

平成26年度  
研究ユニット評価報告書



平成27年5月



国立研究開発法人

産業技術総合研究所 評価部



## はじめに

本報告書は、平成26年度に実施した、独立行政法人 産業技術総合研究所\*（産総研）の研究ユニットの活動の評価結果及び評価委員と研究ユニットとの意見交換について取りまとめたものである。

産総研における研究ユニットの活動の評価は、平成17年度に始まった第2期中期目標期間以降は、従前のアウトプットに力点を置いた評価から、産業・社会上の意義を指標とするアウトカム創出の視点からの評価へと移行した。

平成22年度からの第3期中期目標期間において、産総研では「21世紀型課題の解決」と「オープンイノベーションハブ機能の強化」をミッションの柱と位置付けている。このため、上記のアウトカムの視点からの評価を継続するとともに、主としてアカデミアによる技術・学術的視点に対して企業経験者等による産業化に関する経営的視点の重みを増すことを目的として、外部評価委員の構成を変更した。同時に、外部連携等のイノベーション推進への取り組みの評価の比重を大きくした。

平成26年度は22研究部門及び8研究センターについて評価委員会を実施した。評価委員会は各研究ユニットにおいて隔年度に実施している。前年度の平成25年度と同様に、新たな知識の発見・解明に加えて、技術体系の構築等、既存の知識の融合・適用に重点を置いた研究を同様に評価することを明確にして、産総研のミッションに、より一層対応する評価としている。これは、産総研が取り組む研究フェーズが多様化し、オープンイノベーションハブ機能の強化が進む中で、幅広い取り組みが行われていることに対応したものである。また、評価委員会においては、評価委員の理解を深める工夫として、各評価項目の説明に対する評価委員からの質疑応答の時間及び総合討論や委員討議の時間を従来よりも長く確保した。

評価委員会を開催しない研究ユニットのうち、平成25年度10月発足の1研究センター及び平成26年度4月発足の3研究センターについて開始時意見交換会を、6研究センターについて評価委員と研究ユニットとの意見交換を行った。これらにより、評価委員の評価対象となる研究ユニットについての理解を深め、次年度以降に実施される評価の質的向上を図るとともに、研究ユニットが評価委員からの助言を得る機会の充実を図った。

本報告書は、上記内容を取りまとめたものであり、産総研の今後の研究活動や運営に活かされ、最終的には研究成果が産業や社会のイノベーションへとつながることを期待する。

平成27年5月  
国立研究開発法人 産業技術総合研究所 評価部

\* 独立行政法人 産業技術総合研究所は、平成27年4月1日に国立研究開発法人 産業技術総合研究所に改組された。

# 平成26年度 研究ユニット評価報告書 目次

はじめに

第1章 平成26年度研究ユニット評価報告書の概要	1
第2章 研究ユニット評価システムの概要	3
2-1 評価の趣旨・目的	3
2-2 第3期中期目標期間における研究ユニット評価	3
2-2-1 評価の主な改善事項	3
2-2-2 研究ユニット評価の実施時期	3
2-3 平成26年度研究ユニット評価の実施概要	4
2-3-1 実施対象研究ユニット	4
2-3-2 評価の対象期間	4
2-3-3 評価委員の構成	5
2-3-4 評価項目	5
2-3-5 評価の方法、提出資料	6
2-3-6 評価結果の記入(評価コメントと評点)	6
2-3-7 評価結果の取扱いと活用	7
2-3-8 平成26年度研究ユニット評価の主な改善事項	7
2-4 平成26年度研究ユニット評価委員意見交換の実施概要	10
2-4-1 実施の目的と方法・形式	10
2-4-2 実施対象研究ユニット	10
第3章 評価結果	11
3-1 研究ユニット評価結果	11
環境・エネルギー分野	
3-1-1 ユビキタスエネルギー研究部門	12
3-1-2 環境管理技術研究部門	15
3-1-3 環境化学技術研究部門	19
3-1-4 エネルギー技術研究部門	23
3-1-5 安全科学研究部門	27
3-1-6 メタンハイドレート研究センター	30
3-1-7 太陽光発電工学研究センター	33
3-1-8 触媒化学融合研究センター	37
ライフサイエンス分野	
3-1-9 健康工学研究部門	41
3-1-10 生物プロセス研究部門	45
3-1-11 バイオメディカル研究部門	48
3-1-12 ヒューマンライフテクノロジー研究部門	52
3-1-13 創薬分子プロファイリング研究センター	56
情報通信・エレクトロニクス分野	
3-1-14 知能システム研究部門	59
3-1-15 情報技術研究部門	63
3-1-16 ナノエレクトロニクス研究部門	67
3-1-17 電子光技術研究部門	71
3-1-18 セキュアシステム研究部門	74
3-1-19 ネットワークフォトンクス研究センター	78
3-1-20 サービス工学研究センター	81
3-1-21 フレキシブルエレクトロニクス研究センター	85
ナノテクノロジー・材料・製造分野	
3-1-22 先進製造プロセス研究部門	88
3-1-23 サステナブルマテリアル研究部門	92
3-1-24 ナノシステム研究部門	95

3-1-25 ナノチューブ応用研究センター	98
計測・計量標準分野	
3-1-26 計測標準研究部門	101
3-1-27 計測フロンティア研究部門	105
地質分野	
3-1-28 地圏資源環境研究部門	109
3-1-29 地質情報研究部門	113
3-1-30 活断層・火山研究部門	116
3-2 第3期中期計画項目ごとのユニット戦略課題の評価結果	119
3-2-1 「Ⅰ グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進」	123
3-2-2 「Ⅱ ライフ・イノベーションを実現するための研究開発の推進」	147
3-2-3 「Ⅲ 他国の追従を許さない先端技術開発の推進」	156
3-2-4 「Ⅳ イノベーションの実現を支える計測技術の開発、評価基盤の整備」	164
3-2-5 「別表2 地質の調査(地質情報の整備による産業技術基盤、社会安全基盤の確保)」	168
3-2-6 「別表3 計量の標準(計量標準の設定・供給による産業技術基盤、社会安全基盤の確保)」	173
第4章 評価結果概評	176
4-1 全体概評	176
4-2 分野別概評	180
4-2-1 環境・エネルギー分野	180
4-2-2 ライフサイエンス分野	184
4-2-3 情報通信・エレクトロニクス分野	187
4-2-4 ナノテクノロジー・材料・製造分野	191
4-2-5 計測・計量標準分野	193
4-2-6 地質分野	195
4-3 中期計画の大分類等ごとの評点分布	197
4-4 中期計画の大分類等ごとの主な評価結果	199
4-5 主な成果例	206
第5章 評価結果の分析	218
5-1 評価コメントの分析	218
5-1-1 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップの評価コメント	218
5-1-2 ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプットの評価コメント	230
5-1-3 イノベーション推進への取り組みの評価コメント	242
5-1-4 研究ユニット運営の取り組みの評価コメント	248
5-2 評点の頻度分布	254
5-3 前回評価結果等の指摘事項への対応状況	258
5-4 評価システム等に対するコメント	265
別紙1: 研究ユニット一覧	267
別紙2: 外部評価委員一覧	269
別紙3: 内部評価委員一覧	277
別紙4: 平成26年度研究ユニット評価委員会等開催日程	278
別紙5: 平成26年度研究資源配分表	280
別紙6: 研究ユニット評価委員会要領	281
別紙7: 研究ユニット評価委員が利害関係者であることの判断基準について	282
別紙8: 研究ユニット評価に係る秘密保持に関する誓約事項	283
別紙9: 研究ユニット評価実施要領	284
別紙10: 研究ユニット評価資料作成要領	287
別紙11: 研究ユニット評価 評価コメント入力画面	291
別紙12: 評価システム等に対するコメントと回答	296

おわりに



## 第1章 平成26年度研究ユニット評価報告書の概要

本報告書では、平成26年度に実施した研究ユニットの活動の評価について報告する。

研究ユニット評価委員会は各研究ユニットにおいて隔年度で開催しており、平成26年度は22研究部門及び8研究センターを対象に実施した。そのほかの研究ユニットについては、平成25年度10月発足の1研究センター及び平成26年度4月発足の3研究センターで開始時意見交換会を、6研究センターで評価委員との意見交換を行った。

本報告書では、評価等の実施方法、評価結果とその概評についてまとめるとともに、評価コメントや評点の分析結果等を示す。また、評価委員の名簿等の資料を別紙に示す。

各章の概要は以下のとおりである。

第2章では、研究ユニットの評価について、その趣旨とともに、第3期中期目標期間における評価の主な改善事項と平成26年度における評価委員の構成、評価項目、評価の方法等の概要を示す。

評価委員の構成は、第3期の平成22年度から研究ユニットごとに外部評価委員が4～7名程度であり、内部評価委員2名は産総研職員の首席評価役が担当している。また、外部評価委員の人数は、主に産業化のための経営的視点及び社会的視点の評価委員の割合を6割程度にして、技術・学術的な視点の評価委員を4割程度にしている。

評価項目は、「研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ」、「ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット」、「イノベーション推進への取り組み」及び「研究ユニット運営の取り組み」である。これらのうち、「ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット」は、研究ユニットに設定されているユニット戦略課題ごとに評価を行う。

これらについて、研究ユニットは事前に評価資料を作成するとともに、評価委員会において説明のプレゼンテーション及び評価委員との質疑応答を行う。これらをもとに、評価委員は評価コメント及び評点を付すこととしている。

第3章では、上記の方法で実施した評価の結果を示す。

3-1には、研究ユニットごとのミッションと担当する第3期中期計画項目とともに、評価項目ごとの評価コメント及び評点をとりまとめて示す。第3期では新たに「今後の方向性と助言」のコメントを得ており、その内容を含めて示している。

3-2には、ユニット戦略課題の評価結果について、それぞれ対応している中期計画項目ごとに並べて整理した結果を示す。

第4章では、前章における研究ユニットごとの評価結果をもとに、全体概評、分野別概評、大分類等ごとの評点分布と主な評価結果及び「主な成果例」についてまとめる。

4-1には、本評価の要点と評価項目ごとの評価結果の主要な内容及び評価結果に違いをもたらしている主要な事柄等についてまとめる。

4-2には、産総研の6研究分野（環境・エネルギー分野、ライフサイエンス分野、情報通信・エレクトロニクス分野、ナノテクノロジー・材料・製造分野、計測・計量標準分野、地質分野）ごとに、分野及び研究ユニットの概評を示す。

4-3には、評価結果における研究ユニットの研究開発と中期計画項目との対応関係、及びこれらのユニット戦略課題ごとの評点から求めた中期計画の大分類等ごとの評点の頻度分布を示す。

4-4には、この大分類等ごとの主な評価結果を示す。

4-5には、中期計画の大分類等ごとに主な成果例を示す。

## 第1章

第5章では、評価コメントと評点の分析結果、前回評価結果等の指摘事項への対応及び評価システム等に対するコメントについてまとめる。

5-1には、評価コメントについて、「研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ」、「ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット」、「イノベーション推進への取り組み」、「ユニット運営の取り組み」の評価項目ごとに、「評価できる点」、「問題点、改善すべき点」及び「今後の方向性と助言」の各欄の内容の構成と代表的な指摘例を整理して示す。

5-2には、評点の統計値等の分析結果について、研究部門と研究センターとに区分して示す。

5-3には、研究ユニットにおいて前回の研究ユニット評価の結果等で指摘された事項の対応について、評価資料の記載内容を整理して示す。

5-4には、評価システムについて外部評価委員から寄せられたコメントの内容をまとめる。

別紙1～別紙4には、研究ユニットの一覧表と平成26年度における研究ユニット評価等の実施内容、外部評価委員の名簿、内部評価委員の担当一覧、及び研究ユニット評価の開催日程をそれぞれ示す。

別紙5には、各研究ユニットの人員及び予算等の資源配分表を示す。

別紙6～別紙11には、研究ユニット評価の実施に関する産総研の要領等の規定と、研究ユニット評価の実施要領、資料作成要領及び評価コメント入力画面を合わせて示す。

別紙12には、外部評価委員から寄せられた評価システムに対するコメントとそれに対する回答を示す。



## 第2章 研究ユニット評価システムの概要

### 2-1 評価の趣旨・目的

産総研は発足以来、基礎的研究の成果を民間企業が行う製品化へと展開させるための、本格研究（注1）を推進してきた。平成22年度からの第3期中期目標期間はこれまでの実績をさらに発展させ、「持続的発展可能な社会」の実現に向けて、「21世紀型課題の解決」「オープンイノベーションハブ機能の強化」を柱に取り組んでいる。このミッションの実現のための中核となる各研究ユニットは、社会・経済的価値の創出をもたらす成果を着実に挙げるのが求められている。

第3期の研究ユニット評価では、イノベーションの創出に資することを重視した「アウトカムの視点からの評価」（注2）を継続し、研究遂行の計画の妥当性、得られた成果の適切性、イノベーション推進への取り組みの外部貢献及び研究ユニットの運営について、評価を実施する。研究ユニット評価は、以下の3つを主な目的としている。

- ・ 研究ユニットの研究活動の活性化・効率化を図る。
- ・ 評価結果を産総研の経営判断に活用する。
- ・ 産総研の活動を公開し、透明性の確保と国民の理解を得る。

### 2-2 第3期中期目標期間における研究ユニット評価

#### 2-2-1 評価の主な改善事項

第3期における研究ユニット評価では第2期に導入した「アウトカムの視点からの評価」を維持するとともに、「外部評価委員の評価の強化」、「イノベーション推進への取り組みの評価の強化」、「評価の負担の軽減」等の改善によって、研究ユニット評価の実効性、効率性を向上させることを目指している。

- (1) 従来2つあった評価（成果評価と中間・最終評価）を研究ユニット評価に一本化し、外部評価委員を増員した。また外部評価委員の委員構成を見直すとともに、外部評価委員に対する評点配分を高め（外部評価委員:内部評価委員=7:3（従来は6:4））、外部評価の強化を進めた。
- (2) アウトカムの視点からの評価を維持するとともに、新たに「イノベーション推進への取り組み」状況とその効果を評価項目として加えた。
- (3) 評価項目の整理、評価資料の簡素化及び評価情報の共有を図り、評価にかかわる研究ユニット及び評価委員の負担の軽減を図った。また研究現場見学会開催の推奨、事前説明等の充実により、評価者が評価対象を把握・理解する機会を拡大し、評価の信頼性の向上を図った。

#### 2-2-2 研究ユニット評価の実施時期

研究ユニット評価は、隔年度を原則とし、研究部門ではその評価の継続性から第3期開始年度から奇数年度（1、3、5年目）、研究センター及び研究ラボは設立後の偶数年度（2、4、6年目）に実施する。また、研究ユニット設立の経緯も踏まえ柔軟な実施スケジュールとする。（なお、平成20年度以前に開始した研究ユニットについては、従来、設立後の奇数年度に実施していたが、それを継続する）。研究ユニット評価を実施しない年度には、評価委員との「意見交換」あるいは「開始時意見交換会」を実施し、前述の研究現場見学会等と併せて、研究ユニット評価の信頼性の向上を図る。

## 第2章

### 2-3 平成26年度研究ユニット評価の実施概要

#### 2-3-1 実施対象研究ユニット

平成26年度の研究ユニット評価委員会の実施対象研究ユニットは、以下のとおりである。

- ・ 研究部門(22)
  - ユビキタスエネルギー研究部門
  - 環境管理技術研究部門
  - 環境化学技術研究部門
  - エネルギー技術研究部門
  - 安全科学研究部門
  - 健康工学研究部門
  - 生物プロセス研究部門
  - バイオメディカル研究部門
  - ヒューマンライフテクノロジー研究部門
  - 知能システム研究部門
  - 情報技術研究部門
  - ナノエレクトロニクス研究部門
  - 電子光技術研究部門
  - セキュアシステム研究部門
  - 先進製造プロセス研究部門
  - サステナブルマテリアル研究部門
  - ナノシステム研究部門
  - 計測標準研究部門
  - 計測フロンティア研究部門
  - 地圏資源環境研究部門
  - 地質情報研究部門
  - 活断層・火山研究部門
  
- ・ 研究センター(8)
  - メタンハイドレート研究センター
  - 太陽光発電工学研究センター
  - 触媒化学融合研究センター
  - 創薬分子プロファイリング研究センター
  - ネットワークフォトンクス研究センター
  - サービス工学研究センター
  - フレキシブルエレクトロニクス研究センター
  - ナノチューブ応用研究センター
  
- ・ 研究ラボ(0)

#### 2-3-2 評価の対象期間

評価の対象期間は、原則として当該年度及びその前年度の2年間（平成25年度と平成26年度）であり、実績のデータ（特許、論文等）については平成26年9月30日までの過去2年間である。なお、ネットワークフォトンクス研究センター及びナノチューブ応用研究センターについては、平成26年度末設置期限の予定で設立されており、評価委員会をそれぞれ6月及び7月に開催した。

### 2-3-3 評価委員の構成

研究ユニット評価委員会は外部評価委員と内部評価委員とで構成する。外部評価委員は、当該研究分野に対する俯瞰的視点を有していることに加えて、当該研究ユニットのユニット戦略課題（注3）に対して、高い見識を有する、①技術・学術的な視点、②産業化の経営的な視点、③社会的な視点の評価委員から構成する。人数は研究ユニットごとに4～7名程度である。内部評価委員は2名で、首席評価役が担当した。

外部評価委員の選出は評価部内に選定委員会を設けて行った。外部評価委員については、第3期から、その強化を図るため人数を増員するとともに、産業化の経営的視点及び社会的視点の評価委員の割合を6割程度以上にしている。

### 2-3-4 評価項目

「研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ」（注4）、「ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット」、「イノベーション推進への取り組み」、「研究ユニット運営の取り組み」の4項目である。

#### (1) 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

研究ユニットの研究開発の計画全体を対象に、中期計画における目標の達成及び中長期的な展開等の妥当性について評価する。

（主要な評価事項）

- ・ 中期計画における目標とその達成に関する計画・進捗（中期目標期間の始めの時期は計画を対象にし、その後進捗を含める）
- ・ 中長期的視点からの研究ユニットの目標（方針）
- ・ 内外との連携及び国内外における優位性・特徴
- ・ 研究ユニット全体の計画におけるユニット戦略課題の相互関係と展開

#### (2) ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

ユニット戦略課題ごとに以下の項目について評価する。

##### 1) ロードマップ

中期計画における目標、アウトカムとその実現に向けたロードマップの妥当性等について評価する。

（主要な評価事項）

- ・ アウトカムの確信性
- ・ アウトカムへの道筋（研究開発の内容や連携等の方策）及びマイルストーン（注4）の設定の妥当性
- ・ 必要な技術要素の把握の妥当性
- ・ 他機関との優位性等の比較（ベンチマーク（注4））の妥当性

##### 2) アウトプット（成果）

アウトプットのアウトカム実現への寄与とその世界水準を基準とする質の高さ等について評価する。なお、政策ニーズ対応研究や知的基盤研究にあっては、長期的政策推進計画や国の整備計画等との整合性も考慮して評価する。

（主要な評価事項）

- ・ アウトカム実現への寄与
- ・ 世界水準を基準とする質
- ・ これまでのロードマップに示されていない顕著な成果（過去の研究開発によるアウトカムの実績を含む）

#### (3) イノベーション推進への取り組み

成果の発信やイノベーションハブによる国、社会への貢献等に向けた取り組みとその効果について評価する。

## 第2章

(主要な評価事項)

- ・ 成果の発信や研究ポテンシャルによる、国、社会、産業界、学界、国際、知的基盤等への貢献の取り組みとその効果
- ・ 産業人材育成を含む、産学官連携、地域連携等のイノベーションハブとしての取り組みとその効果

### (4) 研究ユニット運営の取り組み

研究ユニット運営における活動の活性化とポテンシャル向上への取り組み及びその効果等について評価する。

(主要な評価事項)

- ・ 所内連携や分野融合
- ・ 資金獲得・効率的活用
- ・ 組織運営や体制の整備
- ・ 内部人材育成
- ・ 挑戦課題の推進

なお、評価にあたっては、研究ユニットの種類（研究部門・研究センター・研究ラボ）（注5）、研究の性格（先端・政策ニーズ対応・知的基盤）（注6）及び中期目標期間に対する評価の実施時期の違いも十分に考慮する。

### 2-3-5 評価の方法、提出資料

以下の資料を評価委員会へ提出する。

#### (1) 評価資料

研究ユニットは研究ユニット評価資料作成要領（別紙10）に従って、評価項目に対する資料を研究ユニット評価委員会が開催される1か月前までに、電子ファイルで評価部に提出し、評価部が評価委員会の開催前に評価委員に送付する。

#### (2) プレゼンテーション資料

当日のプレゼンテーションにおいて、評価資料の主要な項目に関する説明を行う際の資料とする。

### 2-3-6 評価結果の記入(評価コメントと評点)

外部評価委員は「ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット」及び「イノベーション推進への取り組み」について、コメントとともに、評点を付す。そのほかの評価項目に対するコメントも可能な限り記す。

内部評価委員は、「研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ」について「ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット」も考慮して評点を付し、コメントを記す。また、「イノベーション推進への取り組み」及び「研究ユニット運営の取り組み」についても評点を付し、コメントを記す。「ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット」については、コメントを記す。

#### (1) 評価コメント

評価コメントは、評価の根拠となるコメントのほかに、今後の方向性と助言を記述する。

#### (2) 評点

評点は、以下を基本とする。

- A（優れている、4点）
- B（概ね適切、3点）
- C（要改善、2点）
- D（不適切、1点）

なお、特記的に優れているものについてはAA（5点）とすることができる。また、それぞれの評点の間を認め、例えばAとBの間の場合、A/Bとする。

### (3) 総合点の算出

表2-3-1における評点の重み付けにより、総合点を算出する。ユニット戦略課題については、研究ユニットが設定した課題の重み（1又は2）を掛けて加重平均を取り、ユニット戦略課題の総合点とする。

表2-3-1 評価項目と評価及び評点の重み付け

評価項目	外部評価委員		内部評価委員	
	評価	評点重み付け	評価	評点重み付け
研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	評価コメント		評価コメント 評点(*)	0.1
ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット	評価コメント 評点	0.6	評価コメント	
イノベーション推進への取り組み	評価コメント 評点	0.1	評価コメント 評点	0.2
研究ユニット運営の取り組み	評価コメント		評価コメント 評点	

\* ユニット戦略課題も考慮する

### 2-3-7 評価結果の取扱いと活用

評価委員のコメント、評点は、委員名を匿名化して研究ユニットに回付する。評価委員のコメントに事実誤認があると研究ユニットが指摘し、評価部が必要と認めた場合、その指摘を評価委員に回付する。評価委員はこれを参考にしてコメントあるいは評点を修正することができる。

#### 1) 研究ユニット運営への反映

研究ユニットは、その活性化、効率化を目的として評価を研究活動や運営に活用する。また評価での指摘事項については、研究ユニット評価を実施しない年度に行う評価委員との意見交換や次回の研究ユニット評価委員会で対応状況を報告し、評価の実効性の向上に資する。

#### 2) 産総研経営判断への反映

評価結果は予算ヒアリング等研究資源配分に参考資料として活用するとともに、研究ユニットの組織見直しにかかわる研究ユニット活動総括・提言委員会での審議に基礎資料として活用する。

#### 3) 評価結果の公開

評価結果は、透明性の確保と国民の理解のため評価報告書として作成し公開する。

### 2-3-8 平成26年度研究ユニット評価の主な改善事項

#### 1) ベンチマーク等において関連機関を具体的に明示

評価委員に対して、ベンチマーク等において関連機関を具体的に明示して、研究成果の国内外における優位性を示すこと等により、達成水準についてより適切な評価を可能にした。

#### 2) 質疑等の時間を確保

研究ユニット評価委員会の質疑の時間、及び総合討論や委員討議の時間を説明時間よりも長くするようにした。

#### 3) 関連する他研究ユニットの研究ユニット長等の出席による評価委員会の活用

30研究ユニットの評価委員会に、のべ37の他研究ユニットからのべ49名の研究ユニット長等がオブザーバー参加をした。

#### 4) 「産総研評価情報システム」の導入

評価におけるセキュリティ向上及び業務の効率化のため、評価コメント及び評点をパスワード保護された専用のウェブに入力する「産総研評価情報システム」の運用を開始した。

**【注1】 本格研究**

高度化・多様化、かつ急速に変化する社会経済ニーズに対応するためには個別の知識領域を融合していく研究が重要である。産総研では、未知現象より新たな知識の発見・解明を目指す研究を「第1種基礎研究」、経済・社会ニーズへ対応するために異なる分野の知識を幅広く選択、融合・適用する研究を「第2種基礎研究」と位置付け、すべての研究ユニットは、研究テーマの設定を未来社会像に至るシナリオの中で位置付け、シナリオから派生する具体的な研究課題に分野の異なる研究者が幅広く参画できる総合的な体制を確立し、「第2種基礎研究」を軸に、「第1種基礎研究」から「製品化研究」（単に「開発・実用化」とも言われる）に至る連続的な研究を「本格研究」として推進することを組織運営理念の中核に据えている。

**【注2】 「アウトカムの視点」からの評価**

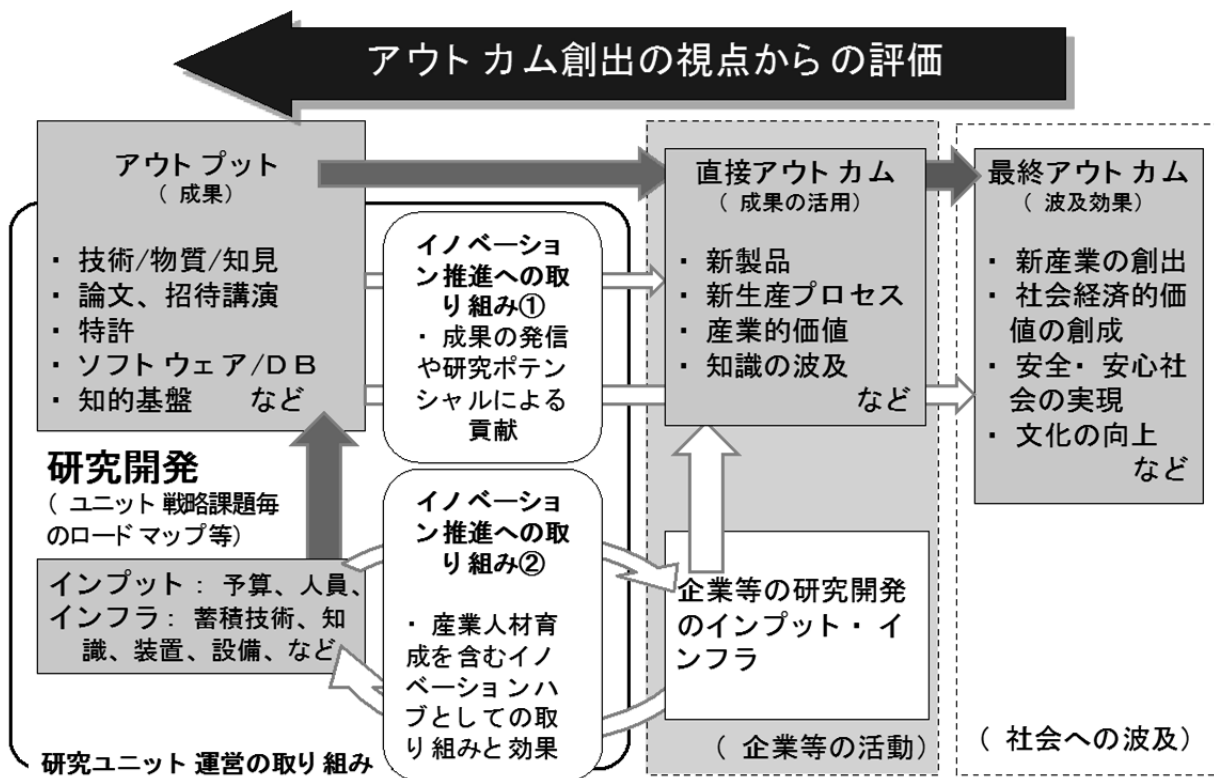


図2-3-1 アウトカムの視点からの評価の内容

1) アウトカム

研究開発の直接の成果（アウトプット）によりもたらされる社会・経済等への効果。成果の科学技術的又は社会・経済的な価値が実現した状態。

2) アウトカムの視点からの研究ユニット評価

アウトカムの視点からの研究ユニット評価の枠組みを上図に示す。期待されるアウトカムに向けてロードマップ、アウトプット、イノベーション推進への取り組み、及び研究ユニット運営の取り組みが適切であるかどうかを評価する。

**【注3】 ユニット戦略課題**

第3期においては、従来「重点課題」としていたものから、年度当初の予算配分に対応して設定されたユニット戦略課題に変更している。

**【注4】 ロードマップ、マイルストーン、ベンチマーク**

- ・ **ロードマップ**:期待されるアウトカム、アウトカム実現のためのマイルストーン、技術要素等を、時間軸とともに具体的に示した研究遂行の計画図又はアウトカム実現につながる構想図。
- ・ **マイルストーン**:アウトカム実現に至るまでの目標となるステップの目安。
- ・ **ベンチマーク**:アウトカム実現に至るために、競合する又は連携する世界のトップ機関の技術ポテンシャルやパフォーマンス等との比較。

**【注5】 研究ユニットの種類**

- ・ **研究部門**:産総研ミッションと中長期戦略の実現に向け、研究ユニット長のシナリオ設定と研究者の発意に基づく研究テーマ設定を基本とし、一定の継続性を持って研究を進める研究ユニット。
- ・ **研究センター**:研究部門からの派生ないし社会からの要請に応じて、特定の課題を解決するための技術、知識を早期に産み出すことを主目的に、研究ユニット長の強いリーダーシップのもと、集中的かつ時限的に研究を進める研究ユニット。設置年限は3～7年間（継続は、原則、禁止）。
- ・ **研究ラボ**:研究部門の新設や研究センター化等の展開を目指して、異分野融合性の高いテーマ、行政ニーズ対応型のテーマ等について、機動的・時限的に研究を推進する研究ユニット。設置年限は最長3年。

**【注6】 研究の性格**

- ・ **先端研究**:国際的な産業競争力強化、新産業の創出に向けて、幅広いスペクトルでの探索と分野融合によるイノベーションを推進する研究。  
新たな知識の発見・解明とともに、新たな概念や技術体系の構築等、既存の知識を含めた融合・適用を主体とする研究開発を含む。
- ・ **政策ニーズ対応研究**:行政ニーズに対応して、又は、将来の行政ニーズを予見して実施する必要のある政策推進のための研究。
- ・ **知的基盤研究**:国自らが高い技術的裏付けを有し、一元的・一体的にその整備を進めていくことが要求されており、産総研が責任を持って実施すべき研究。

## 第2章

### 2-4 平成26年度研究ユニット評価委員意見交換の実施概要

#### 2-4-1 実施の目的と方法・形式

平成26年度に研究ユニット評価委員会を開催しない研究ユニットは、評価委員の評価対象を把握・理解する機会の拡大を図るとともに研究ユニット評価を補完し、評価の信頼性を向上させることを目的として、「開始時意見交換会」、「評価委員意見交換」を実施する。

- ・ 開始時意見交換会

ミッションや研究開発計画等について、評価委員の理解を助け、助言を受けることを趣旨として、新設の研究センター及び研究ラボの発足の1年以内実施する。

対象研究ユニットは、①研究ユニットのミッション（設立の趣旨等）、②研究開発の全体計画の概要、③個別の研究開発の計画、④外部との連携の構想、⑤研究ユニットの体制、を含むプレゼンテーションを行う。その質疑等を行い、評価委員は文書によるコメントを提出するが、評点は付けない。

- ・ 評価委員意見交換

評価委員が評価対象の把握・理解を深めることを趣旨として、研究ユニットが主体となって、研究ユニット評価委員会を開催しない年度に実施する。

研究ユニットは、①研究現場見学会、パネル展示・説明会、意見交換会、②ユニット主催シンポジウム等の機会における意見交換、③個別訪問による意見交換、の形式から選択して実施する。

#### 2-4-2 実施対象研究ユニット

平成26年度の開始時意見交換会及び評価委員意見交換の実施対象研究ユニットと実施形式は、以下のとおりである。

- ・ 開始時意見交換会

再生可能エネルギー研究センター（委員会、見学会）

糖鎖創薬技術研究センター（委員会）

ゲノム情報研究センター（委員会、ポスター）

グリーン磁性材料研究センター（委員会、見学会）

- ・ 評価委員意見交換

コンパクト化学システム研究センター（委員会）

先進パワーエレクトロニクス研究センター（委員会、見学会）

バイオマスリファイナリー研究センター（委員会、シンポジウム）

デジタルヒューマン工学研究センター（委員会）

ナノスピントロニクス研究センター（委員会）

集積マイクロシステム研究センター（委員会）

注) 委員会:委員会形式による意見交換

シンポジウム:ユニット主催シンポジウム等の機会における意見交換

見学会:研究現場見学会による意見交換

ポスター:ポスター展示と研究ユニット担当者の説明による意見交換

個別訪問:個別訪問による意見交換



## 第3章 評価結果

### 3-1 研究ユニット評価結果

平成26年度研究ユニット評価の結果を示す。

- \* 評点一覧の記述中、評価項目は以下の省略名にて表記した。  
研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ: ユニット全体のシナリオ・ロードマップ  
研究ユニット運営の取り組み: ユニット運営の取り組み
- \* 評点は以下の計算式により算出した。  
総合評点（総合点）＝「研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ」×0.1＋「ユニット戦略課題の総合点」×0.6＋「イノベーション推進への取り組み、外部評価委員」×0.1＋「イノベーション推進への取り組み、内部評価委員」×0.05＋「研究ユニット運営の取り組み」×0.15
- \* ユニット戦略課題の総合点は、研究ユニットが設定した各ユニット戦略課題ごとの重み（1又は2）を掛けた加重平均である。

## 第3章

### 3-1-1 ユビキタスエネルギー研究部門

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

家電や自動車などエネルギー需要者側におけるエネルギー消費の削減を目指し、蓄電池、燃料電池などの新しい小型・移動型電源技術の研究開発を行うとともに、照明を始めとする家電製品での省エネ・省資源化に資するため、材料基礎からシステム化まで通した研究に取り組む。また、新たなイノベーションシステム構築を目指し、関西地域での家電・電池産業及び技術系有力大学の集積を背景に、ナショナルプロジェクトや研究コンソーシアム等を通じたオープンイノベーションのハブ（研究・連携拠点）としての役割を果たす。

#### 第3期中期計画課題

- ・ I-1-(3)-② 「電力変換エレクトロニクス技術の開発」
- ・ I-2-(1)-① 「次世代自動車用高エネルギー密度蓄電デバイスの開発」(IV-1-(1)-④へ一部再掲)
- ・ I-2-(2)-② 「燃料電池による高効率エネルギー利用技術の開発」
- ・ I-2-(2)-④ 「省エネルギー型建築部材及び家電部材の開発」
- ・ I-2-(3)-② 「ディスプレイ及び入出力機器の省エネルギー化」
- ・ I-4-(1)-① 「ソフトマテリアルを基にした省エネルギー型機能性部材の開発」(Ⅲ-2-(1)-①へ再掲)
- ・ I-4-(2)-② 「単結晶ダイヤモンドの合成及び応用技術の開発」(Ⅲ-2-(2)-②へ再掲)
- ・ Ⅲ-1-(1)-② 「情報入出力機器のフレキシブル、小型化のためのデバイスの研究開発」
- ・ IV-1-(1)-④ 「蓄電池構成材料の評価及び解析技術の開発」(I-2-(1)-①を一部再掲)

#### 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

短期的には、リチウムイオン電池、固体高分子形燃料電池、蛍光ランプ・LEDの分野での研究開発を目指す。中長期的には、ポストリチウムイオン電池技術、ダイレクト燃料電池技術、自然光の高度利用技術の研究展開を目指している。蓄電池や燃料電池は次世代自動車や新しい省エネルギー電力システムとして、波長変換、集光・導波、蓄光等の自然光の高度利用技術は自然光の効率利用システムとして社会展開を図っている。

社会環境変化に対応し、定置用蓄電池へのシフトなど柔軟にロードマップの修正を行っている点や、 $\alpha\beta\gamma$ ミッションとして、基礎から実証までまんべんなく取り組む運営を行っている点は評価できる。関西地域の地場産業、大手主力企業と課題を共有し、連携して解決を進めている点も評価できる。

一方、新技術の発掘・創造（アウトプット）から民間での実用化・商品化（アウトカム）までの橋渡し部分は、両者による密な連携等が必要で、達成進捗管理が重要であり、より厳しいガバナンスが必要である。研究規模の違いから、地域の中小企業とはなかなか密接な関係を構築できないようだが、それらの企業がかなりの部分で産業を支えていることも事実なので、対話を密にできるようにする必要がある。

今後は、基礎研究のリーダーとしての研究員のモチベーションを保ちながら、使われる特許を生み出し、産業界からの高い信頼を得る強い知財を獲得する戦略を立てることが重要である。研究者が学術的に良い研究をすることが第一目標ではない。また、社会・産業貢献のために、現在の結果で十分なのかどうか、他にどんな克服すべき技術課題・社会課題があるかなどの「課題鳥瞰図」を産業界と共有できるような仕組み、仕掛けがあると良い。

#### 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

##### 【ユニット戦略課題1】高エネルギー密度蓄電デバイスの研究

運輸部門の石油依存度及びCO<sub>2</sub>排出量の大幅な低減を可能とし、エネルギー効率の格段の向上を実現する次世代自動車普及の鍵となる蓄電池に関して、安全かつ低コストの高エネルギー密度電池材料の開発を目指すとともに、実用化のための性能及び耐久性に係る評価技術の開発を産学官連携プロジェクトへの参画を通して実施している。

固体表面構造解析と第一原理計算を駆使して、リチウム過剰系正極材料の評価技術を深化させたことは高く評価できる。現行系のリチウム電池研究にとどまらず、ポストリチウムイオン蓄電池系の正極、負極、電解質、それぞれの新材料技術にも果敢にチャレンジし、従来にない初期性能を確認するなど、当該分野の先鋭研究をリードしている点も良い。

一方、優れた研究成果を創出しているはずなのに、特許料収入が少ないのは、特許戦略に問題があるの

ではないかと思われ、検討が必要である。また、ベストな負極材料とベストな正極材料を組み合わせればベストな蓄電池が完成するとは限らないので、実電池で評価を行う必要がある。

今後は、世界トップクラスの基礎研究の成果の知財化と、産業界をリードする上での情報公開とのすみ分けを明確にすることが産総研のシステムとして重要である。また、もう一步出口に踏み込んだ上で、材料のベンチマークを行う仕組みあるいは研究機関のネットワークなどを構築していくと良い。

#### 〔ユニット戦略課題2〕 固体高分子形燃料電池の研究

家庭での省エネルギー化を目指して固体高分子形燃料電池コジェネレーションシステムのより一層の普及のために、燃料電池の大幅な低コスト化と高耐久性の両立を図る技術として、白金の使用低減及び電池劣化の抑制に資する技術研究を行っている。また、水素以外の燃料を直接電気に変換するダイレクト燃料電池の研究を通して、新たな燃料電池系の探索を進めている。

酸化物担体の研究に取り組み、最大の課題となっていた起動／停止サイクルにおける高耐久化を達成したことは評価できる。合金化や担持プロセスの改善と併せ、質量活性10倍向上にも成功し、産業界の要請に柔軟に対応して低白金化に道筋をつけたことも評価できる。

一方、大命題である白金使用量の低減については、1/10を達成するレベルには至っておらず、さらなる開発・改善が求められる。また、ベンチマークで産総研が他の研究機関より優れた研究を行っていることが強調されているが、いかにしてアウトカムを高めるかという視点からの考察が重要である。

今後の活動として、国際社会の動向の伝達や、国内企業の問題点整理と新たな方向性提示など、企業との親密な情報交流の場を設定することも有効である。また、二酸化チタン(TiO<sub>2</sub>)担体の実用化には、セラミック材料メーカーと早期に連携し、量産技術を確立し供給先メーカーを確保することが大切である。

#### 〔ユニット戦略課題3〕 省エネルギー型家電部材の開発

省エネルギー化を目指した照明材料としての希土類蛍光ランプで使用されるテルビウム(Tb)、ユウロピウム(Eu)の使用量の低減と、ランプの光利用効率の向上の技術開発とともに、照明、電池、情報家電用を目指した省エネ型家電部材の材料合成、デバイスへのプロセッシング、特性計測評価技術を研究している。またダイヤモンドの単結晶ウエハおよび実用的な縦型の構造のパワーデバイスを開発している。

まだ既存使用量が多く開発途上国でもニーズの高い蛍光灯で使用されるレアアースの使用量低減技術、蛍光体分離回収を実用化段階まで進展させた点や、蛍光シリカの開発におけるナノシリカの規則配置による光束改善、埋め込むBCNO(Boron Carbon OxyNitride)蛍光体粒子の性状によって発光波長を制御できることの実証など、多くの革新的成果を得ている点は高く評価できる。

一方、LED化等社会の激しい変化に追随するための出口戦略を、コストも考慮して議論する必要がある。未利用太陽光利用技術の開発は重要な提言であるが、非常に多面的で、ともすれば総花的ともなる懸念があり、長期的戦略を取り入れた展開を期待する。

今後は、ガラス研究の蓄積を活かしながら、ポリマーの良さを組み入れて、新たな産業技術の創生に取り組むことを期待する。また、自然光利用に関する独自技術を創出し、将来、それらの技術を権利行使できるように万全に準備を整えることが望まれる。

### 3. イノベーション推進への取り組み

蓄電関係を中心としてイノベーション推進に取り組んでおり、国家プロジェクトへの参画及び学会への貢献、並びに地域のハブ・拠点活動など多方面で存在感のある活動を継続して行っている点、すなわち、技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センター(LIBTEC)や革新型蓄電池先端科学基礎研究事業(RISING)などで、20社の材料評価とコンサルティングを行うなど、関西蓄電池産業のオープンイノベーションハブとして活動していることは評価できる。

一方、事業貢献するための取り組みを行っているとの説明があったが、どのように事業化に貢献したか(どの商品に産総研のどの技術が使われたか)、どのくらいの規模の事業になったかという状況を把握することが重要である。基礎研究成果と企業支援成果は評価できるが、情報発信やPRが不足している。

今後は、これまでに築き上げてきたイノベーションハブやオピニオンリーダーとしての役割を大切に、より強い産総研の研究ユニットとして活躍することを期待する。さらに、海外との関係を強化し、情報を収集して国内企業へ紹介すること等も積極的に手掛け、「世界の中の日本企業」を育成することにも期待する。また、内部的には、ビジネスを理解している企業経験者を登用し、現場のヘッドに据えるなどの大胆な改革があっても良い。

### 第3章

#### 4. 研究ユニット運営の取り組み

研究・指導等の活動内容を先導的産業技術育成（ $\alpha$ ミッション）、産業基盤技術提供（ $\beta$ ミッション）、コアコンピタンスの強化（ $\gamma$ ミッション）と分け、それぞれの立ち位置が次第に明確になり、基礎と応用との組み合わせも非常に有効に機能している点は良い。技術分野間の交流や、ポスドクの育成、シニア研究者のキャリアパス形成など、人材の育成と活用にも留意して運営を行っている点も評価できる。

一方、知財保護と情報発信に対する取り組みに関して、基本方針としては理解できるが、現場の個別対応との関係が不明確なので、速やかにこの課題に関して方針を打ち立てるべきである。また、マネジメントが、現場の研究者の自主性ややる気をおもんばかり、アウトカムの視点でのマネジメントが及び腰になっているきらいがある。

今後の課題として、国と地域の両方の状況を考慮するため、研究開発に関するマネジメントは複雑にならないを得ないが、リーダー的な人員がフリーで次世代の研究に投資できるような仕組みの検討も必要である。特に日本全体で女性の活躍を求める機運が高まっている中、採用も含めて「リケジョ(理系女子)」のポテンシャルを最大限に引き出す工夫が必要である。

#### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目(課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	T	U	評点
ユニット戦略課題1	高エネルギー密度蓄電デバイスの研究	2	AA/A	AA/A	B	AA	AA/A	AA/A	4.3
ユニット戦略課題2	固体高分子形燃料電池の研究	1	A	AA/A	B	A	AA/A	A	4.0
ユニット戦略課題3	省エネルギー型家電部材の開発	1	A	AA/A	A	AA	A	A/B	4.2
戦略課題総合点									4.2
イノベーション推進への取り組み			A	AA/A	B	AA	A	A	4.1

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A	A/B	3.8
イノベーション推進への取り組み	A	A	4.0
ユニット運営の取り組み	A/B	A/B	3.5
総合評点			4.0

## 3-1-2 環境管理技術研究部門

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

持続的発展可能な社会の実現に向け、経済産業の発展と安全・安心な環境を両立させるため、産業起源の環境負荷の管理・低減・再資源化及び快適環境の構築に関する研究開発を行い、環境技術産業の振興・創出を図るとともに環境関連政策の立案・実効へ貢献する。

## 第3期中期計画課題

- ・ I-3-(3)-② 「レアメタル等金属や化成品の有効利用、リサイクル、代替技術の開発」
- ・ I-5-(5)-① 「環境負荷低減を目指した浄化技術の開発」
- ・ I-5-(5)-② 「自然浄化能の強化による環境修復技術の開発」
- ・ I-6-(3) 「先端科学技術のイノベーションを支える安全性評価手法」
- ・ I-6-(6)-① 「環境負荷物質及び環境浄化能の計測手法の開発」
- ・ I-6-(6)-② 「産業活動の環境影響評価」
- ・ I-6-(6)-③ 「二酸化炭素貯留技術の環境影響評価」
- ・ I-6-(6)-④ 「生態系による二酸化炭素固定能評価」
- ・ IV-2-(2)-① 「衛星画像情報及び地質情報の統合化データベースの整備」(別表2-1-(3)-①を再掲)

## 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

環境・資源の制約を克服した産業・社会を技術革新により達成するために、①「環境診断技術の開発」を知的基盤として、②安全・安心な社会のための「有害化学物質リスク削減技術の開発」、③循環型社会のための「リサイクル技術の開発」、及び④低炭素型社会のための「地球温暖化関連物質の環境挙動説明・二酸化炭素対策技術の開発」を、総合化を図りながら進めている。

環境問題に対して経済発展と環境を一体的に取り扱う目標は適切である。「測定」「浄化」「リサイクル」「環境評価」等、独自のコア技術の開発が進んでいる。産業界と連携し、目標達成に向けて社会ニーズとのマッチングを取っている。開発技術の産業(特に中小企業)への導入を積極的に進め、また、標準化(JIS、ISO)を進めている。「都市鉱山」、「水」プロジェクトを主導し、産総研全体で成果を社会還元しようとしている。特に、官民連携の戦略的都市鉱山研究拠点(SURE)コンソーシアムの活動を開始したことは特記に値する。

一方、コア技術に基づく課題が次期もそのまま継続するよう見える。アウトカム側から見てどのような技術が必要であるか、「社会展開」と「研究開発」の相互関係が分かるロードマップを検討してほしい。民間企業の資金割合は3割未満なので、成果の具体的な利用イメージを分かりやすく伝え、共同研究や受託研究につなげることが望まれる。「都市鉱山」や「水」プロジェクトは出口イメージを明確にする必要がある。後者は、国内類似プロジェクトと比較し、特長・優位性を明確に示す必要がある。

今後について、個々のテーマは研究員の経験が生きる形で設定され高い成果を挙げているが、原発事故対応のような技術が必要とされたときに直ちに対応可能な機動的な研究組織のあり方についても、議論が期待される。国際競争の中で日本の環境関連企業が優位性を保持するためには、低ライフサイクルコスト(低LCC)、低メンテナンスコストの技術が鍵となる。そのコアとなる基盤研究を、産総研が推進することが必要である。「水」プロジェクトは、SURE同様、企業を取り込む仕組みも必要である。

## 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

## 【ユニット戦略課題1】環境診断技術の開発

最先端の科学的知見の獲得や最高水準の環境計測・解析技術の開発及び標準化を目指している。

技術の位置付けや優位性・特徴を明確にし、適切にマイルストーンを設定している。社会実装を目指した「水」プロジェクトは高く評価する。水晶振動子マイクロバランス(QCM)型センサー技術、水質分析技術、化学物質の有害性スクリーニング等、高感度なセンサー開発や環境診断システムの構築に成果を挙げており、事業化にも貢献している。工場排水試験法(JIS)改定に委員を出すなど、JIS、ISOの改正や規格案策定で貢献している。ES・iPS細胞等の最先端バイオ技術との融合にも挑戦している。

一方、各技術のマーケットを具体的に示し、役割・意義を明確にする必要がある。対象が多岐にわたるため、方向性や進捗のバランスも考えて研究開発を進める必要がある。有害性スクリーニングや環境微生物検出技術は他分野との連携を更に発展させる必要がある。招待講演や受賞が少なく、また、平成26年度は論文数が減少しているため、研究ステージの異なるテーマを推進するなどして、学会発表や論文発表を

### 第3章

活発にする必要がある。

今後、個々の技術は実用化へ進捗しているので、長期的方向性や機関の位置付けを明確にし、センサー研究、生物発光分析、細胞応答の特色ある研究が相互に協力し合う計画や、水プロジェクトで個別テーマをまとめる方向が期待される。実用化可能なセンサーや研究成果が多くあり、企業との連携による迅速な製品化が今後の課題である。新規有害性評価技術は、規制に対応しなければ企業は技術導入しないので、OECDの試験ガイドライン等で言及されるように、国際的な要職の獲得を目指してほしい。

#### 【ユニット戦略課題2】有害化学物質リスク削減技術の開発

有害化学物質による健康リスクを低減し「安全・安心な社会」を実現するため、環境触媒技術（化学系）、相変化制御技術（物理系）及びバイオ応用技術（生物系）と異なるバックグラウンドを有する研究員が協力し、各種産業プロセス、特に中小事業所から排出される環境負荷物質の高効率処理技術、及び環境の浄化・修復技術を開発している。

国内外の位置付け、優位性・特徴を明確にし、基礎研究から製品化まで幅広く行っている。論文、特許、標準化などアウトカムに向けたバランス良い成果が評価できる。環境触媒、人工有機フッ素化合物(PFOS類)関連技術、土壌修復技術などで研究成果を挙げている。揮発性有機化合物(VOC)除去技術は、応用から出た基礎研究を強力に推進できる産総研の特色が現れた事例である。PFOS類関連技術で、日本の化学物質管理の適切さを世界に主張したことは、高く評価できる。

一方、課題内9テーマがどのように発展（解消）していくかの道筋が不明である。各技術の学術的意義や社会的必要性を踏まえ、産総研で行う理由、競争力、優位性の説明が必要である。目標が総花的・抽象的であるため、研究が単発的・個別的印象を与える。単体の研究は素晴らしいが、面的な広がりや少し物足りない。成果は多いが製品化には至っていないので、企業との連携による製品化を積極的に進める必要がある。土壌汚染修復技術は、重金属を吸収した植物体の処理まで考慮した費用比較が必要である。

今後、環境触媒、相変化制御、バイオ応用技術の融合による課題発掘が期待される。甚大な被害をもたらす特定の化学物質が存在しないので、技術開発のターゲットを絞りにくい、化審法（化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律）の規制物質絞り込み（例：一般化学物質から優先評価化学物質への指定）などが役に立つ。基礎研究力は素晴らしいので、実用化に向けて技術を積極的に売り込むことも必要である。ISO活動が産業界のメリットとなるように、知的財産として戦略的に運用することが期待される。

#### 【ユニット戦略課題3】リサイクル技術の開発

国のレアメタル確保戦略に基づいて、未利用資源活用及びリサイクルを推進し、資源最適利用システム構築及び戦略的希少元素安定供給に貢献する研究を進めている。

国内外の位置付け、優位性・特徴を把握し、目標、マイルストーンを明確にしてスピーディな開発に取り組んでいる。リサイクルに回される製品・物質を予測し、長期的な研究をポートフォリオに組み込んでいる。特許出願、招待講演、受賞や報道が多いことから、社会的な関心の高さが伺える。分離精製技術や精密反応技術で従来にない回収効率を実現するなど、順調に研究開発が進展している。SUREの設立と官民連携コンソーシアムの活動開始は高く評価される。

一方、世の中が急速に変化しているので、官民連携の場を活用して迅速な情報共有と発信が求められる。企業の声が迅速に反映され、ビジネスに反映されるマッチングの場の仕組みが整うと良い。インパクトファクター付国際誌の数を増やす努力も必要である。個々の取り組みが見えにくいので、技術課題の解決プロセスについても明示する必要がある。安全で確実なリサイクルが不可能だと、物質の製造使用自体が禁止されてしまうので、効率的なリサイクルに加え、従事者の安全や環境への配慮をもっとアピールすると良い。

今後、製品のリサイクル設計のための標準化の主導・推進が望まれる。人材確保のために、既存の学術領域との関係を分かりやすく見せる工夫も必要である。SUREコンソーシアムでは、産学官連携による技術の利用拡大と製品の流れを踏まえた社会ビジョンの創出が期待される。リサイクルまで考えて製品設計すべきというメッセージを出し続けることも必要である。都市鉱山のみならず、自然鉱山への適用も常に意識することが求められる。研究者の負担軽減のためにマネジメント人材と事務機能の強化も必要である。

#### 【ユニット戦略課題4】地球温暖化関連物質の環境挙動解明と二酸化炭素対策技術評価

現在の地球の状況を正確に把握し、地球温暖化のもたらすリスクを明らかにし、それからの回避策を的確に選んで持続可能な社会に変革することを目標とする国の大きな研究戦略に沿って、これら対策技術開発のうち、大気中からのCO<sub>2</sub>の隔離・固定に対する評価技術及び適応策と産業活動の環境影響評価を行っている。

国際研究プログラムFuture Earthに関する重要な課題であり、国内外の位置付け、優位性・特徴を把握し、適切にマイルストーンを設定している。PM2.5の発生源を識別できる指標の開発など、産業界の努力を世界にアピールし、日本のプレゼンス向上と交渉力強化に貢献している。全球炭酸ガス収支の年々変動の推定や高精度標準ガスの供給は、国際貢献として高く評価される。また、世界初の実海域CO<sub>2</sub>漏洩実験への参加で成果を出した。衛星画像情報と地質情報の統合化に関するデータ整備は着実に進捗している。

一方、地球スケールの挙動解明は、受益者が政府機関や産業界全体なので、短期的な成果ではなく、確固たる研究シナリオの策定（課題設定、制度化、技術開発、連携作り）が必要である。少人数であるため、テーマを絞って面的な広がりを持たすことも必要である。CO<sub>2</sub>の濃度測定や海洋への吸収量の評価などは、社会的貢献を見せる工夫が求められる。環境影響評価のISOを国としてリードすることは産業界のメリットにつながるのだから戦略的に取り組んでほしい。

今後について、地球温暖化対策は国の研究機関として真剣に取り組むべき課題であり、信頼性の高いデータを中立の立場で提示していくことが期待される。地球温暖化に向けた「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」への貢献も期待される。企業活動の見える化等、低炭素社会を促進する仕組みに寄与する研究を期待したい。衛星画像解析とフラックス計測の結合など、互いに関係するテーマ群に集約することも必要である。高山市でのフラックス計測は、外部機関との協働を積極的に進めてはどうか。

### 3. イノベーション推進への取り組み

SUREや水プロジェクトで産総研内関連研究の一体的な推進体制を構築している。SUREコンソーシアム等、企業連携はきわめて活発である。研究部門全体として標準化を志向し、工場排水試験方法、光触媒材料試験方法などJISやISOに尽力・貢献しており、産総研に求められる業務の一つとして、大きな役割を果たしている。大学・中小企業、公設試等から技術研修生を多数受け入れ、人材育成や地域連携に貢献した。金属リサイクル等の多数の国内・国際会議やシンポジウムを主催し、成果発信を行った。

一方、イノベーションの推進のためには、情報や人材の交流を更に活発に行う必要がある。SURE・水プロジェクトは、進捗に伴い、運営に人材配置が必要になる。国際標準化は、企業と連携して戦略的に効果が得られるようにする必要がある。NGOや一般市民を対象とした啓発も重要であり、サイエンスコミュニケーター等の力も必要であろう。基礎・応用の比率や特許・論文数増加にある程度のエフォート管理も必要ではないか。企業経営層へのヒアリングは優れた試みだが、更に取り組むことが求められる。

今後、技術研修生の受け入れや中小企業、公設試との連携を進め、彼らの声を整理して産総研の役割を所内外で再認識し、開発した技術を共同研究や社会実装につなげることが期待される。世界トップの大学・研究機関の研究動向を把握し、わが国の産業界の優位性を確保する研究課題の発掘も期待される。国際標準化活動は、企業が単独で臨むことは難しいので、官民連携の中で企業からの長期的な資金も期待できるのではないかと。地球レベルの環境問題は、国立環境研究所との連携を引き続き推進することが求められる。

### 4. 研究ユニット運営の取り組み

組織と個人の方向性をベストフィットさせる活動がなされている。部門長交替時における全研究員との面談は、現状把握と研究部門内の相互理解に役立ったと考える。また任期付研究員についての報告会を通じたメンター制度や、共通実験室の充実など、随所に工夫が見られる。定期的な研究部門内情報交換と人的交流の促進は、分野融合大型研究プロジェクトに貢献した。研究部門内公募による萌芽研究の実施は、競争的外部資金の獲得につながった。新人の採用が順調で、かつ重点テーマに配属して戦略的に人材育成していることは心強い。

一方、研究部門内情報交換の場はまだ少ない。上下の理解は深まったが、横のつながりはよく見えない。交流会が単なる勉強会を超えてメンバー間の交流に実を上げているか、検討の余地がある。科研費は多いとは言えない。受け入れ研究員の任期終了後の経過（産総研、大学、企業等の割合）の報告があって良い。研究の遂行には、大学等の人材を積極的に活用する仕組みを検討する必要がある。中小企業支援、SURE、水プロジェクト等、研究者の負担が増大しているので、事務効率化に取り組むことが求められる。

今後、外部資金の戦略的、積極的取得を望む。課題の整理、研究者の能力向上や人材交流にもつながる。大企業とはいえ基礎研究や国際標準化に余裕はないので、共同研究で資金獲得を目指すべきであろう。また、関係企業の研究開発責任者等と意見交換を行い、製品化、実用化を促進する必要がある。環境管理技術は、国際的規制の枠組み（気候変動枠組条約締約国会議(COP)など）や、社会動向により変遷するので、社会科学等の思考も重要である。大学・研究機関と連携して研究を推進することが必要である。

### 第3章

#### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目(課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	T	U	評点
ユニット戦略課題1	環境診断技術の開発	1	A	A	A	AA/A	A	A	4.1
ユニット戦略課題2	有害化学物質リスク削減技術の開発	1	A/B	A	A	A	A	A/B	3.8
ユニット戦略課題3	リサイクル技術の開発	1	AA	AA	AA/A	AA/A	AA	AA/A	4.8
ユニット戦略課題4	地球温暖化関連物質の環境挙動解明と二酸化炭素対策技術評価	1	A	A	A	AA/A	A	A	4.1
戦略課題総合点									4.2
イノベーション推進への取り組み			AA/A	AA	A	A	A	A/B	4.2

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A/B	A/B	3.5
イノベーション推進への取り組み	A	A/B	3.8
ユニット運営の取り組み	A/B	A/B	3.5
総合評点			4.0



## 3-1-3 環境化学技術研究部門

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

環境と経済発展の両立を可能とする化学産業への貢献を目指し、グリーンサステナブルケミストリー(GSC)をより広くとらえた「環境共生化学」を基本理念として、環境負荷となる廃棄物を生み出すことなく、再生可能資源を用いて最小のエネルギー使用量で、選択的に目的製品を製造する技術の開発に取り組む。

## 第3期中期計画課題

- ・ I-3-(1)-① 「バイオマスを利用する材料及びプロセス技術」
- ・ I-5-(1)-④ 「レーザー加工による製造の高効率化」
- ・ I-5-(2)-① 「環境負荷物質の排出を極小化する反応、プロセス技術」
- ・ I-5-(2)-② 「化学プロセスの省エネルギー化を可能とする分離技術」

## 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

バイオマス等の再生資源を用いて、短中期的観点からは既存産業の環境負荷低減やエネルギー効率の向上技術の研究開発を、長期的観点からは上記ミッションを満たす画期的な新技術開発を、経済性・社会性を考慮しバランス良く進める。

製造業の基盤である化学産業への貢献を目指して、環境負荷低減、省エネルギー、再生可能資源の利用の研究を進めている。アウトカム視点の目標は明確で、ダウンストリームを重視する基本戦略が示されている。最終目標「再生可能資源を用いた製造技術の開発」は重要な視点である。少人数ながらそれぞれが「強み」とするものを持ち、それを核として研究を展開し成果が発信されている。本研究部門を化学技術のプラットフォームと位置付け、触媒化学融合研究センターを創出した。技術研究組合を設立して材料評価の研究も開始した。研究員の異動で減少した論文数や特許出願数を回復させた努力を評価する。

一方で、各戦略課題の目標レベルはより挑戦的にすることも重要である。狙ったアウトプット達成の延長上に2030年の目標(直接)アウトカムの実現があるか、すぐに結び付かない。アウトプットの達成とその横展開などでアウトカムをどれほど実現できるか見通しを示す必要がある。シェールガスが新しい資源として台頭し注目される中で、目標や計画を中期計画の中で見直していくことが求められる。個別課題の選定・設定方法の合理的な説明や、また研究過程においてもGSCの指標で負荷低減効果を示すことが望まれる。戦略課題3、4ではその位置付け、主導する技術研究組合の意義や出口イメージの具体化が必要である。

最終的なアウトカム実現には新たな技術革新が必要となる中で、研究部門として担うべき課題を十分議論した上で設定することが重要である。既存産業の変革は大事業であることから、中小企業からのニッチ製品実用化を更に進めると良い。バイオベース化は化学工業の世界的な潮流であるが、バイオと化学の融合を目指す機関は数少なく、本研究部門は貴重な存在である。今期着手した材料評価技術の期待度が高い。次世代化学材料評価技術研究組合(CEREB)や産総研の方向性については、機関としての位置付け、今後のサービス体制、継続性などの丁寧な説明も必要である。環境問題へのコミットメントをどう高めていくかも課題である。

## 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

## 【ユニット戦略課題1】再生可能資源を利用する材料・反応・プロセス技術

バイオエタノール等の低級アルコールをオレフィン等の有用化合物に変換する触媒や製造プロセスの開発に加え、バイオ法と化学法のベストミックスによる、基幹化学物質(有機酸等)や機能性素材(バイオ界面活性剤等)の量産技術の確立に取り組んでいる。これらバイオ由来化学品の用途開拓も進め、幅広い産業分野への導入を目指している。

プロピレンの製造では実証試験により目標を達成するとともに、グリセリンの製造・利用では量産方法を確立し、試料提供により用途開発を進めているのは大きな成果である。バイオサーファクタント(生物界面活性物質)の一大拠点となっており、企業との連携で製品化に到達したことは高く評価できる。バイオと化学技術のベストミックスという視点は良い。光学活性物質は高付加価値化の方向で、社会的な評価も高い。技術研究組合との連携、企業への試料提供・共同研究、事業化といった成果の展開につながっている点は大いに評価できる。バイオマス炭素含有率評価方法等の国際標準化は他機関と差別化できる大きな成果である。

### 第3章

一方で、アウトプットからアウトカムへの説明が不十分である。アウトカムとして環境負荷低減を期待するならば、背景説明を含めて、トータルコストに対する目標や成果を明確にする必要がある。界面活性剤のような機能性化学品に比べて、基幹化学品はコンセプトが不明確で、活用も遅れている。国内外のバイオリファイナリー構想に対する現状把握や産総研の考えをもとに計画を示すことが望まれる。業界の国際競争力の現状を踏まえて成果の意義を説明する必要がある。ISO化では代表団の中での役割やステータスについて、また、規格が認証等にどれほど使われているかという説明も求められる。

界面活性剤は大量生産可能なレベルになっているので、早急に幅広い用途開発を期待される。有償サンプルの提供を受けた企業が、少量でも最終製品を試作するようなインパクトのある開発マネジメントが望まれる。商品化に際しては、産総研の技術を活用して達成した旨を公表することを契約に入れることが適切である。バイオマス資源の活用は、原料調達不安定性を含めて多くの要因により研究意義の評価が変動しやすいが、その重要性や継続性の考えを示した上で、長期的視野で研究を遂行することが大切である。所内外との大きな連携の枠組みも必要である。標準化など社会貢献をもっと宣伝した方が良い。

#### 【ユニット戦略課題2】化学プロセスの省エネ化を可能とする分離技術

原理的に高効率な膜分離及び産業分野で広く利用されている吸着分離に関する研究開発を行い、膜素材・吸着剤の開発から、モジュール化・システム化・評価・解析などの性能実証までに必要なすべての技術を開発・融合させ、用途開拓を積極的に推進し、広く社会に貢献することを目指している。

中期計画に沿って、メソポーラスシリカ、新規ホウ素吸着剤、二酸化炭素用多孔質吸着剤、高性能カーボン膜、実発酵液から一段で高濃度ブタノール液を回収可能とする疎水性分離膜等を開発し、優れた成果を得ている。化学プロセスの大幅な省エネ化が可能となる重要な技術であり、目標、ロードマップも妥当である。分子ふるい炭素膜による燃料電池用の低価格な水素製造装置なども近い将来のアウトカムが十分期待できる。メンバーに化学工学、材料を専門とする研究者が含まれており、一体的な開発ができる。プロジェクト研究、企業との共同研究や実証試験がなされ、実用段階に向けて着実な進捗が見られる。

既存プロセスからの転換の可能性を評価するには、開発されつつある技術を含む全体のプロセスでの課題や優位性を明確にする必要がある。アウトプットから2030年のアウトカムに至る説明が不足している。研究開発の出口設定は難しいが、ベンチマークとして他機関の開発状況のレベルや役割分担（競争なのか、補完なのか）を示す必要がある。メソ多孔体などは今回初めて報告されたが、研究の全体像を把握できるような説明が求められる。

アウトカム実現に向けた将来プロセス・ステップを提示し、それを担う人材をポートフォリオとして保有することが望まれる。省エネ空調システム技術は第2期からの継続である。開発した吸着剤をより有効に利用するには、製品化段階でも画期的なイノベーションに発展させるとの意識で臨むことが必要である。「商品開発を早く、安く」を目指す企業と産総研とは視点が異なるので、盲目的に企業の要望に応じることは戒める必要がある。個別の結果を集成した設計指針的なものを示した上で、共同研究による従来課題の企業等への移行、技術の横展開及び新規で将来性のある課題への重点投資を期待する。

#### 【ユニット戦略課題3】産業の環境負荷低減を図るレーザー化学技術

レーザー局所場処理技術をベースに、ポリマー・ガラス・セラミックスなど様々な材料に対応する効率的な光化学表面反応プロセスを開発し、これらの材料・部材がかかわる産業プロセスの省エネ化・省工程化・省部品化を目指している。具体的には、自動車等の輸送機器の抜本的軽量化に資する難加工性複合材料（炭素繊維強化プラスチック(CFRP)等)の革新的加工技術や省工程オンデマンド加工技術を開発する。

CFRPのレーザー加工で、技術研究組合と連携して自動車製造工程に適用可能な数値目標（タクトタイム1分）をクリアし、企業に対して加工試験を開始していることは高く評価できる。レーザー誘起背面湿式加工法は独自の発想に基づく研究であり、透明なガラス等の微細加工を実現し、大型基板用装置開発につながった。化学系企業と連携して、太陽電池や半導体の加工実証に成功している。

CFRP加工では実装コスト面も含め最後のハードルとその克服アプローチを示す必要がある。技術研究組合との関係で、成果における産総研の役割も不明確である。他の加工技術に対するレーザー加工技術の省エネ性や優位性を含む環境負荷低減効果や、薄膜太陽電池製造に適用する場合のコスト削減効果を半定量的でも提示する必要がある。予算や人員といった研究資源の投入割合が他の課題より小さく見える。限られたリソースや民間との競争の中で、レーザー加工やレーザー化学技術を今後どのような方向に発展させたいのか分かりにくい。

次世代材料の高速高品位加工基盤技術は、ひとつのメーカーの商品開発の支援でなく、その産業分野に貢献できる開発であり、産総研テーマのベンチマークと言える。あらゆる産業の基盤技術となり得るので更なる重点化を期待するが、レーザー加工では産総研としてどこまで関与するのか、次の課題は何かとい

った見極めやリサーチが必要になる。背面湿式加工法については、この手法を活かせる加工品の探索に期待する。優れた技術を最大限活用しアウトカムにつなげられるよう、技術の優位性をアピールしつつ広くニーズを開拓し、実際の産業へ早期に活用されることを期待する。

#### 【ユニット戦略課題4】先端化学材料の評価技術

化学材料の耐久性評価として、加速劣化試験法の開発、構造・機能評価法の高度化、材料設計指針の確立を三本の柱として研究を行う。加速劣化試験法開発では熱や光などの劣化因子を複合化させた高加速劣化試験など独自の試験法の開発を、構造・機能評価法の高度化では多様な評価・分析装置を用いた新しい構造・機能評価法の開発・高精度化及びこれに基づく劣化機構の提案を、材料設計指針の確立では加速劣化試験及び劣化機構の解析結果等をフィードバックして既存材料の改良や新規材料の創出を、それぞれ目標としている。

産業界のニーズは高いが個々の企業では対応が難しい、国の機関が行うべき仕事で、アウトカムも分かりやすい。産業技術の足腰となるテーマであり、同床異夢の多様な企業の調整機構としての活躍も評価できる。有機薄膜太陽電池の劣化解析評価法の考案と機構解明、有機EL素子の水蒸気バリア性評価技術、フィルム基板の加速劣化試験法、陽電子消滅法の材料構造変化解析への応用など、多くの成果を得た。先端的な解析であれば研究論文が書けることを立証し、水蒸気バリア性など、開発した評価法の国際標準化に向けた活動も評価できる。産総研の異分野連携や技術研究組合のリーダーとして重要な役割を果たしている。

一方、異分野連携による有機薄膜太陽電池の試験・評価は良いが、太陽電池産業全体の中での優先度の説明など戦略性が求められる。マンパワー等のリソースが限られる中で、評価方法や試験方法をどこまで範囲拡大・高度化し、産総研の機能として位置付けるのか、出口のイメージが明確ではない。国際標準化ではISOの専門委員会での役割や日本提案への反応といった情報も示す必要がある。

化学材料の評価研究拠点としての役割を継続的に果たすことを期待するが、この業務をどこまで、どう重点化するか、将来的には決断が必要になろう。産業界のニーズに対応するには、システムとして稼働していることを認知させ、秘密保持や知財の問題などを解決する必要もある。アカデミックな研究とは異なる能力が求められるので、次の世代の研究者のマインドとの親和性に留意が必要である。新規材料開発につながることをアピールしつつ、成果指標として論文のダウンロード数を示すことも良い。なお、これまでの結果を整理するとロードマップも見えてくるはずで、第4期には設定が望まれる。将来的には劣化防止や寿命制御の新たな学問分野としての体系化を期待する。

### 3. イノベーション推進への取り組み

CEREBEAとの連携で主導的役割を果たすなど、オープンイノベーションを実現する組織として貢献は大きい。種々の連携スタイルを実施し、イノベーションハブとして機能している。企業経営陣との意見交換、企業の施設見学会、技術情報の交換、セミナー、技術交流会も活発で、大学の若手や企業との交流は若手研究員のモチベーション向上に有効である。産業技術連絡会議を通じて、公設研との連携を深め、地域中小企業の支援にも努力している。

一方、国内と比べて国際的な連携があまり見られない。海外企業や海外の産総研と同様の研究機関との交流・連携も積極的に行う必要がある。連携では研究以外の業務も増えるので、バランスを考えた運営が必要である。公設研との連携では試験設備更新や担当者の技術継承などの問題もあり、配慮も求められる。

オープンイノベーションの震源地としての役割を高め、人的ネットワークを維持・発展させることを期待する。独創的なソリューションを競わせるなど、戦略的にイノベーションの種を育てる環境作りが必要である。マンパワーを増やすとともに、各種施策が連携につながったかの検証も期待される。利益最大化が使命の企業と産総研の目指す方向は異なることに十分留意し、企業交流の全てが有用ではないことを見極める必要がある。先端材料評価は産業界のニーズが高く、日本のハブとなりうる。戦略的なテーマで息の長い努力が期待される。公設研に対しては試験サービス等で各機関の特性に応じたサポートが望まれる。

### 4. 研究ユニット運営の取り組み

個々の研究者の集まりではなく、研究部門としての組織力を高めるマインド醸成・運営を高く評価したい。部門長の示す方向性が組織全体に共有されている。触媒化学融合研究センター設立後も化学系研究ユニットとの連携により、組織のサイズを感じさせない。先端材料の試験方法で所内連携を外プロプロジェクトに発展させた。若手研究者への海外留学奨励、中堅研究者の管理部署への兼務など、階層ごとの育成プランは目的と内容が明確である。研究資源の集約を行い、分析機器の共用一元管理を進めたことも評価できる。

### 第3章

一方、運営方針の多くは従来どおりで、研究部門長の交代に伴う新規性や意気込みはまだ示されなかった。産業貢献や優れた技術の対外認知度は決して高くないので、更なるアピール施策が必要である。連携開発（橋渡し）では単なる工業化部分の分担ではなく、基礎研究側の成果を使い、工業化段階で産総研がイノベーションを起こすことが求められる。バイオマスに関する所内連携は分野内で閉じており、分かれて研究をする理由や何を分担するのか不明である。博士研究員を増やす手立ても必要ではある。

今後は技術の社会還元への意識浸透により、企業への技術の橋渡しが強化されるが、研究部門の方針や目標との整合性を意識した共同研究を期待する。標準化など外部資金を獲得しにくい分野もあり、獲得額による一律な評価は難しい。若手、中堅、管理層と研究者の役割を分けるのは簡単だが、組織実装はなかなか進まない。若い研究者がより独創的で困難な研究開発に挑戦できる研究環境作りを期待する。

#### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目 (課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	T	評点
ユニット戦略課題 1	再生可能資源を利用する材料・反応・プロセス技術	1	A	AA/A	A	AA/A	A	4.2
ユニット戦略課題 2	化学プロセスの省エネ化を可能とする分離技術	1	AA/A	AA/A	A/B	AA/A	AA/A	4.3
ユニット戦略課題 3	産業の環境負荷低減を図るレーザー化学技術	1	AA/A	AA/A	A	AA/A	A	4.3
ユニット戦略課題 4	先端化学材料の評価技術	1	AA/A	AA/A	AA/A	A	AA/A	4.4
戦略課題総合点								4.3
イノベーション推進への取り組み			AA/A	A	C	AA/A	AA/A	3.9

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A/B	A/B	3.5
イノベーション推進への取り組み	A/B	A	3.8
ユニット運営の取り組み	A/B	A	3.8
総合評点			4.1

## 3-1-4 エネルギー技術研究部門

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

太陽光、風力、水素、クリーン燃料等のクリーンエネルギーの研究開発、燃料電池等分散型エネルギー源の開発、蓄電、蓄熱、水素貯蔵等のエネルギー貯蔵技術の開発、及びこれらの技術を体系的に統合化し電力・ガス・熱の需給を適切にマネジメントする分散型エネルギーネットワークの研究開発を行う。これらの研究開発を通じて、高効率・低環境負荷で柔軟性・利便性の高いエネルギー供給が可能な総合エネルギー産業の成長と、我が国の長期的エネルギービジョン、エネルギー政策の立案に貢献する。

## 第3期中期計画課題

- ・ I-1-(2)-① 「バイオマスからの液体燃料製造及び利用技術の開発」(I-3-(1)-④へ再掲)
- ・ I-1-(2)-④ 「次世代型太陽光エネルギー利用技術」
- ・ I-1-(3)-① 「エネルギーネットワーク技術の開発」(I-2-(2)-①へ一部再掲)
- ・ I-2-(1)-① 「次世代自動車用高エネルギー密度蓄電デバイスの開発」
- ・ I-2-(1)-② 「燃料電池自動車用水素貯蔵技術の開発」
- ・ I-2-(1)-④ 「自動車エンジンシステムの高度化技術」
- ・ I-2-(2)-① 「エネルギーマネジメントシステムのための技術開発」(I-1-(3)-①を一部再掲)
- ・ I-2-(2)-② 「燃料電池による高効率エネルギー利用技術の開発」
- ・ I-2-(2)-③ 「未利用熱エネルギーの高度利用技術の開発」
- ・ I-3-(2)-② 「次世代ガス化プロセスの基盤技術の開発」
- ・ I-3-(3)-② 「レアメタル等金属や化成品の有効利用、リサイクル、代替技術の開発」
- ・ I-6-(1) 「革新的なエネルギーシステムの分析、評価」

## 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

再生可能エネルギーを大量に導入しつつ、エネルギー利用効率の向上を実現する分散型エネルギーネットワークシステムの構築、及び高効率なエネルギー需給を目指して、材料開発から、熱電素子、色素増感太陽電池、革新型二次電池等デバイス開発、固体酸化物燃料電池等システム開発、最終的なエネルギーネットワークの実証に至るまで、基礎から出口直前まで広範囲にわたる研究を実施する。

電気・化学・機械・資源の4研究機関を母体として、融合を強く意識した組織体を築き上げた努力は高く評価できる。福島再生可能エネルギー研究所(FREA)の設立や研究センターの統廃合に参画するなどマザーユニットとしての機能は組織の柔軟性を象徴している。研究面では化石燃料の有効利用や省エネルギーを含めて、長期にぶれない姿勢でシーズを磨き、地味な課題に根気強く取り組み、着実に前進している。ダイヤモンド半導体や次世代ガス化プロセス等の先駆的な研究に加えて、材料の劣化メカニズム解明やエネルギー技術導入シナリオ分析等、産総研ならではの立ち位置で基盤技術にも取り組んでいる。

全体的に開発技術が実現した場合の社会に対するインパクトや便益が分かりにくく、課題選定の優先付けと資源配分の考え方も不明確である。ロードマップでは長期的な研究目標設定が弱い。ソフト面の強化や横串を刺す課題設定により、システムを指向する必要がある。エネルギー源の垣根を越えた総合的な高効率化や、エネルギー最終消費の半分を占める熱にかかわる研究も十分ではない。発想を生むには共創が必要であり、総合的な連携を視野に置き、資源の制約を踏まえ、自らの役割分担や強みを直視した優先順位、重み付けが重要となる。他研究ユニットへの人員供給は目標設定上のデメリットにもなる。なお、次期計画では中長期の研究開発に耐え得るよう、各戦略課題を十分練り上げる必要がある。

今後、分野全体を俯瞰する研究の統合・調整・企画機能も必要である。エネルギーネットワークの図は現状のポートフォリオではなく常に全体を俯瞰して作成し、優先順位や役割分担を含むロードマップの明確化が期待される。効率の高いエネルギー変換技術、地域と家庭を統合した融通技術、及び安全性確保を大前提とした安定供給・経済性・環境適合性(S+3E)に必要な研究が重要である。革新的で夢のある技術に取り組むことも必要で、目標設定はより挑戦的にする必要があり。外国を含めた他機関との連携拡大と横串の強化も重要で、相互の技術を補完しシナジーを発揮できる共同研究、情報共有を期待する。基礎を産業につなげる人材を育成し、多くの若い研究者が成功を体験できる組織にすることが望まれる。

## 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

[ユニット戦略課題1、2]

- 1: 高効率エネルギーマネジメントシステム技術に関する研究
- 2: 住宅用エネルギーシステム技術に関する研究

### 第3章

戦略課題1では、蓄電システムに大きく依存せずに時間変動の大きな再生可能エネルギー群を大量に導入するため、電力及び熱エネルギーネットワークにおけるエネルギー平準化のための要素技術、電力変換器群等のハード技術、及びそれらをインテリジェントに制御するソフト技術の開発を行っている。戦略課題2では、大規模エネルギーネットワークの下流側に位置する個別・集合住宅への自然エネルギーの導入拡大のため、太陽光発電、蓄電池等の個別技術の高度化とともに、電力の負荷平準化等の新たな運用を可能とする技術の導入の実現に向け、要素技術とエネルギーシステム管理手法を総合的に開発している。

独自のパワーデバイスと周辺技術を調和させた、世界最先端のシーズ創生型ハブ機能のモデルケースと評価できる。SiC-PiNダイオードを用いて大電力変換器の駆動周波数を10倍向上させる一方、ダイヤモンド半導体で新たなデバイス群を作製して動作原理を解明した。需要側の視点で供給と需要（温水器）を組み合わせ、風力発電連系可能量を3倍にした努力も評価できる。ヒートポンプ給湯器の群制御による系統安定化や、住宅のパワーコンディショナーの協調制御で配電系統の電圧上昇抑制を示した意義は大きい。

一方で、研究の主体は電力を対象としたデバイスの変換効率向上となっている。高耐圧半導体素子の成果は世界にもっとPRすることが望まれるが、所内の研究体制の見直しも必要である。エネルギーマネジメントシステムはアウトカムの具体例や費用対効果を含む実績を示すことが必要で、制御対象はエアコンや家庭用コジェネレーションにも広げた方がよい。住宅用は内外でスマート実証が進んでおり、急速にデータが集積されている。自らの知見を積極的に提案することで、実証データ解析のハブ機能を目指すことが求められる。色素増感太陽電池は用途や価格目標の再考が、蓄電池は電池に仕上げるハードルを見据えた研究展開が必要である。

実用化を早め広く応用できるようにするには、メリットを具体的にPRし、外部連携を更に増やす必要がある。需要家、電力中央研究所、電力事業者等と連携して、最新の課題認識を持つ必要がある。ダイヤモンド半導体等を次の段階に進めるには、企業を引きつける戦略を練ることが望まれる。競合技術等の動向も踏まえ、適宜目標の見直し等、臨機応変な対応と、電力、ガス（水素）、熱等を相互に融通する産総研ならではの総合的モデルの早期の提案・実証が期待される。

#### 【ユニット戦略課題3、4】

##### 3：次世代高効率分散電源技術に関する研究

##### 4：水素エネルギー技術に関する研究

戦略課題3では、エネルギーネットワークシステムにおいて重要な分散電源として期待される固体酸化物形燃料電池(SOFC)を更に高効率化・高信頼化するため、燃料利用率向上や排熱有効利用、劣化機構解明・信頼性向上技術、水電解・燃料電池を組み込んだ統合型水素エネルギーシステム等の研究を行っている。戦略課題4では、2020年代後半以降に期待されている燃料電池自動車の本格普及実現に向け、その鍵となる水素の貯蔵技術について、新たな材料設計技術の開発に向けて長期的視野に立った基盤研究を行っている。同時に普及初期（2015～2020年頃）での部分導入の可能性に対応した材料開発を進めている。

SOFCの高耐久性実現に不可欠な劣化機構の解明は世界トップレベルであり、家庭用SOFCの市販とコスト低減への貢献を高く評価する。新たな目標（9万時間）にも目途をつけつつある。標準化でも世界をリードしている。独自シーズの熱電変換材料、水素貯蔵材料を着実に進化させ、開発した手法で反応機構の解析を深化させた。熱電モジュールで13%以上の変換効率を達成した。世界初の一体再生型燃料電池システムやSOFC/水素/熱電の組合せも着実な成果である。水素貯蔵材料は世界最先端の原子レベル構造解析技術により目標値50 g/Lを達成し、脆化現象でも地道な評価を進めた。

一方で、水素エネルギーシステムにおける位置付けが不明確である。高効率化と低コスト化の具体的な数値目標が必要である。SOFCは家庭用普及期に向けて、高効率化を長寿命化とセットで考え、より挑戦的な目標が求められる。SOFC以外では、材料からデバイスへの道筋を如何に描くか、水素脆化等の材料評価研究グループの今後の展開、全体として方向性をどう打ち出していくかが課題である。統合型水素エネルギー利用システムでは、実用化に向けたターゲット仕様を設定し、金属系水素貯蔵では優位性や実現可能性を勘案し、自動車用以外の用途を目指す必要がある。

今後の分散型電源のエースとして、小出力のSOFCの位置付けや、さらに石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)と二酸化炭素回収・貯留(CCS)との組合せを具体的・定量的に示し、海外メーカーに対して優位性を保つことが必要である。これまでの材料解析の延長線上にはない展開を模索し、機器の要素技術だけでなく、システム化したときの総合効率等を推定できるような技術開発も重要である。水素エネルギー社会の入口が見えてきたが、ベンチャー企業との連携・育成に加えて、基盤技術開発で官民連携の中核となることが期待される。

#### 【ユニット戦略課題5】エネルギー資源変換技術に関する研究

クリーンコールテクノロジーの中核として、石炭火力等における低炭素化を目指した大規模発電用ガス

化システム開発に資する基盤技術を開発している。さらに、低品位炭から灰分を除去した無灰炭の製造技術とそれを用いた高効率低温触媒ガス化技術を開発し、二酸化炭素の排出削減を目指している。

エクセルギー再生という概念を取り入れた革新的な研究であり、民間単独では困難な低温ガス化に取り組み、石炭ガス化率20%向上に目途をつけ、触媒を用いて60%の高効率で合成ガス又は水素の製造を可能にした。石炭生産国でクリーン燃料や化学燃料に転換し、輸出入可能にするというビジネスモデルは良い。流動層燃焼をコア技術とする低温触媒ガス化は、未利用の褐炭の活用に道を開く。地味ながらコールバンクの拡充も貴重な業績と評価できる。有害微量元素の分析法のJIS原案も作成した。

1980年代から続く本技術開発も成熟してきた。他のガス化技術に対する優位性、他機関の現状、外部との連携体制、及び日本で石炭ガス化複合発電(IGCC)が普及しない事情を含めて、商業化への具体像を提示することが求められる。小規模のバイオマス利用や流動層を中心に据えた技術展開なども視野に、商用化の戦術を明確にする必要がある。水素エネルギーシステムでの位置付けも具体的な数値目標を掲げて示す必要がある。コールバンクでは品質管理も重要である。

CO<sub>2</sub>回収率90%以上、発電効率50%以上という挑戦的な長期目標に向けて、中期目標である2020年のIGCC発電効率48%の達成は重要で、技術開発を加速する必要がある。他の火力発電技術の進展も著しいので、水素やSOFCとリンクした大出力石炭ガス化電源の位置付け、さらにIGFCとCCSの組合せを具体的に需要家に示すことが重要である。経済性の目標値を民間側と共有し、初期コストを低減する必要がある。大規模システムの開発では大型炉の設計やエンジニアリング技術も必要であるが、各段階で産総研の理論的な支柱としての貢献がよく見えることや、国際的ハブ機能、提案力・発信力の強化が期待される。

#### 【ユニット戦略課題6】エネルギー技術評価に関する研究

持続可能な社会の構築に必要な革新的エネルギー関連技術にかかわるロードマップやシナリオの分析、評価、策定等を行い環境・エネルギー関連の政策立案等に貢献する。具体的には、1)エネルギー技術導入シナリオ分析・評価、2)国際枠組みにおける緩和技術普及メカニズムの研究を行っている。

エネルギーシステム分析モデルMARKALの機能を拡張して、我が国やアジアのエネルギー問題を分析・評価し、その将来像を数値的に予測し、具体的な見込みを表現した。低炭素社会の実現に向けたシナリオ、コベネフィット効果の積極的提案、水素エネルギー導入、太陽光発電の電力最適配分制御技術等は、供給側と需要側を結び、システム全体の最適化を図るために役立つ。成果として出された予測はなかなか衝撃的である。技術開発ロードマップやエネルギー政策の立案に有用であり、ISOの場でも貢献がある。

近年ではモデリングシステムGAMSなど最適化ソルバーが開発され、多様な目的関数や制約下での最適化分析が可能である。MARKALだけに固執しない方が研究の自由度が高まる。スマートグリッドへの適用、前提条件の明確化と感度分析が必要である。エネルギー経済研究所等の他機関との違い、優位性や連携を示すとともに、社会に広く受容されるよう見せ方を工夫した上で、社会の反応も見つつ論理を展開する必要がある。部門内の技術開発へのフィードバックや若手研究者の養成も求められる。

マスコミや調査会社による「お絵描き」とは異なる、ファクトベースのシナリオ・予測研究の大きな展開が期待される。シナリオの策定・分析で終わりではなく、目的は次世代の技術開発課題設定や政策への具申である。エネルギーシステムの将来を広く俯瞰して、その中で各技術デバイスの要求性能と目標コストをアウトカムとして掲げるべきである。本研究は国のエネルギービジョンが不明確な状況下でこそ重要で、海外の知見の活用と連携も期待される。

#### 【ユニット戦略課題7】新燃料自動車技術に関する研究

新燃料の製造、燃焼、燃費・排出ガス対策、計測評価等の個別技術を統合し、自動車及び燃料業界等との密接な連携により総合的な自動車技術開発を進める。燃料規格や排出ガスの計測・評価方法の標準化を推進し、自動車用燃料の多様化、燃費向上及び排出ガスの更なるクリーン化を目指している。

新燃料自動車技術研究センターで実施したバイオ燃料開発、エンジン燃焼の高度化、排ガス浄化技術等の研究を取りまとめて、技術研究組合での研究につなげたことは意義深い。国際的推奨基準に適合する高品質バイオディーゼル燃料の製造技術を確立した。東南アジアを対象としたバイオ燃料の国際展開は重要で、アジア諸国の燃料政策にも貢献する。X線噴霧計測、レーザー技法、2点着火等、高度な燃焼制御技術や大型ディーゼル車用排ガス浄化技術等にも取り組み、着実に成果を得たことは評価できる。

一方で、自動車の燃料・燃焼技術はほぼ成熟しており、高度なハイブリッド、燃料電池、水素等の次世代動力源や「移動体」の制御技術に視点が大きく移っている。メーカーや日本自動車研究所等でも多くの研究がなされていることから、各機関との役割分担を明確にし、産総研は共通基盤的な技術、技術評価、規格策定・標準化といった部分に注力することが適切である。

燃料とともに動力源や駆動方式も今後多様化するが、運輸部門の省エネルギーをトータルな立場で見る

### 第3章

ことには意義がある。メーカー各社の共通課題を抽出し、基盤技術の共同開発を進めるとともに、ディーゼル技術での欧州との国際連携や天然ガス自動車の燃費向上などの課題をリードすることを期待する。移動体の燃焼技術は将来不要となる可能性もあり、若手研究者への継承の是非は検討課題となり得る。

#### 3. イノベーション推進への取り組み

論文や報道発表など研究成果の発信、国際標準化への貢献、及び国内外の企業・研究機関・大学との積極的な連携において、多くの成果を挙げている。技術プラットフォームの活用、地場との連携、及び国際協力の推進も評価できる。技術蓄積の成果は身近な応用として製品化されている。内燃機関及び熱利用の技術研究組合に参画し、産業界とのコラボで成果を生み出す姿勢も評価できる。

国のプロジェクト支援や産学官連携では、どのようにイニシアティブを取るかが課題である。技術研究組合では調整や先導の方法など、運営の問題点も含めたアピールが必要である。技術移転で成功したプロセスについては、部門で努力している点も示すのが良い。もっと多岐にわたるイノベーション推進例があつて良いし、もう一段上の研究や技術開発もできるはずである。

今後は、全体を俯瞰するロードマップと社会ニーズに基づいて取り組むべき使命、具体的な課題と目標を明確化して、必要な組織（内部、企業、大学、ベンチャー）、人、資金（内部と外部）の戦略を立てると良い。ノーベル賞級の基礎研究も応用研究・産業貢献も可能な組織として、研究者の配置、グルーピングを含めたぶれない運営が重要である。技術研究組合以外の連携、交流の仕組み作りも期待する。世界中が注目する「日本モデル」となるような提案と実用化が期待される。

#### 4. 研究ユニット運営の取り組み

関連研究センターの母体として機能しつつ、所内の連携を促進している。技術研究組合や国のプロジェクトにも加わり、外部資金を着実に獲得している。若手研究者の自主性を尊重した育成にも成果を挙げつつあり、挑戦的な研究への取り組みも進めている。比較的大きな所帯で、研究場所も分かれているが、幹部が分担して安全衛生やコンプライアンスに取り組んでいると評価される。

一方で、戦略課題や資源（人、物、金）配分の優先付けが分かりにくい。よりイノベティブな研究ができる環境・仕組みの整備、更なる異業種連携・交流の推進等が必要な反面、研究の費用対効果の評価の仕方にも整理が必要である。産学官連携の強化に伴い、余裕のある人材育成が難しくなっている。外国からの研究者受入れや企業OB等の積極的活用も検討する必要がある。なお、研究ユニット間で重複する研究課題もあり、課題の整理・合理化にも指導力を発揮し、次の研究の柱を育てることが期待される。

今後は、基盤研究と受託研究のバランス、及び民間ニーズの把握と役割分担を考え、民間との交流促進による研究開発マネジメント手法やテーマ選定手法（ステージゲート法等）の導入が求められる。若手人材の確保と意欲向上のために、長期在外研究派遣や研究提案の推奨を継続するとともに、他分野の研究者との連携のために、要素技術での課題提示や交流の場を広げることも望まれる。

#### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, ...)による評価

(課題番号)	評価項目(課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	T	U	評点
ユニット戦略課題 1, 2	1:高効率エネルギーマネジメントシステム技術に関する研究 2:住宅用エネルギーシステム技術に関する研究	2	A/B	AA/A	A	AA/A	A/B	A	4.0
ユニット戦略課題 3, 4	3:次世代高効率分散電源技術に関する研究 4:水素エネルギー技術に関する研究	2	A/B	B	A	AA/A	A/B	A	3.8
ユニット戦略課題5	エネルギー資源変換技術に関する研究	1	B	A	A/B	AA/A	A	A	3.8
ユニット戦略課題6	エネルギー技術評価に関する研究	1	A	A	B	A	A	A	3.8
ユニット戦略課題7	新燃料自動車技術に関する研究	1	B	B	A/B	AA/A	A/B	A	3.6
戦略課題総合点									3.8
イノベーション推進への取り組み			B	A/B	A/B	AA/A	A	A	3.8

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A/B	A	3.8
イノベーション推進への取り組み	A/B	A/B	3.5
ユニット運営の取り組み	B	A/B	3.3
総合評点			3.7



## 3-1-5 安全科学研究部門

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

安全と持続可能性を同時に追求する科学を確立し、豊かで安全な社会を実現するために、環境保全、産業安全や持続可能性にかかわる評価手法を開発し、その評価結果やデータの発信と市民・産業界・行政での普及を支援する。また、評価結果に基づく政策提言や評価手法の国際標準化などへの取り組みを通じて、産業の国際競争力の強化に貢献する。

## 第3期中期計画課題

- ・ I-3-(3)-① 「マテリアルフロー解析」
- ・ I-6-(2)-① 「サステナブルシステム及び技術評価」
- ・ I-6-(2)-② 「持続性指標の活用による低炭素社会システムの評価」
- ・ I-6-(3) 「先端科学技術のイノベーションを支える安全性評価手法」
- ・ I-6-(4) 「産業保安のための安全性評価技術、安全管理技術」
- ・ I-6-(5)-① 「リスクトレードオフを考慮した評価及び管理手法の開発」
- ・ I-6-(5)-② 「爆発性化学物質の安全管理技術の開発」
- ・ IV-2-(3)-② 「社会の安全・安心を支えるデータベースの整備」

## 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

事故や災害の被害予測、技術や製品の健康・環境・経済への影響評価など、幅広い分野にわたる評価技術を総合し、科学的な評価のみならず、社会的な評価も同時に行う総合的なリスク評価・管理手法を開発するため、評価手法及びツールの開発と、その普及や標準化を目指している。

「全体リスク管理」から「個人リスク管理」へ、さらに「個人リスク予測社会」から「個人リスク選択社会」への展開を見据えて、国民の行動選択を支える情報提供をシナリオとして明示し、市民向けの情報提供が2種類の書籍出版という形で達成された。また、国際的な動向への対応を明確に視野に入れて、国際標準化や国際準拠環境指標の開発を進めている。

一方、リスク評価ツールについて、特許、民間資金による実装、共同研究などの実績が評価軸となる分野と、評価ツールによってもたらされるアウトカムが直接社会の公益的価値に結びつく分野があり、それぞれの分野に相応しい視点で必要な研究開発を見直していくことが求められる。「個人リスク選択社会」の実現を目指すとしているが、具体的にそのような社会の構築が進みつつある何らかのエビデンスを提示することが必要である。

今後、安全科学研究部門が目指す「個人リスク選択社会」を浸透させるためには、国民が望む「個人リスク選択社会」の実態調査を行うとともに、「分かりやすいリスク評価手法」の開発が求められる。「持続可能な開発に関する世界首脳会議」(WSSD)やEU2020の進捗状況を注視しつつ、あるべき社会の姿を検討することが望まれる。高い理想を持って研究を行い、成果の活用を図っていることを、マスコミやホームページ等を通じて広く社会に発信することが望まれる。

## 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

## 【ユニット戦略課題1】新規技術体系のリスク評価・管理手法の研究

持続発展可能な社会に向けた新規技術のイノベーションを促進するためのリスク評価・管理のあり方を検討するため、重要な事例研究としてナノ材料のリスク評価手法に関する研究を進めている。

ナノ材料の簡易自主管理安全管理技術、及びナノ材料の効率的な有害性評価技術を開発し、事業者や行政側でも利用可能な評価システムを構築した。特に二酸化チタン( $\text{TiO}_2$ )を材料とした同等性判断基準の暫定案はナノ粒子のスクリーニング手法として有望である。既存データの二次的評価だけではなく、自らデータを取得する事例が増えているのは、国際的な存在感を高めるためにも有効である。

一方、吸入暴露と気管支内投与の初期有害性評価の違いはどこにあるのか、また同等性を保証する結論が出せるのかどうかの検討が必要である。リスク評価研究者集団としての対外的な成果のアピール度が低下している印象を受けるので、積極的な広報が求められる。 $\text{TiO}_2$ ナノ材料の同等性評価などで、差をもたらす物性を明らかにしているが、それをもたらすメカニズムあるいは解釈に関する説明が必要である。

今後、開発した評価手法を社会に知ってもらえるよう日本のみならず世界をターゲットにした広報活動が期待される。リスク評価手法構築のロードマップに従い、具体的にどのようなアウトカムを描くのか、いつ頃までにカーボンナノチューブ(CNT)のリスク評価手法が完成するのかを示すことが望まれる。ナノ

### 第3章

粒子の安全性評価に係る研究全体を俯瞰できるマップを作成し、テーマ設定の適切性を明示することが望まれる。

#### 【ユニット戦略課題2】フィジカルハザード評価と産業保安に関する研究

化学物質の燃焼・爆発の安全にかかわる政策ニーズ及び国際標準化に対応するため、総合的な研究を実施している。特に、公共の安全確保や産業保安技術の向上について、燃焼・爆発と関連する現象の評価・管理技術及び企業等の産業保安に対する意識や取り組みを向上させるための評価手法の開発を推進している。

水素エネルギーキャリアのリスク評価は、ハードだけでなく、ソフト面での検討も進めている。爆発安全研究では唯一の公的機関としての役割を十分に果たしており、これまでの知見を活かした花火の開発など、評価研究にとどまらない活動にも発展している。

一方、産業保安力評価の研究成果を社会・企業に還元するために、広報の仕組みを検討することが必要である。産業保安力について、現場のヒューマンアプローチと現場力重視が安全文化を高めることから、習熟過程を扱うマチュリティモデルを組み入れることが望まれる。水素エネルギーキャリアのリスク評価については社会学、社会心理学分野の知見と人材の関与が必要である。

今後、保安力評価の導入により実際に事故が減少したことを検証できると効果的である。水素エネルギーキャリアのリスク評価は、実際の設置場所を考慮したリスク評価目標の明示と、世界に先駆けた本格導入への貢献が期待される。研究成果が部門全体のPRにつながるように情報発信を行い、社会的な認知度を向上させることが期待される。国際標準に関して技術交渉力を持つ人材の育成や火薬分野の次世代研究者の養成が求められる。

#### 【ユニット戦略課題3】リスクトレードオフ評価・管理手法の研究

WSSDの2020年目標の達成に向け、顕著なリスクについては評価と対策がおおむね可能となる「全体リスク管理社会」の達成を目指し、環境暴露評価モデル・ツール、ヒト健康及び生態影響評価手法、並びに多様なリスクの解析・統合化手法の開発を行っている。

ロードマップは2020年までのWSSD対応とその後の個人・企業に応じたリスク予測への展開が明記され、リスクトレードオフ評価・管理手法の開発という目標に対して、物質代替に伴うリスク評価から社会ニーズのより大きいリスク評価に向けて着実に研究を進めている。特に、暴露解析モデル・ツールについては行政機関や企業等における実務利用が進んでいる。

一方、複数のモデルによる解析結果を評価する際、複数の見方を提供する手法が必要であり、室内暴露評価ツールiAIR、消費者製品暴露評価ツールAIST-CXなどの適用限界の明記が求められる。これまで開発した多数の評価ツールが実社会において活用されていることを更にアピールし、国の審議会・検討会での発言力・影響力も強化することが求められる。モデルを公表する場合、使用上の適用限界を分かりやすく示す工夫も必要である。低頻度大規模災害のリスク評価については、今後どのように自治体や国民に役立つことができるかを検討することが求められる。

今後、リスクトレードオフの意義が理解され、その研究成果が活用されるため、広く社会に啓発活動を行い、大学・研究機関との連携と国際的ネットワークの構築により、論理構成の強化と国際的認知度の向上を図ることが望まれる。生態評価手法については、銅に続き影響の大きい重金属の評価が期待される。また、ヒト毒性推定の数理モデルについては、実用の範囲を考慮し、絶対評価への応用を検討することが望まれる。

#### 【ユニット戦略課題4】新規社会システムのライフサイクル評価手法の研究

現在の社会システムにおいて個々の構成要素と環境問題の関係だけでなく、普及の見込まれる新規社会システムにおいて、構成要素の相互関係や統合によって生じる新しい影響領域を評価する手法を開発している。

統合影響評価手法LIME及びインベントリデータベースIDEAの開発は他の手法と比較して様々な特徴と優位性が顕著であり、東アジアでは標準となる可能性を有している。IDEAマトリックスにより、製品個々の資源消費の予測が可能になり、英語化により国際対応が可能になった。バイオマスを始めとしてフィールドでの検証ステージまで完了しており、研究成果は持続可能性指標のひとつに採用された。

一方、IDEAは詳細な物流システムに加えて、物の流れに付随する価格の変動、需給の調整を明示的に組み込むことが必要である。水資源問題はライフサイクル環境影響評価だけでなく通商問題にも発展し得るので、開発した世界スケールモデルの出口として政策決定に活用することも求められる。新規社会システムの構築においては、資源循環型、低炭素型に向かう探索型アプローチを検討することが望まれる。

今後、IDEAマトリックスには物流だけではなく、資源の需給動向変化にも対応する機能が求められる。LIMEには植物資源、特に樹木の雨水消費に関する妥当な評価手法を構築し、ISOに反映することが期待される。ライフサイクルインベントリーデータベースの構築は基礎データであり、今後の進展も期待される。データベースや評価手法がどれほど活用されているか、そのフィードバックを得る工夫が求められる。

### 3. イノベーション推進への取り組み

行政への貢献は明確であり、産業界へは自主的取り組みの技術的基盤を提供している。法令、事業者の自主的取り組み支援、国際標準化等について、それぞれ社会に対する波及効果をもたらす研究成果が出ている。一般向けの成果発信が活発であり、ユニット戦略課題ごとにマスコミでの発信や書籍の発行、イベントが行われている。企業や大学の人材受け入れ、オン・ザ・ジョブ・トレーニング(OJT)による専門家の育成は効果を挙げている。

一方、個々の顧客の依頼に結果を返すという手法が多く、一般市民への安全科学の浸透をいかに達成するかについて、研究部門として得られた知見を統合して社会に発信するところまでは至っていない。個別テーマの成果報告のように見え、アウトカムが小粒に見えてしまうので、何がボトルネックとなっているのか、イノベーション推進という視点でまとめることが必要である。

今後、安全科学のイノベーションとは何かをトップ自らが考えるとともに、分野横断的に考える科学・文化の構築が望まれる。安全科学という分野が専門家のみのものでなく、一般市民の身近なものとなるには、どうすべきかを検討し、メッセージとターゲットを明確にし、さらに能動的なメッセージ発信が望まれる。アジア戦略として、化学物質管理規制を構築中の各国に対して化審法リスク評価の手法の「輸出」を仕掛ける等の活動を通じて、イノベーションを推進することが望まれる。

### 4. 研究ユニット運営の取り組み

環境・エネルギー分野に限らず、全所的なニーズに対応して連携の場を広げており、所内にハブを形成しつつある。また、部門内の交流会議により、異文化を取り込む風土が定着しつつある。研究成果は良いレベルにあり、特に任期付き研究員の成果が相対的に多く創出できている。不断の努力により内部、外部ともに十分な研究資金の確保ができている。

一方、一つの指標としてマスコミへの露出やイベントの回数などが挙げられているが、もう一步踏み込んで、国民対象の認知度調査を行うことが望まれる。国際的人材育成戦略をより明確に示すことが望まれる。

今後、安全科学分野において、科学側面からの技術開発だけでなく、社会心理学を踏まえたリスク管理の意義や考え方の提案等を強力に推し進めることが期待される。広報の専門家の助言などを参考にして、産総研としての成果及びその価値の高さを社会にアピールする方策が求められる。研究者間の交流会での議論を活発化し、挑戦課題を更に推進することが期待される。

### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目(課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	T	U	評点
ユニット戦略課題1	新規技術体系のリスク評価・管理手法の研究	1	AA/A	AA	A	AA/A	A	AA/A	4.4
ユニット戦略課題2	フィジカルハザード評価と産業保安に関する研究	1	AA/A	AA/A	AA/A	AA/A	A	AA	4.5
ユニット戦略課題3	リスクトレードオフ評価・管理手法の研究	1	A	AA/A	A	AA/A	A	A	4.2
ユニット戦略課題4	新規社会システムのライフサイクル評価手法の研究	1	A	A	A	AA/A	A	AA/A	4.2
戦略課題総合点									4.3
イノベーション推進への取り組み			B	A	A/B	A	A/B	AA/A	3.8

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A	A/B	3.8
イノベーション推進への取り組み	A/B	A	3.8
ユニット運営の取り組み	A/B	A	3.8
総合評点			4.1

## 第3章

### 3-1-6 メタンハイドレート研究センター

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

メタンハイドレート資源からメタンガスを安定かつ経済的に採収する技術開発を推進し、商業化を実現するために必要な技術整備を行うとともに、産業への橋渡しとして中核的な役割を發揮する。

第3期中期計画課題

- ・ I-3-(2)-①「メタンハイドレートからの天然ガス生産技術の開発」

#### 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

メタンハイドレート資源から天然ガスを安定かつ経済的に採収する生産技術の研究開発及びハイドレートの機能を活用した技術の開発を推進している。

国のメタンハイドレート開発計画において、長期にわたり技術的バックボーンを担っており、研究センター設立6年間で、研究開発はおおむね着実に進捗している。メタンハイドレート資源生産技術の開発では、高度生産手法の開発、地層特性評価技術の開発及び生産性予測技術の開発の3本柱について、メタンハイドレート含有堆積層からのメタンガスの大量かつ長期安定的生産を目指して研究を進めた。生産挙動シミュレーターMH21-HYDRESと地層力学挙動解析シミュレーターCOTHMAを実用化し、石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)とともに世界初の第1回海洋生産試験をほぼ成功に導いた。その結果から安定的な生産技術の開発に向けた課題を抽出し、生産障害対策技術研究の重点化を図っている。また、ガスハイドレート機能活用技術の開発については、二酸化炭素回収・貯留(CCS)／炭酸ガスハイドレート生成熱利用のためのセミクラスレートハイドレート開発や天然ガスハイドレート(NGH)輸送システムなどについて研究を進め、着実に研究成果を挙げている。

一方、第1回海洋産出試験結果の早期公開と検証により、生産手法の一層の改良と効率の向上に努め、次回の海洋産出試験において、より高い効率の生産性を上げることが求められる。研究センターの予算構成によると経済産業省受託費の割合が極めて大きい。次回の海洋産出試験終了後の予算推移を見据えて、研究センターが取り組むべき研究項目や既存のマンパワーの有効活用について検討することが求められる。国の開発計画に沿ってユニット戦略課題を設定しているが、ロードマップはやや記述が粗く、目標値やマイルストーン、及び今回の海洋産出試験の結果を踏まえた変更部分を明示することが求められる。研究チームが北海道に2チーム、つくばに2チームと分散されているが、そのメリット、デメリットのバランスを今一度検討する必要がある。

今後、国の施策との連携や民間との共同研究を積極的に模索し、これまで培った知見、ノウハウ等を社会に波及させると同時に、民間の活力・発想等を取り入れることが期待される。また、第1回海洋産出試験の成果を分析するとともに、長期的な展望を描きつつ、早急に解決すべき研究課題に重点化して、研究を加速することが求められる。国のメタンハイドレート開発計画と整合性をとったシナリオに基づいて引き続き研究を進め、商業化に至る道筋の検討が必要であり、メタンハイドレート開発に伴う地すべりや環境影響に関する研究についても検討することが求められる。

#### 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

##### 【ユニット戦略課題1】メタンハイドレート資源生産技術の開発

生産増進法の開発と坑井周辺の生産障害対策技術の開発を重点化した「高度生産手法の開発」、坑井仕上げのための坑井健全性評価、出砂対策技術の開発を重点化した「地層特性評価技術の開発」及び信頼性のある生産性予測技術を確立するための「生産性予測技術の開発」を主要研究課題として取り組んでいる。

第1回海洋産出試験において、減圧法の有効性とMH21-HYDRESの実用性を示し、世界初の海洋生産試験をほぼ成功に導き、予定していた生産プログラムをすべてはテストできなかったとは言え、2万 m<sup>3</sup>／日の生産レートを得た。また、メタンハイドレート含有堆積層からのメタンの大量かつ長期安定的生産を実現し、かつ環境負荷を極小にするために、坑井周辺において発生する生産障害を極力抑える技術について重点的に開発研究を進め、そのための方策として強減圧法と交流通電加熱法の有効性を検証した。「高度生産手法の開発」・「地層特性評価技術の開発」・「生産性予測技術の開発」のいずれも高いレベルで研究が進められており、世界をリードする技術水準にあると評価される。原位置の圧力状態を保持した不攪乱試料の力学試験を実現させたことはこれまでに蓄積した実験技術・ノウハウの結果であると評価される。

一方、第1回海洋産出試験は、出砂のため予定期間前に試験終了のやむなきに至ったが、その結果を解析し原因を克服するために、生産挙動予測の高精度化など生産手法の高度化に取り組むことが望まれる。

MH21-HYDRESについては、引き続きアップグレードとデータや研究成果のアップデートが求められる。環境影響評価についてはどのように進めているのか、その現状の成果はどのようになっているのかを示すことが求められる。さらに次回の海洋産出試験などに向けて、組織や日常的な対話のチャンネル作りなど具体的な対策を通じて、JOGMECを始めとする関連機関との連携をより密接にすることが重要である。

今後、第1回海洋産出試験を経て、社会的に大きな関心はメタンハイドレート開発の長期的な経済性評価にあるので、独自の生産シミュレーターの利点を活かしその高度化を進め、信頼性の高い経済性評価に貢献することが期待される。また、次回の海洋産出試験以降、商業生産に向けて我が国が取り組むべき課題、研究センターが解決すべき技術的問題点を明らかにし、ロードマップに書き込むことが求められる。より効率の良い生産性を得るための坑井仕上げデザインと生産試験計画を策定するために、実験やシミュレーションによる試験結果へのマッチングだけではなく、実際の堆積物（堆積層）の堆積学的及び貯留層工学的な評価によって試験結果を解析することが重要である。

### 【ユニット戦略課題2】 ガスハイドレート機能活用技術の開発

メタンハイドレート資源から生産された天然ガス輸送・貯蔵システムの多様性を高めることを目標とし、新たな天然ガス輸送・貯蔵プロセスの開発及び効率的な炭酸ガス分離技術の開発などを行い、資源開発の商業化を促進する経済性を高め、メタンハイドレート資源開発の多様性を拡大する。

メタンハイドレート資源開発の経済性や多様性を高め、併せて新たな産業を開拓する研究開発の道筋・マイルストーンは妥当であり、NGHIによる輸送と貯蔵技術及びセミクラスレートを利用するガス分離技術と熱媒体の開発について良好な研究開発成果を挙げている。また、民間との共同研究において、知見・ノウハウ等の民間への波及及び民間の活力・発想等の受入を積極的に実施している。セミクラスレートは、CCS、硫化水素分離、ヒートポンプ、及び蓄冷熱媒体への利用についても貢献度が大きく、今後の一層の進展と実用化が期待される。

一方、NGHIによる輸送と貯蔵技術及びセミクラスレートを利用したガス分離技術と熱媒体に関して引き続き研究を進め、より効率が良く実用性の高い方法や媒体の開発が求められる。その際、得られた研究成果を国際的あるいは日本の他の研究成果と比べて、どれだけのオリジナリティがあるのかをより明確にすることが必要である。本課題の成果は極めて広い応用が考えられるので、更なる用途開発や共同研究が必要である。

今後、ガスハイドレートを活用できる分野は分離・精製を始めとして数多く存在し、特にセミクラスレートハイドレートは高度な成果と認められ、実証への展開が期待される。また、南海トラフにおける生産試験、生産開始後の輸送・貯蔵方法、ヒートポンプ関連、低濃度排ガスからの二酸化炭素分離など、社会の要請に敏感に対応する形で柔軟性を持った研究計画の立案と技術開発が期待される。

### 3. イノベーション推進への取り組み

研究アライアンス事業活動として、定期的にメタンハイドレート総合シンポジウムを開催するほか、実験教室、講演活動、執筆などによって、メタンハイドレート資源開発技術の研究成果を社会へ発信するとともに、社会、産業界、学界にも大きく貢献した。また、社会への情報発信、取材対応、シンポジウムなど、これまで以上にこの問題への社会的理解の増進に貢献し、海外での情報発信や技術連携、国際的なネットワーク構築も促進した。オンリーワンの組織ではあるが、技術開発を進める上で、関連機関を巻き込んだ活動を精力的に進めており、研究生や研修員の受け入れによる産業人材の育成や人材の輩出も高く評価される。

一方、予算、マンパワーなどの各種コストについて、特にコストの肥大がユニット運営にネガティブな影響を及ぼすことがないよう配慮が必要である。また、研究開発成果の発信、社会地域及び産業界への貢献、人材育成、産学連携と地域連携へのイノベーションハブとしての役割を引き続き堅持することが求められる。産業界、学界、一般の社会への情報発信が、執筆依頼、取材対応など、受動的なものにとどまった感があるので、社会的理解の増進や説明責任を果たすという観点からは、アライアンス事業の参画者・他機関を活用するなど、より一層の工夫を重ねて主体的、能動的な成果の発信を進める必要がある。

今後、メタンハイドレート資源開発研究(MH21)コンソーシアムにおいて、第1回海洋産出試験の経験を活かして共同実施機関との連携を更に深めるとともに、技術面で他機関をリードし、商業化に向けた成果が期待される。次回の海洋産出試験に向けて一般社会には早急な期待感が広まってきているが、実用化までの道のりや時期は十分説明されていないことから、今後は段階的に課題やコスト目標等を示す等、長期的視点に立った適切な広報活動と情報公開が求められる。実験教室、サイエンスコミュニケーション等を更に発展させていき、我が国の若年層の「理科離れ」を改善していくことへも貢献するとともに、「我が国の貴重な資源であり、かつ、産業界での機能活用の可能性を秘めているメタンハイドレート」への国民

### 第3章

の関心も高めることが期待される。

#### 4. 研究ユニット運営の取り組み

メタンハイドレート資源生産技術の開発に係る国のプロジェクトの委託費、運営費交付金のほか、科研費や企業からの外部資金を獲得し、予算を効率的に活用できた。また、若手研究者の育成に精力的に取り組む、その成果が論文数や他機関への研究者輩出数などに現れている。北海道とつくばの連携、外部資金の獲得、コンプライアンスの確保など、順調にユニット運営が行われ、組織としての安全管理が機能し危険を伴う実験を継続的に安全に実施している。

一方、研究センター長の強いリーダーシップが認められるが、次のリーダー育成についてはユニット運営のもと計画的に進める必要がある。メタンハイドレートの商業化にはまだ時間がかかると考えられるが、世の中が過剰な期待を持つことのないように、一方、関心が失われることのないように、広報に際しては配慮が大切である。技術研修、見学、実験教室など社会との接点の確保は重要であるが、マンパワーをロスしないよう、定型化など一層の効率化が求められる。

今後、新たなパートナー（アライアンス）との協働及び研究分野の取り込みなどにより、メタンハイドレート資源開発の早期の商業化が期待される。平成30年度以降に民間企業が主体的に動けるように、データベース整備などの共通基盤整備を早めに心がけて、JOGMEC等との協力を推進する国の体制が望まれる。「コミュニケーション」・「柔軟さ」、そして、高い目標へ必ず到達していくという「頑固さ」を常に研究者が持ち続けていくこと、また、常に「新しいアイデア出し」ができる環境を整備することが重要である。生物研究との共同研究などは極めて興味深く、今後も異分野との交流を進めるための場やユニークな研究シーズが生まれるような議論の場作り、環境整備などを意識した取り組みが期待される。

#### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目(課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	T	U	評点
ユニット戦略課題1	メタンハイドレート資源生産技術の開発	2	AA/A	AA/A	A	A	AA/A	AA/A	4.3
ユニット戦略課題2	ガスハイドレート機能活用技術の開発	1	A	AA/A	A/B	A/B	AA/A	AA/A	4.1
戦略課題総合点									4.3
イノベーション推進への取り組み			A	AA/A	A/B	A/B	A	A	3.9

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A	A/B	3.8
イノベーション推進への取り組み	A	A/B	3.8
ユニット運営の取り組み	A	A	4.0
総合評点			4.1

## 3-1-7 太陽光発電工学研究センター

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

エネルギー供給の安全保障と低炭素化、経済発展、国内雇用創出を同時に実現するために、太陽光発電に関連する技術分野に体系的かつ包括的に取り組み太陽光発電の技術及び普及の持続的発展に貢献する。

第3期中期計画課題

- ・ I-1-(1)-①「太陽光発電の共通基盤技術の開発及び標準化」(IV-3-(1)-②へ再掲)
- ・ I-1-(1)-②「太陽光発電の長寿命化及び高信頼性化」
- ・ I-1-(1)-③「太陽光発電の高効率化」

## 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

太陽電池の変換効率の相対値10%の性能向上、モジュール寿命を30年以上に延ばす信頼性向上、基準セル供給や新型太陽電池評価技術など共通基盤技術の開発を進めるとともに、我が国の太陽光発電技術研究開発を主導し組織化する中核研究機関として展開する。

ロードマップは産業競争力強化の観点から重要なポイントをカバーしており、研究開発は少ない陣容で予定どおりに進捗している。2025年に発電コスト7円/kWhを目指すという目標も積極果敢と言える。産業的に重要な太陽電池モジュールの長寿命化に関する検討、太陽光発電に関する各種計測・評価技術に関する検討も国を代表する研究機関として高く評価できる。高い研究開発力とコンソーシアム等を通じた産業界との強い連携と人材育成の貢献も大きい。今後の発展市場であるアジアを中心に技術移転を行い、日本の影響力を残す取り組みは評価できる。福島再生可能エネルギー研究所(FREA)設立に貢献し、結晶シリコン(c-Si)太陽電池の試作ライン設置で産学共同体制を構築した。

一方、世界の中核研究拠点(COE)として研究で日本を牽引するためには、絶え間ない挑戦によりスピード感をもって世界最高の性能を常に達成することが求められる。相対値で効率10%向上という目標は太陽電池の種類ごとの進歩の速さを考慮しない表現で、修正が必要である。主要な太陽電池をすべて網羅しているが、マンパワー等を勘案した戦略性も重要で、薄膜シリコン太陽電池などでは計画修正も必要である。FREAで行うc-Si太陽電池の研究は日本の太陽電池産業の盛衰に直結する重要課題であり、組織体制等を明確にして、緊密な連携を示してほしい。急速に太陽光発電事業が進んだ国内だけでなく、熱帯や砂漠地帯を含む海外市場も視野に入れ、各地の特性を考慮したモジュールの評価項目、評価技術を検討する必要がある。

米国再生可能エネルギー研究所(NREL)やフラウンホーファー研究機構(FhG)と肩を並べる世界最高の研究機関として確固たる地位を築くために、必要な予算や研究員を確保しつつ、イノベーションを推進してほしい。再生可能エネルギー市場全体のポートフォリオを考慮したより上位のロードマップに基づく、技術開発ロードマップの再検討が望まれる。短期マイルストーンを明確にすると、進捗管理にも活用できる。ベンチマーキングや市場分析をより深め、市場の変化を先取りした形での研究開発テーマ・目標を設定していくことが求められる。積極的に市場展開を行う人的支援など、戦略性を高めてほしい。危機的状況を脱した産業界を今後どう支援していくのが良いか、第4期に向けたセンターのあり方を熟慮する必要がある。

## 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

## [ユニット戦略課題1] モジュール信頼性技術

産総研をイノベーションハブとして、関係機関が連携したオールジャパン体制の産学官コンソーシアム研究を実施し、相互の知見を有効に活用して、太陽電池モジュールの信頼性向上・長寿命化に資するモジュール部材・モジュール構造の開発等に取り組む。

発電コスト低減に不可欠な耐久性・信頼性の確保が注目されており、劣化の主原因である太陽電池モジュールの信頼性向上に取り組んだ時宜を得た技術開発である。封止材であるエチレン-酢酸ビニル共重合樹脂(EVA)から生じる酢酸が電極部分を腐食させるなどの劣化機構を特定し、材料の選択指針などの対応策を明確にした。長期屋外暴露された太陽電池の劣化状況の調査から、モジュールの温度85°C、湿度85%の際の加速試験の加速定数を明らかにした。複合加速試験方法の開発は産業技術として有用である。コンソーシアムに多数の企業の参加を促し、長寿命化の重要性を広く認知させた。湿熱負荷耐性の高いモジュールをメーカーと協力して開発するなど、技術移転を想定した取り組みは高く評価できる。

モジュール信頼性はセル構造、電極形成、セル設計、システム構造、システム運用等との関係について

### 第3章

も踏み込んだ視点が必要である。開発ターゲットを電気的特性だけでなく、外観やモジュール以外のケーブル等にも拡大する必要がある。最近の市販バックシートの素材は、フッ素系以外に蒸着無機膜なども検討されている。それらの評価も併せて行えば、バックシート開発者側からの方向性が見えて参考になる。試験方法では、過剰な品質でなく、実用上必要十分な試験条件は何かを考えることも重要である。

デバイス開発やシステム技術の課題との連携で総合的なモジュール信頼性の確立を目指すとともに、プロセス全体を通じたモジュール構造の最適化が期待される。セル温度を上昇させない、光をもっと集めるなど、モジュール製造プロセスからの視点で、太陽電池の高性能化・高機能化を図ることが望まれる。複合加速劣化試験方法の確立は、産業競争力の点からも極めて重要である。劣化要素を分離して加速試験の指標を作り、それらの統合で寿命を評価する考え方もあり得る。今後現れる新構造の太陽電池モジュールに対しても普遍性のある先見的な寿命予測手法を提示できれば、大きな貢献になる。第4期中期計画では寿命40年以上を目指し、本課題を劣化評価に基づく設計指針として体系化することを期待する。

#### 【ユニット戦略課題2】太陽光発電の共通基盤技術

太陽光発電システムの普及拡大方針（新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)「太陽光発電ロードマップPV2030+」等）に対応するために、その基盤となる評価・標準技術（基準セル校正技術、高精度性能評価技術、屋外発電量評価技術）及びシステム技術（長期的な保守点検・故障診断技術、安全性向上技術、発電量予測技術）を開発・推進するとともに、それらの産業界への供給・標準化・ガイドライン提案・技術移転等による実用化を図る。

太陽電池の評価技術は世界最先端のレベルにあり、一次基準セルの供給や性能評価・認証業務で民間の研究開発を支援し、国際的にも貢献は大きい。新型太陽電池の評価手法の確立で世界をリードし、超高温黒体輻射を用いた高精度化など着実な進捗があり、企業の開発に大きく貢献している。評価法や基準の国際的な調整は産業活動の面からも重要で、特にアジア連携活動は評価できる。システムの保守点検は主として企業の分野だが、課題の明確化、業界指導、ユーザーへの啓蒙等を行ってきた。検査ロボットの開発も評価できる。設置施工が原因の火災事故等に対する安全基準策定でも中心的な活動が高く評価される。

新太陽電池の性能評価で年間80件はNREL等と比べて少ない。評価期間の短縮を含めて測定の合理化を図り、開発者が容易に依頼できるよう、中核機関としてのサービス充実を図ることが望まれる。国内だけでなく諸外国からの依頼も積極的に受け入れて、名実ともに世界のトップ機関の立場を維持することが必要で、そのための人的体制、組織が求められる。発電量予測も喫緊の課題であり、FREAとの協力体制の整備が必要である。

性能評価やその条件の検討で得られた知見をデバイス開発やシステム運用にも活用することを期待する。システム技術については、国の太陽光発電政策への提言も視野に入れた課題設定が必要である。標準状態での高精度測定だけでなく、セルの種類ごとに、温度特性、照度特性、入射角依存性等の条件から包括的に年平均実発電量を評価する手法を開発し、ユーザーのシステム選択に資することが重要である。安全性評価でも多くのデータ蓄積があり、関係機関のかなめとなって国際的にも指導力の発揮を期待する。

#### 【ユニット戦略課題3】薄膜太陽電池の高性能化技術

薄膜太陽電池（薄膜シリコン太陽電池、化合物系薄膜太陽電池）の革新的な高効率化・低コスト化技術を開発することにより、日本の薄膜太陽電池産業を牽引するとともに、日本の中核的な研究ハブとして基礎から応用に至る研究開発を行う。

結晶シリコンが低価格化でシェアを拡大し、薄膜シリコンからの撤退が続く中、継続して薄膜太陽電池の高効率を目指している。CIGS（銅、インジウム、ガリウム、セレン）系太陽電池の高効率化で世界最高クラスの効率を得た。資源問題解決に向けたCZTS（銅、亜鉛、スズ、硫黄、セレン）系太陽電池の開発も評価できる。日本がリードしてきた薄膜シリコン太陽電池は困難な状況にあるが、光劣化を抑制し、光封じ込めや多接合技術へと展開している。産学官のコンソーシアムを活用して開発を加速している。

CIGS太陽電池については、既に企業でセレン化法による事業展開が進む中で、産総研の蒸着法やフレキシブルCIGS太陽電池の実用化の方向が分かりにくく、出口戦略を明確にする必要がある。薄膜シリコン太陽電池は効率が低く産業上も低迷している。市場分析やメーカーとの密な協議・連携によって開発計画を柔軟に修正すべきで、c-Si太陽電池との研究開発連携もあり得る。アウトカムの市場規模のみを議論すべきではないが、太陽電池の種類ごとに将来展開の予想図を作成し、予想される市場に対する研究価値を積極的に訴える必要がある。企業への技術協力や指導では適用された部分の説明が具体的にないと良い。

効率10%向上などは目標ではなく、世界のチャンピオン性能への挑戦が不可欠である。変換効率が低い太陽電池は材料開発や大面積化への指導原理を得るなど、効率向上のための基礎研究とすることが適切である。薄膜シリコンは高効率化が急務で、研究者は分野違いの学会等で柔軟な発想を得て、課題と可能性



を見極める必要がある。積層型太陽電池のフロントセル用として、高い開回路電圧（開放電圧）と透光性をもつ薄膜素子の開発を期待する。真空蒸着や液体プロセス等で安価に高品質膜を作製できる金属酸化膜を用いる試みがあり、進展を注視する必要がある。劣化や耐久性の評価も進めて、他機関の追従を許さない画期的な成果が期待される。

#### 【ユニット戦略課題4】有機系太陽電池の高性能化技術

有機系太陽電池の革新的な高効率化・低コスト化技術を開発することにより、日本の薄膜太陽電池産業を牽引するとともに、中核的な研究ハブとして基礎から応用に至る研究開発を行う。

高い研究開発力、コンソーシアム等を通じた大学・産業界との連携、また有機太陽電池の効率向上は評価できる。印刷法による世界初のフレキシブルモジュール作製も進取的と評価される。新規に有機無機ペロブスカイト太陽電池の開発を開始した。所内連携はマンパワー確保の面からも良い。産学官共同で、セルの高効率化、モジュール化及び高耐久化を同時に検討している。

数々の特長が語られているが、開発のアプローチが分散している。最終予想価格、見合う市場とその規模に関する何らかの予測を立て、今はまだ性能向上に資源を集中する段階ではないか。モジュール変換効率が15%に届かないと実用化は困難であり、有機太陽電池及び色素増感太陽電池の開発継続に疑問がある。高効率化を目指さないのであれば、特徴を活かした新しい利用形態という方向になるが、屋内用途の市場は年数十億円と小さい。目標と実用化までの筋道の明確化が欠かせない。ペロブスカイト系は、まだ材料や物性、太陽電池の特性に関しても不明な点が多い。

理論効率の詳細な評価・解析と探索中心の研究開発を強化して高性能化への挑戦を進め、課題とアプローチを整理することが必要である。すべての研究を細々と続けるのではなく、選択と集中または重点配分の決断が必要である。現状は市場に出せるレベルの議論ではないが、市場ニーズの適確な把握、あるいは新たな市場の創出、そのための価格設定なども含めた、出口を見据えた方向付けを楽観的な仮定の下でも行うことが重要である。印刷工程で生産できるのは大きな特長であり、消耗材、機能材としてなど、新たな視点での用途開発・出口戦略を明確にすると良い。今後ペロブスカイト系に移行していくのであれば、既存研究の絞り込みとともに、早急な戦略目標の設定、体制整備及び成果発信が期待される。

#### 【ユニット戦略課題5】革新的太陽電池技術開発

太陽電池の変換効率の飛躍的な向上を目指して、多接合化とともに新規材料探索、新概念・原理の実証やそれらを使った太陽電池デバイス技術の開発を実施している。

目標とするセルの姿（メカニカルスタックによる薄膜多接合で変換効率40%）を想定し、理論変換効率に基づいて多面的に課題を設定して技術開発に取り組んでいる。パラジウムナノ粒子を用いた独自の機械的接合（スマートスタック）技術を開発し、その長期信頼性を確認し、実際に作製した多接合太陽電池で一定の変換効率を実現したことは注目すべき成果である。

他機関での2接合+2接合の基板はり合せで作製された4接合セル、また従来型の単結晶3接合セルと比較すると、まだ改善の余地がある。評価解析と特性改善を急ぎ行ってほしい。量子ドット太陽電池はどの研究グループも当初狙っていた成果が出ていない。既に4年が経過しており、出口イメージや低コスト化の筋道を明確にし、可能性のあるものに集中すべき時期に来ている。もともと高コストの方式で若干の低コスト化を目指すことは戦略的に問題で、非集光で2025年7円/kWhが実現可能とは考えにくい。宇宙用、集光用のみならず一般用途も探求するとしているが、コスト以外にも安定性など多くの課題がある。

高性能が特長である以上、まず性能を世界水準に引き上げた上で、コストや用途市場を議論することが望まれる。40%への具体的なセル構造など、開発の筋道を明確にした戦略の再構築が望まれる。スマートスタック技術の発展として、c-Si上での結晶SiGe薄膜形成技術に期待するが、どのような構造の太陽電池を最終的に想定するのか、予想される効率が努力に見合うのか、特に、アモルファスシリコン(a-Si)/c-Siヘテロ接合太陽電池が主流になった時の当該技術の展開など、緻密な未来計画があると説得力が増す。発電システムの出口イメージを明示する必要があるが、当面は特殊用途向けに効率及び耐久性向上を進めることを期待する。

### 3. イノベーション推進への取り組み

技術研究組合及び薄膜シリコン太陽電池、CZTS、測定等のコンソーシアムを主導し、産学官の連携を図り、技術移転や産業人材育成も狙った多くの共同研究を推進している。モジュール信頼性向上に関する業界企業とのコンソーシアム研究は成果を社会に還元し、産業界での実現も進んだ。NEDOプロジェクトも含め各種研究事業において指導的地位を確立している。各種基準策定、性能評価、アジア基準認証事業など国際的にも活動し、実用化や信頼性向上など周辺企業の育成にも多大な貢献が認められる。毎年成果報

### 第3章

告会を開催し産業界や社会と成果を共有・還元し、情報発信としてのウェブも充実している。

2010年代に入り技術開発や市場拡大は非常に速いので、市場等外部状況を参照した臨機応変な対応が必要で、薄膜シリコンのように周辺状況が大きく変化した技術では特に重要である。研究開発を行う立場から、国の技術開発や政策への積極的な提言も必要である。行うべき活動が多岐にわたり、それらの有機的連携と相乗効果が見えない。NRELやFhGのように、世界中から優秀な研究者・技術者を集める活気が求められる。

国への技術開発戦略・指針・目標への提言とドラフト作り、産業政策提言、産業界への技術変化の対応支援と開発方向性のアドバイス、及び太陽光発電システムの市場情報提供も守備範囲に入れると良い。関係する民間企業に対して、技術者・研究者のみならず市場に通じた営業担当者にも参画を求めること等により、市場視点を強化することを期待する。業務内容を整理して、効率的で負担が少なく貢献度の大きな活動に特化することも必要である。すでに十分な活動を行っており、職員の過度な負担を和らげる必要がある。目の前の実用化のみにとらわれずに、適切なイノベーションハブを構成して研究開発を牽引することを期待する。

#### 4. 研究ユニット運営の取り組み

太陽光発電に関する国の中核的研究機関としての責務を、少ない人数でこなし、世界レベルを超える研究成果を挙げていることは高く評価できる。国の技術開発プログラムへも積極的に参画している。産総研内外との連携を強化しつつ、FREA設立に協力・貢献し、研究チームも再編した。九州や福島拠点との連携は体制として十分である。研究課題フェーズによるチーム構成で、総合的な太陽電池のポートフォリオ管理ができてきた。人材育成に力を入れており、電力中央研究所等外部機関への人材供給も注目される。

性能評価とデバイス開発、システム信頼性とデバイス開発など、チーム間の情報共有と連携を更に強化することが重要である。大学との連携や共同研究の活発化、また用途開発や実用化戦略の提案のために、必要な予算、人員も確保する必要がある。特に企画調整や知財を担当する人数不足が懸念される。産業界のニーズに応えるには測定／評価・実験の具体的作業等を行う技術スタッフの充実が必要である。

国内外の動向を視野に、技術開発の方向を提言して政策に反映させる積極的なシンクタンク・企画調整機能が必要である。技術ロードマップも産総研が指導力を発揮して作ることが望まれる。ベンチマーキングを強化し、多種類の太陽電池の持つ市場・経済規模から、特に注力すべき研究課題を把握してほしい。つくば、九州、福島にある拠点が一体化して総合力を発揮できるよう、運営上の工夫も期待する。FREAを技術の橋渡し拠点化する場合、つくばでもc-Si太陽電池の探索研究が必要である。固定価格買取制度により太陽光発電事業が急速に進み、社会的には一定の達成感がある。今後の研究開発には新たな目標設定が課題となる。

#### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, ...)による評価

(課題番号)	評価項目(課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	評点
ユニット戦略課題1	モジュール信頼性技術	2	AA	A	A	AA	4.5
ユニット戦略課題2	太陽光発電の共通基盤技術	2	A	A	A	AA/A	4.1
ユニット戦略課題3	薄膜太陽電池の高性能化技術	1	AA/A	A	A/B	A	4.0
ユニット戦略課題4	有機系太陽電池の高性能化技術	1	B	A/B	B/C	B	3.0
ユニット戦略課題5	革新的太陽電池技術開発	1	AA/A	A	B/C	A	3.8
戦略課題総合点							4.0
イノベーション推進への取り組み			A	A/B	A/B	A/B	3.6

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A	A/B	3.8
イノベーション推進への取り組み	AA/A	A	4.3
ユニット運営の取り組み	A	A/B	3.8

総合評点 3.9

## 3-1-8 触媒化学融合研究センター

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

省エネルギー、選択性の向上、レアメタルの大幅な削減の3つの観点から、革新的な触媒を利用した機能性化学品の製造技術に関する研究を進める。

## 第3期中期計画課題

- ・ I-5-(2)-①「環境負荷物質の排出を極小化する反応、プロセス技術」

## 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

幅広い分野にまたがる触媒技術について、構造的な観点からの整理体系化を試み、多くの触媒技術に適用可能な汎用的な高性能化技術を見いだす。具体的には4つの戦略課題「ケイ素化学技術」、「革新的酸化技術」、「官能基変換技術」、「触媒固定化技術」に一体的に取り組み、「使える」触媒の開発で環境調和型ものづくりに貢献する。

将来の枯渇が確実視される石油資源への依存から脱却し、普遍的に存在する砂、植物、空気を原材料とした産業技術基盤を創出する構想は優れている。センター長の指導の下、工業プロセスの合理化、高機能材料の創出、環境負荷低減を目指して、難度の高い触媒反応をターゲットに、ケミカル、バイオ、プロセス技術など分野横断的に取り組んでいる。従来の工業プロセスの核心につながる挑戦的テーマと、産業ニーズに応じた実用化に近いテーマを取り混ぜた研究開発のポートフォリオも適切である。特にケイ素化学と酸化技術は目的が明確であり、実用触媒開発方法論体系化の高い志とともに、高く評価できる。

有用な化学品を開発するためには、企業のニーズやマーケティングの調査・分析が必要である。社会への波及効果は、具体例を示しつつ説明すると分かりやすい。中長期の目標である化学産業における廃棄物10%削減は、各戦略課題で貢献の仕方やその評価指標が異なるので、検証できないのではないかと懸念がある。手法で分かれている戦略課題は、課題1、2を除いて、必ずしも出口イメージが明確ではない。ロードマップは具体的ではなく、将来のマイルストーンも示されていないことから、アウトカムの視点からの評価が難しい。理解を深める資料作りが望まれる。

触媒技術を実用性という面で解析し、広く応用可能な触媒設計手法を見いだすことは、大学と企業をつなぐ産総研に大きく期待される。この面の研究の進捗も目標設定に織り込むことが望まれる。学術面で新たな触媒化学領域を切り開くためには、異分野との交流や融合が非常に重要である。産業界への橋渡しも高い研究ポテンシャルが維持できてこそ可能となる。実用化面では社会課題や産業ニーズの把握、すなわちマーケティングが課題である。企業と一緒に考える必要があり、企業が本当のニーズを話してくれる関係が重要となる。何をもって「実用触媒」の開発に成功したとするか、判断材料も併せて明確にすることが必要である。広大な分野を融合して、看板倒れとならない真の融合研究センターとなることを期待する。

## 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

## 【ユニット戦略課題1】ケイ素化学技術

i) 砂からの有機ケイ素原料製造プロセス技術開発、ii) 有機ケイ素原料からの高機能有機ケイ素部材製造プロセス技術開発、の2つの研究課題に取り組むことにより、有機ケイ素材料の性能向上、新機能発現とともにコストダウンを達成し、エネルギー関連部材・電子機器用部材を始めとする高性能・高機能部材開発を通して、有機ケイ素部材の市場拡大につながる基盤技術の開発を行う。

砂(シリカ)からの有機ケイ素原料製造は極めて挑戦的な研究課題である。短工程でのテトラアルコキシシランの合成は大幅な低コストを実現でき、高く評価される。世界初の単離に成功したテトラヒドロキシシランの合成技術はシリコン工業の基盤となる。広範囲にわたる革新的な触媒反応を短期間で開発しており、産業的意義は極めて大きい。白金代替のニッケルを用いたヒドロシリレーション反応も特筆される成果である。ケイ素化学全般の技術水準は高く、学術的にも興味深い知見が多い。更なる進捗を期待したい。

一方、いくつかのサブ課題の達成度合いが定性的であるのは現状ではやむを得ないが、計画や目標を柔軟に設定して本課題全体に貢献するように運用する必要がある。シリカから反応活性な低配位ケイ素活性種を発生できる触媒の開発が求められる。ロードマップはあるが、実はロードマップにはなっていない。低コスト化の見込みや本研究がグリーンサステナブルケミストリー(GSC)の手法に則っていることを示す必要がある。現場の企業は新技術以外にも様々な問題を抱えているので、企業との連携を深めて実用化につなげるよう期待する。

### 第3章

アルコキシシラン類を原料とするケイ素-炭素結合生成反応を達成し、シリコン工業の新しい分野を開拓してほしい。ニッケル触媒系は他反応への応用展開も期待できる。世界の動向を見つつ産業界へのインパクトをモニターしていくことが重要で、最終的なエネルギー収支、既存プロセスとの比較、経済性等、概算値を見積もりながら実用化を目指すことが求められる。企業メンバーも多いプロジェクトの運営を活用して、初期段階からユーザーや企業ニーズを把握して研究開発を加速し、実用化につなげることが望まれる。なお、イネ科やシダ類植物はケイ酸を多く含むので、農芸化学やライフサイエンスへの波及も期待される。

#### 【ユニット戦略課題2】革新的酸化技術

過酸化水素水や酸素などクリーンな酸化剤を利用した酸化技術について、新規触媒の設計と触媒の機能化（反応活性、選択性、及び耐久性の向上）を通して酸化技術の拡充・深化を図り、実用的プロセス構築によって、多様な高機能化学品製造への展開を進める。

本課題の一部はハロゲンフリーのエポキシ化技術として既に事業化に進んでおり、研究フェーズとしては最も先行している。実績ある低環境負荷の酸化プロセスを、ニトロキシドポリマー等機能材料用に更に進化させた。鉄触媒系の設計コンセプトと反応結果は衝撃的で、過酸化水素存在下、扱いにくい鉄系金属を配位子設計により制御し、シンプルかつ安価な触媒系に仕上げた。工業的応用にフォーカスしたテーマの導入、企業のニーズに応える技術支援など出口を強く意識した運営で、様々な基質で有効性を示した。GSCとしての意味も明確で、廃触媒を含めて有害な廃棄物を出さない酸化技術は高く評価できる。

進捗度の異なるテーマが混在しているが、目標は一律に反応率80%、選択率90%であり違和感がある。本来の目標は産業界の実用化であり、収率等は必要十分条件ではない。マンパワーが少なく、ある程度完成した技術なので、どこまで産総研でやるのかを検討する必要がある。

このフェーズでは、研究成果の普及に向けた企業との連携を増やすとともに次の課題を立ち上げなくてはならず、十分に注意する必要がある。企業との連携に重心を置いて、ニッチ市場で構わないので、高機能・高付加価値製品への応用展開を進めることが望まれる。今後応用範囲を広げる際に、高機能高付加価値分野か、大規模生産の汎用化合物を目指すのかによって、研究開発の方向性、テーマの選択、実用化の課題は異なってくる。戦略を検討すべき時期である。さらに、直接的な酸素酸化反应用触媒開発への挑戦が期待される。鉄触媒によるエポキシ化で炭素二重結合の酸化的切断反応を抑制できたことは、酸素酸化技術に道を開くと期待される。

#### 【ユニット戦略課題3】官能基変換技術

触媒反応による分子の骨格変換・官能基変換技術を駆使し、生物由来原料や小分子原料及び含ヘテロ元素化合物からの有用化学品合成反応の開発、及び官能基変換技術を応用した高機能部材開発に取り組む。

バイオマス原料の有用化学製品合成プロセスの開発、小分子やヘテロ元素原料を用いた官能基変換反応は優れた技術であり、特に、木質系バイオマスからレブリン酸への変換技術は高く評価できる。多岐にわたる触媒反応から新規材料までを短期間に開発している点は高く評価できる。特にスギ木粉からのレブリン酸合成は、原料の多様化や非可食バイオマスの有効利用、有用化合物中間体という視点から産業的にも意義がある。CO<sub>2</sub>の利用やリンを含むヘテロ元素化合物など、二次電池、有機EL素材などの高機能材料につながるタイムリーなテーマが設定されて、企業との連携も進んでいることは評価できる。

一方、有機化学の本質というべき課題名ゆえか、シーズ指向なのか、課題選択の優先度が分かりにくい。バイオマス利活用でもその一部を担当しているため、全体像や重要性を説明しきれていない。所内外との分担やすみ分けに加えて、化学/バイオどちらのプロセスが良いのかといった検討も必要となる。セルロース系バイオマスからの有用化学品合成では、製品の純度、安定性、安全性なども検討課題になり得る。

レブリン酸への変換技術、セルロースからの乳酸合成、ビニルリンの製造技術等、ラボでの検討は最終段階に近い。今後スケールアップし、連携企業とともに量産化技術の確立を目指してほしい。1,5-ジアミノペンタンの安価な大量生産技術にも挑戦を期待する。新たな反応は既存技術とのコスト比較にさらされ、またバイオマス資源活用では様々な社会的動向が実用化の意義に関係してくる。今後も幅広い視点で情報収集し、企業等との連携を深め、本当のニーズを探りながら進めてほしい。一方で研究資源が分散しないよう、本研究センターの強みと産業界のニーズに照らし、メリハリのあるテーマ運営を期待する。研究を取捨選択する基準や出口イメージでの課題整理・見せ方など、大学とは異なる工夫が求められよう。

#### 【ユニット戦略課題4】触媒固定化技術

様々な機能性化学品を高効率かつ低環境負荷で製造するための分子触媒の固定化・リサイクル技術の開発に取り組む。また、触媒の低コスト化、省資源のための貴金属代替・省量化技術の開発も併せて行う。

均一系触媒は精密に制御できる反面、医薬品などで微量金属の混入等が問題となる場合があり、固定化、触媒分離・リサイクル技術は工業化で重要な方法論である。環状カーボネート合成では触媒固定化で活性を飛躍的に増大させた。企業でプラント適用が検討されており、着実に商業化を目指す技術として高く評価できる。担体へのシングルサイト活性点形成は反応場設計の可能性を広げる技術であり、白金のみならず多くの金属触媒に展開でき、産業界へのインパクトは非常に大きい。 dendリマーと組み合わせたシリカへの固定化、磁力回収や凝集を防ぐなどリサイクルを促進する方法を開発したことも評価できる。

新たなコンセプトが数多く提示されたが、固定化は分子触媒の利点を阻害する面があり、貴金属代替がさほどコスト低減とならない事例もある。実用性やコストに悪影響を与えないことも、併せて示す必要がある。また、戦略が明らかでなく散発的である。問題はコストか、資源安全保障か、低環境負荷なのか、産業界のニーズや波及効果をしっかりとらえて、技術展開の道筋を明確にすることが望まれる。

これまでの固定化触媒の概念を変え製造プロセスを革新する研究として、大いに期待される。単に触媒回収の効率向上だけでなく、均一系触媒にはない反応場の設計という面で触媒の高性能化が望まれる。固定化触媒に対するニーズ調査を幅広く行って、リサイクルや省使用量が必要な触媒の全体像を把握し、「標的化合物をも含め何をやるべきか」の戦略を立てる必要がある。反応メカニズムの解析も有用で、目標設定にも加えることが望ましい。なお、研究開始時点であっても、コストや環境負荷低減の度合いを評価しながらの研究開発を進める必要がある。

### 3. イノベーション推進への取り組み

プレスリリースによる成果発信、企業との共同研究、プロジェクト実施等を通じて、産業界との連携が着実に強化されている。北海道大学触媒化学研究センターとの連携やシンポジウムの開催など、産学連携も活発に企画されており、高く評価できる。触媒化学の融合という名のもとで、有機化学、無機化学、バイオなど技術横断的な取り組みは評価できる。知財の取り扱いを予め明確に合意できたのは良いことで、今後のプロジェクトでも参考になる。ケイ素プロジェクトの発展が大いに期待される。

一方、使える触媒技術で日本が国際的にトップランナーになるためには、海外の研究機関との連携、外国メディアへの成果発信、研究者交流などで、国際競争力を高める必要がある。素材産業は川上から川下まで企業形態が様々であり、どこと連携するか難しい。すべてを見通せる人は少ないので、産総研はリサイクルまで含めた検討ができる立場として貢献することが求められる。連携の企画は数多くなされているが、それぞれ機関の特徴や機能強化の道筋を具体的に示す必要がある。

実用的な触媒技術で新しい産業を開拓するには、反応開発、プロセス化学、コスト、企業との連携、安全管理等、多くの課題がある。企業のニーズやマーケティングの調査・分析も必要になる。技術の川上に位置する資源やエネルギーの分野、川下のエレクトロニクス等高機能材料分野との縦の連携も重要であり、川下側の企業との連携を図るコンソーシアム形成等は検討に値する。国外機関との連携を含めて、真に必要な「融合」とは何かを考えつつ、新たな触媒化学を切り開くことを期待する。

### 4. 研究ユニット運営の取り組み

産総研の化学分野との連携、触媒分科会設立、人材育成、コンプライアンスに至るまで様々な活動を通して、「触媒研究で人と人をつなぐ」を体現している。研究支援部署や経済産業省への出向、産総研フェローシップによる海外留学制度、イノベーションスクールなど、若手の育成や成果の活用を指向して積極的な運営を行っている。融合グラント制度は新たな研究の芽を発掘し、若手研究者の意欲向上につながる取り組みである。安全衛生にも配慮がなされ、コンプライアンスにも取り組んでいる。

ホームページ上の情報により外部からコンタクトを受けるケースが多いので、積極的でタイムリーな情報発信が必要である。分野間の壁を取り払うという目的で触媒分科会を設置したが、取り払ったら何が起るのか、参加者にメリットが実感できるような運営が期待される。

化学分野は実験設備・装置、測定機器などの初期投資が非常に大きい。色々な仕組みを活用して、ベンチャー企業の立ち上げも検討してほしい。所内では化学分野の連携は既にできているので、他の材料分野との連携に力を入れる必要がある。職員、契約職員、外部研究員など多様な人材が研究に携わる中で、安全や情報管理といったコンプライアンス面の取り組みは重要である。質が高く競争力のある成果を創出するための基盤作りとして、継続的な人材の教育・意識付けを期待する。

### 第3章

#### 5. 評点一覧

##### 外部委員 (P, Q, R, …) による評価

(課題番号)	評価項目 (課題名)	(重み付け)	P	Q	R	評点
ユニット戦略課題1	ケイ素化学技術	1	AA	A	AA	4.7
ユニット戦略課題2	革新的酸化技術	1	AA/A	A	AA	4.5
ユニット戦略課題3	官能基変換技術	1	AA/A	A	AA	4.5
ユニット戦略課題4	触媒固定化技術	1	AA/A	A	A	4.2
	戦略課題総合点					4.5
	イノベーション推進への取り組み		AA/A	A	AA	4.5

##### 内部委員 (J, K) による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	B	A/B	3.3
イノベーション推進への取り組み	A	A/B	3.8
ユニット運営の取り組み	A/B	A/B	3.5
総合評点			4.2

## 3-1-9 健康工学研究部門

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

人間生活における人体の健康維持管理に関する研究開発を進める。「100歳を健康に生きる」技術の開発を研究理念とし、健康状態の維持増進を支援するために先端的なバイオ技術と材料・システム開発技術を融合して健康な生活の実現に寄与する技術を確立する。

## 第3期中期計画課題

- ・ I-3-(1)-③ 「生体高分子や生体システムの高機能化によるバイオプロセスの高度化」(I-5-(3)-②を再掲)
- ・ II-1-(1)-① 「幹細胞等を利用した再生医療等に資する基盤技術及び標準化技術の開発」
- ・ II-1-(2)-① 「ナノテクノロジーと融合した生体分子の計測、解析技術の開発と標準化」
- ・ II-1-(2)-③ 「有用生体分子の構造、機能解析に基づく創薬基盤技術の構築、改良とその分子の高度生産技術の開発」
- ・ II-2-(1)-① 「脳神経系機能及び認知行動の計測技術の開発と人間の心と行動の理解、モデル化、予測技術の開発」
- ・ II-2-(2)-① 「分子計測による心身の健康状態のモニタリング、管理技術の開発」
- ・ II-2-(2)-② 「健康リスクのモニタリング及び低減技術、健康維持技術と健康情報の管理及び活用技術の開発」
- ・ II-2-(3)-③ 「人間の心身活動能力を補い社会参画を支援するためのインターフェイス等の技術開発」

## 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

持続的で安心かつ豊かな生活の構築に貢献するため、人間の身近な健康維持・向上に関する工学的研究に焦点を絞り、「疾病の発症を直前で予防できる先端的な疾患予知診断技術の研究開発」、「生活圏におけるリスク解析・除去技術の開発」、「組織・細胞の機能を再生・代替できるデバイスの開発」、「細胞機能の計測、操作技術の開発」、「ヒト機能の高精度計測を基盤とした人間の適合性の高い機器開発」を行い、さらに、地域連携、人材育成を行っている。

人体の健康維持管理に関する工学的研究を中心に、技術開発から健康関連産業創出につなげる目標は極めて具体的である。身体的・心理的な健康(幸)維持増進や環境と調和した生態活動を希求する社会ニーズをとらえ、基盤技術の確立のみならず、産業展開に寄与する標準化、企業を含めた外部との連携、地域性の高い設定、薬事対応など、広範な対応がなされている。各戦略課題は、ロードマップに沿って着実に推進されており、進捗も含めて綿密に管理されている。

一方、戦略課題間の連携を一層密にすることで実用化への迅速化を図る必要がある。キャッチフレーズとする「100歳を健康(幸)に生きる」を各戦略課題へ浸透させ、研究展開の中で明確化させる必要がある。知財部門や広報などの産総研の支援体制に加えて、専門スタッフの確保などを検討することが望まれる。研究開発する課題はシーズを起点としたボトムアップからの設定との印象は否めない。実社会への供与や関連産業の育成につながるシナリオも同時に明示することが求められる。

今後は、実用化のスピードアップや研究障壁への対応を図るために、研究ユニット内のイノベーションコーディネータ機能の拡大を図るのも一案である。実施する課題が多岐に及んでいるため、技術の共有や推進すべき課題の重点化や優先順位付け、そのための連携などを徹底的に議論して明確化することが必要である。また、得られた研究成果の積極的なアピールも望まれる。

## 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

## [ユニット戦略課題1] バイオマーカーの機能解析・同定とその検知デバイス技術開発

健康状態や未病状態を科学的に評価することが可能なバイオマーカーを開発し、生体機能の解明に活用する。さらに、それらのマーカーや既存のマーカーを迅速、簡便に測定することが可能なデバイスを確立する。

糖尿病リスクマーカー群、唾液ストレス計測デバイス、脳疾患関連バイオマーカー等の基盤技術の確立と企業連携による実用化が推進された。これらの実用化は、生活習慣病やストレスに対する新たな評価法として健康診断や疾病の早期診断に寄与する。

一方、表面プラズモン利用生体分子可視化と新規計測デバイスの研究は基礎研究として重要であるが、

### 第3章

実用化に向けた応用分野を明確にする必要がある。生活習慣病マーカー計測システム（マルチマーカー）の競合は世界的に多い。海外展開も視野に入れて国際比較し、安価・迅速・簡便なPOCTシステム（Point Of Care Testing、被検者の傍らで医療従事者が行う検査）に向けた重点的な取り組みと社会へのアピールが必要である。唾液ストレス計測チップに関する研究は、アウトカム導出に向けた展開の具体化が必要である。

今後は、糖尿病などのマーカーは臨床診断への実用化を迅速に推進するために企業や病院との連携拡大が望まれる。唾液関連チップに関しては競合他者との優位性、及び産業上のインパクトを示すことが求められる。得られた成果に対しては積極的な広報活動を期待する。予防のためには未病段階での検査が有益で、日常生活における受診者の増大に寄与する技術開発も検討する必要がある。

#### 【ユニット戦略課題2】健康リスク計測・評価とリスクモニタリング技術の開発

身体内部あるいは環境に存在する健康阻害因子を高精度に計測・評価し、因子そのもの、あるいは健康への影響を効果的に低減するための技術を開発する。

細胞チップを用いたマラリア診断デバイス開発はフィールドテストまで達しており、ベンチャー設立を含めた実用化と普及促進が期待される。有害物の分離計測や工業ナノ粒子微粒子はISOへの戦略的取り組みがなされている。世界保健機関(WHO)と連携した実証試験は実用化・国際展開の視点から有益であり、開発機器の海外展開の布石につながる。

一方、感染症の迅速・高感度検出技術や有害物の選択的認識・分離技術は早期の実用化を図ることが求められる。エボラ熱、デング熱ウイルスなどへの応用も検討の必要がある。円滑な推進のために、健康医療に関連した所内外機関や薬事審査関連機関との連携は一案である。また、有害イオンの分離計測や有害物の選択的認識・分離技術は実用化への展開を検討する必要がある。環境関連の研究ユニットなどとの連携拡大が望まれる。

今後は、国の規制は当該国の政府の判断に依存するので、WHOとの協議継続に加えて、当事国行政との連携が望まれる。特許戦略が重要な分野であることから、知財戦略の強化を期待する。感染症の迅速・高感度検出技術は適用範囲を明示し、低コスト化や簡便化を意識した開発が求められる。新規性に加えて社会での活用も検討の必要がある。有害イオンの分離計測と有害物の選択的認識・分離技術は実社会での有用性を確認する必要がある。他の研究機関の有害物質除去や環境浄化プロジェクトと提携して推進することも想定される。

#### 【ユニット戦略課題3】組織・細胞の機能の再生・代替技術の開発

再生医療の早期実用化を目指して細胞の分化誘導技術や組織形成技術の開発を目指す。一方で、環境変化に自律的に応答する材料の開発を行って細胞、組織の代替技術の確立を目指す。

再生医療に必要なアイソレーター技術の開発及び関連する標準化、骨髄などのヒト間葉系幹細胞の再生医療及び関連する支援技術の開発など、社会的インパクトの高い成果を挙げている。創薬支援のためのモデル生物の作出は、ニワトリはもとより、うつ病モデルマウスの作出などは独自性が高い。高分子アクチュエーター開発研究では、人工筋肉などの国際的先導性の高い成果を挙げている。商品化が現実的な内容も含まれている。ドイツのフラウンホーファー生産技術・オートメーション研究所(IPA)との共同研究拠点設立や企業との共同開発などにより、実用化、産業化に向けた取り組みが推進された。

一方、再生医療支援技術はiPS細胞に限定せず、これまで培ってきた研究の特徴と優位性を活かす方向を模索するの一案である。モデル動物の作出研究は、実用化の具体的なイメージを持ち、臨床への展開を視野に入れることが求められる。人工筋肉については本課題内での位置付けを明確にする必要がある。戦略課題1や2の診断チップのアクチュエーターとしての活用、フラウンホーファーとの連携による新たな展開を期待する。

今後は、薬事法の改正に伴って再生医療製品の産業化の展開が図られることになる。再生医療や創薬の基盤技術、小型CPC（Cell Processing Center、セルプロセッシングセンター）の確立と高度化、評価法の確立や国際標準化の推進など多岐にわたる検討が求められている。実用化に向けた戦略や国内における役割の明確化が望まれる。モデル生物については、モデルとして活用できる範囲を検討する必要がある。アクチュエーター関連の研究は先導性の高さを維持し、商品化を図ることで社会的にアピールすることを期待する。

#### 【ユニット戦略課題4】細胞機能計測・操作技術の開発

遺伝子、細胞、情報、ナノテクノロジーなどの研究を統合し、健康・医療にかかわる知的・技術基盤の形成と応用技術の創出を目指す。



プラズモニクチップを用いた高感度バイオセンシング技術は大学、企業との共同研究を通じて成果が得られ、バイオイメージングへの応用で実用化が想定される。バイオマーカー用抗体、機能性量子ドット、代謝系酵素の構造機能解明、及び多色発光細胞樹立については目標どおりの成果が得られている。戦略課題1へ成果移転も計画されており、展開としては妥当である。

一方、本戦略課題は得られた成果を他の戦略課題などへ展開することを主眼とする。今後の研究展開に必要な萌芽技術の育成が必要である。再生医療に関しては他の研究ユニットとの強い連携が有益である。アルパカ抗体については、競合グループの状況を把握しつつ、研究の優位性を明確にして進めることが求められる。有用タンパク質の構造・機能・物質解析は標的タンパク質の選定が重要で、事例数の確保が必要である。

今後、人工染色体ベクターを利用した多色発光に関連する成果やプラズモニクチップは迅速な実用化が期待される。他の研究ユニットとの連携を拡大し、開発した技術の移転増大を期待する。量子ドットに関連する研究は、国際競争の現状を踏まえ、対外戦略をより明確にする必要がある。

#### 【ユニット戦略課題5】ヒト生理機能解析技術の開発

非侵襲脳機能・生理機能計測技術を基盤に、高次脳機能障害の高度診断技術、聴覚機能障害の補償技術、高臨場感・快適環境の設計技術、及び日常健康モニター技術を開発する。

非侵襲脳機能計測技術や健康モニター技術の開発が進展し、骨導超音波知覚の聴覚機構を利用した補聴器、骨導技術を応用したスマートフォンの開発は実用化が推進された。また、認知・行動評価技術と生体安全性標準化はISOの制定につながった。

一方、脳科学やヒトの生理機能の解析技術などの脳科学関連研究では、アウトカムの具体化及びこれに至るシナリオの検討が、また、特許戦略が重要な分野であることから知財戦略の強化が必要である。

今後は、研究成果が活かされる医療分野などのニーズを調査分析した上で、研究内容の絞り込みが必要である。ヒトの聴覚機能の解明や失われた機能を補う技術は迅速な実用化が必要である。新技術の開発と国際標準化の推進を両立させた展開は有益である。

### 3. イノベーション推進への取り組み

医療ニーズの的確な把握と技術ニーズ集の作成、地域・国際連携による研究開発推進、企業連携による実用化の展開、医療機関との医工連携研究の推進、技術移転ベンチャーの設立、部門主催の研究会の設置、四国6大学との包括協定、国際標準化・知的基盤の構築などが総括的に展開されている。研究の進展状況に応じて推進する研究を4段階に分け、メリハリのきいた資源配分を実施している。アウトカムの実現に向けた国際連携、WHOとの協調、コンソーシアムの形成、及び企業連携は関連する産業の展開の参考となる。マラリア診断などにおいては企業連携で製品化が進んでいる。

一方、迅速な実用化のために企業への派遣も検討が求められる。遍路試験は、研究目的、計画内容、想定される成果などに関する詳細な検討を必要とする。アジア圏などへの国際貢献も明示することが望まれる。

今後は、健康（幸）に対する評価指標の確立と必要な技術開発が求められている。国民社会が健康（幸）に係わる産業基盤の変革を感じることができる技術革新を期待する。これまでに推進した分野融合、社会要請や政策への対応、地域活性化などを健康工学のためのイノベーション推進の方策として明示することが求められる。製品化に近い課題は、市場性、産業的インパクト、競合優位性、知財、企業との連携強化など、多面的な検討が必要である。ベンチャーを設立する際には、経営的視点からの人材育成も有益で、技術的な内容に加えてMOT（Management of Technology、技術経営）的な内容を習得させるのも一案である。

### 4. 研究ユニット運営の取り組み

技術シーズ集、ニーズ集、ポートフォリオの取り組みなど、組織運営上の工夫がなされている。また、研究ユニット内での意思の疎通が図られ、萌芽的資金、予算の重点化、重要テーマへの積極的投資など、全体が円滑に運営されている。評価委員会などの指摘事項を加味した柔軟な運営がなされている。

一方、職員の年齢構成は望ましい分布に維持するための努力が必要である。ポートフォリオとして、実用化のレベル、市場インパクト、投入人員などに関して一層の創意工夫が必要である。健康（幸）を対象にするが故に推進する課題が多くなり、結果的に人的パワーが分散してしまうことが懸念される。

今後は、専門が異なる研究領域を円滑に推進するための柔軟なユニット運営を堅持し、知財スタッフの充実、マーケティング機能の導入も検討する必要がある。新たな展開のための基礎研究の推進は有益である。研究の展開においては薬事審査機関との人事交流や人材育成の継続が望まれる。

## 第3章

### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目(課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	T	評点
ユニット戦略課題1	バイオマーカーの機能解析・同定とその検知デバイス技術開発	1	A	A	AA/A	AA/A	AA/A	4.3
ユニット戦略課題2	健康リスク計測・評価とリスクモニタリング技術の開発	1	AA/A	AA/A	AA/A	AA/A	AA/A	4.5
ユニット戦略課題3	組織・細胞の機能の再生・代替技術の開発	1	A	A/B	AA	AA/A	A	4.2
ユニット戦略課題4	細胞機能計測・操作技術の開発	1	A/B	A	AA/A	AA/A	AA/A	4.2
ユニット戦略課題5	ヒト生理機能解析技術の開発	1	A	A	AA/A	AA/A	A	4.2
戦略課題総合点								4.3
イノベーション推進			AA/A	A	AA/A	AA/A	A	4.3

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A	A/B	3.8
イノベーション推進への取り組み	AA/A	A	4.3
ユニット運営の取り組み	A/B	A	3.8
総合評点			4.1

## 3-1-10 生物プロセス研究部門

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

バイオプロセスによる高効率な物質生産を目指した基礎的・基盤的研究から実用化研究に至るまでの一貫した研究を行い、化石燃料代替物質、化成品原料、医薬化学品、有用タンパク質、生物資材など、物質循環型社会の実現及び高品位な物質生産技術の開発に貢献する。

## 第3期中期計画課題

- ・ I-5-(3)-① 「微生物資源や有用遺伝子の探索と機能解明」(I-3-(1)-②へ再掲)
- ・ I-5-(3)-② 「生体高分子や生体システムの高機能化によるバイオプロセスの高度化」(I-3-(1)-③へ再掲)
- ・ I-5-(3)-③ 「遺伝子組換え植物作出技術と生産システムの開発」
- ・ II-1-(2)-② 「身体状態の正確な把握に資する糖鎖やタンパク質等のバイオマーカーの探索、検知法開発とその実用化」
- ・ II-1-(2)-③ 「有用生体分子の構造、機能解析に基づく創薬基盤技術の構築、改良とその分子の高度生産技術の開発」
- ・ II-1-(3)-② 「システム生物学的解析を用いた創薬基盤技術の開発」

## 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

微生物・各種生物遺伝子資源の探索と探索技術の開発、遺伝子情報を高速で解析する技術、有用遺伝子をin silicoで探索する技術の開発、各種ゲノム・生体分子情報をもとに遺伝子組換え植物・微生物・動物などによる有用物質生産技術の開発、及びタンパク質・核酸・生体関連化学物質材料などの開発を進めている。また北海道センターにおいて多様な地域連携を行いつつ、特に次世代アグリバイオテクノロジー研究拠点として地域貢献に取り組んでいる。

戦略課題がバランス良く進捗する形となっており、多方面へのアウトカムが期待できる。また、北海道の産業支援や産業活性化への取り組みが推進され、研究成果の地域への還元や人材教育につながっている。

一方、外部機関や戦略課題間の連携、産業ニーズの分析やこれに基づく研究展開を明示する必要がある。

今後は、これまでの資産や研究成果を活用し、微生物や動・植物の構造・機能を起点とする新たな研究展開や産業・社会に対するインパクトのあるイノベーションの創出が期待される。また、各研究グループ間の連携を更に深めることによるシナジー効果の拡大が望まれる。

## 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

## 【ユニット戦略課題1】バイオプロセス基盤技術を支える新規微生物・動物・植物の探索技術の開発

未知・未培養微生物の分離培養及びこれまでにない探索・培養技術の開発を行っている。また、極限環境微生物由来の新規有用遺伝子資源探索、微生物間相互作用の機構解明やシグナル物質の発見・同定・機能解明、微生物-動物(昆虫等)間共生に関する基礎的研究等を進めている。

挑戦的な基礎研究に取り組み、多くの成果を挙げている。目標の達成度や外部資金の獲得実績、トップジャーナルへの成果公表など高いレベルにある。特に、新規微生物を対象とした基礎研究や昆虫等との共生細菌の研究において、学術的に特筆した成果を挙げている。南極微生物による低温脂肪分解処理への可能性を見いだしたことは応用面でも評価できる。このような遺伝子資源の探索、共生細菌の機能解明などは、今後の産業展開の基盤として期待できる。

一方、基礎・基盤研究においても想定するシナリオの明確化が求められる。新属新種微生物発見を継続しながらそれがどのようなニーズやアウトプットに結び付くかのビジョンが不足している。

今後、目的基礎研究や実用化研究は産総研内外の組織や企業との連携を図り、優位性を示しつつ産業や社会への導入が期待される。また、虫における共生の研究はヒトの腸内菌叢など、他の共生系への展開も想定される。

## 【ユニット戦略課題2】大量ゲノム情報時代に即応した遺伝子情報解析技術の開発研究

複雑微生物・生物系集団を大きなゲノムプールとしてとらえるメタゲノムライブラリー、メタトランスクリプトームライブラリーを高速で処理し解析する技術及び目的遺伝子を活性化してハイスループットにスクリーニングするシステムの開発を目指している。また、大量のゲノム情報を産業へ利用するための技術開発、特に生命情報特有のゆらぎや誤差などを考慮した情報処理技術の確立と実証を進めている。

### 第3章

独自のメタゲノム・メタトランスクリプトーム技術を開発し二次代謝遺伝子等の有用遺伝子の探索に成功しており、実用化への展開が期待される。さらに、情報解析技術の高度化と予測感度・精度の進展により、新たな生体物質の開発効率の向上が期待できる。

一方、具体的なターゲットが明示されておらず、ツール開発にとどまっている印象がある。アウトカムとして設定する「大規模ゲノム情報に基づいた新規バイオプロセス、創薬」への展開を明確にする必要がある。

今後、次世代シーケンサーの急激な技術向上に伴い、重要となる大量ゲノム情報の解析技術の成果については、更なる発展が期待される。有用遺伝子の探索や生物プロセス設計は関連産業への寄与が想定される。ゲノムデザインサイクル(GDC)プラットフォームなどを活用した産業人材の育成も期待される。

#### 【ユニット戦略課題3】 遺伝子組換え植物・微生物等による有用物質生産技術の開発研究

完全密閉型植物工場を活用し、遺伝子組換え植物を用いた機能性物質や医薬品原材料の生産基盤技術の開発を行っている。また、独自に開発した遺伝子サイレンシング法CRES-Tを中心とした植物の転写制御改変技術を用いた新機能・新規表現型植物の作出技術の開発を行っている。

植物の遺伝子組換え技術と医薬品原材料生産のための植物工場の生産技術を融合させて、遺伝子組換え植物体を原薬とする動物薬を開発し、医薬品として世界初の承認及び製品化に成功しているなど、特筆すべき優れた成果を挙げている。地域連携、地域貢献も実現しており高く評価できる。品質管理基準(GMP)の取得、製品の製造販売承認は成功例となり、当該分野における関連企業で活用でき、産業の出口戦略として有意である。

一方、グリーンケミカル研究所(GCC)の負担を徐々に軽減し、遺伝子操作技術等の研究開発に重点を置くことが求められる。微生物プラットフォームを利用した物質生産においては、どのようなアウトカムまで波及されるかが分かりにくい。関連産業の育成のために、GMP、承認申請、承認後の維持管理などに關する標準作業手順書(SOP)の作成と公開を検討する必要がある。

今後について、植物の遺伝子組換え技術などの基礎的な技術から医薬品としての安全性検査などの実用化技術に至る総合的な技術開発を継続する必要がある。微生物や植物の研究開発、成果からの新薬の申請・承認に係わる一連のプロセスを推進・拡大し、企業との役割分担を明確にした上で、関連産業を牽引することが期待される。

#### 【ユニット戦略課題4】 タンパク・核酸・生体関連化学物質等バイオ関連材料開発とその応用技術の開発研究

①バイオマスの有効利用に有用な糖質分解酵素の構造・反応解析及び高機能酵素開発、②核酸の効率的化学修飾技術、酸化還元酵素の電極上駆動技術、電気化学顕微鏡による一細胞動態評価技術など化学的手法を駆使した創薬関連基盤技術開発、③糖鎖や生体機能物質の創製技術研究とそれらの利用展開研究、④酵母における複合糖質の生合成及び分析に関する基盤研究とその糖タンパク質医薬や抗真菌剤への応用展開などを行っている。

セルロース系バイオマスの糖化酵素を機能改変し、耐熱性の向上や生成物阻害を減少させた変異酵素を獲得するなどの成果を挙げた。また、畜産物・食品の機能性分析技術や医薬品製造現場での分析効率向上・コスト削減につながる種々の技術を開発して特許出願し、企業にライセンスした。これらは、バイオ燃料や医薬品などにおける分析技術としての実用化が想定される。企業との共同研究に基づいた製品の開発・改良や知的財産の獲得にも積極的である。

一方、酵素の高機能化は、多くの競合技術が想定されるので、優位性を明確にすることが求められる。また、地域連携に関してはニーズなどの調査分析と研究課題の絞り込みが必要である。

今後は、糖鎖・糖脂質に関連する体外診断薬、治療薬、機能性食品などへの産業展開が期待される。また、このための検出技術や合成法の確立は有益である。酵素の機能改変など基盤的な技術は優れているが、有用物質の低コスト大量生産技術など応用技術に関しては欧米の企業が先行している。現状を踏まえ、今後の研究展開の明確化が望まれる。加えて、プラスチックやエネルギーなどの分野では競合技術とのコスト比較が必要である。

### 3. イノベーション推進への取り組み

研究テーマが基礎、橋渡し、実用化の各段階にバランス良く構成され、各テーマの内容も魅力的である。北海道の国際戦略総合特区の推進を地産食物の機能性評価により展開していることや低温でのパーラー排水処理システムへの有用微生物の応用など、北海道に立地する研究部門としての存在感が認められる。地域産業の育成に資する計画が具体的に推進され、創薬への流れが具現化されている。

一方、核内受容体の研究は地域貢献の意義が認められるものの、研究対象の妥当性や食品開発自体への貢献等については検討を要する。食の安全のために国民社会が合意できる科学的なエビデンスの明示が求められる。

微生物や植物などに関連する研究開発から創薬や健康食品などへの展開は、関連産業の育成や社会に向けた導入への牽引役として期待できる。このためには、イノベーション機能の増強やハブ化を推進し、産業・国民社会・行政との連携強化、地域産業基盤の構築・拡大、関連する情報の集約・開示などの展開拡大が求められる。国際的な研究成果の発信に加えて、地域に密着した生物プロセス応用技術の開発が地域振興や経済の活性化に貢献することが期待される。

#### 4. 研究ユニット運営の取り組み

所内や外部機関との連携、人材育成や予算の重点配分などに工夫がみられ、研究活動の活性化につながっている。基礎研究から実用化の研究までを幅広く展開し、研究成果を挙げる体制が整備されている。研究員の創造性を高める工夫、国際貢献や地域産業育成への努力もみられる。

一方、得られた成果の広報活動、研究推進などに対するイノベーションコーディネート機能の拡大を検討する必要がある。

今後は若手の育成や所内連携・分野融合を進める必要がある。また、企業連携を拡大し、優位性をアピールすることも必要である。

#### 5. 評点一覧

外部委員（P, Q, R, …）による評価

（課題番号）	評価項目（課題名）	（重み付け）	P	Q	R	S	T	U	評点
ユニット戦略課題1	バイオプロセス基盤技術を支える新規微生物・動物・植物の探索技術の開発	2	AA	AA	AA/A	A	AA/A	AA/A	4.6
ユニット戦略課題2	大量ゲノム情報時代に即応した遺伝子情報解析技術の開発研究	2	AA/A	AA/A	A	B	A/B	A	3.9
ユニット戦略課題3	遺伝子組換え植物・微生物等による有用物質生産技術の開発研究	1	AA	AA	AA/A	AA/A	AA/A	AA/A	4.7
ユニット戦略課題4	タンパク・核酸・生体関連化学物質等バイオ関連材料開発とその応用技術の開発研究	2	AA/A	A	A/B	B	A/B	A/B	3.7
戦略課題総合点									4.1
イノベーション推進への取り組み			AA	AA/A	A/B	A/B	A/B	AA/A	4.1

内部委員（J, K）による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A	A/B	3.8
イノベーション推進への取り組み	AA/A	A	4.3
ユニット運営の取り組み	A/B	A/B	3.5
総合評点			4.0

## 第3章

### 3-1-11 バイオメディカル研究部門

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

生体分子の構造・機能を理解・解明し、それらの知見に基づいた創薬基盤技術・医療基盤技術を確立する。創薬・医療にかかわる基礎・基盤技術の動向を把握し、将来に向けた技術の芽を発掘し育成する。

#### 第3期中期計画課題

- ・ I-5-(5)-② 「自然浄化能の強化による環境修復技術の開発」
- ・ II-1-(1)-① 「幹細胞等を利用した再生医療等に資する基盤技術及び標準化技術の開発」
- ・ II-1-(1)-③ 「医療機器開発に資する先端技術の開発と実用化に向けた基盤整備」
- ・ II-1-(2)-① 「ナノテクノロジーと融合した生体分子の計測、解析技術の開発と標準化」
- ・ II-1-(2)-② 「身体状態の正確な把握に資する糖鎖やタンパク質等のバイオマーカーの探索、検知法開発とその実用化」
- ・ II-1-(2)-③ 「有用生体分子の構造、機能解析に基づく創薬基盤技術の構築、改良とその分子の高度生産技術の開発」
- ・ II-1-(3)-② 「システム生物学的解析を用いた創薬基盤技術の開発」
- ・ II-2-(2)-① 「分子計測による心身の健康状態のモニタリング、管理技術の開発」
- ・ II-2-(3)-① 「生体情報計測に基づく軽負荷医療及び遠隔医療支援技術の開発」

#### 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

生体の異常や疾病にかかわる生体分子の構造・機能の解明及び計測・解析技術の開発、生体リズムの攪乱に関連する疾患を改善するための物質探索や発症メカニズムの解明、細胞の機能を制御する抗体・タンパク質・核酸医薬等のバイオ医薬品に関連した基盤技術の開発、疾病の診断に必要なマーカーの高感度検出に求められるセンサー開発等の各研究課題に取り組み、「先進的・総合的な創薬基盤技術・医療基盤技術の開発」及び「健康な生き方を実現する技術の開発」を推進する。

多くの独創的な課題を含み、生体分子の構造・機能解析から、ナノバイオを用いた計測技術まで幅広い領域を取り入れ、また、技術研究組合に加わって実用化・製品化に取り組んでいる。生体分子の構造・機能の解明による創薬・医療の基盤技術の確立と企業連携に基づく実用化などが推進されている。乳酸菌によるストレス性睡眠障害の改善などでは実用化につながる良い成果が得られている。

一方、医薬のリード化合物の探索に対する今後の進め方に関して、企業への橋渡し方法のシナリオなどは一層の明確化が必要である。着実な成果を挙げているものの、社会全体にインパクトを与えるようなアウトカムが想定されるまでには至っていない。薬品のリード化合物とリード化合物は区別する必要がある。産総研における開発はリード化合物までとし、その後の企業への橋渡し研究において実用化を図ることも一案である。世界の最先端技術のリーダーとして、アジアに限らず、海外の研究員の人材育成への寄与も望まれる。

今後は、医薬分野と食品分野の比重、及び医薬分野では基盤技術の開発と医薬リード探索研究の比重を検討する必要がある。橋渡し研究においては、重点テーマを選定して推進することが求められる。創薬、医療、食品、環境の各分野への展開の可能性を分析する必要がある。栄養機能性表示に関しては健康機能の科学的な裏付けは重要である。アウトカムの創出には新たな科学的知見や大きなブレークスルーが必要で、このための基礎研究の展開を重視する必要がある。

#### 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

##### 【ユニット戦略課題1】生体分子の構造・機能解析と高機能化

生体高分子のX線結晶構造解析や電子顕微鏡解析を行い、立体構造と機能の相関関係を解明するとともに、臨床薬の標的となる膜タンパク質の迅速構造解析法等の開発を行う。また、タンパク質設計技術、合成技術、改良技術の開発を行うとともに、これらの技術を用いて抗体精製用リガンドタンパク質の高機能化等を進め、バイオ医薬品開発の高度化や製造コストの低減に寄与する。更に簡易遺伝子定量法等の開発を行い医療計測の標準化に資するプラットフォームを整備する。

世界最大級の天然物ライブラリを用いたヒット化合物の提供、核酸標準物質の製品化と頒布、及び抗体医薬の製造技術プラットフォームの構築において有益な成果が得られている。核酸標準物質、天然物ライブラリなどを頒布するのは公的機関として大切な機能である。ハイスループット抗体精製/定量システム、大気圧走査型電子顕微鏡、天然物ライブラリの構築など、企業連携で実用化が進んだ。

一方、アウトプットとしては着実な成果を挙げているが、具体的なアウトカム及びアウトカム導出に向けた検討が不十分である。天然物ライブラリ研究は、創薬研究にとって重要なツールとして期待されるが、企業ニーズを踏まえ、国外や他業種なども含めたネットワークを構築して、より大きな枠組みでのデータベース化が求められる。ハイスループットを可能にする高発現株スクリーニング法の開発では、スクリーニング時間などの目標を具体的に定める必要がある。

今後は、高発現株のスクリーニング法では、低価格を実現する技術開発も検討に加えることが望まれる。天然物ライブラリの構築とスクリーニングでは、中分子量への展開とスクリーニングの迅速・高精度化への寄与を図ることが求められる。企業との共同研究では、互いの役割分担、目標、マイルストーンなど進展させるための工夫が必要である。

#### 【ユニット戦略課題2】 生体メカニズムの解明とその制御物質の探索

体内時計に関連する高血圧、血栓症、がんなどの生活習慣病、及び睡眠障害などの生体リズム障害を主な疾患ターゲットとして、健康状態をモニタリングするためのバイオマーカー開発、及びこれら疾患の予防や改善を目的とした天然物由来生体活性物質の開発を目指す。

in vitro生体リズム評価系や睡眠障害モデル動物を用いた評価系を利用して乳酸菌SLB88のストレス性睡眠障害改善効果を発見して商品化に至った。体内時計に作用する化合物の生薬成分を中心とする天然化合物の中から数種類を同定し、特許化と論文発表を行った。インドとのジョイントプロジェクトで、伝統的薬草のアシュワガンダの抗腫瘍効果に関連する有効成分と標的分子を同定して分子生物学的な検討を具体的に進めた。「食を中心とした生活習慣による生体リズムの積極的な制御」を目指す産官学の連携を推進するためのニュートリズム検討会を立ち上げて活動した。

一方、天然物由来の医薬品シード化合物の開発に対して、開発から実用化に至るシナリオの具体化が必要である。ヒトの生体リズムはマウスよりはるかに複雑で外的要因に左右されやすく、強い作用がないと明確な結果は得にくい。アシュワガンダに関連する研究は新規な薬剤標的分子である可能性が示された段階にあり、今後の展開が待たれる。睡眠障害や体内時計に影響を与える因子の分析や機序解明への取り組みも求められる。健康や医療などへの展開を目的とする計測技術や評価技術に関しては円滑な推進を目的に他の研究ユニットや外部機関との連携拡大が望まれる。

未病対策、疾病予防などは、今後の健康関連産業での展開が望まれるため、機能性食品等への展開も視野に入れた実用化が望まれる。生体リズム作用物質に対する機能性食品の開発、及び食による睡眠障害や体内時計など食が与える影響の解明が期待される。

#### 【ユニット戦略課題3】 健康・疾患に関連する細胞制御分子の解明と利用

脳神経系などの疾患に関連する新規バイオマーカーを探索するとともに、これらの分子あるいはそれを高機能化した分子を用いて細胞の機能異常の検出や制御を行う技術を開発し、健康の増進や疾患の予防・診断・治療に貢献する。

「膜タンパク質阻害分子や拮抗分子のハイスループット(HTP)同定技術」、「疾患モデル細胞・動物を用いた創薬候補分子の評価技術」、「シグナル分子を標的とした創薬・再生医療支援技術」などで得られた成果が革新的な医療や予防にかかわるアウトカムにつながることを期待する。新規核酸アプタマー、及びエキソソームに対するRNAアプタマーに関連した研究などでは特許出願や企業連携が進んだ。RNAアプタマーのスクリーニング技術では、核酸医薬開発への展開を期待する。

一方、核酸医薬の開発は非常に競争が激しいため、産業や国民社会への出口を明示し、臨床導入に向けた明確で具体的なロードマップの策定が必要である。実用化・製品化については検討会や技術研究組合を利用して企業と連携した推進が求められる。

今後、エキソソームを用いた血液診断では、他に比して優位性がある特許の取得が重要である。医薬品開発は連携する機関との役割分担とマイルストーンを明確にして推進する必要がある。新規のイメージング技術は、顕微鏡関連企業とのコンソーシアムの構築も一案である。新技術の開発は新たな創薬の展開につながるため、重点化して技術開発を進展させることが求められる。特に、テラーメイド創薬、再生医療などへの展開が期待できる。

#### 【ユニット戦略課題4】 ナノバイオ技術融合による極微量生体分子の計測解析技術開発

超高感度、極微量計測に必要なバイオセンサーに要求される高選択的な分子認識法やナノ薄膜電極材料、1個の細胞での計測が可能なナノ針等のデバイスなどの各要素技術の開発を行う。

産総研が有するナノテクノロジー技術を活用し、新規セルソーターシステム、高性能電気化学センシング素子、及び疾患マーカー高感度測定機器の開発において他との優位性を明確にしつつ、企業提携による

### 第3章

実用化が進んだ。開発課題において具体的な製品がイメージでき、目標とする「健康を守る」の方向性を示している。ナノニードルアレイを用いた新規セルソーターシステムは実用化・製品化が現実化してきている。DNAメチル化を短時間で検出可能なイムノアッセイチップを開発し、エピゲノム研究を進展させていくための基本技術として発展していく可能性がある。

一方、セルソーターは分別の時間分解能の向上に加えて高精度化が重要である。開発したニードル法については従来技術に対する優位性を確保すべきで、市場投入によるインパクトなどに関する十分な検討が必要である。DNAメチル化を短時間で検出可能なイムノアッセイチップは、成長・老化や生活習慣病発症等への適用を具体的に検討すべきである。

今後は、企業連携を活用して実用化を推進することが有益で、例えば、ナノニードルアレイを用いた新規セルソーターシステムは連携する企業での製品化を期待する。アウトカムにつなげるためには開発技術などの成果に対する経済効果（金額）と社会的効果（インパクト）の検討も必要である。基盤技術を発展させる研究展開の方向性は妥当である。開発技術の特徴と優位性を示しつつ、迅速な実用化を図る必要がある。

#### 3. イノベーション推進への取り組み

生物試料の観察技術の開発、天然物ライブラリの構築、次世代抗体医薬の製造技術開発など、技術開発から実用化まで幅広く展開され、今後における創薬・医療の向上に寄与する。日印ジョイントプロジェクトの取り組みやアジア圏のハブ化の推進、熱帯病治療のための創薬などは国際連携がなされている。大学院生の受け入れや連携大学院教員の併任などを行って人材育成にも取り組んでいる。技術研究組合を活用して企業や大学との連携を強力に行い実用化・製品化を推進している。

一方、産業や国民社会へ導入するために必要な課題の分析やアウトカムに至る戦略を一層具体化することが求められる。医薬のリード化合物開発の取り組みは進め方に注意が必要で、最終と各年度の目標、進捗状況に合わせた目標の弾力的設定、知財の取得などを効率的に進めることが重要である。また、アジアバイオハブを目指すのであれば、インド以外の国とも共同研究や若手研究者の受け入れなどを進める必要がある。創薬基盤技術検討会は、つくば地区・製薬会社を中心であるが、今後は地域や業種の拡大を期待する。

今後は、アウトカムの視点から、推進する医薬分野や食品分野への展開に対する戦略や比重など、十分な議論の上で推進することが必要である。産業や国民社会への導入のためには研究対象の厳選、最適な企業や医療機関の選定と連携強化が必要である。人材育成においては、外国人や女性研究者の拡大が求められる。

#### 4. 研究ユニット運営の取り組み

研究の効率化や研究者の能力発揮の最大化が考慮され、人材育成のための研究会や勉強会の推進もなされている。国際共同研究の推進や計測標準研究部門と連携したRNA認証標準物質の頒布などは現状の課題解決への対応につながる。

一方、医薬分野における企業ニーズの把握が重要で、調査分析の拡大が必要である。また、得られた成果の広報活動を拡大するための研究ユニット運営が必要である。

今後は、重点領域を定め、推進する内容の選択と集中を図ることも必要である。産総研の研究者と大学や企業の研究者との間で積極的な人事交流を図ることが望まれる。アウトカムの実現を推進し、創薬企業などとの連携拡大、医療・健康などに対する評価法の確立や標準化の検討拡大も期待される。



## 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価								
(課題番号)	評価項目 (課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	T	評点
ユニット戦略課題1	生体分子の構造・機能解析と高機能化	1	A	A/B	AA/A	A/B	A/B	3.8
ユニット戦略課題2	生体メカニズムの解明とその制御物質の探索	1	A	A	AA	A/B	A/B	4.0
ユニット戦略課題3	健康・疾患に関連する細胞制御分子の解明と利用	1	A/B	B	AA/A	A/B	A/B	3.6
ユニット戦略課題4	ナノバイオ技術融合による極微量生体分子の計測解析技術開発	1	A	A	AA/A	A/B	A/B	3.9
戦略課題総合点								3.8
イノベーション推進			A	A	AA/A	B	A/B	3.8
内部委員(J, K)による評価								
評価項目	J	K						評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A	A/B						3.8
イノベーション推進への取り組み	AA/A	A						4.3
ユニット運営の取り組み	A/B	A						3.8
総合評点								3.8

## 第3章

### 3-1-12 ヒューマンライフテクノロジー研究部門

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

我々人間が、自立して知的で快適な生活を安心して送ることを可能とするため、人間の心身活動を深く理解する研究を行うとともに、技術のユーザーである人間側に視点を置き、人間の能力発揮及び機能回復を支援するための研究を行う。

#### 第3期中期計画課題

- ・ II-1-(1)-② 「組織再生技術や生体材料技術を利用した喪失機能の代替デバイス技術の開発」
- ・ II-1-(1)-③ 「医療機器開発に資する先端技術の開発と実用化に向けた基盤整備」
- ・ II-2-(1)-① 「脳神経系機能及び認知行動の計測技術の開発と人間の心と行動の理解、モデル化、予測技術の開発」
- ・ II-2-(1)-② 「日常生活における人間の生理、心理及び行動の統合的計測と健康生活への応用技術開発とその国際標準化」(IV-3-(1)-③へ再掲)
- ・ II-2-(3)-① 「生体情報計測に基づく軽負荷医療及び遠隔医療支援技術の開発」
- ・ II-2-(3)-② 「身体生理機能や認知機能の理解に基づき心身機能を増進する技術や回復(リハビリテーション)する技術の開発」
- ・ II-2-(3)-③ 「人間の心身活動能力を補い社会参画を支援するためのインターフェイス等の技術開発」

#### 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

個人の能力に適合した作業の選定方法、心身の適応機能の維持・向上技術、新規な身体機能回復技術、低負荷な治療・代替機器等を開発し、実社会への適用を目指す。

人間工学、医工学、福祉工学を研究基盤とし、出口を見据えた研究開発は高齢化社会における課題解決に対する有益な取り組みである。高齢者特性データベースの公開や自動車産業への展開、医療機器の迅速な開発への貢献、関連する標準化の推進など、研究開発の方向性は妥当である。戦略課題の設定が社会インパクトを意識したものとなっており、イノベーションの創出が期待できる。

一方、現状の研究成果は、社会に与えたインパクトは未だ小さいと想定する。研究成果は個別テーマにて得られているが、成果を取りまとめて技術とマーケティングの両面において出口を検証しながら広く展開することが必要である。実生活場面でのデータ収集や共同研究を拡大することが望まれ、加えて、戦略課題1、2、3は達成時期を明確化する必要がある。

今後は、人間工学、福祉工学及び医工学における企業連携の強化と拡大が望まれる。研究成果の適用範囲の拡大、国際的なプロジェクトへの積極的な参画と資金の獲得も視野に入れる必要がある。レギュラトリーサイエンスの展開拡大や高齢化に伴って増加する独居老人や認知症老人への対応などの検討が望まれる。

#### 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

##### 【ユニット戦略課題1】人間の状況認知・遂行能力の評価・支援技術の開発

少子高齢化社会における高齢者の就労拡大を目指して、能力の多様性にも配慮しながらその人に合った適切なタスクを選定するための能力-タスク適合性評価法や関連する周辺技術を構築する。

ヒトの認知能力と運動能力を科学的に解明し、新たな心理評価指標「自己充足感」の提案、視覚と聴覚の機能配分の定量的解析など、心身の健康状態の把握へと展開した。これらは、就労環境や生活環境の改善、各種リハビリテーションの最適化など、実社会における課題解決につながる。自動車運転における運転行動能力(ふらつき)の評価や運転予測などは産業への展開が想定される。

一方、自己充足感の評価法において認知能力とタスクの適合した作業が自己充足感の高い作業であると言える科学的根拠を明示する必要がある。自動車の運転行動分析の研究は、高齢者等の運転スキルの解明につながる展開が必要である。視力、予知能力、聴力、運転中の複数操作などによる注意力低下、疲労、経年変化なども考えられることから、要素の全体像の洗い出しが重要である。

今後は、自動車関連企業との連携を深め、運転スキルの解析、個人の認知パフォーマンスに対する科学的に裏付けられた評価法の確立を図る必要がある。加齢による高齢者の運転能力、認知能力の衰えをどうサポートするかは社会ニーズへの対応として有益である。高齢ドライバーとしてひとくりにせず、事故を起こしやすい人を見分ける技術、運転を可能とする期間の予測など、実社会への迅速な導入推進が期待

される。

#### 【ユニット戦略課題2】心身の適応能力向上のための評価・支援技術の開発

心理的側面と身体的側面の相互関連にも着目しながら、心身の適応能力改善を支援するための技術開発を行っている。

健康度の指標としてリラクゼーションや睡眠の効果を定量的に評価し、加えて、コミュニケーション量を定量化して社会的な健康度を計測評価する技術を開発した。社会的健康も含めた心身適応能力の維持改善は国民生活の質の向上に対して有益で、実社会への導入が期待される。また、血圧・動脈硬化計測装置が連携する企業において製造販売承認を得て販売されたことは優れたアウトカムである。

一方、リラクゼーション、睡眠、社会活動への適応能力から健康状態を類推する提案に対しては、科学的な検証も必要である。コミュニケーション量からの健康（健幸）度の評価や下肢温浴による左心室高負荷の軽減も同様である。

個々の成果は有意義であるが、全体的な俯瞰ができていない。今後は、現状のリラクゼーションやコミュニケーションにパロなどのメンタルケアの研究も含め、健康管理システムとして統合することが必要である。精神的健康や肉体的健康を科学的に定義し、実社会において社会的健康の評価として正しく活用できることが重要である。将来的には、メンタルヘルスやハラスメントなどの分野にも適応可能と想定されることから、これらに関連する技術の開発が期待される。

#### 【ユニット戦略課題3】生活自立支援のための身体機能回復技術の開発

加齢や障害によって機能が欠損・低下しても充実した日常生活を送るための身体的機能回復とQuality Of Life(QOL)の向上を目指している。

高齢者や障害者に対するリハビリテーションの効果の科学的な解明と最適化の策定は妥当な目標設定である。嚥下音による嚥下機能評価や咀嚼音による食感向上の研究は社会ニーズへの対応として有益である。脳損傷動物モデルの研究はオリジナリティが高く、薬剤効果の検証のための動物実験を含む非臨床試験、及び医療機関との共同研究に基づく臨床試験が実施され、実用化に向けて進展した。薬剤候補の選出、動物実験の方法などは独自性が高い。

一方、食事介助や嚥下音、咀嚼音の応用による身体機能回復技術の研究は、アイデアの検証段階にあり、アウトカムを具体的に想定できる段階に至っていない。生体機能の低下には個人差があることから、リハビリに対する咀嚼音のフィードバックの有効性の検証、非臨床試験や臨床試験のプロトコルの検討が必要である。

今後は、食生活介護とリハビリ支援技術においては、健康や快適などを定量的に評価できる評価技術の確立や効果の実証など、実用化に向けて前進することが期待される。対象者のみならず家族などの周囲関係者への負担軽減や具備すべき装置仕様の確定など、実践的な課題解決も有意義である。在宅やモデル化した環境への研究展開も必要である。ニューロリハビリにおいて着目するSPP1（Secreted Phospho-Protein 1、分泌性リンタンパク質）遺伝子はモデル動物で有効性を検証し、臨床応用への展開が期待される。

#### 【ユニット戦略課題4】安全で負担の少ない医療機器技術、医療高度化の支援技術の開発

三大疾患対策を主眼に、第3世代生体材料の臨床応用、生物学的抗血栓性因子を血液接触表面に安定結合した血液ポンプに関する研究開発、免疫賦活物質を表面に担持したナノ粒子アジュバント及び注入のための生理情報ガイド穿刺システムの研究開発を行っている。

第3世代生体材料の開発と普及を目指し、対象の疾患及び体内領域を明確にして着実に研究開発が進められた。開発した創外骨折固定ピンの臨床試験の実施、バイオライズドポンプにおける血小板接着抑制の解明と抗血栓性化、安全なパワーアシストデバイスによる低侵襲治療技術の開発などで実用化が進展した。コンビネーション製品に対するガイドラインの策定は、医用生体材料に関連する産業に活用できる。臨床研究への展開、標準作業手順書(SOP)の策定、患者環境での技術開発や標準化の推進などは、現状における課題の克服や開発技術の社会導入の迅速化につながる。

一方、新技術や医療機器に対する安全性や有効性の評価手法、臨床への技術移転など、関連産業を育成するためには科学的に裏付けられた評価法の策定やガイドラインの公開が求められる。人工心臓やアジュバントによる肝細胞がんに対する免疫治療は医療機関と連携した迅速な評価試験の推進が不可欠である。医療ロボット技術は治療、介護、看護などへの展開も検討が必要である。

今後は、基盤技術の確立から臨床研究への円滑で迅速な展開が重要である。企業連携による実用化、機器や技術に対する評価指標の策定や試験法の標準化、品質管理のためのSOPの整備などは薬事に直結し、

### 第3章

関連産業の発展に寄与する。技術開発と並行して継続することが望まれる。バイオリズドポンプに関してはポンプ以外の周辺技術の信頼性向上の検討も必要である。

#### 【ユニット戦略課題5】人間生活製品、福祉、医療機器技術の標準化研究

人間工学及び医療技術の領域における標準化研究の推進、関連する基準やガイドラインの作成を推進している。

高齢者・障害者のための製品や映像の生体安全性に関する国内・国際標準化は国民生活に直結し、開発ガイドラインは医療機器の円滑な開発と薬事申請に寄与する。先端研究の成果を背景とし、関連する工業会や大学などと連携した標準化の推進やガイドラインの策定は実践的で、他の機関とは異なる産総研の大きな役割である。

一方、策定した標準や規格の普及を図ることも重要で、普及策としての広報活動に関する検討も必要である。アクセシブルデザインに関する標準化は、認証の範囲を明確にした上で設計指針に基づいたものであることが必要で、関連する研究の推進も重要である。認証制度においては他国に受け入れられるグローバル化の検討が必要である。医療機器開発ガイドラインの策定に対しては、次世代医療機器の枠にとらわれず、機器や技術を類型化したガイドラインの策定も検討する必要がある。

今後は、健康福祉分野では、聴覚障害に関する研究は対象範囲を拡大し、報知音に加えて、注意喚起の与え方や認知・行動までの展開が必要である。医工学分野では標準化やガイドラインの基盤となる研究の継続は不可欠である。策定した規格は国民社会への迅速な導入が期待される。

#### 3. イノベーション推進への取り組み

人工心臓、動脈硬化計測、竹製車いす、メンタルケアのためのパロなど、製品化への寄与や社会貢献を目指した研究が展開された。また、医療機器開発の支援や産学連携などの開発基盤を整備した。推進した研究の一部は臨床試験まで進展しており、ガイドラインなどは関連する産業の発展に寄与している。医療機器開発支援ネットワークの構築は、今後における関連産業の育成のための橋渡しとして期待する。

一方、成果の社会導入のためには、企業連携や普及活動の拡大が必要で、国民社会や患者、高齢者、障害者など、実際の利用者へのアウトリーチ活動を実施し、必要に応じて改良を図る必要がある。国際的な展開においては、国際的なプロジェクトへの参画やリーダーシップの発揮も必要である。

今後は、現状の研究展開を継続し、アウトカム創出に向けた研究課題の重点化など、戦略的な研究の推進と成果の普及に注力することが求められる。人間工学を基軸とした製品設計は次世代の産業展開において不可欠であり、産業の展開を変革させる課題と想定する。また、イノベーションとレギュレーションを両立させた展開は、関連産業の育成と安全安心な社会の両者に効果をもたらす。

#### 4. 研究ユニット運営の取り組み

部門イノベーションスクールや研究奨励賞の設置、研究成果発表会の実施は若手研究者の育成に寄与する。円滑な研究遂行のために他の研究ユニットや外部機関との連携、基礎研究の推進、現状における産業の課題分析と課題解決に対応する研究の展開がなされている。

一方、人材の育成においては、若手研究者のみならず、次世代のユニット幹部の育成や新たな人材の発掘も重要である。基礎研究の推進は社会ニーズを踏まえたアウトカムにつながる展開を明確にすることが求められる。

今後は、国際連携などのプロジェクトへの参加、国際機関や海外の政府や企業と連携した研究展開、資金獲得、人材配置などを図る必要がある。健康福祉分野では地方活性化を意識することも必要である。当該研究分野のハブ機能の強化が期待される。

## 5. 評点一覧

## 外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目(課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	T	U	評点
ユニット戦略課題1	人間の状況認知・遂行能力の評価・支援技術の開発	1	A	A/B	B	A/B	AA/A	B	3.6
ユニット戦略課題2	心身の適応能力向上のための評価・支援技術の開発	1	B/C	B	A	B	B	B/C	3.0
ユニット戦略課題3	生活自立支援のための身体機能回復技術の開発	1	AA	AA/A	A	A	AA	A	4.4
ユニット戦略課題4	安全で負担の少ない医療機器技術、医療高度化の支援技術の開発	1	A	A	A	AA/A	AA	AA/A	4.3
ユニット戦略課題5	人間生活製品、福祉、医療機器技術の標準化研究	1	B	AA/A	A	A	AA/A	AA/A	4.1
戦略課題総合点									3.9
イノベーション推進			B	A	A	A/B	AA/A	A	3.8

## 内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A	A/B	3.8
イノベーション推進への取り組み	A	A	4.0
ユニット運営の取り組み	A/B	A/B	3.5
総合評点			3.8

## 第3章

### 3-1-13 創薬分子プロファイリング研究センター

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

スクリーニング・ヒット探索と候補化合物の上市の間に死の谷として存在する化合物プロファイリングの非効率性・曖昧性の解決に特化して取り組み、創薬産業を短期に活性化させ、産学官が一体となった創薬の実現を目指す。

#### 第3期中期計画課題

- ・ II-1-(2)-① 「ナノテクノロジーと融合した生体分子の計測、解析技術の開発と標準化」
- ・ II-1-(2)-② 「身体状態の正確な把握に資する糖鎖やタンパク質等のバイオマーカーの探索、検知法開発とその実用化」
- ・ II-1-(2)-③ 「有用生体分子の構造、機能解析に基づく創薬基盤技術の構築、改良とその分子の高度生産技術の開発」
- ・ II-1-(3)-① 「配列情報と分子構造情報を用いた創薬支援技術開発」
- ・ II-1-(3)-② 「システム生物学的解析を用いた創薬基盤技術の開発」
- ・ II-1-(3)-③ 「バイオデータベース整備と利用技術の開発」

#### 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

リード化合物のPOC (Proof Of Concept、薬の作用機序の解明すること) と最適化を担い、新薬開発の上流 (リード最適化) と下流 (臨床研究) をつなぐ研究開発を行っている。

企業ニーズに応える化合物ターゲットの決定、薬理薬効・副作用メカニズム解析などの目標設定は明確かつ妥当である。現在の創薬産業が抱える課題の分析がなされ、リード化合物の作用機序の解明と最適化を効率的に行うことのできる技術基盤や解析プラットフォームの提供など、創薬産業の活性化を図るシナリオは高く評価される。また、シナリオを実現するために必要な薬理薬効や副作用メカニズムを解明するための化合物プロファイリングの体系化と化合物の合理設計の開発を最終目標とし、IT技術とバイオ技術の融合も特徴的である。ドロップ薬の再開発、上市薬のリポジショニングの効率化の検討も有益である。

多くの共同研究を実施し、そちらに多くのマンパワーをとられ、これまでの延長線上の研究が多い傾向が見受けられる。営利企業に対するサービス提供は企業に委託して商業化を急ぐなど、研究開発のより効果的な展開が必要である。

開発技術の事業化の展開に対しては、ベンチャーの設立に加えて、既存のサービス提供企業に技術移転することも一案である。また、産学官が一体となった創薬支援を目的とする創薬技術パイプラインへの積極的な関与も期待される。

#### 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

##### [ユニット戦略課題1] 定量プロテオミクスの高度化と自動化

従来の創薬研究において課題となっていた薬剤候補化合物の標的タンパク質の決定や作用メカニズム解明について、定量プロテオミクスの高度化と自動化を行いタンパク質絶対定量による化合物プロファイリングを体系的に行い、ドロップ薬の再開発、開発薬の臨床研究移行の効率化を進めている。

タンパク質にかかわる変動量の定量解析により、抗がん剤やがん細胞などのプロファイリングを行い、抗がん剤耐性の機構解析、副作用予測、術後予後診断、抗がん剤の選択などへの活用は有益である。企業ニーズを踏まえた先端基盤施設を運用し、超高感度質量分析及び双腕ロボットを駆使した実践的な分子プロファイリングを進めたことは評価できる。

一方、生理的酸化還元条件下においてもプロファイリング解析を可能とする技術の高度化や定量プロテオミクス技術の進展が望まれる。また、今後の展開について、現有のロボット技術やパスウェイ解析技術に加えて新たな成果を導出するための周辺技術の開発も併せて必要である。

今後、常に世界をリードする実績を挙げ存在感を示し続けることが望まれる。製薬会社との共同研究、定量プロテオミクス技術の応用範囲の拡大、ロボット技術の事業化は着実に進展しており、継続・発展させる必要がある。また、現状の研究展開に加えて、評価法の標準化や標準作業手順書(SOP)などの策定も有益である。

##### [ユニット戦略課題2] タンパク質アレイによる創薬支援

従来の低分子-タンパク質相互作用の解析技術がボトルネックになっていた創薬支援の社会的課題に対

して、ヒト・インビトロプロテオーム及びアレイ化技術の新たな概念による解決を図るため、その中核となるタンパク質アレイの研究開発を進めるとともに、アレイ作製及び検出の要素技術について企業との共同研究による実用化を目指している。

細胞内低分子タンパク質相互作用によって特異的蛍光シグナルを発生させる可視化技術を進めており、インビトロでは成果を挙げている。3次元構造を維持した活性ヒトタンパク質のアレイ化は意義深く、良いタンパク質アレイが実現できれば素晴らしいリソースになる。網羅的自己抗体プロファイリング、細胞間情報ネットワークの研究開発を進めるとともに、歯髄細胞の細胞初期化因子の発見など、着実な成果を挙げている。また、推進する産学官共同研究において重要な役割を担っている。

一方、活性ヒトタンパク質のアレイは今後の疾病診断、創薬支援等への貢献も期待されるが、普及のためには高い信頼性と最適な価格設定を可能にする技術開発を目指す必要がある。新たな技術やデバイスはコンサルティングと併せて提供することも一案で、企業や大学などとの共同研究の推進においては、役割の明確化や存在感のアピールに留意する必要がある。

今後は、低分子化合物タンパク質相互作用可視化技術が実用化され、創薬につながっていくことを期待する。診断、治療、再生医療への出口戦略は将来を見据えた展開を図る必要がある。診断や治療に対する評価法の検討も実用化に際しては有益と想定する。

### 【ユニット戦略課題3】 数理システム解析と情報統合による知的基盤構築

臨床試験の成功率アップや新薬開発コストの大幅削減への寄与を目的として、数理情報解析の新たな概念による創薬ビッグデータの有効活用のための情報管理・統合システムの構築と、それらを利用した計算システム薬理的アプローチによる薬剤開発システムへの展開を進めている。

薬が効かない細胞を効く細胞にする薬効リプログラミングを検討し、公開されている薬剤応答データベースと連携した自動連携解析システムを開発した。本システムにより、悪性前立腺がんをリプログラミングする薬剤を発見したことは医薬品の新たな可能性を示すものとして高く評価できる。また、産総研ならではのバイオとITの融合による薬剤候補を絞り込む数理情報解析プラットフォームの構築、データ標準化技術を利用した所内外データベース連携システムの構築を着実に進めている。

一方、拡張型心筋症の臨床マーカー探索は臨床ニーズに即しているが、人工補助心臓の着脱判断を可能とするレベルの高い信頼性を確保することが求められ、動物モデルなどでの検証も必要である。悪性前立腺がんをリプログラミングする薬（リバビリン）は創薬における大きな波及効果が期待されることから、十分な情報発信をする必要がある。

今後は、本研究の成果を活用した新たな臨床情報の追加、データベース（レポジトリ）の構築や計測データの標準化などの知的基盤の構築と公開が望まれる。疾患の数理モデルによる予測手法は有益であるので、実用化に向けた積極的な展開を図る必要がある。

### 【ユニット戦略課題4】 計測と理論計算の融合による分子設計

高速のシミュレーションソフトウェアや薬物活性の推算ソフトウェアなどを開発・公開し、解析計算手法の融合や標的に対する解析計算、分子の設計や実験的評価を行う。また、タンパク質や複合体の柔軟性を考慮した独自のタンパク質化合物相互作用のNMR計測技術とタンパク質間相互作用阻害剤設計や作用・副作用評価など理論分子設計による情報との融合計算手法の開発を進めている。

分子シミュレーション用プログラム群myPrestoとNMR分析により得られた結果を組み合わせた複合体構造の高精度予測は企業ニーズに合致している。ヒット化合物の分子改変を行い、リード化合物に導いたことは創薬に向けた新たな手法を提供するものとして評価できる。創薬に関する技術者養成コースを開催し、企業を中心とする人材養成に貢献した。

一方、化合物合成の容易性予測は、傾向を知る意味では意義を認めるが、優先すべき研究課題の選定と順位付けを行う必要がある。大幅な創薬効率の向上のために、必要に応じて、NMRやX線結晶構造解析とは異なる計測技術などの導入を検討すべきである。

今後は、作用・副作用の予測や有用性の検討などは製薬企業との密接な連携が必要である。迅速な連携構築のためには研究所の支援も望まれる。ソフトウェアの提供のみならず、化合物設計全般のコンサルテーションや製薬企業が抱える課題の解決法に対する事業の実施形態について、検討を進める必要がある。加えて、プロテオミクスやタンパク質アレイにより得られるデータの活用方法についても検討する必要がある。

## 3. イノベーション推進への取り組み

アウトカムに向けたロードマップとマイルストーンが適切に設定されており、従来の研究成果に基づい

### 第3章

て可能なものから実用化を推進している。多数のプロジェクトの獲得や共同研究を実施し、大学や医療機関、製薬企業への橋渡しの役割を担っている。また、創薬に関する技術者養成コースを実施するなど産業人材の育成も積極的である。

迅速なイノベーション推進のためにはセンター内に専門職を設置するのも一案である。また、得られた成果を広く社会に周知するための広報活動の強化が期待される。

今後は、研究成果においては、創薬における成功事例の増大とともに、現状の課題解決につながる波及効果も重要である。バイオーIT融合を基盤とした創薬にかかわる世界的な開発拠点として拡大することが期待される。

#### 4. 研究ユニット運営の取り組み

創薬産業における課題の分析がなされ、設定したミッションに対して一体化して取り組む運営体制が講じられている。多数の製薬企業や医学系研究機関との共同研究が推進されており、知財の獲得や論文成果、開発技術の実用化へ反映されている。萌芽的研究や挑戦的研究の奨励も評価できる。

一方、研究開発に関与する人員の増大が望まれ、効率的な研究の推進のためには必要に応じて研究ユニット間の連携拡大を図ることが求められる。多くの共同研究の展開に起因してマンパワーが分散しない運営も必要である。

現状における新薬開発の課題解決を確実に実施しており、今後においても継続する必要がある。企業との人事交流を基盤とした企業人材の育成も期待する。

#### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目 (課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	評点
ユニット戦略課題 1	定量プロテオミクスの高度化と自動化	2	AA	AA	A	AA/A	4.6
ユニット戦略課題 2	タンパク質アレイによる創薬支援	1	AA	A	A	A	4.3
ユニット戦略課題 3	数理システム解析と情報統合による知的基盤構築	2	AA/A	A	A/B	A	4.0
ユニット戦略課題 4	計測と理論計算の融合による分子設計	1	AA	A	A	AA/A	4.4
戦略課題総合点							4.3
イノベーション推進への取り組み			AA	A	A	AA	4.5

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	AA	A	4.5
イノベーション推進への取り組み	AA/A	AA/A	4.5
ユニット運営の取り組み	A	A/B	3.8
総合評点			4.2



## 3-1-14 知能システム研究部門

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

人間の行動を支援あるいは代行する、知能情報処理・ロボティクスにかかわる技術を知能システム技術と位置付け、その基礎原理、要素技術、システム化技術の研究開発を行い、成果を社会に普及させる努力を通じ、持続的発展可能な社会実現と産業競争力強化に貢献する。

## 第3期中期計画課題

- ・ I-2-(1)-⑤ 「市街地移動システム技術の開発」
- ・ II-3-(1)-② 「生活安全のためのセンサを用いた見守り及び異常検出技術」
- ・ II-3-(2)-① 「ロボットの安全性評価のためのリスクマネジメント技術の開発」(IV-3-(1)-④へ再掲)
- ・ II-3-(2)-② 「高信頼ロボットソフトウェア開発技術」(IV-3-(1)-⑤へ再掲)
- ・ III-1-(2)-① 「製造の省力化・高効率化のための産業用ロボット知能化技術」
- ・ III-3-(1)-② 「サービスの幅広い選択を可能にする技術」
- ・ III-3-(3)-① 「QOL向上のための生活支援ロボット基盤技術」
- ・ III-3-(3)-② 「サービス産業のためのロボット自律移動技術」
- ・ III-3-(4)-③ 「新サービス創出のためのヒューマノイド基盤技術」

## 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

「出口を見据えた基礎研究の推進」を基本運営方針とし、アウトカムの社会的有用性の精査を前提として、中長期的基礎研究を推進している。具体的には、市街地移動システム技術、生活支援ロボットの安全の確立、安全な個人データ利活用技術、サービスの省力化のためのロボット化技術、製造の省力化・高効率化のための産業用ロボット知能化技術、新サービスの創出のためのヒューマノイド基盤技術の6課題を戦略課題として研究開発を進めている。

社会的な要請と技術的シーズの両方の視点からシナリオが設定され、研究グループ間の連携によって各課題の研究を推進するロードマップとなっていることは評価できる。現実の課題に対処するため、災害対応、インフラ点検など目標設定を柔軟に追加・変更するなどの取り組みも評価できる。

なお、目標が「出口を見据えた基礎研究の推進」であるが、成果の活用、波及効果に向けて、実用化研究などにも積極的に取り組む必要がある。知能情報処理とロボティクスの研究開発であるが、認識・動作を中心とするロボット研究開発だけでなく、知能情報処理のソフトウェアの研究にも取り組むことが求められる。

今後は、基礎研究だけでなく、産業界との連携による実用化研究、社会実装研究なども、ロードマップに目標として掲げ、推進することが望まれる。また、産総研の成果を広く社会に発信し、ロボティクス研究の拠点であることを世界に向けて示すことが望まれる。欧米発のIoT(Internet of Things)やIndustry 4.0(第4次産業革命)等の大きなコンセプトをロボット分野で出すことが期待される。

## 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

## 【ユニット戦略課題1】市街地移動システム技術の開発

次世代パーソナルモビリティ等の搭乗型移動支援システムを対象に、センサーネットワークやクラウド等を活用した市街地環境全体の知能化による支援も含めた研究開発を行っている。さらに、市街地を結ぶ輸送システム技術として、省エネルギーで走行を可能とするトラックの自動運転・隊列走行技術の開発を行っている。

モビリティに関して総合的に研究開発を推進していることは評価できる。また、人間に対するナビゲーションの重視は、未成熟分野の成長の観点から適切である。さらに、歩道の段差や地下街のある日本において、歩行者、特に高齢者や障害者が利用できるナビゲーションの研究開発は、我が国が世界をリードするチャンスのある分野であるとともに社会的な要求も高く、評価できる。

なお、センサーネットワーク及びクラウドRT(ロボット技術)については、世界の競合相手の特許戦略に十分留意しながら積極的な特許戦略が必要である。隊列走行は独自性、実現可能なシナリオ、及び実用化への課題を明確にすることが必要である。

今後については、本研究課題は、更に大きく注目される分野であり、基礎アルゴリズムの研究開発、市街地移動システム実現のための技術開発、法制度、保険等も含めた官民全体の主導で進めることが求めら

### 第3章

れる。特区での実証試験は重要であるが、実証試験で終了することなく、研究成果の普及・社会実装まで継続して進めることが望まれる。また、実験で得られたデータを科学的に分析し、規制緩和の程度や望ましい規制について科学的根拠を示して提案することが期待される。

#### 【ユニット戦略課題2】生活支援ロボットの安全の確立

ロボットの安全性を試験・評価するための技術、ロボットの安全技術としてのセンサー技術、制御技術、インターフェイス技術、及びロボットの安全性を検証するためのリスクアセスメント技術の開発を行っている。また、国際標準化・認証を視野に開発基盤（要素モジュールなど）の整備を行っている。

介護ロボットの実用化が喫緊の課題となっている現在、安全に重点を置いたロボットの包括的な研究開発を進めていること、生活支援ロボットの国際安全規格の制定に主導的役割を果たし、ロボット安全基準ISO 13482の正式発行へ貢献したことは高く評価できる。また、生活支援ロボット安全検証センターを立ち上げ、すでに2社に認証を発行できたことも社会アウトカムとして高く評価できる。

なお、生活支援ロボットを作る側、運用する側の視点は、十分考慮されているが、ロボットと向き合うユーザー側の視点がやや欠落している。ロボットの「安全」のみならずユーザーである人間の「安心」の視点を考えることが求められる。ロボットは、運用時にもシステムが次々にアップデート・機能強化される。このため、運用が始まってからの要求の変化に追従できるような開発手法が求められる。

今後については、安全性・信頼性の評価の手法や設計支援技術、生活支援ロボット安全検証センターなどの広報活動を積極的に行い、これらが広く利活用されるための努力が望まれる。ロボットへの一般の関心は高いが、その安全性についての意識はまだ十分ではない。社会に向けた啓蒙活動に取り組むことが望まれる。人間とロボットの協調及びそれに伴う安全に関するテーマは、世界の産官学が最も注目している分野の一つであり、今は横一線の状態にある。頭一つ抜け出すことが強く望まれる。

#### 【ユニット戦略課題3】安全な個人データ利活用技術

空間情報を的確に取得するためのセンサーアレイシステム、産総研が開発した高次局所自己相関特徴抽出法(HLAC)／立体高次局所自己相関特徴法(CHLAC)を用いた異常検出技術などの研究開発を行っている。また、個人主導のデータ共有、大規模データの解析、共創プラットフォームの社会実装、情報システム構築・運用などの技術に関する研究開発を行っている。

アクティブセンサーKinectによる3次元マップ作成は、普及している比較的低価格のセンサーに歪補正などを加え、高度な結果を得ていることは高く評価できる。誰でも使える技術という視点は重要である。産総研オリジナル技術であるHLACによる異常値検知技術は、重要課題となっている社会インフラ検査だけでなく、様々な現場での利用可能性を示しており、価値ある技術開発である。ニコニコ学会β（ユーザー参加型研究を実現するための研究団体）における活動は学術研究のあり方を大きく変える可能性のある集合知活用技術にかかわるユニークな取り組みであり、このような活動がボトムアップで出ていることは高く評価できる。

なお、開発した研究成果を積極的に周知し、優れた技術の社会導入・社会実装が求められる。社会インフラへの異常検出技術の適用などでは、現実問題への実践が求められる。基礎アルゴリズム開発は重要な課題であり、世界と競合していくことが必要である。

今後については、独創性、新規性のみならず、実用性、汎用性も目指すことが求められる。集合知の活用は、若い世代でイノベティブな成果に結び付いている。産総研での今後の取り組みが期待される。

#### 【ユニット戦略課題4】サービスの省力化のためのロボット化（機械化）技術

高齢者・障害者の生活支援・介護支援ロボットを実現するための要素技術とロボットの評価・設計技術の開発、及び建設機械の自動積み込み作業、安定移動・作業制御、オフィス内自律移動サービスなど屋内外の作業を想定した自律移動システム技術の開発を行っている。

ロボットを使って介護される側の動作特性、及び介護する側の動作特性や力の配分等を理解し、実際の人間との差異を把握することによって、親和性の高い介護ロボットを開発する、というアプローチは評価できる。これまで培ったロボット技術をベースに、ロボット介護機器導入促進事業に大きく関与し、主導的役割を果たすとともに、性能・効果の検証手法の開発を同時に進めていることは高く評価できる。

なお、個別要素技術の開発だけでなく、「サービスの省力化」という全体目標に最も必要とされる要件を明確にして研究開発を進めることが必要である。把持におけるハプティクス（触覚技術）、センシングにおけるDeep Learning（深層学習）などでは機械学習と密接な関係があり、ソフトウェア、アルゴリズム的な観点からの比較評価が必要である。

今後については、現場のニーズに基づいた問題解決を図り、使いやすさ、コストなどユーザーの満足度

などにも配慮した研究開発にも取り組むことが求められる。ロボットにより、被介護者をシミュレートするアイデアは重要であり、今後も継続が望まれるが、人間の痛い、痒いなどの感覚をどのようにロボットに与えるのか、など多くの重要な研究課題に対して、一つずつ解決していくことが望まれる。サービス産業のためのロボット自律移動技術は、目指すべき作業のカテゴリを明確化して、技術の継承、発展性を維持することが必要である。

#### 【ユニット戦略課題5】製造の省力化・高効率化のための産業用ロボット知能化技術

多品種少量生産における製造の省力化・高効率化を目的として、産業用ロボットの知能化によるセル生産の自動化と、そのための知能化技術の研究開発を行っている。具体的には、変形を含む物理シミュレーション技術、作業スキルの解析に基づく作業計画・動作計画ソフトウェア、センサーフィードバックに基づく組立動作制御ソフトウェア、黒色や光沢のあるワークに対する3次元視覚情報処理技術、及び変形性を有する触覚センサーデバイスの開発を進めている。

国際競争力復権のためには高レベルの自動化が求められることから、全自動セル生産システムの実現に向けた作業動作計画ソフトウェア、3次元視覚情報処理、触覚センサーデバイスなど基盤研究の着実な進展は評価できる。また、セル生産ロボットの現場導入に向け、弾性変形を伴うパーツの組み立て、組み立て動作制御など着実に研究開発が進んでいることも評価できる。特に、ランダムピッキングロボットシステムは、工場への導入に向けた具体的な開発として評価できる。

なお、全自動セル生産システムでは、現場のニーズや、開発された技術の汎用性を明確にすることが必要である。組立可能な部品やハンド等についても、企業の競争力に寄与する提案が求められる。Fingerの技術は欧米が進んでおり、これを超えられるように技術開発を加速することが必要である。ゴールに対して必要な技術のブレークダウンと、その中で解決を狙う技術の検討や問題の解決により開拓される市場などを明らかにすることが望まれる。

今後については、実際の生産ラインにおいて、開発技術により置き換えられる作業や作業者に関しての実践的なケーススタディが必要である。また、ロボットの適用分野として、流通、食品など他の産業分野への適用に向けた検討が望まれる。人間のマニピュレーションを自動化することは最も困難である。人間との協働システムとしてどのように克服していくかの道筋の明確化が望まれる。

#### 【ユニット戦略課題6】新サービスの創出のためのヒューマノイド基盤技術

ヒューマノイドの実用化を目的として、移動技術、作業技術、人動作模擬技術を含む基本技術の向上、ヒューマノイドを用いたコンテンツ作成や遠隔操作を容易にする技術、及び動作アシスト機器の評価技術の研究を進めるとともに、特定の用途に特化した非ヒューマノイド型災害対応ロボットの早期実用化、及び過酷環境作業から人を解放する汎用のヒューマノイド型災害対応ロボットの実現に向けた研究を進めている。

ロードマップのアウトカムに災害対応サービスを加え、ヒューマノイドが現実に役に立つ領域があるということを実証しようとする取り組みは評価できる。災害対応に向けた要素技術として、不整地走行技術、簡易作業技術、人動作模擬技術を位置付けて取り組んでいることは妥当である。ロボット歩行の頑健性を向上させる技術により、環境形状計測に誤りがある場合や、踏むと移動したり変形したりする路面でも歩行を継続できるようになるなどの技術は評価できる。福島原発内部調査のための高所調査用ロボットの開発は社会的意義が大きく、評価できる。

なお、厳しい環境における作業において、産総研ヒューマノイドロボットHRPの優位性について、他のタイプのロボットとの比較評価が必要である。どのような災害を想定し、どのような対応を行うか、を明確にし、そのための技術課題と開発手法を明確にすることが望まれる。要求仕様を明確にすることも求められる。

今後については、原発の廃炉などの社会的意義や関心の高いロボットにフォーカスした目的志向型の研究開発が望まれる。「災害対応サービス」の目標に対しては、本格的に、スピード感をもって取り組むことが望まれる。災害の種類や、誰がいつどこでどのように必要とするのか、など条件を明確にした上で、研究部門や産総研が保有する要素技術を総集して、真に役立つ技術とすることが求められる。

### 3. イノベーション推進への取り組み

ロボット技術の社会導入を各分野において積極的に進めるとともに、安全認証やロボット介護機器事業、などロボットの普及促進に向けた活動に、研究部門全体で積極的に取り組んでいることは、政策対応という観点を含めて高く評価できる。生活支援ロボットの安全の確立及びロボット介護機器基準策定・評価技術においては、民間企業に対する製品化支援、技術開発の橋渡し等の活動において着実な効果を挙げている。

### 第3章

る。イノベーションハブとして、生活支援ロボット安全検証センターの運営やつくばモビリティロボット実験特区のプロジェクトを通じて、製品開発における課題解決や社会課題の発見に寄与している。戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の2課題(インフラ維持・管理・マネジメントシステム、自動走行システム)にそれぞれ共同提案が採択されるなど、イノベーションに向けた新たな取り組みも積極的に進めている。

なお、ライバルの多い自動運転では産総研の特色を出すことが求められる。隊列走行についても、車一車、路一車間協調通信などが国内他機関において強力に推進されており、今後における研究開発の意義の明確化が求められる。社会的貢献という意味からも、災害対応ロボットの開発に研究資源をある程度重点的に投入していくことが求められる。

今後については、産総研のミッションでもある安全なロボットを社会に提供するという視点から、将来の人間とロボットの共存に向けた重要な課題を抽出し、世界をリードすることが望まれる。安全検証試験の運用を今後も支援し、日本のロボット産業の育成に貢献していくことが期待される。国際協調、特に国情が似ているヨーロッパ諸国と協調を進め、国際標準化を先導することが望まれる。

#### 4. 研究ユニット運営の取り組み

トップダウンの目的志向型の研究と研究者のアイデアに基づくボトムアップ型の研究をバランスよく配置するとともに、ロボット介護機器開発導入促進事業など、大型外部予算を獲得し、それを核としてメリハリのある運営を行っていることは評価できる。若手研究者の在外研究を奨励し、グループリーダーに若手を積極的に登用するなど、将来を見据えた人材育成が行われていることは高く評価できる。

なお、ロボット関連のソフトウェアでは、個別のアプリケーション開発にとどまっており、再利用などを考慮したプラットフォーム(フレームワーク)レベルの体系化の取り組みが求められる。国民の理解を得るためにも、より積極的な広報に取り組むことが必要である。

今後は、優れた知の集積と大学や民間単独ではできないスケールをもつ産総研ならではの研究、例えば10年くらいを単位とする産総研発のプロジェクトの実施などを模索することが望まれる。また、若手の海外派遣や国際共同研究等により、産総研の存在をグローバルにアピールすることも望まれる。

#### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目(課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	T	U	評点
ユニット戦略課題1	市街地移動システム技術の開発	2	A	A/B	B	A/B	A	A	3.7
ユニット戦略課題2	生活支援ロボットの安全の確立	1	A	AA/A	A	AA/A	AA	AA/A	4.4
ユニット戦略課題3	安全な個人データ活用技術	1	AA/A	A/B	A	A/B	A	A	3.9
ユニット戦略課題4	サービスの省力化のためのロボット化(機械化)技術	2	A	B	B	A/B	B	AA/A	3.5
ユニット戦略課題5	製造の省力化・高効率化のための産業用ロボット知能化技術	1	A	A/B	B	B	A/B	A/B	3.4
ユニット戦略課題6	新サービスの創出のためのヒューマノイド基盤技術	1	A/B	A	B	A	A	A/B	3.7
戦略課題総合点									3.7
イノベーション推進への取り組み			AA/A	A/B	A	A	AA/A	AA	4.3

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A	A/B	3.8
イノベーション推進への取り組み	AA/A	A	4.3
ユニット運営の取り組み	A	A	4.0
総合評点			3.8

## 3-1-15 情報技術研究部門

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

情報技術(IT)にかかわる基礎分野から応用分野までをカバーし、社会インフラとしてのITを提供する技術と利用者指向でITを利用する技術の研究開発を対象領域とする。

## 第3期中期計画課題

- ・ I-1-(3)-① 「エネルギーネットワーク技術の開発」(I-2-(2)-①へ一部再掲)
- ・ I-2-(2)-① 「エネルギーマネジメントシステムのための技術開発」(I-1-(3)-①を一部再掲)
- ・ I-2-(3)-④ 「ソフトウェア制御による情報処理システムの省エネルギー化」
- ・ II-3-(1)-② 「生活安全のためのセンサを用いた見守り及び異常検出技術」
- ・ III-1-(1)-⑤ 「高効率な設計とシミュレーションのための高性能計算技術」
- ・ III-3-(2)-① 「クラウドの適用範囲を広げるミドルウェア技術」
- ・ III-3-(2)-② 「スケーラブルな知識基盤を構築するサービス指向ミドルウェア」
- ・ III-3-(4)-① 「メディア処理技術とインタラクション技術を融合したコンテンツサービス創出、利活用技術」
- ・ III-3-(4)-② 「地理空間情報の高度利用技術と新サービス創出」
- ・ III-3-(5)-② 「情報システムの高信頼、高安全、高可用化技術」(IV-3-(1)-⑦へ再掲)
- ・ IV-2-(2)-① 「衛星画像情報及び地質情報の統合化データベースの整備」(別表2-1-(3)-①を再掲)

## 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

出口指向の研究開発を基本に、より高度なデータ処理やより効率的な資源の利用を可能にするIT資源共有技術などの基盤技術の研究開発を進め、広く社会で用いられる情報インフラの高度化、効率化を目指す。基盤技術に基づいた応用技術にかかわる研究開発では、社会インフラの効率的な維持や、全く新しいサービス領域の創出を目標とする。

中長期的視点からの研究開発の目標として、「大量情報の利活用によるサービス提供」という出口指向を設定していることは、適切な方向性である。データを安心・安全に二次利用するための課題を明確にする方向で研究開発が進められており、現在のビッグデータの利用促進の観点から非常に有益である。また、国際標準や国際連携を念頭に置いた活動は評価できる。

なお、公的な研究組織として、よりリスクの高い突破型イノベーションを目指した研究課題へのチャレンジが期待される。また、人的資産の育て方と、その中で人的なネットワークやチームとしてのシナジー効果を発揮させる方策についての明示的な計画が望まれる。

今後は、激しい世界的競争環境の中にあるIT分野において、本研究部門が掲げている目標はほとんど全ての企業・研究機関が指向しているものであることから、できるだけユニークな特徴をより前面に出す工夫が必要である。最もコアとなる部分の技術を常に保持し、発展させていくことは、公的研究機関として大きな使命であり、グループ間相互の連携をより緊密にとることで、世界においても唯一無二のシステムの構築を期待したい。また、日本国内では実証しにくい技術も海外ではやりやすいというケースも少なく、その点でも海外シフトは検討に値する。

## 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

## [ユニット戦略課題1] スマートセンシング技術

スマートグリッドにおけるセンシング技術として、電力線通信技術(PLC)とモニタリングデータの解析による不具合検知システムの開発を行っている。技術の実用化に向けた実証段階にあることから、企業と密接に連携した研究開発を推進している。

時系列データ解析技術を用いて、天候変動や物体の影に影響されない不具合検知システムを開発し、メガソーラー向けメンテナンスサービス実現のための実証実験を実施したことは評価できる。また、産業化を視野に入れた低コスト化や量産化などにかかわるメーカーとの連携は、明らかな進展として価値がある。異常検知技術の風力発電や道路インフラの管理への応用は非常に期待できる取り組みである。

なお、メガソーラー検知システムは、海外で開発されている同様のシステムと比較した場合の先進性を明確にする必要がある。風力発電への適用のためには、設置前の予測・運用・アセスメントを含むトータルシステム/サービスを考える必要がある。

今後は、自然エネルギーの利用において、海外に対する競争力、優位性、先進性についてより明確にし、

### 第3章

国内のみならず、世界におけるデファクト的な立ち位置を求めることが重要である。社会インフラの老朽化対策は喫緊の課題であり、極めて重要である。橋梁やトンネルの維持・メンテナンスを行っている企業と連携し、安価で有用なITを駆使したインフラ診断支援技術を開発することが期待される。スマートセンシング／クラウド技術を基盤とした情報技術の幅広い展開と成果の海外への展開も期待される。

#### 【ユニット戦略課題2】生活支援・生活安全技術

産総研が開発した高次局所自己相関特徴抽出法(HLAC)／立体高次局所自己相関特徴抽出法(CHLAC)に基づくパターン認識手法を用いた医用画像診断支援技術、及び安全を確保するための異常検出技術の研究開発を行っている。

医療分野のプロフェッショナルコミュニティに認知される医療画像診断の支援技術を開発し、研究成果としてHLACを改善したCHLAC法を用いることにより、がん画像を「がん」と認識する確率を94%と従来技術に対して15%高めたことは評価できる。また、開発技術の拡張として、特徴抽出に基づいた多変量解析技術による水中微生物計数に関する応用は社会的貢献を目指した新たな技術展開として評価できる。

なお、異常検知技術ではインパクトのある応用例が求められる。また、特許出願の検討も必要である。

今後は、病理画像診断について、現場の医師だけで操作できるようなシステムに仕上げていくことが必要である。薬事法の改正により、生命に影響を与えるソフトウェアは規制対象となる。このため、実用化の観点から、画像情報から正常と異常を識別する技術に対して医療用以外への応用の模索も期待される。

#### 【ユニット戦略課題3】次世代クラウド技術

高性能計算をサポートするネットワーク性能に配慮したクラウドの構築、クラウド上に構築したクラスターへの他クラウドへの移転技術、複数クラウドの協調のためのネットワーク管理自動化技術、超大規模高性能並列環境下でロバストな計算を実現するためのフレームワーク構築、及び開発したクラウド基盤の活用と具体的な応用分野における解析技術の開発を行っている。

地理的に分散した複数クラウド間協調を実現するための管理技術を開発し、日欧間のテストベッド連携を進めていることは評価できる。また、次世代スーパーコンピューターに向けた耐故障性を有するプログラミングモデルの提案と疑似環境下での実行、動画画像の特徴抽出手法CHLACを利用した最大200並列の動画画像のリアルタイム解析、TCAD(Technology CAD)シミュレーターHyENEXSSの線形解法部分の並列化等による従来比150倍の高速化など幅広い成果を挙げており評価できる。

なお、「他の追随を許さない技術」などのセールスポイントをより明確にすることが求められる。インタークラウド(クラウド間連携)の研究では利用を促進するためのアピールが必須であり、研究開発の成果をクラウドビジネスを展開している民間事業者に移転することが求められる。

今後は、クラウドの有効性を最大限引き出すアプリケーションが重要であり、アプリケーション開発と協調してクラウド技術の新たな価値を社会にアピールすることが期待される。また、国内でクラウドビジネスを展開している事業者と連携して、実用される可能性の高い技術開発に取り組むことが期待される。OpenStack(クラウド環境構築用のソフトウェア)などのオープン開発ツールや世界のクラウド標準動向に関して、ユーザーに魅力的な情報を提供し、クラウド利用者を増やしていくことが望まれる。

#### 【ユニット戦略課題4】大規模データ管理・解析技術

大規模・異種データを問い合わせ言語により容易に検索できる分散問い合わせミドルウェアの開発、時々刻々と到来する膨大なデータのリアルタイム解析を行うための大規模機械学習基盤としてのミドルウェアの開発と公開、及びLOD(Linked Open Data)の応用など複数のプロトタイプサービスの構築を行っている。

分散SPARQL(SPARQL Protocol and RDF Query Language、RDF問い合わせ言語)問い合わせシステムは、LODとオープンデータへのアプローチとして、世界的にもリードできる位置にある。また、LODの問い合わせ検索に対して、与えられた時間内で検索結果を返すベストエフォート型問い合わせ処理を行うミドルウェアADERIS-Hybridを開発し実証した。本方式は新たな問い合わせ検索手法として高く評価できる。一方、機械学習記述の簡単化、データ量に対するスケーラビリティを実現したミドルウェアHivemallを開発・公開したことも評価できる。

なお、開発した方式や技術がインターネットの利用者の実利用に結び付くような戦略、ロードマップが望まれる。また、研究期間の節目には、論文や特許を出すことや、開発したミドルウェアの優位性等を明らかにするために、ADERIS-HybridやHivemall公開後の反響等の分析が求められる。

今後は、ビッグなLODデータ等を利用して初めて実現され、かつ社会的にインパクトの高いアプリケーションを見だし、その中で技術を一層改善することが期待される。インターネット上で様々なサービス

を提供している民間事業者との交流を増やし、開発した技術等の利用を促進することが望まれる。ADERIS-HybridやHivemallを商用サービスに展開するためには、これらの技術を実際のビッグデータやコンテンツに適切に適用できる人材の育成も重要である。

#### 【ユニット戦略課題5】 地理空間・衛星画像情報の高度利用技術

陸域地球観測衛星の画像情報を活用した科学的知見の創出と社会貢献を目的として、宇宙基本法、地理空間情報活用推進基本法に基づき、衛星画像情報にかかわる知的基盤の構築・整備を行っている。多種多様な地理空間データへのアクセスのための基本サービス群を開発、整備するとともに、災害軽減・危機管理・環境保全・資源探査等に関する応用システムの構築を行っている。

地球観測グリッドGEO Gridの開発をベースに、大規模衛星画像アーカイブを構築するとともに、内閣府の衛星データ利用促進プラットフォームの構築に参加するなど、公的研究機関として大きな役割を果たしている。要素技術から応用、アウトカム創出まで、統合的に取り組んでおり、熱源早期検知システムなど実際の衛星画像コンテンツを用いた応用サービスの実現は高く評価できる。また、ランドサット衛星データの受信後1時間で、誰でもデータにアクセス可能にしたことは画期的である。

なお、民間企業におけるビジネス応用促進のためには、産総研が民間企業と連携して、いくつかの先行事例を作ることが重要である。また、構築した基盤システムの外部利用の促進が望まれる。

今後、データの相互利用が世界的に拡大することが考えられることから、海外の研究機関との交流・連携を深め、国際的な認知度を高めることが求められる。構築した基盤システムの利用促進のため、他省庁の研究機関、大学、民間企業との連携強化、サービス創出とそのビジネスモデルの検討が望まれる。気象データによる短時間局所的気象予報やGPSを利用した地図案内などを参考に、個々のアプリケーションやデータベースが統合された中で、何をサービスとするのかを明確することが望まれる。

#### 【ユニット戦略課題6】 ソフトウェアライフサイクルプロセス技術

VSE (Very Small Entity、25人程度までの小さな組織)を対象としたソフトウェアの開発ライフサイクルプロセスの標準化、及び導入支援と定着評価のためのツールの提供を目的として、国際規格をベースとした展開パッケージ(Deployment Package)の開発を行っている。

ソフトウェアを開発する小規模な組織向けに策定されたISO/IEC 29110の改訂と普及のための活動は、地道ではあるが、重要な活動である。ソフトウェア開発を支援するための開発ガイドとして「プロセス展開パッケージ」を公開し、国際標準に基づいた普及活動を展開していることは評価できる。

なお、展開パッケージの普及のためには、「妥当性の確認」に加えて、「使いやすく、有益」であることが必要であり、そのための継続的な改良の努力が求められる。アジャイル開発(状況の変化に対して柔軟に対応できるよう開発する手法)を前提としたVSE標準導入のための手引きも望まれる。成果発表により、ソフトウェア工学分野でのプレゼンスを高めることも重要である。

今後は、具体的なシステム開発への適用事例(ベストプラクティス)の集積、共有が期待される。また、普及のためには、研修、講習会などのイベント、論文、記事、ウェブを通じた広報が必要であり、そのための方策が求められる。

#### 【ユニット戦略課題7】 コンテンツサービス創出・利活用技術

ユーザーのコンテンツ利活用を促進するインタラクション技術、コンテンツ生成、加工、認識、理解等を可能にするメディア処理技術の研究開発を行っている。特に、信号処理と機械学習等に基づいた音楽コンテンツ理解技術を実用化するために、インタラクションに関する実証的研究と実サービス構築技術の研究を行うとともに産業界との連携を進めている。

ユーザー貢献増幅型ウェブコンテンツ活用技術の一つである音楽視聴支援サービスSongriumの開発、公開は他者の追従を許さない新たな技術展開として高く評価できる。多数のサービスを実現し、いずれも完成度が高く、技術コミュニティと一般大衆の双方から高い評価を得ている。高い水準にある音声認識技術の企業への技術移転、産総研ベンチャーの設立など、産業貢献も果たしており、高く評価できる。

今後は、研究活動として他言語や他文化への展開を進め、グローバルなコミュニティをリードすることが望まれる。コンテンツとして、音楽、映像以外にもスポーツなどの動画、マップなど、対象となるものを広げていくことが期待される。また、「こんなものが欲しい」と考えるユーザーに対して、クラウドソーシング(不特定多数への受発信ができるサービス)的に音楽、画像、動画の提供などを支援することも期待される。

## 第3章

### 3. イノベーション推進への取り組み

研究成果を民間に移転するために、企業との共同研究などの連携、コンソーシアムの設立などを行い、イノベーションハブとしての役割を果たしていることは評価できる。クラウド、大規模データ、コンテンツサービスなどの課題に対する国、社会、産業界、学界、他国の団体などとの協業による重層的なコネクションが、間接的にイノベーションを誘発しやすい環境を作り出していることも評価できる。オープングリッドフォーラムでの国際標準化活動への参加、欧州6機関との広域連携フレームワークへの参加などの国際貢献も認められる。

なお、研究成果をより多くの企業に移転し、イノベーションにつなげるためには、できるだけ多くの企業研究者を受け入れることが望まれる。また、産業界への技術移転に関しては、社会における有用性、影響力などについて、企業や経営工学などの専門家とチームを組むことも検討する必要がある。

今後、世界的な技術革新を発信する海外と肩を並べていくために、企業では成し得ない基礎的な研究、継続的な研究を行うことが必須である。サービス化・イノベーション共創を促進する一つの要素は、手離れの良い技術提供であり、サービスとしての研究成果という意識を高く持つことが重要である。

### 4. 研究ユニット運営の取り組み

産総研という立場から、コアの技術を外に見える化していることは大変高く評価できる。組織運営面では、研究ユニットの人的資源を最大限に活用するために、所内外との連携を進めるとともに、トップダウンとボトムアップのそれぞれ良い部分を取り入れた運営が行われていることは評価できる。サービスプラットフォーム実践研究班を作り、産総研のデータ公開を支援していることも評価できる。

なお、組織再編により研究員数が減っていることもあり、中核となる基盤技術の増強に向けた取り組みが求められる。また、全体のリソースの2割から3割程度をリスクの高い挑戦的なテーマに当てることが望まれる。

今後は、研究ユニットとしてある一定の割合で、リスクの高い挑戦的なテーマに取り組むとともに、研究者個人としても研究時間の一定の割合を挑戦的なテーマに充てるような仕組みが望まれる。社会インフラの維持管理、運用支援にかかわる研究開発では、一層密接な所内連携と戦略的な目的設定が必要になる。外部との連携も重要である。これらについて、配慮した研究ユニット運営が期待される。

### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目(課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	T	U	評点
ユニット戦略課題1	スマートセンシング技術	2	AA/A	A	AA/A	A	A	A	4.2
ユニット戦略課題2	生活支援・生活安全技術	2	AA/A	A	AA/A	AA/A	A/B	B	4.0
ユニット戦略課題3	次世代クラウド技術	2	A	A	A	A	A/B	A/B	3.8
ユニット戦略課題4	大規模データ管理・解析技術	2	A	A	AA/A	AA/A	A/B	A	4.1
ユニット戦略課題5	地理空間・衛星画像情報の高度利用技術	2	A	AA/A	A	AA/A	A/B	A/B	4.0
ユニット戦略課題6	ソフトウェアライフサイクルプロセス技術	1	A	A	A	A/B	A/B	B	3.7
ユニット戦略課題7	コンテンツサービス創出・利活用技術	2	AA	AA	AA	AA	AA	AA	5.0
戦略課題総合点									4.1
イノベーション推進への取り組み			A	AA/A	AA/A	AA/A	A/B	B	4.0

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A/B	A	3.8
イノベーション推進への取り組み	AA/A	A	4.3
ユニット運営の取り組み	A	B	3.5

総合評点

4.0



## 3-1-16 ナノエレクトロニクス研究部門

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

ナノエレクトロニクスにおける日本の産業競争力強化や新産業の創出を目指し、その競争力の源泉となるコア技術を開発する。ナノスケールデバイスの構造、材料、作製プロセス、設計、システム化、解析評価技術に関する研究蓄積と研究開発リソースを活用し、産総研内外との研究ネットワーク構築を強化、進展させ、技術集積ハブとなることを目指す。

## 第3期中期計画課題

- ・ I-2-(3)-① 「電子デバイス及び集積回路の省エネルギー化」
- ・ I-4-(3)-① 「ナノスケールロジック・メモリデバイスの研究開発」(Ⅲ-1-(3)-①へ再掲)
- ・ I-5-(1)-① 「多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術の開発」
- ・ II-3-(1)-① 「生活安全のためのセンサシステムの開発」
- ・ III-1-(1)-④ 「ナノ電子デバイスの特性予測と設計支援技術」
- ・ III-1-(2)-② 「組み込みシステムの最適設計技術」
- ・ IV-1-(2)-③ 「デバイス、システム評価のための先端計測機器の開発」

## 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

低消費電力化と高性能化を可能にする3次元化等の集積化技術の確立、多様な市場ニーズへの迅速な対応を可能にするミニマルファブやリコンフィギュラブル(再構成可能)デバイス等のプラットフォームの整備、及び新しい計算モデルやアーキテクチャに基づくコンピューティングの実行に適したデバイス・回路に関する先駆的研究を中長期的な目標としている。

設定された開発目標は、社会的要請に応えようとするものであり、アウトカムに向けた研究開発シナリオとしても評価できる。限られた研究リソースの中で世界的に優れた研究成果を挙げており、それぞれの開発課題で得られた技術についても国内外における優位性は高い。つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点(TIA-nano)を活用して大学や企業、特に装置・材料メーカーとの連携を強めていることは、産業界の産総研に対する期待に応えようとするものとして評価できる。

なお、今後のシナリオはよく整理されており説得力があるが、アウトカム実現のための戦略をより明確にする必要がある。産業の分析を踏まえた上で、コア技術の産業競争力強化への道筋の説明が必要である。産業界への「橋渡し」やイノベーションの観点から、産総研のシーズを高めて世界的に優位性の高い技術の開発を進めるとともに、技術の独自性、ユニークさを前面に出すことが必要である。

今後は、「橋渡し」のために、ロードマップには技術的な課題だけでなく、応用システムの開発のための組織作りや企業との連携の方策、ビジネスモデルを考慮した目標を設定する必要がある。海外の研究機関との連携も積極的に進め、世界を相手にイノベーションを起こすことが求められる。国内で最先端高性能ナノスケールデバイスを作製できることのアドバンテージを明確に示すことも必要である。

## 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

## 【ユニット戦略課題1】シリコンナノデバイスの研究開発

シリコン半導体の更なる微細化を可能とする新規な材料、プロセスの開発、それを基にした新機能、新原理シリコンナノデバイスの実現、及び集積回路化による更なる低消費電力化へと研究を展開している。

高温イオン注入によるソースドレイン欠陥抑制、非晶質金属ゲートを用いた特性ばらつき抑制など、フィン型電界効果トランジスタ(FinFET)の特性を大幅に改善し、世界最高性能を実証している。特に、しきい値電圧のばらつき抑制はULP(Ultra Low Power)実現のキーテクノロジーであり、アウトカム実現への寄与は非常に大きい。新構造及び擬似直接遷移化によるトンネルFET(TFET)の高電流駆動力達成とソース接合レス(Source Junctionless)トンネル構造によるTFET特性ばらつき低減は世界最高水準のアウトプットであり、高く評価できる。

なお、特性ばらつきを含めた実効的なベンチマーキングが必要である。また、デバイスの集積化に向けての技術課題の抽出、開発した技術の導入の方向性を示すことが求められる。

今後は、実証後の実用化に向けた研究のステップアップが必要であり、応用システムの実現に向けて、集積化技術の開発方向に関する産総研内外との連携の枠組み作りを強化することが望まれる。高温イオン注入装置による成果は、産総研のデバイス開発が装置開発に直接結び付けられる可能性を示しており、これまでとは異なる先端デバイス開発のビジネスモデルとしての検討が期待される。

### 第3章

#### 【ユニット戦略課題2】新材料・新構造インテグレーションの研究開発

消費電力の低減等が期待される超格子型相変化メモリ(iPCM)の実用化及び新機能スピンドバイスの研究開発、酸化物を用いた抵抗変化メモリ(ReRAM)の構造、材料、プロセス技術及び関連計測技術の体系的開発、強誘電FET-NANDメモリの実用化を進めている。また、シリコン上の異種材料集積化技術とデバイス実証、X線撮像デバイスの研究開発を行っている。

超格子型相変化メモリ、抵抗変化メモリ、強誘電体NANDフラッシュメモリなど産総研のメモリ研究は非常にレベルが高く、世界をリードする結果が出ている。相変化メモリに関しては0.1Vの超低電圧動作を実証するなど、大きな進展が見られ、世界的にも優れた成果である。また、特異な光磁気カー効果の観測など、新しいスピン機能デバイスへの展開も期待される。ロジック(論理電子回路)関連では異種材料の集積化技術を開発し、この技術を用いた高性能デバイスを実証しており、技術的優位性は高い。HARP(High-gain Avalanche Rushing amorphous Photoconductor)膜を利用した医療用X線撮像素子やフィールドエミッタアレイを用いた耐放射線撮像素子も着実な研究開発が進められており、評価できる。

なお、メモリ研究のロードマップを整理し、材料研究を系統的に行うことが求められる。それぞれの材料のアウトカムに対して、スペックをもとに開発計画を立てた上で、評価解析を進める必要がある。ポストシリコン材料では研究戦略を明らかにすることが望まれる。

今後は、3つのメモリがいずれも重要な技術課題であることから、早期実用化を目指して、企業との共同研究を強力に推進することが必要である。相変化メモリについては、トポロジカル絶縁体の新機能開拓も基礎研究としては非常に興味深いのが、当面、メモリ開発に重点を置くことが望まれる。抵抗変化メモリやX線撮像素子は産業界への「橋渡し」と実用化へのロードマップを示すことが望まれる。

#### 【ユニット戦略課題3】半導体設計・製造技術の研究開発

半導体製品の多様化に対応するため、これまでに開発してきたコア技術を活用して、3次元実装技術、Flex Power FPGA(低消費電力FPGA、Flex Power Field-Programmable Gate Array)チップ技術、ミニマルファブシステムの技術開発を行っている。

Flex Power FPGAでは、バラツキの少ないSOTB(Silicon On Thin Box)トランジスタを用いた試作チップにおいて、低電圧動作に成功するとともに、1/50までの静的消費電力削減を確認したことは優れた成果である。本FPGAの評価ボードの開発を同時に進めたことは実用化の観点から評価できる。ミニマルファブの新規性・有用性は顕著であり、基幹装置群の開発が終了し、展示会場で歩留まり100%のトランジスタ製造を行うなど完成度の高さを実証したことは実運用に向けた第一歩として高く評価できる。また、出願特許数が群を抜いて多いことも高く評価できる。

なお、ミニマルファブについては多層化したとき、チップ面積の観点からはフォトリソグラフィ(パターン露光)に、装置サイズの制約からはイオン打ち込み技術に懸念がある。これらの懸念を払しょくする早期の実証を進めることが望まれる。ミニマルファブを利用したカンチレバー(片持ち梁)を最初のターゲットにしているが、早期に実用化し、ミニマルファブの有効性を示すことが期待される。3次元実装技術やFlex Power FPGAに関しては、開発した技術をどのように広めていくかの戦略や組織作りの強化が必要である。

今後は、技術の出口戦略に関するロードマップの作成や産業界への「橋渡し」のための戦略が望まれる。ミニマルファブでは最も活用できる用途の開発が鍵になる。連携する中小企業と様々なアイデアを試すことが期待される。Flex Power FPGAではニッチなニーズを把握し、要求仕様を満足する技術まで完成度を高めることが期待される。3次元実装に関しては、海外(米、台湾)が進んでいる印象があることから、ベンチマークを十分に行うとともに、要素技術開発フェーズから製品試作フェーズへの早期移行が望まれる。

#### 【ユニット戦略課題4】ナノ計測エレクトロニクスの研究開発

3次元的なナノデバイスの構造に対し、ナノメートルの分解能で必要な特性を的確に測定するため、新たな測定手法と計測結果に対して、シミュレーションを介在して解析するハイブリッド計測技術の開発を行っている。また、デバイス試作・開発プロセスと連携した先進的な統合的シミュレーション・プラットフォームの構築を目指した研究開発を行っている。

3D TCAD(3次元Technology CAD)と連携したハイブリッド計測評価法を実用的なレベルに仕上げるとともに、FinFETの応力解析に適用し、その有用性を示していることは高く評価できる。開発したナノ計測システムを用いたデバイス評価に関して、共同研究が多数実施されており、この計測技術の有用性が高いことが示されている。ヘリウム顕微鏡は従来観測が困難であった種々のナノ構造の観測を実証してい

ることから、多くの国際会議で招待講演を依頼されるなど、国際的な先導的役割を果たしている。

なお、ナノ計測の結果によるデバイスの高性能化に向けた明確なフィードバックが必要である。TCADはデバイス開発で不可欠なツールであるが、海外ベンダーの寡占状態になっているため、産総研のTCADのアウトカムについて検討することが必要である。また、TCADはFinFETの計測結果の解析に利用されているが、蓄積した知識をベースにデバイスシミュレーターとしての利用も含めた今後の新たな展開が期待される。

今後は、TCADと計測を結び付けるだけでなく、これらの手法を利用して、新しいデバイスとして期待の高い磁気・スピンドバイス等を目標にすることが望まれる。また、分析ノウハウやモデリングをTCAD技術とパッケージングして外部提供することが望まれる。ヘリウム顕微鏡では、応用の拡大を進めるとともに、ライフ関連研究ユニットとの連携も望まれる。

#### 【ユニット戦略課題5】超伝導集積エレクトロニクスの研究開発

幅広い波長域の電磁波に対する光子計数型検出器やボロメータ（放射エネルギー測定器）の高精度計測を実現する低雑音超伝導検出器アレイ読み出し回路技術の研究開発、及び二次標準器として、認定校正機関へ導入可能なラックマウント型プログラマブル直流電圧標準システムの製品化研究を行っている。

超伝導検出器に関して、低雑音検出器アレイの開発に必要な多重読み出し回路の高性能化の成功は世界的に優れた成果であり、その技術的優位性は高い。電圧標準に関しては、企業への技術移転によりラックマウント型の直流電圧標準の世界で初めての製品化を進めるとともに、ユーザーからのフィードバックによるシステムの改善を行うなど、産総研技術の企業への「橋渡し」に成功している。海外を含めた多数の機関に電圧標準チップを頒布していることは公的研究機関として評価できる。

なお、検出器の開発においては、ユーザーとの連携が重要であり、このための組織作りの強化が望まれる。電圧標準については、交流電圧標準の製品化が望まれる。

今後は、超伝導転移端センサー(TES)の多画素化による大受光面積検出器(X線等)の早期の実用化が望まれる。超伝導アナログ・デジタルデバイス開発施設(CRAVITY)は、日本における超伝導研究の中心的施設としての役割が期待されており、本開発施設を中心とした産学連携コンソーシアムなどの組織作りの強化が望まれる。また、超伝導集積エレクトロニクスの社会実装を強力に推進することが望まれる。

### 3. イノベーション推進への取り組み

TIA-nanoで実施されている多くの研究開発プロジェクトに参画し、CRAVITYや共用ナノプロセッシング施設(NPF)を運営するなど、オープンイノベーションの仕組み作りを強力に推進していることは高く評価できる。ミニマルファブという非凡なアイデアと技術を生み出し、多数の企業が参加する技術研究組合やコンソーシアムを立ち上げたこと、及び産総研事業「高電力効率大規模データ処理イニシアティブ」(IMPULSE)の企画は高く評価できる。電圧標準にかかわる計量標準においては、先進的な超伝導技術によって主導的役割を果たしていることも評価できる。

なお、多くの研究プロジェクトへの参画や国際標準への貢献に対する寄与度が明確でない。また、多数のプロジェクトのため、研究ユニットとしての出口やターゲットが曖昧になっている。大規模プロジェクトの終了に向けて、新たなプロジェクトの立ち上げや研究の進め方について研究ユニット内において十分な議論が望まれる。

今後は、魅力的な技術シーズを産業界に「橋渡し」するための組織作りや、ニーズの調査、企業との交渉など技術以外の分野が重要であり、日本の半導体関連産業の取り組むべき方向についても積極的な発言が期待される。また、経済産業省と産総研がトップダウン的に進めることも念頭において、産総研主体の大型プロジェクトを複数個立ち上げることが期待される。

### 4. 研究ユニット運営の取り組み

限られた研究リソースの中での多くの優れた成果は、効果的なユニット運営がなされていることを示すとともに、産総研平均以上の外部資金獲得額は、研究の質の高さと技術者の能力が産業界から高く評価されていることの証左である。大型プロジェクトでは産総研内に外部共同研究者が常駐する体制を取ること、研究成果の最大化を目指しており実際に優れた成果を挙げている。また、産総研の他の研究ユニットとの多くの共同研究の実施も評価できる。

なお、ベンチマークやマーケティングが非常に弱い。これらは研究者に任せるのではなく、その分野の専門家を置くことも一つの方法である。半導体産業は巨大な産業であるが、水平分業体制が進み、中小・中堅企業においても一定の役割を担うことができる産業構造になっている。先端的デバイス開発だけでなく、半導体産業全体を見回したユニット運営が期待される。エレクトロニクス分野は実験設備に費用がか

### 第3章

かることから、産業界からのより多くの資金の提供が必須であり、このための努力が求められる。

今後は、日本での成長が期待される新市場分野を産総研が積極的に牽引するための布石を打つことが望まれる。所内連携への取り組みが奨励や呼びかけの段階にとどまっている。より積極的な連携を行うことができる仕組みが必要である。一方、現在取り組んでいる所内連携テーマはいずれも重要課題であり期待も大きい。早急に、外部連携を進め、プロジェクト化、実用化に取り組むことが期待される。

#### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目(課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	評点
ユニット戦略課題1	シリコンナノデバイスの研究開発	1	AA/A	A/B	AA/A	A	4.1
ユニット戦略課題2	新材料・新構造インテグレーションの研究開発	2	AA/A	B	A	A	3.9
ユニット戦略課題3	半導体設計・製造技術の研究開発	1	A	A	A	AA/A	4.1
ユニット戦略課題4	ナノ計測エレクトロニクスの研究開発	1	B	B	A	A	3.5
ユニット戦略課題5	超伝導集積エレクトロニクスの研究開発	1	A	A/B	A	A	3.9
戦略課題総合点							3.9
イノベーション推進への取り組み			A	B	A	A	3.8

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A	A/B	3.8
イノベーション推進への取り組み	AA/A	A	4.3
ユニット運営の取り組み	A	A/B	3.8
総合評点			3.9

## 3-1-17 電子光技術研究部門

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

電子と光の特性を最大限に活用した情報処理・通信技術の高度化と新たな可能性の追求を行う。光インターコネクションや生体情報センシングなどの融合領域の新技術、量子情報処理や強相関電子系、超伝導、有機材料など、新しい応用の広がりを目指した理論・材料・素子の研究開発を進めるとともに、レーザー基盤技術に基づく新しい光加工プロセスや、光・電子による新しい計測システムまで、幅広い課題解決手段によるイノベーションを推進する。

## 第3期中期計画課題

- ・ I-2-(3)-③ 「光ネットワークによる情報通信の省エネルギー化」(Ⅲ-1-(1)-③へ一部再掲)
- ・ I-4-(3)-② 「ナノフォトニクスデバイスの研究開発」(Ⅲ-1-(3)-②へ再掲)
- ・ I-4-(3)-③ 「オープンイノベーションプラットフォームの構築」(Ⅲ-1-(3)-③へ再掲)
- ・ II-3-(1)-① 「生活安全のためのセンサシステムの開発」
- ・ Ⅲ-1-(1)-① 「情報処理の高度化のための革新的電子デバイス機能の開発」
- ・ Ⅲ-1-(1)-② 「情報入出力機器のフレキシブル、小型化のためのデバイスの研究開発」
- ・ Ⅲ-1-(1)-③ 「光通信の波長及び空間の高密度化」(I-2-(3)-③を一部再掲)
- ・ IV-1-(2)-③ 「デバイス、システム評価のための先端計測機器の開発」

## 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

企業連携による実用化を目的とした研究と、次世代のシーズ育成を目的とした基盤技術の高度化を並行して進め、幅広いフェーズに展開するとともに、大学や他の研究機関、実用化企業との間をつなぐイノベーションハブ機能を効果的に果たすことを目指している。

萌芽的研究フェーズから実用化研究フェーズまで全体がバランスよく配置され、各研究課題に対して適切な指標と時期的要因を考慮したロードマップが作成されている。社会的課題解決のため、情報通信、健康医療、省エネのイノベーションを柱に掲げ、状況に応じて組織とテーマを見直ししながら、外部への成果発信力を高めていることが評価できる。公的外部資金を組み合わせながら、企業や大学との連携を拡大し、世界的にも優れた成果が得られている。

ただし、ロードマップにおいては、他国の追随を許さないブレークスルーは何かということを端的に示し、より直接的なアウトカムを設定すること、異なるフェーズの研究の関係付けを示すことが重要である。先鋭的な基礎研究によって学問的な潮流を変えることもアウトカムの一つである。

今後は、できる限り早く産業への橋渡しができるように、産業界との連携を密にする必要がある。日本の情報通信技術(ICT)産業の問題点として、デバイスでは強いがシステムでは海外に先んじられる場合が多いので、次期の研究テーマ設定においてはこの点を考慮した方向性が期待される。光インターコネクションはネットワークフォトニクス研究センターとの連携が必要であり、将来展望を踏まえた計画と体制が望まれる。新原理エレクトロニクスはリスクの高い研究であるが、実現したときの社会的インパクトは極めて大きいので、長期展望を持って進める必要がある。

## 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

## [ユニット戦略課題1] 光情報技術

光デバイスに関して、化合物半導体光源デバイス、ポリマー光配線技術、シリコンフォトニクスの技術を中心に次世代の機器内光ネットワーク(光インターコネクション)への展開を図っている。ネットワーク技術に関して、次世代大容量光伝送のための光源、光信号処理・計測技術の研究展開を図るとともに、量子情報通信の研究にも取り組んでいる。

「フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発プロジェクト」(PECST)において目標を大きく超える情報伝送密度 $30 \text{ Tbps}/\text{cm}^2$ が達成されたことは、長年努力してきたシリコン光電子集積技術が開花したものである。国家プロジェクトにおいて公的研究機関が果たすべき先導性と、共通のプラットフォーム整備に関して重要な役割を果たしており、高く評価できる。また、広温度範囲動作量子ドットレーザー、低損失アモルファスシリコン導波路、多層光回路のための層間光信号伝送の実証、ポリマー光電子集積回路など、世界的に優位性をもつ多くの基盤的研究成果が得られていることや、マルチキャリア通信に向けて既存測定器に比べ2桁以上高精度な光源ノイズ評価技術を開発し、製品化につなげたことも評価できる。

### 第3章

ただし、世界トップレベルを可能とするブレークスルーは何かを明確にする必要がある。国家プロジェクトの全体成果と産総研の個別研究成果の切り分けもまた必要な視点である。3次元光回路と光電子集積パッケージ基板については、開発目標の明確化が望まれる。論文数が技術レベルに比べて少ないので、効果的な技術アピールも必要である。

今後、次の目標は実用化、商用化という最も難しいフェーズに入ってきているので、ロードマップをしっかりと作成して臨む必要がある。光通信システムベンダーや情報通信研究機構との協調関係を継続して、次期テーマの選定を行うことが望ましい。大規模な集中研方式プロジェクトが成功していることを踏まえ、人材育成・交流の視点でこれを進化させ、産総研の存在感を一層示していくことが期待される。

#### 【ユニット戦略課題2】光応用技術

ウイルスや環境物質等に対する高感度センサーシステムの開発を行うとともに、非侵襲血液検査を目指した高感度分光イメージング技術の開発、インフラヘルスマonitoringを目指した無鉛高感度AEセンサー（音響放出センサー）や、フェムト秒レーザーによる医療用加工技術などを開発している。

ライフからインフラまで幅広い分野でセンサー技術を適用する計画は高く評価でき、またその事業化時期の設定も技術の成熟度と社会の要請をかんがみて適切である。導波路モードセンサー、光ディスクセンサー技術等を、血液検査、ウイルス・菌類検出、生体モニタリング等に適用するとともに、携帯可能なレベルまでコンパクト化し、救急治療で使用できるポータブル血液検査装置を開発するなど、実用に耐えるまでに完成度を高めたことは高く評価できる。多くの企業に技術移転が行われ、計測装置など既に製品化されているものもある。超高速フォトンクス技術のテーマに関して、超高精度レーザー加工技術として実用化を目指す方向性は、「ものづくり」日本の復権の切り札の一つとなると期待できる。

ただし、技術レベルから見て論文数と特許件数が少ないので、より効果的なアピールと知的財産の確保が必要である。世界的に見て技術競争、応用展開が激しい分野であるので、何が産総研のコアコンピタンスなのかを明確にし、最新の厳しい目で見つめたベンチマークを常に作成して適切なロードマップを策定することが必要である。光ファンクションジェネレーターは開発目標とマイルストーンを明確にし、産総研内外の連携を進めることが望まれる。

今後は、センサー技術、超高速フォトンクス技術とも、できるだけ多くの適用、特に社会的課題の解決への貢献に重点を置いた適用先を見つけ、企業とうまく連携して早期に実用化に向かうことが期待される。特に光センシングについては、フォトンクス分野に閉じることなく産総研内の関連研究ユニットと連携し、さらに医療関連機関等との連携を深める必要がある。レーザー加工技術も付加価値の高い適用例を見いだし、国際競争力のある製品が生み出されることが期待される。

#### 【ユニット戦略課題3】新原理エレクトロニクス

超伝導体、強相関酸化物、有機半導体を主要な対象とする革新的な機能性材料、低環境負荷の各種素材やデバイス、及びシリコン半導体の限界を超えた極限的な省エネルギーデバイス技術の研究開発を進めている。

基礎研究に近い分野でありながら、アウトカムに向けたロードマップがきちんと描かれ、多くのアウトプットが出ており、高く評価される。インパクトファクターの高い論文誌に多数の論文を発表し、招待講演数も多く、学会からの認知度は高い。10万回の書換えを実証した強誘電抵抗変化メモリ、臨界電流密度を実用レベルまで高めた超伝導線材や、インジウム・スズ酸化物(ITO)導電膜に劣らない特性のカーボンナノチューブ(CNT)透明導電膜など、実用化に向けた多くの成果が得られており、全体としてバランスの良い運営ができていることは特筆に値する。特に、強誘電抵抗変化メモリは新規なアイデアであり、国際半導体技術ロードマップ(ITRS)で次世代不揮発性メモリの候補になるなど、将来有望な技術である。

ただし、多くの人的リソースがこの戦略課題に投入されている中で、「飛びぬけた成果」にはまだ至っていない。他の研究機関や目標に対するベンチマークを明確にし、自己点検に基づく一層の努力が必要である。論文数に比べて特許の出願数が少ないことも課題である。アウトカムへの戦略を明確にし、特許出願やこれによる産業界との連携をより一層推進することが期待される。

今後は、2030年頃を見通して新産業創出につながるターゲットを明確にし、世界最高の技術とブレークスルーを生み出し、世界的にこの分野を牽引することが求められる。社会的ニーズの変化や技術の進展にも柔軟に対応できるよう、他研究機関との連携や学会活動を積極的に行い、常に自他の研究の位置付けを把握する必要がある。実応用に向けては集積化、システム化技術の視点も含めた研究の拡大・連携が望まれる。特にメモリ技術は進展が速く競争が激しい分野なので、強誘電抵抗変化メモリが次期ストレージクラスメモリの候補の1つとなるよう、早急に企業との連携を強めて集中的に研究開発を行うことが期待される。

### 3. イノベーション推進への取り組み

研究フェーズにより適切な外部連携と社会展開への取り組みが進められ、クローズとオープンの方針を組み合わせ、イノベーションへの対応が考えられている。国家プロジェクトを活用した光集積化デバイスのイノベーションハブ拠点化は、公的研究機関の重要な役割として評価できる。技術研究組合光電子融合基盤技術研究所(PETRA)に参画し、光デバイス関連の国家プロジェクトを主体的に推進してレベルの高い成果を継続的に出していることは高く評価できる。また、シンポジウムや一般公開など幅広い広報活動や、企業の技術者の常駐化による人材教育効果などが評価される。

ただし、光集積化デバイス拠点は、まだその存在や利用方法などに関して広報努力が足りない。プロジェクト以外にも広く利用を促進し、産学連携の拠点とする努力が必要である。知的財産戦略は要素技術、派生技術の実用化のためにも重要である。

今後は、世界的拠点となることを目標として光集積化デバイスの拠点化を推進することが望まれる。この分野で欧米と肩を並べていくためにも、集中のメリットを活かしつつ、新たな国家プロジェクト策定において、また、つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点(TIA-nano)の中核研究組織として、リーダーシップを発揮する努力が必要である。若手研究者の積極的な採用に結び付く人的流動性と国際人材育成のための取り組みも期待される。材料技術、デバイス技術の研究開発は10年、20年の長期的視野で、なるべく多くの可能性を残して粘り強く継続する必要がある、人材育成も長期的視野に立って進めることが重要である。

### 4. 研究ユニット運営の取り組み

光、電子をキーワードに、多くの技術分野、異なるステージの研究が混在する中、研究部門長のリーダーシップの下で効率的・効果的な運営がなされている。特に、多数の競争的資金や資金提供型共同研究など、外部資金の積極的獲得は評価できる。予算獲得の枠組みを作り、部門内職制でフォローするなど、実効性のある体制が組まれている。国家プロジェクトではブレインとして、大きな技術潮流をもとに研究開発戦略を作成し、大学・民間企業等を巻き込んだ骨太の研究開発を推進している。また、研究部門内の組織改編により、シナジー効果が発揮できるような体制を整備し、異分野との融合にも積極的に取り組んでいることも評価できる。

ただし、人材に関して、研究職員の高年齢化が課題であり、長期的には大学・民間企業との連携により人材の流動性を高めるなどの方策が必要である。基礎・基盤フェーズの研究に対しては、先鋭的で息の長い研究が委縮しないような工夫も必要で、萌芽的な研究に対しても理解が必要である。

今後は、よりトップダウン的に部門内連携を推進し、産総研内の関連研究ユニットとの意思疎通をスムーズにし、アウトカム実現に向けた産業界との積極的な連携を推進することが期待される。新原理エレクトロニクス of 長期的基礎研究についても、時間軸をより明確にした運営が望まれる。

### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目(課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	T	評点
ユニット戦略課題1	光情報技術	1	AA	AA/A	AA/A	AA	AA/A	4.7
ユニット戦略課題2	光応用技術	1	AA/A	AA/A	A	AA/A	A	4.3
ユニット戦略課題3	新原理エレクトロニクス	1	AA/A	AA/A	A	AA/A	AA/A	4.4
戦略課題総合点								4.5
イノベーション推進への取り組み			AA	A	A	AA	AA/A	4.5

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	B	A/B	3.3
イノベーション推進への取り組み	A/B	A	3.8
ユニット運営の取り組み	A/B	A/B	3.5
総合評点			4.2

## 第3章

### 3-1-18 セキュアシステム研究部門

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

ITのセキュリティとディペンダビリティを確保するための研究開発により、産業に安全の価値を付加し、イノベーションにつなげる。

#### 第3期中期計画課題

- ・ II-3-(1)-④ 「消費者の情報や権利を保護するための情報セキュリティ対策技術」
- ・ III-3-(5)-① 「情報システム製品のセキュリティ評価技術」(IV-3-(1)-⑥へ再掲)
- ・ III-3-(5)-② 「情報システムの高信頼、高安全、高可用化技術」(IV-3-(1)-⑦へ再掲)

#### 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

クラウド、標的型攻撃、重要インフラの制御システム、スマートフォンなどのユビキタスデバイスのセキュリティ確保など、安全なIT活用を可能とする技術の研究開発として、ITサービスセキュリティ、制御システムセキュリティ、LSIチップへの攻撃・偽造対策技術、安全なシステム開発技法、及び次世代暗号技術の開発を行う。

民間研究機関や企業では十分できない、公的機関ならでの研究を意識して、行政ニーズ対応から次世代暗号技術まで幅広く対応し、切れ目ない成果を挙げている。特に、セキュリティやディペンダビリティに関する重要性の高いテーマを抽出し、実用化に向けて努力していることは評価できる。セキュリティの研究と普及にとって、「可視化」の視点は重要であり、これを軸に活動を推進していることは高く評価できる。

なお、国内外に対するベンチマーキングや研究課題の意義の分かりやすい説明、技術の現状や研究成果についての国際的な位置付けの提示が望まれる。定量化が可能な分野に対しては、セキュリティ(対策の効果、対策を取らなかった場合のリスク等)を定量的にとらえるという視点が望まれる。

今後は、ダイナミックに変化する脅威に対してどのように対応するのかを学術的かつ系統的に示すことが望まれる。IoT(Internet of Things)、IoE(Internet of Everything)、M2M(Machine to Machine)などのインフラ間相互作用における新たなリスクの発見と解決、スマートフォンのセキュリティの抜本的対策に役立つ理論的基礎や実装のあり方、不正なアプリやデバイスの発見技術などの進展が期待される。

#### 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

##### 【ユニット戦略課題1】ITサービスセキュリティ

「情報セキュリティ早期警戒パートナーシップ」での分析支援機関としての活動、ガイドライン・技術文書の発表、パブリックコメントの提出、などの活動を行う。また、国や業界が行うITサービスで突発的に起きる安全性・信頼性問題への対応、新技術の普及に伴い策定されるセキュリティ基準などの議論において公的研究機関の立場から、また技術的観点から効率の良い解決法を示す。

マルウェア対応やスマートフォンの安全な利用に向けて取り組んでいること、技術の国際標準化の推進として、標準化団体や政府系委員会への参加、国際標準化提案、施策への技術的支援などの活動に積極的に取り組んでいることは評価できる。

なお、場当たりの印象を払しょくするためにも、ITサービスのセキュリティ上の課題を整理し、公的機関で実施すべき課題、民間で対応可能な課題、民間と共同で進めるべき課題等に分類するとともに、重要性、緊急性も含めて各研究課題の意義を明確化することが望まれる。研究課題には、民間研究機関やセキュリティ企業の研究開発との差が見えにくいものがある。また、実世界の短期的なアウトプットを設定したテーマでは単発や小粒なものとなっている。

今後、ITサービスにおいて、「安全であると分かる」ことの観点からの研究や啓蒙を強化するとともに、消費者の情報や権利を守る立場からの政策提言などの発信が望まれる。スマホアプリとスマホ本体に潜む脅威への抜本策にチャレンジするとともに、産業界や行政と協調して国際標準機関での議論を先導することが期待される。

##### 【ユニット戦略課題2】制御システムセキュリティ

産業用制御システムへのサイバー攻撃の脅威と対策の関係を明確にするためのリスクアセスメントの取り組みや、標的型攻撃の抜本的な対策としてシステム下位層からの攻撃検知防御技術の研究とプロトタイプ実装及び実用化、実際の攻撃手法を再現するための次世代制御システム攻撃防御実験環境の整備、及び



M2M/IoTデバイスの管理を目的としてデバイス、オペレーター間での認証・鍵共有に適したよりセキュアな方式の研究開発を行っている。

装置産業の生産設備から研究開発を始め、より一般消費者に近い自動車分野などに広げて成果を出していることは評価できる。M2Mへの取り組みと社会インフラの安全の寄与に向けた保有技術の展開は、日本の製造業の発展の観点から評価できる。また、IoTやM2Mへの攻撃可能性が指摘される中、世界初のPUF（Physically Unclonable Function、物理的複製不能関数）を応用した鍵生成共有方式の取り組みは高く評価できる。

なお、インフラで共通に必要な技術と個別のインフラに特有な技術を洗い出し、公的機関として着手すべきものの早期明確化や、インフラ間相互作用及びインフラ間境界における新たなリスクの発見と解決を進めていくことが必要である。また、他機関と役割分担しながら、システム全体として、セキュアな状況をどのように構築するかについて考える機会の継続・保有が望まれる。

今後、制御システムセキュリティ技術者と情報システム技術者の業界横断的な協力と意思疎通のために、産総研が制御システムセキュリティセンター(CSSC)の中で「接着剤」のような存在になることが強く期待される。また、CSSCには、攻撃監視制御技術だけでなく、国内での認証機関を作ることが期待されるが、産総研にその核となることが望まれる。標準化戦略上、技術のブラッシュアップ、国際論文や海外発表の増加により海外から高い評価を受けることが求められる。

### 【ユニット戦略課題3】LSIチップへの攻撃・偽造対策技術

先端的なLSI技術を安心・安全な社会の基盤として利用するために、LSIチップのセキュリティの仕様策定や、故障解析技術等を応用した評価手法の先端的な研究開発、及びLSIが生成する固有の真正IDを複製不可能にする、高度な偽造技術にも対抗できる技術（偽造不能PUFチップ）の研究開発を行っている。

偽造を防止するICカードや電子部品のニーズは基礎的で応用範囲が広いことから、この分野での先行は有意義である。産総研が開発したサイドチャネル攻撃（暗号処理装置から秘密情報の取得を試みる攻撃手法）や対故障攻撃に対する評価ボードSASEBOは世界中の暗号技術者で使われており、その評価は高く、国際的な試験・評価・認証制度へ貢献している。LSIチップへの攻撃対策評価技術により、安全な暗号LSIチップ製造における日本の国際競争力を高めるという方向性は評価できる。PUF技術についても重要性の高いテーマであり、世界的にも良いポジションにある。

なお、米国など当該分野を推進する外国機関に対して、偽造対策技術などの優位性を明示することが望まれる。PUFの実用化に向けた研究では、市場ニーズを的確に把握し、ターゲットを絞った開発により、早急な市場投入が期待される。

今後、LSI攻撃対策評価拠点や偽造LSI検証拠点について、政府や関係組織と連携して検討していくことが望まれる。PUFについては、キラーアプリを見いだし、普及により低価格化を可能にした上で、色々なアプリに適用していくとともに、高性能化によって、この分野において日本の産業界が世界のトップに立つことが期待される。特に、デバイスレベルのバックドア（秘密裏に設けられた通信接続機能）の検出技術の実用化が望まれる。国際標準化戦略において、産業界や行政との連携を密にし、世界を先導することが期待される。

### 【ユニット戦略課題4】安全なシステムの開発技法

国際競争の激化、環境対応、国際安全規格対応などの厳しい開発環境においても有効な、情報システムの高信頼化、高安全化、高可用化を実現する新技術を提供するとともに、認証にかかるコストを抑制する技術、規格適合性の評価技術の開発、を目標とする。また、我が国の組込み産業の競争力強化のため、組込みシステム産業振興機構との共同研究を通じて、検証クラスター「さつき」の運用を始めとする開発支援事業、「組込み適塾」による人材育成事業に取り組む。

自動車などで利用される組込みシステムに対する高信頼のソフトウェアとして、ZIPCtoPAT（並列動作設計・解析技術）、Seplog/Coq（ソフトウェアの詳細検証技術）などのツールの開発や、暗号通信プロトコルTLSの実装の有効性の検証、FOT/Calot（網羅設計・形式記述技術）では、バグ検出のテスト内容の見える化と製品化、を行っていることは評価できる。鉄道、自動車などの企業と連携し、出口志向と技術志向の双方からの実用化研究を行い、鉄道分野でソフトウェアの開発技法を規格の表現に適用する試みは評価できる。

なお、ソフトウェア開発技術のベンチマークを明確にすること、他の手法や技術に対する優位性を説明すること、同じソフトウェア検証を行っている国内外のコンペティターとの比較や産総研が強い点を明示することが必要である。また、ツールや手法の提供からビジネスモデルの開発までの参画が求められる。

今後は、ソフトウェアの信頼性向上の重要性や効果のアピールについては、産総研のような公的機関が

### 第3章

主導的に行うとともに、ソフトウェア検証や形式技法の普及については、欧州などを参考に、政策の力による普及に向けて他の組織と連携することが望まれる。また、研究開発レベルにあるソフトウェア構築支援技術を実用レベルに引き上げ、バグ検出技術とともにパッケージとして製品化することが期待される。さらに、業界との協業を更に推進し、海外と競合していくことが求められる。

#### 【ユニット戦略課題5】次世代暗号技術

近い将来を見据えた暗号技術として、高安全かつ高機能な次世代暗号・認証技術の設計、安全性評価、及び、それらのための基盤的理論の構築を進めている。

CRYPTO2014など世界超一流の学会に多くの優れた研究成果を発表している。次世代暗号応用のアウトカムとして、高機能アクセス制御暗号をコア技術とした秘匿データベース検索の化合物データベースやゲノム情報への適用を進めていることも評価できる。暗号理論に関する研究では、暗号技術にかかわる企業との共同研究や国への協力などにも実績を挙げている。

なお、暗号理論の国際競争に参画し続けられる体制の継続や人材確保の明示的なプランが必要である。学術界での圧倒的な存在感と一般的な世界での認知度のギャップを埋めることが必要であり、一般メディアによる情報発信に向けた努力が望まれる。

今後は、ACM CCS (The Association for Computing Machinery: Conference on Computer and Communications Security) や、IEEE S&P (The Institute of Electrical and Electronics Engineers: Symposium on Security and Privacy)などの暗号応用のトップレベルの国際会議も対象とする研究開発が期待される。また、企業の個別分野で暗号技術の知見を活用したビジネス展開を行う人材を産総研から輩出する人材育成が期待される。

#### 3. イノベーション推進への取り組み

研究ユニットで進めている多数の応用、競争が正当に行われる環境作り、制度やガイドラインの提案と技術的裏付けの整備、及び国際標準規格化による安心・安全の可視化と普及促進は重要であり、公的機関の取り組みとして適切である。暗号や正真性の保証方法、ソフトウェア開発技法や規格の表記方法等の基盤技術に注力し、学会、応用両面で成果を出していることは評価できる。産総研と技術研究組合、民間企業間での提言や開発などにおけるシーズとニーズのマッチングもうまく機能している。

一方、日本が遅れをとっているセキュリティビジネスを国際競争の場で勝ち残らせ、育てる工夫やセキュリティ・ディペンダビリティといった付加価値による産業競争力強化に向けた一層の取り組みが望まれる。セキュリティ分野における活動を一般社会に周知するとともにブランド戦略を考えることも必要である。

今後、世界的に存在感のあるセキュリティ製品を生み出すための方策についての議論が極めて重要であるとともに、ベンチャー起業や製品開発を可能とする人材を育成することが期待される。また、世界的に評価されるために、学術的な評価を上げ、世界的なコンペティターと競争するための方策も必要である。国際標準化は行政及び産業界との強い連携に基づいて推進することが有益である。策定した標準の維持管理も重要であり、研究所としての体制の構築も必要である。

#### 4. 研究ユニット運営の取り組み

基礎的研究から産業界との応用事例まで幅広く取り組んでいること、資金獲得、コミュニケーションの活性化、広報の充実、経験を重視した人材育成など様々な面での工夫は評価できる。また、研究の特性上個人研究に陥りがちであるが、意識的にグループ単位での研究を推奨していることも評価できる。今後が期待される「偽造防止技術」、「データ秘匿検索技術」の所内連携を積極的に進めていることは評価できる。

なお、企業からの研究費の増額、大型研究プロジェクトに発展させるための長期的な方策や産総研のブランド化について考えていくことが求められる。また、所内連携で推進している研究課題を産総研内にとどまらせることなく、大きな外部予算の獲得や企業との共同プロジェクトも必要である。

今後、研究成果の迅速な社会導入のために、行政や産業界、他分野の研究者との連携と協調を拡大することと、世界における優位性、産業支援の道筋、他機関や行政との連携を一層明確にして研究を進めることが期待される。グループや個人の研究活動だけでなく、セキュリティ啓蒙のための講義ビデオやスライド等をウェブを通じて情報発信することが望まれる。一般の人へ向けた研究成果のアプローチとしてのセキュリティシンポジウム開催も望まれる。

## 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目(課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	T	U	評点
ユニット戦略課題1	ITサービスセキュリティ	1	B	B/C	A/B	AA/A	A	A	3.6
ユニット戦略課題2	制御システムセキュリティ	1	A/B	B	A	A	A	A	3.8
ユニット戦略課題3	LSIチップへの攻撃・偽造対策技術	1	A	A/B	A	A	AA/A	AA/A	4.1
ユニット戦略課題4	安全なシステムの開発技法	2	A/B	B	A/B	AA/A	A	A/B	3.7
ユニット戦略課題5	次世代暗号技術	2	AA/A	A	AA	AA	AA/A	AA/A	4.6
戦略課題総合点									4.0
イノベーション推進			A/B	B	A	AA/A	A	A/B	3.8

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A/B	A	3.8
イノベーション推進への取り組み	A/B	A/B	3.5
ユニット運営の取り組み	A/B	B	3.3
総合評点			3.8

## 第3章

### 3-1-19 ネットワークフォトニクス研究センター

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

超低消費電力で巨大な情報を扱うことのできるダイナミック光パスネットワーク構想の下に、超高速光送受信装置と関連した超高速光デバイス、光パスの切り替えのための小型・大規模光スイッチ、及びダイナミックに変動する光パスに対応して伝送路特性を最適に保つためのパスコンディショニング技術の研究開発を行う。また、内外との連携により、ダイナミック光パスネットワークのアーキテクチャを設計・提案する。これらの研究により、現状より3～4桁低い電力で高精細映像などの巨大な情報を扱うことのできる、将来の光ネットワークの実現に貢献する。

#### 第3期中期計画課題

- ・ I-2-(3)-③「光ネットワークによる情報通信の省エネルギー化」(Ⅲ-1-(1)-③へ再掲)

#### 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

ダイナミック光パスネットワーク技術の確立を目指して、ネットワークの構成要素であるダイナミックノード、光パスコンディショニング、光デバイス制御、光パスプロセッサ、に関する研究開発を進める。これらに基づいて構築したネットワークをテストベッドとしてフィールド実証を行う。さらに、テストベッドをアプリケーション研究開発の場として開放し、社会普及を促進していく。

省電力化を目標としたダイナミック光パスネットワークの構築は、HD(High Definition)だけでなく4K(HDの4倍の解像度)、8K(HDの16倍の解像度)等の高精細映像の需要の高まりと電力需要の抑制という社会的要請がある中、課題の重要性・適時性の観点から高く評価できる。アウトカムへのシナリオにおいて、短期的アウトカムでは関連技術の事業化へと、実用化をより強く意識している。デバイスからシステムまで含む研究開発の推進により、ロードマップのマイルストーンでもあるフィールド実証を兼ねたテストベッドの構築を、公開実運用デモ実験に向けて進めていることは、高く評価できる。このような実証実験は世界的に例がなく、本ネットワークのもつ可能性と魅力を周知する絶好の機会になることが期待される。さらに、本ネットワークの全国網において電力の大幅な抑制が実現できることを現実的な数値を使って示したことも評価できる。

なお、光通信ネットワークの将来ビジョンをよく精査するとともに、既存システムに対する技術的な優位性、実装手法・コストなどを考慮して、適用場面を想定したネットワーク構成手法の検討が必要である。また、提案の強化とともに、既存ネットワークへの導入に向けた複数のシナリオが求められる。長期的アウトカムの「テレワーク、遠隔医療、高臨場遠隔会議等の普及、災害に強いネットワークインフラ」に対して、ダイナミック光パスネットワーク構築の必要性について分かりやすい説明が求められる。標準化においては、国内外のテレコム分野や国際電気通信連合電気通信標準化部門(ITU-T)を通じた戦略の構築が求められる。

今後は、長期的アウトカムについて、その魅力・社会へのインパクトなどについて検討を深めるとともに、消費電力だけでなく、ダイナミック光パスネットワークの導入コスト、運用コストなども考慮した導入事例を示しながら、長期的アウトカムへのロードマップを示していくことが求められる。また、既存ネットワークに対する優位性について、どのような種類の用途で光パスネットワークが最も威力を発揮するのか、具体的なエビデンスに基づく予測を示すことが望まれる。一方、ネットワークを巡る課題としては、SDN(Software Defined Network)、仮想化、パススイッチングとパケットスイッチングの共存、などの動きがある。ダイナミック光パスネットワークの将来像の中で、これらとの関係を明らかにすることが望まれる。ネットワーク技術のイノベーションのためには、ユーザーを巻き込んだアウトカム戦略が重要である。

#### 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

##### [ユニット戦略課題1] 光拠点デモに向けた光デバイスおよび装置の開発

ダイナミック光パスネットワークの研究開発を進めている。ダイナミックノード技術では、多粒度多階層型の各スイッチ技術の開発と要素技術の集約によるシステム化、光パスコンディショニングでは、光伝送品質の自律的維持管理技術、及び多重分離技術による光伝送効率化技術、光デバイス制御では、波長可変光源制御技術、光スイッチ制御技術、及び複数のモジュールの統一的制御技術、並びに光パスプロセッサでは、シリコンフォトニクスによるファイバクロスコネクタ、及び空間光学系による波長選択スイッチ、を開発している。これらの研究開発を連携することにより、小粒度の信号から大粒度の信号までを扱

える多粒度多階層型の通信システムを構成する。さらに、公開デモ実験用として、実運用を考慮したダイナミック光パスネットワークのテストベッドの構築を行う。

3つの戦略課題を昨年度から1つに集約し、つくば地区における実運用テストベッドのデモ実験・運用に向け、リソースを集中するとともに、多くの外部機関と長期にわたり共同研究を実施し、我が国におけるリーダーシップを発揮している。具体的には、光パスコンディショニングの実現に不可欠な光パラメトリック可変波長分散補償器(P-TDC)や波長変換器、波長制御技術、シリコンフォトニクス光スイッチや中間制御インターフェイスなどの要素技術の着実な開発を進め、テストベッドでの実運用に耐え得るデバイスの開発やODU(Optical Data Unit)クロスコネクタ、ROADM(Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer)の実用化を実現している。共同研究参加の協働企業との積極的な連携により、プロトタイプによる動作実証を行うとともに、デモ実証実験システムの構築まで進めたことは高く評価できる。また、光パスネットワークの消費電力抑制の可能性を多角的に理論検証するとともに、必要なデバイスを開発するなど多くの要素技術が世界的に大きな評価を得ており、研究成果として高く評価できる。シリコンフォトニクス光スイッチでは、8×8スイッチのデモ装置組み込み用デバイスの実現と、それに続く32×32スイッチの進展は高く評価できる。32×32のサイズは世界トップレベルである。学会、特許等の発表実績も多い。

なお、テストベッドの公開実証実験では、このシステムの意義と将来の社会・産業界への波及効果など分かりやすくデモ・説明する必要がある。光パスプロセッサでは、インテリジェント化、高機能化へのロードマップが望まれる。大規模マトリクス光スイッチでは、寸法誤差低減の見極めと製造後のトリミング(微調整)の実現可能性の検証を早期に行い、実用化可能なスイッチサイズを明確にするとともに、クロストークの要求が満たされるかをはっきりさせることが必要である。

今後は、ダイナミック光パスネットワークの導入・拡大の芽となる短期的・中期的な応用先を多角的に検討するとともに、光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点(VICTORIES)プロジェクトの成果が社会実装に結実するように、通信キャリア(電気通信事業者)やアプリケーションサプライヤなどとの議論が必要である。光パスプロセッサの研究開発のより明確な発展のためには、インテリジェント化、高機能化の目標に向けたロードマップの策定が求められる。パラメトリック可変分散補償器や全光信号処理による多値変調信号搬送波再生など産総研のオリジナリティの高い技術の実用化、既存ネットワークへの早期導入が期待される。シリコンフォトニクスは、今後進展の見込まれる重要な分野であり、産総研が我が国の一大拠点となるために研究所全体で考慮する必要がある。シリコンフォトニクスの確固たるトリミング技術を実現するとともに、大規模光スイッチの全てをトリミングできる生産性の高い手法を理論的に検討する必要がある。32×32大規模スイッチ動作のための最短距離を見極め、リソースの可能な限りの投入が期待されるが、32×32よりも小さな規模の光スイッチが有効となる応用探索も必要である。

### 3. イノベーション推進への取り組み

国、社会、知的基盤・人材育成等への貢献、及び産学連携を十二分に考慮したマネジメントが行われており、イノベーションハブとして大いに期待されている。得られた成果は、研究ユニットがイノベーションハブとして十分に機能していることを示している。協働企業、特に製造企業との連携・共同開発を積極的に進め、ODUクロスコネクタやROADMの実用化、及び波長変換・分散補償・波長選択スイッチなどの先端的なデバイスの試作は、イノベーション推進の取り組みとして高く評価できる。国際標準化への取り組みも妥当であり、国際電気標準会議(IEC) Megatrend登録などアウトカムは優れている。拠点主催の国際ワークショップやシンポジウムを多数回開催し、国際的な視野をもつ若手研究者を育成している。また、国際会議招待講演、IEC国際標準化活動などを通じて国際的なプレゼンスを高めていることや展示会出展などのアウトリーチ活動も評価できる。

なお、対外的な活動は活発であるが、やや専門分野に閉じている。将来のイノベーションにつなげるという観点から、幅広い社会からのニーズをくみ取ることが必要であり、一般社会との接点をもっと増やす必要がある。特許の出願を更に加速し、権利を確保し、日本の光産業の競争力確保への一助にすることが期待される。また、我が国の情報通信関連学会や業界におけるプレゼンスをより一層高めることが望まれる。

今後、イノベーション推進のためには、研究・技術開発が社会還元に結び付くことが重要であり、そのための成果発信と通信業界、機器ベンダーとの連携をより強固に進めるとともに、装置開発だけに終わらず、新しい応用を切り開くために、テレコム(電気通信)事業者、サービスプロバイダ等との交流・連携、ITU-T活動への参加、社会科学系分野等への啓蒙など、専門領域以外やユーザー領域でのアウトカム活動が望まれる。ダイナミック光パスネットワークのテストベッドの構築では、将来の社会インフラとしてのテストベッドであること、どのような革新的なサービスや応用を目指しているのか、現状の様々な社会的課題をどのように解決しようとしているのか、などの点について十分アピールしていくことが望まれる。

### 第3章

テストベッドを利用したスーパーハイビジョン(SHV)非圧縮リアルタイム中継では、将来このシステムが実用化されたときに、社会にどのようなインパクトを与えるのか、を具体的に示すことが期待される。

#### 4. 研究ユニット運営の取り組み

所内連携や資金獲得、協働企業との共同研究等を活発に推進しており、組織体制の整備など優れたユニット運営を行っている。大きな外部資金を背景にして研究開発が進められており、研究内容も多岐、長期にわたるが、プロジェクトに集中する体制を構築し、ユニット内部の組織運営及び産業界等外部との技術・人材連携を効果的に進めている。デモ実験に向けて全体をよくまとめる運営を行うなど、アウトカム創出に向けた努力も評価できる。医工連携やビッグデータフォトニクスなど分野連携にも積極的に取り組んでおり、研究活動推進戦略も評価できる。

なお、デモ実験に向けて集中的に取り組んでいる現在の研究フェーズから、テストベッドを運用しながら将来展開を控える次の研究フェーズへの切り替えをうまく進める必要がある。光インターコネクトについては、技術研究組合光電子融合基盤技術研究所(PETRA)との議論を行い、将来像や分担を明確にすることが望まれる。新規テーマへの挑戦や人材育成の観点から、新たな予算獲得に向けた活動が期待される。

今後、医工連携など将来のアウトカムに向けた取り組みは、外部要因の変化によって一気に進展することがあり、地道な活動の継続が期待される。ソフトウェア万能の現状において、ソフトウェアの問題と課題を具体的に浮き彫りにした上で、ハードウェアによる解決法、イノベーションの可能性、妥当性に関するシナリオを策定し、社会に啓蒙していくことが重要である。今日、グローバルなコミュニケーションがますます重要になってきており、技術の社会的意義を異分野の人々にも分かりやすく語れるような幅広い視野をもつことが、海外との交流や共同研究において重要な資質となる。そのような若手国際人材の育成を期待する。研究センターが進める課題に対応できる機関が現在国内にないことから、使命感を持って拠点を構築していくことが期待される。

#### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目(課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	評点
ユニット戦略課題1	光拠点デモに向けた光デバイスおよび装置の開発	1	A	A	AA/A	AA/A	4.3
	戦略課題総合点						4.3
	イノベーション推進への取り組み		A	A	A	AA/A	4.1

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A/B	AA/A	4.0
イノベーション推進への取り組み	A	AA/A	4.3
ユニット運営の取り組み	A	A	4.0
総合評点			4.2

## 3-1-20 サービス工学研究センター

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

サービス産業の生産性向上の実現、すなわち、サービス利用者にとっての価値の向上とサービス提供側の効率化、の双方を同時に実現するサービス工学基盤技術を開発し、その普及を促進する。

第3期中期計画課題

- ・ Ⅲ-3-(1)-①「サービス最適設計ループ構築のためのサービス工学基盤技術」

## 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

インターフェイス技術、大規模データのモデル化技術、マルチエージェントシミュレーション技術を中核技術とした介護・看護、防災、地域交通、救急医療などの公的サービスの効率化、顧客・従業員センシング技術、大規模データモデル化技術などによるサービス、製品使用価値の向上と従業員プロセスの効率化、行動とプロセスのミクロなオペレーションと企業経営のマクロ指標とを連結するメゾモデルの研究開発による製造業のサービス化、及び複合的なアプローチによる新サービス創出・既存サービスの革新的改善を目標としている。

サービスの最適設計サイクルの導入と運用を支える汎用的な技術モジュール・ツール類を開発し、これらを活用した実証事例研究及び企業や地域自治体への導入推進の枠組作りを通じて、サービス工学にかかわる技術基盤を構築するという目標は適切である。また、競争力の高い要素技術の蓄積を着実に進捗させている点は評価できる。

なお、製造業のサービス化の定義をより明確にするとともに、コア技術を製造業のサービス化にどう展開していくのかを示すことが必要である。現場や経営層への理解を促し、導入を効果的に推進するための方法論、技術論、組織論などや実証事例の取り組みの強化が課題である。また、5つの戦略課題が独立した取り組みか、有機的に結び付き影響し合うのか、包含関係にあるのか、などの整理が効果的・効率的な展開を探る上で必要である。

今後も我が国のサービス工学研究の中心組織であるためには、成果のパッケージ化、製造業のサービス化、及び移動・交通系と農水産業系における社会サービスの方向性の明確化と技術開発項目の設定が望まれる。また、既存サービスの延長線上にない新たなサービス創造の方法論構築への展開も期待される。製造業・大企業・公的サービスへの取り組みは、中小企業へのアプローチとは異なった工夫が必要である。

## 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

## [ユニット戦略課題1] 顧客・従業員の行動観察・提示技術

PDR (Pedestrian Dead-Reckoning、歩行者推測航法) 技術の中核とし、顧客や従業員のサービスプロセスを通じた行動を観測し、観測データを他のデータとひも付けて分析することで、サービスプロセス改善、現場従業員間共創によるサービス生産性向上に役立てるための研究開発を行っている。

ウェアラブルなPDRの実現などのPDR関連技術の高度化、蓄積した計測技術によるサービス業務分析支援基盤の開発など、着実に成果を重ねており、高く評価できる。PDRによる行動計測データを用いてQC (Quality Control) 活動を実施し改善効果を上げるとともに、顧客接点業務における生産性向上のための方法論を見いだした点も、高く評価できる。また、ベンチャー企業の設立や、企業との連携による製品開発、NWIP (New Work Item Proposal) の提案・採択などの研究実績に基づいた積極的な標準化活動や所内連携研究なども評価できる。

なお、顧客・従業員の工学的な行動観測が技術的な生産性を上げることは示されたが、コストを含めた生産性向上への寄与が課題として残っている。また、飲食店において成果を挙げたCSQCC (Computer-Supported QC Circle) を他の事例に適用し、技術のブラッシュアップと汎用化が求められる。

今後については、PDRモジュールがサービス産業を含む多くの企業で活用され、生産性向上に寄与するために、本モジュールの活用方法を含めたパッケージ化、及び行動計測データを容易に可視化できるツールと本モジュールの計測結果に基づき解析を行う統計分析ツールの充実が望まれる。名札タイプのPDRモジュールの開発を早期に進め、製造業を含む多業種において行動観測・提示技術の研究を加速することが期待される。

## [ユニット戦略課題2] 現場参加型のサービスプロセス設計支援技術の研究

業務プロセスを蓄積・共有するコト・データベース化技術、業務プロセスの分析・可視化を行う現場参

### 第3章

加型サービスプロセス設計支援技術及びサービス知識の現場間活用を支援するサービス知識活用技術の開発を進め、医療、介護、看護、教育などのサービスにおける展開と実証研究を行っている。

サービスの実態を多視点で把握・分析して新たなプロセスを共創的に構築支援する技術とコスト情報を収集・分類・検索するシステムを組み合わせたサービスプロセス設計支援技術を開発したことは、現場の生産性を自律的に向上させる技術の第一歩として評価できる。これらの技術は、サービス産業の生産性向上に必要な「サービス現場の従業員自らが問題点に気づき改善する体制の構築」という課題を解決できる可能性の高い技術であり、開発意義が大きい。また、人が主体となるサービス現場の改善・革新のための効率的な支援技術の開発は、現場参加型のアプローチが不可欠との認識の下、看護・介護分野を対象に計画的に進めている点も評価できる。

なお、ソーシャル・ネットワーキング・サービス(SNS)との差異の明確化など、ベンチマーキングを行うことが必要である。看護、介護の仕事に従事している人たちの状況やニーズの把握及び介護施設などの現場での実装では、導入される技術に関する丁寧な説明が求められる。また、コストパフォーマンスの観点からは実用化が懸念される。

今後については、看護・介護の需要が急速に高まることが予想されており、本戦略課題の成果が多くの現場に取り込まれ、看護・介護業務の緩和につながることを期待される。本技術は、暗黙知を可視化する技術であり、実用化のハードルが高い技術であるが、医療・介護以外のサービス分野にどこまで適用可能か、の検討が望まれる。

#### 【ユニット戦略課題3】大規模データのモデル化と活用技術に関する研究

大規模データからサービスの現象を包括的に理解するための計算モデルの構築、実際のサービスを改善するためのモデル活用技術の開発を目指して、PLSA(Probabilistic Latent Semantic Analysis、確率的潜在意味解析)とベイジアンネットワークモデルを用いて大規模データをモデル化する技術の開発及び実サービス現場への適用を行っている。

大規模データを構造化するための世界的にもレベルの高い手法を確立するとともに、複数のサービス業へ適用・実用化している点が非常に高く評価できる。プライバシー保護など、今後一層重要になる問題も視野に入れ、解決のための技術開発を行っている点も評価できる。また、多数のライセンス契約は開発した技術の完成度の高さを示すものとして評価できる。

なお、高度な分析手法を利用するには、そのスキルを持つ人材の確保や情報インフラが必要になる。開発されているアプローチが、そのコストも考慮してサービス現場の生産性を高めることができるのか明らかにすることが必要である。

今後については、サービス現場への普及のためにも、特定のコミュニティや企業群、自治体間で解析データを共有するための運用管理システムの開発が期待される。また、PLSAやベイジアンネットワークモデルに習熟していない技術者に対しても活用可能となるようなノウハウ集の作成等が必要である。本技術は、製造業のサービス化、地域活性化への適用が可能な技術であり、広く活用されることが期待される。

#### 【ユニット戦略課題4】マルチエージェントシミュレーションによるサービス設計支援技術の研究

安全で快適な社会の基盤サービスの設計・維持を支援する社会シミュレーション技術の確立を目指し、地域防災・公共交通・生鮮食料品流通における実問題を取り上げ、技術開発と現場適用を前提とした研究を進めている。具体的には、マルチエージェント人流シミュレーション、オンデマンド型バスシミュレーションシステム、オークションによる流通円滑化技術(電子商取引システム)の研究開発を進めている。

避難訓練・交通流の円滑化等、社会的需要が高まりつつある社会シミュレーションに対し、マルチエージェントシミュレーションを応用した方法論とシミュレーション実験の枠組みを構築するとともに、現実問題への適用を開始している点が評価できる。オンデマンドバス配車に関するシミュレーション SAVS(Smart Access Vehicle System)や水産加工品の電子商取引「おらほのカキ市場」などの取り組みは地域ニーズや地域活性化に資するものとして評価できる。

なお、マルチエージェントシミュレーションについて、産総研の優位性・先導性を具体的に示すことが求められる。オークションによる流通円滑化技術については、開発する社会的意義を分かりやすく説明することが必要である。また、地域ニーズや活性化の取り組みに一定の方針が必要である。

今後については、社会シミュレーションは社会的需要が高まることが予想されることから、研究開発の推進が強く望まれる。人の動きが関与する流通・人流・交通に関する現象は複雑であり、その大規模シミュレーション技術は社会基盤となる重要な技術である。現場での実装までの展開が期待される。総合力の発揮という観点から、他の戦略課題とのより緊密な連携が望まれる。



### 【ユニット戦略課題5】都市空間サービスのためのIT基盤の研究開発

都市空間への来訪者へのサービス提供と都市住民の生活・業務支援サービスの創出を目指して、環境センシング、センシング情報解析、サービス提供プラットフォーム等の技術の開発を進めている。具体的には、ステレオビジョンによる人流・移動体種別情報計測システム及びマイクロフォンアレイによる音環境把握に基づいた環境状態可視化技術の開発を進めている。

3次元空間情報可視化システムは、その応用の方向性はまだ明確ではないものの、技術としての革新性とビジネス上の応用に向けたポテンシャルは高い。ステレオビジョンを用いた人流センシング、マイクロフォンアレイを用いた音響センシング及び観測情報によるシミュレーションにより、都市空間の人の流れや音分析によるにぎわい度などを空間的・時間的に把握し、都市空間をリアルタイムに認識・理解しようとする試みは、独自性の高い技術開発であり、高齢化が進む都市の活性化を目指すものとして評価できる。

なお、都市空間における移動支援サービスというコンセプトが、あまり具体化されていない。誰を対象に、誰が提供する、どのようなサービスを念頭に置いているのか明確にすることが必要である。また、音分析の精度がマーケティングサービスの要求を満足するか、施設側との連携による検証が望まれる。

今後については、革新性の高い技術開発が行われていることから、研究センターや研究所の枠を超えた幅広いアライアンスの中で、開発技術の応用やビジネス化を進め、いち早い実用化・事業化が期待される。販売データとにぎわいと統合解析など実マーケティングへの応用においては、ELSI (Ethical, Legal and Social Issues、倫理的・法的・社会的問題) が大きな課題となるが、PLSAとの連携によるユーザーセグメント単位でのマッチングにより、ELSIをクリアした成果が望まれる。環境センシング、情報解析、サービス提供プラットフォームなど、都市空間におけるサービス設計は未来の都市計画に欠くことのできない基盤技術である。開発した技術の統合・融合による総合的な技術創出が期待される。

### 3. イノベーション推進への取り組み

政府系プロジェクトの推進とともに、戦略的な知財化と企業向けライセンス、開発技術を活用したベンチャー企業の設立など技術移転を意識した取り組み、及び多数の出版や国際的なシンポジウム開催などサービス工学啓蒙の取り組みを精力的に展開しており、高く評価できる。サービス工学コンソーシアムやサービス学会の立ち上げと運営の中核を担うほか、大学内に学位プログラムが設置されるなど、サービス工学に係る研究と人材育成のハブ組織としての役割を果たしつつある点も評価できる。

なお、研究センターのリソース有効活用の最大化を図るために、研究開発の成果の活用方法を含めたパッケージ化を行い、サービス工学研究センターの研究員以外の技術者（コンサルタント等）が自立的に活用できる体制を整えていくことが必要である。また、事例の積み重ねから定式化された方法論の確立に向けた研究開発が求められる。

今後については、イノベーションハブとして担うべき役割と展開すべきビジネスモデルの可能性を探ることが期待される。研究センターで推進しているアプリケーション駆動型研究はサービス工学におけるイノベーション推進の基本要素であり、この方向で研究開発を推進することが強く望まれる。また、地域における専門家の養成、地域で自立的に技術移転が進む仕組み作り、などの展開を継続的に進めることが望まれる。特に、公設試関係者や経営層に向けた理解促進知識習得プログラムの開発が期待される。

### 4. 研究ユニット運営の取り組み

アプリケーション駆動型研究のポリシーを明確にしながら、研究センター内外の研究者や専門家と積極的に連携し、挑戦的な研究課題の設定や外部研究資金の獲得、内部人材の育成を進めており、順調に成果を重ねている。内部人材の育成については、企業との共同研究、筑波大学での学生指導、海外留学など様々な手段で人材育成を行っている。産総研内外の様々なプロジェクトに参加し、サービス工学という融合領域の技術開発を多面的に推進できる体制を整えていることも評価できる。

なお、開発した技術を民間企業へ移転していくために、開発技術のパッケージ化、適用分野別のノウハウ集の整理、移転コンサルティングが必要である。研究センターの切り口は広いので、関連する研究ユニットは産総研内に数多く存在すると思われる。研究開発の新たな展開のためにも、他の研究ユニットとの連携や融合を行い、共同研究などを積極的に進めることが求められる。

今後は、20業種での取り組みの経験を活かしてアプリケーションをカテゴライズし、B2B（企業間の取引）、B2C（企業対一般消費者の取引）で体系的、客観的にモデル化するとともに、開発したツール群と突き合わせ、それぞれの成功例を含めて俯瞰性を高めていくことが重要である。また、サービス現場に向いての簡易観測・分析・改善アドバイス等の取り組みは、地域の事業者への理解促進策として有効である。異なる専門家との連携・融合を更に進め、分野融合や挑戦課題の開発を進めることも期待される。

## 第3章

### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目 (課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	評点
ユニット戦略課題 1	顧客・従業員の行動観察・提示技術	1	A	A	AA/A	A/B	4.0
ユニット戦略課題 2	現場参加型のサービスプロセス設計支援技術の研究	1	AA/A	A/B	A	B/C	3.6
ユニット戦略課題 3	大規模データのモデル化と活用技術に関する研究	1	AA/A	A	AA/A	AA/A	4.4
ユニット戦略課題 4	マルチエージェントシミュレーションによるサービス設計支援技術の研究	1	A/B	B	A	A/B	3.5
ユニット戦略課題 5	都市空間サービスのためのIT基盤の研究開発	1	AA/A	B	A	B	3.6
戦略課題総合点							3.8
イノベーション推進への取り組み			AA/A	A	AA/A	B	4.0

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A	A/B	3.8
イノベーション推進への取り組み	AA/A	A	4.3
ユニット運営の取り組み	A	A/B	3.8
総合評点			3.8

## 3-1-21 フレキシブルエレクトロニクス研究センター

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

ディスプレイやセンサーなどの情報通信端末機器の使用利便性の向上及び省エネルギー化の促進を目指して、軽い、薄い、落としても壊れない、形状自由度が高いという特徴を備えたフレキシブルデバイスの開発に取り組む。また、フレキシブルデバイスを省エネルギー・省資源・高生産性で製造する技術として、印刷法を駆使したデバイス製造技術（プリンテッドエレクトロニクス技術）の開発に取り組む。さらに、これらの技術に係る材料基盤・計測標準化技術の開発に取り組む。

## 第3期中期計画課題

- ・ I-2-(3)-② 「ディスプレイ及び入出力機器の省エネルギー化」
- ・ I-5-(1)-① 「多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術の開発」
- ・ III-1-(1)-② 「情報入出力機器のフレキシブル、小型化のためのデバイスの研究開発」

## 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

①フレキシブル薄膜トランジスタ(TFT)を中心としたデバイス技術の開発、②大面積高精細印刷技術を中心とした製造プロセスの開発、及び③フレキシブルデバイスの高機能化をもたらす革新的材料技術やその機構解析・評価などの基盤技術の開発を行い、それらの集約により融合技術の確立を目指している。同時に、早期実用化を促進するため、技術研究組合等において技術の有効性の検証を進めるとともに、デモデバイス等により市場開拓の方向性を探索している。

将来の利用が想定される顧客企業にヒアリングを重ね、マーケティングと動向分析を行い、それに基づいて、次世代入出力デバイスをターゲットとして、適切な開発目標を置き、ロードマップを描いている。2020年以降の市場の拡大を見込みながら、次世代入出力デバイスの目標を、アクティブマトリクス(AM)駆動の表示と入力機能が付いた電子ペーパーに設定し、それに必要な要素技術の開発に取り組み、着実に成果を挙げていることが評価される。特に次世代プリンテッドエレクトロニクス技術研究組合(JAPER)と一体となって研究成果を産業化に結び付けるための体制が機能している点が高く評価される。

ただし、共通基盤的に設定された目標値と、各用途に基づいた仕様から要求される数値との関係はあまり明確でない。マーケティング・動向調査から得られた情報をもとに、具体的なシステムやデバイスに対応した目標を設定することも有益である。

今は産業化フェーズへの移行を早められる絶好のタイミングと考えられるので、今後、産業化を世界的に主導する立場を強めることを期待する。魅力的な個別ターゲットについて実用化可能性を示すことで、技術の優位性を広く周知させる方向性もあり得る。ビジネスインキュベーションのため、外部からマーケティングの実務経験者を招へいしてアドバイザー等として活用するなどにより、他の業界を巻き込んだ応用展開の可能性についても検討し、企業への協業提案や用途立ち上げのためのムーブメント作りを進めることが期待される。ユーザーの新しい柔軟な発想を誘発させるプロトタイプサンプルを提示し、ユーザーの意見に対応して改良していく努力も必要である。

## 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

## [ユニット戦略課題1] フレキシブルデバイスの開発研究

情報通信機器における製造・使用の両面でのイノベーション実現のため、柔軟性を有するフィルム基板上に室温や大気中といった温和な条件で電子素子や回路を形成するフレキシブルデバイス技術を開発し、超薄型、軽量、形状自由度、大面積、耐衝撃性、省電力性など、ユーザビリティに優れた情報入出力インターフェイスデバイスの創出を先導することを目指している。

出力にかかわる、表示、圧力センサーなどで十分に目標に到達し、最終目標である電子ペーパーの実現に向けて着実に進歩している。特に、JAPERと連携し、全印刷方式のフレキシブルTFTを試作し、動作周波数1 MHzの高速応答を確認し、将来の全印刷電子ペーパーへの礎を築いたことは特筆すべき成果である。また、低消費電力発光型表示デバイス技術として、有機ELデバイスのための透明酸化電極のダメージレス高速成膜技術を達成したことも評価される。さらに、ポリアミノ酸をベースとした強誘電体インクを開発し、それをを用いて印刷法による感度レンジの広い圧力入力デバイスを試作し、製品化検証用のサンプルを提供したことも評価される。

ただし、大面積化技術・高信頼化技術については、目標期間内に実使用に一定の目途をつけることが求められる。メートル級複合機能デバイスは、直接的アウトカムないし製品化イメージを明確にする必要が

### 第3章

ある。

今後は、たとえ低いスペックでも有用な応用があれば、それを積極的に宣伝して、実際の利用を目指すことが大切である。その意味で、成果の対外発表をより一層活発化させることが必要であり、電気・電子系のデバイスに関する展示会より、フレキシブルエレクトロニクス製品を最終的に購入する顧客(例えば、ファッション、医療、農業など)が来場する展示会が適している。圧力センサーは、介護など今後の成長領域での利用が期待されるので、この分野のベンチマーキングをすることが望まれる。

#### 【ユニット戦略課題2】プリンタブルデバイス製造技術の開発研究

フレキシブルデバイスの省エネルギー・省資源・高生産性製造プロセス技術として、印刷プロセスに立脚したデバイス製造技術の開発を行い、特に、高精細・大面積・低温プロセスを目標に据え、実証デバイスの試作による実用化提案も目指している。

全印刷法によるフレキシブルデバイス製造のトータルプロセスを把握した上で、高度な製造技術の開発を行い、トップデータのみでなく信頼性など実用上の重要項目を押さえて推進していることを高く評価する。JAPER Aとの協働により、全印刷全自動連続一貫生産ラインを世界で初めて構築し、コストを見積もり、ボトルネックの抽出とそこへの対応策検討ができるようになった意義は大きい。産業化に向けて世界を先導しており、高く評価される。超高精細印刷技術については、光反応性表面を介在させる新たなパターンニング法により1  $\mu\text{m}$ 以下の線幅を実現し、また、新規スクリーンオフセット印刷法により膜厚3  $\mu\text{m}$ で線幅10  $\mu\text{m}$ の厚膜配線を作製するなどの成果を挙げ、企業への技術移転などの実績が高く評価される。脱酸素下のプラズマ焼成による印刷銅の低温バルク化技術も優れている。全体として、論文数や特許申請数が大きく伸びていることは、世界的に先行していることの表れである。

一方、開発している要素技術と製造ラインで必要とされる技術の間には部分的にずれがある。開発した技術を実デバイスに適用し、実用化に向けた検証を進め、産業界での利活用に進むことが求められる。プロセス技術の開発においては、メカニズムの解明も同時に進めることが望まれる。なぜなら、新規導入技術に対してはメカニズムを理解した特許は強いからである。

今後は、国内外の装置メーカーなどへのマーケティングを実施し、ユーザーを増やす活動を進め、業界標準化の一つでも多く結び付ける仲間作りが期待される。印刷プロセスにおけるメカニズム解明などの基礎的な研究も含め、世界をリードすることが期待される。微量の物質を逐次的に積層するときの界面の物理化学を理解することは、広い意味での3Dプリンタ技術にも通じるものであり、本研究センターの目標を超えたインパクトを持ち得るので、広い視野で研究を進めることが望まれる。

#### 【ユニット戦略課題3】有機エレクトロニクス材料の評価基盤技術の研究

有機半導体・導電体・強誘電体などの有機エレクトロニクス材料について、基礎物性・薄膜プロセス等の材料基盤技術及び評価・標準化・計測に関する基盤技術の開発を行っている。特に、プロセス適合性をもつ高性能材料の開発、材料の特質に立脚した革新的印刷プロセスの開発、及び高性能化に必要な微視的材料評価技術の開発を進めている。

研究センター全体の活動に最も資する計測・評価法を確立しようとしており、高移動度有機半導体材料の探索、有機強誘電体の薄膜印刷プロセス技術、有機薄膜トランジスタアレイの評価技術において着実に成果を挙げ、いずれの技術も的が絞られて来たので、今後の進展が期待される。特に、ベンゾチエノベンゾチオフェン(BTBT)分子誘導体の系統的な開発と評価により、高い移動度と高い熱安定性をもつ単結晶薄膜を実現したこと、印刷製膜可能なイミダゾール化合物とブレードコートとの組合せにより分極配向させた有機強誘電体膜の動作確認をしたこと、電荷変調分光イメージングによってトランジスタアレイの駆動状態を効率的に評価する方法を開発したことなど、基礎科学に近い部分で高い水準の学術発信を行いつつ、デバイス応用に向けたマイルストーン目標を達成しており、高く評価される。

ただし、こうした成果を研究センター全体のアウトカム目標にどう結び付けていくかが課題である。BTBT誘導体については、得られた溶解度と熱安定性は印刷用材料として十分なのかどうか更に検証する必要がある。薄膜の屈曲耐性や中高温領域での耐久性などを定量的に示して説得力を増す必要がある。

今後は、材料技術・評価技術とともに基礎科学としての基盤が確立しつつあることを踏まえ、JAPER Aとの連携も含めて、応用へ向けた方向性をより明確に打ち出すことが望まれる。有機半導体材料の駆動電圧を目標電圧まで低下させ、電子ペーパーなどの具体的なデバイスでの早期実証が期待される。有機強誘電体薄膜はユニークなテーマであり、記録保持のできるディスプレイなどの用途が考えられるので、産総研独自の提案が大いに期待される。

### 3. イノベーション推進への取り組み

JAPERと一体化した拠点が、企業や大学、技術研究組合などの研究開発のハブとして機能し、コンソーシアムを通じた技術情報提供、各種委員会への積極的貢献、共同研究等による技術移転など、全体としてよく目配りの行き届いた活動が継続的に行われており、高く評価される。研究センター内に技術マーケティングを担う企画チームを設けていることは、市場や想定顧客企業からの期待に応えるものとして評価される。国際的な知名度と地位を確立し、OE-A(Organic and Printed Electronics Association)等の海外組織に対する日本の顔として位置付けられ、また、国際標準化にも貢献している。

ただし、フレキシブルエレクトロニクスに対する漠然とした期待は大きいものの、エンドユーザーなどその恩恵を受ける人々までには浸透していない。また、拠点形成やハブ機能推進に関して、サービス関連企業の割合が少ないことが課題である。プロジェクトの目標と、ビジネスインキュベーションによりスピアウトする技術が必要とする数値との折り合いをどうつけていくかの方針も必要である。

今後、ますます応用分野を広げる努力が期待される。実社会での技術の使われ方をよく読むことは、スペックだけを追求するのではない研究を推進する上で重要である。よりユーザー側の視点に立ち、エンドユーザーとの直接的協力を一層推進するための方策として、宣伝やメディア対応の経験が豊富な人材を招き入れ、消費者向けの展示会でアピールすることなどが考えられる。ベンチャー企業の立ち上げや、中小企業の技術力向上の支援も期待される。

### 4. 研究ユニット運営の取り組み

研究ユニットのミッションが全研究員に浸透し、良好な研究ユニット運営が行われている。特に研究センター長以下の強いリーダーシップにより産総研内での異分野との様々な研究連携・融合を進めていることは、デバイスシステム、デバイス材料の融合化、プロセスの高度化につながり、高いレベルの用途開発が可能になると期待される。人材育成に関して、全研究員にグループ研究課題と個人研究課題を担わせ、世界トップ技術への挑戦的課題の推進を促すことで、高いアクティビティを引き出している。企業のOBなどをシニアアドバイザーとして招へいし、研究員の教育に当たらせていることは、経験豊富なシニア層の人材活用事例として評価される。

ただし、人材の外部への流出もあり、各研究員への負担が過重にならないよう配慮が必要である。外部からの人材登用について有効な手立てを講じないと、長期的に研究ユニット全体の戦力低下を招くおそれがある。

今後とも、所内連携や、ビジネスインキュベーション事業の仕組みは更に推進することが望まれる。対外活動専任者を置くことや、外部の専門家を活用することなど、研究者の負担にならないような広報活動の強化が望まれる。将来の更なる発展のために準備する萌芽的研究課題についても、実現した時の魅力とそれに必要な技術を明確にし、モチベーションを高めることが重要である。

### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目 (課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	T	評点
ユニット戦略課題1	フレキシブルデバイスの開発研究	1	A	AA/A	AA/A	A	A	4.2
ユニット戦略課題2	プリンタブルデバイス製造技術の開発研究	1	A	AA/A	AA	AA	AA/A	4.6
ユニット戦略課題3	有機エレクトロニクス材料の評価基盤技術の研究	1	A/B	AA/A	AA/A	A	A	4.1
戦略課題総合点								4.3
イノベーション推進への取り組み			AA/A	AA/A	AA/A	A	A	4.3

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A	A	4.0
イノベーション推進への取り組み	A	AA/A	4.3
ユニット運営の取り組み	A	AA/A	4.3
総合評点			4.3

## 第3章

### 3-1-22 先進製造プロセス研究部門

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

「最小の資源」「最小のエネルギー」「最小の廃棄物」で「最大限の機能・特性」を発揮する製品を「高効率」で作る製造プロセス技術(ミニマルマニファクチャリング)に関する研究開発を先導することにより、日本の製造産業の持続的発展(環境との調和と国際競争力の向上)に貢献する。また、中小企業など多数の企業の課題解決や人材を育成するための「ものづくり支援」ツールの開発と普及を行う。

#### 第3期中期計画課題

- ・ I-4-(1)-③ 「無機・有機ナノ材料の適材配置による多機能部材の開発」(Ⅲ-2-(1)-③へ再掲)
- ・ I-5-(1)-① 「多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術の開発」
- ・ I-5-(1)-② 「高性能セラミック部材と表面加工技術を用いた省エネルギー製造技術の開発」
- ・ I-5-(1)-③ 「資源生産性を考慮したエネルギー部材とモジュールの製造技術の開発」
- ・ I-5-(1)-⑤ 「製造分野における製品設計・概念設計支援技術の開発」
- ・ I-5-(1)-⑥ 「現場の可視化による付加価値の高い製造技術の開発」

#### 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

製造産業におけるグリーン・イノベーションによる新規需要創出のため、具体的な応用を定めた出口指向の課題(ユニット戦略課題1~3)と、多様な応用に適用可能な共通基盤技術開発(ユニット戦略課題4、5)に取り組む。省資源・省エネ型のオンリーワン部材技術と革新的システム設計・加工プロセス技術に重点化を図り、ミニマルマニファクチャリングの実現・技術体系構築を通して、省資源・省エネ・安全安心社会の実現に貢献する。

広範で個別的なプロセス各種技術を分かりやすく整理し、ミニマルマニファクチャリングの目標の下、明快なシナリオ・ロードマップを描いている。各研究グループの固有の方向性にミニマルマニファクチャリングというベクトルを加えることにより、研究開発の幅を広げており、高く評価できる。省資源・省エネ型のオンリーワン部材技術、革新的システム設計・加工プロセス技術について、それぞれ非常に高い水準の研究開発を行って目標を達成している。

ただし、産業界での環境問題への対応が早まってきている現状を考慮し、テーマに応じて研究を加速させる必要がある。各戦略課題の多様性を認め、それぞれにふさわしい評価軸を用意することも、各チームのモチベーションを高め、活力を維持する上で不可欠である。研究グループ間の連携を図る研究班の成果を検証し、次の体制に活かすべきである。

今後は、より顧客価値の側に重きを置いた開発テーマの位置付けを明確にすることが望まれる。実際にイノベーションを起こす可能性があるテーマが多く、技術シーズが豊富に認められるので、能動的なロードマップに変化させていくことを期待する。製造技術と材料技術、システムを更に融合して、新たな付加価値を生み出すことが望まれる。今後ますます重要となるグローバルな視点で研究テーマの位置付けを検討してみることも重要である。

#### 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

##### 【ユニット戦略課題1】高性能セラミック部材と表面加工技術を用いた省エネルギー製造技術の開発

製造産業における生産からリサイクルに至るプロセス全体の省エネルギー化を図るために、素材、機械等の基幹産業を対象とし、熱利用の高効率化、低摩擦化、長寿命化等を可能とする高性能セラミック部材の製造技術及び素形材への表面機能付与プロセス技術等の加工技術の開発に取り組んでいる。

従来の製造プロセスを革新するステレオフィブリックプロセスや低熱伝導付与による断熱部材の製造など、世界的に見てもユニークな着眼点と成果は特筆に値する。高性能工業炉に適用するために必要な低熱伝導率と高圧縮強度を兼ね備えた多孔質ムライトの開発、産業排熱を蓄熱するための熔融塩容器に適用するための多孔性セラミックスのニッケルコーティング技術の開発などの成果は、高く評価できる。熱のネットワーク輸送による工業炉の排熱利用の構想をまとめ、具現化する道筋を立てている点も評価できる。SiC/Cナノストライプ構造は、実用化に向けて耐久性の向上を図り、すべり軸受において20%の摩擦損失の低減という目標を達成した。この技術は既にコンロッド軸受への適用など機械要素への展開が視野に入っており、多くの鉄系の機械部品に適用できることから、運用時のエネルギーの低減に大変有効であり、大いに期待できる。

ただし、断熱性・軽量性部材は開発目標が絞りきれっていない。ナノストライプ構造の摺動部材について、

摩擦係数の低減効果が得られているが、実機への適用を試行し、実験室レベルと実機レベルでの性能を比較し、寿命予測も含めて信頼性を高め、エネルギー節減効果を明らかにする必要がある。

今後は、開発している技術による製造業の省エネルギー効果を自ら予測評価して技術の革新性を示すとともに、顧客価値を明確にして応用分野を具体化することを期待する。セラミック部材開発は、断熱性だけでなく、パワーモジュールへの適用を想定した高熱伝導窒化ケイ素の開発なども含め、総合的なサーマルマネジメントを課題とすることが望まれる。摩擦係数低減に関しては、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)系材料に対する優位性が産業利用上のインパクトになると考えられる。

#### 【ユニット戦略課題2】多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術の開発

多様なニーズに応え、かつ、部材・デバイス・製品製造に関する省資源・省エネルギーに貢献するため、必要な時に必要な量だけの生産が実効的に可能であり、かつ多品種変量生産、生産歩留まり向上に対応できる製造基盤技術を確立するため、高速オンデマンド微細パターン形成技術や欠陥検出技術、環境対応部材のオンデマンド成形技術などの開発を進めている。

微細パターン技術については、エアロゾルデポジション(AD)法、レーザー援用インクジェット(LIJ)法、塗布光照射(光MOD)法など、高度の技術が積み上げられ、いずれも世界を先導する研究開発である。LIJ法の適用を促進すべく、新しい微細配線の高速検査技術を開発したことも、高く評価できる。オンデマンドリペア技術は、顧客価値を明確につかんだイノベーション・イニシアチブとして高く評価する。オンデマンドプロトタイプング技術(薄肉複雑形状高品位鑄造技術)については、内部欠陥や変形の予測のためのコンピュータ支援エンジニアリング(CAE)技術や、砂型積層造形のための砂とバインダなどの材料技術の開発は大変重要であり、それらへの取り組みは評価に値する。

ただし、オンデマンドプロトタイプング技術のレーザー積層造形、三次元造形システムについては諸外国に比べて遅れている。製品指向の本技術ではどのような部品に適用するかが重要であるが、産総研独自の画期的な対象部品の提案がまだ見られない。現状の課題と可能性を明確にし、原料調整技術も含めた日本独自の技術展開が期待される。

今後、光MOD法などの優れた技術をいかに製品に適用し効果を生むかを検討する必要があり、幅広く日本の企業にアピールして応用技術を構築することを期待する。オンデマンドリペア技術は日本のエレクトロニクス業界の未来のプロセス革命を引っ張るイノベーションの実例となる可能性が大きいので、具体的な目標を掲げて取り組むことが望まれる。オンデマンドプロトタイプング技術については、これまで鑄造技術などで培った様々なノウハウを入れ込んだ日本独自のプロセスを明確化して、素形材系中小企業の底上げに役立つプロセス技術センター機能への展開を期待する。

#### 【ユニット戦略課題3】資源生産性を考慮したエネルギー部材とモジュールの製造技術の開発

資源制約を受けにくい材料を用いる独創的なものづくり技術により、太陽電池、固体酸化物形燃料電池、蓄電池、熱電変換、超電導、動力変換等にかかわるエネルギー部材・モジュール製造技術開発を進め、希少資源の使用量を少なくし、従来に比べて小型、軽量で同等以上の性能を実現する高度集積化製造技術や高スループット製造技術開発を展開している。

セラミックスに関する独自の基盤技術を最大限に活用した革新的な材料製造プロセスを開発しており、その活動状況は世界的に見てもユニークかつ優位性を十分に有していると評価できる。主要研究テーマの集積型マイクロ燃料電池及び高性能次世代蓄電池に関して、いずれも高度の実績を有し、企業との連携により実用化が大いに期待される。自動車の電動化に必要な技術として期待される次世代蓄電池については、高容量チタン酸負極材料、全固体リチウム二次電池のための高性能ガーネット型電解質材料、新構造マンガントタン酸化物正極材料など、多くの最先端技術開発を行い、目標は十分に達成された。新規技術のいくつかは希少資源の制約緩和と高性能化を同時に満たし、高く評価される。

ただし、電池関連技術については、世界的に研究開発が加速しており、電池技術の未来予測と当該材料技術との関連を示すことが望まれる。実用化に耐える性能軸でのポテンシャルを示す必要があり、例えば車載用では低温性能、大電流性能、耐久寿命、安全性などとエネルギー密度が両立できるのが課題である。

今後、異なる分野の融合や新しいプロセス技術の開発を含め、世界をリードする研究を持続することが望まれる。企業との共同研究開発は、先進的な価値があるならば技術者自身がマーケティングを行いながら製品化することが大切である。マイクロ燃料電池に関しては、ポータブル電源にとどまらず、本格的な発電システムの開発に進むことを期待する。次世代電池については、自動車メーカーの開発状況を勘案し、実用化に向けたシナリオの策定とメーカーと連携した開発体制、実用化試験などを期待する。

### 第3章

#### 【ユニット戦略課題4】無機・有機ナノ材料の適材配置による多機能部材の開発

セラミックス、金属、ポリマー、シリコン等の異種材料をナノからマイクロ、マクロまでのマルチスケールで融合させて適材配置し、従来の無機、有機等の単独材料には無い多機能を有する部材（ハイブリッドコンポーネント）を製造する技術の開発を進めている。

マイクロ波照射を利用した炭素繊維強化熱可塑性プラスチック（CFRTP）の高速成形技術について、新規フィラーにより樹脂内部の温度むらを低減するとともに、低熱伝導性 $ZrO_2$ の型により短時間での昇温・成形を実現したことは高く評価できる。これにより大型部品の高速成形加工への展開が可能となり、自動車等におけるCFRTPの利用拡大が期待できる。また、ナノ材料技術を活用した高機能材料への取り組みは新規性が高く、 $SnO_2$ 粒子膜上の $SnO_2$ ナノシートの形成による高感度な $H_2$ 、 $CO$ 、 $CH_4$ のマルチセンサーの開発、誘電体 $BaTiO_3$ の単結晶ナノキューブの秩序配列膜によるスーパーキャパシターのための巨大誘電率材料の開発など、優れた成果を挙げている。

ただし、CFRTP成形技術については、低熱伝導性の型の適用による冷却時間の増加、マイクロ波硬化の均一性など、より多面的な評価が必要である。個々の技術はまだ実用化前の研究段階にあり、「異種材料のマルチスケールでの適材配置」として共通化できる水準には達していない。全体的に、環境・エネルギーの観点、あるいはミニマルマニュファクチャリングにおける位置付けが希薄である。

今後、CFRTPの成形加工については、大型モデルでの検証を行って実用化開発を進め、ナノ多機能部材については、開発した方法が適用可能な材料についての確認を進め、技術の拡張を図ることが求められる。自動車業界に対しても大きく貢献できるよう、実用化に向けてのシナリオ策定、応用技術の検討、新たな課題（例えば繊維配向の影響や製造品質の確保など）への対応が望まれる。一般にハイブリッド材料は様々な組み合わせが可能であり、多機能材料開発のため今後とも種々の材料開発を期待するが、そのとき、環境材料、エネルギー材料など、方向性の集約が必要である。

#### 【ユニット戦略課題5】製造分野における製品設計・概念設計支援技術の開発

機械やシステムの基本設計に必要とされる材料・部材の加工に対する信頼性、機械寿命、リサイクル性を予測するために、実際の運用を想定した評価試験と計算工学手法を融合したトータルデザイン支援技術を開発している。また、構成材料、部材のプロセス技術、メンテナンス技術、環境負荷特性評価技術、収益性分析技術等を包含したトータルデザイン支援技術の開発により上流設計を強化し、製品設計時に必要となる情報・条件を確定するための設計手法・設計環境を構築している。

ベテランエンジニアが少なくなる現状において、上流設計フレームワークは、既存の知識・ノウハウを有効利用するシステムとして期待できる。デザイン・ブレイン・マッピング(DBM)と、1D-CAEを用いた材料・製品特性統合分析などを組み合わせ、不具合情報の早期発見と新製品のアイデアの創出のための設計トータル支援システムを開発したことは、これによって仮説・検証への深い思考展開の支援が可能となり、より実用的な支援システムの構築を可能にするという意味で高く評価できる。開発したツールを製品ライフサイクル管理などの事例に適用し、設計支援システムの有効性を実証しており、今後の展開が期待できる。

ただし、設計トータル支援システムとして構想されているものが、本当に全体として有機的なシステムになるのか、まだ検討が必要である。こうした支援システムの効果を明確に示すことは難しいが、例えば、思考時間の短縮や製品仕様の向上などの指標を示すことが考えられる。一方、利便性に相反する問題が顕著化するなどのリスクについても検討すべきである。

今後は、未来の顧客価値をつかむ方法論への展開に期待する。アイデア創出とその検証に資するシステムは、設計のフロントローディングで非常に重要であり、設計者にとってより使いやすいシステムの構築を期待する。当該システムにどのような情報をどれだけそろえればパフォーマンスが上がるかが示されれば、利用者にとって更に有用なシステムになる。利用者によってカスタマイズされるシステムであり、各用途に応じて作り上げる必要があることを認識して開発に取り組むよう期待する。

### 3. イノベーション推進への取り組み

当研究部門は材料と製造プロセスの分野におけるイノベーションハブの役割を果たしており、産業界を巻き込んだ多くの国家プロジェクトの立案と実行で中心的な役割を果たし、実用化を目指した共同研究も活発である。外部資金の比率は約3割と高く、外部組織との連携活動の実績は十分に認められると評価される。無機セラミックス材料の中心拠点としての役割を果たしており、先進コーティング技術プラットフォームの運営、ものづくり支援ツールの公開や企業への導入など、社会との連携、技術の普及に努めている。国際的な活動としては、海外の公的研究機関との連携や国際標準の提案を行い、アジアにおける重要な研究拠点としての地位を確立している。



ただし、全ての戦略課題において、自らの技術と世界の技術を、長所と短所の両面から定量的に比較し、位置付けを明確にする必要がある。国際競争力と言う観点では、厳しい競争の中でいかに日本がイニシアチブを発揮するのか明確な指針がなく、標準化に関しても日本の指導力が問われており、方針を明確にする必要がある。

今後は、プロセス技術に強い当研究部門が産総研のイノベーション・リーダーとなることを期待する。技術立国としての日本の立ち位置を考慮し、産総研として、日本の製造業が勝ち残るための戦略を明確にして、産業界の発展の方向を示すことが求められる。その上で、産総研は世界的な研究拠点として、国際的な研究開発競争において後れを取らないよう、海外企業との連携などについても検討すべき時期に来ている。

#### 4. 研究ユニット運営の取り組み

共同研究の件数、論文数、招待講演数、委員委嘱数はいずれも多く、日本の代表的な研究拠点として重要な情報発信を行っている。特許の出願件数と登録数はともに多く、産業基盤の発展に貢献する成果を挙げている。萌芽研究の推進などによる若手研究者の育成、国際ネットワークの構築による研究人材の育成、成果目標設定と支援を組み合わせる工夫などによって、研究部門の活性化を図っていることは評価できる。多くの研究者を産学官連携プロジェクトに参画させ、社会ニーズを明確に意識させることに努めていること、つくばセンターと中部センターに分散している研究部門がシナリオや方向性を共有する努力をしていること、研究班を設置して研究グループの横断的な連携を図っていることも評価される。

ただし、国際競争に対する運営体制が十分に整っていない。海外機関を参考に体制を整えることは良いが、日本の立場としてどうするのか、明確な指針が必要である。また、人材の流動化やフレキシブルな研究テーマの設定、組織の柔軟な変更も望まれる。シーズ研究への資金を増額して、若手研究者のモチベーションを向上させることも必要である。

今後は、研究分野間や地域間に垣根が生じないように、常にコミュニケーションの充実、研究の融合などに心がける必要があり、個人レベル、研究グループレベルでの協力体制が容易に構築できる組織であることが望ましい。産総研内のエネルギー技術研究部門やその他の研究ユニットも含め、分野間連携の取り組みを更に強化するよう期待する。また、大企業、中小企業、大学などとの更なる活動の場を通じた人材流動化も期待する。

#### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目(課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	T	U	評点
ユニット戦略課題1	高性能セラミック部材と表面加工技術を用いた省エネルギー製造技術の開発	2	A	AA/A	AA/A	A	AA/A	A	4.3
ユニット戦略課題2	多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術の開発	2	AA/A	AA/A	AA/A	AA/A	A	AA/A	4.4
ユニット戦略課題3	資源生産性を考慮したエネルギー部材とモジュールの製造技術の開発	2	A	AA/A	AA	AA/A	AA	A	4.5
ユニット戦略課題4	無機・有機ナノ材料の適材配置による多機能部材の開発	1	A	AA/A	AA/A	A/B	A	AA/A	4.2
ユニット戦略課題5	製造分野における製品設計・概念設計支援技術の開発	1	A	AA/A	AA/A	A/B	A	AA/A	4.2
戦略課題総合点									4.3
イノベーション推進への取り組み			AA/A	A	AA/A	AA/A	AA/A	A	4.3

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	B	A	3.5
イノベーション推進への取り組み	A	A	4.0
ユニット運営の取り組み	A/B	A	3.8
総合評点			4.1

## 第3章

### 3-1-23 サステナブルマテリアル研究部門

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

材料から素材、部材にわたる技術開発によって、社会の持続的発展を可能とする産業技術の確立に貢献することを目指す。具体的には、レアメタル等の金属資源の代替材料技術と使用量削減技術の開発、省エネルギーと快適性の両立を目的とした建築部材の開発、及び輸送機器の軽量化による燃費向上に資する軽量金属材料についての研究を行う。

#### 第3期中期計画課題

- ・ I-2-(1)-③ 「軽量合金による輸送機器の軽量化技術の開発」
- ・ I-2-(2)-④ 「省エネルギー型建築部材及び家電部材の開発」
- ・ I-3-(3)-② 「レアメタル等金属や化成品の有効利用、リサイクル、代替技術の開発」
- ・ IV-2-(3)-③ 「ものづくりを支えるデータベースの整備」

#### 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

資源供給の不安定化への対策として、①超硬合金工具やディーゼル用触媒などにおけるレアメタルなどの省使用・代替材料の開発を進めるとともに、省エネルギー社会の構築を目的として②調光窓材や調湿壁材・木質材料などの環境改善建築部材の開発と評価、及び③輸送機器の軽量化のためのマグネシウムなど軽量合金の特性・加工成形性の向上技術の開発を行い、産業への貢献と利用の拡大を目指す。

公共性という視点で掲げた上記の3つの長期的テーマは、製造業の基盤となる適切なものであり、日本の産業競争力を高めるうえで一定の貢献を果たした。材料を低炭素社会と結び付けて早くから取り組んだこと、及びレアメタル等の金属資源の安定確保に対する国の施策によく対応したことが評価できる。また、材料開発のポテンシャルを活かして磁性材料に関する研究センターを創出したことは、研究部門のアウトカムとして高く評価できる。

ただし、3つの戦略課題の相互関係がはっきりせず、研究部門全体として総合力が発揮できるには至っていない。材料開発をサステナビリティに結び付けるためには、他の研究ユニットとの積極的な連携が必要である。当研究部門の研究成果を受け入れて事業の根幹に据えている企業が少ないという意味では、産業化に結び付ける努力や、産業化実現のプロセスの検討がまだ不足している。

今後は、多元的なサステナビリティの視点での材料開発が必要であり、ライフサイクルアセスメント(LCA)などの評価手法研究との強い連携が望まれる。レアメタルやマグネシウムについては状況の変化に応じて柔軟な対応を考える必要があり、建築部材については多様な分野での使用を試みた方が良い。産総研内外の強力なパートナーと組んで次の新たな展開を図り、各分野の大手企業まで巻き込んだ技術移転・成果導入の事例を増やし、産業界にインパクトを与え大きなアウトカムを目指すことを期待する。

#### 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

##### 【ユニット戦略課題1】レアメタル等金属の省使用・代替材料の開発

限りある資源をより広く効果的に利用できる社会の実現を目指し、レアメタルの機能を代替できる材料の探索ないし構造の創り込みを中心に、低環境負荷・省エネルギーを出口とした素材・部材及び周辺技術の開発を行っている。

レアメタル危機に際して経済産業省や新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が描いた全体像に対し、産総研レアメタルタスクフォースの中核として、研究部門が持つ研究開発資源をいち早く的確に用いて対応し、優れた成果を得るとともに、その成果の一部は危機脱却に一定の貢献をした。国の研究所として重要な役割を果たしたと言える。具体的成果として、高温で耐酸化性に優れた新たな超硬工具材料TiC-FeAlを開発したこと、ディーゼル車用排ガス触媒の白金の使用量を50%低減する技術を開発したことなどが高く評価できる。

ただし、タングステン、希土類元素、白金族元素の削減に関する研究は実用化には今一步及んでおらず、中期計画の後半から行ったリサイクルに関する研究は、まだ実用化の観点からは課題が残っている。レアメタル対策という資源の観点は重要であるが、それだけを指標にしてもなかなか産業化にはつながらないことも事実である。開発に成功した代替材料が使われない原因をよく調べ、代替材料が優位になるような研究開発が必要である。

今後は、レアメタル対策について、技術目標の達成による定量的効果(各資源物質の国内使用量における有効利用の割合など)や定性的効果(資源外交問題への貢献や社会的インパクトなど)の想定を提示し、

日本の長期戦略と政策の立案に役立てることが望まれる。レアメタル回収技術も重要であり、その方向の研究開発での成果も期待する。レアメタル危機への当面の課題は一段落したが、本質的な解決はまだであり、特に地球規模で急増する人口に対して素材・材料を供給する際に省資源で済む材料の開発はこれからである。今後は「サステナブルマテリアル」としての他の指標（環境、エネルギー、コスト）と合わせて、真に優位性ある材料の開発を進める必要がある。

#### 〔ユニット戦略課題2〕省資源型環境改善建築部材の開発

本課題では、省エネルギーと快適性の両立を目的とした建築部材の開発を行っている。具体的には、調光窓材、木質材料、調湿材料、外壁材等の機能向上を図るとともに、フィールド実験棟を用いて実使用環境での省エネルギー性能評価データの蓄積を行っている。

アウトカムの設定は適切で、省エネルギー型建設部材のくくりで研究を進める試みは面白い。調光ミラーや調湿材料、保水・透水材料など、個々の研究課題は産総研オリジナルで、研究の水準は高く、アウトカム実現に十分に寄与する成果が出ている。調光ミラー、木材加圧成形技術、調湿材料ハスクレイ等についてそれぞれ実用化の目途である目標値をクリアしており、特に調光ガラスの性能はこの数年で格段に上昇した。一部の材料については実験棟（模擬住宅）において実環境に近い条件下で企業と連携して評価を進めており、着実に実用化・普及に向けた進展が認められる。建築用素材として実用化の時期に来ており、多くの企業から共同研究の申し込みを受けているのも評価できる。

ただし、それぞれ部材として優れた性能を示しているが、具体的な用途との間にまだ隔たりが見られる。調光ミラーや調湿材料など冷房に対する省エネルギー効果は、実験の結果では期待したより小さい。木質材料の流動成形技術は技術としては面白いが、熱抵抗は通常の木材よりはるかに劣るので、木製サッシ枠をアウトカムとするのはミスマッチである。総じて基盤技術の研究成果を企業に技術移転する境界での役割が弱い。実用化につながらない理由を検討するため、現場での課題やニーズなど、企業側からの反応を受け止める努力が必要である。建築業との連携は研究会やセミナーを通じて努力はされているが、まだ不十分で結果に結び付いていない。

今後、調光ガラスなどは建築部材としてよりも別な用途が先に開ける可能性がある。その他の材料も、コストパフォーマンス上昇のための研究を進める必要があり、デザイン志向も必要である。引き続き企業と連携して普及に向けた研究開発を進めることを期待する。模擬住宅だけでなく、ケアハウスや病院等のように対象者が長期滞在する公共施設等に協力してもらうことも有効である。住宅熱環境のシミュレーションは、実験棟での結果をつき合わせながら、より高いレベルの手法開発を進め、民間でも活用できるよう公開することを期待する。

#### 〔ユニット戦略課題3〕軽量金属による輸送機器の軽量化材料技術の開発

運輸部門のエネルギー消費における低炭素化を目的として、マグネシウム・アルミニウム等の軽量合金部材の利用拡大を可能とするため、これらの材料の機械的特性の向上を図り、特に、圧延板製造技術の開発や低コスト表面処理技術等の確立を目指している。

産総研中部センターの長年の研究開発成果を引き継いだ材料製造技術の地道な開発は特筆すべきもので、難燃性マグネシウム合金のピレット（鋼片）から最終部材までの加工技術開発を一連の技術として進め、関係企業群に影響を与えつつあることが評価できる。特に、マグネシウム合金の高温圧延法によりアルミニウム合金並みの高成形性を実現したほか、蒸気養生法により表面に耐食性皮膜を形成する技術は、従来から指摘されていたマグネシウム合金の耐腐食性向上に大きな貢献をする可能性が大きい。

ただし、航空機や自動車では炭素繊維強化プラスチック（CFRP）等の複合材料が先行し、マグネシウム合金は厳しい状況にある。本質的になぜマグネシウムの利用が広がらないのか、材料としてのマグネシウムの位置付けを明確にする必要がある。自動車部品として使用した場合、製錬からリサイクルまでを含めたライフサイクルで本当に省エネルギーになるかどうかの検討も必要である。マグネシウムの新しい需要喚起のための方策を企業と更に連携して進める必要がある。なお、熊本大学が開発した不燃性マグネシウム合金とのすみ分けを明確にし、互いに無駄の無い研究を進めることが望まれる。

今後は、国家プロジェクトを推進するだけでなく、実用化のための産業界への研究成果の普及・技術移転の拠点としての視点を一層明確にし、産総研らしさをアピールする必要がある。中小企業などへの技術指導を進めるとともに、マグネシウムやチタンを扱う大手企業に影響を与える存在になることが望まれる。最近、電極材料としてのマグネシウムの利用も注目されており、この応用に適した加工成形方法を開発することも一つの方向性である。マグネシウムが社会に受容されるために、資源開発から廃棄・リサイクルまでのエネルギー消費や安全性まで含めた総合的視点で取り組み、この分野のオピニオンリーダーとしての役割も期待する。

### 第3章

#### 3. イノベーション推進への取り組み

国家プロジェクトなどへの参加も多く、特にレアメタルに関する材料開発では国の技術開発を企業とともに支え、ある意味で大いに国策を前進させた。その取り組みをレアメタルタスクフォースとして他の研究部門と共同して推進したことは特筆に値する。特許登録、論文発表、学会発表などに加え、シンポジウムや展示会において対外広報活動を継続的に行い、社会的認知度を高めてきている。数多くの技術研究組合やコンソーシアム、戦略的基盤技術高度化支援事業(サポイン事業)などで民間企業と一体となって研究開発を進め、中部地域を中心に企業との連携、共同研究が増えていることは評価できる。

ただし、総数としての共同研究件数、企業との共同研究件数、企業からの資金受領額などの上昇傾向は見られない。成果の発信、産業界等への貢献などの努力は認められるが、まだ十分とは言えない。大量に使用される構造材料の生産が海外に移る中で、日本としては材料の高機能性、高付加価値化に向かうことになるが、ニッチになり過ぎないような注意も必要である。

今後は、戦略課題ごとにどのような方向で産業イノベーションを実現するか、検討チームを作って練ると良い。企業の研究所とも大学とも異なる立ち位置を確立し、全体戦略を練る必要があり、そのための人材育成も重要である。個人個人の突破力を高めるため、国内外の経済情勢や技術動向を学び、将来重要となる技術を見いだす力を養う努力が求められる。異分野の企業や組織との連携により、研究の流れの変化を誘導することも重要である。

#### 4. 研究ユニット運営の取り組み

外部資金獲得の努力、技術研究組合への参加、他の研究ユニットとの連携推進、若手研究者の海外派遣、挑戦課題の推進など、人材に限られる中でよく頑張っている。研究グループ長にある程度予算の使用を任せ、個々のモチベーションを高める努力がなされており、適切な運営である。レアメタルタスクフォースにおける情報の検討、及び研究協力は分野間連携として評価される。

ただし、個人のモチベーションを高めることと組織としての活動を強化することを一致させる必要がある。そのためには研究ユニット内の研究企画活動の活性化が必要である。産業界の当事者と話し合う機会を増やし、産業界側のニーズを抽出する方法を見いだす必要がある。また、特許の申請と国際誌への論文投稿を両立させる努力が必要である。

今後は、人材育成に関して、将来の行政ニーズを予見するための教育も必要であり、特に若い研究者は産総研全体のミッションである新製品、新産業創出などのアウトカム創出の重要性を理解する必要がある。そのためには、世代交代によって若手の活躍を引き出すことと、研究部門を越えた情報交換や共同研究を進めることが有効である。また、できるだけ地域の大学等との連携を強化し、人材交流が容易にできるような制度を作ることにより、優れた人材の確保につなげることが望まれる。

#### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目 (課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	T	評点
ユニット戦略課題1	レアメタル等金属の省使用・代替材料の開発	2	A	A	A	A	AA/A	4.1
ユニット戦略課題2	省資源型環境改善建築部材の開発	1	A/B	B	A	A/B	AA/A	3.7
ユニット戦略課題3	軽量金属による輸送機器の軽量化材料技術の開発	1	A	A/B	A/B	A/B	AA/A	3.8
戦略課題総合点								3.9
イノベーション推進への取り組み			A/B	A/B	A/B	A/B	B	3.4

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A/B	A/B	3.5
イノベーション推進への取り組み	A/B	A	3.8
ユニット運営の取り組み	A/B	B	3.3
総合評点			3.7

## 3-1-24 ナノシステム研究部門

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

最小単位のナノ材料の開発から、それらのナノ材料が複合・融合化された、より高度なシステムの開発を段階的に推進する。そのため、個別要素技術としてのナノ材料の開発だけではなく、これらをつなぐ理論及び計算シミュレーション、計測技術に基づく機能予測、ナノ構造形成プロセスの革新・最適化や劣化予測、及びナノ安全・リスクの視点等をフルに活用した研究活動を展開し、これらをテクノロジーブリッジとして重要視する。これらを横軸として他分野との積極的な連携を行い、ナノ構造体を最大限に活用した革新デバイスの構築を核とするオープンイノベーションを展開する。

## 第3期中期計画課題

- ・ I-4-(1)-① 「ソフトマテリアルを基にした省エネルギー型機能性部材の開発」(Ⅲ-2-(1)-①へ再掲)
- ・ I-4-(1)-② 「高付加価値ナノ粒子製造とその応用技術の開発」(Ⅲ-2-(1)-②へ再掲)
- ・ I-4-(1)-④ 「ナノ構造を利用した革新的デバイス材料の開発」(Ⅲ-2-(1)-④へ再掲)
- ・ I-4-(1)-⑤ 「材料、デバイス設計のための高予測性シミュレーション技術の開発」(Ⅲ-2-(1)-⑤へ再掲)
- ・ I-4-(2)-① 「ナノチューブ系材料の創製とその実用化及び産業化技術の開発」(Ⅲ-2-(2)-①へ再掲)
- ・ I-6-(3) 「先端科学技術のイノベーションを支える安全性評価手法」
- ・ II-1-(1)-① 「幹細胞等を利用した再生医療等に資する基盤技術及び標準化技術の開発」

## 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

5つのユニット戦略課題を設定し、その遂行にあたり、研究資源を「グリーンシステム」、「ITシステム」、「ソフトシステム」及び「テクノロジーブリッジ」の4つの領域(アウトカム)に配置・案分している。

研究ユニット全体を牽引するために、出口を見据えたシステムという概念を研究ユニットの名称にし、妥当なアウトカム目標が設定され、中長期的な出口をイメージしたロードマップが示されており、現時点の目標はおおむね達成されているものと評価できる。特筆すべき取り組みである「テクノロジーブリッジ」は着実に定着し、研究開発の効率化・迅速化、人材育成、アウトカム導出への寄与などが期待でき、多くの実績を挙げつつあることも認められる。

一方、個人で行う研究テーマとチームで行う研究テーマの関係が不明確であり、研究グループ間の協調の内容、シミュレーションの位置付けが見えにくく、もう一段踏み込んだ検討が必要である。また、研究ユニット内での成果の見える化と水平連携やボトムアップ研究班の取り組みが行われているが、これらの取り組みの結果の出口が明確に示されていない。また、各戦略課題のベンチマークは、比較対象の範囲や位置付けが曖昧で、技術の競争力を客観的に判断するには情報不足であり、短所も含めて適切にベンチマークすることにより、技術の補強や適用先の検討などを行い、技術を伸ばす戦略、方向性を模索する必要がある。

今後は、チームで行われる研究に資するエフォートと個人で行われる研究に供するエフォートの比率を整理し、その発展形を時系列に整理することが良く、更に横断的でシンボリックなテーマ(グランドチャレンジ)を強く打ち出すことが望まれる。

## 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

## 【ユニット戦略課題1】高予測性シミュレーション

企業からの受託研究、世界最高レベルの研究ポテンシャルを維持するためのシミュレーション基礎理論開発及びそれを用いた実験開発研究の先導を三つの柱として戦略課題研究を進めている。

計算シミュレーションの先端的な取り組みを行い、様々な国家プロジェクトにおいて信頼され活動が行われており、多様な領域をカバーし、外部との連携が有効に機能している点は評価される。また、非平衡伝導現象、電子励起ダイナミクス等、計算科学的な取り扱いが未知の領域に切り込んでおり、「テクノロジーブリッジ」としての役割を十二分に果たしている。

一方、研究テーマが重要かどうかの判断、特に実験系からの依頼が本当に本質を突いたものであるかの判定は、当事者だけで決めないようにする必要がある。また、産総研に対する期待は大きく、大学との技術的方向性の違いについてもっと明確にする必要がある。

### 第3章

今後、シミュレーション結果によりプロジェクトに対する貢献を示そうとするならば、最初に大きな流れを示し、目標に対してどこまで進んでいるのかを示して、外部の人間にも分かりやすくすると良い。また、研究成果を社会に還元する方法にはシミュレーションから得られた知見そのものを提示するほか、独立して利用することが可能なツール化やモデル式の提示等があり、産業への浸透性まで考慮して適切な還元方法を検討することを期待する。

#### 【ユニット戦略課題2】ソフトマテリアル

階層を超える自己組織化理論と階層シームレスのシミュレーション研究を統合的に活用し、革新的な材料やデバイスの設計開発を通じて次世代のグリーン・イノベーションに貢献する。

実験装置の開発、産業応用上重要な高速シミュレーション手法、材料開発や独自の評価装置の開発等、ナノレベルで機能発現するソフトマテリアルを基にした省エネ型機能部材の開発に向かって意欲的な研究が展開され、高度で着実な成果を挙げている。知財も獲得している。

一方、個々の技術が各々の出口に向かって技術開発を行っている分、戦略課題全体として何を狙って活動をしているのか見えにくい。また、比較的近い将来に実用化を目指すテーマについては、従来技術や競合技術との実用化視点でのベンチマーク（例えば、コスト、量産化可能性、環境への影響など）が必要である。カーボンナノチューブ(CNT)の分散技術は大変有用であるが、特定の用途に限られているので、同じコンセプトでもうひとつ別のターゲットに適用することを示し、広がる技術にする必要がある。

今後は、実用化が近いテーマに関しては、機能の優位性のほか、コスト、具体的な適用対象などについても関連の企業と検討し、ユニークで競争力のある技術に仕上げることを期待する。先端的なアウトプットが現われてきていることは良いが、出口目標として設定している「やわらかいロボット」への関連性・道筋が以前より曖昧になっており、ロードマップの再構築も必要である。

#### 【ユニット戦略課題3】高付加価値ナノ粒子

ナノ粒子合成・改質から塗布・パターニングまでを一貫してオンデマンドで必要量を生産する技術を開発することで、グリーンデバイス製造プロセスへの本格的な応用を図る。また、福島原発事故への対応として、ナノ粒子を用いたセシウム(Cs)回収技術を開発し除染事業の促進を目指している。

除染技術開発は時宜を得た対応であり、福島原発事故以前から取り組んでいた技術が適切に展開されている点が評価できる。また、ナノ粒子の連続合成技術が確立され、ロードマップに沿って計画が着実に達成され、成果の企業への移転も積極的になされ、実用に向け着実に進展しているものと認められる。

一方、全体に実用化を見据えた研究が多いので、ベンチマークは優位な点だけでなく、更に踏み込んで劣位な部分も含め、より客観的に、数値も提示して比較することが求められる。また、プロセス中心になっているように見えるが、ナノ粒子に関しては、用途と必要とされる特性を考慮して研究を進める必要がある。

今後、Cs回収プロセスは産業界との関係が重要となるだろうが、福島原発事故除染に対し、大きな貢献を期待する。ナノ粒子については、粒子の種類や用途が多岐にわたるので、産総研の担う範囲と確保すべき知財などを見極め、また、思わぬ所で用途開発が進むことがあるため、成果を積極的に発信して産業界を巻き込み、多様な応用技術が開拓されることを期待する。

#### 【ユニット戦略課題4】CNT・革新デバイス

金属型と半導体型の単層CNTの高効率・連続的分離技術、ナノギャップ不揮発性メモリ、及び近接場光一伝搬光変換を可能とするV字溝型ナノ構造について実用化を目標とし、そのための課題解決に向けて企業と共同で橋渡し研究を進めている。

低コスト、低消費電力、高効率革新デバイスのアウトカム目標に向けて、明確なロードマップが描かれ、それぞれの数値目標がおおむね達成されており、派生技術からも極めて先端的なアウトプットが生まれてきているものと評価できる。CNT金属型・半導体型分離技術で量産化を意識した研究が進んでおり、高分子熱電素子では高い熱電変換性能(ZT値)が得られている点などの成果が認められる。

一方、シーズ技術として開発してきたデバイス技術のいくつかは、基礎的な研究から次の段階へ進みつつあり、技術研究組合への移行等も含め、支援、加速する体制を検討する必要がある。性能、コスト以外にも環境影響、安全性などを含むより多面的なベンチマークを行い、実用化を進めることが求められる。

今後は、有望な結果が得られているCNT以外のテーマについても、戦略課題の枠を超えた活動で実用化に向け加速を図ることを期待する。

### 【ユニット戦略課題5】 バイオ、ナノリスク

再生医療などをターゲットとして、細胞の足場材料構築技術やそれを骨格として細胞を3次元培養する技術の開発、及びそれらの統合を行う。また、社会的関心の高いナノ材料の安全性に対し、高度なバイオセンサー・アッセイ技術を導入し、リスク評価と将来のリスク管理に向けた手法や技術の基礎研究も行っている。

少ない研究陣容でありながら、再生医療、単層CNTナノリスク、センサーチップと多岐にわたる分野で独自性と有用性の高い技術が創出されていることは評価できる。また、ナノ粒子の安全評価用試料を所内外に提供し、国研としての役割を果たしていると認められる。

一方、ナノリスク評価には公正さ、中立性が求められるので、公的機関が中心となって取り組むべき課題であり、産総研全体としてもっと強化することが求められる。また、研究員構成の変化の影響を受けないう、重要な技術やノウハウは、少なくとも複数の人で共有させるよう努力する必要がある。

今後、ナノリスク評価に基づき、リスクをどう管理するのが適切かについて、早期にガイドラインを提示できるよう関係機関をリードしていくことを期待する。また、開発された先端技術を統合して再生医療などのアウトカムに結び付けるためには、現体制の拡充が必要である。

### 3. イノベーション推進への取り組み

イノベーション推進に向けて、明確な「橋渡し」機能の強化が掲げられており、成果の見える化、ニーズ情報の収集、水平連携などのキーワードに込められた考え方もよく理解でき、国の省との連携や技術研究組合での活発な活動など、成果が着実に現われている点が評価できる。著名な国際拠点、アジアの研究拠点群などとの連携を着実に進め、中小企業との連携にも積極的に関与、努力している。

一方、多くの企業と連携しているが、投入資金の大小はその企業の本気度にかかわってくるものであり、1件あたりの企業資金が少額な点は問題で、テーマ設定の工夫などにより、規模を拡大する努力が必要である。

全体として、出口戦略を見据えた展開を図り、技術研究組合や他研究ユニットとの連携を拡大することを期待する。そのため、研究部門のシーズと、社会・産業からのニーズのマッピングを行い、出口を見える化し、所内外で共有する必要がある。

### 4. 研究ユニット運営の取り組み

ボトムアップ提案の採択、海外研究機関への派遣等による若手育成や、さらに若手を研究リーダーに抜てきする等、次世代経営層も含めた人材育成に取り組んでいる。研究ユニットが独自に発行する月刊技術情報誌などを通しての内外への成果発信は、社会ニーズ発掘ばかりでなく所内連携にも良い。

一方、ユニークな研究は小さなものでもしっかり育てる必要があるが、全体にテーマが小粒であり、統合、融合などにより大きなテーマに育てることが望まれる。

今後、テーマの進展によっては、適宜、研究部門を超えて他の関連部門へテーマごと移動し、更に実用化を加速するなどの仕組みや研究員の意識への働きかけが重要となる。

### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目 (課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	T	U	評点
ユニット戦略課題1	高予測性シミュレーション	2	A/B	AA	AA/A	AA/A	AA/A	A	4.3
ユニット戦略課題2	ソフトマテリアル	1	A/B	AA/A	A/B	A	A	A/B	3.8
ユニット戦略課題3	高付加価値ナノ粒子	2	A	AA/A	AA	AA/A	A	AA/A	4.4
ユニット戦略課題4	CNT・革新デバイス	1	AA/A	AA/A	AA/A	AA/A	A	AA/A	4.4
ユニット戦略課題5	バイオ、ナノリスク	1	B	A	A	B	A/B	A/B	3.5
戦略課題総合点									4.2
イノベーション推進への取り組み			A/B	AA/A	A/B	A/B	A	B	3.7

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
全体ロードマップ	B	A	3.5
イノベーション推進	A	A	4.0
ユニット運営	A/B	A/B	3.5
総合評点			3.9

## 第3章

### 3-1-25 ナノチューブ応用研究センター

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

これまで開発してきたカーボンナノチューブ(CNT)とグラフェンの用途開発を更に進め、日本の新たな産業創出に貢献するとともに、ナノチューブ材料の国際標準化を目指す。さらに、ナノチューブ・グラフェン材料を含むナノ構造体を対象とした超高性能計測・分析技術の開発を進め、物質の機能を原子レベルで解析する低加速電圧透過型電子顕微鏡を開発する。これらを通じて、世界をリードするナノカーボン材料の総合研究センターとして、日本の産業を支える科学技術の開発を強力に推進するとともに、世界をリードする意識の高い研究者を育成する。

#### 第3期中期計画課題

- ・ I-4-(2)-①「ナノチューブ系材料の創製とその実用化及び産業化技術の開発」(Ⅲ-2-(2)-①へ再掲)
- ・ IV-1-(2)-②「超高感度、高分解能透過型電子顕微鏡の研究開発」

#### 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

新産業創生が期待されるナノ炭素材料の代表であるナノチューブやグラフェン材料に着目し、これまで産総研において開発してきた単層CNTとプラズマ化学気相成長法(プラズマCVD)グラフェンを中心に、それらに高機能性を付加し、用途開発を進める。

CNTとグラフェンについて、これまでの世界最先端の成果を踏まえて産業創出のための用途開発を推進し、技術研究組合とナノカーボン実用化推進研究会を通じた企業及び学会との連携の強化や国際標準化など、包括的な活動を進めている。特にCNTのCVD合成技術について、産総研独自のスーパーグロース法や改良直噴熱分解合成(eDIPS)法の民間への技術移転を含めて、産業化までの道筋を開いたことは、産総研の成功モデルの一つであり、大いに評価できる。さらに、構造評価技術として透過型電子顕微鏡の高性能化を行い、低加速電圧で世界最高の空間分解能を実現し、学術的に世界をリードする成果も挙げており、非常に高く評価できる。

ただし、応用展開におけるポートフォリオ(既存材料の代替、新規材料の独自展開)を時間軸に沿って把握する必要があり、実用展開におけるコスト問題について踏み込んだ検討が必要である。産総研全体として、研究予算も含めて現在の規模が妥当かどうか、関連する組織・プロジェクトとの間でリソースは効率的に運用されているか、吟味が必要である。グラフェンについては、研究開始が世界の先端研究機関に比べて遅かったためにやむを得ない面もあるが、世界的視点での学術的・技術的到達度の面ではまだ物足りない。

今後、単層CNTの利用が拡大するにはまだ時間が必要であろうが、産業化が進まなければ本材料に関する内外の研究は縮小に向かうことが懸念される。企業への技術移転にとどまらず、産業技術として根付くまで指導性を発揮する必要がある。立ち上げるべきキラーアプリケーションに注力して進めるとともに、これまでサンプル提供したものの実用に至らなかった案件についてその要因を分析し、技術の適用範囲を広げる努力が必要である。世界を代表するナノカーボンの研究センターとして、学術的にも一層深みのある研究を展開し、息の長い基礎研究も着実に進めることを期待する。

#### 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

##### 【ユニット戦略課題1】カーボンナノチューブの実用化・産業化・標準化のための研究開発

スーパーグロース法やeDIPS法をもとに、用途に応じた最適な形状と特性を持つ単層CNT合成技術と、低コスト化のための量産基盤技術を開発している。また、新しいCNTの形態・構造を利用した、電気二重層キャパシタや導電性ゴムなどの工業用製品や、CNTを用いた次世代医療診断システムなどの用途開発を進めている。さらに、CNTの品質評価法や凝集状態評価法を開発し、国際標準化に取り組んでいる。

スーパーグロース法において製造コストを低減させる量産技術、直径制御技術及び分散技術を開発し、多数の企業にサンプル提供し、ゴム複合材料やマイクロキャパシタなど多くの応用技術を開拓し、民間企業に単層CNT生産ライン構築を決断させるまでの技術開発を行ったことは非常に高く評価できる。eDIPS法において高品質の連続成長技術・作り分け技術を開発し4社に技術移転するとともに、他グループの半導体金属分離技術を活用して塗布型トランジスタに適用し、従来に比べて高い均一性を実現し、実用デバイス作製の可能性を示した点は高く評価できる。ナノチューブの長さ、凝集状態、蛍光標識等の評価方法の開発とその国際標準化の活動も成果普及を確実なものにしていくための有効な取り組みである。



ただし、スーパーグロース法に関して、やはりコストの問題は大きいため、更なる検討を早急に進めるべき段階である。量産プラントで製造されるサンプルが有効に活かせるよう、用途の拡大を一層図っていく必要がある。

今後は、民間企業への技術移転を更に推進するとともに、有望な用途に対してリソースを追加投入し、CNT応用製品の真の実用化を実現するまで指導性を発揮することを期待する。標準化については、応用製品の商品化に照準を合わせて進める必要がある。長期的には、単層CNT以外への展開や、新たな核となる研究テーマの探索も必要である。

#### 【ユニット戦略課題2】 グラフェン系ナノ材料の研究開発

プラズマCVD技術の向上（高性能ドーピング技術など）による高品質グラフェンの作製技術の確立と、フレキシブル透明導電フィルム作製技術（高品質転写法など）の開発を行っている。これと並行して、グラフェンの電気的、光学的、熱的、機械的、化学的な諸特性を工業的に利用するための検討と潜在的応用ターゲットの探索を行っている。

大面積グラフェン合成技術に関して、マイクロ波プラズマCVD法の基材温度を適切な高温にするなどの改良により、電気伝導性と層数制御性を高め、電気抵抗、光透過率などの目標値を達成した。短期間で実用検討に適用できる水準のものが開発されており、将来的に圧倒的な低コストが期待できるロール to ロール連続成膜の可能性が見いだされていることも評価できる。透明グラフェンヒーターや、有機LED用電極としての利用の可能性、電磁波遮蔽膜としての効果の確認など、用途開発に向けた努力も評価される。

ただし、実現されたグラフェンの品質はまだ世界のトップクラスではない。更なる特性改善が必要であるが、改良されたプラズマCVD法は、独自の低温合成という特長を失い、不純物炭素源による制御性のない方法であるなど、課題を内包している。トータルプロセス設計として低温製膜技術を活かす形での工夫が必要である。なお、知財についてはアライアンスなどの戦略を検討する必要がある。

今後は、フレキシブル有機薄膜上へのロール to ロール成長・転写技術の開発など、他の合成法をしのぐ高品質グラフェン成長法とそれに適したデバイスの開拓が望まれる。世界的な競争が激しくなる中で、競合技術との差異を明確にし、本技術の強みが最も活かせるよう、ターゲットを絞った積極的なユーザー評価が必要である。たとえば、透明性と電磁遮蔽性の両方を活かす用途や、ウェアラブルデバイスの用途などについて、ユーザー企業との連携を図り、早期実用化を目指す必要がある。なお、並行して研究開発しているナノ結晶ダイヤモンド薄膜については、位置付けと優先度の明確化が求められる。

#### 【ユニット戦略課題3】 世界最高性能計測・分析技術の研究開発

ナノカーボン材料の3次元イメージングを実現するため、高次幾何収差及び色収差を同時に補正する低加速高性能透過型電子顕微鏡を開発し、新設計モノクロメータの搭載によるエネルギー分解能の向上を目指している。また、低次元ナノ構造体の力学特性・輸送特性と欠陥やドーパント（添加された不純物）など原子レベルの構造との相関を解明するとともに、単分子・単原子からの発光を利用した高感度分析により、従来の分析では困難であった触媒元素などの超高感度検出を目指している。

30 kVの低加速電圧で世界最高性能の空間分解能（波長比17  $\lambda$ ）という革新的評価・解析技術を実現するとともに、開発した装置を用いて国内外の多数の研究機関と共同研究を実施し、単原子層構造物質の二硫化モリブデンにおけるドーパント単原子の同定やグラフェン成長過程の観察など、ナノスペースの材料科学において世界トップクラスの学術的成果を多数挙げたことは、非常に高く評価できる。本研究センターの世界的な競争力に厚みを加えるものとなっている。

ただし、当研究センターのミッションである実用化開発における位置付けが明確ではない。研究成果もナノ構造の観察が主体であり、成長機構や欠陥生成機構の解明など、材料開発に結びつく成果が望まれるところである。

今後は、空間分解能とともに時間分解能の高度化にも努力し、「世界最高性能」を維持し続けることと、それが日本全体の電子顕微鏡技術の底上げに結び付くような仕組みが望まれる。様々な分野の研究者との共同研究により、基礎科学の進展に引き続き貢献することが期待されるが、本技術の特長をできるだけ前面に出せるような対象を選択し、よりの確な分野への応用の拡大を図る必要がある。特に、材料開発において開発側のニーズに応えるとともに、更に踏み込んで開発指針を与える提言を示していくような形になることを期待する。

### 3. イノベーション推進への取り組み

多数の技術移転、試料提供、量産実証設備の稼働と企業への貸与など、単層CNTの用途開発を促進するための多大な努力を行い、連携先企業において産業規模の生産施設設置を決断させたことは高く評価され

### 第3章

る。技術研究組合との一体的な研究開発、ナノカーボン実用化推進研究会やグラフェンコンソーシアムの設立を含め、ナノカーボン産業の創出に向けた産学官連携の意欲的な取り組みが行われていること、また、技術研究組合と一体的な体制で研究開発を推進する中で、産業人材育成に貢献していることも大いに評価される。

ただし、新産業創出に向けてまだ楽観的になれる状況ではないことも確かである。国際標準化については、その効果を見極め、戦略的に取り組む必要がある。電子顕微鏡技術についても、何らかの計測コンソーシアムや研究会など、利用普及拡大のための産学官の取り組みが望まれる。

今後は、将来に向けて最も重要と考えられる応用分野について産学官連携活動を強化し、ナノカーボン材料が産業技術として根付くまで指導性を発揮することを期待する。技術的な価値だけでなく、産業的価値・社会的価値をもっと強く発信する必要があり、持続可能社会にも大きく貢献する技術体系としての位置付けを明確にするよう期待する。

#### 4. 研究ユニット運営の取り組み

研究者の創意を活かす組織運営がなされており、性格の異なるチーム間に望ましい協調と競争があり、それにより高い研究水準を維持し、多くの外部資金獲得につながっていることが高く評価される。さらに、国内外の先端技術者との交流を積極的に推進し、多くの優れた若手・中軸研究者が育っていること、また、安全科学研究部門と連携してリスク評価に貢献していることも評価される。

ただし、技術研究組合や関連プロジェクトとの関係が複雑で分かりにくいことに加え、産総研内には当研究センター以外にも類似の研究を行っているグループが多くあり、全体としてのリソースの規模や効率的な使用について再確認が必要である。

今後は、これまでの研究ユニット運営の哲学を引き継ぎつつ、本分野に関する世界の総合研究センターを目指した施策を更に期待する。特に、人材育成については、求める研究者像を明確にし、より効果的な取り組みを期待する。

#### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目(課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	評点
ユニット戦略課題1	カーボンナノチューブの実用化・産業化・標準化のための研究開発	1	AA	AA/A	AA/A	AA	4.8
ユニット戦略課題2	グラフェン系ナノ材料の研究開発	1	A	A	A	AA/A	4.1
ユニット戦略課題3	世界最高性能計測・分析技術の研究開発	1	AA	A	AA/A	AA/A	4.5
戦略課題総合点							4.5
イノベーション推進			A	A	A	AA/A	4.1

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A	AA/A	4.3
イノベーション推進への取り組み	AA	AA/A	4.8
ユニット運営の取り組み	A	A	4.0
総合評点			4.4

## 3-1-26 計測標準研究部門

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

我が国の経済活動の国際市場での円滑な発展、国内産業の競争力の維持・強化及びグリーン・イノベーションとライフ・イノベーションの実現に貢献するため、計量の標準の設定、維持、供給、計量器の検定、検査、計量標準にかかわる研究、開発、及びこれらに関連する業務、並びに計量に関する教習を行う。その際、メートル条約及び国際法定計量機関を設立する条約のもと、計量標準と法定計量に関する国際活動において我が国を代表する職務を果たす。

## 第3期中期計画課題

- ・ IV-2-(1)-① 「スペクトルデータベースの整備」
- ・ IV-2-(1)-② 「熱物性を中心とした材料計量データベースの整備」
- ・ 別表3-1-(1)-① 「新エネルギー源の利用に資する計量標準」
- ・ 別表3-1-(1)-② 「省エネルギー技術の開発と利用に資する計量標準」
- ・ 別表3-1-(1)-③ 「バイオマス資源の利用技術に資する計量標準」
- ・ 別表3-1-(1)-④ 「資源再利用システムの信頼性評価に資する計量標準」
- ・ 別表3-1-(2)-① 「医療の信頼性確保に資する計量標準」
- ・ 別表3-1-(2)-② 「食品の安全性確保に資する標準物質」
- ・ 別表3-1-(2)-③ 「生活環境の健全性確保に資する計量標準」
- ・ 別表3-1-(3)-① 「国際通商を支援する計量標準」
- ・ 別表3-1-(3)-② 「ナノデバイス、ナノ材料の開発と利用に資する計量標準」
- ・ 別表3-1-(3)-③ 「ロボットシステム利用の安全性確保に資する計量標準」
- ・ 別表3-2-(1) 「国家計量標準の維持、供給」(計量標準管理センター)
- ・ 別表3-2-(2)-① 「省エネルギー技術の利用を支援する計量標準」
- ・ 別表3-2-(2)-② 「産業現場計測器の信頼性確保に資する計量標準」
- ・ 別表3-2-(2)-③ 「中小企業の技術開発力向上に資する計量標準」
- ・ 別表3-2-(3) 「計量標準政策に関する調査と技術支援」(計量標準管理センター)
- ・ 別表3-2-(4) 「計量標準供給制度への技術支援」(計量標準管理センター)
- ・ 別表3-2-(5) 「計量トレーサビリティ体系の高度化、合理化」
- ・ 別表3-3-(1) 「法定計量業務の実施と法定計量政策の支援」(計量標準管理センター)
- ・ 別表3-3-(2) 「適合性評価技術の開発と工業標準化への取組」(計量標準管理センター)
- ・ 別表3-4-(1) 「次世代計量標準の開発」
- ・ 別表3-4-(2) 「計量標準におけるグローバルな競争と協調」(計量標準管理センター)
- ・ 別表3-4-(3) 「計量標準分野における校正、法定計量分野における適合性評価の国際協力の展開」(計量標準管理センター)
- ・ 別表3-5-(1) 「計量の教習」(計量標準管理センター)
- ・ 別表3-5-(2) 「計量の研修と計量技術者の育成」(計量標準管理センター)

## 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

計測の信頼性のトレーサビリティの源泉となる最高精度の国家標準を開発し、国内のユーザーに提供するとともに、技術イノベーションを支える先端的な計測機器及びものづくりと生産性向上のための計測技術の開発、並びに知的基盤としてのデータベースの構築を担っている。

国家計量標準の開発・設定・供給を的確に進めるために、産業界のニーズを反映した整備計画を作成し、着実に進捗している。整備した計量標準は、範囲や精度等の高度化が進められるとともに、計量法トレーサビリティ制度(JCSS)を始めとする適合性評価制度で活用されることでアウトカムが確保されている。また、民間の校正技術の向上や計量トレーサビリティ確保への活動も行われている。国際的に協調した基盤技術の開発や標準化の国外委員活動は、国際貢献から望ましい取り組みである。

一方、担当する計量標準が縦割りになっており、戦略課題としての統合的な運営が見られない。イノベーション創出への寄与やアウトカムに至るシナリオを具体的に示し、開発目標のニーズの明確化が必要である。また、PM2.5や福島原発事故対応等で環境問題が注目されている時期に、環境関係の計測への対応が不足していた。厳密な計測より迅速さが求められていたことも認識する必要がある。人員面、予算面の制約もあり、計量標準の開発、維持、供給に追われているが、計測技術を産業界の諸課題や他分野の研究開発に活かしていくことも期待される。

## 第3章

今後、計量標準整備の総括を全員で行い、計量標準開発の選定基準を明確にし、目標や課題を共有する必要がある。計量標準という科学技術の性格から課題設定を検討し、長期的な視野を持って、全研究室が活性化して計量標準整備にあたる必要がある。また、校正事業者等の活用を進め、産総研として維持供給する標準の見直しも必要である。計量標準の成果普及を図る場合、産総研内外の他機関や工業会などとの連携拡大が望まれる。

### 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

#### 【ユニット戦略課題1】グリーン・イノベーションの実現を支える計量標準の整備

省エネルギー技術や新燃料等の開発・評価を計量の面から支えることを目的として、4つのサブテーマ「新エネルギー源の利用」「省エネルギー技術の開発と利用」「バイオマス資源の利用技術」「資源再利用システムの信頼性評価」に資する計量標準の開発研究を進めている。

環境保全を意識した産業発展が求められる中で、再生可能エネルギー利用や資源再利用の観点から目標を定めて研究及び標準整備に尽力しており、多くの成果を挙げている。論文等の公表も積極的に進め、標準のレベル、研究のレベルとしても、世界的な水準に達している。キャパシタ、気体流量、高圧力、高圧ガス流量等の標準が加速的に開発され、標準の国際同等性を確保するために国際比較を行っている。LEDに関してはJIS試験事業者認定制度(JNLA)の試験も開始され、円滑な発展が期待される。

一方、物理量、化学物質ごとに標準開発が進められており、ユニット戦略課題としての管理が希薄である。グリーン・イノベーションを支える標準は何かという分析を行い、開発分野を決定するアプローチが必要である。無機化学標準、有機化学標準はニーズが高いので加速することが望ましいが、標準の重点領域は研究現場と意識を共有することが不可欠である。ロードマップは、開発した技術の現場での使われ方やその効果が見えにくい。新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)プロジェクトの水素ステーション等、他機関との連携を示し、全体の中の位置付けが必要である。

今後、日本をリードする研究課題が多いので、新たな課題発掘や標準の円滑な社会実装を図るために、関連する所内外機関との連携拡大が望まれる。ヒアリング調査を積極的に行い、産業界のニーズを的確にとらえて、次期の目標や課題を設定する必要がある。可搬型蓄電池評価装置のように、現場での使用を意識した展開が今後ますます重要になると思われ、この路線も継続が望まれる。評価手法を国際標準にする戦略的な活動や、国際連携の一層の拡大と国際先導が期待される。

#### 【ユニット戦略課題2】ライフ・イノベーションの実現を支える計量標準の整備

ライフ・イノベーションの実現に向けた諸施策を支える知的基盤としての計量標準の整備を担い、医療分野における超音波及び放射線の標準の研究、検査医学や臨床検査を支える標準物質の開発、食品の安全性確保に資する標準物質と技能向上支援の研究、及び生活環境や地球環境をモニターするための標準ガスや標準溶液の開発を進めている。

他研究ユニットや他研究機関との連携が着実に実行され、成果の公表も継続して行われている。標準物質は、食品安全、環境関連、臨床試験関連の開発に重点化され、標準の策定や検討が適切に推進されている。数多い標準物質の中で開発対象が明確化され、今後の取り組み方を示している。水質基準項目及び標準物質の状況は評価できる。水道法改正へ迅速に対応し、事前に技術的側面からの助言、サポートができています。分析技能向上支援プログラムにより他機関の技術向上を図っている。

一方、一度、経産省、厚労省、農水省などが進める計量標準をまとめて評価し、今後の参考にする必要がある。健康医療に関連する課題は、他研究ユニットや薬事関連機関との連携拡大が望まれる。臨床検査への対応では、今後ニーズが出てくるにしても、フェーズごとのターゲットの設定が望まれる。福島原発事故対応の標準物質は、迅速性の欠如や供給する核種の不足等、社会的貢献の面が不足している。超音波と放射線の標準は、現場の医療機器の安全性等、医療分野での位置付け、重要性を明確にする必要がある。

今後、健康、医療、食品、インフラ、生活就労環境などで広範な計量標準、工業標準が必要となる。各業界のヒアリング調査を行い、選定理由、基準を明確にし、次期の目標や課題を設定する必要がある。その際、海外の標準の国内利用も視野に入れて計画することが望まれる。対象が膨大な標準物質は産業・社会ニーズに対応した重点化が不可欠である。食品安全など、他研究ユニットと協力を明確にし、隙間がないように一体化した研究が期待される。標準化の迅速な推進も求められる。所内外の関連部署との連携拡大を図る必要がある。

#### 【ユニット戦略課題3】産業の国際展開を支える計量標準の整備

先端産業において必要不可欠あるいは先端産業が加速されるような計量標準として、3つのサブテーマ

「国際通商を支える計量標準」「ナノデバイス・ナノ材料の開発・利用に資する計量標準」「ロボットシステム利用の安全性確保に資する計量標準」を設定し整備を進めている。

大型産業の国際展開は我が国にとって極めて重要である。電磁波、ナノテク、ロボットなどの主要課題を設け、ニーズに応える先端的な標準供給がタイムリーかつ着実に実施されている。産業界と密接に連携を進め、ナノ粒子計測システムのコンソーシアムを立ち上げるなど、標準開発と標準化を同時に進めている。課題であった電磁波標準がほぼ抜けのない形で整備され、電磁波規制への対応も的確に行っている。また、当初計画にない計測用X線CTの開発を民間と協同で行い、国際標準化を進めている。

一方、国際通商、ナノテク、ロボット分野の必要な技術はかなり多く、早期に対応すべき課題と優先度及び各国の現状を整理しておくことが必要である。当該分野の標準の必要性が十分に分析されていない。振動加速度、トルクの標準を生活支援ロボットの安全性に関連させる必要性を明確にする必要がある。推進する標準化課題に対してアウトカム導出シナリオ及び各標準の必要性や位置付けを明確にする必要がある。対応する研究室・研究員の規模に比べて、アウトカムが十分とは言えない。

今後、産業界と連携して、ニーズに合った開発を迅速にできるような予算配分と重点化が望まれる。円滑な国際通商のために、標準化活動の途上国支援強化や米国以外との協同開発も望まれる。ナノ粒子計測システムではニーズに応えた製品開発を積極的に行う必要がある。高周波標準は、周波数の広帯域化に伴い、産業界と連携し、必要性を十分評価して範囲を拡張することが求められる。産業育成のために、ロボット関連分野など、所内外における他研究分野との連携拡大が期待される。

#### 【ユニット戦略課題4】標準の高度化と次世代標準の開発

国家計量標準の高度化と国内の計量トレーサビリティ体系の構築のため、標準供給範囲の拡大、合理的な供給方法の開発、計量標準と規格の組み合わせによる信頼性の向上、次世代の標準となる技術の開発を行っている。

計量標準の範囲が拡大され、技術マニュアル等も数多く整備されてきた。次世代標準の開発にも積極的な点は高く評価できる。光格子時計、アボガド定数等、長期に取り組んでいる課題が着実に前進しており、世界的にリードする成果が出ている。秒の再定義、質量の単位の量子的定義に向けて期待が大きい。企業連携、技術移転、成果公表も積極的に行われている。モジュール型電気標準器等は、標準の利用に大きな改革をもたらす。定量核磁気共鳴(定量NMR)は標準物質の生産性を高めるものとして画期的である。

一方、先端技術を集積した重要な課題であるため、単電子ポンプデバイス等の最先端の技術を、論文も含め広く公表する必要がある。また、レーザー技術の進歩は目覚ましいので、ニーズを調査して、積極的に中小企業への貢献が望まれる。標準供給は、基本的なミッションであるがゆえに、その高度化の判断が難しくなる。量の拡大に伴い、資源投入の選択プロセスを明確にする必要がある。次世代標準は、再定義の必要性と国際的な存在感や貢献について明確にする必要がある。

今後、次世代技術開発では健全な国際競争とともに国際共同開発も重要であり、大学等との連携により高度な研究を数多く行うことが望まれる。また、開発は長期にわたるため、全てに投資することは困難であり、重点的な取り組みが不可欠である。SI単位定義改訂時期が数年後に迫っており、一層の努力が期待される。標準供給の効率化は、限られたリソースで広く産業界に標準を普及させるために重要な課題である。想定アウトカムを様々な業界に開示するなど、産業界との連携強化や、更なる改革、開発が期待される。

#### 【ユニット戦略課題5】法定計量と工業標準化の推進

消費者が身近に接する広範囲な計量器の信頼性を確保するため、関連する工業標準化の推進や効率化等の改善、及び新型計量器や内蔵ソフトウェアに対応する技術開発を実施している。

ロードマップで指定した5つのテーマを着実に進め、目標を達成している。国として法定計量の維持管理体制の構築は重要である。人、予算の制約がある中で、型式認証等の業務を着実に進めている。品質管理システムの確立、技術基準のJIS化やソフトウェア対応も進めている。関西センターの移転も大きな混乱なく円滑に実施された。工業標準化、国際規格への対応も十分になされている。ISO/TC8会議幹事国の引き受けや、コンビナー6名の増加は評価できる。

一方、我が国の計量法の体制は、その維持に困難さが増している。産総研も設備老朽化への対応やソフトウェア増大への人材育成への対応が必要である。国際標準化は、日本が有利に立つISOへの提案など、迅速な技術開発と予算確保が必要である。ロードマップには、国際、政策と中小企業貢献とを分けて、開発目標を描く必要がある。

今後、計量法に関して、本研究部門は、技術的基盤を有し実質的に日本で最も蓄積がある組織として、経産省と連携しつつ、その抜本的な改革に積極的な役割が期待される。不確かさ評価を計量法に取り入れ

### 第3章

ることが望まれる。今後は、産業のニーズに合わせて課題を整理し、技術開発と工業標準化の目標を明確化する必要がある。認証も含め、国内の体制整備への寄与も期待される。

#### 3. イノベーション推進への取り組み

標準整備計画のニーズ調査を適確に行い、標準供給を組織で徹底している点は評価される。JCSSへの参画も標準を社会へ普及する上で有効に機能している。国際度量衡委員会、国際法定計量会議及びアジア太平洋地域機関において、存在感を示している。アジアの計量標準機関との協同、ナノ計測コンソーシアムや地域イノベーション創出共同体の整備などへの尽力も評価できる。薬事法や水道法の改正やLED照明の認証等に貢献をしている。有機化合物スペクトルデータベースは貴重な社会的資産となっている。

一方、地域イノベーション創出共同体形成事業における計測の高度化や信頼性確保の活動については、公設試や産業センターだけではなく多くの大学や研究機関を巻き込んだ拠点形成作りを行い、活性化することが期待される。優れた標準技術を展開するには、成果のアピールが望まれる。開発項目は開発と撤退の時期の戦略を立て、必要とされる時期を逃さないようにする必要がある。材料データベースは民間と比較してどこまで整備するか議論が必要である。タイに大きな貢献をしたが、アジア諸国の計量標準整備に向けて、更に積極的な役割が期待される。

今後、社会貢献を促進するために、産業界や一般に向けて定期的に成果を公開するとともに、セミナー、講演会、展示会などの広報活動の推進が望まれる。縁の下の力持ちにとどまらず、計量分野にイノベーションを起こすためのプロジェクト等の取り組みや技術発信が期待される。標準化では、産業や社会に与えるインパクトを考え、不十分な内容を顕在化させて対策をとる必要がある。計測、分析のサービスが増えているため、信頼性の確保のために、計量標準管理センターが産総研全体の仕組み作りにも貢献する必要がある。

#### 4. 研究ユニット運営の取り組み

国家標準の開発、供給というミッションを根幹に置き、計量標準整備計画を策定し、供給維持を着実に推進することにより国家標準機関としての内容を整備してきている。メートル条約下の諮問委員会に対応した科室制のもとで、資金獲得、内部人材育成、所内連携・分野融合、挑戦課題推進等の取り組みを行っており、フォローすべき領域はもれなく対応できている。計量標準と研究開発の両者を各自分担し、人事、個人評価などの問題点が整理されており、柔軟な運営が行われている。

一方、全員との意見交換やディスカッションの場を年に何回か持ち意識の共有を図る必要がある。戦略課題だけでなく、科室の評価を適切に行い、組織、人材に関してPDCAサイクルを回す必要がある。リソースに制限がある中で、国家標準を維持、発展させていくためには、人事交流、外部の機能や資金を活用していくことに一層の充実が必要である。計量標準の技術継承のために、若手の育成への取り組みが期待される。計量標準の供給体制が構築される一方で、研究のポテンシャルの向上への取り組みが望まれる。

今後は、技術、産業、社会の側面にも大きなインパクトを示していく必要がある。設備、施設の老朽化対策を含め、資源確保には、産総研、経産省、産業界の理解、支援が望まれる。標準整備は使用実態を精査して、今後の開発の方向を検討することが期待される。国民の安全安心、産業育成に寄与する標準化もスピード感が求められる。研究者の専門分野を広げて、所内連携、外部機関、大学、国際的連携につながる主導的な課題設定や体制作りが期待される。

#### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目(課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	T	評点
ユニット戦略課題1	グリーン・イノベーションの実現を支える計量標準の整備	1	A	A	A	A/B	B	3.7
ユニット戦略課題2	ライフ・イノベーションの実現を支える計量標準の整備	1	A	A	A	B	A/B	3.7
ユニット戦略課題3	産業の国際展開を支える計量標準の整備	1	A	A	A	A/B	B	3.7
ユニット戦略課題4	標準の高度化と次世代標準の開発	1	AA/A	A	AA/A	A/B	A	4.1
ユニット戦略課題5	法定計量と工業標準化の推進	1	AA/A	A/B	A	A/B	A/B	3.8
戦略課題総合点								3.8
イノベーション推進への取り組み			AA/A	A/B	A	B	A/B	3.7

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A	A	4.0
イノベーション推進への取り組み	A	A	4.0
ユニット運営の取り組み	A/B	A/B	3.5

総合評点

3.8

## 3-1-27 計測フロンティア研究部門

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

基礎科学の成果として発見された物理化学現象等を活用して、先端計測分析技術を開発し、事業化可能なレベルまで仕上げる。そのために、先端計測分析機器開発(ハード)、計測分析手法開発(ソフト)、知識の体系化(標準とデータベース)の3つのフロンティアを開拓し、開発した先端計測機器を共用公開し、市販装置では不可能な高度な計測分析をユーザーに提供する。機器公開によって、事業化が可能な段階になった機器や要素技術を産業界にトランスファーして製品化することにより、日本分析機器産業界に貢献するとともに、それら機器や要素技術の標準化による普及を促進する。

## 第3期中期計画課題

- ・ IV-1-(1)-① 「有機・生体関連ナノ物質の状態計測技術の開発」
- ・ IV-1-(1)-② 「ナノ材料プロセスにおける構造及び機能計測並びにその統合的な解析技術の開発」
- ・ IV-1-(1)-③ 「インフラ診断技術の開発」
- ・ IV-1-(2)-① 「材料評価のための先端計測及び分析機器開発」
- ・ IV-2-(3)-③ 「ものづくりを支えるデータベースの整備」
- ・ IV-3-(1)-① 「物質の分析・評価技術の開発と標準化」

## 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

生体関連物質、グリーン材料及びインフラ診断のための計測・解析技術を開発し、公開することで応用展開を図るとともに計測ニーズ情報を得る。さらに、開発技術の一般化と普及を図るために標準化やデータベース構築に取り組む。開発した技術はコンソーシアム活動や企業との共同研究を通して計測機器産業に提供する。また、開発技術を活用した新たな知識開拓で産業界や大学の研究開発を直接的に先導する。

ミッションが明確で戦略課題の分類も適切である。実用性の高い技術をシステム化しながら装置公開まで見据えている。優位技術(超伝導検出器、陽電子ビーム技術、超小型X線源等)を基盤に、世界展開を狙うことは、正しい戦略である。要素技術を成果に結び付けた点は評価できる。機器公開と標準化の2課題を設定して方向性を明確にし、実用化を目指して、産総研の内外で数多くの連携も進んでいる。コンソーシアムの設立・運営は、アウトカムにつなげる方策として有効である。

一方、先端技術を、利用者に照準を合わせた実用的な技術に仕上げる必要がある。出口の精度を上げるためには、連携先との情報交換や人材交流が不可欠であり、研究部門間の連携や外部機関との共同研究が期待される。研究開発段階から標準化を意識した活動も必要である。研究の出口としては、地質分野も視野に入れ、ナノ領域から地球規模まで包括する計測を考えることが望まれる。また、装置だけではなく解析ソフト等の製品化の方策も検討する必要がある。

今後、環境変化に対応したニーズの先取りが必要であり、産総研内の情報交換や地域、企業との連携により、新たな課題の把握に努めることが重要である。高度な技術はニーズがあるはずと勘違いしやすいので、客観的に技術を見てニーズに照準を合わせる必要がある。研究テーマを大胆にスクラップ&ビルドしていくことが求められる。装置公開は、製品開発に役立つので積極的に行うことが望まれるが、機器公開のゴールイメージは検討が必要である。ロードマップに想定されていない優れた成果をどう活かすか、戦略的な対応も求められる。

## 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

## 【ユニット戦略課題1】ライフ・イノベーションのための計測技術開発

分子から組織レベルを対象とした、ライフ・イノベーションのための先端計測技術を開発する。市販機器や既存分析技術では対応できない未踏領域を開拓するために、検出同定技術、構造解析技術、イメージング技術など、従来不可能あるいは非常に困難であった対象の観測を可能にする先端計測技術開発を、幅広い波及効果が期待される次世代の計測分析機器のために、計測原理まで立ち返って推進する。

超伝導検出器などの長期的な課題に取り組み、画期的な分析・解析装置が着々と開発されつつある点は高く評価できる。目標の達成状況は非常に良好で、国際的に見て十分な成果を挙げている。生物を構成する物質群と細胞等の集合体を対象とする計測技術開発は、ライフサイエンスに必要な取り組みである。既存の分析機器の性能を極限まで高める方向性は適切である。真空紫外円二色性計測装置や電子加速器の小型実用化はユーザーサイドでは重要ポイントである。

一方、質量分析、円二色性、イメージングの主要3装置については、具体的かつ定量的な進捗の説明が

### 第3章

望まれる。シーズで研究開発を進めているが、ニーズ把握が必要である。スペック目標が明確でなく、バイオ研究者との連携が十分でない印象なので、産総研内の連携・交流が望まれる。開発装置の性能は十分であるが、普及のためには、測定例を蓄積し、潜在的ユーザーに応用可能性を示す必要がある。超伝導検出器は対象が生体関連分子に偏っているため、高精度市販機器とのすみ分けが不明瞭になっている。他の利用法を取り込む必要がある。

今後、課題解決には、装置メーカー等を引き込み、チームとして機能する体制作りが必要である。この分野の産業競争力確保は産業基盤上重要であり、日本の技術力の底上げに期待も高い。装置の開発を待つ外部研究者が大勢いるので、試作機がメーカーに置かれて、試験分析が可能になれば大成功である。計測対象、計測原理で本当のニーズを狙う必要がある。現行機器ではタンパク質の溶液中スナップショットはとらえられない。計測対象の外部環境に合わせた計測技術を他研究部門と連携して進めることが期待される。

#### 【ユニット戦略課題2】グリーン・イノベーションのための計測技術開発

グリーン・イノベーションに資するナノ材料・デバイスの開発を支援するために、先端的な計測・解析・評価技術を開発する。具体的には、高分解能電子顕微鏡等を使っても評価が難しい原子・ナノレベル欠陥や、材料・デバイスの中の水素や軽元素の計測・分析・解析技術の開発・高度化に重点を置く。

「材料の機能を左右する」計測と解析にフォーカスしている点は、研究戦略として優れている。「森を見るナノ計測」の視点が良く、計測技術と統合解析技術の開発を進めている。論文等により、熱心に成果を外部に発表している。特にX線結晶構造解析は、従来技術を超えた解析結果を示し、特筆すべき論文の被引用数を得た。陽電子マイクロビームによる材料のクリープ破壊現象の究明は、応用の可能性を示した。磁区イメージング技術は新磁石の開発に貴重な知見が期待できる。

一方、個々の研究は非常に研究レベルが高いが、連携や全体の統合的な戦略についての検討が必要である。盛りだくさんの内容で一つ一つの特長がとらえにくい。陽電子計測は技術普及が物足りない。長年、取り組んできたユニークな研究テーマだけに、実用化、産業化に向けたエポックメイキングなブレークスルーを期待したい。材料破壊現象の厳密な解析には破壊の原因となる欠陥が評価・制御された試験片を作る必要がある、それ自体が大きな研究対象になる。

今後、保有する「強み」技術を進化させてほしい。「森を見るナノ計測」というキャッチフレーズは素晴らしいが、各技術で効果が上がっている事例を示し、広範な用途での実用化を推進してほしい。計測ニーズも多岐にわたるので、課題の細分化と同時に、集中と選択も必要である。成果の産業展開に向けた体制作りが望まれる。プロジェクトに参画して開発現場のニーズを拾い上げ、計測技術の開発に反映させることが求められる。陽電子マイクロビームの高分解能化が進めば、応用の可能性が広がる。

#### 【ユニット戦略課題3】安全安心のための計測技術開発

社会インフラの健全性を確保し、社会の安全安心に資するための計測技術を開発する。具体的には超音波伝搬状況の可視化による容易な欠陥検出技術、従来不可能だった極低温下や爆発雰囲気での計測を可能にする光ファイバーセンサー技術、構造物全体の変形分布の計測が可能なデジタルカメラを用いた全視野計測技術、及び可搬性に優れたX線検査技術の開発を行う。

オンサイト診断のニーズ増大に対応した研究開発を展開している。サンプリングモアレ法や超小型X線源などにより、装置の効率化、小型化を行い、現場で使える計測器が試用段階に達している。複数プロジェクトへ採択され、知財出願数も多く技術の高さが伺える。インフラ関連企業等とのつながりができつつある。小型線量計は、福島原発事故への迅速な対応力が素晴らしい。超小型X線源は、電池稼働、軽量、耐用時間など魅力的な仕様を備えており、産業インフラのX線診断に道を開いたことは高く評価できる。

一方、プレスリリースや論文、講演の数が物足りない。インフラ診断は多方面で膨大な需要があり、成果の露出度を高め、潜在ユーザーに気づきを与えることが大切である。土木・建築分野や原子力分野の機関や企業と連携を一層深め、実用化を進める必要がある。橋梁やロケットだけでなく、地震や火山などの災害にも目を向け、変形計測技術の開発が望まれる。X線後方散乱によるインフラ診断は非常に有効な手段であるが、透過法に比べて実用化は難しいので、大きなテーマとして取り組む必要がある。サンプリングモアレ法は、迅速に事例の蓄積を進めることが肝要である。

今後、実用的な装置の開発に向け加速することが期待される。全般に実用に近いところまで開発が進んでいるので、新たなニーズへの取り組みが必要である。広く国内外へ情報発信することが望まれる。現場での使用には実証試験の積み重ねが必要だが、時間がかかるので、民間への技術移転をタイミング良く行う必要がある。計測とロボットとの組み合わせは、社会の需要を見込める。「廃炉技術への応用」が望まれる。現在ブラインド状態にあるウラン・プルトニウムの検出は極めて重要な課題である。



#### 【ユニット戦略課題4】 先端計測分析機器の公開

ユニット戦略課題1、2、3で開発し計測装置としてシステム化された先端機器を、ナノテクノロジープラットフォーム事業にて共用公開する。産総研の組織としては、先端機器共用イノベーションプラットフォーム(IBE)の先端ナノ計測施設(ANCF)と位置付ける。市販の計測分析装置では対応できない課題にチャレンジし、企業大学等の材料開発に貢献すると同時に、材料評価の成功例を蓄積し、かつニーズに対応した装置の改良を行うことで、分析技術の完成度を高めていく。

先端計測機器の実用性を高めて外部公開し、他の研究をサポートすることは大変有意義な取り組みである。サービス業務を研究のはざ間に埋没させないことは高く評価する。公開者にも役立つシステムと実感できたことは大変良かった。機器公開は、技術の宣伝の場であり、経済波及の視点で重要である。これを契機に共同研究が始まったのは好ましい。新たな知見は、共同研究、知財、プロジェクト参画の強力な後押しになる。限られたスタッフでユーザー支援件数を着実に伸ばしてきた実績は高く評価する。

一方、機器公開は、付加的業務のイメージを与えやすい。ユーザーニーズを知る最良の場となるので、研究開発と同等の重みを持たせることが望まれる。研究員の労働時間ややりがい低下等が懸念され、支援スタッフと稼働費用の調達は喫緊の課題である。新たな知見があるはずだが、特許出願件数が少ない。どの程度の種類があれば社会・産業界のニーズに対応できるのか、公設試も含めて、全体像を示すことが必要である。また、どの程度の装置を維持するか、予算的な措置を含め具体的な見通しを持つ必要がある。

今後、機器公開の意義や役割を再定義して、より充実したものにしてほしい。研究者自身の視線でニーズや課題を拾うことが重要である。機器公開を通して産業に新しいうねりを起こすことを期待したい。ドイツが推進中の戦略的プロジェクト「Industry 4.0」で中核を担うフラウンホーファー研究機構が一つの手本となる。機器公開をニーズ探索、人脈形成や人材育成に活用するとともに、知財出願を積極的にを行い、ライセンス収入を増やす必要がある。また、公開により装置改良が進み、装置メーカーの試作機としてより利便性が高まることが望まれる。

#### 【ユニット戦略課題5】 標準(ISO-IEC-JIS)とデータベース

性能・安全性等に関する評価技術を開発し、その標準化・民間移転に取り組むことによって、民間による規格への適合性評価機能の強化に貢献する。また、評価技術の開発に必要な標準試料・物質の開発、データベースの拡充にも取り組む。ユニット戦略課題4において公開している先端分析装置の標準化により普及を促進する。

民間での取り組みが難しい標準化とデータベースは、ものづくり等、色々な分野の研究の進展に非常に重要である。国際競争力を高める知財整備と関連付けたISO、IEC取得の努力が見られる。電気測定AFM(原子間力顕微鏡の一種)のISO提案に向け、国際ラウンドロビントに駒を進めるなど、国際的にも産業的にもきわめて貴重な仕事を着実に進めている。結晶構造や固体NMRのデータ数を着実に増やしており、国際的にも規模・内容の上で重要なデータベース構築ができています。

一方、種々の有用なデータベースがあるにもかかわらず、その存在が十分に知られていない。活用方法のセミナーなどPR活動に力を入れ、利用促進を図る必要がある。データベース公開は、情報盗用が懸念され、会員制などのセキュリティは必要になる。米国国立標準技術研究所(NIST)では、常に高い質のデータと入れ替える旨を公表しており、信頼性の観点からデータの質について評価項目を明示する必要がある。標準化の取り組みは重要だが、個別に、ニーズ等の背景、進捗状況、インパクトなど説明がほしい。

今後、評価技術の国際標準化のメリットは大変大きいので、海外との共同研究を増やし、戦略的な取り組みが求められる。材料分野の規格の目的は、材料の優位性を競争する土俵を提供することであり、地道に標準化にかかわり続けることが求められる。試験、認証への取り組みは、研究開発とは違う課題があるので、関係部署と相談して進める必要がある。データベースは今後重要性を増す。貴重な生データは、実験値として研究できる可能性があるため、利用しやすいデータを集積し、科学・技術の発展に供することが望まれる。

### 3. イノベーション推進への取り組み

装置製品化と技術移転はコア活動として高く評価したい。論文公表、コンソーシアム活動、機器公開など、効果的な取り組みを行っている。展示会、シンポジウム、機器公開セミナーによって、成果や技術を積極的にアピールする姿勢は大変評価できる。大学を始め様々な機関に出張研修を行い、技術者教育に力を入れている。標準化に研究部門の多くの研究員がかかわっていることは評価できる。企業との共同研究数も多く、今年度は民間資金提供も大きく増加している。ファイナブル関連研究等で数多くの連携が進んでいることは評価できる。

### 第3章

一方、企業との緊密な連携や人材育成に一層取り組む必要がある。機器公開、セミナー、シンポジウム等多くの活動は評価できるが、単に数値実績のみならず、どのような効果、アウトカムが得られたのか、検証・総括することが大切である。他機関との比較も必要である。学生研修は重要であるが、「イノベーション推進への取り組み」としては回り道すぎるのではないか。小規模の民間資金の獲得が多いので、件数が増加すると、研究者の事務負担が懸念される。

今後、欧州最大の研究機関フラウンホーファーの立ち位置を目指してほしい。「Industry 4.0」は、イノベーションそのものであり、大学や企業との連携による橋渡し機関として、同研究機構の取り組みから学ぶべき点は少なくない。計測分野で、日本の企業が世界的な製品を開発し、シェア維持が可能な体制の設計が望まれる。優れた技術と応用可能な基盤技術をますます発展させることが期待される。最終的には経済への寄与が必要であり、過去のイノベーション事例を調査し、具体的な戦略を立てる必要がある。まずは「着眼大局、着手小局」で積み重ねが大切である。

#### 4. 研究ユニット運営の取り組み

「世界における先端計測拠点を形成」を将来のゴールイメージに掲げていることは重要である。研究グループ間で連携し課題に取り組むスタンスは好ましい。超伝導技術と陽電子ビーム技術に注力し、その周囲を多くの要素技術で囲み、将来を見据えている。戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)や新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)等の資金を獲得できた点は評価できる。萌芽研究やフィージビリティスタディは、若手のやる気と競争的資金獲得の源になっている。

一方、基本的に研究グループの寄せ集めの感がある。計画は各研究者のテーマを取り込んでいるだけに見える。様々なキャリア、専門分野の人たちが集まることによる「化学反応」が重要なファクターであり、研究テーマの戦略、構成について議論が必要である。強み技術と周辺の要素技術を有していることは優れているが、技術とニーズの接点にずれがある。IBECなどの先端計測拠点は、外部からは本当のコアが分かりづらい。外部への見せ方、アピールの仕方を工夫する必要がある。

今後、外部との連携に力を入れる必要がある。優れた技術と製品を所有しても、組織は安泰でない。技術を極めてもニーズがなければイノベーションの可能性が低い。「橋渡しの目利き」が大切である。外部発信と産総研内外の依頼分析部門等への御用聞きを地道に続けることが求められる。外部資金獲得もますます重要になる。収入源として知財は重要であり、知財出願とライセンスをもっと増やす必要がある。装置公開業務や標準化を行っている研究者のモチベーション向上の仕組みがあると良い。

#### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目(課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	T	U	評点
ユニット戦略課題1	ライフ・イノベーションのための計測技術開発	1	A/B	A/B	A	A/B	AA	A	3.9
ユニット戦略課題2	グリーン・イノベーションのための計測技術開発	2	A/B	AA/A	AA/A	AA/A	A	AA	4.3
ユニット戦略課題3	安全安心のための計測技術開発	2	A	AA/A	AA/A	AA/A	AA/A	B	4.2
ユニット戦略課題4	先端計測分析機器の公開	1	A/B	AA/A	AA/A	AA/A	AA	A	4.3
ユニット戦略課題5	標準(ISO-IEC-JIS)とデータベース	1	A/B	A/B	A	A	A	A	3.8
戦略課題総合点									4.2
イノベーション推進への取り組み			A/B	A	A	A	AA	A	4.1

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A/B	A/B	3.5
イノベーション推進への取り組み	A	A	4.0
ユニット運営の取り組み	A/B	A	3.8
総合評点			4.0

## 3-1-28 地圏資源環境研究部門

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

地質分野における基盤的研究の成果を国の政策に活用して社会生活の改善と向上を図り人類の持続可能な発展に貢献するため、地圏環境の場と機能の利用と保全及び地圏に存在する天然資源の持続的かつ安定的な供給の実現に向けた研究開発と知的基盤整備を行う。

## 第3期中期計画課題

- ・ I-1-(2)-③ 「地熱資源のポテンシャル評価」(別表2-2-(2)-②を一部再掲)
- ・ I-3-(3)-③ 「レアメタル等の鉱床探査と資源ポテンシャル評価」(別表2-2-(2)-①を一部再掲)
- ・ I-6-(6)-③ 「二酸化炭素貯留技術の環境影響評価」(一部、別表2-2-(1)-②を再掲)
- ・ 別表2-1-(2) 「都市域及び沿岸域の地質調査研究と地質情報及び環境情報の整備」
- ・ 別表2-2-(1)-① 「土壌汚染評価技術の開発」
- ・ 別表2-2-(1)-② 「二酸化炭素地中貯留評価技術の開発」(I-6-(6)-③へ再掲)
- ・ 別表2-2-(1)-③ 「地層処分にかかわる評価技術の開発」
- ・ 別表2-2-(2)-① 「鉱物及び燃料資源のポテンシャル評価」(I-3-(3)-③へ一部再掲)
- ・ 別表2-2-(2)-② 「地下水及び地熱資源のポテンシャル評価」(I-1-(2)-③へ一部再掲)
- ・ 別表2-4-(1)-② 「地質情報の普及」
- ・ 別表2-4-(2) 「緊急地質調査、研究の実施」
- ・ 別表2-5-(1) 「国際研究協力の強化、推進」

## 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

土壌汚染の評価、二酸化炭素の地中貯留評価、高レベル放射性廃棄物の地層処分にかかる評価、鉱物・燃料資源ポテンシャル評価、及び地下水資源ポテンシャル評価に関する技術開発を実施しており、これらの成果を知的基盤情報として整備している。

受託研究などの外部資金を着実に確保し、国の政策に沿って、震災対応のための地下水汚染対策、表層メタンハイドレート、レアメタル等の金属鉱物資源などに関する研究を行っている。また、変動するレアメタルやメタンハイドレートなどの資源政策について、組織設計や研究テーマを適応させている。多様な専門分野の研究者が連携することにより相乗効果を発揮しつつ、研究開発を実施している。

一方、各課題のロードマップは画一的に見えるので、アウトカムに至るまでの道筋は、課題に応じて、進捗や経過が異なることを考慮したシナリオが求められる。また、震災対応や表層メタンハイドレート対応などの業務量が増えたので、特定の研究者への業務量の偏りに留意が必要である。OBや学生などを活用した研究員確保体制が求められる。地熱・地中熱研究に関して、再生可能エネルギー研究センターとの連携体制が重要である。

今後、外部資金では予算を獲得しにくい基礎的分野の研究レベルも維持することが望まれる。また、民間企業との連携を一層強化し、民間との共同開発技術をこれまで以上のペースで実用化することが望まれる。数多くのプロジェクトが並行して実施されていることから、基盤的な研究をベースにしたユニット戦略課題の相互連携を進めることが求められる。

## 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

## [ユニット戦略課題1] 土壌汚染評価技術の開発

土壌汚染に起因するリスクの評価技術と、これに基づく対策技術の開発・検証を行うとともに、開発した評価・対策技術の普及に努めている。津波堆積物や放射性物質による土壌汚染リスクの調査及び対策技術の開発により、東日本大震災の復興支援を行っている。

土壌汚染評価システムGERASはリスク評価手法として国内1,300を超える自治体や工場に導入され、さらに海外12か国でも活用され、土壌汚染対策の低コスト化に寄与している。浄化技術開発では天然鉱物を活用した残留性有機汚染物質(POPs)分解などの開発を進めている。また、中期計画外で追加した震災復興支援研究について、環境水中のセシウム迅速測定装置の実用化やセシウム濃度調査を実施した。

一方、産業界や社会に対してどのような情報や技術を提供していくのか、明確なシナリオを提示することが求められる。表層土壌評価基本図は現状では全国整備に年月がかかるが、全国カバー需要が大きいため、精度を定量化した上で、早期公開を目指すことが求められる。土壌汚染評価技術の重要性が増しつつある中国などとの国際連携も積極的に進め、国際貢献をアピールすることが求められる。

### 第3章

今後、リニア中央新幹線や東京五輪など大型建設工事が相次ぐ中、GERAS及び開発されている浄化技術が一層活用され、適切な土壌管理を進めることが期待される。また、自然由来の重金属、鉱山由来の重金属コントロール、放射性セシウム汚染の問題等は産総研ならではの課題であり、一層力を入れることが望まれる。

#### 【ユニット戦略課題2】二酸化炭素地中貯留評価技術の開発

国内外で実施されるCO<sub>2</sub>地中貯留実証事業等の技術開発と連携しながら、地中貯留実施における安全性評価に必要な貯留メカニズムの解明、モニタリング及びモデリング技術の開発等基盤技術の研究開発を重点的に推進している。

地球温暖化対策のエネルギー基本計画や経済産業省技術戦略マップにおいて、研究の位置付けが明確であり、公的機関としてのミッション・シナリオに従った研究を順調に進捗させている。断層モデリング手法の研究開発において、CO<sub>2</sub>圧入評価対象として砂泥互層と断層モデルに絞り、基礎実験とモデル化を行い、挙動の理解と予測を通じて漏えいリスク評価手法開発を行っている。

一方、ロードマップにおいて、短期的取り組みと長期的取り組みの仕分けを明確にする必要がある。海外での排出権取引によるCO<sub>2</sub>削減達成や他の成果との組み合わせを通じて、国内老朽油田や関東平野水溶性ガス田へのCO<sub>2</sub>圧入の検討が求められる。国のプロジェクトとしての方針に加えて、研究機関として行うべき技術開発・学術研究を見据え、それに向けた研究目標も併せて示すことが求められる。

今後、CO<sub>2</sub>削減の費用対効果を検討し、コスト低減への取り組みと基礎研究のバランスを配慮して次期戦略マップ設定に向けた立案が期待される。誘発地震の監視については、公的な中立機関である産総研の役割を明確にし、研究を続けることが求められる。二酸化炭素回収・貯留(CCS)と微生物研究の融合による革新的資源環境創成技術の開発について、実用化に向けたスケジュールなど見通しを明確にすることが望まれる。

#### 【ユニット戦略課題3】地層処分にかかわる評価技術の開発

高レベル放射性廃棄物地層処分事業に資するため、処分場候補地の地質構造・断層評価技術の開発、地下水流動の総合評価技術の開発、及び沿岸域地質/地下水に係るデータベースの整備を実施している。

原子力発電環境整備機構(NUMO)の動向にかんがみ計画と社会要請に基づいて、地層処分の技術開発に関する基盤研究を着実に進捗させている。また、沿岸域において長期的に安定した淡水地下水の水塊が存在することを明らかにし、電磁探査とボーリングデータを用いて沿岸域での地下水流動を解析した。

一方、放射性廃棄物処分にかかわる研究は長期に及ぶため、研究及び技術継承を適切に図れるように研究員の確保が望まれる。沿岸域の海底下における淡水地下水の存在は非常に有用な成果であるので、その普遍性を立証するための明確な説明が必要である。また、含水岩石の比抵抗は流体の比抵抗と空隙率の関数であるため、比抵抗だけから流体が塩水か陸からの地下水であるかは判断が難しいため、別の手法による検証が求められる。

今後、地層処分については、産総研の研究成果が社会的受容性の構築に効果的であるので、科学的な見地からの国策への適切な提言が望まれる。地層処分場の立地については、具体的な方向性が示される時期となっていることから、研究開発と並行してアウトリーチ活動がますます重要である。

#### 【ユニット戦略課題4】鉱物・燃料資源のポテンシャル評価

喫緊の課題であるレアアースを中心とするレアメタル等の金属鉱物資源、ベントナイト等の非金属鉱物資源、及び水溶性天然ガス、メタンハイドレートなどの燃料地下資源について、我が国及び世界各地における資源ポテンシャル評価及び資源化のための特性解明と実用化に向けた研究を実施している。

多額の外部資金を得て、南アフリカで有望なレアアース鉱床を発見した。また、希土類、非金属の資源の安定供給という社会的課題を着実に進め、調査から開発まで一貫した研究開発に取り組んでいる。さらに、産総研内タスクフォース、資源エネルギー庁、石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)、海洋研究開発機構(JAMSTEC)、国際協力機構(JICA)、民間会社、農水省などと広く連携して研究を行っている。

一方、メタンハイドレートのように実用化を目標とする課題については、実用化に向けたロードマップを示した上で、どの段階まで進んでいるか、また何が課題となっているかを明示することが必要である。また、急激な外部資金の増額に対して、研究者には研究以外にも多くの事務的な負担がかかることが懸念される。微生物のメタン生成についてはいつ頃を目途に研究を進めているのかを示すことが求められる。

今後、テーマの重点化とアウトカムの時期をもう少し明確にして研究を進めることが望まれる。関東天然ガスと地下微生物の研究については、日本発の技術として、国内のみならず海外天然ガス探鉱やCCSに

関する技術開発などに広く応用されることが期待される。また、微生物によるメタン生成に関する研究については国際的に先導する成果が期待される。

#### 【ユニット戦略課題5】地下水のポテンシャル評価

我が国の水資源確保・安定供給の観点から、各種地下水データベース・水文環境図を整備し地下水資源ポテンシャル評価に関する研究を行っている。また、2011年の東日本大震災における津波災害や福島第一原発事故に起因した地下水汚染に関して、地下水汚染調査を実施している。

地下水のポテンシャル評価についての研究をほぼ計画どおり進めることができた。また、全国規模の地下水資源ポテンシャルマップは、放射性廃棄物処分、CO<sub>2</sub>地中貯留、地熱・地中熱開発において基礎となる情報である。全国地下水環境図、水文環境図などに加え、震災における地下水汚染調査において成果も挙げている。

一方、地下水資源の応用分野を広げるため、他分野・課題との連携をより進めることが求められる。また、再生可能エネルギー研究センターの地熱・地中熱チームとの連携の方策を構築する必要がある。水文環境図に関しては、早期提供などの社会ニーズに応じて全国カバーを目指して出版を加速することが望まれることから、部門の方針を示すことが求められる。

今後、地中熱利用など地下水の利用が増えた場合の環境への影響評価基準の策定に、産総研のデータや研究成果が活用されることが期待される。また、大学や地域の研究機関にも働きかけて、水文環境図の整備を加速することが期待される。地下水はCCS、水溶性天然ガス、土壌汚染、地層処分とほぼ全課題に共通しているので、その相互関連と研究比重をロードマップに示すことが望まれる。

#### 【ユニット戦略課題6】地圏の資源環境に関する知的基盤の構築

地圏における物質循環を中心とした資源及び環境に関する調査研究に基づき、土壌汚染、鉱物資源、燃料資源等に関する知的基盤の情報を整備するとともに、データベースを構築し、地圏資源環境に関する地球科学図を作成し、産業界、政府自治体、一般社会が必要とする情報を提供する。

地圏資源環境に関する知的基盤整備のロードマップ、アウトプット、アウトカムはいずれも明確であり、知的基盤整備の目標を着実に達成した。特に、アジア鉱物資源図や燃料資源図などは良い成果である。また、地圏資源に関する多くのデータベースを有機的に連携させながら整備しつつある。

一方、成果のアピールと普及についてはCD配布だけでなく戦略的な取り組みが必要である。表層土壌評価基本図については整備の速度が少し緩慢であり、各種基盤情報については大学等地域の研究機関にも協力を積極的に働きかける必要がある。ユーザーが求める使いやすい情報の発信のため、データベース構築と統合化については、地図系データバンクや地質分野全体の構想・進捗に合わせて、開発を加速する必要がある。

今後、マップや成果の広報については、ホームページの利用やユーザー側との双方向のコミュニケーションを考慮し、より戦略的に対応することが必要であり、実際に研究成果がどのように使用されたのか、事例・情報を収集することが望まれる。また、他研究ユニットとの連携を強め、地質の調査に関する知的基盤整備に貢献することが期待される。

### 3. イノベーション推進への取り組み

国内での広報やウェブ発信は積極的に行われており、広報委員会の体制も整っている。広報紙GREEN NEWSなどで研究者の顔が見える点は良い。産業技術連携推進会議地圏環境分科会では、毎年研究会・シンポジウムなどを通じ顕著な成果を挙げ、民間企業との連携も進めている。

一方、実用化を目指す技術については、研究内容やアプローチ方法のレベルの高さではなく、実用性という観点から、より客観的な評価が必要である。成果普及に関しては社会的アピールが弱く、海外への情報発信も更に行う必要がある。また、政策、産業など顧客の大まかな区別ごとにその取り組みを示す必要がある。パンフレットなどの発行部数や配布先などは研究部門としても把握し、適宜見直す必要がある。

今後、再生可能エネルギー研究センターの地熱・地中熱の研究では、研究内容や人材などについて密接に連携し、成果創出に貢献することが期待される。産業技術連携推進会議の活動では、知的基盤部会の地質地盤情報分科会との連携を進め、地質分野のプレゼンス向上に取り組むことが期待される。ホームページは関係する研究機関や民間企業とリンクを張るなど、見てもらうための積極的な工夫が望まれる。

### 4. 研究ユニット運営の取り組み

かつての組織やテーマに縛られることなく、世の中のニーズに応えた運営を行い、柔軟性のあるグループ組織の改編を行っている。採用や人材育成については研究ユニットとしての取り組みが成功しており、

### 第3章

部門内の競争グラントによる若手研究者の育成を進めている。再生可能エネルギー研究センターの地熱・地中熱研究の構築のため、適切な人材輩出を行い、連携体制を構築している。

一方、限られた予算と人的資源のもと、各種データベース整備の加速とともに全国規模の簡易版の整備が求められる。また、「一人一人がやりがいを持って、いきいきと研究できる環境」というコンセプトの下、バランスを取ったマネジメントが求められる。

今後、技術継承を見据えた若手の育成、及び将来の年齢構成を考慮した採用計画が望まれる。また、外部資金の増加により、研究者への負担が偏らないような配慮が求められる。研究成果のアピールについては一般市民に向けて全国規模で行うことが望まれる。地質調査総合センターの他研究ユニット等や再生可能エネルギー研究センターとの連携を進めることが望まれる。

#### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目(課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	T	U	評点
ユニット戦略課題1	土壌汚染評価技術の開発	2	A	A	AA/A	AA	AA/A	AA	4.5
ユニット戦略課題2	二酸化炭素地中貯留評価技術の開発	1	A	A/B	AA/A	AA/A	A	A	4.1
ユニット戦略課題3	地層処分にかかわる評価技術の開発	1	AA/A	AA/A	AA/A	AA/A	A	AA/A	4.4
ユニット戦略課題4	鉱物・燃料資源のポテンシャル評価	2	A	A/B	AA/A	AA/A	AA/A	AA	4.3
ユニット戦略課題5	地下水のポテンシャル評価	1	A/B	A/B	A/B	A	A	AA/A	3.8
ユニット戦略課題6	地圏の資源環境に関する知的基盤の構築	1	A/B	B/C	A/B	A	AA/A	A	3.7
戦略課題総合点									4.2
イノベーション推進への取り組み			A/B	A/B	A	AA	A	AA	4.2

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A/B	A/B	3.5
イノベーション推進への取り組み	A	A	4.0
ユニット運営の取り組み	A	A/B	3.8
総合評点			4.1

## 3-1-29 地質情報研究部門

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

公的機関が行うべき「地質の調査及びこれに関連する業務」の基幹を担い、日本の国土及び周辺海域を対象として地質学的な実態を明らかにし、陸域、海域、都市域・沿岸域の地質情報を体系的に整備する。これらの地質情報に加えて多種多様な地球科学情報の統合化により、21世紀型課題の解決に資する知的基盤の構築に貢献する。

## 第3期中期計画課題

- ・ 別表2-1-(1)-① 「陸域の地質調査と地質情報の整備」
- ・ 別表2-1-(1)-② 「海域の地質調査と海洋地質情報の整備」
- ・ 別表2-1-(1)-③ 「地球科学基本図等の高精度化」
- ・ 別表2-1-(2) 「都市域及び沿岸域の地質調査研究と地質情報及び環境情報の整備」
- ・ 別表2-1-(3)-① 「衛星画像情報及び地質情報の統合化データベースの整備」(IV-2-(2)-①へ再掲)
- ・ 別表2-4-(1)-② 「地質情報の普及」
- ・ 別表2-4-(2) 「緊急地質調査、研究の実施」
- ・ 別表2-5-(1) 「国際研究協力の強化、推進」

## 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

「地質の調査」に基づき、産業立地評価、自然災害軽減、資源の利活用と地球環境保全、地下空間利用などに役立つ科学的根拠と将来予測の提示を行い、国や自治体の政策決定の指針となる知見を提供する。また地質情報の公開や調査技術の向上を図り、地質ビジネスの支援を通じて社会に貢献する。国際的な視点からは、地質分野の一員として特にアジア各国と連携協力を推進する。さらにこれらの研究活動を通じて、地球をよく知り、地球と共生するための国民の科学的理解の増進に寄与する。

研究ユニット戦略課題の見直しにより、陸域・海域地質情報を国の知的基盤として体系的に整備するミッションがより鮮明になった。陸域・海域の地質図(ウェブ版の地質図を含む)や各種主題図の作成により国の知的基盤情報を体系的に整備し、シームレス地質図、地質図Navi等の情報発信システムの開発・改善も精力的に進めている。

一方、地質調査のような知的基盤整備においては、中期計画だけでなく、より長期的な計画も考慮してロードマップ上にマイルストーンを設定する必要がある。それぞれの戦略課題の特質を考慮した研究からアウトカムに至るシナリオを構築することが求められる。地質図幅等の改訂については、予算、人的リソース、実施期間等の制約を考慮して、国の知的基盤整備計画との整合を図りつつ、改訂すべき箇所を選定に様々な条件(情勢)等を加味する必要がある。

今後、ナショナルセンターとして、国の基盤情報の整備を着実に進めるとともに、学術的にそれぞれの研究を掘り進め、地質学・地球科学研究者集団の地位を更に高めることが期待される。同時に、若手研究者の育成の努力も望まれる。また、活断層・火山関係の地球科学情報は、防災上極めて重要な情報であるので、平成26年度に新設された活断層・火山研究部門と密な連携を図りながら知的基盤情報の整備・発信に努めることが求められる。

## 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

## 【ユニット戦略課題1】陸域の地質調査及び地球科学基本図の高精度化

地質学、地球物理学、地球化学の基礎的研究による最新の科学的知見に基づき地質情報を取得し統合することで、高精度で利便性の高い地球科学基本図を整備する。

長年にわたり国の基準としての地球科学基本図の作成を担っており、5万分の1地質図幅、20万分の1地質図幅、地球物理図、地球化学図などを着実に整備・出版している。また、情報区分やデータ量が膨大であることから非常に難度の高い作業である20万分の1シームレス地質図の構造化・階層化を行った。

一方、地質図幅、地球物理図、地球化学図の作成という「業務」を行うと同時に、そこから当該学問分野のブレイクスルーとなるような研究成果を挙げる事が求められる。また、20万分の1地質図幅の更新について、どの時期までに実施するのかを明らかにする必要がある。防災や都市整備の観点から、地質図幅作成の対象地域選定については再検討が求められる。

今後、国土の知的基盤である地質情報を整備するために、重点的・効率的に5万分の1地質図幅を整備することが望まれる。また、地質図、地球物理図、地球化学図や他研究機関で作成されている主題図のデー

### 第3章

タを重ね合わせるにより、新たな研究分野の開拓や新たな研究手法の開発が可能であり、それにより、これまで未着手・未解決であった課題に取り組むことが期待される。そのために必要な確実な技術を持った人材を採用・育成することも重要である。

#### 【ユニット戦略課題2】 海域の地質調査及び地球科学基本図の高精度化

海底地質・地球物理・堆積物に関する基礎情報を取得し、海洋地質図として提供する。また、これらの成果に基づいて、海域の環境変動の予測や防災、資源開発評価、海域・海底利用の基礎となるデータを社会に発信している。

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)のため、本部門の研究グループがプロジェクト参画を要請されたことはナショナルセンターとしての重要性・地位を示す好例である。また、沖縄・東シナ海海域の海洋調査、及び調査の完了した海域の海底地質図・表層堆積図の作成などの成果を挙げている。海洋研究開発機構(JAMSTEC)や石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)との連携も進んでいる。

一方、傭船の確保、経費の問題に対して、外部資金を活用するとともに、民間調査船も活用し、航海日数の確保と効率的な調査に取り組む必要がある。また、民間の海洋調査ビジネスの発展に寄与するため、産総研が持つ海洋調査技術の成果を強調することが求められる。各データベースは旧態依然としたものであり、使い勝手を良くする工夫が必要である。

今後、本研究部門が行ってきた地道な国土の知的基盤整備が大陸棚延伸につながったことをアピールし、海洋調査に必要な傭船資金を獲得することが期待される。また、探査技術、特にデータ解析技術は日々進歩しているので、新たな技術を積極的に導入し更なる発見を目指すことが期待される。日本周辺海域の情報整備に関しては、海底地質図、重力異常図、表層堆積図のシームレス化が望まれる。

#### 【ユニット戦略課題3】 沿岸域の地質調査及び地球科学基本図の高精度化

沿岸域の活断層評価の高度化のために地質図の空白域である都市域及び沿岸域の地質について調査研究を実施し、海域－沿岸域－陸域をつなぐシームレスな地質情報を整備する。

陸域と海域をつなぐ重要な箇所でありながら情報の空白域となっていた沿岸域について、関係研究ユニットと連携しながら、調査手法や技術の開発を行い、シームレス地質情報の整備を進めた。また、関東平野中央部の地下構造モデル化やボーリングデータを活用した3次元モデルの構築、液状化リスク評価研究による液状化現象の解明等、今後の都市整備・防災に役立つ研究成果を挙げた。

一方、社会とのつながりが多い地域を対象とすることからニーズも多彩であるので、戦略課題としての方向性を明確にすることが求められる。また、情報整備の実現に向けて研究の加速が必要である。関東平野地下地質、液状化リスク情報、3次元地質モデルは、論文発表やCD・DVDによる出版だけでなく、利活用の観点から誰でも容易に利用できるような方法での情報発信が求められる。

今後、陸域及び海洋地質調査では理解の難しかった沿岸域の地質を明らかにし、日本国土のシームレス地質情報を整備することが期待される。都市域の浅層及び沿岸域については、3次元地質図とともに、地下水流動・古地形等を含めた基盤情報の構築が期待される。産総研は陸域、海域、沿岸域の専門家がそろっているので、連携をとりながら、調査手法や技術を確立し、情報整備を進めることが望まれる。

#### 【ユニット戦略課題4】 衛星画像情報及び地質情報の統合化

衛星情報やシームレス化・デジタル化された様々な地質情報を統合することによって、新たな視点の地質情報を得ることを目的とする。この研究成果を地質情報解析、地質災害軽減、資源探査等の高度化などに利用するとともに、情報のシームレス化・データベース化を行って、他研究機関や民間における地質情報の利活用を促進させる。

ユーザーの専門知識のレベルを考慮し、従来の「シームレス地質図」に加えて、専門家向けの「地質図Navi」を開発・公開し、各種地質図、重力図や地すべり地形などを重ねて表示できるなどの機能を提供している。衛星情報については、高性能光学センサーASTER衛星画像から作成した全球シームレス天然色マップを始め、火山防災で即活用可能なシステムを開発・提供している。

一方、シームレス地質図等のサイトや地質図Naviは、ユーザーが直感的に理解し利用できるページデザインについて工夫し、利便性の向上を図る必要がある。また、他機関との連携において、特定のウェブ地図配信プロトコル(WMSやArcGIS®)以外でも利活用しやすいデータ提供を検討し、オープンデータによる連携を図ることが必要である。今後の改良等の参考にするためには、アクセスユーザー分析やあらゆる手法を通じた意見収集を実施する必要がある。

今後、アジアシームレス地質図、世界シームレス地質図などを日本基準で作成し公開することが期待される。また、一般向けシームレス地質図を含め、オフライン機能があれば、専用のアプリ等による市民へ



の情報提供が可能になると考えられる。地質調査時に活用する情報入力まで見通したアプリケーションの開発を行い、調査時や調査後とりまとめの効率化を進めることが期待される。

### 3. イノベーション推進への取り組み

アジア・オセアニア地域においてリーダーシップをとって共同研究を積極的に進め、人材育成や途上国への技術協力を継続して行っている。また、包括連携協定による海外との共同研究等の実施、産業技術連携推進会議地質地盤情報分科会による国内各種団体との連携、JIS、標準物質供給など幅広くイノベーションの推進に資する活動を進めている。地質標準JISや地球化学標準物質等の標準化については、知的基盤整備の上での基礎となるものであり、公的機関としての責務を果たしている。

一方、アジアを代表する地質情報機関として、世界における発言権を高める努力が必要であり、戦略的にどの国とどのような目的で協力するか、その目的を明確に示す必要がある。また、2020年までの国の知的基盤整備計画に沿った成果は必須であるが、目標を達成した段階で、地質情報から見てどのような社会を構築したいか、その具体像を語る必要がある。成果普及という観点からは、産学だけではなく官・民まで含めた連携が求められる。

今後、アジア諸国との連携・協力、人材育成に加えて、その取り組みを次世代の研究者に引き継いで更に発展させることが期待される。また、世界と肩を並べていける組織であるので、アジア・アフリカ諸国等に対して欧米に引けをとらないリーダーシップを発揮することが望まれる。産学連携活動については、様々なニーズの把握に努め、地方自治体や民間を対象とした連携や人材育成等を進めることが期待される。

### 4. 研究ユニット運営の取り組み

限られたリソースを有効に活用したマトリックス方式の研究体制を敷き、柔軟性のある組織運営によりプロジェクトの推進や創出を行っている。計画的な人材確保・育成の実施を始め、若手技術者の自由な発想を取り入れており、大学院生を契約職員として雇用するリサーチアシスタント制度を積極的に活用している。海洋資源関係の外部資金については、これまでの研究実績が資金獲得につながったと認められる。

一方、外部資金による研究を更に進めるとともに、例えば液化化リスク評価のように、社会的ニーズの高い研究をタイムリーに進めることが求められる。個々の研究者におけるエフォート管理及び一部の研究者に負担が集中しないようにするための管理が求められる。研究部門、研究グループの定期的な会議による調整に加え、各研究グループ間の進捗状況の把握等も組織的に行う必要がある。

今後について、自然災害による人的・物的被害が国民の安全・安心を脅かしている現状にかんがみ、地質に関する知的基盤整備の重要性を広く発信し、そのために人的・経済的資源を獲得することが望まれる。また、ナショナルセンターとして日本の地質学・地球科学の底上げに貢献し、地質分野の他研究ユニットとの連携により、地質情報の高精度化や社会へのアウトカムの議論を先導することが期待される。

### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目 (課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	T	U	評点
ユニット戦略課題1	陸域の地質調査及び地球科学基本図の高精度化	1	AA	A	A	A/B	A	A	4.1
ユニット戦略課題2	海域の地質調査及び地球科学基本図の高精度化	1	AA/A	AA/A	A	A	AA/A	AA	4.4
ユニット戦略課題3	沿岸域の地質調査及び地球科学基本図の高精度化	1	A	A	A/B	B	A/B	A/B	3.6
ユニット戦略課題4	衛星画像情報及び地質情報の統合化	1	AA/A	AA/A	A/B	A/B	AA/A	AA	4.3
戦略課題総合点									4.1
イノベーション推進への取り組み			AA/A	AA/A	A	A/B	A	A/B	4.0

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A/B	A/B	3.5
イノベーション推進への取り組み	A	A	4.0
ユニット運営の取り組み	A	A/B	3.8
総合評点			4.0

## 第3章

### 3-1-30 活断層・火山研究部門

(ミッション及び中期計画等における位置付け)

地質の調査や観測に基づく地震・火山・長期地質変動のプロセス・予測手法の組織的な研究によって、これらに関する地質情報の整備と社会への提供を行い災害リスクの軽減に貢献するとともに、我が国の地震・火山の調査研究の施策と原子力施設の立地等の安全規制施策に貢献する。国際的な地震・火山研究組織との連携を強化し、アジア太平洋地域の地震・火山情報を整備する。

#### 第3期中期計画課題

- ・別表2-2-(3)-① 「地質現象の長期変動に関する影響評価技術の開発」
- ・別表2-2-(3)-② 「地質環境の隔離性能に関する評価技術の開発」
- ・別表2-3-(1)-① 「活断層評価及び災害予測手法の高度化」
- ・別表2-3-(1)-② 「海溝型地震及び巨大津波の予測手法の高度化」
- ・別表2-3-(2) 「火山噴火推移予測の高精度化」
- ・別表2-4-(2) 「緊急地質調査、研究の実施」
- ・別表2-5-(1) 「国際研究協力の強化、推進」

#### 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

地震・火山災害の軽減と原子力の安全利用のため、地震・火山活動にかかわる知的基盤整備、地震・火山活動と災害誘因の評価・予測手法の開発、長期的な地質変動の評価・予測手法の開発に資する知見の整備を行い、地質情報整備及び地震・火山・長期変動現象の理解と評価・予測手法の開発・社会実装に貢献する。

新設の本研究部門において、自然災害科学の諸課題の解明のため地質情報の整備と新しい予測手法の開発を目標に掲げたことは適切であり、4つの戦略課題はいずれも政策ニーズに対応している。また、緊急地質調査・研究に適切に対応し、他機関との協力体制を構築している。アジア太平洋地域の地震火山情報整備を主導的に進めており、国際展開も積極的に行っている。

一方、防災に関して地質学の情報のみでは不十分であるので、気象庁等の観測機関への情報提供に加え、物理観測に基づいて課題解決型の研究を行っている研究機関、例えば防災科学技術研究所などとの連携をより緊密にした明確なロードマップが求められる。アウトカムに掲げる「災害予測・評価による災害に強い社会の実現等」については、研究成果をどの機関に橋渡しするのか、また予測の役割を担う連携先などのシナリオを示すことが求められる。

今後、国の政策課題を実現させる研究機関という役割を忘れず、個人の科学的興味が中心の大学研究者とは異なるスタンスで、国策のための研究を推進することが期待される。また、基礎的な知的基盤研究と、政策ニーズ対応型の研究のバランスを取りながら、本研究部門が優位にある地質学の研究手法を活かすことが望まれる。

#### 2. ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

##### 【ユニット戦略課題1】活断層評価及び災害予測手法の高度化

日本列島の活断層に関する知的基盤情報を整備し、活断層にかかわる地震の発生予測と災害予測の精度向上のための研究を行い、国の地震災害軽減に貢献する。

陸域の活断層の追加・補完調査及び沿岸海域における活断層調査を着実に遂行し、地震危険度評価の高度化につなげている。また、活断層データベースを専門家向けと一般向けに区分し、活断層について知識のないメディア担当者や国民にも分かりやすいインターフェイスとしたことは適切である。防災の観点から、「揺れ」だけでなく「ずれ」による地盤変形評価手法を取り入れた被害予測は産総研ならではの研究である。

一方、地震テクトニックマップの重要性は高いので、全体のロードマップを早急に提示し、できるだけ早く各地域の地震発生ポテンシャル評価を行うことが求められる。また、陸域の活断層の追加・補完調査及び沿岸海域における活断層調査の成果公表は適切に行われているが、それらの地震危険度評価に対する影響・効果をハザードやリスクに役立てる工夫が求められる。

今後、地震テクトニックマップは、活断層データベースと同様にインターフェイスを検討して、一般向けの分かりやすいものにすることが望まれる。また、物理モデルに基づく地震の再来間隔予測に関する研究結果については、社会にどのように伝えるか、政策にどのように活かすかなど、様々な観点から検討を

加えることが必要である。内陸地震発生の物理モデルは、未解明な問題が残っているので、体系的な知見の蓄積に基づくモデルの構築が望まれる。

#### 【ユニット戦略課題2】海溝型地震評価の高度化

海溝型巨大地震及びそれに伴う津波の予測精度を向上させ、その成果を国や社会に提供することによって、地震及び津波による被害を軽減させる。

津波堆積物調査の成果は、過去数千年間における最大クラスの津波の規模を明らかにしたものであり、社会的にも研究の重要性を明示することができた。また、東海―東南海―南海地震の発生予測のため、高精度の地下水等総合観測を実施し、深部すべりや前兆すべりを検出し、その結果を地震防災対策強化地域判定会に資料として提供している。

一方、本課題は社会的にインパクトが大きく、どのように社会に情報を伝えていくか、日々の工夫が必要である。また、地下水等総合観測データは、可能な限り生データも含めて研究者に提供する仕組みが望まれる。深部物理メカニズムの解明に基づく短期・中期予測と、地質・地形情報に基づく長期予測の統合は困難な課題であるが、データや解釈の具体的な統合が求められる。

今後、地質調査に基づいて歴史地震の規模を明らかにすることは、防災・減災の観点から非常に有効であり、地元やメディアと協業した一層の普及教育活動が期待される。また、産総研の特色を活かして、観測・調査、実験、理論を総合してプレート境界地震、特に南海トラフの地震の発生プロセスの理解と発生予測の研究を進めることが望まれる。

#### 【ユニット戦略課題3】火山噴火推移予測の高度化

火山地質図等の活火山や噴火現象に関する地質情報の知的基盤を整備するとともに、噴火の推移過程や噴火推移の支配要因の解明を進める。その成果を火山噴火予知連絡会等に提出し火山活動評価などに反映するとともに、国・地域・産業界の防災計画の策定に資する情報を提供することにより火山防災に寄与する。

火山地質図、活火山データベースなどの成果に加え、噴煙組成観測装置Multi-GASの開発は火山噴火の先駆現象の把握に有効な手法である。K-Ar年代測定法（放射性元素を用いた年代測定法の一つ）における高精度の分析手法の導入など、研究手法の開発も行っている。2014年御嶽山噴火の緊急調査においては、気象庁との連携や独法研究機関、大学、地質コンサルタントとの協力関係を築き、合同調査を行い、降灰分布を公表した。

一方、活火山データベースとカルデラ火山データベースについては、社会的関心が高まっていることから、最優先で完成させることが求められる。火山噴火や調査観測について、自然現象の「予測」と社会が期待する「予測」のギャップを議論することが重要であり、それにより優先順位の見直しなど、ロードマップの修正も必要となる。

今後、火山の噴火と社会とのかかわりを意識し、火山防災研究の戦略を立てることが期待される。また、火山地質図の作成を継続し、我が国の知的基盤を強化するとともに、噴出物の化学分析、年代測定の精度を上げる努力が期待される。規模が大きく頻度の低い火山噴火の確率論的な評価については、本研究ユニットの履歴評価・物理化学モデル・物理探査を網羅した研究体制を活かすことが期待される。

#### 【ユニット戦略課題4】放射性廃棄物地層処分の安全規制の支援研究

高レベル放射性廃棄物の地層処分事業に対する国の規制行政を支援するため、将来の安全審査に必要な自然事象や地下水流動に関する調査・評価手法を構築して、その適用性を確認するとともに不確実性を低減するための手法を整備する。

国の安全規制支援研究を着実に実施し、自然現象のデータベース化、不確実性を低減するための評価手法の適用性の検討、深部流体・熱水活動の定量化評価手法などに成果を挙げている。また、日本原子力研究開発機構(JAEA)安全研究センター、原子力安全基盤機構(JNES)との研究協力協定が効率的に機能している。福島第一原子力発電所の事故後の対応に関する委員会への積極的な貢献も評価に値する。

一方、国民的関心が高く、争点となるテーマでもあるので、より透明性を持って成果の公表を行う必要がある。また、原子力に関する国内での相対的安全評価に関する支援にとどまらず、国外の研究動向も踏まえて、例えば安定陸塊を含めた絶対的安全評価など、国民の安全確保と原子力の安全利用を両立する先駆的研究への応用・発展が求められる。

地層処分の研究は日本におけるエネルギー政策の根幹にかかわる問題であり、今後、国のシナリオ・ロードマップに対して科学的知見からの提示・提言が期待される。また、研究機関として自主、自立した研究活動も望まれる。データベースは信頼性が高く、高度の地球科学的知見に基づいたもので、今後の発展

### 第3章

が期待される。

#### 3. イノベーション推進への取り組み

公的な研究機関として地震調査研究推進本部、火山噴火予知連絡会への貢献度が大きい。また、研究成果の情報発信、取材対応や一般への普及活動は取り組みの方策、成果ともに水準以上にある。自治体職員の研修、自然災害発生時の緊急調査、海外での共同研究などにも取り組んでいる。アジア中心の太平洋地域の地震・火山防災に関する「アジア太平洋地域大規模地震・火山噴火リスクマネジメント(G-ever)」においては、国際的な主導力を発揮している。

一方、成果の発信の対象として、広く国民にも分かりやすい情報提供、あるいは情報発信体制の構築を進めることが求められる。研究部門内において人材が不足している専門分野については、中・長期的な視点で大学などと連携して、人材を育てることが望まれる。自治体職員の研修は成果を挙げているが、内閣府等が行う防災研修などと連携したより組織的、包括的な研修の検討が望まれる。

今後、地質情報データ流通のクリアリングハウスの役割を主導しつつ、産と学の橋渡しの役割が期待される。また、社会と研究をつなぐサイエンスコミュニケーターの養成、あるいはポストの設置について検討することが望まれる。さらに、大学や民間企業における地質野外実習のレベル低下を考慮し、連携大学院を通じた人材育成支援や企業技術者への研修システムの導入が期待される。

#### 4. 研究ユニット運営の取り組み

地質情報の整備と新しい予測手法の開発を目標に掲げ、その実際的な活動のために、研究グループ間の連携やコミュニケーションの活性化を図り、研究者の意欲向上のための環境整備に努めている。若手による課題提案と実施、融合課題の公募などにより挑戦的な課題も推進している。また、研究実績に裏打ちされた高い信頼により、活断層、津波堆積物、地層処分安全規制、原子力施設立地に関する火山研究など、それぞれの課題に応じた受託研究を獲得している。

一方、本研究部門の年齢構成から判断して、経験の組織的継承や長期的な視野に立った人材育成を行うことが必要である。また、安全科学研究部門との共同研究である産業の災害リスクについては、社会・自治体への広報・普及を始め、実際の活用に向けた工夫が必要である。

今後、多様な人材を抱えるメリットを十分に活かすとともに、研究者個人のアイデアや研究成果をやや長期的な視点で評価することも必要である。受託研究を進めるにあたっては、大学に分散する地質研究者を活用・支援する手法を考え、わが国の防災にかかわる地質研究のレベル向上に貢献することが期待される。

#### 5. 評点一覧

外部委員(P, Q, R, …)による評価

(課題番号)	評価項目 (課題名)	(重み付け)	P	Q	R	S	T	評点
ユニット戦略課題1	活断層評価及び災害予測手法の高度化	1	A	AA/A	A	A	A	4.1
ユニット戦略課題2	海溝型地震評価の高度化	1	AA/A	AA	A	AA/A	AA	4.6
ユニット戦略課題3	火山噴火推移予測の高度化	1	A	AA/A	A	A	A	4.1
ユニット戦略課題4	放射性廃棄物地層処分の安全規制の支援研究	1	A	AA/A	AA/A	A	A	4.2
戦略課題総合点								4.3
イノベーション推進への取り組み			A	AA/A	A	A	A	4.1

内部委員(J, K)による評価

評価項目	J	K	評点
ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	A/B	A	3.8
イノベーション推進への取り組み	A	A	4.0
ユニット運営の取り組み	A	A/B	3.8
総合評点			4.1

### 3-2 第3期中期計画項目ごとのユニット戦略課題の評価結果

本節では、平成26年度の評価結果のうち「ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット」の評価結果を第3期中期計画項目ごとに整理した。

各ユニット戦略課題について、計画番号、研究ユニット名、ユニット戦略課題番号、ユニット戦略課題名、ユニット戦略課題評点、評価結果の順に示す。

第3期中期計画における研究開発の計画の詳細については、別表1「鉱工業の科学技術」、別表2「地質の調査」、別表3「計量の標準」の3つの別表の下に、大分類、大項目、中項目、小項目が配置されている。ただし、別表2と別表3には大分類がなく大項目が直接配置されている。中期計画番号はこの別表あるいは大分類、大項目、中項目の順に記した番号（例 I-1-(1)、Ⅲ-1-(1)、別表3-2-(2)）である。1つの計画番号に複数のユニット戦略課題が対応しているケースがある。また1つのユニット戦略課題が複数の計画番号に該当しているケースがあり、その場合は、複数の計画番号を記す。小項目単位での第3期中期計画項目の再掲がある場合には再掲されている計画番号の後ろに（再）として示す。

大分類、大項目、中項目は以下のとおり。

#### 【別表1】 鉱工業の科学技術

##### I グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進

- 1 再生可能エネルギーの導入拡大技術の開発
  - 1-(1) 太陽光発電の効率、信頼性の向上技術
  - 1-(2) 多様な再生可能エネルギーの有効利用技術
  - 1-(3) 高効率なエネルギーマネジメントシステム
- 2 省エネルギーによる低炭素化技術の開発
  - 2-(1) 運輸システムの省エネルギー技術
  - 2-(2) 住宅、ビル、工場の省エネルギー技術
  - 2-(3) 情報通信の省エネルギー技術
- 3 資源の確保と高度利用技術の開発
  - 3-(1) バイオマスの利用拡大
  - 3-(2) 化石資源の開発技術と高度利用技術
  - 3-(3) 資源の有効利用技術及び代替技術
- 4 グリーン・イノベーションの核となる材料、デバイスの開発
  - 4-(1) ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材（Ⅲ-2-(1)へ再掲）
  - 4-(2) ナノチューブ、炭素系材料の量産化技術と応用（Ⅲ-2-(2)へ再掲）
  - 4-(3) ナノエレクトロニクスのオープンイノベーションの推進（Ⅲ-1-(3)へ再掲）
- 5 産業の環境負荷低減技術の開発
  - 5-(1) 製造技術の低コスト化、高効率化、低環境負荷の推進
  - 5-(2) グリーンサステナブルケミストリーの推進
  - 5-(3) バイオプロセス活用による高効率な高品質物質の生産技術

## 第3章

- 5-(4) 省エネルギー性に優れたマイクロ電子機械システム製造技術（Ⅲ-2-(3)へ再掲）
- 5-(5) 環境負荷低減技術、修復技術

### 6 持続発展可能な社会に向けたエネルギー評価技術、安全性評価及び管理技術並びに環境計測及び評価技術の開発

- 6-(1) 革新的なエネルギーシステムの分析、評価
- 6-(2) 持続発展可能な社会と産業システムの分析
- 6-(3) 先端科学技術のイノベーションを支える安全性評価手法
- 6-(4) 産業保安のための安全性評価技術、安全管理技術
- 6-(5) 化学物質の最適管理手法の確立
- 6-(6) 環境の計測技術、生体及び環境の評価技術

## II ライフ・イノベーションを実現するための研究開発の推進

### 1 先進的、総合的な創薬技術、医療技術の開発

- 1-(1) 細胞操作及び生体材料に関する技術の応用による医療支援技術
- 1-(2) 生体分子の機能分析及び解析に関する技術
- 1-(3) 情報処理と生物解析の連携による創薬支援技術や診断技術

### 2 健康な生き方を実現する技術の開発

- 2-(1) 人の機能と活動の高度計測技術
- 2-(2) 生体情報に基づく健康状態の評価技術
- 2-(3) 健康の回復と健康生活を実現する技術

### 3 生活安全のための技術開発

- 3-(1) ITによる生活安全技術
- 3-(2) 生活支援ロボットの安全の確立

## III 他国の追従を許さない先端的技術開発の推進

### 1 高度な情報通信社会を支えるデバイス、システム技術の開発

- 1-(1) デバイスの高機能化と高付加価値化技術
- 1-(2) IT活用によるシステムの高効率化及び高機能化
- 1-(3) ナノエレクトロニクスオープンイノベーションの推進（Ⅰ-4-(3)を再掲）

### 2 イノベーションの核となる材料とシステムの開発

- 2-(1) ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材（Ⅰ-4-(1)を再掲）
- 2-(2) ナノチューブ、炭素系材料の量産化技術と応用（Ⅰ-4-(2)を再掲）
- 2-(3) 省エネルギー性に優れたマイクロ電子機械システム製造技術（Ⅰ-5-(4)を再掲）

### 3 情報通信基盤を利用したサービス生産性の向上と新サービスの創出への貢献

- 3-(1) 科学的手法に基づくサービス生産性の向上
- 3-(2) 高度情報サービスプラットフォームの構築
- 3-(3) サービスの省力化のためのロボット化（機械化）技術
- 3-(4) 技術融合による新サービスの創出
- 3-(5) 情報基盤における安全性や信頼性の確立

IV イノベーションの実現を支える計測技術の開発、評価基盤の整備

- 1 技術革新、生産性向上及び産業の安全基盤の確立のための計測基盤技術
  - 1-(1) 産業や社会に発展をもたらす先端計測技術、解析技術及び評価基盤技術
  - 1-(2) 先端計測技術及び分析機器の開発
  - 1-(3) 生産性向上をもたらす計測ソリューションの開発と提供
- 2 知的基盤としてのデータベースの構築と活用
  - 2-(1) 標準化を支援するデータベース
  - 2-(2) 資源等の有効利用を支援するデータベース
  - 2-(3) 社会の持続的な発展を支援するデータベース
- 3 基準認証技術の開発と標準化
  - 3-(1) 適合性評価技術

【別表2】 地質の調査（地質情報の整備による産業技術基盤、社会安全基盤の確保）

- 1 国土及び周辺域の地質基盤情報の整備と利用拡大
  - 1-(1) 陸域・海域の地質調査及び地球科学基本図の高精度化
  - 1-(2) 都市域及び沿岸域の地質調査研究と地質情報及び環境情報の整備
  - 1-(3) 衛星画像情報及び地質情報の統合化と利用拡大
- 2 地圏の環境と資源に係る評価技術の開発
  - 2-(1) 地圏の環境の保全と利用のための評価技術の開発
  - 2-(2) 地圏の資源のポテンシャル評価
  - 2-(3) 放射性廃棄物処分の安全規制のための地質環境評価技術の開発
- 3 地質災害の将来予測と評価技術の開発
  - 3-(1) 活断層調査、地震観測等による地震予測の高精度化
  - 3-(2) 火山噴火推移予測の高精度化
- 4 地質情報の提供、普及
  - 4-(1) 地質情報の提供、普及
  - 4-(2) 緊急地質調査、研究の実施
- 5 国際研究協力の強化、推進
  - 5-(1) 国際研究協力の強化、推進

【別表3】 計量の標準（計量標準の設定・供給による産業技術基盤、社会安全基盤の確保）

- 1 新たな国家計量標準の整備
  - 1-(1) グリーン・イノベーションの実現を支える計量標準の整備
  - 1-(2) ライフ・イノベーションの実現を支える計量標準の整備
  - 1-(3) 産業の国際展開を支える計量標準の整備

## 第3章

### 2 国家計量標準の高度化

- 2-(1) 国家計量標準の維持、供給
- 2-(2) 国家計量標準の高度化、合理化
- 2-(3) 計量標準政策に関する調査と技術支援
- 2-(4) 計量標準供給制度への技術支援
- 2-(5) 計量トレーサビリティ体系の高度化、合理化

### 3 法定計量業務の実施と関連する工業標準化の推進

- 3-(1) 法定計量業務の実施と法定計量政策の支援
- 3-(2) 適合性評価技術の開発と工業標準化への取組

### 4 国際計量標準への貢献

- 4-(1) 次世代計量標準の開発
- 4-(2) 計量標準におけるグローバルな競争と協調
- 4-(3) 計量標準分野における校正、法定計量分野における適合性評価の国際協力の展開

### 5 計量の教習と人材の育成

- 5-(1) 計量の教習
- 5-(2) 計量の研修と計量技術者の育成



### 3-2-1 「I グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進」

グリーン・イノベーションを実現するためには、二酸化炭素等の温室効果ガスの排出量削減と、資源・エネルギーの安定供給の確保を同時に図る必要がある。温室効果ガスの排出量削減のため、再生可能エネルギーの導入と利用拡大を可能とする技術及び運輸、民生等各部門における省エネルギー技術の開発を行う。資源・エネルギーの安定供給のため、多様な資源の確保と有効利用技術、代替材料技術等の開発を行う。将来のグリーン・イノベーションの核となるナノ材料等の融合による新機能材料や電子デバイスの技術の開発を行う。産業部門については、省エネルギー技術に加えて環境負荷低減や安全性評価と管理、廃棄物等の発生抑制と適正処理に関する技術の開発を行う。

#### I-1-(1) 太陽光発電工学研究センター 【ユニット戦略課題1】 モジュール信頼性技術 4.5

産総研をイノベーションハブとして、関係機関が連携したオールジャパン体制の産学官コンソーシアム研究を実施し、相互の知見を有効に活用して、太陽電池モジュールの信頼性向上・長寿命化に資するモジュール部材・モジュール構造の開発等に取り組む。

発電コスト低減に不可欠な耐久性・信頼性の確保が注目されており、劣化の主要原因である太陽電池モジュールの信頼性向上に取り組んだ時宜を得た技術開発である。封止材であるエチレン-酢酸ビニル共重合樹脂(EVA)から生じる酢酸が電極部分を腐食させるなどの劣化機構を特定し、材料の選択指針などの対応策を明確にした。長期屋外暴露された太陽電池の劣化状況の調査から、モジュールの温度85℃、湿度85%の際の加速試験の加速定数を明らかにした。複合加速試験方法の開発は産業技術として有用である。コンソーシアムに多数の企業の参加を促し、長寿命化の重要性を広く認知させた。湿熱負荷耐性の高いモジュールをメーカーと協力して開発するなど、技術移転を想定した取り組みは高く評価できる。

モジュール信頼性はセル構造、電極形成、セル設計、システム構造、システム運用等との関係についても踏み込んだ視点が必要である。開発ターゲットを電気的特性だけでなく、外観やモジュール以外のケーブル等にも拡大する必要がある。最近の市販バックシートの素材は、フッ素系以外に蒸着無機膜なども検討されている。それらの評価も併せて行えば、バックシート開発者側からの方向性が見えて参考になる。試験方法では、過剰な品質でなく、実用上必要十分な試験条件は何かを考えることも重要である。

デバイス開発やシステム技術の課題との連携で総合的なモジュール信頼性の確立を目指すとともに、プロセス全体を通じたモジュール構造の最適化が期待される。セル温度を上昇させない、光をもっと集めるなど、モジュール製造プロセスからの視点で、太陽電池の高性能化・高機能化を図ることが望まれる。複合加速劣化試験方法の確立は、産業競争力の点からも極めて重要である。劣化要素を分離して加速試験の指標を作り、それらの統合で寿命を評価する考え方もあり得る。今後現れる新構造の太陽電池モジュールに対しても普遍性のある先見的な寿命予測手法を提示できれば、大きな貢献になる。第4期中期計画では寿命40年以上を目指し、本課題を劣化評価に基づく設計指針として体系化することを期待する。

#### I-1-(1) 太陽光発電工学研究センター 【ユニット戦略課題3】 薄膜太陽電池の高性能化技術 4.0

薄膜太陽電池（薄膜シリコン太陽電池、化合物系薄膜太陽電池）の革新的な高効率化・低コスト化技術を開発することにより、日本の薄膜太陽電池産業を牽引するとともに、日本の中核的な研究ハブとして基礎から応用に至る研究開発を行う。

結晶シリコンが低価格化でシェアを拡大し、薄膜シリコンからの撤退が続く中、継続して薄膜太陽電池の高効率を目指している。CIGS（銅、インジウム、ガリウム、セレン）系太陽電池の高効率化で世界最高クラスの効率を得た。資源問題解決に向けたCZTS（銅、亜鉛、スズ、硫黄、セレン）系太陽電池の開発も評価できる。日本がリードしてきた薄膜シリコン太陽電池は困難な状況にあるが、光劣化を抑制し、光封じ込めや多接合技術へと展開している。産学官のコンソーシアムを活用して開発を加速している。

CIGS太陽電池については、既に企業でセレン化法による事業展開が進む中で、産総研の蒸着法やフレキシブルCIGS太陽電池の実用化の方向が分かりにくく、出口戦略を明確にする必要がある。薄膜シリコン太陽電池は効率が低く産業上も低迷している。市場分析やメーカーとの密な協議・連携によって開発計画を柔軟に修正すべきで、c-Si太陽電池との研究開発連携もあり得る。アウトカムの市場規模のみを議論すべきではないが、太陽電池の種類ごとに将来展開の予想図を作成し、予想される市場に対する研究価値を積極的に訴える必要がある。企業への技術協力や指導では適用された部分の説明が具体的にないと良い。

効率10%向上などは目標ではなく、世界のチャンピオン性能への挑戦が不可欠である。変換効率が低い太陽電池は材料開発や大面積化への指導原理を得るなど、効率向上のための基礎研究とすることが適切である。薄膜シリコンは高効率化が急務で、研究者は分野違いの学会等で柔軟な発想を得て、課題と可能性を見極める必要がある。積層型太陽電池のフロントセル用として、高い開回路電圧（開放電圧）と透光性

### 第3章

をもつ薄膜素子の開発を期待する。真空蒸着や液体プロセス等で安価に高品質膜を作製できる金属酸化膜を用いる試みがあり、進展を注視する必要がある。劣化や耐久性の評価も進めて、他機関の追従を許さない画期的な成果が期待される。

#### I-1-(1) 太陽光発電工学研究センター [ユニット戦略課題4] 有機系太陽電池の高性能化技術 3.0

有機系太陽電池の革新的な高効率化・低コスト化技術を開発することにより、日本の薄膜太陽電池産業を牽引するとともに、中核的な研究ハブとして基礎から応用に至る研究開発を行う。

高い研究開発力、コンソーシアム等を通じた大学・産業界との連携、また有機太陽電池の効率向上は評価できる。印刷法による世界初のフレキシブルモジュール作製も進取的と評価される。新規に有機無機ペロブスカイト太陽電池の開発を開始した。所内連携はマンパワー確保の面からも良い。産学官共同で、セルの高効率化、モジュール化及び高耐久化を同時に検討している。

数々の特長が語られているが、開発のアプローチが分散している。最終予想価格、見合う市場とその規模に関する何らかの予測を立て、今はまだ性能向上に資源を集中する段階ではないか。モジュール変換効率が15%に届かないと実用化は困難であり、有機太陽電池及び色素増感太陽電池の開発継続に疑問がある。高効率化を目指さないのであれば、特徴を活かした新しい利用形態という方向になるが、屋内用途の市場は年数十億円と小さい。目標と実用化までの筋道の明確化が欠かせない。ペロブスカイト系は、まだ材料や物性、太陽電池の特性に関しても不明な点が多い。

理論効率の詳細な評価・解析と探索中心の研究開発を強化して高性能化への挑戦を進め、課題とアプローチを整理することが必要である。すべての研究を細々と続けるのではなく、選択と集中または重点配分の決断が必要である。現状は市場に出せるレベルの議論ではないが、市場ニーズの適確な把握、あるいは新たな市場の創出、そのための価格設定なども含めた、出口を見据えた方向付けを楽観的な仮定の下でも行うことが重要である。印刷工程で生産できるのは大きな特長であり、消耗材、機能材としてなど、新たな視点での用途開発・出口戦略を明確にすると良い。今後ペロブスカイト系に移行していくのであれば、既存研究の絞り込みとともに、早急な戦略目標の設定、体制整備及び成果発信が期待される。

#### I-1-(1) 太陽光発電工学研究センター [ユニット戦略課題5] 革新的太陽電池技術開発 3.8

太陽電池の変換効率の飛躍的な向上を目指して、多接合化とともに新規材料探索、新概念・原理の実証やそれらを使った太陽電池デバイス技術の開発を実施している。

目標とするセルの姿(メカニカルスタックによる薄膜多接合で変換効率40%)を想定し、理論変換効率に基づいて多面的に課題を設定して技術開発に取り組んでいる。パラジウムナノ粒子を用いた独自の機械的接合(スマートスタック)技術を開発し、その長期信頼性を確認し、実際に作製した多接合太陽電池で一定の変換効率を実現したことは注目すべき成果である。

他機関での2接合+2接合の基板はり合せで作製された4接合セル、また従来型の単結晶3接合セルと比較すると、まだ改善の余地がある。評価解析と特性改善を急ぎ行ってほしい。量子ドット太陽電池はどの研究グループも当初狙っていた成果が出ていない。既に4年が経過しており、出口イメージや低コスト化の筋道を明確にし、可能性のあるものに集中すべき時期に来ている。もともと高コストの方式で若干の低コスト化を目指すことは戦略的に問題で、非集光で2025年7円/kWhが実現可能とは考えにくい。宇宙用、集光用のみならず一般用途も探求するとしているが、コスト以外にも安定性など多くの課題がある。

高性能が特長である以上、まず性能を世界水準に引き上げた上で、コストや用途市場を議論することが望まれる。40%への具体的なセル構造など、開発の筋道を明確にした戦略の再構築が望まれる。スマートスタック技術の発展として、c-Si上での結晶SiGe薄膜形成技術に期待するが、どのような構造の太陽電池を最終的に想定するのか、予想される効率が努力に見合うのか、特に、アモルファスシリコン(a-Si)/c-Siヘテロ接合太陽電池が主流になった時の当該技術の展開など、緻密な未来計画があると説得力が増す。発電システムの出口イメージを明示する必要があるが、当面は特殊用途向けに効率及び耐久性向上を進めることを期待する。

#### I-1-(2)、I-3-(1)(再)、I-2-(1)、I-3-(3) エネルギー技術研究部門 [ユニット戦略課題7] 新燃料自動車技術に関する研究 3.6

新燃料の製造、燃焼、燃費・排出ガス対策、計測評価等の個別技術を統合し、自動車及び燃料業界等との密接な連携により総合的な自動車技術開発を進める。燃料規格や排出ガスの計測・評価方法の標準化を推進し、自動車用燃料の多様化、燃費向上及び排出ガスの更なるクリーン化を目指している。

新燃料自動車技術研究センターで実施したバイオ燃料開発、エンジン燃焼の高度化、排ガス浄化技術等の研究を取りまとめて、技術研究組合での研究につなげたことは意義深い。国際的推奨基準に適合する高

品質バイオディーゼル燃料の製造技術を確立した。東南アジアを対象としたバイオ燃料の国際展開は重要で、アジア諸国の燃料政策にも貢献する。X線噴霧計測、レーザー技法、2点着火等、高度な燃焼制御技術や大型ディーゼル車用排ガス浄化技術等にも取り組み、着実に成果を得たことは評価できる。

一方で、自動車の燃料・燃焼技術はほぼ成熟しており、高度なハイブリッド、燃料電池、水素等の次世代動力源や「移動体」の制御技術に視点が大きく移っている。メーカーや日本自動車研究所等でも多くの研究がなされていることから、各機関との役割分担を明確にし、産総研は共通基盤的な技術、技術評価、規格策定・標準化といった部分に注力することが適切である。

燃料とともに動力源や駆動方式も今後多様化するが、運輸部門の省エネルギーをトータルな立場で見ることには意義がある。メーカー各社の共通課題を抽出し、基盤技術の共同開発を進めるとともに、ディーゼル技術での欧州との国際連携や天然ガス自動車の燃費向上などの課題をリードすることを期待する。移動体の燃焼技術は将来不要となる可能性もあり、若手研究者への継承の是非は検討課題となり得る。

#### **I-1-(3)、I-2-(2)(再) 情報技術研究部門 [ユニット戦略課題1] スマートセンシング技術 4.2**

スマートグリッドにおけるセンシング技術として、電力線通信技術(PLC)とモニタリングデータの解析による不具合検知システムの開発を行っている。技術の実用化に向けた実証段階にあることから、企業と密接に連携した研究開発を推進している。

時系列データ解析技術を用いて、天候変動や物体の影に影響されない不具合検知システムを開発し、メガソーラー向けメンテナンスサービス実現のための実証実験を実施したことは評価できる。また、産業化を視野に入れた低コスト化や量産化などにかかわるメーカーとの連携は、明らかな進展として価値がある。異常検知技術の風力発電や道路インフラの管理への応用は非常に期待できる取り組みである。

なお、メガソーラー検知システムは、海外で開発されている同様のシステムと比較した場合の先進性を明確にする必要がある。風力発電への適用のためには、設置前の予測・運用・アセスメントを含むトータルシステム/サービスを考える必要がある。

今後は、自然エネルギーの利用において、海外に対する競争力、優位性、先進性についてより明確にし、国内のみならず、世界におけるデファクト的な立ち位置を求めることが重要である。社会インフラの老朽化対策は喫緊の課題であり、極めて重要である。橋梁やトンネルの維持・メンテナンスを行っている企業と連携し、安価で有用なITを駆使したインフラ診断支援技術を開発することが期待される。スマートセンシング/クラウド技術を基盤とした情報技術の幅広い展開と成果の海外への展開も期待される。

#### **I-2-(1)、IV-1-(1)(再) ユビキタスエネルギー研究部門 [ユニット戦略課題1] 高エネルギー密度蓄電デバイスの研究 4.3**

運輸部門の石油依存度及びCO<sub>2</sub>排出量の大幅な低減を可能とし、エネルギー効率の格段の向上を実現する次世代自動車普及の鍵となる蓄電池に関して、安全かつ低コストの高エネルギー密度電池材料の開発を目指すとともに、実用化のための性能及び耐久性に係る評価技術の開発を産学官連携プロジェクトへの参画を通して実施している。

固体表面構造解析と第一原理計算を駆使して、リチウム過剰系正極材料の評価技術を深化させたことは高く評価できる。現行系のリチウム電池研究にとどまらず、ポストリチウムイオン蓄電池系の正極、負極、電解質、それぞれの新材料技術にも果敢にチャレンジし、従来にない初期性能を確認するなど、当該分野の先鋭研究をリードしている点も良い。

一方、優れた研究成果を創出しているはずなのに、特許料収入が少ないのは、特許戦略に問題があるのではないかと思われ、検討が必要である。また、ベストな負極材料とベストな正極材料を組み合わせればベストな蓄電池が完成するとは限らないので、実電池で評価を行う必要がある。

今後は、世界トップクラスの基礎研究の成果の知財化と、産業界をリードする上での情報公開とのすみ分けを明確にすることが産総研のシステムとして重要である。また、もう一步出口に踏み込んだ上で、材料のベンチマークを行う仕組みあるいは研究機関のネットワークなどを構築していくと良い。

#### **I-2-(1) 知能システム研究部門 [ユニット戦略課題1] 市街地移動システム技術の開発 3.7**

次世代パーソナルモビリティ等の搭乗型移動支援システムを対象に、センサーネットワークやクラウド等を活用した市街地環境全体の知能化による支援も含めた研究開発を行っている。さらに、市街地を結ぶ輸送システム技術として、省エネルギーで走行を可能とするトラックの自動運転・隊列走行技術の開発を行っている。

モビリティに関して総合的に研究開発を推進していることは評価できる。また、人間に対するナビゲーションの重視は、未成熟分野の成長の観点から適切である。さらに、歩道の段差や地下街のある日本におい

### 第3章

て、歩行者、特に高齢者や障害者が利用できるナビゲーションの研究開発は、我が国が世界をリードするチャンスのある分野であるとともに社会的な要求も高く、評価できる。

なお、センサーネットワーク及びクラウドRT（ロボット技術）については、世界の競合相手の特許戦略に十分留意しながら積極的な特許戦略が必要である。隊列走行は独自性、実現可能なシナリオ、及び実用化への課題を明確にすることが必要である。

今後については、本研究課題は、更に大きく注目される分野であり、基礎アルゴリズムの研究開発、市街地移動システム実現のための技術開発、法制度、保険等も含めた官民全体の主導で進めることが求められる。特区での実証試験は重要であるが、実証試験で終了することなく、研究成果の普及・社会実装まで継続して進めることが望まれる。また、実験で得られたデータを科学的に分析し、規制緩和の程度や望ましい規制について科学的根拠を示して提案することが期待される。

#### I-2-(1) サステナブルマテリアル研究部門 [ユニット戦略課題3] 軽量金属による輸送機器の軽量化材料技術の開発 3. 8

運輸部門のエネルギー消費における低炭素化を目的として、マグネシウム・アルミニウム等の軽量合金部材の利用拡大を可能とするため、これらの材料の機械的特性の向上を図り、特に、圧延板製造技術の開発や低コスト表面処理技術等の確立を目指している。

産総研中部センターの長年の研究開発成果を引き継いだ材料製造技術の地道な開発は特筆すべきもので、難燃性マグネシウム合金のピレット（鋼片）から最終部材までの加工技術開発を一連の技術として進め、関係企業群に影響を与えつつあることが評価できる。特に、マグネシウム合金の高温圧延法によりアルミニウム合金並みの高成形性を実現したほか、蒸気養生法により表面に耐食性皮膜を形成する技術は、従来から指摘されていたマグネシウム合金の耐腐食性向上に大きな貢献をする可能性が大きい。

ただし、航空機や自動車では炭素繊維強化プラスチック（CFRP）等の複合材料が先行し、マグネシウム合金は厳しい状況にある。本質的になぜマグネシウムの利用が広がらないのか、材料としてのマグネシウムの位置付けを明確にする必要がある。自動車部品として使用した場合、製錬からリサイクルまでを含めたライフサイクルで本当に省エネルギーになるかどうかの検討も必要である。マグネシウムの新しい需要喚起のための方策を企業と更に連携して進める必要がある。なお、熊本大学が開発した不燃性マグネシウム合金とのすみ分けを明確にし、互いに無駄の無い研究を進めることが望まれる。

今後は、国家プロジェクトを推進するだけでなく、実用化のための産業界への研究成果の普及・技術移転の拠点としての視点を一層明確にし、産総研らしさをアピールする必要がある。中小企業などへの技術指導を進めるとともに、マグネシウムやチタンを扱う大手企業に影響を与える存在になることが望まれる。最近、電極材料としてのマグネシウムの利用も注目されており、この応用に適した加工成形方法を開発することも一つの方向性である。マグネシウムが社会に受容されるために、資源開発から廃棄・リサイクルまでのエネルギー消費や安全性まで含めた総合的視点で取り組み、この分野のオピニオンリーダーとしての役割も期待する。

#### I-2-(2) ユビキタスエネルギー研究部門 [ユニット戦略課題2] 固体高分子形燃料電池の研究 4. 0

家庭での省エネルギー化を目指して固体高分子形燃料電池コジェネレーションシステムのより一層の普及のために、燃料電池の大幅な低コスト化と高耐久性の両立を図る技術として、白金の使用低減及び電池劣化の抑制に資する技術研究を行っている。また、水素以外の燃料を直接電気に変換するダイレクト燃料電池の研究を通して、新たな燃料電池系の探索を進めている。

酸化物担体の研究に取り組み、最大の課題となっていた起動／停止サイクルにおける高耐久化を達成したことは評価できる。合金化や担持プロセスの改善と併せ、質量活性10倍向上にも成功し、産業界の要請に柔軟に対応して低白金化に道筋をつけたことも評価できる。

一方、大命題である白金使用量の低減については、1/10を達成するレベルには至っておらず、さらなる開発・改善が求められる。また、ベンチマークで産総研が他の研究機関より優れた研究を行っていることが強調されているが、いかにしてアウトカムを高めるかという視点からの考察が重要である。

今後の活動として、国際社会の動向の伝達や、国内企業の問題点整理と新たな方向性提示など、企業との親密な情報交流の場を設定することも有効である。また、二酸化チタン(TiO<sub>2</sub>)担体の実用化には、セラミック材料メーカーと早期に連携し、量産技術を確立し供給先メーカーを確保することが大切である。

## I-2-(2)、I-1-(3)、I-2-(3)、I-4-(1)、Ⅲ-2-(1) (再)、I-4-(2)、Ⅲ-2-(2) (再)、Ⅲ-1-(1) ユビキタスエネルギー研究部門 [ユニット戦略課題3] 省エネルギー型家電部材の開発 4.2

省エネルギー化を目指した照明材料としての希土類蛍光ランプで使用されるテルビウム(Tb)、ユウロピウム(Eu)の使用量の低減と、ランプの光利用効率の向上の技術開発とともに、照明、電池、情報家電用を目指した省エネ型家電部材の材料合成、デバイスへのプロセッシング、特性計測評価技術を研究している。またダイヤモンドの単結晶ウエハおよび実用的な縦型の構造のパワーデバイスを開発している。

まだ既存使用量が多く開発途上国でもニーズの高い蛍光灯で使用されるレアアースの使用量低減技術、蛍光体分離回収を実用化段階まで進展させた点や、蛍光シリカの開発におけるナノシリカの規則配置による光束改善、埋め込むBCNO(Boron Carbon OxyNitride)蛍光体粒子の性状によって発光波長を制御できることの実証など、多くの革新的成果を得ている点は高く評価できる。

一方、LED化等社会の激しい変化に追随するための出口戦略を、コストも考慮して議論する必要がある。未利用太陽光利用技術の開発は重要な提言であるが、非常に多面的で、ともしれば総花的ともなる懸念があり、長期的戦略を取り入れた展開を期待する。

今後は、ガラス研究の蓄積を活かしながら、ポリマーの良さを組み入れて、新たな産業技術の創生に取り組むことを期待する。また、自然光利用に関する独自技術を創出し、将来、それらの技術を権利行使できるように万全に準備を整えることが望まれる。

## I-2-(2)、I-1-(2)、I-1-(3)、I-2-(1) エネルギー技術研究部門 [ユニット戦略課題1、2] 4.0

### 1: 高効率エネルギーマネジメントシステム技術に関する研究

### 2: 住宅用エネルギーシステム技術に関する研究

戦略課題1では、蓄電システムに大きく依存せずに時間変動の大きな再生可能エネルギー群を大量に導入するため、電力及び熱エネルギーネットワークにおけるエネルギー平準化のための要素技術、電力変換器群等のハード技術、及びそれらをインテリジェントに制御するソフト技術の開発を行っている。戦略課題2では、大規模エネルギーネットワークの下流側に位置する個別・集合住宅への自然エネルギーの導入拡大のため、太陽光発電、蓄電池等の個別技術の高度化とともに、電力の負荷平準化等の新たな運用を可能とする技術の導入の実現に向け、要素技術とエネルギーシステム管理手法を総合的に開発している。

独自のパワーデバイスと周辺技術を調和させた、世界最先端のシーズ創生型ハブ機能のモデルケースと評価できる。SiC-PiNダイオードを用いて大電力変換器の駆動周波数を10倍向上させる一方、ダイヤモンド半導体で新たなデバイス群を作製して動作原理を解明した。需要側の視点で供給と需要(温水器)を組み合わせ、風力発電連系可能量を3倍にした努力も評価できる。ヒートポンプ給湯器の群制御による系統安定化や、住宅のパワーコンディショナーの協調制御で配電系統の電圧上昇抑制を示した意義は大きい。

一方で、研究の主体は電力を対象としたデバイスの変換効率向上となっている。高耐圧半導体素子の成果は世界にもっとPRすることが望まれるが、所内の研究体制の見直しも必要である。エネルギーマネジメントシステムはアウトカムの具体例や費用対効果を含む実績を示すことが必要で、制御対象はエアコンや家庭用コジェネレーションにも広げた方がよい。住宅用は内外でスマート実証が進んでおり、急速にデータが集積されている。自らの知見を積極的に提案することで、実証データ解析のハブ機能を目指すことが求められる。色素増感太陽電池は用途や価格目標の再考が、蓄電池は電池に仕上げるハードルを見据えた研究展開が必要である。

実用化を早め広く応用できるようにするには、メリットを具体的にPRし、外部連携を更に増やす必要がある。需要家、電力中央研究所、電力事業者等と連携して、最新の課題認識を持つ必要がある。ダイヤモンド半導体等を次の段階に進めるには、企業を引きつける戦略を練ることが望まれる。競合技術等の動向も踏まえ、適宜目標の見直し等、臨機応変な対応と、電力、ガス(水素)、熱等を相互に融通する産総研ならではの総合的モデルの早期の提案・実証が期待される。

## I-2-(2)、I-2-(1) エネルギー技術研究部門 [ユニット戦略課題3、4] 3.8

### 3: 次世代高効率分散電源技術に関する研究

### 4: 水素エネルギー技術に関する研究

戦略課題3では、エネルギーネットワークシステムにおいて重要な分散電源として期待される固体酸化物形燃料電池(SOFC)を更に高効率化・高信頼化するため、燃料利用率向上や排熱有効利用、劣化機構解明・信頼性向上技術、水電解・燃料電池を組み込んだ統合型水素エネルギーシステム等の研究を行っている。戦略課題4では、2020年代後半以降に期待されている燃料電池自動車の本格普及実現に向け、その鍵となる水素の貯蔵技術について、新たな材料設計技術の開発に向けて長期的視野に立った基盤研究を行っ

### 第3章

ている。同時に普及初期（2015～2020年頃）での部分導入の可能性に対応した材料開発を進めている。

SOFCの高耐久性実現に不可欠な劣化機構の解明は世界トップレベルであり、家庭用SOFCの市販とコスト低減への貢献を高く評価する。新たな目標（9万時間）にも目途をつけつつある。標準化でも世界をリードしている。独自シーズの熱電変換材料、水素貯蔵材料を着実に進化させ、開発した手法で反応機構の解析を深化させた。熱電モジュールで13%以上の変換効率を達成した。世界初の一体再生型燃料電池システムやSOFC／水素／熱電の組合せも着実な成果である。水素貯蔵材料は世界最先端の原子レベル構造解析技術により目標値50 g/Lを達成し、脆化現象でも地道な評価を進めた。

一方で、水素エネルギーシステムにおける位置付けが不明確である。高効率化と低コスト化の具体的な数値目標が必要である。SOFCは家庭用普及期に向けて、高効率化を長寿命化とセットで考え、より挑戦的な目標が求められる。SOFC以外では、材料からデバイスへの道筋を如何に描くか、水素脆化等の材料評価研究グループの今後の展開、全体として方向性をどう打ち出していくかが課題である。統合型水素エネルギー利用システムでは、実用化に向けたターゲット仕様を設定し、金属系水素貯蔵では優位性や実現可能性を勘案し、自動車用以外の用途を目指す必要がある。

今後の分散型電源のエースとして、小出力のSOFCの位置付けや、さらに石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)と二酸化炭素回収・貯留(CCS)との組合せを具体的・定量的に示し、海外メーカーに対して優位性を保つことが必要である。これまでの材料解析の延長線上にはない展開を模索し、機器の要素技術だけでなく、システム化したときの総合効率等を推定できるような技術開発も重要である。水素エネルギー社会の入口が見えてきたが、ベンチャー企業との連携・育成に加えて、基盤技術開発で官民連携の中核となることが期待される。

#### I-2-(2)、IV-2-(3) サステナブルマテリアル研究部門 [ユニット戦略課題2] 省資源型環境改善建築部材の開発 3.7

本課題では、省エネルギーと快適性の両立を目的とした建築部材の開発を行っている。具体的には、調光窓材、木質材料、調湿材料、外壁材等の機能向上を図るとともに、フィールド実験棟を用いて実使用環境での省エネルギー性能評価データの蓄積を行っている。

アウトカムの設定は適切で、省エネルギー型建設部材のくくりで研究を進める試みは面白い。調光ミラーや調湿材料、保水・透水材料など、個々の研究課題は産総研オリジナルで、研究の水準は高く、アウトカム実現に十分に寄与する成果が出ている。調光ミラー、木材加圧成形技術、調湿材料ハスクレイ等についてそれぞれ実用化の目途である目標値をクリアしており、特に調光ガラスの性能はこの数年で格段に上昇した。一部の材料については実験棟（模擬住宅）において実環境に近い条件下で企業と連携して評価を進めており、着実に実用化・普及に向けた進展が認められる。建築用素材として実用化の時期に来ており、多くの企業から共同研究の申し込みを受けているのも評価できる。

ただし、それぞれ部材として優れた性能を示しているが、具体的な用途との間にまだ隔たりが見られる。調光ミラーや調湿材料など冷房に対する省エネルギー効果は、実験の結果では期待したより小さい。木質材料の流動成形技術は技術としては面白いが、熱抵抗は通常の木材よりはるかに劣るので、木製サッシ枠をアウトカムとするのはミスマッチである。総じて基盤技術の研究成果を企業に技術移転する境界での役割が弱い。実用化につながらない理由を検討するため、現場での課題やニーズなど、企業側からの反応を受け止める努力が必要である。建築業との連携は研究会やセミナーを通じて努力はされているが、まだ不十分で結果に結び付いていない。

今後、調光ガラスなどは建築部材としてよりも別な用途が先に開ける可能性がある。その他の材料も、コストパフォーマンス上昇のための研究を進める必要があり、デザイン志向も必要である。引き続き企業と連携して普及に向けた研究開発を進めることを期待する。模擬住宅だけでなく、ケアハウスや病院等のように対象者が長期滞在する公共施設等に協力してもらうことも有効である。住宅熱環境のシミュレーションは、実験棟での結果をつき合わせながら、より高いレベルの手法開発を進め、民間でも活用できるよう公開することを期待する。

#### I-2-(3)、I-4-(3)、Ⅲ-1-(3) (再) ナノエレクトロニクス研究部門 [ユニット戦略課題1] シリコンナノデバイスの研究開発 4.1

シリコン半導体の更なる微細化を可能とする新規な材料、プロセスの開発、それを基にした新機能、新原理シリコンナノデバイスの実現、及び集積回路化による更なる低消費電力化へと研究を展開している。

高温イオン注入によるソースドレイン欠陥抑制、非晶質金属ゲートを用いた特性ばらつき抑制など、フィン型電界効果トランジスタ(FinFET)の特性を大幅に改善し、世界最高性能を実証している。特に、しきい値電圧のばらつき抑制はULP(Ultra Low Power)実現のキーテクノロジーであり、アウトカム実現への寄

与は非常に大きい。新構造及び擬似直接遷移化によるトンネルFET(TFET)の高電流駆動力達成とソース接合レス(Source Junctionless)トンネル構造によるTFET特性ばらつき低減は世界最高水準のアウトプットであり、高く評価できる。

なお、特性ばらつきを含めた実効的なベンチマーキングが必要である。また、デバイスの集積化に向けての技術課題の抽出、開発した技術の導入の方向性を示すことが求められる。

今後は、実証後の実用化に向けた研究のステップアップが必要であり、応用システムの実現に向けて、集積化技術の開発方向に関する産総研内外との連携の枠組み作りを強化することが望まれる。高温イオン注入装置による成果は、産総研のデバイス開発が装置開発に直接結び付けられる可能性を示しており、これまでとは異なる先端デバイス開発のビジネスモデルとしての検討が期待される。

#### **I-2-(3)、Ⅲ-1-(1) (再)、I-4-(3)、Ⅲ-1-(3) (再) 電子光技術研究部門 [ユニット戦略課題1] 光情報技術 4.7**

光デバイスに関して、化合物半導体光源デバイス、ポリマー光配線技術、シリコンフォトニクス技術を中心に次世代の機器内光ネットワーク(光インターコネクション)への展開を図っている。ネットワーク技術に関して、次世代大容量光伝送のための光源、光信号処理・計測技術の研究展開を図るとともに、量子情報通信の研究にも取り組んでいる。

「フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発プロジェクト」(PECST)において目標を大きく超える情報伝送密度30 Tbps/cm<sup>2</sup>が達成されたことは、長年努力してきたシリコン光電子集積技術が花開いたものである。国家プロジェクトにおいて公的研究機関が果たすべき先導性と、共通のプラットフォーム整備に関して重要な役割を果たしており、高く評価できる。また、広温度範囲動作量子ドットレーザー、低損失アモルファスシリコン導波路、多層光回路のための層間光信号伝送の実証、ポリマー光電子集積回路など、世界的に優位性をもつ多くの基盤的研究成果が得られていることや、マルチキャリア通信に向けて既存測定器に比べ2桁以上高精度な光源ノイズ評価技術を開発し、製品化につなげたことも評価できる。

ただし、世界トップレベルを可能とするブレークスルーは何かを明確にする必要がある。国家プロジェクトの全体成果と産総研の個別研究成果の切り分けもまた必要な視点である。3次元光回路と光電子集積パッケージ基板については、開発目標の明確化が望まれる。論文数が技術レベルに比べて少ないので、効果的な技術アピールも必要である。

今後、次の目標は実用化、商用化という最も難しいフェーズに入ってきているので、ロードマップをしっかりと作成して臨む必要がある。光通信システムベンダーや情報通信研究機構との協調関係を継続して、次期テーマの選定を行うことが望ましい。大規模な集中研方式プロジェクトが成功していることを踏まえ、人材育成・交流の視点でこれを進化させ、産総研の存在感を一層示していくことが期待される。

#### **I-2-(3)、Ⅲ-1-(1) (再) ネットワークフォトニクス研究センター [ユニット戦略課題1] 光拠点デモに向けた光デバイスおよび装置の開発 4.3**

ダイナミック光パスネットワークの研究開発を進めている。ダイナミックノード技術では、多粒度多階層型の各スイッチ技術の開発と要素技術の集約によるシステム化、光パスコンディショニングでは、光伝送品質の自律的維持管理技術、及び多重分離技術による光伝送高効率化技術、光デバイス制御では、波長可変光源制御技術、光スイッチ制御技術、及び複数のモジュールの統一的制御技術、並びに光パスプロセッサでは、シリコンフォトニクスによるファイバクロスコネクト、及び空間光学系による波長選択スイッチ、を開発している。これらの研究開発を連携することにより、小粒度の信号から大粒度の信号までを扱える多粒度多階層型の通信システムを構成する。さらに、公開デモ実験用として、実運用を考慮したダイナミック光パスネットワークのテストベッドの構築を行う。

3つの戦略課題を昨年度から1つに集約し、つくば地区における実運用テストベッドのデモ実験・運用に向け、リソースを集中するとともに、多くの外部機関と長期にわたり共同研究を実施し、我が国におけるリーダーシップを発揮している。具体的には、光パスコンディショニングの実現に不可欠な光パラメトリック可変波長分散補償器(P-TDC)や波長変換器、波長制御技術、シリコンフォトニクス光スイッチや中間制御インターフェイスなどの要素技術の着実な開発を進め、テストベッドでの実運用に耐え得るデバイスの開発やODU(Optical Data Unit)クロスコネクト、ROADM(Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer)の実用化を実現している。共同研究参加の協働企業との積極的な連携により、プロトタイプによる動作実証を行うとともに、デモ実証実験システムの構築まで進めたことは高く評価できる。また、光パスネットワークの消費電力抑制の可能性を多角的に理論検証するとともに、必要なデバイスを開発するなど多くの要素技術が世界的に大きな評価を得ており、研究成果として高く評価できる。シリコンフォ

### 第3章

トニクス光スイッチでは、8×8スイッチのデモ装置組込み用デバイスの実現と、それに続く32×32スイッチの進展は高く評価できる。32×32のサイズは世界トップレベルである。学会、特許等の発表実績も多い。

なお、テストベッドの公開実証実験では、このシステムの意義と将来の社会・産業界への波及効果など分かりやすくデモ・説明する必要がある。光パスプロセッサでは、インテリジェント化、高機能化へのロードマップが望まれる。大規模マトリクス光スイッチでは、寸法誤差低減の見極めと製造後のトリミング（微調整）の実現可能性の検証を早期に行い、実用化可能なスイッチサイズを明確にするとともに、クロストークの要求が満たされるかをはっきりさせることが必要である。

今後は、ダイナミック光パスネットワークの導入・拡大の芽となる短期的・中期的な応用先を多角的に検討するとともに、光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点(VICTORIES)プロジェクトの成果が社会実装に結実するように、通信キャリア（電気通信事業者）やアプリケーションサプライヤなどとの議論が必要である。光パスプロセッサの研究開発のより明確な発展のためには、インテリジェント化、高機能化の目標に向けたロードマップの策定が求められる。パラメトリック可変分散補償器や全光信号処理による多値変調信号搬送波再生など産総研のオリジナリティの高い技術の実用化、既存ネットワークへの早期導入が期待される。シリコンフォトニクスは、今後進展の見込まれる重要な分野であり、産総研が我が国の一大拠点となるために研究所全体で考慮する必要がある。シリコンフォトニクスの確固たるトリミング技術を実現するとともに、大規模光スイッチの全てをトリミングできる生産性の高い手法を理論的に検討する必要がある。32×32大規模スイッチ動作のための最短距離を見極め、リソースの可能な限りの投入が期待されるが、32×32よりも小さな規模の光スイッチが有効となる応用探索も必要である。

#### I-2-(3) フレキシブルエレクトロニクス研究センター 【ユニット戦略課題1】フレキシブルデバイスの開発研究 4.2

情報通信機器における製造・使用の両面でのイノベーション実現のため、柔軟性を有するフィルム基板上に室温や大気中といった温和な条件で電子素子や回路を形成するフレキシブルデバイス技術を開発し、超薄型、軽量、形状自由度、大面積、耐衝撃性、省電力性など、ユーザビリティに優れた情報入力インターフェイスデバイスの創出を先導することを目指している。

出力にかかわる、表示、圧力センサーなどで十分に目標に到達し、最終目標である電子ペーパーの実現に向けて着実に進歩している。特に、JAPERと連携し、全印刷方式のフレキシブルTFTを試作し、動作周波数1 MHzの高速応答を確認し、将来の全印刷電子ペーパーへの礎を築いたことは特筆すべき成果である。また、低消費電力発光型表示デバイス技術として、有機ELデバイスのための透明酸化電極のダメージレス高速成膜技術を達成したことも評価される。さらに、ポリアミノ酸をベースとした強誘電体インクを開発し、それを用いて印刷法による感度レンジの広い圧力入力デバイスを試作し、製品化検証用のサンプルを提供したことも評価される。

ただし、大面積化技術・高信頼化技術については、目標期間内に実使用に一定の目途をつけることが求められる。メートル級複合機能デバイスは、直接的アウトカムないし製品化イメージを明確にする必要がある。

今後は、たとえ低いスペックでも有用な応用があれば、それを積極的に宣伝して、実際の利用を目指すことが大切である。その意味で、成果の対外発表をより一層活発化させることが必要であり、電気・電子系のデバイスに関する展示会より、フレキシブルエレクトロニクス製品を最終的に購入する顧客（例えば、ファッション、医療、農業など）が来場する展示会が適している。圧力センサーは、介護など今後の成長領域での利用が期待されるので、この分野のベンチマーキングをすることが望まれる。

#### I-3-(1) 環境化学技術研究部門 【ユニット戦略課題1】再生可能資源を利用する材料・反応・プロセス技術 4.2

バイオエタノール等の低級アルコールをオレフィン等の有用化合物に変換する触媒や製造プロセスの開発に加え、バイオ法と化学法のベストミックスによる、基幹化学物質（有機酸等）や機能性素材（バイオ界面活性剤等）の量産技術の確立に取り組んでいる。これらバイオ由来化学品の用途開拓も進め、幅広い産業分野への導入を目指している。

プロピレンの製造では実証試験により目標を達成するとともに、グリセリンの製造・利用では量産方法を確認し、試料提供により用途開発を進めているのは大きな成果である。バイオサーファクタント（生物界面活性物質）の一大拠点となっており、企業との連携で製品化に到達したことは高く評価できる。バイオと化学技術のベストミックスという視点は良い。光学活性物質は高付加価値化の方向で、社会的な評価も高い。技術研究組合との連携、企業への試料提供・共同研究、事業化といった成果の展開につながって



いる点は大いに評価できる。バイオマス炭素含有率評価方法等の国際標準化は他機関と差別化できる大きな成果である。

一方で、アウトプットからアウトカムへの説明が不十分である。アウトカムとして環境負荷低減を期待するなら、背景説明を含めて、トータルコストに対する目標や成果を明確にする必要がある。界面活性剤のような機能性化学品に比べて、基幹化学品はコンセプトが不明確で、活用も遅れている。国内外のバイオリファイナリー構想に対する現状把握や産総研の考えをもとに計画を示すことが望まれる。業界の国際競争力の現状を踏まえて成果の意義を説明する必要がある。ISO化では代表団の中での役割やステータスについて、また、規格が認証等にどれほど使われているかという説明も求められる。

界面活性剤は大量生産可能なレベルになっているので、早急に幅広い用途開発を期待される。有償サンプルの提供を受けた企業が、少量でも最終製品を試作するようなインパクトのある開発マネジメントが望まれる。商品化に際しては、産総研の技術を活用して達成した旨を公表することを契約に入れることが適切である。バイオマス資源の活用は、原料調達不安定性を含めて多くの要因により研究意義の評価が変動しやすいが、その重要性や継続性の考えを示した上で、長期的視野で研究を遂行することが大切である。所内外との大きな連携の枠組みも必要である。標準化など社会貢献をもっと宣伝した方が良い。

### I-3-(2) エネルギー技術研究部門 【ユニット戦略課題5】 エネルギー資源変換技術に関する研究 3.8

クリーンコールテクノロジーの中核として、石炭火力等における低炭素化を目指した大規模発電用ガス化システム開発に資する基盤技術を開発している。さらに、低品位炭から灰分を除去した無灰炭の製造技術とそれを用いた高効率低温触媒ガス化技術を開発し、二酸化炭素の排出削減を目指している。

エクセルギー再生という概念を取り入れた革新的な研究であり、民間単独では困難な低温ガス化に取り組み、石炭ガス化率20%向上に目途をつけ、触媒を用いて60%の高効率で合成ガス又は水素の製造を可能にした。石炭生産国でクリーン燃料や化学燃料に転換し、輸出入可能にするというビジネスモデルは良い。流動層燃焼をコア技術とする低温触媒ガス化は、未利用の褐炭の活用に道を開く。地味ながらコールバンクの拡充も貴重な業績と評価できる。有害微量元素の分析法のJIS原案も作成した。

1980年代から続く本技術開発も成熟してきた。他のガス化技術に対する優位性、他機関の現状、外部との連携体制、及び日本で石炭ガス化複合発電(IGCC)が普及しない事情を含めて、商業化への具体像を提示することが求められる。小規模のバイオマス利用や流動層を中心に据えた技術展開なども視野に、商用化の戦術を明確にする必要がある。水素エネルギーシステムでの位置付けも具体的な数値目標を掲げて示す必要がある。コールバンクでは品質管理も重要である。

CO<sub>2</sub>回収率90%以上、発電効率50%以上という挑戦的な長期目標に向けて、中期目標である2020年のIGCC発電効率48%の達成は重要で、技術開発を加速する必要がある。他の火力発電技術の進展も著しいので、水素やSOFCとリンクした大出力石炭ガス化電源の位置付け、さらにIGFCとCCSの組合せを具体的に需要家に示すことが重要である。経済性の目標値を民間側と共有し、初期コストを低減する必要がある。大規模システムの開発では大型炉の設計やエンジニアリング技術も必要であるが、各段階で産総研の理論的な支柱としての貢献がよく見えることや、国際的ハブ機能、提案力・発信力の強化が期待される。

### I-3-(2) メタンハイドレート研究センター 【ユニット戦略課題1】 メタンハイドレート資源生産技術の開発 4.3

生産増進法の開発と坑井周辺の生産障害対策技術の開発を重点化した「高度生産手法の開発」、坑井仕上げのための坑井健全性評価、出砂対策技術の開発を重点化した「地層特性評価技術の開発」及び信頼性のある生産性予測技術を確立するための「生産性予測技術の開発」を主要研究課題として取り組んでいる。

第1回海洋産出試験において、減圧法の有効性とMH21-HYDRESの実用性を示し、世界初の海洋生産試験をほぼ成功に導き、予定していた生産プログラムをすべてはテストできなかったとは言え、2万 m<sup>3</sup>/日の生産レートを得た。また、メタンハイドレート含有堆積層からのメタンの大量かつ長期安定的生産を実現し、かつ環境負荷を極小にするために、坑井周辺において発生する生産障害を極力抑える技術について重点的に開発研究を進め、そのための方策として強減圧法と交流通電加熱法の有効性を検証した。「高度生産手法の開発」・「地層特性評価技術の開発」・「生産性予測技術の開発」のいずれも高いレベルで研究が進められており、世界をリードする技術水準にあると評価される。原位置の圧力状態を保持した不攪乱試験の力学試験を実現させたことはこれまでに蓄積した実験技術・ノウハウの結果であると評価される。

一方、第1回海洋産出試験は、出砂のため予定期間前に試験終了のやむなきに至ったが、その結果を解析し原因を克服するために、生産挙動予測の高精度化など生産手法の高度化に取り組むことが望まれる。MH21-HYDRESについては、引き続きアップグレードとデータや研究成果のアップデートが求められる。

### 第3章

環境影響評価についてはどのように進めているのか、その現状の成果はどのようになっているのかを示すことが求められる。さらに次回の海洋産出試験などに向けて、組織や日常的な対話のチャンネル作りなど具体的な対策を通じて、JOGMECを始めとする関連機関との連携をより密接にすることが重要である。

今後、第1回海洋産出試験を経て、社会的に大きな関心はメタンハイドレート開発の長期的な経済性評価にあるので、独自の生産シミュレーターの利点を活かしその高度化を進め、信頼性の高い経済性評価に貢献することが期待される。また、次回の海洋産出試験以降、商業生産に向けて我が国が取り組むべき課題、研究センターが解決すべき技術的問題点を明らかにし、ロードマップに書き込むことが求められる。より効率の良い生産性を得るための坑井仕上げデザインと生産試験計画を策定するために、実験やシミュレーションによる試験結果へのマッチングだけではなく、実際の堆積物（堆積層）の堆積学的及び貯留層工学的な評価によって試験結果を解析することが重要である。

#### I-3-(2) メタンハイドレート研究センター 【ユニット戦略課題2】 ガスハイドレート機能活用技術の開発 4.1

メタンハイドレート資源から生産された天然ガス輸送・貯蔵システムの多様性を高めることを目標とし、新たな天然ガス輸送・貯蔵プロセスの開発及び効率的な炭酸ガス分離技術の開発などを行い、資源開発の商業化を促進する経済性を高め、メタンハイドレート資源開発の多様性を拡大する。

メタンハイドレート資源開発の経済性や多様性を高め、併せて新たな産業を開拓する研究開発の道筋・マイルストーンは妥当であり、NGHによる輸送と貯蔵技術及びセミクラスレートを利用するガス分離技術と熱媒体の開発について良好な研究開発成果を挙げている。また、民間との共同研究において、知見・ノウハウ等の民間への波及及び民間の活力・発想等の受入を積極的に実施している。セミクラスレートは、CCS、硫化水素分離、ヒートポンプ、及び蓄冷熱媒体への利用についても貢献度が大きく、今後の一層の進展と実用化が期待される。

一方、NGHによる輸送と貯蔵技術及びセミクラスレートを利用したガス分離技術と熱媒体に関して引き続き研究を進め、より効率が良く実用性の高い方法や媒体の開発が求められる。その際、得られた研究成果を国際的あるいは日本の他の研究成果と比べて、どれだけのオリジナリティがあるのかをより明確にすることが必要である。本課題の成果は極めて広い応用が考えられるので、更なる用途開発や共同研究が必要である。

今後、ガスハイドレートを活用できる分野は分離・精製を始めとして数多く存在し、特にセミクラスレートハイドレートは高度な成果と認められ、実証への展開が期待される。また、南海トラフにおける生産試験、生産開始後の輸送・貯蔵方法、ヒートポンプ関連、低濃度排ガスからの二酸化炭素分離など、社会の要請に敏感に対応する形で柔軟性を持った研究計画の立案と技術開発が期待される。

#### I-3-(3) 環境管理技術研究部門 【ユニット戦略課題3】 リサイクル技術の開発 4.8

国のレアメタル確保戦略に基づいて、未利用資源活用及びリサイクルを推進し、資源最適利用システム構築及び戦略的希少元素安定供給に貢献する研究を進めている。

国内外の位置付け、優位性・特徴を把握し、目標、マイルストーンを明確にしてスピーディな開発に取り組んでいる。リサイクルに回される製品・物質を予測し、長期的な研究をポートフォリオに組み込んでいる。特許出願、招待講演、受賞や報道が多いことから、社会的な関心の高さが伺える。分離精製技術や精密反応技術で従来にない回収効率を実現するなど、順調に研究開発が進展している。SUREの設立と官民連携コンソーシアムの活動開始は高く評価される。

一方、世の中が急速に変化しているので、官民連携の場を活用して迅速な情報共有と発信が求められる。企業の声が迅速に反映され、ビジネスに反映されるマッチングの場の仕組みが整うと良い。インパクトファクター付国際誌の数を増やす努力も必要である。個々の取り組みが見えにくいので、技術課題の解決プロセスについても明示する必要がある。安全で確実なリサイクルが不可能だと、物質の製造使用自体が禁止されてしまうので、効率的なリサイクルに加え、従事者の安全や環境への配慮をもっとアピールすると良い。

今後、製品のリサイクル設計のための標準化の主導・推進が望まれる。人材確保のために、既存の学術領域との関係を分かりやすく見せる工夫も必要である。SUREコンソーシアムでは、産学官連携による技術の利用拡大と製品の流れを踏まえた社会ビジョンの創出が期待される。リサイクルまで考えて製品設計すべきというメッセージを出し続けることも必要である。都市鉱山のみならず、自然鉱山への適用も常に意識することが求められる。研究者の負担軽減のためにマネジメント人材と事務機能の強化も必要である。

### I-3-(3) サステナブルマテリアル研究部門 [ユニット戦略課題1] レアメタル等金属の省使用・代替材料の開発 4.1

限りある資源をより広く効果的に利用できる社会の実現を目指し、レアメタルの機能を代替できる材料の探索ないし構造の創り込みを中心に、低環境負荷・省エネルギーを出口とした素材・部材及び周辺技術の開発を行っている。

レアメタル危機に際して経済産業省や新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が描いた全体像に対し、産総研レアメタルタスクフォースの中核として、研究部門が持つ研究開発資源をいち早く的確に用いて対応し、優れた成果を得るとともに、その成果の一部は危機脱却に一定の貢献をした。国の研究所として重要な役割を果たしたと言える。具体的成果として、高温で耐酸化性に優れた新たな超硬工具材料TiC-FeAlを開発したこと、ディーゼル車用排ガス触媒の白金の使用量を50%低減する技術を開発したことなどが高く評価できる。

ただし、タングステン、希土類元素、白金族元素の削減に関する研究は実用化には今一步及んでおらず、中期計画の後半から行ったリサイクルに関する研究は、まだ実用化の観点からは課題が残っている。レアメタル対策という資源の観点は重要であるが、それだけを指標にしてもなかなか産業化にはつながらないことも事実である。開発に成功した代替材料が使われない原因をよく調べ、代替材料が優位になるよう更なる研究開発が必要である。

今後は、レアメタル対策について、技術目標の達成による定量的効果（各資源物質の国内使用量における有効利用の割合など）や定性的効果（資源外交問題への貢献や社会的インパクトなど）の想定を提示し、日本の長期戦略と政策の立案に役立てることが望まれる。レアメタル回収技術も重要であり、その方向の研究開発での成果も期待する。レアメタル危機への当面の課題は一段落したが、本質的な解決はまだであり、特に地球規模で急増する人口に対して素材・材料を供給する際に省資源で済む材料の開発はこれからである。今後は「サステナブルマテリアル」としての他の指標（環境、エネルギー、コスト）と合わせて、真に優位性ある材料の開発を進める必要がある。

### I-4-(1)、Ⅲ-2-(1) (再) 先進製造プロセス研究部門 [ユニット戦略課題4] 無機・有機ナノ材料の適材配置による多機能部材の開発 4.2

セラミックス、金属、ポリマー、シリコン等の異種材料をナノからマイクロ、マクロまでのマルチスケールで融合させて適材配置し、従来の無機、有機等の単独材料には無い多機能を有する部材（ハイブリッドコンポーネント）を製造する技術の開発を進めている。

マイクロ波照射を利用した炭素繊維強化熱可塑性プラスチック(CFRTP)の高速成形技術について、新規フィラーにより樹脂内部の温度むらを低減するとともに、低熱伝導性ZrO<sub>2</sub>の型により短時間での昇温・成形を実現したことは高く評価できる。これにより大型部品の高速成形加工への展開が可能となり、自動車等におけるCFRTPの利用拡大が期待できる。また、ナノ材料技術を活用した高機能材料への取り組みは新規性が高く、SnO<sub>2</sub>粒子膜上のSnO<sub>2</sub>ナノシートの形成による高感度なH<sub>2</sub>、CO、CH<sub>4</sub>のマルチセンサーの開発、誘電体BaTiO<sub>3</sub>の単結晶ナノキューブの秩序配列膜によるスーパーキャパシタのための巨大誘電率材料の開発など、優れた成果を挙げている。

ただし、CFRTP成形技術については、低熱伝導性の型の適用による冷却時間の増加、マイクロ波硬化の均一性など、より多面的な評価が必要である。個々の技術はまだ実用化前の研究段階にあり、「異種材料のマルチスケールでの適材配置」として共通化できる水準には達していない。全体的に、環境・エネルギーの観点、あるいはミニマルマニュファクチャリングにおける位置付けが希薄である。

今後、CFRTPの成形加工については、大型モデルでの検証を行って実用化開発を進め、ナノ多機能部材については、開発した方法が適用可能な材料についての確認を進め、技術の拡張を図ることが求められる。自動車業界に対しても大きく貢献できるよう、実用化に向けてのシナリオ策定、応用技術の検討、新たな課題（例えば繊維配向の影響や製造品質の確保など）への対応が望まれる。一般にハイブリッド材料は様々な組み合わせが可能であり、多機能材料開発のため今後とも種々の材料開発を期待するが、そのとき、環境材料、エネルギー材料など、方向性の集約が必要である。

### I-4-(1)、Ⅲ-2-(1) (再) ナノシステム研究部門 [ユニット戦略課題1] 高予測性シミュレーション 4.3

企業からの受託研究、世界最高レベルの研究ポテンシャルを維持するためのシミュレーション基礎理論開発及びそれを用いた実験開発研究の先導を三つの柱として戦略課題研究を進めている。

計算シミュレーションの先端的な取り組みを行い、様々な国家プロジェクトにおいて信頼され活動が行われており、多様な領域をカバーし、外部との連携が有効に機能している点は評価される。また、非平衡

### 第3章

伝導現象、電子励起ダイナミクス等、計算科学的な取り扱いが未知の領域に切り込んでおり、「テクノロジーブリッジ」としての役割を十二分に果たしている。

一方、研究テーマが重要かどうかの判断、特に実験系からの依頼が本当に本質を突いたものであるかの判定は、当事者だけで決めないようにはする必要がある。また、産総研に対する期待は大きく、大学との技術的方向性の違いについてもっと明確にする必要がある。

今後、シミュレーション結果によりプロジェクトに対する貢献を示そうとするならば、最初に大きな流れを示し、目標に対してどこまで進んでいるのかを示して、外部の人間にも分かりやすくすると良い。また、研究成果を社会に還元する方法にはシミュレーションから得られた知見そのものを提示するほか、独立して利用することが可能なツール化やモデル式の提示等があり、産業への浸透性まで考慮して適切な還元方法を検討することを期待する。

#### I-4-(1)、III-2-(1) (再) ナノシステム研究部門 [ユニット戦略課題2] ソフトマテリアル 3.8

階層を超える自己組織化理論と階層シームレスのシミュレーション研究を統合的に活用し、革新的な材料やデバイスの設計開発を通じて次世代のグリーン・イノベーションに貢献する。

実験装置の開発、産業応用上重要な高速シミュレーション手法、材料開発や独自の評価装置の開発等、ナノレベルで機能発現するソフトマテリアルを基にした省エネ型機能部材の開発に向かって意欲的な研究が展開され、高度で着実な成果を挙げている。知財も獲得している。

一方、個々の技術が各々の出口に向かって技術開発を行っている分、戦略課題全体として何を狙って活動をしているのか見えにくい。また、比較的近い将来に実用化を目指すテーマについては、従来技術や競合技術との実用化視点でのベンチマーク（例えば、コスト、量産化可能性、環境への影響など）が必要である。カーボンナノチューブ(CNT)の分散技術は大変有用であるが、特定の用途に限られているので、同じコンセプトでもうひとつ別のターゲットに適用することを示し、広がる技術にする必要がある。

今後は、実用化に近いテーマに関しては、機能の優位性のほか、コスト、具体的な適用対象などについても関連の企業と検討し、ユニークで競争力のある技術に仕上げることを期待する。先端的なアウトプットが現われてきていることは良いが、出口目標として設定している「やわらかいロボット」への関連性・道筋が以前より曖昧になっており、ロードマップの再構築も必要である。

#### I-4-(1)、III-2-(1) (再) ナノシステム研究部門 [ユニット戦略課題3] 高付加価値ナノ粒子

##### 4.4

ナノ粒子合成・改質から塗布・パターンニングまでを一貫してオンデマンドで必要量を生産する技術を開発することで、グリーンデバイス製造プロセスへの本格的な応用を図る。また、福島原発事故への対応として、ナノ粒子を用いたセシウム(Cs)回収技術を開発し除染事業の促進を目指している。

除染技術開発は時宜を得た対応であり、福島原発事故以前から取り組んでいた技術が適切に展開されている点が評価できる。また、ナノ粒子の連続合成技術が確立され、ロードマップに沿って計画が着実に達成され、成果の企業への移転も積極的になされ、実用に向け着実に進展しているものと認められる。

一方、全体に実用化を見据えた研究が多いので、ベンチマークは優位な点だけでなく、更に踏み込んで劣位な部分も含め、より客観的に、数値も提示して比較することが求められる。また、プロセス中心になっているように見えるが、ナノ粒子に関しては、用途と必要とされる特性を考慮して研究を進める必要がある。

今後、Cs回収プロセスは産業界との連係が重要となるだろうが、福島原発事故除染に対し、大きな貢献を期待する。ナノ粒子については、粒子の種類や用途が多岐にわたるので、産総研の担う範囲と確保すべき知財などを見極め、また、思わぬ所で用途開発が進むことがあるため、成果を積極的に発信して産業界を巻き込み、多様な応用技術が開拓されることを期待する。

#### I-4-(2)、III-2-(2) (再)、I-4-(1)、III-2-(1) (再) ナノシステム研究部門 [ユニット戦略課題4] CNT・革新デバイス 4.4

金属型と半導体型の単層CNTの高効率・連続的分離技術、ナノギャップ不揮発性メモリ、及び近接場光-伝搬光変換を可能とするV字溝型ナノ構造について実用化を目標とし、そのための課題解決に向けて企業と共同で橋渡し研究を進めている。

低コスト、低消費電力、高効率革新デバイスのアウトカム目標に向けて、明確なロードマップが描かれ、それぞれの数値目標がおおむね達成されており、派生技術からも極めて先端的なアウトプットが生まれてきているものと評価できる。CNT金属型・半導体型分離技術で量産化を意識した研究が進んでおり、高分子熱電素子では高い熱電変換性能(ZT値)が得られている点などの成果が認められる。

一方、シーズ技術として開発してきたデバイス技術のいくつかは、基礎的な研究から次の段階へ進みつつあり、技術研究組合への移行等も含め、支援、加速する体制を検討する必要があり、性能、コスト以外にも環境影響、安全性などを含むより多面的なベンチマークを行い、実用化を進めることが求められる。

今後は、有望な結果が得られているCNT以外のテーマについても、戦略課題の枠を超えた活動で実用化に向け加速を図ることを期待する。

#### I-4-(2)、Ⅲ-2-(2) (再) ナノチューブ応用研究センター [ユニット戦略課題2] グラフェン系ナノ材料の研究開発 4.1

プラズマCVD技術の向上（高性能ドーピング技術など）による高品質グラフェンの作製技術の確立と、フレキシブル透明導電フィルム作製技術（高品質転写法など）の開発を行っている。これと並行して、グラフェンの電氣的、光学的、熱的、機械的、化学的な諸特性を工業的に利用するための検討と潜在的応用ターゲットの探索を行っている。

大面積グラフェン合成技術に関して、マイクロ波プラズマCVD法の基材温度を適切な高温にするなどの改良により、電気伝導性と層数制御性を高め、電気抵抗、光透過率などの目標値を達成した。短期間で実用検討に適用できる水準のものが開発されており、将来的に圧倒的な低コストが期待できるロール to ロール連続成膜の可能性が見いだされていることも評価できる。透明グラフェンヒーターや、有機LED用電極としての利用の可能性、電磁波遮蔽膜としての効果の確認など、用途開発に向けた努力も評価される。

ただし、実現されたグラフェンの品質はまだ世界のトップクラスではない。更なる特性改善が必要であるが、改良されたプラズマCVD法は、独自の低温合成という特長を失い、不純物炭素源による制御性のない方法であるなど、課題を内包している。トータルプロセス設計として低温製膜技術を活かす形での工夫が必要である。なお、知財についてはアライアンスなどの戦略を検討する必要がある。

今後は、フレキシブル有機薄膜上へのロール to ロール成長・転写技術の開発など、他の合成法をしのぐ高品質グラフェン成長法とそれに適したデバイスの開拓が望まれる。世界的な競争が激しくなる中で、競合技術との差異を明確にし、本技術の強みが最も活かせるよう、ターゲットを絞った積極的なユーザー評価が必要である。たとえば、透明性と電磁遮蔽性の両方を活かす用途や、ウェアラブルデバイスの用途などについて、ユーザー企業との連携を図り、早期実用化を目指す必要がある。なお、並行して研究開発しているナノ結晶ダイヤモンド薄膜については、位置付けと優先度の明確化が求められる。

#### I-4-(3)、Ⅲ-1-(3) (再)、I-2-(3) ナノエレクトロニクス研究部門 [ユニット戦略課題2] 新材料・新構造インテグレーションの研究開発 3.9

消費電力の低減等が期待される超格子型相変化メモリ(iPCM)の実用化及び新機能スピンドバイスの研究開発、酸化物を用いた抵抗変化メモリ(ReRAM)の構造、材料、プロセス技術及び関連計測技術の体系的開発、強誘電FET-NANDメモリの実用化を進めている。また、シリコン上の異種材料集積化技術とデバイス実証、X線撮像デバイスの研究開発を行っている。

超格子型相変化メモリ、抵抗変化メモリ、強誘電体NANDフラッシュメモリなど産総研のメモリ研究は非常にレベルが高く、世界をリードする結果が出ている。相変化メモリに関しては0.1Vの超低電圧動作を実証するなど、大きな進展が見られ、世界的にも優れた成果である。また、特異な光磁気カー効果の観測など、新しいスピン機能デバイスへの展開も期待される。ロジック（論理電子回路）関連では異種材料の集積化技術を開発し、この技術を用いた高性能デバイスを実証しており、技術的優位性は高い。HARP (High-gain Avalanche Rushing amorphous Photoconductor)膜を利用した医療用X線撮像素子やフィールドエミッタアレイを用いた耐放射線撮像素子も着実な研究開発が進められており、評価できる。

なお、メモリ研究のロードマップを整理し、材料研究を系統的に行うことが求められる。それぞれの材料のアウトカムに対して、スペックをもとに開発計画を立てた上で、評価解析を進める必要がある。ポストシリコン材料では研究戦略を明らかにすることが望まれる。

今後は、3つのメモリがいずれも重要な技術課題であることから、早期実用化を目指して、企業との共同研究を強力に推進することが必要である。相変化メモリについては、トポロジカル絶縁体の新機能開拓も基礎研究としては非常に興味深いのが、当面、メモリ開発に重点を置くことが望まれる。抵抗変化メモリやX線撮像素子は産業界への「橋渡し」と実用化へのロードマップを示すことが望まれる。

#### I-5-(1) 環境化学技術研究部門 [ユニット戦略課題3] 産業の環境負荷低減を図るレーザー化学技術 4.3

レーザー局所場処理技術をベースに、ポリマー・ガラス・セラミックスなど様々な材料に対応する効率的な光化学表面反応プロセスを開発し、これらの材料・部材がかかわる産業プロセスの省エネ化・省工程

### 第3章

化・省部品化を目指している。具体的には、自動車等の輸送機器の抜本的軽量化に資する難加工性複合材料（炭素繊維強化プラスチック（CFRP）等）の革新的加工技術や省工程オンデマンド加工技術を開発する。

CFRPのレーザー加工で、技術研究組合と連携して自動車製造工程に適用可能な数値目標（タクトタイム1分）をクリアし、企業に対して加工試験を開始していることは高く評価できる。レーザー誘起背面湿式加工法は独自の発想に基づく研究であり、透明なガラス等の微細加工を実現し、大型基板用装置開発につながった。化学系企業と連携して、太陽電池や半導体の加工実証に成功している。

CFRP加工では実装コスト面も含め最後のハードルとその克服アプローチを示す必要がある。技術研究組合との関係で、成果における産総研の役割も不明確である。他の加工技術に対するレーザー加工技術の省エネ性や優位性を含む環境負荷低減効果や、薄膜太陽電池製造に適用する場合のコスト削減効果を半定量的でも提示する必要がある。予算や人員といった研究資源の投入割合が他の課題より小さく見える。限られたリソースや民間との競争の中で、レーザー加工やレーザー化学技術を今後どのような方向に発展させたいのかが分かりにくい。

次世代材料の高速高品位加工基盤技術は、ひとつのメーカーの商品開発の支援でなく、その産業分野に貢献できる開発であり、産総研テーマのベンチマークと言える。あらゆる産業の基盤技術となり得るので更なる重点化を期待するが、レーザー加工では産総研としてどこまで関与するのか、次の課題は何かといった見極めやリサーチが必要になる。背面湿式加工法については、この手法を活かせる加工品の探索に期待する。優れた技術を最大限活用しアウトカムにつなげられるよう、技術の優位性をアピールしつつ広くニーズを開拓し、実際の産業へ早期に活用されることを期待する。

#### I-5-(1)、I-2-(3)、Ⅲ-1-(2) ナノエレクトロニクス研究部門 [ユニット戦略課題3] 半導体設計・製造技術の研究開発 4.1

半導体製品の多様化に対応するため、これまでに開発してきたコア技術を活用して、3次元実装技術、Flex Power FPGA（低消費電力FPGA、Flex Power Field-Programmable Gate Array）チップ技術、ミニマルファブシステムの技術開発を行っている。

Flex Power FPGAでは、バラツキの少ないSOTB(Silicon On Thin Box)トランジスタを用いた試作チップにおいて、低電圧動作に成功するとともに、1/50までの静的消費電力削減を確認したことは優れた成果である。本FPGAの評価ボードの開発を同時に進めたことは実用化の観点から評価できる。ミニマルファブの新規性・有用性は顕著であり、基幹装置群の開発が終了し、展示会場で歩留まり100%のトランジスタ製造を行うなど完成度の高さを実証したことは実運用に向けた第一歩として高く評価できる。また、出願特許数が群を抜いて多いことも高く評価できる。

なお、ミニマルファブについては多層化したとき、チップ面積の観点からはフォトリソグラフィ（パターン露光）に、装置サイズの制約からはイオン打ち込み技術に懸念がある。これらの懸念を払しょくする早期の実証を進めることが望まれる。ミニマルファブを利用したカンチレバー（片持ち梁）を最初のターゲットにしているが、早期に実用化し、ミニマルファブの有効性を示すことが期待される。3次元実装技術やFlex Power FPGAに関しては、開発した技術をどのように広めていくかの戦略や組織作りの強化が必要である。

今後は、技術の出口戦略に関するロードマップの作成や産業界への「橋渡し」のための戦略が望まれる。ミニマルファブでは最も活用できる用途の開発が鍵になる。連携する中小企業と様々なアイデアを試すことが期待される。Flex Power FPGAではニッチなニーズを把握し、要求仕様を満足する技術まで完成度を高めることが期待される。3次元実装に関しては、海外（米、台湾）が進んでいる印象があることから、ベンチマークを十分に行うとともに、要素技術開発フェーズから製品試作フェーズへの早期移行が望まれる。

#### I-5-(1) フレキシブルエレクトロニクス研究センター [ユニット戦略課題2] プリンタブルデバイス製造技術の開発研究 4.6

フレキシブルデバイスの省エネルギー・省資源・高生産性製造プロセス技術として、印刷プロセスに立脚したデバイス製造技術の開発を行い、特に、高精細・大面積・低温プロセスを目標に据え、実証デバイスの試作による実用化提案も目指している。

全印刷法によるフレキシブルデバイス製造のトータルプロセスを把握した上で、高度な製造技術の開発を行い、トップデータのみでなく信頼性など実用上の重要項目を押さえて推進していることを高く評価する。JAPERと協働により、全印刷全自動連続一貫生産ラインを世界で初めて構築し、コストを見積もり、ボトルネックの抽出とそこへの対応策検討ができるようになった意義は大きい。産業化に向けて世界を先導しており、高く評価される。超高精細印刷技術については、光反応性表面を介在させる新たなパタ

ーニング法により1  $\mu\text{m}$ 以下の線幅を実現し、また、新規スクリーンオフセット印刷法により膜厚3  $\mu\text{m}$ で線幅10  $\mu\text{m}$ の厚膜配線を作製するなどの成果を挙げ、企業への技術移転などの実績が高く評価される。脱酸素下のプラズマ焼成による印刷銅の低温バルク化技術も優れている。全体として、論文数や特許申請数が大きく伸びていることは、世界的に先行していることの表れである。

一方、開発している要素技術と製造ラインで必要とされる技術の間には部分的にずれがある。開発した技術を実デバイスに適用し、実用化に向けた検証を進め、産業界での利活用に進むことが求められる。プロセス技術の開発においては、メカニズムの解明も同時に進めることが望まれる。なぜなら、新規導入技術に対してはメカニズムを理解した特許は強いからである。

今後は、国内外の装置メーカーなどへのマーケティングを実施し、ユーザーを増やす活動を進め、業界標準化の一つでも多く結び付ける仲間作りが期待される。印刷プロセスにおけるメカニズム解明などの基礎的な研究も含め、世界をリードすることが期待される。微量の物質を逐次的に積層するときの界面の物理化学を理解することは、広い意味での3Dプリンタ技術にも通じるものであり、本研究センターの目標を超えたインパクトを持ち得るので、広い視野で研究を進めることが望まれる。

#### I-5-(1) 先進製造プロセス研究部門 [ユニット戦略課題1] 高性能セラミック部材と表面加工技術を用いた省エネルギー製造技術の開発 4.3

製造産業における生産からリサイクルに至るプロセス全体の省エネルギー化を図るために、素材、機械等の基幹産業を対象とし、熱利用の高効率化、低摩擦化、長寿命化等を可能とする高性能セラミック部材の製造技術及び素形材への表面機能付与プロセス技術等の加工技術の開発に取り組んでいる。

従来の製造プロセスを革新するステレオフィブリックプロセスや低熱伝導付与による断熱部材の製造など、世界的に見てもユニークな着眼点と成果は特筆に値する。高性能工業炉に適用するために必要な低熱伝導率と高圧縮強度を兼ね備えた多孔質ムライトの開発、産業排熱を蓄熱するための溶融塩容器に適用するための多孔性セラミックスのニッケルコーティング技術の開発などの成果は、高く評価できる。熱のネットワーク輸送による工業炉の排熱利用の構想をまとめ、具現化する道筋を立てている点も評価できる。SiC/Cナノストライプ構造は、実用化に向けて耐久性の向上を図り、すべり軸受において20%の摩擦損失の低減という目標を達成した。この技術は既にコンロッド軸受への適用など機械要素への展開が視野に入っており、多くの鉄系の機械部品に適用できることから、運用時のエネルギーの低減に大変有効であり、大いに期待できる。

ただし、断熱性・軽量性部材は開発目標が絞りがきれていない。ナノストライプ構造の摺動部材について、摩擦係数の低減効果が得られているが、実機への適用を試行し、実験室レベルと実機レベルでの性能を比較し、寿命予測も含めて信頼性を高め、エネルギー節減効果を明らかにする必要がある。

今後は、開発している技術による製造業の省エネルギー効果を自ら予測評価して技術の革新性を示すとともに、顧客価値を明確にして応用分野を具体化することを期待する。セラミック部材開発は、断熱性だけでなく、パワーモジュールへの適用を想定した高熱伝導窒化ケイ素の開発なども含め、総合的なサーマルマネジメントを課題とすることが望まれる。摩擦係数低減に関しては、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)系材料に対する優位性が産業利用上のインパクトになると考えられる。

#### I-5-(1) 先進製造プロセス研究部門 [ユニット戦略課題2] 多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術の開発 4.4

多様なニーズに応え、かつ、部材・デバイス・製品製造に関する省資源・省エネルギーに貢献するため、必要な時に必要な量だけの生産が実効的に可能であり、かつ多品種変量生産、生産歩留まり向上に対応できる製造基盤技術を確立するため、高速オンデマンド微細パターン形成技術や欠陥検出技術、環境対応部材のオンデマンド成形技術などの開発を進めている。

微細パターン技術については、エアロゾルデポジション(AD)法、レーザー援用インクジェット(LIJ)法、塗布光照射(光MOD)法など、高度の技術が積み上げられ、いずれも世界を先導する研究開発である。LIJ法の適用を促進すべく、新しい微細配線の高速検査技術を開発したことも、高く評価できる。オンデマンドドリペア技術は、顧客価値を明確につかんだイノベーション・イニシアチブとして高く評価する。オンデマンドプロトタイプング技術(薄肉複雑形状高品位鍛造技術)については、内部欠陥や変形の予測のためのコンピュータ支援エンジニアリング(CAE)技術や、砂型積層造形のための砂とバインダなどの材料技術の開発は大変重要であり、それらへの取り組みは評価に値する。

ただし、オンデマンドプロトタイプング技術のレーザー積層造形、三次元造形システムについては諸外国に比べて遅れている。製品指向の本技術ではどのような部品に適用するかが重要であるが、産総研独自の画期的な対象部品の提案がまだ見られない。現状の課題と可能性を明確にし、原料調整技術も含めた日

### 第3章

本独自の技術展開が期待される。

今後、光MOD法などの優れた技術をいかに製品に適用し効果を生むかを検討する必要がある、幅広く日本の企業にアピールして応用技術を構築することを期待する。オンデマンドリペア技術は日本のエレクトロニクス業界の未来のプロセス革命を引っ張るイノベーションの実例となる可能性が大きいので、具体的な目標を掲げて取り組むことが望まれる。オンデマンドプロトタイプング技術については、これまで鑄造技術などで培った様々なノウハウを入れ込んだ日本独自のプロセスを明確化して、素形材系中小企業の底上げに役立つプロセス技術センター機能への展開を期待する。

#### I-5-(1) 先進製造プロセス研究部門 [ユニット戦略課題3] 資源生産性を考慮したエネルギー部材とモジュールの製造技術の開発 4.5

資源制約を受けにくい材料を用いる独創的なものづくり技術により、太陽電池、固体酸化物形燃料電池、蓄電池、熱電変換、超電導、動力変換等にかかわるエネルギー部材・モジュール製造技術開発を進め、希少資源の使用量を少なくし、従来に比べて小型、軽量で同等以上の性能を実現する高度集積化製造技術や高スループット製造技術開発を展開している。

セラミックスに関する独自の基盤技術を最大限に活用した革新的な材料製造プロセスを開発しており、その活動状況は世界的に見てもユニークかつ優位性を十分に有していると評価できる。主要研究テーマの集積型マイクロ燃料電池及び高性能次世代蓄電池に関して、いずれも高度の実績を有し、企業との連携により実用化が大いに期待される。自動車の電動化に必要な技術として期待される次世代蓄電池については、高容量チタン酸負極材料、全固体リチウム二次電池のための高性能ガーネット型電解質材料、新構造マンガチタン酸化物正極材料など、多くの最先端技術開発を行い、目標は十分に達成された。新規技術のいくつかは希少資源の制約緩和と高性能化を同時に満たし、高く評価される。

ただし、電池関連技術については、世界的に研究開発が加速しており、電池技術の未来予測と当該材料技術との関連を示すことが望まれる。実用化に耐える性能軸でのポテンシャルを示す必要があり、例えば車載用では低温性能、大電流性能、耐久寿命、安全性などとエネルギー密度が両立できるのが課題である。

今後、異なる分野の融合や新しいプロセス技術の開発を含め、世界をリードする研究を持続することが望まれる。企業との共同研究開発は、先進的な価値があるならば技術者自身がマーケティングを行いながら製品化することが大切である。マイクロ燃料電池に関しては、ポータブル電源にとどまらず、本格的な発電システムの開発に進むことを期待する。次世代電池については、自動車メーカーの開発状況を勘案し、実用化に向けたシナリオの策定とメーカーと連携した開発体制、実用化試験などを期待する。

#### I-5-(1) 先進製造プロセス研究部門 [ユニット戦略課題5] 製造分野における製品設計・概念設計支援技術の開発 4.2

機械やシステムの基本設計に必要とされる材料・部材の加工に対する信頼性、機械寿命、リサイクル性を予測するために、実際の運用を想定した評価試験と計算工学手法を融合したトータルデザイン支援技術を開発している。また、構成材料、部材のプロセス技術、メンテナンス技術、環境負荷特性評価技術、収益性分析技術等を包含したトータルデザイン支援技術の開発により上流設計を強化し、製品設計時に必要となる情報・条件を確定するための設計手法・設計環境を構築している。

ベテランエンジニアが少なくなる現状において、上流設計フレームワークは、既存の知識・ノウハウを有効利用するシステムとして期待できる。デザイン・ブレイン・マッピング(DBM)と、1D-CAEを用いた材料・製品特性統合分析などを組み合わせ、不具合情報の早期発見と新製品のアイデアの創出のための設計トータル支援システムを開発したことは、これによって仮説・検証への深い思考展開の支援が可能となり、より実用的な支援システムの構築を可能にするという意味で高く評価できる。開発したツールを製品ライフサイクル管理などの事例に適用し、設計支援システムの有効性を実証しており、今後の展開が期待できる。

ただし、設計トータル支援システムとして構想されているものが、本当に全体として有機的なシステムになるのか、まだ検討が必要である。こうした支援システムの効果を明確に示すことは難しいが、例えば、思考時間の短縮や製品仕様の向上などの指標を示すことが考えられる。一方、利便性に相反する問題が顕著化するなどのリスクについても検討すべきである。

今後は、未来の顧客価値をつかむ方法論への展開に期待する。アイデア創出とその検証に資するシステムは、設計のフロントローディングで非常に重要であり、設計者にとってより使いやすいシステムの構築を期待する。当該システムにどのような情報をどれだけそろえればパフォーマンスが上がるかが示されれば、利用者にとって更に有用なシステムになる。利用者によってカスタマイズされるシステムであり、各



用途に応じて作り上げる必要があることを認識して開発に取り組むよう期待する。

#### I-5-(2) 環境化学技術研究部門 [ユニット戦略課題2] 化学プロセスの省エネ化を可能とする分離技術 4.3

原理的に高効率な膜分離及び産業分野で広く利用されている吸着分離に関する研究開発を行い、膜素材・吸着剤の開発から、モジュール化・システム化・評価・解析などの性能実証までに必要なすべての技術を開発・融合させ、用途開拓を積極的に推進し、広く社会に貢献することを目指している。

中期計画に沿って、メソポーラスシリカ、新規ホウ素吸着剤、二酸化炭素用多孔質吸着剤、高性能カーボン膜、実発酵液から一段で高濃度ブタノール液を回収可能とする疎水性分離膜等を開発し、優れた成果を得ている。化学プロセスの大幅な省エネ化が可能となる重要な技術であり、目標、ロードマップも妥当である。分子ふるい炭素膜による燃料電池用の低価格な水素製造装置なども近い将来のアウトカムが十分期待できる。メンバーに化学工学、材料を専門とする研究者が含まれており、一体的な開発ができる。プロジェクト研究、企業との共同研究や実証試験がなされ、実用段階に向けて着実な進捗が見られる。

既存プロセスからの転換の可能性を評価するには、開発されつつある技術を含む全体のプロセスでの課題や優位性を明確にする必要がある。アウトプットから2030年のアウトカムに至る説明が不足している。研究開発の出口設定は難しいが、ベンチマークとして他機関の開発状況のレベルや役割分担(競争なのか、補完なのか)を示す必要がある。メソ多孔体などは今回初めて報告されたが、研究の全体像を把握できるような説明が求められる。

アウトカム実現に向けた将来プロセス・ステップを提示し、それを担う人材をポートフォリオとして保有することが望まれる。省エネ空調システム技術は第2期からの継続である。開発した吸着剤をより有効に利用するには、製品化段階でも画期的なイノベーションに発展させるとの意識で臨むことが必要である。「商品開発を早く、安く」を目指す企業と産総研とは視点が異なるので、盲目的に企業の要望に応じることは戒める必要がある。個別の結果を統合した設計指針的なものを示した上で、共同研究による従来課題の企業等への移行、技術の横展開及び新規で将来性のある課題への重点投資を期待する。

#### I-5-(2) 環境化学技術研究部門 [ユニット戦略課題4] 先端化学材料の評価技術 4.4

化学材料の耐久性評価として、加速劣化試験法の開発、構造・機能評価法の高度化、材料設計指針の確立を三本の柱として研究を行う。加速劣化試験法開発では熱や光などの劣化因子を複合化させた高加速劣化試験など独自の試験法の開発を、構造・機能評価法の高度化では多様な評価・分析装置を用いた新しい構造・機能評価法の開発・高精度化及びこれに基づく劣化機構の提案を、材料設計指針の確立では加速劣化試験及び劣化機構の解析結果等をフィードバックして既存材料の改良や新規材料の創出を、それぞれ目標としている。

産業界のニーズは高いが個々の企業では対応が難しい、国の機関が行うべき仕事で、アウトカムも分かりやすい。産業技術の足腰となるテーマであり、同床異夢の多様な企業の調整機構としての活躍も評価できる。有機薄膜太陽電池の劣化解析評価法の考案と機構解明、有機EL素子の水蒸気バリア性評価技術、フィルム基板の加速劣化試験法、陽電子消滅法の材料構造変化解析への応用など、多くの成果を得た。先端的な解析であれば研究論文が書けることを立証し、水蒸気バリア性など、開発した評価方法の国際標準化に向けた活動も評価できる。産総研の異分野連携や技術研究組合のリーダーとして重要な役割を果たしている。

一方、異分野連携による有機薄膜太陽電池の試験・評価は良いが、太陽電池産業全体の中での優先度の説明など戦略性が求められる。マンパワー等のリソースに限られる中で、評価法や試験方法をどこまで範囲拡大・高度化し、産総研の機能として位置付けるのか、出口のイメージが明確ではない。国際標準化ではISOの専門委員会での役割や日本提案への反応といった情報も示す必要がある。

化学材料の評価研究拠点としての役割を継続的に果たすことを期待するが、この業務をどこまで、どう重点化するか、将来的には決断が必要になろう。産業界のニーズに対応するには、システムとして稼働していることを認知させ、秘密保持や知財の問題などを解決する必要もある。アカデミックな研究とは異なる能力が求められるので、次の世代の研究者のマインドとの親和性に留意が必要である。新規材料開発につながることをアピールしつつ、成果指標として論文のダウンロード数を示すことも良い。なお、これまでの結果を整理するとロードマップも見えてくるはずで、第4期には設定が望まれる。将来的には劣化防止や寿命制御の新たな学問分野としての体系化を期待する。

#### I-5-(2) 触媒化学融合研究センター [ユニット戦略課題1] ケイ素化学技術 4.7

i) 砂からの有機ケイ素原料製造プロセス技術開発、ii) 有機ケイ素原料からの高機能有機ケイ素部材

### 第3章

製造プロセス技術開発、の2つの研究課題に取り組むことにより、有機ケイ素材料の性能向上、新機能発現とともにコストダウンを達成し、エネルギー関連部材・電子機器用部材を始めとする高性能・高機能部材開発を通して、有機ケイ素部材の市場拡大につながる基盤技術の開発を行う。

砂（シリカ）からの有機ケイ素原料製造は極めて挑戦的な研究課題である。短工程でのテトラアルコキシシランの合成は大幅な低コストを実現でき、高く評価される。世界初の単離に成功したテトラヒドロキシシランの合成技術はシリコン工業の基盤となる。広範囲にわたる革新的な触媒反応を短期間で開発しており、産業的意義は極めて大きい。白金代替のニッケルを用いたヒドロシリレーション反応も特筆される成果である。ケイ素化学全般の技術水準は高く、学術的にも興味深い知見が多い。更なる進捗を期待したい。

一方、いくつかのサブ課題の達成度合いが定性的であるのは現状ではやむを得ないが、計画や目標を柔軟に設定して本課題全体に貢献するように運用する必要がある。シリカから反応活性な低配位ケイ素活性種を発生できる触媒の開発が求められる。ロードマップはあるが、実はロードマップにはなっていない。低コスト化の見込みや本研究がグリーンサステナブルケミストリー(GSC)の手法に則っていることを示す必要がある。現場の企業は新技術以外にも様々な問題を抱えているので、企業との連携を深めて実用化につなげるよう期待する。

アルコキシシラン類を原料とするケイ素-炭素結合生成反応を達成し、シリコン工業の新しい分野を開拓してほしい。ニッケル触媒系は他反応への応用展開も期待できる。世界の動向を見つつ産業界へのインパクトをモニターしていくことが重要で、最終的なエネルギー収支、既存プロセスとの比較、経済性等、概算値を見積もりながら実用化を目指すことが求められる。企業メンバーも多いプロジェクトの運営を活用して、初期段階からユーザーや企業ニーズを把握して研究開発を加速し、実用化につなげることが望まれる。なお、イネ科やシダ類植物はケイ酸を多く含むので、農芸化学やライフサイエンスへの波及も期待される。

#### I-5-(2) 触媒化学融合研究センター [ユニット戦略課題2] 革新的酸化技術 4.5

過酸化水素水や酸素などクリーンな酸化剤を利用した酸化技術について、新規触媒の設計と触媒の機能化（反応活性、選択性、及び耐久性の向上）を通して酸化技術の拡充・深化を図り、実用的プロセス構築によって、多様な高機能化学品製造への展開を進める。

本課題の一部はハロゲンフリーのエポキシ化技術として既に事業化に進んでおり、研究フェーズとしては最も先行している。実績ある低環境負荷の酸化プロセスを、ニトロキシドポリマー等機能材料用に更に進化させた。鉄触媒系の設計コンセプトと反応結果は衝撃的で、過酸化水素存在下、扱いにくい鉄系金属を配位子設計により制御し、シンプルかつ安価な触媒系に仕上げた。工業的応用にフォーカスしたテーマの導入、企業のニーズに応える技術支援など出口を強く意識した運営で、様々な基質で有効性を示した。GSCとしての意味も明確で、廃触媒を含めて有害な廃棄物を出さない酸化技術は高く評価できる。

進捗度の異なるテーマが混在しているが、目標は一律に反応率80%、選択率90%であり違和感がある。本来の目標は産業界の実用化であり、収率等は必要十分条件ではない。マンパワーが少なく、ある程度完成した技術なので、どこまで産総研でやるのかを検討する必要がある。

このフェーズでは、研究成果の普及に向けた企業との連携を増やすとともに次の課題を立ち上げなくてはならず、十分に注意する必要がある。企業との連携に重心を置いて、ニッチ市場で構わないので、高機能・高付加価値製品への応用展開を進めることが望まれる。今後応用範囲を広げる際に、高機能高付加価値分野か、大規模生産の汎用化合物を目指すのかによって、研究開発の方向性、テーマの選択、実用化の課題は異なってくる。戦略を検討すべき時期である。さらに、直接的な酸素酸化反应用触媒開発への挑戦が期待される。鉄触媒によるエポキシ化で炭素二重結合の酸化的切断反応を抑制できたことは、酸素酸化技術に道を開くと期待される。

#### I-5-(2) 触媒化学融合研究センター [ユニット戦略課題3] 官能基変換技術 4.5

触媒反応による分子の骨格変換・官能基変換技術を駆使し、生物由来原料や小分子原料及び含ヘテロ元素化合物からの有用化学品合成反応の開発、及び官能基変換技術を応用した高機能部材開発に取り組む。

バイオマス原料の有用化学製品合成プロセスの開発、小分子やヘテロ元素原料を用いた官能基変換反応は優れた技術であり、特に、木質系バイオマスからレブリン酸への変換技術は高く評価できる。多岐にわたる触媒反応から新規材料までを短期間に開発している点は高く評価できる。特にスギ木粉からのレブリン酸合成は、原料の多様化や非可食バイオマスの有効利用、有用化合物中間体という視点から産業的にも意義がある。CO<sub>2</sub>の利用やリンを含むヘテロ元素化合物など、二次電池、有機EL素材などの高機能材料につながるタイムリーなテーマが設定されて、企業との連携も進んでいることは評価できる。

一方、有機化学の本質というべき課題名ゆえか、シーズ指向なのか、課題選択の優先度が分かりにくい。バイオマス利活用でもその一部を担当しているため、全体像や重要性を説明しきれていない。所内外との分担やすみ分けに加えて、化学／バイオどちらのプロセスが良いのかといった検討も必要となる。セルロース系バイオマスからの有用化学品合成では、製品の純度、安定性、安全性なども検討課題になり得る。

レブリン酸への変換技術、セルロースからの乳酸合成、ビニルリンの製造技術等、ラボでの検討は最終段階に近い。今後スケールアップし、連携企業とともに量産化技術の確立を目指してほしい。1,5-ジアミノペントンの安価な大量生産技術にも挑戦を期待する。新たな反応は既存技術とのコスト比較にさらされ、またバイオマス資源活用では様々な社会的動向が実用化の意義に関係してくる。今後も幅広い視点で情報収集し、企業等との連携を深め、本当のニーズを探りながら進めてほしい。一方で研究資源が分散しないよう、本研究センターの強みと産業界のニーズに照らし、メリハリのあるテーマ運営を期待する。研究を取捨選択する基準や出口イメージでの課題整理・見せ方など、大学とは異なる工夫が求められよう。

#### I-5-(2) 触媒化学融合研究センター [ユニット戦略課題4] 触媒固定化技術 4.2

様々な機能性化学品を高効率かつ低環境負荷で製造するための分子触媒の固定化・リサイクル技術の開発に取り組む。また、触媒の低コスト化、省資源のための貴金属代替・省量化技術の開発も併せて行う。

均一系触媒は精密に制御できる反面、医薬品などで微量金属の混入等が問題となる場合があり、固定化、触媒分離・リサイクル技術は工業化で重要な方法論である。環状カーボネート合成では触媒固定化で活性を飛躍的に増大させた。企業でプラント適用が検討されており、着実に商業化を目指す技術として高く評価できる。担体へのシングルサイト活性点形成は反応場設計の可能性を広げる技術であり、白金のみならず多くの金属触媒に展開でき、産業界へのインパクトは非常に大きい。 dendリマーと組み合わせたシリカへの固定化、磁力回収や凝集を防ぐなどリサイクルを促進する方法を開発したことも評価できる。

新たなコンセプトが数多く提示されたが、固定化は分子触媒の利点を阻害する面があり、貴金属代替がさほどコスト低減とならない事例もある。実用性やコストに悪影響を与えないことも、併せて示す必要がある。また、戦略が明らかでなく散発的である。問題はコストか、資源安全保障か、低環境負荷なのか、産業界のニーズや波及効果をしっかりととらえて、技術展開の道筋を明確にすることが望まれる。

これまでの固定化触媒の概念を変え製造プロセスを革新する研究として、大いに期待される。単に触媒回収の効率向上だけでなく、均一系触媒にはない反応場の設計という面で触媒の高性能化が望まれる。固定化触媒に対するニーズ調査を幅広く行って、リサイクルや省使用量がが必要な触媒の全体像を把握し、「標的化合物をも含め何をやるべきか」の戦略を立てる必要がある。反応メカニズムの解析も有用で、目標設定にも加えることが望ましい。なお、研究開始時点であっても、コストや環境負荷低減の度合いを評価しながらの研究開発を進める必要がある。

#### I-5-(3)、I-3-(1) (再)、II-1-(2) 健康工学研究部門 [ユニット戦略課題4] 細胞機能計測・操作技術の開発 4.2

遺伝子、細胞、情報、ナノテクノロジーなどの研究を統合し、健康・医療にかかわる知的・技術基盤の形成と応用技術の創出を目指す。

プラズモニクチップを用いた高感度バイオセンシング技術は大学、企業との共同研究を通じて成果が得られ、バイオイメージングへの応用で実用化が想定される。バイオマーカー用抗体、機能性量子ドット、代謝系酵素の構造機能解明、及び多色発光細胞樹立については目標どおりの成果が得られている。戦略課題1へ成果移転も計画されており、展開としては妥当である。

一方、本戦略課題は得られた成果を他の戦略課題などへ展開することを主眼とする。今後の研究展開に必要な萌芽技術の育成が必要である。再生医療に関しては他の研究ユニットとの強い連携が有益である。アルパカ抗体については、競合グループの状況を把握しつつ、研究の優位性を明確にして進めることが求められる。有用タンパク質の構造・機能・物質解析は標的タンパク質の選定が重要で、事例数の確保が必要である。

今後、人工染色体ベクターを利用した多色発光に関連する成果やプラズモニクチップは迅速な実用化が期待される。他の研究ユニットとの連携を拡大し、開発した技術の移転増大を期待する。量子ドットに関連する研究は、国際競争の現状を踏まえ、対外戦略をより明確にする必要がある。

#### I-5-(3)、I-3-(1) (再) 生物プロセス研究部門 [ユニット戦略課題1] バイオプロセス基盤技術を支える新規微生物・動物・植物の探索技術の開発 4.6

未知・未培養微生物の分離培養及びこれまでにない探索・培養技術の開発を行っている。また、極限環境微生物由来の新規有用遺伝子資源探索、微生物間相互作用の機構解明やシグナル物質の発見・同定・機

### 第3章

能解明、微生物－動物（昆虫等）間共生に関する基礎的研究等を進めている。

挑戦的な基礎研究に取り組み、多くの成果を挙げている。目標の達成度や外部資金の獲得実績、トップジャーナルへの成果公表など高いレベルにある。特に、新規微生物を対象とした基礎研究や昆虫等との共生細菌の研究において、学術的に特筆した成果を挙げている。南極微生物による低温脂肪分解処理への可能性を見いだしたことは応用面でも評価できる。このような遺伝子資源の探索、共生細菌の機能解明などは、今後の産業展開の基盤として期待できる。

一方、基礎・基盤研究においても想定するシナリオの明確化が求められる。新属新種微生物発見を継続しながらそれがどのようなニーズやアウトプットに結び付くかのビジョンが不足している。

今後、目的基礎研究や実用化研究は産総研内外の組織や企業との連携を図り、優位性を示しつつ産業や社会への導入が期待される。また、虫における共生の研究はヒトの腸内菌叢など、他の共生系への展開も想定される。

#### **I-5-(3)、I-3-(1) (再)、II-1-(3) 生物プロセス研究部門 【ユニット戦略課題2】大量ゲノム情報時代に即応した遺伝子情報解析技術の開発研究 3.9**

複雑微生物・生物系集団を大きなゲノムプールとしてとらえるメタゲノムライブラリー、メタトランスクリプトームライブラリーを高速で処理し解析する技術及び目的遺伝子を活性化してハイスループットにスクリーニングするシステムの開発を目指している。また、大量のゲノム情報を産業へ利用するための技術開発、特に生命情報特有のゆらぎや誤差などを考慮した情報処理技術の確立と実証を進めている。

独自のメタゲノム・メタトランスクリプトーム技術を開発し二次代謝遺伝子等の有用遺伝子の探索に成功しており、実用化への展開が期待される。さらに、情報解析技術の高度化と予測感度・精度の進展により、新たな生体物質の開発効率の向上が期待できる。

一方、具体的なターゲットが明示されておらず、ツール開発にとどまっている印象がある。アウトカムとして設定する「大規模ゲノム情報に基づいた新規バイオプロセス、創薬」への展開を明確にする必要がある。

今後、次世代シーケンサーの急激な技術向上に伴い、重要となる大量ゲノム情報の解析技術の成果については、更なる発展が期待される。有用遺伝子の探索や生物プロセス設計は関連産業への寄与が想定される。ゲノムデザインサイクル(GDC)プラットフォームなどを活用した産業人材の育成も期待される。

#### **I-5-(3)、I-3-(1) (再) 生物プロセス研究部門 【ユニット戦略課題3】遺伝子組換え植物・微生物等による有用物質生産技術の開発研究 4.7**

完全密閉型植物工場を活用し、遺伝子組換え植物を用いた機能性物質や医薬品原材料の生産基盤技術の開発を行っている。また、独自に開発した遺伝子サイレンシング法CRES-Tを中心とした植物の転写制御改変技術を用いた新機能・新規表現型植物の作出技術の開発を行っている。

植物の遺伝子組換え技術と医薬品原材料生産のための植物工場の生産技術を融合させて、遺伝子組換え植物体を原薬とする動物薬を開発し、医薬品として世界初の承認及び製品化に成功しているなど、特筆すべき優れた成果を挙げている。地域連携、地域貢献も実現しており高く評価できる。品質管理基準(GMP)の取得、製品の製造販売承認は成功例となり、当該分野における関連企業で活用でき、産業の出口戦略として有意である。

一方、グリーンケミカル研究所(GCC)の負担を徐々に軽減し、遺伝子操作技術等の研究開発に重点を置くことが求められる。微生物プラットフォームを利用した物質生産においては、どのようなアウトカムまで波及されるかが分かりにくい。関連産業の育成のために、GMP、承認申請、承認後の維持管理などに関する標準作業手順書(SOP)の作成と公開を検討する必要がある。

今後について、植物の遺伝子組換え技術などの基礎的な技術から医薬品としての安全性検査などの実用化技術に至る総合的な技術開発を継続する必要がある。微生物や植物の研究開発、成果からの新薬の申請・承認に係わる一連のプロセスを推進・拡大し、企業との役割分担を明確にした上で、関連産業を牽引することが期待される。

#### **I-5-(3)、I-3-(1) (再)、II-1-(2) 生物プロセス研究部門 【ユニット戦略課題4】タンパク・核酸・生体関連化学物質等バイオ関連材料開発とその応用技術の開発研究 3.7**

①バイオマスの有効利用に有用な糖質分解酵素の構造・反応解析及び高機能酵素開発、②核酸の効率的化学修飾技術、酸化還元酵素の電極上駆動技術、電気化学顕微鏡による一細胞動態評価技術など化学的手法を駆使した創薬関連基盤技術開発、③糖鎖や生体機能物質の創製技術研究とそれらの利用展開研究、④酵母における複合糖質の生合成及び分析に関する基盤研究とその糖タンパク質医薬や抗真菌剤への応用展

開などを行っている。

セルロース系バイオマスの糖化酵素を機能改変し、耐熱性の向上や生成物阻害を減少させた変異酵素を獲得するなどの成果を挙げた。また、畜産物・食品の機能性分析技術や医薬品製造現場での分析効率向上・コスト削減につながる種々の技術を開発して特許出願し、企業にライセンスした。これらは、バイオ燃料や医薬品などにおける分析技術としての実用化が想定される。企業との共同研究に基づいた製品の開発・改良や知的財産の獲得にも積極的である。

一方、酵素の高機能化は、多くの競合技術が想定されるので、優位性を明確にすることが求められる。また、地域連携に関してはニーズなどの調査分析と研究課題の絞り込みが必要である。

今後は、糖鎖・糖脂質に関連する体外診断薬、治療薬、機能性食品などへの産業展開が期待される。また、このための検出技術や合成法の確立は有益である。酵素の機能改変など基盤的な技術は優れているが、有用物質の低コスト大量生産技術など応用技術に関しては欧米の企業が先行している。現状を踏まえ、今後の研究展開の明確化が望まれる。加えて、プラスチックやエネルギーなどの分野では競合技術とのコスト比較が必要である。

#### I-5-(5) 環境管理技術研究部門 [ユニット戦略課題2] 有害化学物質リスク削減技術の開発 3.8

有害化学物質による健康リスクを低減し「安全・安心な社会」を実現するため、環境触媒技術（化学系）、相変化制御技術（物理系）及びバイオ応用技術（生物系）と異なるバックグラウンドを有する研究員が協力し、各種産業プロセス、特に中小事業所から排出される環境負荷物質の高効率処理技術、及び環境の浄化・修復技術を開発している。

国内外の位置付け、優位性・特徴を明確にし、基礎研究から製品化まで幅広く行っている。論文、特許、標準化などアウトカムに向けたバランス良い成果が評価できる。環境触媒、人工有機フッ素化合物(PFOS類)関連技術、土壌修復技術などで研究成果を挙げている。揮発性有機化合物(VOC)除去技術は、応用から出た基礎研究を強力に推進できる産総研の特色が現れた事例である。PFOS類関連技術で、日本の化学物質管理の適切さを世界に主張したことは、高く評価できる。

一方、課題内9テーマがどのように発展（解消）していくかの道筋が不明である。各技術の学術的意義や社会的必要性を踏まえ、産総研で行う理由、競争力、優位性の説明が必要である。目標が総花的・抽象的であるため、研究が単発的・個別的の印象を与える。単体の研究は素晴らしいが、面的な広がりや少し物足りない。成果は多いが製品化には至っていないので、企業との連携による製品化を積極的に進める必要がある。土壌汚染修復技術は、重金属を吸収した植物体の処理まで考慮した費用比較が必要である。

今後、環境触媒、相変化制御、バイオ応用技術の融合による課題発掘が期待される。甚大な被害をもたらす特定の化学物質が存在しないので、技術開発のターゲットを絞りにくい。化審法（化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律）の規制物質絞り込み（例：一般化学物質から優先評価化学物質への指定）などが役に立つ。基礎研究力は素晴らしいので、実用化に向けて技術を積極的に売り込むことも必要である。ISO活動が産業界のメリットとなるように、知的財産として戦略的に運用することが期待される。

#### I-6-(1) エネルギー技術研究部門 [ユニット戦略課題6] エネルギー技術評価に関する研究 3.8

持続可能な社会の構築に必要な革新的エネルギー関連技術にかかわるロードマップやシナリオの分析、評価、策定等を行い環境・エネルギー関連の政策立案等に貢献する。具体的には、1)エネルギー技術導入シナリオ分析・評価、2)国際枠組みにおける緩和技術普及メカニズムの研究を行っている。

エネルギーシステム分析モデルMARKALの機能を拡張して、我が国やアジアのエネルギー問題を分析・評価し、その将来像を数値的に予測し、具体的な見込みを表現した。低炭素社会の実現に向けたシナリオ、コベネフィット効果の積極的提案、水素エネルギー導入、太陽光発電の電力最適配分制御技術等は、供給側と需要側を結び、システム全体の最適化を図るために役立つ。成果として出された予測はなかなか衝撃的である。技術開発ロードマップやエネルギー政策の立案に有用であり、ISOの場でも貢献がある。

近年ではモデリングシステムGAMSなど最適化ソルバーが開発され、多様な目的関数や制約下での最適化分析が可能である。MARKALだけに固執しない方が研究の自由度が高まる。スマートグリッドへの適用、前提条件の明確化と感度分析が必要である。エネルギー経済研究所等の他機関との違い、優位性や連携を示すとともに、社会に広く受容されるよう見せ方を工夫した上で、社会の反応も見つつ論理を展開する必要がある。部門内の技術開発へのフィードバックや若手研究者の養成も求められる。

マスコミや調査会社による「お絵描き」とは異なる、ファクトベースのシナリオ・予測研究の大きな展開が期待される。シナリオの策定・分析で終わりではなく、目的は次世代の技術開発課題設定や政策への具申である。エネルギーシステムの将来を広く俯瞰して、その中で各技術デバイスの要求性能と目標コストをアウトカムとして掲げるべきである。本研究は国のエネルギービジョンが不明確な状況下でこそ重要で、海外の知見の活用と連携も期待される。

### 第3章

#### I-6-(2) 安全科学研究部門 【ユニット戦略課題4】新規社会システムのライフサイクル評価手法の研究 4.2

現在の社会システムにおいて個々の構成要素と環境問題の関係だけでなく、普及の見込まれる新規社会システムにおいて、構成要素の相互関係や統合によって生じる新しい影響領域を評価する手法を開発している。

統合影響評価手法LIME及びインベントリーデータベースIDEAの開発は他の手法と比較して様々な特徴と優位性が顕著であり、東アジアでは標準となる可能性を有している。IDEAマトリックスにより、製品個々の資源消費の予測が可能になり、英語化により国際対応が可能になった。バイオマスを始めとしてフィールドでの検証ステージまで完了しており、研究成果は持続可能性指標のひとつに採用された。

一方、IDEAは詳細な物流システムに加えて、物の流れに付随する価格の変動、需給の調整を明示的に組み込むことが必要である。水資源問題はライフサイクル環境影響評価だけでなく通商問題にも発展し得るので、開発した世界スケールモデルの出口として政策決定に活用することも求められる。新規社会システムの構築においては、資源循環型、低炭素型に向かう探索型アプローチを検討することが望まれる。

今後、IDEAマトリックスには物流だけではなく、資源の需給動向変化にも対応する機能が求められる。LIMEには植物資源、特に樹木の雨水消費に関する妥当な評価手法を構築し、ISOに反映することが期待される。ライフサイクルインベントリーデータベースの構築は基礎データであり、今後の進展も期待される。データベースや評価手法がどれほど活用されているか、そのフィードバックを得る工夫が求められる。

#### I-6-(3) 安全科学研究部門 【ユニット戦略課題1】新規技術体系のリスク評価・管理手法の研究 4.4

持続発展可能な社会に向けた新規技術のイノベーションを促進するためのリスク評価・管理のあり方を検討するため、重要な事例研究としてナノ材料のリスク評価手法に関する研究を進めている。

ナノ材料の簡易自主管理安全管理技術、及びナノ材料の効率的な有害性評価技術を開発し、事業者や行政側でも利用可能な評価システムを構築した。特に二酸化チタン( $\text{TiO}_2$ )を材料とした同等性判断基準の暫定案はナノ粒子のスクリーニング手法として有望である。既存データの二次的評価だけではなく、自らデータを取得する事例が増えているのは、国際的な存在感を高めるためにも有効である。

一方、吸入暴露と気管支内投与の初期有害性評価の違いはどこにあるのか、また同等性を保証する結論が出せるのかどうかの検討が必要である。リスク評価研究者集団としての対外的な成果のアピール度が低下している印象を受けるので、積極的な広報が求められる。 $\text{TiO}_2$ ナノ材料の同等性評価などで、差をもたらす物性を明らかにしているが、それをもたらすメカニズムあるいは解釈に関する説明が必要である。

今後、開発した評価手法を社会に知ってもらえるよう日本のみならず世界をターゲットにした広報活動が期待される。リスク評価手法構築のロードマップに従い、具体的にどのようなアウトカムを描くのか、いつ頃までにカーボンナノチューブ(CNT)のリスク評価手法が完成するのかを示すことが望まれる。ナノ粒子の安全性評価に係る研究全体を俯瞰できるマップを作成し、テーマ設定の適切性を明示することが望まれる。

#### I-6-(3)、II-1-(1) ナノシステム研究部門 【ユニット戦略課題5】バイオ、ナノリスク 3.5

再生医療などをターゲットとして、細胞の足場材料構築技術やそれを骨格として細胞を3次元培養する技術の開発、及びそれらの統合を行う。また、社会的関心の高いナノ材料の安全性に対し、高度なバイオセンサー・アッセイ技術を導入し、リスク評価と将来のリスク管理に向けた手法や技術の基礎研究も行っている。

少ない研究陣容でありながら、再生医療、単層CNTナノリスク、センサーチップと多岐にわたる分野で独自性と有用性の高い技術が創出されていることは評価できる。また、ナノ粒子の安全評価用試料を所内外に提供し、国研としての役割を果たしていると認められる。

一方、ナノリスク評価には公正さ、中立性が求められるので、公的機関が中心となって取り組むべき課題であり、産総研全体としてもっと強化することが求められる。また、研究員構成の変化の影響を受けないう、重要な技術やノウハウは、少なくとも複数の人で共有させるよう努力する必要がある。

今後、ナノリスク評価に基づき、リスクをどう管理するのが適切かについて、早期にガイドラインを提示できるよう関係機関をリードしていくことを期待する。また、開発された先端技術を統合して再生医療などのアウトカムに結び付けるためには、現体制の拡充が必要である。

#### I-6-(4)、I-6-(5)、IV-2-(3) 安全科学研究部門 [ユニット戦略課題2] フィジカルハザード評価と産業保安に関する研究 4.5

化学物質の燃焼・爆発の安全にかかわる政策ニーズ及び国際標準化に対応するため、総合的な研究を実施している。特に、公共の安全確保や産業保安技術の向上について、燃焼・爆発と関連する現象の評価・管理技術及び企業等の産業保安に対する意識や取り組みを向上させるための評価手法の開発を推進している。

水素エネルギーキャリアのリスク評価は、ハードだけでなく、ソフト面での検討も進めている。爆発安全研究では唯一の公的機関としての役割を十分に果たしており、これまでの知見を活かした花火の開発など、評価研究にとどまらない活動にも発展している。

一方、産業保安力評価の研究成果を社会・企業に還元するために、広報の仕組みを検討することが必要である。産業保安力について、現場のヒューマンアプローチと現場力重視が安全文化を高めることから、習熟過程を扱うマチュリティモデルを組み入れることが望まれる。水素エネルギーキャリアのリスク評価については社会学、社会心理学分野の知見と人材の関与が必要である。

今後、保安力評価の導入により実際に事故が減少したことを検証できると効果的である。水素エネルギーキャリアのリスク評価は、実際の設置場所を考慮したリスク評価目標の明示と、世界に先駆けた本格導入への貢献が期待される。研究成果が部門全体のPRにつながるように情報発信を行い、社会的な認知度を向上させることが期待される。国際標準に関して技術交渉力を持つ人材の育成や火薬分野の次世代研究者の養成が求められる。

#### I-6-(5)、I-3-(3) 安全科学研究部門 [ユニット戦略課題3] リスクトレードオフ評価・管理手法の研究 4.2

WSSDの2020年目標の達成に向け、顕著なリスクについては評価と対策がおおむね可能となる「全体リスク管理社会」の達成を目指し、環境暴露評価モデル・ツール、ヒト健康及び生態影響評価手法、並びに多様なリスクの解析・統合化手法の開発を行っている。

ロードマップは2020年までのWSSD対応とその後の個人・企業に応じたリスク予測への展開が明記され、リスクトレードオフ評価・管理手法の開発という目標に対して、物質代替に伴うリスク評価から社会ニーズのより大きいリスク評価に向けて着実に研究を進めている。特に、暴露解析モデル・ツールについては行政機関や企業等における実務利用が進んでいる。

一方、複数のモデルによる解析結果を評価する際、複数の見方を提供する手法が必要であり、室内暴露評価ツールiAIR、消費者製品暴露評価ツールAIST-CXなどの適用限界の明記が求められる。これまで開発した多数の評価ツールが実社会において活用されていることを更にアピールし、国の審議会・検討会での発言力・影響力も強化することが求められる。モデルを公表する場合、使用上の適用限界を分かりやすく示す工夫も必要である。低頻度大規模災害のリスク評価については、今後どのように自治体や国民に役立てることができるかを検討することが求められる。

今後、リスクトレードオフの意義が理解され、その研究成果が活用されるため、広く社会に啓発活動を行い、大学・研究機関との連携と国際的ネットワークの構築により、論理構成の強化と国際的認知度の向上を図ることが望まれる。生態評価手法については、銅に続き影響の大きい重金属の評価が期待される。また、ヒト毒性推定の数理モデルについては、実用の範囲を考慮し、絶対評価への応用を検討することが望まれる。

#### I-6-(6)、I-6-(3) 環境管理技術研究部門 [ユニット戦略課題1] 環境診断技術の開発 4.1

最先端の科学的知見の獲得や最高水準の環境計測・解析技術の開発及び標準化を目指している。

技術の位置付けや優位性・特徴を明確にし、適切にマイルストーンを設定している。社会実装を目指した「水」プロジェクトは高く評価する。水晶振動子マイクロバランス(QCM)型センサー技術、水質分析技術、化学物質の有害性スクリーニング等、高感度なセンサー開発や環境診断システムの構築に成果を挙げしており、事業化にも貢献している。工場排水試験法(JIS)改定に委員を出すなど、JIS、ISOの改正や規格案策定で貢献している。ES・iPS細胞等の最先端バイオ技術との融合にも挑戦している。

一方、各技術のマーケットを具体的に示し、役割・意義を明確にする必要がある。対象が多岐にわたるため、方向性や進捗のバランスも考えて研究開発を進める必要がある。有害性スクリーニングや環境微生物検出技術は他分野との連携を更に発展させる必要がある。招待講演や受賞が少なく、また、平成26年度は論文数が減少しているため、研究ステージの異なるテーマを推進するなどして、学会発表や論文発表を活発にする必要がある。

今後、個々の技術は実用化へ進捗しているため、長期的方向性や機関の位置付けを明確にし、センサー

### 第3章

研究、生物発光分析、細胞応答の特色ある研究が相互に協力し合う計画や、水プロジェクトで個別テーマをまとめる方向が期待される。実用化可能なセンサーや研究成果が多くあり、企業との連携による迅速な製品化が今後の課題である。新規有害性評価技術は、規制に対応しなければ企業は技術導入しないので、OECDの試験ガイドライン等で言及されるように、国際的な要職の獲得を目指してほしい。



### 3-2-2 「Ⅱ ライフ・イノベーションを実現するための研究開発の推進」

ライフ・イノベーションを実現するためには、疾病や事故の予防、治療や介護支援の充実に加えて、健康で安全な生活を送りやすくすることが必要である。疾病を予防し、早期診断を可能とするため、生体分子の機能分析、解析技術等の開発を行う。疾病の革新的治療技術を実現するため、効率的な創薬技術の開発、先進的な医療支援技術の開発を行う。健康を維持増進し、心身ともに健康な生き方を実現するために必要な計測、評価技術等の開発を行う。また、社会生活の安全を確保するための情報通信技術（IT、センサー）や生活支援ロボットの安全を確立するための技術開発を行う。

#### Ⅱ-1-(1)、Ⅱ-2-(3) 健康工学研究部門 【ユニット戦略課題3】 組織・細胞の機能の再生・代替技術の開発 4.2

再生医療の早期実用化を目指して細胞の分化誘導技術や組織形成技術の開発を目指す。一方で、環境変化に自律的に応答する材料の開発を行って細胞、組織の代替技術の確立を目指す。

再生医療に必要なアイソレーター技術の開発及び関連する標準化、骨髄などのヒト間葉系幹細胞の再生医療及び関連する支援技術の開発など、社会的インパクトの高い成果を挙げている。創薬支援のためのモデル生物の作出は、ニワトリはもとより、うつ病モデルマウスの作出などは独自性が高い。高分子アクチュエーター開発研究では、人工筋肉などの国際的先導性の高い成果を挙げており、商品化が現実的な内容も含まれている。ドイツのフラウンホーファー生産技術・オートメーション研究所(IPA)との共同研究拠点設立や企業との共同開発などにより、実用化、産業化に向けた取り組みが推進された。

一方、再生医療支援技術はiPS細胞に限定せず、これまで培ってきた研究の特徴と優位性を活かす方向を模索するの一案である。モデル動物の作出研究は、実用化の具体的なイメージを持ち、臨床への展開を視野に入れることが求められる。人工筋肉については本課題内での位置付けを明確にする必要がある。戦略課題1や2の診断チップのアクチュエーターとしての活用、フラウンホーファーとの連携による新たな展開を期待する。

今後は、薬事法の改正に伴って再生医療製品の産業化の展開が図られることになる。再生医療や創薬の基盤技術、小型CPC（Cell Processing Center、セルプロセッシングセンター）の確立と高度化、評価法の確立や国際標準化の推進など多岐にわたる検討が求められている。実用化に向けた戦略や国内における役割の明確化が望まれる。モデル生物については、モデルとして活用できる範囲を検討する必要がある。アクチュエーター関連の研究は先導性の高さを維持し、商品化を図ることで社会的にアピールすることを期待する。

#### Ⅱ-1-(1)、Ⅱ-1-(2)、Ⅰ-5-(5) バイオメディカル研究部門 【ユニット戦略課題1】 生体分子の構造・機能解析と高機能化 3.8

生体高分子のX線結晶構造解析や電子顕微鏡解析を行い、立体構造と機能の相関関係を解明するとともに、臨床薬の標的となる膜タンパク質の迅速構造解析法等の開発を行う。また、タンパク質設計技術、合成技術、改良技術の開発を行うとともに、これらの技術を用いて抗体精製用リガンドタンパク質の高機能化等を進め、バイオ医薬品開発の高度化や製造コストの低減に寄与する。更に簡易遺伝子定量法等の開発を行い医療計測の標準化に資するプラットフォームを整備する。

世界最大級の天然物ライブラリを用いたヒット化合物の提供、核酸標準物質の製品化と頒布、及び抗体医薬の製造技術プラットフォームの構築において有益な成果が得られている。核酸標準物質、天然物ライブラリなどを頒布するのは公的機関として大切な機能である。ハイスループット抗体精製/定量システム、大気圧走査型電子顕微鏡、天然物ライブラリの構築など、企業連携で実用化が進んだ。

一方、アウトプットとしては着実な成果を挙げているが、具体的なアウトカム及びアウトカム導出に向けた検討が不十分である。天然物ライブラリ研究は、創薬研究にとって重要なツールとして期待されるが、企業ニーズを踏まえ、国外や他業種なども含めたネットワークを構築して、より大きな枠組みでのデータベース化が求められる。ハイスループットを可能にする高発現株スクリーニング法の開発では、スクリーニング時間などの目標を具体的に定める必要がある。

今後は、高発現株のスクリーニング法では、低価格を実現する技術開発も検討に加えることが望まれる。天然物ライブラリの構築とスクリーニングでは、中分子量への展開とスクリーニングの迅速・高精度化への寄与を図ることが求められる。企業との共同研究では、互いの役割分担、目標、マイルストーンなど進展させるための工夫が必要である。

## 第3章

### Ⅱ-1-(1)、Ⅱ-2-(3) ヒューマンライフテクノロジー研究部門 [ユニット戦略課題4] 安全で負担の少ない医療機器技術、医療高度化の支援技術の開発 4.3

三大疾患対策を主眼に、第3世代生体材料の臨床応用、生物学的抗血栓性因子を血液接触表面に安定結合した血液ポンプに関する研究開発、免疫賦活物質を表面に担持したナノ粒子アジュバント及び注入のための生理情報ガイド穿刺システムの研究開発を行っている。

第3世代生体材料の開発と普及を目指し、対象の疾患及び体内領域を明確にして着実に研究開発が進められた。開発した創外骨折固定ピンの臨床試験の実施、バイオリズドポンプにおける血小板接着抑制の解明と抗血栓性化、安全なパワーアシストデバイスによる低侵襲治療技術の開発などで実用化が進展した。コンビネーション製品に対するガイドラインの策定は、医用生体材料に関連する産業に活用できる。臨床研究への展開、標準作業手順書(SOP)の策定、患者環境での技術開発や標準化の推進などは、現状における課題の克服や開発技術の社会導入の迅速化につながる。

一方、新技術や医療機器に対する安全性や有効性の評価手法、臨床への技術移転など、関連産業を育成するためには科学的に裏付けられた評価法の策定やガイドラインの公開が求められる。人工心臓やアジュバントによる肝細胞がんに対する免疫治療は医療機関と連携した迅速な評価試験の推進が不可欠である。医療ロボット技術は治療、介護、看護などへの展開も検討が必要である。

今後は、基盤技術の確立から臨床研究への円滑で迅速な展開が重要である。企業連携による実用化、機器や技術に対する評価指標の策定や試験法の標準化、品質管理のためのSOPの整備などは薬事に直結し、関連産業の発展に寄与する。技術開発と並行して継続することが望まれる。バイオリズドポンプに関してはポンプ以外の周辺技術の信頼性向上の検討も必要である。

### Ⅱ-1-(1)、Ⅱ-2-(1)、Ⅳ-3-(1) (再)、Ⅱ-2-(3) ヒューマンライフテクノロジー研究部門 [ユニット戦略課題5] 人間生活製品、福祉、医療機器技術の標準化研究 4.1

人間工学及び医療技術の領域における標準化研究の推進、関連する基準やガイドラインの作成を推進している。

高齢者・障害者のための製品や映像の生体安全性に関する国内・国際標準化は国民生活に直結し、開発ガイドラインは医療機器の円滑な開発と薬事申請に寄与する。先端研究の成果を背景とし、関連する工業会や大学などと連携した標準化の推進やガイドラインの策定は実践的で、他の機関とは異なる産総研の大きな役割である。

一方、策定した標準や規格の普及を図ることも重要で、普及策としての広報活動に関する検討も必要である。アクセシブルデザインに関する標準化は、認証の範囲を明確にした上で設計指針に基づいたものであることが必要で、関連する研究の推進も重要である。認証制度においては他国に受け入れられるグローバル化の検討が必要である。医療機器開発ガイドラインの策定に対しては、次世代医療機器の枠にとらわれず、機器や技術を類型化したガイドラインの策定も検討する必要がある。

今後は、健康福祉分野では、聴覚障害に関する研究は対象範囲を拡大し、報知音に加えて、注意喚起の与え方や認知・行動までの展開が必要である。医工学分野では標準化やガイドラインの基盤となる研究の継続は不可欠である。策定した規格は国民社会への迅速な導入が期待される。

### Ⅱ-1-(2)、Ⅱ-2-(2) 健康工学研究部門 [ユニット戦略課題1] バイオマーカーの機能解析・同定とその検知デバイス技術開発 4.3

健康状態や未病状態を科学的に評価することが可能なバイオマーカーを開発し、生体機能の解明に活用する。さらに、それらのマーカーや既存のマーカーを迅速、簡便に測定することが可能なデバイスを確立する。

糖尿病リスクマーカー群、唾液ストレス計測デバイス、脳疾患関連バイオマーカー等の基盤技術の確立と企業連携による実用化が推進された。これらの実用化は、生活習慣病やストレスに対する新たな評価法として健康診断や疾病の早期診断に寄与する。

一方、表面プラズモン利用生体分子可視化と新規計測デバイスの研究は基礎研究として重要であるが、実用化に向けた応用分野を明確にする必要がある。生活習慣病マーカー計測システム(マルチマーカー)の競合は世界的に多い。海外展開も視野に入れて国際比較し、安価・迅速・簡便なPOCTシステム(Point Of Care Testing、被検者の傍らで医療従事者が行う検査)に向けた重点的な取り組みと社会へのアピールが必要である。唾液ストレス計測チップに関する研究は、アウトカム導出に向けた展開の具体化が必要である。

今後は、糖尿病などのマーカーは臨床診断への実用化を迅速に推進するために企業や病院との連携拡大が望まれる。唾液関連チップに関しては競合他者との優位性、及び産業上のインパクトを示すことが求め

られる。得られた成果に対しては積極的な広報活動を期待する。予防のためには未病段階での検査が有益で、日常生活における受診者の増大に寄与する技術開発も検討する必要がある。

#### II-1-(2)、II-2-(2) バイオメディカル研究部門 [ユニット戦略課題2] 生体メカニズムの解明とその制御物質の探索 4.0

体内時計に関連する高血圧、血栓症、がんなどの生活習慣病、及び睡眠障害などの生体リズム障害を主な疾患ターゲットとして、健康状態をモニタリングするためのバイオマーカー開発、及びこれら疾患の予防や改善を目的とした天然物由来生理活性物質の開発を目指す。

in vitro生体リズム評価系や睡眠障害モデル動物を用いた評価系を利用して乳酸菌SLB88のストレス性睡眠障害改善効果を発見して商品化に至った。体内時計に作用する化合物の生薬成分を中心とする天然化合物の中から数種類を同定し、特許化と論文発表を行った。インドとのジョイントプロジェクトで、伝統的薬草のアシュワガンダの抗腫瘍効果に関連する有効成分と標的分子を同定して分子生物学的な検討を具体的に進めた。「食を中心とした生活習慣による生体リズムの積極的な制御」を目指す産官学の連携を推進するためのニュートリズム検討会を立ち上げて活動した。

一方、天然物由来の医薬品シード化合物の開発に対して、開発から実用化に至るシナリオの具体化が必要である。ヒトの生体リズムはマウスよりはるかに複雑で外的要因に左右されやすく、強い作用がないと明確な結果は得にくい。アシュワガンダに関連する研究は新規な薬剤標的分子である可能性が示された段階にあり、今後の展開が待たれる。睡眠障害や体内時計に影響を与える因子の分析や機序解明への取り組みも求められる。健康や医療などへの展開を目的とする計測技術や評価技術に関しては円滑な推進を目的に他の研究ユニットや外部機関との連携拡大が望まれる。

未病対策、疾病予防などは、今後の健康関連産業での展開が望まれるため、機能性食品等への展開も視野に入れた実用化が望まれる。生体リズム作用物質に対する機能性食品の開発、及び食による睡眠障害や体内時計など食が与える影響の解明が期待される。

#### II-1-(2)、II-1-(3)、II-2-(3) バイオメディカル研究部門 [ユニット戦略課題3] 健康・疾患に関連する細胞制御分子の解明と利用 3.6

脳神経系などの疾患に関連する新規バイオマーカーを探索するとともに、これらの分子あるいはそれを高機能化した分子を用いて細胞の機能異常の検出や制御を行う技術を開発し、健康の増進や疾患の予防・診断・治療に貢献する。

「膜タンパク質阻害分子や拮抗分子のハイスループット(HTP)同定技術」、「疾患モデル細胞・動物を用いた創薬候補分子の評価技術」、「シグナル分子を標的とした創薬・再生医療支援技術」などで得られた成果が革新的な医療や予防にかかわるアウトカムにつながることを期待する。新規核酸アプタマー、及びエキソソームに対するRNAアプタマーに関連した研究などでは特許出願や企業連携が進んだ。RNAアプタマーのスクリーニング技術では、核酸医薬開発への展開を期待する。

一方、核酸医薬の開発は非常に競争が激しいため、産業や国民社会への出口を明示し、臨床導入に向けた明確で具体的なロードマップの策定が必要である。実用化・製品化については検討会や技術研究組合を利用して企業と連携した推進が求められる。

今後、エキソソームを用いた血液診断では、他に比して優位性がある特許の取得が重要である。医薬品開発は連携する機関との役割分担とマイルストーンを明確にして推進する必要がある。新規のイメージング技術は、顕微鏡関連企業とのコンソーシアムの構築も一案である。新技術の開発は新たな創薬の展開につながるため、重点化して技術開発を進展させることが求められる。特に、テラーメイド創薬、再生医療などへの展開が期待できる。

#### II-1-(2)、II-2-(2) バイオメディカル研究部門 [ユニット戦略課題4] ナノバイオ技術融合による極微量生体分子の計測解析技術開発 3.9

超高感度、極微量計測に必要なバイオセンサーに要求される高選択的な分子認識法やナノ薄膜電極材料、1個の細胞での計測が可能なナノ針等のデバイスなどの各要素技術の開発を行う。

産総研が有するナノテクノロジー技術を活用し、新規セルソーターシステム、高性能電気化学センシング素子、及び疾患マーカー高感度測定機器の開発において他との優位性を明確にしつつ、企業提携による実用化が進んだ。開発課題において具体的な製品がイメージでき、目標とする「健康を守る」の方向性を示している。ナノニードルアレイを用いた新規セルソーターシステムは実用化・製品化が現実化してきている。DNAメチル化を短時間で検出可能なイムノアッセイチップを開発し、エピゲノム研究を進展させていくための基本技術として発展していく可能性がある。

### 第3章

一方、セルソーターは分別の時間分解能の向上に加えて高精度化が重要である。開発したニードル法については従来技術に対する優位性を確保すべきで、市場投入によるインパクトなどに関する十分な検討が必要である。DNAメチル化を短時間で検出可能なイムノアッセイチップは、成長・老化や生活習慣病発症等への適用を具体的に検討すべきである。

今後は、企業連携を活用して実用化を推進することが有益で、例えば、ナノニードルアレイを用いた新規セルソーターシステムは連携する企業での製品化を期待する。アウトカムにつなげるためには開発技術などの成果に対する経済効果（金額）と社会的効果（インパクト）の検討も必要である。基盤技術を発展させる研究展開の方向性は妥当である。開発技術の特徴と優位性を示しつつ、迅速な実用化を図る必要がある。

#### II-1-(2) 創薬分子プロファイリング研究センター [ユニット戦略課題1] 定量プロテオミクスの高度化と自動化 4.6

従来の創薬研究において課題となっていた薬剤候補化合物の標的タンパク質の決定や作用メカニズム解明について、定量プロテオミクスの高度化と自動化を行いタンパク質絶対定量による化合物プロファイリングを体系的に行い、ドロップ薬の再開発、開発薬の臨床研究移行の効率化を進めている。

タンパク質にかかわる変動量の定量解析により、抗がん剤やがん細胞などのプロファイリングを行い、抗がん剤耐性の機構解析、副作用予測、術後予後診断、抗がん剤の選択などへの活用は有益である。企業ニーズを踏まえた先端基盤施設を運用し、超高感度質量分析及び双腕ロボットを駆使した実践的な分子プロファイリングを進めたことは評価できる。

一方、生理的酸化還元条件下においてもプロファイリング解析を可能とする技術の高度化や定量プロテオミクス技術の進展が望まれる。また、今後の展開について、現有のロボット技術やパルス解析技術に加えて新たな成果を導出するための周辺技術の開発も併せて必要である。

今後、常に世界をリードする実績を挙げ存在感を示し続けることが望まれる。製薬会社との共同研究、定量プロテオミクス技術の応用範囲の拡大、ロボット技術の事業化は着実に進展しており、継続・発展させる必要がある。また、現状の研究展開に加えて、評価法の標準化や標準作業手順書(SOP)などの策定も有益である。

#### II-1-(2) 創薬分子プロファイリング研究センター [ユニット戦略課題2] タンパク質アレイによる創薬支援 4.3

従来の低分子-タンパク質相互作用の解析技術がボトルネックになっていた創薬支援の社会的課題に対して、ヒト・インビトロプロテオーム及びアレイ化技術の新たな概念による解決を図るため、その中核となるタンパク質アレイの研究開発を進めるとともに、アレイ作製及び検出の要素技術について企業との共同研究による実用化を目指している。

細胞内低分子-タンパク質相互作用によって特異的蛍光シグナルを発生させる可視化技術を進めており、インビトロでは成果を挙げている。3次元構造を維持した活性ヒトタンパク質のアレイ化は意義深く、良いタンパク質アレイが実現できれば素晴らしいリソースになる。網羅的自己抗体プロファイリング、細胞間情報ネットワークの研究開発を進めるとともに、歯髄細胞の細胞初期化因子の発見など、着実な成果を挙げている。また、推進する産学官共同研究において重要な役割を担っている。

一方、活性ヒトタンパク質のアレイは今後の疾病診断、創薬支援等への貢献も期待されるが、普及のためには高い信頼性と最適な価格設定を可能にする技術開発を目指す必要がある。新たな技術やデバイスはコンサルティングと併せて提供することも一案で、企業や大学などとの共同研究の推進においては、役割の明確化や存在感のアピールに留意する必要がある。

今後は、低分子化合物-タンパク質相互作用可視化技術が実用化され、創薬につながっていくことを期待する。診断、治療、再生医療への出口戦略は将来を見据えた展開を図る必要がある。診断や治療に対する評価法の検討も実用化に際しては有益と想定する。

#### II-1-(3) 創薬分子プロファイリング研究センター [ユニット戦略課題3] 数理システム解析と情報統合による知的基盤構築 4.0

臨床試験の成功率アップや新薬開発コストの大幅削減への寄与を目的として、数理情報解析の新たな概念による創薬ビッグデータの有効活用のための情報管理・統合システムの構築と、それらを利用した計算システム薬理学的アプローチによる薬剤開発システムへの展開を進めている。

薬が効かない細胞を効く細胞にする薬効リプログラミングを検討し、公開されている薬剤応答データベースと連携した自動連携解析システムを開発した。本システムにより、悪性前立腺がんをリプログラミング

グする薬剤を発見したことは医薬品の新たな可能性を示すものとして高く評価できる。また、産総研ならではのバイオとITの融合による薬剤候補を絞り込む数理情報解析プラットフォームの構築、データ標準化技術を利用した所内外データベース連携システムの構築を着実に進めている。

一方、拡張型心筋症の臨床マーカー探索は臨床ニーズに即しているが、人工補助心臓の着脱判断を可能とするレベルの高い信頼性を確保することが求められ、動物モデルなどでの検証も必要である。悪性前立腺がんをリプログラミングする薬（リバビリン）は創薬における大きな波及効果が期待されることから、十分な情報発信をする必要がある。

今後は、本研究の成果を活用した新たな臨床情報の追加、データベース（レポジトリ）の構築や計測データの標準化などの知的基盤の構築と公開が望まれる。疾患の数理モデルによる予測手法は有益であるので、実用化に向けた積極的な展開を図る必要がある。

#### II-1-(3) 創薬分子プロファイリング研究センター [ユニット戦略課題4] 計測と理論計算の融合による分子設計 4.4

高速のシミュレーションソフトウェアや薬物活性の推算ソフトウェアなどを開発・公開し、解析計算手法の融合や標的に対する解析計算、分子の設計や実験的評価を行う。また、タンパク質や複合体の柔軟性を考慮した独自のタンパク質-化合物相互作用のNMR計測技術とタンパク質間相互作用阻害剤設計や作用・副作用評価など理論分子設計による情報との融合計算手法の開発を進めている。

分子シミュレーション用プログラム群myPrestoとNMR分析により得られた結果を組み合わせた複合体構造の高精度予測は企業ニーズに合致している。ヒット化合物の分子改変を行い、リード化合物に導いたことは創薬に向けた新たな手法を提供するものとして評価できる。創薬に関する技術者養成コースを開催し、企業を中心とする人材養成に貢献した。

一方、化合物合成の容易性予測は、傾向を知る意味では意義を認めるが、優先すべき研究課題の選定と順位付けを行う必要がある。大幅な創薬効率の向上のために、必要に応じて、NMRやX線結晶構造解析とは異なる計測技術などの導入を検討すべきである。

今後は、作用・副作用の予測や有用性の検討などは製薬企業との密接な連携が必要である。迅速な連携構築のためには研究所の支援も望まれる。ソフトウェアの提供のみならず、化合物設計全般のコンサルテーションや製薬企業が抱える課題の解決法に対する事業の実施形態について、検討を進める必要がある。加えて、プロテオミクスやタンパク質アレイにより得られるデータの活用方法についても検討する必要がある。

#### II-2-(1) 健康工学研究部門 [ユニット戦略課題5] ヒト生理機能解析技術の開発 4.2

非侵襲脳機能・生理機能計測技術を基盤に、高次脳機能障害の高度診断技術、聴覚機能障害の補償技術、高臨場感・快適環境の設計技術、及び日常健康モニター技術を開発する。

非侵襲脳機能計測技術や健康モニター技術の開発が進展し、骨導超音波知覚の聴覚機構を利用した補聴器、骨導技術を応用したスマートフォンの開発は実用化が推進された。また、認知・行動評価技術と生体安全性標準化はISOの制定につながった。

一方、脳科学やヒトの生理機能の解析技術などの脳科学関連研究では、アウトカムの具体化及びこれに至るシナリオの検討が、また、特許戦略が重要な分野であることから知財戦略の強化が必要である。

今後は、研究成果が活かされる医療分野などのニーズを調査分析した上で、研究内容の絞り込みが必要である。ヒトの聴覚機能の解明や失われた機能を補う技術は迅速な実用化が必要である。新技術の開発と国際標準化の推進を両立させた展開は有益である。

#### II-2-(1)、IV-3-(1) (再) ヒューマンライフテクノロジー研究部門 [ユニット戦略課題1] 人間の状況認知・遂行能力の評価・支援技術の開発 3.6

少子高齢化社会における高齢者の就労拡大を目指して、能力の多様性にも配慮しながらその人に合った適切なタスクを選定するための能力-タスク適合性評価法や関連する周辺技術を構築する。

ヒトの認知能力と運動能力を科学的に解明し、新たな心理評価指標「自己充足感」の提案、視覚と聴覚の機能配分の定量的解析など、心身の健康状態の把握へと展開した。これらは、就労環境や生活環境の改善、各種リハビリテーションの最適化など、実社会における課題解決につながる。自動車運転における運転行動能力（ふらつき）の評価や運転予測などは産業への展開が想定される。

一方、自己充足感の評価法において認知能力とタスクの適合した作業が自己充足感の高い作業であると言える科学的根拠を明示する必要がある。自動車の運転行動分析の研究は、高齢者等の運転スキルの解明につなげる展開が必要である。視力、予知能力、聴力、運転中の複数操作などによる注意力低下、疲労、

### 第3章

経年変化なども考えられることから、要素の全体像の洗い出しが重要である。

今後は、自動車関連企業との連携を深め、運転スキルの解析、個人の認知パフォーマンスに対する科学的に裏付けられた評価法の確立を図る必要がある。加齢による高齢者の運転能力、認知能力の衰えをどうサポートするかは社会ニーズへの対応として有益である。高齢ドライバーとしてひとくくりにせず、事故を起こしやすい人を見分ける技術、運転を可能とする期間の予測など、実社会への迅速な導入推進が期待される。

#### II-2-(2) 健康工学研究部門 【ユニット戦略課題2】健康リスク計測・評価とリスクモニタリング技術の開発 4.5

身体内部あるいは環境に存在する健康阻害因子を高精度に計測・評価し、因子そのもの、あるいは健康への影響を効果的に低減するための技術を開発する。

細胞チップを用いたマラリア診断デバイス開発はフィールドテストまで達しており、ベンチャー設立を含めた実用化と普及促進が期待される。有害物の分離計測や工業ナノ粒子微粒子はISOへの戦略的取り組みがなされている。世界保健機関(WHO)と連携した実証試験は実用化・国際展開の視点から有益であり、開発機器の海外展開の布石につながる。

一方、感染症の迅速・高感度検出技術や有害物の選択的認識・分離技術は早期の実用化を図ることが求められる。エボラ熱、デング熱ウイルスなどへの応用も検討の必要がある。円滑な推進のために、健康医療に関連した所内外機関や薬事審査関連機関との連携は一案である。また、有害イオンの分離計測や有害物の選択的認識・分離技術は実用化への展開を検討する必要がある。環境関連の研究ユニットなどとの連携拡大が望まれる。

今後は、国の規制は当該国の政府の判断に依存するので、WHOとの協議継続に加えて、当事国行政との連携が望まれる。特許戦略が重要な分野であることから、知財戦略の強化を期待する。感染症の迅速・高感度検出技術は適用範囲を明示し、低コスト化や簡便化を意識した開発が求められる。新規性に加えて社会での活用も検討の必要がある。有害イオンの分離計測と有害物の選択的認識・分離技術は実社会での有用性を確認する必要がある。他の研究機関の有害物質除去や環境浄化プロジェクトと提携して推進することも想定される。

#### II-2-(3) ヒューマンライフテクノロジー研究部門 【ユニット戦略課題2】心身の適応能力向上のための評価・支援技術の開発 3.0

心理的側面と身体的側面の相互関連にも着目しながら、心身の適応能力改善を支援するための技術開発を行っている。

健康度の指標としてリラクゼーションや睡眠の効果を定量的に評価し、加えて、コミュニケーション量を定量化して社会的な健康度を計測評価する技術を開発した。社会的健康も含めた心身適応能力の維持改善は国民生活の質の向上に対して有益で、実社会への導入が期待される。また、血圧・動脈硬化計測装置が連携する企業において製造販売承認を得て販売されたことは優れたアウトカムである。

一方、リラクゼーション、睡眠、社会活動への適応能力から健康状態を類推する提案に対しては、科学的な検証も必要である。コミュニケーション量からの健康(健幸)度の評価や下肢温浴による左心室高負荷の軽減も同様である。

個々の成果は有意義であるが、全体的な俯瞰ができていない。今後は、現状のリラクゼーションやコミュニケーションにパロなどのメンタルケアの研究も含め、健康管理システムとして統合することが必要である。精神的健康や肉体的健康を科学的に定義し、実社会において社会的健康の評価として正しく活用できることが重要である。将来的には、メンタルヘルスやハラスメントなどの分野にも適応可能と想定されることから、これらに関連する技術の開発が期待される。

#### II-2-(3) ヒューマンライフテクノロジー研究部門 【ユニット戦略課題3】生活自立支援のための身体機能回復技術の開発 4.4

加齢や障害によって機能が欠損・低下しても充実した日常生活を送るための身体的機能回復とQuality Of Life(QOL)の向上を目指している。

高齢者や障害者に対するリハビリテーションの効果の科学的な解明と最適化の策定は妥当な目標設定である。嚥下音による嚥下機能評価や咀嚼音による食感向上の研究は社会ニーズへの対応として有益である。脳損傷動物モデルの研究はオリジナリティが高く、薬剤効果の検証のための動物実験を含む非臨床試験、及び医療機関との共同研究に基づく臨床試験が実施され、実用化に向けて進展した。薬剤候補の選出、動物実験の方法などは独自性が高い。

一方、食事介助や嚥下音、咀嚼音の応用による身体機能回復技術の研究は、アイデアの検証段階にあり、

アウトカムを具体的に想定できる段階に至っていない。生体機能の低下には個人差があることから、リハビリに対する咀嚼音のフィードバックの有効性の検証、非臨床試験や臨床試験のプロトコルの検討が必要である。

今後は、食生活介護とリハビリ支援技術においては、健康や快適などを定量的に評価できる評価技術の確立や効果の実証など、実用化に向けて前進することが期待される。対象者のみならず家族などの周囲関係者への負担軽減や具備すべき装置仕様の確定など、実践的な課題解決も有意義である。在宅やモデル化した環境への研究展開も必要である。ニューロリハビリにおいて着目するSPP1 (Secreted Phospho-Protein 1、分泌性リンタンパク質) 遺伝子はモデル動物で有効性を検証し、臨床応用への展開が期待される。

## II-3-(1)、III-3-(1) 知能システム研究部門 【ユニット戦略課題3】安全な個人データ利活用技術

### 3.9

空間情報を的確に取得するためのセンサーアレイシステム、産総研が開発した高次局所自己相関特徴抽出法(HLAC)／立体高次局所自己相関特徴法(CHLAC)を用いた異常検出技術などの研究開発を行っている。また、個人主導のデータ共有、大規模データの解析、共創プラットフォームの社会実装、情報システム構築・運用などの技術に関する研究開発を行っている。

アクティブセンサーKinectによる3次元マップ作成は、普及している比較的低価格のセンサーに歪補正などを加え、高度な結果を得ていることは高く評価できる。誰でも使える技術という視点は重要である。産総研オリジナル技術であるHLACによる異常値検知技術は、重要課題となっている社会インフラ検査だけでなく、様々な現場での利用可能性を示しており、価値ある技術開発である。ニコニコ学会β (ユーザー参加型研究を実現するための研究団体) における活動は学術研究のあり方を大きく変える可能性のある集合知活用技術にかかわるユニークな取り組みであり、このような活動がボトムアップで出ていることは高く評価できる。

なお、開発した研究成果を積極的に周知し、優れた技術の社会導入・社会実装が求められる。社会インフラへの異常検出技術の適用などでは、現実問題への実践が求められる。基礎アルゴリズム開発は重要な課題であり、世界と競合していくことが必要である。

今後については、独創性、新規性のみならず、実用性、汎用性も目指すことが求められる。集合知の活用は、若い世代でイノベティブな成果に結び付いている。産総研での今後の取り組みが期待される。

## II-3-(1) 情報技術研究部門 【ユニット戦略課題2】生活支援・生活安全技術 4.0

産総研が開発した高次局所自己相関特徴抽出法(HLAC)／立体高次局所自己相関特徴抽出法(CHLAC)に基づくパターン認識手法を用いた医用画像診断支援技術、及び安全を確保するための異常検出技術の研究開発を行っている。

医療分野のプロフェッショナルコミュニティに認知される医療画像診断の支援技術を開発し、研究成果としてHLACを改善したCHLAC法を用いることにより、がん画像を「がん」と認識する確率を94%と従来技術に対して15%高めたことは評価できる。また、開発技術の拡張として、特徴抽出に基づいた多変量解析技術による水中微生物計数に関する応用は社会的貢献を目指した新たな技術展開として評価できる。

なお、異常検知技術ではインパクトのある応用例が求められる。また、特許出願の検討も必要である。

今後は、病理画像診断について、現場の医師だけで操作できるようなシステムに仕上げていくことが必要である。薬事法の改正により、生命に影響を与えるソフトウェアは規制対象となる。このため、実用化の観点から、画像情報から正常と異常を識別する技術に対して医療用以外への応用の模索も期待される。

## II-3-(1)、IV-1-(2) 電子光技術研究部門 【ユニット戦略課題2】光応用技術 4.3

ウイルスや環境物質等に対する高感度センサーシステムの開発を行うとともに、非侵襲血液検査を目指した高感度分光イメージング技術の開発、インフラヘルスマonitoringを目指した無鉛高感度AEセンサー(音響放出センサー)や、フェムト秒レーザーによる医療用加工技術などを開発している。

ライフからインフラまで幅広い分野でセンサー技術を適用する計画は高く評価でき、またその事業化時期の設定も技術の成熟度と社会の要請をかんがみて適切である。導波路モードセンサー、光ディスクセンサー技術等を、血液検査、ウイルス・菌類検出、生体モニタリング等に適用するとともに、携帯可能なレベルまでコンパクト化し、救急治療で使用できるポータブル血液検査装置を開発するなど、実用に耐えるまでに完成度を高めたことは高く評価できる。多くの企業に技術移転が行われ、計測装置など既に製品化されているものもある。超高速フォトリソ技術のテーマに関して、超高精度レーザー加工技術として実用化を目指す方向性は、「ものづくり」日本の復権の切り札の一つとなると期待できる。

ただし、技術レベルから見て論文数と特許件数が少ないので、より効果的なアピールと知的財産の確保

### 第3章

が必要である。世界的に見て技術競争、応用展開が激しい分野であるので、何が産総研のコアコンピタンスなのかを明確にし、最新の厳しい目で見たベンチマークを常に作成して適切なロードマップを策定することが必要である。光ファンクションジェネレーターは開発目標とマイルストーンを明確にし、産総研内外の連携を進めることが望まれる。

今後は、センサー技術、超高速フォトニクス技術とも、できるだけ多くの適用、特に社会的課題の解決への貢献に重点を置いた適用先を見つけ、企業とうまく連携して早期に実用化に向かうことが期待される。特に光センシングについては、フォトニクス分野に閉じることなく産総研内の関連研究ユニットと連携し、さらに医療関連機関等との連携を深める必要がある。レーザー加工技術も付加価値の高い適用例を見だし、国際競争力のある製品が生み出されることが期待される。

#### II-3-(1) セキュアシステム研究部門 [ユニット戦略課題1] ITサービスセキュリティ 3.6

「情報セキュリティ早期警戒パートナーシップ」での分析支援機関としての活動、ガイドライン・技術文書の発表、パブリックコメントの提出、などの活動を行う。また、国や業界が行うITサービスで突発的に起きる安全性・信頼性問題への対応、新技術の普及に伴い策定されるセキュリティ基準などの議論において公的研究機関の立場から、また技術的観点から効率の良い解決法を示す。

マルウェア対応やスマートフォンの安全な利用に向けて取り組んでいること、技術の国際標準化の推進として、標準化団体や政府系委員会への参加、国際標準化提案、施策への技術的支援などの活動に積極的に取り組んでいることは評価できる。

なお、場当たりの印象を払しょくするためにも、ITサービスのセキュリティ上の課題を整理し、公的機関で実施すべき課題、民間で対応可能な課題、民間と共同で進めるべき課題等に分類するとともに、重要性、緊急性も含めて各研究課題の意義を明確化することが望まれる。研究課題には、民間研究機関やセキュリティ企業の研究開発との差が見えにくいものがある。また、実世界の短期的なアウトプットを設定したテーマでは単発や小粒なものとなっている。

今後、ITサービスにおいて、「安全であると分かる」ことの観点からの研究や啓蒙を強化するとともに、消費者の情報や権利を守る立場からの政策提言などの発信が望まれる。スマホアプリとスマホ本体に潜む脅威への抜本策にチャレンジするとともに、産業界や行政と協調して国際標準機関での議論を先導することが期待される。

#### II-3-(1) セキュアシステム研究部門 [ユニット戦略課題5] 次世代暗号技術 4.6

近い将来を見据えた暗号技術として、高安全かつ高機能な次世代暗号・認証技術の設計、安全性評価、及び、それらのための基盤的理論の構築を進めている。

CRYPTO2014など世界超一流の学術会議に多くの優れた研究成果を発表している。次世代暗号応用のアウトカムとして、高機能アクセス制御暗号をコア技術とした秘匿データベース検索の化合物データベースやゲノム情報への適用を進めていることも評価できる。暗号理論に関する研究では、暗号技術にかかわる企業との共同研究や国への協力などにも実績を挙げている。

なお、暗号理論の国際競争に参画し続けられる体制の継続や人材確保の明示的なプランが必要である。学術界での圧倒的な存在感と一般的な世界での認知度のギャップを埋めることが必要であり、一般メディアによる情報発信に向けた努力が望まれる。

今後は、ACM CCS (The Association for Computing Machinery: Conference on Computer and Communications Security) や、IEEE S&P (The Institute of Electrical and Electronics Engineers: Symposium on Security and Privacy) などの暗号応用のトップレベルの国際会議も対象とする研究開発が期待される。また、企業の個別分野で暗号技術の知見を活用したビジネス展開を行う人材を産総研から輩出する人材育成が期待される。

#### II-3-(2)、IV-3-(1) (再) 知能システム研究部門 [ユニット戦略課題2] 生活支援ロボットの安全の確立 4.4

ロボットの安全性を試験・評価するための技術、ロボットの安全技術としてのセンサー技術、制御技術、インターフェイス技術、及びロボットの安全性を検証するためのリスクアセスメント技術の開発を行っている。また、国際標準化・認証を視野に開発基盤(要素モジュールなど)の整備を行っている。

介護ロボットの実用化が喫緊の課題となっている現在、安全に重点を置いたロボットの包括的な研究開発を進めていること、生活支援ロボットの国際安全規格の制定に主導的役割を果たし、ロボット安全基準ISO 13482の正式発行へ貢献したことは高く評価できる。また、生活支援ロボット安全検証センターを立ち上げ、すでに2社に認証を発行できたことも社会アウトカムとして高く評価できる。



なお、生活支援ロボットを作る側、運用する側の視点は、十分考慮されているが、ロボットと向き合うユーザー側の視点がやや欠落している。ロボットの「安全」のみならずユーザーである人間の「安心」の視点を考えることが求められる。ロボットは、運用時にもシステムが次々にアップデート・機能強化される。このため、運用が始まってからの要求の変化に追従できるような開発手法が求められる。

今後については、安全性・信頼性の評価の手法や設計支援技術、生活支援ロボット安全検証センターなどの広報活動を積極的に行い、これらが広く利活用されるための努力が望まれる。ロボットへの一般の関心は高いが、その安全性についての意識はまだ十分ではない。社会に向けた啓蒙活動に取り組むことが望まれる。人間とロボットの協調及びそれに伴う安全に関するテーマは、世界の産官学が最も注目している分野の一つであり、今は横一線の状態にある。頭一つ抜け出すことが強く望まれる。

## 第3章

### 3-2-3 「Ⅲ 他国の追従を許さない先端的技術開発の推進」

様々な資源、環境制約問題を乗り越えて我が国の国際競争力を強化するためには、技術指向の産業変革により新産業を創出する必要がある。特に、情報通信産業の上流に位置付けられるデバイスの革新とともにデバイスを製品へと組み上げていくシステム化技術の革新が重要である。そのため、競争力強化の源泉となる先端的な材料、デバイス、システム技術の開発を行う。また、情報通信技術によって生産性の向上が期待できるサービス業の発展に資するため、サービス生産性の向上と新サービスの創出に貢献する技術の開発を行う。さらに、協調や創造によるオープンイノベーションの仕組みを取り入れた研究開発を推進する。

#### Ⅲ-1-(1)、Ⅳ-1-(2) ナノエレクトロニクス研究部門 [ユニット戦略課題4] ナノ計測エレクトロニクスの研究開発 3.5

3次元的なナノデバイスの構造に対し、ナノメートルの分解能で必要な特性を的確に測定するため、新たな測定手法と計測結果に対して、シミュレーションを介在して解析するハイブリッド計測技術の開発を行っている。また、デバイス試作・開発プロセスと連携した先進的な統合的シミュレーション・プラットフォームの構築を目指した研究開発を行っている。

3D TCAD（3次元Technology CAD）と連携したハイブリッド計測評価法を実用的なレベルに上げるとともに、FinFETの応力解析に適用し、その有用性を示していることは高く評価できる。開発したナノ計測システムを用いたデバイス評価に関して、共同研究が多数実施されており、この計測技術の有用性が高いことが示されている。ヘリウム顕微鏡は従来観測が困難であった種々のナノ構造の観測を実証していることから、多くの国際会議で招待講演を依頼されるなど、国際的な先導的役割を果たしている。

なお、ナノ計測の結果によるデバイスの高性能化に向けた明確なフィードバックが必要である。TCADはデバイス開発で不可欠なツールであるが、海外ベンダーの寡占状態になっているため、産総研のTCADのアウトカムについて検討することが必要である。また、TCADはFinFETの計測結果の解析に利用されているが、蓄積した知識をベースにデバイスシミュレーターとしての利用も含めた今後の新たな展開が期待される。

今後は、TCADと計測を結び付けるだけでなく、これらの手法を利用して、新しいデバイスとして期待の高い磁気・スピンドバイス等を目標にすることが望まれる。また、分析ノウハウやモデリングをTCAD技術とパッケージングして外部提供することが望まれる。ヘリウム顕微鏡では、応用の拡大を進めるとともに、ライフ関連研究ユニットとの連携も望まれる。

#### Ⅲ-1-(1) 電子光技術研究部門 [ユニット戦略課題3] 新原理エレクトロニクス 4.4

超伝導体、強相関酸化物、有機半導体を主要な対象とする革新的な機能性材料、低環境負荷の各種素材やデバイス、及びシリコン半導体の限界を超えた極限的な省エネルギーデバイス技術の研究開発を進めている。

基礎研究に近い分野でありながら、アウトカムに向けたロードマップがきちんと描かれ、多くのアウトプットが出ており、高く評価される。インパクトファクターの高い論文誌に多数の論文を発表し、招待講演数も多く、学会からの認知度は高い。10万回の書換えを実証した強誘電抵抗変化メモリ、臨界電流密度を実用レベルまで高めた超伝導線材や、インジウム・スズ酸化物(ITO)導電膜に劣らない特性のカーボンナノチューブ(CNT)透明導電膜など、実用化に向けた多くの成果が得られており、全体としてバランスの良い運営ができていることは特筆に値する。特に、強誘電抵抗変化メモリは新規なアイデアであり、国際半導体技術ロードマップ(ITRS)で次世代不揮発性メモリの候補になるなど、将来有望な技術である。

ただし、多くの人的リソースがこの戦略課題に投入されている中で、「飛びぬけた成果」にはまだ至っていない。他の研究機関や目標に対するベンチマークを明確にし、自己点検に基づく一層の努力が必要である。論文数に比べて特許の出願数が少ないことも課題である。アウトカムへの戦略を明確にし、特許出願やこれによる産業界との連携をより一層推進することが期待される。

今後は、2030年頃を見通して新産業創出につながるターゲットを明確にし、世界最高の技術とブレークスルーを生み出し、世界的にこの分野を牽引することが求められる。社会的ニーズの変化や技術の進展にも柔軟に対応できるよう、他研究機関との連携や学会活動を積極的に行い、常に自他の研究の位置付けを把握する必要がある。実応用に向けては集積化、システム化技術の視点も含めた研究の拡大・連携が望まれる。特にメモリ技術は進展が速く競争が激しい分野なので、強誘電抵抗変化メモリが次期ストレージクラスメモリの候補の1つとなるよう、早急に企業との連携を強めて集中的に研究開発を行うことが期待される。

### Ⅲ-1-(1) フレキシブルエレクトロニクス研究センター [ユニット戦略課題3] 有機エレクトロニクス材料の評価基盤技術の研究 4.1

有機半導体・導電体・強誘電体などの有機エレクトロニクス材料について、基礎物性・薄膜プロセス等の材料基盤技術及び評価・標準化・計測に関する基盤技術の開発を行っている。特に、プロセス適合性をもつ高性能材料の開発、材料の特質に立脚した革新的印刷プロセスの開発、及び高性能化に必要な微視的材料評価技術の開発を進めている。

研究センター全体の活動に最も資する計測・評価法を確立しようとしており、高移動度有機半導体材料の探索、有機強誘電体の薄膜印刷プロセス技術、有機薄膜トランジスタアレイの評価技術において着実に成果を挙げ、いずれの技術も的が絞られて来たので、今後の進展が期待される。特に、ベンゾチエノベンゾチオフェン(BTBT)分子誘導体の系統的な開発と評価により、高い移動度と高い熱安定性をもつ単結晶薄膜を実現したこと、印刷製膜可能なイミダゾール化合物とブレードコートとの組合せにより分極配向させた有機強誘電体膜の動作確認をしたこと、電荷変調分光イメージングによってトランジスタアレイの駆動状態を効率的に評価する方法を開発したことなど、基礎科学に近い部分で高い水準の学術発信を行いつつ、デバイス応用に向けたマイルストーン目標を達成しており、高く評価される。

ただし、こうした成果を研究センター全体のアウトカム目標にどう結び付けていくかが課題である。BTBT誘導体については、得られた溶解度と熱安定性は印刷用材料として十分なのかどうか更に検証する必要があり、薄膜の屈曲耐性や中高温領域での耐久性などを定量的に示して説得力を増す必要がある。

今後は、材料技術・評価技術とともに基礎科学としての基盤が確立しつつあることを踏まえ、JAPERAとの連携も含めて、応用へ向けた方向性をより明確に打ち出すことが望まれる。有機半導体材料の駆動電圧を目標電圧まで低下させ、電子ペーパーなどの具体的なデバイスでの早期実証が期待される。有機強誘電体薄膜はユニークなテーマであり、記録保持のできるディスプレイなどの用途が考えられるので、産総研独自の提案が大いに期待される。

### Ⅲ-1-(2) 知能システム研究部門 [ユニット戦略課題5] 製造の省力化・高効率化のための産業用ロボット知能化技術 3.4

多品種少量生産における製造の省力化・高効率化を目的として、産業用ロボットの知能化によるセル生産の自動化と、そのための知能化技術の研究開発を行っている。具体的には、変形を含む物理シミュレーション技術、作業スキルの解析に基づく作業計画・動作計画ソフトウェア、センサーフィードバックに基づく組立動作制御ソフトウェア、黒色や光沢のあるワークに対する3次元視覚情報処理技術、及び変形性を有する触覚センサーデバイスの開発を進めている。

国際競争力復権のためには高レベルの自動化が求められることから、全自動セル生産システムの実現に向けた作業動作計画ソフトウェア、3次元視覚情報処理、触覚センサーデバイスなど基盤研究の着実な進展は評価できる。また、セル生産ロボットの現場導入に向け、弾性変形を伴うパーツの組み立て、組み立て動作制御など着実に研究開発が進んでいることも評価できる。特に、ランダムピッキングロボットシステムは、工場への導入に向けた具体的な開発として評価できる。

なお、全自動セル生産システムでは、現場のニーズや、開発された技術の汎用性を明確にすることが必要である。組立可能な部品やハンド等についても、企業の競争力に寄与する提案が求められる。Fingerの技術は欧米が進んでおり、これを超えられるように技術開発を加速することが必要である。ゴールに対して必要な技術のブレークダウンと、その中で解決を狙う技術の検討や問題の解決により開拓される市場などを明らかにすることが望まれる。

今後については、実際の生産ラインにおいて、開発技術により置き換えられる作業や作業員に関する実践的なケーススタディが必要である。また、ロボットの適用分野として、流通、食品など他の産業分野への適用に向けた検討が望まれる。人間のマニピュレーションを自動化することは最も困難である。人間との協働システムとしてどのように克服していくかの道筋の明確化が望まれる。

### Ⅲ-2-(2)、I-4-(2) (再) ナノチューブ応用研究センター [ユニット戦略課題1] カーボンナノチューブの実用化・産業化・標準化のための研究開発 4.8

スーパーグロース法やeDIPS法をもとに、用途に応じた最適な形状と特性を持つ単層CNT合成技術と、低コスト化のための量産基盤技術を開発している。また、新しいCNTの形態・構造を利用した、電気二重層キャパシタや導電性ゴムなどの工業用製品や、CNTを用いた次世代医療診断システムなどの用途開発を進めている。さらに、CNTの品質評価法や凝集状態評価法を開発し、国際標準化に取り組んでいる。

スーパーグロース法において製造コストを低減させる量産技術、直径制御技術及び分散技術を開発し、

### 第3章

多数の企業にサンプル提供し、ゴム複合材料やマイクロキャパシタなど多くの応用技術を開拓し、民間企業に単層CNT生産ライン構築を決定させるまでの技術開発を行ったことは非常に高く評価できる。eDIPS法において高品質の連続成長技術・作り分け技術を開発し4社に技術移転するとともに、他グループの半導体金属分離技術を活用して塗布型トランジスタに適用し、従来に比べて高い均一性を実現し、実用デバイス作製の可能性を示した点は高く評価できる。ナノチューブの長さ、凝集状態、蛍光標識等の評価方法の開発とその国際標準化の活動も成果普及を確実なものにしていくための有効な取り組みである。

ただし、スーパーグロス法に関して、やはりコストの問題は大きいとため、更なる検討を早急に進めるべき段階である。量産プラントで製造されるサンプルが有効に活かせるよう、用途の拡大を一層図っていく必要がある。

今後は、民間企業への技術移転を更に推進するとともに、有望な用途に対してリソースを追加投入し、CNT応用製品の真の実用化を実現するまで指導性を発揮することを期待する。標準化については、応用製品の商品化に照準を合わせて進める必要がある。長期的には、単層CNT以外への展開や、新たな核となる研究テーマの探索も必要である。

#### Ⅲ-3-(1) サービス工学研究センター [ユニット戦略課題1] 顧客・従業員の行動観察・提示技術

##### 4. 0

PDR (Pedestrian Dead-Reckoning、歩行者推測航法) 技術を中核とし、顧客や従業員のサービスプロセスを通じた行動を観測し、観測データを他のデータとひも付けて分析することで、サービスプロセス改善、現場従業員間共創によるサービス生産性向上に役立てるための研究開発を行っている。

ウェアラブルなPDRの実現などのPDR関連技術の高度化、蓄積した計測技術によるサービス業務分析支援基盤の開発など、着実に成果を重ねており、高く評価できる。PDRによる行動計測データを用いてQC (Quality Control) 活動を実施し改善効果を上げるとともに、顧客接点業務における生産性向上のための方法論を見いだした点も、高く評価できる。また、ベンチャー企業の設立や、企業との連携による製品開発、NWIP (New Work Item Proposal) の提案・採択などの研究実績に基づいた積極的な標準化活動や所内連携研究なども評価できる。

なお、顧客・従業員の工学的な行動観察が技術的な生産性を上げることは示されたが、コストを含めた生産性向上への寄与が課題として残っている。また、飲食店において成果を挙げたCSQCC (Computer-Supported QC Circle) を他の事例に適用し、技術のブラッシュアップと汎用化が求められる。

今後については、PDRモジュールがサービス産業を含む多くの企業で活用され、生産性向上に寄与するために、本モジュールの活用方法を含めたパッケージ化、及び行動計測データを容易に可視化できるツールと本モジュールの計測結果に基づき解析を行う統計分析ツールの充実が望まれる。名札タイプのPDRモジュールの開発を早期に進め、製造業を含む多業種において行動観察・提示技術の研究を加速することが期待される。

#### Ⅲ-3-(1) サービス工学研究センター [ユニット戦略課題2] 現場参加型のサービスプロセス設計支援技術の研究 3. 6

業務プロセスを蓄積・共有するコト・データベース化技術、業務プロセスの分析・可視化を行う現場参加型サービスプロセス設計支援技術及びサービス知識の現場間活用を支援するサービス知識活用技術の開発を進め、医療、介護、看護、教育などのサービスにおける展開と実証研究を行っている。

サービスの実態を多視点で把握・分析して新たなプロセスを共創的に構築支援する技術とコト情報を収集・分類・検索するシステムを組み合わせたサービスプロセス設計支援技術を開発したことは、現場の生産性を自律的に向上させる技術の第一歩として評価できる。これらの技術は、サービス産業の生産性向上に必要な「サービス現場の従業員自らが問題点に気づき改善する体制の構築」という課題を解決できる可能性の高い技術であり、開発意義が大きい。また、人が主体となるサービス現場の改善・革新のための効率的な支援技術の開発は、現場参加型のアプローチが不可欠との認識の下、看護・介護分野を対象に計画的に進めている点も評価できる。

なお、ソーシャル・ネットワーキング・サービス (SNS) との差異の明確化など、ベンチマーキングを行うことが必要である。看護、介護の仕事に従事している人たちの状況やニーズの把握及び介護施設などの現場での実装では、導入される技術に関する丁寧な説明が求められる。また、コストパフォーマンスの観点からは実用化が懸念される。

今後については、看護・介護の需要が急速に高まることが予想されており、本戦略課題の成果が多くの現場に取り込まれ、看護・介護業務の緩和につながることを期待される。本技術は、暗黙知を可視化する技術であり、実用化のハードルが高い技術であるが、医療・介護以外のサービス分野にどこまで適用可能か、の検討が望まれる。

### Ⅲ-3-(1) サービス工学研究センター [ユニット戦略課題3] 大規模データのモデル化と活用技術に関する研究 4.4

大規模データからサービスの現象を包括的に理解するための計算モデルの構築、実際のサービスを改善するためのモデル活用技術の開発を目指して、PLSA(Probabilistic Latent Semantic Analysis、確率的潜在意味解析)とベイジアンネットワークモデルを用いて大規模データをモデル化する技術の開発及び実サービス現場への適用を行っている。

大規模データを構造化するための世界的にもレベルの高い手法を確立するとともに、複数のサービス業へ適用・実用化している点が非常に高く評価できる。プライバシー保護など、今後一層重要になる問題も視野に入れ、解決のための技術開発を行っている点も評価できる。また、多数のライセンス契約は開発した技術の完成度の高さを示すものとして評価できる。

なお、高度な分析手法を利用するには、そのスキルを持つ人材の確保や情報インフラが必要になる。開発されているアプローチが、そのコストも考慮してサービス現場の生産性を高めることができるのか明らかにすることが必要である。

今後については、サービス現場への普及のためにも、特定のコミュニティや企業群、自治体間で解析データを共有するための運用管理システムの開発が期待される。また、PLSAやベイジアンネットワークモデルに習熟していない技術者に対しても活用可能となるようなノウハウ集の作成等が必要である。本技術は、製造業のサービス化、地域活性化への適用が可能な技術であり、広く活用されることが期待される。

### Ⅲ-3-(1) サービス工学研究センター [ユニット戦略課題4] マルチエージェントシミュレーションによるサービス設計支援技術の研究 3.5

安全で快適な社会の基盤サービスの設計・維持を支援する社会シミュレーション技術の確立を目指し、地域防災・公共交通・生鮮食料品流通における実問題を取り上げ、技術開発と現場適用を前提とした研究を進めている。具体的には、マルチエージェント人流シミュレーション、オンデマンド型バスシミュレーションシステム、オークションによる流通円滑化技術(電子商取引システム)の研究開発を進めている。

避難訓練・交通流の円滑化等、社会的需要が高まりつつある社会シミュレーションに対し、マルチエージェントシミュレーションを応用した方法論とシミュレーション実験の枠組みを構築するとともに、現実問題への適用を開始している点が評価できる。オンデマンドバス配車に関するシミュレーション SAVS(Smart Access Vehicle System)や水産加工品の電子商取引「おらほのカキ市場」などの取り組みは地域ニーズや地域活性化に資するものとして評価できる。

なお、マルチエージェントシミュレーションについて、産総研の優位性・先導性を具体的に示すことが求められる。オークションによる流通円滑化技術については、開発する社会的意義を分かりやすく説明することが必要である。また、地域ニーズや活性化の取り組みに一定の方針が必要である。

今後については、社会シミュレーションは社会的需要が高まることから、研究開発の推進が強く望まれる。人の動きが関与する流通・人流・交通に関する現象は複雑であり、その大規模シミュレーション技術は社会基盤となる重要な技術である。現場での実装までの展開が期待される。総合力の発揮という観点から、他の戦略課題とのより緊密な連携が望まれる。

### Ⅲ-3-(1) サービス工学研究センター [ユニット戦略課題5] 都市空間サービスのためのIT基盤の研究開発 3.6

都市空間への来訪者へのサービス提供と都市住民の生活・業務支援サービスの創出を目指して、環境センシング、センシング情報解析、サービス提供プラットフォーム等の技術の開発を進めている。具体的には、ステレオビジョンによる人流・移動体種別情報計測システム及びマイクロフォンアレイによる音環境把握に基づいた環境状態可視化技術の開発を進めている。

3次元空間情報可視化システムは、その応用の方向性はまだ明確ではないものの、技術としての革新性とビジネス上の応用に向けたポテンシャルは高い。ステレオビジョンを用いた人流センシング、マイクロフォンアレイを用いた音響センシング及び観測情報によるシミュレーションにより、都市空間の人の流れや音分析によるにぎわい度などを空間的・時間的に把握し、都市空間をリアルタイムに認識・理解しようとする試みは、独自性の高い技術開発であり、高齢化が進む都市の活性化を目指すものとして評価できる。

なお、都市空間における移動支援サービスというコンセプトが、あまり具体化されていない。誰を対象に、誰が提供する、どのようなサービスを念頭に置いているのか明確にすることが必要である。また、音分析の精度がマーケティングサービスの要求を満足するか、施設側との連携による検証が望まれる。

今後については、革新性の高い技術開発が行われていることから、研究センターや研究所の枠を超えた

### 第3章

幅広いアライアンスの中で、開発技術の応用やビジネス化を進め、いち早い実用化・事業化が期待される。販売データとにぎわいと統合解析など実マーケティングへの応用においては、ELSI (Ethical, Legal and Social Issues、倫理的・法的・社会的問題) が大きな課題となるが、PLSAとの連携によるユーザーセグメント単位でのマッチングにより、ELSIをクリアした成果が望まれる。環境センシング、情報解析、サービス提供プラットフォームなど、都市空間におけるサービス設計は未来の都市計画に欠くことのできない基盤技術である。開発した技術の統合・融合による総合的な技術創出が期待される。

#### Ⅲ-3-(2)、Ⅲ-1-(1)、Ⅰ-2-(3) 情報技術研究部門 【ユニット戦略課題3】次世代クラウド技術 3.8

高性能計算をサポートするネットワーク性能に配慮したクラウドの構築、クラウド上に構築したクラスターへの他クラウドへの移転技術、複数クラウドの協調のためのネットワーク管理自動化技術、超大規模高性能並列環境下でロバストな計算を実現するためのフレームワーク構築、及び開発したクラウド基盤の活用と具体的な応用分野における解析技術の開発を行っている。

地理的に分散した複数クラウド間協調を実現するための管理技術を開発し、日欧間のテストベッド連携を進めていることは評価できる。また、次世代スーパーコンピューターに向けた耐故障性を有するプログラミングモデルの提案と疑似環境下での実行、動画画像の特徴抽出手法CHLACを利用した最大200並列の動画画像のリアルタイム解析、TCAD(Technology CAD)シミュレーターHyENEXSSの線形解法部分の並列化等による従来比150倍の高速化など幅広い成果を挙げており評価できる。

なお、「他の追随を許さない技術」などのセールスポイントをより明確にすることが求められる。インタークラウド(クラウド間連携)の研究では利用を促進するためのアピールが必須であり、研究開発の成果をクラウドビジネスを展開している民間事業者に移転することが求められる。

今後は、クラウドの有効性を最大限引き出すアプリケーションが重要であり、アプリケーション開発と協調してクラウド技術の新たな価値を社会にアピールすることが期待される。また、国内でクラウドビジネスを展開している事業者と連携して、実用される可能性の高い技術開発に取り組むことが期待される。OpenStack(クラウド環境構築用のソフトウェア)などのオープン開発ツールや世界のクラウド標準動向に関して、ユーザーに魅力的な情報を提供し、クラウド利用者を増やしていくことが望まれる。

#### Ⅲ-3-(2) 情報技術研究部門 【ユニット戦略課題4】大規模データ管理・解析技術 4.1

大規模・異種データを問い合わせ言語により容易に検索できる分散問い合わせミドルウェアの開発、時々刻々と到来する膨大なデータのリアルタイム解析を行うための大規模機械学習基盤としてのミドルウェアの開発と公開、及びLOD(Linked Open Data)の応用など複数のプロトタイプサービスの構築を行っている。

分散SPARQL(SPARQL Protocol and RDF Query Language、RDF問い合わせ言語)問い合わせシステムは、LODとオープンデータへのアプローチとして、世界的にもリードできる位置にある。また、LODの問い合わせ検索に対して、与えられた時間内で検索結果を返すベストエフォート型問い合わせ処理を行うミドルウェアADERIS-Hybridを開発し実証した。本方式は新たな問い合わせ検索手法として高く評価できる。一方、機械学習記述の簡単化、データ量に対するスケーラビリティを実現したミドルウェアHivemallを開発・公開したことも評価できる。

なお、開発した方式や技術がインターネットの利用者の実利用に結び付くような戦略、ロードマップが望まれる。また、研究期間の節目には、論文や特許を出すことや、開発したミドルウェアの優位性等を明らかにするために、ADERIS-HybridやHivemall公開後の反響等の分析が求められる。

今後は、ビッグなLODデータ等を利用して初めて実現され、かつ社会的にインパクトの高いアプリケーションを見だし、その中で技術を一層改善することが期待される。インターネット上で様々なサービスを提供している民間事業者との交流を増やし、開発した技術等の利用を促進することが望まれる。ADERIS-HybridやHivemallを商用サービスに展開するためには、これらの技術を実際のビッグデータやコンテンツに適切に適用できる人材の育成も重要である。

#### Ⅲ-3-(3) 知能システム研究部門 【ユニット戦略課題4】サービスの省力化のためのロボット化(機械化)技術 3.5

高齢者・障害者の生活支援・介護支援ロボットを実現するための要素技術とロボットの評価・設計技術の開発、及び建設機械の自動積み込み作業、安定移動・作業制御、オフィス内自律移動サービスなど屋内外の作業を想定した自律移動システム技術の開発を行っている。

ロボットを使って介護される側の動作特性、及び介護する側の動作特性や力の配分等を理解し、実際の人間との差異を把握することによって、親和性の高い介護ロボットを開発する、というアプローチは評価

できる。これまで培ったロボット技術をベースに、ロボット介護機器導入促進事業に大きく関与し、主導的役割を果たすとともに、性能・効果の検証手法の開発を同時に進めていることは高く評価できる。

なお、個別要素技術の開発だけでなく、「サービスの省力化」という全体目標に最も必要とされる要件を明確にして研究開発を進めることが必要である。把持におけるハプティクス（触覚技術）、センシングにおけるDeep Learning（深層学習）などでは機械学習と密接な関係があり、ソフトウェア、アルゴリズム的な観点からの比較評価が必要である。

今後については、現場のニーズに基づいた問題解決を図り、使いやすさ、コストなどユーザーの満足度などにも配慮した研究開発にも取り組むことが求められる。ロボットにより、被介護者をシミュレートするアイデアは重要であり、今後も継続が望まれるが、人間の痛い、痒いなどの感覚をどのようにロボットに与えるのか、など多くの重要な研究課題に対して、一つずつ解決していくことが望まれる。サービス産業のためのロボット自律移動技術は、目指すべき作業のカテゴリを明確化して、技術の継承、発展性を維持することが必要である。

### Ⅲ-3-(4) 知能システム研究部門 [ユニット戦略課題6] 新サービスの創出のためのヒューマノイド基盤技術 3.7

ヒューマノイドの実用化を目的として、移動技術、作業技術、人動作模擬技術を含む基本技術の向上、ヒューマノイドを用いたコンテンツ作成や遠隔操作を容易にする技術、及び動作アシスト機器の評価技術の研究を進めるとともに、特定の用途に特化した非ヒューマノイド型災害対応ロボットの早期実用化、及び過酷環境作業から人を解放する汎用のヒューマノイド型災害対応ロボットの実現に向けた研究を進めている。

ロードマップのアウトカムに災害対応サービスを加え、ヒューマノイドが現実に役に立つ領域があるということを実証しようとする取り組みは評価できる。災害対応に向けた要素技術として、不整地走行技術、簡易作業技術、人動作模擬技術を位置付けて取り組んでいることは妥当である。ロボット歩行の頑健性を向上させる技術により、環境形状計測に誤りがある場合や、踏むと移動したり変形したりする路面でも歩行を継続できるようになるなどの技術は評価できる。福島原発内部調査のための高所調査用ロボットの開発は社会的意義が大きく、評価できる。

なお、厳しい環境における作業において、産総研ヒューマノイドロボットHRPの優位性について、他のタイプのロボットとの比較評価が必要である。どのような災害を想定し、どのような対応を行うか、を明確にし、そのための技術課題と開発手法を明確にすることが望まれる。要求仕様を明確にすることも求められる。

今後については、原発の廃炉などの社会的意義や関心の高いロボットにフォーカスした目的志向型の研究開発が望まれる。「災害対応サービス」の目標に対しては、本格的に、スピード感をもって取り組むことが望まれる。災害の種類や、誰がいつどこでどのように必要とするのか、など条件を明確にした上で、研究部門や産総研が保有する要素技術を総集して、真に役立つ技術とすることが求められる。

### Ⅲ-3-(4)、Ⅳ-2-(2)、別表2-1-(3) (再) 情報技術研究部門 [ユニット戦略課題5] 地理空間・衛星画像情報の高度利用技術 4.0

陸域地球観測衛星の画像情報を活用した科学的知見の創出と社会貢献を目的として、宇宙基本法、地理空間情報活用推進基本法に基づき、衛星画像情報にかかわる知的基盤の構築・整備を行っている。多種多様な地理空間データへのアクセスのための基本サービス群を開発、整備するとともに、災害軽減・危機管理・環境保全・資源探査等に関する応用システムの構築を行っている。

地球観測グリッドGEO Gridの開発をベースに、大規模衛星画像アーカイブを構築するとともに、内閣府の衛星データ利用促進プラットフォームの構築に参加するなど、公的研究機関として大きな役割を果たしている。要素技術から応用、アウトカム創出まで、統合的に取り組んでおり、熱源早期検知システムなど実際の衛星画像コンテンツを用いた応用サービスの実現は高く評価できる。また、ランドサット衛星データの受信後1時間で、誰でもデータにアクセス可能にしたことは画期的である。

なお、民間企業におけるビジネス応用促進のためには、産総研が民間企業と連携して、いくつかの先行事例を作ることが重要である。また、構築した基盤システムの外部利用の促進が望まれる。

今後、データの相互利用が世界的に拡大することが考えられることから、海外の研究機関との交流・連携を深め、国際的な認知度を高めることが求められる。構築した基盤システムの利用促進のため、他省庁の研究機関、大学、民間企業との連携強化、サービス創出とそのビジネスモデルの検討が望まれる。気象データによる短時間局所的気象予報やGPSを利用した地図案内などを参考に、個々のアプリケーションやデータベースが統合された中で、何をサービスとするのかを明確することが望まれる。

### 第3章

#### Ⅲ-3-(4) 情報技術研究部門 [ユニット戦略課題7] コンテンツサービス創出・利活用技術 5.0

ユーザーのコンテンツ利活用を促進するインタラクション技術、コンテンツ生成、加工、認識、理解等を可能にするメディア処理技術の研究開発を行っている。特に、信号処理と機械学習等に基づいた音楽コンテンツ理解技術を実用化するために、インタラクションに関する実証的研究と実サービス構築技術の研究を行うとともに産業界との連携を進めている。

ユーザー貢献増幅型ウェブコンテンツ活用技術の一つである音楽視聴支援サービスSongriumの開発、公開は他者の追随を許さない新たな技術展開として高く評価できる。多数のサービスを実現し、いずれも完成度が高く、技術コミュニティと一般大衆の双方から高い評価を得ている。高い水準にある音声認識技術の企業への技術移転、産総研ベンチャーの設立など、産業貢献も果たしており、高く評価できる。

今後は、研究活動として他言語や他文化への展開を進め、グローバルなコミュニティをリードすることが望まれる。コンテンツとして、音楽、映像以外にもスポーツなどの動画、マップなど、対象となるものを広げていくことが期待される。また、「こんなものが欲しい」と考えるユーザーに対して、クラウドソーシング（不特定多数への受発信ができるサービス）的に音楽、画像、動画の提供などを支援することも期待される。

#### Ⅲ-3-(5)、Ⅳ-3-(1) (再) 情報技術研究部門 [ユニット戦略課題6] ソフトウェアライフサイクルプロセス技術 3.7

VSE (Very Small Entity、25人程度までの小さな組織)を対象としたソフトウェアの開発ライフサイクルプロセスの標準化、及び導入支援と定着評価のためのツールの提供を目的として、国際規格をベースとした展開パッケージ(Deployment Package)の開発を行っている。

ソフトウェアを開発する小規模な組織向けに策定されたISO/IEC 29110の改訂と普及のための活動は、地道ではあるが、重要な活動である。ソフトウェア開発を支援するための開発ガイドとして「プロセス展開パッケージ」を公開し、国際標準に基づいた普及活動を展開していることは評価できる。

なお、展開パッケージの普及のためには、「妥当性の確認」に加えて、「使いやすく、有益」であることが必要であり、そのための継続的な改良の努力が求められる。アジャイル開発（状況の変化に対して柔軟に対応できるよう開発する手法）を前提としたVSE標準導入のための手引きも望まれる。成果発表により、ソフトウェア工学分野でのプレゼンスを高めることも重要である。

今後は、具体的なシステム開発への適用事例（ベストプラクティス）の集積、共有が期待される。また、普及のためには、研修、講習会などのイベント、論文、記事、ウェブを通じた広報が必要であり、そのための方策が求められる。

#### Ⅲ-3-(5)、Ⅳ-3-(1) (再)、Ⅱ-3-(1) セキュアシステム研究部門 [ユニット戦略課題2] 制御システムセキュリティ 3.8

産業用制御システムへのサイバー攻撃の脅威と対策の関係を明確にするためのリスクアセスメントの取り組みや、標的型攻撃の抜本的な対策としてシステム下位層からの攻撃検知防御技術の研究とプロトタイプ実装及び実用化、実際の攻撃手法を再現するための次世代制御システム攻撃防御実験環境の整備、及びM2M/IoTデバイスの管理を目的としてデバイス、オペレーター間での認証・鍵共有に適したよりセキュアな方式の研究開発を行っている。

装置産業の生産設備から研究開発を始め、より一般消費者に近い自動車分野などに広げて成果を出していることは評価できる。M2Mへの取り組みと社会インフラの安全の寄与に向けた保有技術の展開は、日本の製造業の発展の観点から評価できる。また、IoTやM2Mへの攻撃可能性が指摘される中、世界初のPUF (Physically Unclonable Function、物理的複製不能関数)を応用した鍵生成共有方式の取り組みは高く評価できる。

なお、インフラで共通に必要な技術と個別のインフラに特有な技術を洗い出し、公的機関として着手すべきものの早期明確化や、インフラ間相互作用及びインフラ間境界における新たなリスクの発見と解決を進めていくことが必要である。また、他機関と役割分担しながら、システム全体として、セキュアな状況をどのように構築するかについて考える機会の継続・保有が望まれる。

今後、制御システムセキュリティ技術者と情報システム技術者の業界横断的な協力と意思疎通のために、産総研が制御システムセキュリティセンター(CSSC)の中で「接着剤」のような存在になることが強く期待される。また、CSSCには、攻撃監視制御技術だけでなく、国内での認証機関を作ることが期待されるが、産総研にその核となることが望まれる。標準化戦略上、技術のブラッシュアップ、国際論文や海外発表の増加により海外から高い評価を受けることが求められる。



**Ⅲ-3-(5)、Ⅳ-3-(1) (再) セキュアシステム研究部門 [ユニット戦略課題3] LSIチップへの攻撃・偽造対策技術 4.1**

先端的なLSI技術を安心・安全な社会の基盤として利用するために、LSIチップのセキュリティの仕様策定や、故障解析技術等を応用した評価手法の先端的な研究開発、及びLSIが生成する固有の真正IDを複製不可能にする、高度な偽造技術にも対抗できる技術（偽造不能PUFチップ）の研究開発を行っている。

偽造を防止するICカードや電子部品のニーズは基礎的で応用範囲が広いことから、この分野での先行は有意義である。産総研が開発したサイドチャネル攻撃（暗号処理装置から秘密情報の取得を試みる攻撃手法）や対故障攻撃に対する評価ボードSASEBOは世界中の暗号技術者で使われており、その評価は高く、国際的な試験・評価・認証制度へ貢献している。LSIチップへの攻撃対策評価技術により、安全な暗号LSIチップ製造における日本の国際競争力を高めるという方向性は評価できる。PUF技術についても重要性の高いテーマであり、世界的にも良いポジションにある。

なお、米国など当該分野を推進する外国機関に対して、偽造対策技術などの優位性を明示することが望まれる。PUFの実用化に向けた研究では、市場ニーズを的確に把握し、ターゲットを絞った開発により、早急な市場投入が期待される。

今後、LSI攻撃対策評価拠点や偽造LSI検証拠点について、政府や関係組織と連携して検討していくことが望まれる。PUFについては、キラーアプリを見だし、普及により低価格化を可能にした上で、色々なアプリに適用していくとともに、高性能化によって、この分野において日本の産業界が世界のトップに立つことが期待される。特に、デバイスレベルのバックドア（秘密裏に設けられた通信接続機能）の検出技術の実用化が望まれる。国際標準化戦略において、産業界や行政との連携を密にし、世界を先導することが期待される。

**Ⅲ-3-(5)、Ⅳ-3-(1) (再) セキュアシステム研究部門 [ユニット戦略課題4] 安全なシステムの開発技法 3.7**

国際競争の激化、環境対応、国際安全規格対応などの厳しい開発環境においても有効な、情報システムの高信頼化、高安全化、高可用化を実現する新技術を提供するとともに、認証にかかるコストを抑制する技術、規格適合性の評価技術の開発、を目標とする。また、我が国の組込み産業の競争力強化のため、組込みシステム産業振興機構との共同研究を通じて、検証クラスター「さつき」の運用を始めとする開発支援事業、「組込み適塾」による人材育成事業に取り組む。

自動車などで利用される組込みシステムに対する高信頼のソフトウェアとして、ZIPCtoPAT（並列動作設計・解析技術）、Seplog/Coq（ソフトウェアの詳細検証技術）などのツールの開発や、暗号通信プロトコルTLSの実装の有効性の検証、FOT/Calot（網羅設計・形式記述技術）では、バグ検出のテスト内容の見える化と製品化、を行っていることは評価できる。鉄道、自動車などの企業と連携し、出口志向と技術志向の双方からの実用化研究を行い、鉄道分野でソフトウェアの開発技法を規格の表現に適用する試みは評価できる。

なお、ソフトウェア開発技術のベンチマークを明確にすること、他の手法や技術に対する優位性を説明すること、同じソフトウェア検証を行っている国内外の競争相手との比較や産総研が強い点を明示することが必要である。また、ツールや手法の提供からビジネスモデルの開発までの参画が求められる。

今後は、ソフトウェアの信頼性向上の重要性や効果のアピールについては、産総研のような公的機関が主導的に行うとともに、ソフトウェア検証や形式技法の普及については、欧州などを参考に、政策の力による普及に向けて他の組織と連携することが望まれる。また、研究開発レベルにあるソフトウェア構築支援技術を実用レベルに引き上げ、バグ検出技術とともにパッケージとして製品化することが期待される。さらに、業界との協業を更に推進し、海外と競合していくことが求められる。

## 第3章

### 3-2-4 「IV イノベーションの実現を支える計測技術の開発、評価基盤の整備」

イノベーションの実現と社会の安全・安心を支えるために必要な、基盤的、先端的な計測及び分析技術並びに生産現場に適用可能な生産計測技術の開発を行う。また、信頼性ある計測評価結果をデータベース化し、産業活動や社会の安全・安心を支える知的基盤として提供する。さらに、製品の安全性や適正な商取引、普及促進に必要となる製品やサービスの認証を支える評価技術の開発を行い、試験評価方法の形で提供するとともにその標準化を行う。

#### IV-1-(1) 計測フロンティア研究部門 [ユニット戦略課題1] ライフ・イノベーションのための計測技術開発 3.9

分子から組織レベルを対象とした、ライフ・イノベーションのための先端計測技術を開発する。市販機器や既存分析技術では対応できない未踏領域を開拓するために、検出同定技術、構造解析技術、イメージング技術など、従来不可能あるいは非常に困難であった対象の観測を可能にする先端計測技術開発を、幅広い波及効果が期待される次世代の計測分析機器のために、計測原理まで立ち返って推進する。

超伝導検出器などの長期的な課題に取り組み、画期的な分析・解析装置が着々と開発されつつある点は高く評価できる。目標の達成状況は非常に良好で、国際的に見て十分な成果を挙げている。生物を構成する物質群と細胞等の集合体を対象とする計測技術開発は、ライフサイエンスに必要な取り組みである。既存の分析機器の性能を極限まで高める方向性は適切である。真空紫外円二色性計測装置や電子加速器の小型実用化はユーザーサイドでは重要ポイントである。

一方、質量分析、円二色性、イメージングの主要3装置については、具体的かつ定量的な進捗の説明が望まれる。シーズで研究開発を進めているが、ニーズ把握が必要である。スペック目標が明確でなく、バイオ研究者との連携が十分でない印象なので、産総研内の連携・交流が望まれる。開発装置の性能は十分であるが、普及のためには、測定例を蓄積し、潜在的ユーザーに应用可能性を示す必要がある。超伝導検出器は対象が生体関連分子に偏っているため、高精度市販機器とのすみ分けが不明瞭になっている。他の利用法を取り込む必要がある。

今後、課題解決には、装置メーカー等を引き込み、チームとして機能する体制作りが必要である。この分野の産業競争力確保は産業基盤上重要であり、日本の技術力の底上げに期待も高い。装置の開発を待つ外部研究者が大勢いるので、試作機がメーカーに置かれて、試験分析が可能になれば大成功である。計測対象、計測原理で本当のニーズを狙う必要がある。現行機器ではタンパク質の溶液中スナップショットはとらえられない。計測対象の外部環境に合わせた計測技術を他研究部門と連携して進めることが期待される。

#### IV-1-(1)、IV-1-(2) 計測フロンティア研究部門 [ユニット戦略課題2] グリーン・イノベーションのための計測技術開発 4.3

グリーン・イノベーションに資するナノ材料・デバイスの開発を支援するために、先端的な計測・解析・評価技術を開発する。具体的には、高分解能電子顕微鏡等を使っても評価が難しい原子・ナノレベル欠陥や、材料・デバイスの中の水素や軽元素の計測・分析・解析技術の開発・高度化に重点を置く。

「材料の機能を左右する」計測と解析にフォーカスしている点は、研究戦略として優れている。「森を見るナノ計測」の視点が良く、計測技術と統合解析技術の開発を進めている。論文等により、熱心に成果を外部に発表している。特にX線結晶構造解析は、従来技術を超えた解析結果を示し、特筆すべき論文の被引用数を得た。陽電子マイクロビームによる材料のクリープ破壊現象の究明は、応用の可能性を示した。磁区イメージング技術は新磁石の開発に貴重な知見が期待できる。

一方、個々の研究は非常に研究レベルが高いが、連携や全体の統合的な戦略についての検討が必要である。盛りだくさんの内容で一つ一つの特長がとらえにくい。陽電子計測は技術普及が物足りない。長年、取り組んできたユニークな研究テーマだけに、実用化、産業化に向けたエポックメイキングなブレークスルーを期待したい。材料破壊現象の厳密な解析には破壊の原因となる欠陥が評価・制御された試験片を作る必要があり、それ自体が大きな研究対象になる。

今後、保有する「強み」技術を進化させてほしい。「森を見るナノ計測」というキャッチフレーズは素晴らしいが、各技術で効果が上がっている事例を示し、広範な用途での実用化を推進してほしい。計測ニーズも多岐にわたるので、課題の細分化と同時に、集中と選択も必要である。成果の産業展開に向けた体制作りが望まれる。プロジェクトに参画して開発現場のニーズを拾い上げ、計測技術の開発に反映させることが求められる。陽電子マイクロビームの高分解能化が進めば、応用の可能性が広がる。

**IV-1-(1) 計測フロンティア研究部門 [ユニット戦略課題3] 安全安心のための計測技術開発 4.2**

社会インフラの健全性を確保し、社会の安全安心に資するための計測技術を開発する。具体的には超音波伝搬状況の可視化による容易な欠陥検出技術、従来不可能だった極低温下や爆発雰囲気での計測を可能にする光ファイバーセンサー技術、構造物全体の変形分布の計測が可能なデジタルカメラを用いた全視野計測技術、及び可搬性に優れたX線検査技術の開発を行う。

オンサイト診断のニーズ増大に対応した研究開発を展開している。サンプリングモアレ法や超小型X線源などにより、装置の効率化、小型化を行い、現場で使える計測器が試用段階に達している。複数プロジェクトへ採択され、知財出願数も多く技術の高さが伺える。インフラ関連企業等とのつながりができつつある。小型線量計は、福島原発事故への迅速な対応力が素晴らしい。超小型X線源は、電池稼働、軽量、耐用時間など魅力的な仕様を備えており、産業インフラのX線診断に道を開いたことは高く評価できる。

一方、プレスリリースや論文、講演の数が物足りない。インフラ診断は多方面で膨大な需要があり、成果の露出度を高め、潜在ユーザーに気づきを与えることが大切である。土木・建築分野や原子力分野の機関や企業と連携を一層深め、実用化を進める必要がある。橋梁やロケットだけでなく、地震や火山などの災害にも目を向け、変形計測技術の開発が望まれる。X線後方散乱によるインフラ診断は非常に有効な手段であるが、透過法に比べて実用化は難しいので、大きなテーマとして取り組む必要がある。サンプリングモアレ法は、迅速に事例の蓄積を進めることが肝要である。

今後、実用的な装置の開発に向け加速することが期待される。全般に実用に近いところまで開発が進んでいるので、新たなニーズへの取り組みが必要である。広く国内外へ情報発信することが望まれる。現場での使用には実証試験の積み重ねが必要だが、時間がかかるので、民間への技術移転をタイミング良く行う必要がある。計測とロボットとの組み合わせは、社会の需要を見込める。「廃炉技術への応用」が望まれる。現在ブラインド状態にあるウラン・プルトニウムの検出は極めて重要な課題である。

**IV-1-(2)、II-3-(1) ナノエレクトロニクス研究部門 [ユニット戦略課題5] 超伝導集積エレクトロニクスの研究開発 3.9**

幅広い波長域の電磁波に対する光子計数型検出器やボロメータ（放射エネルギー測定器）の高精度計測を実現する低雑音超伝導検出器アレイ読み出し回路技術の研究開発、及び二次標準器として、認定校正機関へ導入可能なラックマウント型プログラマブル直流電圧標準システムの製品化研究を行っている。

超伝導検出器に関して、低雑音検出器アレイの開発に必要な多重読み出し回路の高性能化の成功は世界的に優れた成果であり、その技術的優位性は高い。電圧標準に関しては、企業への技術移転によりラックマウント型の直流電圧標準の世界で初めての製品化を進めるとともに、ユーザーからのフィードバックによるシステムの改善を行うなど、産総研技術の企業への「橋渡し」に成功している。海外を含めた多数の機関に電圧標準チップを頒布していることは公的研究機関として評価できる。

なお、検出器の開発においては、ユーザーとの連携が重要であり、このための組織作りの強化が望まれる。電圧標準については、交流電圧標準の製品化が望まれる。

今後は、超伝導転移端センサー(TES)の多画素化による大受光面積検出器(X線等)の早期の実用化が望まれる。超伝導アナログ・デジタルデバイス開発施設(CRAVITY)は、日本における超伝導研究の中心的施設としての役割が期待されており、本開発施設を中心とした産学連携コンソーシアムなどの組織作りの強化が望まれる。また、超伝導集積エレクトロニクスの社会実装を強力に推進することが望まれる。

**IV-1-(2) ナノチューブ応用研究センター [ユニット戦略課題3] 世界最高性能・分析技術の研究開発 4.5**

ナノカーボン材料の3次元イメージングを実現するため、高次幾何収差及び色収差を同時に補正する低加速高性能透過型電子顕微鏡を開発し、新設計モノクロメータの搭載によるエネルギー分解能の向上を目指している。また、低次元ナノ構造体の力学特性・輸送特性と欠陥やドーパント（添加された不純物）など原子レベルの構造との相関を解明するとともに、単分子・単原子からの発光を利用した高感度分析により、従来の分析では困難であった触媒元素などの超高感度検出を目指している。

30 kVの低加速電圧で世界最高性能の空間分解能（波長比17  $\lambda$ ）という革新的評価・解析技術を実現するとともに、開発した装置を用いて国内外の多数の研究機関と共同研究を実施し、単原子層構造物質の二硫化モリブデンにおけるドーパント単原子の同定やグラフェン成長過程の観察など、ナノスペースの材料科学において世界トップクラスの学術的成果を多数挙げたことは、非常に高く評価できる。本研究センターの世界的な競争力に厚みを加えるものとなっている。

ただし、当研究センターのミッションである実用化開発における位置付けが明確ではない。研究成果もナノ構造の観察が主体であり、成長機構や欠陥生成機構の解明など、材料開発に結び付く成果が望まれるところである。

### 第3章

今後は、空間分解能とともに時間分解能の高度化にも努力し、「世界最高性能」を維持し続けることと、それが日本全体の電子顕微鏡技術の底上げに結び付くような仕組みが望まれる。様々な分野の研究者との共同研究により、基礎科学の進展に引き続き貢献することが期待されるが、本技術の特長をできるだけ前面に出せるような対象を選択し、よりの確な分野への応用の拡大を図る必要がある。特に、材料開発において開発側のニーズに応えるとともに、更に踏み込んで開発指針を与える提言を示していくような形になることを期待する。

#### IV-1-(2) 計測フロンティア研究部門 [ユニット戦略課題4] 先端計測分析機器の公開 4.3

ユニット戦略課題1、2、3で開発し計測装置としてシステム化された先端機器を、ナノテクノロジープラットフォーム事業にて共用公開する。産総研の組織としては、先端機器共用イノベーションプラットフォーム(IBE)の先端ナノ計測施設(ANCF)と位置付ける。市販の計測分析装置では対応できない課題にチャレンジし、企業大学等の材料開発に貢献すると同時に、材料評価の成功例を蓄積し、かつニーズに対応した装置の改良を行うことで、分析技術の完成度を高めていく。

先端計測機器の実用性を高めて外部公開し、他の研究をサポートすることは大変有意義な取り組みである。サービス業務を研究のはざ間に埋没させないことは高く評価する。公開者にも役立つシステムと実感できたことは大変良かった。機器公開は、技術の宣伝の場であり、経済波及の視点で重要である。これを契機に共同研究が始まったのは好ましい。新たな知見は、共同研究、知財、プロジェクト参画の強力な後押しになる。限られたスタッフでユーザー支援件数を着実に伸ばしてきた実績は高く評価する。

一方、機器公開は、付加的業務のイメージを与えやすい。ユーザーニーズを知る最良の場となるので、研究開発と同等の重みを持たせることが望まれる。研究員の労働時間ややりがい低下等が懸念され、支援スタッフと稼働費用の調達は喫緊の課題である。新たな知見があるはずだが、特許出願件数が少ない。どの程度の種類があれば社会・産業界のニーズに対応できるのか、公設試も含めて、全体像を示すことが必要である。また、どの程度の装置を維持するか、予算的な措置を含め具体的な見通しを持つ必要がある。

今後、機器公開の意義や役割を再定義して、より充実したものにしてほしい。研究者自身の視線でニーズや課題を拾うことが重要である。機器公開を通して産業に新しいうねりを起こすことを期待したい。ドイツが推進中の戦略的プロジェクト「Industry 4.0」で中核を担うフラウンホーファー研究機構が一つの手本となる。機器公開をニーズ探索、人脈形成や人材育成に活用するとともに、知財出願を積極的に行い、ライセンス収入を増やす必要がある。また、公開により装置改良が進み、装置メーカーの試作機としてより利便性が高まることが望まれる。

#### IV-2-(2)、別表2-1-(3)(再)、I-6-(6) 環境管理技術研究部門 [ユニット戦略課題4] 地球温暖化関連物質の環境挙動解明と二酸化炭素対策技術評価 4.1

現在の地球の状況を正確に把握し、地球温暖化のもたらすリスクを明らかにし、それからの回避策を的確に選んで持続可能な社会に変革することを目標とする国の大きな研究戦略に沿って、これら対策技術開発のうち、大気中からのCO<sub>2</sub>の隔離・固定に対する評価技術及び適応策と産業活動の環境影響評価を行っている。

国際研究プログラムFuture Earthに関する重要な課題であり、国内外の位置付け、優位性・特徴を把握し、適切にマイルストーンを設定している。PM2.5の発生源を識別できる指標の開発など、産業界の努力を世界にアピールし、日本のプレゼンス向上と交渉力強化に貢献している。全球炭酸ガス収支の年々変動の推定や高精度標準ガスの供給は、国際貢献として高く評価される。また、世界初の実海域CO<sub>2</sub>漏洩実験への参加で成果を出した。衛星画像情報と地質情報の統合化に関するデータ整備は着実に進捗している。

一方、地球スケールの挙動解明は、受益者が政府機関や産業全体なので、短期的な成果ではなく、確固たる研究シナリオの策定(課題設定、制度化、技術開発、連携作り)が必要である。少人数であるため、テーマを絞って面的な広がりを持たすことも必要である。CO<sub>2</sub>の濃度測定や海洋への吸収量の評価などは、社会的貢献を見せる工夫が望まれる。環境影響評価のISOを国としてリードすることは産業界のメリットにつながるため戦略的に取り組んでほしい。

今後について、地球温暖化対策は国の研究機関として真剣に取り組むべき課題であり、信頼性の高いデータを中立の立場で提示していくことが期待される。地球温暖化に向けた「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」への貢献も期待される。企業活動の見える化等、低炭素社会を促進する仕組みに寄与する研究を期待したい。衛星画像解析とフラックス計測の結合など、互いに関係するテーマ群に集約することも必要である。高山市でのフラックス計測は、外部機関との協働を積極的に進めてはどうか。

**IV-3-(1)、I-1-(1) (再) 太陽光発電工学研究センター [ユニット戦略課題2] 太陽光発電の共通基盤技術 4.1**

太陽光発電システムの普及拡大方針（新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)「太陽光発電ロードマップPV2030+」等）に対応するために、その基盤となる評価・標準技術（基準セル校正技術、高精度性能評価技術、屋外発電量評価技術）及びシステム技術（長期的な保守点検・故障診断技術、安全性向上技術、発電量予測技術）を開発・推進するとともに、それらの産業界への供給・標準化・ガイドライン提案・技術移転等による実用化を図る。

太陽電池の評価技術は世界最先端のレベルにあり、一次基準セルの供給や性能評価・認証業務で民間の研究開発を支援し、国際的にも貢献は大きい。新型太陽電池の評価手法の確立で世界をリードし、超高温黒体輻射を用いた高精度化など着実な進捗があり、企業の開発に大きく貢献している。評価法や基準の国際的な調整は産業活動の面からも重要で、特にアジア連携活動は評価できる。システムの保守点検は主として企業の分野だが、課題の明確化、業界指導、ユーザーへの啓蒙等を行ってきた。検査ロボットの開発も評価できる。設置施工が原因の火災事故等に対する安全基準策定でも中心的な活動が高く評価される。

新太陽電池の性能評価で年間80件はNREL等と比べて少ない。評価期間の短縮を含めて測定の合理化を図り、開発者が容易に依頼できるよう、中核機関としてのサービス充実を図ることが望まれる。国内だけでなく諸外国からの依頼も積極的に受け入れて、名実ともに世界のトップ機関の立場を維持することが必要で、そのための人的体制、組織が求められる。発電量予測も喫緊の課題であり、FREAとの協力体制の整備が必要である。

性能評価やその条件の検討で得られた知見をデバイス開発やシステム運用にも活用することを期待する。システム技術については、国の太陽光発電政策への提言も視野に入れた課題設定が必要である。標準状態での高精度測定だけではなく、セルの種別ごとに、温度特性、照度特性、入射角依存性等の条件から包括的に年平均実発電量を評価する手法を開発し、ユーザーのシステム選択に資することが重要である。安全性評価でも多くのデータ蓄積があり、関係機関のかなめとなって国際的にも指導力の発揮を期待する。

**IV-3-(1)、IV-2-(3) 計測フロンティア研究部門 [ユニット戦略課題5] 標準(ISO-IEC-JIS)とデータベース 3.8**

性能・安全性等に関する評価技術を開発し、その標準化・民間移転に取り組むことによって、民間による規格への適合性評価機能の強化に貢献する。また、評価技術の開発に必要な標準試料・物質の開発、データベースの拡充にも取り組む。ユニット戦略課題4において公開している先端分析装置の標準化により普及を促進する。

民間での取り組みが難しい標準化とデータベースは、ものづくり等、色々な分野の研究の進展に非常に重要である。国際競争力を高める知財整備と関連付けたISO、IEC取得の努力が見られる。電気測定AFM（原子間力顕微鏡の一種）のISO提案に向け、国際ラウンドロビントに駒を進めるなど、国際的にも産業的にもきわめて貴重な仕事を着実に進めている。結晶構造や固体NMRのデータ数を着実に増やしており、国際的にも規模・内容の上で重要なデータベース構築ができています。

一方、種々の有用なデータベースがあるにもかかわらず、その存在が十分に知られていない。活用方法のセミナーなどPR活動に力を入れ、利用促進を図る必要がある。データベース公開は、情報盗用が懸念され、会員制などのセキュリティは必要になる。米国国立標準技術研究所(NIST)では、常に高い質のデータと入れ替える旨を公表しており、信頼性の観点からデータの質について評価項目を明示する必要がある。標準化の取り組みは重要だが、個別に、ニーズ等の背景、進捗状況、インパクトなど説明がほしい。

今後、評価技術の国際標準化のメリットは大変大きいので、海外との共同研究を増やし、戦略的な取り組みが求められる。材料分野の規格の目的は、材料の優位性を競争する土俵を提供することであり、地道に標準化にかかわり続けることが求められる。試験、認証への取り組みは、研究開発とは違う課題があるので、関係部署と相談して進める必要がある。データベースは今後重要性を増す。貴重な生データは、実験値として研究できる可能性があるため、利用しやすいデータを集積し、科学・技術の発展に供することが望まれる。

### 第3章

#### 3-2-5 「別表2 地質の調査(地質情報の整備による産業技術基盤、社会安全基盤の確保)」

活動的島弧に位置する我が国において、安全かつ安心な産業活動や生活を実現し、持続可能な社会の実現に貢献するために、国土及び周辺地域の地質の調査とそれに基づいた地質情報の知的基盤整備を行う。地球をよく知り、地球と共生するという視点に立ち、地質の調査のナショナルセンターとして地質の調査研究を行い、その結果得られた地質情報を体系的に整備する。地質情報の整備と利便性向上により産業技術基盤、社会安全基盤の確保に貢献する。また、地質の調査に関する国際活動において我が国を代表し、国際協力に貢献する。

##### 別表2-1-(1) 地質情報研究部門 [ユニット戦略課題1] 陸域の地質調査及び地球科学基本図の高精度化 4.1

地質学、地球物理学、地球化学の基礎的研究による最新の科学的知見に基づき地質情報を取得し統合することで、高精度で利便性の高い地球科学基本図を整備する。

長年にわたり国の基準としての地球科学基本図の作成を担っており、5万分の1地質図幅、20万分の1地質図幅、地球物理図、地球化学図などを着実に整備・出版している。また、情報区分やデータ量が膨大であることから非常に難度の高い作業である20万分の1シームレス地質図の構造化・階層化を行った。

一方、地質図幅、地球物理図、地球化学図の作成という「業務」を行うと同時に、そこから当該学問分野のブレークスルーとなるような研究成果を挙げることが求められる。また、20万分の1地質図幅の更新について、どの時期までに実施するのかを明らかにする必要がある。防災や都市整備の観点から、地質図幅作成の対象地域選定については再検討が求められる。

今後、国土の知的基盤である地質情報を整備するために、重点的・効率的に5万分の1地質図幅を整備することが望まれる。また、地質図、地球物理図、地球化学図や他研究機関で作成されている主題図のデータを重ね合わせるにより、新たな研究分野の開拓や新たな研究手法の開発が可能であり、それにより、これまで未着手・未解決であった課題に取り組むことが期待される。そのために必要な確実な技術を持った人材を採用・育成することも重要である。

##### 別表2-1-(1) 地質情報研究部門 [ユニット戦略課題2] 海域の地質調査及び地球科学基本図の高精度化 4.4

海底地質・地球物理・堆積物に関する基礎情報を取得し、海洋地質図として提供する。また、これらの成果に基づいて、海域の環境変動の予測や防災、資源開発評価、海域・海底利用の基礎となるデータを社会に発信している。

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)のため、本部門の研究グループがプロジェクト参画を要請されたことはナショナルセンターとしての重要性・地位を示す好例である。また、沖縄・東シナ海海域の海洋調査、及び調査の完了した海域の海底地質図・表層堆積図の作成などの成果を挙げている。海洋研究開発機構(JAMSTEC)や石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)との連携も進んでいる。

一方、備船の確保、経費の問題に対して、外部資金を活用するとともに、民間調査船も活用し、航海日数の確保と効率的な調査に取り組む必要がある。また、民間の海洋調査ビジネスの発展に寄与するため、産総研が持つ海洋調査技術の成果を強調することが求められる。各データベースは旧態依然としたものであり、使い勝手を良くする工夫が必要である。

今後、本研究部門が行ってきた地道な国土の知的基盤整備が大陸棚延伸につながったことをアピールし、海洋調査に必要な備船資金を獲得することが期待される。また、探査技術、特にデータ解析技術は日々進歩しているので、新たな技術を積極的に導入し更なる発見を目指すことが期待される。日本周辺海域の情報整備に関しては、海底地質図、重力異常図、表層堆積図のシームレス化が望まれる。

##### 別表2-1-(2) 地質情報研究部門 [ユニット戦略課題3] 沿岸域の地質調査及び地球科学基本図の高精度化 3.6

沿岸域の活断層評価の高度化のために地質図の空白域である都市域及び沿岸域の地質について調査研究を実施し、海域－沿岸域－陸域をつなぐシームレスな地質情報を整備する。

陸域と海域をつなぐ重要な箇所でありながら情報の空白域となっていた沿岸域について、関係研究ユニットと連携しながら、調査手法や技術の開発を行い、シームレス地質情報の整備を進めた。また、関東平野中央部の地下構造モデル化やボーリングデータを活用した3次元モデルの構築、液状化リスク評価研究による液状化現象の解明等、今後の都市整備・防災に役立つ研究成果を挙げた。

一方、社会とのつながりが多い地域を対象とすることからニーズも多彩であるので、戦略課題としての方向性を明確にすることが求められる。また、情報整備の実現に向けて研究の加速が必要である。関東平

野地下地質、液状化リスク情報、3次元地質モデルは、論文発表やCD・DVDによる出版だけでなく、利活用の観点から誰でも容易に利用できるような方法での情報発信が求められる。

今後、陸域及び海洋地質調査では理解の難しかった沿岸域の地質を明らかにし、日本国土のシームレス地質情報を整備することが期待される。都市域の浅層及び沿岸域については、3次元地質図とともに、地下水流動・古地形等を含めた基盤情報の構築が期待される。産総研は陸域、海域、沿岸域の専門家がそろっているため、連携をとりながら、調査手法や技術を確立し、情報整備を進めることが望まれる。

#### 別表2-1-(3)、IV-2-(2) (再) 地質情報研究部門 [ユニット戦略課題4] 衛星画像情報及び地質情報の統合化 4.3

衛星情報やシームレス化・デジタル化された様々な地質情報を統合することによって、新たな視点の地質情報を得ることを目的とする。この研究成果を地質情報解析、地質災害軽減、資源探査等の高度化などに利用するとともに、情報のシームレス化・データベース化を行って、他研究機関や民間における地質情報の利活用を促進させる。

ユーザーの専門知識のレベルを考慮し、従来の「シームレス地質図」に加えて、専門家向けの「地質図Navi」を開発・公開し、各種地質図、重力図や地すべり地形などを重ねて表示できるなどの機能を提供している。衛星情報については、高性能光学センサーASTER衛星画像から作成した全球シームレス天然色マップを始め、火山防災で即活用可能なシステムを開発・提供している。

一方、シームレス地質図等のサイトや地質図Naviは、ユーザーが直感的に理解利用できるページデザインについて工夫し、利便性の向上を図る必要がある。また、他機関との連携において、特定のウェブ地図配信プロトコル(WMSやArcGIS®)以外でも利活用しやすいデータ提供を検討し、オープンデータによる連携を図ることが必要である。今後の改良等の参考にするためには、アクセスユーザー分析やあらゆる手法を通じた意見収集を実施する必要がある。

今後、アジアシームレス地質図、世界シームレス地質図などを日本基準で作成し公開することが期待される。また、一般向けシームレス地質図を含め、オフライン機能があれば、専用のアプリ等による市民への情報提供が可能になると考えられる。地質調査時に活用する情報入力まで見通したアプリケーションの開発を行い、調査時や調査後とりまとめの効率化を進めることが期待される。

#### 別表2-2-(1) 地圏資源環境研究部門 [ユニット戦略課題1] 土壤汚染評価技術の開発 4.5

土壤汚染に起因するリスクの評価技術と、これに基づく対策技術の開発・検証を行うとともに、開発した評価・対策技術の普及に努めている。津波堆積物や放射性物質による土壤汚染リスクの調査及び対策技術の開発により、東日本大震災の復興支援を行っている。

土壤汚染評価システムGERASはリスク評価手法として国内1,300を超える自治体や工場に導入され、さらに海外12か国でも活用され、土壤汚染対策の低コスト化に寄与している。浄化技術開発では天然鉱物を活用した残留性有機汚染物質(POPs)分解などの開発を進めている。また、中期計画外で追加した震災復興支援研究について、環境水中のセシウム迅速測定装置の実用化やセシウム濃度調査を実施した。

一方、産業界や社会に対してどのような情報や技術を提供していくのか、明確なシナリオを提示することが求められる。表層土壤評価基本図は現状では全国整備に年月がかかるが、全国カバー需要が大きいため、精度を定量化した上で、早期公開を目指すことが求められる。土壤汚染評価技術の重要性が増しつつある中国などとの国際連携も積極的に進め、国際貢献をアピールすることが求められる。

今後、リニア中央新幹線や東京五輪など大型建設工事が相次ぐ中、GERAS及び開発されている浄化技術が一層活用され、適切な土壤管理を進めることが期待される。また、自然由来の重金属、鉱山由来の重金属コントロール、放射性セシウム汚染の問題等は産総研ならではの課題であり、一層力を入れることが望まれる。

#### 別表2-2-(1)、I-6-(6) (再) 地圏資源環境研究部門 [ユニット戦略課題2] 二酸化炭素地中貯留評価技術の開発 4.1

国内外で実施されるCO<sub>2</sub>地中貯留実証事業等の技術開発と連携しながら、地中貯留実施における安全性評価に必要な貯留メカニズムの解明、モニタリング及びモデリング技術の開発等基盤技術の研究開発を重点的に推進している。

地球温暖化対策のエネルギー基本計画や経済産業省技術戦略マップにおいて、研究の位置付けが明確であり、公的機関としてのミッション・シナリオに従った研究を順調に進捗させている。断層モデリング手法の研究開発において、CO<sub>2</sub>圧入評価対象として砂泥互層と断層モデルに絞り、基礎実験とモデル化を行い、挙動の理解と予測を通じて漏えいリスク評価手法開発を行っている。

一方、ロードマップにおいて、短期的取り組みと長期的取り組みの仕分けを明確にする必要がある。海

### 第3章

外での排出権取引によるCO<sub>2</sub>削減達成や他の成果との組み合わせを通じて、国内老朽油田や関東平野水溶性ガス田へのCO<sub>2</sub>圧入の検討が求められる。国のプロジェクトとしての方針に加えて、研究機関として行うべき技術開発・学術研究を見据え、それに向けた研究目標も併せて示すことが求められる。

今後、CO<sub>2</sub>削減の費用対効果を検討し、コスト低減への取り組みと基礎研究のバランスを配慮して次期戦略マップ設定に向けた立案が期待される。誘発地震の監視については、公的な中立機関である産総研の役割を明確にし、研究を続けることが求められる。二酸化炭素回収・貯留(CCS)と微生物研究の融合による革新的資源環境創成技術の開発について、実用化に向けたスケジュールなど見通しを明確にすることが望まれる。

#### 別表2-2-(1) 地圏資源環境研究部門 [ユニット戦略課題3] 地層処分にかかわる評価技術の開発

##### 4. 4

高レベル放射性廃棄物地層処分事業に資するため、処分場候補地の地質構造・断層評価技術の開発、地下水流動の総合評価技術の開発、及び沿岸域地質/地下水に係るデータベースの整備を実施している。

原子力発電環境整備機構(NUMO)の動向にかんがみ計画と社会要請に基づいて、地層処分の技術開発に関する基盤研究を着実に進捗させている。また、沿岸域において長期的に安定した淡水地下水の水塊が存在することを明らかにし、電磁探査とボーリングデータを用いて沿岸域での地下水流動を解析した。

一方、放射性廃棄物処分にかかわる研究は長期に及ぶため、研究及び技術継承を適切に図れるように研究員の確保が望まれる。沿岸域の海底下における淡水地下水の存在は非常に有用な成果であるので、その普遍性を立証するための明確な説明が必要である。また、含水岩石の比抵抗は流体の比抵抗と空隙率の関数であるため、比抵抗だけから流体が塩水か陸からの地下水であるかは判断が難しいため、別の手法による検証が求められる。

今後、地層処分については、産総研の研究成果が社会的受容性の構築に効果的であるので、科学的な見地からの国策への適切な提言が望まれる。地層処分場の立地については、具体的な方向性が示される時期となっていることから、研究開発と並行してアウトリーチ活動がますます重要である。

#### 別表2-2-(2)、I-1-(2) (再) 地圏資源環境研究部門 [ユニット戦略課題5] 地下水のポテンシャル評価 3. 8

我が国の水資源確保・安定供給の観点から、各種地下水データベース・水文環境図を整備し地下水資源ポテンシャル評価に関する研究を行っている。また、2011年の東日本大震災における津波災害や福島第一原発事故に起因した地下水汚染に関して、地下水汚染調査を実施している。

地下水のポテンシャル評価についての研究をほぼ計画どおり進めることができた。また、全国規模の地下水資源ポテンシャルマップは、放射性廃棄物処分、CO<sub>2</sub>地中貯留、地熱・地中熱開発において基礎となる情報である。全国地下水環境図、水文環境図などに加え、震災における地下水汚染調査において成果も挙げている。

一方、地下水資源の応用分野を広げるため、他分野・課題との連携をより進めることが求められる。また、再生可能エネルギー研究センターの地熱・地中熱チームとの連携の方策を構築する必要がある。水文環境図に関しては、早期提供などの社会ニーズに応じて全国カバーを目指して出版を加速することが望まれることから、部門の方針を示すことが求められる。

今後、地中熱利用など地下水の利用が増えた場合の環境への影響評価基準の策定に、産総研のデータや研究成果が活用されることが期待される。また、大学や地域の研究機関にも働きかけて、水文環境図の整備を加速することが期待される。地下水はCCS、水溶性天然ガス、土壌汚染、地層処分とほぼ全課題に共通しているので、その相互関連と研究比重をロードマップに示すことが望まれる。

#### 別表2-2-(2)、I-1-(2) (再)、I-3-(3) (再) 地圏資源環境研究部門 [ユニット戦略課題6] 地圏の資源環境に関する知的基盤の構築 3. 7

地圏における物質循環を中心とした資源及び環境に関する調査研究に基づき、土壌汚染、鉱物資源、燃料資源等に関する知的基盤的情報を整備するとともに、データベースを構築し、地圏資源環境に関する地球科学図を作成し、産業界、政府自治体、一般社会が必要とする情報を提供する。

地圏資源環境に関する知的基盤整備のロードマップ、アウトプット、アウトカムはいずれも明確であり、知的基盤整備の目標を着実に達成した。特に、アジア鉱物資源図や燃料資源図などは良い成果である。また、地圏資源に関する多くのデータベースを有機的に連携させながら整備しつつある。

一方、成果のアピールと普及についてはCD配布だけでなく戦略的な取り組みが必要である。表層土壌評価基本図については整備の速度が少し緩慢であり、各種基盤情報については大学等地域の研究機関にも協



力を積極的に働きかける必要がある。ユーザーが求める使いやすい情報の発信のため、データベース構築と統合化については、地図系データバンクや地質分野全体の構想・進捗に合わせて、開発を加速する必要がある。

今後、マップや成果の広報については、ホームページの利用やユーザー側との双方向のコミュニケーションを考慮し、より戦略的に対応することが必要であり、実際に研究成果がどのように使用されたのか、事例・情報を収集することが望まれる。また、他研究ユニットとの連携を強め、地質の調査に関する知的基盤整備に貢献することが期待される。

#### 別表2-2-(3) 活断層・火山研究部門 【ユニット戦略課題4】放射性廃棄物地層処分の安全規制の支援研究 4.2

高レベル放射性廃棄物の地層処分事業に対する国の規制行政を支援するため、将来の安全審査に必要となる自然現象や地下水流動に関する調査・評価手法を構築して、その適用性を確認するとともに不確実性を低減するための手法を整備する。

国の安全規制支援研究を着実に実施し、自然現象のデータベース化、不確実性を低減するための評価手法の適用性の検討、深部流体・熱水活動の定量化評価手法などに成果を挙げている。また、日本原子力研究開発機構(JAEA)安全研究センター、原子力安全基盤機構(JNES)との研究協力協定が効率的に機能している。福島第一原子力発電所の事故後の対応に関する委員会への積極的な貢献も評価に値する。

一方、国民的関心が高く、争点となるテーマでもあるので、より透明性を持って成果の公表を行う必要がある。また、原子力に関する国内での相対的安全評価に関する支援にとどまらず、国外の研究動向も踏まえて、例えば安定陸塊を含めた絶対的安全評価など、国民の安全確保と原子力の安全利用を両立する先駆的研究への応用・発展が求められる。

地層処分の研究は日本におけるエネルギー政策の根幹にかかわる問題であり、今後、国のシナリオ・ロードマップに対して科学的知見からの提示・提言が期待される。また、研究機関として自主、自立した研究活動も望まれる。データベースは信頼性が高く、高度の地球科学的知見に基づいたもので、今後の発展が期待される。

#### 別表2-3-(1) 活断層・火山研究部門 【ユニット戦略課題2】海溝型地震評価の高度化 4.6

海溝型巨大地震及びそれに伴う津波の予測精度を向上させ、その成果を国や社会に提供することによって、地震及び津波による被害を軽減させる。

津波堆積物調査の成果は、過去数千年間における最大クラスの津波の規模を明らかにしたものであり、社会的にも研究の重要性を明示することができた。また、東海―東南海―南海地震の発生予測のため、高精度の地下水等総合観測を実施し、深部すべりや前兆すべりを検出し、その結果を地震防災対策強化地域判定会に資料として提供している。

一方、本課題は社会的にインパクトが大きく、どのように社会に情報を伝えていくか、日々の工夫が必要である。また、地下水等総合観測データは、可能な限り生データも含めて研究者に提供する仕組みが望まれる。深部物理メカニズムの解明に基づく短期・中期予測と、地質・地形情報に基づく長期予測の統合化は困難な課題であるが、データや解釈の具体的な統合が求められる。

今後、地質調査に基づいて歴史地震の規模を明らかにすることは、防災・減災の観点から非常に有効であり、地元やメディアと協業した一層の普及教育活動が期待される。また、産総研の特色を活かして、観測・調査、実験、理論を総合してプレート境界地震、特に南海トラフの地震の発生プロセスの理解と発生予測の研究を進めることが望まれる。

#### 別表2-3-(2) 活断層・火山研究部門 【ユニット戦略課題3】火山噴火推移予測の高度化 4.1

火山地質図等の活火山や噴火現象に関する地質情報の知的基盤を整備するとともに、噴火の推移過程や噴火推移の支配要因の解明を進める。その成果を火山噴火予知連絡会等に提出し火山活動評価などに反映するとともに、国・地域・産業界の防災計画の策定に資する情報を提供することにより火山防災に寄与する。

火山地質図、活火山データベースなどの成果に加え、噴煙組成観測装置Multi-GASの開発は火山噴火の先駆現象の把握に有効な手法である。K-Ar年代測定法（放射性元素を用いた年代測定法の一つ）における高精度の分析手法の導入など、研究手法の開発も行っている。2014年御嶽山噴火の緊急調査においては、気象庁との連携や独法研究機関、大学、地質コンサルタントとの協力関係を築き、合同調査を行い、降灰分布を公表した。

一方、活火山データベースとカルデラ火山データベースについては、社会的関心が高まっていることか

### 第3章

ら、最優先で完成させることが求められる。火山噴火や調査観測について、自然現象の「予測」と社会が期待する「予測」のギャップを議論することが重要であり、それにより優先順位の見直しなど、ロードマップの修正も必要となる。

今後、火山の噴火と社会とのかかわりを意識し、火山防災研究の戦略を立てることが期待される。また、火山地質図の作成を継続し、我が国の知的基盤を強化するとともに、噴出物の化学分析、年代測定の精度を上げる努力が期待される。規模が大きく頻度の低い火山噴火の確率論的な評価については、本研究ユニットの履歴評価・物理化学モデル・物理探査を網羅した研究体制を活かすことが期待される。

#### 別表2-4-(2)、別表2-3-(1) 活断層・火山研究部門 [ユニット戦略課題1] 活断層評価及び災害予測手法の高度化 4.1

日本列島の活断層に関する知的基盤情報を整備し、活断層にかかわる地震の発生予測と災害予測の精度向上のための研究を行い、国の地震災害軽減に貢献する。

陸域の活断層の追加・補完調査及び沿岸海域における活断層調査を着実に遂行し、地震危険度評価の高度化につなげている。また、活断層データベースを専門家向けと一般向けに区分し、活断層について知識のないメディア担当者や国民にも分かりやすいインターフェイスとしたことは適切である。防災の観点から、「揺れ」だけでなく「ずれ」による地盤変形評価手法を取り入れた被害予測は産総研ならではの研究である。

一方、地震テクトニックマップの重要性は高いので、全体のロードマップを早急に提示し、できるだけ早く各地域の地震発生ポテンシャル評価を行うことが求められる。また、陸域の活断層の追加・補完調査及び沿岸海域における活断層調査の成果公表は適切に行われているが、それらの地震危険度評価に対する影響・効果をハザードやリスクに役立てる工夫が求められる。

今後、地震テクトニックマップは、活断層データベースと同様にインターフェイスを検討して、一般向けの分かりやすいものにすることが望まれる。また、物理モデルに基づく地震の再来間隔予測に関する研究結果については、社会にどのように伝えるか、政策にどのように活かすかなど、様々な観点から検討を加えることが必要である。内陸地震発生の物理モデルは、未解明な問題が残っているので、体系的な知見の蓄積に基づくモデルの構築が望まれる。

#### 別表2-5-(1)、別表2-2-(2)、I-3-(3) (再) 地圏資源環境研究部門 [ユニット戦略課題4] 鉱物・燃料資源のポテンシャル評価 4.3

喫緊の課題であるレアアースを中心とするレアメタル等の金属鉱物資源、ベントナイト等の非金属鉱物資源、及び水溶性天然ガス、メタンハイドレートなどの燃料地下資源について、我が国及び世界各地における資源ポテンシャル評価及び資源化のための特性解明と実用化に向けた研究を実施している。

多額の外部資金を得て、南アフリカで有望なレアアース鉱床を発見した。また、希土類、非金属の資源の安定供給という社会的課題を着実に進め、調査から開発まで一貫した研究開発に取り組んでいる。さらに、産総研内タスクフォース、資源エネルギー庁、石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)、海洋研究開発機構(JAMSTEC)、国際協力機構(JICA)、民間会社、農水省などと広く連携して研究を行っている。

一方、メタンハイドレートのように実用化を目標とする課題については、実用化に向けたロードマップを示した上で、どの段階まで進んでいるか、また何が課題となっているかを明示することが必要である。また、急激な外部資金の増額に対して、研究者には研究以外にも多くの事務的な負担がかかることが懸念される。微生物のメタン生成についてはいつ頃を目途に研究を進めているのかを示すことが求められる。

今後、テーマの重点化とアウトカムの時期をもう少し明確にして研究を進めることが望まれる。関東天然ガスと地下微生物の研究については、日本発の技術として、国内のみならず海外天然ガス探鉱やCCSに関する技術開発などに広く応用されることが期待される。また、微生物によるメタン生成に関する研究については国際的に先導する成果が期待される。

### 3-2-6 「別表3 計量の標準(計量標準の設定・供給による産業技術基盤、社会安全基盤の確保)」

我が国経済活動の国際市場での円滑な発展、国内産業の競争力の維持、強化、グリーン・イノベーション及びライフ・イノベーションの実現に貢献するため、計量の標準の設定、計量器の検定、検査、研究、開発、維持、供給及びこれらに関連する業務、並びに計量に関する教習を行う。その際、メートル条約及び国際法定計量機関を設立する条約の下、計量標準と法定計量に関する国際活動において我が国を代表する職務を果たす。

具体的には、産業構造審議会産業技術分科会、日本工業標準調査会合同会議知的基盤整備特別委員会の方針、見直し等を踏まえて、計量標準に関する整備計画を年度ごとに改訂し、同計画に基づき計量標準の開発、維持、供給を行う。計量標準、法定計量に関して国際基準に適合した供給体制を構築して運営し、国家計量標準と発行する校正証明書及び法定計量の試験結果の国際相互承認を進めるとともに、我が国の供給体系の合理化を進める。特に、新規の整備及び高度化対象となる計量標準に関しては、先端技術の研究開発や試験評価方法の規格化と連携して一体的に開発を進める等、迅速に整備し、供給を開始する。また、我が国の法定計量の施策と、計量標準の戦略的活用に関して、経済産業省の政策の企画、立案に対して技術的支援を行う。

#### 別表3-1-(1) 計測標準研究部門 【ユニット戦略課題1】グリーン・イノベーションの実現を支える計量標準の整備 3.7

省エネルギー技術や新燃料等の開発・評価を計量の面から支えることを目的として、4つのサブテーマ「新エネルギー源の利用」「省エネルギー技術の開発と利用」「バイオマス資源の利用技術」「資源再利用システムの信頼性評価」に資する計量標準の開発研究を進めている。

環境保全を意識した産業発展が求められる中で、再生可能エネルギー利用や資源再利用の観点から目標を定めて研究及び標準整備に尽力しており、多くの成果を挙げている。論文等の公表も積極的に進め、標準のレベル、研究のレベルとしても、世界的な水準に達している。キャパシタ、気体流量、高圧力、高圧ガス流量等の標準が加速的に開発され、標準の国際同等性を確保するために国際比較を行っている。LEDに関してはJIS試験事業者認定制度(JNLA)の試験も開始され、円滑な発展が期待される。

一方、物理量、化学物質ごとに標準開発が進められており、ユニット戦略課題としての管理が希薄である。グリーン・イノベーションを支える標準は何かという分析を行い、開発分野を決定するアプローチが必要である。無機化学標準、有機化学標準はニーズが高いので加速することが望ましいが、標準の重点領域は研究現場と意識を共有することが不可欠である。ロードマップは、開発した技術の現場での使われ方やその効果が見えにくい。新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)プロジェクトの水素ステーション等、他機関との連携を示し、全体の中の位置付けが必要である。

今後、日本をリードする研究課題が多いので、新たな課題発掘や標準の円滑な社会実装を図るために、関連する所内外機関との連携拡大が望まれる。ヒアリング調査を積極的に行い、産業界のニーズを的確にとらえて、次期の目標や課題を設定する必要がある。可搬型蓄電池評価装置のように、現場での使用を意識した展開が今後ますます重要になると思われ、この路線も継続が望まれる。評価手法を国際標準にする戦略的な活動や、国際連携の一層の拡大と国際先導が期待される。

#### 別表3-1-(2) 計測標準研究部門 【ユニット戦略課題2】ライフ・イノベーションの実現を支える計量標準の整備 3.7

ライフ・イノベーションの実現に向けた諸施策を支える知的基盤としての計量標準の整備を担い、医療分野における超音波及び放射線の標準の研究、検査医学や臨床検査を支える標準物質の開発、食品の安全性確保に資する標準物質と技能向上支援の研究、及び生活環境や地球環境をモニターするための標準ガスや標準溶液の開発を進めている。

他研究ユニットや他研究機関との連携が着実に実行され、成果の公表も継続して行われている。標準物質は、食品安全、環境関連、臨床試験関連の開発に重点化され、標準の策定や検討が適切に推進されている。数多い標準物質の中で開発対象が明確化され、今後の取り組み方を示している。水質基準項目及び標準物質の状況は評価できる。水道法改正へ迅速に対応し、事前に技術的側面からの助言、サポートができています。分析技能向上支援プログラムにより他機関の技術向上を図っている。

一方、一度、経産省、厚労省、農水省などが進める計量標準をまとめて評価し、今後の参考に必要がある。健康医療に関連する課題は、他研究ユニットや薬事関連機関との連携拡大が望まれる。臨床検査への対応では、今後ニーズが出てくるにしても、フェーズごとのターゲットの設定が望まれる。福島原発事故対応の標準物質は、迅速性の欠如や供給する核種の不足等、社会的貢献の面が不足している。超音波

### 第3章

と放射線の標準は、現場の医療機器の安全性等、医療分野での位置付け、重要性を明確にする必要がある。

今後、健康、医療、食品、インフラ、生活就労環境などで広範な計量標準、工業標準が必要となる。各業界のヒアリング調査を行い、選定理由、基準を明確にし、次期の目標や課題を設定する必要がある。その際、海外の標準の国内利用も視野に入れて計画することが望まれる。対象が膨大な標準物質は産業・社会ニーズに対応した重点化が不可欠である。食品安全など、他研究ユニットと協力を明確にし、隙間がないように一体化した研究が期待される。標準化の迅速な推進も求められる。所内外の関連部署との連携拡大を図る必要がある。

#### 別表3-1-(3) 計測標準研究部門 [ユニット戦略課題3] 産業の国際展開を支える計量標準の整備

##### 3.7

先端産業において必要不可欠あるいは先端産業が加速されるような計量標準として、3つのサブテーマ「国際通商を支える計量標準」「ナノデバイス・ナノ材料の開発・利用に資する計量標準」「ロボットシステム利用の安全性確保に資する計量標準」を設定し整備を進めている。

大型産業の国際展開は我が国にとって極めて重要である。電磁波、ナノテク、ロボットなどの主要課題を設け、ニーズに応える先端的な標準供給がタイムリーかつ着実に実施されている。産業界と密接に連携を進め、ナノ粒子計測システムのコンソーシアムを立ち上げるなど、標準開発と標準化を同時に進めている。課題であった電磁波標準がほぼ抜けのない形で整備され、電磁波規制への対応も的確に行っている。また、当初計画にない計測用X線CTの開発を民間と協同で行い、国際標準化を進めている。

一方、国際通商、ナノテク、ロボット分野の必要な技術はかなり多く、早期に対応すべき課題と優先度及び各国の現状を整理しておくことが必要である。当該分野の標準の必要性が十分に分析されていない。振動加速度、トルクの標準を生活支援ロボットの安全性に関連させる必要性を明確にする必要がある。推進する標準化課題に対してアウトカム導出シナリオ及び各標準の必要性や位置付けを明確にする必要がある。対応する研究室・研究員の規模に比べて、アウトカムが十分とは言えない。

今後、産業界と連携して、ニーズに合った開発を迅速にできるような予算配分と重点化が望まれる。円滑な国際通商のために、標準化活動の途上国支援強化や米国以外との協同開発も望まれる。ナノ粒子計測システムではニーズに応えた製品開発を積極的に行う必要がある。高周波標準は、周波数の広帯域化に伴い、産業界と連携し、必要性を十分評価して範囲を拡張することが求められる。産業育成のために、ロボット関連分野など、所内外における他研究分野との連携拡大が期待される。

#### 別表3-2-(2)、別表3-2-(5)、別表3-4-(1) 計測標準研究部門 [ユニット戦略課題4] 標準の高度化と次世代標準の開発 4.1

国家計量標準の高度化と国内の計量トレーサビリティ体系の構築のため、標準供給範囲の拡大、合理的な供給方法の開発、計量標準と規格の組み合わせによる信頼性の向上、次世代の標準となる技術の開発を行っている。

計量標準の範囲が拡大され、技術マニュアル等も数多く整備されてきた。次世代標準の開発にも積極的な点は高く評価できる。光格子時計、アボガド数等、長期に取り組んでいる課題が着実に前進しており、世界的にリードする成果が出ている。秒の再定義、質量の単位の量子的定義に向けて期待が大きい。企業連携、技術移転、成果公表も積極的に行われている。モジュール型電気標準器等は、標準の利用に大きな改革をもたらす。定量核磁気共鳴(定量NMR)は標準物質の生産性を高めるものとして画期的である。

一方、先端技術を集積した重要な課題であるため、単電子ポンプデバイス等の最先端の技術を、論文も含め広く公表する必要がある。また、レーザー技術の進歩は目覚ましいので、ニーズを調査して、積極的に中小企業への貢献が望まれる。標準供給は、基本的なミッションであるがゆえに、その高度化の判断が難しくなる。量の拡大に伴い、資源投入の選択プロセスを明確にする必要がある。次世代標準は、再定義の必要性と国際的な存在感や貢献について明確にする必要がある。

今後、次世代技術開発では健全な国際競争とともに国際共同開発も重要であり、大学等との連携により高度な研究を数多く行うことが望まれる。また、開発は長期にわたるため、全てに投資することは困難であり、重点的な取り組みが不可欠である。SI単位定義改訂時期が数年後に迫っており、一層の努力が期待される。標準供給の効率化は、限られたリソースで広く産業界に標準を普及させるために重要な課題である。想定アウトカムを様々な業界に開示するなど、産業界との連携強化や、更なる改革、開発が期待される。

**別表3-3-(1)、別表3-3-(2) 計測標準研究部門 [ユニット戦略課題5] 法定計量と工業標準化の推進  
3.8**

消費者が身近に接する広範囲な計量器の信頼性を確保するため、関連する工業標準化の推進や効率化等の改善、及び新型計量器や内蔵ソフトウェアに対応する技術開発を実施している。

ロードマップで指定した5つのテーマを着実に進め、目標を達成している。国として法定計量の維持管理体制の構築は重要である。人、予算の制約がある中で、型式認証等の業務を着実にやっている。品質管理システムの確立、技術基準のJIS化やソフトウェア対応も進めている。関西センターの移転も大きな混乱なく円滑に実施された。工業標準化、国際規格への対応も十分になされている。ISO/TC8会議幹事国の引き受けや、コンビナー6名の増加は評価できる。

一方、我が国の計量法の体制は、その維持に困難さが増している。産総研も設備老朽化への対応やソフトウェア増大への人材育成への対応が必要である。国際標準化は、日本が有利に立つISOへの提案など、迅速な技術開発と予算確保が必要である。ロードマップには、国際、政策と中小企業貢献とを分けて、開発目標を描く必要がある。

今後、計量法に関して、本研究部門は、技術的基盤を有し実質的に日本で最も蓄積がある組織として、経産省と連携しつつ、その抜本的な改革に積極的な役割が期待される。不確かさ評価を計量法に取り入れることが望まれる。今後は、産業のニーズに合わせて課題を整理し、技術開発と工業標準化の目標を明確化する必要がある。認証も含め、国内の体制整備への寄与も期待される。

## 第4章 評価結果概評

本章では、前章における研究ユニットごと及び第3期中期計画項目ごとに整理したユニット戦略課題の評価結果等をもとに、全体概評、分野別概評、大分類等ごとの評点頻度分布と主な評価結果及び「主な成果例」についてまとめる。

全体概評では、評価結果の概要、評価項目ごとの主要な評価コメントの内容及び評価結果の違いをもたらしている主要な事柄等についてまとめる。

分野別概評では、産総研の研究分野ごとに、概評及び研究ユニットごとの評価結果の要点を示す。

次に、評価結果における研究ユニットの研究開発（ユニット戦略課題）と中期計画項目との対応関係、及びこれらのユニット戦略課題ごとの評点から求めた中期計画の大分類等ごとの評点の頻度分布を示す。

さらに、この大分類等ごとの評価結果の主要な内容を示す。

最後に、「主な成果例」について、中期計画の大分類等ごとに示す。

### 4-1 全体概評

平成22年度からの第3期中期目標期間の研究ユニット評価の評価項目は、「研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ」、「ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット」、「イノベーション推進への取り組み」及び「研究ユニット運営の取り組み」である。

各評価項目における評価の具体的な内容の評価事項は、別紙9の研究ユニット評価実施要領に示すとともに、別紙11に示す評価コメント入力画面に記載している。

今年度の評価結果のうち、評点は、研究ユニットごとの総合点の平均値が4.0である。前回評価を実施した平成24年度と比較し、研究ユニットの「総合評点」の平均が0.2上昇した。「戦略課題総合点」及び「イノベーション推進（外部委員）」の平均も、第3期において最も高く、研究部門で4.1と4.0、研究センターで4.2と4.1である。

なお、評点の区分は、「A:優れている(4)、B:概ね適切(3)、C:要改善(2)、D:不適切(1)であり、特記的に優れているものをAA(5)とすることができる」である。

評点の頻度分布等の詳細は第5章の5-2を参照されたい。

評価コメントは、「評価できる点」と「問題点・改善すべき点」に加えて、「今後の方向性と助言」のコメントを求めている。

今年度評価を実施した研究ユニット全体における、コメントの内容の構成や比率等及び具体例の詳細は、第5章の評価項目ごとの評価コメントの分析結果を参照されたい。

以下に、評価コメントの主要な内容についてまとめる。

#### (1) 評価項目ごとの主要な評価コメントの内容

評価項目ごとの評価コメントの「評価できる点」と「問題点・改善すべき点」の主要な内容について、それぞれ評価の高い課題と低い課題に分けて示す。

##### 1) 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

本評価項目は、研究ユニットにおける研究開発全体を対象に、中期計画における目標の達成

及び中長期的な展開等の妥当性について評価する。

本評価項目の評点は内部評価委員が付し、外部評価委員は評価コメントのみである。

評価の比較的高い研究ユニットにおける「評価できる点」では、状況に応じた研究組織やユニット戦略課題の見直しがなされていること、基礎から応用段階に至るまでの研究開発をバランスよく行い、成果が出ていること、技術研究組合やコンソーシアムの設立など連携がすすんでいること等が評価されている。

一方、ユニットにおける「問題点・改善すべき点」では、イノベーション創出への寄与やアウトカムに向けたシナリオ、及び強みや独自性等を明確にした戦略が不明確であること、ユニット戦略課題等の相互関係や重み付け等が不十分であること等が指摘されている。

## 2) ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット

研究ユニットに設定される1～7程度の「ユニット戦略課題」ごとに評価を行う。「ユニット戦略課題」は、それぞれ中期計画の項目と対応付けられており、多くの場合に複数の研究開発からなる。

評価の内容は、ロードマップについて、中期計画における目標、アウトカムとその実現に向けた妥当性について評価するとともに、アウトプット（成果）について、アウトカム実現への寄与とその世界水準を基準とする質の高さ等について評価する。

なお、本評価項目の評点は、外部評価委員によるものであり、内部評価委員は評価コメントのみである。

評価の比較的高い研究ユニット戦略課題における「評価できる点」では、高い独自性を持ち、社会的・学術的インパクトのある新たな技術展開を進めたこと、官民連携活動での主導的立場を担い産業界をリードしていること、多くの応用技術を開拓し、製品化・産業化に成功したこと、極めて挑戦的な研究を進め大幅な低コストを実現したこと、国の研究機関が果たすべき重要な役割を果たしたこと等が評価されている。

一方、評価の比較的低い場合の「問題点・改善すべき点」では、開発した技術の社会的意義・市場ニーズ・汎用性が不明確であること、進めている課題の科学的な妥当性の検証が必要であること、アウトカムへ向けて必要な技術をブレークダウンし、ロードマップを明確に描くこと等が指摘されている。

## 3) イノベーション推進への取り組み

本評価項目は、成果の発信やイノベーションハブによる国、社会への貢献等に向けた取り組みとその効果について評価するものである。具体的には、1)成果の発信や研究ポテンシャルによる、国、社会、産業界、学界、及び国際、知的基盤等への貢献の取り組みとその効果、2)産業人材育成を含む、産学官連携・地域連携等のイノベーションハブとしての取り組みとその効果、について評価することとしている。

本評価項目については、外部評価委員と内部評価委員のそれぞれから評点及び評価コメントを得ている。

評価の比較的高い研究ユニットにおける「評価できる点」では、適切な外部連携と社会展開への取り組みが進められていること、一般企業の技術者の常駐化などによる人材教育の面でも大きな効果が得られていること、地域の大学との包括協定による連携や国際標準化・知的基盤の構築に積極的なこと、学術（論文）とマーケティングのバランスに目配りの行き届いた活動をしていること等が評価されている。

## 第4章

一方、評価の比較的低い場合の「問題点・改善すべき点」では、研究活動の相互の有機的連携と相乗効果が見えないこと、共同研究などの外部連携が不十分なこと、人材育成は単発的で全体的に表層的であること、市場視点を持ち、状況に応じた臨機応変な対応が必要であること等が指摘されている。

### 4) 研究ユニット運営の取り組み

本評価項目は、研究ユニット運営における活動の活性化とポテンシャル向上への取り組み及びその効果等について評価するものである。所内連携や分野融合、資金獲得・効率的活用、組織運営や体制の整備、内部人材育成及び挑戦課題の推進等について評価することとしている。本評価項目の評点は内部評価委員が付し、外部評価委員は評価コメントのみである。

評価の比較的高い研究ユニットにおける「評価できる点」では、若手研究者をグループリーダーに積極的に登用するなど、将来を見据えた人材育成を進めていること、テーマ設定などを見直し、効率良く研究を遂行できる体制としたこと、委託費、運営費交付金のほか科研費や企業からの外部資金を獲得し効率的にまたメリハリのある運営が行われていること等が評価されている。

一方、評価の比較的低い場合の「問題点・改善すべき点」では、特許申請と論文投稿の両立が不十分なこと、研究グループを超えた連携、異業種連携・交流の推進が不十分なこと、情報発信が十分ではないこと等の指摘がある。

### (2) 今後の主要な課題と方向性の指摘内容

上記のように、大部分の研究開発は「研究成果の水準」は高いと評価されている一方、助言として「今後の主要な課題と方向性」の検討が必要とされていることが多い。

これらには、企業活動や社会との相互関係あるいは研究開発全体の構成に関する指摘が多く、具体的にどうするかについて評価委員にも議論があるが、今後の産総研の活動をよりの確にするためにも重要な事柄である。

これらの主要な内容を整理して以下に示す。

#### 1) 実用化等に向け技術の進展に対応した今後の展開の見直しが必要

産総研における研究開発の進展に伴って実用化に近いフェーズに達してきており、今後に向けた展開の明確化が必要とする指摘である。

「橋渡しを有効に実施するための戦略をより深めること」、「基礎段階から発展させるための思い切ったロードマップの展開」、「商業化に向けた説得力があるロードマップの作成」などがある。

また、「実用化までのスピード感を意識しながら研究を進め」、「経済性についても市場導入に必要な目標値を民間側と共有しながら進めること」、「研究成果の現場への適用の際に、コストを含めた生産性向上にどこまで寄与し得るかを考慮する」こと等が期待されている。

#### 2) 研究開発以外の取り組みも重要

研究開発の進展や新たな取り組みに関して、研究開発だけでなく、企業あるいは一般社会の理解や浸透に向けた活動が必要になっているとの指摘である。

研究成果などの発信方法や連携が必要とされることとして、「単なる基盤研究とは異なる戦略（ホームページの整備、社会に対するアウトリーチ活動と、社会からの反応を取り入れた研



究展開)が必要である」 との指摘がある。

また、アウトカム実現までの体制作りとして、「自治体・商店街などの地域における連携を模索した実サービスが、他業種連携、地域活性化に繋がる」、「企業との共同研究は互いの役割分担、目標、マイルストーンなど進展させるための工夫が必要である」といった指摘がなされている。

## 第4章

### 4-2 分野別概評

#### 4-2-1 環境・エネルギー分野

環境・エネルギー分野では、グリーン・イノベーションを目指して、温室効果ガスの排出量削減のための再生可能エネルギーの利用拡大や省エネルギー、資源の確保と有効利用、産業の環境負荷低減、様々な新技術やリスクの評価、安全の管理等を目指した技術の開発を進めている。

今年度は、5研究部門（ユビキタスエネルギーR I、環境管理技術R I、環境化学技術R I、エネルギー技術R I、安全科学R I）及び3研究センター（メタンハイドレートRC、太陽光発電工学RC、触媒化学融合RC）の研究ユニット評価を実施した。また、今年度発足した再生可能エネルギーRCでは開始時意見交換会を、3研究センター（コンパクト化学システムRC、先進パワーエレクトロニクスRC、バイオマスリファイナリーRC）については評価委員意見交換を実施した。

エネルギー分野では、東日本大震災を受けて設立された福島再生可能エネルギー研究所（FREA）が実質的な業務を開始した。再生可能エネルギーの大量導入を早期に実現するために、太陽電池モジュールの高性能化・コスト低減や地熱・地中熱の利用促進の研究に加えて、水素や蓄電池を用いたエネルギー貯蔵による統合システム技術の研究を進めている。従来のパワー半導体やエネルギー資源の開発・有効利用の研究も着実に進展している。環境分野では、大幅な省エネルギーにつながる新規ケイ素化学プロセスに加えて、希少金属のリサイクル技術、環境保全等に係る評価技術等で成果を挙げている。技術の普及に必要な国際標準化等も評価されている。

第3期の目標は着実に達成されているが、社会ニーズに沿った研究展開や出口イメージの更なる明確化によって、研究対象を絞り込むことが必要との指摘もなされている。分野全体を俯瞰した課題設定、特にエネルギー分野では個別の要素技術ではなくネットワークやシステム化技術への取り組みが強く求められている。

いくつかの研究開発ではイノベーションハブを形成しつつあるが、今後、大学及び企業との連携や異分野との交流を深化させることにより、高いレベルのアウトカムに早期に到達することが期待される。製品やサービスとしての研究成果の普及に加えて、環境・エネルギー分野を担当する国の研究機関としては、社会の将来あるべき姿を示すといった政策提言も期待されている。

#### ユビキタスエネルギーR I

短期的には、リチウムイオン電池、固体高分子形燃料電池、蛍光灯・LEDの分野での研究開発を目指す。中長期的には、ポストリチウムイオン電池技術、ダイレクト燃料電池技術、自然光の高度利用技術の研究展開を目指している。蓄電池や燃料電池は次世代自動車や新しい省エネルギー電力システムとして、波長変換、集光・導波、蓄光等の自然光の高度利用技術は自然光の効率利用システムとして社会展開を図っている。

高エネルギー密度蓄電デバイスに関して、固体表面構造解析と第一原理計算を駆使して、Li過剰系正極材料の評価技術を深化させたことは高く評価できる。現行系のリチウム電池研究にとどまらず、ポストリチウムイオン蓄電池系の正極、負極、電解質、それぞれの新材料技術にも果敢にチャレンジし、従来にない初期性能を確認するなど、当該分野の先鋭的研究をリードしている点も良い。

一方、固体高分子形燃料電池の大命題である白金使用量の低減について、目標とする1/10を達成するレベルには至っておらず、さらなる開発・改善が求められる。また、ベンチマークで産総研が他の研究機関より優れた研究を行っていることが強調されているが、いかにしてアウトカムを高めるかという視点からの考察が重要である。

今後は、これまでに築き上げてきたイノベーションハブやオピニオンリーダーとしての役割を大切にして、より強い産総研の研究ユニットとして活躍することを期待する。さらに、海外との

関係を強化し、情報を収集して国内企業へ紹介すること等も積極的に手掛け、「世界の中の日本企業」を育成することにも期待する。

#### 環境管理技術 R I

持続的発展可能な社会の実現を目指し、経済と産業の発展と安全・安心な環境を両立させるため、環境負荷の管理・低減・再資源化及び快適環境の構築に関する研究開発を行い、環境技術産業の振興・創出を図るとともに環境関連政策の立案・実効へ貢献する。このため、環境問題の解決にかかわる環境診断技術、有害化学物質リスク削減技術、リサイクル技術、及び地球温暖化関連物質の環境挙動解明と対策技術評価に関する研究開発を実施している。

水晶振動子型の高感度センサーの開発や環境診断システムの構築に成果を挙げ、事業化にも貢献している。人工有機フッ素化合物の挙動を解明し、日本の化学物質管理の適切さを世界に主張した。リサイクル技術は、分離精製技術等で高回収効率を実現するなど、順調に進展している。全球炭酸ガス収支の年々変動の推定や高精度標準ガスの供給は、国際貢献として高く評価される。「都市鉱山」や「水」プロジェクトを主導し、産総研内関連研究の一体的な推進体制を構築している。

一方、個々の研究は素晴らしいが、対象が多岐にわたるため、各技術のマーケット、役割・意義を明確にするとともに、方向性や進捗のバランスも考えた研究開発が求められる。「都市鉱山」や「水」プロジェクトは出口イメージを明確にする必要がある。CO<sub>2</sub>濃度の長期測定や海洋への吸収量の評価などは、社会的貢献を見せる工夫が望まれる。

今後は、実用化可能なセンサーや研究成果が多くあるため、技術の積極的な売り込みと、企業との連携による迅速な製品化が重要である。環境管理技術は国際的規制の枠組みや、社会動向により変遷するので、大学や研究機関と連携して研究を推進することが必要である。環境影響評価の標準化や新規有害性評価技術の規制対応は、産業界のメリットにつながるもので、戦略的に取り組む必要がある。

#### 環境化学技術 R I

バイオマス等の再生資源を用いて、短中期的観点からは既存産業の環境負荷低減やエネルギー効率の向上技術の研究開発を、長期的観点からは環境負荷物質を排出することなく、最小のエネルギーで目的製品を製造する画期的な新技術開発を経済性・社会性を考慮して進めている。

最終目標「再生可能資源を用いた製造技術の開発」は重要な視点であり、ダウンストリームを重視する基本戦略は評価できる。バイオ界面活性剤や炭素膜等で優れた成果を挙げている。少人数ながらそれぞれが強みとするものを持ち、それを核として研究を展開し成果が発信されている。化学技術のプラットフォームと位置付けて触媒化学融合研究センターを創出し、技術研究組合を設立して材料評価の研究を開始したことも評価される。

一方で、各戦略課題の目標レベルはより挑戦的にする必要があり、狙ったアウトプット達成の延長上に2030年の目標（直接）アウトカムの実現があるかどうかが見えにくいので、アウトプットの達成とその横展開などでアウトカムをどれほど実現できるか見通しを示すことが必要である。社会情勢に応じて目標や計画を見直すことはもとより、個別課題の選定・設定方法の合理的な説明や、また研究過程においてもGSCの指標で負荷低減効果の提示が求められる。

既存産業の変革は大事業であることから、中小企業からのニッチ製品実用化が期待される。バイオベース化は世界的な潮流であるが、バイオと化学の融合を目指す本研究部門は貴重な存在である。今期着手した材料評価技術は期待度が高いが、次世代化学材料評価技術研究組合(CEREB)や産総研の方向性については、機関としての位置付け、今後のサービス体制、継続性など丁寧な説明も求められる。環境問題へのコミットメントをどう高めていくかも課題である。

#### エネルギー技術 R I

再生可能エネルギーを大量に導入しつつ、高効率なエネルギー需給及びエネルギー利用効率の向上を実現する分散型エネルギーネットワークシステムの構築を目指して、材料開発から、熱電素子、色素増感太陽電池、革新型二次電池等デバイス開発、固体酸化物燃料電池等システム開発、

## 第4章

そして最終的なエネルギーネットワークの実証までに至る広範囲の研究を実施している。

ダイヤモンド半導体や次世代ガス化プロセス等の先駆的な研究に加えて、省エネルギー、材料の劣化メカニズム解明、エネルギー技術導入シナリオ分析等、産総研ならではの基盤技術にも取り組んでいることは評価できる。福島再生可能エネルギー研究所(FREA)の設立に参画するなどマザーユニットとしても機能している。

一方で、開発技術が実現した場合のインパクトや便益が分かりにくく、課題選定や資源配分の考え方も不明確である。ソフト面の強化や横串を刺す課題設定により、システムを指向することが重要である。エネルギー源の垣根を越えた総合的な高効率化や熱利用の研究も強化する必要がある。

今後は現状のポートフォリオではなく、分野全体を俯瞰した、優先順位や役割分担を含むロードマップの明確化が望まれる。効率の高いエネルギー変換技術や地域を統合した融通技術に加えて、革新的で夢のある技術に取り組むことも必要で、より挑戦的な目標設定が求められる。外国を含めた他機関との連携拡大と横串の強化も重要で、相互の技術を補完しシナジーを発揮できる共同研究・情報共有や、基礎を産業につなげる人材の育成が期待される。

### 安全科学 R I

安全と持続可能性を同時に追求する科学を確立し、豊かで安全な社会を実現するために、環境保全、産業安全や持続可能性にかかわる評価手法を開発し、その評価結果に基づく政策提言や評価手法の国際標準化などに取り組んでいる。具体的には、事故や災害の被害予測、技術や製品の健康・環境・経済への影響評価など、幅広い分野にわたる評価技術を総合し、科学的な評価のみならず、社会的な評価も同時に行う総合的なリスク評価・管理手法の開発を行っている。

「全体リスク管理」から「個人リスク管理」へ、さらに「個人リスク予測社会」から「個人リスク選択社会」への展開を見据えて、国民の行動選択を支える情報提供をシナリオとして明示し、国際的な動向への対応を明確に視野に入れて、国際標準化や国際準拠環境指標の開発を進めていることが評価される。

一方、個々の顧客の依頼に結果を返すという手法が多く、一般市民への安全科学の浸透をいかに達成するかについて、研究部門として得られた知見を統合して社会に発信するところまでには至っていない。個別テーマの成果報告のように見え、アウトカムが小粒に見えてしまうので、イノベーション推進という視点でまとめることが必要である。

今後、安全科学研究部門が目指す「個人リスク選択社会」を広報するためには、国民が望む「個人リスク選択社会」の実態調査を行うとともに、「分かりやすいリスク評価手法」の開発が求められる。また、開発した評価手法を社会に知ってもらえるよう日本のみならず世界をターゲットにした広報活動が期待される。

### メタンハイドレート R C

メタンハイドレート資源から天然ガスを安定かつ経済的に採収する生産技術の研究開発を進め、商業化を実現するために必要な技術整備を行うとともに、経済性と多様性を高めるためのハイドレートの機能を活用した技術の開発を行っている。

第1回海洋産出試験において、減圧法の有効性とMH21-HYDRESの実用性を示し、世界初の海洋生産試験として2万 m<sup>3</sup>/日の生産レートを得たことは評価される。また、ガスハイドレート機能活用技術については、セミクラスレートが二酸化炭素回収・貯留(CCS)、硫化水素分離、ヒートポンプ、蓄冷熱媒体への利用に大きく貢献したことも評価される。

一方、予定期間前の試験終了の原因となった出砂の問題を克服するために、第1回海洋産出試験の結果を解析し、生産挙動予測の高精度化など生産手法の高度化に取り組むことが望まれる。また、ガスハイドレート機能活用技術については、他の研究成果と比べてどれだけのオリジナリティがあるのかをより明確にすることが必要である。

今後、国の施策との連携や民間との共同研究を積極的に模索し、これまで培った知見、ノウハウ等を社会に波及させると同時に、民間の活力・発想等を探り入れることが期待される。また、第1回海洋産出試験の経験を活かして共同実施機関との連携を更に深めるとともに、技術面で他機関をリードし、商業化に向けた成果が期待される。

### 太陽光発電工学RC

太陽電池の変換効率の相対値10%の性能向上、モジュール寿命を30年以上に延ばす信頼性向上、基準セル供給、新型太陽電池評価技術など共通基盤技術の開発を進めるとともに、我が国の太陽光発電技術研究開発を主導し組織化する中核研究機関として展開することを目指している。

2025年に発電コスト7円/kWhを目指す長期目標は積極果敢で、産業的に重要な太陽電池モジュールの長寿命化に関する検討、太陽光発電にかかわる各種計測・評価技術に関する検討も国を代表する研究機関として高く評価できる。高い研究開発力とコンソーシアム等を通じた産業界との強い連携と人材育成の貢献も大きい。福島再生可能エネルギー研究所(FREA)設立に参画し、結晶シリコン(c-Si)太陽電池の試作ライン設置で産学共同体制を構築したことも評価できる。

主要な太陽電池を網羅しているが、マンパワー等を勘案した戦略性も重要で、薄膜シリコン太陽電池などでは計画修正も必要である。相対値で効率10%向上という目標は太陽電池の種類別の進歩を考慮しない表現であり、改善を要する。c-Si太陽電池は日本の太陽電池産業の盛衰に直結する重要課題であり、FREAとの緊密な連携が求められる。急速に太陽光発電事業が進んだ国内だけでなく、熱帯や砂漠地帯を含む海外市場も視野に入れ、各地の特性を考慮したモジュールの評価を検討すべきである。

欧米と肩を並べる世界最高の研究機関として確固たる地位を築くために、必要な研究資源を確保しつつ、イノベーションを推進することが期待される。再生可能エネルギー市場全体のポートフォリオに基づく、技術開発ロードマップの再検討とともに、ベンチマーキングや市場分析をより深め、市場の変化を先取りした形での課題・目標設定が望まれる。危機的状況を脱した産業界の支援方法を含めて、第4期に向けたセンターの在り方の検討が求められる。

### 触媒化学融合RC

幅広い分野にまたがる触媒技術について、構造的な観点からの整理体系化を試み、多くの触媒技術に適用可能な汎用的な高性能化技術を開発する。ケイ素化学技術、革新的酸化技術、官能基変換技術及び触媒固定化技術の戦略課題に一体的に取り組み、使える触媒の開発を目指している。

石油資源への依存から脱却し、普遍的に存在する砂、植物、空気を原材料とした産業技術基盤を創出する構想は評価できる。工業プロセスの合理化、高機能材料の創出及び環境負荷低減を目指して、難度の高い触媒反応をターゲットに、ケミカル、バイオ、プロセス技術など分野横断的に取り組んでいる。挑戦的なテーマと産業ニーズに応じた実用化に近いテーマを取り混ぜた研究開発のポートフォリオも適切である。特にケイ素化学と酸化技術は目的が明確で、高く評価できる。

一方で、有用な化学品を開発するためには、企業のニーズやマーケティングの調査・分析が必要である。また、中長期の目標である化学産業における廃棄物10%削減は、検証方法が不明である。ロードマップは具体的ではなく、将来のマイルストーンも示されていないことから、アウトカムの視点からの評価が難しい。理解を深める資料作りが必要である。

触媒技術を実用面から解析し、広く応用可能な触媒設計手法を見いだすことは、大学と企業をつなぐ産総研に大きく期待される。学術面で新たな触媒化学領域を切り開くためには、異分野との交流や融合が非常に重要である。実用化面では社会的課題や産業ニーズの把握が課題であり、企業と一緒に考えることが望まれる。広大な分野を融合して、看板倒れとならない真の融合研究センターとなることを期待する。

## 第4章

### 4-2-2 ライフサイエンス分野

国民の日常生活における健康の維持・増進、疾病の予防や事故の抑止、最適な疾患治療や看護・介護が希求され、これを満たす社会システムの確立が求められている。当該ニーズに応えるためには、健康、医療、創薬などに関する技術の確立と実社会への導入が不可欠である。ライフサイエンス分野の研究ユニットでは、必要な技術を開発して社会導入を図るために、行政、他の研究機関や医療機関、関連する創薬企業などと連携を図り、新技術の開発、社会導入に必要な標準化など、イノベーション創出に向けた多方面の展開を推進している。

今年度は、4研究部門（健康工学R I、生物プロセスR I、バイオメディカルR I、ヒューマンライフテクノロジーR I）及び1研究センター（創薬分子プロファイリングRC）の研究ユニット評価を実施した。また、今年度発足した糖鎖創薬技術RC及びゲノム情報RCでは開始時意見交換会を実施した。今年度が終了年度となる1研究センター（幹細胞工学RC）については首席評価役と研究ユニットとの意見交換を実施した。

ライフサイエンス分野の研究は、国民の健康維持・増進への寄与を目的に、必要な基盤技術の確立、知的財産の確保やデータベースの構築、国内・国際標準化、医療や創薬に関連する技術の臨床展開などを推進し、順次、連携する企業にて実用化を図った。産業が抱える課題の解決、国民ニーズへの対応の観点から種々の成果を挙げた。

一方、社会導入が強く望まれる分野であることから、常に、実社会や関連産業への導入のシナリオの策定と実施が必要である。また、実用化の段階にある研究は、産業界や医療機関等との密接な連携のもとで、行政も含めて戦略的に推進することが不可欠である。国民や産業がイノベーションを認識できることが重要で、これを目標とした研究展開とアウトカムの創出を推進する必要がある。

既に「健康・医療戦略推進法」「医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律」「再生医療等の安全性の確保等に関する法律」が施行されている。迅速なイノベーション創出のためには、創薬支援ネットワーク、次世代ヘルスケア産業協議会、医療機器開発支援ネットワークなどを活用した行政・企業・医療機関などとの連携を踏まえた上で、各研究ユニットのミッションを達成することが重要である。また、将来において産業発展に寄与する人材育成も拡大する必要がある。

#### 健康工学R I

健康な生活の実現のためには、人体の健康の維持・増進に寄与する技術の開発が不可欠である。このために、新たなバイオ技術や材料・システム技術を開発して実用化を推進し、健康関連技術の確立と新たな健康関連産業の創出に貢献することを目指している。

企業や医療機関と連携した実用化の推進、地域活性化を目的とする四国6大学との包括協定に基づく研究の展開、ベンチャーの設立、国際標準化や知的基盤の構築などを推進した。社会ニーズをとらえた実用化の推進、標準化、地域連携など、必要な取り組みを広範に推進した点が評価できる。開発した生活習慣病の早期診断システムや高度難聴者用補聴器などは、企業と連携して実用化が進展し、マラリア診断技術では、アフリカにワクチンの臨床開発拠点を形成した。

一方、迅速な実用化が期待される技術分野であることから、研究成果の社会への供与や関連産業の育成につながるより具体的なシナリオを作成する必要がある。また、企業連携の拡大と人材育成のために、企業との積極的な人事交流も必要である。「遍路」を活用した生体機能の評価試験は、計画内容や想定される成果などに関して詳細な検討を必要とする。

今後は、健康（幸）に対する評価指標の確立と必要な技術開発が求められ、健康（幸）にかかわる産業基盤の変革につながる技術革新が期待される。製品化に近い課題は、市場性、産業的インパクト、競合優位性なども加味して検討する必要がある。推進すべき課題の重点化や優先順位付け、得られた研究成果の積極的なアピールも必要である。

### 生物プロセスR I

バイオプロセスによる高効率な物質生産を目指した基礎的・基盤的研究から実用化研究までに至る研究を行い、化石燃料代替物質、化成品原料、医薬化学品、有用タンパク質など、物質循環型社会の実現及び高品位な物質生産技術の開発を推進している。

食品の機能性評価、パーラー排水処理への適用、遺伝子組換え植物等による有用生物生産技術を活用した医薬品の開発などは高く評価できる。また、企業や大学などとの連携を図り、国際戦略総合特区を推進して北海道地域における産業支援や地域産業の活性化への取り組みがなされた。次世代アグリバイオテクノロジー研究拠点として研究成果は地域還元や人材教育につながっており、北海道に拠点を置く研究部門としての存在感が認められる。

一方、アウトカムとして食品へ展開を図る場合、安全に対する科学的な裏付けの明示も必要となる。また、外部機関や戦略課題間の連携、産業ニーズへの対応、コンソーシアムや技術研究組合を活用した実用化の展開などを、ロードマップにおいてより具体的に明示する必要がある。

微生物や動・植物の機能を活用した研究展開により、創薬や健康食品などの産業界へのイノベーション創出が期待されることから、今後は、現状の研究展開を拡大し、イノベーション機能の増強やハブ化を推進し、産業・国民社会・行政との連携強化、地域産業への貢献や関連する情報の集約・開示などの拡大を図る必要がある。

### バイオメディカルR I

生体異常のメカニズムや疾病の発症メカニズムを解明し、極微量を高感度で解析できる計測分析技術などの新技術を開発して創薬や医療への展開を図っている。

創薬や医療への寄与を目的に、生体分子の構造と機能の解析結果を活用して天然物ライブラリの構築や次世代抗体医薬の製造技術などの確立を推進し、企業や大学と連携して乳酸菌によるストレス性睡眠障害の改善などの実用化を展開した点が評価できる。また、日本とインドの連携プロジェクトにおける老化や抗がん作用のための創薬の取り組みや熱帯病治療のための創薬などで国際連携を推進している。

一方、医薬のシード化合物の探索に関しては、企業との連携と役割分担を明確化して推進することが必要であり、産総研では探索を研究の主体とし、その後の展開は企業への橋渡し研究にて実用化を図ることが適切である。

今後は、アウトカムの視点から、創薬、医療、食品、環境の各分野への展開の可能性を探り、産総研として推進すべき医薬分野と食品分野の比重、特に、医薬分野では基盤技術の開発と医薬シード探索の比重を十分に検討することが重要である。その上で対象とする医薬品や食品の厳選、企業や医療機関との連携強化を図る必要がある。栄養機能性表示に関しては健康機能の科学的な裏付けが必要である。

### ヒューマンライフテクノロジーR I

人間が自立して快適で安心な生活を送ることができるために必要な心身活動を分析し、必要な適応状態の評価技術や身体機能の回復支援技術などの開発、関連する生活製品や医療福祉機器の標準化を推進している。

高齢者特性データベースの公開や人間特性の解析結果の自動車産業への展開、高齢者や障害者に対するリハビリテーション効果の科学的分析など、高齢社会の課題解決に向けた積極的な取り組みは評価できる。モノピポット遠心血流ポンプ、動脈硬化を推定する血圧計、竹製の車いす、メンタルケアのためのロボットなどは製品化へ寄与し、また、高齢者や障害者に適した製品設計や生体安全性などの標準化は人間生活に直結する成果である。次世代の生体材料は医療機関との連携に基づいて臨床試験まで進展した。

一方、得られた研究の成果は、出口を検証しながら実社会に展開することが求められる。このため、実用化においては、実生活の場面へ適用して技術の評価する必要がある。人間の身体特性の評価法の確立とともに科学的な裏付けが不可欠である。高齢社会への対応に関しては、高齢者や障害者など、実際の利用者へのアウトリーチ活動を実施して、実用化研究に反映させる必要がある。

## 第4章

社会の高齢化に伴って独居老人や認知症患者が増大する。今後は、高齢社会が抱える課題の解決に向けた方向の展開を拡大する必要がある。高齢者や障害者の身体的及び心理的な特性を解析して、利用する製品や住環境の最適設計、疾病に対する軽負荷治療や最適な予後改善などの検討は、高齢社会における課題解決に対して非常に有益である。また、イノベーションとレギュレーションの展開は、関連産業の育成と安全安心な社会への貢献が想定されることから、検討の継続が必要である。

### 創薬分子プロファイリングRC

スクリーニングによるヒット化合物の探索とリード化合物の上市の間に死の谷として存在する化合物プロファイリングの非効率性・曖昧性の解決に特化して取り組み、産学官が一体となった創薬の実現を目指している。

現在の創薬産業が抱える課題を分析した上で目標設定がなされ、化合物ターゲットの決定、リード化合物の作用機序の解明や副作用メカニズムの解析、効率的な創薬のための技術基盤や解析プラットフォームの提供などは特筆すべき成果として評価できる。アウトカムに向けたロードマップとマイルストーンは適切に設定されている。ドロップ薬の再開発や上市薬のリポジショニングの効率化は有益である。また、創薬に関する技術者養成コースを実施するなど産業人材の育成にも積極的である。

一方、迅速なイノベーション推進のためにはセンター内に専門職の設置も考えられ、また、得られた成果を広く社会に周知するための広報活動の強化を検討する必要がある。

研究計画に示されるドロップ薬、リード化合物の設計、作用機序や副作用予測などは有益であり、継続した推進が必要である。開発技術の事業化の展開に対しては、ベンチャーの設立に加え、既存のサービス提供企業等に技術移転することも一案である。産学官が一体となった創薬支援を目的とする創薬・技術開発パイプラインへの深い関与、ITとバイオの融合を基盤とした創薬に関わる世界的な開発拠点になることが期待される。



### 4-2-3 情報通信・エレクトロニクス分野

情報通信・エレクトロニクス分野では、新しいデバイス機能とIT（情報技術）の有効活用による省エネルギー化を目的に、グリーンITと革新デバイスに関する技術開発を進めるとともに、安全やサービスへの応用による健全な社会の発展に貢献することを目的に、ディペンダブルITシステム及び情報化サービスに関する技術の開発を進めている。

今年度は、5研究部門（知能システムR I、情報技術R I、ナノエレクトロニクスR I、電子光技術R I、セキュアシステムR I）及び3研究センター（ネットワークフォトニクスRC、サービス工学RC、フレキシブルエレクトロニクスRC）の研究ユニット評価を実施した。また、2研究センター（デジタルヒューマン工学RC、ナノスピントロニクスRC）については評価委員意見交換を実施した。

情報通信関連では、生活支援ロボットの国際安全規格の制定、高機能アクセス制御暗号をコア技術とした秘匿データベース検索の化合物データベースやゲノム情報への適用、他者の追従を許さない音楽視聴支援サービスSongriumの開発と公開、世界的レベルにある大規模データを構造化する手法の確立と複数のサービス業への適用・実用化、テストベッドでの実運用に耐え得るダイナミック光パズネットワーク用各種光デバイスの開発と実用化、などの成果を挙げている。また、エレクトロニクス関連では、0.1Vの超低電圧動作を実証した超格子型相変化メモリ、導波路モードセンサー等を適用した血液検査、ウイルス検出、生体モニタリング技術の実用化、全印刷方式のフレキシブルTFTの試作と高速応答の確認、などの成果を挙げている。

一方、ロボット技術では、現場のニーズや開発された技術の汎用性などに対する対応、次世代クラウド技術や地理空間・衛星画像情報利用技術などでは、利用を促進するためのアピールや民間企業との連携、サービス工学に関わる現場での実装では、導入される技術に関する丁寧な説明が求められる。また、光通信デバイス関連の開発では、通信キャリア（電気通信事業者）やアプリケーションサプライヤなどとの議論、光インターコネクションの開発では産総研内外との一層の連携が必要である。

今後は、ユニークな特徴をより前面に出す工夫を行うとともに、産業界との連携による実用化研究、社会実装研究などを目標とした研究開発を推進していくことが望まれる。また、応用システムの開発のための組織作りや企業との連携の方策、ビジネスモデルを考慮した目標を設定することも「橋渡し」のためには必要である。さらに、産業化を主導するため、外部からマーケティングの実務経験者を招へいしてアドバイザー等として活用することも期待される。

#### 知能システムR I

「出口を見据えた基礎研究の推進」を基本運営方針とし、社会的な要請と技術的シーズの両方の視点からシナリオを設定して研究開発を進めている。

生活支援ロボットの安全の確立では、生活支援ロボットの国際安全規格の制定に主導的役割を果たし、ロボット安全基準ISO 13482の正式発行へ貢献したこと、生活支援ロボット安全検証センターを立ち上げ、既に2社に認証を発行できたことは高く評価できる。市街地移動システム技術における歩行者、特に高齢者や障害者が利用できるナビゲーションの研究開発は、我が国が世界をリードするチャンスのある分野であるとともに社会的な要求も高く評価できる。アクティブセンサーによる3次元マップ作成では、普及している比較的低価格のセンサーに歪補正などを加え、高度な結果を得ていることは高く評価できる。ヒューマノイド基盤技術では、ヒューマノイドによる災害対応サービスに向けた要素技術開発に取り組んでいること、特に、福島原発内部調査のための高所調査用ロボットの開発を進めたことは社会的意義が大きく評価できる。

一方、サービスの省力化のためのロボット化技術では、現場のニーズに基づいた問題解決を図り、使いやすさ、コストなどユーザーの満足度などにも配慮した研究開発にも取り組むことが求められる。産業用ロボット知能化技術として研究開発を行っている全自動セル生産システムでは、現場のニーズや開発された技術の汎用性を明確にすることが必要である。今後は、基礎研究だけ

## 第4章

でなく、産業界との連携による実用化研究、社会実装研究などを目標として掲げ、研究開発を推進していくことが望まれる。

### 情報技術 R I

出口指向の研究開発を基本に、広く社会で用いられる情報インフラの高度化・効率化、及び全く新しいサービス領域の創出を目標にして研究開発を進めている。

ユーザー貢献増幅型ウェブコンテンツ活用技術の一つである音楽視聴支援サービス Songrium の開発、公開は他者の追従を許さない新たな技術展開として高く評価できる。スマートセンシング技術では、不具合検知システムを開発し、メガソーラーのメンテナンスサービス実現に向けて実証実験を実施したことが評価できる。大規模データ管理・解析技術の一環として開発した LOD (Linked Open Data) の問い合わせ検索に対してベストエフォート型問い合わせ処理を行うミドルウェア ADERIS-Hybrid は、新たな問い合わせ検索手法として高く評価できる。

一方、次世代クラウド技術であるクラウド間連携の研究では、利用を促進するためのアピールが必須であり、研究開発の成果をクラウドビジネスを展開している民間事業者に移転することが求められる。地理空間・衛星画像情報の高度利用技術のビジネス応用促進のためには、産総研が民間企業と連携して、いくつかの先行事例をつくることが重要である。今後は、激しい世界的競争環境の中にある IT 分野において、できるだけユニークな特徴をより前面に出す工夫が必要である。

### ナノエレクトロニクス R I

三次元化等の集積化技術の確立、ミニマルファブ、リコンフィギュラブル（再構成可能）デバイス等のプラットフォームの整備、及び新しいコンピューティングの実行に適したデバイス・回路に関する先駆的研究を目標として研究開発を進めている。

FinFET（フィン型電界効果トランジスタ）の特性を大幅に改善し、世界最高性能を実証している。特に、しきい値電圧のばらつき抑制は ULP (Ultra Low Power) 実現のキーテクノロジーであり、低消費電力化実現への寄与は非常に大きい。超格子型相変化メモリに関しては、0.1 V の超低電圧動作を実証するなど世界的にも優れた成果である。また、ミニマルファブの新規性・有用性は顕著であり、歩留まり 100% のトランジスタ製造の公開実証は実運用に向けた第一歩として高く評価できる。

一方、ナノ計測では、TCAD と計測を結びつけるだけでなく、これらの手法を利用して、新しいデバイスとして期待の高い磁気・スピンドバイス等を目標にすることが望まれる。今後は、「橋渡し」のために、応用システムの開発のための組織作りや企業との連携の方策を立て、ビジネスモデルを考慮した目標を設定する必要がある。

### 電子光技術 R I

情報通信、健康医療、省エネのイノベーションを柱に掲げ、企業連携による実用化を目的とした研究と、次世代のシーズ育成を目的とした基盤技術の高度化を並行して進めている。

光情報技術に関して、世界的に優位性をもつ多くの基盤的研究成果に加え、国プロジェクトにおいて公的研究機関が果たすべき先導性ととも共通のプラットフォーム整備における重要な役割を果たしていることが、高く評価できる。光応用技術に関して、導波路モードセンサー等を血液検査、ウイルス検出、生体モニタリング等に適用するとともに、実用に耐えるまでに完成度を高めたことは高く評価できる。新原理エレクトロニクスに関して、強誘電抵抗変化メモリは新規なアイデアであり、次世代不揮発性メモリの候補として将来有望な技術である。

一方、光インターコネクションの開発は産総研内外との連携が必要であり、将来展望を踏まえた計画と体制が望まれる。新原理エレクトロニクスはリスクの高い研究であるが、実現したときの社会的インパクトは大きいので、長期展望を持って進めるべきである。今後は、できる限り早く産業への橋渡しができるように、産業界との連携を密にすることが必要である。

### セキュアシステム R I

IT サービスセキュリティ、制御システムセキュリティ、LSI チップへの攻撃・偽造対策技術、安全なシステム開発技法、及び次世代暗号技術の研究開発を行っている。

制御システムセキュリティにおけるM2M(Machine to Machine)への取り組みと社会インフラの安全の寄与に向けた保有技術の展開は、日本の製造業の発展の観点から評価できる。世界的にも良いポジションにあるPUF(物理的複製不能関数)技術などの研究開発により、安全な暗号LSIチップ製造における日本の国際競争力を高めるとい方向性は評価できる。次世代暗号技術では、CRYPTO 2014など世界超一流の学術会議に多くの優れた研究成果を発表し、高機能アクセス制御暗号をコア技術とした秘匿データベース検索を化合物データベースやゲノム情報へ適用していることは評価できる。

一方、ITサービスにおいては、「安全であると分かる」ことの観点からの研究や啓蒙を強化するとともに、消費者の情報や権利を守る立場からの政策提言などの発信が望まれる。安全なシステムの開発技法に関しては、ソフトウェア開発技術のベンチマークの明確化、他の手法や技術に対する優位性などを明示することが必要である。今後は、IoT(Internet of Things)、IoE(Internet of Everything)、M2Mなどのインフラ間相互作用における新たなリスクの発見と解決、スマートフォンのセキュリティの抜本的対策に役立つ理論的基礎や実装のあり方、不正なアプリケーションやデバイスの発見技術などの進展が期待される。

### ネットワークフォトリソRC

ダイナミック光パスネットワーク技術の確立を目指して、ネットワークの構成要素であるダイナミックノード、光パスコンディショニング、光デバイス制御、光パスプロセッサに関する研究開発、及びフィールド実証を目的として、これらの構成要素に基づいたテストベッドの構築を行っている。

光パスコンディショニングの実現に不可欠なP-TDC(パラメトリック可変波長分散補償器)や波長変換器、波長制御技術、シリコンフォトニクス光スイッチや中間制御インターフェースなどの要素技術の着実な開発を進め、ダイナミック光パスネットワークテストベッドでの実運用に耐え得るデバイスの開発やODU(Optical Data Unit)クロスコネクタ、ROADM(Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer)の実用化を実現している。シリコンフォトニクス光スイッチでは、8×8スイッチのデモ装置組み込み用デバイスの実現と、それに続く32×32スイッチの進展は高く評価できる。32×32のサイズは世界トップレベルである。

一方、VICTORIES(光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点)プロジェクトの成果が社会実装に結実するように、通信キャリア(電気通信事業者)やアプリケーションサプライヤなどとの議論が必要である。今後は、既存ネットワークに対する優位性について、どのような種類の用途で光パスネットワークが最も威力を発揮するのか、具体的エビデンスに基づく予測を示すことが望まれる。

### サービス工学RC

介護・看護、防災、地域交通、救急医療などの公的サービスの効率化、サービス、製品使用価値の向上と従業員プロセスの効率化、製造業のサービス化、新サービス創出、及び既存サービスの革新的改善を目標として研究開発を行っている。

PDR(Pedestrian Dead-Reckoning: 歩行者推測航法)による行動計測データを用いて、QC(Quality Control)活動を実施し、改善効果を上げるとともに、顧客接点業務における生産性向上の方法論を見いだした点は高く評価できる。大規模データを構造化するための世界的にもレベルの高い手法を確立するとともに、複数のサービス業へ適用・実用化している点が非常に高く評価できる。避難訓練・交通流の円滑化等の社会シミュレーションに対し、マルチエージェントシミュレーションを応用した方法論とシミュレーション実験の枠組みを構築するとともに、現実問題への適用を開始している点は評価できる。

一方、看護、介護の仕事に従事している人たちの状況やニーズの把握、介護施設などの現場での実装では、導入される技術に関する丁寧な説明が求められる。都市空間における移動支援サービスでは、誰を対象に、誰が提供する、どのようなサービスを念頭においているのか明確にすることが必要である。今後、既存サービスの延長線上にない新たなサービス創造の方法論構築への展開が期待される。また、製造業・大企業・公的サービスへの取り組みには中小企業へのアプローチとは異なった工夫が必要である。

## 第4章

### フレキシブルエレクトロニクスRC

フレキシブルTFT（薄膜トランジスタ）を中心としたデバイス技術と、大面積高精細印刷技術を中心とした製造プロセス、デバイスの高機能化をもたらす革新的材料技術やその機構解析・評価などの基盤技術の開発を行い、それらの集約により融合技術の確立を目指している。

将来の市場の拡大を見込みながら、次世代入出力デバイスの目標を設定し、着実に成果を挙げている。技術研究組合と一体となって研究成果を産業化に結びつけるための体制が機能しており、特に、全印刷方式のフレキシブルTFTを試作し、高速応答を確認したことは特筆すべき成果である。高精細印刷技術については、新たなパターニング法により1  $\mu\text{m}$ 以下の線幅を実現するなどの成果を挙げ、高く評価される。材料評価技術についても、高水準の学術発信を行いつつ、デバイス応用に向けたマイルストーンを達成しており、高く評価される。

今後、産業化を世界的に主導するため、外部からマーケティングの実務経験者を招へいしてアドバイザー等として活用することなどにより、他の業界を巻き込んだ応用展開の可能性について検討し、企業への協業提案などを進めることが期待される。

#### 4-2-4 ナノテクノロジー・材料・製造分野

ナノテクノロジー・材料・製造分野では、第3期中期計画のうち、主にグリーン・イノベーションの推進のため、イノベーションの核となる材料・デバイス、産業の環境負荷低減技術、省エネルギーによる低炭素化技術、資源の確保と高度利用技術、再生可能エネルギーの導入拡大技術等の研究開発を行い、オープンイノベーションの推進に力を入れている。

今年度は、3研究部門（先進製造プロセスR I、サステナブルマテリアルR I、ナノシステムR I）及び1研究センター（ナノチューブ応用R C）の研究ユニット評価を実施した。また、今年度発足したグリーン磁性材料R Cでは開始時意見交換会を、1研究センター（集積マイクロシステムR C）については評価委員意見交換を実施した。

ナノテクノロジー・材料・製造分野では、単層CNT（カーボンナノチューブ）の製造コストを低減させる量産技術、セラミックスに関する独自技術を活用した革新的な材料製造プロセスなど、実用化に向けて優れた成果を挙げていることが高く評価された。一方で、多岐にわたる基盤的な材料開発においては、より出口を見据えた戦略的展開が必要であると指摘されており、今後は、社会的ニーズを踏まえた研究テーマの重点化とともに、研究ユニット間及び外部との連携を更に強化し、新たな価値を生み出すことで産業界に大きな影響を与えることが期待される。

##### 先進製造プロセスR I

製造産業におけるグリーン・イノベーションによる新規需要創出のため、省資源・省エネルギー型のオンリーワン部材技術と革新的システム設計・加工プロセス技術の開発を重点的に進めている。

セラミックスに関する独自の基盤技術を最大限に活用した革新的な材料製造プロセスを開発しており、集積型マイクロ燃料電池及び高性能次世代蓄電池に関して、企業との連携により実用化が大いに期待される。従来の製造プロセスを革新するステレオフィブリックプロセスなどは、世界的に見てもユニークな着眼点と成果である。微細パターン技術については、LIJ（レーザー援用インクジェット）法など高度の技術が積み上げられ、世界を牽引している。マイクロ波照射を利用したCFRTP（炭素繊維強化熱可塑性プラスチック）の新たな高速成形技術は、大型部品加工への展開によりCFRTPの利用拡大が期待できる。設計トータル支援システムを開発し、製品ライフサイクル管理などの事例に適用して有効性を実証したことも評価できる。

一方、産業界での環境問題への対応が早まってきている現状を考慮し、テーマに応じて研究を加速させる必要がある。今後は、より顧客価値の側に重きを置き、製造技術、材料技術及びシステムを更に融合して、新たな付加価値を生み出すことが望まれる。オンデマンドプロトタイプング技術については、独自のプロセスを明確化して、素形材系中小企業の底上げに役立つ展開を期待する。

##### サステナブルマテリアルR I

資源供給の不安定化への対策としてレアメタルなどの省使用・代替材料の開発を進めるとともに、省エネルギー社会の構築を目的として環境改善建築部材の開発と評価、及びマグネシウムなど軽量合金の特性・加工成形性向上の技術開発を行っている。

公共性という視点で掲げた3つの長期的テーマは製造業の基盤となる適切なものであり、特に、材料を低炭素社会と結びつけて早くから取り組んだこと、及びレアメタル等の金属資源の安定確保に対する国の施策によく対応したことが評価できる。成果として、高温で耐酸化性に優れた新たな超硬工具材料TiC-FeAlを開発したこと、ディーゼル車用排ガス触媒の白金の使用量を50%低減する技術を開発したことなどが高く評価できる。また、材料開発のポテンシャルを活かして磁性材料に関する研究センターを創出したことも高く評価できる。

一方、材料開発をサステナビリティに結びつけるためには、他の研究ユニットとの積極的な連携が必要であり、特にLCA（ライフサイクルアセスメント）などの評価手法研究との強い連携が

## 第4章

望まれる。レアメタルやマグネシウム等、状況の変化に応じて柔軟な対応を考える必要があり、今後は、産総研内外の強力なパートナーと組んで次の新たな展開を図り、各分野の大手企業まで巻き込んだ技術移転・成果導入の事例を増やし、産業界にインパクトを与えることを期待する。

### ナノシステムR I

ナノ材料の開発を進めるとともに、理論及び計算シミュレーション、計測技術に基づく機能予測、ナノ構造体形成プロセスの革新・最適化や劣化予測、ナノ安全・リスクの視点等をフルに活かした研究活動を展開している。

低コスト、低消費電力、高効率革新デバイスのアウトカム目標に向けてロードマップが描かれ、それぞれのマイルストーンがおおむね達成されており、派生技術からも極めて先端的なアウトプットが生まれてきているものと評価できる。特に、CNTの金属型・半導体型分離技術で量産化を意識した研究が進んでいることや、高分子を用いた熱電素子の研究では熱電変換性能の向上などの成果が認められる。ナノ粒子製造については、連続合成技術が確立され、成果の企業への移転も積極的になされ、実用に向け着実に進展しているものと認められる。

今後は、全体として出口を見据えた展開を図り、技術研究組合や他研究ユニットと連携を拡大することを期待する。そのため、研究部門のシーズと、社会・産業からのニーズのマッピングを行い、出口を見える化し、所内外で共有する必要がある。一方、研究員構成の変化の影響を受けないよう、重要な技術やノウハウは少なくとも複数の人で共有する必要がある。ナノリスク評価は公的機関が中心となって取り組むべき課題であり、産総研全体としてもっと強化する必要がある。

### ナノチューブ応用R C

新産業創生が期待されるナノ炭素材料として、これまで開発してきた単層CNTとグラフェンを中心に、それらに高機能性を付加する研究開発と用途開拓を進めている。

単層CNTのスーパーグロース法において製造コストを低減させる量産技術、直径制御技術、及び分散技術を開発し、多数の企業にサンプル提供し、ゴム複合材料やマイクロキャパシターなど多くの応用技術を開拓し、民間企業に生産ライン構築を決断させるまでの技術開発を行ったことは非常に高く評価できる。eDIPS法においても高品質の連続成長技術・作り分け技術を開発し技術移転するとともに、半導体金属分離技術を塗布型トランジスタに適用し、実用デバイス作製の可能性を示した点も高く評価できる。さらに、構造評価技術では透過型電子顕微鏡の高性能化を行い、低加速電圧で世界最高の空間分解能を実現し、学術的に世界をリードする成果も挙げており、非常に高く評価できる。

今後、CNTについては産業技術として根付くまで指導性を発揮する必要がある、立ち上げるべきキラーアプリケーションに注力して進めるとともに、技術の適用範囲を広げる努力が必要である。一方、グラフェンについては、他の合成法を凌駕する高品質グラフェン成長法とそれに適したデバイスの開拓が望まれる。

#### 4-2-5 計測・計量標準分野

計測・計量標準分野では、産業の基礎である計測の信頼性を担保する最高精度の国家標準を開発・維持・供給するとともに、技術イノベーションを支える先端的な計測・分析機器の研究開発、ものづくりと生産性向上に必要な計測技術の開発、及び知的基盤としてのデータベースの構築を実施している。このため、メートル条約及び国際法定計量機関を設立する条約のもと、我が国の計量標準供給システムの信頼性を世界最高レベルに位置付けるため、技術開発と供給維持を行うとともに、計測・分析技術に関する基礎研究から生産現場における課題解決型の技術開発に至る幅広い研究開発を、分野全体として系統的に進めている。

今年度は、2研究部門（計測標準R I、計測フロンティアR I）の研究ユニット評価を実施した。今年度が終了年度となる1研究センター（生産計測技術R C）については首席評価役と研究ユニットとの意見交換を実施した。

計測・計量標準分野では、国家計量標準の開発を的確に進め、標準供給範囲の拡張や測定精度向上を行うとともに、エネルギー利用や食品安全等に関連する校正技術や標準物質が加速的に開発された。時間や質量の単位の再定義に向けて、光格子時計等の次世代の標準開発でも世界的な成果が出ている。先端計測分析技術の開発においては、超伝導検出器や陽電子マイクロビーム等を利用した画期的な分析・解析装置が着々と開発されるとともに、サンプリングモアレ法や超小型X線源等の装置の効率化や小型化が行われ、現場で使える計測器が試用段階に達している。

一方で、各課題において担当する計量標準や計測・分析技術が進捗し、多くの応用の可能性を示しているが、戦略課題としてのまとまりが希薄であることや、高度な技術とニーズの接点にずれがあることが指摘されている。そのため、必要とされる時期、精度等の目標の明確化、イノベーション創出への寄与やアウトカムに至るシナリオを具体的に示すことが求められている。また、優れた標準技術や計測技術を展開するためには、潜在ユーザーの掘り起こしが必要であり、積極的な成果のアピールが求められている。

計測は、本質的に分野横断的な性格が強く、これまでも産総研内外の他の分野と連携しつつ研究開発を進めてきたが、今後は、環境変化に対応したニーズの先取りが必要であり、他機関との連携を一層進めることにより、新たな課題の把握に努めることが重要である。他分野のサポートに止まらず、技術、産業、社会の側面にも大きなインパクトを示していく必要があり、インフラ診断等で、外部連携につながる主導的な課題設定や体制作りが期待される。材料分野など、評価技術の国際標準化のメリットは大変大きいので、戦略的な取り組みが求められる。

##### 計測標準R I

計量トレーサビリティの源泉となる最高精度の国家標準を開発し、国内のユーザーに提供するとともに、技術イノベーションを支える先端的な計測機器とものづくりと生産性向上のための計測技術の開発、及び知的基盤としてのデータベースの構築を担っている。

国家計量標準の開発・設定・供給を的確に進めるとともに、標準供給範囲の拡張や精度向上を行った。エネルギー利用関連では、キャパシタ、高圧力、高圧ガス流量等の標準が加速的に開発された。生活環境関連では、水道法改正へ迅速に対応し、標準物質供給と技術的サポートができている。次世代標準では、秒やキログラムの再定義に向けて、光格子時計、アボガドロ定数等で世界的にリードする成果が出ている。また、産業界と密接に連携を進め、ナノ粒子計測システムや計測用X線CTの開発など、標準開発と標準化を同時に進めている。

一方、担当する標準が縦割りになっており、戦略課題としての統合的な運営が希薄であるため、イノベーション創出への寄与やアウトカムに至るシナリオを具体的に示す必要がある。開発技術項目は、開発と撤退の時期の戦略を立て、必要とされる時期を逃さないようにする必要がある。また、優れた標準技術を展開するには、成果のアピールが望まれる。人員面、予算面の制約もあり、標準の開発、維持、供給に追われているが、計測技術を産業界の諸課題や他分野の研究開発に活かしていくことも期待される。

## 第4章

今後、計量標準整備の総括を行い、標準開発の選定基準を明確にし、長期的な視野を持って、全研究室が活性化して標準整備にあたる必要がある。また、校正事業者等の活用を進め、産総研として維持する標準の見直しも必要である。計量標準の成果普及を図る場合、産総研内外の他機関や工業会などとの連携拡大が望まれる。縁の下の力持ちにとどまらず、技術、産業、社会の側面にも大きなインパクトを示していく必要があり、所内連携、外部機関、大学、国際的連携につながる主導的な課題設定や体制作りが期待される。

### 計測フロンティアR I

基礎科学の成果として発見された物理化学現象等を活用して先端計測分析技術を開発し、これを分析技術として事業化可能なレベルまで仕上げる従来技術の質的転換を図る計測機器の開発を目指して、高性能プローブ技術、検出技術や可視化技術等の計測基盤技術の開発とそれらのシステム化を進めている。また、新たな需要を開拓し、日本の分析機器産業界に貢献することを目指して、計測・評価手法の標準化とデータベースの整備を進めるとともに、機器公開等により、従来の市販装置では不可能な高度な計測分析サービスの提供を進めている。

超伝導検出器等の画期的な分析・解析装置が着々と開発され、成果を挙げている。陽電子マイクロビームによる材料のクリープ破壊現象の究明は、技術応用の可能性を示した。サンプリングモアレ法や超小型X線源等の装置の効率化や小型化が行われ、現場で使える計測器が試用段階に達している。また、先端計測機器の実用性を高めて外部公開し、ユーザー支援件数を着実に伸ばしている。電気測定AFMで国際ラウンドロビンテストに駒を進めるなど、国際標準化に努力している。結晶構造や固体NMRの重要なデータベース構築が進んでいる。

一方、強み技術とその周辺要素技術を有していることは優れているが、スペック目標が明確でなく、技術とニーズの接点にずれがある。先端技術の出口の精度を上げるためには、連携先との情報交換や人材交流が不可欠であり、研究部門間の連携や外部機関との共同研究が期待される。インフラ診断は膨大な需要があり、成果普及により、潜在ユーザーに応用の可能性を与えることが大切である。機器公開は、どの程度の種類があれば社会・産業界のニーズに対応できるのか、公設試も含めて、全体像を示すことが必要である。

今後、環境変化に対応したニーズの先取りが必要であり、産総研内の情報交換、機器公開や企業との連携により、新たな課題の把握に努めることが重要である。この分野の産業競争力確保は産業基盤上重要であり、日本の技術力の底上げに期待も高い。日本の企業が世界的な製品を開発し、シェア維持を可能にするためには、装置メーカー等を引き込み、チームとして機能する体制作りが必要である。また、材料の優位性を示す土俵を提供するなど、評価技術の国際標準化のメリットは大変大きいので、海外との共同研究を増やし、戦略的な取り組みが求められる。



#### 4-2-6 地質分野

地質分野は「地質の調査」を担い、安全・安心で持続可能な社会の実現に向けて、日本及び周辺海域の地質学的研究を実施し、信頼性の高い地質情報の知的基盤整備を行っている。これらの知見を基盤として社会的課題の解決を目標とし、地震・火山等の地質災害の軽減に資する地質情報を提供するとともに、地圏環境の場と機能の利用・保全及び地圏に存在する天然資源の持続的かつ安定的な供給を実現するための研究開発を実施している。本分野では、3研究部門（地圏資源環境R I、地質情報R I、活断層・火山R I）が、深部地質環境研究コア、地質調査情報センター及び地質標本館と連携し、地質調査総合センター(GSJ)として研究活動を実施している。

今年度は、3研究部門（地圏資源環境R I、地質情報R I、活断層・火山R I）の研究ユニット評価を実施した。

地質分野では、陸域、海域、都市域・沿岸域の地質情報を知的基盤として整備し社会に公表している。地圏環境と資源に関しては、受託研究などにより国の政策に沿ったプロジェクトにおいて研究開発を実施している。地震・火山・長期地質変動のプロセス・予測手法の研究では、我が国の地震・火山の災害リスク軽減や原子力施設立地等の安全規制施策に貢献している。

一方、継続性の必要な知的基盤整備を担う「地質の調査」の特徴から、中期計画だけでなく、より長期的な計画も考慮してロードマップを設定することが求められる。また、地震・火山防災や地層処分に関する研究は、国民的関心が高いことから、より透明性を持って成果の公表を行う必要がある。

今後、ナショナルセンターとして日本の地質学・地球科学の底上げに貢献し、知的基盤の充実と新たな研究開発を進めることが望まれる。また、アジアを中心とした国際戦略を立て、共同研究や途上国への技術協力を継続することが期待される。人材育成については、技術継承を見据えた若手の育成、及び将来の年齢構成を考慮した採用計画が望まれる。

##### 地圏資源環境R I

地質分野における基盤的研究の成果を国の政策に活用し、社会生活の改善と向上を図り人類の持続可能な発展に貢献するため、地圏環境の場と機能の利用と保全及び地圏に存在する天然資源の持続的かつ安定的な供給の実現に向けた研究開発と知的基盤整備を行っている。

受託研究など国の政策に沿って、震災対応のための地下水汚染対策、表層メタンハイドレート、及びレアメタル等の金属鉱物資源に関する研究を実施している。震災復興支援研究では、セシウム迅速測定装置の実用化やセシウム濃度調査を実施したことが評価される。国内での広報やウェブ発信は積極的に行われており、広報委員会の体制も整っている。部門内の競争グラントなど、若手研究者の人材育成について研究ユニットの取り組みも成功している。

一方、産業界や社会にどのような情報や技術を提供していくのか、明確なシナリオを提示するとともに、国の方針に加えて研究機関として行うべき技術開発・学術研究を併せて示すことが求められる。また、データベース構築と統合化については、地図系データバンクや地質分野の構想に合わせて、開発を加速する必要がある。

今後、民間企業との連携を一層強化し、これまで以上のペースで共同開発技術を実用化することが望まれる。数多くのプロジェクトが並行して実施されていることから、基盤的な研究をベースにしたユニット戦略課題の相互連携を進めることが求められる。GSJの他研究ユニット等との連携を進めるとともに、再生可能エネルギー研究センターの地熱・地中熱の研究では、研究内容や人材などについて密接に連携し、成果創出に貢献することが期待される。

##### 地質情報R I

国土及び周辺海域の地質学的実態を明らかにし、陸域、海域、都市域・沿岸域の地質情報と多種多様な地球科学情報の統合化による知的基盤整備を行っている。それにより産業立地評価、自然災害軽減、資源の利活用と地球環境保全、地下空間利用などに役立つ科学的根拠と将来予測を

## 第4章

提示している。

陸域・海域の地質図や各種主題図の作成により国の知的基盤情報を体系的に整備し、シームレス地質図、地質図Navi等の情報発信システムの開発・改善を進めている。また、沖縄・東シナ海域の海洋調査、調査の完了した海域の海底地質図・表層堆積図の作成などの成果を挙げている。地質図の空白域である都市域及び沿岸域については、海域－沿岸域－陸域をつなぐシームレスな地質情報の整備を行っている。

一方、中期計画だけでなく、より長期的な計画も考慮してロードマップを設定する必要がある、それぞれの戦略課題の特質を考慮したシナリオ構築が求められる。また、海洋調査にかかる備船の確保、経費の問題に対して外部資金を活用するとともに、民間調査船も活用し、航海日数の確保と効率的な調査に取り組むことが求められる。

今後、地質図、地球物理図、地球化学図や他研究機関で作成されている主題図のデータを重ね合わせ、新たな研究分野の開拓や研究手法の開発により、これまで未着手・未解決であった課題に取り組むことが期待される。また、陸域及び海洋地質調査では理解が難しかった沿岸域の地質を明らかにし、日本国土のシームレス地質情報を整備することが期待される。

### 活断層・火山R I

地質の調査や観測に基づく地震・火山・長期地質変動のプロセス・予測手法の組織的な研究により、地質情報の整備と社会への提供を行い、災害リスクの軽減に貢献している。また、我が国の地震・火山の調査研究の施策、及び原子力施設の立地等の安全規制施策にも貢献している。

陸域の活断層の追加・補完調査及び沿岸海域での活断層調査を着実に遂行し、地震危険度評価の高度化を行っている。また、火山地質図、活火山データベースなどの成果に加え、火山噴火の先駆現象の把握に有効な噴煙観測手法の開発を進めている。公的な研究機関として地震調査研究推進本部、火山噴火予知連絡会に大きく貢献し、アジア太平洋地域大規模地震・火山噴火リスクマネジメント(G-ever)において国際的な主導力を発揮している。

一方、地震テクトニックマップは重要性が高いので、できるだけ早く各地域の地震発生ポテンシャル評価を行うことが求められる。また、活火山DB、カルデラ火山DBは社会的関心が高まっていることから、最優先で完成させることが求められる。地層処分に関する安全規制支援研究については国民的関心が高いことから、より透明性を持って成果の公表を行う必要がある。

本研究部門が優位にある地質学の研究手法を活かすことが望まれる。また、地質調査に基づいた防災・減災研究の戦略を立て、地元やメディアと協業した一層の普及教育活動が期待される。大学や民間企業における地質野外実習のレベル低下を考慮し、連携大学院を通じた人材育成支援や企業技術者への研修システムの導入が期待される。

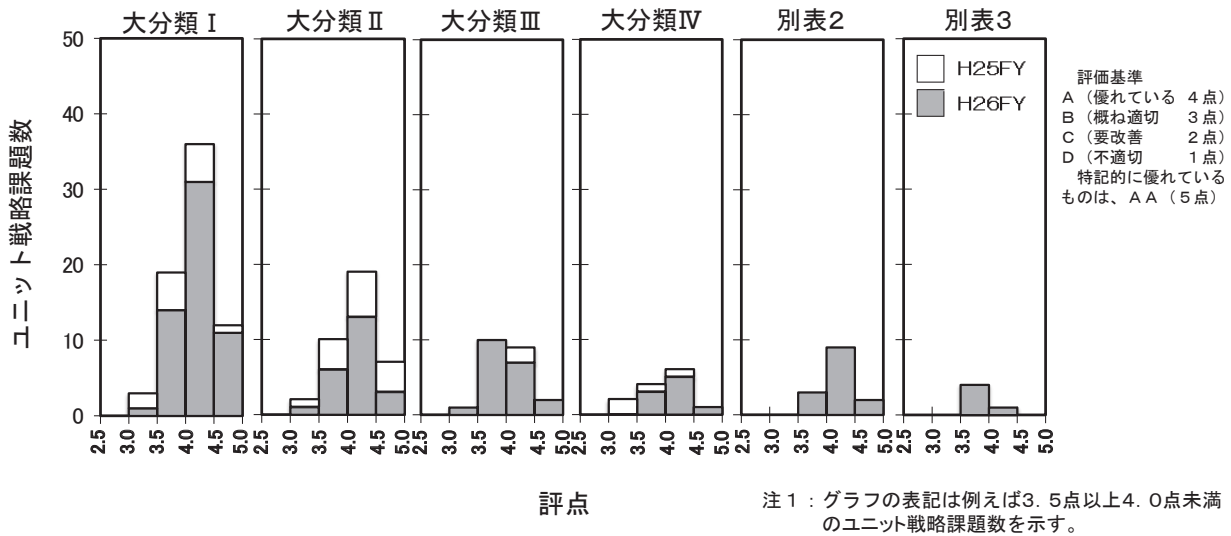


## 第4章

各ユニット戦略課題の評点をもとに、第3期中期計画項目の別表1の大分類、別表2及び別表3ごとの評点分布を示すと、図4-3-1のとおりである。ユニット戦略課題が複数の大分類等に跨がる場合には、いずれかの大分類等に分類した。

前述のように、平成25年度及び平成26年度の評価では、研究ユニット評価委員会を開催したいずれの研究ユニットでも評点を付している。この2年間の評価結果を合わせたものは、第3期中期計画の項目をほぼ網羅している。

この2年間を合わせた結果では、各大分類等における評点分布は、「大分類Ⅰ」、「大分類Ⅱ」、「大分類Ⅳ」及び別表2が4.0～4.5の頻度が最も高く、「大分類Ⅲ」及び別表3では3.5～4.0の頻度が最も高くなっている。



別表1：鉱工業の科学技術

- Ⅰ：グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進
- Ⅱ：ライフ・イノベーションを実現するための研究開発の推進
- Ⅲ：他国の追従を許さない先端的技術開発の推進
- Ⅳ：イノベーションの実現を支える計測技術の開発、評価基盤の整備

別表2：地質の調査（地質情報の整備による産業技術基盤、社会安全基盤の確保）

別表3：計量の標準（計量標準の設定・供給による産業技術基盤、社会安全基盤の確保）

注1：グラフの表記は例えば3.5点以上4.0点未満のユニット戦略課題数を示す。

注2：複数の大分類に跨がるユニット戦略課題は、いずれかに分類した。

図4-3-1 ユニット戦略課題評点の第3期中期計画の大分類等ごとの分布

#### 4-4 中期計画の大分類等ごとの主な評価結果

本節では、第3期中期計画項目の別表1の大分類ごと、別表2及び別表3について、今年度の評価結果の主な内容を示す。

##### (1) 「I グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進」

今年度の評価対象には、「再生可能エネルギーの導入拡大技術の開発」、「省エネルギーによる低炭素化技術の開発」、「資源の確保と高度利用技術の開発」、「グリーン・イノベーションの核となる材料、デバイスの開発」、「産業の環境負荷低減技術の開発」及び「持続発展可能な社会に向けたエネルギー評価技術、安全性評価及び管理技術並びに環境計測及び評価技術の開発」がある。これらの大項目のうち、該当する中項目における主な評価結果は次の通りである。

「太陽光発電の効率、信頼性の向上技術」では、太陽電池モジュールの封止材から生成する物質による劣化機構を特定し、太陽電池の発電コスト低減に不可欠な耐久性・信頼性確保に貢献したことが高く評価されている。化合物系薄膜太陽電池では世界最高水準の効率を得るとともに、革新的太陽電池として独自の機械的接合技術を開発したことも注目されている。

また、「多様な再生可能エネルギーの有効利用技術」では、バイオ燃料開発、エンジン燃焼の高度化、排ガス浄化技術等の研究を取りまとめて、技術研究組合の研究につなげたことが評価されている。

また、「高効率なエネルギーマネジメントシステム」では、時系列データ解析技術を用いて、天候変動や物体の影に影響されない不具合検知システムを開発し、メガソーラー向けメンテナンスサービス実現のための実証実験を実施したことは評価できる。

「運輸システムの省エネルギー技術」では、次世代自動車の普及のカギとなる蓄電池について、固体表面構造解析等によりリチウム過剰系正極材料の評価技術を深化させたことが高く評価されている。

また、「住宅、ビル、工場の省エネルギー技術」では、固体高分子形燃料電池で最大の課題となっていた起動／停止サイクルにおける高耐久化の達成や、固体酸化物形燃料電池の劣化機構の解明による家庭用装置の市販・コスト低減への貢献が高く評価されている。ヒートポンプ給湯器の群制御による系統安定化や、住宅のパワーコンディショナーの協調制御で配電系統の電圧上昇抑制を示した意義も大きい。蛍光灯におけるナノシリカの規則配置による光束改善や埋め込む蛍光体粒子の性状によって発光波長を制御することなどは革新的成果である。

また、「情報通信の省エネルギー技術」では、光パズネットワークの消費電力抑制の可能性を多角的に理論検証するとともに、光パズネットワークのデモ実証実験システムの構築を進めたことは高く評価できる。また、新構造及び擬似直接遷移化によるTFET（トンネルFET）の高電流駆動力達成とソース接合レストンネル構造によるTFET特性ばらつき低減は世界最高水準のアウトプットであり、高く評価できる。さらに、超格子型相変化メモリに関しては0.1Vの超低電圧動作を実証するなど、大きな進展が見られ、世界的にも優れた成果である。

「バイオマスの利用拡大」では、グリセリンの製造・利用で量産方法を確立したことが高く評価されている。バイオ界面活性剤の製品化やバイオマス炭素含有率評価方法等の国際標準化も他機関と差別化できる大きな成果である。

また、「化石資源の開発技術と高度利用技術」では、民間単独では困難な低温ガス化に取り組み、60%の高効率で合成ガス又は水素の製造を可能にしたことが評価されている。メタンハイドレートの第1回海洋産出試験において2万 m<sup>3</sup>/日の生産レートを得、減圧法の有効性と生産シミュレーターの実用性を確認したことも評価されている。関連技術の二酸化炭素回収・貯留、蓄冷熱媒体等への応用も今後の一層の進展と実用化が期待されている。

## 第4章

また、「資源の有効利用技術及び代替技術」では、分離精製技術や精密反応技術で従来にない回収効率を実現するとともに、SUREコンソーシアムを設立したこと、ディーゼル車用排ガス触媒の白金の使用量を50%低減する技術を開発したことなどが高く評価されている。

「ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材」では、マイクロ波照射を利用したCFRTP（炭素繊維強化熱可塑性プラスチック）の高速成形技術、ナノ粒子を用いたCs回収・除染技術開発などが高く評価されている。

また、「ナノチューブ、炭素系材料の量産化技術と応用」では、スーパーグロース法において製造コストを低減させる量産技術、直径制御技術及び分散技術を開発し、多くの応用技術を開拓し、民間企業に技術移転を行ったことが高く評価されている。

また、「ナノエレクトロニクスのオープンイノベーションの推進」では、超格子型相変化メモリに関して、超低電圧動作を実証するなど大きな進展が見られ、世界的にも優れた成果であると高く評価されている。

「製造技術の低コスト化、高効率化、低環境負荷の推進」では、炭素繊維強化複合材料のレーザー加工で、技術研究組合と連携して自動車製造工程に適用可能な数値目標（タクトタイム1分）をクリアしたことが高く評価されている。全印刷法によるフレキシブルデバイスの高度な製造技術を開発し、トップデータのみでなく信頼性など実用上の重要項目を押さえて推進していること、集積型マイクロ燃料電池及び高性能次世代蓄電池に関して高度の実績を有し、企業との連携により実用化が大いに期待されることなどが高く評価されている。ミニマルファブの基幹装置群の開発が終了し、展示会場で歩留まり100%のトランジスタ製造を行うなど完成度の高さを実証したことは実運用に向けた第一歩として高く評価できる。

また、「グリーンサステナブルケミストリーの推進」では、実発酵液から一段で高濃度ブタノール液を回収可能とする疎水性分離膜、砂からの有機ケイ素原料製造につながる短工程でのテトラアルコキシシランの合成、ニトロキシドポリマーの合成など過酸化水素によるエポキシ化技術、二次電池、有機EL素材などの高機能材料につながるヘテロ元素化合物の合成、固定化触媒による環状カーボネート合成、などが高く評価されている。さらに、個々の企業では対応が難しい、先進材料の劣化解析評価法を考案し、有機太陽電池や有機EL素子に適用したことも大いに評価されている。

また、「バイオプロセス活用による高効率な高品質物質の生産技術」では完全密閉型植物工場を活用して植物の遺伝子組換え技術と医薬原材料生産のための植物生産技術を融合させて遺伝子組換え植物体を原薬とする動物薬を開発し、医薬品として世界初の承認及び製品化に成功しているなどの成果を挙げている。地域連携、地域貢献も実現しており高く評価できる。GMP（品質管理基準）や製品の製造販売承認の取得などは、成功前例として関連する産業へ展開が期待される。一方、未知・未培養微生物に対する分離培養技術の開発、極限環境微生物由来の新規有用遺伝子資源の探索、微生物間相互作用の機構解明などが推進された。新規微生物を対象とした基礎研究や昆虫等との共生細菌の研究において、学術的に特筆される成果を挙げている。また、南極微生物による低温脂肪分解処理への可能性を見いだした。遺伝子資源の探索、共生細菌の機能解明は、産業展開を図る際の基盤技術として期待できる。

また、「環境負荷低減技術、修復技術」では、人工有機フッ素化合物（PFOS類）関連技術で、日本の化学物質管理の適切さを世界に主張したことが高く評価されている。

「革新的なエネルギーシステムの分析、評価」では、我が国やアジアのエネルギー問題を分析・評価し、低炭素社会の実現に向けたシナリオ、コベネフィット効果、水素エネルギー導入、太陽光発電の電力最適配分制御等を示した。システム全体の最適化に役立つと評価されている。

また、「持続発展可能な社会と産業システムの分析」では、開発した統合影響評価手法(LIME)及びインベントリデータベース(IDEA)の開発は他の手法と比較して優位性が顕著であり、東アジアで標準となる可能性があることが評価された。

また、「先端科学技術のイノベーションを支える安全性評価手法」では、ナノ材料の簡易自主

安全管理技術や効率的な有害性評価技術を開発した。特に二酸化チタン( $\text{TiO}_2$ )を材料とした同等性判断基準の暫定案はナノ粒子のスクリーニング手法として有望と評価されている。ナノ粒子の安全評価用試料を所内外に提供したことも国の研究機関として評価される。

また、「産業保安のための安全性評価技術、安全管理技術」では、ハード・ソフトの両面からの水素エネルギーキャリアのリスク評価が評価されている。

また、「化学物質の最適管理手法の確立」では、物質代替に伴うリスク評価から社会ニーズのより大きいリスク評価に向けて着実に研究を進め、暴露解析モデル・ツールについては行政機関や企業等での実務利用が進んでいることが評価されている。

また、「環境の計測技術、生体及び環境の評価技術」では、各種のセンサー技術による環境診断システムや社会実装を目指した「水」プロジェクトは高く評価されている。全球炭酸ガス収支の年々変動の推定や高精度標準ガスの供給は、国際貢献として高く評価されている。

## (2) 「Ⅱ ライフ・イノベーションを実現するための研究開発の推進」

今年度の評価対象には、「先進的、総合的な創薬技術、医療技術の開発」、「健康な生き方を実現する技術の開発」及び「生活安全のための技術開発」が含まれる。これらの大項目のうち、該当する中項目における主な評価結果は次の通りである。

「細胞操作及び生体材料に関する技術の応用による医療支援技術」では、人間工学及び医療技術の領域における標準化研究の推進、関連する基準やガイドラインの作成を推進した。高齢者・障害者のための製品や映像の生体安全性に関する国内・国際標準化は国民生活に直結し、開発ガイドラインは医療機器の円滑な開発と薬事申請に寄与する。先端研究の成果を背景とし、関連する工業会や大学などと連携した標準化の推進やガイドラインの策定は実践的で、公的研究機関としてなすべき役割である。

また、「生体分子の機能分析及び解析に関する技術」では、従来の創薬研究において課題となっていた薬剤候補化合物の標的タンパク質の決定や作用メカニズム解明などに対して、タンパク質等の変動量解析により、抗がん剤やがん細胞などのプロファイリングを行い、抗がん剤耐性の機構解析、副作用予測、予後診断、抗がん剤の選択などへの活用を図った。企業ニーズを踏まえた先端基盤施設を運用し、超高感度質量分析及び双腕ロボットを駆使した実践的な分子プロファイリングの展開が評価された。一方、創薬における開発課題である低分子とタンパク質相互作用の解析技術に対して、ヒト・インビトロプロテオームやタンパク質アレイ化技術などの研究開発を推進した。細胞内低分子とタンパク質の相互作用に起因して発生する蛍光の可視化技術や3次元構造を維持した活性ヒトタンパク質のアレイ化、自己抗体プロファイリングなどの研究開発、歯髄細胞の細胞初期化因子の発見などが評価された。

また、「情報処理と生物解析の連携による創薬支援技術や診断技術」では、タンパク質と化合物の相互作用のNMR分析技術と作用・副作用評価などの理論分子設計などとの融合計算手法の開発を推進した。分子シミュレーション用プログラム群とNMR分析により得られた結果を組み合わせ合わせた複合体構造の高精度予測は、創薬における新たな展開として期待される。また、ヒット化合物の分子改変を行い、リード化合物に導いたことは創薬に向けた新たな手法を提供するものとして評価された。

「生体情報に基づく健康状態の評価技術」では、身体内部あるいは環境に存在する健康阻害因子を高精度に計測・評価し、健康への影響を効果的に低減するための技術開発を推進した。細胞チップを用いたマラリア診断デバイス開発はアフリカにて臨床研究が展開された。WHO（世界保健機関）と連携した実証試験は実用化・国際展開の視点から有益であり、開発機器の海外展開の布石につながる。一方、健康状態や未病状態を科学的に評価することを目的とする糖尿病リスクマーカー群、唾液ストレス計測デバイス、脳疾患関連バイオマーカー等の基盤技術の確立と企業連携による実用化が推進された。生活習慣病やストレスに対する新たな評価法として健康診断や疾病の早期診断に寄与する。

## 第4章

また、「健康の回復と健康生活を実現する技術」では、第3世代生体材料の開発と臨床応用を目指し、対象とする疾患を明確にした上で着実に研究開発が進められた。実用化を目的として、開発中の創外骨折固定ピンの臨床試験への展開やバイオリズドポンプにおける血小板接着抑制の解明と抗血栓性などが進展した。コンビネーション製品に対するガイドラインの策定は、医用生体材料に関連する産業に活用できる。患者環境を踏まえた技術開発や標準化の推進は、現状における課題の克服や開発技術の社会導入の迅速化につながる。一方、加齢や障害によって身体的機能が欠損・低下しても充実した日常生活を送ることができるための機能回復や関連技術の開発を推進した。嚥下音による嚥下機能評価や咀嚼音による食感向上の研究は社会ニーズへの対応として有益である。また、脳損傷動物モデルの研究はオリジナリティが高く、薬剤効果の検証のための動物実験を含む非臨床試験、及び医療機関との共同研究に基づく臨床試験が実施され、実用化に向けて進展した。

「ITによる生活安全技術」では、高機能アクセス制御暗号をコア技術とした秘匿データベース検索の化合物データベースやゲノム情報への適用を進めていることは評価できる。また、導波モードセンサー技術を血液検査等に適用し、実用に耐えるまでに完成度を高めたことが高く評価されている。

また、「生活支援ロボットの安全の確立」では、生活支援ロボットの国際安全規格の制定に主導的役割を果たし、ロボット安全基準ISO 13482の正式発行へ貢献したこと、生活支援ロボット安全検証センターを立ち上げ、すでに2社に認証を発行できたことは高く評価できる。

### (3) 「Ⅲ 他国の追従を許さない先端的技術開発の推進」

今年度の評価対象には、「高度な情報通信社会を支えるデバイス、システム技術の開発」、「イノベーションの核となる材料とシステムの開発」及び「情報通信基盤を利用したサービス生産性の向上と新サービスの創出への貢献」がある。これらの大項目のうち、該当する中項目における主な評価結果は次の通りである。

「科学的手法に基づくサービス生産性の向上」では、大規模データを構造化するための世界的にもレベルの高い手法を確立するとともに、複数のサービス業へ適用・実用化している点が非常に高く評価できる。

また、「高度情報サービスプラットフォームの構築」では、LOD(Linked Open Data)の問い合わせ検索に対して、与えられた時間内で検索結果を返すベストエフォート型問い合わせ処理を行うミドルウェアADERIS-Hybridを開発し実証した。本方式は新たな問い合わせ検索手法として高く評価できる。

また、「技術融合による新サービスの創出」では、ユーザー貢献増幅型ウェブコンテンツ活用技術の一つである音楽視聴支援サービスSongriumの開発、公開は他者の追従を許さない新たな技術展開として高く評価できる。Songrium以外の多数のサービスを実現し、いずれも完成度が高く、技術コミュニティと一般大衆の双方から高い評価を得ている。

また、「情報基盤における安全性や信頼性の確立」では、産総研が開発したサイドチャネル攻撃（暗号処理装置から秘密情報の取得を試みる攻撃手法）や対故障攻撃に対する評価ボードSASEBOは世界中の暗号技術者で使われており、その評価は高く、国際的な試験・評価・認証制度へ貢献している。また、PUF（物理的複製不能関数）技術についても重要性の高いテーマであり、世界的にも良いポジションにある。

### (4) 「Ⅳ イノベーションの実現を支える計測技術の開発、評価基盤の整備」

今年度の評価対象には、「技術革新、生産性向上及び産業の安全基盤の確立のための計測基盤技術」、「知的基盤としてのデータベースの構築と活用」及び「基準認証技術の開発と標準化」が



ある。これらの大項目のうち、該当する中項目における主な評価結果は次の通りである。

「産業や社会に発展をもたらす先端計測技術、解析技術及び評価基盤技術」では、超伝導検出器などの長期的な課題に取り組み、画期的な計測、分析・解析装置が着々と開発されつつある。サンプリングモアレ法や超小型X線源などの装置の効率化、小型化を行い、現場で使える計測器が試用段階に達している。一方、具体的かつ定量的な進捗の説明が必要である。今後、この分野の産業競争力確保は産業基盤上重要であり、日本の技術力の底上げに期待も高い。成果の産業展開に向けた体制作りが望まれる。

また、「先端計測技術及び分析機器の開発」では、従来技術を超えたX線結晶構造解析結果を示し、特筆すべき被引用数を得た。陽電子マイクロビームによる材料のクリープ破壊現象の究明は、応用の可能性を示した。低加速電圧で世界最高性能の空間分解能という高性能透過型電子顕微鏡を開発し、材料科学においてトップクラスの学術的成果を多数挙げている。また、企業への技術移転により直流電圧標準の世界で初めての製品化を進めたことや先端計測機器の実用性を高めて外部公開し、他の研究をサポートしていることなどが高く評価されている。一方、実用化における位置付けが明確ではない。今後、成長機構や欠陥生成機構の解明など、材料開発に結び付く成果が望まれる。

「標準化を支援するデータベース」では、結晶構造や固体NMRのデータ数を着実に増やしており、国際的にも規模・内容の上で重要なデータベース構築ができていくことなどが評価されている。有機化合物スペクトルデータベースは貴重な社会的資産となっている。一方、種々の有用なデータベースがあるにもかかわらず、その存在が十分に知られていないため、PR活動に力を入れ、利用促進を図る必要がある。今後、利用しやすいデータを集積し、科学・技術の発展に供することが望まれる。

「適合性評価技術」では、国際競争力を高める知財整備と関連付けたISO、IEC取得の努力が見られる。電気測定AFMのISO提案に向け、国際ラウンドロビンテストに駒を進めるなど、国際的にも産業的にもきわめて貴重な仕事を着実に進めていることが評価されている。一方、個別に、背景、進捗状況、インパクトなどの説明が必要である。今後、評価技術の国際標準化のメリットは大変大きいので、海外との共同研究を増やし、戦略的な取り組みが求められる。

#### (5) 「別表2 地質の調査（地質情報の整備による産業技術基盤、社会安全基盤の確保）」

今年度の評価対象には、「国土及び周辺域の地質基盤情報の整備と利用拡大」、「地圏の環境と資源に係る評価技術の開発」、「地質災害の将来予測と評価技術の開発」、「地質情報の提供、普及」及び「国際研究協力の強化、推進」がある。これらの大項目のうち、該当する中項目における主な評価結果は次の通りである。

「陸域・海域の地質調査及び地球科学基本図の高精度化」では、20万分の1シームレス地質図について膨大な情報区分やデータの構造化・階層化を平成26年度末までに完了したことが評価された。沖縄・東シナ海海域の海洋調査、及び調査済み海域の海底地質図・表層堆積図の作成に関する成果が高く評価された。

また、「衛星画像情報及び地質情報の統合化と利用拡大」では、地質図Navi等の情報発信システムの開発・改善を進め、地形情報の高速配信の仕組みを独自開発するなど、使い勝手の向上等に積極的に対応したことが高く評価された。

「地圏の環境の保全と利用のための評価技術の開発」では、土壤汚染評価システム(GERAS)がリスク評価手法として国内の自治体や工場及び海外で活用され、土壤汚染対策の低コスト化に寄与したことが高く評価された。中期計画外で追加した震災復興支援研究について、セシウム迅速測定装置の実用化やセシウム濃度調査を実施したことが高く評価された。地層処分にかかわる

## 第4章

評価技術では、沿岸域において電磁探査とボーリングデータを用いて地下水流動を解明したことが高く評価された。

また、「地圏の資源のポテンシャル評価」では、南アフリカにおいて有望なレアアース鉱床を発見し、希土類、非金属の資源の安定供給のため、調査から開発まで一貫して研究開発に取り組んだことが高く評価された。

また、「放射性廃棄物処分の安全規制のための地質環境評価技術の開発」では、自然現象のデータベース化、不確実性を低減するための評価手法の適用性の検討、深部流体・熱水活動の定量化評価手法などの成果が評価された。

「活断層調査、地震観測等による地震予測の高精度化」では、陸域の活断層の追加・補完調査及び沿岸海域における活断層調査を着実に遂行し、地震危険度評価の高度化につなげたことが評価された。津波堆積物調査により過去数千年間における最大クラスの津波の規模を明らかにしたことが高く評価された。東海―東南海―南海地震の発生予測のため、高精度の地下水等総合観測を実施し、深部すべりや前兆すべりを検出したことが高く評価された。

また、「火山噴火推移予測の高精度化」では、火山地質図、活火山データベースなどの成果に加え、火山噴火の先駆現象の把握に有効な噴煙観測手法を開発したことが評価された。

「緊急地質調査、研究の実施」では、2014年御嶽山噴火の緊急調査において、気象庁との連携や独法研究機関、大学、地質コンサルタントとの協力関係のもと合同調査を行い、降灰分布を公表したことが評価された。

「国際研究協力の強化、推進」では、東南アジアを主としてアジア・オセアニア地域での共同研究を積極的に進め、人材育成や技術協力を活発に行なったことが評価された。アジア中心の太平洋地域の地震・火山防災に関するアジア太平洋地域大規模地震・火山噴火リスクマネジメント(G-ever)において、国際的な主導力を発揮したことが評価された。

### (6) 「別表3 計量の標準（計量標準の設定・供給による産業技術基盤、社会安全基盤の確保）」

今年度の評価対象には、「新たな国家計量標準の整備」、「国家計量標準の高度化」、「法定計量業務の実施と関連する工業標準化の推進」、「国際計量標準への貢献」及び「計量の教習と人材の育成」がある。これらの大項目のうち、該当する中項目における主な評価結果は次の通りである。

「グリーン・イノベーションの実現を支える計量標準の整備」では、再生可能エネルギー利用や資源再利用の観点から、キャパシタ、気体流量、高圧力、高圧ガス流量等の標準が加速的に開発され、多くの成果を挙げるとともに、標準の国際同等性を確保するために国際比較も行っていることが評価されている。LEDに関してはJIS試験事業者認定制度(JNLA)の試験も開始され、円滑な発展が期待される。一方、開発した技術の現場での使われ方やその効果が見えにくい。今後、現場での使用を意識した展開や評価手法を国際標準にする戦略的な活動が期待される。

また、「ライフ・イノベーションの実現を支える計量標準の整備」では、食品安全、環境関連、臨床試験関連の標準物質が重点的に開発されるなど、標準の策定や検討が適切に推進されている。また、水道法改正へ迅速に対応し、事前に技術的側面からの助言、サポートができていることなどが評価されている。一方、経産省、厚労省、農水省などが進める計量標準をまとめて評価し、今後の参考にする必要がある。今後、健康、医療、食品、インフラ、生活就労環境などで広範な計量標準、工業標準が必要となるため、所内外の関連部署との連携拡大を図る必要がある。

また、「産業の国際展開を支える計量標準の整備」では、電磁波、ナノテク、ロボットなどの主要課題を設け、ニーズに応える先端的な標準供給がタイムリーかつ着実に実施されている。課題であった電磁波標準がほぼ抜けのない形で整備され、電磁波規制への対応も的確に行っていることなどが評価されている。一方、早期に対応すべき課題と優先度及び各国の現状を整理しておくことが必要である。今後、産業育成のために、関連する所内外機関との連携拡大が望まれる。

「国家計量標準の維持、供給」と「国家計量標準の高度化、合理化」では、計量標準の範囲が拡大され、技術マニュアル等も数多く整備されてきた。企業連携、技術移転、成果公表も積極的に行われ、モジュール型電気標準器や定量核磁気共鳴（定量NMR）などの開発は標準の利用に大きな改革をもたらすと評価されている。一方、標準の量の拡大に伴い、資源投入の選択プロセスを明確にする必要がある。今後は、想定アウトカムを様々な業界に開示するなど、産業界との連携強化や、更なる改革、開発が期待される。

「法定計量業務の実施と法定計量政策の支援」と「適合性評価技術の開発と工業標準化への取組」では、予算の制約がある中で、型式認証等の業務を着実にやっている。品質管理システムの確立、技術基準のJIS化やソフトウェア対応も進めている。工業標準化、国際規格への対応も十分になされ、ISO/TC8会議幹事国の引き受けや、コンビーナの増加などが評価されている。一方、設備老朽化、ソフトウェア増大への対応や日本が有利に立つISOへの提案など、迅速な技術開発と予算確保が必要である。今後、経産省と連携しつつ、法定計量の改革に積極的な役割が期待される。

「次世代計量標準の開発」では、光格子時計、アボガドロ定数等、長期に取り組んでいる課題が着実に前進しており、世界的にリードする成果が出ている。秒の再定義や質量の単位の量子的定義に向けて期待が大きい。一方、再定義の必要性と国際的な存在感や貢献の明確化が必要である。今後、大学等との連携により高度な研究を数多く行うとともに、開発は長期にわたるため、重点化した取り組みが不可欠である。

## 第4章

### 4-5 主な成果例

本節では、平成26年度の評価結果等における主な成果について、第3期中期計画項目の別表1の大分類、別表2及び別表3に区分して示す。

#### (1) 「I グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進」

ユニット戦略課題名 ～テーマ名～	概 要	研究ユニット名 中期計画項目番号 評点
モジュール信頼性技術 ～太陽電池モジュールの劣化機構解明と抑制技術の開発～	結晶シリコン太陽電池の封止材であるエチレン酢酸ビニル共重合樹脂から生じる酢酸が電極部分を腐食させるなどの劣化機構を特定し、コンソーシアム企業とともに開発した新規部材で30年の寿命を実現した。発電コスト低減に直結する長寿命化は、我が国の太陽電池の国際競争力強化に大きく貢献する。	太陽光発電工学 R C I-1-(1)-② 4.5
薄膜太陽電池の高性能化技術 ～化合物薄膜太陽電池の開発～	CIGS（銅、インジウム、ガリウム、セレン）系太陽電池で世界最高水準の変換効率20.6%（小面積）を得た。接合界面近傍の化合物組成が性能に大きく影響することを明らかにするとともに、希少金属を安価な亜鉛、スズ等で置き換えた薄膜太陽電池でも高効率を達成した。	太陽光発電工学 R C I-1-(1)-③ 4.0
高エネルギー密度蓄電デバイスの研究 ～ポストリチウムイオン蓄電池材料の開発～	現行系のリチウム電池研究にとどまらず、ポストリチウムイオン蓄電池系の正極、負極、電解質、それぞれの新材料技術にも果敢にチャレンジし、従来にない初期性能を確認するなど、当該分野の先鋭研究をリードしている。	ユビキタスエネルギー R I I-2-(1)-① 4.3
高効率エネルギーマネジメントシステム技術に関する研究 ～負荷制御を用いた系統安定化技術～	地域で使用される電気温水器に周波数制御を適用することで、風力発電連系可能量を3倍にできることを数値解析で示すとともに、戸建住宅のヒートポンプ式給湯機を用いて実証した。供給側にも需要家側にも大きな負担を掛けずに、風力や太陽光発電の導入量拡大に貢献する技術である。	エネルギー技術 R I I-2-(2)-① 4.0
住宅用エネルギーシステム技術に関する研究 ～熱電気統合型エネルギーネットワーク技術～	各住宅の制御装置が連携して住宅群全体の最適化を図る分散制御システムを提案した。天気予報等に基づくエネルギー需給予測、住宅間の温水融通、充放電に伴う蓄電池の劣化等も考慮した最適運用モデルを構築しており、省エネルギー地域社会の実現が期待される。	エネルギー技術 R I I-1-(3)-① I-2-(2)-① 4.0
スマートセンシング技術 ～メガソーラー用クラウド型不具合検知システムの開発～	クラウドによるモニタリングデータ収集・蓄積により、太陽光パネル単位で不具合を自動検出するシステムを開発し、商用メガソーラーにおいて長期モニタリング試験を実施している。	情報技術 R I I-1-(3)-① I-2-(2)-① 4.2
固体高分子形燃料電池の研究 ～固体高分子形燃料電池の低コスト化と高耐久化～	家庭用固体高分子形燃料電池コジェネレーションシステムのより一層の普及のために、酸化物担体の研究に取り組み、最大の課題となっていた起動／停止サイクルにおける高耐久化を達成した。合金化や担持プロセスの改善と併せ、質量活性10倍向上にも成功し、産業界の要請に柔軟に対応して低白金化に道筋をつけた。	ユビキタスエネルギー R I I-2-(2)-② 4.0

省エネルギー型家電部材の開発 ～蛍光体中のレアアースの低減～	蛍光シリカの開発で、ナノシリカの規則配置による光束改善や、埋め込むBCNO(Boron Carbon OxyNitride)蛍光体粒子の性状によって発光波長を制御できることの実証など、多くの革新的成果を得た。	ユビキタスエネルギーR I I-2-(2)-④ 4. 2
シリコンデバイスの研究開発 ～シリコンデバイスの更なる微細化と低消費電力化～	新機能、新原理シリコンナノデバイスの実現、及び集積回路化による更なる低消費電力化へと研究を展開している。特にフィン型電界効果トランジスタ(FinFET)の特性を大幅に改善し、世界最高性能を実証している。	ナノエレクトロニクスR I I-2-(3)-① I-4-(3)-① Ⅲ-1-(3)-① 4. 1
フレキシブルデバイスの研究開発 ～高速応答フレキシブルTFT～	高性能フレキシブル表示デバイスの開発に向け、全印刷方式のフレキシブル薄膜トランジスタ(TFT)を試作し、動作周波数1 MHzでの高速応答を実現した。これは世界最高速での動作であり、全印刷フレキシブル電子ペーパーなどへの展開が期待される。	フレキシブルエレクトロニクスRC I-2-(3)-② 4. 2
光情報技術 ～光インターコネクションのための基盤技術～	3次元光回路を実現するため、アモルファスシリコン光導波路を開発し、世界最高の低損失0.6 dB/cmを実現するとともに、多層光回路のための層間光信号伝送デバイスを開発し、信号伝送を実証するなど、世界的に優位性をもつ多くの成果を挙げた。	電子光技術R I I-4-(3)-② I-2-(3)-③ Ⅲ-1-(3)-② 4. 7
光拠点デモに向けた光デバイスおよび装置の開発 ～8×8シリコンフォトリソグラフィ光スイッチの開発～	シリコンフォトリソグラフィ技術を用いた量産可能な超小型回線交換器である8×8光スイッチを開発した。本スイッチは産総研内に構築された超低消費電力で巨大コンテンツの伝送が可能なダイナミック光パスネットワークに実装されている。	ネットワークフォトリソグラフィRC I-2-(3)-③ Ⅲ-1-(1)-③ 4. 3
再生可能資源を利用する材料・反応・プロセス技術 ～バイオ由来化学品の製造プロセス、量産技術、測定技術の開発～	プロピレンの製造では実証試験により目標を達成するとともに、グリセリンの製造・利用では量産方法を確立し、試料提供により用途開発を進めるなど大きな成果を挙げた。さらに、バイオサーファクタント(生物界面活性物質)の一大拠点となっており、企業との連携で製品化に到達するなど高い成果を挙げている。また、バイオマス炭素含有率評価方法等の国際標準化を達成した。	環境化学技術R I I-3-(1)-① 4. 2
遺伝子組換え植物・微生物等による有用物質生産技術の開発研究 ～遺伝子組換え植物を用いた医薬品原材料等の生産基盤の構築～	植物の遺伝子組換え技術と医薬原材料生産技術を融合させて、遺伝子組換え植物体を原薬とする医薬品としては世界初である動物医薬を開発した。GMP(品質管理基準)と製造販売承認の取得、動物用医薬品としての製品化は、関連産業に対する成功前例となる。	生物プロセスR I I-3-(1)-② I-3-(1)-③ I-5-(3)-① I-5-(3)-② I-5-(3)-③ 4. 7
バイオプロセス基盤技術を支える新規微生物・動物・植物の探索技術の開発 ～新規微生物等の探索技術開発と創薬等への展開～	微生物・動物・植物に対する新たな探索・培養技術を開発した。ホソヘリカメムシの腸内細菌のポリエステル顆粒の蓄積機能からバイオプラスチック原料へ、また、ミカンキジラミの細胞内共成細菌が産生する細胞毒の害虫防除への活用等、創薬や環境調和型製品への展開が期待される。	生物プロセスR I I-3-(1)-② I-5-(3)-① 4. 6
メタンハイドレート資源生産技術の開発 ～海洋産出試験に関する技術開発～	メタンハイドレートに関する高度生産手法、地層特性評価技術及び生産性予測技術の開発に取り組み、第1回海洋産出試験において発生した出砂の原因究明のため、シミュレーターを用いて掘削時における地層の挙動を解析した。	メタンハイドレートRC I-3-(2)-① 4. 3

第4章

<p>ガスハイドレート機能活用技術の開発 ～ガス分離・精製技術の開発～</p>	<p>セミクラスレートを利用するガス分離技術と熱媒体の開発について良好な研究開発成果を挙げている。知見・ノウハウ等の民間への波及及び民間の活力・発想等の受入を積極的に実施している。CO<sub>2</sub> 隔離、硫化水素分離、ヒートポンプ、及び蓄冷熱媒体への利用についても貢献度が大きく、今後の一層の進展と実用化が期待される。</p>	<p>メタンハイドレートRC I-3-(2)-① 4. 1</p>
<p>リサイクル技術の開発 ～レアメタル等金属・化成品の有効利用・リサイクル・代替技術の開発～</p>	<p>粒子選別、分離精製、精密反応技術で従来にない回収効率を実現するなどの着目すべき成果を挙げた。世界初のタンタルコンデンサのリサイクルが商業ベースで実現するとともに、精錬プロセスのロジウムの抽出技術や、FRP（繊維強化プラスチック）製ガスボンベのプラスチック溶解技術が開発された。</p>	<p>環境管理技術RI I-3-(3)-② 4. 8</p>
<p>レアメタル等金属の省使用・代替材料の開発 ～ディーゼル酸化触媒の白金族使用量低減～</p>	<p>ディーゼル車用排ガス触媒用の白金-パラジウムのナノ粒子触媒を大量合成する技術として表面ポリオール還元法を開発し、従来の調整法に比べて白金-パラジウムの使用量を50%低減して同等の性能を有する触媒を製造することが可能になった。</p>	<p>サステナブルマテリアルRI I-3-(3)-② 4. 1</p>
<p>高付加価値ナノ粒子 ～ナノ粒子を用いた放射性セシウム回収～</p>	<p>原発事故に伴う放射性セシウム汚染物の減容技術として、土壌や焼却灰などを加熱酸洗浄し、洗浄液に溶出したセシウムをプルシアンブルーナノ粒子吸着剤によって回収する方法を開発し、60-90%以上の放射性セシウムを抽出・回収することに成功した。</p>	<p>ナノシステムRI I-4-(1)-② Ⅲ-2-(1)-② 4. 4</p>
<p>無機・有機ナノ材料の適材配置による多機能部材の開発 ～炭素繊維強化プラスチックの高速成形～</p>	<p>マイクロ波照射による炭素繊維強化熱可塑性プラスチックの高速成形に、新規フィラーや低熱伝導性のZrO<sub>2</sub>の型を利用することで、温度むらを低減して短時間で昇温・成形を実現した。大型部品への展開が可能となり、自動車部品等への利用拡大が期待できる。</p>	<p>先進製造プロセスRI I-4-(1)-③ Ⅲ-2-(1)-③ 4. 2</p>
<p>高予測性シミュレーション ～先端的な材料シミュレーション～</p>	<p>抵抗変化型ランダムアクセスメモリ、アモルファス金属、固体高分子形燃料電池、磁性材料、有機薄膜太陽電池など様々な材料・領域において計算シミュレーションの先端的な取り組みを行い、国家プロジェクトや外部との連携を有効に機能させている。また、非平衡伝導現象、電子励起ダイナミクス等、計算科学的な取り扱いが未知の領域に果敢に切り込んでいる。</p>	<p>ナノシステムRI I-4-(1)-⑤ Ⅲ-2-(1)-⑤ 4. 3</p>
<p>CNT・革新デバイス ～CNTの金属型・半導体型分離技術～</p>	<p>金属型と半導体型の単層CNTを分離する方法として、ゲルカラムクロマトグラフィーを用いた独自の高效率分離精製技術を開発し、純度95%、スループット10 g/日を達成した。この方法を用いて技術研究組合においてCNT大量分離に成功した。</p>	<p>ナノシステムRI I-4-(2)-① Ⅲ-2-(2)-① 4. 4</p>
<p>グラフェン系ナノ材料の研究開発 ～グラフェンの透明電導膜の実現～</p>	<p>グラフェンによる透明電導膜が実現したことにより、供給不安の大きいレアメタルであるインジウム資源への過度の依存を解消でき、ハイテク情報家電の分野における日本の国際的優位性の維持・発展が大きく期待される。</p>	<p>ナノチューブ応用RC I-4-(2)-① Ⅲ-2-(2)-① 4. 1</p>
<p>半導体設計・製造技術の研究開発 ～ミニマルファブの開発～</p>	<p>クリーンルームでない会場に設置したミニマル装置群だけを用いて、歩留まり100%のトランジスタ(p-MOSFET)製造の公開実証に成功し、半導体産業に非常に大きなインパクトを与えた。</p>	<p>ナノエレクトロニクスRI I-5-(1)-① 4. 1</p>

プリンタブルデバイス製造技術の開発研究 ～高精細印刷技術～	シリコーンゴム製のブランケットを介することで厚膜かつ高精細なパターンニングが可能なスクリーンオフセット印刷法を考案し、印刷装置を試作し、膜厚3 $\mu\text{m}$ で線幅10 $\mu\text{m}$ の厚膜配線の作製に成功した。企業へのライセンスにより、製品化に至った。	フレキシブルエレクトロニクス RC I-5-(1)-① 4. 6
多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術の開発 ～オンデマンド微細パターン技術～	高速オンデマンド微細パターン技術としてレーザー援用インクジェット法を独自に開発し、レーザー照射により基板密着性を向上させることで、PETフィルム上への描画も可能であることを実証した。さまざまな用途について企業への技術移転を行った。	先進製造プロセスRI I-5-(1)-① 4. 4
高性能セラミック部材と表面加工技術を用いた省エネルギー製造技術の開発 ～摩擦損失低減技術～	SiC/Cナノストライプ構造の耐久性を向上させ、すべり軸受において20%の摩擦損失の低減を達成した。コンロッド軸受など機械要素への展開が視野に入っており、多くの鉄系の機械部品に適用できることから、運用時のエネルギーの低減に大変有効である。	先進製造プロセスRI I-5-(1)-② 4. 3
資源生産性を考慮したエネルギー部材とモジュールの製造技術の開発 ～蓄電池用の新規負極材料～	高性能蓄電池のためのチタン酸化物負極材料を開発し、粉碎と熱処理による平易なプロセスを用いて粒径制御を行うことで、現行のリチウムチタン酸化物より40%の高容量化を実現した。次世代電気自動車用電池への利用が期待される。	先進製造プロセスRI I-5-(1)-③ 4. 5
産業の環境負荷低減を図るレーザー化学技術 ～レーザー加工の高速化、高品位化、微細化～	自動車製造工程に適用可能な速度(タクトタイム1分)での炭素繊維強化複合材料(CFRP)の高品位な切断加工を可能にし、企業に対して加工試験を開始するなど大きな成果を挙げた。また、独自の発想に基づくレーザー誘起背面湿式加工法により透明なガラス等の微細加工を実現し、大型基板用装置開発につなげた。化学系企業と連携して、太陽電池や半導体の加工実証に成功している。	環境化学技術RI I-5-(1)-④ 4. 3
製造分野における製品設計・概念設計支援技術の開発 ～設計トータル支援システム～	デザイン・ブレイン・マッピングに材料・製品特性統合分析などを組み合わせ、不具合情報の早期発見や新製品のアイデアの創出のための設計トータル支援システムを開発した。製品ライフサイクル管理などで有効性を実証しており、今後の展開が期待できる。	先進製造プロセスRI I-5-(1)-⑤ I-5-(1)-⑥ 4. 2
先端化学材料の評価技術 ～有機デバイスの高耐久化技術開発～	有機薄膜太陽電池の機能発現層が光酸化によって低分子量化する現象をスピントラップESR及びMALDI-TOFMSを用いて解析する劣化評価方法を開発し、高耐久化設計指針を提案した。我が国の化学産業の国際競争力を強化する基盤技術として高く評価される。	環境化学技術RI I-5-(2)-① 4. 4
ケイ素化学技術 ～シリカからアルコキシランを一段階で合成～	有機ケイ素材料(シリコーン)の原料であるテトラアルコキシシランをチタン系触媒を用いて、シリカから一段階で合成する手法を開発した。金属ケイ素を経由せずに砂から有機ケイ素材料を製造する省エネルギープロセスに展望を開いた。また、シリカ等の基本単位で、種々の材料合成に展開可能なSi(OH)の単離に世界で初めて成功した。	触媒化学融合RC I-5-(2)-① 4. 7

## 第4章

<p>革新的酸化技術 ～機能材料用難酸化化合物の高選択合成～</p>	<p>新たなタングステン系触媒を開発し、選択的酸化が困難な物質に対して、過酸化水素による高効率・低環境負荷の酸化技術を確立した。蓄電池のゲル状電極として用いられるニトロキシドポリマーではサンプル出荷に至っているほか、医薬品中間体等の合成を可能にした。</p>	<p>触媒化学融合 R C I-5-(2)-① 4. 5</p>
<p>官能基変換技術 ～生物由来原料の活用～</p>	<p>バイオマス原料を用いて、触媒反応によって官能基を変換することにより高機能部材を作製している。特にスギ木粉からのレブリン酸合成は、産業的にも意義がある。他にも、セルロースからの乳酸合成、ビニルリンの製造技術などは実験室レベルではほぼ完成して量産化の検討が始められる段階に来ている。</p>	<p>触媒化学融合 R C I-5-(2)-① 4. 5</p>
<p>触媒固定化技術 ～分子触媒を固定化して、機能性化学品を高効率・低環境負荷で製造～</p>	<p>様々な機能性化学品を高効率かつ低環境負荷で製造するための分子触媒の固定化・リサイクル技術の開発に取り組んだ。リチウムイオン電池の電解液などとして有用な化合物である環状カーボネート合成において、新規反応を見だし、企業との共同研究を開始するなど大きな進展があった。</p>	<p>触媒化学融合 R C I-5-(2)-① 4. 2</p>
<p>化学プロセスの省エネ化を可能とする分離技術 ～化学プロセスのための新規分子ふるい分離膜の開発～</p>	<p>高いブタノール選択透過性を有する疎水性のシリカライト膜を開発し、1%程度のバイオブタノール発酵液から一段で80%の濃縮を可能にした。既存分離膜と比べて、精製に要するエネルギーを半減でき、バイオ燃料の活用に道を開いた。</p>	<p>環境化学技術 R I I-5-(2)-② 4. 3</p>
<p>細胞機能計測・操作技術の開発 ～バイオマーカーの開発～</p>	<p>有用タンパク質の構造機能・物性解析、酸化ストレス応答を解明し、バイオマーカー用新型抗体、高感度検出技術を開発した。分子イメージングへの展開など、高精度マーカーとして実用化を推進した。また量子ドットを用いた計測技術を開発した。</p>	<p>健康工学 R I I-5-(3)-② I-3-(1)-③ II-1-(2)-① 4. 2</p>
<p>新規社会システムのライフサイクル評価手法の研究 ～影響評価手法開発及び資源フローデータベースの構築～</p>	<p>統合影響評価手法LIME及びインベントリデータベースIDEAの開発は他の手法と比較して様々な特徴と優位性が顕著であり、東アジアでは標準となる可能性を有している。IDEAマトリックスにより、製品個々の資源消費の予測が可能になった。バイオマスを始めとしてフィールドでの検証ステージまで完了しており、研究成果は持続可能性指標のひとつに採用された。</p>	<p>安全科学 R I I-6-(2)-① I-6-(2)-② 4. 2</p>
<p>新規技術体系のリスク評価・管理手法の研究 ～ナノ材料の評価システム構築～</p>	<p>ナノ材料の簡易自主管理安全管理技術及びナノ材料の効率的な有害性評価技術を開発し、事業者や行政側でも利用可能な評価システムを構築した。特に二酸化チタンを材料とした同等性判断基準の暫定案はナノ粒子のスクリーニング手法として有望である。</p>	<p>安全科学 R I I-6-(3) 4. 4</p>
<p>フィジカルハザード評価と産業保安に関する研究 ～燃焼・爆発の評価・管理技術等の開発～</p>	<p>爆発安全研究では唯一の公的機関として燃焼・爆発及び関連する現象の評価・管理技術等の開発を行い、これまでの知見を活かした花火の開発など、評価研究にとどまらない成果も挙げた。</p>	<p>安全科学 R I I-6-(4)-① 4. 5</p>
<p>リスクトレードオフ評価・管理手法の研究 ～環境経路のリスク評価手法の確立～</p>	<p>リスクトレードオフ評価・管理手法の開発という目標に対して、物質代替に伴うリスク評価から社会ニーズのより大きいリスク評価に向けて着実に研究を進めている。特に、暴露解析モデル・ツールについては行政機関や企業等における実務利用が進んでいる。</p>	<p>安全科学 R I I-6-(5)-① I-3-(3)-① 4. 2</p>



環境診断技術の開発 ～最先端の環境計測・解析 技術を開発して標準化～	自分達が保有する技術の優位性・特徴を把握してマイルストーンを設定しながら研究を進めている。特に、内外の研究機関と協力して、揮発性有機化合物測定用の水晶振動子センサを開発するなどして、事業化・標準化を推進し、社会に用いられる水質検査手法を開発していることは高く評価できる。	環境管理技術 R I I-6-(6)-① I-6-(3) 4. 1
--	---	---

## (2) 「Ⅱ ライフ・イノベーションを実現するための研究開発の推進」

ユニット戦略課題名 ～テーマ名～	概 要	研究ユニット名 中期計画項目番号 評点
組織・細胞の機能の再生・ 代替技術の開発 ～再生医療の早期実用化 ～	骨代謝疾患患者への遺伝子改変幹細胞治療の基盤技術を確立した。さらに動物実験によって、移植後の幹細胞の生育を促進する組織再生因子探索を行った。	健康工学R I Ⅱ-1-(1)-① Ⅱ-2-(3)-③ 4. 2
安全で負担の少ない医療 機器技術、医療高度化の支 援技術の開発 ～第三世代生体材料の開 発～	免疫賦活物質を表面に担持した体内植え込み材料である創外骨折固定ピンの開発が臨床研究へと進展し、また、医療機関と連携して当該生体材料を含む薬剤と医療機器のコンビネーション製品に対するガイドラインを策定した。開発前例として産業への波及が期待される。	ヒューマンライ フテクノロジー R I Ⅱ-1-(1)-② Ⅱ-2-(3)-① 4. 3
人間生活製品、福祉、医療 機器技術の標準化研究 ～国内・国際標準化とガイ ドラインの策定～	高齢者や障害者に対するQOLの向上、診断治療などの医療新技術の迅速な臨床展開、関連する産業の発展へ寄与を目的に、高齢者や障害者にも使いやすい製品および生活環境の国際標準化、立体映像の生体の安全性に関する国際標準化、また、医療機器の開発と薬事申請の迅速化のためのガイドラインと関連する評価試験法を策定した。	ヒューマンライ フテクノロジー R I Ⅱ-1-(1)-③ Ⅱ-2-(1)-② Ⅳ-3-(1)-③ Ⅱ-2-(3)-② 4. 1
バイオマーカーの機能解 析・同定とその検知デザ イス技術開発 ～健康状態を科学的に評 価するためのバイオマー カーの開発～	健康状態を早期に評価するためのマルチマーカー計測システムを装置化し、医療機関にて検証実験を進めた。酸化ストレスによる肉体疲労の評価や糖尿病の早期診断への適用、健康状態や未病状態の科学的評価への活用が期待される。	健康工学R I Ⅱ-1-(2)-① Ⅱ-2-(2)-① 4. 3
定量プロテオミクスの高 度化と自動化 ～プロテオミクスの定量 化、高感度化、自動化～	従来の創薬研究において課題となっていた薬剤候補化合物の標的タンパク質の決定や作用メカニズム解明を目的に、ヒト型ロボットによる自動化と高感度化、バイオITとNMR計測の融合による化合物ターゲット・パスウェイの決定、及びプロテオミクスの定量化を成し遂げた。抗がん剤の機序や副作用の予測、術後予後診断等への活用が期待される。	創薬分子プロフ ァイリングRC Ⅱ-1-(2)-① Ⅱ-1-(2)-② Ⅱ-1-(2)-③ 4. 6
生体メカニズムの解明と その制御物質の探索 ～天然物由来生理活性物 質による疾患の予防・改善 ～	乳酸菌によるストレス性睡眠障害改善効果を発見して商品化した。また、インドとの国際共同研究体制を構築して、薬草の抗腫瘍効果に関連する有効成分の分析と標的分子の同定が展開された。天然物由来生理活性物質の研究成果は、生体リズム障害や関連する高血圧、血栓症、がん等の生活習慣病に対する臨床適用が期待される。	バイオメディカ ルR I Ⅱ-1-(2)-② Ⅱ-1-(2)-③ Ⅱ-2-(2)-① 4. 0
タンパク質アレイによる 創薬支援 ～タンパク質アレイ化技 術の開発～	創薬における開発課題であった低分子-タンパク質相互作用の解析技術に対して、不溶化タグ技術や特異的蛍光シグナルを発生させる可視化技術を開発し、世界最大となる2万種類のタンパク質アレイ化を成し遂げた。これらは、創薬の効率化への寄与が	創薬分子プロフ ァイリングRC Ⅱ-1-(2)-② 4. 3

## 第4章

	期待される。	
計測と理論計算の融合による分子設計 ～複合体構造の高精度予測～	タンパク質化合物の複合体の分子動力学シミュレーションによる薬物活性の推定誤差を2.5 kcal/molから1.2 kcal/molへ精度向上が可能になる技術を開発した。また、酵母における重水素化とメチル基安定同位体標識の両立に世界で初めて成功した。分子シミュレーションとNMR分析による複合体構造の高精度予測は、リード化合物の導出につながる創薬における新たな展開である。	創薬分子プロファイリングRC II-1-(3)-① 4.4
数理システム解析と情報統合による知的基盤構築 ～バイオとITの融合による薬剤開発～	薬が効かない細胞を効く細胞にする薬効リプログラミングを提案し、公開されている薬剤応答データベースと連携した自動連携解析システムを開発した。本システムにより、悪性前立腺がんをリプログラミングする薬剤を発見し、医薬品の新たな可能性を示した。また、産総研ならではのバイオとITの融合による薬剤候補を絞り込む数理情報解析プラットフォームの構築、データ標準化技術を利用した所内外データベース連携システムの構築を進めた。これらは創薬開発の効率化に寄与する。	創薬分子プロファイリングRC II-1-(3)-② II-1-(3)-③ 4.0
ヒト生理機能解析技術の開発 ～非侵襲脳活動の高精度化可視化技術～	非侵襲脳機能・生理機能計測技術を基盤に、高次脳機能障害の高度診断技術と聴覚機能障害の補償技術、高臨場感・快適環境の設計技術及び日常健康モニタ技術を開発した。	健康工学RI II-2-(1)-① 4.2
健康リスク計測・評価とリスクモニタリング技術の開発 ～感染症に対する迅速・高精度検出技術の開発～	身体内部あるいは環境に存在する健康阻害因子に対する高精度計測技術の開発を推進した。特に、感染症の迅速・高感度検出技術の実用化が企業連携によって推進された。細胞チップを用いたマラリア診断デバイスは迅速な検出において世界のトップレベルにあり、ウガンダ共和国にて臨床研究を展開した。	健康工学RI II-2-(2)-② 4.5
生活自立支援のための身体機能回復技術の開発 ～運動ニューロリハビリ技術の開発～	脳機能計測技術や脳損傷動物実験などの成果を基盤とした運動ニューロリハビリ技術の実用化を推進した。障害や加齢によって生体機能が欠損・低下した高齢者や障害者の自立促進を目的とし、脳神経系機能の回復状態を科学的に評価して効果的な回復訓練を実施することを特徴とする。	ヒューマンライフテクノロジー RI II-2-(3)-② II-2-(3)-③ 4.4
光応用技術 ～V溝バイオセンサーによるインフルエンザセンシング～	表面プラズモン共鳴励起蛍光増強バイオセンサーとして、V字断面マイクロ流路を用いることで高効率化と装置の小型化を実現し、インフルエンザウイルスの高感度検出に成功した。簡便で高感度な感染症診断や環境中ウイルス検出への利用が期待される。	電子光技術RI II-3-(1)-① 4.3
生活支援・生活安全技術 ～異常検出技術の研究開発～	産総研が開発した高次局所自己相関特徴抽出法(HLAC)／立体高次局所自己相関特徴抽出法(CHLAC)に基づくパターン認識手法を用いて、病理標本を「がん」と認識する確率を94%に高めた。また、この技術を拡張し、特徴抽出に基づいた多変量解析技術により水中微生物計数への応用を実現している。	情報技術RI II-3-(1)-② 4.0
次世代暗号技術 ～秘匿データベース検索技術の開発～	高機能アクセス制御暗号をコア技術として、検索内容を秘匿にしたまま検索可能な秘匿データベース検索技術を開発した。創薬用化合物データベース、究極の個人情報であるゲノム情報などへの適用が進められている。	セキュアシステムRI II-3-(1)-④ 4.6

生活支援ロボットの安全の確立 ～ロボット安全基準ISO 13482の正式発行～	パーソナルロボットの国際安全規格ISO 13482の正式発行を実現した。産総研を中心としたNEDO生活支援ロボット実用化プロジェクトメンバーが草案を提出し、議論をリードするなど主導的役割を果たした。	知能システム R I II-3-(2)-① II-3-(2)-② IV-3-(1)-④ IV-3-(1)-⑤ 4. 4
--	---	---

## (3) 「Ⅲ 他国の追従を許さない先端的技術開発の推進」

ユニット戦略課題名 ～テーマ名～	概 要	研究ユニット名 中期計画項目番号 評点
新原理エレクトロニクス ～強誘電抵抗変化メモリの原理実証～	強誘電体の分極の向きに依存して電気抵抗が変化するキャパシタ型の強誘電抵抗変化メモリ素子を開発し、10万回の書き換え特性を実証した。省電力性と高密度化の両方の利点を有し、次世代不揮発性メモリの候補として将来有望な技術である。	電子光技術 R I Ⅲ-1-(1)-① 4. 4
有機エレクトロニクス材料の評価基盤技術の研究 ～高い印刷適合性をもつ有機エレクトロニクス材料の開発～	ベンゾチエノベンゾチオフェン(BTBT)分子誘導体の系統的な開発と性能評価により、高い移動度と熱安定性をもつ単結晶薄膜をインクジェット印刷で実現した。また、イミダゾール化合物とブレードコートとの組合せにより分極配向した有機強誘電体の印刷製膜にも成功しており、プリンタブル有機デバイスの高機能化への応用が期待される。	フレキシブルエレクトロニクス R C Ⅲ-1-(1)-② 4. 1
カーボンナノチューブの実用化・産業化・標準化のための研究開発 ～スーパーグロース法～	産総研独自のスーパーグロース法を基にした単層カーボンナノチューブ(CNT)量産実証設備を企業との共同研究事業として運営し、多数の企業への研究試料の提供を行うとともに、技術移転先企業において量産プラントの導入が決定している。	ナノチューブ応用 R C I-4-(2)-① Ⅲ-2-(2)-① 4. 8
顧客・従業員の行動観察・提示技術 ～PDRを用いたサービスプロセス変更、現場従業員間共創～	ウェアラブルなPDR(Pedestrian Dead-Reckoning、歩行者推測航法)の実現や、蓄積した計測技術によるサービス業務分析支援基盤の開発を行った。また、PDRによる行動計測データを用いてQC(Quality Control)活動を実施し改善効果を上げるとともに、顧客接点業務における生産性向上のための方法論を見いだした。	サービス工学 R C Ⅲ-3-(1)-① 4. 0
大規模データのモデル化と活用技術に関する研究 ～顧客や商品のカテゴリ化技術の開発～	数千万人規模のビッグデータに対する顧客のモデル化に、PLSA(確率的潜在意味解析)を利用したカテゴリ抽出技術を適用し、その有用性を検証するなど、大規模データを構造化するための世界的にもレベルの高い手法を確立した。本手法を複数のサービス業に対して適用するとともに実用化を進めている。	サービス工学 R C Ⅲ-3-(1)-① 4. 4
大規模データ管理・解析技術 ～分散SPARQL問い合わせシステムの開発～	分散SPARQL(RDF問い合わせ言語)問い合わせシステムは、LODとオープンデータへのアプローチとして世界的にもリードできる位置にある。また、LODの問い合わせ検索に対して、与えられた時間内で検索結果を返すベストエフォート型問い合わせ処理を行うミドルウェアADERIS-Hybridを開発・実証するとともに、機械学習記述の簡単化、データ量に対するスケーラビリティを実現したミドルウェアHivemallを開発・公開している。	情報技術 R I Ⅲ-3-(2)-② 4. 1

## 第4章

コンテンツサービス創出・利活用技術 ～音楽視聴支援サービス「Songrium」の開発～	音楽動画66万件の関係性を抽出し可視化する音楽視聴支援サービス「Songrium」を開発し、日本語・英語版を一般公開した。可視化機能により、曲調の似た曲など（派生作品）を容易に発見できるなど世界に類を見ない機能を有する。	情報技術R I Ⅲ-3-(4)-① 5. 0
地理空間・衛星画像情報の高度利用技術 ～地理空間・衛星画像情報の高度利用の実現～	大規模衛星画像アーカイブの構築、内閣府の衛星データ利用促進プラットフォーム構築への参加、熱源早期検知システムなど実際の衛星画像コンテンツを用いた応用サービスの実現を行うとともに、ランドサット衛星データの受信後1時間で、誰でも衛星データへアクセス可能にした。	情報技術R I Ⅲ-3-(4)-② 別表2-1-(3)-① Ⅳ-2-(2)-①(再) 4. 0
LSIチップへの攻撃・偽造対策技術 ～PUF（物理的複製不能関数）技術の開発～	LSI偽造対策として、LSIの特性ばらつきを識別符号（固有ID）とするPL（Pseudo-LFSR）PUF技術を開発した。本技術はRFIDタグ化によるLSI以外の偽造防止、暗号鍵管理技術への適用が進められている。	セキュアシステムR I Ⅲ-3-(5)-① Ⅳ-3-(1)-⑥ 4. 1

### (4) 「Ⅳ イノベーションの実現を支える計測技術の開発、評価基盤の整備」

ユニット戦略課題名 ～テーマ名～	概 要	研究ユニット名 中期計画項目番号 評点
グリーン・イノベーションのための計測技術開発 ～陽電子ビーム等を用いたマルチスケール複合分析法の開発～	世界トップの陽電子マイクロビームイメージング分析法を用いて、純鉄の引張試験における陽電子寿命分布の解析を行った。ひずみの増大に伴い、マクロ変形が生じる前にサブナノ空隙の成長が観測された。電子後方散乱等の計測手法と組み合わせて、金属材料の破壊・劣化メカニズムの解明が期待される。	計測フロンティアR I Ⅳ-1-(1)-② 4. 3
グリーン・イノベーションのための計測技術開発 ～新規超伝導体の精密結晶構造解析～	X線結晶構造解析において、従来技術を超えた最高レベルの解析を行った。計算化学を導入し、粉末多結晶材料でも、軽元素を含有する複雑な結晶構造の解析が可能になった。また、統計科学的評価法を導入し、劣化した単結晶でも、原子の占有率まで含めた結晶構造と化学組成の精密決定が可能になった。	計測フロンティアR I Ⅳ-1-(1)-② 4. 3
安全安心のための計測技術開発 ～サンプリングモアレ法による大型構造物の変形分布計測技術開発～	可視化計測技術を先取りしたサンプリングモアレ法は高い利用可能性を有している。カメラ撮影で支間長300 mを超えるたわみ分布を計測する全視野計測技術を開発した。橋の周期的なトラス構造を利用し、大型トラックの通過によるたわみ移動が観察された。橋梁の健全性診断への利用が期待される。	計測フロンティアR I Ⅳ-1-(1)-③ 4. 2
安全安心のための計測技術開発 ～インフラ診断のための超小型X線源～	超小型X線源の開発は、拡張・応用可能性において、特段に評価される。針葉樹型カーボンナノ構造体を利用した、ヒーター・フィラメント不要で、単三乾電池駆動の可搬型X線源を開発し、さらに、小型化（筐体厚70 mm以下、重量2.5 kg以下）と長寿命化を行い、狭い場所の非破壊検査を可能にした。	計測フロンティアR I Ⅳ-1-(1)-③ 4. 2
先端計測分析機器の公開	陽電子プローブ装置、超伝導検出X線吸収微細構造解析装置、可視近赤外過渡吸収分析装置等をシステム化し、外部に機器公開を行うことによって、市販装置では対応できない課題の解決を図った。鉄鋼材料の局所欠陥評価など、平成25年度は300件を超え	計測フロンティアR I Ⅳ-1-(2)-① 4. 3

	る所外への支援を行った。	
世界最高性能計測・分析技術の研究開発 ～透過型電子顕微鏡による単原子層物質の原子レベル観察～	低加速電圧で世界最高の空間分解能をもつ透過型電子顕微鏡を開発し、国内外の研究機関との共同研究により、単原子層構造物質の二硫化モリブデンにおける不純物原子の同定や、グラフェン成長過程の観察など、世界最先端の学術的成果を多数挙げた。	ナノチューブ応用 R C IV-1-(2)-② 4. 5
地球温暖化関連物質の環境挙動解明と二酸化炭素対策技術評価 ～産業活動の環境影響評価～	海洋へのCO <sub>2</sub> 吸収量の評価技術を高度化し、全球炭酸ガス収支の年々変動の推定に初めて成功した。また、従来の3倍の精度でSIトレーサブルな大気観測用CO <sub>2</sub> 標準ガスを作製し、国際貢献した。PM2. 5の国内外の発生源を識別できる指標の開発を行い、産業界の努力を世界にアピールした。	環境管理技術 R I I-6-(6)-② IV-2-(2)-① 4. 1
太陽光発電の共通基盤技術 ～太陽電池の評価技術開発、システム保守点検・性能診断技術開発～	新型太陽電池の評価手法の確立で世界をリードし、超高温黒体輻射を用いた高精度化など着実な進捗があり、企業の開発に大きく貢献している。評価法や基準の国際的な調整は産業活動の面からも重要で、特にアジア連携活動は評価できる。設置施工が原因の火災事故等に対する安全基準策定でも中心的な活動を行った。	太陽光発電工学 R C I-1-(1)-① IV-3-(1)-② 4. 1

## 第4章

### (5) 「別表2 地質の調査（地質情報の整備による産業技術基盤、社会安全基盤の確保）」

ユニット戦略課題名 ～テーマ名～	概 要	研究ユニット名 中期計画項目番号 評点
陸域の地質調査及び地球科学基本図の高精度化 ～知的基盤の整備～	5万分の1地質図幅、20万分の1地質図幅、地球物理図、地球化学図などを着実に整備・出版した。また、情報区分やデータ量が膨大であることから非常に難度の高い作業である20万分の1シームレス地質図の構造化・階層化を行った。	地質情報 R I 1-(1)-① 1-(1)-③ 4. 1
海域の地質調査及び地球科学基本図の高精度化 ～知的基盤の整備～	沖縄・東シナ海海域の海洋調査を行い、調査済み海域とともに海底地質図・表層堆積図を作成した。また、沖縄・東シナ海海域においては地殻構造運動、火山フロントの検出、及び津波堆積物の確認などの顕著な成果を挙げた。	地質情報 R I 1-(1)-② 4. 4
衛星画像情報及び地質情報の統合化 ～シームレス地質図の機能向上～	従来の「シームレス地質図」に加え、専門家向けの「地質図Navi」を開発し、各種地質図、重力図や地すべり地形などを重ねて表示できる機能を提供した。	地質情報 R I 1-(3)-① IV-2-(2)-① 4. 3
土壌汚染評価技術の開発 ～土壌汚染評価システムの活用増大～	土壌汚染評価システム(GERAS)はリスク評価手法として国内1,300を超える自治体や工場に導入され、さらに海外12か国でも活用され、土壌汚染対策の低コスト化に寄与することができた。	地圏資源環境 R I 2-(1)-① 4. 5
二酸化炭素地中貯留評価技術の開発 ～漏えいリスク評価手法の開発～	断層モデリング手法の研究開発において、CO <sub>2</sub> 圧入評価対象として砂泥互層と断層モデルに絞り、基礎実験とモデル化を行い、挙動の理解と予測を通じて漏えいリスク評価手法開発を行った。	地圏資源環境 R I 2-(1)-② I-6-(6)-③(再) 4. 1
地層処分にかかわる評価技術の開発 ～沿岸域での地下水流動の解析～	沿岸域において長期的に安定した淡水地下水の水塊が存在することを明らかにし、電磁探査とボーリングデータを用いて沿岸域での地下水流動を解析した。	地圏資源環境 R I 2-(1)-③ 4. 4
放射性廃棄物地層処分の安全規制の支援研究 ～適合性確認のためのデータベース～	国の安全規制支援研究を着実に実施し、自然現象のデータベース化、不確実性を低減するための評価手法の適用性の検討、深部流体・熱水活動の定量化評価手法などに成果を挙げた。日本原子力研究開発機構(JAEA)安全研究センター、原子力安全基盤機構(JNES)との研究協力協定を効率的に機能させ、福島第一原子力発電所の事故後の対応に関する委員会へ積極的に貢献した。	活断層・火山 R I 2-(3)-① 4. 2
海溝型地震評価の高度化 ～津波堆積物調査及び地下水等総合観測～	津波堆積物調査により過去数千年間における最大クラスの津波の規模を明らかにした。また、東海-東南海-南海地震の発生予測のため、高精度の地下水等総合観測を実施し、深部すべりや前兆すべりを検出した。	活断層・火山 R I 3-(1)-② 4. 6
火山噴火推移予測の高度化 ～活火山データベースと御嶽山緊急調査～	火山地質図、活火山データベースなどの成果に加え、火山噴火の先駆現象の把握に有効な手法である噴煙観測手法(multi-GAS)や、放射性元素を用いた年代測定法(K-Ar年代測定法)における高精度の分析手法の導入など、研究手法の開発を行った。御嶽山噴火の緊急調査においては、気象庁との連携や各研究機関、コンサルタントとの協力関係を築き、合同調査を行い降灰分布を公表した。	活断層・火山 R I 3-(2) 4. 1

活断層評価及び災害予測手法の高度化 ～活断層調査とデータベース化～	陸域の活断層の追加・補完調査及び沿岸海域における活断層調査を着実に遂行し、地震危険度評価の高度化につなげた。活断層データベースは、活断層について知識のないメディア担当者や国民にも解りやすいインターフェースであり、専門家向けと一般向けに区分した。防災の観点から、「揺れ」だけでなく「ずれ」による地盤変形評価手法を取り入れた被害予測の研究を実施した。	活断層・火山R I 3-(1)-① 4-(2) 4. 1
鉱物・燃料資源のポテンシャル評価 ～資源調査から開発までの一貫した研究開発～	多額の外部資金を獲得し、南アフリカで有望なレアアース鉱床を発見した。また、希土類、非金属の資源の安定供給という社会的課題を着実に進め、調査から開発まで一貫した研究開発に取り組んだ。	地圏資源環境R I 2-(2)-① 5-(1) I-3-(3)-③ 4. 3

## (6) 「別表3 計量の標準 (計量標準の設定・供給による産業技術基盤、社会安全基盤の確保)」

ユニット戦略課題名 ～テーマ名～	概 要	研究ユニット名 中期計画項目番号 評点
グリーン・イノベーションを支える計量標準の整備 ～新エネルギー源の利用に資する計量標準～	リチウムイオン電池等の早期劣化検出のために、低インピーダンス評価技術を開発するとともに、可搬型装置を開発し、オンサイト評価を可能にした。また、水素ステーションでの圧力測定信頼性を確保するための気体高圧力標準の開発を行うなど、成果を挙げた。標準の精度・研究レベルは、世界的な水準に達している。	計測標準R I 1-(1)-① 3. 7
標準の高度化と次世代標準の開発 ～産業現場計測器の信頼性確保に資する計量標準～	量子標準を利用して、従来より1桁高精度の10 Ω、100 Ω 抵抗器の小型モジュール2次標準器の開発・製品化に成功し、装置の販売を開始した。また、角度測定を利用した新方式の平面度校正装置を開発し、ナノメートルレベルの測定精度を実現した。高性能カメラのミラー等の精度向上が期待される。	計測標準R I 2-(2)-② 4. 1
標準の高度化と次世代標準の開発 ～標準物質の1対多型の校正技術～	核磁気共鳴法を用い、一つの標準物質から多種類の物質の定量を可能にする技術を確立し、170種類以上の高純度有機標準物質に値付けを行った。標準物質の生産性を高めるものとして画期的である。共同研究により産業界に技術移転を行った。また、食品衛生法や薬事法等に採用された。	計測標準R I 2-(5)-① 4. 1
法定計量と工業標準化の推進	型式承認や検定等の業務を着実にやっている。品質管理システムの導入による計量器の信頼性の確保に加え、工業標準化の推進やソフトウェアの開発等も進めており、法定計量の実務の透明性確保、効率化と普及に尽力している。また、国際標準化の幹事国引き受けやコンビナーの増加によりプレゼンスが向上した。	計測標準R I 3-(1) 3-(2) 3. 8
標準の高度化と次世代標準の開発 ～光格子時計の開発～	秒の再定義に向けて次世代原子時計である光格子時計の開発と高度化を進めた。イッテルビウム光格子時計とストロンチウム光格子時計の両者の時計遷移の周波数比の直接測定に初めて成功した。周波数比の精度は現行のセシウム原子時計より高いことが分かり、光格子時計の優位性を証明した。	計測標準R I 4-(1) 4. 1

## 第5章 評価結果の分析

本章では評価委員から得られた評価コメント及び評点等の主な内容や傾向等の分析を行う。

第2章で示した研究ユニット評価システムに従って、外部評価委員と内部評価委員により、4つの評価項目について、文書による評価コメントと評点が提出される。評価コメントは別紙11に示した入力フォームの「評価できる点」、「問題点・改善すべき点」、「今後の方向性と助言」の3つの記入欄に記述されたものである。

5-1では、評価項目ごとに、コメントの概要及び内容の構成について整理し、全体的な傾向や主な内容について紹介する。5-2では評点の分析結果をまとめる。5-3では前回の評価結果等で受けた指摘事項に対する研究ユニットの対応状況について、評価資料に研究ユニットが記載した内容の整理を行う。5-4では入力フォームのその他の意見の「評価システムについて等」の記入欄に記載された外部評価委員からのコメントについて取りまとめている。

### 5-1 評価コメントの分析

5-1-1「研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップの評価コメント」から5-1-4「研究ユニット運営の取り組みの評価コメント」では、評価項目ごとに、コメントの概要及び内容の構成、主要な指摘内容について整理し、指摘内容の全体的な傾向や主な内容について紹介する。

各項目の前にある記号については、○は評価できる点、●は問題点・改善すべき点、△は今後の方向性と助言、に関する評価コメントを示す。

#### 5-1-1 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップの評価コメント

##### (1) 評価コメントの概要及び内容の構成

ここでは、評価項目「研究ユニットの研究開発の計画全体を対象に、中期計画における目標の達成及び中長期的な展開等の妥当性」に対する評価のコメントの内容をまとめる。

評価事項として、主として1)中期計画における目標とその達成に関する計画・進捗、2)中長期的視点からの研究ユニットの目標（方針）、3)内外との連携及び国内外における優位性・特徴、4)研究ユニット全体の計画におけるユニット戦略課題の相互関係と展開、等を示している。

本評価項目における評価コメントの記入率は表5-1-1のとおりである。「評価できる点」については、外部評価委員99%及び内部評価委員100%と、ほぼ全員に近い評価委員が評価コメントを記入している。「問題点・改善すべき点」では9割以上の記入率であり、「今後の方向性と助言」については外部評価委員99%及び内部評価委員100%と、ほぼ全員に近い評価委員が評価コメントを記入している。

研究ユニットの計画には研究ユニットの種類が大きな要素として関わることから、本評価項目については研究部門と研究センターの別にも留意して評価コメントの分析を行った。

「評価できる点」では、評価事項1)と2)については、社会・産業界のニーズや国策に応じた目標・計画を策定し、技術開発から産業創出につなげる研究開発や公的機関ならではの研究開発を進めている点を評価するコメントがなされた。評価事項3)では、技術研究組合なども活用してアウトカムを目指した産業界との連携強化と世界トップレベルの学術成果などを評価するコメントがなされた。評価事項4)については、研究グループ間の連携強化や役割分担の明確化、メリハリのある予算配分などを評価するコメントがなされた。

「問題点・改善すべき点」では、目標・計画の見直しや加速、分野ごとのアウトカムの性格に応じた評価軸の設定、先鋭的な基礎研究の実施、直接的アウトカムとそれに向けたより具体的なロードマップの設定、課題の優先順位付け・絞り込み、課題・グループ間の協調関係の明確化、



ベンチマーキングと成果の国際的位置付けの説明強化、業務量の特定研究者への偏りの防止策、知財・広報等の専門スタッフ強化などの必要性が挙げられた。また研究センターについては、これらのほかに、出口イメージの明確化、早い産業化のためのプロトタイプによる具体的イメージの提示、産総研全体としての関連研究の予算規模の吟味などの必要性が挙げられた。

「今後の方向性と助言」では、革新的・挑戦的な目標設定、基礎研究のレベルの維持、長期的視点での人材育成、ロードマップの常時改訂と明確化、マーケティングのできるコーディネータ職の研究ユニット内への配置、当該業界内の大手企業への技術移転の強化、地方・中小企業との連携強化、企業とは違う研究課題の特徴の工夫、技術の蓄積や継承を考慮した組織設計・採用計画などの必要性が挙げられた。また研究センターについては、これらのほかに、ニーズ変化や技術動向に合わせた大胆な計画修正、利用拡大までの長期的な研究、マーケティングの強化のための外部からの招へいを含めた人的支援、大企業の経営陣に企画を届けるためのコーディネータなどの工夫、企業との技術的に高度で秘匿性が強い共同研究における成果発表や研究者のモチベーション維持の工夫などの必要性が挙げられた。

次項以降では、おおむね評価事項に沿った項目に分類して、評価コメントの主な指摘例を示す。一つのコメントに複数の項目に関する指摘が記載されているものについては、指摘の比重が大きいのと思われる項目の方に分類して掲載した。

表5-1-1 評価記入区分と記入率

評価記入欄	評価委員内訳	記入者数	記入率(%)
評価できる点	外部評価委員	158	99.4
	内部評価委員	60	100.0
問題点・改善すべき点	外部評価委員	146	91.8
	内部評価委員	59	98.3
今後の方向性と助言	外部評価委員	157	98.7
	内部評価委員	60	100.0

## (2) 「評価できる点」の主な指摘内容

### <研究部門>

#### ○ 計画・進捗、中長期的目標の妥当性

(社会的要請、政策貢献への取り組み)

- ・ 環境問題に対して経済発展と環境を一体的に取り扱う目標は適切である。独自のコア技術の開発が進んでいる。産業界との連携が良く、目標達成に向けて社会ニーズとのマッチングが良くとれている。
- ・ 技術開発から関連産業創出につなげる目標、そのための3つのミッション設定は極めて具体的で、社会ニーズをとらえている。基盤技術の確立のみならず、産業展開に寄与する標準化、企業連携、実証試験、薬事対応等、広範に対応している。
- ・ 民間研究機関や企業では十分できない、公的機関ならではの研究を意識して、取り組みを進めようとしている点が評価できる。
- ・ この数年続いた当該資源の安定確保に対する国の施策に対してよく対応していた。材料を低炭素社会と結び付けて考えることに早くから取り組んだことも評価できる。
- ・ 国家計量標準の開発・設定・供給を的確に進めるために、産業界のニーズを反映した整備計画を作成し、着実に進捗している。取り組みの方向性は妥当である。計画の見直しも行っている。
- ・ 積極的に柔軟な部門内の組織改編が行われてきている。特に変動する個々の資源に関する資源政策について、組織設計や研究テーマを適応させている。
- ・ 地質情報のナショナルセンターとして、計画的・効率的な地質図(ウェブ版を含む)や各種主題図の作成により、国の知的基盤を体系的に整備し、国民・社会・産業界の安全・安心・発展に寄与している。

(適切な計画立案)

- ・ ダウンストリームを重視するという基本戦略での運営が明確化されている。各戦略テーマの達成水準を

## 第5章

定量的に設定し、その意義が明確なストーリーにより演繹されている点などは第三者（あるいは国民）からの組織評価を行う際に極めて重要な要素であり、高く評価する。

- ・ 長期にブレない姿勢でシーズを磨き、地味な課題に根気強く取り組み、着実に前進している。平成23年度から外部資金が回復傾向にあるのも努力の結果と評価する。
- ・ 各課題についての到達目標が明確で、各々にかんがりの進展が見られた。特に企業など他との連携が進んでいる。メリハリのきいた資源配分である。
- ・ 萌芽的な研究フェーズから開花しようとしている研究フェーズまで、個々の研究課題に対して適切な指標でその特徴を判断して時期的なファクターも考慮したロードマップの作成が行われている。
- ・ 広範で個別なプロセス各種技術を全体的に整理して示し、全体のシナリオ・ロードマップも工夫され、ともに分かりやすい。前回の評価後、積極的に戦略課題を組み替えたことで方向性も分かりやすくなった。
- ・ 目標は妥当で、各戦略課題に関して高度の成果が得られている。

（産総研中期計画との位置付け）

- ・ 研究部門のミッション及びアウトカムに向かって着実に研究開発が進んでいる。特に、ロボットの安全に関わる研究はロボットの社会導入の最優先課題として積極的な研究開発を進めた結果、実用段階に至っていることは高く評価できる。
- ・ 中長期視点からの研究開発の目標として、「大量情報の利活用によるサービス提供」という出口指向を設定していることは、適切な方向性である。

### ○ 内外との連携や優位性・特徴

（産業界へ橋渡し産業競争力の向上）

- ・ 地域の地場産業、大手主力企業とのコンセンサス（連携、課題の共有等）は良く取れており、課題を共有し解決を進めている。
- ・ 開発技術の産業（特に中小企業）への導入を積極的に進め、また、標準化(JIS、ISO)を進めている。
- ・ プロジェクトを推進し、産総研全体で成果を社会還元しようとしている。特に、官民連携のコンソーシアムを設立し、活動を開始したことは特記に値する。
- ・ 萌芽研究支援により、基礎と製品化の両端の高みを目指した研究成果が出てきている。また、若手の産業界との交流や企業人が共著論文の筆頭になるなど、アウトカムの充実が期待できる。
- ・ 本研究ユニットのミッション、設定するシナリオ・ロードマップから産業支援や地域産業の活性化への寄与が図られている。部門構成員が目的、意識を共有できる環境を構築している。
- ・ 技術開発の状況に合わせて適切に共同研究の相手機関を選定し、実用化及び商品化が図られている。

（独創的で高い研究水準）

- ・ 少人数ながら、それぞれが「強み」とするものを持ち、それを核として研究を展開し成果が発信されている。高いアクティビティをさらに伸ばそうとする運営の仕方は、高く評価できる。
- ・ 限られた研究リソースの中で世界的に優れた研究成果を挙げており、各々の開発課題で得られた技術については国内外における優位性も高い。
- ・ 中期目標と計画が明確に示されており、世界的にも優れた成果が得られている点は評価できる。また、状況に応じて研究組織とユニット戦略課題が見直されている点も評価できる。
- ・ 整備した計量標準の供給を維持するとともに高度化を進めている。グリーン・イノベーション、ライフ・イノベーション、産業の国際展開の課題も順調に成果を挙げ、世界的に比肩・凌駕し得る成果が多い。
- ・ 実用性の高い技術をシステム化しながら装置公開まで見据えている。優位技術を基盤に、世界展開を狙うことは、正しい戦略。
- ・ 目標達成という観点からは、十分に満たしていると判断できる。特に、戦略課題個別に判断すると、予想を上回る成果が出ているように思う。

（幅広い連携）

- ・ 電気・化学・機械・資源の4研究機関を母体として、融合を強く意識した組織体を築き上げてきた努力を高く評価する。種々の分野の研究者の融合モデルケースとなっている。
- ・ 福島再生可能エネルギー研究所(FREA)の設立やタスクフォース的な研究センターの統廃合に参画するなどマザーユニットとして機能してきた。組織の柔軟性を象徴するものとして意義がある。
- ・ 第一種基礎研究から実用化研究まで非常にうまくつながっている。ミッションステートメントに地域連

携を入れていることを評価する。これによって研究開発成果の地域への還元や人材教育ができています。

- ・ 企業や大学を組み込んだ技術研究組合を組織して研究の向上や実用化・製品化に取り組んでいる。
- ・ つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点(TIA-nano)を活用して大学や企業、特に装置・材料メーカーとの連携を強めていることは、産業界の産総研に対する期待に応えようとするものとして、評価できる。
- ・ 基礎・基盤コア技術をベースに基礎から実用化までフェーズの異なる3戦略課題を立て、それぞれ企業や大学との連携を拡大させており、ポストシリコンに向けた研究開発をリードしている。

#### ○ ユニット戦略課題の相互関係

(適切な課題分類、綿密な連携)

- ・ 必然性が明確ではなかった研究グループ間の連携が強化されており、研究部門としての発展が期待できる。また、他ユニットとの融合研究・連携が実質的なものとなっている。
- ・ グループ長ならびに各グループ員が複数の戦略課題に積極的に関与しており、その結果、ユニット戦略課題間の相互関係が優れたものになっている。
- ・ 研究の進捗状況に応じて戦略課題や研究グループの組み替えやメリハリのある予算配分など、柔軟に運営されている。
- ・ 短中長期の課題が混在する中、全体がバランスよく配置されている。経産省、文科省などの外部資金もうまく組み合わせながら獲得し、効率的に研究が進められているところが評価できる。
- ・ 5つのユニット戦略課題をまたぎながらアウトカムへと向かう開発の支援を目的とした、特筆すべき取り組みである「テクノロジーブリッジ」が着実に定着し、研究開発の効率化・迅速化、人材育成、アウトカム導出への寄与などが期待でき、多くの実績を挙げつつある点。
- ・ 高度な知識を有する技術者の集まりとしての優位性を十分発揮するとともに、マトリックス方式の導入による相互連携・知識共有を図りながら研究を実施している。

(産総研中期目標を踏まえた課題設定)

- ・ 明確なミッションと戦略課題が設定されており、年度展開、資源配分は妥当である。
- ・ 人間工学や医工学、福祉工学等のポテンシャルを統合して健康な生き方の創出に貢献しようとしている。特に、医療に関わる研究開発や標準化への貢献は優れた方向性で進捗している。また、戦略課題の設定が社会インパクトを意識したものとなりイノベーションの創出が期待できる。
- ・ グリーン及びライフの二大領域における妥当なアウトカム目標が設定され、中長期的な出口をイメージしたロードマップが示されており、現時点の目標はおおむね達成されている。
- ・ ユニット戦略課題の見直しにより、地質情報を国の知的基盤として体系的に整備するミッションがより鮮明になった。

### <研究センター>

#### ○ 計画・進捗、中長期的目標の妥当性

(社会的要請、政策貢献への取り組み)

- ・ 国のメタンハイドレート開発計画において、長期にわたり技術的バックボーンを担っており、研究センター設立6年間で、研究開発はおおむね着実に進捗している。
- ・ 将来の枯渇が確実視される石油資源への依存から脱却し、普遍的に存在する砂、植物、空気を原材料とした産業技術基盤を創出する構想は素晴らしい。
- ・ 現在の創薬産業が抱える課題の分析がなされ、これを踏まえたミッション、研究計画となっている。
- ・ 高精細映像の需要の高まりと電力需要の抑制という社会的要請がある中、省電力化を目標にダイナミック光パズネットワークの構築を目指している点は、課題の重要性・適時性にかんがみ高く評価できる。

(適切な計画立案)

- ・ ロードマップは我が国の産業競争力強化などの観点から重要なポイントをほぼカバーしている。中期計画の目標設定は妥当であり、外国の同様な機関に比べ大幅に少ない陣容で予定通りの進捗を得ている。
- ・ 従来の工業プロセスの核心につながる挑戦的テーマと、産業ニーズに応じた実用化に近いテーマを取り混ぜた研究開発のポートフォリオも適切である。
- ・ 明確かつ強力な産官学連携体制を基盤とした目標達成のためのロードマップが年度ごとに計画され、極めて具体性をもって示されている。
- ・ サービスの最適設計サイクルの導入・運用を支える汎用的な技術モジュール・ツール類を開発し、これ

## 第5章

らを活用した実証事例研究、企業や地域自治体への導入推進の枠組づくりを通じて、サービス工学に係わる技術基盤を構築するという目標は適切である。

(産総研中期計画との位置付け)

- ・ロードマップに沿って研究開発が着実に進められ、第3期中期目標が達成されていること、マイルストーンでもあるフィールド実証を兼ねたテストベッドの構築を進めていることは高く評価される。
- ・デバイスからシステムまで含む研究開発を推進しプロトシステムまで完成させたことは高く評価できる。中期計画の目標に十分応えている。
- ・社会情勢が急速に変化する中、必ずしも中期計画の表現にこだわらず、その精神を活かして最大限の成果を挙げるため、IoT(Internet of Things)という新潮流に適合するように方針を絞ったことは成功している。

### ○ 内外との連携や優位性・特徴

(産業界へ橋渡し産業競争力の向上)

- ・今後の発展市場であるアジアを中心に技術移転を行い、日本の影響力を残す取り組みは評価できる。
- ・システム・技術の製品化が進み、「技術を社会に」という産総研の目的達成に大いに貢献している。
- ・研究成果を技術研究組合と一体で産業化に結び付けようとする体制がうまく機能していることが高く評価できる。国の研究機関の成果を実用化させる仕組みとして最も役割分担が明確、かつ目に見える形で成果につながっている。
- ・用途の想定顧客にヒアリングを重ね、マーケティングと動向分析をしていることも高く評価する。こうした活動を国の研究機関が先導して進めることへの期待度は高く、それに応えている。
- ・民間への技術移転を含めて、産業化までの道筋をひらいた点は大いに評価できる。
- ・新たな産業創出、産業経済活性化の基盤となり得る新材料の開発とその実用化に向けて、世界トップクラスの学術的レベルと、国際標準化を含めた包括的な取組みを遂行しており、特にこの数年は企業への技術移管とそれに伴う本格投資が進み始めている。

(独創的で高い研究水準)

- ・学術的にも、産業的にもインパクトある課題設定がなされており、高く評価する。キャッチフレーズにも示されるように、難度の高い触媒反応をターゲットとして、しかも実用化を目指している。
- ・大学や他の研究機関がカバーしていない薬剤候補の最適化/POC、リード化にターゲットを絞り、独自性を出している。過去の研究成果を活かしながら、製薬企業に役立ちそうな技術を用意している。
- ・新薬候補化合物の開発及びドロップ化合物の再開発という面においては短期間に優れた成果を出しており、非常に高く評価できる。
- ・電力の大幅な抑制が実現できることを現実的な数値を使って示したことは評価できる。
- ・次世代入出力デバイスを、AM(アクティブマトリックス)駆動の表示と入力機能が付いた紙代替電子ペーパーに具体化し、それに必要な要素技術に取り組み、成果を出していることを評価する。
- ・学術研究の成果を踏まえて産業創出のための用途開発を推進し、特にカーボンナノチューブにおいて産業化の見通しを得、更に、このためのベースとなる構造評価技術として透過型電子顕微鏡の高性能化を推進し、世界最先端の高分解能化を実現し、原子レベルの観察像を得たことは非常に高く評価できる。

(幅広い連携)

- ・高い研究開発力とコンソーシアム等を通じた産業界との強い連携と人材育成の貢献は高く評価できる。
- ・リソースは効率的に使われている。内外との連携に注力し、世界的に評価できる成果も出ている。
- ・多くの製薬企業、および、医療機関との共同研究を行っている点も研究センターの設立目的にかなっており、非常に高く評価できる。
- ・開発した技術モジュール・ツール類の導入支援の担い手となるコンサル業等も巻き込みながら関係機関と連携し取り組みを進めている点も評価できる。
- ・2020年以降の市場の拡大を見込みながら、新市場創出、基盤認証・標準化、生産技術事業化のアウトカムに向かって技術研究組合と一体となった研究開発体制を確立していることは評価できる。
- ・スーパーグロス合成技術やeDIPSの技術移転、ナノカーボン実用化推進研究会を通じた企業・学会との連携の強化等、特筆すべき成果を挙げている。

## ○ ユニット戦略課題の相互関係

(適切な課題分類、綿密な連携)

- ・ 公的サービス、製造業のサービス化、新サービス創出・既存サービスの改善という3つのアウトカム領域の設定、及び現場支援、経営層支援、DB整備支援という3つの支援階層のとらえ方は、全体感を持ってサービス工学における貢献領域を考察する上で妥当である。

(産総研中期目標を踏まえた課題設定)

- ・ 目標に向けて個別の戦略課題を位置付け、競争力の高い要素技術の蓄積を着実に進捗させている点は評価できる。

## (3) 「問題点・改善すべき点」の主な指摘内容

## &lt;研究部門&gt;

## ● 今後の展開

(社会情勢の変化への対応)

- ・ シェールガスが新しい資源として台頭し注目される中で、目標や計画は見直す議論も必要ではないか。
- ・ 2020年までは行政・企業対応が主で、2020年以降に企業、さらに国民への情報提供に移行するロードマップが示されたが、タイムスケールが明示されていない。行政、企業、国民の3要素への比重が年次ごとに变化して、国民向けのインターフェイスが大きくなる見込みを示せるとより理解しやすい。
- ・ ロボット技術の活用は社会・都市環境に大きく依存すると考えられ、日本と世界において必要とされる技術が異なる可能性がある。ベンチマークを確実にやりながら世界を見据えた研究開発を期待する。
- ・ 産業界での環境に対する対応が早まって来ている現状を考慮し、研究を加速させる必要があるテーマに対しての対応を検討する必要があると考える。
- ・ PM2.5や福島原発事故で環境問題が注目されている時期の対応が不足だった。後から厳密な計測ができてその価値は半減する。迅速さが評価される研究課題があることも認識してほしい。
- ・ 重要であるにもかかわらず、地質図幅等の改訂が遅れている地域もある。国の知的基盤整備計画との整合を図るとともに、改訂すべき箇所を選定には様々な条件(情勢)等を加味する必要がある。

(アウトカムの具体化、継続的な産業化への意識)

- ・ コア技術に基づく戦略課題が第4期にそのまま継続するよう見える。アウトカム側から見てどのような技術が必要であるか、「社会展開」と「研究開発」の相互関係が分かるロードマップを検討してほしい。
- ・ 説明が定性的なため、アウトプット達成の延長上に2030年の直接アウトカムの実現があるか、すぐに結びつかない。アウトプット達成で直接アウトカムの何割くらいに貢献し、さらに横展開などで何割くらい実現できる、との議論があると解りやすい。この見積もりについて、当初は粗く、中期計画の中で見直ししながら、途中追記・修正できるような仕組みを作ることも重要である。
- ・ 特許や民間資金による実装への共同研究への発展を評価軸に入れることが妥当な分野と、社会の公益的価値に直接アウトカムを結びつけるのが妥当な分野があることを理解し、それぞれにふさわしい評価軸と自己評価アプローチを試みてほしい。
- ・ 先鋭的な基礎研究に当面の重点を置いて進める研究も重要である。学問的な潮流を変えることもアウトカムであり、長期を展望したロードマップを次の中期計画に向けて作成することが望まれる。
- ・ 研究ユニットが取り組んでいる研究課題とアウトカムに距離があり、シナリオを描くことを難しくしている。直接的アウトカムを設定し、それに向けたロードマップを描くことが望まれる。
- ・ 材料・部材の研究開発は期間がある程度必要で、その成果を企業群に伝えるには時間がかかる。そのためか、当部門の研究成果を受け入れて事業の根幹に据えている企業が少ない点が気になる。
- ・ ロードマップは、イノベーション創出への寄与やアウトカムに至るシナリオを具体的に示すこと。企業との連携、標準供給の効率化、校正等の費用対効果、開発目標のニーズの明確化が必要である。
- ・ 長期シナリオのアウトカムの記述は漠として終わりが見えないので、アウトプットの受け手など区切りの記述があるとよい。また、関連機関及び関連研究ユニットとの役割分担を示すことが求められる。

(選択と集中)

- ・ 研究組織立ち上げの母集団としての運営は評価できるが、焦点を絞ることも必要。人的資源や予算の制約下では総合的な連携を視野に置き、自らの役割分担や強みを直視した優先順位、重み付けが重要。
- ・ 研究部門全体としての課題選定の優先付けの理由・妥当性と資源配分(人・物・金)の考え方が分かり

## 第5章

にくい。予算規模が横ばい状況であり、民間企業からの受託研究等を増加させるべきではないか。

- ・ 知財部門や広報などの研究支援体制が不十分に感じた。専門スタッフの確保など、検討すべきである。
- ・ マグネシウム材料は主要材料として当初の予測ほど普及せず、軽量材料としてはCFRP（炭素繊維強化プラスチック）等の複合材料との競合にさらされており、戦略課題の構成の見直しが必要かもしれない。
- ・ 全体のゴールがやや不明確である。機器公開の数は限られるので優先順位の考え方が必要。

### ● 内外連携、ベンチマーク、優位性

（企業との役割分担）

- ・ 産総研での新技術の発掘・創造（アウトプット）から民間での実用化・商品化（アウトカム）までの橋渡し部分は、両者による密なアライアンスやコミュニケーションが必要で、達成納期管理が重要である。
- ・ 研究規模が大きいテーマが多く、地域の中小企業各々と密接に関係をとりづらいつという状況は解るが、中小企業がかなりの部分で産業を支えていることも事実であり、対話を密にできるようにする必要がある。
- ・ 研究成果に製品化の予定が多い。インパクトファクター付き国際論文数と特許出願数を増やすことも必要である。
- ・ 薬品のシード化合物とリード化合物（開発候補品）は区別すべきである。産総研はシード化合物までで、その後の橋渡し研究にて企業との連携をいかにうまく進めるかが重要になる。創意工夫を期待する。
- ・ 公的な研究組織として、リスクの高い突破型イノベーションを目指した研究課題に挑戦してほしい。
- ・ 企業のニーズに沿っていることを明示すべき。利用者に照準を合わせた実用的な技術の観点が必要。出口の精度を上げるためには、連携先との情報交換や人材交流が不可欠である。

（研究進展のためのリーダーシップ）

- ・ 外部資金獲得者に対してエフォート管理がないと研究遂行で管理者と齟齬が出てくる。
- ・ 出口が近づいているテーマについて今後のロードマップ、各年度の到達目標の詳細を再検討する必要がある。
- ・ 個別テーマでの具体的な研究開発成果は得られているが、それらを通じて蓄積される手法や方法論を一般化し、より広い課題やテーマへの展開が行えるような成果としての取りまとめがあっても良い。
- ・ 多くの国際連携も進んでいるようであるが、研究ユニットとしての具体的な国際戦略が不明である。
- ・ 研究開発段階から標準化を意識した活動が必要。先導的役割を担ってほしい。
- ・ 基盤的公的な課題を中心としたプロジェクト主導の研究体制となっているが、プロジェクトの芽を生み出す基礎的萌芽の研究については、組織的取り組みというより、個人に任されているように見える。

（具体的説明の工夫）

- ・ 最終課題につながる個別の課題選定・設定法について、（第三者から分かりやすい）合理的な説明がほしい。仮に後付けの理由でも、手持ちのコマがこれだけなので、という説明以上にすべきであろう。
- ・ 国のCenter of Excellenceとして、他国の追随を許さないブレークスルーは何かを、各技術課題で端的に言えるような工夫が必要である。
- ・ 国内外に対するベンチマーキングを行うとともに、研究課題の意義の分かりやすい説明が望まれる。
- ・ 技術の現状や研究成果について、国際的な位置付けを可能な限り、かつ積極的に提示するとよい。
- ・ 各課題のロードマップは画一的にみえる。また途中での見直し等による変遷が不明確であるので、研究計画立案時と現状との比較や見直した内容を示すことが求められる。
- ・ 部門のミッションの定義や分類に首尾一貫性がなく理解しづらかったので、用語の統一を図るなど、全体的に整合性をとることが求められる。

### ● 課題間、研究グループ間の関係

（課題設定、人員配置の見直し）

- ・ 各戦略課題の目標レベルはもう少し高く設定して、チャレンジすることも重要である。
- ・ 各戦略課題の多様性を認め、それぞれにふさわしい評価軸を用意することも、各戦略課題チームのモチベーションを高め、活力を維持する上で不可欠と思われる。
- ・ 担当する標準ごとの縦割りは理解できるが、戦略課題としての統合的な運営はなされなかったと判断せざるを得ない。計量標準という科学技術の性格から課題設定を検討すべきだった。
- ・ 研究グループが小さいため、グループ間連携や国際的な展開にマンパワーが不足している。

- ・ 業務量が増えたので、特定の研究者への業務量の偏りが危惧される。OBや学生などにより研究員を確保するなど、柔軟な研究員確保体制を続けていただきたい。
- ・ 他部門との更なる連携を期待したい。また、研究センターに異動した研究者との連携体制を確固たるものとする必要がある。

(各課題の関連、研究ユニット全体との関連の整理)

- ・ 発想を生むには共創が必要である。システム志向で、ソフト面の強化や横串を刺す課題設定が必要。
- ・ 本研究ユニットのつくば地区で推進する内容に関する地域との連携が見えない。
- ・ 個人研究テーマとチーム研究テーマが中期計画の中でどういう配置になっているのかが不明確である。
- ・ 研究グループ間の協調の内容が見えにくい。シミュレーションと実験の連携は、企業では当然、大学でも研究室どうしの連携により普通に行われており、もう一段踏み込んだ協調が不鮮明である。
- ・ 多くの国家プロジェクトに参画しているが、部門全体の中での位置付けを明確にしていきたい。
- ・ ユニット戦略課題の相互関係ははっきりしない。研究の進展と社会情勢をみながら研究相互のバランスをとる程度でも十分なので、もう少し「相互関係」の配慮があってもよいかもしれない。

## <研究センター>

### ● 今後の展開

(社会情勢の変化への対応)

- ・ 太陽光発電産業は急速に変化しており、技術開発にもスピード感が重要になっている。薄膜シリコン太陽電池などでは状況に応じた計画修正も必要である。
- ・ 急速に太陽光発電事業が進み受け入れ体制が整わない国内状況下で、熱帯や砂漠地帯を含む海外市場も視野に入れ、各地の特性を考慮したモジュールの評価項目、評価技術を検討すべきである。

(アウトカムの具体化、継続的な産業化への意識)

- ・ 有用な化学品を開発するために、企業のニーズやマーケティングの調査・分析も行うと、この分野の発展が一層期待できる。社会への波及効果は、具体例を示しつつ説明してもらえると分かりやすい。
- ・ 戦略課題は手法で分けられ、一部の課題を除いて、必ずしも出口イメージは明確ではない。ロードマップは具体的でなく、マイルストーンも示されていないことから、アウトカムの視点からの評価が難しい。
- ・ 光通信ネットワークの将来ビジョンをよく精査するとともに、既存システムに対する技術的な優位性、実装手法・コストなどを考慮して、適用場面を想定したネットワーク構成手法の検討が必要である。
- ・ ツール整備、実証事例、導入推進の枠組みという3つのアプローチの中で、導入推進の取り組みが手薄である。現場や経営層への理解を促し、導入を効果的に推進するための方法論、技術論、組織論などや実証事例の取り組みの強化が今後の課題である。
- ・ いち早い市場形成のためにも、プロトタイプによる具体的なイメージを提示していくことも必要である。
- ・ 応用展開におけるポートフォリオ（既存材料の代替、新規材料としての独自展開）を時間軸と絡めた形で示すと、取進めに更に迫力が感じられるようになる。また、実用展開において最も大きなファクターのひとつであるコスト問題について、更に踏み込んだ検討・取進めが重要になってきている。

(選択と集中)

- ・ 予算構成に占める経産省受託費の割合が極めて大きいのが、将来の予算推移を見据えて、研究センターが取り組むべき研究項目や現有のマンパワーの有効活用について配慮することが求められる。
- ・ 研究チームが地域センターとつくばに2つずつと分散されているが、そのメリット、デメリットのバランスを今一度検討してみる必要がある。
- ・ 主要な太陽電池をすべて開発するという網羅性は公的研究機関としては評価できる一方、選択と集中という観点からの戦略性には、マンパワーから見ても課題があり、絞り込みが必要である。
- ・ 多くの共同研究を展開しているため、そちらに多くのマンパワーをとられ、新技術の開発という面ではこれまでの延長線上の研究が若干多いように思われる。
- ・ 中小企業へのサービスから製造・公的業へのサービスに展開していくシナリオは、今後の発展が期待されるが、対象が散漫にならないように留意することが必要である。
- ・ 産総研内には当センター以外にも類似の研究を行っている組織・プロジェクトがあり、リソースの効率的運用、成果の帰属の観点で問題の有無についてチェックが必要と思われる。産総研内での関連研究予算はかなりの額になると推測され、全体としてこの研究規模が妥当かどうか、吟味が必要と思われる。

## 第5章

### ● 内外連携、ベンチマーク、優位性

(企業との役割分担)

- ・ 企業との共同研究から得ている、1件当たりの対価が低すぎる。世界に唯一の技術を提供する際には対価を高め設定しても良いのではないか。同じフィールドで技術を提供している企業のサービスの値付けにも影響し得る。営利企業に対するサービス提供は企業に委託するなどして商業化を急げば、研究センターのみならず国内の同フィールドでサービスを提供している企業の利益にもなる。

(研究進展のためのリーダーシップ)

- ・ 当研究センターの管理下にFREIAで行うc-Si太陽電池の研究は、日本の太陽電池産業の盛衰に直結する重要研究課題であるが、今回は紹介・評価の対象外なので、両組織の連携が緊密かどうか不安を感じる。組織体制、人事権、予算権の所在の明確な説明などにより、不安の除去に努めてほしい。
- ・ 本当のアウトカムが達成されるまでには、まだまだ引き続き絶え間ない手厚いサポートが求められる。

(具体的説明の工夫)

- ・ 国策で決まっているとはいえ、ロードマップはやや記述が粗く、実施内容しか書かれていない。目標値やマイルストーン、および海洋産出試験の結果を踏まえた変更部分を明示することが求められる。
- ・ 高効率化目標(相対値で10%向上)は太陽電池ごとの進歩の速さを無視した表現で、修正が必要。方式ごとにベンチマークとすべき諸外国の研究機関での状況から考えた、具体的な目標値を示す必要がある。
- ・ 中長期目標である化学産業における廃棄物10%削減については、数値目標の反応率、選択性の向上によって達成されるとの説明であるが、各ユニット戦略課題で環境負荷に対する貢献の仕方や、その評価指標については異なるので、工夫がほしい。
- ・ 内容以前の問題として、戦略課題の順番とロードマップの順番を変えているのは評価する側から見ると、素直に頭に入って来なくて理解の妨げとなる。
- ・ 個別のシステムや用途に基づいた仕様から要求される数値と、設定された目標値との関係がやや分かりにくい。マーケティング・動向調査から得られた情報をもとに、個別のシステム/デバイスに対応した目標もあっても良いのではないか(あるいは、十分達成可能な例示があると分かりやすい)。
- ・ 「どんな新しいことが実現できるのか」という意味では、まだターゲットのインパクトが足りない。

### ● 課題間、研究グループ間の関係

(課題設定、人員配置の見直し)

- ・ 研究開始が世界の先端研究機関に比べて遅くやむを得ない面もあるが、目標値がやや低い感があり、目標を達成してはいるが、学術的・技術的到達点の世界における位置付けの面で物足りない部分がある。

(各課題の関連、研究ユニット全体との関連の整理)

- ・ 5つの戦略課題が独立した取り組みか、有機的に結びつき影響し合うのか、包含関係にあるのか、などの整理が、今後の効果的・効率的な展開を探る上で必要である。

## (4) 「今後の方向性と助言」における主な指摘内容

### <研究部門>

#### △ 計画の見直し

(柔軟な着想による新たな展開、目標の精細化)

- ・ デバイス間の連携では社会ニーズや実証化のイメージが重要であり、これを想起し、提案に練りこむことのできるスタッフの配置、あるいは現員の能力開発等に取り組む必要がある。
- ・ 個々のテーマは成果が上がっているが、組織としては機動的でない。産総研のような公益性の高い組織は、数十年単位の技術課題(例: 廃炉)にも対応可能な柔軟な組織のあり方を議論してほしい。
- ・ エネルギーネットワークの図は現状のポートフォリオではなく、常に全体を俯瞰して作成する必要がある。強電、原子力、山村系バイオマス、スマートシティ・エネルギーサービス、地域熱供給等が欠落している。
- ・ アウトカムに過度にすり寄らず、社会に対するインパクトが大きく、革新的で夢のある技術を中心に取り組んで行ってほしい。目標設定もより挑戦的にしてほしい。長い目で人材の成長を促すことも重要である。
- ・ レアメタル等金属やマグネシウム材料による軽量化では状況の変化が考えられるので、柔軟な対応を考



えた方がよい。建築部材の開発では、建築での使用の前に多様な分野での使用を試みた方がよい。

- ・ 環境変化に対応したニーズの先取りが必要である。産総研内の情報交換や地域、企業と連携により、周辺ニーズも拾え、新たな挑戦課題が見つかるはずである。研究テーマのスクラップ&ビルドを大胆に行ってほしい。

(具体的なマイルストーン設定、整合性のあるビジョン)

- ・ ロードマップ(優先順位、目標、時期、役割分担)のより一層の明確化を期待したい。
- ・ エネルギー分野全体を俯瞰する、研究の総合・統合・調整・企画機能が必要である。いったんスピニングアウトした組織(FREAなど)は時代のニーズや活力が減退したとき、自力更生は難しい。
- ・ 基礎研究だけでなく、むしろ大学とは異なる、産総研でしかできないような、産業界との連携による実用化研究、社会実装研究なども、ロードマップの目標として掲げ、推進してほしい。
- ・ 現実的なイノベーションを起こす可能性があるテーマが多く、技術ネタが豊富に認められるので、是非受身でなく、能動的なロードマップに変化させていくことを期待する。
- ・ 標準維持の範囲と量は相当あり、さらに、計測技術の開発を行うとすれば、人員、予算と設備の老朽化対策も必要。長期的な視野をもって、全研究室が活性化して計量標準整備にあたっていただきたい。
- ・ 地質情報に基づいて社会に貢献する国内最大の研究所であることを自覚して、今後も常に長期的・短期的ロードマップを改訂していく必要がある。

(選択と集中)

- ・ 実施する課題が多岐に及び、技術の共有や推進すべき課題の優先順位付けなどを検討することを望む。
- ・ 医薬分野と食品分野の比重をどうするか、医薬分野では基盤技術開発と医薬シード探索の比重を今後どうするかを検討すべきである。橋渡し研究の進め方が重要である。
- ・ 国内外においてロボット関連研究が加速していくことが考えられる。産総研が実用的なロボット開発に軸足を置くのか、要素技術において内外の研究の牽引役を果たすのか、を見定めることが必要である。
- ・ メーカーからの期待がなくなった原因を調査すべきである。校正事業者等の活用を進め、産総研として維持供給する標準の見直しも必要である。何を開発して、何を他研究部門や他社にゆだねるかを議論すべきである。
- ・ 研究ユニット全体での研究者数の減少により、研究者個人にかかるプロジェクトの重みが増えてゆくことが推定される。研究のバランスを調整する機能が、より重要となってくると思われる。
- ・ 個人の興味に基づく研究を推奨する大学とは異なるスタンスで、国策のための研究の推進を期待する。

#### △ 内外連携、優位性・特徴

(産業界への効率的な働きかけ)

- ・ 社会産業貢献のために、現在の結果で十分なのかどうか、他にどんな克服すべき技術課題・社会課題があるかなどの「課題鳥瞰図」を産業界と共有できるような仕組み、仕掛けが必要である。
- ・ 全ての研究課題を理解し、営業(売り込み)ができるコーディネータ的な部署を研究ユニット内に設置するのも一案である。実用化のスピードアップや研究障壁への対応を可能にする。
- ・ 技術移転・成果導入に対してマイナー企業や新規企業に加えて、大手企業まで巻き込んだ技術移転・成果導入の事例を増やし、産業界にインパクトをいくつか与えないと、本格研究の意義が高まらない。
- ・ テクノロジーブリッジの積極的な推進と効果の導出を期待する。
- ・ 地方の企業に対して、産総研の成果のプレゼンや無料相談会を開催しプロジェクトの立ち上げをタイミングよく実施する必要がある。今までは、遅すぎた。
- ・ 今後は、公的機関の資金獲得とともに、民間企業との連携を一層強化し、民間との共同開発技術をこれまで以上のペースで実用化し、実践投入した実績も目標に加えることが望まれる。

(国際的優位性、波及効果の明確化)

- ・ 研究者が学術的に良い研究をすることが第一目標ではなく、その技術の特許が使われなければ評価できないというくらいの姿勢が必要である。
- ・ 日本企業が国際的イニシアチブを取れる分野の標準化を拡大してほしい。政策提言も期待する。
- ・ 基礎研究を大切にすべきである。アウトカム到達には新しい科学的知見や大きなブレークスルーが必要となる事例が多い。
- ・ 激しい世界的競争環境にあるIT分野において、この研究部門が掲げている目標はほとんど全ての企業・研究機関が指向している。その中で、できるだけユニークな特徴をより前面に出す工夫が必要である。

## 第5章

- ・ ロードマップやシナリオで予定していなかった優れた成果をどう活かすか、戦略的な対応が求められる。
- ・ 外部資金では予算を獲得しにくい基礎的分野の研究レベルもしっかり維持して欲しい。それが研究部門としての柔軟な適応力につながり、さらに国際的な認知度を高めることになる。

### △ 課題間、研究グループ間、研究ユニット間の関係

- ・ 研究体制として整理が不十分なところも散見される。世の中の急速な変化に応じて、受け身ではなく、スピード感をもって研究計画を立案されたい。課題や組織のダイナミックな改廃や連携も期待したい。
- ・ 今後、組織設計を行う場合、これまでの蓄積が分散しないようにすべきである。
- ・ 研究部門の総力を挙げて取り組む横断的かつシンボリックなテーマを強く打ち出すべき。
- ・ 実際行っている研究の全てをカバーする共通項を無理に作り出し、漠然とした概念を打ち出すのではなく、代表するようなコンセプトを分かりやすく打ち出す必要がある。
- ・ 研究員の構成について、研究部門の将来や技術継承なども考慮した採用計画が望まれる。
- ・ 研究初期の段階から「ユニット全体での統合」を必要以上に掲げることなく、各研究ユニットで得られた基礎研究の成果やデータベースの構築などを個別に適切に評価しながら、研究ユニット全体の目標の中での位置付けを示すことが適切である。

## <研究センター>

### △ 計画の見直し

(柔軟な着想による新たな展開、目標の精細化)

- ・ 再生可能エネルギー市場全体のポートフォリオを考慮した、より上位のロードマップに基づいた技術開発ロードマップの再検討が必要である。買い替えサイクルを考慮することも必要である。
- ・ 目的とする「実用触媒」開発は何をもって実用化に成功したとするか、判断材料も併せて提供してほしい。広大な分野を融合して、看板倒れとならない、真の融合研究センターとなることを期待する。
- ・ ロードマップの具体性とは裏腹に、年度という時間枠に縛られすぎないフレキシビリティをもった計画の実行と、実情に合わせて計画を大胆に修正する勇気と英断が期待される。
- ・ 人口減少社会の中で、疲弊・過疎化が進む地域が優位性を発揮しやすい分野で新たなサービスの創造が求められる。既存サービスの延長線上にない新たなサービス創造の方法論構築への展開も期待する。
- ・ 単層カーボンナノチューブの利用が拡大するにはまだまだ時間が必要である。今後は長期的に研究を継続するとともに、新しい発想で次の研究展開を構想することを期待したい。

(具体的なマイルストーン設定、整合性のあるビジョン)

- ・ 国の開発計画と整合性をとったシナリオに基づいて引き続き研究を進め、商業化に至る道筋に関して今後の検討が必要である。
- ・ メタンハードレート開発に伴う地すべりや環境影響に関する研究について、今後の検討が期待される。
- ・ ロードマップを細部に展開し短期マイルストーンを明確にすると、進捗管理にも活用できる。
- ・ 化学産業全体の廃棄物を10%削減する目標を検証するのは難しい問題である。高い数値目標を置き、達成できるような研究の発展を期待する。
- ・ 消費電力だけでなく、ダイナミック光パズネットワークの導入コスト、運用コストなども考慮した導入事例を示しながら、長期的アウトカムへのロードマップを示していくことが望まれる。

(選択と集中)

- ・ 第1回海洋産出試験の成果を分析するとともに、長期的な展望を描きつつ、早急に解決すべき研究課題に重点化を図り、今後の研究の加速化が求められる。

### △ 内外連携、優位性・特徴

(産業界への効率的な働きかけ)

- ・ ベンチマーキングや市場分析をより深め、市場の変化を先取りした形での研究開発テーマ・目標を設定していくべき。積極的にマーケット展開できる活動を行う人的支援など、戦略性を高めてほしい。
- ・ 実用化面では社会課題や産業ニーズの把握、言い換えればマーケティングが課題であり、企業も一緒に考えるべき。まずは産総研の冠を活かして、各社にニーズヒアリングをするという手法はある。
- ・ 産業界への橋渡しも高い研究ポテンシャルが維持できてこそ可能となる。企業が本当のニーズを話してくれる関係になることがこれまで以上に重要になる。
- ・ 企業から相談される課題は難度が高くなり、時間と労力が必要となる。解決困難な課題は企業にとって

重要度が高く波及効果も大きく、機密性・非公開性が要求される。一方、公的機関としては成果公開・論文等によって実績をタイミング良く評価されるべきで、研究者のモチベーション維持も重要である。成功報酬による資金獲得、一定期間後に成果を公開など、何か方策が必要との印象である。

- ・ 大企業・公的サービスへの取り組みに関して、中小企業は直接的であったが、大企業の経営陣に企画を届けるにはコーディネータなどの工夫が必要になる。ビッグデータの取り扱いにも細心の留意が必要である。
- ・ 当分野の産業化を世界的に主導できる立場を強めるための方向性の一つは、マーケティングの強化である。外部からマーケティングの実務経験者を招聘し、企業への協業提案や用途立ち上げのためのムーブメント作り（PRやメディア活用）を進めることが適している。
- ・ まず立ち上げるべきキラーアプリケーションの推進加速を図るとともに、これまでサンプル提供されながら実用展開に至らなかったケースの理由・要因を解析し、技術の適用範囲を広げる取組みが必要である。コンソーシアムの機能を強化し、産官学連携を更に深耕して技術の地平を広げる取組みの推進が重要である。

（国際的優位性、波及効果の明確化）

- ・ 開発される技術が画期的でも新薬にたどり着くのは容易ではないと思われる。ドロップ薬、上市薬での成果により、研究開発の意義がより早く周知されることを期待したい。
- ・ 既存ネットワークに対する優位性について、どのような種類の用途で光パスネットワークが最も威力を発揮するのか、具体的エビデンスに基づく予測を示すことが望まれる。
- ・ サービス工学研究の中心組織であるために、成果のパッケージ化、製造業のサービス化の方向性の明確化と技術開発項目の設定、社会サービスの中の移動・交通系および農水産業系の方向性の明確化と技術開発項目の設定、が望まれる。
- ・ 当該デバイスの市場創成には、ユーザーの新規で柔軟な発想を誘発させるプロトサンプルとユーザーの意見に対応する改良パワーが必要である。それらを行うタイミングはトップが判断する必要がある。
- ・ 本材料の産業化がなされなければ、本材料に関する内外の研究は縮小に向かうと懸念される。民間企業への技術移転のみで良しとせず、産業技術として根付くまで指導性を発揮できるようにしてほしい。

△ 課題間、研究グループ間、研究ユニット間の関係

- ・ 当該研究センターとFREAの関連分野は緊密な連携を強化し、切磋琢磨して技術開発を進めてほしい。
- ・ 当該デバイスについては、基礎的知見を集積するつくばでも性能向上への探索研究を継続する必要がある。

## 第5章

### 5-1-2 ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプットの評価コメント

#### (1) 評価コメントの概要及び内容の構成

本評価項目は、研究ユニットにおけるユニット戦略課題ごとに、中期計画における目標、アウトカムとその実現に向けたロードマップの妥当性、及び世界水準を基準としたその質の高さを含めたアウトプットのアウトカム実現への寄与について評価を行うものである。

本評価項目における評価コメントの記入率は表5-1-2のとおりである。「評価できる点」、「問題点・改善すべき点」および「今後の方向性と助言」について9割以上の記入率である。

ロードマップの評価事項としては、①アウトカムの的確性、②アウトカムへの道筋（研究開発の内容やアウトカム実現に向けた連携等の方策）及びマイルストーンの設定の妥当性、③必要な技術要素の把握の妥当性及び、④他機関との優位性等の比較（ベンチマーク）の妥当性があり、アウトプットに関する評価事項としては、①アウトカム実現への寄与、②世界水準を基準とした質及び、③これまでのロードマップに示されていない顕著な成果等である。

ロードマップの評価事項における、「評価できる点」では、ロードマップを明確なストーリーをもって策定し、研究の意義を社会に効果的にアピールすることが求められている。全体としてアウトカム実現に向けて社会のニーズ、国内外の位置付け、優位性・特徴を把握し、適切にマイルストーンを設定していること、極めて挑戦的な課題を設定し着実に成果を積み重ねていること、産総研内の拠点や産総研ベンチャーなどを活用し、企業への技術移転などの産業貢献を進めていることなどが評価されている。

「問題点・改善すべき点」としては、アウトカムの実現に向けたシナリオ、強みや独自性等が不明確である。曖昧なアウトカムの設定により、その実現への課題設定が不明確となり、アウトカムに対するマイルストーンとの関係も不明確になっているとの指摘がある。また、経済性（コスト、費用対効果）や実現可能性の高い具体性のあるマイルストーン及びベンチマークの見直し、研究の進捗状況や社会情勢を反映したロードマップの適宜見直しも必要であるとの指摘がある。

「今後の方向性と助言」では、時間軸やコストも考慮した目標の設定、普及に向けた用途開発について産総研ならではの工夫による一層の取り組み、市場ニーズの適確な把握など出口を見据えた方向付け、内部・外部との連携によりアウトカムを実現する取り組みを進めることなどが期待されている。

アウトプットに関する評価事項では、「評価できる点」としては、新しいアイデア・コンセプトを作り出し、それに必要な基礎・基盤技術の開発さらには応用にまでつなげたこと、企業との連携により開発した技術が実用化（産業化）されていること、論文・特許・標準化への取り組みによってバランス良い成果が出ていることなどが評価されている。

一方、「問題点・改善すべき点」としては、論文・特許など研究成果の発信量の不足（企業との共同研究も増えているとはいえ）、研究成果の普及活動が不十分であることなどが指摘されている。

「今後の方向性と助言」については、学術論文、特許出願、規格化・国際標準化、あるいは成果の発信としての広報活動に関して、工夫と戦略的な発信などが期待されている。

表5-1-2 ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプットの評価記入区分と記入率

評価記入欄	委員内訳	のべ記入者数	記入率(%)
評価できる点	外部評価委員	680	99.4
	内部評価委員	255	99.6
問題点・改善すべき点	外部評価委員	615	89.9
	内部評価委員	243	94.9
今後の方向性と助言	外部評価委員	663	96.9
	内部評価委員	250	97.7

## (2) 「評価できる点」の主な指摘内容

### ○ ロードマップ全体としての評価

(連携してアウトカムの実現へ)

- ・ シミュレーション技術が、他の戦略課題解決に有効に適用・活用されている。
- ・ 各サブテーマごとに着実な成果が認められ、いくつかの項目は他の戦略課題へ成果移転され、展開としても妥当と思われる。
- ・ 光応用技術として、従来の二つの戦略課題(パワーフォトニクス、高感度センシング)を統合して運営することは妥当な進め方である。

(研究開発の進展)

- ・ 重要なレアメタルをほとんどカバーし、産総研のもつ総合力を活かして分野融合型ハブとして機能しながら、材料設計からプロセス技術までを担当し、代替材料開発や小利用技術開発について、具体的に定めた目標値をクリアしてきている。
- ・ ナノ粒子の高付加価値化技術はCs回収プロセス技術やエレクトロクロミック素子の開発で着実に進展している。また、それらを下支えするナノ粒子の大量合成技術も確立され、緊急対応プロジェクトに留まらず、中期計画のロードマップは着実に達成されてきていると判断される。
- ・ フレキシブルデバイス技術開発のためのロードマップに沿って着実に研究を進めて多くの有意義な成果を挙げ、高機能・低消費電力・高使用感をもたらすデバイス技術を開発した。
- ・ 基礎から応用に至るまで、世界最高水準の研究を展開していることは高く評価できる。特に、リチウムイオン電池材料開発、ポストリチウムイオン新蓄電池材料創製、電極表面の構造解析・原子レベル解析等は、極めて高く評価できる。全体としても、戦略的で、バランスの良い研究を展開している。
- ・ HLACが戦略課題にとらわれずに、広い分野に応用されている。また、産総研フレームワークを産総研自身の内部システムとして利用していることを高く評価する。
- ・ 基礎研究に近い分野でありながら、強相関、超伝導、CNTなどのいずれのテーマでも、ロードマップがきちんと描かれ、多くのアウトプットが出ている。

### ○ 政策ニーズへ対応している

- ・ 技術的な文章の公開・提出に関して、幾つかのパブリックコメント提出や政府報告書で研究成果を引用されるなど、セキュリティ技術の政府機関への発信力がある。
- ・ 原発事故対応の小型線量計は、ニーズに対して迅速に開発できる技術対応力が評価できる。
- ・ 大規模事業地点選定に資料を提出するなど、経済省の実証事業の推進に貢献している。
- ・ 震災後注目が高まっている地層処分の分野において、社会とのかかわりを重視しながら研究開発を進めていることも大きく評価できる。

### ○ アウトカムの設定

(明確な設定)

- ・ それぞれの大テーマごとに取組み課題が整理され、担当するサブテーマについては、アプローチとターゲットが明確である。
- ・ コア技術であるレーザー化学微細加工技術について、省エネ型社会構築への貢献という明確なアウトカムが設定されている。

## 第5章

- ・ ケイ素化学研究は、看板課題として、目的は明確で、挑戦的である。これまでの蓄積に基づく見通しがある未来開拓プロジェクト実施であり、シラノールの単離など、ケイ素化学全般の技術レベルも高い。
- ・ 研究の方向性を再構成することで、目指すべき方向性がクリアになっており、アウトカムおよび必要な技術要素の妥当性が増している。

(大きな貢献が期待される設定)

- ・ 材料の機能を左右するが通常の計測手法では難しいものの計測及び解析にフォーカスしている点は、研究戦略の立て方として優れている。
- ・ 有機溶剤脱水の省エネ化とモジュールの製造、有機ハイドライドからの水素精製における優位性の確認を達成したことはアウトカムを期待させるアウトプットである。
- ・ 災害対応をめざして、必要技術を不整地走行技術、簡易作業技術、人動作模擬技術と位置付け、アウトカム実現に向けた妥当な取り組みである。

### ○ マイルストーン、ベンチマークの設定等

(明確な設定)

- ・ 制御システムのリスク分析に基づき、必要な防御策の提案と実証を行うとともに、重要インフラのセキュリティ強化に向け、マイルストーンを含むロードマップを作成していることは評価できる。
- ・ アウトカムを変更し、メタンハイドレート資源開発の経済性や多様性を高め、併せて新たな産業を開拓していく研究開発の道筋・マイルストーンの設定も妥当である。
- ・ 有害物質の連続監視技術、化学物質の有害性スクリーニング、微生物の分析において、国内外の位置付け、優位性・特徴を明確にし、適切にマイルストーンを設定し、優れた開発成果を挙げ、開発した技術の一部は製品化も達成している。
- ・ 研究シナリオ（①社会的・技術的課題は何か、②必要な制度やシステムは何か、③どのような技術開発をしていくか、④ ②と③のため、どのような連携を作っていくか）がストーリーをもって組立てられている点が評価できる。その結果、研究の意義を社会に効果的にアピールすることによって研究資金を増加させるという好循環を実現している。
- ・ オンデマンドリペアについては、マイルストーンでの定量的な目標とともに、顧客価値を明確につかんだ研究開発を先導しており（いわゆるイノベーション・イニシアチブを実現）、評価は高い。

(技術課題の把握)

- ・ 技術分野の見取り図(ポートフォリオ)を整理し、その中に各個別技術を位置付けている点が評価できる。
- ・ 表層メタハイは調査が、砂層メタハイは生産技術が主体となる研究課題に明瞭に仕分けされて研究が進められている。

(適切なベンチマークの設定)

- ・ 目標を達成していることがベンチマークで示されており評価できる。
- ・ 取組んでいるテーマにおいて、目標設定(担体の高耐久化、低白金化、耐CO被毒性改善など)と解決のための着眼点が適切である
- ・ 研究ユニットの基本的なミッションである探索的な「先端研究」に位置していると考えられる。その意味で、幅広い電子デバイス、超伝導材料などの基礎的な最先端技術を他との優位性に重点を置き進めていることは大きく評価できる。

### ○アウトカム実現へ積極的な連携

(産総研内部での連携による成果)

- ・ 化合物データベースのように他の研究分野と共同でニーズを見出したこと、他組織からの研究員を受け入れて人材育成と社会貢献していることは評価できる。
- ・ 未利用熱の利用(熱電素子)、磁石、電池、ReRAM等、重要な技術課題に実験グループと関係しての取り組みは評価できる。
- ・ 所内で実際に利用可能なシステムの実装、開発と実証実験を行っており、いわゆるクラウドシステムの効果を明確にしていることは評価できる。他部門への存在感を明確に示すことができると同時に、手に入りにくい実働データを得ることができ、システム開発、提供者と利用者の双方にとって有益な結果となっている。
- ・ 所内連携で、研究を進めることはマンパワー確保の面からも評価できる。

## (外部機関との連携による成果)

- ・ 高耐圧素子の研究では、数々のハードルを外部(メーカ、大学)との連携で乗り越え、成果を出したことは高く評価できる。
- ・ 企業や他の組織などとも(問題認識の共有など)協力しながら、研究・開発を進めている点は評価できる。
- ・ 先端研究を背景とし、関連する工業会、大学などと連携した標準化やガイドラインの策定推進は実践的で迅速な社会導入が期待できる。
- ・ 民間との共同研究の実施によって、知見・ノウハウ等の民間への波及と民間の活力・発想等の受入を積極的に実施し、互いに啓発し合うことが予期せざる成果を生む土壌となることが期待できる。

## (実用化のための民間との連携)

- ・ 量産技術について着実な進捗がみられるとともに、CNTの特性を活かした実用化展開についても複数の芽が出始めている。技術移転先の企業で量産プラントの設備投資が決定された技術及び複数の企業に技術移転されるとともに試薬としてはあるが上市され始めた技術があることは、産業応用に向けての大きな前進と考えられる。
- ・ 企業への有償出荷・共同研究、事業化といった成果の展開につながっている点は非常に評価できる。
- ・ 環状カーボネート合成において、固定化により触媒活性を飛躍的に増大させ、共同研究先企業にてプラント適用が検討されている点は、着実に商業化へと結びついている技術として高く評価できる。
- ・ コンソーシアム体制で企業と共同して取り組み、成果をすぐに実用化あるいは材料開発と結びつけられる体制で実施した点は評価できる。

## (製品化への取り組み)

- ・ 社会的なニーズが高いと思われる技術の製品化が進んでいることが期待できる。
- ・ ストレス性睡眠障害モデルマウス及び専用ケージを開発・販売(企業)したことは関連研究の進展に大きく貢献できるものと認められる。
- ・ 植物の遺伝子組換え技術と医薬原材料生産のための植物工場の生産技術を融合させて、遺伝子組換え植物体を原薬とする医薬品としては世界初である動物薬を開発し、医薬品としての承認および製品化に成功しているなど、優れた成果を挙げている。
- ・ マルチキャリア通信に向けて、既存測定器に比べ2桁以上高精度な光源ノイズ評価技術を開発し、製品化したことが評価できる。

## (技術移転が進展している)

- ・ 電圧標準に関しては産総研の技術の企業への技術移転によりラックマウント型の電圧標準を世界で初めて製品化するとともに、ユーザからのフィードバックによるシステムの改善を行っている。
- ・ スーパーグロース法において量産技術およびナノチューブ分散技術を多数の企業に提供して多くの応用技術を開拓し、ナノチューブ生産ライン構築を企業に決断させるまでの応用を含めた技術開発を行ったことは高く評価できる。
- ・ 高精細の金属配線印刷を可能にする光反応ナノメタル印刷法とスクリーンオフセット印刷法は、いずれも企業へ技術移転を行っており評価できる。

## ○ アウトカムにつながる研究成果

## (実用化に近い成果)

- ・ 既に開発した歩行者推測航法をより使いやすくするために、ハンドヘルド化および省電力化を推進し、実用化間近となっている点が評価できる。
- ・ 半導体型CNTの高純度分離は塗布プロセスなど従来の半導体製造プロセスのイメージを変える可能性の高いものとして実用上重要な成果と評価できる。
- ・ 課題全体として、既に実用プラントができているなど、実用化のアウトカムを得ていることは高く評価できる。
- ・ 衛星データアーカイブとして実際に運用されている点は高く評価できる。
- ・ 過酸化水素水を使った革新的酸化技術の一部は、ハロゲンフリーのエポキシ化技術として既に事業化・実用化まで進んでいる。

## ○ 知的基盤整備への貢献

- ・ 標準化では、JIS改定案(工場排水試験法)を提出するなど、国内外の規格の改正や原案策定に貢献している。

## 第5章

- ・ 評価法や基準の世界との調整は産業活動の面からも重要で、特にアジア連携活動は重要になっており、これに対する活動は評価できる。
- ・ 介護ロボットの実用化が喫緊の課題となっている現在、産総研が中心になって提案したロボット安全基準ISO 13482の発行、生活支援ロボットの試験・認証事業の実施など、安全に重点を置いたロボットの包括的な研究開発を進めていることは高く評価できる。

### ○ 技術普及のための積極的な取り組み

- ・ 産総研の技術を世の中で広く活用してもらうための活動に力点を置いていることが感じられる。多くのソフトウェア開発現場では、新たな開発手法の導入に対する精神的反感が強い中、少しずつでも科学的なソフトウェア開発の環境を広げることが望まれる。
- ・ 実際の地震と本ユニットの予測の差を埋めるべく、近い将来に発生が予想される南海トラフや、日本海溝沿いの地域で研究活動を積極的に継続し、それらの成果を社会に発信する努力がなされていることも十分評価したい。
- ・ 成果を原子力規制庁報告書に限らず、論文やDVDメディアでの配布、さらに、ウェブを用いた公開情報としてまとめている点は高く評価できる。
- ・ 創業に関する技術者養成コースを多数開催し、企業を中心とする人材養成に大きく貢献した。
- ・ 小中学校などでの地球科学の普及活動によって、理科好きの子供を増やし、50年後の民意判断に資することは、国家百年の計として重要と高く評価します。

### ○ 論文、講演等での成果発信

- ・ 従来蓄積と、さらなる研究の継続により、海外発表などの成果が出ていることは評価できる。論文採択件数も多く、特許、受賞もかなりあり、成果が継続していると感じる。
- ・ いずれも特色ある研究成果が上がっており、20名程度のチームで2年間に70編近い論文を発表し、そのインパクトファクター平均値が3を超えと言う事実は国際水準から見ても高く評価されて良い。学会の進歩賞受賞や数多い招待講演も高い外部評価を示すものである。

## (3) 「問題点・改善すべき点」の主な指摘内容

### ● ロードマップの改善等

(時間軸を考慮してロードマップを策定することが大切)

- ・ 未利用太陽光利用技術の開発は、非常に多面的で、とすれば総花的ともなりやすいが、非常に重要なので、長期的戦略をも取り入れ今後さらに力強い展開が期待される。
- ・ 地震テクトニックマップの重要性は高いので、関東地域だけでなく、各地域の地震発生ポテンシャルを出来るだけ早く評価し、マッピングすることが望まれる。そのロードマップを早急に示すことも重要である。
- ・ ロードマップでは、短期的取り組みと長期的取り組みの仕分けがまだ不明で分かりにくい。

(適宜見直すことが必要)

- ・ 社会基盤サービスの設計・開発・運用における今日的な基盤技術の整備、体系化を念頭に置きながら、重要なコア技術、周辺技術、アプライ技術の関連を明示し、今後のロードマップを提示する必要がある。
- ・ グループの大きさの割に多くのテーマを扱っているため、研究の面的な広がりにも物足りなさを感じることもある。テーマをもう少し絞り、面的な広がりを伸ばすことが望まれる。
- ・ 事業化・商用化に必要な技術課題、ロードマップの作成が望まれる。
- ・ 外部とのコンテンツの共同利用、二次データ（アプリケーションから生成されたデータ）の再利用の可能性など、個々のアプリケーションを超えて、大きくコンテンツを利用する可能性について検討する必要がある。
- ・ 産業的に苦戦している分野では、そのままの方向で進むのではなく、市場分析などから方向性そのものを検討し対処する戦略性が望まれる。
- ・ 生活支援ロボットを作る側、運用する側の視点は、十分考慮させられているが、ロボットと向き合う側（ユーザ）の視点がやや欠落している。ロボットの「安全」のみならずユーザーである人間の「安心」の視点を考える必要がある。

(研究課題間等の連携強化を期待)

- ・ 個々の研究については非常に研究レベルは高いが、個々の研究の連携や全体としての統合的な戦略につい



での検討が必要である。

- ・ 計量標準で貢献できる部分については、他部門・他省庁とのさらなる連携を視野に入れ研究室で閉じないようにする必要がある。
- ・ 人工筋肉については本来の課題としての位置付けは弱くなってきたが、他の課題の診断チップのアクチュエータとしての可能性が高まっており、課題構成は変更してもよいのではないかとと思われる。
- ・ 他グループでも同様な機械学習をベースにしたデータ解析のアプローチ(生活支援・生活安全技術など)がなされているが、同じ方向であれば、双方で共同研究として相互補間することでより効率のよい環境の構築が期待される。
- ・ ライフ系センシング、構造物モニタリングの研究は、研究分野を問わず多くの他研究ユニットで進められていることから、相互に連携し、共通の課題に対処することにより、実社会への早期の投入が進むものと思われる。

(成果のアウトカム実現への具体性が不明確)

- ・ 示された成果例は、本顕微鏡の特長を示すために戦略的に選択されたものと言うよりは、単に、測定できるもの、依頼されたものを観察してみた、という印象を受ける。
- ・ これまでの成果の技術的意義は認めるが、ロードマップが必ずしもユニット全体のアウトカムに直結する形になっていなかった。ユニット自体の目標への直接的な貢献をどうまとめていくかを明らかにすることが望まれる。
- ・ 研究ユニットに止まらない広範囲な研究者を糾合して、ニーズ対応型の研究を推進しているが、具体的なロードマップが示されていない。
- ・ 達成目標にある「開発プロセスの定着」の様に記載が不明確のものもあり、成果目標のはっきりとしたロードマップの作成が必要である。
- ・ 本当に実現可能なのか、裏付けや戦略、ロードマップを提示してゆく必要がある。
- ・ ロードマップ上にアウトプットとしての技術要素が記述されているが、アウトカムを実現するために、どのような技術課題が克服され、残っている課題は何かは不明である。
- ・ 目指す生活支援ロボットに対して、開発した把持技術やセンシングの高度化がアウトカムに向けたロードマップにおいてどのような位置付けにあるのか、また今後開発すべき要素技術は何かを明確にする必要がある。

(外部機関・企業との連携、分担が必要)

- ・ 規準や規格策定は産総研が中心となって取り組む課題であるが、自動車エンジンシステムの高度化技術のような研究テーマにおいては民間企業との役割分担を明確に示す必要がある。
- ・ 現場の実装までは困難が多いが、産総研、自治体など、ステークホルダーとの十分な打ち合わせを通じて、調整を行うことが重要である。
- ・ 有害イオンの分離計測と有害物の選択的認識・分離技術は、産総研単独では技術・機器の普及がおそくなると懸念されるため他機関との共同研究が必要である。
- ・ 薄膜シリコンを利用した太陽電池は、まだ効率が低く、産業上も低迷している状況の下で、どのような研究開発・戦略を進めていくのかメーカーとの密な協議・連携が必要である。

## ● アウトカムの設定の見直しが必要

(設定したアウトカムとマイルストーンの関係が低い)

- ・ 個別対応的に実施されている多くの共同研究・研究テーマに関しては、マイルストーンで示された目標との整合性が不明確である。
- ・ 現行のポケットベースのネットワークとは異質な光パスネットワークを実際に導入していくのか、その過程が見えない。
- ・ 要素技術の開発と、製造ラインで必要とされる技術の間に、ずれの生じている部分があり、その整合性をどうとるのか、ある程度個別にとらえていくのかを、明確にする必要がある。

(曖昧なアウトカムの設定)

- ・ 研究テーマは基礎研究としては評価できるが、本当に、産業的価値のあるアウトカムとなったのかが疑問である。アシュワガンダ葉成分の研究も、可能性を示した段階であり、真のアウトカムとは言い難い。
- ・ ロードマップの図はアウトカムの出口イメージが大きすぎて、実用化への筋道や技術の使われ方が分かりにくかった。
- ・ 推進する標準化課題に対してアウトカム導出のシナリオを明示することが望まれる。

## 第5章

- ・ 既に4年が経過しているため、太陽電池の出口イメージを明確にして、開発の目途が得られていないものはもう一度取り組み方針を検討する時期に来ている。
- ・ 家庭・施設等で必要となる支援サービスについて、ロードマップの最終目標としてどの程度の機能を狙っているか、具体的な内容を示す必要がある。
- ・ 衛星データとのリンクが不明確でアウトカムが分かりにくい。ロードマップとアウトカムの整理を期待する。

(市場価値を考慮したアウトカムの設定が必要)

- ・ 色素増感太陽電池では、昨今の結晶系太陽電池の効率向上や劇的な価格低下等も踏まえ、用途や価格目標等の再考が必要である。
- ・ 産業応用としては、コストの問題は大きいと見られ、さらなる検討を早急に進めるべき段階である。
- ・ アウトカムとして環境負荷低減を期待する上では、トータルコストに対する目標や成果を明確にする必要がある。
- ・ 「光反応の特異性に着目した製造プロセスの省工程・省部品化技術」で得られたアウトプットを薄膜太陽電池製造に適用した場合、どの程度のコスト削減に繋がらそうか半定量的でも言及が欲しい。これまで大きな投資を行ってきた太陽光発電においては、コスト低減が明確な目標である。
- ・ 活性ヒトタンパク質のアレイは今後の疾病診断、創薬支援等への貢献が期待されるが、ランニングコストを如何に低くするかが課題である。これまで国産アレイの普及率は低いので、高い信頼性と最適な価格設定を目指すことが期待される。
- ・ 宇宙用、集光用のみならず一般用途への応用可能性を探求するとされているが、コストを始め安定性や劣化その他多くの課題があると考えられる。

### ● マイルストーン、ベンチマークの設定等の改善が必要

(マイルストーンでは具体的目標が必要)

- ・ デバイスの開発や変換効率向上が研究主体となっていて、高効率分散電源の普及や水素エネルギーシステム導入において期待できる位置付けが、曖昧である。いずれも、高効率化と低コスト化の具体的な数値目標を、掲げることが望ましい。
- ・ 水素貯蔵の目標値は明確であるが、達成への道筋や経済性など、実用化へのハードルが不明確である。
- ・ メモリ研究のロードマップが整理されておらず、材料研究がシステムティックに行われていない印象である。夫々の材料を用いた場合のアウトカムを考え、複数材料で開発する場合のリスク等について、スペックをもとに開発計画を立てた上で、評価解析を進める必要がある。
- ・ 可能なものから、順次、実用化を推進する必要がある。そのためには、個々の研究課題に対して具体的なマイルストーンおよび実用化に至るシナリオを明示する必要がある。
- ・ サーマルマネジメントに関する新規マイルストーンの設定については、定量的な目標が設定されておらず、また自己点検もなされていないので、その達成度を自己点検・自己評価する必要がある。
- ・ アウトカム実現のための技術要素が示されているが、中期計画終了時にどのような技術課題が克服され、残っている課題は何か不明確である。
- ・ メタンハイドレートのような実用化が研究目的として明確なテーマについては、実用化に向けたロードマップを示した上で、どの段階まで明確になり、何が課題となっているかを明確に説明する必要がある。

(ベンチマークの優位性を明確にする必要がある)

- ・ 他の機関でも進められていると思われる、ビッグデータ解析の匿名化技術については、ベンチマーキングにより産総研の優位性を示していくことが望まれる。
- ・ 他の手法や技術と比べてどのように優れているかのソフトウェア開発技術のベンチマークが明確でない。明確になれば、対象組織の活動のモチベーションに繋がると考える。
- ・ デバイスのベンチマーキングに曖昧さがあるように見える。トップデータのみでの比較では、実質的な意味は少ない。実効的なベンチマーキングができるような改善が期待される。
- ・ 実用化を見据えた研究が多いので、ベンチマークは優位な点だけでなく、更に踏み込んで劣勢な部分も含め、より客観的に(可能なものについては数値も提示して)行うことを期待する。
- ・ 二つの要素技術とも、世界的にみて技術競争、応用展開が激しい分野であるので、最新の厳しい目で見たベンチマークを常に作成して適切なロードマップの策定が必要である。

(要素技術の妥当性が不明確、技術課題の把握が不十分)

- ・ 性能面での代替材料の開発の成功が直ちに製品に反映されるわけではないが、使われない原因をよく調

べ、代替材料が優位になるような研究開発の発展を期待する。

- ・ 多くの研究成果が出ていることは分かるが、それぞれの成果が、新しいアイデアを出した段階なのか、実用化のための困難を解決するものなのかなど、研究の流れの中での位置付けが分かりにくく、全体の進展がつかみにくい。
- ・ 予測技術に対して科学的な妥当性の裏付けや評価技術の開発も有益と考えられる。
- ・ 研究者の常日頃の基本的な、意識付けが重要であり、研究者1人ひとりがアクセシビリティの重要性を十分に認識して、少し気配りをすれば達成できる。自ら実行できないものをガイドラインにするのは本末転倒である。
- ・ 物理標準の中で、超音波及び放射線標準は、医療分野等に資する点はあるものの、医療分野における位置付け、重要性が必ずしも明確ではない。当該分野における諸課題との関係を明確にする必要がある。
- ・ 糖尿病やうつ病などの早期診断、疲労の評価法など、注目度の高い技術開発を進めているが、コストや操作性、診断精度といった面で、医療現場のニーズにどのくらい沿ったものになっているのかが、やや不明確な印象を受けた。
- ・ ハイブリッド材料の利点を活用した材料開発が行われているが、全体的に環境・エネルギーの観点、ミニマルマニュファクチャリングのなかでの位置付けが希薄に感じられる。
- ・ 様々なサービスの実現において、ヒューマノイドでないと実現できないタスク・環境が存在するのかが明確でない。

### ● 成果の発信量が不足している

(インプットとアウトプットのバランスが適切でない)

- ・ 招待講演数、共同研究数、技術相談件数が減少していることが少々心配される。開発ターゲットを絞った案件の研究に専念するために、対外的な活動を絞るなどの戦略であれば仕方がないが、対外的な影響力が低下して見えてしまう。

(海外へ向けて成果の発信を)

- ・ 土壌汚染評価技術の重要性が増しつつある中、国際連携も積極的に進め、国際貢献をもっとアピールした方が良い。

(特許出願と論文発表は両立を)

- ・ 特許出願数及び応用研究が増えたことによるものと思われるが、査読付き国際誌が激減している。今後もコンスタントにインパクトファクター付論文を公表することが期待される。
- ・ 論文数に比して特許の出願数が少ないように見受けられる。基礎研究分野の知的財産は、それが孵化したときの国際的なインパクトが極めて大きいので、特許出願やこれによる産業界との連携をより一層推進することを期待する。

(成果の発信方法について検討を)

- ・ 石炭は、資源量の豊富さ故に、今後も国際的にはクリーン利用技術の幅広い展開が大いに期待される。国際的ハブ機能、提案力、発信力強化に期待する。
- ・ 国家国民に対するセキュリティ技術・意識の展開において、産総研を含む公的機関は強いリーダーシップを発揮することが期待されるが、活動のスタンスや力強さに若干の物足りなさを感じる。
- ・ テストベッド構築をベースとした公開実証デモに際しては、広くこの成果の意単にSHV非圧縮伝送のみではインパクトに欠ける。要素技術の成果展開を踏まえて、このシステムの意義と将来の社会・産業界への波及効果など分かりやすくデモ・説明する必要があり、留意・工夫が必要である。
- ・ 対外的なアピール度が少し低下してきている印象を受けるので、もっと活動内容の積極的な広報に努める必要がある。
- ・ 一般ユーザにLODの検索を公開する場合には、再現性、質保証、信憑性などについて、ある程度ユーザに喚起することが必要である。
- ・ 成果についてCD配布のみならず、成果のアピールと普及について、戦略的思考が必要である。
- ・ 新たな発見等々多数あるものの、一般的な報道発表のみでは一般市民まで情報が伝わりにくい。資料等も一般市民でも分かりやすいものを作成し、情報発信も工夫を凝らすなど、幅広い人々へ情報が届くようにすると良いと考える。

## 第5章

### ● アウトカム実現への取り組みについて検討が必要

(企業との連携が必要)

- ・ 検出器の開発においては、ユーザとの連携が重要になるため組織作りの強化が望まれる。
- ・ 量産プラントで製造されるサンプルが有効に活かせるように、コンソーシアムとしての取進めをさらに強化し、アプリケーションの拡大展開を一層図っていく必要がある。
- ・ 健康や医療などへの展開を目的とする計測技術や評価技術に関しては、円滑な推進のために他ユニットや関連する機関との連携拡大が望まれる。
- ・ 産業界の足並みがそろわない中で産総研がリードすることは非常に高度な能力と技術を必要とする。産官学間での情報の共有化への方策を提言し、企業をリードし、これまで以上に信頼されるように環境整備を進めることも重要である。
- ・ 世の中が急速に変化している中、官民連携の場を活用して迅速な情報共有と発信が求められる。特に企業の声が迅速に反映され、ビジネスに反映されるマッチングの場の仕組みがさらに整うと良い。
- ・ 研究開発のフェーズとしては、一つのプロジェクトを終了し次のプロジェクトに向かう一種端境期的な段階と思われる。この時期はそれまでの研究成果の普及に向けた企業との連携の比重を増やすとともに次の研究課題の立ち上げを行わなければならないが、成果は放置、次の研究は重箱の隅的になりがちになるので、十分注意した舵取りが肝要である。

(外部からの評価が重要)

- ・ 個々の技術はかなり進展していると思われ、実用化に進んでいると思うが、コストか歩留まりか性能かなどの問題点について、関連業界の様子分かる専門家等を交えた検討が役に立つと思う。
- ・ 個別のテーマのほか、リチウム電池や燃料電池、LEDなど、現在およびこれからの日本をリードする研究課題が多い。それぞれの課題について、その分野の専門家から細かい評価や助言を受けると今後の参考になると期待される。

(特許が活用されることを検討する必要がある)

- ・ グラフェン透明電極の知財については、製造施設まで考えた場合、戦略の検討を真剣にする必要があると危惧する。
- ・ 特許については、その目的、何を守るのか、ノウハウにした方が良いか、などの検討が必要である。
- ・ 実績を作ったからには、適切な時期に正当な対価を得られるような検討が必要である。

### (4)「今後の方向性と助言」の主な指摘内容

#### △ 設定したアウトカムの意義を分かりやすく表現・説明する必要

- ・ ロードマップは、「実証する」という目標が多いが、その後、どう実用に結び付けていくのかなど、研究のステップアップを見通せるように描く必要がある。
- ・ ナノ粒子の安全性評価の研究について、全体を俯瞰できるマップを作成すると、テーマ設定の適切性が明確になる。
- ・ 研究シナリオをアピールするには、ロードマップや技術分布マップによる「見える化」が有益である。

#### △ ロードマップを改善・見直すことは必要

(技術の進展に対応した見直し)

- ・ 研究開発のフェーズとしては実用化に近いテーマを取り扱っているため、産業界への「橋渡し」を有効に実施するための戦略をより深めることが望まれる。技術の出口戦略に関するロードマップの作成が望まれる。
- ・ 出口目標として設定している「やわらかいロボット」への関連性・道筋が以前より曖昧になっている。それぞれの技術をアウトカムに結び付けることは別に、ロードマップの再構築が望まれる。
- ・ 光パスポセッサは、積極的な研究展開が期待されるが、現状ではマトリクススイッチデバイスの研究開発にとどまっている。魅力あるアプリケーションやサービス制御シナリオを具体化し、そのロードマップを策定することにより、インテリジェント化、高機能化の目標がより明確な研究開発に発展させることが期待される。
- ・ わが国が取り組むべき課題、研究センターが解決しなければならない技術的問題点等を明らかにし、商業化に向けた説得力のあるロードマップを作成することを期待する。
- ・ ダイレクト燃料電池は革新的なポテンシャルを有するものと期待しているがなかなか基礎段階から発展しているように見えないので、思い切ったロードマップの展開が望まれる。
- ・ 実用化に向けては、現在の課題である、低温時の性能などの対応についても研究課題として取り上げ克服す

るシナリオを作成し研究を促進することが望まれる。

- ・ 将来的には効率だけでなく劣化や耐久性等についても評価を進め、総合的な太陽光発電市場での普及見通しを考慮したロードマップの検討も必要である。
- ・ レアメタル、メタンハイドレートのような、実用化が目的となるテーマについてのロードマップの明確化を行えば、たとえ目標を達成できなかったとしても、実施したことの価値はかえって高まると考えられる。
- ・ 次の目標は実用化、商用化という最も難しいフェーズに入ってきているのでロードマップをしっかりと作成してほしい。

(時間軸を考慮して展開)

- ・ 時間軸に対する研究目標も策定する必要がある。可能であれば、過去の研究の蓄積に基づく、将来への飛躍のステップを表すことが望まれる。
- ・ グラフェンシートにおいては、世界的な競争が激しくなる中で、競合との差異化を明確にし、本技術の強みが最も活かせるような具体的なアプリケーションをアサインした上で、早期実用化を目指すような取組みが、今後の展開をよりダイナミックにし、また競争力の確保の上でも有効と考えられる。
- ・ 実用化までのスピード感を意識しながら研究を進めることが望まれる。
- ・ 全体的にテーマの重点化とアウトカムの時期をもう少し明確にして進む必要がある。

(コスト評価も考慮)

- ・ 石炭ガス化技術においては、イニシャルコストの低減も重要な課題である。経済性についても市場導入に必要な目標値を民間側と共有しながら進めることが期待される。
- ・ 今後の課題はこれまでの研究成果の現場への適用だとすれば、コストを含めた際に生産性向上にどこまで寄与し得るかを示す必要がある。
- ・ 研究開始時点であっても、コストや環境負荷低減の度合いを評価しながらの研究開発を進めることが期待される。
- ・ プラスチックやエネルギーなど、戦略課題に関する研究開発の主たる対象分野は成否がコスト次第である。競合技術との恒常的なコスト比較が望まれる。
- ・ 高性能であることが特長とされる以上、まず性能を世界水準に引き上げた上で、コストや用途市場を議論する必要があり、開発戦略の再構築が望まれる。

△ ベンチマークやマイルストーンはロードマップ策定に必要な情報

- ・ 大規模システムの開発では、スケールアップにおいて、他の技術も必要とされる。実用化に至るまでの各研究段階における産総研の立ち位置や役割をより明確にすることが期待される。
- ・ 国内外の類似機関との差別化、優位性を明示して役割分担を定め、迅速で効率的な成果の導出と社会導入の推進を期待する。
- ・ 圧力センサーは介護など今後の成長領域で期待が持てる。アナログ方式のフィルムはすでに商品化されているが、デジタルの場合には圧力の時間変化が追えるので応用範囲が格段に広がると期待できる。この分野のベンチマーキングをすることが必要である。
- ・ 開発、提供する標準(テーマ)選定の理由、基準をロードマップとともに明らかにすることが望まれる。日本国内で使用することを前提に、海外の標準の利用も視野に入れて、標準提供の範囲、開発計画を明らかにすることが望まれる。

△ 研究成果の知財化(標準化)は戦略的な視点で取り組むことが必要

- ・ 評価技術を世界標準化することによるメリットは大変大きく、産総研以外の日本で開発された評価技術の標準化・普及も重要であり、戦略的な人員配置が望まれる。
- ・ 特許の取り組みに対する見直し(海外メーカーからどうやって特許料を得るかという視点での取り組み)が必要ではないか。
- ・ ISO活動が産業界のメリットとなるように、知的財産として戦略的運用することが期待される。

△ 研究成果をフォローアップすることが大切

- ・ 観測を通じて研究者にコンサルティングノウハウが蓄積されてきた事例の分類ができるようになってきたことにより、そのノウハウを視覚化し、継承できるようになるかどうか、今後の大きな課題と考えられる。
- ・ 評価結果や予測の信頼性を高めるために、それをどう検証していくかの道筋も求められる。やりっぱなしではない、フォローアップの手法確立も必要になってくるのではないか。

## 第5章

- ・ 開発したデータベースや評価手法がどれほど活用されているか、そのフィードバックが得られるような工夫をする必要がある。
- ・ 特区を用いた実証試験は重要であると考えられるが、実証試験で終了することなく、研究成果の普及・社会実装までも継続して進めることが期待される。

### △ 研究成果の発信方法には工夫や戦略が必要

- ・ 国民の情報リテラシーの向上に向けて、「可視化」の観点から普及啓蒙を推進することを期待する。
- ・ 「アウトカム」を評価の前面に出すのであれば、単なる基盤研究とは異なり、ホームページの整備、社会に対するアウトリーチ活動と、社会からの反応を取り入れた研究展開が必要と考えられる。
- ・ ある数値目標に到達したか否かよりも、低いスペックでも有用なアプリケーションがあれば、それを積極的にデモンストレーションして、現場で使ってみる方向性が大切と思われる。
- ・ 研究者・専門家と、一般消費者との間で理解や認識が大きくずれているものの一つに「リスクトレードオフ」がある。研究の意義を広く世間に理解してもらい、成果を活用してもらうために、広く社会に啓発活動を行うことが期待される。

### △ アウトカムを実現するための体制づくりが大切

(外部(内部)連携の必要性)

- ・ 自治体・商店街などにおける連携を模索した実サービスが、他業種連携、地域活性化に繋がることを期待する。
- ・ ソフトウェア検証や形式技法を普及させるには、政策の役割も大きい。欧州などの例を参考に、他の組織と連携して働きかけを行い、政策の力で普及を後押しすることが期待される。
- ・ 実用化に近いテーマに関しては、機能の優位性のほか、コスト、具体的な適用対象などについても関連の企業と議論し、ユニークで競争力のある技術に仕上げるのが期待される。
- ・ 企業との共同研究では、互いの役割分担、目標、マイルストーンなど進展させるための工夫が必要で、関係者の努力を期待したい。
- ・ 全てを産総研だけで行うのは難しいと思われるので、企業とのコンソーシアムの組織もひとつの方向性ではないかと思う。
- ・ 要素技術の横展開は今後も積極的に進めることが望まれる。水インフラに関わる技術は、日本の強みであり、アジアでのニーズが高く、アジアの研究員の受け入れや、他の関連技術との統合など、大きなプロジェクトに育てることが期待される。
- ・ ニッチでも研究成果の活用事例が出るように産業界や関連地域との連携をこれまで以上に密にされることが重要である。
- ・ 各種の企業との共同研究開発は、下請け的な開発を脱するために、その中の顧客価値を自分たちでつかんで、イノベーションをリードすることを目指すことが期待される。
- ・ 調湿や室内音熱環境などは、産総研の他部門と連携し、まずは環境試験室レベルでの試験と数値シミュレーションによる評価を確立して、最終的に実験棟で確認するといった手順を進めていくことが必要である。
- ・ ライフ・イノベーションにおいては、健康、医療、生活就労環境など広範に計量および工業標準を必要とする。所内外の関連部署との連携拡大を図る、国民社会や産業ニーズの把握と迅速な標準化の推進が求められる。
- ・ 産総研は性能評価やこのための条件検討で得られた知見をデバイスの開発に有機的に活かせる環境にあるので、デバイス開発やシステム運用と有機的な連携を進めて知見の有効利用を図ることが期待される。

### △ 今後も継続した取り組みを要望

- ・ 産総研のSOFCの基盤技術研究は官民の中核的役割を果たしており、引き続き新たな課題にチャレンジして日本の産業界をリードすることが期待される。
- ・ 産総研内でバッティングしないダイレクト型燃料電池は、これまでの開発の歴史もあり、今後も粘り強く継続して取り組むことが期待される。
- ・ 国際標準化は重要であり、その取り組みは順調に進んでいると思われる。引き続き、活動に期待する。
- ・ 産業界からの新たなニーズに対して、化学材料の評価研究拠点としての役割を継続的に果たしていくことを期待する。
- ・ 植物の遺伝子組換え技術などの基礎的な技術から、医薬品としての安全性検査などの実用化技術に至る総合的な技術開発の基盤を持っており、今後も継続して技術開発を推進することを期待する。
- ・ 有機系太陽電池は高効率化、高耐久化に向けた研究が今後益々重要であるが、一方で、普及に向けた用途開発について産総研が担う役割は大きく、より一層の取り組みに期待する。

- ・ リスクの評価を絡めた汚染度の評価については、産総研に期待されるところが大きく、実際にリスクがある問題とそうでもない問題とのメリハリをつけた評価を今後も期待される。

## 第5章

### 5-1-3 イノベーション推進への取り組みの評価コメント

本節は、第3期に入り評価項目としてとり挙げた「イノベーション推進への取り組み」における評価コメントの内容をまとめる。

#### (1) 評価コメントの概要及び内容の構成

「イノベーション推進」という場合、包含する内容は広い。研究ユニット評価における本評価項目の観点、イノベーション推進における主として「外部貢献」の取り組みとその効果である。

評価事項として、主に①成果の発信や研究ポテンシャルによる、国、社会、産業界、学界、及び国際、知的基盤等への貢献の取り組みとその効果等、②産業人材育成を含む、産学官連携、地域連携等のイノベーションハブとしての取り組みとその効果、等を示している。

ここでは、評価コメントの内容を、1)国・社会・産業界・学界等への貢献、2)国際貢献、3)知的基盤、4)外部人材育成、5)産学官連携、6)地域連携、の6つの内容に分類して、それらの頻度の割合を概略的に把握した。得られたコメントの頻度を、図5-1-1に示す。

外部評価委員、内部評価委員ともに「評価できる点」「問題点・改善すべき点」や「今後の方向性と助言」において、「国・産業界・学界等への貢献」についてのコメント数が一番多く、次に「産学官連携」そして「国際貢献」の順にコメントが多く記されており、「地域連携」の項目は「産学官連携」等の項目と複合でコメントが得られており比較的少なかった。

「国・社会・産業界・学界等への貢献」については、「評価できる点」として、コンソーシアム活動とこれによる新しい国プロの先導並びに新規技術研究組合の設立等、研究の場の提供等、産業界への貢献が多数取り挙げられている。一方、「問題点・改善すべき点」としては、製品化の一手手前という「出口に近いもの」の展開として、アウトリーチ活動の不足、最終的アウトカムに結びつける活動について一層の推進が望まれる等の指摘がある。「今後の方向性と助言」としては、情報発信による成果の広報活動、産業の活性化に資する研究開発を目指す必要があるとの指摘等、研究開発から事業化までの連携の強化策の提示がある。

「産学官連携」では、技術研究組合やつくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点(TIA-nano)の場を活用した融合研究が推進されている点等が挙げられている。一方、「問題点・改善すべき点」としては、多くの技術要素について開発研究を展開しているが、どこまでを産総研が育て、どこから民間企業に技術移転するか、等の明確化が必要との指摘がある。

「知的基盤」については、国際標準化は我が国全体の問題であるが、産総研主導(リーダーシップ)のもと、総合的な取り組みに対する発信、並びに産業界が積極的に参加できる仕組みづくりが必要との指摘も見受けられる。

なお、本評価項目における評価コメントの記入率は表5-1-3のとおりである。「評価できる点」については、外部評価委員及び内部評価委員ともに、高い評価コメント記入率である。「問題点・改善すべき点」についての記入率は若干低いものの、「今後の方向性と助言」については9割以上の評価者がコメントを記入している。

以下に、評価事項におおむね沿って、コメントにおける主な指摘例について示す。



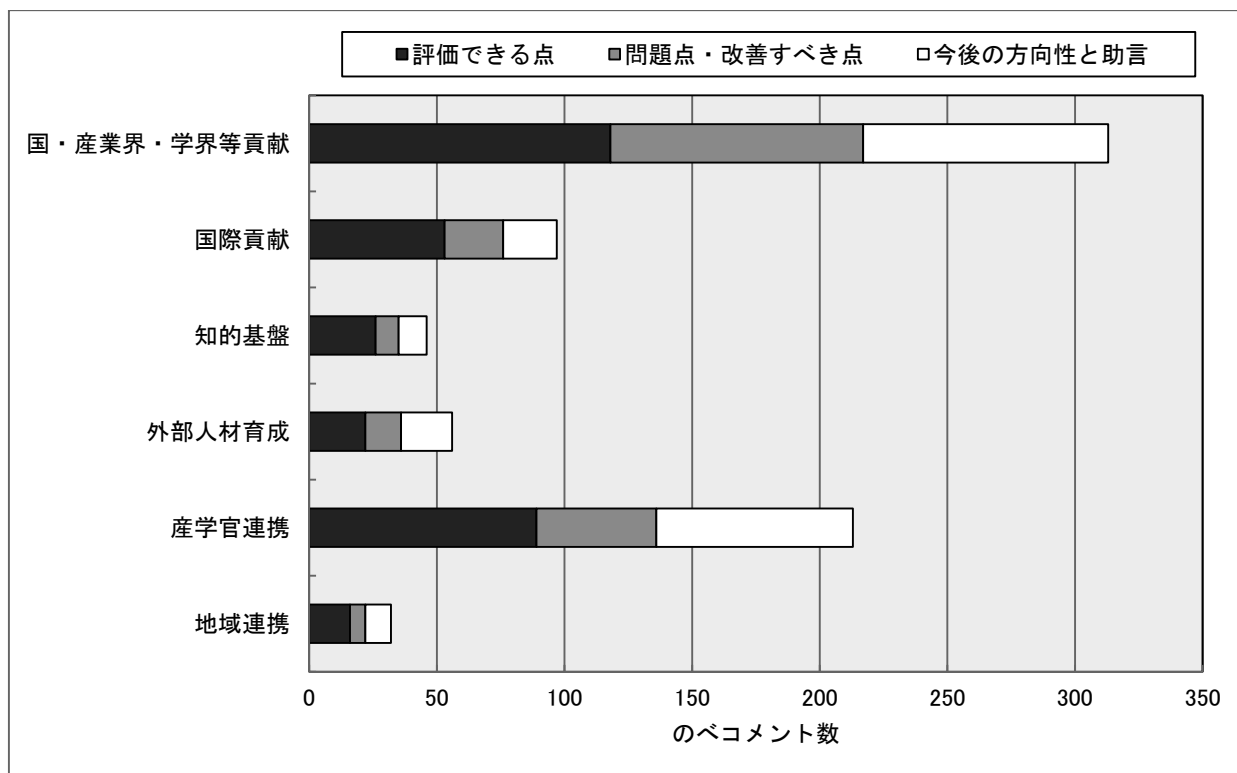


図5-1-1 イノベーション推進への取り組みの評価コメント内容

表5-1-3 イノベーション推進への取り組みの評価記入区分と記入率

評価記入欄	委員内訳	記入者数	記入率(%)
評価できる点	外部評価委員	154	98.1
	内部評価委員	60	100.0
問題点・改善すべき点	外部評価委員	111	70.7
	内部評価委員	57	95.0
今後の方向性と助言	外部評価委員	146	93.0
	内部評価委員	59	98.3

## (2) 「評価できる点」の主な指摘内容

### ○ 国・社会・産業界・学界等への貢献

- ・ 国プロへの参画、学会への貢献、地域のハブ・拠点活動など、多方面で存在感のある活動を継続していることは高く評価できる。
- ・ NEDOプロジェクトなども含め、各種研究プログラムにおいて指導的地位を確立していることは評価できる。
- ・ プレスリリースによる成果の発信・企業との共同研究や経済産業省のプロジェクト等を通じて、産業界との連携強化が密に図られている。
- ・ 研究テーマが基礎、橋渡し、実用化の各ステージにバランス良く配分されており、個々のテーマの魅力も高い。
- ・ 基礎・基盤的な研究ユニットであるが、研究フェーズにより適切な外部連携と社会展開への取り組みが

## 第5章

進められていることは評価できる。

- ・ ユニット長のリーダーシップと協働企業との強い連携により、相互に優れた研究成果が生み出されている。具体的には、先端的技術を取り入れた製品化、プロトタイプ製作、採択率の低い国際会議での発表、高インパクトファクター雑誌への投稿を挙げられる。
- ・ 実証プラントを立ち上げ、それを企業に貸し出し、多くの企業にサンプル提供を行うなど、研究成果の用途開発を促進するための多大な努力を行ったことは極めて高く評価される。
- ・ ベンチャー企業の創出や多くの知財がライセンスにより、実際に利用されていることは、イノベーションに向けた活動として評価できる。

### ○ 国際貢献

- ・ 性能評価、アジア基準認証事業や認証に対する国際的な取り組みに関する活動を実施している。
- ・ 国際連携、WHOとの協調、コンソーシアムの形成、企業連携は有益で、今後における関連企業の参考となる。
- ・ 個別の研究成果を国際標準化の俎上へのせて大きく展開が可能な環境を整備している。さらに、EUなどとの共同研究を推進し、国際的なインパクトを産むように努力している。
- ・ 国際的な視野をもつ若手研究者を育成し、国際会議招待講演やIEC国際標準化活動などを通じて国際的なプレゼンスを高めていることは評価される。

### ○ 知的基盤

- ・ イノベーションの基盤としての計量標準供給体制の整備やデータベース整備などを的確に行い、製品認証・標準化を進めている。
- ・ 各研究開発課題に対応してコンソーシアムを立ち上げ運営していることは、イノベーション創出を促すための基盤構築に繋がる活動として評価できる。
- ・ 地球化学標準物質の作成・提供は、地質の知的基盤整備の上での基礎となるものであり、これに応える形で整備が進んでいる。
- ・ 研究成果のデータベース化とインターネットなどでの情報発信や国の施策への貢献に資する委員会活動、また、マスコミ対応や一般への普及啓蒙活動は、研究成果を社会に活かす観点から重要なものであり、取り組みの方策も成果も水準以上にあると判断される。

### ○ 外部人材育成

- ・ 研究者の受け入れなどを通じた人材育成などの面でも十分な成果を挙げたといえ、研究アライアンス事業が期待された成果を積み重ねていると評価できる。
- ・ 人材教育の面でも、集中研への一般企業の技術者の常駐化等で、大きな教育効果が得られていると考える。
- ・ 自治体職員への研修によって防災にあたる職員の地学リテラシーを向上させる試みは評価できる。
- ・ 大学を始めとする様々な機関に出張研修を行って、技術者教育に力を入れていることは評価できる。
- ・ 大学院生の受け入れ、連携大学院の教員を併任するなどして、人材育成にも取り組んでいる。

### ○ 産学官連携

- ・ 技術研究組合や複数のコンソーシアムを主導し、研究開発においてイノベーションハブを形成しつつある。
- ・ 大学との連携やシンポジウムの開催、実用化に向けた知的財産マネジメントへの取り組みを行うなど、成果発信や産学連携が活発に企画されており、イノベーションハブの形成は高く評価できる。
- ・ 製造技術の民間への橋渡し強化に努力し、多くの企業との連携が構築されていることは評価できる。特に、プレ事業を開始し、将来の認証事業の民間移管に向けて順調に進んでいることは高く評価される。
- ・ 完成度の高い研究開発実績を背景に、国内外連携、標準化の主導、成果の実用化・製品化、新規プロジェクトの立ち上げなど積極的に進めていることはイノベーション推進活動の観点から高く評価できる。
- ・ 産学連携のための共用施設の立ち上げや組織作りを数多く推進しており、オープンイノベーションのための仕組み作りが強力に推進されている。
- ・ イノベーションの根幹とも関連した装置製品化と技術移転は、産総研の本来の目的である科学と技術の実用化の観点から、コア活動として高く評価できる。
- ・ 実用化推進研究会やコンソーシアム設立を含め、事業の創出に向けて産学官の連携を推進し、意欲的な取り組みが実施されている。

## ○ 地域連携

- ・ 標準化や委員会活動及び地域のイノベーションハブ機能推進において幹部メンバーを派遣するなど、主要な役割を担っている。
- ・ 多くの企業と共同研究を実施し、公設試との連携を進め、地域の活性化、公設試への展開、設備のオープン化によるハブ機能の強化などの効果が得られている。
- ・ 地域連携の面でも、国際戦略総合特区の推進を支援していることや、顕著な研究成果を挙げており、研究ユニットとしての存在感が認められる。

## (3) 「問題点・改善すべき点」の主な指摘内容

## ● 国・社会、産業界・学界等への貢献

- ・ 各研究部門の研究を通じたイノベーション推進よりは、研究分野と組織設定におけるイノベーションが必要なのではないか。
- ・ 一般向けの成果発信に積極的に取り組んでいるが、シナリオ・ロードマップから判断して、法令・産業への比重が大きいと思われるので、イノベーション推進についてはリソースを考慮した対応が必要と思われる。
- ・ イノベーション推進への取り組みに必要とされる費用、マンパワーなど各種コストの大きさが気にかかる。コストの肥大がユニット運営にネガティブな影響を及ぼすことがないように配慮願いたい。
- ・ 行うべき活動が多岐にわたり、相互の活動の有機的連携とそれによる相乗効果が見えていない印象を受ける。人員も少ないので、できる事柄を整理して、効率的で負担が少なく、かつ貢献度の大きな活動に特化することも考えるべきだと思われる。
- ・ 事業化可能なシーズでも研究ユニット内で抱え込むのではなく、外部に出せるものはなるべく早く外部に出し、研究者の負担にならないように配慮すべき。
- ・ どのテーマをどの時期に開発すべきか、捨てるべきかの戦略を立てるべき。時間の評価が無いように捉えられている。厳密な開発をしても、必要な時期を逃して開発完了しては、評価されない。
- ・ 優れた成果が民間企業等に十分伝わっていないように思える。ユニット全体として広報／PRについて、戦略的に取り組む必要がある。
- ・ 外部資金調達要求が益々高まる中、実用化に傾注するあまり、基礎研究や人材育成が疎かになることを危惧する。

## ● 国際貢献

- ・ 産総研が多くの研究プロジェクトに参画していることや国際標準への貢献は分かるが、その寄与が見えづらいと感じる。
- ・ 国際連携も積極的に推進されているが、国内の連携と同じスタンスで臨むのかなど、国際戦略が今一つ明確でない。
- ・ 国際競争力と言う観点では、日本の技術力を用いて競合国と渡り合っていくのか、将来を厳しい競争の中で如何に日本がイニシアティブを発揮するのか明確な指針が無いことが懸念事項と思われる。国際社会で日本が勝ち残るためには、技術力で勝る必要があり、標準化に関しても他国に合わせるのではなく、日本として有意な条件で基準を設けるべきである。この観点から日本の指導力が問われている時期にあり、産総研の指針を明確にすべきであると考えられる。
- ・ 産総研の国際戦略は先進国との協力による研究開発力の向上、途上国支援による仲間づくり、リーダーシップ・イニシアティブの確保維持などがあるが、単に協定の数だけではなく、戦略的にどの国とどのような目的で協力するか、相手国を拡大してゆく予定か、示してもらえると分かりやすい。

## ● 知的基盤

- ・ データベースは民間のデータベースと比較して、どこまで整備するかを議論して注力してほしい。今のままだとあまり役に立たない。
- ・ 特に実用化を目指す技術については、研究内容やアプローチ方法のレベルの高さではなく、実用性という観点から、より客観的な評価がなされるべき。
- ・ 知的基盤整備計画に従った成果の創出は国の要請であり、着実に進捗させることは必須であるが、それだけではなく、例えば2020年に目標を達成した段階で、その情報から見てどのような社会を構築したいか、その具体像を語る必要がある。

## 第5章

### ● 外部人材育成

- ・ 人材育成の面では、どのような狙いや基準で若手研究者を受け入れているのか、また、産総研から企業へ人材を派遣するといった取り組みも検討の余地がある。
- ・ 研究テーマ遂行の観点から人材が不足している分野の情報を中・長期的な視点で大学などと交換するなどして、共同研究等で人材を直接的に育てる点について、引き続きの努力を願いたい。
- ・ 産学人材育成については、RAの積極的導入など評価できる点も多々あります。しかし、裾野を広げるという意味でも、ポストクやRAより少しレベルを下げた人材の育成や民間を含めた教育や情報発信も必要ではないか。

### ● 産学官連携

- ・ 連携の企画は数多くなされているが、会合を開いたり、一般的なプロジェクト運営の説明だけで、それぞれの機関の特徴や機能強化の道筋が具体的に示されていない。
- ・ 創成された技術の産業界への移転に関して、コストパフォーマンスを検討するのであれば、企業に加えて経営工学などの専門家とチームを組むことも検討したほうがよい。社会における有用性、影響力なども含め、研究者だけでは対応できない部分を補うことで、さらなる効果がある。
- ・ 人的リソースを考えると研究ユニットだけでイノベーション推進のための取り組みを行うことは困難に思える。産総研全体としてイノベーション推進を本格的に行うための部があると思うが、研究ユニットとの連携がどのようになっているのかがよく分からない。
- ・ 対外的な活動は活発であるが、やや専門分野に閉じている感は否めない。将来のイノベーションに繋げるという意味では、幅広い社会からのニーズを汲み取ることが必要であり、一般社会との接点をもっと増やす必要がある。
- ・ 産学連携・地域連携については、着実に実行しているが、成果普及という観点からすると、専門的領域を脱していない感がある。成果普及には産学だけではなく、官・民まで含めた連携が必要であり、産学官民での連携についても検討する必要があるのでは。
- ・ テクノブリッジなどを活用し、企業経営層との話し合いにさらに取り組むことが求められる。

### ● 地域連携

- ・ 地域イノベーションについては、産総研を中心に公設試や産業センターだけでなく、多くの大学や研究機関を巻き込んだ拠点形成（戦略）が有効と思われる。
- ・ 産技連分科会の活動は地方自治体に対して大変有意義である。連携や共同研究などへの発展が今後見込まれるのか、自治体への積極的なアプローチがさらに必要と思われる。

## （４）「今後の方向性と助言」における主な指摘内容

### △ 国・社会、産業界・学界等への貢献

- ・ 地球レベルの環境問題に関する研究は、受益者が個々の企業ではなく、国全体となるので関連研究機関とも協同しやすいと考えられる。
- ・ 原発事故後、世界中がエネルギー需給に関する日本のイノベーションに注目している。研究開発が政策として実現しやすいであろう立場を活用して、「日本モデル」となるような提案と実用化を期待したい。
- ・ 研究課題によって大きくフェーズが異なっているが、必ずしも目の前の実用化のみに囚われない適切なイノベーションハブを構築して研究を牽引していくことが、次のミッションになるのではないか。
- ・ イノベーションとレギュレーションを両立させた展開は、関連産業の育成と安全安心な国民社会の両者に効果をもたらすと想定する。必要に応じて、新たな機能を追加すべきである。
- ・ 新しいサービスや社会の仕組みの変革を目指すのであれば、行政、民間企業等との積極的な議論を経て、社会変革に寄与する技術やサービスや仕組みを俯瞰して、テーマ設定に活かすべきである。
- ・ 基礎研究での成功した技術の多くは、多くの研究者が早期に断念した技術であることを考慮すると、材料技術、デバイス技術は10年、20年の長期的視野に立って、なるべく多くの可能性を残して粘り強く継続すべきと考える。
- ・ プロジェクトの成果が装置開発だけに終わらないよう、今後は新しい応用を切り開くような企業との連携の拡大を期待する。
- ・ 国立研究開発法人への移行後は、コスト意識をさらに厳格に持ち続けることが重要だと考える。
- ・ よりユーザ側の視点に立った研究推進が望まれる。エンドユーザとの直接的協力など、すでにユニット

で着手しているようで一層の推進が期待される。

- ・ 産総研として、情報発信や研究所と社会とを繋ぐ、サイエンスコミュニケーター的な人材を養成、あるいはポストとして検討しても良いのではないか。リスク管理という面からも言える。
- ・ 研究面だけでなく、イノベーションの面でも地域センターとつくばの融合の効果があると、インパクトが有ると思われる。

#### △ 国際貢献

- ・ 海外との関係強化と海外情報の国内企業への紹介等も積極的に手がけ、世界の中の日本企業を育ててほしい。
- ・ 国際調和と融合も必要と考えるが、技術立国としての日本の立ち位置も考慮し、産総研として技術の融合と合わせて、日本が勝ち残るための戦略を明確にして、産業界の発展を示すべきであると考え。イノベーションすることが最終目的ではなく、イノベーションによって技術立国として日本が世界をリードする立場にならなければ、日本が国際社会で生きてゆく手段が無いと思われる。
- ・ 国際標準化は行政及び産業界との強い連携に基づいて推進することが有益である。また、策定した標準の維持管理も重要なので、研究所としての体制の構築も必要である。
- ・ 世界に伍していける組織なので、AA諸国等に対して欧米に引けをとらないリーダーシップを発揮されることを期待する。

#### △ 知的基盤

- ・ 知的貢献で社会が受け取るアウトカムを評価することは容易ではないが、計画期間とその中間での「評価システム」を自ら作ってほしい。
- ・ 今後、試作や試験評価などサービス業務的な要素が増える可能性があるのならば、品質マネジメント的な管理の検討も必要ではないか。
- ・ 異分野の企業や組織との連携により、研究の流れの変化を誘導することも重要である。
- ・ 基礎的な研究課題は、将来の研究の下地になるので、ユニット内グラントを推進すべきと思われる。

#### △ 外部人材育成

- ・ 高度産業人材育成にも積極的に関与し、根張りの深い研究者ネットワークを構成、維持しながらイノベーション推進に寄与していく仕組みの整備に期待する。
- ・ 異分野の技術・人材の融合に対応した取り組みは評価でき、その中核としての役割を今後とも果たすことを期待する。
- ・ 人材育成については、自治体、産業界、アジアなどの現状も踏まえ、その機能を考えてほしい。

#### △ 産学官連携

- ・ 企業トップの生の声のヒアリングは優れた試みと思う。同時に、世界のトップ大学・研究所における研究動向の把握も進め、我が国の産業界の優位性を確保する研究テーマを発掘されることを期待する。
- ・ 出口志向が強く、企業との交流を多く実施している点は評価できますが、反面、企業は自社の利益が最大の使命であり、企業の社会貢献もその視点の一環とも言えます。その意味で産総研の目指す方向とは異なるので、この点を十分留意し、企業交流から得られたもの全てが産総研に有用ではないことをマネジメントは見極める必要がある。
- ・ コンソーシアムを活用した企業・大学との連携、学会活動、人材育成等を通じて、イノベーションハブとしての機能を更に高めることを期待する。産総研の強みを活かして、異業種コミュニティ、異分野との連携等に研究ポテンシャルを発揮することを期待する。
- ・ イノベーションに関しては、単に産業界の意見を聞くだけではなく、産業構造そのものを大胆に変えていく提案にも期待したい。

#### △ 地域連携

- ・ コンソーシアムや学会を母体としながら、地域における支援の専門家養成、地域で自立的に技術移転が進む仕組み作りなどの展開を継続的に進めてほしい。
- ・ 開発した技術を中小企業及び公設試に適切に提供し、共同研究への発展や社会実装に繋がることが期待される。

## 第5章

### 5-1-4 研究ユニット運営の取り組みの評価コメント

本節では、「研究ユニット運営における活動の活性化とポテンシャル向上への取り組みとその効果」に対する評価項目のコメントについてまとめる。

#### (1) 評価コメントの概要及び内容の構成

本評価項目における主たる評価事項として、1)所内連携や分野融合、2)資金獲得・効率的活用、3)組織運営や体制の整備、4)内部人材育成、5)挑戦課題の推進、等がある。評価コメントの内容を、これら5事項にその他を加えた6つの事項に分類して、それらの頻度の割合を概略的に把握した。その結果を図5-1-2に示す。

外部評価委員、内部評価委員ともに「評価できる点」「問題点・改善すべき点」や「今後の方向性と助言」の各評価事項において、「組織運営や体制の整備」についてのコメント数が一番多く、次に「内部人材育成」、そして「所内連携や分野融合」の順にコメントが多く記されており、「挑戦課題の推進」は比較的少なかった。

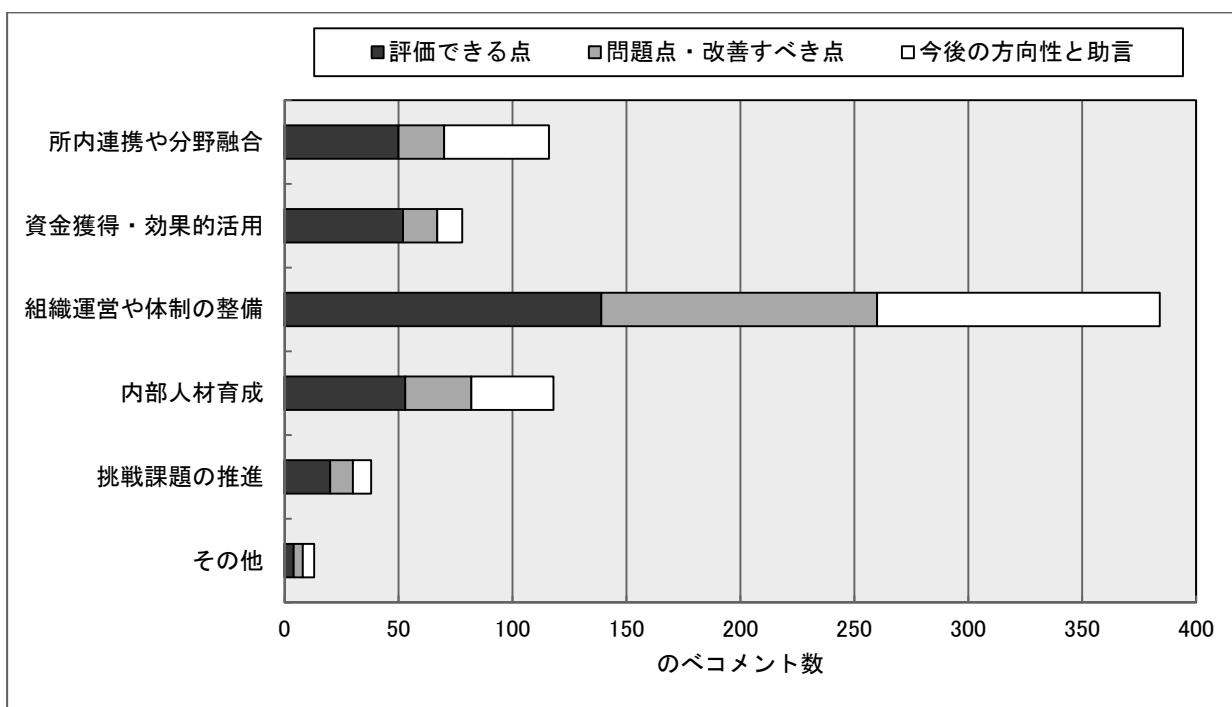


図5-1-2 研究ユニット運営の取り組みへの評価コメント内訳

「組織運営や体制の整備」についてはユニットとしての組織力が発揮できているとの評価や、トップダウン管理とボトムアップ提案のバランスがよくとれているとの評価がある。反面、「問題点・改善すべき点」としても、研究体制及び責任の明確化が課題であるとするコメントも多く、研究テーマや成果に対するレビューと運営の仕組みが必要との指摘がされている。「今後の方向性と助言」としては、効果的な連携体制の構築及び工夫とともに、情報交換や交流を進め多面的研究を可能にするとの助言、シーズ発掘や新領域の開拓等の工夫の必要性等が指摘されている。

「所内連携や分野融合」については、「評価できる点」として、連携（他研究ユニット、技術研究組合、外部研究機関等）や融合が推進されていることや、連携によって研究開発の効率が上がっている点等が挙げられている。一方、「問題点・改善すべき点」としては連携の一層の推進、

重点化の工夫等の指摘があり、「今後の方向性と助言」としては、所内連携の継続性を更に強化する必要性の指摘や、具体的な連携の強化策の提示がある。

なお、本評価項目における評価コメントの記入率は表5-1-4のとおりである。「評価できる点」については、外部評価委員及び内部評価委員ともに、高い評価コメント記入率である。「問題点・改善すべき点」及び「今後の方向性と助言」についての記入率は若干低下している。

以下に、評価事項に概ね沿ったかたちで、コメントの主な指摘例について示す。

表5-1-4 研究ユニット運営の取り組みへの評価記入区分と記入率

評価記入欄	委員内訳	記入者数	記入率(%)
評価できる点	外部評価委員	153	97.5
	内部評価委員	60	100.0
問題点・改善すべき点	外部評価委員	111	70.7
	内部評価委員	59	98.3
今後の方向性と助言	外部評価委員	138	87.9
	内部評価委員	57	95.0

## (2) 「評価できる点」の主な指摘内容

### ○ 所内連携や分野融合

- ・ 分野に留まらず、全所的なニーズに対応して活躍の場を拡げており、所内的にはハブを形成しつつあると言える。三つの研究分野の融合も図られてきている。
- ・ 産業貢献の意識が強く、そのためにユニット内で閉じることなく、他のユニットと積極的に連携し、大型外部資金や所内戦略予算などを獲得し、特に分野の他研究ユニットとの多くの共同研究を実施している点は評価できる。
- ・ 産総研の今後の展開を目指して研究ユニット間・分野間連携によるフィージビリティスタディなどを積極的に行っていることも評価できる。
- ・ 対外的な連携や異分野・異業種融合の促進に踏み出していることを評価したい。特に、産総研内にある異業種に分類される研究分野との融合により、先端技術同士を結びつけることでの高レベルな用途開発が可能になることは大いに期待できる。
- ・ イブニングセミナー等への参加により、常に分野融合や研究課題創出への取り組み、さらには分野連携による予算・資金の調達に至る工夫についても評価する。
- ・ 新ユニットの設立母体となり、その後のユニットの活動を再構築して、滞りなく進めていることは地味ですが重要なことである。

### ○ 資金獲得・効率的活用

- ・ 交付金が圧縮される状況下、外部資金の獲得に軸足を移すとともに、組織内で競合的状况を作り出すことによる効率運営を行っている。
- ・ 大型プロジェクトだけではなく、多くの競争的資金、民間企業からの資金提供など、幅広い研究資金の獲得に努めている。
- ・ 大型予算の獲得、若手の海外への積極的派遣などを含めた人材育成、スペース利用の効率化、組織再編など積極的に取り組んでいることは評価される。
- ・ 大きな外部資金を基盤として進められているユニットであり、研究内容も多岐、長期に渡るが、ユニット内部の組織運営及び産業界等外部との技術・人材連携を効率的に進めており、アウトカム創出に向けた努力も評価される。
- ・ 研究グループの特性に応じた外部資金の獲得指導がなされている他、効率的に運用するためのマネジメントが行われている。
- ・ 萌芽研究やフィージビリティスタディ制度によって、若手のやる気を引き出し成果を挙げていることは

## 第5章

評価できる。また、それらが競争的資金獲得の源になっている点は心強く感じる。

- ・ ユニット内公募による萌芽研究を実施し、競争的外部資金の獲得に繋がったことは評価できる。
- ・ 限られたリソースを有効に活用して成果を挙げている点、様々な資金の獲得に努力している点、及びこれらの資金により研究成果を挙げている点は高く評価できる。

### ○ 組織運営や体制の整備

- ・ 研究活動内容を先導的産業技術育成、産業基盤技術提供、コア・コンピタンスの強化と分け、それぞれの立ち位置を明確にされたことが、次第に明確になってきており、基礎と応用の組み合わせも非常に有効に機能していることも評価できる。
- ・ 個別の研究者の集まりではなく、ユニットとしての組織力そのものを高めるマインド醸成・運営が継続的になされている点を高く評価したい。
- ・ 大きな研究費を使用しつつも、安全面への配慮がなされ、事故なく研究開発を遂行している。研究員は他研究ユニットに比べて若く、活気があるように見受けられる。プロジェクト採用などマンパワーの維持にも工夫が見られる。
- ・ これまでの評価委員会の指摘などを踏まえて、組織を組み替えたり、予算配分を工夫したりといった柔軟な運営がなされている。
- ・ 階層的なユニット内の会議、研究グループを単位とした研究活動、グループ間の連携への配慮、研究者の能力発揮の最大化など、適切な方針でユニット運営に取り組まれており、敬意を表する。
- ・ 研究員がユニットのミッションを十分理解し、一体的に取り組む運営・体制が講じられていることは評価できる。
- ・ 2年前と比べてテーマ設定などが、組織化され、異なる戦略課題で同様の研究が遂行されているといった面は見られなくなり、組織の運営・再編の成功であろう。
- ・ 研究ユニットの人的資源を最大限に活用すべく所内外との連携を進めており、また、トップダウンとボトムアップのそれぞれの良い部分を取り入れた運営がなされていると判断される。
- ・ 萌芽研究の推進などによる若手研究者の育成、国際ネットワークの構築による研究人材の育成、研究環境キャンペーンの実施、成果の数値目標設定と支援を組み合わせる工夫、研究班の設置や研究グループの再編によって、ユニットの活性化を図っている。
- ・ 人事、個人評価などの問題点が整理されており、連携、資金、効率化などへの具体的方策も意識したユニット運営を心がけている点が評価できる。
- ・ 定期的に各グループにおける計画立案、進捗状況の把握、評価のための会議・面談がシステムとして動いており、着実なユニット運営の体制が取れている。
- ・ 卓越したリーダーのもとで、目標に向けた柔軟で的確な運営が行われている。

### ○ 内部人材育成

- ・ 若手研究者の在外研究を奨励し、グループリーダーに若手を積極的に登用するなど、将来を見据えた人材育成が行われている点が高く評価できる。
- ・ 技術分野間の交流やポストクの育成、シニア研究者のキャリアパス形成など、人材の活用と育成にも留意した運営がなされている。
- ・ 階層ごとの育成プランは、その目的と内容が明確である。若手研究者の成長のための論文の業務化や中堅研究者の管理部署への兼務などは、産業人材育成の方針として評価できる。
- ・ 新人の採用が順調で、かつ重点テーマに配属して戦略的に人材育成していることは心強い。

### ○ 挑戦課題の推進

- ・ アプリケーション駆動型研究のポリシーを明確にしながら、ユニット内外の研究者や専門家と積極的に連携し、挑戦的な研究課題の設定や外部研究資金の獲得、内部人材の育成を進めており、順調に成果を重ねている。
- ・ 全研究員にグループ課題と個人研究課題を担うようにし、挑戦的な研究計画を推奨し、ユニット内に企画検討チームを設けるなどにより、研究ユニットの高いアクティビティを引き出している。
- ・ 融合グラント制度は新たな研究の芽を発掘し、ユニットを活性化する施策として機能している。

### ○ その他

- ・ シニアアドバイザーによる研究員の教育も評価したい。企業OBをはじめ経験豊富なシニア層は今後益々増えていく。そうした人材活用は日本の喫緊の課題であり、その課題解決事例として、対外的にも



誇れると考えられる。

- ・ 公募、公開ヒアリングでシーズ研究をサポートしている点は評価できる。

### (3) 「問題点・改善すべき点」の主な指摘内容

#### ● 所内連携や分野融合

- ・ バイオマス利用に関する所内連携のスキームが分野内で閉じているため、分かれて研究開発をしている理由やお互いに必要とされる技術連携が何かが分かりにくい。また、異分野連携による試験・評価法の取り組みはユニークであるが、他の優先課題など産総研の戦略性の説明も必要である。
- ・ イノベーションハブとしての取り組みは、産総研の他のユニットや他機関との連携が欠かせない。連携を積極的に進めているが、今後、要請の増加に対して選抜や重点化の工夫が必要になってくると思われる。
- ・ 「分野間の壁を取り払う」という目的で分科会を設置したのはよいが、取り払ったら何が起こるのか、具体的に何を行うのかが分からない。
- ・ ユニット間の連携がどのようになっているのかがよく分からない。開発テーマごとに所内外とどのように連携して開発していくのかを示してほしい。
- ・ 所内連携や他ユニットへの貢献が進んでいることは評価されます。その一方で、連携課題の中で計測・分析技術の存在感やもの作り等を行っている他分野への先導性をどのように確保していくかが課題と思われる。
- ・ ユニット設立より間もないので仕方がないが、ユニット間の連携による研究成果が少ない。

#### ● 資金獲得・効率的活用

- ・ 技術研究組合をはじめ他のプロジェクトとの関連、重複、成果の帰属が複雑で分かりにくい。類似の研究を行っている組織・プロジェクトが多数あり、リソースの効率的使用、研究規模の妥当性についてチェックが必要と思われる。
- ・ 外部資金は単にお金の問題だけではなく、研究課題の整理やまとめに大いに役立つとともに、新学術領域研究のようなコミュニティに入ることは、キャリアアップや研究能力向上にも大きく貢献すると考えられる。より積極的な指導が望まれる。
- ・ 外部資金と論文成果によってスペース課金を配分する方法が妥当かどうか。研究がどのステージにあるかにより、論文数や外部資金の獲得額は変わってくるし、また、研究内容により必要なスペースは異なるので、この基準だけで良いのか。
- ・ 平成25年度から26年度にかけて、特許出願、企業との共同研究数、共同研究提供資金額が減少している。理由について精査し、本質的な問題があれば、是正することを求める。
- ・ リソースに制限がある中で、国家標準を維持、発展させていくためには、外部の機能、資金を活用していくことが不可欠である。外部資金の確保への努力や外部組織による標準供給体制の整備に取り組んでいるところであるが、まだまだ不十分であり、一層の充実が必要である。

#### ● 組織運営や体制の整備

- ・ 知財保護と情報発信に対する取り組みに関して、基本方針としては理解できるが、現場の対応との関係が必ずしも明確でないような印象を受ける。非常に難しい課題ではあるが、産総研全体としてできるだけ早くこの課題に関して方針を打ち立ててほしい。
- ・ 全体的に人手不足の感が否めない。産業界を指導するには研究員ばかりではなく、測定／評価・実験の具体的な作業などで技術スタッフの充実が必要ではないか。担当するチームで個人ごとに将来計画をきちんと作成し、本人の将来設計ができるように組織的な取り組みが必要であろう。
- ・ 組織再編により研究員数が減っていることもあり、中核となる基盤技術が増強できているのか、やや懸念がある。
- ・ 特に、基礎・基盤フェーズの研究に対してはアウトカムを主張し過ぎるあまり、先鋭的で息の長い基盤研究が萎縮しないような運営が望まれる。
- ・ 研究規模及び人的リソースが増えるに従い、研究内容の発散が危惧されるので、大きな目標とミッションに照らし効率的、効果的な運営に留意し、次期中期計画の策定に向け努力されたい。
- ・ 研究グループの連携は研究活性化のため重要手段となるが、研究班の位置付けとその成果を明確にしていきたい。
- ・ 複数のグループに属してプロジェクトの遂行をしているが、各研究者におけるエフォートの管理、また

## 第5章

一人の研究者に負担が集中しないようにする全体の管理などについて、ユニットの運営方法からはあまり読み取ることができなかつた。

- ・ 一部の戦略課題の部分で述べられた「緊急時の協力・平時の競争」というモットーは大学の研究者としては、妥当なものであろうが、国策実現のために設置された国立研究機関としての意識が欠落していると思われる。
- ・ 各研究者の研究計画の進捗管理については、個人の自主性に従って実行させていることは良いが、グループ長・ユニット長が連携して把握・指導することも重要である。

### ● 内部人材育成

- ・ ユニットごとの年齢構成で、多少歪なところが見られるので、組織的経験の継承、長期的な視野に立った人材育成といった観点から人材育成をさらに行う必要がある。
- ・ 性急な改革は無理であり避けるべきであるが、長期的には大学・民間企業との連携により、人材の流動性を高め、人材育成・人材活用の高度化を目指すべき。
- ・ ユニット長の強いリーダーシップが認められるが、その反面、次のリーダーの育成についてはユニット運営のもと計画的に進める必要がある。
- ・ ユニット運営の中に国際的人材育成戦略がより明確に示されると良い。
- ・ 人事制度的に難しい側面があるのかもしれないが、スペシャリストからゼネラリストまで、メンバーの特性、指向性に応じた人材の育成と活用が望ましい。

### ● 挑戦課題の推進

- ・ ユニット内において戦略課題や資源（人、物、金）配分の優先付け等をどうされているのかが分からなかつた。よりイノベティブな研究ができる環境・仕組み等の整理、さらなる異業種連携・交流の推進等が必要。
- ・ 失敗した研究開発に関する報告が無かつたことから推察すると、成功する確率の低いチャレンジングなテーマへの取り組みが少ないのではないか。全体のリソースの2割から3割程度は、リスクの高いチャレンジングなテーマに当てても良いのではないか。

### ● その他

- ・ ベンチマークやマーケティングが非常に弱く感じる。これらは研究者に任せるのではなく、その分野の専門家をおくことも一つの方法ではないかと思う。
- ・ 著名な国際誌に多数の論文が掲載されているものの、一つの戦略課題を除いて、職員の筆頭論文が少ないのが多少気になる。

## (4)「今後の方向性と助言」における主な指摘内容

### △ 所内連携や分野融合

- ・ 今後はユニット間の連携がより進展することを期待したい。ただし、それが足かせとなって、他の研究が停滞するのも好ましくないので、連携については無理して形式的に進めるのではなく、有用なものを厳選して進めてほしい。
- ・ 他の研究ユニットとの連携では、役割を見える化しておく必要がある。例えば、本研究ユニットから他のユニットへ働きかけて進めている研究か、他のユニットから働きかけられて分担して研究しているかなど研究推進主体ユニットの明確化など。
- ・ 福島再生可能エネルギー研究所でも、本研究ユニットのポテンシャルを活かせるのは嬉しいが、現状では九州を含めた3拠点体制となってくる。パワーの分散ではなく、相乗的に機能するよう運営上の工夫を期待したい。
- ・ 所内連携への取り組みが奨励や呼びかけに留まっているように感じる。もう少し積極的に連携を行えるような仕組みがあっても良いのではないか。

### △ 資金獲得・効率的活用

- ・ 外部資金による研究とは、当該分野の社会ニーズが高い証と考えることができる。外部資金による研究をさらに進めるとともに、リスク評価のように社会的ニーズの高い研究をタイムリーに進めてほしい。
- ・ 知財が今後益々重要になると思う。得られた収入の用途の一部として、職員への報償制度や研究費への還元制度が必要ではないかと思う。

- ・ 科研費採択率が上昇していることは大変望ましい方向であり、特に若手研究者が自身で競争的資金を獲得することは、大きな自信に繋がる。
- ・ 予算獲得は重要ではあるが、そればかりが目的化しないように、本来産総研が行うべき、あるいは産総研でしか実施できないような研究を推進するように運営をお願いしたい。
- ・ 企業からの研究費などが少ない理由をよく検討し、今後対応を行う必要がある。

#### △ 組織運営や体制の整備

- ・ 戦略課題としてシナリオを設定しているので、研究者の流出によって技術開発・研究が途絶えることのないように、特に重要な分野では、技術継承・研究継承を見据えた人的資源の配置が必要であろう。
- ・ 継続的な世界最先端の研究成果の公表、特に高インパクトファクター付国際誌への一定数の公表や特許取得は必要であることから、ユニットへの適切な人材支援の配慮、必要であればエフォート管理なども検討すべきであろう。
- ・ 標準供給、維持、管理と研究のバランスを期待する。また、第4期に向けて研究室間連携、ユニット間連携、外部機関連携に繋がるような主導的な課題設定や体制作りも期待する。
- ・ 産総研の活動、研究の成果が企業を通じて社会に現れると思いますが、産総研としてのブランド化をもっと行うことを考えても良いかと思う。
- ・ 研究ユニットは「技術を生み出す」体制ができあがり、機能しているだけに、産総研として技術の出口戦略をもっと強化してほしい。
- ・ アウトカムに過度にすり寄らず、民間企業が取り組めないような社会に対するインパクトが大きい革新的で夢のある技術を中心に取り組んでほしい。
- ・ 産総研としての成果、その価値の高さをいかに社会にアピールしていくか、についての検討が必要。
- ・ 今後の目的基礎研究のテーマ設定にあたって「出口を見据えた基礎研究」という視点は維持すべきである。世界トップを目指すのは当然であるが、そのためには常に自らの立ち位置を客観的に確認すること（ベンチマーキング）が欠かせない。

#### △ 内部人材育成

- ・ 人員が漸減する中で、知的基盤を支えるという見えにくい重要な活動を効率的に行うためにも、優秀な人材の確保と育成に努めてほしい。
- ・ 今日、グローバルなコミュニケーションが益々重要になってきており、技術の社会的意義を異分野の人々にも分かりやすく語れるような幅広い視野を持つことが、海外との交流や共同研究においても重要な資質となる。そのような若手人材の育成を期待する。
- ・ 特に若手研究者がミッション研究と自己の発想によるオリジナル研究をどのようなバランスで行うのが望ましいかユニット全体として意思統一しておくことが有益ではないか。若手研究者のモチベーションを保つためにも、このような割り切り方が、必要と思われる。
- ・ ビジネス戦略・知財戦略・技術戦略の三位一体を理解し実践できる人材を養成することは重要だと思う。例えば、若手研究者にも研究マネジメント（の一部）を体験させると、意識が高まり、自身の研究や所属している研究グループの研究運営を客観的に見られるようになると思う。

#### △ 挑戦課題の推進

- ・ 現行の独法システムのもとでは、ある程度確実な成果が出る範囲内に目標が設定される弊害があるように思える。若手研究者が、より独創的で困難な研究開発にチャレンジできる研究環境作りも大切にしてほしい。
- ・ 人員に比べ幅広い課題に取り組んでおり、蓄積された研究資産を消費している印象を受ける。新たな研究課題の芽を育てる取り組みにも期待したい。
- ・ 異なる専門家との連携・融合をさらに進め、分野融合や挑戦課題の開発を進めることを期待する。
- ・ エネルギー分野は持続的な研究開発が必要であるが、臨機応変に新たな課題に挑戦してほしい。

#### △ その他

- ・ ダイバーシティの観点から、研究職員により一層の多様性が求められるのでは。様々なキャリア、専門分野の人達が集まることによる「化学反応」が、どんな研究開発でも重要なファクターとなる。
- ・ 分野の違いもあるが、国際的な知名度はNIMSが非常に高いので、NIMSが優れている点はどんどん取り入れていただければ良いと思う。

## 第5章

### 5-2 評点の頻度分布

本節では、評点の頻度分布の検討結果について報告する。

今年度実施した22研究部門及び8研究センターの評価結果の評点の統計値について示す。また、平成22年度からの第3期における評点について、研究部門と研究センター・研究ラボとに分け、その推移や頻度分布等について示す。

#### (1) 評価項目と評価基準

外部評価委員と内部評価委員とで付している評点の評価項目が異なる。

外部評価委員は、「ユニット戦略課題ごとのロードマップ・アウトプット」及び「イノベーション推進への取り組み」に対して評点を付している。なお、このうち、ユニット戦略課題ごとの評点は、研究ユニットによる課題ごとの重み付け（1あるいは2）の加重平均によって、研究ユニット全体の「ユニット戦略課題総合点」を算出している。

一方、内部評価委員は、「研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ」、「イノベーション推進への取り組み」及び「研究ユニット運営の取り組み」の3項目に対して評点を付している。

評点の評価基準はいずれも、A（優れている、4点）、B（概ね適切、3点）、C（要改善、2点）、D（不適切、1点）とし、特記的に優れているものについてはAA（5点）とすることができる。また、中間的な評点（例えばA/B:3.5点）も選択できるようにしている。第2期まではAを「適切」としていたが、平成22年度の第3期から「優れている」としている。

なお、平成26年度は、評価を行った22研究部門及び8研究センター全てから評点を得た。評価委員会に出席して評価を行った評価委員は、のべ219名（外部評価委員159名、内部評価委員60名）である。また、今年度との比較を行った平成25年度は11研究センター、平成24年度は21研究部門と9研究センター、平成23年度は11研究センターと2研究ラボの評点を得ている。平成22年度は第3期の最初の年度であり、新設・再編の研究ユニットを除く14研究部門と9研究センターの評点を得ている。

#### (2) 平成26年度における評点の統計値

今年度実施した22研究部門及び8研究センターの評点の統計値を、表5-2-1に示す。

総合評点の平均値は4.0である。この値は、平成24年度の研究ユニットの平均値より0.2上昇した。評価項目では、外部評価委員による「ユニット戦略課題総合点」、外部評価委員及び内部評価委員の「イノベーション推進への取り組み」の平均値はともに第3期において最も高い、4.0である。また、内部評価委員の「研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ」と「ユニット運営の取り組み」の平均値はともに3.7であり評価項目のなかで相対的に低い値になっている。

表5-2-1 平成26年度の研究ユニット全体の主な評価項目の評点と総合評点

	外部評価委員		内部評価委員			総合評点
	戦略課題総合点	イノベーション推進	研究ユニット全体	イノベーション推進	ユニット運営	
平均値	4.0	4.0	3.7	4.0	3.7	4.0
中央値	4.0	4.0	3.8	4.0	3.8	4.0
最大値	4.4	4.5	4.5	4.8	4.3	4.4
最小値	3.7	3.4	3.3	3.5	3.3	3.7
標準偏差	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2

\* 戦略課題総合点:ユニット戦略課題総合点（研究ユニットが定めた重み付け（1あるいは2）によるユニット戦略課題の評点の加重平均）

\* イノベーション推進:「イノベーション推進への取り組み」、研究ユニット全体:「研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ」、ユニット運営:「研究ユニット運営の取り組み」

\* 統計値は各研究ユニット評価結果の評点一覧に示す評点の値より算出

## (3) 第3期における研究ユニット評価の評点の統計値の推移

研究ユニットのなかでも、研究部門、研究センターと研究ラボでは、設置の目的や期限及び規模等が異なっている。したがって、ここでは、第3期の平成22年度以降について、研究部門とその他の研究センター・研究ラボに分けて、それらの評点の推移について示す。それぞれの統計値の一覧表を、表5-2-2に示す。

表5-2-2 第3期における評価項目の評点と総合評点の推移

委員 評価	評価項目	年度	平均値		中央値		最大値		最小値		標準偏差	
			研究部門	研究センター	研究部門	研究センター	研究部門	研究センター	研究部門	研究センター	研究部門	研究センター
外部評価委員	戦略課題総合点	H26FY	4.1	4.2	4.1	4.3	4.5	4.5	3.7	3.8	0.2	0.2
		H25FY	—	4.0	—	4.0	—	4.8	—	3.3	—	0.4
		H24FY	3.8	3.9	3.8	3.9	4.1	4.2	3.4	3.5	0.2	0.3
		H23FY	—	4.0	—	3.9	—	4.9	—	3.4	—	0.4
		H22FY	3.8	3.9	3.9	4.0	4.1	4.3	3.2	3.5	0.2	0.3
	イノベーション推進	H26FY	4.0	4.1	4.0	4.1	4.5	4.5	3.4	3.6	0.3	0.3
		H25FY	—	3.9	—	4.0	—	4.5	—	3.3	—	0.3
		H24FY	3.7	3.8	3.7	3.9	4.2	4.1	3.1	3.5	0.2	0.2
		H23FY	—	3.8	—	3.7	—	4.4	—	3.1	—	0.3
		H22FY	3.8	3.7	3.8	3.7	4.2	4.3	3.3	3.1	0.2	0.4
内部評価委員	研究ユニット全体	H26FY	3.6	3.9	3.8	3.9	4.0	4.5	3.3	3.3	0.2	0.4
		H25FY	—	3.8	—	3.8	—	4.0	—	3.0	—	0.3
		H24FY	3.8	4.0	3.8	4.0	4.3	4.3	3.3	3.8	0.3	0.2
		H23FY	—	3.8	—	3.8	—	4.5	—	3.0	—	0.4
		H22FY	3.7	3.9	3.8	4.0	4.3	4.5	3.3	3.3	0.3	0.3
	イノベーション推進	H26FY	4.0	4.2	4.0	4.3	4.3	4.8	3.5	3.8	0.2	0.3
		H25FY	—	4.0	—	4.0	—	4.8	—	3.3	—	0.4
		H24FY	4.0	4.2	4.0	4.3	4.8	4.8	3.5	3.5	0.4	0.4
		H23FY	—	3.9	—	4.0	—	4.5	—	3.3	—	0.4
		H22FY	3.8	3.9	3.8	4.0	4.3	4.5	3.3	3.0	0.3	0.5
	研究ユニット運営	H26FY	3.6	3.9	3.6	3.9	4.0	4.3	3.3	3.5	0.2	0.2
		H25FY	—	3.8	—	3.8	—	4.0	—	3.0	—	0.3
		H24FY	3.7	3.9	3.8	3.8	4.3	4.3	3.0	3.3	0.3	0.3
		H23FY	—	3.8	—	3.8	—	4.5	—	3.0	—	0.4
		H22FY	3.6	3.6	3.5	3.8	4.3	4.0	3.0	3.0	0.4	0.4
総合評点	H26FY	4.0	4.1	4.0	4.2	4.2	4.4	3.7	3.8	0.2	0.2	
	H25FY	—	3.9	—	4.0	—	4.5	—	3.5	—	0.3	
	H24FY	3.8	3.9	3.8	3.9	4.0	4.2	3.4	3.5	0.2	0.2	
	H23FY	—	3.9	—	3.9	—	4.6	—	3.5	—	0.3	
	H22FY	3.8	3.8	3.8	3.8	4.0	4.2	3.3	3.3	0.2	0.3	

\* 研究センターの欄のうち平成23年度は研究ラボと合わせた結果の統計値を示す。

\* その他の評価項目の名称等は、表5-2-1と同じ

\* 統計値は各研究ユニット評価結果の評点一覧に示す評点の値より算出

前回評価を実施した平成24年度と比較して、研究ユニットの「総合評点」の平均が0.2上昇した。「戦略課題総合点」及び「イノベーション推進（外部委員）」の平均も、第3期において最も高く、研究部門で4.1と4.0、研究センターで4.2と4.1である。

一方、内部委員による「研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ」及び「研究ユニット運営」は、平成24年度よりも低い。「イノベーション推進（内部委員）」は、平成24年度と同程度である。

## 第5章

「イノベーション推進」については、従来外部委員による評価が内部委員よりも低かったが、本年度同様の水準の結果である。

### (4) ユニット戦略課題の評点の頻度分布

図5-2-1に研究部門におけるユニット戦略課題の評点の頻度分布を示す。図5-2-2と図5-2-3に、研究センター・ラボの場合の頻度分布を、同じ研究ユニットが多く含まれる、平成22、24、26年度と平成23、25年度とに分けて示す。

該当する研究部門と研究センター・研究ラボとを比較すると、研究部門では、平成22年度及び平成24年のいずれも3.8が最大値となる頻度分布であり、その分布に顕著な違いはなかったが、平成26年度になると、3.8以外に4.1～4.2に最大値を持つ頻度分布となっている。平成22、24及び26年度に評価委員会が開催された研究センターでは、平成22、24年度に、3.9、4.0付近に比較的多い頻度分布であったものが、平成26年度には、4.2～4.5が多い頻度分布となった。

一方、今年度ユニット戦略課題総合点の平均値は、第3期において最も高く、研究部門で4.1、研究センターで4.2である。今年度は、特に高い評価（評点4.5以上）を得た課題がこれまでで最も多く、評点4.7以上の著しく高い評価を得た課題が特に研究部門で増えている。

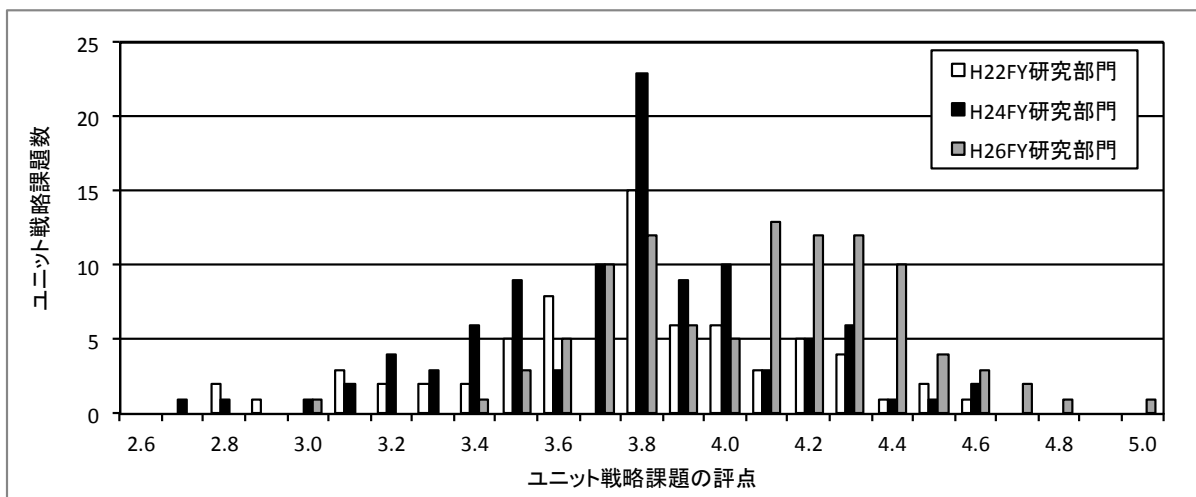


図5-2-1 研究部門におけるユニット戦略課題の評点の平成22、24、26年度の頻度分布

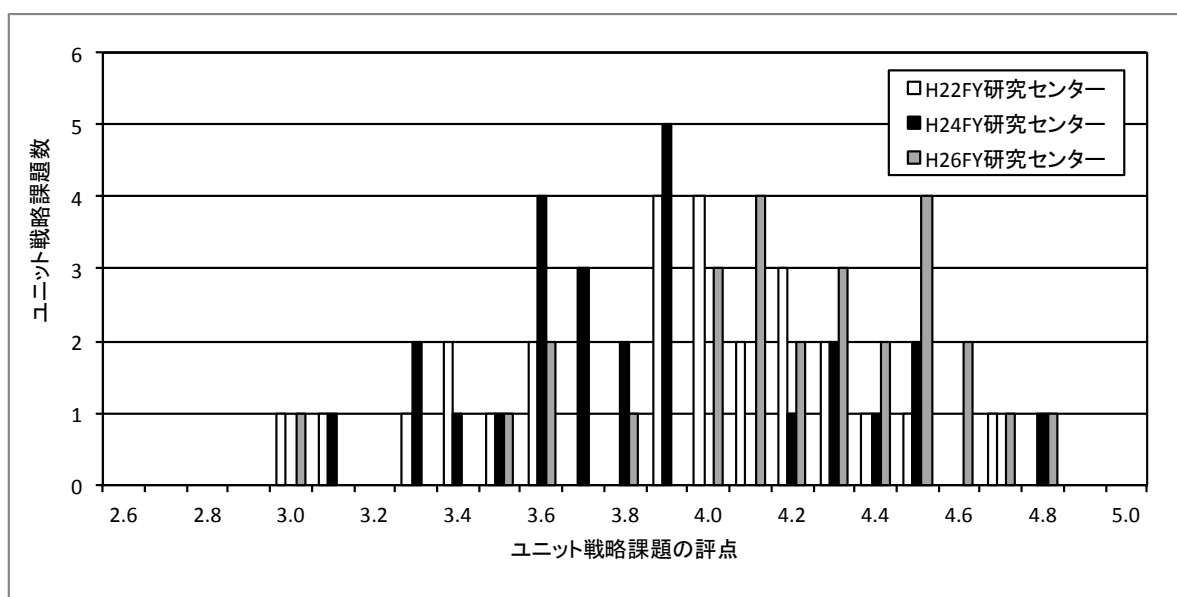


図5-2-2 研究センターにおけるユニット戦略課題の評点の平成22、24、26年度の頻度分布

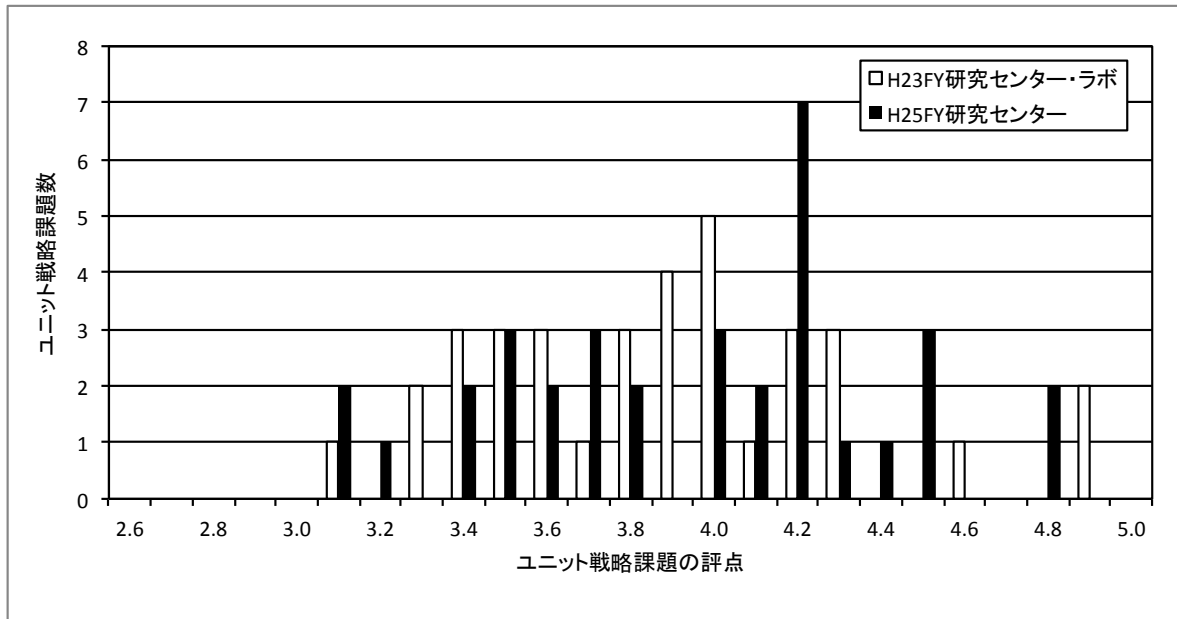


図5-2-3 研究センター・ラボにおけるユニット戦略課題の評点の平成23、25年度の頻度分布  
 (「平成25年度研究ユニット評価報告書」から転載)

## 第5章

### 5-3 前回評価結果等の指摘事項への対応状況

研究ユニットの評価結果は、研究ユニットが適切に対応して改善に役立てることが期待される。そのため平成21年度の評価委員会から、前回の評価結果での指摘事項を踏まえた対応状況を、評価資料に報告することとしている。具体的には、前回評価で受けた指摘事項から主なもの5件程度を研究ユニットが選び、研究ユニットの対応状況及び役立った点を、それぞれ200字程度以内で記載するよう求めている。

今年度評価対象となった30研究ユニットのうち、対応する2年前の平成24年度に「前回評価」があったのは、27研究ユニットである。一方、「前回評価」がない新設の3研究ユニットのうち、2研究ユニットは、平成25年度の開始時意見交換会での指摘事項に対する対応状況を、また、1研究ユニットは、前身の研究ユニットにおける平成24年度の評価委員会等での指摘事項に対する対応状況を記載している。以下、これらの回答の性質の違いは区別せず、対応状況をとりまとめた結果について報告する。なお、記載件数は、合計187件である（表5-3-1）。

表5-3-1 前回指摘事項の記載数

研究分野	平成26年度研究ユニット評価の実施数	平成24年度評価があった研究ユニット数	前回評価がなく、前年開始時意見交換会等について回答した研究ユニット数	記載項目数
環境・エネルギー	8	7	1	52
ライフサイエンス	5	4	1	27
情報通信・エレクトロニクス	8	8	0	58
ナノテクノロジー・材料・製造	4	4	0	26
計測・計量標準	2	2	0	9
地質	3	2	1	15
合計	30	27	3	187

取り上げられた指摘事項の分類には若干の困難がある。たとえば、研究成果の活用や普及のあり方についての意見は、技術の普及への指摘でありながら、研究ユニットの運営方法への指摘の性質も持っている、等である。このことを踏まえつつ、指摘事項ごとに属性の重複がないように分類した結果を表5-3-2に示す。

表5-3-2 前回指摘事項の分類

指摘の内容	(件)	内訳	(件)
研究の内容(目標、計画、進め方等)	133	研究計画	16
		目標設定	6
		アウトカム	11
		ロードマップ	17
		ユニット戦略課題	83
成果の利用、普及等	13	技術の普及	3
		情報発信	10
連携、協力等	27	内部連携	9
		外部連携	18
ユニットの運営関連	14	資金獲得、設備等	1
		人材育成、コミュニケーション等	13
合計	187		187

指摘の多くは、研究の内容に関する事で、ユニット戦略課題のほか研究計画やロードマップに関する指摘が主なものである。



次に、評価委員の指摘事項の代表例と対応状況についての研究ユニット側の回答例を、指摘の内容ごとにまとめて、表5-3-3～表5-3-6に示す。ここでは、個々の研究ユニット名や、テーマ名等の情報は除いて要約している。

表5-3-3 研究内容に関する前回の評価結果等の指摘事項及び研究ユニットの対応状況

研究計画に関する指摘	対応状況についての研究ユニットの回答内容
研究部門の自己分析にもあるように、次のシーズとなりうる基礎研究の成果が減少しつつあると思われる。技術開発と基礎研究のバランスを図りつつ、基礎研究推進に意欲のある若手研究者の採用や育成にも注力することが求められる。	次のシーズとなり得る基礎研究の成果があり、既に産業化に結び付く優れた成果を生み出しています。他の戦略課題と連携しつつ、波及効果の最大化の方向を探っている段階です。同研究グループは、インパクトファクターの比較的高い学術誌に研究発表を続けており、基礎研究と技術開発のバランスも取れていると考えています。
今ある技術シーズの延長だけでなく、将来必要とされる技術を定期的に見直しする事が必要。	公開機器利用者からの計測ニーズに基づき、部門内萌芽研究などで新たな計測課題に取り組むとともに、分析会社との資金提供型共同研究により、計測の新しい可能性に挑戦。機能性高分子薄膜の評価にフォーカスした陽電子ビームコンソーシアム研究会を開催し、将来必要とされる技術について議論(H25. 10)。技術ニーズを把握するため、材料の研究・開発が盛んな東北地区でのセミナー開催をH26年12月に予定。
研究テーマの多様性に対して研究人員が少ない。研究人員の規模に応じて研究テーマの絞り込みが必要ではないか。	拠点関連の戦略課題を大きな1テーマとして集約し、効率化とテーマの絞り込みを進めた。その一方で3チームから4チーム制へ移行し、集積デバイス関連への人員の強化を進めている。

目標設定に関する指摘	対応状況についての研究ユニットの回答内容
SOFCの効率や耐久性の目標が低いように思われる。過去の実績があり、ある程度成熟してきたSOFC研究において、研究のモードが、基礎研究から応用研究、実証研究への移行してきているので、大局的な目標設定が必要である。	SOFCの効率目標は、中期目標策定の際に実用可能性の観点から設定したが、実際の研究では数字にとらわれず、高性能化を追求しており、次期中期計画では数値目標を適宜見直す予定。ご指摘のようにフェーズが実用化に近くなったことを受け、実用化の際に必要な規格標準化、耐久性の向上等の研究を実施している。効率40%程度の第一世代に対し効率50%以上が期待される次世代SOFCの研究も進めている。
国際通商、ナノテクに関しては、目標設定が明確で、技術開発が産業界のニーズにマッチしている点が評価できるが、ナノテクノロジーに関しては、課題も多い上、ナノテクノロジーからアトムテクノロジーへと進化していく時代背景において、より小さなスケールを目標とする標準物質及び標準計測技術の開発が、スピーディーに行われることが望まれる。	ナノテクノロジーの健康・環境に及ぼす影響の不確実性から、予防原則の考えが強い欧州を中心にナノ材料の規制が進みつつあります。ナノ材料の適切な利用を可能とし、ナノテク産業の適正な発展に向けて、ナノ材料の複合計測システムの開発、計測法の国際標準化、ナノ粒子標準物質群の整備を一体として進めています。複合計測システムおよび国際標準化については、国内主要計測機器メーカーとコンソーシアムを結成し、国内産業の競争力強化という観点を十分踏まえつつ推進しています。

アウトカムに関する指摘	対応状況についての研究ユニットの回答内容
研究成果と評価手法を提示するだけでなく、国民・社会に行動変化をもたらす解決策、提言あるいは「研究者としての主張」に期待する。	CFP環境負荷の削減政策に対して委員として参画し、データ提供などを通じて政策実現に貢献しています。多くの人が新規技術導入による社会への便益を見ることができるよう、積極的にインベントリデータベースを公開し、環境負荷が見える化できる環境を整えていきます。結果については、論文等だけでなく、インターネット等により社会への発信を行います。

第5章

<p>イノベーション創出のためには、技術だけでなく、社会科学的なアプローチやマーケティング活動の強化も必要。</p>	<p>産総研の第4期に向けた議論の中で、マーケティングの強化は産総研全体として対応すべき課題との認識が、職員の間で高まってきている。部門の取り組みでは、メーカー等を部門幹部が訪問し、平成28年度開始を目指すプロジェクトの内容や、IMPULSEについて意見交換を進めている。社会科学的なアプローチを強化する取り組みとして、イノベーション・マネジメントに関心を持つ職員による勉強会を定期的で開催している。</p>
<p>成果について、具体的なユーザーに対してアンケートやヒアリングを実施し、社会的評価の検証とニーズの再確認等を追加すると、よりアウトカム視点の対応ができるように思う。シームレス地質図等については、地質調査業界から高い評価を得ているが、ユーザーは建設コンサルタント業界、測量業界、建設業界、情報産業界など広くとらえたいかがか。</p>	<p>地質図幅についてはこれまでもアンケートを取っているが、新しい地質情報のあり方やシステムなどについて、国の知的基盤整備特別委員会を中心として検討している。地質情報を多様に使ってもらえる方策を考えていきたい。シームレス地質図では、ニーズに対応した様々なレベル（精度、内容、アプリケーション）に対応した情報発信を目指している。全国地質調査業協会連合会との意見交換会や地質地盤情報協議会、テクノブリッジなどを通じて、新しいニーズの把握に努めている。</p>
<p>日本の研究機関の傾向として、研究内容や成果に対する考え方が真面目すぎ、ワクワクするようなユニークなイノベーションが出てくるのか心配な印象がある。</p>	<p>拠点関連のテーマは、個別にみると真面目でコツコツと開発をする必要があるものの、全体を相互接続し、大きなシステムとして構築していくことは、前人未踏であり、大きなワクワク感が得られると考えている。しかし、指摘いただいた点は十分理解できるため、萌芽的テーマを始め、何にもとらわれずに、新しいアイデアを検討する人員／機会を確保し、拠点活動とのメリハリを強化している。</p>

ロードマップに関する指摘	対応状況についての研究ユニットの回答内容
<p>3つの研究センターを再編して発足した「安全科学」を標榜する研究部門としての優位性や特徴を明示し、課題相互の連携や協力による融合・統合を推進する方策を明確に提示する必要がある。</p>	<p>リスク研究者、爆発安全研究者、3分野の研究者がすべて参加して協力できるテーマとして、「低頻度大規模災害のリスク評価」の研究プロジェクトを進め、災害の間接影響まで評価できるツールのプロトタイプを開発し、産業界とのコンタクトを開始した。また、この時に招集した研究者が核となり、次の連携プロジェクト「水素エネルギーキャリアのリスク評価」が立ち上がり、水素社会のリスク評価に向けて研究を進めている。これらの活動により、3分野の研究の集合の素地が出来上がり、自発的な融合が進んでいくものと考えている。</p>
<p>各研究グループの活動がばらばら。部門全体のミッションを持つべき。どういう社会を目指すのかを明確にすべき。</p>	<p>部門全体の研究テーマを目的基礎研究と橋渡し研究に整理。目的基礎は長期的に、橋渡し研究は中期的な社会のあり方を考えて研究課題を設定。</p>
<p>第1期、第2期が終わり、第3期が産業界や現状のニーズに合った視点にも課題を展開してゆくという方向性は理解できたが、より俯瞰的に、なぜそのテーマがどのような社会背景の中で必要なのか、そして、それが開発された場合どのようなアウトカムが予想できるかを含めてシナリオや計画の妥当性及び方向性を、より明確にしてゆく努力が必要であろう。</p>	<p>H25～26年度に、わが国の計量・計測システムに求められる技術革新課題を調査し、産業界と連携してロードマップを作成し、H25年時点での技術開発シナリオについて見解を示した。調査では、40を超える計測機器メーカー団体、計量の実施者・教育に係る団体などの計量・計測システムを担う技術者から意見を収集した。ロードマップ作成の過程では、5つの工業会、日本科学機器協会、日本計量振興協会及び日本計量機器工業連合会からの参加を得て、シナリオ・計画の妥当性及び方向性について議論を重ね、より産業界の実情を反映した内容となっている。また、経済産業省の知的基盤整備特別委員会のもとでの第2期標準整備計画の策定作業に参画した。計測機器メーカー関連協会や試薬協会等、及び日本環境計量分析協会などのユーザを交えた検討委員会が組織され、新たに整備すべき標準のニーズ、適切な標準供給体制の在り方等に関</p>

	した議論に積極的に参加し、その内容は「計量標準に関する新たな整備計画・利用促進方策」としてまとめられた。特に、新規に開発する標準に関しては、定期的にそのニーズ、仕様と開発の進捗を確認する“PDCAサイクル”を継続的に行うこととして、現在その取り組みを進めている。
技術の進展に伴い、各要素技術のベンチマークを見直すべきである。	前回評価時から、ベンチマークを精査し、より具体的に見直した。
学術面で成果を挙げることと、企業に技術移転して事業化を図ることで成果を挙げることの違いを研究ユニットのメンバーはあまり理解されていないように感じた。優れた学術成果だけがあっても、エンジニアリング面での問題解決を意識して図らないと、事業化は思うように進展しないことをもっと意識する方がいい結果をもたらすと感じた。 計測評価チームを産総研としてどう位置付けるのかを考える時期に来ていると感じた。優れた学術成果を挙げながら、自分たちで違和感を感じているように思った。	共同研究による量産実証プラントの事業で企業が生産プラント導入を決定するレベルまで来ており、この成果は企業と協力して得られた成果と考えている。 (旧)計測評価チームとDDSなどのナノカーボンのバイオ応用について研究を実施していた(旧)機能性ナノチューブチームを統合して、近赤外での蛍光特性に注目して、DDSと比較してより実用化が短期間でできると考えられる血液検査用蛍光プローブなどの検査・診断システムを一つのターゲットに据えて研究展開を図ることにした。

ユニット戦略課題に関する指摘	対応状況についての研究ユニットの回答内容
ミニマルファブの利点を活かす応用を早く特定し、マスク枚数や工程数など実用的な議論をする必要がある。FPGAを普及させる方策を工夫する必要がある。	ミニマルファブについては、多数の企業インタビューに基づき、まず、プロセス数が少なくドーピングが必要なく、かつ多品種少量が多い、MEMSセンサをターゲットとする。具体的にはカンチレバー（工程数40～100）。ついで電子デバイスへと開発を進める。FPGAを普及させる方策として、従来の論文データ測定チップから脱却し、FPGAとしての実用性を向上させたチップと、このチップを搭載した評価ボードの開発を進めており、アーリーアダプターへの提供を計画中である。
高性能セラミック部材のサーマルマネジメント部材への展開に関して、適用産業、適用事例を想定し、具体的な手法、開発内容を示す必要がある。 表面加工技術に関して、産業界との共同研究を通じた適用スケジュールをロードマップに盛り込む。	サーマルマネジメント部材の展開として、超高気孔率多孔体部材の製造技術を基盤技術とし、経産省未来開拓研究プロジェクト「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」において、企業との連携の下で、1500℃以上で使用可能なファイバーレス断熱材の開発に着手。蓄熱技術に関して断熱材や断熱中空ユニットを蓄熱容器として用いるための基盤研究を実施。 表面加工技術の展開として、ナノストライプ構造の実用化を目指し、コンロッド軸受への適用を想定して、耐久性や低摩擦特性発現のメカニズムについて基盤的な研究を進め、部品メーカーと意見交換により実用化課題を明らかにし、産業化に向けた企業との共同研究へと展開する。
中期計画後の具体的なマイルストーンとして、2030年の最終目標ではなく、2020年の目標など中期、長期目標の記載を望む。 高い耐久性、信頼性などの性能（寿命）等、小型、軽量(1/2)目標以外のポテンシャルを明示することが好ましい。	SOFc発電デバイス技術開発において、2020年頃を製品化のマイルストーンとする“持ち運びが可能な、LPGカートリッジガス利用ポータブル電源”の技術開発をH25年度よりNEDO事業にて実施。蓄電池材料として、NEDO事業リチウムイオン電池応用・実用化先端技術開発事業(H24年度～)等により高性能正極材料や新規高容量水素タン酸化物負極材料を、製造メーカー等へ技術移転し2020年までの実用化目標へ向け、製造法改良や量産化の取り組みをマイルストーンに設定して実施する。

第5章

	<p>次世代SOFC用電極材料の耐久性、信頼性向上に向け、LPGガスでの低温直接発電が可能な電極技術の開発及び、1000時間レベルの発電試験等での耐久試験を実施し優位性を確認。また、全固体電池や金属空気二次電池等の部素材耐久性評価を開始。</p>
<p>産総研らしいサイエンスと実用可能性の両立を目指した研究開発を。ナノ多機能部材の高機能性と応用展開に繋げる具体的な技術開発の方向性を。CFRP開発に於ける、ナショナルコンポジットセンター(NCC)及び産業界との連携を。</p>	<p>ナノクリスタルなど新素材の解明と適材配置及び接合するためのプロセス検討、得られた知見の体系化及び基盤化により、新たな部材化技術の構築を目指した「新素材エンジニアリング」の検討を開始。単結晶ナノキューブ”の自己組織化過程の制御により秩序配列の大領域化を検討。局部的にエネルギーを投与し連続的に緻密化する工程開発へと展開し、新たな誘電体薄膜の湿式製造技術開発やスーパーキャパシタの実現を図る。H25年度開始の経産省「革新的新構造材料等技術開発」において、NCC及び参画企業のニーズに基づいて、CFRTPの繊維状態の計測評価技術等について検討。また、企業と連携しマイクロ波を利用したCFRPの新規な高速成型装置開発を開始、金型治具材料、母材樹脂などの検討を科学的観点から進めている。</p>
<p>平成25年度から国の大型開発プロジェクト(未来開拓)で素材の革新技术開発が挙がっており、Mgも対象となっている。ぜひそこで採用されるようにシーズを高めて欲しい。</p>	<p>平成25年度からスタートした未来開拓研究「革新的構造材料等技術開発」において、マグネシウム合金設計と難燃性評価研究という研究課題のリーダーを務める事になり、将来の高速鉄道車両の更なる軽量化を目標にして、難燃性マグネシウム合金の高性能化技術の開発等に取り組んでいる。また、計算科学に基づいた合金設計についても、実験と並行した取り組みを開始している。</p>
<p>シリコン太陽電池の高効率化と製造コスト低減に関わる技術開発や評価を、福島で進めようとしているが、つくば、九州との連携はできるのか。先行研究はどのように生きるのか。</p>	<p>福島での結晶シリコン太陽電池の研究開発では、スライスからセル、モジュール、信頼性まで一貫した研究開発を行う。その際には連携研究体でのモジュール信頼性の試験やつくばでの性能評価技術、透明導電膜などの共通基盤技術等、先行研究の知見を活用し、福島、つくば、九州間の有機的に連携した体制で運営している。</p>

表5-3-4 成果の利用、普及に関する前回の評価結果等の指摘事項及び研究ユニットの対応状況

技術の普及に関する指摘	対応状況についての研究ユニットの回答内容
<p>ほぼメドをつけた各元素の代替材料の要素技術を、企業が実際に事業化するまでの技術移転の支援策がJSTなどの支援策をつけないと継続できない点をどう評価するかという自己分析がなかった。各分野の大手企業ではなく、比較的中・小企業が事業化を図ろうとしている点にいくらか問題を感じた。 当該研究ユニットが目指すアウトカムの全体像を、日本の大手企業に的確に伝えていない可能性があることが背景にあると感じました。</p>	<p>企業への研究成果については、個々の関連学会や産総研レアメタルシンポジウムや各種セミナーでの発表、展示会への参加、学術系雑誌への掲載、プレス発表等を活用して、アピールに努めている。また、産業競争力懇談会などの場を通じて産総研の方向性を示している。 ただ、省使用・代替材料は、既存のレアメタルを使用する材料と比べて、特性上のメリットが強く主張できるわけではなく、将来の供給不安や価格高騰を避けられるということが、メリットになる材料である。供給リスクが顕在化(例えば、中国による供給停止や極端な高騰)しておらず、政策的誘導が無い段階では、それだけでは企業による省使用・代替材料の実用化にはハードルがある。既存のレアメタルを多く使用する材料に比べて、ユーザーにアピールできる付加機能をどのように設計するかが、重要であると感じている。 例えば、開発したタングステン省使用・代替材料の場合は、通常のWC-Coに比べて、耐熱性・耐酸化性が優れており、ダイヤモンド系コーティングがはがれ難いという特徴を有す</p>

	ることから、ユーザー企業との共同研究を進め、利用技術の確立を図っている。そして、コスト低減と特性向上に努め、将来、供給リスクが発生した際には、技術的にもコスト的にも、かなりの程度までこなれた技術ストックとして、短期の助走期間で大きな役割が果たせるものと考えている。
--	--

情報発信に関する指摘	対応状況についての研究ユニットの回答内容
研究成果のレベルは高いが、それが世の中に十分に認知されていない。情報発信をより積極的に行う必要がある。	情報発信を進め認知度を上げる取組を産総研としても進めている。社会・産業界への講演会、フォーラムへ継続して取り組んでいる。さらに、産総研の他部門のもつネットワーク、チャンネルを活用するために、産総研内での成果の効率的な共有化を目指し、ユニット内に広報情報担当を決めて継続的に産総研内での情報交換を進めている。
成果の発表や課題の共有の場として、国際的なシンポジウムの主催や共催も検討されてはいかがでしょうか。また、研究テーマごとのワークショップや人材育成のプログラムなどもより積極的に組み立てられてはいかがでしょうか。	第4期に向けた研究課題検討の一環として、若手が中心となり、行為充実感やニューロリハビリ等のワークショップを開催し、検討を継続している。また、当部門を含む5つの研究ユニットで合同して、産総研の人間関連研究を広く外部（主に産業界）に伝えるために、2013年11月に産総研ヒューマン&サービステクノロジー研究発表会を臨海副都心センターにて開催した。参加者総数175名と、産総研内外の多分野の皆様と活発な討議、交流が行われた。
企業との共同研究や技術移転の成果が増えているはずだが、産総研の貢献があまり目立たない。産総研の基盤研究の成果が製品に結びついたときに、企業と産総研が共同でプレス発表するなどアピールの機会を増やすことが必要であろう。	御指摘の通り、企業との共同研究の成果のアピール不足は十分に認識しています。そこで、企業との共同研究で成果が優れた成果が生まれた場合、企業の同意が得られれば、その旨をプレス発表するように努めています。また、企業の発売している製品に共同研究の成果が使われる場合は、その旨を、製品に表示することや企業のホームページに掲載するように要請しています。
研究センターのミッションが官僚作文的で、魅力がない。もっと一般の人々を惹きつける文句を考えてほしい。	指摘を受けて一般の人々をひきつけるキャッチフレーズを考案した。

表5-3-5 連携、協力等に関する前回の評価結果等の指摘事項及び研究ユニットの対応状況

内・外部連携に関する指摘	対応状況についての研究ユニットの回答内容
国全体の地震研究について、これまで地形・地質からのアプローチが不十分であったとの指摘があるが、当研究センターは中核機関として責務を果たしてきた。産総研地質分野および当センターの果たすべき役割はますます大きく、今後どのような展開を図り、そのためにどのような組織が必要か、地質分野全体での議論が必要である。	社会的に関心の高い地震火山現象、原子力の安全利用に係る長期地質変動の統合を行い、社会との窓口の一本化、地震火山に代表される地殻変動と地下流体の研究者が不断に係れる研究ユニットを新設した。これにより、災害軽減と安全で安心な社会構築のため、情報整備の継続と分かりやすい情報の提供、地質変動現象のより深い理解と評価・予測手法提案につなげられるよう努力したい。
研究員に現場の状況を把握させることが必要である。重要な研究テーマは、現場の中から見いだせることが多い。そのためには、現場の課題に取り組んでいる地方公設試験機関との連携（共同研究）を進めてほしい。	現場の状況、ニーズの把握のために公設試との連携促進に努めた。その成果として、エレクトロスプレーの繊維加工への応用技術に関し、公設試および企業と共同で、13年度にはA-STEPのシーズ顕在化タイプ2件、14年度には同ハイリスク挑戦タイプ1件の採択に至った。さらにNEDO先導研究にも申請中である。また、都立産業技術センターと12月に意見交換会を開催予定であり、当部門から15名の参加を予定している。

## 第5章

<p>日本の半導体産業が苦境にある中で、国際競争力強化のために産総研の役割を考え直すとともに、産総研が全体像を示して行政、産業界と共有すべき。</p>	<p>本指摘への対応は当部門のみで成し得るものではなく、産総研の半導体関係者全員で問題意識を共有し対応していくべき課題である。半導体関連の研究開発の大きな方向性を産学に示していく取り組みの一つとして、2030年の大規模データセンターの理想形を掲げた高電力効率大規模データ処理イニシアティブ(IMPULSE)を産総研の看板プロジェクトとして開始し、関係企業・大学等との意見交換を進めている。2013年度COCON調査に事務局として参加、これに続く国プロ立案にも参加している。また、SCRの今後の活用等の半導体関連の研究開発施策において、研究開発の最前線を担う立場からの情報や見解が活かされるよう、経済省の担当部局に対して産総研の意見を積極的に伝えるようにしている。</p>
<p>今後とも、アジア地域の意見を国際活動に反映させ、我が国のプレゼンスを向上させるべく、積極的な活動を期待する。データベースの構築による標準化の推進と産業技術活動の支援は、産総研に期待されるアウトカムの一つであり、今後サーバーのクラウド化など、より使い勝手を良くし、更なる発展を期待したい。</p>	<p>現在NIMTと連携してASEAN地域の計量標準ネットワーク形成のための技術支援を進め、2013～14年度にかけて6件のセミナーを開催または支援し、延べ約600名の参加者を得た。アジア太平洋計量計画にも、積極的に関わっており、アジアをリードしてゆきたい。産総研全体の方針に合わせ、計量標準全般の情報を発信するNMIJホームページ、スペクトルデータベース、熱物性データベースはクラウド化された。NMIJホームページ内検索をグーグルにするなど、使い勝手を良くするための努力を継続したい。</p>

表5-3-6 ユニット運営に関する前回の評価結果等の指摘事項及び研究ユニットの対応状況

<p>人材育成、コミュニケーション等に関する指摘</p>	<p>対応状況についての研究ユニットの回答内容</p>
<p>人材育成との絡みで、工場など現場を見る機会を多く作ってほしい。全体を通して、中小事業を含め、産業界の現状把握に問題があるように思える。</p>	<p>産業界の現状把握を進めるために部門や研究グループレベルで、24、25、26年度でそれぞれ9、18、12件の現場見学会を開催した。水プロジェクトにおいては、アジア域での現状把握のために、25、26年度にベトナム、シンガポール、タイ、中国について合計9件の現場見学により情報収集を行った。</p>
<p>研究のアクティビティを維持し、更に発展させるには、若手研究者を育成することが重要であり、世界で通用する人材育成は長期的課題である。研究ユニット間の相互関係や、新しい環境エネルギー戦略に対する適合性と併せて、中長期的な視点から人材育成を進めるべきである。</p>	<p>若手人材の育成は重要な課題であるので、チャレンジングな研究提案や、研究ユニット・研究分野をまたがる若手からの提案をより推奨するようにしている。また、様々な制度を活用しつつ、積極的に国際共同研究を実施することで、国際的にも通用する研究者の育成を図っている。ユニット内部でも、別グループに所属する若手が、自ら企画して定期的な研究交流会を持つなど、積極的な活動が見られるようになった。</p>
<p>戦略課題グループの活力維持及び部門全体のまとめ強化のため、指導・協体制度を強化、維持する必要がある。材料と製造プロセスの異なる2分野、さらには6つの戦略課題グループ間でのシナジー効果が出るような工夫が必要。</p>	<p>戦略課題間でも、AD法のエネルギー材料展開等、効果的な連携を進めている。 中部の材料とつくばの機械加工技術の連携による、シナジー効果の発現を進めていく（造形技術開発プロジェクト等）。</p>
<p>若手研究者や中堅研究者の人材育成に十分配慮してほしい。 契約職員が多いので契約職員の育成や異動も重要ではないか。</p>	<p>センター内若手海外派遣予算や重点化研究予算を設定し、海外機関とのネットワークの形成や、チャレンジングな課題への挑戦を可能にしている。個人評価でも重要な評価軸にしている。 契約職員に対しては高度な実務経験を積ませることで、関係分野で即戦力となれる人材育成を行っている。多くの契約職員が関係業界に即戦力として採用され活躍している。</p>

## 5-4 評価システム等に対するコメント

外部評価委員から評価システムに関するコメントを得て、評価システム改善の一助としている。ここでは、これらのコメントを整理した結果の主な内容を示す。

なお、主なコメントの具体的な内容とそれに対する回答は、「別紙12：評価システム等に対するコメントと回答」に示している。

### (1) 概要

「評価システムについて」のコメントは、評価入力画面の「その他」の評価項目の中にあり、意見がある場合の記入を求めている。評価委員会に出席した159名の外部評価委員のうち69%にあたる109名の記入があった（単に「なし」等を除く）。これは、第3期の平成25年度、平成23年度及び平成22年度と同様の比率である（25年度：55名中37名、24年度：169名中98名、23年度：67名中44名、22年度：162名中107名）。

コメントの総数は、1人の評価委員が複数の内容を記述している場合を含め、のべ176件である。これらのコメントを「肯定的なコメント」と「提言・改善等のコメント」（「その他」を含む）に大きく分類したところ、それぞれ28件、148件となり、後者の割合は、第3期では昨年度と同様である（25年度：「肯定的」9件、「提案・改善」36件、「その他」3件、24年度：「肯定的」21件、「提案・改善」120件、その他9件、23年度：「肯定的」11件、「提案・改善」45件、その他3件、22年度：「肯定的」24件、「提案・改善」102件、その他6件）。

### (2) 肯定的なコメント

肯定的なコメントとしては、評価システムが有効に機能し全体として適切であるとする意見が多い。評価委員意見交換を含めて研究開発の毎年の進展状況を確認できること、計画内容の更新にもフレキシブルに対応して無理なく評価できるシステムであること、等が評価されている。このほかに、ロードマップとアウトカムとを示し、アウトプットの意義を明確にしていること、十分な資源が投下され、かつ効率的な評価が行われていること等のコメントがある。

### (3) 提案・改善等のコメント

評価システムに対する提案・改善等の意見としては、評価内容や基準に関する意見が最も多い。それに続いて、評価資料の記載、説明内容等に関する意見、評価委員会等の時間に関する意見も多い。

- ・ 評価システム全体、評価の視点等について（28件）
- ・ 評価内容や評価基準について（19件）
- ・ 評価の資料について（28件）
- ・ 説明内容について（13件）
- ・ 評価委員の構成について（1件）
- ・ 評価委員会等の時間について（7件）
- ・ 評価委員会の開催方法等について（2件）
- ・ 評価作業の研究者への負担について（7件）
- ・ 研究テーマの変更等について（3件）
- ・ 評価結果の反映について（3件）
- ・ 評価委員会以外での情報提供について（4件）
- ・ 産総研評価情報システムについて（22件）
- ・ その他（11件）

### (4) まとめ

評価システムについて、評価委員意見交換を含めて研究開発の毎年の進展の状況を確認できる等、システム全体が有効に機能しているという肯定的なコメントがあった。これは、平成22年度の第3期評価システムの立ち上げ、評価委員意見交換の実施とともに、平成25年度以降に行っ

## 第5章

ている評価委員への事前説明の充実、平成26年度に導入した産総研評価情報システムによる評価結果とりまとめ作業の効率化等の効果によるものと考えられる。

一方、長期的な成果等の評価の方法や基準、評価資料の記載内容及び評価委員会における質疑時間等に改善が求められている。より適切な評価システムについて引き続き検討を進める必要がある。また産総研評価情報システムについては肯定的なコメントも多く寄せさせたが、同時に提案・改善のコメントも多く、使い勝手等の改善の検討を引き続き進める必要がある。



## 別紙1:研究ユニット一覧

(平成27年1月26日現在)

## 環境・エネルギー分野

研究ユニット名	研究ユニット長	副研究ユニット長	今年度の実施内容
ユビキタスエネルギー研究部門	谷本 一美	安田 和明	研究ユニット評価
環境管理技術研究部門	田中 幹也	近藤 裕昭、尾形 敦	研究ユニット評価
環境化学技術研究部門	北本 大	榊 啓二	研究ユニット評価
エネルギー技術研究部門	小原 春彦	竹村 文男、羽鳥 浩章	研究ユニット評価
安全科学研究部門	本田 一匡		研究ユニット評価
メタンハイドレート研究センター	成田 英夫	海老沼 孝郎、天満 則夫	研究ユニット評価
コンパクト化学システム研究センター	花岡 隆昌	角田 達朗	意見交換
先進パワーエレクトロニクス研究センター	奥村 元	山口 浩、坂本 邦博	意見交換
太陽光発電工学研究センター	仁木 栄	松原 浩司	研究ユニット評価
バイオマスリファイナリー研究センター	平田 悟史		意見交換
触媒化学融合研究センター	佐藤 一彦	浅川 真澄	研究ユニット評価
再生可能エネルギー研究センター	大和田野 芳郎	古谷 博秀	開始時意見交換会

## ライフサイエンス分野

研究ユニット名	研究ユニット長	副研究ユニット長	今年度の実施内容
健康工学研究部門	吉田 康一	達 吉郎、大家 利彦	研究ユニット評価
生物プロセス研究部門	田村 具博	湯本 勲、扇谷 悟	研究ユニット評価
バイオメディカル研究部門	近江谷 克裕	本田 真也	研究ユニット評価
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	松岡 克典	鎮西 清行、兵頭 行志	研究ユニット評価
幹細胞工学研究センター	浅島 誠	中西 真人、鈴木 理	*)
創薬分子プロファイリング研究センター	夏目 徹	堀本 勝久、久保 泰	研究ユニット評価
糖鎖創薬技術研究センター	福田 道子	竹原 淳一	開始時意見交換会
ゲノム情報センター	ポール・ホートン	藤 博幸	開始時意見交換会

\*)最終年度であり、首席評価役ら評価部との意見交換を実施した。

## 情報通信・エレクトロニクス分野

研究ユニット名	研究ユニット長	副研究ユニット長	今年度の実施内容
知能システム研究部門	比留川 博久	横井 一仁、大場 光太郎	研究ユニット評価
情報技術研究部門	工藤 知宏	錦見 美貴子	研究ユニット評価
ナノエレクトロニクス研究部門	安田 哲二	青柳 昌宏	研究ユニット評価
電子光技術研究部門	原市 聡	森 雅彦、粟津 浩一	研究ユニット評価
セキュアシステム研究部門	伊藤 智	寶木 和夫	研究ユニット評価
ネットワークフォトンクス研究センター	並木 周	河島 整	研究ユニット評価
デジタルヒューマン工学研究センター	持丸 正明		意見交換
ナノスピントロニクス研究センター	湯浅 新治	福島 章雄	意見交換
サービス工学研究センター	持丸 正明	本村 陽一	研究ユニット評価
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	鎌田 俊英	牛島 洋史	研究ユニット評価

## 別紙1

### ナノテクノロジー・材料・製造分野

研究ユニット名	研究ユニット長	副研究ユニット長	今年度の実施内容
先進製造プロセス研究部門	淡野 正信	市川 直樹、吉澤 友一	研究ユニット評価
サステナブルマテリアル研究部門	中村 守	小林 慶三、田澤 真人	研究ユニット評価
ナノシステム研究部門	山口 智彦	浅井 美博、池上 敬一	研究ユニット評価
ナノチューブ応用研究センター	飯島 澄男	湯村 守雄、佐々木 毅	研究ユニット評価
集積マイクロシステム研究センター	前田 龍太郎	廣島 洋、伊藤 寿浩	意見交換
グリーン磁性材料研究センター	尾崎 公洋	安岡 正喜	開始時意見交換会

### 計測・計量標準分野

研究ユニット名	研究ユニット長	副研究ユニット長	今年度の実施内容
計測標準研究部門	千葉 光一	新井 優、高辻 利之、藤本 俊幸	研究ユニット評価
計測フロンティア研究部門	山内 幸彦	齋藤 直昭、時崎 高志	研究ユニット評価
生産計測技術研究センター	坂本 満	野中 秀彦	*)

\*)最終年度であり、首席評価役ら評価部との意見交換を実施した。

### 地質分野

研究ユニット名	研究ユニット長	副研究ユニット長	今年度の実施内容
地圏資源環境研究部門	中尾 信典	光畑 裕司、佐脇 貴幸、今泉 博之	研究ユニット評価
地質情報研究部門	牧野 雅彦	宮崎 一博、田中 裕一郎	研究ユニット評価
活断層・火山研究部門	桑原 保人	増田 幸治、伊藤 順一	研究ユニット評価

## 別紙2:外部評価委員一覧

- ・五十音順で示す。氏名の下線は研究ユニット評価委員会における委員長を表し、(欠)は欠席の評価委員を表す。
- ・所属・職名は研究ユニット評価委員会または意見交換の実施時のものを表す。
- ・担当は評価部研究評価推進室における各研究ユニットの担当者とその担当期間を表し、[]内の略号は今年度の実施内容を表す。([ユ]:研究ユニット評価、[開]:開始時意見交換会、[意]:評価委員意見交換。)

### 1. 環境・エネルギー分野

#### ユビキタスエネルギー研究部門 (研究部門長:谷本 一美)

(担当:井上 和也 (2014.4-2014.7)、田沼 均 (2014.8-2015.3)) [ユ]

嘉数 隆敬	大阪ガスケミカル株式会社 常任監査役
加納 健司	京都大学大学院 農学研究科 応用生命科学専攻 教授
行天 久朗	パナソニック株式会社 先端技術研究所 グリーンイノベーション研究グループ 材料技術エキスパート
向殿 充浩	山形大学 有機エレクトロニクスイノベーションセンター 産学連携教授
光田 憲朗	三菱電機株式会社 先端技術総合研究所 菱電デバイスプロジェクトグループ主管技師 長
米沢 晋	福井大学 産学官連携本部 本部長/教授

#### 環境管理技術研究部門 (研究部門長:田中 幹也)

(担当:井上 和也 (2014.4-2014.7)、竹林 良浩 (2014.8)、村瀬 至生 (2014.8-2015.3)) [ユ]

永田 裕子	みずほ情報総研株式会社 コンサルティンググループ 主席コンサルタント
花輪 公雄	東北大学 理事/大学院 理学研究科 地球物理学専攻 教授
平島 剛	九州大学大学院 工学研究院 地球資源システム工学部門 教授
前田 瑞夫	独立行政法人 理化学研究所 前田バイオ工学研究室 主任研究員 (計測標準研究部門評価委員兼任)
宮 晶子	水ing株式会社 執行役員/技術・開発本部 技術開発統括
横山 宏	一般社団法人 産業環境管理協会 技術顧問

#### 環境化学技術研究部門 (研究部門長:北本 大)

(担当:城間 純 (2014.4-2014.5)、水野 耕平 (2014.6-2015.3)) [ユ]

家藤 治幸	愛媛大学 農学部 客員教授
瀬戸口 泰史	みずほ情報総研株式会社 環境エネルギー第2部 プリンシパル
都留 稔了 (欠)	広島大学大学院 工学研究院 化学工学専攻 教授
水流添 暢智	日産化学工業株式会社 執行役員/新事業企画部長
沼口 徹	東京工業大学 研究戦略推進センター 特任教授/シニアURA
福村 裕史	東北大学大学院 理学研究科 化学専攻 教授

#### エネルギー技術研究部門 (研究部門長:小原 春彦)

(担当:城間 純 (2014.4-2014.5)、大石 晃広 (2014.6-2015.3)) [ユ]

穴水 孝	東京ガス株式会社 燃料電池事業推進部 部長
池辺 裕昭	株式会社エネット 代表取締役社長 (先進パワーエレクトロニクス研究センター評価委員兼任)
池松 正樹	JX日鉱日石リサーチ株式会社 顧問
菅野 了次	東京工業大学大学院 総合理工学研究科 物質電子化学専攻 教授
中田 俊彦	東北大学大学院 工学研究科 技術社会システム専攻 教授 (バイオマスリファイナリー研究センター評価委員兼任)
深野 行義	株式会社ガスアンドパワー 常務取締役 経営企画部長
吉田 英生	京都大学大学院 工学研究科 航空宇宙工学専攻 教授

## 別紙2

### 安全科学研究部門（研究部門長：本田 一匡）

（担当：城間 純（2014.4-2014.5）、大石 晃広（2014.6-2015.3））[ユ]

宇於崎 裕美 有限会社エンカツ社 代表取締役社長  
西條 辰義 高知工科大学 マネジメント学部 教授  
服部 順昭 東京農工大学 名誉教授  
原田 房枝 ライオン株式会社 研究開発本部環境・安全性評価センター 所長  
盛岡 通 関西大学 環境都市工学部 都市システム工学科 教授  
米田 稔 京都大学大学院 工学研究科 都市環境工学専攻 教授  
（地圏資源環境研究部門評価委員兼任）

### メタンハイドレート研究センター（研究センター長：成田 英夫）

（担当：城間 純（2014.4-2014.5）、大石 晃広（2014.6-2015.3））[ユ]

井田 徹治 一般社団法人 共同通信社 編集局編集委員室 編集委員  
内田 隆 秋田大学大学院 工学資源学研究科 地球資源学専攻 教授  
小野崎 正樹 一般財団法人 エネルギー総合工学研究所 理事／プロジェクト試験研究部 部長  
金子 勝比古 公益財団法人 北海道科学技術総合振興センター 幌延地圏環境研究所 所長／  
北海道大学 名誉教授  
木村 健 関東天然瓦斯開発株式会社 常務取締役／生産供給本部 本部長  
森田 浩仁 一般財団法人 日本エネルギー経済研究所 理事 化石エネルギー・電力ユニット担任

### コンパクト化学システム研究センター（研究センター長：花岡 隆昌）

（担当：城間 純（2014.4-2014.5）、大石 晃広（2014.6-2015.3））[意]

岡田 清 東京工業大学 理事／副学長  
岡田 佳巳 千代田化工建設株式会社 技術開発ユニット／水素チェーン事業推進ユニット 技師長  
鎌田 悟 秋田県産業技術センター 所長  
黒田 一幸 早稲田大学 理工学術院 先進理工学研究科 応用化学専攻 教授  
中條 哲夫 昭和電工株式会社 執行役員 研究開発部管掌／事業開発センター長

### 先進パワーエレクトロニクス研究センター（研究センター長：奥村 元）

（担当：平栗 洋一（2014.4-2015.3））[意]

池辺 裕昭 株式会社エネット 代表取締役社長  
（エネルギー技術研究部門評価委員兼任）  
鈴木 彰 独立行政法人 科学技術振興機構 産学基礎基盤推進部 戦略ディレクター  
津田 建二 国際技術ジャーナリスト  
播磨 弘（欠） 京都工芸繊維大学大学院 工芸科学研究科 基盤科学系 教授  
森本 雅之 東海大学 工学部 電気電子工学科 教授  
米津 宏雄 豊橋技術科学大学 名誉教授／客員教授

### 太陽光発電工学研究センター（研究センター長：仁木 栄）

（担当：竹内 圭史（2014.4-2014.10）、大石 晃広（2014.10-2015.3））[ユ]

一木 修 株式会社資源総合システム 代表取締役社長  
岡田 至崇 東京大学 先端科学技術研究センター 教授  
津田 信哉 前 パナソニック株式会社 R&D本部 技術政策推進室 室長  
松村 英樹 北陸先端科学技術大学院大学 マテリアルサイエンス研究科 名誉教授／  
ナノマテリアルテクノロジーセンター 特任教授  
山田 明（欠） 東京工業大学大学院 理工学研究科 電子物理工学専攻 教授

### バイオマスリファイナリー研究センター（研究センター長：平田 悟史）

（担当：井上 和也（2014.4-2014.5）、大石 晃広（2014.6-2015.3））[意]

磯貝 明 東京大学大学院 農学生命科学研究科 生物材料科学専攻 教授  
井上 貴至 株式会社三菱総合研究所 環境・エネルギー研究本部 本部長  
澤 一誠 三菱商事株式会社 地球環境・インフラ事業グループCEOオフィス

環境エネルギー政策担当  
 中田 俊彦 東北大学大学院 工学研究科 技術社会システム専攻 教授  
 (エネルギー技術研究部門評価委員兼任)  
 西山 理郎 三菱重工環境・化学エンジニアリング株式会社 九州支店 支店長

#### 触媒化学融合研究センター (研究センター長:佐藤 一彦)

(担当:井上 和也 (2014.4-2014.7)、大石 晃広 (2014.8)、村瀬 至生 (2014.8-2015.3)) [ユ]

小藤 浩恭 味の素株式会社 バイオフィン事業本部 化成品部 部長  
 関口 章 筑波大学 数理物質系 化学域 教授  
 昇 忠仁 三井化学株式会社 R&D戦略室 主席部員  
 濱口 高嘉 (欠) 三菱ガス化学株式会社 東京研究所 主席研究員  
 侯 召民 (欠) 独立行政法人 理化学研究所 環境資源科学研究センター 副センター長

#### 再生可能エネルギー研究センター (研究センター長:大和田野 芳郎)

(担当:井上 和也 (2014.4-2014.7)、大石 晃広 (2014.8-2015.3)) [開]

稲葉 道彦 株式会社東芝社会インフラシステム社 電力流通システム事業部 技監  
 猪俣 誠 日揮株式会社 プロセス技術本部 本部長スタッフ 特別理事  
 岡崎 健 東京工業大学大学院 理工学研究科 機械制御システム専攻 教授  
 海江田 秀志 一般財団法人 電力中央研究所 地球工学研究所 地圏科学領域 研究参事  
 (地圏資源環境研究部門評価委員兼任)  
 服部 靖弘 公益財団法人 福島県産業振興センター 技術支援部 プロジェクトディレクター  
 山家 公雄 エネルギー戦略研究所株式会社 取締役/研究所長

## 2. ライフサイエンス分野

#### 健康工学研究部門 (研究部門長:吉田 康一)

(担当:平栗 洋一 (2014.4-2015.3)) [ユ]

赤池 昭紀 (欠) 名古屋大学大学院 創薬科学研究科 基盤創薬学専攻 教授  
 秋澤 俊史 摂南大学 薬学部 臨床分析化学研究室 教授  
 伊藤 菁菫 長浜バイオ大学 客員教授  
 (バイオメディカル研究部門評価委員兼任)  
 木下 聡 株式会社読売新聞大阪本社 編集局 科学部 次長  
 津本 浩平 東京大学大学院 工学研究科 教授  
 西本 尚弘 株式会社島津製作所 基盤技術研究所 副所長

#### 生物プロセス研究部門 (研究部門長:田村 具博)

(担当:井上 和也 (2014.4-2014.7)、平栗 洋一 (2014.8)、村瀬 至生 (2014.8-2015.3)) [ユ]

田口 精一 北海道大学大学院 工学研究院 生物機能高分子部門 教授/  
 独立行政法人 理化学研究所 客員主管研究員  
 富田 房男 北海道大学 名誉教授/日本バイオテクノロジー情報センター 代表  
 富田 稔 株式会社富田ライフサイエンス研究所 代表取締役  
 中谷 和彦 大阪大学 産業科学研究所 精密制御化学研究分野 教授  
 西矢 芳昭 摂南大学 理工学部 生命科学科 教授  
 松田 秀雄 大阪大学大学院 情報科学研究科 バイオ情報工学専攻 教授

#### バイオメディカル研究部門 (研究部門長:近江谷 克裕)

(担当:平栗 洋一 (2014.4-2015.3)) [ユ]

阿部 皓一 エーザイフード・ケミカル株式会社 顧問  
 伊藤 菁菫 長浜バイオ大学 客員教授  
 (健康工学研究部門評価委員兼任)  
 牛田 充彦 (欠) 株式会社じほう 出版局 記者  
 黒川 勉 元 和光純薬工業株式会社 ゲノム研究所 所長  
 後藤 祐児 大阪大学 蛋白質研究所 教授

## 別紙2

玉置 俊晃 徳島大学大学院 ヘルスバイオサイエンス研究部 神経情報医学部門 教授  
末永 智一 (欠) 東北大学 原子分子材料科学高等研究機構 教授

### ヒューマンライフテクノロジー研究部門 (研究部門長:松岡 克典)

(担当:平栗 洋一 (2014.4-2015.3)) [ユ]

青木 和夫 日本大学大学院 理工学研究科 医療・福祉工学専攻 教授  
大西 昭郎 東京大学公共政策大学院 特任教授  
高橋 真理子 株式会社朝日新聞社 東京本社 報道局 科学医療部 編集委員  
土井 美和子 独立行政法人 情報通信研究機構 監事  
(サービス工学研究センター評価委員兼任)  
原 正樹 株式会社アイプラネット 常務取締役  
姫野 龍太郎 独立行政法人 理化学研究所 情報基盤センター センター長  
(デジタルヒューマン工学研究センター評価委員兼任)

### 創薬分子プロファイリング研究センター (研究センター長:夏目 徹)

(担当:水野 耕平 (2014.4-2015.3)) [ユ]

阿久津 達也 京都大学 化学研究所 バイオインフォマティクスセンター 教授  
一條 秀憲 東京大学大学院 薬学系研究科 細胞情報学教室 教授/  
創薬オープンイノベーションセンター センター長  
樽林 陽一 独立行政法人 医薬基盤研究所 理事/創薬支援戦略室 室長  
西島 和三 持田製薬株式会社 医薬開発本部 課長/  
東北大学 未来科学技術共同研究センター 客員教授  
(糖鎖創薬技術研究センター評価委員兼任)  
増田 智子 株式会社 日経BP社 日経ドラッグインフォメーション 記者

### 糖鎖創薬技術研究センター (研究センター長:福田 道子)

(担当:城間 純 (2014.4-2014.5)、大石 晃広 (2014.6-2015.3)) [開]

西島 和三 持田製薬株式会社 医薬開発本部 課長/  
東北大学 未来科学技術共同研究センター 客員教授  
(創薬分子プロファイリング研究センター評価委員兼任)  
浜窪 隆雄 東京大学 先端科学技術研究センター 教授  
宮田 満 株式会社日経BP社 特命編集委員  
山本 格 新潟大学大学院 医歯学総合研究科 腎研究施設 教授  
吉田 有人 キリン株式会社 R&D本部 飲料技術研究所 副所長

### ゲノム情報研究センター (研究センター長:ポール・ホートン)

(担当:平栗 洋一 (2014.4-2015.3)) [開]

伊藤 隆司 九州大学大学院 医学研究院 医化学分野 教授  
加藤 和人 大阪大学大学院 医学系研究科 社会医学講座 教授  
菊池 浩明 明治大学 総合数理学部 先端メディアサイエンス学科 教授  
北川 正成 (欠) タカラバイオ株式会社 執行役員/CDMセンター長  
寺西 豊 京都大学大学院 医学研究科 メディカルイノベーションセンター 副センター長/  
特任教授  
西 達也 株式会社ジナリス 代表取締役社長

## 3. 情報通信・エレクトロニクス分野

### 知能システム研究部門 (研究部門長:比留川 博久)

(担当:川田 正晃 (2014.4-2014.7)、田沼 均 (2014.8-2015.3)) [ユ]

浅間 一 東京大学大学院 工学系研究科 精密機械工学専攻 教授  
榎原 伸介 ファナック株式会社 執行役員/ロボット事業本部 ロボット研究所 名誉所長  
首藤 俊夫 株式会社三菱総合研究所 科学・安全政策研究本部 主席研究部長  
馬場口 登 大阪大学大学院 工学研究科 電気電子情報工学専攻 教授

丸山 宏 大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 統計数理研究所 副所長／教授  
 山口高平 慶應義塾大学 理工学部 管理工学科 教授

#### 情報技術研究部門 (研究部門長:工藤 知宏)

(担当:水野 耕平 (2014.4-2015.3)) [ユ]

合田 忠弘 同志社大学大学院 理工学研究科 客員教授  
 後藤 厚宏 情報セキュリティ大学院大学 情報セキュリティ研究科 研究科長／教授  
 柴崎 亮介 東京大学 空間情報科学研究センター 教授  
 中野 美由紀 芝浦工業大学 教育イノベーション推進センター 教授  
 平田 圭二 公立はこだて未来大学 システム情報科学部 複雑系知能学科 教授  
 前川 徹 サイバー大学 IT総合学部 教授／  
 一般社団法人コンピュータソフトウェア協会 専務理事

#### ナノエレクトロニクス研究部門 (研究部門長:安田 哲二)

(担当:川田 正晃 (2014.4-2014.7)、田沼 均 (2014.8-2015.3)) [ユ]

有門 経敏 東京エレクトロン株式会社 開発部門開発企画室 フェロー  
 圓福 敬二 九州大学大学院 システム情報科学研究院 教授  
 田中 徹 東北大学大学院 医工学研究科 教授  
 久本 大 株式会社 日立製作所 中央研究所 エレクトロニクス研究センター 主管研究員  
 藤村 修三 (欠) 東京工業大学大学院 イノベーションマネジメント研究科 教授

#### 電子光技術研究部門 (研究部門長:原市 聡)

(担当:竹内 圭史 (2014.4-2015.3)) [ユ]

秋光 純 青山学院大学 理工学部 物理・数学科 教授  
 工藤 一浩 千葉大学大学院 工学研究科 人工システム科学専攻 教授  
 長谷川 英一 一般社団法人 電子情報技術産業協会 常務理事  
 松島 裕一 早稲田大学 研究戦略センター 教授  
 (ネットワークフォトンクス研究センター評価委員兼任)  
 本島 邦明 三菱電機株式会社 通信システム事業本部 技師長

#### セキュアシステム研究部門 (研究部門長:伊藤 智)

(担当:平栗 洋一 (2014.4-2015.3)) [ユ]

上田 和紀 早稲田大学 理工学術院 基幹理工学研究科 情報理工学専攻 教授  
 遠藤 直樹 東芝ソリューション株式会社 技術統括部 技監  
 佐々木 良一 東京電機大学 未来科学部教授  
 鈴木 剛 東洋エンジニアリング株式会社 エンジニアリング本部 電計エンジニアリング部  
 プリンシパル・エンジニア  
 高木 剛 九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所 数学テクノロジー先端研究部門 教授  
 若江 雅子 株式会社読売新聞 東京本社 編集局 編集委員

#### ネットワークフォトンクス研究センター (研究センター長:並木 周)

(担当:川田 正晃 (2014.4-2014.7)、田沼 均 (2014.8-2015.3)) [ユ]

小林 功郎 東京工業大学 名誉教授  
 馬場 俊彦 横浜国立大学 工学研究院 知的構造の創成部門 教授  
 松島 裕一 早稲田大学 研究戦略センター 教授  
 (電子光技術研究部門評価委員兼任)  
 村上 孝三 大阪大学 名誉教授

#### デジタルヒューマン工学研究センター (研究センター長:持丸 正明)

(担当:竹内 圭史 (2014.4-2015.3)) [意]

岩崎 弘利 株式会社デンソーアイティラボラトリ Chief Technical Officer  
 上田 敏 公益財団法人 日本障害者リハビリテーション協会 顧問  
 (サービス工学研究センター評価委員兼任)

## 別紙2

久野 譜也 筑波大学 体育系 教授／株式会社つくばウエルネスリサーチ代表取締役社長  
姫野 龍太郎 独立行政法人 理化学研究所 情報基盤センター センター長  
(ヒューマンライフテクノロジー研究部門評価委員兼任)  
廣瀬 通孝 東京大学大学院 情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻 教授  
藤田 祐志 株式会社テクノバ 顧問

### ナノスピントロニクス研究センター (研究センター長:湯浅 新治)

(担当:川田 正晃 (2014.4-2014.7)、田沼 均 (2014.8-2015.3)) [意]

佐藤 勝昭 独立行政法人 科学技術振興機構(JST) 総務部広報課 研究広報主監  
城石 芳博 株式会社日立製作所 研究開発グループ 主管研究長  
田中 雅明 東京大学大学院 工学系研究科 電気系工学専攻 教授  
埴 健三 昭和電工株式会社 先端技術開発研究所 埴研究室 室長  
松山 公秀 九州大学大学院 システム情報科学研究院 教授

### サービス工学研究センター (研究センター長:持丸 正明)

(担当:川田 正晃 (2014.4-2014.7)、田沼 均 (2014.8-2015.3)) [ユ]

上田 敏 (欠) 公益財団法人 日本障害者リハビリテーション協会 顧問  
(デジタルヒューマン研究センター評価委員兼任)  
及川 雅稔 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 産業技術研究本部 工業試験場製品技術部  
部長  
谷崎 隆士 近畿大学 工学部 情報学科 教授  
土井 美和子 独立行政法人 情報通信研究機構 監事  
(ヒューマンライフテクノロジー研究部門評価委員兼任)  
水野 誠 明治大学 商学部 教授

### フレキシブルエレクトロニクス研究センター (研究センター長:鎌田 俊英)

(担当:織田 望 (2014.4-2014.5)、竹林 良浩 (2014.6-2015.3)) [ユ]

石原 聡 一般財団法人 ニューメディア開発協会 ニューメディア総合研究所 所長  
大久保 聡 株式会社日経BP 電子・機械局 局長補佐  
蔵田 哲之 (欠) 三菱電機株式会社 液晶事業統括部 統括部長  
高田 俊二 千葉大学大学院 融合科学研究科 客員教授  
中村 貴義 北海道大学 電子科学研究所附属グリーンナノテクノロジー研究センター ナノアセン  
ブリ材料研究分野 教授  
宮野 健次郎 独立行政法人 物質・材料研究機構 フェロー

## 4. ナノテクノロジー・材料・製造分野

### 先進製造プロセス研究部門 (研究部門長:淡野 正信)

(担当:織田 望 (2014.4-2014.5)、竹林 良浩 (2014.6-2015.3)) [ユ]

帯川 利之 東京大学 生産技術研究所 機械・生体系部門 教授  
塩崎 弘隆 三菱自動車工業株式会社 開発本部 機能実験部 部長  
茂垣 康弘 IHI Ionbond AG 取締役  
高見 則雄 株式会社東芝 研究開発センター 首席技監  
出川 通 株式会社テクノ・インテグレーション 代表取締役社長  
北條 純一 九州大学大学院 工学府 ものづくり工学教育研究センター 特任教授

### サステナブルマテリアル研究部門 (研究部門長:中村 守)

(担当:織田 望 (2014.4-2014.5)、竹林 良浩 (2014.6-2015.3)) [ユ]

岩田 利枝 東海大学 工学部 建築学科 教授  
梅本 実 豊橋技術科学大学 国際教育センター 特任教授  
大谷 要 大建工業株式会社 エコ事業統轄部 担当部長  
中村 崇 東北大学 多元物質科学研究所 教授  
丸山 正明 技術ジャーナリスト



(グリーン磁性材料研究センター評価委員兼任)

**ナノシステム研究部門** (研究部門長:山口 智彦)

(担当:水野 耕平 (2014.4-2015.3)) [ユ]

安蘇 芳雄 大阪大学 産業科学研究所 産業科学ナノテクノロジーセンター／  
工学研究科 応用化学専攻 教授  
金田 千穂子 株式会社富士通研究所 専任研究員  
亀井 信一 株式会社三菱総合研究所 人間・生活研究本部 本部長  
(ナノチューブ応用研究センター評価委員兼任)  
肥塚 裕至 菱電化成株式会社 相談役  
曾根 純一 独立行政法人 物質・材料研究機構 理事  
高尾 正敏 大阪大学 大型教育研究プロジェクト支援室 特任教授／  
シニア・リサーチ・アドミニストレーター

**ナノチューブ応用研究センター** (研究センター長:飯島 澄男)

(担当:平栗 洋一 (2014.4-2015.3)) [ユ]

亀井 信一 株式会社三菱総合研究所 人間・生活研究本部 本部長  
(ナノシステム研究部門評価委員兼任)  
川合 眞紀 (欠) 独立行政法人理化学研究所 理事  
丸山 茂夫 東京大学大学院 工学系研究科 機械工学専攻 教授  
水谷 孝 中部大学 総合学術研究院 客員教授／名古屋産業科学研究所 上席研究員  
村山 英樹 株式会社三菱化学科学技術研究センター 取締役社長

**集積マイクロシステム研究センター** (研究センター長:前田 龍太郎)

(担当:織田 望 (2014.4-2014.5)、竹林 良浩 (2014.6-2015.3)) [意]

石井 仁 豊橋技術科学大学 リーディング大学院教育推進機構 特任教授  
岩本 隆 慶應義塾大学大学院 経営管理研究科 特任教授／  
株式会社ドリームインキュベータ 特別顧問  
二口 友昭 富山県工業技術センター 次長／中央研究所 所長  
本目 精吾 株式会社エリオニクス 取締役会長  
山田 一郎 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 人間環境学専攻 教授

**グリーン磁性材料研究センター** (研究センター長:尾崎 公洋)

(担当:織田 望 (2014.4-2014.5)、竹林 良浩 (2014.6-2015.3)) [開]

大森 賢次 日本ボンド磁性材料協会 専務理事／事務局長  
杉本 諭 東北大学大学院 工学研究科 知能デバイス材料学専攻 教授  
広沢 哲 独立行政法人 物質・材料研究機構 元素戦略磁性材料研究拠点 代表研究者  
丸山 正明 技術ジャーナリスト  
(サステナブルマテリアル研究部門評価委員兼任)  
吉村 一良 京都大学大学院 理学研究科 化学専攻 教授

5. 計測・計量標準分野

**計測標準研究部門** (研究部門長:千葉 光一)

(担当:竹内 圭史 (2014.4-2015.3)) [ユ]

鈴木 孝治 慶應義塾大学 理工学部 応用化学科 教授  
武田 貞生 一般財団法人 海外産業人材育成協会 専務理事  
初澤 毅 (欠) 東京工業大学 精密工学研究所 高機能化システム部門 教授  
古田 一吉 セイコーインスツル株式会社 研究開発センター 技術企画管理部 部長  
本多 敏 慶應義塾大学 理工学部 物理情報工学科 教授  
前田 瑞夫 (欠) 独立行政法人 理化学研究所 前田バイオ工学研究室 主任研究員  
(環境管理技術研究部門評価委員兼任)  
渡部 幸夫 東芝原子力エンジニアリングサービス株式会社 技術開発部 参事

## 別紙2

### 計測フロンティア研究部門（研究部門長：山内 幸彦）

（担当：水野 耕平（2014.4-2015.3））〔ユ〕

伊吹山 正浩	電気化学工業株式会社 研究開発部 技監
<u>榎 学</u>	東京大学大学院 工学系研究科 マテリアル工学専攻 教授
岡田 漱平	一般財団法人 放射線利用振興協会 理事長
高山 光男	横浜市立大学 学術院国際総合科学群 自然科学系列 教授／研究推進センター長 ／木原生物学研究所長
藤村 秀夫	大日本印刷株式会社 研究開発センター 副センター長
山下 郁雄	独立行政法人 中小企業基盤整備機構 広報統括室 広報課 経営支援専門員

## 6. 地質分野

### 地圏資源環境研究部門（研究部門長：中尾 信典）

（担当：竹内 圭史（2014.4-2015.3））〔ユ〕

小川 康雄	東京工業大学 火山流体研究センター 教授
海江田 秀志	一般財団法人電力中央研究所 地球工学研究所 地圏科学領域 研究参事 （再生可能エネルギー研究センター評価委員兼任）
川端 淳一	鹿島建設株式会社 技術研究所 岩盤・地下水グループ グループ長
名古屋 悟	株式会社環境新聞社 東京本社 編集部兼企画部 係長
<u>星 一良</u>	石油資源開発株式会社 中東・アフリカ・欧州事業本部 本部長補佐
米田 稔	京都大学 大学院工学研究科 都市環境工学専攻 教授 （安全科学研究部門評価委員兼任）

### 地質情報研究部門（研究部門長：牧野 雅彦）

（担当：水野 耕平（2014.4-2015.3））〔ユ〕

秋山 泰久	国際航業株式会社 東日本事業本部 第二技術部 国土情報グループ グループ長
岩淵 洋	海上保安庁 海洋情報部 海洋調査課 課長
<u>小嶋 智</u>	岐阜大学 工学部 社会基盤工学科 教授／学長補佐
三箇 智二	JX日鉱日石探開株式会社 取締役／探査事業部 副事業部長
前川 寛和	大阪府立大学大学院 理学系研究科 物理科学専攻 教授／副学長
山本 博文	福井大学 教育地域科学部 教授

### 活断層・火山研究部門（研究部門長：桑原 保人）

（担当：竹内 圭史（2014.4-2015.3））〔ユ〕

桶田 敦	株式会社TBS テレビ 情報制作局 兼 報道局解説・専門記者室 局次長 兼 解説委員
隈元 崇	岡山大学大学院 自然科学研究科 准教授
田中 和広（欠）	山口大学 理事／副学長
田村 圭子	新潟大学 危機管理本部 危機管理室 教授
<u>平田 直</u>	東京大学 地震研究所 地震予知研究センター 教授／センター長
藤井 敏嗣	NPO法人 環境防災総合政策研究機構 専務理事／環境防災研究所長

## 別紙3:内部評価委員一覧

## 内部評価委員（氏名五十音順）

阿部 修治（首席評価役）	環境・エネルギー分野、情報通信・エレクトロニクス分野、 <u>ナノテクノロジー・材料・製造分野</u>
永壽 伴章（首席評価役）	環境・エネルギー分野、ライフサイエンス分野、ナノテクノロジー・材料・製造分野、計測・計量標準分野
栗本 史雄（首席評価役）	環境・エネルギー分野、ライフサイエンス分野、計測・計量標準分野、 <u>地質分野</u>
竹内 浩士（首席評価役）	<u>環境・エネルギー分野</u>
挾間 壽文（首席評価役）	環境・エネルギー分野、ライフサイエンス分野、 <u>情報通信・エレクトロニクス分野</u>
本間 一弘（首席評価役）	<u>ライフサイエンス分野</u> 、情報通信・エレクトロニクス分野、ナノテクノロジー・材料・製造分野
三戸 章裕（首席評価役）	環境・エネルギー分野、ナノテクノロジー・材料・製造分野、 <u>計測・計量標準分野</u> 、 <u>地質分野</u>

下線は内部評価委員の主担当分野を表す。

## 別紙4:平成26年度研究ユニット評価委員会等開催日程

## 研究ユニット評価委員会

開催日	曜日	時間	研究ユニット名	評価委員会開催場所	備考 <sup>*)</sup>
2014/6/27	金	13:30-18:00	ネットワークフォトンクス研究センター	つくば中央第2事業所 ネットワーク会議室 (本部・情報棟 1階 1306-2室)	見学会
2014/7/1	火	12:30-17:50	ナノチューブ応用研究センター	つくば中央第5事業所 第3~4会議室 (5-2棟 6階 6602~3室)	
2014/9/29	月	12:20-18:05	セキュアシステム研究部門	つくば中央第2事業所 第6会議室 (2-12棟 2階 203-6室)	
2014/10/1	水	13:00-17:25	メタンハイドレート研究センター	つくば西事業所 第2会議室 (西-1棟 2階 2301室)	見学会
2014/10/3	金	12:40-18:00	環境化学技術研究部門	つくば中央第5事業所 第3~4会議室 (5-2棟 6階 6602~3室)	
2014/10/7	火	10:40-17:45	安全科学研究部門	つくば中央第5事業所 第3~4会議室 (5-2棟 6階 6602~3室)	ポスター
2014/10/7	火	11:05-18:00	知能システム研究部門	つくば中央第6事業所 第1~3会議室 (6-9棟 2階 228-1~3室)	見学会
2014/10/14	火	10:30-18:00	情報技術研究部門	つくば中央第2事業所 ネットワーク会議室 (本部・情報棟 1階 1306-2室)	
2014/10/17	金	10:30-18:00	地圏資源環境研究部門	つくば中央第7事業所 第2会議室 (7-3C棟 2階 211室)	見学会, ポスター
2014/10/20	月	10:00-17:30	ナノエレクトロニクス研究部門	つくば中央第2事業所 ネットワーク会議室 (本部・情報棟 1階 1306-2室)	
2014/10/20	月	10:35-17:10	エネルギー技術研究部門	つくば中央第5事業所 第3~4会議室 (5-2棟 6階 6602~3室)	
2014/10/21	火	10:00-17:55	計測標準研究部門	つくば中央第3事業所 第4~6会議室 (3-9棟 3階 301~3室)	ポスター
2014/10/21	火	11:00-17:10	地質情報研究部門	つくば中央第7事業所 第2会議室 (7-3C棟 2階 211室)	ポスター
2014/10/27	月	10:45-18:00	健康工学研究部門	四国センター 講堂 (講堂棟 1階 1011室)	
2014/10/27	月	12:45-18:10	電子光技術研究部門	つくば中央第2事業所 第6会議室 (2-12棟 2階 203-6室)	
2014/10/29	水	12:30-17:50	創薬分子プロファイリング研究センター	臨海副都心センター 会議室1 (別館 11階 11205~6室)	ポスター
2014/10/29	水	12:40-18:00	太陽光発電工学研究センター	つくば中央第2事業所 第6会議室 (2-12棟 2階 203-6室)	
2014/10/31	金	12:30-17:55	先進製造プロセス研究部門	中部センター 連携会議場 (OSL棟 3階 3101室)	
2014/11/4	火	11:00-17:10	ユビキタスエネルギー研究部門	関西センター 第8会議室 (基礎融合材料実験棟 2階 2009室)	
2014/11/5	水	11:00-17:30	ナノシステム研究部門	つくば中央第5事業所 第3~4会議室 (5-2棟 6階 6602~3室)	
2014/11/10	月	9:30-14:15	サービス工学研究センター	臨海副都心センター 多目的室 (別館 11階 11202~3室)	
2014/11/10	月	11:20-17:50	生物プロセス研究部門	臨海副都心センター 第1会議室 (本館 4階 412室)	
2014/11/11	火	10:30-17:00	活断層・火山研究部門	つくば中央第7事業所 第2会議室 (7-3C棟 2階 211室)	見学会, ポスター

2014/11/11	火	13:00-17:55	サステナブルマテリアル研究部門	中部センター 連携会議場 (OSL 棟 3階 3101 室)	見学会
2014/11/12	水	11:00-17:15	バイオメディカル研究部門	つくば中央第6事業所 第1~3会議室 (6-9 棟 2階 228-1~3 室)	
2014/11/17	月	12:45-17:50	触媒化学融合研究センター	つくば中央第2事業所 第6会議室 (2-12 棟 2階 203-6 室)	
2014/11/17	月	13:00-17:55	フレキシブルエレクトロニクス研究センター	つくば中央第5事業所 第3~4会議室 (5-2 棟 6階 6602~3 室)	
2014/11/21	金	11:25-17:20	環境管理技術研究部門	つくば西事業所 TIA-nano ホール (TIA 連携棟 1階)	
2014/11/26	水	11:00-17:45	ヒューマンライフテクノロジー研究部門	つくば中央第6事業所 第1~3会議室 (6-9 棟 2階 228-1~3 室)	
2014/11/28	金	12:20-18:00	計測フロンティア研究部門	つくば中央第2事業所 第6会議室 (2-12 棟 2階 203-6 室)	見学会

\*) 見学会: 研究現場見学会  
ポスター: ポスター展示と研究ユニット担当者による説明

### 開始時意見交換会

開催日	曜日	時間	研究ユニット名	開始時意見交換会開催場所	備考*)
2014/9/12	金	12:00-15:25	再生可能エネルギー研究センター	福島再生可能エネルギー研究所 FREA ホール (本館 1階)	見学会
2014/12/1	月	10:50-15:50	ゲノム情報研究センター	臨海副都心センター 多目的室 (別館 11階 11202~3 室)	ポスター
2014/12/9	火	13:00-16:40	グリーン磁性材料研究センター	中部センター 連携会議場 (OSL 棟 3階 3101 室)	見学会
2014/12/16	火	12:50-17:30	糖鎖創薬技術研究センター	つくば中央第2事業所 第6会議室 (2-12 棟 2階 203-6 室)	

\*) 見学会: 研究現場見学会  
ポスター: ポスター展示と研究ユニット担当者による説明

### 評価委員意見交換

開催日	曜日	時間	研究ユニット名	評価委員意見交換開催場所	開催形式※)
2014/9/8	月	15:00-16:55	バイオマスリファイナリー研究センター	木材会館 6階 第1~2 会議室	委員会, シンポジウム
2014/12/1	月	15:00-17:00	コンパクト化学システム研究センター	臨海副都心センター 会議室 2 (別館 11階 11207 室)	委員会
2014/12/3	水	13:30-16:00	集積マイクロシステム研究センター	つくば東事業所 国際セミナー室 (東-4G 棟 1階 1A1 室)	委員会
2014/12/12	金	13:30-16:30	ナノスピントロニクス研究センター	つくば中央第2事業所 第1AV 室 (2-1D 棟 8階 812-2 室)	委員会
2014/12/25	木	13:00-17:00	先進パワーエレクトロニクス研究センター	つくば西事業所 TIA-nano ホール (TIA 連携棟 1階)	委員会, 見学会
2014/12/26	金	13:00-16:30	デジタルヒューマン工学研究センター	臨海副都心センター 第1 会議室 (本館 4階 412 室)	委員会

※) 開催形式

委員会: 委員会形式による意見交換

シンポジウム: 研究ユニット主催のシンポジウム等の機会における意見交換

見学会: 研究現場見学会による意見交換

## 別紙5：平成26年度研究資源配分表

(人員は平成27年3月現在、予算は平成27年2月現在)

研究分野	研究ユニット	研究職員(人)	契約職員(人)	運営費交付金		委託費等		総予算	
				総額(百万円)	総額/研究職員数(百万円/人)	総額(百万円)	総額/研究職員数(百万円/人)	総額(百万円)	総額/研究職員数(百万円/人)
環境・エネルギー	ユビキタスエネルギー研究部門	75	112	604	8	911	12	1,515	20
	環境管理技術研究部門	58	69	468	8	303	5	771	13
	環境化学技術研究部門	36	37	328	9	186	5	514	14
	エネルギー技術研究部門	113	198	824	7	1,437	13	2,261	20
	安全科学研究部門	38	60	525	14	487	13	1,012	27
	メタンハイドレート研究センター	14	38	165	12	1,927	138	2,092	149
	コンパクト化学システム研究センター	28	34	302	11	244	9	545	19
	先進パワーエレクトロニクス研究センター	24	32	624	26	2,086	87	2,710	113
	太陽光発電工学研究センター	26	70	480	18	818	31	1,298	50
	バイオマスリファイナリー研究センター	17	35	188	11	375	22	563	33
ライフサイエンス	触媒化学融合研究センター	22	28	164	7	219	10	383	17
	再生可能エネルギー研究センター	26	62	2,111	81	833	32	2,945	113
	健康工学研究部門	64	63	473	7	325	5	798	12
	生物プロセス研究部門	62	82	485	8	589	9	1,074	17
	バイオメディカル研究部門	82	99	718	9	684	8	1,402	17
	ヒューマンライフテクノロジー研究部門	84	100	474	6	419	5	893	11
	幹細胞工学研究センター	17	37	308	18	327	19	635	37
	創薬分子プロファイリング研究センター	14	22	382	27	287	21	669	48
	糖鎖創薬技術研究センター	7	45	332	47	206	29	539	77
情報通信・エレクトロニクス	ゲノム情報研究センター	13	29	291	22	143	11	433	33
	知能システム研究部門	69	54	569	8	674	10	1,243	18
	情報技術研究部門	37	27	440	12	304	8	744	20
	ナノエレクトロニクス研究部門	51	81	751	15	768	15	1,519	30
	電子光技術研究部門	61	45	529	9	236	4	765	13
	セキュアシステム研究部門	30	30	286	10	140	5	426	14
	ネットワークフォトニクス研究センター	15	17	198	13	494	33	691	46
	デジタルヒューマン工学研究センター	13	26	119	9	159	12	278	21
	ナノスピントロニクス研究センター	16	15	301	19	487	30	788	49
ナノ材料・製造	サービス工学研究センター	19	54	177	9	207	11	384	20
	フレキシブルエレクトロニクス研究センター	21	26	318	15	131	6	448	21
	先進製造プロセス研究部門	95	81	763	8	592	6	1,355	14
	サステナブルマテリアル研究部門	46	27	304	7	90	2	393	9
	ナノシステム研究部門	94	96	636	7	556	6	1,192	13
	ナノチューブ応用研究センター	22	39	551	25	616	28	1,167	53
	集積マイクロシステム研究センター	25	30	227	9	235	9	461	18
グリーン磁性材料研究センター	14	7	167	12	11	1	178	13	
計測標準	グリーン磁性材料研究センター	14	7	167	12	11	1	178	13
	計測標準研究部門	240	135	1,801	8	968	4	2,770	12
	計測フロンティア研究部門	56	35	346	6	380	7	725	13
地質	生産計測技術研究センター	24	44	183	8	176	7	359	15
	地圏資源環境研究部門	59	47	526	9	4,679	79	5,205	88
	地質情報研究部門	67	59	716	11	464	7	1,181	18
	活断層・火山研究部門	66	47	538	8	467	7	1,005	15
	合計	1,960	2,274	20,687	11	25,642	13	46,329	24

注1) 研究職員数は、平成27年3月現在の研究ユニットに配属されている職員(職員と任期付き職員)を示す。契約職員数は、平成27年3月現在の第一号職員(産業技術総合研究所特別研究員)、第二号職員(テクニカルスタッフ)、第三号職員(アシスタント)、第四号職員(技術専門職)、第五号職員(招へい研究員)、第六号職員(シニアスタッフ)の総和である。

注2) 運営費交付金、委託費等(助成金、共同研究費を含む)は、研究ユニット配賦額であり、一般管理費控除後の額である。平成27年2月現在のデータであり、一部予算の移動があるため確定配賦額ではない。前身の研究ユニットでの執行済み額は含まれていない。前年度予算残繰越額及び契約済み繰越額が含まれている。

## 別紙6:研究ユニット評価委員会要領

制定 平成17年4月1日 17要領第19号  
(16要領第41号の全部改正)

最終改正 平成22年10月1日 22要領第126号 一部改正

(趣旨)

第1条 この要領は、独立行政法人産業技術総合研究所（以下「研究所」という。）の研究ユニット評価委員会の組織、運営等に関して必要な事項を定めるものとする。

(設置)

第2条 理事長は、独立行政法人産業技術総合研究所組織規程（22規程第50号）第6条第2項に規定する研究ユニット及び組織規則（22規則第5号）第6条に規定する連携研究体（以下「研究ユニット等」という。）について評価を行う必要があると認めるときは、当該研究ユニット等ごとに、研究ユニット評価委員会（以下「委員会」という。）を置くものとする。

(任務)

第3条 委員会は、研究ユニット等が行う業務又は活動に関して、次に掲げる事項について評価を行う。

- 一 研究の実施体制
- 二 研究の進捗状況
- 三 研究成果
- 四 その他必要と認める事項

2 委員会は、原則として、当該研究ユニット等の新設の日以後2年ごとに、前項の評価を行うものとする。

(組織)

第4条 委員会は、次に掲げる者（以下「委員」という。）をもって組織する。

- 一 研究ユニット等を行う業務又は活動に高い見識を有する者のうちから理事長が委嘱する者
- 二 役員又は職員のうちから理事長が指名する者

2 委員会に委員長を置き、理事長が委員のうちから指名する。

3 委員長は、委員会の会務を総理する。

4 委員長に事故があるときは、理事長があらかじめ指名する者が、その職務を代理する。

(任期)

第5条 委員の任期は、2年以内とし、再任を妨げない。

2 理事長は、特別な事由があると認める場合は、委員を解任することができる。

(開催)

第6条 委員会は、理事長の命を受けて、評価部長が招集する。

(公開)

第7条 委員会は、委員による率直かつ自由な意見交換を確保するため、原則として非公開とする。ただし、委員長は、必要があると認める場合は、委員以外の者に委員会の傍聴を認めることができる。

2 委員会の議事要旨は、公開するものとする。

3 委員長は、必要があると認める場合は、委員以外の者に委員会の出席を求め、その意見を聴くことができる。

(評価結果)

第8条 評価結果は、評価部長がとりまとめ、理事長に報告する。

2 理事長は、評価結果を、委員のリストを付して公開するものとする。

(事務)

第9条 委員会の事務は、研究評価推進室が行う。

附 則（17要領第19号・全部改正）

この要領は、平成17年4月1日から施行する。

附 則（20要領第59号・一部改正）

この要領は、平成20年4月1日から施行する。

附 則（22要領第126号・一部改正）

この要領は、平成22年10月1日から施行する。

## 別紙7：研究ユニット評価委員が利害関係者であることの 判断基準について

制定 第14000-20011001-1号 平成13年10月1日  
最終改正 第10140100-E-20120402-001号 平成24年4月1日 一部改正

独立行政法人産業技術総合研究所(以下「産総研」という。)の研究ユニット評価委員会の組織、運営等に関して、公正性かつ、透明性を確保する観点から、研究ユニット評価委員会要領(22要領第126号)第4条第1項第1号で規定する委員(委嘱予定の者も含む)(以下、「委員」という。)と被評価研究ユニット(以下「研究ユニット」という。)との利害関係を判断する基準について必要な事項を定めるものとする。

1 委員が所属する機関(以下「所属機関」という。)が、次の各号のいずれかに該当する場合に、利害関係があるものとみなす。ただし、委員の所属する部署が当該業務等を実施する部署と異なることあるいは委員の役職等が当該業務等に関する権限を有していないことなどにより、研究ユニットの評価への影響がないと判断する場合はこの限りではない。

- 一 研究ユニットに所属するグループ長、チーム長、室長等(以下「グループ長等」という。)以上の研究者と現在又は直近の過去3年間、共同研究、受託研究等の連携業務において、当該研究ユニットと関係を有するあるいは有したこと、又は近い将来関係を有する見込みがある場合。
- 二 研究ユニットに所属するグループ長等以上の研究者と現在又は直近の過去3年間、同一の技術研究組合に参画することにより、当該研究ユニットと関係を有するあるいは有したこと、又は近い将来関係を有する見込みがある場合。
- 三 研究ユニットの業務に重要な役割を果たす研究用機器の納入(予定も含む)等を行っている場合。
- 四 研究ユニットの業務に関して、計量法計量標準供給制度に基づき、産総研から直接標準の供給を受けている、又は特定計量器の型式承認を受けている場合。
- 五 研究ユニットが研究資源配分等へ関与している研究プロジェクトへ参加している場合。
- 六 研究ユニットの職員が関与する産総研技術移転ベンチャーと競合関係にある場合。

2 委員が、次の各号のいずれかに該当する場合に、利害関係があるものとみなす。ただし、研究ユニットの評価への影響がないと判断する場合はこの限りではない。

- 一 産総研の役職員等(雇用契約あるいは産総研各制度による契約又は委嘱により在籍)であった経歴を有し、産総研の役職員等でなくなってから3年を経過していない場合。
- 二 研究ユニットに所属するグループ長等以上の研究者と直近の過去3年間に産総研以外の同一機関に勤務した経歴を有する場合。
- 三 研究ユニットが参加している研究プロジェクトに係る研究資源配分等へ関与している場合。

3 その他、委員及び／又は所属機関が、研究ユニットの評価を行ううえで評価に影響を及ぼす関係を研究ユニットとの間に有する場合に、利害関係があるものとみなす。

附 則(第14000-20011001-1号)

この基準は、平成13年10月1日から施行する。

附 則(第14000-20040830-002号・一部改正)

この基準は、平成16年8月1日から施行する。

附 則(第14000-20050113-001号・一部改正)

この基準は、平成17年1月13日から施行する。

附 則(第14000-20050401-001号・一部改正)

この基準は、平成17年4月1日から施行する。

附 則(第10140100-E-20120402-001号・一部改正)

この基準は、平成24年4月1日から施行する。

この基準における「部署」の単位は、大学・大学院の場合には学部学科・研究科専攻等、独立行政法人等の場合には研究センター・研究部門等を、企業等(営利法人)の場合には従業員規模等がより大きな事業部等を指すものとする(原則、中小企業基本法第2条に定義する中小企業は除く。)



## 別紙8：研究ユニット評価に係る秘密保持に関する誓約事項

制定 第 10140100-E-20100715-001 号 平成 22 年 7 月 15 日

私は、独立行政法人産業技術総合研究所（以下「産総研」という。）研究ユニット評価（以下「本件目的」という。）に伴う委員会等（評価委員会、意見交換会、現場見学会等を含む。）に際して、産総研の役員および職員より開示される一切の秘密情報につきまして、以下の事項を遵守することを誓約します。

第 1 条 産総研より開示または提供される秘密情報とは、本項第一号および第二号に規定する技術情報および事業情報を総称したものをいいます。

一 技術情報とは、次のものをいいます。

イ 産総研より本件目的に係り開示または提供される技術的情報であって、秘密である旨の表示がなされている資料に記録されたもの（書類、電子データを格納した電子媒体等の有体物）。

ロ 産総研より本件目的に係り開示される技術的情報であって、口頭または視覚的方法で開示され、かつ開示に際し秘密である旨明示され、開示後 30 日以内に書面で産総研から通知されたもの。

二 事業情報とは、次のものをいいます。

イ 産総研より本件目的に係り開示または提供される事業、運営等に係る技術情報以外の情報であって、秘密である旨の表示がなされている資料に記録されたもの（書類、電子データを格納した電子媒体等の有体物）。

ロ 産総研より本件目的に係り開示される事業、運営等に係る技術情報以外の情報であって、口頭または視覚的方法で開示され、かつ開示に際し秘密である旨明示され、開示後 30 日以内に書面で産総研から通知されたもの。

2 前項に基づき定義された秘密情報は、次の各号の一に該当することが客観的に立証できる情報は、含まないものとします。

一 産総研から開示または提供を受ける前に既に保有し、または第三者から秘密保持の義務を負うことなく入手していたもの。

二 産総研から開示または提供を受ける前に既に公知または公用となっているもの。

三 産総研から開示または提供を受けた後に当事者の責によらず公知となったもの。

四 産総研から開示または提供を受けた後に、正当な権限を有する第三者から、秘密保持の義務を負うことなく入手したもの。

五 書面により産総研から事前の承諾を得たもの。

六 産総研から知り得た情報によらないで独自に開発したことが書面により立証できるもの。

七 法令または裁判所の命令により開示を義務づけられるもの。

第 2 条 本件目的以外に、産総研より開示された秘密情報を使用しないものとします。ただし、本件目的以外の使用を希望する場合には、産総研にその旨を通知して協議の上、必要な場合には別途その取り扱いを定めることとします。

第 3 条 秘密情報について、厳に秘密を保持するものとし、書面による産総研の承諾なくして、第三者に漏洩しないものとします。

第 4 条 産総研から開示または提供を受けた秘密情報について、本件目的の範囲を超える目的のために秘密情報の一部または全部を複製しないものとします。

第 5 条 産総研から開示または提供を受けた秘密情報にアクセスした者の記憶に留まるアイデア、コンセプト等により、発明、考案、または意匠の創作等（以下「発明等」という。）をなしたときは、産総研に通知し、権利の帰属、出願の可否、取扱い等について別途協議の上決定致します。

第 6 条 上記事項は、秘密情報が公開されない限り、開示の日から起算した 3 年間後の年度末まで有効に存続するものとします。

### 附 則

この誓約事項は、平成 22 年 7 月 15 日から施行する。

## 別紙9：研究ユニット評価実施要領

制定 第 10140100-E-20100715-002 号 平成 22 年 7 月 15 日

平成 23 年 6 月 30 日 一部改正

最終制定 第 10140100-A-20120511-001 号 平成 24 年 5 月 11 日 一部改定

本実施要領は、「研究ユニット評価委員会要領」に基づき、研究ユニット評価の実施に必要な事項について定める。また、研究ユニット評価委員会の委員のうち外部評価委員の構成及び選定については、「研究ユニット評価外部評価委員の候補者選定実施要領」による。

### 1. 研究ユニット評価の目的

研究ユニット評価は、以下を目的とする。

- ① 研究活動の活性化・効率化を図ること
- ② 評価結果を産総研の経営判断に活用すること
- ③ 産総研の活動を公開し、透明性の確保と理解を得ること

### 2. 評価の実施時期・内容

研究ユニット評価の実施時期は、隔年度を基本とし、研究センター及び研究ラボはその発足時期を、研究部門においては中期目標期間を基準に、各年度に実施する研究ユニットを別途定める。

なお、研究ユニット評価の実施時期等によって、本実施要領に定める評価の対象期間、評価内容及び評価結果の記入等の事項の一部を変更することができる。

### 3. 評価の対象期間

評価の対象期間は、原則として、当該年度及びその前年度の2年間とし、実績のデータ(特許、論文等)については当該年度の9月30日までの過去2年間とする。

### 4. 評価内容

本評価では、本格研究の推進の観点から、中期目標の達成とアウトカムの実現に向けた①研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ、②ユニット戦略課題毎のロードマップ・アウトプット、③イノベーション推進への取り組み及び④研究ユニット運営の取り組みについて評価を行う。

これらの評価にあたっては、研究ユニットの種類(研究部門・センター・ラボ)、研究の性格(先端・政策ニーズ対応・知的基盤)及び中期目標期間に対する評価の実施時期の違いも十分に考慮する。

#### (1) 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

研究ユニットの研究開発の計画全体を対象に、中期計画における目標の達成及び中長期的な展開等の妥当性について評価する。

(主要な評価事項)

- ・ 中期計画における目標とその達成に関する計画・進捗(中期目標期間のはじめの時期は計画を対象にし、その後進捗を含める)
- ・ 中長期的視点からの研究ユニットの目標(方針)
- ・ 内外との連携及び国内外における優位性・特徴
- ・ 研究ユニット全体の計画におけるユニット戦略課題の相互関係と展開 等

#### (2) ユニット戦略課題毎のロードマップ・アウトプット

ユニット戦略課題毎に以下の項目について評価する。

なお、主たる研究の性格のうち、「先端研究」には、新たな知識の発見・解明とともに、新たな概念や技術体系の構築等、既存の知識を含めた融合・適用を主体とする研究開発を含み、それらの位置づけや外部連携の実績等も考慮して評価する。「政策ニーズ対応研究」や「知的基盤研究」においては、長期的政策推進計画や国の整備計画等との整合性も考慮して評価する。

また、ミッションに地域貢献があり、それに対応する研究開発が含まれる場合には、ロードマップやアウトプットのアウトカム実現への寄与における地域貢献の妥当性も考慮する。

##### 1) ロードマップ

中期計画における目標、アウトカムとその実現に向けたロードマップの妥当性について評価する。

(主要な評価事項)

- ・ アウトカムの的確性
- ・ アウトカムへの道筋(研究開発の内容や連携等の方策)、及びマイルストーンの設定の妥当性
- ・ 必要な技術要素の把握の妥当性
- ・ 他機関との優位性等の比較(ベンチマーク)の妥当性 等

##### 2) アウトプット(成果)

アウトプット(成果)のアウトカム実現への寄与とその世界水準を基準とする質の高さ等について評価する。

(主要な評価事項)

- ・ アウトカム実現への寄与
- ・ 世界水準を基準とする質
- ・ これまでのロードマップに示されていない顕著な成果 等

(3) イノベーション推進への取り組み

成果の発信やイノベーションハブによる国、社会への貢献等に向けた取り組みとその効果について評価する。

(主要な評価事項)

- ・ 成果の発信や研究ポテンシャルによる、国、社会、産業界、学界、及び国際、知的基盤等への貢献の取り組みとその効果 等
- ・ 産業人材育成を含む、産学官連携・地域連携等のイノベーションハブとしての取り組みとその効果 等

(4) 研究ユニット運営の取り組み

研究ユニット運営における活動の活性化とポテンシャル向上への取り組みとその効果等について評価する。

(主要な評価事項)

- ・ 所内連携や分野融合
- ・ 資金獲得・効率的活用
- ・ 組織運営や体制の整備
- ・ 内部人材育成
- ・ 挑戦課題の推進等 等

5. 評価の手順等

研究ユニット評価委員会は、委員会配布資料(研究ユニット作成資料、事務局による参考資料等)及び資料の説明・質疑に基づいて評価を行う。

評価委員会に出席しない委員が書類のみによって評価することは行わない。

(1) 研究ユニット作成資料及び評価委員会における説明・質疑

研究ユニットは、前項の評価事項に対応する以下の資料を作成し、評価委員会で説明するとともに、評価委員との質疑応答を行う。

1) 評価資料(研究ユニットが事前に評価部に提出)

「研究ユニット評価資料作成要領」に示す様式に従い作成された資料とする。評価委員会が開催される1ヶ月前までに、電子ファイルで評価部に提出する。

評価部は、提出資料に必要な事項が記載されていない場合にはその修正を求める。

2) プレゼンテーション資料(委員会当日、研究ユニットが配布。平日2日前までにその時点の資料を評価部に送付)

当日のプレゼンテーションにおいて、上記の評価資料の主要な項目に関する説明を行う資料とする。

3) 評価委員会における説明・質疑

研究ユニットは、評価委員会において、前項の評価項目の順に評価資料の説明を行う。

なお、評価委員の質疑の時間を確保するため、説明時間は、質疑の時間以下とする。

(2) 評価委員による評価結果の記入

評価委員は原則として全項目について評価する。

評価コメント及び評点を評価用紙に記入し、委員会終了後1週間以内に事務局に提出する。評価委員による評価コメントと評点を表1に示す。

外部評価委員は「ユニット戦略課題毎のロードマップ・アウトプット」及び「イノベーション推進への取り組み」について、コメントとともに、評点を記す。そのほかに対するコメントも可能な限り付すものとする。

内部評価委員は、「研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ」について「研究ユニット戦略課題毎のロードマップ・アウトプット」も考慮して評点を記し、コメントを付す。また、「イノベーション推進への取り組み」及び「研究ユニット運営の取り組み」についても評点を記し、コメントを付す。

1) 評価コメント

評価コメントは、評価の根拠のコメントのほかに、今後の方向性と助言を記述する。

2) 評点

評点は、以下を基本とする。

- A(優れている、4点)
- B(概ね適切、3点)
- C(要改善、2点)
- D(不適切、1点)

なお、特記的に優れているものについてはAA(5点)とすることができる。また、それぞれの評点の間の評点を認め、例えばAとBの間の場合、A/Bとする。

## 別紙9

### 3) 評価結果の取り扱い

評価コメント及び評点は、評価委員名を匿名化して研究ユニットに回付する。評価委員のコメントに事実誤認があると研究ユニットが指摘し、評価部が必要と認めた場合、その指摘を評価委員に回付する。評価委員はこれを参考にしてコメントあるいは評点を修正することができる。

### 4) 総合点の算出

表1における評点の重み付けにより、総合点を算出する。この場合、ユニット戦略課題については、研究ユニットが設定した課題の重み(1又は2)を掛けて加重平均を取り、ユニット戦略課題の総合点とする。

表1 評価項目と評価及び評点の重み付け

評価項目	外部評価委員		内部評価委員	
	評価	評点 重み付け	評価	評点 重み付け
研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	・評価コメント		・評価コメント ・評点(*)	0.1
ユニット戦略課題毎のロードマップ・アウトプット	・評価コメント ・評点	0.6	・評価コメント	
イノベーション推進への取り組み	・評価コメント ・評点	0.1	・評価コメント ・評点	0.2
研究ユニット運営の取り組み	・評価コメント		・評価コメント ・評点	

\* ユニット戦略課題も考慮する

### 5) 評価委員によるその他の意見

評価委員は、その他の意見として、以下の項目のコメントを付すことができる。

- ・ 研究ユニットについて
- ・ 評価システムについて

### 6. 評価結果の報告

評価結果は、評価部長がとりまとめて理事長に報告する。

### 7. 留意事項

研究ユニット評価における、秘密保持、提出資料等の「法人文書としての取り扱い」及び「著作権の対応」等は、それぞれ関連する法令及び所内規定等に基づいて対応することとする。評価における資料・情報の取り扱いの留意点を「研究ユニット評価資料作成要領」に示す。

### 8. その他

なお、研究センター及び研究ラボの終了予定年度に、研究ユニット評価と研究ユニット活動総括・提言委員会を実施する場合には、研究ユニット評価を原則として当該年度の6月頃に実施することとし、その場合には事前の連絡を当該研究ユニットに行い、当該研究ユニットは実施に必要な準備を行うこととする。

## 別紙10:研究ユニット評価資料作成要領

制定 第10140100-A-20110630-002号 平成23年6月30日

(研究ユニット評価実施要領から分離改定)

最終制定 第10140100-A-20120511-002号 平成24年5月11日 一部改定

(必要なときは、次の内容をご記入ください)

地震の影響等の状況の大きな変化とその対応の概要について、必要なときは、項目6「その他」にまとめて記載してください。また、研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップの変更やユニット戦略課題毎の影響、及びユニット経営における工夫等は、それぞれ該当する場所に記載してください。データ表は、必要なときは研究開発の実施以外の経費を分けて記入してください。

なお、評価委員会では、上記の全体概要について、必要に応じて冒頭に説明を行ってください。

## A 記入様式

研究ユニットは、評価資料を以下の様式に従って作成してください。また、項目7「研究成果等に関するデータ表」は、評価部から配布する入力用シートを用いてください(なお、研究テーマDBの利用については評価部と協議してください)。

## ① 書式:

ソフト:MSワード

用紙サイズ:A4(縦)、43字/行、50行/ページ

マージン:上下、左右各20mm

フォント:MSゴシック10.5ポイント。

## ② 提出方法:メール添付で提出

## ③ 提出期限:委員会開催日の1ヶ月前

## ④ 提出先:評価部の各研究ユニット担当者

## B 表題及び研究ユニット名

表題:研究ユニット評価資料(平成〇〇年度実施)

研究ユニット名:〇〇〇〇〇

## C 記載内容

以下の項目について、明確、簡潔に提示してください。

## 1. 研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ(3ページ以内(図表を含む、以下同様))

## 1) ミッション

2) 中期計画における目標及び研究戦略における位置付け

3) 中長期的視点からの研究ユニットの目標(方針)

4) 内外との連携及び国内外における優位性・特徴

5) 研究ユニット全体の計画

ユニット戦略課題の相互関係と展開を含めた、研究ユニット全体の計画の要点を記載し、そのシナリオ・ロードマップを図示してください。また、多様な研究開発を含む場合に、必要なときは、それぞれの研究開発の段階、及び産業・社会での普及状況等との関係の位置づけをポートフォリオ等で分かりやすく示してください。

なお、研究センター及び研究ラボについては、終了後の展開・発展を含めて示してください。

## 2. ユニット戦略課題毎のロードマップ・アウトプット(各ユニット戦略課題毎5ページ以内)

以下の項目について、ユニット戦略課題毎にまとめてください。

ユニット戦略課題は、研究テーマDBに登録した「ユニット戦略課題」(課題数3~6)と一致させてください。

## 2.1. ユニット戦略課題1:課題名

## (1) 課題の概要

## 1) 課題の性格及び本格研究における位置付け

主たる研究の性格(先端研究、政策ニーズ対応研究、知的基盤研究)、及びこの課題における主要な研究開発の最終的なアウトカムに向けた位置付けを示してください。

なお、「先端研究」においては、新たな知識の発見・解明のほか、新たな概念や技術体系の構築等、既存の知識を含めた融合・適用等を主体とする場合、その中核的な研究開発等の主要な位置づけと意義を示してください。「政策ニーズ対応研究」や「知的基盤研究」にあつては、関連する長期的政策推進計画や国の整備計画等についても示してください。

また、研究開発に地域貢献を含む場合には、その位置づけと意義をここに示すとともに、以下の項目(2)のロードマップにおける位置づけ及び(3)のアウトプットにおいてアウトカム実現への寄与の具体

別紙10

的内容等を示してください。

2) 課題の重み (1又は2)

基本は1とし、特段重要と考える場合は2としてください。この課題の重みは、ユニット戦略課題の総合点を計算する際の加重係数となります。

3) 対応する中期計画項目: 番号及び項目名 (小項目及び小項目の一部を担当する場合にはその部分までを示してください、〇ー (〇) -〈〇〉、「……」)

4) 参画研究グループ/チーム名 (他研究ユニットを含む)

5) 研究予算の内訳等

前年度及び今年度の予算額 (運営費交付金、外部予算) を示してください。

(「研究成果等に関するデータ表」を補足する特徴的なことや記載が難しい内容を示してください。特にない場合、「研究成果等に関するデータ表」参照) としてもかまいません。)

6) その他

産業変革イニシアティブ課題や連携研究体の研究課題がある場合、ユニット戦略課題との関係を記述してください。

ユニット戦略課題と密接に関係して実施している技術研究組合の研究開発がある場合で、必要なときは、その関係及び可能な範囲で資源 (産総研からの人員等) を記載してください。

また、それらの成果を項目(3) 1) 「主な成果及び進捗」に記載する場合には、技術研究組合での成果と分かるようにしてください。

なお、技術研究組合に関する取り組みが必要なときは、「イノベーション推進への取り組み」の評価項目でアピールしてください。

(2) ロードマップ

中期目標期間中を中心に、研究ユニットの種類や研究の性格を考慮して作成してください。

1) ロードマップ

以下の全項目の関係を含むロードマップの要点を記載し、ロードマップを図示してください。また、多様な研究開発が含まれる場合、必要なときは、それぞれの研究開発の段階及び産業・社会での普及状況等との関係の位置づけをポートフォリオ等で分かりやすく示してください。

① 想定するアウトカム

② マイルストーン: 中期計画における目標、アウトカム実現に至るまでの年度目標、その達成に向けた方策 (研究開発の内容や連携等)

③ 技術要素: アウトカム実現に向けて必要となる技術要素及びユニット戦略課題遂行のために研究ユニットが有するコア技術

なお、前回の評価委員会等におけるロードマップから変更がある場合には、その内容及び背景等をあわせて説明してください。

2) ベンチマーク

本課題や技術要素に関する研究ユニットの国内外の位置付けと優位性・特徴について、外部連携状況を含めて、図表を活用して簡潔に示してください。

(表の例)

課題又は技術等	国内外の位置付け	優位性・特徴
** 課題		
**に関する技術		

(3) アウトプット (成果) (数値は「研究成果等に関するデータ表」に記載)

1) 主な成果及び進捗 (図を含めて1ページ程度)

研究開発の主な成果について、ロードマップにおけるアウトカムとの関係及びその世界水準が分かるように説明してください。

また、これまでのロードマップに記載されていない顕著な成果や過去の研究開発によるアウトカムの実績等がある場合には、その意義を含めて記載してください。

2) 代表的な成果のエビデンス

各ユニット戦略課題に関連する代表的な成果について、各年度について全項目で併せて10件程度を示してください。項目選択や順序、様式は任意です。

2. 2. ユニット戦略課題2: 課題名

(以下、各ユニット戦略課題について、上記の項目で記述してください)

## 3. イノベーション推進への取り組み

イノベーション推進への取り組みに関する研究ユニットの考え方及び主要な目標について、200字以内で記述してください。

また、以下の取り組みについて、研究ユニットの特徴等に基づいて、アピールしたい順番にそれぞれ3事項以内を記載してください。効果等の欄には、外部への貢献や企業等の相手における効果等を記述してください。

(1) 成果の発信や研究ポテンシャルによる、国、社会、産業界、学界、及び国際、知的基盤等への貢献の取り組みと効果等。

取り組みの事項と目的及び内容 (200字以内)	効果等 (100字以内)
1. (事項名)	
2.	
3.	

(2) 産業人材育成及び産学官連携・地域連携等のイノベーションハブとしての取り組みと効果等。

取り組みの事項と目的及び内容 (200字以内)	効果等 (100字以内)
1. (事項名)	
2.	
3.	

## 4. 研究ユニット運営の取り組み

研究ユニットの活動の活性化とポテンシャル向上への取り組みとその効果について、以下の5項目及びその他の事項を、アピールしたい順に可能な限り記載してください。(ただし、リスク管理・コンプライアンスは含みません)

- ・ 資金獲得・効率的活用の工夫
- ・ 組織運営や体制の整備等の工夫
- ・ 内部人材育成の工夫
- ・ 所内連携や分野融合等の工夫
- ・ 挑戦課題の推進等の工夫

取り組みの事項と内容 (200字以内)	効果等 (100字以内)
1. (事項名)	
2.	
3.	
4.	

## 別紙10

### 5. 前回評価結果等の指摘事項に対する対応

前回の評価結果等の主な指摘事項5件程度について、研究ユニットの対応状況及び役立った点等を記載してください。

前回評価結果等の指摘事項	指摘事項の対応状況 (200字以内)

### 6. その他

その他のアピールしたい点、及び今後の課題や意見等がある場合に記載してください。(省略可、1ページ以内)

### 7. 研究成果等に関するデータ表

研究成果等の主要なデータについて、別途評価部が配布するデータシートに記入してください。

(なお、前述のように、研究テーマDBの利用については、評価部と協議してください)

### 8. 評価における資料・情報の取り扱いの留意点

#### 1) 秘密保持に関する留意点

- ・ 「研究ユニット評価資料」は、その一部を評価結果の報告書等によって公表することがあるので、秘密情報は掲載しないでください。
- ・ その他のプレゼンテーション資料や配布資料及び口頭での説明等における秘密情報の取扱いは、共同研究等の秘密保持契約を結んでいる場合にはそれに従ってください。共同研究の相手先の名称等を含めて、必要なときは相手先に書面による承諾を得てください。
- ・ その他を含む秘密情報の取り扱いとして、評価委員と秘密保持に関する誓約をとりかわします。この場合においても、秘密情報の部分を特定して示すことなど、秘密情報の表示等の要件を満たす必要がありますので、適切に対応してください。

#### 2) 法人文書としての取り扱い

- ・ 「研究ユニット評価資料」のほか、プレゼンテーション資料及び配布資料は、法人文書で、情報公開の開示請求の対象であり、保存期間等の適切な管理が必要です。

#### 3) 著作権の対応

- ・ 「研究ユニット評価資料」は、評価部において複写等を行うので、著作権法に従ったものとするとともに、別途手続きが必要な資料や図表等は用いないでください。
- ・ プレゼンテーション資料及び配布資料は、原則著作権の許諾等が不要なものとなりますが、必要な場合には研究ユニットで手続き等を行い、その許諾された範囲で複写等を行ったものを提出してください。



## 別紙11：研究ユニット評価 評価コメント入力画面

平成25年度までは、Excel形式の評価用紙ファイルに評価コメントと評点を入力して、それを電子メールに添付して送受信をしていたが、平成26年度からは新たに「産総研評価情報システム」を導入することにより、ウェブブラウザ上で評価コメントと評点を入力して、それをインターネットを介して送受信できるようにした。

ここでは、「産総研評価情報システム」の評価コメント入力画面の例を示し、その利用ガイドに記載された評価コメント記入の留意点を引用する。「産総研評価情報システム」では、各評価項目が一枚の入力シートになっており、上部のタブインデックスから入力する評価項目を選択できる。研究ユニット評価における評価項目は、以下の通りである。画面の例は、外部評価委員の場合であり、内部評価委員の場合は、評点を入力する評価項目が下表のとおり異なる。

評価項目	外部評価委員		内部評価委員	
	評価コメント	評点	評価コメント	評点
研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ	○	－	○	○
ユニット戦略課題 (研究ユニットにより数が異なる)	○	○	○	－
イノベーション推進への取り組み	○	○	○	○
研究ユニット運営の取り組み	○	－	○	○
その他(研究ユニットについて)	自由記載		自由記載	
その他(評価システムについて)	自由記載		自由記載	

### ・研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ

The screenshot shows the evaluation interface for the '産総研評価情報システム' (SIST). At the top, the AIST logo and the system name are displayed. A navigation bar includes tabs for '全体ロードマップ', '戦略課題1', '戦略課題2', 'イノベーション推進', 'ユニット運営', 'その他(評価システムについて)', and 'その他(研究ユニットについて)'. The '全体ロードマップ' tab is selected. Below the tabs, the evaluation target unit is set to '○○○○研究部門'. The main area is titled '委員コメント' and contains three text input fields: '評価できる点', '問題点・改善すべき点', and '今後の方向性と助言'. At the bottom right, there are buttons for '一時保存' and '提出'. The footer contains the copyright notice: 'Copyright © National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST). All rights reserved.'

### 【評価コメント記入の留意点】

1) 研究ユニットの研究開発計画全体を対象に、中期計画における目標の達成及び中長期的な展開の妥当性について、以下の事項を主要な内容として評価してください。

- ①中期計画における目標とその達成に関する計画・進捗（中期目標期間のはじめの時期は計画を対象にし、その後進捗を含める）
- ②中長期的視点からの研究ユニットの目標（方針）
- ③内外との連携及び国内外における優位性・特徴
- ④研究ユニット全体の計画におけるユニット戦略課題の相互関係と展開

2) 評価コメントは、評価の根拠を「評価できる点」及び「問題点・改善すべき点」の欄に記述していただくとともに、可能な限り、今後の展開に関する助言等について「今後の方向性と助言」の欄に記述していただくようお願いします。

### ・ユニット戦略課題

産総研評価情報システム

システム利用ガイド (PDF 版)

評価対象ユニット: ○○○○研究部門

全体ロードマップ 戦略課題1 戦略課題2 インベーション推進 ユニット運営 その他(評価システムについて) その他(研究ユニットについて)

評点

未選択

委員コメント

評価できる点 問題点・改善すべき点 今後の方向性と助言

一時保存 提出

Copyright © National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST). All rights reserved.

#### 【評価コメント記入の留意点】

- 1) 以下の事項を主要な内容として評価してください。
  - a. ロードマップについて：中期計画における目標、アウトカムとその実現に向けたロードマップの妥当性等について評価してください。
    - ①アウトカムの的確性
    - ②アウトカムへの道筋（研究開発の内容や連携等の方策）、及びマイルストーンの設定の妥当性
    - ③必要な技術要素の把握の妥当性
    - ④他機関との優位性等の比較（ベンチマーク）の妥当性
  - b. アウトプット（成果）について：アウトプット（成果）からアウトカム実現への寄与とその世界水準を基準とする質の高さ等について評価してください。
    - ①アウトカム実現への寄与
    - ②世界水準を基準とする質
    - ③これまでのロードマップに示されていない顕著な成果

2) 評価コメントは、評価の根拠を「評価できる点」及び「問題点・改善すべき点」の欄に記述

していただくとともに、可能な限り、今後の展開に関する助言等について「今後の方向性と助言」の欄に記述していただくようお願いします。

3) 評点の基準は以下のとおりです。

A (4点): 優れている。

B (3点): 概ね適切。

C (2点): 要改善。

D (1点): 不適切。

- ・特記的に優れている場合にはA A (5点)とすることができます。
- ・それぞれの評点の間は、例えばAとBの間の場合、A/Bとしてください。
- ・評点は、プルダウンメニューからお選びください。

4) 評価の際には、以下についても考慮してください。

- ・「先端研究」には、新たな知識の発見・解明とともに、新たな概念や技術体系の構築等、既存の知識を含めた融合・適用を主体とする研究開発を含み、それらの位置付けや外部連携の実績等も考慮して評価してください。
- ・「政策ニーズ対応研究」や「知的基盤研究」においては、長期的政策推進計画や国の整備計画等との整合性も考慮して評価してください。
- ・ミッションに地域貢献があり、それに対応する研究開発が含まれる場合には、ロードマップやアウトプットのアウトカム実現への寄与における地域貢献の妥当性も考慮してください。

#### ・イノベーション推進への取り組み



産総研評価情報システム

システム利用ガイド (PDF 版)

評価対象ユニット: ○○○○研究部門

全体ロードマップ 戦略課題1 戦略課題2 **イノベーション推進** ユニット運営 その他(評価システムについて) その他(研究ユニットについて)

評点

未選択

委員コメント

評価できる点 問題点・改善すべき点 今後の方向性と助言

一時保存 提出

Copyright © National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST). All rights reserved.

#### 【評価コメント記入の留意点】

1) 成果の発信やイノベーションハブ等による国、社会への貢献等の以下の事項の取り組みと効果等について、研究ユニットが提示する内容の妥当性を評価してください。

- ①成果の発信や研究ポテンシャルによる、国、社会、産業界、学界、及び国際、知的基盤

等への貢献の取り組みとその効果等。

- ②産業人材育成を含む、産学官連携・地域連携等のイノベーションハブとしての取り組みとその効果等。

2) 評価コメントは、評価の根拠を「評価できる点」及び「問題点・改善すべき点」の欄に記述していただくとともに、可能な限り、今後の展開に関する助言等について「今後の方向性と助言」の欄に記述していただくようお願いします。

3) 評点の基準は以下のとおりです。

A (4点): 優れている。

B (3点): 概ね適切。

C (2点): 要改善。

D (1点): 不適切。

- ・特記的に優れている場合にはA A (5点)とすることができます。
- ・それぞれの評点の間は、例えばAとBの間の場合、A/Bとしてください。
- ・評点は、プルダウンメニューからお選びください。

#### ・研究ユニット運営の取り組み



#### 【評価コメント記入の留意点】

1) 研究ユニット運営における活動の活性化とポテンシャル向上に関する以下の事項の取り組みと効果等について、研究ユニットが提示する内容の妥当性を評価してください。

- ・所内連携や分野融合
- ・資金獲得・効率的活用
- ・組織運営や体制の整備
- ・内部人材育成
- ・挑戦課題の推進等
- ・その他

2) 評価コメントは、評価の根拠を「評価できる点」及び「問題点・改善すべき点」の欄に記述

していただくとともに、可能な限り、今後の展開に関する助言等について「今後の方向性と助言」の欄に記述していただくようお願いします。

#### ・その他（評価システムについて）



産総研評価情報システム

システム利用ガイド (PDF 版)

評価対象ユニット: ○○○○研究部門

全体ロードマップ 戦略課題1 戦略課題2 イノベーション推進 ユニット運営 その他(評価システムについて) その他(研究ユニットについて)

コメント

一時保存 提出

Copyright © National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST). All rights reserved.

#### 【評価コメント記入の留意点】

1) 評価システムに関して、ご意見があればご記入ください。

#### ・その他（研究ユニットについて）



産総研評価情報システム

システム利用ガイド (PDF 版)

評価対象ユニット: ○○○○研究部門

全体ロードマップ 戦略課題1 戦略課題2 イノベーション推進 ユニット運営 その他(評価システムについて) その他(研究ユニットについて)

コメント

一時保存 提出

Copyright © National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST). All rights reserved.

#### 【評価コメント記入の留意点】

1) 研究ユニットに対するその他のコメント等があればご記入ください。

## 別紙12: 評価システム等に対するコメントと回答

### ●肯定的なコメント

#### □ 評価システムは有効に機能し全体として適切

- ・ 公平、中立性を担保しつつ効率的、効果的に適切に行われている。
- ・ 産総研の開発成果は一般消費者他が判断するので誰でも分かる成果報告が求められる。専門性を備えた評価者を外部から招いて評価を受けた後、分かりやすい最終的な成果報告を作り上げることが重要であり、全体的にはうまく運営されたとの印象である。
- ・ アウトカム創出の視点からの評価することで、研究者のマインドを変えられていると思う。
- ・ 研究ユニット評価の3つの目的: 「研究活動の活性化・効率化を図る」、「評価結果を産総研の経営判断に活用する」、「産総研の活動を公開し、透明性を確保し、国民への説明責任を果たす」を実践していくための本評価システムやスケジュールの基本方針は妥当と考えられる。
- ・ 評価の頻度や、内容は適正。プレゼンの時間は、準備等を考えると適正。良くまとまっている。
- ・ 外部評価委員会と意見交換会を2年に1回ずつ開く評価システムは、おおむねこの流れで良い。
- ・ 評価委員会での説明者の態度や説明内容は非常に素晴らしい。各課題内での成果の熟成も感じ取ることができた。評価者も活発に意見を出し、有意義であった。
- ・ 前回よりずっと「腹を割った」討論ができた。指導部の思いが組織内に貫徹していない場合にその援軍をすることも、委員の責任と考える。センター長の思いが明確になり、評価もしやすかった。
- ・ いい仕組みであると思いました。的確なディスカッションができた。国研として工業化、社会貢献、国際活動まで広い範囲への貢献を確認し、実感できました。
- ・ 定性的な評価(委員の具体的なコメント)が設けられているのは、意義がある。定量評価は、実際に組織として何を改善すべきかというヒントが得られにくい。
- ・ 短時間で評価できるように、提出資料、発表パワーポイント、評価コメント入力システムの利用ガイドなど良くまとめられていると感じた。
- ・ 非常に考えられたシステムであり、評価に大変な努力を払っている。このような多大な努力を払う組織に対して、敬意を表したい。
- ・ 外部評価者に重みをつけるという方針は、産総研の自信の表れであろうが、大変評価できる。
- ・ これまでこのような取組があることに関する認識がなかった分、大変素晴らしいと思いました。

#### □ 産総研評価情報システムは有効に機能し全体として適切

- ・ 今回からの評価情報システムも、分かりやすいマニュアルで、評価がスムーズに進んだ。
- ・ マニュアルに基づき大変使いやすく、評価者の負担が減りました。
- ・ これまでのファイルを添付する方法より、機能的かつ有効であると思う。入力する側からは、入力時間のみとなり、さらに再編集が可能となることは便利である。
- ・ ウェブ入力システムになり、操作性が良くなりました。
- ・ 使いやすいシステムでスムーズに入力できました。

### ●提言・改善等のコメント

#### □ 評価システム全体、評価の視点等に関する意見

外部評価委員によるコメントの要旨	評価部の回答
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 研究開発課題に応じた多様な観点からの評価が必要である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 評価では、研究ユニットの種類(部門・センター)、研究の性格(先端・政策ニーズ対応・知的基盤)及び中期目標期間に対する評価実施時期の違いも十分に考慮することとしておりますが、今後も研究開発の多様性を踏まえた適切な評価システムを目指して、改善を怠らないよう努めてまいります。</li> </ul>

- ・ 機動的な組織、研究開発態勢の見直しに資する、透明性を確保し国民への説明責任を果たすという評価の大前提を忘れることがないように願いたい。
  - ・ 第4期中期計画立案・制定に当たっては、緩やかで大枠的な目標の設定が望まれる。最終評価はパフォーマンス全体に対する評価とし、2年ごとの評価は具体的なものにすべき。計画のそれぞれの段階でアウトカム実現にどのように寄与するか、確認するような評価システムの改善が必要。
  - ・ 課題ごとの達成度評価だけでは組織としての正しい評価になっていない。成果のエビデンスが代表的なものに限られ、一部はタイトルも欠けており、研究成果等のデータ表と整合していない。グループごとの自己評価を適切に行い、PDCAをまわす必要がある。
  - ・ 数値目標の設定のところに評価委員を入れて一緒に作成することも考えていいのではないか。
  - ・ 中期計画、目標をつくるとき（戦略課題設定）時にも何らかの意味で外部評価委員の意見を聞くようにした方がよいと思います。課題設定の経緯が分かりづらくなかなか意見をいうことができません。中間評価は不要です。中間評価はリソース配分に無駄がないかを判断すれば十分です。
  - ・ 「知的基盤整備」は定量的に判断することが難しく、現状の評価システムでは難がある。目標数値の妥当性まで考えると、目標設定に評価者も関与していることが必要。数値目標を示せない評価については、目標の根拠、目標設定に至る考え方、この結果でなぜ目標達成なのか等一連のプロセスが判らなければ評価しづらい。アウトカムにしても、どれだけ活用され、どれだけ公益性やビジネスに寄与したかを知るのには難しく、評価項目として扱うことが妥当か疑問。自然現象を相手とした研究や基盤整備の評価は、もっと別の評価方法を考えた方がよいと思われる。
  - ・ 定量的な評価がなじまない課題が多々ある。全て定量的な目標設定を求めるのであれば、具体的な目標設定の仕方を構成員に周知する必要があり、定量的でない目標設定を認めるのであれば、どのような観点で評価するかも明確にすることが望ましい。
  - ・ ランフサイエンス系、特に創薬の研究開発期間は長く、新薬への成功確率も極めて低く、新薬創製はハイリスク・ハイリターンを特徴としている。この特殊性を考慮すると評価指標として、5～7年間の研究ユニットに対して数値目標にどれほどの意味があるのか少し疑問である。
  - ・ 基盤的で長期間の調査により初めて成果となるものは、期間を短く区切った評価になじまない。
  - ・ 短期的な目標に縛られ、取り組みが萎縮したり、可能性の探索の足かせにならないよう、また、研究者のクリエイティビティ向上やチャレンジ精神の高揚につながるような評価システムの進化を期待します。
  - ・ 目標を立て、その達成度を評価するというのは、研究開発、特に新たな理論や技術の開発にはなじまない。評価の間隔も短い。より柔軟性の高い評価をより長い間隔で行うべきと考える。
  - ・ 数値目標に達しなくても、一定条件の下で実用に供することのできるデバイスを完成することの方に価値があると考え。そのような方向性を持ったプレゼン法や評価の仕組みができると良い。
  - ・ リスクの高い挑戦的な研究テーマに取り組むことも重要で、研究者のチャレンジングなテーマに取り組もうとする意欲や活力を削ぐことにならないように評価システムを運営していただきたい。
  - ・ 予定していなかった成果を、正當に評価できる仕組みを導入することを提案する。
  - ・ 研究過程での思わぬ成果や、社会環境の激変、他機関での画期的な技術創出等から、見直しが必要となる研究案件もあろうが、そうした際のフレキシブルな対応が評価システムにも求められる。
  - ・ 評価の中身が、目標達成度に置かれる傾向にあり、研究開発の過程で斬新なアイデアが生まれる点にも力点を置いてもいいのではないか。
  - ・ 全体ロードマップ、イノベーション推進、ユニット運営などは、相互に関連しているので、研究ユニットの運営、アウトカムを出す方針、などとして、評価をもっと単純化しても良い。
  - ・ 企業でいう全社研究開発（コーポレート研究開発）と事業部研究開発のような分け方で、社会価値、顧客価値、自部門の価値という具合に分けて考えた運営と評価が必要になるのではないか。
  - ・ 開発研究の直接的・最終的アウトカムを評価するには、5年程度の中期計画内では困難。理念・ミッションに従って各研究組織が明確なロードマップとマイルストーンを設定し、それらが達成できているかを評価する方向に変えるべきではないか。
- アウトカムはもっと定量的に示せるはず。定量的材料を提供しないと評価は形骸的・自己満足的になる。達成途上にあるアウトカムの意義を市場価値（お金）で表現・アピールしてはどうか。
- ・ 継続性(定点観測)の観点も重要。
  - ・ この研究ユニットは大きい組織であるので、一委員としてはユニット全体を十分に評価することは量的に多く、部分的な細かい評価は専門分野ごとに行うことが必要ではないかと思う。

□ 評価内容や評価基準に関する意見

外部評価委員によるコメントの要旨	評価部の回答
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 橋渡しや新産業の創出・育成等の観点から、新たな評価基準を設定する必要がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 橋渡しや新産業の創出・育成等の観点なども含め、適切な評価項目や評価基準の設定を目指し、改善に努めてまいります。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 産総研の評価基準としては、個々の企業への貢献だけでなく、広く産業界全体や産業施策への貢献とすべきではないか。後者を担える組織は、産総研以外に存在しない。</li> <li>・ 橋渡し研究を見直し、強化し、しっかりした評価基準をつくることを希望します。</li> <li>・ 学術的な評価だけでなく、ユニットのアウトカムに結びつく成果をどのように評価するのか、ユニットだけでなく産総研としての評価基準の提示と運用が望まれる。</li> <li>・ アウトカムによる評価は解釈がばらつきますので、優れた判断をできる基盤技術を評価するシステムは重要であると思われる。</li> <li>・ 評価法として、ベンチマークがまだ不足していることを感じる。マーケティングの不足とともに、目標設定が適切なものになっているか再考が必要と考える。</li> <li>・ アウトカムの点で企業連携数と外部導入資金は旧態依然としたパラメータ。新しい指標を作るべき。例えば、連携先企業を対象にアンケート調査をし、満足度や今後の期待度を測る。マーケティングのための会社訪問の数と訪問先、訪問先の反応などを一覧表にまとめるなど。</li> <li>・ ユニット戦略課題にある「主要成果集計」の項目に、「メディア等での記事掲載件数」を入れていただきたい。市場にどれだけインパクトを与えたかの指標として、メディアへの露出件数が参考になる。</li> <li>・ 評価項目として、社会への情報発信の強化という意味で、プレス発表件数も取り入れてはどうか。</li> <li>・ 知財の実施許諾収入を目標化することで、出願の質・量ともに向上することが期待できるのでは。</li> <li>・ 評価項目によって評点が不要というロジックが不鮮明なので、内部委員も含め、統一されては？</li> <li>・ 同じ評価対象を重複して評価しなければならない面がある。評価の視点や項目を再検討してほしい。</li> <li>・ 評価システムは入力項目が多く、どうしても類似した内容を入力することになる。現状の半分程度の項目を入力すれば十分であると思われる。</li> <li>・ 評価対象の2年間の目標と、最終的な目標を常に明示してもらわないと、2年間での達成状況と、それが最終達成目標にどう近づいているかの判断がしにくいところがある。</li> <li>・ 最終年度の評価は、最終段階で成果が大いに上がることも予想されるので、あまり時間を残した段階での評価は多少難しいものがある。</li> <li>・ “事実誤認”の表現が適切ではない場合がある。多くの場合、事実誤認への対応としての再コメントは書きにくい。（書きようがない。）</li> <li>・ 共同研究や未発表の研究アイデアについて、評価委員に公開できない情報がある場合、それについては評点の対象から明確に外せるようにしてほしい。</li> <li>・ 本評価システムについては、プレゼン以外のテーマの評価が難しかった。</li> <li>・ 設定した目標の妥当性がよく分からず、そのため、曖昧なままに評価した感がぬぐえない。</li> </ul>

□ 評価資料に関する意見

外部評価委員によるコメントの要旨	評価部の回答
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 評価資料に記載してある内容が不十分である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 評価資料に記載する内容については適正な評価が行えるように随時、見直してまいります。またより分かりやすい評価資料となるよう努力してまいります。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ まとめでは、評価目標と実績の記載が、ダイレクトに対応するように記述を整理する必要がある。また、目標外（以上）の成果については、その旨が分かるようなフォーマットにしてほしい。</li> <li>・ 研究ユニットの次期戦略あるいは方向性が、ロードマップなどで示されている戦略もあったが、項目を設けて書式を揃えて検討・表明されていればなお良かった。</li> <li>・ ロードマップは第3期のみしか記されていないものもあり、より長期的観点からのマップも必要ではないかと思えます。第3期通して直線になっているのではあまりマップの意味がない。</li> <li>・ 中期計画設定時の予算も含めた計画と、実績の比較があった方が、計画との違いが明瞭になり、評価しやすいと思えます。</li> </ul>



- ・ 説明のなかった研究活動の評価は、評価資料から判断することになるが、アウトプット欄には大まかな達成事項が書かれているだけで、達成内容が知財や論文としてどのように発表されたのかが分からない。
  - ・ 海外での評価が不明な分野がありました。Citation Indexなどの指標導入は検討されているのでしょうか？
  - ・ 参加企業に対するアンケート評価を実施して評価委員会での机上資料とするのも一案である。
  - ・ 研究業績や外部資金の獲得状況などは、分野によっても異なり絶対的な評価は難しい。同規模・同分野の別の研究機関等との比較または産総研内部での相互比較のデータがあることが望ましいように思う。
  - ・ 予算は大型設備費と研究費を分けた表現も必要だと思います。大きな予算のほとんどが大型設備の導入費だと、実質の研究費は少なかつたりしそうです。
- 出願件数だけでは、特許力を評価できません。攻めるべき技術領域と優先順位を下げて良い領域とを色分けし、このマップの上に出願できた特許を置いて全体的な特許力を知る必要がある。
- ・ 事前送付資料の研究内容がテキストのみなので、内容が把握し難い。一部でも図表入りの資料があれば理解の助けになる。知財の評価は、審査請求した数や登録数ですべき。
  - ・ 評価委員の机上資料としてより具体的な内容を公開すべきとの印象である。必要に応じて、評価委員会傍聴者を制限するなり、方策を講じることも検討すべきであろう。
  - ・ 「先端研究」の説明で工学研究の面もカバーするなら、「新規な機能の実現」という文言も入れるべき。
  - ・ 説明資料をもう少し早く配布してほしい。他の研究機関や企業、海外と比較してどこに優位性があるのか、一般社会からはどう評価されているのかなどを調べるには、一週間では足りない。

#### □ 説明内容に関する意見

外部評価委員によるコメントの要旨	評価部の回答
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 説明が分かりにくく、成果の説明が多くアウトカムの視点の説明が不十分である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ アウトカムの視点からの評価の浸透を図るとともに、評価資料や発表の改善に努めて参ります。また意見交換の機会を有効に活用し、十分な説明に努めたいと考えております。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ アウトカムの視点に立って、「開発した技術をどうビジネスにつなげたか」というような説明を重点的に行うべきではないか。</li> <li>・ 産業競争力やアウトカムと言いつつ技術成果に重点を置いて発表するのは、いかがなものか。</li> <li>・ プレゼンされた内容は「どのような事をしたか」の報告であった。評価してほしいアウトカムだけに内容を絞って、そのアウトカムの重要性をアピールするようなプレゼンをしてもらいたい。</li> <li>・ 研究グループからの発表は技術成果、論文、特許件数、連携企業数と外部導入資金額であって、「代わり映えしない」という印象です。「アウトプットをアウトカムにつなげるためにいかなる努力をしたのか」ということを説明していただくとアウトカム視点での評価をしやすいと思います。</li> <li>・ 「イノベーション推進への取り組み」という項目で「萌芽研究」をどのように育てたかや、ベンチャー企業の新しい技術開発に協力したか等の報告を期待していたが、報告された内容は「活動実績」であり、研究成果や広報活動が主であった。「イノベーション推進への取り組み」というタイトルと合っていない。</li> <li>・ 研究部門の評価において、研究所全体の研究戦略の概要、対象部門と関連の深い研究部門の活動内容などについて、評価委員会の冒頭に簡単なレクチャーがあると良いと思います。</li> <li>・ 委員会で「それについては、実は他の部門で行っています」という回答が散見された。部門をまたがった課題については他部門の情報も簡単でよいから述べる、組織にあまりとらわれずに課題全体で一貫した説明をする、などの工夫が必要ではないかと考える。</li> <li>・ 対象とする技術分野のグローバルな動向における位置付けを簡単に示していただけると良いと思います。グローバルなポジションと全体としての研究戦略を考えた研究評価が進められることを期待します。</li> <li>・ 課題研究において産総研の国内優位性は理解できるが、国際的にも先端であるという視点も重要。</li> <li>・ 直近2年間の研究成果を評価するために、プロジェクト全体の流れに加えて当該期間における研究の進捗成果についての説明があれば、より分かりやすかった。</li> <li>・ 「研究資金の内訳」「人員の内訳」などのマネジメント基礎データは、事前に準備してほしい。</li> </ul> <p>各パワーポイントスライド中の文字が多過ぎ理解しにくい点は、なかなか改善されない。参考資料として提出する場合はともかく、プレゼンテーションはもっと簡潔明瞭にしていきたい。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本研究部門では、各ユニットを代表される方が説明される形となっておりますが、とりわけ重要な成果と発表されている内容に関して担当者の声も聞いてみたかったです。</li> </ul>	

## □ 評価委員会の構成に関する意見

外部評価委員によるコメントの要旨	評価部の回答
<ul style="list-style-type: none"> <li>外部評価委員は、もっと広い分野から選んでほしい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>多様な観点から適正で公正な評価が行われるよう、より一層、外部評価委員の最適な選任に努めてまいります。</li> </ul>

## □ 評価委員会等の時間に関する意見

外部評価委員によるコメントの要旨	評価部の回答
<ul style="list-style-type: none"> <li>評価の内容が多岐にわたっており、短時間では十分に理解するのが難しい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>意見交換の機会を有効に活用するとともに、評価委員会の開催形態を工夫する等の努力をしていきたいと考えています。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>説明にもう少し時間を取って頂ければと思います。</li> <li>少なくとも発表15分、質疑15分の合計30分となっておりますが、あと5分ずつ、計40分はあった方がよいのではないかと感じました。</li> <li>発表にはもう少し時間をかけ、具体的にはあと10分ほど発表時間をかけてもよいのでは？</li> <li>もう少しディスカッションの時間を加えられたらと思ったりしました。中期目標の設定についても目標の妥当性についてディスカッションする機会があってもよかったですと思います。</li> <li>研究評価を行うのは1日では困難。このような資源配分等を行った背景等の材料が不足していた。組織運営としての評価と研究(成果)面での評価を分けて行うといったことも検討されてはいかかがと考える。</li> </ul>	

## □ 評価委員会の開催方法等に関する意見

外部評価委員によるコメントの要旨	評価部の回答
<ul style="list-style-type: none"> <li>2年に1回ずつ1日限りの評価委員会と意見交換会だけでは、膨大な評価対象項目を把握しきれず理解が及ばない。資料は専門的かつ量が膨大で読みづらい。委員会終了後から評価結果提出までの期間も短い。委員会の議題を分割し、間隔を空けて2回開くなど、改善を求めたい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>資料の改善や運営を見直し評価対象を把握しやすいう改善を図るとともに開催期間等についても諸条件を考慮して最適化できるよう努めてまいります。</li> </ul>

## □ 評価作業の研究者への負担に関する意見

外部評価委員によるコメントの要旨	評価部の回答
<ul style="list-style-type: none"> <li>評価のための研究者の負担が大きいのではないか。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>評価資料等の作成の簡素化、効率化を進めるとともに、評価の内容や運営を見直し、現場の研究員の負担を減らせるように努力してまいります。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>職員がのびのびと業務に取り組めるように、可能な部分は簡素化するなど、より均衡のとれた評価システムの構築を望みたい。</li> <li>評価する側も評価される側もかなりの労力と時間を要するシステムであるので、もう少しエネルギーを使わない方法を考えていただけると良いのではないかとと思われる。</li> <li>評価資料作成のために、研究の時間への圧迫など悪影響が出ないような配慮が必要である。</li> <li>研究課題が成果を出しているかどうかは、数値指標によってある程度把握できる。これらの指標が一定値を下回る研究員やグループに関してのみ研究テーマや研究マネジメントの評価を行う方が良いのではないのでしょうか。トップの研究員やグループには評価よりアドバイスをする程度で十分のように思います。</li> </ul>	

## □ 評価作業の評価委員への負担に関する意見

外部評価委員によるコメントの要旨	評価部の回答

<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 評価結果を書くのに時間が足りない。その場で評価結果を入力したい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 評価結果を短い時間で作成できるように資料や説明、入力手段等の工夫をいたしますとともに評価委員のご希望に可能な限り沿えるように運営の改善に努めてまいります。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 評価委員会から1週間での評価提出はかなり負担。せめて2週間程度の猶予を頂きたかった。</li> <li>・ 評価委員としては、その日の内に現場において評価が終了できると有り難いと思います。</li> </ul>	

#### □ 研究テーマの変更等に関する意見

外部評価委員によるコメントの要旨	評価部の回答
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 世の中の動きに合わせて研究テーマも変えていくべきである。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 評価結果を踏まえて適切な研究テーマが選択されるように働きかけてまいります。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 最近では、市場・技術は日進月歩で、動きは非常に速い。このような状況では、既に決められた技術開発の中期目標やテーマも、状況に応じて追加・修正・中断することも必要ではないだろうか。</li> <li>・ 科学・技術の変化が速くなっているため、中期計画のある程度の見直しは適宜行われるのが自然。</li> </ul>	

#### □ 評価結果の反映に関する意見

外部評価委員によるコメントの要旨	評価部の回答
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 評価結果がどう活用されたかを説明してほしい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 評価結果がどのように活用されたかを一層明示的にご報告するように、関係者への働きかけを強めることに努めます。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 外部の意見を聞く制度があることは評価するが、評価結果をどのように活かしたのかの説明がほとんど見られないのは残念。評価結果の反映が重要である。</li> <li>・ 評価内容、あるいは助言内容に、一研究センターだけでは解の出せないものもある。他のセンターの評価との整合性、各センターの評価委員から上がってくる共通の助言などが、その後、産総研としてどのように扱われるのか、簡単でも良いので、説明があると、評価のやりがいがある。</li> </ul>	

#### □ 評価委員会以外での情報提供に関する意見

外部評価委員によるコメントの要旨	評価部の回答
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 評価委員会以外で積極的に適切な情報を提供してほしい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 外部評価委員に対しては研究紹介等を定期的にお送りするとともに、研究室見学や意見交換等を適切に行うよう努めてまいります。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ これだけ広範囲の取り組みや成果を、事前配布の資料と当日の議論だけで評価するのは、難しい面があります。評価委員会とは別に半年に一度くらいの頻度で訪問し、研究現場の見学や研究者とのディスカッションなどを通じて、取り組み状況を把握できる機会があればと思います。</li> <li>・ 産総研全体のことを理解していないと適切な評価ができないように思う。評価委員に対して、産総研の全体像や課題を共有できるような機会があった方が良くと思う。見学して実際に研究室で説明を受けることにより理解が進むと思われる。</li> <li>・ 所内の見学も行われましたが、今回の評価項目からは外れていたため違和感があった。</li> <li>・ 外部評価委員に定期的に送っていただく資料を整えてください。</li> <li>・ 個々の研究者と話ができたり個々の研究に対して理解を深めることができるので、1～2時間程度のスタジオツアーか、パネル展示があっても良かったかなと思います。</li> </ul>	

#### □ 産総研評価情報システムに関する意見

外部評価委員によるコメントの要旨	評価部の回答
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 評価情報システムに不具合があり使いにくい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 使いやすいシステムとなるようにシステムを改修に努めてまいります。</li> </ul>

- ・ 一時保存しなくても残るようなシステムまたは、保存しないで項目を移動しようとした場合に警告を発するようにすべきである。
- ・ 提出は、各項目ごとのボタンでなく、全部一括で！評価者が記録を残すために、“印刷”あるいは“評価者用の保存”ボタンの新設を！
- ・ つい一次保存を忘れ、何度も消してしまい、相当な時間をロスしてしまった。
- ・ 提出、というボタンの誤操作への対応など、より扱いやすい方法の開発をお願いします。
- ・ 一時保存ボタンを押すと、しばしばIDとパスワードを求められる方式はちょっと面倒。
- ・ 提出した後の修正がきかないのはどうだろう。「いついつまでに提出してください。」その間は、再提出すると上書きされます(上書きしますか？ Y/N)とかでも良いのではないだろうか。
- ・ 自己評価の結果をシステム上で、参照できるようになっていると、評価しやすい。「事実誤認コメント」とそれへの「再コメント」というシステムが複雑なわりに、ウェブページの画面からは分かりにくい。
- ・ タグの一つ一つを確認しないと提出済みとそうでないものが確認できないのは不便である。
- ・ Conference Managerのように、いったん、ユーザで設定させる仕組みがあるとよいかもしれません。入力した箇所の色が変わると大変助かります。フォントサイズを最初からもう少し大きくしていただき、プルダウンメニューで記入項目を選ぶなどのレイアウトでも便利かもしれません。
- ・ 全て自由記述方式だと、記述内容が項目に合致しているか、などで迷って、時間がかかりがちなので、一部、選択方式を導入するなどご検討頂けますと幸いです。
- ・ この評価システムへの入力を行うための、下書き用 Excel ファイルがあると助かります。
- ・ プルダウンで評価点を記入するところが、不調であった。
- ・ エクセルに比べて、分かりにくいと感じます。
- ・ 評価ウェブシステムを用いることのメリット・デメリットの検証を行ってはどうか。

□ その他の意見

- ・ 用語の概念・意義の見直し・整理を実施されてはどうかと思います。
- ・ 研究部門ではなく、より上位組織または委員会等を産総研の中に作り総合力を発揮、または他の公的機関などとも省庁の枠組みを超えたオール日本の連携の取り組みが必要なのではないかと考えます。

## おわりに

本報告書では、平成26年度に実施した22研究部門及び8研究センターの研究ユニット評価の結果、及びその他の研究ユニットにおける開始時意見交換会と評価委員意見交換の開催状況について報告した。

平成26年度の評価結果（評点）は、研究部門、研究センターともに前回の評価に比べて高い点を得ている。評価結果が大きく上昇し高い評価になったユニット戦略課題では、研究成果や社会への貢献等の実績を挙げ、それが認められたケースが多い。有意義とされた研究開発であっても、それらが産業や社会に実際に役立つと認められるまでには、多くの取り組みと時間を要することを示していると考えられる。外部に認められることによって、新たなプロジェクトを獲得するなどの好循環になり、研究開発は大きく進展する。また、研究組織やユニット戦略課題の見直しにより、研究開発の内容、意義や特色等が明確になり、研究成果やその活用の実績が多くなることによって評価される例も見られた。

評価対象の研究センターは、全体として高い評価を得た。優れた成果が出ているとともに、産業化等に向けた実績を挙げていることや、独自性や方針を絞ったことが評価の高くなった要因として挙げられる。

「イノベーション推進」では、前回は、研究成果の応用先が既存の概念や専門の範囲にとどまっていることや、成果が実際に製品化、事業化に結び付くか明らかでないことが指摘されたのに対し、今回は、実績を挙げ、目に見える形の具体的な成果が外部評価委員へ示された結果、高い評価につながったと推測される。ユニット戦略課題の評価結果と同様に、各種の取り組みが実際に役立つと納得されるまでには、説得力のある実績を挙げることに加えて、適切な機会をとらえて説明を尽くすことが必要である。

平成26年度に評価委員会を開催しない研究ユニットについては、評価委員の理解を深めるとともに助言を得る機会として開始時意見交換会や評価委員意見交換を行った。次期中長期目標期間では、独法評価制度の改革はもとより、産総研の研究活動の進展とそれを取り巻く状況の変化に対応した、よりの確な評価が行われるよう、評価制度・システムを構築する所存である。

末筆ながら、本評価にご尽力いただいた評価委員各位に深く感謝申し上げます。

平成27年5月

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 評価部



## 平成26年度 研究ユニット評価報告書

平成27年5月29日

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 評価部

〒305-8561 茨城県つくば市東1-1-1 中央第1

つくば中央1-2棟

電話 029-862-6096

<http://unit.aist.go.jp/eval/ci/>

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。



AIST06-X00003-10