

平成29年度  
研究評価委員会  
(材料・化学領域)  
評価報告書

平成30年6月



国立研究開発法人  
産業技術総合研究所 評価部



## 評価報告書 目次

1. 評価委員会議事次第	1
2. 評価委員	3
3. 評価資料（委員会開催時 <sup>1</sup> ）	5
4. 説明資料（委員会開催時 <sup>1</sup> ）	21
5. 評価資料（年度末確定値）	93
6. 評価委員コメント及び評点	95

---

<sup>1</sup> 平成30年3月14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（材料・化学領域）**  
**議事次第**

日 時：平成 30 年 3 月 14 日（水）10:00-17:25

場 所：国立研究開発法人 産業技術総合研究所 つくばセンター 第 5 事業所 5-2 棟 第 3・第 4 会議室

開会挨拶	理事・評価部長 加藤 一実	10:00-10:05
委員等紹介・資料確認	評価部研究評価室 小平 哲也	10:05-10:10
<b>領域による説明（質疑含む）</b> （議事進行：高田 雅介 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）	理事・材料・化学領域長 村山 宣光	10:10-11:10
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 30 分、質疑・評価記入 30 分） 全体説明(20 分) トピックス紹介①(10 分)	理事・材料・化学領域長 村山 宣光 触媒化学融合研究センター センター長 佐藤 一彦	11:10-12:10
昼食・休憩(45 分)		12:10-12:55
現場見学会(65 分)		12:55-14:00
・ DNP-NMR ・ 発泡装置、混錬装置 ・ 歯周病菌の即時分析装置	（説明者：触媒化学融合研究センター 藤谷総括研究主幹） （説明者：化学プロセス研究部門 依田グループ長） （説明者：機能化学研究部門 原グループ長）	
（2）「橋渡し」研究前期における研究開発 （説明 30 分、質疑・評価記入 30 分） 全体説明(20 分) トピックス紹介②(10 分)	理事・材料・化学領域長 村山 宣光 構造材料研究部門 部門長 田澤 真人	14:00-15:00
（3）「橋渡し」研究後期における研究開発 （説明 40 分、質疑・評価記入 30 分） 全体説明(20 分) トピックス紹介③(10 分) トピックス紹介④(10 分)	理事・材料・化学領域長 村山 宣光 化学プロセス研究部門 部門長 濱川 聡 ナノチューブ実用化研究センター センター長 畠 賢治	15:00-16:10
休憩(20 分)		16:10-16:30
<b>総合討論・評価委員討議・講評</b> （議事進行：高田 雅介 評価委員長）		
総合討論（領域等への質疑を含む）	(15 分)	16:30-16:45
評価委員討議（領域等役職員 退席）	(15 分)	16:45-17:00
評価記入（領域等役職員 退席）	(15 分)	17:00-17:15
委員長講評（領域等役職員 着席）	(5 分)	17:15-17:20
閉会挨拶	理事・評価部長 加藤 一実	17:20-17:25



## 評価委員

材料・化学領域

委員長	氏名	所属	役職名
○	高田 雅介	一般財団法人ファインセラミックスセンター	専務理事
	大江田 憲治	株式会社 セルシード	社外取締役
	鷹野 景子	お茶の水女子大学 基幹研究院 自然科学系	教授
	長瀬 公一	東レ株式会社 研究・開発企画部	主席部員
	山崎 一正	日本金属株式会社	顧問

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（材料・化学領域）**  
**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】**

材料・化学領域では、材料技術と化学技術の融合による、部素材のバリューチェーン強化の実現を念頭に、機能性化学品の付加価値を高めるための技術開発、および新素材を実用化するための技術開発を通じて、素材産業や化学産業への技術的貢献を目指す。第4期における研究開発においては、最終製品の競争力の源となる革新的部材・素材を提供することを目指し、材料の研究と化学の研究との統合によって、グリーンサステナブルケミストリーの推進及び化学プロセスイノベーションの推進に取り組む。また、ナノカーボンをはじめとするナノ材料の開発とその応用技術、新たなものづくり技術を牽引する無機機能材料、及び省エネルギー社会構築に貢献する先進構造材料と部材を開発する。これら5つの研究開発課題を領域に所属する研究者417名(内、常勤研究職員371名)が以下の5つの研究部門 (Research Institute: RI)、4つの研究センター (Research Center: RC) において実施する。

**【課題項目①】 グリーンサステナブルケミストリーの推進**

- ・機能化学 RI (部門長: 北本大、研究職員数: 66、拠点: つくば、中国)
- ・触媒化学融合 RC (センター長: 佐藤一彦、研究職員数: 38、拠点: つくば)

**【課題項目②】 化学プロセスイノベーションの推進**

- ・化学プロセス RI (部門長: 濱川聡、研究職員数: 54、拠点: 東北、つくば)

**【課題項目③】 ナノカーボンをはじめとするナノ材料の開発とその応用技術の開発**

- ・ナノ材料 RI (部門長: 佐々木毅、研究職員数: 51、拠点: つくば)
- ・ナノチューブ実用化 RC (センター長: 畠賢治、研究職員数: 13、拠点: つくば)
- ・機能材料コンピューショナルデザイン RC (センター長: 浅井美博、研究職員数: 34、拠点: つくば)

**【課題項目④】 新たなものづくり技術を牽引する無機機能材料の開発**

- ・無機機能材料 RI (部門長: 淡野正信、研究職員数: 58、拠点: 中部、関西)
- ・磁性粉末冶金 RC (センター長: 尾崎公洋、研究職員数: 23、拠点: 中部)

**【課題項目⑤】 省エネルギー社会構築に貢献する先進構造材料と部材の開発**

- ・構造材料 RI (部門長: 田澤真人、研究職員数: 57、拠点: 中部)

材料・化学領域の上記9つの研究部門/センターはつくばセンター(茨城県つくば市、230名)をはじめに、東北センター(宮城県仙台市、32名)、中部センター(愛知県名古屋市、108名)、関西センター(大阪府池田市、26名)、中国センター(広島県東広島市、21名)と5拠点に及び、各拠点が密接に連携して研究課題の解決に取り組んでいる。

さらに、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トトリ」、通称「OIL (オー・アイ・エル)」の整備として、材料・化学領域では、産総研・東大 先端オペランド計測技術オープンイノベーションラトトリ (OPERANDO-OIL) と、産総研・東北大

数理先端材料モデリングオープンイノベーションラボラトリー (MathAM-OIL) が活動中である。また、産総研内に設置した企業名を冠したラボ、すなわち「連携研究室/連携研究ラボ」(通称「冠ラボ」)等としては、平成28年度以前に設立した3つ(「日本ゼオン-産総研 カーボンナノチューブ実用化連携研究ラボ」、「日本ゼオン・サンアロー・産総研 CNT 複合材料研究拠点」、「DIC-産総研東北センター化学ものづくり連携研究室」)に加え、平成29年度は、「日本特殊陶業-産総研ヘルスケア・マテリアル連携研究ラボ」、「矢崎総業-産総研 次世代つなぐ技術 連携研究ラボ」の2件がスタートした。

領域の運営にあたっては、領域長、研究戦略部長、研究企画室長、(以上「領域三役」)と研究部門(センター)長の間で常に情報共有を図り、十分な議論を踏まえて領域の運営を行った。特に、予算執行、職員採用、人事異動については、領域全体の最適化を基本として合理的かつ機動的に行った。

領域のビジョン「夢の素材で人を巻き込み、グローバルな価値を創る」の実現に向け、材料・化学領域では5の戦略課題の22のサブテーマを4つのアウトカム、すなわち「環境調和」、「省エネ」、「産業革新」、「快適」に分類した。さらに、平成28年6月28日に公表した「産業技術総合研究所の平成42年(2030年)を目指した研究戦略」を踏まえて研究課題の重点化を行った。すなわち、(1)環境調和を牽引する新素材・新化学プロセス技術、(2)コンピューテーショナルデザインによる新機能性材料開拓、(3)環境変化にアクティブに応答する高付加価値材料、(4)食糧や水の安定供給を実現する新素材やシステム、の4つである。材料・化学領域ではこれら4つの研究課題を推進するため、平成27~29年度の3年間で領域内に4つのワーキンググループ(WG)を立て、研究戦略等の内部議論を行ってきた。さらに領域内の萌芽研究やプロジェクト(PJ)で関連する研究シーズの強化を図ってきた。今後は産総研の第5期に向け、これらの成果を国家プロジェクトや企業連携PJ、日本学術振興会(JSPS)の科学研究費助成事業(科研費)「新学術領域研究」等に発展させ、研究体制の強化と研究開発の加速を図る。以上により材料・化学領域の目指す4つのアウトカム(「環境調和」、「省エネ」、「産業革新」、「快適」)を実現し、我が国の素材産業と化学産業の国際競争力強化に向けて貢献する。

他領域連携による研究の相乗効果を狙い、産総研内の他の研究領域との連携も積極的に進めた。エネルギー・環境領域とは、平成28年度に共同で設立した「固体酸化物エネルギー変換先端技術コンソーシアム」を通じて、「燃料電池」に関する連携研究を展開した。エレクトロニクス・製造領域とは、科学技術振興機構(JST)の戦略的創造研究推進事業(CREST)「カルコゲン化合物・超格子のトポロジカル相転移を利用した二次元マルチフェロイック機能デバイスの創製」で「メモリ材料」に関する共同研究を実施した。生命工学領域とは、平成29年度設立した「日本特殊陶業-産総研ヘルスケア・マテリアル連携研究ラボ」にて、「ヘルスケア・マテリアル」の開発を始めた。情報・人間工学領域とは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の「超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト(以下、超超PJ)」にて、計算科学-プロセス-計測技術の連携による機能性材料の開発時間短縮に向けた研究を推進した。

時間軸を意識した研究開発のPDCA マネジメントを徹底化するため、Technology Readiness Level (TRL)を用いる。TRLとは、技術開発研究過程において、重要な要素技術の成熟度を推定するために用いられる方法である。通常、TRL=9を最も成熟した技術とし、1から9までの値でスケールすることによって、異なるタイプの研究・技術でもそれらの成熟度を均一にチェックすることが可能になる。TRLの数値と研究の位置付けは以下のとおりである。

- TRL 1: 基本現象の発見、原型装置の開発
- TRL 2: 原理・現象の拡張
- TRL 3: 技術コンセプトの確認
- TRL 4: 応用的な開発(要素技術段階)
- TRL 5: ラボテスト(要素技術段階)
- TRL 6: 実証・プロトタイプ機(システムレベル)
- TRL 7: トップユーザーテスト(システムレベル)
- TRL 8: パイロットライン導入

## TRL 9：大量生産開始

(目的基礎研究はTRL 1-3、「橋渡し」研究前期はTRL 3-5、「橋渡し」研究後期はTRL 6以上に該当する。)

材料・化学領域では、各研究課題が第4期開始時にTRL上でどのフェーズにあり、第4期終了時にどのフェーズまで進めるのかを定め、常にこの目標と進捗状況とを比較することで、重点化する研究課題の選択や研究計画の見直しを機動的に行ってきた。具体的には、平成29年度は各研究部門(センター)で数名の外部有識者をアドバイザーとして招へいし、11月頃に各研究部門(センター)でアドバイザーとの意見交換を実施した。その結果を踏まえて、12月に領域研究戦略部による各研究部門(センター)のヒアリングを実施した。以上の進捗確認を行ってTRLのリバイスを実施した。

研究開発の進め方に関しても、目的基礎研究と「橋渡し」研究の両立のために、「民間資金を獲得すると目的基礎研究が加速され、それが新たな民間資金の獲得につながる」新しいモデルの構築を目指した。研究者個人だけではこのモデルの実現は困難であり、研究グループ/チームの総合力によって、企業との調整時間の増大や論文化へのタイムラグ等の課題の解決を図った。同時に、民間資金獲得の成功事例から抽出される方法論の職員全員への共有等の領域主導のアクションにより、職員一人一人の意識改革を行った。材料・化学領域の知財戦略としては、コアとなる基盤技術に関しては産総研単独で特許を確保し、応用技術分野については、企業と共同で開発し、知財を保護することにより、産総研技術の社会への普及を図った。

平成29年度の評価指標に関しては、平成29年12月末現在で、民間資金獲得額13.7億円(目標16.6億円、平成28年12月比136%)、論文の合計被引用数11,234回(目標10,400回、平成28年12月比108%)、論文発表数338報(目標450報、平成28年12月比104%)、実施契約等件数203件(目標230件、平成28年12月比102%)、人材育成53人(目標12人)の実績をあげている。特筆すべきは、過去3年間、論文発表数を維持したまま、民間資金獲得額を第3期平均額に比べ208%(平成29年12月末現在)まで着実に増加させた実績である。

### 【アウトカム】

領域が目指す価値造り、すなわちアウトカムは「産業革新」、「省エネ」、「環境調和」、「快適」である。領域全体で定めた22の戦略課題がこれら4つのアウトカムのどれを目指すのかを意識したマネジメントを行っている。また、各戦略課題毎のTRLロードマップによって、アウトカムに向かった時間軸を意識したマネジメントを行っている。さらに、領域WGによる研究戦略の立案、領域内萌芽研究やPJによる研究シーズの育成、国家プロジェクトによる企業や大学と連携した「橋渡し」研究の推進等を領域戦略部が主体となって強力に押し進めることで、4つのアウトカムに向かって、着実に研究開発を進展させることができた。

### 【課題と対応】

第5期への展開を見据え、領域の進むべき方向をより明確に打ち出す必要がある。そのため、「産総研の平成42年(2030年)を目指した研究戦略」において、材料・化学領域が中心的役割を担う4つの課題を強力に推進する。具体的には、“コンピューテーショナルデザインによる新機能性材料開拓”に関する国家プロジェクトを強力に推進するとともに、“環境調和を牽引する新素材・新化学プロセス技術”、“食糧や水の安定供給を実現する新素材やシステム”、“環境変化にアクティブに応答する高付加価値材料”の課題に関するワーキンググループで策定したプランを着実に実行する。

## (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】

領域が掲げたビジョンに則り、「夢の素材」による「産業界、経済界、行政の方々と連携」した、「グローバルな価値の創造」に向け、受託研究に加えて、領域内の各研究部門(センター)の持

つポテンシャルを活かした技術相談、技術コンサルティングの活動を積極的に行った。技術相談については、平成 29 年度 12 月末時点で 933 件であった。共同研究・受託研究契約数は、大企業 201 件、中堅・中小企業 87 件（中堅・中小企業の契約総数の比率は 30.2%）であった。共同研究・受託研究契約数は 12 月末時点で平成 28 年度実績値に匹敵し、産総研技術を活かした活動が平成 29 年度も積極的に行われた。また、技術コンサルティング契約を結んだ企業数は、平成 28 年度は 10 社であったが、平成 29 年度は計 21 社（12 月末時点）と約 2 倍に増加した。コンサルティング収入も平成 28 年度の 1,470 万円から平成 29 年度は 5,066 万円（12 月末時点）と大きく増加し、目に見える成果を上げた。

さらに、大分県産業科学技術センター（ナノ材料 RI から出向 1 名）、広島県立総合技術研究所（機能化学 RI に技術研修 1 名を受け入れ）、奈良県森林技術センター（構造材料 RI に産学官制度来所者 3 名を受け入れ）、愛知県森林・林業技術センター（構造材料 RI に産学官制度来所者 2 名を受け入れ）等、8 つの公設試験研究機関（公設試）と人材交流を行った。業界団体との連携としては、例えば、新化学技術推進協会（JACI）のフロンティア連携委員会の副委員長、ケイ素化学協会の常任理事、大阪科学技術センターの理事等、12 の業界団体で役員として活動した。学会運営でも指導的な立場に立ち、日本化学会の理事、日本セラミックス協会の副会長、米国セラミックス学会の理事等、23 の学会で理事を務めた。

研究活動で得られた専門知識を社会に役立てるため、国際標準化活動も積極的に進めた。平成 29 年度の国内外規格・標準化活動における役職者としては、WG の議長に該当するコンビーナは 2 名（平成 28 年度 1 名）、プロジェクトリーダーは 6 名（平成 28 年度 2 名）で、平成 28 年度の実績を上回った。また、国際標準（ISO）の新規発行規格としては、ゴム及びゴム製品のバイオマス原料含有率の測定に関する規格（ISO/19984-1、ISO/19984-2、ISO/19984-3）を 3 件発行した（平成 28 年度の国際標準の新規発行規格は 2 件）。国際標準の規格提案は、近赤外吸収測定によるカーボンナノチューブ（CNT）細胞取り込み量評価法に関する規格（ISO/AWI TS 23034）、セルロースナノファイバーの特性評価と測定手法に関する規格（ISO/AWI TS 21346）、炭素繊維強化プラスチックの繊維含有率の測定法に関する規格（ISO/NP 22821、ISO/NP 22836）の 4 件で、平成 28 年度の国際標準の規格提案数（2 件）を上回った。

### 【アウトカム】

技術ポテンシャルを活かした指導助言等の活動で生み出される価値、すなわちアウトカムの一つは、企業等が直面する問題に対するソリューションの提供である。技術コンサルティングの顕著な増加が、如何にソリューションを必要としている企業等が多いかを示している。第二のアウトカムは企業等への将来ビジョンの提供である。第三のアウトカムは国際標準策定による公平で合理的な産業発展への貢献である。平成 29 年度は、特に技術コンサルティングを通じた指導・助言に顕著な伸びがあった。

### 【課題と対応】

技術ポテンシャルを活かした指導助言等の活動では、技術コンサルティング収入の実績が明らかに向上したが、今後もこの顕著な成果を継続することが課題である。そこで、知財戦略を十分に行ない、産総研の生み出した発明の権利をしっかりと確保した上で、技術相談や技術コンサルティング等に真摯に対応していく。これにより、材料・化学領域への産業界からの信頼をさらに高め、共同研究等の企業連携に繋げていく。

国全体の技術政策立案への貢献を高めることも課題といえる。そのために、関係省庁や経済界との戦略的かつ組織的な意見交換を積極的に行っていく。

## （3）マーケティング力の強化

### 【実績・成果】

領域のマーケティング力強化策へのアクションとして、領域内の 9 つの研究部門（センター）の企業相談等の状況報告を毎月集約し、研究戦略部として解析を行い、適宜、研究部門（センター）

の幹部と情報共有を行った。加えて、技術コンサルティングの窓口拡大、冠ラボの立ち上げに向けた企業の受け入れ体制の構築等、企業とのコミュニケーションを円滑に実施し、マーケティング力を強化した。また、産総研つくばセンターで年に一度開催される「テクノブリッジフェア in つくば」では、招待した民間企業の幹部と領域長が意見交換を行った。本イベントで平成 29 年度に意見交換を実施した企業は 15 社で平成 28 年度の 13 社を上回った。さらに平成 29 年度は、ナノテクノロジービジネス推進協議会(NBCI)、新化学技術推進協会(JACI)等、業界団体との交流、連携を強化した。

技術を展開する新たな企業等の開拓を目的とした研究戦略の中身を構築するための内部議論の場として、平成 28 年度までの「スポーツ工学PJ」、「食糧・水 WG」、「アクティブマテリアル WG」に加え、平成 29 年度は「環境調和材料 WG」が本格的に始動した。WG 活動を通じて、ニーズ調査、トレンド分析から素材調査研究までをカバーするとともに、新規の技術領域の創成による研究マーケティングの拡大を図った。例えば、「アクティブマテリアル WG」で生まれた新概念に基づく材料（環境にアクティブ応答する高付加価値材料）の開発を社会に提案・発信する場として、平成 29 年度「SMACTIVE マテリアルシンポジウム」を開催(平成 29 年 12 月 14 日、産総研つくばセンター、講演 8 件)したことは、その顕著な例といえる。

また、材料・化学領域が持つ技術シーズの紹介、産業応用に向けた提言、「橋渡し」研究強化のプラットフォームとして、平成 29 年度は「ガラス物性測定コンソーシアム」が新設される等、材料・化学領域戦略部及び所属研究部門(センター)が主体で、計 14 の産総研コンソーシアムが活動した。

研究成果を社会に発信するための広報活動として、展示会への出展を積極的に行った。第 17 回国際ナノテクノロジー総合展・技術会議(nano tech 2018)では、産総研ブース「SDGs に貢献する環境調和材料・プロセス～産総研発 CERO Technology～」において「環境調和材料 WG」に関する特別展示 7 件を含む、37 件を出展し、材料・化学領域の最新の技術を企業にアピールした。“CERO”は、国連の「持続可能な開発目標 (SDGs : Sustainable Development Goals)」達成に貢献するために必要と考える 4 項目、「炭素循環 (Carbon cycle)」、「エネルギー (Energy)」、「資源・リサイクル (Resource/Recycle)」および「安全・安心 (Organic life-friendly)」の頭文字であるとともに、スペイン語で“ゼロ”を意味する。また、有害物質を使わず、資源・エネルギーの無駄を“ゼロ”にする研究の意味も込めた、材料・化学領域が提案するオリジナルのコンセプトである。それ以外にも、「化学フェスタ」、「計測・分析フェア in 京都」、「アグリテクノフェア in 北海道」等に出展し、積極的な広報活動を展開した。

これら、材料・化学領域独自の組織的マーケティング力強化の取り組みにより、民間資金獲得額を着実に増加する(12 月末で平成 28 年度の民間資金獲得額を上回る)ことができた。さらに、マーケティング情報収集の機動性向上により、これまで領域として未開拓で、今後大きな受託研究が期待される業界とのマッチングを進めた。具体的には、食料や水に関する材料といった新たな分野での素材技術活用を検討し、展示会での調査やヒアリングを進め、技術マーケティングの解析により、新たに材料・化学領域で開拓すべき研究テーマの検討につなげることができた点が挙げられる。

以上、マーケティング力の強化が、民間資金獲得額の増加に結びつくとともに、未開拓であった研究市場の発見、開拓に向けた研究体制構築の始動につながった。

#### 【アウトカム】

マーケティング力の強化が生み出す価値、すなわちアウトカムは、第一に産総研の橋渡し先企業の開拓、第二に企業が潜在的に抱える将来の研究課題の発見、第三に長期的な視点に立った社会的な課題（例えば少子・高齢化、食料問題、環境問題、エネルギー問題等）の策定である。橋渡し先企業の開拓については民間資金獲得額の着実な増加からみて、成果をあげているといえる。また、ワーキンググループ活動による技術コンセプト等の提案は社会的な課題の策定に貢献できる。

#### 【課題と対応】

材料・化学領域のマーケティング力の強化に向けて、領域内の研究部門(センター)におけるイノベーションコーディネータ的機能の強化を図る。

#### (4) 大学や他の研究機関との連携強化

##### 【実績・成果】

平成 26 年度より導入されたクロスアポイントメント制度を積極的に活用し、組織を越えた連携により領域の研究開発力強化を進めた。特に、平成 29 年度は、豊田中央研究所(民間企業からの採用は産総研で初めて)と九州大学の 2 名のクロスアポイントメントを成立させ、これまでの東京大学、東北大学、大阪大学、北海道大学、名古屋大学、神戸大学、東京工業大学、筑波大学等と合わせ、計 15 件のクロスアポイントメントを成立させることで、人的交流と連携強化に向けたプラットフォーム構築を引き続き推進した。

また、大学との研究マッチング検討のための研究交流会として、北海道大学、理化学研究所、物質・材料研究機構等とキャタリストインフォマティクス(触媒開発と人工知能の融合研究)に関する連携シンポジウム等を実施した。

海外の研究機関との連携については、スイス連邦材料試験研究所(Empa)と 2 回のワークショップ(第 1 回:平成 29 年 5 月 30, 31 日にスイス Empa にて開催、第 2 回:平成 29 年 10 月 10, 11 日に産総研関西センターにて開催。)を実施し、一部のテーマに関しては、すでに共同研究を開始した。また、アメリカ国立標準技術研究所(NIST)の訪問・来訪を行い、国際連携に向けた交流を進めた。

##### 【アウトカム】

イノベーションを加速させるためには、大学や他の研究機関との連携強化が不可欠である。平成 29 年度は、特に海外研究機関との連携について大きな進展があった。

##### 【課題と対応】

イノベーションの加速に向けて、大学や他の研究機関との連携強化は大きな課題である。そのため、クロスアポイントメント制度を活用して、複数の大学等が産総研の場に集まり、社会的課題に挑戦することを目指す。また、国際的に様々なニーズを把握しながら新素材や新プロセス技術を開発し続けることも課題といえる。そこで、今後は Empa、NIST 等の交流を開始した海外研究機関と、より詳細な議論(例えば、連携テーマの調整、公的外部資金に共同で応募等)を進め、国際連携体制を更に強化していく。

#### (5) 研究人材の拡充、流動化、育成

##### 【実績・成果】

産総研では、優れた研究開発能力を持った大学院生等をリサーチアシスタント(RA)として雇用し、社会ニーズの高い研究開発プロジェクトに参画させる、産総研 RA 制度を実施している。材料・化学領域では、領域が一元的に RA の雇用予算を管理し、従来の採用だけでなく、クロスアポイントメント制度と RA 雇用を組み合わせた採用を推進してきた。熊本大学とは、この方式により、優秀な若手人材の確保と同時に、効率的な「橋渡し」研究人材の育成と拡充を図った。平成 29 年度も引き続き、OIL 等を通じて、東京大学等から産総研 RA の採用を積極的に推進した。その結果、12 月末現在で目標数の 3 倍を超える 39 名の RA を採用した。また、産総研イノベーションスクール制度により 14 名のポスドク生と大学院生の育成を担当した。また、有能な人材の雇用として、企業経験キャリアのある実践力の高い職員の採用も積極的に行った。

材料・化学領域の職員の人材育成としては、産総研フェローシップ制度による若手研究職員の海外在外研究(平成 29 年度新規 4 名)を実施した。また、領域戦略部が企画した WG において、若手・中堅職員の育成も領域として計画的に進めた。さらに、研究の現場を牽引するグループ(チ

ーム)長の育成を目的に、平成29年は新たにグループ長研修「共鳴塾」を開催した。グループの運営戦略、リーダーシップ、グループ員とのコミュニケーション等、グループ運営における課題に対して、グループ長間での議論を促すとともに、領域長や部門(センター)長が自身の体験談を踏まえて、適切な指導・助言を行った。加えて、領域ビジョンの共有をしっかりと進め、領域に所属する全研究職員に、領域が解決すべき課題の共有や連携研究のマインドを形成させるために、領域ワークショップ(WS)を開催した(平成29年12月19日に産総研つくばセンターで開催。つくばセンターの全研究員が参加。地域センター職員はグループ長以上が全員参加。)。本WSを通じて、各研究部門(センター)における研究開発の進捗状況を相互理解し、研究部門(センター)間の交流を推進させることができた。このように、個々の研究職員の研究開発へのアクティビティをより高めるための活動を強力に推進した。

また、女性研究員の採用増加に向け、「お茶の水女子大生の見学会」、「女子大学院生・ポストドクと産総研女性研究者との懇談会」、「茨城県 理系女子応援シンポジウム」等に参加して、ポスター発表による研究紹介、研究室見学、意見交換を実施する等、女子学生への広報活動にも積極的に取り組んだ。

次に人材の流動化については、上述のイノベーションスクール制度のような流動化を前提とした採用・育成以外にも、協力して橋渡し研究を推進することを目的に、企業等から特定集中研究専門員15名を採用した。これとは別に、材料・化学領域が担当する4件の技術研究組合から計80名をパートナー研究員または産学官制度来訪者として企業から受け入れた。また、省庁やNEDO等への外部出向6件、企業や大学への異動2件、地方自治体関係機関への出向1件と、活発な人材流動実績を挙げた。

#### 【アウトカム】

研究人材の拡充、流動化、育成の生み出す価値、すなわちアウトカムは、第一にイノベーションの加速、第二に組織の多様化、第三に組織の持続的発展である。平成29年度に実施したグループ長研修「共鳴塾」は、グループ長のマネージメント力向上をもたらし、組織の持続的発展につながるものである。

#### 【課題と対応】

研究力とイノベーションマインドを兼ね備えた産業人材の育成は産総研の重要なミッションの一つである。そのため、OIL、RA制度を活用して大学と連携した産業人材育成に取り組む。また、領域職員の育成については、特に組織の要であるグループ長のモチベーション向上に繋がる研修の充実を図る。

## 2. 「橋渡し」のための研究開発

「橋渡し」につながる基礎研究、「橋渡し」研究前期、「橋渡し」研究後期を推進する上で、材料・化学領域では戦略課題として5つの研究開発課題項目を設定した。それぞれの課題項目における第4期中長期計画は次の通りである。

#### 【課題項目①】 グリーンサステイナブルケミストリーの推進

再生可能資源等を用いて、高効率かつ低環境負荷で、各種の基礎及び機能性化学品を製造し、高度利用するための基盤技術を確認する。また、空気を新たな資源として利用可能な触媒技術の開発にも取り組む。

#### 【課題項目②】 化学プロセスイノベーションの推進

各種の基礎及び機能性化学品等の製造プロセスの高効率化・省エネルギー化を実現するための化学プロセス技術を開発する。また、高温・高圧等の特異な反応場を積極的に利活用し、精密な制御が可能な新しい化学プロセス技術を開発する。

#### 【課題項目③】 ナノカーボンをはじめとするナノ材料の開発とその応用技術の開発

ナノカーボン高効率合成及びナノカーボン複合材料製造技術等、ナノ材料のナノ構造精密制御技術や複合化技術、及び先端計測技術を開発する。また、材料・デバイス開発促進のために、

高度な計測技術、理論・計算シミュレーションを利用した材料開発を行う。

【課題項目④】 新たなものづくり技術を牽引する無機機能材料の開発

無機系新素材の創製とスケールアップ製造技術及び部材化技術を開発し、資源制約の少ない元素だけを使った高耐熱磁石等の、耐環境性及び信頼性に優れた各種の産業部材を提供する。

【課題項目⑤】 省エネルギー社会構築に貢献する先進構造材料と部材の開発

省エネルギー社会構築を目指し、軽量構造材料等の設計やプロセス技術の開発によって、輸送機器の軽量化に資する構造部材、ならびに広い温度領域を想定し、各温度領域に適した熱制御部材を開発する。

(1) 「橋渡し」につながる基礎研究 (目的基礎研究)

【実績・成果】

研究開発の初期として、基本的にはTRL「1. 基本現象の発見、原型装置の開発」から「2. 原理・現象の拡張」、「3. 技術コンセプトの確認」までの段階を目的基礎研究と位置づけ、課題項目①-⑤に対応させ主要な研究成果を記載する。

まず、課題項目①では、「スマート (光可逆性) 接着剤の開発」において、アントラセンをベースとした分子設計で、有色粉末状であった接着剤を無色 (透明) 液状にし、ハンドリング性を大きく向上することに成功した。「シラノールの粉体化と構造解析」では、ガラスの基本単位のオルトケイ酸 ( $\text{Si}(\text{OH})_4$ ) を安定に合成し、世界で初めて結晶化に成功し、その詳細な構造を明らかにした。さらに、オルトケイ酸のオリゴマーの合成と単離にも成功し、大量合成を可能とする製造法の開発にも目途を立たせることができた。企業からの引き合いも多く、平成 29 年度だけでも、7 件の研究試料提供契約と 2 社の共同研究が成立した。課題項目①に対応付けられる研究成果で Impact Factor (IF) 10 以上の論文の発表数は平成 29 年度 12 月末時点で 4 報となる。

課題項目②では、「高効率酵素リアクターの開発」を進め、シリカ結合能を付与した複数酵素 (還元酵素および補酵素再生酵素) をメソポーラスシリカに安定に固定化することで、酵素の凝集を回避して、複数酵素の連動した働きを実現した。その結果、医薬中間体 (光学活性アルコール) 等の合成において、高価な酵素の繰り返し使用が可能となり、同一酵素使用量で 5 倍の生成量を達成した。課題項目②に対応付けられる研究成果で IF10 以上の論文の発表数は平成 29 年度 12 月末時点で 3 報となる。

課題項目③では、「軽量で高導電性な CNT 銅ワイヤーの開発」を進め、これまで開発した高配向単層 CNT と銅の二段階電気めっきによる複合化技術の応用により、連続紡糸可能な多層 CNT 糸と 40 vol% 以上の銅を緻密に複合化することに成功し、銅よりも 40% 軽量の CNT 銅複合ワイヤーを実現した。「低加速電子顕微鏡によるカーボン原子鎖の電子状態の観測」では、平成 28 年度成果を上げた単色化電子源に加え、平成 29 年度は真空度を二桁向上させた新型鏡筒やリモート操作システムを応用して高安定化環境での精密観測を開始し、カーボン原子鎖の原子構造やグラフェン等とは異なるエネルギー準位を持つ新たな電子状態を原子レベルで解明することに成功した。課題項目③に対応付けられる研究成果で IF10 以上の論文の発表数は平成 29 年度 12 月末時点で 14 報となる。

課題項目④では、「“溶けない”蓄熱材料、固体蓄熱材料の部材化」を進め、新たに焼結技術を開発することにより、従来の樹脂バインダーを使用した成形体では困難であった密度 80% 以上の  $\text{VO}_2$  の高密度な大型バルク材の作製に成功した。また、そのバルク材において粒界と相転移ドメインの関係を観察し、転移挙動を確認することができた。課題項目④に対応付けられる研究成果で IF10 以上の論文の発表数は平成 29 年度 12 月末時点で 5 報となる。

課題項目⑤では、「複合材料の熱特性解析評価技術の開発」において、熱伝導率の分散・配向構造で決まる部分の厳密計算に着手し、三次元不連続媒質中におけるランダムウォークの厳密定式化に成功した。既存数値解法では困難な現実サイズの複合材料の有効熱伝導率の高速計算を可能とするとともに、異方性フィラーを含む系にまで拡張することができた。

上記の目的基礎研究の成果の中で特筆すべき成果は「シラノールの粉体化と構造解析」である。ガラスの基本単位であるオルトケイ酸は、19 世紀前半に発見されて以来、さまざまな分析手法に



より組成や分子の形状までは分かっていたが、非常に不安定で単離することができないため、詳細な分子構造は不明であった。今回、有機化学的手法を無機化合物のオルトケイ酸の合成に応用することで、不安定なオルトケイ酸を合成、結晶化させて、世界で初めて構造解析に成功した。本成果の学術的評価は極めて高く、高IF誌の“Nature Communications (IF=12.124)”に論文が掲載され、複数の学会で講演賞を受賞した。また、オルトケイ酸とそのオリゴマーを安定に合成できるようになったことから、これらをビルディングブロックとして用いた高機能・高性能シリコン材料の開発や革新的なシリカ製造プロセスの開発も期待できる。

材料・化学領域では、各課題項目における目的基礎研究を強化すべく、領域萌芽の研究プロジェクト（以下「萌芽研究」と表記。実施期間は1年で、予算規模は1件あたり100～200万円。）において、平成27年度の21件、平成28年度の28件に対して平成29年度は32件の研究提案を採択することでシーズ技術の開発を拡充した。萌芽研究では平成27、28年度の採択課題49件のうち、現在も41件が研究を継続中である。その内、萌芽研究の成果をもとに、科研費採択11件、各種研究助成金7件、企業との共同研究費獲得10件と多数の外部資金の獲得実績を上げた。特に、平成28年度萌芽研究の成果を元に国立研究開発法人 科学技術振興機構(JST)の戦略的創造研究推進事業（さきがけ）に採択された例は特筆すべき成果である。また、萌芽研究とは別に日本学術振興会(JSPS)の科学研究費「挑戦的萌芽研究」にも平成29年度は2件の課題が採択された。

総発表論文数は平成29年12月末時点で338報(平成28年12月比104%)であり、平成29年度末には目標の450報を達成できる見通しである。IF値5以上の雑誌への掲載率が24%(80報)と高く、その内、Advanced Materials [IF:19.791]やJournal of the American Chemical Society [IF: 13.858]等のIF値10以上のジャーナルに掲載された論文は27報に達した。これらの高IF論文誌への掲載は、材料・化学領域の高い研究水準を示すものである。また、平成26年から平成28年までの3年間の論文被引用数は11,234回で、平成29年度目標値10,400回に到達した。特に、被引用数50回以上の論文が22報ある。さらに、材料・化学領域には、平成29年度、経済産業大臣賞（産学官連携功労者表彰）、日本セラミックス協会フェロー表彰、日本セラミックス協会学術賞、日本冷凍空調学会学術賞、日本塑性加工学会学術賞、D-アミノ酸学会奨励賞、マテリアルライフ学会奨励賞、溶液化学研究会奨励賞、日本油化学会オレオマテリアル部会オレオマテリアル賞等を受賞した多数の研究職員が所属しており、研究水準の高い人材が多いことは特筆すべきことである。

### 【アウトカム】

課題項目①では、「スマート（光可逆性）接着剤の開発」は、これまでの課題であった接着剤の無色化・液状化が可能となったため、仮止めや繰り返しの脱着が必要とされる歯科用や、意匠性や溶剤フリー化が求められている美容用の接着剤への展開が開けた。「シラノールの粉体化と構造解析」では、無機ケイ素材料だけでなく有機ケイ素材料製造時の“真のビルディングブロック”であるオルトケイ酸やそのオリゴマーを用いた精密な合成が可能になり、“硬いけど曲げられる”等、トレードオフの関係を打開した革新的な部材（例えばハードコート剤、ガスバリアフィルム、Oリング等）の開発が期待される。

課題項目②では、「高効率酵素リアクターの開発」においては、酵素の効率的な利用により、医薬品中間体や機能性食品原料を従来技術よりも低コストで生産することが期待できる。

課題項目③では、「軽量で高導電性なCNT銅ワイヤーの開発」により、高導電性を維持したまま軽量化が可能になるため、自動車や航空機の軽量化に貢献できる。「低加速電子顕微鏡によるカーボン原子鎖の電子状態の観測」では、電子顕微鏡等による構造・元素解析手法の高度化により、正確な局所構造情報に基づく、構造由来の特異な物性の予測・検証が可能になるので、高機能材料の開発に貢献できる。

課題項目④では、「“溶けない”蓄熱材料、固体蓄熱材料の部材化」においては、“溶けない”蓄熱材料が高密度で部材化できることを証明できたため、パッケージを必要としない熱輸送効率の良い蓄熱システムの構築に向けた第一歩を踏み出すことができ、熱の効率的な利用や輸送システム、移動制御等の熱マネジメントの新しい展開が期待できる。特に、家屋や保冷容器用の固体蓄

熱部材としての応用が期待される。

課題項目⑤では、「複合材料の熱特性解析評価技術の開発」により、実験との直接比較が可能になるだけでなく、界面密着性等、これまで容易に知り得なかった構造以外の要因を素早く切り出すことが可能になるので、材料開発期間の短縮化、製造過程や品質管理の効率化等、生産性向上が期待できる。

#### 【課題と対応】

目的基礎研究において創出される技術への世界的な評価を如何に獲得するかが、今後、技術をグローバル展開していく上での課題である。そこで、一層の質の高い論文の発表、グローバル戦略としての国際連携による国際共著論文の発表を推進する。また、継続的に「橋渡し」研究を展開していくために、新たな技術シーズを創出し続けることが課題である。そこで、萌芽研究から生まれる知財の状況の把握、萌芽研究の進捗状況の確認と展開のフォローアップを引き続き行う。また、JSPSの「挑戦的萌芽研究」等の科研費への応募を推奨し、目的基礎研究を更に活発化させる。

### (2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

#### 【実績・成果】

基本的にはTRL「3.技術コンセプトの確認」から、「4.応用的な開発」、「5.ラボテスト」までを、「橋渡し」研究前期と位置付け、研究項目①-⑤に対応させ主要成果を記載する。

課題項目①では、「人工知能(AI)技術による酸化触媒の自動発見」の研究を進め、触媒の量子化学シミュレーション結果と実験で得られた触媒の反応収率との関係を機械学習し、シミュレーション結果から反応収率を直接予測する手法を開発した。収率の予測に寄与するパラメータを自動的・客観的に選別して構築したAIで、収率が予測できることを示したはじめての研究成果である(課題項目③との連携)。「粘度-温度特性に優れた省エネ潤滑油の開発」では、新規考案の分子設計に加え、ケイ素化合物の特性の活用により、温度による粘度変化が従来の基油よりも格段に小さい(粘度指数(VI)が格段に高い)新規構造油(オリゴシロキサン油)を開発した(従来の合成油のVIは120~140、開発油のVIは240~290)。

課題項目②では、「超高純度水素精製用の炭素膜モジュールの開発」を進め、平成28年度より水素透過速度を2倍に向上させた炭素膜で、水素/トルエン混合ガスにおける長期評価試験を実施し、目標値を上回る性能が2,000時間安定に保持されることを確認した。また、共同研究先の膜メーカーが製造した炭素膜と膜モジュールについて、産総研で性能評価協力等を行った。その結果、膜メーカーにおいて要求される水素純度のスペックを維持したまま、平成28年度比3倍(1 m<sup>3</sup>/h規模の水素製造能力)のモジュール作製に成功した。「環境調和性に優れた高機能界面活性剤の開発」では、アルカリ洗浄にも耐え得る安定なアミド骨格を有するサーファクチン(ペプチド型界面活性剤)ファミリー生産菌の探索に成功した。本サーファクチンは、アルカリ洗剤酵素(Subtilisin)存在下で合成界面活性剤の数倍の洗浄効果を示した。

課題項目③では、「液晶高分子のマルチスケールシミュレーション」において、時間変化する電場条件に対する応答性を持つと期待できる粗視化液晶高分子モデルを新たに構築し、分子動力学シミュレーションを実行した。モデルは液晶と高分子の双方の性質を再現し、電場応答性の鍵となる電荷パラメータに依存した物性の変化を観測できた。

課題項目④では、「コンパクトハイパワー燃料電池の開発」を進め、産総研で開発したマイクロSOFC(固体酸化物形燃料電池)に対して、液化石油ガス(LPG)等の炭化水素燃料使用時の電極への炭素析出の抑制に向けて、電極組成や運転制御条件の最適化を行った。その結果、ニッケル-セリア系電極の微構造やLPG等の改質条件を最適化する事により、500~700°Cの広い温度域で炭素析出を抑制する技術を開発した。加えて平成29年度、NEDO「ロボット・ドローンが活躍する省エネ社会の実現プロジェクト、省エネルギー性能等向上のための研究開発」の採択により、自動車部品メーカーや産業用ドローン開発のベンチャー企業と移動体(ドローンやロボット等)の電源を目指した連携体制を強化できた。

課題項目⑤では、「セラミックス系素材の三次元（3D）積層技術による複雑形状造形」において、3D造形技術の1つである粉末積層造形技術の向上を進め、反応焼結炭化ケイ素において非3Dの従来品に迫る強度（290 MPa）を達成した。加えて、トポロジー最適化法による設計手法を取り入れ、垂直方向の剛性を保ちつつ1/2以下に軽量化したリブ構造ステージ（上板と下板を柱でつないだ構造を持つ半導体露光用ステージ）モデルの試作に成功した。これらの成果を元に、内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）“高付加価値セラミックス造形技術の開発”で共同開発を進めている企業において、事業化に向けた検討が開始された。「高強度・難燃性マグネシウム合金展伸部材の開発」では、市販難燃性Mg合金AZX611の疲労特性をベンチマークとして調査し、第二相粒子内部で発生したクラックの連結挙動が応力の方向により異なるものの、巨視的な疲労特性には影響を及ぼしにくいことを明らかにした。また、プロジェクトで開発したMg合金を使用して、オールMg製の高速車両構体の1/1断面（長さ1 m）の簡易モックアップ構体の作成を開始した。

上記の「橋渡し」研究前期の成果の中で特筆すべき成果は「高強度・難燃性マグネシウム合金展伸部材の開発」である。Mg合金は、実用金属中で最も軽く、優れた比強度を有することから、炭素繊維強化プラスチックと並び次世代の構造材料として注目されている。しかしながら、マグネシウム合金は燃えやすく、加工性が悪い等、従来の汎用的な構造材料のアルミニウム合金と比べて欠点があった。従来技術ではそれらを改善するために、高価なレアアースの添加が検討されてきたが、実用性の観点から、資源供給不安の少ないレアアースフリーMg合金の開発が切望されていた。今回、機械特性を飛躍的に改善したレアアースフリー難燃性Mg合金展伸部材の作製に成功したことで、今後、鉄道車両構体等、高い難燃性が必要とされる用途へのマグネシウム合金の適用拡大が見込まれ、輸送機器の抜本的軽量化が期待される。

国家プロジェクトの新規獲得に関しては、NEDO事業「ロボット・ドローンが活躍する省エネ社会の実現プロジェクト、省エネルギー性能等向上のための研究開発」の採択、NEDOエネルギー・環境新技術先導プログラムにおける「革新的高飽和磁束密度・低鉄損軟磁性粉体の開発」、「精密制御技術を駆使した脱硝触媒の高度利用技術開発」、「超高変換効率新規プロトン導電デバイスの開発」、「ナノ半導体材料の高度構造制御と革新低コスト半導体デバイスの研究開発」の4件の採択が主要なPJとして特筆すべきものである。

この他の成果を含め、12月末時点で国内特許出願は147件（内、単願94件）であり、平成28年度12月比108%となった。外国出願は40件（平成28年12月比103%）である。実施契約等件数は203件（平成28年12月比102%）であり、平成29年度末までに実施契約等件数の目標値230件の達成が見込める。

## 【アウトカム】

課題項目①では、「AI技術による酸化触媒の自動発見」は、高性能な酸化触媒を従来に比べて短時間で発見する技術への先鞭をつけるものであり、触媒の開発時間の大幅な短縮が期待できる。「粘度-温度特性に優れた省エネ潤滑油の開発」により、輸送用機器や産業用機械の高性能化と高寿命化、機器運転の省エネ化に貢献できる。

課題項目②では、「超高純度水素精製用の炭素膜モジュールの開発」により、有機ハイドライド型水素エネルギーキャリアを用いた水素社会の実現に貢献できる。「環境調和性に優れた高機能界面活性剤」は、繊維産業における廃棄物の大幅削減に貢献できる。

課題項目③では、「液晶高分子のマルチスケールシミュレーション」技術は、電場印加による駆動・制御が可能な人工筋肉等、新規アクチュエータの材料開発に貢献できる。

課題項目④では、「コンパクトハイパワー燃料電池の開発」においては、LPG等の高エネルギー密度の化学エネルギーを効率良く、かつダイレクトに電力変換可能な燃料電池技術の開発により、蓄電池単体より長距離の飛行・長時間の作業を可能にするコンパクト電源の実現が期待できる。

課題項目⑤では、「セラミックス系素材の三次元積層技術による複雑形状造形」では、リブ構造ステージのような複雑な構造もモデル試作に成功していることから、医療用分野（人工股関節、骨補填材等）や産業分野（半導体製造用部材、セラミックコア、耐プラズマ部材等）への利用が期待できる。「高強度・難燃性マグネシウム合金展伸部材の開発」では、簡易モックアップ構体の製

造を通じて、Mg合金の加工のための基礎技術（素形材製造・接合・表面処理・設計）を構築することができ、当該合金を構造部材に適用できる可能性が広がった。特に、大型輸送機器用の省エネルギー軽量部材としての利用が期待できる。

#### 【課題と対応】

「橋渡し」研究前期では、目的基礎研究で創出した技術シーズを基にして企業、大学と連携したプロジェクトを実施する必要がある。特に、産業技術政策に沿った大型の国家プロジェクトを推進する意義は極めて大きく、その質と量を充実させることが課題といえる。そのために、現在実施中の国家プロジェクトについては、その成果の最大化のための領域支援を行う。同時に、関連省庁への技術政策提言や業界団体との意見交換を積極的に行い、新規国家プロジェクトの立ち上げを目指す。

また、目的基礎研究で創出した技術シーズを「橋渡し」研究前期での企業連携研究へと円滑に展開していくために、テクノブリッジフェアや国際ナノテクノロジー総合展・技術会議（ナノテク展）等のイベントを積極的に活用する。

### (3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

#### 【実績・成果】

TRL「6. 実証・プロトタイプ機（システムレベル）」以降の位置付けを「橋渡し」研究後期と位置付け、研究項目①-⑤に対応させ主要成果を記載する。

課題項目①では、「歯周病菌の即時分析装置の開発」を進め、遺伝子解析に関わるこれまでの要素技術を統合して、歯周病菌の分析が即時に可能な“装置”や“キット（試薬）”のプロトタイプを開発し、ベンチャーを起業した（ラスケーズ株式会社、平成30年2月2日設立）。「材料の劣化状態を化学構造レベルで評価する技術の開発」では、高分子材料に対して、超高分解能質量分析と独自のデータ処理技術（二次元マッピング）を適用し、従来技術では不可能であった“材料中の多様な成分の分布の可視化”に成功した。本手法により、フィルム用接着剤や、化粧品中の乳液剤等の安定性・経年劣化の把握が格段に容易となった。「燃えるごみの焼却残さ“溶融スラグ”を高付加価値材料に変換する技術開発」では、燃えるごみを焼却した残りかすである溶融スラグから簡単に高比表面積シリカを製造する技術を開発した。現状、工業的に広く用いられている高比表面積シリカは、四塩化ケイ素やケイ酸ナトリウムのようなエネルギーを多く消費する工程で製造される物質を出発原料としているのに対し、本技術では同等の性能を有するシリカを、極めて安価な“溶融スラグ”を原料として製造できる。共同研究先の企業でスケールアップ等の実用化に向けた検討を開始した。

課題項目②では、「マイクロ波照射技術の開発」において、均一照射・高速加熱（秒オーダー）技術をライセンシングし、サンプル出荷レベルの大量製造装置として共同研究先に設置するに至った。さらに、ニーズに応じてカスタマイズ可能なマイクロ波照射装置ができたことで、多様な企業への橋渡しが容易となった。

課題項目③では、「工業用グラフェンの開発」において、原子層グラフェンの高スループット連続合成技術、透明導電フィルム作製のための転写法の高度化、新規ドーピング手法の開発により、A4サイズのグラフェン毎時100枚以上の高スループットと平均シート抵抗123Ω、透過率94%（従来の同手法による高スループット合成品と比較しておよそ2倍の導電性）を達成した。また、これまでのグラフェンに関する成果を元に、グラフェン等の二次元材料の合成、デバイス開発等を行うベンチャーを起業した（株式会社エアメンブレン、平成29年7月12日設立）。

「スーパーグロースカーボンナノチューブ（SGCNT）を用いた電磁波遮蔽材料の開発」では、これまでに開発したCNT分散技術と成膜技術を応用して、99.9%以上の電磁波遮蔽能を有するCNT塗布膜の開発に成功した。また、本技術を元に、電磁波漏れ対策用CNTコーキング材の開発にも成功した。「CNT生産管理技術の開発」では、産総研の保有するCNT評価技術を、最大限に用途開発企業に活用していただくため、オープンプラットフォーム共同研究“CNTアライアンス・コンソーシアム”で、民間企業6社と共同研究を開始した。CNTの分散液、糸、膜、複合材料の状態を

産総研の独自技術を駆使して評価し、企業のCNT用途開発を強力に支援した。

課題項目④では、「全固体電池用セラミックス電解質基板の製作技術開発」を進め、産総研が開発したLISICON（Li super ion conductor の略称）系の高Liイオン伝導性セラミックス電解質シート（LiTAP）の作製技術に関して、次世代蓄電池用部材のスケールアップに向けた原料調整や焼成技術等を開発し、大面積シート状のセラミックス焼結部材の作製に成功した。本成果をもとに、佐賀県リーディング企業創出支援事業（平成29年度～）に採択され、セラミック基板等の量産技術を有する共立エレクトロニクス株式会社との連携を進め、全固体電池等の開発に不可欠な電解質シートセラミックスの高性能化・量産化技術の開発に向けた橋渡し研究を推進した。

課題項目⑤では、「顕微インデント」の研究において、技術開発及びビジネスプランの検討を進め、ベンチャーを創業した（インデント・プローブ・テクノロジー（株）、平成29年11月9日設立）。

上記の「橋渡し」研究後期の成果の中で特筆すべき成果は「SGCNTを用いた電磁波遮蔽材料の開発」である。近年、無線通信を行う電子機器の増加と、通信速度の高速化や周波数帯域の拡大に伴い、電子機器の誤作動抑制のための電磁波遮蔽塗料の開発が注目されている。しかし、既存の電磁波遮蔽塗料（銀系塗料やカーボンブラック塗料等）は、基材の選択性に制限がある、付与できる電磁波遮蔽能が低い等の課題があった。今回開発した「SGCNTを用いた電磁波遮蔽塗料」は、基材の選択性が高く、複雑な形状の基材にも塗布膜を形成することができる。また、形成した塗布膜は高い電磁波遮蔽能と高温での耐久性を持ち、柔軟性があり、基材の変形にも追従できる。このため、高温環境で使用される自動車用ワイヤーハーネスや、可動部や複雑形状を持つ産業用ロボット等、さまざまな分野での電磁波遮蔽対策への活用が期待される。

また、企業との連携拠点の構築に関しては、「日本特殊陶業-産総研ヘルスケア・マテリアル連携研究ラボ」を産総研中部センターに（設立日：平成29年4月1日）、「矢崎総業-産総研次世代つなぐ技術連携ラボ」を産総研つくばセンターに（設立日：平成29年10月26日）、それぞれ設置し、企業への橋渡しを促進した。

以上、その他の研究成果を加え、12月末時点での民間企業からの研究資金獲得額は13.7億円に達し、平成28年度の11.6億円をすでに超えている。そのうち約30%の研究契約件数が中堅中小企業からのものである。なお、平成29年度末までには更なる民間資金の獲得が見込まれる。

## 【アウトカム】

課題項目①では、「歯周病菌の即時分析装置」の実用化で、歯周病菌の分析が従来手法に比べて、大きく迅速化（数日から数時間へ）することが見込まれる。「材料の劣化状態を化学構造レベルで評価する技術の開発」では、企業における原材料や製品の品質管理に直接的に貢献できる。「燃えるごみの焼却残さ“熔融スラグ”を高付加価値材料に変換する技術開発」で得られたシリカは、触媒担体、ゴム添加剤、コーティング剤等さまざまな用途へ展開が期待できる。これにより、現行ではコンクリート骨材用等、利用範囲が限られている熔融スラグの高度利用の可能性を拡大し、さまざまな産業分野に低コストな機能性素材を提供できる。

課題項目②では、「マイクロ波照射技術」は、均一照射・高速加熱（秒オーダー）を可能とする技術として、分析装置（TOC計）や化成品製造装置等に組み込まれ、社会への普及が進みつつある。

課題項目③では、「工業用グラフェンの開発」においては、ベンチャーの起業により、これまで滞っていたフレキシブルデバイス、超高感度センサー等、グラフェンのキラーアプリケーションの開発を加速し、新たな産業分野の開拓が期待できる。「SGCNTを用いた電磁波遮蔽材料」は、高温環境で使用される自動車用ワイヤーハーネスや、可動部や複雑形状を持つ産業用ロボット等、さまざまな分野での電磁波遮蔽対策への活用が期待できる。「CNT生産管理技術の開発」では、「CNTアライアンス・コンソーシアム」による民間企業との連携体制の強化、および産総研のCNT総合評価技術を生かした的確な設計指針の提示を行うことで、効率的な材料開発に貢献し、日本発のCNT産業創出が期待できる。

課題項目④では、「全固体電池用セラミックス電解質基板の製作技術開発」においては、佐賀県が進めるリーディング企業創出事業を通じて、産総研技術による地方産業振興への貢献が期待

できる。

課題項目⑤では、「顕微インデンター」は、計測原理が明解である、測定対象が広い、様々な力学物性が厳密に評価できる、等の特徴を持つため、マテリアルズ・インフォマティクス(MI)や computer aided engineering (CAE)に最適であり、材料開発のスピード化に貢献できる。また、ベンチャーの起業により、産業界へ速やかに技術を普及でき、挑戦的な技術の高度化を図ることも可能になる。

また、上述のように、グラフェン等二次元材料、力学特性の計測装置(顕微インデンター)、歯周病菌の即時分析装置をテーマとする3つのベンチャーを起業し、産総研技術の社会への普及を加速させることができた。

#### 【課題と対応】

「橋渡し」研究後期では、第4期最終年度に向けて企業への橋渡し成果の見える化(パイロットプラントの設立や製品化等)を行うことが課題である。そのため、現在実施中の研究の出口イメージを再度点検し、計画的・効率的に研究開発を実施する。また、企業の新規事業に直接繋がる冠ラボの設立やベンチャーの立ち上げに積極的に取り組む。

### 3. 前年度評価コメントへの対応

◎ 領域全体での研究のポートフォリオを示してほしい。

対応) 材料・化学領域では5つの戦略課題の22のサブテーマのアウトカムを「環境調和」、「省エネ」、「産業革新」、「快適」に位置付け、研究を推進している。さらに「平成42年(2030年)を目指した産総研の研究戦略」に基づいて、「環境変化にアクティブに応答する高付加価値材料」、「食料や水の安定供給を実現する新素材やシステム」、「環境調和を牽引する新素材・新化学プロセス技術」、「コンピューテーショナルデザインによる新機能性材料開拓」の4つの研究開発の方向性を示し、WGによる研究戦略の構築、萌芽研究や領域PJによる研究シーズの強化を図ってきた。今後は材料・化学領域が産総研の第5期に向けて打ち立てた研究ロードマップに従い、民間企業との共同研究、所内戦略予算等を通じて所内外の研究組織と連携体制を構築し、外部資金(国家プロジェクト等)の獲得に向けた活動を続けていく。

◎ 成果のTRL上の位置付け、前年度までとの関係を示してほしい。

対応) 材料・化学領域では5つの戦略課題の22のサブテーマすべてに対して、TRLロードマップを作成し、随時進捗状況と比較することで、重点化する研究課題の選択や研究計画の見直しを機動的に行ってきた。平成29年度の領域評価委員会では平成29年度成果のTRL上の位置付け、および平成28年度からの進捗を明確化するために、パワーポイント資料の各成果のページにTRL上の数値を明記した。

◎ 資金やマンパワーと研究成果の定量的な把握に努めてほしい。

対応) 平成27年度、平成28年度、平成29年度の3年間について、目的基礎研究、「橋渡し」研究前期、「橋渡し」研究後期に投入した研究資金と研究員(延べ人数)の内訳を分析した。研究資金と研究員のどちらにおいても年度が進むにつれて、「橋渡し」研究後期の割合が増加傾向にあり、企業への橋渡しが順調に進んでいることがデータ上でも明らかとなった。

◎ 他領域との連携を進めてほしい。

対応) 他領域連携による研究の相乗効果を狙い、産総研内の他の研究領域との連携も積極的に進めた。エネルギー・環境領域とは、平成 28 年度に共同で設立した「固体酸化物エネルギー変換先端技術コンソーシアム」を通じて、「燃料電池」に関する連携研究を展開した。エレクトロニクス・製造領域とは、JST CREST のテーマで「メモリ材料」に関する共同研究を実施した。生命工学領域とは、平成 29 年度設立した「日本特殊陶業-産総研ヘルスケア・マテリアル連携研究ラボ」にて、「ヘルスケア・マテリアル」の開発を始めた。情報・人間工学領域とは、NEDO「超超 PJ」にて、計算科学-プロセス-計測技術の連携による機能性材料の開発時間短縮に向けた研究開発を共同で推進した。

◎ 材料・化学領域の知財戦略を説明してほしい。

対応) 材料・化学領域の知財戦略としては、コアとなる基盤技術に関しては産総研単独で特許を確保し、応用技術分野については、企業と共同で開発し、知財を保護することにより、産総研技術の社会への普及を図った。

◎ 国際共著論文を増やす努力をしてほしい。

対応) 材料・化学領域が平成 27 年度から平成 29 年度の 3 年間で発表した論文のうち 20%強が国際共著論文であり、共著者の出身は中国、アメリカ等、約 40 か国に達した。材料・化学領域では、Empa や NIST 等の海外の研究機関との連携強化を図り、国際共著論文の発表を推進する。

◎ 女性研究員比率の増加に向けた活動を進めてほしい。

対応) 材料・化学領域では、平成 29 年度、「お茶の水女子大生の見学会」、「女子大学院生・ポスドクと産総研女性研究者との懇親会」、「茨城県理系女子応援シンポジウム」等を通じて、女性研究者へのアピール活動を積極的に行った。今後も女性研究員の採用増加に向けて、広報活動を継続していく。

◎ 過去の「領域萌芽研究」の採択テーマの進捗、展開を示してほしい。

対応) 平成 27, 28 年度の 2 年間に採択された 49 テーマのうち、現在も 41 のテーマが研究を継続している。また萌芽研究の成果が、JST「さきがけ」をはじめ、科研費 11 件、各種研究助成 7 件、民間資金獲得 10 件等、多数の外部資金の獲得につながった。

◎ JSPS「挑戦的萌芽研究」に積極的に応募してほしい。

対応) 目的基礎研究の推進のためには、「挑戦的萌芽研究」をはじめとする科研費の獲得は重要である。平成 29 年度の材料・化学領域における「挑戦的萌芽研究」の採択数は 2 件であったが、今後も採択件数の増加に向けて、材料・化学領域では萌芽研究等により、研究シーズの育成を図る。

◎ ベンチャー設立に挑戦してほしい。

対応) 産総研技術の社会への普及を目指し、グラフェン等の二次元材料、力学特性の計測装置(顕微インデント)、歯周病菌の即時分析装置をテーマとする3つのベンチャーを起業した。材料・化学領域では今後もベンチャーの起業を推進する。



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  
(材料・化学領域)

説明資料

国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
材料・化学領域

目次

1. 領域の概要と研究開発マネジメント
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

## 前年度評価委員からの主なコメント

- ◆ 領域全体での研究のポートフォリオ
- ◆ 成果のTRL 上での位置づけ、前年度までとの関係
- ◆ 資金、マンパワー等の投入と成果の定量的な把握
- ◆ 他領域との連携
- ◆ 知財戦略
- ◆ 国際共著論文の発表
- ◆ 女子学生へのアピール
- ◆ 「領域萌芽研究」採択テーマの進捗、展開のフォローアップ
- ◆ JSPS「挑戦的研究」への応募
- ◆ ベンチャー起業

### 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
- (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

# 材料・化学領域のビジョン

## 夢の素材で人を巻き込み、 グローバルな価値を創る

### ◆ 夢の素材とは？

- 新たな機能を発現する素材や特性が飛躍的に向上した素材

### ◆ 人を巻き込むとは？

- 産業界、経済界、行政、海外研究機関の方々との連携を先導すること

### ◆ グローバルな価値とは？

- 「産業革新」、「省エネ」、「環境調和」、「快適」を支える国際産業競争力
- 新興国の人口爆発と経済的發展に起因する「エネルギー」、「資源」、「食料」、「水」問題の解決のための独自技術
- 「健康」、「家族」、「経済」などの人にとって欠かせない価値

## 材料・化学領域の研究ユニット

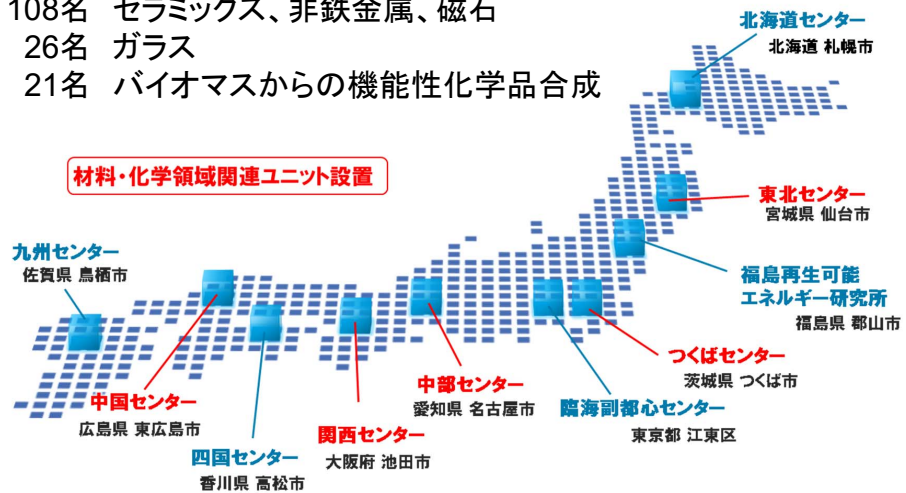
研究開発課題項目	研究部門 (RI)	研究センター (RC)
① グリーンサステイナブルケミストリーの推進	<b>機能化学RI</b> (つくば、中国) 部門長: 北本大 研究職員数: 66	<b>触媒化学融合RC</b> (つくば) センター長: 佐藤一彦 研究職員数: 38
② 化学プロセスイノベーションの推進	<b>化学プロセスRI</b> (東北、つくば) 部門長: 濱川聡 研究職員数: 54	
③ ナノカーボンをはじめとするナノ材料の開発とその応用技術の開発	<b>ナノ材料RI</b> (つくば) 部門長: 佐々木毅 研究職員数: 51	<b>ナノチューブ実用化RC</b> (つくば) センター長: 畠賢治 研究職員数: 13  <b>機能材料コンピューテーショナルデザインRC</b> (つくば) センター長: 浅井美博 研究職員数: 34
④ 新たなものづくり技術を牽引する無機機能材料の開発	<b>無機機能材料RI</b> (中部、関西) 部門長: 淡野正信 研究職員数: 58	<b>磁性粉末冶金RC</b> (中部) センター長: 尾崎公洋 研究職員数: 23
⑤ 省エネルギー社会構築に貢献する先進構造材料と部材の開発	<b>構造材料RI</b> (中部) 部門長: 田澤真人 研究職員数: 57	

(ユニット間兼務を含む)

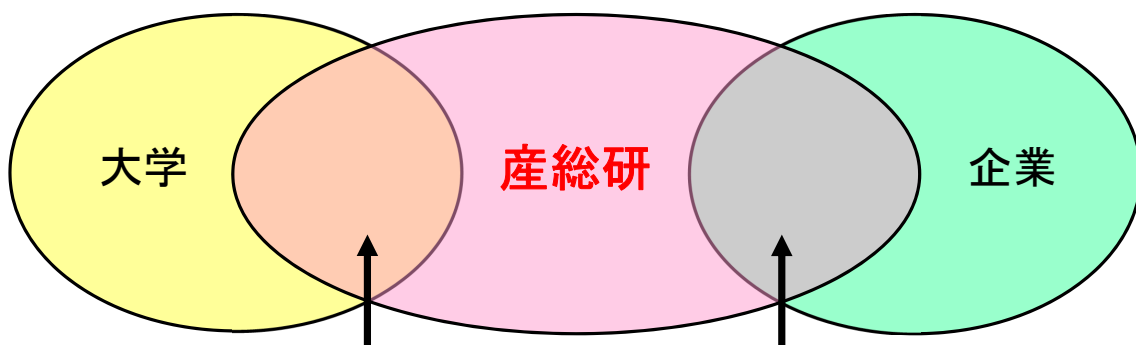
材料・化学領域の職員数:417名 (平成30年1月18日現在)

つくばセンター 230名  
 地域センター 187名

東北センター 32名 クレースト、高圧CO<sub>2</sub>利用技術  
 中部センター 108名 セラミックス、非鉄金属、磁石  
 関西センター 26名 ガラス  
 中国センター 21名 バイオマスからの機能性化学品合成



大学・企業との連携



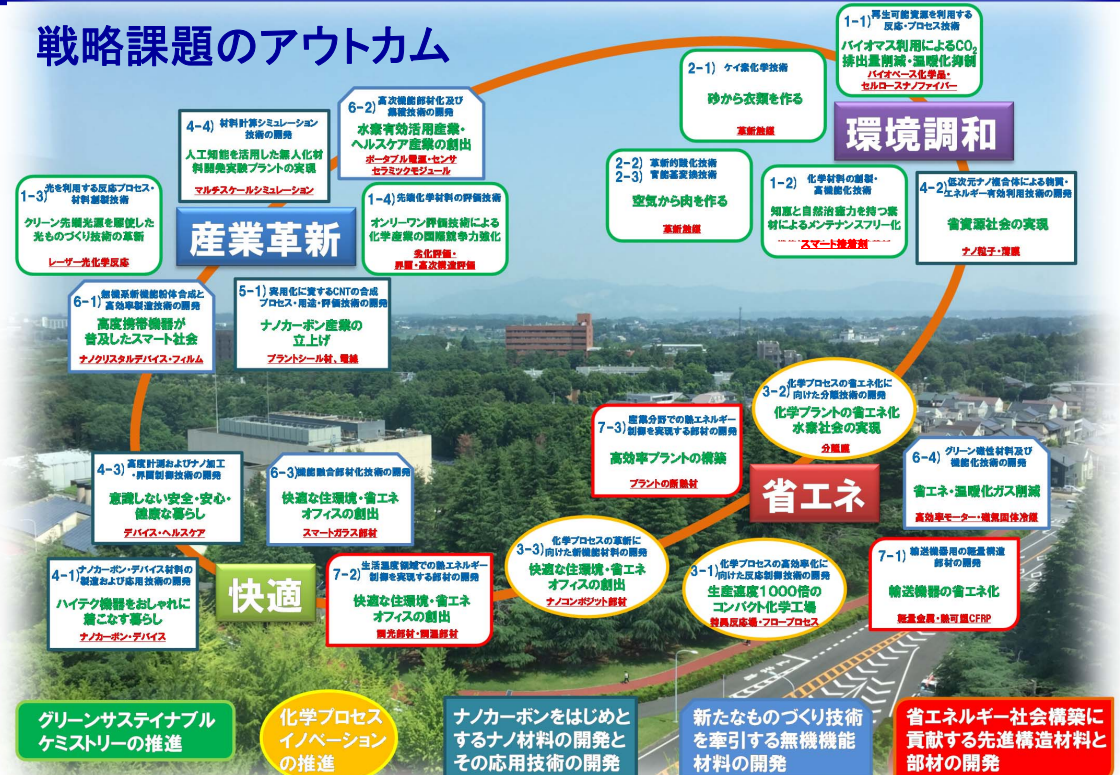
大学のキャンパス内に産総研サイトを設置:「オープンイノベーションラボラトリ(OIL)」

- ◆ 東大OIL
- ◆ 東北大OIL

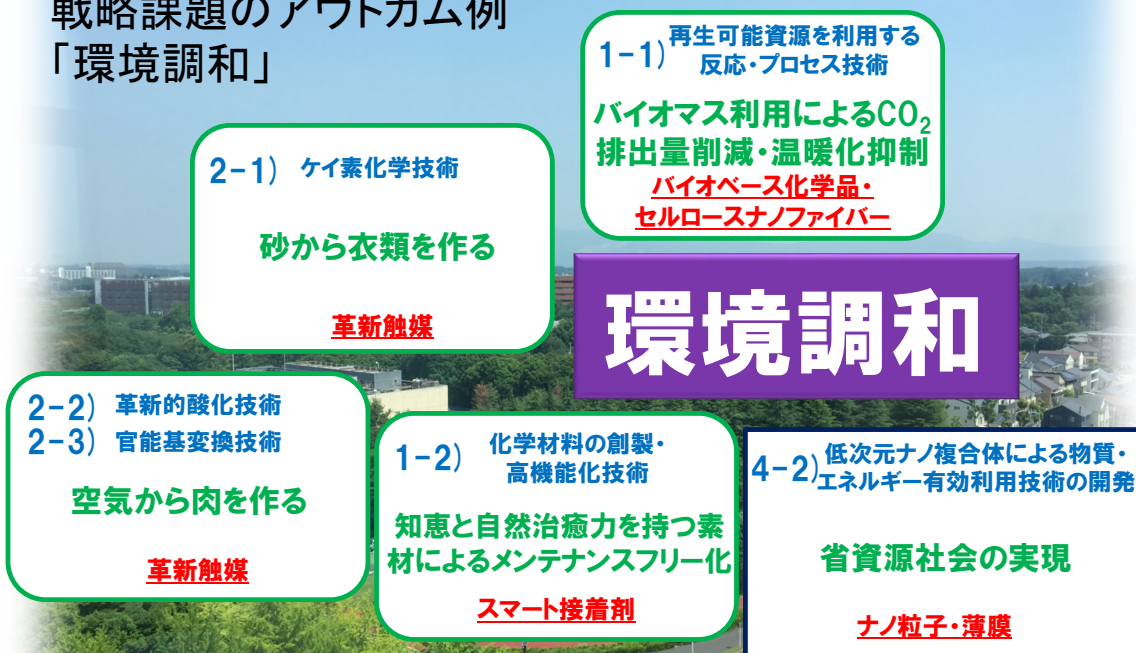
産総研内に企業名を冠したラボを設置:「冠ラボ」

- ◆ 日本特殊陶業-産総研 ヘルスケア・マテリアル連携研究ラボ
- ◆ 矢崎総業-産総研 次世代つなぐ技術 連携ラボ、など

戦略課題のアウトカム



戦略課題のアウトカム例「環境調和」



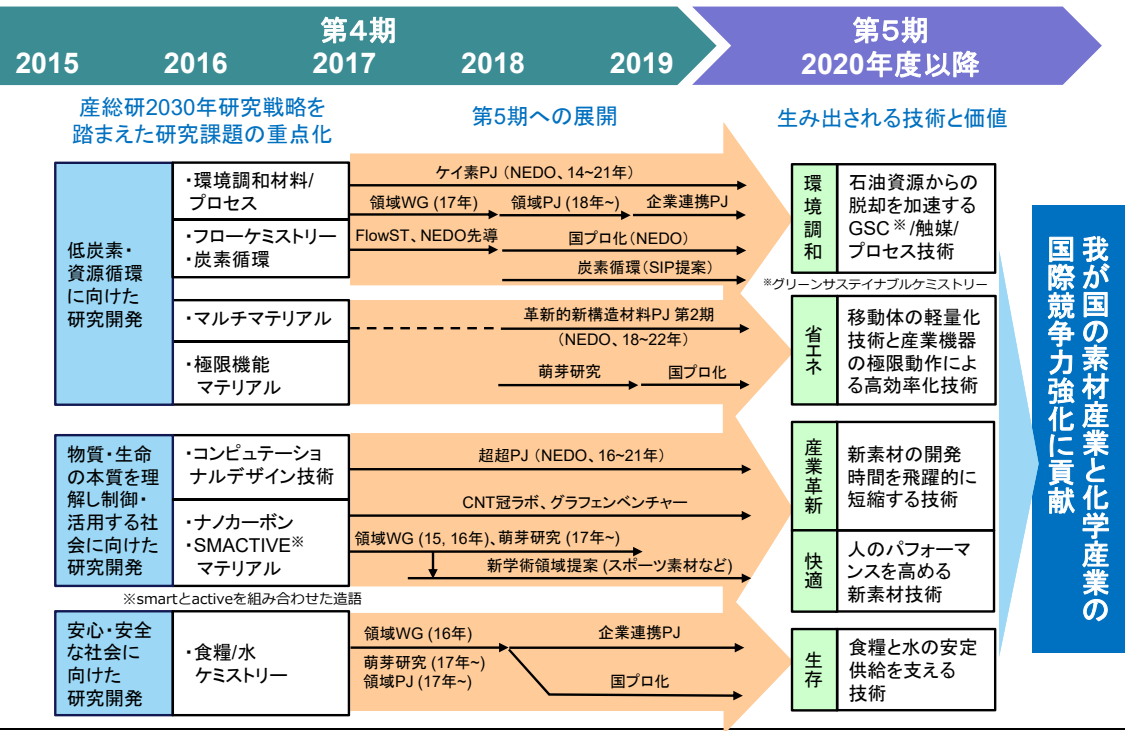
# (1) 領域全体の概要・戦略

「2030年を目指した産総研の研究戦略」における材料・化学領域の位置づけ



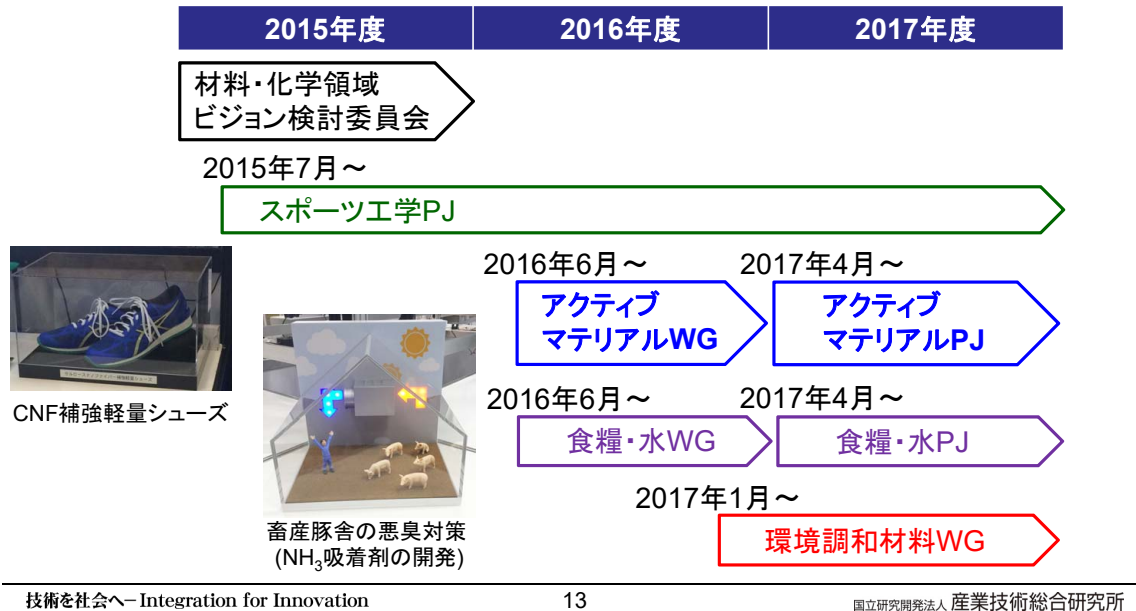
# (1) 領域全体の概要・戦略

## 材料・化学領域の中長期研究展開



## 研究戦略立案のためのワーキンググループ(WG)活動

### ◆ 4つのWG/PJが活動中



## 環境調和材料WG

中長期的な視点で、環境調和材料・プロセスについて検討。

WGの目標：1. CO<sub>2</sub>換算に代わる新しい省エネ（環境調和）の評価軸を提案すること  
 2. 将来の社会ニーズを把握し、それに応える研究課題を提案すること

これまでの活動内容

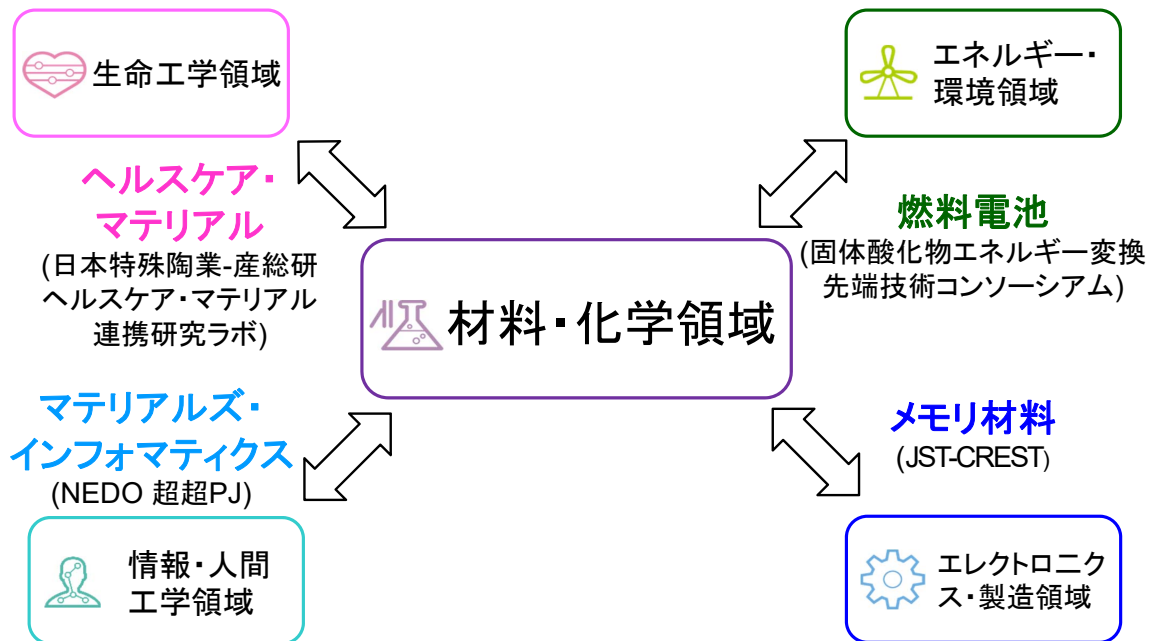
- 1. 将来の社会ニーズの把握：**  
 持続可能な開発目標(SDGs)の169項目のターゲットを分析
- 2. 領域内の研究シーズの分析：**  
 「省エネ」技術シーズのリスト作成、技術シーズの強化策、将来像を検討
- 3. 研究開発において検討すべき4項目を提案：**
  - 炭素循環(Carbon cycle)
  - エネルギー(Energy)
  - 資源・リサイクル(Resource/Recycle)
  - 安全・安心(Organic-life friendly)



SDGsの分析とWG4項目の提案

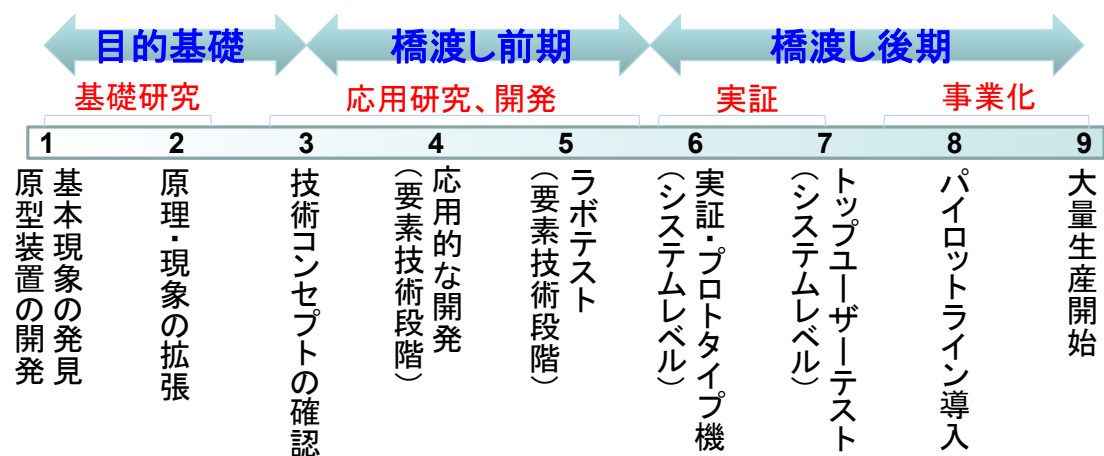
将来の社会ニーズに応える技術開発について検討。

他領域との連携



Technology Readiness Level (TRL)とは？

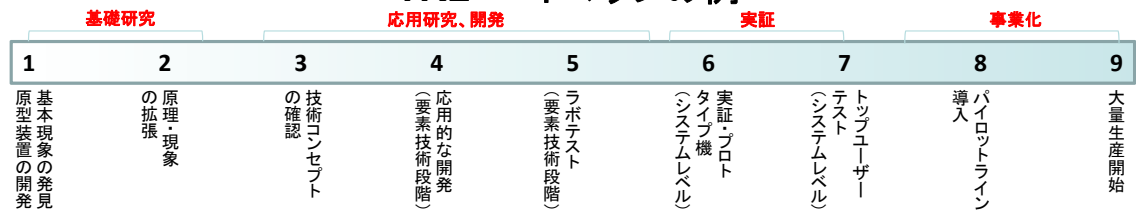
➤ 重要要素技術の成熟度を推定、異なるタイプの研究・技術の成熟度を均一にチェックする方法



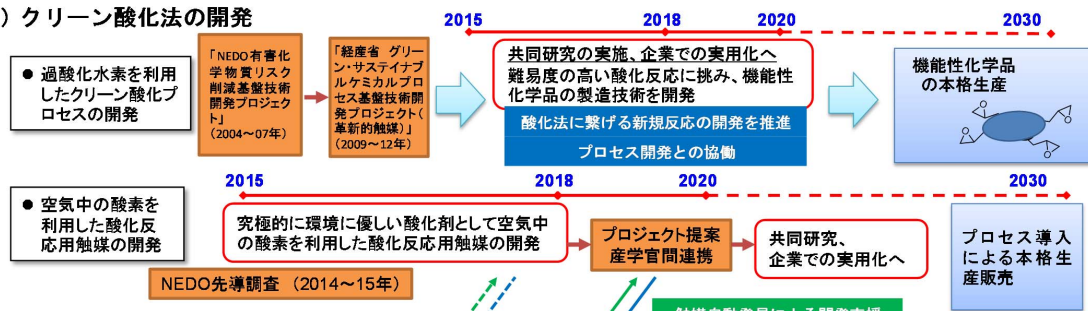


# (1) 領域全体の概要・戦略

## TRLロードマップの例



### (1) クリーン酸化法の開発

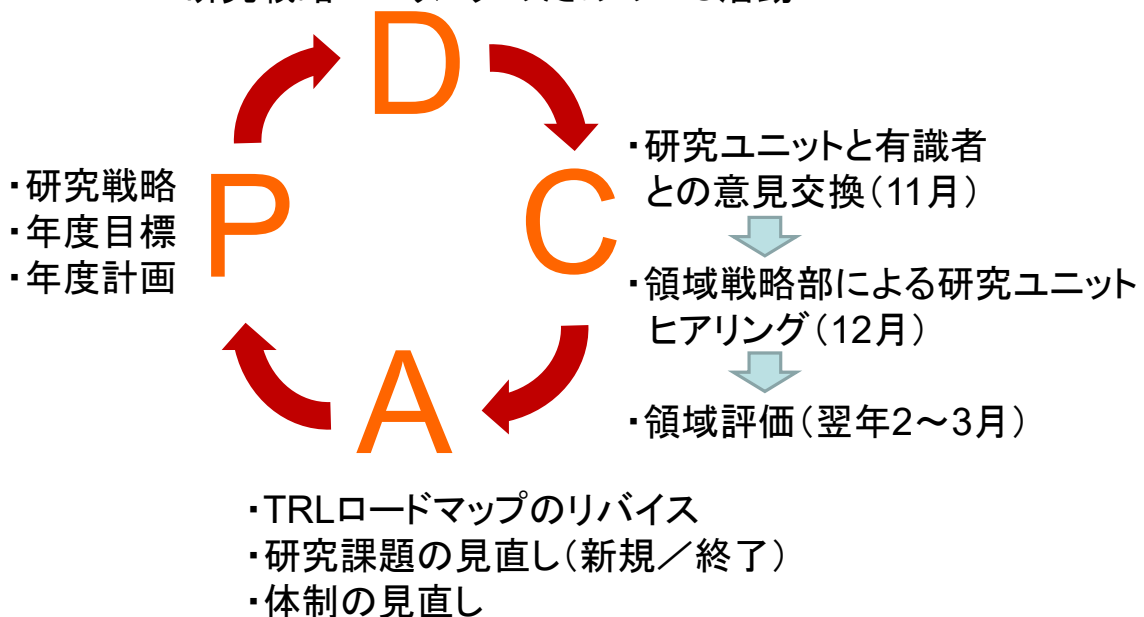


### (2) キャタリストインフォマティクスによる触媒自動発見



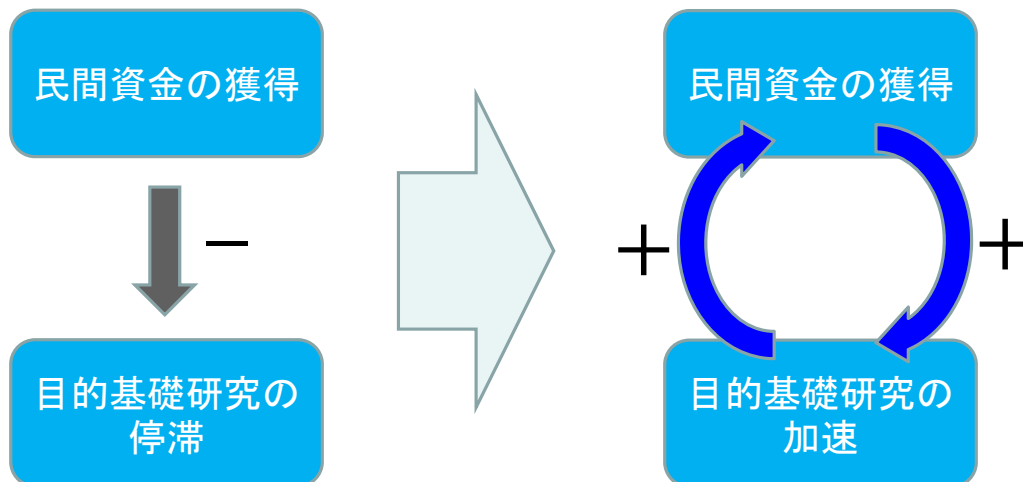
# (1) 領域全体の概要・戦略

- ・領域萌芽研究
- ・領域戦略プロジェクト
- ・研究戦略ローリングのためのWG活動



## 研究開発の進め方に関するモデルチェンジ

民間資金を獲得すると目的基礎研究が加速され、それが新たな民間資金の獲得につながる新しいモデルの構築を目指す。個人ではこのモデルの実現は困難であり、研究グループ／チームの総合力によって、企業との調整時間の増大や論文化へのタイムラグ等の課題の解決を図る。



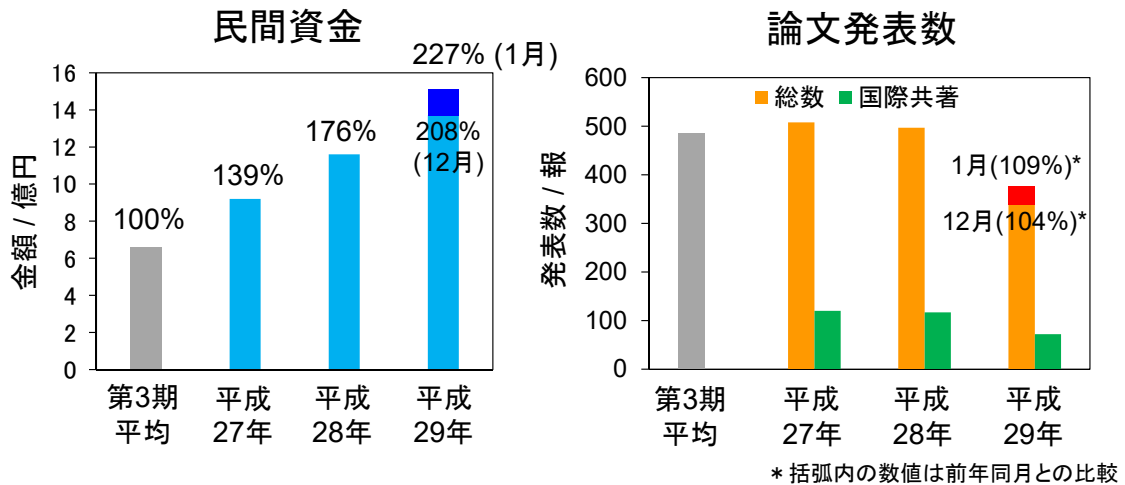
第4期スタート時の「材料・化学領域平成27年度 経営方針」からの抜粋

## 平成29年度領域目標と実績

	平成29年度 目標値	1月末現在 実績	12月末現在 実績	参考 平成28年度 実績
民間資金獲得額 (億円)	16.6	15.0 (141%)	13.7 (136%)	11.6
論文の合計 被引用数(回)	10,400	11,234 (108%)	11,234 (108%)	10,767
論文発表数(報)	450	376 (109%)	338 (104%)	497
実施契約等件数 (件)	230	204 (99%)	203 (102%)	218
人材育成(人)	12	53	53	36

\* 括弧内の数値は前年同月との比較

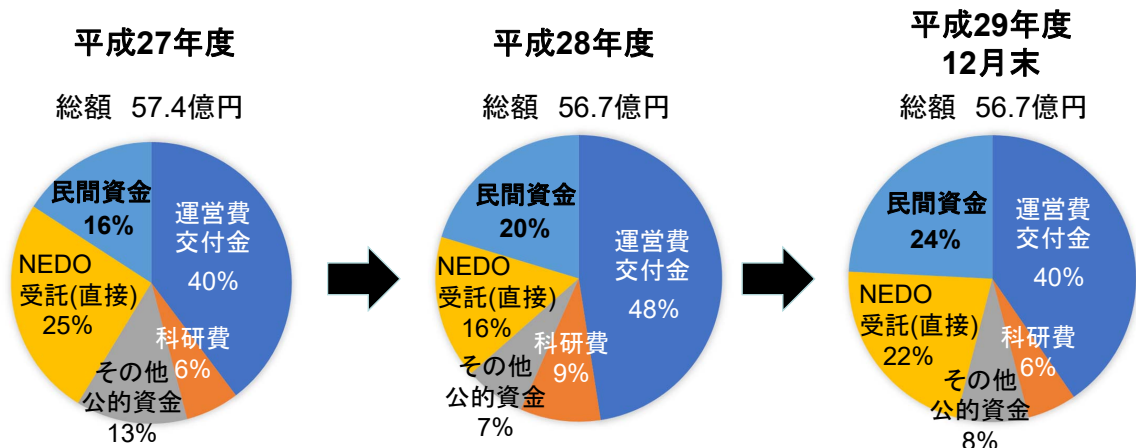
民間資金獲得額と論文発表数の推移



- 論文発表数を維持したまま、民間資金獲得額が増加。
- 国際共著論文の割合は20%程度。
- 共著先は中国、アメリカなど約40か国。

資金、マンパワーの投入と成果の定量的な把握 (1)

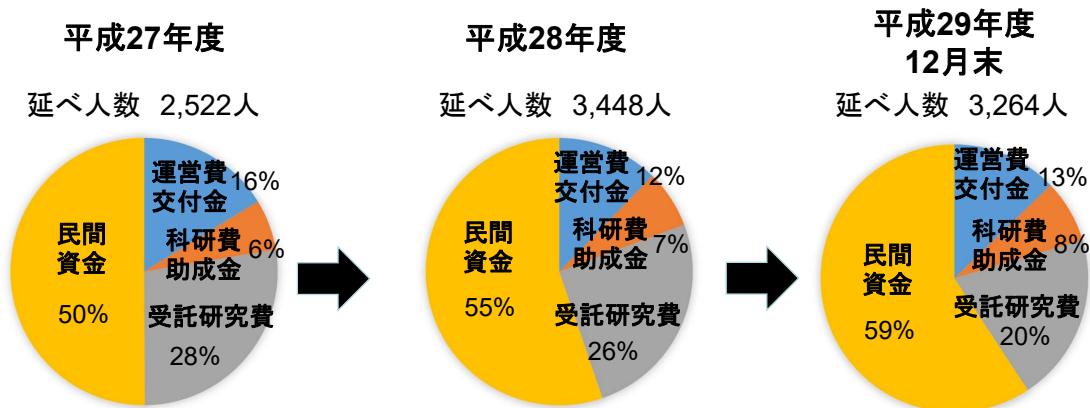
研究費の内訳



運営費交付金、科研費、研究助成金など ⇒ 目的基礎: 50~60%  
 受託研究費 (NEDO, SIPなど) ⇒ 橋渡し前期: 20~30%  
 民間資金 ⇒ 橋渡し後期: 20%

資金、マンパワーの投入と成果の定量的な把握 (2)

研究員(延べ人数)の内訳 (共同研究契約書等に記載されている登録メンバーの延べ集計)



運営費交付金、科研費、助成金など ⇒ 目的基礎: 20%  
 受託研究費 (NEDO, SIPなど) ⇒ 橋渡し前期: 20~30%  
 民間資金 ⇒ 橋渡し後期: 50~60%

資金、マンパワーの投入と成果の定量的な把握 (3)

<材料・化学領域の研究戦略>

(1) 領域内の特別予算で、重点課題を強化

(例) 平成27年12月1日 接着・界面現象研究ラボの設立 ⇒ 平成28年10月1日 「接着・接合技術コンソーシアム」設立  
法人会員 67社 (平成29年1月30日現在)  
 平成28年度末(16社)の4倍に増加

(2) 所内、戦略予算での外部連携体制の強化

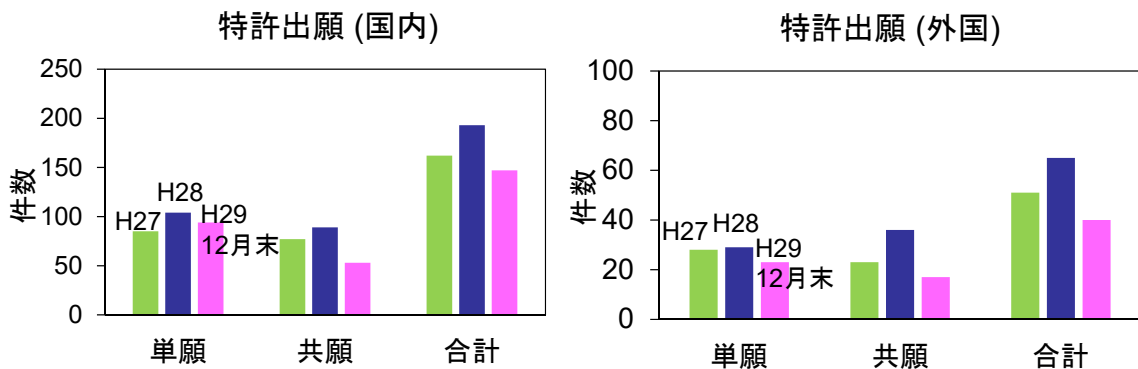
(例) 平成29年度戦略予算 「ポストCNT材料開発に向けた高機能二次元材料の創出と応用研究開発」 ⇒ 平成29年10月26日 「矢崎総業-産総研 次世代つなぐ技術 連携研究ラボ」設立

(3) 領域内の萌芽研究で、研究シーズの育成

(例) 領域萌芽研究 3年間で81件を採択 ⇒ 外部資金(科研費、研究助成金、民間共同研究費)獲得へ

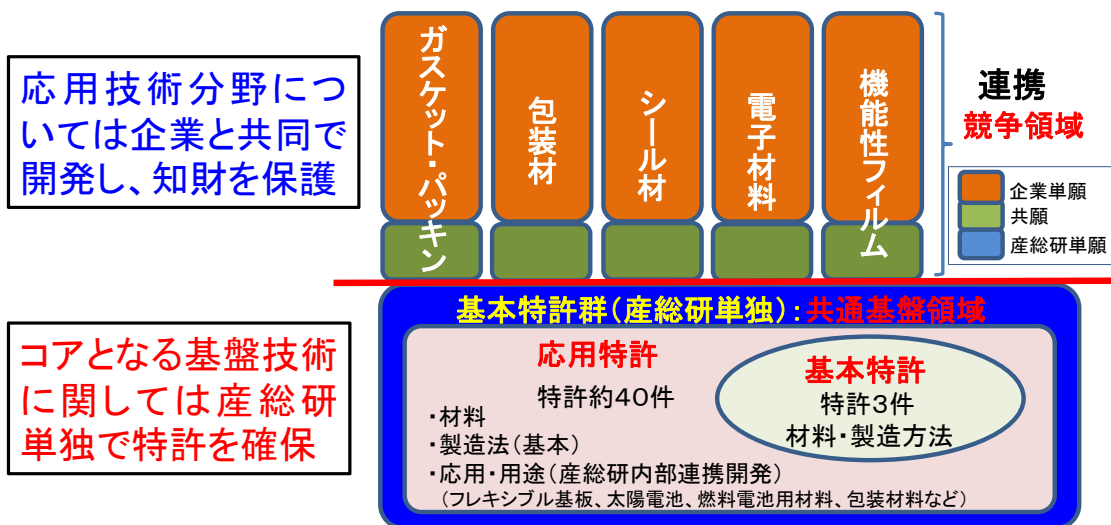
知財出願状況 (12月末時点)

- ◆ 単願・共願での国内特許出願件数は147件(前年同月比108%)。
- ◆ 外国出願件数は40件(前年同月比103%)。



知財戦略

(例) 化学プロセス研究部門 クレーストの場合

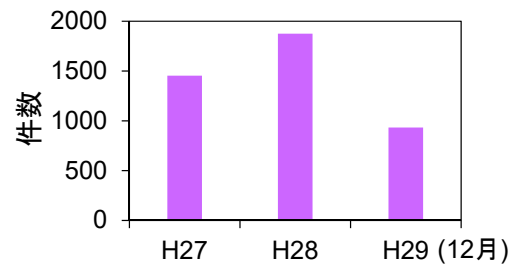


## AIST (2) 技術的ポテンシャルを活かした指導助言等の実施

(平成29年度分は12月末時点の値)

### ◆ 技術相談の積極的対応

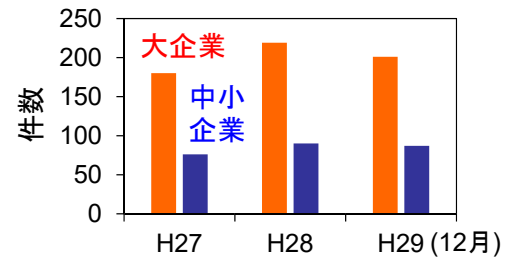
平成29年度実績：933件



### ◆ 中堅・中小企業との共同研究・受託研究の実施

大企業：201件

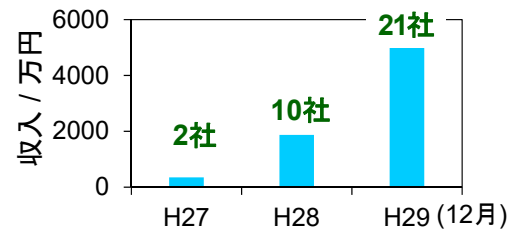
中堅・中小企業：87件



### ◆ 技術コンサルティングの強化

契約成立：21社

収入：5,066万円



## AIST (2) 技術的ポテンシャルを活かした指導助言等の実施

### 公設試、業界団体、学会との連携

#### ◆ 公設試(公設試験研究機関)との連携

- ・ 大分県産業科学技術センター (ナノ材料RIから1名出向)
  - ・ 広島県立総合技術研究所 (機能化学RIに1名技術研修)
  - ・ 奈良県森林技術センター (構造材料RIに3名受け入れ)
  - ・ 愛知県森林・林業技術センター (構造材料RIに2名受け入れ)
- その他、4つの機関との交流実績あり。

#### ◆ 業界団体との連携

- ・ JACIフロンティア連携委員会 副委員長 (濱川聡、化学プロセスRI)
  - ・ ケイ素化学協会 常任理事 (佐藤一彦、触媒化学融合RC)
  - ・ 大阪科学技術センター 理事 (松原一郎、無機機能材料RI)
- その他、9つの業界団体で、役員として活動。

#### ◆ 学会活動

- ・ 日本化学会 理事 (佐藤一彦、触媒化学融合RC)
  - ・ 日本セラミックス協会 副会長 (大司達樹、構造材料RI)
  - ・ 米国セラミックス学会 理事 (大司達樹、構造材料RI)
- その他、20の学会で理事として活動。

### 国際標準化活動

#### ◆ コンビナー: 2名 (平成28年度 1名)

- ・ ISO/TC61(プラスチック)/SC5(物理・化学的性質)/WG22(生物分解性)
- ・ ISO/TC146(大気の大気)/SC6(屋内空気)/WG16(VOC検知器の試験方法)



#### ◆ プロジェクトリーダー: 6名 (平成28年度 2名)

- ・ ISO/TC229(ナノテクノロジー)/WG3(環境・安全)
- ・ ISO/TC45(ゴム及びゴム製品)/SC2(試験及び分析法)/WG5(化学試験法)
- ・ ISO/TC206(ファインセラミックス)/WG(機械的特性)、他5件

#### ◆ 平成29年度 発行 規格: 3件 (平成28年度 2件)

- ・ ISO/TC45(ゴム及びゴム製品)/SC2(試験及び分析法): 発行ISO/19984-1~3  
提案者: 国岡 正雄 (機能化学RI)

Rubber and rubber products -- Determination of biobased content  
(ゴム及びゴム製品 - バイオマス原料含有率の測定)

#### ◆ 平成29年度 提案 規格: 4件 (平成28年度 2件)

- ・ ISO/AWI TS 23034 (近赤外吸収測定によるCNT細胞取り込み量評価法)
- ・ ISO/AWI TS 21346 (セルロースナノファイバーの特性評価と測定手法)
- ・ ISO/NP 22821 (炭素繊維強化プラスチックの繊維含有率の測定法)
- ・ ISO/NP 22836 (炭素繊維強化プラスチックの繊維含有率の測定法)

### マーケティング力の強化に向けた取り組み

#### ◆ 企業との意見交換 (@テクノブリッジフェア)

アテンド招待企業との面談 15社



#### ◆ 業界団体との交流、連携

- ・ ナノテクノロジービジネス推進協議会 (NBCI)  
→ 「総会」で村山理事が講演  
(平成29年11月30日)



- ・ 新化学技術推進協会 (JACI)



#### ◆ 技術コンサルの窓口拡大

材料評価に関する案件が増加。

産総研コンソーシアム

◆ 第4期に設立したコンソーシアム:5件

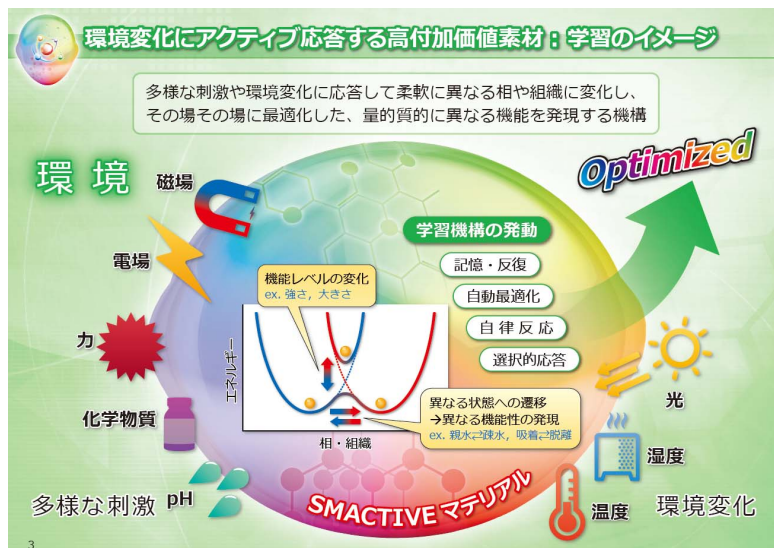
電気化学界面シミュレーション コンソーシアム	機能材料コンピューテーショ ナルデザイン研究センター
フロー精密合成コンソーシアム	触媒化学融合研究センター
接着・接合技術コンソーシアム	ナノ材料研究部門
生物資源と触媒技術に基づく 食・薬・材創成コンソーシアム (食・触コンソーシアム)	触媒化学融合研究センター
<b>NEW!</b> ガラス物性測定 コンソーシアム	無機機能材料研究部門



◆ その他、活動中のコンソーシアム:9件

SMACTIVEマテリアルシンポジウム

- ◆ 平成29年12月14日、産総研つくばセンターで開催。
- ◆ 講演8件。新概念に基づく材料開発を提案。





#### 広報活動 (1)

##### ◆ nano tech 2018 に出展



International Nanotechnology Exhibition & Conference  
**nano tech 2018**

国際ナノテクノロジー 総合展・技術会議

- ・平成30年2月14日～16日、東京ビックサイトで開催
- ・産総研出展テーマ: SDGs に貢献する環境調和材料・プロセス  
～産総研発 CERO Technology～  
特別展示7件、一般展示30件



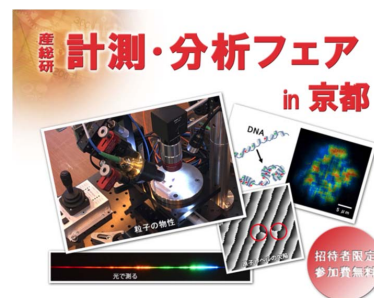
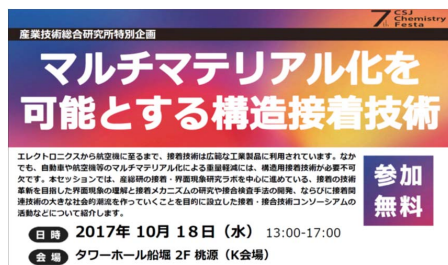
(nano tech 2018の様子)



(nano tech 2018のブースデザイン)

#### 広報活動 (2)

- ◆ 化学フェスタ (平成29年10月17～19日、タワーホール船堀)  
産総研特別企画「マルチマテリアル化を可能とする構造接着技術」を開催。



- ◆ 計測分析フェア in 京都 (平成30年1月23日)

材料・化学領域から12件出展。

- ◆ アグリテクノフェア in 北海道 (平成30年3月12,13日)

材料・化学領域から7件出展。

### ◆ クロスアポイントメントの積極的活用

- ・平成29年度(新規) 2名  
豊田中研、九州大学
  - ・平成28年度以前からの継続 13名  
東京大学、東北大学、東京工業大学、名古屋大学、北海道大学  
筑波大学、大阪大学 等
- 計15件のクロスアポイントメント成立

### ◆ 大学や国内の研究機関との連携

北海道大学、理化学研究所、  
物質・材料研究機構と連携シンポジウム  
などを実施



### ◆ 海外の研究機関との戦略的連携

スイス連邦材料試験研究所 (Empa)とワークショップを開催  
アメリカ国立標準技術研究所 (NIST)と連携に向けた交流

### 材料・化学領域のグローバル戦略



### スイス連邦材料試験研究所 (Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology)

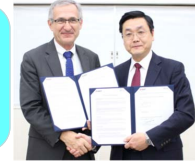


Materials Science and Technology



NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

両機関によるエネルギー材料に関するグローバルな共同戦略



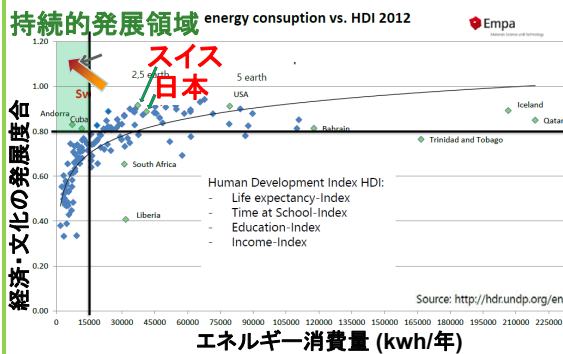
第1回Empa-AISTワークショップ

平成29年5月30, 31日 スイスEmpaにて開催

第2回Empa-AISTワークショップ

平成29年10月10, 11日 関西センターにて開催

### 経済・文化の発展とエネルギー消費



建築およびモビリティ分野  
における継続的な連携



#### (1) 水素技術に関する材料開発

1. 固体燃料電池(SOFC)の開発
2. 液体有機水素キャリアの開発

#### (2) 熱マネジメント技術に関する材料開発

1. 断熱材の評価
2. 熱電材料とモジュールの開発
3. エントロピクス材料の評価

### アメリカ国立標準技術研究所 (NIST, National Institute of Standards and Technology)



National Institute of Standards and Technology  
U.S. Department of Commerce



NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

材料開発・評価において連携を検討中



平成29年11月6～8日

NIST, GaithersburgおよびBoulderにおいて、MML (Material Measurement Lab)を訪問

- ✓ NISTのミッションは、計測技術開発による米国産業の技術革新および競争力強化。正職員は約3400名。予算は、約9.6億ドル(約1070億円)。
- ✓ MMLは、測定技術に関するNISTの2ラボの内の1つ。正職員約600名、契約職員約400名。予算は約1.7億ドル(約190億円)。

現在、下記の各分野において連携を検討中。

- ① 触媒に関する解析技術
- ② セルローズナノファイバーに関する解析技術
- ③ 高分子および高分子膜の解析技術
- ④ 冷媒の物性測定技術

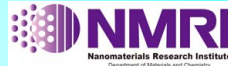
平成30年2月15, 16日 NIST, MMLから産総研つくばセンターへ来訪

## (4) 大学や他の研究機関との連携強化

タイ国立ナノテクノロジー研究センター (NANOTEC, National Nanotechnology Center)



LOI締結  
(2017.2~2020.2)



継続的なワークショップや人材交流による連携を展開

2016年10月~2017年9月まで:

NANOTECから若手研究者1名をナノ材料研究部門にて受入。  
1年間の連携研究を実施(産総研からの研究員派遣も検討中)。

2017年6月:

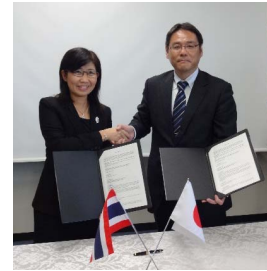
WMRIF2017 (World Materials Research Institutes Forum)  
の際に、今後の連携を討議。

2017年9月:

7<sup>th</sup> WS at NANOTECを開催。  
次回WS開催と連携テーマを討議。

2018年3月:

産総研臨海センターで第8回のWS開催予定。  
酸化グラフェン、ナノバイオ材料、ナノ電解質材料の  
3材料で具体的な連携テーマを検討予定。  
(NANOTECからの研究員受入を計画中)



NMRI-NANOTEC  
LOI締結 (2017年2月)



NMRI-NANOTEC 7<sup>th</sup> WS  
at NANOTEC

## (5) 研究人材の拡充、流動化、育成

### ◆ オープンイノベーションラボラトリ(OIL)を通じた人材拡充

- ・ 東京大学等から人材(産総研RA)を積極的に採用

### ◆ リサーチアシスタント (RA)

- ・ 目標数の3倍を超える39名を採用

### ◆ イノベーションスクール

- ・ 14名の育成を担当



### ◆ 実践力の高い職員の採用

- ・ 企業経験キャリアのある人材を採用

## 在外研究

## 平成29年度 領域フェローシップ

## ◆ スイス連邦工科大学チューリッヒ校 (スイス)

「動的核分極法による高感度核磁気共鳴法(DNP-NMR)を用いる固体担持型触媒の構造及び反応機構解明」

ETH Zürich

## ◆ マックス・プランク鉄鋼研究所 (ドイツ)

「点欠陥が材料の機能発現・性能に及ぼす影響の計算科学的研究」



## ◆ フリッツ・ハーバー研究所 (ドイツ)

「材料のスペクトル表現とAIによる材料解析技術への応用」



## ◆ スロバキア科学アカデミー (スロバキア)

「環境調和型プロセスによる貴金属の酸化溶解技術の開発」



## グループ長研修：共鳴塾

グループ長／チーム長が同じ目標に向かって刺激し合い、材料・化学領域を発展させてほしいとの願いを込めて本研修の場を「共鳴塾」と命名。

## ◆ 第1回テーマ (10月24日)

「グループ長／チーム長の夢と材料・化学領域の経営戦略」

## ◆ 第2回テーマ (12月19日)

「グループ長／チーム長の直面する課題とリーダーシップ」

## ◆ 第3回テーマ (2月28日)

「コーチングスキルを活用したグループ員／チーム員とのコミュニケーション」



### 領域ワークショップ

各研究ユニットにおける研究開発の進捗状況を相互理解し、研究ユニット間の交流を深める。

- ◆ 平成29年12月20日、産総研つくばセンターにて開催。
- ◆ 講演3件、各チームの研究紹介(ポスター)68件。



(中鉢理事長の講演の様子)



(ポスター討論の様子)

### 女子学生への広報活動

- ◆ お茶の水女子大生の見学会  
(平成29年8月7日、つくばセンター)
- ◆ 女子大学院生・ポスドクと産総研女性研究者との懇談会  
(平成29年9月25日、中部センター)
- ◆ 茨城県 理系女子応援シンポジウム  
(平成29年10月14日、つくば国際会議場)
- ◆ 女子大学院生・ポスドクと産総研女性研究者との懇談会 inつくば  
(平成29年11月21, 22日)
- ◆ お茶の水女子大・MOU講座  
(平成30年2月27日、つくばセンター)

国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
女子大学院生・ポスドクと産総研女性研究者との懇談会 in つくば

**女性研究者と話そう**

「夢」をカタチに! 「好き」を「仕事」に

“将来、研究者を目指したい”と、明確なキャリアイメージをお持ちの方はもちろん、“在職の女性研究者の話がききたい”など、ご興味をお持ちの方は、是非、ご参加下さい。

【日時】 2017年11月20日(月)、21日(火)  
【場所】 産業技術総合研究所 つくばセンター つくば中央 共用講堂



## 今後の課題

- ◆ 研究戦略に関するWGで策定したプランの具現化
  - スポーツ工学PJ
  - 食糧・水WG
  - アクティブマテリアルWG
  - 環境調和材料WG
  
- ◆ 企業との大型共同研究の獲得
  
- ◆ 産業技術政策への積極的な提言
  
- ◆ 材料・化学領域の戦略的PR

Memo:

## 2.「橋渡し」のための研究開発

### 研究項目毎の主要な成果

研究項目	目的基礎研究	「橋渡し」研究前期	「橋渡し」研究後期
① グリーンサステイナブルケミストリーの推進	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スマート接着剤の開発</li> <li>・シラノールの粉体化と構造解析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・AIによる酸化触媒の自動発見</li> <li>・粘度-温度特性に優れた省エネ潤滑油の開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・歯周病菌の即時分析装置の開発 (ベンチャー創出)</li> <li>・材料の劣化状態を化学構造レベルで評価する</li> <li>・燃えるごみの焼却残さを高付加価値材料に変換する技術開発</li> </ul>
② 化学プロセスイノベーションの推進	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高効率酵素リアクターの開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・超高純度水素精製用炭素膜モジュールの開発</li> <li>・新規高機能界面活性剤の開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・マイクロ波照射技術の開発</li> </ul>
③ ナノカーボンをはじめとするナノ材料の開発とその応用技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CNT銅ワイヤーの開発</li> <li>・低加速顕微鏡によるカーボン原子鎖の電子状態の観測</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・液晶高分子のマルチスケールシミュレーション</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・工業用グラフェンの開発 (ベンチャー創出)</li> <li>・SGCNTを用いた電磁遮蔽材料の開発</li> <li>・CNT生産管理技術の開発</li> </ul>
④ 新たなものづくり技術を牽引する無機機能材料の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・“溶けない”蓄熱材料、固体蓄熱材料の部材化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンパクトハイパワー燃料電池の開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全固体電池用セラミックス電解質基板の製作技術開発</li> </ul>
⑤ 省エネルギー社会構築に貢献する先進構造材料と部材の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・複合材料の熱特性解析評価技術の開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・セラミックス系素材の3次元積層技術による複雑形状造形</li> <li>・高強度、高難燃性マグネシウム合金延伸部材の開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・顕微インデントを核とするベンチャーの起業</li> </ul>



(1)「橋渡し」につながる基礎研究(目的基礎研究)

## オープンイノベーションラボラトリ



産総研・東大 先端オペランド計測技術  
オープンイノベーションラボラトリ  
(OPERANDO-OIL)



産総研・東北大 数理先端材料モデリング  
オープンイノベーションラボラトリ  
(MathAM-OIL)



東北大学

## 萌芽研究による研究シーズの創生

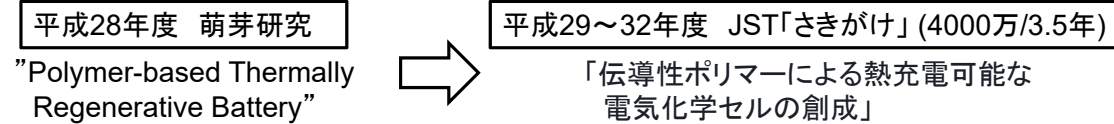
### ◆ 採択件数は3年間で81件

	平成27年度	平成28年度	平成29年度
採択件数	21	28	32

### ◆ 過去の採択者の状況

- ・ 過去2年の採択課題49件中、41件が現在も研究を継続。
- ・ 外部資金を多数獲得。
- ・ JST「さきがけ」に採択  
→ 衛慶碩 主任研究員 (ナノ材料RI)

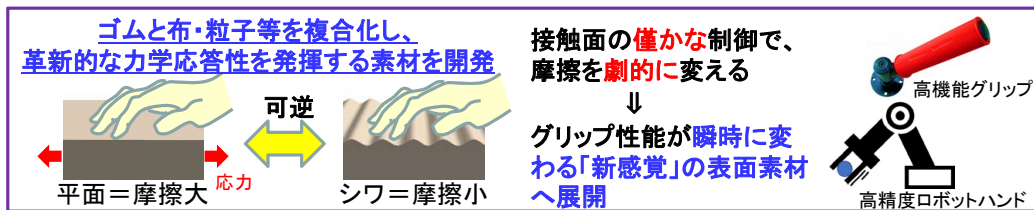
・ 科研費採択	11件
新学術領域	1件
基盤C	3件
若手A	2件
若手B	4件
スタート支援	1件
・ 研究助成	7件
・ 企業との共同研究	10件



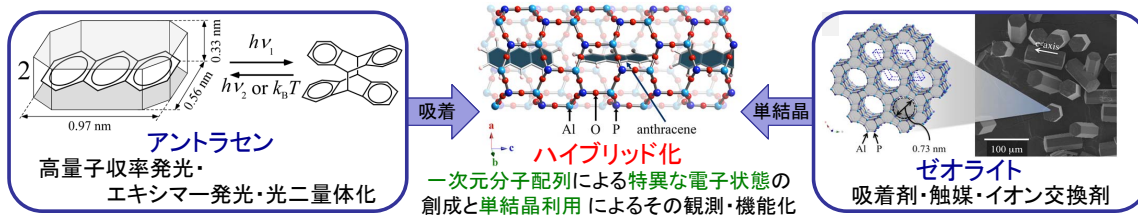
## JSPS「挑戦的萌芽研究」への挑戦

### ◆ 平成29年度は2件採択

大園 拓哉 (分担 寺岡啓) 「可変シワ構造による表面摩擦機能の拡張」  
(機能化学RI)



小平 哲也 (化学プロセスRI) 「AFI型多孔質単結晶とアントラセンの複合物質における協奏的光学機能の創成」



研究テーマ

スマート（光可逆性）接着剤の開発

目的と計画

- ・ 分子の光可逆的な反応を利用して、基材を傷めず容易に脱着可能なスマート接着剤を開発し、歯科や美容用途への展開を目指す。
- ・ 繰り返し脱着可能な技術で、接着工程の精度、歩留まり、リサイクル性の向上に貢献。

研究アプローチ

光で液化/固化を繰り返す材料を開発



無色透明化

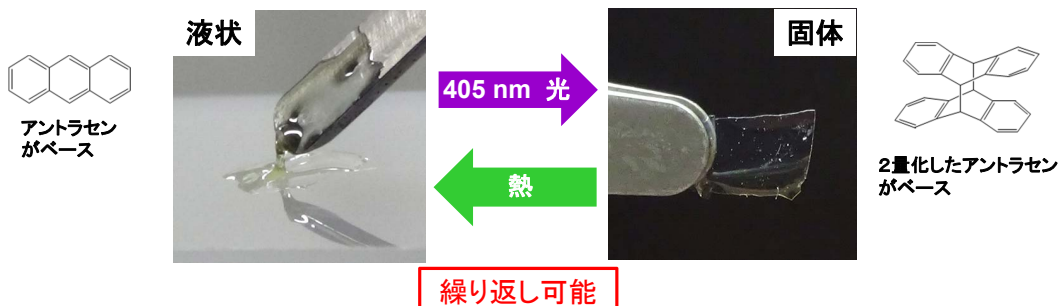
用途に最適な形状の最適化

性能評価  
安全性試験



H29年度成果 (H28:TRL 2 → H29:TRL 3)

- ・ 無色(透明)液状の接着剤の開発に成功(従来品は、有色粉末状)



約1.5 cm<sup>2</sup>の接着面積で、椅子(6kg)の持ち上げが可能

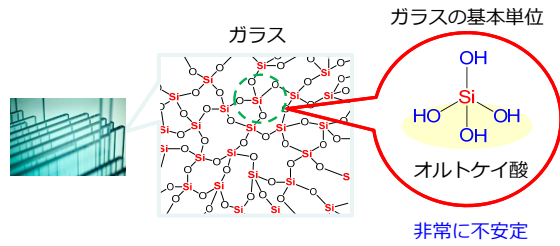
論文1報(J. Adhes., doi:/10.1080/00218464.2017.1383244)、依頼講演2件、公的資金2件、民間資金1件

研究テーマ

シラノールの粉体化と構造解析

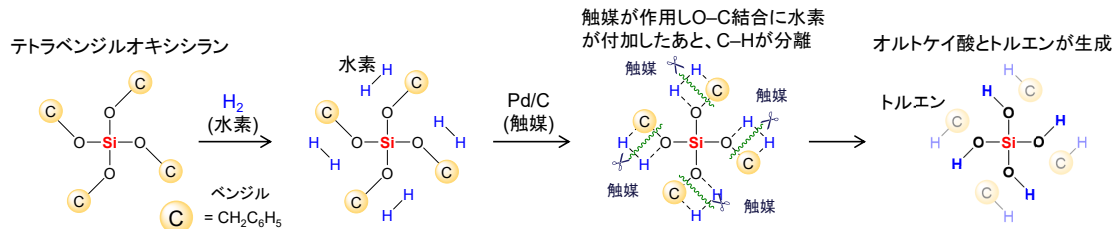
目的と計画

高機能、高性能ケイ素材料の製造を目指し、有機ケイ素材料やガラスの基本単位であるオルトケイ酸の結晶化と構造解析を行う。



研究アプローチ

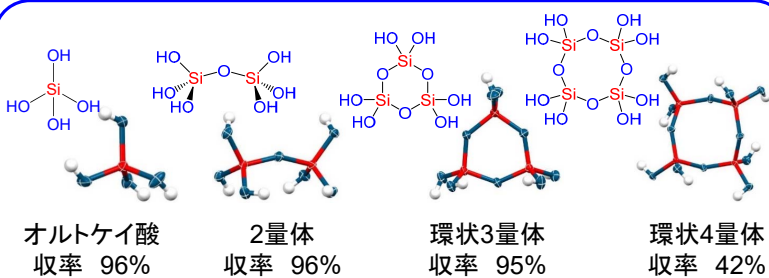
- ・オルトケイ酸の安定化のためには、水の除去が重要。
- ・テトラベンジルオキシシランをPd/C触媒を用いてアミド溶媒中で水素化分解する手法を開発。



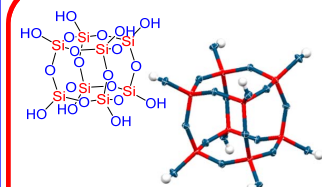
H29年度成果 (H28:TRL1 → H29:TRL2)

NEDO「有機ケイ素機能性化学品製造プロセス技術開発」

ガラスの基本単位を安定に合成し、粉体として手に取ることを世界で初めて可能にした



新規な合成法を開発し単離に成功した



- ・論文: *Nature Communications* **8**, 140 (2017).
- ・プレスリリース: 2017/7/27.  
「200年にわたる謎に終止符、ガラスの基本単位の構造を決定」
- ・受賞: 国際学会でポスター賞受賞
- ・日本化学会第98春季年会ハイライトプレゼンテーションに選出  
(約4,700件の予定講演の中から6件)

特許:出願済み(2017)  
試料提供契約: 7件

大量合成法にめど  
材料への展開を計画

研究テーマ

高効率酵素リアクターの開発

目的と計画

- ・高い耐久性と再利用性を有する固定化酵素の開発
- ・機能性化学品の高効率製造を実現する酵素反応システムの開発

研究アプローチ

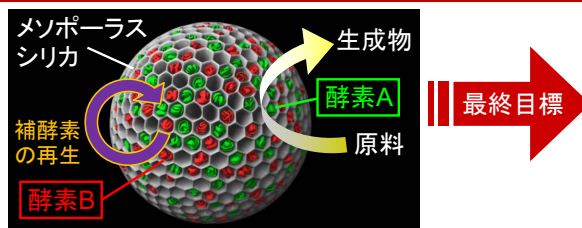
酵素・・・温かな反応条件で極めて高い反応選択性。  
しかし、安定性、再利用性が低いため実用化されていない。

▶ ナノ空間材料を用いた酵素の安定化、再利用技術を提案

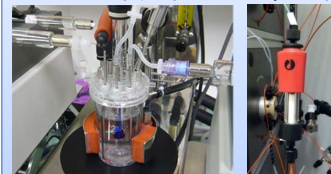
- ・メソポーラスシリカの細孔に酵素を固定 → 凝集を抑え、安定性向上
- ・シリカ結合タンパク質 (Si-tag) を融合 → 脱離を抑え、再利用性向上

▶ 高価な補酵素の消費を最小限に抑える手法を提案

- ・酵素反応のエネルギー源(補酵素)を再生する酵素を配列 → 効率化



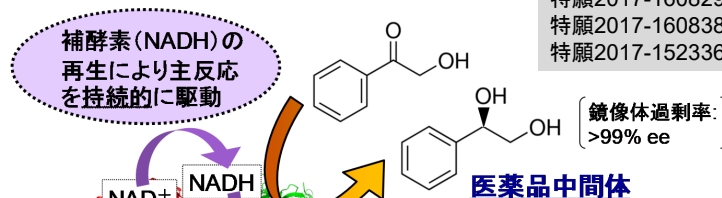
固定化酵素リアクターの開発



- ▶ 高効率物質生産
- ターゲット
  - ・医薬品中間体
  - ・機能性食品原料

H29年度成果 (TRL 3)

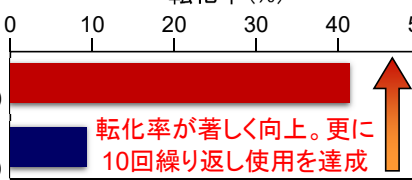
メソポーラスシリカ  
固定化酵素による  
医薬品中間体の  
高効率合成に成功



メソポーラスシリカ(細孔径: 3~11 nm) 転化率(%)

今回の開発技術  
(シリカ結合タンパク質 [Si-tag] を融合した酵素)

従来技術  
(Si-tag を融合していない通常の酵素)



Si-tagを介した酵素の固定化により補酵素の再生効率が大幅に向上

- ✓ 複数酵素の機能を連動させた高効率かつ持続的な酵素反応を実現
- ✓ プロセス化を見越したメソポーラスシリカ粉末を含んだ多孔質成形体(右の写真)の作製にも成功



研究テーマ

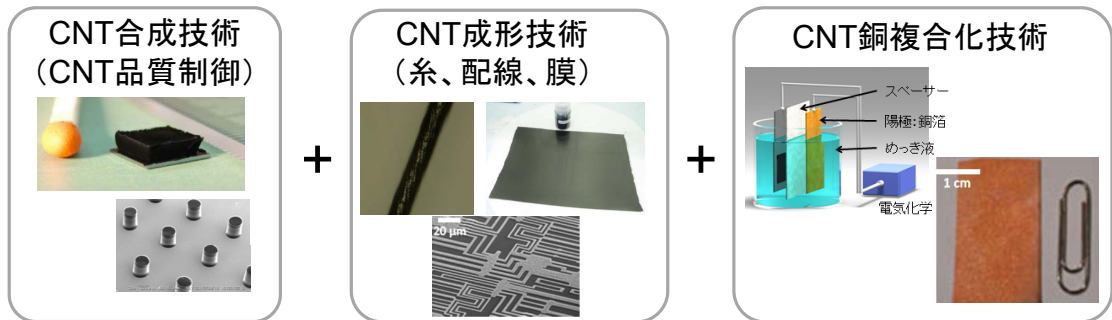
軽量で高導電性なCNT銅ワイヤー開発

目的と計画

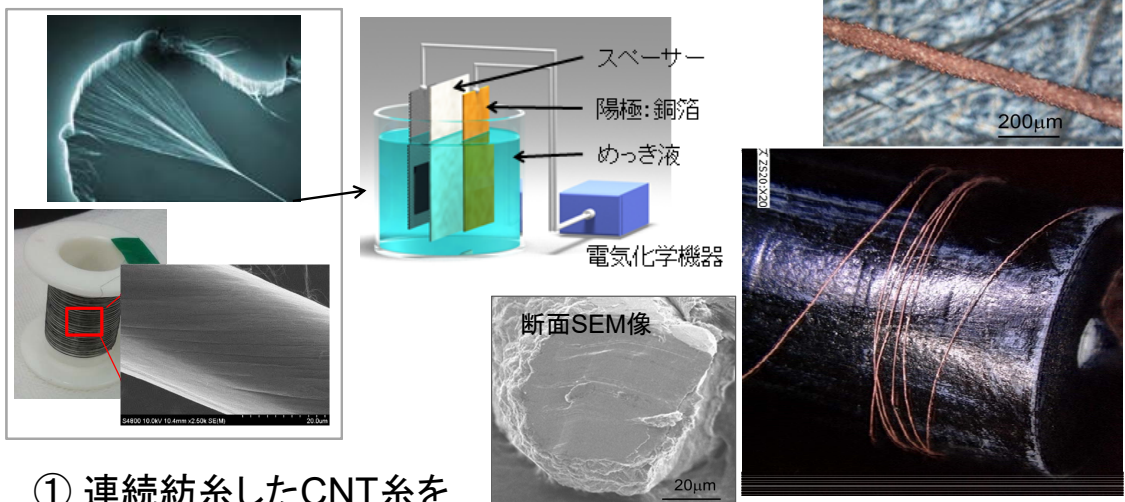
銅よりも軽量で高導電性のCNT銅複合ワイヤーの実現

研究アプローチ

合成チームと用途開発チームを横断する研究チームを編成し、技術を持ち寄り、低抵抗なCNT銅ワイヤーを開発する



H29年度成果 (H29:TRL 3) 軽量で高導電性のCNT銅の線材化に成功



- ① 連続紡糸したCNT糸を電気めっき法で銅と複合化
- ② 40 vol%以上の銅とCNTを緻密に複合化  
⇒ 銅よりも30%以上の軽量化で、室温で銅の1/2の導電性を実現

Scientific Reports, 7, 9267 (2017)

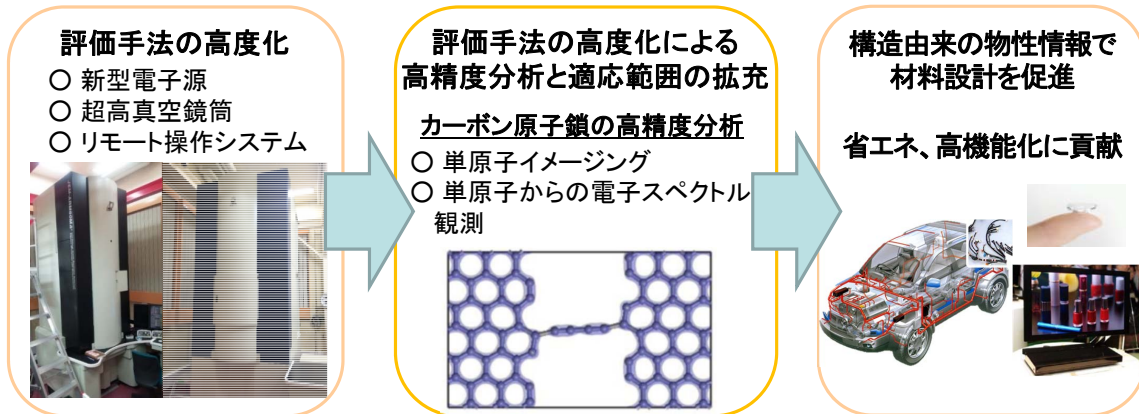
研究テーマ

低加速電子顕微鏡によるカーボン原子鎖の電子状態の観測

目的と計画

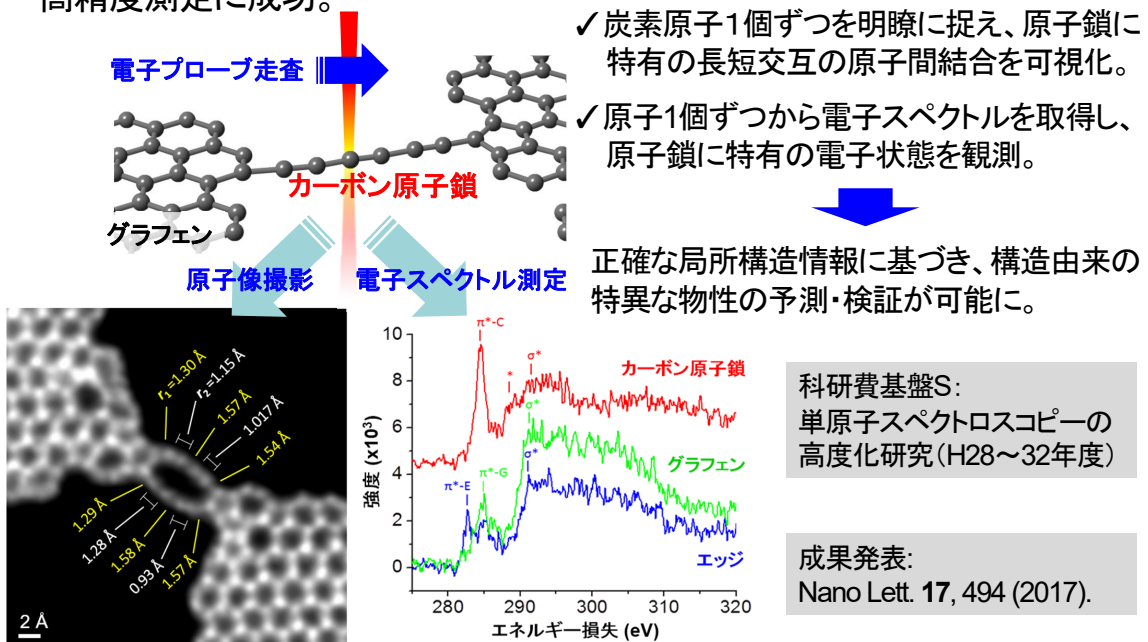
- ・ 世界最高性能の電子顕微鏡による最先端の研究を展開。
- ・ 電子顕微鏡等による構造・元素解析の評価手法の高度化により原子レベルでの化学結合や構造解析の適応範囲拡充。

研究アプローチ



H29年度成果 (H29:TRL 3)

電子線照射下でのカーボン原子鎖の生成と、その結合距離や電子状態の高精度測定に成功。



科研費基盤S:  
単原子スペクトロスコピーの  
高度化研究(H28~32年度)

成果発表:  
Nano Lett. 17, 494 (2017).

研究テーマ

“溶けない”蓄熱材料、固体蓄熱材料の部材化

目的と計画

- ◆ 酸化バナジウム (VO<sub>2</sub>) の金属-絶縁体転移に伴う吸熱-発熱反応を利用した固体蓄熱材の開発とその部材化。
- ◆ 電子相の変化による大きな蓄熱密度を保持しながら、熱負荷になる成形バインダー (ポリマーなど) を用いない蓄熱部材の形状制御技術 (焼結法) の開発。

研究アプローチ

<H28年度>

高蓄熱ができる原理の解明

(Phys. Chem. Chem. Phys. 2016,18, 30824 )

橋渡しに向けて

<H29年度>

大型部材化 (目標:5 cm級)

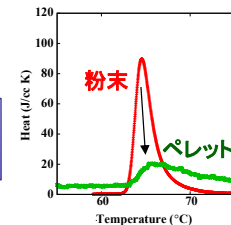
固体蓄熱部材 [ex. 家屋、保冷容器用]

◇ 部材化に向けた課題

- ① VO<sub>2</sub>は難焼結性、低強度
- ② 過度な荷重下での焼結は歪みの影響で熱特性にダメージ



焼結技術の開発が不可欠



H29年度成果 (H28:TRL 2 → H29:TRL 3)

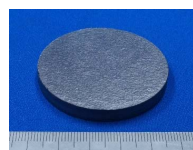
① VO<sub>2</sub>焼結技術の開発



原理解明用焼結ペレット (昨年度:1 cm)

焼結技術開発

バインダ無し  
大型化  
強度向上



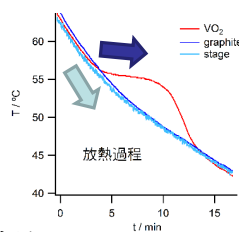
- ・状態図にフィットした焼結過程により困難性を解消し、高密度部材の作製に成功。
- ・今年度目標5 cm級を達成。

② 蓄熱状態の確認

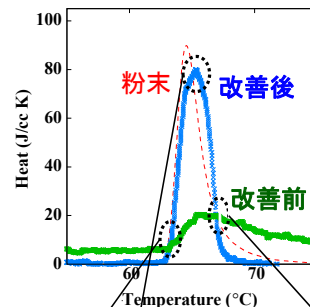


炭素材(左):底面に温度追従  
VO<sub>2</sub>材(右):蓄熱による保熱効果

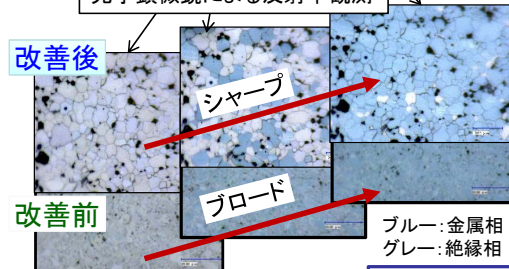
バルク材でも相変化蓄熱の保持を確認



③ 転移挙動観察(特性評価)



光学顕微鏡による反射率観測



残留歪みに阻害されない蓄熱部材作製に成功

- \* 建築資材
- \* 保冷施設
- \* 電子機器



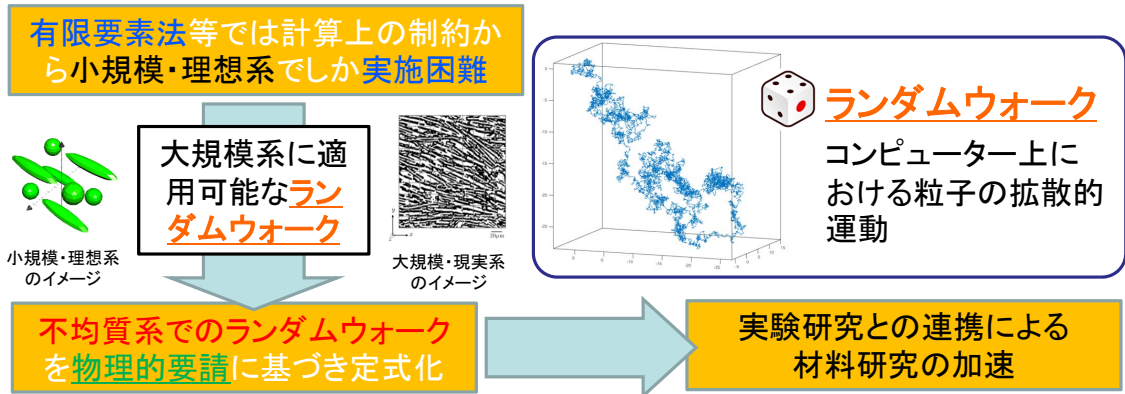
研究テーマ

複合材料の熱特性解析評価技術の開発

目的と計画

- ◆ 熱伝導率の分散・配向構造で決まる部分の厳密計算を可能とすることで、界面密着性など、構造以外の要因の分離評価。
- ◆ 合理的な特徴量抽出による高効率の機械学習で材料研究を加速。

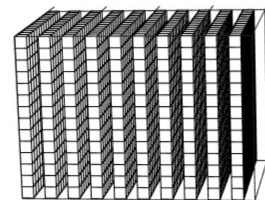
研究アプローチ: ランダムウォークの導入



H29年度成果 (H28: TRL 1 → H29: TRL 2)

三次元不連続媒質中におけるランダムウォークの厳密定式化に成功

- ・ 等方二相積層構造(右上図)に適用し、直列・並列の理論式との同等性を確認。
- ・ 有限要素法等では実施困難であった大規模系での高速計算を実現。

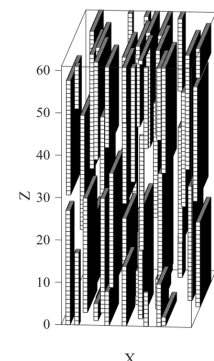


等方二相積層構造の例

Phys. Rev. E **96**, 032135 (2017)

等方/等方系界面⇒等方/異方系界面に適用拡大

- ・ 等方性母材中に板状異方性フィラーをランダム積層分散した系(右下図)で検証実施。



ランダム積層構造の例

既存の理論混合式のような単純化等を一切することなく、「理論値」を現実的な計算時間で得ることが可能。

あらゆる構造の複合材料への適用拡大化

# 200年にわたる謎に終止符、 ガラスの基本単位の構造を決定

触媒化学融合研究センター  
佐藤 一彦

## 産総研における「有機ケイ素化合物」の研究の歴史

1991-2000 工業技術院物質工学工業技術研究所  
産業科学技術研究開発 ケイ素系高分子材料研究開発

耐熱性ケイ素材料  
1000°Cにも耐える

白金触媒

T8-ジイン

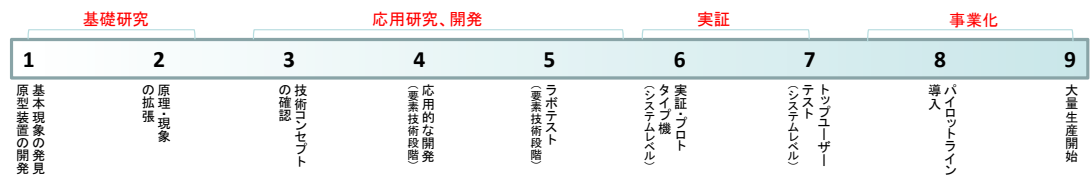
この間もケイ素の研究開発は継続

2012-2021 産総研  
有機ケイ素機能性化学品製造プロセス技術開発  
経済産業省未来開拓研究プロジェクト(2012-2013)/NEDO(2013-2021)

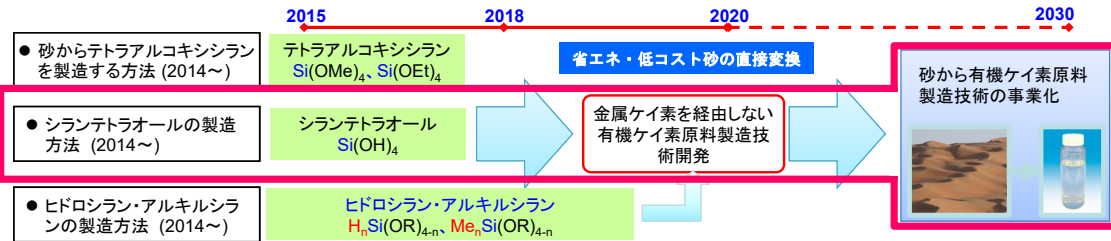


砂から  
有機ケイ素材料開発

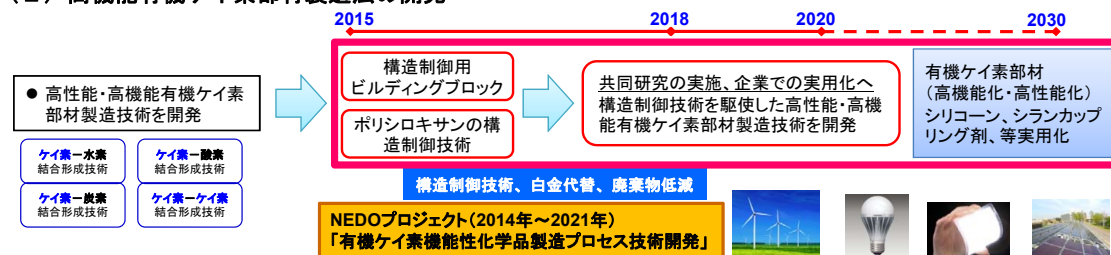
- ・大幅な省エネ化
- ・市場拡大&新市場創出



## (1) 有機ケイ素原料製造法の開発



## (2) 高機能有機ケイ素部材製造法の開発



## 研究テーマ

### シラノールの粉体化と構造解析

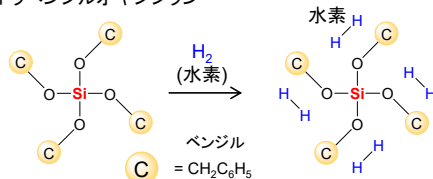
#### 目的と計画

高機能、高性能ケイ素材料の製造を目指し、有機ケイ素材料やガラスの基本単位であるオルトケイ酸の結晶化と構造解析を行う。

#### 研究アプローチ

- ・ オルトケイ酸の安定化のためには、水の除去が重要。
- ・ テトラベンジルオキシシランをPd/C触媒を用いてアミド溶媒中で水素化分解する手法を開発。

テトラベンジルオキシシラン

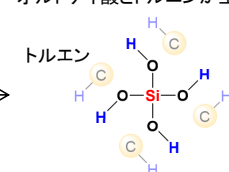


触媒が作用LO-C結合に水素

が付加したあと、C-Hが分離



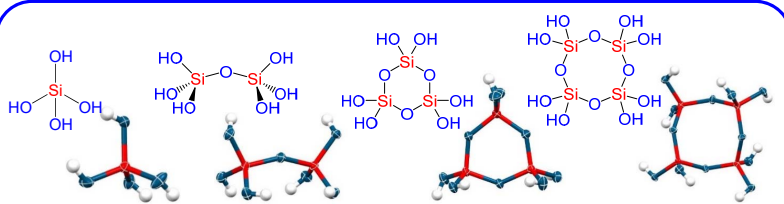
オルトケイ酸とトルエンが生成



H29年度成果 (H28:TRL1 → H29:TRL2)

NEDO「有機ケイ素機能性化学品製造プロセス技術開発」

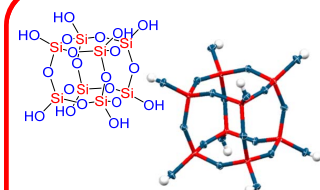
ガラスの基本単位を安定に合成し、  
粉体として手に取ることを世界で初めて可能にした



オルトケイ酸 収率 96%      2量体 収率 96%      環状3量体 収率 95%      環状4量体 収率 42%

- 論文: *Nature Communications* 8, 140 (2017).
- プレスリリース: 2017/7/27.
- 「200年にわたる謎に終止符、ガラスの基本単位の構造を決定」
- 受賞: 国際学会でポスター賞受賞
- 日本化学会第98春季年会ハイライトプレゼンテーションに選出 (約4,700件の予定講演の中から6件)

新規な合成法を開発し  
単離に成功した



かご型8量体  
収率 96%

特許:出願済み(2017)  
試料提供契約:7件

大量合成法にめど  
材料への展開を計画中

## オルトケイ酸の研究の歴史

現象の発見: 組成および構造ともに不明

1820年

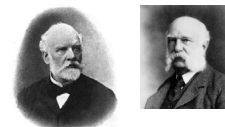
Berzelius, J. J.



溶けるシリカの存在を発見

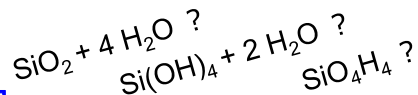
1866年

Friedel, C. & Crafts, J. M.



オルトケイ酸の重合物の存在について言及

組成やモノマー(オルトケイ酸)の存在も不明な時代。  
様々な組成が提唱されていた時代。



実験的に組成および構造を決定

1934年 拡散係数測定

Jander, G. & Jahr, K. F.

最小単位の実測

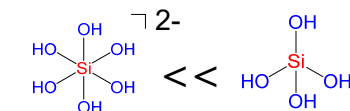
モノマーの存在を証明



モノマーがある!!

1956年 ラマン分光測定

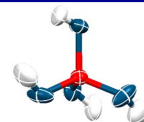
Fortnum, D. & Edwards, J. O.



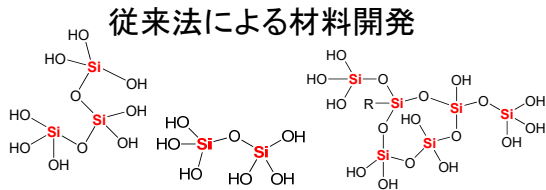
4配位構造であることを証明

計算科学的に分子構造を推測していた時代

2017年 産総研触媒RC 世界で初めて構造を明らかにした



## オルトケイ酸を安定に合成する意義



色々な分子の混ざりもの



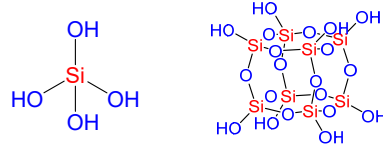
イメージ

**未制御**

それでも優れた物性

- ・耐熱性 ・耐光性 ・絶縁性
- ・離型性 ・撥水性 など

各パーツを安定に合成することができれば



それぞれを手にとって、材料開発ができる

**新しい機能**



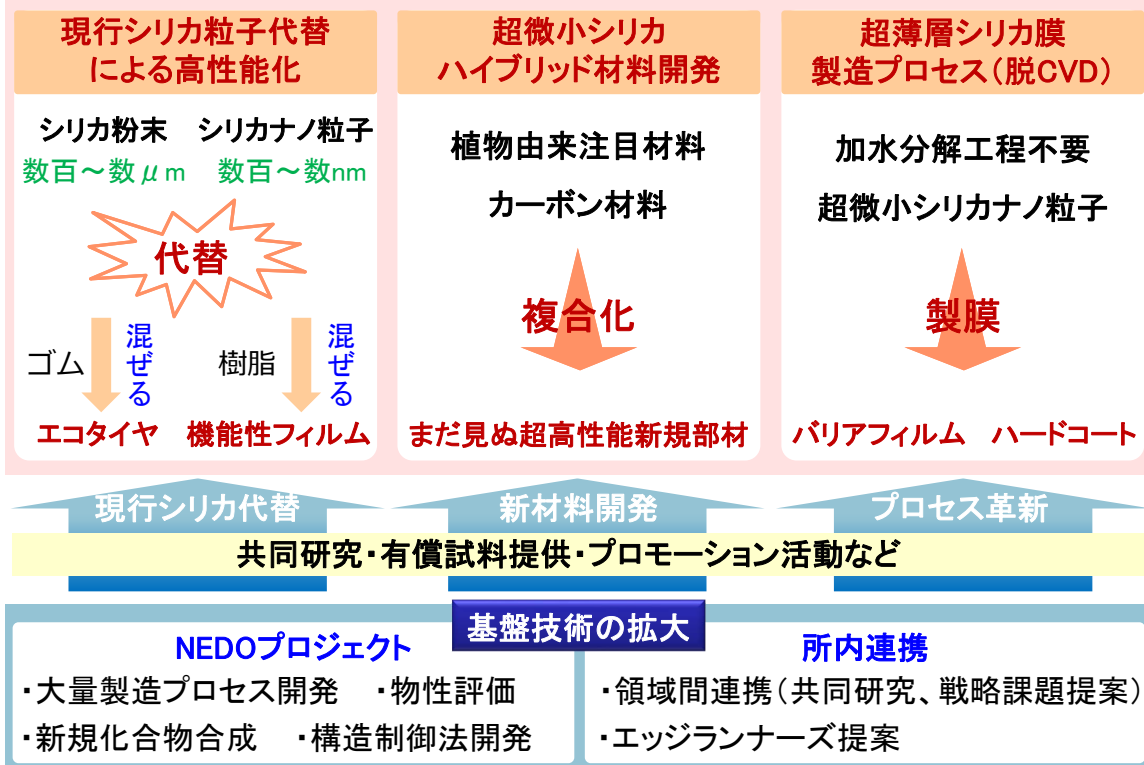
イメージ

**性能の向上**

**精密制御**

超高性能・高機能ケイ素材料の創出

- ・超高耐熱性 ・超高耐クラック性
- ・超高密着性 などが期待される



(2)「橋渡し」研究前期における研究開発

現在進行中の主な国プロ

(平成29年度開始)

「NEDOエネルギー・環境新技術先導プログラム」

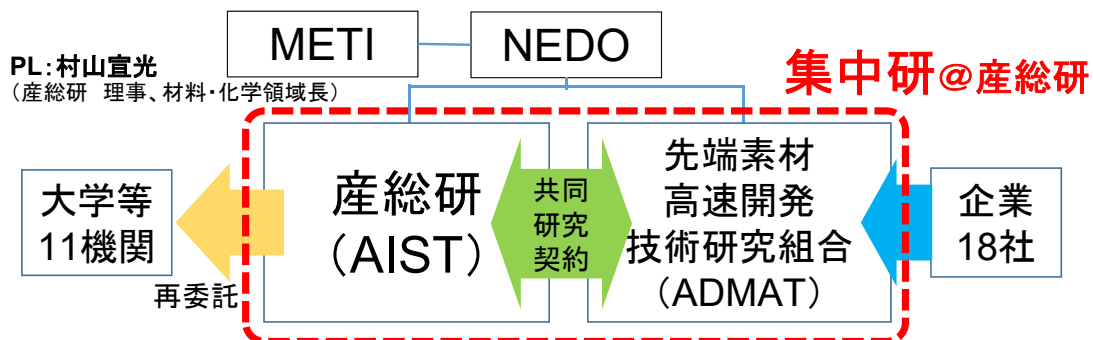
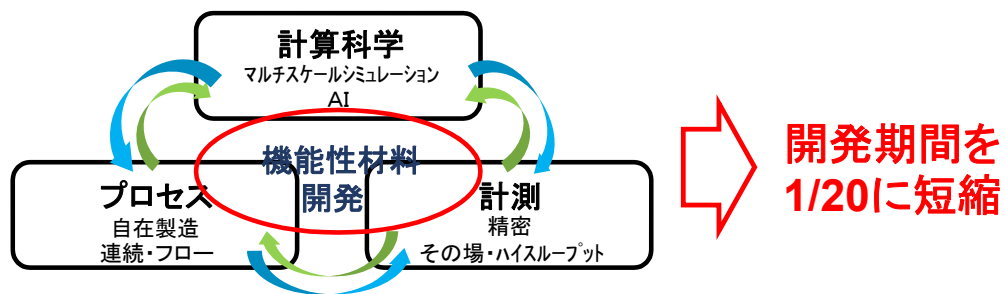
- ◇ 革新的高飽和磁束密度・低鉄損軟磁性粉体の開発
- ◇ 超高変換効率新規プロトン導電デバイスの開発
- ◇ 精密制御技術を駆使した脱硝触媒の高度利用技術開発

(継続案件)

- ◆ 超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト  
(NEDO、平成28年～平成33年)
- ◆ 有機ケイ素機能性化学品製造プロセス技術開発  
(NEDO、平成26年～平成33年)
- ◆ 次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発  
(NEDO、平成26年～平成33年)
- ◆ 革新的新構造材料等技術開発  
(NEDO、平成26年～平成34年)
- ◆ 非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発  
(NEDO、平成25年～平成31年)

経済産業省/NEDO:平成28年~33年

- ◆ 個社支援ではなく、有機材料や機能性材料の素材産業全体の底上げのため、材料開発の共通基盤技術確立が目的
- ◆ 計算科学、製造プロセス技術、先端計測技術を高度に統合化する必要がある、一企業、一大学では出来ない複雑かつリスクの高い基盤技術開発
- ◆ 国の強力なイニシアチブの下での委託事業として、国研、大学、企業が結集して開発を行う必要あり。



## 先端素材高速開発技術研究組合

- ◆ 設立年月日 :平成28年7月12日
- ◆ 理事長 :腰塚 國博(コニカミノルタ(株) 取締役)
- ◆ 組合員(18社) :コニカミノルタ(株)/ 日立化成(株)/ 出光興産(株)/ DIC(株)/ 東レ(株)/ (株)東ソー/ 昭和電工(株)/ 新日鉄住金化学(株)/ JSR(株)/ 横浜ゴム(株)/ 宇部興産(株)/ (株)村田製作所/ パナソニック(株)/ (株)カネカ/ 積水化成品工業(株)/ 日本触媒(株)/ 日本ゼオン(株)/ 古河電気工業(株)

研究テーマ

AI技術による酸化触媒の自動発見

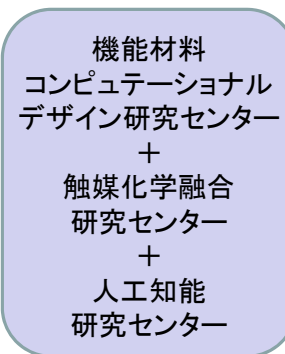
目的と計画

- ・ 機械学習 (AI技術) を活用した材料開発技術の開発
- ・ 計算データと計測データを組み合わせた学習データを利用して触媒の開発速度を高める技術開発

研究アプローチ



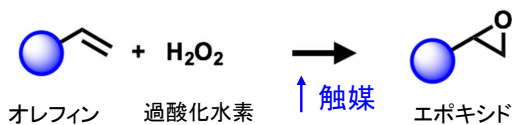
所内の連携体制



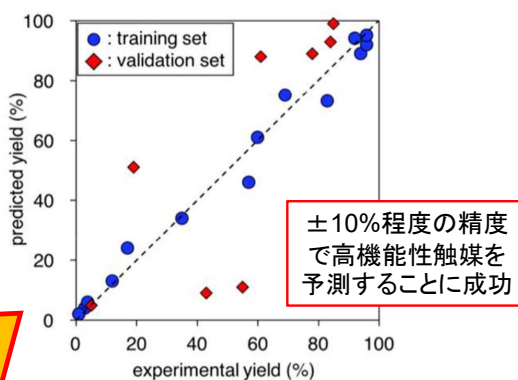
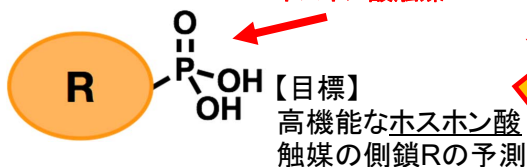
H29年度成果 (H29:TRL 3)

高活性ホスホン酸触媒をシミュレーションデータからデザインすることに成功

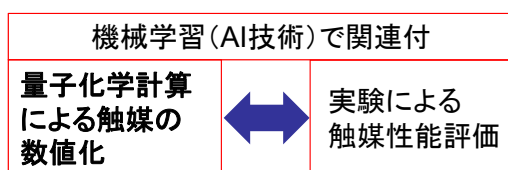
ターゲット反応



- ・ タングステン触媒
- ・ 相間移動触媒
- ・ **ホスホン酸触媒**



約10倍の実験の効率化を達成



Chem. Lett. 47, 284 (2018).  
 プレスリリース1件  
 NEDO「超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト」



研究テーマ

粘度-温度特性に優れた省エネ潤滑油の開発

目的と計画

- ・自動車業界で要望されている省エネ潤滑油を開発。
- ・従来の基油よりも温度による粘度変化が格段に小さい新規構造油（粘度指数(VI)200以上の新規化合物群）の創出。

研究アプローチ

① 基油の分子設計

✗ 既存基油の分子構造の改良

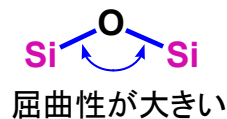
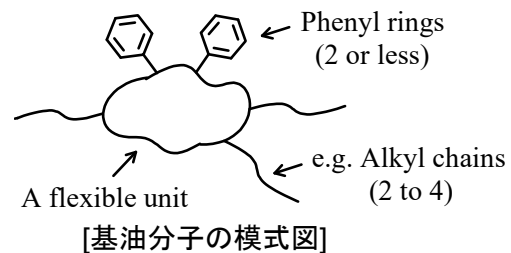
◎ 別視点からのアプローチ:

液晶の分子設計の模倣より考案

② ケイ素化合物の特性を活用

(設計) シロキサン結合(Si-O-Si)の柔軟性

(合成) ヒドロシリル化(付加反応)



➡ 1段階・高収率合成技術による新規構造油(VI200以上)の開発

H29年度成果 (H28:TRL 3 → H29:TRL 4)

オリゴシロキサン油

温度による粘度変化が従来の基油よりも格段に小さい新規構造油を開発

	既存基油(合成油)	開発した基油
構造	炭化水素油の代表例 PAO(ポリ-アルファ-オレフィン) (例)  4量体 R = C <sub>8</sub> H <sub>17</sub>	テトラキス体  R = C <sub>6</sub> H <sub>13</sub> ~ C <sub>13</sub> H <sub>27</sub>
粘度指数(VI)	120 ~ 140	<b>240 ~ 290</b>
動粘度(100°C)	2 ~ 6 mm <sup>2</sup> /s	2 ~ 6 mm <sup>2</sup> /s
合成手法	重合+水素化 オレフィンから2工程	ヒドロシリル化(付加反応) 市販品から1段階、収率92%
特記事項	VIの向上のため、粘度指数向上剤が必要(VIは200位に)	粘度指数向上剤の添加により、VIの更なる向上が期待

特願2017-093735、自動車系企業との共同研究

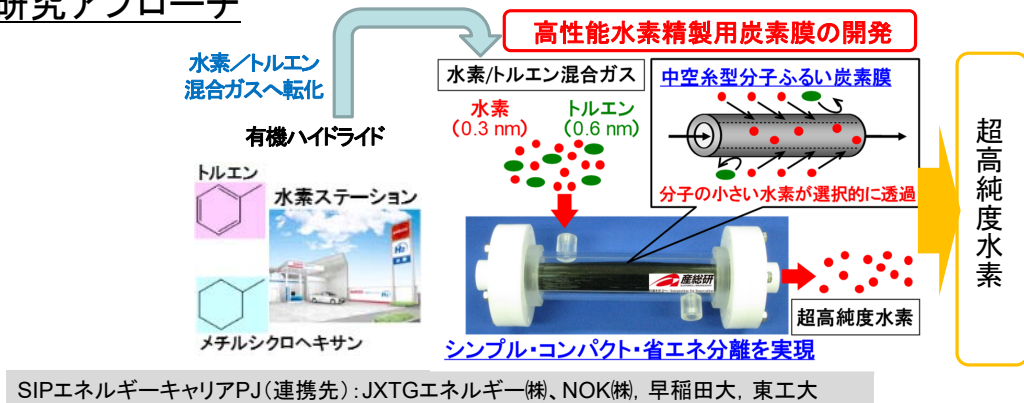
研究テーマ

超高純度水素精製用の炭素膜モジュールの開発

目的と計画

- ・炭素膜による有機ハイドライド型水素エネルギーキャリアの実現。
- ・水素/トルエン混合ガスにおける中空系炭素膜の長期耐久性。

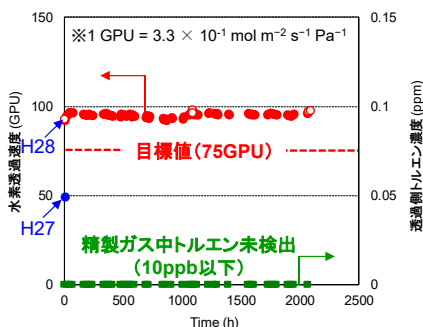
研究アプローチ



H29年度成果 (H28, H29: TRL 5)

性能向上炭素膜の耐久性評価

- ・前年度に比べて水素透過速度を2倍に向上させた炭素膜について実施。



⇒目標値を超える性能を2,000時間保持

中空系炭素膜製造方法の技術移転  
⇒モジュールの大型化に成功



- ・共同研究先の膜メーカーで作製。
- ・製品化に必要なモジュールの大型化技術を確認し、1 m<sup>3</sup>/h規模(H28年度の3倍)を実現。
- ・FCV用超高純度水素純度のスペックを満たすことを確認。
- ・今後、10 m<sup>3</sup>/h規模のプロトタイプ機開発(TRL6)へ。

解説: ゼオライト, 34, 113-119 (2017). 触媒, 59, 151-154 (2017)  
 プレス発表 [http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2017/pr20170309/pr20170309.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2017/pr20170309/pr20170309.html)  
 SIPエネルギーキャリアプロジェクト <http://www.jst.go.jp/sip/k04.html>

研究テーマ

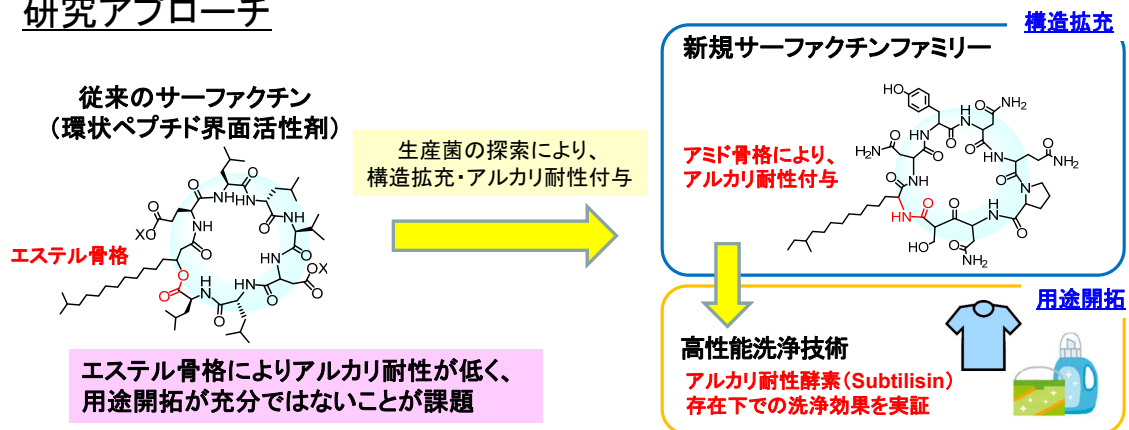
研究項目①「グリーンサステナブルケミストリーの推進」との連携課題

新規高機能界面活性剤の開発

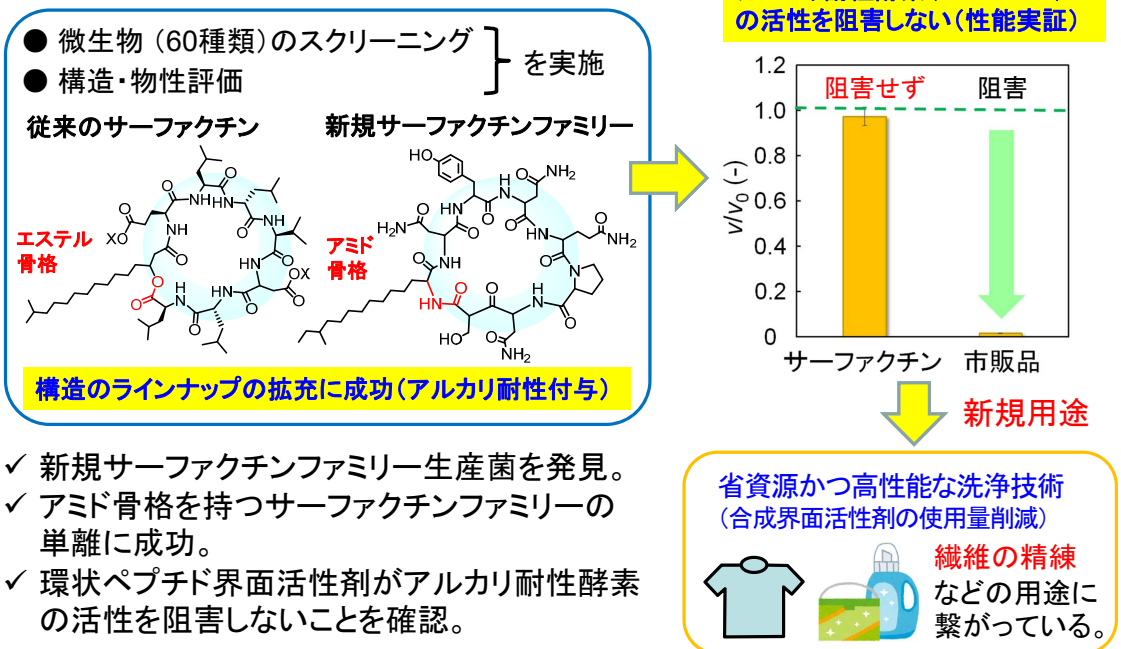
目的と計画

- ・ 高機能界面活性剤『サーファクテン』の構造拡充と機能向上。
- ・ 高性能かつ低環境負荷の洗浄技術の開発。

研究アプローチ



H29年度成果 (H28: TRL 4 → H29: TRL 5)



Colloids Surf B. **156**, 382-387 (2017). J Oleo Sci. **66**, 785-790 (2017).

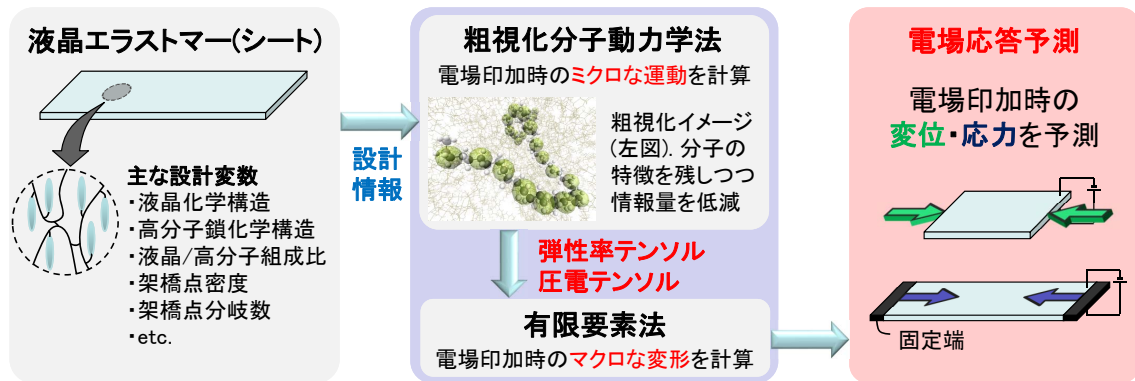
研究テーマ

液晶高分子のマルチスケールシミュレーション

目的と計画

- ・アクチュエータ材料における材料機能シミュレーション技術の開発
- ・外場(電場)に対する分子集合体の構造変化を再現し、マクロな変形の予測へと繋げることが可能な粗視化分子動力学シミュレーション技術の開発

研究アプローチ

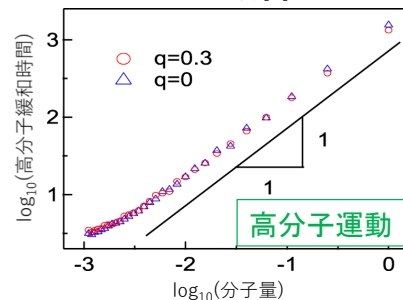
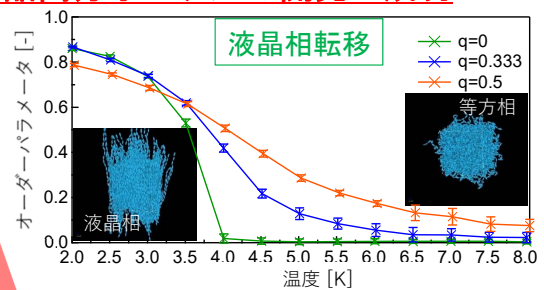
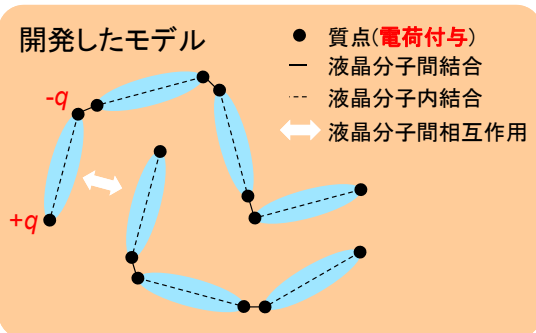


H29年度成果 (H29: TRL 4)

電場応答性を発揮可能な粗視化液晶高分子モデルの開発に成功

【目標】

- ・液晶高分子に特異な現象/運動の再現
  - ・電場応答性の付与
  - ・架橋、混合等への拡張性
- を満たす粗視化モデルはこれまで存在しなかった。これを新規に開発する。



Materials 11, 83 (2018)  
NEDO「超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト」

- ・液晶高分子の挙動を予測
- ・電歪材料開発への応用可能に

研究テーマ

コンパクトハイパワー燃料電池の開発

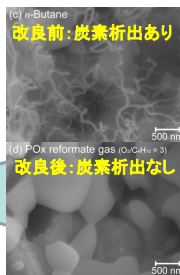
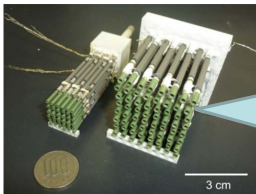
目的と計画

- ・改質触媒機能を有するナノ構造マイクロSOFC電極材料の実現。
- ・カートリッジ式燃料による移動体向けコンパクト電源応用を目指す。

研究アプローチ

急速起動での炭素析出を抑制する温度条件の幅を広げるための電極組成や運転制御の最適化。

これまで開発してきた  
マイクロSOFC発電セル&スタック



電極微構造と改質条件の最適化により、炭素析出を抑制

J. Ceram. Soc. Jpn., 123, 213 (2015).



燃料の多様性  
カートリッジガス (LPG)等でのダイレクト発電



アプリケーションの多様性  
高出力・高効率 (長時間発電)

H29年度成果

H28: TRL 4  
H29: TRL 5

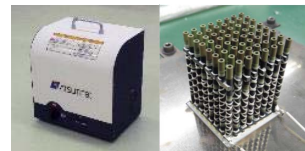
(出典)株式会社プロドローン



ドローンによる省エネ・省力化

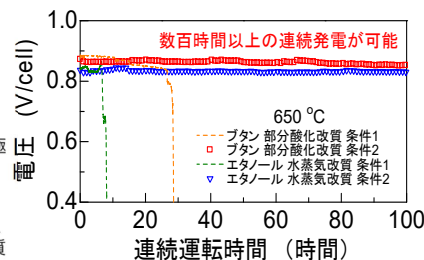
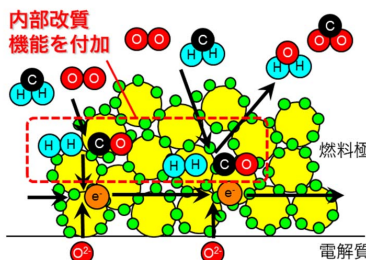


高エネルギー密度燃料利用による長時間作業の実現



高効率化によるCO<sub>2</sub>削減

NEDO「ロボット・ドローンが活躍する省エネ社会の実現プロジェクト、省エネルギー性能等向上のための研究開発／長時間作業を実現する燃料電池ドローンの研究開発」でのコンパクトSOFC電源開発へ展開。  
(平成29年度事業で産業用ドローンの開発メーカー等と連携研究を実施)



ナノ電極微構造・運転制御技術の確立により、発電性能・耐久性が飛躍的に向上

Fuel Cells, 17, 875 (2017)

研究テーマ

セラミックス系素材の3次元積層技術による複雑形状造形

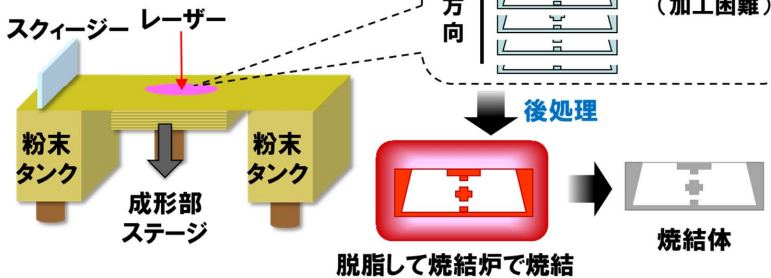
目的と計画

- 成形困難な中空構造やリブ構造を可能にする積層技術の開発。
- アルミナや反応焼結炭化ケイ素を対象に、粉末積層方式での造形条件を探索し、3Dモデル部材の作製を行う。

研究アプローチ

造形方式

セラミックス樹脂混合粉末をレーザー加熱にて選択的に溶融・固化



**複雑構造部材**

半導体製造用部材    セラミックコア

産業分野    耐プラズマ部材

医療分野    骨補填材

人工股関節

H29年度成果 (H28: TRL 4 → H29: TRL 5)

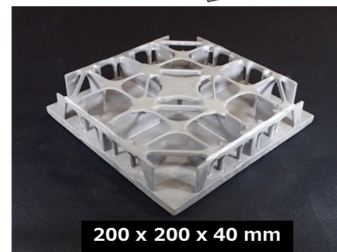
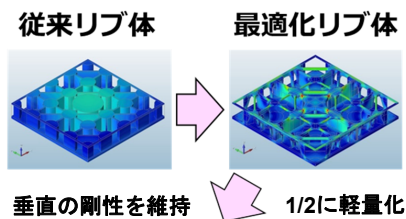
- 要望：
- ◆ 従来品と同等の物性
  - ◆ 従来製法で実現不可能な形状

反応焼結炭化ケイ素の物性値

	AIST 3D造形品		従来品 (非3D品)
	H28	H29	
ヤング率 (GPa)	317	340	340
曲げ強度 (MPa)	284	290	320

- 造形技術の最適化。(特に原料調整や脱脂焼成に注力)
- 従来品と同等のヤング率を達成。

- SIP「革新的設計生産技術」のうち「高付加価値セラミックス造形技術の開発」において、企業4社、JFCC、大学と共同で開発中。
- 構造材料研究部門は、集中研としてプラットフォーム技術開発を担当。



反応焼結炭化ケイ素製ステージモデル

- 構造最適化シミュレーションによる設計と試作に成功。(従来不可能な形状)

研究テーマ

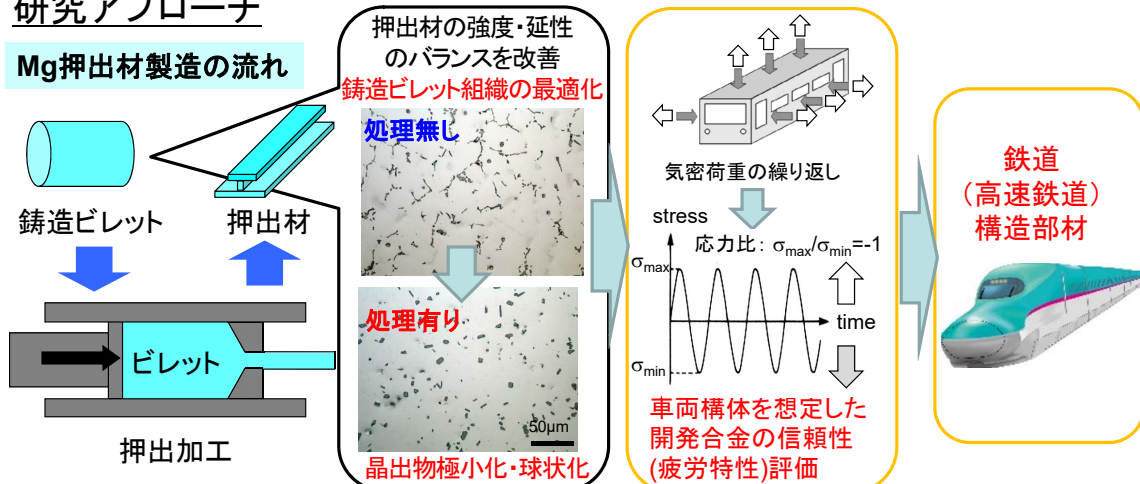
高強度難燃性マグネシウム合金展伸部材の開発

目的と計画

- ・大型輸送機器用の省エネルギー軽量部材の開発。
- ・A7N01アルミ合金に匹敵する機械的特性を有する合金の開発。
- ・難燃性マグネシウム合金の信頼性(疲労特性)評価手法の検討。

研究アプローチ

Mg押出材製造の流れ



H29年度成果 (H28: TRL 5 → H29: TRL 6)

NEDO「革新的新構造材料等研究開発」の新構造材料技術研究組合(ISMA)に参画

表 各種Mg, Al合金の機械的特性及び比重

材料(押出材)	引張強度 (MPa)	破断伸び (%)	密度 (Mg/m <sup>3</sup> )
開発合金 (AZX912合金) <sup>1)</sup>	367	17.8	1.81
A7N01アルミ合金 (T5処理) <sup>2)</sup>	350	15	2.78

<sup>1)</sup> 試験片レベルでの特性値 (H28年度導出)

<sup>2)</sup> アルミニウムハンドブック 第4版 (軽金属協会編)

プロジェクト参画企業と共同で1/1サイズ簡易モックアップ構体を作製中

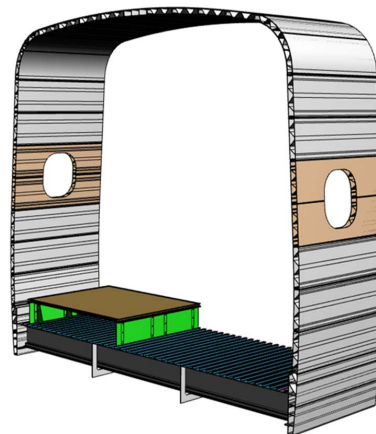
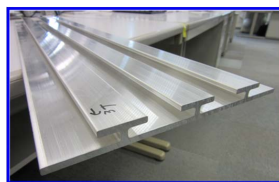


図 作製中の簡易モックアップ構体断面図



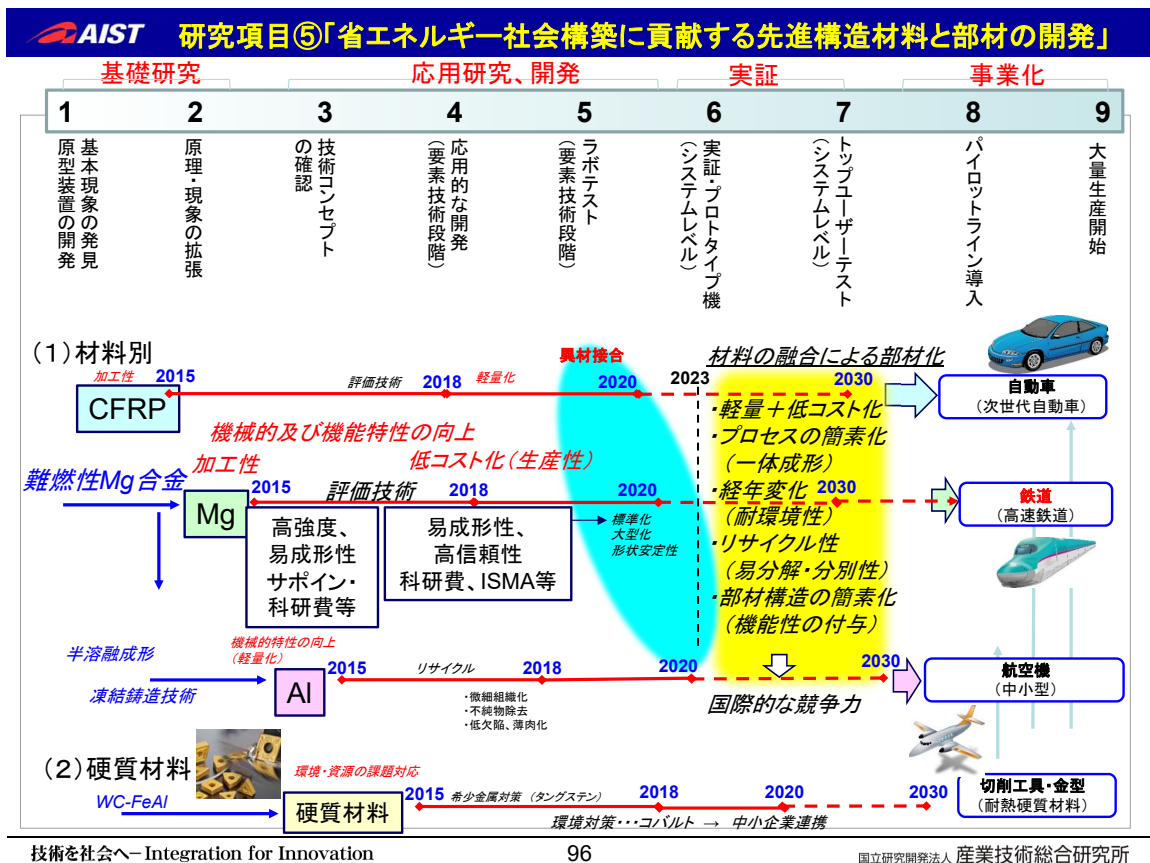
開発した高強度難燃性マグネシウム合金を部材製造に展開



部材製造、接合、表面処理等、構体製造のための基礎技術を確認

# 高強度難燃性Mg合金展伸部材の開発 と新幹線モックアップ構造の試作

構造材料研究部門  
田澤 真人





## 産総研におけるMg合金開発の歴史



## 新構造材料技術研究組合 (ISMA)

【設立】 2013年10月

【理事長】 岸 輝雄(東京大学 名誉教授)

【現組合員】 39社、1大学、1国研 (2017年3月27日現在)

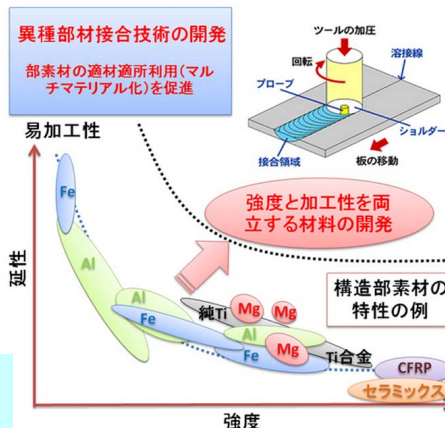
【目的】自動車を中心とした輸送機器の抜本的な軽量化(半減)に向けて、開発した材料等を適材適所に使用するために必要な革新的接合技術の開発や、鉄鋼、非鉄(Al、Mg、Ti)、炭素繊維強化樹脂(CFRP)等の輸送機器の主要な構造材料の高強度化等に係る技術開発を一体的に推進する。

NEDO未来開拓PJ  
革新的新構造材料等研究開発

産総研職員が  
テーマリーダー  
を担当

- ・非鉄金属開発
- ・CF製造技術開発
- ・熱可塑性CFRP開発
- ・中性子線構造解析技術
- ・接着技術

革新的構造材料の開発と  
輸送機器の抜本的な軽量化を推進。



研究テーマ

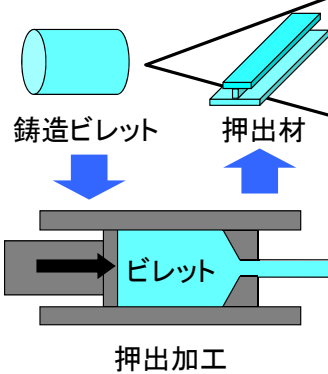
高強度難燃性マグネシウム合金展伸部材の開発

目的と計画

- ・大型輸送機器用の省エネルギー軽量部材の開発。
- ・A7N01アルミ合金に匹敵する機械的特性を有する合金の開発。
- ・難燃性マグネシウム合金の信頼性(疲労特性)評価手法の検討。

研究アプローチ

Mg押出材製造の流れ



押出材の強度・延性のバランスを改善  
鋳造ビレット組織の最適化

処理無し

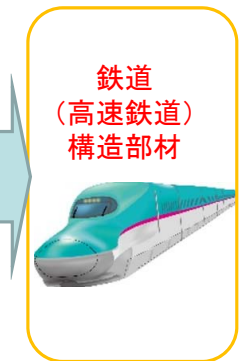
処理有り

晶出物極小化・球状化

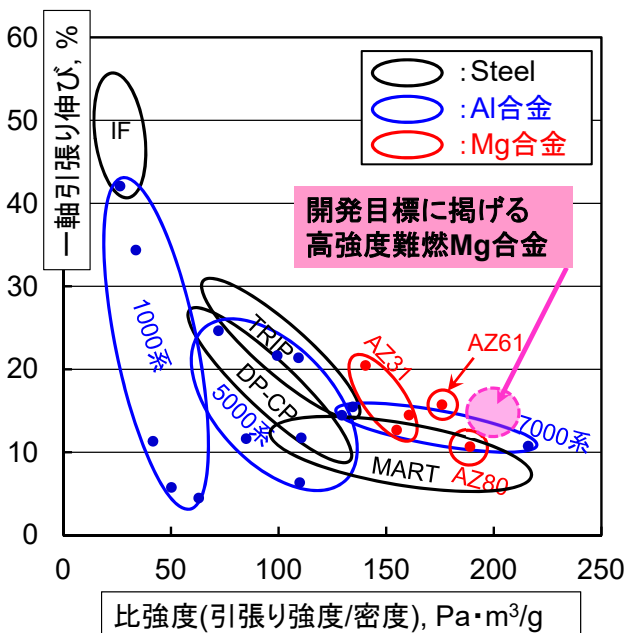
気密荷重の繰り返し

応力比:  $\sigma_{max}/\sigma_{min} = -1$

車両構体を想定した開発合金の信頼性(疲労特性)評価

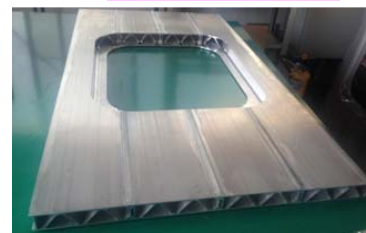
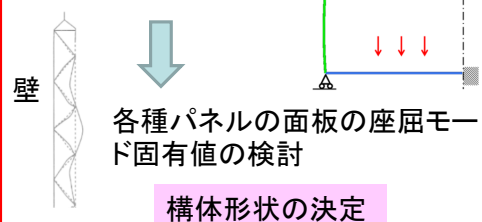


高強度難燃性Mg合金(押出材、板材)の開発



1/1サイズ簡易モックアップ構体(4面体)の試作

簡易モデル(半幅)による各部の曲げモーメント及び軸力の推定



汎用合金により作成した簡易パネル外観 ((株)総合車両製作所提供)

**H29年度成果** (H28: TRL 5 → H29:TRL 6) NEDO「革新的新構造材料等研究開発」の新構造材料技術研究組合 (ISMA) に参画

表 各種Mg, Al合金の機械的特性及び比重

材料(押出材)	引張強度 (MPa)	破断伸び (%)	密度 (Mg/m <sup>3</sup> )
<b>開発合金 (AZX912合金)<sup>1)</sup></b>	<b>367</b>	<b>17.8</b>	<b>1.81</b>
A7N01アルミ合金 (T5処理) <sup>2)</sup>	350	15	2.78

<sup>1)</sup> 試験片レベルでの特性値 (H28年度導出)

<sup>2)</sup> アルミニウムハンドブック 第4版 (軽金属協会編)



開発した高強度難燃性マグネシウム合金を部材製造に展開



プロジェクト参画企業と共同で1/1サイズ簡易モックアップ構体を作製中

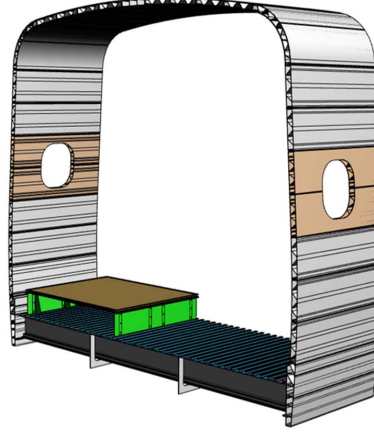
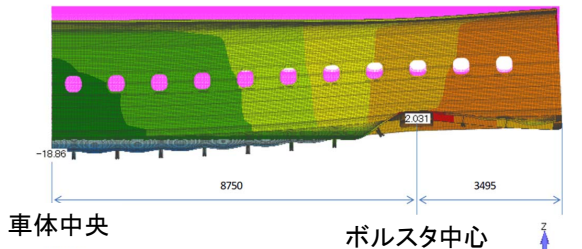


図 作製中の簡易モックアップ構体断面図  
部材製造、接合、表面処理等、構体製造のための基礎技術を確立

今後: 開発成果の実用化に向けた次ステップの部材試作

【モックアップ構体 (5 m長) の設計・製造・評価 (H30~32年度実施予定)】

(川崎重工業(株)資料)



設計中の中間車1車両構体のイメージ (垂直荷重による構体の変形予測結果)

H30~H31年度: 中間車の一部について気密疲労試験構体の設計・解析・製造を実施。  
H32年度: モックアップ構体の気密疲労試験の実施。

NEDO「革新的新構造材料等研究開発」の新構造材料技術研究組合 (ISMA) 内で参画企業と共同で実施。

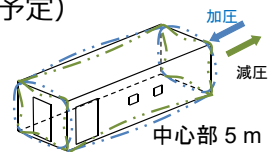
垂直荷重試験 FEMにて実施予定



車端圧縮荷重試験




**気密疲労荷重試験**  
(H32年度実施予定)






モックアップ構体(5 m長)の製造を通じて合金(部材)製造、接合、表面処理、設計にまつわる基礎技術を確立

(3)「橋渡し」研究後期における研究開発

企業名を冠した研究体制

 日本ゼオン-産総研 カーボンナノチューブ実用化連携研究ラボ

  
 日本ゼオン・サンアロー・産総研CNT複合材料研究拠点

  
スパークプラグ ニューセラミック  
日本特殊陶業 日本特殊陶業 産総研ヘルスケア・マテリアル連携研究ラボ **NEW!**

 **YAZAKI** 矢崎総業-産総研 次世代つなぐ技術 連携研究ラボ **NEW!**

 Color & Comfort DIC-産総研東北センター化学ものづくり連携研究室

「橋渡し」研究後期推進のための取り組み (1)

日本特殊陶業-産総研  
ヘルスケア・マテリアル

平成29年4月1日設立

連携研究ラボ

設置場所:産総研 中部センター  
ラボ長:加藤且也 (産総研)  
人員:産総研18名、  
日本特殊陶業10名

日本特殊陶業

- 人工骨などの製品化・販売実績がある
- 医療分野が新規事業重点領域の一つ

産総研

- 医療材料をはじめとする材料開発に高いポテンシャルを持つ



連携研究ラボ

- 革新的なヘルスケア製品の実現

研究内容

医療／ヘルスケア製品に向けた材料を中心とする研究および開発

「橋渡し」研究後期推進のための取り組み (2)

矢崎総業-産総研  
次世代つなぐ技術 連携研究ラボ

平成29年10月26日設立

研究内容

連携研究ラボ長 清水 哲夫(産総研)  
連携研究副ラボ長 白須賢治(矢崎総業)

新規ナノ材料を活用した次世代高性能・高信頼性接続技術の確立を目指す。

矢崎総業

- 自動車部品事業が主力の一つ
- 自動車用ワイヤーハーネスを中心とした製品開発に強み

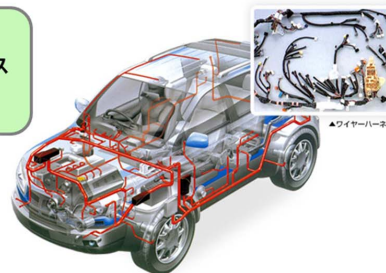
産総研

- 新規ナノ材料の合成・デバイス化・評価・理論解析に関する技術の蓄積



連携研究ラボ

- 革新的な次世代「つなぐ」技術の研究開発



## 「橋渡し」研究後期推進のための取り組み (3)

### 平成29年度は3社のベンチャー企業を設立

企業名	創業者	事業概要
株式会社 エアメンブレン (2017/7/12設立)	長谷川 雅考 グループ長 (ナノ材料RI)	グラフェンおよびその他の2次元材料の合成、デバイス研究開発、製品化、販売、コンサルなど。
インデント・ プローブ・ テクノロジー 株式会社 (2017/11/9設立)	宮島 達也 主任研究員 (構造材料RI)	各種力学特性を高い定量性かつ迅速性で提供できる計測装置(顕微インデント)を核としたビジネス。
ラスケーズ 株式会社 (2018/2/2 設立)	原 雄介 グループ長 (機能化学RI)	歯周病菌の菌種・菌量が簡便・迅速・安価に測定可能な即時分析装置の開発。



Rasuke'z

Memo:

研究テーマ

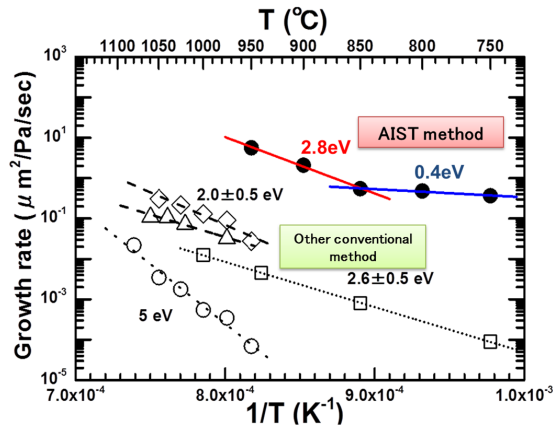
工業用グラフェンの開発(ベンチャー創出)

目的

原子層グラフェンを工業材料として社会に提供する。

研究アプローチ

超高スループット合成技術および透明導電フィルム形成技術を開発し、原子層グラフェンを工業材料として社会に提供するのためのベンチャー企業を創出する。



- ✓ 左図: プラズマCVD(AIST method)と熱CVD(Other conventional method)によるグラフェンの成長レートの比較
- ✓ プラズマCVDは熱CVDの100倍以上(950°C)高速成長である。
- ✓ この特性を利用し、大面積で高品質な原子層グラフェンの大量生産法を確立し、工業用材料としての道を拓いた。

H29年度成果 (H28: TRL 3 → H29: TRL 6)

◆ **ベンチャー起業: 株式会社エアメンブレン**  AirMembrane

創立日: 平成29年7月12日

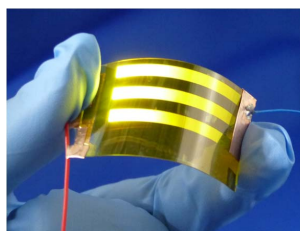
特記: 産総研技術移転ベンチャー

コア技術: 高スループットの高品質グラフェン製造技術、デバイス化などの製品開発技術

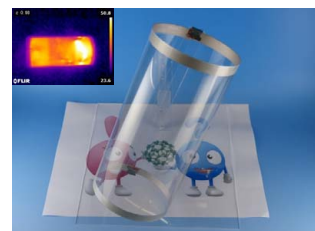
製品: 大面積透明導電性フレキシブルグラフェンシート、各種センサー、グラフェンヒータ、グラフェン放熱シートなど



高品質・フレキシブル・大面積グラフェンシート



グラフェン電極によるフレキシブル有機EL



グラフェン透明ヒーター

HP: [www.airmembrane.co.jp](http://www.airmembrane.co.jp)

## 研究テーマ

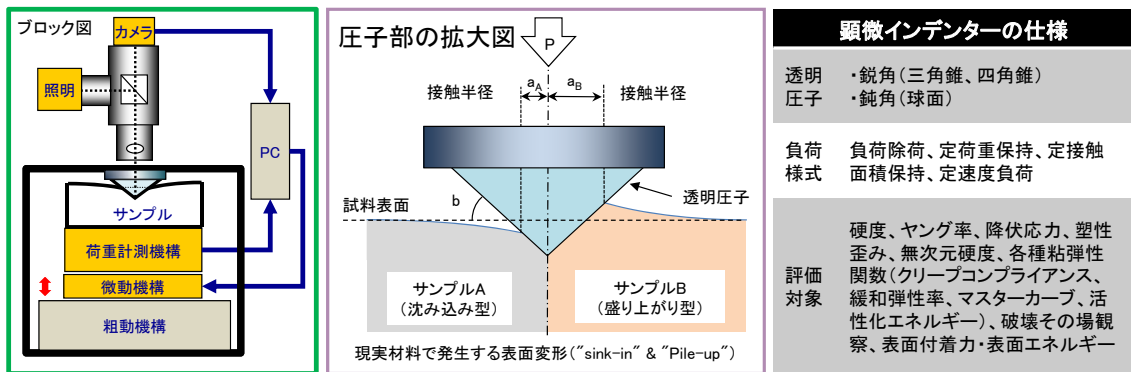
### 顕微インデントを核とするベンチャーの起業

## 目的と計画

- ・ 各種力学物性評価において正確性とスピード化を特徴とする試験装置の実用化
- ・ マテリアルズ・インフォマティクスやAI技術を駆使した材料研究に貢献

## 研究アプローチ

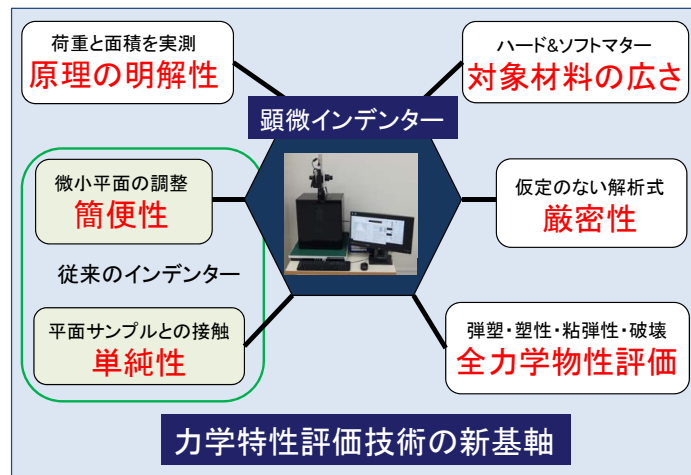
大量データの定量的迅速測定を可能とする光学式その場観察試験装置の開発



## H29年度成果 (H28: TRL 7 → H29: TRL 8)

ベンチャーの起業  
(2017年11月9日)

インデント・プローブ・テクノロジー(株)



装置販売、受託試験、品質保証・第三者認証のビジネスモデル構築

定量性・迅速性の高い計装化顕微インデント計測技術を構築し、プロトタイプ的设计・試作を完成

ベンチャーの起業、論文(日本金属学会誌, 81, 4, 196 (2017))、特許(2件出願)、受賞(2件)スタートアップ開発戦略タスクフォース



研究テーマ

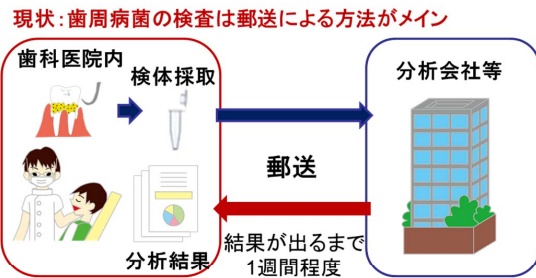
歯周病菌の即時分析装置の開発(ベンチャー創出)

目的と計画

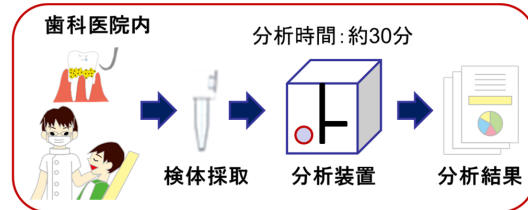
- ・病原菌の即時分析ニーズは非常に高いが、歯科医院内で即時に分析可能な装置が存在しない。
- ・歯科医院内で、歯周病菌の即時分析が可能な分析装置の開発を目指す。

研究アプローチ

- ・歯周病菌(菌種・菌量)を即時に分析可能な要素技術・装置開発を行う。
- ・医院スタッフ(分析の非専門家)でも、取扱い可能な分析キットを開発する。



本提案: 歯科医院内で即時分析可能な装置を開発する



H29年度成果 (H28: TRL 5 → H29: TRL 6)

- ✓ 歯周病菌(菌種・菌量)の分析が即時に可能な「装置」や「キット(試薬)」のプロトタイプを開発した。
- ✓ 当該装置・キットの販売を目指したベンチャー企業を創業した(2018年2月2日)。



分析装置 (プロトタイプ)

ベンチャー企業のビジネスモデル

《装置およびキットの販売先》

- 開業歯科(68,000件)をターゲット
- ・歯周病専門院: 約1,000件
  - ・インプラント専門院: 約1,000件

《事業目標値》

- ・分析料金  
現状、1~2万円(郵送) → 約4,000円
- ・分析時間  
現状、1週間(郵送) → 約30分

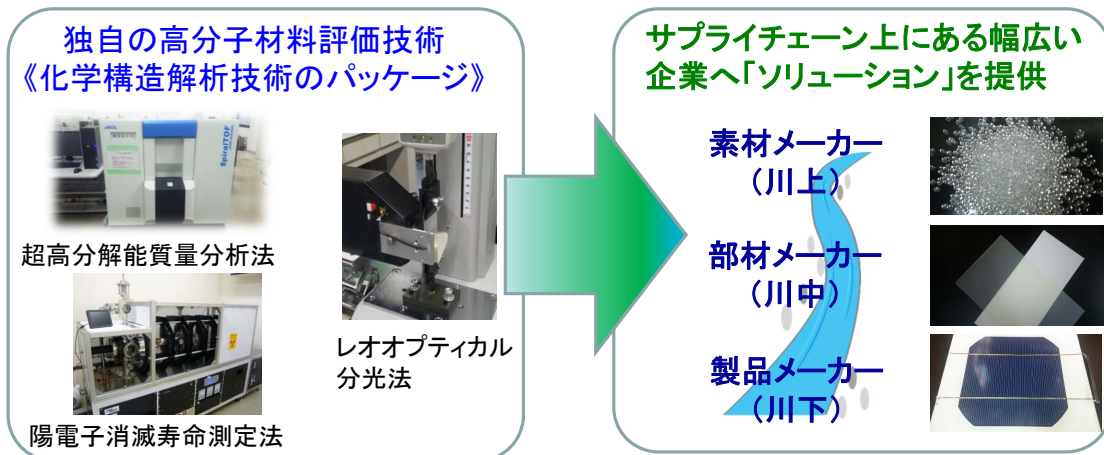
研究テーマ

材料の劣化状態を化学構造レベルで評価する

目的と計画

- ・ 高分子材料の劣化を化学構造レベルで解析する新技術の開発。
- ・ 化学構造に基づいた品質管理や高耐久化技術の開発を支援。

研究アプローチ



H29年度成果 (H29: TRL 6)

- ✓ 独自の質量分析法(二次元マッピング)によって、高分子材料中の多様な成分の分布を迅速に可視化する方法を開発した。

本来の接着剤成分  
劣化成分の検出

化学構造の違い  
分子量

✓ リケンテクノス(株)との共同研究で、屋内化粧フィルム用接着剤の経年劣化評価法を開発

リケンテクノス(株)より提供

劣化成分の検出  
本来の乳化剤成分

化学構造の違い  
分子量

劣化(分解)の進行が容易に可視化

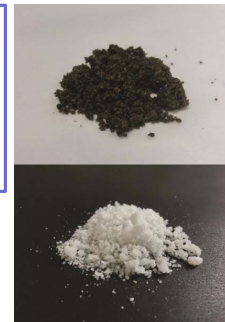
✓ (株)資生堂との共同研究で、化粧品用乳化剤の安定性評価法を開発

(株)資生堂より提供

## 研究テーマ

### 燃えるごみの焼却残さ「溶融スラグ」を高付加価値材料に変換する技術開発 目的と計画

燃えるごみを焼却処理するごみ清掃工場では、発生した焼却灰由来の「溶融スラグ」とよばれるガラス状固形物が、全国で80万トンもの量が排出されている。この溶融スラグを、高付加価値な機能性材料に変換する技術を開発する。



原料の溶融スラグ(上)と  
高比表面積シリカ(下)

## 研究アプローチ

溶融スラグを、特定の条件で酸性の溶液を用いて処理すると、純度93~98%、比表面積約600 m<sup>2</sup>/gのシリカが容易に得られることを発見した。

H29年度成果 (H29: TRL 6)



## 燃えるごみの焼却残さから機能性材料を製造

— 都市ごみ清掃工場から排出される溶融スラグを高比表面積シリカに変換 —

- 燃えるごみを焼却した残りかすである溶融スラグから簡単に高比表面積シリカを製造
- 均一なナノ細孔を持ち、高性能材料として期待されるメソポーラスシリカの合成も実現
- 得られたシリカは、触媒担体、ゴム添加剤、コーティング剤などさまざまな用途へ展開可能



用途展開の期待

特願2017-047177

プレスリリース(2017年7月25日)三井造船株式会社との共同発表

研究テーマ

マイクロ波照射技術の開発

目的と計画

- ・マイクロ波の特長を最大化する制御技術の確立
- ・モジュール化による、適用範囲の拡大
- ・積層構成による生産設備としてのシステム化

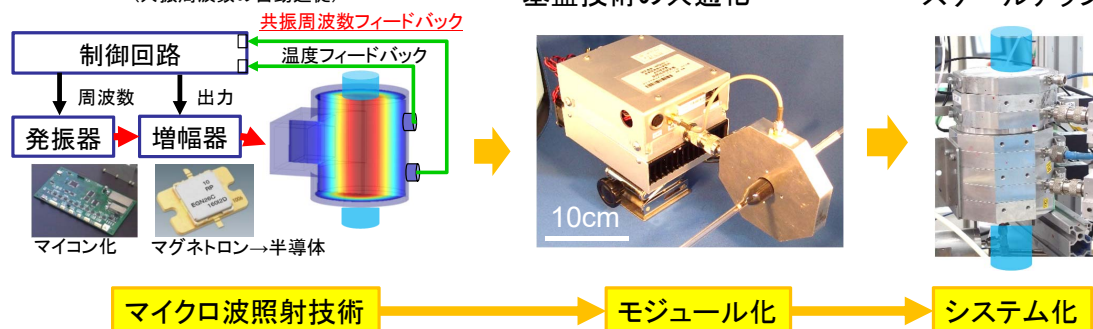
研究アプローチ

フロー管へのマイクロ波均一照射技術

(共振周波数の自動追従)

小型化したモジュールによる  
基盤技術の共通化

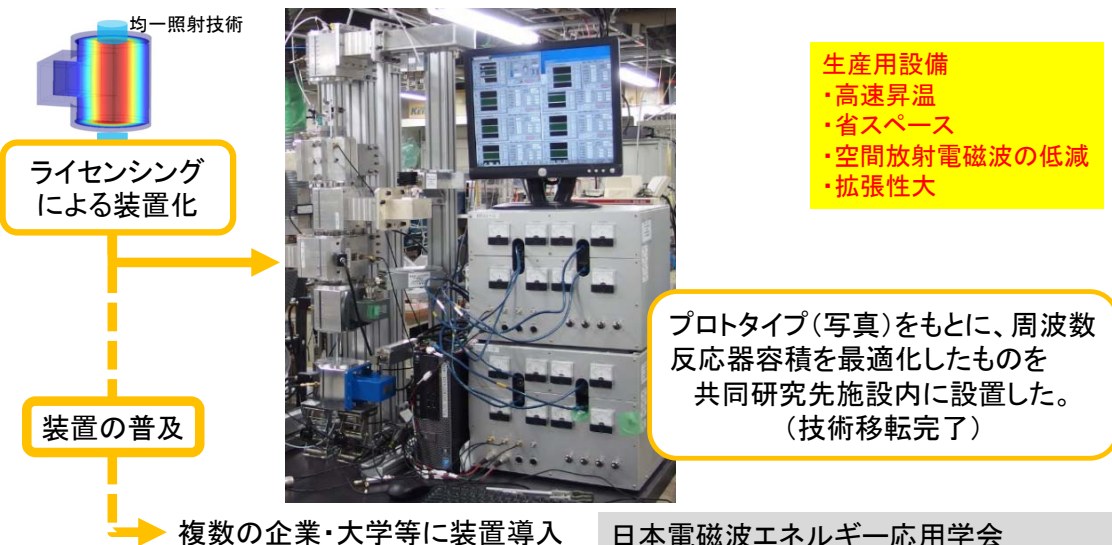
積層構成による  
スケールアップ



H29年度成果 (H28: TRL 5 → H29: TRL 6)

生産設備として運用できる技術開発を推進

- ✓スケールアップ(複数モジュールの統合運転)(特許出願済み)
- ✓法令対応(高周波利用設備)



研究テーマ

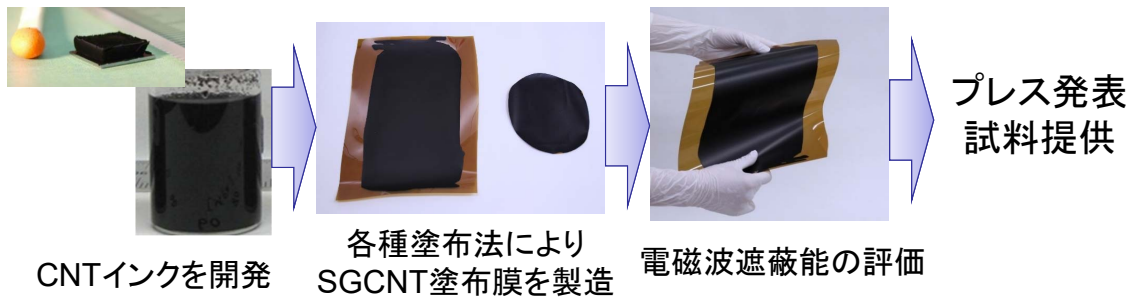
スーパーグロースカーボンナノチューブ(SGCNT)を用いた  
電磁波遮蔽材料の開発

目的と計画

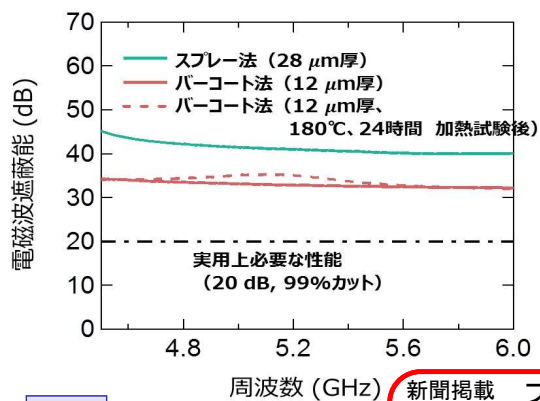
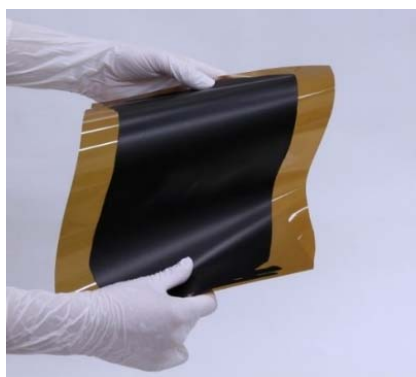
CNTを用いた実用化可能な電磁波遮蔽材料の開発

研究アプローチ

・SGCNT分散技術を活用した、高い電磁波遮蔽能を有するSGCNT塗布膜の開発



H29年度成果 スーパーグロースカーボンナノチューブ(SGCNT)  
(H29: TRL 7) を用いた電磁波遮蔽材料の開発



- ・ 99.9%以上の電磁波遮蔽能のCNT塗布膜を実現。
- ・ 耐熱性が高く、長期安定性に優れる。
- ・ 曲げに強く、複雑形状部や可動部でも使用可能。
- ・ 自動車用ワイヤーハーネスや低ノイズ電送線等の電磁波遮蔽対策に有効。

新聞掲載 プレス発表

- ・ 日本経済新聞
  - ・ 読売新聞
  - ・ 産経新聞(関東版、関西版)
  - ・ 日経産業新聞
  - ・ 日刊工業新聞
  - ・ 化学工業日報
  - ・ 電波新聞
  - ・ 化学新聞
- Web掲載11件以上

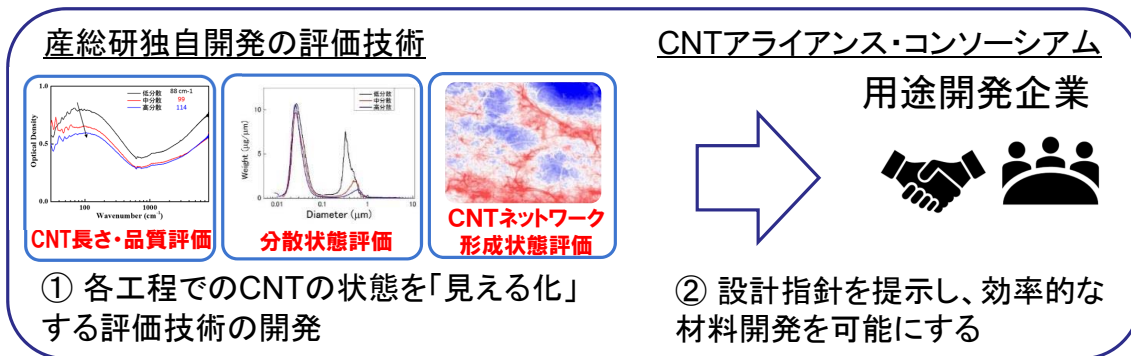
## 研究テーマ

### CNT生産管理技術開発

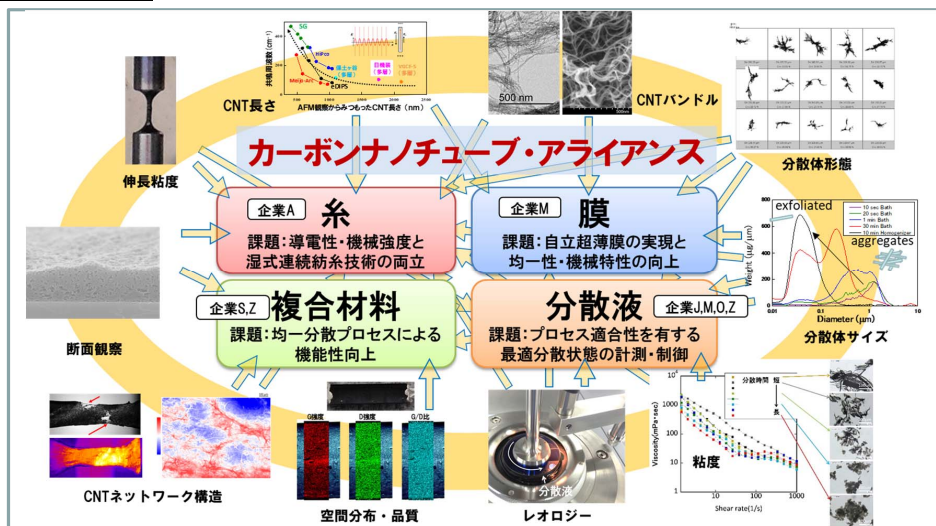
#### 目的と計画

NEDOプロジェクト等において開発したCNT評価技術をオープンプラットフォーム共同研究「CNTアライアンス・コンソーシアム」を活用し、用途開発企業の課題解決に活用

#### 研究アプローチ



## H29年度成果 (H29: TRL 7)



- ・民間企業6社との共同研究(約2,900万円)においてCNT分散液、糸、膜、複合材料の状態を評価して、用途開発を支援。
- ・今後はより多くの企業をサポートするとともに、CNT以外のナノ材料へ評価技術を水平展開する。

研究テーマ

全固体電池用セラミックス電解質基板の製作技術開発

目的と計画

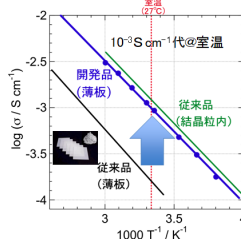
- ・ 産総研が開発した高Liイオン伝導性セラミックス電解質シート部材の産業利用に向けた開発を推進。
- ・ シート部材製造(成形・焼成)でのスケールアップ化を目指す。

研究アプローチ

企業での全固体電池開発に必要な部材供給への要望に応える為、酸化物系リチウムイオン電導セラミックス電解質の合成スケールアップ手法の検討と、製造メーカーとの連携を加速。



次世代自動車の電動化に向け、世界的に急速充電が可能な全固体電池の開発が加速



**LiTAP (Li-Ti-AlP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)セラミックシート**  
従来のリチウムイオン電解質シート材料(ガラス電解質)の約10倍のイオン伝導率 @室温・且つ焼結性の高いシート部材

H29年度成果

地域産業橋渡し

(H28: TRL 5 → H29 : TRL 6)

佐賀県リーディング企業創出支援事業(平成29年度～)

「次世代蓄電池用セラミック電解質基板の量産プロセス適合技術の開発」

- ・ 産総研の特許を活用した、製品実用化を目指した共同研究開発
- ・ 共立エレックス株式会社(佐賀県有田町)

H28年度までに開発した部材作製技術



LiTAP(リチウムイオン伝導セラミックス)



橋渡し



量産化・高性能化技術の検討 → 全固体電池開発メーカー等への供給  
H29年度内に、電池開発企業に試験材料としてサンプル提供の開始を目指す

# マイクロ波利用化学プロセスの 開発と展開

化学プロセス研究部門  
濱川 聡

## マイクロ波を利用した化学プロセスの開発と展開

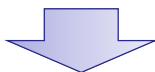
### 研究概要

- ・マイクロ波加熱の特長(急速加熱・選択加熱)を有効利用できる、周波数制御型均一照射技術を開発
- ・装置のコンパクト化と積層化によるスケールアップ技術の確立
- ・化学プロセスの高効率化・選択率向上に寄与

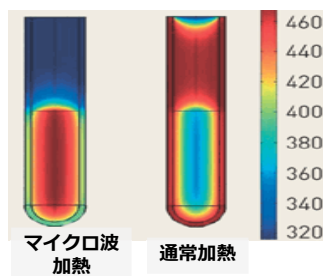
### マイクロ波加熱の特長

急速加熱 → 短時間プロセス (省エネ)

選択加熱 → 反応選択性向上



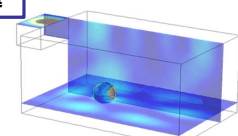
化学ものづくりが目指す、高効率・高選択率な反応制御技術を確立できる可能性あり



### 実用化の課題

#### 照射ムラ

- ・歩留の低下
- ・品質の低下



時間的・空間的に変動

加熱の均一性が必須

#### 浸透深さ(減衰)

- ・特長の消失
- ・量産の障壁



反応器入射部で減衰

量産化への対応



マイクロ波利用技術の研究方針とこれまでの取組

課題解決に向けて

(加熱の均一性)

- ・円筒型共振器を利用して、電界分布の均一性を旨す
- ・周波数制御による浸透深さを常時監視

(量産化に向けて)

- ・反応方法は「流通式」で生産量を確保することを目指した

- ・照射ムラの克服
- ・浸透ムラの克服
- ・量産化の達成

特許9件、出願5件

定在波の利用

周波数制御技術の確立

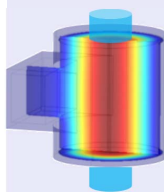
用途開発

加熱均一性に向けて！

更なる、制御と量産化に向けて！

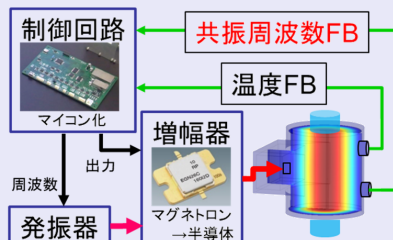
利点を活かした応用展開

円筒型共振器



電界分布  
・中心軸に集中  
・軸に沿い均一

特許第4759668号

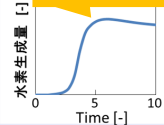


特許第5268047号

気相触媒反応

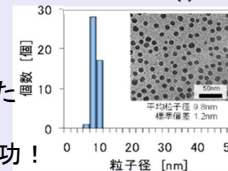
頻繁な起動・停止が要求される小規模水素製造装置に適用

5秒で起動

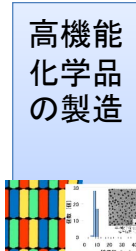
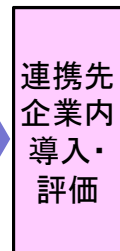
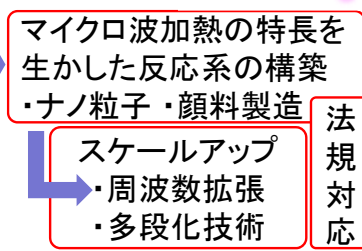


液相反応

粒子径の揃ったAgナノ粒子の連続合成に成功！



TRLロードマップ



公的資金

民間共同研究

研究テーマ

マイクロ波照射モジュールの開発

目的と計画

- ・マイクロ波の特長を有効利用できる制御技術の確立
- ・モジュール化による、適用範囲の拡大
- ・積層構成による生産設備としてのシステム化
- ・基盤から応用展開までを一気通貫で実施

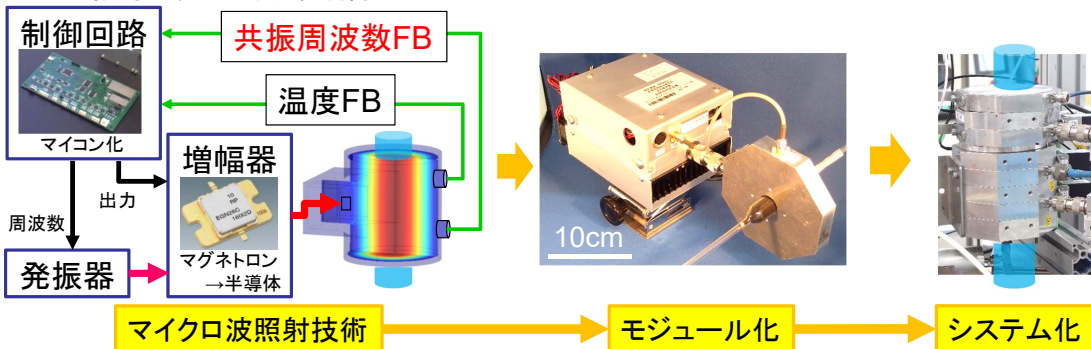


研究アプローチ

反応管へのマイクロ波均一照射技術  
(共振周波数の自動追従制御)

小型化したモジュールによる  
基盤技術の共通化

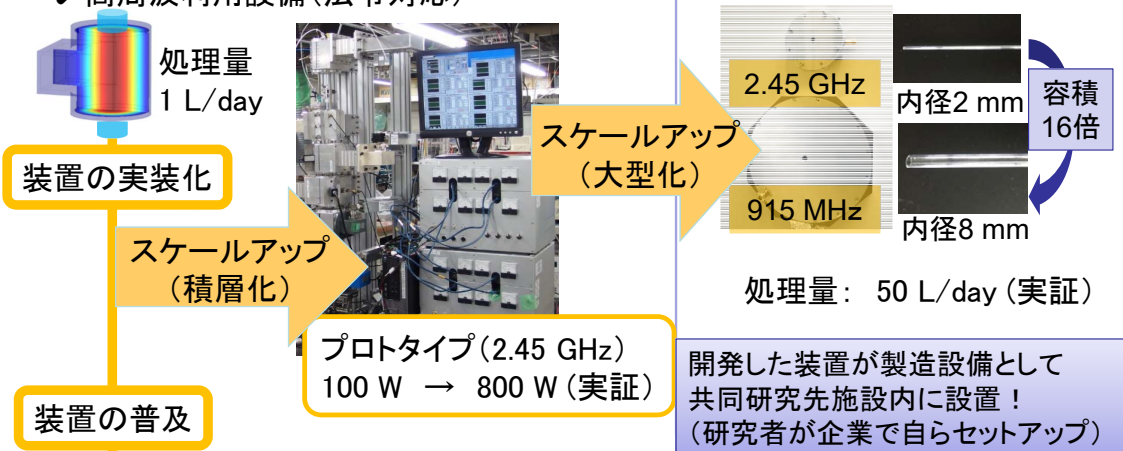
積層構成による  
スケールアップ



H29年度成果

量産化を可能とする生産設備に向けた技術開発を実施  
(H28:TRL 5 → H29:TRL 6を目指して)

- ✓スケールアップ(複数モジュールの統合運転)(特許出願)
- ✓高周波利用設備(法令対応)



開発した装置が製造設備として  
共同研究先施設内に設置！  
(研究者が企業で自らセットアップ)

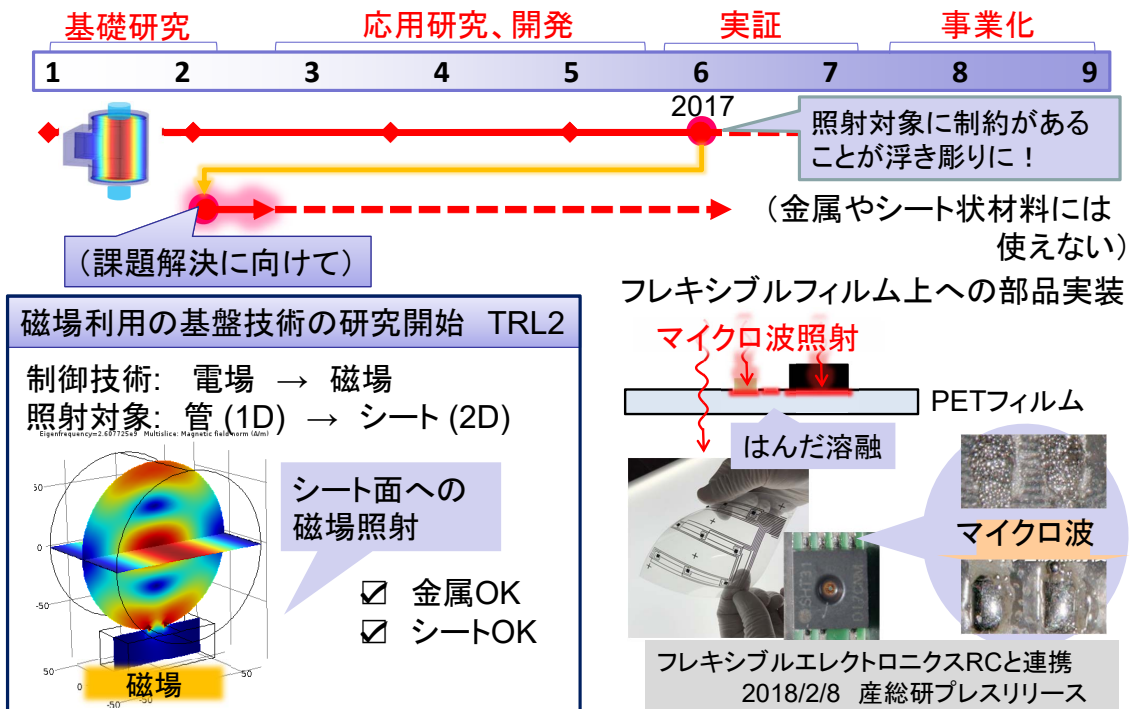
(技術移転完了!!)

汎用研究システムとしてカタログ  
製品化に成功！(凌和電子)

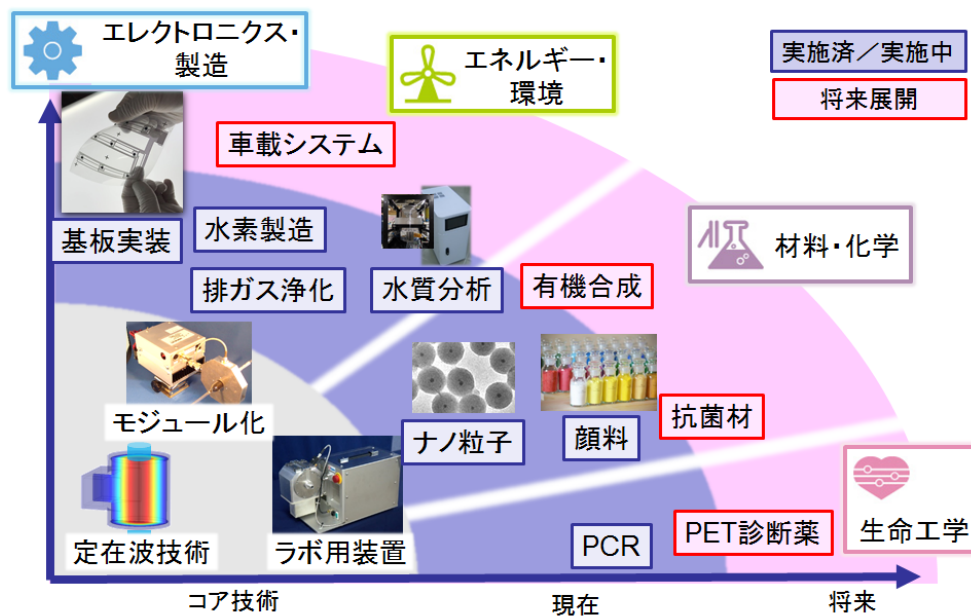
(技術移転完了!!)

複数の企業・大学等へ導入

新たなニーズへの対応



マイクロ波利用技術の展開が可能な応用分野



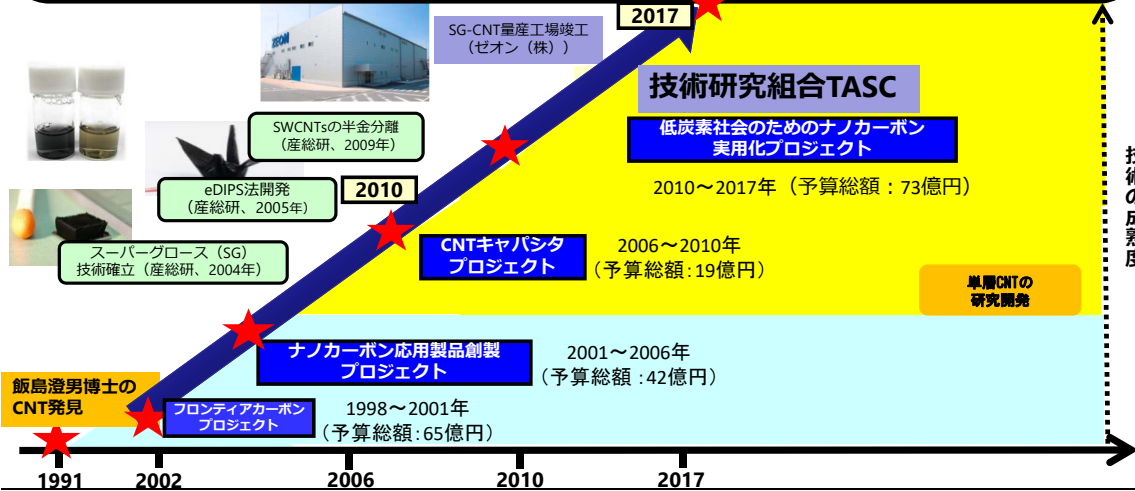
# ナノカーボンをはじめとするナノ材料の開発と その応用技術の開発

ナノチューブ実用化研究センター  
畠 賢治

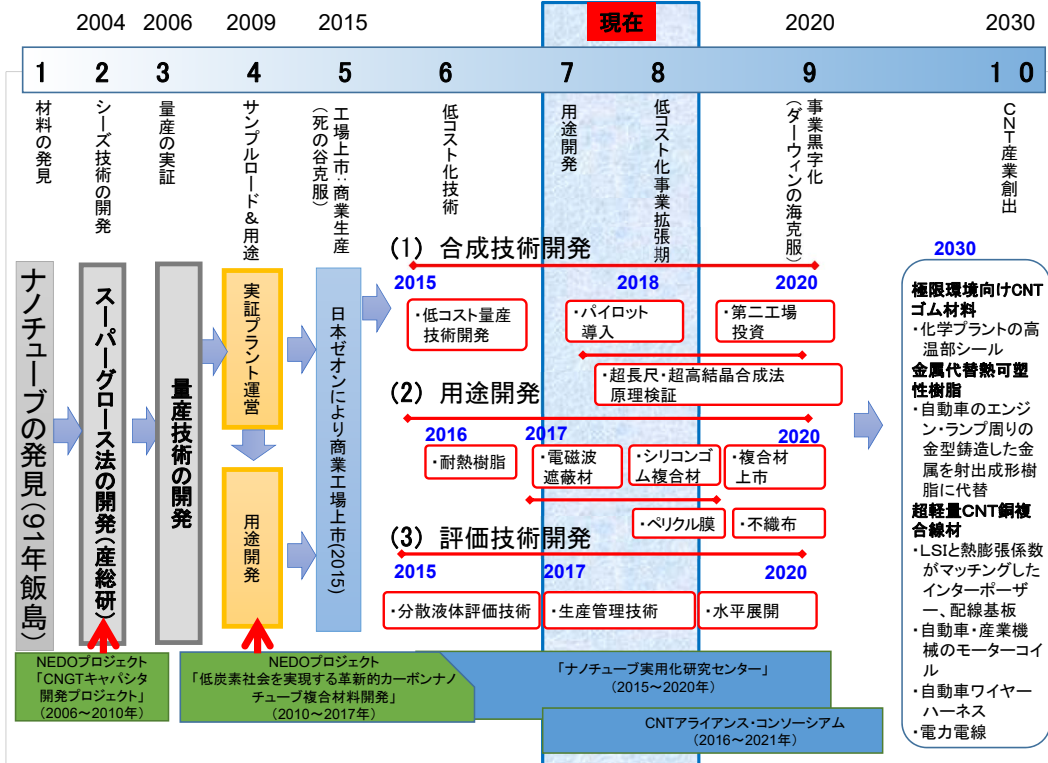
## AIST 研究項目③「ナノカーボンをはじめとするナノ材料の開発とその応用技術の開発」

### 産総研におけるCNT研究の歴史

現在の取り組み



**AIST 研究項目③「ナノカーボンをはじめとするナノ材料の開発とその応用技術の開発」**



技術を社会へ Integration for Innovation

137

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

**AIST 研究項目③「ナノカーボンをはじめとするナノ材料の開発とその応用技術の開発」**

**研究テーマ**

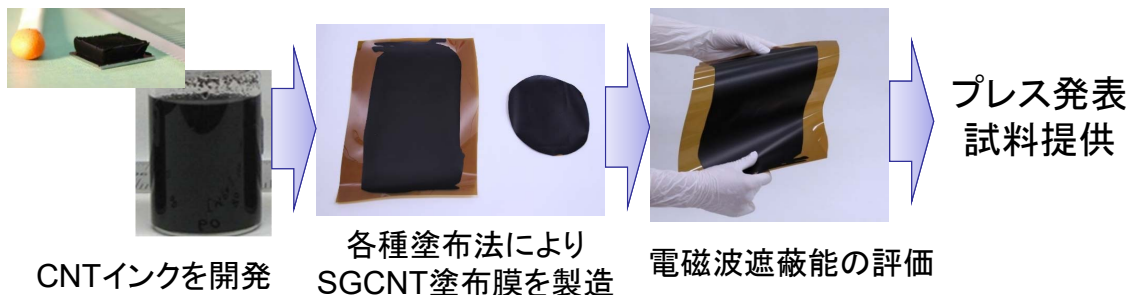
**スーパーグロースカーボンナノチューブ(SGCNT)を用いた電磁波遮蔽材料の開発**

**目的と計画**

CNTを用いた実用化可能な電磁波遮蔽材料の開発

**研究アプローチ**

・SGCNT分散技術を活用した、高い電磁波遮蔽能を有するSGCNT塗布膜の開発

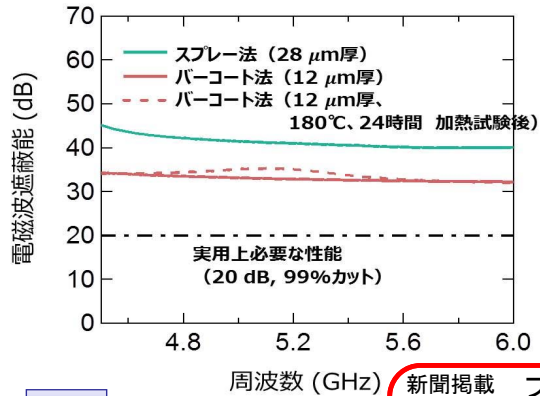
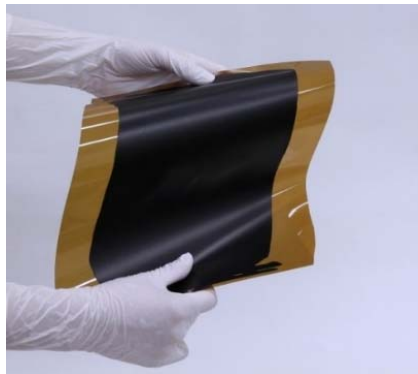


技術を社会へ Integration for Innovation

138

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

H29年度成果 スーパーグロースカーボンナノチューブ(SGCNT)を用いた電磁波遮蔽材料の開発  
(H29: TRL 7)



- ・99.9%以上の電磁波遮蔽能のCNT塗布膜を実現。
- ・耐熱性が高く、長期安定性に優れる。
- ・曲げに強く、複雑形状部や可動部でも使用可能。
- ・自動車用ワイヤーハーネスや低ノイズ電送線等の電磁波遮蔽対策に有効。

新聞掲載 プレス発表  
 ・日本経済新聞  
 ・読売新聞  
 ・産経新聞(関東版、関西版)  
 ・日経産業新聞  
 ・日刊工業新聞  
 ・化学工業日報  
 ・電波新聞  
 ・化学新聞  
 Web掲載11件以上

研究テーマ

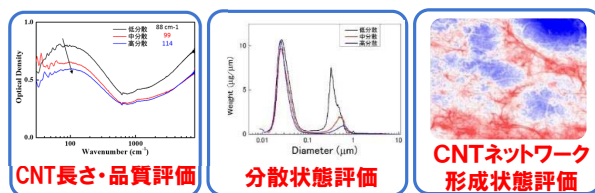
CNT生産管理技術開発

目的と計画

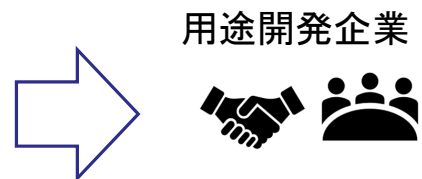
NEDOプロジェクト等において開発したCNT評価技術をオーブンプラットフォーム共同研究「CNTアライアンス・コンソーシアム」を活用し、用途開発企業の課題解決に活用

研究アプローチ

産総研独自開発の評価技術

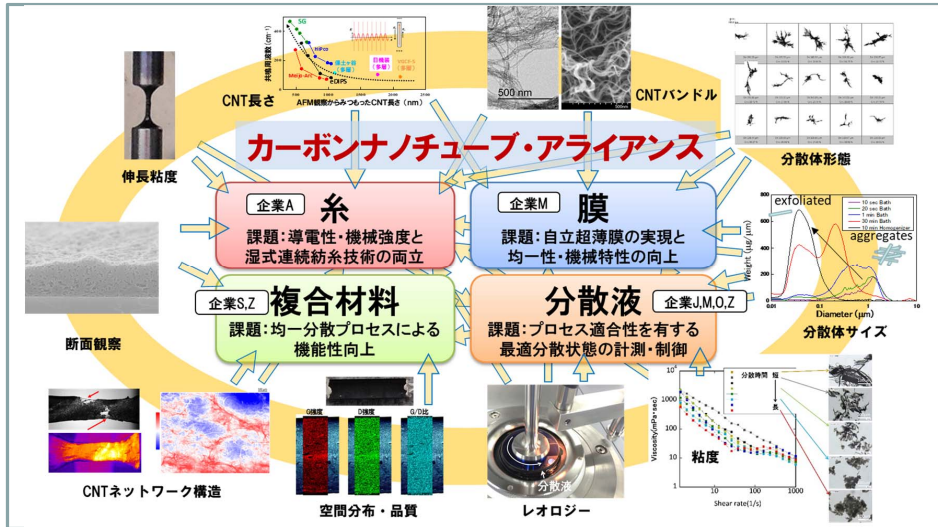


① 各工程でのCNTの状態を「見える化」する評価技術の開発



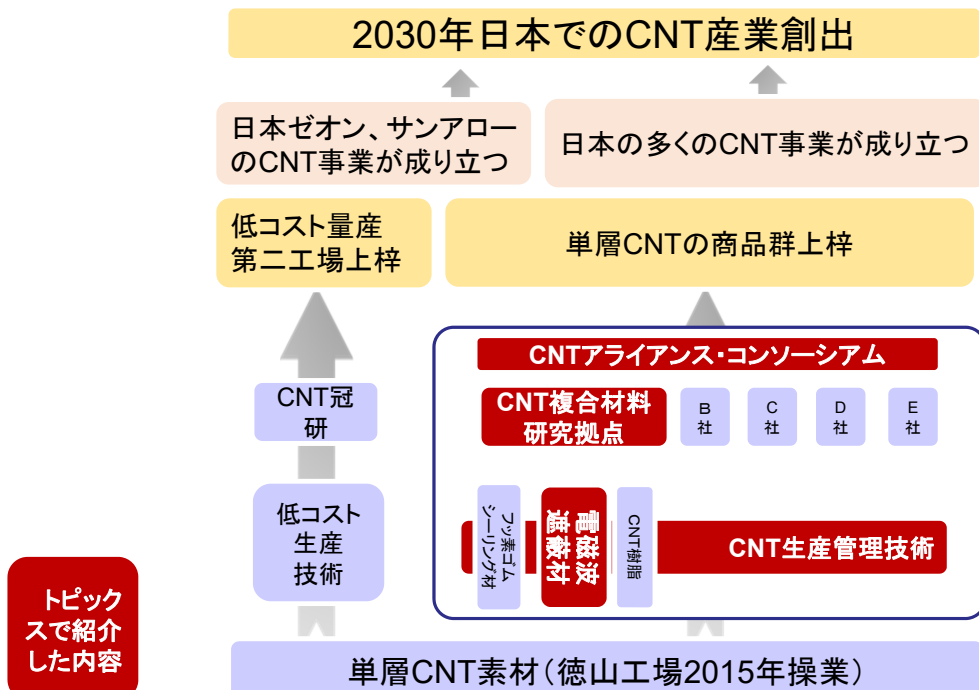
② 設計指針を提示し効率的な材料開発を可能にする

H29年度成果 (H29: TRL 7)



- ・民間企業6社との共同研究(約2,900万円)においてCNT分散液、糸、膜、複合材料の状態を評価して、用途開発を支援。
- ・今後はより多くの企業をサポートするとともに、CNT以外のナノ材料へ評価技術を水平展開する。

今後の展開 (研究成果の出口、市場展開など)



## 1. 平成29年度の目標と代表的成果

## (1) グリーンサステイナブルケミストリーの推進

- a) 化学材料の多様化と高付加価値化に向け、粘接着剤等の開発を進める。  
 b) 美材料の特性把握や劣化構造の解析等、材料評価技術の開発を進める。  
 c) 高機能な有機ケイ素部材の製造プロセスを実現するための触媒技術及び触媒プロセス技術を開発する。

## (2) 化学プロセスイノベーションの推進

- a) 高効率で精密制御が可能なマイクロ化学プロセスの構築を目指し、マイクロ波加熱技術においては、大容量照射手法のシステム化により、長時間の連続運転と製造が安定して可能なプロトタイプ機の開発を行う。

## (3) ナノカーボンをはじめとするナノ材料の開発とその応用技術の開発

- a) 産総研独自の電子顕微鏡技術を活用し、低次元材料の原子レベル構造変化や個別分子の化学反応の解明を可能とするイメージングと分光技術の開発を進める。  
 b) カーボンナノチューブ(CNT)の特性を最大限に生かせる応用として重要なCNT/ゴム・樹脂複合材料およびCNT糸について、その構造を可視化する技術を開発するとともに、特性との相関を見いだす。  
 c) 材料機能の直接予測手法とマルチスケールシミュレーション技術を更に開拓しつつ、機械学習などの情報科学手法を援用した材料設計の為に基盤技術の開発に着手する。

## (4) 新たなものづくり技術を牽引する無機機能材料の開発

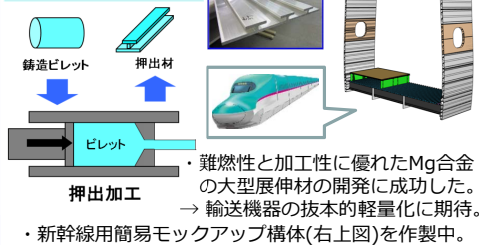
- a) プロトン導電性電気化学セルについて、連携体制を構築する。二酸化炭素との反応耐久性とプロトン導電率のトレードオフを解消し、新たなプロトン導電系電極の設計指針を構築する。  
 b) 高性能軟磁性材料の大量合成に取り組み、企業連携に繋げる。

## (5) 省エネルギー社会構築に貢献する先進構造材料と部材の開発

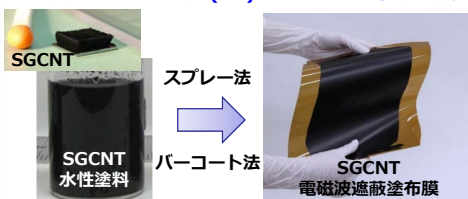
- a) 難燃性Mg合金押出材の信頼性(疲労特性、難燃性、応力腐食特性)を調べるとともに、各種信頼性に及ぼす組織や組成の影響を明らかにする。

## ◆(目標5-aの成果) アルミ合金A7N01に匹敵する高強度難燃性マグネシウム合金展伸部材の開発に成功

## Mg 押出材製造の流れ



## ◆(目標3-bの成果) 99.9%以上の電磁波遮蔽能を持つスーパーグロス(SG)CNT塗布膜の開発に成功



## 2. 特筆すべき成果

## 【目的基礎】

- ・ガラスの基本単位であるオルトケイ酸の安定合成と結晶化に世界で初めて成功し、その詳細な構造を明らかにした。オルトケイ酸は有機ケイ素材料の基本単位構造でもあるため、高機能・高性能ケイ素材料製造への貢献が期待できる(目標1-cの成果)。
- ・電子顕微鏡等による構造・元素解析手法の高度化を図り、電子線照射下でのカーボン原子鎖の生成と、その結合距離や電子状態の高精度測定に成功した。本研究により、正確な局所構造情報に基づく、構造由来の特異な物性の予測・検証が可能になるので、高機能材料の開発に貢献できる(目標3-aの成果)。
- ・IF10以上の論文誌に掲載された論文は27報である。例えば、粘土鉱物と改質リグニンのナノコンポジット化により合成した、耐熱性ガラスバリアフィルムの研究成果が高IF論文誌 Advanced Materials [IF:19.791] に掲載された。
- ・日本セラミックス協会 学術賞(無機機能材料研究部門、藤代芳伸 副研究部門長)、日本塑性加工学会 学術賞(構造材料研究部門、千野靖正 研究グループ長)、日本冷凍空調学会 学術賞(機能化学研究部門、滝澤賢二 主任研究員)等を受賞した。

## 【橋渡し前期】

- ・触媒の量子化学シミュレーション結果と実験で得られた触媒の反応率との関係をAIで機械学習し、シミュレーション結果から反応率を直接予測する手法を開発した。本研究により、触媒の開発時間の大幅な短縮が期待できる(目標3-cの成果)。
- ・国家プロジェクトとして、NEDO PJの1件とNEDOエネルギー・環境新技術先導プログラムの4件(「超高変換効率新規プロトン導電デバイスの開発(目標4-aの成果)」、「革新的高飽和磁束密度・低鉄損軟磁性粉体の開発(目標4-bの成果)」等)を新規獲得し、企業や大学と連携して、研究成果の橋渡しに取り組んだ。

## 【橋渡し後期】

- ・均一照射と高速加熱(秒オーダー)が可能な「マイクロ波照射技術」のライセンスと共同研究先への技術移転を完了し、複数の大学や企業への装置導入に向けた検討を開始した(目標2-aの成果)。
- ・オープンプラットフォーム共同研究「CNTアライアンス・コンソーシアム」において、民間企業6社とCNT生産管理技術の開発を開始し、日本発のCNT産業創出に向けて前進した(目標3-bの成果)。
- ・「日本特殊陶業-産総研ヘルスケア・マテリアル連携研究ラボ」、「矢崎総業-産総研 次世代つなぐ技術 連携ラボ」の2件の企業冠ラボを設立し、企業への橋渡しを推進した。
- ・「株式会社エアメンブレ」、「インデント・プローブ・テクノロジー株式会社」、「ラスケース株式会社」の3社のベンチャー企業を設立し、産総研技術の社会への普及を加速させた。



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
民間資金獲得額	13.7 億円	15.3 億円	
論文の合計被引用数	11,234 回	11,506 回	
論文発表数	338 報	522 報	
実施契約等件数	203 件	220 件	
人材育成	53 人 (RA39 名、イノベーション スクール生 14 名)	53 人 (RA39 名、イノベーション スクール生 14 名)	
技術相談件数	933 件	1374 件	
共同研究・受託研究の 契約数	大企業 201 件 中堅・中小企業 87 件	大企業 222 件 中堅・中小企業 90 件	
技術コンサルティング 契約を結んだ企業数	21 社	26 社	
技術コンサルティング 収入	5,066 万円	5,427 万円	
国際標準化活動における 役職者	コンビーナ 2 名 プロジェクトリーダー 6 名	コンビーナ 2 名 プロジェクトリーダー 6 名	
国際標準の新規発行規格	3 件	4 件	
国際標準の規格提案	4 件	5 件	

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
論文発表数	338 報	522 報	
論文の合計被引用数	11,234 回	11,506 回	
IF10 以上のジャーナルに 掲載された論文数	27 報	42 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
国家プロジェクトの新規獲得	5 件	5 件	
国内特許出願件数	147 件	193 件	
外国特許出願件数	40 件	52 件	
実施契約等件数	203 件	220 件	
公的外部資金の直接経費 (再委託費を控除)	-	16.7 億円	

(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
民間資金獲得額	13.7 億円	15.3 億円	
企業冠ラボの新規設立	2 件	2 件	
ベンチャー企業の新規設立	3 件	3 件	

【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	15.3 億円	16.6 億円
論文の合計被引用数	11,506 回	10,400 回
論文発表数	522 報	450 報
リサーチアシスタント採用数	39 名	12 名
イノベーションスクール採用数	14 名	
知的財産の実施契約等件数	220 件	230 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)

- ・方針をしっかりと定めて活動している。
- ・戦略課題のアウトカムが明確である。「砂から衣類を作る」、「空気から肉を作る」等、ユニークな表現は面白く、一般受けするので、是非ともこのようなキャッチコピーを使って行って欲しい。
- ・OIL、冠ラボなど外部との連携に力を入れている点、今後の成果が期待できる。
- ・TRLを物差しに研究開発を進めており、時間軸が明確になっている。
- ・民間資金獲得が確実に進展し、第3期平均の2倍に達した。
- ・領域内予算、所内戦略予算など資金投入のメリハリが効いている。
- ・技術コンサルティングの契約が昨年より2倍になり、収入が5千万を超えた。産総研、材料・化学領域への期待が、大企業、中小企業で高まっている証左と考えられる。
- ・マーケティング力強化では、ガラス物性測定コンソーシアムの立ち上げや新概念材料開発、SMACTIVEマテリアルシンポを開催したことが挙げられる。ナノテク展で、SDGsに貢献する環境調和材料を紹介した。
- ・他との連携では、Empa、NANOTEC、NISTとの連携強化が進展した。
- ・研究人材育成関連では、グループ長を対象にした、共鳴塾の研修が新たな取り組みとして評価される。また、お茶の水大学との連携など、女性の参画、連携を促す活動が始まった。ETHやマックスプランクへの若手研究者を送り出し研鑽を積ませる在外研究の制度は高く評価できる。
- ・全体の戦略を明確にしてマネジメントしていることは評価できる。
- ・CNT、有機ケイ素化合物、マグネシウム等材料・化学部門で継続するという意志を持っていることは時間のかかる素材の開発という点で評価できる。
- ・材料・化学領域の9つの研究部門/センターの各拠点が密接に連携して研究課題の解決に取り組んでいる。
- ・OPERANDO-OILとMathAM-OILが順調に活動中である。
- ・平成28年度以前に設立した3つの冠ラボに加え、平成29年度は、新たに2件がスタートした。
- ・平成29年度の評価指数全てにおいて、前年度12月比で向上している。
- ・領域長のリーダーシップにより、良好なマネジメントが行われている。
- ・共鳴塾の創設により、グループ長/チーム長の研修を開始し、領域内の情報共有やリーダーシップの醸成に力を入れており、研究開発において時に重要な隣接分野の協働がスムーズに進むことが期待される。領域長、グループ長、チーム長の直面する課題の共有やコミュニケーションの機会を持つことによる現場意識の共有は、組織として重要である。
- ・女子学生への広報活動が、今後の女性研究者採用比率や向上につながることを期待する。

(改善すべき点及び助言)

- ・企業へのアピールの具体的方法と成果をもう少し明確にして欲しい。具体的にコンタクトした企業数、講演を依頼された企業数等を明示すれば、より定量的な成果の一つになるのではないのでしょうか。
- ・TRLの当初の予定(時間軸における見込み)との差、遅れているのか、早く進んでいるのかなどの自己評価があると良いと思います。
- ・中部センター、関西センター、中国センターにおける大学連携がやや弱い印象を持つ。東大OIL、東北大OILがモデルになるのでは。
- ・産業界との連携が進むにつれ、逆に論文数が減少傾向にある。どのあたりが、妥当な頃合いか見極めていく必要がある。
- ・大きなテーマであるが、特許料収入をどう拡充していくか、常に議論し戦略を立て、メンバーに周知を図る必要がある。
- ・P27の表現：中堅・中小企業に続けて、(ベンチャー)を加えた方がよいのでは。
- ・P28：学会との連携 学会活動に努力し、更に役員数などを増やして材料・化学領域の一層の見える化に努めてほしい。
- ・現場(製造現場、マーケット)から出てくるニーズの中から新しいテーマが出てくる場合がある。その点を捉える手段としてコンサルティングを積極的に利用して欲しい。
- ・CNTの例でもわかるように、素材が実用化されるには時間がかかる。TRLについて、素材、応用等に分けてタイムスケジュールを変えてもよいのではないか。

- ・今後、AI 技術の重要性が増すとともに、AI 人材の確保が難しくなってくることが予想される。そのため  
の工夫（自前での教育、新人または経験者のスカウト等）をしていることがあれば教えてほしい。
- ・大学や他の研究機関との連携強化において Empa や NIST との連携は高く評価できるが、今後の世界情勢  
において無視できない中国とインドを視野に入れた連携も検討してほしい。
- ・女性研究者の比率向上があまり進んでいないようにお見受けします。若年者人口が減少することも影響  
して、女性の活躍が期待される時代になってきています。昨今は、優秀な理系女性が企業に採用され、  
研究技術職に就いているように思います。国の機関の使命として、優秀な女性研究者を確保すべきであ  
り、女性研究者比率の向上に積極的に取り組むべきだと思います。特に、女性研究者比率が少ない状況  
では、ポジティブアクションとして女性限定公募をしたり、修士号取得女性を雇用して後に学位を取得  
させるなどの積極的な具体策を実施すべきであると思います。協力関係にある企業との人事交流を実施  
することも、女性研究者の環境整備や獲得に効果的かもしれません。

## 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）

- ・各領域毎に特別枠を設けて、領域として必要な研究を進めている点。
- ・萌芽研究の比率が約 3 割とのことだが、この比率は適正であると考える。
- ・萌芽研究として採択された件数は、昨年を超え 32 件となった。H28 の萌芽研究が JST（さきがけ）に採  
択（熱充電可能な電気化学セルの創成）。
- ・JSPS「挑戦的萌芽研究」に 2 件採択。
- ・SDGs の概念をベースにアクテブマテリアル PJ や環境調和材料 WG を軸に研究を積極展開中である。
- ・光可逆性のスマート接着剤の開発では、405nm の光や熱に反応する無色透明の接着剤の開発に成功。企  
業からの研究試料の請求が多数あり、2 件の共同研究が成立した。
- ・シラノールの粉体化と構造解析では、ガラスの基本単位、オルトケイ酸の構造を決定し、更に安定合成  
後、粉体として回収することに世界ではじめて成功した。Nature Communications などの発表で高い注  
目を得ている。新規な合成法は大量合成につながるものである。
- ・軽量で高伝導性な CNT 銅ワイヤーの開発では、銅よりも 30%以上軽量で、銅の 2 分の 1 の導電性を有す  
るワイヤーを実現し、Scientific Reports に論文を報告した。
- ・溶けない蓄熱材料、固体蓄熱材料の部材化では、新たな焼結技術の開発で、密度 80%以上の V02 の高密  
度な大型バルク材の作成に成功した。
- ・H29 年度は、経済産業大臣賞、日本セラミック協会学術賞、など多数の学会賞を受賞している。
- ・オルトケイ酸を安定に合成できたことは、学術的にも、また産業的にも大きなインパクトと考える。合  
成品が利用できることもあるが、2 量体、3 量体等が単離できることは、現場の問題の解明等に繋がって  
いくと考える。
- ・ガラスの基本単位であるオルトケイ酸の安定合成と結晶化に世界で初めて成功し、その詳細な構造を明  
らかにした。
- ・電子顕微鏡等による構造・元素解析手法の高度化を図り、電子線照射下でのカーボン原子鎖の生成と、  
その結合距離や電子状態の高精度測定に成功した。
- ・IF10 以上の論文誌に掲載された論文は 42 報である。
- ・産業界に貢献する多数の優れた研究がなされている。
- ・萌芽研究に対して研究費を出して研究シーズを育てている。採択された研究の中から外部資金獲得につ  
ながる研究も出ており、評価に値する。目的基礎研究として多様な研究テーマを推進しており、今後の  
展開が楽しみである。
- ・「有機ケイ素化合物」の研究例のように、長年の研究の継続を基盤に、大型プロジェクトにつなげて成  
果を出していくことは、継続性を持った研究が可能な環境を持つ国の研究機関ならではの成果として意  
義がある。

（改善すべき点及び助言）

- ・萌芽研究の一覧表などがあれば、基礎研究の全体感が理解できるので、このような表が欲しかった。
- ・研究テーマ、複合材料の熱特性解析評価技術の開発では、理論的な内容が多く、専門外ではなかなか研  
究の核心が掴み辛い。可能であれば、かみ砕いた説明ができればと思う。

- ・研究項目によっては、TRL のレベルの取り方が適当でない場合があるのではないか（評価技術と、CNT 銅ワイヤーの開発とは基準が異なるように考える）。
- ・成果の出ているテーマを紹介するだけでなく、現在どのようなテーマを行って、注力しているかといった全体概要を知りたい。
- ・目的基礎研究が少ないという現状について問題意識を持っておられるので、そう心配はないが、テーマ数として目的基礎>前期>後期といった構成が健全と思うので、検討して欲しい。
- ・JSPS「挑戦的萌芽研究」の採択が2件であるが、産総研の実力と規模があればもっと多くてもいいのではないか。
- ・ただ、領域萌芽研究導入後（H. 28, 29 年度）は科研費の応募数と採択金額が増加しているのは評価できる。
- ・産総研と大学との協働として、OIL の設置の意義は高いと思います。協働したからこそその成果を発信していただけるといいと思います。量より質の効果や成果を期待します。
- ・評価できる点としても指摘をしましたが、長期間のスパンでの研究活動や技術の蓄積・継承を今後も大事にしていきたいと思います。

## （２）「橋渡し」研究前期における研究開発

（評価できる点）

- ・産業界との連携はうまくいっている点。
- ・集中研のように産総研の中に集まって研究を進める方式は効率的で高く評価できると思う。
- ・超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト（超超 PJ）では企業 18 社と産総研が技術研究組合を形成し進める（PL は領域長）。産学連携コンソーシアムのモデルとして高く評価される。
- ・AI 技術による酸化触媒の自動発見では、高活性ホスホン酸触媒をシュミレーションデータから約 10 倍の効率でデザインすることができた。
- ・超高純度水素精製用の炭素膜モジュールの開発では、膜メーカーと共同で、モジュールの大型化に成功（SIP エネルギーキャリア PJ の一環）
- ・液晶高分子のマルチスケールシュミレーションでは、電場応答性を発揮する粗視化液晶高分子モデルの開発に成功した（超超 PJ の一環）。電歪材料開発への応用につながる。
- ・セラミックス系素材の 3 次元積層技術による複雑形状造形では、トポロジー最適化法による設計手法を取り入れ、リブ構造ステージモデルの試作に成功した（SIP の一環、企業 4 社と連携中）。
- ・高強度難燃性マグネシウム合金展伸部材の開発では、機械特性を飛躍的に改善したレアアースフリー難燃性 Mg 合金展伸部材の作製に成功した。鉄道車両など輸送器機の抜本的な軽量化が期待される。
- ・Mg 合金、3 次元積層技術、燃料電池は、国の支援を梃に、研究組合等で産学連携を深め実用化に結び付けるといったモデルがうまく機能しているように見える。
- ・超超 PJ では、成果が出始めており、今後期待が持たれる。
- ・潤滑油、炭素膜、界面活性剤についても進展が見られる。
- ・触媒の量子化学シミュレーション結果と実験で得られた触媒の反応収率との関係を AI で機械学習し、シミュレーション結果から反応収率を直接予測する手法を開発した。
- ・5 件の国家プロジェクトを新規獲得し、企業や大学と連携して、研究成果の橋渡しに取り組んだ。
- ・実用化に向けた準備段階の研究プロジェクトの成果が上がっている。
- ・国プロを中心に複数のプロジェクトを進めている。多数の企業や大学との連携をしながら進行中のいわゆる超超プロジェクトは、多数の企業からなる先端素材超高速開発技術研究組合との共同研究契約のもとに進めており、経産省との関係からも、産総研の貢献が期待されるプロジェクトである。平成 25 年に設立された新構造材料技術研究組合は、企業として 39 社を擁し、NEDO のプロジェクトを推進している。複数の大型プロジェクトが平行して進行しており、組織的に研究を実施していると判断する。

（改善すべき点及び助言）

- ・外部へのアピールを今まで以上に行った方が良くと思う。
- ・TRL が前年に比べて上がっているテーマ、そのままのレベルで留まっているテーマなどがあるが、予定より早く進捗しているのか、予定通りなのか、停滞しているとすれば何が課題なのか等を明確にして欲しかった。
- ・サーファクシンの開発研究の成果も興味深い。民間企業との連携強化を一層進めて、先のステージを目指していただきたい。
- ・ドローンまわりの技術開発は、今後、大きく伸びていくと予想される。コンパクト燃料電池が本命かは

#### 今後の課題

- ・次期 SIP も始まるが、採択に向けての活動を期待したい。

### (3)「橋渡し」研究後期における研究開発

(評価できる点)

- ・ベンチャー企業の創業、技術移転がうまく機能している。
- ・ベンチャー企業の創業に結びつけていることは特筆すべきであると思う。
- ・企業との連携がうまく機能している。
- ・本年度、日本特殊陶業（ヘルスケア製品）と矢崎総業（接続技術）が加わり、企業冠を有する連携ラボが合計5つとなった。
- ・新たに3つのベンチャー企業が設立された。①エアメンブレン（グラフェンシートなど）、②インデント・プローブ・テクノロジー（顕微インデント）、③ラスケーズ（歯周病菌検査機器）
- ・材料の劣化状態を化学構造レベルで評価する、では、①屋内化粧フィルム用接着剤の劣化（リケンテクノス）や②化粧品用乳化剤の安全性（資生堂）などのテーマで企業と連携推進。
- ・溶融スラグの高付加価値化では、三井造船と連携研究推進。
- ・マイクロ波照射技術の開発では、均一照射技術のモジュール化、システム化に進み、学会のベストペーパー賞を受賞した。
- ・SGCNTでは、電磁波遮蔽能を有するCNT塗布膜を開発した。
- ・CNT生産管理技術開発では、民間企業6社との共同研究（約2,900万円）においてCNT分散液、糸、膜、複合材料などの状態を評価し、用途開発を支援。
- ・全固体電池用セラミックス電解質基板の製作技術開発では、リチウムイオン伝導セラミックスの量産化を進め、全固体電池開発メーカー（共立エレックス）に供給し、連携を加速した。（地域産業橋渡し、佐賀県リーディング企業創出支援事業）
- ・連携研究ラボ、ベンチャーの創出といった積極的な動きが見える。
- ・劣化状態の評価、溶融スラグ、電解質基板等着実に実用化に進んでいるように見える。
- ・マイクロ波については、昔から期待されていたが、実用化に結び付かなかった。今回技術移転に結び付いたことの意義は大きい。さらなる展開を期待したい。
- ・ナノカーボンにおいて、ダーウィンの海の克服に向けて熱意をもって進めていることが見てとれる。実用化案件も出てきており、この2~3年が勝負時と考える。来年の成果が楽しみである。
- ・均一照射と高速加熱（秒オーダー）が可能な「マイクロ波照射技術」のライセンスと共同研究先への技術移転を完了し、複数の大学や企業への装置導入に向けた検討を開始した。
- ・日本発のCNT産業創出に向けて前進した。
- ・2件の企業冠ラボを設立し、企業への橋渡しを推進した。
- ・3社のベンチャー企業を設立し、産総研技術の社会への普及を加速させた。
- ・地域産業橋渡しの事例が多数あり、国研としての使命を果たしていると評価できる。
- ・企業に近い段階の研究として、企業名を冠した研究体制を整備しており、平成29年度には、新たに2つの連携研究ラボを発足させた。また、平成29年度に所員を創業者とする3社のベンチャー企業を設立した。設立に当たって、研究スペースや装置の使用に配慮するなど、ベンチャー企業の創出に組織としての配慮を行っている。

(改善すべき点及び助言)

- ・橋渡し研究後期におけるマネジメントの役割があまり明確でなかった。研究者の資質に任せているようなところがあるようだったので、もう少し産総研として（管理部門あるいはマネジメント部門として）バックアップしていることが説明されていれば良かったと感じた。
- ・マイクロ波照射技術が一步踏み出した状況と思われる。企業との連携を一層加速することが望まれる。
- ・CNTについては、企業との連携が一層進みだしている。継続することでさらなる高見を目指していただきたい。
- ・次回には、地域との取り組み、コンサルティング事業等についても説明して欲しい。
- ・マイクロ波化学プロセスについては、この技術を広めるために、コンソーシアムの創生も検討しても良いのではないか。
- ・ナノカーボンについて市場開拓型研究といった認識を持って、NBCIと連携したナノカーボンWG（76社が参加）、ナノカーボン実用化推進研究会（産総研、NBCI、プラスチック成型加工学会との共催）を進めているので心配は無いが、引き続き進めて欲しい（これが成功すれば、産総研の実用化へのモデルケー

スになると考える)。

- ・ベンチャー企業の増加を期待したい。

### 3. 領域全体の総合評価

(評価できる点)

- ・研究成果をベンチャー企業創業にまで進めている点は極めて高く評価できる。
- ・人材育成に関しても十分な配慮を行っている。
- ・一部、民間資金獲得額、実施契約等件数において、平成 29 年度の目標を下回っていますが、それぞれ昨年実績に比べ、43%増、6%増という高い目標を掲げたためと思われます。それだけ挑戦的な目標を掲げたという点、昨年度の実績は十分上回ったという点はおおいに評価できると考えます。
- ・全体として、しっかりとした戦略の下、具体的数値目標を掲げてマネジメントされ、十分な成果を上げていることはおおいに評価できると考えます。
- ・民間資金獲得が第 3 期平均の 2 倍に達し 15 億円に、技術コンサル契約数が 2 倍になり、コンサル収入が 5 千万円を超えた。
- ・新概念材料開発 SMACTIVE マテリアル研究や SDGs に貢献する環境調和材料開発を積極的に進めつつある。
- ・Empa, NANOTEC, NIST との連携や東大、東北大との連携が進展。
- ・グループ長を対象にした共鳴塾の研修や ETH、マックスプランクへの若手研究者の派遣は高く評価できる。
- ・目的基礎研究では、萌芽研究が 32 件となり、H28 の萌芽研究が JST(さきがけ)に採択、JSPS「挑戦的萌芽研究」に 2 件採択。光可逆性のスマート接着剤、シラノールの粉体化技術、CNT 銅ワイヤーの開発、溶けない蓄熱材料などが進展。
- ・橋渡し研究前期では、超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクトにおいて企業 18 社と産総研が技術研究組合が設立された。AI 技術による酸化触媒の発見、超高純度水素精製の炭素膜モジュールの開発、液晶高分子のマルチスケールシュミレーション開発、セラミックス系素材の 3 次元積層技術、高強度難燃性マグネシウム合金展伸部材の開発などで進捗が見られた。
- ・橋渡し研究後期では、企業冠ラボに日本特殊陶業と矢崎総業が加わり、新たに 3 つのベンチャー企業が設立された。また、リケンテクノス、資生堂、三井造船などとの連携も進んだ。CNT 生産管理技術開発では、民間企業 6 社との共同研究が進み、全固体電池用セラミックス電解質基板開発では共立エレクトロニクスとの連携を加速した。(地域産業橋渡し、佐賀県リーディング企業創出 支援事業)
- ・全体に今後の進展、実用化が期待できる話が多く。産総研の存在の大きさが実感できた。
- ・領域の目指す 4 つのアウトカム(「環境調和」、「省エネ」、「産業革新」、「快適」)を実現し、我が国の素材産業と化学産業の国際競争力強化に向けて貢献している。
- ・他領域連携による研究の相乗効果を狙い、産総研内の他の研究領域との連携も積極的に進めている。
- ・領域独自の組織的マーケティング力強化の取り組みが、民間資金獲得額の増加に結びつくとともに、未開拓であった研究市場の発見、開拓に向けた研究体制構築の始動につながった。
- ・総合的に順調な成果を上げていると判断できる。中長期的ビジョンをもって、取り組んでおられる様子と、領域長およびグループリーダーの研究に対する熱意が伝わってきた。

(改善すべき点及び助言)

- ・世の中の流れ、産業界のニーズ全体の中での研究の位置付けを明確に説明していただくと、より理解が深まったと思う。
- ・外に向けての発信をもう少し強力に進めて欲しい。
- ・外部との接触回数等具体的定量的に報告されればより研究の重要性がアピールできるのではないだろうか。
- ・論文被引用数、特許実施契約数などは現在の研究開発の成果とはタイムラグがあり、どちらかと言えば、過去の実績に基づくものだと考えられます。自主的で良いと思いますので、これを、もう少し現在の研究開発の質の高さ、有用性を評価されたいかがかと考えます。例えば、特許出願に関して、基本特許がとれる画期的なもの~件、基本特許はとれないが応用特許として有効なもの~件、周辺特許~件、...等、自己評価で良いので成果を表現されたいかがかと考えます。論文についても同様に自己評価ができるのではないかと思います。
- ・お茶の水大学との連携など、女性の参画、連携を促す活動が始まったが、一層の努力を。
- ・マイクロ波照射技術の開発や SGCNT の開発では、産業化の期待も大きいので、さらなる企業連携が望ま

れる。

- ・TRL を用いることで、確実に産業化へ向けた動きが進んできているが、研究が、どうしても、あるステージに停滞することがある。このような状況をどう打開していくかも、考えていく必要がある。
- ・長く継続することで、ようやく陽の目を見るテーマもある。どの程度の余裕、アソビを研究マネジメントに許容するかは、簡単ではないが重要。
- ・領域として着実に成果を示しつつあるが、慢心することなく、世界に存在感を示せる研究所を目指してほしい。
- ・次回はコンサルティング、地域連携等からでてきたテーマの話も聞きたい。
- ・今後は産総研の第5期に向け、これらの成果を国家プロジェクトや企業連携PJ、科学研究費助成事業等に発展させ、研究体制の強化と研究開発の加速を図っていただきたい。
- ・これまでも今回も、領域長からの説明は統一かつ明解であったが、今回さらに、グループ長等現場に近い研究者から事例紹介を直接聞いたことは理解を助けることにつながったと思います。今後も、複数の方から説明するスタイルを歓迎します。

#### 4. 評点一覧

評価委員 (P, Q, R, S, T) による評価

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

#### 5. その他のコメント

- ・人材育成に対しても、十分に配慮され、ユニークな取り組みを行っています。これも十分評価されるべきだと思います。
- ・産総研に期待される人物像としては、産業界にはあまり居ない、極めて斬新な発想ができる研究者、従来技術の延長上にはない飛び抜けた技術が提案できる研究者などだと思います。このような研究者を育てるノウハウはあまり聞いたことがありませんが、いろいろな取り組みの中で、是非ともこのような研究者を育てて行っていただきたいと思います。
- ・材料・化学領域というよりは、産総研全体の話と思いますが、産総研への期待をまとめてみました。日本の研究・開発の在り方として研究費の面から考えますと、少し古い話ですが 2011 年に日本全体で 17.4 兆円、そのうち企業が 12 兆円強というデータがあります。一方、経産省の資料 (H27.3) で、企業の研究開発投資が短期化しており、研究開発の内訳として改良型研究が 9 割程度、市場開拓型研究が 8~9%、非連続的研究 (量子ドット型太陽電池、リチウム空気電池、ナノカーボン) が 1~2%とされています。そうしますと企業全体として非連続的研究費は 1200~2400 億円となります。一方、企業の研究費に占める大学への拠出割合は 0.4%というデータもあります。大学への拠出金が全て非連続的研究費とは言えませんが、ある程度の金額は既に大学等へ拠出されていることが考えられます。このような状況で、企業の大学、国研への共同研究費を増やすためには、企業の非連続的研究費を増やすようなマインドをつくること、もしくは改良型研究の一部を大学、国研が請け負うこととなります。非連続的研究費については、IoT, AI 等の分野では企業の危機感もあり研究費の増大が実感されますが、既存分野においては、簡単な話ではないように思います。一方改良型研究については、私自身詳しくはありませんが、フランフォーファーは、各種情報からは、うまく改良型研究を請け負っているのではないかと推測しています。ですので、産総研として大学のシーズを企業に橋渡しするという非連続的研究を進めていくというミッションとともに、改良型研究、市場開拓型研究にも目を向けることが重要と考えます。実際、ナノチューブ実用化研究センターは、まさに市場開拓型研究をすすめていますし、コンサルティング事業は、改良型研究の課題解決といった面があると思いますので、この点をさらに進めていかればと考えます。また、日本全体の研究機関を見ますと、企業、大学との間を繋ぐものとして産総研の期待は大きいもの



があります。ですので、企業全体の研究割合の1~2%である非連続的研究のみに目を向けるのではなく、次の点についても今以上に注力して頂ければと考えています。

(1)日本の応用研究のレベルアップに繋がる研究。特に中小企業のレベルアップ。

(2)大学と企業の研究分野の違いを埋める研究。大学が行っていない絶滅危惧研究。

- ・各種業務実績において、ほぼ年間の数値目標値に達しているだけでなく、数値目標を上回っているものも多く、順調な業務実績であると思います。組織の評価のための基礎的情報として、ダイバーシティの観点のデータを示すべきではないでしょうか。外国人比率や、女性研究者比率、管理職（上位職）における女性比率などは、組織の評価において示されるべき基本的数値情報と思います。



**平成 29年度 研究評価委員会（材料・化学領域） 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。



AIST16-X00004-3