

**平成27年度
研究評価委員会
(エレクトロニクス・製造領域)
評価報告書**

平成28年5月



国立研究開発法人

産業技術総合研究所 評価部

評価報告書 目次

1. 評価委員会議事次第	1
2. 評価委員名簿	3
3. 評価資料（主な業務実績等） ¹	5
4. 評価資料（説明資料） ¹	15
5. 評価委員コメント及び評点 ²	91

¹ 記載内容は、評価委員会開催時（平成 28 年 2 月 2 日）のものである。

² 評価委員会では、平成 27 年度末の見込値（平成 27 年 12 月末時点での実績値を参考）に基づいて評価を行った。経済産業大臣に提出する自己評価調書では、年度末の実績値が見込値に達しない項目（該当する項目は、評点表の下部に具体的に記述）についての評点は、実績値を勘案して行うこととしている。

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
平成 27 年度 研究評価委員会（エレクトロニクス・製造領域）
議事次第

日 時：平成 28 年 2 月 2 日（火） 10:00-18:00
 場 所：国立研究開発法人 産業技術総合研究所 つくば中央第 1 事業所 ネットワーク会議室
 （本部・情報棟 1 階 1306-2 室）

開会挨拶 理事・評価部長 島田 広道 10:00-10:05
 委員等紹介・資料確認 評価部研究評価室 富岡 泰秀 10:05-10:10

領域による説明（質疑含む） （議事進行：前川 禎通 評価委員長）

1. 領域の概要

領域全体の概要・戦略・研究開発の概要 10:10-11:10
 （説明 30 分、質疑・コメント記入 30 分） エレクトロニクス・製造領域長 金丸 正剛

2. 「橋渡し」のための研究開発

（1）「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究） 11:10-12:15
 （説明 35 分、質疑・評価記入 30 分）

①「新機能スピントロニクス素子」 スピントロニクス研究センター長 湯浅 新治
 ②「Web of Manufacturing」 製造技術研究部門長 市川 直樹
 事前自己評価の評点および根拠の説明 エレクトロニクス・製造領域長 金丸 正剛

昼食・休憩（45 分） 12:15-13:00

（2）「橋渡し」研究前期における研究開発 13:00-14:20
 （説明 50 分、質疑・評価記入 30 分）

①「光情報技術（光パズネットワーク）」 電子光技術研究部門長 森 雅彦
 ②「ネットワーク MEMS」 集積マイクロシステム研究センター長 廣島 洋
 ③「フレキシブル印刷製造技術」 フレキシブルエレクトロニクス研究センター長 鎌田 俊英
 事前自己評価の評点および根拠の説明 エレクトロニクス・製造領域長 金丸 正剛

（3）「橋渡し」研究後期における研究開発 14:20-15:25
 （説明 35 分、質疑・評価記入 30 分）

①「ミニマルファブ」 ナノエレクトロニクス研究部門長 安田 哲二
 ②「先進コーティング技術」 先進コーティング技術研究センター長 明渡 純
 事前自己評価の評点および根拠の説明 エレクトロニクス・製造領域長 金丸 正剛

現場見学会（60 分） 15:25-16:25
 休憩（10 分） 16:25-16:35

3. 「橋渡し」のための関連業務 16:35-17:05
 （説明 15 分、質疑・評価記入 15 分） エレクトロニクス・製造領域戦略部長 原市 聡

総合討論・評価委員討議・講評 （議事進行：前川 禎通 評価委員長）
 総合討論（領域等への質疑を含む）（15 分） 17:05-17:20
 評価委員討議（領域等役職員 退席）（15 分） 17:20-17:35
 評価記入（領域等役職員 退席）（15 分） 17:35-17:50
 委員長講評（領域等役職員 着席）（5 分） 17:50-17:55

閉会挨拶 理事・評価部長 島田 広道 17:55-18:00

評価委員

エレクトロニクス・製造領域

委員長	氏名	所属	役職名
○	前川 禎通	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター	センター長
	神永 晋	SKグローバルアドバイザーズ株式会社	代表取締役
	久保 佳実	国立研究開発法人 物質・材料研究機構 ナノ材料科学環境拠点 運営総括室	室長
	小浦 節子	千葉工業大学 工学部 生命環境科学科	教授
	渡辺 美代子	国立研究開発法人 科学技術振興機構	副理事

1. 領域の概要

（1）領域全体の概要・戦略

社会に存在するあらゆるモノがインターネットにつながる IoT（Internet of Things）という考え方が広まっている。あらゆるモノがインターネットにつながることで現場情報のリアルタイム把握が可能となり、その中から価値ある情報を抽出、社会にフィードバックすることで社会システムの超高効率化が可能となる。一方、あらゆるモノから情報を取得するためには無数のセンサが必要であり、また、無数のセンサからの膨大な情報を高速かつ低消費電力で処理する必要がある。すなわち、IoT 社会実現のためには、高性能かつ低消費電力な情報処理システム、安価かつ高性能なセンシングシステム、それらを活用した高効率かつ高機能付加が可能な先進製造システムの実現が必要不可欠である。

エレクトロニクス・製造領域では、次世代の IoT 社会実現に向け必要となる技術の体系を構築することを目指し、①情報通信システムの高性能化および超低消費電力化技術、②もののインターネット化に対応する製造およびセンシング技術、③ものづくりにおける産業競争力強化のための設計・製造技術、及び④多様な産業用部材に適用可能な表面機能付与技術、という 4 つの重点課題を掲げ、目的基礎から橋渡し後期研究のすべてのステージで研究開発を行っている。当領域のミッションは、これらの研究開発において世界をリードする成果を挙げ、以て IoT 社会における我が国の産業活動の礎を築くと共に産業競争力強化に貢献することである。

当領域は 3 つの研究部門、4 つの研究センターの計 7 つの研究ユニットで構成され、約 300 名の研究者により上記の研究開発を推進している。また、当領域では発展的な研究の循環を支えるためのマネージメントを実施している。具体的には、研究現場からのボトムアップ提案に対する予算の付与や、領域全体の研究進捗を俯瞰した上で特定の研究内容へ投資するトップダウン型の予算付与とのベストミックスを心掛けたマネージメントである。また、研究の加速だけでなく、研究者間の新たな交流構築へ導くことで、長期的視点に立った人材育成を目指している。このような取り組みにより、先端電子・光デバイス技術を基盤としたセンシング技術と革新的製造技術を結びつけることによって、さらなる超高効率な生産システムへとつなげていく。

（2）研究開発の概要

当領域では、世界をリードする電子・光デバイス技術と革新的な製造技術の創出を目指し、①情報通信システムの高性能化および超低消費電力化技術、②もののインターネット化に対応する製造およびセンシング技術、③ものづくりにおける産業競争力強化のための設計・製造技術、及び④多様な産業用部材に適用可能な表面機能付与技術を開発する。これら 4 つの重点課題の概要は以下の通りである。

①情報通信システムの高性能化および超低消費電力化技術の開発

情報データの処理量や通信量の増加に対応するため、省電力で高性能な IT 機器を実現する情報処理・記憶デバイス技術とその集積化技術、あるいはフォトンクス関連技術等を開発する。更なる高性能化に向けたポストスケリング集積化技術の確立や新しい情報処理技術の創出を目指す。

②もののインターネット化に対応する製造およびセンシング技術の開発

製造レジリエンス強化と産業競争力強化を目指した製造網（Web of Manufacturing）の実現と社会インフラの維持管理の効率化・高度化を可能とする新たなセンシング技術、センサネットワーク

技術、収集データ利用技術などを開発する。

③ものづくりにおける産業競争力強化のための設計・製造技術の開発

産業や社会の多様なニーズに対応した製品を省エネ、省資源、低コストで製造するために、設計マネジメント技術、印刷デバイス技術、ミニマルファブ技術、積層加工技術などを開発する。製品の更なる高付加価値化を目指し、高機能フレキシブル電子材料等の新材料、機能発現形成型技術等を開発する。

④多様な産業用部材に適用可能な表面機能付与技術の開発

パワーモジュール、燃料電池、構造材料等、種々の産業用部材、基材に対し自在なコーティングを可能とするために、コーティング技術を高度化する。

以上の4つの課題について、具体的な個別研究テーマならびに研究フェーズは以下の通りである。

		目的基礎	「橋渡し」前期	「橋渡し」後期
①	情報通信システムの高性能化および超低消費電力化技術の開発	電圧トルクMRAM 相変化メモリ 新材料ロジックデバイス・三次元集積 超伝導量子アニーリング機械 GST (Ge-Sb-Te) テラヘルツ検出 フィールドエミッタアレイ技術 超伝導トンネル接合強相関デバイス 新規材料・構造発光デバイス	光情報技術（光パズネットワーク） シリコントンネルFET 偽造防止PUF 磁気抵抗素子を用いたマイクロ発振 光情報技術（シリコンフォトニクス） 超伝導検出器のアレイ化・多重読み出し技術	STT-MRAM カーボンナノチューブ透明電極 FPGA 評価ボード 強誘電体 FET SQUID 搭載回路
②	もののインターネット化に対応する製造およびセンシング技術の開発	WoM (Web of Manufacturing)-生産モデル作成技術 WoM-生産計測技術開発（トリリオンセンサ） 超低周波振動検出・環境発電	ネットワークMEMS 布への電極パターンニング法 異種材料・デバイス集積化技術 凝縮性ガス導入光ナノインプリント技術 封止回路の非接触電力伝送・故障診断技術 無線pHセンサ WoM-生産計測技術（実情報-現場センサ紐付） フレキシブル熱電変換素子 ウェアラブル生体センサ技術	プラズモン・導波モードセンサ 高感度分光センサ WoM-生産計測技術（工場のエネルギー測定）

③	ものづくりにおける産業競争力強化のための設計・製造技術の開発	真空中レーザー積層造形技術 複層デポジション技術 塗布型フレキシブル圧電シート 応力発光材料 印刷形成メモリ素子	フレキシブル印刷製造技術 上流設計マネジメント 三次元積層造形技術 電解・レーザー複合加工技術 高速・低速プレス加工の複合化技術 高効率フローリアクタ 導電性伸縮性ラップフィルム	ミニマルファブ マイクロ・ナノ微細形成技術 厚膜高精細高均質印刷配線パターン形成スクリーンオフセット技術
④	多様な産業用部材に適用可能な表面機能付与技術の開発		ハイブリッドAD（エアロゾルデポジション）法 LIJ（レーザー援用インクジェット）法	光MOD（金属有機化合物分解）法 AD（エアロゾルデポジション）法

2. 「橋渡し」のための研究開発

（1）「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）

●具体的な研究開発成果（評価指標）

以下に平成27年度における具体的な代表成果を記載する。

【電圧トルク MRAM】

ノーマリオフコンピューティングを具現化できるスピントロニクス技術として、世界で初めて、超低消費電力の電圧書込み型不揮発性メモリ「電圧トルク MRAM」の原理を考案・実証し、通常 MRAM と比して、1/100 低消費電力化に道筋をつけた。電圧書込み方式の安定動作を実証し、また書込みエラー率の評価法を開発、エラー率を 4×10^{-3} と評価した。さらに、実験結果を再現できる計算機シミュレーションを用いて、磁気摩擦定数の低減と熱じょう乱耐性 Δ の向上、あるいは書込み後のベリファイの実行により、メモリ用途に求められる $10^{-10} \sim 10^{-15}$ というエラー率を電圧トルク MRAM にて実現可能であることを示した。

産総研スピントロニクス研究成果をコア技術として、ImPACT を推進している。また、産総研スピントロニクス（電圧トルク MRAM）研究成果により、つくば賞など3件の賞を受賞した。

【新型メモリ/ロジック（相変化メモリ、新材料ロジック・三次元集積）】

大規模化するデータに対応して高性能な情報処理を高エネルギー効率で行うための技術として、ギガバイトクラスの集積度を持つ相変化メモリ技術、シリコンMOSFETの駆動力省エネ性を超えるロジックデバイス技術、これらを三次元集積する技術を開発している。

相変化メモリのトポロジカル特性を機能させる初期化プロセスとして、強誘電体相である低抵抗状態が出現する400K以上の温度にて閾値以上の電圧をGe-Sb-Te超格子膜に印加し冷却する手法を開発した。ロジックデバイスについては、Ge表面の超平滑化技術とコンタクト低抵抗化技術を開発し、フィンFETにおいてSiを超えるキャリア移動度を実現する技術を確認した。三次元集積については、デバイス間相互作用をシミュレーションするための自動メッシュ生成技術を開発し、トランジスタ積層が閾値に与える影響を明らかにした。

【新型コンピューティング用新デバイス（超伝導量子アニーリング）】

ノイマン型コンピューティングが苦手とする組み合わせ最適化問題を超高速・超高効率に解ける

超伝導量子アニーリング機械の開発を進めている。超伝導量子アニーリング機械の特性を決める重要な指標であるニオブ量子ビットのコヒーレンス時間について、これを改善するために有望なデバイス構造及び作製法を提案し、性能評価用デバイスの設計と試作を行った。また、量子アニーリング機械のシミュレーション手法を開発し、10量子ビット級での定量評価を行い、計算エラーの主要因であるエネルギー準位近接の影響を定量的に明らかにした。

【Web of Manufacturing（生産モデル作成技術の開発）】

広範囲に分散した製造設備や労働力を柔軟かつ効率的に活用し、製造設備ネットワーク全体として高い付加価値を創出することが可能となる製造網（Web of Manufacturing）の実現を目指している。今年度は、二つの工場の生産モデルの記述と運用について調査を行った。その結果、生産状況を把握するためのデータ取得は可能であるものの、設備系統や事業主体を越えたデータ同士の関係性が欠如しており、それを補完するためのデータモデルの開発が必要であることが明らかとなり、そのための共同研究に着手した。また、生産モデルの記述に際しては、人間が行う観察と制御をモデル化し、導入する必要があることを明らかにした。

●テーマ設定の適切性（モニタリング指標）

目的基礎研究においては、2030年以降の高効率社会を目指し、機器の性能・機能、および製造技術の効率性（低コスト、高レジリエント）を革新的に向上し得る研究テーマを設定している。

課題①では、超低消費電力かつ高集積度を具現化できる相変化メモリ技術、新材料ロジックデバイス技術、これらを三次元集積する技術開発を推進中である。また、通常のCMOS集積回路では実現できない新規の情報処理技術を創出するために必要となる新材料技術および新原理デバイス技術の開発も進めている。課題②では、製造レジリエンス強化と産業競争力強化を目指した製造網（Web of Manufacturing）の実現をめざし、過酷環境下等、定常的モニタリングが困難とされてきた状況でも適用可能な計測技術や、設備へのセンサ後付けなどによる比較的簡便に収集したデータ群から設備状況に関わる情報を導出する間接モニタリング技術の開発を進めている。

●論文数の目標値と実績値（モニタリング指標）

目標値：400報（過去3年間平均358件に対し1割増の目標）

実績値：143報（平成27年12月現在の既発表数）

見込み：360報（平成27年度末までの外挿値）

●大学や他の研究機関との連携状況（モニタリング指標）

①世界トップの超電導デバイスプロセス技術を有する超電導アナログ-デジタル計測デバイス開発拠点を運営。国内12大学、7研究独法、海外5研究機関に対し技術提供

②豊橋技科大に先端センサ共同研究ラボラトリーを設置。また、名古屋大、東大に共同ラボ開設を予定しており、大学内技術シーズとの異分野融合や橋渡し研究を加速

③クロスアポイントメント制度にて、名古屋大(制度第一号)、東北大、九工大教員が産総研にて研究推進

④海外の大学/研究機関と18件の国際共同研究を実施

⑤理化学研究所と共催でワークショップを開催、量子アニーリング機械実現に向け共同研究協議中（3.（3）に詳細を記載）

●知的財産創出の質的量的状況（その他）

目標値：173件（過去3年間の平均163件/年に対し10件増）

実績値：133件（平成27年12月現在の契約済み件数）

見込み：219件（平成27年度末での外挿値）

●「目的基礎研究」事前自己評価の評点：A

（2）「橋渡し」研究前期における研究開発

●具体的な研究開発成果（評価指標）

以下に平成27年度における具体的な代表成果を記載する。

【光情報技術（光パスネットワーク）】

シリコンフォトニクス技術の中核として、ネットワークのエネルギー効率を3~4桁高める光パスネットワーク技術の開発と普及を目指している。文科省委託事業「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」において、世界で初めて、シリコンフォトニクスによる実用的な8×8光スイッチの試作およびその制御回路の開発を行った。また、世界に先駆け超低エネルギー・大容量ネットワークテストベッドを構築、安定稼働させた。また、産総研コンソーシアム（通称「PHOENICS」）を発足し、光デバイス関連企業10社と連携体制を構築した。そこで、光デバイス企業間の相互ファブ・プラットフォームの基本仕様を決め、これを検証する集積デバイス試作に着手した。

【ネットワークMEMS】

無線センサネットワークを活用して道路インフラの状態を常時・継続的・網羅的に把握することを可能とする道路インフラモニタリングシステムを目指している。NEDO事業「フレキシブル面パターンセンサによる橋梁センシングシステムの開発」において、世界で初めて、道路インフラモニタリングに必要な不可欠なフレキシブルひずみセンサレイシートを開発を行った。厚さ数 μm の極薄シリコン薄板をフレキシブル回路基板上に転写し、スクリーン印刷で一括配線する極薄シリコン実装技術を開発した。この実装技術により、極薄圧電MEMS/シリコン構造をA6サイズのフレキシブル回路基板上に25個並べた橋梁モニタリング用動ひずみセンサレイシートを世界で初めて実現し、箔ひずみセンサ並みの 1×10^{-6} という高感度を達成した。また、高性能指数のScAlN圧電薄膜を集積化した圧電MEMS作製プロセス技術を開発するとともに、参照電圧発生回路を超低消費電力化した回路を開発し、センサを取りつける対象の回転機器の振動で発電した電力のみで駆動可能な無線振動センサを実現できる見込みを得た。

【フレキシブル印刷製造技術】

次世代情報端末機器として期待の高い大面積フレキシブルデバイスを高効率・高生産性で製造する技術として、印刷法を駆使してデバイスを製造する印刷デバイス製造技術の開発を目指している。NEDO事業「次世代プリントドエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発」において、世界で唯一の自動連続一貫印刷デバイス生産ラインを構築した。また、高効率印刷デバイス製造技術の開発を行い、実用化に不可欠な、厚膜（ $3\mu\text{m}$ 厚以上）・高精細（ $10\mu\text{m}$ 幅以下）・高均質（ばらつき10%以下）を両立し、なおかつ生産性の高い印刷デバイス配線形成技術を開発した。それによりフレキシブルセンサ、フレキシブル高周波無線アンテナ、フレキシブル回路の開発を実現させるとともに、一部技術を民間移転し、装置の市販化を成功させた。また、低温低損傷高速印刷製造技術およびそれに適性の高い半導体、誘電体材料を開発し、それらを利用して3V以下の低電圧でも駆動するフレキシブル揮発性メモリ素子や 100°C 以下の低温でも動作するフレキシブル熱電変換素子の開発等に成功した。

【三次元積層造形技術】

必要なときに必要な量だけ製品を製造する、究極のオンデマンド製造技術の開発を目指している。金属積層造形技術では、レーザーデポジション法を用いインコネル716/ステンレス316などの2種の材料を同時に組み込んだ複層ハニカム構造の造形に成功した。また、チタン、マグネシウム等の造形時の雰囲気の影響、原料粉の形状等の評価を進め、サポートレス造形の実証・実用化に向けた開発を進めた。砂型積層造形技術については、インクジェット1液式硬化法を開発し、1.8mサイズの大造形装置を試作した。秋田県への導入など事業化も進めている。

●知的財産創出の質的量的状況（評価指標）

目標値：173件（過去3年間の平均163件/年に対し10件増の目標）

実績値：133件（平成27年12月現在での契約済み件数）

見込み：219件（平成27年度末での外挿件数）

●テーマ設定の適切性（モニタリング指標）

橋渡し研究前期では、IoT社会実現に不可欠な要素技術（ネットワーク、センシング等）の2020年以降での実用に向け、産業界のニーズを的確にとらえ、産業界と共に産総研が強みを有する技術シーズを中核とした国プロ等で課題解決を目指していく研究テーマを設定している。

課題①では、増大する情報通信量を低エネルギー消費で取り扱うことのできる光パスネットワーク技術の開発を進めている。課題②では、社会インフラや産業インフラの保守や点検等に資するため、ひずみ、振動、温度など複数のセンシングと通信機能を集積化したネットワークMEMSシステムの開発、エレクトロニクス/MEMSの変量多品種オンデマンド生産技術として印刷デバイス製造技術、フレキシブルで高効率なマイクロナノレベルの製造技術、それらの技術を活用して、大面積フィルムデバイスの開発を進めている。課題③では、産業や社会の多様なニーズに対応した製品を省エネ、省資源、低コスト、かつ高付加価値化を可能とする積層造形技術の開発を進めている。

●戦略的な知的財産マネジメントの取組状況（モニタリング指標）

①領域戦略部と研究現場による技術シーズを戦略的にメニュー化

②技術移転の促進を目的として成果「見える化」に対し支援

（3.（2）に詳細を掲載）

●国際・国内連携（その他）

①世界トップの超電導デバイスプロセス技術を有する超電導アナログ-デジタル計測デバイス開発拠点を運営、国内12大学、7研究独法、海外5研究機関に対し技術提供

②ミニマルファブ、JAPER、NMEMS、PETRA、TRAFAMの5つの技術組合に参画、産業界と共に研究を推進（産総研全体では22組合）。中でも、ミニマルファブ、JAPERでは産総研が中核

③産総研シリコンフォトリソ関連研究を中核とし、産総研コンソーシアム制度を活用し、光デバイス関連企業10社と連携体制を構築し、散在する光デバイス技術を集約し日本の国際競争力を維持する持続発展可能なエコシステムの構築に向けた取り組みを推進

●（公的資金獲得額（その他）

H27年度：27.7億円（平成27年12月現在） 昨年度比146%

●「橋渡し（前期）」事前自己評価の評点：A

（3）「橋渡し」研究後期における研究開発

●具体的な研究成果（評価指標）

以下に平成27年度における具体的な代表成果を記載する。

【ミニマルファブ】

極小規模で半導体製造工場を形成し、少量の半導体チップを低コストかつ短期間で製造可能にするミニマルファブシステムを世界で初めて開発した。今年度は、小型化した実用機の実現が難しかったイオン注入装置の開発を行い、イオンの打ち込みに成功した。また、CVD装置開発を行い、気流を制御しキャリアガス流量を1/10とした小型装置による単結晶エピタキシャル層の成長に成功した。デバイス製造プラットフォーム構築に向けて、装置間のシャトル搬送機構を開発するとともに、フルミニマルによるアルミゲートCMOSプロセスおよびクリーンルーム装置とのハイブリッドプロセスによるTiNゲートCMOSプロセスレシピを整備した。また、平成23年よりセミコンジャパンに出展、毎年3000名以上の来訪。今年度は、セミコン史上初めてクリーンルームでない、イベント会場でCMOSインバータ、リングオシレータ製造に成功した。

【先進コーティング技術（AD法および光MOD法）】

多様化するあらゆるニーズに応えるコーティング技術の開発を目指して研究を行っており、特にセラミックスの常温コート技術などに強みを有している。今年度、プラズマAD援用では、300℃以下の低温プロセスでイットリアやアルミナ材料につきAD法と同等の膜密度、膜質を維持したまま、ほぼ10倍の成膜速度の向上を実現し、内閣府SIPプロジェクトに展開、応用開発を開始した。光MODでは、実装基板上で抵抗温度係数12%のボロメータ膜、ハイブリッド溶液による新規なフレキシブル高耐熱抵抗膜を開発した。また高輝度発光部材の高温、湿度試験を実施するなど、実装性能を立証した。蓄電池材料については、高容量チタン酸化物負極材料について、粒径制御技術によ

り特性改善に成功すると共に、AD 法による電極試作に成功した。また、産総研シーズ技術である AD 法を利用して、TOTO 株式会社が発導体部材の事業化を行い、第 6 回ものづくり大賞「内閣総理大臣賞」を受賞した。

●民間からの資金獲得額の目標値と実績値（評価指標）

目標値：9.6 億円

（平成 31 年度（第四期末）にこれまでの 3 倍（6.3 億円×3=18.9 億円）の額を獲得することを最終目標とし、その達成に向け毎年線形比例で増加を見込んだ場合の値）

実績値：5.7 億円（平成 27 年 12 月現在での契約済み案件の総額）

見込み：7.7 億円

（参考）過去 3 年間の平均：6.3 億円/年

●戦略的な知的財産マネジメントの取り組み状況（モニタリング指標）

①領域戦略部と研究現場による技術シーズを戦略的にメニュー化

②技術移転の促進を目的として成果「見える化」に対し支援

（3.（2）に詳細を掲載）

●中堅・中小企業の資金提供を伴う研究契約件数の大企業に対する比率（モニタリング指標）

実績値：42.7%（平成 27 年 12 月現在）、中小企業 41 件、大企業 96 件

H24-H26 産総研全体の平均：35%（H24-H26 エレ製造領域の平均：44%）

●マーケティング力の強化（その他）

①平成 27 年度資金提供型共同研究契約件数 137 件、うち 46 件が新規。

②領域イノベーションコーディネータ、連携主幹を中心に産業界マーケティングを大規模（83 社）に展開した。その結果、15 件の資金提供型共同研究契約締結に成功した。

③平成 27 年 4 月以降、イノベーションコーディネータ、連携主幹の更なる大規模なマーケティングに併せ、今年度から始まった領域戦略部と研究現場の密な協議の基づく戦略的な知的財産マネジメントの取組により技術移転案件の増加を見込む。

●「橋渡し（後期）」事前自己評価の評点：B

3. 「橋渡し」のための関連業務

（1）技術的ポテンシャルを活かした指導助言等の実施

3.（1）技術的ポテンシャルを活かした指導助言等の実施【1.（4）】

●事前自己評価の評点：B

＜根拠＞技術的指導助言等の取組状況

当領域では、共同研究のみならず、外部からの技術相談に積極的に対応すると共に、産総研が新たに整備した技術コンサルティング制度を活用し、民間企業に対し適切な技術的指導も行っている。具体的には、民間企業が現時点で有する種々の課題に対し、複数の研究者が有機的に関わりながら専門家集団として技術的解決策の助言を行い、さらに、単なる技術相談の域を超え、産総研がもとも保有する技術を基に新規事業を含む事業の改善提案も行った。その結果、当該技術コンサルティングの中から資金提供型共同研究が創出された。この様に、当領域は、民間企業の現時点の課題解決から将来の発展に向けた技術提案まで、民間企業が必要としている研究ステージに適合した技術的指導助言を行うことで、民間企業の事業の円滑化と新規事業創成の両方に貢献している。

(2) マーケティング力の強化についての実績

3. (2) マーケティング力の強化についての実績【1. (5)】

●事前自己評価の評点：B

<根拠>マーケティングの取組状況

当領域研究戦略部所属の研究戦略部長、イノベーションコーディネータ（IC）、パテントオフィサー（PO）、連携主幹を中心としたメンバーにより、領域内の全ての研究グループ/研究チームを訪問し、橋渡し戦略策定に向けた議論を個別に行っている。研究現場の率直な声を聞くということのみならず、この訪問の中では、個々の研究の知財を、その内容とともに、過去、現在、そして未来の権利残存期間をマッピングした資料による議論を精力的に行うことで、短期的と長期的両方の戦略のあぶり出しを試みた。いくつかの重要案件では特許調査を行い、その技術分野における企業の開発動向や権利関係を整理し、連携候補企業とその競合企業などの技術分析を行っている。領域側としては、強化すべき研究要素を俯瞰することができ、予算や人材などの戦力配置の必要性を知ることができる。他方、研究現場としては、個々の研究の性質に沿った連携先模索の方針を知るとともに、長期的に当該研究のプレゼンスを維持し続けるための知財戦略、すなわち、いつどのような研究を行うべきかという情報を知ることができる。その上でユニット知財検討会などを開催し、産総研技術の位置づけと今後の企業への技術移転を考えながら特許出願内容の強化支援を行ってきた。また、産総研特許の技術思想を試作品として具現化し、連携先を探すための成果広報ツールや既存連携先との実用化・製品化の促進に役立てることを目的に「IP 実用化加速」支援策を実施している。このような取り組みを通じて、領域が目指す次世代ものづくりのための研究開発に向けた、効率的な研究マネジメントを可能にしている。

平成 27 年 4 月以降に領域 IC、連携主幹の 6 名を中心として、83 社の民間企業と連携に向け協議した。そのうち 15 社と共同研究契約を締結するに至っている。

シリコンフォトニクス関連研究を中核とし、産総研コンソーシアム制度を活用し、光デバイス関連企業 10 社と連携体制を構築し、散在する光デバイス技術を集約し日本の国際競争力を維持する、持続発展可能なエコシステムの構築に向けた取り組みを行っている（光デバイス設計開発コンソーシアム：PHOENICS）。また、産総研コンソーシアムであるファブシステム研究会（企業 109 社、大学・公的機関 16、特許事務所 3 が参加）の想定ユーザー班により、ミニマルファブ技術研究組合（民間企業 25 社）で開発中のファブシステムの実用化を検討している。

セミコン、ナノテク展、プリンタブルエレクトロニクス展、テクノブリッジフェア（産総研内部）等の展示会に積極的に出展し、産業界に向け研究成果のアピールを行っている

(3) 大学や他の研究機関との連携強化

3. (3) 大学や他の研究機関との連携強化【1. (6)】

●事前自己評価の評点：A

<根拠>大学や他の研究機関との連携状況等

世界トップの超電導デバイスプロセス技術を有する超電導アナログ-デジタル計測デバイス開発拠点 (GRAVITY) を運営し、産総研の有する高度なデバイスプロセス技術を外部が利用可能にしている。これにより、国内の 12 大学、7 研究機関、また海外の 5 研究機関、あるいは企業が連携して革新的な超電導デバイスの開発や応用の開拓を行うハブ機能を提供している。

当領域では、大学技術シーズを産業界に繋げる試みを積極的に行っている。例えば、革新的基礎研究力を有する東京大学および名古屋大学とは、連携研究を強力に推進する拠点として共同研究ラボラトリーを大学内に設置する議論を開始している。また、豊橋技術科学大学に、AIST-TUT 先端センサ共同研究ラボラトリーを設置し、大学シーズとの異分野融合の研究を加速している。

クロスアポイントメント制度を他領域に先駆けて活用し、現在 3 名の大学教員を名古屋大学（制度第一号）、東北大学および九州工業大学から受入れ、大学と産総研のそれぞれの強みを取り込ん

だ研究を実施中である。例えば、大学で培われたシーズ技術を産総研に移管し、産総研保有の製造システムに取り入れ、システムの中で大学シーズ技術の優位性、汎用性を明確化しブラッシュアップを行うことで、産業界への橋渡しを行う試みを行っている。

他研究機関との連携については、海外の大学/研究機関と 18 件の国際共同研究を実施している。また、さらに、理化学研究所とは「理研－産総研 量子技術イノベーションコアワークショップ」を平成 27 年 6 月に共同で開催し、研究者同士の交流を促進した。次世代コンピューティングの有力候補である超電導量子コンピューティング開発を目指して、世界トップレベルの理論研究者、材料研究者を有する理化学研究所と、世界有数の超電導デバイス開発能力を有する産総研が相互補完的に協力しながら共同研究開発の準備を進めている。

(4) 研究人材の拡充、流動化、育成

3. (4) 研究人材の拡充、流動化、育成【3. (1)】

●産総研イノベーションスクール及びリサーチアシスタント制度の活用等による人材育成人数

目標値：8 名

実績値：14 名（平成 27 年 12 月現在）

見込み：14 名

（参考）昨年度実績：5 名

●事前自己評価の評点：A

＜根拠＞技術経営力の強化に資する人材の養成に取り組んでいるか。

当領域では、高性能デバイスや革新的製造技術の開発に向けて、産総研で培った技術を社会実装するための専門人材育成を行っている。若手育成においては、産総研イノベーションスクールで、当領域 2 名のポスドクがトレーニングを受けている。また、リサーチアシスタント制度では修士課程 8 名、博士課程 4 名の学生が研究活動に専念し、産総研で実施されている国の研究開発プロジェクトや、民間企業との共同研究プロジェクト等に参画し、研究成果を学位論文に活かしている。専門人材育成の視点では多くのニーズがある MEMS 技術に着目し、「プロセス」「デバイス」「応用システム」の達人育成を目標に、これら 3 つのテーマで講習会や実習を提供している。こうした MEMS の人材育成に関するプログラムは 3 つあり、イノベーション創出を牽引するプロフェッショナル(NIP)である「ナノテクキャリアアップアライアンス」(CUPAL)は 2 回開催し 4 名に修了証を授与、日本・アジア青少年サイエンス交流事業である「さくらサイエンスプラン」ではタイの若手研究者を 10 日間に渡り 10 名受け入れ、MEMS の実習及び講座を行う「TIA 連携大学院サマー・オープン・フェスティバル」では企業や大学等から合計 12 名の参加があった。これまでの受講者は 100 名以上に及んでいる。

研究人材の流動化の視点では、前述したクロスアポイントメント制度やオープンイノベーションラボラトリを活用し、大学との人事交流を推進している。また、将来の研究マネジメント人材育成として、中堅研究者に研究領域戦略部、所内の運営管理部門、および外部機関に出向させる機会を与えている。

第 4 期から取り入れられた年俸制任期付研究員制度を活用して、4 名の優秀な研究者の採用を決定した。また、ダイバーシティ推進策として、平成 27 年度は、女性研究者 3 名、外国人研究者 3 名を採用した。

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
平成27年度 研究評価委員会
(エレクトロニクス・製造領域)
評価資料(説明資料)

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
エレクトロニクス・製造領域

目次

1. 領域の概要
 - (1) 領域全体の概要・戦略
 - (2) 研究開発の概要
 - ①情報通信システムの高性能化および超低消費電力化技術の開発
 - ②もののインターネット化に対応する製造およびセンシング技術の開発
 - ③ものづくりにおける産業競争力強化のための設計・製造技術の開発
 - ④多様な産業用部材に適用可能な表面機能付与技術の開発
2. 「橋渡し」のための研究開発
 - (1) 「橋渡し」につながる基礎研究(目的基礎研究)
 - (2) 「橋渡し」研究前期における研究開発
 - (3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

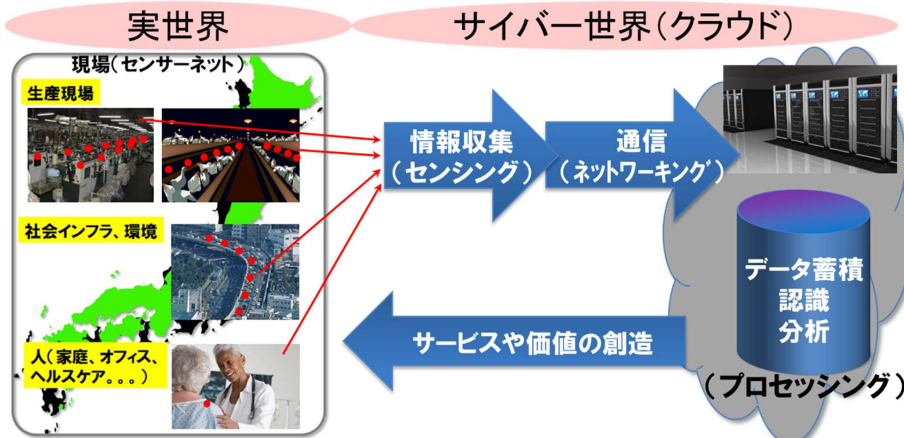
3. 「橋渡し」のための関連業務
- (1) 技術的ポテンシャルを活かした指導助言等の実施
 - (2) マーケティング力の強化
 - (3) 大学や他の研究機関との連携強化
 - (4) 研究人材の拡充、流動化、育成

1. 領域の概要

1. エレクトロニクス・製造領域の概要

(1) 領域全体の概要・戦略 ～ 背景 ～

Internet of Things (IoT)時代の新たな価値の創造



- 社会のあらゆるモノがインターネットに接続され、現場情報のリアルタイム把握が可能に
- 価値のある情報を抽出し、社会にフィードバックすることで高効率な社会システムが実現

1. エレクトロニクス・製造領域の概要

(1) 領域全体の概要・戦略 ～ 課題設定の背景 ～

IoT社会実現には、

- ✓ あらゆるモノから情報を取得するためには無数のセンサが必要、また、無数のセンサからの膨大な情報を高速かつ低消費電力で処理することが必要
- ✓ そのためには高性能かつ低消費電力な情報処理システム、安価かつ高性能なセンシングシステム、高効率かつ高機能付加が可能な先進製造システムの実現が必要不可欠

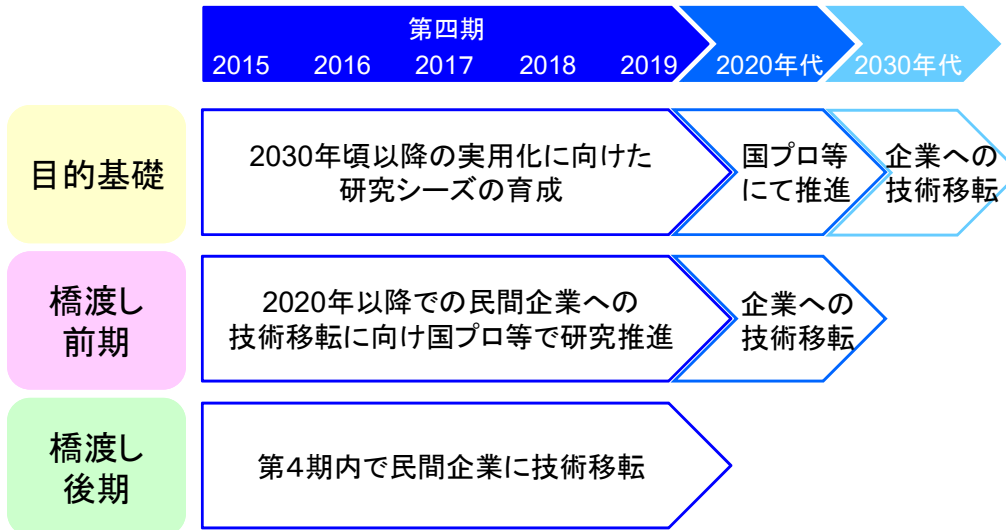
以上の課題に
対応すべく

エレクトロニクス・製造領域重点4課題

- ① 情報通信システムの高性能化および超低消費電力化技術
- ② IoT化に対応する製造およびセンシング技術
- ③ ものづくりにおける産業競争力強化のための設計・製造技術
- ④ 多様な産業用部材に適用可能な表面機能付与技術

1. エレクトロニクス・製造領域の概要

(1) 領域全体の概要・戦略 ～ 研究フェーズ毎のロードマップ ～



1. エレクトロニクス・製造領域の概要

(1) 領域全体の概要・戦略 ～ ポートフォリオ ～

	目的基礎	「橋渡し」前期	「橋渡し」後期
①	電圧トルクMRAM 相変化メモリ 新材料ロジックデバイス・三次元集積 超伝導量子アニーリング機械 GST (Ge-Sb-Te) テラヘルツ検出 フィールドエミッタレイ技術 超伝導トンネル接合 強相関デバイス 新規材料・構造発光デバイス	光情報技術(光バスネットワーク) シリコントンネルFET 偽造防止PUF 磁気抵抗素子を用いたマイクロ発振 光情報技術(シリコンフォトニクス) 超伝導検出器のアレイ化・多重読み出し技術	STT-MRAM カーボンナノチューブ透明電極 FPGA評価ボード 強誘電体FET SQUID搭載回路
②	WoM (Web of Manufacturing)-生産モデル作成技術 WoM-生産計測技術(トリリオンセンサ) 超低周波振動検出・環境発電素子	ネットワークMEMS 布への電極パターンニング法 異種材料・デバイス集積化技術 凝縮性ガス導入光ナノインプリント技術 封止回路の非接触電力伝送・故障診断技術 無線pHセンサ WoM-生産計測技術(実情報-現場センサ紐付) フレキシブル熱電変換素子 ウェアラブル生体センサ技術	プラズモン・導波モードセンサ 高感度分光センサ WoM-生産計測技術(工場エネルギー測定)
③	真空中レーザー積層造形技術 複層デポジション技術 塗布型フレキシブル圧電シート 応力発光材料 印刷形成メモリ素子	フレキシブル印刷製造技術 上流設計マネージメント 3次元積層造形技術 電解・レーザー複合加工技術 高速・低速プレス加工の複合化技術 高効率フローリアクタ 導電性伸縮性ラップフィルム	ミニマルファブ マイクロ・ナノ微細形成技術 厚膜高精細高均質印刷配線パターン形成 スクリーンオフセット技術
④		ハイブリッドAD(エアロゾルデポジション)法 LIJ(レーザー援用インクジェット法)	光MOD(金属有機化合物分解)法 AD(エアロゾルデポジション)法

1. エレクトロニクス・製造領域の概要

(1) 領域全体の概要・戦略 ～ 研究開発実施体制 ～

- 領域長: 金丸 正剛
- 研究戦略部長: 原市 聡
- 研究企画室長: 昌原 明植
- 研究者数: 研究者(常勤)286名、特別研究員24名、招聘研究員24名、RA12名、計346名
- 研究センター(Research Center)

スピントロニクス
RC
湯浅新治
4チーム
17名

フレキシブルエ
レクトロニクスRC
鎌田俊英
5チーム
22名

集積マイクロ
システムRC
廣島洋
6チーム
22名

先進コーティング
技術RC
明渡純
3チーム
15名

- 研究部門(Research Institute)

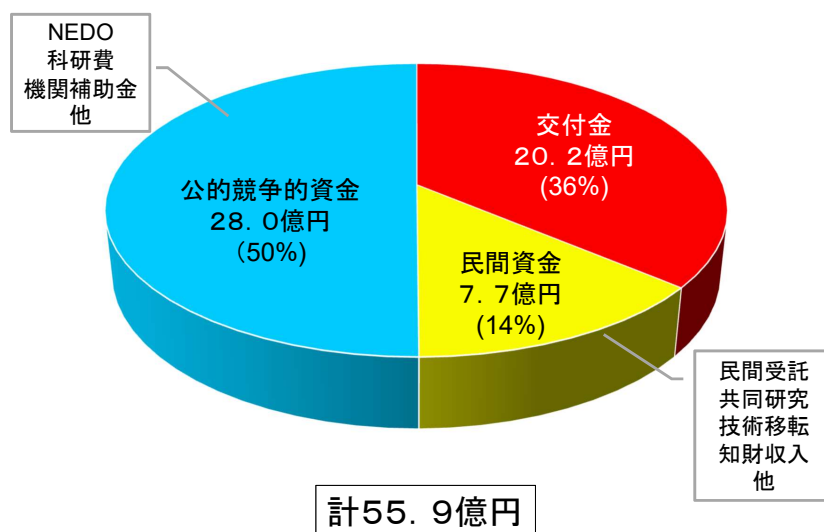
ナノエレクトロニクスRI
安田哲二
10グループ
58名

電子光技術RI
森雅彦
13グループ
84名

製造技術RI
市川直樹
12グループ
68名

1. エレクトロニクス・製造領域の概要

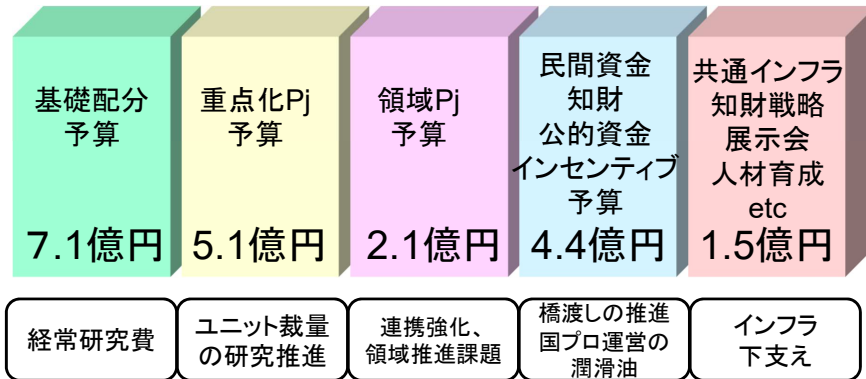
(1) 領域全体の概要・戦略 ～ 領域研究予算内訳 ～



1. エレクトロニクス・製造領域の概要

(1) 領域全体の概要・戦略 ～ 運営費交付金配賦方針 ～

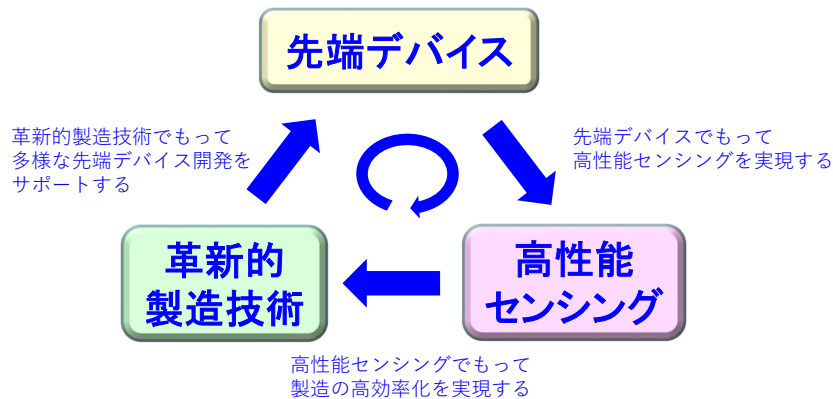
H27年度領域予算(運営費交付金) 20.2億円



1. エレクトロニクス・製造領域の概要

(1) 領域全体の概要・戦略 ～ 重点化プロジェクト ～

- ◆ 先端デバイス、高性能センシング、革新的製造技術の融合により、変化するものづくりをリードする
- ◆ 重点化プロジェクトは、各技術の高度化に資する研究に配分
- ◆ ボトムアップ

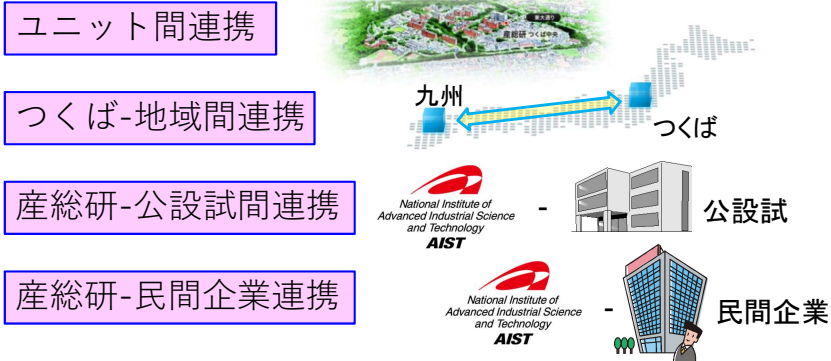


1. エレクトロニクス・製造領域の概要

(1) 領域全体の概要・戦略 ～ 領域プロジェクト ～

◆ 連携強化プロジェクト

領域内ユニット間連携、つくば-地方センター連携、産総研-公設試連携、産総研-民間企業の強化を目指す



◆ 領域推進研究プロジェクト

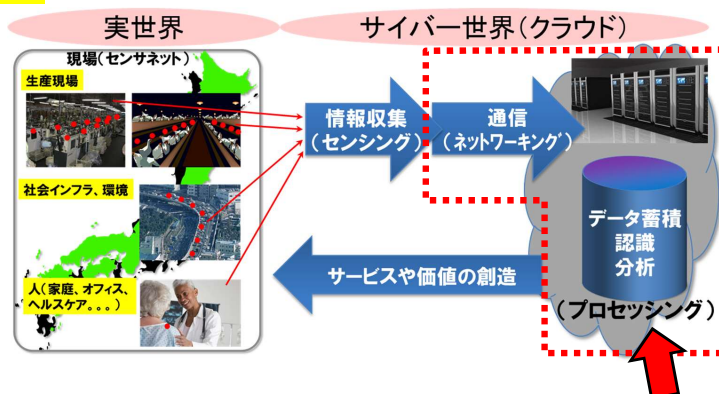
領域の次の看板となる新規研究課題の創成を目指す

1. エレクトロニクス・製造領域の概要

(2) 研究開発の概要 ～ 課題① ～

① 情報通信システムの高性能化および超低消費電力化技術

位置づけ



✓ 省電力で高性能なIT機器の開発
と新しい情報処理技術を創出

1. エレクトロニクス・製造領域の概要

(2) 研究開発の概要 ～ 課題① ～

①情報通信システムの高性能化および超低消費電力化技術

目標

- ✓ 情報データの処理量や通信量の増加に対応するため、省電力で高性能なIT機器を実現する情報処理・記憶デバイス技術とその集積化技術、あるいはフォトニクス関連技術等を開発
- ✓ 更なる高性能化に向けたポストスケーリング集積化技術の確立や新しい情報処理技術を創出

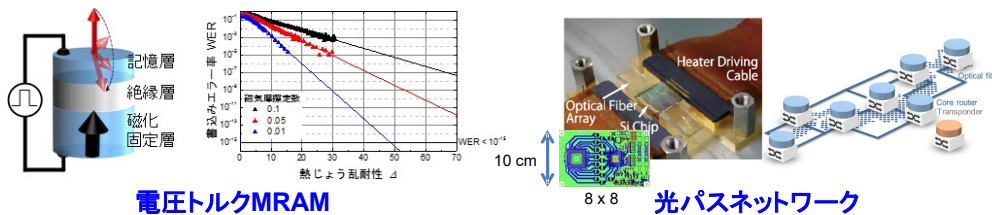
1. エレクトロニクス・製造領域の概要

(2) 研究開発の概要 ～ 課題① ～

①情報通信システムの高性能化および超低消費電力化技術

ポートフォリオと主な成果

	目的基礎	「橋渡し」前期	「橋渡し」後期
①	電圧トルクMRAM 相変態メモリ 新材料ロジックデバイス・三次元集積 超伝導量子アニーリング機械 GST (Ge-Sb-Te) テラヘルツ検出 フィールドエミッタアレイ技術 超伝導トンネル接合 強相関デバイス 新規材料・構造発光デバイス	光情報技術(光バスネットワーク) シリコントンネルFET 偽造防止PUF 磁気抵抗素子を用いたマイクロ発振 光情報技術(シリコンフォトニクス) 超伝導検出器のアレイ化・多重読み出し技術	STT-MRAM カーボンナノチューブ透明電極 FPGA評価ボード 強誘電体FET SQUID搭載回路

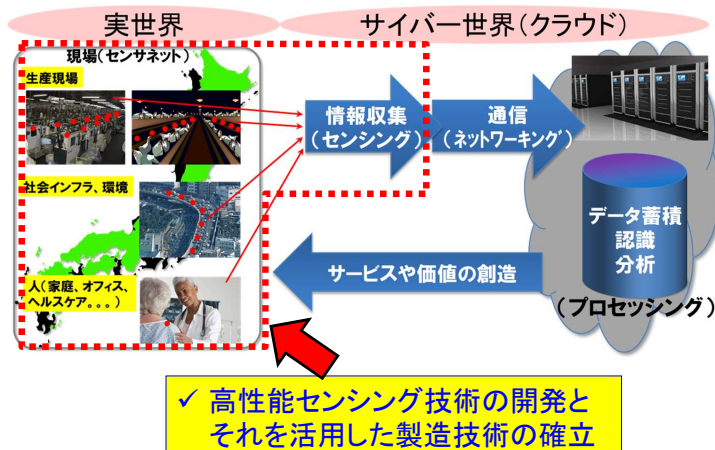


1. エレクトロニクス・製造領域の概要

(2) 研究開発の概要 ～ 課題② ～

②IoT化に対応する製造およびセンシング技術

位置づけ



1. エレクトロニクス・製造領域の概要

(2) 研究開発の概要 ～ 課題② ～

②IoT化に対応する製造およびセンシング技術

目標

- ✓ 製造レジリエンス強化と産業競争力強化を目指した製造網(Web of Manufacturing)を実現
- ✓ 社会インフラの維持管理を効率化・高度化を可能とする新たなセンシング技術、センサネットワーク技術、収集データ利用技術などを開発

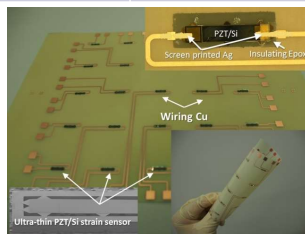
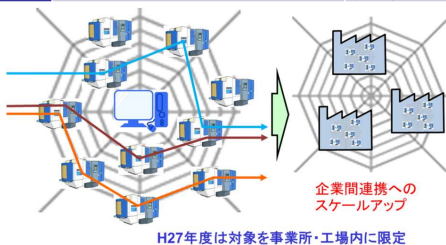
1. エレクトロニクス・製造領域の概要

(2) 研究開発の概要 ～ 課題② ～

②IoT化に対応する製造およびセンシング技術

ポर्टフォリオと主な成果

	目的基礎	「橋渡し」前期	「橋渡し」後期
②	WoM (Web of Manufacturing)-生産モデル作成技術 WoM-生産計測技術(トリオンセンサ) 超低周波振動検出・環境発電素子	ネットワークMEMS 布への電極パターンニング法 異種材料・デバイス集積化技術 凝縮性ガス導入光ナノインプリント技術 封止回路の非接触電力伝送・故障診断技術 無線pHセンサ WoM-生産計測技術(実情報-現場センサ組付) フレキシブル熱電変換素子 ウェアラブル生体センサ技術	プラズモン・導波モードセンサ 高感度分光センサ WoM-生産計測技術(工場のエネルギー測定)



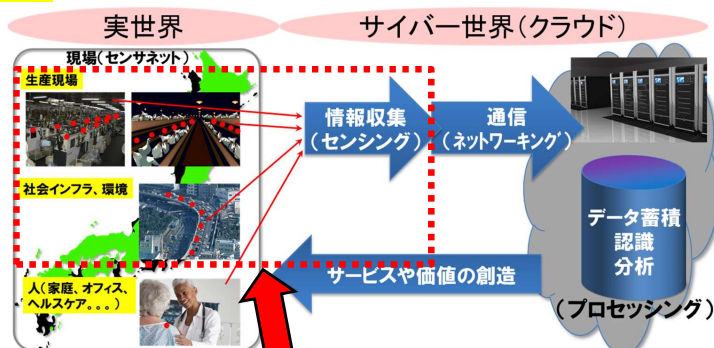
1. エレクトロニクス・製造領域の概要

(2) 研究開発の概要 ～ 課題③および④ ～

③ものづくりにおける産業競争力強化のための設計・製造技術

④多様な産業用部材に適用可能な表面機能付与技術

位置づけ



✓ 省エネ、省資源、低コスト、高付加価値化が可能な製造技術の確立

1. エレクトロニクス・製造領域の概要

(2) 研究開発の概要 ～ 課題③および④ ～

- ③ものづくりにおける産業競争力強化のための設計・製造技術
- ④多様な産業用部材に適用可能な表面機能付与技術

目標

- ✓ 産業や社会の多様なニーズに対応した製品を省エネ、省資源、低コストで製造するために、設計マネジメント技術、印刷デバイス技術、ミニマルファブ技術、積層加工技術などを開発
- ✓ 製品の更なる高付加価値化を目指し、高機能フレキシブル電子材料等の新材料、機能発現形成型技術等を開発
- ✓ パワーモジュール、燃料電池、構造材料等、種々の産業用部材、基材に対し自在なコーティングを可能とするために、コーティング技術を高度化

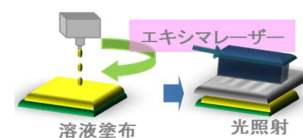
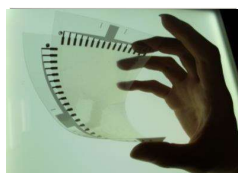
1. エレクトロニクス・製造領域の概要

(2) 研究開発の概要 ～ 課題③および④ ～

- ③ものづくりにおける産業競争力強化のための設計・製造技術
- ④多様な産業用部材に適用可能な表面機能付与技術

ポートフォリオと主な成果

	目的基礎	「橋渡し」前期	「橋渡し」後期
③	真空中レーザー積層造形技術 複層デポジション技術 塗布型フレキシブル圧電シート 応力発光材料 印刷形成メモリ素子	フレキシブル印刷製造技術 上流設計マネジメント 3次元積層造形技術 電解・レーザー複合加工技術 高速・低速プレス加工の複合化技術 高効率フローリアクタ 導電性伸縮性ラップフィルム	ミニマルファブ マイクロ・ナノ微細形成技術 厚膜高精度高均質印刷配線パターン形成 スクリーンオフセット技術
④		ハイブリッドAD(エアロゾルデポジション)法 LIJ(レーザー援用インクジェット法)	光MOD(金属有機化合物分解)法 AD(エアロゾルデポジション)法



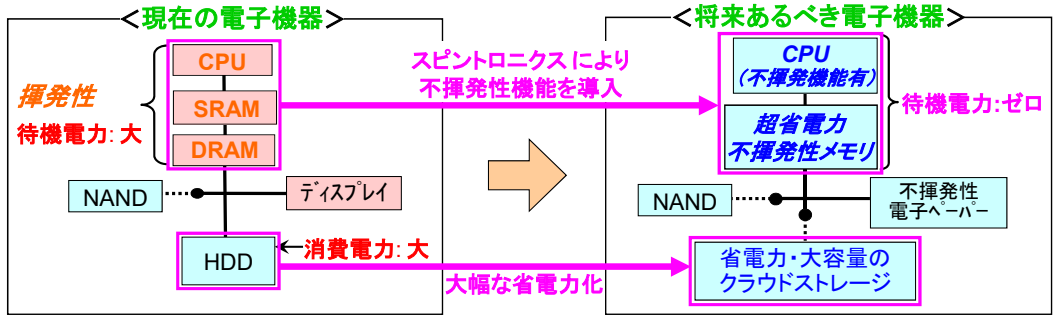
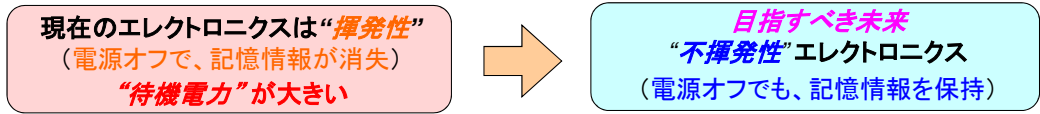
2. 「橋渡し」のための研究開発

2. 「橋渡し」のための研究開発

(1) 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）

- ・スピントロニクス技術
- ・ Web of Manufacturing

課題の背景と目的



<現状の問題点>

頻繁な充電が必要なモバイルIT機器

コンセントに繋ぎっぱなしの充電器が増加中

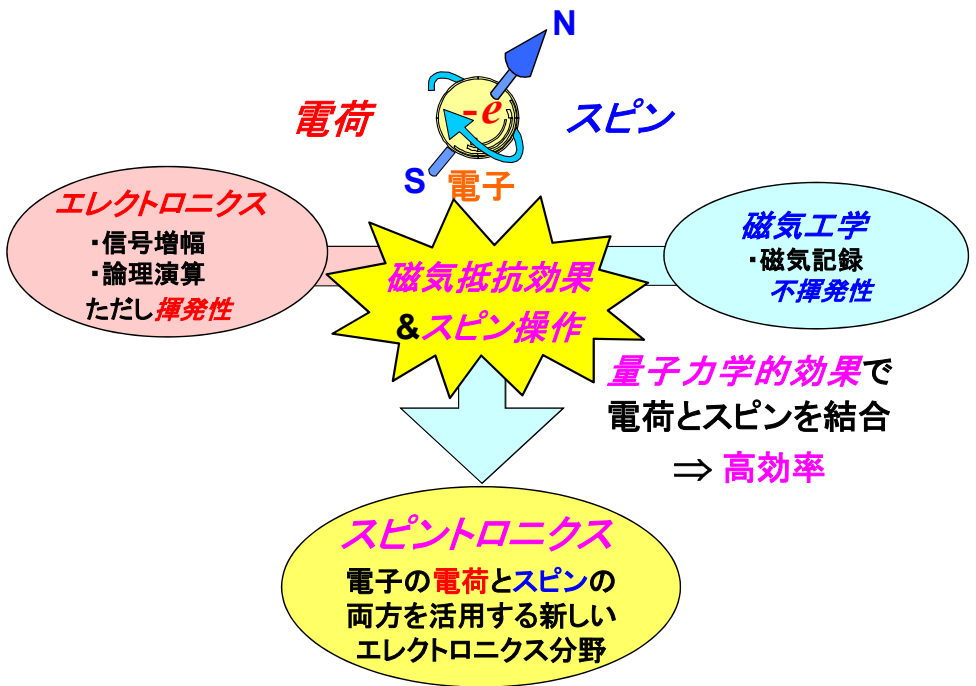
急増するIT関連のCO₂排出量
(Global e-Sustainability Initiativeより)

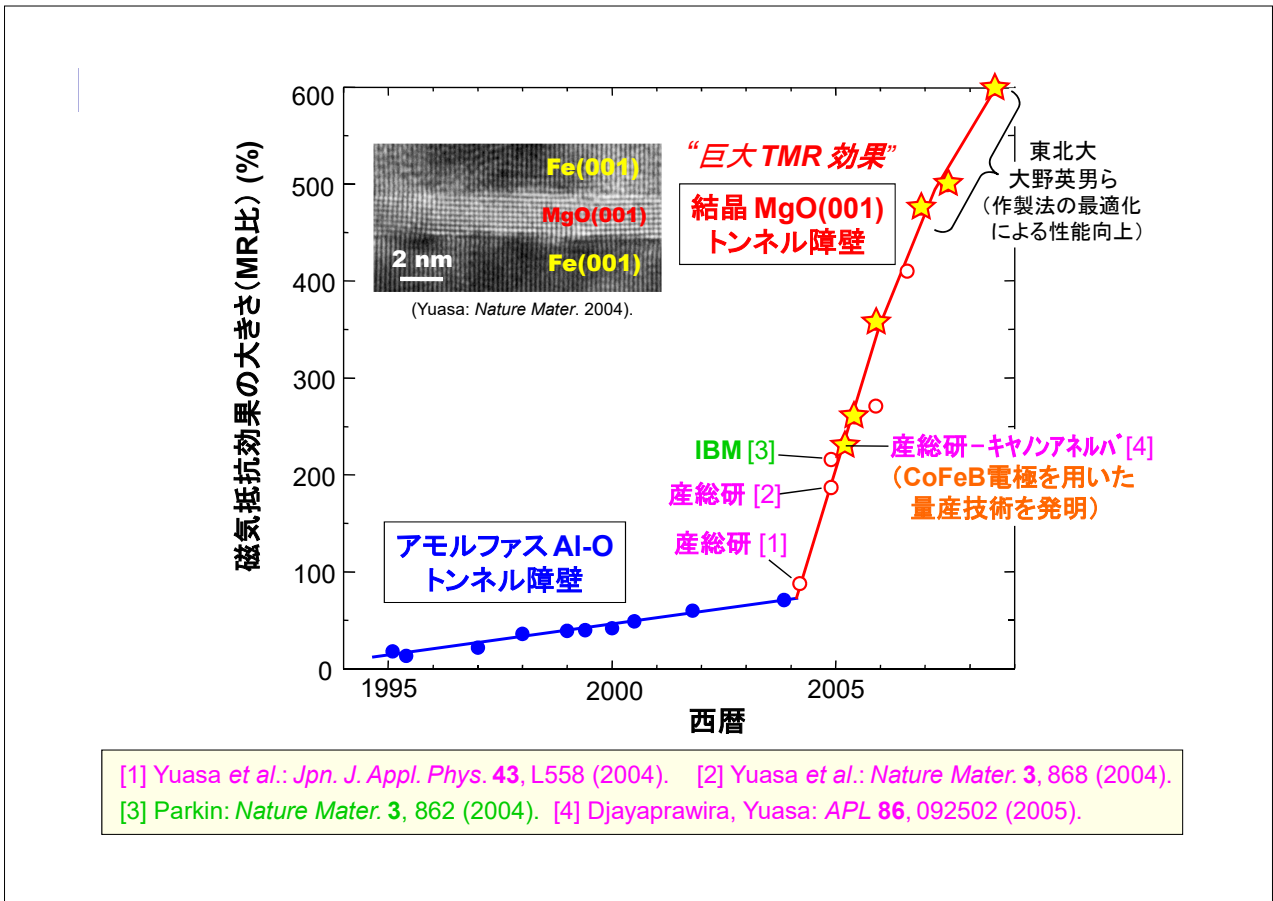
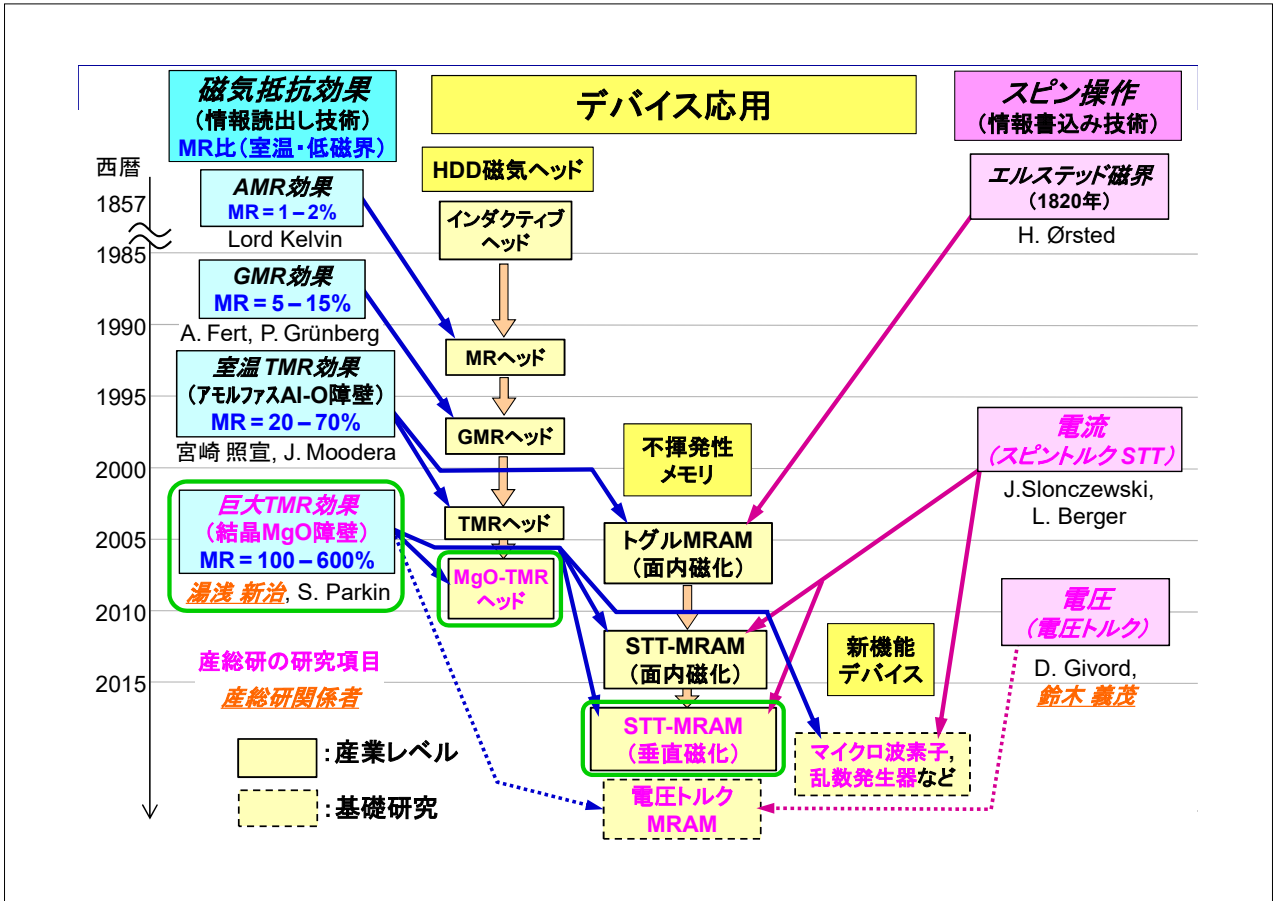
年	データセンター	ネットワーク	端末機器
2002	0.32	0.18	0.05
2011	0.55	0.2	0.09
2020	1.27	0.79	0.47

<目的>

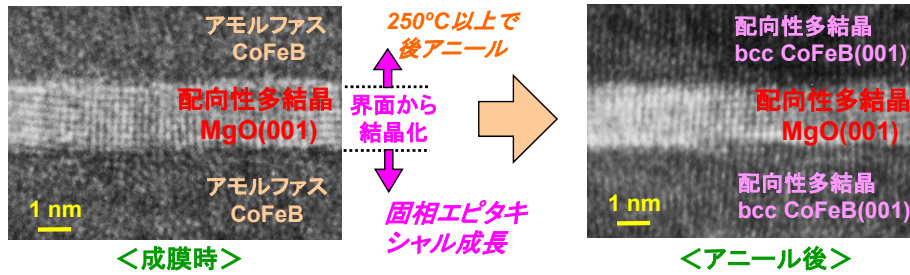
- ・充電無しで長期間使用可能なIT機器
- ・大規模災害・長期間停電でも情報にアクセス可能な、安全・安心な社会
- ・技術革新を契機にした日本の半導体産業の再興

スピントロニクス





産総研 & キヤノンアネルバ (製造装置メーカー) 共同開発

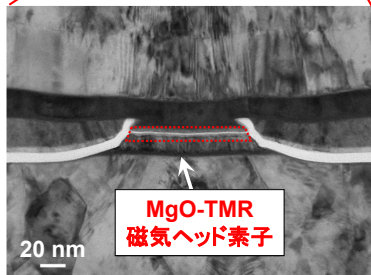


産業用の大型スパッタ装置 (産総研にも設置) を用いて量産プロセスを実現

世界中のHDDメーカー・半導体メーカーが、生産や製品開発に活用中

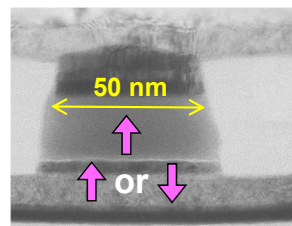
MgO-TMR磁気ヘッド

- ・現在、全てのHDDに搭載
- ・HDD記録密度が5倍に増大

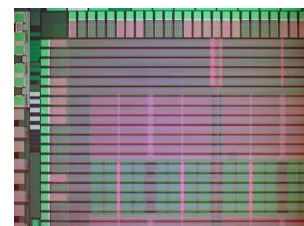
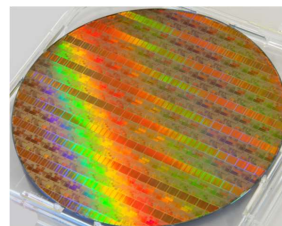


垂直磁化STT-MRAM

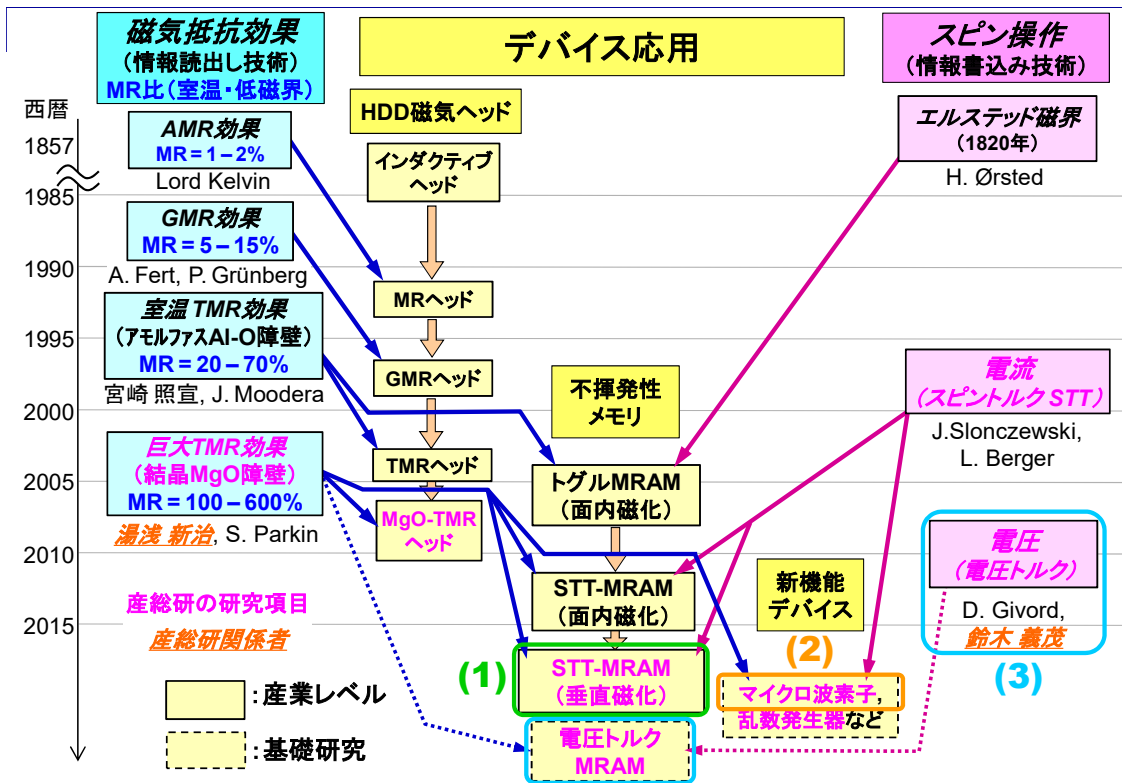
- ・東芝と共同で、大容量化に適した垂直磁化方式のSTT-MRAMを開発 (IEDM 2008 など)
- ・実用化に向けていよいよ大詰め (橋渡し後期)



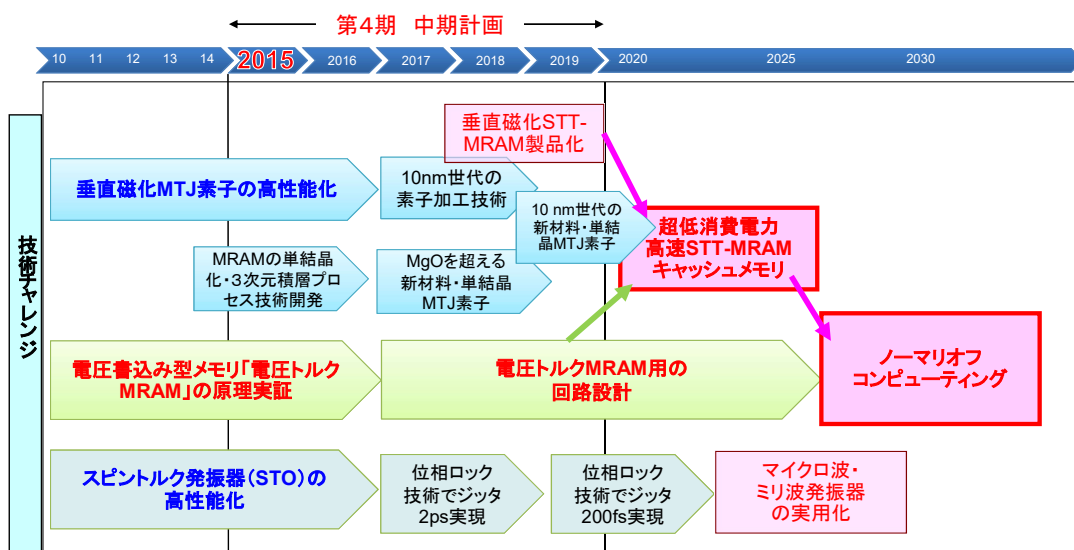
垂直磁化MTJ素子



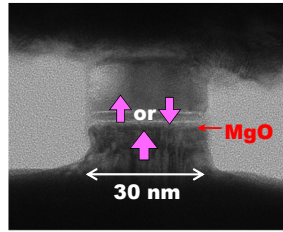
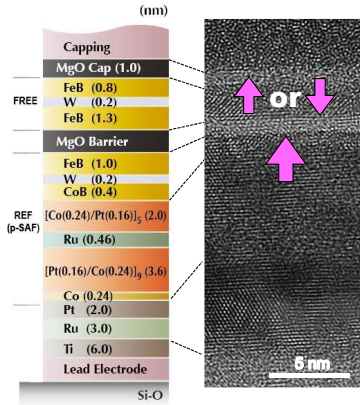
300 mmウェーハ上に作製された試作チップ (東芝ご提供)



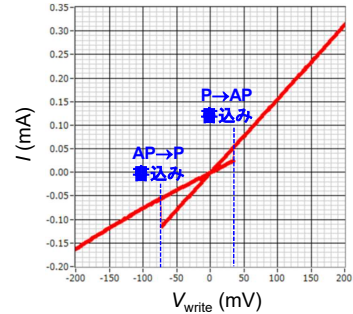
スピントロニクス技術 ロードマップ



次世代不揮発性メモリ「STT-MRAM」の微細化と超低電圧駆動を可能する素子を開発



理想的な側壁形状を持つ直径30 nmの垂直磁化MTJ素子の作製に成功

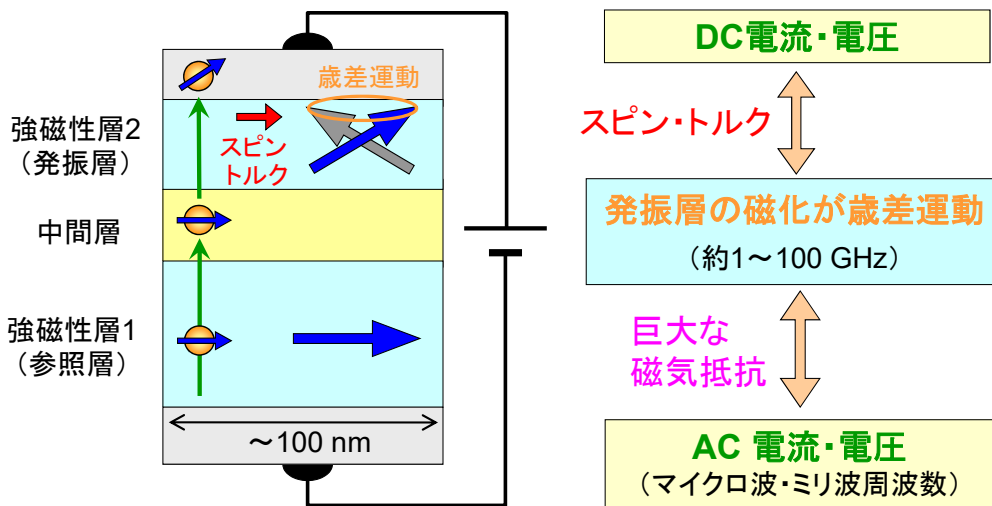


100 mV以下の超低電圧書き込みを実現

実用構造の垂直磁化MTJ素子において、高集積化のための高MR比と超低抵抗を実現

- ・垂直磁化STT-MRAM用の実用構造のMTJ素子において、作製プロセスの改良によって高MR比と超低抵抗を両立し、超Gbit級STT-MRAMの素子設計を可能にした。
- ・同MTJ素子を用いて、100 mV以下の超低電圧での書き込みを実現(世界最高データ)
- ・K. Yakushiji et al., Appl. Phys. Express 8, 083003 (2015).
- ・K. Yakushiji et al., Appl. Phys. Express 9, 013003 (2016).
- ・プレス発表 2015年12月17日

MgO-MTJ素子とスピントルクによる マイクロ波デバイス機能

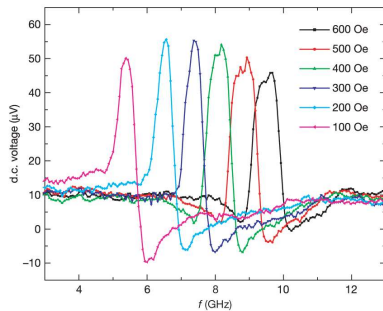


ナノサイズのMgO-MTJ素子は、

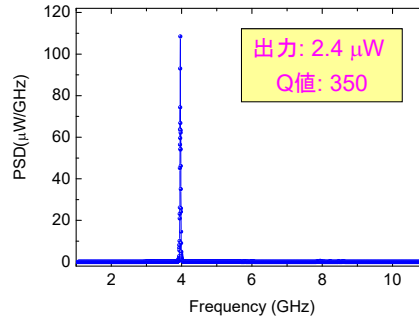
- ・マイクロ波発振器 (Spin-Torque Oscillator: **STO**)
- ・マイクロ波検波器 (Spin-Torque Diode: **STD**)として機能する

MgO-MTJ素子のマイクロ波発振・検波機能に関するこれまでの研究経緯
産総研, 大阪大, フランスCNRS-Thales の共同研究

Tulapurkar, SY, et al., *Nature* **438**, 339 (2005).
 Kubota, SY et al., *Nature Phys.* **4**, 37 (2008).
 Deac, SY et al., *Nature Phys.* **4**, 803-809 (2008).
 Dussaux, SY et al., *Nature Comm.* **1**, 8 (2010).
 Miwa, SY et al., *Nature Materials* **13**, 50 (2013).
 Jenkins, SY et al., *Nature Nano.* (2016).

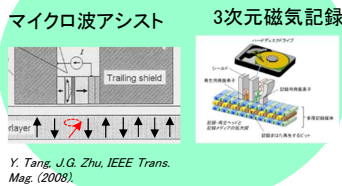


マイクロ波検波 (STD)



マイクロ波発振 (STO)

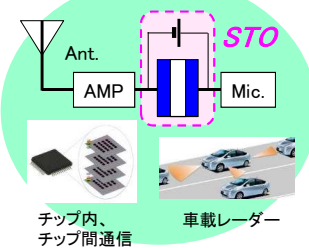
高周波磁界を用いた
高密度磁気記録ヘッド



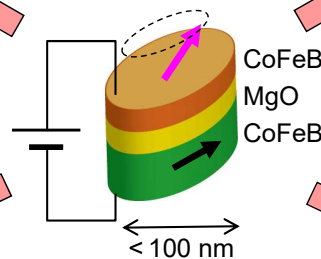
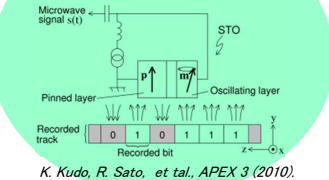
ナノサイズの超小型発振器

- ・共振回路が不要、素子構造が単純、BEOLの集積が容易
- ・種々の応用が提案されている

小型発振器



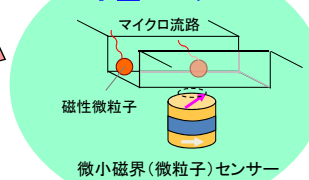
周波数変調型の
再生磁気ヘッド



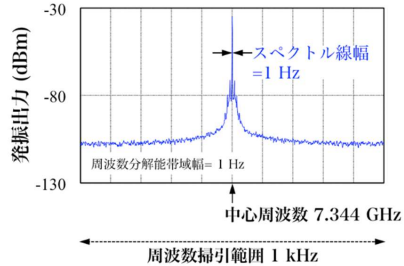
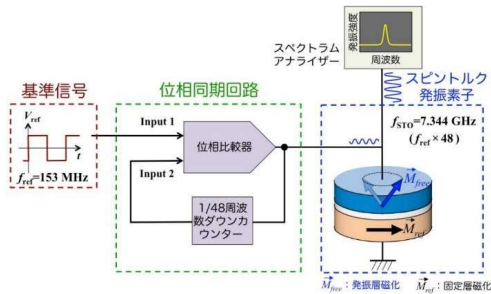
実用化に向けた課題

- (1) 高出力化
- (2) 動作帯域の拡大
- (3) 位相制御、高Q値化

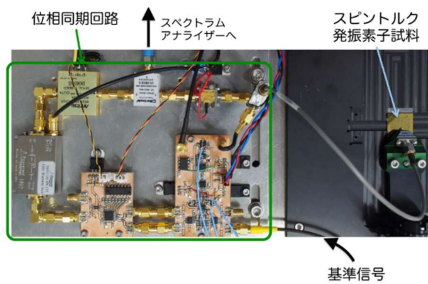
小型センサー



磁気抵抗素子を用いたマイクロ波発振(スピントルク発振器)の周波数を安定化
— 位相同期回路(Phase-Locked Loop: PLL)による位相制御と高Q値化を実現 —

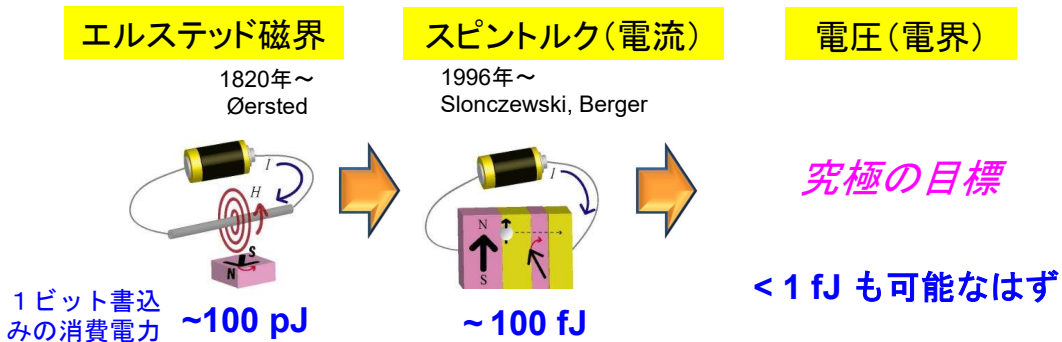


線幅は、測定限界の1 Hz未満まで小さくなり、周波数の安定性が格段に向上(世界最高Q値)



- ・スピントルク発振器のPLLを実現(世界初)
- ・スピントルク発振素子の通信応用のためのブレークスルー
- ・基本特許を出願(特願2015-093384、PCT出願も予定)
- ・S.Tamaru et al., *Scientific Reports* 5, 18138 (2015).
- ・プレス発表 2015年12月11日

電圧によるスピン操作の狙い

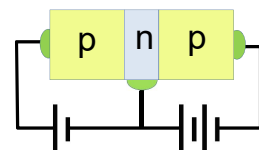


エレクトロニクス分野との対比

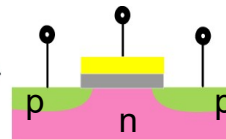
真空管



バイポーラトランジスタ



FET (CMOS)



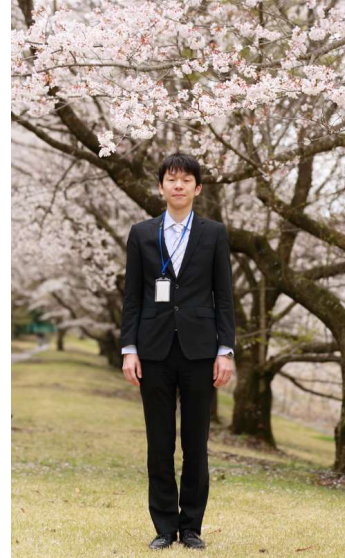
電圧書き込みを用いた「電圧トルクMRAM」基盤技術開発の中核メンバー



鈴木 義茂(大阪大教授)
(産総研チーム長兼務)

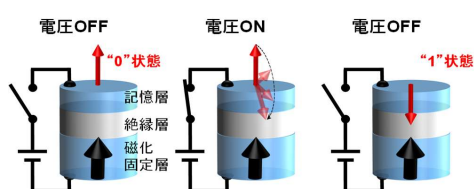


野崎 隆行(産総研)
大阪大から産総研に移籍

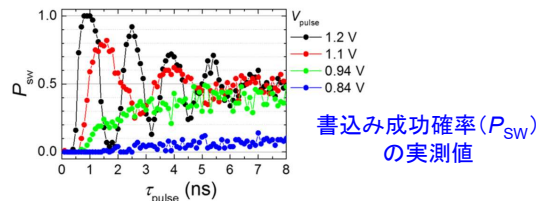


塩田 陽一(産総研)
大阪大から産総研に移籍

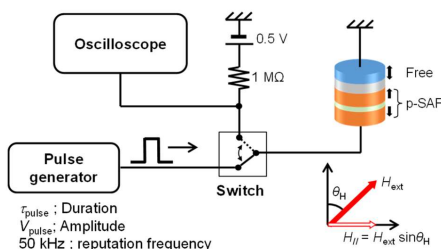
電圧書き込み方式不揮発性メモリ「電圧トルクMRAM」の書き込みエラー率を評価



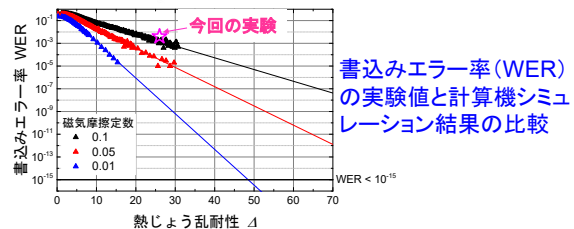
超高速パルス電圧による磁化反転(書き込み)の模式図



書き込み成功確率(P_{sw})
の実測値



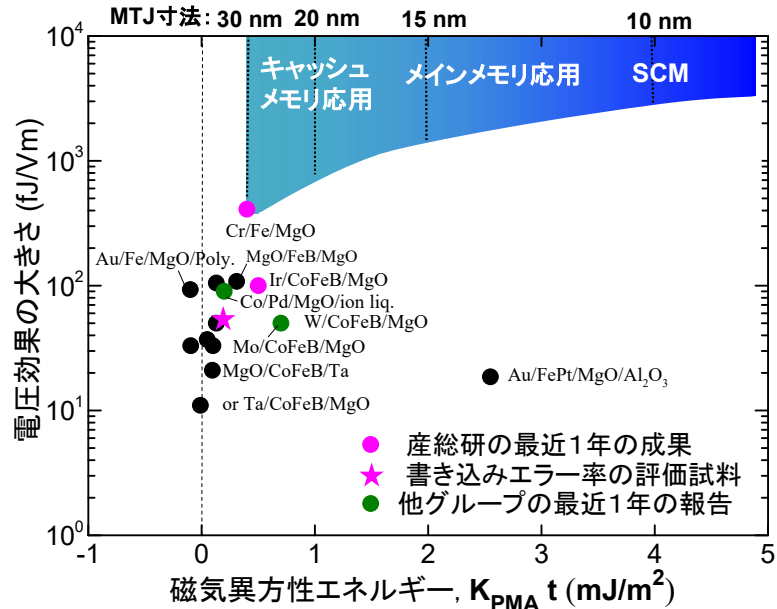
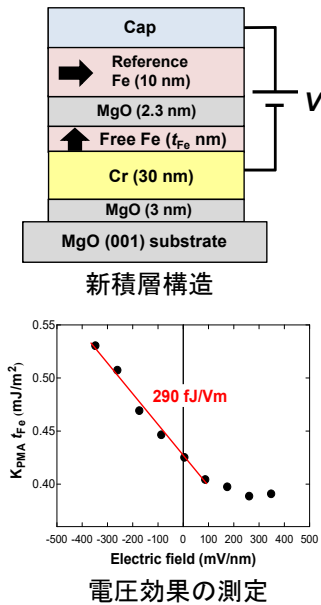
超高速書き込みの評価回路
(10^5 回の試行を2秒間で実行)



書き込みエラー率(WER)
の実験値と計算機シミュレーション結果の比較

- ・実用上重要な書き込みエラー率(WER)を評価(世界初)
- ・ 10^{-3} 台のWERを実現、 $10^{-10} \sim 10^{-15}$ も実現可能であることを示唆
- ・Y. Shiota *et al.*, *Appl. Phys. Express* **9**, 013001 (2016).
注目論文「SPOTLIGHTS」に選出(選出率5%以下)
- ・プレス発表 2015年12月10日

積層構造の工夫(Cr/超薄膜Fe/MgO)により、電圧効果の大幅な増大に成功
(原子変位を伴わない純粋な電圧効果としては世界最高値)



国内外の研究機関に対するベンチマーク

- STT-MRAMに関しては、NDAの関係上、ベンチマークを割愛
- スピントルク発振器STO

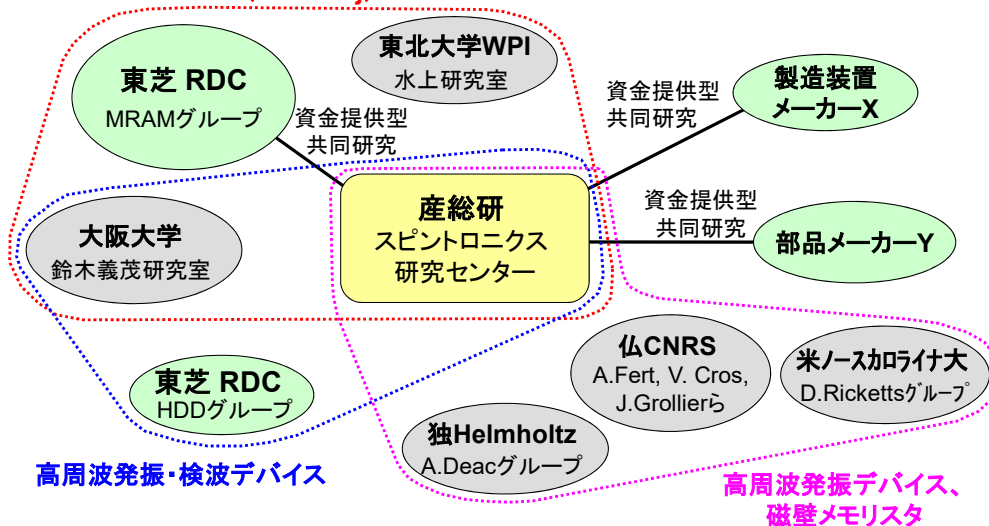
	発振出力	周波数帯域の広さ	位相制御 (PLL含む)	基礎物理	産業界との連携
産総研-大阪大-CNRS	○	○	◎	△	◎
NIST	△	○	○	○	△
Cornell大	×	△	×	○	×
CEA-Spintec	△	○	△	△	○
ヨーテポリ大	×	◎	△	○	○

- 電圧トルクMRAM

	電圧効果の大きさ	熱擾乱耐性	書き込み電力	基礎物理	産業界との連携
産総研(ImPACT連合)	○	△	○	◎	◎
UCLA	○	△	○	○	◎
東北大・通研	△	×	○	○	△
Johns-Hopkins大	△	△	△	△	△
A*STAR	△	×	△	△	○

産学連携、国際連携の状況 ①: STT-MRAM、高周波デバイス

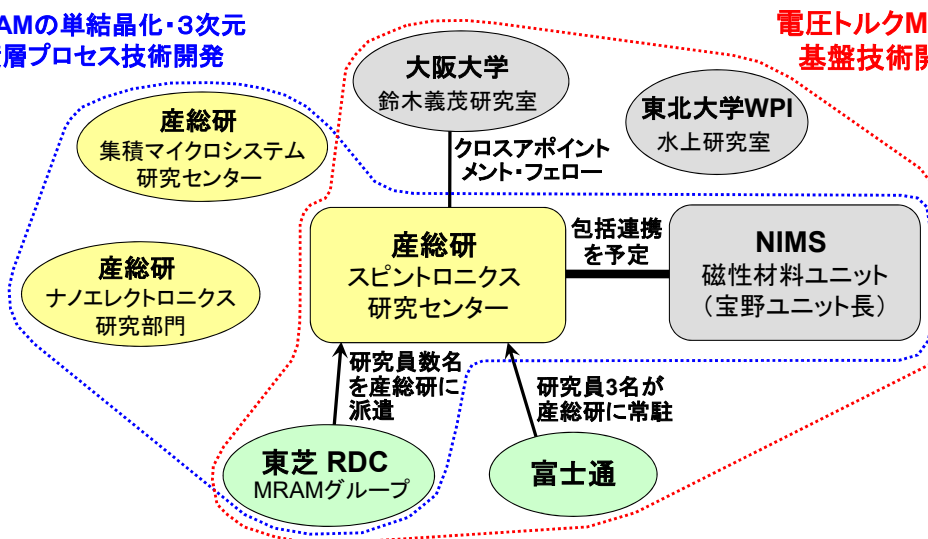
不揮発性メモリSTT-MRAM (NEDO-Pj)



産学連携、国際連携の状況 ②: ImPACTプログラム

MRAMの単結晶化・3次元 積層プロセス技術開発

電圧トルクMRAM 基盤技術開発



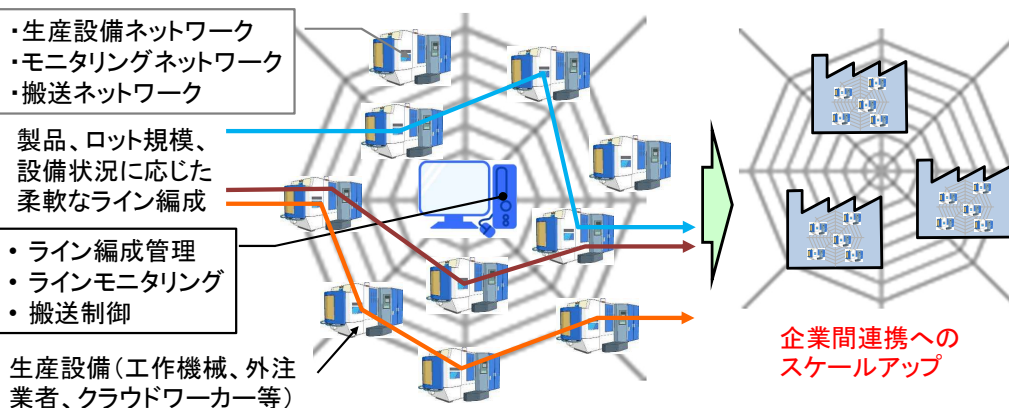
2. 「橋渡し」のための研究開発

(1) 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）

- ・スピントロニクス技術
- ・製造網（Web of Manufacturing）

製造網（Web of Manufacturing）とは

複雑化する製造環境のもと、製造に大きな影響を与える**情報が本質的に不可知**あるいは**不確実**な状況下において、**間接情報からそれらの情報を導出し、広範囲に分散した製造設備や労働力を柔軟かつ効率的に活用して、製造設備ネットワーク全体として高い付加価値を創出**することを目指す製造パラダイム



課題の背景と目的

製造網 (Web of Manufacturing)

背景:

災害や不具合事象からの生産システム回復力(レジリエンス)強化が求められている。またIndustrie4.0(独)、Industrial Internet(米)など生産システム自動化・効率化の革新技術開発が活発化している。どちらも、CPS (Cyber Physical System) を用いた生産計画、生産設備、生産計測システムを統合した**生産モデルの構築が必要不可欠**となる。個別のモデル化はなされているところもあるが、複雑なネットワーク構造の生産モデル化ができず、その手法開発がレジリエンス強化および生産システム自動化・効率化の重要なポイントになる。

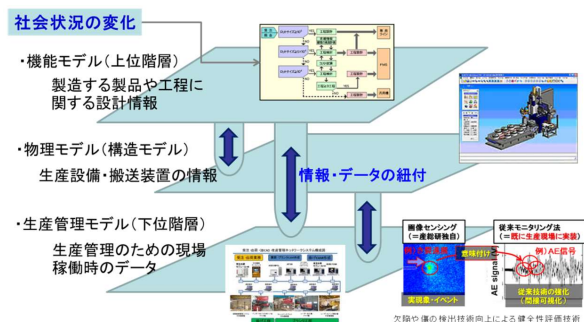
目的:

ネットワーク化された生産設備運用管理のための**生産モデル構築手法と計算機支援手法の提案**。

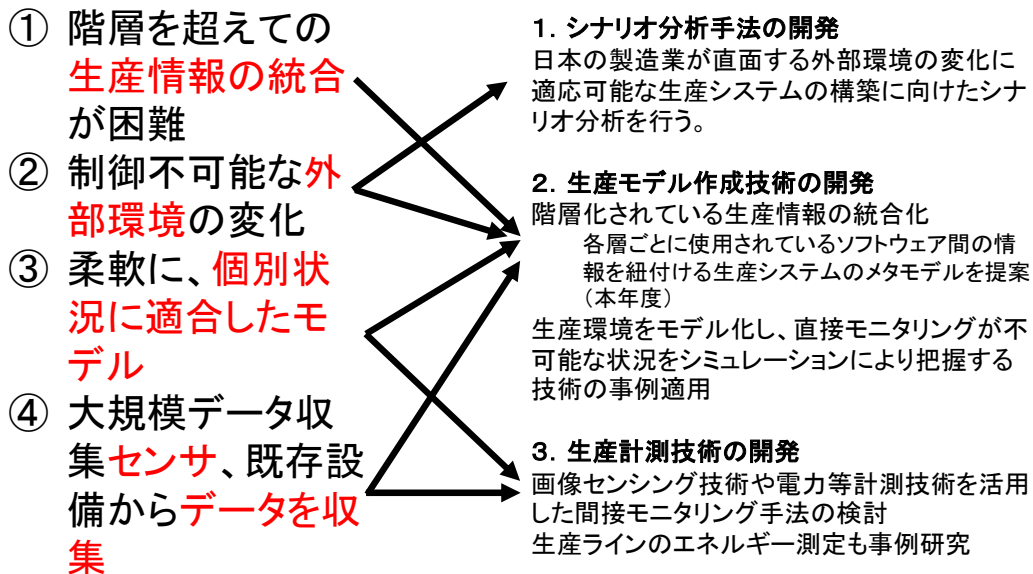
生産モデルの構築

・ モデル構築の問題点

- ① 階層ごとのモデルはつくれるところもあるが、分断されており、階層を超えての**生産情報の統合が困難**
- ② 制御不可能な**外部環境(社会、経済等)**の変化を考慮することが不可欠
- ③ 柔軟に、**個別状況に適合したモデル**を現場の人が作れない
- ④ 大規模データの収集に適した**センサ**がなく、また既存システムからの意味ある**データを収集**することも困難

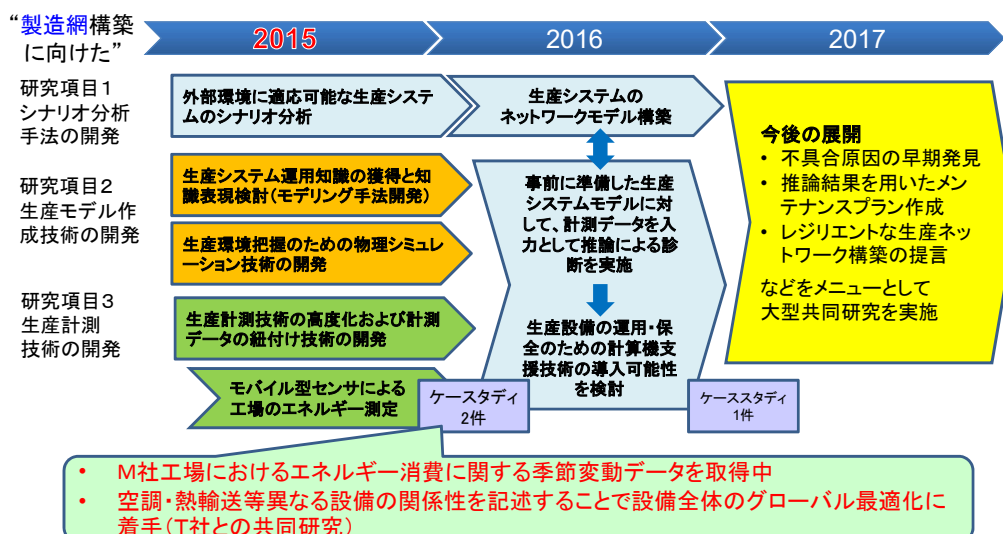


問題点に対応した研究項目の設定



(1) 「橋渡し」につながる基礎研究

製造網 (Web of Manufacturing) ロードマップ



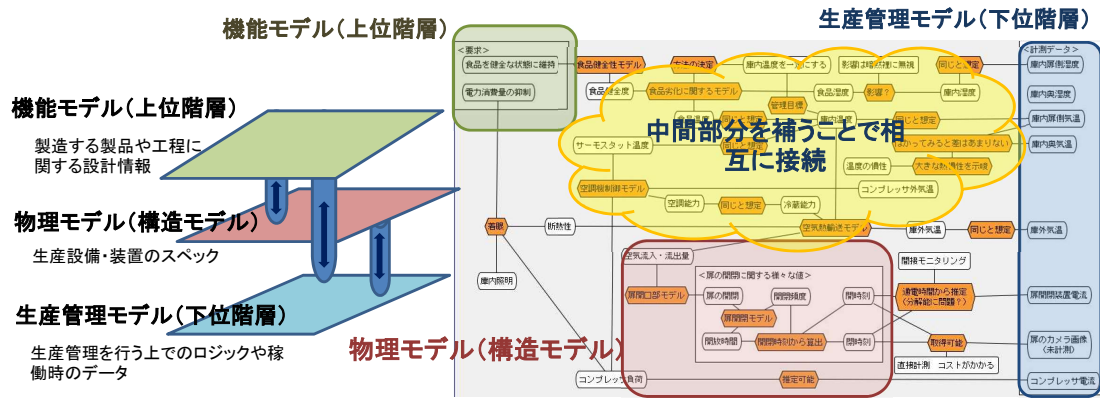
生産システム運用知識の獲得と知識表現検討

●新規性

異なる種類の生産設備情報や、階層が異なることに起因する**粒度・属性の違う生産情報**を体系的に紐付けるためのデータモデルの一元化記述方法を**グラフ化ソフト**を用いて提案・**具体的事例に活用**、規格化を目指す

●期待される応用先

大規模施設における異なる設備系統の情報流通を行うことでの最適化システムなど



MEMSセンサによる製造設備モニタリング事例

— 冷蔵倉庫データモデル構築 —

冷蔵倉庫に対する要求

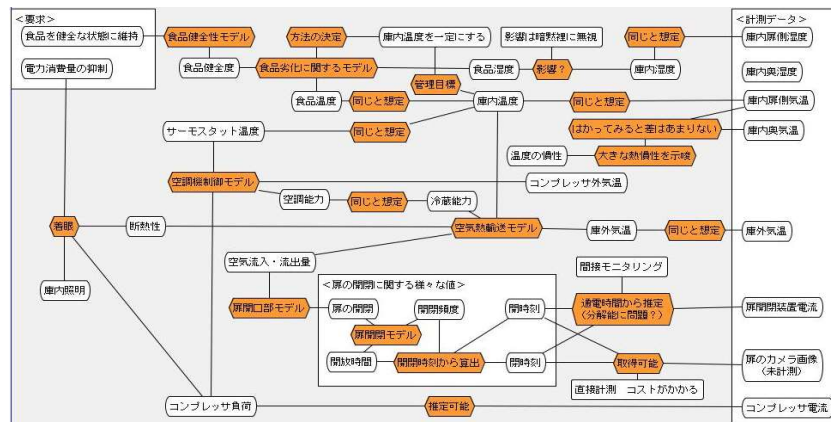
- 庫内の食品を健全な状態に維持 → **庫内温度を一定範囲に維持**
- 電力消費量の抑制 → **コンプレッサ負荷の抑制**



グラフ化ソフトによるデータモデル(関連性)一元化表示

電力による間接モニタリング手順の規格化

- Step1: 課題の定義
- Step2: 仮説の生成
- Step3: データモデルの作成
- Step4: 測定と評価



生産環境把握のための物理シミュレーション技術の開発

●従来の問題点

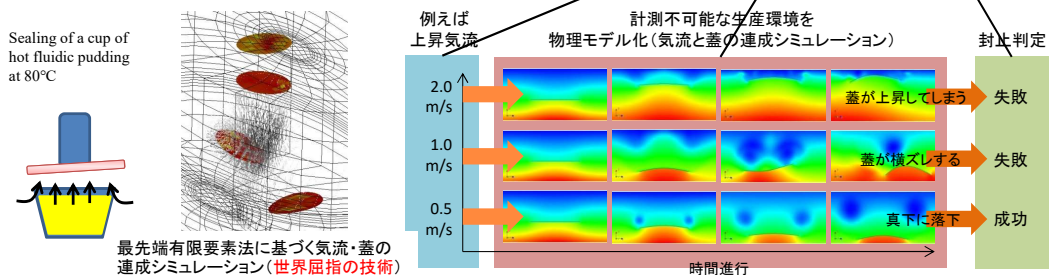
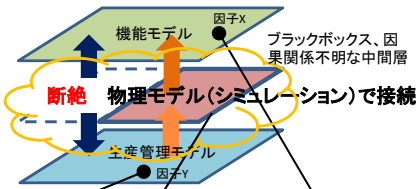
モニタリング困難な生産環境は影響因子が不明で改善困難。生産モデル作成においても、生産管理モデル(計測可能データ)と機能モデルの関係が不明。双方を関係付ける物理モデルと物理シミュレーション手法が必要。

●新規性・進捗

世界屈指のマルチフィジクス有限要素法に基づく物理モデリング手法を開発・適用。ブラックボックスであった食品封止プロセスを事例に改善のための生産管理モデルと機能モデルの因果関係を見つけることに成功。

●期待される応用や発展性

モニタリング困難な環境の有限要素法による直接数値シミュレーション。今後の発展として、計測可能データとの同化シミュレーションなど。



外部環境に適用可能な生産システムのシナリオ分析

イベントツリーを用いることによって、Industrie4.0によって将来的に展開しうる日本の製造業の状況を網羅的に記述することができた

●従来の問題点および新規性

シナリオ分析手法が注目される中、日本の製造業のシナリオ分析も行われるようになってきたが、外部環境の変化に対してシナリオ分析と実際の生産システムとを結び付けてシステム設計している例は無く、**今回が初の試み**である。

●今年度成果と今後の展開

日本の製造業の将来像をブレインストーミングによって発想するために**イベントツリー**を活用し、外部要因としてドイツの提唱する**Industrie4.0の影響**を分析(上図)。今後、シナリオ分析の結果と生産システムの間で流通すべき生産環境情報等を分析していく。

青枠で囲われた二つの帰結が導き出されており、ひとつは日本製品が海外市場で販売できなくなる状況、もうひとつは国内工場のネットワーク・通信規格のガラパゴス化にともない、日本の製造業は世界と異なるモノ(ジャパंकオリティ)を製造する状況を描いている。

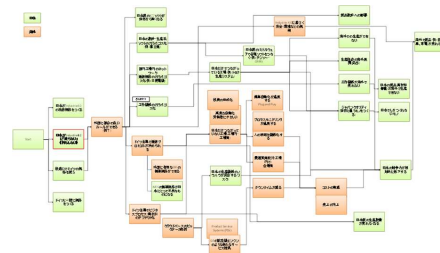


図1: 日本製造業の最悪シナリオに関するイベントツリー

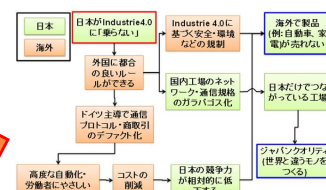


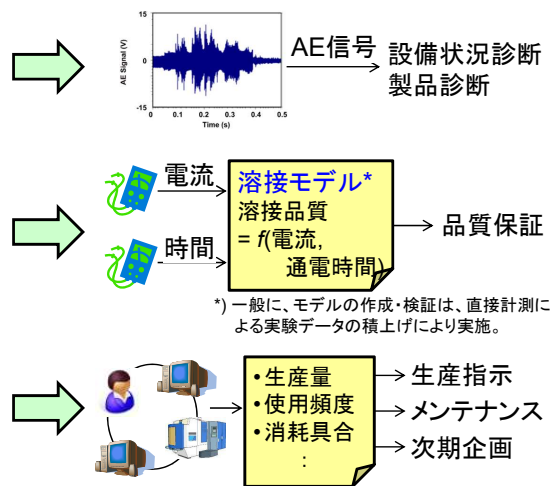
図2: 日本製造業の最悪シナリオの帰結(一部)

生産システムモニタリングとデータモデル

データ計測・収集(モニタリング)

- **インライン計測技術**
生産工程における詳細データの直接計測。製造プロセスの革新。
- **間接モニタリング**
汎用センサネットワークから収集したデータ(電流、温度、湿度、加速度等)に基づく設備・生産状況の把握。**直接計測が困難な場面に適用。**
- **インターネットによる情報収集**
広範囲における設備、物流、製品・サービス利用状況の把握。

データ分析(データモデル)の例



実情報－現場センサ計測データの紐付け

【現状】 従来モニタリング技術：信頼性があり正確。
【問題点】 どのイベント由来のデータか分かり辛い
⇒ 意味の「見落とし」

現場・既設センサ

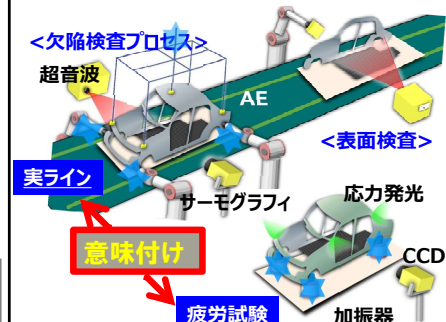
実情報・イベントの可視技術 (上記は力学イベントの可視)

【実現場ニーズ】

- ① 追加投資はしたくない。
- ② 既に信頼がある既設センサで行いたい
- ③ 現場ならではの制限があり、全てのセンサを導入は出来ない。

【解決の手がかり】 「実情報－現場センサ」データの紐付・意味づけ
→ 既設の現場センサの情報から、間接的に実情報を推察する

【橋渡しイメージ】 接着製造ライン



- 想定する応用：橋渡し先
 - ・水素エネルギーインフラ診断
 - ・産業インフラ診断
 - ・自動車・航空機用接着接合ライン (上述絵・製造網)

モバイル型センサによる工場のエネルギー測定

電流計測用クランプ (16φ)
交流 0 ~ 120 [A]
サイズ 30 x 30 x 50 [mm]
(ケーブル除く)

無線送信
(60秒間隔
15m以内)

- 電流 (AD値)
- 10秒間隔計測値の平均
- 温度
- 湿度
- 気圧

温度・湿度・気圧センサ&発信器
温度 0 ~ 50 [°C] 精度±0.1 [°C]
湿度 0 ~ 100 [%RH] 精度±5 [%RH]
気圧 300 ~ 1100 [hPa] 精度±1.0 [hPa]
サイズ 45 x 40 x 15 [mm]

センサ取付状態
(配電盤への取付)

受信器ルーターパッケージ

パッケージサイズ
200 x 150 x 90 [mm]
(把手部分含む)

Webサーバーへデータ送信

工場内の設備についてデータモデルを作成し、計測箇所を決定することで、エネルギー消費に関する設備間の関係性を明確にし、省エネ対策を提言した。

Wi-Fiルーター

電源アダプタ

有線LAN送信

受信器

20個以内のセンサからのデータを処理

膨大量(トリリオン=一兆個)の設置が可能な現場センサ実現に向けての基盤技術の開発

●従来の問題点

トリリオン(一兆個)センサ社会が提唱する現在の100倍量(45兆個, 2030年)のセンサを社会実装するには、少なくとも超安価(現在の1%以下)、低環境負荷のセンサ開発がボトルネック。
世界初! 両立への挑戦!

●新規性・進捗

低環境負荷を目指した生分解(ポリ乳酸)基板
上記基板への超安価製造を目指した印刷技術での金属ナノインク配線技術(L/S=10/10-20)の開発

●期待される応用先

トリリオンセンサとして、「食糧・水」、「自動車・輸送」、「エネルギー・環境」、「健康・感情」、「インフラ」への応用。生産システムへの展開

Trillion Sensors Universe 非連続的に膨大量のセンサを駆使し、無意識損失の無い「潤沢な社会」への挑戦。

大量のセンサのイメージ

印刷したセンサ

SEM

Succeeded!

発光分布間距離が縮小(き裂の進展に対応)

出展 NIKKEI MICRODEVICE, 2008年6月号

画像センシングによる水素ステーション用蓄圧器の 損傷評価技術

●新規性・進捗

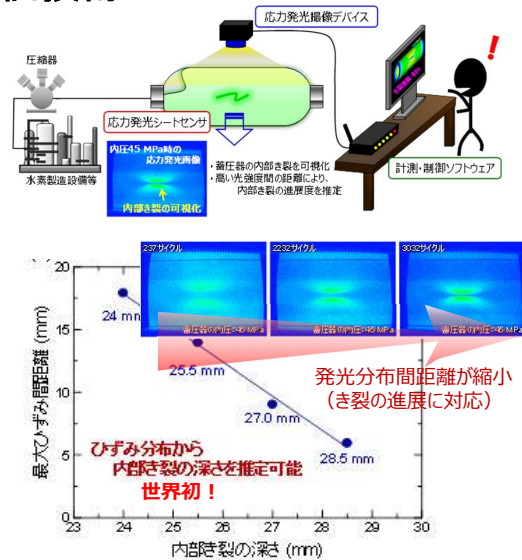
『発光強度間距離と内部き裂の進展度』の相関を見出した(右図)。これにより、応力発光パターン解析による、**内部き裂の進展度**の算出が**初めて可能**になった。

●従来の問題点

応力発光は、動的な応力・ひずみ分布を発光で可視化する革新的な技術である。ただ、寿命予測、モニタリングの様な、長期の定量性が求められる場合、従来法(検出される発光強度からひずみを換算)では、環境光変化の影響を受け易く、計測結果の信頼性に問題があった。

●期待される応用先

水素ステーション(九州・沖縄地方成長産業戦略)や高圧設備の安全性への貢献。



ベンチマーク

設計・生産システムのモデル化技術

世界最先端

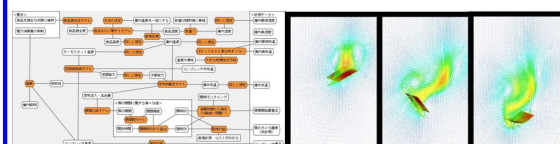
GE(米)、シーメンス(独)が、産業機械の使用段階におけるモニタリングとデータ解析、またその前提となる製品ライフサイクルのモデル化技術などで先行。

国内の状況

独Industrie4.0、米Industrial Internetに比べ、独自のコンセプトを打ち出せていない。コンソーシアム等は設立された。製造の自動化やモニタリングは進んでいるが、製造ビジネスに関する議論が不足。生産系のソフトウェア強化が必要。

産総研の対応

製造に特化した最先端のモデリング、計測、解析技術を持ち、異なる情報を一元化出来るグラフ化ソフトを開発。これらを組み合わせ、独自の間接モニタリング技術・モデリング技術を開発。生産現場の能力と主体性を活用する日本の製造業に適した、高い計算能力と柔軟性を持つ生産システム管理技術の開発を目指す。



工場内設備の関係性を明示的に表現。セクションごとに管理されている情報を一元化できるグラフ化ソフト

直接見えない装置内の現象を数値シミュレーションで可視化(封止材の落下の例)

産学連携、国際連携の状況

産学連携

- ・生産システムシミュレーションソフトウェア会社(L社)と連携して、Cyber Physical Systemの構築に向けてNEDOプロジェクト採択(3年間)
- ・大規模施設の開発会社(T社)と、設備データモデル記述方法について共同研究を開始、食品会社(M社)工場をモデルにエネルギー変動データ実例取得。
- ・自動車接着製造ラインを想定し、ISMA(新構造材料技術研究組合)と連携・一員となり、成果展開を検討中
- ・スマートファクトリーに関する国際標準提案を経産省・企業と共に準備中。
- ・ISOの生産システムのオートメーションに関するTCにエキスパートとして参画し、エネルギー消費効率を向上させるための手続きを規格化。生産システムのモデル化(環境評価モデル化)に関連してISOの委員会と協力関係にある。

国際連携

- ・昨年、台湾工業技術研究院と共催のワークショップ(産総研つくばで開催)において意見交換。今年台湾でのワークショップ開催を企画中。
- ・トリリオンセンサの導入活用に関して、UC San Diego, Jacobs school of Engineering, Dean & Prof. Albert, P, Pisanoと連携



(1) 「橋渡し」につながる基礎研究 (目的基礎研究)

- ・ **研究開発成果 (評価指標)**
 - ①世界で初めて電圧トルクMRAMを考案、原理実証。通常MRAMと比して、1/100低消費電力化に道筋。Web of Manufacturingは、高いオリジナリティを保持。
 - ②産総研スピントロニクス研究成果をコア技術として、革新的研究開発プログラム(ImPACT)を推進。
 - ③産総研スピントロニクス(電圧トルクMRAM)研究成果により、つくば賞など3件の賞を受賞。
- ・ **テーマ設定の適切性 (モニタリング指標)**

目的基礎研究においては、2030年以降の高効率社会を目指し、機器の性能・機能、および製造技術の効率性(低コスト、高レジリエント)を革新的に向上し得る研究テーマを設定
- ・ **論文数の目標値と実績値 (モニタリング指標)**

目標値：400報(過去3年間の平均358件/年に対し1割増)
 実績値：143報(平成27年12月現在の既発表数)
 見込み：360報(平成27年度末での外挿値)
- ・ **大学や他の研究機関との連携状況 (モニタリング指標)**
 - ①世界トップの超電導デバイスプロセス技術を有する超電導アナログ-デジタル計測デバイス開発拠点を運営、国内12大学、7研究独法、海外5研究機関に対し技術提供
 - ②豊橋技科大に先端センサ共同研究ラボラトリーを設置。また、名古屋大学、東大に共同ラボ開設を予定しており、大学内技術シーズとの異分野融合や橋渡し研究を加速
 - ③クロスアポイントメント制度にて、名古屋大(制度第一号)、東北大、九工大教員が産総研にて研究推進
 - ④海外の大学/研究機関と18件の国際共同研究を実施
 - ⑤理研と共催でワークショップを開催、量子アニーリング機械実現に向け共同研究協議中
- ・ **知的財産創出の質的量的状況 (その他)**

目標値：173件(過去3年間の平均163件/年に対し10件増)
 実績値：152件(平成27年12月現在の契約済み件数)
 見込み：219件(平成27年度末での外挿値)

・ 「目的基礎研究」事前自己評価の評点：A

2. 「橋渡し」のための研究開発

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

- ・ 光情報技術
- ・ ネットワークMEMS
- ・ フレキシブル印刷製造技術

光情報技術研究開発 (データフォトンクスプロジェクトユニット)

- ・ 独自開発+大学・企業共同研究
- ・ 産総研STAR事業
- ・ 産総研コンソーシアム
- ・ 国家プロジェクト

文科省:
光ネットワーク
超低エネルギー
二化技術拠点
(VICTORIES)

光デバイス基盤技術
イノベーション研究会
(Phoenix)

NEDO: 超低消費電力型
光エレクトロニクス実装シ
ステム技術開発
(PETRA)

高電力効率大規
模データ処理イ
ニシアティブ
(IMPULSE)

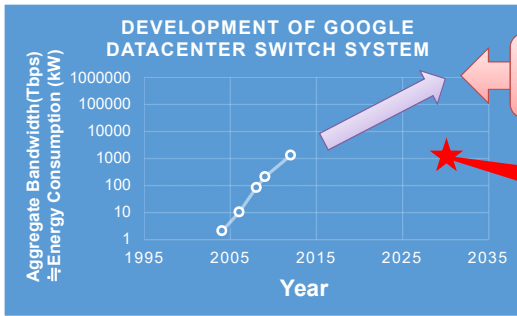
シリコンフォトンクス基盤技術

集積光デバイス(シリコンフォトンクス)研究開発拠点

世界有数のシリコン
フォトンクス研究開発拠点

課題の背景と目的

- IoTやビッグデータの進展により、2030年頃には、現在より3桁大きいエクサビット毎秒級の情報処理システムが必要。
- 情報量が増大しても、ネットワークの消費電力が増大しない光スイッチによる新しいネットワーク技術が必要。

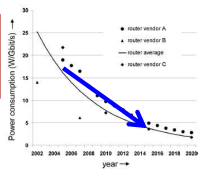


Exabitには GigaW必要

Exabitを MWで

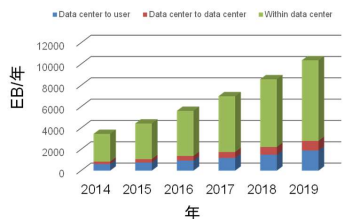
IP Router ~ CMOS
性能あたりの消費電力
▲10~12%/yr.

C. Lange, et. al.,
IEEE JSTQE, vol. 17,
no.2, pp. 285-295,
March/April, 2011



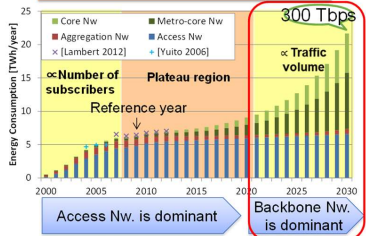
広域网でもCMOS
の低電力化が追いつかない

データセンター内ネットワークが急増!



Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology, 2014-2019 White Paper

ネットワークの消費電力が激増!



光情報技術 ロードマップ

第4期中期計画

シリコンフォトニクス技術の中核として、ネットワークのエネルギー効率を3-4桁高める光パスネットワーク技術の開発と普及、これとチップ間、チップ内の光インターコネクトを利用した高性能集積デバイス技術を開発する。



VICTORIESとは? = 産総研 垂直融合拠点

- 文部科学省「先端融合領域イノベーション創出拠点形成プログラム(平成20~29年度)」のプロジェクト



- **VICTORIES**「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」

– Vertically Integrated Center for Technologies of Optical Routing toward Ideal Energy Savings

– 実施機関: 国立研究開発法人 産業技術総合研究所

VICTORIESとは? = 産総研 垂直融合拠点

– 協働機関: 主要通信関連企業10社



– 協力機関: NHK放送技術研究所



– 連携機関: 情報通信研究機構(NICT)



大規模実運用テストベッドの構築 (2014年10月公開)

3千万加入以上に拡張可能な最低限の構成



本成果の技術的詳細は、ECOC2014のポストデッドラインペーパーとして採択され、世界的に先端技術として認知された。

世界初

垂直融合テストベッド

- 多階層資源管理
- アプリ実装
- 大規模光切り替え実証
- システム動作検証

・8ノード

・3階層光パス

- 光ファイバ
- 波長
- ODU

・複数ファイバリンク

・最大トラフィック量

90Tb/s

・実測消費電力

約6kW

低遅延性を活かした遠隔音楽セッション



8Kスーパーハイビジョンライブデモ

NHK放送技術研究所との連携

主な成果及び進捗

主なH27年度計画

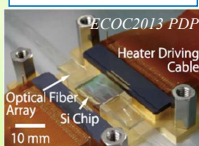
1. ダイナミック光パスネットワーク・テストベッドの整備等、実用化・標準化検討のための環境を整える。
2. シリコンフォトニクススイッチや波長選択スイッチ等のデバイスの実用化検討用の試作を行う。
3. 産総研STAR事業IMPULSEの一環として、産総研コンソーシアムを形成し、シリコンフォトニクス・プラットフォーム上で機関を跨って製造可能なハイブリッド集積デバイスの基本仕様を決める。

主なH27年度成果


1. ダイナミック光パスネットワークの制御に関する標準化を進め、IECIにおいて文書化の議論が開始された。
2. シリコンフォトニクスによる実用的な8×8光スイッチの試作およびその制御回路の開発を進めるとともに、総合的なシリコンフォトニクス提供体制を目指し、光変調器・受光器の設計・製造技術開発や製造スキームの整備を進めた。
3. 産総研コンソーシアム(通称「PHOENICS」)を発足した。光デバイスのバーチャルファブ・プラットフォームの基本仕様を決め、これを検証する試作に着手した。
4. 3次元フォトニクスにおいて、シリコン導波路をウエハ面に対して垂直に湾曲させる独自プロセスを開発し、国際的高評価を得た。

2. シリコンフォトニクス光スイッチ用制御回路及びアルゴリズムの開発

極小 8x8光スイッチ

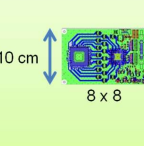


制御回路

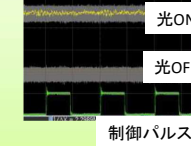


10 cm

8 x 8

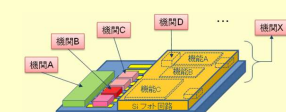


制御パルス



3. 産総研コンソ「PHOENICS」発足

光デバイス関連企業10社と連携体制を構築した

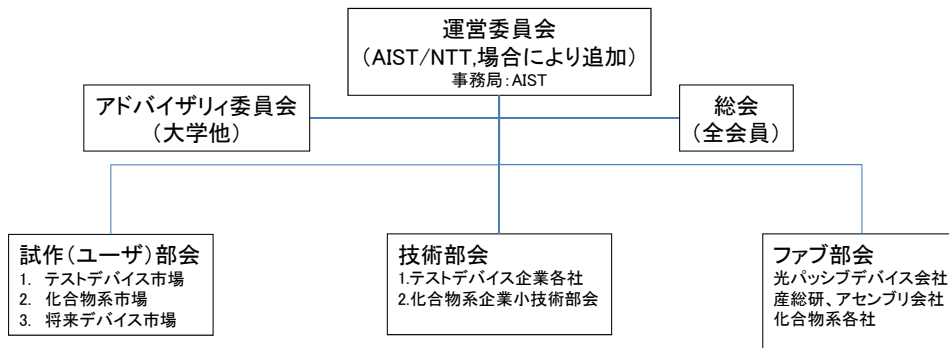


技術を社会へ Integration for Innovation 71 国立研究開発法人 産業技術総合研究所

産総研コンソーシアム「PHOENICS」骨子

- 光デバイス基盤技術イノベーション研究会
 - PHOENICS: **P**hotonics **E**ngineering **I**nnovation **C**onsortium
 - 産総研コンソーシアムとして、2015年4月1日付で正式に発足
 - 産総研およびNTT・光デバイス企業で組織して運営
- 目的
 - 日本の光デバイス産業の国際競争力を強化するために、散在する基盤技術を結集する最適な方法を検討する。
 - 必要とされる光デバイスファブ機能を、バーチャルに実現する。
 - 最終的には、光デバイスのワンストップEMS会社の設立を目指す。
- ロードマップ
 - 2015-2016年度: 日本が強みを持つテレコム分野で実績造り
 - 2017年度-: データコムへも展開
 - 同時に国プロなどを利用しつつ、バーチャルファブとしてのビジネスモデル構築

PHOENICS組織



	役割	共有情報	人材
運営委員会	全体の意思決定を行う	本コンソの理念	会員会社の経営幹部クラス
試作部会	コンソで試作するもののアイデアを出して、議論決定を行う	試作デバイスのイメージ、フラッグシップ/本命デバイスのイメージ	各会員から議論できる人材を出してもらう
技術部会	試作を行う(デバイス全体設計、ファブ試作品以外の設計関連、等)	デバイス全体の設計情報	各会員から人材をコンソに派遣し、産総研の立場で実施
ファブ部会	各ファブでの設計、試作を行う	非公開	各工程で新規の設計開発が必要な場合、技術部会(産総研)からファブへ派遣し実施

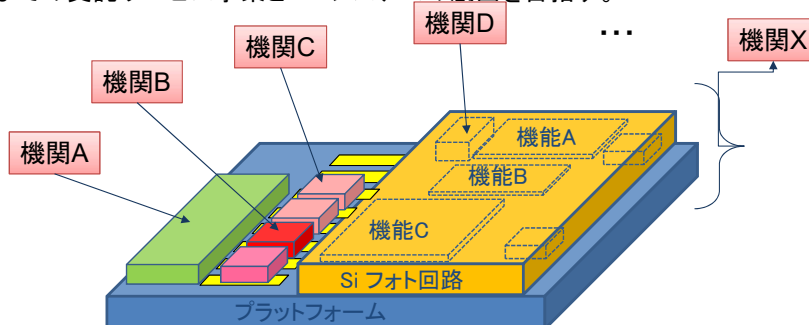
2016年1月1日現在で、光デバイス関連企業10社が参画。

PHOENICSが目指す共通プラットフォーム C-POT

C-POT (Common Platform for Optical Transceiver)

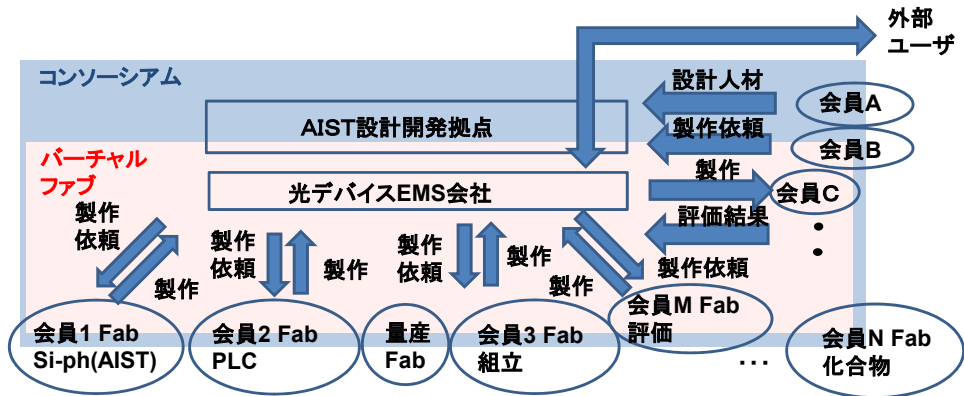
- 産総研のシリコンフォトニクス製造技術、各光デバイス企業に散在する平面光導波路技術、化合物半導体光デバイス技術、ハイブリッド集積技術、高周波特性評価技術などを集約する共通プラットフォーム構築
- C-POTによる、光デバイス設計・実装共通基盤の整備
- 光のアクティブ・パッシブ素子、およびその光電気ハイブリッド集積にかかる設計から量

産までの受託サービス事業とエコシステムの創出を目指す。



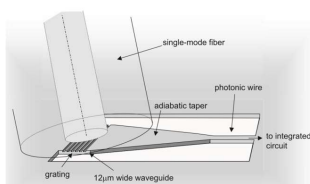
PHOENICSの目指すバーチャルファブの形態

会員が、ファブにもユーザにもなりうる組織



シリコンフォトニクス of 画期的な光入出力技術を開発

従来技術 回折格子カプラ

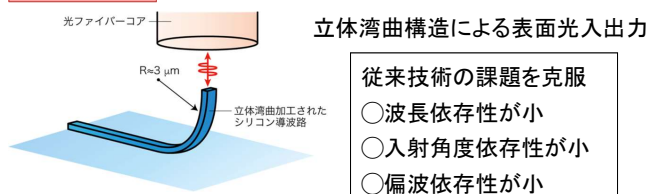


- 回折格子構造による表面光入出力
- 実装コストの低減が可能
- ウェハ段階での検査が可能

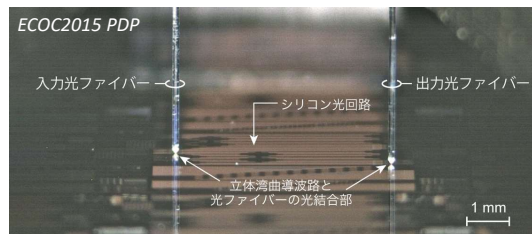
欧米を中心に業界標準化しつつある

回折原理に起因する強い波長依存性、入射角度依存性、偏波依存性が課題

本技術 立体湾曲シリコンカプラ(基本特許成立済)



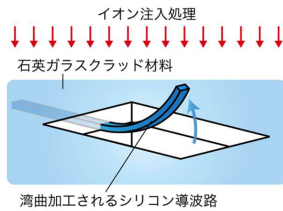
- 従来技術の課題を克服
- 波長依存性が小
 - 入射角度依存性が小
 - 偏波依存性が小



湾曲半径を3ミクロンまで小型化
損失2dB程度の高効率光結合を実証

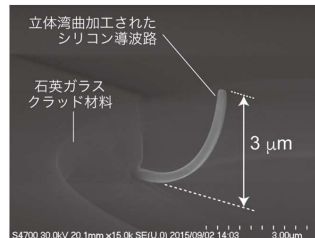
分野融合による産総研独自技術の開発から橋渡しへ

イオン注入による立体湾曲技術



- イオン注入はLSI製造で不純物導入に利用される中核技術
- 近年ナノワイヤの湾曲加工で注目
- 産総研では2007年から**ナノエレクトロニクス**应用を目指し研究開発を推進

シリコンフォトニクスに応用

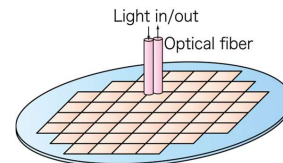


- シリコン光細線の先端を垂直方向に立体湾曲
- 超小型の垂直光カプラ
- 波長・角度・偏光の許容帯域を大幅に拡大
- 光通信の国際会議で高評価

分野融合
エレクトロニクス+フォトニクス

実用化への橋渡し

- 大口径ウェハでのプロセス検証
- SCR300mmラインへ展開



他機関に対する技術的差別化

橋渡し

高性能ウェハ検査技術
高密度表面光実装技術

国内外の研究機関に対するベンチマーク

	国内外の位置付け	優位性・特徴
ダイナミック光パスネットワーク	<ul style="list-style-type: none"> デバイスから資源管理まで垂直統合する活動はあまり類を見ない Bristol大学のFully-Elastic Multi-granular Network(2~3ノード程度の極めて断片的な実験) 	<ul style="list-style-type: none"> 8ノード以上のスケーラビリティ(>5,000万加入者) パスレイヤーでの予約型ネットワーク管理と連携 超低エネルギーを世界で初めてシステム規模で実証した
シリコンフォトニクス光スイッチ	<ul style="list-style-type: none"> NECが8x8で先行したが、CDC-ROADM用に特化。さらなる大規模化の活動はない。 IBMは、Blockingの8x8のpin型高速スイッチ実現。さらなる大規模化の活動はない。 UCBが、MEMS構造とのハイブリッドで64x64低損失を実現。パッケージや信頼性は不問。 	<ul style="list-style-type: none"> 8x8で世界最小 システム応用上は32x32が本命 損失やクロストークなどの課題はあるが、信頼性、パッケージ性、コストなど、実用化に必要な一通りの要素を有する PWM駆動方式により駆動回路を簡略化 世界初のシステム実証に成功
シリコンフォトニクス光トランシーバ	<ul style="list-style-type: none"> Acacia、ALUなどが研究開発レベルで先行。 ファブでは、欧州IMEC、シンガポールIME、北米AIM-Photonicsが、実績、投資規模で先行 	<ul style="list-style-type: none"> 後発であるが、SCRのSiフォトニクス技術と日本の優れた化合物半導体、石英導波路、実装技術を融合し、世界トップの光デバイスファブ構築を目指す
光エレ実装基板	<ul style="list-style-type: none"> IBM等が面発光レーザー集積光エレ実装基板で先行。シリコンフォトニクス集積型が次のターゲット。 	<ul style="list-style-type: none"> シリコンフォトニクスの使用を想定した光エレ実装基板を初めて、提案実証し、25Gb/sの高速信号伝送も実現。
3次元フォトニクス	<ul style="list-style-type: none"> 米国・欧州を中心に表面光I/Oのグレーティングカプラがデファクトスタンダードになりつつある。 表面光出射型デバイスの研究が近年活性化。 過去にオハイオ州大が同様のコンセプトを示したが微細化困難(100μm)。 	<ul style="list-style-type: none"> 日本(産総研)の独自技術(基本特許成立) 3μmの小型化に成功し実用化が視野内に 波長依存性、偏波依存性、過剰損失などにおいて、原理的な優位性があり、従来技術を置き換える可能性がある

2. 「橋渡し」のための研究開発

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

- ・ 光情報技術
- ・ **ネットワークMEMS**
- ・ フレキシブル印刷製造技術

ネットワークMEMS

動機: 無数のMEMSセンサを利用したい

無線化によって

- 配置自由度を向上(どこでも置ける)
- 配置個数制限を緩和(いくらでも置ける)

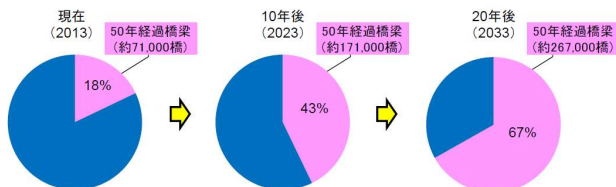
システム化によって

- 常時モニタリングを実現(いつでも計れる)
- 相互比較により異常を抽出(高感度に計れる)

インフラモニタリングは良いアプリケーション

背景

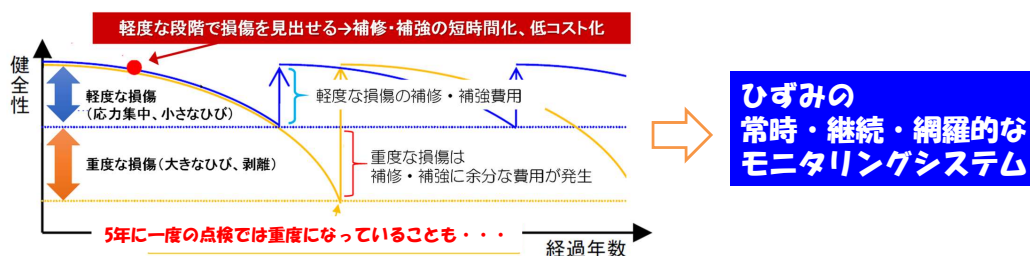
高度経済成長期に建設されて50年を経過した橋梁数が増大



**2033年には全体の67%
267,000橋が50年越え**

定期点検は5年に1回

点検間隔の間に損傷が重度化、熟練の検査員・補修員が必要（増員も必要）



プロジェクト **道路インフラ状態モニタリング用センサシステムの研究開発**

目的 老朽化道路インフラ(50年経過道路橋)の補修コストの低減
橋梁の健全性を適切に評価し、低コストでの保全を図る

手法 ひずみセンサアレイ集積化フレキシブル面パターンセンサによる
橋梁のひずみ分布測定システムによる常時モニタリング

① 極薄シリコンひずみセンサ転写技術

② 配線付き耐候性シートデバイス技術

③ システム化、実証試験

新規性・優位性

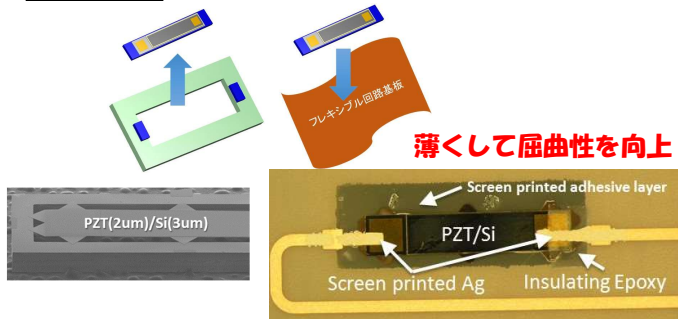
- ・極薄シリコン転写によるセンサ、回路のフレキシブル集積化
- ・高耐久バリア層と、耐腐食性配線による10年以上の耐候性
- ・ひずみ分布によりひび発生箇所の予測、微小ひびの発見

現状センサの下記問題を解決

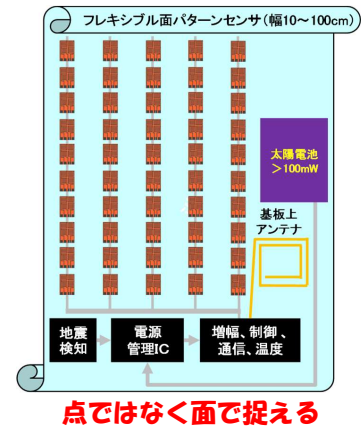
- ・光ファイバ・・・高い敷設コスト
- ・有線センサ・・・配線引き回しが困難

技術内容

① 極薄シリコンひずみセンサ転写技術

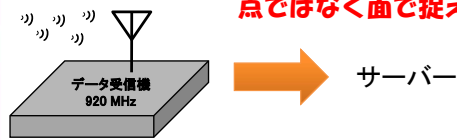
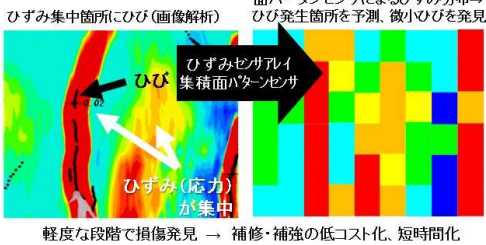


② 配線付き耐候性シートデバイス技術

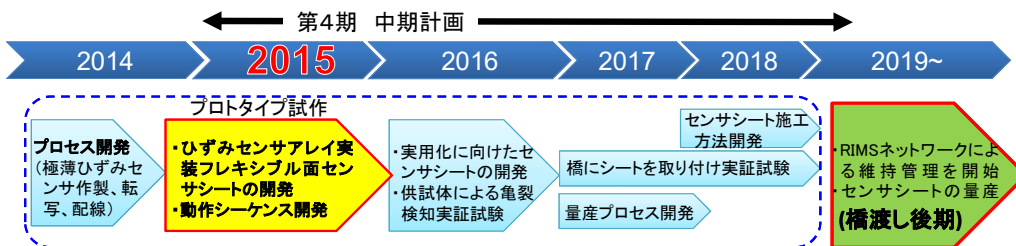


③ システム化、実証試験

ひずみ分布から異常を検知



ネットワークMEMS ロードマップ



NEDO「フレキシブル面パターンセンサによる橋梁センシングシステムの開発」

NEDOプロ参画機関

技術研究組合 NMEMS技術研究機構

AIST 産業技術総合研究所

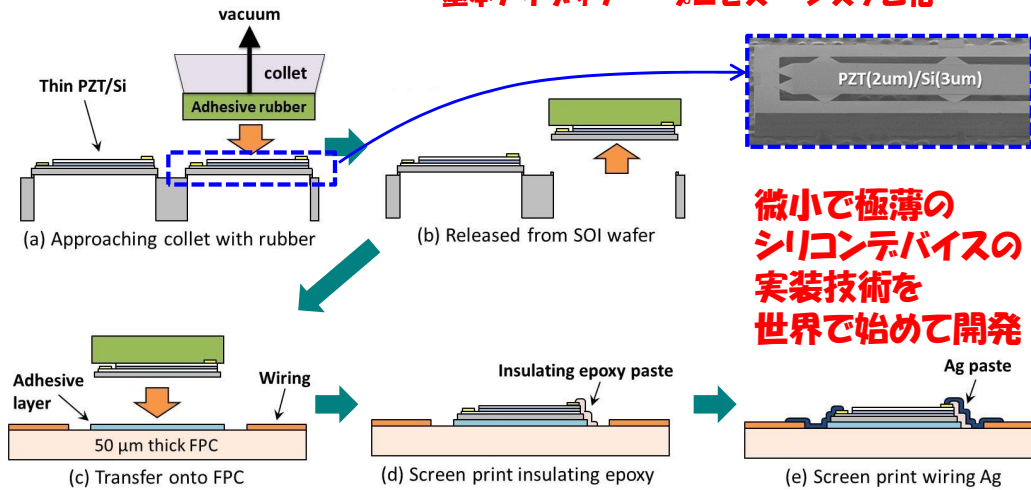
- 株式会社 NTTデータ
- 大日本印刷株式会社
- 株式会社 東芝
- 日本ガイシ
- 富士電機株式会社
- 三菱電機株式会社
- 東日本高速道路株式会社
- 中日本高速道路株式会社
- 西日本高速道路株式会社
- 阪神高速道路株式会社
- 東京大学(再委託)
- 京都大学(再委託)
- 株式会社 日立製作所
- 横川電機株式会社

2017~19年度にかけて 実証試験から実際の維持管理へ展開



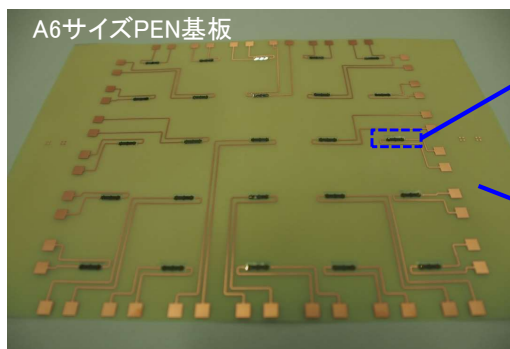
成果1 厚さ数 μm の極薄シリコンをフレキシブル回路基板上に転写、スクリーン印刷で一括配線する**極薄シリコン実装技術を開発**

特願2014-163591、2015-171314、2015-231423
基本アイデア プロセス システム化



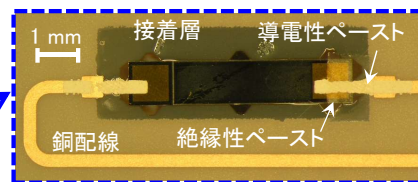
微小で極薄のシリコンデバイスの実装技術を世界で始めて開発

成果2 圧電MEMS極薄PZTをフレキシブル回路基板上に25個並べた**橋梁モニタリング用動ひずみセンサシート**を世界で初めて実現

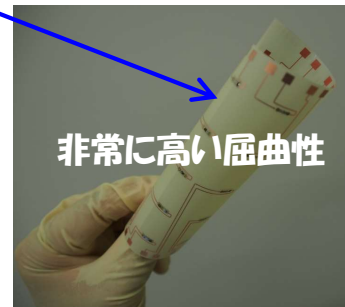


橋梁モニタリング用動ひずみセンサレイシート

圧電MEMS極薄PZT/シリコン構造がA6サイズのフレキシブル回路基板上に20mm間隔で、25個並んでいる。

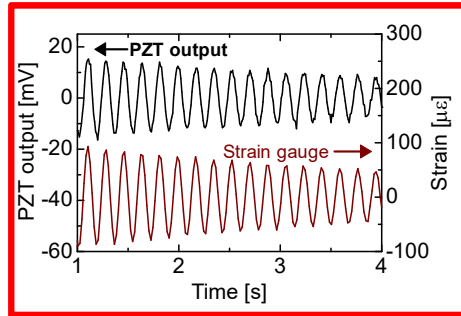
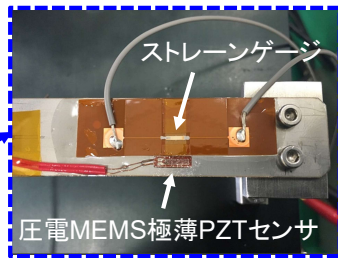
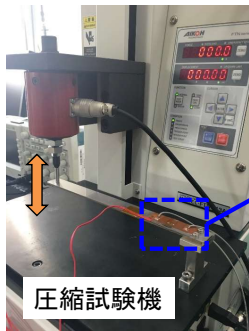


個々のセンサは実装機の精度の10 μm レベルのアライメントが可能



非常に高い屈曲性

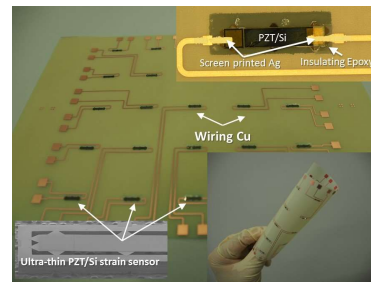
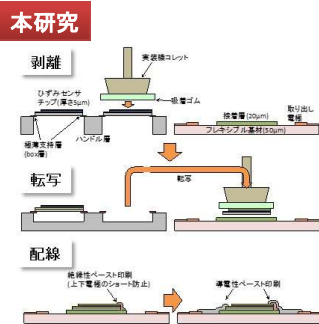
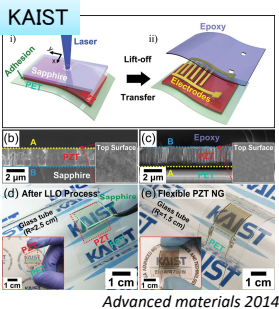
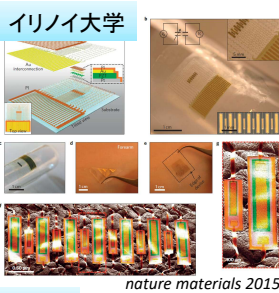
成果3 センサレイシート用超低消費電力、高感度(ストレインゲージ並の 1×10^{-6} の感度)の圧電MEMS極薄PZTセンサを作製



圧電MEMS極薄PZTセンサとストレインゲージの比較テスト

PZTセンサはストレインゲージ並に高感度 (橋梁の 10^{-5} 程度のひずみ測定は容易)
PZTセンサは電圧計測のため超低消費電力 (ストレインゲージは抵抗測定)

国内外の研究機関に対するベンチマーク



to be presented in MEMS 2015
MEMS 2015はMEMS関係で最大の学会 (採択率35%)

シリコンウエハが使える、デバイス寸法に制限がない、裏面がフラット、実装機が使える (アライメントが可能、高速実装が可能)

- イリノイ大学の方法 (nature materials 2015):
 小さい素子しか扱えない。
 転写前に動作できる状態でシリコンウエハに作り込む必要がある。
- KAISTの方法 (Adv. Materials 2014):
 研究室レベルの成果である。
 サファイア基板を使う必要がある (シリコンウエハが利用できない)。

アジアを中心とした国際連携活動

日中韓MEMS会議

MEMS/NEMS分野の日中韓3カ国の研究者(特に国立研究所AIST,KITECH、中国科学院)を中心とした)のジョイントセミナー。2010年より毎年開催

上海交通大学との連携

第5回「グリーンマイクロシステムに関するワークショップ」(2015年9月22日)開催

ホーチミン市ハイテクパークとの連携

第1回「MEMSおよびIoT製造に関するワークショップ」(2015年7月20日)開催

人材育成活動

ナノテクキャリアアップアライアンス(CUPAL)



イノベーション創出を牽引するプロフェッショナル(NIP)育成事業のMEMS分野の中長期集中型プログラムを2回実施。(2015.10.6-20、2015.11.9-20、4名に修了証書を授与)

さくらサイエンスプラン



日本・アジア青少年サイエンス交流事業においてMEMS分野での人材育成を担当。(タイの若手研究者10名。2016.1.17-28)

TIA連携大学院サマー・オープン・フェスティバル



MNOIC実習講座としてMEMSの講座と実習を行う。(企業、大学等から12名参加。2015.8.27-28)

産業界との連携によるMEMS試作・ファウンドリサービス

先端試作拠点形成

4"MEMS開発ライン

8"MEMS試作ライン

TIA-nano 共用施設

後工程実装設備

評価検査設備

マイクロナノ製造人材育成

技術総合研究所 東棟 東棟前

正門

守衛所

食堂

くらし

2. 「橋渡し」のための研究開発

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

- ・ 光情報技術
- ・ ネットワークMEMS
- ・ **フレキシブル印刷製造技術**

課題の背景と目的

目的

社会の隅々にまで浸透したネットワーク社会の構築に向けて、情報の入出力の更なる高度化をもたらすユザビリティの高い革新的な情報端末機器の開拓・普及を目指した先端的研究開発を行う。

上記目的のために、フィルム基板上に電子回路を印刷形成する印刷デバイス製造技術を開発するとともにそれに基づくフレキシブルデバイス技術基盤を確立し、情報入出力端末機器の高度普及とそれを構成するデバイスの省エネ省資源高生産性製造技術の確立を目指す。

フレキシブルデバイスの実用化推進

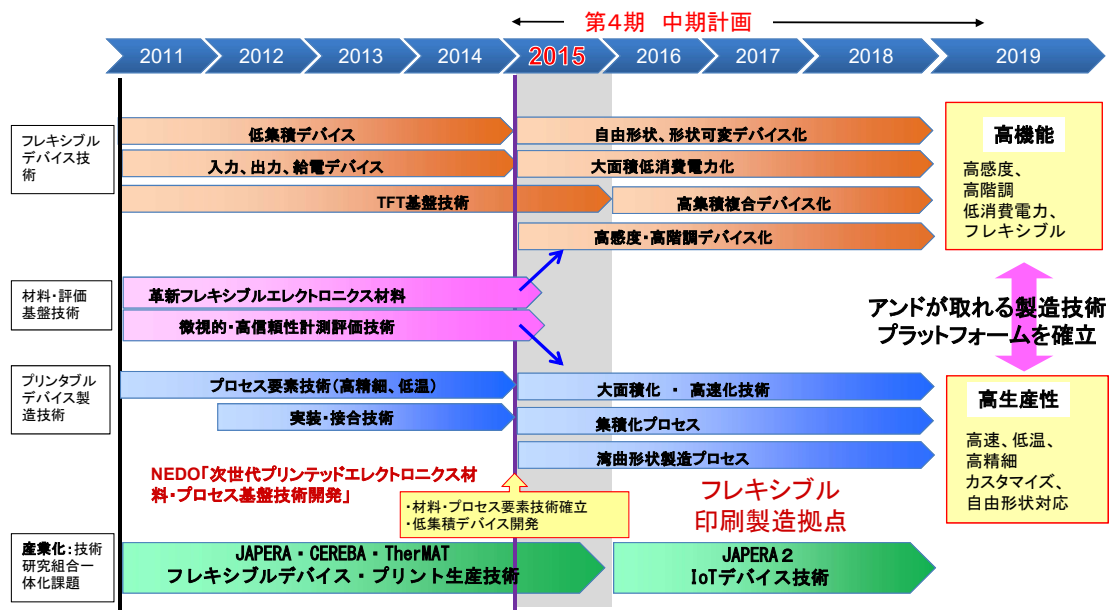
高使用感情報入出力インターフェースデバイスとして、フレキシブルデバイスが有効であることを実証する。

印刷デバイス製造技術の実用化推進

フレキシブルデバイス製造のための省エネ高生産性製造技術として、印刷製造技術が有効であることを実証する。

革新的エレクトロニクス製造技術(オンデマンド変量多品種生産)の確立

フレキシブル印刷製造技術 ロードマップ



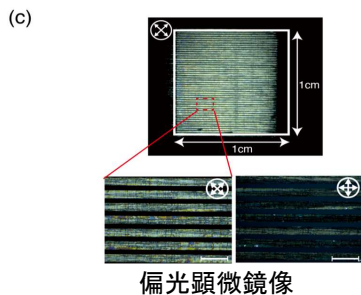
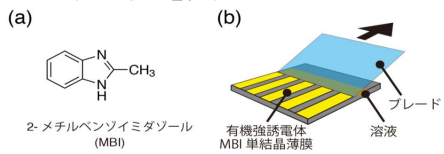
フレキシブルエレクトロニクスのTRL図



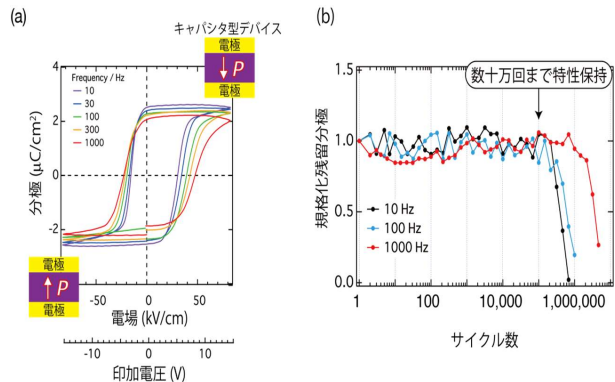
主な成果及び進捗(1)

高印刷適性強誘電体材料インク技術を開発 印刷形成により低電圧駆動メモリー素子を実現

インク適性の高い有機強誘電体材料(高自発分極)を開発



有機強誘電体材料を用いた低電圧駆動不揮発性メモリー素子を開発 (駆動電圧 3V以下)



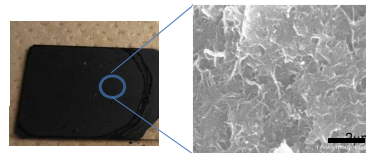
主な成果及び進捗(2)

高印刷適性熱電変換材料を開発 (インク材料として世界最高パワーファクター: PF$400\mu\text{W}/\text{mK}^2$) 印刷形成によりフレキシブル熱電変換素子を開発

CNTとポリマーを複合材料化することにより高いパワーファクターを有する高印刷適性熱電変換材料インクを開発

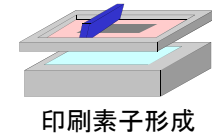
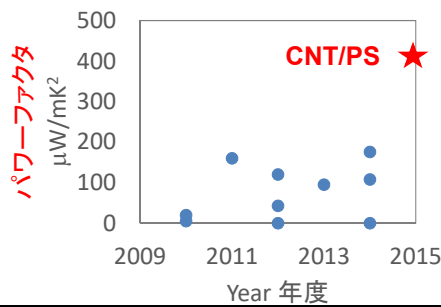
構造最適化
⇒高セーベック係数

バンドル径最適化(細径化)
⇒高電気伝導度



技術研究組合(TherMAT)を通して民間への技術移転展開中

印刷作製可能な熱電材料のパワーファクタ

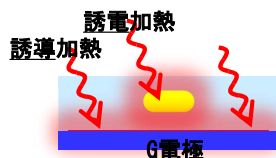
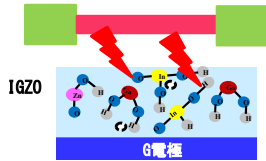


主な成果及び進捗(3)

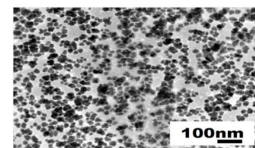
高速低温低損傷パターン形成技術を開発

光マイクロ波複合焼成技術
(光照射とマイクロ波照射の複合プロセスで酸化物半導体の低温高速焼成技術を開発)

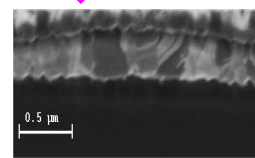
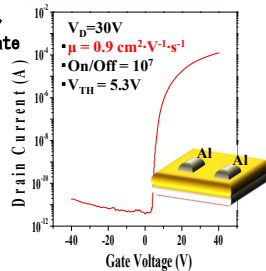
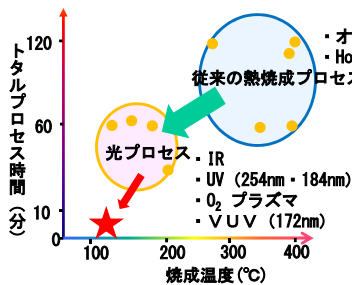
150°C、1分で形成



クールプラズマ焼成技術
(大気圧下極低酸素プラズマを照射することでバルク並み性能を発揮する銅配線の低温焼成技術を開発)



大気圧下、クールプラズマ焼成(>180°C)



180°C、2.6μΩ・cm

銅微細印刷配線で、バルク並みの低抵抗を実現

焼成温度と全プロセス時間との関係

連続一貫標準ライン要素技術化検討中

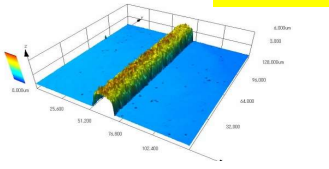
主な成果及び進捗(4)

厚膜高精細高均質印刷配線パターン形成技術を開発

新開発技術
スクリーンオフセット

線幅 10 μm、
膜厚 5 μm、
3σ < ±10%

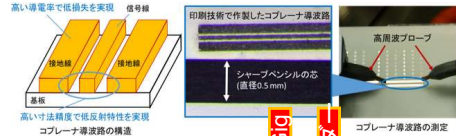
厚膜・高精細、高均質、高生産性を
同時に満たす製造技術発



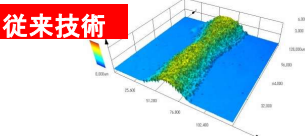
・断面矩形性の高いパターン
→設計値通りの細線

技術移転→装置市販化

配線形成
技術開発

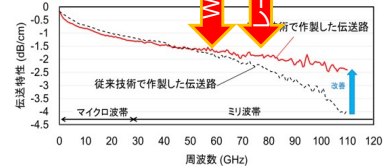


従来技術

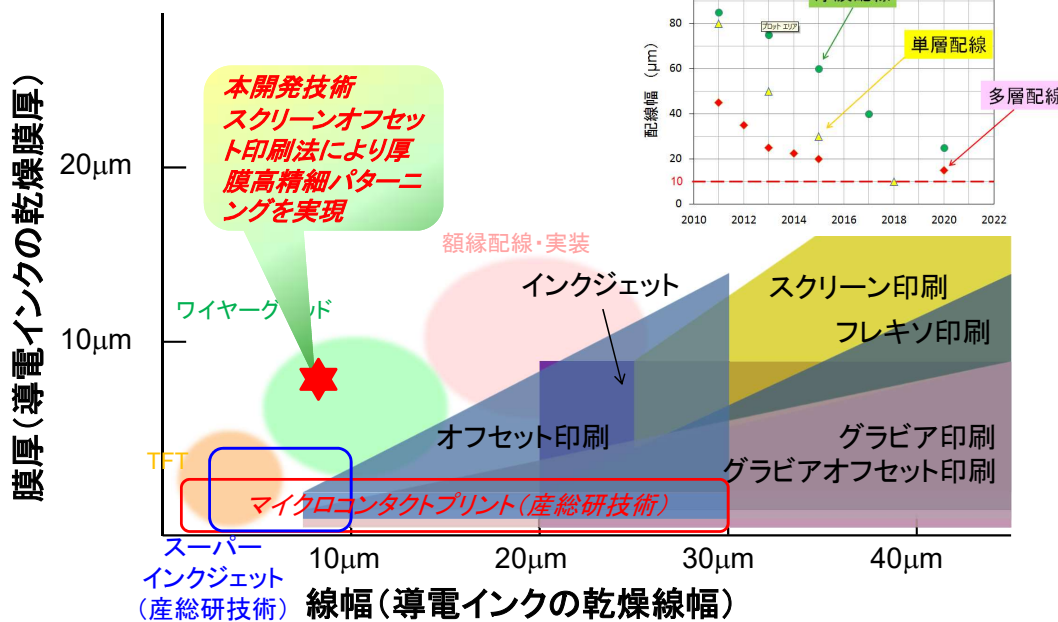


・インクダレ、断面かまぼこ形状
⇒線幅増加

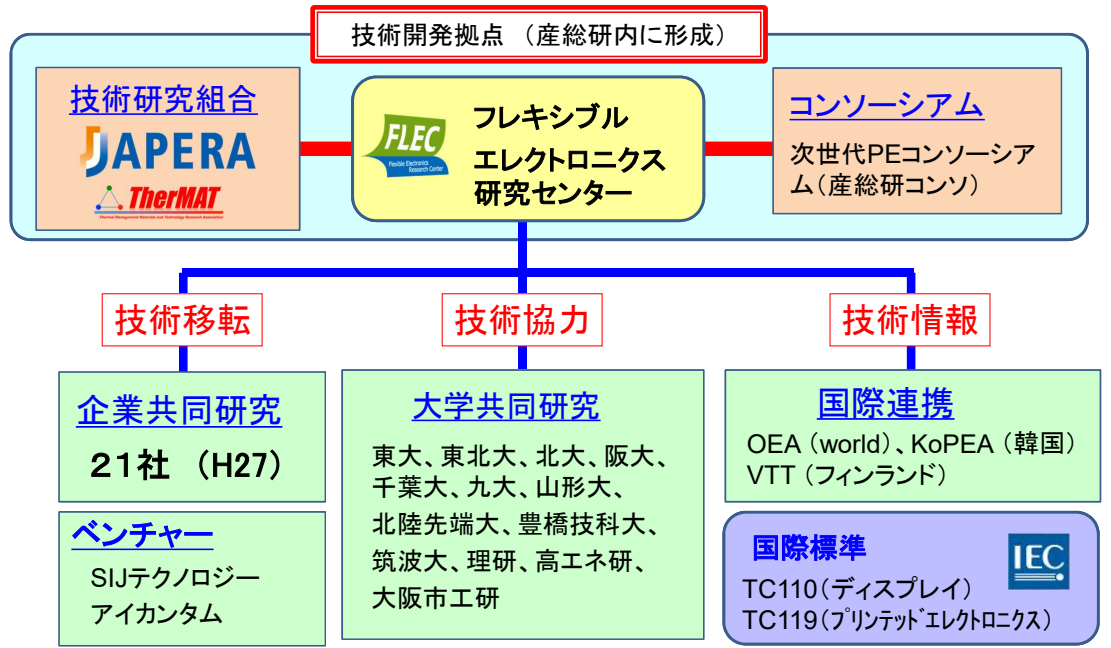
**世界初：ミリ波帯で
優れた伝送特性を
持つ高周波伝送路
を開発**



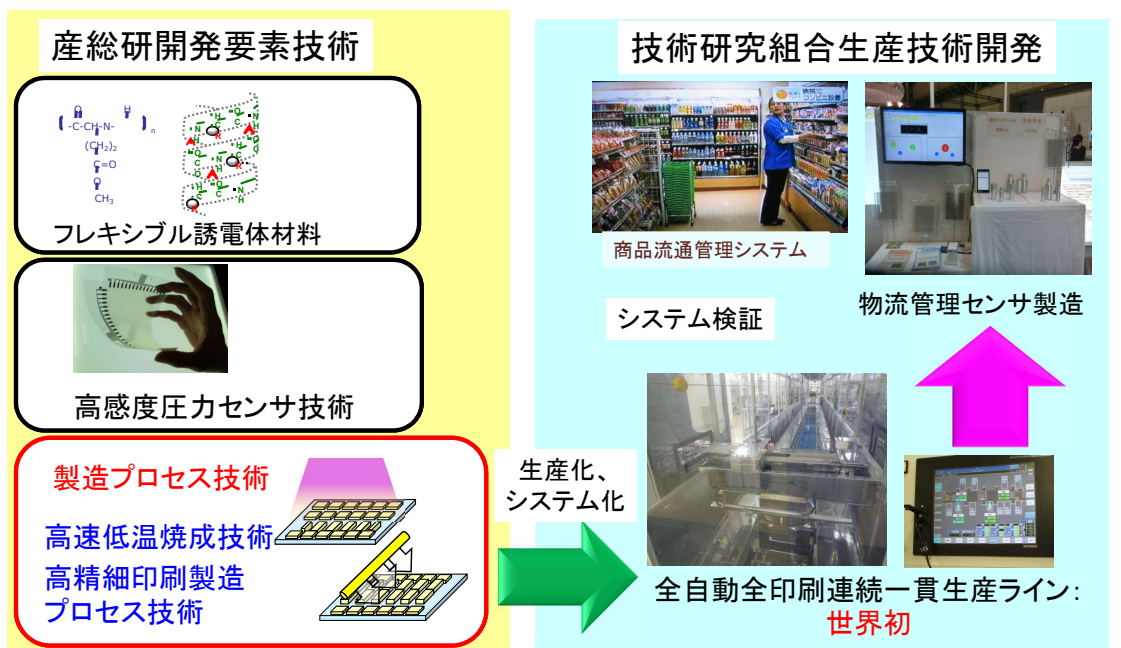
高生産性高精細印刷技術のベンチマーク



産学連携・国際連携： 拠点形成・イノベーションハブ機能推進



産学連携、国際連携の状況



(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

- **研究開発成果（評価指標）**
 - ①文科省先端融合プログラム「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」にて、世界初の8x8光スイッチを開発、世界に先駆け超低エネルギー・大容量光ネットワークテストベッドを安定稼働
 - ②橋梁モニタリング用動ひずみ高感度センサアレイシートを世界で初めて開発
 - ③世界唯一の自動連続一貫印刷デバイス生産ラインを構築
- **知的財産創出の質的量的状況（評価指標）**
 - 目標値：173件（過去3年間の平均163件/年に対し10件増）
 - 実績値：152件（平成27年12月現在の契約済み件数）
 - 見込み：219件（平成27年度末での外挿値）
- **テーマ設定の適切性（モニタリング指標）**

橋渡し研究前期では、IoT社会実現に不可欠な要素技術（ネットワーク、センシング等）の2020年以降での実用に向け、産業界のニーズを的確にとらえ、産業界と共に産総研が強みを有する技術シーズを中核とした国プロ等で課題解決を目指していく研究テーマを設定
- **戦略的な知的財産マネジメントの取組状況（モニタリング指標）**
 - ①領域戦略部と研究現場による技術シーズを戦略的にメニュー化
 - ②技術移転の促進を目的として成果「見える化」に対し支援
- **国際・国内連携（その他）**
 - ①世界トップの超電導デバイスプロセス技術を有する超電導アナログ-デジタル計測デバイス開発拠点を運営、国内12大学、7研究独法、海外5研究機関に対し技術提供
 - ②ミニマルファブ、JAPER、NMEMS、PETRA、TRAFAMの5つの技術組合に参画（産総研全体では22件）、産業界と共に研究を推進。中でも、ミニマルファブ、JAPERでは産総研が中核
 - ③産総研シリコンフォトニクス関連研究を中核とし、産総研コンソーシアム制度を活用し、光デバイス関連企業10社と連携体制を構築し、散在する光デバイス技術を集約し日本の国際競争力を維持する持続発展可能なエコシステムの構築に向けた取り組みを推進
- **公的資金獲得額（その他）**

H27年度：27.7億円（平成27年12月現在） 昨年度比146%

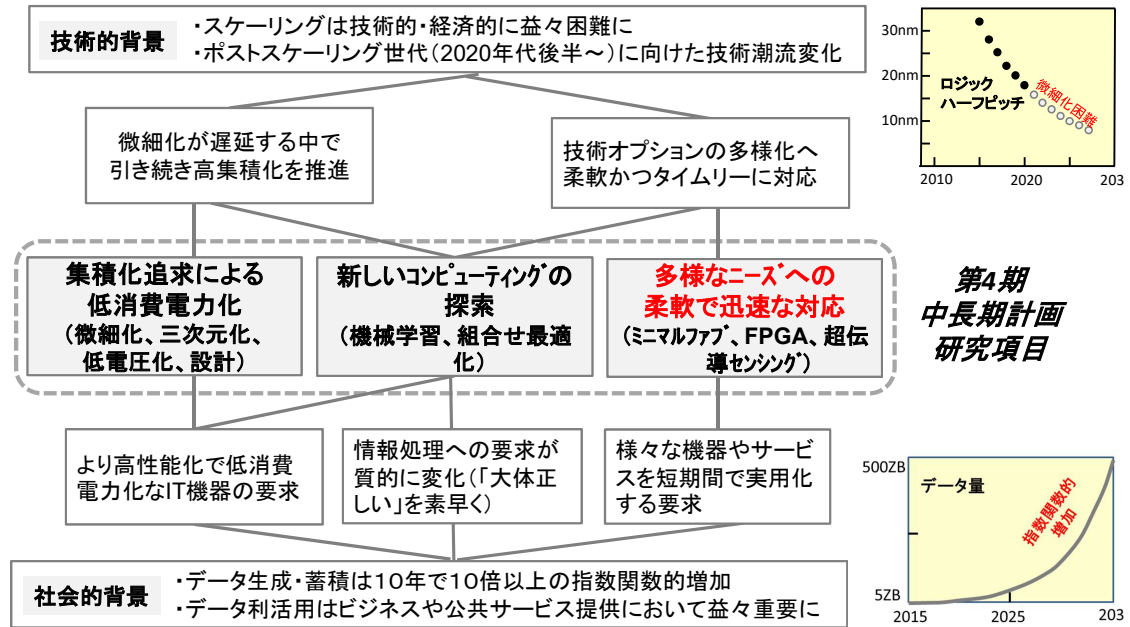
・ 事前自己評価の評点：A

2. 「橋渡し」のための研究開発

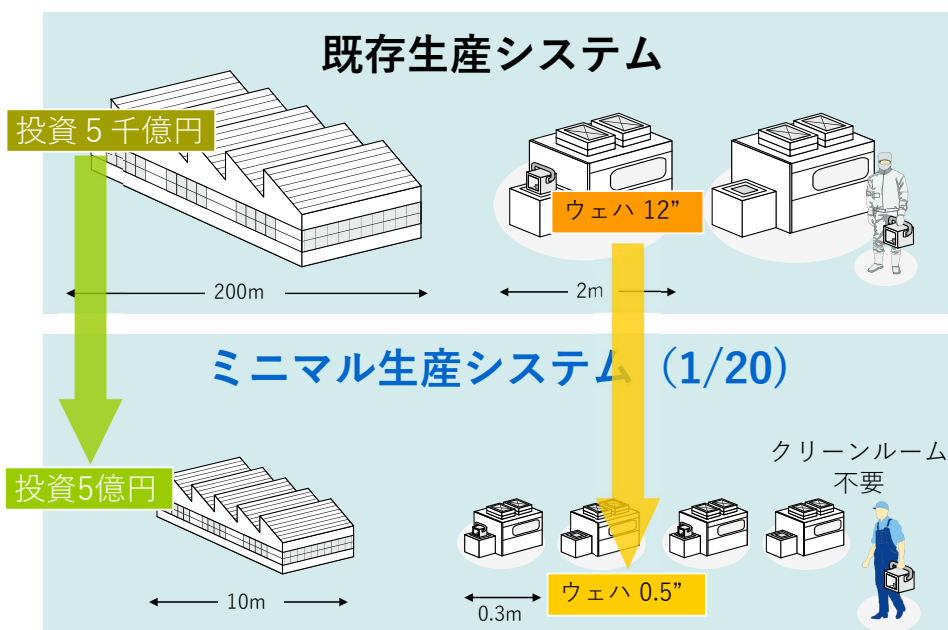
(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

- ・ ミニマルファブ
- ・ AD法 & 光MOD法

課題の概要



ミニマルファブのコンセプト



課題の背景と目的

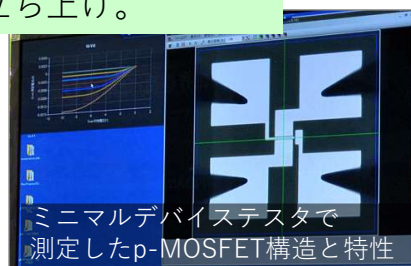
- 大量生産・大量消費システムにおいては、いったん設備投資を行うと、その投資回収と維持のために、過剰にモノが生産され、コスト安競争が起きる。
- とりわけ半導体産業では、設備投資額が1ライン当たりで5,000億円を超えるようになり、巨大投資問題の解決は火急の課題。
- 産総研では、**巨大投資を必要とせず、ユーザの求めに応じて、必要なものを必要なだけ生産する超小規模半導体生産システム・ミニマルファブ**を提唱。
- これまでに、クリーンルームを不要とする局所クリーン化搬送システムおよび超小型製造装置群を開発。
- 第4期は、**ミニマルファブの普及に向けて、小型化難開発装置群、ファクトリーシステム、及びデバイスプロセスの開発等へと展開。**

セミコンジャパン2015

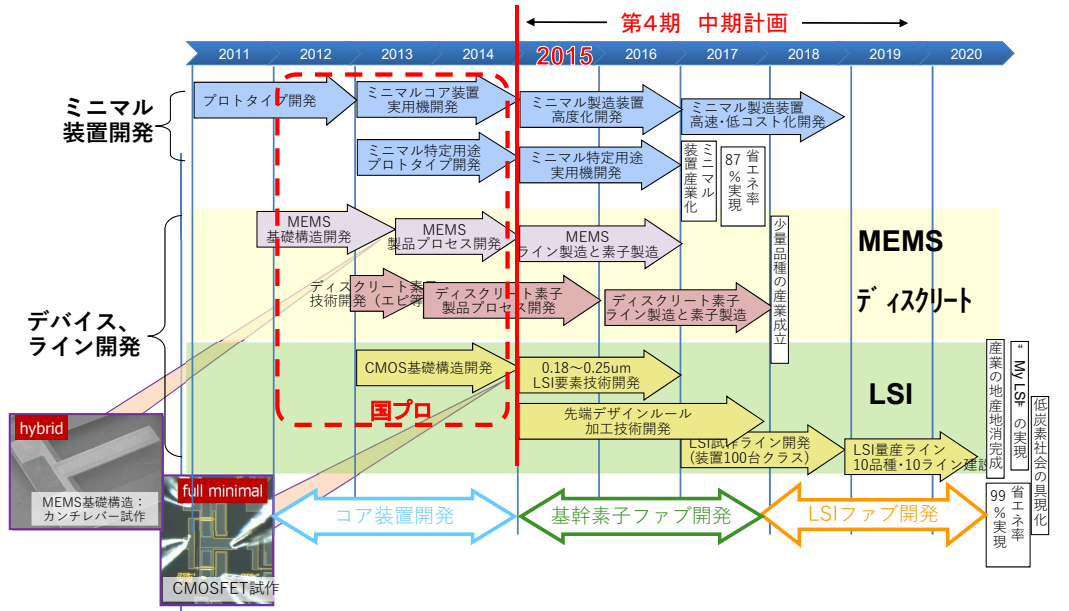
2015年12月16日～18日開催



3,600名の登録者。
クリーンルームではないイベント会場にて、
CMOSとリングオシレータの製造を実演。
製造ラインを半日で立ち上げ。

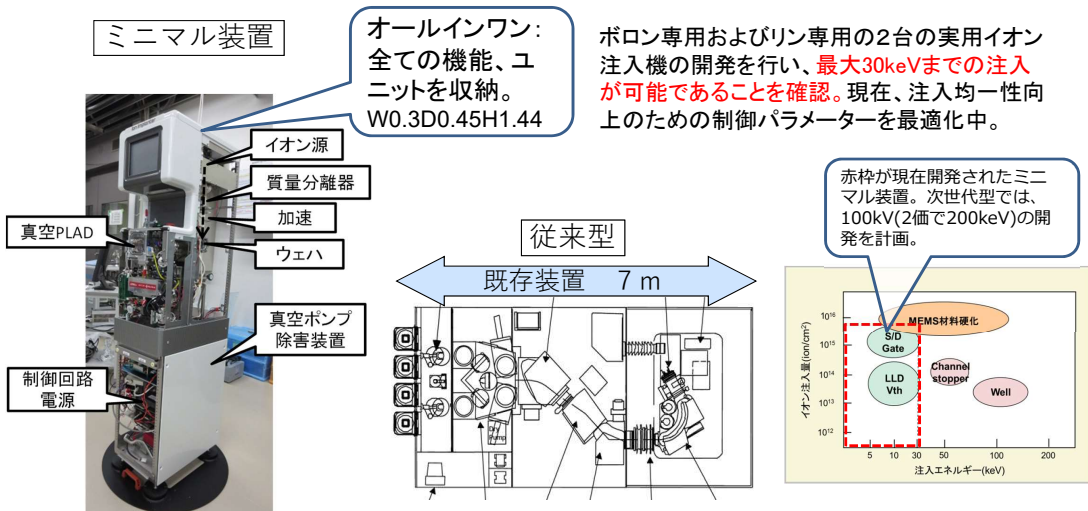


ロードマップ



主な成果及び進捗(1)

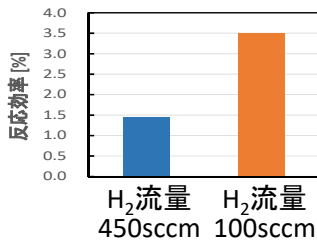
✓ 実用イオン注入装置の開発を行い、イオンの打ち込みに成功。



主な成果及び進捗(2)

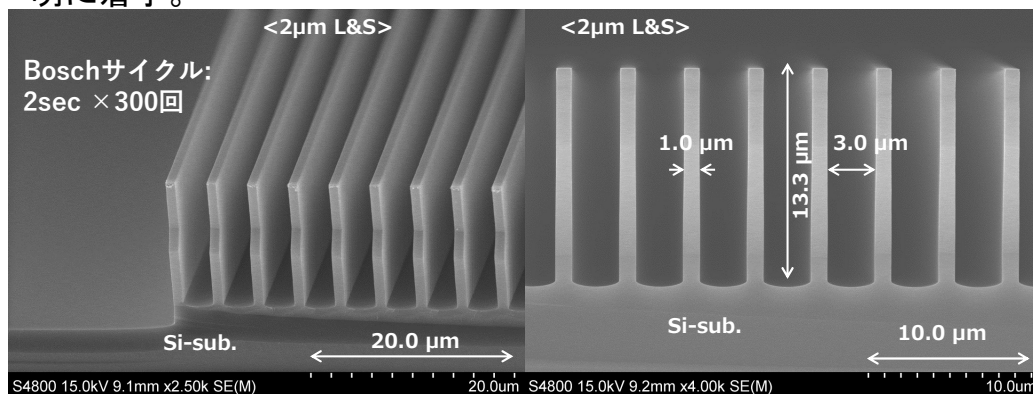
- ✓ CVD原料ガスの気流制御によって、CVD装置の小型化を実現。
- ✓ シリコンの単結晶エピタキシャル層の成長を確認。

H ₂ 流量 (sccm)	TCS流量 (sccm)	ウェハ温度 (°C)	成長速度 (μm/min)
454	6.6	850	0.42
104	2.7	850	0.71



主な成果及び進捗(3)

- ✓ ミニマル装置を用いたBoschプロセスにより、良好な深掘りエッチング形状を実現。
- ✓ クロスアポイントメントの東北大・寒川教授と共同でメカニズム解明に着手。



■ 段差計測定データ

Si-sub. E/R 1.58 μm/min
NUunif. ± 0.8%

対レジスト膜選択比 26~30
対熱酸化膜選択比 28

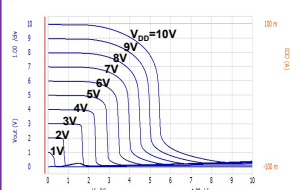
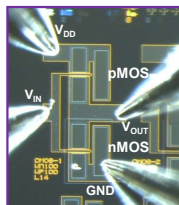
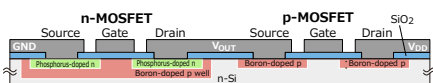
・スキヤロプ跡: 検出下限以下
・エッチング形状: ほぼ垂直

主な成果及び進捗(4)

- ✓ フルミニマルによるCMOSプロセス、および、通常のプロセス装置とのハイブリッドによるCMOSプロセスレシピを構築。
- ✓ 良好なデバイス特性を実証。

フルミニマルプロセス

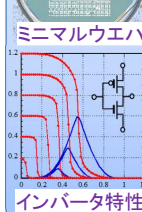
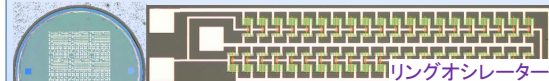
ミニマル装置だけを用いて、ドーピングは拡散法を用いて、アルミゲートCMOSインバーターを試作することに成功。この他、p-MOSFET, n-MOSFET, ダイオード等もフルミニマルプロセスで製造可能に。



ハイブリッドプロセス

ミニマル装置と通常のメガ装置を併用するハイブリッドプロセス手法により、TiNゲートCMOSを試作することに成功した。このCMOSを用いてリングオシレータの発振を確認。

TiNゲートCMOSプロセスレシピを開発



- 全工程の60%をミニマル装置で
- メガファブの半分以下の試作期間
- TiNゲートにより対象なインバータ特性。理想値に近いSS特性実現
- 41段CMOSリングオシレーター動作確認⇒小規模論理集積回路の作製が可能に

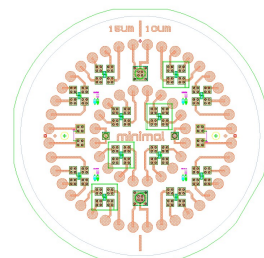
主な成果及び進捗(5)

- ✓ BGAパッケージング技術を開発。ウエハを搭載するプリント基板も試作。

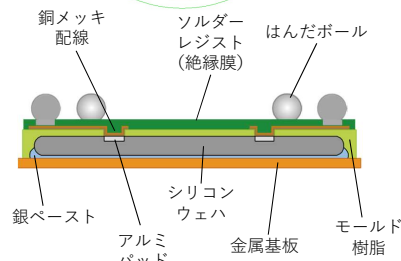
セミコン会場で試作したBGAパッケージ



BGAパッケージを搭載するプリント基板例

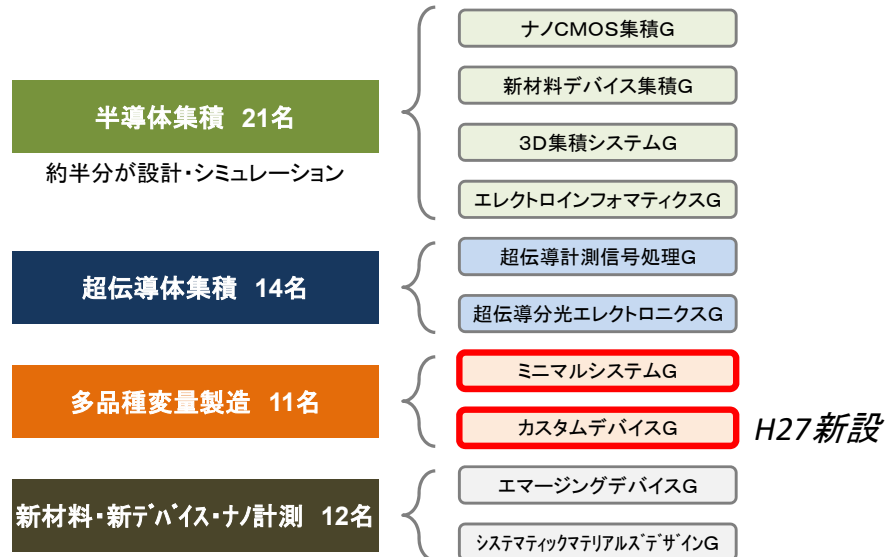


BGAパッケージのCADレイアウト



ミニマルファブを使ったデバイス開発を加速

ナノエレクトロニクス研究部門のグループ構成



知財

✓ ミニマルファブの以下の基幹発明(産総研単独出願)がH27年度に特許登録。

- ・「連結システム」 国内No. 5794497
- ・「連結システム」 韓国10-1552383
- ・「連結搬送システム」 米国9016501
- ・「連結搬送システム」 韓国10-1532822
- ・「デバイス製造システムおよび方法」 国内No.5780531
- ・「集光鏡加熱炉」 国内No.5765750

✓ 新規国内特許出願3件

✓ 特許ロイヤリティ契約6件

国内外の研究機関に対するベンチマーク

- ✓ ミニマルファブは、**産総研のオリジナル構想**である。産総研が中心となって、国内115社との共同開発を進め、**事実上オールジャパンの開発体制**をとっている。
- ✓ **国外では同様の取組みは無し**。大量生産による巨大投資問題の解決とユーザ直結型生産システムという視点では、米国では3Dプリンタを用いた小規模な製造システムの開発が進行しているものの、3Dプリンタでは微細な電子デバイスは作れない。

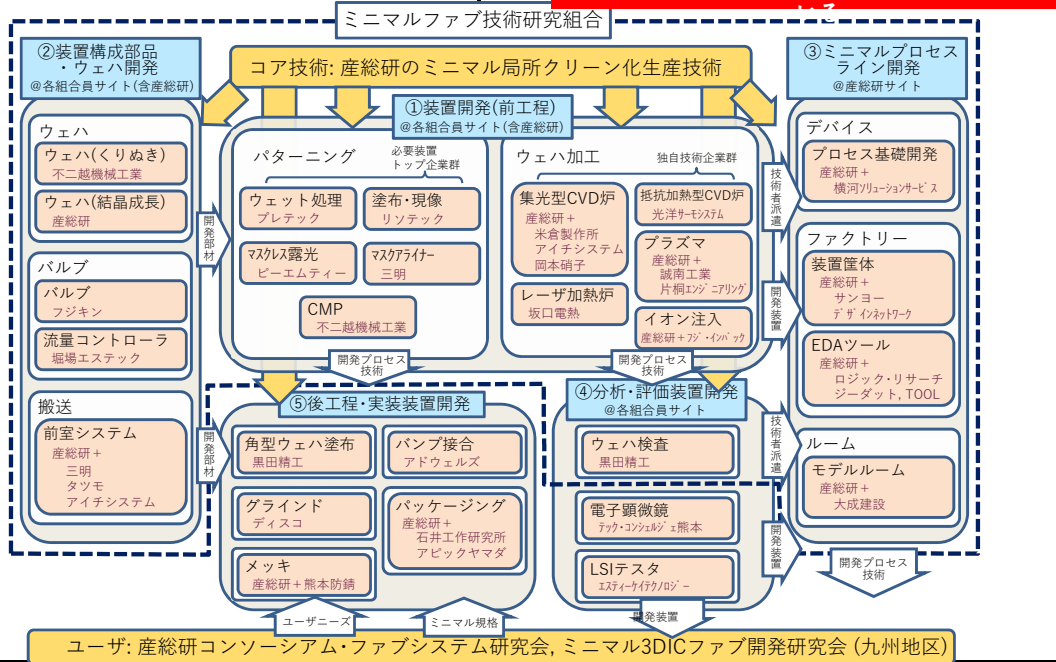
産学連携の状況

- ✓ ミニマルファブ構想を産業界とともに推進するために、現在**26社が参加する技術研究組合**の設立を主導し国プロを受託(FY2012-2014)。
- ✓ 組合の母体となったコンソーシアム「**ファブシステム研究会**」の活動を継続。**企業115社、大学・公的機関18、特許事務所3**が参加。



PL: 原 史朗 (AIST)

国プロ終了後もこの体制を維持し開発を進めていく



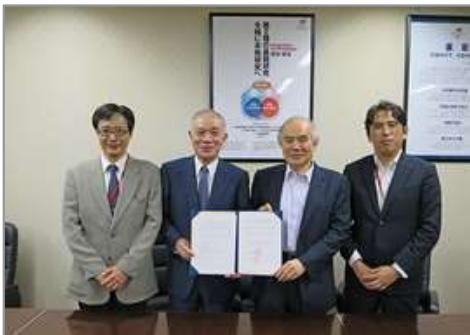
技術を社会へ Integration for Innovation

119

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

大学との連携

- ✓ 豊橋技術科学大学（TUT）に、AIST-TUT先端センサー共同研究ラボラトリーを設置（2015年7月）。
- ✓ TUTの持つ最先端センサデバイスの研究開発力・機能と産総研におけるミニマルファブのデバイスプロセス技術とを融合し、科学技術・産業技術を振興し、教育・研究開発を促進する。



(左から)
原グループ長、中鉢理事長、大西学長、澤田教授

- 共同研究等の研究協力
- 研究交流及び人材交流
- 教育・人材育成の相互支援
- 研究施設・設備の相互利用

技術を社会へ Integration for Innovation

120

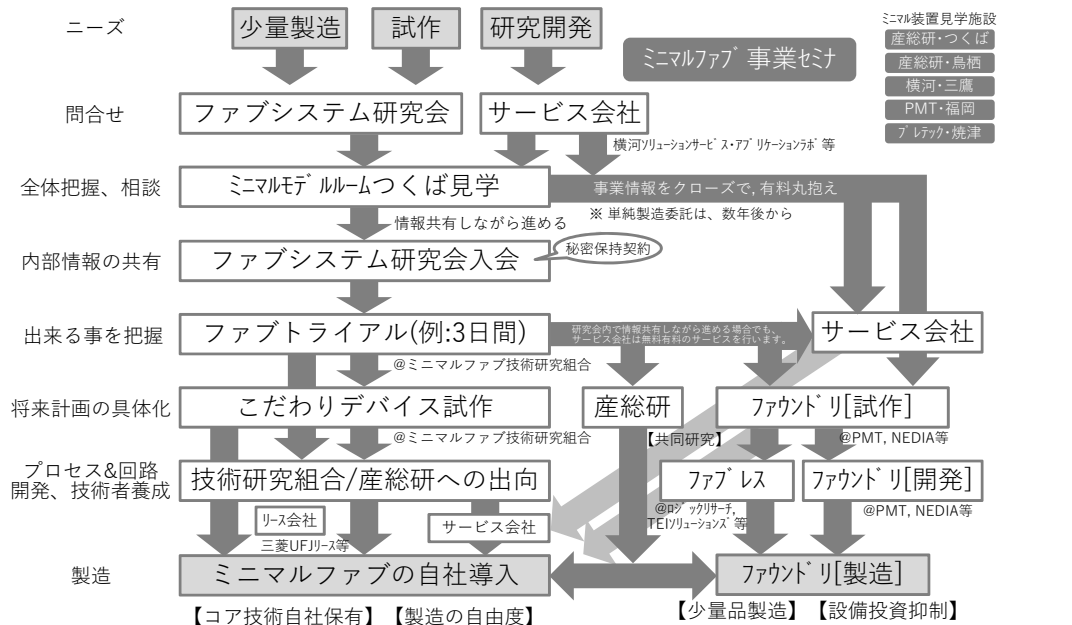
ファブシステム研究会 産総研コンソーシアム 産業技術総合研究所

橋渡しに向けたユーザー拡大の取り組み（1）

- 2015年3月に九州センターに**ミニマル装置のショールーム**を開設。
- つくばから装置を移設（塗布、露光、現像、プラズマエッチング）。
- 2015年11月稼働開始（運用メンバー2名）。
- 11月までに訪問者257名と大盛況。
- 今後、装置を増設し、MEMS・LSI・パッケージの試作に本ショールームを活用。



橋渡しに向けたユーザー拡大の取り組み（2）

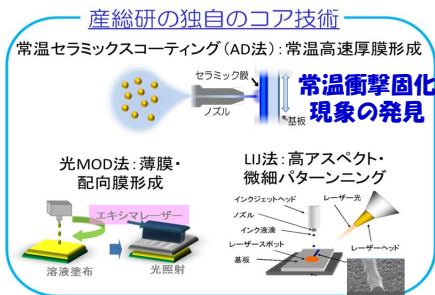


2. 「橋渡し」のための研究開発

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

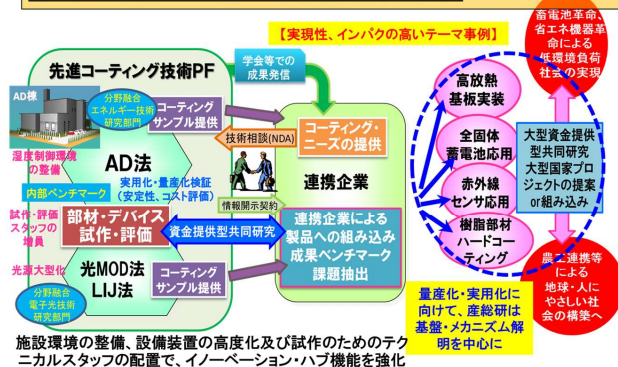
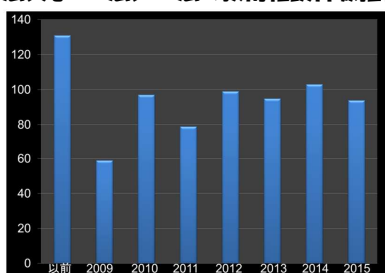
- ・ ミニマルファブ
- ・ AD法 & 光MOD法

課題の背景と目的

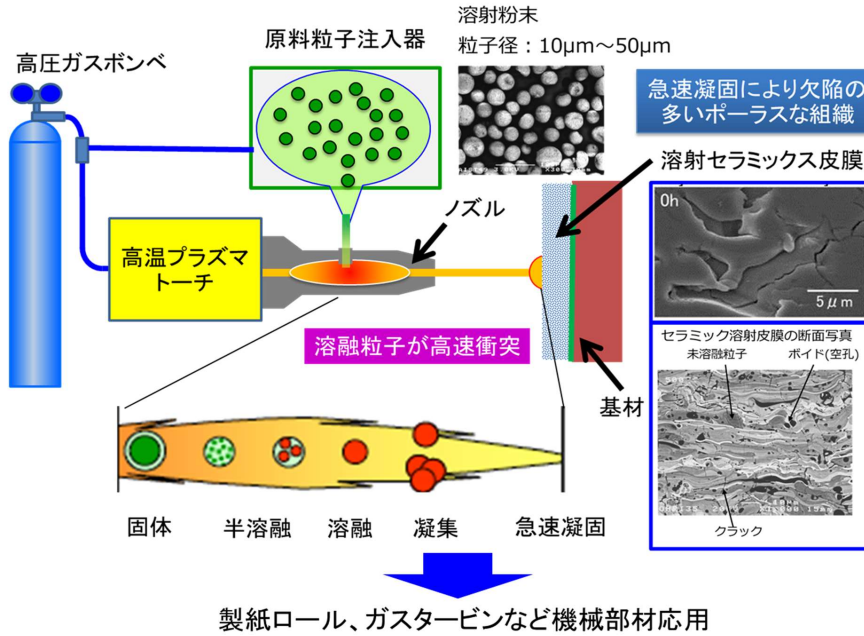


AD(エアロゾルデポジション)法や、光MOD(金属有機化合物分解)法、LIJ(レーザー援用インクジェット)法などの産総研が世界を先導する先進コーティング技術を核に、産総研の基礎研究ポテンシャルを活かし成膜メカニズム解明に基づくプロセスの高度化と、それを基にした多事業分野での民間企業への橋渡しを実現する。

AD法、光MOD法、LIJ法の技術相談件数推移

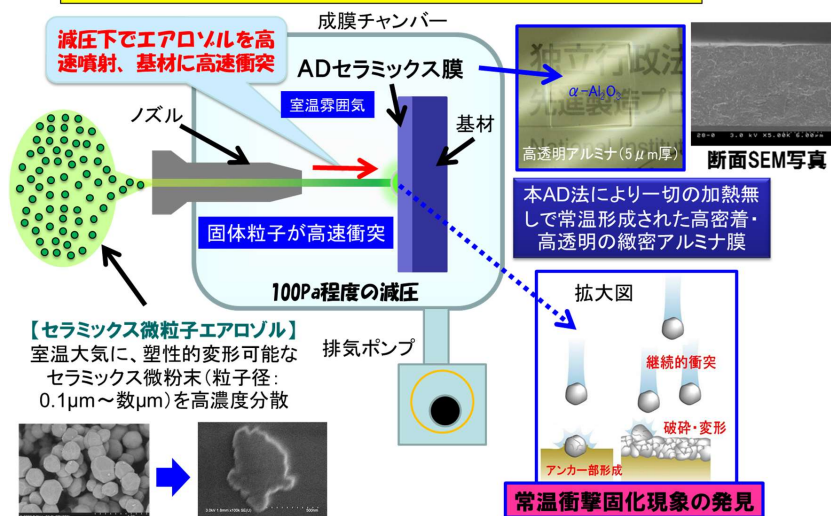


従来セラミックスコーティング技術(溶射法)

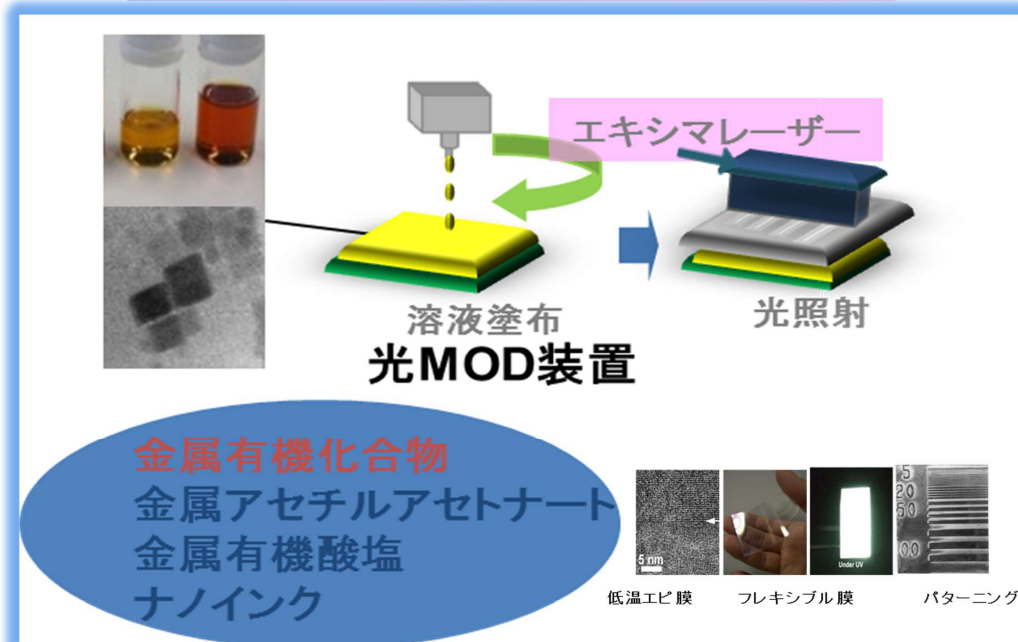


【産総研発・オリジナル技術】 焼結の必要ない画期的なセラミックス・コーティング —エアロゾルデポジション (AD)法—

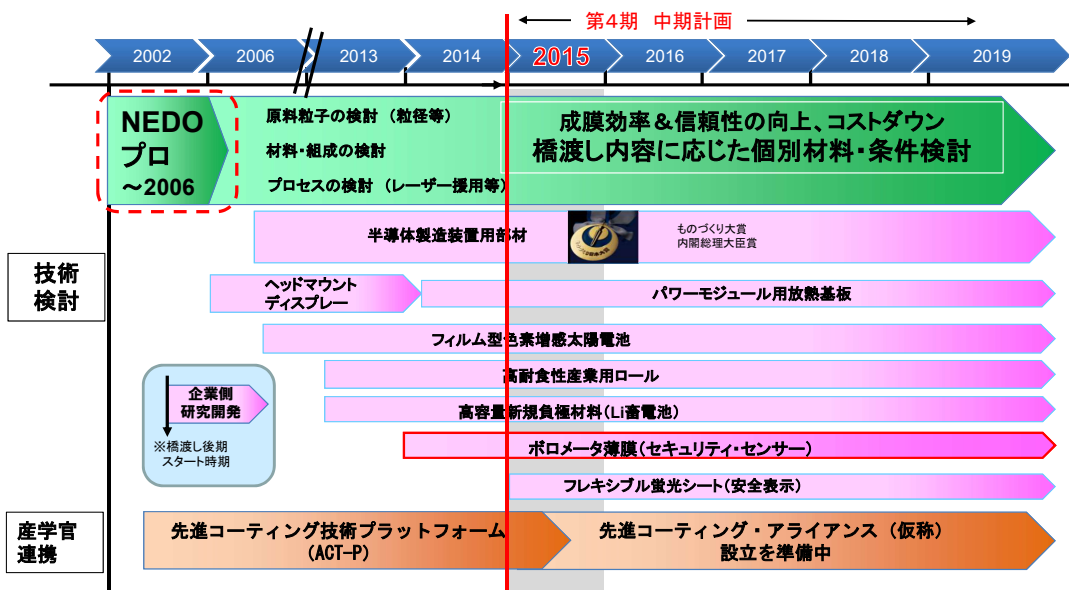
室温環境下で、セラミックス膜を高速形成可能に



光MOD法の原理と応用展開の可能性

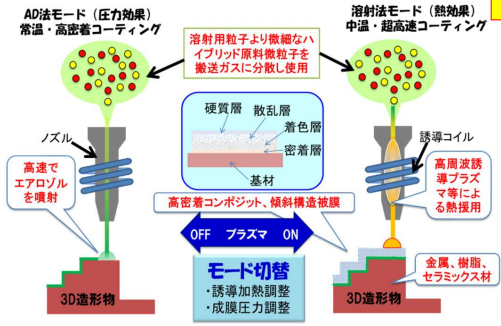


AD法&光MOD法 ロードマップ

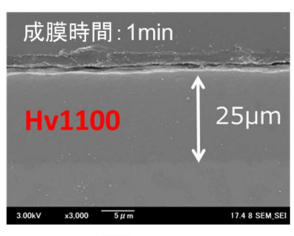


①ハイブリッドAD法 主な成果及び進捗

成膜シートで、従来AD法の15~20倍を確認!



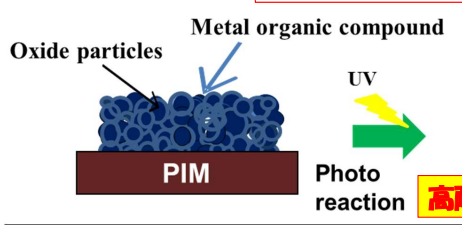
従来溶射法では、実現不可能と考えられていたAD法なみの緻密・高密着な高品位膜を、溶射並みの成膜速度で実現。



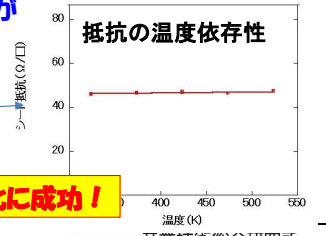
実用化用途の拡大を目指す!

②光MOD法 日、米、韓特許出願

SiCパワエレモジュール化はCTEが異なるり、亀裂劣化が問題。ポリイミド上への形成



高耐熱(250°C)、フレキシブル化に成功!



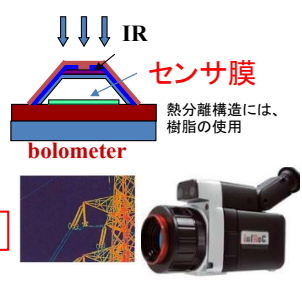
主な成果及び進捗

①光MOD法によるセンサ開発

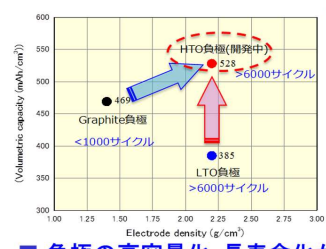
高感度・非冷却ポロメータ膜の開発
 課題: 高感度センサ開発: 耐熱性のない樹脂がデバイスに存在 300°C以下のプロセスが必要! →光MODによる低温コーティングのみ。
H27年度: 企業と実装基板上へのセンサ膜, TCR: 12%/Kを達成 大面積均一膜製造用の光学システム的设计

27年度: 資金提供型共同研究: 6件(うち中小1件)合計: 2240万

H27年度成果例



②高容量新規負極材料 AD法による電極シート製品化検討中



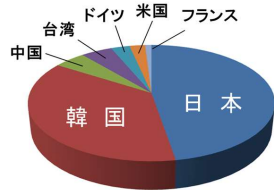
高容量チタン酸化物HTO負極
 産総研独自の高性能材料技術
 今年度の成果
 ・粒径制御技術の確立による高容量(255 mAh/g)かつ長寿命化が可能(現行LTOより40%容量アップ)
 ・実用化に向けて素材企業へ橋渡し中

負極の高容量化・長寿命化が可能

平成27年度文部科学大臣表彰 開発部門 受賞 第52回日本電子材料技術協会秋季大会 優秀賞 資金提供型共同研究: のべ4社(総額: 1150万円)



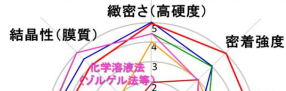
国内外の研究機関に対するベンチマーク



世界でのAD法論文発表数

AD法の基本特許（方法、構造、装置）は、産総研が保有、世界初の事業化（TOTO）にも成功しかし...

AD法と従来成膜法の比較



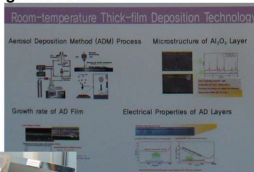
粉末調整技術や量産技術では、日本がリード。

海外では、新しい溶射技術の潮流！
競合技術 ⇒ SPS、STS、Cold Spray、Warm Spray

KETI, Korea Electronics Technology Institute



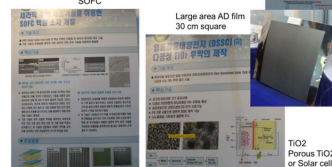
KICET, Korea Institute of Ceramic Eng. and Tech.



光MOD法・出口で性能比較：センサ膜(VO₂)プロセス

機関	プロセス	成膜温度	TCR(%/K)
産総研 (先進コーティング)	光MOD	室温~300°C	実装基板 12%/K エビ膜: 15%/K
防衛大 (日本)	MOD	530°C	4.8%/K

コーティング市場規模
世界市場: 約6000億円
国内市場: 約400億円



韓国でのAD法の取り組み

KIMS, Korea Institute of Materials Science

光MOD: プロセス温度、性能ともに優位!

INRS_ (カナダ)	PLD	550°C	エビ膜: 10.4%/K
デンソ (日本)	PLD	500°C	エビ膜8.6%/K
ETRI (韓国)	PLD	670°C	エビ膜: 7.06%/K

韓国・中国では、AD法の事を Vacuum Cold Spray と呼ばれることも有る

産学連携、国際連携の状況

つくば国際コーティングシンポジウム (隔年・NIMSと共同開催)



【連携先】: NIMS、大阪大、東工大、豊橋技科大、ハルビン大、ハヤシ大、アルコ、国立研究所、札幌大



A-STEP: 色素増感型太陽電池 (積水化学・共同研究)



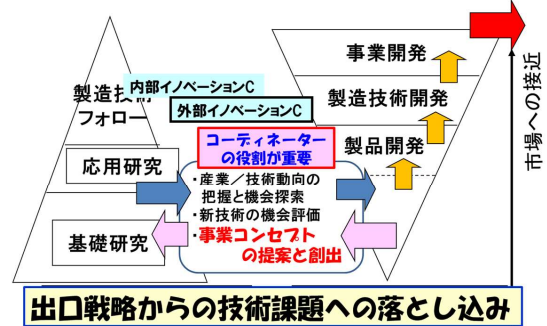
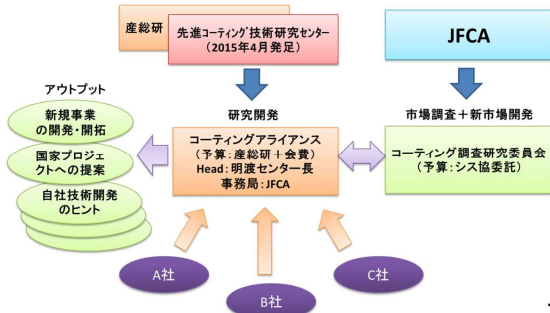
サポイン事業: 産業ローラ応用 (本田精機と共同開発)



フィルム基板上で塗膜効率・6%達成

PE合成紙に成膜した大面積アロフェン膜

先進コーティング・アライアンスの設立



出口戦略からの技術課題への落とし込み

開発機能の規模

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

- ・ **研究開発成果（評価指標）**

①世界で初めて多品種変量生産に対応可能なミナマルファブシステムを開発。H23年よりセミコンジヤパンに出展、毎年3000名以上の来訪。H27年、セミコン史上初めてクリーンルームでない、イベント会場でCMOSインバータ、リングオシレータ製造に成功

②産総研シーズ技術（AD法）を利用して、TOTO株式会社が半導体部材の事業化を行い、第6回ものづくり大賞「内閣総理大臣賞」を受賞
- ・ **民間からの資金獲得額の目標値と実績値（評価指標）**

目標値：9.6億円
 実績値：5.8億円（平成27年12月現在での契約済み案件の合計）
 見込み：7.7億円
 （参考）過去3年間の平均：6.3億/年
- ・ **戦略的な知的財産マネジメントの取組状況（モニタリング指標）**

①領域戦略部と研究現場による技術シーズを戦略的にメニュー化
 ②技術移転の促進を目的として成果「見える化」に対し支援
- ・ **中堅・中小企業の資金提供を伴う研究契約件数の大企業に対する比率（モニタリング指標）**

実績値：42.7%（平成27年12月現在）中小企業41件、大企業96件
 H24-H26産総研全体の平均：35%（H24-H26エレクトロニクス製造領域の平均：44%）
- ・ **マーケティング力の強化（その他）**

①137件中契約中、46件が新規。
 ②領域イノベーションコーディネータ、連携主幹を中心に産業界マーケティングを大規模（83社）に展開した。その結果、15件の資金提供型共同研究契約締結に成功した。
 ③来年度以降、イノベーションコーディネータ、連携主幹の更なる大規模なマーケティングに併せ、今年度から始まった領域戦略部と研究現場の密な協議の基づく戦略的な知的財産マネジメントの取組により技術移転案件の増加を見込む

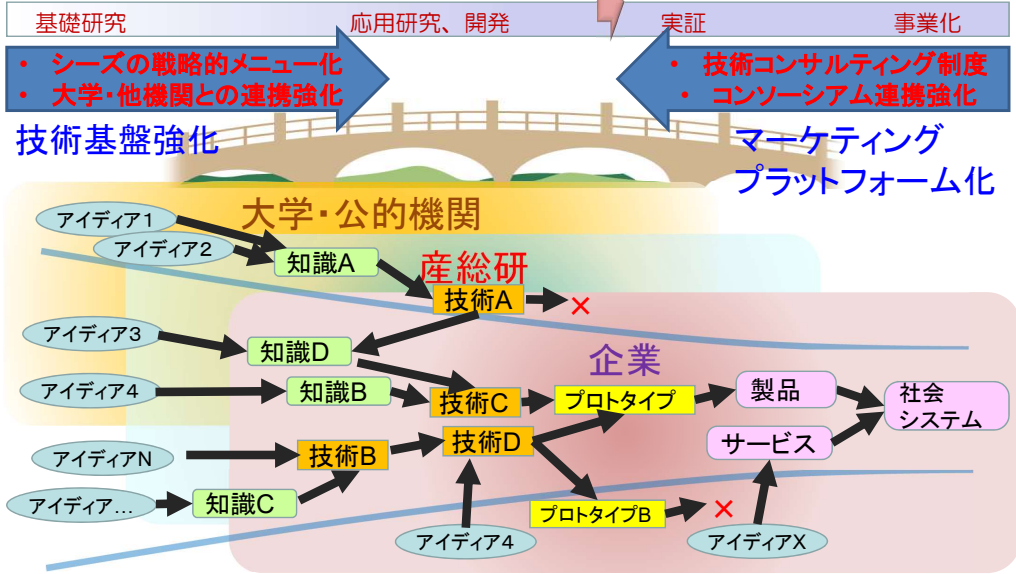
・ 事前自己評価の評点：B

3. 「橋渡し」のための関連業務

「橋渡し」に向けた領域の戦略

オープンイノベーションの加速

複雑化する技術開発、非連続的イノベーションの追及 自前主義からオープンイノベーションへ



3. 「橋渡し」のための関連業務

(1) 技術的ポテンシャルを活かした指導助言等の実施

- まずはコンサルティングから、“やってみせる”と“味見”でスタート
- 徐々にステップアップして、連携を深化・規模の拡大を目指す



- 新制度「技術コンサルティング制度」を活用
- 技術相談の枠を超え産総研技術を活かした新規事業提案、資金提供型共同研究が実現

3. 「橋渡し」のための関連業務

(1) 技術的ポテンシャルを活かした指導助言等の実施

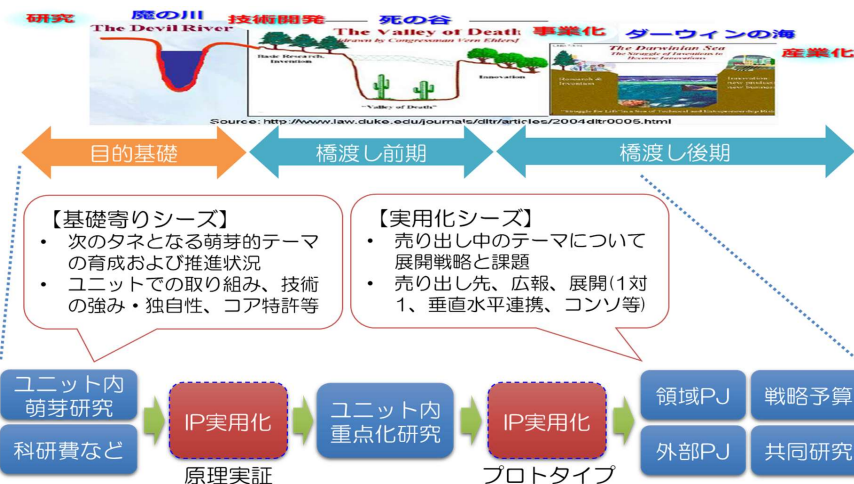
- 事前自己評価の評点：B

<根拠>

①外部からの技術相談に積極的に対応すると共に、新制度「技術コンサルティング制度」を活用した。当該制度の中において、技術相談の枠を超え産総研技術を活かした新規事業を提案し資金提供型共同研究契約締結に成功した。

3. 「橋渡し」のための関連業務

(2) マーケティング力の強化についての実績



- 戦略部と研究現場による技術シーズの戦略的メニュー化
- 技術移転の促進を目的とした成果「見える化」支援

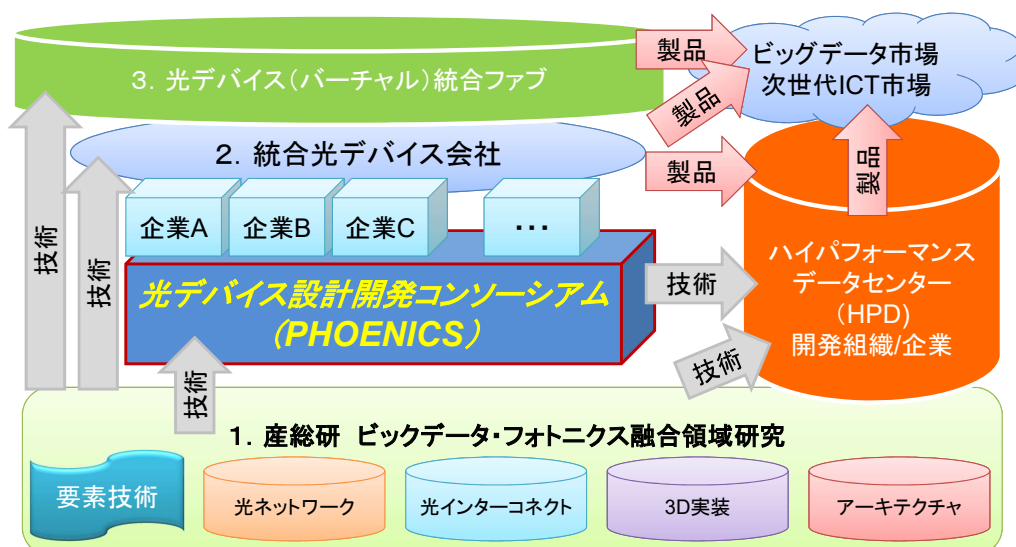
3. 「橋渡し」のための関連業務

(2) マーケティング力の強化についての実績

- H27年度、共同研究契約数137件(大96件、中小41件)
- H27年度4月以降、領域イノベーションコーディネータ、連携主幹(計6名)を中心に、83社と連携に向け協議。うち、15社と共同研究契約締結

3. 「橋渡し」のための関連業務

(2) マーケティング力の強化についての実績



3. 「橋渡し」のための関連業務

(2) マーケティング力の強化についての実績

- ▶ ミニマルファブ構想を産業界とともに推進するために、現在26社が参加する**技術研究組合の設立を主導し**国プロを受託。組合の母体となったコンソーシアム「**ファブシステム研究会**」(企業115社、大学・公的機関18、特許事務所3が参加)の活動を継続。
 - ⇒ セミコンジャパン2015では約3,500名が来訪。展示した装置でCMOSとパッケージ作製実演も成功させ、ミニマルファブの認知度が高まった。
 - ⇒ TV東京ニュース番組WBSにて、12/16「日本の半導体作りに大きく影響しそうな画期的な発明」、「産総研と中小150社※の共同開発」と報道される。



3. 「橋渡し」のための関連業務

(2) マーケティング力の強化についての実績



- ▶ セミコン、ナノテク展、プリンタブルエレクトロニクス展、テクノブリッジフェア (産総研内部) 等の展示会に積極的に出展、産業界に向けアピール

3. 「橋渡し」のための関連業務

(2) マーケティング力の強化についての実績

テクノブリッジフェア
2015.10.22(木)-23(金)



	日程	企業数	参加者数
つくば	10/22, 23	400	1,700
四国	11/9	8	20
関西	11/16	30	95
東北	12/7	52	105
九州	1/19	-	-
広島	1/20	-	-

テクノブリッジフェアのフォローアップとして
20社と連携に向けた協議を進行中

3. 「橋渡し」のための関連業務

(2) マーケティング力の強化についての実績

- 事前自己評価の評点：B

<根拠>

①領域戦略部が積極的に研究現場と協議を行い、技術シーズの戦略的なメニュー化を進めた。また、ユニット知財検討会などを開催し、産総研技術の位置づけと今後の企業への技術移転を考えながら特許出願内容の強化支援を行ってきた。さらに、産総研特許の技術思想を試作品として具現化し、連携先を探すための成果広報ツールや既存連携先との実用化・製品化の促進に役立てることを目的に「IP実用化加速」支援策を実施してきている。

②領域イノベーションコーディネータ、連携主幹を中心に産業界マーケティングを大規模（83社と協議）に展開した。その結果、15件の資金提供型共同研究契約締結に成功した。

③シリコンフォトニクス関連研究を中核とし、産総研コンソーシアム制度を活用し、光デバイス関連企業10社と連携体制を構築し、散在する光デバイス技術を集約し日本の国際競争力を維持する、持続発展可能なエコシステムの構築に向けた取り組みを行っている（光デバイス設計開発コンソーシアム：PHOENICS）。

④産総研コンソーシアムであるファブシステム研究会（企業109社、大学・公的機関16、特許事務所3が参加）の想定ユーザー班により、ミニマルファブ技術研究組合（民間企業25社）で開発中のファブシステムの実用化を検討している。

⑤セミコン、ナノテク展、プリンタブルエレクトロニクス展、テクノブリッジフェア（産総研内部）等の展示会に積極的に出展し、産業界に向けアピールを行っている。

3. 「橋渡し」のための関連業務

(3) 大学や他の機関との連携強化



▶ オープンイノベーションアリーナ

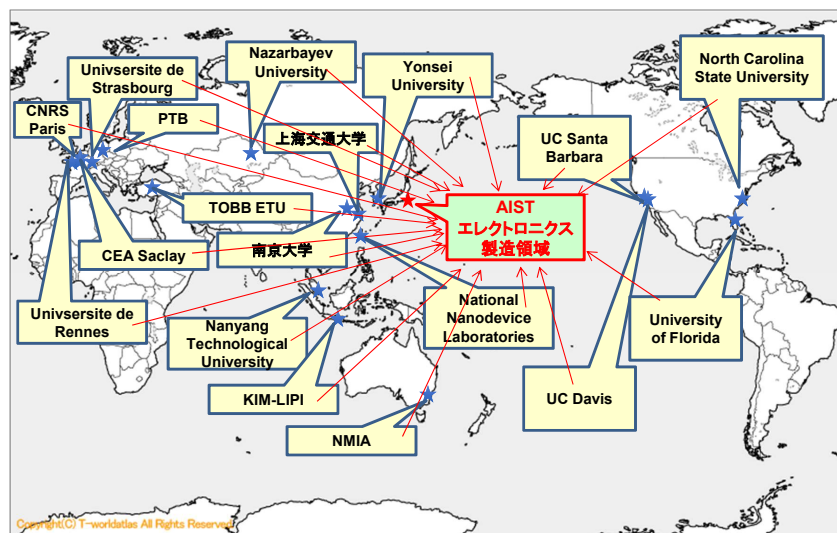
- ・ 技術シーズを多くの企業に迅速に「橋渡し」し、実用化していくため、革新的な基礎研究を担う大学と連携する新たな組織(オープンイノベーションアリーナ)を形成予定
- ・ H28年度4月開設に向け、**名古屋大(GaN)**、**東大(材料)**と協議中

▶ クロスアポイントメント制度

- ・ 産学官の人材・技術の流動性を高め、大学の技術シーズを円滑に橋渡しするため、大学-産総研間でのクロスアポイントメント制度をH26年度導入
- ・ **東北大**、**名古屋大**、**九州工業大**より**三名の教員**がクロスアポイントメント制度により、産総研にて研究推進

3. 「橋渡し」のための関連業務

(3) 大学や他の機関との連携強化



▶ 海外の大学や研究機関と18件の国際共同研究を実施

3. 「橋渡し」のための関連業務

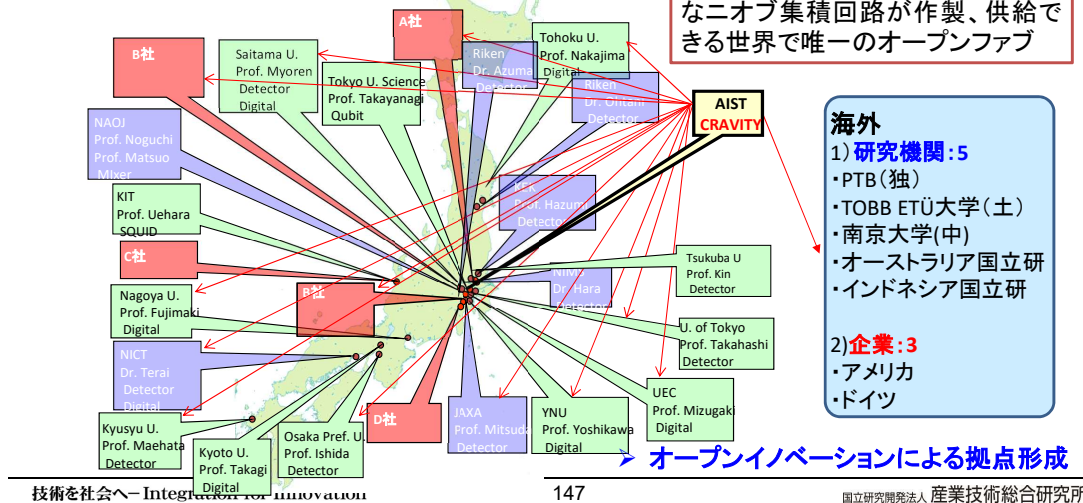
(3) 大学や他の機関との連携強化



超電導アナログ-デジタル計測デバイス開発拠点(CRAVITY)

日本 赤(企業): 4、青(研究独法): 7、緑(大学): 12

AISTニオブプロセスラインは、高度なニオブ集積回路が作製、供給できる世界で唯一のオープンファブ

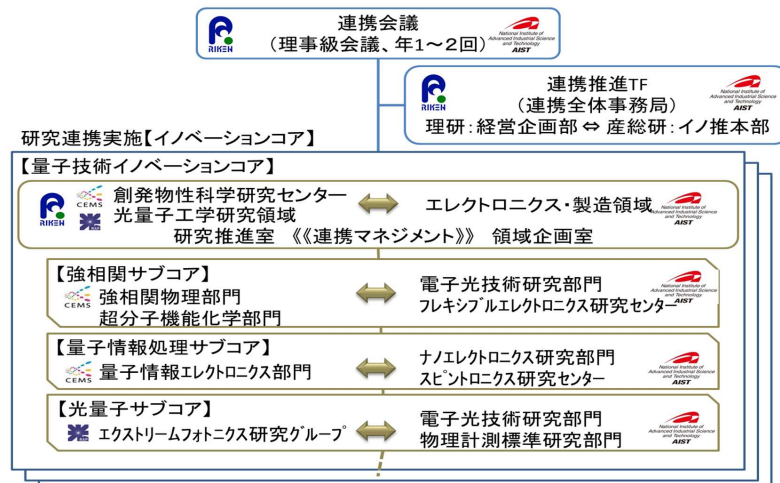


オープンイノベーションによる拠点形成

3. 「橋渡し」のための関連業務

(3) 大学や他の機関との連携強化

理研-産総研連携体制



革新的量子技術の世界トップクラスの研究者が集結する理研と産総研との連携により、学理構築から社会実装までの本格研究をシームレスに展開する研究コアを形成

3. 「橋渡し」のための関連業務

(3) 大学や他の機関との連携強化

- 事前自己評価の評点：A

<根拠>

①世界トップの超電導デバイスプロセス技術を有する超電導アナログ-デジタル計測デバイス開発拠点を運営、国内12大学、7研究独法、海外5研究機関に対し技術提供している。

②豊橋技科大に、AIST-TUT先端センサ共同研究ラボラトリーを設置。また、名古屋大学、東大に共同ラボ開設を予定しており、大学内技術シーズとの異分野融合や橋渡し研究を加速している。

③クロスアポイントメント制度にて、名古屋大(制度第一号)、東北大、九工大教員が産総研にて研究推進している。

④海外の大学/研究機関と18件の国際共同研究を実施している。

⑤理化学研究所と共催でワークショップを開催、量子アニーリング機械実現に向け共同研究協議中。

3. 「橋渡し」のための関連業務

(4) 研究人材の拡充、流動化、育成

イノベーションスクール/リサーチアシスタント

当領域より、**2名のポストドク**が産総研イノベーションスクールにてトレーニング中。また、**修士課程8名、博士課程4名**の学生が産総研リサーチアシスタント制度の中で、産総研が実施している社会ニーズの高い研究開発プロジェクトや、民間企業との共同研究プロジェクト等に参画。



MEMS人材育成

MEMS技術において、**ナノテクキャリアアップアライアンス(CUPAL)**：2回開催4名に修了証授与、**さくらサイエンスプラン**：タイの若手研究者10名受け入れ、**TIA連携大学院サマー・オープン・フェスティバル**：企業や大学等から計12名参加、これまで合計100名受け入れ。



MEMS人材育成の風景

年俸制任期付研究員/ダイバーシティ推進

年俸制研究員4名の実績

ダイバーシティ推進策として、**女性研究者3名、外国人研究者3名**の採用実績

3. 「橋渡し」のための関連業務

(4) 研究人材の拡充、流動化、育成

- 産総研イノベーションスクール及びリサーチアシスタント制度の活用等による人材
育成人数（評価指標）
目標値：8名
実績値：14名（平成27年12月現在）
見込み：14名
（参考）昨年度実績：5名
- 事前自己評価の評点：A
<根拠>
①昨年度実績および目標値に比べ、産総研イノベーションスクールおよびリサーチアシスタント数が大幅に増加している。
②MEMS技術において、様々な制度を介して、国内外の研究者20名以上の技術指導を行った。
③多様な雇用形態やダイバーシティ推進策として、今年度、年俸制研究員4名、女性研究者3名、外国人研究者3名を採用した。

評価委員コメント及び評点 研究評価委員会（エレクトロニクス・製造領域）

1. 領域の概要

（1）領域全体の概要・戦略

（評価できる点）

- ・人材育成に取り組む姿勢が評価される。個々の研究にとどまらず、将来を担う若手の教育を行うことこそが、大きな社会貢献だと思う。
 - ・民間資金を獲得しようとする意識があることが良い。あまりコスト意識がなく、各自が研究をできれば良いというイメージであったが、自分たちの技術の社会貢献度合いを測るためにも民間資金獲得を目指してほしい。
 - ・幅広い領域内の活動を、「IoT時代の新たな価値の創造」というコンセプトでうまくまとめている。
 - ・IoT時代への貢献として重要課題4点の設定は的確。連携強化に重点を置いている点も評価できる。
- （問題点・改善すべき点、助言）
- ・重点課題4点が、IoT、GPS全体の中においてどのような位置にあるかの再検証・再確認を望む。
 - ・全体的に目指す方向が明確とは言い難い。研究開発が目指す方向にあっていのかどうか検討する材料が十分にはない。
 - ・10年後、20年後の世界を考えたとき、この研究領域では国策として何が必要かということゼロベースで考えてみると良いのではないか。その上で、現在保有するリソースをどのように活用していくか、また新たなリソースをどのように導入し育成していくかを考えてほしい。
 - ・研究者が狭い研究領域に閉じないように、連携のあり方については検討し、有効な連携を進めることで、より大きな成果を出すように目指してほしい。

（2）研究開発の概要

- ①情報通信システムの高性能化および超低消費電力化技術の開発
- ②もののインターネット化に対応する製造およびセンシング技術の開発
- ③ものづくりにおける産業競争力強化のための設計・製造技術の開発
- ④多様な産業用部材に適用可能な表面機能付与技術の開発

（評価できる点）

- ・①高性能化と超低消費電力化を同時に達成しようとする試みは重要である。
- ・②社会システムの鍵となるセンサーに着目して、センシング技術とセンサーネットワークの両面から研究を推進している。
- ・③社会のニーズに取り組む姿勢がある。
- ・④産総研独自保有技術の用途開発

（問題点・改善すべき点、助言）

全体

- ・優秀な技術だけを取り上げてPRしたという感じがする。ある技術は非常に進んだが、ある技術では遅れているので力を入れなければならないなど、良いことばかりでなく、テコ入れすべき研究テーマを示すことも必要と思われる。
- ・個々のロードマップも重要だが、領域全体として必要とされる物・技術をまとめたロードマップがあると良いのではないか。
- ・①全体像を明確にしながら、各研究の統合のイメージを共有する試みを期待したい。
- ・②部品研究者とシステム研究者が、更に共に議論して進めてほしい。
- ・③より多くのステークホルダーと議論し、国全体が強くなる戦略を考えてほしい。
- ・④進むべき方向がわかりにくい。

2. 「橋渡し」のための研究開発

（1）「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）

（評価できる点）

- ・基礎研究においても、ロードマップを示し、産業化を見据えて研究の流れを把握しながら進めている。
- ・スピントロニクス技術は世界をリードする成果が得られており、また実用化を意識した取り組みが行われている点は高く評価できる。研究開発のあり方の一つのモデルになるのではないか。
- ・製造網（Web of Manufacturing）については、日本が立ち遅れたといえる生産モデルの構築に着目した

点は評価できる。シナリオ分析のように、初めての試みも良い。

- ・ 基礎研究に対して出口をきっちりと設定していることは十分に評価できる。外部から適切な人材を採用し成果につなげている。また外部との連携も十分に機能している。
- ・ 世界初、最高レベルの研究に成功している点は大いに評価できる
(問題点・改善すべき点、助言)
- ・ 製造網 (Web of Manufacturing) については、IoT の大きな動きの中で、この研究がどのような意味を持つか検証が必要。基礎研究テーマとしての位置付けを明確にする必要がある。
- ・ 基礎研究であっても産業化を目指している部分については、産業におけるベンチマークも実施してほしい。基礎研究の成果がより産業化に結びついていく可能性が高まるはずである。
- ・ 工場内の情報化だけでなく、社会全体の「情報化、サービス化」の中で「新たな製造」とは何かを問い直すことがまず必要ではないか。
- ・ 研究成果を社会実装へつなぐためには、産総研のみならず、官庁、産業界を動かす手立てを講じることが肝要 (製造網 (Web of Manufacturing))。企業に振り回されることなく、産総研の主体的なリードの下に、推進されることを期待します。
- ・ 産総研がリーダーとして日本国内の技術を集結させて、ますます世界トップの技術として磨きをかけてほしいと思う。

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

(評価できる点)

- ・ 世界をリードする日本の技術を結集しようとする試みは評価に値する (光情報技術)。インフラモニタリングに着目した点とともに、圧電 MEMS とフレキシブル基盤のハイブリッドも良い方向 (ネットワーク MEMS)。多数のデバイスの生産を可能とするための研究という点は評価できる (フレキシブル印刷製造技術)
- ・ 新しいコンセプトを産総研から提案し、民間企業が集結して技術の進歩に取り組んでおり、大変評価される (光情報技術)。
- ・ 大型の国プロを活用し、技術研究組合等で企業を巻き込みながら大規模な実用化研究を進めている点は、産総研ならではの迫力を感じる。
- ・ 社会の課題をとらえたテーマ設定になっている点が素晴らしい。多くの機関を巻き込み連携しながら、そのプラットフォームを作り研究を進めている。
- ・ 産業界との連携を十分に考慮した体制は素晴らしい。
(問題点・改善すべき点、助言)
- ・ 産業化を目指しながら、産業としてのベンチマークがない。研究開発内容のベンチマークについては、強みだけを強調し、課題を探しきれていない。
- ・ 技術の確立とともに、標準化も重要な項目であると考え。企業任せにせず、産総研がイニシアチブをとって標準化を進めてほしいと思う。技術は優れているにも関わらず、民間企業との連携が薄いように思われる (フレキシブル印刷製造技術)。
- ・ 課題の設定から十分吟味し直すことが有用と考えられる。ベンチマークは産業界との連携で進めることが望ましい。
- ・ 出口イメージを常に考えることが重要。小さな出口ではなく、本流となるような大きな出口イメージがほしい。
- ・ 社会への実装に必要な手立ての検討として、小規模でも目に見える実績をまず目指すことが肝要 (光情報技術)。社会実装を推進するために、他機関 (関係省庁、企業等) との連携でイニシアチブをとることが肝要 (ネットワーク MEMS)。ハイレベルの性能開発がコスト低減にもつながることに留意 (フレキシブル印刷製造技術)。

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

(評価できる点)

- ・ 日本ならではの技術であると大いに評価される。コンセプトが素晴らしく、クリーンルーム不要を実現した技術も素晴らしいと思う (ミニマルファブ)。常温でセラミックスを被覆できる技術は、素晴らしいと思う。
- ・ 従来トレンドにとらわれることなく、独自の発想で新たなニーズを予想し、そのニーズに応える研究開発テーマに取り組んでいる。他機関との連携も多くを取り込み、積極的に進めている。
- ・ ミニマルファブは、ユニークなコンセプトであり、多数の企業を巻き込んでほぼ全システムのプロトタ

イプまで完成させている点は驚異的である。AD/MOD も幅広い応用分野に挑戦して実用化を目指している点は高く評価できる。

(問題点・改善すべき点、助言)

- ・ある程度の民間資金を獲得しているが、もっと企業で使用してもらえよう、PRが必要ではないか。
- ・橋渡し後期なりに産業化の目途は明確であるものの、広い視点で目指すべき目標が若干わかりにくい部分もある。
- ・タクトタイム短縮を図ることができれば、普及が進むと期待できる。半導体製造のみならず、他の用途にも展開を図ってほしい(ミニマルファブ)。

3. 「橋渡し」のための関連業務

(1) 技術的ポテンシャルを活かした指導助言等の実施

(評価できる点)

- ・知の集結機関として、産業界との連携を真剣に考え、提案している。
- ・積極的に技術コンサルティングを行おうという姿勢を評価。
- ・技術コンサルティング制度を創設し活動を始めている。

(問題点・改善すべき点、助言)

- ・技術コンサルティングの対象の特定に一考の余地あり。
- ・産総研主体の連携につながる指導助言対象の選択を進めると良い。

(2) マーケティング力の強化

(評価できる点)

- ・多くの企業を巻き込んで研究活動が行われている。領域イノベーションコーディネータの実施は有効に機能していると思われる。
- ・民間資金を得ようとする姿勢は、評価に値する。これまで、技術を極めることだけに目が向けられていたように思われるが、自らその技術をPRし、実際に利用されるところまで踏み込もうとしているところに、前向きさが感じられる。

(問題点・改善すべき点、助言)

- ・具体性のある命題のマーケティングにとどまらず、IoTを中心とした世界に向けて、将来の技術のあるべき姿を見極めるためのマーケティングも重要。
- ・産総研発信の将来像をイメージし、その将来像に夢が感じられると、具体的な技術協力がスムーズに進む。結果として、民間資金獲得という形で帰ってくる。

(3) 大学や他の研究機関との連携強化

(評価できる点)

- ・大学内に共同研究ラボラトリーを設置、クロスアポイントメント制度で教員を受け入れるなど、これまでにない取り組みを行っており、評価できる。海外との連携も考えられており、これからの技術の発展に期待できると思う。
- ・国内外の多くの機関と連携している実績がある。これは、本領域への期待の結果と考えることができる。

(問題点・改善すべき点、助言)

- ・海外企業との連携に対して、確認すべき基準を設けることが必要と思われる。
- ・イノベーションアリーナやクロスアポイントメント制度を開始しているが、まだ数としては少ない状況にある。

(4) 研究人材の拡充、流動化、育成

(評価できる点)

- ・種々の制度を創設して、成果が出ている。
- ・大学など外部から適材適所に人材を雇用し、成果につなげている。
- ・イノベーションスクールを長年継続、またMEMS人材育成を積極的に進めている。

(問題点・改善すべき点、助言)

- ・ダイバーシティ推進策がなかなか進んでいないように思う。積極的な取り組みをお願いします。
- ・人材育成は単に人材育成プログラムに参加すれば十分というものではない。人材育成の戦略を産総研全体で考えてみるのが望ましい。
- ・連携大学院制度を活用し、大学院学生の研究教育をさらに積極的に行ってほしい。

4. 総合評価

(評価できる点)

- ・産総研が基礎研究を基盤として産業化を強化する意思は十分に理解できた。その方向は明確である。また、世界に誇る技術を十分に持つベースがあり、活力ある研究を進めていることも確認できた。
- ・産総研を核とした産官学の連携が機能している。
- ・個々の技術は、非常にすばらしい成果を出していると思う。

(問題点・改善すべき点、助言)

- ・IoT時代に向けて、5年後、10年後、30年後の社会像をイメージしてほしい。
- ・領域全体で目指す方向や戦略を共有することが必要と考えられる。一つの課題はリニアモデルからの脱却であり、基礎から橋渡し後期まで一緒に議論し、一緒に動く戦略と計画が必要である。
- ・自由な発想で行う基礎研究には、より自由度を与え、「橋渡し」後期の研究では、産業界を変えるような提案を行い、民間資金獲得につなげてほしい。
- ・産業界、学界との連携を広げることを期待する。また、人材育成のために、産総研の研究者が連携大学院に参画して、大学院学生の研究教育を更に進めることを希望する。

5. 評点一覧

事前自己評価及び評価委員 (P, Q, R, S, T) による評価

評価項目	事前自己評価	P	Q	R	S	T
「橋渡し」のための研究開発						
「橋渡し」につながる基礎研究 (目的基礎研究)	A	A	S/A	A	S/A	A
「橋渡し」研究前期における研究 開発(注1)	A	A	A	A	A/B	A
「橋渡し」研究後期における研究 開発	B	A/B	A/B	B	A/B	B
「橋渡し」のための関連業務						
技術的ポテンシャルを活かした指 導助言等の実施	B	B	A/B	B	B	B
マーケティング力の強化	B	B	B	B	B	B/C
大学や他の研究機関との連携強化	A	A	A	A	A	A/B
研究人材の拡充、流動化、育成	A	A	A	A/B	B	A/B

(注1) 本評価項目の一部を構成する評価指標「実施契約等件数」については、平成27年度目標値が173件であったところ、評価委員会(平成28年2月2日開催)において年度末の見込値を219件としていたが、年度末実績値は167件であった。

平成 27 年度 研究評価委員会（エレクトロニクス・製造領域）評価報告書

平成 28 年 5 月 13 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。



AIST16-X00005