録表示等の開発を行う。またナノ構造を制御した光デバイスや高密度光メモリーを実現するために必要な、近接場計測・制御技術の開発を行う。

《平成14年度計画》

- 有機半導体デバイスを構成する各層の材料種、材料品質、層間接界面の制御等により、印刷技術に対応した電界効果トランジスタ（FET）の作製を行い、漏れ電流をサブ nA 台以下に低減させる技術を開発する。
- 新規偏光制御としてのラセン構造を有する分子量制御された材料の合成、2次非線形光学結晶を用いた発光点操作の検討、磁気光学効果の大きな錯体薄膜並びに微結晶の評価を行い、光スイッチデバイスやフォトリフラクティブデバイスの試作・動作確認を行う。
- 応答速度がナノ秒を切る分子 p-n 接合を印刷技術で試作する。電流注入発光トランジスタを目指し、電子および正孔の制御を試みる。光集積回路用光遅延素子を目指し、分子集合体の集団励起を活用できる光波閉じこめ構造の探索を行う。
- 200°C 以下の低温で作製可能な有機無機複合薄膜作製・超平坦化薄膜の作製・素子製造プロセスなどの技術開発を行う。 50nm 以下の分解能を有する近接場光学・力検出 NMR を含めた新しい評価法開発を行う。常温域近辺での赤外域精密分光放射測定法、及び簡易測定方法の理論的・実験的検討を行う。
- プラズモン光素子デバイスに関しては、原理検証的な基礎実験段階から、実用化のための技術検討に移行し技術の見極めと、小型分子センサーのプロトタイプを試作する。
- 材料化技術として、高分子分散法や基板にマイクロパターンによるセルを形成する方法を企業との共同研究で検討する。光モード記録のメカニズムの解明に関しては、添加剤含有物の X 線回折による構造解析、光反応初期過程での液晶らせん軸の傾きの測定を行う。反射波長を制御する添加剤として、相溶性の向上のためコレステリル基を持つ光応答性高分子や、電場応答性添加剤の開発を行う。
- 光並列情報処理システムで、ジアリールエテン系フォトクロミック分子を用いて薄膜デバイスを試作し、高コントラスト、10秒以下の書き込み時間シナプス数5000個以上の光コンピューティングを達成する。

また、基本的なアルゴリズムなどを検討する。光誘起表面レリーフ形成現象（PSR）については物質移動の駆動力発生の素過程を解析する。

- 光応答性高分子では、最適なフィルムの形態を研究し、光濡れ性変化の繰り返し特性向上を図る。重合性有機ゲルでは、新たな誘導体の合成、ゲル形成条件、ゲルの構造解析方法を検討。分子のキラリティーを情報要素と考え、それを光や熱の刺激により分子から分子へ転写、増殖、保存する化合物を設計、合成する。

【中期計画（参考）】

- 省エネルギー・省環境負荷を実現するために、自然光等を有効利用して光る表示素子や三次元表示が可能な書き換え可能なホログラムの開発を行う。

《平成14年度計画》

- 省エネ電界発光（EL）素子の RGB 三原色発光において千倍の輝度を達成することを中心として、有機分子線蒸着法、摩擦転写法等の分子配向および界面構造の制御技術を用い、有機半導体の積層構造の最適化によりマイクロ秒オーダーの高速光応答、二色比で10倍以上の偏光に対応した高性能発光・光電変換素子の研究開発を行う。
- 光誘起表面周期構造（PSR）を用い近接場光を利用したナノメーターオーダーの画像形成と、その光回折ホログラムやレンズアレイなどの光学部品書き込み応用を行い、書き換え可能ホログラム材料の高度化を行い、光スイッチデバイスやフォトリフラクティブデバイスの試作・動作確認を行う。

【中期計画（参考）】

- 光を利用した新材料創出、環境調和型プロセスのための技術として（1）光合成における電子移動の理論的研究、（2）色素・半導体表面等における超高速電子移動反応の素過程の解明、（3）光エネルギー変換技術の設計指針の確立、（4）レーザー等による量子反応制御実現のための要素技術の確立、（5）高密度パルス光によるレーザー精密プロセスによる高機能材料の作成、レーザー応用表面改質技術、薄膜、微粒子作成技術、極低温場レーザー反応による新規活性化化学種クラスター等の構造特異化合物の作成技術を開発する。

《平成14年度計画》

- 量子反応制御手法の探索を進める。新しい手法として、超高速レーザーを用いた位相制御手法の探索を開始する。また、量子干渉（1光子・3光子）の実験を紫外域に拡大する。赤外前期解離については、反応レーザーの波長域を拡大し、分解反応の反応分岐比の向上を図る。反応制御に関する理論の構築を進める。
- 高性能色素増感太陽電池開発の基盤研究として半導体に吸着した色素分子からの電子注入、再結合を詳

しく調べるため、装置をさらに改良する。これらの過程のメカニズムを明らかにし、電荷分離の全体的な効率とどのように関わっているかを解明する。また光合成中心で重要なポルフィリン二量体の役割を明らかにするため、モデルシステムを設計、合成し、その特性を調べる。

- 色素増感太陽電池における、再結合反応を遅くする方法を探索する。また、再結合反応の理論を精密化し、定常および過渡電流の測定結果と比較し検討する。ドーブされた高分子中における電荷移動については、分子内振動を考慮したマーカス式を用いて理論を改良する。
- 増感色素として引き続き Ru 錯体を中心とする世界最高性能を持つ新規金属錯体の開発をねらう。TiO₂等の酸化物半導体光電極材料の検討では電流・電圧の低下を抑制する方法について検討する。また、電解質溶液の検討では各種レドックス、溶媒、添加剤等について探索と最適化を検討する。
- 太陽光触媒による水からの水素の直接製造については、引き続き、新規の可視光応答性半導体光触媒の探索を行うと共に開発した光触媒系の性能向上をねらう。炭酸ガスの光還元固定に関しては、酸化物半導体触媒を用いた色素増感系での検討も開始する。
- 反応活性種の生成手法と新規活性種の捕捉技術の基盤が確立されたので、対象物質を窒化炭素に焦点を絞り、新物質・新材料創製への展開を推進する。また、世界で初めて成功した窒素原子ビーム生成手法を材料の窒素化表面改質へと展開させる。さらに、化合物半導体のレーザーアブレーション法を用いて超微粒子作製と高機能性材料の創製を目指す。
- LIVWE 法での石英ガラスの微細加工として、平成13年度設置したレーザー精密微細加工システムを使用し光学素子作製を行う。さらに、透明材料の紫外・真空紫外レーザー照射効果と微細加工を検討する。また、フッ素樹脂などの高分子材料の表面改質技術の産業での実用化を図る。

【中期計画（参考）】

- 次世代光情報通信技術や高精度計測技術の基盤的研究整備のため、フェムト秒、アト秒レーザーパルス等の可視から近赤外域での発生制御、圧縮、増幅技術や極端紫外コヒーレント光の高効率発生技術の開発を行う。

《平成14年度計画》

- 受動的タイミング同期による異種2波長のタイミング同期レーザーを開発し、CEP 検出等の技術を利用して、3fs 級の相互タイミング合わせの実現を目指す。短パルス化については、7フェムト秒光パルスの発生と圧縮技術の開発を行う。また、波長200nm以下の真空紫外フェムト秒パルスについての特性計測等の実験を行う。

【中期計画（参考）】

- 次世代高度物質プロセス・計測技術開発を目指して、赤外から X・γ 線に至る高輝度広帯域光源としての多機能放射光・自由電子レーザー、及び高機能量子放射源としての低速陽電子ビーム、プラズマ X 線技術の発生制御の高度化とその微細プロセス・精密計測への利用技術開発を行う。

《平成14年度計画》

- 波長200nm以下の真空紫外域での FEL 発振を目指す。又、赤外 FEL 用高ゲインアンジュレータを製作し、その基本性能を確認する。赤外 FEL を用いた選択的分子励起技術に関する研究を行うとともに、真空紫外 FEL 利用のための課題を検討する。分解能0.1μmの多層膜 FZP の開発、及び50keV以上の硬 X 線のマイクロビーム化を目指す。レーザープラズマ X 線の分光データを元に、軟 X 線発生用ガスターゲットを最適化する。
- 電子ビームとレーザー光学系のフィードバック制御システムを導入し、エネルギー可変γ線の安定した（収量変動3%以内）発生を試みる。また開発中のγ線 CT 技術をより多くの物質に適用するため、γ線の低エネルギー化（0.1~1MeV）を試みるとともに利用技術を確立する。改良型光クライストロンを蓄積リング NIJI-IV に設置した場合に発生する赤外光（1~10μm）及び、逆コンプトン散乱硬 X 線（0.2~2MeV）の特性について評価する。
- 多層膜ミラー評価装置を製作して使用波長での反射率、集光効率の測定を行い、多層膜ミラー作製過程に反映させる。表面分析装置を製作して光電子顕微鏡に組み込み、80nm までの分解能で微小領域の化学状態のリアルタイム分析を試みる。三次元フォトリソニック結晶作製装置を用いて3方向から X 線を照射し、高分子材料中にミクロンレベルでの三次元パターンを形成する。また、ルチル型酸化チタンの微細加工を行うため、イオン注入用マスクを開発する。
- 高強度低速陽電子ビームを用いた陽電子消滅寿命測定法（PALS）および陽電子寿命・運動量相関（AMOC）測定装置を、広い温度範囲（-150℃~1200℃）やガス雰囲気中（酸素、水素等）で実験可能なように改良する。また、陽電子消滅励起オーグ電子分光（PAES）と XPS の同一条件での比較測定実験を行い、PAES の表面感度を調べる。低速陽電子ビームを用いた物性評価法により、SiO₂/Si、次世代半導体 LSI 用絶縁膜、SiC 等の試料について原子レベル~ナノメートルサイズの微視的構造を調べるとともに、新たに GaN などの光デバイス関連材料の研究に着手する。
- 新フォトリソグラフィ・プロセスにより、ダイナミック抵抗/トンネル抵抗の比が10の6乗以上の高品質超伝導センサーを作製する。このセンサー上に

配置する超伝導光子吸収体の性能として、6keVにおける量子効率70%以上を実現する。

【中期計画（参考）】

- 光を利用した有用で新たな計測制御操作技術開発のため、光学部品等の形状を高精度で計測する技術および広帯域光センシング技術、光の位相やコヒーレンスを制御する技術、微粒子配列の光デバイスへの応用を目指した光ピンセット技術の研究を行う。超高精度計測、光制御、および光ピンセット技術の高度化等の研究開発を行う。

《平成14年度計画》

- 波長走査干渉計用に新たに開発したアルゴリズムを用い、直径250mmの光学平板の測定で分解能4ナノメートルを目指す。また従来できなかったリニアステージの回転角度誤差3成分を同時計測できる真直度計測の実験とその評価を行う。新たに開発した光フィードバック干渉法に基づく補償光学システムを眼底カメラに適用する。垂直方向の光放射圧により、自由度の高いマイクロマニピュレーション技術を開発する。

《平成14年度計画》

- 次世代モバイル用表示材料技術研究について、共同利用研究施設の整備に着手する。

③ 計算科学

現象発現の仕組みがより複雑化し、物理的にもコスト的にも実験・実証が困難化している状況の打破を目的として、構造と機能の解析・予測のシミュレーションをコンピュータで行うことによる現代科学技術の発展の基盤となる技術を先端情報計算センターの計算資源を活用して開発する。

【中期計画（参考）】

- 化学反応解析技術における表面反応、生体反応など大規模反応系の高精度計算および反応経路予測技術を可能にするため、(1) 第一原理分子動力学法の高速・高精度化手法、(2) 高速分子軌道法/密度汎関数法と高速分子動力学法の結合方法、(3) フラグメント法、レプリカ法に基づいた新しいコンビナトリアル法と複雑な遷移状態の構造を広範囲にかつ高速に検索できる新しい統計力学理論に基づいた拡張アンサンブル法、および(4) 大気中の化学物質の化学反応、触媒反応、超臨界流体中の化学反応、表面反応へ応用するための方法を開発する。

《平成14年度計画》

- 化学反応予測の実現のため、効率的反応経路探索法の改良・整備、有限要素基底の第一原理分子動力学法プログラムの反応シミュレーション機能拡張、密度汎関数法の近似の改良、適切な反応性指標の探索を行う。適用研究として、表面反応や電極反応などの不均一系での化学反応の解析、超臨界水中の無触媒化学反応の特異性と機構の解明、等を行う。

- 前年度までに開発したフラグメント分子軌道(FMO)法を基礎に据えて、PCM(polarizable continuum model)との結合による溶媒効果の取り入れ、古典分子動力学法とのハイブリッド化による巨大生体高分子の構造解析・決定の効率化、密度汎関数法の利用による高速化、膜蛋白のイオン透過のシミュレーションのための非平衡分子動力学法の整備、などの機能拡張および必要なプログラミングを行う。適用研究として、リボザイムの酵素反応の解析、カルシウムイオンポンプ Pmr1たんぱく質の4つのドメイン全体の立体構造予測を完成および酵素反応と4つのドメイン間相互作用との関連の解析、アクアポリンの水分子の選択的透過の機構を解明、等を行う。

【中期計画（参考）】

- ナノ物質解析・設計シミュレーション技術については、1ナノメートルから100ナノメートルのスケールにわたる複雑系であるナノ物質に対して、従来のシミュレーション技術を越えた新たな解析・設計技術を確立することを目的として、産業界での応用研究上重要な複合ナノ物質系の構造・機能を予測し、物質設計を実現することを目指す研究を行い、所定の機能を発現する複合系の設計指針を得ることが可能なシミュレーション技術を開発する。具体的には、固体表面や、微細孔物質(FSM-16など)における分子の自己組織化を利用した分子デバイスなどを研究対象とする。

《平成14年度計画》

- ナノテクノロジーに関連した大規模シミュレーションに要求される計算技術、すなわち大規模電子状態計算のためのオーダーN法である第一原理リカージョン法、拡張アンサンブル法の発展による効率的な構造予測手法、長時間シミュレーションのための粗視化技術、の開発・改良を行う。さらに分子動力学法と連続体計算の融合手法を開発する。適用研究として、自己組織化膜の形成メカニズムの解明、半導体表面での量子ドットの安定構造と形成過程の解析、セラミックス薄膜の低温成長機構のシミュレーション、等を行う。
- 流体や固体力学が関わる複雑なシステムに対して、恣意的あるいは経験的パラメータを極力排除した数理モデルの構築および高機能な数値シミュレーション技術を実現するため、解析モデル構築手法を内包した高精度解析手法の研究開発を行う。また、大規模数理モデルを高精度で解析できる並列計算処理技術および解析モデリング技術の確立のため、13年度までに開発した「離散化数値解析手法のための並列プラットフォーム」に様々な解析手法を搭載し、実問題に近い大規模解析を行い、当プラットフォームの評価を行う。与えられた設計仕様下での最適設計

案を自動導出するための大規模最適設計へと展開する。適用研究として、実験サイドと連携しながらマイクロポンプに関する解析・最適設計を行う。

- 電子相関と電子励起に関して、前年度までに完了した GW 法に基づく全エネルギー計算の定式化とモデル系での計算を進展させ、より現実的な系についての具体的計算を実行する。また、量子化学的な電子励起状態計算法を固体に適用するため理論整備、時間依存密度汎関数法の交換・相関 kernel の基礎的性質の解明とそれに基づく実際の近似の改良を行う。さらに、試料と電極の接合を現実的に扱うことに重点を置いた電子輸送現象の理論の開発、電子状態計算の高精度化・高効率化のための最適化アルゴリズムの改良、等を行う。

④ 人間のモデル化技術

【中期計画（参考）】

- ビジョン技術を適用することで、足や体型の静的形状、動的変形を非接触計測する手法を研究する。静立位時の形状データ、歩行、走行どの運動に伴う関節変位や形状変形データを収集し、これをコンピュータ上でモデル化することで、個人差や運動による状態差を定式化する。また、このデジタルヒューマンモデルに基づくウェアラブル製品の設計・製造・販売システムの基盤技術について、企業との共同研究を通じて具体的に研究する。

《平成14年度計画》

- 「人体形状モデルに基づく適合製品の設計支援」の研究を、企業コンソーシアムとともに進め、商用システムとして具体化する。一方、静的形状のみを扱ってきた従来の研究を、静的受動的変形、動的能動的変形、動作、感じ方など、運動機械的・心理認知的モデルまで含めたものに発展させる。
- 人体機能データプラットフォームとして、日本人人体寸法と、足部形状データ、頭部形状データの整備・公開を行う。運動提示用ハードウェアプラットフォームとして、ロボットの3次元視覚により障害物を検出する研究、ヒューマノイドと人間との実時間インタラクションを実現するための、オンライン・リアルタイム動作プランニング技術の開発を行う。
 - 企業との共同研究により、睡眠時無呼吸症候群のモニタリングシステムを具体化する。日常行動を無拘束実時間計測する技術として、H13年度に開発した超音波式三次元計測装置を無線化したシステムに発展させる。これらの無拘束計測を支えるネットワークセンシングの研究を進める。

⑤ 計測・分析技術

【中期計画（参考）】

- 計測分析結果の定量的理解と共通の尺度を提供し、先端技術開発、環境保全技術等へ貢献するため、計測分析技術の開発を行う。

《平成14年度計画》

- 放射光を利用した非破壊深さ方向分析については、引き続き、シリコン酸化膜について測定を行い、光電子の有効減衰長の高精度化のためのデータを収集する。また蒸着薄膜製作装置の校正を行いながら金属薄膜試料を作製し金属材料中の有効減衰長を求めめるための実験を行う。X線吸収微細構造の半定量的解析技術の開発については溶融硝酸塩法によるジルコニア担持モリブデンおよびタングステン触媒の調製過程における in-situ XAFS 測定を行う。
- NMR と光散乱による拡散係数測定の精度確認を行う。磁性吸着剤を用いた環境汚染処理技術の研究開発では最適な処理システムを構築し、実サンプルについて有効性を検証する。
- 低温プラズマ中の化学種の計測データに基づいて、プラズマ制御パラメータから化学種の空間分布を求めるモデルを検討する。環境ホルモンの高純度基準物質を精製するために向流クロマトグラフ装置を試作する。粒径単分散の微粒子基準物質を得るため、層流の擾乱に関する種々の因子を実測する。
- 応用計測技術については、引き続き、フェムト秒コムを利用した変調測距法の高分解能化を実現するとともに、空気などの分散を評価する。
- 鉄の14.4keV の核共鳴散乱波長の不確かさ評価を継続すると共に、低エネルギー領域の波長マーカーを設定するためにクリプトンやツリウムなどの8keV 付近の核共鳴波長の絶対測定を開始する。低エネルギー回折格子の特性評価を検討する。具体的には、まず高精度ゴニオメータ架台を製作し、今まで開発してきた絶対角度設定装置を放射光施設 Spring8 に設定する。誤差評価を行うため繰り返し精度、安定度の評価等をを行う。
- 従来にない速度で超音波探傷像を得ることを目的として、単位時間に多数の超音波を励起する技術を開発する。このため、繰り返し周波数の高いパルスレーザー光源を導入し、表面波の効率的な励起方法について検討する。また、前年度に導入した超音波検出用光学系により、超音波波形を計測して、伝播距離、信号強度、試料表面性状の影響等を明らかにする。
- 試料表面の直径100 μm 以下の微小領域を周期変調されたレーザービームにより加熱したときの温度応答を微小視野高速赤外放射温度計により測定する技術ならびに測定された温度応答から熱拡散率を算出するアルゴリズムとプログラムを開発して、直径10mm 以下の円柱状試料の断面に沿った広がり1mm 以下の微小領域における熱拡散率の分布を計測する技術を確立する。
- イオン散乱法により多孔性薄膜（空孔標準候補材料）の組成欠陥濃度を定量的に測定する。気体透過バリアー膜生成の最適条件の探索を行うとともに、

陽電子消滅による高分子劣化の高感度検出法を確立する。陽電子ビーム制御部を試作し、その性能評価を行う。

- ・ピコ秒サーモリフレクタンス法薄膜熱拡散率計測技術においてドリフトの低減と S/N 比の向上を実現する。周期加熱放射測温法において測定試料裏面の高速温度変化を正確に測定するために、高速赤外放射温度計の光学系を改良して観測視野を縮小するとともに、測定波長特性と測定視野を評価する技術を開発する。さらにコーティングの比熱容量を測定する技術を開発する。固体材料の熱・光学特性を高分解能で計測・校正する技術を開発するために温度制御能力の評価・向上を図る。
- ・液体ヘリウムストレージを整備し、熱物性量、熱膨張率、音速の各測定の一層の効率化を達成し、データの蓄積を図る。また、無磁場環境設定装置を導入し磁場中熱膨張率（磁歪）測定の高精度化を図る。
- ・熱膨張率の低温用実用測定装置を導入し、実際の超電導部材のより簡便な熱変形評価を可能とする測定技術を開発する。また、電力機器部材の熱特性評価のための重要な要素技術である高速熱応答（温度）計測技術を開発する。
- ・磁場中における測温技術の高精度化を図るため、測温素子の開発および測温素子の校正・評価システムの開発を行う。
- ・平成13年度に試作した比較校正装置を用いた実験と解析により、SRG（スピニングローター真空計）、DG（隔膜真空計）、IG（電離真空計）などの各種真空計の特性評価を行い、高精度で高信頼性計測のための適切な使用方法の技術情報を集める。これらのデータを元に「真空計の校正方法」の改正、「SRG、DG、IG などを用いた圧力測定法」に関する標準化を進める。
- ・音速ノズルの測定範囲を広げるため、レイノルズ数が小さい領域での音速ノズルの流出係数と臨界条件について解明し、引き続きアメリカとの国際比較実験を行う。また、JIS 規格原案作成のため、産総研標準部及び国内工業会と連携して草案作成の骨子を策定する。

【中期計画（参考）】

- ・超伝導効果を利用した次世代電圧標準デバイスを開発するとともに、HTS-SQUID を利用した非破壊計測技術、及び広帯域超伝導 AD コンバータを開発する。

《平成14年度計画》

- ・プログラマブル電圧標準素子の開発に関しては、出力電圧 1 V の、NbN/TiN/NbN 接合アレイからなるプログラマブル電圧標準素子を作製し、性能実証を行うとともに、液体ヘリウムフリー冷凍機で動作する電圧標準システムの設計・試作を行う。また、

HTS-SQUID を利用した構造材深部欠陥の非破壊評価技術を開発する。

- ・単一磁束量子回路を用いた高精度デジタル／アナログ変換器（RSFQ-DA）の開発に関しては、10ビット入力の RSFQ-DA を設計、作製し、動作特性評価を行う。また、チップ上に集積した RSFQ-DA 回路において10mV 以上の出力を得ることを目標とする。

【中期計画（参考）】

- ・スペクトルデータベースに関して、データの質と量を充実させ、インターネットでの公開を継続する。熱物性データベースに関しては、学協会と協力してインターネットを通じて公開する。

《平成14年度計画》

- ・分散型熱物性データベースにおいて検索機能を高度化するとともにオンラインジャーナルとのデータ交換・参照機能を実現する。また収録する熱物性データに対応する物質・材料の記述、分類方法の体系化を図る。スペクトルデータベースでは、スペクトルの新規集積を目指すと同時に、インターネット公開サービスを充実させる。

2. 材料・化学プロセス技術

日本経済の持続的成長を維持するための市場創出につながる革新的技術の確立を目的として、高度情報化社会の実現や環境と調和した循環型社会システムの構築に資するナノ物質・材料技術、機能共生材料技術、特異反応場利用プロセス技術を開発する。また、工業製品の信頼性を支える基盤的技術の涵養を目的として、高信頼性材料システム技術を開発するため、各項目の中期計画に対して、平成14年度は以下の研究開発を行う。

① ナノ物質・材料技術

ナノメートルサイズの物質の構造制御を利用して、超高速・大容量情報処理技術の基盤となる複合機能原料や新炭素材料、持続的な経済社会発展の基盤となる精密制御高分子材料、軽量金属材料、先進構造材料の開発を目指して、以下の研究開発を行う。

【中期計画（参考）】

- ・ペロブスカイト化合物誘電体、及び酸化物導電体等の半導体プロセスと整合性の良い650°C以下の温度で材料化が可能なテラードリキッドソースや機能複合粉体ソースを開発する。

《平成14年度計画》

- ・新規な強誘電体薄膜や鉛を含まない圧電性厚膜のための化学組成と分子構造を制御した溶液原料、微細構造を誘導するために光感応性を付与或いは有機ポリマーを含有した溶液原料の精密合成技術の開発を行う。新たに導入するミストデポジション法に適した性質を具備した溶液原料の開発を開始する。

- ・既存のスピンコーティング法やディップコーティング法に加えて、微細な形状付与や厚膜化が可能なミストデポジション法を適用する。該当装置の導入と立ち上げを実施し、強誘電体薄膜や厚電性厚膜等の作製条件を検討する。また、溶液を用いた各種の薄膜作製法の特徴を明確にする。さらに、作製した強誘電体薄膜や圧電性厚膜の結晶構造及び微構造の制御による特性向上を図る。
- ・市販の不定形窒化アルミニウム粉末を球状化するための新規球状化プロセス（フラックス法）による球状窒化アルミニウムの合成について、プロセス制御条件を明らかにする。また、特にフィラー粉体の流動性に影響する合成粉の球形度等の粉体特性評価を行う。
- ・非鉛系圧電体 ($\text{Bi}_{1/2}\text{Na}_{1/2}$) TiO_3 - BaTiO_{3-x} 系に対するより詳細な評価、及び新たな組成系の探索を行う。

【中期計画（参考）】

- ・塗布熱分解法を改良し、77Kにおいて $J_c > 1\text{MA}/\text{cm}^2$ の YBCO 交流限流素子および2GHz 用超電導マイクロ波フィルター（YBCO 膜の表面抵抗0.5mΩ）を開発する。

《平成14年度計画》

- ・デバイス化に向けて、市販最大径の LaAlO_3 基板上の YBCO 膜について通電法による高 $J_c > 1\text{MA}/\text{cm}^2$ を達成する。大面積赤外線ランプ加熱装置を整備し、 $1\text{cm} \times 10\text{cm}$ 以上の蒸着 CeO_2 /サファイア上矩形基板上への YBCO 製膜と特性評価を行う。
- ・スピネル型リチウムマンガン酸化物の単結晶による構造相転移と化学組成・結晶構造との因果関係を解明することを目指す。斜方晶リチウムマンガン酸化物について、結晶構造と電子構造の詳細を解明する。電気化学的手法によりリチウム量を制御したりチウムコバルト酸化物の結晶構造と物性変化の詳細を解明する。
- ・塗布光分解法における原料の光分解反応、基板効果、照射波長効果を検討しエピタキシャル $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_y$ 製膜の低温化と特性評価、及び PZT エピタキシャル膜の物性向上を図る。メカニカルマスクを利用して蒸着法によりトンネルジャンクションを作製し室温で大きな磁気抵抗を発現させる。
- ・(3+1)次元超空間群の対称性に基づいて量子スピン梯子格子系複合結晶の複合変調構造解析をおこない、原子変調関数を精密に決定する。高次元 Bond-Valence Sum 法により電荷分布と電荷移動量を定量的に計算する。

【中期計画（参考）】

- ・ダイヤモンド発光ダイオードの開発を目的として、高圧法、CVD 法等による低欠陥密度ダイヤモンドの合成と、イオン注入法による高品質ダイヤモンド半導体作製技術を開発し、ダイヤモンドエキシトン

発光を用いた室温で動作する紫外線（235nm）発光デバイスを作製する。

《平成14年度計画》

- ・エピタキシャル成長中における不純物原子の成長機構への影響を明らかにして、エピタキシャル成長の高度化を計る。また表面伝導層の機構や金属/ダイヤモンド界面の伝導機構の詳細な解明を行う。
- ・新 CL 装置による発光機構に関する詳細なデータ集積と理論的解析を引き続き行う。
- ・トリメチルリンを用いた n 型ダイヤモンド薄膜合成の本格的な研究開始および n 型アモルファスシリコンと p 型ダイヤモンド薄膜による pn 接合のための研究を行う。
- ・イオン照射における欠陥の発生と制御技術について昨年度と同様にカソードルミネセンス法、電子顕微鏡観察等により展開する。特に低温プロセスによるイオン注入技術の確立を図る。

【中期計画（参考）】

- ・炭素系材料によるナノスペースを制御し、水素貯蔵及びガス分離等の機能発現とその材料化を行うと共に、単層ナノチューブ合成のための触媒開発も行う。さらに、極限環境下で優れたトライボロジー機能等を発揮する新材料を開発することを目的として複合 PVD 法や新焼結技術を用いたトライボマテリアル、スーパーハードマテリアル等の創製と評価を行う。

《平成14年度計画》

- ・ BNC_{58} ヘテロフラレンの物性を調べると共に、他のハイブリッド結合制御されたナノスペースハイブリッド構造体の合成を行う。
- ・スパッター法により、さらに結晶配向性が高いニオブ酸リチウムを合成し、10GHz 帯で動作可能な SAW 特性を確認する。
- ・DC プラズマ法、マグネトロンスパッター法を中心に cBN の厚膜を作製し、界面と膜内部を詳細に調べ、膜厚と密着性を向上させる。
- ・MW プラズマにより、SiC 基板上にナノクリスタルダイヤモンドを成長させ、その密着性を調べ、実用化の可能性を見極める。
- ・DLC 系被膜の摩擦面の分析等を行い、被膜の構造、組成、機械的特性の解析結果等と併せて低摩擦・低摩耗特性発現機構を調べる。また、液体環境中での DLC 系被膜のトライボロジー特性を評価する。
- ・高温水蒸気中等でダイヤモンドの模擬研磨試験を継続する。トライボケミカル反応効率の良い相手材料の探索を行い、研磨効率を向上させる。
- ・プラスチックや Ti とダイヤモンド粉末等から成る複合材料の開発を継続する。それらのトライボロジー特性を水中等で評価する。また、新炭素系材料（ナノホーン等）のトライボロジー特性を評価し、トライボマテリアルとしての可能性を検討する。

【中期計画（参考）】

- ・実用省成分軽量合金を対象に、マイクロエクスプローションプロセスとセミソリッドプロセスを統合し、市販鋳造材より結晶粒径が1/10以下で50%以上高い強度を持つ鋳造加工プロセス技術を開発する。また、マグネシウム合金にあっては、リサイクル材の強度をバージン（鋳放し）材の1.5倍以上（300Mpa）に高めるリサイクル技術を開発する。

《平成14年度計画》

- ・マイクロエクスプローションプロセス技術の研究開発については、電磁振動力を利用した組織微細化技術に関して、Al-Si 合金で得られた成果を、他のアルミニウム合金及びマグネシウム合金等に対して応用し、組織微細化条件を調べる。また、電磁振動力を利用した組織微細化技術の大型素材への展開を検討する。さらに、非平衡相創製の可能性を調べる。
- ・軽量金属材料の結晶粒微細化による高機能化に関しては、強加工法である FSP 法や回転式 ECAP 法のプロセス条件を確立し、得られた材料の微細組織を TEM、SEM-EBSP 等を用いて解析すると共に、それらの材料の機械的特性等について多角的な評価を行う。
- ・マグネシウム合金の固体リサイクル技術の開発を目的に、押し出し条件と押し出し材の特性の関係を明らかにし、高強度、高延性のトレードオフバランスを図る条件を導出する。

【中期計画（参考）】

- ・イオン・プラズマプロセス技術による材料の超高純度化プロセス技術を確立するとともに、超高純度材料の耐高温酸化性、耐腐食性評価試験を行う。

《平成14年度計画》

- ・金属などの薄膜の高純度化による特性制御の機構解明とイオン注入を用いたナノ粒子導入による特性制御を行う。Si と SiC など同位体制御薄膜の特性の評価を行う。さらに、超高純度金属材料の高温酸化性、腐食特性などの表面特性と表面コーティング効果を明らかにする。また、イオンビーム照射による材料中の不純物の挙動及び低温結晶成長の機構を明らかにする。これら技術の実用化に関して検討を行う。

【中期計画（参考）】

- ・200℃以下の温度でナノポアセラミックス材料が合成できる低エネルギー製造プロセス技術を開発し、室内アルデヒド濃度を厚生労働省基準以下にする内装材料を開発する。

《平成14年度計画》

- ・アルミニウムケイ酸塩クラスターの組成を制御することにより、比表面積や吸着特性などの物性を制御する手法についての研究を行う。
- ・組成制御技術とソルボサーマルプロセスを併用する

ことで表面に触媒機能等を付与した材料の応用開発を行う。

- ・カオリナイト質粘土の仮焼条件制御による細孔径の制御技術を検討する。石灰工業における石灰石水洗廃泥やアルミ工業における水酸化アルミスラッジ等を用いた焼成体の物性評価として、有害ガスの吸着挙動等の研究を行う。
- ・精密部材ナノ加工プロセス技術について、共同研究施設の整備に着手する。

【中期計画（参考）】

- ・ナノポア材料の新規合成法（固相合成法、有機・無機添加剤、水熱合成法）等を確立し、固体酸触媒、分離材料、電気粘性流体、センサー等の新機能材料を開発する。

《平成14年度計画》

- ・固体電解質型燃料電池の低温作動化における問題点、すなわち固体電解質の大きなオーム抵抗と燃料電極でのカーボン析出等を解決するために、電解質の薄膜化と電極の更なる高機能化を行う。また、センサー素子として素子構造がより単純な抵抗型タイプに着手する。ハイドロゾーダライトやハイドログロシユラーの微細構造を調べることにより、高温における塩素固定化及び触媒機能発現のメカニズムを解明し、更なる高性能化を図る。
- ・海水リチウム採取のための実用的吸着プロセス確立のための、高性能リチウム吸着剤の開発に関しては、粉末吸着剤の工業的成形法（粒状、膜状）を確立するとともに吸着速度の向上を図り、海水からの吸着速度30mg/g・月をめざす。実用化に向け、特に小水圧差の発電所温排海水などを対象に流動床、層間平行流吸着装置の設計とプロセス評価を行い、採取システムを提案する。併せて実海域での実用化を想定し、それに不可欠な基盤技術である溶接切断技術の高品質化・無欠陥化を指向した研究を実施する。
- ・層状炭素系化合物のグラファイト酸化物を出発物としてコロイド性質を利用した多孔化条件と方法の検討と薄壁型吸蔵体の開発、また無機酸化物の層状珪酸塩を出発物としてピラー化反応による多孔化と大比表面積化の検討と新規マイクロポア吸着剤の開発を進め、80mg/g をクリアするメタン吸蔵体の開発をめざす。
- ・高水素透過性アモルファス合金膜として、Zr-Ti-Niをはじめとする種々のアモルファス多元合金について水素透過・溶解・拡散特性等を系統的に調べることにより、透過性能向上の指針を得る。
- ・規則性微空間材料の酸塩基特性および親疎水性の制御方法について検討しその知見を集積するとともに、得られた材料の物性、触媒特性の検討を開始する。
- ・規則性微空間材料において触媒機能に重要な役割を担う酸性質の定量法を確立するために、プローブ分

子の導入と固体 NMR による観測を試みる。

- ・規則性微空間材料の分離機能に関する基礎的なデータをj得るために、微空間における有機小分子の挙動（吸着サイト、拡散挙動）が微空間に共存するイオン等によって受ける影響を固体 NMR で解析する。
- ・熱的・機械的性質の優れた生分解性高分子の調製のため、ポリブチレンサクシネート（PBS）やポリγ-ブチロラク톤の共重合や、単糖及び二糖類を原料とするエポキシ樹脂の合成条件や、天然繊維との複合体の繊維のサイズ及び充填量の影響を検討する。
- ・共重合組成を変化させたり、生分解性が促進されるようにプラスチックへの分解酵素の含侵を検討し、生分解性速度を制御するためのデータを集積する。生分解性の評価法を検討する。
- ・有機反応における反応のグリーン化を目指した両親媒性ポリマーを設計・合成し、廃液処理の高度化のためのプラズマ処理ポリカーボネート膜を設計・作成する。
- ・有機高分子系材料システムの力学的形態的機能に関するシミュレーション技術の拡張を進め、相互作用を含む力学解析を組み込む。また、繊維構造と物性の相関を解明するために、力学的なテストシミュレータの開発と、温湿度等の環境の影響の検討を行う。
- ・引き続きナノクラスター固体の利用や交互積層法によるナノ構造制御法の確立とその物性や機能の測定を行う。このような構造制御法は単位体積あたりの界面密度を安定にかつ飛躍的に超高密度化を図ることが可能となる。これを利用して界面構造に起因するセンサ特性の超高感度化や光電極におけるエネルギー変換効率の超高効率化を目指す。さらに超高密度界面をもつナノコンジット薄膜をナノアーキテクトニクス場として用いたカーボンナノチューブの特異的形態二次元配列化と高次構造制御に取り組む。さらにナノデバイス構築に必要とされる、低温プロセスのためのマイクロプラズマ技術を利用したプロセス技術の開発を目指す。

【中期計画（参考）】

- ・高分子の分子量、立体規則性、共重合性、ヘテロ元素の規則的な導入による有機・無機ハイブリッド化、多分岐高分子の新規合成法等の一次構造制御における重合機構の解明並びに多成分・多相系高分子の配向構造制御、メゾ秩序構造、ネットワーク構造等の高次構造形成プロセスの機構を解明する。

《平成14年度計画》

- ・オレフィン類と極性基含有モノマーとの直接共重合を指向した後周期遷移金属触媒による重合並びに極性ビニルモノマーの立体規則性重合を可能とする配位子を設計・合成する。
- ・アリルアルコールをモノマーとし、ジルコノセン触媒系によりオレフィンとの共重合を行う。アリル

アルコールのマスク剤や触媒の構造と重合挙動の関係を調査し、重合機構・触媒被毒機構の解明を試みる。

- ・大環状カーボナートオリゴマーの効率的合成法（高選択性、高収率）について検討する。
- ・ヘテロ元素ポリマーの物性・機能性の向上を目標として、主にケイ素系ポリマーにおいて機能性基の構造規則的な導入法を探索・検討する。
- ・イソタクチックポリスチレン-ポリフェニレンオキシッドブレンドについて張力下における結晶化を行い、X線回折、偏光 FTIR、小角 X線散乱等により高次構造の解析を行い、構造と力学特性の関係について検討する。
- ・メソスコピック構造と光・電子機能との相関の解明。ブロック共重合体の自己組織化挙動を詳細に検討し、簡便な膜形成法により機能性ナノドメインが規則的に構築されたナノ規則構造体の創製を目指す。また、ブロック共重合体へのドライプロセスによる化合物導入については、薄膜への適用を検討し、薄膜表面への2次元規則配列、近接場光を用いたナノ光記録、酸発生剤/近接場光の組み合わせによるナノ加工技術を検討する。
- ・エネルギーフィルターTEMによる高分子界面の解析に関しては、ナノ局所領域での化学結合状態の解析の精度を向上させ、界面の詳細な解析を行う。
- ・高分子の高次構造制御を可能とする加工方法を探索するために、加工成形条件と熱機械特性の関連を調べる。
- ・生分解性高分子及びそのブレンドの用途拡大、汎用材料の高度なリサイクルを目指して、適切な加工成形法、物性向上のための手法の開発を行う。
- ・長い側鎖を有するポリ（4-メチルペンタン）について、固体 NMR により結晶中の主鎖および側鎖の分子運動のダイナミクスを解析する。また、スピン拡散やガス拡散により、ポリマーブレンドなどの相構造を解析するための実験に着手する。
- ・非結晶性の熔融系の中に、結晶性分子を導入した系における秩序構造形成過程についてシミュレーションを行い、濃度・核成長過程などを中心に解明する。
- ・立体規則性ポリスチレンなどについて、赤外分光々度計と温度可変装置を組み合わせ、結晶過程、配向過程の追跡を行う。また、試料厚みの制約の少ないラマン分光法により、X線回折と同一サイズの試料について温度可変測定を試みる。
- ・高分子材料の成形加工時の物性向上のための手法の開発を行うために、構造、発現した構造と熔融物性の相関について検討する。
- ・剛性の異なる各種強化用有機繊維充填系の充填効果、重畳流動特性（剪断流動下での振動流）等を調べ、充填材の変形のし易さがこれらの特性にどのように

影響するかを剛直な無機繊維の場合と比較して検討する。

- ・二酸化炭素からの環状カーボネート合成に関しては、高速反応プロセスの開発、生成物からの触媒分離、溶媒分離が不要なプロセスを開発する。
- ・二酸化炭素からのウレタン合成に関しては、アセタール等による化学的脱水法に代わる効率的脱水法の開発、スズ化合物以外の新規触媒系の開発、反応機構の解明を行う。
- ・メタンからのメタノールまたはアセトアルデヒド合成に関しては、新規触媒系の開発及び反応機構の解明を行う。
- ・二酸化炭素からの炭酸ジメチル合成に関しては、アセタール等による化学的脱水法に代わる効率的脱水法の開発、スズ化合物以外の新規触媒系の開発を行う。
- ・二酸化炭素からの炭酸ジフェニル合成に関しては、脱ハロゲン化水素型カップリング反応の開発、脱水型カップリング反応の開発、反応機構を解明する。
- ・一酸化炭素からの炭酸ジフェニル合成、二酸化炭素とオレフィン類からの高分子合成、窒素からのアンモニア合成について検討する。
- ・ポリ乳酸で多孔質中空状 scaffold を作製し、そこでの細胞培養試験方法を早急に確立する。
- ・特定の細胞の表面にあるレセプターとポリイソプロピルアクリルアミド (PNIPAAm) の相互作用を測定するとともに、PNIPAAm グラフトポリプロピレン不織布を作製し、それが特定のレセプターを有する細胞のみを捕捉するかどうかを確認する。
- ・昨年度確立した合成法を基に、2つの頭部の種類 (コリン、アミン) やキラリティの異なる「ヘテロな人工エーテル脂質」、「ヘテロな人工エステル脂質」の合成を行う。また平成13年度に合成した人工脂質を構成分子とした脂質ナノ構造体の構築を行う。
- ・PIC を利用した異性体分離膜については、基膜やシクロデキストリン含有高分子等の改良を行い、透過性及び選択性の向上とともに分離対象の拡大を図る。光制御膜については、光カップリングによる促進/抑制膜の基本挙動を明らかにし、基本コンセプトの妥当性を検証する。また、膜材料及びシステムの評価・設計を目指して、物質輸送の理論・数値解析法の検討を進める。
- ・プラズマ共重合において、反応活性な基の有効な導入を目的にパルス放電などの手段の利用を展開する。生成薄膜及び表面について、顕微赤外や走査プローブ顕微鏡により構造の解析を行い、反応の適正化を図る。得られた材料について実際的な見地から性能評価の研究を進める。
- ・生体鍵物質について元素のアフィニティーを利用した合成法の検討を進める。クリーンでシンプルかつ

効率的な核酸類 (ヌクレオシド類似体や N-グリコシド類等) の合成法を開発する。また、糖脂質誘導体の合成を進めると共に、合成した糖脂質について単分子膜法等により分子集合状態、相挙動の解析を行う。さらに、細胞間の情報伝達に関するアミノリン酸系脂質について可溶性誘導体の調製等を検討する。

- ・電解質機能高分子について高分子量物質の合成と収量増加のための条件検討を行う。また、熱に応答する機能性高分子材料の実用化を促進するためニーズに立脚した感熱性高分子材料の開発を行う。

② 機能共生材料技術

材料の組織を原子・分子からナノ、マイクロ、マクロにわたり制御する技術を開発し、複数の機能が共生した材料を創製する技術の開発を目指して、以下の研究開発を行う。

【中期計画 (参考)】

- ・高次構造制御により、800℃以上の腐食性雰囲気下において50 μm 以下の粉じんが捕集可能なフィルター材料、高荷重・無潤滑環境下で比摩耗量が従来材料の1/10以下の材料、400℃以上酸素共存雰囲気下においても連続的に窒素酸化物の還元除去が可能な材料、腐食性環境下でジルコニアセンサーと同等の10msec の応答速度を持つ高温用酸素センサー材料が創製できることを実証する。
- 《平成14年度計画》
- ・開発多孔体の粒界相の最適化などにより、800℃以上の高温での酸などに対する耐食性付与技術を開発する。また、温度差800℃以上の耐熱衝撃性と損傷・変形許容性の共生を可能とする微構造制御技術を開発する。
- ・窒化物系材料については、高靱性と耐摩耗性 (比摩耗量、5e-9mm²/N以下) または高熱伝導性 (120W/mk以上) と高強度・耐摩耗性の共生を可能とする微構造制御技術を開発する。また、炭化物・酸化物系材料については、耐摩耗性 (比摩耗量、1e-10mm²/N以下) と高強度・高靱性の共生を可能とする二層構造化プロセスを開発する。
- ・多孔体およびマトリックスの形態・組成の最適化を行い、NO_x 浄化電気化学セルの600℃での作動電圧を1.5V 以下に低減する。また、酸化物熱電変換材料の結晶粒内・粒界の構造制御により高変換効率化を図る。
- ・材料の薄膜化により、酸素ガスセンサの応答速度の高速化 (100msec 以下) を図る。ガスセンサの適用拡大を目的に、耐久性とシリコンプロセスとの整合性に優れた室温作動型水素ガスセンサの開発を図る。
- ・ひっかき試験と圧入試験による摩耗機構の解析、実測データに基づく多孔体の耐熱衝撃特性向上機構の定量的解析を行う。また、多孔体の元素分布と微構

造の関係を解析する。

③ 高信頼性材料システム技術

構造材料の信頼性向上、長寿命化を図るため、使用環境下での損傷形成過程を支配する主要因子の定量化を行うとともに、損傷位置の検出や損傷制御機能を持つ修復材料の開発、及び長寿命複合材料、低摩擦摩耗材料の開発を目指して、以下の研究開発を行う。

【中期計画（参考）】

- ・破壊理論に基づいた精緻な実験的解析により損傷形成過程のモデル化を図り、部材特性の高精度な解析手法を開発する。

《平成14年度計画》

- ・前年度までに開発したせん断強度測定用装置を用い、高温水蒸気雰囲気下で所要の測定精度を得るための装置・手法の改良を行うとともに、単繊維強度のバラツキの評価を行う。
- ・加工損傷評価手法規格の基本案について実験的検証を行うとともに、詳細案作成に着手する。損傷可視化手法を加工損傷観察に適用する。

【中期計画（参考）】

- ・センシング機能の高度化と逆問題解析技術を確立し、コンクリートや金属構造体の亀裂発生部位に接着修理可能な損傷位置評定機能や損傷制御機能を持つスマートパッチを開発する。

《平成14年度計画》

- ・センシング網の開発に関しては、圧電体を埋め込んだ CFRP センシングパッチのプロセス技術を完成させ、センシングパッチの耐久性評価を行う。AE-光ファイバ技術を織りこんだハイブリッド型アクティブセンシングシステムや、マイクロ波センシングシステムを開発しその応答・感度特性を評価する。
- ・健全性評価技術の開発に関しては、材料に超音波、光、電磁波等の外的刺激を入射したときの応答信号の中から材料の損傷情報を取り出すための信号解析法を検討し、マイクロクラックの分布密度や層間はく離の大きさを超音波や光信号の変化から推定する方法を開発する。
- ・アクティブ振動制御技術の開発に関しては、スマート要素を統合化したスマートボードを完成する。ストリームライン制御も活用し FBG センサを内包し、高性能 PZT 及び SMA を用いた2ウェイアクチュエータによるクラスター制御系の開発（外乱により励起される振動量を1/10以下）を行う。
- ・ピエゾ式高圧アクチュエータの開発に関しては、選択粒成長制御を応用した焼結法によるタングステンブロンズ型圧電材料の圧電特性向上（目標、200pC/N）を図り、高変位高荷重アクチュエータを試作する。
- ・セラミックアクチュエータ材料の高性能化に関して

は、低鉛系の材料探索を行う。緩和型圧電材料では正方晶領域におけるリラクサ挙動と圧電性の関係を明らかにし、3成分系圧電材料では、PZT と比較し遜色のないの圧電特性を発揮できる組成領域を決定する。

- ・SMA 統合体創製と性能評価技術の開発に関しては、一様応力把持の金属加工物固定装置（チャック）を具体例にして、SMA/弾性体複合型スマートストラクチャーの実製品への応用を図る。製品化のための構造設計と並行して、開発する製品の変形や発生荷重（把持力）等の解析理論を構築し、実用的設計法を開発する。さらに今後の適用先を広げるために新たに楕円形状の SMA/弾性体複合型スマートストラクチャーの解析理論へ展開し、実用的設計法を開発する。
- ・スマート機能の複合構造への付与と高度化技術の開発に関しては、スマート3機能（センサ、アクチュエータ、プロセッサ）を付与し、加熱・冷却制御の付与や反応速度制御法を検討する。また、SMA の抵抗変化をセンサとし、形状回復機能をアクチュエータとして利用するセンサ・アクチュエータ型の新規スマートストラクチャーを開発する。さらに、予ひずみフリーの SMA/繊維強化複合材の成形法を開発し、その損傷抑制効果と疲労特性改善効果を評価する。
- ・薄膜デバイスの製造技術に関しては、原子間力顕微鏡（AFM）を用いて、PZT 膜などの圧電特性評価技術を確立する。また、PZT 膜の微細加工技術を含む二次加工技術に関して、ドライプロセスおよびウェットプロセスによるエッチング技術を開発し、スマートパッチ用マイクロセンサ、マイクロアクチュエータを実現するための薄膜デバイス作製プロセス技術を確立する。
- ・圧電線材の製造技術に関しては、金属細線をコアとした PZT ファイバの作製技術を確立するとともに、圧電特性の評価を試みる。また、CFRP に埋め込んだ場合を想定した、衝撃位置検出用ファイバ型センサ及び振動制御用アクチュエータの設計を行う。

【中期計画（参考）】

- ・強化材と母材との界面結合力をコントロールする技術を開発し、セラミックス基複合材料においては、弾性率が110~160GPa の複合材料を2週間以内に製造できる技術を、金属基複合材料においては、500℃での耐食性を2倍以上高めた材料及び800℃での耐摩耗性を2倍以上高めた材料を開発する。

《平成14年度計画》

- ・金属基複合材料技術の開発では、高温腐食性に着目した材料設計とその組織制御を行うとともに、開発材料のコーティング材料への応用を検討する。高温で安定な耐酸化性被膜について、自己修復性保護被

膜の形成技術及び生成する被膜の機械特性を最適化する母相の複相組織制御技術を開発する。また、耐酸化性コーティングについては、温度勾配付き長時間試験による評価技術開発を行う。

- ・セラミックス複合材料の開発では、マトリックスの組成比 ($Si/C=0\sim 1$) を変化させ、閉気孔及びフリーシリコンの低減化に最適なマトリックス組成を求める。また繊維の種類の違いによる特性の相違についても検討を加える。
- ・耐環境性評価技術の開発では、予測技術として水素脆化の微視的なシミュレーションを検討すると共に、オーステナイト系ステンレス鋼等の金属材料の耐環境性を実験的に検討する。

【中期計画（参考）】

- ・複雑形状の構造部材表面にダイヤモンド質薄膜やオキシカーバイド薄膜等の耐久性、耐食性に優れた皮膜を形成する技術を開発する。また、極限的環境下で使用できる BCN ダイヤモンドの焼結体等から成る低摩擦・超低摩耗材料を開発する。

《平成14年度計画》

- ・複雑形状金属部材表面へのダイヤモンド状炭素薄膜の作製及びアルミニウム合金へのオキシカーバイド被覆技術については、前処理条件の最適化等に取り組みるとともに、作製した薄膜の諸特性及び膜の構造評価を行う。耐食性に関しては、テラス拡張に及ぼす不働態処理時間の影響及び中性環境用防食剤の自己組織化コーティング技術について検討する。
- ・BCN 三元系の低圧相と高硬度な新規高圧相の合成条件や、構造との関係を詳細に解析する。また同系の高硬度材料の焼結体、膜の製作を試み、創製条件と特性との関係を明らかにする。

④ 特異反応場利用プロセス技術

材料製造に関わる環境や、エネルギー、製造コスト等の制約要因を克服し、材料の国際的な競争力を強化するために、特異な反応場を利用した新たな材料製造プロセス技術の開発を目指して、以下の研究開発を行う。

【中期計画（参考）】

- ・微小重力環境を利用して、融液の凝固過程の制御を行うことにより、従来技術で作製される2倍以上 (20mmφ) の大きさの高感度赤外線センサー用化合物半導体材料が作製できることを実証する。

《平成14年度計画》

- ・微小重力下の無容器凝固により、20mmφ の大きさの高感度赤外線センサー用化合物半導体材料の作製の予備実験として、20mmφ の大きさの球状の単元素半導体単結晶を作成する技術を開発する。

【中期計画（参考）】

- ・マイクロ波やプラズマ等を利用して、従来の焼結技術と比べ、焼結温度を200℃低く、焼結時間を2分の

1とするセラミックス焼結技術を開発する。また、生体構造・機能を模倣したテンプレート、自己組織化等の分子制御技術を用い3次元的規則配列構造を形成する技術を開発する。

《平成14年度計画》

- ・開発した遠心焼結装置を使い、各種の金属やセラミックスの焼結実験を行う。遠心焼結装置の省エネ効果を促進するために、急速加熱方式に改良する。開発した自己バインダーを使用したアルミナ基焼結体の作成を行い、成形条件の最適化、及び焼結性（特に組織制御）の検討を行う。開発したレーザーイオン化質量分析装置および発生気体分析装置を用いて種々の試料のデータ取得を行う。
- ・骨内部構造を再現したリン酸カルシウムセラミックス作製を鋳型からロストワックス法等で試みるとともに、その評価を行う。また、生体との最適なインターフェースを提供する多層構造形成技術を開発する。
- ・テンプレートを3次元的に配置する技術について検討し、機能付与技術を開発する。また、フォトカルシネーション手法を薄膜のほか、粉体、厚膜にも適用可能とするとともにバイオチップ等への応用を検討する。生物の発色機能を模倣した光干渉性発色システムのセンサー等への応用を検討する。
- ・環境ホルモンの分解処理に使用する遺伝子組換え酵素、光学異性体合成酵素を固定化しうる、水処理等に適用可能なナノ反応場を有するセラミックス多孔質担体の開発を行い、固定化方法を検討する。

【中期計画（参考）】

- ・超臨界水反応場を利用したプロトン利用有機合成法を確立する。

《平成14年度計画》

- ・臨界水反応場を用いた有機合成に関しては、分光学的その場測定技術も併用して超臨界水の触媒機能を利用したβ-ラクタム、テルペノイド、ケトン、アミノ酸類等の有機合成について検討する。更により高温・高圧範囲の有機合成反応が可能な超臨界水連続反応装置を試作し、合成反応の最適操作条件の探索領域を拡張し、環境調和型合成プロセス技術の構築を目指す。また、超臨界水反応場での水自身の触媒作用をより効果的にするための助触媒の開発に着手する。

【中期計画（参考）】

- ・超臨界二酸化炭素を反応媒体及び基質とするウレタン、エステル化合物等の合成技術を開発する。

《平成14年度計画》

- ・超臨界二酸化炭素利用の有機合成に関しては、超臨界二酸化炭素を反応場とする触媒反応を行い、超臨界状態の特性を活用した触媒機能の高度化を図り、分光学的その場測定法による検討結果も加味して反

応性の向上を実現する。引き続き不飽和アルデヒド等の選択的水素化反応、二酸化炭素を基質とする化学反応等の効率化を検討する。さらに、これらの反応について超臨界二酸化炭素中での触媒設計の体系化を進めながら、環境調和型合成プロセス技術の構築を目指す。

【中期計画（参考）】

- ・高温・高圧の反応制御技術を開発し、アセチレン等の固相重合によるポリマー機構の温度・圧力反応条件依存性を明らかにする。

《平成14年度計画》

- ・振動分光測定等の手法を用いて、各種アセチレン誘導体に関して、高温高圧下での反応条件および生成物特性を明らかにする。また、スケールアップ可能性を探るべく、2GPa、200℃の温度圧力範囲で試料0.1cm³オーダーの合成が可能な反応装置を試作する。
- ・HClをドーピングした氷中のプロトン拡散速度を高温高圧下で測定し、ドーピングによるプロトン拡散の加速過程を明らかにする。より高速なプロトン拡散速度測定法の開発を目指して、その基盤となる要素技術の有効性を検証する。

3. 機械・製造技術

経済社会の持続的発展を支えるための技術の緻密化と融合化による産業競争力の強化とともに、環境と調和した経済社会における資源の円滑な循環、高度情報通信社会及び高齢化社会、少子化社会への対応のために、製造技術と基盤となる情報基盤技術に関するものづくり支援技術、各種産業へ影響する機械製造技術の微細化、精密化のためにマイクロナノ加工組立製造技術、環境との調和を実現する循環型社会構築のためのIT技術と融合化した循環型生産システム技術、機械システムの信頼性・安全性の向上を目的とした信頼性工学技術の研究開発を推進するため、各項目の中期計画に対して、平成14年度は以下の研究開発を行う。

① ものづくり支援技術

加工技能の技術化に関する研究を、製造技術とその情報通信技術に関するアプローチで集中的、先導的に進め、産学官連携体制の中で、成果を随時産業界へ提供する速効波及型研究を行い、テクノナレッジネットワーク上で評価する。

【中期計画（参考）】

- ・ニーズや重要性の見地から選定した加工分野に関して、センシング技術、加工データベースシステムと加工条件決定などの技術コンサルテーションが可能な加工支援プロトタイプシステムを開発し、加工条件設定などに必要な時間が短縮されることを示す。

《平成14年度計画》

- ・成形、除去、付加、改質に分類する一般機械部品の

主要な加工分野全般を対象とし、加工技能の現状を分析、体系化し、デジタル情報集積を図る。

- ・切削、研削、研磨について難削材を主な対象として、加工条件・加工事例を500件以上収集しデータベースのプロトタイプシステムとしを開発する。
- ・鍛造、レーザ除去、レーザ溶接、溶射、めっき、アーク溶接、物理・化学蒸着については実験及び収集情報の評価を行い、200件以上のデータ収集や評価結果をデータベースとして公開する。
- ・鋳造、射出成形、金属プレス、放電加工、熱成形、歪み取り、熱処理（焼入れ、焼戻し）、レーザ焼入れ、浸炭・窒化については、情報収集により基盤技術情報の集積を行う。
- ・射出成形、鋳造、浸炭・窒化、熱処理、熱成形についてデータベース、鍛加工支援システムの構成案を決定し、データ収集体制、実験体制を確立する。
- ・成形、除去、付加、改質に分類する一般機械部品の主要な加工分野全般を対象とし、加工技能の現状を分析、体系化し、データベース活用機能としてのデジタル情報集積を図る。
- ・機械加工に関するあいまいな問い合わせに対する絞り込み機能の開発する。
- ・エンドミル工具摩耗量の加工液中でのオンマシン自動計測技術の実用化、機差の測定法、機差の補正の方法について検討を進める。
- ・鍛造加工事例に基づくキー情報の分析を行い、活用機能として公開する。加工事例データの活用機能として、ネットワーク上で加工事例データベースの情報を利用して、鍛造型寿命の予測と寿命が短くなる原因の推定を行うデータベース活用機能を公開する。
- ・鋳造・熱処理について、ネットワーク上で公開するための金属材料組織の予測サブルーチンソフトウェア開発に着手する。
- ・めっき、溶射、物理蒸着についてデータベースプロトタイプを作成し、材料の硬度、膜厚依存性を図示するシミュレーション機能を開発する。
- ・加工技能の技術化の方法論開発を目指し、オブジェクト指向に基づく加工技能の形式的記述方法としてUMLを用いて、技能のモデル化事例を鍛造、切削、研削、研磨、レーザ除去、レーザ接合、めっき、物理・化学蒸着について行い、評価・改良するとともに標準化について検討する。

【中期計画（参考）】

- ・ものづくり支援に統合的に運用可能な、プログラム単位の結合、自由な組合せにより、設計製作現場で必要となる情報を、既存のシステム等が管理する利用者権限に応じて使用可能とする設計製作支援共通プラットフォームシステムを開発し、有効性検証を目的としたプロトタイプシステムの開発と評価を行う。

《平成14年度計画》

- ・設計・製造支援アプリケーションのためのプラットフォームにおける、オブジェクト化、立体形状誤差および、加工品質情報に関する規約の初版を作成する。また、コンポーネントおよびシステムに関する規約、分散システムに関する規約の検討に着手する。コンポーネント化技術については、形状処理のコンポーネント化を実製品相当の複雑さの形状に適用する。
- ・GUI 基本機能、表示基本機能、図形検証機能のライブラリおよび「3次元形状情報の品質確認の基本機能」のプログラミングを完了する。
- ・アプリケーションとプラットフォームの情報交換の仕様、システム構築のための規約等の NEDO 事業の成果に基づいて、機構構造の推定及や再利用の可能性を判定するための機構学的決定手法の進化型設計システムをプラットフォーム上のアプリケーションとして構築するためのシステム設計を完了する。

② マイクロナノ加工組立製造技術

各種産業へ影響する機械製造技術の微細化、精密化のために、ナノ加工技術、マイクロファブリケーション技術等の研究開発と、その一層の高度化のため、基礎となる各種現象の解明、原理・手法の確立、計測、評価を行う。

【中期計画（参考）】

- ・精密形状転写加工や、ビーム加工等における加工点付近での微小な加工現象を解明し、それを応用して、微細構造、超精密形状等のマイクロ構造材料に適用できるマイクロファブリケーション・解析評価技術を開発する。ダウンサイジングに適した工作原理を示すため、体系的なマイクロ機構力学の解明と設計技術に基づいて、実用性の高いハードウェア/ソフトウェアを市場および学会に発信する。さらにナノトライボロジーの解明、微細固体駆動素子技術および組立技術等を通じ、超微細加工技術と評価技術、微小流体操作システム等の高集積機械システムを実現する。

《平成14年度計画》

- ・粒子高速衝突現象について、原料微粒子特性が膜物性に及ぼす影響を明らかにし、加工メカニズムモデルの構築に取り組む。
- ・圧電材料、磁性材料、絶縁材料を対象に微粒子ビーム法や衝撃バルク成形法を使用して、ナノ構造体の作製と構造評価を行い、プロセス応用への基礎データを得る。
- ・プローブ顕微鏡ならびに超音波顕微鏡技術の高度化を図り、加工メカニズム現象解明のための評価・解析を行う。
- ・エネルギー援用型成膜装置設計のための基礎実験に取り組む。

- ・単一分子レベルのナノ機能・マクロ機能をマクロレベルに展開することを目的に、真空中 STM、溶液中 STM を用いた新しい分子素子の形成と特性評価を行う。
- ・微小荷重下のマイクロ・トライボロジー現象の解明を目的に、高剛性 AFM ステージを試作して $\mu\text{N} \sim \text{nN}$ の荷重におけるトライボロジー評価試験を行う。
- ・電気粘性流体のマイクロ・ナノ潤滑技術へ応用を目的に、試作した液晶潤滑したジャーナル軸受を用いて、実験と数値解析の両面から電気粘性効果と特性評価を行う。
- ・ナノインデンテーション法による硬質薄膜表面の物性測定技術を高度化し、国際標準化のための共同研究を推進する。
- ・機械加工による脆性材料表面等への微細表面形状創成技術を追求し、創成形状精度・分解能・凹凸量・創成範囲などの大幅な向上を図る。それによってナノメータレベルから数百 mm レベルまでの微細機械加工の極限に迫る。サブナノメータ分解能の位置決めを簡便に達成できる機構と制御技術を開発する。
- ・微小部品の形状精度を3次元的に計測する装置の開発の端緒として、自己検出型微小触針プローブおよび3軸微動ステージ機構の開発を行う。
- ・機械製造現場における省スペース化・省エネルギー化・低コスト化・迅速化・高速化・高精度化等をもたらすと期待されるマイクロファクトリーの思想を普及させるための宣伝活動および企業との連携に傾注する。超高速主軸を用いた卓上型ミリング加工機を開発し、その優位性を評価する。超小型化されたホットエンボス加工機を試作し、成形パラメータと加工品位の関係を実験的に明らかにする。小型化にふさわしい加工機のコンフィグレーションとその性能を予測・評価するツールを開発する。
- ・マイクロ複合加工機の工具、ワーク間の相対移動精度など基本性能を詳細に調べるとともに微小な部品・金型を作成する場合の環境負荷低減効果の評価を進める。
- ・微細レーザ加工に適した光源、工作物材料を見いだす。また、反射光のパターン形状にレーザ光の強度と反射光強度のデータを融合してより正確な加工除去量を検出し YAG レーザのコントロール及び焦点位置のコントロールを行い、高精度加工を行うことを試みる。
- ・網膜投写ディスプレイ用の2次元駆動デバイス用ピエゾ薄膜の製法（インテグレートドメカニクスの研究）ピエゾ駆動マイクロスキニングミラーの製造技術を完成し、網膜投射のための光学系の試作を行う。2次元駆動の高周波側は現状の共振型マイクロマシニングスキャナーを用いる。低周波側（50Hz）は静的な駆動を行うが、振れ角度を現状

の10度から25度にすることを旨とする。同時に光信号交換素子に用いられる2重ミラーの静的駆動の研究に着手する。

- 成形技術（メカニカルリソグラフィ）による微細製造法（3次元超微細加工）引き続きイオンエッチングおよび放射光技術を用いてより高精度なマスター製造技術を開発する。特に金の CMP 加工技術を用いた放射光露光マスクの短納期化技術を開発する。樹脂の成形技術として樹脂型の製造法を検討する。金属ガラスの微細成型を行い、半導体検査プローバヘッド製造に応用する。新たに微細マイクロリアクター用セラミックス材料の微細成形体を製造する。
- マイクロ流体システムの試作（ダイオキシン分析およびマイクロ流体システムの統合化）マイクロミキサー、レギュレータ、ポンプ等を統合化し、ダイオキシン測定イムノアッセイマイクロシステムを試作する。特にイムノアッセイ用抗体をビーズに修飾した場合の蛍光分析およびビーズの洗浄工程における、流体の挙動の解析を行う。また新規に電気泳動チップのコストの低い製造手法の開発に着手する。
- MEMS 実装技術 MEMS 素子の実装に用いられる基板の狭ピッチ化を目指す。**現状の80ミクロンピッチ4層から40ミクロンピッチとするとともに、ウエハ研削および CMP 研磨を利用して上下電極間の抵抗値を下げる。
- 携帯型燃料電池の実用化に向けたブレイクスルー技術としてイオン伝導性セラミックの自立薄膜を取り上げ、その組成、創製方法を検討して試作実験に着手する。
- 環境振動や人体運動に伴う振動エネルギーによる発電機構について、振動する強誘電体固体素子の発電特性を実験的に明らかにし、エネルギー変換機構のモデル化と高性能化を図る。
- ポリマー上に金属薄膜配線等を形成した異種材料からなる微小構造体の信頼性評価手法に関して調査を行い、特に信頼性評価の加速試験手法を検討する。
- 微小流体場におけるナノ粒子の輸送や吸着物の拡散を選択的に制御する機構の構築を目指し、高い空間分解能を有したマイクロチャンネル内流体の速度・温度計測技術を開発し、その高度化を図る。
- 革新的 MEMS（微小電気機械システム）ビジネス支援について、共同研究施設の整備に着手する。

【中期計画（参考）】

- ナノスケールの微細領域の加工の実用化に不可欠なメカフリーの高制御性・高速・超微細レーザー加工装置を開発するための要素技術として、高コヒーレンス完全固体レーザーのための温度安定化技術と、超解像技術を用いる極微細加工技術の基盤技術を開発する。

《平成14年度計画》

- 高コヒーレンスな干渉性の良い高出力固体半導体レーザーの実現は、ナノ加工の必須の要素技術であり、高コヒーレンスの実現には、レーザー内の温度分布を一様にするため、強制対流沸騰の限界熱流束を上回る高熱流束除熱技術を実現することが必要であるため、高熱流束除熱技術として、ペルチェ効果を利用する方法と流動性固体結晶であるクラスレートを活用する方法の、2つの新規に考案した方法に関して、実現可能性を実証する実験を行う。また超解像技術を用いた長焦点深度、微小集光径ビームの液体中等および材料の深さ方向の加工現象の検討、スルーポット等工業生産性を満足させる加工形態の検討を行う。

【中期計画（参考）】

- ナノメートルオーダーの構造を制御して量子機能を発現する構造体の基盤となる、均一（標準偏差1.2以下）無汚染の1~50nm の超微粒子の作製・制御技術を開発するとともに、プロセス場の計測・解析及び制御技術と、ナノ粒子操作技術の応用展開によりナノスケールの機能付加加工技術を開発する。

《平成14年度計画》

- ナノスケールでサイズと構造を制御した微粒子を集積して量子機能を発現する構造体を作製し、機能を付加するプロセス技術を開発すべく、シリコン、化合物半導体、遷移金属化合物を対象とし、レーザーアブレーションによるナノ構造作製装置を高度化して、粒子の複合構造化ならびに制御技術の検討を行う。微粒子のサイズ、構造と物性との関連についてラマン分光、時間分解蛍光測定等を行って実験的に解析する。また、プロセスの高度化に向けて、更に効率的・効果的な粒子分級技術及び集積技術について検討し基本的特性を検証するとともに、プロセスの光計測実験と数値解析モデルの多次元化を行う。

【中期計画（参考）】

- マイクロスケールオーダーの微細形状の成形加工プロセスの最適化に向けて、プロセス条件とミクロな環境の構造、組織、形状及びその機能が性能特性との関連について検討し、成型材料の硬化の過程の解析技術とホログラムを用いた非接触計測技術を開発する。

《平成14年度計画》

- マイクロスケールオーダーの微細形状の成形加工プロセスの最適化に向けて、精密形状加工の高性能化に貢献するケモメカニカル効果利用加工について、共有結合性の高いセラミックスの表面清浄化を既存のレーザーを用いて行い、加工液の吸着を赤外分光法などを利用して調べる。

- 非接触形状計測技術について、設計図から直接に、電子線描画装置によりサブミクロンオーダーの形状精度をもったホログラムとして再現し、加工物との

差を直接測定しうる計測技術について球面など単純形状について実験する。

③ 環境負荷低減生産技術

【中期計画（参考）】

- ・環境との調和を実現する循環型社会構築のためのIT技術と融合化した循環型生産システム技術の確立を目指し、設計・製造・使用（メンテナンス含む）・廃棄（リサイクル含む）といったライフサイクルシナリオを製品特徴に応じて最適化し、製品ライフサイクル管理手法を確立するとともに、各種エコマテリアルプロセス等、省エネルギー型のプロセスの開発を行う。また、次世代のエコトライボロジーシステム構築のための基礎研究を推進する。

《平成14年度計画》

- ・廃家電製品の排出量予測について、数学モデルと実際に収集した排出データとの比較を行う。またLCAセンターと共同で作成した環境適合設計マニュアルを普及させ、廃棄物量の減量化を図る。製造技術については、「エミッションフリーマニュファクチャリング」について課題のフォーメーションを進め、プロジェクト化提案を行う。
- ・Ti系金属ガラス材料の検討を行うとともに、金属ガラスの棒材、板材の製造法を開発する。
- ・電磁力を利用した高速度成形法等の金属ガラス板材等の成形加工を行い、成形条件と加工限界等を明らかにするとともに、金属ガラス加工法としての可能性について検討する。
- ・ドライ成形にむけた高性能金型の開発を目的に、超微粒ダイヤモンドを核とするダイヤモンド成膜プロセスの素形材加工用金型への展開を図る。
- ・低環境負荷材料の開発を目的として、体内で 사용되는金属系材料の耐食性、腐食疲労特性および各種金属イオンの環境調和性等のデータを取得し、基盤技術を構築して標準化に資するとともに、生体材料の寿命等の性能を実験室において予測できる性能評価技術の開発を行う。
- ・高速超塑性を発現するナノ結晶SUS304の実用化を目指し、製品サイズでの製造技術の開発を行う。
- ・Mg合金部品製造への噴射成型法の適用を目的に、微細組織を得るためのコレクター移動制御条件を検討するとともに、再結晶されたMg合金の高温変形挙動を明らかにする。
- ・大気中1473K～1773Kの温度域で長時間耐えられる構造部材の開発を目的として、放電プラズマ焼結法を用いたNb、Mo基合金への耐酸化性コーティング技術の開発を行う。
- ・開発した溶射被膜およびPVD薄膜の機械的性質（硬度、ヤング率）やマイクロ構造とトライボロジー特性との関連を明らかにし、トライボマテリアル設計概念を確立するとともに、DB化のためのデータ蓄積を

推進する。

- ・水及び低粘度有機溶媒中におけるチタン系金属及びチタン基複合材料の潤滑特性の評価を行う。
- ・これらの基盤技術を基にして、サステイナブル・トライボロジー技術の概念を提唱する。

④ 信頼性工学技術（安全対応技術）

【中期計画（参考）】

- ・診断アルゴリズムの開発、AEや振動など複数の情報を解析するマルチモニタリングによる高信頼性異常予知診断システムや電磁現象を応用した高精度損傷評価技術の開発を行い、実機への適用性を検証する。また、機械要素の寿命・材料評価に関するデータベースを構築するとともに機械要素の精度保証システムを提案し、国内案を作成、ISOの規格制定・改定に貢献する。

《平成14年度計画》

- ・融液成長複合材料の超高温・高圧水蒸気環境下におけるクリープ試験を行い、超高温クリープに及ぼす採取方位、試験温度、変形応力、水蒸気圧の影響を調べる。また、1500℃、4気圧以上の高圧水蒸気環境下における材料中の水素/酸素/水酸化物等の拡散挙動、それらと転位との相互作用を調べるとともに、5気圧以上の環境下で発現したネガティブクリープの変形メカニズムの解明を図る。
- ・AFM（原子間力顕微鏡）とMFM（磁気力顕微鏡）を用いたハイブリッドナノキャラクタリゼーション技術により、MEMSやNEMS（Nano-Electro-Mechanical Systems）の構成微小材料のナノレベル機能発現メカニズムの解明を図るとともに、それらのメカニクスに関する研究に着手する。
- ・耐熱樹脂系複合材料を対象に、フライトシミュレータ下における熱・機械的応答の評価を行う。また、材料データベースのみならず製造プロセス、設計データベースを包含するシステムデータベース構築・整備を促進させる。さらに、産総研RIO-DB「融液成長複合材料」に関してweb上で一般公開するとともに、損傷許容性・耐久性データを拡充する。
- ・歯車の形状測定手法の標準化を目指し、高精度のマスターボールを基準にした歯車のナノレベル形状評価技術の研究開発を行う。
- ・プラントにおけるメンテナンストライボロジー技術の実態調査を引き続き行い、技術課題の抽出と技術体系化のためのマップ作成を行う。
- ・転がり軸受損傷の精密診断技術の開発を目的に、AE発生位置標定法の高度化を図るとともに、AEの発生メカニズムと動的破壊過程の対応関係を明らかにするための微小部観察・分析手法を確立する。
- ・地電流観測ステーションによる地中電荷変動計測を行いデータの蓄積を図る。地電流データ及び気象情報との比較解析を行って異常信号と地震発生との関

連を調べる。封圧下での岩石の圧縮変形試験を行って、岩石破壊と電磁気現象発生との関係を調べる。

別表2 地質の調査（知的な基盤の整備への対応）

我が国の産業の発展、国民生活の安寧はもとより広く人類の持続的発展に貢献するため、国土の利用や資源開発・環境保全に必要な地質の調査、国土の地質学的・地球科学的実態の正確な把握、地球科学に関する基礎的・先導的・応用的研究、ならびに地震・火山等の地質災害の軽減研究を実施するとともに、海外地質調査、国際研究協力及び技術協力を推進し、これらの地質学的・地球科学的情報を広く国民に提供するために、各項目の中期計画に対して平成14年度は以下の研究開発等を行う。

①【地質情報の組織化と体系的集積・発信】

[地質図・地球科学図の作成]

【中期計画（参考）】

- 地震予知・防災に関する緊急性の高い特定観測地域1/5万地質図幅13図幅、社会的及び地球科学的重要地域の1/5万地質図幅17図幅を作成する。1/20万地質編さん図の全国完備を目指して、未出版8地域を作成する。さらに特定観測地域の1/20万総括図8地域の調査を実施する。

《平成14年度計画》

- 地質図の研究では、1/5万地質図幅に関しては、須原・冠山・五條・青森西部・北川を始めとする23地域の地質調査を継続し、戸隠・高砂など8地域の図幅を完成する。1/20万地質図幅については、一関・白河・中津・山口及び小串などについて調査研究・編纂を継続。熊本・福島を完成させる。

【中期計画（参考）】

- 主要四島沿岸海域のうち未調査である北海道東方5海域の調査を行うとともに、1/20万海洋地質図を14図作成する。

《平成14年度計画》

- 第2白嶺丸を用いて、北海道太平洋側沖「落石岬沖海域」の海洋地質調査を行い、得られた資試料等の解析・分析等の実施や地球物理データを処理する等、海洋地質図作成の準備を行う。また、すでに調査の終わっている海域データの解析を進め、日御碕沖表層堆積図、日向灘海底地質図、奥尻島北方海底地質図、枝幸沖海底地質図、金華山沖表層堆積図、見島沖海底地質図の作成をはかる。

【中期計画（参考）】

- 重力基本図4図と50元素の全国1/200万地球化学図を作成し、中国・四国地域における重力調査を実施する。さらに、人為汚染地域の1/20万精密地球化学図作成手法の開発を進める。

《平成14年度計画》

- 重力基本図の研究では、平成13年度までに測定した

九州地域の重力データの編集を行うとともに、中国・四国地域の調査を継続する。これらの結果に基づき、九州地域の重力基本図1枚を完成する。

- 空中磁気図の研究では、平成13年度までに測定したデータの編集により、地殻活動域の高分解能空中磁気異常図1枚を完成する。
- 地球化学図の研究では、全国1/200万地球化学図作成のために主に九州・四国地域から河川堆積物試料を採取・分析し、データを集積する。また、地理情報システムを用いた流域解析を行う。
- 地球化学サイクルにおける風送ダストの研究では、年度初めに集中観測期間を設定し、中華人民共和国及び国内の試料採取を集中的に行い、粒度組成、化学組成の分析を通して他の観測データの基礎データとするとともにモデル化に寄与する。

【中期計画（参考）】

- 大都市圏精密基盤構造図および衛星地盤変動図作成手法を開発する。

《平成14年度計画》

- 大都市圏精密基盤構造図作成に必要な要素・収集すべきデータ等につきさらに検討を続ける。京都盆地南部での大都市圏精密基盤構造図のプロトタイプ作成に向け、データを収集する。首都圏の基盤構造モデル作成のため、既存データを補完する反射法調査を実施し、東京湾から常総台地に至る南北トランセクト地下構造断面を作成する。また引き続き、衛星レーダー干渉測定法による地殻変動検出の際のデータ解析手法の最適化に関する研究を行う。
- 衛星地盤変動図について、アジア都市域の地盤沈下モニタリング事例を増やすほか、利用可能な複数のSAR データ間ならびにアルゴリズムの相互比較を行い、定量化と検証を重点に技術課題の克服に努める。

【中期計画（参考）】

- 未利用地熱資源量評価のために、地熱資源評価システムの設計及び数値地熱資源量分布図の作成を行う。

《平成14年度計画》

- 基盤内貯留層周辺の未利用部を開発するために、坑井間対比等による逸水ゾーンの分布形状の把握と岩盤の透水性に関わる代表体積のモデル解析を行う。カルデラ地熱系については、大型カルデラの熱・水理構造モデルの試作、小型カルデラの現地調査、その他、コア解析、地熱変質の解析を行う。平野部熱水系では地中熱利用のための地質の三次元分布推定法について最適手法を選定する。また、代表的な平野部の熱水系についてモデル化する。また、日本の各種地熱資源賦存量の体系的な把握を目的として、GIS と各種既存データを利用した全国～広域的な温度・貯留構造の解析・表示法を検討・公表する。

【中期計画（参考）】

- ・1/200万鉱物資源図2図、燃料資源地質図2図、1/50万鉱物資源図2図、水文環境図4図、大都市圏の地質汚染評価図2図を作成する。

《平成14年度計画》

- ・50万分の1鉱物資源図「中国・四国」・「九州」を印刷・出版し、「南西諸島・沖縄」の編集を行う。同時に、これらの地域の鉱物資源情報の数値化を行う。また200万分の1鉱物資源図「珪石・長石」作成のための情報整備を行う。
- ・骨材資源の各地域における分布状況・品質および環境負荷の少ない開発法の研究を継続し、骨材確保を支援する。平成13年度の砂利・真砂資源評価を踏まえて、「中国・四国」地方の骨材資源評価を進め、骨材資源図を作成する。
- ・燃料資源地質図作成のため、日本周辺の非在来型（ハイドレート）及び在来型燃料資源の分布等に関する基礎的データの収集・解析、三陸沖周辺の石油地質学的調査とデータの収集・解析、南関東水溶性ガス田の石油地質学的調査とデータの収集・解析、新潟・秋田等の油田堆積盆の石油地質学的データの収集・解析など、燃料資源地質図作成のための基礎的準備を行う。
- ・「八ヶ岳水文環境図」を印刷・公表する。引き続き、「仙台平野水文環境図」のとりまとめを行う。また、山形県及び新潟県における融雪期の地下水調査を行い、その他の時期のデータと比較する。一方、「姉崎」図幅地域内の重金属汚染現地調査および分析を継続する。

[情報の数値化・標準化・データベース整備]

【中期計画(参考)】

- ・1/5万地質図幅315図、出版済1/20万地質編さん図全99図をベクトル化し、数値地質図として整備する。

《平成14年度計画》

- ・新たにベクトル化された数値地質図の整備を行う。
- ・1/5万地質図幅60地域及び1/20万地質編さん図のうち新規出版図幅のベクトル化を行い、それによる高度利用の研究を実施する。
- ・1/20万日本数値地質図のうち、北海道地域について試作版を編集する。

【中期計画(参考)】

- ・新第三紀標準複合年代スケール及びデータベースならびに1/20万地質図の共通凡例を作成し、地質表示基準を完成する。これを用いて1/20万精度の暫定版全国地質図を編さんし、大都市地域の1/20万地質図を再編する。

《平成14年度計画》

- ・微化石層序、古地磁気層序および放射年代のさらなる精度の向上と複合を進めるとともに、広域火山灰層を含む火山灰層序や同位体層序も統合して、新第三紀における標準複合年代尺度の汎用性を高める。

- ・東京及び周辺地域地質図を完成させるとともに、大阪及び周辺地域地質図の編集を開始する。

【中期計画(参考)】

- ・地球化学標準試料を新たに4個作成し、標準値を設定する。

《平成14年度計画》

- ・地球化学標準試料の研究では、要望が高いにもかかわらず現在枯渇して使用制限のある標準試料の再調整として安山岩の標準試料を作成し、標準値を設定するために、共同分析を行うとともに高精度な分析技術の開発を行う。また、個別的分析値を含めて岩石標準試料の各種情報をデータベースとし登録しインターネット上で公開する。

【中期計画(参考)】

- ・地質標本を2万点追加登録するとともに、岩石鉱物・化石の分類・系統・標準研究高度化の第1フェーズとして日本の岩石鉱物カタログを作成する。

《平成14年度計画》

- ・主として日本産鉱物の属性データのデータベース化のための基礎データ照合後のデータの訂正等編集を行うとともに、新規地質標本の受入・登録・収納・管理を行う。地質標本館資料第6号として「木下鉱物標本カタログ」を出版する。

- ・日本変成岩カタログの作成を継続する。変成岩体を主とする各種地質体の形成史を解明する手法の基礎として、造岩鉱物の微細組織と化学組成をもとに鉱物の形成条件を解析する研究を行う。動物硬組織起源の化石の酸素同位体組成を調べ、古環境指標とする手法を開発する。

【中期計画(参考)】

- ・石炭起源ガス、ガスハイドレート等の天然ガスを中心とする燃料資源、大規模潜頭性鉱床等の鉱物資源及び西太平洋の海底鉱物資源情報を体系的に収集する。

《平成14年度計画》

- ・燃料資源に関する各種データの電子化、デジタル化を計り、逐次データベース化していくとともに、資源ポテンシャル評価手法の高度化、総合化に向けたシステムの改良の検討を行う。

- ・CD-ROM 日本鉱床図鑑の増補改訂（国際版）の編集を進める。

- ・北西太平洋域の海底鉱物資源情報基盤DB構築のために、1995年以降現在までの新情報の収集・集録し、公開データベースのデザインと最終版の骨子を確定する。

【中期計画(参考)】

- ・日本地質図データベース、日本全国空中磁気データベース、日本周辺海域の海洋地質データベース、水文地質データベース及び日本地層名検索データベースの構築と、日本地質文献データベース、日本及び

世界地質図索引図データベース、地球化学情報データベース、地質標本管理用データベース、ならびに地質標本館登録標本画像データベースの継続的な更新を行い、ウェブ上に公開する。

《平成14年度計画》

- ・日本地質図データベースについてはプロジェクト化を検討する。
- ・日本全国空中磁気データベースについては、平成13年度に作成した概念設計に基づきデータベースの構築に着手する。
- ・基盤岩類岩石物性データベースの構築に着手し、モデル地域の岩石物性の測定・編集・データベース化を行う。
- ・海洋地質データベース構築の一環として、海上重力・地磁気・水深データの統一的な処理方式について検討する。また、重力データ空白域となっている瀬戸内海のうち東部の海底重力調査を実施する。マリアナトラフ北部・東南極周辺海域・北太平洋等の地磁気異常・地形データの編集・図化を行う。
- ・水文地質データベースへの新規データの追加入力などを行い、研究用の部分公開をめざす。
- ・地層名検索データベースの研究においては、各時代または岩石種別に検索できる検索システム構築を試みる。
- ・日本地質図データベースについては、統合地球科学データベースの基本図となる20万分の1地質図とこれより大縮尺・小縮尺地質図などを組み込むのに問題となっている縮尺の異なる地質図のGISによる統合に伴う不具合と適合性の欠如をテストバージョンとして作成したグラフィカルユーザインターフェース上で検討し、他のデータベースと共にXMLを用いた統合検索システムの概念設計を行う。
- ・地球化学情報データベースについては、変成岩試料を中心として地球化学試料の分析データのデータベースへの登録を進める。
- ・岩石、鉱物、化石標本について、登録番号、標本名、産地、採集者等に関する検索項目を標本管理用データベースとして、岩石1000点、鉱物1000点、化石200点の入力を実施し、データの不備に関して、チェック・訂正を行い新たなデータ項目を追加し、データの整備を行う。また、登録地質標本の画像情報化（電子標本館）のために標準鉱物標本の写真撮影およびデジタル画像化を試験的に実施し、植物化石および鉱石標本の画像情報化を実施する。

【中期計画（参考）】

- ・地下構造3次元データベースと国内モデル5地域の1/20万統合地球科学データベースの試作を行う。

《平成14年度計画》

- ・統合地球科学データベースでは、日本国内及び周辺海域について、20万分の1の区画ごとに統合地球科

学ベクトルデータベースを構築し公表するための設計・研究を行う。

- ・地球物理データと地質データの高度処理研究を継続し、簡易GISビューアを洗練させ各種データベースへ適用する。三次元ビューアへと発展させる研究を行う。

【中期計画（参考）】

- ・これらのデータベース構築に必要な技術開発と標準化を行う。

《平成14年度計画》

- ・次世代高分解能衛星センサーによる地質構造情報識別技術の研究において高分解能衛星センサにより地質構造情報を自動識別するため、断裂系等の構造要素を識別するためのアルゴリズムの開発を行うため、地質調査情報部と協力して識別アルゴリズムの改良を行う。
- ・既存の地球科学データベースの実態調査によって、そこで使われている各種記号や色情報、フォーマット等の局所標準を集計する。
- ・これらデータベース構築に必要な標準化については、その基本設計を行う。

[地質情報の提供]

【中期計画（参考）】

- ・地質の調査に係わる地質図類、報告書、研究報告誌等の出版を継続するとともに、オンデマンド印刷・CD-ROM等電子媒体による頒布体制を整備する。

《平成14年度計画》

- ・地質図類、報告書、研究報告誌等の出版については、年度出版計画に基づき地質図類・報告書・研究報告誌、データ集等、12月までに原稿を受け付けたものについて、年度内発注を行う。オンデマンド印刷について、13年度は1/5万、1/20万、1/50万の地質図に限り受注していたが、14年度は有料頒布している地質図類全てについて（当面1/7.5万地質図は除く）受注することを予定している。

【中期計画（参考）】

- ・新たに地質の調査に関連するメタデータ及び総合的な検索システムをウェブ上に構築する。

《平成14年度計画》

- ・地質の調査に関連するメタデータ及び総合的な検索システムのウェブ上構築については、引き続き発行済で供用中のメタデータを作成する。政府クリアリングハウスに対応したノードサーバーの運用準備を行う。日本地質文献データベース・日本地質図索引図データベースの統一検索システムのための書誌情報の統合および測地法改正による既存データの位置情報修正作業を開始し、世界地質図索引図データベースのウェブの維持・管理に加え、ユーザに使い易いグラフィカルなプレビュー機能を充実させる。

【中期計画（参考）】

- 各種イベントへの参加協力および独自の地域地質情報展などを毎年開催するとともに、地球化学標準試料を含む標準的試料・標本や成果普及物の頒布と野外見学会や普及講演会の実施を行う。

《平成14年度計画》

- 各種イベントの機会をとらえ、「地質の調査」関連分野の研究成果を目に見える形で一般に公表する。14年度は新潟市において新潟地域地質情報展を実施し、成果普及活動を展開する。また、地域に密着した国土データである各種地質図類についての一般の理解を広げるために、当該地域の地質図を中心とした「地質図展」を、北海道地方にて開催する。
- 地質標本館の展示の改修の検討と展示標本の大幅入れ替え。科学技術週間及び産総研一般公開に「鉱物と切手展」「活断層と地震展」を企画、実施。「最新地質図展」「地域地質情報展」を館内で再展示。地域センター等外部で行われる展示会に「移動標本館」として積極的に参加する。ミュージアムショップにおける頒布品目を検討し、グラフィックシリーズを新たに企画する。普及・広報活動として14年度実施予定の2回の特別展に関連した講演会の実施。館内・外での小中学生を対象とした普及講演を行う。普及イベントとしては「化石レプリカ作り」「化石クリーニング」「鉱物に名前をつけよう」「地球何でも相談」を例年通り実施する。

【中期計画（参考）】

- 資源・地質災害等の重点研究分野における産業界、学界、地方自治体等との交流・連携を強化推進するとともに、地学に関する内外からの相談に積極的に応える地質相談を行う。

《平成14年度計画》

- 北海道においては、資源・地質災害等の重点研究分野において産業界・学界・地方自治体等との交流・連携を強化推進する。今まで蓄積された地質情報をユーザーにとって使い易いシステムにまとめ、WebやCD-ROM出版を通じて広く社会に配信し、その過程で生まれた技術的なノウハウやソフトウェア等を、技術シーズとして提供する。
- 関連の自治体等と協力して、有馬－高槻構造線及び琵琶湖西岸活断層系の地表調査や地質ボーリングの収集を行い、地質構造や地盤特性について解析する。慶長伏見地震については、過去の大地震に伴う地変と表層地盤の関係を考察する上での良き素材を提供するので、関連機関と協力しつつ有馬－高槻構造線沿いを中心にして、更に地震痕跡資料の収集に努める。未利用地質資源では、適材地の試料について集中的な性状材料試験を実施し、未利用採石資源地については、本年度の調査結果から調査継続の可否を判断する。産学官連携業務については、地域社会への引き続き積極的な地質情報の提供と宣伝普及活動

に努める。

- 「地質の調査」及び関連研究分野の広報誌でありかつ、地質学の普及雑誌でもある「地質ニュース」を編集するとともに、資料としての有用性を高めるためにバックナンバーのデータベース化を推進する。
- 引き続き相談用資料の充実を図るとともに、相談業務データベースを作成する体制を強化していく。

[地質の調査のための基盤的基礎的研究]

【中期計画（参考）】

- 島弧地域における地史未詳地質体の研究を行い、北部フォッサマグナ構造図の作成等による島弧地質現象モデルの高度化、地質調査技術の高精度化を行う。

《平成14年度計画》

- 島弧の地質構造を解明するにあたって、重要であるが実態がよく判っていない地域や未解決の問題点について、各分野の専門家が共同で取り組む。重要地域の中古生代テクトニクス、火成岩・変成岩の属性、などの解明、北海道地域の地質に関する研究などを継続して行い、さらに新規テーマとして近畿地域の第四紀テクトニクスに関する研究を開始する。
- 西南日本領家帯の塩基性岩の形成史を明らかにする。

【中期計画（参考）】

- 地殻深部の不均質構造探査手法の研究を行うとともに、古地磁気／岩石磁気手法の高度化と海底付近での物質循環や海底環境把握手法の開発を行う。

《平成14年度計画》

- 地殻深部からマントルに到るまでの反射体・速度・比抵抗・温度などの不均質構造探査手法の研究を引き続き行い、群発地震域・速度場・比抵抗場・温度場などにおける不均質構造の意味を解明する。特に地震・深部反射波・温度場・水等の相互の関係について検討する。また内陸地殻深部の微小地震の破壊過程について、従来提唱されてきたモデルよりも複雑なものを用いてシミュレーションを行い、観測事実を説明することを目指す。
- H13年度に得られた結果をもとに、海底熱水系から放出される熱水の流量と、それにより運ばれる熱／物質量の変動を定量的かつ長期的にとらえるための観測を行い、結果を誌上発表する。
- 過去250万年間の古地磁気強度変動曲線を確立するとともに、過去数万年間の古地磁気強度を還元環境堆積物から高分解能で求める研究に着手する。さらに、平成13年度に発見された地磁気伏角の長周期永年変化について、再現性や空間的広がりを把握する。日本海及びオホーツク海から採取された堆積物コアの磁化率異方性及び環境岩石磁気分析を行い、初期成作用による岩石磁気変化を検出するとともに、古環境指標を抽出する。
- 我が国周辺海域の構造発達史・海洋環境変遷史と鉄・マンガン酸化物形成・有用金属濃集プロセスと

の関連を具体例に基づいて検討、海底熱水鉱床、鉄・マンガン酸化物の探査、開発に関わる将来の技術・展望を提言するためのレビューを実施、我が国南方域、南部中部太平洋等を主な調査フィールドとし、陸上の海成鉱床・堆積物も対比しつつ、海域での現場測定、調査に基づいて資源形成を含む物質の移動・挙動を定量的に解明、深海底及びその近傍における物質・エネルギーの移動・循環を定量的に把握するため、機器開発、技術開発、現地調査を実施する。

- ・石垣島白保サンゴ礁の数十年の海洋汚染の復元を行う。また、石垣島のサンゴ礁において水温、塩分、アルカリ度等を測定し、サンゴ礁生態系の回復促進に関して具体的提言を行う。
- ・海草藻場評価のための海域調査におけるプロトタイプを確立する。また小型飛行船を加えた統合測位システムを用いて、全システムを同時に実海域で運用する技術の開発を現地実験を通して試み、実用化に向けて、設計図や運行指針を提示する。また汽水域における環境計測システムの改良を行い、閉鎖性水域においては柱状堆積物の化学分析による環境影響原因解明法の確立を目指す。

【中期計画（参考）】

- ・アジアの金資源の開発・利用におけるリスク要因の研究とリスクアセスメントの高度化を国内外で行う。《平成14年度計画》
- ・アジア太平洋地区における資源開発とそのリスクについて情報を収集し、リスクコミュニケーションの手法を用いて情報を解析し、資源行政や東南アジア諸国に対して資源開発におけるリスク管理のあり方を提言する。

【中期計画（参考）】

- ・二次イオン質量分析法による精密同位体分析法の開発を進め、地質不均質系成因モデルを構築する。《平成14年度計画》
- ・二次イオン質量分析法（SIMS）やレーザープローブ法等による微小領域における年代測定法や同位体分析法の開発を進め、シリコン同位体挙動に関するモデルの探索、マグマ輝石間の分配、サンゴ試料等に関する時間分解能の高い環境変動解析、ユレイライト隕石母天体の分化過程の制約条件等に関する研究を行う他、隕石中微量有機物の分析結果を解析する。また、北東アジアの地質と鉱物資源に関する国際研究の成果を公表する。

②【深部地質環境の調査・研究】

【中期計画（参考）】

- ・地層処分システムに係る地球科学的知見・データの取りまとめと分析を行い、安全性評価のための論理モデルを構築するとともに、地下水流動モデルや長期的な物質の挙動のナチュラルアナログ等の研

究を行う。

《平成14年度計画》

- ・放射性核種移行の解析コード作成を目的としたナチュラルアナログ等の研究として、3地点の精密調査地域の地質調査を開始する。第1は、ウランの濃集帯を含む新潟県金丸地域（5km×5km）であり、地表地質図の作成、河川の水質調査、土壌・風化帯の地化学調査を行う。第2は、Th濃集帯のある茨城県高取鉱山地域（3km×3km）であり、地下50mまでの地化学調査を開始する。第3は、花崗岩の石切場を含む茨城県笠間地域であり、列か系・水質調査を行う。上記のフィールド調査に関連した室内実験として、地下水の水質形成機構、核種の溶解・沈着の変化予測に関する研究、地下微生物の影響に関する研究、岩石の流体移動特性、岩石破壊・変形の定量評価とメカニズム解明および論理モデルの構築の研究を行う。

【中期計画（参考）】

- ・東北南部の列島横断地帯及び地質項目毎の代表的地域において、総合的な広域地質調査・解析を実施するとともに、長期変化プロセスとメカニズムの抽出・検証、及び定量的な影響評価解析・予測手法等の研究を行い、技術資料等を整備する。

《平成14年度計画》

- ・花崗岩地帯の地下水流動の研究では、東北南部花崗岩地域（阿武隈高地）において、花崗岩の風化状態の把握、高重力地域の原因の究明、地化学組成や各種の同位体比による地下水の循環系の把握を行う。隆起沈降の研究では、東北南部において地殻変動量測定の基準となる地形面編年のための野外調査・各種分析を行い、その分布を明らかにする。深部流体の上昇については、地下水中に極微量含まれる深部上昇流体の検出手法の開発を行いとともに、現地調査・試料採取・同位体比測定を実施する。火山の影響の研究では、北部九州等における火山地域周辺の変質の種類とその要因の研究、西南日本における単成火山等の火山活動の時空分布とそのプロセス及び断層運動に伴う地層変位の分布等に関する調査・研究を実施する。これらの研究により長期変化プロセスのメカニズムの抽出と解析・予測手法の確立を行う。火山岩の年代測定のために導入した K-Ar 年代測定装置の試運転を開始させ、最適な測定方法や条件を検討する。

【中期計画（参考）】

- ・既存公表資料を対象とした地質の隔離性に関する全国データベースシステム、及び地質構造解析システム等のデータ処理システムを構築する。

《平成14年度計画》

- ・5万分の1地質図幅のデジタル化、ボーリングデータベース及び陸海域の物理探査データベースを統合し

た高度利用についての研究を実施するとともに、長期的な火山活動と断層活動に関する既存データの集約、地質を構成する岩石の化学組成と岩石・岩盤の物性値についてのデータ収集と堆積岩地域における年代層序の精緻化をはかる。これらデータのファイル化及びデータベース化されているファイルの導入の検討をすすめると共に、統合データベースシステムの基本設計を行う。また、地質構造解析システムについて、データが豊富な資源地域を例に試行的な処理を行い、その結果を元にシステムの基本設計を検討する。

【中期計画（参考）】

- ・深部地質の災害や環境保全に関する要素や指標を抽出し、それらの地域分布に関する各種の地質環境図類を作成し、分かり易い形での情報発信を行う。

《平成14年度計画》

- ・地質災害や地下水等の環境保全に関係する地下地質の要素の総合的調査・研究を行い、阿武隈地域とともに、仙台・神戸市周辺域などの都市域を例にした環境地質図類を作成する。また、情報技術を用いたそれらの地質情報の発信を行う。

③【地震・活断層及び火山の調査・研究】

[地震・活断層]

【中期計画（参考）】

- ・全国主要活断層の第一次調査、及び第一次評価を完了し100年以内の地震発生確率を明らかにするとともに、平成16年度末までに活断層12件の調査報告書を発表する。

《平成14年度計画》

- ・前年度までの揖斐川断層、関谷断層、伊予灘 MTL、深谷断層、及び琵琶湖西岸断層系の調査成果のまとめを行う。
- ・前年度に実施した上町断層系と木曾山脈西縁断層帯の調査を補完するための調査を行うとともに、邑知潟断層帯において、トレンチ及びボーリング調査等に着手する。
- ・新たに、牛首断層、境峠・神谷断層帯、黒松内断層帯の調査に着手するとともに、宮城県による長町一利府線断層帯の評価を見直すための調査に着手する。
- ・C級活断層の実態を明らかにするため、2000年鳥取県西部地震による地震断層の精密測量調査を実施する。

【中期計画（参考）】

- ・活断層ストリップマップ3図、1/50万活構造図3図、地震発生危険度マップ1図を刊行する。

《平成14年度計画》

- ・活断層データベースの整備に関しては、98主要活断層及びその他の重要活断層（50程度）についてデータベース化を行う。
- ・活断層ストリップマップの発行に関しては、1/2.5

万伊那谷断層ストリップマップの編纂・刊行及び1/2.5万富士川河口断層帯ストリップマップの編纂を完了する。

- ・1/50万活構造図の編纂に関しては、1/50万活構造図新潟の編纂を完了するとともに、1/50万活構造図金沢の編纂を進める。
- ・地震発生危険度マップに関しては、資料収集を行う。
- ・活断層・古地震研究報告に関しては、No.2を編纂・刊行する。
- ・活断層研究センターニュースに関しては、毎月刊行する。

【中期計画（参考）】

- ・2つの活断層系を対象として、セグメンテーション及びセグメントの連動を解明する。

《平成14年度計画》

- ・北アナトリア断層系1999年地震断層の東端に位置する1967年地震断層についてセグメント構造の調査を行い、破壊過程の予測手法に利用できる活動・地震セグメントの数を増やして精度の向上に寄与する。また、同断層系の海域におけるイベント堆積物の調査等により、10回程度分以上の長期にわたる活動性を明らかにし、力学モデルの計算に必要な歪み速度の一様性を確認する。
- ・海溝型地震に伴うプレート間メガスラストとプレート内派生断層の挙動を解明する研究について、相模トラフおよび国外の事例を対象に、FS 調査を実施する。
- ・車籠埔断層については、当該国の研究機関が主体となって実施する発掘調査に参加し、共同で調査結果の分析を継続する。
- ・海外の断層系と国内の地震断層について、セグメントの相互作用について統計的・力学的モデルの検討を進める。

【中期計画（参考）】

- ・京阪神2地域の震源断層モデルと地下構造モデルを完成し、被害予測図を作成する。

《平成14年度計画》

- ・地震動被害予測図の研究、現実的な断層モデルに基づく破壊過程の研究、震源過程を考慮した強震動手法の開発を行う。大阪平野の3次元地下構造データをコンパイルし、上町断層や他の活断層、海溝型地震による強震動計算を進める。液状化痕跡・強震動に基づく地震被害予測に関する日米共同研究を継続して進める。
- ・津波被害予測図の研究に関しては、北海道東部における津波堆積物の分布、津波の発生要因となる地震像の特定、津波数値シミュレーションをまとめ、津波被害予測図（H15年度出版予定）の準備を行うとともに、津波堆積物の特徴、津波発生メカニズムの理解のための事例的研究を進める。津波・沿岸地質

に基づく古地震の日米共同研究を継続して進める。

【中期計画（参考）】

- ・地下水等の変動観測システムと前兆的地下水位変化検出システムを構築する。

《平成14年度計画》

- ・東海地震の前兆的地下水位変化を算出できる観測点を増やして4点程度にする。その際、想定東海地震震源モデルが平成13年度に変更（西方に拡大）したことを考慮して計算を行う。近畿およびその周辺の活断層における内陸直下型地震に関しても、前駆滑りモデルが提出された場合には同様の計算ができるように10点程度において、地下水位の地殻歪に対する感度を、周波数依存性を考慮した上で計算する。
- ・台湾における地震予知のため地下水等観測システムの構築に協力し1999年集集地震前後の地下水変化を明らかにする。

【中期計画（参考）】

- ・活断層による歪蓄積過程を把握し、モデル地域における活断層深部構造物性図の作成を行う。

《平成14年度計画》

- ・陸域震源断層の深部のすべり過程モデル化のための地質学、地球物理学的調査、室内高温高压実験、各種データ統合のためのデータベース作成、及び統合モデル作成を行う。断層深部構造探査手法確率のためのシミュレーション手法の開発、断層近傍での地震、歪等の観測の継続、及び新たな観測を開始する。

【中期計画（参考）】

- ・室内実験および野外観測調査により断層の深部すべり過程のモデルを構築し、地震発生予測のためのシステムを設計する。

《平成14年度計画》

- ・強震動予測等に必要とされる基盤までの S 波速度構造の決定を目指し、P-S 変換波などを利用した S 波構造探査法の研究を行い、特に構造が複雑な場における探査法の確立とそれらを利用した速度構造の解明を行う。既存の反射法データから S 波速度情報を抽出するための解析手法の開発・完成を目指す。またそれを利用した速度決定を行う。明瞭な活断層が地表に現れていない地域および類似地域において、深部構造と浅部構造の関係、地震断層の直上の構造などを解明する。福井平野の重力データを追加取得し重力図を出版する。平野部での3次元構造解明のための既存データの編集を行う。
- ・上部地殻に相当する温度・圧力条件における岩石の摩擦強度回復実験を行う。また、実験条件として水圧をコントロールできるシステムを構築する。CO₂ 地下貯留に関する研究のために開発した多相流解析ソフトを発展させて、地震サイクルおよび断層運動のシミュレーションに適用するための研究を開始する。

- ・岩石の破壊・すべり実験において発生する微小破壊の特性やすべり過程と歪や強度の分布との関係について詳細に調べる。地震発生過程の解明に資することを目的に、南アフリカ金鉱山における採鉱に伴う地震や地殻変動の震源極近傍での観測、岩石試料を用いた物性・地殻応力の測定等を行う。

【中期計画（参考）】

- ・日本周辺海域の地質構造・地震性堆積物の解析から、地震発生頻度の予測手法を開発する。

《平成14年度計画》

- ・主に既存データに基づいて、断層関連褶曲の解析、潜水船による調査による写真・ビデオデータの解析、地震性タービダイトに基づいた、海底活断層の活動度・地震頻度の解明方法を検討する。東海沖において、潜水調査船「しんかい2000」を用いた潜航調査を実施する。

[火山]

【中期計画（参考）】

- ・薩摩硫黄島、有珠・岩手火山観測を行い、マグマ供給系の物理化学過程を明らかにする。

《平成14年度計画》

- ・薩摩硫黄島・三宅島・岩手などの火山ガス放出過程の理解を目的として、火山ガス放出量・化学組成の観測を行い、その変動要因のモデル化を行う。薩摩硫黄島・有珠・岩手・磐梯・九重火山などで地殻変動・放熱量観測などを行い、マグマ上昇過程・火山の浅部構造のモデル化を行う。噴火過程・マグマ溜まりにおける化学進化の理解を目的とし、薩摩硫黄島・三宅島・有珠火山などの噴出物の解析を行う。有珠山・三宅島周辺に展開されている臨時地下水観測網のデータを解析し火山活動に伴う地殻歪変化や物質・熱移動による地下水変化を明らかにする。

【中期計画（参考）】

- ・雲仙平成新山の科学掘削を行い、マグマ上昇モデルを検証し、噴火成長史・マグマ発達史を構築する。

《平成14年度計画》

- ・雲仙火山周辺で土壌ガス・地下水・遊離ガス調査を実施し、雲仙火山における火山ガス成分の供給・放出過程を明らかにする。雲仙火山および周辺部火山活動の時間空間分布、化学組成変化を明らかにし、広域テクトニクスとの関連を明確にする。

【中期計画（参考）】

- ・火山科学図および火山地域地球物理総合図の作成手法を開発するとともに、火山地質図2図を作成し、第四紀火山活動の時空分布および火山衛星画像をデータベース化する。

《平成14年度計画》

- ・岩手、三宅島火山の火山地質図作成調査を継続し、岩手火山の地質図原稿を完成する。三宅島火山の暫定版原稿 CD を作成し、関係諸機関に配布する。将

来、小規模噴火の可能性のある火山（草津白根山、磐梯山、箱根山、口永良部島など）の噴火ポテンシャル評価のための予備調査を実施する。山陰地方の第四紀火山活動分布を明らかにするための現地調査、既存データコンパイル、補備的 K-Ar 年代測定を行う。瀬戸内火山活動の時間空間分布と化学組成変化から、同火山活動の成因を明らかにする。伊豆小笠原弧の火山活動の時間空間分布を取りまとめ、同位体分析からマグマ成因モデルを作成する。

- 衛星画像データベースの全体計画を基に、プロトタイプデータベースに数値地形モデルを格納できるようプログラム開発を実施する。また、データベースに登録する火山を増やすとともに、衛星画像データの蓄積を進める。分光測定を継続するとともに、試料の詳細な写真撮影を開始し、それらのデータを衛星画像データベースに取り込む。考案した岩質指標を用いて定量的な解析を行うための検討を行い、その限界を明確にする。また、ASTER 放射率プロダクトによる地表岩石の SiO₂含有量マッピングを試行する。

【中期計画（参考）】

- 火山体地質環境・変質部等の脆弱部を空中物理探査から定量的に評価する手法を確立する。

《平成14年度計画》

- 空中物理探査による火山の山体安定性評価手法の開発のために、平成13年度に整備した高分解能空中磁気探査装置を用い、モデル火山において空中物理探査を行う。火山地域地球物理総合図に必要なデータの整備を図る。
- 富士火山山体変動観測を継続して行う。

④【緊急地質調査・研究】

【中期計画（参考）】

- 社会的要請への組織的かつ機動的な対応のために必要な調査・研究の調整を実施するとともに、地震、火山噴火、地すべり等の地質災害発生時には、直ちに情報収集の体制を組み、必要に応じて緊急調査研究を実施し、現地調査観測情報および関連情報を一元的かつ速やかに提供する。

《平成14年度計画》

- 毎年1、2度発生している地震・火山噴火地すべり、地盤沈下等の自然災害に関して、緊急調査の実施体制をとって、正確な情報を収集し、行政・社会ニーズに応える。関連分野間の連絡体である地質調査総合センターを通じて、国土基盤に関連する各種調査研究の成果が最大限発揮できる様、必要な調整を行う。
- 三宅島火山活動の継続に対応し、引き続き緊急対策本部を維持し、噴火活動の観測を行い、随時噴火予知連絡会に報告するとともに、標本館展示、ホームページ等様々な方法での一般への普及活動を行う。

産総研三宅島火山噴火緊急対策本部、地質調査総合センターの各ユニットの研究者や地質調査部と連携して、噴火活動の把握と脱ガス過程を解明することにより、緊急観測班による観測研究を推進する。

- 地震・火山等の地質災害に関する最新情報を関連ユニットと連携して、緊急展示を行う。

⑤【国際地質協力・研究】

【中期計画（参考）】

- 地質の調査に係る国際協力の枠組み作り、国際地質標準の設定に向けた企画調整、および国際機関関連業務等に関する実施内容の策定を行うとともに、2国間、多国間および国際機関に係わるプロジェクトについての企画および実施の調整を行う。

《平成14年度計画》

- 東・東南アジア地域を中心とした環太平洋地域等の地質・地球科学情報の信頼性の向上と国際標準化に資するため、情報収集を行うとともに、研究部門の国際研究活動の支援を行うとともに、我が国唯一の「地質の調査」に係わる公的研究機関としての責務を果たす。また、海外の地球科学関連研究機関との研究交流を図るため、関連する研究部門との連携のもとに適切な研究協力協定の締結を目指す。

【中期計画（参考）】

- CCOP（東・東南アジア沿岸・沿海地球科学計画調整委員会）、ICOGS（国際地質調査所会議）等に係わる活動に、我が国を代表する実施機関として参画する。

《平成14年度計画》

- CCOP の年次総会、運営理事会に参加し、加盟国かつ協力国としての我が国の責務を果たすとともに、CCOP を通して実施されるプロジェクト DCGM-IV の実施主体である研究部門と連携を図り、当該研究の円滑な運営に参画する。ICOGS のアジア地域の幹事国として、関連研究部門と連携して、ICOGS の活動に係るデータベースの収集、更新を行う。

【中期計画（参考）】

- 東・東南アジア地域の地球科学情報収集を実施するとともに、鉱物資源データベース、地熱資源データベース、及び海洋地質環境情報デジタルデータベースを構築し、小縮尺東アジアの地質災害図を作成する。

《平成14年度計画》

- アジア都市域の地球科学情報を収集し、データベースと地理情報システムによる解析技術を確立し、データの標準化について検討する。アジア東部の地質構造のデジタルデータを完成させ、東南アジアの地質構造と対比し、地質境界や凡例の統一を図る。モンゴル地質調査所の地質情報図の現状調査を行い、日本を含む東ユーラシア各国間での地球科学情報共有化の可能性を探る。中国北西部の地質構造の発達

過程について検討する。アジアのテレーンデータおよび深成岩類の情報を収集し、アジアにおける対比を進める。東アジア自然災害データの数値情報を元にデータベースを作成し、CD-ROM化をめざす。

- ・「アジア地熱資源データベース」では、各国がデータ収集作業を行い、大部分のデータの収集を完了するとともに、最適なデータベースシステムの設計を行う。また、我が国の地熱資源データ収集・基礎的な地熱資源データ解析を行う。「東・東南アジア地下水データベース」では、参加各国から水井戸データを収集し、データベースに入力する。また、地下水情報の収集のため中国で水文調査を実施する。
- ・タイのチャオプラヤデルタの河道・水路で行った音波探査データに関するDBを、CCOPとDMRの共同出版物としてCD-ROM出版する。ベトナムメコンデルタにおいては、音波探査の完了とボーリング調査のとりまとめを行う。また、カンボジアのトンレサップからメコン河に沿っての共同調査準備を行う。
- ・アジアモンスーン域より100年以上の記録を有する試料を採取し、年輪形成の基礎研究を実施する。

【中期計画（参考）】

- ・アジア地域における地質情報の標準設定と地球科学図類の数値化、データベース化、メタデータ構築を実施するとともに、インターネットによるアジア各国との地球科学情報交換システムを整備する。

《平成14年度計画》

- ・インターネットによるアジア各国との地球科学情報交換システム整備については、既に構築したメタデータの英文化を拡充し、世界地質図索引図のデータ中、英語以外の地図名の英文翻訳を開始して順次供用する。
- ・インターネットを活用して、アジア地域のデータ収集や更新を効率よく実施するためインフラとソフトの整備を行う。具体的にはアジア諸国政府や関係国際機関（CCOP、UNESCAP、UNESCOなど）と連携しつつ地球科学情報を整備し、効率的な地球科学的調査研究の基盤整備を推進することを目的として、アジアにおけるネットワークを利用した地球科学情報交換メタデータシステムの構築を推進する。

別表3 計量の標準（知的な基盤の整備への対応）

我が国経済活動の国際市場での円滑な発展を担保するため、計量標準及び法定計量に関する一貫した施策を策定し、計量の標準の設定、計量器の検定、検査、研究及び開発並びにこれらに関連する業務、並びに計量に関する教習を行う。その際、メートル条約及び国際法定計量機関を設立する条約のもと、計量標準と法定計量に関する国際活動において我が国を代表する職務を果たすため、各項目の中期計画に対して、以下の

研究開発等を行う。

① 国家計量標準の開発・維持・供給

知的基盤整備特別委員会の目標・方針に基づいて計量標準の開発・維持・供給を行う。上記目標を年度展開した計量標準整備計画を精緻化すると共に、計量標準についての産業界のニーズ調査等を進め、今後の整備スケジュールに反映させる。今年度は、標準供給の品質システム整備を強力に推進する。国際計量研究連絡委員会では省庁の壁を越えた協力が出来るよう協議を進めると共に、産業界との調整と協力も併せて進めるよう努力する。

【中期計画（参考）】

- ・計量標準の分野ごとに計量標準の開発・維持・供給を行い、ISO/IEC17025及びISOガイド34に適合する品質システムを構築して運営する。また、国家計量標準と国家計量標準機関が発行する校正証明書に関する相互承認協定（以下グローバルMRAと略す。）の枠組みの中で計量標準の国際比較と国際相互承認を行う。

《平成14年度計画》

- ・第一期中期間末までに新たに158種類の供給を開始することを目標としているが、これをできるだけ早期に達成するため、今年度は物理標準10種類以上、標準物質20種類以上、合計30種類以上の新たな標準の供給開始を目指す。
 - ・H13年度の標準物質に関する調査に引き続き、H14年度は物理標準に関するニーズ、シーズ調査を行い、標準整備計画に反映させる。また、バイオ、セラミックなどの個別的なテーマについても、その動向に合わせて対処方針策定のための調査を行う。
 - ・法定計量に関わる課題の調査、事務の合理化等を進める。
 - ・計量標準の普及と供給体制整備を支援するために、計量に関わる研修を行う。
 - ・グローバルMRAのAppendixC（参加研究所の校正能力リスト）について、60校正項目の登録を完了させる。また、各国から提出されたリストの国際評価プロセスに10名以上が協力する状態にする。
 - ・継続的・安定的な標準供給体制の構築と国際基準への適合性を確保するために、ISO/IEC17025の適合性証明を取得し、またISOガイド34に適合した品質システムを構築する。ISO/IEC17025の適合性証明については、今年度末までに60種類以上の取得完了を目指す。
- ー引き続き、ブロックゲージ及び標準尺の光波干渉測定技術の高度化を継続し、また高分解能デジタルスケール、光波干渉測長機、固体の屈折率の測定技術の研究を継続する。距離計に関しては、その依頼試験を行い、技術マニュアルを作成する。JCSS認定制度に結びつく技能試験を1件以上、

そして依頼試験を2件以上実行する他に、APMP 基幹国際比較（当所が幹事所）を継続実施する。また、二国間比較を1量（距離計）実施する。さらに、国内の認定事業者の技術審査を5件以上行い、外国の標準機関のピアレビューに協力する。また、長さ関連量の先端的計測技術の開発を行う。

- －表面粗さと真直度の標準供給を開始する。また、角度標準の高度化に重点をおき整備を進める。昨年度標準供給を開始した幾何学量の9項目に対して円滑に標準供給ができるように、整備・維持する。品質マニュアル技術編を4件以上完成させ、ピアレビューを2件以上受ける。CCL の国際比較に3件参加する。また、ロータリーエンコーダに関し、独国との間で比較測定を実施する。
- －光ポンピング方式周波数標準器の精度・操作性の向上のため、共振器及びオープン試作とその評価を行う。発振器を低温化し低雑音化を図る。周波数遠隔校正のための GPS 受信機の持ち回り試験を進め、校正の不確かさの評価を行う。光周波数計測システムを開発する。装置諸条件の最適化を図り、安定化レーザの周波数測定を開始する。各波長域（赤、緑、光通信帯等）での波長標準の研究・開発を引き続き行う。また、DSP（デジタルシグナルプロセッサ）制御装置を製作し、安定度を評価する。
- －時間周波数の国際相互承認データベースへの登録作業を進める。光ポンピング方式周波数標準器を再立ち上げ、その不確かさの再評価を図り、国際原子時（TAI）の校正を再開する。よう素安定化 He-Ne レーザ波長標準について、技能試験に関わる技術的要求事項を改訂し、所内外の校正サービスを行う。レーザ波長（532nm）の依頼試験を開始する。合わせて、国際相互承認データベース（通称、BIPM Appendix-C）への登録を計画し、国際比較（二国間）を行う。
- －13種類の計量標準の維持・供給を継続する。質量について、既範囲での高精度化・自動化、次年度範囲拡大の5000kg 対応技術を開発する。力について、2年間で約100基の力基準機校正を実施、高精度力計の性能評価技術を開発する。トルクについて、次年度以降範囲拡大対応の20kN・m トルク標準機性能評価を行う。重力加速度計について、校正技術高精度化研究を継続する。圧力について、現状供給の範囲拡大の対応の5kPa 以下及び500MPa 以上の標準を開発する。真空標準について、膨張法で1Pa～0.1mPa の標準供給実施、オリフィス法で0.1mPa 以下の開発整備を行う。光波干渉標準気圧計の改造と不確かさの評価を行う。
- －質量について、CCM.M-K5 基幹比較幹事担当と持ち回り比較を開始する。力について、CCM.F-

K4へ参加する。トルクについては、20kN・m レンジの多国間比較を計画する。液体高圧力標準について、100MPa の基幹比較と APMP 比較の幹事担当と運営を行う。真空・低圧力標準について、APMP と二国間比較を行う。力、圧力の主要範囲で校正マニュアルの整備とピアレビューを実施する。大質量分銅及びトルクメータ1kN・m 以下に対応し次年度ピアレビューに向けた校正マニュアルを整備する。

- －認定事業者へ質量、力、圧力（約10件）の標準供給を行う。分銅、一軸試験機、圧力天びん等の技能試験を実施する。第二階層の質量計、圧力計の技能試験を開始する。主として第1階層校正事業認定審査の技術アドバイザーを務め、技術委員会、分科会に参加、技術基準整備・規格化への積極的貢献により JCSS 認定機関に協力する。MRA 実施の為に海外標準機関のピアレビューに協力する。部門内の圧力液や分銅の校正依頼に応え、他の標準の維持と立ち上げに協力する。
- －音響標準では、レーザピストンホン校正装置の基礎データをとり、アクチュエータによる校正技術について検討を行う。超音波標準では、水の超音波減衰補正技術を研究し、測定周波数を10MHz まで拡張して不確かさの周波数特性を検討する。また各種の干渉計による超音波音圧測定系の不確かさを評価する。振動加速度標準では、特定の振動数で不確かさが大きくなる問題について改善し、標準供給範囲の拡大に向けた見通しを得る。硬さについて技術マニュアルを作成する。微小硬さの変位計測装置の改良、及び圧子先端の応力場解析を行う。衝撃試験の国際比較を実施する。音速標準物質の測定の不確かさを見積もる。
- －音圧レベル標準、振動加速度に関しては、MRA を念頭に品質システムの整備、並びにピアレビューを受ける。シャルピー衝撃標準では、JCSS に代わる依頼試験を1件以上実施する。
- －抵抗温度計定点校正の機器整備を行う。熱電対の特定二次標準器の校正を行う。0～1100℃熱電対定点の技能試験参照値供給開始を目指した整備・不確かさ評価を行う。白金パラジウム熱電対のドリフト特性の測定を開始する。抵抗温度計領域の品質マニュアルを作成し、品質システムを整備する。接触式温度計 jcsc 技術的要求事項適用指針について、熱電対1085℃拡大版を策定する。貴金属熱電対の特性評価を行う。温度遠隔校正技術開発のための抵抗温度計振動試験を行う。
- －低温標準では、標準供給装置の開発を行い、0℃～84K のカプセル型 Pt 抵抗温度計の比較校正用の冷却システムを製作する。Hg・Ar・O₂・平衡 H₂の三重点を実現して、Hg・Ar の三重点の再現

- 性を確認する。補間用気体温度計の圧力計に温度制御系を付加し、圧力測定を行い定点校正を除いた補間用気体温度計本体を実現する。3He 蒸気圧温度計の蒸気圧測定を行って3He 蒸気圧温度目盛を実現する。
- 放射温度標準では、特定副標準器の校正を行い、放射温度計の持ち回り技能試験を行う。品質マニュアルを整備し、ピアレビューを受ける。常温域においては、品質マニュアルの整備等を進め、校正業務の効率化・信頼性向上を図る。耳式体温計校正技術に関しては、JIS 規格等に記載されている性能評価試験方法の実験的検証を行う。中温域においては、中温域赤外線標準放射温度計の性能評価及び改良を進めると共に、中温域における定点校正技術の検証を行う。
 - 高温用湿度発生装置について、試験槽の温度測定装置を整備し、全体の不確かさの評価を行って、露点+85℃までの依頼試験を開始する。低湿度発生装置について、モニター用露点計を整備し、改良を行って、露点-70℃まで特定二次標準器の校正を開始する。湿度の基幹国際比較 CCT-K6に参加する。微量水分の標準に関しては磁気浮遊天秤を用いて拡散管の評価実験を行い、拡散速度に対する温度、圧力、形状等の効果を調べ、拡散速度の大きさと安定性など微量水分発生に基本的な特性を調べる。乾燥管と流量制御による希釈装置を製作し、APIMS による10ppb 以下のレベルの水分評価法を開発する。配管材料への水分吸着量を評価する。
 - 気体中・小流量について、品質システム整備と運用を開始する。内部監査利用のメンテナンスを実施し、ピアレビューを受ける。気体小流量：校正範囲拡大の為、音速ノズル臨界条件の実験データを収集し、極微小気体質量の高精度計測の為の装置開発を実施する。開発の超精密音速ノズルの技術の ISO 化の為フランスとの国際比較を実施し、国内企業と協力し JIS 規格原案の草案作成を実施する。
 - 液体大流量、体積の標準供給を継続する。校正責任者を専任化する。品質システム整備と運用を開始する。内部監査と品質システムのメンテナンス、ピアレビューを受ける。液体中流量：特定標準器の整備用設備と水道メータの試験設備の管理手順等調整と設備の部分的改良を行う。液体大流量：今後保守計画を策定する。
 - 石油大流量について、標準設備改良工事と実験による設備性能の最適化、不確かさ解析を試行する。スウェーデンとの2国間比較により不確かさを確認する。国勢サービスの安全化効率化の為の改良を検討し、基幹比較参加の為の事前調整を行う。
 - 新方式コリオリ流量計高安定度移送標準を開発し、レーザにて流量計内部振動の精密計測解析し世界最高性能とし PTB と2国間比較を計画する。
 - 品質システム完成とその運用並びに、内部監査にてそのメンテナンス、ピアレビューを実施する。基幹比較の幹事業務担当、移送標準の選定、プロトコルの草案を作成、CCM-WGFF で承認後比較を推進する。APMP 基幹比較の幹事を担当し、同様な業務を担う。老朽化の微風速の特定標準器（走行台車）の改修にて安定かつ効率的な標準供給とする。
 - 既存の10種類の計量標準に対して品質システムの運用を開始し、ピアレビューを受ける。
 - 各種固体熱物性の計測技術と一次標準器の開発、及び標準物質の開発を進め、熱膨張率標準物質（300K-1000K）と熱拡散率標準物質（300K-1200K）の供給を開始する。
 - 密度標準に関しては jcss 標準供給を継続し、幹事所として密度の CIPM 基幹比較結果をまとめ、シリコン結晶に基づく密度標準体系のピアレビューを受けてアペンディックス C へ登録する。圧力浮遊測定に関してはドイツ PTB との二国間比較を実施する。光周波数制御によるシリコン球体の体積の絶対測定、密度標準液の開発と供給を行う。粘度標準に関しては、粘度の CIPM 基幹比較に参加して、依頼試験を8件以上実施し、粘度標準研究会を運営する。回転式粘度計を標準整備計画に加えるための基礎データを蓄積する。
 - ナノ粒径範囲に蒸発残渣発生が少ない微細液滴発生法、および粒子質量分析における応答時間の高速化を図る。液体中の粒子と気泡の識別実験として、蛍光分光装置を組み込んだ粒子計数装置の性能評価を行う。粉体特性測定技術の信頼性評価を行い、これに基づいて試験用標準粉体の特性項目、物質の候補選定を行う。
 - 直流電圧標準に関し8件程度の校正業務を行う。13年度に供給を開始した直流分圧器標準に関し本格的な校正業務を開始する。また、Appendix C への登録を行う。直流電圧標準、直流分圧器標準に関し品質システムを完成させ、ピアレビューを受ける。1V プログラマブル・ジョセフソン接合アレシステムの開発に着手する。
 - 抵抗標準（1Ω、10kΩ）に関し6件程度の校正業務を行う。量子化ホール抵抗測定装置の不確かさを10-8台まで向上させ、国際比較を行う（CCEM-K10予定）。また、低抵抗標準の開発に着手する。
 - キャパシタンス標準の供給に関し範囲の拡大を行う（新たに10pF at 1592Hz）。キャパシタンス標準の容量拡張システム、キャパシタンス標準の

- 周波数拡張システム、誘導分圧器標準を用いたひずみゲージ測定用精密計測器の校正システムの開発を行う。誘導分圧器分圧比標準供給の範囲拡張（新たに0.1–1.0at 1kHz, 100V）を行う。キャパシタンス標準の二国間比較の準備を行う。インダクタンス標準の開発に着手する。
- 交直変換（AC/DC）標準については、(1) 10Hz–1MHz の周波数範囲、0.5V–1000V の電圧範囲に対応可能な新交直変換器群の整備、(2) 熱電気特性評価用ファスト・リバーズ DC 測定システムの整備、(3) 交直差比較測定システムの整備を行う。また、APMP プログラム、AC-DC 高電圧比較に参加する。また、遠隔校正を目指した AC-DC 標準校正システムのプロトタイプ2号機および実用機の開発を行う。平行して、インターネットを利用した遠隔校正の技術開発を進める。
 - 交流電力標準について、前回実施された国際比較の試験点と今後想定される高調波を含む歪み電流に対応したシステムの構築を目指す。今後整備される交流電流、交流電力等の国家標準にトレーサブルな交流電流の試験範囲の拡張と、有効電力と無効電力を分離した交流電力標準システムにおける各電力の純度を確保するための交流電流比標準システムの整備を行う。
 - 110GHz までの多バンド導波管用および同軸60GHz 用電力測定装置を設計・試作する。10MHz–18GHz 広帯域減衰量標準を確立し、周波数範囲の拡大の研究に着手する。減衰量国際比較のための伸介器の測定を行う。マイクロ波インピーダンス標準について検討し基礎実験を行う。2GHz–18GHz 用広帯域同軸雑音標準用校正装置を製作評価する。高出力レーザパワー光源の整備、測定装置の試作・実験を行う。光パワー減衰量標準開発の基礎実験を行う。
 - 18GHz 同軸電力標準と減衰量標準の校正システムを整備し、マニュアルを作成、ピアレビューを受けて品質システムを整備する。高周波電圧については、品質システム対応に向けて整備する。指定校正機関である日本品質保証機構に対して、高周波電圧、高周波電力およびレーザパワーの特定副標準器の校正を10件程度行いその不確かさ評価を行う。通信総合研究所に対して1件の電力計校正を行う。
 - 平成13年度に開始したダイポールアンテナのアンテナ係数標準の依頼試験を継続し、周波数ごとに異なる不確かさの見直しと JCSS 供給制度へ移行するための校正方式の検討と技術開発を行う。JCSS 技術分科会に向けて技術資料作成、持ち回り試験用伸介器の整備などの組織化運営を行う。JCSS における認定事業者の技術審査を行う。
- JCSS 技術委員会での活動に協力し、JCSS の普及に貢献する。CIPM/ CCEM、APMP/TCEM 等の国際的活動に協力するとともに外国標準研究所から依頼された校正の品質システムのピアレビューに貢献する。
- GHz 帯アンテナ標準として、X バンドホーンアンテナの置換測定校正に必要な測定装置を開発する。30MHz 以下のアンテナ係数の標準開発と校正技術の開発、設備整備を開始する。
 - 光度、光束等の標準の JCSS、依頼試験での供給を行うとともに、極低温放射計の性能向上を図り国際比較を行う。分布温度、分光放射照度等の標準の見直しを行い、分光放射照度の高精度化を図り、国際比較に参加する。また、白色拡散体の絶対反射率測定での誤差解析を行うとともに校正装置を完成させる。ならびに、品質システムの整備を4件行い、ピアレビューを受けるとともに、CIPM 国際比較を1件、二国間比較を2件実施する。JCSS による特定副標準器の校正を1件行い、依頼試験での供給を1件開始する。
 - 軟 X 線照射線量につき各種補正係数値を求め、標準設定を促進する。中硬 X 線の種々の線質条件での標準の再設定と国際比較を行う。γ 線について電離箱の壁効果の補正係数を得る。放射光 X 線用イオンチェンバーでの生成イオン測定の精密化を図るとともに、軟 X 線計測のカロリメータの製作を行い、多段型イオンチェンバーでの数百 eV 領域での関連相互作用定数の測定、解析および整理を行う。また、JCSS の校正を約5件、依頼試験を約10件実施する。CIPM 基幹国際比較を1量実行する。さらに、外国の標準機関のピアレビューに協力する。
 - β 線核種放射線国際比較を行うとともに、面線源についての作成手法の開発、RI 廃棄物クリアランス検認技術の確立およびγ 線核種放射能標準のリモートキャリブレーションを日本 RI 協会との間で試みる。また、中性放出率および熱中性子フルエンス率の国際比較を実施するとともに、品質システム確立のため技術マニュアルを作成し、高速中性子フルエンスの精密エネルギー測定を行い、多層膜型高速粒子検出器の中性子検知膜作製装置を試作する。さらに高エネルギー光子場の基盤を完成する。また、技術マニュアルを約9量に関して作成し、ピアレビューを2件受ける。CIPM 基幹国際比較を約5量、アジア地域における基幹国際比較を約4量実行する。さらに、二国間比較などを約4量実行し、外国の標準機関のピアレビューに協力する。開発された標準関連の高精度な技術をよりどころとして依頼試験を約8件実施する他に、国内外の機関に対して、技術指導、共同研究

を実施する。

- －金属標準液3品目、環境組成標準物質1品目（有害金属分析用湖底質）を完成させる。また、新規金属標準液1品目、非鉄金属系標準物質1品目の開発に着手する。新規高精度分析法の開発、既存の一次標準測定法の高度化を目指す。これまでに開発した環境組成標準物質の安定性試験を行うと共に、開発予定の分析対象物の計測法を開発する。環境中微量 PCB の計測法、界面を利用した高感度分析法、生体試料中微量成分などの新規分析法の開発に取り組む。CCQM 活動に関しては、鉄鋼中の微量金属分析のパイロットラボラトリーを勤めるとともに、電気伝導度測定、pH 測定、陰イオンの定量、底質中有機スズの定量、などの国際比較に参加する。
- －有機標準に関しては有機混合標準液1種、環境ホルモン標準液5種、農薬などの標準液2種、魚油中の農薬1種の合計9物質程度を開発する。標準ガスについては、アルデヒド類及びSF₆等の温暖化標準ガスの開発を開始する。高分子関連では、分子量標準物質2種を供給開始し、2種の開発を完了する。標準ガス・標準液併せて2～5件の国際比較に参加する。PCB 等標準物質6種類の開発を継続するとともに、PCB 簡易分析装置の評価を行う。光導波路を利用した極微量物質の高感度測定法／簡便手法の開発と評価を引き続き行う。分子量計測2国間比較、国際比較を通じた NMR あるいは LC-NMR の高精度化を行い有機標準物質開発への寄与をする。また、開発した標準物質については速やかに供給するため、標準ガス、有機標準液、分子量標準等の品質システム整備に着手する。
- －材料のマイクロ領域評価技術、表面・薄膜の超高精度高感度計測技術の開発を継続する。標準物質では、鉄-クロム合金、鉄-ニッケル合金、鉄-炭素合金の候補標準物質を作製し、15種の標準物質の認証を行う。各層の厚さが20nm の SiO₂/Si 多層膜標準物質を確立するとともに、認証を目指す。膜厚が10nm 程度の超格子標準物質および膜厚が10nm 以下の極薄膜標準物質の開発を始めるとともに、極薄膜では CCQM パイロットスタディに参加する。表面分析用標準スペクトルデータの蓄積および分析分科会との共同試験2件を続ける。平成12年度に開発・認証した GaAs/AlAs 超格子標準物質の経時変化測定を行う。
- －不確かさ評価における統計的問題点および評価手法の確立のため、分割型計画に対応可能な分散分析支援技術、モンテカルロ法適用による複雑な組立量の不確かさ解析・合成手法、評価の効率化をめざした変量模型の母数化手法を検討する。また、産総研内外における不確かさ評価および品質工学

手法適用の支援、事例収集・整理、評価手順書の発行等を行う。

【中期計画（参考）】

- ・グローバル MRA の枠組みの中で、我が国の国際比較への参加を企画・管理し、品質システムの審査に関しては海外の計量技術専門家による国際査察を企画・管理する。また我が国の国家計量標準の国際相互承認を企画・管理する。

《平成14年度計画》

- ・計量標準国際比較を支援し、移送標準器の輸出入を滞り無く行うとともに、国際比較に必要な渡航を支援する。同時に、国際比較予定と結果の総表を更新し、グローバル MRA の AppendixB（公認された国際比較結果）への登録を推進するとともにこれを Web に掲載し、国内校正事業者等の利便を図る。
- ・グローバル MRA の AppendixC（参加研究所の校正能力リスト）について、60校正項目の登録を完了させる。また、各国から提出されたリストの国際評価プロセスに10名以上が協力する状態にする。
- ・各国標準研究所相互の国際 review は13年度持ち越し分を含めて5分野30以上の校正項目について実施し、主要な分野の多くが終了した状態とする。

【中期計画（参考）】

- ・計量法に基づいて高精度の校正サービスを行う校正事業者の認定に係る認定申請書類の技術審査、現地審査、技能試験における移送標準器の校正（参照値の導出）を行う。

《平成14年度計画》

- ・計量法に基づいて高精度の校正サービスを行う校正事業者を育成する立場から、認定に係る認定申請書類の技術審査、現地審査、技能試験における移送標準器の校正（参照値の導出）の依頼を受託し、これを実施する。

【中期計画（参考）】

- ・計量法認定計量管理事業者制度に基づいて極微量物質の分析を行う事業者の認定に係る認定申請書類の技術審査、現地審査、技能試験における移送標準物質の校正（参照値の導出）を行う。

《平成14年度計画》

- ・技術審査（初年度）が円滑に進むように協力していく。また、問題点等が出てきた場合に適切な対応を図っていく。
- ・技能試験に関して、審査項目（試料採取・前処理、分析等の手順、分析データ、データ処理方法、精度管理等）を検討し、書式を整備する。技能試験に用いる標準物質については、昨年に引き続き、各種標準液を混合した試料を作成し、その参照値を導出する手順を検討する。また、審査員の信頼性を確認するためにダイオキシン国際キャリブレーションと塩素化ナフタレン国際キャリブレーションに参加した

結果をまとめ、平成14年9月にスペインで開催されるダイオキシン国際会議で公表する。

【中期計画（参考）】

- ・開発された計量標準技術を活用して、化学物質の標準スペクトルデータ及び材料の熱物性に関する標準データを測定により取得し、その信頼性を評価して一般に公開する。

《平成14年度計画》

- ・分散型熱物性データベースに関しては、平成14年度に供給を開始する熱物性標準物質の標準値および標準物質候補材料について取得したデータを収録する。また代表的な金属、半導体、セラミックスなどの文献データを収集、評価し、100件程度の標準データを収録する。さらに基本材料および新規に開発される材料について500件以上の熱物性データを収録する。
- ・スペクトルデータベースでは、引き続き NMR、IR、MS のデータ収集を行う。さらに、新しい SDBS の立ち上げ、新規データの公開、辞書部の統一、後継者の更なる育成などを行い、統合的運営を目指す。

② 特定計量器の基準適合性評価

H13年度の調査結果に基づき、新たな評価システムに関するレポートをまとめる。また、新システムの為の基盤整備について、公的機関・事業者との協議を開始する。

【中期計画（参考）】

- ・国際比較への参加を企画・管理し、品質システムの審査に関しては国際査察を企画・管理する。また、計量器の型式承認について試験データの受け入れに関してドイツ、オランダ、英国などとの国際相互承認を企画・管理する。

《平成14年度計画》

- ・相互承認協定に基づく国際証明書の発行が円滑となるよう試験体制の整備を進め、燃料油メータや耳式体温計等の分野で国際L証明書発行を目指す。国際交流計画に基づく専門家の相互訪問を行う。OIML、MAA への対応業務の実施体制の整備を図る。

【中期計画（参考）】

- ・法定計量の国際相互承認に必要な分野において品質システムを構築して運営する。

《平成14年度計画》

- ・燃料油メータ試験品質文書について年度前半では正を完了する。他3機種の特定制量器については、品質文書を完成させる。

【中期計画（参考）】

- ・我が国の特定制量器の技術基準に関し、国際法定計量機構（OIML）の国際勧告に対応して5機種について国際整合化を行う。タクシーメータ等の計量器に対する型式承認試験の国際比較に参画する。また4機種の型式承認に関して OIML 計量証明書の発

行を行い、そのうち2機種に対して試験データの受け入れに関する国際相互承認を行う。

《平成14年度計画》

- ・当該5機種に関する技術基準を精査し、運用面での検討を行い、必要に応じて関連する文書類の整備を行う。非自動はかりの OIML 証明書の発行実績を1件以上行う。
- ・検則 JIS 化に合わせ、技術基準の国際整合化を実現させる。モジュール型式承認のシステムを文書化し、内外の調整を図る。ソフト認証に関しては、民間企業との共同研究を推進させる。

【中期計画（参考）】

- ・型式承認に係る技術審査、試験業務に関しては、非自動はかり、燃料油メータなどを中心として要素型式承認の導入に基づき、試験及び技術審査業務を行う。また基準器検査等の検査業務に関しては、認定事業による校正を導入した新たな検査システムを構築して実施する。

《平成14年度計画》

- ・型式承認については、前年と同様に行う。基準器検査については、つくばと大阪との新業務分担に基づく体制で行う。なお、基準器検査の実施部門が異なる機種については、十分な技術情報の提供、円滑な移転作業及び基準器検査マニュアルの改定に協力する。
- ・型式承認については、前年と同様に行う。基準器検査については、平成14年度の新たな区割りで業務を実施する。又、認定事業者による校正を可能にする為に基準器検査規則及び基準器検査マニュアルを整備し、公開する。

【中期計画（参考）】

- ・特定制量器のうち、ガスメータ、水道メータ等の4機種について日本工業規格の原案作成を行う。

《平成14年度計画》

- ・タクシーメータの JIS の原案を作成する。ガス・水道・燃料油メータ、非自動はかり、血圧・体温計の JIS 素案を作成する。計量法総則の改定案を作成する。

③ 次世代計量標準の開発

国際度量衡委員会（CIPM）の勧告を考慮しつつ先導的な計量標準の技術開発を進め、次世代の計量標準に結実させる。

【中期計画（参考）】

- ・主要な研究課題として、原子泉方式による新時間標準、光周波数計測による高精度広域波長標準、電磁気量に基づく新質量標準、共晶点を利用した超高温標準、高温白金抵抗温度計による新国際温度目盛、粘度の新国際標準、高速・高精度の交流電圧標準、イオンビーム堆積物質量標準、情報技術を利用した新しい標準供給方式などを考慮し、適宜柔軟な計画

の見直しとチーム編成のもとに技術開発を行う。

《平成14年度計画》

- 原子泉周波数標準器の周波数安定度と不確かさの評価を進める。また、金属-炭素共晶では高温定点の再現性向上、定点温度値の精密決定及び不確かさ評価法の確立を行う。さらに、白金抵抗温度計の962°Cを超える温度での安定性評価を及び絶縁リークの影響評価と軽減法の開発を行う。水ヒートパイプによる温度制御装置の精密評価及びナトリウムヒートパイプ定点温度精密実現・温度計相互比較技術の開発を行う。粘度の絶対測定に関しては、落球の形状計測を行い落球回収機構を整備する。1V プログラマブル・ジョセフソン接合アレーを用いた校正システムの開発に着手する。

④ 国際計量システムの構築

国際計量研究連絡委員会では省庁の壁を越えた協力が出来るよう協議を進めると共に、産業界との調整と協力も併せて進めるよう努力する。

【中期計画（参考）】

- アジアを中心とした開発途上国へ国家標準器の校正サービスを行い、共同研究を推進する。また、技術協力プロジェクトにおける専門家の派遣、技術審査員（ピアレビューアー）の派遣等、相手国の計量システムの構築と向上を支援する。

《平成14年度計画》

- タイ国 NIMT 設立支援では JICA プロジェクトでの3名の長期専門家派遣、NIMT スタッフ5名の JICA 研修、8名の短期専門家派遣、国内委員会事務局業務を着実に進行。ベトナム VMI 関係のプロジェクト協力依頼やワークショップ講師派遣には積極的に応じる。さらに、ピアレビュープロジェクトを着実に遂行し、また、その他の APEC 資金獲得の努力を行う。

【中期計画（参考）】

- 国際計量システムの発展に資するため、中国、韓国、欧米先進諸国の研究機関と共同研究・国際比較等を行う。

《平成14年度計画》

- 国際比較については全体として10以上の CIPM 比較、4以上の APMP 比較に参加する。また、5以上で幹事所を努める。さらに、8以上の2国間比較を実施する。

【中期計画（参考）】

- アジア太平洋計量計画（APMP）で議長国と事務局の役割を務める。また地域計量機関と国際度量衡局（BIPM）の合同委員会（JCRB）に参画する。また、メートル条約の CIPM 諮問委員会で作業部会の議長や委員を引き受ける。

《平成14年度計画》

- APMP 議長国と事務局を継続し、定期刊行物と

ともに情報ブックレットを発行する。また、ホームページについてはニュース性での改善と資料集としての役割強化を図る。ベトナムで開催される18回総会を支援し、その成功につくすとともに、次期議長の選出を行う。その際に、議長と独立に事務局を日本で維持することを検討する。計量標準国際相互承認（MRA）の為に、APMP で不足している国際比較の実施を組織する。その中で、途上国メンバーとその政府機関に対し、メートル条約加盟と MRA への参加を呼びかけていく。世界レベルでの会議においてはアジアからの発言力の維持・強化に努める。また、各種委員会幹事等、適切な数の役職を確保して貢献する。

- CIPM 委員については、特に CCM 議長としての活動が遅滞無きよう支援する。その他、世界レベルの計量機関における役職数の増加を図る。

【中期計画（参考）】

- 国際法定計量機構（OIML）の枠組みの中で、OIML の国際相互承認協定の締結に関し、OIMLTS3/SC5 の活動を積極的に行う。また、アジア太平洋法定計量フォーラム（APLMF）の議長国と事務局を引き受ける。

《平成14年度計画》

- OIML についてはすべての技術文書について作成過程で必要な意見が提出できるよう、外部の国際化対応委員会に協力していく。また、TC/SC での貢献増をはかり、可能であれば議長職を引き受ける。さらに、技術文書についての提案も可能性のある分野で試みる。
- APLMF の事務局では、定期刊行物とともに情報ブックレットの発行体制を確立し、ホームページを立ち上げる。また、作業グループの改廃やその活性化等、必要な組織変更を図ると共に、穀物水分計の技術基準作り等、従来の情報伝達とトレーニング中心の活動を越えた情報発信機能を備える方向で活動する。

⑤ 計量の教習と人材の育成

9月に竣工予定の「くらしと計量センター」へ環境系の実習及びユーティリティ実習の設備を移転するとともに整備を行う。また、さくら館の物理系実習の整備を進める。さらに、安全管理衛生対策を進める。

【中期計画（参考）】

- 国内向けに年間12000人・日の一般計量の教習、年間4000人・日の環境計量の教習を企画・実施する。環境計量講習に関しては、民間の求めの増大がある場合これに対応する。計量士の再教育制度が設けられる場合には、計量教習機能を強化する。

《平成14年度計画》

- 一般計量教習、一般計量特別教習、環境計量特別教

習、短期計量教習、環境計量教習（濃度）、環境計量講習（騒音振動関係）を合わせて16,000人日以上の教習を企画し実施する。さらに、ダイオキシン分析事業者のための特定計量証明事業管理者講習、指定製造事業者制度教習等を実施する。平成15年度に向けて、地方庁の人材育成へのニーズ、計量士に対する社会的ニーズに的確に対応するため、一般計量関連教習の見直しに着手する。

【中期計画（参考）】

・年間200人・日の計量技術者研修を企画・実施する。
《平成14年度計画》

・計量技術者研修に関しては、計量標準フォーラム・人材育成 WG のアンケート調査結果への対応について検討する。

【中期計画（参考）】

・校正事業者、環境計量証明事業者の適合性評価を行う審査員のための品質システム研修を行う。
《平成14年度計画》

・審査員研修に関しては、認定審査員を NITE との共催で2回、NMIJ 計量標準品質システム研修会を2回実施することを目標とする。

【中期計画（参考）】

・アジア諸国を中心に JICA 技術協力等に基づき、法定計量と計測技術に関して年間500人・日の技術研修の企画・調整を行う。
《平成14年度計画》

・JICA 技術研修では、期間が3ヶ月に短縮されたため、内容の充実に努める400人日以上の研修を行う。またタイ国との二国間技術協力プロジェクトに付随する技術研修への協力を行う。

【中期計画（参考）】

・計量の技術分野毎に民間の計量技術者が校正業務、環境計量証明業務の遂行等に際して容易に参照できるような専門技術書（モノグラフ）を企画・編集する。
《平成14年度計画》

・技術者向けモノグラフについては2巻以上発行を目指す。また計量教習の資料を編集し、教科書として汎用的に使えるモノグラフ1巻の発行を目指す。

《別表4》 予算

平成14年度予算

単位：(百万円)

区 別	金 額
収入	
運営費交付金	68,411
施設整備費補助金	260
受託収入	17,060
うち国からの受託収入	11,730
うちその他からの受託収入	5,330
その他収入	1,850
計	87,581
支出	57,351
業務経費	42,091
うち鉱工業科学技術研究開発関係経費	2,091
地質関係経費	4,874
計量関係経費	5,776
技術指導及び成果の普及関係経費	4,610
施設整備費	260
受託経費	15,091
うち中小企業対策関係経費受託	500
石油及びエネルギー需給構造高度化	3,086
技術開発関係経費受託	
電源多様化技術開発関係経費受託	1,523
特許生物寄託業務関係経費受託	475
原子力関係経費受託	903
公害防止関係経費受託	800
その他受託	7,804
間接経費	14,879
計	87,581

《別表5》 収支計画

平成14年度収支計画

単位：(百万円)

区 別	金 額
費用の部	88,937
経常費用	88,937
鉱工業科学技術研究開発業務費	37,403
地質業務費	4,441
計量業務費	5,120
技術指導及び成果の普及業務費	4,109
受託業務費	11,628
間接経費	13,034
減価償却費	13,199
退職手当引当金繰入	3
財務費用	0
支払利息	0
臨時損失	0
固定資産除却損	0
収益の部	92,054
運営費交付金収益	61,167
国からの受託収入	11,730
その他の受託収入	5,330
その他収入	1,850
寄付金収益	0
資産見返負債戻入	11,977
財務収益	0
受取利息	0
臨時収益	0
固定資産売却益	0
純利益	3,117
目的積立金取崩額	0
総利益	3,117

《別表6》資金計画

平成14年度資金計画

単位：(百万円)

区 別		金 額
資金支出		87,581
	業務活動による支出	75,738
	鉱工業科学技術研究開発業務費	37,403
	地質業務費	4,441
	計量業務費	5,120
	技術指導及び成果の普及業務費	4,109
	受託業務費	11,631
	その他の支出	13,034
	投資活動による支出	11,843
	有形固定資産の取得による支出	11,843
	施設整備費の精算による返還金の支出	0
	財務活動による支出	0
	短期借入金の返済による支出	0
	翌年度への繰越金	0
資金収入		87,581
	業務活動による収入	87,321
	運営費交付金による収入	68,411
	国からの受託収入	11,730
	その他の受託収入	5,330
	その他の収入	1,850
	寄付金収入	0
	投資活動による収入	260
	有形固定資産の売却による収入	0
	施設整備費による収入	260
	その他の収入	0
	財務活動による収入	0
	短期借入による収入	0
前年度 よりの 繰越金		0

6. 職 員

形態別・職能別職員数

所属名称	役 員	職 員			総 計
		研究職員		行政職	
		総 数	(内 招へい型任期付研究職員)		
理事	11				11
監事	1				1
監事監査室		1		3	4
研究コーディネータ		3			3
企画本部		67		23	90
評価部		12		3	15
環境安全管理部		6		7	13
深部地質環境研究センター		32		(1) 2	34
活断層研究センター		14		(2) 2	16
化学物質リスク管理研究センター		17	(3)	(6) 2	19
フッ素系等温暖化物質対策テクノロジー研究センター		12	(2)	(2) 2	14
ライフサイクルアセスメント研究センター		10		(3) 2	12
パワーエレクトロニクス研究センター		12	(1)	(2) 2	14
生命情報科学研究センター		14	(5)	(6) 2	16
生物情報解析研究センター		24	(9)	(6) 2	26
ティッシュエンジニアリング研究センター		10	(1)	(3) 2	12
ヒューマンストレスシグナル研究センター		14	(5)	(4) 2	16
強相関電子技術研究センター		12	(1)	(1) 2	14
次世代半導体研究センター		28	(2)	(4) 7	35
サイバーアシスト研究センター		13		(5) 3	16
マイクロ・ナノ機能広域発現研究センター		7	(1)	(1) 2	9
ものづくり先端技術研究センター		14	(2)	(2) 2	16
高分子基盤技術研究センター		23	(3)	(5) 2	25
光反応制御研究センター		26		(7) 2	28
新炭素系材料開発研究センター		19	(1)	(3) 2	21
シナジーマテリアル研究センター		14		(2) 2	16
超臨界流体研究センター		14	(1)	(2) 2	16
スマートストラクチャー研究センター		15		(4) 2	17
界面ナノアーキテクトニクス研究センター		19		(1) 2	21
グリッド研究センター		17	(1)	(4) 1	18
爆発安全研究センター		8		(1) 1	9
糖鎖工学研究センター		16	(2)	(2) 1	17
年齢軸生命工学研究センター		11	(5)		13
技術と社会研究センター					1
計測標準研究部門		218	(1)	(10) 3	221
地球科学情報研究部門		94		(1) 2	96
地圏資源環境研究部門		70		(3) 2	72
海洋資源環境研究部門		60		(2) 2	62
エネルギー利用研究部門		108	(1)	(10) 4	112
電力エネルギー研究部門		84		(5) 2	86
環境管理研究部門		72		(7) 2	74
環境調和技術研究部門		73	(2)	(8) 2	75
情報処理研究部門		36	(1)	(4) 2	38
知能システム研究部門		72		(7) 2	74
エレクトロニクス研究部門		61		(4) 2	63
光技術研究部門		85		(5) 2	87
人間福祉医工学研究部門		57		(7) 2	59
脳神経情報研究部門		54	(1)	(10) 2	56

資 料

所属名称	役 員	職 員			総 計	
		研究職員		行政職		
		総 数	(内 招へい型任期付研究職員)			(内 若手型任期付研究職員)
物質プロセス研究部門		65		(7)	2	67
セラミックス研究部門		64		(7)	2	66
基礎素材研究部門		106		(7)	2	108
機械システム研究部門		50	(1)	(4)	2	52
ナノテクノロジー研究部門		45	(1)	(6)	2	47
計算科学研究部門		26	(1)	(5)	2	28
生物機能工学研究部門		100	(4)	(16)	3	103
人間系特別研究体		34	(1)	(5)	1	35
生活環境系特別研究体		51		(2)	1	52
薄膜シリコン系太陽電池開発研究ラボ		3				3
デジタルヒューマン研究ラボ		9	(1)	(2)	1	10
ライフエレクトロニクス研究ラボ		10				10
次世代光工学研究ラボ		6				6
微小重力環境利用材料研究ラボ		1				1
純度制御材料開発研究ラボ		6				6
メンブレン化学研究ラボ		15		(1)		15
マイクロ空間化学研究ラボ		6		(1)		6
先端バイオエレクトロニクス研究ラボ		4	(1)	(1)		4
極微プロファイル計測研究ラボ		4				4
ジーンファンクション研究ラボ		6	(1)	(1)		6
単一分子生体ナノ計測研究ラボ		5	(1)			5
フェロー		3	(1)			3
先端情報計算センター		2	(1)		17	19
特許生物寄託センター		3			3	6
ベンチャー開発戦略研究センター					2	2
技術情報部門		21			10	31
産学官連携部門		59			88	147
成果普及部門		26			63	89
国際部門		17			22	39
業務推進部門					206	206
能力開発部門		2			33	35
財務会計部門					85	85
研究環境整備部門					57	57
北海道センター		2			1	3
東北センター		2				2
臨海副都心センター					1	1
中部センター		1				1
関西センター		1				1
中国センター		2				2
四国センター		1				1
九州センター		2				2
管理監		8				8
総 数	12	2416	(65)	(227)	729	3157

7. 財務諸表

貸借対照表

(平成15年3月31日)

(単位：円)

科 目	金 額	
資産の部		
I 流動資産		
現金及び預金		47,477,348,522
研究業務未収金		5,751,728,089
たな卸資産		148,791,210
未収金		196,275,156
前払費用		84,020,009
その他流動資産		<u>145,322,241</u>
流動資産合計		53,803,485,227
II 固定資産		
1 有形固定資産		
建物	133,356,973,431	
建物減価償却累計額	<u>△11,769,820,998</u>	121,587,152,433
構築物	13,988,292,248	
構築物減価償却累計額	<u>△1,612,777,407</u>	12,375,514,841
機械及び装置	27,369,040,162	
機械及び装置減価償却累計額	<u>△ 2,391,307,550</u>	24,977,732,612
車両運搬具	96,369,477	
車両運搬具減価償却累計額	<u>△ 44,646,918</u>	51,722,559
工具器具備品	94,535,851,475	
工具器具備品減価償却累計額	<u>△ 26,089,090,590</u>	68,446,760,885
土地		110,061,283,669
建設仮勘定		<u>10,904,742,927</u>
有形固定資産合計		348,404,909,926
2 無形固定資産		
借地権		1,769,408,804
電話加入権		<u>63,360,000</u>
無形固定資産合計		1,832,768,804
3 その他の資産		
敷金・保証金		46,870,996
長期前払費用		33,343,174
互助会預託金		<u>25,792,000</u>
その他の資産合計		106,006,170
固定資産合計		<u>350,343,684,900</u>
資産合計		<u><u>404,147,170,127</u></u>

貸借対照表

(平成15年3月31日)

(単位：円)

科 目	金 額
負債の部	
I 流動負債	
運営費交付金債務	3,774,165,791
預り施設費	874,686,765
預り寄付金	9,357,991
研究業務未払金	9,645,753,492
未払金	36,576,639,180
リース債務	49,065,562
前受金	211,677,130
預り金	137,206,723
未払消費税等	<u>346,331,600</u>
流動負債合計	51,624,884,234
II 固定負債	
長期リース債務	19,531,558
資産見返負債	
資産見返運営費交付金	10,948,478,074
資産見返寄付金	1,097,075
資産見返物品受贈額	<u>16,132,589,924</u>
無利子借入金	46,291,324,000
引当金	
退職手当引当金	<u>4,588,335</u>
固定負債合計	<u>73,397,608,966</u>
負債合計	125,022,493,200
資本の部	
I 資本金	
政府出資金	<u>272,882,321,363</u>
資本金合計	272,882,321,363
II 資本剰余金	
資本剰余金	11,923,167,139
損益外減価償却累計額	<u>△ 16,325,113,355</u>
資本剰余金合計	△ 4,401,946,216
III 利益剰余金	
研究施設等整備積立金	21,444,593
積立金	5,319,223,169
当期末処分利益	<u>5,303,634,018</u>
(うち当期総利益 5,303,634,018)	
利益剰余金合計	<u>10,644,301,780</u>
資本合計	<u>279,124,676,927</u>
負債資本合計	<u>404,147,170,127</u>

損益計算書

(平成14年4月1日～平成15年3月31日)

(単位：円)

科 目	金 額	
経常費用		
研究業務費		
人件費 *1	35,539,142,792	
減価償却費	12,665,732,735	
その他の研究業務費 *2	<u>30,960,971,055</u>	79,165,846,582
一般管理費		
人件費 *3	6,717,876,243	
減価償却費	197,755,536	
その他の一般管理費 *4	<u>5,905,681,801</u>	12,821,313,580
財務費用		
支払利息	3,067,405	
その他財務費用	<u>79,014</u>	<u>3,146,419</u>
経常費用合計		91,990,306,581
経常収益		
運営費交付金収益		
運営費交付金戻入	63,133,773,037	
資産見返運営費交付金戻入	<u>1,331,953,433</u>	64,465,726,470
物品受贈収益		9,866,663,353
知的所有権収益		281,929,465
研究収益		834,875,644
受託収益		20,715,894,749
寄付金収益		13,446,855
財務収益		
受取利息	621,177	
その他財務収益	<u>92</u>	621,269
雑益		<u>1,114,640,165</u>
経常収益合計		97,293,797,970
経常利益		5,303,491,389
臨時損失		
固定資産除売却損		253,064,541
過年度ソフトウェア費 *5		<u>476,685,500</u>
臨時損失合計		729,750,041
臨時利益		
資産見返運営費交付金戻入		9,816,768
物品受贈収益		243,247,773
過年度物品承継受贈益 *5		476,685,500
その他の利益		<u>142,629</u>
臨時利益合計		729,892,670
当期純利益		<u>5,303,634,018</u>
当期総利益		<u><u>5,303,634,018</u></u>

資 料

キャッシュ・フロー計算書

(平成14年4月1日～平成15年3月31日)

(単位：円)

科 目	金 額
I 業務活動によるキャッシュ・フロー	
研究業務支出	△ 27,397,877,846
人件費支出	△ 42,515,766,807
その他の業務支出	△ 6,246,590,851
運営費交付金収入	68,411,330,000
受託収入	19,582,597,295
手数料収入	72,704,925
寄付金収入	15,362,589
知的所有権収入	148,496,418
建物及び物件貸付料	792,083,279
消費税等還付金	2,879,436,710
その他の業務収入	1,229,648,607
小 計	16,971,424,319
利息の受取額	683,505
利息の支払額	△ 3,150,683
業務活動によるキャッシュ・フロー	16,968,957,141
II 投資活動によるキャッシュ・フロー	
有形固定資産の取得による支出	△ 40,671,996,585
有形固定資産の売却による収入	1,271,640
施設費による収入	10,646,041,298
その他の投資支出	△ 56,452,996
投資活動によるキャッシュ・フロー	△ 30,081,136,643
III 財務活動によるキャッシュ・フロー	
ファイナンス・リース債務の返済による支出	△ 135,995,580
無利子借入金による収入	46,291,324,000
財務活動によるキャッシュ・フロー	46,155,328,420
IV 資金に係る換算差額	—
V 資金増加額	33,043,148,918
VI 資金期首残高	14,434,199,604
VII 資金期末残高	47,477,348,522

利益の処分に関する書類

(平成16年3月8日)

(単位：円)

科 目	金 額	
I 当期末処分利益		
当期総利益	<u>5,303,634,018</u>	5,303,634,018
II 利益処分額		
積立金	5,180,224,462	
独立行政法人通則法第44条第3項により 主務大臣の承認を受けた額		
研究施設等整備積立金	<u>123,409,556</u>	<u>123,409,556</u>
		<u>5,303,634,018</u>

行政サービス実施コスト計算書

(平成14年4月1日～平成15年3月31日)

(単位：円)

項 目	金 額	
I 業務費用		69,306,059,491
損益計算書上の費用		
研究業務費	79,165,846,582	
一般管理費	12,821,313,580	
財務費用	3,146,419	
臨時損失	<u>729,750,041</u>	92,720,056,622
(控除)		
物品受贈収益	△ 452,446,355	
知的所有権収益	△ 281,929,465	
研究収益	△ 834,875,644	
受託収益	△ 20,715,894,749	
寄付金収益	△ 13,446,855	
財務収益	△ 621,269	
雑益	△ 1,114,640,165	
臨時利益	<u>△ 142,629</u>	<u>△ 23,413,997,131</u>
II 損益外減価償却等相当額		
損益外減価償却相当額	9,094,006,803	
損益外固定資産除却相当額	<u>329,100,067</u>	9,423,106,870
III 引当外退職手当増加見積額		△ 2,009,342,468
IV 機会費用		
国有財産無償使用の機会費用	341,162,708	
政府出資等の機会費用	<u>1,869,486,750</u>	<u>2,210,649,458</u>
V 行政サービス実施コスト		<u><u>78,930,473,351</u></u>

注記事項

I. 重要な会計方針

1. 運営費交付金収益の計上基準

費用進行基準を採用しております。

2. 減価償却の会計処理方法

有形固定資産

定額法を採用しております。

なお、主な耐用年数は以下のとおりであります。

建物 10～50年

構築物 10～50年

機械及び装置 20～30年

車両運搬具 2～6年

工具器具備品 2～15年

また、特定の償却資産（改正前独立行政法人会計基準第77）の減価償却相当額については、損益外減価償却累計額として資本剰余金から控除して表示しております。

3. 退職手当に係る引当金及び見積額の計上方法

自己収入により退職手当を措置する場合には、国家公務員退職手当法に定められている自己都合退職手当の要支額を引当金として計上しておりますが、運営費交付金により退職手当の財源措置がなされる場合には引当金を計上しておりません。

また、行政サービス実施コスト計算書における引当外退職手当増加見積額は、自己都合退職金要支給額に基づき計上しております。

4. たな卸資産の評価基準及び評価方法

共通消耗品については、移動平均法に基づく低価法により評価しております。また、仕掛品については、個別法に基づく低価法により評価しております。

（会計処理の変更）

当事業年度から、たな卸資産のうち共通消耗品の評価基準及び評価方法を最終仕入原価法に基づく低価法から移動平均法に基づく低価法にしました。

この変更は、共通消耗品の評価をより適正に行うため、たな卸資産管理システムを見直したことによるものです。なお、この変更による影響額は軽微です。

5. 行政サービス実施コスト計算書における機会費用の計上方法

(1) 国有財産無償使用の機会費用の計算方法

近隣の地代や賃貸料を参考に計算しております。

(2) 政府出資等の機会費用の計算に使用した利率

10年もの国債の平成15年3月末利回りを参考に0.7%で計算しております。

6. リース取引の処理方法

リース料総額が300万円以上のファイナンス・リース取引については、通常の売買取引に係る方法に準じた会計処理によっております。

リース料総額が300万円未満のファイナンス・リース取引については、通常の賃貸借取引に係る方法に準じた会計処理によっております。

7. 消費税等の会計処理

消費税等の会計処理は、税抜方式によっております。なお、資産に係る控除対象外消費税は発生年度の期間費用としております。ただし、個々の資産に対応すべき金額が合理的に算定可能なものについては、取得原価に算入しております。

II. 貸借対照表

運営費交付金から充当されるべき退職手当の見積額は28,096,127,031円です。

III. 損益計算書

*1 研究業務費 人件費の内訳

役員報酬	101,572,000円
給与及び手当	18,054,795,540円
賞与	6,399,751,399円
法定福利費	2,753,213,765円
退職金費用	3,544,479,007円
非常勤職員給与及び手当	4,168,847,044円
その他の人件費	516,484,037円

*2 その他の研究業務費のうち主要な費目および金額

技術委託費	3,445,690,149円
修繕改修費	2,025,431,776円
保守費－施設設備口	1,781,284,809円
消耗品費	9,430,369,856円
ソフトウェア費	3,013,851,221円

*3 一般管理費 人件費の内訳

役員報酬	77,835,795円
給与及び手当	3,303,850,110円
賞与	1,188,511,992円
法定福利費	484,634,381円
退職金費用	864,820,486円
非常勤職員給与及び手当	661,109,021円
その他の人件費	137,114,458円

*4 その他の一般管理費のうち主要な費目および金額

保守費－施設設備口	1,062,778,851円
電気料	743,505,059円
消耗品費	407,632,202円

*5 臨時損失の過年度ソフトウェア費及び臨時利益の過年度物品承継受贈益は、会計システム等を過年度において国から承継したものであります。

IV. キャッシュフロー計算書

1. 資金の期末残高の貸借対照表科目別の内訳

現金及び預金	<u>47,477,348,522円</u>
資金期末残高	<u>47,477,348,522円</u>

2. 重要な非資金取引

現物出資の受け入れによる資産の取得	3,049,093,891円
無償譲渡等による資産の取得	2,993,476,715円
ファイナンス・リースによる資産の取得	<u>27,676,846円</u>
	<u>6,070,247,452円</u>

資 料

3. 記載項目の変更

I 業務活動によるキャッシュ・フローに「知的所有権収入」及び「建物及び物件貸付料」を「その他の業務収入」から別掲しました。なお、前事業年度の額は、「知的所有権収入」が49,129,751円、「建物及び物件貸付料」が17,147,716円でした。

V. 重要な債務負担行為

当事業年度内に契約済（1億円以上）であるが、年度末時点において未履行のものは以下のとおりです。

件 名	契約金額	翌期以降の支払金額
1. 低消費電力次世代ディスプレイ製造技術共同研究施設（仮称）建設工事	15,086,400,000円	13,006,560,000円
2. 産学官連携情報技術共同研究施設建築工事	6,361,530,000円	3,904,530,000円
3. 次世代モバイル用表示材料技術共同研究施設（仮称）建設工事	3,322,780,000円	2,922,772,000円
4. 産学官連携情報技術共同研究施設電気設備（電力）工事	2,782,500,000円	1,669,500,000円
5. 産学官連携情報技術共同研究施設機械設備（空調）工事	2,656,500,000円	2,656,500,000円
6. 中部産学官連携オープンスペースラボ（仮称）建築工事	950,250,000円	570,250,000円
7. 関西産学官連携オープンスペースラボ整備事業建築工事	939,750,000円	563,850,000円
8. 産学官連携情報技術共同研究施設電気設備（通信）工事	1,065,855,000円	697,515,000円
9. 東北産学官連携オープンスペースラボ整備事業建築工事	913,500,000円	548,100,000円
10. 関西産学官連携オープンスペースラボ整備事業機械設備（空調）工事	820,575,000円	522,375,000円
11. 北海道産学官連携オープンスペースラボ整備事業機械設備（空調）工事	724,500,000円	448,500,000円
12. 北海道産学官連携オープンスペースラボ整備事業建築工事	690,900,000円	414,900,000円
13. つくば西-5D棟クリーンルーム設置工事	525,000,000円	525,000,000円
14. 糖鎖遺伝子工学研究棟実験動物飼育システム	395,657,850円	395,657,850円
15. つくば中央4-1棟クリーンルーム設置工事	357,000,000円	357,000,000円
16. 産学官連携情報技術共同研究施設機械設備（衛生）工事	346,500,000円	208,500,000円
17. 中部産学官連携オープンスペースラボ（仮称）電気設備（電力）工事	330,750,000円	198,750,000円
18. 東北産学官連携オープンスペースラボ整備事業機械設備（空調）工事	330,750,000円	198,450,000円
19. 関西産学官連携オープンスペースラボ整備事業電気設備（電力）工事	320,250,000円	192,150,000円
20. 産学官連携情報技術共同研究施設エレベーター設備工事	304,500,000円	182,700,000円
21. 中部産学官連携オープンスペースラボ（仮称）機械設備（空調）工事	262,500,000円	157,500,000円
22. バイオ・IT融合研究施設整備事業設計業務	262,500,000円	262,500,000円
23. 東北産学官連携オープンスペースラボ整備事業機械設備（衛生）工事	249,900,000円	149,940,000円
24. 東北産学官連携オープンスペースラボ整備事業電気設備（電力）工事	234,150,000円	234,150,000円
25. 関西産学官連携オープンスペースラボ整備事業機械設備（衛生）工事	222,600,000円	133,600,000円
26. 北海道産学官連携オープンスペースラボ整備事業電気設備（電力）工事	215,250,000円	215,250,000円
27. 精密パターン露光装置	190,050,000円	190,050,000円
28. つくば中央5-1、5-2棟ドラフトチャンバー等更新工事	187,950,000円	187,950,000円
29. 電子ビーム描画システム	169,050,000円	169,050,000円
30. 中部産学官連携オープンスペースラボ（仮称）機械設備（衛生）工事	162,750,000円	97,650,000円
31. 3次元再構成型電子顕微鏡システム	159,600,000円	159,600,000円
32. つくば東事業所電力監視システム改修工事	139,650,000円	139,650,000円
33. 産学官連携情報技術共同研究施設整備事業工事監理業務	137,025,000円	137,025,000円
34. 関西センター事務庁舎他便所改修工事	131,250,000円	131,250,000円
35. 関西産学官連携オープンスペースラボ整備事業電気設備（通信）工事	130,200,000円	130,200,000円
36. 中部産学官連携オープンスペースラボ（仮称）電気設備（通信）工事	126,000,000円	75,600,000円
37. 北海道産学官連携オープンスペースラボ整備事業電気設備（通信）工事	110,250,000円	66,150,000円
38. 東北産学官連携オープンスペースラボ整備事業電気設備（通信）工事	101,850,000円	101,850,000円

VI. 重要な後発事項

該当事項はありません。

附属明細書

資料

1. 固定資産の取得及び処分並びに減価償却費（改正前「第77特定の償却資産の減価に係る会計処理」による損益外減価償却相当額も含む。）の明細

(単位：円)

資産の種類	期首残高	当期増加額	当期減少額	期末残高	減価償却累計額		差引当期末残高	摘要
					当期償却額	前期償却額		
有形固定資産	334,796,695	761,162,495	10,906	1,095,948,284	55,891,821	51,817,223	1,040,056,463	
(償却費損益内)	25,709,000	292,344,722	-	318,053,722	6,370,428	5,981,738	311,683,294	
機械及び装置	64,937,238	336,007,155	-	400,944,393	11,091,989	9,733,132	389,852,404	
車両運搬具	91,274,832	5,094,645	-	96,369,477	44,646,918	21,814,618	51,722,559	
工具器具備品	46,786,065,498	15,001,020,857	568,093,060	61,218,993,295	25,464,528,952	12,775,196,246	35,754,464,343	
計	47,302,783,263	16,395,629,874	568,103,966	63,130,309,171	25,582,530,108	12,864,542,957	37,547,779,063	
有形固定資産	126,378,168,214	6,238,665,038	355,808,105	132,261,025,147	11,713,929,177	6,250,807,456	120,547,095,970	
(償却費損益外)	13,340,662,966	343,734,893	14,159,333	13,670,238,526	1,606,406,979	845,854,779	12,063,831,547	
機械及び装置	26,216,527,467	757,600,514	6,032,212	26,968,095,769	2,380,215,561	1,372,782,930	24,587,880,208	
工具器具備品	-	33,309,958,180	-	33,309,958,180	624,561,638	624,561,638	32,685,396,542	
計	165,935,358,647	40,649,958,625	375,999,650	206,209,317,622	16,325,113,355	9,094,006,803	189,884,204,267	
非償却資産	6,900,000	-	-	6,900,000	-	-	6,900,000	
工具器具備品	6,900,000	-	-	6,900,000	-	-	6,900,000	
土地	101,039,970,434	9,021,313,235	-	110,061,283,669	-	-	110,061,283,669	
建設仮勘定	495,279,234	48,362,541,064	37,953,077,371	10,904,742,927	-	-	10,904,742,927	
計	101,542,149,668	57,383,854,299	37,953,077,371	120,972,926,596	-	-	120,972,926,596	
有形固定資産合計	126,712,964,909	6,999,827,533	355,819,011	133,356,973,431	11,769,820,998	6,302,624,679	121,587,152,433	
構築物	13,366,371,966	636,079,615	14,159,333	13,988,292,248	1,612,777,407	851,836,517	12,375,514,841	
機械及び装置	26,281,464,705	1,093,607,669	6,032,212	27,369,040,162	2,391,307,550	1,382,516,062	24,977,732,612	
車両運搬具	91,274,832	5,094,645	-	96,369,477	44,646,918	21,814,618	51,722,559	
工具器具備品	46,792,965,498	48,310,979,037	568,093,060	94,535,851,475	26,089,090,590	13,399,757,884	68,446,760,885	
土地	101,039,970,434	9,021,313,235	-	110,061,283,669	-	-	110,061,283,669	
建設仮勘定	495,279,234	48,362,541,064	37,953,077,371	10,904,742,927	-	-	10,904,742,927	
計	314,780,291,578	114,429,442,798	38,897,180,987	390,312,553,389	41,907,643,463	21,958,549,760	348,404,909,926	
無形固定資産	-	1,769,408,804	-	1,769,408,804	-	-	1,769,408,804	(注1)
借地権	-	1,769,408,804	-	1,769,408,804	-	-	1,769,408,804	(注1)
電話加入権	-	63,360,000	-	63,360,000	-	-	63,360,000	(注1)
計	-	1,832,768,804	-	1,832,768,804	-	-	1,832,768,804	
その他の資産	-	46,870,996	-	46,870,996	-	-	46,870,996	
敷金・保証金	-	46,870,996	-	46,870,996	-	-	46,870,996	
長期前払費用	49,302,847	33,343,174	49,302,847	33,343,174	-	-	33,343,174	
互助会預託金	16,210,000	9,582,000	-	25,792,000	-	-	25,792,000	
計	65,512,847	89,796,170	49,302,847	106,006,170	-	-	106,006,170	

(注1) 当期増加額は、すべて国から承継した権利について資産計上を行ったものであります。

2. たな卸資産の明細

(単位：円)

種 類	期首残高	当期増加額		当期減少額	期末残高	摘 要
		当期購入・製造・振替	その他	払出・振替		
共通消耗品	53,267,554	59,690,262	-	54,269,964	58,687,852	
仕 掛 品	60,215,376	90,103,358	-	60,215,376	90,103,358	
合 計	113,482,930	149,793,620	-	114,485,340	148,791,210	

3. 有価証券の明細

該当事項はありません。

4. 資本金及び資本剰余金の明細及び増減

(単位：円)

区 分		期首残高	当期増加額	当期減少額	期末残高	摘 要
資本金	政府出資金	269,712,832,163	3,169,489,200	-	272,882,321,363	増加理由：独立行政法人産業技術総合研究所法附則第6条に規定する追加出資。
	計	269,712,832,163	3,169,489,200	-	272,882,321,363	
資本剰余金	施設整備費補助金	280,409,064	10,190,744,969	-	10,471,154,033	増加理由：施設整備費補助金による資産取得。
	政府出資	△ 11,656,048	-	375,999,650	△ 387,655,698	減少理由：政府出資財産の除却。
	無償譲与	6,900,000	1,832,768,804	-	1,839,668,804	増加理由：非償却性資産の承継。 借地権 1,769,408,804円 電話加入権 63,360,000円
	計	275,653,016	12,023,513,773	375,999,650	11,923,167,139	
	損益外減価償却累計額	7,278,006,135	9,094,006,803	46,899,583	16,325,113,355	増加理由：改正前独立行政法人会計基準第77に特定された固定資産の減価償却費相当額。
	差引計	△7,002,353,119	2,929,506,970	329,100,067	△ 4,401,946,216	

5. 目的積立金の取崩しの明細

該当事項はありません。

資 料

6. 運営費交付金債務及び運営費交付金収益の明細

(単位：円)

交付年度	期首残高	交付金当期 交 付 額	当 期 振 替 額				期末残高
			運営費交付金 戻 入	資産見返運営費 交 付 金	資本剰余金	小 計	
平成13年度	6,901,159,503	-	5,365,874,135	1,535,285,368	-	6,901,159,503	-
平成14年度	-	68,411,330,000	57,767,898,902	6,869,265,307	-	64,637,164,209	3,774,165,791
合 計	6,901,159,503	68,411,330,000	63,133,773,037	8,404,550,675	-	71,538,323,712	3,774,165,791

7. 役員及び職員の給与費の明細

(単位：円)

区 分	報酬又は給与		退 職 手 当	
	支 給 額	支 給 人 員	支 給 額	支 給 人 員
役 員	246,248,596	13	59,117,600	8
職 員	36,947,872,451	5,302	4,350,181,893	1,010
合 計	37,194,121,047	5,315	4,409,299,493	1,018

- (1) 職員には非常勤職員が含まれております。(給与5,329,484,286円(2,128人分)及び退職手当76,335,129円(853人分))
- (2) 損益計算書上の「人件費」には福利厚生費、人材派遣人件費等653,598,495円が含まれているため本表の支給額合計とは一致しておりません。
- (3) 役員に対する給与の支給基準
独立行政法人産業技術総合研究所役員給与規程に基づき支給しております。
- (4) 職員に対する給与の支給基準
独立行政法人産業技術総合研究所職員給与規程に基づき支給しております。
また、非常勤職員については、独立行政法人産業技術総合研究所非常勤職員給与規程に基づき支給しております。
- (5) 職員の報酬又は給与の支給人員は、年間平均支給人員数となっております。

8. 開示すべきセグメント情報

セグメント情報の開示

(単位：円)

	第1号業務	第2号業務	第3号業務	第4号業務	計	法人共通	合計
事業費用	60,146,896,299	5,681,063,383	7,588,722,560	5,751,814,272	79,168,496,514	12,821,810,067	91,990,306,581
事業収益	66,512,325,487	5,921,304,513	8,128,589,241	6,264,798,594	86,827,017,835	10,466,780,135	97,293,797,970
事業損益 (収益－費用)	6,365,429,188	240,241,130	539,866,681	512,984,322	7,658,521,321	△ 2,355,029,932	5,303,491,389
総資産	33,776,811,350	1,215,894,547	5,500,420,141	1,275,154,824	41,768,280,862	362,378,889,265	404,147,170,127

(1) セグメント区分の方法

セグメントを業務に応じて1号から4号に区分しております。

(2) セグメントごとの業務内容

独立行政法人産業技術総合研究所法第11条第1項各号に掲げる下記の各業務

第1号業務：鉱工業の科学技術に関する研究及び開発並びにこれらに関連する業務を行うこと

第2号業務：地質の調査を行うこと

第3号業務：計量の標準を設定すること、計量器の検定、検査、研究及び開発並びにこれらに関連する業務を行うこと

並びに計量に関する教習を行うこと

第4号業務：前3号の業務に係る技術指導及び成果の普及を行うこと

(3) 事業費用のうち、法人共通は配賦不能の費用であり、その主なものは管理部門の経費であります。

(4) 総資産のうち、法人共通は各セグメントに配賦しなかった資産であり、その主なものは現物出資資産および現預金であります。

(5) 各セグメントにおける損益外減価償却相当額は以下のとおりとなっております。

(単位：円)

	第1号業務	第2号業務	第3号業務	第4号業務	計	法人共通	合計
損益外減価償却 相当額	-	-	-	-	-	9,094,006,803	9,094,006,803

9. 上記以外の主な資産、負債、費用及び収益の明細

該当事項はありません。

独立行政法人産業技術総合研究所

平成14年度決算報告書

(単位：円)

区分	予算金額	決算金額	差額	備考
収入				
運営費交付金	68,411,330,000	68,411,330,000	—	(注1)
施設整備費補助金	260,000,000	10,564,669,798	10,564,669,798	(注2)
無利子借入金	—	46,291,324,000	46,291,324,000	(注3)
受託収入	17,060,019,000	21,416,007,049	4,355,988,049	
国からの受託収入	11,730,019,000	13,437,333,978	1,707,314,978	
その他の受託収入	5,330,000,000	7,978,673,071	2,648,673,071	
その他収入	1,850,000,000	2,578,515,249	728,515,249	(注4)
計	87,581,349,000	149,521,849,096	61,940,497,096	
支出				
業務経費	57,351,392,000	62,505,440,391	5,154,048,391	(注5)
鉱工業科学技術研究開発関係経費	42,091,406,000	46,460,362,002	4,368,956,002	
地質関係経費	4,874,479,000	5,001,682,922	127,203,922	
計量関係経費	5,775,601,000	6,344,050,767	568,449,767	
技術指導及び成果の普及関係経費	4,609,906,000	4,699,344,700	89,438,700	
施設整備費	260,000,000	57,018,361,682	56,758,361,682	(注6)
受託経費	15,090,935,000	18,940,066,653	3,849,131,653	(注7)
中小企業対策関係経費受託	500,092,000	467,627,467	△32,464,533	
石油及びエネルギー供給構造高度化技術開発関係経費受託	3,086,245,000	2,788,284,950	△297,960,050	
電源多様化技術開発関係経費受託	1,523,043,000	1,315,072,703	△207,970,297	
特許生物害託業務関係経費受託	474,903,000	447,979,855	△26,923,145	
原子力関係経費受託	903,075,000	836,313,129	△66,761,871	
公害防止関係経費受託	799,419,000	744,566,678	△54,852,322	
その他受託	7,804,158,000	12,340,221,871	4,536,063,871	
間接経費	14,879,022,000	13,856,125,969	△1,022,896,031	
計	87,581,349,000	152,319,994,695	64,738,645,695	

(1) 区分は、年度計画に記載されている予算区分であります。

(2) 予算金額は当該年度の年度計画に記載されている予算金額であります。

(3) 決算額は、収入については現金預金の収入額に期末の未収金等を加減算したものを記載し、支出については、現金預金の支出額に期末の未払金額等を加減算したものを記載しております。

(4) 予算額と決算額の差額の説明

(注1) 施設整備費補助金の収入決算金額は、前年度に交付決定を受けて当年度に概算私を受けた額並びに14年度補正予算による概算私を受けた額を含んでいるため、予算金額に比して決算金額が多額となっております。

(注2) 無利子借入金の収入決算金額は、前年度に概算私を受けた額を含んでいるため、予算金額に比して決算金額が多額となっております。

(注3) 予算段階では予定していなかった国の各組織、特殊法人及び民間からの受託研究の獲得に努めたため予算金額に比して決算金額が多額となっております。

(注4) 予算段階では予定していなかったその他収入により予算金額に比して決算金額が多額となっております。主なものに資産提供型共同研究があります。

(注5) 業務経費については、主として次の理由により、予算金額に比して決算金額が多額となっております。

前年度の運営費交付金の繰越金が支出されたため

収入面でのその他収入が予算金額に比して多額となったことに伴う影響

(注6) 施設整備費については、前年度に交付決定を受けた補助事業並びに当年度補正予算により交付決定を受けた補助事業による支出によって、予算金額に比して決算金額が多額となっております。

(注7) 受託経費については、注3に示した理由により、予算金額に比して決算金額が多額となっております。

8. 窓 口

ー総合お問い合わせー

- 総合お問い合わせメールアドレス
webmaster@aist.go.jp

メールでのお問い合わせ範囲

- ・産総研へのご意見・ご要望
- ・産総研ホームページ内容に対する質問、コメント
- ・研究内容に関する質問
- ・産総研HPサーバへのリンク希望の方

- 総合案内窓口 (TEL 029-861-9000)

電話番号案内・部署案内等

東京本部	(TEL 03-5501-0851)
北海道センター	(TEL 011-857-8400)
東北センター	(TEL 022-237-5211)
つくばセンター	(TEL 029-861-9000)
臨海副都心センター	(TEL 03-3599-8001)
中部センター	(TEL 052-736-7000)
関西センター	(TEL 072-751-9601)
中国センター	(TEL 0823-72-1911)
四国センター	(TEL 087-869-3511)
九州センター	(TEL 0942-81-3600)

ー個別お問い合わせー

- 情報公開窓口

情報公開に関するお問い合わせ

情報公開推進室	
東京本部情報公開窓口	TEL 03-5501-2782
つくば本部情報公開窓口	TEL 029-861-2177
北海道センター情報公開窓口	TEL 011-857-8902
東北センター情報公開窓口	TEL 022-231-5123
臨海副都心センター情報公開窓口	TEL 03-3599-8360
中部センター情報公開窓口	TEL 052-736-7352
関西センター情報公開窓口	TEL 072-751-4700
中国センター情報公開窓口	TEL 0823-72-1158
四国センター情報公開窓口	TEL 087-869-4101
九州センター情報公開窓口	TEL 0942-81-4050

- 技術相談

産学官連携部門つくば本部	地域連携室	
ものづくり基盤技術支援室		TEL 029-862-6201~6204
地質標本館	地質相談所	TEL 0298-861-3540
計量標準管理部	標準供給保証室	TEL 029-861-4346
北海道産学官連携センター	ものづくり基盤技術支援室	TEL 011-857-8407
東北産学官連携センター	ものづくり基盤技術支援室	TEL 022-237-5206
中部産学官連携センター	ものづくり基盤技術支援室	TEL 052-736-7056
関西産学官連携センター	ものづくり基盤技術支援室	TEL 072-751-9688
中国産学官連携センター	ものづくり基盤技術支援室	TEL 0823-72-1911
四国産学官連携センター	ものづくり基盤技術支援室	TEL 087-869-3523
九州産学官連携センター	ものづくり基盤技術支援室	TEL 0942-81-3593

技術相談の受付、お問い合わせ

ライフサイエンス・情報通信・ナノテク・材料・製造・環境・エネルギー・地質・海洋・標準・計量等の分野について専門家が技術相談にお答えします。

●産学官連携関係

－外部との連携窓口－
産学官連携部門つくば本部
企業・大学連携室

TEL : 029-862-6147 FAX : 029-862-6148
*企業・大学関係の方の窓口です。

地域連携室

TEL : 029-862-6145 FAX : 029-862-6146
*経済・産業技術に関連する公的機関の方の窓口です。

連携業務第一室

TEL : 029-862-6149 FAX : 029-862-6151
*連携に関する事務手続きをします。
(共同研究・受託研究・委託研究・外部研究資金獲得・連携
研究体・産総研コンソーシアム設立)

連携業務第二室

TEL : 029-862-6150 FAX : 029-862-6151
*連携に関する事務手続きをします。
(連携大学院・外部研究者受け入れ・委員会等へ職員の派遣・
受託出張・寄付受付)

工業標準部 indusstan-webmaster@m.aist.go.jp

TEL : 029-862-6221 FAX : 029-862-6222
*研究成果の標準化 標準化研究の実施への支援
標準化活動への支援

ベンチャー開発戦略研究センター ベンチャー支援室

incs@m.aist.go.jp
TEL : 03-5288-6868 FAX : 03-5288-6869
*産総研と共にベンチャーを起こしたい方の窓口です。

北海道産学官連携センター hokkaido-collab@m.aist.go.jp

TEL : 011-857-8407 FAX : 011-857-8901

東北産学官連携センター tohoku-collab@m.aist.go.jp

TEL : 022-237-0936 FAX : 022-231-1263

臨海副都心産学官連携センター

TEL : 03-3599-8006 FAX : 03-5530-2061

中部産学官連携センター chubu-collab@m.aist.go.jp

TEL : 052-736-7370 FAX : 052-736-7403

関西産学官連携センター kansai-collab@m.aist.go.jp

TEL : 072-751-9688 FAX : 072-751-9621

中国産学官連携センター chugoku-collab@m.aist.go.jp

TEL : 0823-72-1911 FAX : 0823-70-0023

四国産学官連携センター shikoku-collab@m.aist.go.jp

TEL : 087-869-3530 FAX : 087-869-3554

九州産学官連携センター kyushu-collab@m.aist.go.jp

TEL : 0942-81-3593 FAX : 0942-81-3689

九州産学官連携センター福岡サイト

kyushu-collab@m.aist.go.jp
TEL : 092-524-9047 FAX : 092-524-9010

産学官連携に関するお問い合わせ

- ・共同研究・受託研究・委託研究等の契約締結
- ・技術研修の受け入れ
- ・特許等の知的財産の戦略的取得と実施促進
- ・各種委員会・学協会活動への委員派遣

●見学申し込み

見学に関するお問い合わせおよび申し込み

<つくばセンター>

(広報部 展示業務質)

TEL:029-862-6215

FAX:029-862-6212

E-mail : info-tou@m.aist.go.jp

<北海道産学官連携センター>

TEL:011-857-8428

FAX:011-857-8901

E-mail : h-koho@m.aist.go.jp

<東北産学官連携センター>

TEL:022-237-5218
FAX:022-231-1263
E-mail : t-koho@m.aist.go.jp

<中部産学官連携センター>

TEL:052-736-7370
FAX:052-736-7403
E-mail : chubu-kouhou@m.aist.go.jp

<関西産学官連携センター>

TEL:072-751-9606
FAX:072-751-9621
E-mail : kansai-koho@m.aist.go.jp

<中国産学官連携センター>

TEL:0823-72-1903
FAX:0823-70-0023
E-mail : c-renkei@c.aist.go.jp

<四国産学官連携センター>

TEL:087-869-3530
FAX:087-869-3554

<九州産学官連携センター>

TEL:0942-81-3606
FAX:0942-81-3689

●図書室利用

つくば地区図書室所在案内

つくば第二図書室	TEL : 029-861-0936
つくば第三図書室	TEL : 029-861-4195
つくば第五図書室	TEL : 029-861-4472
つくば第六図書室	TEL : 029-861-6105
つくば第七図書室	TEL : 029-861-3604
つくば東図書室	TEL : 029-861-7038
つくば西図書室	TEL : 029-861-8115

図書室利用に関するお問い合わせ

地域センター図書室所在案内

北海道センター図書室	TEL : 011-857-8970
東北センター図書室	TEL : 022-237-5211
中部センター図書室	TEL : 052-736-7375
関西センター図書室	TEL : 0727-51-9607
中国センター図書室	TEL : 0823-72-1903
四国センター図書室	TEL : 087-869-3530
九州センター図書室	TEL : 0942-81-3617

●取材窓口

広報室

TEL 029-862-6216
FAX 029-862-6212

取材に関するお問い合わせ

E-mail : info-pre@m.aist.go.jp

●プレス発表

広報部 広報業務室
TEL 029-862-6216
FAX 029-862-6212

プレス発表に関するお問い合わせ
E-mail : presec@m.aist.go.jp

●産総研 共催・協賛・後援名義

広報部展示業務室
TEL 029-862-6214～5
FAX 029-862-6212

名義の使用承認願いに関するお問い合わせ

●講演会

広報部展示業務室
TEL 029-862-6214～5
FAX 029-862-6212

講演会に関するお問い合わせ

●計量標準に係る「校正」「試験」「検査」等

つくばセンター計量標準管理センター標準供給保証室
TEL 029-861-4026 FAX 029-861-4018
E-mail : calservice@m.aist.go.jp
関西センター（大阪扇町サイト）業務推進部業務室
TEL 06-6312-0521 FAX 06-6312-0524

●刊行物関係

広報部 出版室
TEL 029-862-6217
FAX 029-862-6212

当所の刊行物に関するお問い合わせ
E-mail : prpub@m.aist.go.jp

●特許生物寄託センター

寄託業務係
TEL 029-861-6029

特許生物寄託に関するお問い合わせ
各種申請・手続き方法

●国際協力関係

国際部門
TEL 029-862-6244
FAX 029-862-6249

国際研究交流に関するお問い合わせ
E-mail : kokusai-soukatsu@aist.go.jp

●調達関係

財務会計部門調達部
TEL 029-861-2960

調達に関するお問い合わせ

●採用関係

能力開発部門人事室（任用）
TEL 029-862-6282
FAX 029-862-6049

職員採用に関するお問い合わせ

●依頼試験・分析

産学官連携部門

地域連携室 ものづくり基盤技術支援室

TEL 029-862-6201～6204

FAX 029-862-6146

依頼試験、分析などに関するお問い合わせ

●自動車試験道路の使用

業務推進部門 つくば東業務室

自動車試験道路使用受付窓口

TEL 029-861-7002

FAX 029-861-7007

自動車試験道路（試走路）の使用に関するお問い合わせ

E-mail : testtrack-service@m.aist.go.jp