



NEDO 先導研究プログラム

NEDO Feasibility Study Program



2025年度

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
New Energy and Industrial Technology Development Organization

NEDO先導研究プログラム

- ・エネルギー・環境新技術先導研究プログラム
- ・エネルギー・環境分野における革新的技術の国際共同研究開発
- ・新産業・革新技術創出に向けた先導研究プログラム
(マテリアル・バイオ革新技術先導研究プログラムを含む)
- ・フロンティア育成事業
- ・未踏チャレンジ



https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100100.html

事業・プロジェクト概要

事業期間：2014年度～

持続的かつ強靱な社会・経済構造の構築に対応するためには、革新的な技術の開発が必要となっています。このため、2030年頃の実用化を目指す国家プロジェクトの推進に加え、「未来も技術で勝ち続ける国」を目指して今のうちから2040年以降を見据えた「技術の原石」を発掘し、将来の国際競争力を有する有望な産業技術の芽を育成していくことが重要となります。

近年の厳しい競争環境の中、研究開発期間は成果を重視し短期化しており、事業化まで10年以上を要する研究開発は困難な状況にあり、こうした状況を放置した場合、将来の産業競争力強化や新産業創出を目指す国家プロジェクトに繋がる新技術が枯渇していく恐れがあります。

そこで、本制度は、脱炭素社会の実現や新規分野でのイノベーションの創出に向けて、エネルギー・環境分野、産業技術分野において、2040年以降（先導研究開始から15年以上先）の実用化・社会実装を見据えた革新的な技術シーズを発掘・育成し、国家プロジェクトを含む産学連携体制による共同研究やスタートアップの創出等につなげていくことを目的とします。

事業構成図

【事業構成図】

NEDO先導研究プログラム

新技術先導研究プログラム

[略称]

エネルギー・環境新技術先導研究プログラム（エネ環）

エネ環

エネルギー・環境分野における革新的技術の国際共同研究開発

国際

新産業・革新技術創出に向けた先導研究プログラム（新新）

新新

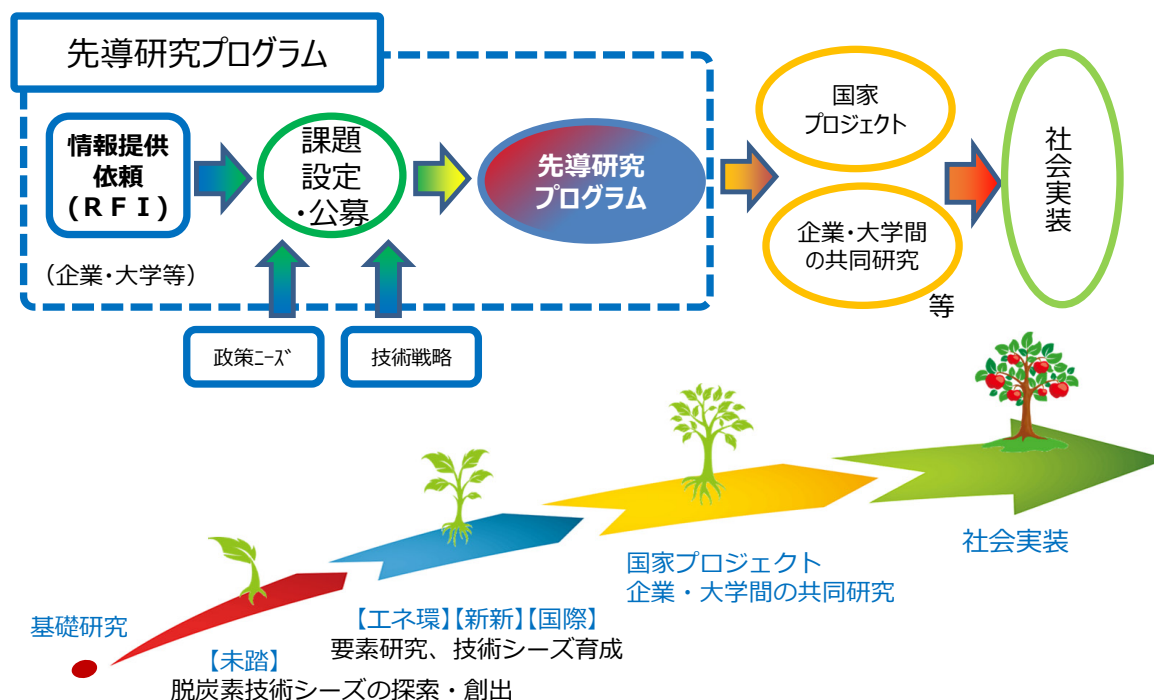
フロンティア育成事業

フロ

未踏チャレンジ

未踏

位置づけイメージ



RFI(Request for Information)とVIP(Visionary Incubation Program)

先導研究プログラムでは、公募における技術課題を設定するため（※）、情報提供依頼(RFI)を行っています。提供いただいた情報は、新技術先導研究プログラムの公募における技術課題を設定するための基礎情報として活用するとともに、NEDO技術戦略や他事業・制度の検討等に活用しています。

※未踏チャレンジは、公募課題ではなく領域を設定しているため、RFIは不要です。

「NEDO先導研究プログラム／新技術先導研究プログラム及びフロンティア育成事業」に係る情報提供依頼 (RFI) について

➡ https://www.nedo.go.jp/koubo/SM2_100001_00092.html



また、RFIに応じて提出された情報のうち、課題設定に至らなくとも、更に議論を深めたりよりアイデアを熟成させられる可能性があるもの(有望な技術シーズ)を対象に、VIPワークショップを開催し、産学官で技術や社会像(ビジョン)を議論、共有することで、新しい技術のネットワークやコミュニティの形成・拡大をはかり、次回以降のRFIへつなげる支援を行っています。

➡ https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100100.htmlのVIPの説明の項を参照ください

採択テーマ数 (2025年10月現在)

採択年度	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	合計
エネ環	36	30	12	32	27	44	50	28	21	16	21	14	331
国 際	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	9	6	20
新 新	—	—	—	—	12	6	5	4	3	9	4	6	49
マテ先	—	—	—	—	—	—	—	8	3	—	—	—	11
フ 口	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11	11
未 踏	—	—	—	8	4	9	8	7	8	7	7	8	66

488

脱炭素社会の実現や新産業の創出に向けて、2040年以降（先導研究開始から15年以上先）の実用化・社会実装を見据えた革新的な技術シーズを発掘・育成し、国家プロジェクトを含む産学連携体制による共同研究等につなげていくことを目的として、先導研究を実施します。

本事業の実施にあたっては、今後取り組むべき研究開発内容について情報提供依頼（RFI：Request for Information）を行うなど、広く研究開発に関する情報を収集した上で、予め本事業の公募対象となる研究開発課題を設定し、公募を行います。

研究開発テーマの選定に当たっては、革新性及び独創性や将来的な波及効果を重視することにより優良案件の採択を促進し、選定された研究開発テーマについて、海外の研究機関等とも連携しつつ先導研究を実施することで、産業技術に発展させていくための要素技術を育成することを目標とします。

研究開発の実施期間が3年の研究開発テーマについては、研究開発進捗や成果、国家プロジェクトを含む産学連携体制による共同研究等の実現可能性等の観点より、原則2年目に外部性を取り入れた中間評価を実施し、3年目の実施の可否や3年目の実施内容を決定します。

事業スキーム

エネルギー・環境新技術先導研究プログラム

	2023～2025年度採択
対象とする研究開発テーマ	脱炭素社会の実現に資する有望な技術であり、2040年以降の実用化・社会実装を見据えた革新的な技術
事業形態	委託
実施体制	産学連携体制のみ ※大学・公的研究機関等のみは不可
実施期間	最大3年間 ※2年目に中間評価
事業規模	1年目：1億円以内 2年目：5,000万円以内 3年目：5,000万円以内 ※中間評価の結果による

※大学・公的研究機関等：国公立研究機関、国公立大学法人、大学共同利用機関法人、公立大学、私立大学、高等専門学校、並びに国立研究開発法人、独立行政法人、地方独立行政法人及びこれらに準ずる機関。（以下、同じ）

	2023～2025年度採択
対象とする研究開発テーマ	脱炭素社会の実現に向けて、2040 年以降の実用化・社会実装を見据えた革新的な技術であり、我が国大学・公的研究機関等が諸外国の研究機関等との間で連携・協力して行うことを前提としたもの
事業形態	委託
実施体制	産学連携体制／大学・公的研究機関等のみ
実施期間	最大 3 年間 ※ 2 年目に中間評価
事業規模	初年度：2,500 万円以内 2 年度：5,000 万円以内 3 年度：5,000 万円以内 ※中間評価の結果による 4 年度：2,500 万円以内 ※中間評価の結果による
その他	海外機関との共同研究による提案が前提

※2025年10月現在、2025年度採択テーマについては海外研究機関との国際共同研究契約等の締結に向け作業中のため、各テーマの概要については以下の採択テーマ一覧をご参照ください

【参考】2025年度採択テーマ一覧

課題番号	研究開発課題	申請テーマ名	委託先予定
課題 -1	地熱発電導入拡大に向けた地下情報の調査・分析手法の高度化に関する国際共同研究開発	浅部 - 深部地熱貯留層の接続性理解に関する国際共同研究開発	国立大学法人九州大学 三菱瓦斯化学株式会社 国立研究開発法人産業技術総合研究所
課題 -2	未利用バイオマス資源を高収率で炭素源化する技術に関する国際共同研究開発	パーム残渣の水熱炭化による高収率炭素回収の国際共同研究開発	国立大学法人広島大学 サントモ・リソース株式会社
		油ヤシ残渣を利用する高エタノール生産微生物の国際共同研究開発	株式会社セツロテック 国立大学法人徳島大学
課題 -3	革新的水素製造・輸送・貯蔵に関する国際共同研究開発	革新的水電解用多孔多元合金触媒の国際共同研究開発	国立研究開発法人産業技術総合研究所 国立大学法人東海国立大学機構 (名古屋大学) ユニチカ株式会社 株式会社エノア 株式会社豊田中央研究所
課題 -4	自動車等の軽量化と資源循環を両立する構造接着技術に関する国際共同研究開発	車体循環を拓く接着解体・界面設計技術の国際共同研究開発	国立研究開発法人産業技術総合研究所
課題 -5	高電圧下で高速スイッチングが可能となる光応答性に優れたパワーデバイス用基板に関する国際共同研究開発	PCSS 用半絶縁性 GaN 基板の国際共同研究開発	三菱ケミカル株式会社 国立大学法人東京大学

新産業・革新技术創出に向けた先導研究プログラム

新新

※2022年度採択までは「新産業創出新技术先導研究プログラム」。
2023年度採択より「マテリアル・バイオ革新技术先導研究プログラム」を統合

	2024、2025年度採択	2023年度採択
対象とする研究開発テーマ	新産業・革新技术創出に向けた有望な技術であり、事業開始後 15 年から 20 年以上先の社会実装を見据えた革新的な技術	
事業形態	委託	
実施体制	産学連携体制のみ ※大学・公的研究機関等のみは不可	産学連携体制 例外として、大学・公的研究機関等のみも可
実施期間	最大 3 年間 ※ 2 年目に中間評価	最大 3 年間 ※ 2 年目に中間評価 大学・公的研究機関等のみの場合は 1 年間
事業規模	1 年目：1 億円以内 2 年目：5,000 万円以内 3 年目：5,000 万円以内 ※中間評価の結果による	1 年目：1 億円以内 2 年目：5,000 万円以内 3 年目：5,000 万円以内 ※中間評価の結果による (大学・公的研究機関等のみの場合は 1 年目 2,000 万円以内)

マテリアル・バイオ革新技术先導研究プログラム

マテ先

※2022年度採択まで(2023年度採択より「新産業・革新技术創出に向けた先導研究プログラム」に統合)。

	2023～ 2025年度採択	2022 年度採択
対象とする研究開発テーマ	—	新産業創出に向けたマテリアル・バイオ分野の技術であり、事業開始後 15 年から 20 年以上先の実用化・社会実装を見据えた革新的な技術
事業形態	—	委託
実施体制	—	産学連携体制 例外として、大学・公的研究機関等のみも可
実施期間	—	最大 3 年間 ※ 1 年目に中間評価 大学・公的研究機関等のみの場合は 1 年間
事業規模	—	1 年目：1 億円以内 2 年目：1 億円以内 ※中間評価の結果による 3 年目：1 億円以内 ※中間評価の結果による (大学・公的研究機関等のみの場合は 1 年目 2,000 万円以内)

本事業は、脱炭素社会の実現と新産業の創出を目指し、将来的に高い成長が期待されるフロンティア領域^{※1}における初期段階の研究開発を支援するものです。NEDOは各領域にプログラムディレクターを配置し、研究の進捗管理に加え、事業化の可能性や出口戦略の検討も行います。これにより、国家プロジェクトへの発展やスタートアップの創出など、研究成果の社会実装を加速させます。

NEDOは本事業を通じて、日本が抱える研究開発から事業化に至る割合が少ないという課題に対応し、特に需要の不確実性が高いGX分野^{※2}において、事業リスクへの早期対応を可能にします。2040年頃の社会実装を見据え、脱炭素と経済成長の両立を実現する革新的技術の育成と、持続可能な産業基盤の構築に貢献します。

※1 フロンティア領域

将来的なポテンシャルが大きい一方で、技術開発や市場の不確実性といったリスクの高さ、巨額の研究開発設備投資の必要性などの理由で、国としては重点投資していきたいにも関わらず、個社だけでは投資が進みにくい領域です。

※2 GX分野

〈1〉脱炭素成長型経済構造移行推進戦略を踏まえて、二酸化炭素（CO₂）の排出削減に向けた野心的な目標を掲げるなど世界規模でのカーボンニュートラルの実現および日本の産業競争力の強化のためのイノベーションを創出するものを対象とし、そのうち、太陽光・風力・水素などの非化石エネルギーの開発および利用の促進、次世代のリチウムイオン電池、非化石由来の原料に転換する革新素材、その他省エネルギー実現に資する半導体・革新素材・人工知能（AI）の開発などのエネルギー利用の高度化の促進、または事業所などから排出されるCO₂の排出の抑制に係る事業であること、〈2〉脱炭素成長型経済構造移行推進戦略にある「国による投資促進策の基本原則」に則したものであること、を満たすポテンシャルを有する事業を含む分野です。

項目	採択要件
対象とする研究開発テーマ	新規分野でのイノベーションの創出に向けて、フロンティア領域における技術を対象とする。
事業形態	委託
実施体制	産学連携体制、民間企業のみ、大学・公的研究機関等のみ（事業化に向けた体制構築に取り組むことが条件）
実施期間・事業規模	技術の内容やTRL等に応じ実施機関や事業規模を公募課題ごとに柔軟に設定（原則、外部性を取り入れた中間評価を行い、その結果次年度以降の実施可否を決定）

参考：Innovation Outlook

NEDOは、分野全体を俯瞰した国内外の市場・技術、政策動向の調査・分析に基づき、日本が新たに取り組むべき領域や取り組みを強化すべき領域（フロンティア領域等）を探索、特定し提案する、報告書「Innovation Outlook Ver.1.0」を発行しました。

「Innovation Outlook」については、以下を参照ください。

https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101862.html



※2023年度採択より「未踏チャレンジ2050」から名称変更

本事業は、事業開始後30年先を見据えた温室効果ガスの抜本的な排出削減を実現する技術について、既存技術の延長線上になく、従来の発想によらない革新的な脱炭素技術シーズを探索・創出し、将来の国家プロジェクトや社会実装への道筋を示し、温室効果ガスの抜本的な排出削減に貢献することを目標とします。

本事業の実施にあたっては、設定された5つの研究領域について脱炭素技術シーズを公募します。また、事業開始後2～3年程度経過した時点で外部性を取り入れた中間評価を実施し、3～4年目以降の実施の可否や実施内容を決定します。

事業スキーム

	2023～2025年度採択	2022年度採択
対象とする研究開発テーマ	脱炭素社会の実現に資する有望な技術であり、事業開始後30年先の実用化・社会実装を見据えた革新的な技術	2050年頃を見据えた温室効果ガスの抜本的な排出削減を実現する革新的な技術
事業形態	委託	委託
実施体制	産学連携体制／大学・公的研究機関等のみ	産学連携体制 例外として、大学・公的研究機関等のみも可
実施期間	最大5年間 ※2～3年目に中間評価	最大5年間 ※2～3年目に中間評価
事業規模	年間500万円～2,000万円以内	年間500万円～2,000万円以内
その他	年齢制限なし 領域を設定(技術要素に関連する領域に提案)	年齢制限あり(提案時点で40歳未満) 領域を設定(技術要素に関連する領域に提案)

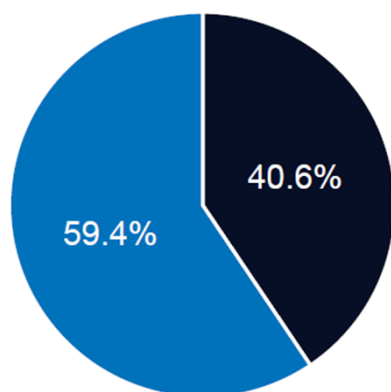
特徴

未踏チャレンジでは、各研究領域においてプログラムオーガナイザー（PO）を配置し、NEDO担当者と共に事業者を支援します。POからの専門的助言等による「研究開発の加速」とNEDO担当者の伴走による産学連携体制構築・強化による「社会実装に向けた支援」とで、大学・国研究の革新的・独創的シーズ技術を次ステップに繋げていきます。

（参考）2024年度公募の研究領域：①次世代省エネエレクトロニクス、②環境改善志向次世代センシング、③導電材料・エネルギー変換材料、④未来構造・機能材料、⑤CO₂有効利用

また、本事業は、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）未来社会創造事業の「地球規模課題である低炭素社会の実現」と協力事業関係にあります。

国家プロジェクト化等の状況 ～NEDO実施アンケート結果より～



■ 国プロジェクト化
■ 無し

**国家プロジェクト化率
(本プログラム終了後の全研究開発テーマ)**

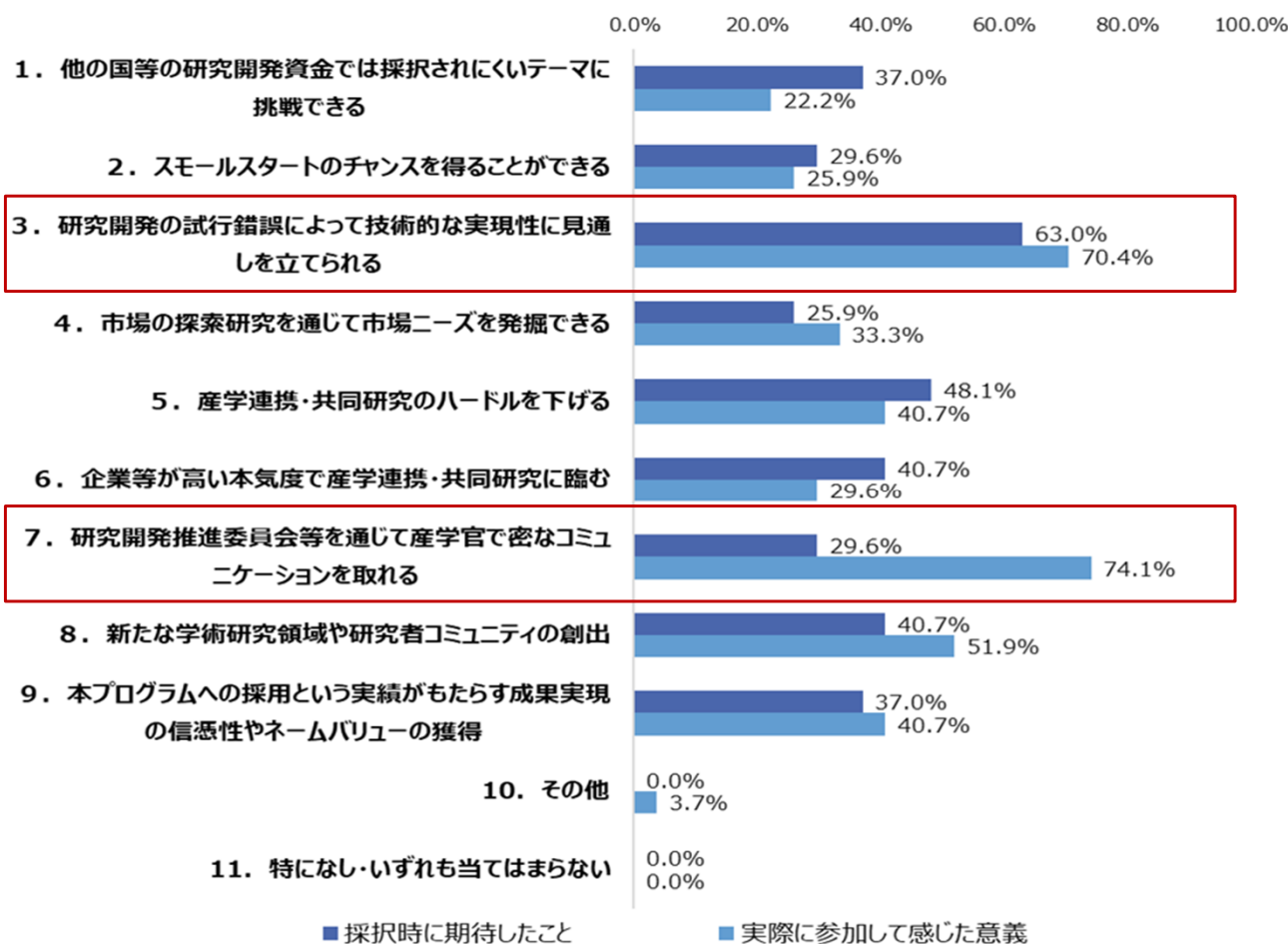
左表は、先導研究プログラムがアウトカム指標としている「国家プロジェクト化等の状況」を表しています。

過去調査回答も反映した本プログラム終了後の研究開発テーマ全体における国家プロジェクト化した割合を算出した結果、その数値は40.6%となりました。

本プログラムの意義・効果 ～NEDO実施アンケート結果より～

先導研究プログラムのほぼすべての実施者が何らかの意義を感じています。実際に参加して感じた意義としては、「研究開発の試行錯誤によって技術的な実現性に見通しを立てられる」「研究開発推進委員会等を通じて産学官で密なコミュニケーションを取れる」といった回答が多いです（下表）。

本プログラムへの期待・参加後感じた意義



出典：本ページは2024年度成果報告書 NEDO先導研究プログラム/NEDO先導研究プログラムにおける成果把握・要因分析調査（2024年度）より一部抜粋したものです。本パンフレットへ転載するにあたり、表現等を一部加工しています。なお、当該成果報告書につきましては、本パンフレット最終ページの成果報告書データベースのリンクからダウンロードいただけます。

エネ環

2025年度採択

I-A1 課題 超高耐圧SiCデバイスの技術開発	
(001) 次世代高電圧変換器向け超高耐圧SiCデバイスの技術開発	17
I-B1 課題 新たな材料開発設計指針に基づく永久磁石の高性能化開発技術	
(002) 新規高性能酸化物永久磁石材料の研究開発	18
I-C1 課題 PFAS分解・無害化のための技術開発	
(003) 特定PFASの無害化・資源循環に向けた検出・分解技術の開発	19
(004) PFAS自己濃縮型回転円板プラズマ分解装置・検出装置の開発	20
I-D1 課題 CO ₂ を原料とするBTX製造技術開発	
(005) 精密制御触媒で実現するCO ₂ からのBTXワンパス合成	21
I-E1 課題 合成生物学的手法を活用した資源自律経済の実現に資する研究開発	
(006) A I 酵素工学で実現するウレタン資源自律経済に向けた研究開発	22
I-F1 課題 バイオマスの構造材料適用に資する基盤技術開発	
(007) バイオプラスチック複合材料の高機能化研究開発	23
(008) 低コスト・高耐衝撃セルロース構造材料の研究開発	24
I-G1 課題 燃料アンモニア貯槽・輸送設備のリスクベースドメンテナンス技術開発	
(009) 燃料アンモニア貯槽・輸送設備のSCC可能性評価ツール開発	25
I-H1 課題 高効率水素利用とカーボンニュートラルに資する熱需要向け酸素水素燃焼技術	
(010) 酸素水素燃焼直接加熱ボイラの研究開発	26
I-I1 課題 S A F原料となるエタノール生産に向けたソルガム糖蜜の革新的な濃縮技術開発	
(011) ATJに向けたソルガム糖蜜の濃縮に必要な革新的技術開発	27
I-J1 課題 ブレインモルフィックの探求によるリザーコンピューティングの高度化に向けた研究開発	
(012) 新世代脳型スパイクングリザーとその実装技術の研究開発	28
I-J2 課題 高速通信システムの実現に資するミリ波・テラヘルツ波帯に対応したデバイス向け材料の研究開発	
(013) 次世代高速通信を実現する革新材料開発	29
I-K1 課題 プラスチック資源の高度ケミカルリサイクル技術開発	
(014) 製油所装置による多種混合廃プラの大規模処理技術開発	30

2024年度採択

I-A1 課題	太陽電池のリサイクル資源を経済合理性を持って太陽電池製造に利活用する革新的技術の開発	
(015)	易分解・軽量高剛性・低環境負荷サステナブルPVモジュール開発	31
I-B1 課題	浮体式洋上風力発電システムの設計合理化に向けた革新的解析・評価技術の活用研究	
(016)	浮体式洋上風力発電のHPCとAI連携活用型解析技術の基盤開発	32
I-C1 課題	空飛ぶクルマ・ドローン量産化時代に対応する機体長寿命化技術	
(017)	C F R P 製モビリティ機体の量産システム開発	33
I-C2 課題	空飛ぶクルマ向け安全飛行技術の研究開発	
(018)	デジタルフライングカーによる緊急時機体評価システムの構築	34
I-D1 課題	微細藻類由来SAF製造における乾燥・抽出工程の革新的な高効率化・低コスト化技術の開発	
(019)	液化アンモニアによる湿潤藻類からの成分抽出技術の開発	35
I-E1 課題	ベースメタルの資源循環を促進するための革新的なリサイクル技術	
(020)	低温型電解法によるアルミニウムの高純度化プロセスの研究開発	36
I-F1 課題	大幅省エネ実現に向けたプラント熱利用の最適制御技術開発	
(021)	製造加熱プロセス熱流計測によるデジタルツイン高度化の研究開発	37
I-G1 課題	革新的な触媒や複合化技術等により、生物特有の化学構造を活かして得られる機能性プラスチック・ポリマーおよびその原料モノマーの開発	
(022)	糖骨格利用型バイオテレフタル酸合成の研究開発	38
I-H1 課題	蓄電池の資源リスクフリー化	
(023)	省資源・軽量・高性能な有機リチウムイオン二次電池の研究開発	39
(024)	革新的ナノ均一構造正極による超高速充放電亜鉛二次電池の開発	40
I-I1 課題	ダイヤモンドパワーMOSFETのデバイス性能向上に関する研究開発	
(025)	社会実装を見据えた縦型ダイヤモンドMOSFETの要素技術開発	41
(026)	ダイヤモンドパワー半導体技術の研究開発	42
I-I2 課題	革新的な構造、材料を用いた次世代メモリ技術に関する研究開発	
(027)	トポロジカル物質を用いたユニバーサルメモリの研究開発	43
I-J1 課題	船舶用小型アンモニア除害・回収・再利用システムの開発	
(028)	アンモニア除害、回収、再利用技術の研究開発	44

I-K1 課題 農山漁村における自律分散型ネットワークを活用した次世代エネルギーマネジメント技術開発	
(029) 革新的VEMSの開発とモデル地域実証	45
(030) 農林水産業の生産管理とエネルギー需給が連携するL-EMS開発	46
I-L1 課題 脱炭素化に向けた次世代航空機向けアンモニア燃焼技術の検討	
(031) アンモニア燃焼ハイブリッド航空推進システムの検討	47
I-L2 課題 航空機向けの革新的検査技術開発	
(032) 持続可能な航空機生産に関する研究開発	48
I-M1 課題 人造黒鉛における化石由来原料依存からの脱却に資する革新的製造技術の開発	
(033) 黒鉛材料の非化石原料化に向けた研究開発	49
I-N1 課題 非化石エネルギーの利用促進に向けた革新的な飛行モビリティに関する技術開発	
(034) ウェアラブルな飛行モビリティ技術の研究開発	50
I-O1 課題 複雑かつ大型機械装置等の解体における革新的ロボットシステムの開発	
(035) 強化学習による解体計画と物体操作の自律化の研究開発	51
2023年度採択	
I-A1 課題 次世代型超高効率太陽光パネルの実現に向けた要素技術の研究開発	
(036) オンシリコン多接合型太陽電池の研究開発	52
(037) リサイクル容易な曲面・超軽量結晶Si太陽電池モジュールの開発	53
I-B1 課題 風力発電の調査開発・O&Mの高度化に向けた革新的解析・評価技術の開発	
(038) 大型風洞設備による浮体式風車ウエイク現象の評価技術の研究開発	54
I-C1 課題 半導体の性能を最大限引き出す革新的なパワーデバイス/IC/レーザーデバイスの開発	
(039) 超高出力・多波長・集積型深紫外半導体レーザーの研究開発	55
(040) SiCスマートパワーIC技術の研究開発	56
I-D1 課題 革新的水素製造・利用技術の開発	
(041) ガス循環によるメタンからの水素製造と二酸化炭素資源化	57
I-E1 課題 温室効果ガスの回収・貯留・高付加価値製品の合成に資する革新技術の開発	
(042) 高選択なタンデム電解によるCO ₂ を用いた有価物の直接合成法	58
I-F1 課題 航空機におけるエネルギー転換技術開発	
(043) 燃料電池航空機の革新的エネルギー転換、推進システム技術の研究	59
I-F2 課題 革新型モーターの研究開発	
(044) モーターの超高回転化による自動車用電動駆動システムの省資源化	60

I-F3 課題 航空機向け革新的部素材・製造プロセス技術の開発

(045) リサイクル炭素繊維の連続化技術および航空機適用技術の研究……………61

I-H1 課題 アンモニア分解システムと吸着技術の開発

(046) アンモニアから直接水素を製造できる貴金属フリー膜反応器の開発……………62

I-J1 課題 革新的な高機能鋼材製造技術の開発

(047) 鉄スクラップ由来のトランプ元素影響軽減技術に関する研究開発……………63

国 際

2024年度採択

課題-1 観測困難箇所における風況観測データ解析手法の高度化に関する国際共同研究開発

(048) 複雑地形上におけるドップラーライダーによる乱流計測の国際共同研究開発……………64

課題-2 希少金属に依存しない系統用次世代レドックスフロー電池に関する国際共同研究開発

(049) ユビキタス元素レドックスフロー電池の国際共同研究開発……………65

(050) 非金属系蓄電物質を用いた系統用次世代レドックスフロー電池に関する国際共同研究開発……………66

課題-3 使用済みリチウムイオン電池の劣化診断技術及び多元素水平リサイクルプロセス技術に関する国際共同研究開発

(051) 使用済みリチウム二次電池パックの劣化診断技術に関する国際共同研究開発……………67

課題-4 革新的水素製造・輸送・貯蔵技術に関する国際共同研究開発

(052) ローカル水素供給を実現するアンモニア分解システムに関する国際共同研究開発……………68

(053) 革新的固体電解質セルを用いる中温水蒸気電解の国際共同研究開発……………69

(054) 過酷条件でのアンモニア吸蔵・放出評価に関する国際共同研究開発……………70

課題-5 航空・次世代空モビリティ分野における革新的モビリティ推進機構に関する国際共同研究開発

(055) 高電圧を用いた固形電気空力推進システムの日米国際共同研究開発……………71

課題-6 欧州等海外の規制に合致するバイオマスプラスチック類に関する国際共同研究開発

(056) 未利用植物由来バイオマス資源循環プロセス国際共同研究開発……………72

2023年度採択

課題-1 革新的スマートコミュニティ技術の国際共同研究開発

(057) エネルギーシェアリングに向けたデータ駆動型DSR制御技術の国際共同研究開発……………73

課題-3 グリーンモビリティの実現に資する革新的部材・デバイス等の国際共同研究開発

(058) 革新的プロセスによる高周波用ポスト電磁鋼板の国際共同研究開発……………74

(059) 航空機の高効率・高性能化を目指した気流制御デバイスの国際共同研究開発……………75

新 新

2025年度採択

II-A1 課題 生活空間を含む人との共存環境下でのロボティクス活用に資する革新的アクチュエータ等の構築 (060) 熱溶融積層造形による樹脂製超軽量ロボットの研究開発	76
II-B1 課題 人への依存度の高い業務の代替、協業を可能とするAI enhancedヒューマノイドロボットの開発 (061) サイborg生成AIの研究開発	77
II-C1 課題 量子計測・センシングの高度化に資する基盤技術の開発 (062) 量子光デバイスの高機能および集積化に係る技術の開発	78
II-D1 課題 DBTL サイクルの高速化に資する非破壊計測基盤技術の開発 (063) ラマン振動分光による革新的代謝解析とDBTL高速化基盤の創出	79
II-E1 課題 希少金属資源の分離・回収負荷低減技術の開発 (064) 環境親和型リチウム分離回収技術の研究開発	80
II-F1 課題 インフラの常時モニタリングに用いる自立型センシングシステムの開発 (065) エレクトレット振動発電と無線電送による異常検知技術の研究開発	81

2024年度採択

II-A1 課題 量子コンピュータの大規模化に資する次世代部素材の設計・評価技術の開発 (066) 次世代量子コンピュータの部素材開発とフレームワーク構築	82
II-B1 課題 ロボットシステム等の実産業への適用に向けた論理性や信頼性を飛躍的に向上する新たなAI技術の研究開発 (067) 二重過程理論に基づく研磨技能の模倣学習の研究開発	83
II-C1 課題 合成生物学的手法を用いたバイオ製品の市場規模拡大に資する基盤技術の開発 (068) 微生物合成ブロック共重合体の研究開発	84
II-D1 課題 未利用原料を活用した希少資源回収技術の開発 (069) 製造業分野で重要な高純度リンマテリアルの循環利用技術開発	85

2023年度採択

II-A1 課題 量子効果を活用した革新的計測・センシング技術の開発と産業応用探索 (070) 量子トレーサブル超微小電流センシングの開拓	86
II-C2 課題 バイオ研究の高精度化・ハイスループット化に必要な技術開発 (071) AI×ロボティクスによるバイオ分子設計デジタルラボの研究開発	87

II-D1 課題 マテリアル実用化期間を劇的に短縮するプロセス間・計測間の高度連携技術の開発

(072) 非平衡系M I スキームによる未来材料開発期間の劇的短縮…………… 88

II-D2 課題 革新的なクリティカルメタル等の希少資源の使用量削減・効率的利用および代替技術の開発

(073) 不燃性ガス田における高効率ヘリウム膜分離回収技術の開発…………… 89

II-E1 課題 デジタル・AI・ロボット技術、特に次世代センシングやXR技術を活用した新産業創出や生産性の向上につながる革新的研究開発

(074) ヒト嗅覚受容体応答に基づく世界初の匂い情報D X の研究開発…………… 90

マ テ 先

2022年度採択

A課題 マテリアル開発手法のDX革新に資する基盤技術の開発

(075) 革新的異種柔軟材料3 D / 4 Dものづくり基盤の構築…………… 91

フ ロ

極限マテリアル 領域概要 …………… 92

2025年度採択

III-A1 課題 極限マテリアル／産業用高温超電導電磁石開発に資する集合導体化技術の開発

(076) 高温超電導スパイラル集合導体の極限長尺化技術の開発…………… 93

(077) 産業用レアアース系高温超電導導体の開発…………… 94

(078) 産業用電磁石の極限性能に資する高温超電導集合導体の研究開発…………… 95

III-B1 課題 極限マテリアル／産業用パワーレーザー開発に資する光学材料およびデバイスの開発

(079) 半導体レーザーの極限的な高出力化の研究開発…………… 96

(080) 超高レーザー耐力および超低損失ガスオプティックスの研究開発…………… 97

(081) 多層接合と革新的材料技術で切り拓く高出力パルスレーザーの開発…………… 98

地下未利用資源の活用 領域概要 …………… 99

2025年度採択

III-C1 課題 地下未利用資源の活用／天然水素の生成増進・回収実現に向けた研究開発

(082) 超塩基性岩からの天然水素回収・生成増進に関する研究開発…………… 100

(083) 日本の天然水素ポテンシャル評価と人工増進技術の研究開発…………… 101

(084) 天然水素生成や増進回収における要因解明に係る研究開発…………… 102

(085) 水素生成可能な岩石の探索と増進を踏まえた評価に係る研究開発…………… 103

(086) 九州地域の天然水素資源開発に関する研究開発…………… 104

未 踏

A領域 次世代省エネエレクトロニクス

- (087) 窒化物とSiCの無障壁接合による縦型パワーデバイス開発 (2025年度) 105
- (088) 省電力性と高速動作性を両立する新原理トランジスタの研究開発 (2025年度) 106
- (089) 全通信波長帯で動作する光クロスコネクトチップレットの開発 (2024年度) 107
- (090) 少数のキャリアを活用する省エネルギー光電融合情報基盤の開発 (2023年度) 108
- (091) 高耐圧・低損失ダイヤモンドパワーデバイスの開発 (2022年度) 109
- (092) デジタルアクティブゲート技術を駆使した
ノイズフリー・パワエレ電力ネットワークの創生 (2021年度) 110
- (093) コンパクトで安価かつ汎用的な限流遮断器の開発 (2021年度) 111

B領域 環境改善志向次世代センシング

- (094) CNTファイバー広帯域円偏光検波THzイメージセンサの開発 (2025年度) 112
- (095) バッテリーレスセンシング：圧縮復元技術で未踏の電力効率を実現 (2025年度) 113
- (096) 切り紙型熱電デバイスによる自立無線センサシステムの研究開発 (2024年度) 114
- (097) 量子メタマテリアルが拓く温室効果ガス・熱流『見える化』技術 (2024年度) 115
- (098) ゴニオ極性材料の開拓と革新的熱電モジュールの開発 (2023年度) 116
- (099) メタサーフェスSiハイパースペクトル赤外光センシングデバイス (2023年度) 117
- (100) アモルファス半導体を使った革新的環境ガスセンシング技術の開発 (2022年度) 118
- (101) 自立センサノードのためのバイオミメティック汎用電源回路 (2022年度) 119
- (102) 昇圧回路不要の熱電発電デバイス (2021年度) 120
- (103) 涙液糖発電センサとパッシブ通信による自立血糖モニタコンタクト (2021年度) 121

C領域 導電材料・エネルギー変換材料

- (104) レーザー・電子光学融合で挑む未来材料研究のための電子顕微鏡開発 (2025年度) 122
- (105) 高品質二次元層状磁石を用いた磁気熱電デバイスと低環境負荷作成プロセスの開発 (2024年度) 123
- (106) 超単色電子ビーム平面型超伝導電子源の開発 (2024年度) 124
- (107) 熱線遮蔽能を有する発電窓ガラスの研究開発 (2023年度) 125
- (108) 卓上NMRに適するリング状強力超電導バルク磁石の開発 (2022年度) 126

D領域 未来構造・機能材料

- (109) 機能性分子のカプセル化による斬新な分離・変換・検出技術の開発 (2025年度) 127
- (110) 安価に合成可能な原子クラスター材料の触媒展開に向けた研究開発 (2024年度) 128

(111) 極限環境において高強度・高靱性な異種接合に関する研究開発 (2023年度)	129
(112) 革新的セラミック材料設計のための材料パターン情報学の創成 (2022年度)	130
(113) 環境・健康・安全に配慮した電力機器用SF6代替ガスの創成 (2022年度)	131
(114) 高次機能の実現を目指すナノ材料の精密制御手法の開発 (2021年度)	132

E領域 CO₂有効利用

(115) 重炭酸電解による二酸化炭素資源化技術の研究開発 (2025年度)	133
(116) Direct-FT反応の高収率化の研究 (2025年度)	134
(117) 金属3D積層造形触媒反応管の設計と二酸化炭素資源化反応 (2024年度)	135
(118) CO ₂ によるプロパン酸化脱水素に有効な多元素酸化物担体の開発 (2023年度)	136
(119) 光アシスト型逆シフト反応触媒システムの開発 (2022年度)	137

次世代高電圧変換器向け超高耐圧SiCデバイスの技術開発

Ultra-High-Voltage SiC Devices for Next-Generation High-Voltage Converters

研究開発の目的

超高耐圧SiCパワーデバイスにより、次世代の電力ネットワークに大量導入される高電圧変換器の高効率・小型・低コスト化に貢献します。

研究開発の背景、将来展望

再生可能エネルギーシステムの大量導入や、データセンターやEV充電インフラなどの電力需要の増大に対応するため、次世代の電力ネットワークには高電圧変換器が広範に導入されます。

現在の高電圧変換器は、耐圧1.2 kVから6.5 kVのパワーデバイスを用いた変換器を多数直並列接続して構成しており、大型化・高コスト化が課題です。

10 kVを超える超高耐圧パワーデバイスを用いることで、変換器の直並列数を大幅に削減できます。さらに、システムの高電圧化により銅などの省資源化といった持続可能な社会へも貢献します。

研究開発項目

1. SiC-IGBT低損失化技術の開発
2. ウエハ高品質化技術の開発
3. 超高耐圧モジュールの開発

研究開発の内容、目標成果

耐圧13 kV級SiC-IGBTについて、①キャリアライフタイム伸長制御、②ホール注入制御、③キャリア注入促進の3つの施策を適用し、これまでのSiC-IGBTでは困難であった理想的な平坦なキャリア分布を実現し、ターンオフ損失 80 mJ/cm²以下、オン電圧 4.5 V以下の実現を目指します。

また、キャリアライフタイムのデバイスプロセスの依存性や、デバイスの実動作時のキャリアライフタイムの評価に取り組むことで、デバイス設計の指針となるキャリアライフタイムの定量化を目指します。

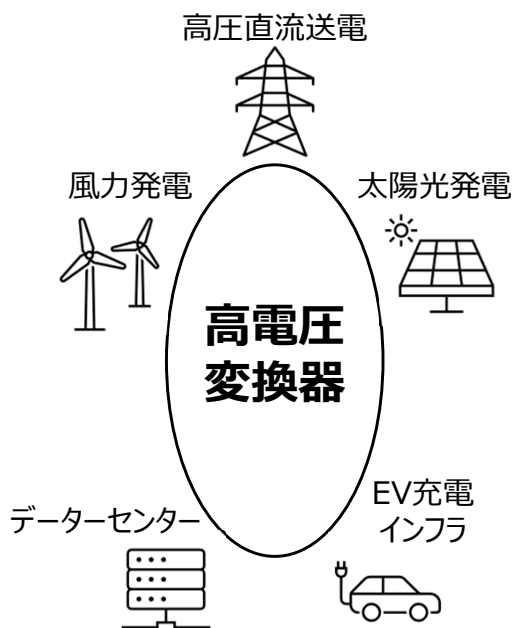
さらに、モジュールの低損失化に向けて、SiC-IGBTとSiC-MOSFETのハイブリッドスイッチを開発し、SiC-IGBT単体に比べてターンオフ損失50%削減を目指します。

本SiC-IGBTは、再生可能エネルギーの導入、高度なデジタル・電動化社会を支える次世代の高電圧変換器の実現に貢献します。

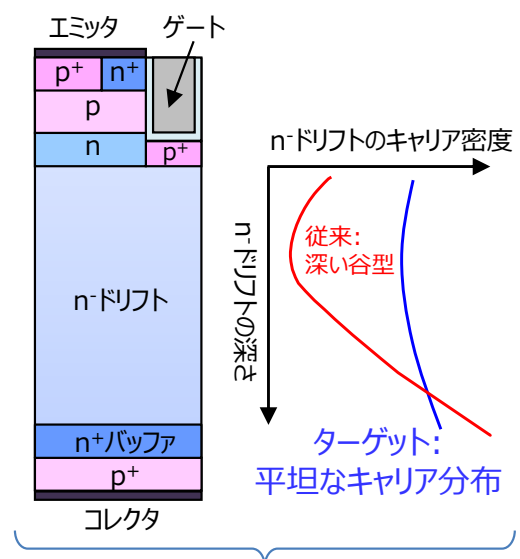
研究開発の実施体制

国立研究開発法人産業技術総合研究所
一般財団法人電力中央研究所
株式会社東芝
フェニテックセミコンダクター株式会社
国立大学法人筑波大学
(再委託先) 国立大学法人名古屋工業大学

再エネ導入、デジタル・電動化を支える 次世代の高電圧変換器の実現に貢献



耐圧13 kV SiC-IGBT



3つの施策を適用し、低損失化を実現

- ① キャリアライフタイム伸長制御
- ② ホール注入制御
- ③ キャリア注入促進

新規高性能酸化物永久磁石材料の研究開発

New high performance oxide magnets

研究開発の目的

モータ・発電機の高効率化・低環境負荷を進めるため、現在普及しているフェライト永久磁石とは一線を画する磁化を有する新規酸化物磁石の開発を行います。

研究開発の背景、将来展望

酸化鉄を主成分とするフェライト磁石は、コストパフォーマンスの高さから様々な分野で利用されています。一方、優れた磁気性能を有する希土類磁石は小型化・高効率化が強く求められるモータに使われ、その使用量は年々増加しています。最近、資源供給リスク回避の観点から、希土類磁石の使用削減が検討されていますが、フェライト磁石と希土類磁石の磁気性能差に大きな開きがあり、この性能ギャップを埋める適正価格のミドルフォリティ磁石が無いことが、新技術創出の足枷ともなっています。本研究開発では、現状普及しているフェライト磁石では到達が不可能な残留磁化と実用に耐えうる十分な保磁力を持つ新規酸化物磁石を開発し、新規モータ技術開発へ繋げていきます。

研究開発項目

1. 高磁化、高異方性磁界を持つ酸化物磁石粉末の開発と機構解明
2. 高残留磁化、高保磁力を有する酸化物異方性焼結磁石の開発
3. 開発磁石並びに現行酸化物磁石を用いたモータの評価

研究開発の内容、目標成果

新規酸化物磁石開発の課題点として、「実用化に対して保磁力が不十分」「結晶相の安定した作製が困難」が挙げられます。本研究開発では従来にない緻密な雰囲気制御焼成技術と組成・組織制御によりこれらの課題を克服し、新規高性能酸化物磁石を開発します。

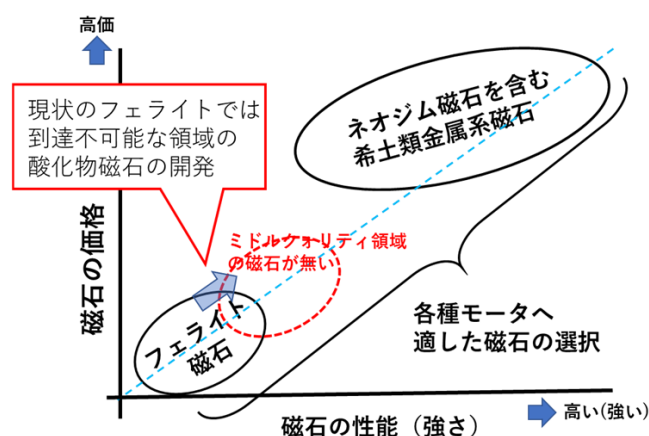
【目標 1】組成及び母材作製プロセスの最適化により、高磁化特性を損なうことなく、1600kA/m以上の異方性磁界を有する磁石粉末を開発します。またその機構解明も目指します。

【目標 2】粉体作製プロセス並びに焼結プロセス開発により、現状のフェライト磁石では達成不可能な、高残留磁化0.49 T以上で保磁力300kA/m以上を有する焼結磁石を開発します。

【目標 3】今後の実用化プロジェクトに繋げるため、新規酸化物磁石を用いたモータ設計とシミュレーション評価、ならびに現状の高残留磁化酸化物磁石を用いたモータとの比較により、課題の抽出を行います。

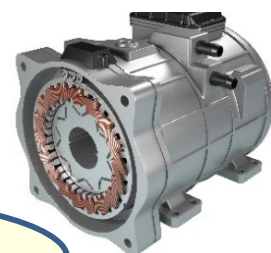
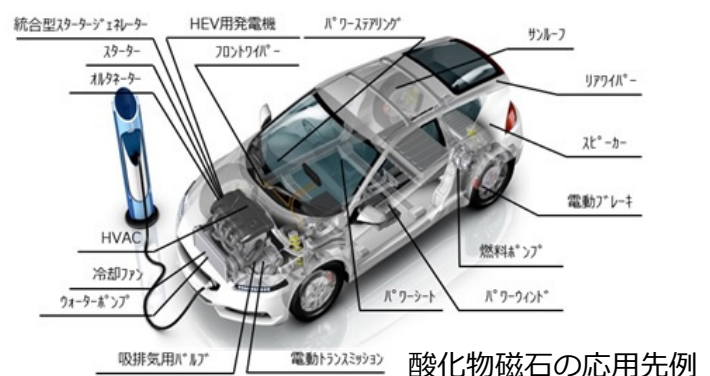
研究開発の実施体制

学校法人明治大学明治大学
株式会社プロテリアル
学校法人同志社同志社大学(2026年度より参画)
国立大学法人京都大学(2027年度より参画)



新規高性能酸化物磁石の開発

酸化物磁石の特徴
高耐食性, 高抵抗(低渦損)



中・大型モータ等
応用先拡大へ

特定PFASの無害化・資源循環に向けた検出・分解技術の開発

Detoxification and Recycling of Specific PFAS through Detection and Decomposition Technology

研究開発の目的

POPs条約で規制済みのPFAS（以下、特定PFASと呼ぶ）の無害化に向け 特定PFASの分解技術、リアルタイム検出技術及び装置化技術の開発を行います。

研究開発の背景、将来展望

難燃性・耐薬品性といった機能を持つPFASは、空調機用冷媒・フッ素ポリマーの生産などに多用され、世界の産業に欠かせない素材となっています。しかし近年、環境蓄積性や生体毒性が懸念される特定PFASの混入により、水質に影響があるといった指摘もあります。

そのため、世界的にPFAS含有水の分解無害化技術や残留濃度を測定できるリアルタイム分析技術及び装置化技術が必要とする声が高まっています。また、フッ素をCaF₂などとして再資源化するなど、経済安全保障の面でも持続可能な社会の実現に貢献します。

研究開発項目

1. 特定PFASの簡便なリアルタイム検出技術の開発
2. 特定PFASの完全無機化に向けた電気分解技術の開発
3. 特定PFASの検出技術の事業化に向けた技術開発

研究開発の内容、目標成果

本研究では下記の研究開発項目に示す内容を行い、目標達成を目指して技術開発を行います。

1. 特定PFASの簡便なリアルタイム検出技術の開発

難水溶性である特有の有機色素を厳選し、ナノ粒子化させる技術を開発することで、吸光により50 pptレベルにて水中の特定PFASをリアルタイムに検出できる技術を開発します。

2. 特定PFASの完全無機化に向けた電気分解技術の開発

懸濁液電気分解法の電極およびセルを開発することで、特定PFASの初期濃度に対する90%以上の分解率・脱フッ素率を達成し、効率的にF⁻まで分解可能な手法を開発します。

3. 特定PFASの検出技術の事業化に向けた技術開発

有機色素のナノ粒子について、貯蔵安定性・水質分析用吸光光度計への適用要件を解明することにより、研究開発項目1. を装置化する技術を開発します。

研究開発の実施体制

国立大学法人東北大学
国立大学法人琉球大学
株式会社クボタ

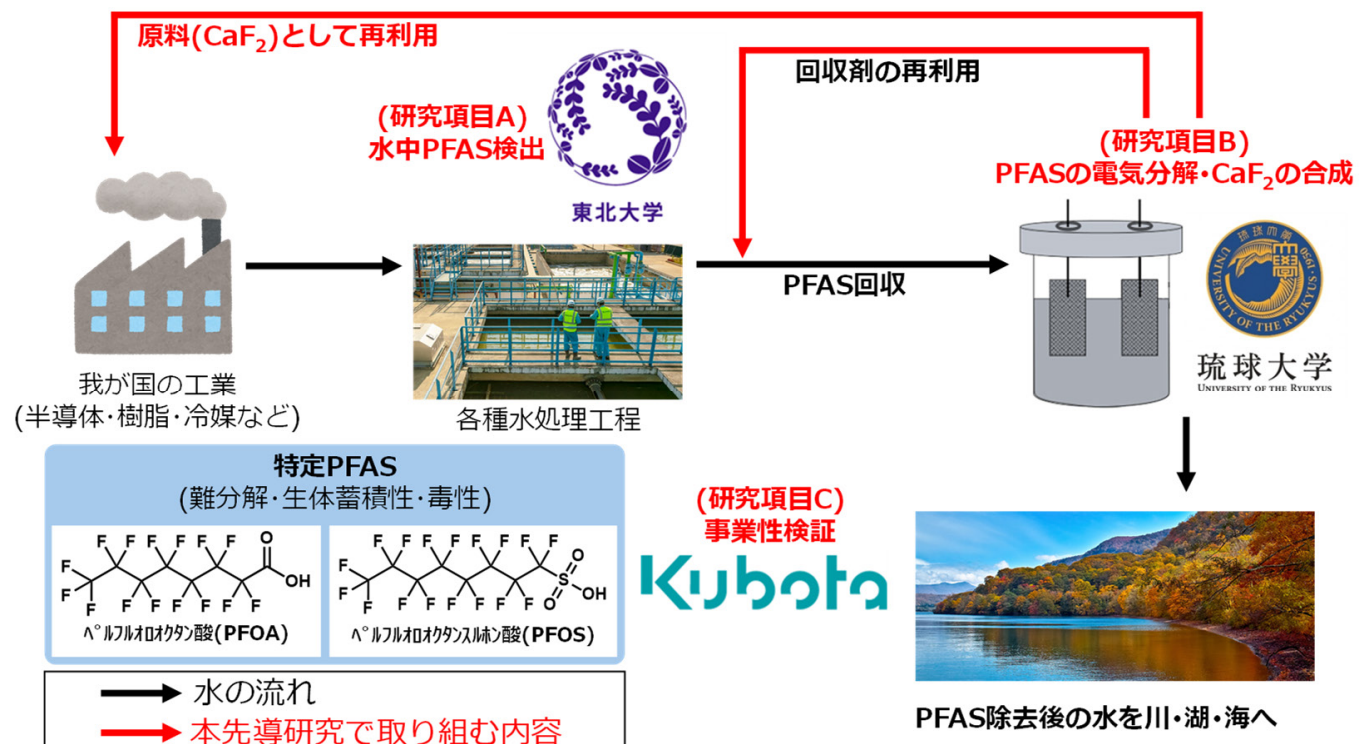


図. 本先導研究の全体構想図

PFAS自己濃縮型回転円板プラズマ分解装置・検出装置の開発

PFAS self-concentrating rotating disc and plasma device for PFAS decomposition and sensing

研究開発の目的

PFAS含有排水の無害化を目指して、オゾン水処理、新規PFAS吸着円板によるPFAS濃縮、プラズマ分解を組み合わせた革新的システム、および迅速かつ安価なPFASセンサーを開発します。

研究開発の背景、将来展望

本研究開発で掲げる「廃水の効率的なPFAS汚染対策技術」は、(1) PFAS汚染のない安全な水環境の構築に繋がるだけでなく、これまでリサイクルが困難とされてきたフッ素樹脂やフッ素化学製品を原料モノマーや蛍石にまで変換する(2) フッ素資源循環システムの構築に繋がり、(3) これによる1000万トンのCO₂削減、さらにはフッ素資源の経済安全保障や、(4) 国際的なPFAS規制への対応に繋がります。

これらによって(5) 日本の基幹産業の競争力強化と持続的発展に大きく寄与します。

このように、本先導研究はPFAS汚染問題の解決と持続可能な社会の実現に貢献します。

研究開発項目

- 項目1) オゾン処理による競合有機物分解
- 項目2) 新規PFAS吸着円板と濃縮技術の開発
- 項目3) 表面プラズマによるPFAS分解評価
- 項目4) センサーの開発と評価

研究開発の内容、目標成果

本研究では研究開発項目に示す内容にて技術開発を行い、目標達成を目指します。

項目1) 溶存オゾン濃度400 mg/L程度の超高濃度オゾン水を用いて、RO濃縮水中の共存有機物の分解、および長鎖PFAS・PFAS前駆体の低分子化を行います。

項目2) 回転円板表面に、短鎖PFASを含む多様なPFASに対して高い吸着能を持つ特殊な表面特性を形成し、PFASを効率的に濃縮します。PFAS吸着密度500 ng/cm²を目指します。

項目3) RO濃縮水中に含まれるC4～C13までのPFAS（濃度26 μg/L）を、プラズマ単独処理において26 ng/L(3 log)へ低減することを達成し、プラズマ処理単独での分解エネルギー500 Wh/m³を目指します。

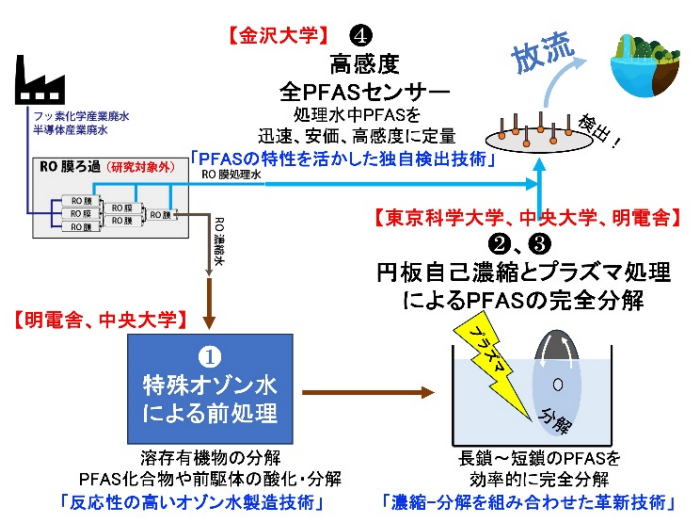
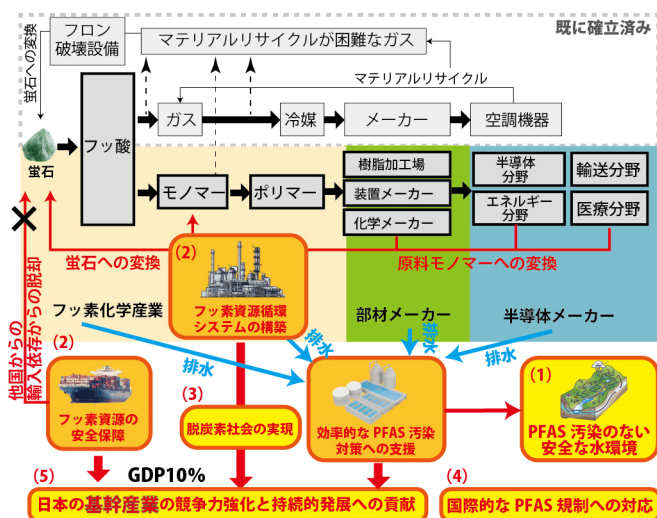
項目4) 新しい検出原理に基づくセンサーを開発し、検出下限濃度：500 ng-PFAS/L、測定時間：30分以内を実現し、処理水中の全PFAS濃度を迅速、安価、かつ高感度に定量する手法を確立します。

研究開発の実施体制

学校法人中央大学
国立大学法人東京科学大学
国立大学法人金沢大学
株式会社明電舎

本研究が目指す社会

安全保障 安全な水環境 脱炭素 規制対応 産業強化



精密制御触媒で実現するCO₂からのBTXワンパス合成

One-pass synthesis of BTX from CO₂ using precisely controlled catalyst

研究開発の目的

原子レベルにて精緻に制御された触媒を用いてCO₂水素化ワンパスプロセスを開発し、高収率、高選択率と長寿命を両立する革新的プロセスの構築とそのライフサイクル評価を行います。

研究開発の背景、将来展望

CO₂から有用な物質を合成する反応は、将来的なカーボンニュートラルの達成へ向けて必須となる技術です。中でもベンゼン、トルエン、キシレン(BTX) は様々な材料の原料となる基礎化学品であり多くの需要があります。現在はナフサの改質により得られているBTXをCO₂から合成することで脱化石資源を目指します。

研究開発項目

1. 材料設計による革新触媒の創出
2. 反応試験と劣化機構解明
3. ライフサイクル評価、最適プロセス開発

研究開発の内容、目標成果

本ワンパスプロセスは、CO₂からメタノールを合成する酸化触媒と、メタノールからBTXを合成するゼオライト触媒からなります。これらの触媒の性能を向上させるために、酸化触媒とグラフェンとの複合化、ゼオライト触媒の骨格構造や組成、欠陥の制御を行います。これらの触媒が働く反応機構、劣化機構を明らかにし、適切な反応条件、再生条件を設定します。ライフサイクル評価を行うことで、開発に必要な技術パラメータをフィードバックします。目標値としては、ワンパスプロセスにおけるCO₂転化率20%、BTX収率10%などを設定しています。

研究開発の実施体制

国立大学法人東京大学
国立大学法人北海道大学
出光興産株式会社

本研究における“四本柱”

CO₂ からの BTX ワンパス合成において高収率と長寿命を両立する革新触媒の構築

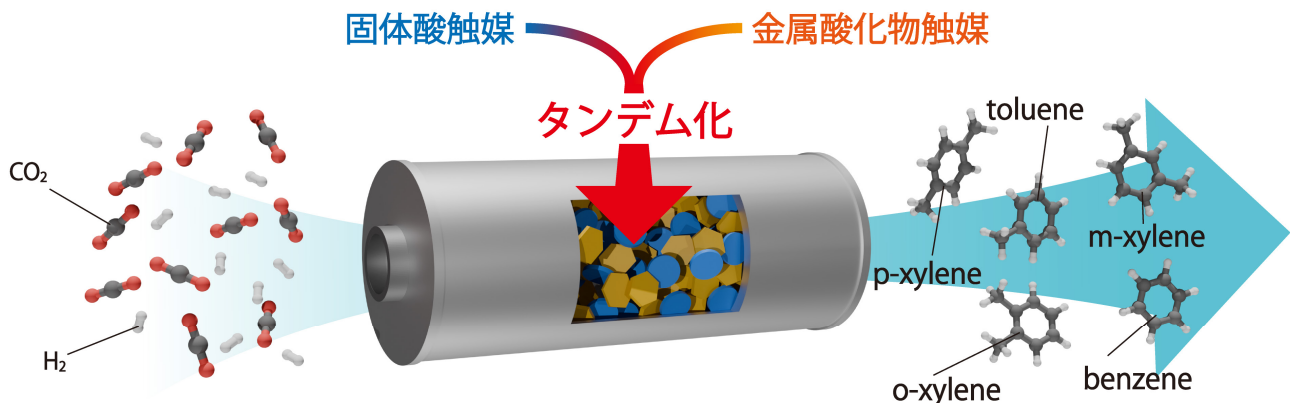
独自技術を用いた
金属酸化物 / ゼオライト系
触媒の精密制御

多段階反応を
ワンパスで進行させる
タンデム触媒の設計

触媒性能と材料特性との
相関を適切に理解する
キャラクタリゼーション

環境評価を正しく理解し
技術の方向性を定める
ライフサイクル評価

ワンパスBTX合成プロセス



AI酵素工学で実現するウレタン資源自律経済に向けた研究開発

Urethane recycle economy realized by AI-driven enzyme engineering technology

研究開発の目的

自動車シートクッションで利用されているポリウレタンをリサイクルする社会を実現するために必要な技術基盤を確立することをめざします。

研究開発の背景、将来展望

ポリウレタンは、そのクッション性や断熱性のよさから、乗り物のシートや建築物の断熱材など、社会で広く利用されています。一方、そのリサイクルは進んでおらず、現在でもマテリアルリサイクルや燃焼処分されています。欧州では自動車のポリウレタンを含むプラスチックのリサイクルに関する法整備が検討されており、リサイクルを義務付ける規制が段階的に導入されようとしています。この規制による基準を満たさないと販売できなくなるため、日本の自動車業界も対応を迫られます。ポリウレタンを含むプラスチックがリサイクルされる社会を実現させ、環境への負荷低減が求められています。

研究開発項目

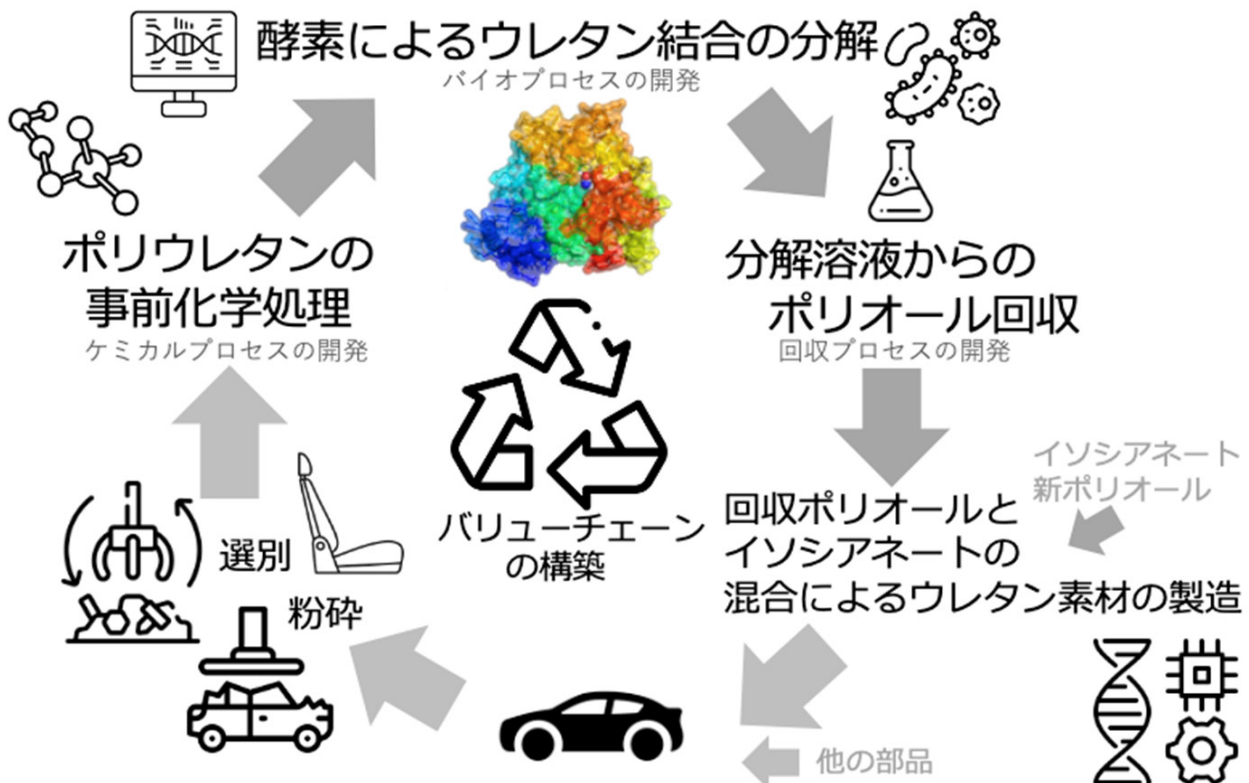
1. 酵素基質特異性と活性のAIデータ解析
2. 高活性・高温耐性酵素の開発
3. ウレタン事前化学処理法の開発
4. ポリウレタン廃材の酵素処理原料への変換
5. 酵素処理液からのポリオール回収と精製

研究開発の内容、目標成果

ポリウレタンを分解する耐熱性酵素の開発と、酵素の大量発現系の確立を最重要研究開発項目とします。100℃未満常圧でポリウレタンのウレタン結合を切断し、原料のポリオールを回収することをめざします。廃車の自動車シートクッションから出てくるポリウレタンの酵素分解を可能にするために、その形状や親和性を改良する事前化学処理も開発します。酵素によって分解された産物から、ポリオールを分離・精製できるようにすることも必要です。回収されたポリオールの物性を評価し、リサイクル性を検証します。回収されたポリオールを含むウレタンマテリアルを作成することで、リサイクルプロセスが可能であることを示します。さらに、GHG排出量やエネルギー使用量も算出し、環境への負荷を最小限にとどめてリサイクルできることを示します。

研究開発の実施体制

学校法人早稲田大学
学校法人常翔学園大阪工業大学
国立大学法人東京大学
国立研究開発法人理化学研究所
日産自動車株式会社
三菱ケミカル株式会社



バイオプロセスとケミカルプロセスのハイブリッド法で環境負荷を低減させ、自動車シートクッションの廃棄ポリウレタンから原料となる有価物を回収する。

バイオプラスチック複合材料の高機能化研究開発

High performance bioplastic composite materials

研究開発の目的

ナノポリマーアロイを創生する混練セグメントの開発、及び樹脂界面制御・最適化技術の研究により、剛性、耐衝撃性を格段に高めたバイオプラスチック複合材料を開発します。

研究開発の背景、将来展望

目標とする実用化分野：

①OA機器（内部部品、筐体など）用の材料開発、及び成形技術開発を行います。

OA機器を対象とした資源循環について、リニアエコノミーからサーキュラーエコノミーへと転換可能であることを新規創生した材料を用いた実製品により評価、実証を行います。

②それらの知見をもってモビリティ分野の構造材への実用化を目指します。

さらにモビリティ分野でのリサイクル材料としての可能性検証を進めます。

研究開発項目

1. バイオ樹脂PLA/PBSアロイ構造ナノ分散技術の検証
2. ナノ分散のためのアロイ/複合材料の界面制御と最適化技術の確立
3. バイオ系長繊維複合化による耐衝撃性向上
4. 新規バイオマス樹脂射出成形機の試作・実証運転
5. 複合機への実装化技術と自動車部品への成形品適用の可能性検証

研究開発の内容、目標成果

独自開発した二軸混練機用の【革新型】伸長流動セグメントの最適設計、流動シミュレーションにより分散性が1桁向上した（数10ナノレベル）ポリマーアロイの開発を行います。同時にアロイ界面の最適化技術の開発を行い、アロイの物性向上（ABS並みの機械特性）を目指します。

前記のポリマーアロイにバイオ系長繊維複合化、及びセルロース繊維複合材料の界面最適化を行い、モビリティの構造部材に十分適用可能な $50\sim60\text{kJ/m}^2$ の耐衝撃強さを達成します。

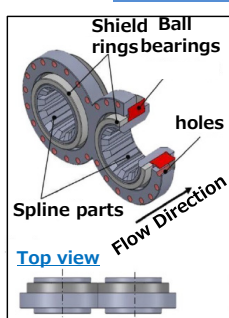
複合機の部品・部材用途として開発したバイオマス新規材料の実装化評価及び再生利用の可能性評価を完了します。また、自動車部品への供給可能性を検証します。

研究開発の実施体制

学校法人同志社同志社大学
国立大学法人神戸大学
TOYOインボックス株式会社
コニカミノルタ株式会社

（革新型）伸長流動セグメントによる

ナノアロイ創成



樹脂の流動方向 二軸混練スクリュー

伸長流動領域

ナノポリマーアロイ及びセルロースの界面制御のための化学修飾と解析

融合

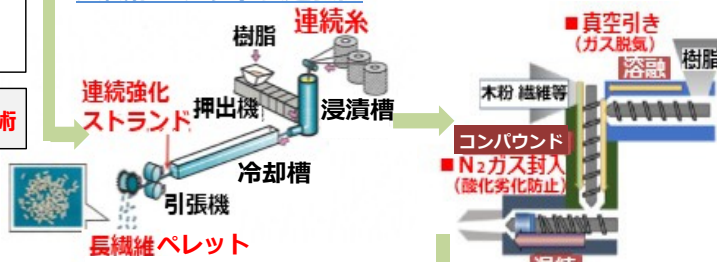
界面相溶化技術

化学的キャラクタリゼーション

伸長流動セグメント（XBD）の組込み

長繊維ペレット製造装置

新規射出混練方式の開発

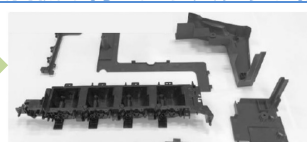


混練による繊維劣化の防止

繊維界面の最適化制御

長繊維化

複合機の再生プラスチック部品例（現行）



（バイオマス新規材料に置き換え検証）

モビリティ分野の構造材への実用化の可能性検証

低コスト・高耐衝撃セルロース構造材料の研究開発

Low-cost, high impact cellulose structural materials

研究開発の目的

構造用セルロース材料を社会実装するためには、低コスト化と耐衝撃特性の確保が必須となります。本プロジェクトでは、これらの課題克服を目指します。

研究開発の背景、将来展望

植物由来のCNFは大気中のCO₂を吸収・固定し、軽量かつ高剛性という特性を備えることから地球環境に優しい素材として注目されており、脱炭素社会のキー・マテリアルと位置づけられています。一方で、製造コストの高さや耐衝撃特性、部品製造時の成形加工性における課題があり、自動車部品を代表とした構造部材への実用化が遅れています。今回構築する基盤技術は、自動車分野だけでなく、家電、建築資材、産業機械など多様な分野への応用が期待されます。戦略的に研究開発を推進することにより、早期社会実装、次期大型国家プロジェクトへの発展を目指します。

研究開発項目

- <研究項目1> 製造プロセス開発
 - ・低コスト化を目標としたセルロース材料の製造プロセス開発
- <研究項目2> 材料組成開発
 - ・セルロース樹脂複合材料の「耐衝撃特性」と「剛性」を両立するための技術開発
- <研究項目3> 薄肉成形工法開発
 - ・軽量化を実現するための薄肉成形工法開発と部品検証

研究開発の内容、目標成果

本プロジェクトでは、自動車部品メーカーであるトヨタ紡織がリーダーとなり、CNFの原料であるパルプに対する製造技術を有する日本製紙、CNFの樹脂複合化における学術的知見を有する京都大学、樹脂複合材の成形プロセス開発を得意とする京都市産業技術研究所が連携し、材料・工法・構造設計の「三位一体」で開発を進めることにより、課題を解決するための技術革新に挑みます。本プロジェクトの革新性は、①自動車部品メーカーが主導し、ユーザー視点で社会実装を見据え研究開発全体をリードする点、②世界トップクラスの技術を融合させる点：京都大学の「セルロースナノファイバー強化樹脂材料製造技術/京都プロセス」およびトヨタ紡織の「ナノレベル耐衝撃特性向上技術」、③材料開発から、材料に適した工法の開発、部品としての実証検証まで行う一貫通貫型の技術開発を行う点です。

研究開発の実施体制

トヨタ紡織株式会社
 日本製紙株式会社
 国立大学法人京都大学
 地方独立行政法人京都市産業技術研究所

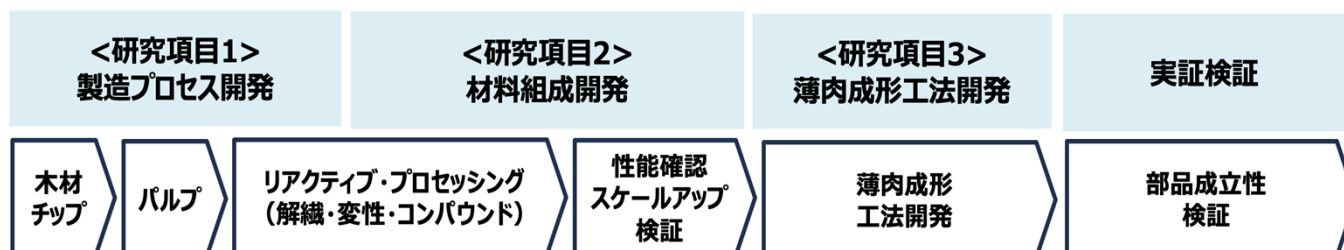
<技術課題と研究開発プロセスの概略>

技術課題①：水分散CNF、高コスト



市販CNF：水分散体（ゲル状）
 親水性のため脱水および樹脂への分散が困難

技術課題②：耐衝撃性の低さ（衝突試験で割れ）



各研究項目を相互に連携させ、原料から最終部品までを全体俯瞰しながら推進

燃料アンモニア貯槽・輸送設備のSCC可能性評価ツール開発

SCC Probability Evaluation Tools for Fuel Ammonia Tanks and Ships

研究開発の目的

アンモニア燃料利用拡大に向け、アンモニア貯槽・輸送設備の応力腐食割れ(SCC) 発生可能性評価のテクニカルモジュール(TM) を構築することを目的とします。

研究開発の背景、将来展望

カーボンニュートラル社会の実現のためにアンモニアの燃料利用拡大が計画されています。アンモニア貯槽・輸送設備は鋼構造物ですが、一般に鋼材は液体アンモニア中でSCCを起こすことが知られています。

本開発ではアンモニアSCC機構を解明し、SCC機構に基づいたSCC発生可能性評価が可能なツールを作成して、将来のリスクデータベースメンテナンス(RBM)につなげていきます。RBMは機器の故障リスクを評価し、そのリスクに基づいてメンテナンス計画を立てる手法です。RBMにより、コストと安全性について、合理的な点検が可能となります。

研究開発項目

- アンモニアSCCに関する文献調査、アンモニア関連機器の実態調査
- 液体アンモニア中水分計測のためのデータベース構築
- 液体アンモニア中の鋼材の電位に及ぼす環境因子の影響調査
- 液体アンモニア中のSCC機構解明
- 液体アンモニアSCC発生可能性判定モジュールの作成

研究開発の内容、目標成果

SCCは、材料、環境、応力の重畳によって起こる現象です。図2は塩化物水溶液中のSCC判定TMであり、材料のおかれた環境からSCCに対する感受性を評価しています。図2を参考にアンモニアSCC発生可能性評価のTMに必要な要素開発を行うことが目標となります。

環境因子の中では、特に電位と呼ばれるパラメータが重要です。鋼材の電位は環境に含まれる不純物によって変わるため、種々の不純物濃度の情報から電位を推定可能なTMを作成します。

併せて、種々の電位でのSCC挙動を明らかにする試験を実施します。電位やその他情報からSCC機構を判定し、それに基づいたTMを試作します。実環境は種々のケースがあるため、本プロジェクトでは、代表的なケースについてSCC発生可能性について評価します。

RBMの社会実装に向けてはSCC発生時の影響度評価のための情報整理、定量的リスクアセスメント手法の確立、そして指針の策定が必要となります。その後、策定した指針でPDCAを回すことにより、合理的なアンモニア貯槽・輸送設備の維持管理のためのRBM指針が構築できると考えます。

研究開発の実施体制

株式会社IH
JFEスチール株式会社
一般財団法人日本海事協会
国立大学法人東北大学
国立大学法人東京科学大学

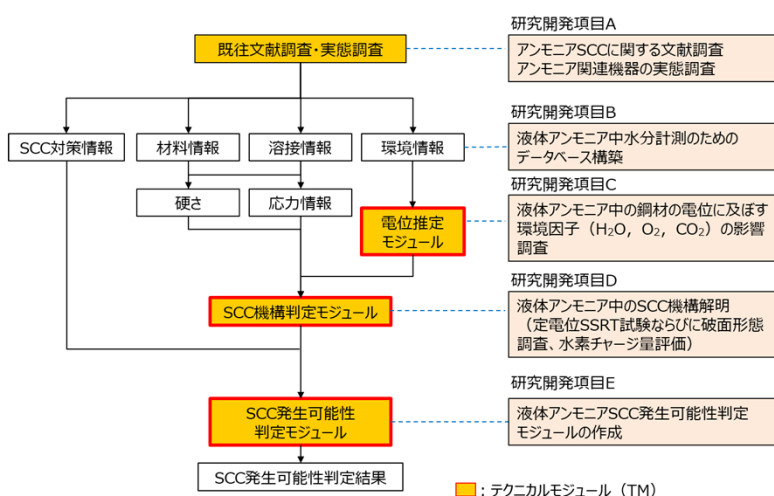


図1 本事業での研究開発項目

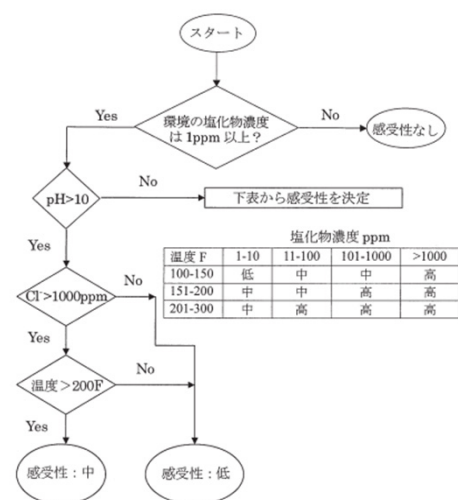


図2 TMの具体例
(引用: 酒井潤一ら, Zairyo-to-Kankyo, 57, 211-217 (2008))

酸素水素燃焼直接加熱ボイラの研究開発

Heat exchanger-free boiler with oxyhydrogen combustion

研究開発の目的

酸素と水素を燃焼させて過熱水蒸気を発生させ、さらに水を添加することで所定圧の飽和蒸気を生成させるボイラの研究開発を行います。

研究開発の背景、将来展望

産業分野でのCO₂排出量削減に向けて水素燃料ボイラの活用が必要です。水素と空気を燃焼させた熱を活用して熱交換器によって蒸気を発生させるタイプの水素燃料ボイラは既に製品化されていますが、熱交換器が必要のために設置スペースが大きく、NOxが40ppmレベルにとどまっています。

酸素水素燃焼を用いた場合には、CO₂排出ゼロだけでなく、NOx排出もゼロとなります。また、窒素分の排気熱損失がないため熱効率の向上が期待でき、熱交換器が不要となるコンパクトなボイラを提供できる可能性があります。

研究開発項目

1. 酸素水素燃焼直接加熱ボイラの開発
 - ① 燃焼完結性と蒸気の質についての検討
 - ② 熱損失の少ないシステムの検討
2. 酸素水素燃焼直接加熱ボイラの製品化時の課題の研究

研究開発の内容、目標成果

本事業では、まず、酸素水素燃焼ボイラの試作品における性能予測を数値シミュレーションにて行うとともに、燃焼試験にて性能データの取得と燃焼生成物の分析に基づく燃焼完結性と蒸気の質を評価します。添加した水が完全に蒸気化する方法の確立に向けた炉形状及び制御方法の検討を行います。そして、炉壁を断熱か水冷にしてその熱も利用する仕組みの採用など外部への放熱を抑える検討を行い、断熱方法と水の供給方法の改良により熱損失の少ないシステムを目指します。

酸素水素燃焼直接加熱ボイラの製品化に向けて、周辺技術課題、市場課題、適用法規と安全基準における課題の抽出を行い、課題解決案を検討します。

研究開発の実施体制

国立研究開発法人産業技術総合研究所
三浦工業株式会社
国立大学法人東京科学大学
国立大学法人大阪大学
国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

間接加熱ボイラ（従来技術）



酸素水素燃焼直接加熱ボイラ（本事業）

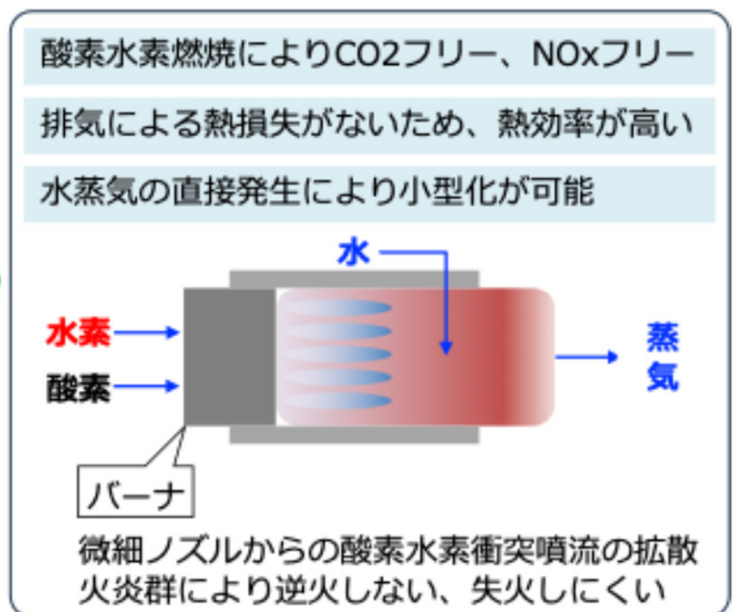


図 間接加熱ボイラと酸素水素燃焼直接加熱ボイラの比較

ATJに向けたソルガム糖蜜の濃縮に必要な革新的技術開発

Concentrating sorghum molasses for ATJ

研究開発の目的

ATJ^{*1}によるSAF^{*2}向けバイオエタノールの大規模増産に資する、糖蜜高収量性スイートソルガムの利活用技術を開発します。

※1 ATJ : Alcohol to Jet

※2 SAF : Sustainable Aviation Fuel

研究開発の背景、将来展望

脱炭素社会構築の国際的な潮流の中で、持続可能な航空燃料(SAF)の国内生産の必要性は高まっており、Alcohol to Jet (ATJ) 技術における原料のバイオエタノールの大規模生産は極めて重要なポイントですが、一方で、原料調達は輸入主体となることや調達ルートも限られるなどの課題があります。糖蜜高収量性スイートソルガムは温帯地域で栽培が可能であり、また、食と競合しない糖質が収穫でき、更に、搾汁後の残渣である稈は飼料として有効活用できるなどの特長を有することから、原料の国産化や栽培地域の飛躍的拡大などに資する有望なバイオマス原料です。

研究開発項目

1. 糖蜜高収量性ソルガム育種と栽培
2. ソルガム搾汁液の前処理及び膜濃縮プロセス開発
3. 搾汁及び濃縮液の評価とエタノール発酵検証

研究開発の内容、目標成果

茎の含水率が従来比で10%程度低いスイートソルガム新品种の育種創出を図ります。栽培地域の北／南限を調査し、搾汁残渣である茎葉が飼料として利用可能であることを、農業従事者による試験栽培で確認します。

搾汁液の糖濃度40%以上を目標に膜濃縮すると共に、糖液の長期保管及びバイオエタノール化の障害となる不純物を除去する低コスト膜分離技術を開発します。

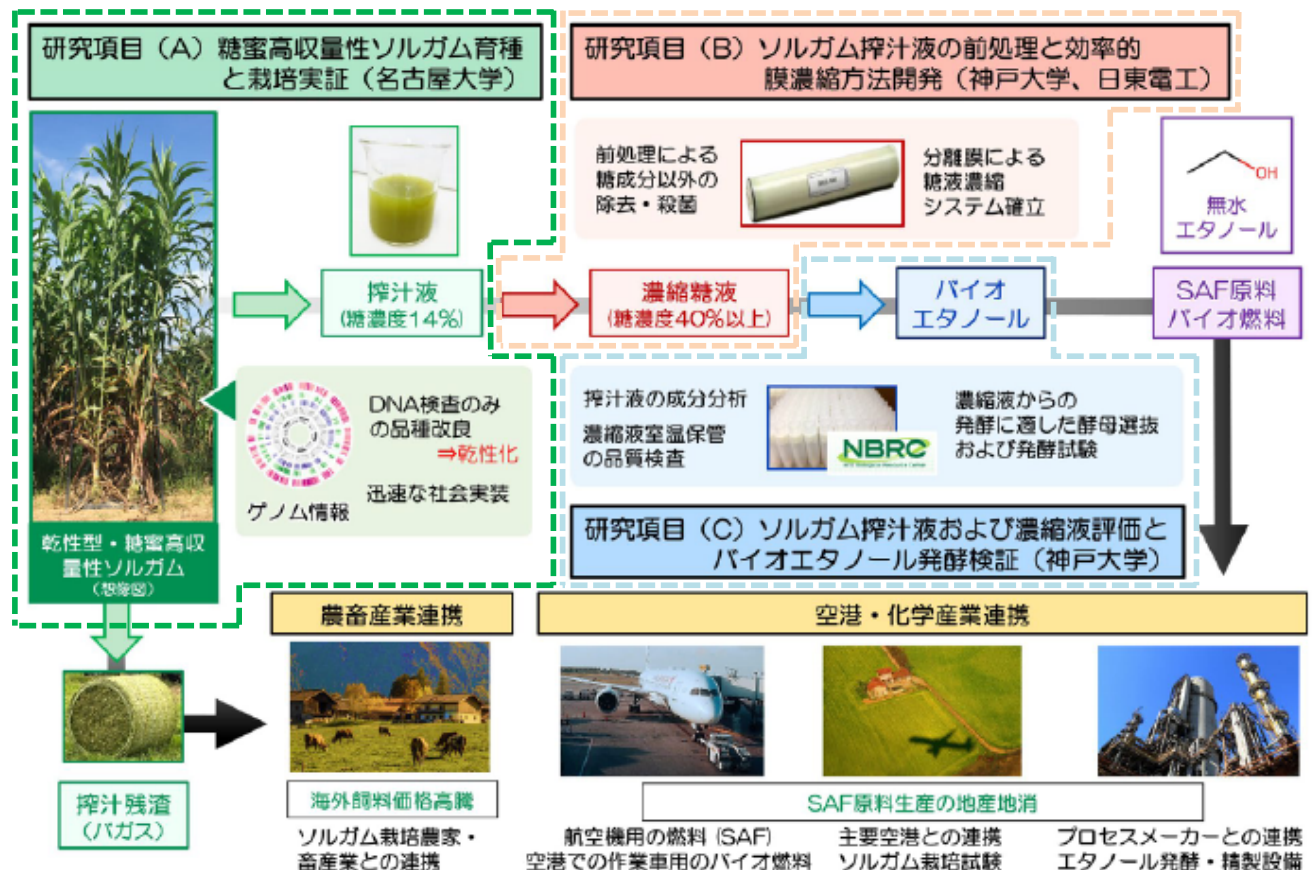
搾汁液からのバイオエタノール生産に適した最適酵母株を見出し、ソルガム搾汁液の膜分離技術との連携による最適製造プロセスを確立します。試作したバイオエタノールのATJ事業者への提供と評価を通じて、社会実装を実現する基礎技術の確立を目指します。確立したプロセスと、サトウキビを原料とする従来プロセスとを比較評価します。

研究開発の実施体制

国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学

日東電工株式会社

国立大学法人神戸大学



新世代脳型スパイクングリザーとその実装技術の研究開発

New Generation Brainmorphic Spiking-Reservoir and its Implementation Technology

研究開発の目的

本研究は、超低消費電力脳型AI基盤の構築を通じて持続可能な脱炭素社会への貢献を目指します。

研究開発の背景、将来展望

現在のAIは、その膨大な電力消費量と学習データ量の必要性が社会課題となっており、持続可能なAI基盤の構築が強く求められています。本研究では、リザーコンピューティングとスパイクングニューラルネットワークを融合した新世代脳型スパイクングリザーの技術開発を進め、将来的にはAIの消費電力を1/100000に削減することを目指します。これにより、生成AIからエッジAIに至る広範な応用が可能な、2040年以降の脱炭素社会に適したAI技術の基盤を構築します。

研究開発項目

1. 新世代脳型スパイクングリザーの基礎理論及び応用技術の開発
2. 新世代脳型スパイクングリザーの電子集積回路の開発
3. 新世代脳型スパイクングリザーの光実装技術の研究

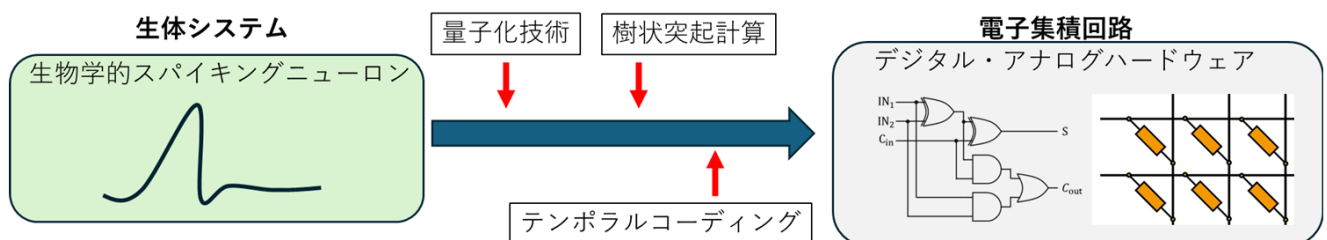
研究開発の内容、目標成果

本事業では、現在のAIが抱える深刻な電力消費量の課題に対し、リザーコンピューティングとスパイクングニューラルネットワークを融合した新世代脳型スパイクングリザーを開発することで、AIの消費電力を2040年以降に1/100000～1/1000000まで削減可能な基盤技術の確立を目指します。技術的な課題としては、①スパイクングニューラルネットワークの数理モデル化、②スパイクングリザーの設計と応用対象に応じた性能評価、③電子回路や光ネットワークによる高効率なハードウェア実装が挙げられます。本研究では、これらの課題に対し、実際の神経細胞の発火特性も考慮に入れて、リザーコンピューティングとスパイクングニューラルネットワークを融合したスパイクングリザーのプロトタイプ的设计とシミュレーションによる検証を行います。また、将来的な応用を見据え、大規模生成AIおよび小規模エッジAIの双方に対する実装シナリオを提示し、省エネルギー効果と性能を定量的に解析します。

研究開発の実施体制

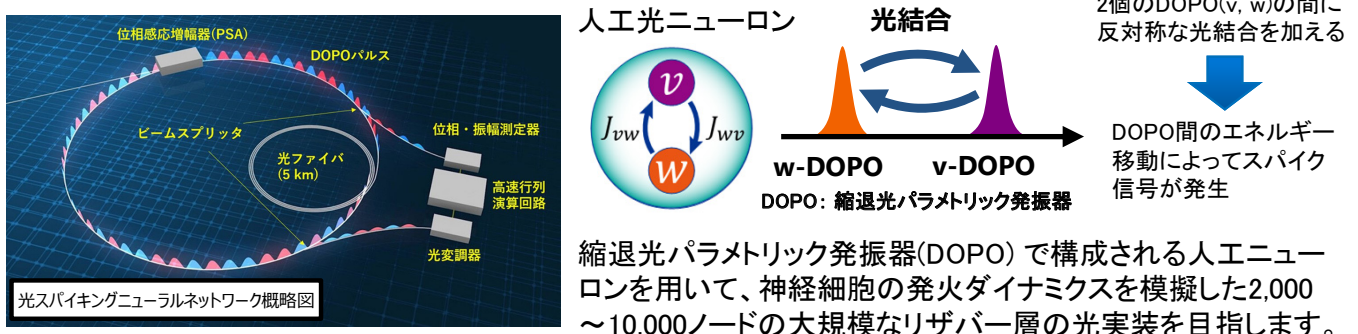
国立大学法人東京大学
学校法人千葉工業大学
NTT株式会社

■新世代脳型スパイクングリザーの電子集積回路の開発



新世代脳型スパイクングリザーは、その単純なモデル構造により、新たなアーキテクチャを用いた回路実装が可能であり、GPUと比較して圧倒的な電力効率(1000倍以上)の向上が期待できます。

■新世代脳型スパイクングリザーの光実装技術の研究



次世代高速通信を実現する革新材料開発

Innovative Materials for Next-Generation High-speed Communication

研究開発の目的

本事業では、2030 年代後半に市場化される材料の社会実装を目指し、100 GHz 超の周波数帯を見据えた革新的な材料開発を行います。

研究開発の背景、将来展望

日本における次世代通信システムは、100 GHz 超のサブテラヘルツの電磁波の利用が検討されています。この周波数帯においては基板、導体などの素材は、誘電損失や導電損失の影響により既存材料を適用することが極めて困難です。通信に要するエネルギーは、対策を講じなければ現在のIT 関連消費電力が数十倍に達するという予測もあり、6G通信では1/100の消費電力が目標とされています。抜本的な材料革新がなければ省電力化は達成できないことから、エネルギー対策に直結する避けることのできない重要課題です。

研究開発項目

- A. 次世代高速通信用低損失複合材料の開発
- B. 高周波低損失導体メタコンダクターの開発
- C. 次世代高速通信に向けた超平滑界面接着技術の開発
- D. 次世代高速通信用メタサーフェス材料の開発

研究開発の内容、目標成果

本研究では、秘匿計算を用いたインフォマティクスによる低損失複合材料開発や超平滑界面接着技術開発、超低損失な導体メタコンダクターや外場を利用した動的メタサーフェス材料など、メタマテリアルの開発を行います。また、単に材料スペックだけではなくモジュール化した際のデバイススペックへの影響についての検討も視野に入れ、素材メーカーとデバイスメーカーを繋ぎ、次世代高速通信の実用化に貢献する仕組みづくりの検討も行います。本提案における多数の素材メーカー、デバイスメーカー、国研、公設試、大学による産学連携体制を構築し、大手通信企業やモジュールメーカーなどへのヒアリングやコメントなどを求めながら、評価・試作プラットフォームの早期構築に向けた課題抽出について、サプライチェーンの横連携・縦連携の両者を意識した開発を行います。

研究開発の実施体制

国立研究開発法人産業技術総合研究所、
地方独立行政法人大阪産業技術研究所、
デンカ株式会社、株式会社レゾナック、三菱電機株式会社、
株式会社日本触媒、株式会社クレハ、
国立大学法人大阪大学
(再委託先) 東ソー株式会社、日本化薬株式会社、
日本ファインセラミックス株式会社

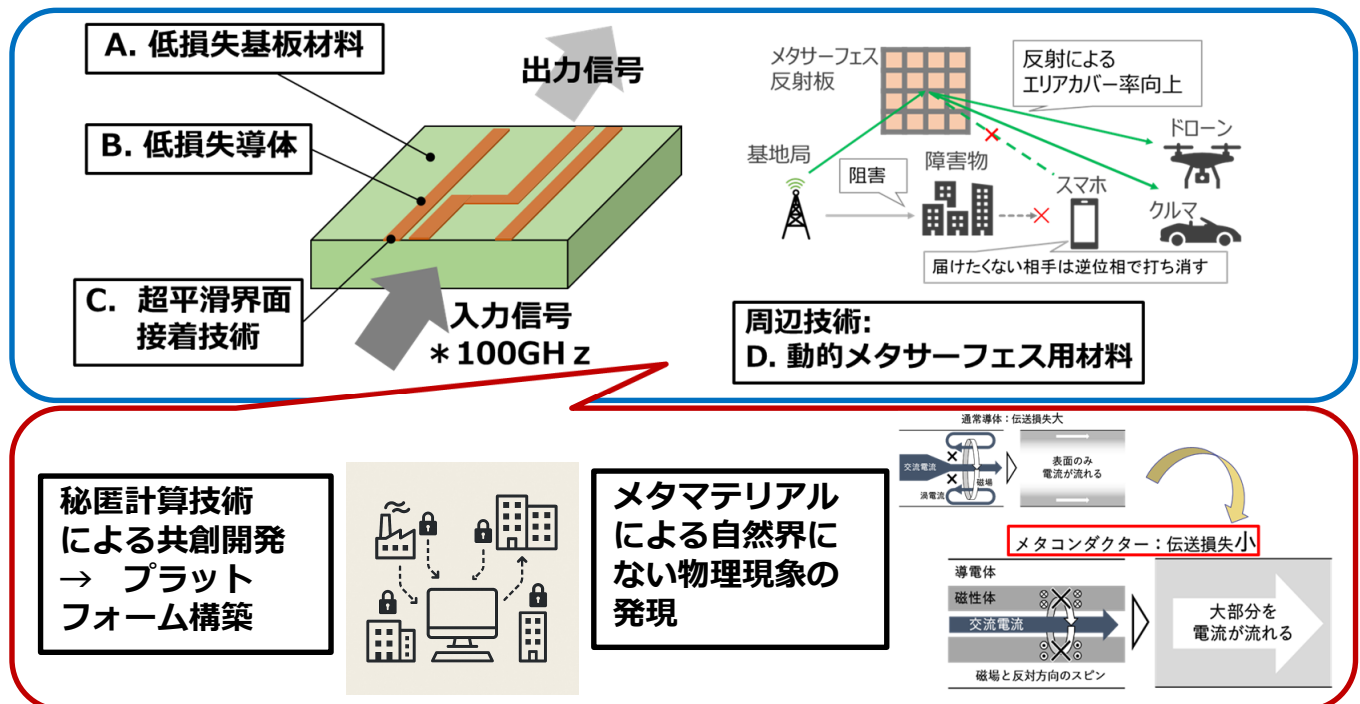


図. 本研究でターゲットとする開発技術

製油所装置による多種混合廃プラの大規模処理技術開発

Large-scale chemical recycling technology for mixed waste plastics using refinery units

研究開発の目的

製油所装置を最大限に活用することにより、廃プラスチックを大規模にケミカルリサイクルするための技術を開発します。

研究開発の背景、将来展望

廃プラスチックをその原料である石油化学成分まで分解して再利用する「ケミカルリサイクル」は、燃焼させて熱回収するといった一度きりの再利用に替わるリサイクルとして、その処理量の増加が望まれています。しかし、多くの廃プラスチックには、ケミカルリサイクルによる処理が難しい成分が含まれており、大規模処理を難しくしています。この成分としては、回収時に分別・選別が十分に行えずに混入したPVCやPETなどが挙げられます。大規模に廃プラスチックをリサイクルするためには、これらの成分を適切に処理する技術の開発が必要となります。

このように、廃プラスチックの多くに含まれるPVCやPETなどの不純物を適切に処理することは、廃プラスチックの大規模なケミカルリサイクルにつながり、サーキュラーエコノミーに大きく貢献できると考えています。

研究開発項目

1. 廃プラスチック前処理プロセス全体の構築
2. 廃プラスチック前処理のための固体処理剤および処理技術の開発
3. 廃プラスチック中の夾雑物除去方法の確立
4. 廃プラスチック処理油の製油所装置での処理に向けた調査・検討

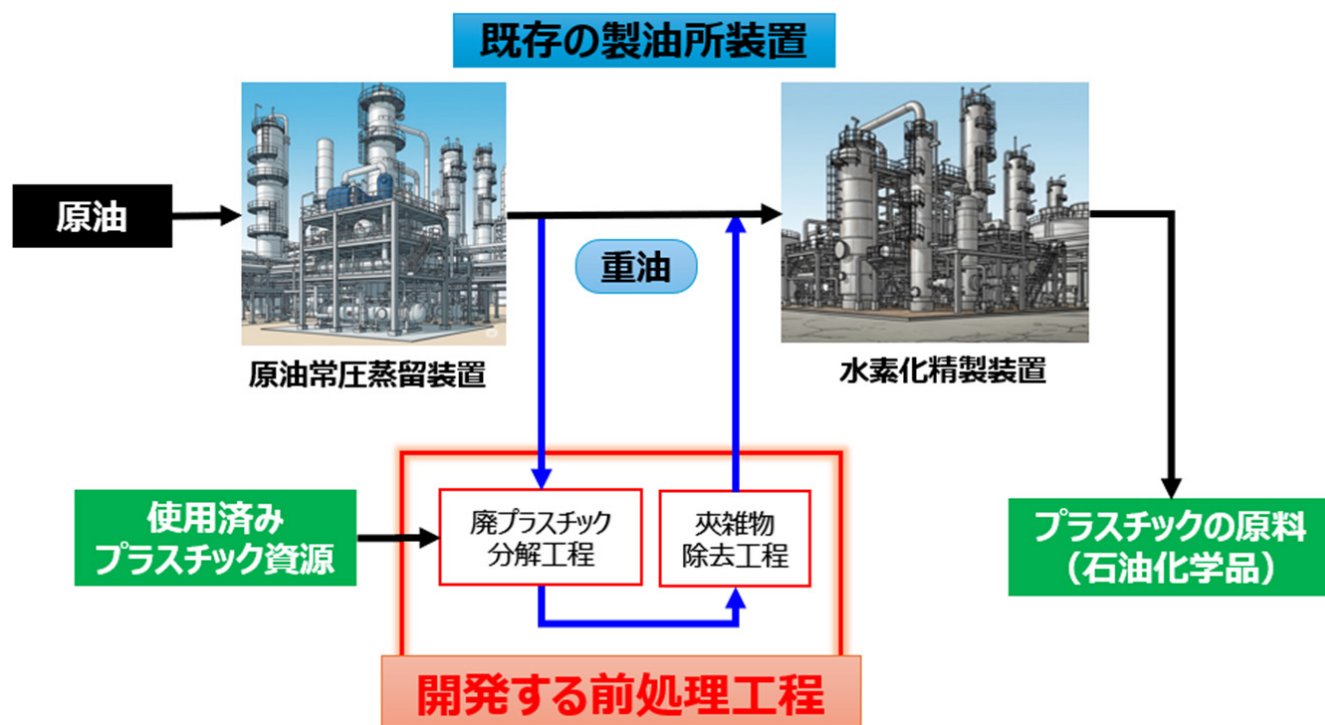
研究開発の内容、目標成果

製油所において廃プラスチックを処理していくために、既存の石油留分も活用しながらプラスチックを分解し、既に製油所で扱われている石油留分と同じように扱える状態まで変化させる技術の開発を行います。その技術には、主に3P (PE、PP、PS) からなる廃プラスチックの分解のための固体処理剤の開発だけではなく、3Pに不純物として含まれやすいPVCやPETから発生する塩素分、有機酸などの除去処理のほか、廃プラスチックに含まれる酸化チタン、タルクなどの無機の不純物の除去剤や除去技術の開発も含まれます。

本研究開発においては、処理に多くの難しさのあるPVC、PETが含まれる廃プラスチックの前処理技術に関し、将来の実装を見据えた技術的課題の抽出と課題解決の道筋に目途をつけることを目標としています。この技術が開発できれば、既存技術に対して大規模に、低コストで廃プラスチックのケミカルリサイクルが可能になると考えています。

研究開発の実施体制

一般財団法人カーボンニュートラル燃料技術センター
ENEOS株式会社
公立大学法人大阪 大阪公立大学
(共同実施先) 国立大学法人東北大学



易分解・軽量高剛性・低環境負荷サステナブルPVモジュール開発

Recyclable and reliable PV module with light weight, high rigidity and sustainability

研究開発の目的

易分解と高信頼性という相反する要素を同時に満たすと共に、軽量、高剛性、低環境負荷(非毒性)といった付加価値を有するサステナブルPVモジュールを実現。

研究開発の背景、将来展望

現在、PVモジュールのリサイクルでは、製造に最もエネルギーを要し、かつ資源の確保に地政学的リスクを孕んでいるシリコンのリサイクルは未開拓です。本提案では従来の有価金属やガラスに加えてシリコンのリサイクルを容易にする新たな易分解構造を有するPVモジュールを開発することを目的とします。

このことにより、高機能かつ資源循環しやすいPVモジュールを実現し、サプライチェーンにおける資源調達リスクを低減するとともに、新たな付加価値を生むPVモジュール製造を国内産業として復活させ、日本型サーキュラーエコノミーを実現することを目指します。

研究開発項目

1. 易分解PVモジュール構造の設計と発電性能、信頼性能の評価
2. PVモジュールの分解技術の開発・実証とLCA評価
3. 大気圧プラズマによるPVモジュールの分解後工程技術の開発
4. PVモジュールから取り出したセルの再生技術の開発と実証
5. 低環境負荷PVモジュールのBIPV適用への評価と要素技術開発

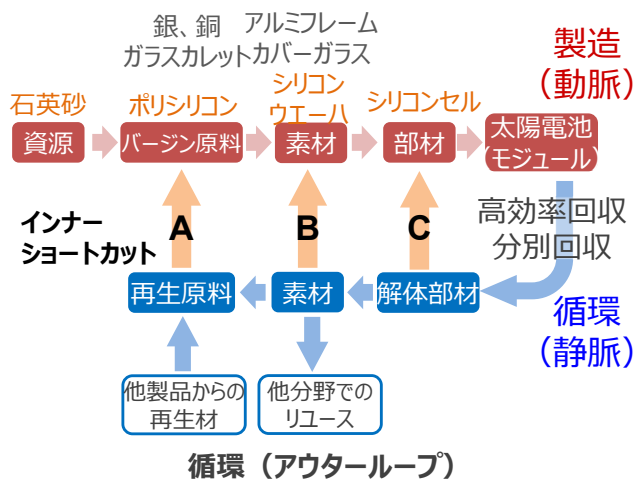
研究開発の内容、目標成果

新たなハニカム構造PVモジュールを設計、試作し、軽量性と高剛性を併せもち、従来のモジュールの1.5倍以上の強度と長期安定性を有することを実証しました。試算結果によれば、従来よりエネルギー消費量を約半減で分解し、セルを割らずに取り出し、分解前と同等の新しいセルに再生することが可能であることがわかりました。LCA評価によれば、本技術をさらに改善し、社会実装(量産ベース)した際には従来の製品に対して温室効果ガス排出量を半減することが可能であることがわかりました。

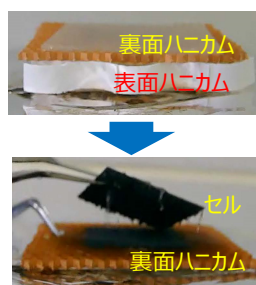
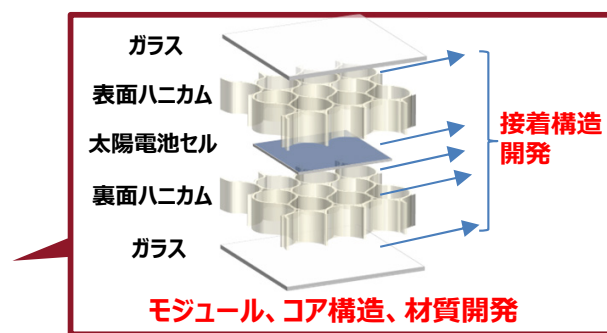
この技術はBIPVを最初のターゲットとして社会実装することを目指します。これにより、太陽電池モジュールの製造、廃棄時の環境負荷を低減します。またこの技術を軸とした新しいものづくり産業の創出を目指すとともに、様々なサプライチェーンのリスクから解放されることを目指します。

研究開発の実施体制

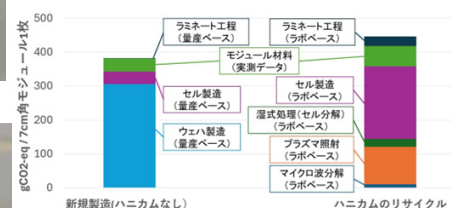
学校法人早稲田大学
国立大学法人東京科学大学
国立大学法人九州大学
国立研究開発法人産業技術総合研究所
株式会社カネカ



太陽電池パネルの資源循環



ハニカムモジュールからの太陽電池セル取り出し



LCA評価
再生モデル(右)と新規製造(左)の比較

浮体式洋上風力発電のHPCとAI連携活用型解析技術の基盤開発

Integrated HPC and AI Simulation Technologies for Floating Offshore Wind Energy

研究開発の目的

「富岳」等を活用したHPCとAI連携に基づき、浮体式洋上ウィンドファームの実スケールバーチャル実証試験環境の構築に向けた基盤技術を開発します。

研究開発の背景、将来展望

浮体式洋上風力発電では風向風速、波潮流、風車、浮体等との連成現象が重畳する極めて複雑なマルチスケール非線形連成現象が発生するため、従来は計算リソースの制限から高精度のシミュレーションができず、想定外の疲労損傷、発電量低下、O&Mコスト上昇等で事業リスクが大きくなっています。

そこで、本研究では「富岳」等で発電量や、主要構成機器の構造健全性や累積疲労損傷などを包括的に高精度に解析・評価します。

さらに、HPC解析結果をAIで学習し、高精度低計算量なサロゲートモデルを開発します。

研究開発項目

1. 浮体動揺を考慮したFOWFの乱流場、後流相互作用、発電性能、流体力の高精度評価
2. 浮体動揺を考慮したFOWTの構造健全性と疲労損傷の高精度評価
3. 風車ブレードの構造応答と疲労損傷に関する高精度低計算量サロゲートモデル構築
4. 既存連成解析コード高速化
5. 主要構成機器のジェネリックモデル構築、システムバリデーション

研究開発の内容、目標成果

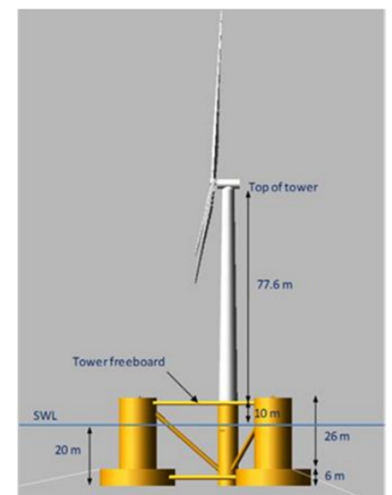
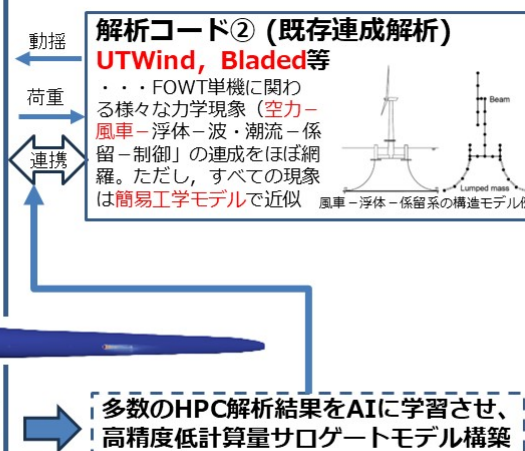
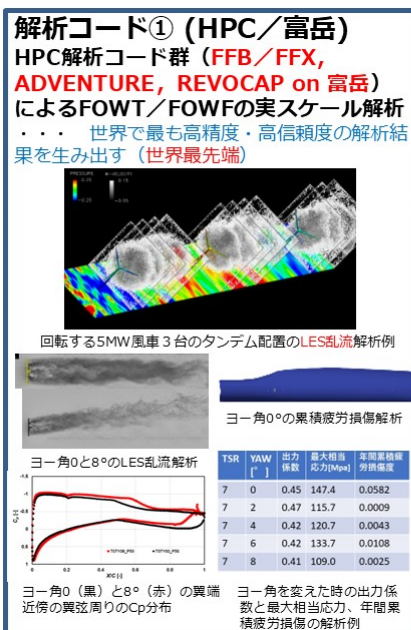
浮体式洋上風車FOWF/FOWTの実機条件を想定し、様々な風向風速・波潮流条件を選定し、ウェイクを介した風車間相互作用や浮体動揺を考慮した条件で、「富岳」等のHPCを使った乱流解析、流体構造連成解析、疲労損傷解析を行い、風車特性、発電性能、FOWT内に発生する応力や疲労損傷の高精度評価を実現します。本高精度評価技術と既存連成解析技術の比較検討を通して、本解析手法の検証を進めるとともに、本HPC解析ならではの特徴的な結果を得ます。

本研究を通して、洋上風力発電事業の工学共通基盤となるHPC解析ツールや解析DBを構築し、これらを活用して、今後、継続的にHPC解析事例を蓄積していくことにより、日本の厳しい気象海象条件をきめ細かく網羅できるようになり、FOWF/FOWTの着実な低コスト化に結び付けます。

本成果は、厳しい気象海象下でFOWF/FOWTを展開することが希求されている東アジア等の諸外国においても必須の技術となり、今後の国際連携や日本の洋上風力発電技術の輸出競争力を高める取組みともなります。

研究開発の実施体制

国立大学法人東京大学
国立大学法人豊橋技術科学大学
株式会社ウインドエナジーコンサルティング
東芝エネルギーシステムズ株式会社
電源開発株式会社
一般財団法人日本海事協会



5MWの風車浮体一体型3次元構造解析モデル

CFRP製モビリティ機体の量産システム開発

Advanced air mobility frame of CFRP compatible with mass production

研究開発の目的

ドローン・UAMといった量的な生産が必要なCFRP製機体の画一的品質と安全信頼性を高め、長寿命化に貢献する技術コンセプトを創出します。

研究開発の背景、将来展望

2040年に向けてドローン・UAMの需要は飛躍的に拡大します。これら次世代モビリティには、エネルギー効率、ペイロード、飛行時間の観点から軽量性に優れた炭素繊維複合材料（CFRP）のフレームが数多く採用されます。

一方、現状機体生産システムでは、高レート生産と経済合理性から、高品質のCFRP製機体を量産するには課題があります。

将来的に画一的な仕様で安全信頼性を高めた超軽量CFRP製機体を、量的に安定供給する技術基盤を構築することで、次世代モビリティ産業の成熟に貢献するとともに、新たな事業の成長を促進します。

研究開発項目

1. CFRP製機体のコンセプト設計
2. CFRP製部材の開発
3. CFRP製モジュールの信頼性評価

研究開発の内容、目標成果

本事業では、まず、ドローン機体をモデルにフレームを機能毎に分割したモジュールを設計し、各機能モジュールをジョイント方式で組み立てる量産システムを検証します。

第1年度である2024年度では、検討対象の機能モジュールとして、アーム、プロペラ、プラットフォームを現行機体フレームから抽出し、これらの成形、評価基盤の確立を行いました。

2025年度は、これらの基盤を用いて、信頼性を裏付けるデータを蓄積するとともに、実機での性能試験に向けた実証用モジュールの設計開発および評価を行います。

さらに、社会実装に向けドローンの実機試験で実績と知見を蓄積するとともに、UAMへの拡張を検証します。

研究開発の実施体制

東レ株式会社
 （再委託先）
 東レ・カーボンマジック株式会社
 国立大学法人東京科学大学
 国立研究開発法人産業技術総合研究所

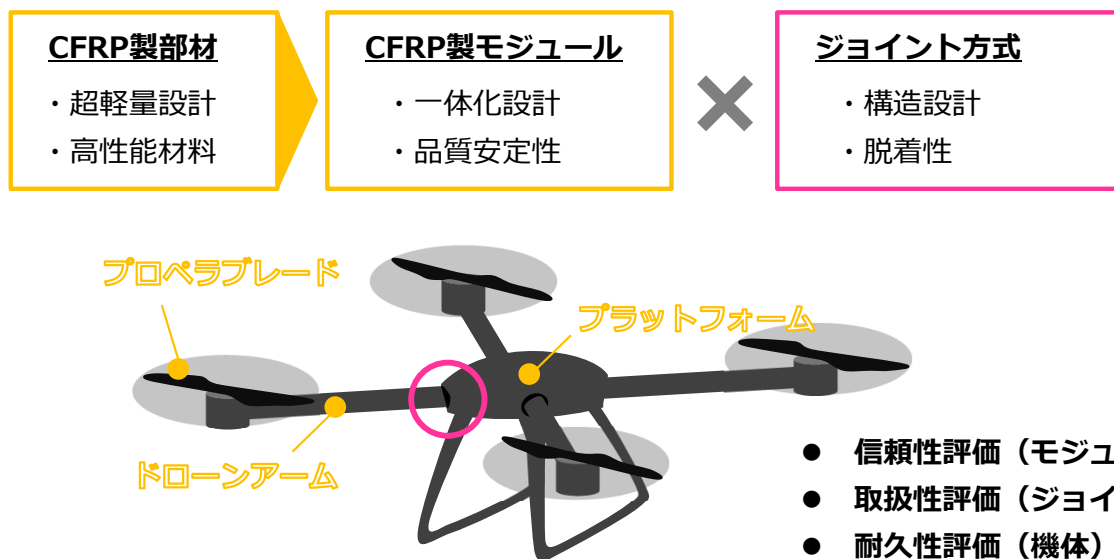


図 CFRP製モビリティ機体の開発コンセプト

デジタルフライングカーによる緊急時機体評価システムの構築

Emergency aircraft evaluation system using the digital flying car

研究開発の目的

仮想空間で飛行試験ができる「デジタルフライングカー」を用いて空飛ぶクルマの緊急時の機体評価システムを構築する。

研究開発の背景、将来展望

爆発的な市場拡大と実用化が見えてきた「空飛ぶクルマ」は、ものづくり大国である日本において重要な産業分野になると考えられています。特に実用化においては、機体に対する安全性、開発者に対する安全性、そして飛行経路の下に暮らす人々の安全性を担保する必要があります。つまり安全な機体を安全な環境下で開発し、万一の緊急時に万全の対応ができることです。そのためにはシミュレーション技術が有効であり、この空飛ぶクルマ開発に特化した高精度な計算環境の構築が求められています。また緊急時の具体的な対策としてパラシュートの有効性についてもその検討が必要です。

研究開発項目

1. デジタルフライングカー高精度化
2. 風洞装置による実機評価環境の整備
3. パラシュートシミュレーターの開発
4. パラシュート素材の選定および開発
5. ステアラブルパラシュートシステム開発

研究開発の内容、目標成果

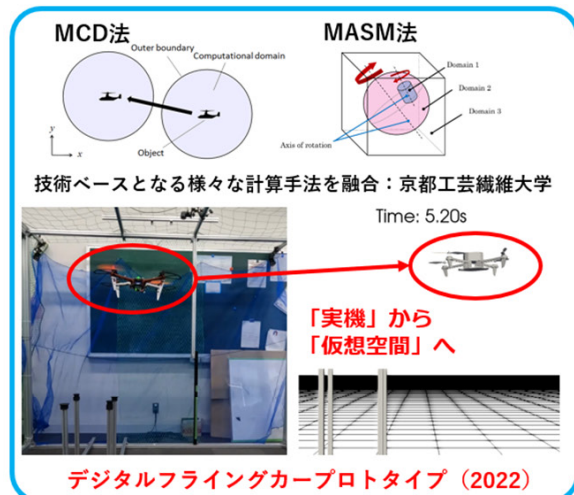
現在プロトタイプ段階である空飛ぶクルマ流体物体連成シミュレーションによる仮想実験環境「デジタルフライングカー」を深化させ、実機実験が困難な墜落を含む緊急時の機体挙動を評価できるシステム開発を目指しています。具体的には風洞装置を用いた試験結果をフィードバックさせることでシミュレーション精度を実用レベルまで向上させ、絶対安全な環境下での機体落下やパラシュート降下を評価可能なシステムを構築します。本システムが完成すると安全な機体、安全な開発環境だけでなく、機体の開発速度やコスト抑制の飛躍的な向上が期待できます。また本プロジェクトでは緊急時の具体的な対策として、落下時に機体をコントロールし安全な着地を実施できるステアラブルパラシュートシステムも開発します。

研究開発の実施体制

国立大学法人京都工芸繊維大学

東レ株式会社

(再委託先) 日本化薬株式会社



実用化



空飛ぶクルマ安全化技術構築へ



再委託



デジタルフライングカーと研究開発概要

液化アンモニアによる湿潤藻類からの成分抽出技術の開発

Components extraction from wet microalgae using liquid ammonia

研究開発の目的

CO₂排出量削減効果の高い微細藻類由来SAFを安価で大量に確保するため、エネルギー消費量の小さい新たな成分抽出技術を開発します。

研究開発の背景、将来展望

カーボンニュートラル社会の実現には、大型機器による運輸部門のCO₂排出削減が重要です。国際民間航空機関は2050年までに国際線のCO₂排出を実質ゼロに、日本政府も2030年までに国際線燃料の10%をSAFに置き換える計画です。そのため、CO₂排出量削減に有効なSAFを安価で大量に確保する必要があります。微細藻類は増殖が速く食料との競合が小さいため、有望なSAF原料です。微細藻類由来SAFのCO₂排出量削減効果を高めるためには、微細藻類の乾燥および細胞破碎工程のエネルギー消費量を低減することが重要です。

研究開発項目

1. 液化アンモニアによる抽出技術の開発
2. 抽出成分および固体残渣の有効利用に向けた評価分析
3. 抽出プロセスのエネルギー収支解析

研究開発の内容、目標成果

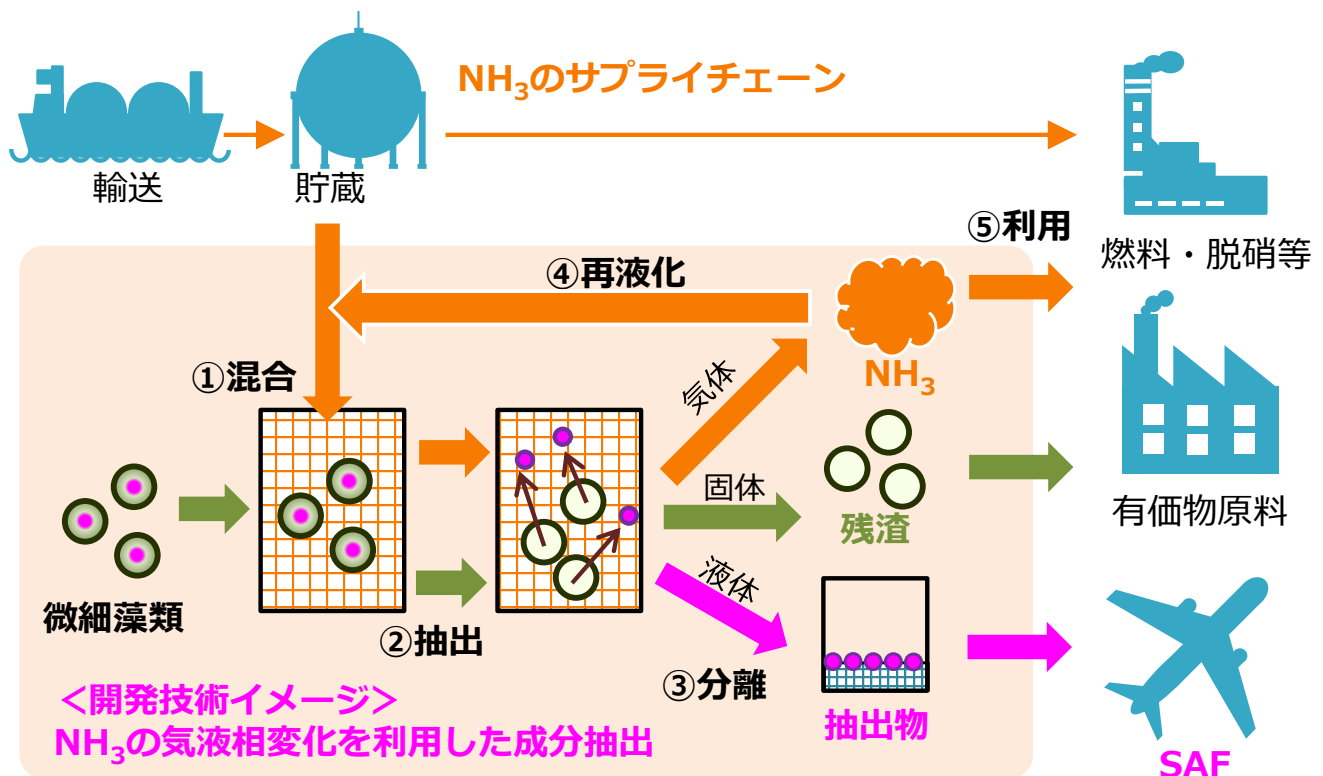
本研究開発では、SAF製造における微細藻類の乾燥、細胞破碎工程のエネルギー消費量を低減するため、アンモニアを抽出溶媒とする新たな成分抽出技術を開発します。アンモニアは圧力・温度操作により容易に液体-気体間の相変化を起こし、液化状態のアンモニアは、未乾燥、未破碎の湿潤微細藻類から直接有機物を抽出することができます。また、常温付近での液体から気体への相変化を利用したアンモニアの分離回収も可能です。本技術で得られる成分を詳細に分析することで、エネルギー消費量を現行技術の1/2以下にする新プロセスのシステムを設計するとともに、社会実装に向けた技術課題を明確化します。CO₂排出削減効果が大きく、経済性の高い国産SAF製造技術を確立することで、微細藻類由来SAFとアンモニアの利用拡大を促進し、カーボンニュートラル社会の実現に貢献します。

研究開発の実施体制

一般財団法人電力中央研究所

(再委託先) 国立大学法人東京大学

一般社団法人日本微細藻類技術協会



低温型電解法によるアルミニウムの高純度化プロセスの研究開発

High purification process for aluminum by low-temperature electrolysis method

研究開発の目的

低温型電解液によるアルミニウムの電解精製をパイロットプラント規模で行うための要素技術の研究開発を行います。

研究開発の背景、将来展望

本研究は、鋳物材や、埋め立て処理レベルの低品質のアルミニウムを電解精製によってアップグレードすることで、展伸材やそれ以上の純度のアルミニウムを創り出し、国内におけるアルミニウムの循環を目指すための研究開発を行います。この開発技術によって、低品質のアルミニウム合金から純度の高いアルミニウムを回収することが可能となり、海外からの新地金、再生地金の輸入減少による環境負荷低減およびアルミニウム電解産業の競争力維持・強化に貢献することを目指します。

研究開発項目

1. 電解槽の設計
2. 精製Alの形態・純度の制御
3. 電解液の設計・清浄化
4. アノードの設計
5. 雰囲気制御

研究開発の内容、目標成果

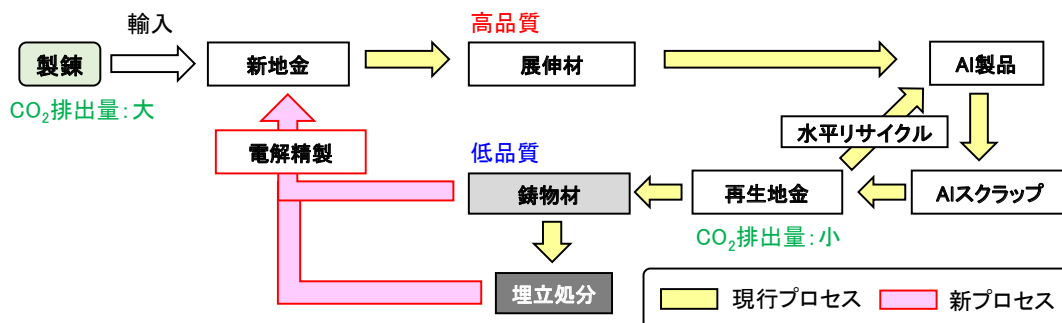
実施者らは低温型の電解液を用いて、実操業を模擬した250時間以上の電解精製を行い、電解液組成および電解挙動の変化が許容範囲内で進行すること、その際に電解液中に蓄積される不純物が精製Alの純度に影響しないことを明らかにしました。また、より低温・低コストで動作可能な多種多様な電解液の合成と物性評価を通して、機械学習を駆使した効率的な電解液の設計に必要な不可欠な訓練データの収集も行いました。さらには、電解槽の設計に重要な、雰囲気制御技術の開発、析出形態の制御技術の開発、電解液温度のプロセスウインドの作成、電解槽のスケールアップに向けた槽材質の評価・選定、電解槽シミュレーション、アノード組織の設計・制御も目標達成に向けて計画通り推進しております。

2025年度はこれら技術のさらなる深化と共に、エネルギーコストやランニングコストを試算し、本技術の価値を提示することを目指します。

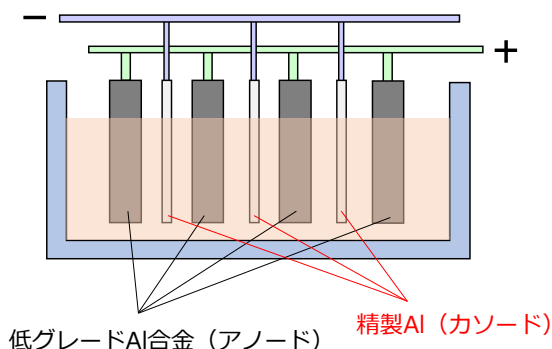
研究開発の実施体制

株式会社UACJ
 国立大学法人北海道大学
 国立大学法人岩手大学
 国立大学法人千葉大学
 国立大学法人京都大学
 日本軽金属株式会社

＜現行プロセス到新プロセスを加えたAlのリサイクルフロー＞



＜低温型電解精製法のパイロットプラント（イメージ図）＞



＜実施体制および研究開発項目＞



製造加熱プロセス熱流計測によるデジタルツイン高度化の研究開発

Heat flow measurement and digital twin for advanced manufacturing heating processes

研究開発の目的

製品品質の維持向上と製造加熱プロセス全体の構成要素を連動させた形で、プロセス運転条件の最適化及び総投入熱量の最小化を実現する技術を創出します。

研究開発の背景、将来展望

炭素国境調整措置の導入により、製品の品質、性能、コストに加えて、製造時に排出したCO₂量が国際的製品競争力要素に付加されます。製造時のCO₂排出量を精緻に参照する仕組みの導入が必要となります。

本研究開発では、製造加熱プロセスにおける潜在的に削減可能な過剰投入エネルギーに着目し、革新的熱計測技術開発と製造加熱プロセスデジタルツイン構築により、将来的に「クリーン製造加熱プロセス」の実現を目指します。

研究開発項目

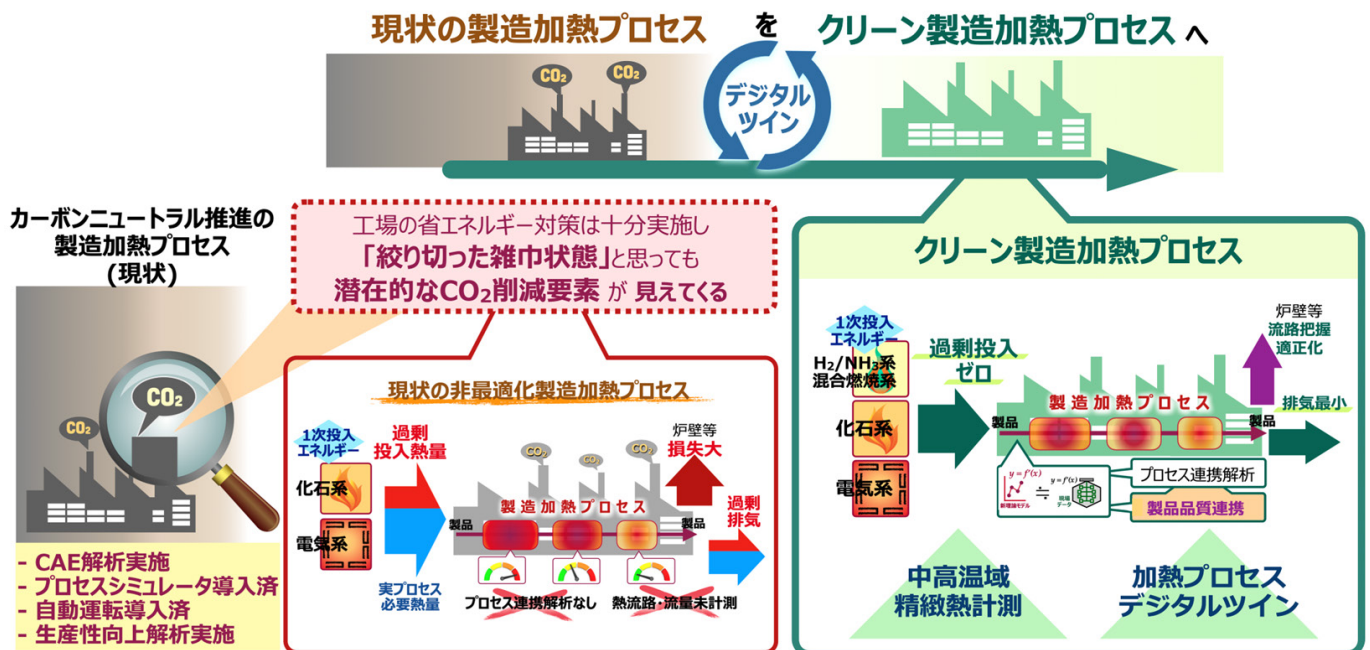
1. 多様熱源に対応する熱計測技術開発
熱流量計測、スパースセンシング熱計測
2. デジタルツイン基幹モデル開発
銅加工プロセス、ガラス溶解プロセス、セラミックス焼成プロセス
3. バリューチェーン構築コンソーシアム活動

研究開発の内容、目標成果

製造加熱プロセスにおける潜在的な削減可能熱量の見える化に向けて、従来は実現が難しいとされてきた「中高温度域における熱流量の精緻計測(独自技術)」を実現する技術を開発します。また、これまで成功例のない中高温度領域製造加熱プロセスのデジタルツインを開発します。特にプロセス状態だけでなく、製品品質も予測可能なモデルの開発を通して、製品品質の保証と加熱プロセス運転条件の最適化を行うことで過剰投入熱量を削減する「クリーン製造加熱プロセス」基礎原理実証を行います。さらに、産学連携コンソーシアムを設置し、開発成果の横展開およびバリューチェーン構築を図ります。

研究開発の実施体制

学校法人東京理科大学
国立研究開発法人産業技術総合研究所
国立大学法人京都大学
国立大学法人東北大学
学校法人加計学園 岡山理科大学
学校法人東京電機大学
東洋ガラス株式会社
三菱マテリアル株式会社
日本ガイシ株式会社



糖骨格利用型バイオテレフタル酸合成の研究開発

Bio-based terephthalic acid synthesis utilizing sugar structures

研究開発の目的

糖骨格を利用し、持続可能でコスト競争力のあるバイオテレフタル酸 (TPA) を製造する技術を研究・開発します。

研究開発の背景、将来展望

ポリエチレンテレフタレート (PET) は繊維・樹脂・フィルムなど広く社会に使用されている材料で、TPAとエチレングリコール (EG) から製造されます。EGをバイオマス原料から製造する技術は確立されている一方、TPAを低コストでバイオ化する技術が確立されていません。これはTPAを構成する芳香環を効率よく形成することが難しいためです。本研究開発では、バイオマス原料である糖が保有する環状炭素骨格 (糖骨格) を利用することで芳香環を効率よく形成させ、持続可能でコスト競争力のあるバイオTPAを合成する技術の創出を目指します。

研究開発項目

1. 糖由来化合物からの芳香族中間体合成反応の研究開発
2. 芳香族中間体からのTPA合成反応の研究開発
3. プロセス化に向けた技術開発
4. 経済性・環境性の評価

研究開発の内容、目標成果

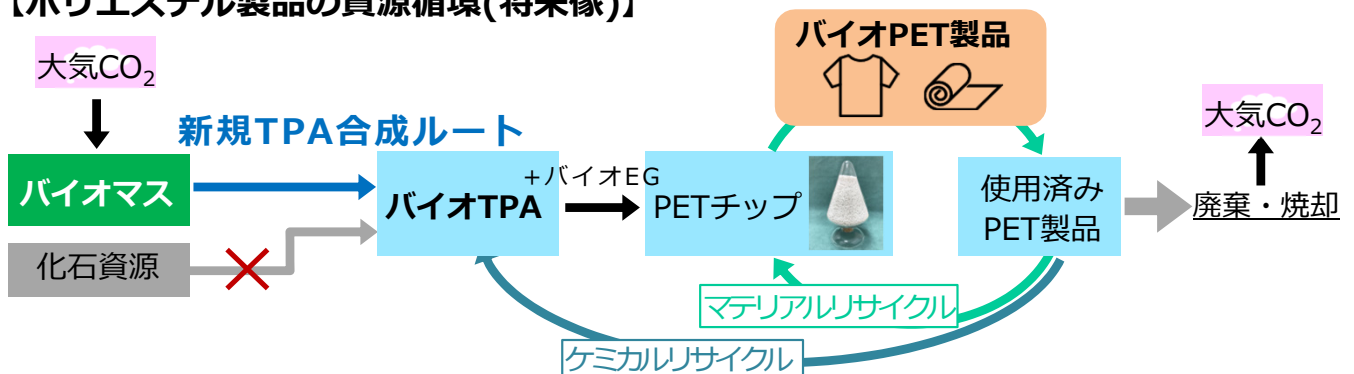
本研究では、バイオマス原料である糖から効率よくTPAを合成する方法の開発を目指します。糖からの高効率合成法が確立されている独自の糖由来化合物を出発物質とし、①糖由来化合物の芳香族化反応、②生成した芳香族中間体からTPAを合成する反応からなる、新規TPA合成ルートを着想しました。固体触媒技術を駆使した反応開発を進めることにより、高収率・高濃度での変換反応系を構築します (研究開発項目1,2)。さらに、スケールアップによる技術検証、プロセス設計などのプロセス化に向けた技術開発 (研究開発項目3) を行い、経済性・環境性を両立したバイオTPA合成技術を確立します (研究開発項目4)。

将来的には本研究により構築する技術をバイオTPAの生産技術へと進化させ、PET製品のバイオ化率向上に貢献します。

研究開発の実施体制

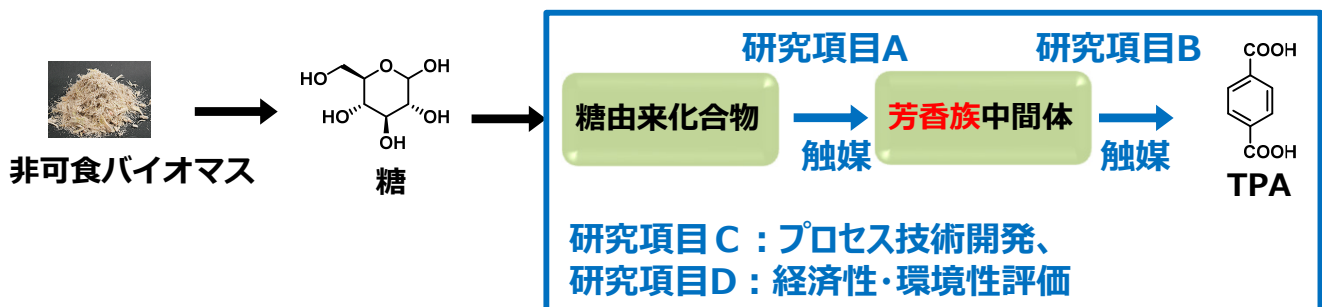
東レ株式会社
(再委託先) 日揮ホールディングス株式会社
国立大学法人北海道大学

【ポリエステル製品の資源循環(将来像)】



【新規TPA合成ルート】

本研究開発のスコープ



省資源・軽量・高性能な有機リチウムイオン二次電池の研究開発

Resource-saving, light-weight, and high-performance organic lithium-ion battery

研究開発の目的

資源リスクフリーかつ軽量・高性能なリチウムイオン二次電池の開発に向け、有機電極活物質の探索と電極の設計に関する研究を行います。

研究開発の背景、将来展望

電気自動車やロボット、太陽光エネルギーの効率的利活用に向けた電力貯蔵など、現代および未来社会のインフラとして蓄電池の高性能化が必要不可欠です。本研究では、有機リチウムイオン二次電池により、資源リスクフリー、軽量、高性能化を目指します。本研究開発により、ドローンの航続距離の大幅な延長、屋根や屋上に設置可能な大容量定置電源、空飛ぶ通信基地局の実現など、未来社会のインフラに必要な蓄電池を資源リスクフリーに実現します。

研究開発項目

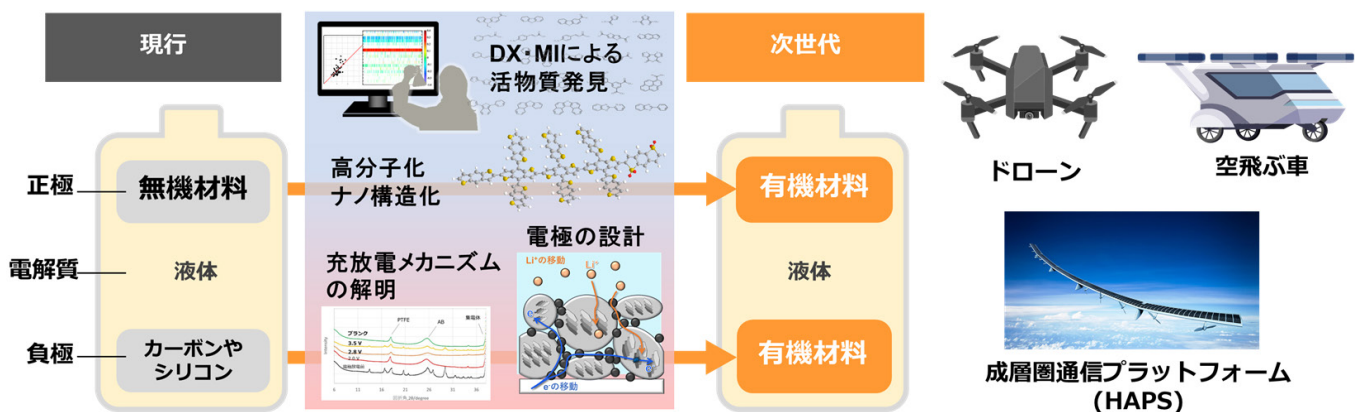
1. 有機電極活物質の探索
2. 活物質の高分子化とナノ構造制御
3. 有機電極活物質の充放電機構解明
4. 電極構造の最適化による性能向上

研究開発の内容、目標成果

独自技術の小規模データでも適用可能なマテリアルズインフォマティクスを活用し、無数に存在する有機化合物から、電極活物質の候補となる化合物を効率的に抽出します。また、その低分子化合物の重合とナノ構造制御による高性能化を行います。無機電極活物質とは異なる、有機電極活物質に特有の充放電機構を解明することで新たな知見を得るとともに、導電助剤との複合状態など電極構造の最適化を行うことで高性能化を目指します。これらの研究を通じて、正・負極の高エネルギー密度化と繰り返し特性をもつセルの作製を目指します。このような有機リチウムイオン二次電池の研究開発の推進と基盤構築を目指し、産学連携で取り組みます。

研究開発の実施体制

学校法人 慶應義塾
ソフトバンク株式会社



本研究の目指す「省資源・軽量・高性能な有機リチウムイオン二次電池の研究開発」の実現に向けた研究内容とその将来展望

革新的ナノ均一構造正極による超高速充放電亜鉛二次電池の開発

Ultrahigh-rate zinc secondary batteries by innovative homogeneous-nanostructured cathodes

研究開発の目的

ナノ均一構造正極(RSW電極) からの低地政学的リスク・安全・高容量・高速充放電可能な亜鉛二次電池(ZIB)の開発を目指します。

研究開発の背景、将来展望

カーボンニュートラル社会の実現に向けて、再生可能エネルギーの貯蔵源や車載用蓄電池として、蓄電池の市場規模が急激に増加すると予測されています。リチウムイオン電池(LIB)が蓄電池の中心を占めると予測されますが、その安定供給、安全性に課題があり、また、用途拡大のためには充放電速度の向上も求められます。これら課題を解決するため、資源供給リスクを考慮したサプライチェーンの確保、安全な回収とそのリユース・リサイクルが容易な二次電池の開発が急務です。本事業では、高容量・安全・資源リスクが小さい亜鉛(図1)を用いたZIBに注目します。高速充放電・高容量ZIBは、エネルギー産業のゲームチェンジャーとして期待されます(図2)。

研究開発項目

1. ナノ粒子の溶媒分散化とCNTとの複合化技術の開発
2. CNTの溶媒分散化技術の開発
3. 分散液塗布法による電極作製技術の開発

研究開発の内容、目標成果

既存電極は正極活物質の本来の性能を発揮できていません。山形大学では正極活物質ナノ粒子とカーボンナノチューブ(CNT)が均一混合されたRSW電極を用いて、超高速充放電可能なZIBの作製に成功しました(図3)^[1,2]。本事業では、プルシアンブルー類似体(PBA)等を活物質とする低地政学的リスク・安全・高容量・高速充放電可能なZIBの作製を目指します。この課題達成に向けて、(i)活物質のナノサイズ制御・分散液の作製、(ii)CNT分散液の作製とその評価手法の確立、(iii)塗工によるRSW電極作製技術の確立、に取り組めます。本事業では、1分以下で充放電可能な電池の作製、 $>300 \text{ mAhg}^{-1}$ の容量を示す電池を開発します。また、社会実装・産業化に向けて、活物質の高担持量化(=電池の高容量化)やパウチ電池の作製を進め、課題整理→解決により、性能向上を目指します。

研究開発の実施体制

国立大学法人山形大学
株式会社大阪ソーダ
エムテックスマート株式会社

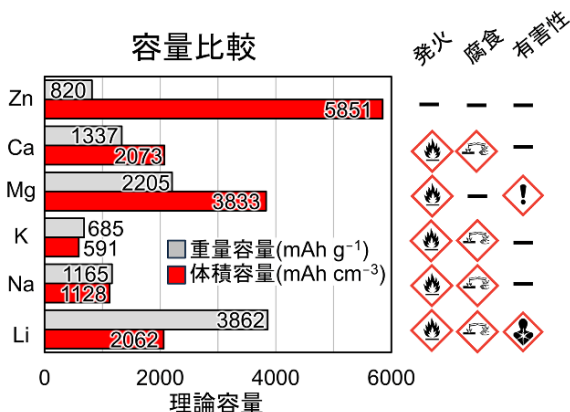


図1. 金属の重量容量/体積容量の比較と発火性等の比較. Adv. Energy Mater. 2020, 2000787および厚生労働省安全データシートを参考に作成。

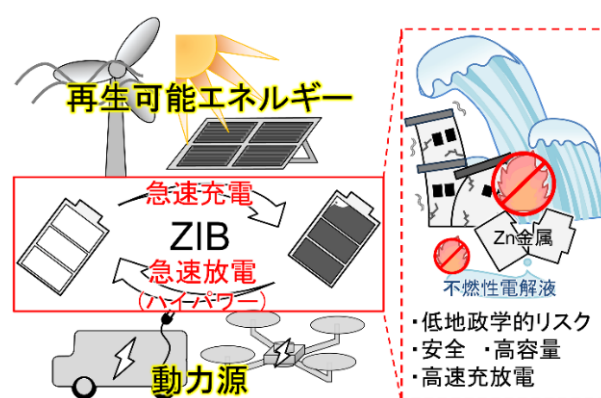


図2. ZIBが中心となるエネルギーサイクルとZIBの特性。ZIBは災害時のリスクマネジメントが容易です。

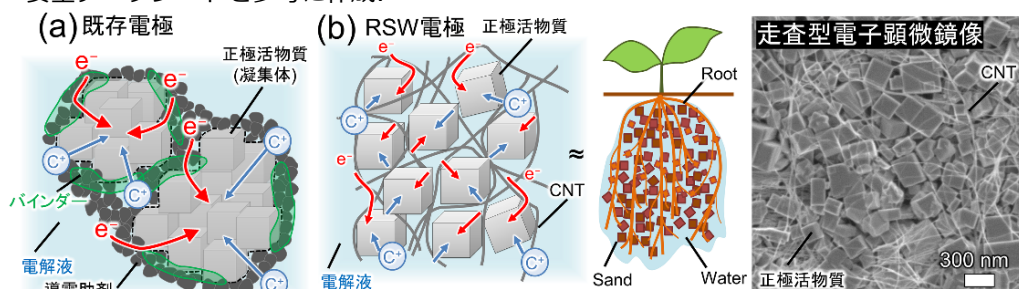


図3 (a) 既存電極と (b) RSW電極の構造モデル。既存電極では凝集により機能低下を引き起こす。植物の根(Root)-砂(Sand)-水(Water)をイメージさせることからRSW電極と名付けた。C+はカチオンを示す。

[1] J. Mater. Chem. A, 2023, 11, 26452–26464. [2]. PCT/JP2022/032132.

社会実装を見据えた縦型ダイヤモンドMOSFETの要素技術開発

Vertical diamond MOSFETs technology for future sustainable society

研究開発の目的

2050年カーボンニュートラル社会の実現に貢献するため、社会実装を見据えた縦型ダイヤモンドMOSFETの大電流化、および高耐圧化に向けた要素技術開発を行います。

研究開発の背景、将来展望

ダイヤモンドは、優れた半導体物性から、Si（シリコン）や次世代パワー半導体として社会実装が進められているSiC（炭化ケイ素）／GaN（窒化ガリウム）と比較して、高性能（大電流、低損失、高耐圧）になり得る潜在能力を有しています。そのポテンシャルを活かしたダイヤモンドパワーMOSFETは、様々な応用が考えられています。例えば、再生エネルギー分野における系統連系インバータへの応用や、次世代モビリティシステムのパワーエレクトロニクス機器への応用などが期待されています。ダイヤモンドは、他の半導体材料と比べて、極めて高い熱伝導率であることから、これらのシステムの小型化にも貢献すると期待されています。

研究開発項目

1. 大電流化に向けた要素技術の開発
2. 高耐圧化に向けた要素技術の開発

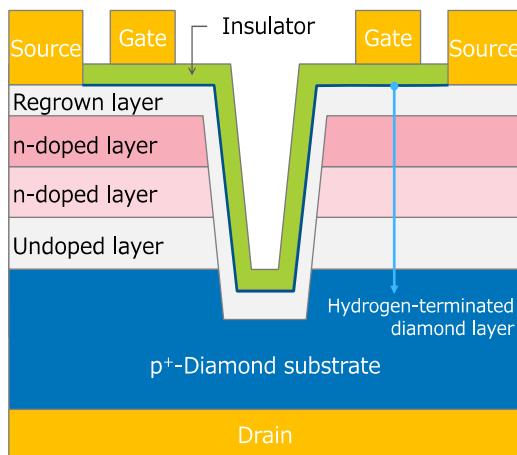
研究開発の内容、目標成果

人口増加や人工知能の登場により、エネルギー需要が爆発的に増加することが予想される中、カーボンニュートラルの実現に向けて、パワーデバイスの省エネ化、高効率化を図り、CO₂削減に取り組んでいくことが求められています。ダイヤモンドは、高密度の2次元正孔ガス(2DHG : Two-Dimensional Hole Gas) をトレンチエッチング面を含むダイヤモンド表面に形成することができるため、縦型ダイヤモンドパワーMOSFETが実現できます。また、ダイヤモンドは圧倒的に高い熱伝導率から、縦型デバイスの集積密度を格段に高めることができます。さらに、他の半導体材料と比較して、高い絶縁破壊電界を有することから、高耐圧化も期待できます。本研究開発では、この縦型ダイヤモンドパワーMOSFETの社会実装に向け、これまで開発されてきた縦型ダイヤモンドパワーMOSFETの従来特性を引き上げるための、大電流化、および高耐圧化を実現する要素技術を開発します。

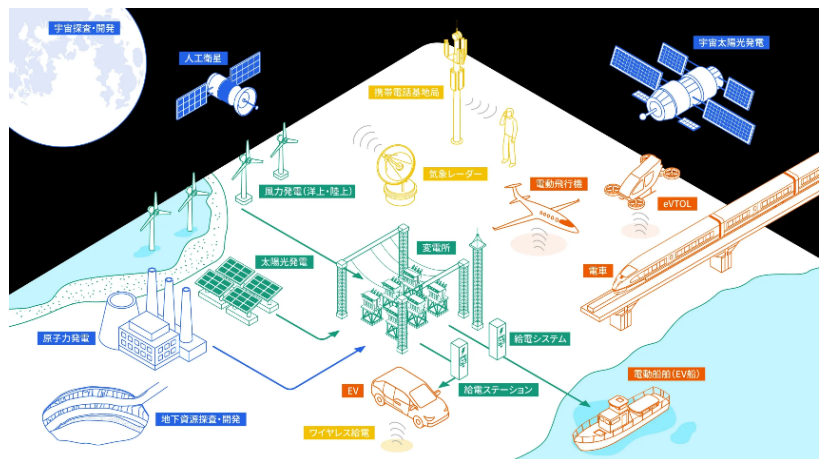
研究開発の実施体制

株式会社Power Diamond Systems
学校法人早稲田大学
国立大学法人九州工業大学

縦型ダイヤモンドMOSFET



カーボンニュートラル実現に向けて社会実装される
ダイヤモンドMOSFETアプリケーション例



本研究開発の対象： 緑枠 オレンジ枠 を想定

ダイヤモンドパワー半導体技術の研究開発

Diamond Power Semiconductor Technologies

研究開発の目的

大電流・高耐圧化及び小型化に有利な反転層縦型ダイヤモンドMOSFET技術の開発とダイヤモンドパワーMOSFETの早期実現を可能にするダイヤモンドヘテロエピウェハの有効性を検証します。

研究開発の背景、将来展望

ダイヤモンドは極めて高い物性・耐放射性を有することから、究極の半導体といわれています。1980年台にダイヤモンドの気相合成技術が報告され、ダイヤモンド半導体の研究がスタートしましたが、ダイヤモンドウェハの大口径化及び反転層MOSFETの実現が困難であったことから未だダイヤモンド半導体は実用化されていません。本研究開発では、世界で初めて反転層ダイヤモンドMOSFETを実現した金沢大学、産業技術総合研究所と、世界最大級の2インチダイヤモンドウェハ技術を有するOrbray社と、パワー半導体の世界トップレベルメーカーの東芝デバイス&ストレージ社がダイヤモンドパワーMOSFET技術を開発し、社会実装を実現することでカーボンニュートラルや宇宙ビジネスの加速を目指します。

研究開発項目

- A-1. 縦型ダイヤモンドMOSFET技術の開発
- A-2. ダイヤMOSFET実装技術の開発
- B-1. ダイヤ(111)ヘテロエピウェハ技術の開発
- B-2. ダイヤウェハの高度化技術の開発

研究開発の内容、目標成果

A-1. 縦型ダイヤモンドMOSFET技術の開発
高耐圧・大電流動作を可能にする反転層型のダイヤモンド縦型V字トレンチ構造MOSFETを開発します。

A-2. ダイヤMOSFET実装技術の開発
ダイヤモンドMOSFETの実装技術を開発し、ディスクリットダイヤモンドMOSFETを作製・評価します。

B-1. ダイヤ(111)ヘテロエピウェハ技術の開発
反転層チャンネル動作の縦型プレーナー構造MOSFETに必要なダイヤモンド(111)ヘテロエピウェハの開発を行います。

B-2. ダイヤウェハの高度化技術の開発
インチサイズの大面積ヘテロエピウェハの高品質化・高度化技術を開発し、究極の半導体特性を生かした省エネルギー化の実現時期の加速に資することを目指します。

研究開発の実施体制

国立大学法人金沢大学
国立研究開発法人産業技術総合研究所
Orbray株式会社
(再委託先) 東芝デバイス&ストレージ株式会社

代表: 金沢大学

- ・ダイヤモンド表面・界面制御技術
- ・異方性エッチング技術

産業技術総合研究所

- ・ダイヤモンド半導体層成長技術
- ・ダイヤモンドの高品質化技術

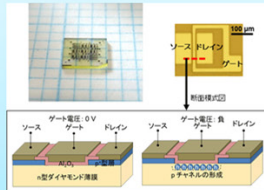
Orbray株式会社

- ・世界最大級ダイヤモンドヘテロエピウェハ

(再委託) 東芝デバイス&ストレージ株式会社

- ・世界トップレベルのパワー半導体メーカー

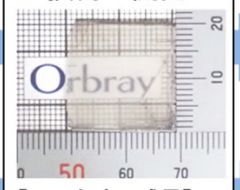
金沢大学 × AIST



世界初・世界唯一
反転層ダイヤモンドMOSFET



研究項目B.
ダイヤモンドウェハ技術の開発



【2024年度の成果】
世界最大20mm角ダイヤモンド(111)ヘテロエピウェハの開発
2025年3月3日 Orbray からプレスリリース※



研究項目A. ダイヤモンドMOSFET技術の開発

※<https://orbray.com/magazine/archives/9601>

トポロジカル物質を用いたユニバーサルメモリの研究開発

Universal memory using topological materials

研究開発の目的

トポロジカル物質を用いた省電力なユニバーサルメモリを開発し、急増する半導体の演算電力需要を抑制することが目的です。

研究開発の背景、将来展望

AI等のソフトウェアが急激な成長を遂げ、人々の生活はますます便利で豊かになっています。その一方で、それを支える為にデータセンタなどの半導体で消費される演算電力も急激に増加しており、2050年カーボンニュートラルを目指す上でのボトルネックとなっています。トポロジカル物質を用いた磁気メモリは動作電力が従来の技術と比較して劇的に小さく、この問題の解決策の1つとなります。このメモリ技術の開発を通じて新たなソフトウェアサービスの導入と環境負荷の低減を両立する、サステナブルな社会の実現を目指します。

研究開発項目

1. トポロジカル物質を用いた磁気メモリ(トポロジカル物質メモリ)試作
2. トポロジカル物質メモリを用いた新規コンピューティングのメモリ技術
3. トポロジカル物質メモリ性能向上の為に物理的・材料的ソリューション

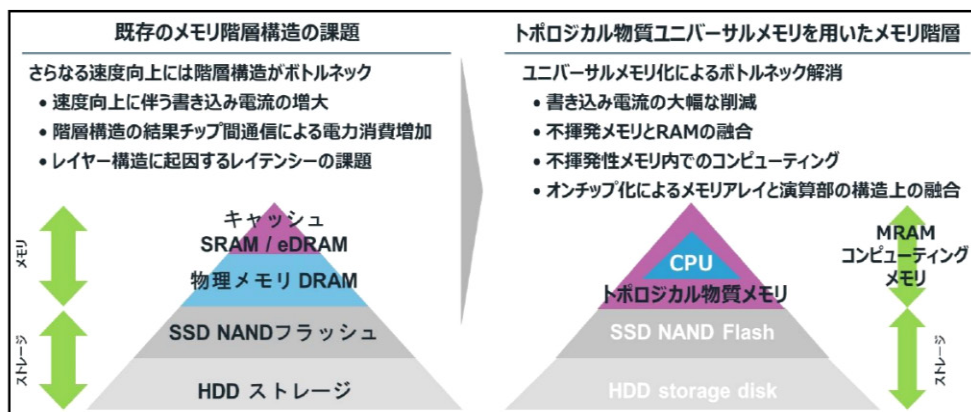
研究開発の内容、目標成果

トポロジカル物質であるMn₃Snの薄膜を中心とした積層膜構造による磁気メモリ(トポロジカル物質メモリ)デバイスを試作・評価し、シミュレーションを通じて最適な膜材料や積層組み合わせを求めます。

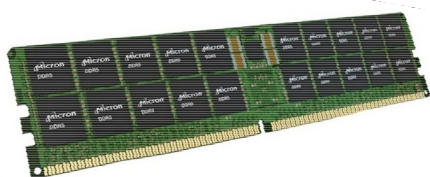
トポロジカル物質メモリの高速かつ省電力である特長により、現在の主流であるDRAM、SRAMなどによる階層構造のメモリの課題を解決し、コンピュータアーキテクチャの変革をもたらすユニバーサルメモリを実現する可能性を実証します。メモリデバイスの開発のみならず、安定性や性能の向上に寄与するため材料物性の改善にも取り組んでまいります。半導体メモリの電力消費を抑制することで、主記憶容量が大容量化するAIの演算を担うデータセンタ等の消費電力を劇的に低減することによって、様々な分野でのAIの実装がサステナブルに行われる社会を実現します。

研究開発の実施体制

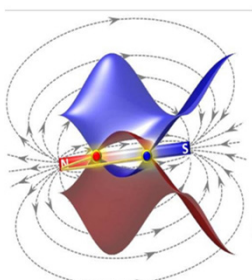
TopoLogic株式会社
 国立大学法人東京大学
 (再委託先) JSR株式会社
 (再委託先) 国立大学法人京都大学



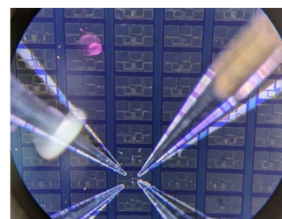
メモリ階層構造の課題と、ユニバーサルメモリへの期待



メモリ技術の適用先の一つ
DRAMチップ



トポロジカル物質
のバンド構造



試験中の半導体メモリ素子

アンモニア除害、回収、再利用技術の研究開発

Ammonia removal and reuse technology

研究開発の目的

アンモニア燃料船・運搬船に搭載可能な、吸着剤を用いたアンモニア除害・回収・再利用技術を開発し、サプライチェーン全体で利用可能な技術への拡大を目指します

研究開発の背景、将来展望

2050年のカーボンニュートラル実現に向けて、アンモニア(NH_3)は水素キャリアや脱炭素燃料として大きな注目を集めています。日本の貿易の99%を支える船舶分野では、 NH_3 燃料エンジンの開発が進められていますが、その社会実装にあたっては、 NH_3 の除害技術が不可欠です。

本研究では、 NH_3 を除害するだけでなく、除害後の NH_3 や、除害に使用した吸着剤・水の再利用を可能とする技術の検討を行います。この技術は、 NH_3 利用時の安全性確保や環境負荷の低減にとどまらず、船上および沿岸関連設備の省スペース化と運用コストの削減を実現し、 NH_3 の利活用を通じた社会全体のカーボンニュートラル化に貢献します。

研究開発項目

1. 高性能アンモニア吸着剤の開発
2. アンモニア吸着剤の性能評価手法の確立
3. 船上・陸上のアンモニア除害シナリオの検討
4. 除害・回収・再利用システムの概念設計と評価
5. 活用シナリオ拡大、業界基準策定のための調査

研究開発の内容、目標成果

本研究では、開発する吸着剤を用いたアンモニア(NH_3)の除害・回収・再利用システムが既存技術と競争力を持ち得る条件を見出すため、まず、船上および陸上施設におけるシステムの具体的な利用方法を明確化します。

吸着剤の開発においては、単に NH_3 の除害・回収を目指すだけでなく、 NH_3 および吸着剤の再利用も視野に入れた取り組みを行います。そのために、 NH_3 の吸脱着性能を適切に評価する手法を確立し、システム設計上求められる性能要件に基づいて、繰り返し使用可能な高性能吸着剤の探索・開発と、実用化に向けた成形技術の検討を進めます。

最終的には、大気放出時の NH_3 濃度を25ppm以下に抑えることを目標とし、システムの概念設計および性能評価に取り組みます。現在、船舶におけるアンモニアパージガスの除害に吸着剤を用いた事例はなく、本システムは高い新規性が期待されます。将来的には、本技術の業界標準化や国際標準化を通じて、日本の産業競争力の強化にも貢献することが見込まれます。

研究開発の実施体制

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所、
国立大学法人山梨大学、国立大学法人新潟大学、
日本郵船株式会社、株式会社IHI、大陽日酸株式会社、
一般社団法人クリーン燃料アンモニア協会

吸着剤を利用したアンモニア除害・回収・再利用システム

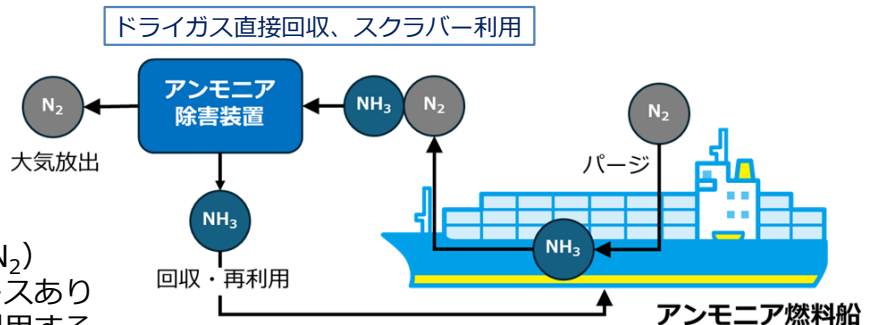
日常的なオペレーションでアンモニアの排出（パージ）が必要になると想定されるケース

- 通常または緊急での燃料切替
燃料供給配管内のパージ
- エンジン等のメンテナンス
エンジンや燃料供給装置など



要求される除害システムの稼働条件

- 処理ガス温度は低温（ $\text{NH}_3 + \text{N}_2$ ）
- 突発的に処理が必要となるケースあり
- 水除害では、使用した水を再利用する
- 回収した NH_3 、吸着剤も再利用する



高性能な吸着剤の開発

- 結晶学的アプローチ等による使用環境に最適な吸着剤の探索、高機能化を実施
- 実用化に向けた成形材の開発

船舶に搭載可能な除害システムの開発

→ 陸上設備への利用拡大

- ガス NH_3 の直接回収（ NH_3 、吸着剤の再利用）
 - スクラバー利用時の処理水からの NH_3 回収（ NH_3 、吸着剤、水の再利用）
- 検討項目：安全、環境負荷低減、資源の有効利用、省スペース、経済的有利性（低コスト化）

革新的VEMSの開発とモデル地域実証

Innovative VEMS development and model area demonstration

研究開発の目的

農山漁村において一次産業用需要施設および再エネ発電設備を束ねてエネルギーマネジメントするシステム(Village Energy Management System; VEMS) を構築し、再エネの導入が進む宮古島をモデル地域として実証を行います。

研究開発の背景、将来展望

農山漁村には多様な再エネが賦存しており、脱炭素社会実現のためには、それらの再エネ由来の電力を利用することが有効です。しかし、再エネ電源は出力が変動しやすく、系統電力品質を不安定にします。VEMSには、需給コントロールにより再エネの出力変動を吸収・調整する役割が求められ、また農山漁村において基幹産業である一次産業への再エネ有効活用を促進して地域を活性化することが期待されています。将来的にVEMSは電力だけでなく、熱、水素等も扱うシステムへ拡張し、他分野のEMSとも連携して、農山漁村の自律分散型エネルギーシステムの構築と脱炭素社会の実現を推進します。

研究開発項目

- A. VEMSの開発
- B. VEMS実証
- C. 国家プロジェクト化および社会実装に向けた課題整理

研究開発の内容、目標成果

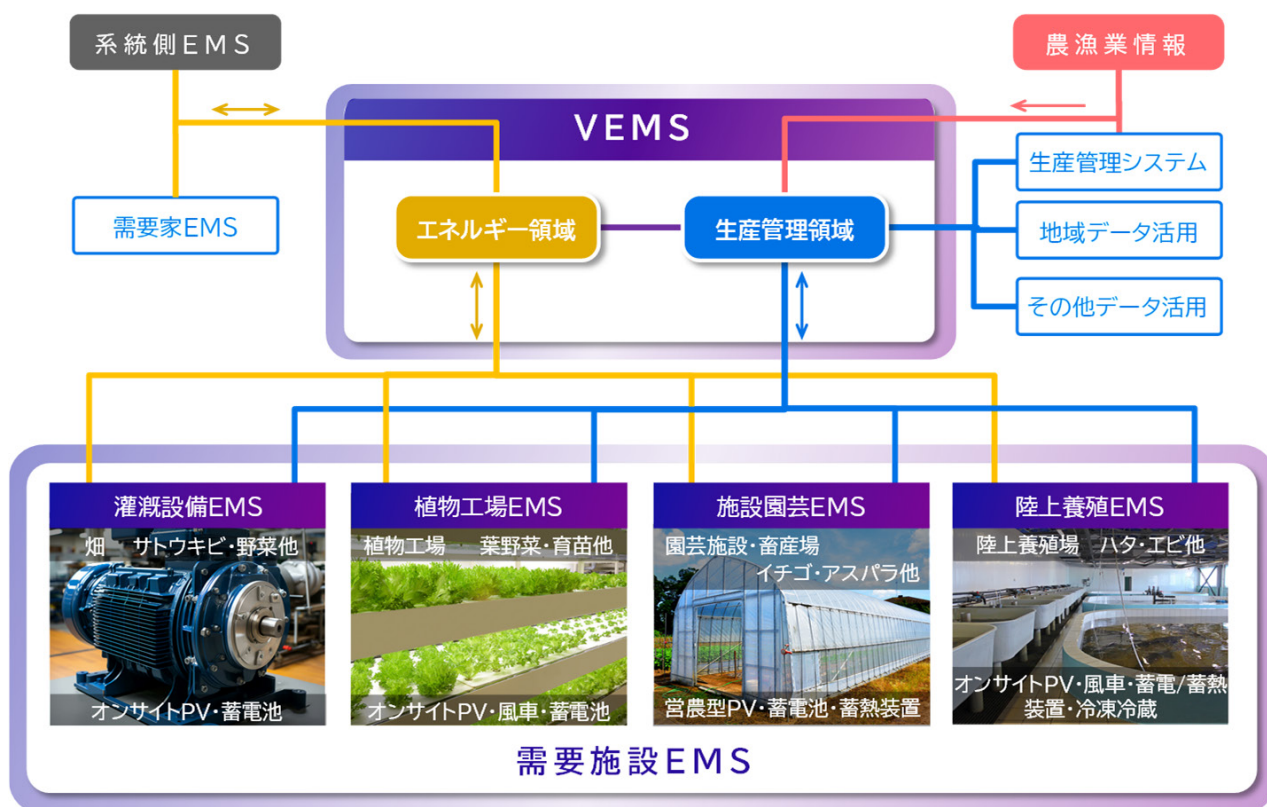
農漁業情報プラットフォームやその他のEMS等と通信し、PV・風力発電の発電状況や蓄電池の残量に応じて、灌漑、陸上養殖、植物工場や施設園芸などの一次産業用需要施設の運転を制御するVEMSを開発します。

本VEMSを活用し、系統からのデマンドレスポンス要請を受けて一次産業用需要施設の電力需給バランスをコントロールし、系統電力を安定化するシステムを構築します。また、再エネの有効活用により農漁業の生産性向上およびコスト低減を実現するエネルギーマネジメント技術を開発します。

VEMSの社会実装により、一次産業用需要施設がデマンドレスポンスに対応することで、再エネの出力変動を吸収・調整することが可能になります。また、再エネ利用型農漁業の普及により農山漁村の活性化が期待されるとともに、賦存する再エネの活用により脱炭素社会の実現に貢献します。

研究開発の実施体制

一般財団法人電力中央研究所
株式会社ネクステムズ
国立大学法人佐賀大学
国立大学法人東京大学



宮古島におけるVEMS実証のイメージ図

農林水産業の生産管理とエネルギー需給が連携するL-EMS開発

Local Energy Management System (L-EMS) for Integrating Production Management and Energy Supply in Agriculture, Forestry, and Fisheries

研究開発の目的

農山漁村で生じたエネルギーを地域内で地産地消することにより、地域経済の活性化とCO₂を削減する持続可能な社会の実現に寄与します。

研究開発の背景、将来展望

農山漁村には、太陽光や小水力といったエネルギー源と、それらを利用する農林水産業が存在します。これまで、必要なエネルギーは電力・石油・ガス会社から購入していましたが、近年の社会情勢の変化によりエネルギー価格は高騰し、供給も不安定な時代に入っています。さらに、農林水産物の生産によって排出される温室効果ガスの削減も求められています。そこで本研究では、エネルギー利用の多い農林水産業分野において、エネルギーの利用を効率化しながら、農林水産物の収益向上を実現できるシステム開発を目指します。

研究開発項目

1. データ活用型L-EMSの見える化技術の開発
2. 見える化プラットフォームの農林水産業への導入
3. データ駆動型施設園芸のL-EMS調査
4. 木質バイオマス利用施設におけるL-EMS調査
5. 閉鎖循環式陸上養殖の再エネ利用に向けた基盤技術の開発

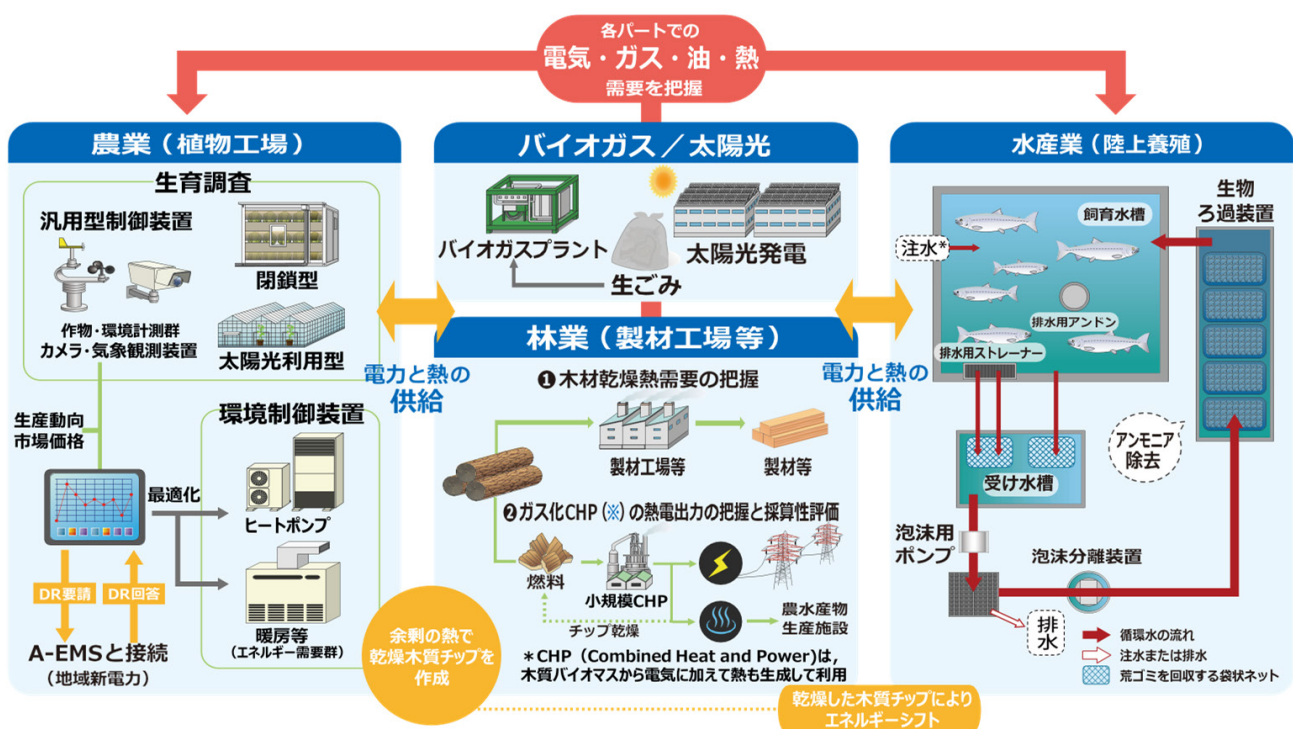
研究開発の内容、目標成果

農山漁村向けの簡単なエネルギー管理システムは一部存在していましたが、規格が統一されておらず、農林水産業には最適化されたシステムはありませんでした。

本研究では、農林水産分野全体を統一的に管理できるシステムの構築を目指し、IoT技術を活用して、エネルギー利用に関わる環境や生産要素をリアルタイムで制御する技術を開発します。これにより、電力会社は需要動向に応じた電力削減や、売電量に応じた電気料金の値引き・買取価格の上乗せ(インセンティブ型デマンドレスポンス：以下DR)が可能になります。さらに、市況情報を生産に反映することで、より高値での販売が実現します。こうした価格変動に応じて最適な販売ができるエネルギーマネジメントシステムを開発し、収益が1.5%向上する条件を明らかにします。

研究開発の実施体制

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
国立研究開発法人森林研究・整備機構
公立大学法人札幌市立大学
国立研究開発法人水産研究・教育機構
株式会社NTTアグリテクノロジー
持続未来株式会社



アンモニア燃焼ハイブリッド航空推進システムの検討

Ammonia combustion hybrid air propulsion system

研究開発の目的

本研究では、脱炭素社会の実現に向けて、アンモニアガスタービンによるハイブリッド電動航空機の実現可能性を検証します。

研究開発の背景、将来展望

航空輸送の電動化において、電池を用いる純電動航空機より、ガスタービンを発電に用いるハイブリッド化に期待が集まっています。一方、脱炭素の観点から、水素キャリアによる発電を考えると、運搬並びに貯蔵が容易でコストが安いことから、アンモニアが注目されています。特に、アンモニア発電の鍵技術であるアンモニア燃焼については、我が国が世界のトップを走っています。そこで本研究では、アンモニア燃焼によるハイブリッド電動航空機の実現可能性を検証します。

研究開発項目

1. アンモニアハイブリッド航空機のプロトタイプ
2. アンモニアハイブリッド推進システムの研究開発
3. 航空用アンモニア燃焼器の基礎研究

研究開発の内容、目標成果

アンモニアハイブリッド航空機のプロトタイプでは、小型機から大型機へ技術波及が行われることを想定し、機体概念検討を通じリージョナル機のカーボンフリーなハイブリッド化を検討します。アンモニアハイブリッド推進システムの研究開発では、詳細な性能評価を実施するためのシミュレーション技術開発を行うとともに、アンモニアを使用した航空用ガスタービン燃焼器の概念設計を実施します。航空用アンモニア燃焼器の基礎研究では、旋回流燃焼器内部の燃焼特性をレーザー計測を用いて詳細に検討するとともに、アンモニアの着火遅れ時間を計測し、反応管を用いた化学種計測を行います。これらの実験からアンモニア燃焼の特性を基礎的に解明し、上述のシミュレーション技術の基盤とします。

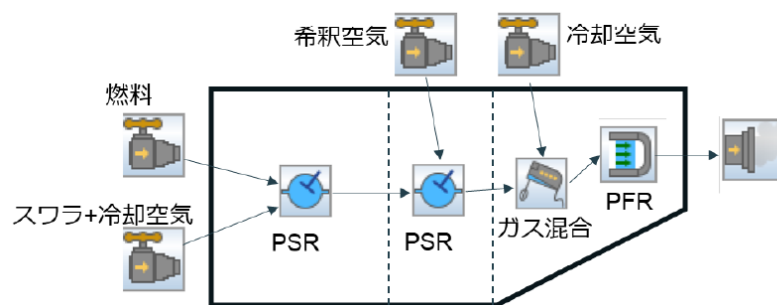
国際民間航空機関では、2050年カーボンニュートラルを目指しており、本研究の成果が社会実装されると、目標実現に大きく近づくことができます。

研究開発の実施体制

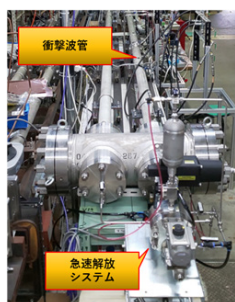
国立大学法人東北大学
三菱重工航空エンジン株式会社
国立大学法人広島大学



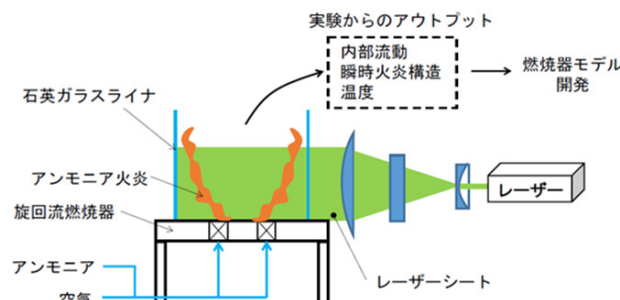
旋回流中のアンモニア火炎



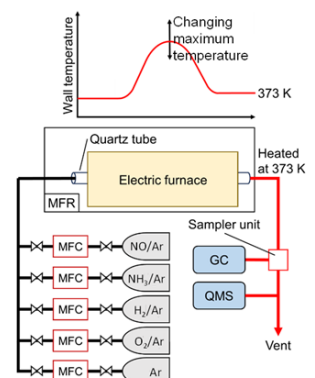
化学反応器ネットワーク計算



衝撃波管



アンモニア火炎に対するレーザー計測



反応管実験装置概略図

持続可能な航空機生産に関する研究開発

R&D for Sustainable Airframe Production

研究開発の目的

労働力不足解消およびリードタイム削減によるカーボンニュートラルに対応するため、航空機検査プロセスの自動化技術・省人化技術の要素技術を開発します。

研究開発の背景、将来展望

航空機の生産は、その構造が大型かつ複雑であるため、自動化によって品質(再現性確保)を型式証明に適合するレベルにすることが難しいのが現状です。また流れ作業ができず、人が機体に乗って作業する労働集約型の産業です。したがって、国内でも顕著となりつつある少子高齢化による労働力不足への対策が急務であり、将来の需要に対応するためには生産の継続的な効率化が必要です。このような課題を解決するために、航空機生産の自動化技術を開発することは、日本の航空機産業を持続させるために不可欠です。

本研究開発は、2030年代半ばに予定されている次期民間航空機開発における日本の地位を維持・発展させ、さらに、製造期間短縮による航空機製造時に発生するCO₂の削減にも寄与します。

研究開発項目

1. 外観検査自動化技術の研究
2. 通し穴開けのin-situ検査技術の研究

研究開発の内容、目標成果

<研究開発の内容>

本研究では、航空機の自動外観検査と部材間の通し穴開け工程における自動穴品質検査技術の開発を行います。

有資格検査員の目視に頼っている外観検査では、画像認識AIと言語AIを組み合わせせたマルチモーダルAIにより、判定理由の説明が可能な「AI検査員」を開発します。また、人共存型ロボットによる画像取得の自動化技術を構築し、複雑な組立構造に対応します。

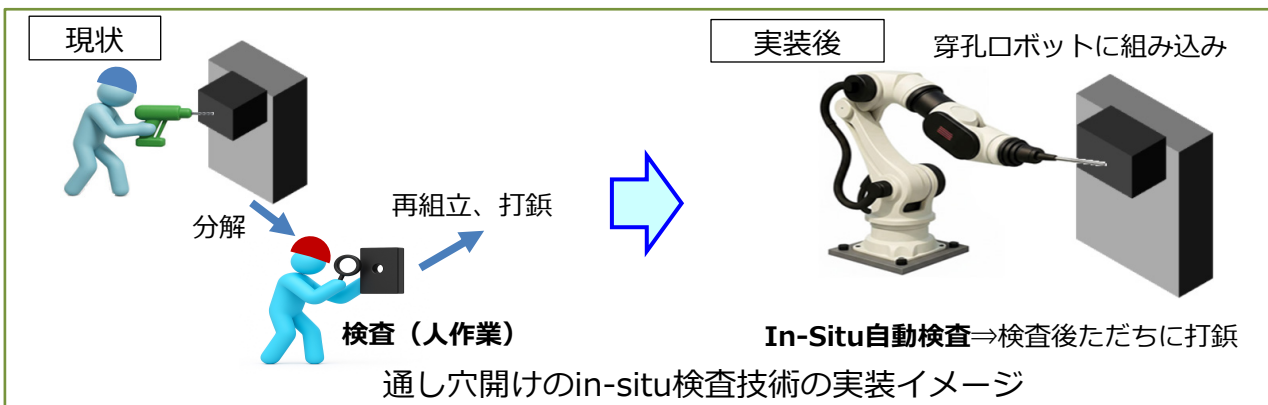
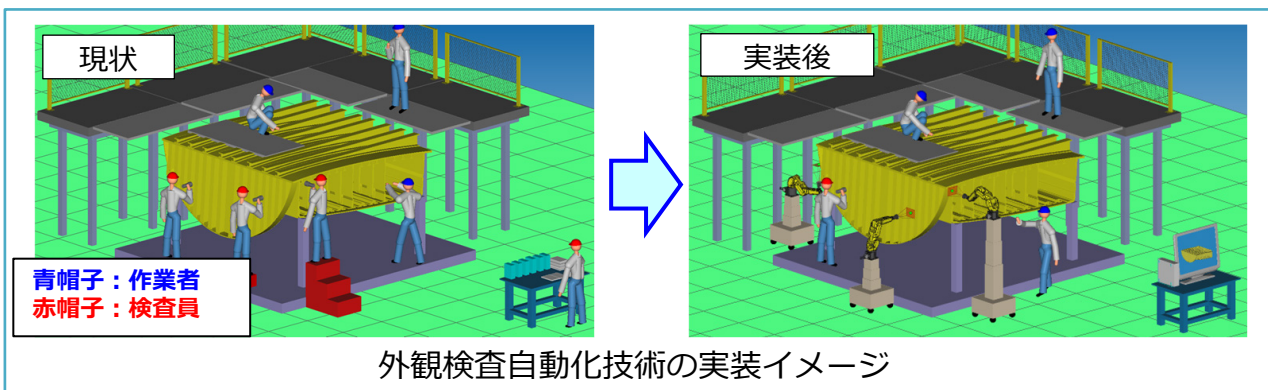
通し穴開けでは、現状のように分解検査するのではなく、加工中の振動や反力をリアルタイムでセンシングし、隙間・バリ・切削粉の有無をその場で検出できるin-situ検査技術を開発します。

<目標成果>

本先導研究によって要素技術を開発し、以降の実装技術開発を経て、2040年には検査員を含む国内航空機技能者の26%削減、CO₂の年間5万t削減を目指します。

研究開発の実施体制

国立大学法人東海国立大学機構
川崎重工業株式会社
株式会社SUBARU
三菱重工業株式会社
(再委託先) 国立大学法人宇都宮大学



黒鉛材料の非化石原料化に向けた研究開発

Synthesis of non-fossil-based pitch for graphite

研究開発の目的

非化石資源を原料とするピッチ(グリーンピッチ)の合成技術を開発することで、化石資源由来の原料供給懸念の解決に資する黒鉛材料製造法を提案し、要素技術の確立を目指します。

研究開発の背景、将来展望

黒鉛材料は、軽量で高強度であることに加え、耐薬品性、耐熱性等に優れるため、電炉製鉄用の黒鉛電極、半導体製造用の黒鉛のつぼ等の様々な用途で使用されており、カーボンニュートラルの実現に必要不可欠な基幹材料の一つとして、今後の需要拡大が見込まれます。一方で、黒鉛材料の原料である化石資源由来のコールタールならびFCCボトム油の生産量が将来的に減少することが懸念されています。

そこで本研究開発では、黒鉛材料を今後も継続利用できる社会を実現するため、化石資源依存から脱却し、安定供給可能な非化石資源を原料とする黒鉛材料製造法の確立を目指します。

研究開発項目

1. 木質系バイオマス、廃プラ等からのピッチ基材転換技術開発
2. 使用済み黒鉛からのピッチ基材転換技術開発
3. CO₂からのピッチ基材転換技術開発
4. グリーンピッチの特性制御技術開発

研究開発の内容、目標成果

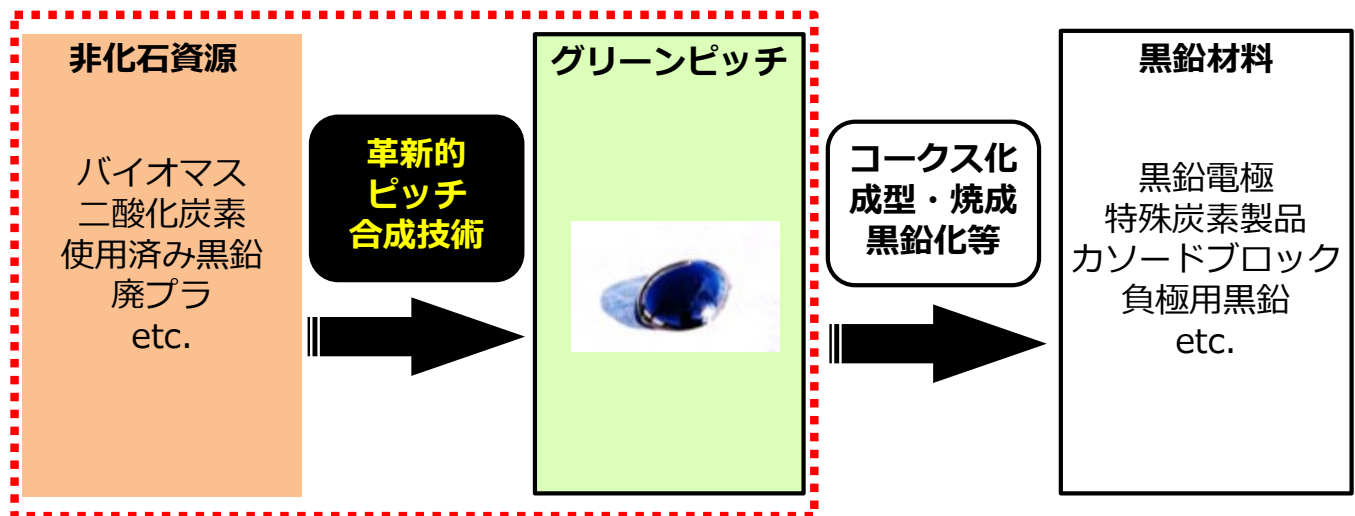
黒鉛材料における化石資源依存からの脱却を実現するには、非化石資源から黒鉛材料の前駆体となるピッチを合成することが重要です。本研究開発では、木質系バイオマス、廃プラスチック(廃プラ)、CO₂、使用済み黒鉛等の非化石資源を出発原料とするピッチの合成技術開発を行います。具体的には、各種非化石資源を原料として、主に酸素含有量および芳香族性を制御することで、黒鉛材料の原料として適用可能な特性を持つグリーンピッチの合成を目指します。

本提案技術によりグリーンピッチを合成することができれば、既存の産業技術であるディレードコーカー等に適用でき、これまでに確立している炭素化・黒鉛化技術によって早期社会実装が可能であると考えています。さらに、社会実装が実現すれば、原料の安定供給によって黒鉛材料の継続利用が可能な社会を実現できるだけでなく、国内黒鉛産業の強化にもつながり、黒鉛材料を利用するあらゆる産業に極めて大きなインパクトがあると考えています。

研究開発の実施体制

国立研究開発法人産業技術総合研究所
SECカーボン株式会社
(再委託先) アイ'エムセップ株式会社
東洋炭素株式会社
日鉄ケミカル&マテリアル株式会社

本先導研究で取り組む課題



非化石資源を原料とする黒鉛製造法

ウェアラブルな飛行モビリティ技術の研究開発

Technology of wearable aviation mobility

研究開発の目的

洋上風力発電等、アクセスが難しい非化石エネルギーインフラの保守・運用や、災害時の救助・復旧のために、本研究では、人そのものの飛行を可能とするウェアラブルな飛行技術を開発します。

研究開発の背景、将来展望

洋上風力発電などのアクセスが難しいインフラでは、安定した保守・運用が重要です。現状、船舶等による作業員の移動において作業経路やスケジューリング、悪天候時の安全性に制約があります。

本研究開発では、新たなエアモビリティにより作業員の移動能力を革新し、保守・点検フローのあり方を刷新します。これにより我が国における非化石エネルギーの導入拡大に貢献します。また災害時等の救助・ライフライン復旧に貢献します。特に人が着用して、人そのものが飛行する技術を実現することで、離着陸場所を選ばずに空中作業が可能となり、個人単位での柔軟な飛行運用が実現します。

研究開発項目

1. 人マシンインタフェース技術の開発
2. 人飛行性能の高度化
3. 飛行モビリティ社会実装の計画策定

研究開発の内容、目標成果

ウェアラブルな飛行モビリティ技術では、人間の飛行安定性を理論解析し、安定的な人の飛行を解釈・設計します。その上で、ハンズフリーでの空中作業、直感的な操作性、飛行中の身体への負荷低減といった装置性能を創出します。人と装置が一体化する「人マシンインタフェース技術」を構築し、ホバリング試験により技術実現性を実証します。

将来的な飛行性能の高度化にも取り組みます。複合材料の適用による装置の軽量化、耐風性・推力操作効率に関する検証とコンセプトモデル設計を実施します。

ユースケース調査とステークホルダーとの連携も実施します。発電インフラの保守・運用の高度化や、災害時の救助・復旧活動の強靱化について具体的なシナリオを描き、安定した非化石エネルギー供給や災害に対する強靱化に貢献します。

研究開発の実施体制

emblem株式会社

(再委託先)

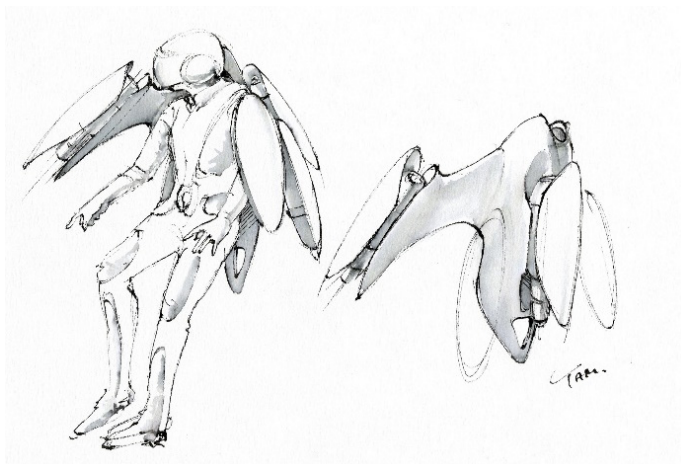
美津濃株式会社

ミズノテクニクス株式会社

株式会社スカイワード・オブ・モビリティーズ

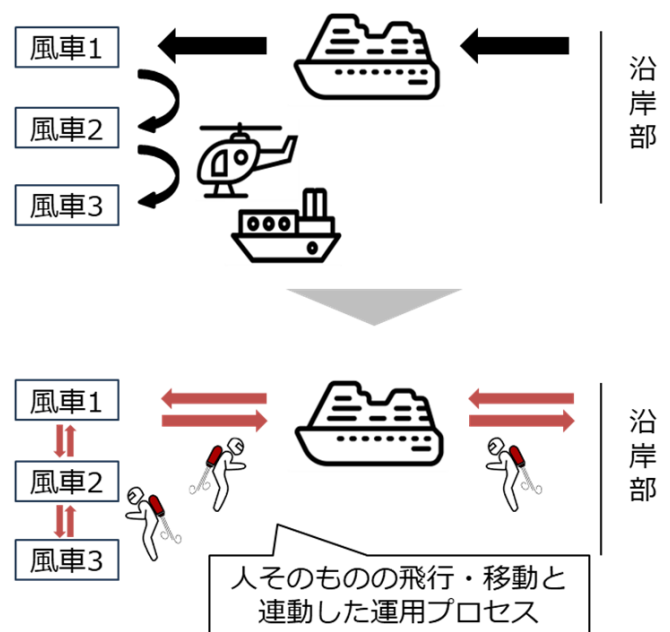
国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

飛行システムのイメージ



(東京大学 山中俊治によるスタイリング)

インフラ保守の運用刷新



強化学習による解体計画と物体操作の自律化の研究開発

Autonomous disassembly planning and manipulation through reinforcement learning

研究開発の目的

既知部品の小変更品の解体を自律的に計画し実行するロボットシステムを開発します。複数の小変更品の解体を試行する事で、システムの汎用性および有用性を確認します。

研究開発の背景、将来展望

近年、持続可能な社会の実現に向け、再生材の大幅な利用拡大を通じた資源循環経済への転換が求められています。しかし、現在の廃車を破砕し材料ごとを選別するプロセスでは、高純度再生材の抽出は困難であり、破砕前に車を材料毎に精緻に解体することが求められます。一方、解体事業では、深刻な労働力不足への対応や安全な労働環境の整備が課題となっています。課題を解決するためには、「精緻解体」の自動化への転換が必要です。本研究開発では汎用的に解体するロボットシステムを開発し、自動車解体へ適用することにより資源循環型社会の実現を目指します。

研究開発項目

1. 自律解体システム向け複数ロボットアームの動作経路生成アルゴリズムの開発
2. シミュレーション上での強化学習による解体作業の自律化
3. ロボットの機構的な特性や力学作用の特性を考慮した解体計画の生成

研究開発の内容、目標成果

本研究開発では、既知部品に対し部分的に変更のある自動車部品を解体対象とし、解体目的(=解体結果を部品としてリユースするか材料としてリサイクルするか)やその特徴に基づき解体計画を生成します。さらに解体計画に基づきロボットが解体ツールを切り替えながら自動車部品を自動解体する解体システムを開発します。本研究開発では以下の項目を評価し、車解体事業の省人化や安全性の向上を確認します。合わせて解体システムを社会実装する際の課題を明確化します。

- ・人の介入を低減しながらの解体の実現
- ・主要な性能課題5件に対し、従来手法比10%の性能改善
- ・従来の解体工程に対する、金額的価値、所要時間コスト、所要装置コストの改善

本解体システムの実用化により、有限である資源を効率的に利用し、我が国の持続可能な経済発展に貢献します。

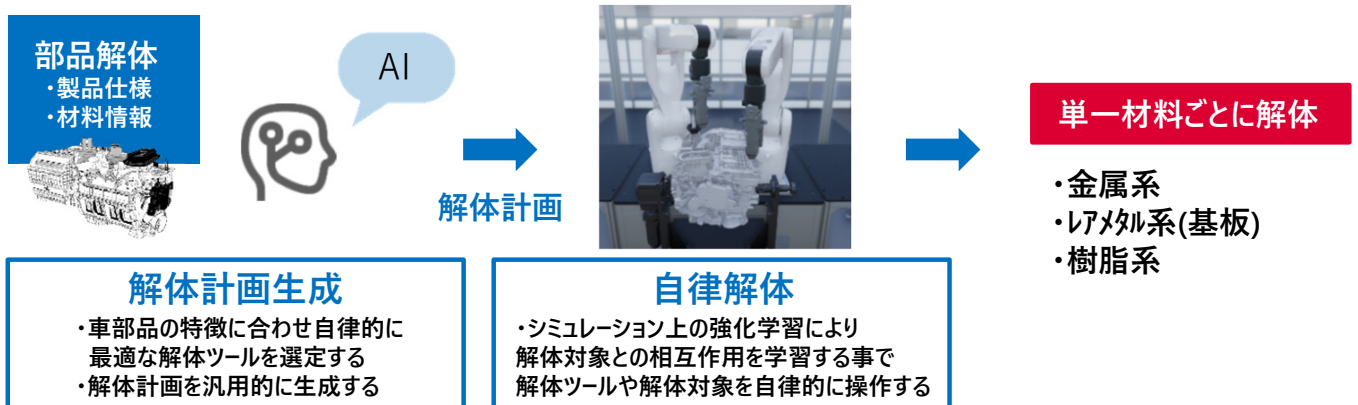
研究開発の実施体制

株式会社デンソー
国立研究開発法人産業技術総合研究所
国立大学法人大阪大学

目指すクルマの循環社会



取組み範囲



オンシリコン多接合型太陽電池の研究開発

On-silicon multi-junction solar cells

研究開発の目的

モビリティ用途へ利用可能である超高効率な多接合型太陽電池を低コスト基板上へ形成することを目的とした研究を行っています。

研究開発の背景、将来展望

太陽電池を設置面積の限られたモビリティ用途で使用するためには変換効率の高い太陽電池が必要です。多接合型III-V族太陽電池は、最も高い変換効率が期待される太陽電池であり、宇宙用などで使われていますが、基板や製造プロセスコストが高く、低価格化が課題となっています。本研究では、超高効率な多接合型太陽電池を低コストシリコン基板上へ形成することで低価格化を実現し、一般用途で利用促進されることにより大規模な社会実装を目指しています。

研究開発項目

1. 高品質SiGe形成技術の開発
2. SiGeのポリッシング技術開発
3. 熱処理のスケールアップ検討
4. SiGe上へのIII-V族化合物太陽電池積層技術の開発

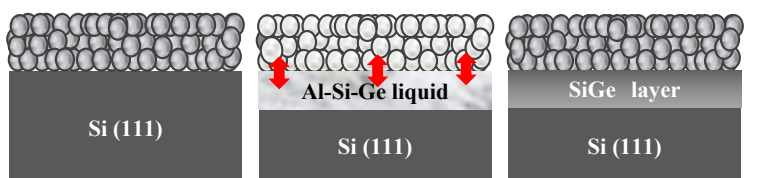
研究開発の内容、目標成果

本研究開発では、スクリーン印刷と非真空でのアニールプロセスによる簡易な手法で、単結晶シリコンゲルマニウム(SiGe)層を形成する新規技術を利用しています。従来は高価なGe基板上に結晶成長させる必要のあるIII-V族太陽電池を、SiGe層を格子間隔を緩和するバッファ層として上層部に形成することで、低コストなオンシリコン多接合型太陽電池を実証します。

目標として、Si基板への高品質の単結晶SiGe層形成技術を確認し、6inchサイズへのスケールアップを実証します。さらにSiGe層上へのIII-V族太陽電池層の積層と太陽電池動作の実証を目指しています。本技術は、超高効率太陽電池の大規模社会実装とカーボンニュートラル実現に貢献する革新的な技術です。

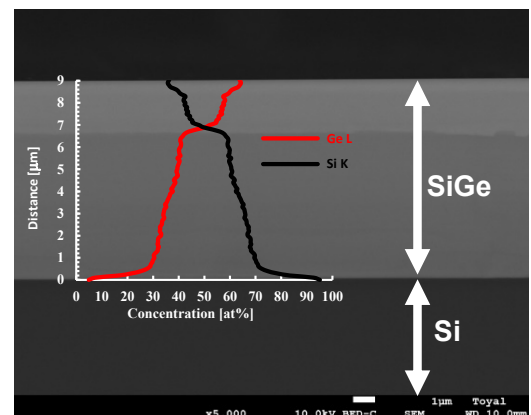
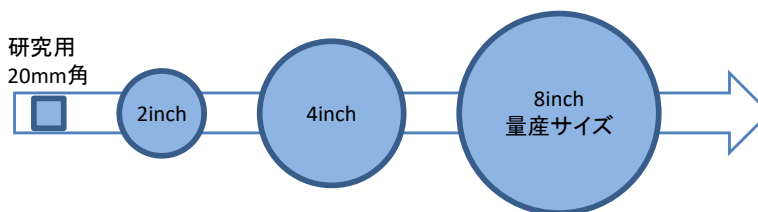
研究開発の実施体制

国立大学法人大阪大学
東洋アルミニウム株式会社
国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学
国立研究開発法人産業技術総合研究所

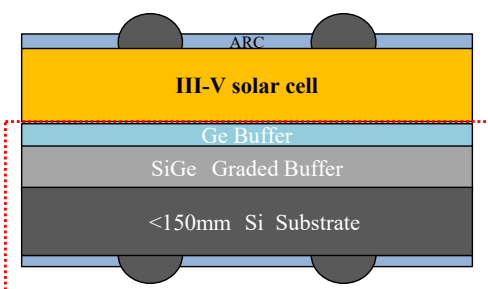


スクリーン印刷 焼成 冷却, SiGeエピタキシャル

Al-Geペーストのアニールによる単結晶SiGe層形成手法



- SiGe膜厚・SiGe濃度の高精度制御
- SiGe層の転位密度の低減
- エピタキシャル成膜用表面平坦化 RMS < 1nm
- 大面積ウェハでの均一膜形成



オンシリコン多接合型太陽電池構造

製品イメージ



世界最高水準の高効率太陽電池を搭載した電動車

NEDO「太陽光発電システム搭載自動車検討委員会」中間報告書より抜粋
https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP2_100060.html

リサイクル容易な曲面・超軽量結晶Si太陽電池モジュールの開発

Recyclable, curved and ultra-lightweight crystalline Si photovoltaic modules

研究開発の目的

封止材を使用しない、または剥離可能な、軽量、曲面、リサイクル可能な新概念結晶Si太陽電池モジュールを作製する技術を確立します。

研究開発の背景、将来展望

近未来に予測されている太陽電池モジュールの大量廃棄時代に備え、廃棄やリサイクルに適した太陽電池モジュールの開発と普及が急務となっています。また、太陽光発電のさらなる導入をすすめるべく、耐荷重が小さく、平面でない建造物にも設置可能な太陽電池モジュールの開発も求められています。本事業では、封止材を使用しない、あるいは剥離可能な封止材を使用した曲面・軽量の新概念結晶シリコン太陽電池モジュールを作製する技術を確立し、太陽光発電のさらなる普及拡大とともに、封止材由来の劣化を無くすことによるモジュールの長寿命化、分解可能である特長を生かした部材の高いリサイクル性を実現します。

研究開発項目

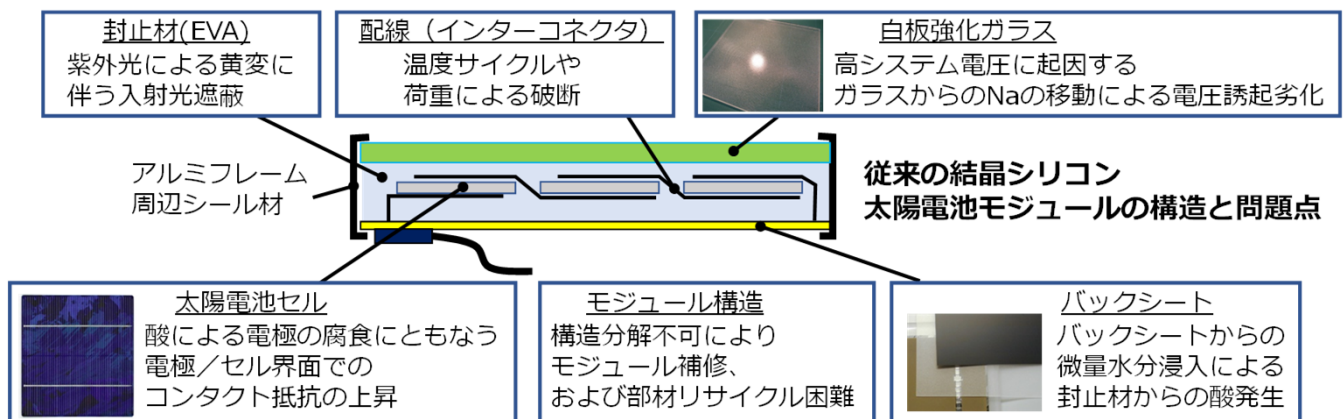
1. モジュール構造の開発
2. リサイクル可能な封止材料の調査・検証とセル間接続方法の開発
3. 複合加速試験による評価
4. 光反射損失低減構造の開発
5. 放熱機構の開発

研究開発の内容、目標成果

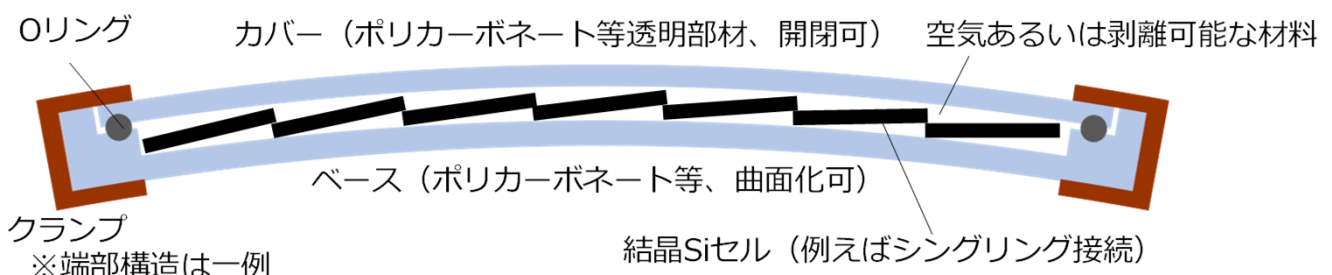
開発する新概念モジュールでは、機械的強度、多量の水分浸入、セルの温度上昇、光学損失などが課題です。これらの課題について、水分浸入を抑止できるモジュール構造の開発、リサイクル可能な封止材の使用、放熱膜の利用などにより解決を目指します。また、新概念モジュールに適したセル間の接続方法や、プラスチック材料自体の長期信頼性を確保するための手法についても開発します。以上の取り組みを通して、既存の結晶Si太陽電池モジュールと同等程度の発電性能を有する、曲率半径 3 m 以下、長辺1 m以上の新概念モジュールを具現化するとともに、新概念モジュールの量産化に必要な基盤技術を確立します。この新概念モジュールの社会実装を進め、廃棄物処理の問題の解決とともに、耐荷重や形状の問題で設置が難しかった建材への太陽光発電導入の促進にも貢献します。

研究開発の実施体制

国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学
京セラ株式会社
国立大学法人新潟大学
学校法人青山学院青山学院大学
国立大学法人東海国立大学機構岐阜大学



開発する太陽電池モジュールの構造



大型風洞設備による浮体式風車ウエイク現象の評価技術の研究開発

Evaluation technology of floating wind turbine wake phenomenon by large wind tunnel facility

研究開発の目的

風と波が同時に作用する浮体式風車ウエイク現象に関する要素技術開発を遂行し、解決すべき今後の技術課題の整理を行います。

研究開発の背景、将来展望

風車群から構成される大規模洋上ウィンドファームでは、風車ウエイクが相互に干渉し、下流側風車群の発電量の低下や風荷重の増大に直接的な影響を与えます。特に、今後導入が期待される浮体式風車では、周波数の異なる風と波が同時に作用することもあり、ウエイク現象はさらに複雑な様相を呈します(図1)。本研究では、浮体式大規模洋上ウィンドファームの適切な普及に資する日本独自の革新的な風況予測手法の確立と社会実装を目指します。

研究開発項目

1. 浮体式風車ウエイクの風洞実験技術の開発
2. 大型風車のラボスケール風車模型の開発
3. セミサブ型に対応可能なラボスケール浮体動揺模擬加振装置の開発
4. 浮体式風車ウエイクの工学数式モデルの開発
5. 状態監視技術を活用した風車ウエイク影響評価法 の開発

研究開発の内容、目標成果

本研究では、大型風洞設備による浮体式風車ウエイク現象の理解と評価技術の開発を行います(図2)。また、浮体式風車に適用可能な工学数式モデルを検討します(図3)。さらに、沿岸域風車を活用した各種計測を実施し、本提案手法へフィードバックし、サイト計測の技術課題を明らかにします(図4)。

現在は2年目の研究開発を終了し、ステージゲート審査を通過して3年目の研究開発を実施中です。特に3年目では、風車ウエイクが相互干渉する風洞実験へ拡張します。本研究を遂行することは、浮体式風車ウエイクの相互干渉現象の高精度予測と、それに基づいたファームの最適運用のためのウエイク制御技術に繋がります。結果として、浮体式洋上ウィンドファームの国内導入促進に多大な貢献を果たします。

研究開発の実施体制

国立大学法人 九州大学(応用力学研究所)
東芝エネルギーシステムズ株式会社
日立造船株式会社
国立大学法人 九州大学(情報基盤研究開発センター)
日本精工株式会社

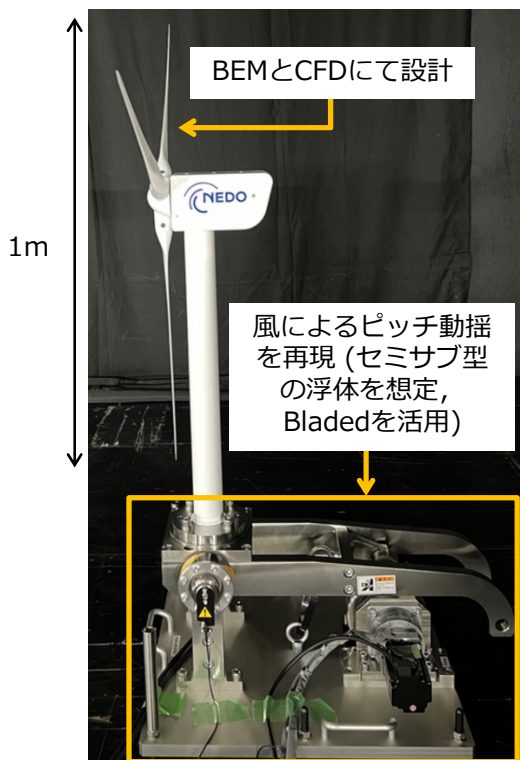


図2 本PJで製作した15MW風車模型(1/240)と加振装置

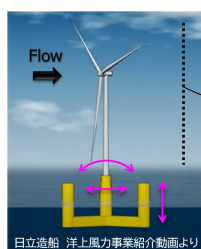


図1 日本独自の革新的な風況予測手法の重要性

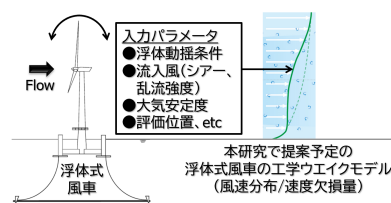


図3 浮体式風車ウエイクの工学数式モデルの作成イメージ図

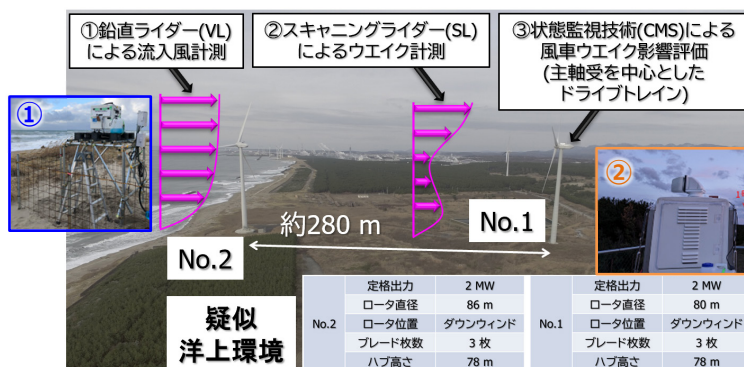


図4 秋田県雄物川風力発電所を活用した風車ウエイク影響評価

超高出力・多波長・集積型深紫外半導体レーザーの研究開発

Ultra-high power, multi-wavelength, integrated deep-UV laser diodes

研究開発の目的

高効率・高信頼性なUV-B半導体レーザーとその集積化技術を確立し、産業応用と国際競争力を強化します。

研究開発の背景、将来展望

波長100～315 nmの深紫外レーザーは、光子エネルギーが約4 eV以上と非常に高く、金属・樹脂・ガラスの微細加工、リソグラフィ、紫外線硬化、接着・乾燥、光分析、医療、バイオテクノロジーなど、幅広い分野で活用されています。市場規模は年間2,000億円に達すると推定されており、今後もさらなる需要の拡大が期待されています。現在主に用いられているエキシマレーザーやYAGレーザーの高調波は、装置の大型化や効率の低さ、寿命の短さに加え、大電力消費や高コスト、波長選択の制限といった課題を抱えています。特にエキシマレーザーは、貴ガスやハロゲンガスを必要とするため、供給の安定性にも問題があります。

本研究では、これらの課題を解決する新たな深紫外光源として、UV-B領域における半導体レーザー (LD) の実用化を目指し、将来的には我が国の産業競争力強化やグリーンイノベーションへの貢献につなげていきます。

研究開発項目

1. UV-B LDの開発
2. UV-B LDの集積化技術の開発
3. 集積UV-B LDの有用性の実証

研究開発の内容、目標成果

本研究課題では、2020年に世界で初めて動作実証されたUV-B領域(波長280～315 nm)のLDの集積化を進め、高出力・多波長・小型・高効率・長寿命・低消費電力・低コストといった革新的性能を備えた新たなレーザー光源の開発を行います。

特に2023～2024年度には、「世界初の縦型深紫外LDの室温動作の実証」および「単一素子で光出力500 mW動作の実証」という重要な成果を達成しており、本研究の実現可能性と応用展開の可能性を大きく広げる成果となっています。

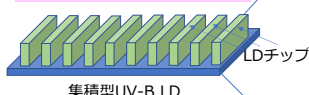
今後は、開発した集積型UV-B LDの性能・信頼性評価とともに、その有用性の実証、応用ニーズの探索、世界戦略の策定を進め、将来的な国家プロジェクト化に向けた課題を抽出してまいります。また、可視・赤外LDとのハイブリッド化にも取り組み、日本が強みを持つ工作機械や加工分野への応用を通じて、産業競争力の強化とグリーンイノベーションへの貢献を目指します。

研究開発の実施体制

学校法人名城大学
 国立大学法人三重大学
 ウシオ電機株式会社
 株式会社日本製鋼所
 (再委託先) 三井情報株式会社
 西進商事株式会社

本提案で解決する課題

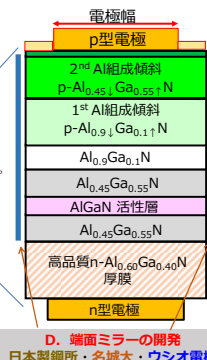
1. UV-B LDの特性向上
2. LDの集積化技術
3. 有用性の実証、ニーズ探索や世界戦略の策定



集積型UV-B LD

E. LDの集積化
ウシオ電機・名城大

F. 有用性の実証、ニーズ探索や世界戦略の策定
名城大・ウシオ電機・日本製鋼所・西進商事・三重大・三井情報



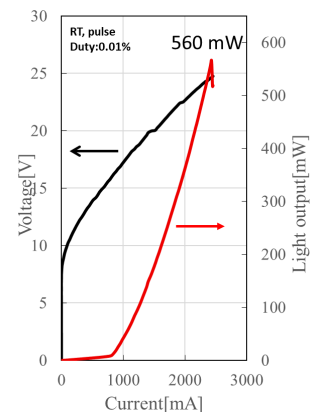
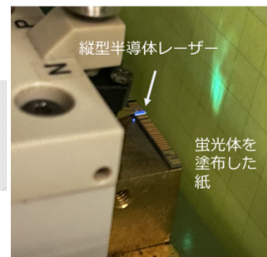
B. LD構造の開発
名城大・ウシオ電機・三重大

C. 縦型デバイスプロセスの開発
名城大・ウシオ電機・三重大・西進商事

A. AlGaIn結晶の開発
三重大・名城大

D. 端面ミラーの開発
日本製鋼所・名城大・ウシオ電機

● 本課題の目標：超高出力・多波長・集積型深紫外半導体レーザー



SiCスマートパワーIC技術の研究開発

SiC smart power IC

研究開発の目的

「誰もが簡単に」SiCパワーデバイスの省エネ性能を最大限引き出せる技術を開発します。

研究開発の背景、将来展望

豊かな脱炭素社会の実現に向け、省エネ性能に優れたSiCパワーデバイスに期待がよせられています。その長所のひとつが高速スイッチング性能です。これによりスイッチング時の損失を低減することができます。しかしながら現状では、駆動回路設計に高いノウハウが必要であり、その性能も制限されているため、その性能を出し切れていません。「誰もが簡単に」超高速スイッチング性能を最大限引き出せる技術を開発できれば、高性能なSiCパワーデバイスの爆発的な普及拡大につながり、大幅なCO₂排出削減が可能となります。

研究開発項目

- A. 超高速スイッチング技術の開発
 - A-1. 超高速スイッチング及びサージ電圧低減技術の開発
 - A-2. 自律的なゲート制御による並列動作時の電流アンバランスノイズ低減技術の開発
- B. SiCスマートパワーICを活用した外部保護回路技術の開発

研究開発の内容、目標成果

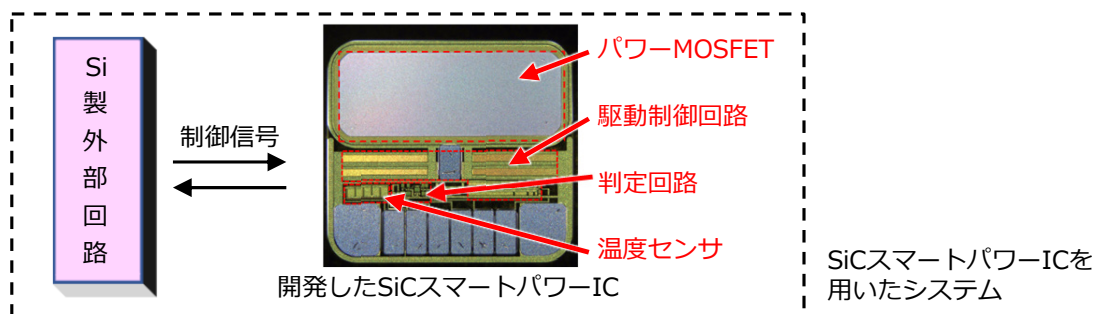
高速スイッチングにおける課題に、パワーデバイスと駆動回路間の配線で発生するノイズがあります。本研究開発では、独自技術であるSiC CMOS技術を活用し、高速・高精度ゲート制御を可能とするSiC駆動制御回路を開発しています。従来のSi駆動回路では熱の問題で不可能であった近接配置を実現し、新たな付加価値を創出します。

具体的な成果としては、300V/nsを超える超高速スイッチングの実現、サージ電圧低減技術の開発、センサ・判定回路を含む世界初のSiCスマートパワーICの作製と動作実証、さらには、専用のSi製外部回路を設計し、SiCスマートパワーICと連携したデバイス保護の開発を行いました。今年度は、さらなるスイッチング速度向上やサージ低減技術の開発に加え、より使いやすいSiCスマートパワーIC技術を、システムも含めて開発しています。

以上の研究開発の社会実装を世界に先駆けて実現し、大きなシェア獲得とともに脱炭素社会の実現に貢献します。

研究開発の実施体制

国立研究開発法人産業技術総合研究所
サンケン電気株式会社



SiCスマートパワーIC技術

誰もが簡単に超高速スイッチング性能を引き出せる技術



豊かな脱炭素社会

ガス循環によるメタンからの水素製造と二酸化炭素資源化

Carbon Dioxide Utilization through Gas-cyclic Hydrogen Production from Methane

研究開発の目的

本研究は、メタン(CH_4)と二酸化炭素(CO_2)を原資として、高付加価値「親水性炭素」と、 CO_2 ゼロエミッション「クリーン水素」を製造するための材料、ならびに、化学反応システムの開発を目的とします。

研究開発の背景、将来展望

化石資源依存からの脱却と水素社会の構築が急務となっています。本研究は、持続可能な水素社会の実現にむけて、バイオガスやシェールガス、廃プラスチック再処理ガスなど、 CH_4 を含むさまざまな炭化水素資源から高付加価値炭素材料とクリーン水素を製造する「ガス循環型反応システム」を開発、将来的な社会実装を狙います。同システムの普及により、炭化水素資源を利用したクリーン水素の安定製造・供給とともに、高付加価値炭素製品販売益によるクリーン水素価格の低減が可能になります。

研究開発項目

1. ガス循環型水素製造システム実機による水素・固体炭素共製造とマス・エネルギーバランス評価
2. システム要素材料(ガス活性化触媒・炭素抽出触媒)の開発
3. 電子顕微鏡による固体炭素微細構造分析
4. 固体炭素生成機構の分光分析と機能探索

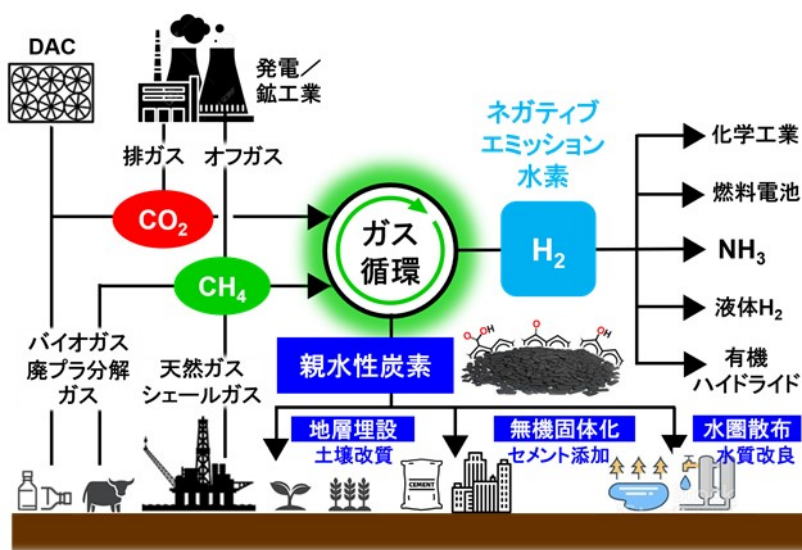
研究開発の内容、目標成果

本研究は、 $\text{CH}_4 \cdot \text{CO}_2$ 混合ガスを触媒上で活性化して一酸化炭素(CO)・水素混合ガスに変換し、そこから固体炭素と水素を抽出した後、抽出量に相当する $\text{CH}_4 \cdot \text{CO}_2$ 混合ガスを外部から追加した上で再び初段の触媒に帰還する「ガス循環型化学反応システム」ならびにシステム要素材料の開発を実施します。

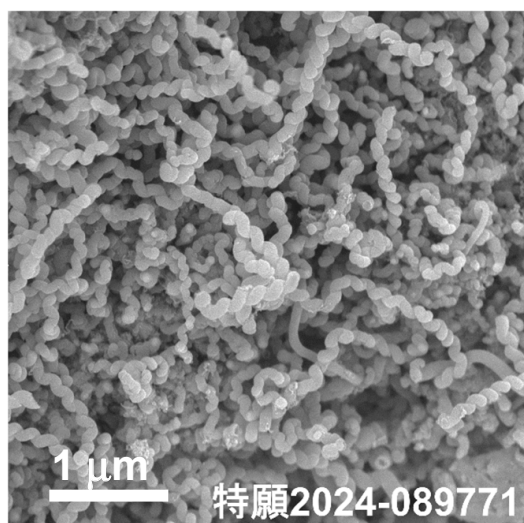
本システムは、反応に関係するすべての炭素含有ガス($\text{CH}_4 \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{CO}$)を、外界に放出することなく閉じたシステム内部で循環させるため、 CO_2 ゼロエミッション「クリーン水素」の製造が可能です。また、本システムにおいては、 $\text{CH}_4 \cdot \text{CO}_2$ 混合ガスの活性化と固体炭素の抽出をそれぞれの反応に適した条件で個別・独立に行うため、グラファイトやカーボンブラック、ナノチューブといった従来の炭素材料と明瞭に差異化・高付加価値化する固体炭素：「親水性炭素」の製造が可能です。

研究開発の実施体制

国立研究開発法人物質・材料研究機構
株式会社荏原製作所
高知県立大学法人高知工科大学
国立大学法人東京科学大学



「ガス循環型水素製造システム」の将来像。



高付加価値「親水性炭素」。

高選択なタンデム電解によるCO₂を用いた有価物の直接合成法

Direct synthesis of CO₂-derived valuables by highly selective tandem electrolysis

研究開発の目的

脱炭素社会の実現を目指し、電気化学的手法によりCO₂ から直接、高付加価値な化成品を製造することを目的として研究開発を行います。

研究開発の背景、将来展望

現在、持続可能な社会を実現すべく、CO₂から有価値な化成品を製造する手法の開発が活発に行われています。その取り組みの多くは一酸化炭素(CO) やメタノールなどの汎用化成品を製造する技術です。これらの汎用化成品は、スケールメリットがなければ採算が取りづらいことから、大量のCO₂を排出する事業所でないと使用できない問題があります。

一方で、脱炭素社会の実現のためには大規模CO₂排出源だけでなく、中小規模のCO₂排出源に対しても対策が必須です。我々はこの社会的な要求に応えるべく、規模が小さくても採算が取れる技術として、CO₂から高付加価値の化成品を直接製造できる手法を本事業にて研究開発を行っています。

研究開発項目

1. タンデム電解に用いる触媒の開発
2. タンデム電解用セルの設計・開発
3. タンデム電解プロセスの開発・実証

研究開発の内容、目標成果

我々は中小規模のCO₂排出源に対するCO₂活用手法として、カソード電極でCO₂をCOに還元したあと、発生したCOとアノード反応を活用して高付加価値な化成品(C₃以上化成品)を製造するタンデム電解手法の開発を行います。

本事業でタンデム電解手法を実現するために積水化学および東京科学大学がもつCO₂電解触媒の開発実績と物質・材料研究機構が持つ電子顕微鏡を用いた触媒構造の分析技術を連携させることで、高選択なタンデム電解用触媒を開発します。また、横浜国立大学が持つこれまでに蓄積した有機電解セルの知見をもとにタンデム電解セルを具現化させ、タンデム電解による製造法の実証評価を行い、早期に本技術の実用化を目指します。

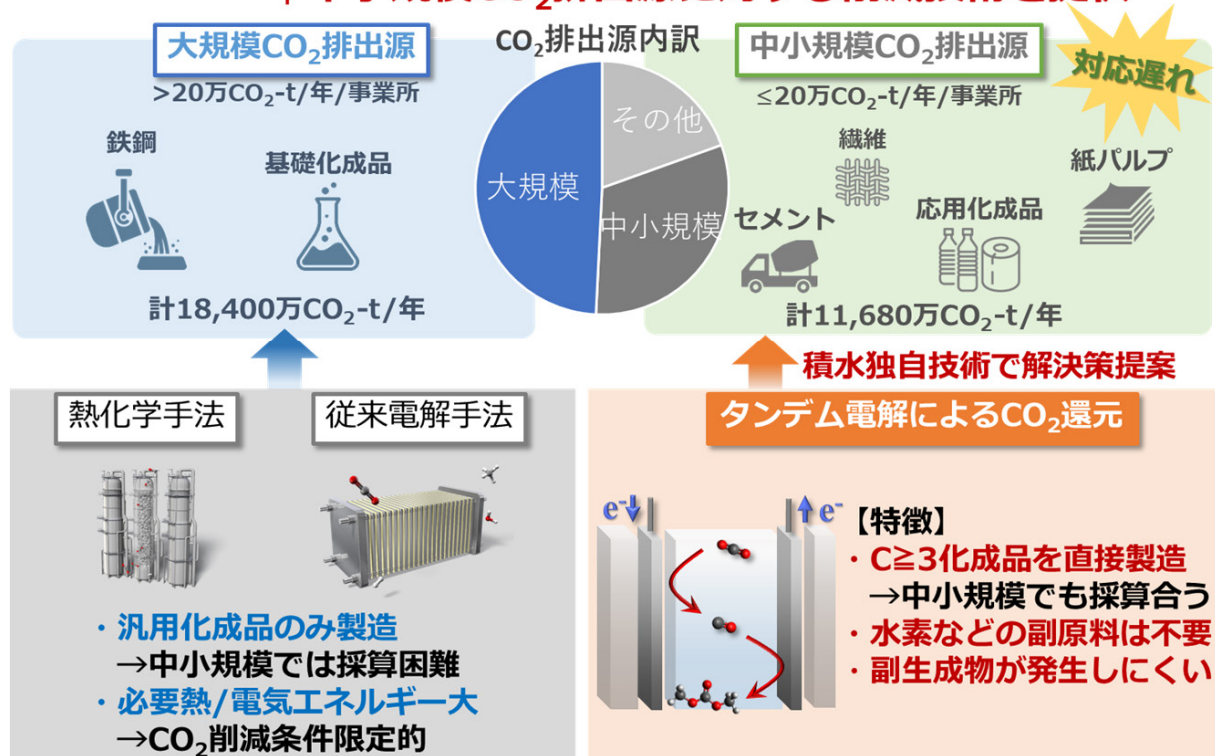
本手法は副原料なしでCO₂から高付加価値な化成品を直接製造できることから、社会実装されることにより、中小規模の事業所でもCO₂削減効果があり、事業性が見込め、脱炭素社会の実現に貢献できます。

研究開発の実施体制

積水化学工業株式会社
 国立大学法人東京科学大学
 国立研究開発法人 物質・材料研究機構
 国立大学法人横浜国立大学

開発目的：2050年のカーボンニュートラル実現に貢献

↑ 中小規模CO₂排出源に対する削減技術を提供



燃料電池航空機の革新的エネルギー転換、推進システム技術の研究

Innovative energy conversion and propulsion system technology for fuel cell aircraft

研究開発の目的

水素燃料電池を動力源とする航空機について民間航空機市場のカーボンニュートラルへの移行に貢献できる可能性を検討しています。

研究開発の背景、将来展望

地域間短距離航空路線の小型プロペラ旅客機の動力源のタービンエンジンに比して燃料電池は熱効率が高く、エネルギー消費を節約できる可能性を有しています。一方、燃料電池はタービンエンジンに比して重量と容積が大きいこと、水素燃料は液化した場合でも比重が小さく燃料タンクが大きくなること等の制約があります。

事前検討で想定した燃料電池システム仕様で航空機を構成すると市場に適合する輸送能力が得られませんでした。燃料電池システムの性能向上を図って市場に適合する輸送能力を有する航空機を構成することが期待されます。

研究開発項目

1. 燃料電池・高電力システム設計概念検討
2. 縦型GaNパワー半導体モデル構築／評価検証
3. 燃料電池特性評価・推進システム評価技術
4. 水素システムアーキテクチャ要件検討
5. 全機トレードスタディ・フリート／ネットワーク分析・ライフサイクルアセスメント

研究開発の内容、目標成果

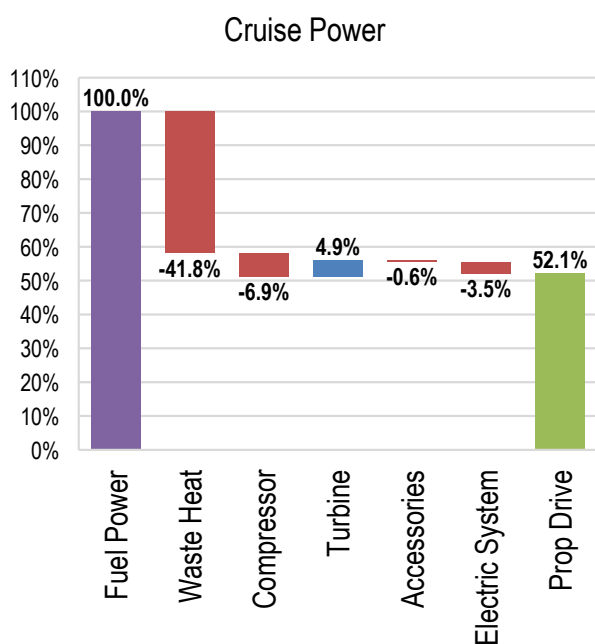
2024年度までの研究にて、燃料電池スタック・空気供給システム・熱管理システム・電動駆動システムから構成される燃料電池システムモデルを構築して性能シミュレーション計算を行い、その結果を用いて座席数70席級のプロペラ機の機体構成検討を実施、現行タービン機と同等の性能を有し、地域間短距離航空路線網の全域をカバーする可能性が示されました。

加えて、機体構成検討に加え、燃料製造から消費までを含めたライフサイクル分析を行い、現行タービン機に比して大幅に二酸化炭素排出量を削減することによりカーボンニュートラルへの移行に貢献する可能性が示されました。

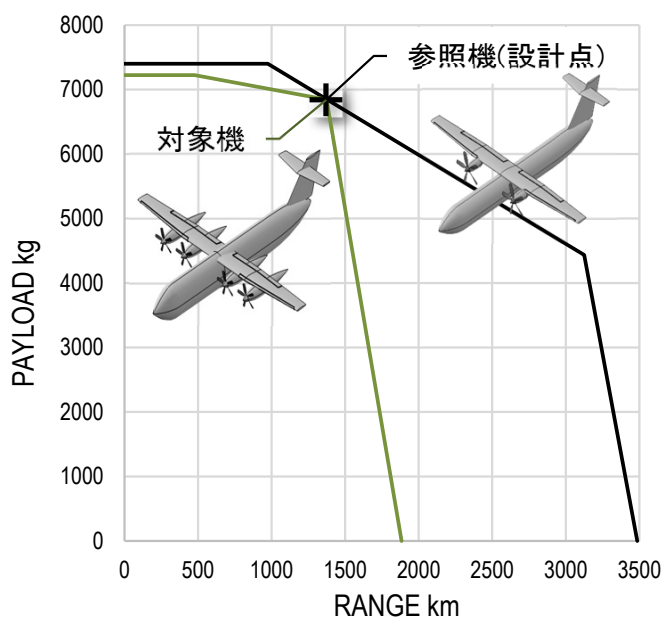
2025年度は、液体水素燃料の貯蔵から供給までのシステムモデルを構築して、燃料電池システムモデルと組み合わせることで、構成機器作動の高温化や放熱機構の縮小等による熱管理システムの高度化を図ります。これらの結果を機体全体システム検討に織り込んで、フィージビリティスタディーとして取りまとめます。

研究開発の実施体制

Boeing Japan株式会社
(再委託先)
国立大学法人 九州大学
国立大学法人 東海国立大学機構名古屋大学



燃料電池システム 巡航点での性能分析



モーターの超高回転化による自動車用電動駆動システムの省資源化

Resource saving of electric drive system for automobiles by ultra-high rotation of e-motor

研究開発の目的

モーターを超高回転化することで小型化を実現し、レアアース等高機能材料の省資源化と製造時CO₂排出量を低減して環境車の普及に繋がります。

研究開発の背景、将来展望

2050年カーボンニュートラル実現のためには環境車の普及が必須です。今後、電動駆動システムを搭載する環境車の台数は急激な増加が予測されており、それに伴ってモーター製造に必要な材料資源の不足と製造時CO₂の増加が予想されます。これら課題を同時に解決する為の主要な手段がモーターの小型化です。モーターの超高回転化を研究することで、出力を維持しつつモーターの小型化を実現させます。

研究開発項目

1. 超高回転モーターにおける出力密度と効率の向上
2. 超高回転を実現する制御技術の開発
3. 超高回転域における各エネルギー損失推定精度の向上
4. 超高回転域での信頼性課題となる振動と電食への対応技術開発
5. 超高回転システム構築と実機での検証

研究開発の内容、目標成果

モーターの超高回転化(5万rpm超=現状実力の約3倍、出力密度10kW/kg 以上)により、モーター構成材料の省資源化と製造時CO₂排出量の低減(いずれも現状比で約50%以上)を目指します。

超高回転化実現にあたっては、回転体の支持構造、冷却や潤滑機構、振動対策、磁気設計の研究に加えて、高速スイッチング等の新制御に関する基本原理、現象の発見、確認を進め、車両搭載を想定した電動駆動システムの構築と実機検証を実施します。

モーターの小型化を実現することで、材料資源不足へのリスク対応や環境改善に貢献します。

研究開発の実施体制

自動車用動力伝達技術研究組合

(再委託先) 国立大学法人名古屋工業大学

(再委託先) 学校法人東京電機大学

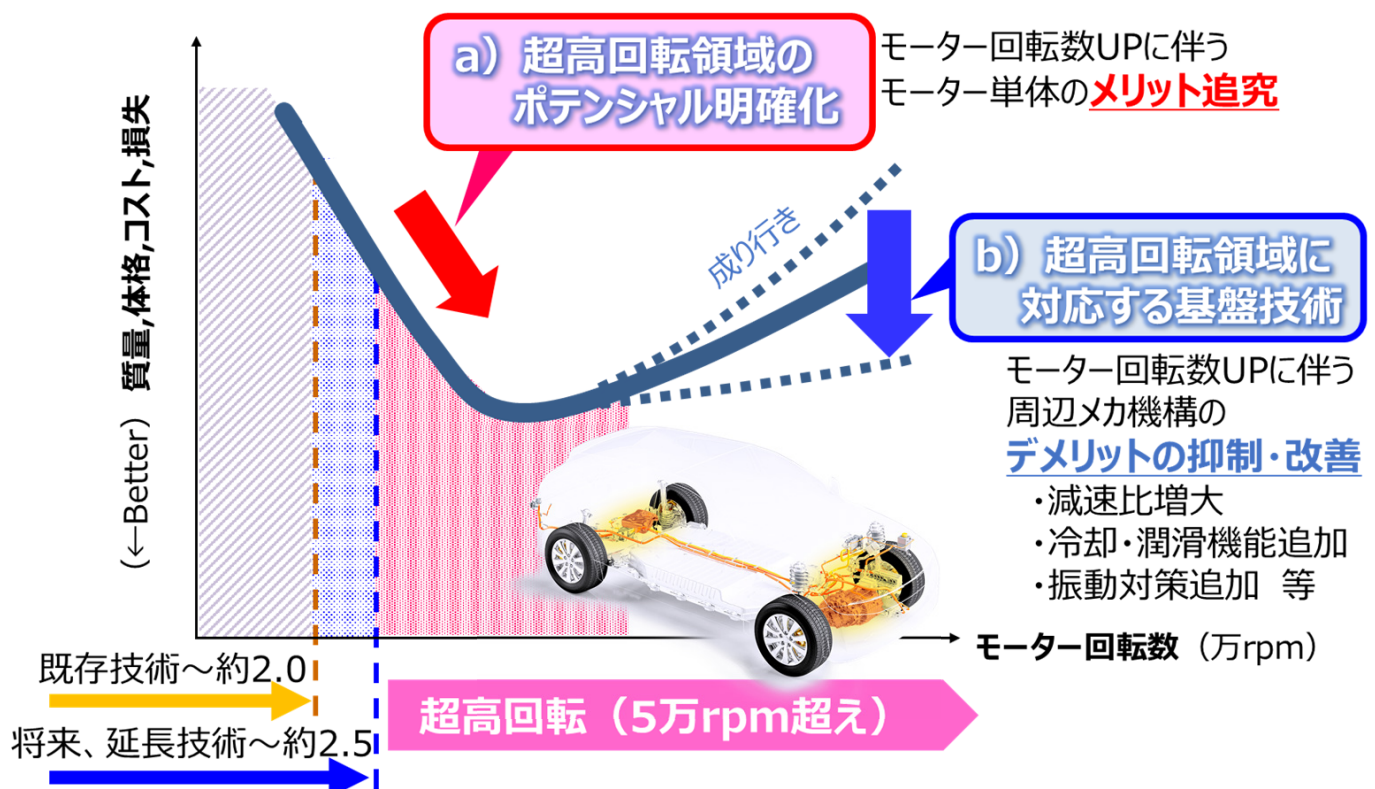
(再委託先) 国立大学法人千葉大学

(再委託先) 国立大学法人岡山大学

(再委託先) 国立大学法人横浜国立大学

(再委託先) 学校法人東京理科大学

(再委託先) 学校法人北海道科学大学



■モーター単体だけでなく **電動駆動システム**の基盤研究を**産学連携**で推進

リサイクル炭素繊維の連続化技術および航空機適用技術の研究

Continuous recycled carbon fiber and aircraft application technology

研究開発の目的

不連続・不均一なリサイクル炭素繊維を、連続で均一な繊維として再生する技術を開発し、航空機構造および内装部材への適用可能な中間基材および適用技術の研究開発を行います。

研究開発の背景、将来展望

2030年代後半から全複合材旅客機B787、A350の退役が始まり、高付加価値な炭素繊維強化複合材(CFRP)の廃材が急増し、その再生利活用技術の構築が喫緊の課題となっています。

高い強度特性と信頼性が求められる航空機材料として使える技術確立し、次世代航空機の水平リサイクル技術と環境負荷低減を実現します。

研究開発項目

1. リサイクル方向CF再生技術の研究
2. リサイクル方向CF中間基材化技術の研究
3. リサイクル方向CF中間基材を用いた航空機構造部材の設計および製造プロセスの研究
4. リサイクル方向CF中間基材および不連続リサイクルCFを用いた航空機内装部材の設計および製造プロセスの研究

研究開発の内容、目標成果

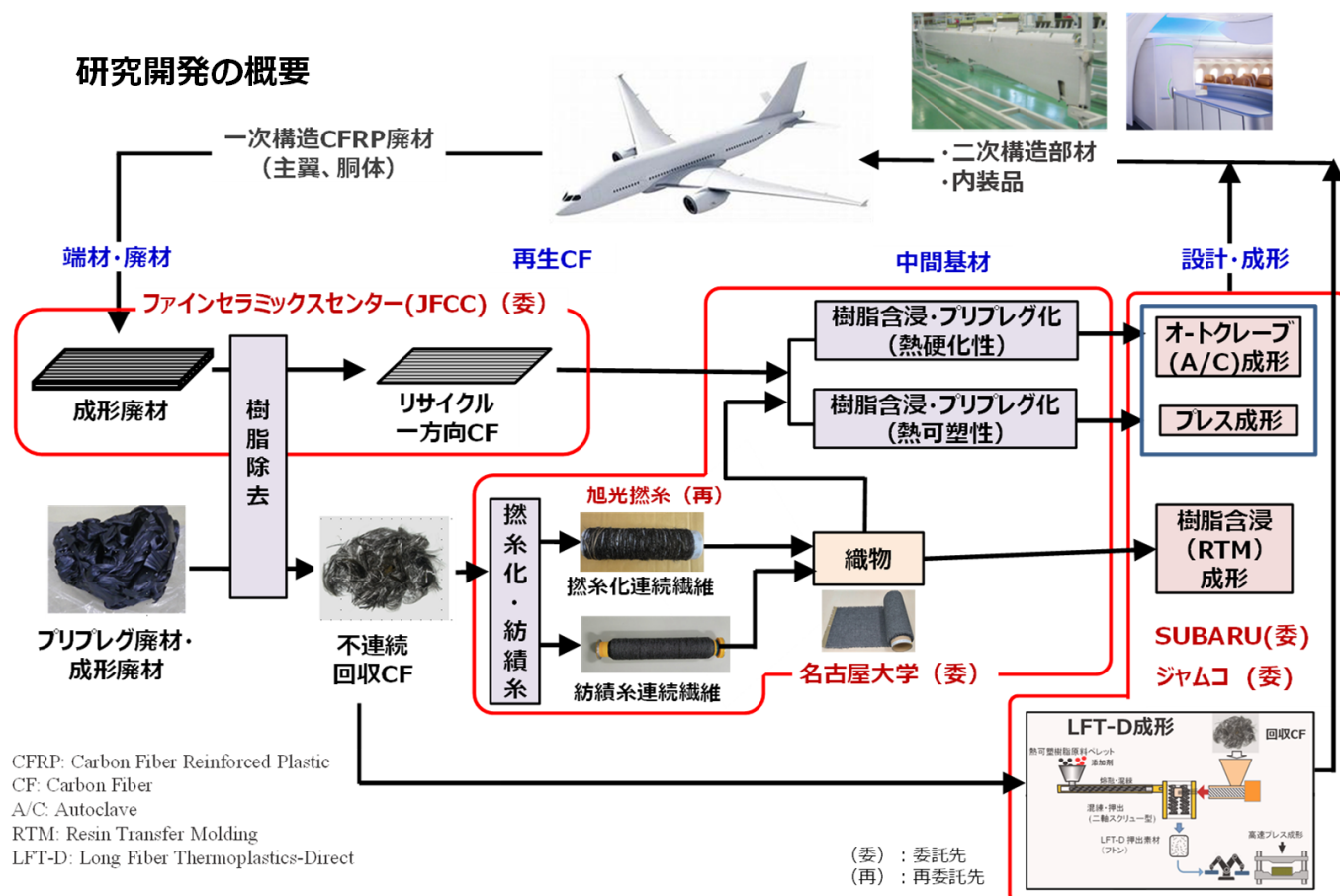
連続繊維回収法としてはケミカルリサイクル法がありますが、大型有限長の航空機CFRP成形廃材からの連続繊維再生には困難を伴います。この解決技術として、本研究では電磁的エネルギーを用いて、高効率にかつ有限長の連続繊維(リサイクル方向CF)の形で再生する技術を開発します。

また、このリサイクル方向CFを用いて、航空機部材成形用のプリプレグ化および燃糸化による中間基材技術を開発し、世界に先駆けて航空機用の水平リサイクルCF材の開発に取り組みます。さらに航空機構造および内装部材への適用研究を行い、次段階で想定している実証研究への展開を念頭においた開発技術の有効性評価を行います。

研究開発の実施体制

国立大学法人東海国立大学機構
一般財団法人ファインセラミックスセンター
株式会社SUBARU
株式会社ジャムコ
(再委託先) 旭光燃糸株式会社

研究開発の概要



アンモニアから直接水素を製造できる貴金属フリー膜反応器の開発

Precious-metal-free membrane reactor for direct hydrogen production from ammonia

研究開発の目的

アンモニアから直接かつ高効率に水素を分離・精製する膜反応器の開発を目指します。

研究開発の背景、将来展望

脱炭素燃料として期待されるアンモニアは、水素キャリアとしての期待も高く、アンモニアから効率よく水素を製造可能な新技術の創出が望まれています。競合技術として、①アンモニアを触媒により水素と窒素に分解後、吸着法により水素を分離する方法、または②分解触媒と水素分離膜を一体化し、一段階で水素を得る膜反応器(メンブレンリアクタ)法、が挙げられます。しかし、前者は多段プロセス、後者は分離膜に希少で高価な貴金属を使用しています。そのため、分解/分離の一体化と貴金属不使用を両立した、高効率、資源リスクフリー、かつ低コストなアンモニアからの水素製造技術が期待されています。

研究開発項目

1. ラボスケール・メンブレンリアクタの試作・評価
2. ベンチスケール・メンブレンリアクタの設計・試作・実証試験
3. 新規アンモニア分解触媒の開発
4. 既存ニッケル触媒によるアンモニア分解水素製造試験
5. 新規ニッケル触媒によるアンモニア分解水素製造試験

研究開発の内容、目標成果

アンモニアから水素のみを直接分離・精製するために、ニッケル系アンモニア分解触媒とバナジウム系水素分離合金膜とを組み合わせた貴金属フリーメンブレンリアクタを開発します。メンブレンリアクタでは、触媒がアンモニアを水素と窒素とに分解すると、直ちに合金膜が水素のみを選択的に分離・精製します。アンモニアから超高純度水素が直接得られるだけでなく、触媒上から水素が取り除かれることによってアンモニア分解反応が促進されます。この仕組みを利用して触媒性能の向上を図ることで、ルテニウムやパラジウムなどの希少で高価な貴金属を使用しないメンブレンリアクタの開発を目指します。開発された新技術は燃焼や発電用途をはじめ、半導体や化成品の製造プロセスなど、多分野における水素・アンモニアの利活用を促進させ、カーボンニュートラルの実現に貢献します。

研究開発の実施体制

独立行政法人国立高等専門学校機構
 鈴鹿工業高等専門学校
 太陽鋳工株式会社
 国立大学法人山梨大学

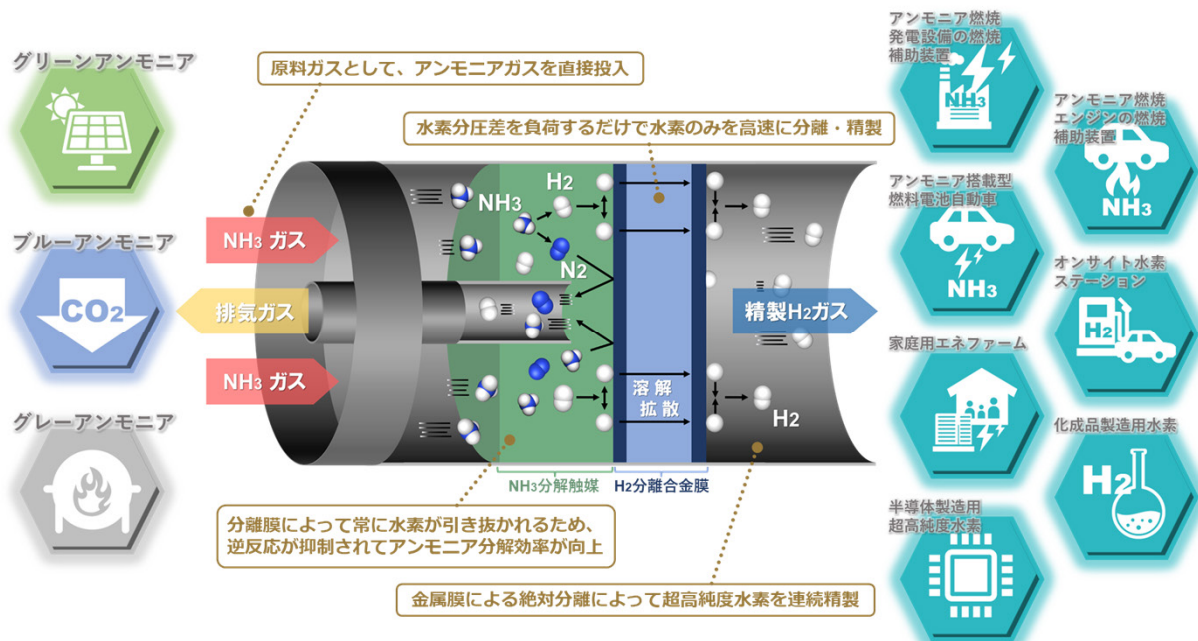


図 アンモニア分解触媒と水素分離合金膜とを組み合わせたメンブレンリアクタの模式図

鉄スクラップ由来のトランプ元素影響軽減技術に関する研究開発

Technology reducing the effect of tramp elements from iron scrap

研究開発の目的

本事業では、鉄スクラップ由来のトランプ元素であるCu、Sn等による赤熱脆性に着目し、この影響の軽減を目指します。

研究開発の背景、将来展望

日本では、カーボンニュートラルの観点から、鉄スクラップを原料とする電炉プロセスが注目されています。しかし電炉法では、原料の鉄スクラップに分離が困難なトランプ元素が不純物として混入しているため、国際競争力のある高級鋼材を製造するには限界があります。このため、トランプ元素による悪影響を抑制するための技術開発が求められています。

トランプ元素であるCu、Sn等による赤熱脆性への影響の軽減技術は、電炉法での高級鋼材の製造を加速化し、鉄鋼業でのCO₂削減に貢献します。

研究開発項目

1. 赤熱脆性抑制鋼の製造に向けた最適条件実証
2. 地鉄での低融点金属挙動の研究
3. 3DAP、FE-EPMAによる粒界近傍の濃化現象の研究
4. Cu液相スケール排出機構の研究
5. 地鉄スケール界面近傍での割れ現象の研究

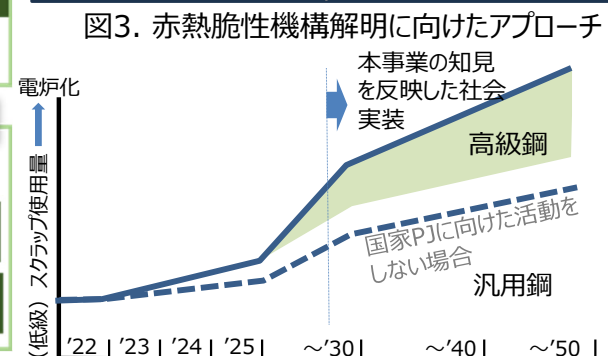
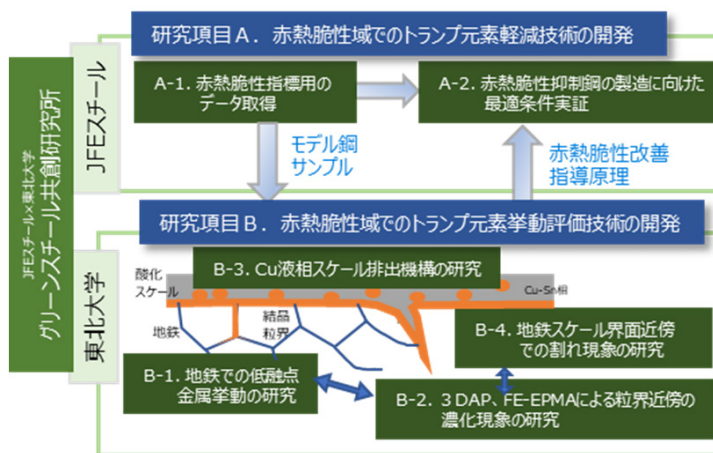
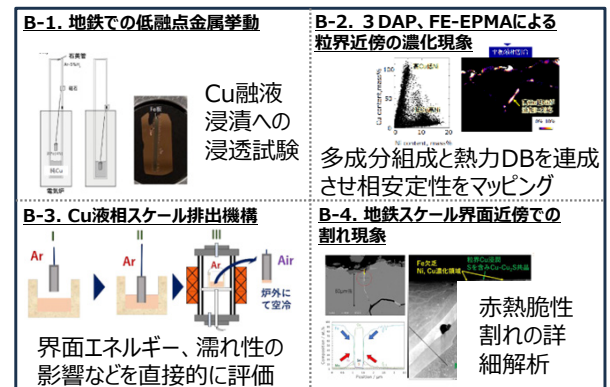
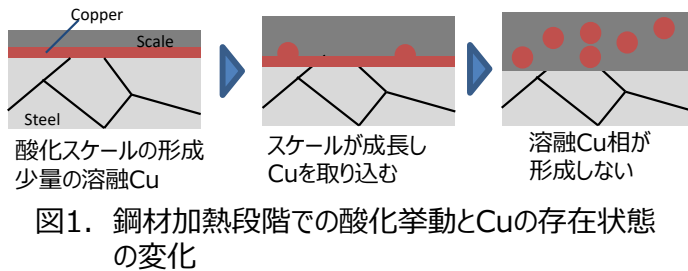
研究開発の内容、目標成果

東北大学は、赤熱脆性域でのトランプ元素の挙動評価技術を開発し、地鉄表面割れ機構に関する知見等に基づいて、トランプ元素の影響を軽減するための改善策を導出します。24年度は、赤熱脆性の機構解明のため、各種評価手法からのアプローチを行いました。

JFEスチールは、熱間圧延における地鉄表面割れの程度を定量化する赤熱脆性指標を確立し、東北大学が得た知見と共に材料データベースを構築します。これにより、赤熱脆性による地鉄表面割れを抑制した鋼材を製造するための最適条件を導出します。24年度も東北大学で評価するためのモデル鋼を作製し、赤熱脆性指標評価のためのデータを積み上げました。最終目標としては、赤熱脆性指標を基準に、本研究開発前に対して20%の改善を目指します。

研究開発の実施体制

JFEスチール株式会社
国立大学法人東北大学



複雑地形上におけるドップラーライダーによる乱流計測の国際共同研究開発

Turbulence Measurement over Complex Terrain using Doppler Lidars

研究開発の目的

高解像度の数値流体解析を用いてライダーによる乱流強度の計測誤差の原因を明らかにし、複雑地形上において、ドップラーライダーによる高精度な乱流計測手法の確立を目的とします。

研究開発の背景、将来展望

風力発電所の設計や運用の観点から、ドップラーライダーにより複雑地形上の乱流強度を高精度に計測することが求められています。複雑地形上でドップラーライダーにより計測された平均風速の補正を行う手法は提案されていますが、乱流強度についてはそのような手法はまだ提案されていません。複雑地形上の乱流計測がドップラーライダーによって可能となった場合、風況観測マストが不要となるのに加え、高高度までの乱流計測が可能になることから、より合理的な風力発電設備の設計および寿命予測が可能になることが期待されます。

本研究開発事業終了後、鉛直ドップラーライダーによる風速計測の国際標準 IEC61400-50シリーズに提案することを想定しており、国際基準として採用されることが社会実装の一つのマイルストーンとなります。

研究開発項目

- 研究項目A 大気境界層の数値解析
- 研究項目B 統計的乱流発生手法の比較と検証
- 研究項目C パルス式ライダーを対象とした補正モデルの構築と実観測データを用いた検証
- 研究項目D 連続式ライダーを対象とした補正モデルの構築と実観測データを用いた検証
- 研究項目E 統計的乱流モデルの改良

研究開発の内容、目標成果

ラーゼエディシミュレーション(LES)による平坦地形及び複雑地形上の大気境界層の解像度1m~10m程度の数値流体解析を行い、実観測データと風洞実験結果を用いて検証します。この解析によりライダーのシミュレーションに必要な乱流風速場が作成されるとともに、ライダーによる乱流計測の誤差の要因となる乱流の時空間相関項についての分析が可能になります。

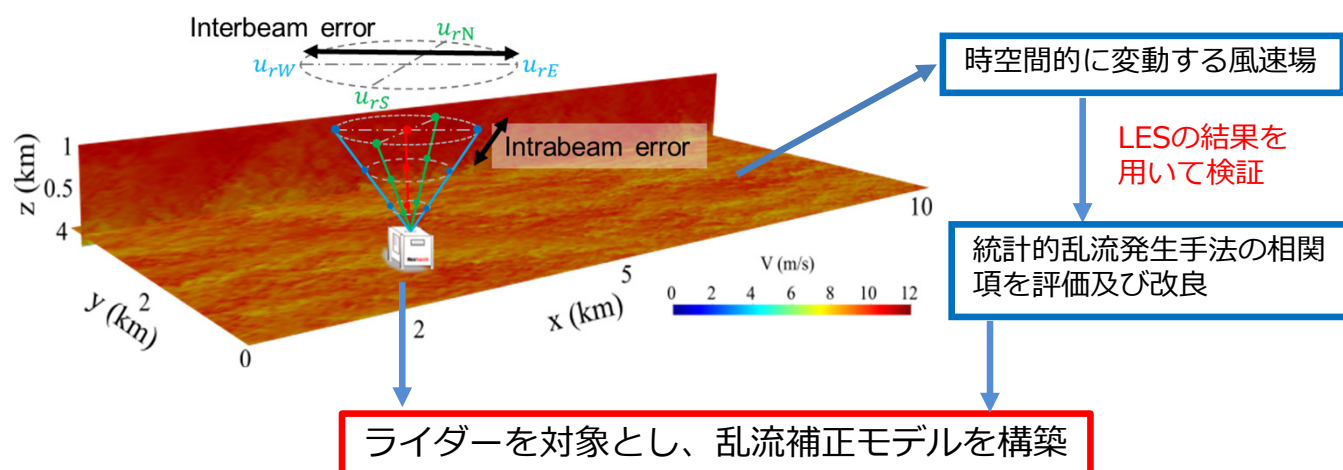
複数の統計的乱流発生手法を用いて、ドップラーライダーにより計測された乱れの補正に必要な相関項を評価し、相互比較します。評価及び比較した成果の妥当性は、LESの結果を用いて検証します。

パルス式ライダーを対象とし、平坦地形および複雑地形における乱流補正モデルを構築し、最低2サイトの実観測データを用いて構築したモデルによって算出した乱流強度の精度について検証を行います。

連続式ライダーを対象に平坦地形および複雑地形における乱流補正モデルを構築し、実観測データを用いて検証します。

研究開発の実施体制

学校法人足利大学
学校法人近畿大学
(海外共同研究先)
デンマーク工科大学



ユビキタス元素レドックスフロー電池の国際共同研究開発

Redox Flow Batteries Using Ubiquitous Elements

研究開発の目的

大規模かつ長時間の電力貯蔵に大きな期待が持たれるレドックスフロー電池(RFB)の飛躍的な性能向上のため、ユビキタス元素を用いた新規活物質と高効率システムを開発します。

研究開発の背景、将来展望

ゼロエミッション社会の構築のためには、太陽光や風力等の再生可能エネルギーのベース電源化が必須であり、長期エネルギー貯蔵技術(Long Duration Energy Storage: LDES)の開発が必要です。RFBは、低コスト・長期運用可能・大規模な電力貯蔵が可能であると共に、溶媒に水を用いる水系RFBは不燃性であり、安全性の高い二次電池です。経済安全保障の観点からも、低コストで資源制約の無いユビキタス元素から構成されるRFBは重要であり、高性能RFBの開発は、再生可能エネルギーを主力電源とする低炭素社会の構築に貢献します。

研究開発項目

1. 活物質の集積化・複合化による高性能電解液の開発
2. 分子・対イオンの多成分化による高性能電解液の開発
3. 電子状態・水和構造解析に基づく材料設計指針の立案
4. RFBの電解液輸送物性・電極多孔構造の評価と輸送現象の解明

研究開発の内容、目標成果

無機・有機活物質の双方の開発を実施してきた知見を活かし、ユビキタス元素から構成される活物質として、有機活物質の開発に加えて、金属の利点を取り込んだ金属-有機複合体の開発も行います。国際共同研究開発として、スウェーデン MAX IV 研究所との最先端放射光実験の実施と、第一原理分子動力学計算を用いた解析により、理論に基づいた材料開発の設計指針の確立を目指します。さらには、RFB性能にとって重要な多孔質電極中を流れる電解液の輸送現象と電気化学反応を化学工学的に解析することで、材料研究とシステム研究を同時に推進し、30Wh/Lの優れたエネルギー密度と耐久性を有する新規RFBシステムの基盤技術を構築します。

本研究を通じた高性能RFBの普及によって、再生可能エネルギーの導入量を増加させることで、2040年以降の市場拡大への貢献と低炭素社会の実現を目指します。

研究開発の実施体制

国立研究開発法人産業技術総合研究所

(再委託先)

学校法人早稲田大学

学校法人明治大学

レドックスフロー電池による系統への再エネ導入の促進



非金属系蓄電物質を用いた系統用次世代レドックスフロー電池に関する 国際共同研究開発

Next-Generation Grid-Ready Redox Flow Battery Using Nonmetallic Charge Storage Materials

研究開発の目的

本研究は、有機高分子による電荷・イオンの高速移動と高密度蓄積に関わる双安定性の概念を追究し、革新的な有機レドックスフロー電池 (RFB) の電解液を創出することを目的とします。

研究開発の背景、将来展望

本研究で開発される有機RFB電解液を用いて、金属資源に依らない革新的な非金属系蓄電物質を展開し、大容量かつ環境合致の全有機RFBを実現します。低環境負荷で無毒かつ廃棄・交換容易な中性水系電解液を用いることで、電極・セル・タンク材料の耐酸性が不要になるため、大規模化のスケールメリットと併せ、<5千円/kWhの低コスト化が可能となります。

将来的には、温室効果ガス的大幅削減に向けて、2050年における再生可能エネルギーの主力電源化を担う調整力を備えた系統用次世代RFB電池を開発し、1000万ton/年のCO₂排出削減に貢献します。

研究開発項目

- 制御されたレドックス電位で電荷授受する双安定な有機電子交換席の創出
- 双安定性ある電子交換席を置換した有機レドックス高分子からなる活物質の開拓と、水を溶媒または分散媒としたRFBの蓄電機構の解明
- 大容量かつ充・放電の繰返しサイクル特性を示す全有機RFBの実現

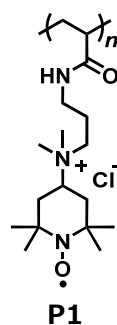
研究開発の内容、目標成果

項目A：高密度TEMPO含有ポリマーを起点に、ビオロゲン系なども含め、2電子反応を示すキノイド類の実例を拡張します。次に、これらのレドックス席を非共役系高分子に組み込み、充放電に繰返し耐えられるロバスト性や、多孔膜で隔てられた正・負極電解液を長期間維持できる物質移動特性を付与します。

項目B：双安定な有機レドックス活性種を繰返し単位当りに置換した非共役系ポリマーでは、自己交換反応が効率良く生起することを定量的に示します。ポリマーならではの微粒子形成能(粒径をナノレベルで制御可)を活用し、拡散電流が分散微粒子全体の高速充放電につながることを明らかにします。

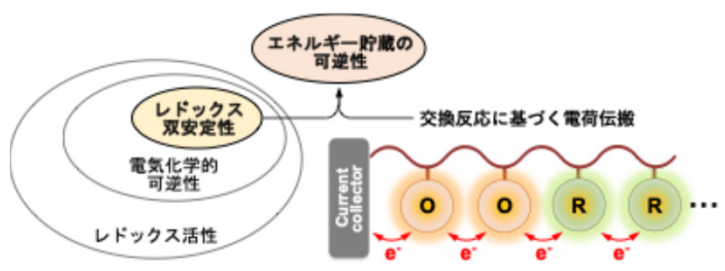
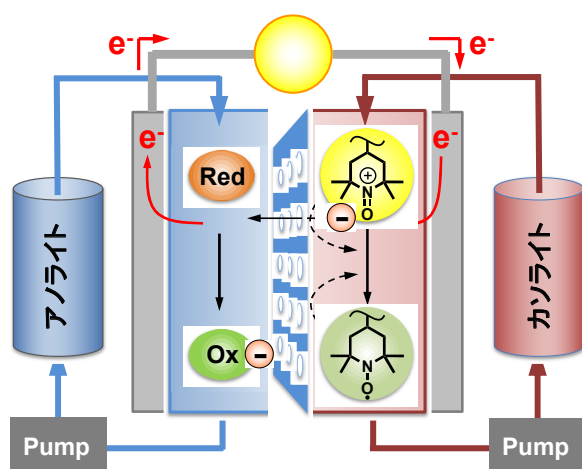
項目C：活物質と多孔質セパレータを組み合わせ、系統用大容量蓄電を担う潜在力ある非金属・全有機RFBを具体化します。エネルギー密度300 Wh/kg以上を有機物で実現し、劣化なく10⁴回以上の充放電を達成します。

本研究で新たに開発した高分子 P1 は、有機系電解液として画期的な20 Ah/Lの高容量で充放電することを既に明らかにしており、更なる大容量化への手応えを掴んでいます。



研究開発の実施体制

学校法人早稲田大学
(海外共同研究先)
スペイン・IMDEAエネルギー研究所



- **双安定性**：レドックス活性の上位概念
- 双安定な有機材料（物体・モノ）で交換反応が連続生起すると、可逆・高密度蓄電が発現

本研究開発が目指す将来像：双安定性もつレドックス高分子の溶液・ナノ粒子コロイド分散液をフロー活物質として用いた非金属・全有機RFB

使用済みリチウム二次電池パックの劣化診断技術に関する国際共同研究開発

Diagnostic Technology for Degradation of Used Lithium-Ion Battery Packs

研究開発の目的

電気自動車の電池パックを車載状態で診断し、適正な再利用・再資源化を可能にする劣化診断技術を開発します。

研究開発の背景、将来展望

2040年には、日本国内だけでも毎年200万個以上の車載用電池パックが使用済みとなると予測されており、蓄電池需要の急増に対応するためには、使用済み電池の状態を正確に評価できる信頼性の高い診断技術が不可欠とされています。特に、電池のリユースやリサイクル、あるいは廃棄の判断を支えるグレーディング技術の確立が求められています。本研究は、車載状態のまま劣化診断を可能とする新技術確立し、持続可能な電池資源循環と2040年以降の電池安全利用社会の実現に貢献することを目的とします。

研究開発項目

1. 矩形波インピーダンス法による蓄電池セル/モジュール/パックの電池状態測定技術開発
2. 車載、モデルLIB等の劣化試験と状態測定
3. 科学的根拠に基づく劣化解析とSOH診断
4. カルマンフィルタ・AIによる劣化予測

研究開発の内容、目標成果

実機LIBセルおよびモデルセルを用いた加速劣化試験と充放電データ解析により、電池劣化の挙動を可視化し、科学的根拠に基づくSOH診断技術の構築を進めます。あわせて、矩形波インピーダンス法を活用し、車載状態のまま電池パックの内部状態を非破壊で測定できる診断機器および手法を開発します。これにより、セルレベルとパックレベルの劣化の相関を明らかにし、パック単位でも高精度な診断を可能にします。本研究により、履歴情報が不明な中古電池であっても、短時間かつ高精度なSOH診断を実現できる測定技術とシステムの確立が期待されます。

これらの成果は、EVの普及によって増加する使用済み蓄電池の適正なリユース/リサイクル判断を可能にし、持続可能な資源循環と脱炭素社会の構築に貢献します。

研究開発の実施体制

東海国立大学機構名古屋大学
国立大学法人京都大学
一般財団法人電力中央研究所
学校法人立命館
(共同実施先) 株式会社電知
(共同実施先) 株式会社アプデエナジー
(海外共同研究先、台湾) 国立清華大學

矩形波インピーダンス法を用いた 車載電池パック診断模式図



ローカル水素供給を実現するアンモニア分解システムに関する国際共同研究開発

Ammonia decomposition systems toward the realization of on-site hydrogen supply

研究開発の目的

革新的アンモニア分解水素供給システムを実現するための、プロトン伝導セラミック電気化学リアクターを開発します。

研究開発の背景、将来展望

アンモニアは輸送・貯蔵性に優れた水素エネルギーキャリアであり、普及に向けてオンサイトに設置できる小型で低コストなアンモニア-水素変換システムが必要です。本研究では、アンモニア-水素変換システムとして、プロトン伝導セラミック電気化学リアクター (PCER: Protonic Ceramic Electrochemical Reactor) を開発します。将来的にアンモニアを輸入後、大規模な火力発電所での利用に加え、各地域にアンモニアを輸送し、アンモニアをオンサイトで貯蔵した後、PCERを用いてその場で水素に変換して利用することが可能となり、カーボンニュートラルの実現に貢献します。

研究開発項目

1. PCER用アンモニア分解電極触媒の開発
2. PCERセルの高性能化と大面積化
3. アンモニア-水素変換の実証
4. PCERセル/システムの数値モデル解析手法の開発

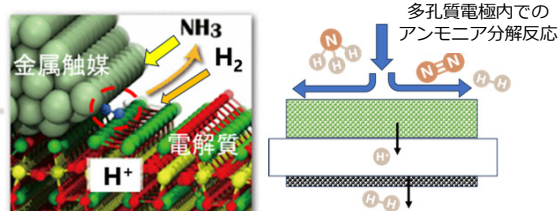
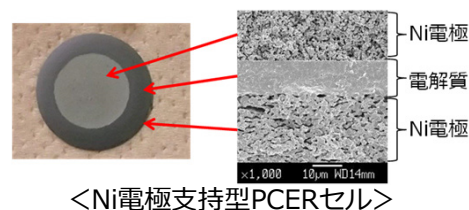
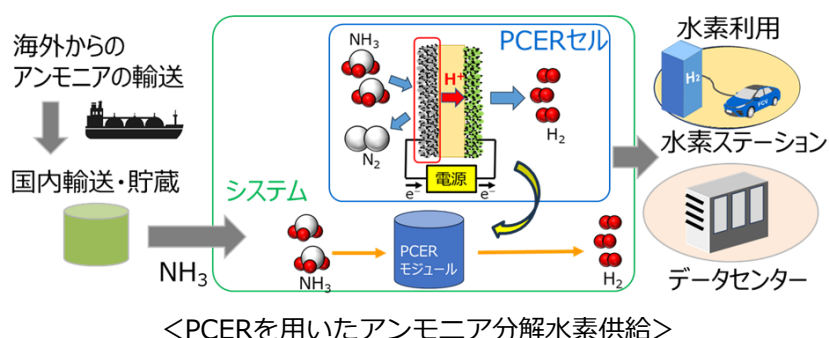
研究開発の内容、目標成果

PCERを用いて、①アンモニア分解反応、②水素分離、③水素昇圧の3プロセスを1ステップで行うことで「高効率・小型化・低コスト化」を実現します。そのために、アンモニア分解電極触媒の開発、PCERセルの開発と実証、アンモニア分解システムの数値モデル解析に取り組みます。PCER技術の実現のためには、材料、プロセス、アンモニア利用等多くの技術課題があり、先行する海外の研究機関(EIFER・KIT、ドイツ)の知識と経験を活用することで研究開発を効率的かつ円滑に進めることができます。

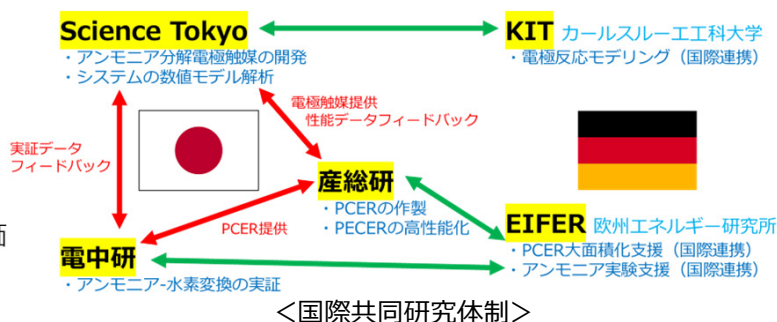
最終目標としては、電極面積20 cm²のPCERを用いて、アンモニア分解効率99%以上・純度99%以上の水素分離・0.2 MPaへの昇圧の実現を目指します。

研究開発の実施体制

国立大学法人東京科学大学
 国立研究開発法人産業技術総合研究所
 一般財団法人電力中央研究所
 (海外共同研究先)
 欧州エネルギー研究所
 (European Institute for Energy Research, EIFER)
 (再委託先)
 カールスルーエ工科大学
 (Karlsruhe Institute of Technology, KIT)



<電極材料・構造、速度論解析、反応機構の評価
 (金属触媒と吸着種(N, H, N_xH_y)の相互作用と気相輸送特性)>



革新的固体電解質セルを用いる中温水蒸気電解の国際共同研究開発

Intermediate temperature steam electrolyzer using innovative solid oxide cells

研究開発の目的

本研究では500℃で優れた電解特性とファラデー効率を有するセルの開発を目的に、酸素イオンとプロトン伝導膜からなるダブルデッカーセルを国際共同研究で開発します。

研究開発の背景、将来展望

現在、地球温暖化の抑制から再生可能エネルギーを効率よく水素へ蓄エネルギーし、必要な時に電力として回生できるデバイスの開発が望まれています。本研究では中温域で、優れた性能を有する電解セルを、湿式法を用いて作成し、安価な水素の製造を実現します。

このような水素を用いる蓄エネルギーデバイスは、1日以上以上の長期な貯蔵、または大型の設備では電池より安価になることが期待されており、新しい再生可能エネルギーの平準化法として新規産業の創出が期待できます。

研究開発項目

1. LaGaO₃薄膜の湿式法による成膜技術の開発
2. 高性能BZCYプロトン伝導性薄膜セルの作製
3. Double Deckerセルの作製と高性能化
4. 中間電極の最適化

研究開発の内容、目標成果

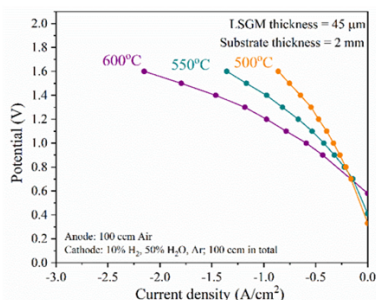
高温水蒸気電解では長期的な安定性が課題で実用的なセルの開発が世界のレベルで取り組まれています。本研究では500℃前後の中温でも優れた電解特性を達成する高酸素イオン伝導体のLaGaO₃系酸化物を、電解時のクーロン効率の低下という課題がありますが、中温域で、優れた電導度を示す酸化物フルトン伝導体膜と組み合わせたダブルデッカー型セルを用いて、国際連携と国内企業連携で創出します。

目標として、革新的なDouble Decker Cellの作製と最適化、作動温度500℃、1.5Vで1A/cm²以上の電解電流の達成、作動時間5000時間を見通せる安定性、劣化率1%/1000時間以下、小型組セルの試作、クーロン効率90%以上の達成を目指します。

研究開発の実施体制

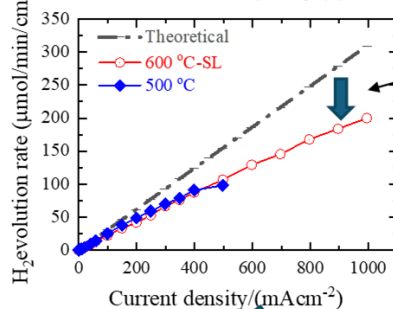
国立大学法人九州大学
ノリタケ株式会社
(海外共同研究先)
Imperial College London, Paul Scherrer Institute, Forschungszentrum Jülich

酸素イオン伝導体セル



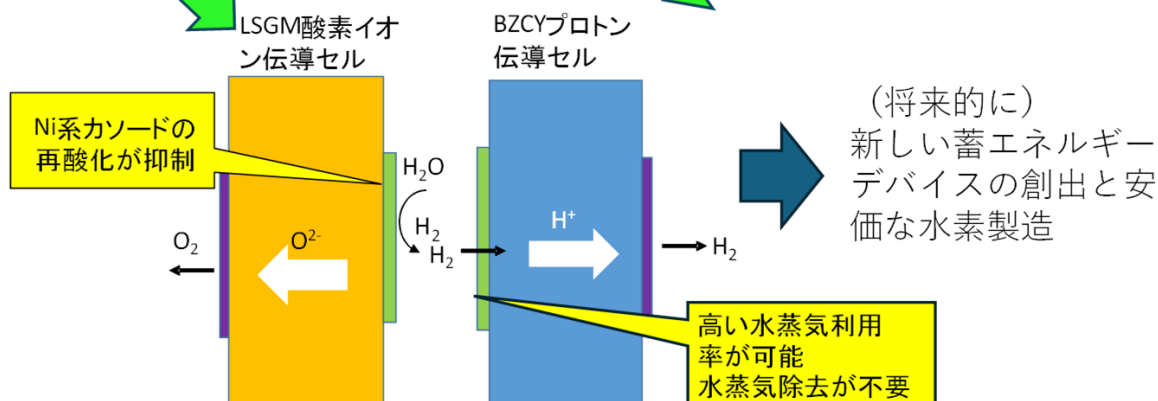
燃料極の酸化による劣化

プロトン伝導体セル



高酸素分圧下でのホール伝導による電子リーク

両者の課題を解決でき、水蒸気利用率を向上できる可能性がある。



提案するダブルデッカー型セルのイメージ

過酷条件でのアンモニア吸蔵・放出評価に関する国際共同研究開発

Evaluation Methods for Ammonia Adsorption and Desorption Under Extreme Conditions

研究開発の目的

本事業ではアンモニア用吸着剤を実際に産業プロセスに組み込む際の評価方法の国際標準を提案します。

研究開発の背景、将来展望

アンモニアの合成・分解プロセスではアンモニアを水素などその他の分子と分離しますが、その分離に吸着剤を用いることが検討されています。しかし、吸着剤の評価方法の報告や指針は世界的に存在しません。本事業では産業技術総合研究所(産総研)とドイツブラウンフォーファー研究機構(Fh-ISE)が同一のアンモニア吸着剤を用いて吸着特性評価を行い、両者の知見を併せて、世界的に標準となるアンモニア吸着材の評価方法を提案することを目的としています。

研究開発項目

- A. 過酷条件でのアンモニア吸着・吸収/脱離特性評価法確立検証
 - A-1. 高圧・広温度範囲条件での特性評価法の策定
 - A-2. 加圧・高 SV 条件での特性評価
- B. 吸着・吸収材開発
- C. プロセスの全体効率とエンジニアリングの検討

研究開発の内容、目標成果

研究開発項目A-1: $\text{MgCl}_2 \cdot \text{CaCl}_2$ ならびにH-ZSM-5、炭素材料等を用いて高圧下で産総研とFh-ISEでアンモニア吸着を測定した結果から、一般的な評価手順に落とし込んだ手順書原案を作成します。

研究開発項目A-2: H-ZSM-5など各種ゼオライトを用いて、想定ガス組成: NH_3 、500-2000ppm、他 H_2/N_2 体積比=3などでの産総研とFh-ISEのアンモニア吸着測定結果から、一般的な評価手順に落とし込んだ手順書原案を作成します。

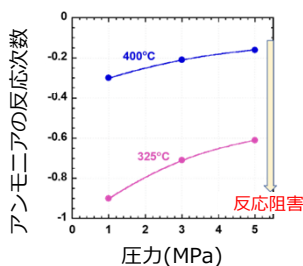
研究開発項目B: 従来のアンモニア吸着材料(H-ZSM-5等)と比較し、 NH_3 吸蔵量、吸蔵放出時の状態変化、反応熱等の観点で優れた材料を探索するため、金属ハライド類、ボロハイドライド類或いはそれらの複合した材料等の特性評価を行います。

研究開発項目C: アンモニアクラッキングプロセスについて、プロセス・システム全体のエネルギー効率の定量的評価に基づきながら、アンモニア吸着・吸収材の、残留アンモニア吸蔵・放出性能の要件を明確化します。

研究開発の実施体制

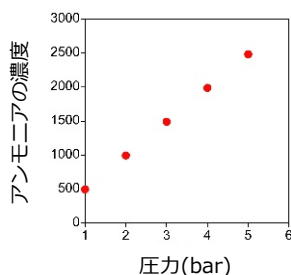
国立研究開発法人 産業技術総合研究所
(海外共同研究先)
ブラウンフォーファー研究機構(ドイツ)

アンモニア合成（高圧下）でのRu触媒のアンモニア反応次数の圧力依存



触媒を活用するためには分離器からのアンモニアスリップの低減が必要です

アンモニア分解（加圧高SV下）での残存アンモニア濃度の圧力依存



アンモニア分解後の水素ガスを利用するためには高純度化する必要があり残存アンモニアの除去が必要です



アンモニア関連のプラントに吸着剤を用いる際の「国際的な標準」を作成し提案する

高電圧を用いた固形電気空力推進システムの日米国際共同研究開発

Solid-State Electroaerodynamic Propulsion System Using High Voltage

研究開発の目的

本研究開発の目的は高電圧によって大気をイオン化し、電気的な力によって推進力を発生させる固形電気空力推進システムを開発し、小型無人航空機(ドローン)の騒音問題を解決することです。

研究開発の背景、将来展望

ドローンは機動性が高く、配送や点検、警備などの用途で広く利用されています。しかし、従来のドローンの多くは複数のプロペラを高速に回転させて推進力を生むマルチコプタと呼ばれる機構のため、風切り音による大きな騒音を避けられないため、社会受容性の低さが深刻な課題とされています。一方で、固形電気空力推進システムは可動部がなく、静音性の高いドローンを構築可能ですが、推力密度の低さが課題とされています。本研究では、推力密度を改善した固形電気空力推進システムを開発し、それらを搭載したドローンが飛び交う未来を目指します。

研究開発項目

1. ハニカム電極による高出力化
2. 高電圧切り替えによる姿勢制御
3. 実機実証

研究開発の内容、目標成果

本推進システムは電極間に高電圧を印加し、大気をイオン化させ、電気的な推進力を発生させるものです。そのため電極対を多数配置することで出力が向上します。しかしながら、電極間の距離が近い場合には電気的な干渉により、推力密度の低下を招いてしまいます。また本推進機構で姿勢制御を行うためには、制御の応答遅れを考慮した上で、高電圧が印加されている回路を遮断し、接続を適切に切り替える必要があります。本研究では、以上の要素を改善し推力密度を向上(10倍程度を目標とします)させるとともに高電圧切り替えによる姿勢制御理論を構築し、実機での実証を行います。

これまでに本研究で得られた主な成果は、以下の通りです。

- [1] H. Shibata and T. Nozaki. Physics of Plasmas 32.6 (2025).
- [2] Shibata, H. et al. Computer Physics Communications (2025), in press.

研究開発の実施体制

学校法人慶應義塾
(海外共同研究先)
マサチューセッツ工科大学(米国)



図1 本研究の概要と固形電気空力推進システムの原理

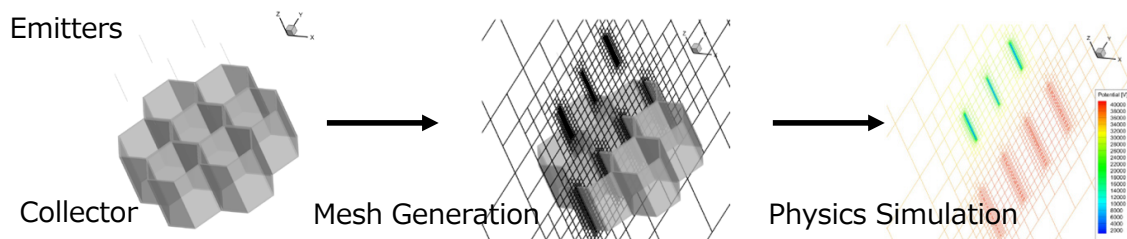


図2 高電圧通電試験を代替する、階層型直交格子法に基づくプラズマ流体シミュレーターの解析例 (ハニカム電極による高出力化)

出典: H. Shibata, S. Shimizu, and T. Nozaki, "Computer Physics Communications", vol. 315, (2025).

未利用植物由来バイオマス資源循環プロセス国際共同研究開発

Circular process for unused plant-derived biomass resources

研究開発の目的

既存の再生セルロースで不十分な材料物性とコスト課題を解決し、成形加工の高度化および多様な用途に展開可能な植物由来バイオマスのナノ複合化技術に関する研究開発を行います。

研究開発の背景、将来展望

2050年の脱炭素社会実現に向け、化石資源プラスチック社会からの脱却のための持続可能な代替手段の技術開発や普及を2040年までに達成する必要があります。持続可能な循環性と高強度・熱安定性を併せ持つ植物由来バイオマス資源の多次元成型プロセスを創出し、さらに成型過程での環境影響を最小化するためのプロセスクローズドループ化を達成します。また、廃棄衣料内の綿製品および農業廃棄物等の循環化を進め、綿花および森林資源等のバージン資源の使用抑制に貢献します。

研究開発項目

1. クローズドループ成型プロセスの開発
2. 植物由来バイオマス複合化技術開発
3. プロトタイプ試作検証
4. デジタルパスポート開発

研究開発の内容、目標成果

- ・イオン液体利用による綿製品の繊維to繊維プロセスの多次元成型プロセスへの展開と、温室効果ガス排出量・水資源使用量等の環境影響を最小化するためのクローズドループプロセス開発をドイツ側と共同して行います。
 - ・ヘミセルロース等の未活用植物由来バイオマス資源やセルロース系樹脂をナノ複合化し、新機能付与したアップサイクルバイオマスプラスチックを創製します。
 - ・プロトタイプを試作し、両国での試験実証を通じ植物由来バイオマスプラスチックの課題抽出とともにプロセス改善を行います。
 - ・原料種・成型プロセス・成型品物性・環境への影響等の情報を統合化し、情報共有化できるアプリを開発します。
- 両国での国際共同研究開発を通じ、欧州連合の規制を先導し、社会受容性の高いバイオマスプラスチックの国際標準化を含めた普及を図り、2050年の脱炭素社会達成に貢献します。

研究開発の実施体制

国立大学法人信州大学
 (再委託先) 学校法人早稲田大学
 (再委託先) 日清紡テキスタイル株式会社
 (再委託先) 株式会社クラレ
 (再委託先) 株式会社ダイセル
 学校法人同志社同志社大学



エネルギーシェアリングに向けたデータ駆動型DSR制御技術の国際共同研究開発

Data-Driven DSR Control Technology for Energy Sharing

研究開発の目的

日米エネルギービッグデータを用いて、家庭のエネルギーニーズに基づいたDSR制御技術を開発し、効率的なエネルギーシェアリングを実現することを目指します。

研究開発の背景、将来展望

2050年までにカーボンニュートラル社会を実現するためには、産業・業務・家庭・運輸など全部門で温室効果ガス(GHG)排出量を大幅に削減する必要があります。特に家庭部門は部門別でも高い削減目標が設定されているものの、生活者の多様なニーズの存在により画一的な方法ではGHG排出削減を行うことはできません。

スマートメータ普及により蓄積された、わが国の家庭エネルギービッグデータを活用することで、個々の家庭のエネルギーニーズを満たしつつエネルギー消費を削減可能なDSR(発電、蓄電、負荷機器)制御技術の開発を目指します。

研究開発項目

1. ビッグデータを活用した需給予測モデル開発
2. データ駆動型外部DSR制御スキームの開発
3. データ駆動型系統解析技術の開発

研究開発の内容、目標成果

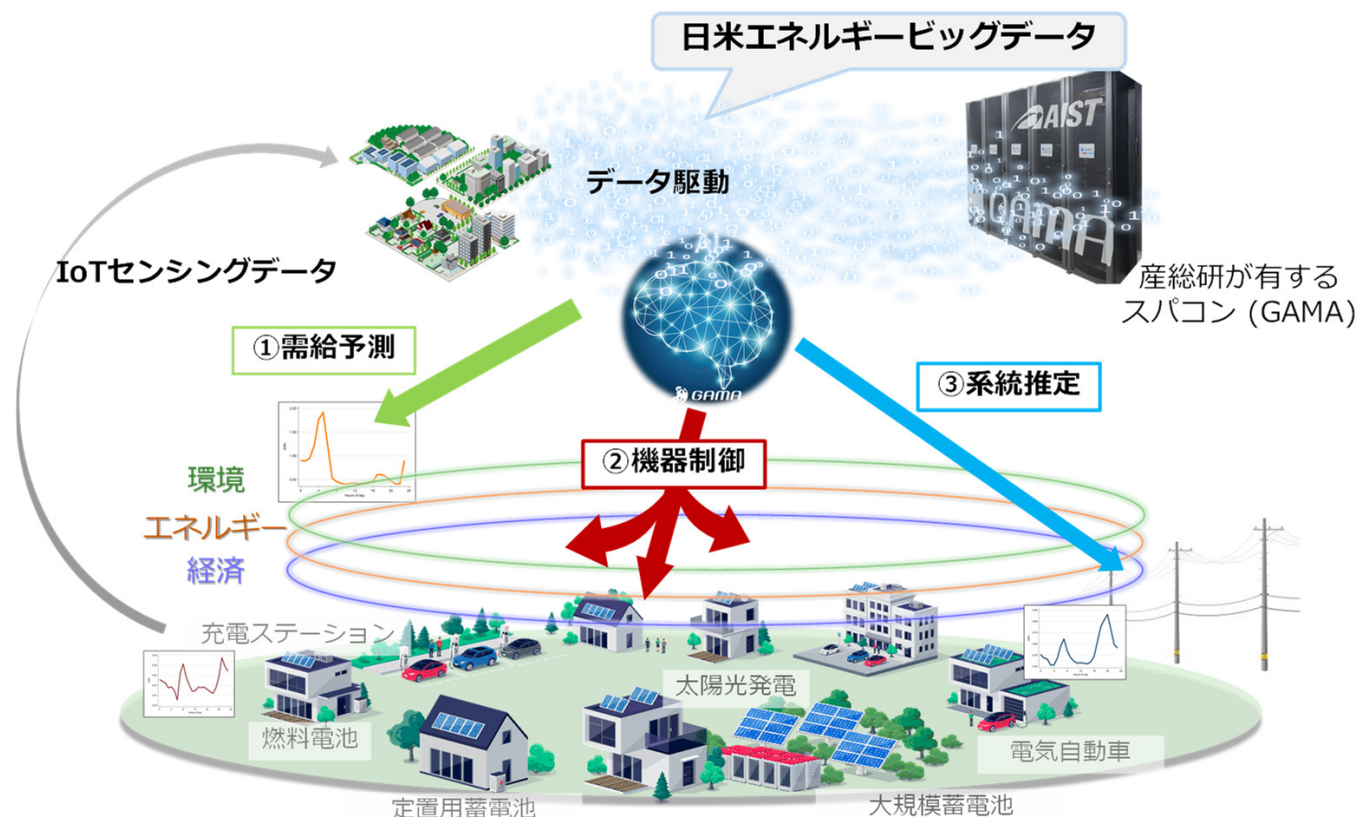
日本の家庭エネルギービッグデータとその解析知見、米国(カリフォルニア大学デービス校)のDSR制御に関する実証的知見を融合し、エネルギーシェアリングを実現するデータ駆動型家庭DSR制御技術を開発します。

本研究は以下の3点を核として実施します。

- ①**エネルギー需給予測モデル開発**: エネルギービッグデータを活用し、家庭のエネルギー需給を高精度に予測するモデルを開発します。
- ②**DSR制御アルゴリズム**: 家庭内のDSR機器を各家庭のニーズを満たしつつ効率的に制御するアルゴリズムを開発し、DSR制御向けの価格プランを設計します。
- ③**系統解析技術**: DSR機器の制御における配電系統への影響を評価するため、データ駆動型系統解析技術を開発します。これらの技術を通じて、2040年までに家庭部門のGHG排出量を年間2746万トン削減することを目指します。

研究開発の実施体制

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
(再委託先) 学校法人 早稲田大学



革新的プロセスによる高周波用ポスト電磁鋼板の国際共同研究開発

Post-electromagnetic steel sheets for high-frequency applications using innovative processes

研究開発の目的

モーターの小型化・軽量化のため、モーターコアを構成する軟磁性材料として、ポスト電磁鋼板となる高周波駆動可能な高磁束密度を有する新規ナノ結晶合金の開発を目指します。

研究開発の背景、将来展望

グリーンモビリティの実現には省エネルギー化と環境保護を両立する電動化デバイスの小型化・軽量化が重要です。その実現に対しモーターコアを構成する軟磁性材料には高磁束密度化と高周波駆動化が強く求められますが、現行の電磁鋼板では対応が難しくなりつつあります。本研究開発では、ポスト電磁鋼板として高周波駆動可能な高磁束密度を有する新規ナノ結晶合金の開発を目指すものです。高周波駆動実現の鍵は、これまであまり着目されていなかった低磁歪化であり、革新的プロセスとして超急速加熱法により、従来の材料設計の範囲を超えたナノ結晶合金設計とその開発を目標とします。

研究開発項目

1. 損失の解析、物性評価
2. 磁歪と損失に関する理論計算
3. 磁区および磁気特性の計測評価・解析
4. マルチスケール組織解析
5. ポスト電磁鋼板の材料創製

研究開発の内容、目標成果

これまでに進めてきた革新的プロセスを基にした新たな材料設計指針を確立し、急冷凝固、超急速加熱熱処理などの材料プロセスにより、電磁鋼板では実現できない磁束密度と極低鉄損を両立したナノ結晶軟磁性材料の開発を推進しています。具体的には、モーター用の標準的なベンチマーク条件である1 T励磁、400 Hz駆動周波数において鉄損1 W/kg以下、飽和磁化1.6 T以上で磁歪定数が5 ppm以下かつ大気中での液体急冷が可能な新合金の開発に成功しました。電動モビリティ応用に向けての目標とした、1 T励磁、4 kHz駆動周波数における鉄損25 W/kg以下も目途が立ちつつあります。これらの鉄損値は、同等の飽和磁化を有する既存のナノ結晶材料の6割程度です。さらに数10 kHz帯域での低損失を実現する磁区制御手法なども明らかになりつつあり、パワエレ応用などモーター以下の分野での応用可能性についても検討しています。

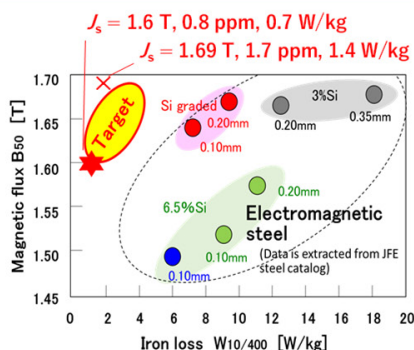
研究開発の実施体制

国立大学法人東北大学
(共同実施先)
国立大学法人大阪大学
国立研究開発法人物質・材料研究機構
(海外共同研究先)
Monash University (オーストラリア)

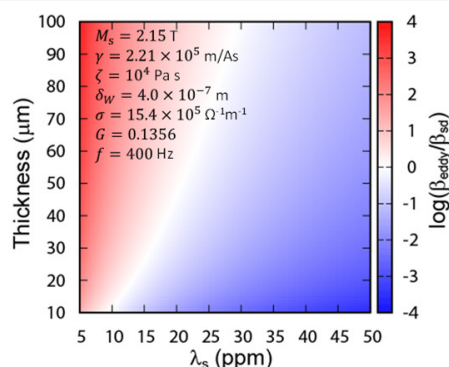
本研究のターゲットとこれまでの成果



[<https://global.toyota.jp/album/images/27511695/>]



新たな材料設計(磁歪と渦電流の損失の最適設計)



航空機の高効率・高性能化を目指した気流制御デバイスの国際共同研究開発

Airflow Control Devices for High Efficiency and Performance of Aircraft

研究開発の目的

高周波で鳥の羽ばたきに似た運動をするフラッピングジェットを用いて、次世代航空機周りの高速気流を能動制御する方法を開発します。

研究開発の背景、将来展望

低炭素社会・持続可能社会を可能とする水素航空機や電動航空機の開発において、我国の競争力を飛躍的に強化するには、航空機の高効率化に繋がる数百m/sの高速気流の能動制御技術確立する必要があります。また、環境に配慮した航空機を開発する上で、機体各部から発生する空力音を低減する技術の開発も急務です。本研究では、高周波で鳥の羽ばたきに似た運動をする超音速の噴流(高周波フラッピングジェット)を発生するデバイスを用いた高速気流の能動制御手法を確立し、次世代航空機の高効率化・低騒音化の実現を目的とします。

研究開発項目

1. デバイスを用いた境界層流れ制御法の開発
2. デバイスを用いた流体騒音低減法の開発
3. デバイス配置最適化手法の開発
4. 実機気流風洞におけるデバイスの実証
5. 実機気流風洞における計測技術の開発

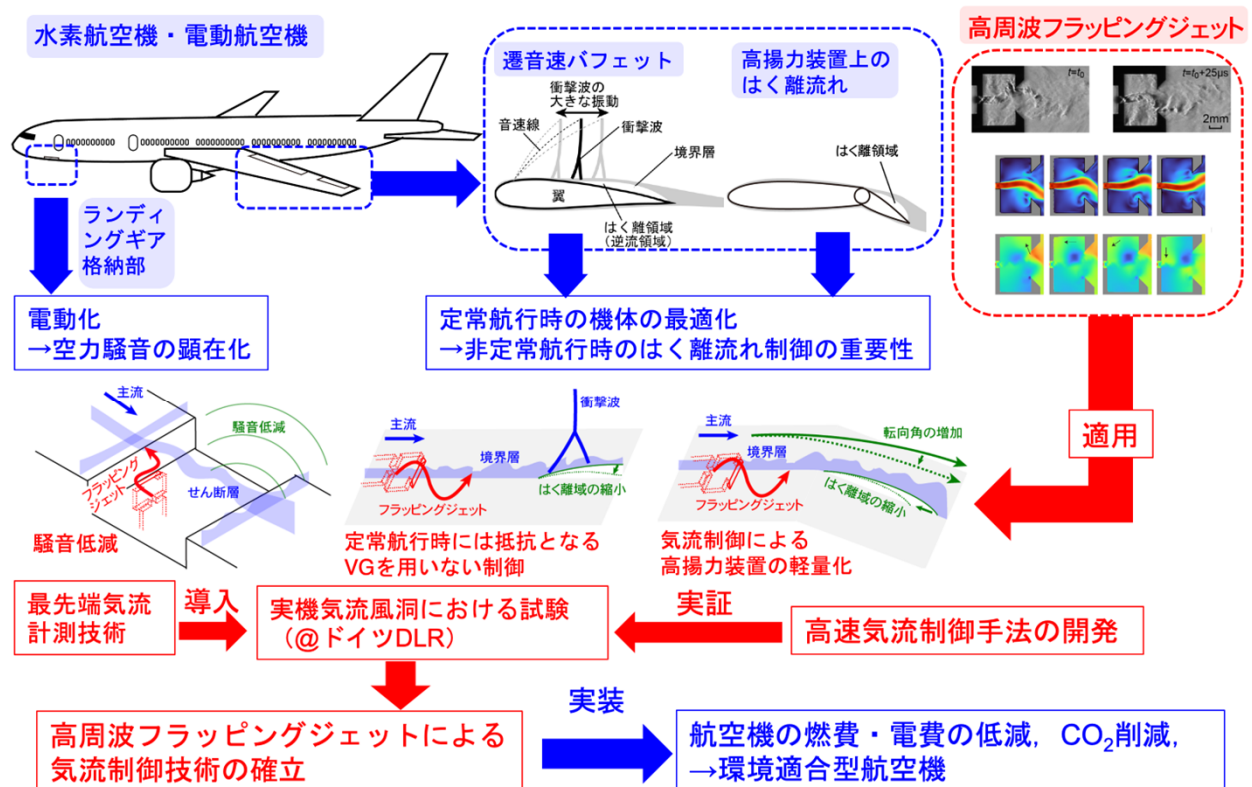
研究開発の内容、目標成果

本研究開発では、騒音の原因となるランディングギア格納部を模擬したキャビティ周りの流れと機体表面や翼面上に現れるはく離流れを高周波フラッピングジェット発生デバイスにより能動流制御する手法を確立します。具体的には、数百m/sの高速気流中にデバイスから発生する流体構造を最先端の光学気流計測法により明らかにし、最先端の最適化手法を用いることで、デバイスが最も効率良く高速気流を制御する条件を決定します。さらに、ドイツのDLR(ドイツ航空宇宙センター)にある実機気流風洞において、開発した制御手法の試験をすることで、本手法が航空機へ適用できることの実証を試みます。

本手法が確立されれば、空力抵抗源である航空機機体面にある渦発生器を取り除くことができ、高揚力装置の軽量化を実現できると考えられ、世界の二酸化炭素年間排出量を800万トン~1200万トン削減できると試算されます。

研究開発の実施体制

学校法人トヨタ学園豊田工業大学
学校法人名古屋電気学園愛知工業大学
学校法人東京電気大学
国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学
学校法人早稲田大学



熱溶融積層造形による樹脂製超軽量ロボットの研究開発

Ultra-lightweight robot made of resin using fused filament fabrication

研究開発の目的

高い機械特性を持つ3Dプリント材料および造形法を確立するとともに、ロボット機構の要素開発を行い、軽量の協働ロボットを開発します。

研究開発の背景、将来展望

将来ロボットが一般家庭などに普及するためには、ロボットの本質安全を担保することが重要です。本研究開発では本質的に安全なロボットを実現するため、軽量の3Dプリント材料を用いた協働ロボットを開発します。

また、本研究開発において高強度かつ高速造形可能な3Dプリント部品に関する基盤技術を確立することで、ロボットに限らず幅広い工業製品について、従来金型では採算が取れなかった少量多品種生産の実現が期待できます。

研究開発項目

1. 高強度部品造形技術の開発
2. 3Dプリント部品の機械特性評価技術の開発
3. ロボット機構要素の開発
4. 減速機の開発
5. 超軽量協働ロボットの開発

研究開発の内容、目標成果

材料メーカー・3Dプリンタメーカーが共同で、より高い機械特性を持つ材料および造形法を確立します。確立した手法で造形した部品についてロボティクス分野の事業者が強度・剛性・クリープ特性・制振性・耐衝撃性などを計測し、ロボットを構成するために望ましい機械特性であるか評価します。

また、3Dプリンタだからこそ出来るロボット機構の要素開発を行います。例えば金属部品と3Dプリント部品との締結法や、充填率を調整し密度を変化させることによる傾斜材料の開発などを行います。

最終的に以上の知見をもとに、軽量の協働ロボットを開発します。ロボットのリンク部品だけでなく、減速機についても樹脂部品を積極的に使用して開発を行い、それらを用いて軽量の協働ロボットを実現します。

研究開発の実施体制

国立大学法人東京科学大学

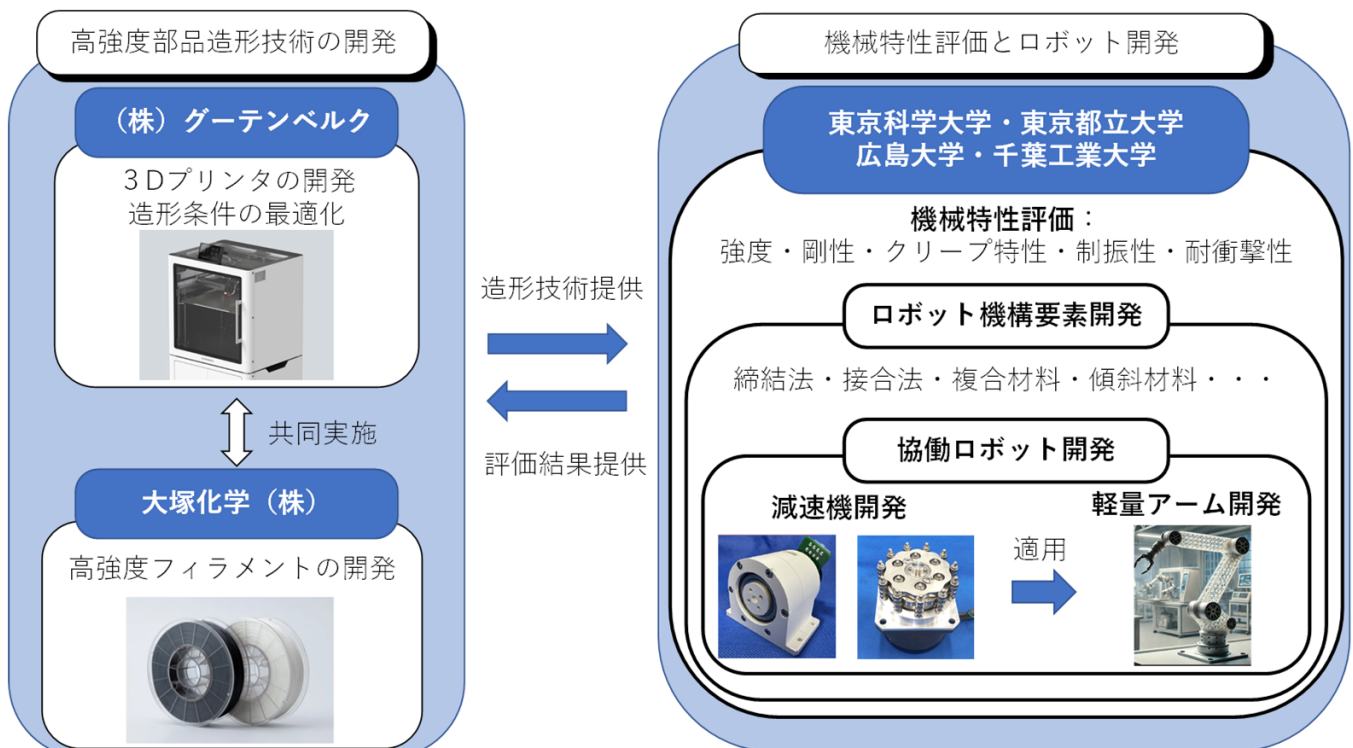
株式会社グーテンベルク

(共同実施先) 大塚化学株式会社

東京都立大学法人東京都立大学

国立大学法人広島大学

学校法人千葉工業大学



サイボーグ生成AIの研究開発

Cyborg generative AI

研究開発の目的

今後の高齢化や労働人口の減少に対応すべく、人への依存度の高い業務を代替・協働を可能とする、AIベースロボットの研究開発を行います。

研究開発の背景、将来展望

介護・介助・リハビリテーションや個別輸送・配送など、人への依存度が高い業務において、ヒューノイドロボットが業務を代替、人と共働するためには人並みの機動性を有することに加えて、例えば介護現場では被介護者に寄り添った行動を取るなど、外からは直接観測できない人の潜在状態(感情など)まで含めた運動(メタ運動)の転移が必要です。

本事業では、人への依存度の高い業務において、人を代替、人と共働可能なヒューノイドロボットの社会実装を目指した研究開発を進めます。

研究開発項目

1. サイボーグ生成AIによるヒューノイドロボットのメタ運動制御法の研究開発
2. サイボーグ生成AIのためのメタ運動転移学習法の研究開発
3. サイボーグ生成AIのための転移可能メタ運動計測法の研究開発
4. サイボーグ生成AIのための転移可能メタ運動の解析法の研究開発
5. サイボーグ生成AIの利活用性の定量評価法の研究開発

研究開発の内容、目標成果

人への依存度の高い現場において、実時間でのアクチュエーションとナビゲーションを同時に実行可能とするロボットのためのAI技術を実現するため、実際の現場あるいは現場を模擬した実験環境で取得した少量の良質なデータを基に、モデルベースの生成AIによるデータ補完を併用したデータベース構築手法の開発を進めます。また、そこからの見まね学習(転移学習)をベースにした「サイボーグ生成AI」の実現を目指した研究開発を実施します。

具体的には介護・介助・リハビリテーションなどを第一、個別輸送を第二の利用ドメインとして、ロボット単体および人ーロボット協調シーンにおける潜在状態を含む運動モードのリスト化と、それらのロボットへの転移可能性の評価法の研究開発、さらにその30%程度においてロボットへの転移可能とする方法論とそのためのロボットの必要特性を示します。

研究開発の実施体制

株式会社国際電気通信基礎技術研究所

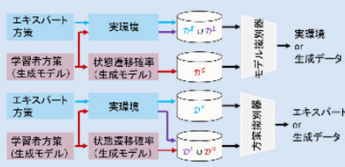
(再委託先)

国立研究開発法人産業技術総合研究所

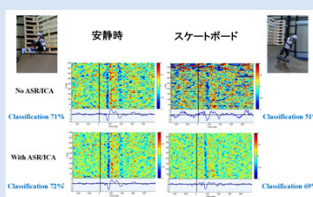
国立大学法人京都大学



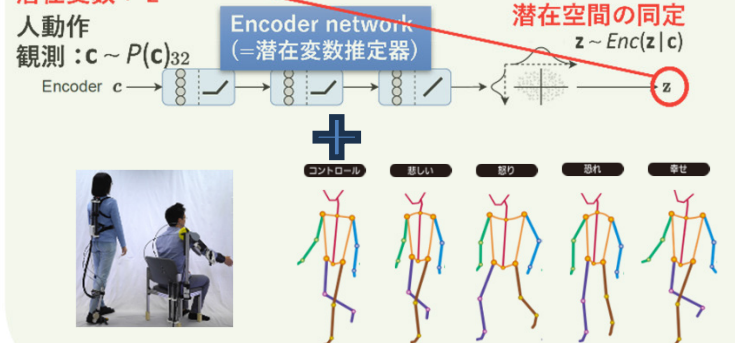
見まね学習によるヒューノイド
実時間制御



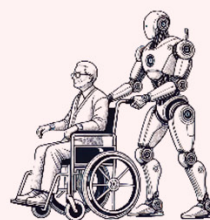
モデルベース敵対生成模倣学習
アルゴリズム



実環境マルチモーダル生体計測
(脳計測含む)データ解析技術



介護・介助などの現場での計測と、それによる「メタ運動」の抽出



サイボーグ生成AI
による人とロボットの
共生社会の実現

量子光デバイスの高機能および集積化に係る技術の開発

Optical integration technology for highly functional quantum optical devices

研究開発の目的

光量子技術に用いられる光学系の高機能化、小型、堅牢化に向けて、平面光回路を利用した集積技術の基盤開発を行います。

研究開発の背景、将来展望

光量子技術では、安定した性能を確保するために、光学素子の安定性と精密なアライメントが求められます。そのため、安定した光学定盤上に多数の光学素子を固定する必要があり、小型化には限界があります。また、経時的にドリフトが発生するため、修正調整が必要です。このため、堅牢化や小型化が光量子技術の社会実装における大きな課題となっています。光量子を利用した光学系の堅牢化と小型化により、装置の小型化と信頼性の確保が可能となり、量子技術を使用した製品が市場で利用できるようになることが期待されます。

研究開発項目

1. 分波器一体型もつれ光源の開発
2. 伝令付き単一光子光源の開発

研究開発の内容、目標成果

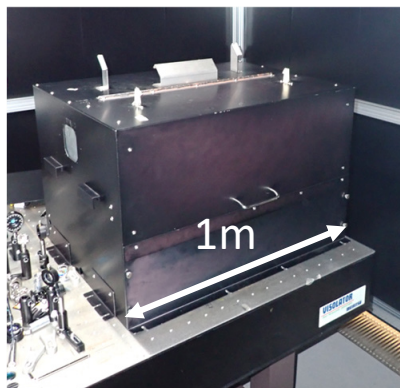
本研究では、量子もつれ光源の堅牢性向上と小型化を目指して、3次元に配置された光学系を2次元に平面光回路を利用して集積する技術を開発します。量子もつれ光子対を生成する波長変換部と光学干渉系を同一基板上に作り込んだオンチップ量子もつれ光源を目指します。

- ① 発生した量子もつれ光を分波して取り出せる分波器を一体化したオンチップ量子もつれ光源を開発します。
- ② シグナル光子を光子検出器で検出し、その信号を伝令信号として利用する単一光子光源であるオンチップ伝令付き単一光子光源を開発します。

これらの技術は、光量子技術に用いられる光学系の集積化の基本となる構成部であり、この要素技術をさまざまな装置に応用することで、社会実装の課題に対する装置の堅牢化と小型化が期待されます。

研究開発の実施体制

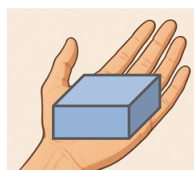
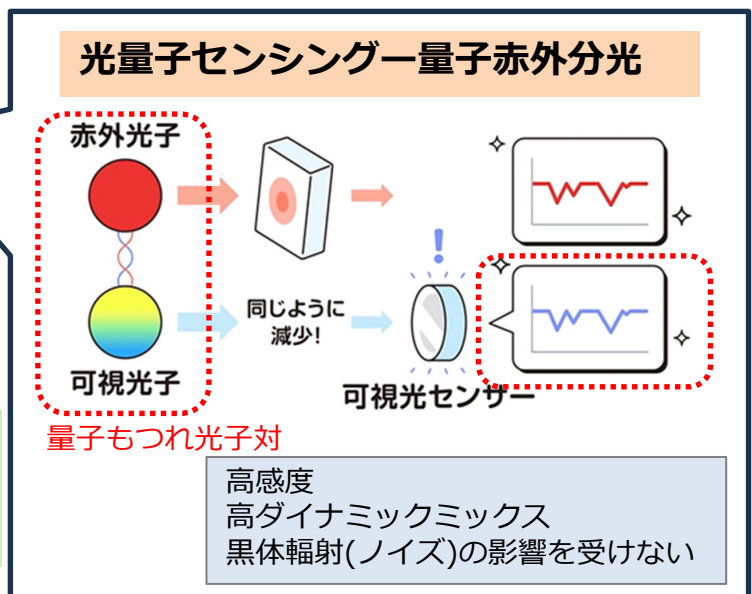
株式会社島津製作所
(再委託先) 国立大学法人京都大学



課題：
光学部品が多く定盤に固定された3次元の複雑な光学系が必須



**独自の導波路形成技術を
平面光回路技術に応用**



- ・装置の小型・堅牢化を実現
- ・光量子技術を利用する様々な装置への適用を目指す

ラマン振動分光による革新的代謝解析とDBTL高速化基盤の創出

Innovative Metabolic Analysis and DBTL Acceleration Platform via Raman Spectroscopy

研究開発の目的

バイオものづくりにおけるDBTLサイクルの大幅な効率化を図るため、ラマン分光法による革新的な非破壊代謝解析技術の確立を目指します。

研究開発の背景、将来展望

バイオものづくり産業は、持続可能な社会構築とカーボンニュートラル実現に向けた重要な基盤技術です。現在のDBTLサイクルにおいて、作出された改変株の評価(Test)は大きなボトルネックとなっており、従来の破壊分析では長時間を要し、多数の株の迅速なスクリーニングが困難です。さらに、高額な試薬や専門的な前処理が必要で、研究者の技術熟練度のばらつきも課題となっています。本研究では、日本独自の技術としてラマン分光法による非破壊代謝解析基盤を確立し、革新的な高速スクリーニング技術により、バイオものづくりの研究開発を大幅に効率化し、産業競争力の向上を目指します。

研究開発項目

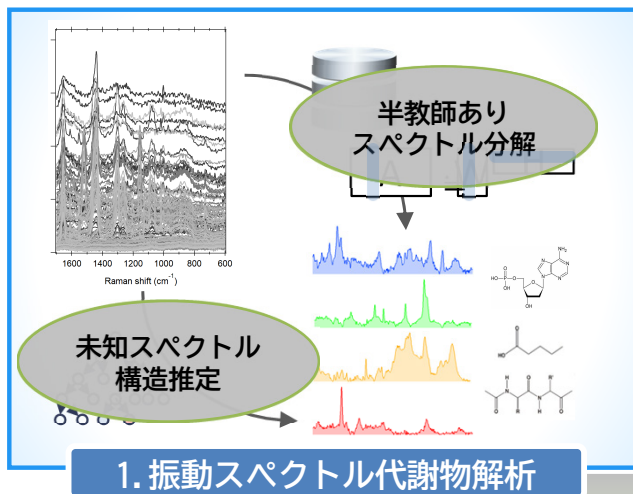
1. 振動スペクトル情報に基づく代謝物解析基盤の確立
2. 細胞生産性の非破壊評価基盤の確立
3. 超早期スクリーニング技術の開発

研究開発の内容、目標成果

本事業では、独自のスペクトル解析アルゴリズムとスペクトルライブラリーの構築により混合物のラマンスペクトルから個々の代謝物情報を分離・定量する革新的な解析技術を開発します。従来の機械学習アプローチとは異なり、振動スペクトルの物理的特性を活用することで、事前知識を必要としない解析をも可能とし、各種代謝物の構造推定技術を開発します。また、シングルセルからコロニー、液体培養の直接評価まで統一的な分析基盤を構築し、1株あたり3~10秒での高速評価を実現します。30成分以上の代謝物同時解析により、目的物質の生産性に加えて、細胞増殖性、代謝負荷、ストレス応答など、細胞の健全性を含めた多角的な評価を可能とします。これにより従来法と比較して数十倍以上の革新的な高速化やコスト削減を達成します。これにより、わが国のバイオエコノミー戦略の実現と化石資源依存からの脱却を目指し、持続可能な社会構築に貢献します。

研究開発の実施体制

学校法人早稲田大学
株式会社堀場製作所
株式会社島津製作所
ノボザイムズ・ジャパン株式会社



2. 細胞生産性の非破壊評価基盤

・ 生産株の健全性 ・ 目的物質生産量

DBTLサイクルの10倍以上の高速化による、バイオものづくりの革新的な効率化

図. ラマン振動分光による非破壊代謝物解析プラットフォーム

環境親和型リチウム分離回収技術の研究開発

Lithium refining technology with environmental affinity

研究開発の目的

環境親和性を有するリチウム分離回収技術の産業応用、及びその社会実装を目的とします。当研究では要素技術を発掘・育成し、産学連携体制による速やかな社会実装を目指します。

研究開発の背景、将来展望

金属精製技術は化石燃料を熱源にした高環境負荷プロセスの典型であり、CO₂削減・省エネ化は非常に困難です。従来の化石由来の熱源に依存した金属精製工程に替わる新機軸なアプローチとして、電化エネルギー源によるマイクロ波加熱と、化学処理による新アルカリ・マイクロ波溶解技術と、大量の薬剤を使用する精錬技術に代わる新分離沈殿技術を融合した革新的な環境親和型の金属分離回収技術を確立します。

過去の価格高騰や今後の需要増見通しにより資源確保が急務であるリチウムに対し、環境親和型技術への置換・推進により、抜本的な精製コスト低減と資源安全保障向上に貢献します。

研究開発項目

1. 新アルカリ・マイクロ波溶解技術の研究開発
2. 資源評価及び鉱石調達検討・調整
3. 新分離沈殿技術の研究開発

研究開発の内容、目標成果

新アルカリ・マイクロ波溶解技術は、従来のリチウム鉱石溶解工程(1,000℃での煅焼と250℃での濃硫酸焙焼)に対し、1回のマイクロ波加熱による約300℃での全溶解を可能とします。当研究では数kg規模の鉱石処理が可能なバッチシステムを構築し、産業への実用性と、融剤の減量や安価試薬の探索などによる経済性を兼ね備えた技術を確認させます。また、スケールアップ及び商業化を見据えた社会実装デザインの構築を目指します。

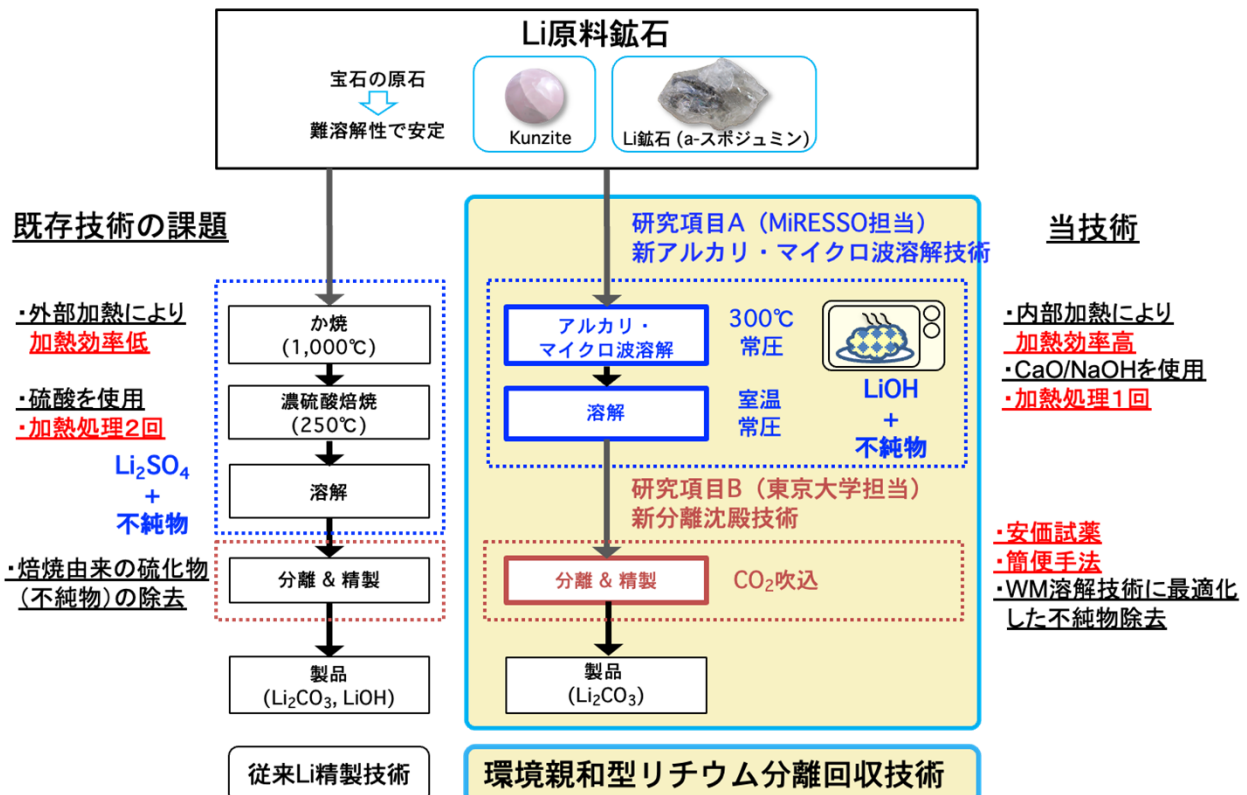
資源評価では、コスト構造検証、抽出工程最適化、潜在的ユーザー探索、ネットワーク開発により、当技術による新たな資源バリューチェーンの構築を図ります。

新分離沈殿技術は、従来のイオン交換や溶媒抽出による不純物除去の工程に対して、試薬量の削減を目的としたCO₂やリチウム吸着剤等を採用し、抽出溶液からの不純物除去及びリチウム分離回収の技術を確認します。

研究開発の実施体制

株式会社MiRESSO
 国立大学法人東京大学
 (再委託先) 三菱商事株式会社

当研究テーマ概要図



エレクトレット振動発電と無線電送による異常検知技術の研究開発

Civil infrastructure material and structural health monitoring system with electret-based vibrational energy harvester and wireless power transfer technology

研究開発の目的

MEMSエレクトレット振動発電技術とマイクロ波無線電力データ伝送技術を用いたインフラ構造物および附属設備のモニタリングIoTプラットフォームを構築します。

研究開発の背景、将来展望

頻発する災害や老朽化に伴うインフラ構造物の状態監視を目的とした研究開発の重要性は増加しています。本研究開発では、無電源センサおよび無線給電データ伝送技術により、自立かつ自在なモニタリングシステムを確立します。

特に、センサモジュールの消費電力を極限まで低減し、無電源かつエッジ処理によるトリガ計測を行うと同時に、無線給電およびデータ伝送を実現するアンテナを開発します。ゼロエネルギーデバイスとIoTネットワークのワイヤレス化により、必要な時に必要な情報を効率的かつ迅速に収集可能とします。これにより、人材・予算不足に依存しないインフラ状態の健全性リアルタイム監視を実現します。

研究開発項目

1. 異常検知トリガデバイス技術の開発
2. 自立型無線インフラ監視技術の開発
3. モニタリング・アラートシステムの実装

研究開発の内容、目標成果

研究項目1では、コンクリート内部における鉄筋の腐食状態や、コンクリート構造物表面に発生するひび割れの開口状態に加えて、温度・水分条件・塩分濃度などの影響を、常時モニタリングする自立型センサモジュールを完成させます。

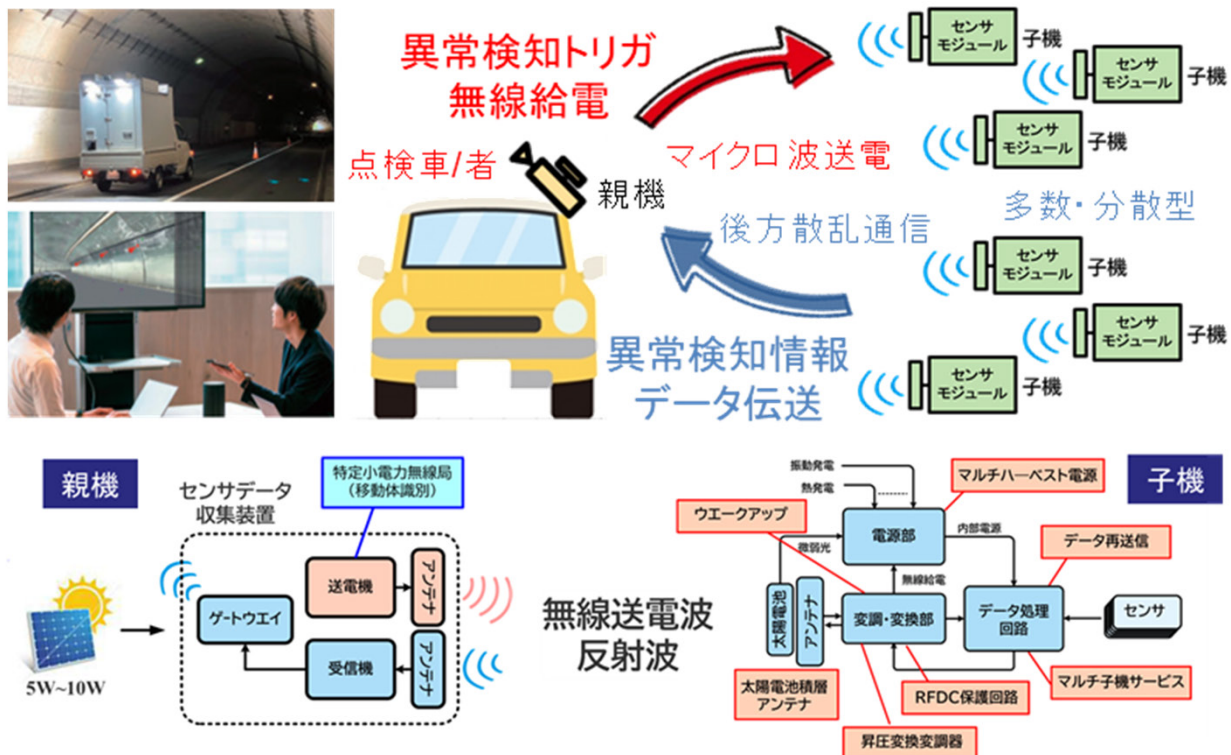
研究項目2では、インフラ施設および設備の健全性判定を目的としたモニタリングシステムを、消費電力を伴わないエレクトレットMEMS振動発電センサと、無線通信・無線給電を採用したワイヤレスデータ伝送システムの融合によって完成させます。

研究項目3では、研究項目1および2で開発した自立型振動センサモジュールによる健全性監視ネットワークの有用性を、トンネル構造物などの実構造物への実装によって検証します。その際には、地方自治体及び高速道路管理会社との連携にて行います。

研究開発の実施体制

国立大学法人北海道大学
株式会社鷺宮製作所
株式会社翔エンジニアリング
(再委託先)
国立大学法人東京科学大学
国立大学法人佐賀大学

本研究開発によるインフラモニタリングシステム



次世代量子コンピュータの部素材開発とフレームワーク構築

Components and supplier support framework for next-generation quantum computers

研究開発の目的

本事業では、商用化を見据えた実用的な次世代量子コンピュータの実現に欠かせない新規部素材を開発するフレームワークを構築することを目的としています。

研究開発の背景、将来展望

商用化を見据えた量子コンピュータの大規模化に伴って消費電力が爆発的に増加するため、部品類の小型化や高密度化、低消費電力化が求められます。そのためには、システムレベルの検討に基づく部素材の開発・動作実証・製品化や評価技術が必要です。本事業は、産総研G-QuATにて整備・運用を進めている設計・評価プラットフォームを活用し、システムレベルの検討に基づき設計・試作、実動作環境での動作保証・評価に至るまでの工程をシームレスに実現するサプライヤー支援ワークフレームの構築とその普及を図るものです。

研究開発項目

1. 量子コンピュータの部素材開発スキームの確立
2. 実証事例としての部素材開発
 - 2-1. 高性能小型低温低雑音アンプの開発
 - 2-2. 断熱インターフェースの開発
 - 2-3. 小型アイソレータの開発

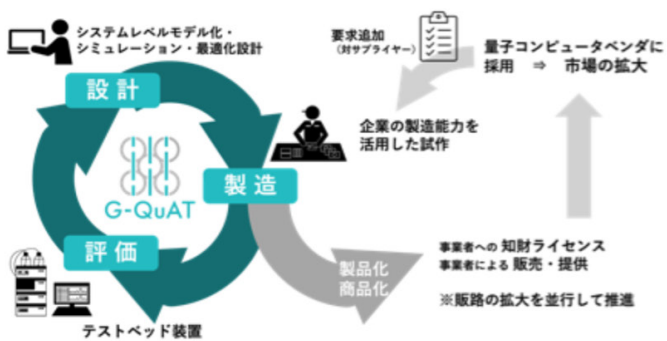
研究開発の内容、目標成果

部素材開発スキームの実証事例として、高密度かつ熱流入を抑制した配線($\leq 30\text{mW}$)、小型かつ低消費電力な低雑音アンプ($\geq 20\text{dB}@4\text{--}8\text{GHz}$) やアイソレータ($\leq -10\text{dB}$) などの高性能部素材開発を行います。これらだけで量子コンピュータの産業化に向けた課題を解決できるわけではありませんが、大きな課題となっている冷凍機内スペースの制限、熱流入、発熱への対応、といった冷却能力の限界を解決するために高い効果を発揮しうるものとして本事業の実施期間で取り組む開発課題としています。

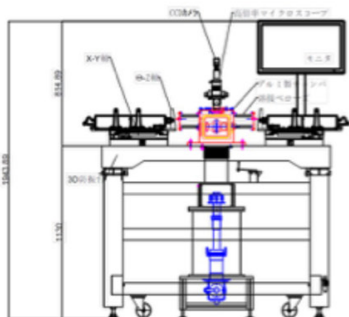
これらの取り組みを通して既存エレクトロニクス企業への「手本」となり、次世代量子コンピュータ向け部品類の開発に対する企業の参入障壁を下げることによるサプライチェーンの構築や市場形成、次世代量子コンピュータの実現によるサービス開発の加速による価値創出を目指します。

研究開発の実施体制

国立研究開発法人産業技術総合研究所
株式会社アドバンテスト

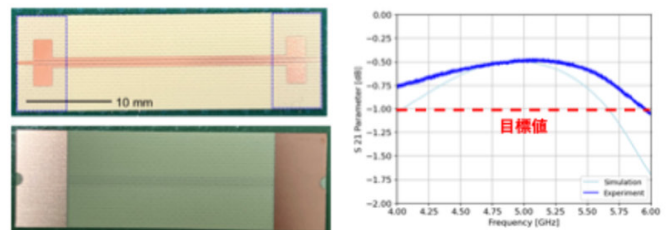


事例 2-1 低温低雑音アンプ (評価環境構築/デバイス設計)

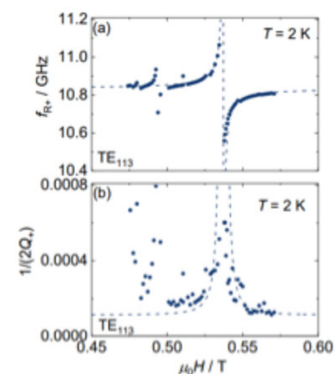


シミュレーション結果	
RF帯域幅	4.4-4.8 GHz
入力反射特性	$< -10\text{ dB}$
出力反射特性	$< -14\text{ dB}$
雑音温度 T_n	$3.0\text{ K}@T_{\text{amb}}=15\text{ K}$ $1.9\text{ K}@T_{\text{amb}}=4\text{ K}$
Gain	29.8 dB
DC消費電力	4.5 mW

事例 2-2 断熱インターフェース (設計・試作・評価)



事例 2-3 小型アイソレータ (素材評価)



二重過程理論に基づく研磨技能の模倣学習の研究開発

Imitation learning for polishing skills based on dual process theory

研究開発の目的

コンタクトリッチタスクを自律的に計画するロボットの実現を目指し、その最初の応用例として研磨技能の模倣学習を扱います。

研究開発の背景、将来展望

研磨作業は、数百ミクロン単位のずれが品質に大きな影響を与えるため自動化が困難で、依然として人手に頼らざるを得ない部分が多いのが現状です。厳しい物理制約を伴うタスクでは接触の感覚が鍵になることから、本研究開発では研磨における接触時の物理制約をロボットが自律的に解くための技能の階層モデルとその教示技術を開発します。技能の階層モデルを基盤としたロボットの社会実装を進めることで産業における研磨作業をロボットで代替し、他のコンタクトリッチタスクへの展開を狙います。

研究開発項目

1. 二重過程理論を応用した研磨技能モデルの開発
2. 技能モデルの特徴量抽出のための教示技術の確立
3. 寸法の異なる部品の研磨自動化と実証試験

研究開発の内容、目標成果

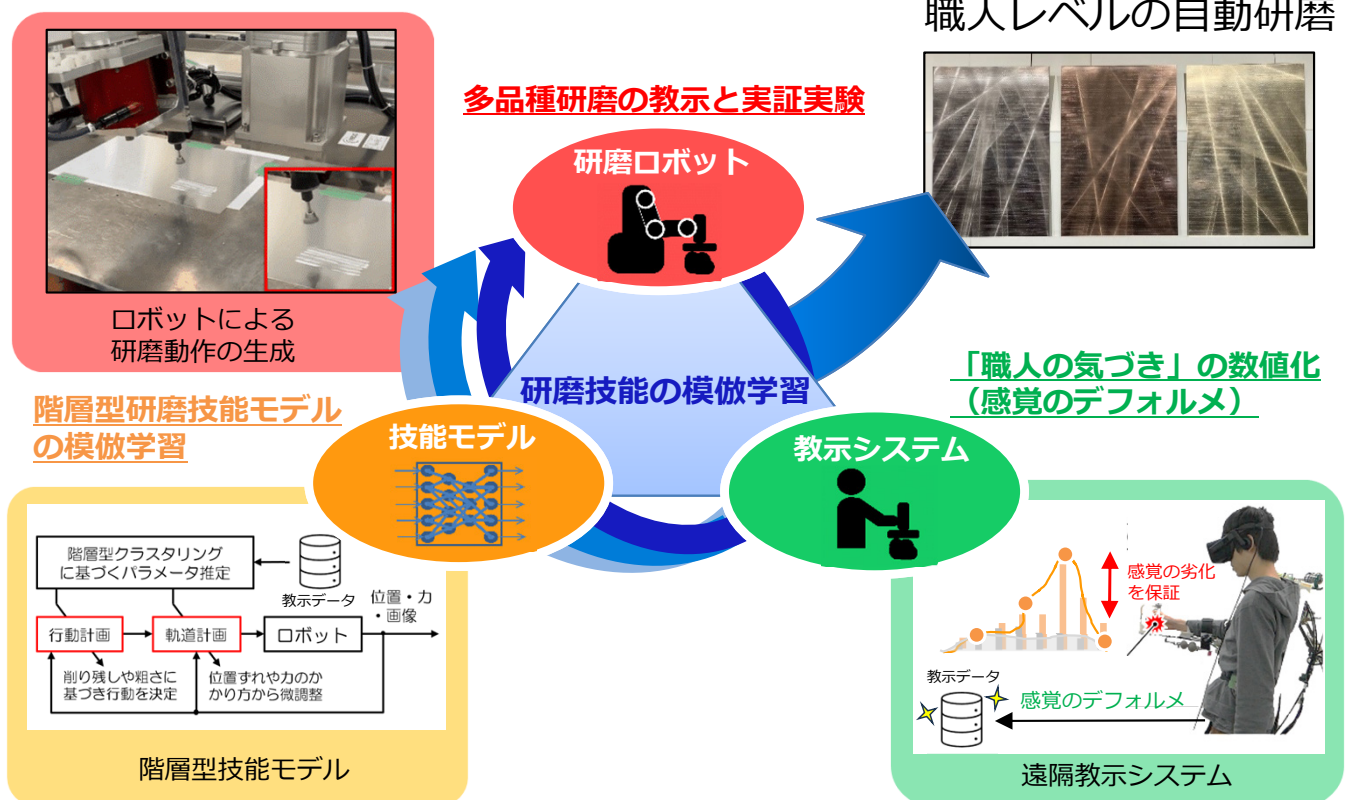
職人の研磨技能をロボットに教示するためには、職人の感覚に相当する特徴量の抽出とロボットでの再現方法が必要となります。

従来のロボット教示システムでは、教示の際に感覚が劣化するという問題がありました。そこで感覚に必要な信号を補強するデフォルメ処理を開発します。本技術により教示時の感覚の劣化が補償されることを物理・心理の両方から定性的に実証し、職人の感覚に対応する特徴量を抽出します。さらに、行動計画と軌道計画を同時に学習する二重過程理論を実装した技能モデルを研磨に应用することで寸法の異なる部品に対して動作生成を行う研磨ロボットを実現します。

これらの技術により、Slerの介入なしの自動研磨を実現し、寸法が異なる部品への対応を可能にします。さらには職人の細やかな意匠を模倣することで、意匠建材に新たな市場が創成されるものと期待されます。

研究開発の実施体制

国立大学法人埼玉大学
株式会社新光ステンレス研磨
学校法人中央大学
国立大学法人東京科学大学



微生物合成ブロック共重合体の研究開発

Microbial production of block copolyesters

研究開発の目的

独自の微生物システムを駆使してバイオマスを原料としてブロック共重合体を合成し、環境低負荷型のプラスチック材料へと応用利用します。

研究開発の背景、将来展望

プラスチックなどの様々な化成品を、再生可能なバイオマスを原料として合成する技術の開発が求められています。微生物によるポリエステル合成系は、様々なバイオマスを原料として、高分子量のポリマーを合成できる優れたシステムですが、バイオマスを原料とした合成の効率と、材料として利用する際に必要となる幅広い物性を発揮させることの両立が課題でした。本技術開発では、高分子の中のモノマー配列を制御可能な微生物ポリエステル合成系を活用し、従来の材料よりも幅広く利用できる新素材を合成することに取り組みます。目標とする技術の開発により、持続可能性の高いプラスチック産業を創出します。

研究開発項目

1. 新規ポリマー合成酵素群の開発
2. ポリマー生産系の効率化
3. ブロック共重合体を利用した材料開発

研究開発の内容、目標成果

共重合体は、一つの高分子の中に複数の性質の異なる構造を持つことにより、特徴的な物性を発揮します。微生物ポリエステル合成系は、重合酵素の働きによりポリマーが合成されますが、酵素は精密な分子認識能を持つため、多くの場合一つの酵素により一つの化合物しか合成できません。本事業では、一つの酵素で二つの構造を有するブロック共重合体を合成できる特殊な重合酵素を対象として、人工酵素設計および分子進化の手法を適用することで、目的とするポリマーを自在に組み合わせて重合できる改良型重合酵素を開発します。加えて本事業では、高分子加工技術、微細構造解析技術を駆使して、合成する新規ポリマーの性能を最大限発揮する加工方法の開発にも取り組みます。本事業を通して、新材料の開発に加えて、バイオマスからの高付加価値の化成品を生産する新しい合成原理を確立します。

研究開発の実施体制

国立大学法人北海道大学
静岡県公立大学法人静岡県立大学
国立大学法人金沢大学
株式会社カネカ

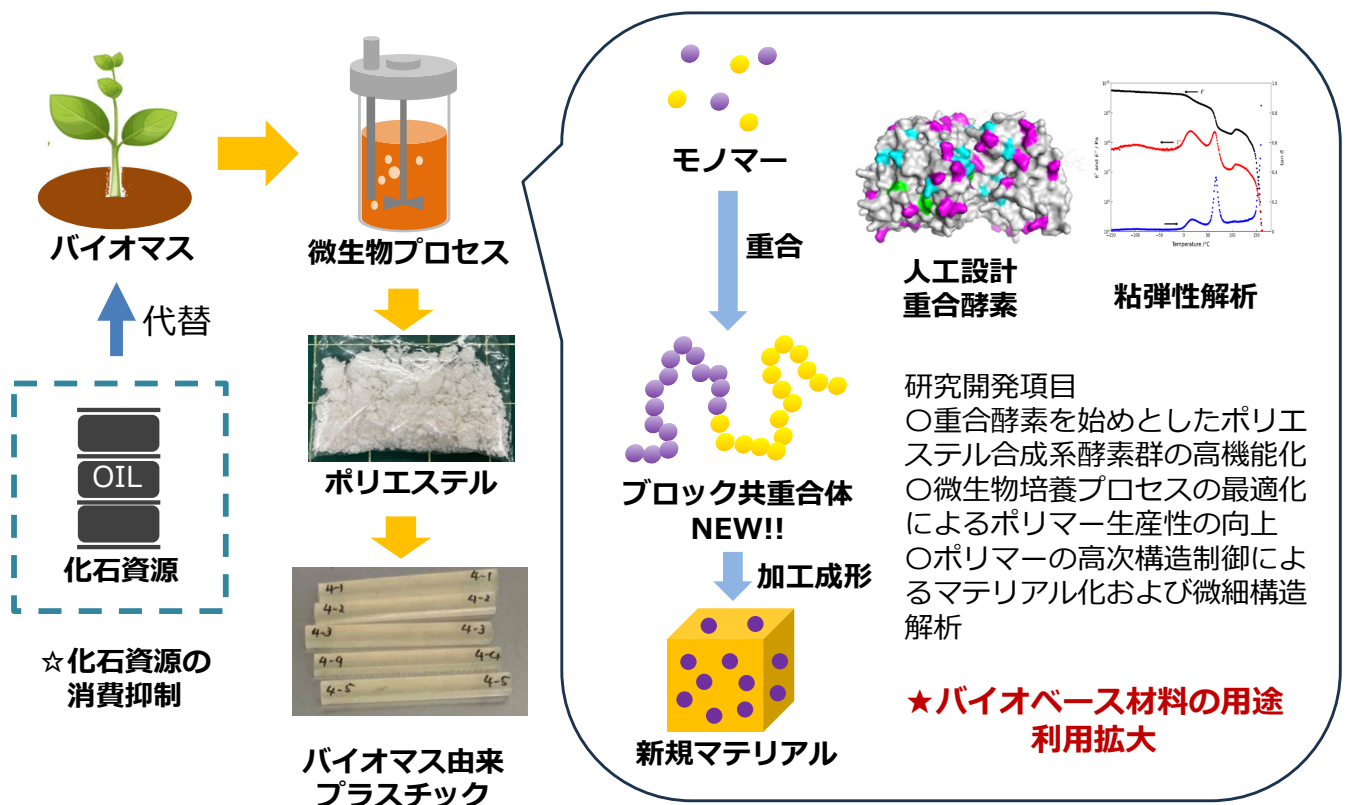


図 開発するマテリアル生産技術のイメージ

製造業分野で重要な高純度リンマテリアルの循環利用技術開発

Phosphorus recovery and recycling toward material industry

研究開発の目的

国内の未利用リン資源より回収したリン酸を高純度リンマテリアルへと高付加価値化し、製造業分野で循環利用を可能とするためのシーズ技術の開発に取り組みます。

研究開発の背景、将来展望

「高純度リンマテリアル」は、EV電池や再エネ発電蓄電池など、脱炭素社会に欠かせない装置の製造に重要です。これらの材料は「黄リン」を共通の原料として製造されていますが、その生産には未だに19世紀後半に開発された電気抵抗溶融法が用いられており、環境に大きな負荷を与えています。また、我が国は黄リンを輸入に依存しており、経済安全保障上のリスクもあります。本研究では、国内の未利用リン資源を高純度リンマテリアルへと高付加価値化することを目指し、回収リンを原子および分子のレベルで精製し、わが国の幅広い製造業分野で循環利用を可能とする技術の確立を目指します。

研究開発項目

1. リン酸を分子レベルで超高純度に精製するシーズ技術開発
2. リンを原子レベルで超高純度に精製するシーズ技術開発
3. 有機リン化合物を超高純度で製造するシーズ技術開発

研究開発の内容、目標成果

国内製造業分野などで発生するリン含有廃棄物および副産物(未利用リン資源)を輸入リン鉱石や黄リンなどの代替出発原料として、[研究項目A] リン酸を分子レベルで超高純度(エレクトロニクスグレード)に精製するシーズ技術開発、[研究項目B] 粗リン酸を遷移金属リン化合物触媒や水素化物による還元または原子状水素発生装置などによる水素ラジカル還元により亜リン酸に変換し、亜リン酸の不均化反応により黄リンを製造(原子レベルでの精製)するシーズ技術開発、および[研究項目C] 粗リン酸および粗亜リン酸よりリン酸エステルおよび有機亜リン酸エステルを合成し蒸留分離等により高純度精製するシーズ技術の開発に取り組みます。これにより、従来主に農業分野における肥料用途にほぼ限定されていた回収リンのリサイクル用途を拡大します。

研究開発の実施体制

国立研究開発法人産業技術総合研究所
下関三井化学株式会社
三井化学株式会社
米山化学工業株式会社
国立大学法人佐賀大学
(再委託先) 国立大学法人室蘭工業大学
(再委託先) 香川高等専門学校

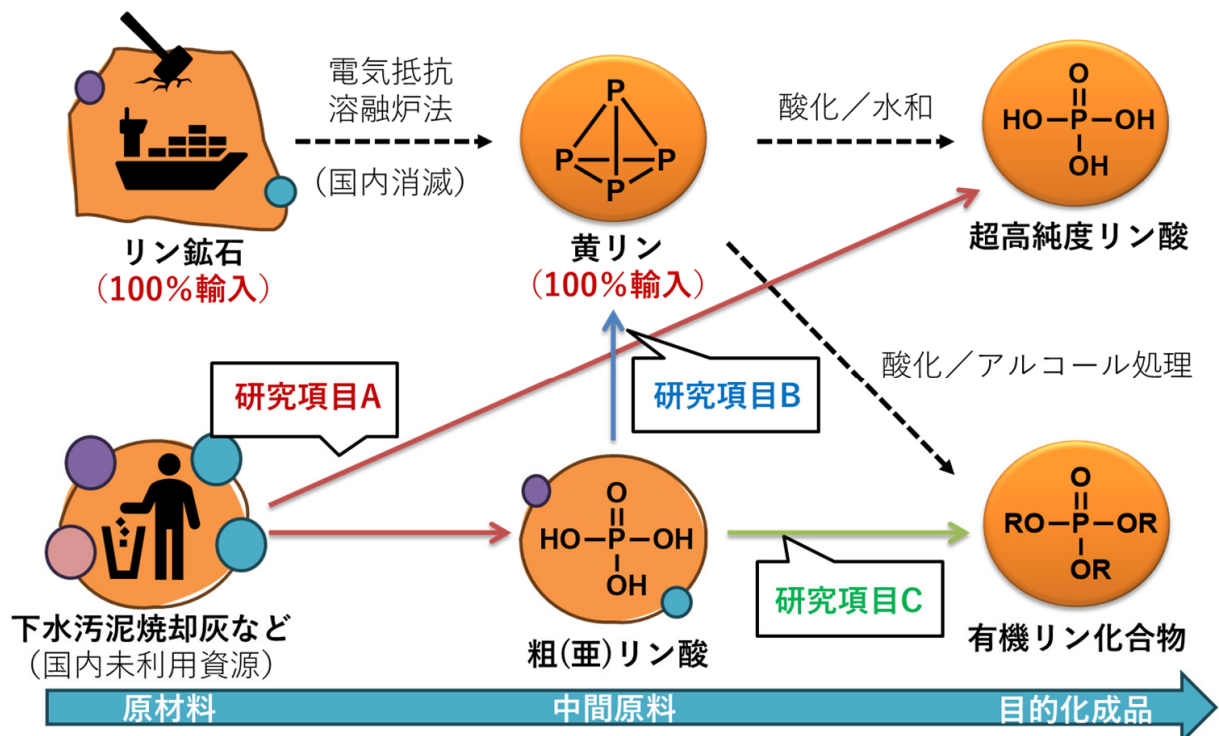


図. 従来の高純度リンマテリアルの製造方法と本プロジェクトが目指す技術の関係

量子トレーサブル超微小電流センシングの開拓

Quantum-traceable ultra-small current sensing

研究開発の目的

革新的な量子技術の駆使によって量子トレーサブルな超微小電流センサを開発し、大気汚染物質や放射線量などの環境測定精度を1桁以上高めることを目的とします。

研究開発の背景、将来展望

医療用・環境放射線計測、環境中汚染物質の計測にはエレクトロメータが用いられていますが、従来技術では更なる高精度化は困難で、計測精度の律速となっています。本研究ではこれまでに開発した量子電流素子と量子ホール効果抵抗標準を用い、量子トレーサブルな超高抵抗器ベースの革新的超微小電流センサを開発することにより微小電流計測で律速されている社会問題の解決を図ります。開発するセンサは極めてロバストで、社会実装することで現場測定に革新を起こします。

研究開発項目

1. 超微小電流センシング技術の開発
2. 超微小電流センサに向けた高安定低ノイズ超高抵抗器の開発
3. 超微小量子電流源素子の開発
4. 単一電子移送の自動調整および検出技術の開発

研究開発の内容、目標成果

単一電子移送素子による量子電流源、そして国家標準である量子ホール効果抵抗標準を駆使し、量子トレーサブルな超微小電流センサを開発します。この開発によって、大気汚染物質や放射線量などの環境測定精度の1桁以上の向上を目指します。また、環境測定のほかに、半導体製造ラインのリアルタイムなクリーン度管理や、医療用放射線の線量管理などにおける精度向上など、具体的な応用も見据えています。広範なセンシング技術に大きな変革をもたらし、安全安心な社会の実現を通じて直接的に国民のQuality Of Life 向上にも繋がります。

研究開発の実施体制

国立研究開発法人産業技術総合研究所
三菱ガス化学ネクスト株式会社
NTT株式会社
国立大学法人東京大学

・環境測定精度向上とリアルタイム測定
粒子状物質・PM2.5
クリーンルームのクリーン度
環境中の放射線量
・医療用放射線の線量管理の高精度化

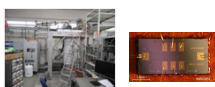
しかし、標準化ができない・規格が存在しない、精度保証が未熟

フェムトアンペアからアトアンペアレベルの超微小電流の測定技術の未確立が全ての原因！

量子トレーサブル超微小電流センサ

量子ホール効果抵抗標準

産業技術総合研究所



量子ホール効果抵抗標準

超安定低ノイズ超高抵抗素子

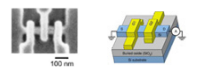
三菱ガス化学ネクスト株式会社



高安定・低ノイズ超高抵抗の開発

単一電子電流標準(エラー補償)

NTT株式会社



高精度単一電子移送素子の作製・fA-pAでの動作他

東京大学



単一電荷検出による量子電流源の精密評価他

超微小電流計測の社会ニーズとそれに向けた取り組み

AI×ロボティクスによるバイオ分子設計デジタルラボの研究開発

Biomolecule design digital laboratory by AI and robotics

研究開発の目的

バイオ分子設計のDBTLサイクルを加速するため、AIとロボティクスが融合した「デジタルラボ」を開発します。

研究開発の背景、将来展望

バイオ産業の国際競争力強化とバイオエコノミー社会の実現のために、酵素などのバイオ分子を合理的に設計する技術の開発が急務となっています。バイオ分子設計のDBTLサイクルの課題として、(1) 高機能配列を予測するAIの学習には依然として多数の実験データが必要なこと、(2) これらの学習データの取得に必要な複雑なバイオ実験にロボティクスが対応できないことが挙げられます。

本研究開発では、(1) 少数の実験データで予測を行える「能動的AI」技術と(2) 複雑なバイオ実験に対応できる「デジタルツイン」を利用したロボティクス技術を開発します。これら2つの革新技术を組み合わせることで、AIとロボティクスが融合した「デジタルラボ」を構築し、バイオ分子設計におけるDBTLサイクルを加速します(図1)。

研究開発項目

1. バイオ分子設計のための能動的AI技術の開発
2. バイオ分子機能評価実験を自動化するロボティクス技術の開発
3. AIとロボティクスの融合によるデジタルラボの実証

研究開発の内容、目標成果

バイオ分子設計のDBTLサイクルを加速するために、研究開発項目1では、能動的AI技術を開発してDesign、Learnに必要な実験数を削減します。研究開発項目2では、デジタルツインを利用したロボティクス技術を開発してBuild、Testを高速化・高精度化します。研究開発項目3では、開発した技術を取り入れた新しいDBTLサイクルを酵素に適用して、従来のDBTLサイクルよりも高速に機能改良が行えることを実証します。以上を通してDBTLサイクルの10倍以上の高速化を目指します。

AIとロボティクスが融合したバイオ分子設計システムを「デジタルラボ」としてパッケージ化し、企業・大学への導入や中央ラボの設置を通して社会実装することを目指します。これにより、バイオ産業における高価値分子の創出を加速します。

研究開発の実施体制

国立研究開発法人産業技術総合研究所
国立大学法人東北大学
株式会社レボルカ

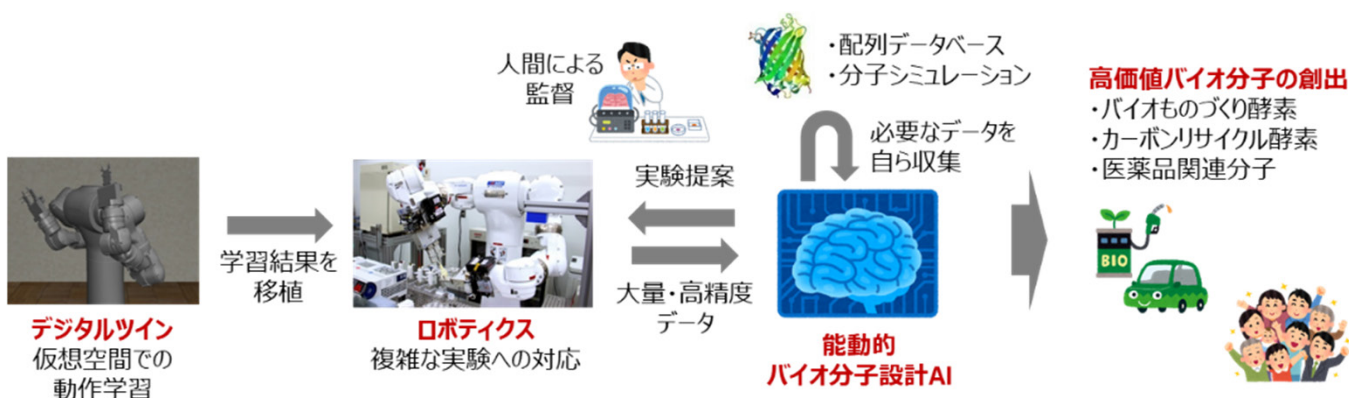


図1. AI×ロボティクスによるバイオ分子設計デジタルラボ

非平衡系MIスキームによる未来材料開発期間の劇的短縮

Non-equilibrium MI scheme shortens future material development

研究開発の目的

最先端計測技術に基づく非平衡系MIを実材料開発に応用することで、非平衡系MIの有効性を検証し、研究開発基盤を整備します。

研究開発の背景、将来展望

現在、マテリアルズ・インフォマティクス(MI)に代表されるデータ駆動型研究開発が、今後のマテリアル開発の基盤になると期待されていますが、MIの「入力」にあたるデータは静的な平衡系の構造・物性情報に限られています。多くの実材料は非平衡状態で使用されており、非平衡系の計測データが欠如しているため、近い将来には戦略的な限界を迎えると予想されます。

そこで本研究開発では、最先端の非平衡系4D(三次元+時間)可視化技術と材料科学、データ科学の融合により、マテリアル開発の期間を劇的に短縮する非平衡系MIという新たな潮流を生むことで、未来のマテリアル開発を先取りする挑戦を提案します。

研究開発項目

1. タイヤ用ゴム材料の耐摩耗性能向上
2. 高速4D-CT技術の開発
3. SAXS/WAXS-CT同時計測技術の開発

研究開発の内容、目標成果

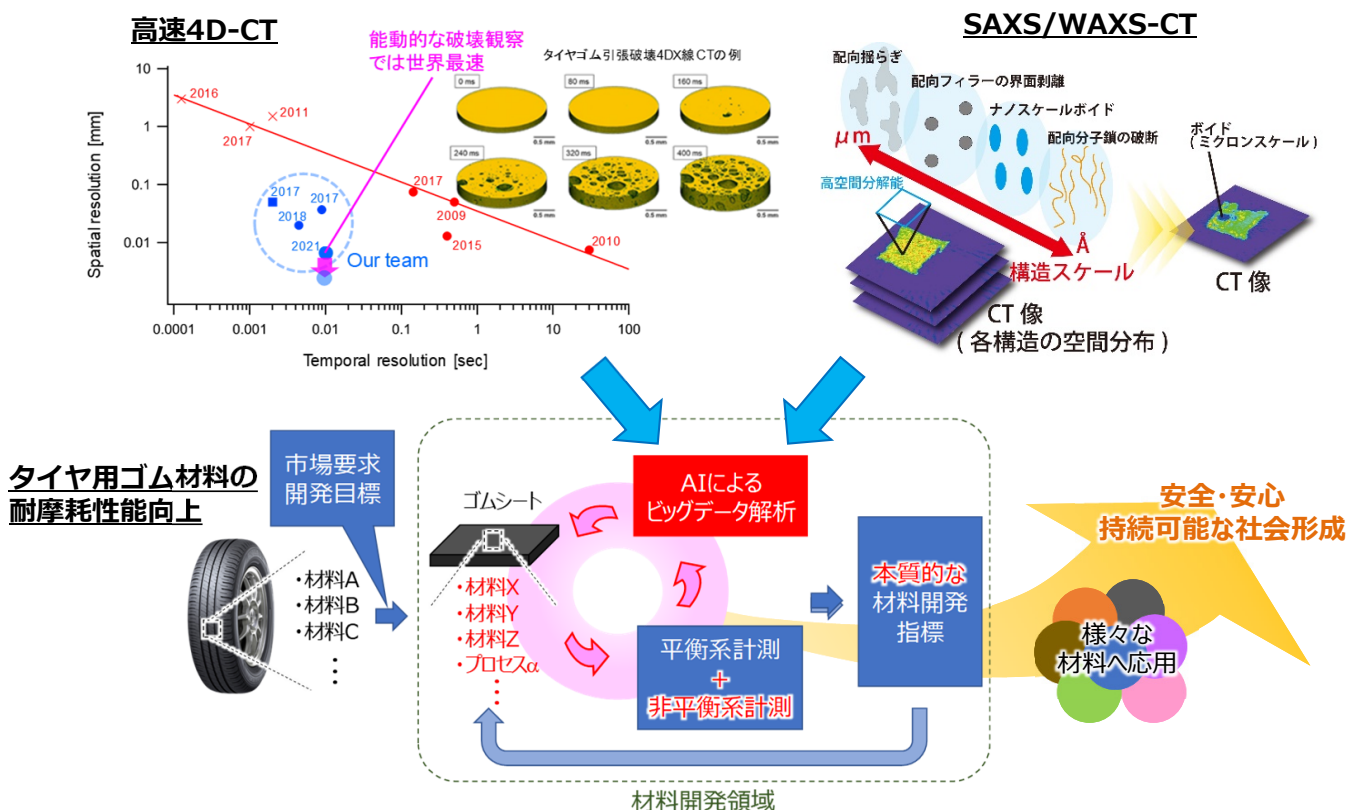
タイヤ用ゴム材料の耐摩耗性能の向上に焦点を絞り、実材料の使用環境下に対応する非平衡系の最先端計測手法として、ミリ秒時間分解能のX線高速4D-CT法、および平衡系の最先端計測手法として材料のナノスケールの情報を含むX線小角(SAXS)/広角散乱(WAXS)-CT法を開発します。開発した計測手法から得られるビッグデータを用いた非平衡系のMI活用により、タイヤ用ゴム材料の耐摩耗性能向上に寄与する新規材料開発指標を取得します。

現在までの成果として、ビッグデータ取得のための高速4D-CT法およびSAXS/WAXS-CT法の高度化・高効率化を達成し、得られたビッグデータから予測モデルを作成し、耐摩耗指数に寄与する材料開発指標を取得することができました。

非平衡系MIによる材料開発スキームを開発し、タイヤ用ゴム材料以外の材料へ応用させることで、様々な製品の長寿命化などが期待されます。

研究開発の実施体制

国立大学法人東北大学
国立大学法人京都大学
住友ゴム工業株式会社



不燃性ガス田における高効率ヘリウム膜分離回収技術の開発

Helium separation membrane system for N₂-based gas field

研究開発の目的

不燃性ガス田から高効率でヘリウムを分離回収し、日本への新たなヘリウムサプライチェーンの構築を目指します。

研究開発の背景、将来展望

ヘリウムは分子径が最も小さく、最も沸点(-269℃)が低いガスで、完全不活性、低溶解度、高熱伝導率、高拡散性、無刺激性、低粘性等の特性を兼ね備えています。冷却目的では窒素、不活性を生かす目的ではアルゴン等代替ガスが存在しますが、複数の特性を必要とする場合は他のガスでは代替ができません。ヘリウムの核融合による人工合成は研究途上で、低コスト・大量生産は不可能であり、現在使用されているヘリウムは地下に埋蔵する可燃性ガス(メタン主体)に随伴して生産されたものです。近年、世界的に需要と供給のバランスが崩れており、100%輸入に頼る日本は、入手困難な状況が続いています。

研究開発項目

1. 不燃性ガス田坑井元分離への適用可能性の検討
2. 高差圧分離膜の開発と評価
3. 長尺基材・片端封止型基材への膜合成技術開発

研究開発の内容、目標成果

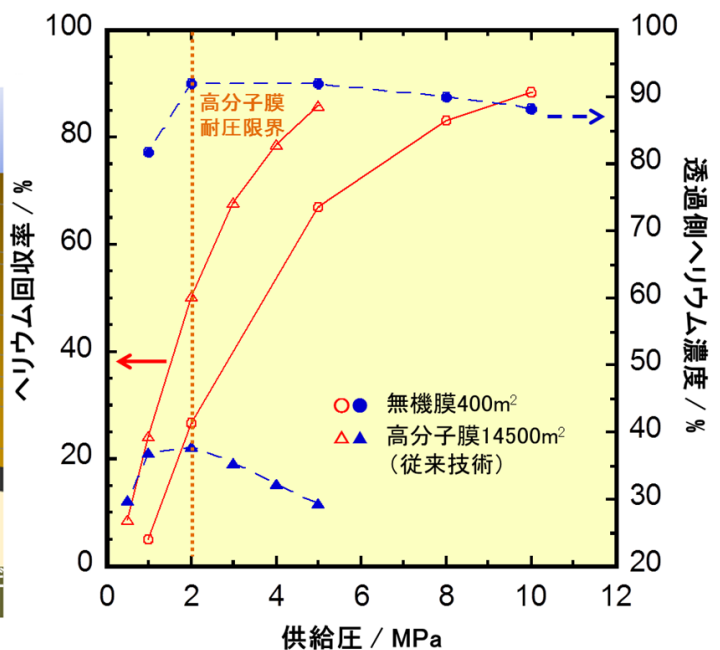
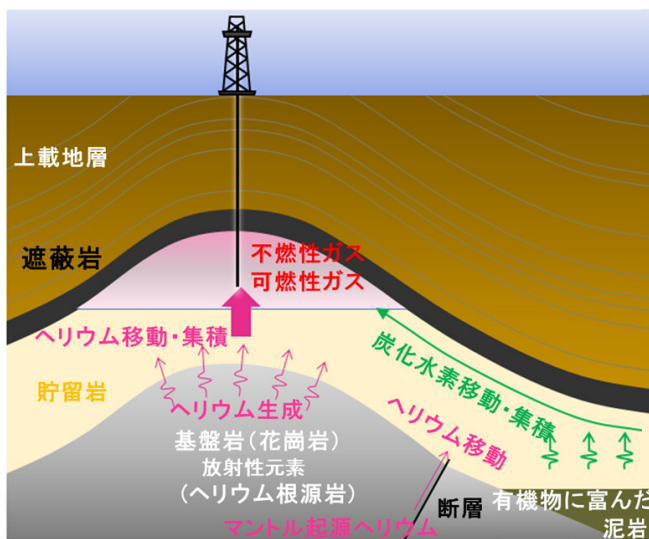
本事業では、これまでメタンを主体とした可燃性ガス田と比べて資源的価値が低く、注目されていなかった窒素を主体とした不燃性ガス田からヘリウムの単独生産に向けた技術開発を行います。このヘリウム単独生産事業は、メタン等の温室効果ガスをほとんど排出せずにヘリウムを回収でき、可燃性天然ガスの処理を必要としないため、設備投資を大幅に抑制できることが期待できます。さらに、耐圧性、耐熱性に優れたセラミック膜分離システムを開発して、地下ガス層の温度・圧力エネルギーを活用した高差圧分離により、従来よりもさらに省エネ・低環境負荷の高効率膜分離プロセスを実現します。

ガス田のフィールドデータを基に計算した膜分離シミュレーションでは高差圧における1段分離で高いヘリウム回収率、市場で取引可能なヘリウム濃度が得られることが確認されています。

研究開発の実施体制

一般財団法人ファインセラミックスセンター
(再委託先) 公益財団法人地球環境産業技術研究機構
(再委託先) 学校法人工学院大学
石油資源開発株式会社

ヘリウム資源の地下賦存状況



不燃性ガス田におけるHe単独生産と膜分離シミュレーション結果

ヒト嗅覚受容体応答に基づく世界初の匂い情報DXの研究開発

World's first odor information DX based on human olfactory receptor response

研究開発の目的

ヒトが感じるあらゆる匂いを数値化した匂いデータベースを構築し、「匂いの再構成」「匂いの伝送」等の匂いDX基盤技術確立します。

研究開発の背景、将来展望

匂い関連市場は世界的に急成長しており、現在の15.2 兆円規模から10 年後には119.6 兆円まで拡大すると見込まれています。これは、食品・飲料・化粧品・医薬品・ホームフレグランスへの香料需要の高まりや、VR(仮想現実)・AR(拡張現実)などのXR(クロスリアリティ)へのデジタル香の導入が要因と考えられています。ヒト嗅覚受容体応答を基本とした世界初の匂いDX基盤技術は、香りの再構成並びにその伝送の実用化の鍵となり、新規な映像・娯楽・生活関連産業の創出に貢献できると期待されます。

研究開発項目

1. ヒト嗅覚受容体センサーが検出する匂い分子の網羅性証明
2. ヒト嗅覚受容体センサーのハイスループット化
3. 匂いデータベースの作製
4. 匂い再構成用匂い分子ライブラリーの完成

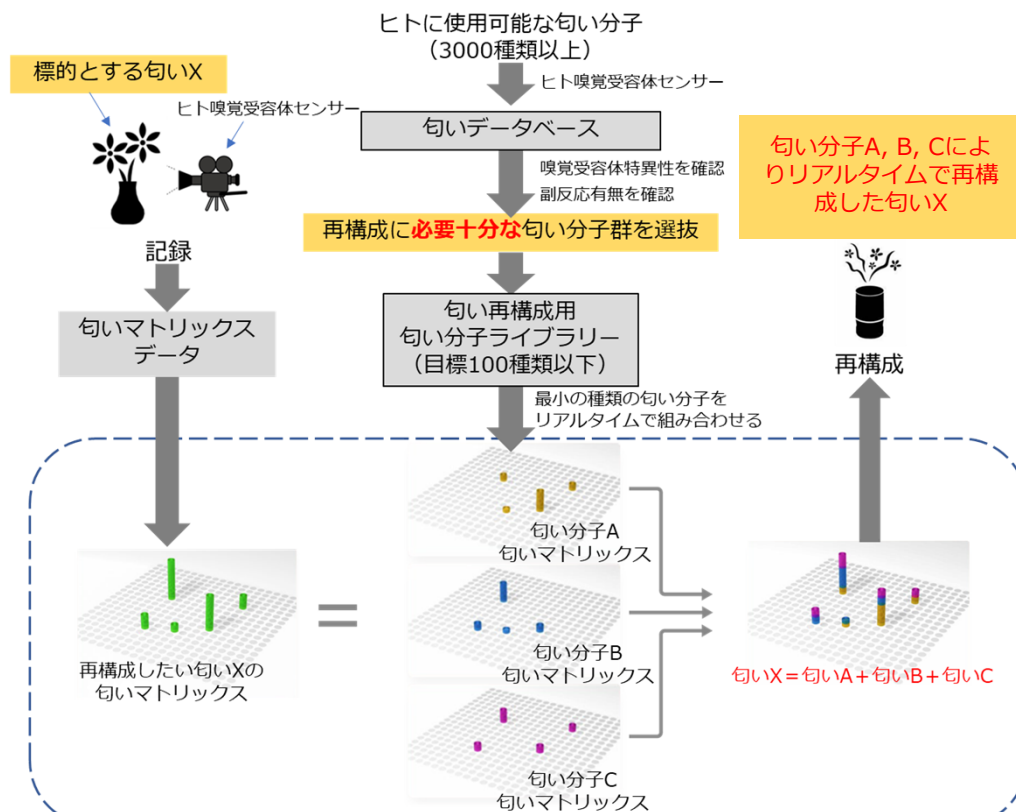
研究開発の内容、目標成果

388種類のヒト嗅覚受容体、並びにTRPチャネルたんぱく質27種、微量アミン関連受容体6種を有する匂いセンサーにより、ヒトが感じる匂いを網羅的に構成する匂い分子138種類に対する応答反応を検出し、匂いセンサーの実用性を証明します。次に、約3000種類の匂い分子の数値化を行い「匂いデータベース」を作製します。更に、様々な匂いに対して高頻度で応答する受容体に着目し、これらを刺激する匂い分子を選抜して、再構成用匂い分子ライブラリーを作成します。これらは、基本香となる匂い分子群であり、任意の匂いは、基本香の組み合わせから再構成します。研究期間中には50種以上の匂い再構成を目標とします。これらの研究成果は、食のおいしさや塩分・糖分の調整、嗅覚障害の発見、疼痛の緩和等、私達の健康や暮らしの管理に有用な技術として位置づけられます。また、香料開発の効率化や映像への匂い情報実装を通じて、様々な分野での匂いビジネスにインパクトを与えられます。

研究開発の実施体制

株式会社香味醗酵

(共同実施先) 国立大学法人大阪大学



任意の匂いXを、匂いマトリックスデータに変換し、匂い分子A,B,Cにより再構成するスキーム (匂い情報DXの流れ)

革新的異種柔軟材料3D／4Dものづくり基盤の構築

Innovative heterogeneous soft material 3D/4D manufacturing infrastructure

研究開発の目的

世界とは数段上の、格段に高いレベルでの、ソフト材料の3D/4Dプリンティングを推進できる基盤技術の開発に挑戦します。これによりマテリアルDX研究の新地平の開拓を目指します。

研究開発の背景、将来展望

マテリアル分野ではデジタル技術の1つである3Dプリンティングを前提とした研究として、4Dプリンティングやソフトロボティクスの研究が国際的に急伸しています。しかし、その前提となる3Dプリンティングにおいては、異種材料への対応が遅れており、多くの材料研究者や機械工学研究者が活用することができていないという課題があります。

研究開発項目

1. 4Dインクの開発
2. 4Dプリンタの開発
3. 4Dシミュレーターの開発
4. ナレッジ共有システムの開発

研究開発の内容、目標成果

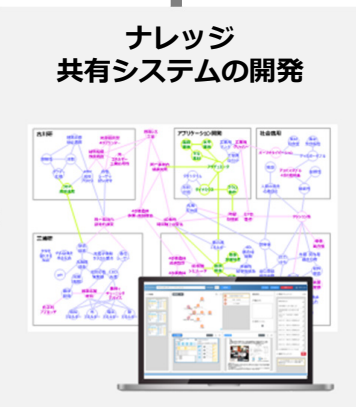
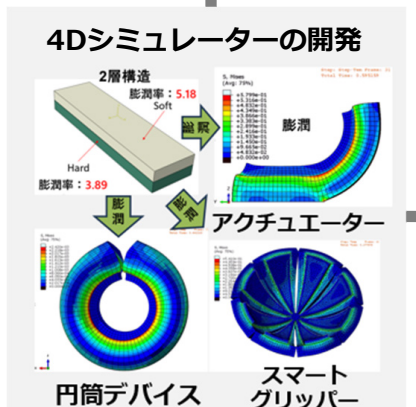
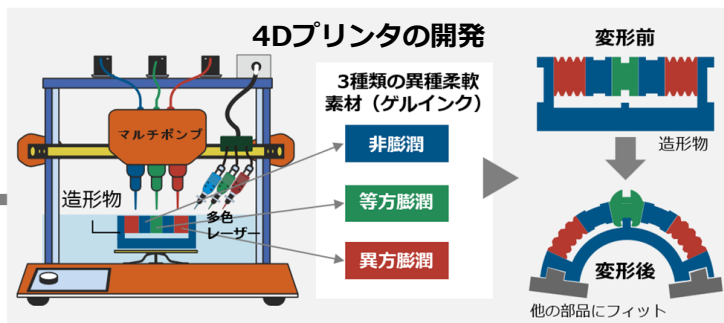
3Dプリンターを使用したデジタルファブ리케이션において、柔軟性と高次の機能を持つ4Dプリント材料の吐出条件を学習し、材料ベースの最適設計を目指します。

- ・3種類のインク混合における独立した化学反応
- ・最適濃度と反応特性で選んだ造形方式でのプリント
- ・造形途中の問題発生時に条件修正を提案
- ・6種の造形方式とゲル組み合わせで造形レポート作成
- ・4Dプリントシミュレーターと最適化手法で応用試作品

この研究は、4Dプリント材料の吐出条件の習得と最適設計の追求を通じて、格段に高いレベルでのソフト材料の3D/4D高付加価値ものづくり基盤を開発し、その社会実装を達成します。その実現のため、4Dプリンティングサミットの開催やシンガポールの国際学会4DMDA 2025にも参加(基調講演)、今後も多業種の企業に向けて情報発信を継続します。

研究開発の実施体制

国立大学法人山形大学
国立大学法人九州大学
学校法人立命館
サンアロー株式会社
株式会社LIGHTz



4 D Printing Summit@墨田区



4DMDA 2025@シンガポール

領域名：極限マテリアル

【領域概要】

マテリアル※1は、2025年6月に改訂されたマテリアル革新力強化戦略にもあるとおり、「様々な産業課題・社会課題を解決に導く分野横断的な基盤技術であるとともに、幅広い分野に飛躍的な技術の進展をもたらし、イノベーションを先導する重要な要素」と言われています。なかでも日本のマテリアル産業は、技術的優位性を有する高機能・高付加価値マテリアルの分野に現に強みを有し、日々技術を磨くことにより他国の追従を許さないマテリアルを生み出すことが一つの勝ち筋になっています。

性能を極限まで高めたり極限的な環境で機能を発揮したりするマテリアルの研究開発は、従来の日本の強みを発揮するのに適しており、今回特に「極限マテリアル」としてフロンティア領域と定義することといたしました。

2025年度は、数ある極限マテリアルの中で「高温超電導導体」と「パワーレーザー用光学材料」を最初の課題として取り上げました。2040年頃の社会実装に向け、マテリアルを起点とするイノベーションの創出に取り組みます。

※1 マテリアル

部素材に加え、部品、デバイス等を含みます。また技術領域としては、これらマテリアルを製造するためのプロセス技術も含みます。

【研究開発課題概要】

	高温超電導導体	パワーレーザー用光学材料
テーマ名	産業用高温超電導電磁石開発に資する集合導体化技術の開発	産業用パワーレーザー開発に資する光学材料およびデバイスの開発
課題説明	高温超電導線材を実用化する上でのボトルネック解消として、テープ状の線材をコイル化が容易な導体に加工し、さらに長尺化する技術を開発する	パワーレーザーを構成する光学部材の熱伝導性や光学損傷耐性をマテリアルの極限に近づけることにより、産業用パワーレーザーの性能を飛躍的に高めて普及を目指す
実施期間	最大4年（2年時に中間評価を実施する）	
事業規模	1年目：1億円以内 2年目：1億円以内 ※3年目以降は中間評価の結果に基づき決定する	
中間評価で求める通過条件（例）	・委託事業開始時に設定した、中間評価時点での目標を達成していること ・成果の社会実装に向けて、ユーザーとなり得る企業を1社以上見つけ、製品あるいは部品のモデル（モックアップ）を客観的な・中立的な立場で評価する体制（※）を実施期間延長の申請時点までに構築できる見込みがあること ・成果の社会実装に向けて、協力者となるサプライヤー企業を1社以上見つけ、実施期間延長の申請時点までに研究開発体制（※）を構築できる見込みがあること ※体制：当該企業からなるアドバイザリーボードの組成、当該企業とのLoI締結、当該企業の共同研究先としての追加など なお、中間評価時には、国家プロジェクト化や社会実装に向けてのシナリオ・構想についても、その時点の状況について改めて伺います。	

高温超電導スパイラル集合導体の極限長尺化技術の開発

Technology for extending the maximum length of HTS spiral assembled conductors

研究開発の目的

次世代超電導電力機器に必要不可欠な、超電導線材単長に依存しない極限の長尺スパイラル集合導体を開発します。

研究開発の背景、将来展望

2050年のカーボンニュートラル実現に向けて、水素ガスタービン発電システム向け超電導発電機や、究極の持続可能なエネルギー源となりうる核融合炉等が注目を集めています。太陽光発電や風力発電など不安定な再生可能エネルギーを大量に活用する未来社会では電力平準化が必須であり、蓄えるフェーズにおける超電導電力貯蔵装置(SMES)や、蓄える・運ぶを両立するSMES機能付き直流超電導ケーブルも期待されています。このような大容量かつ高電流密度な特性を有する次世代の超電導電力機器を核とした新たな電力システムを構築する未来社会像を創成し、カーボンニュートラルおよび国際競争力強化に貢献します。

研究開発項目

1. 集合導体の極限長尺化技術の開発
2. 集合導体の非接触通電特性評価技術の開発
3. 集合導体の極限長尺化技術のPoC

研究開発の内容、目標成果

大型超電導コイルの巻線には、高温超電導線材のテープ形状の制約を脱却した丸線形状の高温超電導スパイラル集合導体が有望ですが、超電導線材の単長制約からkm級の長尺集合導体の実現が困難です。集合導体同士を銅ブロックで接続する従来技術では、接続部が太くなりフレキシブル性も失われるため、コイル巻線が困難です。

本研究開発では、極低抵抗接続という固定概念を捨て、下図に示すように、線材同士をバットジョイントし、上下層の線材に電流を分流させるとともに、発熱と冷却をバランスさせることで冷却安定化する技術を開発します。本技術により、線材単長に制限されることなく、同径を維持しながら実質的に無制限の長尺集合導体が製作可能となります。さらに、巻線工程内で集合導体の健全性をリアルタイムに非接触で評価する技術も開発します。両技術が揃うことで極限の長尺集合導体の製造が実現します。

研究開発の実施体制

学校法人関西学院 関西学院大学
国立大学法人九州大学



図1. 次世代電力ネットワークと次世代超電導電力機器

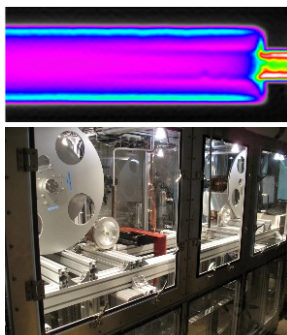
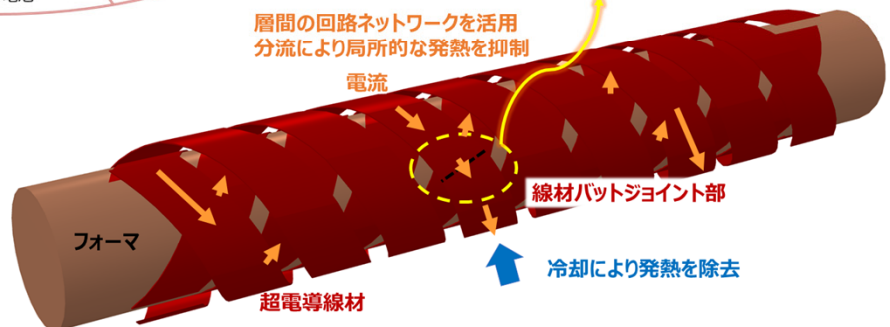
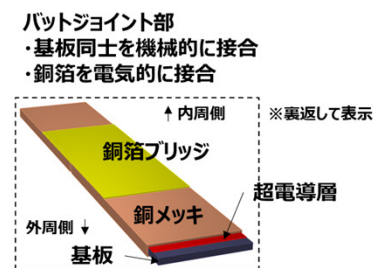


図3. 集合導体通電特性の非接触評価技術



従来技術（銅ブロック接続）
導体が太くなり、フレキシブル性を失う
コイル巻線やジャケット挿入が困難

本研究開発技術
同径でフレキシブル性を維持
・導体間接続が不要 → 高密度&高速なコイル巻線
・サブケーブルとしてジャケットへの挿入が容易 → 高電磁力対応

図2. 高温超電導スパイラル集合導体の極限長尺化技術の概要

産業用レアアース系高温超電導導体の開発

Industrial Rare Earth-based High-temperature Superconducting Conductors

研究開発の目的

産業用として高い電流特性、機械強度等を有する低交流損失の高温超電導導体を開発します。

研究開発の背景、将来展望

高温超電導技術はカーボンニュートラルの社会の実現、経済安全保障の強化と技術競争力の向上において重要な技術であると考えられます。特にレアアース系高温超電導線材においては、過去、日本が開発をリードして来おり、超高磁場の分析装置で工業製品化されるなど実用化が進みつつあります。一方、将来に向けては回転機や産業機器などメートル級の大型機器への適用も期待されており、さらには交流損失の低減により応用範囲の拡がりも期待されます。

そこで本研究ではこれら産業用を想定した低交流損失の高温超電導導体の開発を目指します。

研究開発項目

1. 産業用高温超電導導体の開発
2. 低交流損失高温超電導導体の開発
3. 高温超電導導体の電磁応答解析技術の開発

研究開発の内容、目標成果

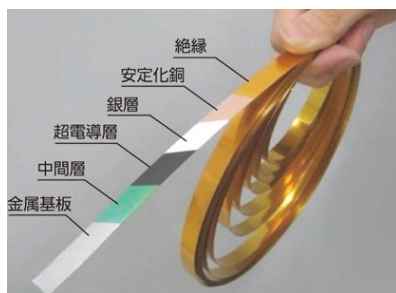
産業用レアアース系高温超電導導体の開発、および独自の粒界制御法を用いることにより、低交流損失を実現する高温超電導導体の開発を行います。また、導体開発においては構造解析等による導体化による課題の抽出を行いながら開発を行います。

また、上記の独自の粒界制御法を用いた高温超電導線材および導体の電磁応答を解析するためのモデル化を行い、導体の交流磁場中の電磁結合や交流損失などの電磁応答に関する理論解析技術を開発すると共に、導体の交流損失測定データとシミュレーション結果との比較を行い、交流損失低減効果を理論的に解明するとともに、交流損失低減のための課題を明らかにします。

研究開発の実施体制

株式会社フジクラ

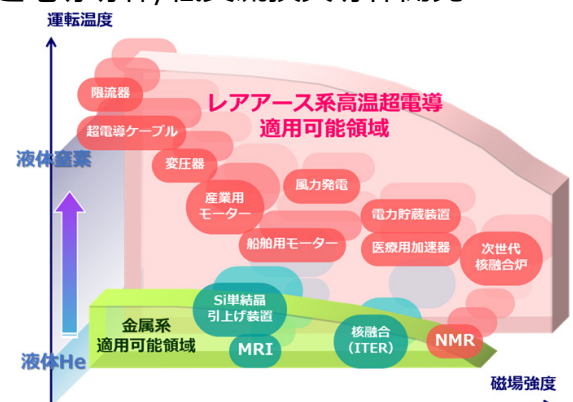
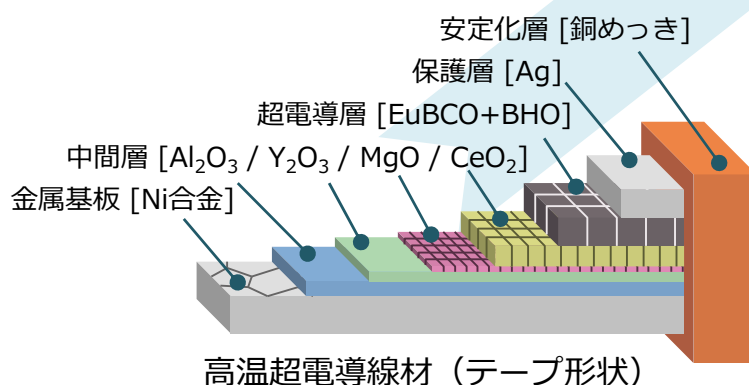
国立研究開発法人産業技術総合研究所



持続可能社会への貢献
国際競争力の向上
高温超電導機器実現



高温超電導導体/低交流損失導体開発



産業用電磁石の極限性能に資する高温超電導集合導体の研究開発

Research and development of assembled high Tc superconductors
for magnets with ultimate performance

研究開発の目的

高速レーザー加工技術を活用した高温超電導線のマルチフィラメント化技術を開発し、通電特性劣化を抑えたマルチフィラメント線を用いて低交流損失で複雑なコイル形状へ適用できる柔軟な集合導体を開発します。

研究開発の背景、将来展望

テープ状高温超電導線には曲げ方向の制約、大きな交流損失といった課題があり、産業用電磁石への応用に限界がありました。本研究で開発する新構造の高温超電導集合導体は、複雑なコイル製作を可能にし、医療機器や粒子加速器、電力貯蔵、フュージョンなど多分野への展開が期待されます。エネルギー効率の向上とCO₂削減に貢献し、カーボンニュートラル社会の実現に寄与します。

研究開発項目

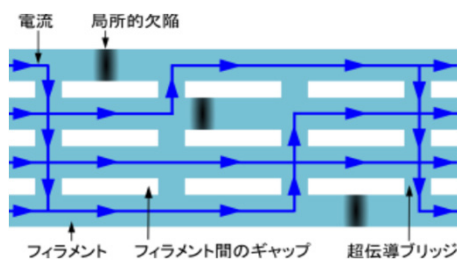
- A. 集合導体の開発と交流損失・通電特性の評価
- B. 高速レーザー加工方式による製造工程の開発
- C. 高速励消磁・超高磁場環境に耐える高温超電導素線の実現
- D. 複雑なコイル形状への適用が可能な断面形状を持つ集合導体の量産検討
- E. 次世代エネルギーインフラへの貢献

研究開発の内容、目標成果

本研究では、フィラメント間に超電導ブリッジを設けたIFBマルチフィラメント線を用いたSCSC-IFBケーブルの設計・製造技術を開発し、通電特性の劣化抑制と交流損失低減の両立、高温超電導集合導体の強度と柔軟性の両立を目指します。これにより、テープ状超電導線では困難だった複雑なコイル製作が可能となります。さらに、IFBマルチフィラメント線の高精度形成を可能とするレーザー加工技術を確立し、マルチフィラメント化時の通電特性劣化抑制を実証します。また、高精度レーザー加工技術を活用した高速な初期検証ラインを構築し、量産化に向けた技術を開発します。初期検証レーザー加工ラインによるIFBマルチフィラメント線の加工の達成、SCSC-IFBケーブルにおける従来比1/5の交流損失を目標としています。

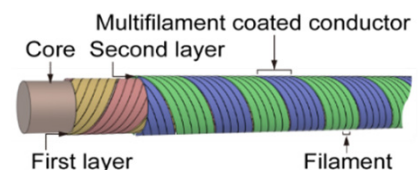
研究開発の実施体制

古河電気工業株式会社
国立大学法人京都大学
国立研究開発法人産業技術総合研究所
大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構



フィラメント間に超電導ブリッジを設けたIFBマルチフィラメント線

導体化



SCSC-IFBケーブル

本導体を用いた超電導磁石の波及効果	社会へのインパクト
設備・動力機械の省エネ化・小型化	産業界からのCO ₂ 排出量の削減
医療用加速器の小型化・ヘリウムレス	高度医療を担う病院・医療基盤の強化
電動航空機用モーターの軽量化	航空輸送のカーボンニュートラル化
液体水素冷却超電導発電機の普及	水素社会の推進
小型フュージョン炉の実用化	カーボンニュートラル社会に向けた基幹電源

半導体レーザーの極限的な高出力化の研究開発

Extreme Power Scaling of Laser Diodes for Next-Generation Photonic Applications

研究開発の目的

半導体結晶の光損傷やヒートシンクの冷却特性の限界など、半導体レーザーの出力増加を阻む根本的な課題をマテリアルの革新技术で解決し、極限的な高出力化を実現します。

研究開発の背景、将来展望

生成AIの誕生に伴いデータセンターやネットワークに掛る消費電力の増加が将来の課題となっています。AIインフラの消費電力の大幅な低減には、半導体プロセッサやパワー半導体を高性能化する技術の確立が求められます。

半導体レーザー (LD) は、高性能な次世代プロセッサやパワー半導体の製造装置(パワーレーザー) などへの応用が期待されています。

LDの出力を極限まで高められると、大面積の半導体ウェハを短時間かつ大量に処理することができ、高性能な半導体を低コストに製造することができます。

研究開発項目

研究項目A：LD結晶の高出力化の研究開発

研究項目B：LDモジュールの冷却技術の研究開発

研究項目C：サプライヤ・ユーザとの緊密な連携

研究開発の内容、目標成果

本テーマでは主に3つの課題に取り組みます。

研究項目A

光損傷の主な発生箇所であるLD出射端面に、損傷を抑制する処理を施す研究開発を行います。また、トンネル接合を用いて活性層を通常の1層から2層以上に増やすマルチジャンクション化をLDバーに適用し、LDバーあたりの出力で世界最高となる3kWを達成します。

研究項目B

LDバーを多数積層したLDモジュールにおいて、これまで実現されていない印加電流1kA、デューティー比10%の動作が可能な新たな冷却手法の研究開発を行います。高性能な冷却材料と高出力のLDバーを接合する新技术を確立し、世界最高性能のLDモジュールを実現します。

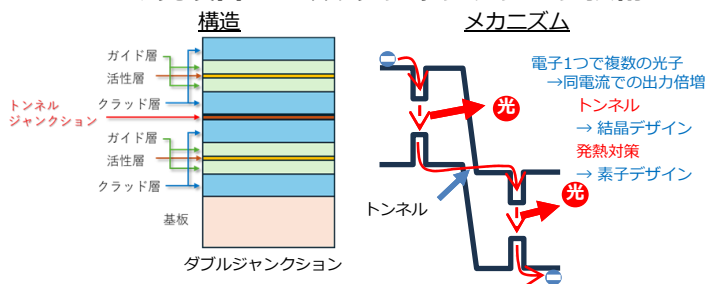
研究項目C

研究項目A、Bで確立した技術を産業応用するためにパートナー（サプライヤ、ユーザ）との連携体制を構築します。またユーザ評価が可能な試作器(モックアップ)を試作します。

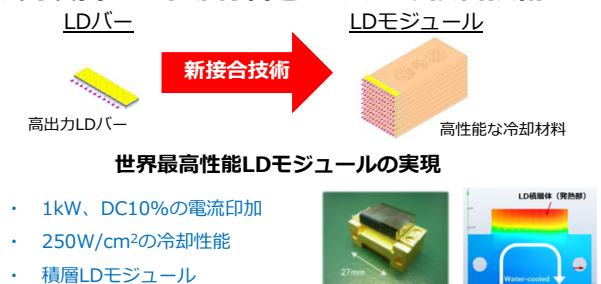
研究開発の実施体制

浜松ホトニクス株式会社

研究項目A マルチジャンクション技術

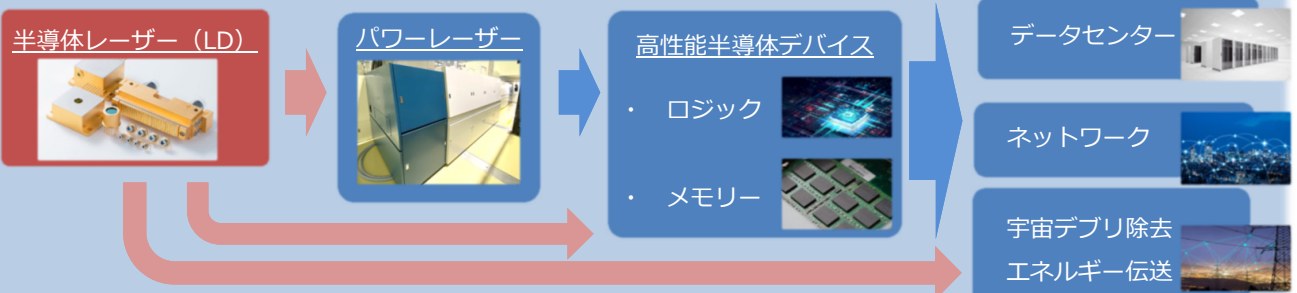


研究項目B 冷却材料とLDバーの接合技術



研究項目C：モックアップ試作・評価

パワーレーザーに必須となる半導体レーザーの極限的な高出力化



超高レーザー耐力および超低損失ガス光学素子の研究開発

Pioneering Gas Optics with Superior Damage Threshold and Ultra-Low Loss for High power and High Energy Laser

研究開発の目的

高出力レーザー用光学素子として、これまでにない新しい手法である気体光学素子を導入して圧倒的な動作特性を生かした高出力レーザーを開発し、従来の常識とされていた固体光学素子からの気体光学素子への転換を推進します。

研究開発の背景、将来展望

従来の固体光学素子から気体光学素子に置き換えることで、100倍以上高強度な光を直接制御できるようになり、高出力レーザーシステムの圧倒的なダウンサイジングや、高強度場を直接制御することで新しい非線形光学応用を開拓します。さらに、ppm級の挿入損失で抑えられた光学素子により“光”を蓄積し、取り出すことで、新しいタイプの高効率高出力レーザーを実現させ、原理実証が進んでいるさまざまな高出力レーザーの社会実装の加速が可能になります。

研究開発項目

1. 高強度レーザー用気体光学最適化パラメータ探索システムの開発
2. マルチ気体スイッチ大口径単一モード発振器技術の開発
3. 超低損失気体光学素子を用いた光蓄積器の開発
4. 先進気体光学素子研究開発推進委員会開催

研究開発の内容、目標成果

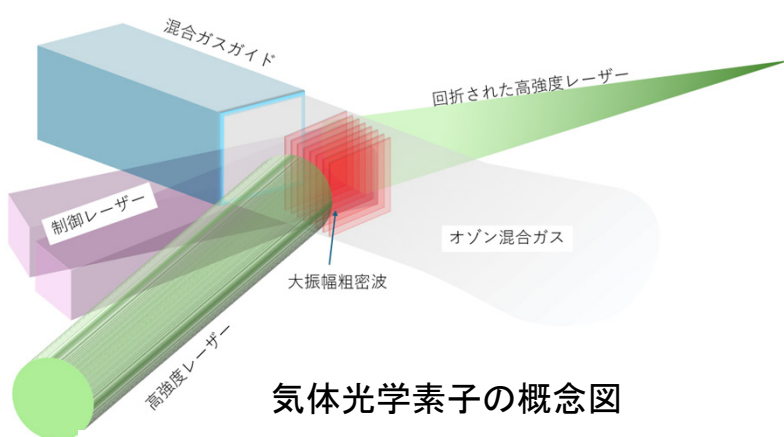
本研究開発では、①ナノ秒レーザーで kJ/cm^2 を超える桁違いに高強度で使用可能、②10ppmの超低損失性、③高い波面精度でスイッチング・回折ができる、等の特徴をもつ新しい気体光学素子を用い、コンパクトかつダメージフリーな高出力レーザー装置を作り上げます。

具体的には、複雑な気体光学素子の最適動作点を機械学習を用いて高速に高精度に決定できる実験プラットフォームを構築し、発振器内に $\lambda/10$ 以上の波面制御かつナノ秒の高速スイッチ動作を同時に行う気体素子を組み込むことで、大口径かつ単一モードで動作できるパルスレーザー発振器を開発し、CWレーザーを光蓄積器に貯めこみ気体光学素子でパルスレーザーとして取り出す新しい概念のレーザーを実現させます。

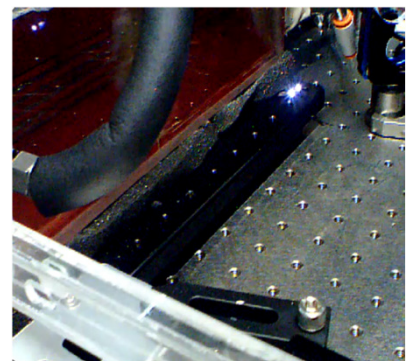
さらに、高出力超短パルスレーザーで課題となる光学損傷問題を回避するために、高繰り返し低エネルギーパルスレーザー列を光更新期内で重ね合わせ高出力レーザーとして取り出す技術を確立させます。

研究開発の実施体制

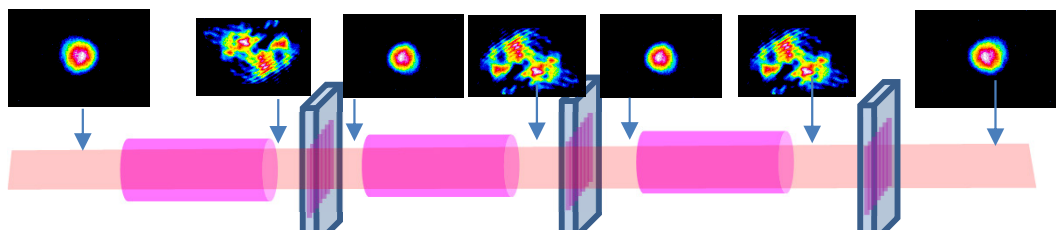
国立大学法人電気通信大学



気体光学素子の概念図



ダメージフリーオゾン集光光学素子



オゾンガス光学素子フィルタリングレーザーシステム

多層接合と革新的材料技術で切り拓く高出力パルスレーザーの開発

High-Power Pulsed Lasers Pioneered by Multi-Layer Bonding and Innovative Material Technology

研究開発の目的

パルスレーザーの出力向上に伴う熱負荷とコスト増大を、多層接合と革新的材料技術で解決し、高出力レーザーの幅広い産業応用を加速します。

研究開発の背景、将来展望

高出力レーザーは、その高出力化による光学素子の熱負荷や損傷リスクの増大で、冷却費用や素材費が高額となる点が大きな課題です。

本事業ではこの課題を解決するため、多層接合技術による効率的な熱拡散、コーティングの耐損傷閾値向上による小口径化、そして新材料による熱膨張と破損リスクの低減という三つの技術開発を連携・統合します。

これらの技術により、高精度加工、長距離エネルギー伝送、宇宙といった産業分野において、高出力パルスレーザーの実用化がさらに加速されることを目指します。

研究開発項目

1. SPS多層接合技術の開発
2. 高耐損傷閾値コーティング技術の評価・選定
3. コーティング量産化/品質安定化プロセス開発
4. レーザーセラミックスの微細粒化による機械強度向上

研究開発の内容、目標成果

高出力パルスレーザーの課題解決に向け、3つの研究開発を推進します。

まず、多層接合による効率的な熱拡散技術を確立し、レーザー媒質と冷却基板の積層により熱を効果的に逃がす手法を開発します。今回用いるSPS(放電プラズマ焼結法)は要求精度も比較的 low、短時間での接合や大型化も可能で有り、整合技術開発と同時に産業展開に適した製造方法の確立を目指します。

また、高出力・高繰り返し動作時のコーティング損傷を抑えるため、現行の2倍の耐損傷閾値を持つ高耐性コーティングを開発します。その量産化と品質安定性を確保するための最適プロセスも同時に開発します。

さらに、高出力動作時の熱膨張や機械強度不足によるレーザー媒質の破損リスクを回避するため、YAGセラミックスの微細粒化によって機械強度を向上させると同時に、低コスト化と大口径化に対応できる製造プロセスを開発します。

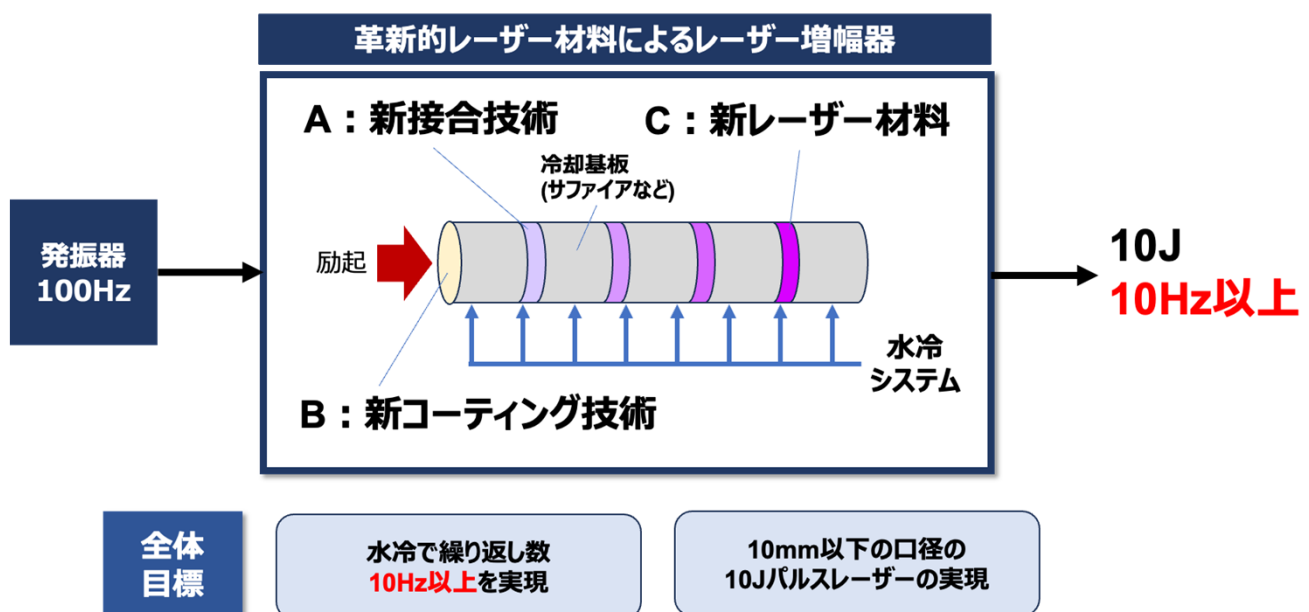
研究開発の実施体制

株式会社EX-Fusion

(再委託)

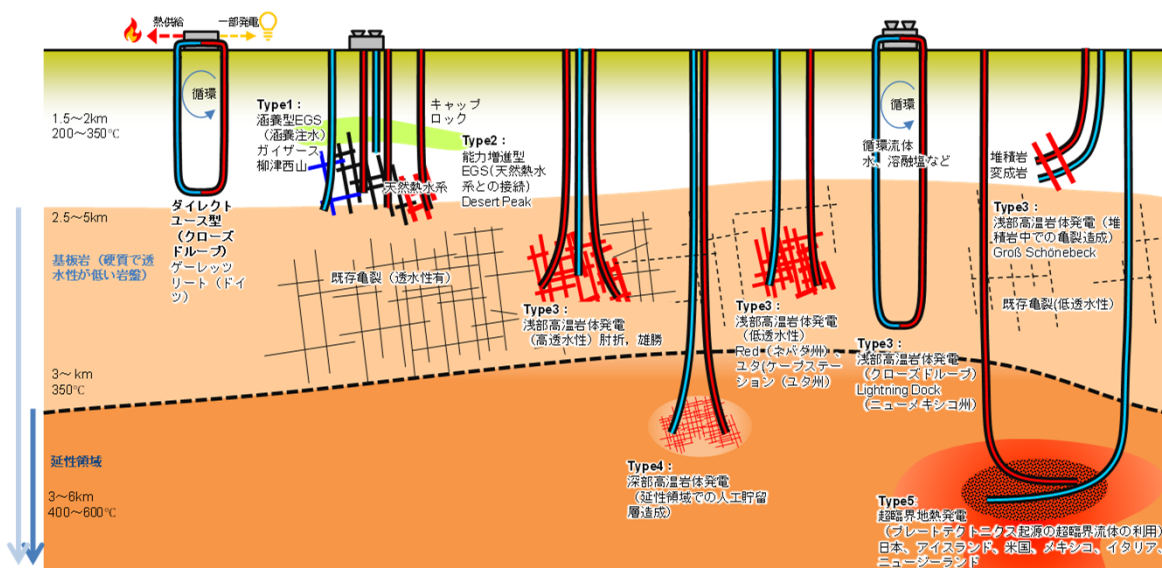
国立研究開発法人物質・材料研究機構

自然科学研究機構核融合科学研究所



地下未利用資源の活用領域

カーボンニュートラルの実現およびエネルギーセキュリティの向上に向けて、クリーンで低コストな国産エネルギーの確保が求められています。日本が高いポテンシャルを持ちながらも利用の進んでいない地下のエネルギー資源に着目し、その活用推進に係る領域をフロンティア領域「地下未利用資源の活用」と定めました。具体的には、増進型地熱システム（EGS）、超臨界地熱発電といった次世代地熱発電や天然水素があげられます。



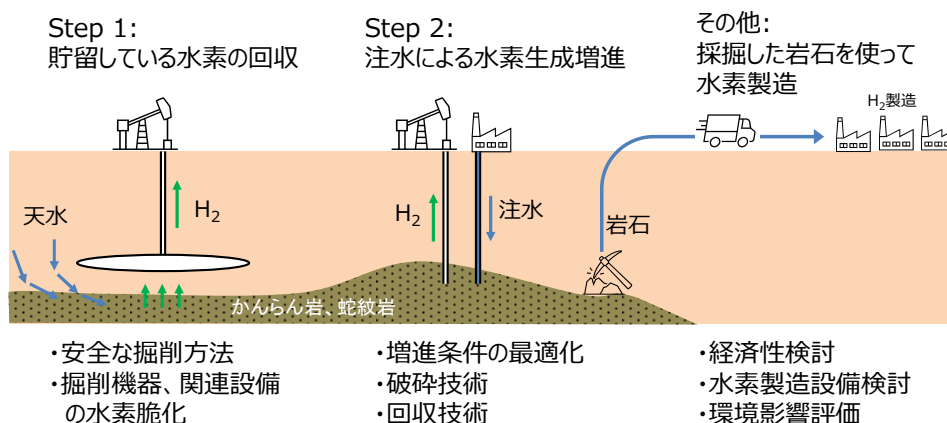
出典：産業技術総合研究所 浅沼 宏氏作成資料（2014）をもとにNEDO技術戦略研究センター作成(2015) 資料を改定（2024）

天然水素の生成増進・回収実現に向けた研究開発

天然水素は地下から得られる水素のことで、安価で回収時のCO₂排出が少ない水素として期待されています。米国エネルギー高等研究計画局（ARPA-E）や国際エネルギー機関（IEA）でも取り上げられるなど、世界的に注目が集まっています。天然水素が地下でかんらん岩と水が反応して蛇紋岩となる反応に伴って生成することは分かっていますが、地下深部での生成・移動・集積メカニズムの詳細は不明です。また、回収可能な水素の量を引き上げるためには、貯留している水素の回収のみならず、注水による水素生産の増進や地上での水素製造など、人工的な水素生産の増進技術の開発が重要となります。

フロンティア育成事業では水素生成増進・回収実現に着目し、反応メカニズムの解明、反応の促進、国内での実施の可能性などについて検討を進めています。

天然水素回収・生成増進プロセスの検討



超塩基性岩からの天然水素回収・生成増進に関する研究開発

Recovery and enhanced generation of natural hydrogen from ultramafic rocks

研究開発の目的

超塩基性岩を対象とし、鉄の分布評価と水熱実験に基づき天然水素生成を評価するとともに、植物由来・生分解性キレート剤を利用した低環境負荷の水素回収・生成増進方法を検討します。

研究開発の背景、将来展望

化石燃料に依存しない次世代型のクリーンエネルギーとして水素エネルギーは大きく期待されています。しかし、従来型の水素製造では高コストという問題があります。一方、天然の超塩基性岩(かんらん岩や蛇紋岩)が水と反応すると水素などが発生することが知られています。しかし、超塩基性岩由来の天然水素が資源としてのポテンシャルを持っているかはわかっていません。本課題では、日本の超塩基性岩について、天然の水素生成プロセスを理解し、地下の岩石に貯留された水素の回収、および、反応プロセスを促進させる技術を開発し、日本の地質学的特徴や地域性に調和した天然水素の回収・生成増進システムの創出を目指します。

研究開発項目

1. 超塩基性岩の組織と鉄の化学状態の調査
2. 超塩基性岩を用いた水素生成実験
3. キレート剤を用いた超塩基性岩の溶解実験
4. キレート剤を用いた浸透性改善実験

研究開発の内容、目標成果

超塩基性岩にすでに貯留されている天然水素を回収するため、また、未反応な部分を用いたさらなる水素生成を可能にするために以下の研究開発を行います。

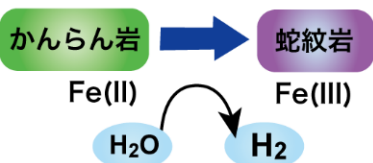
国内の典型的な超塩基性岩から4種類以上を選定し、岩石の鉱物割合や組織、そして、水素生成に不可欠な鉄の化学状態を明らかにします。また、岩石中の空隙の分布とそこに含まれる水素やメタンなどのガス成分の有無を調べます。選定した岩石試料に対して、攪拌式水熱反応装置により加速度的条件で水素生成量を評価します。

低環境負荷の植物由来・生分解性キレート剤(GLDA)を用いて超塩基性岩の溶解実験を行い、どの鉱物が選択的に溶解するか、また、溶解によりどのような空隙構造ができるかを明らかにするとともに、GLDAによる鉄イオンの抽出量を評価します。また、地中環境を想定した条件で、超塩基性岩のコア試料にキレート剤を流通させる流通式実験を実施して、岩石の浸透率の変化を明らかにするとともに、X線CTスキャンなどにより、空隙・流路の形成プロセスを明らかにします。

研究開発の実施体制

国立大学法人東北大学

かんらん岩の蛇紋岩化に伴う水素生成反応

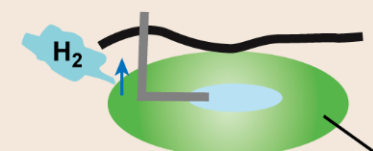


国内には様々なタイプの超塩基性岩があり、水素生成に不可欠な鉄を含む鉱物も複数存在する。

- ・過去に生成した天然水素が地下にどこにどれほど存在しているのか?
- ・超塩基性岩の新たな反応プロセスで水素がどれほど生成されるのか?

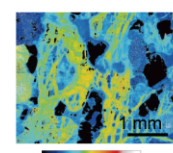
開発実装のイメージ

- ・岩石空隙に存在する天然水素の回収
- ・原位置での水素生成の促進



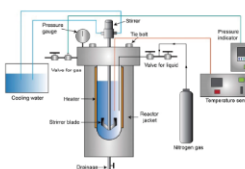
- ・Fe(II)を含む岩石・溶液の回収
- 複合プロセスによる水素の生成

超塩基性岩の評価

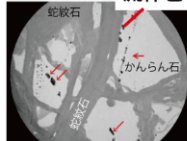


X線分析による鉄の化学状態マップ

水素生成実験



流体包有物

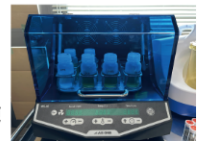


X線CT等によるガスを含む空隙分析

キレート剤による鉱物溶解実験

岩石・鉱物種類による溶解速度・鉄の抽出量

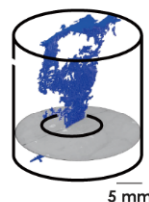
バッチ溶出試験



キレート剤による浸透率促進

3D 空隙分布

選択的な鉱物溶解による浸透率向上・流路発達



日本の天然水素ポテンシャル評価と人工増進技術の研究開発

Assessment Natural Hydrogen Potential in Japan and R&D for stimulated hydrogen

研究開発の目的

日本の地質特性を基に天然水素生成ポテンシャルを定量評価し、人工増進技術の開発に向けた合理的予測を行うことを目指します。

研究開発の背景、将来展望

我が国は、沈み込み帯に伴う複雑な地質条件を有しており、かんらん岩や蛇紋岩などを伴う超塩基性岩はもとより、鉄やマグネシウムに富む玄武岩など、蛇紋岩化反応によって天然水素が生成される地質体が豊富に存在すると期待されます。日本の地下に豊富に存在する岩石・鉱物を持続可能なエネルギー源として活用し、エネルギー自給率向上とCO₂排出削減を目指す構想です。具体的には、鉄の酸化反応を伴う鉱物化学反応を活用し、かんらん石などの鉱物を地熱資源と複合することにより、蛇紋岩化反応を人工的に促進し、経済的かつ効率的に水素を生成するための技術およびシステムの開発を目指します。日本特有の地質条件を活かし、エネルギー産業を再構築し、カーボンニュートラルな社会の実現と地域経済の発展に寄与します。

研究開発項目

1. 蛇紋岩化反応による水素ポテンシャル調査
2. 蛇紋岩化反応環境条件の特定

研究開発の内容、目標成果

本事業では、日本国内で天然水素生成ポテンシャルを持つ「未利用資源の発掘」および「増進技術の開発」を両軸に据えた研究を推進します。未利用資源の発掘においては、地質データ整備とマッピングを通じ、技術的・社会的アクセス性を考慮しながら、蛇紋岩化反応による水素生成に適した地質学的条件を持つ有望地域を選定します。増進技術の検討では、蛇紋岩化反応を促進し水素生成を増大させる技術や反応条件の特定を目指します。

具体的には、有望地域の地質学的特性の理解に加え、蛇紋岩化反応における適切な温度や圧力条件の最適化、触媒技術の利用、亀裂密度の増加や水/岩石比の調整などを通じて、水素生成量を最大化することが課題です。

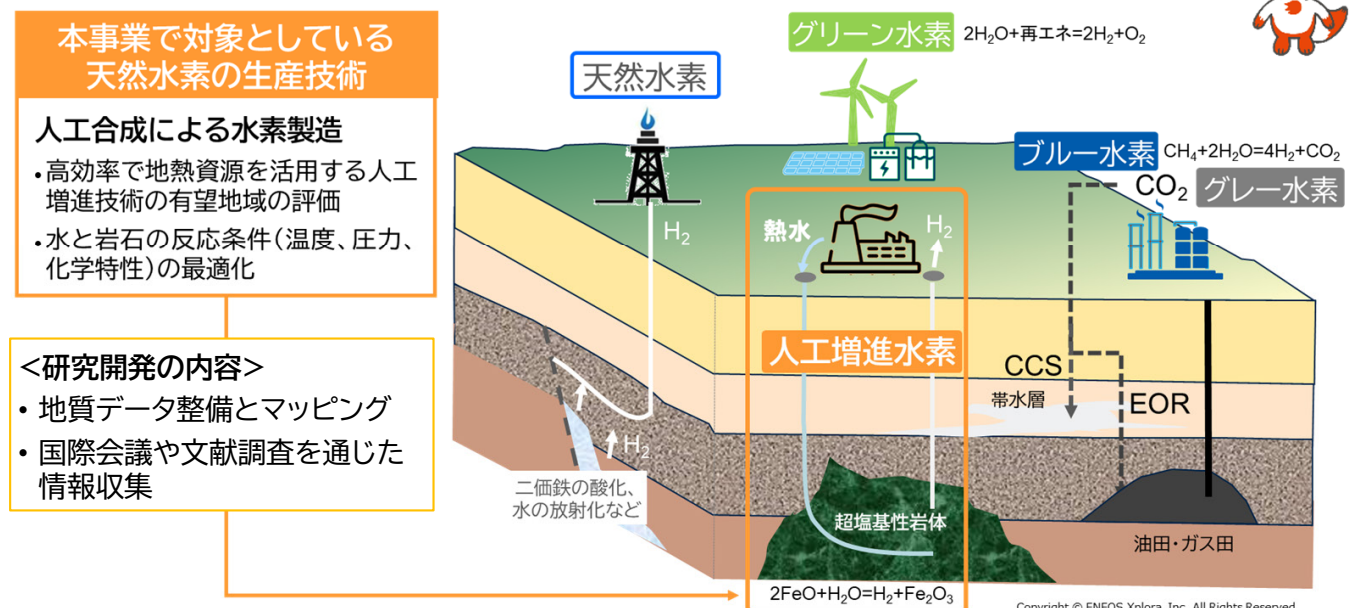
これらの研究開発を通じ、国内の天然水素の効率的利用に向けた基盤を構築することにより、天然水素の効果的な利用に向けた学術的及び実用的知見を得られるものと期待されます。また、エネルギー自給率向上と経済的で持続可能なエネルギー供給システムの構築への寄与を狙います。

研究開発の実施体制

ENEOS Xplora株式会社

採掘や人工合成による天然水素の生産は、地下資源や自然界の鉱物化学反応を活用する新しいアプローチ

➡ (多大なエネルギーを要し、炭素強度やコストも課題の)ブルーやグリーン水素製造とは異なる



天然水素生成や増進回収における要因解明に係る研究開発

Geochemical factors affecting generation and stimulation of geologic hydrogen

研究開発の目的

日本国内に分布する超苦鉄質岩を用いて水素生成実験を行うことで、天然水素発生メカニズムを解明し、水素生成量や速度に与える鉱物学的・地球化学的要因を明らかにする。

研究開発の背景、将来展望

脱炭素社会の実現に向けて低コスト、低炭素負荷である新たなエネルギー源として天然水素の活用が期待されています。日本ではその地質分布から蛇紋岩化由来の天然水素が最も有望であるとされています。本研究開発では日本各地の超苦鉄質岩を用いて水素生成実験を行うことで、根源岩としての水素生成ポテンシャルを評価し、日本初の天然水素資源の探査・開発に向けた有望地の選定に繋がります。また、低温蛇紋岩化反応における水素生成にとって重要な地球化学的条件を抽出することで、今後の天然水素の増進回収技術の開発に向けて基盤となる知見を提供します。

研究開発項目

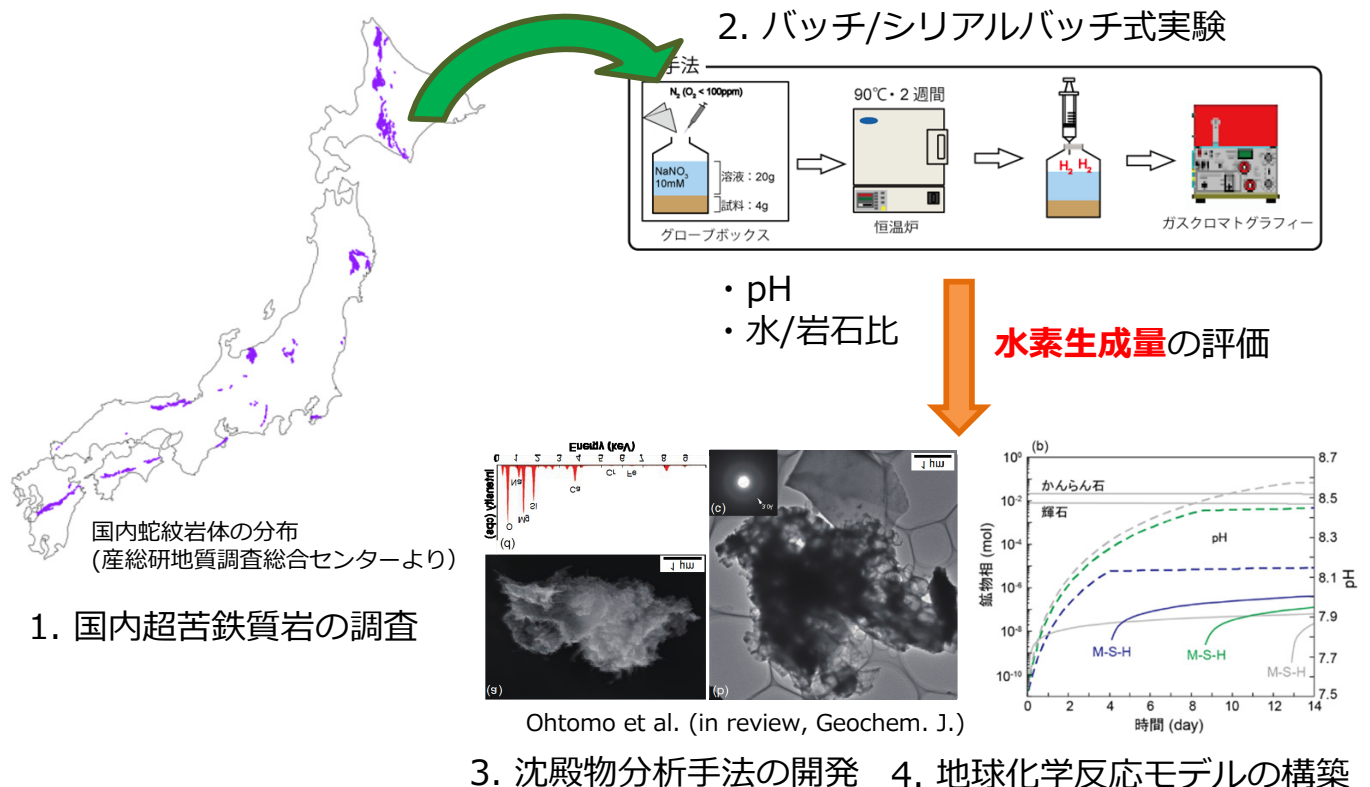
1. 水素生成に適した国内根源岩の調査
2. 一次鉱物溶解速度と水素生成促進条件の調査
3. 沈殿物中の微量低結晶性鉱物同定法の開発
4. 低温蛇紋岩化反応の地球化学反応モデルの開発

研究開発の内容、目標成果

1. 水素生成に適した国内根源岩の調査
野外調査によって得た岩石試料についてバッチ式の水素生成実験を行い、その水素生成量の比較から天然水素の国内根源岩として適切なサイトや岩種を絞り込みます。
2. 一次鉱物溶解速度と水素生成促進条件の調査
1で水素生成量が多かった岩石試料に対して異なるpH条件で実験を行い、溶解速度と水素生成量の関係性を明らかにします。また、同様の岩石試料においてシリアルバッチ式実験を行い、水素生成量に対する水/岩石比の効果を明らかにします。
3. 沈殿物中の微量低結晶性鉱物同定法の開発
実験系に含まれている低結晶性鉱物を観察・分析するための手法を開発します。
4. 低温蛇紋岩化反応の地球化学反応モデルの開発
1～3の結果を用いて、低温蛇紋岩化反応における水素生成量を定量的に予測可能な地球化学反応モデルを構築します。

研究開発の実施体制

国立大学法人北海道大学



水素生成可能な岩石の探索と増進を踏まえた評価に係る研究開発

Exploration and evaluation of hydrogen-generable rocks from a stimulation perspective

研究開発の目的

我が国における超苦鉄質岩類の分布や性状を明らかにし、地質学的観点から生成増進の有望性を評価します。

研究開発の背景、将来展望

天然水素は、カーボンニュートラルの実現に向けた新たな地下未利用資源として活用が期待されています。我が国は多様な地質と豊富な地熱資源を有することから、かんらん石を多量に含む超苦鉄質岩類と地熱資源を組合せ、人工的な蛇紋岩化によって水素生成を増進し、低コストで無限に近い天然水素が得られる可能性があります。しかしながら、開発を前提とした超苦鉄質岩類の地質学的特性や増進ポテンシャルといった基盤的地質情報の整理は未だ行われておらず、研究開発のボトルネックとなっています。

研究開発項目

1. 国内蛇紋岩体の分布・性状の把握
2. 国内蛇紋岩体分布域湧水地における水素発生状況の評価
3. 水素発生可能性評価手法の開発

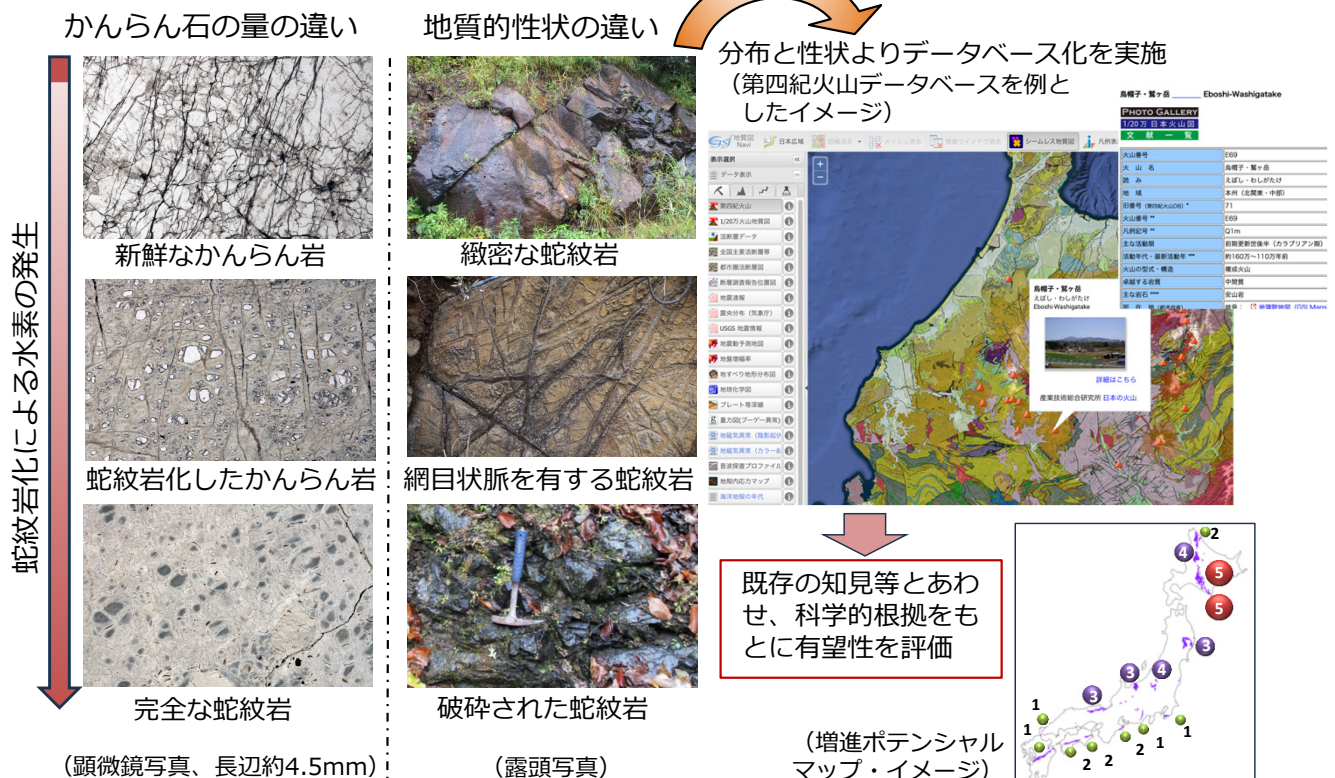
研究開発の内容、目標成果

本研究開発ではまず、既存の地質情報を利用して国内の蛇紋岩体を50岩体程に絞り込み、現地調査を行った上でその分布と地質学的性状を整理します。水素生成のためには、最も基本的な前提として新鮮なかんらん石を十分な量含む岩石が存在する必要がある、開発のためには、増進方法に応じた地質的な適性、すなわち亀裂等の状態、地熱資源の有無、岩体の存在位置等も重要な条件となり得ます。さらに、微量の水素発生が確認されれば、増進のための地質学的条件に大きな制約を与えられるため、岩体の水素発生状況を調査し評価します。これらの地質情報の取得及び整理とあわせ、水素生成や開発にとって重要な地球化学的条件や社会的条件等の既存の情報を整理し、増進の有望性を評価します。

国内の蛇紋岩体の分布と地質学的性状について、地質データベースとしてまとめることを予定しています。

研究開発の実施体制

国立研究開発法人産業技術総合研究所
(共同実施) 石油資源開発株式会社



九州地域の天然水素資源開発に関する研究開発

Natural Hydrogen Resources in the Kyushu Region

研究開発の目的

九州地域の天然水素生産ポテンシャルの定量化と、安定生産・供給に向けた技術的條件の整理、事業化評価と社会的体制の基盤構築を兼ねた天然水素の開発と利用に関連する企業の調査を目的とします。

研究開発の背景、将来展望

天然水素の生成ポテンシャルが高いと期待される九州地域は、地熱や太陽光・風力などの自然エネルギー利用にも豊富な実績があります。そこで九州地域を対象として、天然水素の探査・開発だけでなく、その利用に関する社会実装を目途とした研究開発を実施します。

この研究開発によって、九州地域におけるエネルギー地産地消が加速化・重層化することで、災害などに強い地域づくりに貢献します。同時に自然エネルギーの利活用に関する産業に新たな機会を提供します。

研究開発項目

1. 「天然水素システム」ポテンシャル評価
2. 水素生成可能な岩石の探索
3. 亀裂・水理特性の把握
4. 天然水素生産方法の検討
5. 事業化に向けた体制構築の検討

研究開発の内容、目標成果

・水素生成条件(岩石探索)、水素増進回収条件(地下岩盤の力学特性調査)、水素貯留条件(亀裂・水理特性)、熱条件(地下熱環境の調査)の調査を経て、複数の天然水素生産候補地を特定すると共に、定量的に総合評価し、空間情報システムを用いて可視化します。

・天然水素の事業化に向けて、可能性のある貯留層モデルを検討した上で、原位置(採掘現場)での増進回収も視野に入れた生産方法を総合的に検討し、地域別に具体的な方法を提案します。

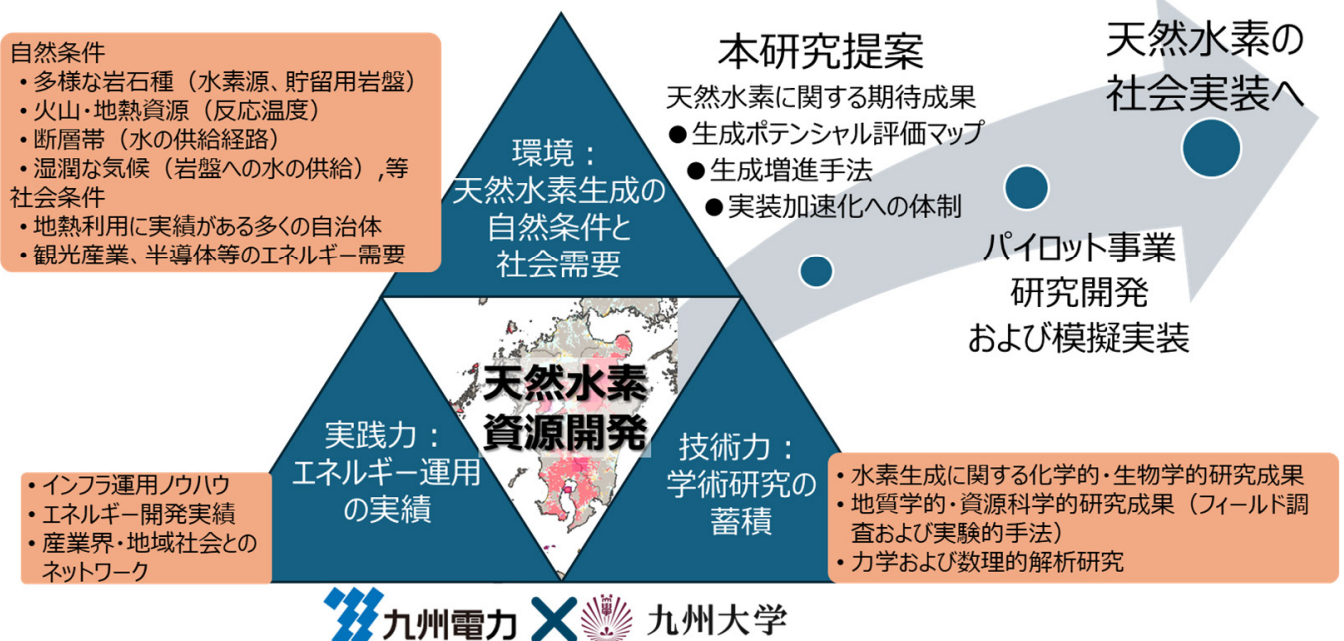
・天然水素の利活用を事業化するためには、社会実装に向けたシナリオや構想を深化・具体化させ、事業化に向けた体制を構築する必要があります。そこで天然水素利活用の社会実装に向けた検討を進め、事業化する場合の体制がどのようなものが良いか調査・提案します。

研究開発の実施体制

国立大学法人九州大学
(共同実施)九州電力株式会社

九州地域は天然水素資源社会実装へのポテンシャルが高い

～環境条件・技術力・実践力のポテンシャル・トライアングルによるシナジーで天然水素開発を加速化～



窒化物とSiCの無障壁接合による縦型パワーデバイス開発

Vertical power device employing barrierless junction between nitride materials and SiC

研究開発の目的

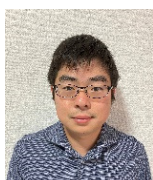
窒化物半導体とSiC半導体との融合によって、単一半導体材料の限界を突破した縦型パワーデバイスを開発します。

研究開発の背景、将来展望

縦型パワーデバイスは半導体素子の一種で、その高性能化は省エネルギー化・脱炭素化を実現するための重要な要素です。次世代パワー半導体材料である炭化ケイ素(SiC)と窒化ガリウム(GaN)は縦型パワーデバイス応用において互いに異なる長所を持っており、本テーマは両材料のいいとこどりによる高性能デバイス実現の可能性に着目しました。次世代電気自動車、ドローン物流、電動航空機、大容量ワイヤレス電力伝送などの魅力的な次世代アプリケーションの実現および普及につながるパワーデバイス技術を目指します。

研究開発項目

1. 無障壁接合用SiC耐圧層
2. SiC耐圧層と窒化物チャンネルの無障壁接合
3. インテグレーション試作とデバイス動作試験



平井 悠久
産業技術総合研究所
エレクトロニクス・製造領域
先進パワーエレクトロニクス研究センター
パワーデバイス研究チーム・主任研究員

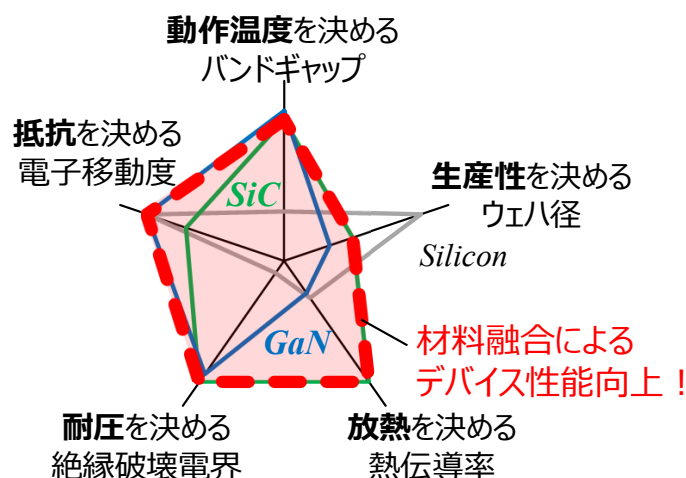


図1. SiC半導体とGaN半導体の縦型パワーデバイス応用に関する物性の比較および融合による性能向上イメージ。

研究開発の内容、目標成果

異なる半導体材料を一つの縦型パワーデバイスとして成立させるのは決して簡単ではありません。例えば、ある結晶基板に格子の整合しない別の結晶を無理やり成長しても、結晶欠陥やクラックが生じ使い物になりません。幸いGaNはSiC上において適切な結晶成長条件を用いれば結晶成長が可能なポテンシャルがあります。本テーマでは独自のSiC基板加工技術に立脚して両結晶を整合させた半導体ウェハを作製します。また、半導体の電子親和力の差は材料界面において電子障壁として現れます。GaNとSiCを単純に積層しただけでは電子障壁による寄生抵抗が生じ縦型パワーデバイスに適しません。本テーマではGaNとSiCの間で電子輸送を取り持つ独自の無障壁接合層を開発し、導入します。1.2kV級パワーデバイスにおいて従来比でチャンネル抵抗を1/30に削減することを目標とし、将来的にオン抵抗1/10につながる技術へと昇華させる狙いです。

研究開発の実施体制

国立研究開発法人産業技術総合研究所

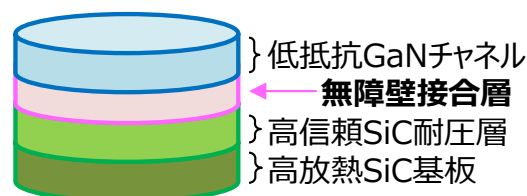


図2. 独自の無障壁接合層を用い、GaNとSiCの融合による高性能縦型パワーデバイス実証に取り組む。



図3. 省エネルギー化や脱炭素化、次世代アプリケーション普及に貢献する。

[1] <https://publicdomainarchive.com/camera-drone-phantom-3-advance.html>

省電力性と高速動作性を両立する新原理トランジスタの研究開発

New-principle transistor capable of low-power consumption and fast-operation speed

研究開発の目的

独自の材料技術により、省電力性と高速動作性を両立する新原理トランジスタ(Piezoelectronic Transistor (PET))を開発します。

研究開発の背景、将来展望

既存のトランジスタは省電力性と高速動作性の間にトレードオフが存在しますが、持続可能な社会の実現と情報処理技術の高度化を両立するには、この二つの性能を兼ね備えた新たなデバイスが必要です。PETは圧力と電気の相互作用を用いた新原理トランジスタであり、従来のトレードオフを打破する可能性があります。本研究では、実験的に動作可能なPETを実現し、次世代半導体産業に寄与するデバイス要素技術を開発します。

研究開発項目

1. ON/OFF特性を向上させるデバイス・材料要素技術の研究開発
2. 圧電材料技術の最適化によるGHzオーダーかつ低 V_{GC} で動作可能なデバイスの研究開発
3. デバイス作製プロセスと計測技術に関する研究開発

研究開発の内容、目標成果

これまで提案されてきたPETは圧力を電流信号に変換する圧抵抗材料(PR)の性能が低いことに起因して、歩留まりやON/OFF比が低いという課題がありました。代表者らは、独自に見出した高効率なPRシーズを起点に高性能なPETデバイスの実現とその効率的な製造技術を確立します。新たなデバイス構造の提案や界面制御技術の開発、動作駆動力を供給する圧電材料の材料最適化、大規模素子測定を組み合わせることでPETを次世代のデバイス技術に昇華させるための要素技術の開発に挑みます。最終的な目標としては、ON/OFF比>4桁、0.2V以下の動作電圧、1GHz相当の動作周波数、80%以上の歩留まり達成を想定しています。

研究開発の実施体制

国立研究開発法人産業技術総合研究所



研究代表者
畑山祥吾
先端半導体研究センター
主任研究員

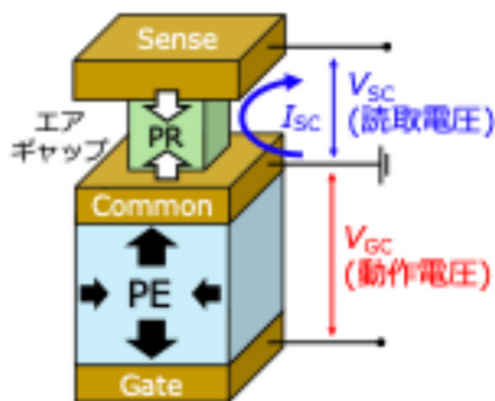


岡本有貴
ハイブリッド機能集積部門
主任研究員



宇佐美潤
エレクトロニクス基盤技術
研究部門
研究員

PETのデバイス構造



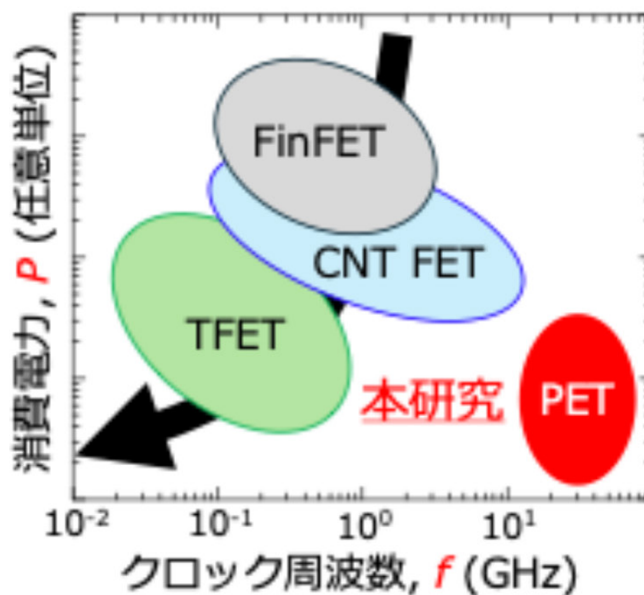
圧抵抗材料(PR)

→独自の高性能材料を開発

圧電材料(PE)

→分極処理の最適化・薄膜化

期待される性能ベンチマーク



全通信波長帯で動作する光クロスコネクotchチップレットの開発

Optical cross-connect chiplet for all communication wavelength bands

研究開発の目的

光通信における全ての波長帯に渡る波長多重信号を、波長毎に自在に接続切替できる光クロスコネクotchチップレットの開発

研究開発の背景、将来展望

生成AIの登場などによりデータセンターの消費電力増大が課題となっています。巨大な生成AIモデルでは、並列処理のために多数のGPUを超高速に接続しています。しかし、電気配線では高速化が困難になりつつあり、次世代技術として光配線が検討されています。本研究では、GPU等の接続を自在に切り替えるスイッチICの機能をも光化し、さらに光の全通信波長帯の活用によって通信容量を極限まで引き出すことで、社会基盤であるデータセンターの高性能化・省電力化に貢献します。

研究開発項目

1. 全通信波長帯に対応する光回路要素(波長選択カップラ、光導波路交差)の研究開発
2. 超多電極実装制御技術(超多電極実装技術、巡回制御技術)の研究開発
3. 大規模光クロスコネクotchチップレットの全通信波長帯動作の実証

研究開発の内容、目標成果

私たちはシリコンフォトニクス技術を用いたシリコン光スイッチをいち早く開発し、その省電力性を実証してきました。光通信波長帯は1260~1675 nm (O, E, S, C, L, U-band) と非常に広帯域ですが、これまでは現在利用されている1310nm帯(O-band) や1550nm帯(C-band) での動作に限られていました。今後、大容量化の要求に応じて利用帯域は広がっていき、究極的には全通信波長帯が必要になると考えられます。

本研究では、シリコン光スイッチの進化形であり、波長多重信号の各波長チャンネル毎に接続切替を可能とする光クロスコネクotchチップレットを開発します。独自の光回路要素と大規模化に必要な超多電極実装制御技術を開発し、従来の光回路では不可能な全通信波長帯での動作を実現します。

医療健康、モビリティ、製造などあらゆる分野のスマート化・自動化等の基盤となるデータセンターの持続的な発展に貢献できると考えています。

研究開発の実施体制

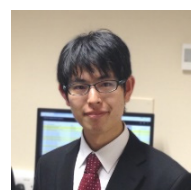
国立研究開発法人産業技術総合研究所



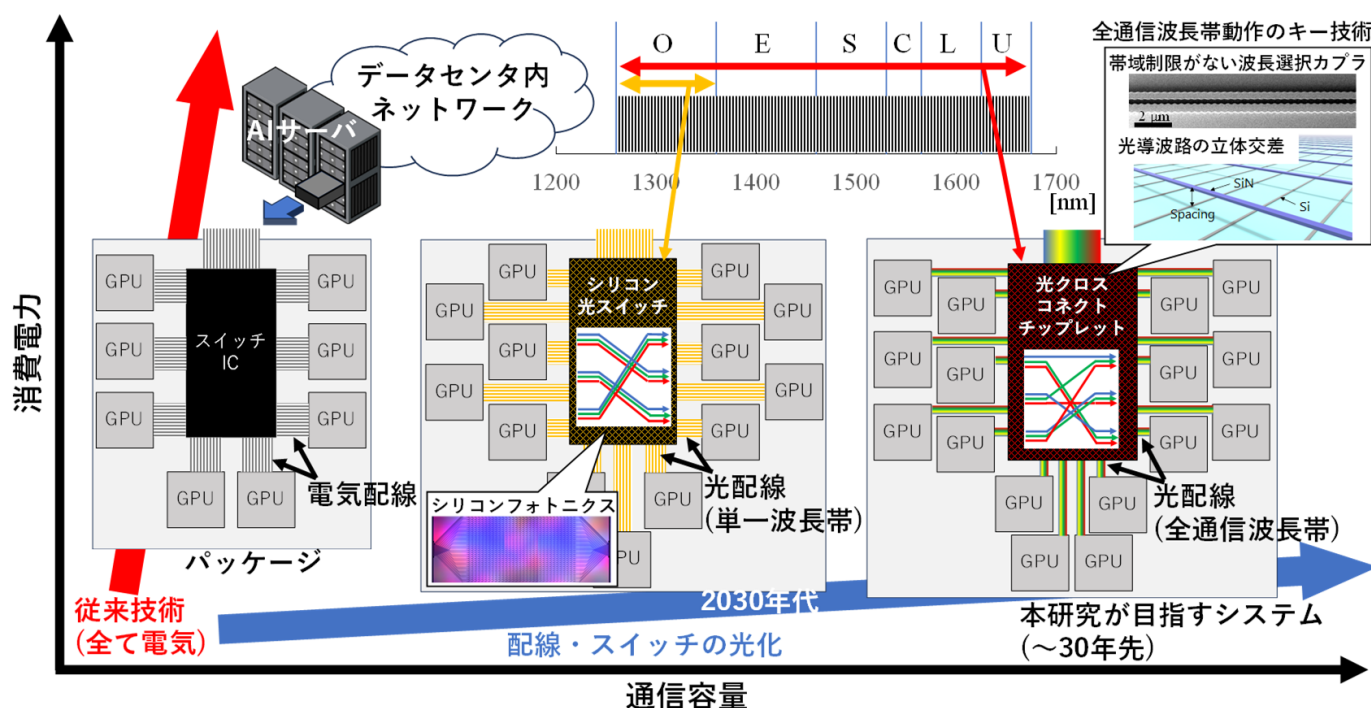
池田 和浩
産業技術総合研究所
プラットフォーム
フォトニクス研究センター
・研究チーム長



鈴木 恵治郎
産業技術総合研究所
プラットフォーム
フォトニクス研究センター
・上級主任研究員



鴻池 遼太郎
産業技術総合研究所
プラットフォーム
フォトニクス研究センター
・主任研究員



少数のキャリアを活用する省エネルギー光電融合情報基盤の開発

Energy-saving optoelectronic fusion information system utilizing a small number of carriers

研究開発の目的

実用に不可欠な室温で超高速動作し、抜本的な省エネルギーを実現できる、電子スピンと光を活用した光電融合情報基盤を開発します。

研究開発の背景、将来展望

高度な情報社会を発展させるためには、膨大な情報を高速に処理・伝送する必要があります。しかし、既存の電気配線を用いて情報伝送を高速・大容量化した場合、消費電力が急増すると同時に発熱も大きくなります。この課題に対して、短距離の信号配線に光技術を適用する光電融合技術が有効な解決策です。その中でも、これまで光通信で活用されてこなかった電子のスピンや光の偏光などの量子状態に着目し、少数のキャリアによる省エネルギーの光電融合情報基盤を開発します。すでに、半導体量子ドットを用いることで、室温で極めて高い電子スピン偏極(スピン情報の生成)を実現しています。

研究開発項目

1. 半導体量子ドットスピンLEDの高性能化
2. スピン偏極受光デバイスの開発
3. 光スピン偏極の電界制御技術の開発

研究開発の内容、目標成果

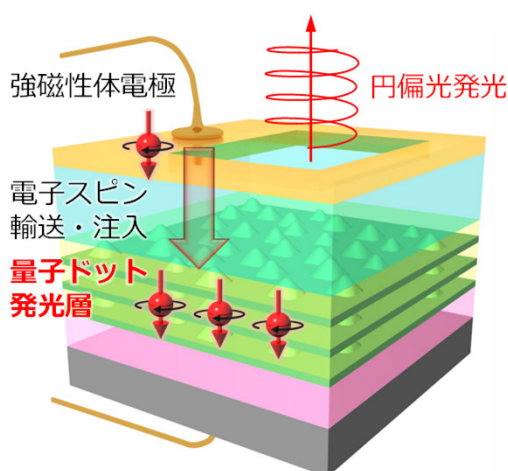
これまでに、実用の光デバイス材料であるIII-V族化合物半導体量子ドットを光学活性層に用いたスピン偏極発光ダイオード(スピンLED)を開発し、室温動作を達成しています。そこで、超高真空分子線エピタキシー法を用いた半導体積層構造の精密な結晶成長制御や、III-V族半導体/酸化物/金属強磁性体から成る異種材料界面の高品質化、新規なナノ量子構造を導入することによりスピンLEDの高性能化を図るとともに、世界的にも研究が進んでいないスピン偏極情報を受光可能な光デバイスを開発します。また、電界印加により光スピン偏極を広範囲かつ自在に制御可能な新技術の開発も目指します。以上により、実用に不可欠な室温において超高速で動作し、抜本的な省エネルギーを目指すことが可能な光電融合情報基盤の要素技術を確認します。

研究開発の実施体制

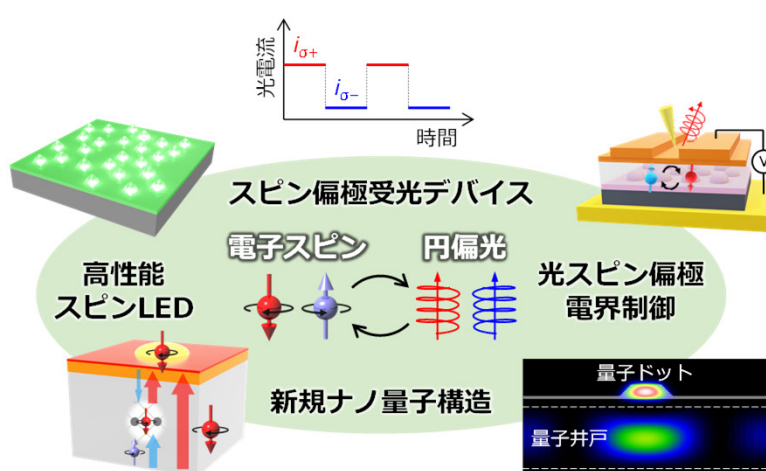
国立大学法人北海道大学



樋浦 諭志
北海道大学・教授



量子ドットスピンLEDによる電子スピンと円偏光の光電スピン情報変換



本研究開発が目指す省エネルギー光電融合情報基盤の要素技術・要素デバイス

高耐圧・低損失ダイヤモンドパワーデバイスの開発

High-voltage low-loss diamond power devices

研究開発の目的

ダイヤモンドの優れた半導体特性を活かした電力損失の小さなパワーデバイスの実現を目指します。

研究開発の背景、将来展望

ダイヤモンドは、次世代パワーデバイス材料としての利用が広がる炭化ケイ素(SiC)や窒化ガリウム(GaN)を上回る優れた半導体特性を有しています。しかし、ダイヤモンドの優れた半導体特性を活かした低損失の電界効果トランジスタ(FET)の実現には課題があります。ダイヤモンドFETの課題を解決し、SiCやGaNのFETよりも電力損失の小さいダイヤモンドFETの実現を目指します。

研究開発項目

1. ダイヤモンド/h-BN界面の高品質化
2. ダイヤモンドFETの移動度と電流密度の向上
3. 高耐圧と低損失を両立させたダイヤモンドFETの開発

研究開発の内容、目標成果

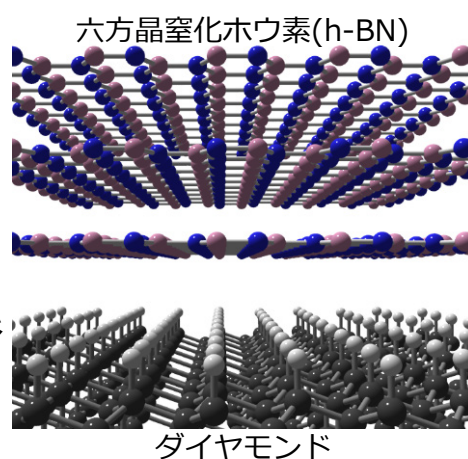
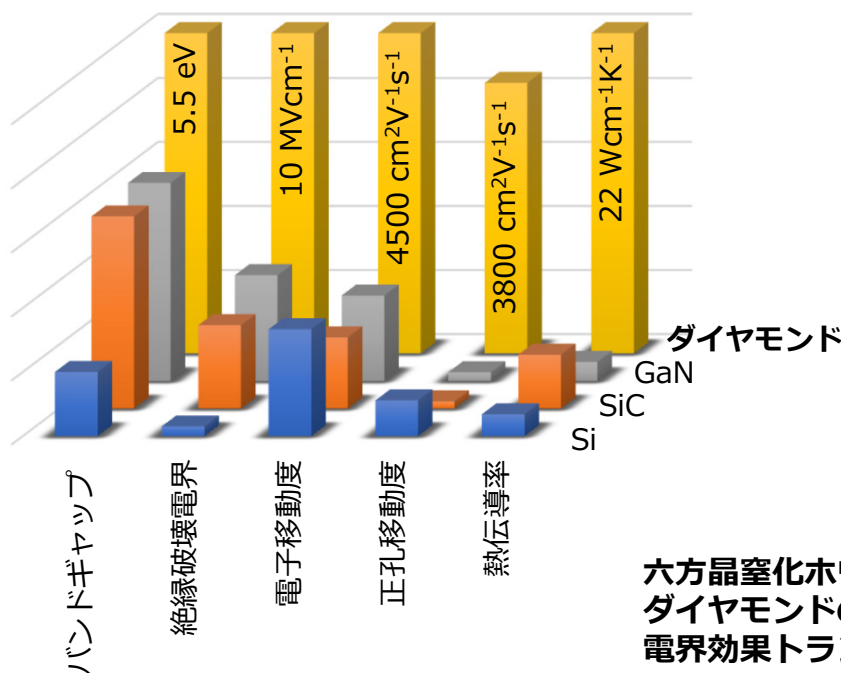
ダイヤモンドFETの課題の1つは、チャネル移動度が低いことです。チャネル移動度は電力損失の低減などに寄与するため高いことが望まれます。これまでに報告のあるダイヤモンドFETのチャネル移動度の多くは、ダイヤモンド固有の移動度の10分の1以下の小さな値に留まっていた。本研究では、高品質な水素終端ダイヤモンド/六方晶窒化ホウ素単結晶のヘテロ構造を利用することにより $1000 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 程度の高い移動度が得られています。今後、パワーデバイスに適した構造へと発展させ、SiCやGaNのFETよりも電力損失を低減させたダイヤモンドFETの実現を目指します。また、ダイヤモンドは地球上に豊富に存在する炭素のみで構成されている材料であることから、ダイヤモンドデバイスは、持続可能な社会の実現へも貢献できると考えています。

研究開発の実施体制

国立研究開発法人物質・材料研究機構



菅間 陽介
国立研究開発法人物質・材料研究機構
ICYS研究員



六方晶窒化ホウ素とのヘテロ構造を利用し、ダイヤモンドの優れた半導体特性を活かした電界効果トランジスタの実現を目指します

デジタルアクティブゲート技術を駆使した ノイズフリー・パワエレ電力ネットワークの創生

Noise-free Power Electronics Network Using Digital Active Gate Driving Technology

研究開発の目的

高効率な電力変換器の大量導入に必要な安全性確保のため、従来の個別対策では実現できない、ネットワーク規模の「ノイズフリー化技術」を確立し、将来の電化社会の安全革新を起こします。

研究開発の背景、将来展望

パワーエレクトロニクス(パワエレ) 機器は、高効率な電力変換を実現しますが、電磁ノイズによる誤動作・事故等を防ぐため、ノイズ対策部品を使った個別対策がこれまで行われてきました。

しかし、電磁ノイズの問題は電力変換器が接続されるネットワーク全体に波及するため、個別の機器設計だけではパワエレ機器の大量導入は実現困難であり、安全性の確保が課題となります。

そこで、デジタル技術を駆使したノイズオートチューニング技術を提案し、ネットワーク全体の効率と安全性を常時アップグレードできる、ノイズフリー・パワエレ電力ネットワークを創生することで パワエレ機器開発のDX を推進します。

研究開発項目

1. アクティブゲート駆動によるノイズオートチューニング技術の研究開発
2. ノイズオートチューニングを実現するハードウェア基盤技術の研究開発



畑 勝裕
芝浦工業大学・准教授



小原 秀嶺
横浜国立大学・准教授

研究開発の内容、目標成果

AI技術を適用したデジタルアクティブゲート駆動と制御ソフトウェアで特性可変としたデジタルオートチューニングユニット(DATU)を開発し、モータ駆動インバータのノイズオートチューニング技術を実装することで、電力変換器効率と電磁ノイズのトレードオフを克服する「ノイズフリー化技術」を確立し、CO₂削減を目指します。

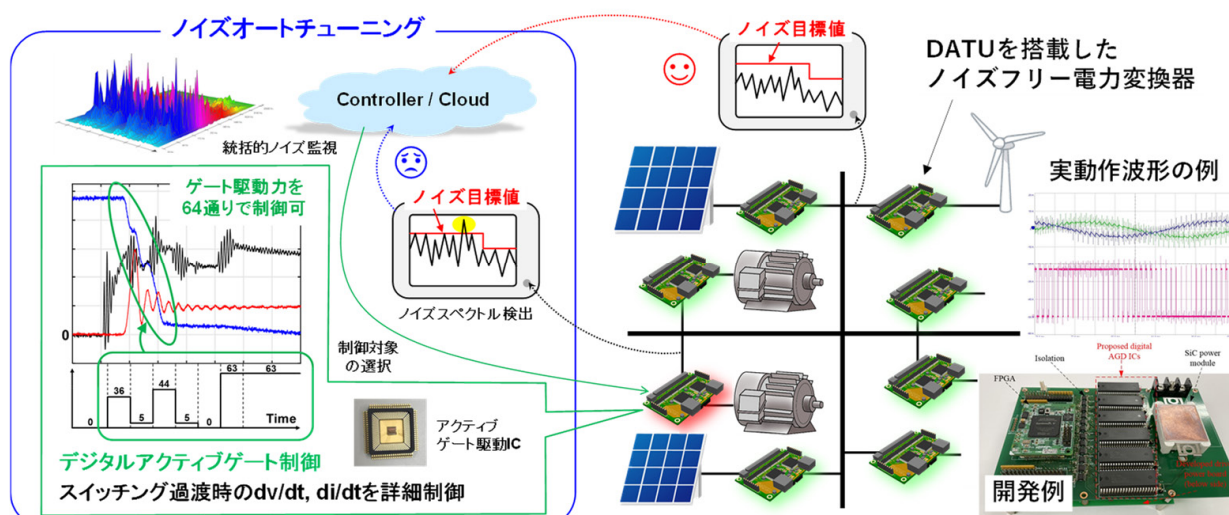
また、ノイズオートチューニング技術を電力変換器単体だけでなく、複数の電力変換器が接続されるネットワーク規模に拡張し、電力変換器群の統括的ノイズ監視と制御が可能なノイズフリー・パワエレ電力ネットワークを創生します。

本研究開発では、複数の電力変換器が接続されるネットワークを対象として「ノイズフリー化技術」のコンセプト実証を行い、規格化・標準化を通じた社会実装と既存インフラ更新を目指します。

本提案技術は、電磁ノイズに起因する問題を低コストかつ迅速に解決し、社会システムの安全性確保に必要な電磁ノイズ規格に対する過剰マージンを適正化することで、パワエレ機器および社会インフラの高効率化とCO₂削減に貢献します。

研究開発の実施体制

学校法人芝浦工業大学
国立大学法人横浜国立大学



デジタル技術を駆使したパワエレ機器開発による安全・安心・省エネな電化社会の実現へ

コンパクトで安価かつ汎用的な限流遮断器の開発

Compact, low-cost, versatile current-limiting circuit breaker

研究開発の目的

革新的な遮断原理を採用した「限流遮断器」の開発により、パワエレ設備・再エネ電源・蓄電池の連鎖的な拡充を促進し、再エネを最大限に活用した電力システムの普及を目指します。

研究開発の背景、将来展望

再エネ電源、蓄電池、仮想発電所などが大量導入された次世代の電力システムではA/D変換を削減した直流主体の運用が期待されます。しかし、現状の直流系統の事故電流遮断では、事故電流のピーク値が通電した後に遮断する方式が大半です。そのため、**系統の設備にはピーク値に耐え得る余剰設計が求められ、これによる設備サイズ・コストの増大が次世代系統の障害です。**

よって、系統で生じた事故電流を即座に検知し、ピークに至る前に抑制して遮断する「**限流遮断器**」の実現は、**系統設備の過度な余剰設計を解消**します。これにより、事故電流に脆弱な系統設備の保護をしつつコストを低減し、再エネが導入された系統の普及が可能になります。

研究開発項目

1. 高速限流ヒューズの開発
2. 絶縁回復速度に優れた機械的開閉器の開発
3. 限流遮断器に適用可能なパワエレ技術の開発
4. 超高速・高精度位置決め制御技術の開発

研究開発の内容、目標成果

研究開発の内容・目標成果

限流ヒューズ、機械開閉器、パワー半導体、高速制御技術を高度に融合させ、事故電流ピーク値を一切生じさせない遮断が可能な「限流遮断器」を開発します。適用先の電圧階級は、**数100 V～数10 kVを目標とします。**

成果の例

- ・ DC 1.5 V/200 Aの負荷遮断
- ・ DC 1.5 kV/10 kAの事故遮断

※ **事故電流ピークを1/5に抑えて遮断**

本研究を社会実装する価値

本限流遮断器の実装により、事故電流ピークが通電しない系統が実現できます。これにより**系統の安全性を確保しつつ設備サイズ・コストの削減が可能**です。これは、従来の遮断器では成し得なかった「**系統のコストと安全性の両立**」が実現可能なことを意味します。この技術は、EVやHVDCデータセンターなどの様々な直流回路の保護にも適用が可能です。

研究開発の実施体制

国立大学法人埼玉大学
国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学
(再委託先)
国立大学法人東京大学
学校法人青山学院青山学院大学
国立大学法人金沢大学



稲田 優貴
埼玉大学・准教授



兒玉 直人
東海国立大学機構・助教



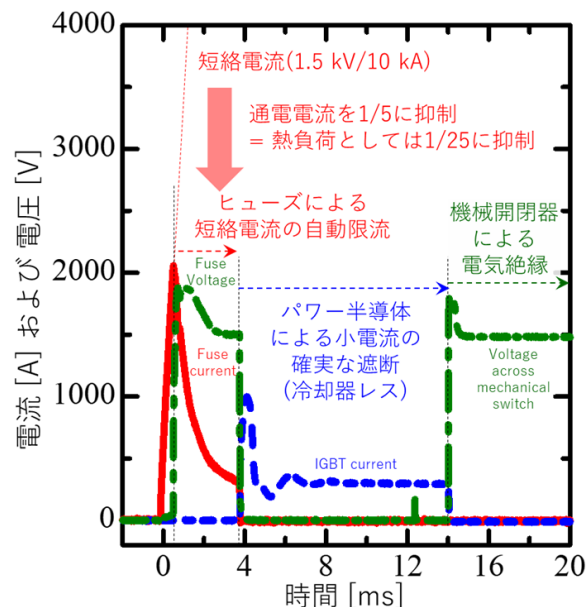
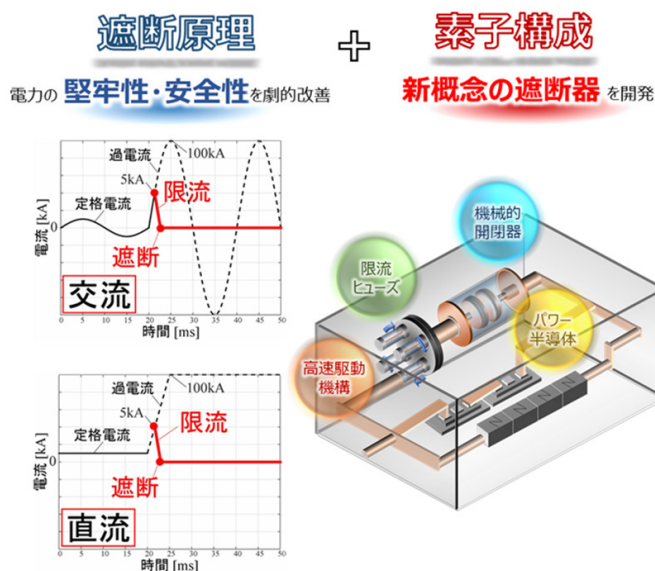
大西 亘
東京大学・准教授



全 俊豪
青山学院大学・准教授



中野 裕介
金沢大学・准教授



CNTファイバー広帯域円偏光検波THzイメージセンサの開発

Circular polarization THz image sensing using CNT fibers

研究開発の目的

P型、N型カーボンナノチューブ(CNT)ファイバーを用いて円偏光検波可能なTHzイメージセンサを開発します。

研究開発の背景、将来展望

電波と光の中間領域に存在するTHz帯の電磁波は、非接触・非侵襲での物質検査に役に立ちます。物質の特定には、THz帯から広帯域で高性能・機能的な検出器の開発が必要で、CNTは検出素子候補の一つとして活発に研究開発がされています。本研究では、熱電出力因子が高く、そして支持基板が不要なCNTファイバーの特徴を生かした、高性能・高機能的なTHz広帯域センサーを開発します。特にファイバーの特徴を生かし偏光特性を有する検出器開発を行い、多様な物質検出を実現します。

研究開発項目

1. テクスチャとNEP応答速度の関係解明
2. テクスチャと偏光応答特性の関係解明
3. CNTファイバーを用いたアレイセンサの実証
4. 円偏光検波CNTファイバーを用いた物質検出機能実証
5. CNTファイバーのPF向上に関する研究
6. 空乏層距離を短縮したPN接合の実現

研究開発の内容、目標成果

CNTファイバーを用いたTHzアレイセンサを実現する研究を行います。まず、THz性能評価で重要なノイズ等価電力(NEP)値を正確に評価するシステムを構築します。その後、ファイバーのテクスチャとNEP/応答速度との関係解明を進め、NEPが $100 \text{ pW}/\sqrt{\text{Hz}}$ クラスの検出器の創出を最終目標に研究開発を進めます。また、THz検出機能開拓のため、PFの向上および1本のファイバーでTHz検出可能なPN接合を実現します。熱電出力因子(PF) 目標値 $10 \text{ mW}(\text{Km})^2$ 以上を実現します。また、THz検出性能向上のため、1本のファイバーにP型とN型領域を形成しジャンクション抵抗を減少させます。このために、空乏層距離短縮の研究開発を行い最終目標は $100 \mu\text{m}$ の短縮を目指します。

研究開発の実施体制

東京都立大学法人 東京都立大学

東海理化

(再委託先) 国立大学法人 横浜国立大学



柳和宏
東京都立大学
教授



草場哲
東京都立大学
助教



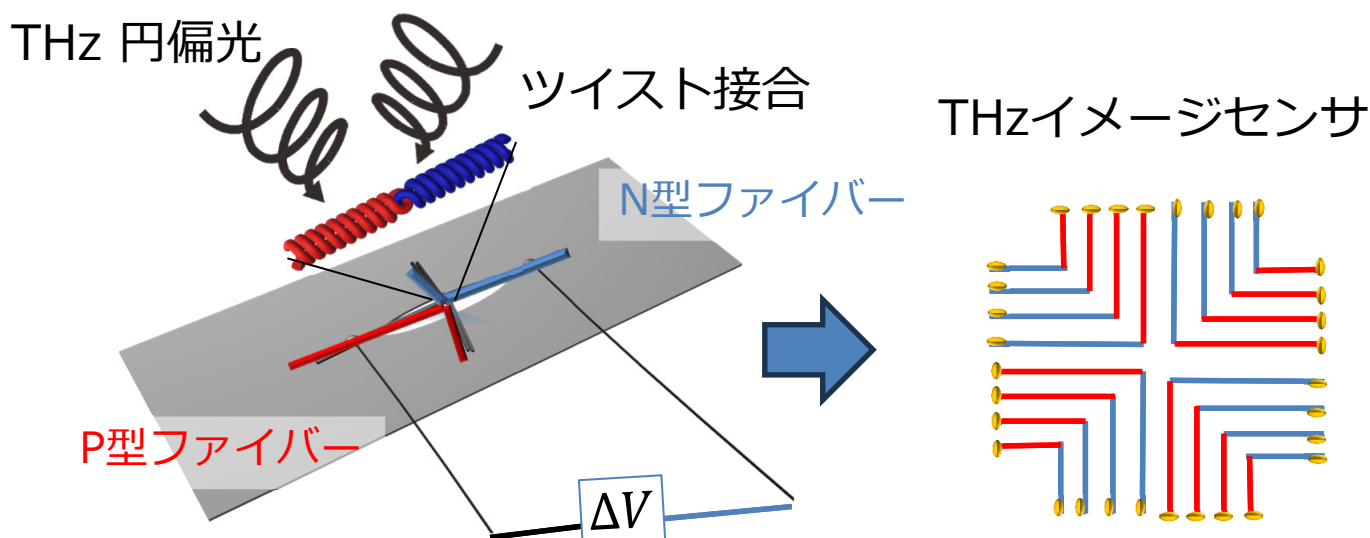
松浦司
東海理化
グループ長



都築静
東海理化
担当



片山郁文
横浜国立大学
教授



バッテリーレスセンシング：圧縮復元技術で未踏の電力効率を実現

Battery-less Sensing: Achieving Unprecedented Power Efficiency through Compression and Reconstruction

研究開発の目的

エネルギーハーベスタを電源とするバッテリーレス運用を実現するため、信号圧縮・復元技術を搭載した省電力センシングシステムを開発します。

研究開発の背景、将来展望

情報社会の進展に伴い、センサーデバイスで膨大なデータを正確かつ省電力に取得する技術が求められています。しかし、省電力と高精度の両立には依然として課題があります。

本研究では、ハードウェアとソフトウェアの協調設計により従来比で大幅な電力効率の向上を図り、省電力化一歩ではバッテリーレス動作を実現する次世代センサーシステムのための技術開発を行います。

将来的には、ブレインテック、ヘルスケア、インフラ監視など多様な分野へ応用し、持続可能で人に優しい社会の構築に貢献します。

研究開発項目

1. 圧縮センシングに基づいた省電力システム設計
2. 提案システムに適した集積回路開発

研究開発の内容、目標成果

センサーデバイスのさらなる省電力化には、集積回路自体の電力効率向上が不可欠です。しかし、センシング向け回路の効率はすでに飽和に近づき、回路単体の改良だけでは限界が見え始めています。

本研究では、集積回路設計・実装と信号処理アルゴリズムを一体的に最適化する新しいセンシングシステムを提案・開発します。送信側ではサンプルデータを間引いてデータ量を削減し、消費電力を抑制します。受信側では圧縮センシングの数理に基づく復元手法により、欠落したサンプルを高精度に再構成します。

システムに最適化した専用集積回路からソフトウェアまでを開発し、6倍以上の圧縮比による電力効率向上の実証を目標とします。さらに、エネルギーハーベスタから得られる微小電力のみでセンサーが駆動するバッテリーレス動作の可能性を探究します。

研究開発の実施体制

国立大学法人大阪大学



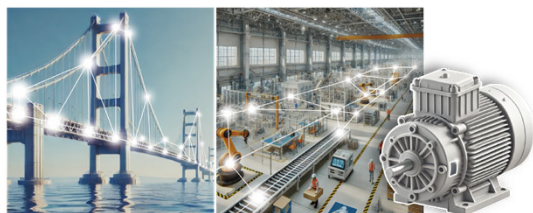
兼本大輔
大阪大学・准教授



ブレインテック



ヘルスケア

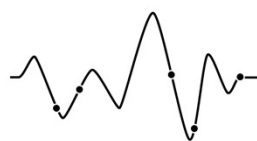


インフラ監視・異常検知 など

電力効率の改善により、
センサーの長時間動作・バッテリーレス化が期待

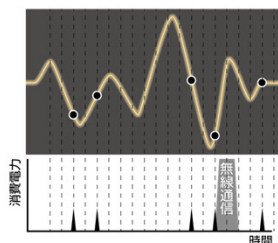
圧縮センシングの数理

少ないデータ量から波形復元



サンプリングの間引き

少なくサンプリングし、回路の消費電力削減
→ エネルギーハーベスタでの駆動を目指す



革新的な省電力センシング技術開発

イラストの一部には、ChatGPT-4oおよびDALL-Eにより生成された画像が含まれています

切り紙型熱電デバイスによる自立無線センサシステムの研究開発

Self-powering wireless sensor system with a kirigami-type thermoelectric generator

研究開発の目的

本研究開発の目的は、切り紙構造による立体化および延伸性を備えた切り紙型熱電発電デバイスにより、身の回りにある低温熱源（ $\sim 100^{\circ}\text{C}$ ）からセンサ情報を無線送信可能な自立無線センサシステムを実現することです。

研究開発の背景、将来展望

低温熱源は身の回りのさまざまな場所に存在し、エネルギー量としてみても多く存在しています。一方で、熱電発電などの技術において、低温熱源はエネルギー回収が困難な対象でもあります。このような、身の回りのいたるところに存在する熱源からエネルギーを用いて、無線送信センサシステムの自立電源として活用することができるようになれば、さまざまな場所の情報を収集することが可能となります。

研究開発項目

1. 切り紙型熱電発電デバイスの研究開発
2. 自立無線センサシステムの研究開発

研究開発の内容、目標成果

低温熱源から熱電発電を行うための技術的な課題としては、放熱の課題、熱接触・貼付の課題、製造上の課題があります。本研究開発では切り紙型の熱電発電デバイスにより、これらの課題の解決を目指します。放熱の課題に対しては、切り紙構造は立体的な構造を持つため、高い放熱性能が期待できます。また熱接触・貼付の課題に対しては、切り紙構造は延伸性を有するため、プラント配管などの曲面熱源への貼付が可能となります。さらに製造上の課題に対しては、切り紙構造は平面状態で熱電素子を実装したのちに立体化させるため、細長い熱電材料を実装可能であるなど利点を有します。

熱電発電デバイスをさまざまな場所に配置して利用するにはセンサ情報を無線送信できることが重要ですので、室温付近の数十 $^{\circ}\text{C}$ の温度差で無線送信を行うために必要な $100\mu\text{W}$ の発電を実現することを目指しています。

研究開発の実施体制

学校法人 早稲田大学

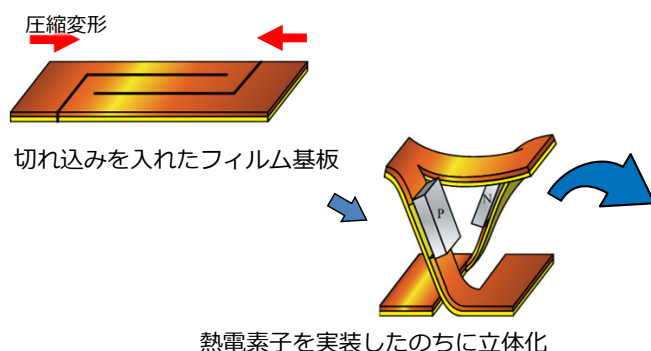


岩瀬英治
早稲田大学・教授

切り紙型熱電発電デバイス

切り紙構造による立体化 ➡ 発電量向上

切り紙構造による延伸性
➡ 曲面熱源への貼付性向上



自立無線センサシステム

身の回りにある低温熱源（ $\sim 100^{\circ}\text{C}$ ）に貼付し、センサ情報を無線送信可能な、熱電発電を自立電源としたシステムを実現し、さまざまな対象での評価を行う



工場（プラント配管）、家庭、オフィス（電子機器）、インフラ建造物、田畑（農業）、森林（林業）家畜（畜産業）、野生動物 etc...

➡ 「身の回りにある低温熱源（ $\sim 100^{\circ}\text{C}$ ）」および「室温付近の数十 $^{\circ}\text{C}$ の温度差」での熱電発電の実用化

切り紙型熱電発電デバイスと自立無線センサシステム

Kirigami-type thermoelectric generator and self-powering wireless sensor system

量子メタマテリアルが拓く温室効果ガス・熱流『見える化』技術

Visualizing greenhouse gas emission and thermal flow based on quantum metamaterials

研究開発の目的

量子メタマテリアルを用いた中赤外光源と中赤外カメラによりガスの流れを実時間映像として『見える化』し、温室効果ガスの排出量や熱の流れを定量計測する技術を開発します。

研究開発の背景、将来展望

特定の波長の中赤外光を強く吸収する温室効果ガスは、中赤外光で容易に可視化できます。ところが、従来の中赤外技術は、高温加熱が必要な熱放射光源や有毒な元素を用いた検出器に依存していました。本研究開発では、加熱不要の新原理光源と低毒性高感度カメラの開発、温室効果ガスの排出量や熱流の画像計測の実現を通じ、社会の脱炭素化、省エネ化に貢献します。

研究開発項目

1. 量子メタマテリアル赤外光源の開発
2. 量子メタマテリアル検出器を用いた2波長赤外カメラの開発
3. ガス可視化画像からの定量計測

研究開発の内容、目標成果

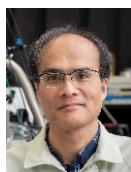
ガス可視化映像はガスの濃度だけでなく温度にも影響されるため、そのままではガス排出量は定量計測できません。本研究開発では様々な方法で温度・濃度情報を分離します。まず、量子井戸を組み込んだメタマテリアルにおける発光現象の理論的解明を進め、これを照明光源として用いることにより、ガスの温度情報の分離を実現します。本光源は、微細構造を高温に曝す必要がないため、実用的な狭帯域中赤外光源として有望です。また、量子井戸とメタマテリアルを融合した2波長検出器を多画素化し、2つの信号の比率からガス濃度の定量計測が可能な2波長カメラを実現します。最終的に、ガスの温度・濃度と映像信号の関係を表す基礎理論モデルを確立し、ガス排出量の精度30%での画像計測を目指します。また、大気中のCO₂の流動に注目し、気流による熱の移動も可視化します。

研究開発の実施体制

国立研究開発法人物質・材料研究機構



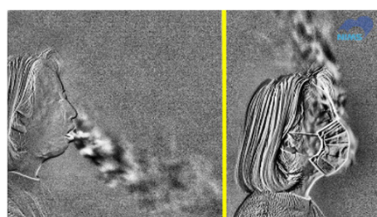
間野 高明
物質・材料研究機構
グループリーダー



宮崎 英樹
物質・材料研究機構
上席研究員



林 侑介
物質・材料研究機構
主任研究員

保有技術1：CO₂の『見える化』

呼気

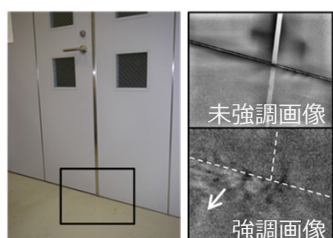
NIMS YouTube



内燃機関排出ガス



CO₂排出の可視化



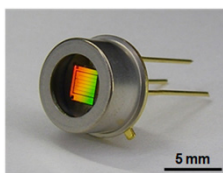
ドアの隙間風
(左図黒枠部拡大)

未強調画像

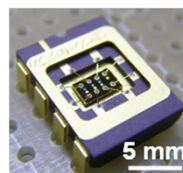
強調画像

気流の可視化

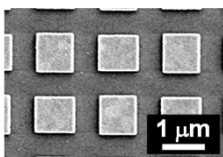
保有技術2：メタマテリアル中赤外デバイス



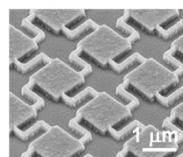
5 mm



5 mm



1 μm



1 μm

メタマテリアル
熱放射光源

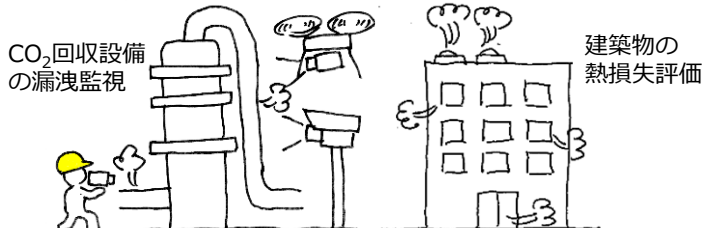
量子メタマテリアル
検出器

- 様々なガスにチューニング可能
- 従来素子を超える性能を実現

NIMS YouTube



将来像：ガスや熱の流れを見て測る社会に



ゴニオ極性材料の開拓と革新的熱電モジュールの開発

Novel transverse thermoelectric module using goniopolar materials

研究開発の目的

材料中で方向によってキャリア極性が変化するゴニオ極性材料を開発し、従来課題を解決する革新的な熱電モジュールを実現します。

研究開発の背景、将来展望

インターネットの普及によるユビキタス社会は年々進み、膨大な数のセンサーから収集した情報を活用する技術IoTが普及しつつあります。現在用いられている乾電池では交換作業が発生し、保守コストがかかるため、電池不要の自立型電源の開発が求められています。環境中に未利用のまま捨てられている排熱を直接電力に変換する熱電変換技術はその候補として挙げられますが、従来の熱電モジュールは、高温熱源と接触した電極界面の反応により劣化してしまうという本質的な課題を抱えています。本研究では、従来型熱電モジュールの課題を抜本的に解決する新型熱電モジュールを実現します。

研究開発項目

1. 高性能なゴニオ極性材料の作製
2. 新型熱電モジュール構築
3. 第一原理計算を用いた材料設計

研究開発の内容、目標成果

ひとつの材料中でキャリア極性(p型・n型)が方向により変化するという極めて特異な「ゴニオ極性」を持つ高性能材料を新規に開発します。ゴニオ極性材料を用いた熱電モジュールでは、温度差方向と発電方向を直交させることができます。すなわち、電極界面と高温熱源を分離することで、従来の課題を抜本的に解決する革新的な熱電モジュールを実現します。

現在までに、 Mg_3Bi_2 および Mg_3Sb_2 がゴニオ極性材料であることを見出し、横方向熱電性能指数が室温で0.06であることを報告しました(Goto, Usui et al. Chem. Mater. 36, 2018 (2024))。今後は、材料のさらなる高性能化に加えてモジュール作製に取り組み、温度差200℃に対して発電量500mWを目指します。将来は、工場配管をはじめとして、世の中に膨大に存在する未利用熱の有効利用に貢献いたします。

研究開発の実施体制

国立研究開発法人産業技術総合研究所
国立大学法人島根大学

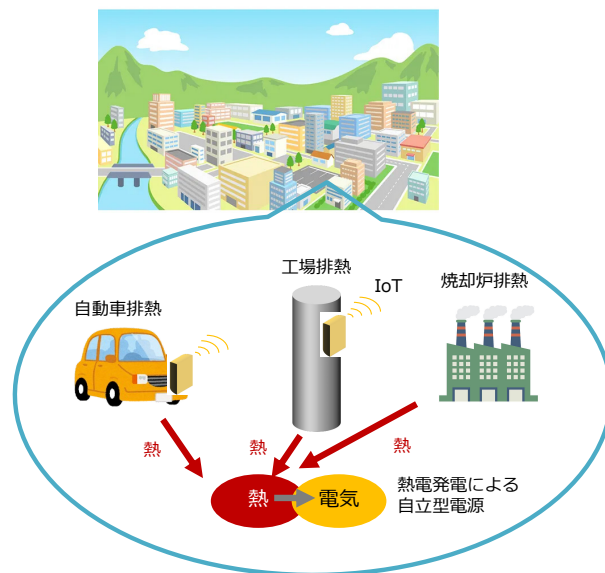
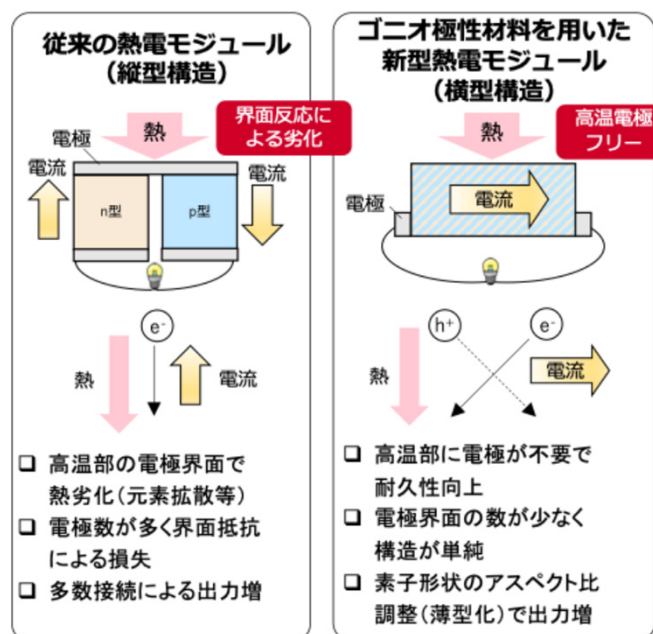


後藤陽介
産業技術総合研究所
主任研究員
実験的アプローチを担当



臼井秀知
島根大学
准教授
理論的アプローチを担当

縦型から横型へ：熱電モジュール構造の刷新



メタサーフェスSiハイパースペクトル赤外光センシングデバイス

Metasurface Si Hyperspectral Infrared Sensing Device

研究開発の目的

物質固有のスペクトルを赤外光領域で分光分析できる性能を持ち、なおかつ高感度・高速に赤外線を検出できる量子型のセンシングデバイスの実現に取り組むことが本研究開発の目的です。

研究開発の背景、将来展望

最も普及している赤外光センサデバイスは熱型検知型のボロメータですが、熱型は応答速度の問題で、高速認識に不向きです。一方、量子型の赤外線検出器は、応答速度は速いものの、化合物半導体を用いて作られているので、高価で環境負荷が高い欠点があります。そこで、赤外デバイスのシリコンでの実現に取り組み、産業的・科学的に大きなインパクトを目指します。

研究開発項目

1. Si赤外光センシングデバイスの設計
2. メタサーフェスの試作
3. Si赤外光センシングデバイスの評価検証
4. 研究開発推進委員会の開催

研究開発の内容、目標成果

本研究開発では、目標の達成のために下の図に示す、Si基板中に金属メタサーフェス構造が完全に埋没した構成のセンサを開発します。メタサーフェスとは、光の波長以下のサイズの光共鳴体をアレイ状に二次元面に配置したもので、特定の波長の光を吸収できる機能を実現できます。赤外光はシリコンを透過するので、入ってきた赤外光はシリコンの内部のメタサーフェスに到達して吸収されます。吸収されたエネルギーは、シリコンによって電流として取り出すことができます。シリコン単体では赤外光を検出することはできませんが、メタサーフェス構造とのハイブリッドにより赤外光をセンシング可能となるのがポイントです。この技術を発展させて、中赤外の光を効率よく検出可能にするのが、本研究開発が目指す目標となります。

研究開発の実施体制

国立大学法人電気通信大学
一般財団法人マイクロマシンセンター
国立研究開発法人産業技術総合研究所



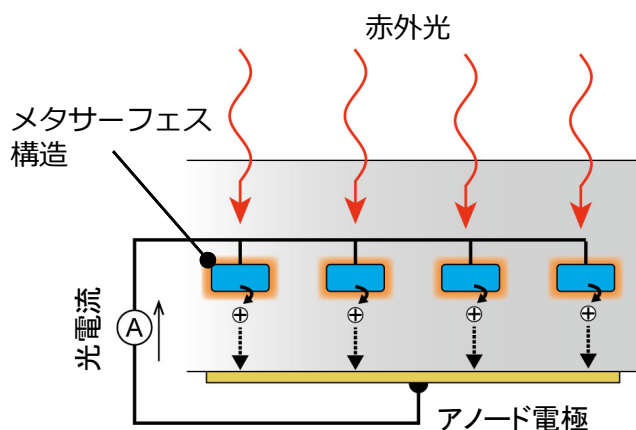
菅 哲朗
電気通信大学
・教授



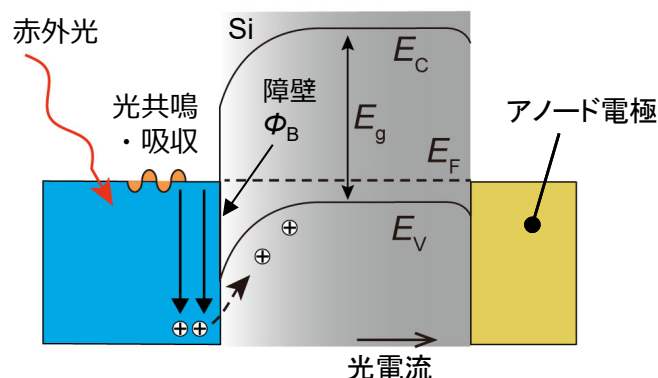
倉島 優一
産業技術総合研究所
・研究グループ長



太田 亮
マイクロマシン
センター
・開発センター長



赤外光センシングデバイスの構造



赤外光を電流に変換するメカニズム

アモルファス半導体を使った革新的環境ガスセンシング技術の開発

Innovative gas sensor using amorphous semiconductors

研究開発の目的

本研究の目的は、アモルファス酸化物半導体を用いた新しい高感度・低消費電力のガスセンサを開発することです。

研究開発の背景、将来展望

ガスセンサは、現代の工業化社会に欠かせない重要な電子デバイスの一つです。今後はカーボンニュートラルの実現にむけ、様々なガスを、高感度にあらゆる場所で安定してセンシングできるシステムを構築していく必要があります。様々なセンシング方式の中で、酸化物半導体を使ったガスセンサは素子構造が単純なため小型化が容易でIoT社会にも対応した次世代センサとして期待できます。しかし酸化物半導体ガスセンサは、比較的高感度とは言われますが、それでも数ppmの検知能力にとどまります。そのうえガス選択性が悪いことや、消費電力が高いことも問題です。これらの本質的な半導体ガスセンサの問題を解決するため、1960年代より使われてきた従来材料を置き換える、革新的な半導体材料の開発が必要です。

研究開発項目

1. 構造制御による高感度化
2. 構成元素の最適化と選択性向上
3. 動作温度の低温化・消費電力の低減

研究開発の内容、目標成果

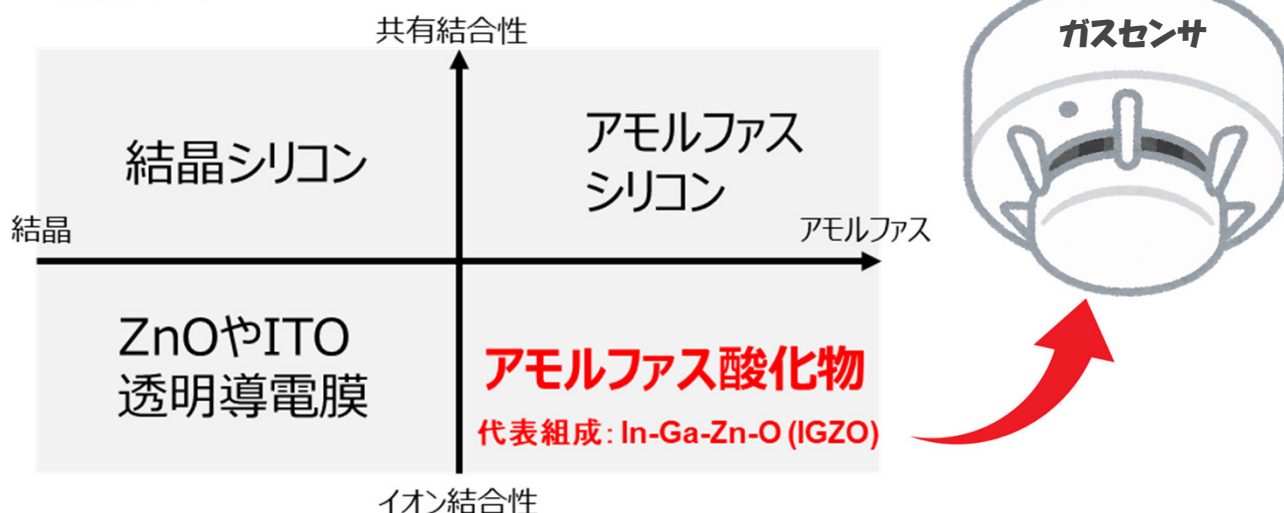
本プロジェクトでは半導体ガスセンサの検知部に、アモルファス酸化物半導体を用います。アモルファス酸化物半導体とは、2004年に登場した比較的あたらしい材料系で、室温で作製しても簡単に優れた電気特性を得ることができる有用な半導体として知られています。この材料系はIGZOトランジスタとして2012年より実用化していますが、その開発過程で様々な特有の欠陥が報告されてきました。そこで本研究ではそのようなアモルファス半導体中に特有の欠陥を利用することで、 SnO_2 という旧来材料を置き換える、独創的・革新的なガスセンサ材料を開発することを目標としています。高感度化、選択性、消費電力の改善に取り組みます。とくに水素関連ガスの検出感度を向上させ、今後の水素技術の普及に貢献します。

研究開発の実施体制

国立大学法人東京科学大学



井手啓介
東京科学大学
助教

酸化物ガスセンサの
高感度化・選択性・低消費電力化

自立センサノードのためのバイオミメティック汎用電源回路

Biomimetic general-purpose power supply circuit for autonomous sensor nodes

研究開発の目的

環境発電用電源回路を、バイオミメティックな手法で再構築し、誰もが高性能かつ低コストを実現できるようにします。

研究開発の背景、将来展望

一般ユーザーが無線センサーノードを手軽に利用できるようになるには、無線センサーノードの電源となる「環境発電」を誰もが低コストに利用できなければなりません。この環境発電の利便性を決定づけるのが、発電素子から電力を取り出すための電源回路技術です。しかし環境発電の電源回路設計では、整合性・低コスト性・低消費電力性が互いにトレードオフの関係にあり、既存技術で解消することができません。本研究では、バイオミメティックな手法である「陰的制御」を世界で初めて電子回路に応用し、このトレードオフを解消します。一般ユーザーの環境発電の導入障壁を低減し、無線センサーノードの普及を押しします。

研究開発項目

1. 陰的制御に基づく汎用電源回路の開発
2. 適応制御のための強化学習ユニットの開発

研究開発の内容、目標成果

本研究ではまず、「陰的制御」というロボット工学で注目されてきたバイオミメティックな手法を、世界で初めて電子制御に適用します。陰的制御とは、各部位が個別に動作しているにもかかわらず、身体場を介した相互作用によって全体機能を創発するような分散制御の手法です。陰的制御を採用することで、デジタル制御のようなシステム設計の簡便さと、アナログ制御のような超低消費電力性とを、両立できると考えられます。さらに環境発電の汎用電源回路には自律的な「適応制御」が不可欠である点に着目し、陰的制御の一環として強化学習ハードウェアを開発します。必要なタイミングで間欠動作するデジタル回路ブロックを電源回路に埋め込み、消費電力を $1\mu W$ 以下に抑えたまま簡便なリアルタイム学習機能を実現します。

研究開発の実施体制

国立大学法人九州大学

(再委託先)

国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学



矢嶋 超彬
九州大学大学院
システム情報科学
研究院
准教授

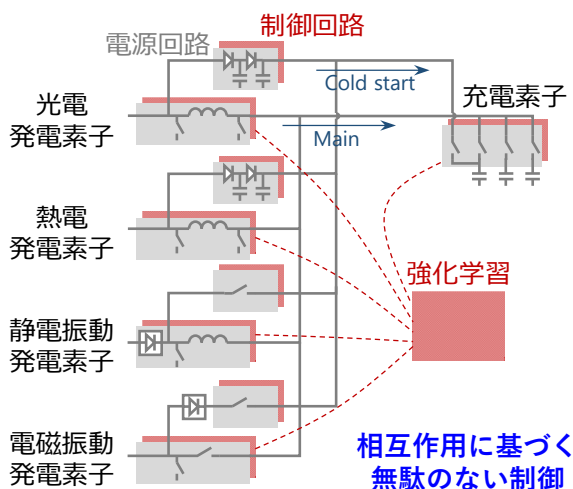


川上 哲志
九州大学大学院
システム情報科学
研究院
准教授

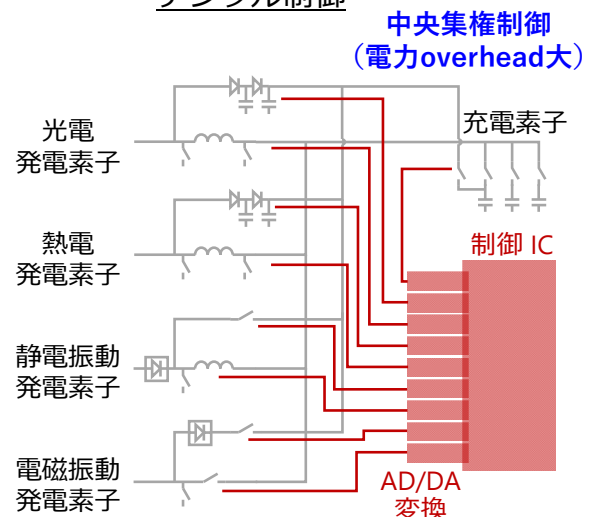


高野 恵輔
北陸先端科学技
術大学院大学
情報社会基盤研
究センター
助教

陰的制御



デジタル制御



昇圧回路不要の熱電発電デバイス

Thermoelectric energy harvester without the use of a DC-to-DC converter

研究開発の目的

中低温排熱からの効果的な発電を可能とする「熱電キャパシタ」の実証を目指します。

研究開発の背景、将来展望

IoTは、家庭や産業のあらゆる場面で、エネルギー投入量・投入タイミングの最小化・最適化制御につながります。しかし数兆個規模のIoTセンサに対し充電や電池交換などのメンテナンス作業を行うことは現実的ではなく、いかに電力を供給するかが課題となっています。電力の地産地消技術としての環境発電、中でも熱電発電は身の回りの排熱を利用した発電技術であることから期待されています。

研究開発項目

1. 高ゼーベック係数界面の構築
2. 熱電キャパシタの設計と試作



堀家 匠平
神戸大学大学院工
学研究科・准教授

図. IoTと環境発電（熱電発電）.

膨大なセンサに対し、電力を各ユースポイントで供給する手段として環境発電が期待されています。



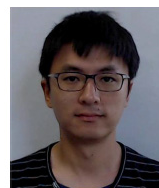
研究開発の内容、目標成果

従来の熱電素子では発生電圧が低いことから昇圧が必須であり、昇圧回路とのインピーダンスマッチングまで考慮して素子を設計する必要がありました。

これに対し、新規の熱電発電デバイスとして「熱電キャパシタ」を提案します。電解液を電極で挟持した単純な構造ながらも、従来の半導体や熱化学電池以上の高い開放端電圧（温度差1度あたり数ミリ〜数十ミリボルト）を発生可能です。(1) 熱電モジュールの製造に係るエネルギーコストの削減や、(2) 昇圧回路を省略した簡便な回路構成といった特長から、微小温度差より得られた電圧でIoTセンサを直接駆動可能にすることを目標としています。また、熱輸送機構を搭載し、自然放熱での発電を実証します。

研究開発の実施体制

国立大学法人神戸大学
国立研究開発法人産業技術総合研究所



衛慶碩
産業技術総合研究所
材料基盤研究部門・
上級主任研究員

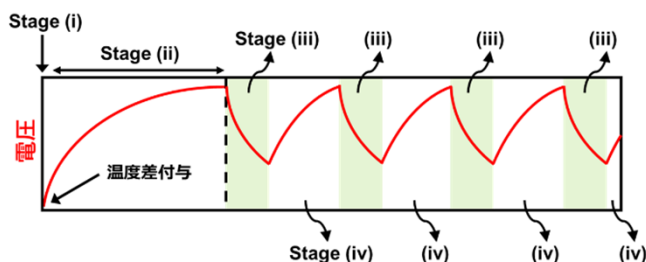
図. 熱電キャパシタの概念図.

電解液を電極で挟んだ単純な構造でありながら、高い熱起電力を発生可能です。昇圧回路不要で電力をデバイスに直結できる利点があります。



図. 熱電キャパシタの給電方式の概念図.

熱電キャパシタに温度差を与えることで電圧を発生させ（stage i~ii）、負荷の接続（閉回路：stage iii）と開放（stage iv）を繰り返すことで、断続的に給電します。



涙液糖発電センサとパッシブ通信による自立血糖モニタコンタクト

Stand-alone CMOS-based continuous glucose monitoring contact lenses using tear-glucose-driven energy-harvesting-and-sensing-combined technique and passive data communication

研究開発の目的

脱炭素社会の実現に向けて、高エネルギー効率IoTシステムの構築を目指します。

研究開発の背景、将来展望

単独自立動作型持続血糖モニタリングコンタクトレンズIoTを開発します。IoT駆動に必要なエネルギーの地産地消と常時モニタリングを同時に可能とする涙液糖発電センシング技術を開発します。また、IoTで得られたモニタリングデータの地産地消を可能とするオンデマンドパッシブ通信技術を開発します。これらを先端半導体集積回路で実証します。

研究開発項目

1. 涙液糖発電センシング・オンデマンドパッシブ通信システムの研究開発
2. 涙液糖発電センシング・パッシブ通信システムのコンタクトレンズ包埋技術の研究開発

研究開発の内容、目標成果

IoTのエネルギー効率向上に向けて、エネルギー・データの地産地消技術を創出します。

涙液に含まれる涙液糖(グルコース) から発電・センシングを行い、そのデータをメモリに蓄積し、オンデマンドにパッシブ通信可能なスマートコンタクトレンズ技術を開発します。集積されたシステムを量産工程に適応可能な包埋技術を確認します。7nm/22nm等の先端半導体で涙液糖電力(100pW以下)でのセンシングと24時間データ蓄積可能なメモリ動作の実証を行います。

これによりIoTの運用において大きな電力ロスを生んでいる電力生成・通信において劇的な高エネルギー効率化を達成し、2050年におけるカーボンニュートラル社会に貢献します。

研究開発の実施体制

国立大学法人 京都大学
株式会社メニコン



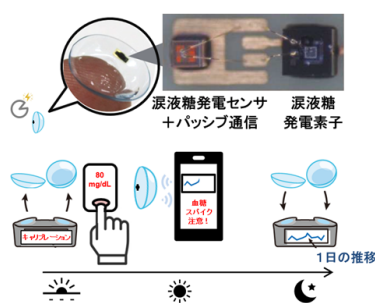
新津葵一
京都大学
教授



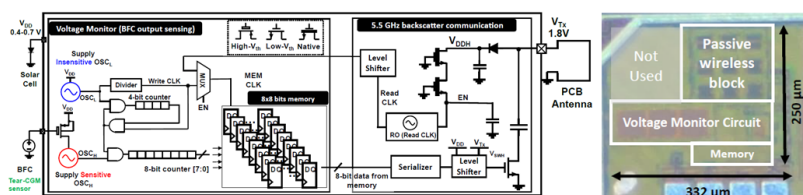
鈴木弘昭
株式会社メニコン
研究員



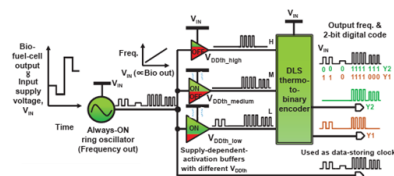
林祐樹
株式会社メニコン
研究員



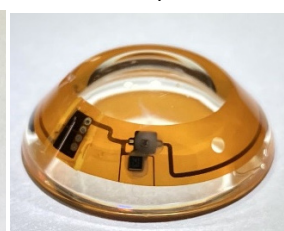
研究開発コンセプト



研究開発成果集積回路技術(65nm CMOSで実証)



研究開発成果
集積回路技術
(22nm CMOSで実証)



研究開発成果プロトタイプ

レーザー・電子光学融合で挑む未来材料研究のための電子顕微鏡開発

A Laser-Integrated Electron Microscope for Next-Generation Materials Research

研究開発の目的

レーザー場で電子ビームを制御する新しい電子顕微鏡装置を開発し、未来の材料研究を支える要素技術を創出します。

研究開発の背景、将来展望

電子顕微鏡は、材料研究に不可欠な計測ツールです。近年、その高分解能化や新たな観察手法の登場により、材料研究もさらに高度化しています。従来、電子ビームの制御には電場や磁場が用いられてきましたが、近年ではレーザー場を活用する新しい手法が注目されています。本研究では、レーザー場による電子ビームの制御を通じて、収差補正技術の開発に取り組むとともに、電子スピンの操作など、従来では実現が難しかった新たな機能にも挑戦します。

研究開発項目

1. 高強度レーザー装置の開発
2. レーザーによる電子ビーム制御の実証
3. 電子スピン偏極操作の検証

研究開発の内容、目標成果

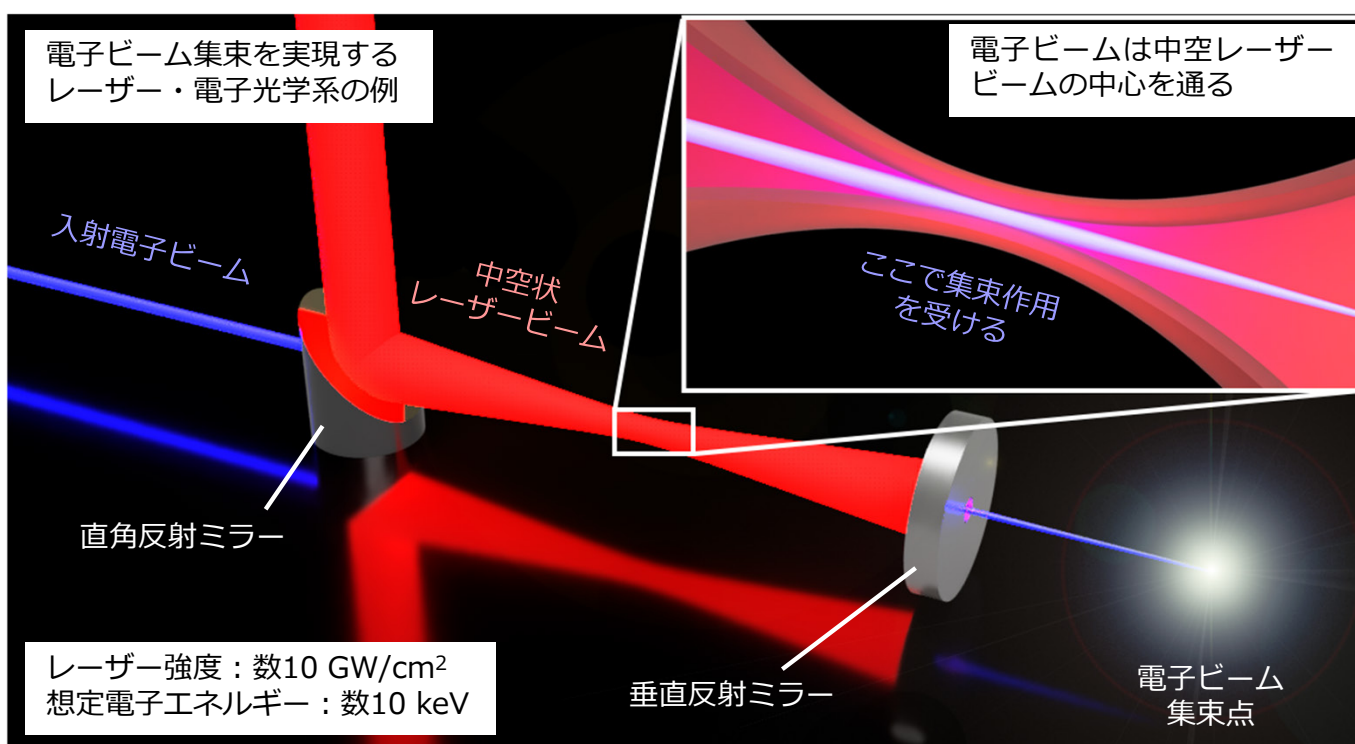
本研究では、レーザー場が電子ビームに及ぼす変調効果を設計し、また、高強度レーザー場を生成する光学装置を開発して電子顕微鏡と統合します。特に、電子顕微鏡の分解能を制限する最大要因である球面収差の補正を実証し、従来の高価かつ複雑な収差補正装置に代わる、低コストで柔軟性の高い技術の実用化を目指します。これにより、半導体、電池、触媒、バイオ材料など、さまざまな分野の材料研究の高度化に貢献します。さらに、色収差補正や電子スピン操作の可能性も検証します。色収差補正は、低加速電圧下における電子顕微鏡の分解能を向上させ、軽元素の観察や材料の非破壊評価といった、次世代材料研究に貢献する技術として期待されます。また、電子スピン操作は、スピントロニクスをはじめとする次世代半導体・メモリ材料の評価・制御技術への応用が見込まれます。

研究開発の実施体制

国立大学法人東北大学



上杉 祐貴
東北大学
多元物質科学研究所
助教



高品質二次元層状磁石を用いた磁気熱電デバイスと低環境負荷作成プロセスの開発

Efficient magneto-thermoelectric devices using above-room-temperature 2D ferromagnet

研究開発の目的

室温で磁石の性質を有する二次元層状物質を用いて、磁気・電気・熱を三次元的に制御することで、優れた性能を持つ磁気熱電素子を実現します。

研究開発の背景、将来展望

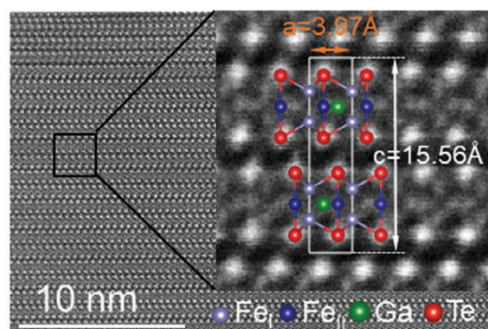
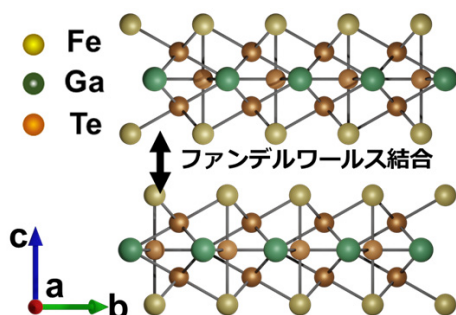
熱から電力を取り出す熱電デバイスは、環境発電技術としての将来性が期待されていますが、様々な物質パラメータを最適化するため、エネルギー変換効率を大きくできないことが、実用化に向けた最大の課題とされています。本研究では、室温で強磁性を示す二次元層状物質を用いた磁気熱電現象を用いて、熱電変換デバイスのイノベーション創出を目指します。更に、環境負荷が小さく貴金属に頼らない二次元層状強磁性薄膜の量産プロセスを開発することで、磁気熱電デバイスの社会実装に向けた課題解決を目指します。

研究開発項目

1. 二次元層状磁石の高品質合成技術の確立
2. 二次元層状磁石の磁気異方性制御技術の実現
3. 二次元層状磁石の磁気熱電係数の最大化
4. 高品質二次元層状強磁性薄膜作成装置の開発
5. 低環境負荷な磁気熱電素子の量産技術の開発



木村 崇
九州大学大学院
理学研究院・教授

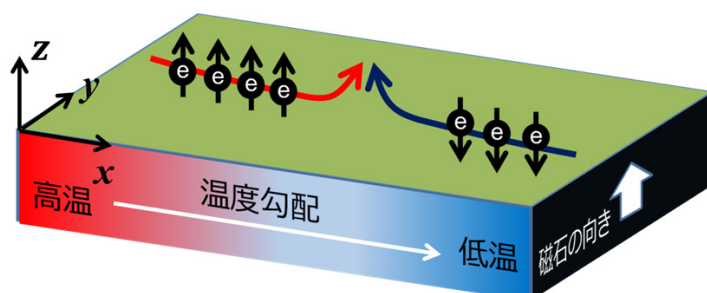
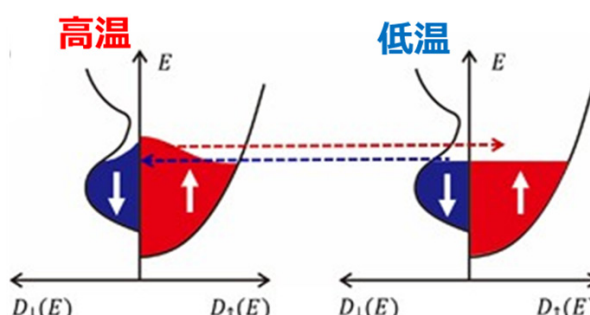


研究開発の内容、目標成果

室温で強磁性を示す二次元層状強磁性体 Fe_3GaTe_2 の結晶合成技術を基軸として、不純物の極小化のみならず、組成変調や圧力・歪印加により、二次元層状強磁性体の更なる磁気・熱電特性の向上を目指します。具体的には、数原子層レベルの厚さでも、室温大気中で安定した強磁性を示す特性を活用して、極薄の二次元強磁性薄膜を作成します。更に、同薄膜が持つ極めて強い磁気異方性により、外部磁場印加無しで、異常ネルンスト効果による起電力の最大化を達成します。これらの各特性の最大化を融合することで、僅かな温度差で極めて巨大な熱勾配を強磁性体中に効果的に引き起こし、更に同物質が有する特異な熱電変換特性を用いて、磁気熱電デバイスの性能指数を飛躍的に向上させます。二次元層状強磁性体による磁気熱電デバイスは、自動車や工場等での熱機関で生じる廃熱を有効利用することで CO_2 の排出を抑え、社会便益を与えると期待しています。

研究開発の実施体制

国立大学法人九州大学
(再委託先) 学校法人近畿大学



超単色電子ビーム平面型超伝導電子源の開発

Planar superconducting electron source with ultra-monochromatic electron beam

研究開発の目的

Graphene/六方晶窒化ホウ素(h-BN)/超伝導体積層型の平面型電子源を開発することで、超伝導体中の局在化した高電子状態密度分布を反映した超単色電子ビームを実現します。

研究開発の背景、将来展望

電子源は電子顕微鏡、電子ビーム分析装置、電子ビーム露光装置、半導体検査装置等で使用される重要なデバイスです。高分解能電子顕微鏡で使われているタングステン冷陰極の単色性は300meVであり、これ代わる次世代電子源は50年以上実用化されておりませんでした。特に近年の半導体デバイスの微細化に伴い、半導体業界を中心に分解能に直結する更なる高エネルギー単色性を有する次世代電子源の開発が期待されており、超伝導体を活用した新構造平面型電子源の開発を通じて課題解決を目指します。

研究開発項目

1. 平面型超伝導電子源の開発
2. 放出電子のエネルギー単色性評価

研究開発の内容、目標成果

産業技術総合研究所で独自開発したGrapheneとh-BNの誘導結合型リモートプラズマCVD手法を用いて、Graphene/h-BN/超伝導体積層型の平面型電子源を開発します。Graphene/h-BN積層構造により電子源内での電子散乱を極限まで抑制することで、超伝導体中の局在化した高電子状態密度分布を反映した、エネルギー幅20meV以下の超単色電子ビームを実現し、原子層物質と超伝導体を融合した新しいデバイスを創出します。本研究による高輝度、高エネルギー単色性、高安定性、長寿命、マルチ電子ビーム対応、低電圧動作を実現する革新的次世代電子源の実用化は、超高分解能分析電子顕微鏡、高スループット半導体検査装置・電子ビーム露光装置の開発や、半導体デバイスの性能向上につながり、材料科学、バイオ・医学分野や半導体製造分野の発展に大きく貢献します。

研究開発の実施体制

国立研究開発法人産業技術総合研究所



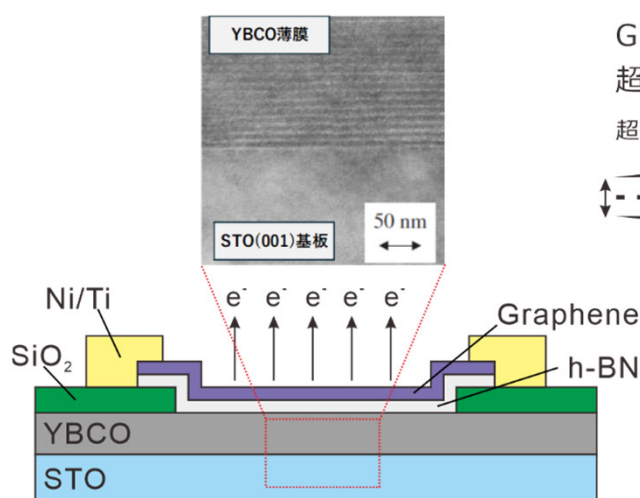
研究代表者
村上勝久
デバイス技術研究部門
上級主任研究員



高島浩
電子光基礎技術研究部門
上級主任研究員

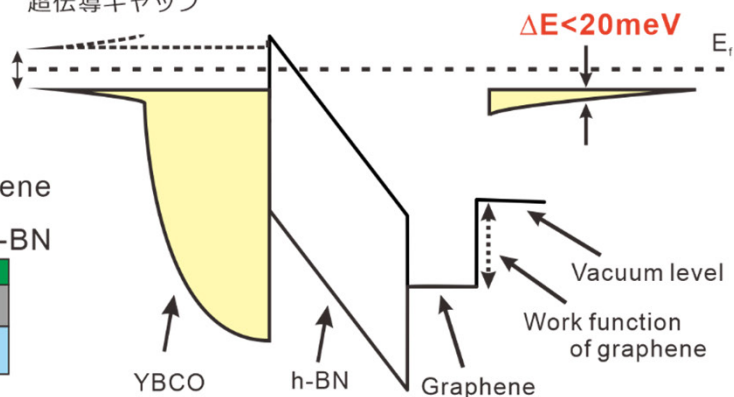


松崎功佑
電子光基礎技術研究部門
主任研究員



Graphene/h-BN積層構造により電子散乱を抑制
超伝導体中の高電子状態密度分布を直接取り出す!!

超伝導ギャップ



Graphene/h-BN/超伝導体平面電子源からの単色電子放出

熱線遮蔽能を有する発電窓ガラスの研究開発

Photovoltaic window glass with heat shielding ability

研究開発の目的

未利用エネルギー資源である赤外域の太陽光(熱線)を有効利用するために、熱線を選択的に吸収して電力に変換する透明な発電窓ガラスの開発を進めます。

研究開発の背景、将来展望

発電窓ガラスは、①発電によるエネルギー生産効果に加えて、②熱線である赤外線を電力に変換する事に由来する省エネルギー効果(熱線遮蔽効果)を有するため、透明性を活かして窓ガラスの代替品として用いることで、省エネと発電の組み合わせで大きなCO₂削減を実現できることが特徴です。

研究開発項目

1. 透明太陽電池の開発
2. 透明太陽電池の活性層の候補材料の開発
3. 熱線発電ガラスの活性層として有望な材料の量産技術の開発検討

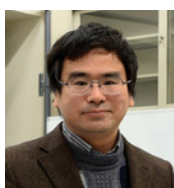
研究開発の内容、目標成果

窓ガラスとして使用可能な水準の透明性、耐久性を有する太陽光発電デバイスの研究開発と社会実装に向けた実証を行います。最終目標として、研究期間内に可視光透過率70%以上、変換効率2%以上を有する太陽光発電デバイスの開発を実現します。

赤外光(熱線)を選択的に吸収する無機ナノ粒子(ヘビードープ半導体ナノ粒子)の開発が順調に進んでいます。開発された新素材を太陽電池の活性層として用いる事で無色透明の太陽電池の開発が可能となります。ナノ材料の開発という材料化学と、それらを用いたデバイス開発を組み合わせることで、窓ガラスとして使用可能な透明な太陽電池の開発とそれに立脚した新しい太陽エネルギー産業の創発を目指しています。

研究開発の実施体制

国立大学法人大阪大学
株式会社OPTMASS

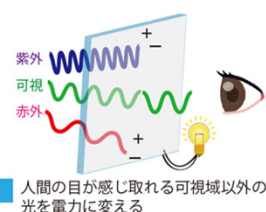
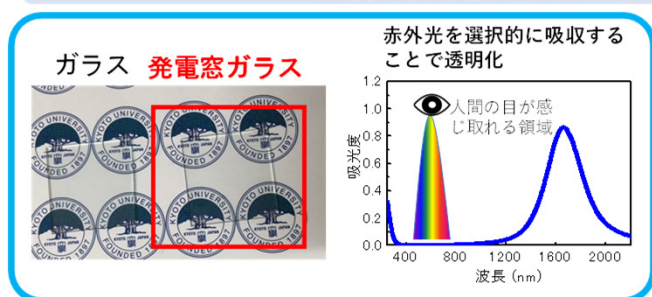


坂本 雅典
大阪大学
産業科学研究所
教授
株式会社OPTMASS
取締役



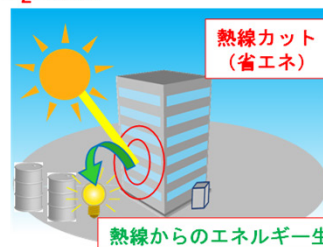
林 伸彦
株式会社OPTMASS
研究開発部長

熱線で発電する窓ガラス

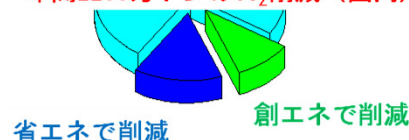


■ 市場規模

2.2兆円
(2025年時点)

■ CO₂削減

1%の効率のデバイスを実装すると、
年間2200万トンのCO₂削減(国内)



卓上NMRに適するリング状強力超電導バルク磁石の開発

Strong ring-shaped superconducting bulk magnets suitable for desktop NMR

研究開発の目的

液体ヘリウムを必要としない卓上サイズの超小型NMRを実現する大型・強力・均質なリング状高温超電導バルク磁石の開発を目指します。

研究開発の背景、将来展望

核磁気共鳴(NMR)装置は、有機合成、医薬や食品等の様々な産業で活用されています。NMRには時間的・空間的に極めて均一な強磁場が求められ、低温超電導体を用いた大型のコイルを液体ヘリウムで冷却することで実現しています。

しかし、近年価格の急騰に加え、将来的な枯渇が予想されており、国内の液体ヘリウム利用の過半を占めるNMR/MRIの脱ヘリウム化が急務です。液体ヘリウムを用いない高温超電導体を用いたリング状バルク磁石の開発ができれば、超小型NMRに加えて、将来多くの強磁場応用分野への産業展開が期待できます。

研究開発項目

1. 均質な超電導バルク磁石の育成
2. 大型リング状バルク磁石の直接育成
3. 中低温・強磁場着磁による電磁特性評価

研究開発の内容、目標成果

高温超電導体を用いたバルク磁石は、これまで3次元の複雑な結晶成長に起因して、大型化に極めて長時間を要し、特にNMRに求められるリング形状のような複雑形状かつ高均質なバルクを育成することは困難でした。本事業では、複雑な育成プロセスを1次元の結晶成長に単純化する手法を考案し、原理的にサイズや形状に制限の無い均質なバルク磁石の直接育成手法の開発を進めています。強磁場が必要なモーター等の様々な応用展開が期待されますが、中でも大型(直径60 mm以上)かつ高均質なリング形状の超電導バルク磁石の開発を進め、液体ヘリウムを必要としない革新的な200MHz超級の卓上NMRへの適用を目指します。また、均質な超電導バルク磁石開発の実現により、幅広い研究機関や産業で容易に活用できるようになり、技術革新や品質管理の向上に寄与します。

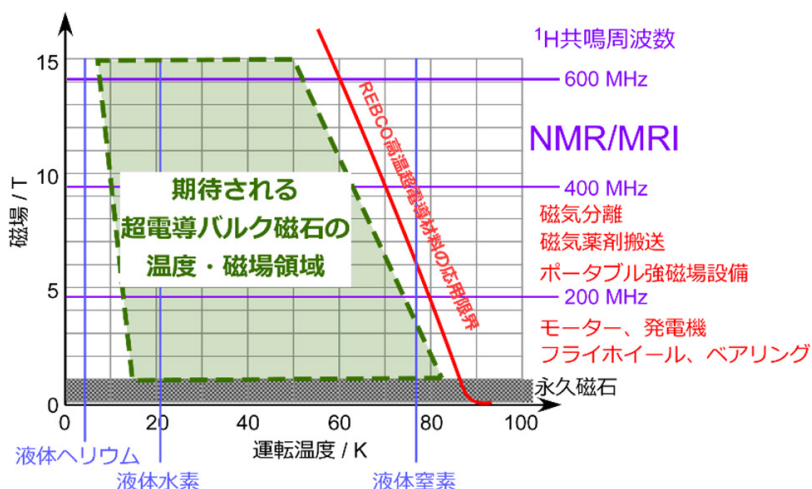
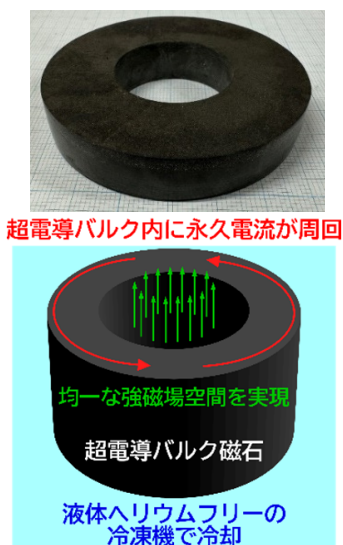
研究開発の実施体制

学校法人青山学院青山学院大学



元木 貴則
青山学院大学理工学部 助教

開発を進めるリング状大型超電導バルク磁石



超電導バルク磁石の期待される応用領域

超電導バルク磁石を用いた
液体ヘリウムフリー小型NMRの構想

機能性分子のカプセル化による斬新な分離・変換・検出技術の開発

Innovative conversion, separation, and sensing technologies
using encapsulation of functional molecules

研究開発の目的

本研究では、機能性分子を、分子構造を維持したままカゴ型の多孔質材料に閉じ込め(カプセル化し)、革新的な機能性材料の創製を目指します。

研究開発の背景、将来展望

物質の分離において、高いエネルギー効率期待される膜分離技術の開発が進みます。しかし、分離膜の透過性と選択性はトレードオフの関係にあり、その高性能化には限界があります。限界を超えるために、高い透過性の高分子膜に高い選択性の充填剤を組込んだ複合膜が注目されますが、課題は従来の充填剤の低い選択性でした。選択的な吸着能・触媒能をもつ機能性分子を、そのままの分子構造で性能維持したまま固定化し充填剤にできれば、複合膜の高性能化および反応分離に展開できます。そこで、本研究では、機能性分子をそのままの分子構造で固定化する技術を確認し、革新的な機能性材料・充填剤の創製を目指します。

研究開発項目

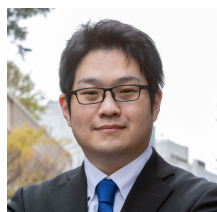
1. カゴ型の多孔質材料の創製
2. 均一系触媒のカプセル化と触媒能の開拓
3. 触媒能をもつ未踏の充填剤の開拓

研究開発の内容、目標成果

本研究では、分離・変換・検出能をもつ様々な機能性分子をそのままの構造で固定化するための担持材料として、カゴ型の多孔質材料に着目し、同材料によって機能性分子をカプセル化することで、その分子機能を維持したまま固定化する技術の確認を目指します。本未踏チャレンジでは、機能性分子としてまず均一系触媒に焦点をあて、同分子をカプセル化できる一連のカゴ型の多孔質材料を創製します。続いて、カプセル化により均一系触媒を固定化するとともに、その触媒能を開拓します。多孔質材料の選択吸着能と均一系触媒の触媒能を組合わせた革新的な機能性材料に展開します。研究期間内での具体的な成果目標としては、① 空孔径・環境が異なるカゴ型の多孔質材料を開発し、それらの吸着能と組合わせたカゴ型の多孔質材料の総合的なライブラリーの構築、② 代表的な均一系触媒のカプセル化とその導入率の決定手法の確認、③ カプセル化した均一系触媒における多孔質構造と触媒能の相関解明、としており、物質分離技術のCO₂削減に貢献したいです。

研究開発の実施体制

国立大学法人東北大学



岡 弘樹
東北大学・准教授



勢井 宏居
東北大学・助教

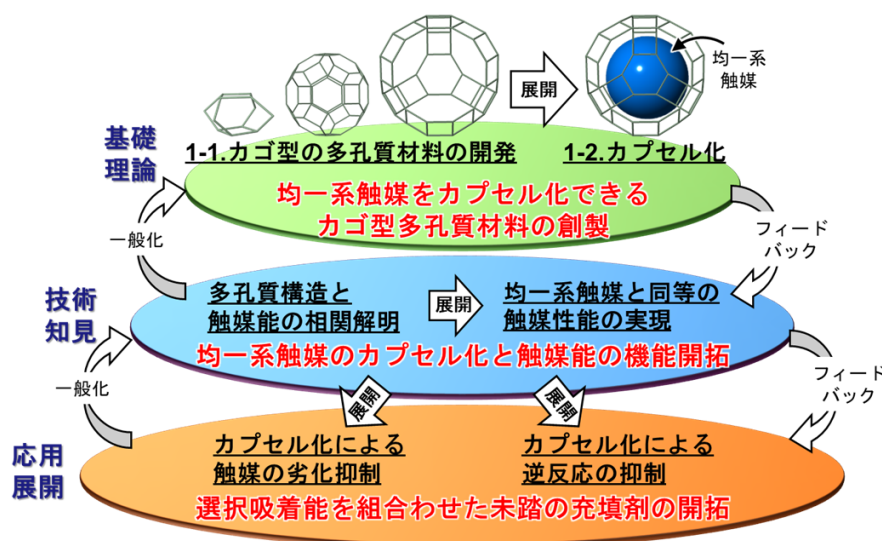


図1. 本研究開発の概要図

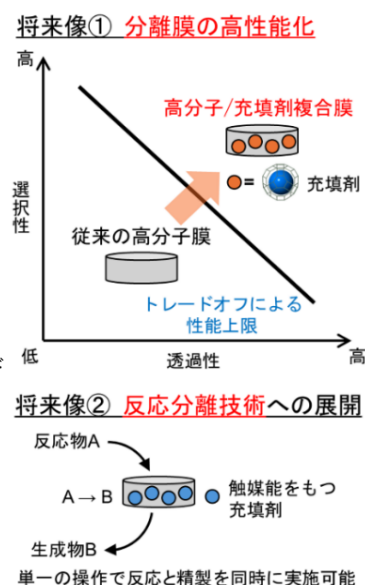


図2. 目指す将来像

安価に合成可能な原子クラスター材料の触媒展開に向けた研究開発

Easy and economical synthesis of atomic cluster materials for nanocatalyst

研究開発の目的

本研究では、原子クラスター材料の社会実装を念頭に、クラスター材料を従来よりも簡便かつ大量に合成可能な汎用的手法の新規開発を目指します。

研究開発の背景、将来展望

粒径約 1 nmの極小粒子「原子クラスター」は、従来のナノ材料でさえ実現困難であった特異的性質・機能を発現する物質群で、次世代材料の有力候補として近年大きな注目を集めています。しかし、原子レベルの精度を要する原子クラスターの合成は極めて難しいため、これまで実用的な製造技術が確立されておらず、その応用展開は未開拓の領域となっていました。本研究では、クラスターを容易に合成、かつ多様な元素に適用可能な汎用的手法を新たに開発し、産業応用への移行を視野に入れた、クラスター材料の合成ライブラリの確立を図ります。

研究開発項目

1. 容易なクラスター合成法の開発
2. 高収率合成法の確立
3. 利用可能元素の拡張性・汎用性の実証
4. 触媒反応を通じた再現性の検証

研究開発の内容、目標成果

高分子材料をナノカプセルとして用いてクラスターを合成する、独自の合成技術を基盤とし、新たな原子集積の原理・方式の導入によりこれを拡張することで、産業応用可能なクラスター合成技術を開発します。特に、普遍的な材料と単純な操作のみを用いた「容易合成」、mg~gオーダーの「量合成」、多種類の元素を統一的に利用する「多様性指向型合成」の達成を目標とします。また同時に、従来法により得られるクラスターと同等の性質を有するか、再現性についての調査も行います。これまで前例のなかったクラスター材料のライブラリ化・ラインナップ拡充が実現すれば、触媒を始めとした様々な応用展開に繋がることから、本研究は、多数のカーボンニュートラル関連技術や資源削減関連技術の発展・実装に貢献し得る大きなポテンシャルを秘めているといえます。

研究開発の実施体制

国立大学法人東京大学

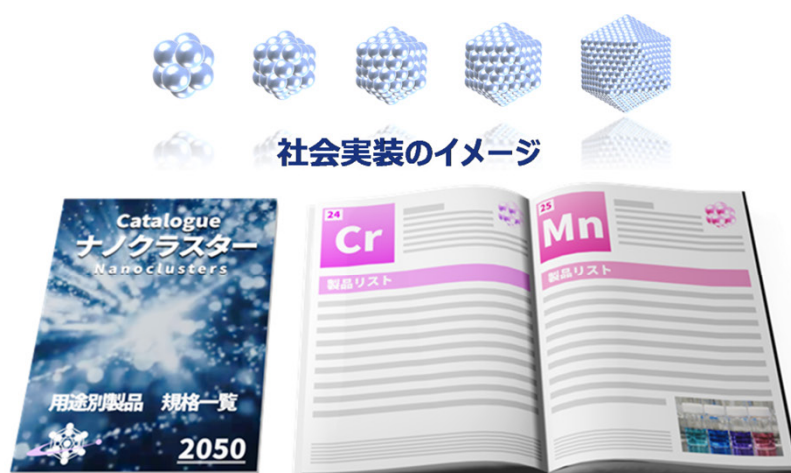
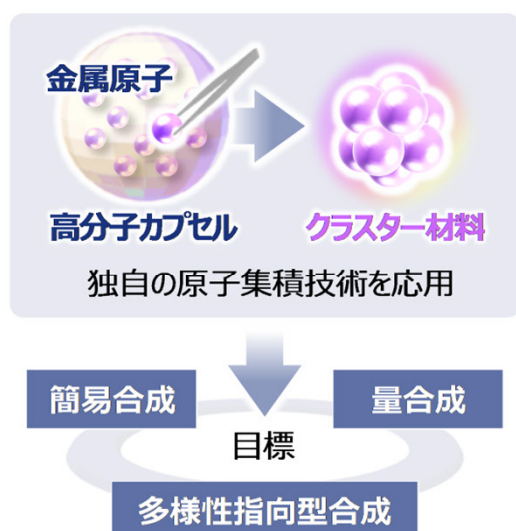


[研究代表者]

塚本 孝政

東京大学

生産技術研究所・講師



元素統一的なクラスター製造に向けたライブラリ構築

極限環境において高強度・高靱性な異種接合に関する研究開発

High-strength and high-toughness dissimilar joints in extreme environments

研究開発の目的

トレードオフ関係ある強度と靱性の両方を飛躍的に向上させる異種接合技術を開発し、そのメカニズムを力学的に明らかにすることを目的としています。

研究開発の背景、将来展望

輸送機器によるCO₂排出削減のために、次世代エネルギーを応用した研究開発が進められています。それに伴い、構造重量の軽量化や高・低温環境における材料の長期信頼性確保が求められています。異種材料の接合技術を確立出来れば、製品性能を高めるマルチマテリアル化を次世代モビリティをはじめとする多分野へ応用することが可能です。本研究は接合界面の性状を制御することによって、高温から低温に至るまで極限環境においても高い接合特性を有し、さらにトレードオフ関係ある接合強度と層間破壊靱性の両方を飛躍的に向上させる異種接合技術を開発します。

研究開発項目

1. 金属表面の3Dナノ空間構造体の開発
2. 異種接合界面の力学モデルの構築と評価
3. マイクロブリッジの力学的特性評価

研究開発の内容、目標成果

本研究は、陽極酸化・エッチング処理とレーザー加工技術を組み合わせて、金属表面に三次元ナノ構造体を形成します。さらに、その構造体表面にシランカップリング剤を用いた化学的表面修飾を施すことで、界面強度を制御して有機材料と無機材料を強固に接合します。接合性能を定量的に評価するマイクロメカニクスに基づく接合界面の力学モデルを構築し、常温環境のみならず、極限環境においてもトレードオフ関係ある接合強度と層間破壊靱性の両方を飛躍的に向上する技術の開発を目指します。

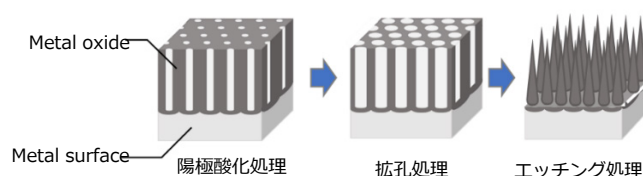
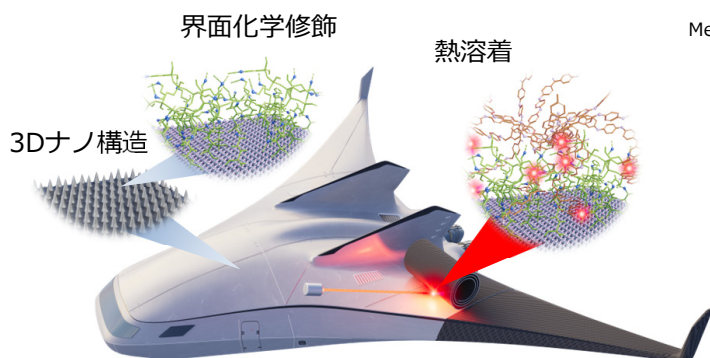
具体的には、PEEK樹脂を母材とする炭素繊維強化プラスチックとアルミニウム合金の接合について常温で約17MPaという高い接合強度を実現し、-150～100度の環境下においても常温と同等以上の強度を維持することに成功しました。また、界面ナノ構造によってき裂進展時に形成されるマイクロブリッジを考慮した力学モデルを構築し、破壊靱性が大幅に向上するメカニズムを明らかにしました。これにより、接合強度と破壊靱性の関係を力学的観点から明確に位置づけることができました。

研究開発の実施体制

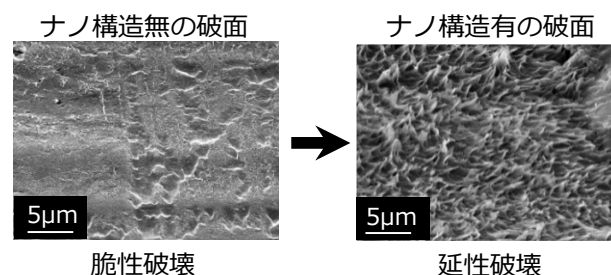
学校法人早稲田大学



細井厚志
早稲田大学・教授



金属ナノ構造作製プロセス



強度・靱性の向上/メカニズム解明

革新的セラミック材料設計のための材料パターン情報学の創成

Material pattern informatics for ceramic material design

研究開発の目的

化学反応を伴う複雑な材料パターンダイナミクスの機序解明や予測の実現へ向けた、機械学習モデルによるモデリング枠組みを開発する。

研究開発の背景、将来展望

強度と靱性を高めたセラミックス系構造材料として、規則的な材料組織構造と乱雑な材料組織構造を組み合わせたセラミックス基複合材料(CMC)のような構造が用いられています。CMCのような繊維とマトリックスという単純な構造を超えるより柔軟な材料構造の設計を実現するには、化学反応をともなうパターンダイナミクスの機序解明や予測を実現する必要がありますが、従来のように人間の洞察のみで行うのは困難です。そこで、近年発展が著しい機械学習と研究者・技術者の協業によって、その困難が克服される展望が考えられます。

研究開発項目

1. 機械学習モデル構築・検証用データセット整備
2. 計測データからの構造推定手法の整備
3. 多結晶SiC形成過程の機械学習モデル構築



本武 陽一（研究代表者）
一橋大学大学院
ソーシャル・データサイエンス研究科
准教授

研究開発の内容、目標成果

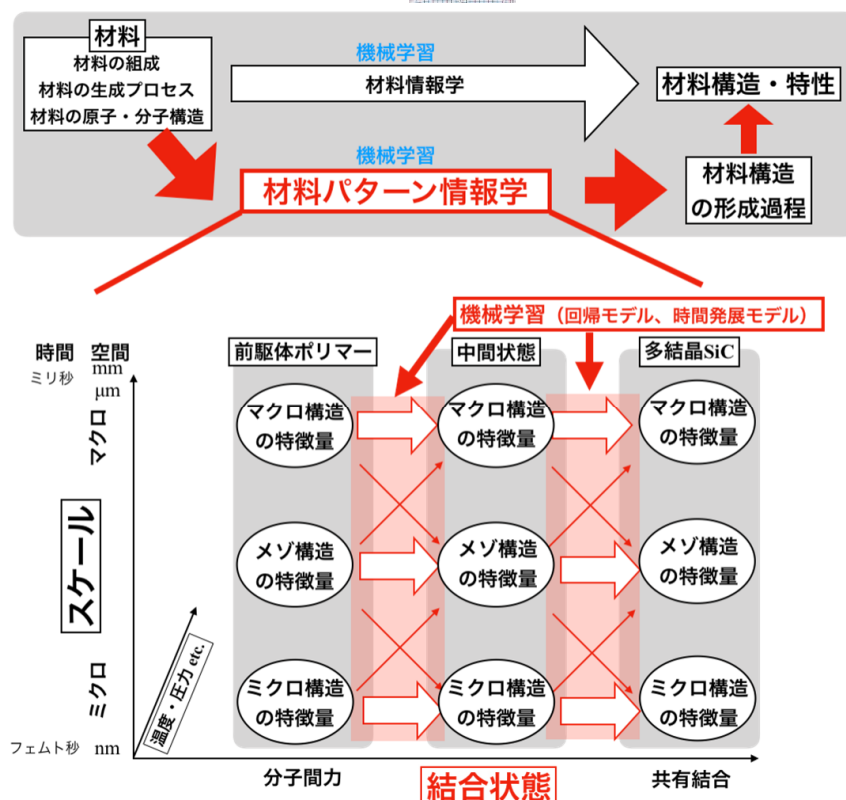
化学反応をともなうパターンダイナミクスである前駆体ポリマーからのSiC多結晶セラミックの形成過程をモデル化し予測・制御するには、化学結合の変化を伴う化学反応や、原子・分子から大域的なパターンの構造形成といった、結合状態や時間的・空間的スケールの異なる現象を統合してモデル化する必要があります。このようなパターンダイナミクスをモデル化する手法はまだ確立していません。そこで本研究提案では、パターンダイナミクスをモデルとして組み込んだ材料情報学の枠組みを構築することで、材料構造の時間発展や結晶粒、結晶粒界構造の形成過程の機序を解明するための機械学習モデルを開発し、それを用いて材料開発者を支援する枠組みを構築することを目標とします。この枠組みが開発された暁には、幅広く材料開発の効率化に資することが期待されます。

研究開発の実施体制

国立大学法人一橋大学
(再委託先) 公益財団法人特殊無機材料研究所



森田 秀利（登録研究員）
一橋大学大学院
ソーシャル・データサイエンス研究科
特任講師



環境・健康・安全に配慮した電力機器用SF6代替ガスの創成

SF6 alternative gas free from environmental, health, and safety hazards

研究開発の目的

小さなデータセットを用いた高精度な物性予測、外挿が可能な次世代のAIモデルを開発することでSF6代替となる未踏の新ガスを開発します。

研究開発の背景、将来展望

地球温暖化ガス(主に、CO₂、メタン、N₂O、人工F-ガス)の削減に向けた取り組みが精力的に進められています。代表的なF-ガスであるSF6は最も強力な温室効果ガス(CO₂の25200倍)の一つであり、規制強化が進んでいますが、SF6はスマートで高効率な電力システムを成立させる唯一無二の基幹材料で、未だにこれを完全に代替できるガスは見つかっていません。

研究開発項目

1. 高精度物性予測モデルの開発
2. 分子構造予測AIモデル開発
3. 自律的な毒性評価AIモデルの開発
4. 物性間トレードオフ打破分子の設計
5. 新ガスによる電力機器設計方法の提案

研究開発の内容、目標成果

第一原理計算を基本とした計算科学的な手法を用いて、巨視物性発現の物理に立脚したスマートなAIモデルを構築することで、スモールデータからなるガス分子物性の高精度予測を実現します。加え、所望物性群を持つガスの分子を広大な材料空間から生成できるAIモデルを構築することで、SF6を代替できる(絶縁破壊電界10 kV/cm以上、沸点-10℃以下、GWP10以下)の新規環境調和型高性能ガスを創成します。

設計したガスを合成し、新ガスを用いた絶縁・遮断方式の実用化に向け、評価結果をもとに電力機器設計指針を提案します。

本研究では、我が国が排出する温室効果ガスを数%削減、電力機器のライフサイクルCO₂排出量もあわせて500万ton/年以上削減しようとしています。

研究開発の実施体制

国立大学法人東京大学

国立研究開発法人産業技術総合研究所



佐藤正寛
東京大学
工学系研究科
准教授

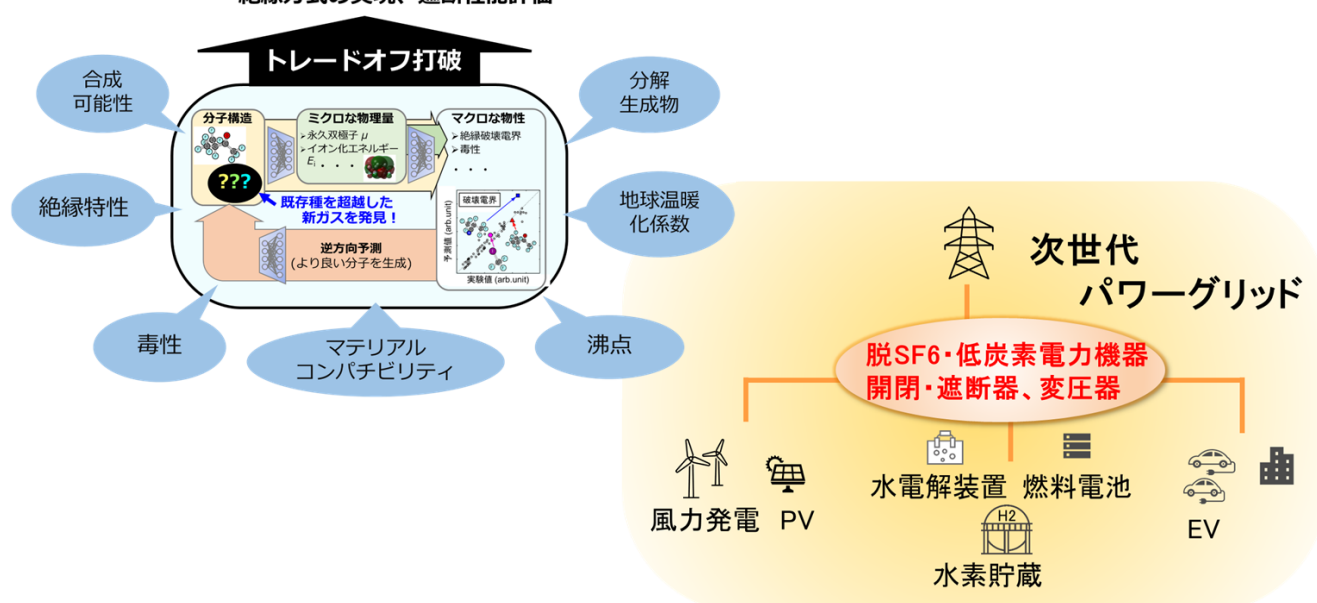


松井勇佑
東京大学
情報理工学系研究科
講師



小室 淳史
産業技術総合研究所
環境創成研究部門
研究員

脱SF6・脱F-ガス
絶縁方式の実現、遮断性能評価



スマートなAIモデルを用いた物性量のトレードオフを打破した実用的な材料設計
と次世代パワーグリッドの基幹をなす新SF6代替ガスを用いた電力機器

高次機能の実現を目指すナノ材料の精密制御手法の開発

Precise control of nanomaterials aimed for multi-functions

研究開発の目的

ナノスケールで構造を精密に制御する手法を開発し、エネルギー、情報通信、医療など多様な分野のニーズに応える基盤技術の確立を目指しています。

研究開発の背景、将来展望

近い将来、私たちの社会は今よりスマートで、無駄のない高効率なシステムへと進化すると予測されます。その実現には、あらゆる場面で最適に機能する材料の開発が不可欠です。たとえば、特定の環境下で効率よく発電できる材料があれば、従来活用されてこなかったエネルギー源も利用可能になります。この高機能材料として、ナノ材料は非常に有望です。ナノ材料は、～1億分の1メートルという極めて微細なサイズの構造の材料である。現在では様々な材質や形状で合成でき、今後の持続可能社会に向けたキー技術として期待されています。

研究開発項目

1. ナノ材料の精緻な制御
2. ナノ材料の接合手法の開発

研究開発の内容、目標成果

ナノ材料の多様な機能を社会実装するには、それらを精密に合成、接合する技術が必要不可欠です。中でも、ナノスケールで高精度に制御する技術は、いまだ十分に確立されていない「未踏の技術領域」といえます。本研究では、ナノ材料を原子・分子レベルで自在に操る技術の確立を目指し、「精密合成」と「接合技術」に重点を置いて開発を進めています。これにより、用途に応じた機能性材料を自在に設計し、その性能を迅速に最適化し、高効率に機能させることが可能になります。これまでに新たな合成・制御手法を開発し、すでに2系統の新しいナノ材料の創製に成功しています。今後はこの技術をさらに高度化し、6種以上のナノ材料の創製と、それらを組み合わせる接合技術の確立に取り組んでいきます。

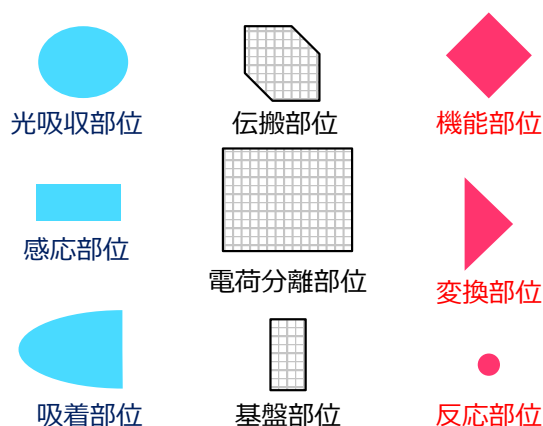
研究開発の実施体制

国立大学法人京都大学

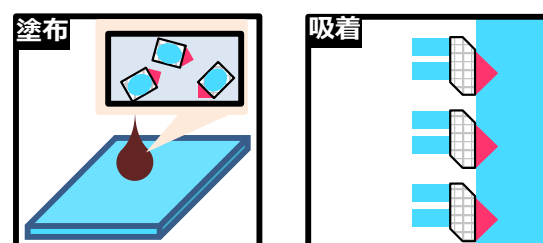


高畑遼
京都大学・助教

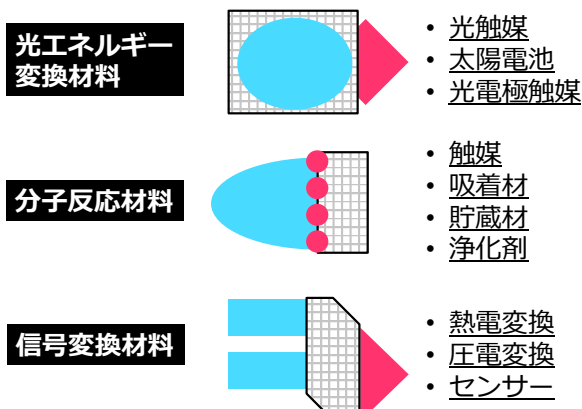
① 各種機能性ナノ材料の作製



③ 簡便な手法によるデバイス化

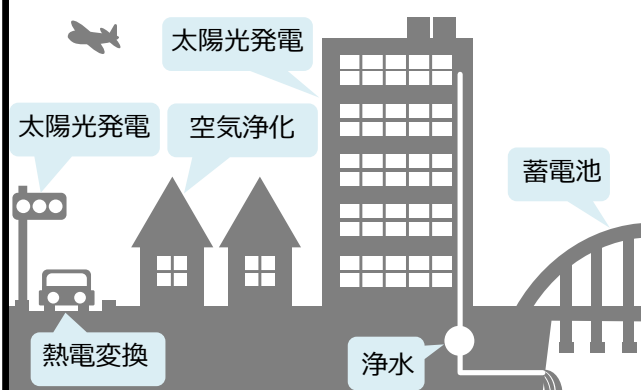


② 接合による機能の高次化



④ 本材料の将来性

あらゆるニーズに対応可能
目的に合わせたナノ材料の設計



重炭酸電解による二酸化炭素資源化技術の研究開発

Bicarbonate Electrolysis for Carbon Dioxide Utilization

研究開発の目的

再生可能エネルギーを用いたCO₂の資源化を目的とし、重炭酸イオンを反応原料としてギ酸や一酸化炭素・メタノール等を高効率で合成するための電解技術を開発します。

研究開発の背景、将来展望

脱炭素社会の実現を目指したネガティブエミッションやカーボンリサイクルの観点から、CO₂の回収利用技術が必要とされています。アルカリ吸収後の重炭酸塩水溶液を直接供給する電解システムでは、CO₂ガスの分離回収や精製圧縮、リサイクル等のコストを大幅に削減でき、エネルギー効率を向上できると期待されます。

研究開発項目

1. ギ酸塩水溶液の電解合成
2. ギ酸への変換
3. 一酸化炭素の電解合成
4. メタノール・炭化水素等の電解合成

研究開発の内容、目標成果

本研究では、CO₂排出量の削減を目的とし、重炭酸塩水溶液を供給する電解システムからなるCO₂資源化技術の開発を目指します。

重炭酸電解によるギ酸合成では、重炭酸水溶液をカソードに供給し、内部発生したCO₂をカソード電極触媒上で還元することでギ酸イオンに変換します。これはギ酸塩水溶液として得られるため、電気透析によって脱イオン化を行い、ギ酸に変換します。また、化学原料や燃料合成を目的とし、CO₂電解における生成物として、一酸化炭素やメタノール、炭化水素等の合成を目指します。

一連の技術開発により、CO₂を有用な化学品へと変換できるようになれば、CO₂を削減するとともに、再生可能エネルギーの利用および脱石油化を促進できます。

研究開発の実施体制

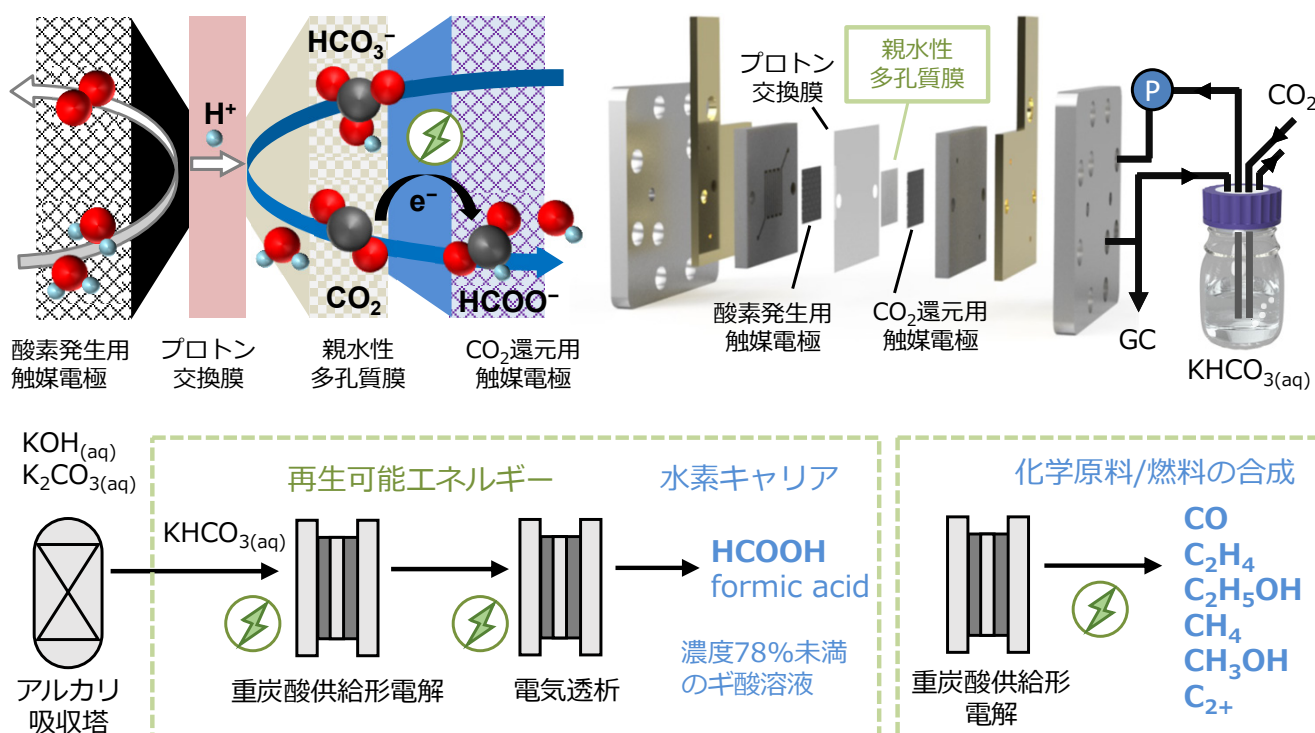
東京都公立大学法人東京都立大学
国立大学法人埼玉大学



天野 史章
東京都立大学
都市環境科学研究科
教授



荻原 仁志
埼玉大学
理工学研究科
教授



Direct-FT反応の高収率化の研究

Enhancing the Yield of the Direct Fischer-Tropsch Reaction

研究開発の目的

二酸化炭素の水素化触媒に電磁波パルス照射することで、特定の炭化水素生成物の選択的製造を可能とする未踏技術を実現します。

研究開発の背景、将来展望

二酸化炭素(CO₂)とグリーン水素(H₂)を原料とする有用化合物の製造プロセスは、カーボンニュートラルの実現と新たなビジネス創出の両面から期待されています。CO₂とH₂から一段で炭化水素を合成するDirect-FT反応は、エネルギー効率コスト面などにおいて優位になると期待されていますが、その収率に課題があります。特に、温暖化係数が高く化学原料としての用途が限られる「メタン(CH₄)」の生成を抑制しながら、目的とする炭素鎖長の生成物を高い収率で製造する技術が望まれています。

研究開発項目

1. 収率向上に向けた電磁波パルス条件の探索
2. 時間分解その場X線全散乱法による機構理解
3. 計算機手法に基づく触媒設計

研究開発の内容、目標成果

Direct-FT反応においてメタン以外の生成物の収率が低い原因は、高温が必要なCO₂分子の活性化反応と低温有利な炭素-炭素結合形成のトレードオフ関係です。CO₂活性化速度とC-C結合形成の適正温度には100°C近いギャップがあると考えられます。

本研究開発では、マイクロ波を固体触媒にパルス照射することで、触媒活性点の高速で加熱-冷却スイッチングを行い、炭化水素収率を飛躍的に向上させる技術を開拓します。触媒反応速度にマッチしたパルス条件探索と、パルス照射効果を最大化する触媒構造設計の両輪で研究開発を推進することで、反応収率の限界突破を目指します。

この未踏の技術革新により、CO₂を原料とする高付加価値基礎化学品の増産を実現し、持続可能なグリーンイノベーションに貢献します。

研究開発の実施体制

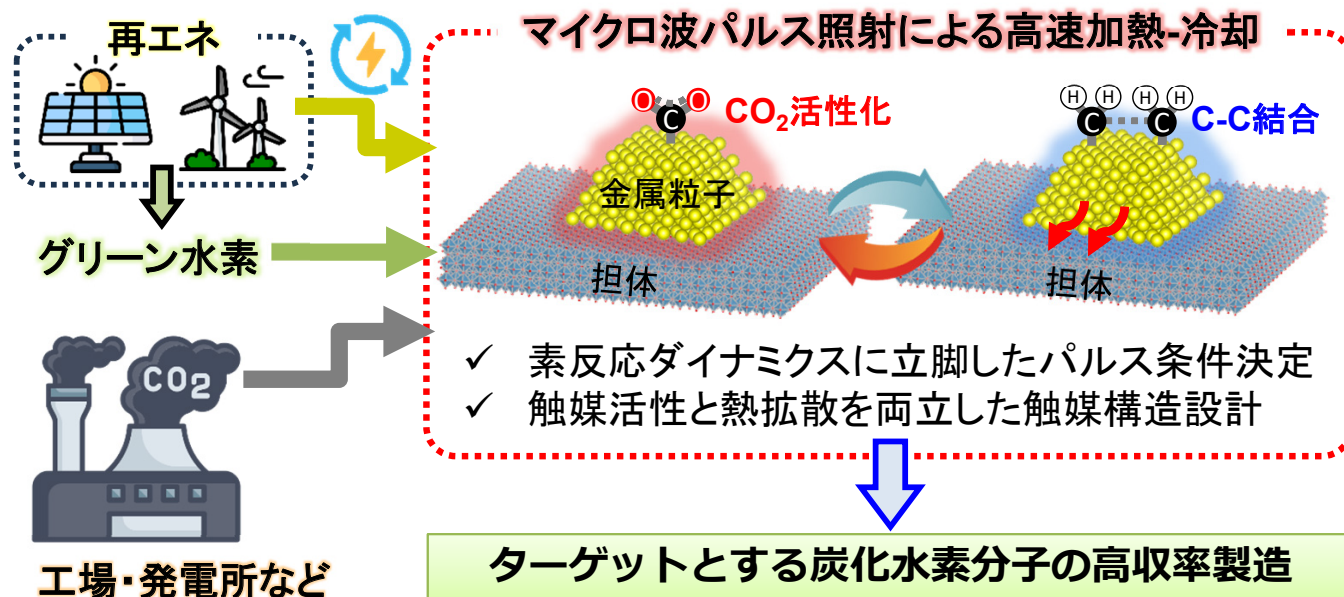
国立大学法人東京大学



岸本 史直
東京大学・講師



村岡 恒輝
東京大学・助教



金属3D積層造形触媒反応管の設計と二酸化炭素資源化反応

Reactor Design by Metal 3D Additive Manufacturing and CO₂ Conversion

研究開発の目的

CO₂資源化反応をターゲットに、金属3D積層造形(3Dプリンティング) 技術を駆使し、低温活性・高選択性・高耐久性を兼ね備えた次世代触媒を開発します

研究開発の背景、将来展望

金属3D積層造形技術を利用した触媒開発研究は黎明期ですが、優れた設計柔軟性に基づく反応流体制御、高い熱伝導性を利用した省エネ化、およびナノ・マイクロスケールでの結晶組織と配向性の制御といった特徴に着目し、既存触媒プロセスの高効率化、省エネ化、低コスト化はもとより、希少金属触媒の使用量を低減できるキーテクノロジーとして確立させます。最終的に2050年における30億m³/年のCO₂削減を実現する技術へと発展させるます。

研究開発項目

1. Ni製自己触媒反応管の開発(メタン合成)
2. HEA製自己触媒反応管の開発(メタン合成)
3. Ru担持型触媒反応管の開発(メタン合成)
4. Pd合金担持型触媒反応管の開発(ギ酸合成)
5. 触媒反応管の表面機能化(ギ酸合成)

研究開発の内容、目標成果

レーザー/電子ビームで金属粉末を溶解・凝固させて金属を三次元積層造形する金属3Dプリンティング技術では、高い凝固速度やレーザー照射条件により、単結晶や多結晶などの結晶組織、異方性を制御することができます。本研究では、触媒特性と微細金属組織との関連性を解き明かし、新機能発現、新材料合成、新原理の創出を目指します。

ターゲット反応は、高密度エネルギー貯蔵法として期待されているCO₂メタン化反応、再生可能な水素エネルギーキャリアとして高いポテンシャルをもつギ酸の、液相でのCO₂水素化反応による選択的合成であります。

本研究で得られる成果により、最終的には再生可能エネルギーにより生産された水素と、製鉄所やごみ焼却所から排出されたCO₂を反応させることにより、メタン、ギ酸へと変換するエネルギーシステムの構築を目指しています。

研究開発の実施体制

国立大学法人大阪大学

国立大学法人東京科学大学



(研究代表者)
森 浩亮
大阪大学大学院
工学研究科
教授



石川 敦之
東京科学大学
環境・社会理工学院
准教授



吉田 秀人
大阪大学
産業科学研究所
准教授

金属3D積層造形触媒反応管



CO₂によるプロパン酸化脱水素に有効な多元素酸化物担体の開発Multinary oxide support for oxidative dehydrogenation of propane using CO₂

研究開発の目的

「CO₂を用いたプロパン酸化脱水素」に有効な触媒の耐久性を「担体の多元素化」により高め、社会実装に適した高性能触媒を開発します。

研究開発の背景、将来展望

化学産業における基幹化学品である低級オレフィンの需要は、途上国の成長を背景に今なお世界的に増加の一途をたどっています。これに伴い原料となる化石資源の消費とCO₂排出も増大するため、石油化学プロセス自体のカーボンニュートラル化を早急に進める必要があります。

例えば、低級オレフィンの1つであるプロピレンの世界市場は年間1億トン以上であり、大変規模の大きなものです。そこでプロピレン製造プロセスにCO₂を利用することができれば、CO₂の削減と有効利用に加え、化学産業のカーボンニュートラル化にも大きく貢献することができます。

研究開発項目

1. 多元素化による CeO₂担体の性能向上
2. 多元素化による性能変化に関する原理解明
3. 酸化物担体の高比表面化手法の確立
4. 触媒の最適化による高性能触媒の開発

研究開発の内容、目標成果

本研究ではこれを可能とする反応として「CO₂を用いたプロパン酸化脱水素」に着目し、本反応を高効率に行える革新触媒の開発を目指します。具体的には、独自に開発した先行触媒 (PtCoIn/CeO₂触媒) の担体である酸化セリウム (CeO₂) のセリウムサイトを多元素化することでコーク燃焼能を高め、触媒の耐久性を飛躍的に向上させることで実用に耐えうる触媒の開発につなげます。最終目標としては①プロパン・CO₂の初期転化率がともに40%以上、②プロピレン選択率95%以上、③転化率が100時間後に初期の80%を維持、を達成することを目指します。

以上の目標を達成し本触媒技術を実用化させることで、化学産業におけるカーボンニュートラル化や国際競争力の強化に資することができると期待されます。

研究開発の実施体制

国立大学法人大阪大学



古川 森也
大阪大学大学院工学研究科
教授

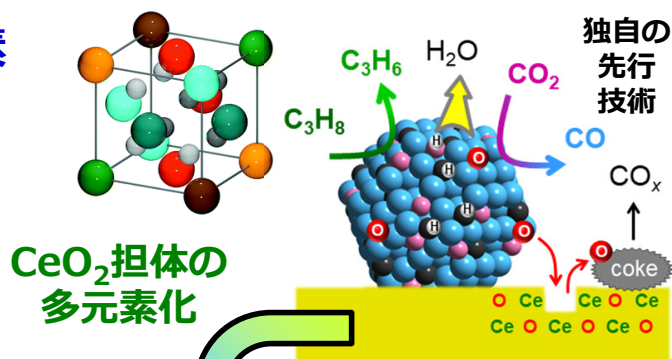


李 端行 (Li Duanxing)
大阪大学大学院工学研究科
特任助教

CO₂を用いたプロパン酸化脱水素

- ①プロピレン製造 (世界需要増加)
- ②CO₂有効利用 (CO製造)
- ③既存プロセスのカーボンニュートラル化
- ④水素を用いないCCUプロセス

同時達成可能な画期的技術



触媒技術
の革新
(本研究)

世界規模でのCO₂削減

化学産業における
2050 Net Zero Emission
への大きな貢献

光アシスト型逆シフト反応触媒システムの開発

Light-assisted Catalytic System for Reverse Water-Gas Shift Reaction

研究開発の目的

省エネルギーで二酸化炭素(CO₂)と水素(H₂)から化学原料となる一酸化炭素(CO)を製造する触媒システムの開発を目指します。

研究開発の背景、将来展望

2050年のカーボンニュートラル社会の実現に向け、二酸化炭素(CO₂)を有効利用するための技術が求められています。CO₂を水素(H₂)と反応させて化学原料となる一酸化炭素(CO)を得る反応(逆シフト反応)は工業的に有用ですが、低温では低い反応率しか得られず非効率という課題があります。持続可能なカーボンニュートラル技術構築のためには、産業廃熱や太陽光などの有効に利用されていないエネルギーを積極的に利用し、CO₂水素化反応を効率よく促進できる触媒システムの開発が重要です。

研究開発項目

1. 逆シフト用触媒の開発
2. 触媒性能の評価
3. 光アシスト型逆シフト反応触媒システムの設計・机上評価
4. 光アシスト型反応器の試作・実証試験

研究開発の内容、目標成果

MoやWなどを主成分とする金属酸化物は、触媒として逆シフト反応に高い触媒活性を示すと同時に、可視光から近赤外光域にかけた光を吸収し効率的に熱へと変換する特性を有しています。本研究では、このような金属酸化物を触媒に利用し、熱と光エネルギーの併用により、200℃以下の低温域でも商業化可能なレベルのCO生成速度(50 mol/kg-cat./h以上)を達成できる光アシスト型逆シフト反応触媒システムの開発を実施します。触媒の開発と性能評価、光アシスト型反応器の設計、実証試験を通じて実用性を評価します。最終的には、産業廃熱と太陽光をエネルギー源に利用して逆シフト反応を促進できる触媒システムの開発を行い、CO₂を省エネルギーで有用物質へと変換するためのクリーンな触媒技術の確立を目指します。

研究開発の実施体制

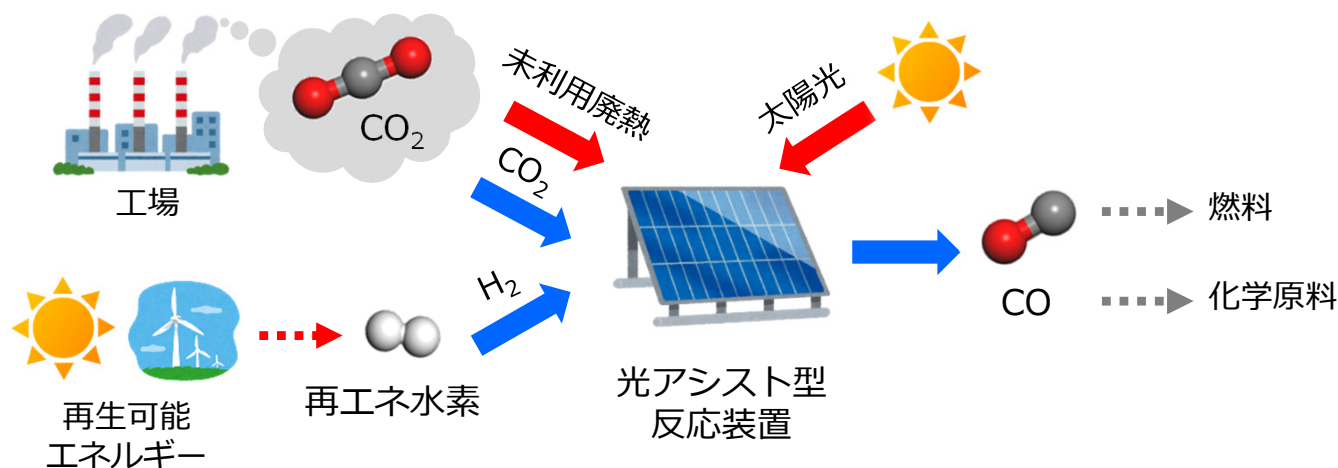
国立大学法人大阪大学
(再委託先) コスモ石油株式会社



(研究代表者)
桑原 泰隆

国立大学法人大阪大学
大学院工学研究科 マテリアル生産科学専攻・准教授

未利用の廃熱と無尽蔵な太陽光エネルギーを利用



省エネルギーで二酸化炭素と水素から化学原料を製造するための
光アシスト型逆シフト反応触媒システム

2025/09/30までに終了した研究開発テーマの詳細はこちらからご確認できます。

• 過去のパンフレット

2017年度～2024年度を御覧いただけます。

https://www.nedo.go.jp/library/pamphlets/ZZ_pamphlets_00005.html



• 成果報告書データベース

NEDOが実施しているプロジェクト、調査等を取りまとめた成果報告書について、公開後10年以内のものについて検索及びダウンロードができます。ユーザ登録の上、ご利用ください。登録・ご利用は無料です。

https://www.nedo.go.jp/library/database_index.html



• 2024年度NEDO先導研究プログラム報告会

2025年1月24日開催

https://www.nedo.go.jp/ugoki/ZZ_101372.html



NEDOホームページ「NEDOconnect」をご覧ください！



https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP2_100189.html



NEDO connectでは、産学連携に関心があるアカデミア・産業界両方のみなさまにお届けしたい情報を掲載しています。

NEDO先導研究プログラム、官民による若手研究者発掘支援事業(若サポ) など、テーマ公募型研究開発を活用して技術の社会実装を目指しませんか？

ぜひNEDO事業をご活用ください！



国内拠点

●本部

〒212-8554

神奈川県川崎市幸区大宮町1310

ミューザ川崎セントラルタワー(総合案内16F)

TEL : 044-520-5100(代表)

海外事務所

●ワシントン

1717 H Street, NW, Suite 815
Washington, D.C. 20006, U.S.A.
TEL : +1-202-822-9298

●欧州

10, rue de la Paix
75002 Paris, France
TEL : +33-1-4450-1828

●北京

2001 Chang Fu Gong Office Building
Jia-26, Jian Guo Men Wai Street
Beijing 100022, P.R.China
TEL : +86-10-6526-3510

●シリコンバレー

3945 Freedom Circle, Suite 790,
Santa Clara, CA 95054 U.S.A.
TEL : +1-408-567-8033

●ニューデリー

15th Floor, Hindustan Times House,
18-20 Kasturba Gandhi Marg,
Connaught Place,
New Delhi 110 001, India
TEL : +91-11-4351-0101

●バンコク

19th Floor, O-NES Tower,
6 Sukhumvit Soi 6,
Klongtoey, Klongtoey District,
Bangkok 10110 Thailand
TEL : +66-2-256-6725 or 6726

●ジャカルタ

Summitmas 1st Bldg, 10th Floor,
Jl. Jend. Sudirman, Kav. 61-62,
Jakarta Selatan 12190, Indonesia
TEL : +62-21-252-3480