平成２９年度
研究評価委員会
（エネルギー・環境領域）
評価報告書

平成３０年６月

National Institute of
Advanced Industrial Science
and Technology
AIST
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	３
３．評価資料（委員会開催時[1]）	５
４．説明資料（委員会開催時 [1]）	23
５．評価資料（年度末確定値）	99
６．評価委員コメント及び評点	101

[1] 平成 30 年 3 月 23 日

国立研究開発法人　産業技術総合研究所
平成 29 年度　研究評価委員会（エネルギー・環境領域）
議事次第

日 時：平成 30 年 3 月 23 日（金）10:15-16:50
場 所：国立研究開発法人 産業技術総合研究所　福島再生可能エネルギー研究所　FREA ホール

開会挨拶	理事 ・ 評価部長　加藤 一実	10:15-10:20
委員等紹介・資料確認	評価部研究評価室　志岐 成友	10:20-10:25

領域による説明（質疑含む）　（議事進行：山口 真史　評価委員長）

１．領域の概要と研究開発マネジメント（説明 30 分、質疑・評価記入 30 分）　10:25-11:25
理事 ・ エネルギー・環境領域長　小林 哲彦

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）（説明 20 分、質疑・評価記入 20 分）11:25-12:05
エネルギー・環境領域　研究戦略部長　小原 春彦
電池技術研究部門長　谷本 一美

昼食・休憩（45 分）　12:05-12:50

現場見学会（60 分）　12:50-13:50
① 風車・太陽光ﾊﾟﾈﾙ・MCH 棟・純水素棟を屋上から見学
② ｴﾈﾙｷﾞｰﾈｯﾄﾜｰｸ・水素ｷｬﾘｱ・風力発電・超薄型の太陽電池技術・地熱、地中熱の利用評価技術等
③ 水素ｷｬﾘｱ製造・利用技術
④ 太陽光発電に関する研究開発

（２）「橋渡し」研究前期における研究開発（説明 35 分、質疑・評価記入 35 分）　13:50-15:00
エネルギー・環境領域　研究戦略部長　小原 春彦
太陽光発電研究センター長　松原 浩司
再生可能エネルギー研究センター長　古谷 博秀

（３）「橋渡し」研究後期における研究開発（説明 20 分、質疑・評価記入 20 分）　15:00-15:40
エネルギー・環境領域　研究戦略部長　小原 春彦
先進パワーエレクトロニクス研究センター長　奥村　元

休憩（15 分）　15:40-15:55

総合討論・評価委員討議・講評　（議事進行：山口 真史　評価委員長）

総合討論（領域等への質疑を含む）　(15 分)	15:55-16:10
評価委員討議（領域等役職員 退席）(15 分)	16:10-16:25
評価記入（領域等役職員 退席）　(15 分)	16:25-16:40
委員長講評（領域等役職員 着席）　(5 分)	16:40-16:45

閉会挨拶	理事 ・ 評価部長　加藤 一実	16:45-16:50

評価委員

エネルギー・環境領域

委員長	氏名	所属	役職名
○	山口　真史	豊田工業大学	シニア研究スカラ
	岩城　智香子	東芝エネルギーシステムズ株式会社 原子炉システム・量子応用技術開発部	主幹
	小島　康一	トヨタ自動車株式会社 先進技術開発カンパニー 先進技術統括部	主査
	末光　眞希	東北大学　電気通信研究所	教授
	竹中　みゆき	株式会社　日立ハイテクノロジーズ 科学・医用システム事業統括本部　事業戦略本部	担当部長
	吉岡　省二	三菱電機株式会社　鎌倉製作所　宇宙技術部	主席技師長

所属・役職名は委員会開催時

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
平成 29 年度 研究評価委員会（エネルギー・環境領域）
評価資料

１．領域の概要と研究開発マネジメント

（１）領域全体の概要・戦略

【実績・成果】
全体の概要
　当領域は、グリーンテクノロジー（創･蓄･省エネルギー技術、環境・安全技術）の開発とそれらの社会･産業界への橋渡しを通して、持続可能な社会の構築に貢献する。「Zero-emission Society」を理想に掲げ、再生可能エネルギーの大量導入、省エネルギー技術の普及、未利用エネルギーの高効率利用を通して、低炭素社会を目指すとともに、環境リスクの低減、資源・物質の循環、産業保安の確保などにより、産業と環境が共生する社会を目指す。国連の持続可能な開発目標（SDGs）や気候変動枠組条約に関連したエネルギー・環境イノベーション戦略（NESTI2050）への貢献も重要な目標としている。下記に、より具体的な研究対象を記す。
(1)新エネルギーの導入を促進する技術：太陽光発電、風力発電、地熱発電、電力エネルギーネットワーク等
(2)エネルギーを高密度で貯蔵する技術：長期蓄エネルギー技術の観点でのエネルギーキャリア技術、蓄電池技術等
(3)エネルギーを効率的に変換・利用する技術：パワーエレクトロニクス技術、自動車の省エネルギー技術、未利用熱の有効利用技術等
(4)エネルギー資源の有効活用：メタンハイドレート、未利用炭素資源等の利用技術開発等
(5)環境リスクを評価・低減する技術：都市鉱山、水循環技術、リスク評価、リスク・コミュニケーション等
また、地域活性化の観点から、福島再生可能エネルギー研究所（FREA）に再生可能エネルギー研究センターを、また関西センターに電池技術研究部門を配し、地域に根ざした世界的研究開発拠点の形成を目指している。
　当領域のロードマップは、国連の定める持続可能な開発目標 SDGs（2030 年に向けた開発目標の内、水・衛生、エネルギー、生産・消費、気候変動、資源）および国連気候変動枠組条約におけるパリ協定（2050 年に向けた温暖化対策）に貢献することを目指し、時間軸を設定している。特にエネルギー研究では、2050 年における温室効果ガス抑制を想定した、一次エネルギー構成シミュレーションからのバックキャストと、各種エネルギー技術開発からのフォアキャストを比較することで目標値の合理性を高めている。ポートフォリオは、内閣府の定めるエネルギー・環境イノベーション戦略 NESTI 2050 の技術マップとも整合するように設定している。なお上述のとおり当領域の研究テーマは多岐に渡っているため、個々のテーマごとにロードマップ、ポートフォリオは設定している。

領域のあるべき社会的な役割としては、未来社会のための産業技術シーズの創出およびオープン・イノベーション・プラットフォームの提供を掲げ、産業界からリスペクトされる存在となることを目指している。中長期目標･計画を達成するための方策、特に民間資金獲得増については、「急がば回れ」の言葉を掲げ、まずは職員への“技術を社会へ”マインドの浸透と、未来の産業ニーズを想定した目的基礎研究の強化を通して、「結果」としての民間資金の増額獲得に努めている。オープンイノベーションラボラトリ（OIL）制度やクロスアポイントメント制度を利用した目的基礎研究力の強化や、領域内連携促進（アライアンス制度）による研究テーマの骨太化を行うとともに、ナショナルプロジェクトの中核的な役割や技術研究組合への貢献、コンソーシア

ム活動を通した産業界との連携強化などにも努めてきた。

成果発信および普及については、成果発表会、テクノブリッジフェア、国際学会等を利用した積極的な情報発信を行った。研究成果発信として特に重要な研究論文については、領域内の全グループリーダー、チームリーダーと意見交換を行い、研究現場でのエフォート管理に応じて論文発表の個人目標を設定することとした。

リスク管理・コンプライアンスについては、公的資金で運営されている組織としての意識を重視し、根気強くコンプライアンスの徹底を行った。研究者の個人評価では、論文発表から橋渡し活動まで総合的に評価し、それらのバランスは個々人の状況を重視して判断した。

【アウトカム】

上記の実績・成果に示した（1）～（5）の各技術分野において得られた代表的な成果により期待される、社会的・経済的インパクトおよび産業へのインパクトは以下の通りである。

(1) 太陽光発電については、化合物太陽電池の高生産性技術、任意の異種太陽電池を接合できるスマートスタック技術の開発、およびモジュールの評価技術に係る屋外曝露試験のデータに基づいた生涯発電量推定の知見を獲得しており、いずれもこの分野で先導的な役割を果たす成果であることから、再生可能エネルギー大量導入のための低コスト・超高効率太陽電池の実用化につながると期待される

(2) 蓄電池に係る技術開発については、シート型硫化物全固体電池の製造プロセスの開発や、リチウム-空気電池やリチウム-硫黄電池などの革新型高容量リチウム電池の高効率化・高耐久化に資する基礎技術が大きく進展しており、自動車の電動化の流れなども見据えた、安価・高性能・高耐久の次世代蓄電池の開発と社会導入の加速が期待できる。

水素を用いたエネルギー貯蔵技術では、清水建設との共同研究において、水電解装置、水素吸蔵合金を用いた水素貯蔵、燃料電池などを使った実証システムを構築した。これは、変動する再生可能エネルギー（電力）を大容量・長期間に貯蔵し、必要な時に利用する技術が完成したと言え、「水素を活用したビル・エネルギー・マネージメントシステム（BEMS）」の実用化への道を開く。

(3) ショットキーバリアダイオードを内蔵した新規トレンチ構造を採用することにより、1,200V クラスの高信頼性・低損失パワーMOSFET を量産試作レベルで開発することに成功した。今回の成果により、SiC パワーMOSFET のボトルネックであった信頼性問題が量産試作レベルで解決できたことから、電力変換の大幅効率化につながる低損失かつコンパクトな SiC パワーモジュールの導入が加速すると期待される。

(4)メタンハイドレート第 2 回海洋産出試験の実施に貢献しただけでなく、出砂対策技術や生産中の貯留層の挙動などの情報を関連機関に提供することで、今後の開発のために有益な技術の抽出や開発方針などの検討に貢献し、国産 1 次エネルギーの実用化に向けて前進した。

(5) 水循環技術の研究では、従来法の 500 倍の検出感度を有する超高感度安定同位体追跡法を実産業排水処理現場に初めて適用することで、複数の分解菌の共存と協働が重要であることを見出したことは、水処理プロセスの高活性維持管理法の提案につながる成果である。

地域活性化の観点からは、

・FREA における「復興予算（被災地企業のシーズ支援プログラム）」の終了（～平成 29 年度）に伴い、新たな被災地発のコンソーシアム型再生可能エネルギー関連製品事業化に向けた技術開発のための予算（被災地企業等再生可能エネルギー技術シーズ開発・事業化支援事業（平成 30～32 年度））を確保し（内示）、地元企業の新たな産業の創出を継続発展する目途が立った。

・関西センターにおいては、電池技術研究部門と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）が協力して将来の電気自動車用「全固体電池」に関する新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）先導プロジェクトを獲得し、さらに平成 30 年度の本プロジェクトに応募するため、自動車企業を中心とするオールジャパン産学官連携体制を整えた。

【課題と対応】

研究論文や特許の量と質、公的外部資金による研究費などは第 4 期中長期目標期間に入って 3 年連続で増加傾向にあり、目標達成の見込みである。一方で、民間資金による研究費獲得は、与えられた目標を大きく下回るとともに前年度の獲得額にも到達しない見込みとなったことが大きな課題である。直接的には大型の案件の完了と新規案件の獲得のはざまの時期ではあったが、本質は下記のとおり構造的な課題と分析している。

当領域の外部資金による研究費は研究者一人当たりの平均獲得額が 2,000 万円を超え、"ビッグサイエンス"を担当するのではない研究機関としてはかなり高額なものとなっている。内訳としては、公的な外部資金が民間資金の 3 倍以上を占め、主たるものは NEDO プロジェクト費である。内容的には、プロジェクトリーダーや事務局等を当領域が担当し、基盤・要素技術の提供、多数の参画企業・大学のとりまとめ、共同利用設備を備えた集中研の提供等を行うとともに、国際標準化活動なども含め、経済産業省の技術開発政策を担っている。いわゆる「オープン・イノベーション・プラットフォーム」の提供であり、多くの参画企業、大学の要望に応える活動でもある。また獲得した民間資金の中でも約 1/2 は、つくばパワーエレクトロニクスコンステレーション（TPEC）であり、個社との個別連携ではなく、むしろ「オープン・イノベーション・プラットフォーム」活動である。このように、当領域は「エネルギー・環境」と言う比較的時間軸の長い研究テーマを担当しているため、「オープン・イノベーション・プラットフォーム」活動に対する社会的ニーズが極めて強い。

上述のとおり公的外部資金によるプラットフォーム型研究活動は、産総研の社会的使命に照らしても全うすべき重要なミッションである。従って、個社との個別連携を想定して設定された民間資金の大幅な増額目標は、当領域が対応している社会的ニーズに照らしてアンバランスな構造となっており、研究員の大幅な増員以外には達成困難な状況と判断される。

その他の対応策としては、

(1) 民間資金で運用されるプラットフォーム型研究活動の拡大
(2) プラットフォーム型研究活動からの資金提供型共同研究への展開
(3) 技術コンサルティングからの資金提供型共同研究への展開

が挙げられる。特に技術コンサルティングは本年度大幅に増加させることができた（後述）。技術コンサルティングでは、単純に民間資金獲得の増額を狙うものではなく、将来の資金提供型共同研究につながることを意識したテーマ選定をしているため、今後の共同研究の増加を期待している。

（２）技術的ポテンシャルを活かした指導助言等の実施

【実績・成果】

当領域では、エネルギー・環境分野に特化した技術力を基に、民間企業への技術指導とコンサルティングを積極的に実施してきた。平成 27 年度より創設された技術コンサルティング制度では、技術アドバイスや分析・評価の他に、将来の連携を見据えた先端技術調査や、連携研究テーマを導き出すコンセプト共創等設定してコンサルティングを行っている。平成 29 年度は、契約数 59、契約総額 6,951 万円に達した。平成 28 年度の 2,450 万円から 2.8 倍に増加し、民間資金獲得額 20.6 億円に対して 3.4%の割合を占めるに至った（12 月末時点）。件数としても 1 年目 0 件、2 年目 12 件から 3 年目 59 件と大幅に増加した。イノベーションコーディネータと研究者との連携の成果である。

FREA では、太陽光発電や風力発電などを大量に導入する場合に、これら変動する分散電源を上手に制御することを目的に、スマートシステム研究棟を平成 27 年度に建設し、平成 28 年度運用を開始した。分散電源やメガワット級の大型パワーコンディショナー等を世界の様々な電力系統や気象条件の下で試験・評価できる施設となっており、国内メーカーの国際認証取得に貢献している（グローバル認証基盤整備事業）。平成 29 年度の利用実績は 6 企業による 21 件であり、ほぼフル稼働状態が継続している。

また FREA では、被災地企業のシーズ支援プログラムを平成 25 年度より開始しており、平成 29

年度は 24 社 25 件、平成 25 年度から平成 29 年度までで計 44 社に 107 件、再生可能エネルギー関連の技術を基に被災 3 県の企業の事業化支援を行った。その中で 81 件は福島県の企業であり復興に寄与している。これまでに製品化し、売り上げを上げた実績は 9 件となった。

【アウトカム】

代表的な技術コンサルティング例として、「気象データ解析による農作物収穫量予測に関する技術コンサルティング」では農作物収穫量増加に、「電気化学的分析による固体酸化物型燃料電池の被毒メカニズム」では燃料電池の長寿命化に、「ケイ素およびアルミニウム化合物の混合危険に関する調査技術コンサルティング」では混合危険物の安全性向上に、「ハイドレートによる CO_2 分離と地中貯留の安全性向上に関する技術コンサルティング」では国産エネルギーの採掘安定性・安全性向上にそれぞれ寄与できた。

被災地シーズ支援プログラムでは、製品化実績が増加している。平成 29 年度は、樹脂製細管熱交換器を内蔵したタンク式地中熱交換器の高度化が挙げられ、被災地の産業復興支援に大きく貢献した。

【課題と対応】

前述の通り民間資金獲得額増額が課題となっているが、技術コンサルティングの大幅な増加は民間資金獲得増額に寄与している。一方でコンサルティングのテーマ設定は、後年度の資金提供型共同研究につながるように留意して来た。今後の共同研究としての民間資金獲得拡大が期待される。被災地シーズ支援プログラムは平成 29 年度が終了年度であるが、被災地企業の支援継続の強い要請を受けて、後継予算（平成 30～32 年度）を獲得し（内示）地元企業の新たな産業創出を継続支援する体制を整えた。

（３）マーケティング力の強化

【実績・成果】

産業技術の共同研究成果を共同で管理し、組合員相互で活用する法人である技術研究組合への参画やコンソーシアムの主催を通じて、最新ニーズの把握に努め、産総研の技術力と中立的立場を活かした産業界の R&D のハブ機能の創成に寄与している。

領域担当のイノベーションコーディネータ（3 名）の活動として、新たな共同研究先企業の発掘を目的に、定期的なマーケティング会議やテクノブリッジフェアへの招待、企業への個別訪問等を行った。最新のマーケット状況と技術動向、企業ニーズを把握し、産総研技術の積極的な宣伝に努めた。エネルギーデバイス産業、エネルギー産業、自動車産業に加え、素材・化学産業への産総研技術の橋渡し等に努力している。特に自動車産業に向けては、エネルギー損失低減技術（熱電変換、軽量化素材）や排気処理（触媒技術）、将来システムの基礎技術（電動化、新燃料）の展開を行ってきた。

平成 29 年度は、自動車業界のエンジンシステム技術に関するニーズに応える研究体制を確立するため、産総研が会長・幹事長を務めて総数 100 に及ぶアカデミア研究室の連合体を組織し、内燃機関産学官連携コンソーシアムを設立した。

天然鉱山と価格競争が可能な「戦略的都市鉱山」構想に基づく戦略的都市鉱山研究拠点（SURE コンソーシアム、企業 61 社、26 公的機関、産総研 35 名の研究者より構成）においては、平成 29 年度より 6 年間の NEDO プロジェクトを開始するに至った。当領域の研究員がプロジェクトリーダー（PL）を務め、廃製品自動選別技術・廃部品自動選別技術・高効率精錬技術開発について多角的な橋渡しを実施し、数千万円規模の民間資金の獲得にもつながった。なお PL は平成 29 年度の日経地球環境技術賞優秀賞を受賞した。

環境技術の性能評価研究（LCA）に基づく環境負荷分析の基盤となるインベントリデータベース（Inventory Database for Environmental Analysis: IDEA）の開発については、国連環境計画（UNEP）がグローバルなインベントリデータベース間の相互利用を目的として構築を進めているローバル LCA データアクセスネットワーク(GLAD)に IDEA は日本の代表として参加していること

から、IDEA に特化した窓口組織の設置と研究開発中の技術の環境適合性を評価するニーズに応えるため、IDEA ラボを設立した。また、国内外の主要な LCA ソフトウェアにデータを提供・搭載し、国内にとどまらず海外のユーザーに向けて普及活動を進めた。
その他特筆すべき活動として、国際標準化活動が挙げられる。光触媒で最も大きな市場を占める外装建材用セルフクリーニング材料を室内環境で機能する内装建材に展開することによる国際的な市場拡大に対応するために、製品の性能を評価して品質を担保する性能試験規格「JIS R 1753」を基に「ISO 19810」の発行を主導した。
産総研発の板状大型単結晶ダイヤモンド製造技術によるベンチャー企業が、大型切削工具や次々世代半導体につながる 1 インチウェハを製品化して起業 6 年目となり、平成 29 年度には売上 3 億円を上回る成長を達成したことが評価され、産学官連携功労者表彰（内閣総理大臣賞）を受賞した。
産総研が株式会社ニッコー、北海道立工業技術センターと共同で、水産物の鮮度保持に優れたシャーベット状の海水氷（シルクアイス）を、船の上で海水から製造する漁船搭載用の製氷機を開発し、ニッコーにおいて実用化されたことが評価され、第 7 回ものづくり日本大賞の製品・技術開発部門において「内閣総理大臣賞」を受賞した。
国際標準化活動においては、国際電気標準会議（IEC）の TC82（太陽光発電システム）および国際標準化機構（ISO）の TC28（石油製品および潤滑油）において産総研が国際議長を務めている他、コンビーナ延べ 11 名、プロジェクトリーダー延べ 8 名、エキスパート延べ 59 名を輩出している。また、国際標準化活動としてプロジェクトリーダーを務めた ISO 規格 1 件が発行、IEC 規格 2 件が提案されるなど、顕著な貢献を行った。今後も我が国の産業技術の発展に貢献して行く。

【アウトカム】
自動車業界がパワートレインに関する基盤技術の強化と次世代を担う産学双方の研究開発人材の育成のために設立した技術研究組合 AICE に産総研も参加している。この中で、産総研は研究開発のみならず、自動車業界と大学を主体とするアカデミアとの結節点（ゲートキーパー）として、産業技術ニーズと基礎研究の通訳・交通整理役を果たしてきた。本年度当領域内に立ち上げた内燃機関産学官連携コンソーシアムでは、技術研究組合 AICE を通じて産業界のニーズを把握し、産総研を含むアカデミアの力を結集して連携することで、多角的に課題に対応できる体制を構築してきている。今後、産業界からの資金・人材のリソース提供を含む支援を得つつ、持続的な連携体制が構築されることになり、特筆すべき成果と考えている。内燃機関のみならず、電動化への展開なども予想され、パワエレや蓄電池等への研究対象の広がりも期待される。
人工資源からの金属生産技術を確立する戦略的都市鉱山技術の導入 10 年間で、日本の金属生産市場が 5.3 兆円となることが見込まれることから、日本再興戦略、NEDO 技術戦略が策定されるなど、SURE コンソーシアムを中心とした動静脈連携による日本型「戦略的都市鉱山」に社会的な期待が高まってきた。
LCA の基盤となる IDEA ラボの活動において、インベントリーデータベースに関するライセンス 160 件以上を既に販売しており、日本企業の環境性能分析を支えることに加えて、国際的にも日本初のトップデータベースとして認知された。日本の基盤データベースとして産業界の活動支援に大きく貢献していることにより、LCA 日本フォーラムより経済産業省産業技術環境局長賞を受賞した。

【課題と対応】
平成 29 年度新たに設立した内燃機関産学官連携コンソーシアムを始め、本領域では技術開発コンソーシアム等の主催や技術研究組合への参画例が多い。NEDO プロジェクトも含め、業界のニーズにこたえる形で、協調領域・前競争領域でのオープン・イノベーション・プラットフォームを形成・運営することが、当領域の大きなミッションと判断している。直接的・顕在的な産業ニーズ対応だけでなく、未来型・潜在的な産業技術ニーズも発掘される場合が多く、当領域にとっての重要な技術マーケティング活動としても位置付けている。

プラットフォームの運営には、産業界の意向により公的資金（NEDO、SIP 等）を確保に動く場合が多いが、TPEC や、技術研究組合 AICE、技術研究組合 LIBTEC などでは多額の民間資金も供出されている。公的資金/民間資金の区別をするのではなく、我々がどういった形で産業貢献することが真に産業振興につながるのか、それを常に検証しながら運営することが求められる。なお、プラットフォーム活動の中から、競争領域に入るようなテーマについては個社との個別連携に進む場合もあり、今後はプラットフォーム活動からの個社連携への展開にも注力したい。

（４）大学や他の研究機関との連携強化

【実績・成果】
当領域では大学等と連携して、将来の産業化を見据えた目的基礎研究の強化に取り組んだ。大学とは、各種共同研究や、クロスアポイントメント制度を活用した連携強化を行ってきた（エネルギー・ナノ工学ラボ（東京大学)、イオン液体の電気化学的応用技術開発（大阪大学)、再生可能エネルギー研究開発（山形大学)、アンモニアガスタービン研究開発（東北大学）等)。
また平成 28 年度より経済産業省の進める「オープンイノベーションアリーナ構想」の一環として、大学等のキャンパス内に設置する産学官連携研究拠点「オープンイノベーションラボラトリ（OIL)」の整備に取り組み、大学等の基礎研究と、産総研の目的基礎研究・応用技術開発を融合し、産業界へ技術の「橋渡し」を推進した。
平成 28 年度に名古屋大学内に設置した窒化物半導体先進デバイスオープンイノベーションラボラトリ（GaN-OIL）については、窒化物半導体技術の実用化のために必要な結晶技術、デバイス技術、回路技術などの開発を行った。また産総研・九大 水素材料強度ラボラトリ（HydroMate）では、九州大学が有する世界トップレベルの高圧水素ガス中でのマクロレベル材料強度評価技術と、産総研が有する水素ガス中でのナノレベルの材料組織評価技術を融合し、水素貯蔵材料の脆化現象の解明を目指した研究を進めている。なおこれら 2 つのラボは、内閣官房「まち・ひと・しごと創生本部」決定の「政府関係機関移転基本方針」をも踏まえて設立されている。
平成 29 年度はさらにエネルギー化学材料オープンイノベーションラボラトリ（ChEM-OIL）を京都大学内に設置し、新材料・新概念に基づく先駆的エネルギー変換・貯蔵技術を軸として、次世代のエネルギー化学材料技術の企業への橋渡しによる早期実用化を図るため、有機、無機、高分子、生体材料等の材料研究で世界をリードする京都大学との連携研究を開始した。その他の特筆すべき大学連携強化として、金沢大学とエネルギー・環境分野に関する包括的連携研究協定を締結した。
他研究機関との国際連携に関しては、ドイツ航空宇宙センター（DLR）とエネルギー変換・貯蔵に関わる研究連携に関する協定を、米国パシフィックノースウェスト国立研究所（PNNL）と包括研究協力覚書を、欧州委員会共同研究センター（JRC）と研究連携に関する協定をそれぞれ締結した。また平成 27 年度末にドイツフラウンホーファー研究機構、米国国立再生可能エネルギー研究所および産総研の 3 者で開催したテラワットワークショップの成果が、Science 誌上で掲載された。経済産業省委託の「革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業」においては、平成 29 年度より新規テーマが一つ加えた（全 10 事業)。オランダエネルギー研究センター（ECN）や PNNL 等 6 ヶ国 26 機関との連携の下、エネルギーに関する技術開発を進めている。

【アウトカム】
大学とのクロスアポイントメントによる人事交流では、研究論文の増加（ナノ材料応用）がみられたり、技術書の執筆（電気化学）が進んだり、目的基礎力の強化につながりつつある。また FREA での共同実証実験でもアンモニア燃焼の成功などの成果が生まれ、水素エネルギー技術の実用性向上に貢献した。GaN-OIL（名大)、ChEM-OIL（京大）ともテーマの絞り込みや研究設備も整備が進み、GaN を用いたパワーエレクトロニクス技術（省エネルギー）の進展や燃料電池、蓄電池等に応用可能な新規電極触媒への展開（蓄エネルギー）が期待できる。包括的連携研究協定の金沢大学とも人事交流が具体化しつつある。目的基礎から橋渡しまでのシームレスな体制を組

むことができ、研究成果の社会実装への加速が期待される。

【課題と対応】
クロスアポイントメントやOIL制度は近年開始した制度であるが、新たなOILを設立するなど着実に進展している。両制度は、通常の共同研究とは異なるため、その効果に関する現状分析と、課題の整理を行う必要がある。また当該制度の主な目的の一つは人材交流であり、将来を担う優秀な人材の確保につながるようなスキームの構築が課題であると認識している。具体的な対応としては、クロスアポイントメントやOIL等で取り組んでいる研究の状況を、報告会開催などを通じて領域が定期的に把握し、リサーチアシスタントの雇用など、活発な人材交流が進むよう状況に応じた現場への支援を実施する。

（５）研究人材の拡充、流動化、育成

【実績・成果】
当領域に所属する研究ユニットは、豊かで持続可能な社会の構築に貢献することをミッションとしている。これに資するため、研究に携わる人材の育成と社会への技術普及に努めるべく、リサーチアシスタント、イノベーションスクール、連携大学院制度を通じた取り組みを行った。社会への高度人材の輩出を目指した産総研イノベーションスクールでは、学位取得済の博士研究員を対象としたPDコースに1名を受け入れ、エネルギー・環境分野における高度な専門知識を有する人材育成に貢献している。平成29年度のリサーチアシスタント数は48名（修士：33名、博士：14名、招聘：1名）に上り、平成28年度比1.4倍増となった。その他、産総研研究者が大学院において教員として講義や学生指導を行う連携大学院制度を通じて、筑波大学を始めとした各大学においてのべ52名の連携大学院教員を送り出し、領域研究者の持つ高度な知見を大学院生への指導に活用した。
先進パワーエレクトロニクス研究センターでは、筑波大学TIA（つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点）連携大学院パワーエレクトロニクスコースの連携講座（3教員）で講義を担当するとともに、つくばイノベーションアリーナ（TIA）/TPECの産業人材育成プログラムであるパワーエレクトロニクスサマースクールに協力し、本年度も132名(学生99名、社会人33名)の修了者を出した。
また再生可能エネルギー研究センターでは、クロスアポイントメント制度とも関連して、大学から人材を受け入れている。平成29年度は、ポスドク・技術研修など計100名の再生可能エネルギー分野の人材育成を行っている。また復興予算を用いた産業人材育成事業等では、20件（リサーチアシスタント採用21名）に上る人材育成を伴う共同研究を行った。
メタンハイドレート（MH）総合シンポジウムなどのアライアンス活動を通じて、企業の研究開発人材に対して産総研が有する研究知見の橋渡しを行った。本シンポジウムは平成21年度から毎年実施しており、平成29年度は350名超と平成28年度以上の参加があり、砂層型MHに関する各種生産増進法に関する報告やハイドレートに関する基礎物性の話題の他に、表層型MH回収技術開発に関する調査研究が新たに報告されるなど講演の内容が多岐にわたっており、ハイドレート研究の裾野が広がってきている。
環境管理研究部門では平成28年度に引き続き、戦略的都市鉱山研究拠点（SURE）コンソーシアム主催のリサイクル技術セミナーを2回開催し（各回の受講者71および74人）、動脈産業・静脈産業・政府機関等の会員に対して、近未来の都市鉱山開発のための技術力向上と発展に努めた。
内部人材育成に関しては、領域内研究連携の推進を目的として、領域長による領域運営方針の共有、全研究ユニット長によるパネルディスカッション、新規採用研究者のポスター発表等、当領域独自の研究交流会（E&Eフォーラム）を年2回実施した。また若手研究員指導体制として、パーマネント化審査 1 年前には領域幹部および研究ユニット長を前にした研究進捗状況報告会を行うとともに、研究員の所属する研究グループのグループ長にも指導方針に関するアドバイス

を送っている。パーマネント化審査2ヶ月前には、E&E フォーラムにて進捗状況を報告させ、領域幹部、研究ユニット幹部、参加者によるアドバイスを通じた指導を行っている。パーマネント化した研究員には 1～2 年間の産総研内外への出向の機会を与え、OJT による研究マネジメント業務の経験を積ませて将来の幹部人材の育成を行っている。その他、平成 28 年度より海外の大学・研究機関での在外研究のための派遣支援を開始し、平成 29 年度は 3 名の在外研究を支援した。

【アウトカム】

筑波大学 TIA 連携大学院パワーエレクトロニクスコース連携講座の運営や、TIA/TPEC パワーエレクトロニクスサマースクールの開催、FREA における再エネ研究人材の育成、メタンハイドレート研究のアライアンス活動、都市鉱山技術に関するセミナーの開催等、様々な外部人材育成の機会を主体的に設け、これらの分野での産業人材育成に貢献した。

内部人材育成に関しては、領域独自に定期的に研究交流会を開催し、研究ユニットを跨いだ連携を推進している。またパーマネント化前の若手研究員に対し、領域を挙げて指導する体制を整え、将来のエネルギー・環境分野を担う研究人材を育てた。更にパーマネント化した研究員には OJT による研究マネジメント経験を積ませたり、海外での在外研究を支援する制度を設けたりし、能力の幅を持たせた。

【課題と対応】

当領域では研究ユニット幹部やグループ長、所内の要職に女性研究者を積極的に登用しているが、現状で女性研究員の比率が 8.9%と少ないため（第 4 期中長期目標期間における目標：18%以上）、女性研究者の新人採用を拡充することが課題である。リサーチアシスタント制度などを利用して、女性研究者を含む幅広い人材交流を強く推し進めることにより大学との連携を強化し、ポスドク、研究職員の採用につなげる。特に OIL 制度では大学内に連携研究室を設置する点で、リサーチアシスタント制度を活用しやすくなるため、人材交流をより活発に行えるものと期待でき、積極的に活用を進める。これに加え、当領域の女性研究者による女子大学院学生・ポスドクとの懇談会等を行い、女性研究員の積極的な採用を目指す。

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）

当領域では「目的基礎」研究として、次世代に大きく成長する可能性を秘めている多彩な研究テーマを積極的に発掘し、研究を推進した。

【実績・成果】

1. 新エネルギーの導入を促進する技術の開発（創エネ）

太陽光発電では、Ⅲ－Ⅴ族化合物太陽電池の低コスト化に資するハイドライド気相成長法（H-VPE 法）の開発において、成長速度 44μm/h という従来よりも高速度で GaAs の成長を可能とした。また、H-VPE 法で作製した GaAs セルで変換効率 22.7%を達成した。独自に開発したスマートスタック技術の高度化を図り、InGaP/GaAs と Si を組み合わせた 3 接合セルで 27.7%、Ⅲ－Ⅴ族化合物系 4 接合セルで 33.1%と、いずれも昨年度を上回る変換効率を得た。九州センターで実施している太陽電池モジュールの長期曝露試験のデータに基づいて、過去の発電量データから算出した劣化率を用いることで、2%以内の精度で将来の実発電量を推定可能であることを示した。

航空機燃料からの CO_2 排出削減に向けて、担体の酸強度を調整した触媒を開発し、藻類生産油のユーグレナ油とボトリオコッカス油からのジェット燃料留分パラフィンへの変換収率を従来技術よりも 30%程度向上することに成功した。

2050 年を見据えた長期的研究課題として推進している超臨界地熱発電技術の開発について、国

内 12 組織からなる研究グループを統率し、超臨界水の状況把握およびシミュレーション技術の検討、材料・機器の検討、経済性調査、環境影響の最小化と安全性確保に関する検討を実施した。

2. エネルギーを高密度で貯蔵する技術の開発（蓄エネ）

蓄電池については、高容量蓄電池材料として着目される金属多硫化物の開発と新奇な充放電機構(溶出する中間体（硫化リチウム）を生成しない機構)を解明し、J. Am. Chem.Soc.誌（IF：13.038）への論文 1 報および日本経済新聞における報道で情報発信を行った。また次世代全固体電池の一つであるシート型硫化物全固体電池の製造プロセスを開発した。革新型蓄電デバイス・材料としては、レアメタルを使わない高容量（～400mAh/g）有機二次電池の開発を行った。さらに、配位性高分子由来カーボンの開発、リチウムイオン電池用高機能セパレータの設計を推進し、それぞれ Science 誌（IF：37.21）及び J. Phys. Chem. C 誌（IF：4.54）（2 報）に論文として情報発信を行った。ポストリチウムイオン電池の研究開発についても、リチウム-空気電池の充電電圧の低減、ナトリウムイオン電池のサイクル特性の飛躍的な向上に成功し、Nature Communications 誌（IF：12.124）に論文 2 報として情報発信を行った。

水素による蓄エネ技術について、高圧水素用材料の脆化現象の解明に向けて、水素ガス環境下におけるき裂の進展現象を理解するために、き裂周りの弾性・塑性分布と水素拡散に関するシミュレーションモデルを構築した。

3. エネルギーを効率的に変換・利用する技術の開発（省エネ）

未利用熱エネルギーからの電力回収システムの実現に向けて、高性能硫化物熱電材料の化学組成を調整して更なる性能の向上を達成した。約 400℃において、実用化の目安といわれる熱電性能指数 *ZT*～1 を実現した。Journal of Materials Chemistry C 誌（IF: 5.256）などに論文 6 報として情報発信を行った。

10 kV 以上の超高耐圧素子の実現に向けた SiC バイポーラパワーデバイスの開発において、ボトルネックである順方向劣化の学理面も含めて原理把握を推進し、その抑制策を提示した。

4. 環境リスクを評価・低減する技術の開発（安全・物質循環）

実産業排水の水処理プロセスの高度化に向け、安定同位体追跡法に次世代シークエンサー解析を融合させることで開発した従来法比 500 倍の超高感度安定同位体追跡法を用い、近年排水基準が見直された残留汚染物質「1,4-ジオキサン」を処理する活性汚泥プロセスの菌叢を明らかにした。本成果については Chemical Engineering Journal 誌（IF: 6.216）等に論文 4 報として情報発信を行った。都市鉱山の物理選別において、都市鉱山・天然鉱山の物理選別において、複合粒子の 2D 研磨面像から 3D 実態を推定可能な粒子構成成分詳細評価システムの概念を独自構築し、このシステムの搭載を前提とした、従来装置の性能を遥かに凌ぐ選鉱性総合評価装置（CAMP）の開発を始動した。関係成果は Advanced Powder Technology（IF: 2.659）等に論文 4 報として情報発信を行った。

水素エネルギーキャリア利用に向けた規制緩和を目的とした漏洩事故に関わるリスク評価ツールを開発した。開発したリスク評価ツールを用いた事例評価による検証を通じて現行規制と許容レベルとの違いを明らかにすることで、規制緩和に繋がる知見を得た。

「目的基礎」研究の評価指標となる論文数については、目標値の 430 報に対して 335 報（12 月末時点）であり、平成 28 年度同月比 118%であった。目標を達成した平成 28 年度を上回る水準である。論文のうち IF が 10 以上の論文誌への掲載数は 16 報、IF5～10 未満は 45 報であり、量だけでなく質の高い情報発信を行っている。また論文被引用数は 16,986 回と高く（平成 28 年度同月比 108%)、12 月末時点で既に目標値の 15,800 回を上回る実績を挙げた。さらに、Clarivate Analytics 「Highly Cited Researchers 2017」（平成 7～27 年発表論文の高被引用著者)に、日本より 82 件、産総研からは計 4 件（3 名）が選出されている中で、エネルギー・環境領域から 3 件（2 名）が選出された。学術的プレゼンスを示す外部表彰として、国内外の学会賞・論文賞等を計 16 件受賞した。

【アウトカム】
1. 新エネルギーの導入を促進する技術の開発（創エネ）
太陽光発電における、Ⅲ-Ⅴ族化合物太陽電池の高生産性技術、任意の異種太陽電池を接合できるスマートスタック技術の開発、およびモジュールの評価技術に係る屋外曝露試験のデータに基づいた生涯発電量推定の知見獲得は、いずれもこの分野で先導的な役割を果たす成果であり、再生可能エネルギー大量導入のための低コスト・超高効率太陽電池の実用化につながる成果である。藻類生産油からのジェット燃料留分パラフィンへの高収率変換は、反応器のコンパクト化などバイオジェット燃料の生産性向上につながるものである。超臨界地熱発電については未来技術として 2050 年頃の実用化に向けた研究開発を推進中であり、実用化に成功した暁には CO_2 排出量の大幅削減（約 1.9 億トン CO_2/年、設備容量 50 GW の場合）や我が国のエネルギーセキュリティ確保に対する多大な貢献が期待できる。

2. エネルギーを高密度で貯蔵する技術の開発（蓄エネ）
平成29年度見出し、全く新しい反応機構で充放電することが明らかとなった金属多硫化物は、高サイクル特性と高容量を両立できるリチウム硫黄系電池の正極材料開発につながる新材料である。全固体電池は、蓄電池の高容量化、長寿命化や安全性向上をもたらすと期待されるが、今回の成果により開発に取り組むメーカー、研究機関へ必要となる製造プロセス技術を提供することが可能になり、電動化自動車の実現に向けた研究開発が加速される。さらに、蓄電池の脱レアメタル化、さらなる高容量化に向けた有機物電池などの革新型リチウムイオン電池及びナトリウムイオン電池などポストリチウム電池の開発に取り組み、将来的な実用化に向けた基礎技術が大きく進展した。これら多くの成果により、自動車の電動化の流れなども見据えた、安価・高性能・高耐久の次世代蓄電池の開発と社会導入の加速が期待できる。また、水素用材料における脆化現象の解明につながるモデルの構築は、水素を安全かつ経済的に活用するための材料設計に寄与し、水素利活用技術の普及拡大に貢献する成果である。

3. エネルギーを効率的に変換・利用する技術の開発（省エネ）
未利用熱エネルギーからの電力回収において、低コストかつ資源制約の少ない高性能硫化物熱電材料を用いて実用化の目安といわれる熱電性能指数を実現したことは、熱電材料の本格的な量産に道を開く成果である。また、SiC pn 接合における順方向劣化の学理面からのメカニズム理解と解決法の提示は、超高耐圧バイポーラデバイスのみならず、MOSFET における内蔵ボディダイオードの信頼性問題にもつながり、あらゆる電圧領域での SiC インバータ導入に将来大きく貢献する成果である。

4. 環境リスクを評価・低減する技術の開発（安全・物質循環）
超高感度安定同位体追跡法により水処理性能と分解菌の動態の照合評価を可能とし、複数の分解菌の共存と協働が水処理活性維持の鍵となることを解明したことは、実産業排水処理プロセスの高活性維持管理法を提案する成果である。CAMP の開発では、純国産での製品化に向けて日本電子（JEOL）との連携のもと開始した 4 年間の（独）石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）プロジェクトにより、従来法に置き換わる世界最高性能の選鉱性評価装置を開発し、戦略的都市鉱山の導入が加速すると期待される。水素エネルギーキャリア漏洩事故に関わるリスク評価では、スクリーニング・詳細リスク評価に基づいてリスク許容レベルに応じた離隔距離の見直しに繋がる科学的な見解を提供することができた。これにより、高圧ガス保安法等の改正による水素ステーション建設コストの低下と燃料電池車普及等に貢献する。

【課題と対応】
「目的基礎」研究のテーマ設定は、将来の「橋渡し」の基礎となる重要事項である。成果の多くは高 IF の論文誌に掲載され、被引用数も多く、学会賞や論文賞などの多数の受賞なども含め、高い評価を得ている。しかしながら、常に長期的展望を見据えた新たな研究シーズを発掘し続け

ることは重要な課題である。「橋渡し」研究前期・後期を通じた産業界との連携において、未来産業ニーズを掴む努力を怠ってはならない。また、領域内のエネルギー材料研究に関するアライアンス活動等を通じて、自由に新テーマを議論し、長期ビジョンに基づいた新たな研究開発テーマの発掘を推進する。さらに平成 29 年度より、2050 年に向けた領域の未来研究テーマの検討も開始した。大学とのクロスアポイントメント制度や、OIL 制度を活用した「目的基礎」研究力の強化にも引き続き注力する。

（２）「橋渡し」研究前期における研究開発

「橋渡し」研究前期においては、民間企業との受託研究等に結び付く研究開発への取り組みが求められる。特に、公的外部資金を効果的に利用した産学官連携によるプロジェクトを中心に研究開発を展開した。

【実績・成果】

1. 新エネルギーの導入を促進する技術の開発（創エネ）

太陽光発電では、Cu(In,Ga)Se_2 (CIGS) という半導体が高キャリア濃度状態と低キャリア濃度状態という２つの準安定状態を持ち、高キャリア濃度状態にあるときに高い変換効率を示すことを発見した。この準安定状態を利用し、21.7%の変換効率（世界最高水準）を得た。この状態をより安定化させる技術を開発することにより、CIGS 太陽電池のさらなる高効率化と信頼性向上が期待できる。また、新しい材料や構造を取り入れた太陽電池の性能を高精度に評価する技術を開発し、これまでの論文発表で著者が「Clarivate Highly Cited Researchers」に選出された。太陽光発電の発電予測技術に関しては、複数の海外気象予報モデルを利用し日射予測の高精度化技術を開発した。本技術により、年 10％の稀頻度で発生する日射予測の大外しを 90％予見できるようになった。

風力発電については、気象モデル及びライダー観測による風況推定手法の開発を行い、設備利用率の推定精度を 4.9％から 0.1％まで大幅改善した。

2. エネルギーを高密度で貯蔵する技術の開発（蓄エネ）

固体酸化物型燃料電池 (SOFC) -固体酸化物型電解セル (SOEC) 技術において、従来比 10 倍の電極反応速度・高出力密度を達成する技術の創製を目指して、昨年度、固体酸化物エネルギー変換先端技術コンソーシアム (ASEC) を立ち上げた。本年度は、この活動を推進するために、研究分野を超えて産総研の研究者を結集させ、固体酸化物エネルギー変換先端技術ラボ(ALSEC)を結成した。これらの活動を通じて、当該技術における材料創製、セルスタック創成・製造技術開発、評価技術に関する技術シナリオを構築した。

燃料電池自動車および水素ステーション用金属材料の低コスト化を目指し、高圧水素ガス中での材料評価技術の開発および評価試験を行った。100 MPa の水素ガス中、-80℃という低温での評価技術を確立し、この条件での疲労試験データを世界で初めて測定した。取得したデータを基に、北米の燃料電池自動車規格(SAE J2579)の改訂案作成に寄与した。さらに、国連の世界技術規則 (Global Technical Regulations; GTR13 Phase2)のワーキンググループにもデータの提供を予定している。

3. エネルギーを効率的に変換・利用する技術の開発（省エネ）

高温超電導線材の開発において、昨年までに開発した極薄塗布 MOD（金属有機化合物分解）法において、人工ピン止め点材料の選定とその添加量の増加により世界最高臨界電流密度（液体窒素温度で、磁場 3 テスラ (T) 中で１平方センチメートルあたり 400 万アンペア）を達成した。NPG Asia Materials 誌 (IF: 9.157) などに論文 15 報として情報発信を行った。

SiC ユニポーラ素子実用化に向けたスーパージャンクション (SJ) 構造の開発を進めた。SJ 構造の作製法としてはマルチエピタキシャル法が存在しているが、実用化には埋戻しエピ成長の確実な均一化、高速化が必須な状況であった。平成 29 年度の SJ 構造の開発において、４倍程度の

埋戻し高速化を実現し、耐圧 6.5kV 設計の SJ ウェハ上にドリフト抵抗及び耐圧評価用素子を試作し、その優れた電気特性を確認した。

4. エネルギー資源を有効活用する技術の開発（エネ資）

触媒プロセスによる化学基幹原料であるベンゼンの直接製造技術において、反応速度を大幅に向上できる加圧下(0.3 MPa)で、単塔流動層において、平衡に近いベンゼン収率（約 10%）を得るのに最適な触媒層高が存在することを確認した。さらに、原料メタンへの 2%程度の CO 添加による触媒性能の安定化効果も検証した。

メタンハイドレート第 1 回海洋海洋産出試験ではガスや水の生産に伴い流動化した砂が坑井に入り生産を中止したことから、前回試験より長期的に安定な生産に関するデータ取得を目指した第 2 回試験では、流動する恐れのない形状記憶ポリマーを用いた出砂対策用装置を選定・使用することになった。その耐久性などの評価のために、産総研が開発した大型室内出砂評価装置を用いた長期の注水試験で有効性を確認した。さらに、連携機関が取得した物理検層結果と、産総研が開発した保圧コア評価装置によって得られた、メタンハイドレートが分解しない状態での水理・力学的なモデルパラメータなどを統合して、第 2 回試験が実施された場所(東部南海トラフ)に関する原位置条件下での物性を反映した貯留層数値モデルを構築した。

5. 環境リスクを評価・低減する技術の開発（安全・物質循環）

実現場で稼働している複数の自然力活用型坑廃水処理装置を次世代シーケンサを用いた大規模微生物種同定技術により解析し、希少な硫酸還元菌が装置内で安定的に定着・増殖していることを解明し、坑廃水処理装置において耐酸性の硫酸還元菌がプロセスの鍵になること、およびその菌が坑廃水由来であることを解明した。成果は AMB Express 誌（IF: 2.38）に論文 1 報として情報発信し資金提供型共同研究 1 件にもつながった。高毒性で環境基準等の法規制物質であるアルキル水銀について、従来法の JIS K0102 法では抽出 3 回・3 時間の分析により回収率 65%であるのに対して、ワンステップ・30 分の分析により 90%以上の回収率を可能とする高効率・短時間・簡便な分析法を開発した。本法は ISO/TC147 委員会にて国際標準規格の新規提案が承認された後、委員会原案が可決された。Analytical Sciences 誌（IF: 1.228）に論文 1 報の情報発信も行った。

レアメタル等の資源安定供給の上でのリスク要因について、供給障害に関わるリスク要因を網羅的に抽出し、その要因間の相対的重要性を鉱種・供給国ごとに分析することで、資源調達先ごとに異なるリスク対応の必要性を示すリスクマップを開発した。

「橋渡し」研究前期におけるその他の特筆すべき成果として、平成 29 年度より 6 年間の NEDO プロジェクトを開始するに至った SURE コンソーシアムにおいて、リサイクル選別システムの開発・自動化に関する技術基盤の構築への貢献が認められ、PL（当領域の研究員）が平成 29 年度の日経地球環境技術賞優秀賞を受賞した。また、平成 29 年度は、電池技術研究部門と技術研究組合 LIBTEC が協力し、将来の電気自動車用「全固体電池」に関する NEDO 先導プロジェクトを獲得した。この成果をもとに平成 30 年度の本プロジェクト化に向けて準備を整えた。さらに当領域からは、未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合（TherMAT）の PL、NEDO の RISING-II プロジェクトにおけるサブ PL、メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアムのサブ PL、自動車用内燃機関技術研究組合（AICE）のゲートキーパー等の要職を輩出している。SIP「次世代パワーエレクトロニクス／SiC に関する拠点型共通基盤技術開発」において、産学官の 100 名規模の研究者が結集した中核拠点としての役割を果たしている。他にも太陽光発電技術研究組合(PVTEC)や燃料電池技術に係る技術研究組合である FC-Cubic への参加や、内燃機関産学官連携コンソーシアムの設立、ASEC の活動推進等の活動を行った。

「橋渡し」研究前期の評価指標となる知的財産の実施契約等件数に関しては、目標値の 100 件に対して 111 件（12 月末時点）であり目標を既に達成した。目標値に僅かに届かなかった平成 28 年度と比較した場合は同月比 126%であり、顕著な件数の増加が認められる。民間受託の前段階としての公的外部資金に関しては、57.1 億円と平成 28 年同月比で増加した（103%）。

【アウトカム】

1. 新エネルギーの導入を促進する技術の開発（創エネ）

太陽光発電については、高性能デバイスの開発から性能評価技術の高精度化、さらに太陽光発電の大量導入時における需給運用の効率化につながる技術の開発等を通じて、太陽光発電のさらなる導入拡大に貢献する。風力発電については、これまでの実測データと開発したシミュレーション技術を融合し、低コストで洋上風力資源の推定を可能にしたことは、風力発電導入の最適条件を導くために不可欠な成果である。

2. エネルギーを高密度で貯蔵する技術の開発（蓄エネ）

SOFC- SOEC 技術における ASEC ならびに ALSEC の活動は、産総研がハブとなった複数企業・大学との共同研究により、1 社ではできないコストシェア、リスクシェアのための先端・革新技術の開拓を推進する成果である。高水素適合性試験法などの国際標準化に向けた策定への寄与は、燃料電池自動車および水素ステーションの社会導入を進める上で重要な成果である。

3. エネルギーを効率的に変換・利用する技術の開発（省エネ）

高温超電導線材の開発において、低コスト型高温超電導線材で世界最高の磁場中臨界電流密度を実現したことにより、モーターなどの省エネ産業用機器や MRI などの医療機器の超電導磁石への応用が期待できる。量産性に優れた埋戻しによる SJ 構造の作製手法の開発により、電力変換の大幅効率化につながる超低損失 SiC ユニポーラ素子実用化が加速されると期待される。

4. エネルギー資源を有効活用する技術の開発（エネ資）

加圧条件下において平衡に近いベンゼン収率を得ることが可能であることを確認できたことは、触媒プロセスによる化学基幹原料であるベンゼンの直接製造技術の開発に大きく前進させる成果である。メタンハイドレート第 2 回海洋産出試験の実施に貢献しただけでなく、出砂対策技術や生産中の貯留層の挙動などの情報を関連機関に提供することで、今後の開発のために有益な技術の抽出や開発方針などの検討に貢献した。

5. 環境リスクを評価・低減する技術の開発（安全・物質循環）

次世代シーケンサを用いた微生物解析により、自然力活用型坑廃水処理装置の実用性を証明することができた。工場排水中アルキル水銀の分析法の開発は、水銀に関する水俣条約が 2016 年に発効され水銀関連の分析法の整備が求められている中で、産業の安全管理の効率化、国内分析機器企業の海外展開、我が国主導の水俣条約の実効化に貢献する成果である。

資源安定供給のリスク要因分析では、従来の資源埋蔵量のみに基づいて行われていたが、社会・環境条件を踏まえた広範なリスク要因に展開することで、より現実的なリスクを踏まえて産業界における資源管理を実施できるようになった。また、産総研が主導する NEDO 事業「高効率な資源循環システムを構築するためのリサイクル技術の研究開発」において日本の資源戦略を描くために本成果が活用されることとなっており、より多角的な国の資源確保戦略の策定を加速するものである。

当領域では NEDO プロジェクト等、民間企業との協働による大型プロジェクトを数多く牽引している他、得意とするオープン・イノベーション・プラットフォーム型の研究活動を幅広く展開している。その結果として平成 28 年を上回る多額の公的外部資金を獲得しており、得られた研究成果は今後民間受託への進展が期待される。

【課題と対応】

NEDO 等の公的研究資金プロジェクトは単に研究資金を獲得しているだけでなく、オープン・イノベーション・プラットフォームを提供し、産業界や大学等の要望に応えるという重要な役割を

果たしている。経済産業省の技術開発政策にも合致する活動であり、領域の主たるミッションと位置づけ多数の人的リソースを投入している。従って、ここから効率的に民間資金獲得増に繋げる取り組みを進めることも重要課題である。一つには、オープン・イノベーション・プラットフォーム活動を、潜在的な未来産業ニーズの把握と位置づけ、後年度に参画企業との資金提供型共同研究に繋げるよう技術マーケティング活動を進める（「オープン」から「クローズ」へ)。他方、公的資金の確保が難しいプラットフォーム活動や、公的資金を確保するための先行的なプラットフォーム活動を、民間資金によるコンソーシアム形式で運営することも進めていきたい。

（３）「橋渡し」研究後期における研究開発

「橋渡し」研究後期においては、民間企業のコミットメントが重要であり、企業単独は勿論、コンソーシアム、技術研究組合、共同研究体（TPEC など）を通じた研究を展開した。

【実績・成果】

1. 新エネルギーの導入を促進する技術の開発（創エネ）

太陽光発電については、イオン注入技術を用いた低コストプロセスで裏面電極型結晶シリコン太陽電池を作製する技術を開発した。また、信越化学工業と共同で多用途展開可能な難燃軽量太陽電池モジュールを世界で初めて開発した。

大型パワーコンディショナー（PCS）の大規模導入を支援する試験規格 IEC TS 62786-2 及び IEC TS 63156 を新規提案し、国際標準審議をリードした。また、電気安全環境研究所によるタイ市場向け大型 PCS の系統連系試験のラボ認定取得を支援した。大型 PCS の系統連携試験に加えて、次世代 PCS（スマートインバータ）に対する試験環境を整備した。

地中熱利用については、地域の水文地質環境に最適な熱交換器の導入に必要となる諸技術の開発を進め、計３社での実用化を支援した。

自動車排ガス中の NOx 還元処理技術として有望な尿素水噴射において、イソシアン酸が中間生成物として生成することが知られているが，900 K 程度までの高温における H_2O によるイソシアン酸の分解反応を実験的に調査し、この分解反応の生成物が NH_3 と CO_2 であることを明らかにした。さらに、量子化学計算を実施し、実測結果から明らかになったイソシアン酸と H_2O の反応機構と予測結果が一致することを明らかにした。また、自動車用内燃機関技術研究組合（AICE）の活動を通じて、知見に関して多くの企業と共有した。

2. エネルギーを高密度で貯蔵する技術の開発（蓄エネ）

SOFC の劣化について、40,000 時間超の長期運転したセル・スタック等を解体してその要因を分析した。その結果、不純物堆積、微細構造の変化、元素拡散などのスタック劣化要因を解明し、劣化機構をモデル化した。論文８報など積極的な情報発信を行った。再生可能エネルギーで製造した水素をカードルに高圧貯蔵することを可能にし、水素ステーション事業を支援するプラットフォームを構築した。清水建設との共同研究において、水素の製造から貯蔵、利用に至る一貫システムを構築し、運用を開始した。水素の貯蔵には、産総研が開発した「危険物非該当の水素吸蔵合金」を用いている。

3. エネルギーを効率的に変換・利用する技術の開発（省エネ）

高効率エンジン燃焼及び排気制御の基盤技術開発に関して、ディーゼルエンジンの排気ガス再循環（EGR）における排ガス中の煤煙、凝縮水、排ガス温度と壁温度の温度差が、デポジットの堆積に関与することを解明した。これらの知見に関しては、自動車用内燃機関技術研究組合（AICE）の活動を通じて多くの企業と共有した。

ショットキーバリアダイオードを内蔵した新規なトレンチ構造を採用することにより、1,200V クラスの高信頼性・低損失パワーMOSFET を量産試作レベルで開発することに成功した。また、6インチ SiC パワーデバイス一貫プロセスラインが本格稼働し、量産試作のための要素レシピの整備／高度化を進めた。

4. 環境リスクを評価・低減する技術の開発（安全・物質循環）

LCA では、製造プロセスや製品の環境性能を評価するための基盤となる環境負荷分析データベースである IDEA をタイや中国をはじめとするアジア地域のサプライチェーンをカバーするデータベースへ発展させ、対応する環境問題を拡充すべく化学物質や電離放射線のデータが整備できた。また、橋渡し後期として、具体的に革新的炭素繊維、非可食バイオマスを用いた化学製品などの製造プロセスの環境性能評価により、プロセスの改善ポイントを抽出できた。

「橋渡し」研究後期におけるその他の成果として、IDEA の開発が LCA 用の基盤データベースとして産業界の活動支援に貢献していることが認められ、第 13 回 LCA 日本フォーラム表彰（経済産業省産業技術環境局長賞）を受賞した。また、漁獲物を取れたての鮮度で保持するための船舶搭載型シャーベット状海水氷製造機の開発が、第 7 回ものづくり日本大賞（内閣総理大臣賞）を受賞した。さらに、ダイヤモンドウエハ製造基盤技術の確立と産総研ベンチャーへの技術移転を通したダイヤモンドの工業製品化に対して、第 15 回産学官連携功労者表彰（内閣総理大臣賞）が授与された。

「橋渡し」研究後期の評価指標となる民間資金獲得額に関しては、平成 29 年度の目標 35.6 億円に対して 20.6 億円（12 月末時点）であり、平成 28 年度と同程度（同月比 91%）に止まり目標達成は困難な状況にある。こういった状況の中でも本年度の特筆すべき成果は、平成 27 年度より創設された技術コンサルティング制度において、本年度は契約数 59、契約総額 6,951 万円に達した。2 年目の 2,450 万円から 2.8 倍に増加し、民間資金獲得額 20.6 億円に対して 3.4%の割合を占めるに至った。

【アウトカム】

1. 新エネルギーの導入を促進する技術の開発（創エネ）

従来のリソグラフィーに替わるイオン注入技術を用いた裏面電極型結晶シリコン太陽電池の作製技術は太陽電池の低コスト化につながる。開発した耐熱性と難燃性に優れた太陽電池モジュールは、震災や集中豪雨などの災害時のモバイル電源確保の有効なツールとなり得ることから、今後の社会導入が期待される。また、大規模な再生可能エネルギーを系統連系に接続する大型 PCS やスマート PCS については国内外での実績が乏しく、今後、民間企業および認証機関と共に実績を積むことで、わが国の分散電源の研究開発プラットフォームの構築を加速できる。

地中熱の利用技術では被災地企業シーズ支援プログラムにより従来よりも高効率の地中熱交換システムを開発し、実用化を支援した。尿素の分解からアンモニアの生成に至るまでの反応過程を実験的に検討し、H_2O によるイソシアン酸の分解反応の機構を推定したことで、自動車排ガス中の NOx 還元処理の触媒開発などに向けて大きく前進すると期待される。

2. エネルギーを高密度で貯蔵する技術の開発（蓄エネ）

SOFC の耐久性・信頼性向上のための有益な知見が得られたことで、導入期・普及期における喫緊の開発課題を早期に解決する目処が立った。ゼネコンとの大型共同研究により、再生可能エネルギー（太陽光発電）を用いた水素の製造・貯蔵・利用を含むエネルギーマネージメントシステムを構築したことで、水素エネルギーの社会実装に向けた研究開発が加速され水素社会の実現を早めることが期待できる。

3. エネルギーを効率的に変換・利用する技術の開発（省エネ）

高効率エンジン燃焼及び排気制御の基盤技術開発に関して、物理的・化学的アプローチを駆使して、デポジット生成機構の解明に大きく前進した。デポジットの制御による燃費向上技術として民間企業でのエンジン開発に利用され、国内自動車業界の産業競争力強化につながることが期待される成果である。

SiC パワーデバイス普及のボトルネックである信頼性問題をショットキーバリヤダイオード内蔵構造を用いて量産試作レベルで解決できたことは、低損失かつ高信頼な SiC パワーデバイスの

導入を加速し、電力変換の大幅効率化につながる成果である。また、6インチSiCウエハを用いたデバイス試作レシピが整備できた結果、量産試作された高性能SiC MOSFETを応用側へより大規模に提供できる体制が整った。今後の高性能SiCパワーデバイスチップを用いたパワエレ機器の迅速な開発促進につながると期待される。

4. 環境リスクを評価・低減する技術の開発（安全・物質循環）

アジア地域をカバーするデータベースとして、IDEAラボにより構築された3,000プロセスを超える圧倒的な網羅性を誇るデータベースを用いたLCAが可能になることは、わが国の産業がアジア地域に進出する際の新技術開発を強力にサポートする成果である。既に実例として、革新的炭素繊維、非可食バイオマスを用いた化学製品製造プロセスの環境性能評価としての実証分析を行い、設計へのフィードバックを通じて新技術開発に大きく貢献するなどの実績を挙げている。

【課題と対応】

民間資金による研究費獲得は、与えられた目標を大きく下回るとともに前年度の獲得額にも到達しない見込みとなったことが最大の課題である。(以下一部再掲)　直接的には大型の案件の完了と新規案件の獲得の狭間の時期ではあったが、本質は当領域の主たるミッションが、オープン・イノベーション・プラットフォーム型研究活動であり、個社との個別連携を想定して設定された民間資金の大幅な増額目標が、当領域の対応している社会的ニーズに照らしてアンバランスな構造となっていることにあるため、目標達成のためには研究員の大幅な増員が不可欠と判断される。

その他の対応策としては、

(1) 民間資金で運用されるプラットフォーム型研究活動の拡大
(2) プラットフォーム型研究活動からの資金提供型共同研究への展開
(3) 技術コンサルティングからの資金提供型共同研究への展開

が挙げられる。これらの視点で、民間資金獲得額の増額に取り組んで行きたい。

４．前年度評価コメントへの対応

（１）領域の概要と研究開発マネジメントについて

ご意見１：福島 FREA 活動のような被災地企業のシーズ支援はすばらしい活動だと思う。AIST の存在感、技術貢献を示す上でも、メディアなどでもっと PR した方がよいのではないか。
対　応：
平成 27 年には FREA の研究者が日刊工業新聞に 23 件の連載記事を掲載するなど、これまでも PR に心がけてきました。平成 29 年 4 月以降においても、FREA 関連の報道は、地方紙を含め新聞報道 52 件、TV 放映 3 件、プレス発表等 10 件と PR に努めてきました。また、FREA は視察を年間 5,000 人規模で受け入れています。今後もより PR をできるように努力を継続したいと思います。

ご意見２：技術コンサルティングは、「技術の目利き役」としての産総研にとって今後、重要な業務になっていくと思われる。3,000 万円の契約金は 23 億円の民間資金の 1%であり、一層の増大が望まれる。
対　応：
平成 29 年度の技術コンサルティングは、契約ベースで金額は平成 28 年度比 2.8 倍、件数は 4.9 倍と飛躍的に増加し、民間資金に対する割合も 3.4%と 3 倍以上に増加しました。制度開始から 3 年目を迎えた本制度は着実に定着しており、企業連携の入口の機能の他、研究ユニットの状況に合わせた活用、例えば知財の発生しない共同研究契約の代替や共同研究契約との合わせ技等による民間資金獲得額の拡大に向けて、重要な位置を占めるものと考えています。

（２）「橋渡し」のための研究開発について

ご意見１：MBR の実排水処理高効率化と膜閉塞機構の解析
開発した MBR 技術を、水処理研究だけでなく新たなシーズとして他の目的への適用の可能性を検討して欲しい。
対　応：
水処理分野については、好気 MBR 技術をシーズとして、今後はエネルギー生産分野である嫌気 MBR 技術に適用することを予定しています。水処理分野以外では、コア技術である次世代シークエンサーによる微生物大規模同定技術を用いて、環境動態解析の分野で沿岸管理や窒素循環などについても検討を予定しています。土壌浄化分野では、重金属汚染浄化の分野で JOGMEC や企業と共同研究を開始しました。さらに、要素技術である顕微鏡観察については、バイオフィルムの非破壊観察と制御で、ライフサイエンス分野である製薬企業のような異分野の業種にコンサル事業を始めました。

ご意見２：反転層チャネルダイヤモンド MOSFET の開発
ラボレベルであるが、動作実証の意義は大きい。産総研の高い技術力を示す事例として評価でき、今後のスケールアップに期待する。
対　応：
平成 28 年度、反転層型ダイヤモンド MOSFET の動作実証に成功した時点では、チャネル移動度：8cm^2/Vs、ドレイン電流：1.6mA/mm でしたが、現在はチャネル移動度：31cm^2/Vs、ドレイン電流：14mA/mm と着実に研究を進めております。現状は依然として目的基礎研究のレベルですが、今後必要となる種々の要素プロセスを明確化した上で技術向上させ、橋渡し前期へと開発を進めていきます。

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
平成29年度 研究評価委員会
（エネルギー・環境領域）

説明資料

産業界にご利用頂きやすい
エネルギー･環境領域をめざして

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
エネルギー・環境領域
領域長　小林　哲彦

エネルギー・環境領域

１．平成29年度の目標と代表的成果

（１）新エネルギーの導入を促進する技術の開発 （創エネ）
- H-VPE装置について成膜技術の高度化を行い、GaAsセル効率15%を達成する。SiまたはCIGSをボトムセルとする異種接合太陽電池の変換効率28%を達成する。
- 大規模な再生可能エネルギーを系統連携に接続する技術として、大型パワーコンディショナー（PCS）の系統連携や、次世代PCS（スマートインバータ）の試験環境を整備する。
- 超臨界地熱発電技術の開発に関して、本法による大規模発電の蓋然性、技術的、社会的可能性について検討を開始する。

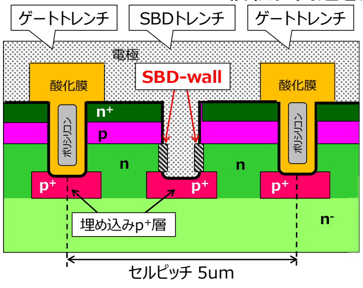
（２）エネルギーを高密度で貯蔵する技術の開発 （蓄エネ）
- 蓄電池について、高容量蓄電材料として着目される金属多硫化物の開発と充放電機構の解明、次世代全固体電池の製造プロセス開発、ポストリチウムイオン電池の研究開発を進める。
- 水素製造・貯蔵・利用を含むエネルギーマネジメントシステムについて、建物等での利用を想定した制御手法を開発し実証する。

（３）エネルギーを効率的に変換・利用する技術の開発 （省エネ）
- 6インチ対応最先端SiCパワーデバイス量産試作ラインにおいて、ダイオード、MOSFETの量産試作を行う。
- 高性能硫化物熱電材料の開発や高温超電導線材の開発を進める。

（４）エネルギー資源を有効活用する技術の開発 （エネ資）
- メタンハイドレート（MH）第２回海洋産出試験で使用する出砂対策技術に関し、室内での循環試験等による評価を実施する。
- 褐炭等の未利用炭化水素資源の利用に向けて、メタンのベンゼンへの流動層直接転換触媒及びプロセスを開発する。

（５）環境リスクを評価・低減する技術の開発 （安全・物質循環）
- 水処理および水質測定技術について、微生物を利用した廃水処理システムの開発と、高汎用性の重金属類測定技術の開発を進める。
- 都市鉱山技術による資源循環等対策技術の開発を進める。
- 水素インフラ等を対象としたリスク評価、水素サプライチェーン等を考慮したライフサイクル分析（LCA）、および導入可能性の分析を実施する。LCAに用いるインベントリDB開発の海外展開を図る。

1200V級SiC MOSFETの最大の普及ボトルネックであった信頼性問題を解決



今回開発したSWITCH-MOSの断面模式図。

順方向劣化の原因である内蔵PiNダイオードの作動を抑制できるSBD内蔵ダイオード（SWITCH-MOS)を量産試作レベルで開発。セルピッチを5 µmと小さくすることによりSBDを内蔵型でもPiNダイオードが作動しない構造を実現。

オールSiCモジュールのボトルネックを量産レベルで解決、低損失・高耐圧SiCパワーデバイスの導入加速、電力変換の大幅効率化につながる

変動する再生可能エネルギーを大容量・長期間に貯蔵、必要な時に利用する技術の完成

清水建設の共同研究において、水素製造、危険物非該当の吸蔵合金、燃料電池等を含む実証設備の運用を開始。開発した吸蔵合金は、燃料電池の排熱を用いて設計通りの圧力温度で貯蔵利用できることを確認。

変動する再生可能エネルギーを大容量・長期間貯蔵し活用する技術を完成

構築した水素エネルギーシステム実証設備。12フィートコンテナ4つから構成され、ビル･エネルギー･マネジメント･システムから運転制御。

2．特筆すべき成果

【目的基礎】

・高サイクル特性と高容量を両立できる**リチウム硫黄系電池の正極材料**につながる新材料である**金属多硫化物の開発と新たな充放電機構の解明**に成功した。（業績例： Sakuda et al., J. Am. Chem. Soc., **139** (2017) [IF: 13.038] ）

・論文被引用数は**12月末時点で16,986（目標15,800）**と既に目標を上回っている。論文発表数も12月末時点で335報（目標430報）と昨年同月比118%であるため**目標を達成した昨年度を上回る水準**であり、IF10以上の論文誌に掲載されている論文数は16報、IF5以上10未満は45報である。また**Clarivate AnalyticsのHighly Cited Researchers 2017**（2005～2015年発表論文の高被引用著者、日本で82件）に**3件（2名）が選出**された。

【橋渡し前期】

・高温超電導線材の開発において、昨年までに開発した極薄塗布MOD（金属有機化合物分解）法の改良により、**低コスト型高温超電導線材で世界最高の磁場中臨界電流密度を実現**した。（業績例：NPG Asia Materials **9** (2017) [IF: 9.157]）。

・**NEDO等の研究開発プロジェクト**において、**資源循環システム構築のためのリサイクル技術**や**未利用熱エネルギー有効活用技術開発**等を担うとともに、PL・SPLを務める等**中心的な役割を果たした**（公的資金獲得額57.1億円）。PLの一人は**日経地球環境技術賞優秀賞**を受賞した

・知的財産の実施契約等件数は**12月末時点で111件（目標100件）と既に目標を達成**しており、昨年度同月比では126%と顕著な増加が認められる。

【橋渡し後期】

・ 順方向劣化の原因である内蔵PiNダイオードの作動を抑制できるSBD内蔵ダイオード（SWITCH-MOS)の量産試作レベルでの開発や、水素製造、危険物非該当の吸蔵合金、燃料電池等を含む実証設備の運用開始等、**電力変換の大幅効率化**および**再生可能エネルギーの大容量・長期間貯蔵活用**を可能とする技術開発に成功した。

・福島再生可能エネルギー研究所内に開所した大型パワーコンディショナ（PCS）の試験施設**「スマートシステム研究棟」**において、分散電源の系統連携に係る**国際標準規格等の国際標準化（成立3件、審議中2件）を推進**した。大型PCS等の認証試験需要の拡大と海外輸出の促進が期待できる。また被災地3県（福島県、宮城県、岩手県）に所在する企業を対象とした**再生可能エネルギー関連技術の事業化支援**では、支援テーマ数は24社25件（平成25～29年度合計44社107件）に上り、これまでに9件の製品化に至った。

・インベントリーデータベースIDEAの開発による産業界の活動支援への貢献による**第13回LCA日本フォーラム表彰（経済産業省技術環境局長賞）**、ダイヤモンドウェハ製造基盤技術の確立と産総研ベンチャーへの技術移転を通じたダイヤモンドの工業製品化への貢献による**第15回産学官連携功労者表彰（内閣総理大臣賞）**等、産業界への貢献が認められた受賞があった。

目　　次

1．領域の概要とマネジメント

（１）領域全体の概要・戦略

（２）技術的ポテンシャルを活かした指導助言等の実施

（３）マーケティング力の強化

（４）大学や他の研究機関との連携強化

（５）研究人材の拡充、流動化、育成

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

1. 領域の概要と研究開発マネジメント

（１）領域全体の概要・戦略

「持続可能な社会の構築」への取り組み

エネ環領域

わたしたちは、持続可能な社会の構築に向けて、グリーン・テクノロジーによる「豊かで環境に優しい社会」の実現、ライフ・テクノロジーによる「健康で安心・安全な生活」の実現、およびインフォメーション・テクノロジーによる「超スマート社会」の実現を目指します。

Zero-emission Society の 夢

1-1. 研究テーマの概要

産総研におけるエネルギー技術開発

低炭素社会
（パリ協定、2050年80%削減等）

- 再生可能エネルギーの大量導入
- 省エネルギー技術の普及
- 未利用エネルギーの有効利用

創エネルギー技術
再生可能エネルギー
PV、風力、地熱、水電解、
ｴﾈﾙｷﾞｰﾈｯﾄﾜｰｸ技術 等
化石燃料の"低炭素的"利用
低品位炭・ﾒﾀﾝﾊｲﾄﾞﾚｰﾄ等
の高効率利用 等

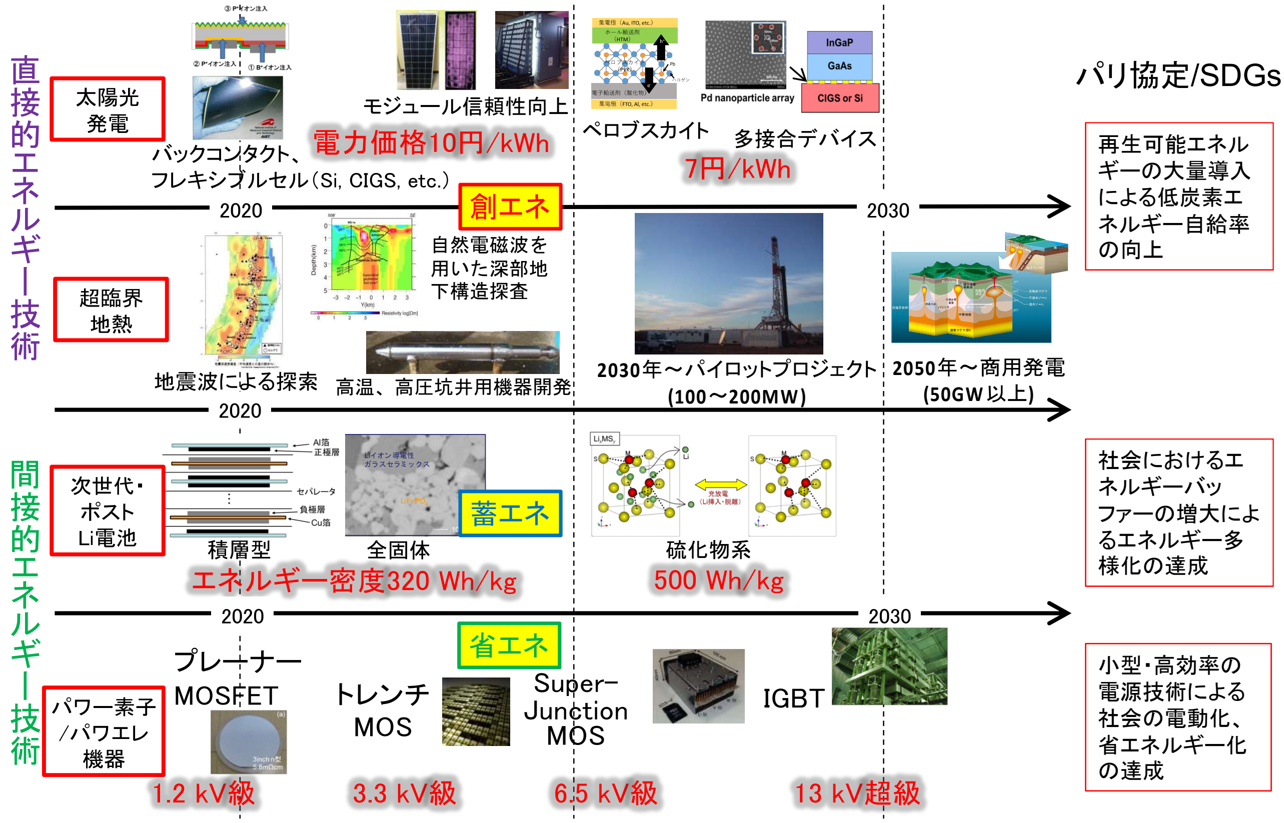
蓄エネルギー技術
再エネの貯蔵・輸送
水素エネルギー貯蔵、
蓄電 等
自動車の電動化
蓄電池、PEFC 等

省エネルギー技術
高効率電力変換
ﾜｲﾄﾞｷﾞｬｯﾌﾟ半導体ﾊﾟﾜｰｴﾚｸﾄﾛﾆｸｽ
熱有効利用
熱電変換、蓄熱
自動車エンジンの高効率化
燃焼の高度解析、排ガス処理

AIST

領域のエネルギーロードマップ

エネ環領域

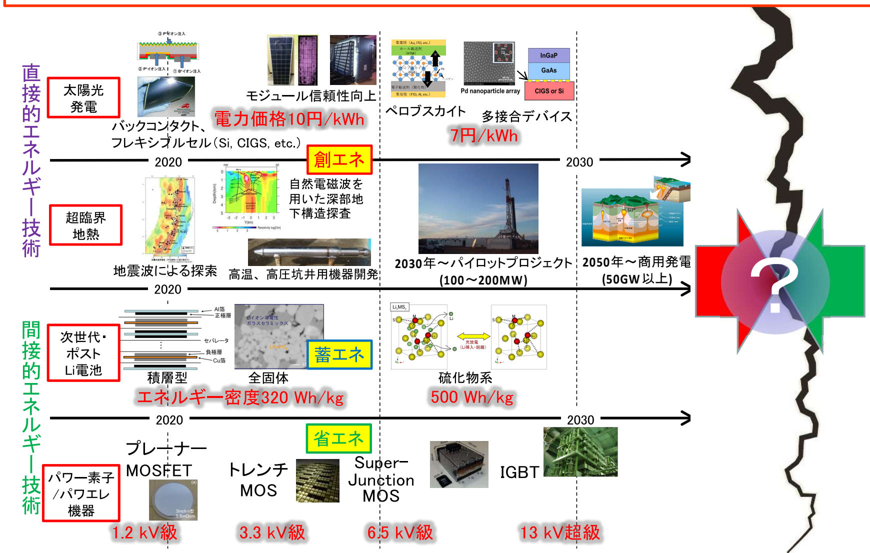


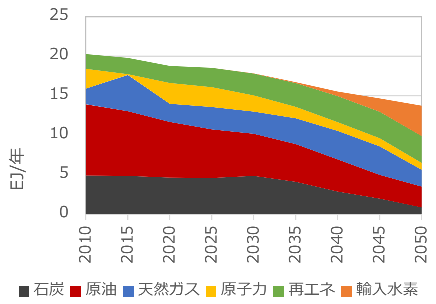
AIST

技術開発の方向性の精度向上

エネ環領域

技術開発ロードマップの多くは要素技術ごとにフォアキャスト型のアプローチによって設定されている。一方で地球温暖化防止の観点から、エネルギーシステムについてはバックキャスト型の目標設定が重要であり、現状の技術ロードマップ達成が温室効果ガス排出削減にどの程度寄与するのかを明らかにする必要がある。





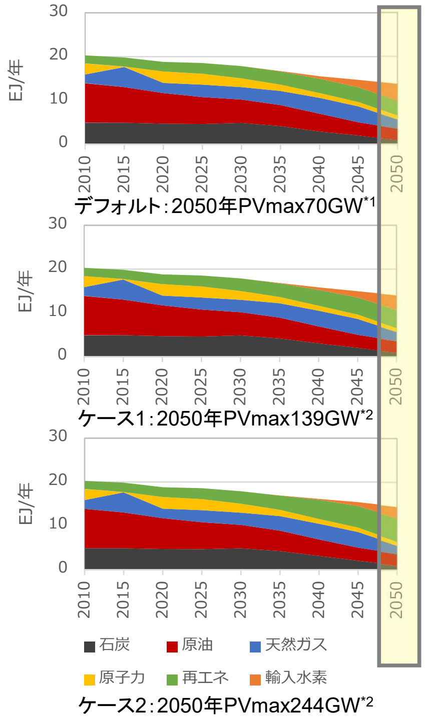
2050年$CO_2$80%削減可能な一次エネルギー供給構造の例（MARKALモデルに基づく試算）

- 原発：40年稼働、計画中新設あり
- CCS：CO2回収率90%、2050年最大貯留量1億t-CO2/年、
- 輸入水素CIF価格：2050年30円/Nm3
- PV最大導入量：2030年60GW、2050年70GW

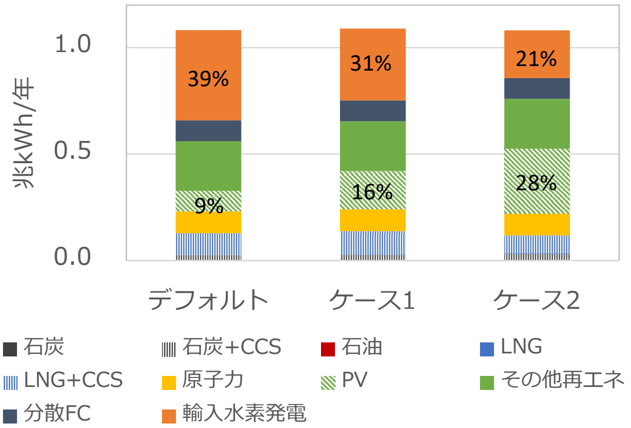
領域としてユニット横断型のエネルギーシステムアライアンスを発足させ、領域ロードマップの策定に向けた検討を開始した。

技術開発の方向性の精度向上

AIST　エネ環領域



2050年
電源構成



2050年$CO_2$80%削減可能な一次エネルギー供給構造の例

- 2050年$CO_2$80%削減のためには、発電部門の直接CO_2排出量ゼロが必要
  - ➢ 水素 or 原発 or CCS火力 or 再エネ
- 技術開発の進展によりPV導入が進めば、2050年80%削減は水素に過度に頼ることなく達成可能

*1:H27 NEDO水素先導トータルシステム導入シナリオ報告書、*2: RTS社資料

産総研における環境・安全技術開発

AIST　エネ環領域

産業と環境が共生する社会

（ SDGs 水・衛生、生産・消費、資源等）

- 環境リスクの低減
- 資源・物質の循環
- 産業保安の確保

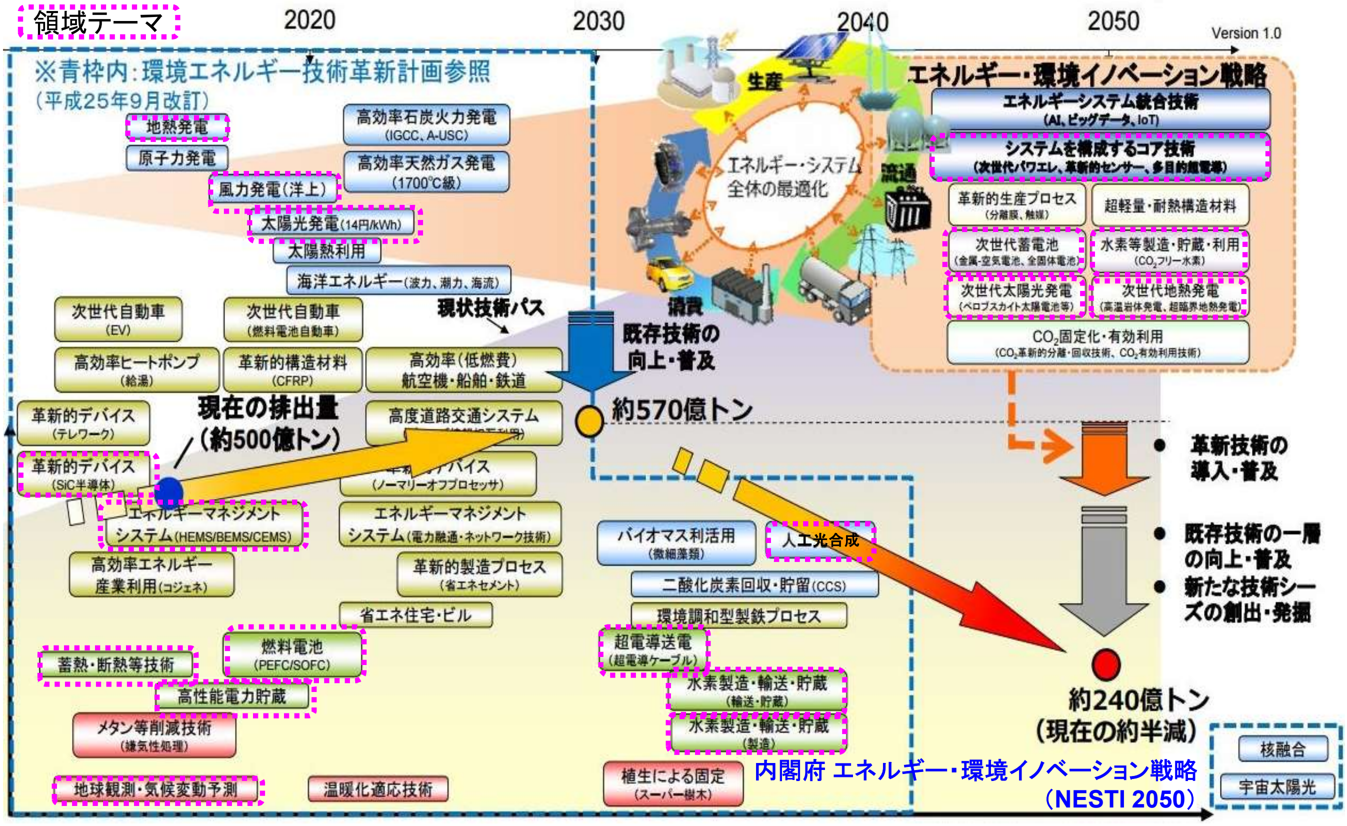
物質循環技術

レアメタル等希少金属のリサイクル技術
（戦略的都市鉱山研究拠点SURE）
水の安全確保と有効利用技術
（アジア戦略 水プロジェクト）

産業技術のリスク評価・低減

化学物質・ナノ材料のリスク評価
LCA等社会システム評価
産業事故の防止・被害低減技術
地球環境評価手法の開発

NESTI 2050 に見る エネ技術ポートフォリオ　エネ環領域



領域のベンチマーク例　エネ環領域

国立研究機関の例

	産総研エネ環領域	FhG-ISE	DOE-NREL	ECN	国立環境研
職員数（学生含）	2,000人	1,100人	2,000人	500人	850人
研究予算	127億円	105億円	350億円	不明	113億円
研究分野	エネルギー・環境・安全	エネルギー	再エネ	エネルギー・環境	環境
備考		*1	*1	*2	*3

＊1　テラワットワークショップ等で三者連携
＊2　FREAと連携協定
＊3　環境研究機関連携

ミッションが異なるため組織間の単純な比較は難しい

イノベーションをリードする国立研究機関（2017年）

No.	国立研究機関	国
1	米国保健福祉省（HHS）	米国
2	原子力・代替エネルギー庁（CEA）	フランス
3	フラウンホーファー研究機構（FhG）	ドイツ
4	科学技術振興機構（JST）	日本
5	産業技術総合研究所（AIST）	日本
6	韓国科学技術院（KIST）	韓国
7	MRC分子生物学研究所	英国
8	フランス国立科学研究センター（CNRS）	フランス
9	フランス保健医学研究機構（Inserm）	フランス
10	シンガポール科学技術研究庁（ASTAR）	シンガポール

（Clarivate Analitics, 2017）

【評価の観点】
- 学術論文による積極的な科学研究成果の発表
- 産業界やプライベートセクターとの活発な共同研究
- 具現化した研究成果を知的財産権によって　適切に保護

ベンチマーク例

エネ環領域

インパクトの高い論文数ランキング

順位	機関名	高被引用論文数
1	東京大学	1,326
2	京都大学	764
3	理化学研究所	623
4	大阪大学	540
5	東北大学	497
6	名古屋大学	395
7	産業技術総合研究所	327
8	九州大学	319
9	東京工業大学	304
10	物質・材料研究機構	303

Clarivate Analytics社 2017/04/13発表

Highly Cited Researchers 2名(3件)選出
(AIST計は3名(4件)選出)

特許先行性(他社牽制力)ランキング

順位	機関名	引用された特許数
1	産業技術総合研究所	1,184
2	科学技術振興機構	505
3	東北大学	308
4	東京大学	255
5	東京工業大学	222
6	京都大学	221
7	Univ. California	207
8	情報通信研究機構	197
9	鉄道総合技術研究所	192
10	理化学研究所	191

パテントリザルト社 2017/06/21発表

1位「哺乳動物細胞における遺伝子発現の調節」に関する特許(特願2006-502664)
2位「金属−空気電池」(特許第5207407号)
2位(同率)「単層カーボンナノチューブ」に関する特許(特許第4621896号)

エネ環領域は17%の人的リソースで、論文被引用数、外部資金獲得などAISTの約3割を担う

ご参考:エネ環領域研究者の活躍例

エネ環領域

Clarivate Analytics「Highly Cited Researchers 2017」(2005〜2015年発表論文の高被引用著者)

- 領域から3件(2名)選出 (日本より82件、産総研から4件(3名))

主な受賞

- 産学官連携功労者表彰(内閣総理大臣賞)
  産総研発の板状大型単結晶ダイヤモンド製造技術によるベンチャー企業が大型切削工具や次々世代半導体につながる1インチウェハを製品化して起業、6年目に売上3億円を上回る急成長を達成。(先進パワーエレクトロニクスRC)
- 第7回ものづくり日本大賞(内閣総理大臣賞)
  水産物の鮮度保持に優れたシャーベット状の海水氷(シルクアイス)を、船の上で海水から製造する漁船搭載用の製氷機を開発。株式会社ニッコーにおいて実用化。(省エネルギーRI)
- 2017年日経地球環境技術賞(優秀賞)
  戦略的都市鉱山研究拠点(SUREコンソーシアム)のPLが、タンタルコンデンサ等の自動選別技術により、産総研初の個人受賞。(環境管理RI)
- 第13回LCA日本フォーラム表彰(経済産業省産業技術環境局長賞)
  LCAのためのインベントリーデータベース(IDEA)拠点が、ライセンス160件以上を既に販売し日本企業の環境性能分析を支えていることに加えて、国際的にも日本初のトップデータベースとして認知された。(安全科学RI)
- 上記の4件以外に、学会賞・論文賞等の外部表彰16件

主な国際標準化活動

- 国際議長 IEC/TC82 太陽光発電システム (再生可能エネルギーRC)
- 国際議長 ISO/TC28 石油製品および潤滑油 (省エネルギーRI)
- 上記2件を含め、IEC/TCおよびISO/TC:国際議長延べ4名、コンビーナー延べ11名、プロジェクトリーダー延べ8名、エキスパート延べ59名を領域より輩出

1-2. 領域組織の概要

- 領域長：小林哲彦、領域長補佐：仁木栄、戦略部長：小原春彦、企画室長：松岡浩一
- 3研究センター、5研究部門、68チーム/グループ
- 研究職：371名（研究ユニット：352名、研究戦略部：19名）
- ポスドク：52名、テクニカルスタッフ：339名、クロスアポ：10名、企業からの来所者：199名、大学等からの来所者：40名、産学官制度来所者：893 名
- 研究費総額：約127億円

研究ユニットごとの研究課題

創エネルギー（再生可能エネルギー）

太陽光発電RC/松原浩司
（つくば・九州、44）CIGS-PV・新PV

再生可能エネルギーRC/古谷 博秀
（福島★、38）Si-PV・多接合PV・風力・地熱・化学ｴﾈﾙｷﾞｰ貯蔵・ｴﾈﾙｷﾞｰｼｽﾃﾑ

電池技術RI/谷本一美
（関西★ 45）LIB・新概念電池・PEFC

蓄エネルギー

創エネルギー（エネルギー資源）

創エネRI/児玉昌也
（つくば・北海道、53）メタンハイドレート、未利用化石資源

先進パワエレRC/奥村 元
（つくば・関西、35）SiC・GaN・ダイヤ

省エネルギーRI/宗像鉄雄
（つくば、43）熱電変換・燃焼技術（自動車）SOFC

省エネルギー

物 質 循 環

環境管理RI/田中幹也
（つくば、56）リサイクル・環境保全

産業技術のリスク低減

安全科学RI/緒方雄二
（つくば、38）ﾘｽｸﾏﾈｰｼﾞﾒﾝﾄ・爆発安全・LCA

★：地域研究拠点化　　RI：研究部門、RC：研究センター、（　）：サイト・職員数

産業界からリスペクトされる領域を目指して

1-3. 運営戦略の概要

エネルギー・環境領域の基本戦略

AIST　エネ環領域

○ 我々の目指す世界観：Zero-emission Society の 夢

●低炭素社会
- ・再生可能エネルギーの大量導入
- ・省エネルギー技術の普及
- ・未利用エネルギーの高効率利用

●産業と環境が共生する社会
- ・環境リスクの低減
- ・資源・物質の循環
- ・産業保安の確保

○ 領域のあるべき役割：産業界からリスペクトされる領域を目指して

●未来社会のための産業技術シーズ創出（目的基礎）
●オープンイ・ノベーション・プラットフォームの提供（橋渡し機能）

○ 領域の経営構造： ミドル アップ ＆ ダウン型経営

●ユニット幹部を中心とする「現場主義」

○ 第5期に向けてのキーワード： 急 が ば 回 れ

“基礎体力”の増強による 結果としての「民間資金獲得拡大」
→ (1)目的基礎研究力の向上 + (2)マーケティング機能の定着 + (3)人材育成

ご参考：領域の運営 「急がば回れ」施策

AIST　エネ環領域

1）領域内ガバナンス（研究ユニットとの意思の疎通、PDCA）
研究ユニット幹部との意見交換（定例2回/月、ﾏｰｹﾃｨﾝｸﾞ会議合宿2回/年）、
E&Eフォーラム（講演、パネル討論、ポスターセッション等、3回/年）
全ユニット進捗状況ヒアリング、全リーダーとの意見交換 等

2）領域内重点テーマ技術連絡会議／領域横断連携（アライアンス事業）
連 絡 会 議 ： パワエレ、蓄電池
領域内ｱﾗｲｱﾝｽ事業（RI & RC連携活動）：
エネルギーシステム、水素／エネキャリ、SOFC、エネルギー材料

3）目的基礎研究の強化
- ・ 領域裁量研究費（領域で審査）： 1.76億円　・ ユニット長裁量費： 0.40億円
- ・ 論文発表支援 ： 1.92億円　・ 知財登録支援 ： 0.25億円
- ・ 外部資金獲得支援 ： 公的資金の9%（4.9億円）、民間資金の20%（10.7億円）
- ・ 在外研究支援
- ・ 大学連携（クロスアポ）等 → 後述

4）マーケティング活動の定着 → 後述

5）内部人材育成 → 後述

AIST

評価指標、モニタリング指標

エネ環領域

平成29年度目標達成状況

	民間資金獲得額（千円）	公的資金獲得額（千円）	共同・受託研究数の大企業に対する中堅・中小企業の比率（%）	論文の被引用数	論文数	リサーチアシスタント採用数	イノベーションスクールDCコース採用数	知財の実施契約等件数
平成29年度数値目標	3,560,000	—	33	15,800	430	35		100
平成29年度実績数値（1月時点達成率）	2,229,403 ※1 （62.6%）	5,716,651 ※2 内 受託 5,486,668 内 科研費 201,967	22.8 大企業 契約数210 中堅・中小 契約数62	16,986 ※3 （108%）	375 ※4 （87.2%）	48名 （137%）	0名 （0%）	115 （115%）
前年同月比	98%	103%	—	108%	127%	141%		131%

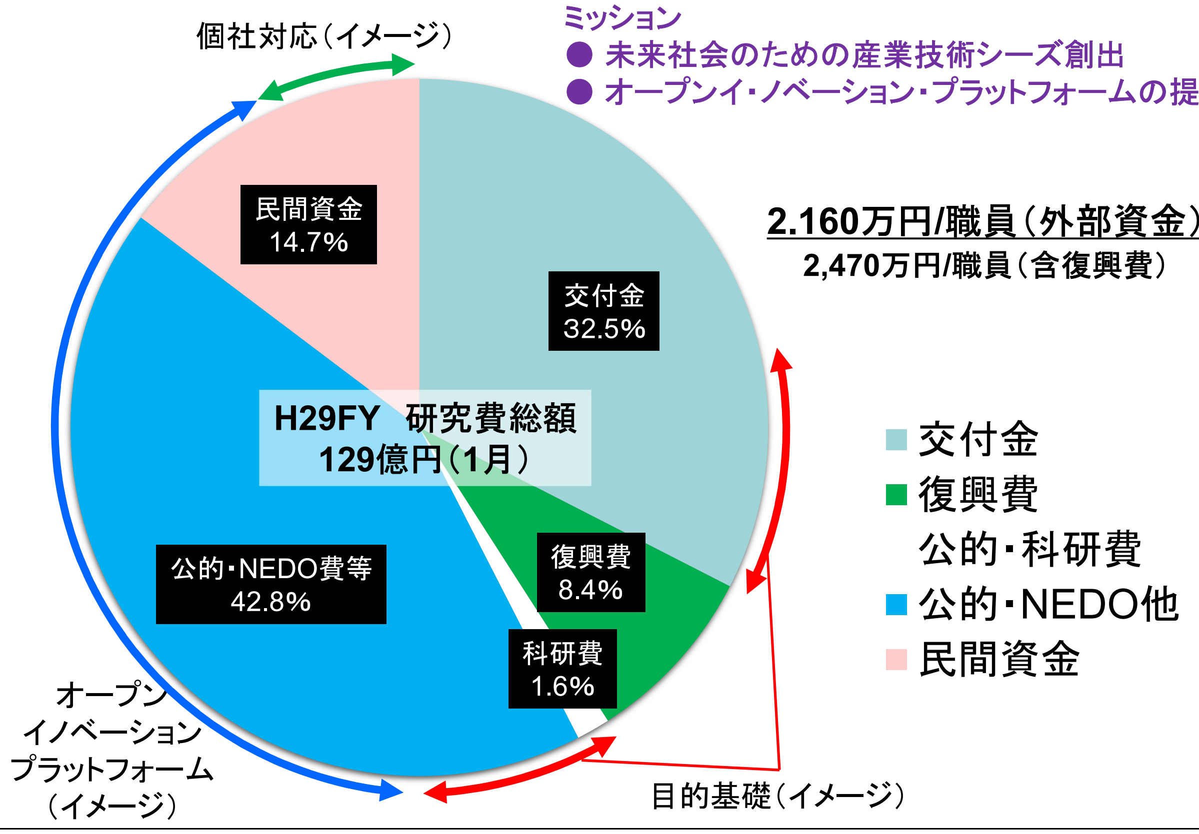
産総研全体に対する貢献率　※1 28%　※2 27%　※3 34%　※4 23%　職員数は産総研全体の17%

AIST

予算から見たエフォート配分

エネ環領域

ミッション
- 未来社会のための産業技術シーズ創出
- オープンイノベーション・プラットフォームの提供



2.160万円/職員（外部資金）

2,470万円/職員（含復興費）

エネ環領域の社会的役割

オープン ＆ クローズ戦略

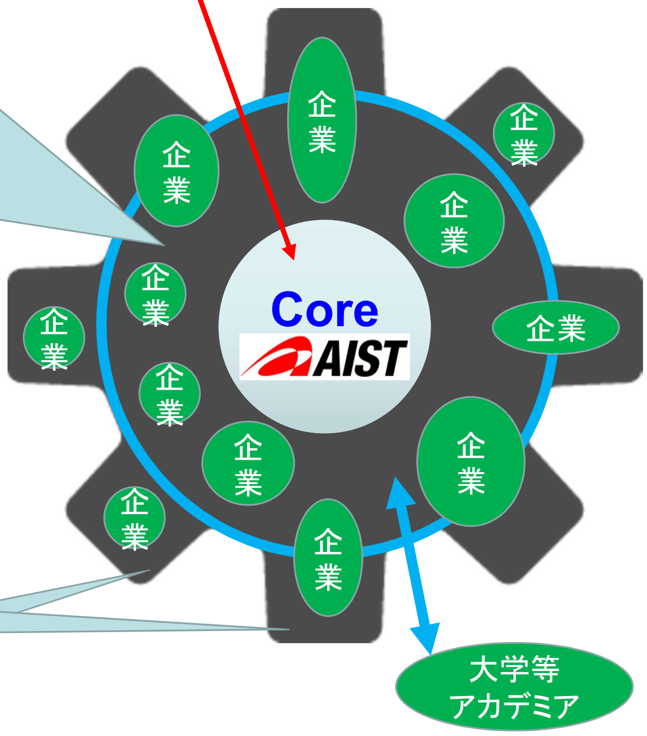
TPEC長：奥村、TherMAT-PL：小原、SURE-PL:大木、RISING-SPL：小林（弘）、AICEｹﾞｰﾄｷｰﾊﾟｰ：小熊ほか

オープンイノベーション プラットフォーム（協調領域）

NEDO費等の獲得
PL、SPLなど担当
マネジメント・事務局担当
コア技術・要素技術提供
（バックグラウンドIP）
集中研提供
国際標準化活動

≫

個別連携（競争領域）



１．領域の概要と 研究開発マネジメント

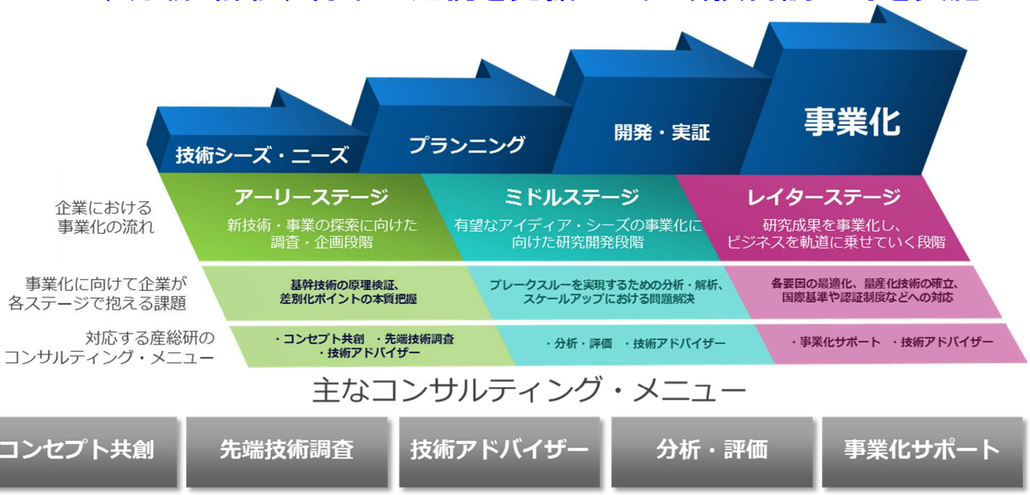
（２）技術的ポテンシャルを活かした 指導助言等の実施

AIST

技術コンサルティング

エネ環領域

技術アドバイス，分析/評価，将来の連携を見据えた先端技術調査等を実施



契約例

気象データ解析による農作物収穫量予測に関する技術コンサルティング　（安全科学研究部門）	1,498万円
電気化学的分析による固体酸化物型燃料電池の被毒メカニズム　（省エネルギー研究部門）	975万円
ケイ素およびアルミニウム化合物の混合危険に関する調査技術コンサルティング　（安全科学研究部門）	559万円
ハイドレートによるCO_2分離と地中貯留の安全性向上に関する技術コンサルティング（創エネルギー研究部門）	497万円

契約数（12/19時点）	59(2017) 12(2016)
金額（12/19時点）	6,951万円 2,450万円(2016)

2016年比：件数約5倍、金額約3倍に増加

AIST

技術コンサルティング代表例

エネ環領域

気象データ解析による農作物収穫量予測に関する技術コンサルティング

安全科学研究部門エネルギーシステム戦略グループ　河尻耕太郎主任研究員

背景

農業ビジネスの最大の課題の一つは、気象条件で収穫量が大きく変動することである。収穫量の予測誤差により、目標未達や余剰が生じ、利益率の減少が生じる。

２週間後の納入契約

目的

気象データ、農作業・収穫量等実測データと、AI（深層学習）や数理モデル（統計手法、農作物生産モデル）を用いて、トマトの収穫量を高精度に予測する手法を開発する。

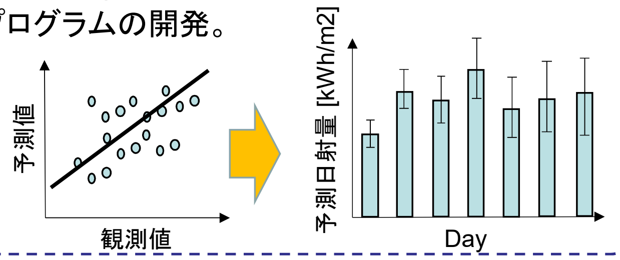
次年度は共同研究を予定

研究項目

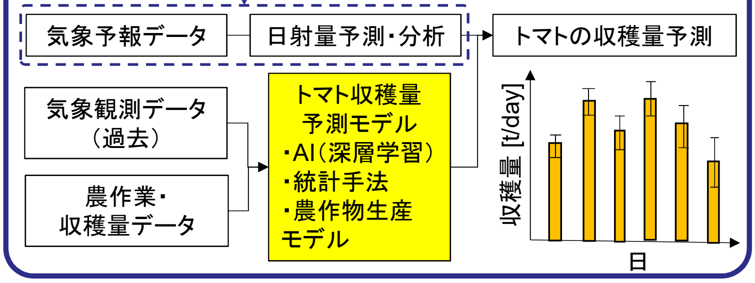
1. 気象予報データを元にした日射量予測・分析プログラムの開発。
2. トマトの収穫量予測手法の開発。

研究項目概要

1. 気象予報データを元にした日射量予測・分析プログラムの開発。



2. トマトの収穫量予測手法の開発



AIST　FREA被災地企業のシーズ支援プログラム　エネ環領域

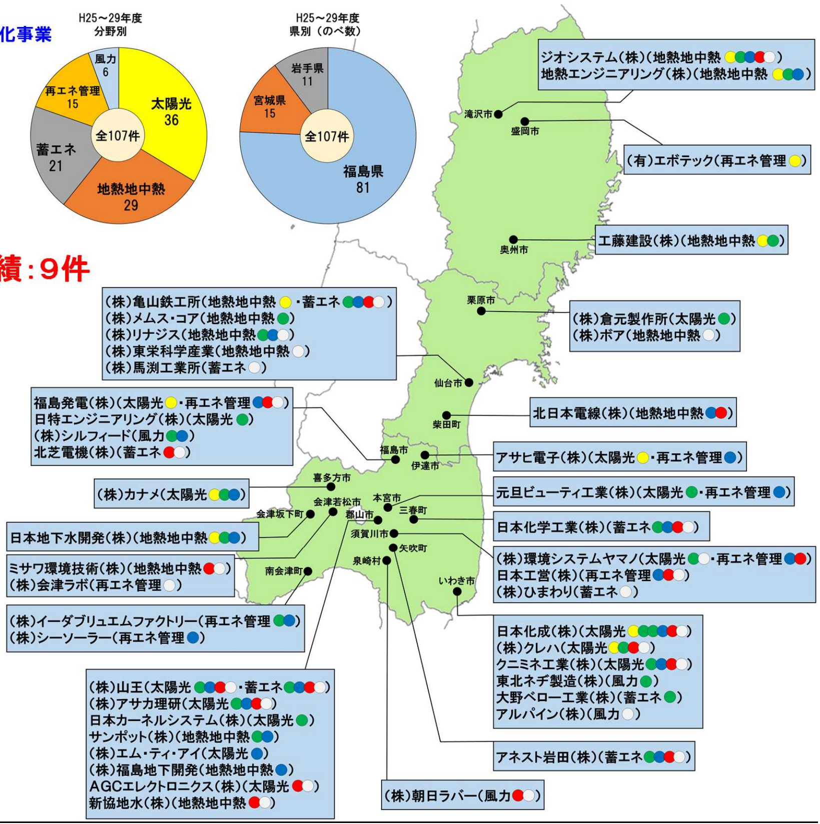
平成25～29年度　福島再生可能エネルギー研究開発拠点機能強化事業

被災地企業の
シーズ支援プログラム

- 平成25年度（11社11件）
- 平成26年度（25社27件）
- 平成27年度（24社25件）
- 平成28年度（18社19件）
- 平成29年度（24社25件）

製品化実績：9件

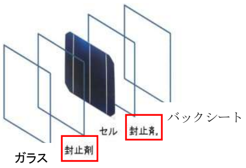
- ◆ 東日本大震災により被災した福島県、宮城県、岩手県に所在する企業が開発した再生可能エネルギーに関連した技術やノウハウ等の事業化を産総研が技術的に支援
- ◆ 成果の技術移転を通じて、被災地域における新たな産業の創出を目指す



AIST　FREA被災地企業のシーズ支援プログラム　事業化例　エネ環領域

- ●アサヒ電子株式会社
  太陽電池ストリング監視システム「Neoale（ネオエール）」
- ●日本カーネルシステム株式会社
  「バイパスダイオードチェッカー」

- ●日本化成株式会社
  太陽電池モジュール用封止材の架橋助剤「TENASHIELD」



- ●株式会社亀山鉄工所
  「温度成層式蓄熱・貯湯システム」
- ●株式会社倉元製作所
  「逆型有機薄膜太陽電池の耐久性・信頼性評価とその劣化メカニズムの解析」

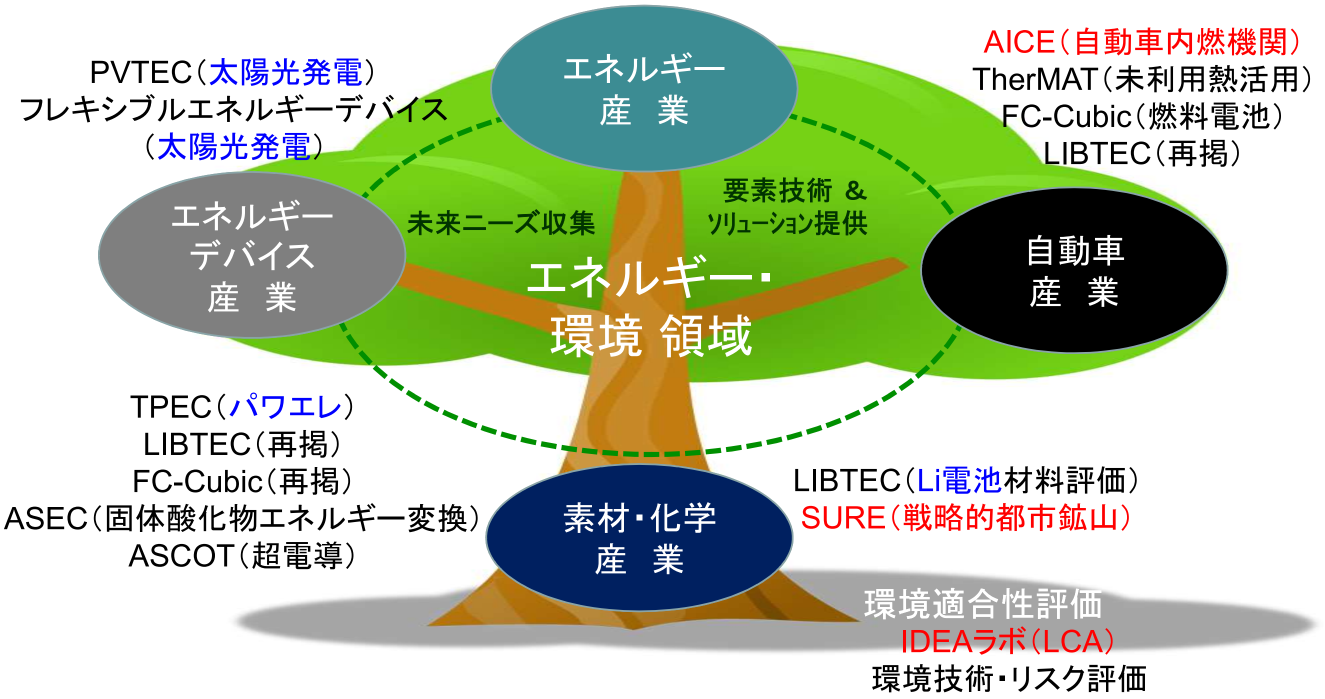
- ●ジオシステム株式会社
  「地下水移流効果を有効利用した高効率地中熱交換器の商品化」
  「樹脂製細管熱交換器を内蔵したタンク式地中熱交換機の有効性の検証」
- ●日本地下水開発株式会社
  「自噴井を利用したクローズドループ地中熱ヒートポンプ冷暖房システムと無散水消雪システムの高効率ハイブリッド化とその性能評価」
- ●サンポット株式会社
  「オープンループ型に対応可能な地中熱ヒートポンプの開発」

1. 領域の概要と研究開発マネジメント

（３）マーケティング力の強化

技術研究組合、コンソーシアム

エネルギー・環境領域を取り巻くサプライチェーン



＊青字は「2.「橋渡し」のための研究開発」で詳述

AIST

ご参考：技術研究組合、コンソーシアム

エネ環領域

エネルギー・環境領域のオープン・イノベーション・プラットフォーム

技術研究組合

PVTEC	太陽光発電技術研究組合
TherMAT	未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合
LIBTEC	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
AICE	自動車用内燃機関技術研究組合
FC-Cubic	燃料電池技術に係る技術研究組合

イノベーションコンソーシアム型共同研究

TPEC	パワーエレクトロニクス
SUREコンソーシアム	戦略的都市鉱山
フレキシブルエネルギーデバイスコンソーシアム	太陽光発電
内燃機関産学官連携コンソーシアム	自動車内燃機関
ASEC	固体酸化物エネルギー変換
ASCOT	超電導
MH21コンソーシアム	メタンハイドレード資源化
グリーンアンモニアコンソーシアム	CO_2フリー燃料
コールドチェーン・コンソーシアム	北海道水産業振興

研究ラボ

IDEAラボ	ライフサイクルインベントリデータベース
ALSEC	固体酸化物エネルギー変換技術
次世代自動車エンジン研究ラボ	パワートレイン
エネルギーナノ工学研究ラボ	エネ・デバイス用ナノ材料応用

AIST

内燃機関産学官連携コンソーシアム

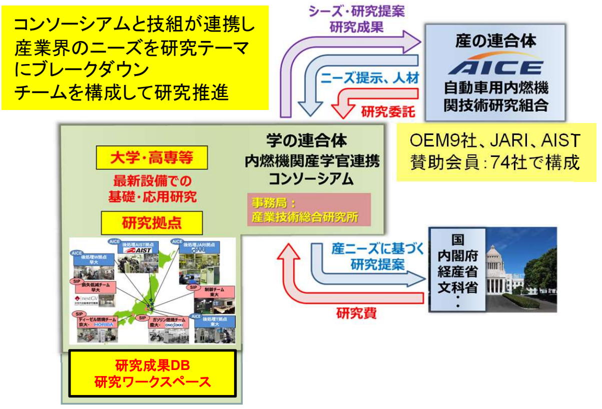
エネ環領域

内燃機関産学官連携コンソーシアム(ICEC)の構築

持続的な産学官連携体制の構築にむけて

【ポイント】

- 内閣府SIP「革新的燃焼技術」では自動車用内燃機関技術研究組合(AICE)との強力な協調体制で、熱効率50%という高い目標の達成が視野に入ってきた。
- 来年度でプロジェクトは終了するが、効率的に成果を創出できる体制が構築されたところでもあり、産学官の間でも持続的発展していける体制が期待している。
- コンソーシアムでは、アカデミア会員としてSIPやAICEでの研究担当者を中心に取り込み100名以上の学の連合体として産業界と連携できる場を提供する。
- 産総研は事務局機能とゲートキーパーとしてAICEと協力し、業界のニーズをブレークダウンした課題設定、課題解決のための研究チームの構成、民間資金・公的資金の確保を図りつつ、委託研究や共同研究等を推進する。
- 従来の個別対応型共同研究や国プロの枠を超えて様々な連携を可能とするプラットホームを構築する。
- 環境制約や燃費制約が年々厳しくなる中、個社での対応も難しくなってきており、協調領域を拡大することで技術の高度化を加速するとともにコストシェア、リスクシェアを図れることが期待されている。



【体制】

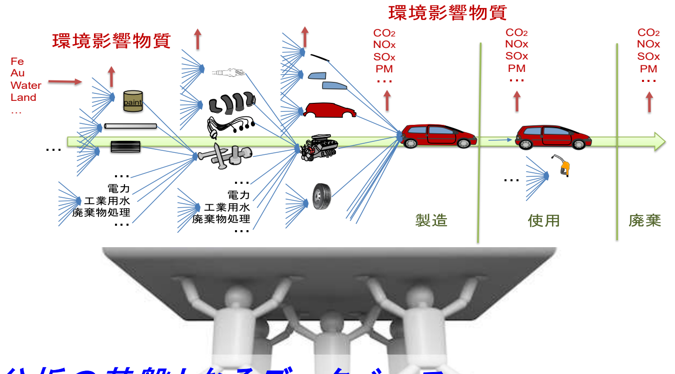
- 平成29年6月に発足
- 発足時メンバー：特別会員（AICE:組合員9社、2機関、賛助会員74社）および大学5機関、産総研
- 産総研内では、分野を超えて研究者を結集させ、次世代自動車エンジン連携ラボを結成
- 運営予算：1,000万円/年
- 2019年以降、研究費総額10億円規模を想定

IDEAラボの設立 -LCA技術の普及・展開-

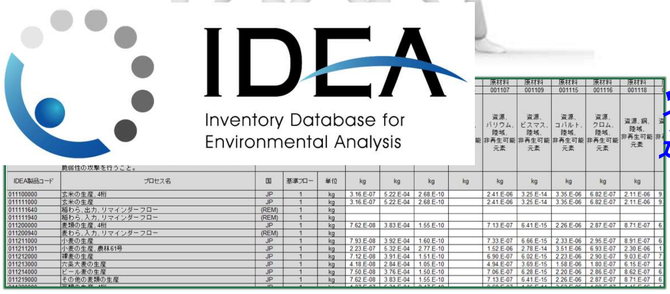
AIST　エネ環領域

新技術・製品のLCAをサポート

- 国内外に136のライセンス販売
- 技術コンサルでも活用
  沖縄エネテック、神戸製鋼など



分析の基盤となるデータベース



ソフトウェアを通じて社会へ展開

国際市場への展開

thinkstep GaBi Product Sustainability Performance
openLCA
SimaPro

国際市場で利用されるソフトウェアへの登載

国内への普及

MiLCA Multiple Interface Life Cycle Assessment

国内シェアNo.1ソフトウェアへの登載

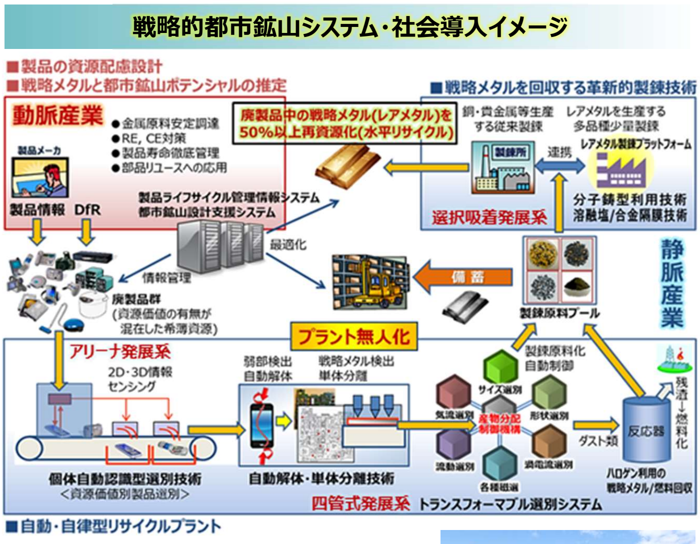
戦略的都市鉱山研究拠点（SURE）の発展

AIST　エネ環領域

NEDOプロジェクト「高効率な資源循環システムを構築するためのリサイクル技術研究開発事業」（平成29～34年度予定）の開始

【プロジェクト概要】

- 産総研では、革新的なリサイクル技術開発と動脈－静脈　産業連携に基づく「戦略的都市鉱山構想」を提唱し、戦略的都市鉱山研究拠点（SURE）を組織化。民間61社と26の公的機関からなるSUREコンソーシアムを設立。
- PLを産総研が務め、SUREを中心として、SUREコンソーシアム会員企業、大学・研究機関より計13機関が参画。年間予算約6億円。
- 資源価値の高い小型家電等の廃製品を対象に、レアメタル含む多様な金属（戦略メタル）について、低コストかつ高効率なリサイクル技術を開発すると共に、動静脈連携を強化する情報・制度・社会システムの構築を目指す。
- 2017年8月、産総研内に集中研（CEDEST）を整備。



【社会へのインパクト】

- 産業構造を循環型にシフトする戦略的都市鉱山導入により、欧中を圧倒する人工資源からの金属生産技術を確立する。導入後の10年間で、日本の金属生産市場5.3兆円が見込まれる。
- 戦略的都市鉱山思想に基づき、日本再興戦略、NEDO技術戦略を策定。SUREコンソを中心とした、動静脈連携による日本型「戦略的都市鉱山」確立に向けたビジョンが、社会的な支持を得つつある。

集中研
CEDEST

ご参考：国際標準化活動

今年度提案・発行された国内外標準化案件

ISO-IEC（国際規格）

- Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) -- Test method for self-cleaning performance of semiconducting photocatalytic materials under indoor lighting environment -- Measurement of water contact angle（ISO/TC206(ファインセラミックス）/WG9）（ISO 19810、発行）
  光触媒で最も大きな市場を占める外装建材用セルフクリーニング材料を室内環境で機能する内装建材に展開することによる国際的な市場拡大に対応するために、製品の性能を評価して品質を担保する性能試験規格「JIS R 1753」を基に「ISO 19810」の発行を主導。
- Photovoltaic systems - Power conditioners - Energy evaluation method（IEC/TC82 (太陽光発電システム）/ WG6（システム構成機器））（IEC TS 63156 ED1、提案）
  PCSの効率を実際の気象環境に近づけて評価するための動的効率試験法を新規提案。
- Semiconductor devices - Non-destructive recognition criteria of defects in silicon carbide homoepitaxial wafer for power devices - Part 2: Test method for defects using optical inspection（IEC/TC47 (半導体デバイス）/WG5）（IEC/CD 63068-1 Ed. 2.0、提案）
  SiCホモエピタキシャルウェハのエピタキシャル層欠陥を光学検査手法によって決定する際の標準検査方法を規定するとともに、欠陥の検出及びその分類を可能とする光学検査画像を例示。

JIS国内規格

- 火薬類安定度試験用試薬類（追補1）（JIS K 4822:2001/AMENDMENT 1:2017、発行）
- 火薬類性能試験方法（ 追補1）（JIS K4810 追補1、提案）
- 火薬類性能試験方法（JIS K4810、提案）
- 火薬類安定度試験用試薬類（JIS K 4822、提案）
- 工場排水試験方法（JIS K 0102、提案）
- 太陽電池デバイス―第9部：ソーラシミュレータの性能要求事項（JIS C 8904-9、発行）

1．領域の概要と研究開発マネジメント

（４）大学や他の研究機関との連携強化

AIST 国内・国際連携状況 エネ環領域

オープンイノベーションラボラトリ（OIL）とラボラトリ

- 産総研・名大 窒化物半導体先進デバイス オープンイノベーションラボラトリ（GaN-OIL）
- 産総研・九大 水素材料強度ラボラトリ（HydroMate）
- 産総研・京大 エネルギー化学材料 オープンイノベーションラボラトリ（ChEM-OIL）

経済産業省の進める「オープンイノベーションアリーナ構想」の一環として、大学等内に設置する連携研究拠点。OILおよびラボラトリの設置を行うことで大学等の基礎研究と、産総研の目的基礎研究・応用技術開発を融合し、産業界へ技術の「橋渡し」を推進。

新規の主な連携強化案件

- ドイツ航空宇宙センターと産業技術総合研究所がエネルギー変換・貯蔵に関わる研究連携に関する協定を締結産総研と米国パシフィックノースウェスト国立研究所包括研究協力覚書を締結
- 欧州委員会共同研究センターと産業技術総合研究所が研究連携に関する協定を締結
- 国立大学法人 金沢大学とエネルギー・環境分野に関する包括的連携研究協定を締結
- 2016年3月に独フラウンホーファー研究機構および米国国立再生可能エネルギー研究所と開催したテラワットワークショップの成果がScience誌に掲載（Science 356 (6334), 141-143）
- 筑波大学協働大学院方式におけるレジリエンス研究推進コンソーシアム設立

クロスアポイントメント制度を活用した連携強化（10名）

- エネルギー・ナノ工学ラボ（東京大学・丸山教授）
- イオン液体の電気化学的応用技術開発（大阪大学・桑畑教授）
- 再生可能エネルギー研究開発（山形大学・松田准教授）
- アンモニアガスタービン研究開発（東北大学・小林教授） 等

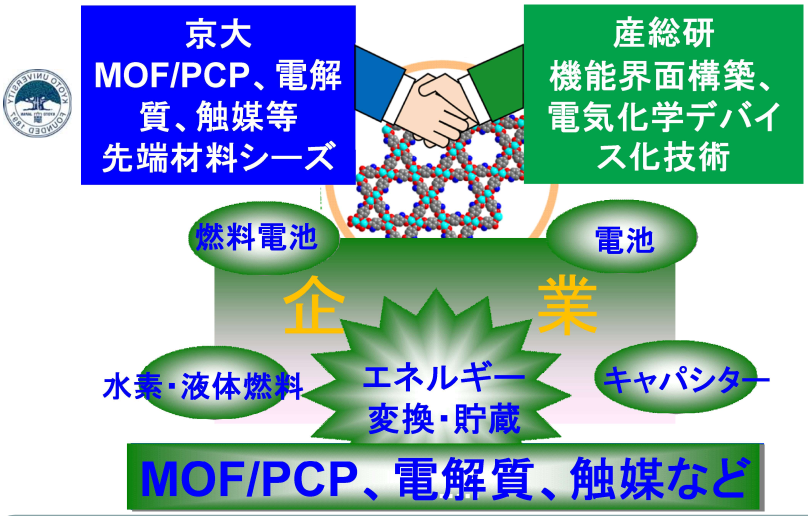
産総研・九大 水素材料強度ラボラトリ（HydroMate）

経済産業省 革新的エネルギー技術国際協働研究開発事業（6ヶ国26機関）

- 国立再生可能エネルギー研究所（NREL、米国）：薄膜太陽電池，熱電変換，Liイオン電池
- フラウンホーファー太陽エネルギーシステム研究所（FhG-ISE、ドイツ）：太陽光発電
- ローレンス・バークレー国立研究所（LBNL、米国）：超臨界地熱発電，熱電変換，Liイオン電池
- ローレンス・リバモア国立研究所（LLNL、米国）：高温岩体地熱発電
- ブルックヘブン国立研究所（BNL、米国）：有用化成品，ギ酸
- デルフト工科大学（TU Delft、オランダ）：水素吸蔵合金

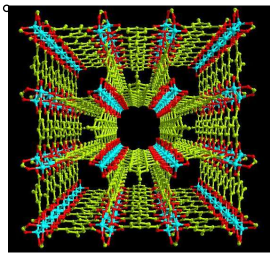
AIST 産総研・京大 エネルギー化学材料OIL（ChEM-OIL） エネ環領域

エネルギー化学材料としての高機能性触媒の創製



MOF

金属イオンと有機物の配位結合・自己組織化により形成され、規則正しい細孔構造を持つ。



R.-Q. Zou, H. Sakurai, S. Han, R.-Q. Zhong, Q. Xu, *J. Am. Chem. Soc.*, **2007**, *129*, 8402.

MOF: Metal-Organic Framework
PCP: Porus Coordination Polymer

産総研と京大が集中的・組織的に研究
材料シーズの実用化に向けた橋渡しを目指し、材料から応用に至るまで一貫した集学的・実学的研究を効果的・効率的に実施

AIST 国立大学法人 金沢大学と包括的連携研究協定を締結 エネ環領域

金沢大学　　産総研

現　在

先魁プロジェクト SAKIGAKE PROJECT Kanazawa University (学内PJ)

JST A-STEP　ハイリスク挑戦

包括契約

人材育成　リサーチアシスタント(RA) → 金沢大学学生(受入担当：牧野チーム長ほか)

人材交流

クロスアポイントメント

山崎招聘研究員 ⟷ 徳田准教授

【研究】大学教員として基礎研究
テーマ:ミニマルファブ仕様ダイヤ成長装置開発
【教　育】大学教員として講義
(例:半導体デバイス)を担当

【研究】産総研研究員として先進パワエレRC
ダイヤモンドチームのメンバーと基礎・応用研究
テーマ：・ダイヤモンド半導体デバイスの基礎・応用研究
・半導体グレードダイヤモンドウェハの開発

さらに相互に人材交流を深める

超然プロジェクト CHOZEN PROJECT Kanazawa University

概算要求 ミニマルファブ導入

牧野 チーム長【研究】&【教育】 ⟷ 松本 助教【研究】

将　来

人材交流で加速された研究を基に、産総研が他の企業・大学・国研への橋渡し → さらに大きい枠組みで共同研究を展開

JST A-STEPシーズ育成　　NEDO エネ・環境先導プログラム

JST NEDO 大型プロジェクト(CRESTや国プロ等)

AIST　エネ環領域

1. 領域の概要と研究開発マネジメント

(５) 研究人材の拡充，流動化，育成

内部人材育成

エネ環領域

パーマネント化審査と若手指導体制

【パーマネント化審査1年前】
- 領域幹部、ユニット長を前にした進捗状況報告会の実施
- グループ長も指導方針を説明

【パーマネント化審査2ヶ月前】
- E&Eフォーラムでの研究発表と領域幹部、ユニット幹部、参加者によるアドバイス体制

【パーマネント化審査】
- 領域幹部とユニット長によるパーマネント化審査の実施

パーマネント人材のOJTによる育成

- 首席研究員等、世界トップ研究者の育成
- 40代で1年～2年の産総研内外への出向を通じ研究マネジメント業務を経験
- OJTを通じた幹部人材の育成

海外派遣支援(0.2億円+国際共同研究PJ)

今年度派遣3名の在外研究を支援

研究能力 ＋ 技術経営力

領域内研究連携の促進

E&Eフォーラム(エネルギー・環境領域 交流会)の開催

- 年2回の開催(12月拡大版:参加人数138人)
- 領域長による講演により領域運営方針を共有
- 全ユニット長によるパネルディスカッションを通じた問題意識の共有
- ポスター展示による新規採用者の紹介と表彰

領域アライアンス事業(再掲)

内部・外部人材育成

エネ環領域

リサーチアシスタント

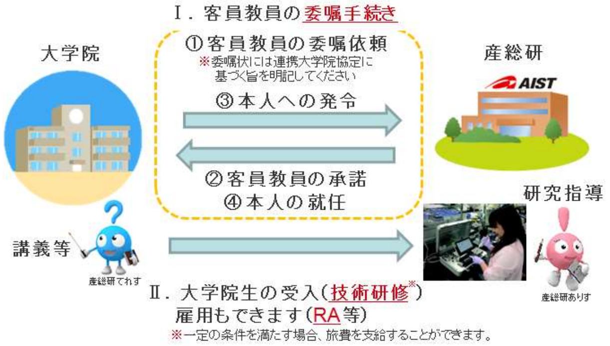
昨年度、優れた研究開発能力を持つ大学院生を産総研リサーチアシスタントとして雇用する制度を創設。実施中の国の研究開発プロジェクト等に参画すると共に、その研究成果を学位論文に活用することが可能に。

本年度採用:48名
(修士33名、博士14名)

イノベーションスクール

本年度採用:PDコース1名

連携大学院制度



本年度委嘱:のべ52名

- 筑波大学　8名
- 東京理科大学　6名
- 首都大学東京　3名
- 神戸大学　3名
- 神奈川工科大学　3名
- 福島大学　2名
- 金沢大学　2名
- 東京大学　2名　等

外部人材育成

エネ環領域

パワエレ連携・寄附講座（H25/4開講）

回路・計測
TOYOTA DENSO
只野、磯部

パワーデバイス
富士電機 Innovating Energy Technology
岩室、矢野

基礎・応用
産総研 独立行政法人産業技術総合研究所
奥村、山口、児島

パワエレ寄附講座　シーズ開拓　パワエレ連携講座

パワーエレクトロニクスサマースクール

H29年度
・参加者:学生99名、社会人33名
・講師：産学官より13名（海外2名）
・見学会：4コース

京都大学　東京大学　関西学院大学　大阪大学

全国の大学との連携

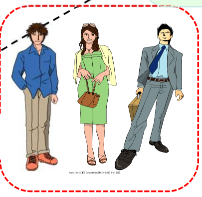
学生の指導に関して密接に連携

企業人材（筑波大学特任教授）が学生を指導

教員派遣

学生インターンシップ

TIAパワエレ連携・寄附講座



学生、及び社会人学生が常駐し研究活動を実施

産総研TIA連携棟の活用

単位、学位の付与（修士・博士）

学生受入

筑波大学（寄附講座の受け皿）

筑波大学 University of Tsukuba

TIEC

橋渡し研究　OJTの場

外部人材育成

エネ環領域

- 大学等から人材を受入れ、再生可能エネルギー分野の人材を育成。

人材育成を伴う共同研究契約件数：東北大学、福島大学、岩手大学、会津大学、日本大学等20件

人材育成数（H29年12月末現在）：ポスドク、技術研修など計100名

○人材育成の取組

- 大学等から学生を受け入れ、研究開発（共同研究）等への参画を通じて、再エネ分野の人材を育成。これまでに様々な制度で延べ142名の学生に研究現場でOJTによる人材育成を実施。

結晶シリコン太陽電池基盤技術コンソーシアム

福島再生可能エネルギー研究所「被災地企業のシーズ支援プログラム」

国内大学等との連携

主な国際連携

欧州
- オーストリア技術研究所（AIT）
- フランス国立科学研究センター（CNRS）
- イタリアエネルギーシステム研究所（RSE）
- フラウンホーファー研究機構
- オランダエネルギー研究センター（ECN）
- ノルウェーエネルギー技術研究所（IFE）
- ノルウェー科学技術大学（NTNU）
- ノルウェー産業科学技術研究所（SINTEF）
- European Liaison on Electricity Committed Towards long-term Research Activity（ELECTRA）
- スマートグリッド国際研究施設ネットワーク（SIRFN）

北米
- ブリティッシュコロンビア大学（UBC）
- ロスアラモス国立研究所（LANL）
- ローレンス・バークレー国立研究所（LBNL）
- 米国再生可能エネルギー研究所（NREL）
- サンディア国立研究所（SNL）
- スマートグリッド国際研究施設ネットワーク（SIRFN）

アジア・オセアニア
- オーストラリア連邦科学産業研究機構（CSIRO）
- インドネシア地質総局
- タイ科学技術研究所（TISTR）
- タイ国立科学技術開発庁（NSTDA）
- 東アジア・ASEAN経済研究センター（ERIA）
- 東・東南アジア地球科学計画調整委員会（CCOP）

ノルウェー工科大学（NTNU）学生の見学

AIST 外部人材育成 エネ環領域

メタンハイドレート総合シンポジウムなどのアライアンス活動

【従来の経緯】

- 基礎科学分野から産業技術分野に至る産学官の研究者・技術者が集まり、最新の研究開発成果を発信する場として、**平成21年より毎年**、産総研の臨海副都心センターにて開催。
- 実験教室や外部機関の見学対応などによる情報発信も実施。

【平成29年度の成果】

- 今年度は、例年と異なりつくば中央にて10月末に開催したが、**350名超**と昨年以上の参加があった。今年は砂層型MHに関する各種生産増進法に関する報告やハイドレートに関する基礎物性の話題の他に、表層型MH回収技術開発に関する調査研究が新たに報告されるなど講演の内容が多岐にわたっており、**ハイドレート研究のすそ野が拡がってきている**。

【アウトプット】

- 国内外のメタンハイドレート研究者の発表や議論の場を提供することで、メタンハイドレートの新技術・新産業の創出に向けた、多角的な人材育成に貢献している。

図1 第9回MH総合シンポジウムの様子

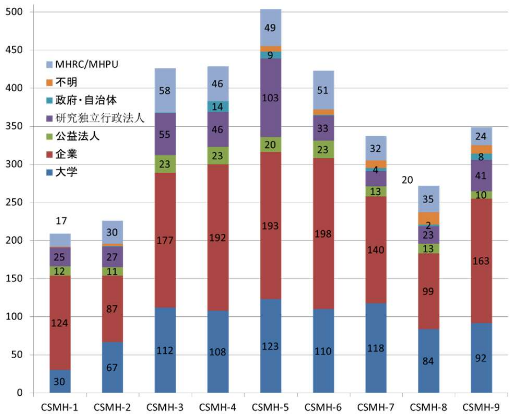


図2 これまでのシンポジウム参加人数の変化

AIST 領域の概要と研究開発マネジメント まとめ エネ環領域

【領域の概要】 Zero-emission Societyの夢

1）低炭素社会を目指して

再生可能エネルギーの大量導入、省エネルギー技術の普及、
未利用エネルギーの有効利用

2）産業と環境が共生する社会を目指して

環境リスクの低減、資源・物質の循環、産業保安の確保

【マネジメント】 急がば回れ ： より産業界からのリスペクトを得るために

1）目的基礎研究の強化

交付金の確保、大学連携の強化（OIL, ｸﾛｱﾎﾟ等）、企業連携からのﾌｨｰﾄﾞﾊﾞｯｸ

2）マーケティング力の強化

ICと研究者の連携、コンソーシアム・技組等の活用、コンサルティングの活用

3）人材育成 → 研究能力/技術経営力の向上、新技術の啓蒙

内部人材：任期付き職員教育、出向等OJT、海外派遣
外部人材：新技術啓蒙活動、ポスドク教育、大学連携

4）その他

領域内横断連携強化、国際標準、地域産業支援、国際連携 等

→ 外部資金獲得や論文被引用数などは産総研全体の約30%を担っている

領域の概要と研究開発マネジメント　まとめ

AIST　エネ環領域

- 論文発表数や論文被引用数、外部資金獲得などは、順調に増加
- 目的基礎研究 や オープン・イノベーション・プラットフォーム活動 は想定以上に展開
- 一方で「民間資金獲得額」が目標を大きく下回る

↓

- 大口案件の完了（成功） と 新規獲得 との狭間
- 構造的課題：ニーズの高い オープン・イノベーション・プラットフォーム活動（NEDO PJ等）への リソース投入、目標値設定と現状との大きな乖離

↓

- マンパワーの獲得
- 民間資金で運営する プラットフォーム の拡大
- プラットフォーム活動からの資金提供型共同研究への移行
- 技術コンサルティング（大幅増加）からの資金提供型共同研究への移行

平成29年度
主要目標達成状況

	民間資金獲得額（千円）	公的資金獲得額（千円）	論文の被引用数	論文数
平成29年度数値目標	3,560,000	—	15,800	430
平成29年度実績数値（1月時点達成率）	2,229,403（62.6%）	5,716,651	16,986（108%）	375（87.2%）
前年同月比	98%	103%	108%	127%
AIST内貢献率	28%	27%	34%	23%

前年度評価コメントへの対応（1）

AIST　エネ環領域

昨年度の評価委員会で頂いたコメントにつきまして、例として以下のような対応を行っております。

（1）領域の概要と研究開発マネジメントについて

【ご意見1】福島FREA活動のような被災地企業のシーズ支援はすばらしい活動だと思う。AISTの存在感、技術貢献を示す上でも、メディアなどでもっとPRした方がよいのではないか。

【対　応】平成27年にはFREAの研究者が日刊工業新聞に23件の連載記事を掲載するなど、これまでもPRに心がけて来ました。平成29年4月以降においても、FREA関連の報道は、地方紙を含め新聞報道52件、TV放映3件、プレス発表等10件とPRに努めてきました。また、FREAは視察を年間5,000人規模で受け入れています。今後もよりPRをできるように努力を継続したいと思います。

【ご意見2】技術コンサルティングは、「技術の目利き役」としての産総研にとって今後、重要な業務になっていくと思われる。3,000万円の契約金は23億円の民間資金の1%であり、一層の増大が望まれる。

【対　応】　平成29年度の技術コンサルティングは、契約ベースで金額は平成28年度比2.8倍、件数は4.9倍と飛躍的に増加し、民間資金に対する割合も3.4%と3倍以上に増加しました。制度開始から3年目を迎えた本制度は着実に定着しており、企業連携の入口の機能の他、研究ユニットの状況に合わせた活用、例えば知財の発生しない共同研究契約の代替や共同研究契約との合わせ技等による民間資金獲得額の拡大に向けて、重要な位置を占めるものと考えています。

前年度評価コメントへの対応（2）

AIST　エネ環領域

（2）「橋渡し」のための研究開発について

【ご意見1】MBRの実排水処理高効率化と膜閉塞機構の解析
開発したMBR技術を、水処理研究だけでなく新たなシーズとして他の目的への適用の可能性を検討して欲しい。

【対　応】水処理分野については、好気MBR技術をシーズとして、今後はエネルギー生産分野である嫌気MBR技術に適用することを予定しています。水処理分野以外では、コア技術である次世代シークエンサーによる微生物大規模同定技術を用いて、環境動態解析の分野で沿岸管理や窒素循環などについても検討を予定しています。土壌浄化分野では、重金属汚染浄化の分野でJOGMECや企業と共同研究を開始しました。さらに、要素技術である顕微鏡観察については、バイオフィルムの非破壊観察と制御で、ライフサイエンス分野である製薬企業のような異分野の業種にコンサル事業を始めました。

【ご意見2】反転層チャネルダイヤモンドMOSFETの開発
ラボレベルであるが、動作実証の意義は大きい。産総研の高い技術力を示す事例として評価でき、今後のスケールアップに期待する。

【対　応】平成28年度、反転層型ダイヤモンドMOSFETの動作実証に成功した時点では、チャネル移動度：8cm^2/Vs、ドレイン電流：1.6mA/mmでしたが、現在はチャネル移動度：31cm^2/Vs、ドレイン電流：14mA/mmと着実に研究を進めております。現状は依然として目的基礎研究のレベルですが、今後必要となる種々の要素プロセスを明確化した上で技術向上させ、橋渡し前期へと開発を進めていきます。

上記の他、評価委員会でコメント頂きましたロードマップの策定等につきましても、本説明資料で示しましたように検討を進めております。

AIST　エネ環領域

2.「橋渡し」のための研究開発

平成29年度の主な研究成果のリストから以下の内容を紹介

- 青：蓄電池に係る研究開発
- 紫：太陽光発電に係る研究開発
- 赤：水素エネルギーに係る研究開発
- 緑：パワーエレクトロニクスに係る研究開発

※リストにある上記以外の成果は別添資料にスライドを掲載しています。

2.「橋渡し」のための研究開発

（１）「橋渡し」につながる目的基礎研究

「橋渡し」とは？－目的基礎研究－

エネ環領域

太陽光発電技術の商用化

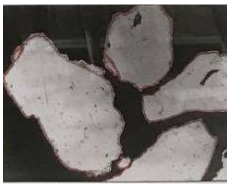
新材料プロセス試験

セル・モジュール作製・性能評価試験

屋外評価試験

ニッケル水素電池の商用化

電池材料開発



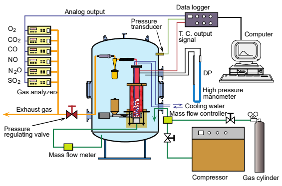
車載用電池開発

ハイブリッド自動車
(H9～)初代プリウス発売開始

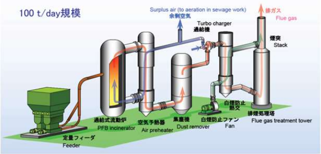
下水汚泥燃焼技術の商用化

基礎燃焼試験

加圧燃焼試験



実証プラント試験
H25～自治体等へ導入開始



目的基礎 → 橋渡し前期 → 橋渡し後期 → 商用化

AIST

目的基礎研究

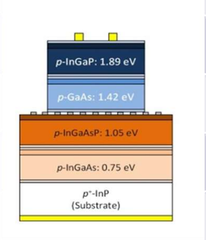
エネ環領域

平成29年度の主な研究成果

1-(1) 創エネ	H-VPEによる超高速・高効率GaAs太陽電池の開発
	スマートスタック太陽電池の開発
	バイオマスからパラフィン系ジェット燃料の製造
	超臨界地熱資源によるGW級発電技術の開発
1-(2) 蓄エネ	金属多硫化物の開発と新奇な充放電機構の解明
	シート型硫化物全固体電池の開発
	レアメタルを使わない高容量有機二次電池の開発
	高機能性エネルギー材料としての新しいナノカーボンの開発
	ポストリチウムイオン電池の研究開発
	リチウムイオン電池用高機能セパレータの設計
	水素脆化に関する評価技術および機構解明の研究
	CO_2フリー水素を利用したアンモニア製造技術の開発

作製したシート型硫化物全固体電池

GaAs/InP系4接合
変換効率 33.1%



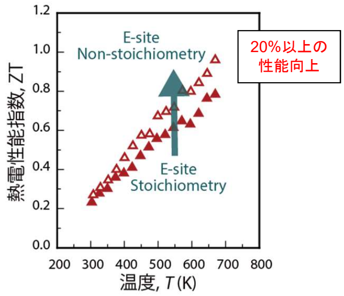
AIST

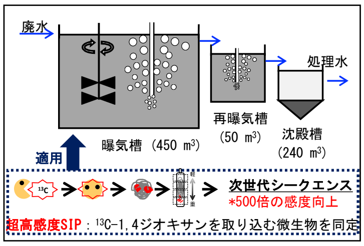
目的基礎研究

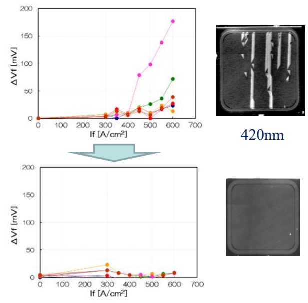
エネ環領域

平成29年度の主な研究成果

1-(3) 省エネ	高性能硫化物熱電材料の開発
	SiCバイポーラデバイスのボトルネック順方向劣化の原理把握と抑制策提示
1-(5) 安全・物質循環	超高感度SIPによる1,4ジオキサン分解菌の同定
	選鉱性総合評価装置（CAMP）の開発
	水素エネキャリのリスク評価







（１）「橋渡し」につながる目的基礎研究では、
リスト中で青字の**蓄電池に係る研究開発**を紹介します

目的基礎研究

論文発表状況（1月末時点） ※ 職員数は17%

	論文の被引用数	論文数
数値目標	15,800	430
実績数値	16,986	375
達成率	108%	87.2%
昨年同月比	108%	127%
産総研全体に占める割合※	34%	23%

論文 （IF>10） = 16
論文（5<IF<10） = 45
＊12月末時点

- Clarivate Analytics「Highly Cited Researchers 2017 (2005～2015年発表論文の高被引用著者)」 に3件（2）名選出（3,300名、日本より82名、AISTから4件（3名））
- European Academy of Sciences 会員1名（会員約650名（内 ノーベル賞・フィールズ賞　65名）、化学部門会員95名（日本より9名））

2.「橋渡し」のための研究開発

（１）「橋渡し」につながる目的基礎研究
蓄電池に係る研究開発

AIST

二次電池研究開発の目的

エネ環領域

次世代自動車

✓ 自動車電動化への社会的期待が高まる中、軽量コンパクトなリチウムイオン電池及びそれを超える革新蓄電池の開発

再エネ普及拡大

✓ 再生可能発電での出力変動対応及びビル用や家庭用途などで大型から小規模の定置型蓄電技術が再生可能エネルギーの普及拡大へ貢献。

スマート化での省エネ

✓ 蓄電池技術は、分散型エネルギーシステムでの省エネ性や自律性を高める上で重要な技術。

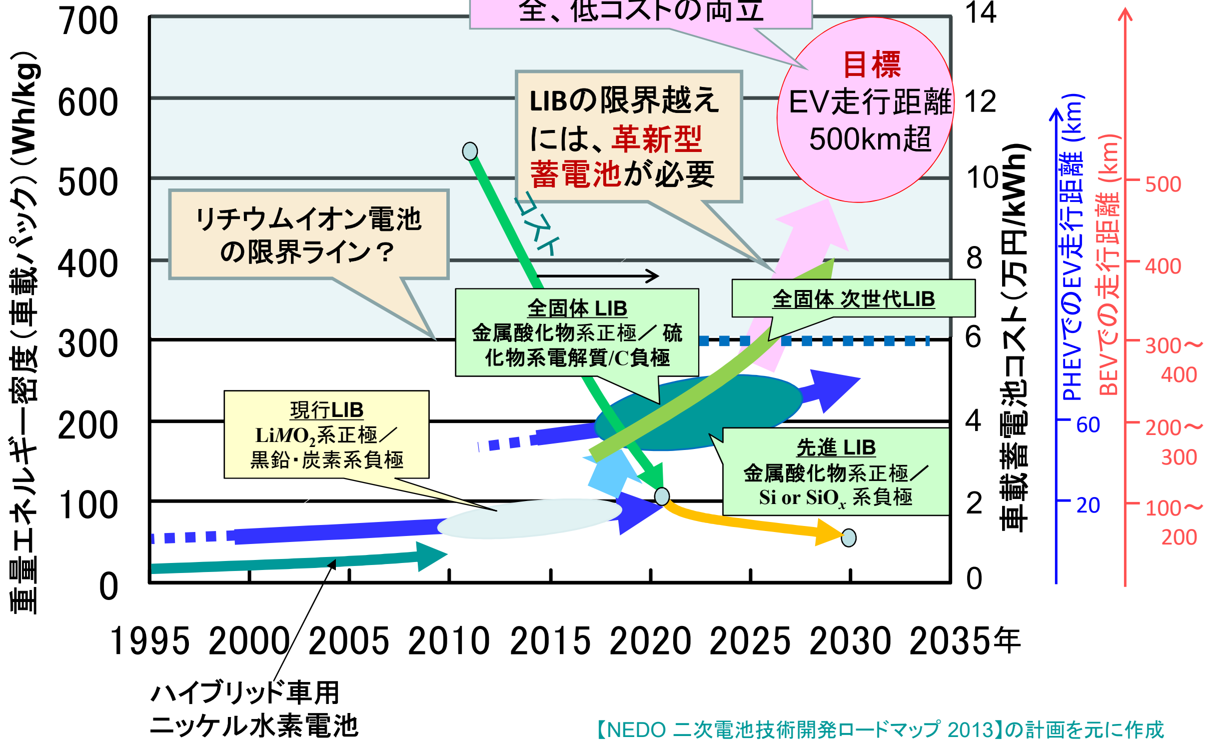
➡ 高容量、長寿命、高安全性、低コストな革新蓄電池を実現する電池材料の研究開発。

高エネルギー密度蓄電池の社会への展開

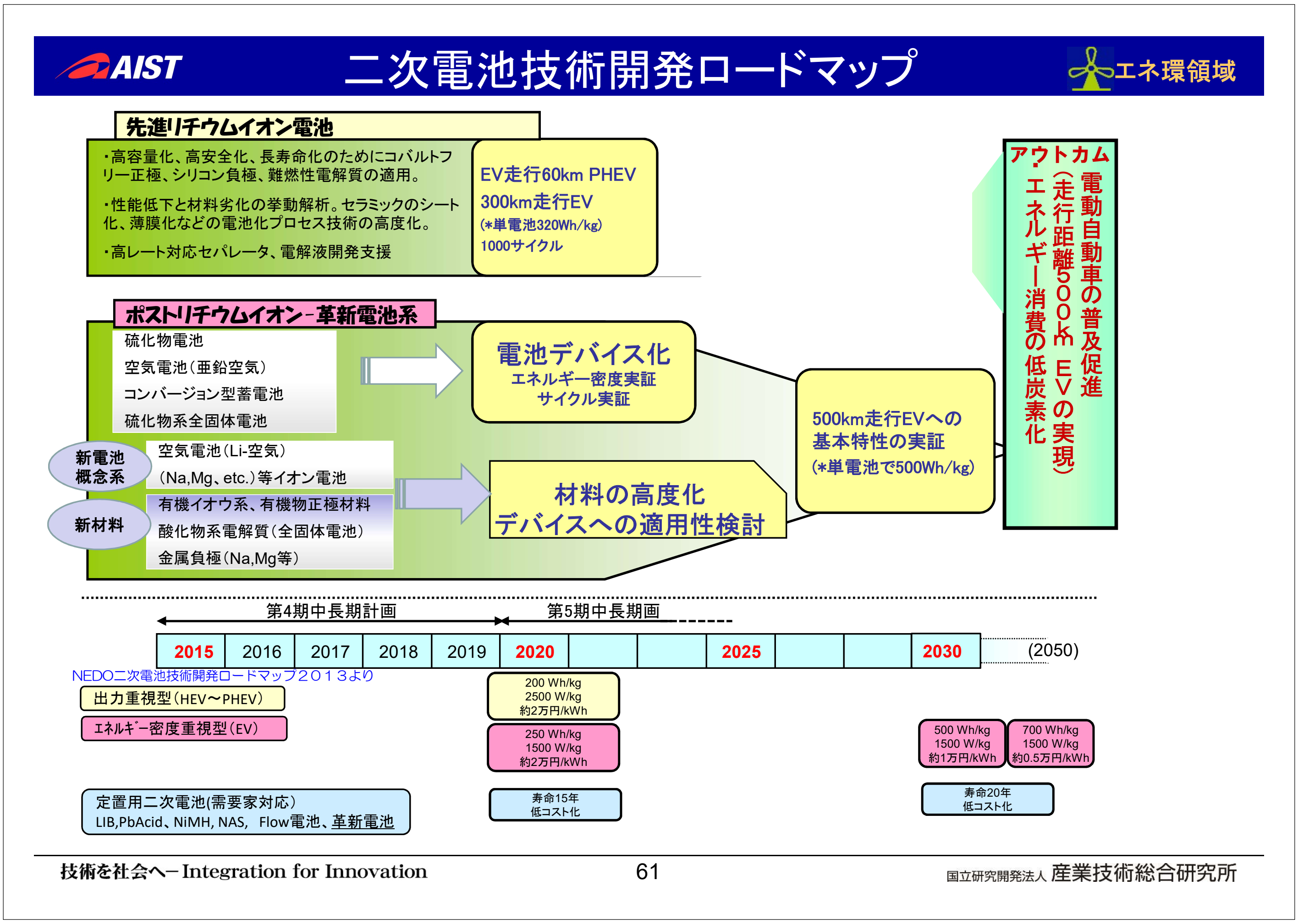
AIST

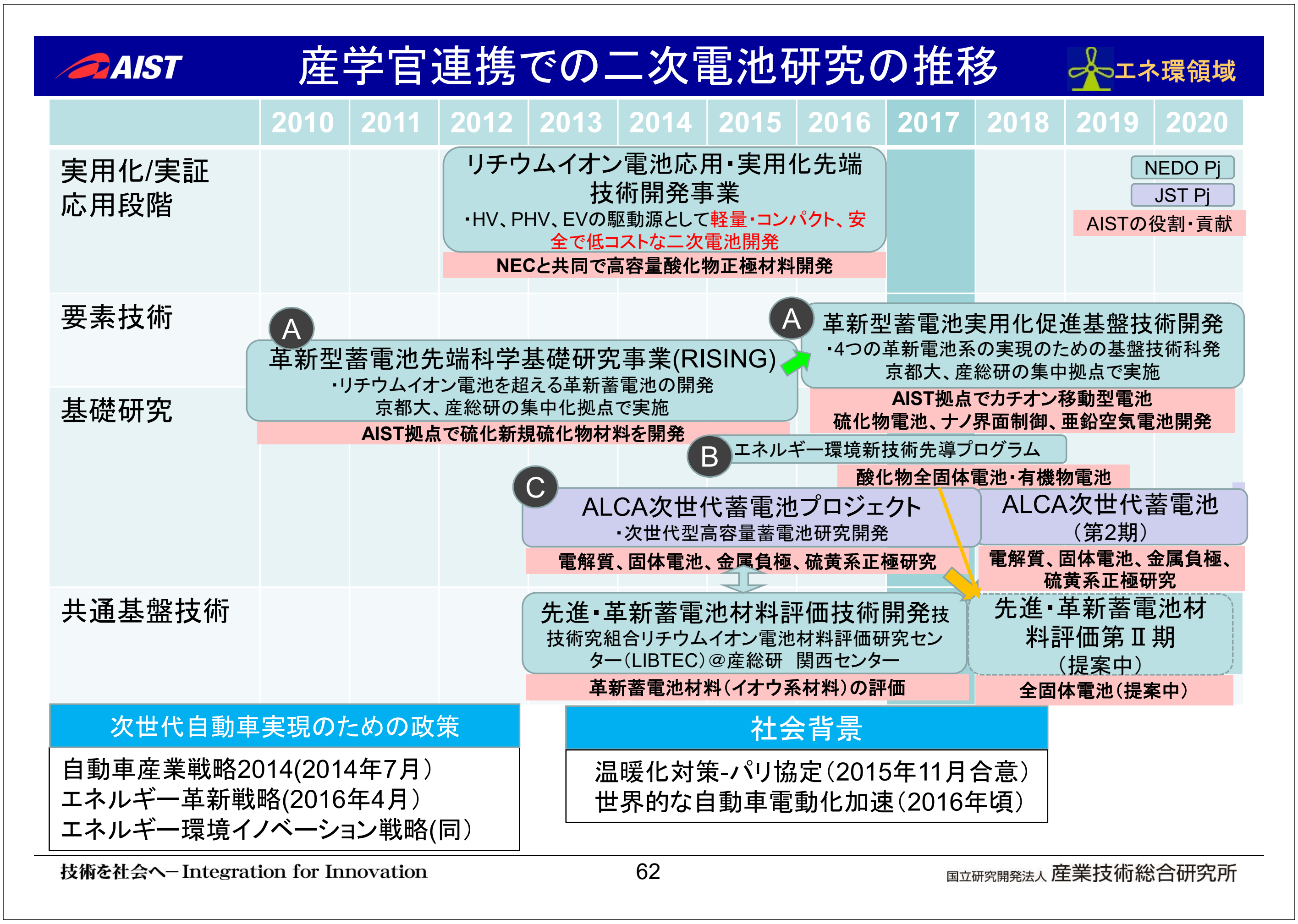
車載用蓄電池開発のロードマップ

エネ環領域



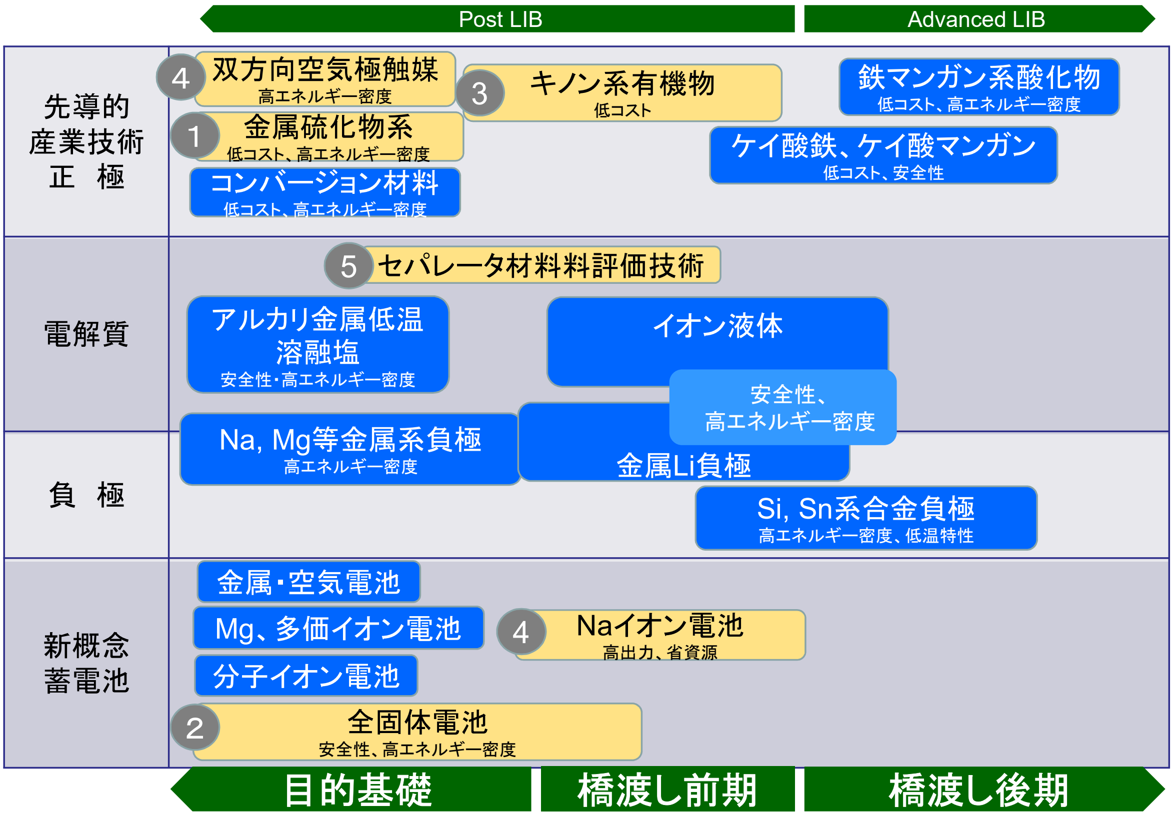
【NEDO 二次電池技術開発ロードマップ 2013】の計画を元に作成


AIST
二次電池技術開発ロードマップ
エネ環領域
先進リチウムイオン電池
・高容量化、高安全化、長寿命化のためにコバルトフリー正極、シリコン負極、難燃性電解質の適用。
・性能低下と材料劣化の挙動解析。セラミックのシート化、薄膜化などの電池化プロセス技術の高度化。
・高レート対応セパレータ、電解液開発支援
EV走行60km PHEV
300km走行EV
(*単電池320Wh/kg)
1000サイクル
ポストリチウムイオン-革新電池系
硫化物電池
空気電池(亜鉛空気)
コンバージョン型蓄電池
硫化物系全固体電池
新電池概念系
空気電池(Li-空気)
(Na,Mg、etc.)等イオン電池
新材料
有機イオウ系、有機物正極材料
酸化物系電解質(全固体電池)
金属負極(Na,Mg等)
電池デバイス化
エネルギー密度実証
サイクル実証
材料の高度化
デバイスへの適用性検討
500km走行EVへの基本特性の実証
(*単電池で500Wh/kg)
アウトカム
電動自動車の普及促進
(走行距離500km EVの実現)
エネルギー消費の低炭素化
第4期中長期計画
第5期中長期画
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2025
2030
(2050)
NEDO二次電池技術開発ロードマップ２０１３より
出力重視型(HEV～PHEV)
ｴﾈﾙｷﾞｰ密度重視型(EV)
200 Wh/kg
2500 W/kg
約2万円/kWh
250 Wh/kg
1500 W/kg
約2万円/kWh
500 Wh/kg
1500 W/kg
約1万円/kWh
700 Wh/kg
1500 W/kg
約0.5万円/kWh
定置用二次電池(需要家対応)
LIB,PbAcid、NiMH, NAS, Flow電池、革新電池
寿命15年
低コスト化
寿命20年
低コスト化
技術を社会へ−Integration for Innovation
61
国立研究開発法人 産業技術総合研究所


AIST
産学官連携での二次電池研究の推移
エネ環領域
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
実用化/実証
応用段階
リチウムイオン電池応用・実用化先端技術開発事業
・HV、PHV、EVの駆動源として軽量・コンパクト、安全で低コストな二次電池開発
NECと共同で高容量酸化物正極材料開発
NEDO Pj
JST Pj
AISTの役割・貢献
要素技術
基礎研究
A
革新型蓄電池先端科学基礎研究事業(RISING)
・リチウムイオン電池を超える革新蓄電池の開発
京都大、産総研の集中化拠点で実施
AIST拠点で硫化新規硫化物材料を開発
A
革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発
・4つの革新電池系の実現のための基盤技術科学
京都大、産総研の集中拠点で実施
AIST拠点でカチオン移動型電池
硫化物電池、ナノ界面制御、亜鉛空気電池開発
B
エネルギー−環境新技術先導プログラム
酸化物全固体電池・有機物電池
C
ALCA次世代蓄電池プロジェクト
・次世代型高容量蓄電池研究開発
電解質、固体電池、金属負極、硫黄系正極研究
ALCA次世代蓄電池
(第2期)
電解質、固体電池、金属負極、硫黄系正極研究
共通基盤技術
先進・革新蓄電池材料評価技術開発技
技術究組合リチウムイオン電池材料評価研究センター(LIBTEC)@産総研 関西センター
革新蓄電池材料(イオウ系材料)の評価
先進・革新蓄電池材料評価第Ⅱ期
(提案中)
全固体電池(提案中)
次世代自動車実現のための政策
自動車産業戦略2014(2014年7月)
エネルギー革新戦略(2016年4月)
エネルギー環境イノベーション戦略(同)
社会背景
温暖化対策-パリ協定(2015年11月合意)
世界的な自動車電動化加速(2016年頃)
技術を社会へ−Integration for Innovation
62
国立研究開発法人 産業技術総合研究所

AIST　エネ環領域

高エネルギー密度蓄電デバイス研究のポートフォリオ



AIST　エネ環領域

平成29年度の主な研究成果 1

1 金属多硫化物の開発と新奇な充放電機構の解明 A

【課題と背景】

・リチウムイオン電池の正極として硫黄系材料は、高容量化が可能な硫黄−炭素複合体が適用されてきたが、充放電過程で副生の硫化リチウムが電解液へ溶出し、性能低下を招く課題があった。

・そこで、非晶質金属多硫化物を正極材料として提案した。

【平成29年度の成果】

・この非晶質金属多硫化物の充放電過程の反応機構解明のため、放射光利用した構造解析や計算化学で検討した。

・充放電過程では、ネットワーク構造の網目の程度と金属の周りの硫黄の配位数がリチウム挿入量に伴い変化するが、金属の硫黄への配位結合は断裂せず、反応過程で硫化リチウムを生成しない新奇な機構であることを明らかにした。

【成果の意義・今後の展開】

・これまで実験的に金属多硫化物での溶出抑制現象を見出していたが、これを裏付ける結果。金属多硫化物がサイクル性向上が図れる硫黄系正極材料であることが分かった。

・NEDOプロジェクトで開発を進め、リチウム硫黄電池の実現に繋げたい。

【アウトプット】

・*J. Am. Chem. Soc.*, 139, 8796−8799 (2017).

・報道:「産総研、リチウム硫黄電池の充放電の仕組み解明」 日本経済新聞 2016年03月14日(13面)

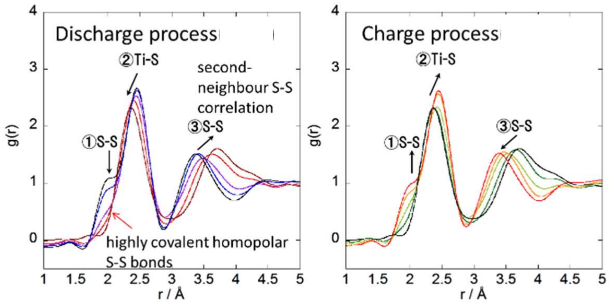


図1. X線全散乱による*a*-TiS_4の充放電過程の二体分布関数の変化

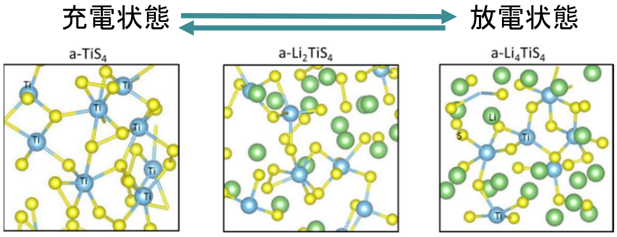


図2. X線全散乱測定や計算化学による解析から判明した*a*-TiS_4の充放電メカニズム

平成29年度の主な研究成果 2

エネ環領域

2

シート型硫化物全固体電池の開発

C

【課題と背景】

・固体電解質を用いる二次電池は、可燃性の有機溶媒を用いず安全性の向上が期待され、世界的にも開発が加速されている。開発が進んでいる硫化物全固体電池のデバイス化は主にコインセルで評価され、量産化可能なシート型電池の製造プロセス技術は未確立。

・電池構成材料のシート形成、積層技術を統合したシート型電池の製造プロセス開発に取組んだ。

【平成29年度の成果】

金属酸化物系正極、グラファイト負極とLi_3PS_4固体電解質をそれぞれスラリー法から均一なシートとする技術を開発し、正極/固体電解質/負極層を積層し、常温焼結により良好な界面を有するシート型電池を作製(図1)。このシート型電池は電極総重量当たり155 Wh/kgの重量エネルギー密度※を示した(図2)。(※ 現在論文で報告されているシート型全固体電池では最高値)

【今後の展開】

産学官連携で取り組む全固体電池技術開発において、参加の自動車・電池・化学メーカー、研究機関へ必要な製造プロセス技術を指導・提供することで全固体電池実現へ繋げたい。

【アウトプット】

・*J. Electrochem. Soc.*, 164, A2474–A2478 (2017)

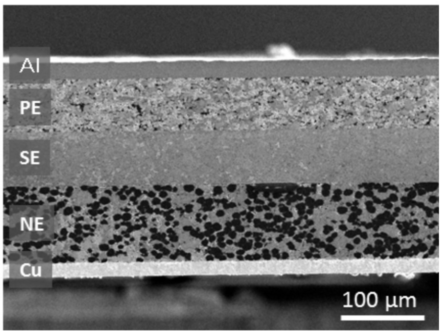


図1. シート型硫化物全固体電池の断面SEM画像

図2. 作製したシート型硫化物全固体電池

平成29年度の主な研究成果 3

エネ環領域

3

レアメタルを使わない高容量有機二次電池の開発

B

【課題と背景】

資源的制約から，二次電池のレアメタルの使用量低減や材料の代替が求められている。代替電極材料として，レアメタルが不要，大量合成可能、低コスト化が期待される有機材料に取り組んできた(図1)。さらに有機材料は多電子移動反応の利用で電池の軽量化及び高容量化も実現できる。

【平成29年度の成果】

・今回，キノン類の一種であるナフタザリン誘導体に着目し，幾つかの新規材料を合成した。二量体は，現行の正極材料の$LiCoO_2$(～150mAh/g)の約2.5倍の放電容量(～400mAh/g)を有し，既報の有機正極と比べても高容量であった(図2)。 エネルギー密度も1000mW/gを超え、サイクル特性も比較的良好であった。

・この材料を電極材料として、デバイス化し充放電可能であることを実証した。

【今後の展望】

・開発した材料を使った電池系について，自動車メーカーとNEDO先導プロジェクトへ共同提案を行い，本年度実施中。同プロジェクト内で，更なるサイクル特性の改善に向けた新しい分子を合成すると共に，有機全固体電池への展開を図る。

・フレキシブル二次電池用途に関しても，企業連携に取り組む。

【アウトプット】

・*J. Mat. Sci.*, 52, 12401–12408 (2017).

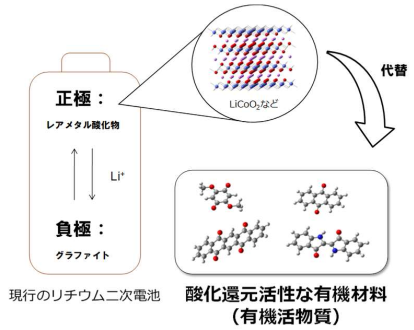


図1. レアメタル酸化物正極を有機材料で代替するコンセプト。

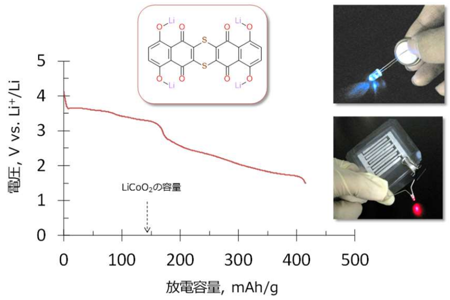


図2. 新規有機正極を使ったリチウム二次電池の放電曲線と試作したコイン電池とフレキシブル電池の作動写真。

高機能性エネルギー材料としての新しいナノカーボンの開発

【課題と背景】

・二次電池では対応困難な短周期での高出力と高容量を両立させるキャパシターの実現には、新しいコンセプトの材料開発が必要。

・配位高分子(Metal of Framework)は、多孔性を有する高機能材料で、これまで産総研は世界に先駆けてMOFを用いた多孔質のカーボン材料の合成法を開発し、これらの手法は世界的に広く用いられている。この手法を活用し、材料の精密形状制御を行うことにより、キャパシターなどの高機能性エネルギー材料となる新しいナノカーボン材料を開発している。

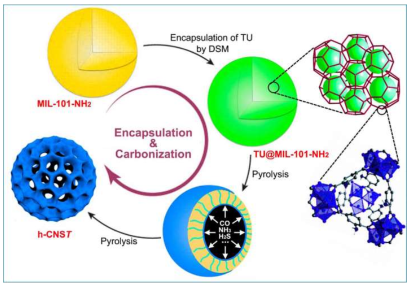


図1. MOFを用いたN-/S-ドープ階層型多孔質炭素カプセルの合成

【平成29年度の成果】

・MOF細孔にチオ尿素を内包させ、それを原料とし熱処理によって、窒素(N)及び硫黄(S)をドープした階層型多孔質構造を持つ炭素カプセルを合成した。これにより多孔質、高容量かつ高出力となるキャパシターの材料は、キャパシター電極材料として高い性能を示した。

【今後の展開】

MOF材料を高容量で高出力なキャパシター材料への展開の可能性を示した。京大-産総研OILにて、京都大の研究シーズとも連携を深め研究内容を先端化させメーカーへの展開を図る。

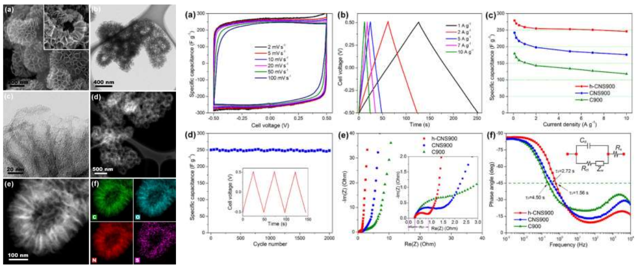


図2. 中空炭素カプセルの(左)電顕写真と(右)高性能キャパシター電極材料としての応用

【アウトプット】

- *Energy Storage Materials*, 13 (2018) 72.
- *Nature Reviews Materials*, 3 (2017) 17075.
- *Science*, 358 (2017) 304.

4

ポストリチウムイオン電池の研究開発

C

【課題と背景従来の経緯】

リチウムイオン電池の容量や資源制約を克服するポストリチウムイオン電池を実現し、車載用途への適用や定置用途として再生可能エネルギー普及拡大を加速させ、省エネルギー効果をもたらすことを目的に、リチウム-空気電池、リチウム-硫黄電池、ナトリウムイオン電池の基礎研究を行っている。

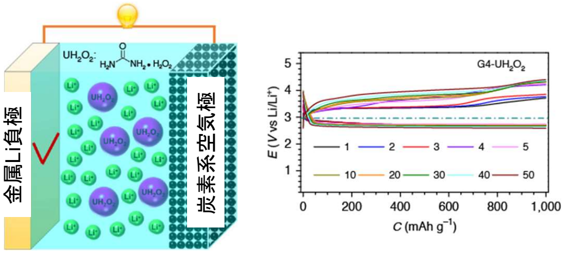


図1. 有機過酸化物の添加により、リチウム-空気電池の充電電圧低減を実現 *Nature Commum.* **8**, 15607 (2017)

【平成29年度の成果】

・リチウム-空気電池：電解液への有機過酸化物の添加により、充電時の生成物分解を促進し過電圧を抑制、充電電圧の低減に成功

・ナトリウムイオン電池： $NaMn_{0.8}Ti_{0.1}Ni_{0.1}O_2$ 正極材料表面にチタン酸化物による安定界面形成を実現し、サイクル特性の飛躍的な向上に成功

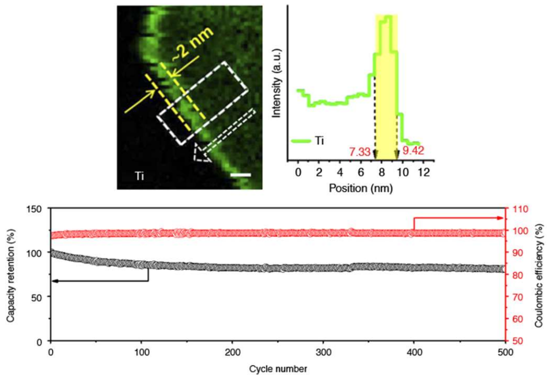


図2. 正極材料表面の安定界面形成によりサイクル特性の飛躍的な向上に成功 *Nature Commum.* **8**, 135 (2017)

【アウトプット】

- *Nat. Commun.* **8**, 15607(2017).
- *Nat. Commun.* **8**, 135(2017).
- その他、高IFの学術誌に、6報の論文を発表。

5

リチウムイオン電池用高機能セパレータの設計

化学メーカーとの共同研究

【課題と背景】

・車載用途の二次電池で、加速時の高電流動作が必要。実用のリチウムイオン電池では、電解液を多孔質高分子材料のセパレータに保持する構成。充放電過程でのリチウムイオンの電解液中での移動のしやすさ(易動度)は、通常電流では、電解液組成や物性に主に依存するが、高電流下では、セパレータの空孔率、空孔サイズ、移動経路の曲路率などの多孔構造物性にも依存することが知られている。しかし、この構造特性とイオン易動度などの関係づけは未解明であった。

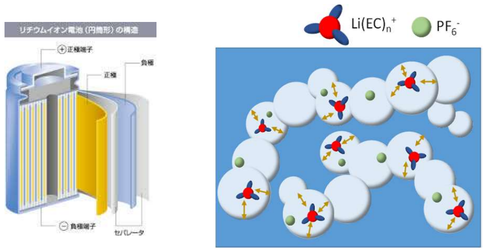


図1. セパレータの空隙中をイオンが移動する状態のモデル図。可動イオンの電荷やサイズに応じて、イオン種・分子種間の相互作用力(図2のη,α)や経路壁との相互作用力(図2のβ_{ca})の大きさが決まる。イオンにかかる相互作用力が大きいほどその易動度は低下する。

【平成29年度の成果】

・セパレータ内を移動するイオンにはカチオン/アニオン間(図2のα)とカチオン/経路壁間(図2のβ_{ca})に強いクーロン力が働く。これらのクーロン力はセパレータの空隙率や経路幅が減少するほど、またリチウムイオンの溶媒和の配位力が弱い(図2のL3)ほど増大することが分かった(図2)。この結果から、相互作用力を指標値として、セパレータ構造と電解液の溶媒種の適切な選択で、高リチウムイオン易動度が維持できるセパレータを設計できることが分かった。

・各種セパレータの特性評価から、イオン易動度が高く相互作用力が低いセパレータを用いた電池ほど、高電流下 (10C,20C)の充放電利用で放電電圧や容量維持率が高くなる実証データを説明できた。

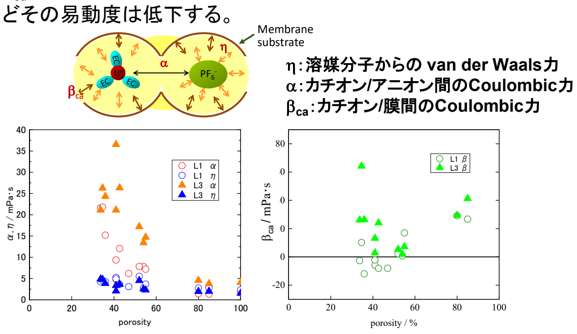


図2. L1: Li(EC)$_4^+$とL3: Li(EC)$_2$(DEC)$_2^+$ 溶媒和リチウムイオンが受ける相互作用力 η(van der Waals力), α, β_{ca} (Coulombic力)

【今後の展開】

リチウムイオン電池の高出力化を実現するセパレータの多孔構造設計指針が得られた。現在、材料メーカーに展開中。

【アウトプット】

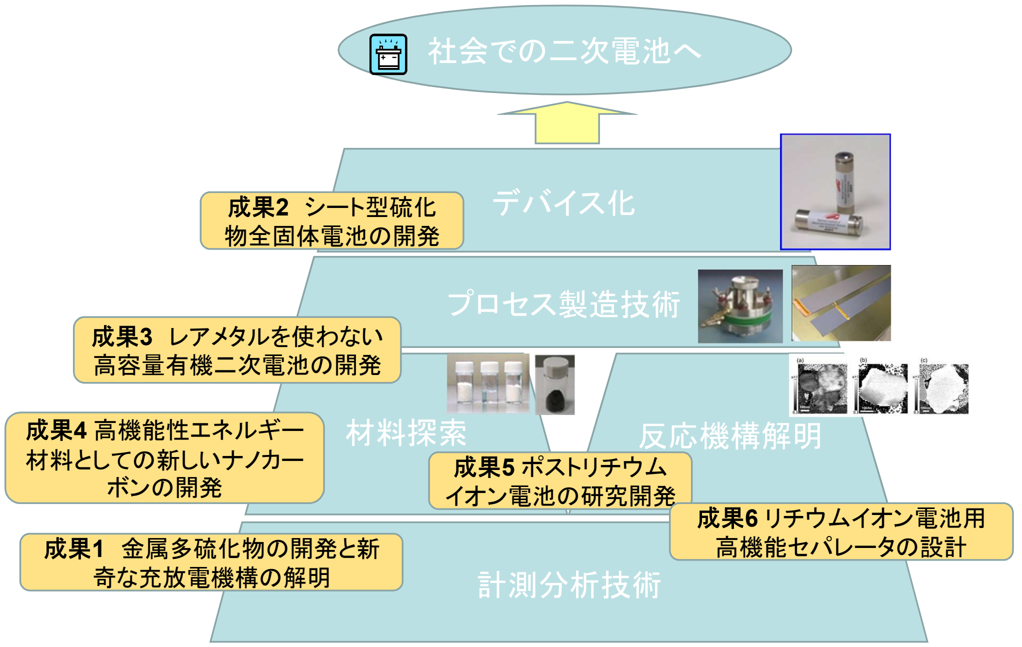
・ *J. Phys. Chem. C.* **121** 2512-2520 & 23926-23930 (2017)

まとめ(目的基礎研究成果の展開)

・二次電池開発は、材料科学、電気化学、計測分析科学、プロセス化学、化学工学などの統合で進められる技術。

・技術の幅広い進展や新原理や新素材の発見により、開発ではデバイスから再び新材料開発研究への立ち戻りも必要。

・橋渡しのために、多様な展開が期待される目的基礎研究を進めている。



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

橋渡し前期研究

今年度に産総研がPL等主導的な役割を務める
NEDOプロジェクト、技術研究組合、コンソーシアム

プロジェクト等名称	課題名・研究テーマ
NEDOプロジェクト	PL 高効率な資源循環システムを構築するためのリサイクル技術研究開発事業（H29～34年度予定）
	PL 未利用熱エネルギーの革新的活用に係る研究開発（H25～34年度予定
	SPL 革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発（H28～32年度予定）
NEDO先導プロジェクト	熱安全性に優れた革新的な全固体有機蓄電池の創製（H29年度）
技術研究組合 AICE	ゲートキーパー 自動車用内燃機関に係る研究開発
MH21コンソーシアム	SPL メタンハイドレート資源開発に係る研究開発
SIPプロジェクト	TL、中核拠点 次世代パワーエレクトロニクス/SiC次世代パワーエレクトロニクスの統合的研究開発（H27～31年度予定）

橋渡し前期研究

平成29年度の主な研究成果

1-(1) 創エネ	CIGS太陽電池高効率化技術開発
	太陽光発電の発電予測技術の高精度・高度化技術
	新型太陽電池性能評価技術
	気象モデル及びライダー観測による風況推定手法の開発・実証
1-(2) 蓄エネ	固体酸化物エネルギー変換先端技術コンソーシアム（ASEC）の活動
	燃料電池自動車および水素ステーションの低コスト化を目指した高圧水素ガス中材料試験技術の開発
	水素・エネルギーシステム統合シナリオ研究

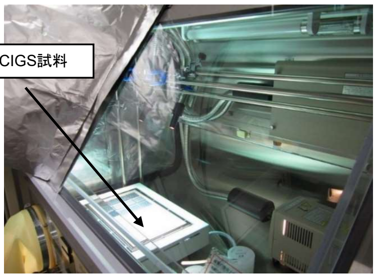


図１　熱・光照射装置

水素適合性試験法作成用
材料試験装置

橋渡し前期研究

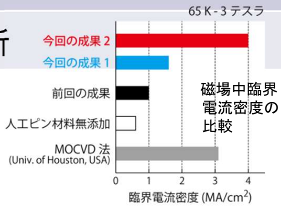
エネ環領域

平成29年度の主な研究成果

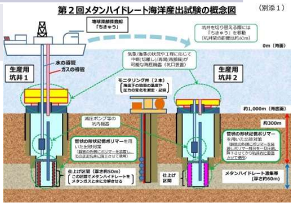
1-(3) 省エネ	高温超電導線材の開発
	究極のSiCユニポーラ素子実用化に向けたスーパージャンクション（SJ）構造の開発
1-(4) エネ資	メタンのベンゼンへの流動層直接転換触媒及びプロセス開発
	長期安定生産のための出砂対策技術の開発
	貯留層評価技術の高度化のための保圧コア評価技術の開発
1-(5) 安全・物質循環	自然力活用型坑廃水処理調査研究における微生物解析
	工場排水中アルキル水銀の分析法開発と国際標準規格提案
	資源安定供給のリスク要因分析

	CHN	AUS	CAN	CHL	ZAF	IDN	ZMB	MEX	PHL	USA
自然災害	17	15	3	10	2	2	0	2	4	2
事故	6	12	10	9	7	7	5	3	0	6
ストライキ	0	1	14	14	11	2	3	9	1	3
環境汚染	12	0	0	0	1	0	0	1	5	0
輸送障害	3	6	0	3	0	0	2	0	0	0
治安悪化	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0
資源枯渇	2	2	3	1	0	0	1	2	1	0
外交対立	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
鉱業規制	16	1	0	0	1	5	1	0	0	0
資源価格下落	6	17	12	1	1	3	3	1	5	4
経営悪化	0	2	2	0	0	0	1	0	0	1
市況低迷	4	3	1	1	0	0	0	0	0	1
ビジネストラブル	1	0	2	0	0	1	2	0	0	0
メンテナンス	1	0	1	0	0	0	2	0	1	1
需要増加	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
電力不足	4	0	1	0	4	0	1	0	0	0
主金属減産	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
生産コスト	2	7	9	2	0	0	0	0	0	0
その他	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0

資源リスク要因の国別傾向



磁場中臨界
電流密度の
比較



（２）「橋渡し」研究前期における研究開発では、
リスト中で紫字の太陽光発電に係る研究開発
および赤字の水素エネルギーに係る研究開発を紹介します

AIST

橋渡し前期研究

エネ環領域

国内外特許出願状況（12月末時点）

※ 職員数は17%

	国内特許出願件数	国際特許出願(PCT)件数	特許出願合計件数	知財実施契約等件数
エネ環領域	113 ※1	29 ※2	142 ※ 3	111
産総研全体	460	155	615	1005
産総研全体に占める割合※	25%	19%	23%	11%

※1 内 産総研単願67、民間企業との共願41
※2 内 産総研単願17、民間企業との共願12
※3 内 産総研単願83、民間企業との共願53

AIST

エネ環領域

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
太陽光発電に係る研究開発

太陽光発電技術をめぐる現状

AIST　エネ環領域

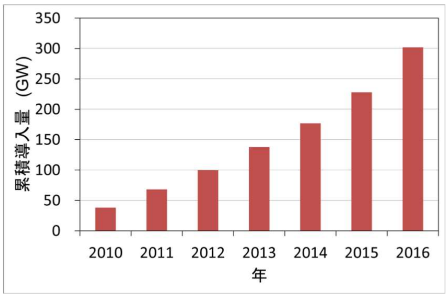


TABLE 1: TOP 10 COUNTRIES FOR INSTALLATIONS AND TOTAL INSTALLED CAPACITY IN 2016

TOP 10 COUNTRIES IN 2016 FOR ANNUAL INSTALLED CAPACITY			TOP 10 COUNTRIES IN 2016 FOR CUMULATIVE INSTALLED CAPACITY		
1	China	34,5 GW	1	China	78,1 GW
2	USA	14,7 GW	2	Japan	42,8 GW
3	Japan	8,6 GW	3	Germany	41,2 GW
4	India	4 GW	4	USA	40,3 GW
5	UK	2 GW	5	Italy	19,3 GW
6	Germany	1,5 GW	6	UK	11,6 GW
7	Korea	0,9 GW	7	India	9 GW
8	Australia	0,8 GW	8	France	7,1 GW
9	Philippines	0,8 GW	9	Australia	5,9 GW
10	Chile	0,7 GW	10	Spain	5,5 GW

太陽電池の単年度導入量と累積導入量トップ10
（IEA-PVPSより）

- 世界的な導入の伸び　（39GW⇒51GW ⇒2016年75GW ）
  - 世界の累積導入量は 300 GW超（2016年）
  - 日本の累積導入量は 42.8 GW（2016年）
    ～国内電力需要の4%

	現在(2017)	2020年	2030年	2040年	2050年
累積導入量	0.3 TW*1		3 TW*1	~20 TW*2	~数十 TW*2
年産量	~60 GW	~100 GW		~1 TW	~3 TW

現在の数十倍～数百倍導入予想

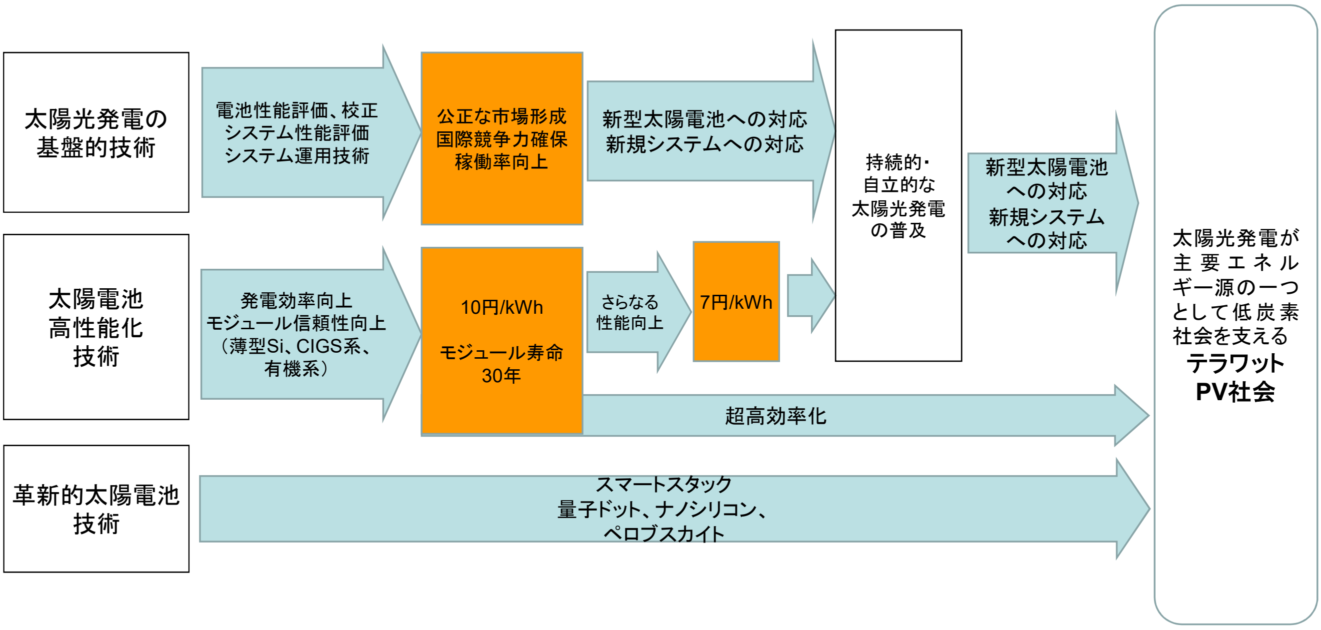
太陽光発電の導入がますます加速。3TW@2030、20TW@2040を予測。

*"Terawatt-scale photovoltaics: Trajectories and challenges" Science 356 (6334), 141-143

*1 Statement of "the Terawatt Workshop", *2 ITRPV 2017

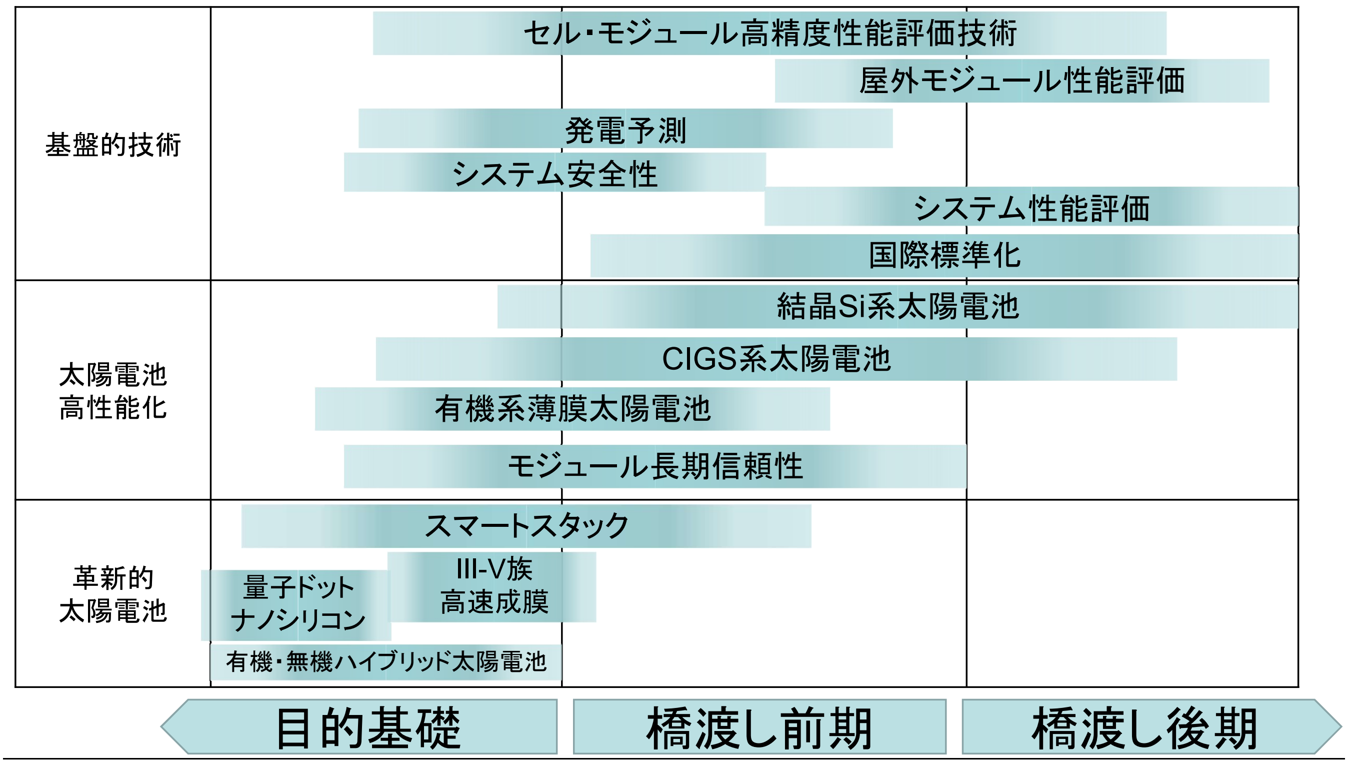
PV技術のロードマップ

AIST　エネ環領域



	2015	2020	2025	2030	2050
NEDO PV Challenges		ﾓｼﾞｭｰﾙ変換効率：22% 設備利用率：15% 運転年数：25年	ﾓｼﾞｭｰﾙ変換効率：25%以上 設備利用率：15% 運転年数：30年		
METI エネルギー関係技術開発ロードマップ		14円/kWh	7円/kWh		

PV関連技術のポートフォリオ
エネ環領域



平成29年度の主な研究成果 1
エネ環領域

イオン注入技術を用いた裏面電極型結晶シリコン太陽電池の開発

【背景・課題】
- 高効率が期待される裏面電極型太陽電池は、作製プロセスが複雑なため作製コストが高く、普及の妨げになっている。
- 作製プロセス工程数の削減による大幅なコスト低減を図るために、イオン注入と注入マスクを用いたプロセス技術を開発中。

【平成29年度の成果】
- 拡散層を全てイオン注入で形成した裏面電極セルを作製し、変換効率20.5%を達成(図1)。
- 新規に開発した注入マスクを用いてイオン注入を行い、ウェーハ面内で均一な約115 μm幅(従来のカーボン製マスクの約1/4の幅)のライン状のリン拡散層の形成に成功(図2)。
- Si基板と注入マスクとの位置合わせ装置を開発し、独自の位置合わせ機構により、数μmの精度でアライメントが可能であることを実証(図3)。

【成果の意義・課題】
- 独自技術による高効率かつ低コストの結晶Si太陽電池を実現することにより、日本の太陽電池産業の競争力の強化に貢献

【アウトプット】
- 論文:IEEE Journal of Photovoltaics, 7, 741(2017)..
- 国際学会 , 8th workshop on back contacts solar cell and module technology (Freiburg, 2017). 他4件
- 特許出願 2件

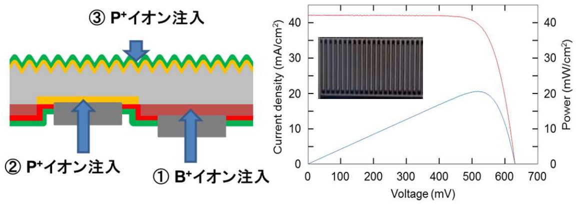
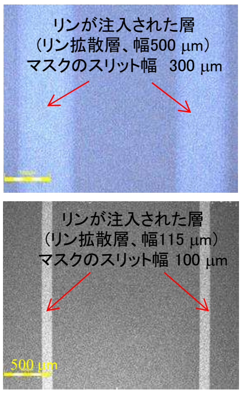


図1. イオン注入技術で作製(注入工程 3回)した裏面電極型セルの構造とその電流—電圧特性 (変換効率20.5%)



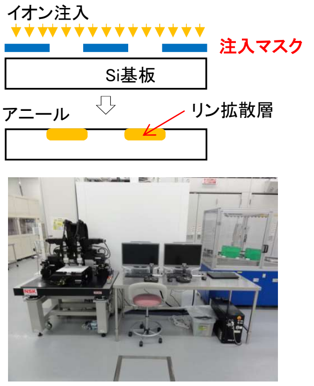


図2. リンイオン注入後の表面写真
(上) 従来技術のカーボン製マスクを使用、
(下) 今回新たに開発したマスクを使用

図3. 注入マスク位置合わせ装置
(上) 注入マスクを用いたイオン注入
(下) 今回新たに開発した装置

平成29年度の主な研究成果 2

エネ環領域

CIGS太陽電池高効率化技術の開発

【背景・課題】

- CIGS※太陽電池は、高性能・低コストな太陽電池として期待されており、市販品も販売され実用化が進んでいる。
- 一方、現状の変換効率は結晶シリコン太陽電池に及ばず、さらなる高効率化が求められている。
- しかし高効率化の研究・開発は経験と試行錯誤によって行われてきており、そのメカニズムの解明は重視されていなかった。

※CIGS：$Cu(In_{1-x}Ga_x)(Se_{2-2y}S_{2y})$

【平成29年度の成果】

- 完成したCIGS太陽電池に光を照射しながら加熱することで、光電変換効率が顕著に増大する現象を発見し、そのメカニズムがキャリア濃度の増大であることを明らかにした。

【成果の意義・展開】

- キャリア濃度を安定的に増大させる技術を開発することにより、CIGS太陽電池のさらなる高効率化と高信頼性化を実現できる。
- このような知見を蓄えることで、将来的にはCIGS太陽電池高効率化の研究を組織的・系統的に行えるようになることが期待される。

【アウトプット】

・論文：Applied Physics Express **10**, 092301 (2017).他5件
・学会発表；27件・特願2017-122558、他2件

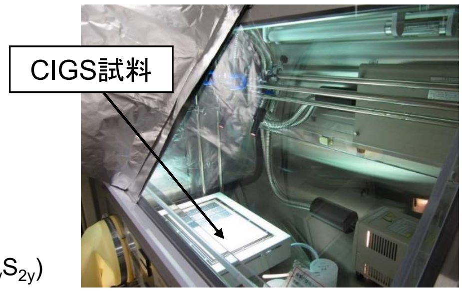


図１． 熱・光照射装置

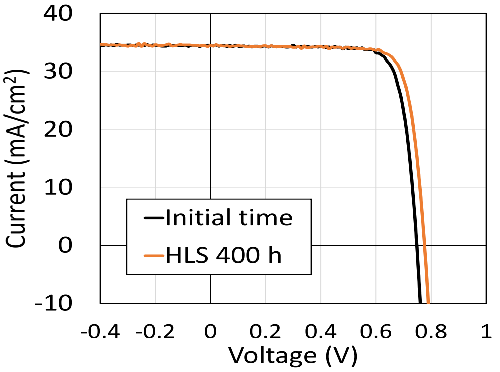


図２． 熱・光照射（HLS）による太陽電池性能の向上

平成29年度の主な研究成果 3

エネ環領域

スマートスタック太陽電池の開発

【背景・課題】

- 単接合太陽電池の理論効率を超える高効率太陽電池実現のためには多接合化が有望。
- 産総研では異種材料太陽電池を自在に接合できる多接合太陽電池の作製技術（スマートスタック）を開発し、Ⅲ－Ⅴ族4接合太陽電池で変換効率32.0%、Siをボトムセルとした3接合太陽電池で25.1%の変換効率を実現してきた。

【平成29年度の成果】

- トップセル及び接合特性の改善により、InGaP/GaAs//Si 3接合太陽電池で27.7%、Ⅲ－Ⅴ化合物系4接合太陽電池で33.1%とそれぞれ変換効率を更新。

【成果の意義・展開】

- 今後はSiボトムセルの特性向上で、一層の効率向上が見込まれる。
- モジュール変換効率30%超のスマートスタック太陽電池の実用化に向けたデバイス実証が進展。

【アウトプット】

- 論文：J. Vac. Sci. & Technol. **B35**, 02B103, (2017)他 7件
- 学会発表　11件

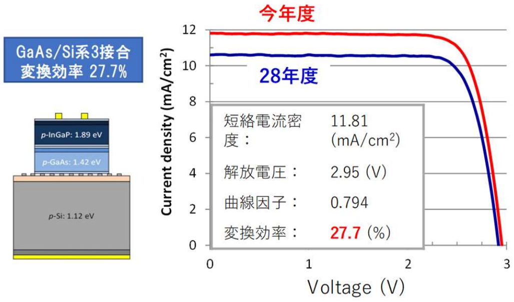


図１． InGaP/GaAs/Si ３接合素子の発電特性

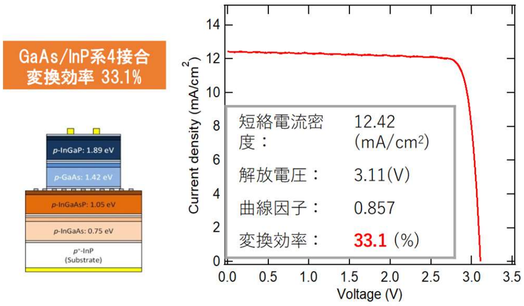


図２． Ⅲ－Ⅴ化合物系 4接合素子の発電特性

平成29年度の主な研究成果 4

エネ環領域

H-VPEによる超高速・高効率GaAs太陽電池の開発

【背景・課題】

- GaAs等のⅢ-Ⅴ族化合物太陽電池は高効率だが高価。
- 高効率スマートスタック太陽電池の実用化には、GaAs系トップセルの大幅な低コスト化が必須。
- 低コストな金属材料を用いて高速成膜可能なハイドライド気相成長法(H-VPE法)はN系材料の低コスト作製法として実用化されているが、As、P系では高品質化が課題。

【平成29年度の成果】

- 成長温度の検討によりGaAs成長速度44μm/hを達成した。
- H-VPEを用いてInGaPの成長に成功し、変換効率9.4%を得ると共に、それを窓層に用いたGaAsセルで変換効率22.7%を達成した。商用機ベースのH-VPEとして初の高効率GaAsセル。

【成果の意義・展開】

- H-VPEを用いて高効率Ⅲ－Ⅴ族化合物セルが作製可能であることを実証。
  ⇒超高効率低コスト多接合太陽電池実現へのステップ

【アウトプット】

- 産総研プレスリリース(2017年6月13日)
- 学会発表: PVSEC 2017, 他、5件

- 成長温度の検討により40 μm/h以上(昨年度20 μm/h)の高速成長を実現

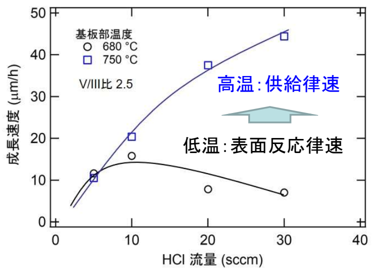
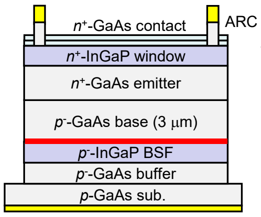


図１． GaAs成長速度の基板温度, HCl流量依存性



- 成長シーケンス改善によりInGaP上GaAsヘテロエピ(構造図赤線部)を高品質化

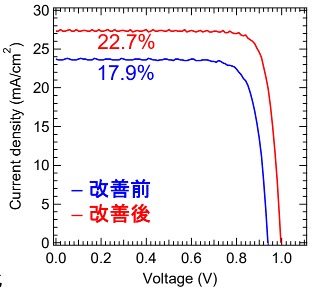


図２． InGaP BSF層を導入したGaAs太陽電池の発電特性

平成29年度の主な研究成果 5

エネ環領域

新型太陽電池性能評価技術

【従来の経緯】

- 太陽電池の公平な国際的競争・取引と新型太陽電池の能率的な開発のために、高精度性能評価技術が重要。
- 新たに開発される新型太陽電池特有の特性に応じた高精度性能評価技術の開発が必要。

【平成29年度の成果】

- ペロブスカイト太陽電池:
  IV特性とMPPT※計測の組み合わせによる高精度性能評価技術を開発した。
- 新型CIGS, CZTS太陽電池:
  電圧固定測定により性能評価の不確かさを低減できることを確認した。
- 新型結晶シリコン太陽電池:
  最新構造、及び拡散容量による時定数増大に対応した。

【成果の意義・展開】

- 新型太陽電池性能の中立的評価として重要なベンチマーク。
- 新型太陽電池の高精度な性能数値を明確化して高効率化等に貢献。

【アウトプット】

- 共著論文2報(Prog. Photovol),
- 学会発表国内4件、国際3件、国際学会チュートリアル1件
- IEC国際規格に反映を議論中

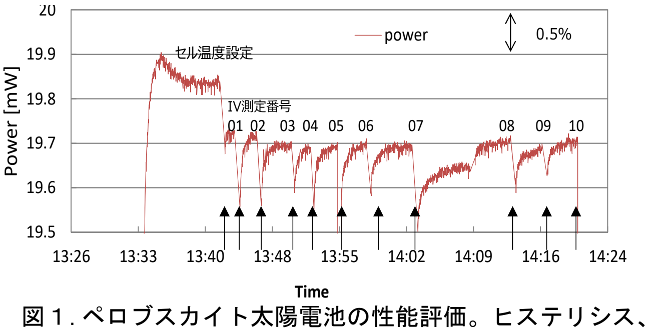


図１.ペロブスカイト太陽電池の性能評価。ヒステリシス、経時変化が顕著なサンプルにも適用できる評価法開発

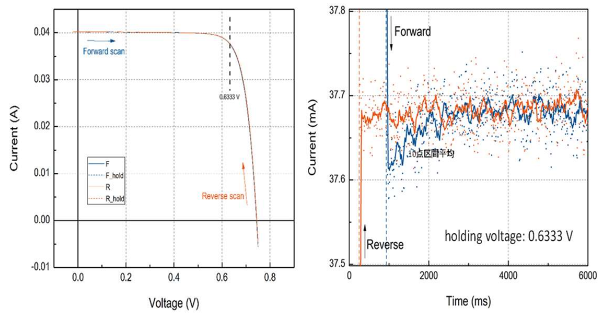


図２．CIGS等の薄膜太陽電池の特有な光照射効果、時間応答に対応した高精度性能測定技術を開発

※MPPT：Maximum Power Point Tracking

平成29年度の主な研究成果 6

エネ環領域

太陽光発電の発電予測技術の高精度・高度化技術

【背景・課題】

- 電力系統の安定的な需給制御のためには太陽光発電の発電予測技術が重要。
- 発電予測の大外れは、電力の需給バランスに大きな影響を及ぼす。
- 事前に大外れの可能性を検知できれば、安定的な需給制御や燃料費削減が可能となるが、このような技術が存在しない。

【平成29年度の成果】

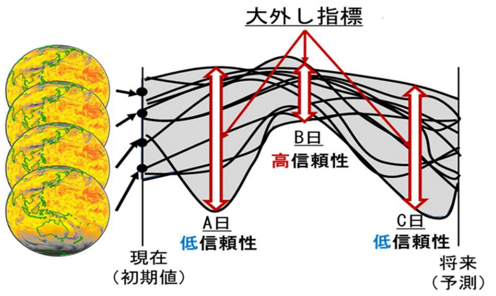
- 複数の海外予報モデルの予測のばらつき情報を利用した、日射予測の大外し予見技術を開発 。
- 年10%の稀頻度事象を90%予見可能。

【成果の意義・展開】

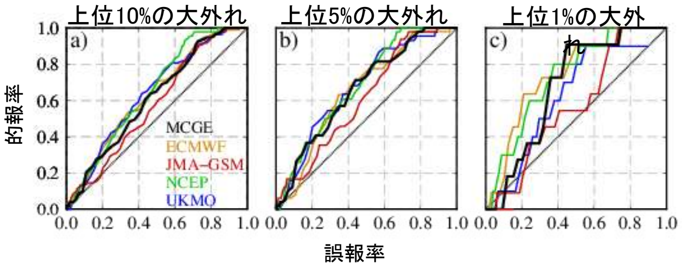
- 太陽光発電の大量導入時における電力の需給運用を効率化し、さらなる導入拡大と燃料費削減に貢献。

【アウトプット】

- 論文：Solar Energy 162 (2018) 他2件
- 学会発表：国内16件、国際4件



アンサンブル予測



大外れ予見のROCカーブの結果

平成29年度の主な研究成果 7

エネ環領域

大型パワーコンディショナの性能試験法の開発

【背景・課題】

- 大規模太陽光発電の導入拡大により、これに用いる大型パワーコンディショナ（以下、PCS）の需要が高まっているが、大型PCSを認証するための試験（系統連系試験、信頼性試験、EMC試験等）は国内外で実績が乏しい。
- 平成28年4月に開所した大型PCSの試験施設「スマートシステム研究棟」を利用して、民間企業および認証機関と共に試験方式の開発と試験実績を積むことで、わが国の分散電源の国際競争力強化を目指している。

【平成29年度の成果】

- IECにおいて分散電源の系統連系に係る国際標準規格の提案を行い、スマートシステム研究棟の役割の拡大を図った。
- PCSの効率を実際の気象環境に近づけて評価するための動的効率試験法を新規提案（IEC TS 63156）。
- 次世代型PCS（スマートインバータ）に対する試験も実施可能な設備とし、大型スマートインバータの機能試験を国内で初めて実施した。

【成果の意義・展開】

- 大型PCS等の認証試験需要の拡大と海外輸出の促進が期待される。

【アウトプット】

- IEC TC82等における国際標準化（成立）3件、（審議中）2件
- 論文発表　国内 1件、国際 1件
- 学会発表　国内 3件、　国際 3件

図１．スマートシステム研究棟の外観

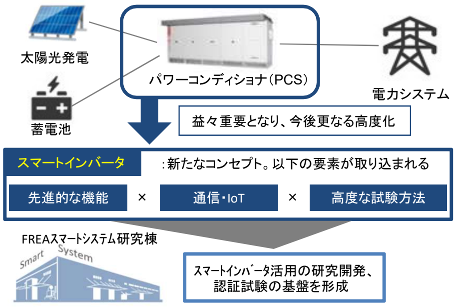
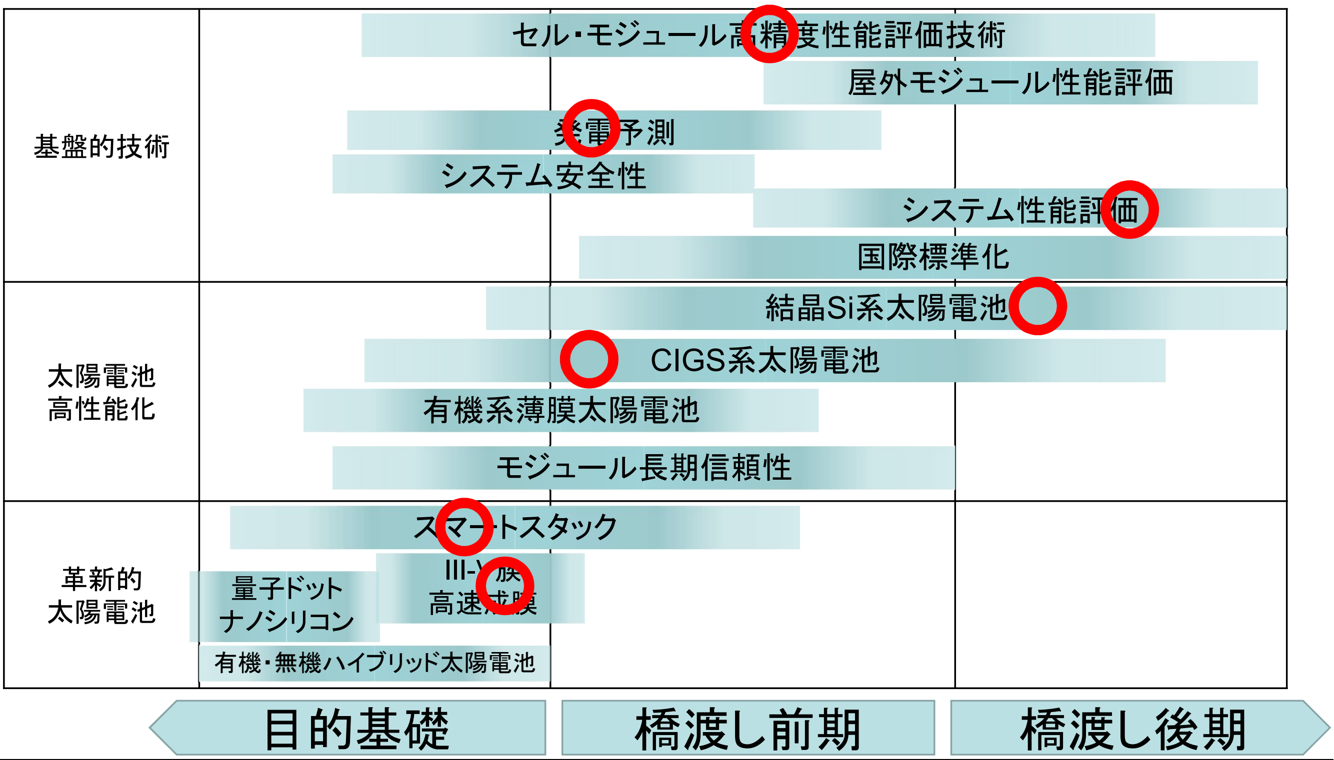


図２．スマートインバータのための
試験・研究プラットフォームの構想

PV関連技術のポートフォリオ

AIST　エネ環領域



国際的活動

AIST　エネ環領域

GA-SERI (Global Alliance of Solar Energy Research Institutes)
NREL, FhG-ISEとの3機関MOUの下、研究協力。
- TW Workshopを2016年3月ドイツにて開催し、その成果をまとめ、2017年4月にSCIENCE誌に掲載。
- 次回TW Workshopを2018年4月米国にて開催予定。
- 2017年3月から1年間、FhG-ISEに研究員1名を派遣。

SAYURI-PV ワークショップ
2016年よりモジュール長期信頼性に関する国際ワークショップを主催。
2017年は11月に龍谷大学(大津市)にて開催。
米国NREL Reliability Workshop、欧州Sophia Workshopと連携。

国際標準化
IEC TC82 (Solar photovoltaic energy systems)　Chair 1名, Expert　8名

・NREL：米国　国立再生可能エネルギー研究所
・FhG-ISE:ドイツ　フラウンホーファー研究機構　太陽エネルギーシステム研究所

AIST　エネ環領域

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

水素エネルギーに係る研究開発

AIST

水素・燃料電池ロードマップ

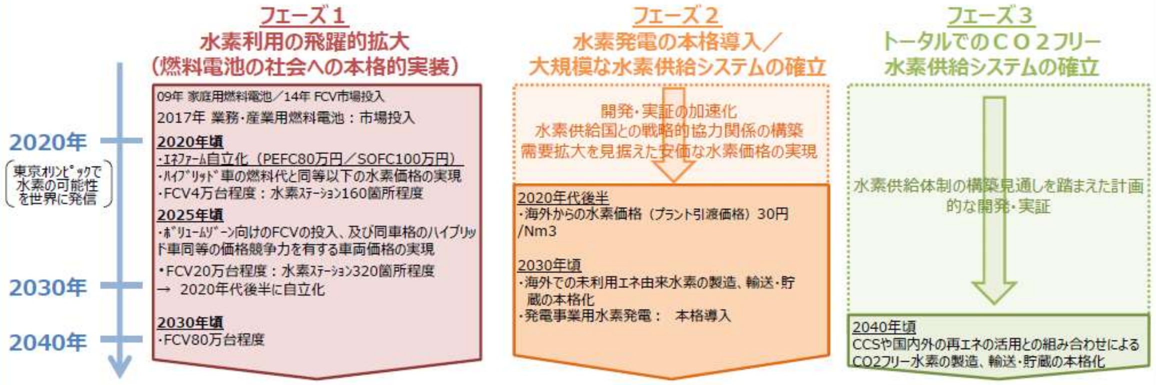
エネ環領域

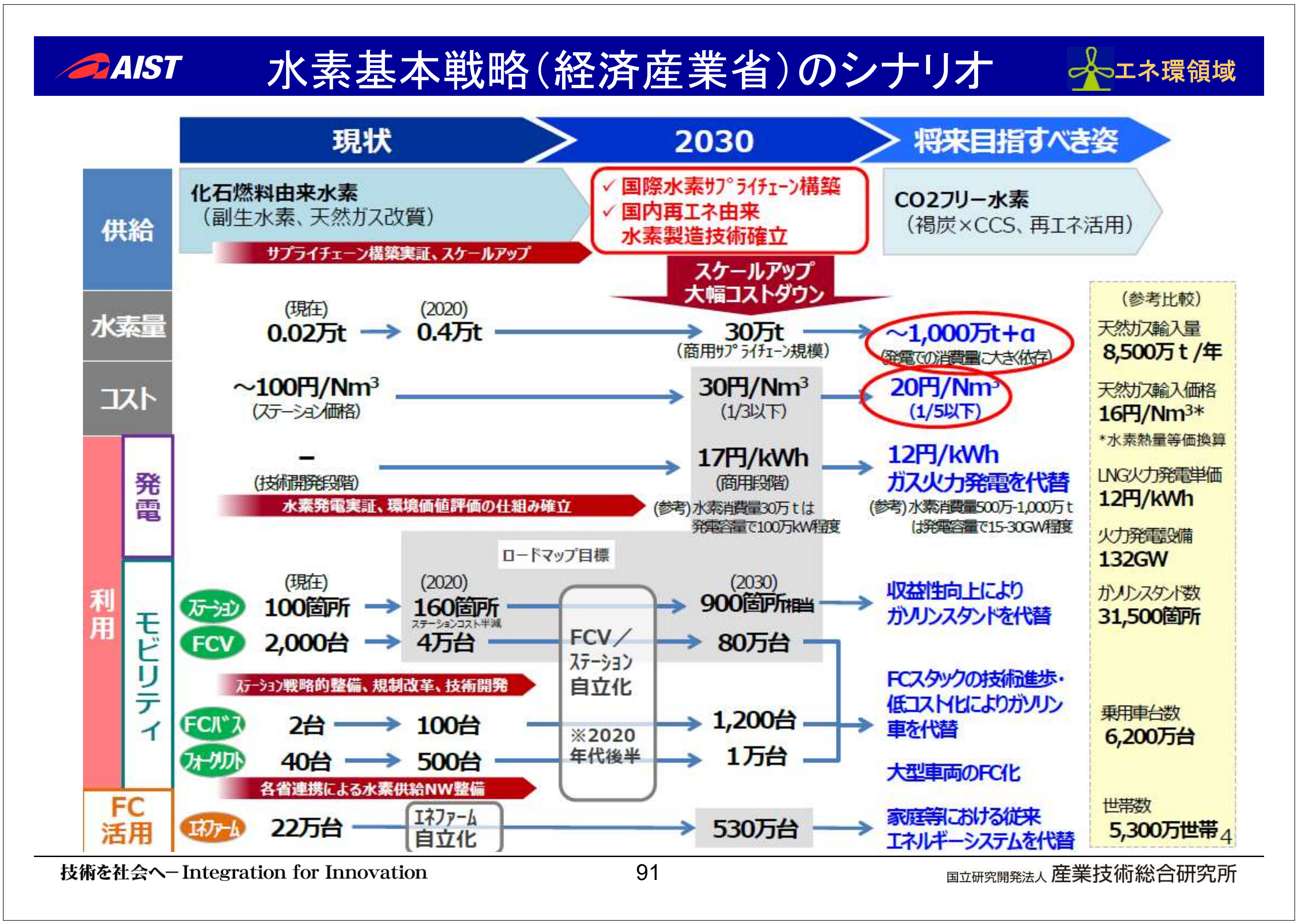
水素社会実現の意義

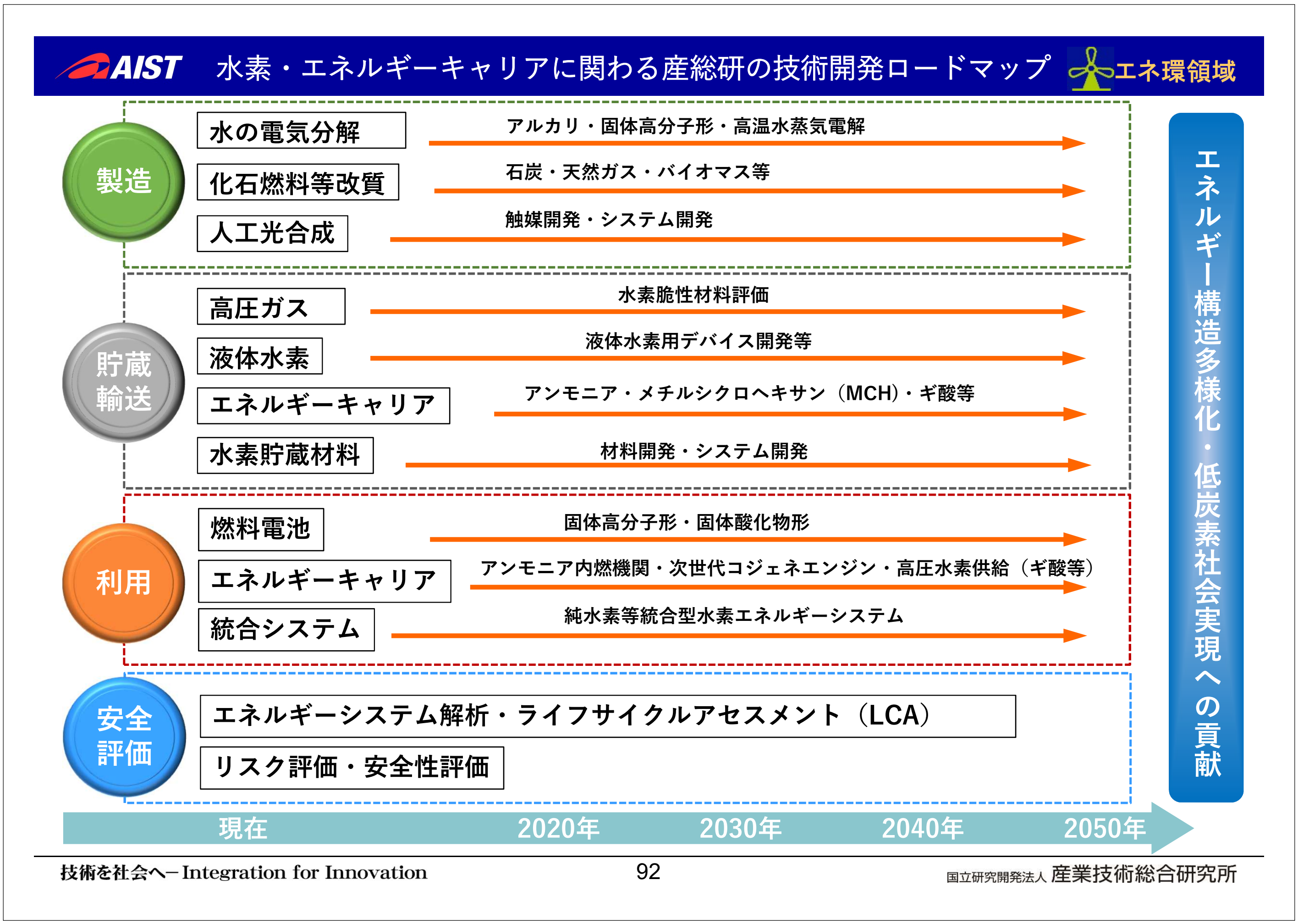
1．省エネルギー	燃料電池の活用によって高いエネルギー効率を実現することで、大幅な省エネルギーにつなげる。
2．エネルギーセキュリティ	水素は、①副生水素、原油随伴ガス、褐炭といった未利用エネルギーや、再生可能エネルギーを含む多様な一次エネルギー源から製造が可能であること、②今後、こうしたエネルギーを地政学的リスクの低い地域等から安価に調達できる可能性がある（国内の再エネを活用することでエネルギーの自給率向上につながる可能性もある）ことから、エネルギーセキュリティの向上につなげる。
3．環境負荷低減	水素は利用段階でＣＯ２を排出しないことから、水素の製造時にＣＣＳ（二酸化炭素回収・貯留技術）を組み合わせ、又は再生可能エネルギー由来水素を活用することで、環境負荷低減、更にはＣＯ２フリーにつなげる。
4．産業振興・地域活性化	日本の燃料電池分野の特許出願件数は世界一位で、二位以下と比べて５倍以上と、諸外国を引き離しているなど、日本が強い競争力を持つ分野。また、水素製造等については、再生可能エネルギー等の地域資源を活用可能。

水素社会実現に向けた対応の方向性

- 水素社会の実現に向け、水素の需要側と供給側の双方の事業者の立場の違いを乗り越えつつ、産学官が協力してステップバイステップで取組を進める。
  - フェーズ１（水素利用の飛躍的拡大）： 足元で実現しつつある、定置用燃料電池や燃料電池自動車（FCV）の活用を大きく広げ、我が国が世界に先行する水素・燃料電池分野の世界市場を獲得する。
  - フェーズ２（水素発電の本格導入／大規模な水素供給ｼｽﾃﾑの確立）： 水素需要を更に拡大しつつ、水素源を未利用エネルギーに広げ、従来の「電気・熱」に「水素」を加えた新たな二次エネルギー構造を確立する。
  - フェーズ３（トータルでのCO2フリー水素供給システムの確立）： 水素製造にCCSを組み合わせ、又は再エネ由来水素を活用し、トータルでのCO2フリー水素供給システムを確立する。




AIST
水素基本戦略（経済産業省）のシナリオ
エネ環領域
現状
2030
将来目指すべき姿
供給
化石燃料由来水素
（副生水素、天然ガス改質）
サプライチェーン構築実証、スケールアップ
✓国際水素サプライチェーン構築
✓国内再エネ由来
水素製造技術確立
CO2フリー水素
（褐炭×CCS、再エネ活用）
スケールアップ
大幅コストダウン
水素量
(現在)
0.02万t
(2020)
0.4万t
30万t
（商用サプライチェーン規模）
~1,000万t+α
（発電での消費量に大きく依存）
コスト
~100円/Nm³
（ステーション価格）
30円/Nm³
（1/3以下）
20円/Nm³
（1/5以下）
利用
発電
–
（技術開発段階）
水素発電実証、環境価値評価の仕組み確立
17円/kWh
（商用段階）
（参考）水素消費量30万tは発電容量で100万kW程度
12円/kWh
ガス火力発電を代替
（参考）水素消費量500万-1,000万tは発電容量で15-30GW程度
モビリティ
ロードマップ目標
ステーション
(現在)
100箇所
(2020)
160箇所
ステーションコスト半減
(2030)
900箇所相当
収益性向上により
ガソリンスタンドを代替
FCV
2,000台
4万台
80万台
FCV／
ステーション
自立化
※2020
年代後半
ステーション戦略的整備、規制改革、技術開発
FCバス
2台
100台
1,200台
FCスタックの技術進歩・
低コスト化によりガソリン
車を代替
フォークリフト
40台
500台
1万台
大型車両のFC化
各省連携による水素供給NW整備
FC活用
エネファーム
22万台
エネファーム
自立化
530万台
家庭等における従来
エネルギーシステムを代替
（参考比較）
天然ガス輸入量
8,500万ｔ/年
天然ガス輸入価格
16円/Nm³*
*水素熱量等価換算
LNG火力発電単価
12円/kWh
火力発電設備
132GW
ガソリンスタンド数
31,500箇所
乗用車台数
6,200万台
世帯数
5,300万世帯
4
技術を社会へ—Integration for Innovation
91
国立研究開発法人 産業技術総合研究所


AIST
水素・エネルギーキャリアに関わる産総研の技術開発ロードマップ
エネ環領域
製造
水の電気分解
アルカリ・固体高分子形・高温水蒸気電解
化石燃料等改質
石炭・天然ガス・バイオマス等
人工光合成
触媒開発・システム開発
貯蔵
輸送
高圧ガス
水素脆性材料評価
液体水素
液体水素用デバイス開発等
エネルギーキャリア
アンモニア・メチルシクロヘキサン（MCH）・ギ酸等
水素貯蔵材料
材料開発・システム開発
利用
燃料電池
固体高分子形・固体酸化物形
エネルギーキャリア
アンモニア内燃機関・次世代コジェネエンジン・高圧水素供給（ギ酸等）
統合システム
純水素等統合型水素エネルギーシステム
安全
評価
エネルギーシステム解析・ライフサイクルアセスメント（LCA）
リスク評価・安全性評価
エネルギー構造多様化・低炭素社会実現への貢献
現在
2020年
2030年
2040年
2050年
技術を社会へ—Integration for Innovation
92
国立研究開発法人 産業技術総合研究所

福島再生可能エネルギー研究所(FREA)

AIST　エネ環領域

東日本大震災後、福島県は「再生可能エネルギー先駆けの地」を目指して、再生可能エネルギーの導入を積極的に進めています。その地において、再生可能エネルギー研究開発のハブとなるのが当研究所です。再生可能エネルギーは、時間的に大きく変動する、コストが高い、場所ごとに適切な技術の選択が必要など、さまざまな課題を抱えています。それらを解決する新技術を生み出し、世界に発信するのがFREAのミッションです。

再生可能エネルギーRC
福島

AIST全体でのバックアップ体制

- 水電解・可逆セル ↑ 電池技術RI 関西
- 水素吸蔵合金・エネルギーキャリア ↑ 省エネルギーRI つくば / 創エネRI つくば・北海道 ⇔ 九大 水素材料強度ラボ（水素脆化）
- 人工光合成 ↑ 太陽光発電RC つくば・九州
- エネルギーシステム解析技術 ↑ 安全科学RC つくば

RC：研究センター、RI：研究部門

AISTは1970年代より、水素吸蔵合金、水素エンジン・タービン、水電解、燃料電池など、産学官連携の中心的役割(SS, ML, NSS) → 成果をFREAに結集

産総研水素関連技術開発の位置づけ

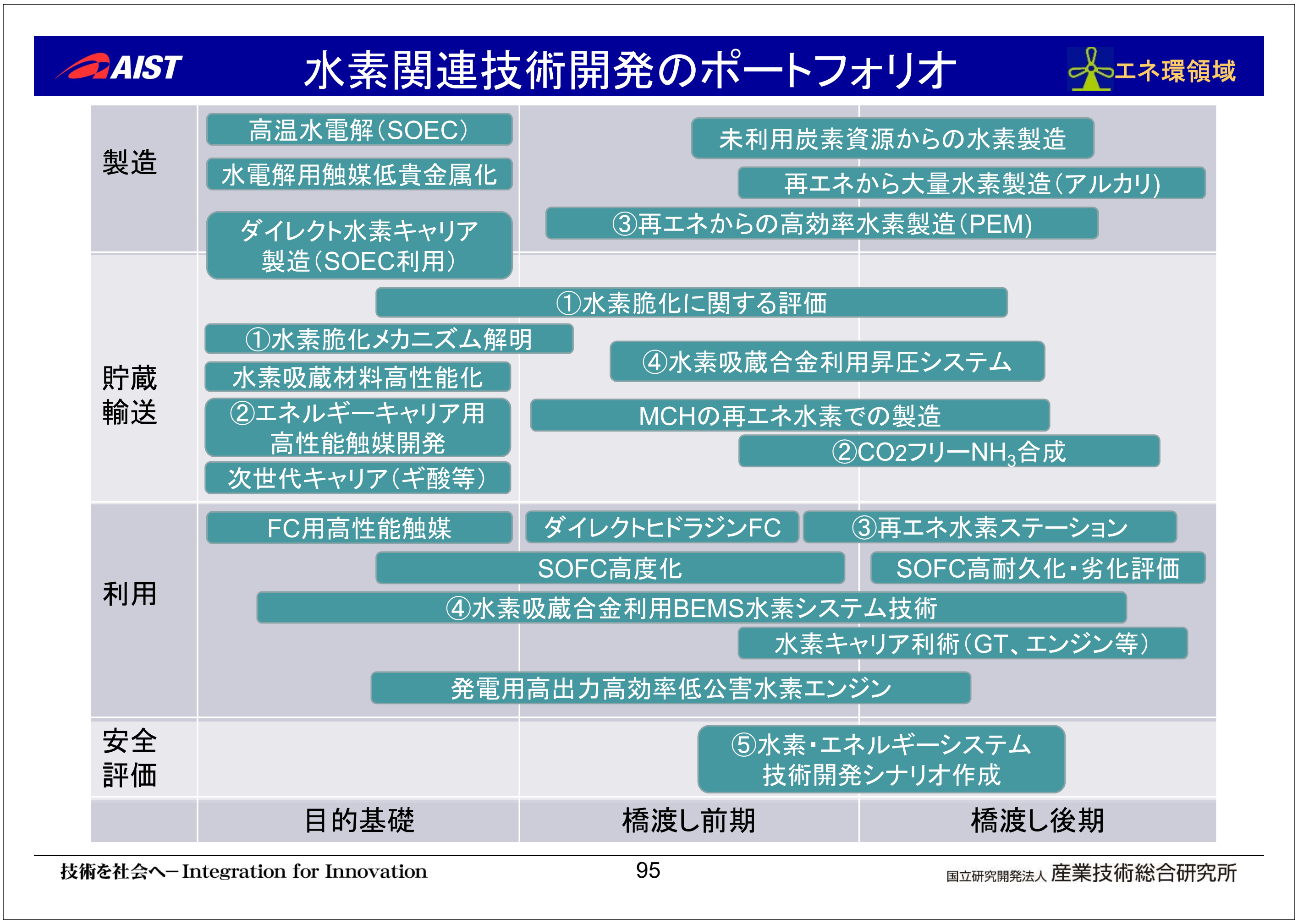
AIST　エネ環領域

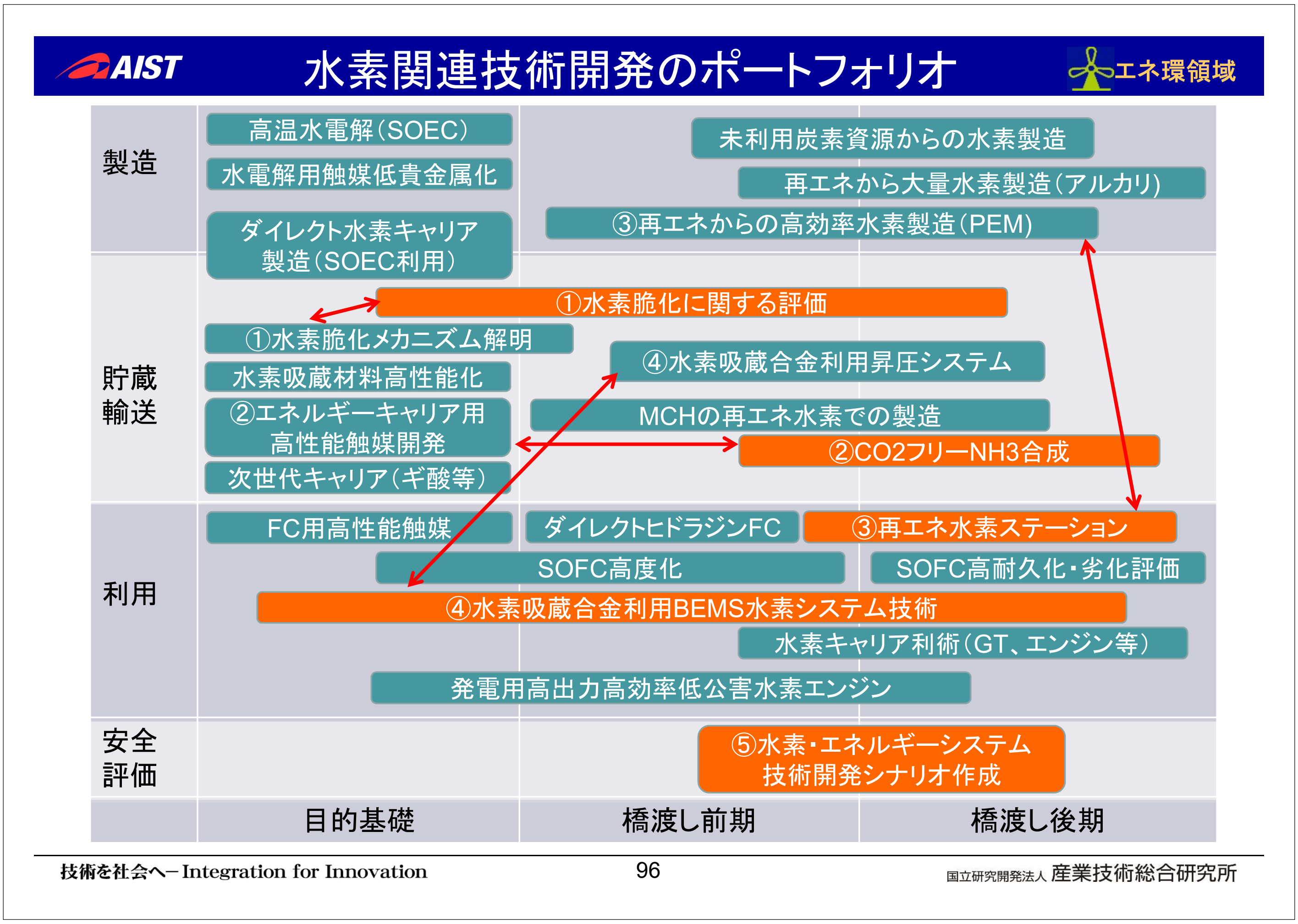
1）経産省や環境省の各水素関連委員会に研究員が参加、産総研の技術を背景に水素基本戦略や水素・燃料電池戦略ロードマップ等の策定に貢献

2）水素普及のカギとなる高圧用水素材料の評価技術をはじめ多くの研究開発を分担。九州大学とのOILなど、産学官の体制でR&Dを実施

2）東京都、福島県、東京都環境公社との4者協定により、福島県産CO_2フリー水素のオリンピックでの利用について検討。東京都環境公社より人材の派遣を受け、人材育成中

3）「福島新エネ社会構想」の「水素社会実現のモデル構築」に基づき、大型水素エンジンの開発や再エネ水素を利用した商用ステーション実現に貢献、今後も関連産業集積に向けての技術開発を分担


AIST
水素関連技術開発のポートフォリオ
エネ環領域
製造
高温水電解(SOEC)
水電解用触媒低貴金属化
ダイレクト水素キャリア製造(SOEC利用)
未利用炭素資源からの水素製造
再エネから大量水素製造(アルカリ)
③再エネからの高効率水素製造(PEM)
貯蔵輸送
①水素脆化に関する評価
①水素脆化メカニズム解明
水素吸蔵材料高性能化
②エネルギーキャリア用高性能触媒開発
次世代キャリア(ギ酸等)
④水素吸蔵合金利用昇圧システム
MCHの再エネ水素での製造
②CO2フリーNH3合成
利用
FC用高性能触媒
ダイレクトヒドラジンFC
③再エネ水素ステーション
SOFC高度化
SOFC高耐久化・劣化評価
④水素吸蔵合金利用BEMS水素システム技術
水素キャリア利術(GT、エンジン等)
発電用高出力高効率低公害水素エンジン
安全評価
⑤水素・エネルギーシステム技術開発シナリオ作成
目的基礎
橋渡し前期
橋渡し後期
技術を社会へ―Integration for Innovation
95
国立研究開発法人 産業技術総合研究所


AIST
水素関連技術開発のポートフォリオ
エネ環領域
製造
高温水電解(SOEC)
水電解用触媒低貴金属化
ダイレクト水素キャリア製造(SOEC利用)
未利用炭素資源からの水素製造
再エネから大量水素製造(アルカリ)
③再エネからの高効率水素製造(PEM)
貯蔵輸送
①水素脆化に関する評価
①水素脆化メカニズム解明
水素吸蔵材料高性能化
②エネルギーキャリア用高性能触媒開発
次世代キャリア(ギ酸等)
④水素吸蔵合金利用昇圧システム
MCHの再エネ水素での製造
②CO2フリーNH3合成
利用
FC用高性能触媒
ダイレクトヒドラジンFC
③再エネ水素ステーション
SOFC高度化
SOFC高耐久化・劣化評価
④水素吸蔵合金利用BEMS水素システム技術
水素キャリア利術(GT、エンジン等)
発電用高出力高効率低公害水素エンジン
安全評価
⑤水素・エネルギーシステム技術開発シナリオ作成
目的基礎
橋渡し前期
橋渡し後期
技術を社会へ―Integration for Innovation
96
国立研究開発法人 産業技術総合研究所

AIST

平成29年度の主な研究成果 1

エネ環領域

水素脆化に関する評価技術および機構解明の研究

【背景・課題】
水素環境下で、金属材料の強度特性が低下する水素脆化現象の評価・解明は、燃料電池自動車や水素ステーションなどの高圧水素を用いる機器の普及促進のために極めて重要であり、コスト低減等に向けて、材料評価技術の確立や機構解明を進め、より高性能な材料開発に取り組むことが求められている。

【平成29年度の成果】
燃料電池自動車用金属材料の高圧水素ガス中での水素適合性試験方法を明らかにするために、高圧水素ガス中、室温、低温での材料試験を実施し、-80℃、100MPa水素中での疲労試験データを世界で初めて取得した（右図装置）。また、昨年度設立した「産総研・九大　水素材料強度ラボラトリ（HydroMate）」において、ナノ強度解析手法を用いた析出強化型超合金の水素脆化メカニズムの解明に関する研究等を実施し、種々の有益な知見を得ている。

【成果の意義・展開】
取得したデータを基に水素適合性試験法の国際標準化を日本主導で進めるために、北米の燃料電池自動車規格（SAE　J2579）の改訂案作成に寄与するとともに、国連の世界技術規則（GTR13　Phase2）のワーキンググループで日本案の根拠となるデータとして公表（2018年2月6日）するなど、試験法の国際標準化に貢献している。また、HydroMateにおいては、産学官ネットワークの構築と人材育成にも取り組んでおり、目的基礎研究の強化と「橋渡し」に寄与している。

水素圧力：140MPa
試験温度：-80～90℃
材料試験項目
・低歪み速度引張試験
・疲労寿命試験
・疲労き裂進展試験
・破壊靭性試験

産総研が保有する水素適合性試験法作成用材料試験装置

産総研・九大　水素材料強度ラボラトリ

AIST

平成29年度の主な研究成果 2

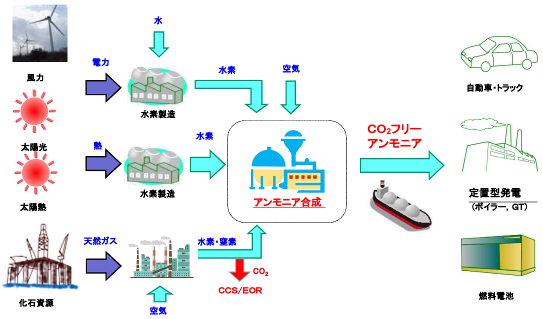
エネ環領域

CO_2フリー水素を利用したアンモニア製造技術の開発

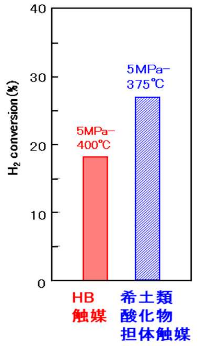
【背景・課題】
CO_2排出量削減を目指すエネルギーキャリアとしてのアンモニアは、製造時の排出量を大幅に抑制した「CO_2フリーアンモニア」であることが望まれる。本研究では、CCS（CO_2回収貯留）またはEOR（石油増進回収）による隔離、あるいは再生可能エネルギー由来のCO_2フリー水素原料に適したアンモニア合成プロセスの開発を行う。

【平成29年度の成果】
平成26年度より内閣府SIP「エネルギーキャリア」事業「CO_2フリー水素利用アンモニア合成システム開発」として、日揮株式会社（研究開発責任者）のもと、「アンモニア合成触媒の開発・評価」を、日揮触媒化成や沼津高専と連携しながら実施している。本年度までに、使用条件下（温度、圧力、流量など）において高い性能を有する触媒を開発するとともに、工業規模での製造を視野に入れた製造法を確立している。

【成果の意義・展開】
再エネ等に由来する水素原料に適した、従来法（HB法）に比べより低温・低圧で高効率なアンモニア製造のための新規国産触媒の開発に繋がる成果である。現在までに、所内にアンモニア合成実証試験プラントを建設し（右図）、開発した触媒を用いた試験を開始する予定であり、製造から利用までの統合実証試験設備としての稼働を目指している。



CO_2フリーアンモニアをキャリアとするエネルギーサプライチェーン



アンモニア合成実証試験プラント（FREA）

AIST

平成29年度の主な研究成果 3

エネ環領域

産総研再エネ水素技術を活かした国内初の70MPa商用水素ステーション

【背景・課題】

FREAでは、変動する太陽電池出力に対応できる高効率な水電解制御技術を開発・実証してきた。さらに、水素吸蔵合金を用いた熱化学昇圧等の研究開発のため、高圧水素を扱える設備を整備した。

【平成29年度の成果】

太陽電池からの高効率水素製造技術、高圧貯蔵設備を組み合わせ、再エネ水素のカードル充填を可能とした。福島県内のガス事業者が設立した水素ステーション事業者から人材を受け入れ、高圧ガスの実務経験を付与、ステーション事業を可能とした。

【成果の意義・展開】

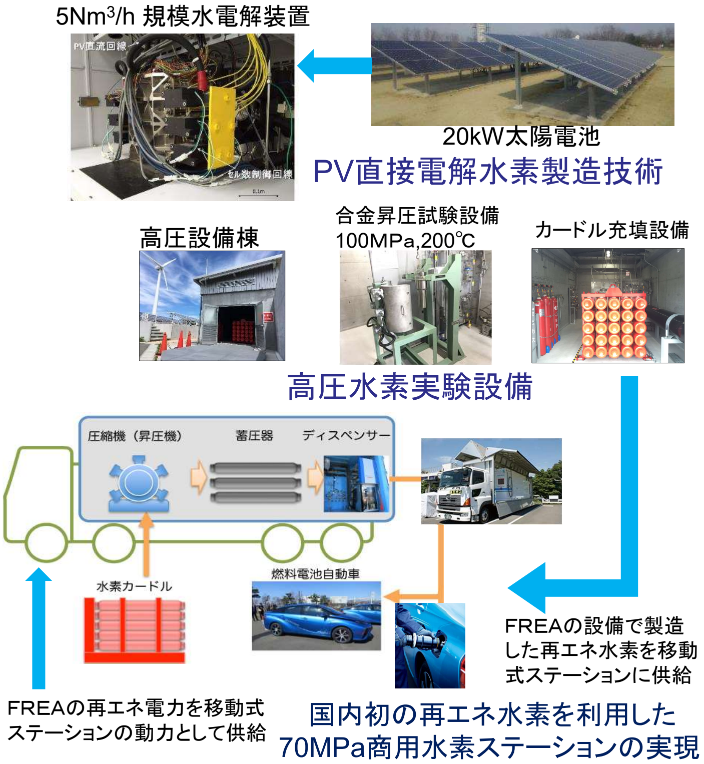
・高効率再エネ水素製造の実証。

・国内初となる再エネ水素を活用した商用水素ステーションの実現への貢献。

【アウトプット】

・人材育成（高圧ガス実務経験付与および再エネ水素の知見付与）

・国際誌論文1,国際会議2



AIST

平成29年度の主な研究成果 4

エネ環領域

純水素蓄エネルギー技術

【背景・課題】

再生可能エネルギーの大量導入時の出力抑制等の電力を活用した水素製造、貯蔵、輸送、利用は技術課題及び事業性を見通すための実証が不足している。街区での水素利用のため安価でかつ危険物非該当で扱いやすい合金を開発し、大型のタンクの貯蔵装置の作成を試みて実証設備の構築を行ってきた。

【平成29年度の成果】

清水建設の共同研究において、水素製造、吸蔵合金、燃料電池等を含む実証設備の運用を開始した。開発した吸蔵合金は、燃料電池の排熱を用いて設計通りの圧力温度で貯蔵利用できることを確認した。並行して、余剰電力を活用した水素製造と近距離街区利用についてのFSを行い、適切な事業モデルを特定した。ここで水素の輸送は高圧ガスとし、吸蔵合金を用いた昇圧を利用し、実験的に合金を特定し、40MPa程度の昇圧を確認した。

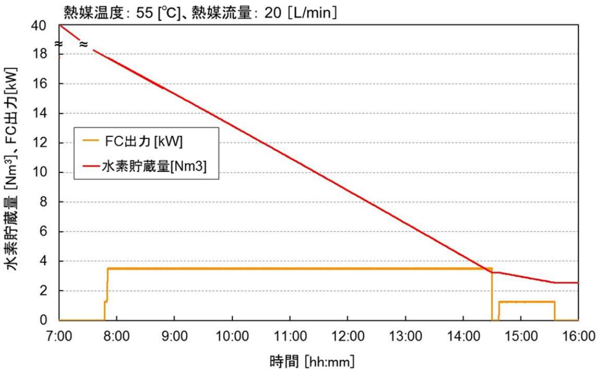
【成果の意義・展開】

平成30年度には、本システムの容量を増し、実際のビジネスの現場に移設し、実証運転を行い、信頼度向上を図る。

【アウトプット】

国際誌1本投稿中,国際会議発表予定2,国内発表済4
特許出願5件

構築した水素エネルギーシステム実証設備（12フィートコンテナ4つから構成され、BEMSから運転制御される。



燃料電池の排熱（55℃）で安定したシステム作動を確認

AIST

平成29年度の主な研究成果 5

エネ環領域

水素・エネルギーシステム統合シナリオ研究

【背景・課題】

NEDO「水素利用等先導研究開発事業/トータルシステム導入シナリオ調査研究」の中で、水素本格導入による温室効果ガス削減やわが国のエネルギー需給に対する影響等に関するシステム分析を行った。

【平成29年度の成果】

- 液化水素・MCHを用いて輸入水素で発電した場合のライフサイクルCO_2排出量を算出し、低炭素水素サプライチェーン構築による発電部門からのCO2排出削減可能性を示した（図1）。
- 水素を液化水素・MCHを用いて輸入することを想定したエネルギーシステムを、MARKALを用いて検討した。水素導入の初期～中期的段階では、 MCH脱水素時の廃熱利用が水素ステーション用（FCV）需要に与える可能性を示した（図2）。

【成果の意義・展開】

同事業に参画する東京工業大学・エネルギー総合工学研究所からの成果も含め、水素エネルギーシステムの価値が最大限発揮されるために必要となる要素・システム技術ならびに、それらの開発目標を明確にするための技術開発シナリオとして取りまとめて公表する予定である。

【アウトプット】

- 国際誌（査読有）：1報
- 国際会議 ： 3報　　・国内学会 ： 2報

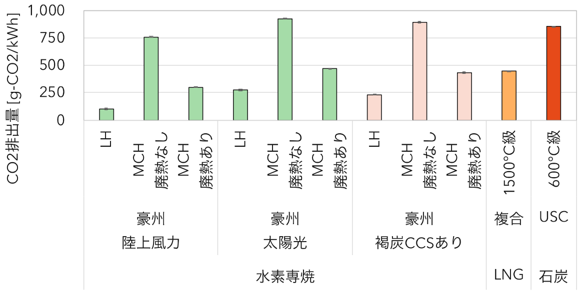


図1　水素専焼発電のライフサイクルCO2排出量

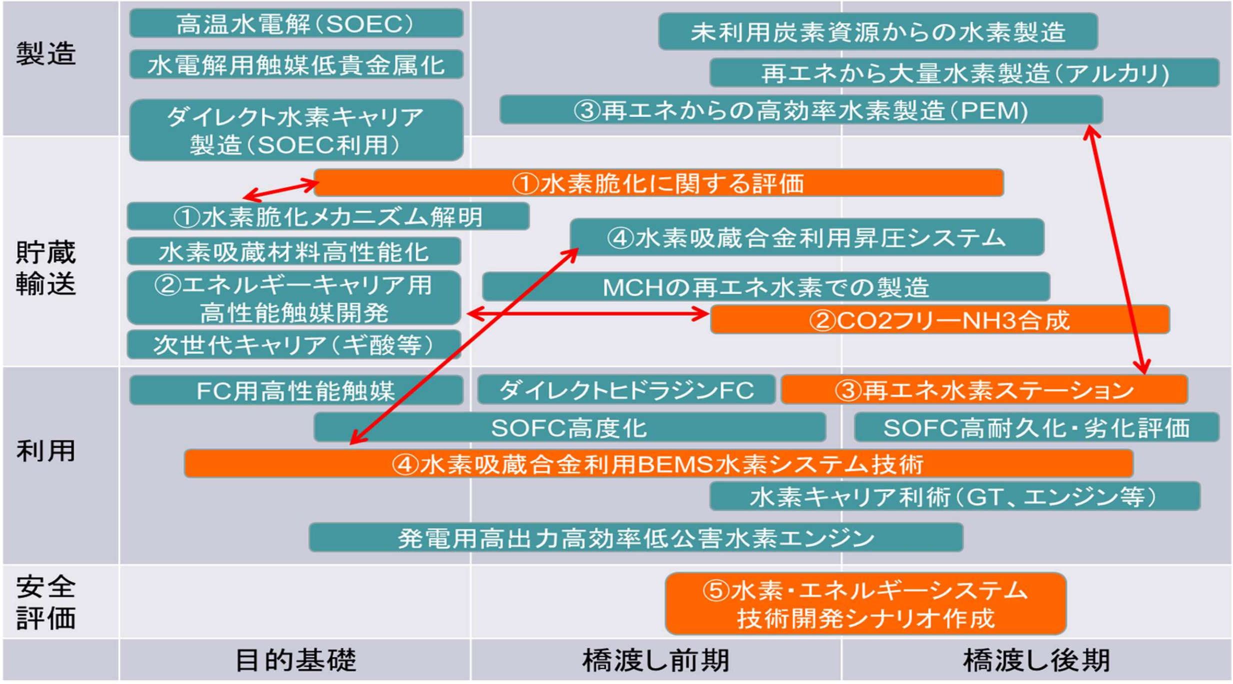
非公開

図2

AIST

水素関連技術開発のポートフォリオ

エネ環領域



橋渡し前期のテーマも必要に応じ目的基礎に戻りオリジナリティーを強化、
橋渡し後期として企業と連携し実証を行うことにより、水素エネルギーの普及により
エネルギー構造多様化・低炭素社会実現へ貢献

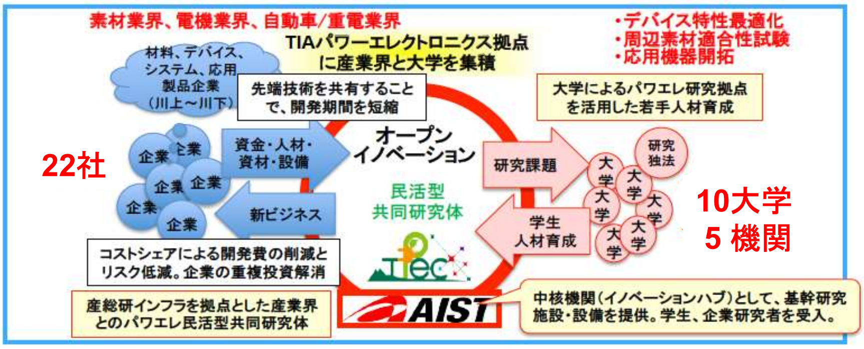
2.「橋渡し」のための研究開発

（３）「橋渡し」研究後期における研究開発

橋渡し後期研究

受け入れた民間資金は1月末時点で総額約22.3億円であり、産総研全体の28%を占める（目標達成率62.6%、前年同月比98%）

SiCパワーデバイスに関する研究開発（約10億円）
創エネルギー・再生可能エネルギー技術に関する研究開発（約3.3億円）
環境管理技術に関する研究開発（約1.7億円）
省エネルギー技術に関する研究開発（約1.3億円）　等々



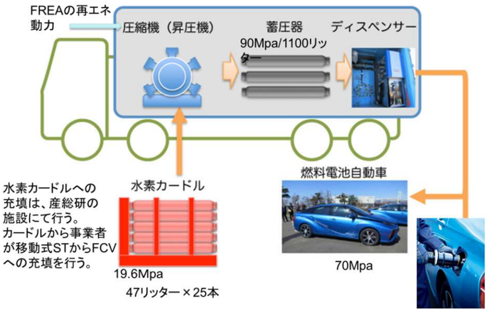
つくばパワーエレクトロニクスコンステレーション（TPEC）

AIST　橋渡し後期研究　エネ環領域

平成29年度の主な研究成果

創エネ 1-(1)	イオン注入技術を用いた裏面電極型結晶シリコン太陽電池の開発
	大型パワーコンディショナの性能試験法の開発
	地中熱システムの最適化技術開発
	噴射尿素からのNH_3生成モデル構築
1-(2) 蓄エネ	SOFC高耐久化・劣化診断技術
	産総研再エネ水素技術を活かした国内初の70MPa商用水素ステーション
	純水素蓄エネルギー技術

スマートシステム研究棟の外観



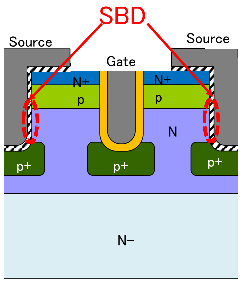
国内初の再エネ水素を利用した商用水素ステーションの実現

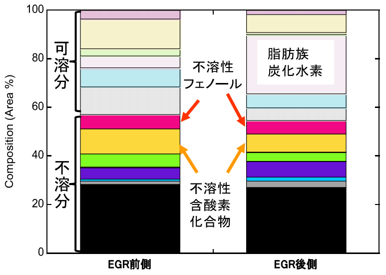
AIST　橋渡し後期研究　エネ環領域

平成29年度の主な研究成果

省エネ 1-(3)	ダイオード内蔵高信頼SiCトレンチMOSFETの量産レベル開発
	6インチSiCパワーデバイス一貫プロセスラインが本格稼働
	EGRデポジット生成メカニズム解明研究
安全・物質循環 1-(5)	海外版IDEAの構築と技術評価(IDEAラボの成果）

"SWITCH-MOS"
SBD-Wall Integrated Trench MOSFET





ガソリンデポジット成分定性分析結果

海外版IDEAの作成状況

（３）「橋渡し」研究後期における研究開発では、
リスト中で緑字のパワーエレクトロニクスに係る研究開発を紹介します

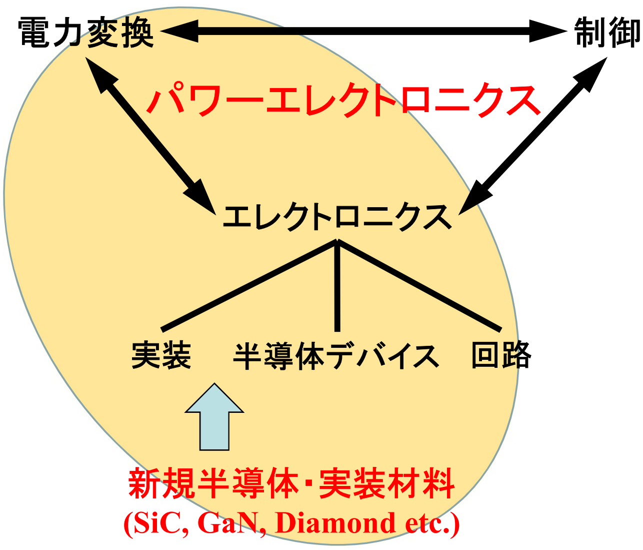
2.「橋渡し」のための研究開発

（３）「橋渡し」研究後期における研究開発
パワーエレクトロニクスに係る研究開発

先進（次世代）パワーエレクトロニクス

パワーエレクトロニクスの御利益：
電力エネルギーの節約と効率的活用

◆ 研究開発の方向性
- 省エネ（低損失、高効率）、利便性（小型軽量） ⇒ 普及促進
- 耐電圧、容量の増大 ⇒ 適用領域拡大



AIST パワエレR&D活動の現状

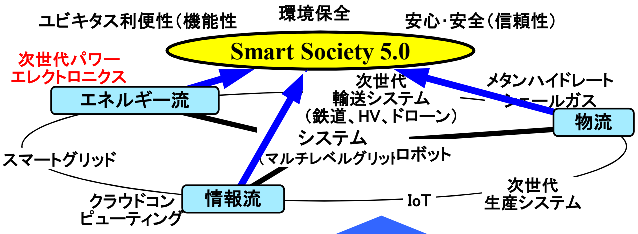
	目的基礎	橋渡し前期	橋渡し後期
ウェハ	○	○	
デバイス	○	○	○
回路・実装・モジュール	○	○	△

AISTパワーエレクトロニクス研究テーマの特徴

エネ環領域

- •SiC, GaN, ダイヤのパワエレ応用
  - デバイス試作ライン（～6インチ）
    第1ライン、第2ライン、第3ライン
  - 実装試作ライン（回路、モジュール）
  - ウェハー貫プロセス
    結晶成長、加工、エピ、評価

次世代高度ネットワーク社会



R&Dプラットフォームとしての**TIAパワエレ拠点**（ハブ機能）

大規模化、集中／集約化、一貫化

大型共同研究体
(TPEC etc.)

国家プロジェクト
(SIP etc.)

標準化（国プロ）

企業資金
バイの共同研究の集合体
オープンイノベーション
（リソースと成果の共有）
コンソーシアム型

複数の遂行プロジェクト／テーマ

公的資金
産学メンバーを含めた
集中研スタイル
技術研究組合の活用

その他の公的資金プロ（JST他）
個別企業共研
AIST独自研究

次世代デバイス技術　次世代ウェハ技術　次世代モジュール技術

TIA パワーエレクトロニクス拠点

エネ環領域

つくば西事業所

要素技術から
一貫プロセスへ

CR、大型機器の運転条件
適正化、共通化／効率化

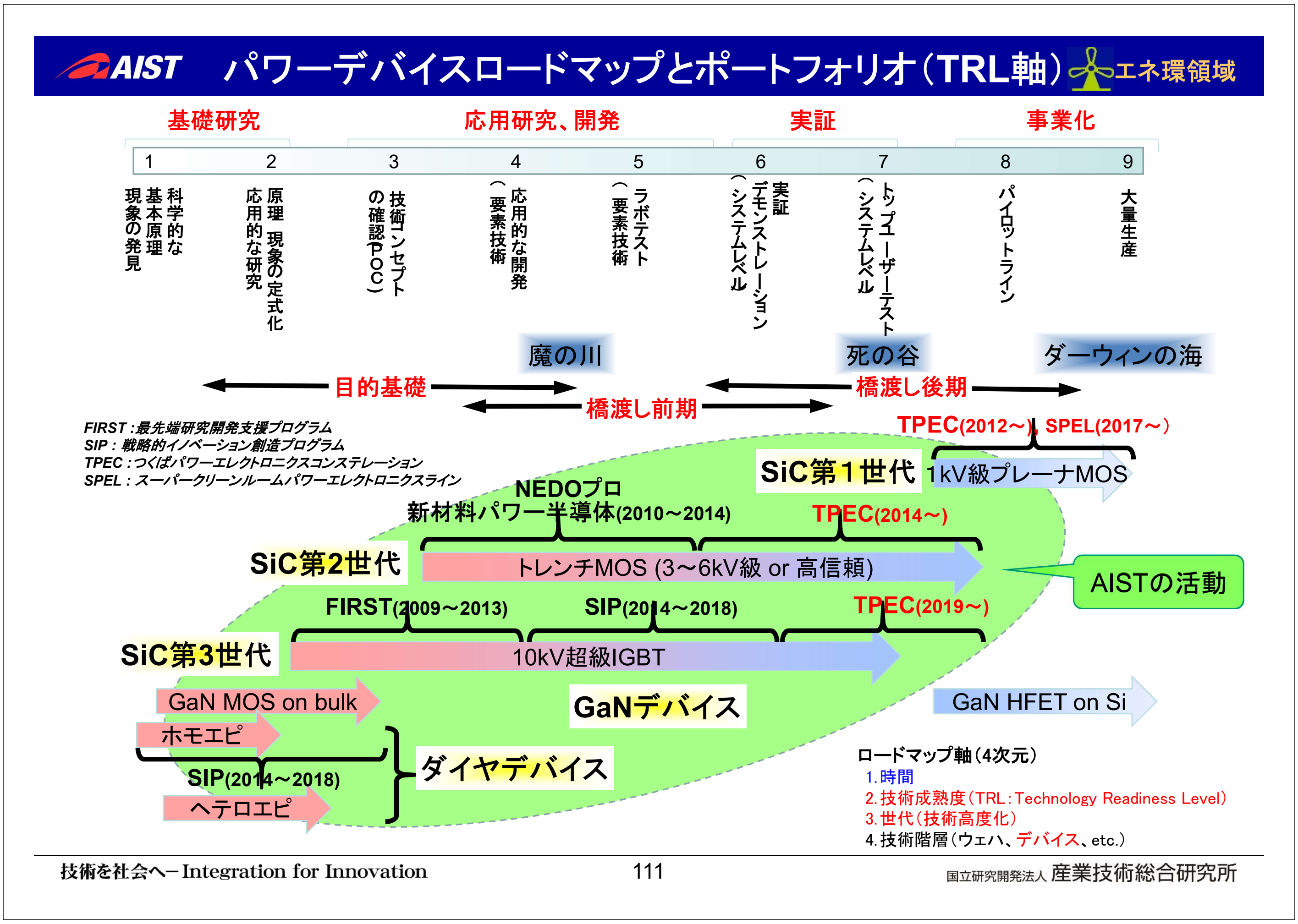
オープンイノベーション
産学官連携
企業との大型共同研究
（人材移籍型、装置提供型）

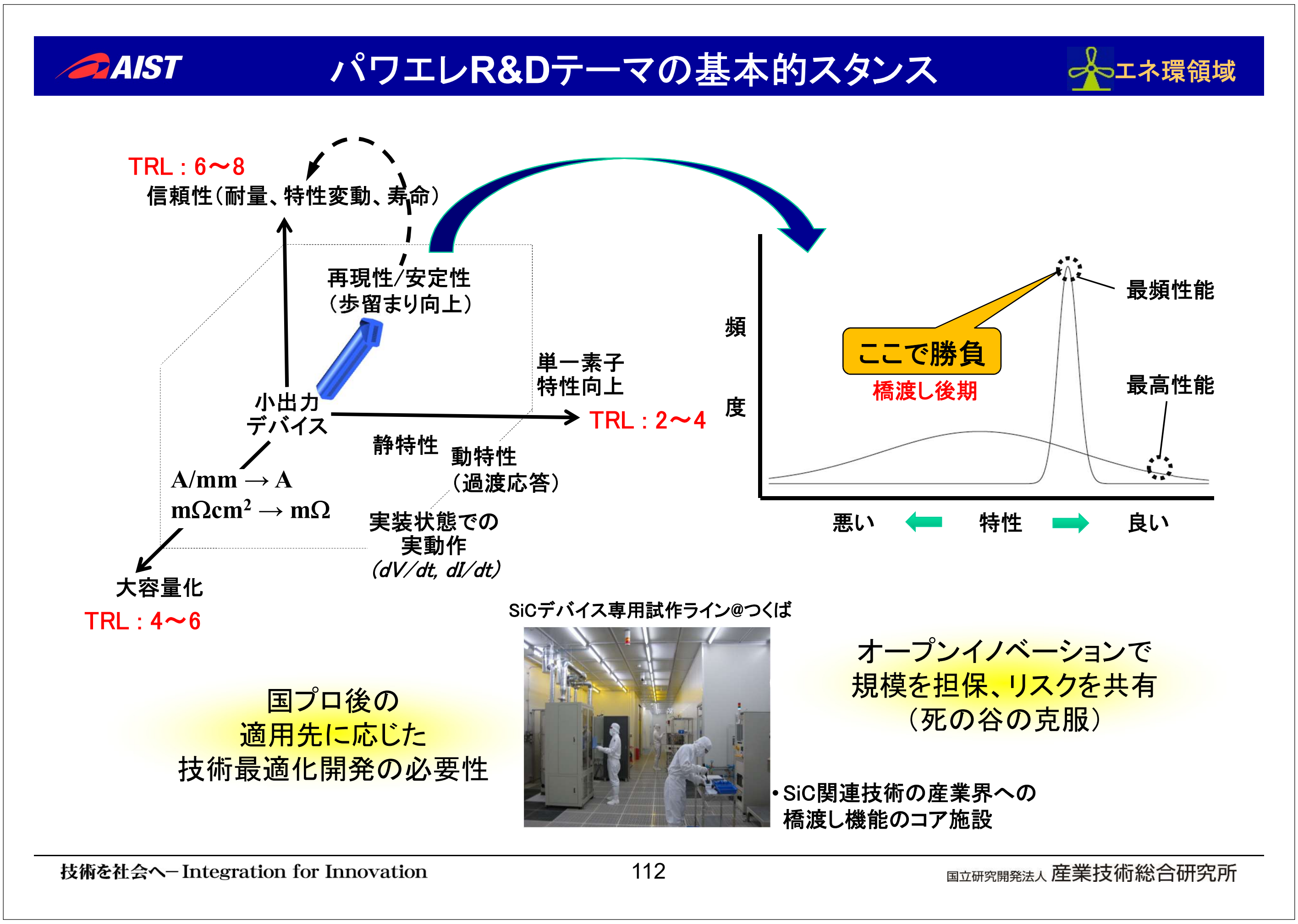
つくば中央第2事業所

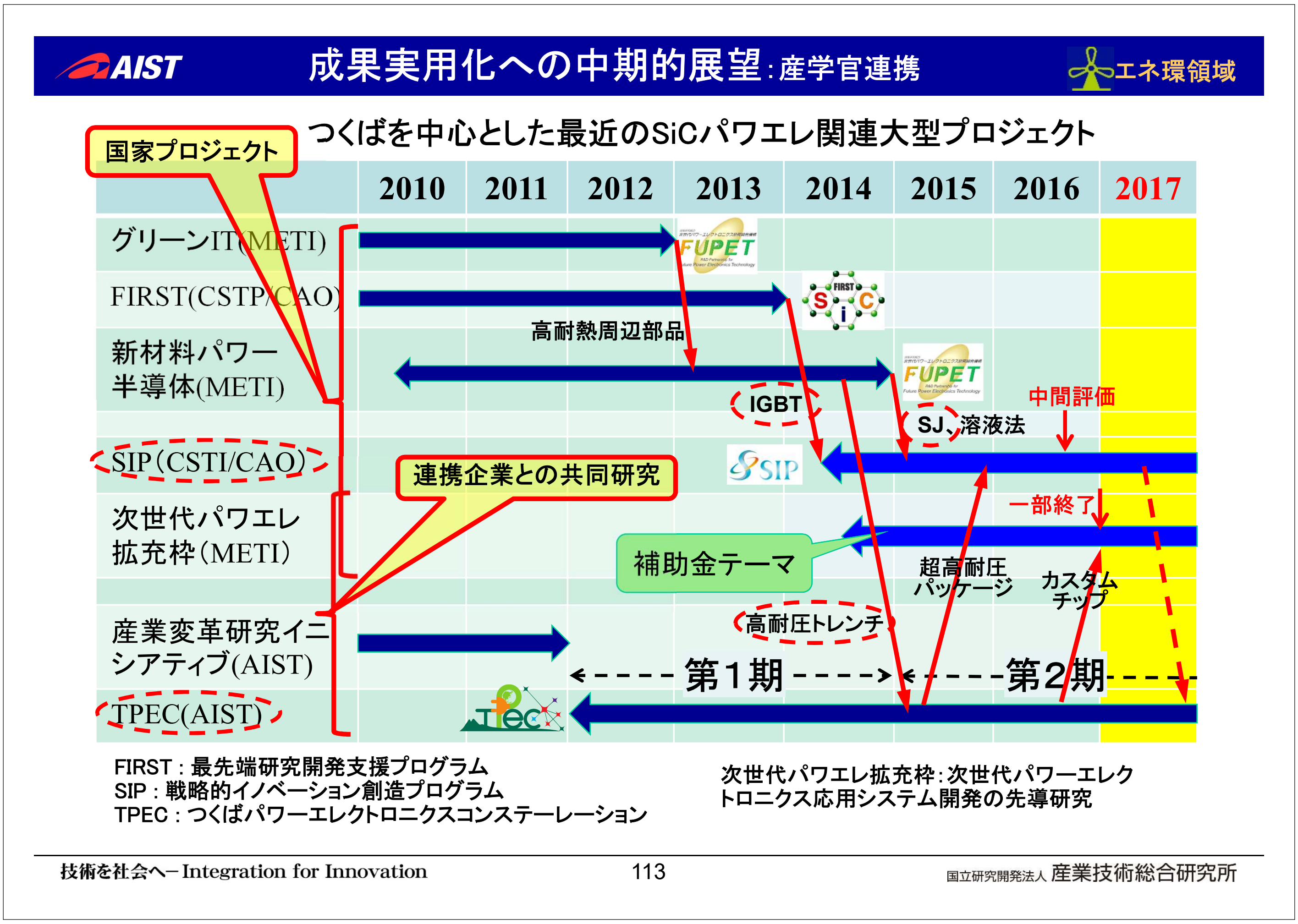
H28下期よりスーパーCRでパワーデバイス開発を展開

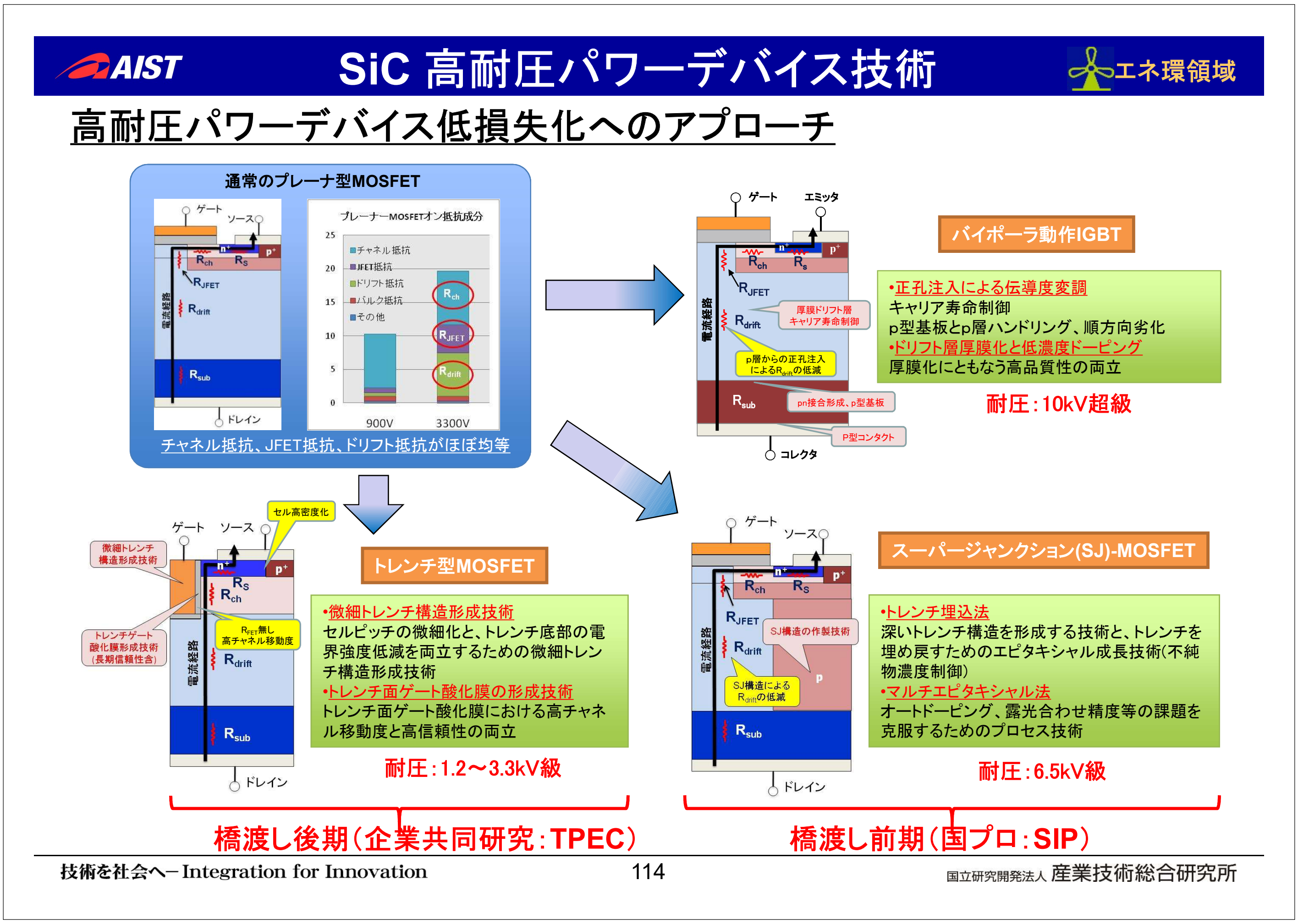
TIAパワエレ拠点への企業からのニーズ　☜　TIAパワエレマネージンググループの議論
- アプリケーションに対応した技術のカスタマイズと最適化
- 事業部隊からのニーズに答えられる迅速な量産化レベル開発（開発期間の短縮）

最先端技術を対象に、迅速な量産化レベル開発を可能とする開発環境の提供
- •処理能力の増大：リードタイムの短縮、新プロセス導入時の拡張性
- •十分な信頼性を担保できるハイレベルクリーンルームと常時24h稼働を可能とする強固なインフラ
- •新技術トレンドへの対応：微細化／大口径化（6インチ）


AIST
パワーデバイスロードマップとポートフォリオ（TRL軸）
エネ環領域
基礎研究
応用研究、開発
実証
事業化
1 2 3 4 5 6 7 8 9
科学的な基本原理現象の発見
原理・現象の定式化応用的な研究
技術コンセプトの確認（POC）
応用的な開発（要素技術）
ラボテスト（要素技術）
実証デモンストレーション（システムレベル）
トップユーザーテスト（システムレベル）
パイロットライン
大量生産
魔の川
死の谷
ダーウィンの海
目的基礎
橋渡し前期
橋渡し後期
FIRST：最先端研究開発支援プログラム
SIP：戦略的イノベーション創造プログラム
TPEC：つくばパワーエレクトロニクスコンステレーション
SPEL：スーパークリーンルームパワーエレクトロニクスライン
TPEC(2012～), SPEL(2017～)
SiC第1世代
1kV級プレーナMOS
NEDOプロ
新材料パワー半導体(2010～2014)
TPEC(2014～)
SiC第2世代
トレンチMOS (3～6kV級 or 高信頼)
AISTの活動
FIRST(2009～2013)
SIP(2014～2018)
TPEC(2019～)
SiC第3世代
10kV超級IGBT
GaN MOS on bulk
ホモエピ
GaNデバイス
GaN HFET on Si
SIP(2014～2018)
ダイヤデバイス
ヘテロエピ
ロードマップ軸（4次元）
1.時間
2.技術成熟度（TRL：Technology Readiness Level）
3.世代（技術高度化）
4.技術階層（ウェハ、デバイス、etc.）
技術を社会へ—Integration for Innovation
111
国立研究開発法人 産業技術総合研究所


AIST
パワエレR&Dテーマの基本的スタンス
エネ環領域
TRL：6～8
信頼性（耐量、特性変動、寿命）
再現性/安定性
（歩留まり向上）
単一素子
特性向上
小出力
デバイス
TRL：2～4
静特性
動特性
（過渡応答）
A/mm → A
mΩcm² → mΩ
実装状態での
実動作
(dV/dt, dI/dt)
大容量化
TRL：4～6
頻度
最頻性能
ここで勝負
橋渡し後期
最高性能
悪い 特性 良い
SiCデバイス専用試作ライン@つくば
国プロ後の
適用先に応じた
技術最適化開発の必要性
オープンイノベーションで
規模を担保、リスクを共有
（死の谷の克服）
・SiC関連技術の産業界への
橋渡し機能のコア施設
技術を社会へ—Integration for Innovation
112
国立研究開発法人 産業技術総合研究所


AIST
成果実用化への中期的展望：産学官連携
エネ環領域
つくばを中心とした最近のSiCパワエレ関連大型プロジェクト
国家プロジェクト
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
グリーンIT(METI)
FIRST(CSTP/CAO)
新材料パワー
半導体(METI)
SIP(CSTI/CAO)
次世代パワエレ
拡充枠(METI)
産業変革研究イニシアティブ(AIST)
TPEC(AIST)
FUPET
FIRST
高耐熱周辺部品
IGBT
SJ、溶液法
中間評価
連携企業との共同研究
SIP
一部終了
補助金テーマ
超高耐圧
パッケージ
カスタム
チップ
高耐圧トレンチ
←----第１期----→←----第２期----
FIRST：最先端研究開発支援プログラム
SIP：戦略的イノベーション創造プログラム
TPEC：つくばパワーエレクトロニクスコンステーレーション
次世代パワエレ拡充枠：次世代パワーエレクトロニクス応用システム開発の先導研究
技術を社会へ－Integration for Innovation
113
国立研究開発法人 産業技術総合研究所


AIST
SiC 高耐圧パワーデバイス技術
エネ環領域
高耐圧パワーデバイス低損失化へのアプローチ
通常のプレーナ型MOSFET
ゲート
ソース
電流経路
Rch
RS
RJFET
Rdrift
Rsub
ドレイン
プレーナーMOSFETオン抵抗成分
チャネル抵抗
JFET抵抗
ドリフト抵抗
バルク抵抗
その他
900V
3300V
チャネル抵抗、JFET抵抗、ドリフト抵抗がほぼ均等
バイポーラ動作IGBT
エミッタ
コレクタ
厚膜ドリフト層
キャリア寿命制御
p層からの正孔注入によるRdriftの低減
pn接合形成、p型基板
P型コンタクト
•正孔注入による伝導度変調
キャリア寿命制御
p型基板とp層ハンドリング、順方向劣化
•ドリフト層厚膜化と低濃度ドーピング
厚膜化にともなう高品質性の両立
耐圧：10kV超級
セル高密度化
微細トレンチ
構造形成技術
トレンチゲート
酸化膜形成技術
(長期信頼性含)
RFET無し
高チャネル移動度
トレンチ型MOSFET
•微細トレンチ構造形成技術
セルピッチの微細化と、トレンチ底部の電界強度低減を両立するための微細トレンチ構造形成技術
•トレンチ面ゲート酸化膜の形成技術
トレンチ面ゲート酸化膜における高チャネル移動度と高信頼性の両立
耐圧：1.2～3.3kV級
SJ構造の作製技術
SJ構造による
Rdriftの低減
スーパージャンクション(SJ)-MOSFET
•トレンチ埋込法
深いトレンチ構造を形成する技術と、トレンチを埋め戻すためのエピタキシャル成長技術(不純物濃度制御)
•マルチエピタキシャル法
オートドーピング、露光合わせ精度等の課題を克服するためのプロセス技術
耐圧：6.5kV級
橋渡し後期(企業共同研究：TPEC)
橋渡し前期(国プロ：SIP)
技術を社会へ－Integration for Innovation
114
国立研究開発法人 産業技術総合研究所

AIST

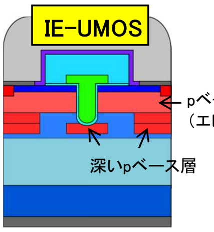
平成29年度の主な研究成果 1－(1)

エネ環領域

ダイオード内蔵高信頼SiCトレンチMOSFETの量産レベル開発

【背景･課題】

- AISTオリジナルのプレーナーMOS(IE (Implantation & Epitaxial) MOS)で世界最高の低損失性
  ⇒企業共同研究(TPEC)のコア技術
- 国プロにおけるトレンチMOS技術(高チャネル移動度、セルピッチ低減=チップサイズ低減)
  ⇒TPECに移管し、低コスト性と信頼性を担保できる量産技術へ (IE-UMOSFET)
- ダイオード内蔵化の要求(外付けダイオードを無くしたい)
  ⇒通常のSiC MOSFETのボディダイオード(PNダイオード)では順方向劣化の問題

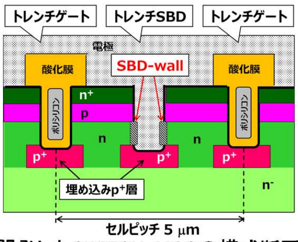


【平成29年度の成果】

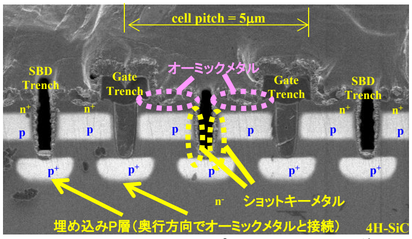
- トレンチMOSFET構造側壁にショットキーバリアダイオード(SBD)を形成し、トレンチ構造の利点を損なうこと無く順方向劣化のないダイオードを内蔵化(SWITCH-MOS)。
- 独自構造であるIE-UMOSFETを基本構造にした構造微細化（狭ピッチ化）による内蔵PNボディダイオードの作動抑制と併せ、量産レベル試作品において高信頼化を達成。

1.2kV級SiC MOSFETのベンチマーク(量産レベル)

	A社	B社	IE-UMOS	SWITCH-MOS
オン抵抗	5.2 mΩcm²	6 mΩcm²	3.2mΩcm²	同左
しきい値電圧	2.7～5.6V	2.0～4.0 V	4 V	同左
最大ゲート電圧 (しきい値安定範囲)	+22V /−4V	+25V /−10V	+20V /−5V (+25V /−10V: 現在試験中)	同左
最高使用温度	175 ℃	150 ℃	200 ℃	同左



開発したSWITCH-MOSの模式断面図



SWITCH-MOS 5μmピッチ　断面SEM像

【成果の意義･展開】

- 1200V級SiC MOSFETの最大の普及ボトルネックであった信頼性問題を解決。当該デバイス構造の最終解！
- 学会発表2件(2017IEDM)、プレス発表1件、特許出願10件、レシピ･ノウハウ登録2件、技術移転3件

AIST

平成29年度の主な研究成果 1－(2)

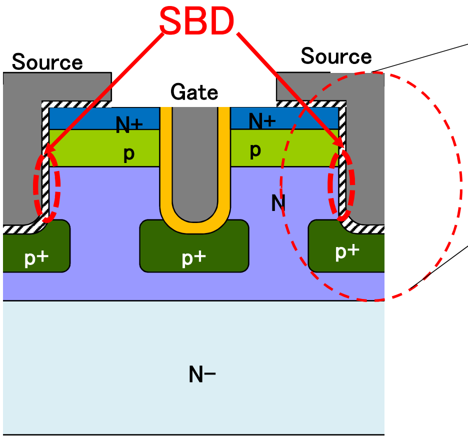
エネ環領域

トレンチSBD内蔵型　“SWITCH-MOS”

内蔵SBDのコンセプト　･MOSとドリフト層を共有できるためオン抵抗が低い
･PN接合の電圧分担が少なく内蔵PNダイオードがオンしにくい。

“SWITCH-MOS”

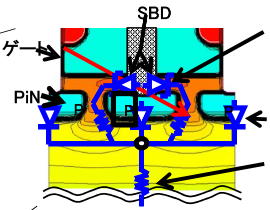
SBD-Wall Integrated Trench MOSFET



SBDオン状態の電圧分担　$V_{オン} = V_{SBD} + V_{広がり} + V_{ドリフト} + V_{その他}$ （$V_{SBD} + V_{広がり}$ = V_{PiN}）

内蔵PiNダイオードの電圧　$V_{PiN} = V_{SBD} + V_{広がり}$

低く抑えることで内蔵PiNダイオードの動作を不活性化



V_{SBD} :内蔵SBDの電圧

$V_{広がり}$:電流広がり領域の電圧

V_{PiN} :内蔵PiNダイオードの電圧

$V_{ドリフト}$:ドリフト層(耐圧保持層)の電圧

SWITCH-MOSのコンセプト

トレンチMOSのトレンチ側壁にSBDを内蔵することで、内蔵SBDの効果に加え、

･SBD内蔵に伴うセルピッチ増大無し
･埋め込みpベース層がJBS構造として機能

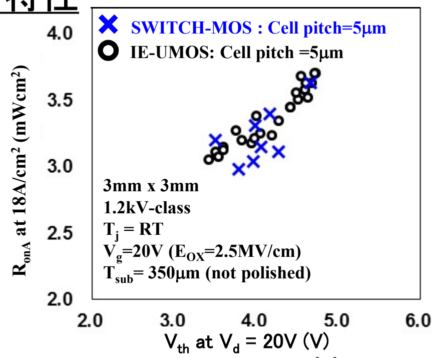
IEDM2017発表(2017/12/4)、プレス発表(2017/12/5)

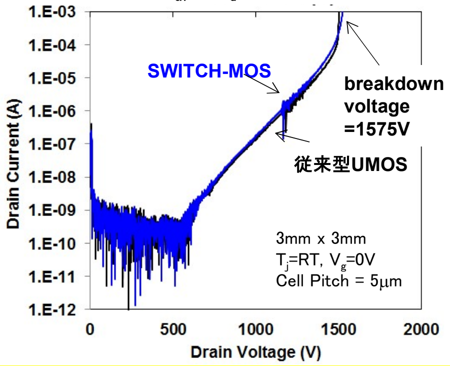
平成29年度の主な研究成果 1-(3)

AIST　エネ環領域

試作チップの特性

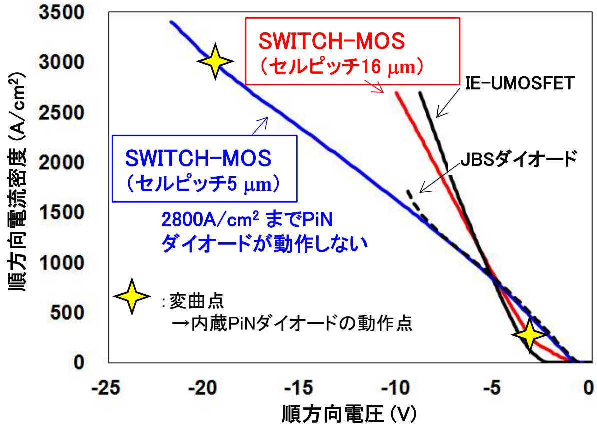
MOSFET特性





- 5μmピッチIE-UMOSと同等のR_{onA}-V_{th}、耐圧を達成。

ボディダイオード特性



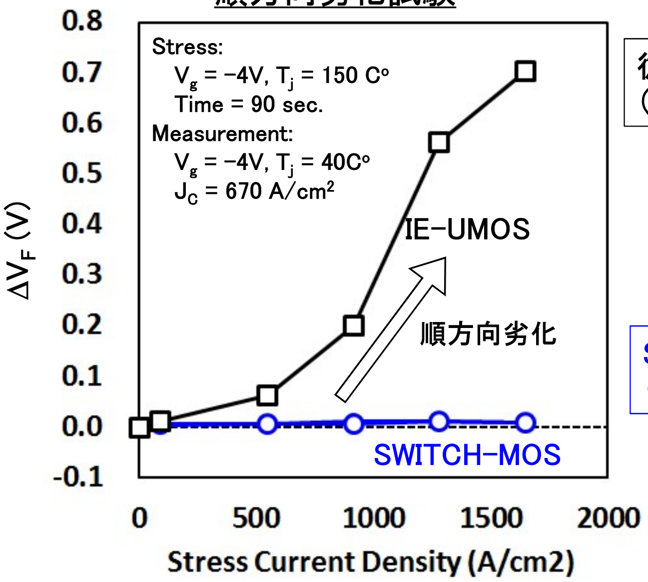
- 5μmピッチSWITCH-MOSで超大電流（2800A/cm²）までPiNダイオード動作の抑制を実現

平成29年度の主な研究成果 1-(4)

AIST　エネ環領域

順方向劣化試験

順方向劣化試験



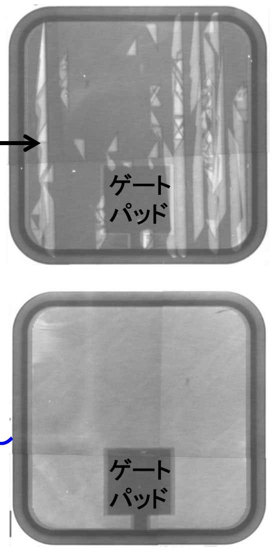
ストレス後のPL像

従来型UMOSFET
（セルピッチ 5μm）

白色に見えるのは
拡張した積層欠陥

SWITCH-MOS
（セルピッチ 5μm ）

積層欠陥の拡張無し



5μmピッチSWITCH-MOSでは、1600A/cm²（ストレス装置限界）でも積層欠陥の成長無し

定格電流の約8倍と極めて高い電流でも積層欠陥の拡張による順方向劣化抑制

AIST
平成29年度の主な研究成果 2
エネ環領域

6インチSiCパワーデバイス一貫プロセスラインが本格稼働

【背景・課題】
- 世界的には6インチSiCウエハでの量産が開始
  ⇐ SiCパワーデバイス／パワエレの普及促進が目的。
  米国：AlbanyのCNSE（NY-PEMCプロジェクト）や
  X-Fab（Power Americaプロジェクト）に公的資金投入
  SiCデバイスの量産技術開発とそれを活用したパワエレ応用開拓
- 企業のSiCパワーデバイス最先端実用化開発に貢献できるよう、西事業所スーパークリーンルーム(SCR)棟に、6インチSiCウエハに対応できるSiCデバイスプロセスラインを構築、デバイス試作を開始 。
  ⇐ 企業からの要請、TIAパワエレマネージンググループでの議論

写真1
SCRに構築された6インチSiCウエハ対応のデバイス試作ライン

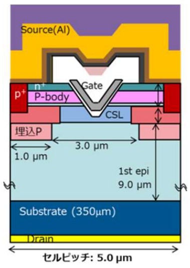


図1 VMOSの断面図

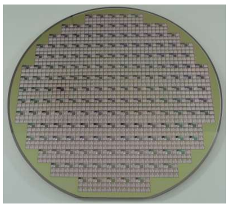


写真2 VMOSが試作された6インチSiCウエハ

【平成29年度の成果】
- 構築したSCR 1500m²側に6インチSiCウエハ用のパワーデバイス試作ライン（写真1）で、量産試作のための要素レシピの整備／高度化を推進。
- 1200V級VMOS（図1）の6インチでの一貫量産試作プロセスを開発。試作デバイスチップを写真2に示す。
- 6インチSiCウエハを用いた量産レベルの耐圧1200V級VMOSで良好な特性を確認。試作VMOSの電気特性を図2に示す。

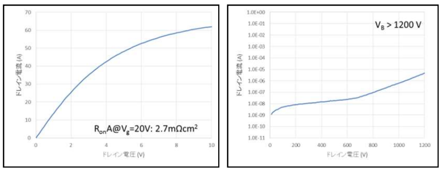


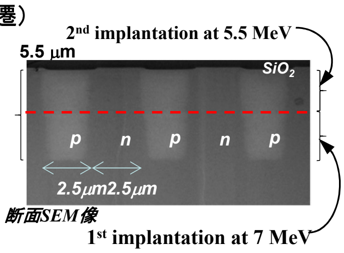
図2 1200V級VMOSの電気特性
順方向特性　逆方向特性

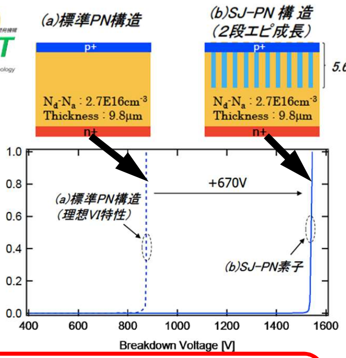
【成果の意義・展開】
- 6インチSiCウエハを用いたデバイス試作レシピの整備
  ⇒量産試作されたVMOSを応用側へ提供できる体制が整った。
  ⇒高性能SiCパワーデバイスチップを用いたパワエレ機器の迅速な開発促進
- レシピ・ノウハウ登録8件（予定）

AIST
平成29年度の主な研究成果 3-（1）
エネ環領域

究極のSiCユニポーラ素子実用化に向けたスーパージャンクション(SJ)構造の開発

【背景・課題】
- スーパージャンクション（SJ）素子
  ⇐ 究極のユニポーラパワー素子（Siパワー素子の変遷）
- 作製法：
  マルチエピ法（イオン注入とエピの繰返し）
  ⇐ 1kV級で原理実証済み
  （PNダイオード、トランジスタ動作）。
  しかしMeVイオン注入のため量産性に難。
  トレンチ埋戻し法（トレンチ形成後に埋戻しエピ）
  ⇐ 耐圧6.5kV、オン抵抗半減を目標に研究開発中





◆ トレンチ埋戻しSJ技術開発項目
1. 深いトレンチ形成（形状制御） ⇒ 2. 埋戻しエピ成長（濃度制御） ⇒ 3. 平坦化（制御性、再現性） ⇒ 4. デバイス設計（実構造を踏まえた設計）

【平成29年度の成果】
- 6.5kV耐圧SJウェハの最適構造を決め（部分SJ構造）、その良好な作製プロセス確立。
- トレンチ埋戻し法による耐圧6.5kV設計のSJウエハを用いてドリフト抵抗及び耐圧評価用素子を試作し、そのSJ効果の基本特性を取得（世界初）。
  ドリフト抵抗評価用素子の実測結果から、通常構造素子に対してオン抵抗を半分以下とできる見込みを得た。
  耐圧評価用素子では耐圧構造の濃度依存性がシミュレーション結果と良く一致し、設計通りのSJ構造形成を確認。

【成果の意義・展開】
- 6.5kV耐圧SiCスーパージャンクションMOSFET（当該電圧領域での究極の低損失化）実現に目処。
- 誌上発表4件、学会発表8件（第4回先進パワー半導体研究会招待講演、IEDM2017を含む）、特許4件

AIST　平成29年度の主な研究成果 3-（2）　エネ環領域

6.5kV-SJドリフト層の形成と電気特性評価

【埋戻しエピ成長技術】

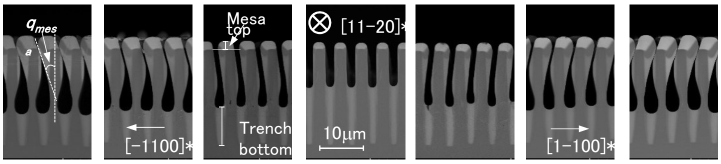
耐圧6.5kV用のSJドリフト層の形成には25μm以上のpnピラー構造の形成が必要

実用化には、埋戻しエピ成長の確実な均一化、高速化が必須

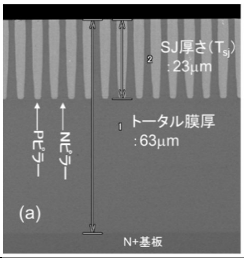
成長圧力増加とH_2流量低減により4倍程度の、埋戻し高速化に成功

再成長部のチルト角はトレンチ方位角に大きく依存

3時間トレンチ埋め込み再成長後の断面SEM像

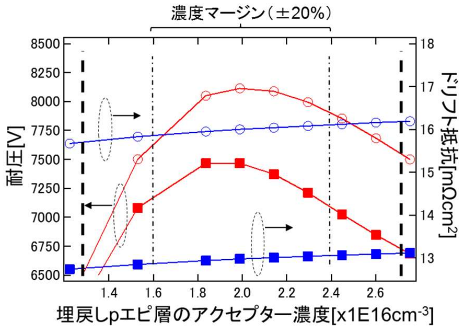


(a) q_{trench}=−2.0°　(b) −1.5°　(c) −1.0°　(d) −0.5°　(e) 0°　(f) 0.5°　(g) 1.0°



埋め込み再成長による6.5kV対応SJドリフトウェハ（部分SJ構造）の形成

耐圧シミュレーション（設計値）



ドリフト抵抗評価用素子の実測に基づくオン抵抗の推定値

$R_{on}A = R_{drift} + R_{sub} + R_{ch} + R_{JFET}$

オン抵抗　ドリフト＋基板抵抗　チャネル+JFET抵抗

実測値

@RT：18mΩcm² = 13 + 5

@175℃：50mΩcm² = 44 + 5.5

175℃でのオン抵抗半分以下（64%減）

（3"ウエハ面内ばらつき：1.5-2%）

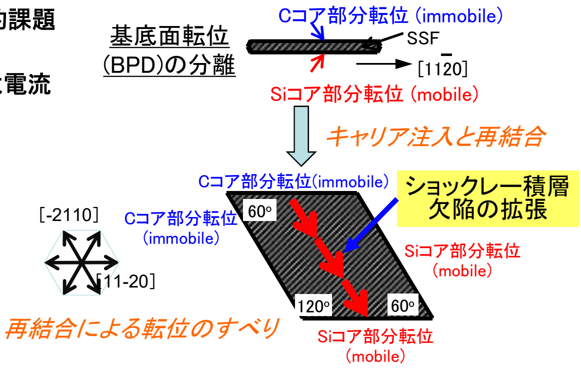
AIST　平成29年度の主な研究成果 4-（1）　エネ環領域

SiCバイポーラデバイスのボトルネック順方向劣化の原理把握と抑制策提示

【背景・課題】

- SiCバイポーラ素子(IGBT, PiNダイオード等)信頼性の課題
  ⇒基底面転位の拡張に起因する順方向劣化 ⇐ SiC pn接合の本質的課題
- 通常の対応策：基底面転位の刃状転位への変換
  ⇐ 1.2kV級のMOSFETにおいても、内蔵ボディダイオード動作時に大電流密度では大きな順方向劣化
- 学理面からのメカニズム解明と本質的対応策が求められている。

順方向劣化とは？
基底面転位からのショックレー積層欠陥の拡張

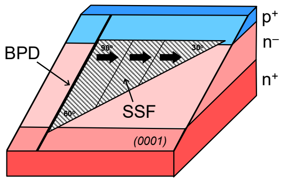


【平成29年度の成果】

- 劣化現象の詳細な現状把握と原因究明を行い、基板に存在する変換前の基底面転位にホールが到達することにより転位が拡張することを見出した。
- 対策として基板に到達するホール密度を抑制する再結合再結合促進層を発案 ⇐ 高濃度ドーピング等でホール寿命を減少させる。
- 1e19、5umの再結合促進層を用いることにより、4,400A/cm²の大電流密度でも順方向劣化を抑制できることを実証。

PiN ダイオード中のシングルショックレー(SSF)積層欠陥の拡張

- キャリア寿命の減少
- リーク電流パス
- 順方向劣化（抵抗増加）

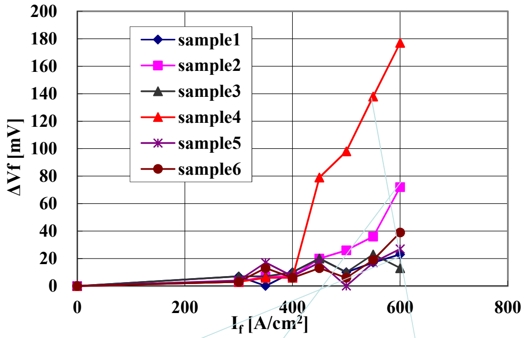


【成果の意義・展開】

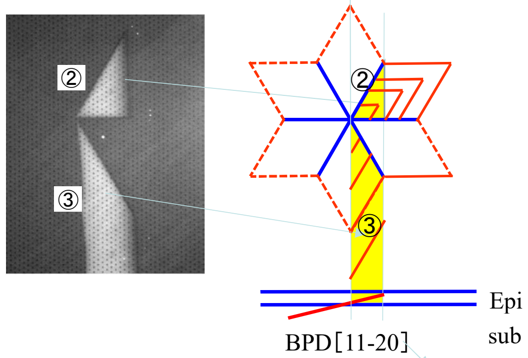
- バイポーラ素子やMOSFETボディダイオードの信頼性確保のための方策提示 ⇐ SiC pn接合の本質的課題解決に目処
- 今後、不純物添加による再結合促進層薄膜化等の開発及び、p基板に対する検討を進め、実デバイスでの抑制効果を確認。
- 論文発表：16件、学会発表：19件（ICSCRM2017 Keynote招待講演。応用物理学会奨励賞講演。第4回先進パワー半導体講演会招待講演を含む）
- 関連特許：15件（2017年度：6件）

ボディダイオードの順方向劣化

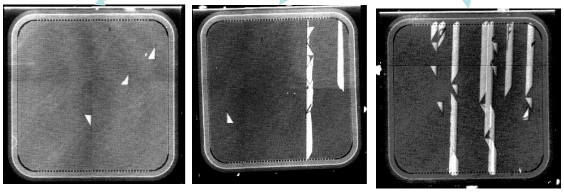
350A/cm² <(23A)で劣化



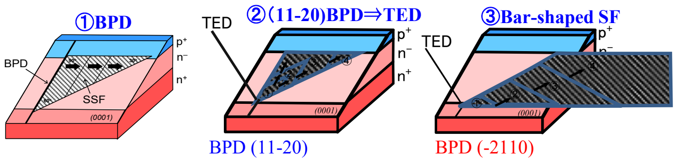
バー型積層欠陥のモデル



PL観察



420nm



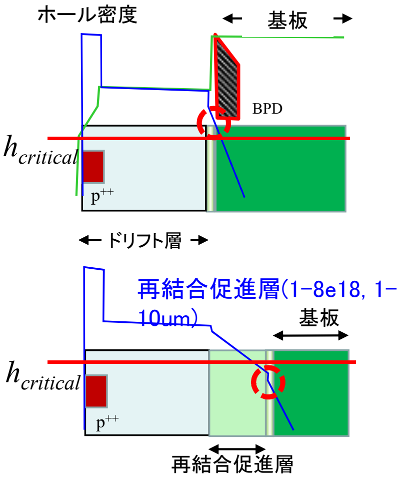
・順方向劣化は、高耐圧バイポーラデバイスだけの問題ではない

- 劣化現象の詳細な現状把握と原因究明を行い、基板に存在する変換前の基底面転位にホールが到達することにより拡張することを見出すと共に、劣化を引き起こす諸条件を明確化した。

再結合促進層による順方向劣化抑制

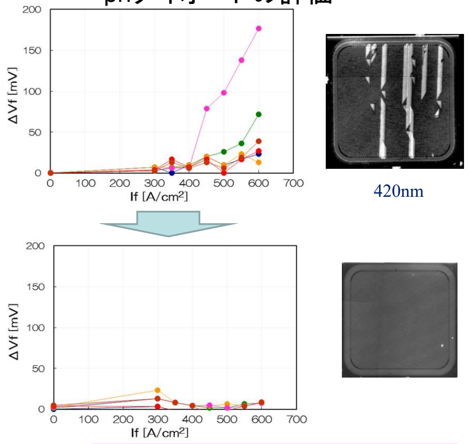
積層欠陥拡張を抑制するには ➡ 再結合促進層 によって基板に到達するホールを減少させる
即ち、少数キャリア寿命を減少させる

積層欠陥拡張をもたらす



再結合促進層により
ホール密度を減少

pnダイオードの評価

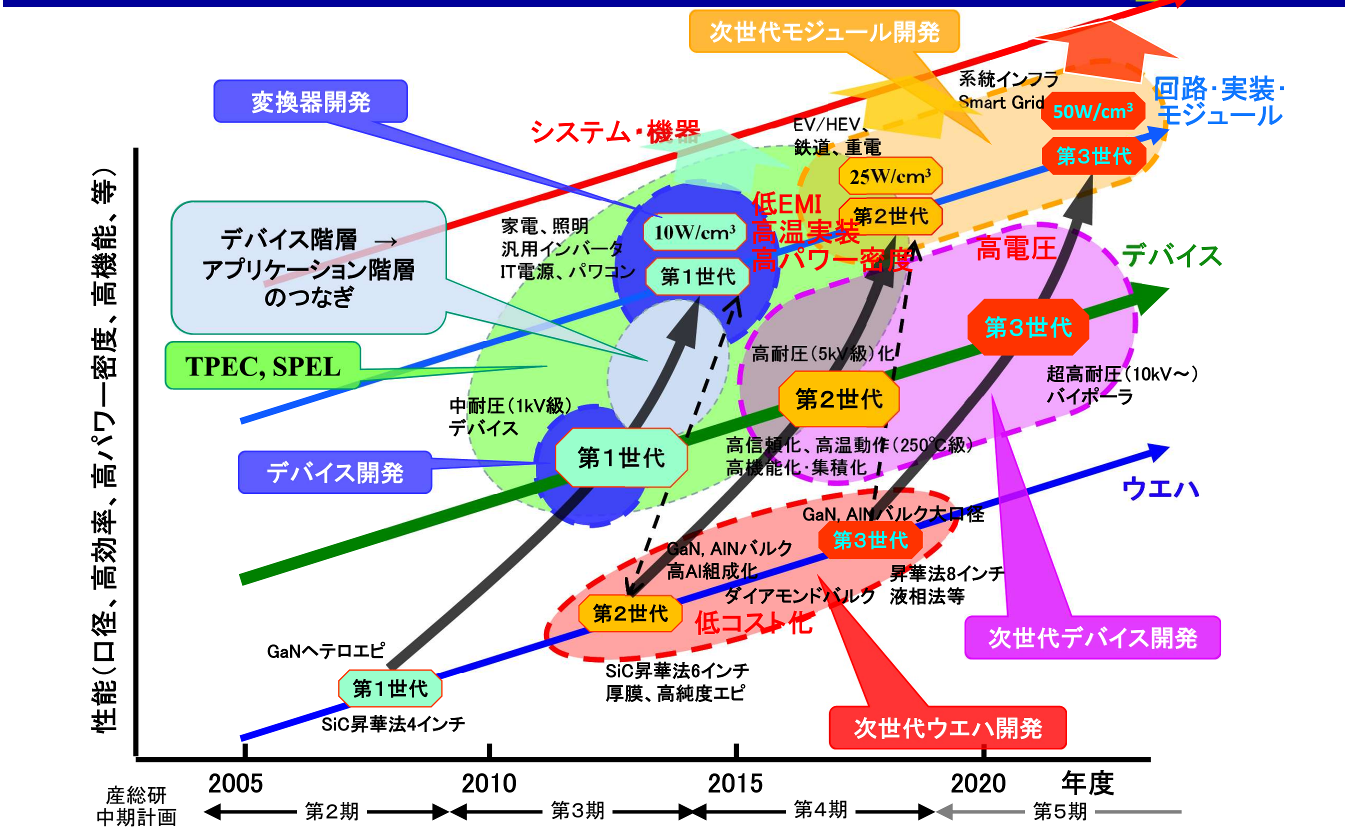


・再結合促進層：1e18, 10μm
⇒ 600 A/cm² まで劣化無し

- 順方向劣化抑制策としての再結合再結合促進層を発案し、その効果を定量的に確認した。（ウェハG／デバイスGの連携成果、国プロにおける産学官連携All Japan体制の成果）

先進パワーエレクトロニクスロードマップ

AIST　エネ環領域



技術を社会へ—Integration for Innovation　125　国立研究開発法人 産業技術総合研究所

まとめ

AIST　エネ環領域

AIST パワエレR&D活動の現状

	目的基礎	橋渡し前期	橋渡し後期
ウェハ	○	○	
デバイス	○	○	○
回路·実装モジュール	○	○	△

SWITCH-MOS
6インチ量産試作ライン

6.5kVスーパージャンクションデバイスの開発

SiCバイポーラデバイス動作の
ボトルネック：順方向劣化

ご静聴ありがとうございました　！

技術を社会へ—Integration for Innovation　126　国立研究開発法人 産業技術総合研究所

ご清聴有難うございました

AIST
エネ環領域

2.「橋渡し」のための研究開発
– 別添資料 –

本資料中のリストに記載した平成29年度の主な成果のうちプレゼンでご紹介できなかった成果につきましては、こちらの別添資料に概要を掲載しています。

− 別添資料 −

（１） 「橋渡し」につながる目的基礎研究

目的基礎研究（創エネ）

バイオマスからパラフィン系ジェット燃料の製造

【背景・課題】

- 現在、航空機燃料からの二酸化炭素排出削減への取り組みが世界規模で始まりつつある。これにともない、バイオジェット燃料の生産能力の大幅な向上が不可欠である。
- 本研究課題では、植物油、藻類生産油、バイオ合成ガス、バイオエタノールなどの様々なバイオマスから、従来のジェット燃料と同様の成分を持つパラフィン系バイオジェット燃料の製造を行っている。

【平成29年度の成果】

- 脱酸素反応に高性能なAIST触媒Aを開発し、長鎖脂肪酸エステルの混合物であるユーグレナ油分子中の酸素原子を全て取り除き、$C_{10}H_{22}$〜$C_{15}H_{32}$パラフィンに転換することに成功した。
- 同様にAISTで開発した高性能触媒Bにより、炭素数が29個のオレフィン$C_{29}H_{48}$であるボトリオコッカス油をパラフィン$C_{29}H_{60}$に変換し、さらに、$C_{29}H_{60}$分子を炭素鎖の中央で分解させ、$C_{10}H_{22}$〜$C_{15}H_{32}$パラフィンにすることも可能とした。

【成果の意義・展開】

・AIST触媒を開発して、藻類生産油のユーグレナ油とボトリオコッカス油からのジェット燃料留分パラフィン（C10H22〜C15H32）への変換に高収率（70%以上）で成功した。

【アウトプット】

- Catalysts, 7, 333 [IF: 3.082].

ユーグレナ油：
$C_mH_{2m+1}COOC_nH_{2n+1}$ (m, n = 11 − 16)

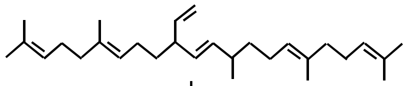
脱酸素 ↓ AIST触媒A

ジェット燃料パラフィン

AIST触媒Aを開発し、ジェット燃料パラフィン$C_{10}H_{22}$〜$C_{15}H_{32}$の収率は70%を超えた。

図1 ユーグレナ油からジェット燃料の製造

ボトリオコッカス油：$C_{29}H_{48}$



水素化分解 ↓ AIST触媒B

ジェット燃料パラフィン

AIST触媒Bを開発し、ジェット燃料パラフィン$C_{10}H_{22}$〜$C_{15}H_{32}$の収率は70%を超えた。

図２ ボトリオコッカス油からジェット燃料の製造

AIST

目的基礎研究（創エネ）

エネ環領域

超臨界地熱資源によるGW級発電技術の開発

【背景・課題】

- 海洋プレートの沈み込み帯で発生し、古火山・古カルデラの地下数kmで冷却過程にある高温の岩体内部に、超臨界状態にある地熱資源が大量に（数百GW以上の発電容量に相当）存在する可能性が示唆されてきた
- 地熱チームの研究者は国内研究者のリーダーシップを取り、FY28までに可能性検討、超臨界地熱資源開発のためのロードマップ策定を行ってきた

【平成29年度の成果】

- NESTI2050ロードマップに従いNEDOプロジェクトとして、国内12組織からなる研究グループを統率し、「詳細実現可能性検討」として、(a)超臨界水の状態把握、及びシミュレーション技術の検討、(b) 材料・機器の検討、(c) 経済性調査、(d) 環境影響の最小化と安全性確保に関する検討を実施中（FY29末まで）

【成果の意義・展開】

- 実現可能性の明示と研究開発課題の明確化を行う
- **2050年頃の実用化を目指し、CO_2排出量の大幅削減やエネルギーセキュリティ確保等につなげる**

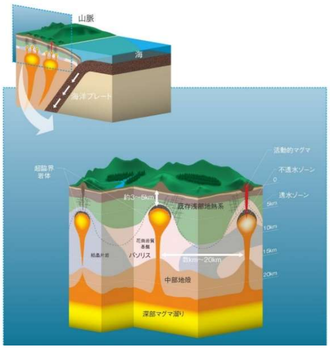


図１　東北地方の典型的超臨界地熱システムモデル

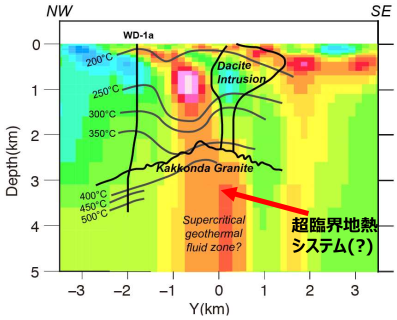


図２　自然電磁波を用いた深部地下構造探査結果

AIST

目的基礎研究（省エネ）

エネ環領域

高性能硫化物熱電材料の開発

【背景・課題】

- 工場排熱等の未利用熱エネルギーから熱電発電で電力回収するためには、高性能で低コストの熱電材料の実現が求められている。
- しかしながら、これまでに開発・利用されてきた材料の多くはテルル等の希少金属や鉛、アンチモン等の毒性に懸念のある元素を含んでいるため、元素代替の材料技術開発が必要であった。

【平成29年度の成果】

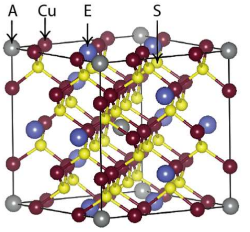
- 平成28年度に発見した、資源制約の少ない元素である銅（Cu）と硫黄（S）が主成分のコルーサイト（$Cu_{26}A_2E_6S_{32}$ (A = Nb, Ta; E = Sn, Ge)）において、化学組成の調整により更なる性能の向上を達成した。
- E（Sn, Ge）組成の最適化により、約400℃（673 K）において、熱電性能指数ZT～1を達成した。実用化の目安といわれるZT～1を、資源制約の少ない元素を主成分とした材料で達成した意義は大きい。

【成果の意義・展開】

- **低コストかつ資源制約の少ない高性能p型熱電材料を実現した本成果は、本格的な量産への対応が可能な熱電材料の開発に道を開くものである**

【アウトプット】

- Journal of Materials Chemistry C [IF:5.256], 5, 4174. 等論文6報。
- 特許PCT出願1件　・ 国際会議ポスター賞受賞1件
- 国内招待講演3件　・国際会議招待講演2件



$Cu_{26}A_2E_{6-x}S_{32}$ (A=Nb, Ta; E=Sn, Ge)

図１　コルーサイトの化学組成と結晶構造
J. Mater. Chem. C, 2017, 5, 4174

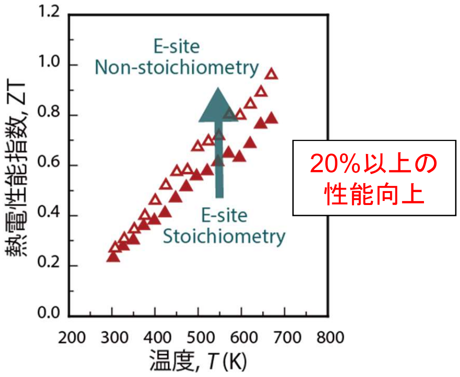


図２　E組成の最適化による熱電性能指数ZTの向上
J. Mater. Chem. C, 2017, 5, 4174

AIST　# 目的基礎研究　エネ環領域

超高感度SIPによる1,4-ジオキサン分解菌の同定

【従来の経緯】

- 石油化学工業、鉄鋼業、食品加工業等で生じる**実産業廃水の水処理プロセス**を新規構築・安定化・効率化するため、**次世代シークエンサー**を用いて1ランで1000万種を同定する大規模微生物種同定技術により、プロセス中の菌叢を網羅的に解析。
- 安定同位体追跡法（SIP）に次世代シークエンサー解析を融合させることで、従来法比の500倍の**超高感度SIP**を開発。環境に残留する微量汚染物質分解菌の追跡が可能に。

【平成29年度の成果】

- 近年排水基準が見直された**残留汚染物質「1,4-ジオキサン」**を処理する活性汚泥プロセス中で、超高感度SIPにより100万種以上の微生物の中から**新規な1,4-ジオキサン分解菌**を同定。

【成果の意義・展開】

・水処理プロセスの高活性維持管理法を提案

【アウトプット】

- Chemical Engineering Journal [IF: 6.216], **331**. 等論文４報
- 国内特許１件
- 資金提供型共同研究１件

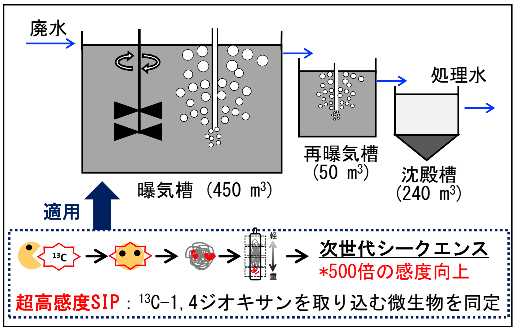


図１

非公開

図２

AIST　# 目的基礎研究（安全・物質循環）　エネ環領域

選鉱性総合評価装置（CAMP）の開発

【背景・課題】

- 単体分離は天然鉱山・都市鉱山の物理選別における最重要因子であり、豪米は2000年以降に開発した単体分離分析装置MLAの普及により鉱山開発の主導権を握っている。
- MLAを含め、古典的概念の高速処理に留まっていた技術の革新を目指し、H27～H28のJOGMEC先導研究を実施。細粒子の**僅かな元素組成比の違いで鉱物判定が可能な単体分離分析**技術と、研磨面上の**2D画像を元に3D推定値に変換**できる計算システムのベースを構築。

【平成29年度の成果】

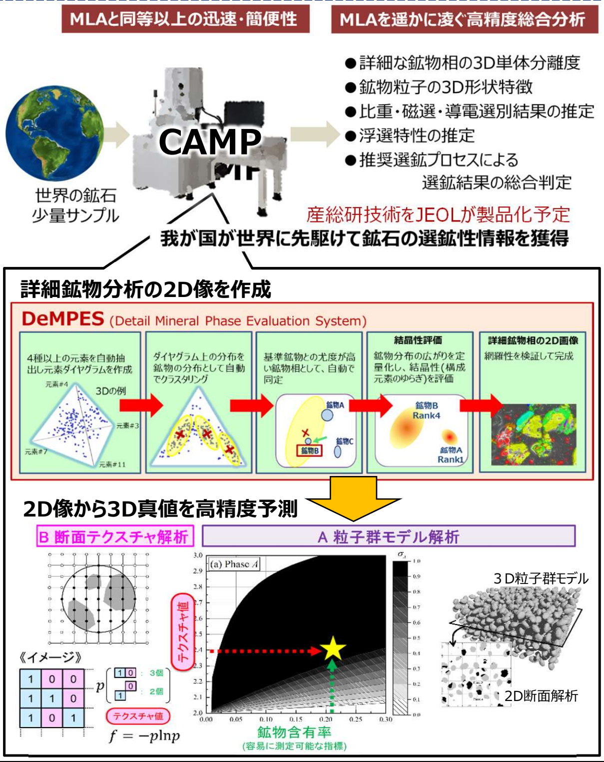
- 先導研究の成果により、単体分離のみならず3Dベースで選鉱性を評価し、**MLAを遥かに凌ぐ高精度総合分析が可能なCAMPの開発**を始動。純国産での製品化に向け、日本電子(JEOL)との連携の下、H29～JOGMECプロを開始。
- **詳細鉱物相評価システムDeMPESの概念を構築**、また、2D画像と3D実態の誤差を解消する網羅的粒子群モデル解析により、誤差の定量的な全体像を初めて解明。

【成果の意義・展開】

・世界に先駆けて鉱石の選鉱性情報を獲得

【アウトプット】

- Advanced Powder Technology [IF: 2.659], **28**. 等論文4報
- 国内特許出願2件



水素エネキャリのリスク評価

【背景・課題】

水素エネルギーキャリア利用に向けた規制緩和を目的に、**事故シナリオ、暴露シナリオ、被害・リスク推定からなる評価を実施**している。水素・エネルギーキャリア候補物質のメチルシクロヘキサンとアンモニアを対象に解析を行った。

【平成29年度の成果】

（1）手法・ツールの構築

ベイズ推定による水素ステーション**事故での漏洩頻度推定手法を確立**した。また、化学物質漏洩による急性健康リスク評価のために、**急性影響評価ツールを構築**した。

（2）スクリーニング評価

水素とトルエン等のエネキャリ漏洩事故による爆風圧・火炎・急性影響のリスクに関するスクリーニング評価を完了し、**詳細に評価すべき主要な事故シナリオを抽出**した。

（3）詳細なリスク評価

水素ステーション内のディスペンサー周辺を対象に、イベントツリー解析におけるパラメータの不確実性解析とともに、**漏洩事故に関わるリスク許容レベルと現行法の規制レベルとを比較**した。

【成果の意義・展開】

- **離隔距離見直しを求める業界からの期待に応え、水素ステーション建設コストの低下と燃料電池車普及の加速につながる**

【アウトプット】

- 安全工学 55-4 (2017).
- Int.J.of Hydrogen Energy 42.
- 水素エネルギーシステム 42-3 (2017).

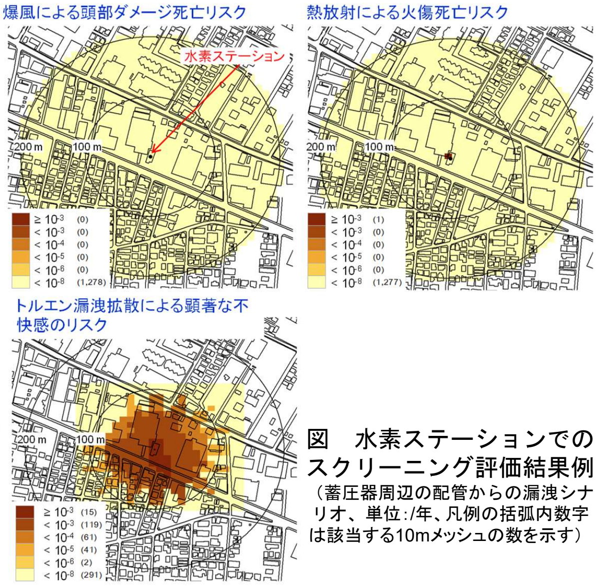


図　水素ステーションでのスクリーニング評価結果例
（蓄圧器周辺の配管からの漏洩シナリオ、単位：/年、凡例の括弧内数字は該当する10mメッシュの数を示す）

－ 別添資料 －

（２）「橋渡し」研究前期における研究開発

AIST

橋渡し前期研究（創エネ）

エネ環領域

気象モデル及びライダー観測による風況推定手法の開発・実証

【背景・課題】

- 平成29年3月、人口衛星観測値および高解像度な気象シミュレーションに基づく新たな洋上風況マップが公開
- 洋上風力開発の次のステップを見据えて低コストでバンカブルな風況情報取得するための研究開発（実測・シミュレーション高度化）をスタート

【平成29年度の成果】

- 陸上のライダー実測値を気象モデルによるシミュレーションに取り込む手法を開発（ライダー観測値ナッジング手法：図1）
- 波崎海洋研究施設で陸上及び洋上ライダー同時観測を実施し、そこで得られた実データを用いてライダー観測値ナッジングの効果を検証（図2）
- ライダー観測値ナッジングによる風況推定精度は、設備利用率（理論値）の推定精度を+4.9%から-0.1%まで大幅改善

【成果の意義・展開】

- 経産省受託研究1件（革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業『3DライダーとAIによる風況フルスキャニング手法の開発』）

・実測データとシミュレーションを融合することにより、低コストで洋上風力資源の推定が可能に

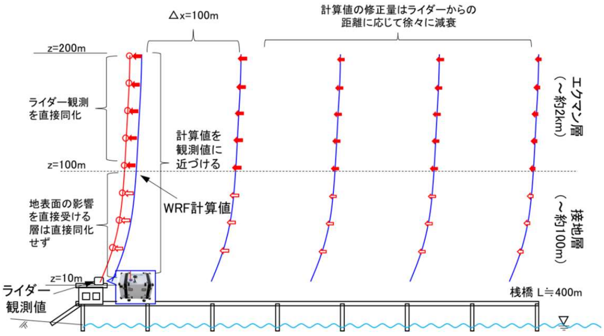


図１ ライダー観測値ナッジングによる海上風推定

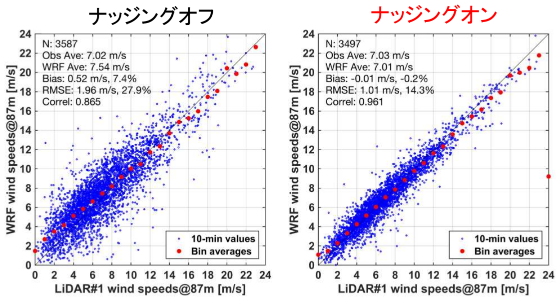


図２ ライダー観測値ナッジングオン・オフ時における計算値と観測値との比較

AIST

橋渡し前期研究（蓄エネ）

エネ環領域

固体酸化物エネルギー変換先端技術コンソーシアム(ASEC)の活動

【背景・課題】

- 産総研がハブとなり、複数企業・大学との共同研究で、電気化学エネルギー変換先端技術開発（燃料電池SOFC–電解技術SOEC)を推進
- 従来比10倍の電極反応速度・高出力密度を達成する技術を創製（1社でできない先端・革新技術を開拓：コストシェア、リスクシェア）
- 当該技術の開発方向性の技術シナリオを議論・構築
- 従来の共同研究・国プロの枠を超えて様々な連携を可能とするインターフェースに

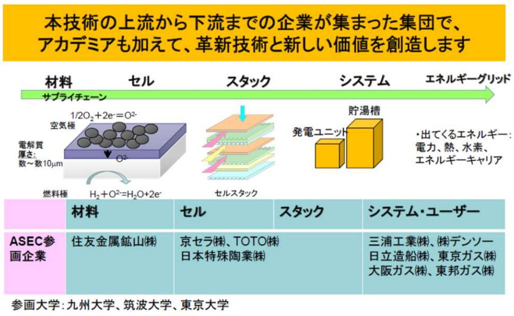
【平成29年度の成果】

- 企業10社、大学3機関、産総研の14機関で活動
- 産総研内では、分野を超えて研究者を結集させ、固体酸化物エネルギー変換先端技術ラボ(ALSEC)を結成
- 特異電極材料創製に関し、ノウハウ登録1件。
- ASECをきっかけとして、個別共同研究に進展
- 戦略シナリオ検討などで、燃料電池–電解技術の将来を議論、意見合意により、次期国プロジェクトなどへの展開容易に
- 研究開発予算：約2,500万円/年

【成果の意義・展開】

- **産学官連携の新しい試みでの活動の活発化**

固体酸化物エネルギー変換先端技術コンソーシアム(ASEC)及びラボ(ALSEC)での産学官連携推進イメージ



当該分野の上流から下流までの企業が集まり、開発を推進

橋渡し前期研究（蓄エネ）

エネ環領域

燃料電池自動車および水素ステーションの低コスト化を目指した、高圧水素ガス中材料試験技術の開発

【背景・課題】

・金属材料の水素脆化を正確に評価するための材料評価技術を確立させ、燃料電池自動車や水素ステーションなどの高圧水素ガス利用機器に使用される金属材料の選択肢を広げることで、これら機器の低コスト化と普及を促進するとともに、水素適合性試験法の国際標準化に貢献する。また、材料に与える水素の影響について解明を進め、理想的な水素材料開発のための材料設計指針を明らかにする必要が有る。

【平成29年度の成果】

・燃料電池自動車用金属材料の高圧水素ガス中での水素適合性試験方法を明らかにするために、高圧水素ガス中、室温、低温での材料試験を実施し、−80℃、100MPa水素中での疲労試験データを世界で初めて取得した。また、取得したデータを基に、北米の燃料電池自動車規格(SAE J2579)の改訂案作成に寄与するとともに、国連の世界技術規則(Global Technical Regulations; GTR13 Phase2)のワーキンググループで日本案の根拠となるデータとして公表を予定(2018年2月)している。また材料に与える水素の影響を解明するために、走査型表面ポテンシャル顕微鏡(Scanning Kelvin Probe Force Microscopy : SKPFM)を用いて、SUS304の水素拡散特性と結晶方位の関係について明らかにした。

【成果の意義・展開】

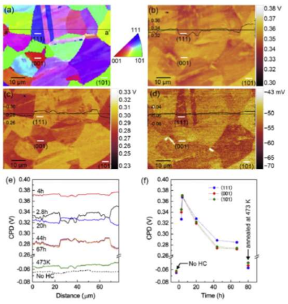
・燃料電池自動車および水素ステーションの社会導入を進める上で重要な知見

【アウトプット】

- Scripta Materialia Vol. 131 (2017) 47–50.

水素圧力：140MPa
試験温度：−80～90℃
材料試験項目
・低歪み速度引張試験
・疲労寿命試験
・疲労き裂進展試験
・破壊靱性試験

水素適合性試験法作成用材料試験装置の概要



KFMを用いたSUS304の表面ポテンシャル像の結晶方位依存性、Scripta Materialia Vol. 131 (2017) 47–50.

橋渡し前期研究（省エネ）

エネ環領域

高温超電導線材の開発

【背景・課題】

- 液体窒素温度で超電導を示す希土類系超電導線材は、多くの応用への展開が期待されている。
- 実用化には、低コスト化とともに高温高磁場中での特性向上や低損失化等の高性能化が求められている。

【平成29年度の成果】

- 化学液相法による高性能化技術開発：昨年までに開発した極薄塗布MOD（金属有機化合物分解）法において、人エピン止め点（人エピンと略す）材料の選定とその添加量を増加により世界最高臨界電流密度を達成（図1と2）。
- パルスレーザー蒸着法による高性能化技術開発：人エピンの高濃度添加で臨界温度低下の抑制に成功し、極薄非超電導層の挿入により、臨界電流の印可磁場方向依存性の等方化に成功。
- 高磁場コイル用低損失構造線材の研究開発：PLD法による人エピン添加線材において面プルーム法を導入し、2次元的な特性均一化に成功。また、複数レーザー法によるスクライビング加工技術の高速化に着手。

【成果の意義・展開】

・低コスト型高温超電導線材で世界最高の磁場中臨界電流密度を実現して、高温超電導の実用化を促進

【アウトプット】

- Superconductor Science and Technology [IF: 2.878], **858**, 1066, NPG Asia Materials [IF: 9.157] **9**, e447. 等論文15報
- プレス発表（4月14日）　・CEC-ICMC(米）等国際会議招待講演7件

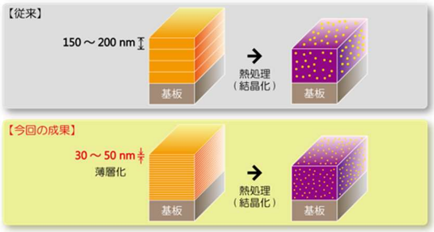


図１　極薄塗布MOD法の概念図。（新聞発表資料）

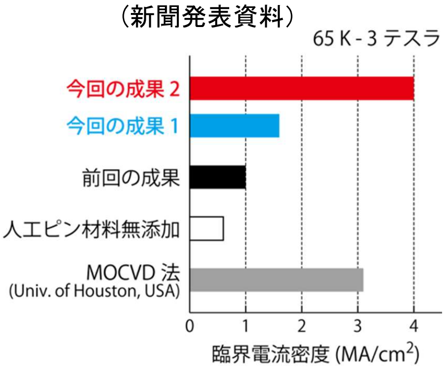


図２　65K, 3Tにおける磁場中臨界電流密度(J_c)の比較。（新聞発表資料）

AIST

橋渡し前期研究（エネ資）

エネ環領域

メタンのベンゼンへの流動層直接転換触媒及びプロセス開発

【背景・課題】

- 活性低下が少なく、十分な強度を有するMo/HZSM-5触媒に注目し、メタンのベンゼンへの流動層転換プロセスの開発を実施してきた。
- バインダーフリー流動層触媒を開発するとともに、常圧二塔式循環流動層反応器によるメタンのベンゼンへの連続転換にも成功した。
- 加圧単塔流動層反応器を用いてに操作圧による当該触媒転換反応の影響も明らかにし、加圧条件下においても平衡に近いベンゼン収率を得ることが可能であることを確認した。

【平成29年度の成果】

- 反応速度を大幅に向上できる加圧下(0.3 MPa)で 単塔流動層において、平衡に近いベンゼン収率（約10%）を得るのに最適な触媒層高が存在することを確認した。
- 原料メタンへの2%程度のCO添加による触媒性能の安定化効果も確認した。

【成果の意義・展開】

・触媒プロセスによる化学基幹原料であるベンゼンの直接製造技術の開発に大きく前進

【アウトプット】

- 触媒（Catalysts and Catalysis）, 59, 307 (2017).　・ 依頼講演1件

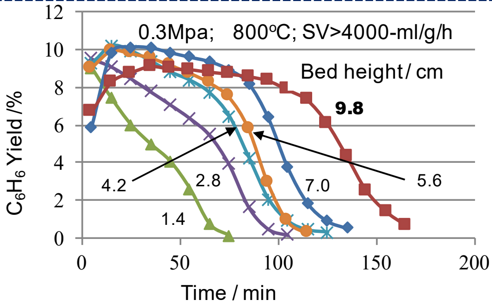


図1　異なる触媒充填量（層高）における単塔流動層でのベンゼン収率及び安定性への影響

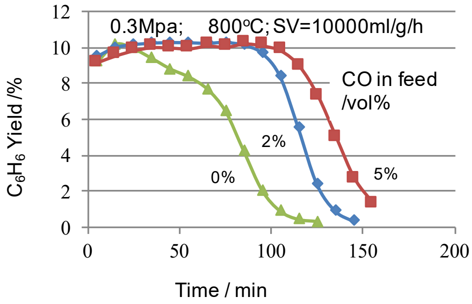


図2　単塔流動層におけるCO添加によるベンゼン収率安定性への促進効果

AIST

橋渡し前期研究（エネ資）

エネ環領域

長期安定生産のための出砂対策技術の開発

【背景・課題】

- 第1回海洋産出試験において、出砂現象によって生産を中止したことから、長期的に安定な生産を行うための出砂現象対策技術の確立が必要。
- これまでの数値シミュレーションを用いた検討によって、坑井近傍で生じた出砂現象の原因として、特定の地層でグラベル（砂利）が移動して砂が直接スクリーン（フィルター）に接する可能性などが示唆されており、新たに出砂対策用のスクリーンの設計・導入が必要。

【平成29年度の成果】

- 第2回海洋産出試験においてグラベルのように移動する恐れのない形状記憶ポリマーのスクリーンを連携機関とともに選定。大型室内出砂評価装置を用いた連続注水試験による性能・耐久性評価の事前検証を実施。
- 形状記憶ポリマーのスクリーンの出砂現象に対する有効性を実証。
- 同時に細粒砂の移動による目詰まりの可能性を示唆する結果も得られた。

【成果の意義・展開】

・第2回海洋産出試験の実施に貢献。さらに様々な条件で行った試験結果を通じ、出砂対策技術に関する知見を企業へ橋渡しした

【アウトプット】

- メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム(MH21)主催のMHフォーラム2017にて、ポスター発表。結果を関連企業と共有。

図1 大型出砂評価試験装置と（左上）出砂現象確認のための色付き土層

図2　試験後の土層内の様子：出砂現象がおきていないため色付き土層に乱れが観察されていない

AIST

橋渡し前期研究（エネ資）

エネ環領域

貯留層評価技術の高度化のための保圧コア評価技術の開発

【背景・課題】

- メタンハイドレートが分解しないように保圧した状態のコア取得が可能となり、2013年1月から2月において、米国地質調査所、米国ジョージアエ科大学と共に、保圧コア試験に関する解析技術の構築を進めてきた。
- さらに、保圧コアの解析結果などを反映した貯留層モデルを用いて、第1回海洋産出試験の観測結果の再現。

【平成29年度の成果】

- 連携機関が取得した物理検層結果と、産総研が開発した保圧コア評価装置で得られた水理・力学的なモデルパラメータなどを統合して、第2回海洋産出試験地に関する高精度な貯留層数値モデルを構築した。
- さらに、第2回海洋産出試験結果の検証作業で得られた知見に関して関連機関を通して企業と共有。

【成果の意義・展開】

- **第2回海洋産出試験の実施に貢献しただけでなく、ヒストリーマッチングを通して貯留層内の生産挙動に関するパラメータ設定などの技術に関して関連機関に橋渡しを行った。**

【アウトプット】

- Marine and Petroleum Geology [IF: 2.888], 86, 1.
- メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム(MH21)主催のMHフォーラム2017にて、ポスター発表。結果を関連企業と共有。

Photo by MH21

図1　第2回海洋産出試験の様子

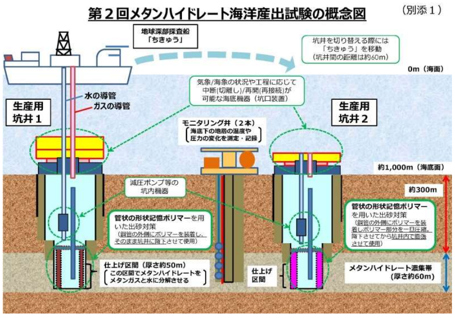


図2　第2回海洋産出試験の概念図

http://www.meti.go.jp/press/2017/06/20170606002/20170606002-1.pdf

AIST

橋渡し前期研究（安全・物質循環）

エネ環領域

自然力活用型坑廃水処理調査研究における微生物解析

【背景・課題】

- （独）石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）が開発を続けてきた自然力活用型坑廃水処理装置に、次世代シークエンサーを用いた大規模微生物種同定技術（1000万種/1ラン）を適用し、装置内の菌叢を網羅的に解析。
- 坑廃水の主成分である硫酸を還元することで、重金属イオンの沈殿除去に直接的に寄与する硫酸還元菌だけでなく、この菌に栄養分を供給する有機物分解菌の活性と、両者のバランスが重要であることを解明。

【平成29年度の成果】

- 実現場で稼働している複数の坑廃水処理装置を解析し、菌源である坑廃水や土壌の菌叢と比較することで、菌源中では希少な硫酸還元菌を、装置内で安定的に定着・増殖させていることを解明し、装置の実用性を証明。
- 耐酸性の硫酸還元菌がプロセスの鍵になること、およびその菌が坑廃水由来であることを解明。

【成果の意義・展開】

- **坑廃水処理装置の高活性維持管理法を提案**

【アウトプット】

- AMB Express [IF: 2.38], 7, 142.等論文2報
- 資金提供型共同研究1件

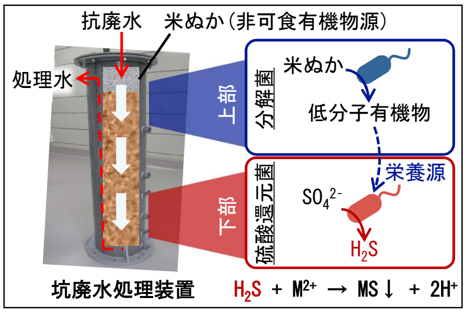
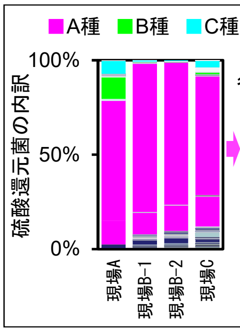


図１



	A現場	B現場	C現場
坑廃水	0.0037%	0.0093%	0.0045%
土壌	非検出	非検出	非検出

耐酸性の硫酸還元菌（A種）が鍵であり抗排水に由来する

図２

工場排水中アルキル水銀の分析法開発と国際標準規格提案

【背景・課題】

- 水銀に関する水俣条約が2016年に発効され、水銀関連の分析法の整備が求められている。
- **アルキル水銀は高毒性で環境基準等の法規制物質**であるが、現公定分析法のJIS K0102法は長時間・煩雑な操作が必要であり、また、水銀の水域への主な放出源の一つである工場排水試料への適用性が低いなどの課題がある。

【平成29年度の成果】

- フェニル化・トルエン抽出同時処理法により、工場排水中のアルキル水銀を分析妨害因子となる高濃度の無機および有機物から分離し、ガスクロマトグラフ質量分析を行うことで、既存の**JIS K0102法に比して高効率・短時間・簡便**な、工場排水中アルキル水銀の分析法を開発した。
- 本法はISO/TC147委員会にて**国際標準規格の新規提案が承認**された後、委員会原案が可決された。今後、標準規格発行を目指す。

【成果の意義・展開】

- **産業の安全管理の効率化、国内分析機器企業の海外展開、我が国主導の水俣条約の実効化**

【アウトプット】

- Analytical Science [IF:1.228] (2017年10月受理)
- ISO/TC147 規格新規提案、委員会原案可決 (2017年8月)

分析法	本研究法	従来法(公定分析法) JIS K0102
操作	アルキル水銀 ↓ フェニル化 /トルエン抽出 ↓ ガスクロマトグラフ (GC)-質量分析法	アルキル水銀 ↓ トルエン抽出 ↓ 水へ逆抽出 ↓ トルエン抽出 ↓ GC-電子捕捉型検出法
簡便・迅速さ	◎ ワンステップ, 30min	× 抽出3回, 3h
ロバスト性 (排水・海水試料)	○ 回収率100%±10%	△ 回収率65%

図１本研究法と従来法（公定分析法）との比較

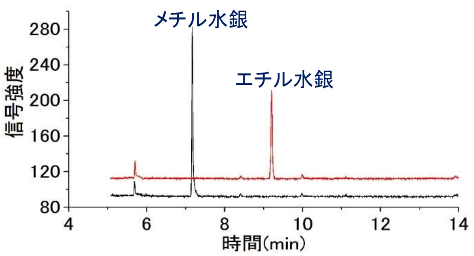


図２ アルキル水銀分析の例

資源安定供給のリスク要因分析

【背景・課題】

- レアメタル等の供給の不安定性が顕著になり、資源リスクの体系化と定量化が進められる。
- 確保に注力すべきクリティカルマテリアルのリストを、欧米政府は独自に作成。
- 鉱物資源基盤整備調査事業（鉱物資源課）に、検討会委員として参加。

【平成29年度の成果】

- 様々な資源リスク要因について、**要因間の相対的重要性を客観的視点で分析した初の研究**。約450件の供給障害事例を分析し、論文として成果を公開。
- 資源リスク要因が国ごと、鉱種ごとに違うことを明らかにし、**資源調達先ごとに異なるリスク対応の必要性**を示した。

【成果の意義・展開】

- **社会・環境条件を踏まえた広範なリスク要因分析による産業界・国の資源管理戦略策定を支援できる。**

【アウトプット】

- Resources Policy, [IF: 2.618], 55, 96-102, 2018.

鉱種	障害発生時期	発生エリア	事象	原因カテゴリ	影響カテゴリ
銅	1995.5.8-1995.5.19	Mt. Isla, AUS	ストライキに対するロックアウト	ストライキ	供給停止

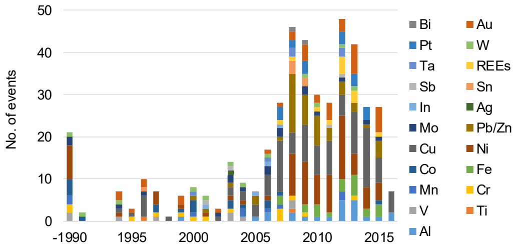


図1 450件の供給障害事例の分析

	CHN	AUS	CAN	CHL	ZAF	ZMB	IDN	USA	MEX	PER	PHL	COD
自然災害	17	15	3	10	2	0	2	2	2	0	4	0
事故	5	12	9	9	7	5	7	6	3	0	0	0
ストライキ	0	1	15	14	11	3	2	3	9	5	0	1
環境汚染	12	0	0	0	1	0	0	0	1	0	5	0
輸送障害	3	6	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0
治安悪化	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	4
資源枯渇	2	2	3	1	0	1	0	0	2	1	0	0
外交対立	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
鉱業規制	16	1	0	0	1	1	5	0	0	0	0	5
資源価格下落	5	17	13	1	1	3	3	4	1	5	3	0
経営悪化	0	2	1	0	0	1	0	2	0	2	0	1
市況低迷	4	3	2	1	0	0	0	1	0	1	0	0
ビジネストラブル	1	0	2	0	0	2	1	0	0	0	0	1
メンテナンス	1	0	2	1	0	2	0	1	0	1	0	0
需要増加	4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
電力不足	4	0	1	0	4	2	0	0	0	0	0	0
主金属減産	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
生産コスト	1	6	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0
その他	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0

図2 資源リスク要因の国別傾向

－別添資料－

（３）「橋渡し」研究後期における研究開発

橋渡し後期研究（創エネ）

地中熱システムの最適化技術開発

【背景・課題】

- 従来の熱交換器に関する研究では、その素材や形状を主体としており、地域の地質や地下水環境は考慮されていなかった
- 日本の地質構造や地下水環境は、地域によって差異があるため、その地域の水文地質環境に最適な熱交換器導入が効率的

【平成29年度の成果】

- 樹脂製細管熱交換器を内蔵したタンク式地中熱交換器の高度化（ジオシステム株式会社：右図）
- 地中熱を利用した電子機器類の排気冷却システムの高度化（ミサワ環境技術株式会社）
- 準浅層における低コスト熱応答試験の改良及び熱交換器埋設工法への展開（新協地水株式会社）

【成果の意義・展開】

- タンク式地中熱交換器は、地域の地質・地下水環境を活用し、標準的な熱交換器（鉛直ボアホール式）と同等の熱交換量でありながら低コストを実現
- 地中熱利用の排気冷却システムは、ヒートポンプ不使用のため、低コストでの冷却を実現
- 新工法の熱応答試験法により、数多くの熱物性データを容易に取得可能

・従来よりも高効率の地中熱交換システムを開発
・被災地企業シーズ支援プログラムで実用化を支援

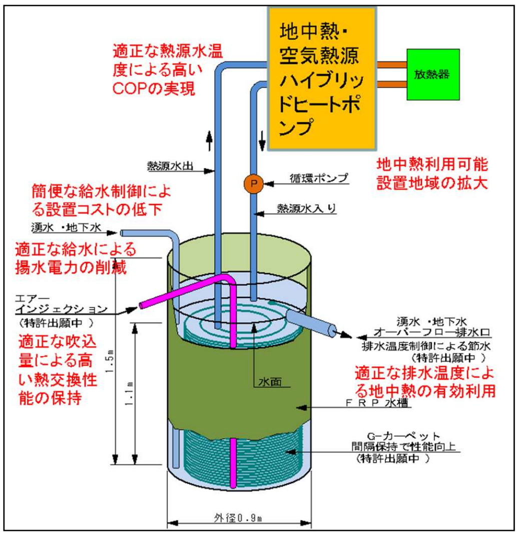


図　タンク式熱交換器によるトータルコストの低減
（ジオシステム株式会社との共同研究）

AIST **橋渡し後期研究（創エネ）** エネ環領域

噴射尿素からのNH_3生成モデル構築

【背景・課題】

- 自動車排ガス中のNOx還元処理として、尿素水噴射は有望な技術である。ただし、この技術には、例えば、低温域ではNOxの浄化率が低いなど、種々の課題を抱えている。
- そこで、本研究では、尿素の分解からアンモニアの生成に至るまでの反応過程に立ち返り、そのモデルを基礎的に検討した。

【平成29年度の成果】

- 尿素からアンモニアに至る反応経路で、イソシアン酸が中間生成物として生成する。 900 K程度までの高温におけるH_2Oによるイソシアン酸の分解反応を実験的に調査した。その結果、この反応の生成物はNH_3とCO_2であり、他の化学種は検出されなかった。
- これらの実験結果を基に、図１のようなイソシアン酸とH_2Oの反応機構を推定した。個々の化学種の熱力学的諸量やステップ毎の速度定数等を用いて、量子化学計算等を実施し、この反応機構の妥当性を検討している。

【成果の意義・展開】

- **尿素の分解からアンモニアの生成に至るまでの反応過程を実験的に検討して、H_2Oによるイソシアン酸の分解反応の機構を推定した**

【アウトプット】

- 自動車用内燃機関技術研究組合（AICE）事業の推進に貢献

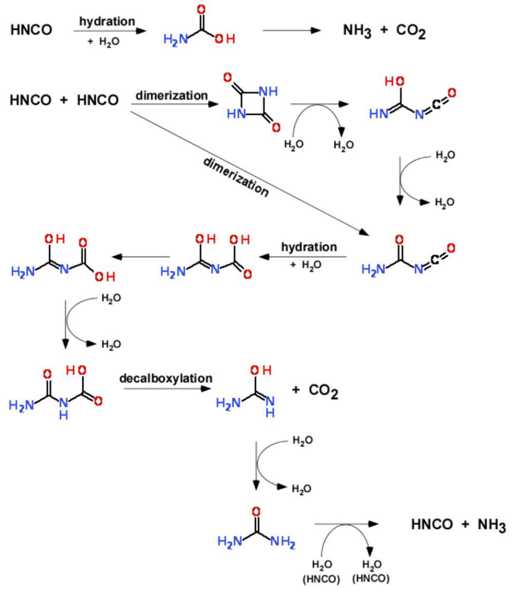


図１　実験的に推定されたイソシアン酸とH_2Oの反応機構。 １つはイソシアン酸の水和反応であり、もう１つはイソシアン酸二量体とH_2Oの反応

AIST **橋渡し後期研究（蓄エネ）** エネ環領域

SOFC高耐久化・劣化診断技術

【背景・課題】

- H17年度に固体酸化物形燃料電池（SOFC）耐久性向上にかかるNEDOプロジェクトを開始。第１期（H17-H19年度）、第２期（H20-H24年度）を経て、現在第３期（H25-H29年度）「SOFC迅速耐久性評価方法に関する基礎研究」を実施。
- SOFCの導入期・普及期において、早期に解決しなければならない課題である耐久性・信頼性向上に貢献するために、セルスタックにおける劣化要因・劣化機構の解明技術、劣化対策、加速劣化試験法の提案について、企業・大学等とのコンソーシアム

【平成29年度の成果】

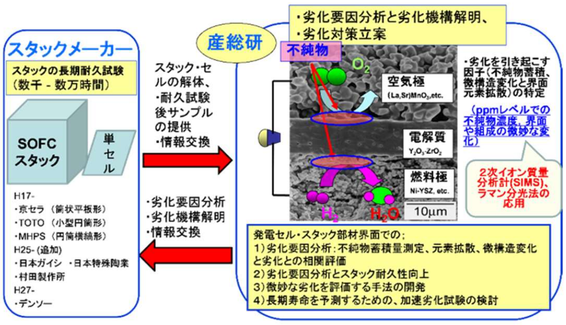
- メーカー7社の異なるセル・スタックの解体分析により劣化要因を解明、各メーカーと情報共有。例えば、40,000時間超の長期運転後のSOFCシステム実証機に搭載された筒状平板型セルの解体分析（右下図）。
- 明らかとなった劣化要因に対し、モデル実験等で劣化機構を解明。
- 耐久性迅速評価のため、東北大らと共同で、電解質相変態に関するシミュレーション技術を開発。

【成果の意義・展開】

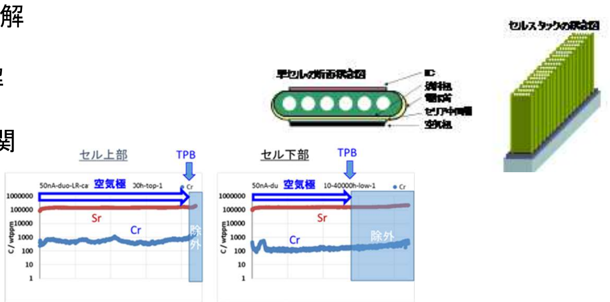
- **喫緊の開発課題である耐久性・信頼性の向上に貢献**

【アウトプット】

- 論文数：4報（他査読ありProceedings 4報）



SOFCセルスタック劣化要因解明への取り組み



空気極TPB近傍におけるCr濃度測定結果（10-33機）

SOFC実証機（筒状平板形）の解体分析

AIST

橋渡し後期研究（省エネ）

エネ環領域

EGRデポジット生成メカニズム解明研究

【背景・課題】

- 国内自動車業界の産業競争力強化に向けて、クリーンディーゼル車向け等、高効率エンジン燃焼及び排気制御の基盤技術を開発し、民間企業への橋渡しを推進する。
- 平成29年度も自動車用内燃機関技術研究組合（AICE）事業として、EGR（排気ガス再循環）のデポジット生成機構を解明し、2~5年後に民間企業でエンジン開発に利用可能な評価手法等を確立する。

【平成29年度の成果】

- ディーゼルエンジンEGRにおいて、排ガス中のSoot（煤煙）、凝縮水、排ガス温度と壁温度の温度差が、デポジットの堆積に関与することを解明した（図1）。
- デポジット生成反応にはフェノールの付加縮合、インデンの付加重合、また含酸素化合物，窒素酸化物がなどが含まれており、様々な生成反応パスが存在することが推察される。
- ガソリンエンジンEGR前のデポジットについては、不溶分中のSootの割合が50%を占めていることが判明した。一方で、EGR後のデポジットにはオイル由来とされる脂肪族炭化水素が多く含まれていることが確認された（図2）。

【成果の意義・展開】

- **物理的・化学的アプローチを駆使して、デポジット生成機構の解明に大きく前進**

【アウトプット】

- 自動車技術会研究論文, 48. 993.　・　国内会議発表2件
- AICE活動などを通した情報提供・交換

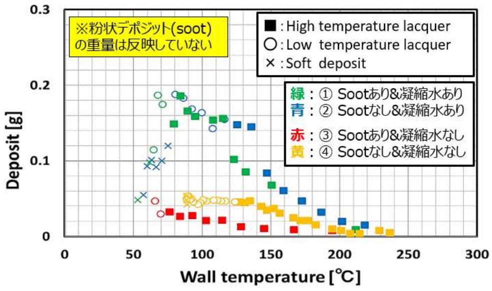


図１　凝縮水とSootの影響

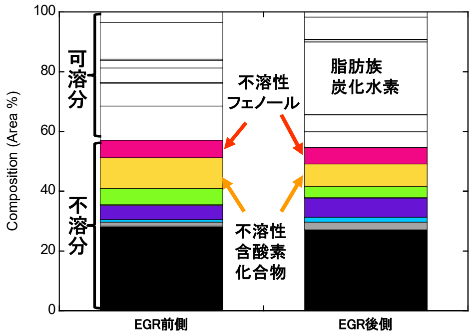


図２　ガソリンデポジット成分定性分析結果

AIST

橋渡し後期研究（安全・物質循環）

エネ環領域

IDEAラボの活動　海外版IDEAの構築と技術評価

【背景・課題】

日本のLCAデータベース拠点の海外からの見える化と研究開発中の技術を評価するニーズに応え、2017年4月にIDEAラボを設立した。

グローバルサプライチェーンへの対応としてアジア地域のデータ、環境負荷物質の拡充を進め、インベントリデータとしてのアジア地域でのデファクト化を通じて、日本にとどまらずアジア地域の企業も含めた橋渡しが期待されている。

【平成29年度の成果】

・タイ、中国をはじめとしたアジア地域の海外版IDEAの構築開始
・化学物質や電離放射線などのデータ整備
・環境パフォーマンスの実証分析と設計へのフィードバック
　✓ 革新的炭素繊維製造プロセス
　✓ 非可食バイオマスを用いた化学製品製造プロセス

【成果の意義・展開】

- **アジア地域をカバーする圧倒的網羅性（3,000プロセス以上）を誇るデータベースとして、環境影響改善ポイントを設計へフィードバックすることで我が国の新技術開発をサポートできる**

【アウトプット】

- タイ版・中国版IDEAのデータベースとマニュアル(知財取得中)
- LCA日本フォーラム表彰　経済産業技術環境局長賞

図１．海外版IDEAの作成状況

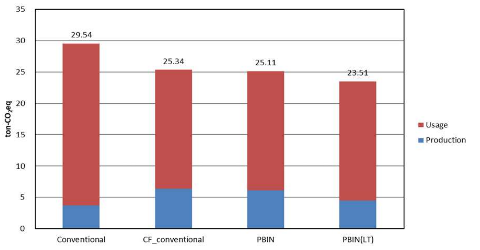


図２．炭素繊維を用いた乗用車の環境性の評価

評価資料（年度末確定値）

１．領域の概要と研究開発マネジメント

各種指標	委員会説明	年度実績（確定値）	備考
民間からの資金獲得額	22.3 億円	22.5 億円	
リサーチアシスタント採用数	48 名	50 名	
イノベーションスクール採用数	0 名	0 名	
大企業に対する中堅・中小企業の研究契約件数の比率	22.8%	22.4%	
プレスリリース数	10 件	11 件	
クロスアポイントメント制度利用人数	10 名	10 名	

・2 月 23 日プレス発表　レジリエンス研究教育推進コンソーシアム共同記者発表
http://www.tsukuba.ac.jp/news/n201803121516.html

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）

各種指標	委員会説明	年度実績（確定値）	備考
合計被引用数	16,986 回	17,474 回	
論文発表数	375 報	491 報	
知的財産の実施契約等件数	115 件	130 件	
IF10 以上の論文誌に掲載された論文数	16 報	31 報	

（２）「橋渡し」研究前期における研究開発

各種指標	委員会説明	年度実績（確定値）	備考
公的外部資金の直接経費	–*	51.3 億円	
知的財産の実施契約等件数	115 件	130 件	再掲

*委員会説明では、定義（再委託費の扱い等）の異なる値を用いていたため、本表には示さない。

（３）「橋渡し」研究後期における研究開発

各種指標	委員会説明	年度実績（確定値）	備考
民間からの資金獲得額	22.3 億円	22.5 億円	再掲
知的財産の実施契約等件数	115 件	130 件	再掲

【総括表】
（一部再掲、目的基礎、「橋渡し」前期、「橋渡し」後期の重複なし）

評価指標/モニタリング指標	年度実績（確定値）	領域としての目標値
民間からの資金獲得額	22.5 億円	35.6 億円
論文の合計被引用数	17,474 回	15,800 回
論文発表数	491 報	430 報
リサーチアシスタント採用数	50 名	35 名
イノベーションスクール採用数	0 名	
知的財産の実施契約等件数	130 件	100 件

評価委員コメント及び評点

１．領域の概要と研究開発マネジメント

（評価できる点）

・「持続可能な社会の構築」を目指し、創エネルギー、蓄エネルギー、省エネルギーと分かりやすく技術体系を分類した上で、研究を幅広く展開されている点を高く評価します。
・昨年の評価コメントを真摯に受け、フォアキャスト、バックキャスト両面から定量的にロードマップ(RM)化されたこと、国立研究機関のベンチマーキングを試みた点、に敬意を表します。
・民間資金を軸にオープンイノベーションを行うTPECは素晴らしい成功例だと思います。
・領域は、今後、人類や文明の維持発展に重要なエネルギー・環境問題の課題設定、研究テーマ設定、研究マネージメントがなされ、高く評価できる。
・創/畜/省の技術区分けをもとに、個々の研究開発ターゲット、研究テーマ内容が明確で、良い事と思う。
・エネルギーに関わる研究は国家戦略にも関わる重要な領域である。産総研では創エネルギー、蓄エネルギー、省エネルギーの３つの観点から着実な技術開発をされている。特に領域のエネルギーロードマップ以外に各技術のポートフォリオが明確化され、研究のフェーズが分かりやすくなった点は高く評価できる。
・産業と環境が共生する社会として物質循環はSDGsとの相関が強い。環境・安全技術開発は、もっとSDGsへの貢献を全面に出してよいのではないか。もちろんエネルギー分野も然りであるが、SDGsへの言及を増やした方がよい。
・産総研のLCAインベントリーデータベース（IDEA)のライセンスが160件を超えたことは産業界への大きな貢献といえる。今後欧州ではエコロジカルフットプリントの議論が本格化する中、世界での存在感をますます高めてほしい。
・イノベーションをリードする国立研究機関として世界5位も素晴らしい成果ではあるが、ぜひ１位を目指してほしい。
・エネルギー環境領域としての長期数値目標を、我国が支持している「2050年に先進国のCO2(温室効果ガスの排出)を80%下げる」と明確に定めたことは、国立機関として当然であり誰もが支持する目標である。産総研の強い意志と覚悟を数値として内外に示すことで大きな賛同が得られ、意識の高い優秀な研究者の採用、各種資金到達においても有利に作用すると推察する。
・目標達成に向けた技術マップをポートフォリオにブレークダウンされている点も評価できる。
・世界的に見て、イノベーションをリードする国立機関の中で上位に位置している点は評価できる。また国内の被引用論文、被引用特許件数についても十分な成果と言える。
・技術コンサルティングは、依頼する側から見れば、産総研の最新の知見と智の集積であるノウハウを期待して契約することを考えると、国民や企業の期待に応えることを意味する。コンサルティング契約数が飛躍的に伸びている点は大いに評価できる。
・技術研究組合やイノベーションコンソーシアムを積極的に立ち上げ、中立的立場でマネージメントすることは、それぞれの業界をリーダとして牽引することになる。また学会などでは得られない業界が抱える″生″の課題と課題のレベルを客観的に捉える絶好の仕組みでもある。そのような仕組みにおいてはタイムリーな研究テーマ設定が可能になることを考慮すると、幅広くかつ数多くの枠組みの構築は大いに評価できる。
・大学・他研究機関とは十分な連携体制が構築されていると考える。
・再生可能エネルギー分野の市場は未成熟であり、民間投資には限界があり、専門技術者の育成も困難である。そのような環境で再生可能エネルギー分野の人材育成を産総研が積極的に担っている点は大いに評価できる。
・エネルギー・環境の取り組みを直接・間接に分類し、社会実装するまでのロードマップと低炭素への貢献を描いて牽引している。
・日本の状況全体を見ながらシナリオを構築することで要素技術の位置づけを明確にしようとしている。
・産業界からの委託を受け、実際に役立つことを示している。
・論文・特許の件数での実績も評価できる。
・フォアキャストとシミュレーションによるバックキャストで双方向から技術開発の方向性の精度向上をされていることは評価される。
・企業が自社で大型装置による実験や中長期的な研究開発が難しくなっている現状、オープンイノベーションのプラットフォームの提供はAISTの役割として非常に重要と考える。

・技術コンサルティングは、AISTのコア技術・基盤技術を活かした産業貢献の姿の一つとして重要と考える。件数、金額も大きく増加しており、産業界から頼られていることの証しなのではないか。今後も技術コンサルティングは積極的に行っていただきたいし、共同研究への移行も進めていただきたい。
・評価指標が民間資金獲得額を除いた全項目で前年度より増加していることは評価できる。特に論文や特許などで、外部の客観的評価が高いことも評価できる。
・被災地企業のシーズを使った事業化支援は、被災地の産業創出貢献として大いに評価できる。
・リサーチアシスタントや連携大学院制度など、優秀な学生の研究者としての育成に貢献されていることは大いに評価され、今後も一層、推進していただきたい。
・標準化の取り組みは評価される。国際標準化は欧米が先行しているため、グローバル市場で優位にたつために、さらに強化していただきたい。

（改善すべき点及び助言）
・バックキャストロードマップ（RM）をどのようにフォアキャストRMと接続させるか、あるいはフォアキャストRMにフィードバックさせるかが今後の課題と思います。
・民間資金獲得額が伸びないことが懸念材料であるとの自己反省ですが、352 人のコアな研究職に加えてポスドクから産学官制度来所者までの 1634 名が研究を遂行する産総研にあって、民間資金流入が外的要因に左右されるのは当然と思います。評価指標として、全体予算に占める民間資金の割合も重要と思います。
・海外他機関とのベンチマーキングでは、研究員一人あたりの公的資金と民間資金の割合も比較したいものです。海外機関（c.f.フラウンホーファー）とはミッションが違うので単純な比較はできないという説明でしたが、産総研ミッションの再検討も時には必要ではないでしょうか。
・TPECの成功をよく分析し、民間資金によるオープンイノベーションはどのような条件下で成立するかの分析を今後に役立ててほしいと思います。
・知財がどのように民間資金獲得に有効に機能しているか、の分析がほしいと思いました。
・スローガン”産業界ご利用頂きやすい”や「橋渡し」機能を重視し、民間資金の獲得を重視していることは良い事だと思う。しかし、このような目標を重視し過ぎると、研究内容が短期的な近視眼的な研究開発になりがちで、”世界最高水準”を目指す研究開発とのバランスを持って、研究開発を進めて欲しい。
・民間資金獲得額の目標が他の領域に比べて高く、再設定が望ましい。
・イノベーションと実用化への貢献のバランスを期待する。
・再生可能エネルギーは、非常に重要だが、太陽光、風力、地熱と総花的であり、時系列的にも、重点化が必要と考える。
・ロードマップ策定はあるが、どうフィードバックするか、ロードマップの検証を含めて、検討して欲しい。国際的ロードマップ策定も期待したい。
・マーケティング、イノベーションや新事業の創出は企業でも相当難しい課題である。産総研での具体的な専門家育成や外部連携、企画段階から企業も交えた議論も必要と思われる。特にSDGsの世界的な流れの中で、CSV、ESG投資など環境関係のビジネスを企業も模索している。
・環境・安全技術開発分野は、もっとSDGsへの貢献を全面に出してよいのではないか。また、エネルギー戦略だけでなく、循環型社会構築の戦略ロードマップとポートフォリオも作製してほしい。
・ともすれば、研究機関は論文が第一優先になりがちな中、民間資金獲得を目標に掲げている点は評価できる。但し、民間資金はテーマに左右されやすい。メリハリをつけた目標設定が必要のように思われる。そもそも、エネルギー戦略のような国家戦略に関わる研究テーマを民間単独で資金繰りすることは難しい。国や国際社会への政策提言なども評価すべきである。
・領域のロードマップ作成は評価できるが、世界情勢は刻々と変化しているので、常に最新動向による見直しが必要。
・特許先行性１位は素晴らしいが、ライセンス料なども明示すると更によい。
・目標の明確化は、各所員の研究が行き詰った時に原点に立ち返るきっかけとなるプラス効果を生む反面、組織において目標に合致しない研究を排除するという副作用を引き起こす場合がある。それを避けるためマネージメント層は長期的視野に立って各研究の位置づけに社会的意味を持たせなければならないと同時に、研究の質を平準化、平凡化してはならない。この視点を失くすと人材流出につながる可能性が増すと考える。
・エネ技術ポートフォリオに描かれている多くの技術について、2050年の目標達成に対して必要十分な技術内容であるか、足りない技術はないかを再度精査願いたい。

・エネ技術ポートフォリオの絵には目標達成に必要不可欠な技術も含まれているが、その研究は産総研が主体的に実施することになっていて、世界をリードできるレベルを目標としているかも再考願いたい。
・技術コンサルティング件数の大きな伸びは、産総研に期待される役割の中で重要視すべきであることを示唆している可能性がある。コンサルティングは将来の連携を見据えた調査でもあるが、市場動向、課題やニーズに直接触れる機会であり、今後全所員が積極的に関わって研究にフィードバックしていって欲しい。
・マーケティング力の強化：現状よりさらに多くの技術研究組合やイノベーションコンソーシアムを起ち上げてほしい(例えば各チームまたはグループ毎に１件を担当)。多くのコンソーシアムからは、筋の良い研究の種が選択できる。また、コンソーシアムの運営には技術的、マネージメント的な求心力が必要なので研究者個々人が OJT として成長できる場でもある。多くの研究者が関与して欲しい。
・海外の大学、研究期間との連携を進め、多くの日本企業が目指す海外市場(米国、欧州、中国、その他発展途上国)のニーズを探る窓口として活用して欲しい。特に再生可能エネルギーは既存のインフラが充実している先進国よりも、真っ新な発展途上国の方が早期に普及する可能性がある。
・人材の拡充、流動化は新規発想、考え方を組織内部に取込む効果があり、研究機関のレベルアップに一定の効果が期待できる。流動化による産総研からの優秀な人材流出の可能性もあるが、新規人材登用の好機とポジティブに捉え、研究環境、人事制度、成功報酬制度改善による求心力向上に努めれば問題ないと考える。
・「産総研」のブランド力は地域やローカルには大きいと言えるが、全国的に見ると JAXA、理化学研究所などに比べ劣位にあることは否めないため、戦略的対策が必要。産総研の「顔」となる研究者（いわゆるエース）と研究（看板テーマ）によるイメージアップ戦略など、一般的方法だけでなく、専門家による宣伝広報活動を検討ください。
・社会で実際に広く普及させるためには、システムにした場合の使い方まで想定して課題解決する必要があるが、今回の内容はシステムの視点からの取り組みが弱いように思われる。特に、エネルギーが地産地消となる場合、システムの規模も小規模から大規模まで組み合わせがあり、それぞれ解決する課題が違うと想像されるので､橋渡しのテーマでもう少しシステム視点での取り組みを入れても良いと考える。
・産業界がどのように変化しようとしているかという解析もしていかないと企業からの研究費を増やすことが難しいと感じます。
・委員会の後で考えてみましたが、民間が希望することといっても、大企業、中小企業では希望が違っています。今回のテーマは、大企業向けテーマです。大企業向けだと、各企業の取組を共通のプラットフォーム技術開発には興味が少ないように思います。他にない尖がったオリジナルを創っていくことが求められます。一方、基礎では、原理の発見・原理の解明が一番期待されます。それが引用回数にもつながるように思います。
・中小企業向けは、個社の技術毎に期待が違いますが、大規模なテーマより、自社技術を活用する用途開発や新商品への組み込みなど幅広くなります。FREA で実際の様子を垣間見せていただきましたが、こうしたことを全組織で取り組むことも重要に思いました。
・領域間のクロスファンクションを強化すべきと考える。「エネルギー・環境」領域のイノベーション創出は、「材料・化学」領域や「エレクトロニクス・製造」領域との連携が欠かせないと考える。特に、「エレクトロニクス・製造」領域とは連携を図って、「Society 5.0」の実現を牽引していただきたい。
・民間資金獲得額については、目標を下回れば直ちに問題というわけではなく、むしろ前年比に対する減少の分析と対策立案が大事と考える。目標値は実態からかけはなれたものであれば意味がない。当領域のミッションや外的状況等からあるべき予算配分の姿を検討し、その上でより適切な目標値を設定されてはいかがか。
・企業が技術コンサルティングを依頼するときに知りたいのは、どんなコア技術・基盤技術を保有しているかということ。そういう点で現状の AIST の HP は、コア技術はなんとかわかっても、評価技術、試験技術などの基盤技術についてはわかりづらい。AIST が保有する基盤技術や試験設備をカタログ化するなどしてはどうか。
・FREA 被災地企業のシーズ支援プログラムは素晴らしいが、産業創出後もフィールドでは様々な課題が出てくると思われるので、経済成果を産み出すまでの持続的な支援も行っていただけるとさらによいと思う。
・AIST の活動を評価する KPI として、現状は適切だろうか。例えば、橋渡しの役割を評価するには産業貢献の観点からの指標があるべきでないだろうか。また資料では戦略マップの 4 視点のうちプロセスの視点が弱いと思われたが、実際には設定・管理されているものと期待する。
・ドイツでは Industrie4.0 が産学官の連携良く進められている。FhG は国立研究所として大きな役割を担

っていると想像される。ベンチマーキングにおいては、職員数や研究予算だけでなく、社会実装へのプロセスなどについても調査比較し、学ぶべき仕組みは取り込んでいただけるとよいと思う。
・知財の実施契約件数は目標を達しているが、今後の成長分野の市場をとれる特許を戦略的に創出しているかという視点でも見ていただきたい。

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）
・IF10 以上の雑誌に 31 報、IF5～10 の雑誌に 45 報以上を発表し、論文被引用数 17,474 回と併せ、いずれも昨年水準を上回っている点を高く評価します。
・個々には、優れた成果が得られていると考える。
・全体として、高インパクト・ファクターのジャーナルへ高被引用の論文を発表しており、評価できる。
・High Cited Researchers 3 件選出の成果は素晴らしい。
・産総研の二次電池や車載用蓄電池の技術開発ロードマップやポートフォリオが分かりやすくて、大変参考になった。
・レアメタルを使わない高容量有機二次電池は資源枯渇、環境配慮の面からも将来楽しみな技術といえる。
・二次電池開発は複合技術の開発の賜物であることはまさにその通りである。材料探索、計測分析、反応機構解明などを最先端技術と高度な専門家により実現できることに産総研の強みがあり、ぜひ基盤技術としての維持継続をお願いする。
・発表論文数は目標未達であるが、論文被引用数は目標を達成し昨年より増加している。被引用数の多さは先進的研究の客観的指標であり大いに評価できる。
・金属多硫化物の開発と新奇な充放電機構の解明：電極反応機構の解明は、性能向上や寿命特性改善など電池開発の出発点である。基本反応メカニズムの解明により、今後の飛躍的進展が期待される。
・シート型硫化物全固体電池の開発：リチウム電池として多くのメリットが期待される全固体電池において、原理検証の完了は開発の緒に就いたという意味で評価できる。
・レアメタルを使わない高容量有機二次電池の開発：有機二次電池の原理検証完了は、軽量、低コストに加え、フレキシブル形状という特徴を活かした用途への道を開く電池技術として高く評価できる。
・高機能性エネルギー材料としての新しいナノカーボンの開発：カーボンは機能性材料として幅広い可能性があり、ナノファイバーやフラーレンのように合成方法によって分子構造が異なり、発現する機能も変わる。今年度、MOF 法という世界発の合成法を開発した意義は大きく、カーボン業界への波及効果も期待され、高く評価できる。
・ポストリチウムイオン電池の研究開発：ポストリチウムイオン電池の最有力候補であるナトリウムイオン電池の出力特性、寿命性能の改善を達成したことが評価できる。
・リチウムイオン電池用高機能セパレータの設計：リチウムイオン電池のセパレータ機能を、分子レベルの考察に基づいた指標で表すことに成功し、これまでにない新たな視点からの電池設計を可能にする成果として評価できる。
・「バイオマスからパラフィン系ジェット燃料の製造」の研究において、収率 70%以上で合成できる触媒の開発に成功した点が評価できる。特に炭素鎖の中央で分離させる技術は、高いレベルの分子設計技術が必要であり、高く評価できる。
・「超臨界地熱資源による GW 級発電技術の開発」は、人類にとって貴重なエネルギー源の開発であり、基礎研究のテーマとして位置づけることは意義がある。
・「高性能硫化物熱電対の開発」で、未利用熱エネルギーの回収に向けて、低コスト材料で ZT=1 を達成したことは評価できる。
・「超高感度 SIP による 1,4-ジオキサン分解菌の同定」の研究において、新規分解菌が水処理性能に影響することを確認した点が評価できる。
・「選鉱性総合評価装置(CAMP)の開発」では、専門メーカとの連携により研究を加速させた点が評価できる。
・「水素エネルギーキャリアのリスク評価」は、水素社会を実現する上で非常に重要な研究対象である。特に事故シナリオの抽出はリスク評価の出発点として評価できる。
・電池を基礎から応用まで幅広く取り組んでいる。特に全固体電池、有機二次電池、ウルトラキャパシタ用など、さまざまなタイプの先端技術で成果が出ている。
・蓄電池について、個々のテーマは、多くの学術的なアウトプットがでていると評価される。
・目的基礎研究のフェーズとして、メカニズム解明などの基礎的な研究がしっかり行われている。

・生産性を左右する製造プロセス技術の研究も行われている。

（改善すべき点及び助言）
・基礎研究の評価指標として高 IF 雑誌への掲載や論文被引用数を取り上げるのは当然ですが、「目的」基礎の観点からは、知財取得が同等に重要です。別添資料には記載があるのですが、本資料の中でもパテント取得状況に言及し、その意義を強調してほしいと思います。
・知財戦略は研究者だけでは無理で、出口を意識したアドバイスが必須です。たとえ目的基礎段階の成果であっても、この知財が将来どのような産業創成に繋がるかを見通し、その線に沿って資金を獲得していくという企業目線のパテントの取り方が大事です。パテントオフィサーがすでにそのような機能を果たしておられるのかも知れませんが、目的基礎段階での産学連携も重要なように思います。
・「急がば回れ」は「焦って民間資金獲得に走らない」＝「目的基礎の重視」の意との説明でした。しかし「民間資金の獲得」と「目的基礎の重視」は二律背反ではないはずです。Hype Cycle の第一ピークの内側（新技術に対する初期の期待）で資金を獲得するフェイズがあってもよいと思うのです。高インパクトなシーズ研究に民間が投資する文化を我が国に醸造しないと、日本の産業に未来はないと思います。ぜひ産総研が先鞭をつけてほしいと切に願います。
・ブレークスルーにつながるような基礎研究も期待したい。研究テーマの見直しを含めて、再検討しても良いのでは。
・蓄電池に関する研究開発が示されたが、Na 正極材料などは、競合材料が非常に多く、競争が激しく、早期に、「橋渡し」前期あるいは後期に移行すべきテーマのように思う。
・蓄電池に関して、材料およびフェーズを含めて、多岐にわたる研究開発がなされ、その位置づけやインパクトを明確にしつつ、進めて欲しい。
・外部に対する優位性、革新性を明らかにして、進めて欲しい。
・放射光を用いた解析に基づいて、サイクル寿命の改善などに結び付けて欲しい。
・熱電変換材料については、性能指数 ZT>10 を目指すようなブレークスルーを探索する研究開発があっても良いのでは、ないでしょうか。
・全固体電池は 2020～2025 年が市場参入の時期と言われている中、目的基礎研究のフェーズでは遅すぎるのではないか。
・電池技術は民間企業、海外企業での技術開発も進んでいるので、ベンチマークの徹底と産総研としてどこに特化すべきなのかを見極める必要がある。
・金属多硫化物の開発と新奇な充放電機構の解明：研究は基本的には、現状の課題解決が目的であるから、今年の成果が従来のリチウムイオン電池と比較し、進展した機能と性能を定量的に示すことを推奨する。また、それを可能にする研究レベルを期待する。。
・シート型硫化物全固体電池の開発：全固体電池には高い安全性に特徴があることは、構成材料から推定可能であるが、従来のリチウム電池と比較した安全性向上が不明である。安全性を最大のセールスポイントとするには、安全性能の数値化による比較を是非検討していただきたい。また、安全性と原理的にトレードオフの関係にある出力密度(W/Kg)の評価、改善、さらにコスト(￥/Wh)についても開発計画に盛り込んでいただきたい。
・レアメタルを使わない高容量有機二次電池の開発：重量あたりの容量に従来のリチウム電池に比べて優位性はあるが、酸化還元電位が低い分、重量エネルギー密度は同等レベルかと推察する。非レアメタルによる低コスト化は想像できるが、本電池はむしろ「形状の自由度」にセールスポイントがあるように思えるので、研究のターゲットとして既存のフレキシブル電池と比較した優位性の立証を推奨する。
・高機能性エネルギー材料としての新しいナノカーボンの開発：新規材料を見出したと研究者が直観したとき、従来との比較は最低限必要です。この材料を使って改善される出力性能、エネルギー密度の評価を成果とすべき。
・ポストリチウムイオン電池の研究開発：研究成果の発表論文も 6 報に上り、ナトリウムイオン電池技術はターニングポイントにあるのではないか。これまでの研究を踏まえ、ポストリチウムイオン電池の可能性を総括する時期と考える。また、研究で得られた貴重な知見を基にした新規デバイスの提案など、研究の新たな展開を期待する。
・リチウムイオン電池用高機能セパレータの設計：セパレータは電池性能に影響するだけでなく、リチウムイオン電池の安全性を担う部材でもある。安全性が桁違いに高くなるセパレータなど、今回の知見を、安全性向上に展開可能か否かを検討していただきたい。
・「バイオマスからパラフィン系ジェット燃料の製造」の研究において、航空機燃料として採用されるまでに克服すべき課題を整理し、実用化までの道筋・ハードルを明確に示すことが重要。また、特許化にも

注力いただきたい。
- 「超臨界地熱資源によるGW級発電技術の開発」について、研究のゴールと現在のステータスが不明なため評価ができない。今年度成果を具体的に示すなど、成果のアピール方法を工夫していただきたい。
- 「高性能硫化物熱電対の開発」の研究を次に進めるため、ミニプラントによる実証評価と高⊿Tにおける開発材料の耐久性も評価していただきたい。
- 「超高感度SIPによる1,4-ジオキサン分解菌の同定」において、分解菌の共存が水処理プロセス活性維持の原因となるメカニズムや条件を解明できれば、現象の本質を把握でき効率のよい水管理方法が見いだせる可能性がある。
- 「選鉱性総合評価装置(CAMP)の開発」では、研究成果として出している特許を有効に活用し、本装置を用いた具体的なビジネスにつなげていただきたい。
- 「水素エネルギーキャリアのリスク評価」では、リスク抽出に漏れがないよう幅広い分野の意見集約が必要で、対象リスクとしても、都市の地下と高層ビルを含む上下空間に対するリスク、谷、トンネルなど郊外におけるリスクまで網羅していただきたい。
- 車載用蓄電池のロードマップで、世界のトップが今どこにいるか、産総研はどこにいるかがわかると更に理解しやすい。
- テーマによっては車載用とは言えないものも含まれる点がわかりにくい。むしろ、多用途の対象をシナリオで示すほうがわかりやすい。HEMSであれば、地域の特性に合わせたシステム提案ができるように思います。もっと国民に訴求できるシナリオも必要に思います。
- 二次電池は成長産業を牽引する技術として重要と考える。一方で競合も多いため、性能、生産性、コストの最適化、他国の技術との徹底したベンチマークによる、適切な目標の設定が重要となる。企業との緊密な連携、標準化や特許戦略が極めて重要と考える。
- 二次電池の上市には寿命の確認は必須で最低数年かかるという認識。実施すべき項目にもれがないか、上市時期から逆算して個別課題のアウトプットの時期は適切か、企業の目をいれてロードマップをローリングしていく必要があると思う。
- 個々のテーマは、個別のロードマップが記載されてないと、今年度成果が計画に対してどうであったか、達成度の判断がしづらい。シーズ創成期のため、目標値の設定は難しいとは思うが。

（２）「橋渡し」研究前期における研究開発

（評価できる点）
- イオン注入による裏面電極太陽光発電は効率 24%で７円／ｋWh が見えてきたというのは、大変希望が持てる数字です。ぜひ実用化まで持って行ってほしいと思います。
- 水素を媒介とする創・蓄・省エネルギー技術を見学させていただき、実用化を見据えた、まさに橋渡し前期の研究を企業と一体となって展開しておられる様子に感銘を受けました。
- 個々には、高い研究成果が得られていると評価できる。
- 今回は、太陽光発電や水素関連技術に係わる研究開発が示された。総じて、産総研の貢献は、評価できる。
- 個々の技術はそれぞれ進展がみられ、変換効率も向上している。
- FREAで太陽光パネルラインが整備され、地元企業を巻き込んでプラットフォームを構築されているのは素晴らしい。
- 地元支援として雪解け機能を有する太陽光パネルは高齢化対応からも優れた技術である。
- 発電予測技術はAIとの相性もよいようで、さらなる精度向上に期待できる。
- PCSのIEC標準化における国際規格化は意義がある。特に日本は認証機関が海外より遅れをとっており、この分野での成功事例となって頂きたい。
- 水素技術を製造、貯蔵輸送、利用、安全評価からみたロードマップ、ポートフォリオが整備され、大変分かりやすかった。
- 工業技術院時代からの長い歴史が現在の産総研、FREAの成果に繋がっていることがよく理解できた。産総研における後継者育成は日本が将来的に技術を継続させる上でも重要なミッションであり、大切にしていただきたい。
- 別添資料146ページにある「資源安定供給のリスク要因分析」は欧州のCRM（Critical Raw Material）をはじめとする最近の希少金属を巡る世界政策に対して日本としての対策を検討する上で重要である。
- 特許は産総研の中でエネルギー・環境領域の出願件数の割合が高い。質も重要であるが、実用化に向けた技術開発では件数も同様に重要なため、評価できる点である。
- PV技術のロードマップ・ポートフォリオ：基盤技術、性能向上、革新的技術の３本柱で研究が推進され、

明確に技術ロードマップに示されたことは大いに評価できる。PV は世界とコストで戦わなければならない厳しい分野であり、高い目標値の設定は真っ向から立ち向かう姿勢を示すものであり大きな意味があると考える。
・イオン注入技術を用いた裏面電極型結晶シリコン太陽電池の開発：高効率と低コスト化を両立させる技術が着実に進展している点は高く評価できる。目標効率達成に向けて今後も期待したい。
・CIGS 太陽電池高効率化技術の開発：既存の PV に対し、変換効率を向上させる方法を見出した意義は大きい。この発見は PV 製造品質の安定化にも寄与し、社会的貢献度は高い。
・スマートスタック太陽電池の開発：変換効率の具体的数字で明確に進捗をアピールできる点に、技術の信頼性の高さを感じられると伴に、１年間という短期間の成果としても非常に高く評価できる。
・H-VPE による超高速・高効率 GaAs 太陽電池の開発：タクトタイムはコストに直結するため、成長速度の大幅向上は高く評価できる。
・新型太陽電池性能評価技術：新型太陽電池に対する評価技術の進展は、性能向上・改善に寄与することが期待され評価できる技術である。
・太陽光発電の発電予測技術の高精度・高度化技術：日射予測精度の向上に寄与する点が評価できる。
・大型パワーコンディショナの性能試験法の開発：産総研が認証機関としての役割と、国際標準化活動を並行して戦略的に研究を進めている点が非常に高く評価できる。
・水素・燃料電池ロードマップ／水素基本戦略のシナリオ：水素社会の実現を、省エネルギー、エネルギーセキュリティ、環境負荷、産業振興と地域活性化の 4 項目のメリットを基に明確に示し、2030 年の具体的目標を示した点は高く評価できる。
・水素・エネルギーキャリアに関わる産総研の技術ロードマップ：開発すべき技術として、製造、貯蔵・輸送、利用、安全評価の４つのカテゴリーに分類し、キーとなる技術が何かを明確化し、それぞれの開発技術にブレークダウンしている点が評価できる。
・水素脆化に関する評価技術および機構解明研究：低温、高圧の極限状態における疲労試験データは、材料技術の課題、貯蔵効率の限界、安全性指標の確立において重要なデータを提供することになり、極めて高く評価できる。
・CO2 フリー水素を利用したアンモニア製造技術の開発：水素輸送効率向上の鍵となる技術の進展であり高く評価できる。
・産総研再生エネ水素技術を活かした国内初の 70MPa 商用水素ステーション：扱いにくい高圧水素を使った研究は安全性にも十分配慮しており､ビジネスモデルを念頭においた実証研究として高く評価できる。
・純水素蓄エネルギー技術：水素システム実現に向けたパイロットプラントの安定動作と、信頼性を検証できたことは大きな一歩であり高く評価できる。
・水素・エネルギーシステム統合シナリオ研究：輸送コストに水素吸脱着に伴う熱エネルギー分を考慮する必要があることを提言したことは成果の一つとして評価できる。
・太陽光発電技術をＳｉから、スマートスタック型など広く取り組んでおり、かつ、スマートシステム棟でパワコン評価が世界標準でき、稼動させている。
・水素の取り組みは、福島新エネ社会構想への貢献、地域での地産地消も考えたシステムの取り組み、民間では評価が難しい 100MPa での評価により国際標準、水素ステーション建設での安全安心に貢献している。
・ロードマップ、戦略シナリオの策定において、国研としての役割を果たされている。
・太陽光電池について、個々のテーマは　学術的なアウトプットがでていると思われる。
・水素エネルギーについて、個々のテーマは、学術的なアウトプットがでていると思われる。
・国際的な活動でリーダシップを取られていること、国際標準化の成立も評価される。

（改善すべき点及び助言）
・水素技術はトータルシステムとして水素を循環させて初めて真の評価が可能となりますし、社会に対してアピールもできます。地産地消型のエコタウン構想をぜひ実現してほしいと思います。
・どこまでやれば、次のフェーズ、あるいは、企業との連携が進められるか、目標設定の明確化も必要でしょう。
・種々の研究開発テーマが展開されているが、研究開発成果のインパクト等を考慮した研究開発テーマの再考も必要でしょう。
・将来の社会基盤構築や世界の市場を考えると、太陽光に大きな期待がある。
・今回は、太陽光発電や水素関連技術に係わる研究開発が示された。総じて、産総研の貢献は、評価できる。特に、太陽電池のモジュールや評価技術の研究開発でも、さらなるリーダーシップを期待する。

・エネルギーネットワークやエネルギーマネージメントの研究開発も重要である。
・再生可能エネルギーは、非常に重要だが、太陽光、風力、地熱等と総花的であり、重点化が必要と考える。 従って、競合領域を包含した研究開発のロードマップの策定や連携を期待する。
・水素脆化現象の解析も重要であり、材料改善に貢献できるインパクトを期待する。
・例えば、水素エネルギーは、期待は大きいものの課題は多く、国内外の否定的な意見を持つ方々との議論も含めて、進めて欲しい。
・太陽電池は要素技術的な観点からのポートフォリオになっているが、新興国需要や世界メーカーなどの動きも激しく、グローバル動向からのブレークダウンが必要ではないか。
・今後はリサイクルも重要な分野である。
・実際に製品化した際の出口のイメージが見えにくい。また、太陽光発電と蓄電池は相互に影響している分野であり、創エネと蓄エネの相関図があってもよいと思う。
・シーズからの技術開発が目立つがニーズからのブレークダウンも必要ではないか。
・再生エネルギーから水素を製造するか、蓄電池で蓄積すべきかなど、全体的にこの技術のここを目指せばこのような社会が実現できるというメッセージが必要。それを技術的に裏付けるためにLCAやリスク評価を実施する意義がある。また、企業が安心して投資が進めやすくなるのではないか。
・知財実施件数では特許の質が問われるが、この数字がやや低調であり今後に期待する。
・来年度評価時には過去の実績を表す登録件数についても参考のため記載いただきたい。特許棚卸による再発見と有効活用、維持経費削減の観点からも是非検討願いたい。
・研究職352名が在籍していることを考えると、出願数がやや少ないように感じる。最低でも一人、2年に1件は出してもよいのではないか。また、特許は本来論文提出の前に出されるべきであり、橋渡し研究の前期以降では、論文より先に特許出願を検討願う。
・PV技術のロードマップ・ポートフォリオ：革新的太陽電池に関する目的基礎研究、ロードマップが控え気味なのが残念。ここで研究する太陽電池の中から産総研 PV 研究の柱になるべき卵が育つと考えるので、多数のブレークスルーを期待する。
・CIGS太陽電池高効率化技術の開発：費用対効果を定量化し、製造装置開発も視野に入れて技術契約等に結びつけて欲しい。
・スマートスタック太陽電池の開発：モジュール変換効率の向上幅を考えると、スマートスタック技術にはまだ伸びしろがあると感じる。資料には記されてないが、製造プロセス、材料選択等のアプローチの賜物と推定されるが、変換効率の理論限界値推定をお願いする(公表はしなくてもよい)。理論値は変換効率向上の目標値になると同時に、他者との比較において産総研方式の優位性をアピールする効果がある。是非検討していただきたい。
・H-VPEによる超高速・高効率GaAs太陽電池の開発：プラス70℃の高温化に伴う種々のデメリットも創意工夫によって克服されたと推察する。その中には各種アイデアも取り込んでいると想像するので、製造装置等の特許化を検討いただきたい。
・新型太陽電池性能評価技術：新型太陽電池を評価技術一体で開発する必要性は理解できるが、エンドユーザーの立場に立てば、電池種に依存しない変換効率評価法の方が信頼性がある。本技術はあくまで新型太陽電池の性能向上に役立つ技術、手段として確立されるべきで、如何に貢献したかを今後定量的に示していただきたい。
・太陽光発電の発電予測技術の高精度・高度化技術：従来の予想技術と比較した経済的効果の推定が重要。また、本技術は実際の装置やシステムに導入段階での課題を検討していただきたい。また、本技術の一次データは気象予測技術から得られるものであり、レベルの高い予測技術とするには気象庁との連携も検討いただきたい。
・大型パワーコンディショナの性能試験法の開発：大型PCSは発展途上段階にあるため年々進化しているデバイスである。市場動向次第で装置仕様が変化する可能性があるため、技術動向の先取りによりタイムリーな標準化、評価方法・評価装置の権利化を視野に入れていただきたい。
・水素・燃料電池ロードマップ／水素基本戦略のシナリオ：地球温暖化抑制と化石燃料資源の枯渇の観点から、水素エネルギーへの転換は急務だが、経済性の面と政策(既得権益との戦いなど)にかかわるため民間主導では難しく、やはり官主導でなければできない技術と考える。水素社会転換時の経済的ダメージを最小化する技術開発が必要であり、特に低コスト化に繋がる技術開発を是非お願いしたい。
・水素・エネルギーキャリアに関わる産総研の技術ロードマップ：化石燃料主体のエネルギーサイクルには「製造」はない(採掘のコストはかかるがイニシャルコストが主)。水素社会では従来にない製造コストを誰かが負担する必要がある。水素製造技術を開発する上で、常に製造コストと効率を意識した方式選択をお願いしたい。もう一つは水素の宿命であるエネルギー密度の低さに関わる懸念である。水素が

化石燃料や原子力に比べエネルギー密度が桁違いで小さいことを考えると、水素を熱源や機械的パワー源として使うには、大きく重いリアクターが必要になる。水素を転換して利用する技術の早期進展を期待したい。
・水素脆化に関する評価技術および機構解明研究：本技術のような基礎研究データは、世界全体への影響・貢献度が高いため、論文、特許等による積極的な公開を是非お願いしたい。
・CO2 フリー水素を利用したアンモニア製造技術の開発：アンモニアはエネルギー輸送形態として、また直接利用する燃料物質としても有望です。しかし、水素同様インフラ整備に多額のコストがかかるため、幅広い議論が必要。アンモニア利用における様々な課題抽出も検討していただきたい。
・産総研再生エネ水素技術を活かした国内初の 70MPa 商用水素ステーション：経済成立性試算と安全にかかわる課題の整理、標準化等をお願いしたい。
・純水素蓄エネルギー技術：今後の市場実証成功が期待されるが、市場が受け入れるには、システム運用の簡素化と緊急時対応の容易さ、そしてなにより寿命を考慮したコスト試算が必要。
・水素・エネルギーシステム統合シナリオ研究：図 2 が示す意味が不明ですが、脱水素時の廃熱を何にどのように利用するかが鍵なので、それらを含め輸送手段としての MCH の優位性、劣位性の判断をお願いする。
・ＰＶのロードマップで、世界は今どこにいるか、産総研はどこにいるかが示されると、もっと訴求できる。
・太陽光発電技術の種類すべてに取り組んでいますが、産業化するためにどれが最も有効かを考え加速することが必要だと感じた。
・太陽光発電のデバイスをすべてやっていますが、日本に適した技術にもっと特化して橋渡し後期につながるようにすべきではないかと感じた。
・水素基本戦略のシナリオに産総研の取組みを示し、世界がどこを取り組んでいるかを示すことで理解が深まる。
・水素のロードマップは、企業が参照して事業計画がたてられるようなものに進化させていただきたい。バックキャスト目標設定で開発された評価技術が活用できるのではないか。水素特有のリスク評価の視点も加味し、より説得力のあるロードマップ策定に期待したい。
・このフェーズの研究開発で得られた評価手法、要素技術は、それ自体が貴重な技術資産であり、領域外にもニーズはあるので、さらに有効に活用することも検討していただきたい。特に水素技術は、他分野展開の可能性が大きいと考える。
・ポートフォリオは、目的基礎、橋渡しにフェーズ移行する際のホールドポイントで判断基準を明確にしておくべきでないか。

（３）「橋渡し」研究後期における研究開発
（評価できる点）
・SiC デバイスを中心とするパワーエレクトロニクスを、技術的には第一世代～第三世代まで、組織的には国プロ SIP から企業資金による TPEC まで、各々戦略的に展開しつつ、ダイオード順方向劣化の機構解明に代表される目的基礎に近い研究を遂行しておられる点に深い感銘を受けました。
・民間資金 22.3 億円（年度末確定値 22.5 億円）を獲得し、産総研全体の 28%を担っており、評価できる。
・パワーデバイス分野では、わが国の研究開発のリーダーシップを発揮し、今後が期待でき、高く評価される。
・トレンチ、10KV 超級 IGBT などのパワーデバイスのロードマップとポートフォリオが TRL 軸に沿い、よくまとめられている。
・TIA パワエレ拠点は基礎研究から事業化まで産学官の連携が取れた産総研の成功事例である。
・2020 年の東京オリンピックでぜひパワーエレクトロニクス技術を世界にアピールしてほしい。
・タイムシェアなどプラットフォームとしての新しいスタイルを導入していることはよい活動である。
・パワーデバイスロードマップとポートフォリオ：パワーデバイスの技術マップが整理され、開発の全体像が見える化されていてわかり易い。
・ダイオード内蔵高信頼 SiC トレンチ MOSFET の量産レベル開発：ダイオード内蔵化の信頼性向上を、独自技術で達成した点が大いに評価できる。
・6 インチ SiC パワーデバイス一貫プロセスラインが本格稼働：量産試作ライン稼働による製品試作製造は、研究開発とは異なる品質安定化に関わる多くの課題がある。量産試作はこれら多くの課題を一つ一つ解決した上で達成されるので、非常に高く評価できる成果である。
・究極の SiC ユニポーラ素子実用化に向けたスーパージャンクション構造の開発：性能と量産性を両立さ

せる構造を実現し、製造プロセスを確立した点が非常に評価できる。
・SiC バイポーラーデバイスのボトルネック順方向劣化の原理把握と抑制策提示：ボトルネック順方向劣化のメカニズムを明らかにし、メカニズムに基づいた改良案により劣化が抑制されたことは、担当する研究者の鋭い観察眼と洞察力によるものであり、非常に評価できる。また、関連する特許網を構築している点についても評価できる。
・パワーエレクトロニクスの国内種々の研究体に参加し、貢献している。候補のデバイスをすべて取り組み、新規アイディアを創出している。
・日本の強みであるパワー半導体の分野で、産学官連携の大型プロジェクトを主導されている。
・ロードマップ、ポートフォリオが具体的で、目標が明確にされている。
・個々のテーマで大きな技術的成果が得られている。
・目的基礎から橋渡し後期まで、網羅的に研究が行われている。

（改善すべき点及び助言）
・民間資金による TPEC は当該領域の大変な成功例だと思います。にもかかわらず、SiC デバイスの事業化が進むにつれて産総研から企業のお金が引き上げられ、そのことが当該領域のマイナス評価に繋がるというのは何とも寂しいことです。
・昨年も書いたことですが、産総研が育てた技術が企業投資を誘発したとしたら、その投資に伴う税収は産総研の成果として計上する権利があると思います。何とか見積もることはできないでしょうか。
・第１世代の量産が始まったからと言って、第２世代、第３世代の技術課題はまだまだ山積していますから、産総研の役割がなくなったとはとても思えません。自社のラインが整備されたから産総研が不要になったというのが企業認識であれば、産総研の存在意義は製造ラインの提供だけだったということになります。決してそんなことはないと思うので、ファシリティ提供にとどまらない産総研のリソース（学理、知財、人）をもっと積極的にハイライトし、ポスト事業化戦略（持続可能な SiC 戦略）を練ってほしいと思います。
・ポスト事業化戦略の核の一つは、目的基礎に立ち戻ることにあると思います。企業に研究・開発力が無くなった今日、たとえ量産フェイズになったとしても不良解析（c.f.順方向劣化）や新しいアイディアの創出・テストといった学理を必要とする技術課題はいくらでもあるはずで、その解を求める環境を提供するところに、ポスト事業化フェイズにおける産総研の存在意義があると思います。ぜひポスト事業化戦略を科学していただきたいと思います。
・パワーデバイス分野では、わが国の研究開発のリーダーシップを発揮し、今後が期待でき、高く評価される。
・パワーデバイス材料として、SiC や GaN に加え、ダイヤモンドの研究を進めているが、研究勢力の分散になりはしないか。
・パワーデバイス材料の広範な展開よりも、MOSFET に偏りがちなデバイスを凌駕する先端デバイス構造の研究の進展を期待する。
・順方向劣化現象の解析は、信頼性向上の上で極めて重要である。少数キャリア寿命の減少による対処策では、デバイスのリーク電流増等につながる危惧もある。メカニズム解明を進め、抜本的な劣化抑制策の発見を期待する。
・水素、地熱やバイオは、社会的インフラの整備が必要であり、産総研として、総合的な判断して、進めて欲しい。
・日本国内では産総研が中心となって技術を牽引していることはよく理解できるが、パワーデバイスの研究開発は海外でも新規企業の参入や M&A など激しさを増している。国際的な競争において、日本はどのようなポジションであるかを明示して欲しい。
・SiC, GaN, ダイヤモンドデバイスの棲み分けが分かりにくい。全てを産総研が担う必要はないと思われるし、産総研でなければできないことを明確化する必要ある。
・パワーデバイスロードマップとポートフォリオ：パワーデバイスの目標性能は、第一に電力変換効率である。その他信頼性(性能安定性)、生産性(歩留まり)の指標もあるが、総合的にはコストと変換効率(効率／コスト)で評価される。第一、第二、第三世代のそれぞれのカテゴリーの性能上の違いを明確にしていただきたい。
・ダイオード内蔵高信頼 SiC トレンチ MOSFET の量産レベル開発：ダイオード内蔵化により効率が損なわれていないことを数値で示すことも検討していただきたい。
・6 インチ SiC パワーデバイス一貫プロセスラインが本格稼働：量産ラインから得られるデータは非常に有益ですが、ラボスケールでの性能と比較して、量産ライン試作品の電気特性に違いが出ていないこと

を示すリファレンスも必要。
・SiC バイポーラーデバイスのボトルネック順方向劣化の原理把握と抑制策提示：劣化対策が量産プロセスにおいてコスト的に成立するか否かを検証していただきたい。
・パワーデバイスのロードマップに世界は今どこにいるか、産総研はどこにいるかを示すことでより理解が深まる。ＳｉＣの産業利用が更に加速するために、という視点での考察がほしい。第１世代～第３世代と５年単位で違うデバイスが使われるのではなく、一つが市場を席捲することになるように思います。
・社会に役立つ視点から、ロスがどれだけ減るかを考えて重点志向が必要に感じました。
・世界の各国が開発競争をしている中で、標準化を狙った市場作りを進めるために、国家戦略を立案し、政策誘導していくことも考えないと、市場の大きな国がデファクトスタンダードを取ることになり、これまでの研究成果が活かされなくなってしまう。このような攻め方の提案も必要に思う。
・開発した高い技術成果の今後の展開の検討を期待したい。

３．領域全体の総合評価

（評価できる点）
・目的基礎におけるシーズ研究からオープンイノベーションによる量産化研究まで、幅広いフェイズでそれぞれ高度な研究を展開しています。
・17%の人的リソースで、論文被引用数、外部資金獲得などで産総研全体の 3 割を担う貢献は特筆すべきです。
・エネルギー・環境問題に関わる課題の設定、技術領域の明確化、シーズを踏まえた研究開発テーマ設定がなされ、産業界への貢献を含めて、期待される。
・昨年に比べてロードマップやポートフォリオなど研究の進展がよくわかり、また理解しやすかった。総合的な技術紹介と選択と集中した技術紹介を交互に実施すると産総研の研究の全体像が捉えられてよいと思う。
・福島の FREA を今年度会場に設置いただき、福島再生可能エネルギー研究所における最先端の研究成果を見学させていただき、感銘を受けた。また復興支援という大きな役割を担っている産総研の社会的使命に改めて敬意を表したい。
・国際標準化活動において多くの幹部が活躍していることは大変心強い。今後も日本の技術を世界に牽引していただきたい。
・研究の評価制度も３年目を迎え、評価する側、される側とも的確に評価するポイントを抑えられてきたと実感する。評価において重視した点は定量的な数値目標値とそれに対する達成度であり、評価の結果、ほぼ期待通りの成果が得られていると結論できる。民間資金獲得額、公的資金獲得額、共同・受託研究数の大企業に対する中小企業比率、論文被引用率、論文数、リサーチアシスタント数、イノベーションスクール DC コース採用数、知財の実施件数等、未達成分野もあるが、概ね達成されたということは目標設定の妥当性も含めて評価できる。目標達成に投じた人や資金などのリソースの効率的管理と活用、そしてレベルの高い戦略的連携対応力の結果と推察する。
・昨年度課題と指摘したロードマップの定量的表現についても、具体的に整理された表現に改善され、非常に評価できる。
・「橋渡し」につながる基礎研究(目的基礎研究)：論文数、論文の被引用数が昨年度と今年度の年度末確定値の比較で 113%、107%と向上している点は高く評価できる。Highly Cited Researchers 2017 で 2 名選出されるなど被引用数は論文の質を示す指標であり、この点についても大いに評価できる。
・「橋渡し」につながる基礎研究(前期)：特許の積極的出願傾向は、産総研の中でも高い割合であり、エネルギー・環境領域が産総研をリードしている意味において評価できる。
・「橋渡し」につながる基礎研究(後期)：民間資金は昨年を下回っているが、産総研の中でエネルギー環境領域が最も高い点は、市場の変動を考慮すると、健闘したと評価できる。
・今後、エネルギー・環境で産業育成につながる鍵の技術のほとんどを手がけ、成果を着実に出している。
・別添資料のテーマは、いずれも民間では取り組むことが難しいテーマが多く、日本として取り組むべきテーマが多く、また、成果を着実に出していると評価できる。
・各分野でロードマップを基に計画的に研究が進められていること。
・学術的に多くの成果が上がっており、論文などのアウトプットにつながっていること。
・フィールド検証もしっかりと行われており、実際に使える技術を目指して地に足のついた研究開発をされていること。
・特許創出、標準化に積極的に取り組まれ、大きな成果をあげられてていること。

・シーズ創生から要素技術、システムの検証まで、一気通貫の研究開発がなされていること。
・FREA 被災地企業のシーズ支援プログラムや、コンサルティングなどで産業貢献されていること。
・内外の人材育成に注力されていること。

（改善すべき点及び助言）
・研究所に冠されている「産業技術」と言う言葉には個々の要素技術のピークだけでなく、開発された要素技術を基にシステムやインフラを構築するための仕組み作り（政策科学）も含意すると思われます。オープンイノベーションにおけるオープンとクローズの線引き、ポスト事業化戦略、ヴェンチャー起業の方法論といった技術の産業化プロセス自体を科学していただきたいと思います。
・中でもオープンとクローズのバランスあるいは両立は、研究者個人としても、産官連携においても、重要かつ困難な課題と思います。産総研モデルと呼ばれるような方法論を確立していただければと思います。
・一方で、そのような組織論だけで産業化が成功しないこともまた事実です。結局は人です。当該分野の学理をきちんと抑え、構想力、人間的魅力で企業を束ねる人が居るかどうか。「産総研における人材育成」とは従って、インターンシップや連携大学院だけを意味するものではなく、コアな研究員がそのようなコーディネート能力を獲得していくことが出来るかどうかを意味します。「中鉢塾」の取り組みなども紹介いただければと思うところです。
・再生可能エネルギーは、人類文明の維持発展、将来の社会基盤創成のためにも非常に重要である。だが、太陽光、風力、地熱と総花的であり、時系列的にも、重点化が必要と考える。従って、競合領域を包含した研究開発のロードマップの策定や連携を期待する。
・研究開発テーマが、総花的になり勝ちで、重点化を含めて、もう少し整理した方が良いでしょう。
・ブレークスルーにつながるような研究、”世界最高水準”を目指す展開も期待したい。イノベーションと実用化を目指した研究開発のバランスが重要と考える。
・エネルギー政策の策定や見直しに貢献することを期待する。
・エネルギーや環境分野は政策とも大きく関わり、純粋な科学探求以外にも政策科学という観点からもっと産総研は貢献できるのではないか。この分野は営利目的の企業ではできない領域である。特に欧州のCircular Economy をはじめとする数々の環境政策に対して、日本は遅れをとっているという危機感がある。ぜひこの分野での産総研での積極的な関与を期待したい。
・研究開発の時間軸に対し、３フェーズが必ずしも一致しない場合も出ている。３段階や研究者依存でなく、時には外部や企業からも呼び込むなどして加速してビジネス損失を回避するという危機感も共有していただきたい。
・別添資料にもよい成果はたくさんあるのだが、なぜその研究が目的基礎研究なのか、橋渡し前期/後期研究なのかの理由が分かりにくい。資料中に簡単なロードマップや開発計画を加えて、現在のマイルストンを明確にするとより分かりやすくなると思う。
・今年度の評価委員会では、時間の関係で人材育成に関する質疑が不十分だったと感じている。人材育成は産総研に限らず組織にとって第一優先事項といっても過言ではない。次回は是非、的確な評価をするため、十分な時間を確保して欲しい。
・産総研が有する人材の能力レベルは、大学教員と同等かそれ以上と認識している。能力の高さを考慮すれば、1 人あたりの特許、論文数はもっと多くてもよいと考える。被引用数の多さを考えれば、投稿された論文の質は十分であるから、一部のエース的研究者が産総研を支えているという見方もできる。もしこの推論が正しければ人材育成の観点と職員採用面からは改善の余地があることになり、採用戦略と一体化した人材育成プログラムを進化させる必要がある。実体の把握をお願いする。
・目的基礎研究、橋渡し前期、後期の３つのカテゴリの中で、プレゼンおよび資料を代表的研究に絞って説明いただいた点は、前年に比べて議論が発散せず、評価委員の理解も深くできたと感じている。しかし、以下に示すようなアピール、説明が不足していたと感じるので、ご検討いただきたい。(1)ベンチマークなど、従来技術からの差異を明確化(世界トップレベルか否か)、(2) 長期に亘る研究におけるマイルストーンの明確化(研究レベルのステータス)、(3) ブレークスルー技術の積極的アピール、(4) 研究初期段階に刈り取りイメージの構築。
・民間企業は年度で開発をしていないので、機動力を発揮できるしかけが必要に感じました。
・多くの国民からわかりやすい表現をされる工夫が必要に思います。今回の資料は専門家向けになっているように思います。
・今回の評価委員の構成を考えると、マクロにエネルギー･環境を捉えているというより、部品開発の要素技術ができたのでその点を評価してほしいという期待が垣間見えます。しかし、日本の状況を考えると、

マクロに見て今のテーマが妥当かどうかをしっかり審議するという視点も必要に思います。エネルギー・環境で解決しなければならない課題、日本の将来のために必要な課題は何かをもう一度たな卸しした上で、今取り組んでいるテーマが妥当だという検証も必要なのではないかと思いました。日本の国富が増え、国民一人ひとりが豊かな生活をすごすことができるためには、エネルギーをより効率的に使うこと、日本に適した環境にやさしいエネルギーを経済合理性が成り立つようにする、こうした視点でビジョンを再度確認され、再整理するとよりわかりやすくなるように思います。
・ロードマップの策定はシーズ技術を多く保有し、グローバルな技術動向にも詳しい AIST に期待するところが大きいが、適切なアウトカムとそれに向けた課題設定は企業を入れて、継続的にローリングをしていただきたい。
・352 名の研究者であまりに広い技術範囲と研究フェーズをカバーされていることに驚かされる。AIST に最も期待するのは、グローバルに Only1,No.1 のキーデバイス、キーテクノロジーを創出することである。そのためには、組織の在り方やテーマの選択と集中も検討が必要ではないか。
・領域間のクロスファンクションを強化して、新たな価値創出を図っていただきたい。産業構造、社会環境が大きく変化していく今、企業が目指す製品・サービスも変わってきている。AIST でもそうした変化に感度を高くし、変革を行っていただきたい。〃

４．評点一覧

評価委員（P, Q, R, S, T, U）による評価

評価項目	P	Q	R	S	T	U
領域の概要と研究開発マネジメント	A	A	S/A	A	S/A	S/A
「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/B	A	S/A	S	A
「橋渡し」研究前期における研究開発	A	A	S/A	A/B	S/A	A
「橋渡し」研究後期における研究開発	A	S/A	S	S	S/A	S
領域全体の総合評価	A	A	S/A	A	S/A	S/A

５．その他のコメント

・さらなる研究開発の推進のためには、人材育成が必要であり、同時に、専任の研究者の採用を増やす必要があろう。
・大学教授への転出も、大きな意味で、必要に思う。産総研を中心としたネットワーク形成、研究開発の広がり、さらなる人材育成の面も含めて。また、大学等への招聘も、研究者の実力の尺度と考えられる。
・FREA は、福島の復興への道筋を明らかにして欲しい。福島県の企業の育成、支援は、関連予算が途絶えた時に、そのような視点での継続は難しくなるのではないか。例えば、FREA で製造した太陽電池モジュールを福島県に設置して、福島復興の一助とするなどの案も検討して欲しい。
・せっかくよい成果が出ているので、広報にもっと力をいれてみてもよいのではと思います。
・シーズ志向型の研究が多いように思います。コンソーシアムはよい活動と思いますが、共通目標の開発までは上手くいくと思いますが、具体的なビジネスに落としこんだ場合にそこからニーズが確実に掴めるかは疑問です。コンソーシアムやプラットフォーム活動から上手く個社のビジネスに繋がるニーズを把握することで、民間資金の獲得向上にも繋がるのではないでしょうか。
・再生可能エネルギーについて：再生可能エネルギーの中で水素エネルギーは、原子力や火力と対極にある密度の低いエネルギーです。そのため、既存のエネルギーを代替すれば、輸送・貯蔵設備が大きく重くなる。再生可能エネルギーの媒体として水素に置き換えると、より多くの輸送・貯蔵コストがかかるだけでなく、従来には無い製造にかかわるコストが上乗せされる。FCV のように高圧水素貯蔵技術はデメリットを克服した成功例だが、製造コストを今後誰がどのように負担するかは未だ不明である。これら課題を解決するには、領域だけの技術では不十分であり、他分野技術を絡めたシナリオの早期作成が重要であり、産総研の技術力、発想力、行動力などの総合力に期待したいところである。
・研究分野のボーダレス化について：宇宙産業が経済産業省の管理管轄下にあるという前提で、研究分野のボーダレス化の課題に言及する。宇宙環境は既に民間経済活動の対象となっており、宇宙産業として確固たる産業領域を形成している。宇宙環境は、産総研が推進する水素を主体としたエネルギー社会を実現できる最適の環境である。太陽光から電力を得、水電解によりエネルギーを水素として貯蔵・輸送し、必要な電力と水は燃料電池から得る。月には水も酸素も存在する。エネルギー・環境領域の研究成果がダイレクトに役立つ対象である。領域の技術ロードマップに出てくる 2050 年は、確実に宇宙産業は

現在より拡大し、宇宙環境は人類の住環境になっている可能性が高い。科学技術の進歩に伴い、研究分野は今後ますますボーダレス化が進み境界領域が曖昧になると予想されるが、踏み込むことを躊躇する理由はないし、有ってはならないと考える。

・今回の評価が、より国民に広く理解してもらうことを想定すると、資料の対象が専門家向けとなっているため、広く理解してもらうための一段の工夫が必要に感じる。どんな社会になっているのか、それを実現させるためにどんなデバイスが必要か、それを実現させるために実施している　というようなストーリーがあるとわかりやすい。一方、企業からの受託という視点から見ると、研究能力を中心にまとめているので、実務上の課題解決までは実施してもらえなさそうに思え、コンサルタントにとどまってしまうと思われてしまう、あるいは、新規の参入するにはハードルが高いと感じてしまう内容に感じられる。これらの視点での相談窓口あるいはネット上でのメールでの相談など、工夫する点は多いように感じました。

平成２９年度　研究評価委員会（エネルギー・環境領域）　評価報告書
平成３０年6月１９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。

National Institute of
Advanced Industrial Science
and Technology
AIST

AIST16-X00001-3