



平成30年度
研究評価委員会
(材料・化学領域)
評価報告書

令和元年6月

評価報告書 目次

| | |
|-------------------------------|-----|
| 1. 評価委員会議事次第 | 1 |
| 2. 評価委員 | 3 |
| 3. 評価資料（委員会開催時 ¹ ） | 5 |
| 4. 説明資料（委員会開催時 ¹ ） | 29 |
| 5. 評価資料（年度末確定値） | 99 |
| 6. 評価委員コメント及び評点 | 101 |

¹ 平成31年3月6日

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
平成 30 年度 研究評価委員会（材料・化学領域）
議事次第

日 時：平成 31 年 3 月 6 日（水） 10:00-17:35

場 所：国立研究開発法人 産業技術総合研究所 東北センター 東北産学官連携研究棟 セミナー室

| | | | |
|------------|----------|-------|-------------|
| 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 | 西村 聡 | 10:05-10:10 |

領域による説明（質疑含む） （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 10:10-11:10
 （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

- ・ 第 4 期中長期目標期間中に見込まれる実績・成果
- ・ 平成 30 年度の実績・成果

2. 「橋渡し」のための研究開発 11:10-12:10
 (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) | 材料・化学領域 | 研究戦略部 | 研究企画室長 | 遠藤 明 |
| トピックス紹介① (10 分) | | 機能化学研究部門 | 部門長 | 北本 大 |

- ・ 第 4 期中長期目標期間中に見込まれる実績・成果
- ・ 平成 30 年度の実績・成果

昼食・休憩（50 分） 12:10-13:00

現場見学会（60 分） 13:00-14:00

- ・ コンパクトマイクロ波照射装置
- ・ ゼオライトに関する研究
- ・ 粘土や木材成分を用いた製品開発

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発 14:00-15:00
 （説明 30 分、質疑・評価記入 30 分）

| | | | | |
|-----------------|---------|------------|--------|-------|
| 全体説明 (20 分) | 材料・化学領域 | 研究戦略部 | 研究企画室長 | 遠藤 明 |
| トピックス紹介② (10 分) | | 無機機能材料研究部門 | 部門長 | 松原 一郎 |

- ・ 第 4 期中長期目標期間中に見込まれる実績・成果
- ・ 平成 30 年度の実績・成果

(3)「橋渡し」研究後期における研究開発 15:00-16:00
(説明 30 分、質疑・評価記入 30 分)

全体説明 (20 分) 材料・化学領域 研究戦略部 研究企画室長 遠藤 明
トピックス紹介③ (10 分) ナノチューブ実用化研究センター センター長 畠 賢治

- ・第4期中長期目標期間中に見込まれる実績・成果
- ・平成30年度の実績・成果

休憩 (20 分) 16:00-16:20

総合討論・評価委員討議・講評 (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) (25 分) 16:20-16:45

評価委員討議 (領域等役職員 退席) (20 分) 16:45-17:05

評価記入 (領域等役職員 退席) (20 分) 17:05-17:25

- ・第4期中長期目標期間中に見込まれる実績・成果

- ・平成30年度の実績・成果

委員長講評 (領域等役職員 着席) (5 分) 17:25-17:30

閉会挨拶 理事/評価部長 加藤 一実 17:30-17:35

評価委員

材料・化学領域

| | 氏名 | 所属 | 役職名 |
|-----|--------|-----------------------|------|
| 委員長 | 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 |
| | 伊藤 吾朗 | 茨城大学 工学部 機械工学科 | 教授 |
| | 大江田 憲治 | 公益社団法人 日本工学アカデミー | 常務理事 |
| | 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 研究本部 嘱託 | 嘱託 |

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 30 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

【背景・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、及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、グリーンサステイ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415名(内、常勤研究職員361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) において実施した。

【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

- ・機能化学 RI (部門長：北本大、研究職員数：51、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：48、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：古屋武、研究職員数：45、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：48、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：23、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：松原一郎、研究職員数：57、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：24、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：吉澤友一、研究職員数：52、拠点：中部)

材料・化学領域の上記9つの研究部門及び研究センターはつくばセンター(229名)、東北センター(29名)、中部センター(112名)、関西センター(23名)、中国センター(20名)の5拠点に配置され、各拠点が連携して研究課題り組んでいる。

材料・化学領域では、第4期を通して、大学等のキャンパス内に設置する産学官連携研究拠点「オープンイノベーションラボラトリ」、通称「OIL (オー・アイ・エル)」の整備を行ってきた。平成28年度には産総研・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ボラトリ (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 (MathAM-OIL) を設立した。平成 30 年度は OIL を通じて、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、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 31 年度についても引き続き同様の活動を行う。

また、材料・化学領域では第 4 期を通して、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」) を計 6 件設立した。平成 28 年度には「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」、「DIC-産総研東北センター化学ものづくり連携研究室」の 2 件を設立し、平成 29 年度には「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」、「日本ゼオン・サンアロー・産総研 CNT 複合材料研究拠点」、「矢崎総業-産総研 次世代つなぐ技術 連携研究ラボ」の 3 件を設立した。また平成 30 年度は「UACJ-産総研アルミニウム先端技術連携研究ラボ」の 1 件がスタートした。平成 31 年度も冠ラボによる連携を進めるべくマーケティングを進める。

領域の運営にあたっては、領域長、研究戦略部長、研究企画室長の領域 3 役と研究ユニット長(研究部門長及び研究センター長) の間で月 2 回開催されるユニット長会議を通して情報共有を図り、十分な議論を踏まえて第 4 期における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、組織の予算や人材が最大限に活用できるように適宜合理的に行った。

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・化学領域では上述の課題項目①から⑤で示される 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、それぞれのサブテーマがこれら 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きた。

さらに、将来の社会ニーズに対応した研究を行うための取り組みとして、平成 28 年 6 月 28 日に公表した「産業技術総合研究所の 2030 年(平成 42 年)を目指した研究戦略」を踏まえ、(1) 環境調和を牽引する新素材・新化学プロセス技術、(2) コンピュータシオ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 つの重点化課題を設定した。これらの課題への取り組みとして、平成 27~30 年度の 4 年間で領域内に 5 つのワーキンググループ(WG) を立て、研究戦略等について領域内で議論を行ってきた。また、産業界への「橋渡し」を実現するための技術シーズを創出するための支援制度を制定し、萌芽研究やプロジェクト(PJ) 関連技術の強化を図ってきた。

平成 31 年度においては、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」の提案等に発展させ、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貢献する。

材料・化学領域では、第 4 期を通して産総研内の他の領域との連携を積極的に進め、相乗効果が期待できる共同研究を促進した。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、平成 27 年度より科学技術振興機構(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 年度に設立した「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。平成 30 年度においては上述の他領域との連携は継続中である。平成 31 年度には蓄積された技術シーズを活用して大型企業共同研究の拡充を行い橋渡しを行う。

材料・化学領域では、第 4 期の研究ロードマップとロードマップにおけるポートフォリオの位置づけを定量的に描いてマネジメントを実施している。第 4 期の時間軸を意識した研究開発の plan-do-check-action (PDCA) マネジメントを徹底化するため、Technology Readiness Level (TRL) を用いた。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

（「橋渡し」のための研究開発を TRL に対応させ、「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）は TRL 1-3、「橋渡し」研究前期における研究開発は TRL 3-5、「橋渡し」研究後期における研究開発は 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目標に定め、この目標と進捗状況を常に比較することで、重点化する研究課題の選択や研究計画の見直しを行ってきた。具体的には、平成 30 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各研究課題の進展について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と研究センターへのヒアリングを実施した。以上の進捗確認を行って TRL の修正を実施した。

研究開発の進め方に関しても、目的基礎研究と「橋渡し」研究前期及び後期が両立するために、「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」モデルの構築を目指した。研究者個人だけでは共同研究の規模は限定されやすく、このモデルの実現は困難である。そのために、研究グループや研究チームの総合力によって、企業との調整時間の増大や、論文を執筆し、掲載されるまでに必要となる時間の短縮や労力の軽減を図った。同時に、民間資金獲得の成功事例から抽出される方法論を職員全員へ徹底して周知することで、職員一人一人の民間資金獲得に対する意識改革を行った。その一方、新規材料の創出に繋がる重要な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、企業との共同研究や技術開発による知財を生み出すことにより、産総研技術の社会への普及を図った。

第 4 期において特筆すべき成果としては、「砂からテトラアルコキシシランを製造する方法」の確立と「スーパーグロース法単層カーボンナノチューブ（SGCNT）を用いた長寿命・高耐熱・高耐圧 O リングの開発」の 2 つである。材料・化学領域では、砂などの安価なケイ素源から無機ケイ素材料の原料となるテトラアルコキシシランを合成する方法を、第 4 期を通して開発し、世界で初めて確立した。その製造方法の省エネルギー・低コスト化は市場に与えるインパクトも大きく、マスコミ 6 紙にも取り上げられる成果となった。また、材料・化学領域において製造方法を開発したカーボンナノチューブ（CNT）を用いることで従来のフッ素ゴム材よりも長寿命・高耐熱・高耐圧なシーリング材（O リング）を開発し、平成 30 年度 10 月 1 日から販売を開始した。

民間資金獲得額の目標達成に向けて、材料・化学領域では領域のマーケティング力を強化すべく、第 4 期を通して「スポーツ工学プロジェクト」、「食糧・水 WG」、「アクティブマテリアル WG」、「環境調和材料 WG」、「第 5 期研究戦略検討 WG」、「海洋プラスチック WG」を設立し、技術を展開する新たな企業を開拓するための研究戦略の議論を行ってきた。また、技術コンサルティングの窓口拡大を図るべく、技術コンサルティング制度の広報に努めてきた。また、平成 27 年度より始められ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うことで、大型連携を強く推進した。第 4 期を通して意見交換を実施した企業は累計 65 社となる。

組織内の若手雇用・育成については、第 4 期を通じて、OIL 等から優れた大学院生等を RA として雇用する一方で、イノベーションスクールによる大学院生及びポストドクターに対する人材育

成も行った。領域の常勤若手研究者に対しては、平成 27 年度より、「領域萌芽研究」を公募し、目的基礎研究の充実や科研費獲得のための積極的支援を行った。また、「領域フェローシップ制度」により長期間の海外留学を奨励し、国際ネットワークの構築や拡大を支援した。シニア世代に関しては、各員の知識や経験が最大限に活用できるように適宜異動を行った。例えば、中部センター常勤の研究グループ長を、本人の希望に基づきつくばセンターのペテントオフィサー（PO）に起用し、新たなキャリアパスへの展開を図った。今後、当領域においては PO からの提案による新たな研究テーマ創出も行っていく予定であり、適材適所によるシニア世代の人材活用と知財戦略強化につながると考えている。第 4 期の評価指標に関しては、民間資金獲得額は、

平成 27 年度：9.2 億円
平成 28 年度：11.6 億円
平成 29 年度：15.3 億円
平成 30 年度：16.3 億円（12 月末）

となった。平成 31 年度においては平成 30 年度実績値にさらに上積みを図る。論文の発表数は、

平成 27 年度：508 報
平成 28 年度：497 報
平成 29 年度：522 報
平成 30 年度：335 報（12 月末）

となった。平成 31 年度についても平成 30 年度と同等の値が見込まれる。一方、論文の合計被引用数は、

平成 27 年度：10,351 回
平成 28 年度：10,767 回
平成 29 年度：11,506 回
平成 30 年度：11,960 回（12 月末）
平成 31 年度：10,400 回（見込）

となり、基礎研究の成果の指標となる論文数や論文の合計被引用数は、第 4 期を通して概ね一定の値を維持しつつ、その一方で民間資金獲得額を着実に増加させてきた。特筆すべき実績として、第 4 期と通じて、論文発表数を維持したまま、民間資金獲得額を平成 23 年度～平成 25 年度実績の平均均額 6.6 億円に比べ 352%（平成 31 年度見込値）まで着実に増加させたことがあげられる。実施契約等件数は、

平成 27 年度：232 件
平成 28 年度：218 件
平成 29 年度：220 件
平成 30 年度：228 件（12 月末）

となった。平成 31 年度についても平成 30 年度と同等の値が見込まれる。人材育成に関しては RA とイノベーションスクール生の総数は、

平成 27 年度：10 名
平成 28 年度：36 名
平成 29 年度：53 名
平成 30 年度：49 名（12 月末）

となった。平成 31 年度においては平成 30 年度実績値にさらに上積みを図る。

第 4 期中長期目標期間の累計として、1,000 万円以上の橋渡し研究を企業と実施した件数は平成 30 年度までに 75 件（うち平成 30 年度実施の件数：17 件）であり、平成 31 年度は 10 件の見込である。また、これらの事業化の実績として、知的財産の譲渡契約及び実施契約は平成 30 年度までに 11 件（うち平成 30 年度契約の件数：7 件）で平成 31 年度の見込は 1 件、製品化は平成 30 年度までに 4 件（うち平成 30 年度製品化の件数：2 件）で平成 31 年度の見込は 5 件である。

【成果の意義・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 5 の戦略課題及びそれに含まれる 22 のサブテーマがこれら 4 つのアウトカム

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、各戦略課題のTRL ロードマップによって、技術の橋渡し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、研究開発を着実に進展させた。第4期を通して得られた成果において、もっとも特筆すべきものとしては民間資金獲得額の増加である。第4期における民間資金獲得額は、

平成 27 年度：9.2 億円
平成 28 年度：11.6 億円
平成 29 年度：15.3 億円
平成 30 年度：16.3 億円（12 月末）

となり、顕著な増加となった。平成 31 年度はさらなる上積みを図る。共同研究による民間資金獲得額の増加は、材料・化学領域の持つ技術が企業によって活用されたことを示す。一方、論文の発表数は、

平成 27 年度：508 報
平成 28 年度：497 報
平成 29 年度：522 報
平成 30 年度：335 報（12 月末）

となった。平成 31 年度についても平成 30 年度と同等の値が見込まれる。また、材料・化学領域の研究者が、平成 27 年度日本セラミックス協会進歩賞、平成 28 年度日本・米セラミックス協会フェロー表彰、平成 28 年度 Nano tech 大賞、平成 29 年度日本冷凍空調学会学術賞、平成 29 年度日本塑性加工学会学術賞、平成 30 年度ケイ素化学協会奨励賞、平成 30 年度高分子分析討論会審査委員賞を受賞しており、社会的インパクトが高く、かつ、優れた目的基礎研究として評価されている。橋渡しに向けた共同研究が強く押し進められる中、新しい技術の萌芽となる基礎研究についても一定レベルでの活動が維持されたことを示している。これらのことから、材料・化学領域が掲げる「民間資金の獲得によって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」という研究モデルが構築されたと言える。

【課題と対応】

第4期においては、橋渡しに向けた目的基礎研究及びそれを基にした応用研究が推進され、着実に研究成果や新規開発技術の蓄積が進められてきたと言える。今後は、優れた基礎技術の創出とその橋渡しの工程をより効率的に行うべく、技術の橋渡し先をより明確にする必要がある。その対応として、「産総研の平成 42 年(2030 年)を目指した研究戦略」において提案された、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。また、第4期において設立した WG によって策定した、材料・化学領域の技術によって切り開く新しい領域である、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開発を推進し、橋渡し技術の提供先の開拓を図る。

(2) 技術的ポテンシャルを活かした指導助言等の実施

【背景・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」と連携した「グローバルな価値の創造」に向けて、領域内の各研究部門及び研究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い、受託研究及び共同研究への展開を促進させた。平成 27 年度から平成 30 年度にかけて、共同研究・受託研究契約数は、

平成 27 年度：大企業（中堅企業を含む）180 件、中小企業 76 件
平成 28 年度：大企業 219 件、中堅・中小企業 90 件

平成 29 年度：大企業 222 件、中堅・中小企業 90 件
平成 30 年度：大企業 180 件、中堅・中小企業 76 件（12 月末時点での値）
となった。平成 31 年度については平成 30 年度と同等の値が見込まれる。また、第 4 期において新しく創設された技術コンサルティング契約を結んだ企業数は、

平成 27 年度：2 社

平成 28 年度：10 社

平成 29 年度：26 社

平成 30 年度：58 社

となった。平成 31 年度においては平成 30 年度実績値にさらに上積みを図る。コンサルティング収入も、

平成 27 年度：350 万円

平成 28 年度：1,869 万円

平成 29 年度：5,427 万円

平成 30 年度：9,391 万円（12 月末）

となり、技術コンサルティング制度の導入以来、着実な増加を続けている。平成 31 年度においては平成 30 年度実績値にさらに上積みを図る。材料・化学領域では積極的に国際標準化活動を進めることによって、研究活動で得られた専門知識を社会に役立てることに努めた。国内外規格・標準化活動における役職者としては、ワーキンググループ議長に該当するコンビーナとプロジェクトリーダーは、

平成 27 年度：データ無し

平成 28 年度：コンビーナ 1 名、プロジェクトリーダー 2 名

平成 29 年度：コンビーナ 2 名、プロジェクトリーダー 6 名

平成 30 年度：コンビーナ 2 名、プロジェクトリーダー 8 名

となった。平成 31 年度については平成 30 年度と同等の値が見込まれる。国際標準の新規発行規格については

平成 27 年度：データ無し

平成 28 年度：2 件

平成 29 年度：4 件

平成 30 年度：3 件

となった。平成 31 年度については平成 30 年度と同等の値が見込まれる。一方、国際標準の規格提案は、

平成 27 年度：データ無し

平成 28 年度：2 件

平成 29 年度：5 件

平成 30 年度：4 件

となった。平成 31 年度については平成 30 年度と同等の値が見込まれる。

【成果の意義・アウトカム】

第 4 期において材料・化学領域は領域が持つ技術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い、受託研究及び共同研究への展開を促進させた。また国内外規格・標準化活動にも役職者として積極的に貢献し、国際標準策定による公平で合理的な産業発展へ大きく寄与してきた。注目すべき点としては、技術コンサルティング契約件数の増加である。平成 27 年度に新しく導入された技術コンサルティング制度は、領域の持つ技術による分析や技術アドバイスを行うことで、企業における新規開発テーマの選定や生産現場での技術的問題に解決策を提供してきた。第 4 期を通して示される技術コンサルティング契約件数の顕著な増加は、如何に技術コンサルティングによるサポートを必要としている企業等が多いかを示唆しており、今後の民間企業との共同研究につながると共に、民間資金獲得の増加が期待される。

【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、平成 27 年度の技術コンサルティングの制度新設以来、その収入は顕著に増加した。今後もこの顕著な成果を継続することが課題である。そのためには、知財戦略に基づき、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、技術コンサルティング等に真摯に対応する。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である。その対応として、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

【背景・実績・成果】

材料化学領域では第 4 期を通じて、領域のマーケティング力強化策として、領域内の 9 つの研究部門及び研究センターの企業相談等の状況報告を毎月集約し、研究戦略部が解析を行い、適宜、研究部門及び研究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制度の積極的な広報や、冠ラボの立ち上げに向けた企業との研究推進体制の構築等、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。第 4 期を通して意見交換を実施した企業は累計 65 社となる。

第 4 期においては、領域の進むべき方向をより明確に打ち出すために平成 27 年度から平成 31 年度にかけて「スポーツ工学プロジェクト」、「食糧・水 WG」、「アクティブマテリアル WG」、「環境調和材料 WG」、「第 5 期研究戦略検討 WG」、「海洋プラスチック WG」を設立し、技術を展開する新たな企業を開拓するための研究戦略の議論を行ってきた。例えば、平成 30 年度に設立した第 5 期研究戦略検討 WG では、材料・化学領域と関連が深い業界団体並びに企業へのヒアリングによって得られた「社会ニーズ」と、領域の保有する「技術シーズ」を分析し、今後取り組むべき課題及びマーケティング戦略を明確にした。開拓すべき技術及び橋渡し先企業をより明確するとともに、アピールする技術を明確化することで、マーケティング活動の拡大を図った。

また地域センターの機能強化を推進するために、機能化学研究部門部門長が中国センターに常駐し、企業と一緒にセルロースナノファイバー (CNF) を使いこなすことを目標とした「なのセルロース工房」を設立した。加えて、広島県との連携・協力協定の締結や、西日本における分析評価拠点設立活動に積極的に取り組み、地域センターの強化を推進した。

領域では平成 27 から平成 30 年にかけて国際ナノテクノロジー総合展・技術会議 (nano tech) 出展し、材料・化学領域の最新の技術を企業にアピールしてきた。日本化学会が主催する「化学フェスタ」においても、

平成 27 年度：新たにスタートした、産総研の材料・化学領域に期待するもの

平成 28 年度：健康・スポーツ工学の発展を加速する機能材料

平成 29 年度：マルチマテリアル化を可能とする構造接着技術

平成 30 年度：Sustainable development goals (SDGs) に貢献する環境調和材料・プロセス

といった特別展を開催し、技術のアピールを行ってきた。平成 31 年度についても同様の特別展を行う予定である。平成 27 年度及び平成 30 年度には、分析展 JASIS 2018 (分析展/科学機器展) においてでは領域の有する材料評価技術のセミナー及び機器展示を行った。平成 31 年度についても同様の特別展を行う予定である。第 18 回国際ナノテクノロジー総合展・技術会議 (nano tech 2019) では「産業をつなぐ 産業をつくる ～産総研の物質循環技術～」に関する特別展示 15 件を含む、35 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。それ以外にも、化学フェスタ、計測・分析フェア、アグリテクノフェア等に出展し、積極的な広報活動を展開した。

第 4 期においては、以上の組織的な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し、

平成 27 年度：9.2 億円

平成 28 年度：11.6 億円

平成 29 年度：15.3 億円

平成 30 年度：16.3 億円（12 月末）

となった。平成 31 年度にはさらなる上積みを図る。さらに、WG を通じたマーケティング情報収集により、これまで材料・化学領域において未開拓で、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。一連の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、材料・化学領域において未開拓であった研究市場の発見及び開拓に向けた研究体制構築につながった。

【成果の意義・アウトカム】

マーケティング力の強化は、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を発掘するために不可欠である。マーケティング力の強化の取り組みによって、民間獲得資金額は第 4 期を通して増加を示した。とりわけ技術コンサルティング契約件数には顕著な増加が得られた。領域を上げてのマーケティング力の強化のための取り組みは着実な成果を上げていると言える。

【課題と対応】

材料・化学領域では、第 4 期目標として民間資金獲得額の大幅な増加を目標とし、最終目標値である年間民間資獲得額 23.2 億円を達成するために、マーケティング力の強化を進めた。マーケティング力の強化によって材料・化学領域の保有する技術の橋渡しが進められ、民間資金獲得額や、とりわけ技術コンサルティング契約件数には顕著な増加を示している。今後、さら技術の橋渡しを進めることが課題である。この対策として、これまで材料・化学領域が未開拓であった産業分野への技術アピールが必要となる。加えて、材料・化学領域における企業連携推進機能の一層の強化を図る。業界団体との交流やマーケティング情報収集の能力の向上により、これまで領域として未開拓であった産業分野とのマッチングを新たに図っていく。

（4）大学や他の研究機関との連携強化

【背景・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。クロスアポイントメント件数は、

平成 27 年度：9 件

平成 28 年度：15 件

平成 29 年度：15 件

平成 30 年度：16 件

となった。平成 31 年度についても平成 30 年度と同等の値をなる見込みである。材料・化学領域では第 4 期を通してクロスアポイントメント制度を活用し、人的交流と連携強化に向けたプラットフォーム構築を推進した。また、研究マッチング検討のための研究交流会として、平成 28 年から平成 30 年にかけて理化学研究所と連携シンポジウム等を実施した。平成 31 年度についても同様の連携シンポジウムを開催予定である。

海外の研究機関との連携については、材料・化学領域ではこれまでにスイス連邦材料試験研究所（Empa）と平成 29 年 5 月に第 1 回ワークショップをスイスで開催し、平成 29 年 10 月には第 2 回ワークショップを産総研関西センターで開催し、連携を進めてきた。平成 30 年には Empa の研究者を短期受入する一方で、領域の研究者が Empa に短期留学し共同研究を行った。また、平成 30 年度から平成 31 年にかけて領域の研究者が Empa に長期留学し在外研究を行っている。タイの National Nanotechnology Center（NANOTEC）とは平成 28 年度から平成 29 年度にかけて研究者を受け入れ共同研究を実施した。これを契機に平成 28 年度及び平成 29 年度にはワークショップを開催し連携を進めてきた。平成 30 年度には NANOTEC より研究者 1 名を受け入れるとともに、連携に向けたワークショップを開催した。平成 31 年度にはさらなる連携を図る。

【成果の意義・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。第4期において得られた大きな成果は、海外の研究機関との連携強化である。平成30年度には、これまでに交流を続けてきた Empa との間で具体的な研究が開始され、領域の研究者2名が在外研究を行った。NANOTEC から第4期を通して継続的に研究者を受け入れており、平成30年度にはさらなる連携強化を図るべく、NANOTC にてワークショップを行った。これらの国際連携は、領域の研究者の国際経験を培うだけでなく、自国だけでなく世界規模での研究動向や世界市場で求められる技術の把握に繋がる。

【課題と対応】

産業技術の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。その対応としては、クロスアポイントメント制度や国際連携を活用して、複数の研究機関が集まる場を構築する。そこでは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の把握も課題といえる。この課題に対しては、国外の研究機関との連携をさらに押し進めることで対応する。

(5) 研究人材の拡充、流動化、育成

【背景・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 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、第4期を通じて、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 雇用を組み合わせさせた採用を推進してきた。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28年度に設立された東京大学及び東北大学との OIL を通じて、大学から産総研 RA の採用を積極的に推進した。その結果、RA 数は、

平成27年度：10名

平成28年度：31名

平成29年度：39名

平成30年度：42名（12月末）

となり、OIL を活用した研究人材の育成と拡充が進められてきた。平成31年度においては平成30年度実績値にさらに上積みを図る。また、材料・化学領域では材料・化学領域の職員を対象とした人材育成で、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を実施した。第4期を通じて産総研フェローシップ制度による海外在外研究件数は、

平成27年度：5件

平成28年度：3件

平成29年度：4件

平成30年度：5件

となった。平成31年度についても平成30年度と同等の見込みである。また、研究の現場を牽引するグループ長及びチーム長の育成を目的として、グループ長研修「共鳴塾」を平成29年度に開始し、平成30年度においても行った。「共鳴塾」は平成31年度も実施する予定である。研修では、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及びグループ運営等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、研究部門長及び研究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、各研究部門と研究センターによる研究成果報告に加えて、領域長による材料・化学領域の研究戦略の説明や、パテントオフィサーによる領域が進める知財戦略についての解説を行った。本WSを通じて、各研究部門及び研究センターにおける研究開発の進捗状況を相互理解し、研究部門及び研究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。

材料・化学領域では、平成 29 年度及び平成 30 年度に、女性研究員の採用増加に向けて、「女子大学院生・ポスドクと産総研女性研究者との懇談会」に領域を挙げて参加し、ポスター発表による研究紹介、研究室見学、意見交換を実施し、女子学生への広報活動に積極的に取り組んだ。

人材の流動化については、イノベーションスクールによる大学院生及びポストドクターに対する人材育成以外にも、材料・化学領域が担当する 2 件の技術研究組合から、第 4 期を通して推計 81 名をパートナー研究員として受け入れた。

【成果の意義・アウトカム】

研究人材の拡充、人材の流動化、育成はイノベーションの加速とともに、組織の多様化による技術ポテンシャルの向上、ひいてはマーケティング力の強化をもたらす。平成 28 年度に東京大学及び東北大学との間で OIL を設立したことで、RA 数は大きく増加し、多くの人材が研究開発プロジェクトに参画することになった。一方、材料・化学領域では第 4 期を通して領域の優秀な若手研究者には海外での在外研究の機会を提供し、先進技術の習得や国際的なネットワークの構築を促した。民間獲得資金の増加等の領域の掲げる目標を達成するために、領域 WS を通して領域の方針、戦略の理解を徹底させた。領域の掲げる目標に組織的に取り組んだ結果、研究グループ及び研究チーム、さらには研究部門及び研究センターといった、より大きな集団で企業連携に対応する体制が構築された。これらの結果として、規模の大きな企業連携数の増加と、それに伴う民間資金獲得額の増加や、第 4 期を通して 6 つの冠ラボを設立し、研究部門及び研究センター全体で特定企業との連携を行うという仕組みが確立された。

【課題と対応】

優れた技術の開発とその橋渡しには、高い研究能力とイノベーションマインドを兼ね備えた人材を育成することが課題である。その対応としては、OIL、RA 制度を活用しながら、大学などと連携して、人材の育成に取り組む。また、領域内の職員を対象とする人材育成では、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「共鳴塾」の充実を図ることで対応する。

2. 「橋渡し」のための研究開発

「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）、「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立する。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)

【背景・実績・成果】

課題項目①の「樹脂・ゴム材料の劣化状態を的確に表す化学構造指標の構築 (劣化評価パッケージ)」において、高分子材料の寿命を「化学構造の変化」を指標として予測する新手法を考案し、所内連携による研究体制を強化して、手法の確立を図った。従来の寿命予測は、高温、高圧、高湿度といった過酷な加速劣化条件での物性 (機械的強度など) の変化を指標に行われてきたが、寿命予測の精度や信頼性が低いことが課題であった。高精度な寿命予測の実現には、穏やかな加速劣化条件における化学構造の変化を指標とした解析手法の確立が鍵となっている。平成 29 年度までに、汎用樹脂であるポリプロピレンの熱酸化劣化に影響する各種因子を検証し、樹脂添加物の一つである酸化防止剤の熱酸化劣化への寄与が大きいことを見出した。その後、酸化防止剤の種類や濃度について解析を進め、平成 30 年度には、一次酸化防止剤の濃度と物性 (引張伸びなど) の低下に最も相関があることを明らかにした。物性の低下、すなわちポリプロピレンの劣化の引き金となる酸化防止剤の変化を捉えることで、従来の物性試験よりも早い段階での劣化を検出することが可能であることが示された。さらに、平成 31 年度は、酸化防止剤の定量分析法の高精度化により、寿命予測に不可欠な分析プロトコルを構築するとともに、その分析プロトコルを用いて、本研究の寿命予測法の有効性を実証する見込みである。

課題項目①の「配列制御シロキサンワンポット合成法」において、配列制御シロキサンの簡便合成を可能にする方法を世界で初めて開発した。シリコンに代表されるシロキサン材料は有機系ポリマー材料よりも優れた耐熱性や耐候性などの物性を有することから、さまざまな産業分野で幅広く使用されている。しかしながら、近年ではシリコン材料に要求される耐熱性などの水準が上がり、従来法で合成できるシリコン材料ではその要求を満たせない事例が増加している。この課題を解決するためには、シリコン材料の主骨格を成すシロキサン結合 ($-Si-O-Si-$ 、Si はケイ素、O は酸素) を精密に制御して合成することが鍵となる。平成 29 年度に 2 つの連続するシロキサン結合を一つの反応容器内 (ワンポット) で形成する新規合成法の開発に成功した。平成 30 年度には 2 つの触媒反応をワンポットで逐次的に行うことで、シロキサン結合が数個から 10 個程度に配列したシロキサンを効率的に合成するだけでなく、分岐状や環状などの従来法では合成できなかった構造を持つシロキサンを合成する画期的な合成技術を開発した。さらに平成 31 年度には、本ワンポット逐次合成技術を基盤として、シリコン以外のシロキサン材料の合成へと研究を展開するとともに、開発した合成技術を基に高性能・高機能シリコン材料及び含シリコン複合材料の開発を展開する。

課題項目②の「階層構造を持つナノコンポジットに関する研究 (キトサンエアロゲル)」において、光透過性断熱材料キトサンエアロゲルの開発を行った。光透過性と柔軟性を持つ断熱材は、住宅や輸送機器の窓からの熱エネルギーの出入りを抑制する材料として開発が望まれている。キトサンエアロゲルは平成 27 年度に化学プロセス研究部門が世界に先駆けて開発した材料で、軽量、低密度 ($0.04g/cm^3$ 、空隙率で 97%)、折り曲げ可能な高い柔軟性と光透過性 (800nm で 65%)、極めて小さな熱伝導率 ($0.016W/m \cdot K$) など光透過性断熱材として高いポテンシャルを持っている。特に、断熱性に関しては、一般的な断熱材であるグラスウールに比べて 2 倍以上の性能を持つ。平成 30 年度はスイス連邦材料試験研究所 (EMPA) との国際共同研究によりナノ構造形成過程の解析を行い、製造プロセスが数 nm の構造形成に及ぼす機構を解明した。これにより製造プロセスを最適化しナノ構造を制御することで光透過性と断熱性能をさらに向上させることが可能であることが示された。平成 31 年度はこの知見に基づき光・熱特性の改善を進める。その一方で、住宅建材用素材として民間企業へ技術提供や、性能評価と必要な性能の向上に関する共同研究を開始する見込みである。

課題項目③の「電子顕微鏡計測技術の高機能化・高性能化」に関する研究において、低次元物

質の原子や分子などの挙動を高速・高感度で捉えることを可能にする最先端計測評価技術を開発した。3次元の構造を持った材料を2次元、1次元、0次元へと低次元化すると、半導体、金属、超電導、発光、スピンなどの新たな機能や特性が発現するものがある。このような低次元材料には、触媒、エネルギー変換、蓄電池、通信など、次世代技術を支えていく上で有望な材料も多く含まれる。第4期においては低次元物質の評価に有用な低加速電子顕微鏡を開発し、特に従来の20倍となる高エネルギー分解能を達成した。これにより試料損傷や分解能低下のために従来の電子顕微鏡では解析が不可能であった低次元物質の原子レベル構造とその電子状態を明らかにすることが可能となった。この最先端電子顕微鏡計測技術を活用して、国内外の研究機関と共同研究を行い、平成30年度には遷移金属源に塩(NaCl、KI)を添加して溶融させ、キャリアガスでカルコゲン源を供給すると、シリコン基板上に多種多様な単原子膜が形成されることが、本電子顕微鏡によって世界で初めて発見された。さらにこの発見は、新しい二次元単原子膜合成法を開発へと繋がった。平成31年度には、光学特性評価など、これまでナノレベルまでしか行われなかった分析評価技術を原子レベルに拡張し、電気伝導特性、吸光・発光特性、電荷密度波の空間分布情報などの基礎科学分野の理解を深めるとともに、それらが応用されるエネルギー材料や触媒材料などの高機能化要因の解明に貢献する見込である。

課題項目③の「材料機能シミュレーション技術開発(材料インフォマティクス)」に関する研究において、磁石の磁気モーメントを最大化する物質の構造をシミュレーションによって見つけ出す技術を開発した。材料開発の速度を加速させるため、現在、従来の実験に基づく研究に加えて、シミュレーションを用いて、物質の構造と機能との関係を明らかにする手法が求められている。このシミュレーション技術においては物質の機能を発現させる鍵となる構造(記述子)を数値的に表現することが重要である。平成29年度には良好な記述子(軌道場行列、Orbital Field Matrix(OFM))を開発し、実際の材料の磁気モーメントとシミュレーションからの予測値との間に0.93という重相関値が得られ、シミュレーションから高い精度で磁気モーメントを推定できることが可能となった。本技術はJST「情報統合型物質・材料開発イニシアティブ」プロジェクトと、文科省「元素戦略プロジェクト(磁石材料拠点)」で、当領域職員主導の下、国立研究開発法人物質・材料研究機構(NIMS)との共同研究実施により開発した。平成30年度にはOFMの改良を行い、上述の重相関値を0.97にまで改善することに成功した。平成31年度には企業との共同研究等において、この高性能磁石材料の候補材料絞り込み技術を提供する。

課題項目④の「ガラス複合技術の開発」においては、ガラスに発光などの機能をもたせるために内部に特殊な構造(ナノ結晶など)を有するガラスを開発した。低いエネルギーの光(長い波長の光)を高いエネルギーの光(短い波長の光)に移すアップコンバージョン材料は太陽電池で利用できない赤外域の光の利用を可能にする材料として期待されている。そのうちエルビウム(Er)などの希土類を用いたアップコンバージョン特性を示すガラスを得るためには、結晶の格子振動に由来する散乱が小さいフッ化物結晶を酸化物ガラスの中に析出させたオキシフッ化物ガラスの研究が行われてきたが、融点の高いアルミナを主成分とするものがほとんどであった。また、変換効率向上のためにはErの高濃度化が必要であるが、Erを1mol%以上ドーピングすると分相してガラスが失透するため高濃度化が難しかった。この問題を解決するために、平成30年度は融点の低いホウ酸系をベースにしてガラス組成設計を行い、結晶に類似した構造ゆらぎをガラス中に誘起することで、フッ化物ナノ結晶を分散させた透明なガラスを得ることに成功した。透過率と高いEr濃度を備え持つガラスが作製できたことで、ファイバー、微小球などのデバイス部品として利用できる見込みが分かった。さらに平成31年度はこのガラスの励起帯を広げることのできる増感剤を少なくとも一つ見出すことで、赤外域の励起帯の広帯域化が可能であることを提示することを目指す。

課題項目⑤では、「リサイクル炭素繊維(ReCF)の高付加価値マテリアルリサイクル材料の開発」において、「強化繊維としては使用できない粉体状のミルド繊維のReCFを高付加価値フィラーとして変換させる技術開発」と、「短繊維のReCFを機械特性に優れた炭素繊維強化プラスチック(CFRP)に再生するための技術開発」に取り組んだ。CFRPは、軽量かつ機械特性、耐食性、耐摩耗性などに優れた材料としてエネルギー、輸送機器、産業機器の分野で注目され、多様な製品開発が進められている。特に自動車では、電動化に伴う車体重量増の観点から軽量材料として

CFRP の適用が急務となっている。一方で、EU の 2030 年における社会・経済のあり方に基づいた環境・資源利用政策（サーキュラー・エコノミー政策）や日本の自動車リサイクル法など国内外の法規制によって、製造工程で排出される端材や廃材の処理方法を考慮する必要があり、CFRP を輸送機器に展開するためには炭素繊維・CFRP のリサイクル技術、すなわち資源としての循環技術の構築が課題となっている。現状の CFRP から炭素繊維を回収する技術では、ミルド、長／短繊維、織物、不織布の形態で ReCF が回収される。リサイクルの回数が増すにつれ短繊維やミルドの状態になる。そのため、炭素繊維・CFRP の資源循環を実現するためには短繊維、ミルド状 ReCF の活用技術の開発が重要となる。

「強化繊維としては使用できないミルド状の ReCF を高付加価値フィラーとして変換させる技術開発」においては、平成 30 年には、電気炉を用いてミルド状の ReCF は絶縁性と熱伝導性が高い高付加価値フィラーの Si_3N_4 や SiC に変換可能であることを確認した。さらに窒素、あるいは真空下での反応雰囲気や繊維表面状態に依存して、生成物やその形態が異なることを見出した。平成 31 年度には、ReCF を高付加価値フィラーに変換させる反応時間を 10 倍高速化するための技術を開発する。「短繊維の ReCF を機械特性に優れた CFRP に再生するための技術開発」においては、未使用の短繊維を一軸配向した CFRP の開発を平成 26 年に実験室規模で実現し、短繊維を用いた CFRP の強度特性向上に繊維配向が強く寄与することを見出した。その後、短繊維の ReCF を用いた再生 CFRP の製造を実用化レベルまで展開するために製造プロセスの検討を行った。平成 30 年度には、短繊維の ReCF を実用規模の混練押出機で一軸配向させるための口金治具を開発した。開発した口金治具で繊維を配向させることによって、繊維を配向していない CFRP と比較して 2 倍の機械特性と 1000 倍の耐疲労特性を有する再生 CFRP を実現した。平成 31 年度には、ReCF と樹脂界面の密着性強化プロセスの検討を進め、目標の自動車用熱交換器の要求性能である 20～30GPa の弾性率を有する再生 CFRP を実現する見込みである。

【成果の意義・アウトカム】

課題項目①「樹脂・ゴム材料の劣化状態を的確に表す化学構造指標の構築（劣化評価パッケージ）」において、ポリプロピレンの熱酸化劣化による酸化防止剤の減少が、ポリプロピレン自体の化学構造の変化、さらには劣化に繋がることを明らかにした。本成果により、機械的強度などの従来の物性値のみを指標として高分子材料の寿命を予測するアレニウスプロット法を脱却できる、化学構造の変化に基づく高分子材料の寿命予測法の可能性を見出した。この成果は、製品の信頼性を評価する従来よりも高精度な方法の確立へと繋がる。また、新材料開発に必要な寿命予測の工程が削減できることから、材料開発のスピードアップをもたらす。この結果として企業の製品開発力及び競争力強化に貢献することができる。なお、本技術に関連する成果は学術的評価も高く、平成 28 年度及び平成 29 年度のマテリアルライフ学会において、連続して研究奨励賞を受賞した。また、本技術を基軸とする企業連携は、平成 29 年度に共同研究 8 件、技術コンサルティング 3 件、続く平成 30 年度には、共同研究 10 件、技術コンサルティング 8 件と増加しており、産業界からのニーズは明確化し、当該技術への期待が高まっている。

課題項目①の「配列制御シロキサンのワンポット合成法」において開発されたワンポット逐次合成技術により、従来の合成法では達成できなかったシロキサン構造の精密制御（配列や鎖長、官能基導入など）が可能となった。そのため、より高性能なシリコン材料の開発だけでなく、新規な機能性シリコン材料あるいは含シリコン複合材料の開発へと研究の展開が見込まれる。クロロシラン類をシラン原料に用いる従来法とは異なり、本技術はヒドロシラン類を原料に用いるため、塩素を含まないという特徴も有しており、電子材料への応用において有利になるものと期待される。学術的には、ペプチドや核酸、糖鎖のようにシロキサンも配列制御合成が可能となったことを意味しており、本技術に関する論文 2 報はいずれも平成 29 年度と平成 30 年度に化学系トップジャーナルである *Angewandte Chemie International Edition* 誌 (IF:12.102) に掲載されただけでなく、それぞれ Very Important Paper（審査員が新規性、重要性が受理論文中上位 5%以内との評価）と Hot Paper（編集部が重要論文と判断）として掲載された。さらに、2 報目の受理直後には、姉妹誌の *Chemistry - A European Journal* 誌 (IF:5.16) から総説の寄稿を依頼された。また、本成果を「シロキサン結合のワンポット合成技術を開発 一高機能・高

性能シリコン材料創出の鍵にー」(2017年2月2日)として、産総研・NEDO共同プレス発表を行った際には新聞2紙に報道されている。なお、本技術の開発を主体的に行った主任研究員が平成29年度有機合成化学協会研究企画賞、平成30年度ケイ素化学協会奨励賞を受賞している。

課題項目②では、「階層構造を持つナノコンポジットに関する研究(キトサンエアロゲル)」で開発したキトサンエアロゲルにおいて、軽量、低密度(0.04g/cm³、空隙率で97%)、折り曲げ可能な高い柔軟性と光透過性(800nmで65%)、極めて小さな熱伝導率(0.016W/m・K)を持つことを実証した。熱伝導率は競合する光透過性断熱材の研究の中でトップレベルであると共に、大型試料(120mm角)の作製によりJIS法(JISA1412-2)に準じた正確で信頼性の高い評価を行うことが出来た。光透過性の断熱には現状、真空多重ガラス断熱窓などが用いられるが、重量が重く、厚く、災害時等の危険性が高く、曲面に対応できない等の欠点がある。本材料は真空を用いずに、曲面に対応可能で、真空断熱窓に比べて大幅な軽量化が可能であり、高層ビルや自動車の窓に適用できる次世代断熱材料として期待されており、平成27年以降、企業からの技術相談22件(平成27年12件、28年3件、29年3件、30年4件、のべ18社)、新聞等報道9件(平成27年4件、平成29年5件)、雑誌取材4件(平成27年1件、28年3件)など高い関心を集めている。

課題項目③の「電子顕微鏡計測技術の高機能化・高性能化」において、これまで開発してきた高エネルギー分解能を有する低加速電子顕微鏡を用いて、新炭素材料、二次元材料、ソフトマテリアルなどの損傷を受けやすい物質を高空間分解能、高エネルギー分解能で計測評価する技術を開発した。この技術は、これまでナノレベル(10⁻⁹mの大きさ)までしか行われなかった光学特性評価を一桁小さい原子レベルに拡張することを可能にするものであり、エネルギー材料や触媒材料などの高機能物質における準粒子の振る舞いなど輸送特性・光学特性と原子レベル構造との関連を明らかにすることができる。さらに、これらの知見の応用によって、新材料の設計と実用化に貢献することができる。上記「多種多様な単原子膜の合成技術開発」の研究成果は、平成30年度には日刊工業新聞、日刊産業新聞、WEBニュースなど計15件の報道があり、本計測評価技術は高く評価されている。

課題項目③の「材料機能シミュレーション技術開発(材料インフォマティクス)」において、磁石の磁気モーメント等を予測する記述子を開発し、予測精度R²=0.97を達成した。それにより所望の磁気モーメントを持つ材料を逆予測する技術を確認した。この技術は高性能磁石材料の候補材料絞り込みを可能にする。なお、本成果は平成30年度にThe Journal of Chemical Physics誌(IF:2.843)において発表された。2018年9月10日には日本物理学会で招待講演を、2018年9月20日には日本金属学会で基調講演を行っており、高い学術的関心を得ている。

課題項目④では、「ガラス複合化技術の開発」において、オキシフッ化物ガラスの組成設計の提案により、Erドーパ量を向上させ、良好なアップコンバージョン特性を示す透明なガラスを作製することができた。本成果はJournal of European Society誌(IF:3.794)において発表されており、学術的に高い評価を得ている。加えて、アップコンバージョン特性を示すガラスを適切な形状に設計し、デバイス化することで太陽電池の高効率化が期待できるため、本技術が持つ社会的、経済的、産業へインパクトは極めて大きいと言える。また、太陽電池の高効率化技術は、大型の企業とのコンソーシアム事業につながるが見込まれる。その他、近赤外センサーなどへの応用も期待できることから、資金提供型共同研究へもつながると期待できる。

課題項目⑤の「リサイクル炭素繊維の高付加価値マテリアルリサイクル材料の開発」において、強化繊維としては使用できないミルド状のReCFを高付加価値フィラーに変換するプロセスを実現した。さらには、短繊維のReCFを一軸配向させた再CFRPを製造するための口金治具を開発し、自動車用熱交換器として使用可能な機械特性を達成した。この技術を利用することによって、ReCFを用いた再生CFRPのさらなる機械物性向上と活用技術の展開が期待できる。ミルド状ReCFのアップサイクル材料への展開や再CFRPの信頼性向上を達成することで、炭素繊維・CFRPの資源循環を可能にする。この技術は平成29年度のポリマー材料フォーラムにおいて高分子学会広報委員会パブリシティ賞を受賞している。炭素繊維・CFRPの資源循環の実現を目指して、平成29年度、平成30年度に自動車関連メーカーとReCFを用いた再CFRPの評価技術と製造工程での品質管理技術に関して資金提供型共同研究を実施していることから、本技術がもたらす社会的、経済的インパクトが大きいことが分かる。

【課題と対応】

目的基礎研究の評価指標及びモニタリング指標はそれぞれ論文の合計被引用数と論文発表数である。それぞれの第4期最終年度の目標値を達成するために、領域の萌芽研究の仕組みを継続し、引き続き論文発表の実績を積み上げる。また、大学等との連携による科研費増額を目指す。さらに、第4期中の目的基礎研究によって創出された新しい技術シーズの集大成を図る。

中長期的には、目的基礎研究の「目的」を如何に設定するかが最も重要である。そのため、行政・産業界・アカデミアとの意見交換を積極的におこない、持続可能社会実現のための社会課題の抽出に取り組む。次に、真にインパクトのある新しい技術シーズを創出するために相応しい研究組織の構築や研究環境整備に取り組む。

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

【背景・実績・成果】

課題項目①の「セルロースナノファイバー(CNF)の製造・材料利用技術の開発」において、木質等から直接製造されるリグニンを含んだ CNF (リグノ CNF) の特性把握を進め、ゴム系複合材料の物性向上に適した表面形状特性を明らかにした。現在、植物系バイオマスの高度利活用に向け、植物材料から利活用性の高いリグノ CNF の製造方法及び特性の評価方法の開発や樹脂やゴム等との複合材料化技術が求められている。リグノ CNF を用いた複合材料の開発においては、CNF 表面でのヘミセルロースと呼ばれる成分(セルロース以外の木質成分)の積層構造が優れた機械強度を発現するための鍵となっている。平成29年度に、リグノ CNF の表面特性を評価できるセンサーを開発するとともに、リグノ CNF 表面に形成される積層構造を明らかにした。この知見を利用し、平成30年度は、樹種によるリグノ CNF の表面状態の違いを精密に解析し、さらに、柑橘由来リグノ CNF が有する生理活性物質に対する特徴的な吸着機能も明らかにした。平成31年度には、今回選定した樹脂・ゴム補強用のリグノ CNF について、低コスト製造技術の基盤を確立する見込みである。

課題項目①の「CO₂からの有用化学品製造技術の開発」の研究において、CO₂を原料としてウレタンを合成する新しい反応プロセスを開発した。ポリウレタンは、建築資材、自動車部品、塗料として幅広く利用される熱硬化性樹脂である。しかしながら、ポリウレタンの原料は猛毒かつ腐食性のホスゲン(COCl₂)を出発原料として合成されており、反応に伴って発生する塩化水素ガスの副生も課題となっている。一方、大気中に含まれる豊富なCO₂は安価で毒性が低いため、有機化合物の原料として有望である。以上の背景から、平成30年度には、CO₂を原料としてウレタンを60%以上の高収率で合成可能な反応プロセスを開発した。さらに、これらの手法が主要ポリウレタン原料に転換可能な芳香族ジウレタン類にも適用可能であることを実現した。平成31年度には、本技術を基盤として民間企業との共同研究を推進し、さらに高効率な反応剤を開発することで、より工業化に適した低温・低圧で進行する反応プロセスを実現する見込みである。

課題項目②では、「階層構造を持つナノコンポジットに関する研究(ナノ発泡ポリマー)」において、発泡ポリマーの発泡の微細化に関する研究を行った。本研究は民間企業とNEDO超先端材料超高速開発基盤技術開発プロジェクト(超超PJ)にて実施している。発泡ポリマーの平均発泡径(市販品で数10 μ m)を高い発泡倍率を維持したまま100nm以下に抑制することができれば、熱伝導率の抑制と光透過性の付与が可能になることが理論的に予測されている。しかしながら、高い発泡倍率と微細な発泡径の両立が困難であり、実現にはまだ課題が多い。小型の圧力容器による発泡実験(バッチプロセス)による新規手法の確立と、押出成形装置を用いた連続製造プロセスによる実用化に向けた取り組みが世界的に行われている。発泡の微細化には高圧での製造が有利であることから、従来にない100MPaでの使用が可能なバッチ発泡装置、押出成形装置の開発を行い、平成30年度にはバッチプロセスでは平均発泡径が100-700nm(空隙率に依存)、連続製造プロセスでは5 μ mまで微細化できることを確認した。連続製造プロセスでの値は、核剤を使用していないケースとしてはこれまでの研究報告の中でも最小値である。同じく、平成30年度には、発泡の起点となり、発泡径の微細化に有効であるとして経験的に用いられている無機添加

物“核剤”について、計算科学を用いた設計と製造、評価を行った。その結果、“核剤”とは逆に、発泡の起点にならず、気泡成長の抑制に寄与する新規添加物“アンチ核剤”の概念を見だし、発泡の微細化、均質化に効果があることを実証した。平成 31 年度には、高压化及びアンチ核剤の手法を駆使して、バッチプロセス及び連続製造プロセスにおいてポリマーの発泡構造のさらなる微細化を達成する見込みである。

課題項目③の「物質吸蔵・変換用ナノ粒子の開発」においては、近年、廃棄物中の物質を回収し再利用することや、回収した物質を変換して高付加価値品に変換する技術の要請に応えることが目的である。具体的には、アンモニア及びアンモニウムイオンを選択的に吸着する吸着材の開発を進め、カラムなどに充填して利用できる造粒体を実現した。選択的に対象物質を吸着する造粒体開発には、原子スケールでの構造の設計とともに、ナノスケールからミリスケールまでのマルチスケールで空隙構造を設計し、適切に造粒体の中を対象物質が移動できるようにすることが鍵となっている。平成 29 年度までは、ナノメートルスケールでの最適化により、粉末材料として高い吸着能を有する材料を開発した。平成 30 年度には、マイクロ～ミリスケールでの最適化として、企業と共同で造粒体を開発し、養豚場(アンモニア)及び下水処理場(アンモニウムイオン)での実証試験を実施し、それぞれ実環境下で対象物質を吸着回収することに成功した。さらに平成 31 年度には、実用化に必要な耐久性を有する造粒体を開発し、畜舎内のアンモニアを除去することで、養豚の生産効率を上げることや、養豚場周辺の悪臭低減への貢献を進める。

課題項目③の「接着・界面現象の研究」においては、航空機や自動車車体のさらなる軽量化の実現に必須な接着技術に関し、その信頼性を確保するための接合部の評価手法や接合界面特性評価方法及び表面処理法の確立、接合メカニズムの解明等を行っている。平成 28 年度に接着・界面現象研究ラボを設立し、異分野の研究者が連携して本研究開発を推進している。また平成 29 年度より NEDO 革新的構造材料等の開発プロジェクトの中の 1 テーマである、「構造材料用接着技術の開発」を実施している。平成 29 年度には、ポリプロピレン系 CFRTP (炭素繊維強化熱可塑性樹脂) の表面処理効果のメカニズムを明らかにした。平成 30 年度には、接着接合部の力学特性を表す破壊靱性値の正確な評価手法を確立すると共に接合部の評価法に関する国際規格案を提案した。さらに平成 31 年度には、ナイロン系の炭素繊維強化樹脂を接着するための表面処理技術を確立する見込みである。

課題項目③の「材料機能シミュレーション技術開発 (ナノ発泡ポリマー)」に関する研究において、高分子発泡材料の断熱機能や色合いと密接に関連している発泡サイズやその分散等の、発泡構造の予測を可能にする材料機能シミュレーション技術を開発した。機能性材料には大幅な省エネ性能や複合化による多種類の機能の発現といった性能向上が期待されている。新規機能性材料の開発を加速させるために、従来の実験と評価による試行錯誤的な工程を、計算科学手法の導入によってより効率化する試みが世界的に行われている。高分子発泡材料の発泡構造の材料依存性を予測するには、発泡プロセスのモデリングと、発泡を促進する核剤と高分子との状態を適切にモデル化するシミュレーション技術が鍵となっている。平成 30 年度に粗視化ポテンシャルの構築と発泡プロセスのモデリングに成功し、小泡が均一分散する望ましい発泡構造を実現するための核剤の材料予測に成功した。その後、先端素材高速開発技術研究組合 (ADMAT) と連携してシミュレーション結果の実験検証を行い、モデルの妥当性を確認した。平成 31 年度には、この技術をベースに、別途開発中の材料の実験画像や AI と組み合わせたシミュレーション技術をも併用する事により、発泡構造の予測性能のさらなる向上を図る。加えて、高い断熱性と透明性に優れた高分子発泡材の予測設計技術を実用化し、企業との共同研究等を通じて、この高分子発泡断熱材料の候補材料絞り込み技術の橋渡しを行う見込みである。

課題項目④の「セラミック電解質シート製造技術開発」では、高速充電が可能なモビリティ向けの次世代全固体蓄電池を目指して、領域間連携による「酸化物系全固体電池研究加速化のためのアライアンス構築 (平成 30 年度産総研戦略予算)」の下、常温付近で作動する「AIST 全固体蓄電池」向けの酸化物セラミックス電解質シートを用いた蓄電池の構造制御と部材化を早期に実現するために不可欠な難焼結性のリチウム伝導性セラミック電解質のシート化や電極との界面制御技術及び低温域での焼結化技術を検討した。平成 30 年度には、電極材料との接点を数 μm 以下で形成し、かつ、その構造を保持したまま電解質シートを 800°C 以下で製造するプロセス技術

を開発し、数 cm 角のシート部材の試作に成功した。これにより、今後の酸化物系全固体電池の作動性能の向上へ貢献できるシート部材を開発できた。また、NEDO 革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発 (RISING2) にて、カチオン移動型電池 (硫化物系電池) の正極材料の量産化技術開発を試みた。硫化物系電池は既存電池よりも高い放電容量 (500mAh/g 以上) を示すが、正極材料の量産化が困難であった。しかし、正極材料の合成時間を大幅 (従来の 1/120 以下) に短縮すると共に、ワンバッチ当たり、従来の 30 倍の合成収量が得られる新規合成技術を開発した。橋渡し後期として、昨年度より実施している「佐賀県リーディング企業創出支援事業」にて、産総研で開発した全固体蓄電池向けの電解質シート製造技術を活用し、企業の量産機にて全固体電池向けリチウム伝導セラミック電解質シート部材の製造を検討し、企業で試作したシート部材を第 3 回高機能セラミックス展 (12/5-12/7) にて企業ブースにて展示し、電池製造メーカー等のユーザー企業への企業からの試作品提供に向けた商談や試作品のアピールを実施した。平成 31 年度には、全固体蓄電池の中で難易度の高い酸化物シート蓄電池の試作実現へ展開する見込である。

課題項目④の「磁気冷凍材料の開発とシステム化」においては、従来の代替フロンガスを利用した冷凍システムに代わり、固体材料による冷凍システムを構築することを目的として、固体材料における材料設計の最適化とシステム化を行った。近年、磁気による熱変化を用いたノンフロン、かつ省エネルギーの磁気冷凍技術が期待されている。第 4 期を通して、従来の磁気冷凍材よりも高い性能を有する $\text{La}(\text{Fe-Si})_{13}\text{H}$ の開発を進めてきた。加えて、 $\text{La}(\text{Fe-Si})_{13}\text{H}$ は冷凍材料として機能する温度 (転移温度) を水素添加量によって変化させることが可能であることも明らかにしてきた。平成 27 年度には、焼結プロセスと低酸素処理を組み合わせた手法により、従来の熔融凝固法に比べ、1/10 の短時間で材料合成に成功し、材料の性能と製造における安定性が向上した。その一方で、この材料を部材化して冷凍システムを構築する際の課題を抽出し、水素スプリット問題を解決することが大きな課題の一つとなった。水素スプリットとは、この材料を転移温度に長時間置いておくと水素が拡散し、材料内で水素濃度が異なる領域ができることにより、冷凍出力が低下する現象であり、これを抑制する必要がある。平成 30 年度には、結晶粒径の制御が可能でかつ冷凍出力を低下させない添加元素の発見によって、水素スプリットを抑制することが可能となった。さらに、平成 31 年度には、これまで磁気冷凍システムの課題であった低磁場下においても従来と同等性能を出せる材料を開発するとともに、粒子制御をさらに追及し水素吸収法を改善して水素スプリットを完全に停止させる見込みである。

課題項目⑤の「難燃性 Mg 合金による高速鉄道車両部分構体の試作・信頼性データベース (DB) の構築」において、NEDO 委託事業「革新的新構造材料研究開発」で開発した新たな難燃性 Mg 合金を使用して、当該プロジェクトメンバーの一員として、オール Mg 合金製の高速車両構体の実寸大断面 (長さ 1m) の簡易モックアップの作製を完了させた。本材は Al 合金製構体と比較して 30% の軽量化が可能であり、難燃性 Mg 合金構体の適用が高速車両構体の軽量化に資することを確認した。現在、難燃性 Mg 合金を用いて構体を設計するために必要となる各種信頼性 (疲労特性・耐食性) DB を構築中である。平成 31 年度には、開発した合金 (母材及び継手) の平面曲げ疲労特性及び電気化学的特性を系統的に取得する予定である。

課題項目⑤の「電磁攪拌を用いたアルミニウム合金の組織微細化」においては、微細化剤を使用しない新たな鑄造組織微細化技術の開発を行った。鑄造合金の強度を向上させるため、鑄造時に微細化剤を添加することで、微細な構造を発生させるという方法が用いられている。しかし、微細化剤は、リサイクル時には分離、除去といった処理が必要となる。省資源・省エネルギー・リサイクルに対する関心が高まる中で、微細化剤添加法に代わる組織微細化技術が求められる。平成 29 年度までに円形断面の鑄造材 ($\phi 90\text{mm}$) において、一般的な微細化手法である微細化剤添加を上回る微細化を実現した (微細化剤使用 : 粒径約 $70\mu\text{m}$ 、電磁攪拌付与 : 粒径約 $50\mu\text{m}$)。平成 30 年度には、より生産量の多い矩形断面鑄造材への本プロセスの適用を検討し、材料全体を均一微細とするための条件を明らかとした。これらの結果を受け、プロジェクト内企業 (株式会社 UACJ) において実用化に向けた検討が開始された。平成 31 年度は、本プロセスを実生産サイズへ適用するために必要となる要素技術開発・装置開発を行う。

【成果の意義・アウトカム】

課題項目①では、「セルロースナノファイバー(CNF)の製造・材料利用技術の開発」の研究において、木質原料からパルプ化を経ずに直接製造したリグノ CNF の形状特性及び表面特性を明らかにし、CNF によるゴム補強技術の基盤を確立した。また、ミカンの皮から抽出したリグノ CNF が持つ特異的な表面特性を見出し、新規機能性材料への展開も進めた。これにより従来よりも優れた強度を持った樹脂やゴム製品を作り出すだけでなく、現在までほとんど産業利用されてこなかったミカンの皮を資源として活用できることが可能となった。本成果に関連する論文は、H30 年度の国際誌の表紙に選定されており、学術的評価も高い。また、これまでの CNF に対する取り組み成果を基盤に、CNF の社会実装を加速する産学官連携の場として、「なのセルロース工房」(23 機関参加)を、産総研中国センター内に立ち上げ、産業界へ技術の橋渡しを推し進めた。

課題項目①では、「CO₂からの有用化学品製造技術の開発」の研究において開発した反応プロセスによって、従来のアセタールを利用する反応プロセスでは達成できなかった CO₂ とアミンからの芳香族ウレタン合成が可能になった。芳香族ウレタンは、既存の手法を用いて、大きな市場規模を持ったポリウレタン原料である芳香族イソシアネートへと変換可能であり、ホスゲン代替として CO₂ を利用したポリウレタン原料合成技術を確認したといえる。また、本技術で利用するチタンアルコキシドまたはシリケートは反応終了後にアルコールを用いて容易に再生・再利用が可能であり、省エネルギーや環境負荷の低減の面でも優れた特性を持つ。平成 30 年度において、本技術に関する論文は、我が国の代表的な国際化学ジャーナルである Bulletin of the Chemical Society of Japan 誌 (IF 3.526)、グリーンサステイナブルケミストリー分野において著名な国際ジャーナルである ACS Sustainable Chemistry & Engineering 誌 (IF 6.140) に掲載された。さらに、本技術の開発で得られた知見を元に、民間企業との共同研究を前提とした競争的研究資金プログラムである「NEDO 先導研究プログラム/未踏チャレンジ 2050」(2,000 千万円/年、期間 3~5 年間)を獲得しており、学術的、社会的にも大きな注目を得ていると言える。

課題項目②では、「階層構造を持つナノコンポジットに関する研究(ナノ発泡ポリマー)」において、発泡ポリマーの平均発泡径の微細化に取り組み、従来にない高圧(100MPa)の利用を可能とする装置の開発を行い、バッチプロセスで数 100nm、連続製造プロセスで 5 μ m の平均発泡径を達成した。連続製造での値は、核剤を使用していないケースとしてはこれまでの研究報告の中でも最小値である。また計算科学の活用により、従来の概念と異なる発泡微細化のための添加剤“アンチ核剤”の概念を提案し、実際の発泡ポリマーでの実証を行った。この成果は従来、勘と経験と多数の実験により行われてきたポリマーの成形加工に関する研究開発を効率化、迅速化したものであり、光透過性断熱材料の開発の加速に繋がる。軽量で柔軟性の高い光透過性断熱材料は、窓からの熱放散を防ぐ断熱材として有望であり、住宅や自動車の省エネルギーに貢献できる。本成果の社会的関心も高く、平成 30 年 11 月、日刊工業新聞、化学工業日報にて報道されている。

課題項目③の「物質吸蔵・変換用ナノ粒子の開発」において、アンモニア及びアンモニウムイオンを選択的に吸着する造粒体を開発した。これにより、大気及び汚水中の窒素分除去を実現した。アンモニアについては、畜舎周辺の悪臭対策に有効であり、アンモニウムイオンについては、下水中窒素分の資源化が期待できる。なお、本技術は平成 28 年度の国際ナノテクノロジー総合展・技術会議においてプロジェクト賞(ライフナノテクノロジー部門)を受賞している。

課題項目③の「接着・界面現象の研究」では、接着・界面現象研究ラボを設立し、研究拠点の構築を進めた。自動車や航空機用の構造接着剤の市場規模は、世界で 2028 年頃には 2 兆円になると予測されている。そこで接着・接合技術コンソーシアムを平成 28 年度に設立し(平成 31 年 1 月現在 77 社参加)、接着技術に関わる情報交換と共通基盤的な技術課題について議論する場を産業界に提供してきた。現状では、自動車や航空機用の構造接着技術の実用という観点では日本はヨーロッパに遅れているが、本活動を通じて、接着・接合技術の強化を図り、当該分野での産業競争力の向上に貢献する。平成 29 年度より複数の企業が参画する資金提供型共同研究を開始して平成 30 年度まで熱応力変形に関する研究テーマを実施した。平成 30 年度は、応力発光を用いた接着接合部評価手法に関する研究でヨーロッパの構造接着学会のベストオーラルプレゼンテーション賞受賞している。平成 29 年には「国際標準化による樹脂/金属異種材料接合体の海外事業展開」で経済産業大臣賞を受賞しており、学術的及び社会的にも高い関心を得ている。

課題項目③の「材料機能シミュレーション技術開発(ナノ発泡ポリマー)」において、発泡プロ

セスのモデリングと、核剤と高分子の親和性を含めた粗視化ポテンシャルの適切な構築を達成した。それにより高分子発泡材の発泡構造の予測する技術を確立した。この技術は所望の高分子発泡構造を実現するために必要な高分子と核剤の候補材料絞り込みを可能にすることで、材料開発に要する時間を大幅に短縮することに繋がる。なお、本技術は、社会ニーズの関心も高く、NEDOの超超PJにおいて、ADMATと共同で開発したものであり、平成30年度に化学工業日報などで報じられた。

課題項目④の「セラミック電解質シート製造技術開発」の研究において、電解質部材としての酸化リチウムイオン伝導性セラミックスのシート作製技術、大型シートを低温で焼成する技術、急速充放電性能向上に必要なマイクロ～マクロでの界面の形状制御技術に関して、基盤技術を確立した。これらの技術は、電動化が進む自動車等の移動体などで必要とされる急速充電が可能な安全性の高い次々世代型の酸化物系全固体蓄電池の実現を加速させる。また、電池試作が進む次世代電池の一つである、カチオン移動型電池（硫黄系）材料を従来よりも安全かつ大量に合成可能なプロセス技術を検討し、従来、mgオーダーの少量合成しかできなかった正極材料合成のスケールアップ条件を見出した。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されており、企業での全固体電池開発に必要な部材供給を可能にする本技術は省エネ社会の実現に大きく貢献するものである。今後、原料メーカーやユーザー企業と連携し、移動体用の次世代蓄電池試作へ向けた開発展開を加速する。

課題項目④の「磁気冷凍材料の開発とシステム化」の研究において、従来の1/10の時間で磁気冷凍部材を製造できるプロセス開発に成功するとともに、課題となっていた水素スプリット問題とそれに伴う特性低下を解決する手法を見出した。これにより、低磁場において高出力な磁気冷凍部材の開発が可能となった。この技術は、従来の代替フロンによる冷凍システムに代わり得る、磁気冷凍システムの確立へ大きく貢献するものである。フロンフリー、さらには従来の冷凍システムに比べて省エネルギーという特性が見込まれる磁気冷凍システムの開発は、社会的関心や産業界からのニーズも高く、本技術は民間企業との共同研究によって、外部資金4,000万円（平成29年度-平成30年度）を獲得し、また、公的資金・NEDO・エネルギー・環境新技術先導研究プログラムに採択された（平成30年度1800万円）。また、学術的評価も高く、科研費・基盤B（平成30年度直接経費800万円）を獲得した。加えて、永井財団・学術賞を受賞している（平成27年度）。国際会議の招待講演5件（平成27年度-平成30年度）、うち1件はプレナリー講演（H30年度）であった。特許出願は3件であり、内1件は国内登録、2件は特許協力条約（PCT）出願である。

課題項目⑤の「難燃性Mg合金による高速鉄道車両部分構体の試作・信頼性DBの構築」においては簡易モックアップ構体の製造や信頼性DBの構築を通じて、開発した合金のための基礎技術（素形材製造・接合・表面処理・設計）を構築しつつあり、当該合金を高速車両構体の構造部材に適用することで、高速車両構体の抜本的な軽量化が期待される。本技術は省エネ化に大きく貢献するものであり、プレスリリース（NEDO, 2018/06/12）後、日本経済新聞等7紙で報道され、その実用化が高く期待されている。

課題項目⑤の「電磁攪拌を用いたアルミニウム合金の組織微細化」の研究において、微細化剤を用いない新たな鑄造組織微細化技術の開発を行い、従来の微細化剤添加法と同等以上の微細化を可能とした。一般に高価なレアメタルで構成される微細化剤は、リサイクル時には不純物と見なされ分離除去の対象となる。微細化剤を用いない本プロセスの開発により、アルミニウム合金の製造コスト・リサイクルコストの低減を可能とし当該材料の更なる使用拡大が期待される。産業界においても本技術に関する関心は高く、平成27年度より株式会社UACJに技術移転を行い、実用化を進めてきた。平成30年度には、これまでの取り組みが評価され、株式会社UACJと冠ラボを設立、共同研究を実施している。

【課題と対応】

橋渡し前期研究の評価指標である実施契約件数については、第4期最終年度目標を達成するため、有望な産総研特許の企業へのPRを検討する。また、有償試料提供の実績を上げるために、試作体制の充実を目指す。材料・化学領域の橋渡し前期研究では、国プロジェクトによる研究開

発が中心である。プロジェクトで定めた目標を達成すべく責任を果たす。

中長期的には、領域の知財マネジメントの強化が最大の課題である。そのため、パテントオフィサーが領域の研究課題設定から係わり、真に有効な知財の創出を目指す。また、国プロジェクトの提案や推進を積極的に行う。

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

【背景・実績・成果】

課題項目①の「砂からテトラアルコキシシランを製造する方法」の研究においては、テトラアルコキシシランの新たな合成法を開発した。テトラアルコキシシランは、無機ケイ素材料の原料として幅広く利用されている基幹物質であり、その製造方法の省エネルギー・低コスト化は市場に与えるインパクトも大きい。現在の工業的なテトラアルコキシシランの製造では、その第一段階において出発原料である天然のケイ石を高温で炭素と反応させて金属ケイ素に還元する必要があるが、これは金属ケイ素1トンあたり14000 kWhもの大量の電気エネルギーを消費し、同時に二酸化炭素も大量に排出する事が課題となっている。そこで、本研究では、金属ケイ素を経由しない新たな有機ケイ素化学品製造方法の開発を目指して、砂などの安価なケイ素源（シリカ）から直接テトラアルコキシシランを合成する技術の開発に取り組み、原料のシリカを基準として70%以上の高い変換率で直接合成可能な反応プロセスの開発に成功した。テトラアルコキシシランをシリカから直接的に高い効率で合成するには、化学平衡の制約によって、反応の進行方向がシリカに逆戻りすることが圧倒的に有利となっている系を制御し、目的物であるテトラアルコキシシランが生成する方向に平衡をシフトさせることが鍵となっている。平成28年には、化学平衡をシフトさせる手段として、反応システムの中に副生成物である水を、無機脱水剤を用いて継続的に除去できるユニットを組み込んだプロセスを設計し、砂や燃焼灰などの安価なシリカとアルコールを原料として、シリカを基準で70%以上の高い変換率でテトラアルコキシシランを直接製造することに成功した。平成30年度には、反応条件の最適化によって反応効率をさらに向上させるとともに、プロセスシミュレーターを用いた製造コストやプロセスのエネルギー評価を行い、開発した新製造方法が現状の工業的プロセスに対してコスト優位性を持ち、二酸化炭素排出量をおよそ半減できる可能性があることを明らかにした。さらに平成31年度には、工業的実施可能性の検証を視野に、さらなるスケールアップを共同研究先企業と進め、安価に入手可能な砂・灰などを原料として反応率70%以上の実現を見込む。

課題項目②の「耐熱性ガスバリアフィルムに関する研究」において、粘土鉱物と樹脂からなるナノコンポジットフィルム(クレースト®)の開発を進めた。平成29年度までに、木材由来のリグニンを耐熱性樹脂として用い、市販の耐熱ガスバリアフィルムよりも10倍程度高いガスバリア性を有する画期的なフィルムを開発した。加えて、同フィルムの連続生産技術を開発し、高いガスバリア性に起因する残存溶剤の課題を克服することで、電子基板用銅箔積層フィルムの生産に成功した。平成30年度には、銅箔積層フィルムを基にした模擬基板を試作した。また当該基板の回路パターン形成や耐熱性能を評価し、耐熱ガスバリアフィルムが電子基板の基本性能を具備することを確認した。平成31年度には、電子機器用回路基板の製造工程試験を行い、量産化に向けた課題の抽出を行う予定である。

課題項目②の「ナノ空孔材料を利用した分離システム」において、規則的ナノ細孔を有し高い熱的・化学的安定性をもつ高シリカチャバザイト型ゼオライト(CHA)を薄膜形成する研究を進め、水及び二酸化炭素に対して高耐久性かつ高分離性を有するゼオライト膜の開発と、その大面積化を実現した。現在のところ、ゼオライト膜の実用例はアルコール脱水に限られているが、これは膜の耐久性が乏しいためである。耐久性に加え、高い透過性と分離性が必要なので、ゼオライトを、1ナノメートル以上のピンホールのない緻密な薄膜へと合成する技術が必要となる。平成29年度までに従来の1/15の時間でCHA膜を製造できる画期的な膜製造技術の開発に成功し、さらに、二酸化炭素分離膜として機能することを確認した。その後、プロセスで使用可能な長尺膜の製造技術について企業と共同開発を進め、平成30年度には複数のCHA膜を束ねた膜モジュールの開発を実現した。平成31年度には、バイオガス発酵プロセスでの実証試験を開始し、副

生物の影響等の課題を抽出し、その解決に取り組む見込みである。

課題項目③の「スーパーグロース法単層カーボンナノチューブ (SGCNT)を用いた長寿命・高耐熱・高耐圧 O リングの開発」では、NEDO プロジェクト「ナノカーボン応用製品創製プロジェクト (2002~2005 年度)」において、産総研は、2004 年に高純度、長尺、高比表面積で、分散性に優れた単層 CNT の合成法であるスーパーグロース法を開発した。そして、NEDO の支援を経て、2015 年に日本ゼオン株式会社 (日本ゼオン) がこの合成法による単層 CNT を量産化に成功した。その後、2017 年から産総研、日本ゼオン、サンアロー株式会社 (サンアロー) の 3 者で構成される日本ゼオン・サンアロー・産総研 CNT 複合材料研究拠点において、CNT とさまざまな複合材料の製品化を目指した研究開発が進められてきた。特に、CNT とゴムの複合材料については、これまでに、窒素雰囲気下 420 °C で 3 時間加熱しても形状を維持できる単層 CNT 含有ゴム複合材料を開発した (2017 年 6 月 8 日 産総研プレス発表)。平成 30 年度、日本ゼオン・サンアロー・産総研 CNT 複合材料研究拠点では、ゴムに高度なネットワーク構造を保ったまま CNT を分散させることで形状維持性を向上させ、かつ CNT を添加した際の課題であった圧縮永久ひずみの劣化の課題を解決することで、市販品フッ素ゴム (FKM) 材料の 3.5 倍の耐久時間を有する、長寿命・高耐熱・高耐圧の優れた性能を持つシーリング材を製品化した。本製品は、平成 30 年 10 月 1 日からサンアローから「SGOINT (スゴイン) -O リング」の名称で、FKM と同等の価格帯で販売開始された。平成 31 年度は、日本ゼオン・サンアロー・産総研 CNT 複合材料研究拠点からシリコンゴムを母材にした製品、および導電性樹脂を用いた成形品の商品化を予定している。

課題項目④の「コアシェルナノ粒子の開発と構造色の発現」では、酸化物粒子の粒径が揃っていることを利用したて部材の新規な加飾応用を目指した「コアシェルナノ粒子の開発と構造色の発現」の研究を実施した。従来の構造色用粒子の屈折率は 1.5 と粒子を固定化するための樹脂とほぼ同じであることから、固定化することにより構造色が出ないという課題があった。企業との共同研究によりナノ粒子の量産技術を開発すると共に (コアシェル型ナノ粒子の物質や製造方法、その応用などに関する特許の実施契約を締結済)、平成 29 年度は、平均粒径が 200nm 及び 250nm のコアが酸化セリウム、シェルがポリマーであるコアシェルナノ粒子を用いて粒子と粒子が揃っていることからそれらの短距離秩序に基づき色素に由来する色でない構造色 (紫や緑など) が発現するコロイドアモルファス集合体の作製に成功した。当該粒子の屈折率 (約 2.1) は従来の構造色用粒子 (屈折率約 1.5) よりはるかに大きく前記課題を解決できた。当該開発したコアシェル型ナノ粒子による構造色の利用・応用をさらに進めるために、平成 30 年度は、コアシェルナノ粒子を規則配列させ、これを樹脂で固定化するプロセスを開発し、従来粒子では固定化しない場合角度依存性のある構造色を示すところ固定化により失色するが、コアシェルナノ粒子では固定化しても青色及び緑色の角度依存性のある塗膜を実現した。さらに平成 31 年度には、より大きい粒径のコアシェルナノ粒子を使って、当該技術を適用し、赤色の構造色の発色を目指しながら、当該粒子を使った構造色塗膜の実用化に至る見込みである。

課題項目⑤の「パワーモジュール用窒化ケイ素メタライズ基板の信頼性評価技術開発」において、温度サイクル試験における構成部材の損傷機構の解明と加速劣化試験法としての動的疲労試験法の開発を進め、対象とする部品を低温槽と高温槽間で移動させる従来の方法に比べて、損傷評価時間を約 1/100 に短縮できる手法を実現した。半導体素子の高温動作、素子からの放熱と外部との絶縁を高い信頼性で実現するため、高出力パワーモジュールにおいては、セラミックスを絶縁層としたメタライズ基板の役割がますます重要となっている。メタライズ基板とは、導体回路層とセラミック基板を活性ロウ材を用いて接合させた部材であり、半導体素子から冷却プレートへの高い熱伝達性と絶縁性を実現させている。特に、近年の素子の高出力化、高温動作化や動作環境の高温化に伴い、苛酷な温度サイクル下での部品の劣化損傷機構の解明、さらには、それに基づく加速劣化試験の開発が強く求められていた。平成 29 年度には温度サイクル試験時の部品の損傷がセラミック部に生じる引張り熱応力に起因することを明らかにした。この知見に基づき、平成 30 年度においては、動的疲労試験時の治具形状、最大荷重、繰り返し応力を印加する周期時間などのパラメータを系統的に検討し、温度サイクル試験におけるメタライズ基板の耐損傷性と高い相関を示す加速劣化試験法の開発した。さらに平成 31 年度には、共同研究先と開発した耐温度サイクル性に優れる銅板などを用いた次世代メタライズ基板に対して、当該加速劣

化試験方を適用することにより、長期信頼性の評価までを実施する。

【成果の意義・アウトカム】

課題項目①の「砂からテトラアルコキシシランを製造する方法」の研究において、砂などの安価なケイ素源（シリカ）から直接テトラアルコキシシランを合成する技術の開発に成功した。この技術が実用化されれば、ケイ素基幹物質の製造プロセスの省エネルギー化と同時に低コスト化が実現し、市場規模の拡大・新産業分野への応用の可能性が期待される。本成果は、平成 28 年 10 月 25 日と平成 26 年 5 月 20 にそれぞれ、産総研・NEDO 共同プレス発表を行っており、新聞 5 紙に報道され、また Web 版の産経ニュース(平成 27 年 1 月 3 日)において「スゴ技ニッポン」として取り上げられており、社会的関心の高い技術であることが分かる。

課題項目②の「耐熱性ガスバリアフィルムに関する研究」において、種々のバインダーと粘土鉱物を用いた耐熱ガスバリアフィルムを製品化研究を実施した。その結果、第 4 期においては、非常に高い水蒸気バリア性を有する標準ガスバリアフィルムを開発した。この標準ガスバリアフィルムは、フレキシブル有機 EL ディスプレー用フィルムの開発を後押しするものである。また、耐熱ガスバリアフィルムを振動版に用いたハイレゾスピーカーも製品化した。なお、耐熱ガスバリアフィルムに関して、平成 30 年度において、耐熱ガスバリアフィルムに関する論文が日本粘土学会の優秀論文賞を受賞した。さらに、本ガスバリアフィルム用粘土について ISO 規格を開発中である。ガスバリアフィルムの成果が、新たなバリアフィルム材料の開発に係る民間企業との共同研究（共同研究費 1,300 万円）につながるなど、企業からの関心は高い。

課題項目②の「ナノ空孔材料を利用した分離システム」の研究において、高い二酸化炭素分離性能をもち、熱的・化学的に安定な CHA 型ゼオライトの薄膜形成方法を開発した。また、プロセス化に不可欠な大面積化技術を企業と共同開発した。これまで実プロセスに使用できる大面積ゼオライト膜は耐久性に乏しい A 型ゼオライトのみだった。しかし、この技術はゼオライト膜の利用プロセスをバイオガス分離、酢酸の脱水などに拡大し、化学工業等における分離プロセス（蒸留）の刷新と省エネ化を可能にする。本技術に対する企業からの関心も高く、平成 27 年度～平成 30 年度における本技術の成果は、獲得研究資金 3,852 万円（うち企業資金 2,220 万円）、特許出願 2 件、誌上发表 8 報、特許実施 1 件、試料提供 1 件である。

課題項目③の「スーパーグロース法単層カーボンナノチューブ（SGCNT）を用いた長寿命・高耐熱・高耐圧 O リングの開発」において、ゴムに高度なネットワーク構造を保ったまま CNT を分散させることで形状維持性を向上させ、かつ CNT を添加した際の課題であった圧縮永久ひずみの劣化の課題を解決することで、市販品 FKM 材料の 3.5 倍の耐久時間を有する、長寿命・高耐熱・高耐圧の優れた性能を持つシーリング材を製品化した。本製品は、化学プラント、発電、石油掘削用途などの高温・高圧となる過酷環境下でのシーリング材の交換頻度低減と管理コストの削減に貢献することが期待される。なお、本技術は平成 30 年 9 月 13 日、「長寿命・高耐熱・高耐圧 O リングを開発、販売開始へー 世界初、スーパーグロース法で量産された単層カーボンナノチューブ応用製品 ー」というタイトルで、産総研・サンアロー・NEDO 三機関の共同でプレス発表され、化学工業日報、日刊工業新聞、電波新聞、経済産業省 METI Journal に掲載された。製品は 10 月 1 日から販売が開始され、企業からの問い合わせが 60 件あり、試料提供・販売 25 件を実施した。

課題項目④では、「コアシェルナノ粒子の開発と構造色の発現」の研究において、平均粒径が 200nm 及び 250nm のコアシェルナノ粒子を規則配列させたコロイド結晶を樹脂で固定化する技術を開発した。それにより、部材の新規な加飾応用を目指し構造色が求められている中、従来のシリカやポリマー粒子では実現できなかった、固定化しても構造色を発現する技術を確立できた。この技術は、コアシェルナノ粒子からなるコロイド結晶を樹脂で固定化しているため、十分な膜強度を有しており、構造色の特長である紫外線に晒されても退色しないなどの新しい加飾を探索している化粧品分野、自動車等の加飾分野、樹脂製品の加飾・装飾分野などへの新しい塗料としての応用を可能にする。本技術に関する産業界からの関心も高く、コアシェルナノ粒子に関する知財アセットとして特許 9 件、ノウハウ 1 件を構築し、民間企業と実施契約を締結しており、これまでに 520 万円(2010 年からの通算)の知財収入(情報開示、実施許諾等)がある。民間企業から提供された当該粒子を使って各種技術開発が行われ、企業や大学などの研究者により当該粒子を

使った技術開発に関して学会発表なども複数件行われた。また、コアシェルナノ粒子に関する技術は、学術的にも高い評価を得ており、平成 25 年度の日本ファインセラミックス協会技術振興賞を民間企業と共同で受賞している。

課題項目⑤の「パワーモジュール用窒化ケイ素メタライズ基板の信頼性評価技術開発」において、温度サイクル試験に要する時間を約 1/100 に短縮可能な加速劣化試験法の開発に成功し、「4 点曲げ疲労試験治具及び疲労試験装置ならびに加速劣化試験方法」として特許出願（特願 2017-075472）を行なった。本手法では、例えば、従来の方法で約 3 ヶ月の期間を要した 3,000 回の温度サイクル試験（産業機器等の信頼性評価として一般に求められているサイクル数）を 1 日で終わらせることができ、メタライズ基板の信頼性評価、及び、それに基づく部品開発の期間を大幅に短縮することが可能となった。産業機器や大型白物家電、自動車、鉄道、新エネルギーの分野で電力制御のため用いられるパワーモジュールは、今後ますます高出力化、高電流密度化する傾向にあり、メタライズ放熱基板にはより高い熱的・機械的信頼性が求められる。本評価法は、基板の長期信頼性評価にかかる時間を大幅に短縮することが可能であり、次世代パワーモジュールの開発に大きく貢献することができる。なお、本加速劣化試験法については、実装学会で招待講演を受けるなど産業界から高い注目を集めている。

【課題と対応】

橋渡し後期研究の評価指標は民間資金獲得額である。第 4 期最終年度の目標を達成するため、冠ラボなどの大型企業共同研究の新規契約を目指す。また、橋渡し後期研究では事業化まで繋げた成果が求められる。これに応えるため、領域職員が企業の事業化まで関与する体制を検討する。

中長期的には、日本全体のエコイノベーションシステムの中で、産業界とりわけ素材・化学産業界から信頼される研究組織になることが最大の課題である。そのために、技術移転の実績を積み上げるとともに、大学等との連携により、産業界の長期的かつ根源的な課題に応える骨太の研究開発を目指す。

4. 前年度評価コメントへの対応

世の中の流れ、産業界のニーズ全体の中での研究の位置づけの明確化

対応) 第 5 期研究戦略検討ワーキンググループを設立し、領域の保有する技術シーズを精査・分類するとともに、企業ヒアリングによって産業界のニーズ調査を行った。産業界において求められている、もしくはこれから求められる課題に対して、領域の保有する技術がどのように貢献できるかを明確化することで、材料化学領域が進める研究の社会の中での位置づけをより明らかなものとした。

非連続的研究とともに改良型研究、市場開拓型研究の実施

対応) 材料評価技術を基にした技術コンサルティングの活用を推し進め、コンサルティングによって得られた企業ニーズに関する情報を集約することで、企業の求める技術や今後の業界の動向を分析した。これらの結果から「材料診断拠点の構築」といった新たな研究戦略テーマを見出した。

大学と企業の研究分野の違いを埋める研究

対応) 企業の名称を冠した連携研究室（例えば平成 30 年度設立の UACJ 冠ラボ）を産総研内に設置することで、製品開発や人材育成といった企業のニーズに、より特化した基礎及び応用研究開発を遂行した。

特許収入増額への取組

対応) 特許に関する戦略を明文化した「材料・化学領域 知的財産ポリシー」を制定し、領域ワークショップ等を通じて、領域の研究者への周知を図った。

企業へのアピールの具体的方法と成果の見える化

対応) 領域長と企業 CTO クラスとのトップセールスやテクノブリッジフェアでの展示により、技術シーズの広報を図る一方、Nanotech 2019、JASIS 2018 といった国内最大規模の展示会へ参加し PR を行った。これらのイベントでは産総研の共同研究や技術コンサルティング制度についてもアピールを行うことで、特に技術コンサルティングに関する契約の締結に顕著な効果が得られた。

地域連携センターの連携強化

対応) 機能化学部門長の中国センター常駐化を行うことで、経験豊富な人材による地域センター機能の強化を図った。地方公設試との連携や、「なのセルロース工房」の設立といった、地域センターの強みを生かした活動を推し進めた。

女性研究者の比率向上

対応) 平成 29 年度に引き続いて女子大学院生・ポスドクと産総研女性研究者との懇談会を開催し、学生及びポスドクへの広報を推し進める一方、領域所属の女性研究者による学会誌上での PR を行った。

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
平成30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

前年度評価委員からの主なコメント

- 世の中の流れ、産業界のニーズ全体の中での研究の位置づけの明確化
- 現在行っている研究の全貌がわかる工夫
- 非連続的研究とともに改良型研究、市場開拓型研究の実施
- 大学と企業の研究分野の違いを埋める研究
- 特許収入増額への取組
- 地域センターの強化
- 企業へのアピールの具体的方法と成果の見える化
- 女性研究者の比率向上

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

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発展に起因する「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

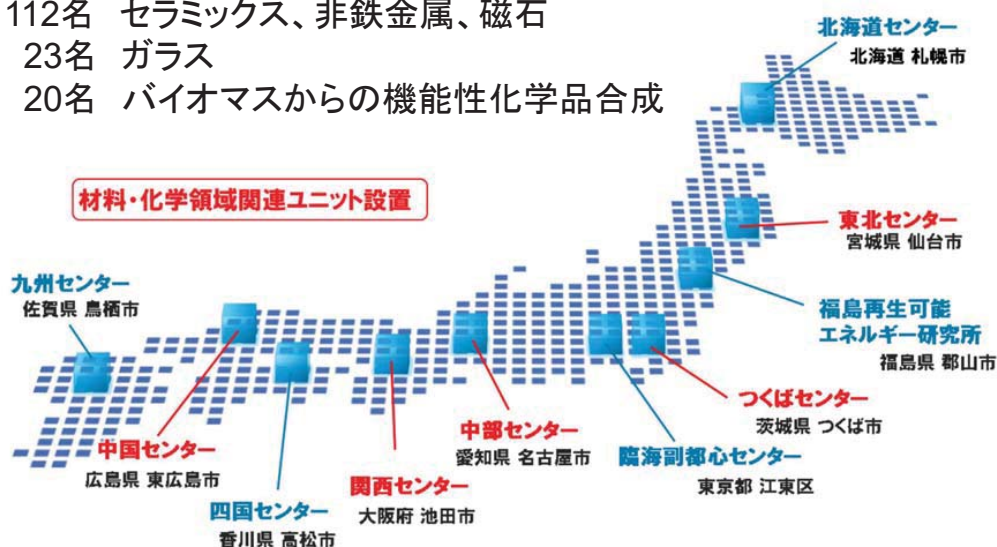
材料・化学領域の研究ユニット

| 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 | 機能化学RI (つくば、中国) 部門長: 北本大 研究職員数: 51 | 触媒化学融合RC (つくば) センター長: 佐藤一彦 研究職員数: 48 |
| ② 化学プロセスイノベーションの推進 | 化学プロセスRI (東北、つくば) 部門長: 古屋武 研究職員数: 45 | |
| 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 (つくば) 部門長: 佐々木毅 研究職員数: 48 | ナノチューブ実用化RC (つくば) センター長: 畠賢治 研究職員数: 23 機能材料コンピューテーショナルデザインRC (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 | 無機機能材料RI (中部、関西) 部門長: 松原一郎 研究職員数: 57 | 磁性粉末冶金RC (中部) センター長: 尾崎公洋 研究職員数: 24 |
| 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 (中部) 部門長: 吉澤友一 研究職員数: 52 | (平成30年12月14日現在) |

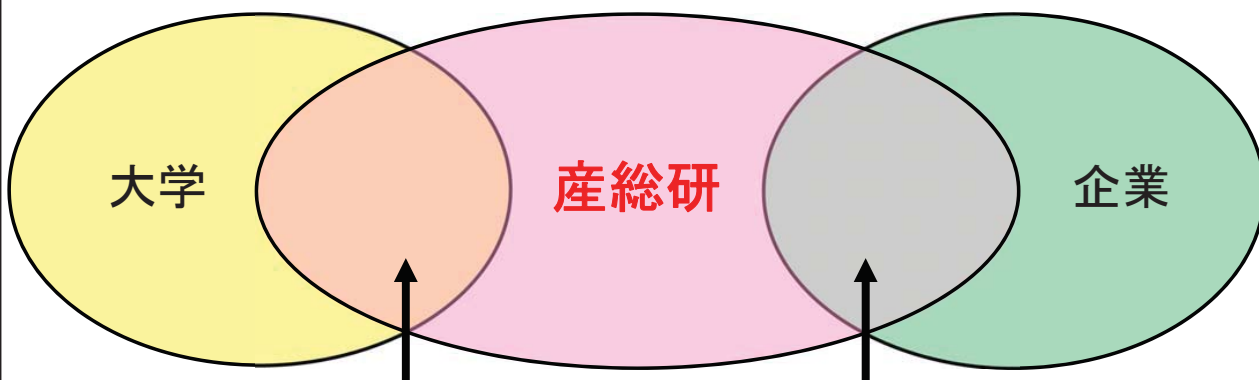
材料・化学領域の研究職員数：415名 (平成30年12月14日現在)

つくばセンター 229名
 地域センター 186名

東北センター 29名 クレースト、高圧CO₂利用技術
 中部センター 112名 セラミックス、非鉄金属、磁石
 関西センター 23名 ガラス
 中国センター 20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

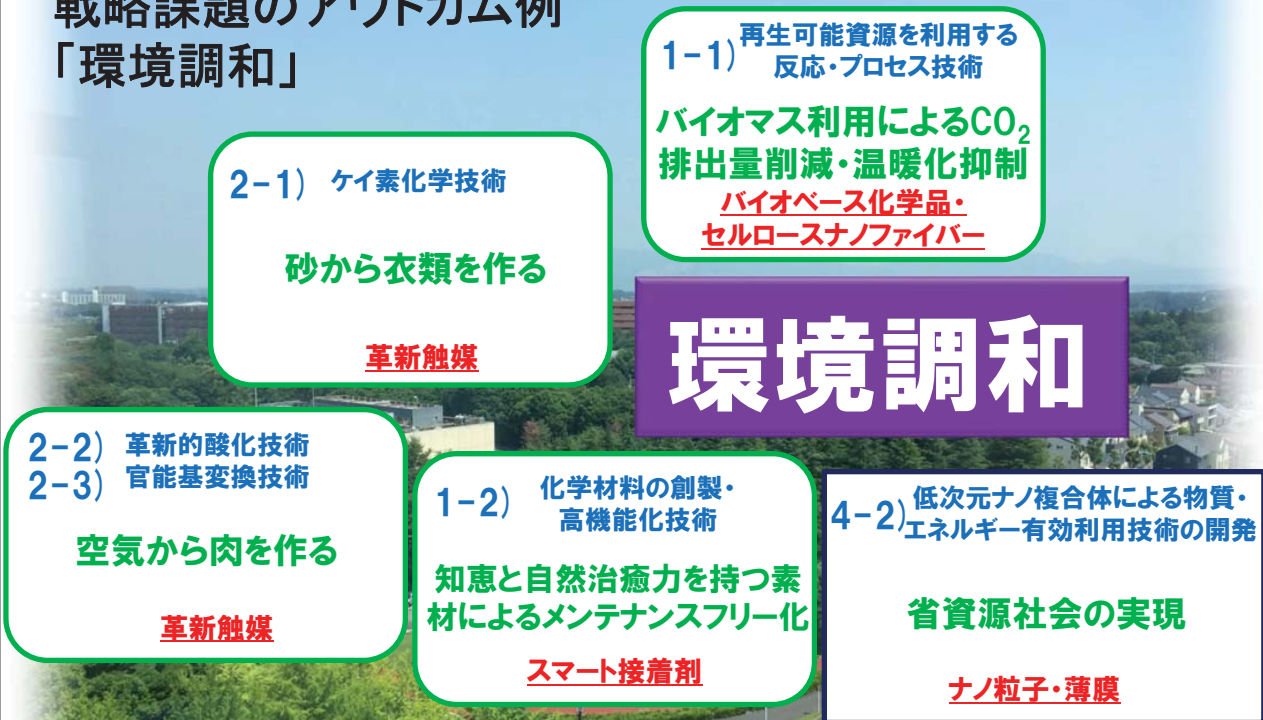
産総研内に企業名を冠したラボを設置：「冠ラボ」

- ◆ UACJ-産総研 アルミニウム先端技術連携研究ラボ(平成30年度新設)
- ◆ 合計6件

戦略課題のアウトカム



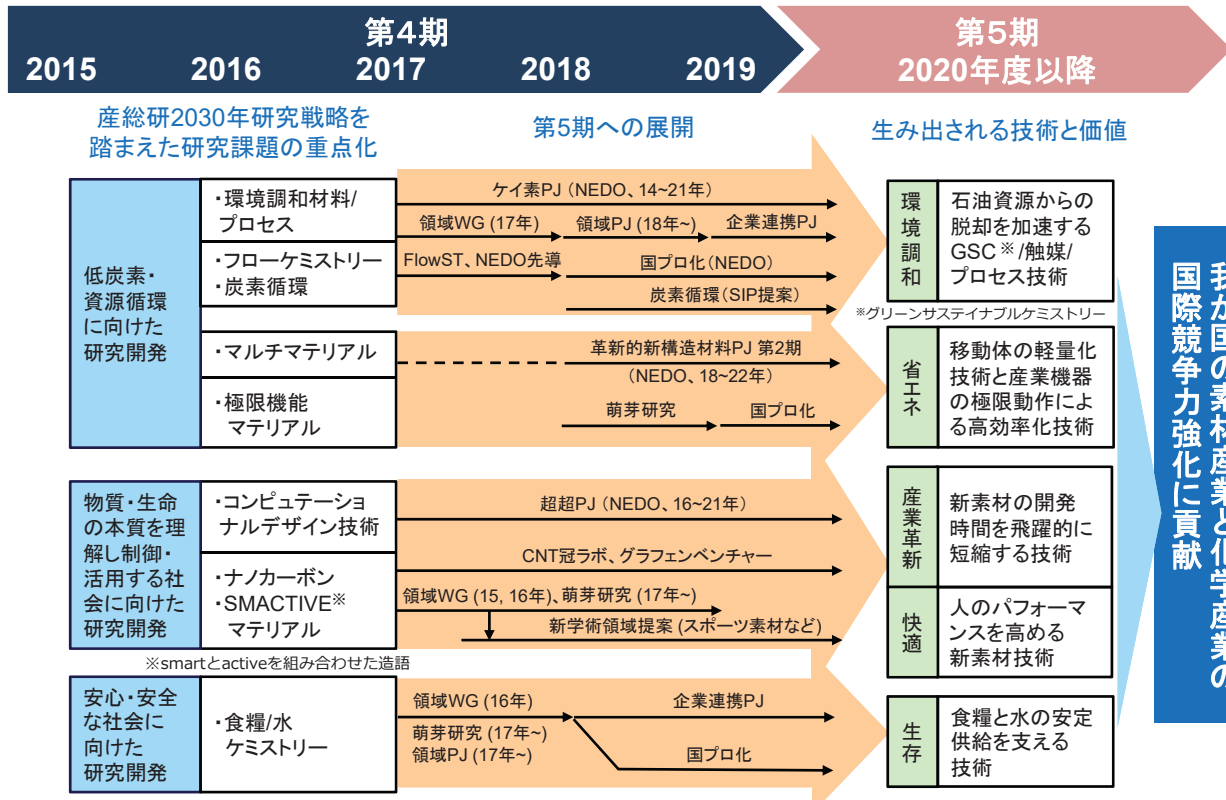
戦略課題のアウトカム例
「環境調和」



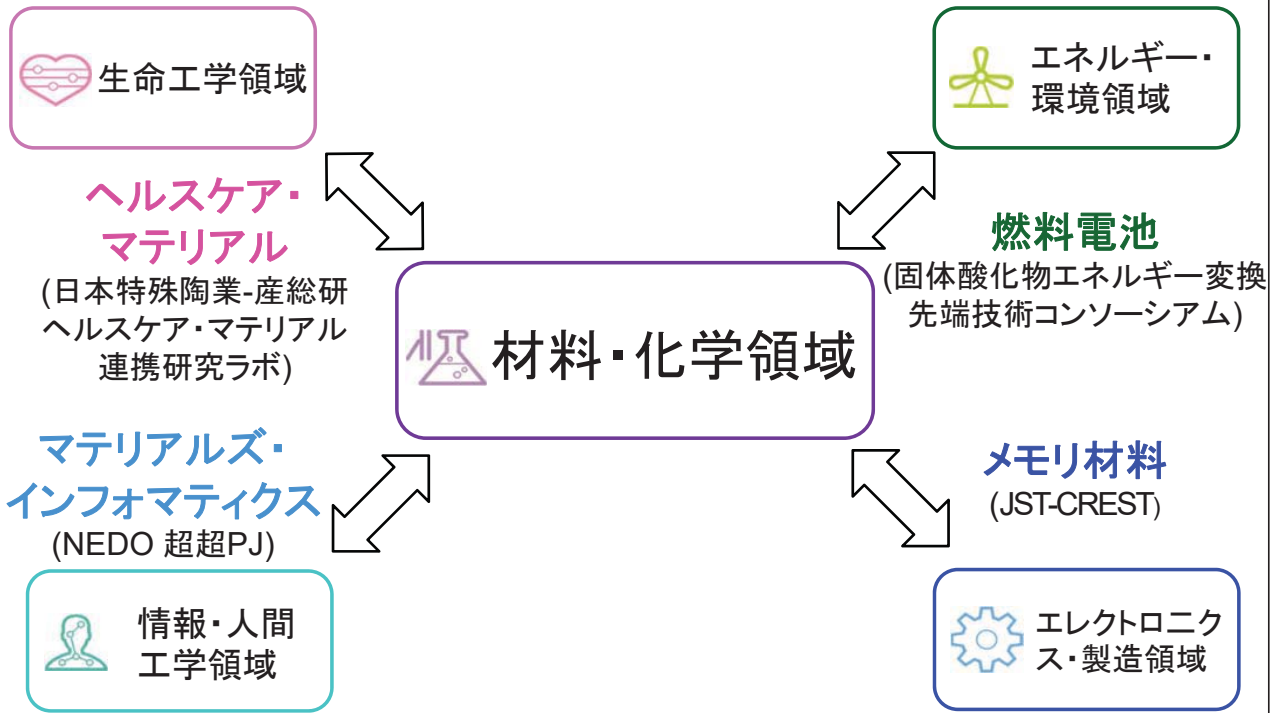
「2030年を目指した産総研の研究戦略」における材料・化学領域の位置づけ



材料・化学領域の中長期研究展開

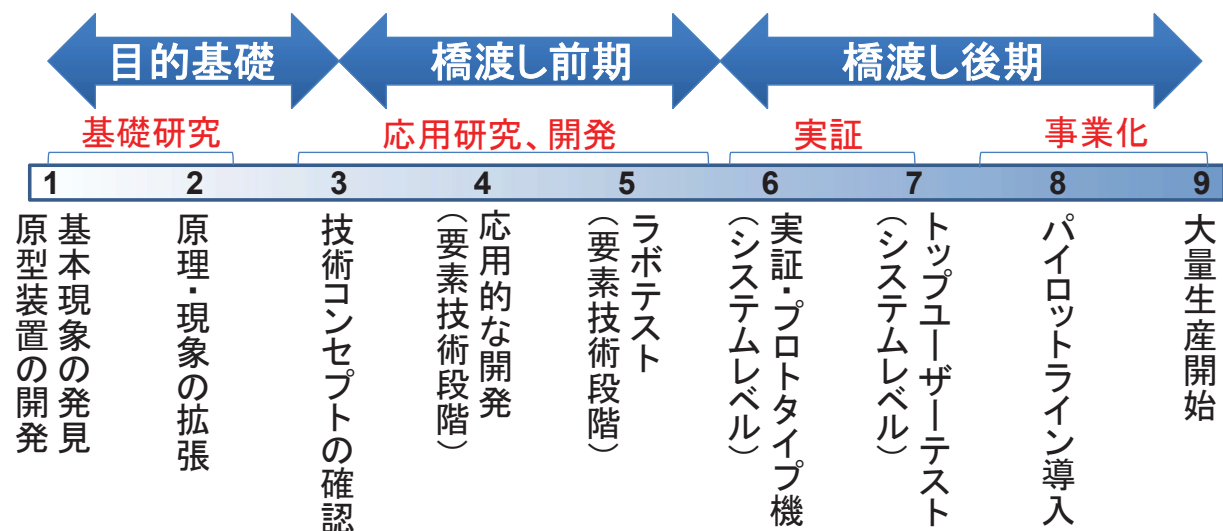


他領域との連携

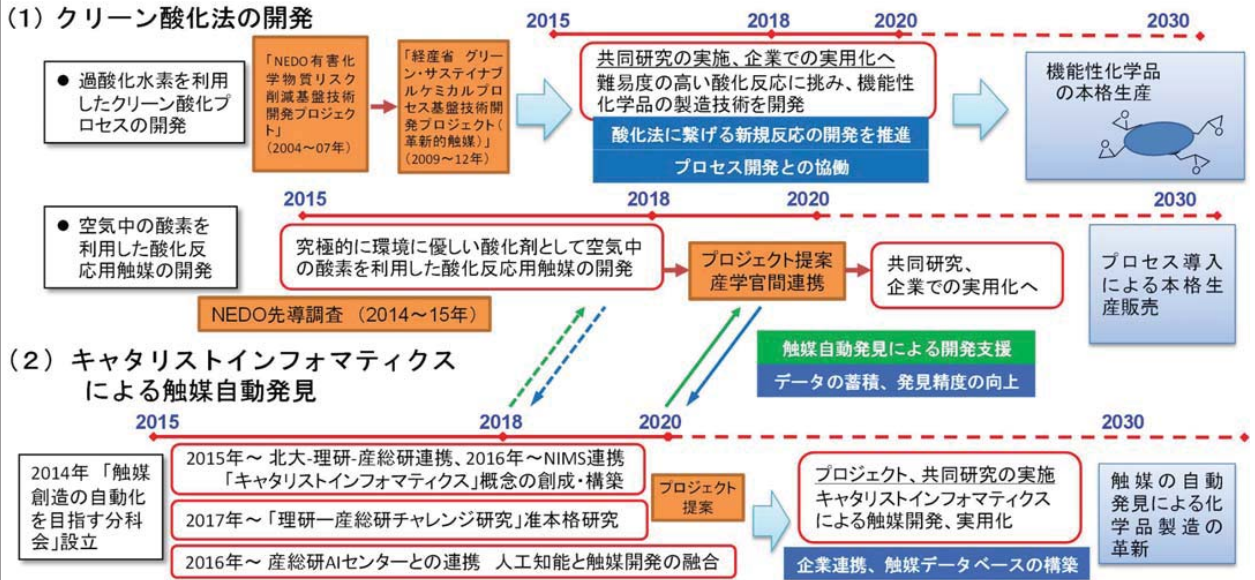
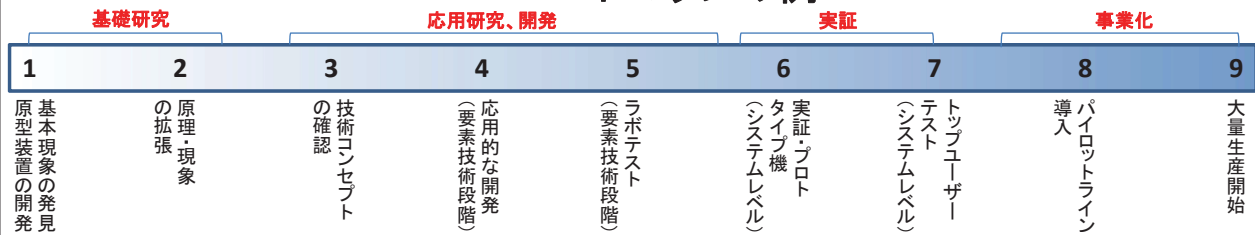


Technology Readiness Level (TRL)とは？

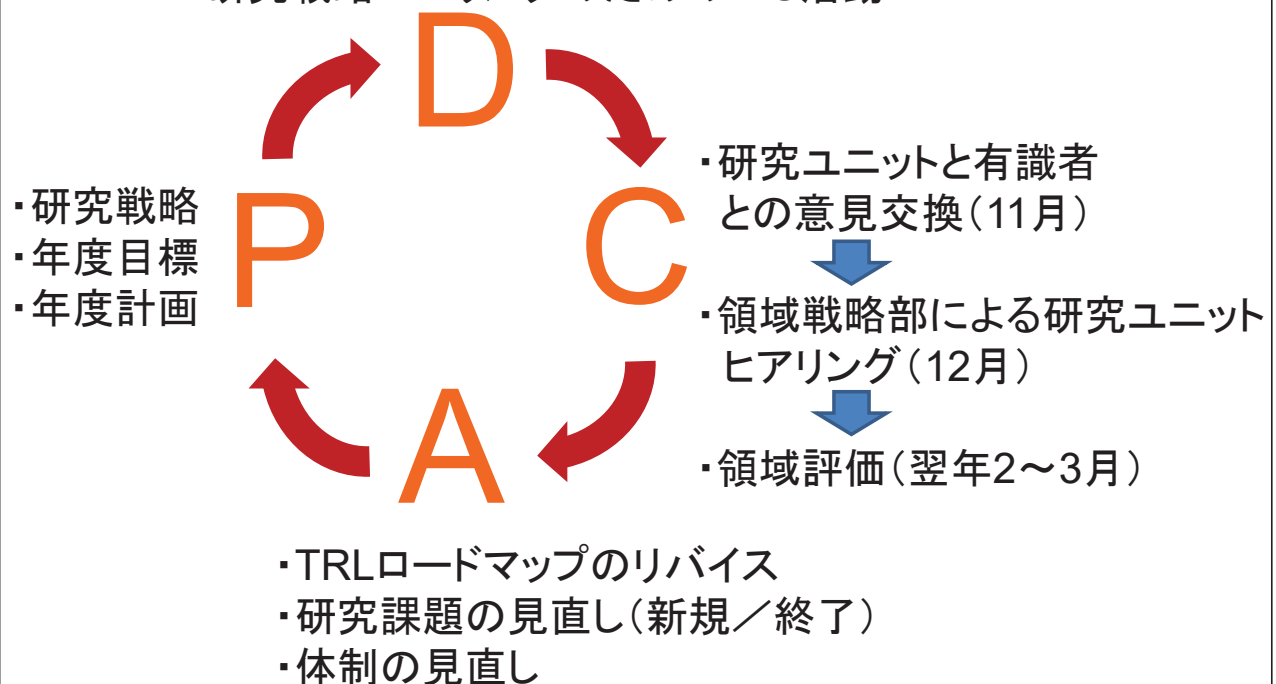
➤ 重要要素技術の成熟度を推定、異なるタイプの研究・技術の成熟度を均一にチェックする方法



TRLロードマップの例

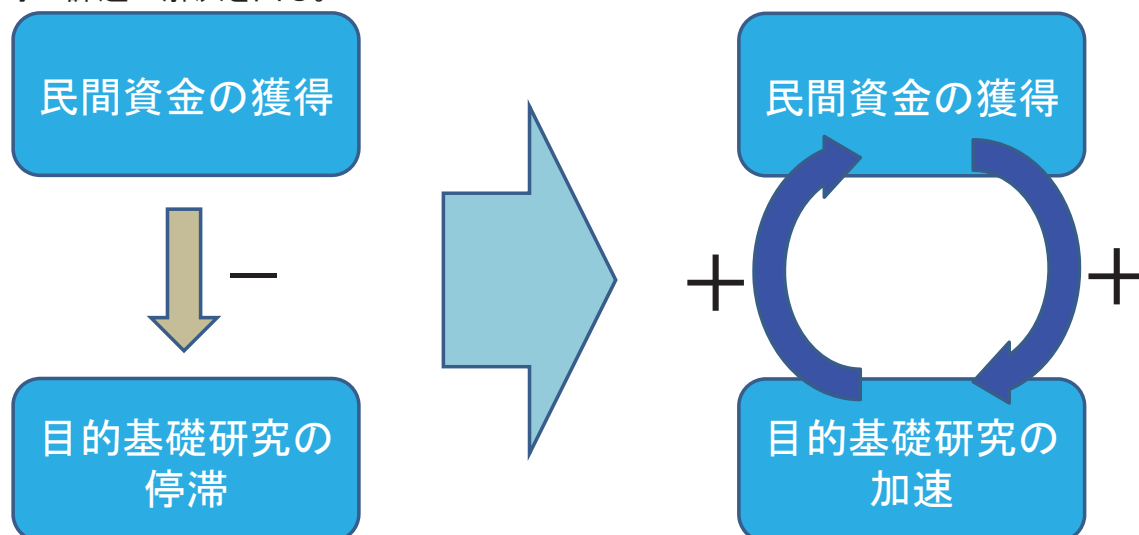


- ・領域萌芽研究
- ・領域戦略プロジェクト
- ・研究戦略ローリングのためのWG活動



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。

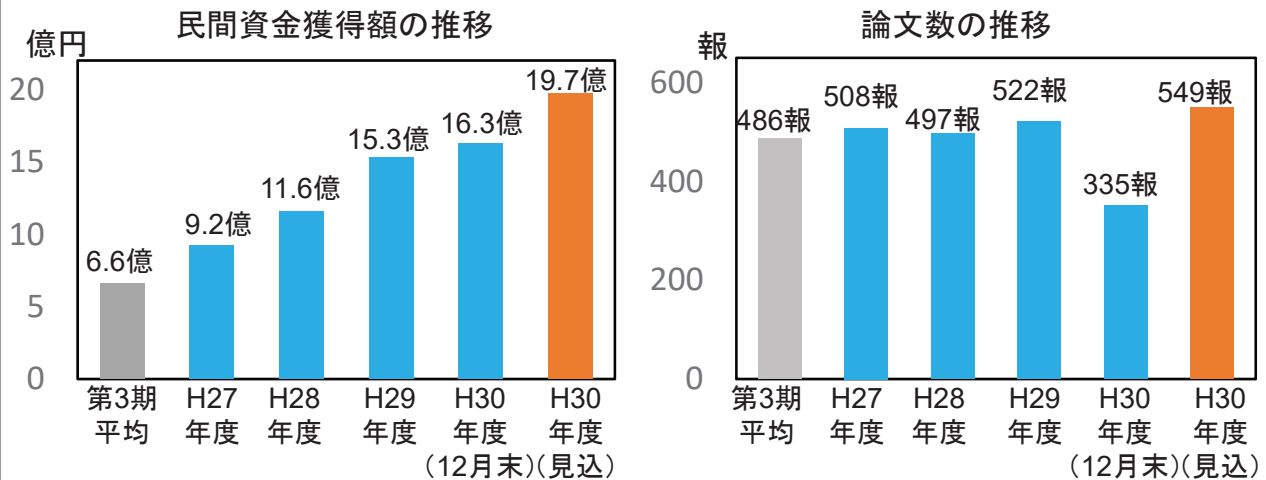


第4期スタート時の「材料・化学領域平成27年度 経営方針」からの抜粋

平成30年度領域目標と実績

| | 平成30年度 目標値 | 12月末現在 実績 | 参考 平成29年度 実績 |
|------------------|---------------|--------------|--------------------|
| 民間資金獲得額 (億円) | 19.9 | 16.3 | 15.3 |
| 論文の合計 被引用数(回) | 10,400 | 11,960 | 11,506 |
| 論文発表数(報) | 490 | 335 | 522 |
| 実施契約等件数 (件) | 230 | 228 | 220 |
| 人材育成(人) | 35 | 49 | 53 |

民間資金獲得額と論文発表数の推移

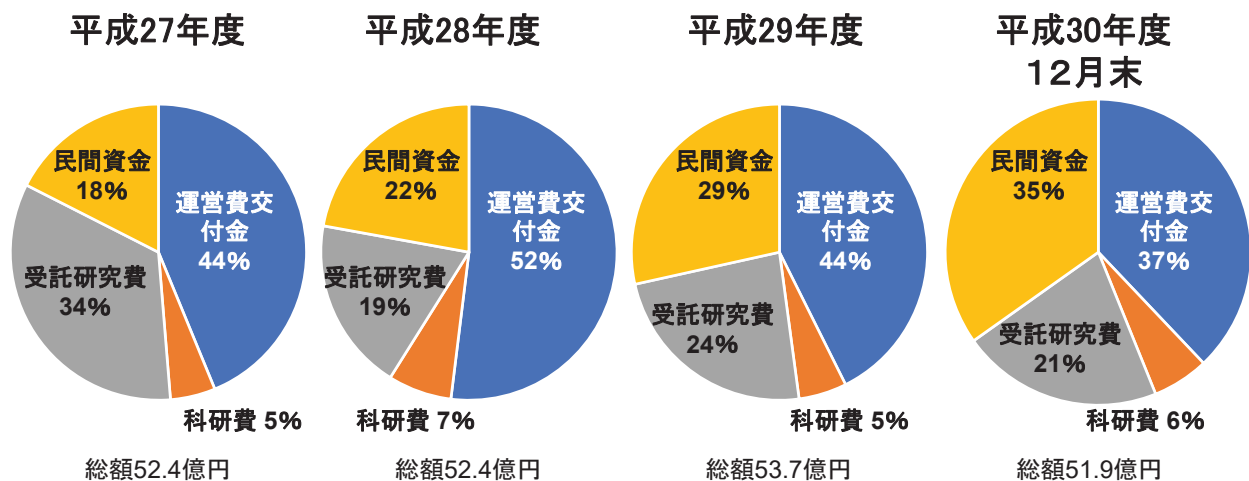


論文発表数(目的基礎研究)を維持しながら、民間資金獲得額が増加

萌芽研究による研究シーズの創生
 ⇒研究シーズを活用した技術コンサルティング
 ⇒大型の共同研究

資金、マンパワーの投入と成果の定量的な把握(1)

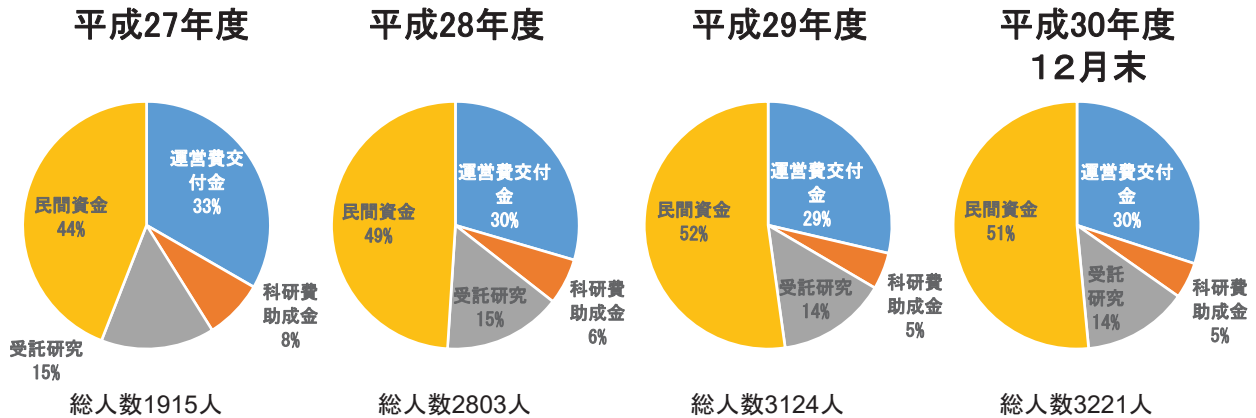
研究費の内訳



運営費交付金、科研費、助成金など⇒目的基礎:約43~60%
 受託研究(NEDO,SIPなど)⇒橋渡し前期:約19~34%
 民間資金⇒橋渡し後期:約18~35%

資金、マンパワーの投入と成果の定量的な把握(2)

研究員(産総研職員の延べ人数)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)

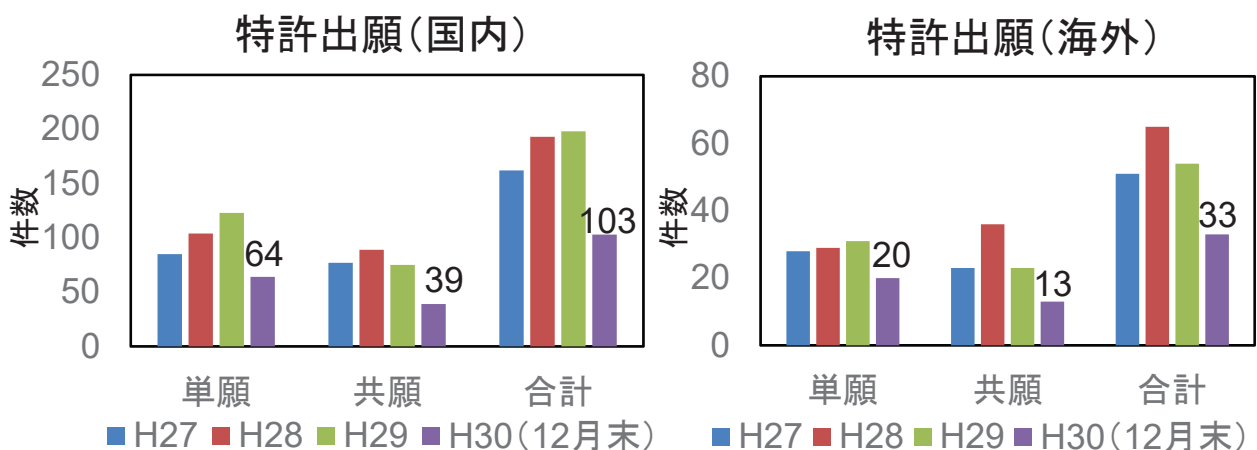


運営費交付金、科研費、助成金など⇒目的基礎:約35~40%
 受託研究(NEDO,SIPなど)⇒橋渡し前期:約15%
 民間資金⇒橋渡し後期:約45~50%

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
103件(前年同月比67%)

◆ 外国出願件数は33件(前年同月比80%)



第5期に向けた研究戦略ワーキンググループ(WG)

将来の社会ニーズに応える技術開発について検討、第5期に向けた研究戦略を立案するWGを設立

業界団体との意見交換を通して素材産業、化学産業の課題を把握

材料・化学領域の第4期における研究成果を分析

研究戦略の立案
物質循環技術など
8の課題

NIMSとの比較

物質循環技術のコンセプト作り

領域の技術シーズを生かした炭素、窒素、リンを対象とした物質循環技術のコンセプトを提唱

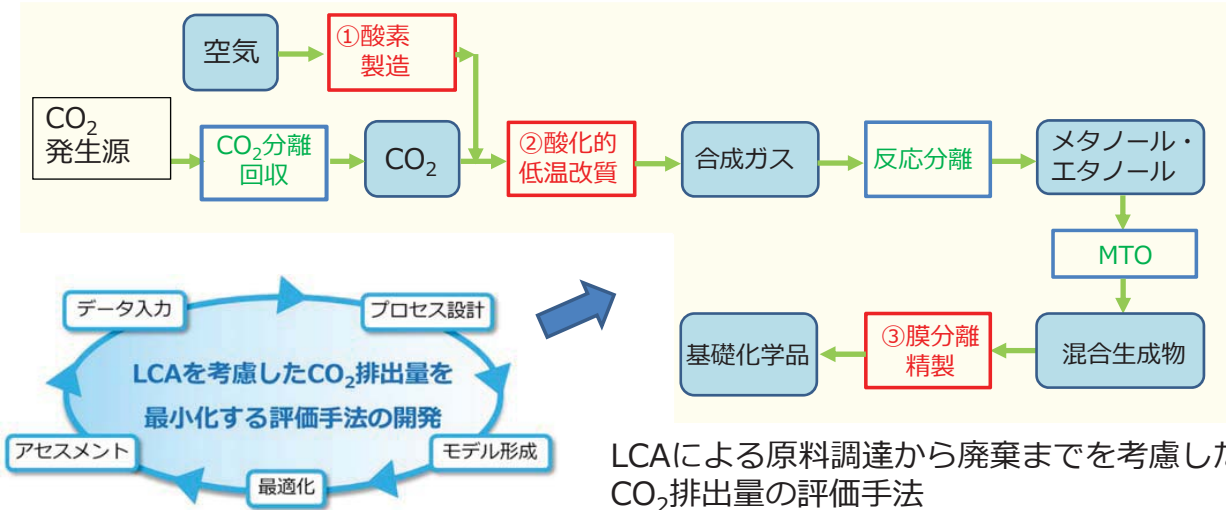


物質循環技術のコンセプトを提唱

領域の物質循環技術をアピール

SIP炭素循環プロジェクト

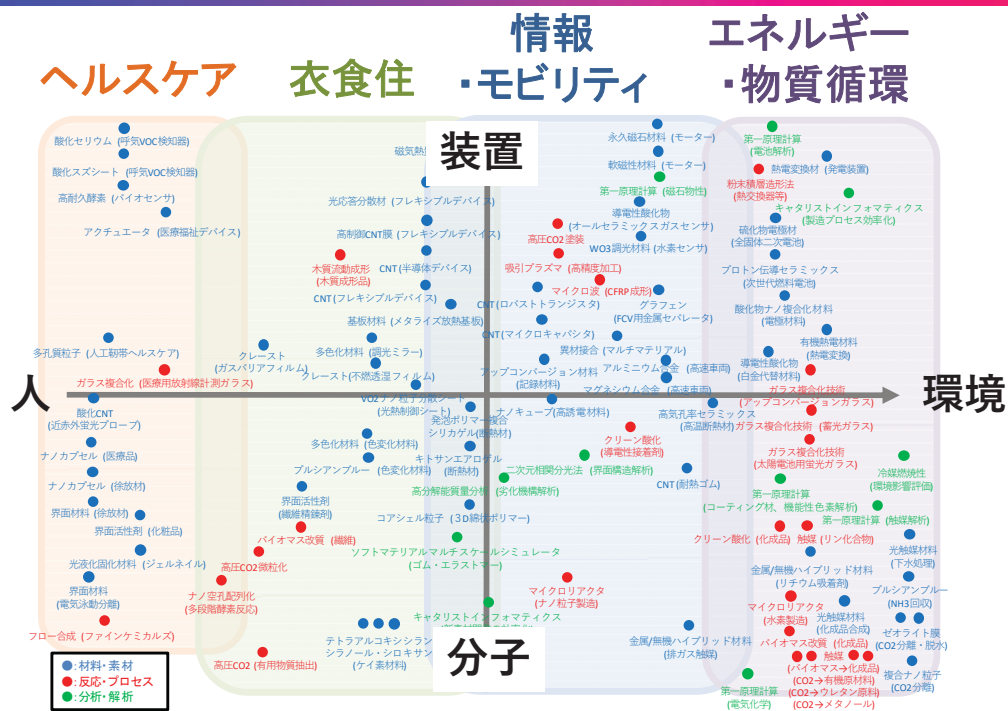
**SIP : 脱炭素社会実現のためのエネルギーシステム
LCAを考慮したCO₂排出量を最小化する評価手法の開発**



コストやエネルギーの制約がある中で生産性を向上させ産業競争力を強化しつつ、CO₂排出量を最小化するような化学プロセスを提案

真のCO₂排出削減に向けた炭素循環社会の最適モデルを提案

材料・化学領域の研究テーマの全貌



領域の保有する技術进行分析し、研究の全貌を「見える化」

地域センター強化

部門長が中国センターに常駐することで、地域連携、中国-つくばセンター間の連携を強く推進



機能化学研究部門
北本部門長

◆成果事例

・なのセルロース工房設立

セルロースナノファイバーに関する産学官連携の場として、「なのセルロース工房」を、産研中国センター内に設立(参加機関23)

・有機材料を主とした西日本の材料診断ネットワーク

分析技術を活用した材料評価拠点の構築を推進

「話題」ではなく、「時代」を創る。
「なのセルロース工房」
CNF(セルロースナノファイバー)とは、
A. ナノサイズのセルロースのこと
Q. CNFって何?
A. CNFは、物理的・化学的に様々な加工ができます。しかし、製品に適合しないCNFを使用しても十分な効果は得られません。
CNFをカスタマイズし、自社製品にピッタリのCNFを開発しましょう!
まずは、CNFを作ってみよう!
産総研技術
製品化

知財マネジメントの強化

◆領域知財ポリシーの制定

産総研の研究成果
新発見・新原理

基本特許の
確保・骨太化

知財アセット
構築

企業連携
研究成果の
社会への還元
につなげる

知財強化・戦略構築の支援

- ・ 知財面から研究展開をアドバイス
- ・ 基本特許確保・骨太化の方針検討
- ・ 出願→権利化までのフォローアップ

知財アセット構築強化支援

- ・ 先行技術・技術動向調査の実施
- ・ 基本→応用特許取得のアドバイス
- ・ 企業連携を見据えた知財アセット構築

◆パテントオフィサーの拡充(1名増)

◆パテントオフィサーからの研究テーマ提案

国際連携

スイス連邦材料試験研究所 (Empa)



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2回Empa-AISTワークショップ 2017年10月10, 11日 関西センターにて開催
2018-2019年には研究者2名がEmpaでの在外研究、持ち帰り型研究1件を実施

タイ国立ナノテクノロジー研究センター (NANOTEC)



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

第8回NMRI-NANOTECワークショップ 2018年3月臨海センターにて開催
NANOTECより研究者を受け入れ 2018年12月3日~12月7日
NMRI - NANOTEC Collaboration Meeting 2019年2月タイNANOTECにて開催

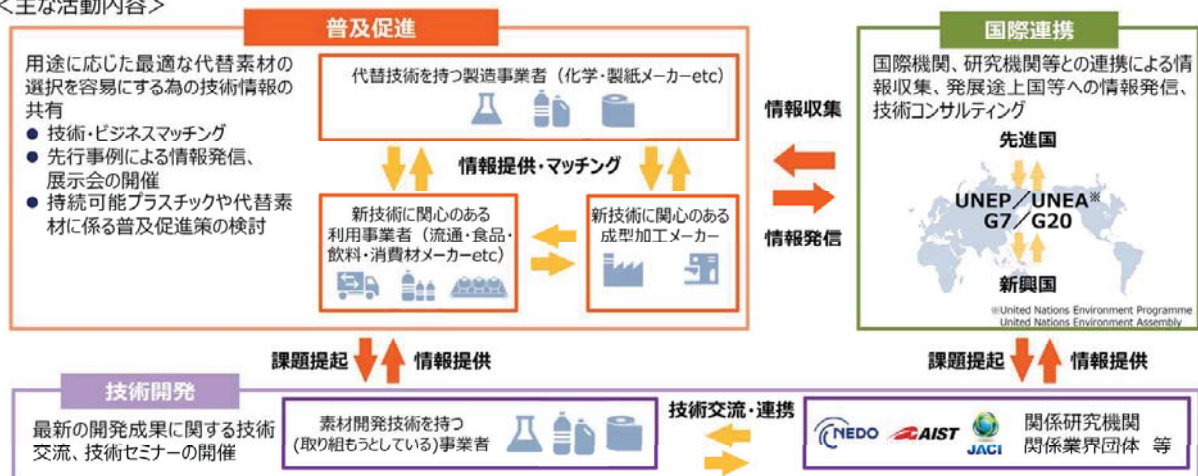
その他の国際共同研究機関

フラウンホーファー研究機構、SOLVAY、University of Melbourne、
Aix Marseille University等

緊急課題への対応 (海洋プラスチック)

クリーン・オーシャン・マテリアル・アライアンス 159社・団体
(平成31年1月11日 時点)

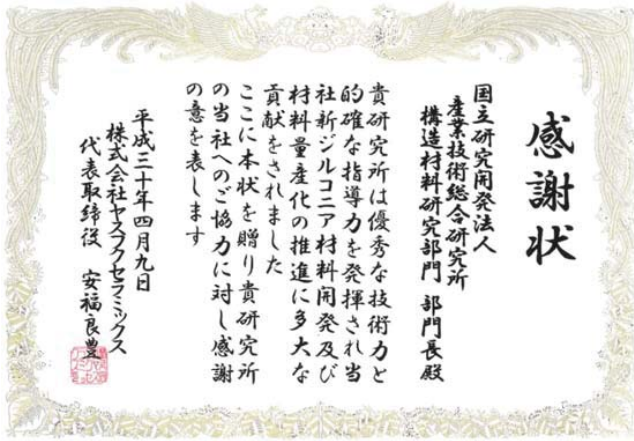
<主な活動内容>



一般社団法人産業環境管理協会のHPより引用

産総研がアドバイザーとして参加し、参画企業と技術交流・連携を行う

技術移転の見える化



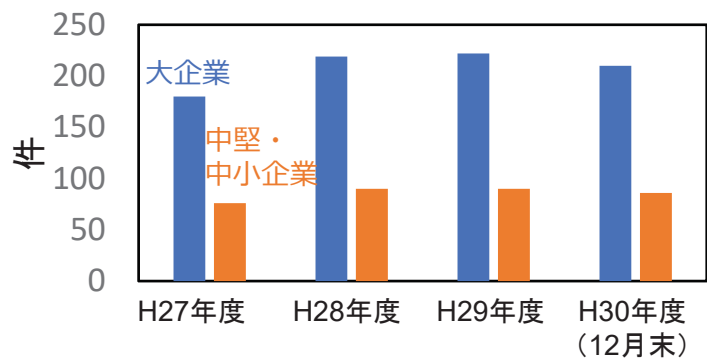
第4期中の技術移転に関して企業からの感謝状 (合計16社)

技術コンサルティングの強化

(12月時点)

◆ 中堅・中小企業との共同・受託研究の実施

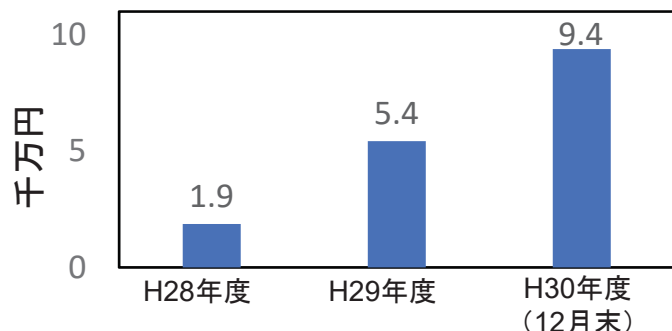
大企業：210件
中堅・中小企業：86件



◆ 技術コンサルティングの強化

契約成立：58社
収入：9,391万円

平成28年度より導入された技術
コンサルティングシステムは利用
企業数が着実に増加

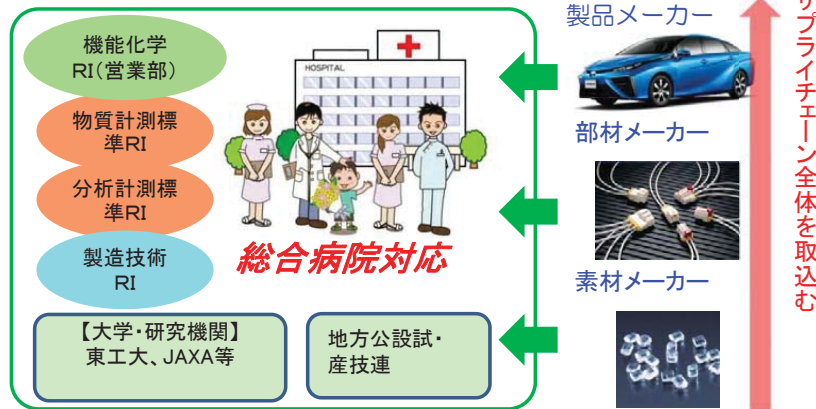


技術コンサルティングを通して生まれたテーマ

戦略予算：

樹脂材料化への材料革命を先導する最先端材料診断拠点の構築

目標：最先端材料診断拠点



H30年度技術コンサルティング件数：17件（前年度比155%）、
獲得資金2千5百万円（前年度比210%）

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

- ・ 名古屋市工業研究所より受け入れ（2名）
- ・ 愛知県森林・林業技術センターより受け入れ（2名）
- ・ 奈良県森林技術センターより受け入れ（3名）

業界団体との連携 合計18件

- ・ バイオマスリファイナリー 研究フォーラム 会長
- ・ プラスチック工業連盟 SC14国内委員会 委員長

学会活動 合計28件

- ・ 米国セラミックス学会 会長
- ・ 国際熱電学会 理事
- ・ 高分子学会 理事
- ・ 日本計算工学会 理事
- ・ 粉体粉末冶金協会 理事

国際標準化活動

平成30年度 コンビナー: 2名 (平成29年度 2名)

- ISO/TC 61(プラスチック)/SC 14(環境側面)/WG 2(生分解度)
- ISO/TC146(大気の状態)/SC6(室内空気)/WG16(VOC検知器の試験方法)



平成30年度 プロジェクトリーダー: 8名 (平成29年度 6名)

- ISO/TC206(ファインセラミックス)/WG6(機械特性)
- ISO/TC61(プラスチック)/SC13(複合材及び強化繊維)/WG2(積層・複合材料)
- ISO/TC 45(ゴム及びゴム製品)/SC 2(分析方法)/WG 5(化学分析)
- ISO/TC229(ナノテクノロジー)/WG3(環境・安全) 等

平成30年度 発行 規格: 3件 (平成29年度 3件)

- ISO/TC206(ファインセラミックス): 発行ISO20379
- ISO/TC206(ファインセラミックス): 発行ISO21113
- ISO/TC 45(ゴム及びゴム製品)/SC 2(分析方法): 発行ISO 20463:2018

平成30年度 提案 規格: 4件 (平成29年度 4件)

- ISO 19095-5 Plastics
- ISO19095-6 Plastics
- ISO22838 Composites and reinforcements fibers
- ISO22841 Composites and reinforcements

マーケティング力の強化に向けた取り組み

イノベーションコーディネーター、パテントオフィサー、研究ユニットの3者間の連携を図り、領域全体で企業ニーズの把握

◆ 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

新化学技術推進協会 (JACI)



◆ 技術コンサルティングシステムの積極的 アピール

契約締結企業数の増加



広報活動

◆ 展示会での広報活動

- テクノブリッジフェア2018
- 化学フェスタ
- Japan Analytical and Scientific Instruments Show (JASIS)
- Nanotech 2019
- サステナブルシンポジウム
- フロンティア材料フェアin中部

化学フェスタでの産総研特別企画

産総研特別企画
SDGsの達成に貢献する
産総研CEROテクノロジー

産総研産総研研究所の材料・化学領域は、国連の「持続可能な開発目標 (SDGs)」の達成に貢献するため、有害物質を使わず、資源・エネルギーの無駄をゼロにするCERO Technologyを開発しました。このCERO Technologyとは、SDGs達成のために必要なC: Carbon cycle (炭素循環)、E: Energy (エネルギー)、R: Resource / Recycle (資源・リサイクル)、O: Organic life-friendly (安全・安心) の4大技術課題を意味しています。これらにフォーカスした当領域の取り組みについて、化学品の開発、部材化技術、評価技術から産業への導入に至るまでを紹介いたします。

参加無料

◆ 企業CTOとの交流会

素材・化学系企業のCTOクラスと領域長とのトップセールスを実施

◆ プレス発表

平成30年度のプレス発表数19件(12月末時点)
前年度比136%

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 |
| 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

他機関と連携の強化

◆ クロスアポイントメントの積極的活用

計16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

国公立大学40校、私立大学23校

研究機関: 物質・材料研究機構、理化学研究所、高エネルギー加速器研究機構、宇宙航空研究開発機構、国立国際医療研究センター

産総研－理研チャレンジ
研究(新バイオマス・ニッ
ポン総合戦略)



理化学研究所



材料・化学領域

マテリアルズ・インフォマティクスに関する国プロジェクト



物質・材料研究機構

領域研究者がPJ
代表者として参加

人材相互協力

オープンイノベーションラボラトリ

大学との人材交流



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

東大、東北大からリサーチアシスタント13名

在外研究

◆平成30年度 領域フェローシップ
領域の支援による若手研究者の留学

•マックス・プランク鉄鋼研究所 (ドイツ)

「高エントロピー合金の計算科学研究およびデータ科学的手法の援用」



•カールスルーエ工科大学 (ドイツ)

「緩和時間分布法等による電気化学インピーダンス解析技術の高度化」



•ヨゼフ・シュテファン研究所 (スロベニア)

「液晶内への液晶液滴の分散技術の開発と光学特性評価」



•フラウンホーファー研究機構 (ドイツ)

「CNT複合材料の自動車部材への適用」



•スイス連邦材料試験研究所 (スイス)

「木質バイオマス処理技術の高度化に資するマルチスケール評価技術の開発」



グループ長研修: 共鳴塾

(1) 対象者

材料・化学領域のグループ長58名

(2) 内容

- ◆材料・化学領域の経営戦略の共有
- ◆マネジメントとリーダーシップの理解
- ◆コーチングスキルの理解



(3) 効果

- ◆グループ長自身の研究への夢が
マネジメントのモチベーション
- ◆直面する課題の共有で、グループ長
のメンタルケア
- ◆コーチングスキルを活用した短期評価
面談



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30年12月5日、産総研つくばセンターにて開催
領域の戦略の共有



ワークショップ会場の様子



村山領域長



濱川部長

女子学生への広報活動

◆女子大学院生・ポスドクと産総研女性研究者との懇談会
参加者46名(内外国人5名)

産総研 締切延長 11/16まで

女子大学院生・ポスドクのための
産総研内紹介と在職女性研究者との懇談会

Female Graduate Students Laboratory Tour and Round Table Talk with Women Researchers in AIST

女子大学院生・ポスドク等の方々に、女性研究者としてのキャリアをイメージしていただくためのイベントを開催します。ラボ見学ツアーによる研究紹介や少人数での女性研究者との懇談会等、産総研の雰囲気を感じていただける企画をご用意しています。ご興味をお持ちの方は是非ご参加ください。

【日 時】2018年11月19日(月)~20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(英城館つくば市東1-1-1)

【対 象】女子大学院生・ポスドク等
(事前申込制・定員80名)

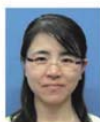
【参加費】無料
(交流会費は1000円を予定しています)

【観 望】産総研女性理事による講演
・産総研各種制度説明
・在職女性研究者との懇談会
・ラボ見学ツアー(産総研の全7領域より2つ選択できます)

先輩からのメッセージー仕事と私生活ー Messages: "Work and Life"

◆学会誌でのPR
領域女性研究者による
ダイバーシティ推進活動

ダイバーシティ推進とは



武仲能子

産業技術総合研究所有機化学研究部門
(305-8565) つくば市東1-1-1
主任研究員、博士(理学)。
専門は界面活性剤自己集合構造。ナノ粒子、液晶。
takenaka.yoshiko@aist.go.jp
sites.google.com/site/takenakayoshikoprofile/
home

今後の課題

- ◆ 大型企業共同研究の拡充
- ◆ 第4期で行った橋渡し成果の見える化
- ◆ 第4期で蓄積した技術シーズの見える化
- ◆ 材料・化学領域の戦略的PR

Memo:

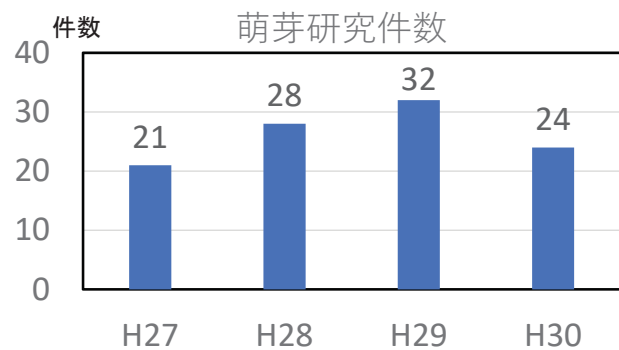
2.「橋渡し」のための研究開発

| 研究項目 | 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"> 樹脂・ゴム材料の劣化状態を的確に表す化学構造指標の構築:「劣化評価パッケージ」 配列制御シロキサンワンポット合成法 | <ul style="list-style-type: none"> CO₂からの有用化学品製造技術の開発 セルロースナノファイバー(CNF)の製造・材料利用技術の開発 | <ul style="list-style-type: none"> 砂からテトラアルコキシシランを製造する方法 |
| ② 化学プロセスイノベーションの推進 | <ul style="list-style-type: none"> 階層構造を持つナノコンポジットに関する研究(キトサンエアロゲル) | <ul style="list-style-type: none"> 階層構造を持つナノコンポジットに関する研究(ナノ発泡ポリマー) | <ul style="list-style-type: none"> 耐熱性ガスバリアフィルムに関する研究 ナノ空孔材料を利用した分離システム |
| 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"> 電子顕微鏡計測技術の高機能化・高性能化 材料機能シミュレーション技術開発(材料インフォマティクス) | <ul style="list-style-type: none"> 物質吸蔵・変換用ナノ粒子の開発 接着・界面現象の研究 材料機能シミュレーション技術開発(ナノ発泡ポリマー) | <ul style="list-style-type: none"> スーパーグロース法単層カーボンナノチューブ(SGCNT)を用いた長寿命・高耐熱・高耐圧Oリングの開発 |
| 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"> ガラス複合化技術の開発 | <ul style="list-style-type: none"> セラミックス電解質シート製造技術開発 磁気冷凍材料の開発とシステム化 | <ul style="list-style-type: none"> コアシェルナノ粒子の開発と構造色の発現 |
| 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"> リサイクル炭素繊維の高付加価値マテリアルリサイクル材料の開発 | <ul style="list-style-type: none"> 難燃性Mg合金による高速鉄道車両部分構体の試作・信頼性DBの構築 電磁攪拌を用いたアルミニウム合金の組織微細化 | <ul style="list-style-type: none"> パワーモジュール用窒化ケイ素メタライズ基板の信頼性評価技術開発 |

(1)「橋渡し」につながる基礎研究(目的基礎研究)

萌芽研究による研究シーズの創生

- ◆ 「萌芽研究」: 領域による研究シーズ創出助成制度
 科研費等の獲得につながる
 基礎データ収集を支援



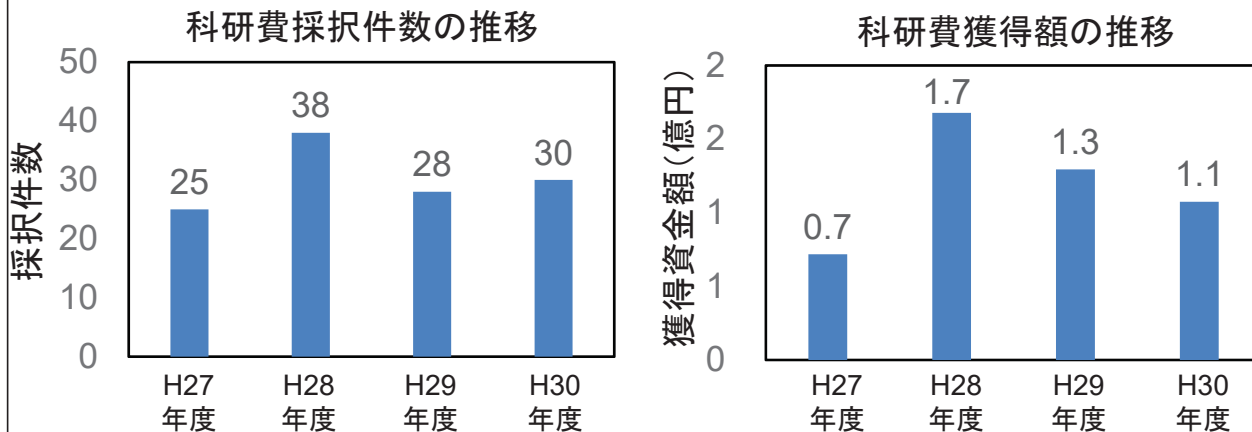
- ◆ 過去の研究担当者の状況
 平成29年度萌芽研究担当者32人から11件(34%)の課題が2年以内に科研費獲得
 ⇒ 萌芽研究費5300万円に対して獲得科研費総額**8500万円**

| 制度 | 採択件数 |
|-----------|------|
| 挑戦的研究(萌芽) | 2 |
| 基盤研究(B) | 3 |
| 基盤研究(C) | 4 |
| 若手研究(B) | 2 |

平成29年度萌芽研究担当者の科研費採択状況

科研費採択

◆材料・化学領域の科研費採択数及び獲得額



◆平成30年度「挑戦的研究(萌芽)」採択課題

「カーボンナノチューブを活用したタンパク質の高効率リフォールディング」
 ナノ材料研究部門 平野主任研究員
 平成29年度の領域萌芽研究を経て採択

オープンイノベーションラボラトリ(再掲)

大学との人材交流



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

東大、東北大からリサーチアシスタント13名

研究テーマ(目的基礎)

配列制御シロキサンのワンポット合成法

目的と計画

【目的】 シリコン材料のさらなる高性能化・高機能化を実現する

【計画】 現行技術では困難なシリコン材料の基本骨格を成しているシロキサン結合(Si-O-Si)を精密に制御して形成することのできる合成技術の開発

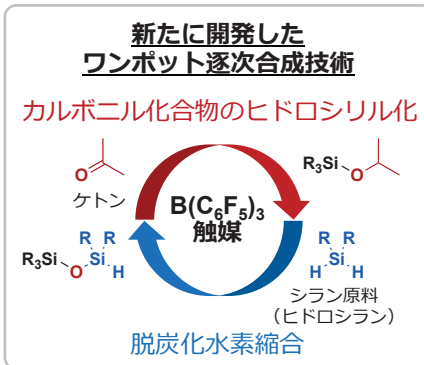
研究アプローチ

ペプチド固相合成法のようにシロキサンの配列構造を制御できないか？

「アルコキシシランとヒドロシランの脱炭化水素縮合」と「カルボニル化合物のヒドロシリル化」の2つの反応を1つの反応容器内で交互に繰り返し行い、逐次的にシロキサン結合を形成

上記手法を高分子量シロキサン(シリコン)の合成へと展開することで高性能・高機能シリコン材料の創出を目指す

平成30年度研究成果 (TRL 2 → TRL 3)



《簡便な操作》

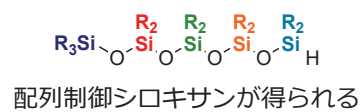
試薬(ケトンとヒドロシラン)を交互に繰り返し投入するだけ

【特記事項】

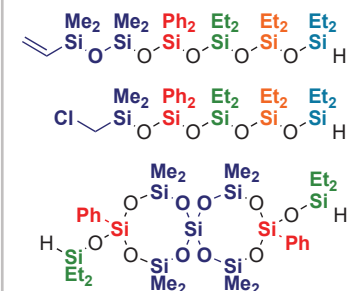
- 論文: *Angew. Chem. Int. Ed.* **2018**, *57*, 4637 (**Hot Paper**), *Chem. Eur. J.* (総説, 受理済)
- 受賞: ケイ素化学協会奨励賞・有機合成化学協会研究企画賞

Si → Si → Si → Si → Si の順に
シラン原料投入

順番通りにシロキサン結合伸長



《合成例》



従来法では不可能であった
配列制御シロキサンの簡便合成が初めて可能に
(配列・鎖長を任意に精密制御)

平成31年度に見込まれる成果

平成30年度に開発したワンポット逐次合成技術を基盤として、配列制御シリコンポリマー材料の合成へと研究を展開するとともに技術の橋渡しを行い、高性能・高機能シリコン材料及び含シリコン複合材料の開発を行う見込み

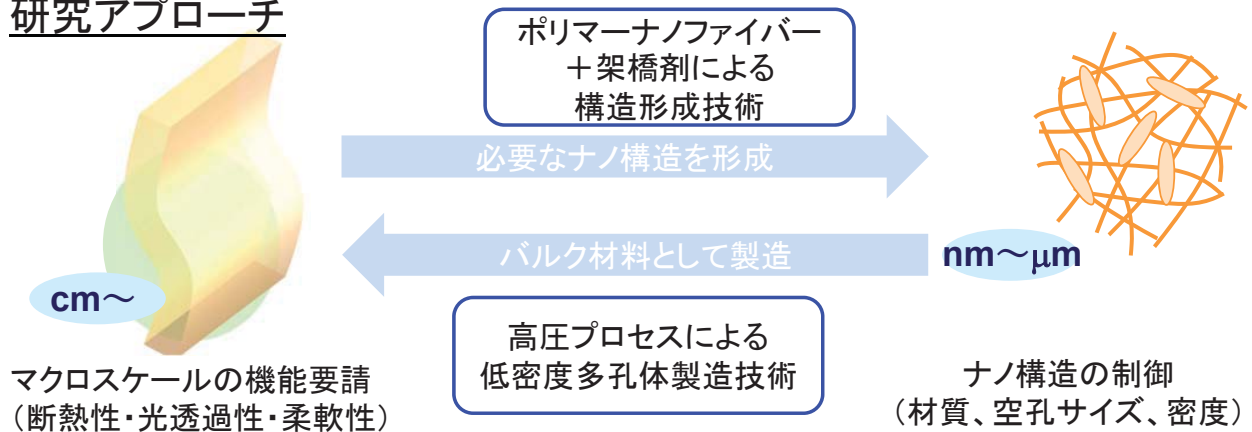
研究テーマ(目的基礎)

階層構造を持つナノコンポジットに関する研究
(キトサンエアロゲル)

目的と計画

- 光透過性で柔軟性の高い高性能断熱材の実現
- ナノ多孔質構造を集積したバルク材料の製造プロセスの開発

研究アプローチ



平成30年度研究成果 キトサンエアロゲルの開発 (TRL 2 → TRL 3)

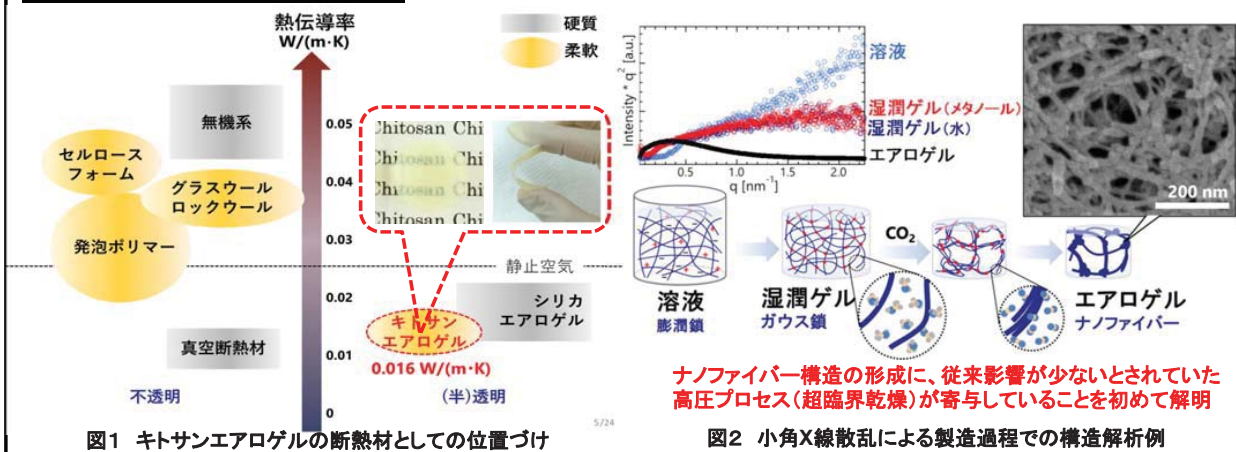


図1 キトサンエアロゲルの断熱材としての位置づけ

図2 小角X線散乱による製造過程での構造解析例

- 光透過性、柔軟性と高断熱性を実現。骨格の疎水化処理による耐湿性向上、工業標準による熱伝導率評価が可能な試料(120mm角)作製等、実用化に向けた取り組み
- スイス連邦材料試験研究所(EMPA)との共同研究でナノ構造形成過程を解析

【特記事項】企業からの技術相談22件、新聞等報道9件(H27-)

平成31年度に見込まれる成果

- ナノ構造制御による光・熱特性等の改善
- 民間企業への技術の橋渡しを行い、住宅建材用途等における評価を開始

研究テーマ(目的基礎)

電子顕微鏡計測技術の高機能化・高性能化

目的と計画

電子顕微鏡技術を用いた計測技術のさらなる高機能化・高性能化を実現
原子や分子の挙動を高速・高感度で捉える最先端計測評価技術を開発

研究アプローチ

構造情報(形態, 界面, 欠陥など)や組成, 元素分布, 化学結合情報を原子レベルで解析

物質の機能や科学現象の解明

ナノスペース科学の構築とそれを制御した
新機能発現とその応用

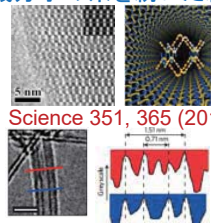
化学反応の素過程の観察や
単分子の構造解析

試料作製技術などの発展

2006年～新収差補正電顕開発

(低加速, 高分解能, 高感度化)

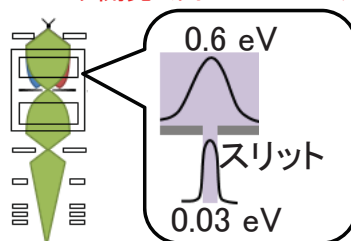
有機分子の糸を紡いだ新材料



Science 351, 365 (2016).

Nat. Mat.
15, 634
(2016).

2011年～モノクロメータ開発(高エネルギー分解能)



Nano Lett. 16 3661 (2016).

平成30年度研究成果 (TRL 2 → TRL 3)

✓ 多種多様な単原子膜の合成技術を開発

— 高品質な二次元材料開発に産総研の最先端電子顕微鏡技術で貢献 —

遷移金属源に塩(NaCl, KI)を添加して熔融させ、キャリアガスでカルコゲン源を供給することによって、シリコン基板上に直接二次元単原子膜を合成・成長させる「多種多様な単原子膜の合成技術開発」を実現した

新規に合成された五元系単原子膜の一例 (V, W, Mo, S, Seの化合物)

1 遷移金属原料 2 熔融 3 ガス状カルコゲン導入 4 単原子膜の成長

多層膜の成長 (従来法)

高品質単原子膜の成長

$V_xW_yMo_{1-x-y}S_{2z}Se_{2(1-z)}$

Mo S S₂ W V Se+S V₅

【特記事項】Natureを含む論文(掲載済)18報, 資金提供型共同研究3件、民間受託1件、技術コンサル2件、科研費4件、JST 1件

平成31年度に見込まれる成果

これまでナノレベルまでしか行われなかった光学特性分析評価技術を原子レベルに拡張し、電気伝導特性、吸光・発光特性、電荷密度波の空間分布情報などの基礎科学分野の理解を深め、それらが応用されるエネルギー材料や触媒材料などの高機能化要因の解明に貢献する見込みである

研究テーマ(目的基礎)

材料機能シミュレーション技術開発(材料インフォマティクス)

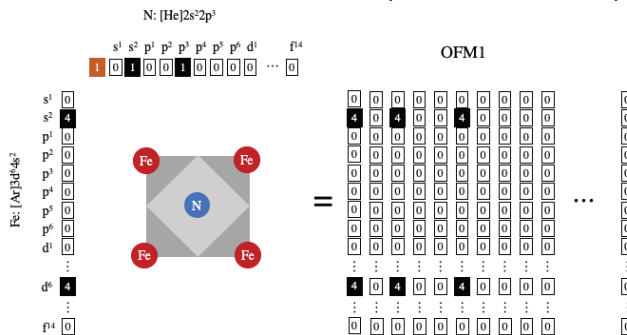
目的と計画

- ・ 機能性固体化合物を対象とした材料インフォマティクス
- ・ 計算シミュレーションデータに対して情報科学的手法的を適用
- ・ 材料機能を最大化するための材料設計(逆予測)指針を得るための技術を開発

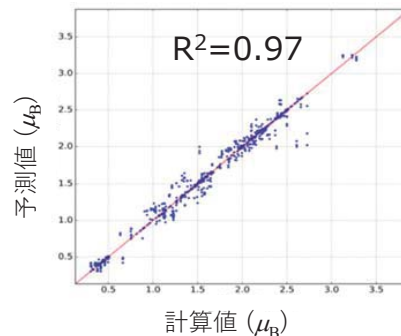
研究アプローチ

- ・ 広い物質群に適用できる構造記述子の開発
- ・ 構造記述子(結晶の局所構造)とハイスループット計算による新物質探索

平成30年度研究成果 (TRL 2 → TRL 3)



【図1】OFM1による結晶の局所構造の表現



【図2】カーネル法による遷移金属化合物の局所磁気モーメントの予測

【成果の概要】

- ・ 磁気モーメント等を予測する記述子(OFM1)を開発
- ・ 多数の遷移金属化合物から高性能磁石の候補材料の絞り込みに成功

【特記事項】 JST「情報統合型物質・材料開発イニシアティブ (MI2I)と文科省「元素戦略プロジェクト(磁石材料拠点)」で、当領域職員主導の下、NIMSとの共同研究実施により開発

平成31年度に見込まれる成果

別途開発予定のデータプラットフォーム上で本技術をさらに発展させるとともに、企業との共同研究等を通じて、この高性能磁石材料の候補材料絞り込み技術の橋渡しを行い、産業界に普及する見込みである

研究テーマ(目的基礎)

ガラス複合技術の開発 (関西センター)

目的と計画

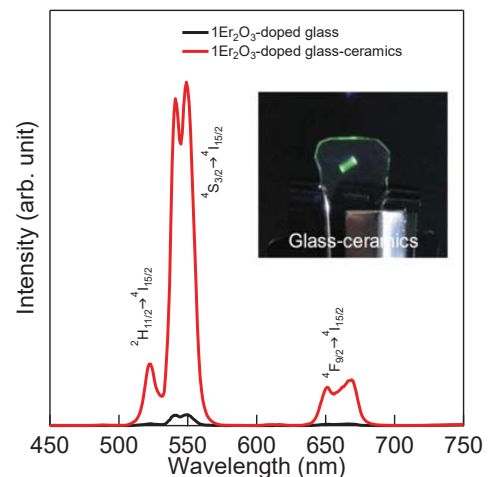
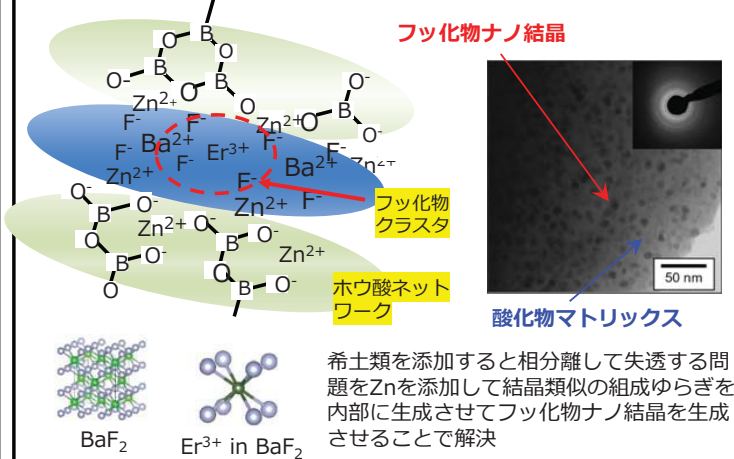
- 蛍光、蓄光機能を有する組成を導入した新規なガラス開発
- 太陽電池波長コンバーターや屋外常夜灯としての実用化を目指す
- 溶融のみで作製することができるオキシフッ化物ガラスの開発

研究アプローチ

ガラスの内部に高い発光効率発生に適した微細構造を導入し、
蛍光材料、蓄光材料の開発を行う

平成30年度研究成果 (TRL 1 → TRL 2)

酸化物ガラス(成形性・安定性)とフッ化物結晶(低フォノン)の優れた特性を併せ持つErを高濃度ドーピングした透明なナノ結晶化オキシフッ化物ガラスを開発



980nmで励起発光する1mol%Erドーピング透明オキシフッ化物蛍光ガラス

K. Shinozaki, R. Konaka, T. Akai, J. Euro. Ceram. Soc., 39 (4), 1735-1739, 篠崎健二、赤井智子、特願2018-113179 資金提供型共同研究 M社 (蛍光イメージング)

平成31年度に見込まれる成果

資金提供型共同研究(センサー、イメージング材料)、エネルギー変換材料としての大型公的資金の獲得

研究テーマ(目的基礎)

リサイクル炭素繊維の高付加価値マテリアルリサイクル材料の開発 (中部センター)

目的と計画

- 炭素繊維(CF)・CFRPの資源循環の実現を目指した
- ・ Mild状のリサイクル炭素繊維(ReCF)の新たなマテリアルリサイクル技術の開発
- ・ リサイクル炭素繊維の再CFRP化の開発

研究アプローチ



平成30年度研究成果 (TRL 2 → TRL 5)

リサイクル炭素繊維(ReCF)の高付加価値マテリアルリサイクル材料の開発

○ ReCF(短繊維)の再CFRP化の開発

目標:

- 曲げ強度: 140 MPa以上
- 曲げ弾性率: 20~30 GPa

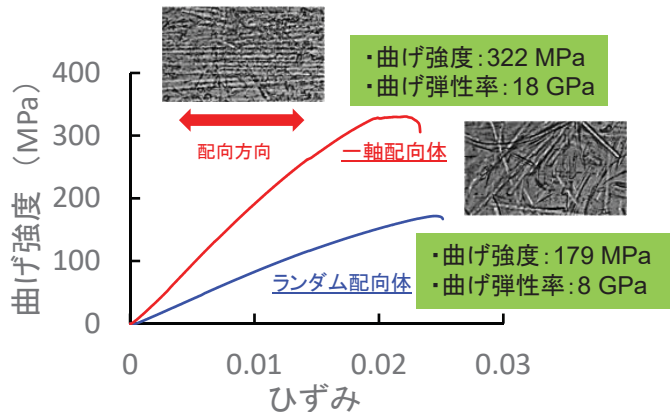


実用の押出機に用いる、短繊維配向治具を開発
実用プロセスへの展開が可能

曲げ疲労特性(1Hz)

- ・繊維ランダム体: 97MPaで 2.2×10^4 回
- ・一軸配向体: 161MPaで 10^7 回以上

ReCFの高付加価値化(再CFRPの信頼性向上)



配向治具の開発により、2倍の機械特性と高い耐疲労特性を有した再CFRPを実現

【特記事項】 再CFRPの評価技術について民間企業と資金提供型共同研究を展開

平成31年度に見込まれる成果

- ・ Mild状ReCFの高付加価値フィラー生成において、従来よりも10倍高速な反応プロセスの実現
- ・ ReCFを用いた再CFRPにおいて、20~30 GPaの弾性率を実現

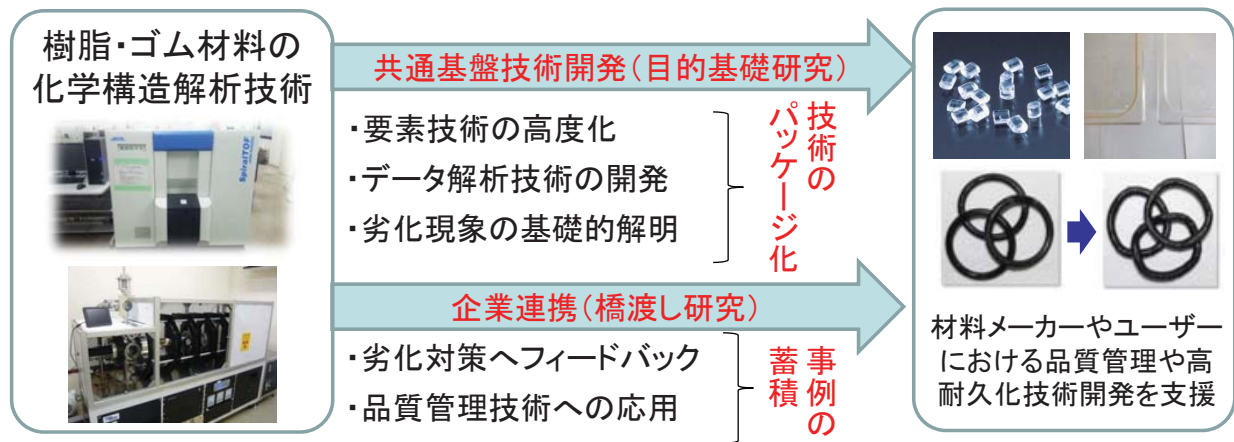
研究テーマ (目的基礎)

樹脂・ゴム材料の劣化状態を的確に表す化学構造指標の構築
「劣化評価パッケージ」

目的と計画

- ・材料の劣化を化学構造レベルで解析する技術の開発
- ・化学構造指標に基づく寿命予測法の開発(脱アレニウスモデル)

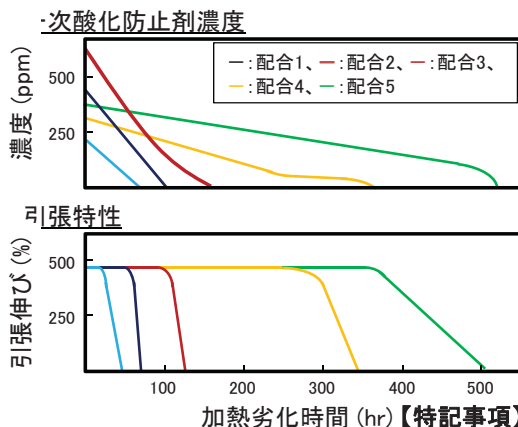
研究アプローチ



平成30年度研究成果 (TRL 2 → TRL 3)

✓ポリプロピレン(PP)の熱酸化劣化について、分子構造、高次構造、添加剤などの化学構造パラメータと機械的強度との相関解析を行った結果、**一次酸化防止剤濃度が最も相関がある**ことを見出した

物性と酸化防止剤濃度の相関(PP熱酸化)



高精度定量分析法の開発



LCタンデム質量分析装置 (LC-MS/MS)



標準PPダンベル劣化試験

- ✓一次酸化防止剤の濃度変化が引張特性と相関することを明らかにした
- ✓高精度な寿命予測に必要なLC-MS/MSによる暫定プロトコルを完成した

平成31年度に見込まれる成果

- 高精度な寿命予測法に必要な酸化防止剤の定量分析プロトコルを構築する
- 種々酸化防止剤を組み合わせた実用組成ポリプロピレンについて相関解析を行い、新たな寿命予測法の有効性を検証する

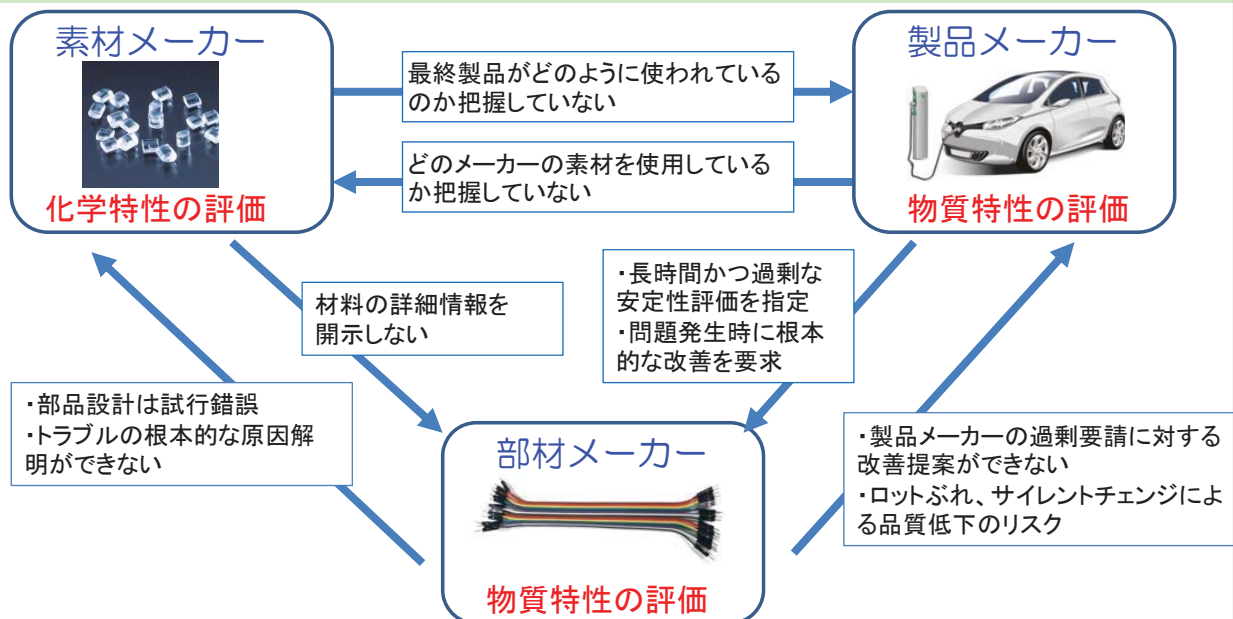
目的基礎研究
研究トピックス紹介①

樹脂・ゴム材料の劣化状態を的確に表す化学構造指標の構築「劣化評価パッケージ」

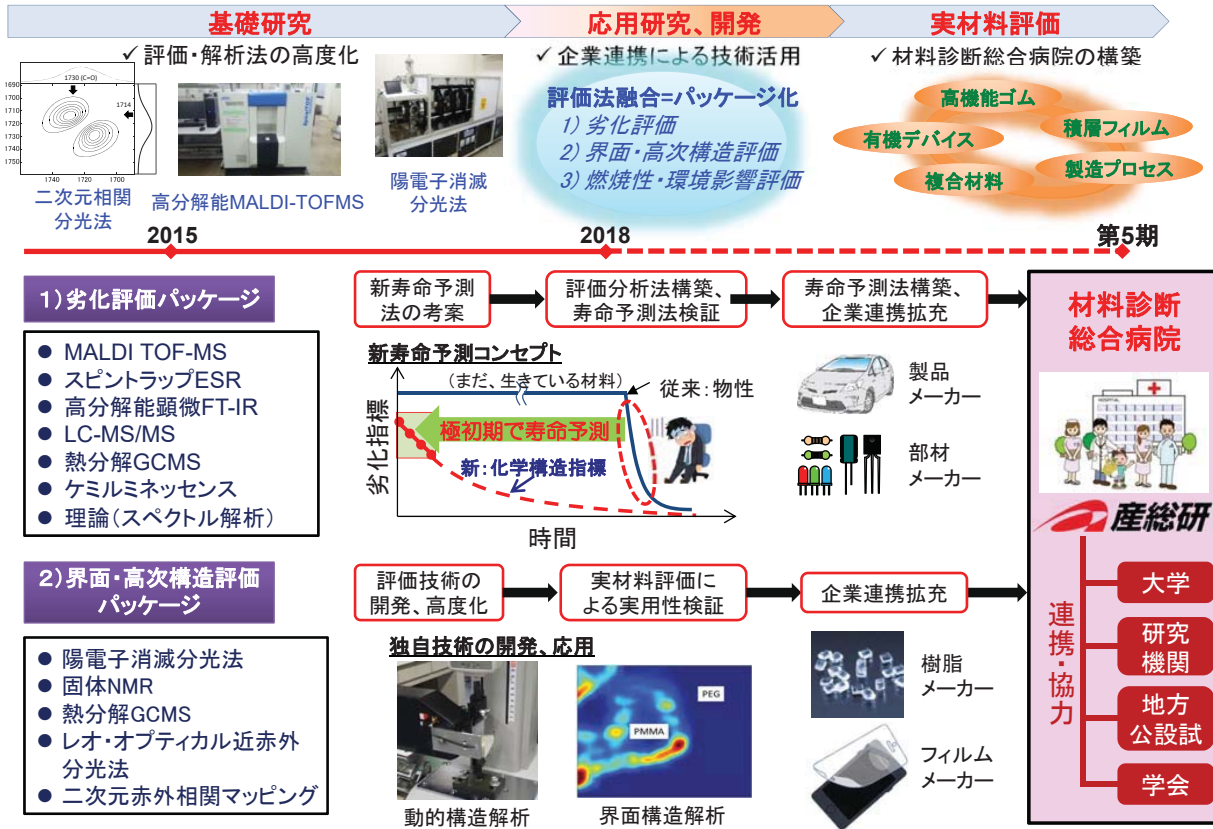
機能化学研究部門
北本 大

なぜ、化学材料評価が必要なのか

サプライチェーンから眺めた産業界の根本的な課題



- ◆ サプライチェーン間で議論がかみ合わない (化学 vs 物理)
- ◆ 化学構造に基づく新しいコミュニケーション体系を構築する必要がある



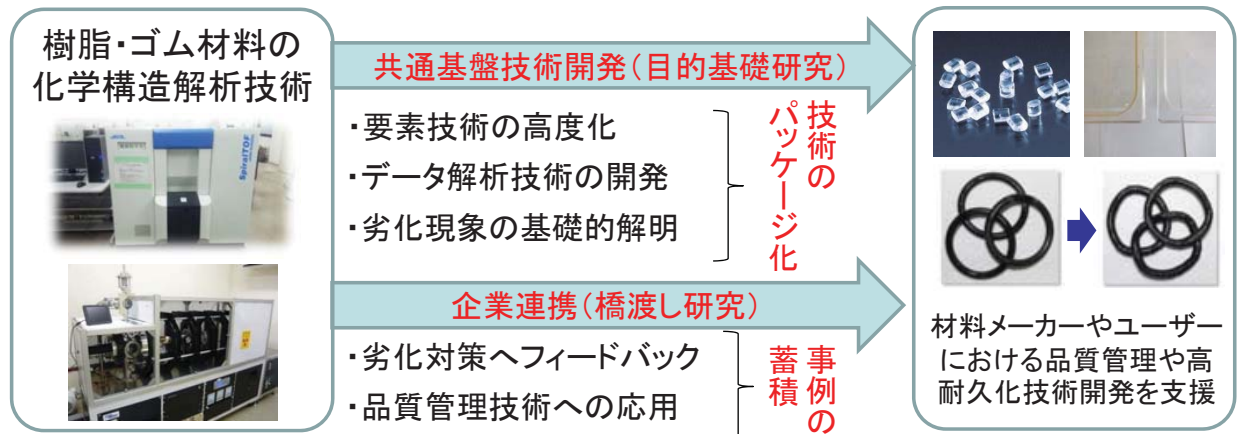
研究テーマ (目的基礎)

樹脂・ゴム材料の劣化状態を的確に表す化学構造指標の構築
「劣化評価パッケージ」

目的と計画

- ・材料の劣化を化学構造レベルで解析する技術の開発
- ・化学構造指標に基づく寿命予測法の開発(脱アレニウスモデル)

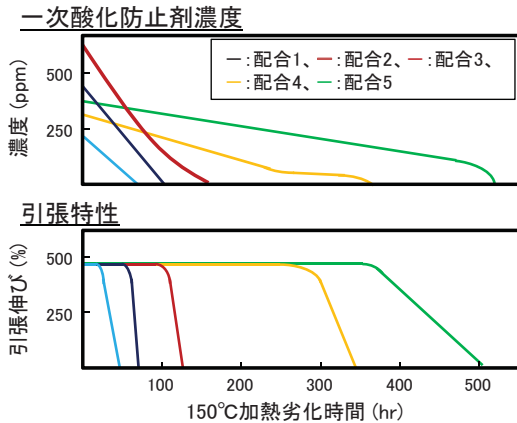
研究アプローチ



平成30年度研究成果

✓ポリプロピレン(PP)の熱酸化劣化について、分子構造、高次構造、添加剤などの化学構造パラメータと機械的強度との相関解析を行った結果、一次酸化防止剤濃度が最も相関があることを見出した。

物性と酸化防止剤濃度の相関(PP熱酸化)



一次酸化防止剤の濃度変化が引張特性と相関することを明らかにした。

高精度定量分析法の開発



LCタンデム質量分析装置 (LC-MS/MS)



標準PPダンベル劣化試験

寿命予測には、酸化防止剤濃度の高精度定量分析法の開発が必要
⇒物質計測標準研究部門と共同で、LC-MS/MSによる暫定プロトコルを完成

【ポイント】 前処理と測定中における試料の酸化劣化を抑制する方法を考案

【特記事項】論文6報、依頼講演6件、公的資金獲得1件、企業共同研究10件

高分子材料評価に関する現在の企業連携の概要

| | 業種 | 内容 | コア測定技術 | |
|------|-------|-----------------------------------|--------------------|-------------------|
| 素材 | 樹脂素材 | 製造プロセス改善のための化学構造解析 (共研) | MALDI, ESR, NMR | 高分解能 MALDI-TOFMS |
| | 樹脂素材 | 製品開発にフィードバックするための化学構造解析 (共研、コンサル) | MALDI, レオオプト, PALS | |
| | 樹脂素材 | 分析部署への測定技術指導 (コンサル) | MALDI | |
| 部品部材 | シール材 | パッキンの品質および劣化解析法の開発 (共研) | 熱分解GC | レオ・オプティカル 近赤外分光装置 |
| | フィルム | 樹脂フィルムのバリア性やナノ構造評価 (コンサル) | PALS | |
| | 電子部品 | 樹脂部品の品質管理評価 (コンサル) | MALDI | 小型陽電子ビーム装置 (PALS) |
| | 自動車部品 | 自動車用部品の品質管理及び劣化解析法の開発 (共研) | MALDI, ESR, 熱分解GC | |
| 最終製品 | 建装材 | 塗料原料や接着剤の品質管理法の開発 (共研) | MALDI | 熱分解GC/MS |
| | 食品 | 樹脂異物混入に関する分析技術開発 (コンサル) | MALDI, 熱分解GC | |
| | 化粧品 | 界面活性剤の安定性評価法の開発 (共研) | MALDI | |
| | 機械 | 樹脂部品の安定性評価 (コンサル) | 熱分解GC | |
| | 農業 | 除草シートの安定性評価 (コンサル) | 熱分解GC | |
| | 分析機器 | 分析機器や分析デバイスの応用 (共研、コンサル) | MALDI | |

企業連携による樹脂材料評価の実例

自動車用部品の劣化評価試験法の開発【矢崎総業との共同研究】

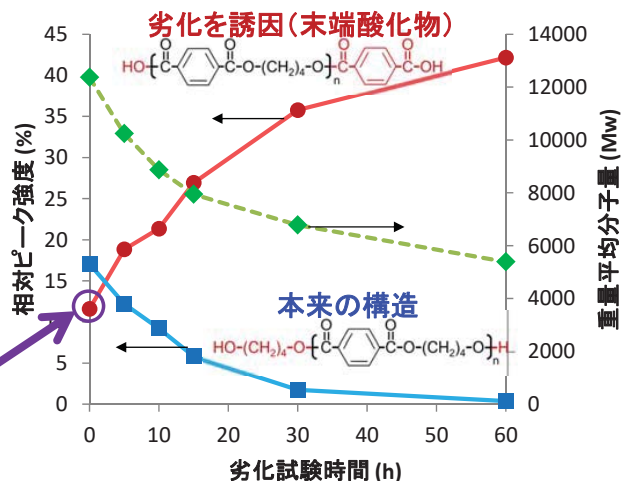
- 企業ニーズ:** 部品素材となる樹脂の材料選定は、部品試作と破壊試験による試行錯誤。素材メーカーに依存しない独自の評価指標が欲しい。
- 評価のポイント:** コネクタの成形加工時に起こる熱劣化を抑制した「耐熱グレード」の選定に役立てるため、**熱劣化の度合いを化学構造情報に基づいて評価。**
- 研究成果:** 高分解能質量分析法で観測される**末端酸化物の割合を指標とする評価法を提案。**優れた材料グレードの選定法として実用化を目指す。



酸化物末端をもつ生成物が増加すると、主鎖の切断を誘起して平均分子量が低下 (酸触媒的な効果による主鎖分解)。

樹脂ペレットに含まれる初期の末端酸化物の割合と、劣化進行に伴う増加度合いが耐熱性を評価する指標。

280°Cにおける加熱劣化試験



高分子材料の評価拠点的構築に向けた取り組み

- リアルな企業ニーズ (企業の痛み) をサプライチェーン全体に渡って把握
- アカデミア (大学・他研究機関) や地方公設試との協力体制を確保

「寿命予測・診断技術」によりサプライチェーン全体にソリューション提供・連携強化

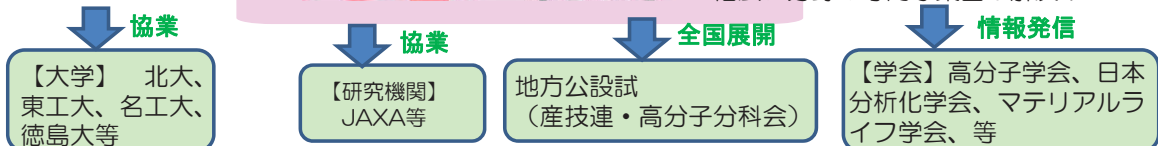


サプライチェーン全体を取り込む

材料診断拠点 (大学では対応困難)



- ✓ 産業界のニーズ、課題が産総研に集約
- ✓ 幅広い分野の専門家集団が解決!



材料評価の AIST総合病院



紹介状 治療アドバイス



地方公設試 (地域のかかりつけ医)

(2)「橋渡し」研究前期における研究開発

現在進行中の国プロジェクト

(平成30年度開始)

- ◆ NEDOエネルギー・環境新技術先導プログラム
- ◆ 省エネ化・低温室効果を達成できる次世代冷凍空調技術の最適化及び評価手法の開発

(継続案件)

- ◆ 超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト
- ◆ 有機ケイ素機能性化学品製造プロセス技術開発
- ◆ 次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発
- ◆ 革新的新構造材料等技術開発
- ◆ 非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発
- ◆ 未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発

研究テーマ(橋渡し前期)

材料機能シミュレーション技術開発(ナノ発泡ポリマー)

目的と計画

断熱材用ポリマー発泡材料の発泡サイズとその分散を設計制御する技術を開発

研究アプローチ

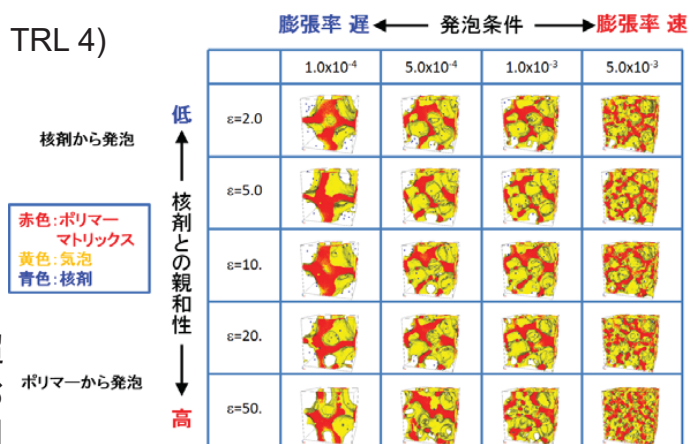
- ・ 粗視化分子動力学シミュレーションを行い高分子の発泡プロセス・構造を解析
- ・ 高い空隙率と均質な発泡構造を有するナノセルラーの作成条件を明らかにする
- ・ 計算結果と実験(プロセス、計測)結果を比較検証

平成30年度研究成果 (TRL 3 → TRL 4)

【成果の概要】

・ 小泡が均一分散する望ましい発泡構造を実現するための核剤の材料予測を達成

【特記事項】 NEDO 超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクトにおいて、技術研究組合 ADMAT と共同で開発した。平成30年度にプレス発表を行い、化学工業日報などで報じられた



発泡プロセスシミュレーションの結果のまとめ

平成31年度に見込まれる成果

- ・ 透明断熱を実現するマイクロセルラー構造を持つ高分子発泡材の予測設計技術を実用化
- ・ 企業との共同研究等を通じて、技術の橋渡しを行い、産業界に普及する見込み

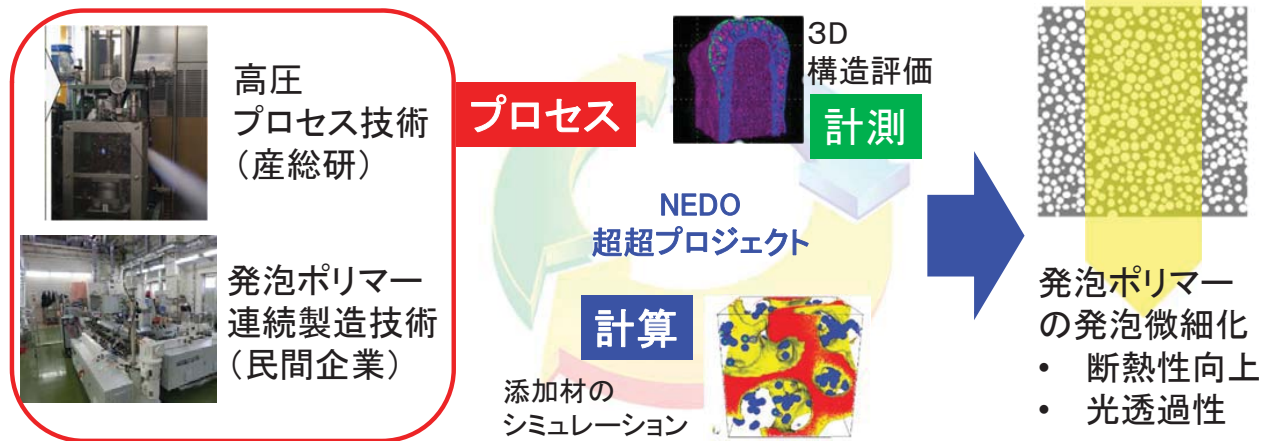
研究テーマ(橋渡し前期)

階層構造を持つナノコンポジットに関する研究(ナノ発泡ポリマー)

目的と計画

- 発泡ポリマーの発泡微細化による断熱性の向上と光透過性の付与
- 発泡プロセスの高圧化による微細化
- 計算科学による微細発泡のための添加材の設計と効果の実証

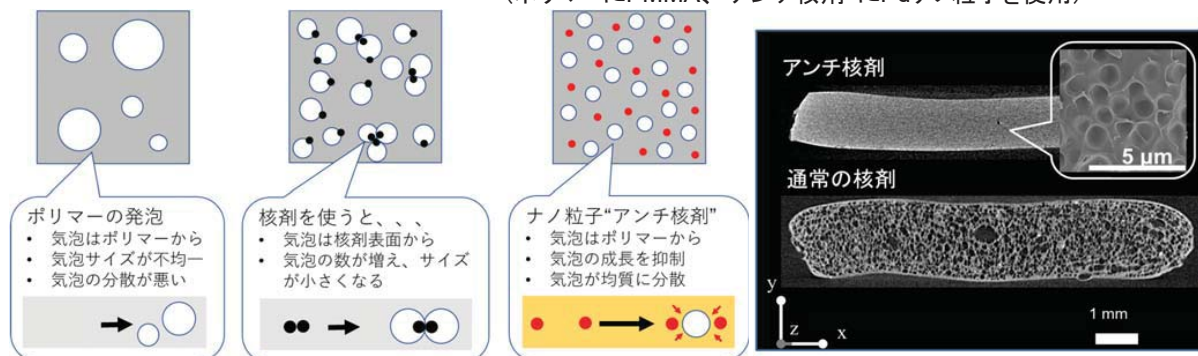
研究アプローチ



平成30年度研究成果 (TRL 4 → TRL 5)

ナノ発泡ポリマー(超超PJ)

図“アンチ核剤”の概念と、微細発泡体の作製による実証例 (ポリマーにPMMA、“アンチ核剤”にPdナノ粒子を使用)



- 発泡の起点となる従来の“核剤”とは異なり、気泡の成長を抑制し均質な微細発泡を可能とする“アンチ核剤”の可能性を計算科学で見出し、実際の発泡ポリマーで実証

【特記事項】

- NEDO超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト、H28~33年度(予定)
- 産総研プレスリリース(2019年11月27日)→日刊工業新聞等に掲載

平成31年度に見込まれる成果

高圧化およびアンチ核剤の手法を駆使して、バッチ発泡、連続製造共にポリマーの発泡構造のさらなる微細化を達成する見込み

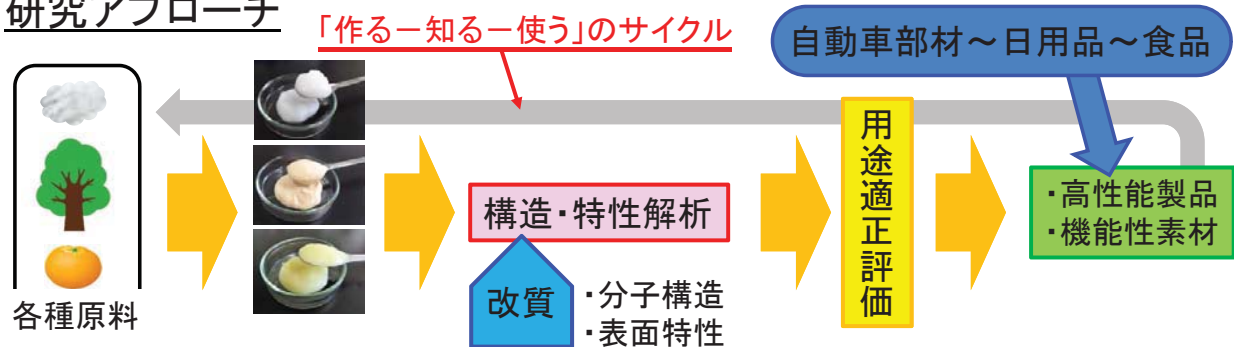
研究テーマ (橋渡し前期研究)

セルロースナノファイバー(CNF)の製造・材料利用技術の開発
(中国センター)

目的と計画

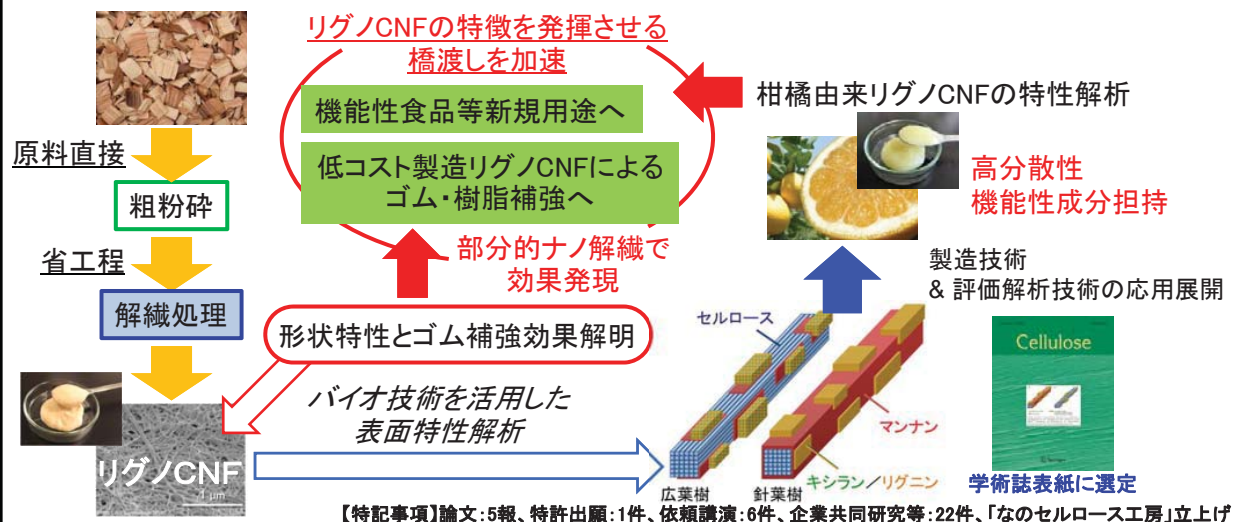
- ・ 複合材料の高性能化に最適なCNF特性の解明
- ・ CNFの高機能化のための精密表面・分子構造解析技術の開発
- ・ CNFの機能特性解析および新規用途への展開

研究アプローチ



平成30年度研究成果 (TRL 3 → TRL 4)

リグノセルロースナノファイバーの精密特性解析により高い有用性を見出した



平成31年度に見込まれる成果

- ☆樹脂・ゴム補強に適したリグノCNFの低コスト製造技術の確立
- ☆機能性リグノCNFの新規用途実用化技術の構築

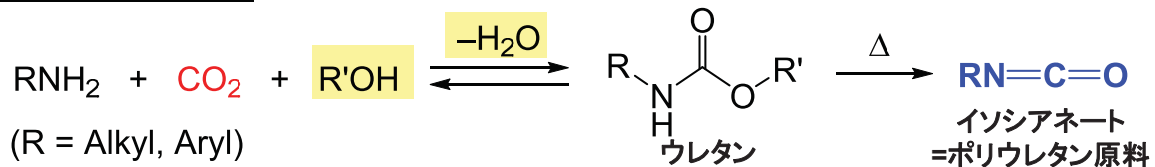
研究テーマ(橋渡し前期)

CO₂からの有用化学品製造技術の開発

目的と計画

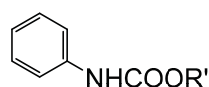
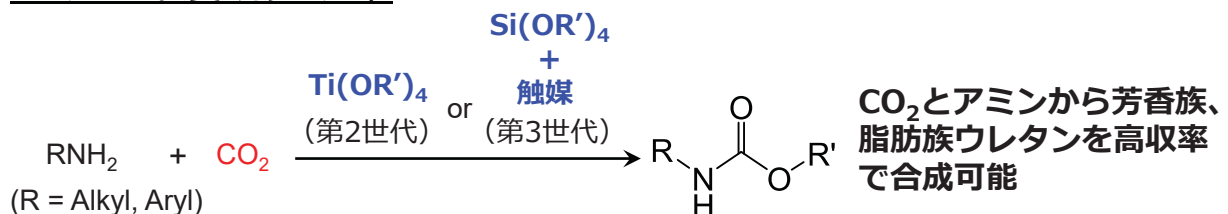
- ・ホスゲン代替としてCO₂を利用したポリウレタン原料合成法の開発
- ・化学平衡を制御することで高効率化を目指す技術の開発

研究アプローチ

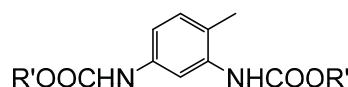


| 第1世代 | 第2世代 | 第3世代 | 橋渡しに向けた研究課題 |
|-------------|---------------------|---------|--|
| (2000~2004) | (2014~) | (2016~) | |
| | M(OR') _n | | <ol style="list-style-type: none"> 1. 高効率な触媒の開発 2. より高性能な脱水剤の探索 3. ウレタンの熱分解によるイソシアネート合成法の探索 |
| 脂肪族ウレタンのみ | 脂肪族・芳香族ウレタンへ適用可 | | |

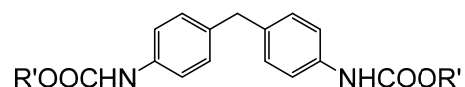
平成30年度研究成果 (TRL 4 → TRL 5)



83% (R' = Me)
84% (R' = ⁿBu)



60% (R' = Me)
64% (R' = ⁿBu)



82% (R' = Me)
92% (R' = ⁿBu)

主要ポリウレタン原料に転換可能な芳香族ウレタンにも適用可

【特記事項】

- ・論文: Bull. Chem. Soc. Jpn. **2018**, 91, 1481. ACS Sustainable Chem. Eng. **2018**, 6, 6675.
- ・プロジェクト: NEDO先導研究プログラム/未踏チャレンジ2050 (2千万円/年・3~5年間)

平成31年度に見込まれる成果

平成30年度に開発した芳香族・脂肪族ウレタン合成プロセスを基盤として民間企業との共同研究を推進し、さらに高効率な反応剤を開発することで、より工業化に適した低温・低圧で進行する反応プロセスを実現する見込み

研究テーマ(橋渡し前期)

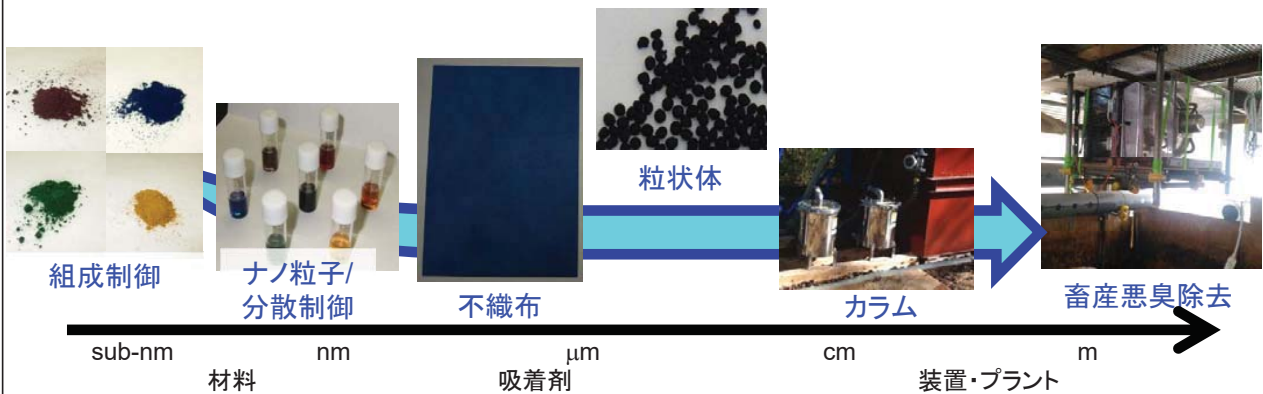
物質吸蔵・変換用ナノ粒子の開発

目的と計画

- 有用・有害材料回収を目的としたナノ粒子吸着材の開発
- 調光ガラスを目的としたナノ粒子による色可変素子用イオン吸蔵電極の開発

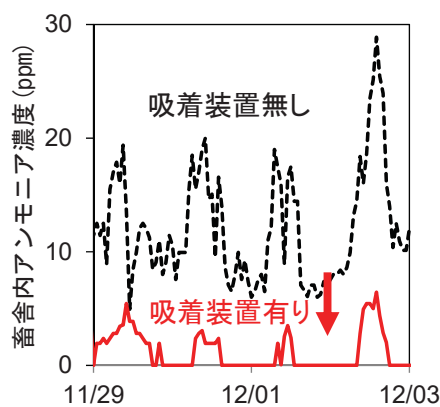
研究アプローチ

- プルシアンブルーの結晶・ナノ粒子構造の最適化による吸着機能発現を進める
- 他材料との複合化により、実用化に必要な粒状体成形や素子化などを進める
- プラントレベルでの実証試験を実施し、その実用性を明確にする



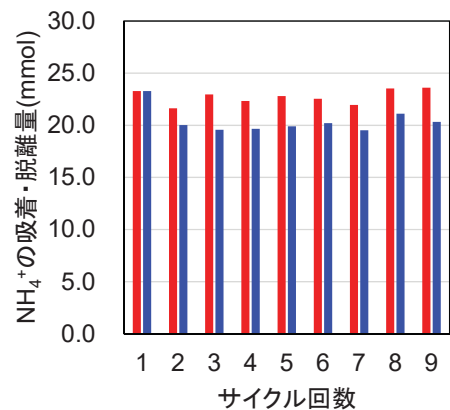
平成30年度研究成果 (TRL 4 → TRL 5)

アンモニア(NH₃)吸着材



企業と共同で造粒体を開発、畜舎現地実証試験に使用
畜舎内NH₃濃度を実際に低減

アンモニウムイオン (NH₄⁺)吸着材



消化汚泥分離水からのNH₄⁺
吸着・脱離を100サイクル以上

平成31年度に見込まれる成果

実用化に必要な耐久性を有する造粒体の開発と畜舎での飼育環境管理や
悪臭対策への活用

研究テーマ(橋渡し前期)

接着・界面現象の研究

目的と計画

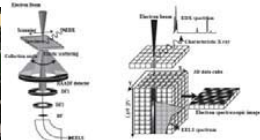
- ・ 異種材料の接着接合の強度や耐久性、生産性の向上
- ・ 車体の接合法として実装可能な信頼性の高い接着技術の確立

研究アプローチ

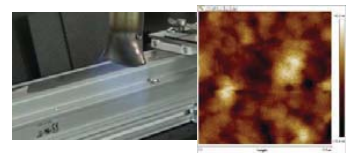
- (1) 接着メカニズムの解明
- (2) 新規接着剤の開発
- (3) 強度・耐久性評価法の開発
- (4) 表面処理法の開発
- (5) 産学官が連携した接着研究拠点の形成



SFG分光法および電子顕微鏡観察



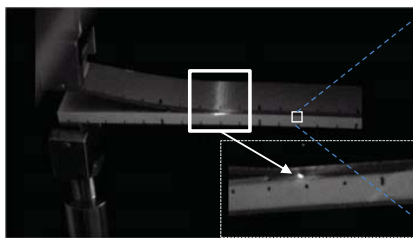
Split-Hopkinson棒衝撃試験機



難接着材の表面処理

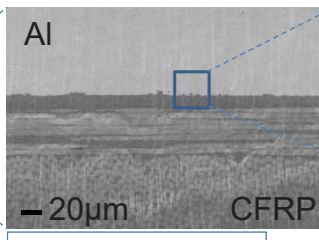
平成30年度研究成果 (TRL 3 → TRL 4)

金属/CFRP接合界面特性評価方法の開発と接合メカニズム解明



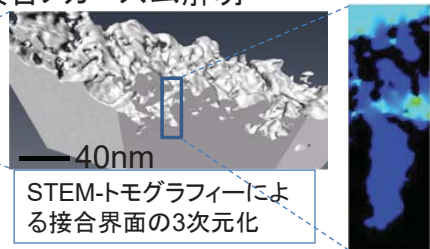
応力発光による接合界面き裂進展の可視化・精密測定

異種材接合界面の破壊靱性評価
DCB(Double Cantilever Beam)試験
のISO標準化: ISO/DIC22838

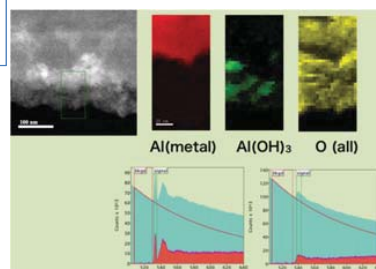


SEMによる
Al/CFRP断面観察

STEM-EELSによるアルミ表面/界面
の化学構造解析



STEM-トモグラフィーによる
接合界面の3次元化



シミュレーション
(OCTA)
による応力解析
(青がポリマー、明るい部分が
応力大)

【特記事項】EURAD2018(欧州接着学会)ベストオーラル
プレゼンテーション賞(寺崎、秋山、堀内)

平成31年度に見込まれる成果

炭素繊維強化樹脂を接着するための表面処理技術の確立と接着耐久性評価技術の開発ならびに接着メカニズムの解明(接着接合基盤技術共同研究体20社、総額5千万~1億円/年規模)

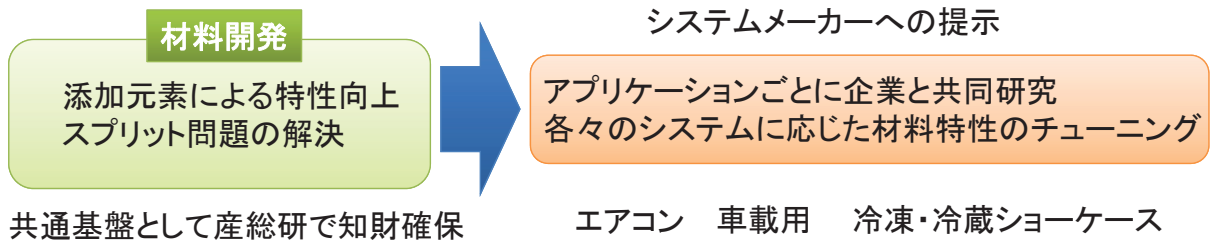
研究テーマ(橋渡し前期)

磁気冷凍材料の開発とシステム化 (中部センター)

目的と計画

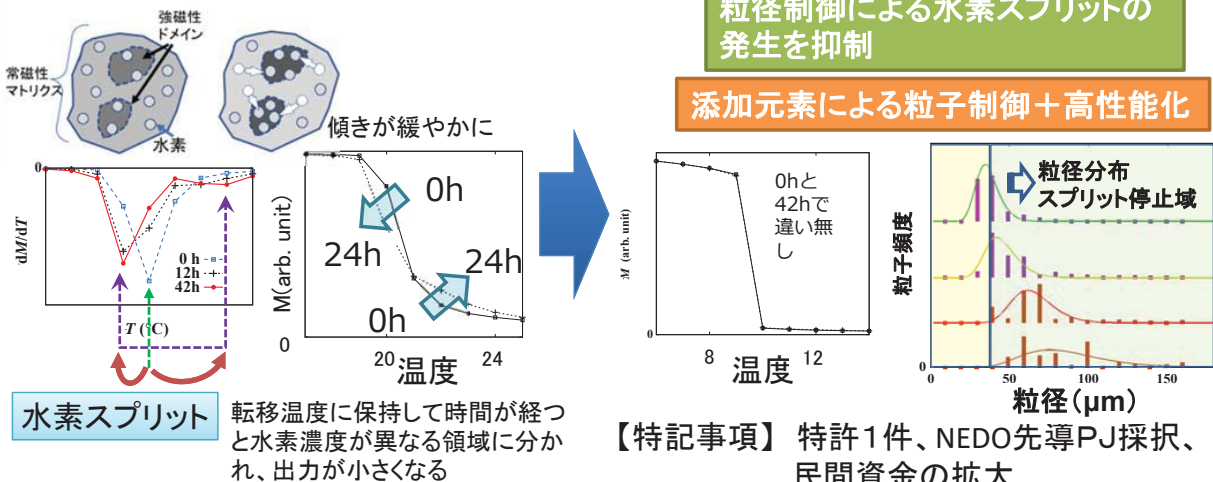
- 磁気熱量材料の高性能化とこれを用いた効率の良い磁気冷凍システムの基盤技術を開発し、フロン類フリーの新たな冷凍システムの実用化を目指す
- 材料開発は産総研で中心的に行い、システム開発は企業を中心として行う事により、アプリケーション先を拡大しやすくする

研究アプローチ



平成30年度研究成果 (TRL 5 → TRL 6)

水素スプリットへの粒径効果の確認とスプリットを抑制した高特性材料レシピの探索



平成31年度に見込まれる成果

- 磁気冷凍システムの課題である低磁場下における高性能材料の開発
- 粒子制御のさらなる追及と水素吸収法の改善による水素スプリットの完全停止

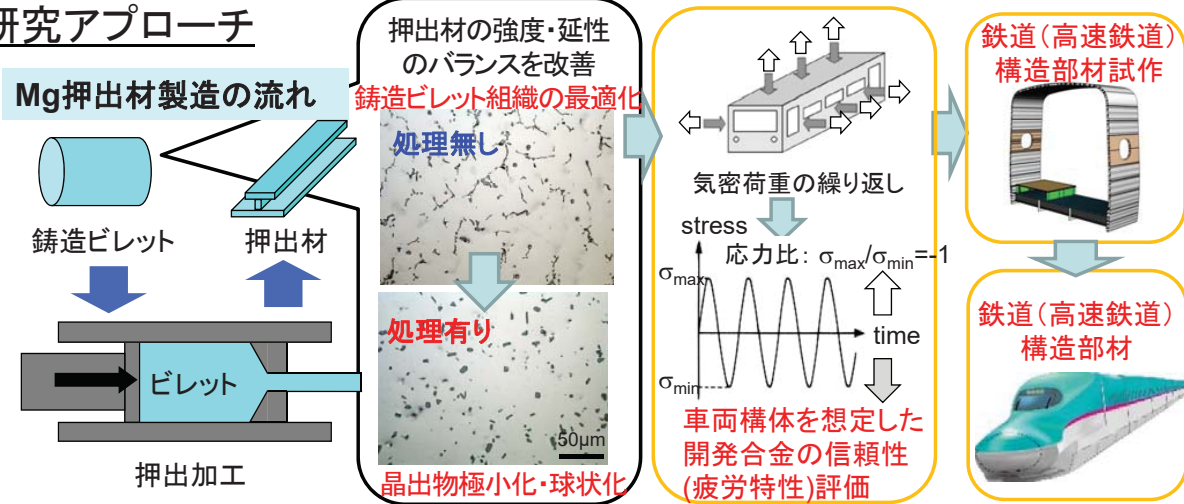
研究テーマ(橋渡し前期)

難燃性Mg合金による高速鉄道車両部分構体の試作・信頼性DBの構築(中部センター)

目的と計画

- ・高強度難燃性マグネシウム合金展伸材の開発
- ・高強度難燃性マグネシウム合金展伸材の信頼性データベースの構築
- ・大型輸送機器用の省エネルギー軽量部材の開発

研究アプローチ



平成30年度研究成果 (TRL 5 → TRL 6)

難燃性Mg合金による高速鉄道車両部分構体の試作・信頼性DBの構築

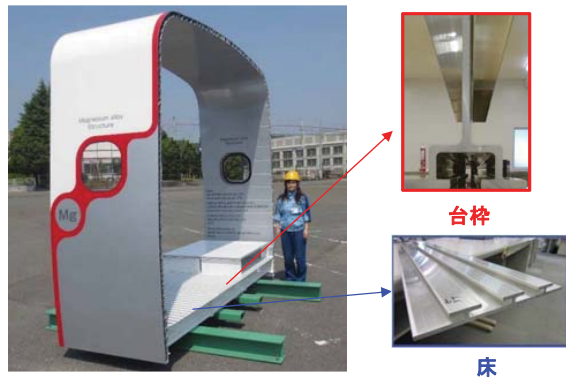


図 完成した1/1簡易モックアップ構体の外観

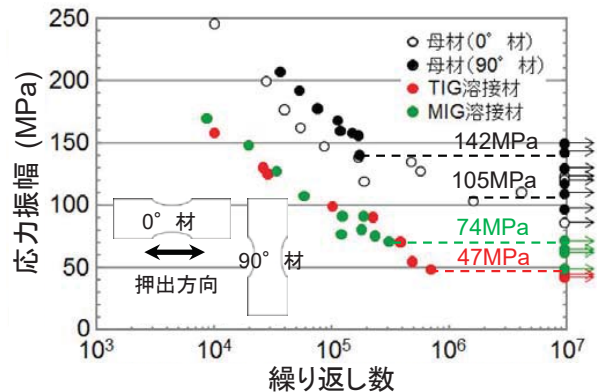


図 AX92合金押出材の疲労特性(応力比:-1)

簡易モックアップ構体の試作を完了。開発合金の信頼性DBを構築中(PJ企業と共同実施)

【特記事項】NEDO「革新的新構造材料等研究開発」に参画, 2018/06/12 NEDOプレスリリース

平成31年度に見込まれる成果

- ・PJ参画機関と共同でモデル気密構体(3m長以上)の設計・製造を実施
- ・新規開発合金の信頼性(疲労特性・耐食性)DBの構築を継続的に実施(データ拡充)

研究テーマ(橋渡し前期)

電磁攪拌を用いたアルミニウム合金の組織微細化 (中部センター)

- 目的と計画**
- ・ 電磁攪拌を用いることによる、微細化剤レスによる組織微細化
 - ・ 電磁攪拌技術の適用範囲拡大のため、角型断面のスラブ形状に対し適用可否を検討
 - ・ アルミニウム合金の高強度化の実現

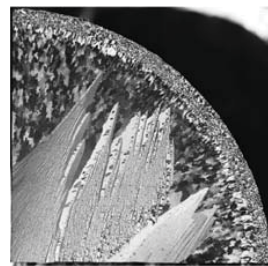
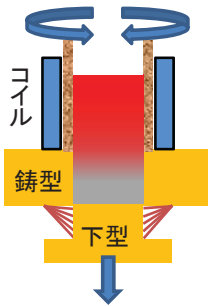
研究アプローチ

鑄造組織微細化技術の開発

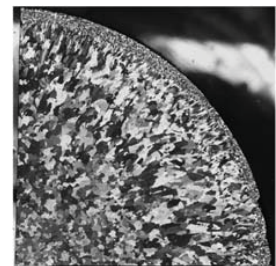
鑄造組織の微細化によって、高強度化・加工性向上が可能。微細化剤を用いる方法が一般的であるが、リサイクル性やコスト面で問題がある

7000系アルミニウム合金鑄塊の鑄造組織を、微細化剤を用いずに均質微細化する技術を開発する

- ・ 小径円形断面ビレットで、微細化剤利用(粒径約70 μm)に比べ微細な組織(粒径約50 μm)を有するビレットの作製に成功
- ・ 実用化に向け、矩形断面のスラブや、大径ビレットへ適用するための技術の確立が必要



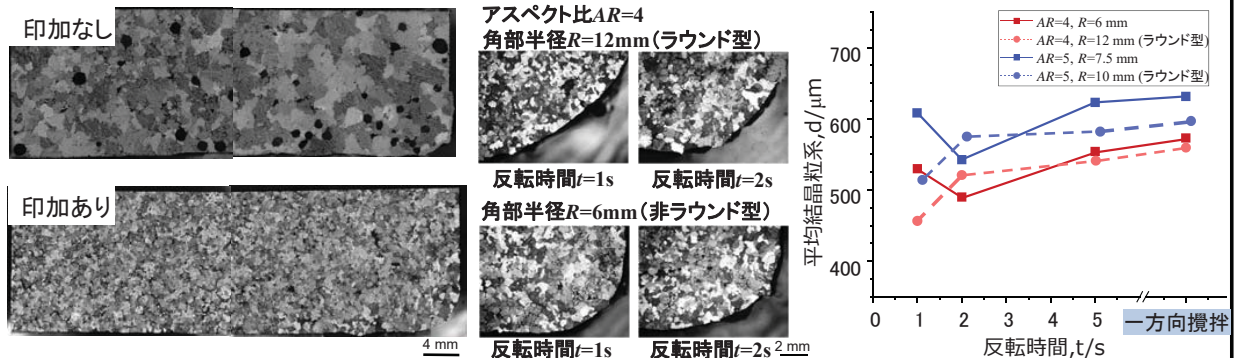
攪拌なし



攪拌あり

平成30年度研究成果 (TRL 5 → TRL 6)

矩形断面試料(スラブ)に対し電磁攪拌を付与、結晶粒径に与える影響の調査



矩形断面のスラブに対し、電磁攪拌の諸因子の影響を調査。

矩形断面ではアスペクト比と角部形状の影響を受け、角部半径が小さい場合では反転時間をやや長くすることにより角部の組織微細化が可能となる

⇒これまでの取り組みが評価され、UACJと冠ラボを設立(平成30年6月1日)、共同研究を実施

平成31年度に見込まれる成果

円形断面における電磁攪拌の諸因子が微細化能へ与える影響を明らかとし、大型のビレットに対し効率よく電磁攪拌を与えるための条件を明確化する

研究テーマ(橋渡し前期)

セラミック電解質シート製造技術開発
(中部センター)

目的と計画

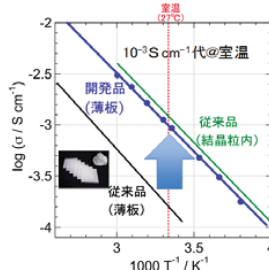
- ・産総研開発の高性能電解質部材の産業利用に向けた開発を推進
- ・シート部材製造(成形・焼成)でのスケールアップ・高度化を目指す

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



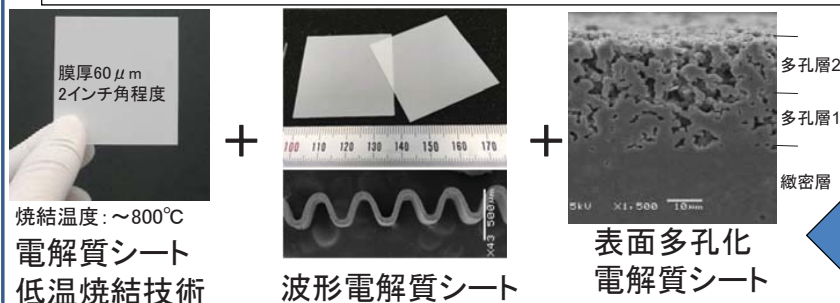
LiTAP (Li-Ti-Al-P₂O₅)セラミックシート
従来のリチウムイオン電解質シート材料(ガラス電解質)の約10倍のイオン伝導率@室温、且つ焼結性の高いシート部材

平成30年度研究成果 (TRL 4 → TRL 5)

難焼結性セラミック電解質シートの製造プロセス技術を検討し試作に成功

- ・マクロな電極/電解質界面の増加を目的とする波型電解質シート形成技術
- ・ミクロな電極/電解質界面制御を目的とした表面多孔化シート電解質の製造プロセス技術

全固体蓄電池セラミック電解質シート製造技術開発



JST-ALCA- SPRING

民間企業への技術移転

領域間連携 酸化物全固体電池
AIST研究アライアンス(H30~)

特記事項) 高機能セラミックス展 企業ブースで展示・商談を展開(平成30年12月5日~7日@幕張)

平成31年度に見込まれる成果

全固体型酸化物蓄電池のシート電池などの試作等へ展開する見込み

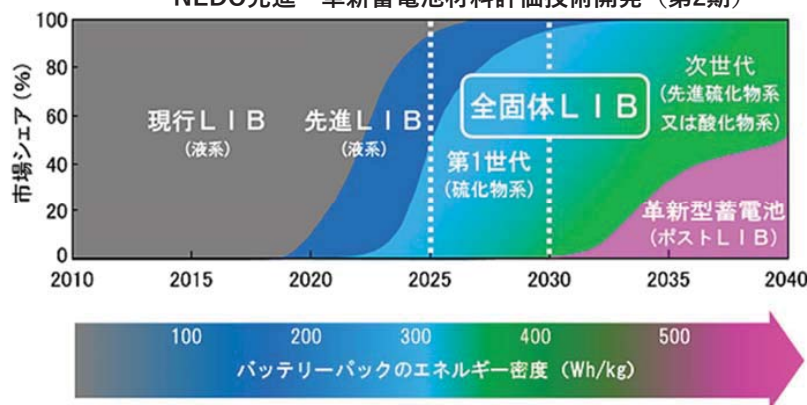
「橋渡し」研究前期
トピックス紹介②

「セラミック電解質シート製造技術開発」

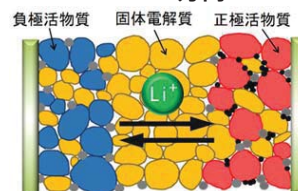
無機機能材料研究部門
松原 一郎

全固体蓄電池 ～ モビリティの電動化への対応

NEDO先進・革新蓄電池材料評価技術開発 (第2期)



2025年普及モデルの目標仕様
 電動走行距離: 400km、
 電池パック容量: 40kWh
 電池パック重量: 133kg
 電池パック体積: 67L
 電池パックコスト: 1.5万円/kWh
 => 60万円



NEDO資料より引用

全固体LIBのメリット

- 安全性
- 高エネルギー密度
- 集積化が可能

容積、重量を減らせる
電池パックの高電圧化

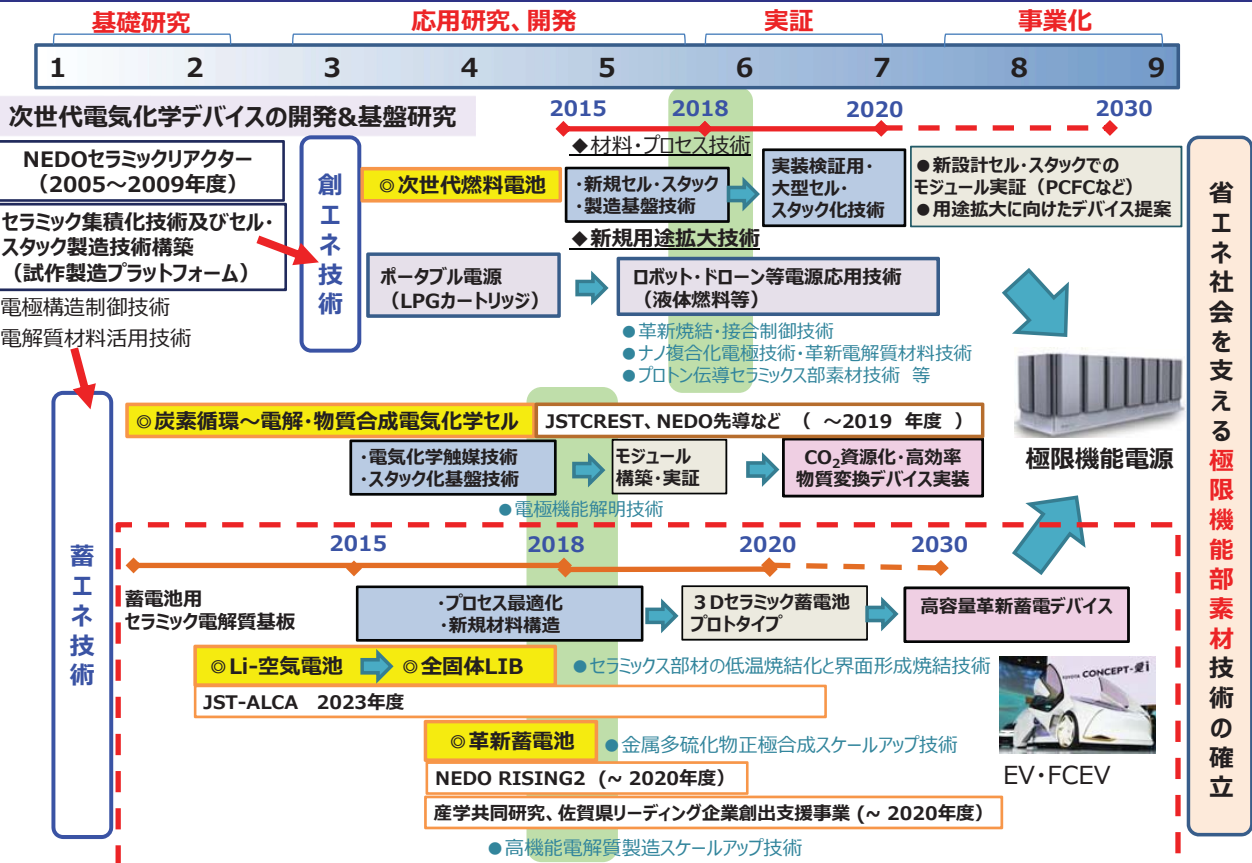
全固体LIB車載化へのハードル

- 従来の電池とは根本的に異なる複雑な製造プロセス
- 大量生産
- コスト低減

高い参入障壁

関連企業、研究機関の材料技術力の活用
(設計技術、プロセス技術、評価技術)

産総研 研究項目: 新たなものづくりの技術を牽引する無機機能材料の開発



産総研 研究項目: 新たなものづくりの技術を牽引する無機機能材料の開発

研究テーマ(橋渡し前期)

セラミック電解質シート製造技術開発(中部センター)

目的と計画

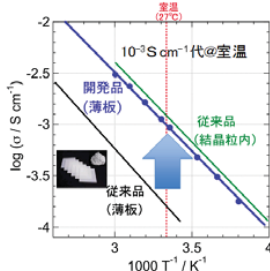
- ・産総研開発の高性能電解質部材の産業利用を推進
- ・シート部材製造(成形・焼成)でのスケールアップ・高度化を目指す

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



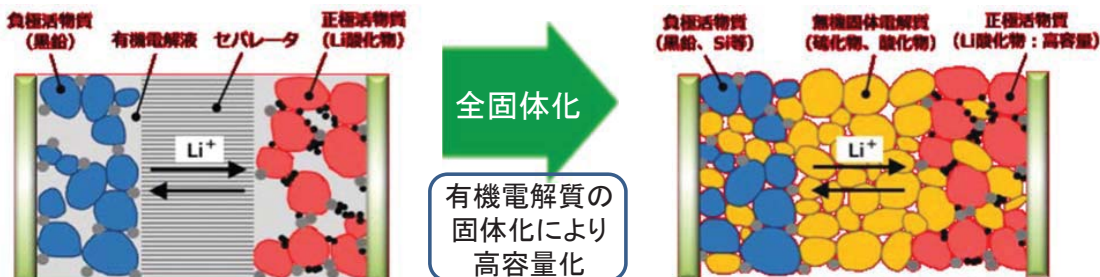
次世代自動車の電動化に向け、世界的に急速充電が可能な全固体電池の開発が加速



LiTAP (Li-Ti-Al-P₂O₅)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

実現への課題

- ・電極と電解質材料の反応性が高く、同時焼結による電池作成が困難
- ・液/固界面と比較して電極/電解質界面の面積を大きくしづらい

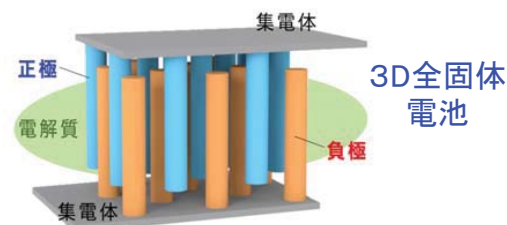


経済産業省「平成30（2018）年度 資源・エネルギー関係概算要求の概要」

課題解決に向けて

- ・電極/電解質界面を高比表面積かつ低温で焼結可能な材料・プロセス技術の開発
- ・正極と負極が3次元的に入り組んだ3D全固体電池を実現するための基礎技術開発

急速充放電と高容量を両立する理想構造



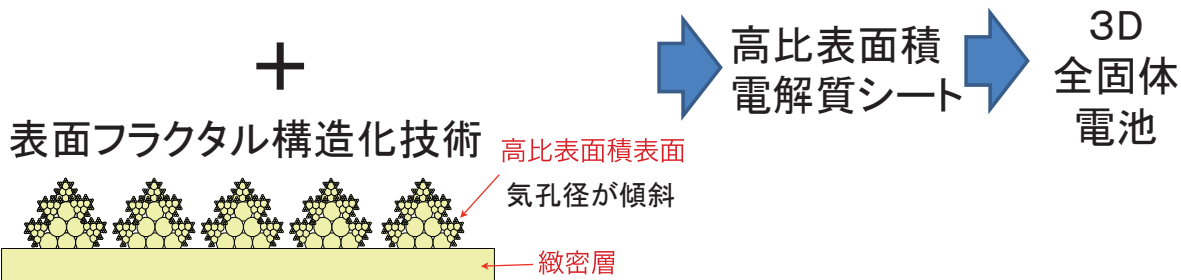
Liイオンの拡散抵抗の低減が可能

Bruce Dunn et al., Chem. Rev., 104, 4463-4492 (2004).

解決手段

- ・電極よりも高い焼結温度が必要な電解質を支持型とする電池製造手法を確立するため、基本となる電解質シート製造技術を高度化

凹凸構造を電解質シート製造技術



マクロ～マイクロまで電極/電解質界面の増大が可能な3D構造セラミック電解質を作成

- ・民間企業への技術移転
- ・サンプル有償提供

JST-ALCA- SPRING

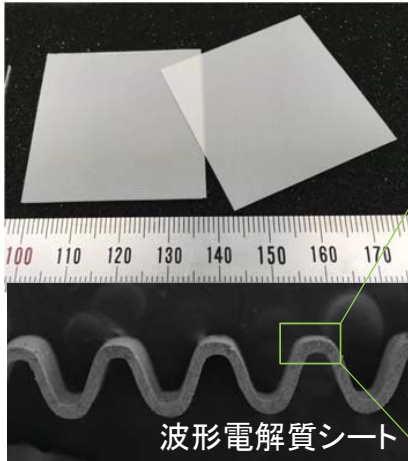
領域間連携 酸化物全固体電池
AIST研究アライアンス(H30～)

酸化物型全固体電池実用化研究を加速

H30年度成果

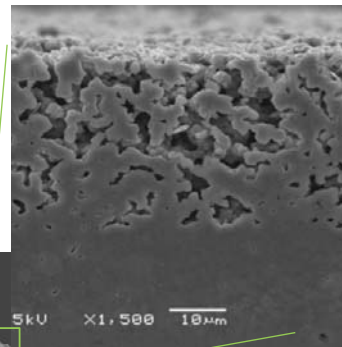
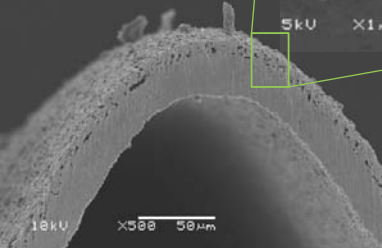
難焼結性セラミック電解質シートの低温焼結技術を検討し試作に成功

ナノ粒子原料と添加剤の最適化により
焼結温度を1000℃→800℃に低減



波形電解質シート

表面多孔構造化



多孔層2
多孔層1
緻密層

電解質シート製造技術を基に
JST-ALCA-SPRINGおよび
AIST研究アライアンスを実施

マクロな電極/電解質界面を増加する波形電解質シートを実現

佐賀県リーディング企業創出支援事業にて技術移転を推進

特記事項 高機能セラミックス展 企業ブースで展示(2018/12/5~7@幕張)

酸化物系全固体電池研究加速化のためのアライアンス構築(領域間連携)

- (材料・化学領域) 無機機能材料研究部門
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
- (エネ・環領域) 電池技術研究部門
- (エレ・製造領域) 先進コーティング研究センター



平成31年度に見込まれる成果

全固体型酸化物蓄電池のシート電池などの試作等へ展開する見込み

(3)「橋渡し」研究後期における研究開発

企業名を冠した連携研究室



UACJ-産総研アルミニウム先端技術連携研究ラボ

平成30年6月設立

NEW!

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月設立

ZEON

日本ゼオン・サンアロー・産総研CNT複合材料研究拠点



平成29年4月設立

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

平成29年4月設立

ZEON

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

平成28年7月設立



Color & Comfort

DIC-産総研東北センター化学ものづくり連携研究室

平成28年4月設立

「橋渡し」研究後期推進のための取り組み (1)

UACJ-産総研

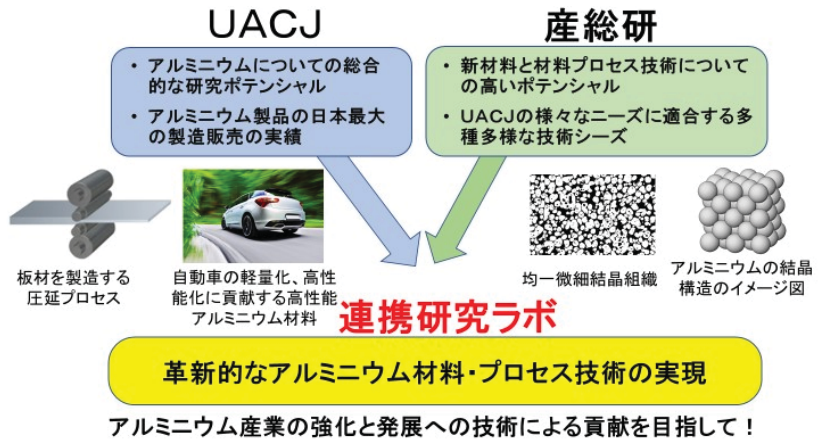
平成30年6月1日設立

アルミニウム先端技術連携研究ラボ

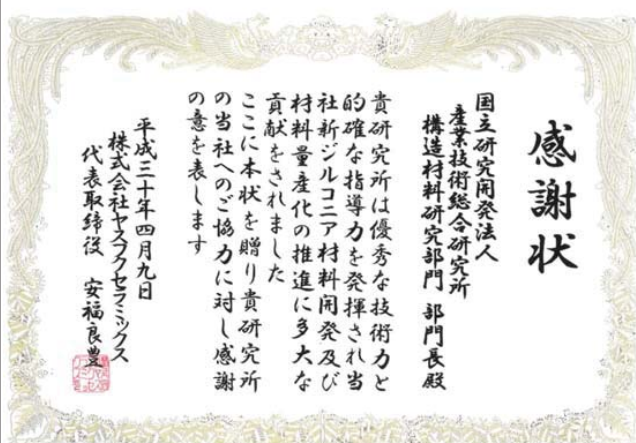
設置場所:産総研
中部センター
ラボ長:尾村直紀
(産総研)

研究内容

アルミニウムの
先端技術開発の
拠点構築



技術移転の見える化(再掲)



第4期中の技術移転に関して企業からの感謝状
(合計16社)

研究テーマ(橋渡し後期)

砂からテトラアルコキシシランを製造する方法

目的と計画

金属ケイ素を経由しない、「省エネルギー・低コスト」なケイ素化学品製造方法の確立を目指し、砂などの安価なケイ素源(シリカ)から直接テトラアルコキシシランを合成する技術を開発する

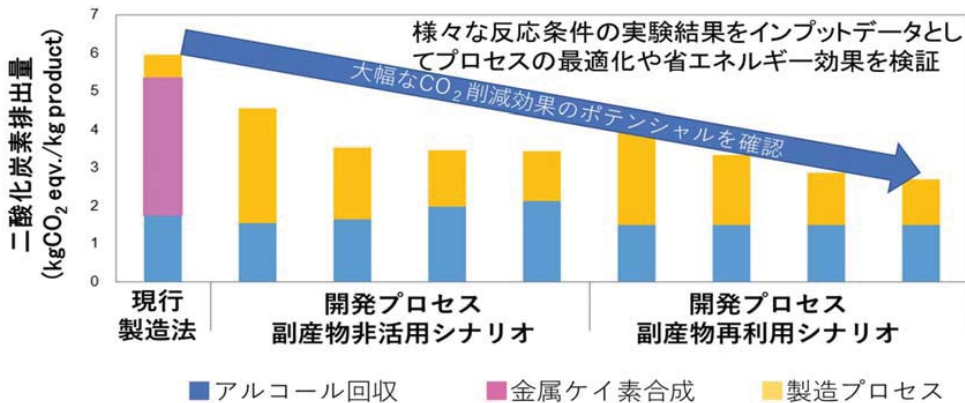
研究アプローチ



反応システムの中に副生成物である水を、無機脱水剤を用いて継続的に除去できるユニットを組み込んだプロセスを設計し、反応の高効率化を実現

平成30年度研究成果 (TRL 5 → TRL 6)

- 条件の最適化によってテトラアルコキシシラン生成効率を向上
- 開発した新製造方法の二酸化炭素排出削減効果を検証



- 【特記事項】
- PCT/JP2018/047645「テトラアルコキシシランの製造方法」
 - Industrial & Engineering Chemistry Research 2018, 57, 2192-2199.

平成31年度に見込まれる成果

工業的実施可能性の検証を視野に、さらなるスケールアップを共同研究先企業と進め、安価に入手可能な砂・灰などを原料として反応率70%以上の実現を見込む

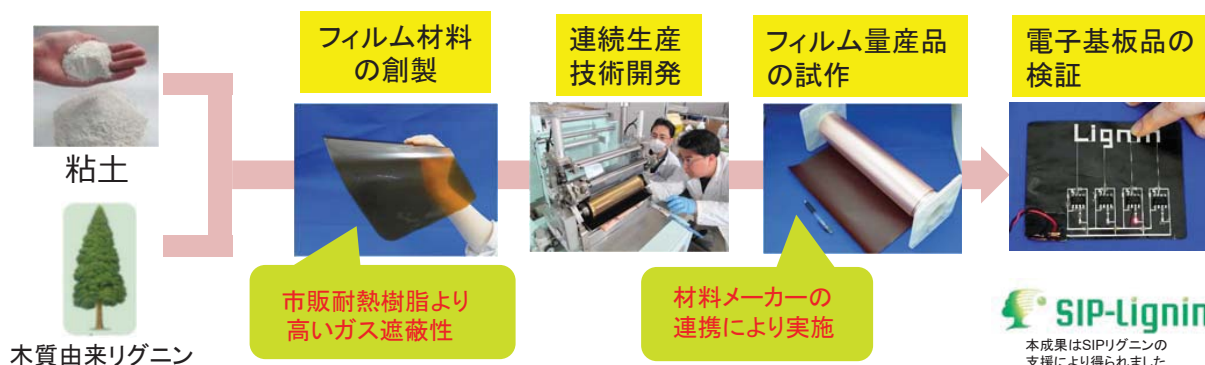
研究テーマ(橋渡し後期)

耐熱性ガスバリアフィルムに関する研究 (東北センター)

目的と計画

- ・耐熱性とガス遮蔽性を有する電子基板用フィルム材料の開発
- ・土と木からなる同フィルムの創製、量産技術、試作品を一貫開発

研究アプローチ



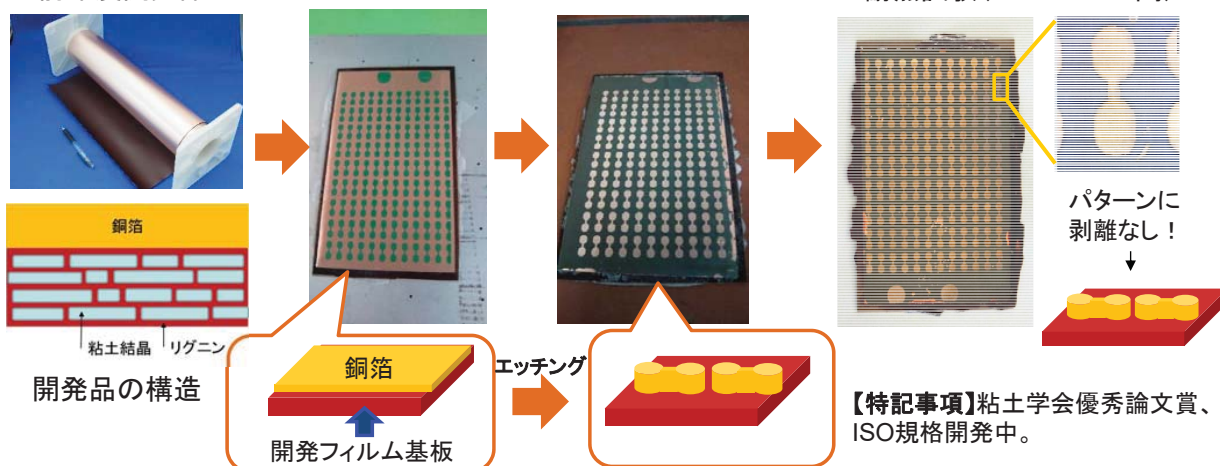
平成30年度研究成果 (TRL 5 → TRL 6)

開発フィルム基板に銅箔を積層した基板を作製し、エッチング評価と耐熱性評価を実施。**回路実装可能な化学的耐性と熱耐性を持つことを明らかにした**

前年度開発品

エッチング試験

耐熱試験 (150°C 10日間)



平成31年度に見込まれる成果

- 新規耐熱ガスバリアフィルムからなる電子基板の作製技術の確立
- 電子機器(スマートメーター)用基板の量産化に向けた技術移転

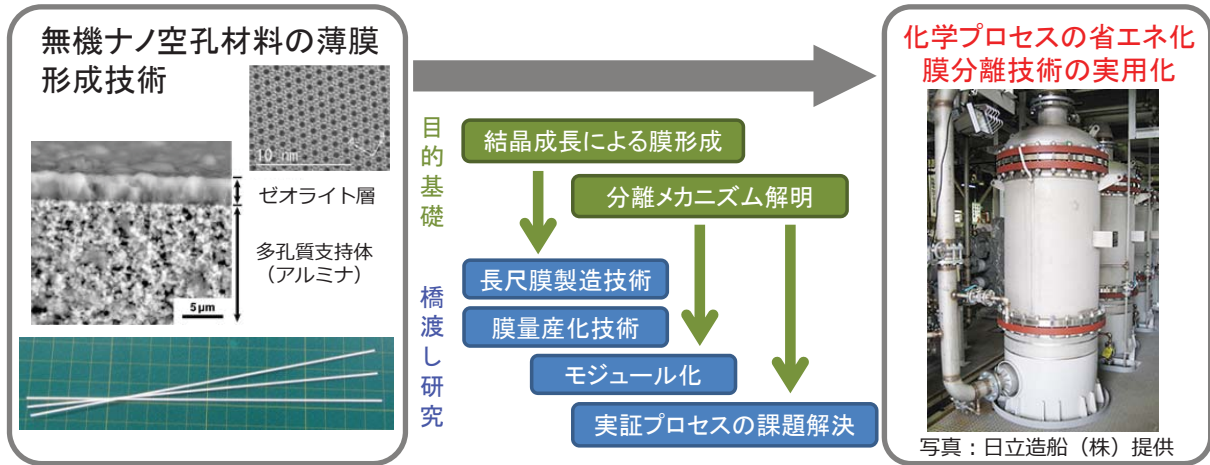
研究テーマ(橋渡し後期)

ナノ空孔材料を利用した分離システム(東北センター)

目的と計画

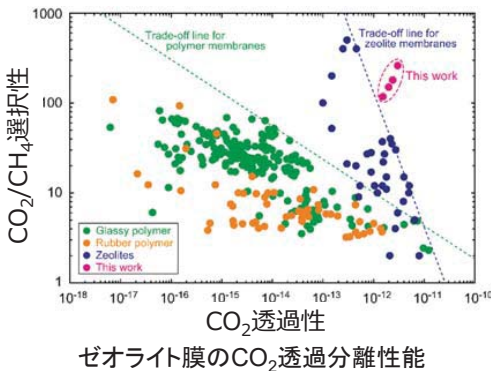
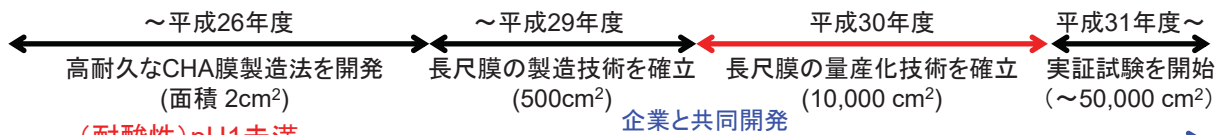
- ・ 高性能で高耐久な無機ナノ空孔膜による省エネプロセスの開発
- ・ 高性能な分離膜開発のための分離メカニズムの解明

研究アプローチ

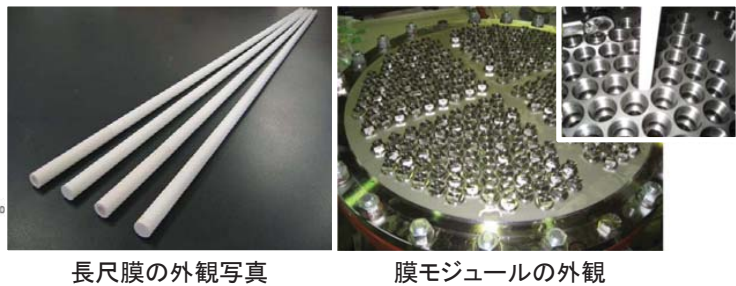


平成30年度研究成果 (TRL 5 → TRL 6)

膜製造技術を確立して膜モジュールを開発、実用化へ向けた取り組みを加速



30年度: 製造工程の改善点と解決法を詳細に検討し、歩留まり・製品の長期安定性を向上させ、膜モジュール開発に貢献



平成31年度に見込まれる成果

バイオガス発酵プロセスで実証試験を開始し、副生物の影響等の課題の抽出とその解決に取り組む(アルコール脱水以外で世界初)

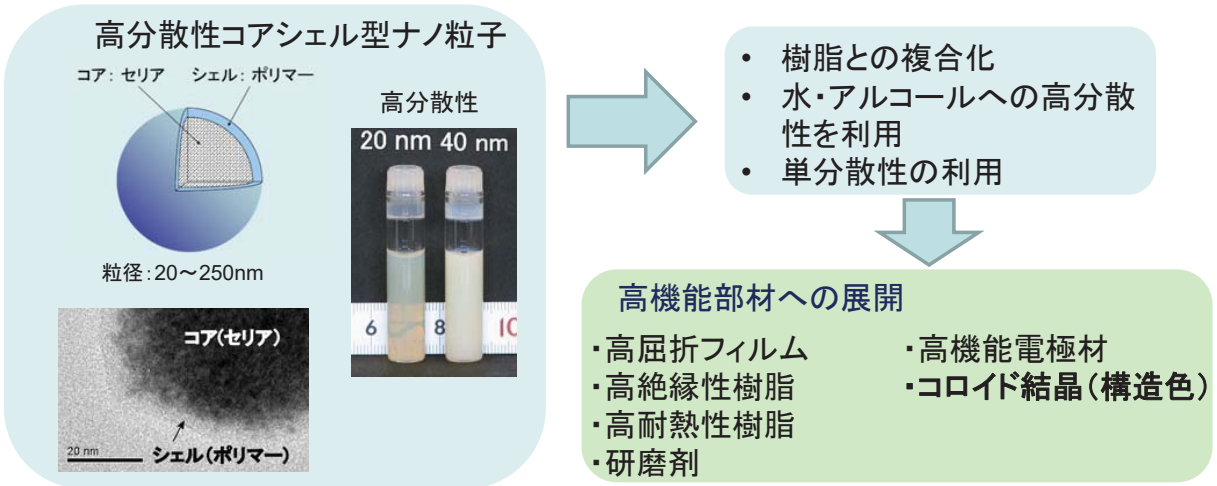
研究テーマ(橋渡し後期)

コアシェルナノ粒子の開発 と構造色の発現
(中部センター)

目的と計画

- ・高分散性コアシェル型ナノ粒子の種々の部材等への用途開発
- ・屈折率が高く、単分散性を生かして、構造色応用への新展開

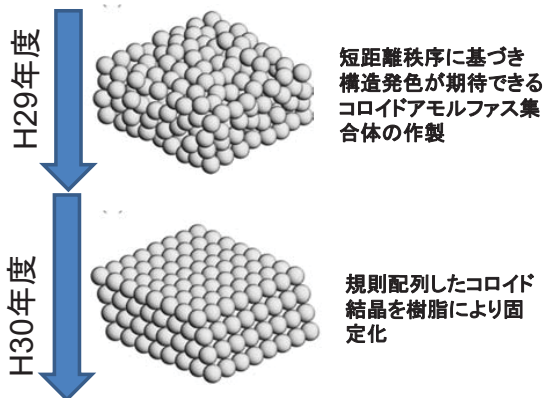
研究アプローチ



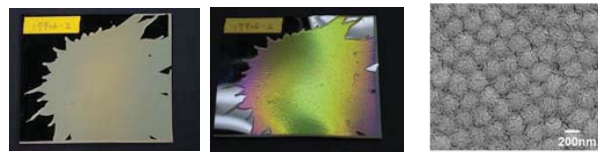
平成30年度研究成果 (TRL 6 → TRL 7)

コアシェルナノ粒子の開発 と構造色の発現

粒径が200 nmまたは250 nmの粒径の揃ったコアシェル型セリア微粒子



樹脂(アクリル系)による固定化



構造発色(角度依存性あり)、規則配列、樹脂による固定化、塗膜強度大を確認

コアシェル型セリア微粒子は、従来の構造色用微粒子(シリカ、ポリマー)よりも屈折率が高いため、鮮やかさ等で優位であることが実証

【特記事項】 実施契約済、企業へのサンプル提供8件(共同研究先企業から: 18年4月以降)

平成31年度に見込まれる成果

これまで開発済の青、緑に加えて、ニーズの大きい赤色の実現を目指すとともに、当該粒子を使った構造色塗膜の実用化を目指す

研究テーマ(橋渡し後期)

パワーモジュール用窒化ケイ素メタライズ基板の信頼性評価
技術開発 (中部センター)

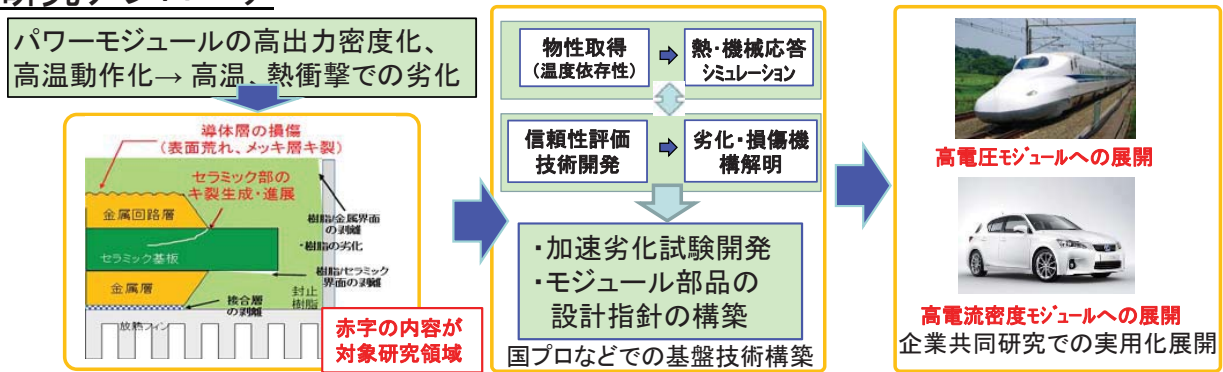
目的と計画

高熱伝導窒化ケイ素メタライズ基板の高出力パワーモジュールへの展開

- ・シミュレーションのための材料・部材の基礎物性習得
- ・苛酷環境下での部品の信頼性評価技術の確立
- ・苛酷環境下での部品の劣化・損傷機構の解明
- ・機構解明に基づく加速劣化法開発、設計指針の構築

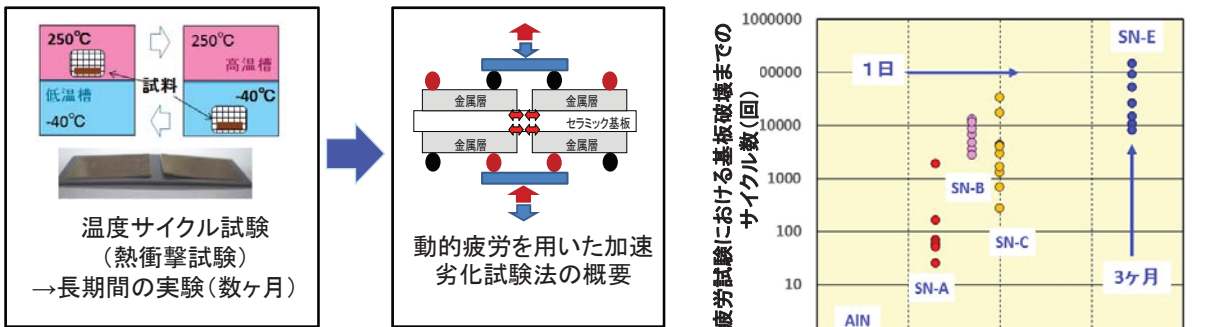
研究アプローチ

図 高出力パワーモジュールの構造例



平成30年度研究成果 (TRL 5 → TRL 6)

温度サイクル試験に対する加速劣化試験方法の開発



【特記事項】論文、特許、プロジェクト等

論文: Miyazaki et al., *Ceramics International*, 44 (2018) 8870-8876
 特許: 特願2017-075472「4点曲げ疲労試験治具および疲労試験装置ならびに加速劣化試験方法」
 プロジェクト: ・SIP「SiCに関する拠点形共通基盤技術開発」
 ③次世代SiCモジュールの技術開発: 高耐熱部品技術開発」

開発した加速劣化試験により、
損傷評価時間を約1/100に短縮

平成31年度に見込まれる成果

平成31年度には、共同研究先と開発した耐温度サイクル性に優れるCu板などを用いた次世代メタライズ基板について長期信頼性の評価までを達成する見込みである

研究テーマ (橋渡し後期)

スーパーグロース法単層カーボンナノチューブ (SGCNT) を用いた長寿命・高耐熱・高耐圧リングの開発

目的と計画

優れた耐熱性と長寿命化とを満たす配合設計とプロセス開発

研究アプローチ

- ・「日本ゼオン・サンアロー産総研CNT複合材料研究拠点」で、①産総研の研究者からなる研究チームが劣化プロセス等のメカニズムを解明、②企業からの出向者からなる製造チームがプロセス開発・品質保証・商品設計を担当し、③営業チームからの顧客情報と合わせることで、短期間での製品上市を目指した (CNT複合材料研究拠点設立後18か月で商品を上市)



平成30年度研究成果 (TRL 7 → TRL 8)

長寿命・高耐熱・高耐圧リングを開発、平成30年10月1日販売開始

・ゴムに高度なネットワーク構造を保ったままCNTを分散させることで形状維持性を向上させ、高温での力学特性を向上

・CNT添加による圧縮永久ひずみ劣化のメカニズムを解明し、材料設計で圧縮永久ひずみの劣化を抑制して、長寿命化を達成

■ 開発品のポイント ■

- ・市販品FKM製品の3.5倍の耐久時間
- ・FKMよりも高い連続使用温度
- ・FKMよりも優れた高温での強度特性

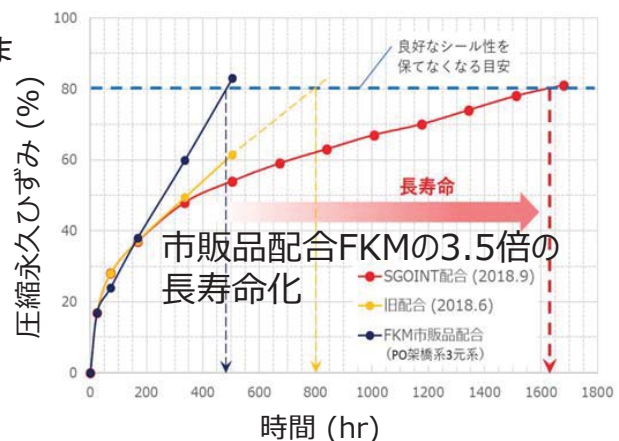


図. 230 °Cでの圧縮永久ひずみの経時変化 (シール性寿命の目安)

平成31年度に見込まれる成果

日本ゼオン・サンアロー産総研CNT複合材料研究拠点よりシリコンゴムを母材にした製品、および導電性樹脂を用いた成形品の商品化を予定している

「橋渡し」研究後期
研究トピックス紹介③

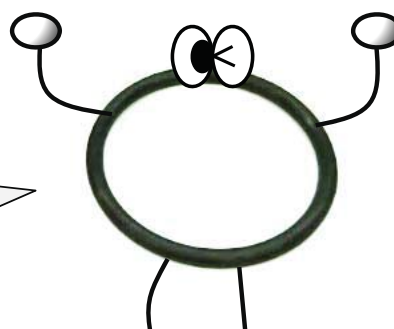
スーパーグロース法単層カーボンナノチューブ(SGCNT)を用いた長寿命・高耐熱・高耐圧 Oリングの開発

ナノチューブ実用化研究センター
畠 賢治

【スゴインの紹介】

フッ素ゴム(FKM)を母材として使用し、純度が高く長い日本ゼオン社製の単層カーボンナノチューブSGCNT; ZEONANO®SG101を補強性フィラーとして使用した新しいコンセプトの耐熱Oリングです。世界最高クラスの高耐熱・高耐圧(高強度)を示し、耐久性と耐薬品性のバランスに優れた性能をリーズナブルな価格で実現した耐熱Oリング

Super Growth Carbon Nanotubeが
INしている(入っている)
すごいOリング、
略してSGOINT。
危険な時でも漏れをガード!



**高性能&リーズナブル
な価格のOリング**

【シーリング材の課題】



ゴム製Oリングの破損が原因
 - 高温に強いゴム (FFKM) を採用したが、
 0°C以下の**低温で破損した(脆性破壊)**。

Richard Feynman talks about the O ring

(出所:Wikipedia チャレンジャー号爆発事故)

【スゴインの紹介】 CNT繊維補強効果



補強

ゴム弾性(ゴムの反発力でシール)
 + 球状のフィラーで補強

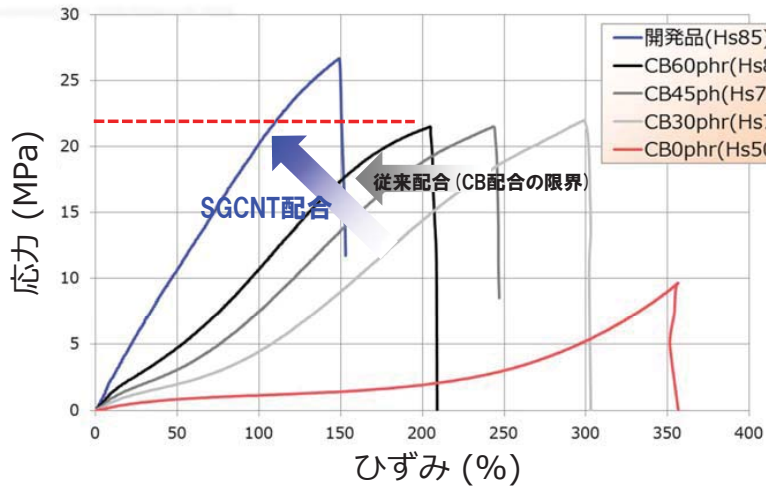
補強

ゴム弾性 +
 繊維(カーボンナノチューブ)で補強

参照)
 無機繊維補強ガスケット
 非ゴム弾性

【スゴインの紹介】 高温での優れた力学特性

SGCNT/FKM開発品の強度特性



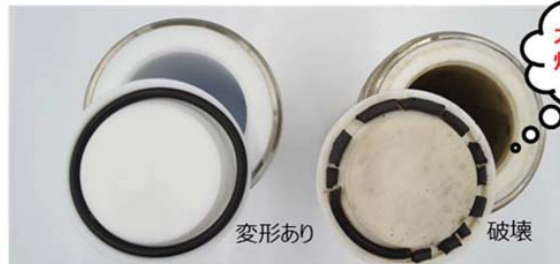
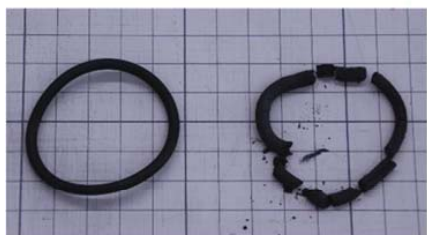
従来のCB配合系に比べて、
低歪時の応力と破断強度(TB)を大幅に改善
⇒Oリングの「はみ出し破壊」の低減と、高圧シール性を付与

【スゴインの紹介】

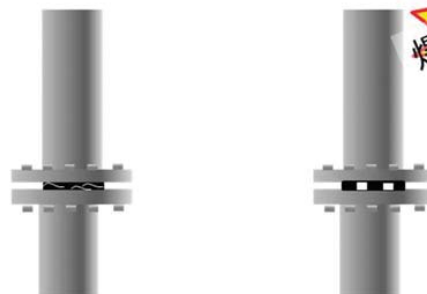
ゴムが劣化する温度での形状維持特性(安全性向上)



温度: 420℃
時間: 3hr
(N₂雰囲気中)



大量の漏れによる
爆発の危険性



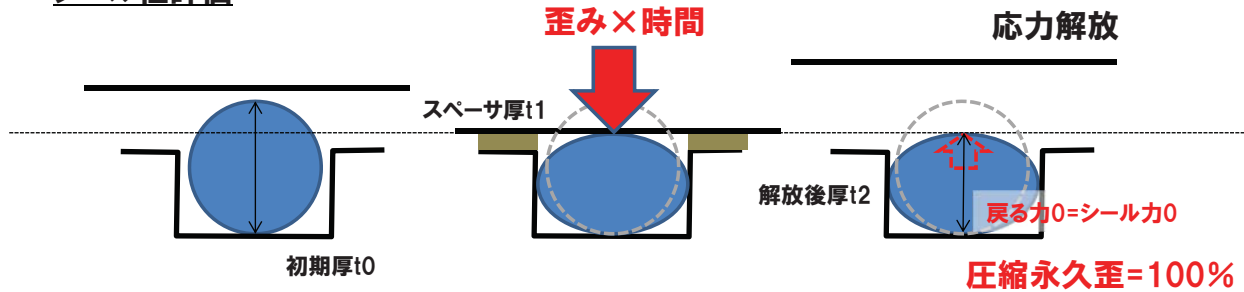
爆発のリスク

万が一の事故にも
リスクを最小限にしたい (割れない風船)

【スゴインの紹介】 圧縮永久歪とは？

【圧縮永久歪試験: CS test】
JIS K6262
シール性評価

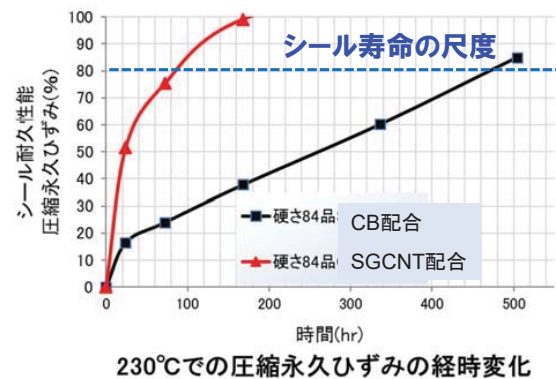
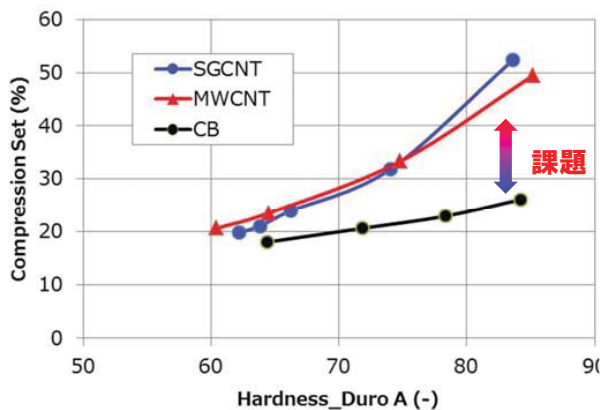
$$CS(\%) = \frac{t_0 - t_2}{t_0 - t_1} \times 100$$



ゴムのシール性を評価するための重要な指標。
80%に達する時間がシール寿命の尺度とされている

ゴムは押しでも元に戻る(弾性回復する)のが特長だが、
CNT/ゴムは、温度をかけて押すと変形したまま、元に戻らない。

【スゴインの紹介】 CNT/ゴム複合材料実用化への課題

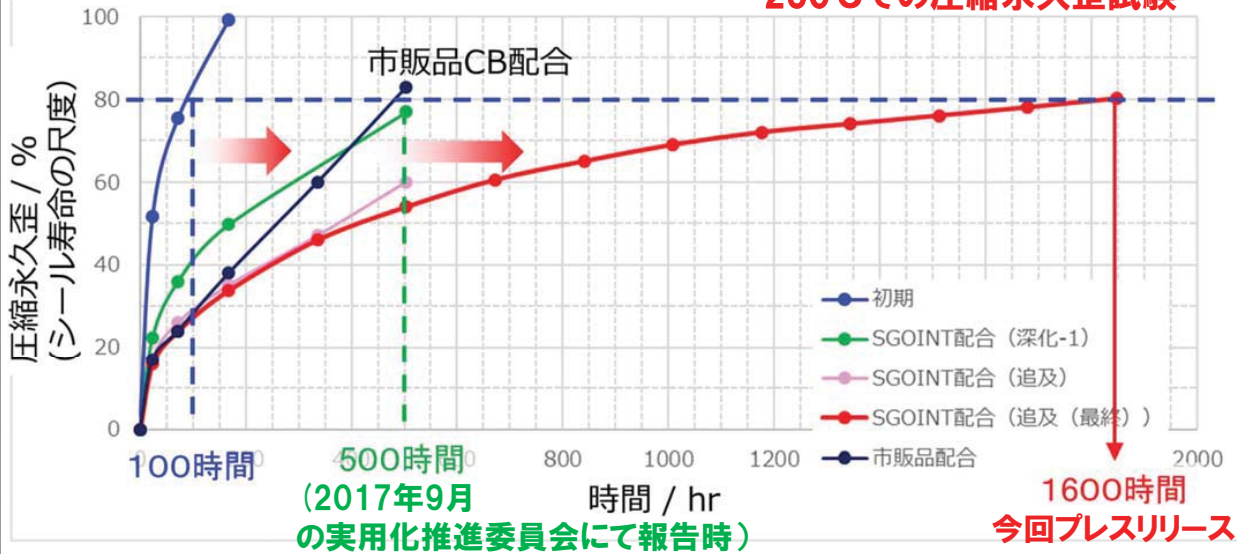


母材: FKM (PO架橋3元系FKM)
形状: DISK形状
圧縮永久歪試験法: ASTM D395 Method B
試験条件: 230°C × 70hr

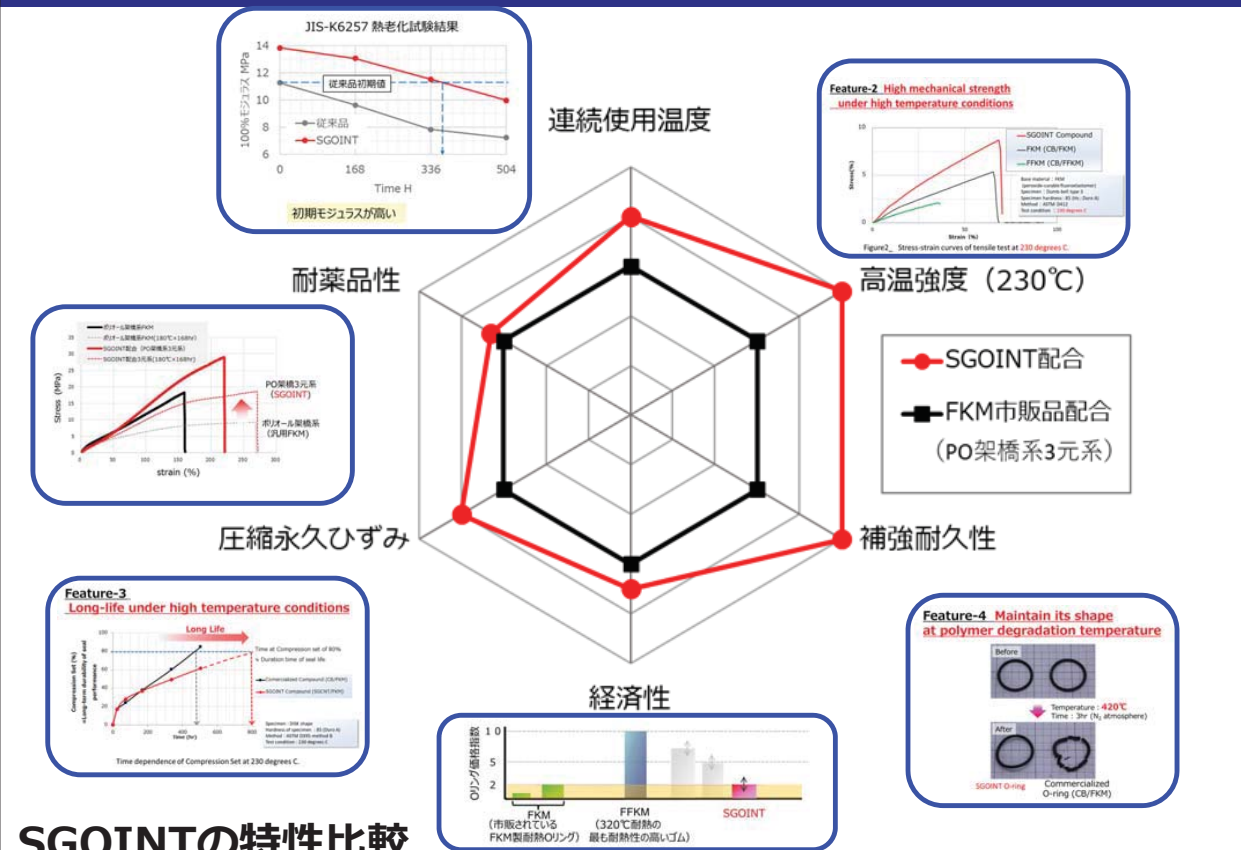
CNTを入れると圧縮永久歪が悪化する
230°Cで100時間以下の耐久性

【スゴインの紹介】 長期シール性(圧縮永久歪)

230℃での圧縮永久歪試験



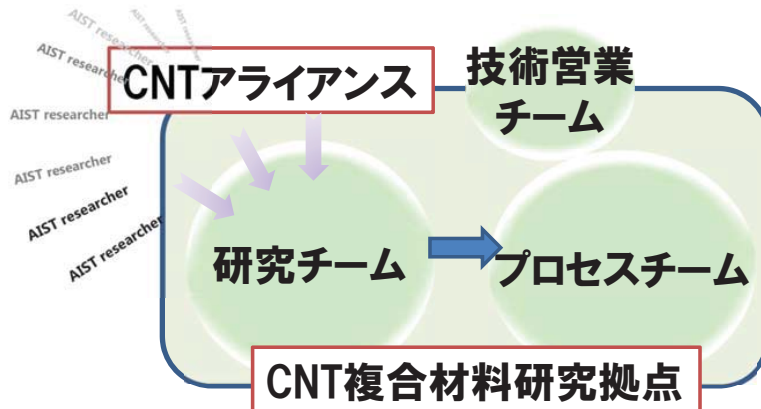
メカニズム解明と商品設計で圧縮永久歪を改善



SGOINTの特性比較

【研究のアプローチ】

・「日本ゼオン・サンアロー産総研CNT複合材料研究拠点」(2017年4月～)で開発



- ①産総研研究者からなる研究チームが圧縮永久歪劣化等の技術課題を解決し
- ②企業出向者からなる製造チームがプロセス開発・品質保証・商品設計を担当し
- ③営業チームからの顧客情報でニーズを掌握、短期間での製品上市を目指した (CNT複合材料研究拠点設立後18か月で商品を上市)

主旨に賛同いただける企業様とのコラボ体制



Dr.Hata

CNT粉体から扱い成形品までを一か所で製造・開発できる体制

- FKM、CNTのスペシャリスト
- 劣化解析、架橋メカニズム解明のスペシャリスト
- CNT分散、分散性評価のスペシャリスト
- マーケティングのスペシャリスト
- ロール混練、ニーダー混練などスケールアップのスペシャリスト
- 圧縮成形のスペシャリスト
- 品質保証のスペシャリスト

課題限定の共同研究から、
出てきた課題に柔軟に対応できる
On-Demand組織

工夫点)産総研内でニーズ収集から基礎～スケールアップまで**全て実施**



ゼオンナノテクノロジー(株)
荒川社長

経営トップ自らの
コミットメント



駒形会長



時宗社長

【成果の意義・アウトカム】

ホーム > ニュース > ニュースリリース 一覧 > 長寿命・高耐熱・高耐...

News
Release

長寿命・高耐熱・高耐圧Oリングを開発、販売開始へ

—世界初、スーパーグロース法で量産された単層カーボンナノチューブ
応用製品—

2018年9月13日

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
国立研究開発法人産業技術総合研究所
サンアロー株式会社

NEDOプロジェクトの成果をもとに、産業技術総合研究所は、単層カーボンナノチューブ含有の耐熱フッ素ゴム(FKM)の開発を進展させ、「Oリング」の実用化に成功しました。

このOリングは、市販品FKM材料の3.5倍の耐久時間を有するなど、長寿命・高耐熱・高耐圧の優れた性能を持ちます。2018年10月1日からサンアロー(株)がFKMと同等の価格帯で販売開始します(名称:SGOINT(スゴイン)-Oリング)。

例えば、石油掘削装置などのシール材、自動車や航空機などのエンジン周辺部材の金属シール代替などへの活用が期待され、交換頻度の低減と管理コストの削減などに貢献できます。

また、このOリングは、高品質・高速・大量合成に優れたスーパーグロース法で量産された単層CNT(SGCNT)を応用した世界初の製品になります。



http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101023.html

平成30年9月13日
NEDO、産総研、サンアロー
の3者合同プレスリリース

化学工業日報、日刊工業
新聞、電波新聞、経済産
業省 METI Journalに掲載

製品は10月1日から販売
が開始され、企業からの
問い合わせが60件あり、
試料提供・販売25件を実施した

【H31年度の成果予定】

日本ゼオン・サンアロー・産総研CNT複合材料研究拠点より

- ・医療福祉用途へ導電性CNTゴムMBの商品化を予定
- ・半導体関連用途の導電性CNT樹脂成型品の商品化を予定

1. 第4期中長期目標期間の計画とロードマップ

(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。

(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。

(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

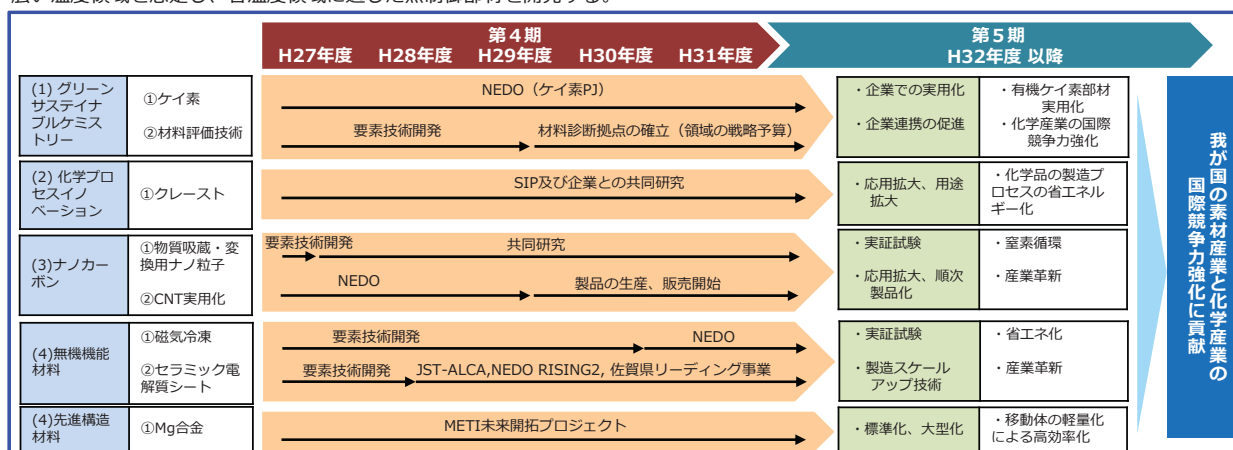
ナノカーボン高効率合成及びナノカーボン複合材料製造技術等、ナノ材料のナノ構造精密制御技術や複合化技術、及び先端計測技術を開発する。また、材料・デバイス開発促進のために、高度な計測技術、理論・計算シミュレーションを利用した材料開発を行う。

(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。

(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、軽量構造材料など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。



2. 第4期中長期目標期間の特筆すべき成果 (見込みを含む)

【目的基礎】

- ・中長期目標(1-①)において、従来の合成法では達成できなかったシロキサン構造の精密制御(配列や鎖長、官能基導入など)が可能とするワンポット逐次合成技術を開発し、**新規な機能性シリコン材料及び含シリコン複合材料の開発への道を開いた。**
- ・中長期目標(1-②)において、材料の劣化を化学構造の解析によって診断する分析技術を開発した。この技術を基に**第4期累計(平成27年4月から平成30年12月末時点まで)で総額4000万円の技術コンサルティングを行った。**

【橋渡し前期】

- ・中長期目標(3-①)において、アンモニアおよびアンモニウムイオンを選択的に吸着する造粒体の開発をした。これにより、**大気および汚水中の窒素分除去が可能になる。**アンモニアについては、畜舎周辺の悪臭対策に有効であり、アンモニウムイオンについては、下水中窒素分の資源化が期待できる。
- ・中長期目標(4-①)において、水素スプリットによる特性低下を起こさず、かつ従来の1/10の時間で低磁場で高出力な磁気冷凍部材の開発が可能となった。この技術により、**従来の代替フロンガスを利用した冷凍システムに代わる固体材料による冷凍システムの開発への道を開いた。**(中部センター)
- ・中長期目標(4-②)において、電解質部材としての酸化物リチウムイオン伝導性セラミックスのシート作製技術、大型シートを低温で焼成する技術を開発した。これらの技術によって電動化が進む自動車等で必要とされる**急速充電が可能な次々世代型の酸化物系全固体蓄電池の実現が加速される。**(中部センター)
- ・中長期目標(5-②)において、**開発した難燃性Mg合金を使用して、オールMg製の高速度車両構体の簡易モックアップの作製を完了させた。**また、難燃性Mg合金を用いて構体を設計するために必要となる各種信頼性(疲労特性・耐食性)データベースを構築中である。(中部センター)

【橋渡し後期】

- ・中長期目標(1-①)において、砂などの安価な**ケイ素源(シリカ)から直接テトラアルコキシシランを合成する技術の開発に成功した。**
- ・中長期目標(2-①)において天然素材であるリグニンと粘土鉱物を用いて、**従来素材を上回るバリア性能を持つ耐熱ガスバリアフィルムを創製した。さらにその連続生産技術を確認した。**(東北センター)
- ・中長期目標(3-②)において市販品フッ化ビニリデン系(FKM)材料の**3.5倍の耐久時間を有する、長寿命・高耐熱・高耐圧シーリング材を製品化した。**
- ・第4期を通して合計**6つの冠ラボを産総研内に設置**することで企業のニーズに、より特化した基礎及び応用研究開発を遂行した。

【マーケティング力の強化】

- ・第4期を通して**マーケティング力の強化を進め、民間資金獲得額の大幅な増加を達成した(平成23年度～平成25年度の平均額に比べて約2.5倍)。**

3. 平成30年度の代表的成果と特筆すべき成果

砂からテトラアルコキシシランを製造する方法



条件最適化によってテトラアルコキシシラン生成効率を高め、現行法に比べてCO₂排出量を約1/2に

スーパーグロース法単層カーボンナノチューブを用いた長寿命・高耐熱・高耐圧Oリングの開発

長寿命・高耐熱・高耐圧Oリングを開発、平成30年10月1日販売開始

市販フッ素ゴムに比べて
 ・3.5倍の耐久時間
 ・高い連続使用温度
 ・高温での強度特性



【目的基礎】

- 河北文化賞（化学プロセス研究部門：蛸名武雄）、日本女性科学者の会奨励賞（大矢根綾子：ナノ材料研究部門）、ケイ素化学協会奨励賞（松本 和弘：触媒化学融合研究センター）、高分子分析討論会審査委員賞（渡邊亮太：機能化学研究部門）等を受賞した。
- IF10以上の論文誌に掲載された論文は17報である。例えば、電子顕微鏡計測技術の研究成果がNature誌[IF:41.577]に掲載された。

【橋渡し前期】

- 中長期目標(5-①)において、開発した難燃性Mg合金を使用して、**オールMg製の高速鉄道車両部分構体作製を設計した**。また、難燃性Mg合金を用いて構体を設計するために必要となる各種信頼性（疲労特性・耐食性）DBを構築中である。（中部センター）

【橋渡し後期】

- 中長期目標(1-①)において、砂などの安価な**ケイ素源（シリカ）から直接テトラアルコキシシランを合成する技術の開発に成功した**。
- 中長期目標(2-①)において天然素材であるリグニンと粘土鉱物を用いて、**従来素材を上回るバリア性能を持つ耐熱ガスバリアフィルムを創製した。さらにその連続生産技術を確立した**。（東北センター）
- 中長期目標(3-②)において、**市販フッ素ゴムの3.5倍の耐久時間を有する、長寿命・高耐熱・高耐圧シーリング材を製品化した**。

【研究人材の拡充、流動化、育成】

- イノベーションスクールによる人材育成、OILを通じたRAやクロスアポイントメントを通じた人材の拡張を推し進めた。この結果、**イノベーションスクール生とRA数の合計は49名となり平成30年度目標値に対して140%となった**。

Memo:

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（単位） | 委員会説明 | 年度実績（確定値） | 備考 |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----|
| 民間資金獲得額（億円） | 16.3 | 18.0 | |
| 論文の合計被引用数（回） | 11,960 | 12,337 | |
| 論文発表数（報） | 335 | 506 | |
| 実施契約等件数（件） | 228 | 246 | |
| 人材育成（名） | RA 42 イノベーションスクール 7 | RA 48 イノベーションスクール 7 | |
| 技術相談件数（件） | 1,042 | 1,365 | |
| 共同研究・受託研究の契約数 （件） | 大企業 210 中堅・中小企業 86 | 大企業 224 中堅・中小企業 88 | |
| 技術コンサルティング契約を結んだ 企業数（社） | 58 | 60 | |
| 技術コンサルティング収入 （万円） | 9,391 | 9,689 | |
| 国際標準化活動における役職者 （名） | コンビーナ 2 プロジェクトリーダー 8 | コンビーナ 2 プロジェクトリーダー 8 | |
| 国際標準の新規発行規格（件） | 3 | 3 | |
| 国際標準の規格提案（件） | 4 | 4 | |

評価委員会での説明以降、年度末までに追加された主な実績・成果・アウトカム

- ・民間資金獲得額の確定値は 18.0 億円となった。
- ・技術コンサルティング収入の確定値は 9,689 万円となった。

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（単位） | 委員会説明 | 年度実績（確定値） | 備考 |
|-------------------------------|--------|-----------|----|
| 論文発表数（報） | 335 | 506 | |
| 論文の合計被引用数（回） | 11,960 | 12,337 | |
| IF10 以上のジャーナルに 掲載された論文数（報） | 17 | 29 | |

評価委員会での説明以降、年度末までに追加された主な実績・成果・アウトカム

- ・論文発表数の確定値は 506 報となった。
- ・論文の合計被引用数の確定値は 12,337 回となった。

（2）「橋渡し」研究前期における研究開発

| 各種指標（単位） | 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（件） | 8 | 8 | |
| 国内特許出願件数（件） | 103 | 164 | |
| 外国特許出願件数（件） | 33 | 46 | |
| 実施契約等件数（件） | 228 | 246 | |
| 公的外部資金の直接経費（億円） （再委託を控除） | 11.0 | 17.7 | |

評価委員会での説明以降、年度末までに追加された主な実績・成果・アウトカム

- ・国内特許出願件数の確定値は 164 件となった。
- ・外国特許出願件数の確定値は 46 件となった。

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

| 各種指標（単位） | 委員会説明 | 年度実績（確定値） | 備考 |
|--------------------|-------|-----------|----|
| 民間資金獲得額（億円） | 16.3 | 18.0 | |
| 企業冠ラボの新規設立 （件） | 1 | 1 | |
| ベンチャー企業新規設立 （件） | 0 | 0 | |

評価委員会での説明以降、年度末までに追加された主な実績・成果・アウトカム

- ・民間資金獲得額の確定値は18.0億円となった。

【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（億円） | 18.0 | 19.9 |
| 論文の合計被引用数（回） | 12,337 | 10,400 |
| 論文発表数（報） | 506 | 490 |
| リサーチアシスタント採用数（名） | 48 | 合計 35 |
| イノベーションスクール採用数（名） | 7 | |
| 知的財産の実施契約等件数（件） | 246 | 230 |

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

【第4期全体（見込を含む）に対して：見込評価】

（評価できる点）

- ・民間資金の獲得増加、国際連携や地域連携の推進、大学や他協会との連携、各種国家PJへの参画など、TRLを基準に数値目標を立てて、有効に研究開発マネージメントをしている。5研究部門、4研究センター415名の所員の総力をうまく引き出している。
- ・民間資金獲得額が第3期に比べ大きく増えた点、冠ラボの設置は、産学連携が一層進展したことの現れと考える。この背景には、研究開発マネジメントの方針の策定・明確化を徹底したことにあると考える。
- ・第4期の目標から見て、紹介いただいた取り組みはすべて評価できる。領域による研究シーズ創出助成制度「萌芽研究」は、実際に科研費獲得につながっており、よい取り組みとして評価できる。
- ・論文発表数を維持しながら、民間資金獲得額が増加しているのは評価できる。また、5つの研究課題項目について、十分な成果が出ている。OIL、冠ラボも十分機能している。
- ・領域長の強力なリーダーシップのもと、TRLロードマップによって計画が明確になり、研究プロジェクトの推進力が高まったと思われる。運営費交付金の減額を補う民間資金の獲得は評価に値する。

（改善すべき点及び助言）

- ・領域として成果を上げているが、社会への見える化がまだ進んでいない。もうすこし、広報活動にヒト・モノ・カネをかけるべきでは。国際連携は欧米相手に着実に進んでいるが、中国、台湾、韓国などアジアとの連携強化も進めるべきでは。
- ・知財に対する考え方を明確にしてはどうか？出願件数のみで議論する必要は無いが、出願件数の伸びが無いことは気になる。知財の吟味という点は理解できるが、下手をすると保守的になり大化けするような特許が出ない恐れがある。
- ・研究者が多数のテーマに関与することは、良い反面、研究の発散がおこる等の問題にならないか慎重に進めて欲しい。
- ・民間資金が増加することは良いが、全体の研究費の40%を占めるようになると、研究部門の進め方への影響が高くなり、懸念される。部門の問題として捉えるには限界があるので、産総研全体、国の研究開発マネジメントとして考える必要があるのではないか
- ・第4期中長期目標にもなっている「世界最高水準の研究成果の創出」について、当日のプレゼン・見学により、定性的に達成できると思われるが、今後（第5期）は、論文数、被引用数以外の数値目標も示す必要があろう。文科省の分析によると、日本の研究力の進展速度は欧米・中国よりも遅れており、その原因として、国際共同研究が少ないことが挙げられているので、所定ランクの論文数の外国研究機関との比較、その中の国際共著論文数の比較なども必要になってくるのではないかと思う。
- ・今後の課題に記載されている、大型企業共同研究の拡充、第4期で行った橋渡し成果の見える化、第4期で蓄積した技術シーズの見える化、材料・化学領域の戦略的PR、に期待しています。
- ・企業の研究開発を支える基盤技術を担う組織として、今後も企業等との連携に工夫をして行っていただきたい。
- ・研究プロジェクトに関わる人数が多い点については、エフォート管理しているという回答であったが、一人が関与するプロジェクト数の平均値が年々増加している。現状で7.8であり、多すぎる印象がある。適正値を見極めることが必要ではないか。
- ・産総研全体としての女性研究者の採用率増加についての努力が認められる。研究費などと同様に、女性の採用率の年次変化のデータなど、成果を数値情報で示していただきたい。そのほかの数値情報に関してもできるだけ、4年間の推移のデータを示していただくと良いと思う。

【とくに平成30年度に対して：平成30年度評価】

（評価できる点）

- ・一昨年から力を入れている技術コンサルティングが本年度、件数、獲得資金ともに大きく伸びた。産学連携推進の柱になってきた。グループ長研修などマネージメントを学ぶ仕組みを取り入れて継続実行している点、評価に値する。

- ・第5期に向けた物質循環コンセプト等への提案は有効と考える。
- ・材料診断ネットワークの設置は地方の活性化につながると考える。技術コンサルタントの強化は企業のニーズを捉えたものと考え。
- ・第4期全体の流れの中で順調に進めていると評価された。特にH30年度について紹介いただいた取り組みは、前年度の評価コメントに対応しており、すべて高く評価できる。
- ・UACJ-産総研アルミニウム先端技術連携研究ラボの新設、日本ゼオン・サンアロー・産総研 複合材料研究拠点での成果が顕著である。
- ・技術移転の見える化の方策として、企業からの感謝状を受けたことは、優れたアイデアである。

(改善すべき点及び助言)

- ・ダイバーシティ推進ということで女性や外国人の参画に一層の努力をお願いしたい。
- ・今後企業の市場は、海外の重要性が高まり、新規な取り組みにおいても、実施が海外から先になるケースもある。中小企業のような海外展開の経験が浅い企業に対する援助等についても検討して頂きたい。
- ・知財出願状況において、平成30年度は前年度より減少している。
- ・研究プロジェクトに関わる人数が多い点については、エフォート管理しているという回答であったが、一人が関与するプロジェクト数の平成30年度の平均値は7.8であり、多すぎる印象がある。適正値を見極めることが必要ではないか。

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)

【第4期全体 (見込を含む) に対して : 見込評価】

(評価できる点)

- ・OPERANDO-OIL や MathAM-OIL など活用して大学との連携を深めつつ目的基礎研究の促進を図っている。4期でみると科研費採択 38~25 件、科研費獲得額 1.7~0.7 億円という幅で着実な外部資金獲得がされている。また、5つの研究分野のすべてで、目的基礎研究の推進が図られている。
- ・萌芽研究/科研費といったシステムがうまく動いているように見える。
- ・運営費交付金が減少する中で、材料劣化に関する基礎研究で、研究資金を捻出するという努力は特筆に価する。萌芽研究による研究シーズ創生もよい取り組みと思う。
- ・論文発表数を維持しながら、民間資金獲得額が増加している。材料の劣化を化学構造の解析によって診断する分析技術を開発し、この技術を基に第4期累計(平成27年4月から平成30年12月末時点まで)で総額4000万円の技術コンサルティングを行った。
- ・材料評価技術のパッケージ化は、企業のニーズにも応えることのできる産総研ならではの取り組みとして評価できる。

(改善すべき点及び助言)

- ・約50億円の領域全体予算のうち、どの程度を目的基礎研究に充てるかについて、議論しておくべきではないか。個人的は、2億~3億くらいはかけてもいいのではないかと。この額までに達するには、相当な努力が必要かもしれないが、研究領域のモチベーションアップにもなる。
- ・(この「目的基礎」においては、前述の研究開発マネジメントの項で述べさせていただいた点が、同じように言えると思う。)
- ・オープンイノベーションラボラトリについて、口頭で概要をご説明いただいたが、活動の様子を何らかの数値情報で表せると良いと感じた。基礎研究のフェーズであるとする、共同研究テーマ、学会発表、論文などの数値情報などが考えられる。
- ・科研費の採択件数はまだ伸びしろがあるように感じられる。金額はともかく、基礎研究の研究評価の指標として重要な位置付けになると思うので、今後も獲得の努力をされることを期待する。

【とくに平成30年度に対して : 平成30年度評価】

(評価できる点)

- ・配列制御シロキサンの簡便合成の成功、電子顕微鏡計測技術の高機能化、さらには、樹脂・ゴム材料の劣化状態を示す化学構造指標の構築などで、大きな成果が認められた。国際連携も寄与したキトサンエアロゾルの開発や関西センターのガラス複合技術の開発など、顕著な進展が見られた。
- ・配列制御シロキサンの合成は興味深い。

- ・劣化評価パッケージは、基礎的な研究が実用レベルで成果が出ている模範例と考える。
- ・第4期の流れの中で、順調に進めている。
- ・IF10以上の論文誌に掲載された論文は29報であり、例えば、電子顕微鏡計測技術の研究成果がNature誌[IF:41.577]に掲載された。
- ・目的基礎研究の多数のテーマで、論文、技術相談、共同研究等につながる成果を挙げている。

(改善すべき点及び助言)

- ・材料インフォマティクスの成果について、より詳しい説明があればと思う。
- ・オープンイノベーションラボラトリーは領域の目玉の一つであると思うので、OILにおける研究成果例、活動実績を説明資料中に示していただくと良いと思う。

(2)「橋渡し」研究前期における研究開発

【第4期全体(見込を含む)に対して:見込評価】

(評価できる点)

- ・NEDOの超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト(超超PJ)を先導し、ナノ発泡ポリマーの発砲微細化に成功。注目のCNF研究ではリグノCNF研究を推進中。異種材料接合では、AI/CFRPなど、金属と炭素繊維の接合方法の開発でも大きな進捗があった。
- ・難燃性Mg合金による高速鉄道車両部分構体の試作に成功した。研究前期として、顕著な成果が得られた。
- ・接着・界面現象の研究は、基礎的でありながら企業の注目の高い研究と考える。
- ・国プロを継続的に実施している。
- ・国プロの採択と成果が顕著である。
- ・電解質部材としての酸化リチウムイオン伝導性セラミックスのシート作製技術、大型シートを低温で焼成する技術を開発した。これらの技術によって電動化が進む自動車等で必要とされる急速充電が可能な次々世代型の酸化物系全固体蓄電池の実現が加速される。
- ・国プロジェクトを中心に、精力的な研究が実施されている。

(改善すべき点及び助言)

- ・CO₂からの有用化学品製造技術は研究分野として注目されているが、今後、どのように進めるか、議論が必要ではないか。橋渡し前期とは言え、連携企業の関与が大きければ大きいほど、先の展望が出てくるので、早い段階での企業との連携が必要。
- ・欲を言えばきりが無いが、基礎的裏付けをもう少ししっかりさせたほうが、今後の展開に有益になるように思えた。実際には、解明されているのかもしれないが、そうならば何故うまくいったのかの説明がもう少しあったほうがよかった。

【とくに平成30年度に対して:平成30年度評価】

(評価できる点)

- ・全固体蓄電池に向けたセラミック電解質シート製造において顕著な進捗があった。
- ・ナノ発泡ポリマーの開発におけるシミュレーション技術の寄与は、注目に値する。
- ・新規参画国プロが2件ある。
- ・開発した難燃性Mg合金を使用して、オールMg製の高速車両構体の簡易モックアップの作製を完了させた。
- ・計測とシミュレーション計算、材料の高性能化と特性解析技術の開発による研究の進展が見られ、論文発表や企業共同研究につながっており評価できる。

(改善すべき点及び助言)

- ・物質吸蔵・変換用ナノ粒子の開発、磁気冷凍材料の開発など、更なるもう一歩を期待したい。
- ・基礎的裏付けをもう少ししっかりさせたほうが、今後の展開に有益になるように思えた。実際には、解明されているのかもしれないが、そうならば何故うまくいったのかの説明がもう少しあったほうがよかった。国プロでは大学の研究者と成果について議論する場面も多いと思うので、その場を利用して、基礎的裏付けを行い、研究者の基礎レベルアップを図るとよいと思う。

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

【第4期全体（見込を含む）に対して：見込評価】

（評価できる点）

- ・SGCNTの一連の開発研究で進展があった。日本ゼオン・サンアロー・産総研による連携体制が確立され、高機能0リング開発に成功した。
- ・冠連携研究室を設けたことは産学連携の推進の源になっていると考える。
- ・SGCNTの工場の稼働まで持っていたことは評価できる。
- ・産総研として進めるべき研究テーマで、着実に成果を上げている。企業名を冠した連携研究室を増やしている。
- ・第4期を通して合計6つの冠ラボを産総研内に設置することで企業のニーズに、より特化した基礎及び応用研究開発を遂行した。
- ・砂などの安価なケイ素源（シリカ）から直接テトラアルコキシシランを合成する技術の開発に成功した。
- ・CNT複合材料研究拠点を設立してから18ヶ月という短期間で優れた商品を上市したことは特筆に値する。
- ・28年度から30年度にかけて企業名を冠した連携研究室を6つ設立しており、橋渡し後期の研究活動が活発に行われていると言える。
- ・各センターそれぞれに、地域の強みを生かした研究が展開されている。

（改善すべき点及び助言）

- ・DICとの連携ラボ（3年経過）や日本特殊陶業（2年経過）との連携ラボの成果は、ラボ見学の形で示されたのかもしれないが、報告パワポにも記載があってもよかったのでは。
- ・橋渡し後期では、連携する企業名が見えていくべき。前期と後期のテーマの区別がやや不明確な場合もある。双方の適切な数について考えておく必要あり。後期は、前期の半分程度でよいかもしれない。
- ・研究場所が分散しているが、中部センターは112名であり、領域研究員の約半分である。成果は見えているが、連携強化をはかるなど、もう一段の進展を期待したい。
- ・橋渡し後期では、どこまで産総研が行うのか？産総研の見返りが何かを検討していく必要があると考える。
- ・「橋渡し」研究前期でのコメントと同じになるが、欲を言えばきりがないが、基礎的裏付けをもう少ししっかりさせたほうが、今後の展開に有益になるように思えた。実際には、解明されているのかもしれないが、そうならば何故うまくいったのかの説明がもう少しあったほうがよかった。

【とくに平成30年度に対して：平成30年度評価】

（評価できる点）

- ・UACJ-産総研アルミニウム先端技術連携研究ラボを設立し、本分野の研究開発体制を構築できた。テトラアルコキシシランの製造は、企業との連携が進んできたとのこと。今後の更なる進展を期待したい。
- ・短期間にスゴインを開発したことは評価できる。
- ・（上記の流れ）を、着実に進めている。
- ・第4期全体の目標を達成すべく、企業名を冠した連携研究室を増やすなど、着実に実績・成果を上げている。CNTアライアンスのスピーディな開発は特に評価できる。
- ・天然素材であるリグニンと粘土鉱物を用いて、従来素材を上回るバリア性能を持つ耐熱ガスバリアフィルムを創製し、さらにその連続生産技術を確認した。市販品フッ化ビニリデン系(FKM)材料の3.5倍の耐久時間を有する、長寿命・高耐熱・高耐圧シーリング材を製品化し、10月1日より販売を開始した。
- ・30年度に6件目の連携研究室が設立された。
- ・企業との強力なコラボ体制を実現し、長寿命・高耐熱・高耐圧の0リングの販売を開始した。多数のメディアでも取り上げられ、その成果の国内外への波及効果も大きいと言える。

（改善すべき点及び助言）

- ・スゴインのような開発は、フランホーファーであれば、企業に一時的に研究者が移動して開発を行うようなタイプなので、このような研究をどのようにマネージするかは課題と考える。
- ・「橋渡し」研究前期でのコメントと同じになるが、欲を言えばきりがないが、基礎的裏付けをもう少ししっかりさせたほうが、今後の展開に有益になるように思えた。実際には、解明されているのかもしれないが、そうならば何故うまくいったのかの説明がもう少しあったほうがよかった。

3. 領域全体の総合評価

【第4期全体（見込を含む）に対して：見込評価】

（評価できる点）

- ・ PDCA を廻しながら、TRL の物差しで、第4期の研究開発を効率的に推進してきた。基盤づくりができたという点では評価できる。
- ・ CNT という目玉があり、これを推進役として、企業連携を推進し、連携数、産業界からの資金獲得も着実に伸ばしてきた。また、国際連携についても、明らかな進展があった。国内では、NIMS、理研、大学とはOILの制度で連携強化が進んだ。
- ・ 第4期でスタートした材料・化学領域であるが、冠連携研究室の設置、SGCNTの日本ゼオンでの工場設立等大きな結果を出している。
- ・ 材料・化学領域の設立は、化学企業にとって大きな貢献になったと考える。
- ・ 産総研としての立ち位置を踏まえた力の投入（目的基礎～橋渡し前期～橋渡し後期の配分）がなされていると思う。
- ・ 基礎的研究の成果を「製品化」に繋ぐ役割を担って発足した産総研の取り組みが実りつつある。第4期を通してマーケティング力の強化を進め、民間資金獲得額の大幅な増加を達成した（平成23年度～平成25年度の平均額に比べて約2.5倍）。
- ・ 領域長の強力なリーダーシップのもと、部門長、センター長との意思疎通もよく、領域全体として順調に研究活動が行われていると評価する。

（改善すべき点及び助言）

- ・ CNTに続く、第2、第3の目玉プロジェクトを創っていく必要があり、その目が出てきつつあるように思う。しかしながら、グローバル競争が激化しており、世界に存在を示す研究組織になるには、適正なテーマ数、研究所の分散の問題など、次の5年、10年の発展戦略が必要ではないか。
- ・ 台湾、中国、韓国とどうお付き合いをするかも、今後の課題と思われる。
- ・ 産業界とのもう一段の連携強化、更には、領域からのベンチャー起業も次の課題である。
- ・ 設立したベンチャーが企業とのよい橋渡し役になる可能性が出てきている。
- ・ マネジメントの項でも述べたが、民間資金の割合がこれだけ大きくなると、第5期に向けてどのような割合で研究を行うかを検討して欲しい。
- ・ 民間からの資金増の目標の中で、かつ論文数も増やさなければならないとなると、地方公設試に対する指導的立場という産総研の役割が軽視されがちにならないかが心配。加藤評価部長からの口頭の説明で安心したが、受け入れ人数以外のデータ（指導的研修会を行っているのであればその記録）があったほうがよかったと思う。
- ・ 産総研の技術シーズに基づいた社会インパクトのあるいくつかの実用化事例も創出してきているが、数多くの革新的技術シーズを事業化にまでつなげるため、更なる強化を期待したい。
- ・ 第4期期間の成果（年次変化）をできる限り数値情報を含めて示していただきたい。

【とくに平成30年度に対して：平成30年度評価】

（評価できる点）

- ・ 技術コンサルティング収入が1億に届く（8,500万円）勢いになっており、企業への貢献という意味でも高く評価される。
- ・ 第4期全体の目標および産総研としての立ち位置を踏まえた力の投入（目的基礎～橋渡し前期～橋渡し後期の配分）がなされていると思う。
- ・ UACJ-産総研アルミニウム先端技術連携研究ラボの新設、
- ・ 日本ゼオン・サンアロー・産総研 複合材料研究拠点での成果が顕著である。
- ・ 評価委員からの前年度のコメントを意識したマネジメントと研究開発が行われ、成果の見える化の工夫もなされた点が評価できる。

（改善すべき点及び助言）

- ・ 国内企業は、新たな製品開発で苦戦をしている。企業に一層の連携を呼びかけ、WIN-WINの関係構築をお願いしたい。
- ・ 民間からの資金増の目標の中で、かつ論文数も増やさなければならないとなると、地方公設試に対する指導的立場という産総研の役割が軽視されがちにならないかが心配。加藤評価部長からの口頭の説明で

安心したが、受け入れ人数以外のデータ（指導的研修会を行っているのであればその記録）があったほうがよかったと思う。

- ・ 領域知財ポリシーの制定、パテントオフィサーの拡充、パテントオフィサーからの研究テーマ提案等の知財マネジメントの強化を試みていることは評価できるが、知財出願状況において、平成30年度は前年度より減少している。
- ・ 前年度からの年次変化を含む数値情報をできる限り示していただきたい。

4. 評点一覧

【第4期全体（見込を含む）に対して：見込評価】

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/A | A | S/A | A |
| 「橋渡し」のための研究開発 | | | | | |
| 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究） | A | A | S/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 | A |
| 「橋渡し」研究後期における研究開発 | S/A | S/A | S | S/A | S/A |
| 領域全体の総合評価 | S/A | S/A | S/A | S/A | A |

【とくに平成30年度に対して：平成30年度評価】

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 | A | S/A | A | A |
| 「橋渡し」のための研究開発 | | | | | |
| 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究） | A | A | S/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 | A |
| 「橋渡し」研究後期における研究開発 | A | A | S | S/A | S |
| 領域全体の総合評価 | S/A | A | S/A | A | A |

平成30年度 研究評価委員会（材料・化学領域） 評価報告書

令和元年6月14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-X00004-4