



**CARBON
RECYCLING
FUND INSTITUTE**

一般社団法人カーボンリサイクルファンド

2025年度CRF研究助成活動 採択テーマ一覧 概要集

一般社団法人
カーボンリサイクルファンド
(CRF)

2025年9月

CRFにおける研究助成活動とは

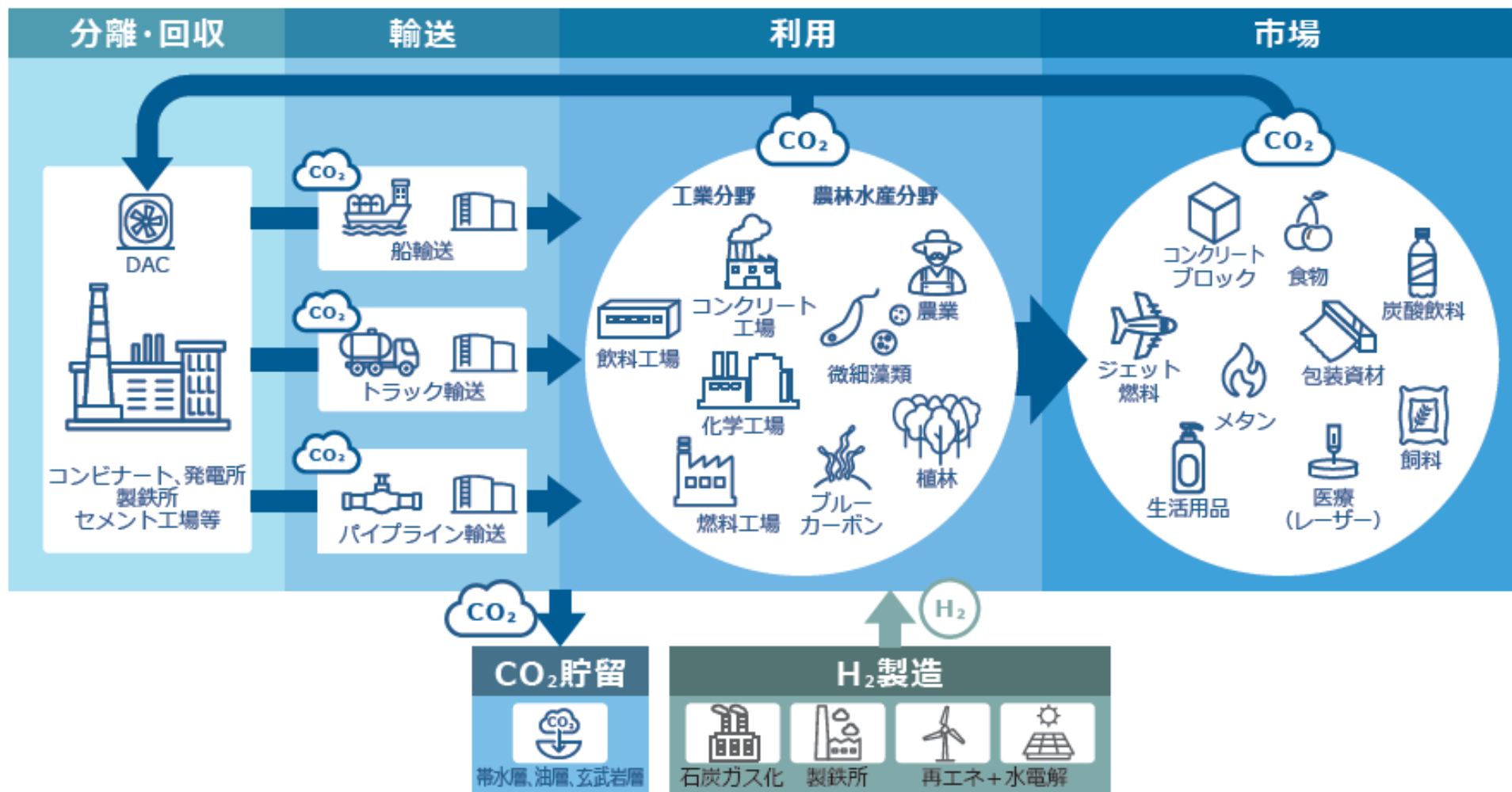
民間資金の特徴を活かした柔軟な運用で、カーボンリサイクルに係る研究シーズ（アイデア、人）を発掘、取組みを支援
過去の採択テーマから多くの国プロジェクトが生まれ、複数数の会社が設立するなど社会実装に向けて次のステージへ進展

	概要
助成対象	企業、大学、法人等に属する研究者又は研究者チーム 2022年度からは、スタートアップ枠を設置
募集テーマ	社会的課題を解決するため、CO₂（あるいは炭素原子）を資源として利用するCR、関連技術、CRを実現するための社会科学分野等に関する研究 <募集分野一覧> ● 鉱物化（コンクリート等）によるCO₂固定化技術 ● 燃料への転換技術 ● 化学品への転換技術 ● CO₂分離回収に係る技術 ● 社会科学等の分野 ● CO₂吸収源(土壌、森林、ブルーカーボン等)に係る研究 ● その他（水素製造、ジオエンジニアリング、機能性材料、医療分野等）
評価ポイント	独創性・革新性・従来技術に対する優位性、課題設定の仕方、企業との連携などの社会実現可能性等
助成規模・期間	最大1,000万円/件・最長2年
応募・採択件数	2020～2025年度：延べ428件応募→93件採択（累計助成金額 5.4億円） 2025年度：一般公募56件⇒19件採択、スタートアップ枠16件→3件採択
研究成果の帰属	基本的に研究者に帰属



CRF研究助成活動の特徴

CO₂の発生源から回収、輸送、利用までのCO₂バリューチェーンを見据え、広い範囲でのカーボンリサイクルにかかる研究（社会科学分野含む）を支援し、イノベーションを創出。



研究助成 2025年度採択案件 22件 ①

● : 40歳以下の若手研究者 スタートアップ企業 国際共同研究

分野	研究課題名	研究代表者名（所属機関）
CO ₂ 分離回収・ 固定化	革新的高純度精製「ゲート吸着型ゼオライト」を用いたCO ₂ 分離システムの開発	田中 俊輔 (関西大学)
	ゼオライトと液相脱着システムを組み合わせた直接空気回収	●伊與木 健太 (Planet Savers株式会社)
	レアアース回収後の石炭灰を活用した炭酸塩化造粒物によるCO ₂ 固定プロセスの開発	小川 由布子 (広島大学) 連携：ワイオミング大学
	Ship-in-Bottle合成中空シリカ触媒によるCO ₂ 変換系の構築	●高見 大地 (大阪大学)
	CO ₂ 用途別のコスト最適化を実現する多種捕集材対応DACシステムの開発 【スタートアップ枠】	●川崎 敬 (CarbonNest株式会社)
燃料・化学 品への転換	直流パルス電源を用いたCO ₂ を原料とする水冷電極式ダイレクトメタノール合成装置の開発	小林 信介 (岐阜大学)
	二酸化炭素と非可食糖を活用したバイオマスプラスチック合成	木村 正成 (長崎大学)
	金属クラスター触媒とシリコン還元剤によるCO ₂ からの化成品製造	●長谷川 慎吾 (横浜国立大学)
	配位高分子を活用した資源制約フリーな高速駆動CO ₂ 電解触媒の創成	前田 和彦 (東京科学大学)
	三酸化タングステン触媒を用いたCO ₂ の高効率メタノール転化 【スタートアップ枠】	宮崎 英敏 (島根大学)

研究助成 2025年度採択案件 22件 ②

● : 40歳以下の若手研究者

スタートアップ企業

国際共同研究

分野	研究課題名	研究代表者名（所属機関）
社会科学	グリーンカーボン生態系保全のための ボランタリークレジットの制度設計	鷲津 明由 (早稲田大学)
	日豪JCMの実現に向けた経済・制度研究 豪州におけるCCS・CCUSプロジェクトを事例として	有村 俊秀 (早稲田大学) 連携：オーストラリア国立大学
炭素資源等 の循環	多孔質銅系電極を用いた有機物の高付加価値物質変換と高効率水素製造	秀島 翔 (東京都市大学)
	アクリル樹脂の革新的炭素循環プロセスの構築	●小柴 慧太 (三菱ケミカル株式会社)
	高安定性プラスチックの再資源化技術の開発	重野 真徳 (東北大学)
	触媒を用いた混合廃プラのケミカルリサイクル、 同時に廃プラ炭化による炭素固定を実現する【スタートアップ枠】	久保 直嗣 (AC Biode株式会社)
生物等 の利用	光合成微生物と酵素燃料電池を利用したカーボンマイナス発電	美川 務 (理化学研究所)
	CO ₂ を吸収して成長するバイオPET循環	田中 勉 (神戸大学)
価値向上	二酸化炭素からアクリル樹脂原料への水素を消費しない 革新的直接変換プロセスの構築	多湖 輝興 (東京科学大学)
CO ₂ 吸収源	ブルーカーボン大規模創出を実現する海藻着生システムの研究開発	西川 暢子 (株式会社BLUABLE)
	木質CCUSの最終形態としての機能性バイオ炭の開発	●関 雅子 (産業技術総合研究所)
H ₂ キャリア 利用	低温・高速アンモニア分解を実現する省貴金属触媒の創出と スケールアップ製造技術の確立	●織田 晃 (北海道大学触媒科学研究所)

革新的高純度精製「ゲート吸着型ゼオライト」を用いたCO₂分離システムの開発

田中 俊輔（関西大学 環境都市工学部 エネルギー環境・化学工学科 分離システム工学研究室）

CO₂分離回収・
固定化

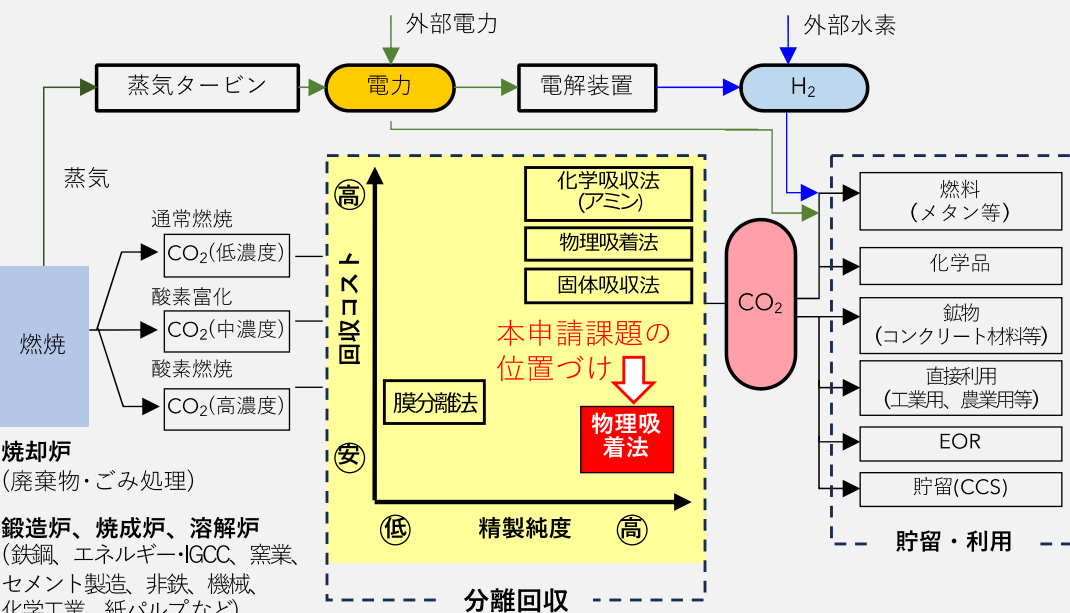
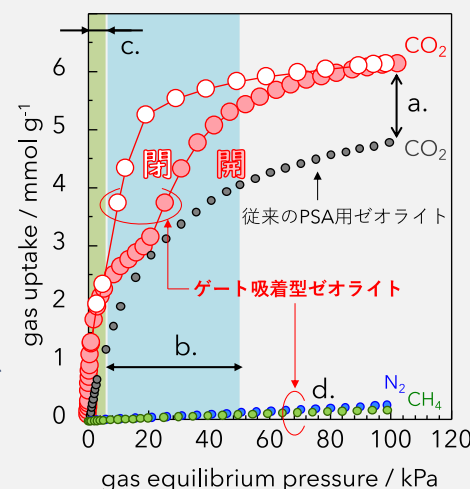
概要：ゲート吸着型ゼオライトを用いることで、真空ポンプ動力の大幅削減と除湿プロセスを不要とする省エネルギー型のCO₂分離回収コンパクトシステムの社会実装に貢献する。

1. 研究の背景及び課題

- ◆ 産業部門のエネルギー起源CO₂排出量の2 / 3を占める**中小規模の工業炉から排出されるCO₂**については、設置場所や回収コストの問題から手つかずの状態。
- ◆ CO₂の分離回収技術である化学吸収法は大型装置が必要で、次世代究極と期待される膜分離法は高純度精製が難しいという根本的な課題を抱えている。

2. 課題に対する解決策

- ◆ 金属有機構造体（MOF）のように、あるしきい値となるガス圧力において急激に、かつ高容量（図中a.）でCO₂を吸着する**ゲート吸着型のゼオライト**の利用（図中b.）
- ◆ 低圧域での強吸着CO₂の利用で、水の吸着を阻止（図中c.）
- ◆ CO₂を選択的に回収（図中d.）



3. 研究の特徴

- ◆ ゼオライトのこれまでの概念を覆す「**シン・ゼオライト**」と称されるゲート吸着型ゼオライトの選択的なCO₂吸着能の発現メカニズムを解明し、ゲート開閉型吸着能を発現するゼオライト構造の設計指針および賦形化技術を確認させる。

4. 波及効果

- ◆ 熱処理炉を含めた工業炉から出る排ガスからのCO₂分離回収に対して、高純度精製能力を保ちつつ省エネ（低コスト）、小型装置で行える物理吸着法を提供することで「Net Zero by 2050」に記載されている2050年に70億トンのCO₂回収に貢献する。

ゼオライトと液相脱着システムを組み合わせた 直接空気回収

研究代表者（所属機関）：伊與木健太（Planet Savers株式会社）
参加機関：京都大学、信州大学

CO₂分離回収・
固定化

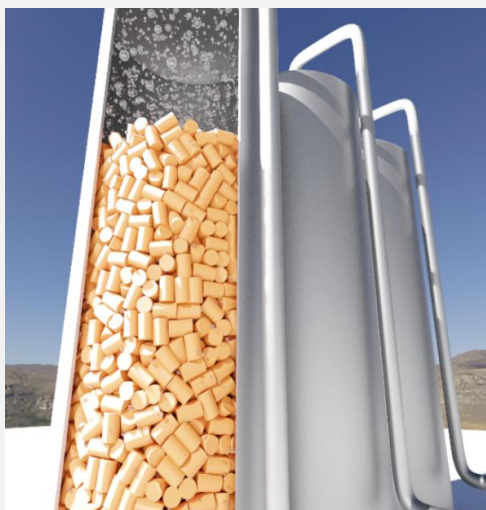
概要：ゼオライトと液相脱着システムを組み合わせた直接空気回収技術を開発する。

1. 研究の背景及び課題

- ◆ Direct Air Capture (DAC)は2050年のCO₂排出量ゼロへむけた切り札である。
- ◆ DAC由来のCO₂をリサイクルすることで、化石燃料を代替する合成燃料製造、ゼロエミッション実現へ貢献する。
- ◆ 極低濃度のCO₂を選択的に吸着しながら、脱着時の消費エネルギーは最小限に抑える必要がある。
- ◆ 現在のPSADACシステムは気相のみを用いたシステムになっており、CO₂脱着時にCO₂以外のガス混入による希釈が課題となることから90%以上への濃縮は容易ではない。

2. 課題に対する解決策

- ◆ 上記の課題においては、気相による希釈が問題となるため、液相を用いた脱着技術を開発することで課題の解決を目指す（右図）。
- ◆ 脱離が容易であると期待される物理吸着によるCO₂吸着を用いる。
- ◆ 吸脱着工程において劣化しないように、高耐久な吸着材を用いる。



3. 研究の特徴

- ◆ 既存技術では、加熱工程による多大なエネルギーの投入や、真空引きが必要であることと比較して、液相を送るだけで脱着が可能となり大幅な省エネルギー化が期待できる。
- ◆ ガスによる希釈がないことから、シンプルな機構で高濃度のCO₂を得ることができると期待される。
- ◆ 無機多孔質材料であるゼオライトはアミンなどの有機物と比較して高耐久であり安価である。

4. 波及効果

- ◆ どうしても削減できない温室効果ガスの排出が見込まれる中、国際エネルギー機関は2050年時点でDACが年間1 ギガトン（10億トン）規模で行われる必要があると発表している。
- ◆ 本研究開発技術によりDACのコストの大幅な削減に期待できる。
- ◆ 回収CO₂を利用するにはトマト等のハウス栽培やドライアイス・液化炭酸ガス等の産業用途でリサイクルが可能であり、長期的には合成燃料やオレフィン等の化成品製造にも利用できる。
- ◆ DACにはグローバルで投資が活発に行われており、今日本で世界的にも競争優位性を持ちうる国産技術の開発を目指すことが必要である。

レアアース回収後の石炭灰を活用した 炭酸塩化造粒物によるCO₂固定プロセスの開発

研究代表者（所属機関）：小川由布子（広島大学）
参加機関：中国電力株式会社、一般財団法人カーボンフロンティア機構

CO₂分離回収・
固定化

概要：石炭灰からのレアアース回収技術と炭酸塩化を付加した石炭灰造粒技術を融合させ、レアアース回収残渣を原料とした炭酸塩化造粒物によるCO₂固定プロセスを開発することで、カーボンリサイクル炭酸塩化技術の普及に貢献

1. 研究の背景及び課題

- ◆ 炭酸塩化によるCO₂固定は早期の社会実装が期待される技術
- ◆ 一方、炭酸塩化技術のコンクリート製品への適用には、中性化による鉄筋腐食対策や品質維持等の社会実装に向けた課題もあることから、既存技術である造粒技術と炭酸塩化技術を融合させた「炭酸塩化造粒物」は、製品用途上の制約も無く優位性は高い
- ◆ 米国ワイオミング大学が開発を進める石炭灰からのレアアース回収技術は、「回収残渣の有効活用」が課題

2. 課題に対する解決策

レアアース回収技術（ワイオミング大学）と既存の石炭灰造粒技術（中国電力）の2つの要素技術を組み合わせ、石炭灰由来のレアアース回収残渣を原料とした炭酸塩化造粒物による効率的なCO₂固定プロセスの開発を目指す

3. 研究の特徴

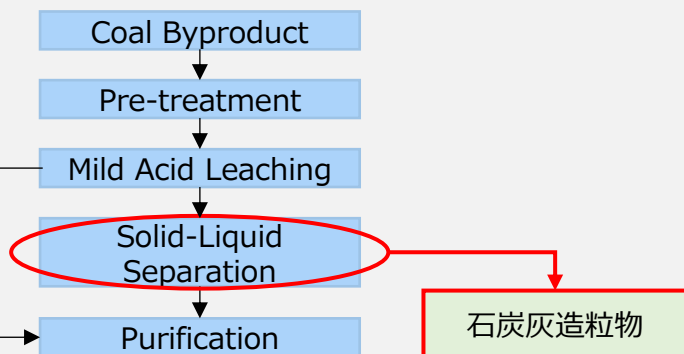
- ◆ 排ガスからCO₂を分離回収するプロセスが不要で、既存技術の組合せで早期の実用化が可能
- ◆ 米国ワイオミング大学エネルギー資源学部と共同で実施する国際共同研究

4. 波及効果

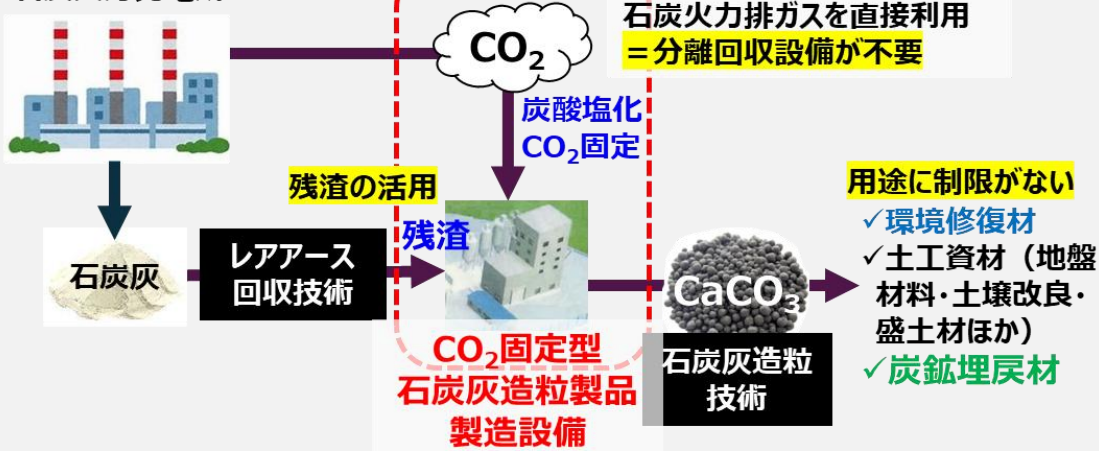
- ◆ 製品は、環境修復材の他、米国に限らず東南アジアなどの産炭国では炭鉱埋戻材としての普及に期待
- ◆ 日米両国では年間約3.5百万tのCO₂削減効果
- ◆ バイオマス燃焼灰やゴミ焼却灰へ適用範囲を拡大できる可能性有

レアアース回収技術

TREE
Targeted Rare Earth
Extraction



石炭火力発電所



Ship-in-Bottle型合成中空シリカ触媒による CO₂変換系の構築

研究代表者（所属機関）：高見 大地（大阪大学）

CO₂分離回収・
固定化

概要：中空シリカ内部のナノ空間設計技術確立し、CO₂資源化のための触媒開発に貢献

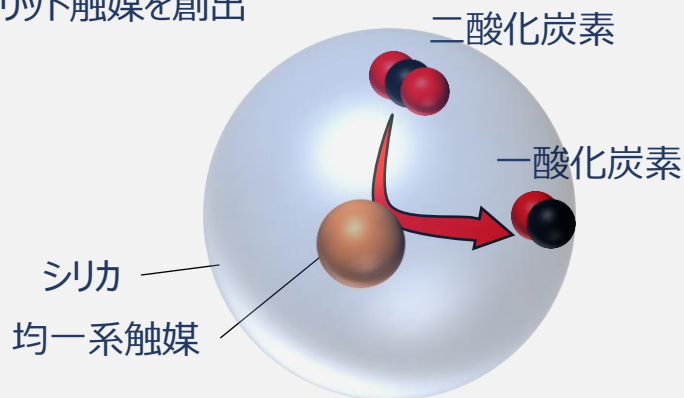
1. 研究の背景及び課題

- ◆ 二酸化炭素の資源化技術のための触媒開発が望まれている
- ◆ 均一系触媒と不均一系触媒の長所の両立を目指す



2. 課題に対する解決策

- ◆ 中空構造体と均一系触媒を組み合わせる事で活性と回収性を両立するハイブリッド触媒を創出

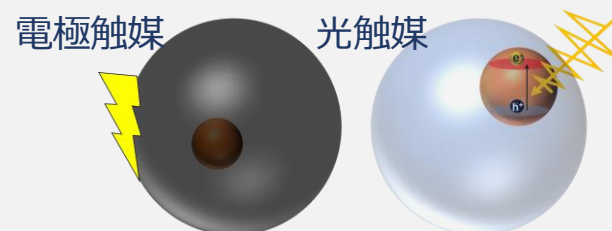


3. 研究の特徴

- ◆ 中空に均一系触媒を内包することで溶出を防止することで、従来の固定化触媒と異なるアプローチによる均一系触媒の応用
- ◆ 既存の固定化で生じる拡散性の低下や電子状態の変化を防ぎ、均一系触媒としての機能を維持することが可能
- ◆ 中空内部に多機能集約的なナノ空間デザインが可能

4. 波及効果

- ◆ 本触媒構造は他の液相反応にも応用可能であり、工業プロセスにおける均一系触媒導入のハードルを大きく低下させる。
- ◆ 光透過性・導電性を有する中空構造体を利用することで、光触媒や電極触媒への応用も可能



CO2用途別のコスト最適化を実現する 多種捕集材対応DACシステムの開発

研究代表者（所属機関）：川崎敬（CarbonNest株式会社）
参加機関：東京科学大学、産業技術総合研究所

CO2分離回収・
固定化

マルチマテリアル、マルチユースなDACシステムを開発し、多様なカーボンマネジメント体制の構築に貢献

1. 研究の背景及び課題

- ◆ カーボンニュートラル実現にあたっては、徹底した排出削減削減のみならず、CO2を吸収・除去（固定・利用）するカーボンマネジメントが不可欠です。
- ◆ なかでも、DAC（Direct Air Capture）技術は、最大導入可能量や適地選定の観点から、そのポテンシャルが期待される技術です。
- ◆ その一方で、現状のDACによるCO2回収コストは1tonあたり\$600~1,000程度と、森林等によるカーボンマネジメント（吸収,\$35程度）と比べても、高価とされています。

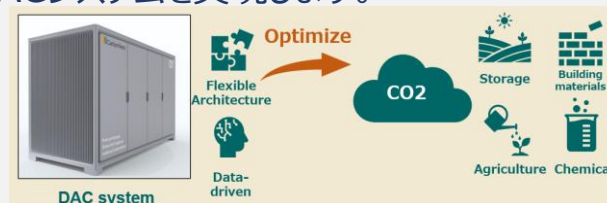
2. 課題に対する解決策

- ◆ DACを活用したカーボンマネジメントにおける現状の課題は、拡張性（スケールアップの容易さ）とコストと認識しています。
- ◆ 我々のチームでは、従来のDAC事業者と異なり、マテリアルではなくプロセス及びシステムに注力することでマルチユース対応でスケールなDACシステムを構築します。



3. 研究の特徴

- ◆ 本事業にて開発するDACシステムでは、従来システムが特定のCO2捕集材（吸着材など）に特化していたことに対し、利用するCO2捕集材とシステムの運転パラメータを、DAC回収後のCO2の用途等に応じて変更することで、CO2出口に応じたコスト最適を達成するDACシステムを実現します。



4. 波及効果

- ◆ 本研究の成果を用いることで、従来のようにDAC単体のコストだけでなく、カーボンマネジメントのバリューチェーン全体を最適化するような取り組みの社会実装を実現します。
- ◆ また、本取り組みによりDACシステムと他のカーボンマネジメント・カーボンリサイクル手法を組み合わせたユースケースの社会実装を進めることで、目下開発が進められているカーボンマネジメント・カーボンリサイクル手法をDACと組み合わせて利用する際のエビデンスデータを構築し、地下貯留によるCO2固定化が困難な日本におけるカーボンマネジメント体制構築に貢献します。

直流パルス電源を用いたCO₂を原料とする 水冷電極式ダイレクトメタノール合成装置の開発

研究代表者（所属機関）：小林 信介（東海国立大学機構 岐阜大学）
参加機関：東海国立大学機構 岐阜大学・東京農工大

燃料・化学品へ
の転換

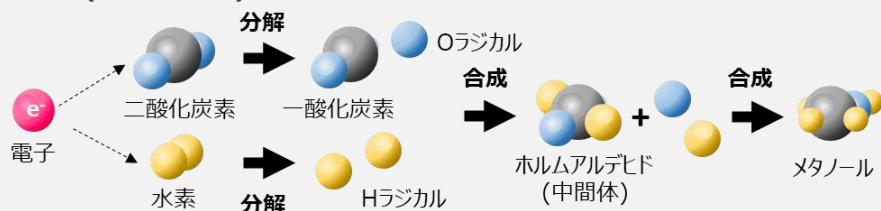
概要：CO₂からメタノールを低温合成する革新的なプラズマガス合成技術の確立し、次世代Power-to-Methanolプロセスの基盤を構築する。

1. 研究の背景及び課題

- ◆ 現在メタノールは、天然ガスなどの化石資源の水蒸気改質により得られる合成ガスを用い、350℃、5 MPaの高温・高圧化で製造。
- ◆ 一方、プラズマを用いたメタノール合成は、低温・常圧下において、余剰再エネにより合成可能であり、理論上、熱化学変換を超えるエネルギー変換効率の達成が可能。
- ◆ しかしながら、現在のプラズマメタノール合成におけるエネルギー変換効率は、熱化学変換に比べて低い。
- ◆ この原因は、プラズマ合成においては多種多様な物質が合成され、目的物（メタノール）の選択率・収率が極めて低いことにある。

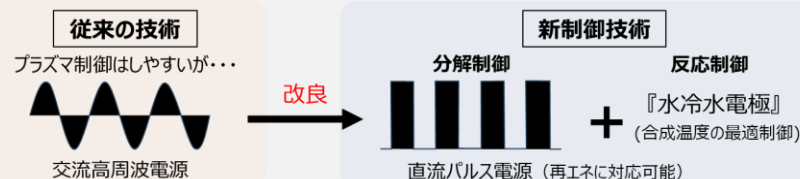
2. 課題に対する解決策

- ◆ プラズマメタノール合成では、反応ガス(CO₂とH₂)がプラズマにより分解され、その後分解されたラジカルが中間体(CHO*など)を経由し、目的物(メタノール)が合成される。(図1)
- ◆ 本研究では、これまで分解と合成が1つの反応器で行われていたのに対して、分解と合成を2段に分割し、最適条件制御を行うことで、目的物(メタノール)の選択率と収率の向上を図る。



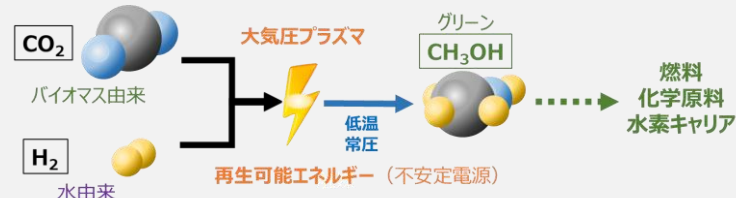
3. 研究の特徴

- ◆ これまでは、CO₂分解に交流電源を利用していたのに対し、直流パルス電源を利用することでCO₂分解を強化。(図2)
- ◆ 分解と合成を分離し、それぞれを目的物の合成に合わせて最適制御を行うことで、中間体や目的物のプラズマによる分解や、シフト反応やメタネーション反応などの副反応を抑制。



4. 波及効果

- ◆ CO₂と地域の余剰再エネを利用しながら、スイッチ一つでメタノールを合成(Power to Methanol, PtM)することができるため、次世代地域分散型エネルギーシステムの構築に貢献が可能。
- ◆ グリーンメタノールが望まれる輸送・航空・農業・化学工業などの多様な分野への波及や、国際競争力の強化、エネルギーセキュリティにも繋がる。



二酸化炭素と非可食糖を活用した バイオマスプラスチック合成

研究代表者（所属機関）：木村正成（長崎大学）

燃料・化学品へ
の転換

概要：本研究ではCO₂を高選択的に直接導入する触媒反応を確立することで、安価かつ安定供給源である非可食性バイオマスとCO₂の利活用による持続可能な資源循環型社会の構築に貢献する

1. 研究の背景及び課題

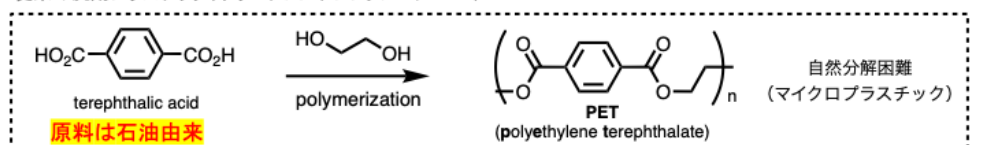
バイオマスプラスチックの一種である**PEF**（ポリエチレンフタレート）は、石油由来の**PET**（ポリエチレンテレフタレート）に代わる次世代ポリマーとして注目を集めている。しかしながら、その合成プロセスには依然として解決すべき課題が多い。従来、**PEF**のモノマーである**FDCA**（2,5-フランジカルボン酸）は可食性単糖類であるフルクトースを出発原料とし、**HMF**（5-ヒドロキシメチルフルフラール）を経由する酸化反応によって合成されている。本研究では、非可食性バイオマスであり安価で入手容易な**FCA**（2-フラン酸）から、CO₂を直接導入する反応により、**FDCA**を選択的かつ高効率に合成する新規合成手法の開発を目指す。

2. 課題に対する解決策

申請者は、これまで銅やニッケル触媒を用いた不飽和炭化水素系化合物に対するCO₂挿入反応やパラジウム/鉄触媒を利用したフルフリルアルコールの水素移動型酸化反応による**FCA**（2-フラン酸）の新規合成法を開発した。その拡張実験として本研究では、フルフリルアルコールから水素移動型酸化反応により**FCA**を合成し、続くCO₂の直接的導入法による位置選択的カルボキシル化反応を利用した**FDCA**（2,5-フランジカルボン酸）の新規合成に着手する。本研究では、従来法である**HMF**（5-ヒドロキシメチルフルフラール）を経由した**FDCA**合成とは異なり、非可食性バイオ資源・CO₂を原料とすることで、**HMF**の不安定性・高コスト問題を克服できる新規反応の開発を目指す。これにより、**PEF**製造等におけるバイオマスプラスチック供給の新たな基盤技術となり得る。

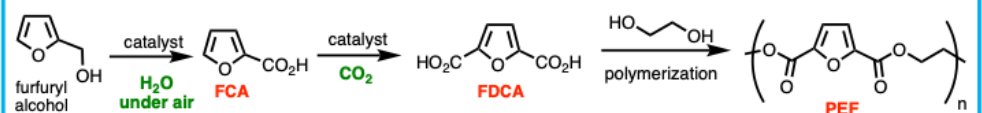
3. 研究の特徴

従来の汎用プラスチック（ポリエチレンテレフタレート：PET）



石油由来プラスチックからバイオマスプラスチックへ転換

排ガスから回収したCO₂を活用するバイオマスプラスチック合成



4. 波及効果

キシロース等の非過食性単糖類から調製可能な**FCA**（2-フラン酸）に対してCO₂の選択的挿入反応によって**FDCA**（2,5-フランジカルボン酸）を合成する。その結果、**PEF**（ポリエチレンフタレート）が従来法よりも短工程で効率良く形成することができる。CO₂とバイオマスからプラスチックが容易に合成でき、しかもそのモノマー体が枯渇資源ではなくバイオマス由来であれば、高分子合成化学のイノベーションとして波及効果は高い。しかも**PEF**は、汎用プラスチックの**PET**よりもガスバリア性が極めて高いために長期保存用容器として利用することができる。**PEF**は環境負荷軽減ポリマーであることから、カーボンニュートラルへの貢献度は極めて高い。将来的には、火力発電所やゴミ焼却場等から排出されるCO₂を捕集・利活用し、炭素資源循環の実装システムへ展開する。

金属クラスター触媒とシリコン還元剤による CO₂からの化成品合成

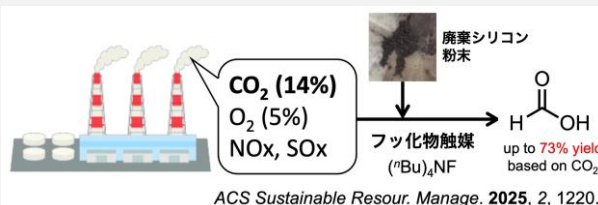
研究代表者（所属機関）：長谷川慎吾（横浜国立大学）

燃料・化学品へ
の転換

概要：シリコン粉末の特異な還元能を熱力学的な駆動力として、CO₂とベンゼンからCOとフェノールを直接合成する触媒反応系を実現

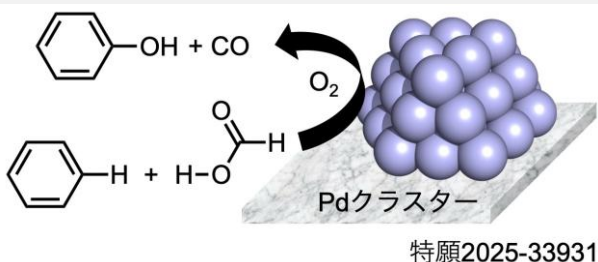
1. 研究の背景及び課題

太陽光パネルの将来的な大量廃棄が予想されており、廃棄太陽光パネルに含まれるシリコンのリサイクル手法の確立が望まれている。これまでの研究において我々は、廃棄シリコンによって排ガス中のCO₂をギ酸やアミドに変換することに成功している。さらに多様な化成品製造を可能にする技術の開発が課題となっている。



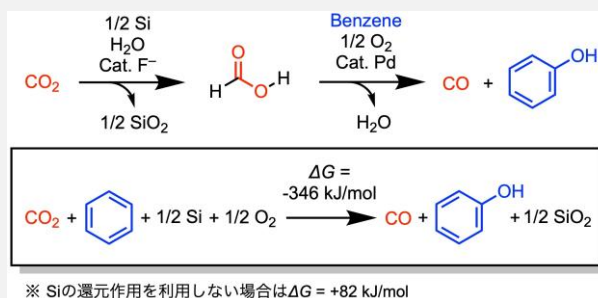
2. 課題に対する解決策

我々は独自にベンゼン・ギ酸からフェノール・COを直接合成する触媒反応系を見出している。そこで、本研究では廃棄シリコン粉末・フッ化物触媒・金属クラスター触媒を同一の反応器に投入することで、シリコン粉末とフッ化物触媒によるCO₂からのギ酸生成、金属クラスター触媒によるベンゼン・ギ酸からのフェノール・CO合成を連続して進行させる。すなわち、ワンポット反応によってCO₂再資源化とフェノール直接合成を一挙に達成する。



3. 研究の特徴

本研究ではシリコン粉末の特異な還元能力を熱力学的な駆動力として、CO₂とベンゼンからCOとフェノールを直接合成する。右図に示すシリコンの酸化過程を含む反応では標準Gibbsエネルギー変化が負となって熱力学的に有利な反応となる一方、CO₂とベンゼンのみからCOとフェノールが生成する反応は標準Gibbsエネルギー変化が+82 kJ/molとなり極めて困難である。



4. 波及効果

COは世界的に見ると約35億ドル程度の市場規模を展開していると言われている。また、フェノールは全世界需要が年間約1500万トン程度で、市場規模は約100億ドルと言われている。一方で、国内の太陽光パネル廃棄量は将来 80 万トンと予想されており、全世界ではこの10 倍程度と想定されるため、本技術による触媒システムを用いて 24 万トンの廃棄シリコンを量論的には、48万トンのCO、および160万トンのフェノールへと転換できる。以上より、本研究で開発する技術は理論的には大規模な化成品製造とCO₂削減を達成できる。

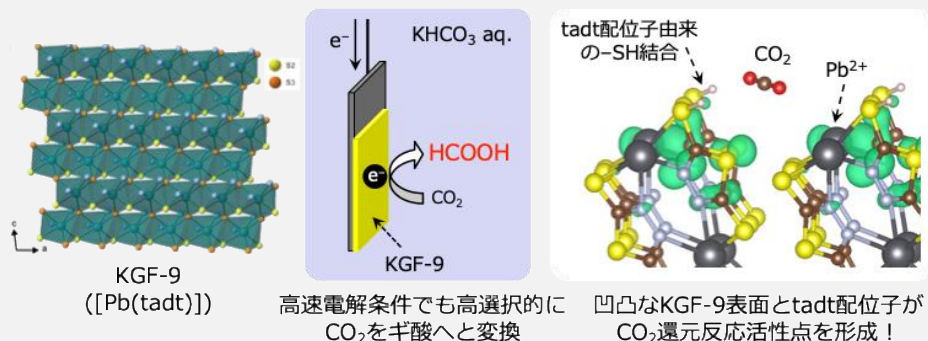
研究代表者（所属機関）：前田和彦（東京科学大学）
参加機関：関西学院大学

燃料・化学品へ
の転換

概要：資源豊富で安価な鉛を主構成元素とした配位高分子を用いて、低電圧で高選択的にギ酸を生成するCO₂電解触媒を創成！

1. 研究の背景及び課題

- ◆ Pb系の配位高分子を用いると、高いギ酸生成選択率でCO₂を高速電解可能。
- ◆ 現状で高い過電圧が必要で、実用化の障害となっている。



3. 研究の特徴

- ◆ Pb系配位高分子は、AgやAuよりも圧倒的に安価でありながら、CO₂電解ーギ酸生成において100%に迫る高い選択率を達成。
- ◆ Pbイオンを配位高分子内に配置することで、従来にない特殊な反応場が形成され、CO₂電解触媒能が発現。
- ◆ 金属-アニオン多面体の設計を固体化学の視点から行うことで、従来の錯体化学とは異なる新しい配位高分子研究の方向性を提示。

2. 課題に対する解決策

低電圧で高選択的にギ酸を生成するCO₂電解触媒の創成

テーマ1: 触媒候補のスクリーニング

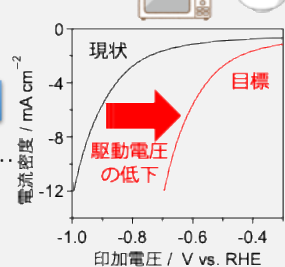
テーマ2: 新規合成ルートの探索



Pb周りの局所構造

- ・ソルボサーマル法（従来法）
- ・マイクロ波合成法
- ・固相法
- ・...

テーマ3: 異元素ドープによる駆動電位低下



4. 波及効果

- ◆ ギ酸は化学品や医薬品の原料として重要であり、CO₂から効率的に生成できれば産業的メリットが大きい。
- ◆ 再生可能エネルギー由来の電力を利用し、資源制約の少ない汎用元素（特にPb）を触媒に使うことで、製造コストを大幅に削減可能。
- ◆ Pbは安価かつ価格が安定しており、既に社会で広く利用されているため、適切な安全管理のもとで触媒としての利用が可能。
- ◆ 本研究はCO₂削減やSDGsへの貢献が期待され、将来的な産業応用に向けて多様な可能性を広げることができる。

三酸化タングステン触媒を用いた CO₂の高効率メタノール転化

研究代表者（所属機関）：宮崎 英敏（島根大学 総合理工学部）

燃料・化学品へ
の転換

概要：WO₃を光触媒とした水溶媒中でのCO₂からメタノールへの還元において、炭酸水素アンモニウムを用いて水溶媒中でのCO₂高濃度化により高効率でメタノール転化させる。さらに、WO₃の還元により電荷移動効率を上げ、メタノール転化効率を上昇させる。

1. 研究の背景及び課題

- ◆ 過去100年で気温は0.7℃程度上昇（1906年から2005年で0.74℃）している。原因の一つとして温室効果ガス、特に工業的に排出されるCO₂による気温の上昇が懸念される。
- ◆ 日本における温室効果ガスの排出量は2021年で11億7000万t程度で、総排出量のうちCO₂が9割程度を占める。
- ◆ CO₂削減だけでなく、CO₂の燃料化などが必要とされる。さらには、経済産業省によりカーボンリサイクルなどCO₂の有効利用が提唱されている。

2. 課題に対する解決策

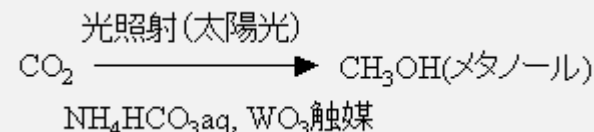
- ◆ CO₂削減技術は様々な方面で研究され、「触媒によるCO₂の光還元」技術が有力な候補の一つとして挙げられる。
- ◆ 上記に挙げたCO₂の光還元技術のうち、三酸化タングステンWO₃触媒を用いたCO₂の光還元が盛んに行われている。この方法は、犠牲試薬等を必要とせず、光照射のみでCO₂（気相・水溶媒の何れの場合においても）をメタノールまで還元出来ることが報告されている。
- ◆ WO₃を用いたCO₂の光還元の際して、ハロゲンやXeといったランプを光源とした研究がほとんどである。一方で、Xeランプは太陽光に近いスペクトルを有することから、光源として太陽光を用いることでもCO₂の光還元が可能と想定される。この技術により「無電力」でのCO₂のエネルギー化が可能となる。

3. 研究の特徴

- ◆ 我々はこれまでに、水溶媒系で炭酸水素アンモニウムを用いてCO₂濃度を上昇させ、WO₃光触媒を用いて高効率でCO₂のメタノール化に成功している。この反応において、排出物は酸素のみであることから、環境負荷がかなり小さい。
- ◆ このWO₃を還元させたWO_{3-x}を用いることで、WO₃触媒における電子移動を大きくさせることが可能となる。本研究ではWO₃だけでなく還元WO₃を用いてCO₂の光還元のさらなる高効率化を目指す。
- ◆ さらには、同じ実験系で太陽光の照射によるCO₂の光還元についても評価し、「2.」で掲げた「無電力でのCO₂からのメタノール生成」を実証化する。

4. 波及効果

- ◆ 本研究は、WO₃触媒を用い、光還元によりCO₂を直接メタノール燃料への転換を行うことが可能である。排出物は酸素のみであることから環境負荷が小さく、タングステンも希少元素ではないことから元素的な制限はほとんど受けない。これらより、「低環境負荷下」での「CO₂の燃料へのリサイクル化」が提供できる。



研究代表者（所属機関）：鷲津明由（早稲田大学）
参加機関：株式会社 Linkhola

社会科学

概要：木質バイオマス燃料利用のボランタリークレジット制度を設計し、グリーンカーボン生態系保全や中山間地域のカーボンニュートラル化に貢献

1. 研究の背景及び課題

- ◆ カーボンニュートラルな農山漁村構築には遍在する地域資源を地域内で有効活用するための社会の仕組み(レジーム)変革が重要。
- ◆ そのようなレジームの一つとしてボランタリークレジットがある。
- ◆ 中山間地域の未利用木質バイオマス有効活用のための小型木質バイオマス熱電併給設備(CHP)の普及促進を例にとり、それに必要なボランタリークレジット制度要件を考察するためのフィージビリティスタディを実施した。その結果、次の課題が抽出された：
 運転ノウハウの蓄積，設備稼働率の向上，熱利用率の向上，
 複数設備(案件)をまとめて管理できるアグリゲーターの育成

2. 課題に対する解決策

- ◆ CO₂の価値に加え「地域の価値」をマネタイズしたボランタリークレジットの提案(図1)
- ◆ 一般的な環境価値を反映したクレジット価格の下では、③のクレジット需要が発生する。
- ◆ 環境価値とA地域の環境保全価値を含む価格の下で②のクレジット需要が発生する。
- ◆ A地域の環境保全価値はクレジット価格差①で明示される。

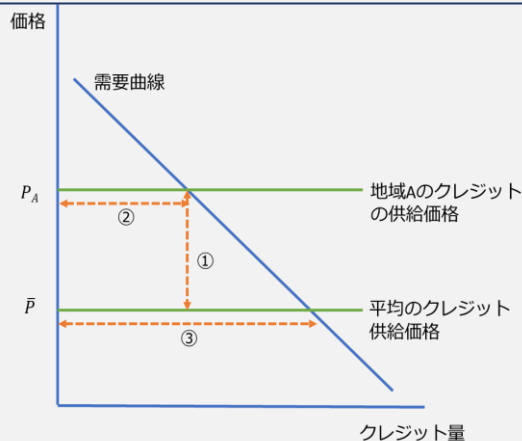


図1 ボランタリークレジット制度の理論的説明

3. 研究の特徴

- ◆ 未利用木質バイオマス有効活用の課題克服のためには様々なステークホルダーを巻き込んだ抜本的な地域づくりが必要である。
- ◆ クレジットの需要家を含むすべてのステークホルダーにとってメリットのある制度設計のために、需要家側調査にも注力する。

4. 波及効果

- ◆ カーボンクレジットで創出された地域の環境価値を地域内および経済全体のバリューチェーンに組み込むことにより、未利用木質バイオマス有効活用が進み、より良い中山間地域の構築が可能になる。
- ◆ カーボンニュートラル社会(図2)への円滑な移行に貢献する。

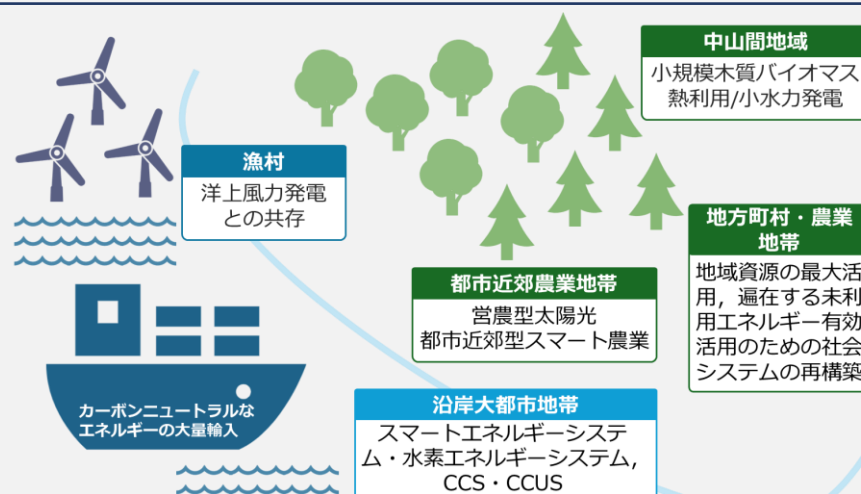


図2 カーボンニュートラル社会の青写真

研究代表者（所属機関）：有村俊秀（早稲田大学）
参加機関：早稲田大学、オーストラリア国立大学

社会科学

概要：日豪JCMの実施へ向けた重要な要件の特定を通じ、日本企業による国際的なCO₂排出削減を促進する

1. 研究の背景及び課題

日本のNDC達成と脱炭素の実現へ向けた国際的な連携

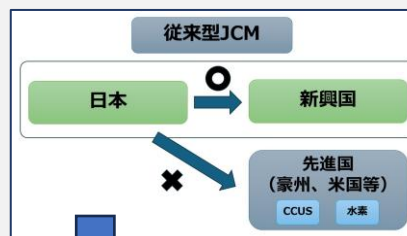
◆ CCSやCCUS、グリーン水素の生産等に注目、豪州は有力な候補地

二国間クレジット（JCM）の展開と課題

- ◆ 日本は2025年時点で30か国と実施
- ◆ 米国や豪州といった先進国では未実施
→JCM適用拡大の可能性

JCMを先進国へ適用する研究が必要

- ◆ JCMを対象とする経済学的研究が少ない
- ◆ グリーンウォッシュへの対応も必要



2. 課題に対する解決策

日豪JCM締結への可能性と課題

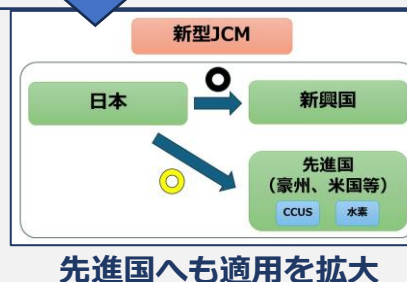
- ◆ 豪州でJCMを展開する際の要望、課題、技術
- ◆ 日豪における制度の違い（MRV等）
- ◆ 豪州でのCCS実施に対する懸念への対応

分析手法

- ◆ 文献調査による情報収集
- ◆ 日本との関係省庁、企業へのヒアリングを通じた課題抽出

日豪JCM制度設計を提言

- ◆ 豪州におけるJCMの実施のために重要となる要件の特定
- ◆ 日本の技術の国際展開を通じた排出削減と国際競争力強化



先進国へも適用を拡大

3. 研究の特徴

日豪での調査に向けて充実した研究体制

◆ 早稲田大学：

全体とりまとめ、JCM対象国及び技術の拡大に関する研究、文献調査、日豪でのヒアリング

◆ オーストラリア国立大学：

豪州の国内政策等に関する調査
豪州でのヒアリング

4. 波及効果

日本の脱炭素技術を用いた海外の脱炭素促進に対する国際的な枠組みの整理を通じた波及効果

- ◆ 日本の脱炭素技術を海外、特に先進国で生かす際の経済性向上
- ◆ CCS・CCUS関連の国際競争力向上、国際的な拡大
豪州を始めとする先進国へJCMを活用する制度を提案することによる波及効果
- ◆ JCMの国際的知名度向上による脱炭素へ向けた国際協調の進展
- ◆ 先進的な技術の導入加速による、日豪での脱炭素へ向けた取組みの加速

多孔質銅系電極を用いた有機物の 高付加価値物質変換と高効率水素製造

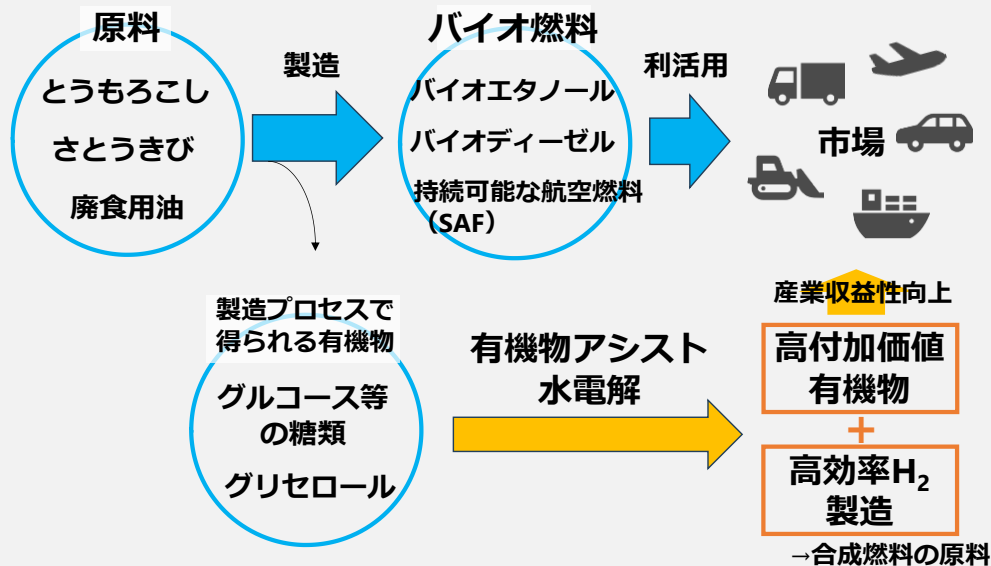
研究代表者（所属機関）：秀島翔（東京都市大学）
参加機関：出光興産

炭素資源等の
循環

概要：層状水酸化銅等を用いて作製できる多孔質状に集積した酸化銅ナノ構造体電極を創製することで、アノードでの電極反応を効率化し、水電解の効率および有機物の高付加価値転換効率を向上させる。

1. 研究の背景及び課題

- ◆ バイオ燃料や合成燃料、水素等の次世代燃料を最大限利用するための技術が注目されている。今後の更なる普及には、次世代燃料のコスト低減を実現することが重要であり、原料コストを下げることや製造プロセスで得られる有機物を有効利用することで産業全体の収益性向上に大きく貢献できる。また、水素製造の低コスト化は省エネや脱炭素化に貢献すると期待される。
- ◆ 現在までに開発されている電極は、電気化学特性や電極触媒活性が不十分であり、有機物酸化反応の効率が低く、また水電解の消費電力が高いという課題がある。

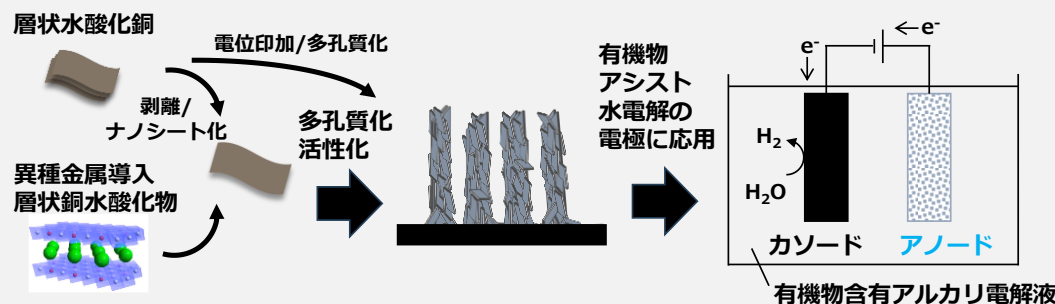


2. 課題に対する解決策

- ◆ 電極の微細化や多孔質化による電気化学特性や電極触媒活性の向上を通じて、有機物酸化反応の効率向上や水電解の消費電力の更なる低減が期待できる。

3. 研究の特徴

- ◆ ナノシートの垂直配向技術や溶解再析出技術等、これまで培ってきたナノシート多孔質化技術を活用し多孔質銅系電極を作製し、電極反応を高効率化し、有機物の高付加価値転換の効率および水電解の効率を向上させる。



4. 波及効果

- ◆ 当該技術により、従来の水電解の電力消費量を減少でき、効率的に水素製造が可能となること、またバイオ燃料から得られる有機物を高付加価値化できることを示し、産業収益性向上による次世代燃料の低コスト化を実現する。

研究代表者（所属機関）：小柴慧太（三菱ケミカル株式会社）
参加機関：北海道大学、東北大学

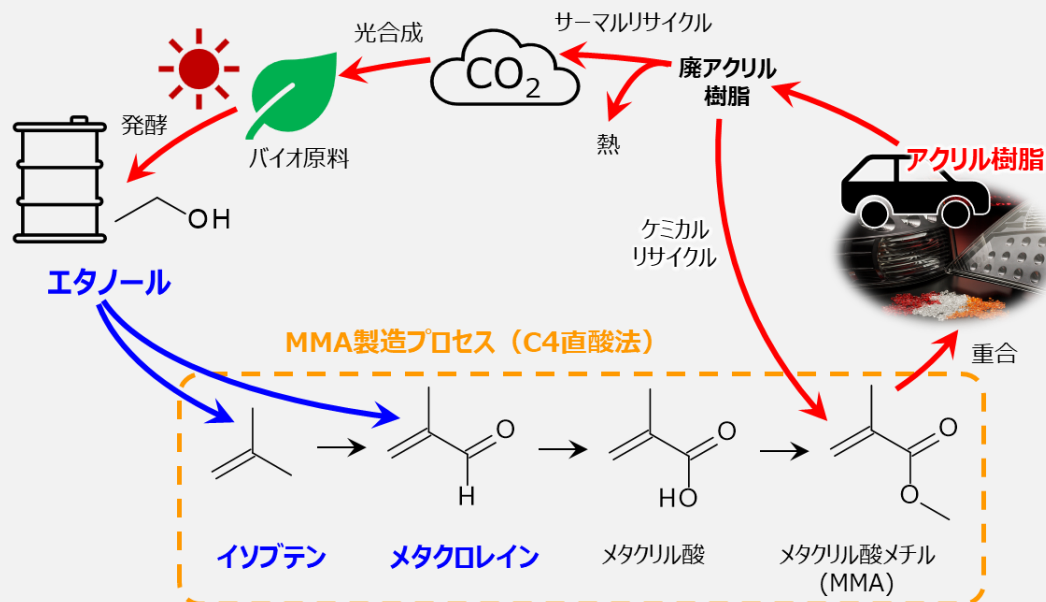
炭素資源等の
循環

概要：

エタノールからメタクリル酸メチル(MMA)モノマー原料への変換反応及び触媒の開発を行い、アクリル樹脂の大規模炭素循環構築を試みます。

1. 研究の背景及び課題

- ◆ アクリル樹脂はその高い透明性と高い耐候性を兼ね備えていることから「プラスチックの女王」と呼ばれています。その特性を活かし、自動車のランプカバーなどの耐久消費材としての用途が多いです。
- ◆ アクリル樹脂を含むプラスチックは、炭素を固定化した材料であり、廃プラスチック(廃プラ)も貴重な炭素資源です。(三菱ケミカルは廃アクリル樹脂のケミカルリサイクルも推進しています。)
- ◆ 廃プラ-ケミカルリサイクルの現在の課題は、分別・回収工程の負担が大きいことです。解決策として、廃プラの状態を問わないサーマルリサイクルとの併用が挙げられますが、通常のサーマルリサイクルでは、固定化した炭素をCO₂として排出してしまいます。



2. 課題に対する解決策

- ◆ サーマルリサイクルによって排出されるCO₂を、エタノールを経由させてアクリル樹脂へとリサイクルする、アクリル樹脂の大規模炭素循環サイクルを提案します。
- ◆ 本サイクル構築の最後の1ピースである「エタノールからのMMAモノマー原料（イソブテン・メタクロレイン）への変換技術」の研究開発を試みます。

3. 研究の特徴

- ◆ 本炭素循環サイクルでは、サーマルリサイクルの強みである高い廃プラ原料適用性を活かしつつ、弱みであるCO₂排出問題を解決するものです。廃プラの種類・状態に囚われずアクリル樹脂への変換が可能です。
- ◆ アクリル樹脂は耐久消費財としての利用が多いため、製品のライフサイクル（即ち炭素固定期間）を長くすることができます。

4. 波及効果

- ◆ 現在注目されているエタノール(C2)を軸としたサプライチェーンの中で、本検討は実用化されていない「C2からのiso-C4合成」に位置付けられます。
- ◆ 本プロセス構築が達成されると、アクリル樹脂への展開に留まらず、ガソリン用添加材などへの応用や、石油原料調達の依存度低下も期待されます。

研究代表者（所属機関）：重野真徳（東北大学大学院薬学研究科）

炭素資源等の
循環

概要：高い安定性の有するプラスチック材料をモノマー単位にまで化学的に分解し、再資源化を可能にするケミカルリサイクル技術を開発する

1. 研究の背景及び課題

- ◆ スーパーエンジニアリングプラスチックは、高い耐熱性、難燃性、耐薬品性、低吸水性といった優れた特性を有することから、電子・電気部品や情報通信機器の精密部品、自動車部品など幅広い分野で利用されてきた。しかし、その高性能ゆえにリサイクルが困難であり、使用後は焼却あるいは埋立処分されるのが現状である。
- ◆ これらの材料は石油化学由来のモノマーを原料としているため、その生産や廃棄は二酸化炭素の排出に直結している。すなわち、高い物理的・化学的安定性がリサイクルを妨げていることに加え、資源循環が成立していない点が、カーボンニュートラル実現の障害となっている。

2. 課題に対する解決策

- ◆ 本研究は、スーパーエンジニアリングプラスチックをモノマー単位にまで化学的に分解し、再資源化を可能にする技術の確立を目的とする。特に、温和な反応条件下で実施可能な実用的反応系の構築を目指す。
- ◆ 研究代表者はこれまで、高活性なブレンステッド塩基を用いて、化学的に安定とされる炭素－水素結合や炭素－酸素結合の高効率な分子変換反応を開発してきた。特に、有機超塩基を触媒として用いて、芳香族メトキシ化合物中の炭素－メトキシ結合を反応点とし、各種求核剤との効率的な交換反応を実現できることを見出している。本研究では、この分子変換技術を基盤として応用し、リサイクル困難な高安定性プラスチックの分解・再資源化に挑戦する。

3. 研究の特徴

- ◆ 研究代表者はこれまでに、嵩高い有機塩基を用いることで、脱プロトン化により生じるイオン対において、有機塩基に由来するカチオン部位と求核性アニオン種との静電相互作用が抑制され、その結果としてアニオン種に高い求核性を付与できることを見出している。この知見を基盤として、項目2で述べた炭素－メトキシ結合など、従来の塩基では反応し得ないユニークな反応系の開発に成功してきた。
- ◆ 本研究では、このように分子レベルで培ってきた独自の知見と技術を基盤として応用し、スーパーエンジニアリングプラスチックの化学的分解に挑戦する。

4. 波及効果

- ◆ スーパーエンジニアリングプラスチックは、電子・電気部品や自動車などに広く用いられる高性能材料であり、世界市場で日本企業も重要な役割を担っている。特にPEEKのような代表例は高い耐熱性や耐薬品性を備え、需要は5G通信や電気自動車の普及に伴って拡大している。
- ◆ これらは汎用プラスチックに比べ高価である一方、リサイクルが困難であるため、効率的なケミカルリサイクル技術の確立は強い社会的・産業的ニーズとなっている。本研究により廃棄されていた高性能プラスチックがモノマーとして再資源化され、資源循環やCO₂削減に大きく寄与するとともに、カーボンリサイクル普及の加速に波及効果をもたらすことが期待される。

触媒を用いた廃プラスチックの解重合、 有機廃棄物の水素等への分解

研究代表者（所属機関）：久保 直嗣（AC Biode株式会社）

炭素資源等の
循環

概要：触媒を用いて、混合・多層廃プラでも、200℃にてモノマー、水素、CO等に分解、同時に炭化し炭素固定実現を目指す

1. 研究の背景及び課題

- ◆ 廃プラの多くは混ざっており、多層で、この場合マテリアルリサイクルを実施するのは難しい。サーマルリサイクルは対応できるが、多額の設備投資、操業コストがかかり、温暖化ガス排出、汚染対策等の課題もある。
- ◆ ケミカルリサイクルの課題（油化の場合）：1）反応温度圧力が高い、2）多くのエネルギーを消費する、3）油化後の油用途が限られる、またはクラッキングにエネルギーが必要
- ◆ （モノマーに戻す場合）：1）反応温度圧力が高い、多くのエネルギーを消費、3）有機溶媒使用、4）触媒に貴金属を使用。

2. 課題に対する解決策

- ◆ PVC、ポリエステル等各種混合多層廃プラを、200から300℃、工業用水を溶媒として使用し、触媒には貴金属を使用せずモノマーや水素、CO、メタン、アルコール等に分解。
- ◆ セルロース、リグニン、農業廃棄物、下水汚泥、製紙汚泥等有機廃棄物を上記とほぼ同じ条件で水素等に分解
- ◆ 同時に炭化することで、チャコールへの炭素固定を目指す



3. 研究の特徴

- ◆ 廃プラの油化と比較した場合：低温低圧、エネルギー使用量が少ない、油からのクラッキングが省ける優位性あり
- ◆ 廃プラのモノマー化と比較した場合：低温低圧、エネルギー使用量が少ない、有機溶媒を不使用、触媒に貴金属を不使用
- ◆ 有機廃棄物のメタン発酵と比較した場合：発酵が数日かかる一方、我々の触媒による反応は数時間、違う生成物を取り出せる。工業用水を溶媒として使用する為、水分を含んだ状態のまま分解できる（乾燥工程が省ける）

4. 波及効果

- ◆ メカニカルリサイクルが難しい廃プラは世界中に数多くあり、それらを1000℃以上の焼却ではなく、低温低圧のケミカルリサイクルでリサイクルできた場合、従来の焼却と比較して50-70%程温暖化ガスを削減することができる（当社試算、2023年）
- ◆ 廃プラや有機廃棄物のリサイクルは、国の施策とも合致しており、公益性も高い。本技術を日本から世界へ広げることで、経済活性化、生活環境改善に繋げていく。
- ◆ 現状の廃プラ炭化には大きなエネルギーがかかるが、ケミカルリサイクルを実施しつつ、200-300℃にて同時に炭化・炭素固定でき得ることにメリットあり

光合成微生物と酵素燃料電池を利用した カーボンマイナス発電

研究代表者（所属機関）：美川 務（国立研究開発法人理化学研究所）

参加機関：株式会社シアノロジー

生物等の利用

概要：光合成微生物で生産した乳酸をそのまま用いて酵素燃料電池で発電するカーボンマイナス発電システムの開発を行う

1. 研究の背景及び課題

- ◆ 理化学研究所は高効率に乳酸から発電する酵素燃料電池技術を持つ。
- ◆ シアノロジーは光合成微生物を用いて二酸化炭素から乳酸を効率よく生産する技術を持つ。
- ◆ これら技術を統合し、光合成微生物で生産した乳酸を用いて酵素燃料電池で発電するカーボンマイナス発電システムの開発を行う。

2. 課題に対する解決策

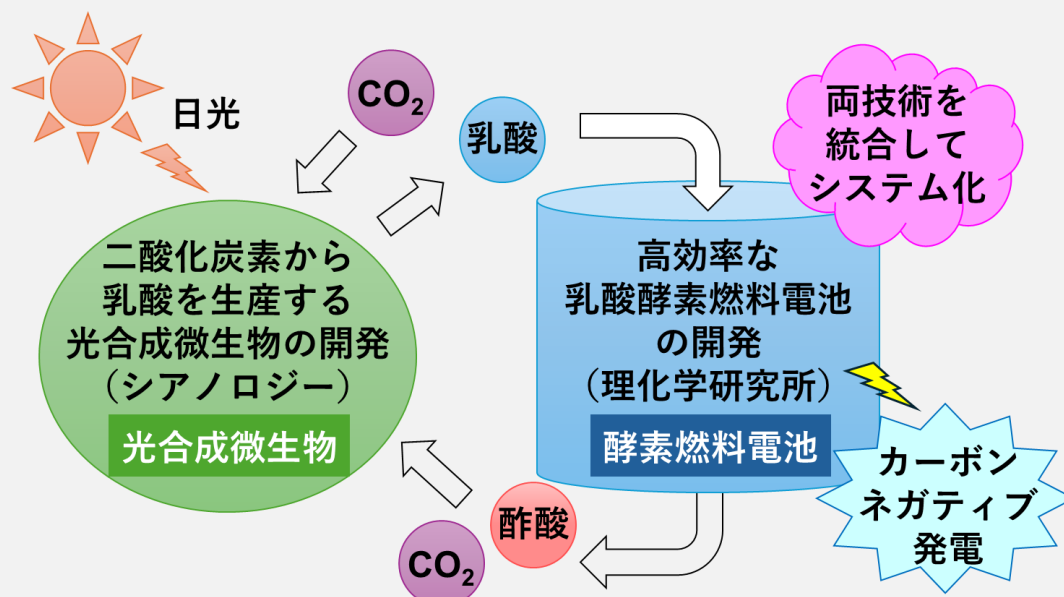
- ◆ 二酸化炭素から高純度かつ高濃度の乳酸を生産する光合成微生物の開発。
- ◆ 不純物を多く含む乳酸を用いても発電可能な乳酸酵素燃料電池の開発。
- ◆ 酵素多段階反応による乳酸酵素燃料電池の高効率化。

3. 研究の特徴

- ◆ 二酸化炭素を燃料としてカーボンマイナスに発電を行う点に革新性、独創性があり、カーボンリサイクル普及に大きく貢献。
- ◆ 糖などを使用する従来の酵素燃料電池に対しても、燃料が作物と競合しないという優位性がある。
- ◆ 酵素燃料電池は触媒に酵素を使用し、希少で高価なレアメタルなどの金属を使用しない。
- ◆ 酵素燃料電池は安心安全で持続可能性が高く環境にも優しい。

4. 波及効果

- ◆ 触媒である酵素は大量生産すれば安価であり、乳酸を生産する光合成微生物培養系も安価。
- ◆ プロトタイプでその有用性が証明されれば、大規模化に対する敷居が低く、産業応用される実現性が高い。



解決すべき課題

- CO₂から高濃度の乳酸を生産する光合成微生物の開発
- 不純物を含む乳酸でも発電可能な酵素燃料電池の開発

研究代表者（所属機関）：田中 勉（神戸大学大学院工学研究科）

生物等の利用

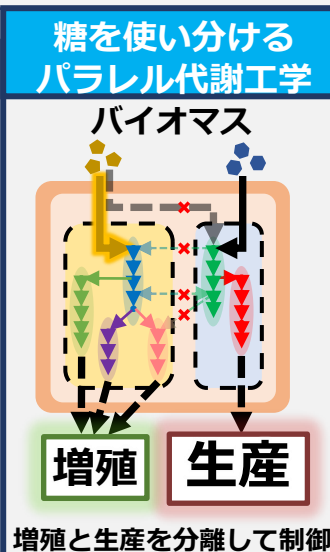
概要：バイオマス原料からPET代替原料を実用化レベルで発酵生産できる微生物シャーシ株を開発する。

1. 研究の背景及び課題

- ◆ プラスチック資源循環戦略の実現に向け、多くの企業がカーボンニュートラルを重要課題に位置付け。
- ◆ CO2を吸収して次のPET原料へと還元できるバイオマスの利用が、社会・経済を持続的に成長路線に向かわせる最適な方法
- ◆ 多くの企業が炭素循環モデルに関心を寄せているものの、PET原料をバイオマスから作れず、せっかくの成長サイクルがまわらない
- ◆ 申請者のバイオ芳香族モノマー生産技術を用いてこのギャップを埋め、持続可能な循環社会を構築する

2. 課題に対する解決策

- ◆ 代替PET原料となるピリジンジカルボン酸を生産する微生物シャーシ株を構築する
- ◆ パラレル代謝工学技術を用いて最低限の増殖で最大限の生産性を実現
- ◆ バイオマス有効利用と高収率生産を同時に達成
- ◆ ジャー培養を中心としたスケールアップおよび生産物の回収と精製を行い、プロトタイプ製品を供給



3. 研究の特徴

- ◆ バイオ生産は石油原料からできるバージン材と同一の品質のものを生産できる。
- ◆ 成長と持続可能性を両立
- ◆ PET以外のCO2もバイオマスとして吸収可能
- ◆ 生産・培養のメカニズム解明に基づく実用化へのトラブルシューティング基盤を構築する

	原料	生成物の品質	特徴
本研究 バイオ生産	◎ バイオマス	◎ バージン材と同一	◎ 成長と持続可能性を両立 ◎ PET以外のCO2も吸収可能 ◎ 生分解性PET生産
ケミカル リサイクル	◎ 廃プラス チック	◎ バージン材と同一	△ 化石資源が必要 △ CO2を放出してしまう
マテリアル リサイクル	◎ 廃プラス チック	△ 再生ごとに劣化	△ 廃プラスチックの質に依存 △ 消費者の協力が必要

4. 波及効果

- ◆ 一般市民にとってバイオ生産を当たり前にする
- ◆ バイオPETはカーボンニュートラルへの貢献と経済の活性化の両方を達成できる。
- ◆ 消費者にとって使うだけで環境に貢献できる新しい価値を提供する。

二酸化炭素からアクリル樹脂原料への 水素を消費しない革新的直接変換プロセスの構築

研究代表者（所属機関）：多湖輝興（東京科学大学）

価値向上

概要：水素を消費せずにCO₂をメタクリル酸へ直接変換する革新的プロセスを開発する。既存技術の多くが大量のエネルギーと水素を必要とし経済性に課題がある中、ゼオライト内包金属微粒子触媒に関する当研究室の知見を活かし、効率的な触媒反応プロセスの開発を目指す。

1. 研究の背景及び課題

研究背景

炭素循環に基づくカーボンニュートラル実現には**CO₂の固定化が重要**

◆ **CO₂をプラスチック原料モノマー**へ変換，プラスチックとして固定化
（将来的にはプラスチックの再利用・再資源化を含めた炭素循環へ展開）

研究課題

CO₂を原料モノマーへ直接変換する高効率プロセス開発

◆ **新規触媒**を活用した**高効率反応プロセス**の開発

多機能触媒：“CO₂の活性化能”+“原料モノマー生成能”

反応プロセス：“水素低消費”+“新規触媒反応プロセス”

2. 課題に対する解決策

◆ **新規多機能触媒**により**CO₂をプラスチック原料モノマー**へ変換
CO₂の活性化（還元）と同CO₂活性化種をオレフィンへ直接挿入により，アクリル樹脂原料モノマーを一段で合成する高効率触媒反応

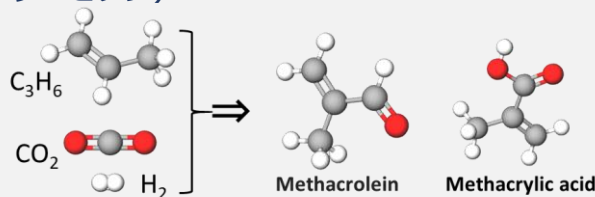
✓ Cuナノ粒子触媒：ゼオライト内包Cu触媒（Cu@Zeolite）

✓ 触媒反応系：CO₂/H₂/オレフィン反応系

（オレフィン：エチレン，プロピレン）

◆ 高効率反応プロセス

CO₂の還元活性化とオレフィン
への挿入反応活性の検証



3. 研究の特徴

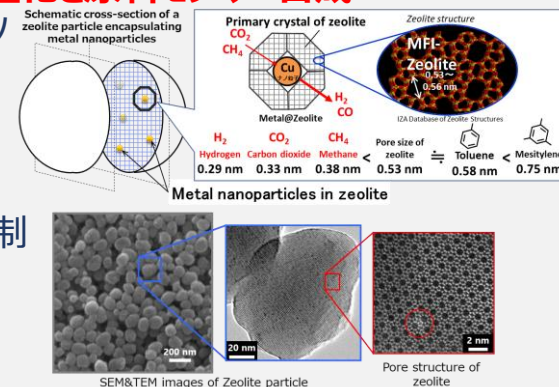
◆ **Cuナノ粒子触媒，CO₂活性化と原料モノマー合成**

CO₂のオレフィンへの挿入は，ナノ粒子状態のCu系触媒が有望。

✓ **ゼオライト内包Cu触媒**
（Cu@Zeolite）

反応中のCu粒子の熱凝集を抑制
CO₂活性種をオレフィンへ挿入

- CO₂による増炭反応
- 原料モノマー直接合成



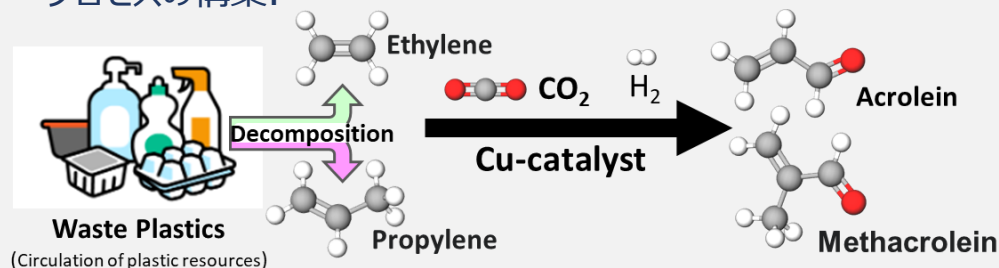
4. 波及効果

◆ CO₂をプラスチック原料モノマーへ直接変換

水素低消費型反応プロセスによるCO₂の固定化

◆ 多様な反応基質への展開が可能，CO₂の高付加価値化。

◆ プラスチックの再資源化，グリーンオレフィンの利用による炭素循環プロセスの構築。



ブルーカーボン大規模創出を実現する 海藻着生システムの研究開発

研究代表者（所属機関）：西川暢子（株式会社BLUABLE）
参加機関：北海道大学、一般社団法人マリンオープンイノベーション機構

CO2吸収源

概要：海藻が大量かつ強力に付着する海藻付着基質の研究・開発し、ブルーカーボン創出に貢献

1. 研究の背景及び課題

背景・課題は2点あります。

① Jブルークレジットでは採算が合わない

現行の藻場造成は、基質投入などで1t-CO₂除去あたり25万円以上のコストがかかる一方、Jブルークレジットの平均単価は約8万円にとどまり、大幅な赤字となる。このため事業化は進まず、磯焼けによる藻場消失の多くが放置されている。

② 海藻の着生基質

従来のコンクリート製人工基質は初年度こそ海藻が着生するものの、数年以内に雑海藻の優占や消失するケースを確認している。

2. 課題に対する解決策

◆ 安価な樹脂製「クライン基質」により、基質コストを抑えつつ設置・維持費を大幅に削減。高い耐久性と着生力で、Jブルークレジット単価でも採算可能なモデルを実現する。

函館市でコンブを対象とした事前試験



3. 研究の特徴

- ① コンブ類がクライン基質に大量・強力に付着する根拠の解明
 - コンブ類の遊走子が大量に付着する点と生長した海藻の仮根が強力に付着する点をゲノミクス・メタボローム解析により解明する
- ② 大規模化に向けた「藻場造成キット」の設計
 - 静岡県伊豆地域では、アトクメの藻場再生を目的として小規模試験を実施する



4. 波及効果

◆ 6年で初期投資回収ができるグリーン投資としての藻場造成が可能
Jブルークレジット認証式に当てはめると1ha当たり、5t-CO₂/年の吸収効果を見込む。JBEにおけるブルーカーボンクレジットの平均単価を前提とすれば、6年で初期費用の回収が可能である。

→磯焼けした10万haで使われれば、**50万t-CO₂のCO₂吸収効果**

◆ 藻場は海洋生物の多様性を育む“海のゆりかご”

藻場再生によって、1haあたり葉上動物は最大2億個体、魚類は最大36倍、珪藻類は最大48種増加する。

1haのホンダワラ藻場は年間192.4kgの窒素、32.76kgのリンを吸収し、これは人間換算でそれぞれ188人分、63人分の水質浄化効果に相当する

研究代表者（所属機関）：関 雅子（国立研究開発法人 産業技術総合研究所）

CO₂吸収源

概要：木製品のマテリアルフロー最終形態としてリサイクル木質素材の炭化による機能性バイオ炭を開発し、地中での機能性発現と長期安定化によるネガティブエミッション実現に貢献する。

1. 研究の背景及び課題

- ◆ 木質資源の循環利用によるネガティブエミッション化のためには、木製品として長期循環利用後に焼却の回避が必須※。
- ◆ 最終形態としてバイオ炭による地中炭素固定を提案。
- ◆ リサイクル木質素材から得られるバイオ炭の機能性解明が課題。

※2022～2023 NEDO先導研究プログラム「木質CCUSを加速する資源循環システムの開発」成果

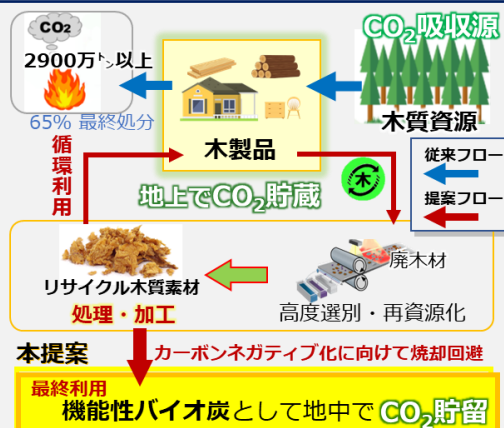


図1 木質CCUSによるマテリアル循環システム

2. 課題に対する解決策

- ◆ リサイクルを想定した処理・加工により、木質系原料をマルチスケールで構造制御（図3）。炭化前後の構造評価・解析を通じた炭化現象の理解からボトムアップで機能性向上を目指す。

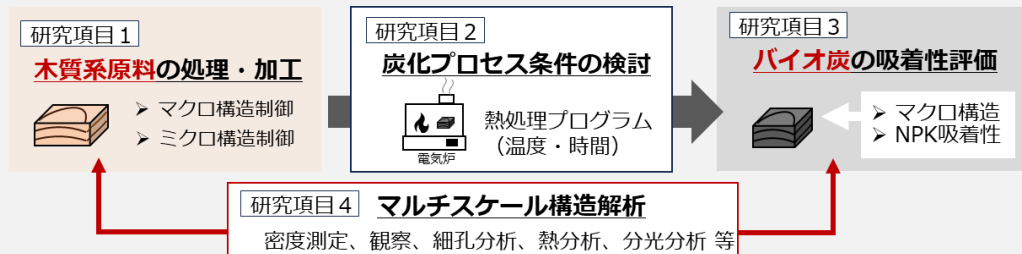


図2 本研究における各研究項目と最終目標に向けたアプローチ

3. 研究の特徴

- ◆ 木材およびセラミックス材の構造制御を得意とする研究者による融合研究。
- ◆ ミクロ～マクロ（マルチスケール）の構造を高度に制御した木質原料の調整と、その構造を活かした炭化プロセス条件の導出に取り組む。

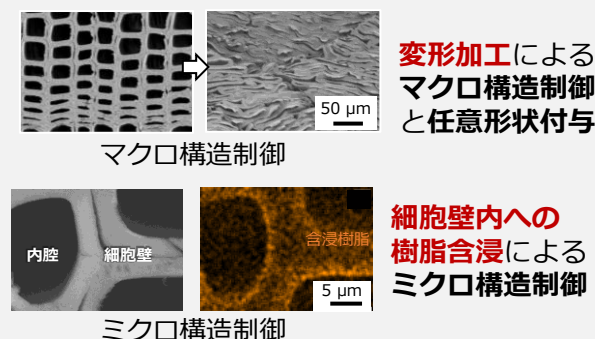


図3 本研究シイズ
(木質系原料のマルチスケール構造制御)

4. 波及効果

- ◆ バイオ炭の機能性向上（図4）による利用拡大により、リサイクル木質素材に限らず林地残材等の未利用木質資源も含めたバイオ炭産業の創出・発展に寄与。
- ◆ 2040年には、木製品マテリアルフロー（図1）により200万トン-CO₂/年の固定化が期待。

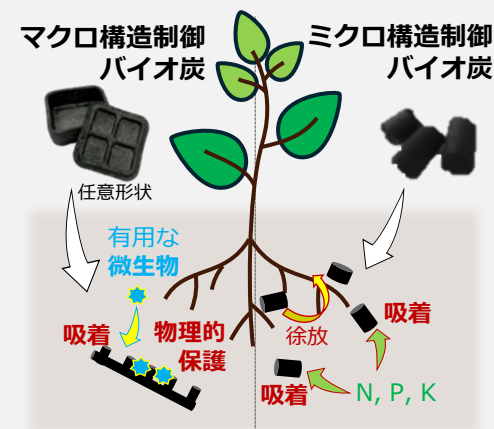


図4 機能性バイオ炭に期待される効果

低温・高速アンモニア分解を実現する 省貴金属触媒の創出とスケールアップ製造技術の確立

研究代表者（所属機関）：織田 晃（北海道大学 触媒科学研究所）

H2キャリア利用

概要：グリーン水素を基盤としたカーボンリサイクルの普及を加速させるキーテクノロジーの創出を目指す。即ち、水素キャリア（アンモニア）から水素を取り出す工程に要する熱エネルギー（CO₂排出）と貴金属を革新的に低減する触媒の大規模製造技術の開発を図る。

1. 研究の背景及び課題

再生可能エネルギーで製造したグリーン水素を窒素と反応させて合成されるアンモニアは高エネルギー密度化合物であり、優れた水素貯蔵・輸送効率を示す。利用段階ではアンモニアを触媒的に分解してH₂を放出する脱水素反応（ $\text{NH}_3 \rightarrow 1/2 \text{N}_2 + 3/2 \text{H}_2$ ）が必要となるが、この水素放出工程の社会実装に向けては依然として三つの課題が立ちだかっている。

【課題①：低温駆動】 卑金属触媒では700℃超の運転が一般的である。熱エネルギー投与が必須であり、**膨大な量のCO₂排出を招くため、グリーン水素の価値を下げてしまっている。**

【課題②：省貴金属化】 高性能の低温駆動型触媒の設計には**約5 wt%のRu、または高度な触媒設計技術を要するため、資源リスクとコストが大きい。**

【課題③：低コスト合成】 高活性な省貴金属触媒の設計例はあっても**特殊手法や環境負荷がネックで、大規模製造に適さず、社会実装に至っていない。**

2. 課題に対する解決策

表面に露出するRuサイト割合を最大化しつつ、活性化して触媒として利用する。マニアックな合成技術を必要としない、自発性の高い現象を利用して理想触媒を設計できるようにし、大規模製造へ移行する。

3. 研究の特徴

本研究では**自発性の高い現象を利用して、低温活性の創出に不可欠な表面Ru原子の構造を創出し、社会実装に値する高機能化と省貴金属化を実現する。原料を混ぜて焼くだけで多様な表面Ru原子触媒を創る申請者独自の方法を用いる。**この簡便性を生かし、大規模製造への展開を図る。具体的には、【目標①】Ru使用量を従来触媒の1/100以下で、【目標②】300～400℃域でベンチマーク触媒以上の活性の創出を図る。【目標③】これら革新的触媒の社会実装へ向け、化学工業で広く用いられるスプレードライ法による大規模合成プロセスを検証し、社会実装の道筋を示す。

4. 波及効果

本提案ではごく少量のRuから成る固体触媒でありながら、約350℃域で高活性を示す革新的な省貴金属触媒を創製する。既存触媒では到底不可能な低温運転によるエネルギー節約と貴金属使用量の削減を達成し、**グリーン水素利用におけるCO₂排出を革新的に抑制することで、カーボンリサイクルの普及を加速させる。**製法の汎用性とコスト低減効果により、資源制約のある国でも導入しやすく、他の水素関連プロセスや触媒産業への波及効果も期待される。