



**CARBON
RECYCLING
FUND INSTITUTE**

一般社団法人カーボンリサイクルファンド (CRF)

2021年度CRF研究助成活動 採択案件研究概要

一般社団法人
カーボンリサイクルファンド

2022年9月

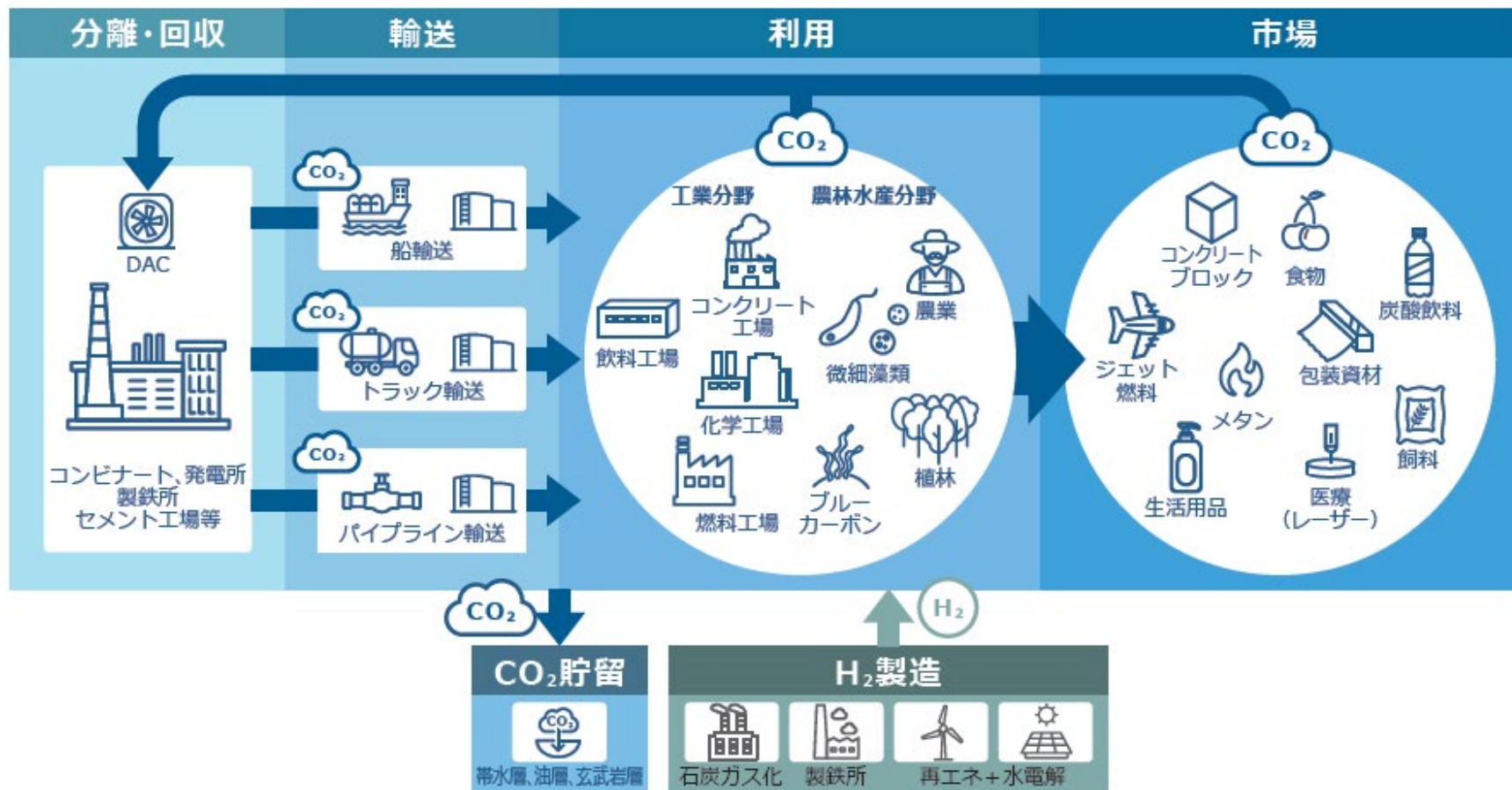
CRFにおける研究助成活動とは

CRF研究助成活動では、企業や大学等に埋もれていた
「カーボンリサイクルに係る研究シーズ（アイデア、人）」
を掘り起し、それを育てていくことを主旨としております。

	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
募集テーマ (期待する分野)	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 するカーボンリサイクル、関連技術、カーボンリサイクルを実現するた めの社会科学分野等に関する研究 <募集分野一覧> 1. 鉱物化（コンクリート等の材料）によるCO₂固定化技術 2. 燃料への転換技術 3. 化学品への転換技術 4. CO₂分離回収に係る技術(直接空気回収を含む) 5. 社会科学等の分野 6. CO₂吸収源(土壌、森林、ブルーカーボン、生物の活用、農林水産等)に係る研究 7. その他（水素製造、ジエチレングリコール、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、課題設定の仕方や企業との 連携などの社会実現可能性等
助成規模	1,000万円程度/件（平均助成額約700万円/件）
研究の成果等	基本的に研究者に帰属。当法人は、その成果の実用化や次ステップ移行 への支援を行い、また、柔軟な制度の運用に努める。

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。



CRF研究助成活動 2021年度採択テーマ

- 46件の応募から12件を採択。不採択も事務局でフォロー、マッチング等実施。
(2020年度・2021年度で計24件・総額約1.6億円を助成)

分野	研究課題名	研究代表者名（所属機関）	
鉱物化による CO ₂ 固定化技術	①廃海水と生体アミンを用いた新たなCO ₂ 鉱物化法の開発	安元 剛（学校法人北里研究所 北里大学）	NEDO採択 環境省採択
	②石炭灰にCO ₂ を固定した炭酸塩の評価とコンクリートの開発	大脇 英司（大成建設株式会社）	
燃料への転換 技術	③微細藻由来バイオ燃料実用化のボトルネック解消のための育種	原山 重明（学校法人中央大学）	
化学品への転換 技術	④超効率的なCO ₂ 利用ポリウレタン原料製造法の開発	竹内 勝彦 （国立研究開発法人産業技術総合研究所）	GI基金採択
	⑤二酸化炭素からの乳酸およびポリ乳酸合成技術の開発	川波 肇 （国立研究開発法人産業技術総合研究所）	
	⑥水素酸化細菌の高機能株を創出するゲノム工学技術基盤の構築	相澤 康則（国立大学法人東京工業大学）	
CO ₂ 分離回収に 係る技術	⑦低コストCO ₂ フリー水素製造に向けたCO ₂ 吸着剤の開発	犬丸 啓（国立大学法人広島大学）	JST採択(未来 社会創造事業)
	⑧水をも分離するCO ₂ 吸収・放出剤による高効率的DAC技術の開発	稲垣 冬彦 （学校法人神戸学院 神戸学院大学）	
	⑨水素製造と二酸化炭素回収を同時に実現する膜反応器の開発	赤松 憲樹（学校法人工学院大学）	
社会科学等の 研究	⑩排出量実質ゼロに向けたカーボンリサイクル技術シナリオ分析	加藤 悦史（一般財団法人エネルギー総合 工学研究所）	
	⑪水素製造に係わる石炭及び天然ガスのGHG 排出量の調査及び算定	稲葉 敦 （一般社団法人日本LCA推進機構）	
CO ₂ 吸収源に係 る研究	⑫膜分離による大気CO ₂ 濃縮機能を有する小型施設園芸システムの開発	藤川 茂紀（国立大学法人九州大学）	

①廃海水と生体アミンを用いた新たな CO₂鉱物化法の開発

NEDO事業へ採択
環境省事業へ採択

研究代表者（所属機関）：安元 剛（北里大学海洋生命科学部）
参加機関：東京大学、日本海水、出光興産

鉱物化によるCO₂
固定化技術

概要：廃海水と生体アミンを用いてバイオメティックなCO₂鉱物化法を開発する

1. 研究の背景及び課題

第2族元素を利用してCO₂を炭酸塩へと変換する反応は鉱物化と呼ばれ、外部からのエネルギーが不要な反応プロセスである。膨大な量が存在する海水は、全大気CO₂を220回程度炭酸塩として固定できるだけの十分なポテンシャルを有する。しかし、海水中にCa²⁺とともに含まれるMg²⁺存在下ではCaCO₃形成反応は強く阻害され、海水はCa²⁺供給源として適さないと考えられてきた。他方、海洋生物は地球史で膨大なCO₂の鉱物化を実現している。地球の全炭素の8割は炭酸塩堆積物である。本研究では廃海水を原料に生体アミンを用いるバイオメティックなCO₂鉱物化法を開発する。

2. 課題に対する解決策

海水中にはCa²⁺の3倍量のMg²⁺が溶解している。このMg²⁺は水和エネルギーが高くCaCO₃形成反応を強く阻害する。その為、海水はCO₂鉱物化のCa²⁺源として適さないと考えられてきた。我々は普遍的な生体アミンであるポリアミンがCO₂を効率よく吸収し、海水と混合するだけでCaCO₃製造が可能であることを見出した。ポリアミンは納豆などの食品にも多く含まれ、他のCO₂化学吸収剤として使用される人工アミンと比較して安全性も高い。また、本法では緻密な結晶構造を有する真珠層などを模倣した高機能のCaCO₃結晶作成も可能である。

3. 研究の特徴

CO₂鉱物化の研究は、世界的に注目されてきているが研究報告は少ない。また、膨大な量のCO₂鉱物化を実現している海洋生物のメカニズムに注目した研究も皆無である。我々は海洋生物のバイオミネラリゼーション研究を通じて生体アミンと海水の混合による世界的に見ても例がない新たなCO₂鉱物化反応を発見した。火力発電所などの廃海水をCa²⁺原料にしたCO₂鉱物化の研究も少なく世界に先駆けた技術開発を目指す。

4. 波及効果

火力発電所やセメント工場は、排熱処理のために沿岸域に設置されている場合がほとんどである。工場付近の海水を採水し、CaCO₃を製造する設備を設置していくことで、将来的に工場排ガスから出るCO₂をゼロにすることが期待できる。製造したCaCO₃は、セメント原料、コンクリート骨材、アスファルト添加材、製紙、化粧品、顔料、食品などとして産業利用することが可能である。

②石炭灰にCO₂を固定した炭酸塩の評価と コンクリートの開発

研究代表者（所属機関）：大脇英司（大成建設株式会社）
参加機関：大成建設株式会社，一般財団法人石炭フロンティア機構

鉱物化によるCO₂
固定化技術

概要：石炭灰にCO₂を固定した炭酸塩の製造・評価及びコンクリートへの適用性評価によるCCU技術開発の推進

1. 研究の背景及び課題

- ◆ CCUにおいて鉱物化が注目され，炭酸塩の製造技術が開発されているが，その用途開発は進んでいない。
- ◆ 用途に応じて求められる炭酸塩の品質やコストの考慮は不十分である。

2. 課題に対する解決策

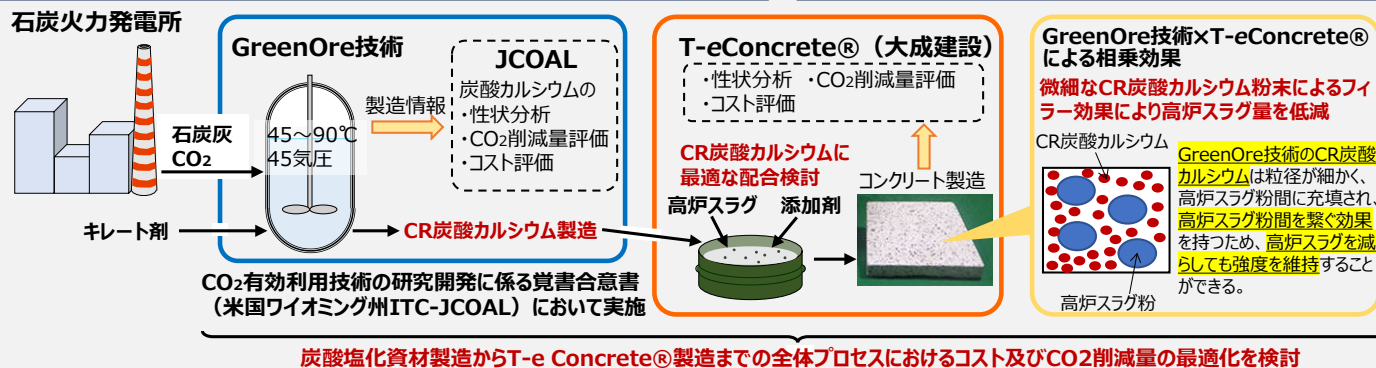
- ◆ 石炭灰を炭酸塩化する技術（米国GreenOre技術）を用いて炭酸カルシウムを製造し，セメントを使用しないコンクリート（T-eConcrete®技術）の混和材として利用する。
- ◆ 炭酸塩製造からコンクリート製造に至る品質やコスト，CO₂削減量を評価する。

3. 研究の特徴

- ◆ GreenOre技術はカルシウムの利用効率やエネルギー効率が高く，T-eConcrete®はCO₂排出削減効果が高い技術である。
- ◆ 両技術の相乗効果により，多量の炭酸塩利用と大きなCO₂排出削減効果が期待できる。

4. 波及効果

- ◆ CCUによる炭酸カルシウムの需要創出と利用拡大に貢献する。
- ◆ 生コンの需要が年間約9000万m³あるため，コンクリートをCO₂ネガティブにすると大きな削減効果が期待できる。
- ◆ GreenOre技術は石炭灰だけでなく，今後発生するバイオマス灰等のリサイクルへの応用も期待できる。



③微細藻由来バイオ燃料実用化の ボトルネック解消のための育種

研究代表者（所属機関）：原山 重明（中央大学 研究開発機構）

燃料への転換
技術

概要：単細胞性緑藻の油脂生産性を向上し、バイオディーゼル・バイオジェット燃料の製造コストの大幅削減に貢献する。

1. 研究の背景及び課題

微細藻類は油糧食物よりも油脂生産性が高く、そのバイオマス生産は食糧生産と競合しないため、バイオディーゼル・バイオジェット燃料の望ましい原料として注目を浴びた。しかし、その製造コストは化石燃料と比べ著しく高いため、商業化には至っていない。微細藻バイオ燃料製造では、培養から回収にかかるコストが70%を占めることがわかってきた。そこで本研究では、単細胞性緑藻 *Parachlorella kessleri* NIES-2152株の育種を通して、このプロセスのコストの大幅削減を図る。

2. 課題に対する解決策

- ◆ NIES-2152株のゲノムに薬剤耐性遺伝子（*ble*）をランダムに挿入し、その中から、バイオ燃料製造に好ましい表現型を示す変異体を複数分離した。
- ◆ これらの変異体を持つ有用遺伝子変異（すなわち *ble* 遺伝子が挿入された宿主遺伝子）を、クロモソーム・ウォーキング法で同定する。
- ◆ 複数の有用遺伝子変異を持つ株を、CRISPR/Cas9を用いたゲノム編集によって作出する。

3. 研究の特徴

- ◆ 本研究では、薬剤耐性遺伝子の挿入によって有用形質を持つに至った突然変異体を複数分離した。これらの変異体の持つ変異遺伝子は、薬剤耐性遺伝子の挿入位置をクロモソーム・ウォーキング法によって決めることで同定できる。
- ◆ 外来遺伝子を使用せずにゲノム編集を受けた細胞を選抜するための新しい方法を開発する。具体的には、蛍光を発するナノパーティクルとCas9/gRNA複合体とを、エレクトロポレーションで共導入し、Cas9/gRNA複合体が導入された細胞のマーカースとしてナノパーティクルの蛍光を利用する。

4. 波及効果

体積あたりのエネルギー密度が電池や水素よりも圧倒的に高い化石燃料の需要は、特に長距離輸送の分野において、2050年以降も引き続き高いことが多くの予測で示されている。この化石燃料を、バイオディーゼルあるいはバイオジェット燃料で代替することによって、輸送部門におけるCO₂排出量を大幅に削減できることが期待される。

④ 超高効率なCO₂利用ポリウレタン原料 製造法の開発

NEDO事業(GI基金)
へ採択

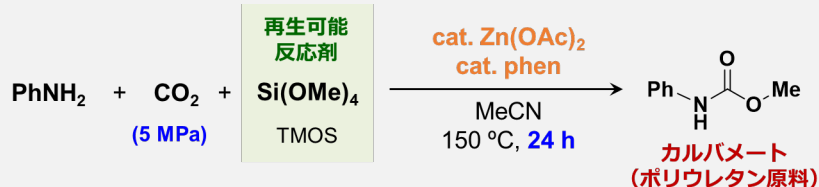
研究代表者（所属機関）：竹内勝彦（国立研究開発法人 産業技術総合研究所）

化学品への転
換技術

概要：反応機構解析の結果に則した反応系の改良とフロー合成に適用可能な固定化触媒の開発によって超高効率なCO₂利用ポリウレタン原料製造法を開発する

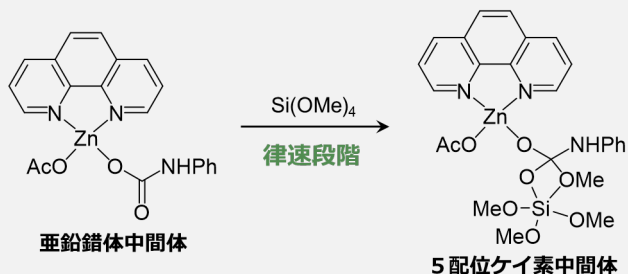
1. 研究の背景及び課題

- ◆ ポリウレタン原料は毒性の高いホスゲンを使用して工業的に製造されており、代替法としてカルバメート(RNHCOOR')を利用する手法が提案されている。
- ◆ これを踏まえ、我々は再生可能反応剤であるTMOSを利用した環境調和型カルバメート合成法を報告したが、反応圧力の高さと反応時間の長さが実用化への課題とされてきた。



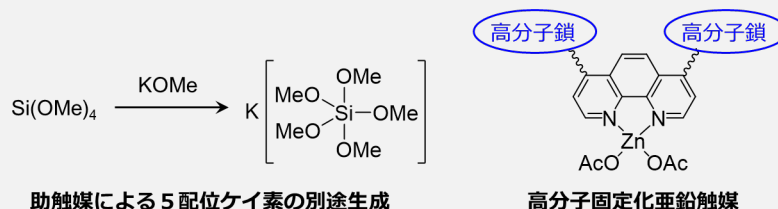
2. 課題に対する解決策

- ◆ 反応機構解析を実施し、TMOSと亜鉛錯体中間体との反応による5配位ケイ素中間体の形成が律速段階と確認。
- ◆ 律速段階となる反応の効率化・迂回によって改善を検討する。



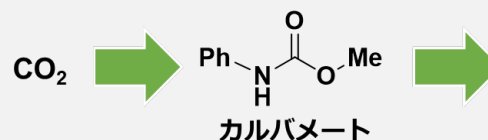
3. 研究の特徴

- ◆ 溶媒量のTMOSの使用、5配位ケイ素中間体の生成を促す助触媒の使用、フロー合成を実現する固定化亜鉛触媒によって反応の効率化を図る。
- ◆ 実質的にはアミン、CO₂、アルコールが消費され、水のみが副生成物となる非常に環境調和性の高い反応を実用化可能。



4. 波及効果

- ◆ 本手法の実用化によって全てのポリウレタンをCO₂由来に置き換えた場合、期待されるCO₂排出削減量は年間500万ton。ポリウレタンの寿命によってはそれ以上の削減効果も期待される。



CO₂排出削減量：500万ton-CO₂/年

ポリウレタン

年間生産量1800万t
年間市場規模6.9兆円



塗料



樹脂



断熱材

⑤二酸化炭素からの 乳酸およびポリ乳酸合成技術の開発

研究代表者（所属機関）：川波 肇（国立研究開発法人 産業技術総合研究所）

化学品への転
換技術

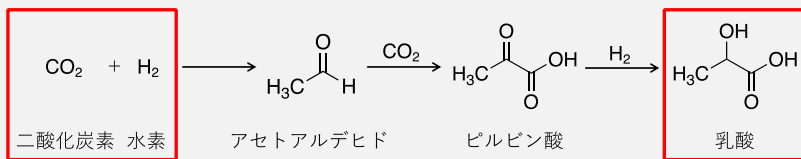
概要：超臨界二酸化炭素中での還元技術を利用して、二酸化炭素から乳酸を合成する手法を確立し、最終的にポリ乳酸への合成法を開発する。これによって二酸化炭素を使用した資源化プロセスの一端に貢献する。

1. 研究の背景及び課題

- ◆ 低炭素循環社会に構築にむけて、CO₂の回収・貯留・利用する技術開発が望まれている。特に、利用＝化学的CO₂変換による化成品製造技術は、重要である。
- ◆ 従来技術として、CO₂とH₂からギ酸が生成、更にH₂と反応してMeOH、CH₄等の炭素数1の生成物が得られる。
- ◆ 本研究では、CO₂から炭素数3の乳酸の合成法を開発する。更にこの乳酸からポリ乳酸の合成術へと繋げる。

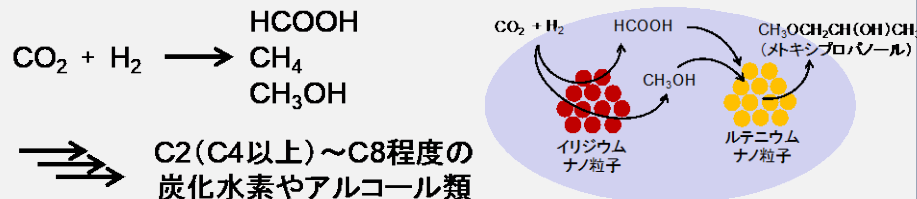
2. 課題に対する解決策

- ◆ 乳酸を分解すると、CO₂とH₂とアセトアルデヒド（CH₃CHO）等が得られることが既に知られている。
- ◆ 我々は、超臨界CO₂とH₂と、これら超臨界流体に適した触媒技術を用いることで、CO₂とH₂からの逆反応によって乳酸合成を行う。更にこの合成した乳酸からポリ乳酸の合成法を開発する。



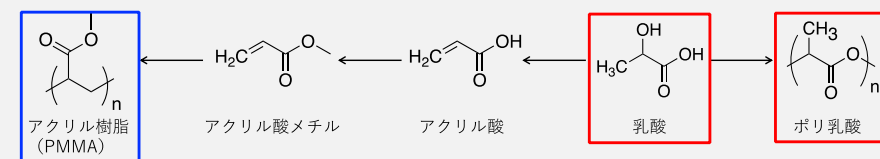
3. 研究の特徴

- ◆ 超臨界流体に適した複合触媒技術。
- ◆ カスケード的な反応によるCO₂から炭素数2から8(C₂～C₈)程度の炭化水素およびアルコール類の生成技術。



4. 波及効果

- ◆ ポリ乳酸の主たる製造方法は、トウモロコシを原料とするため、食糧問題と相反する関係にあるが、本技術は、CO₂由来のため問題も無く、あらゆるところでの製造を可能とする。
- ◆ 我々の乳酸からのアクリル酸製造技術と組み合わせることで、新たなサプライチェーンの構築。



⑥水素酸化細菌の高機能株を創出する ゲノム工学技術基盤の構築

研究代表者（所属機関）：相澤康則（東京工業大学 生命理工学院）

化学品への転
換技術

概要：水素酸化細菌を高機能化・汎用化するためのゲノム基盤技術を開発し、二酸化炭素の生物固定化の普及に貢献

1. 研究の背景及び課題

- ◆ 水素酸化細菌は、水素の還元力を使って二酸化炭素を炭素化合物に変換する能力を持つことから、カーボンニュートラル実現を目指す現代において、水素酸化細菌を使った物質生産が注目されている。
- ◆ しかし水素酸化細菌のポテンシャルは十分には産業活用されていない。その要因の一つが、最新ゲノム工学の恩恵を同細菌は未だ享受していないからである。
- ◆ 水素酸化細菌の工業的汎用性を高めるためには、同細菌の網羅的なゲノムデータの取得と、それを活用し菌高機能化するための実験系の確立/最適化が必要となる。

2. 課題に対する解決策

- ◆ 水素酸化細菌の高機能化に必須のゲノムデータとして、本研究では同細菌の全遺伝子発現データベース（遺伝子DB）を構築する。
- ◆ 遺伝子DBを活用し、2つのゲノム工学的方法で水素酸化細菌による物質生産効率の向上を試み、菌高機能化のための実験系の確立・最適化のPOCをとる。生産する物質は生分解性プラスチックの原料である脂肪族バイオポリエステル（PHA）である。

3. 研究の特徴

- ◆ 構築する遺伝子DBには、様々な培養条件下での全遺伝子の発現状態に関する定量的情報が集約されることから、今後の「水素酸化細菌による物質生産」研究において未来永劫活用できる貴重な基盤データとなる。
- ◆ 菌高機能化で採用する2つのゲノム工学的方法は相互補完的であり、これも今後の研究において基盤的実験系となる。1つめは遺伝子DBと代謝ネットワークを参照した論理的高機能化であり、2つめはゲノム進化工学的手法による偶発的高機能化である。

4. 波及効果

- ◆ カーボンニュートラル実現には、化石資源に依存している現在の産業基盤を改め、二酸化炭素を資源化することが急務である。この時代の要請に応えるべく、本研究では生物による二酸化炭素の資源化技術の革新に貢献することを目指す。
- ◆ 本研究によって水素酸化細菌の工業汎用性を高め、二酸化炭素を様々な物質の生産に直接活用できるプラットフォームを作ることができれば、それは地球環境に優しい新しいバイオ産業セクターを作ることになると期待できる。

⑦低コストCO₂フリー水素製造に向けた CO₂吸着剤の開発

**JST採択(未来社会
創造事業)**

研究代表者(所属機関)：犬丸 啓(広島大学)

参加機関：電源開発株式会社

CO₂分離回収
に係る技術

概要：無機固体CO₂吸着剤を開発し、低コストでCO₂フリー水素を製造する技術の開発に貢献

1. 研究の背景及び課題

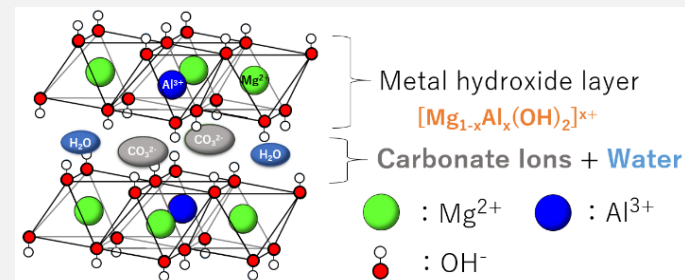
- ◆ カーボンリサイクルの実現には低コストのCO₂フリー水素ならびにCO₂の供給が必要である。
- ◆ 水素については、再生可能エネルギーからの水素製造だけでなく、炭化水素燃料から効率的にCO₂分離回収することにより低コストでCO₂フリー水素を製造することが早期のカーボンリサイクルの実現のために重要となる。
- ◆ 現状では、石炭や天然ガス、バイオマスなど炭化水素燃料から水素を製造する場合は、高温高压下にて合成ガス(CO+H₂)を製造し、水蒸気添加を行いシフト反応(発熱反応 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$)を進めたのちに、CO₂+H₂ガスを冷却の上、CO₂吸収液にてCO₂を分離する手法が一般である。しかし、このプロセスでは、ガスの顕熱損失に加え、吸収液の循環再生において多大なエネルギー損失が発生する。

2. 課題に対する解決策

- ◆ 本研究では、無機固体化合物による高性能のCO₂吸着剤の開発を行う。
- ◆ プロセス上有利な吸着条件で使用可能な固体吸着剤の機能開発を目指す。

3. 研究の特徴

- ◆ 吸着剤となる無機化合物の一つとして、層状複水酸化物に注目する。これは、二種類の金属イオン(例えばMgとAl)を含み、正の電荷をもつ金属水酸化物層が積層し、その層間に陰イオンと水分子が挿入された構造を持つ結晶性層状化合物である(下図参照)。
- ◆ この化合物は、気相のCO₂を炭酸イオンとして層間に取り込む性質を持ち、CO₂吸着剤として優れた素質を持つ。
- ◆ 構成元素、合成手法、粒子サイズその他を制御し、目的の吸着条件で優れた性能を発揮する吸着剤を開発する。



層状複水酸化物の構造模式図

4. 波及効果

- ◆ 低コストでCO₂フリー水素を製造する新技術の開発を通して、カーボンリサイクルの実現に貢献する。

⑧水をも分離する CO₂ 吸収・放出剤による 高効率の DAC 技術の開発

研究代表者（所属機関）：稲垣冬彦（神戸学院大学）

CO₂分離回収
に係る技術

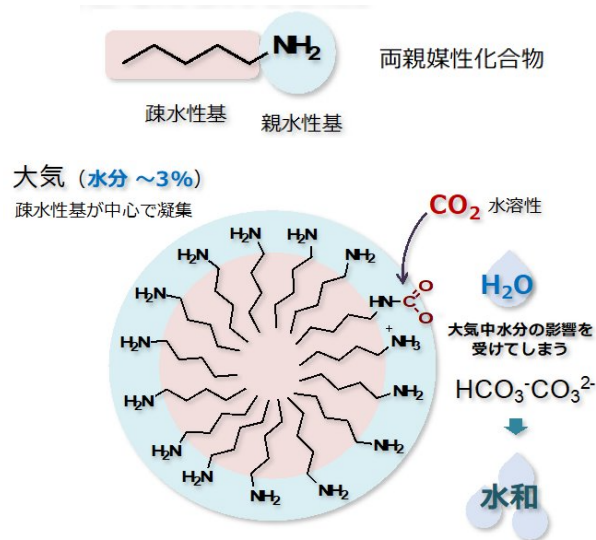
概要：耐水性DAC(Direct Air Capture)技術のプラント化を目指し、技術成熟度レベルを向上させる

1. 研究の背景及び課題

- ◆ CO₂吸収・放出剤は、CO₂加熱放出時の水加熱分のエネルギー削減が急務だが、吸収剤に用いるアミンは親水性基のため、従来含水は避けられない問題とされてきた。

従来の常識

両親媒性化合物が大気中に存在すると、大気中水分の影響で親水性官能基が外側に位置し、CO₂を吸収後大気中水分の影響を受けて炭酸水素塩や炭酸塩、水和物に変化すると考えられてきた。



2. 課題に対する解決策

- ◆ 創薬技術を応用し、アミン近傍に疎水性官能基を導入し、耐水性を発現させる。

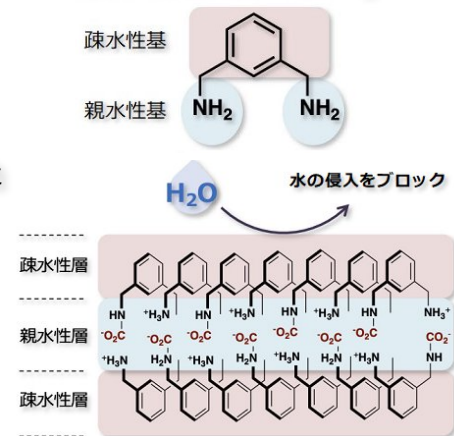
3. 研究の特徴

- ◆ 従来の常識を覆し、逆脂質二重膜構造によるCO₂選択的吸収・放出剤の開発が可能。

新技術

疎水性基を適切に配置すると、大気中CO₂を選択的に吸収する。

・逆脂質二重膜構造



4. 波及効果

- ◆ 高効率なDACの吸収・放出剤

⑨水素製造と二酸化炭素回収を同時に実現する膜反応器の開発

研究代表者（所属機関）：赤松 憲樹（工学院大学）
参加機関：工学院大学

CO₂分離回収
に係る技術

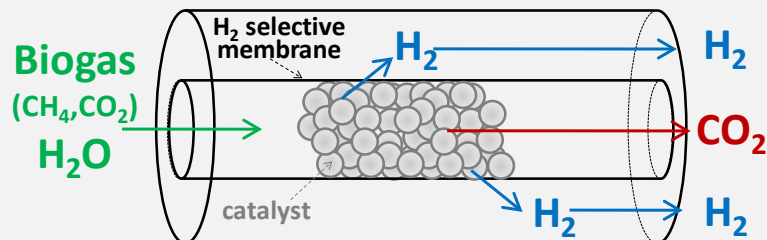
概要：バイオガスから高純度水素を製造し、同時に高純度二酸化炭素を回収できる、新しい膜反応器の開発により、CO₂削減、およびカーボンサイクル普及へ貢献する。

1. 研究の背景及び課題

- ◆ 下水処理場の電力消費は全国の約 0.7% を、二酸化炭素排出量は全国の約 0.5% を占めると指摘されており、エネルギー消費量の低減とこれに伴う二酸化炭素排出量の削減が大きな課題となっている。
- ◆ これまでの取り組みのうち最も代表的なものは、バイオガスを用いた発電である。ただしエネルギー効率は十分とは言えない。二酸化炭素の回収や利用も進んでいない。

2. 課題に対する解決策

- ◆ 水素分離シリカ膜を搭載した膜反応器を開発し、水素製造と二酸化炭素回収を同時に実現する。



膜反応器内で起きる反応

① $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{H}_2$ ② $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO} + 2\text{H}_2$

特長

- ・バイオガスのメタンと二酸化炭素がいずれも水素源となる
- ・水素引き抜きにより効率的に高純度水素が製造される
- ・未反応二酸化炭素は反応器出口で高純度で回収できる

3. 研究の特徴

- ◆ 研究代表者は既に、メタンの水蒸気改質反応で水素を製造する膜反応器の開発に成功している（特許出願中）。
- ◆ BECCUS（Bio-Energy with Carbon Capture Utilization and Storage）を実現可能な膜反応器である。

4. 波及効果

- ◆ 高温作動型固体酸化物燃料電池（SOFC）と併用したシステムにより、国内の下水処理場のエネルギー自給率は少なくとも現状の 2 倍以上になり、場合によっては完全なエネルギー自立（エネルギー自給率 100% 以上）も可能となる。
- ◆ 本システムは、下水汚泥消化ガスと類似のバイオガス生成が期待できる食品工場（たとえば、食品残渣などの廃棄物を原料とし発酵することでバイオガス生成が可能）や、畜産農家（家畜糞尿由来のバイオガスを用いた発電が検討されている）、埋め立て処分場などへも導入できる。

⑩排出量実質ゼロに向けたカーボンリサイクル技術 シナリオ分析

研究代表者（所属機関）：加藤悦史（一般財団法人 エネルギー総合工学研究所）
参加機関：一般社団法人産業環境管理協会、一般社団法人 日本LCA推進機構

社会科学等の
分野

概要：カーボンリサイクル技術のうち、合成燃料製造に加え、化学産業や素材生産でのイノベーションに関する分析を深め、早期の排出削減と2050年温室効果ガス実質ゼロといったさらに意欲的なエネルギーシナリオ分析を行う。

1. 研究の背景及び課題

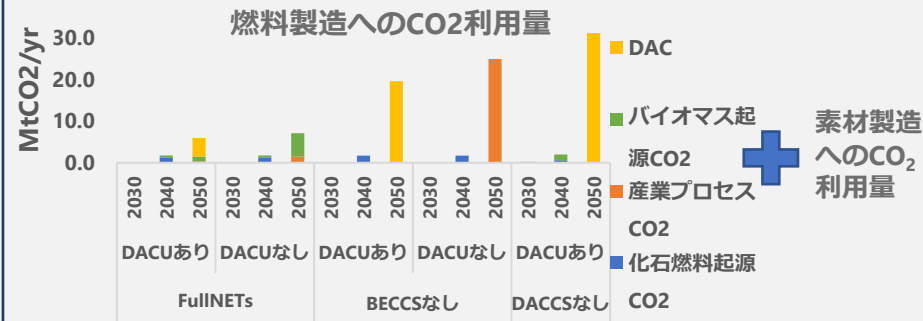
- ◆ 日本政府は2020年10月に「2050年カーボンニュートラル」を宣言し、同年12月には、2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略を打ち出した。さらには、2030年度の温室効果ガス排出目標に関しても、これまでの削減目標を大幅に越える46%減について、2021年4月の気候サミットにおいて宣言した。
- ◆ 世界情勢の変化の中で新たに設定をされた目標の達成に向け、必要な技術ポートフォリオ、進展速度および量について、既存の分析を超えたエネルギーシステムモデル分析が、技術シナリオ立案にあたり必要である。

2. 課題に対する解決策

- ◆ 前年度研究において、日本のCO₂排出が実質ゼロとなるエネルギー需給分析を行い、CO₂利用による合成燃料製造、バイオマス発電と直接空気回収によるCCSの必要量と導入時期、さらにはシナリオに沿った各技術のLCA分析を行った。その中で、排出量実質ゼロに必要なネガティブエミッションを含むCO₂地中貯留量は、80%排出削減シナリオで想定した年間最大値に比べ3倍から4倍となることが明らかになった。そのため、CO₂貯留量を抑えつつ排出量実質ゼロを達成可能なカーボンリサイクル技術のポートフォリオについて分析を行うことが必用である。

3. 研究の特徴

- ◆ 本研究では、早期の排出削減と2050年温室効果ガス実質ゼロといったさらに意欲的なシナリオ分析を行う。2020年度の研究において課題となった、必要となるCO₂貯留量を抑えつつ実質ゼロ目標達成が可能となるシナリオ探索のため、2020年度研究で考慮した合成燃料製造に加え、化学産業や素材生産でのイノベーションに関するシナリオ分析を深め、社会実装の実現に向けた知見を生み出すことを目的とする。



4. 波及効果

- ◆ 本研究では、カーボンリサイクル技術のうち、素材産業および化学産業に重点を置く予定としており、素材開発企業との連携シナリオとしての利用が期待される。

⑪水素製造に係わる石炭及び天然ガスの GHG排出量の調査及び算定

研究代表者（所属機関）：稲葉 敦（一般社団法人日本LCA推進機構）
参加機関：国立研究開発法人産業技術総合研究所、TCO2株式会社

社会科学等
の研究

概要：多くのカーボンリサイクル技術に必要とされる水素を安価に供給するために、石炭および天然ガスからの製造が期待されている。このGHG排出量を算定するために石炭および天然ガスの採掘のGHG排出量を文献により調査する。

1. 研究の背景及び課題

- ◆ Certifyでは、再生可能エネルギーによる水の電気分解、有機廃棄物の発酵により生成したメタンの水蒸気改質、木材のガス化、ならびに化学プロセス（再生可能エネルギーによる食塩の分解、ナフサクラッキング、天然ガスからの炭素製造）の副生水素を低炭素水素としている。
- ◆ しかし、Certifyの算定は、化学プロセスの副生水素については主製品とのGHG排出量の配分方法が不明確であるなどの問題がある。
- ◆ また、Certifyの算定は、バイオマス由来のメタンの漏洩を過少に推定している。
- ◆ さらに、Certifyでは化石燃料由来の水素の中では、天然ガスの水蒸気改質にCCSを付けた場合が唯一低炭素になりえるとしているが、Certifyでは、石炭および天然ガスの採掘のGHG排出量を、欧州のLCA用データベース「EcoInvent」および日本の「IDEA」より大きく算定している可能性が高い。
- ◆ 本調査では、石炭および天然ガスの採掘のGHG排出量を文献を主に、欧州のLCA専門家からの情報収集を加えて調査する。

2. 課題に対する解決策

- ◆ 欧州のLCA用データベース(EcoInvent)の石炭および天然ガスの採掘データの原典をたどり、最新データが掲載されている文献を発掘し調査する。
- ◆ 日本での資源採掘の専門家を有する独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)及び一般財団法人石炭フロンティア機構(JCOAL)のヒヤリングにより最新の文献を調査する。

3. 研究の特徴

- ◆ 資源採掘のGHG排出量の算定は、資源採掘の経営的視点から公開されてこなかった。しかし、2050年のカーボンニュートラルを達成するためには、CCSおよびCCUSの技術開発とともにその算定が必須となる。本調査はその端緒となるものである。

4. 波及効果

- ◆ 今後石炭および天然ガスの採掘のGHG排出量を精査することで、CCSを併用した化石燃料のからの水素を低炭素水素とすることができる可能性がある。水素社会のエネルギーシステムの体系を変える可能性がある。

⑫膜分離による大気CO₂濃縮機能を有する 小型施設園芸システムの開発

研究代表者（所属機関）：藤川茂紀（九州大学）
参加機関：広島大学・奈良先端科学技術大学院大学

CO₂吸収源に
係る研究

概要：CO₂分離ナノ膜を用いて大気中の低濃度CO₂を数倍に濃縮する、施設園芸用にCO₂利用技術を開発

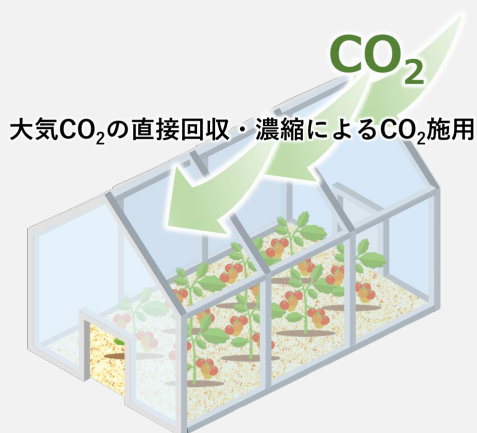
1. 研究の背景及び課題

大気から直接CO₂を回収する「ネガティブカーボンエミッション」は、地球温暖化問題の解決に必要である、一方、回収したCO₂を如何にうまく利用するのかという視点も重要である。

施設園芸におけるCO₂施用の多くは、灯油やガスの燃焼ガスを利用しているが、こうした旧来手法は、カーボンニュートラルという観点で大きな問題である。

2. 課題に対する解決策

大気に含まれるCO₂は、約400 ppmと低濃度であるものの、この大気中のCO₂を直接的に回収する技術(Direct Air Capture, DAC)をCO₂施用に応用展開できれば、日本全国に分散している施設園芸農家にとっても魅力的な解決策になると考えられる。

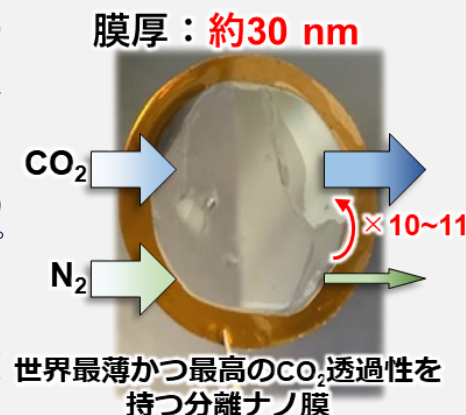


3. 研究の特徴

九州大学は、独自技術によって、圧倒的性能を有するCO₂分離ナノ膜を開発した。

このナノ膜を用いると～400 ppm から～2000 ppm のCO₂濃縮が1段階の分離プロセスで実現できる。

同技術によるCO₂施用装置を試作し、施設園芸用途におけるPOCを目指す。



4. 波及効果

地球温暖化が叫ばれる中、もはや灯油やガスを用いるCO₂施用は、カーボンニュートラルに逆行する。我々は、大気中のCO₂をグリーンエネルギーで濃縮し、施設園芸用の新しいCO₂施用(Air CO₂ Separator, ARCS)を提唱する。

アグリ分野におけるカーボンリサイクルの貢献、クリーンなCO₂という観点で消費者への訴求効果もある。次世代アグリ産業の発展に寄与する。

- 2020年度は、35件の応募から12件の助成を決定。

申請分野	研究課題名	研究代表者名（所属機関）
リサイクル （化学品）	①IGCC+CCS への新規低温メタノール合成触媒適応研究	米山 嘉治（国立大学法人富山大学）
	②バイオマスとCO ₂ からの含酸素化学品合成	崔 準哲（国立研究開発法人産業技術総合研究所）
	③電気化学的CO ₂ 変換のための安価で効果的な新規触媒の発見：付加価値のある化学物質生産に向けて	Song Juntae（国立大学法人九州大学）
	④バイオマス、褐炭と金属媒体を用いたCO ₂ の高効率変換	蘆田 隆一（国立大学法人京都大学）
リサイクル （燃料）	⑤CO ₂ 水素化反応の低温化を可能とする新規膜反応器の開発	古澤 毅（国立大学法人宇都宮大学）
リサイクル （生物の活用）	⑥バイオ燃料と高付加価値商品の同時生産のためのパラクロレウの育種	原山 重明（学校法人中央大学）
	⑦二酸化炭素を有機酸に変換する生物電気化学技術	片山 新太（国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学）
	⑧重イオンビーム照射による早生樹の育成に関する基盤技術の開発	阿部 知子（国立研究開発法人理化学研究所）
社会科学（CR導入促進シナリオ）	⑨正味ゼロ排出に向けたカーボンリサイクル技術イノベーションシナリオ分析	加藤 悦史（一般財団法人エネルギー総合工学研究所）
分離回収等 （CO ₂ 吸着材）	⑩劣質炭素資源からのCO ₂ 吸着剤の開発	望月 友貴（国立大学法人北海道大学）
社会科学（CR導入促進シナリオ）	⑪瀬戸内「カーボンリサイクルコンビナート」の実現に向けた研究	市川 貴之（国立大学法人広島大学）
社会科学（その他）	⑫水素供給に伴うGHG 排出量の調査及び評価	稲葉 敦（一般社団法人日本LCA推進機構）