

カーボンリサイクル技術事例集

(※) 本技術事例集は、御提供いただいた研究開発情報の中から、公開可能とされた内容について、今後の関係者間によるカーボンリサイクル関連研究開発の一層の連携を促進する観点から、事例集としてまとめたもの。

目次

- 株式会社IHI
 - ・CO₂化学吸収法/直接利用 … P.2
 - ・微細藻類バイオ燃料技術開発 … P.3
 - ・有価物合成 … P.4
- 株式会社Eプラス
 - ・CO₂燃料・資源化技術 (CCFR)開発 … P.5
- 川崎重工業株式会社
 - ・高圧CO₂の化学品への変換技術開発 … P.6
- 産業技術総合研究所
 - ・新たなCO₂フローを創り出す新規触媒反応プロセスの技術開発 … P.7
 - ・高効率CO₂変換触媒によるメタノール合成技術の開発 … P.8
 - ・液体金属陰極を用いたCO₂電解還元技術の開発 … P.9
 - ・CO₂排出量評価技術 … P.10
 - ・CO₂分離回収技術 … P.11
 - ・二酸化炭素からアルコール類を製造する技術開発 … P.12
 - ・二酸化炭素からウレタン樹脂を製造する技術開発 … P.13
 - ・固体酸化物共電解を活用するCO₂再資源化技術 … P.14
 - ・CCU + 再エネ循環技術開発 … P.15
- JFEエンジニアリング株式会社
 - ・スマートアグリ技術開発 … P.16
 - ・物理吸着法によるCO₂分離回収技術開発 … P.17
- JFEスチール株式会社
 - ・CO₂有効利用技術開発 … P.18
 - ・鉄鋼スラグ製品を活用した海域環境改善技術開発 … P.19
- 積水化学工業株式会社
 - ・廃棄物資源化技術開発 … P.20
- (独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構、日揮株式会社、日本ガイシ株式会社
 - ・CO₂-EOR適用DDR膜実証試験 … P.21
- 公益財団法人 地球環境産業技術研究機構 (RITE)
 - ・Direct Air Capture(DAC)技術開発 … P.22
 - ・バイオ水素生産技術の開発 … P.23
 - ・高炭素収率を特徴とするセルロース系バイオマスからのバイオ燃料ブタノールの製造に関する研究開発 … P.24
 - ・バイオ化学品・燃料の生産技術開発 … P.25
- 株式会社ちとせ研究所
 - ・微細藻類を用いたCO₂資源化プロセス技術開発 … P.26
- 千代田化工建設株式会社
 - ・【CT-CO₂AR】CO₂を有効利用した高効率合成ガス製造技術開発 … P.27
- 千代田化工建設株式会社、古河電気工業株式会社、国立研究開発法人理化学研究所
 - ・CO₂電解還元法によるC₂化合物製造技術およびシステムの研究開発 … P.28
- 千代田化工建設株式会社、株式会社ユーグレナ
 - ・バイオジェット・ディーゼル燃料製造実証 … P.29
- 電源開発株式会社
 - ・石炭火力から回収したCO₂によるトマト菜園への施肥効果の実証 … P.30
 - ・海洋微細藻によるカーボンリサイクル型燃料/化成品生産技術開発 … P.31
 - ・藻場・漁場造成効果を有する石炭灰重量ブロック材料の開発 … P.32
- 東京電力ホールディングス株式会社
 - ・微細藻TEPMO-26によるバイオ燃料生成研究 … P.33
- 東ソー株式会社
 - ・排ガス由来低濃度CO₂の有用化製品への直接変換 … P.34
- 東レ株式会社
 - ・植物由来原料を用いた化学品の製造 … P.35
- 国立大学法人広島大学、出光興産株式会社、中国電力株式会社
 - ・カーボンリサイクルを実現するGas-to-Lipidsバイオプロセスの開発 … P.36
- 日揮株式会社
 - ・廃棄物ガス化による化学品・燃料合成技術開発 … P.37
 - ・グリーンブタジエン製造技術開発 … P.38
 - ・微細藻類等の微生物による有用物質生産技術開発 … P.39
 - ・DDR膜によるCO₂分離プロセスの実証試験 … P.40
- 日本製鉄株式会社
 - ・CO₂からの鉄鉱石還元用CO変換技術開発 … P.41
 - ・ブルーカーボン技術の開発 … P.42
- 日本製鉄株式会社、国立大学法人九州工業大学
 - ・人工光合成利用CO₂のCOへの直接変換技術開発 … P.43
- 日本製鉄株式会社、国立大学法人富山大学
 - ・CO₂からのオレフィン直接合成技術開発 … P.44
- 日本製鉄株式会社、産業技術総合研究所
 - ・人工光合成利用鉄鉱石還元用水素製造技術開発 … P.45
- 日本製鉄株式会社、三菱ガス化学株式会社、日鉄エンジニアリング株式会社
 - ・CO₂からの炭酸エステル合成技術開発 … P.46
- 日立造船株式会社
 - ・CO₂有効利用技術開発（高濃度CO₂利用品製造プロセスの検討・評価） … P.47
- 三菱ケミカル(株)、コスモエンジニアリング(株)、(株)アクト
 - ・膜によるCO₂回収・メタネーションカーボンリサイクル実用化 … P.48

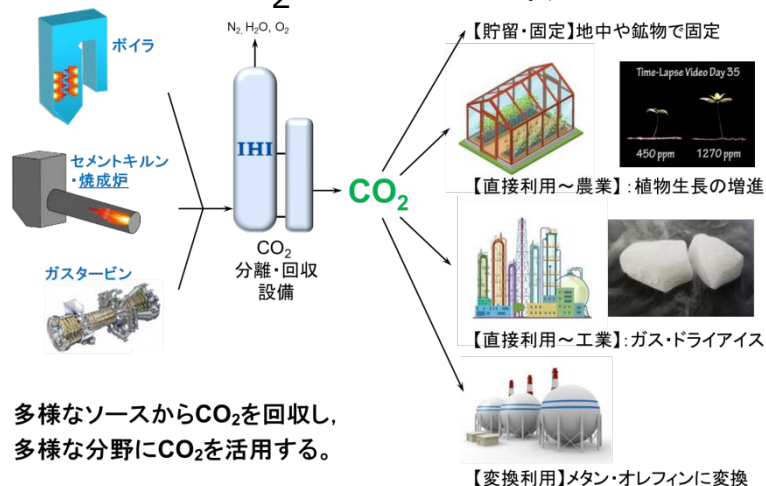
1. 背景・目的・概要

- ・化石燃料を燃料とする火力発電所や、化石燃料を原料とする化学プロセス、廃棄物処理施設などで多量のCO₂を大気に排出している状況。
- ・カーボンリサイクルを実施するに当たり、プラントから排出されるCO₂を効率的に回収することが必要であり、プロセスの最適化や安全性確認が求められる。

2. 技術目標

- ①CO₂回収プロセスにおける環境影響の評価
 - ・アミン法によるCO₂回収プロセスからのアミン飛散評価
- ②回収CO₂の直接利用に向けた事業性評価の完了
 - ・回収CO₂を産業利用、農業利用する際のガス精製の必要性検討
 - ・直接利用に向けたコスト精査とコスト削減検討
(コスト目標：30,000JPY/t-CO₂以下)

【CO₂回収技術の概念】



3. 効果（CO₂削減効果等）

2030年 電力部門のCO₂排出量の10%を回収する場合、
3,600万トンのCO₂削減効果が見込まれる。

1. 背景・目的・概要

- ICAO(国際民間航機関)では、航空業界からの温室効果ガス排出を増やさない取組みとして、CNG2020 (Carbon Neutral Graowth2020)を掲げている。液体燃料が不可欠な当該領域では、GHG排出量の少ない代替ジェット燃料が求められている。
- 本事業では、微細藻類の光合成により油脂分を生産する能力を活用し、ジェット燃料を生産するプロセスを開発している。自然エネルギーと排ガス等のCO₂から、持続的にエネルギー源を創出し、GHG排出抑制に貢献を図る。

2. 技術目標

①2020年までに微細藻類からジェット燃料までの生産プロセスを構築

微細藻類の培養→抽出した油脂分の燃料化まで一貫生産プロセスを構築、サンプル燃料でのデモフライトを実現

②ICAOのカーボンオフセット義務導入に合わせ実用化

2027年から世界的にCORSIA制度が義務化。微細藻類由来のジェット燃料を安定的に量産、供給できる仕組みを構築

③石油由来燃料との比較において合理的な生産コストの実現

生産性向上、プロセスの改善により、2030年頃には経済性のある資源として供給

【微細藻類によるエネルギー創出】



3. 効果（CO2削減効果等）

- 石油由来のジェット燃料と比較して、**GHG排出量を50%未満に抑える**代替燃料。炭素循環に積極的に貢献する再生可能なエネルギー
- 食糧と競合することなく、持続的にエネルギー源を創出することが可能

1. 背景・目的・概要

- ・化学品製造に必要な原料（化石資源）は、資源国からの輸入に頼っており、安定的な化学品製造に不安が残る。また、化石資源を大量に消費することで、大量のCO₂を排出している。
- ・本開発では、再エネ由来のカーボンフリー水素とCO₂を原料に燃料や化学原料を合成する触媒技術の獲得、プロセス開発により脱炭素社会の実現を図る。

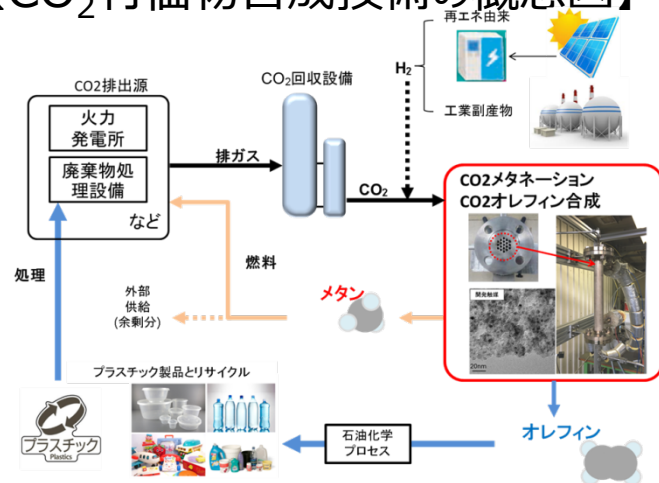
2. 技術目標

①2022年までに再エネ由来水素とCO₂排出設備から回収したCO₂を用いた実証を実施（メタネーション）

そうまIHIグリーンエネルギーセンターに建設する水素研究設備での実証試験を計画中。

②2030年までに再エネ由来水素を用いたオレフィン合成プロセスを確立

CO₂→低級炭化水素の合成効率40%以上の触媒開発
CO₂回収プロセスと炭化水素合成プロセスの全体最適化による高効率プロセスの確立

【CO₂有価物合成技術の概念図】3. 効果（CO₂削減効果等）

- ・メタネーション
日本が輸入するLNGの約1%（85万t）を合成メタンで代替すると、燃料利用量削減によるCO₂削減効果は253万tである。
- ・オレフィン合成
100万トンの低級炭化水素を本プロセスで製造する場合、原料となるCO₂を回収することにより、250万トンの削減効果が見込まれる。また、従来プロセスであるナフサの熱分解プロセスで排出されるCO₂が約120万トン削減できるため、合わせて約370万トンのCO₂削減効果が見込まれる。

1. 背景・目的・概要

CO₂を削減・資源化有効利用を進めることで、CO₂削減コスト、ゼロを目指して開発を進めてきました。

CO₂は安定分子ですが、電気作用を受けると変性します。

(株)Eプラスの持つ、低コスト電気分解法を活かし、CO₂吸収液を大容量で直接電気分解を低コストで行います。

CO₂を低コスト資源化を実現しました。

独自の工法を開発したことで、CO₂吸収方式も低コスト設備を実現しました。

広く産業活動に貢献できる技術を目指しています。

2. 技術目標

①CO₂吸収液を電気分解、電解発生水素と炭化水素生成率回収CO₂の40%以上を達成する。 2020年度

②CO₂鉱物固定化を利用した肥料販売の拡張 2020年度

③CO₂吸収、繰り返し使用後の廃液を利用して、独自電解法水素発電の実証・燃料化発電の実証 2020年度

④CCFRシステム全体の実証 2020年度

コスト目標：CO₂削減ランニングコストをTOTALでゼロに

【CCFR技術の概念図】



3. 効果（CO₂削減効果等）

2030年CO₂削減TOTALコストゼロのシステムにより、年間500万トン以上のCO₂削減が見込まれる。

併せて、システム工程で水素発電・燃料発電によって、化石燃料使用が大幅に削減される相乗効果により、CO₂削減に大きく貢献できる。

合計すると1000万トン以上の削減効果を期待できる。

1. 背景・目的・概要

- ・COP21以降、低炭素社会への移行に向け、再生可能エネルギーの普及と化石資源利用抑制の動きが加速している。
- ・化石資源利用抑制に加え、自動車のEV化等が進むことで石油精製量が減少してナフサ供給も減少するため、ナフサ代替原料が求められる。
- ・更に低炭素社会への移行を加速するには、CO₂由来のカーボンリサイクルの化成品利用が求められるが、CO₂の高い安定性ゆえに、数MPa程度の高圧反応となることが多く、圧縮動力削減技術が求められる。

2. 技術目標

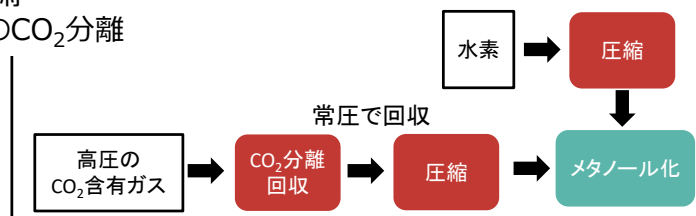
- ① 化学工場や天然ガス田等の高圧のCO₂排出源から、高圧を維持した状態でCO₂を回収する。
- ② 高圧のCO₂を、再生可能エネルギー等から製造した水素と反応させてメタノール等化成品を合成するプロセスに利用し、より低コストでかつCO₂排出量の少ない化成品合成技術確立する。

3. 効果（CO₂削減効果等）

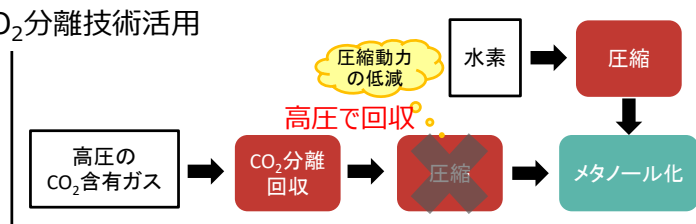
50万t-CO₂/y程度

- ・水素：太陽光発電+水電解で製造
- ・製造物：化成品としてメタノールを例に試算
- ・CO₂圧縮動力：1.1GJ/t-CO₂
- ・単位CO₂削減量：1.4t-CO₂/t-天然ガス由来メタノール
- ・本技術による製造物割合：20%
(2017年度の国内メタノール輸入量180万トン)

従来技術
常圧でのCO₂分離



高圧CO₂分離技術活用



新たなCO₂フローを創り出す新規触媒反応プロセスの技術開発 〔基礎研究/技術開発〕

1. 背景・目的・概要

・低炭素社会の早期実現に向け、発電分野あるいは鉄鋼・化学産業等で大量に発生するCO₂を回収し、再利用する技術の確立が急務である。産総研では、①発電所等から回収したCO₂を再生可能エネルギー由来の水素によって熱化学的にメタンへ変換するメタネーションプロセスの開発（NEDO事業）さらに②独自に開発した固体触媒を用いてメタンから化学基幹物質であるベンゼンを直接合成するMTB（Methane to Benzene）プロセスの開発（産総研自主研究）を展開している。触媒の熱劣化、化学的劣化あるいは炭素析出による失活への対応策確立、触媒の連続再生法確立などに取り組み、上記プロセスの完成とその早期社会実装を目指している。

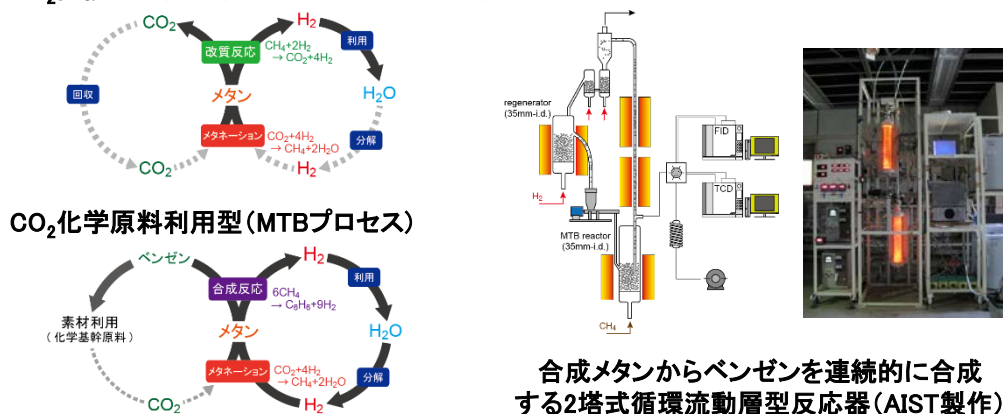
2. 技術目標

- ①大きな発熱を伴うメタネーション反応（CO₂の水素化反応）における熱および触媒活性マネジメント（リアクター内超高温域形成、硫黄などの不純物による触媒の化学的劣化の回避）が重要である。そのために、熱劣化や触媒失活機構を明らかにし、操作条件の最適化によるプロセスの信頼性、耐久性の向上を図る。
- ②CO₂由来のメタンから石油化学基本原料であるベンゼンなどの芳香族を直接かつ連続的に製造するプロセスを世界に先駆けて確立する。そのための触媒の最適構造、触媒再生方法などの探索を進める。また、プロセス全体の熱物質フローの最適化を行い、早期社会実装を目指す。

3. 効果（CO₂削減効果等）

【新たなカーボンフローを創り出す新規触媒反応プロセスの開発】

CO₂直接再利用型（メタネーションプロセス） 産総研におけるMTB研究



- ①メタネーション：日本国内の太陽光および風力発電から供給可能な電力量（2016年の設備容量：4,930万kW）から供給し得る水電解水素量を考慮すると、我が国のエネルギー分野のCO₂排出量4億7800万トン（2015年）の約1.5%のCO₂をメタンに転じることができる*。このことにより海外からの天然ガスの約3.2%を代替することができる。
- ②MTBプロセス：MTBプロセス10万トン／年を5基を導入（わが国のベンゼンの需要はおよそ500万トン／年）し、回収CO₂からの合成メタンをベンゼンに変換すると、およそ75万トンのCO₂固定に相当する。

*NEDO：次世代火力発電等技術開発／次世代火力発電技術推進事業／CO₂有効利用可能性調査（FY28-30）報告書を参考に算出

1. 背景・目的・概要

再生可能エネルギーのコストが大幅に低下し、普及が進んでいる。時空間的に偏在する再エネの余剰エネルギーで、CO₂を変換し、エネルギー貯蔵や化成品合成への活用を目指している。しかし、従来触媒では高温高压が必要なため、より温和な条件で駆動する高性能触媒の開発を行い、エネルギー効率を高める必要があった。特に、CO₂の還元により得られるメタノールは、化成品、燃料等の需要に加えて、エチレン、プロピレン等の低級オレフィンへの転換も可能であるため、大量の炭素資源として活用できる。

産総研で開発してきたCO₂水素化触媒をさらに改良し、高効率でCO₂からメタノール変換のエネルギー効率の向上を図っている。

2. 技術目標

①低温低圧条件下でCO₂を変換できる高活性触媒の開発

50℃、1 MPaの条件でも、CO₂からメタノールに変換できる高性能触媒の開発を目指す。

②CO₂の電気化学的還元によるメタノール合成

水電解水素製造を経由することなく、再エネ電力を用いることで、直接電気化学的にCO₂を還元できれば、大幅にエネルギー効率を高めることができる。

③連続メタノール製造システムの構築

高選択・高効率なCO₂の水素化（電解還元）の連続プロセスの構築により、実証プロセスを目指した研究開発を進める。

【二酸化炭素資源化技術の概念図】



3. 効果（CO₂削減効果等）

・革新的なCO₂変換触媒の触媒設計指針は、CO₂利用技術の非連続的イノベーションとなる可能性がある。この概念の提示により、CO₂変換触媒の大きな進展が期待できる。

・全世界で、年間メタノール1億トン、低級オレフィン3億トン、BTX1億トン、計5億トンの需要がある。また、CO₂から得られるギ酸を含めて、エネルギーキャリアとしてエネルギーの貯蔵・輸送サイクルに取り込めば、数十億トンが必要なり、CO₂排出量の数%の大気中への排出を抑制できる潜在的な可能性がある。

1. 背景・目的・概要

再生可能エネルギーの普及が進み、需給のミスマッチなどにより余剰電力の発生が顕在化してきている。本研究では、電気化学プロセスによりCO₂を還元し、生成する固体炭素を化学製品、あるいは建築材料等として利用することで、CO₂の削減を図る。

通常の固体電極を用いたCO₂の電解還元法では、炭素が被膜状となる。一方で、液体金属カソードを用いれば、カーボンブラックなどの粉末状炭素が得られる可能性があり、大規模な有効利用が期待できる。そこで、液体金属カソードを用いた場合の生成炭素の形態制御、物性評価および有効利用法について検討を予定している。

2. 技術目標

①液体金属陰極を用いたCO₂電解還元法の開発

液体金属陰極を用いて、粉末状炭素が得られるCO₂電解還元プロセスを開発する。水溶液系または熔融塩系において、CO₂の溶解度、反応速度、反応器設計などの観点から大規模展開可能なプロセスを構築する。

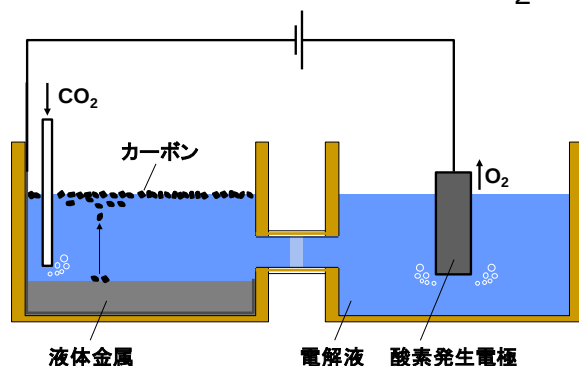
②生成炭素の形態および物性の制御技術開発

種々の条件で生成される炭素の形態観察および物性評価を行い、用途に応じた炭素の形態・物性の制御技術を開発する。

③生成炭素の有効利用可能性調査

ゴム製品や電極材料などへの生成炭素有効利用について検証を行う。

【液体金属陰極を用いたCO₂電解還元技術の概念】



水溶液系または熔融塩系が想定される。熔融塩系の方が、温度が高くなるため、材料コストが高くなるが反応速度は速いため、大量生産向きである。

3. 効果（CO₂削減効果等）

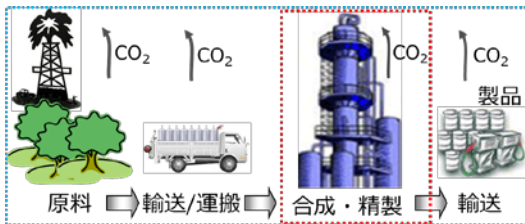
現在、タイヤ用フィラーや導電材料等として使われるカーボンブラックは、かさ高い製品であるため長距離輸送に適さないことから、国内各所で製造され、主に国内で消費されている。その国内生産量は年間約50万tであり、この化石資源由来の製品を置き換え、CO₂を原料として製造した場合、約180万トン/年のCO₂削減効果がある。カーボン製品原料としてのCO₂の利用は、国内の高濃度CO₂発生源における付加価値製品製造により経済性を有する可能性がある。また、再エネ余剰電力量が製品需要を上回る場合には、固体炭素を建材、アスファルト等にフィラーとして混入する、または長期埋蔵することで、CO₂削減効果を増大することができる。

1. 背景・目的・概要

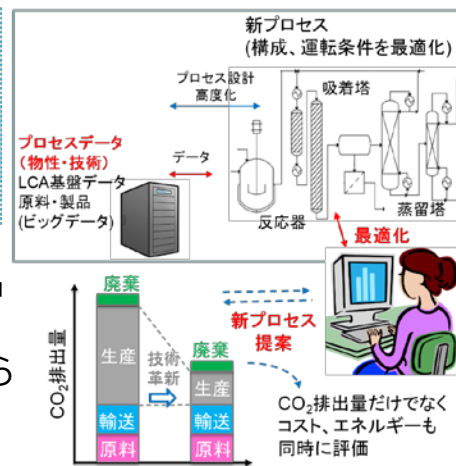
・カーボンリサイクル技術として、化学品製造プロセスでの真のCO₂削減に繋げるためには、原料調達から製品までを考慮したCO₂排出量を正しく評価する必要がある。本技術では、プロセス設計とライフサイクルアセスメント（LCA）を統合したCO₂排出量の評価手法を開発する。

本評価手法ではCO₂排出・CO₂を利用するためには、経済性も考慮に入れる必要がある。

量だけでなく、製造コストまでを検討対象とし、製造コストの制約のある中で、排出量を最小化する化学プロセスを提案することができる。



- ・原料調達から製品までのCO₂排出量を評価する。
- ・CO₂排出量と製造コストの両面から適した化学プロセスを提案する。



2. 技術目標

- ① 化学品製造プロセスの運転時だけでなく、建設時の影響も考慮に入れて、コストとCO₂排出量の両面を同時に評価する。
- ② コストや消費エネルギー、CO₂排出量などに対して多目的最適化を行うことで、それぞれ制約のある中で、排出量を最小化する化学プロセスを提案する。
- ③ プラント間での連携を促進し、物質やエネルギーを効率的に利用するためのネットワークを提案する。
- ④ 対象地域の特徴に応じた最適な原料の種類、生産品の組み合わせを提案し、地域全体でCO₂を削減する。

3. 効果（CO₂削減効果等）

- ・CO₂利用などカーボンリサイクル技術を実用化するためには、「本当に削減されるのか」「経済競争力はあるのか」という2点をクリアする必要がある。その中で、トレードオフの関係にあるコスト、消費エネルギー、CO₂排出量という複数の評価軸に対して、多目的最適化を行うことにより、対象となる技術の競争力を評価する。
- ・製造コストや消費エネルギーの制約がある中で生産性を向上させ産業競争力を強化しつつ、CO₂排出量を最小化するような化学プロセスを提案する。

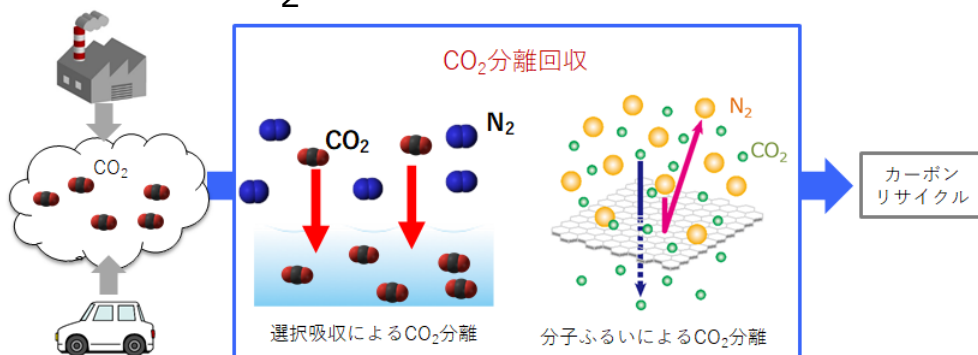
1. 背景・目的・概要

- ・カーボンリサイクルを実現する上で、省エネかつ高効率にCO₂を分離回収する材料やプロセスの実用化が必須で、多種多様なCO₂排出源に応じた分離回収技術の開発が重要である。
- ・難揮発性の機能性吸収液を用いて、その分子構造の制御や組合せによりCO₂吸収・放散量や吸収エンタルピーを最適化し、様々なCO₂排出源に適した高効率の分離回収技術を開発する。
- ・ゼオライト膜等のナノサイズ細孔による分子ふるい機能を用いたCO₂分離膜を開発し、発電所等の排出CO₂や空気中の低濃度CO₂の分離回収を図る。

2. 技術目標

- ①**機能性吸収液を用いた省エネ型CO₂分離回収技術の開発**
 - ・機能性吸収液を用いて、100℃以下の低温廃熱や再エネのみで駆動し、分離回収に要する消費エネルギーが1.5 GJ/ton-CO₂以下の吸収分離プロセスを開発する。
 - ・触媒反応器やSOECなどと組み合わせて、回収したCO₂を再資源化する技術を開発する。
- ②**分子ふるい分離膜による省エネCO₂分離技術の開発**
 - ・発電所排ガス等に対応可能な分離膜(分離係数100以上、耐熱温度500℃、高耐食性)や、空気中の低濃度CO₂回収膜(分離係数300以上)をゼオライト等を用いて開発し、合わせて大規模展開が可能な膜製造技術を確立する。

【CO₂分離回収技術の概念図】



3. 効果 (CO₂削減効果等)

- ・日本全国の焼却場から発生するCO₂を回収した場合は2.3億ton-CO₂/年の、下水処理場由来のバイオガスからCO₂を回収した場合は56万ton-CO₂/年のCO₂排出量削減効果が見込まれる。
- ・開発した分離膜(本数3～4万本、膜面積1500m²)によって、火力発電所1基(100万kWh)から排出されるCO₂の分離が可能となり、600～750万ton-CO₂/年の削減が見込まれる。
- ・空気中のCO₂(濃度400ppm)を開発した分離膜で処理することで、10%のCO₂回収が可能となり、CO₂濃度の360ppmまでの低減が見込まれる。

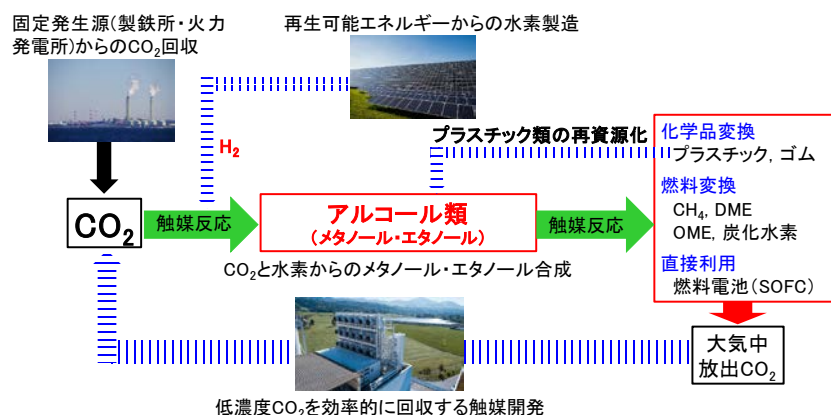
1. 背景・目的・概要

- 再生可能エネルギーによる水素を活用することで、固定発生源から排出されるCO₂をアルコール類に変換して、化学品原料および燃料等を効率的かつ大規模に製造する触媒反応・プロセスを構築する。
- 将来的には、CO₂の捕集・濃縮技術との複合により、大気中の放出されたCO₂の再資源化を図り、総合的な大規模炭素循環システムを構築する。
- CO₂からの基礎化学品・燃料等の製造確立により、化石資源からの脱却を実現し、大幅なCO₂の削減を実現する。

2. 技術目標

- ① 2030年までに固定発生源から排出されるCO₂と再生可能エネルギーによる水素を原料とした基礎化学品製造技術の大規模実証を展開する。
- ② 2050年までに大気中に排出されたCO₂の回収技術と複合化することで、大規模な炭素循環システムを構築し社会実装を行う。
- ③ CO₂を化学品原料として活用できる触媒技術や反応プロセス開発を通して、大規模CO₂原料化技術確立し炭素循環社会を構築するとともに、石油等の化石資源から脱却しCO₂の大幅削減を実現する。

【大規模循環システム概念図】



3. 効果 (CO₂削減効果等)

- 本技術が実用化され、2030年までに国内の火力発電所から排出されるCO₂を回収してアルコール類に変換できれば、CO₂固定化ポテンシャルは、最大で約500百万t-CO₂と見積られる。大気中のCO₂の回収技術と複合化することで運輸・産業部門の排出量削減にも貢献可能になる。
- 本技術が実用化されれば、鉄鋼産業、セメント産業、火力発電所等から排出されるCO₂を炭素資源として利活用・固定化することが可能であるとともに、化学産業の生産プロセスや自動車燃料により排出されるCO₂を再利用することが可能となり、国内外の排出量削減に大きく貢献する。

二酸化炭素からウレタン樹脂を製造する技術開発 〔研究開発〕

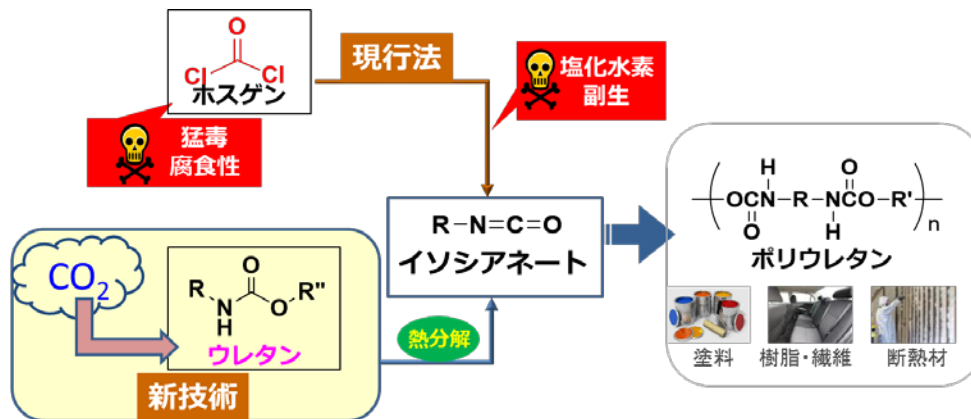
1. 背景・目的・概要

- 猛毒であるホスゲンを出発物質として工業的に製造されているポリウレタン樹脂の原料を、無毒かつ再生可能資源であるCO₂から直接的かつ効率的に製造する触媒反応・プロセスを構築する。
- CO₂から合成するのが高難易度だがウレタン樹脂として市場規模の大きい「芳香族ウレタン類」に適用可能な技術シーズを有する。
- 将来的には、CO₂の濃縮や加圧工程を経る事無く、火力発電所等の排気ガスからポリウレタン原料を直接的に合成する技術を構築する事を目指す。

2. 技術目標

- ① 2030年までにCO₂を原料とするポリウレタン原料製造技術の大規模実証を展開する。
- ② 2050年までにCO₂の濃縮や加圧工程を経る事無く(Direct Air Capture)、火力発電所等の排気ガスや空気中のCO₂からポリウレタン原料をはじめとする様々な化学品を製造する技術の社会実装を行う。
- ③ CO₂を化学品原料として活用できる触媒技術や反応プロセス開発を通して、石油等の化石資源から脱却し、真にCO₂を排出せずに原料として利活用する炭素循環社会の構築が実現を目指す。

【二酸化炭素からウレタン樹脂製造技術の概念図】



3. 効果 (CO₂削減効果等)

- 本技術が実用化され、化学品をCO₂原料由来に置き換えることによるCO₂の固定化ポテンシャルは、2030年世界市場規模予測において、最大で540万t-CO₂ (日本国内12.8万t-CO₂)、2050年市場規模予測において1,429万t-CO₂ (日本国内13.1万t-CO₂) と見積られる。
- 本技術が実用化されれば、生産プロセスでCO₂を排出している化学産業を初めとして、鉄鋼産業、セメント産業、火力発電所等から排出されるCO₂を炭素資源として利活用・固定化することが可能であり、国内外の排出量削減に大きく貢献する。

固体酸化物共電解を活用するCO₂再資源化技術【研究開発】

1. 背景・目的・概要

- ・再生可能エネルギー等を有効活用し、酸化物イオン伝導体を電解質とする共電解セルで、水と二酸化炭素を同時に電解還元し、高効率に高濃度メタン等への化学エネルギーや基礎化学化合物へ変換する技術を検討。
- ・具体的には、システム上の熱の有効利用や、電気化学式の触媒技術の活用により、総合効率90%以上を目指せる技術（既存の電解水素と二酸化炭素の反応では総合効率65%程度）。
- ・共同電解と触媒技術の組み合わせによりメタン以外の化学品合成の反応制御も可能。

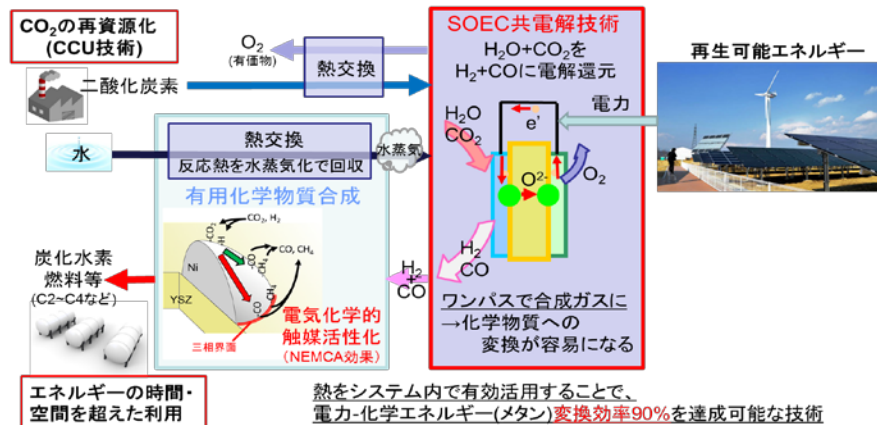
2. 技術目標

- ①2030年までに二酸化炭素を数40%程度含むバイオガス等（1億Nm³/年以上）を100~200kW級でシステムでメタン等を85%以上の転化率で変換する技術を確認（現状100W級）。
- ②2040年以降で、工場などの事業所の排ガスや大気中の二酸化炭素を資源化する技術を検証（再生可能エネルギー活用）。

高効率な燃料電池（固体酸化物型燃料電池など）と組み合わせ、エネルギーの時間と空間を超えた利用や、高効率での二酸化炭素の再資源化システムの構築を目指す。

（再生可能エネルギーを活用し、現在のバイオガスや都市ガス等と同等レベルの社会導入が可能なコストをターゲット）

【固体酸化物共電解技術の概念図】



3. 効果（CO₂削減効果等）

・国内2200箇所ある下水処理場などの二酸化炭素を含む余剰バイオガスをメタン等の化学品へ変換した場合、少なくとも、2030-2040年以降に約0.9億トン/年のCO₂削減効果が見込める。

・さらに、工場や発電所などの二酸化炭素の資源化に対応できる規模へシステムを拡大できれば、二酸化炭素が化学エネルギーや化成品への炭素循環システムへ貢献でき、国内の二酸化炭素排出低減に大きく寄与できる。

1. 背景・目的・概要

- ・CCUは再エネ循環の手段。実施地から消費地までの全体システムでCO₂削減にグローバルに貢献する必要。従来P2Gの再エネ水素には経済性の壁。+αの多くの技術の融合で克服。
- ・①18円/Nm³以下の水素製造コストを達成するレドックス光触媒-電解ハイブリッドシステム。②O₂発生過電圧ほぼゼロの革新電極。③酸化と還元の多様な高付加価値の有用化学品製造を同時に行うソーラーケミカルコンビナート用の特殊電極触媒。④太陽熱利用を組み込んだ省エネ化CCU（特にCH₄や合成ガス合成）。⑤ CO₂削減効果と経済性の両面からLCA的議論を事前または同時に実施。

2. 技術目標

- ①③④2030年台に実証プラントで技術課題の克服。2040年台に実用化。
- ②2030年までに従来P2G電極より1割以上電気代削減。

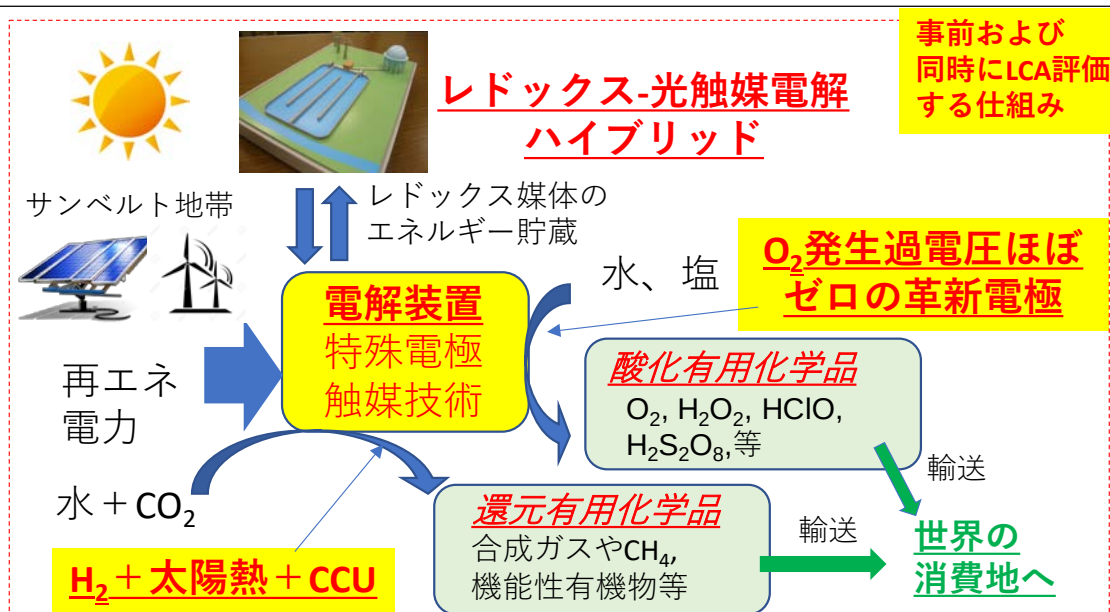
3. CO₂削減効果等

<Solar Chemical>

世界のH₂O₂とNaClOの現在の生産量分にかかるエネルギーを全て太陽エネルギーで賄うと仮定する：その製造における世界の年間CO₂総排出量はそれぞれ2400万トンと2900万トンに達する。合計5300万トン-CO₂。上記以外の多くの種類の化学品製造プロセスに太陽エネルギーを利用できれば、個々の削減量は小さくても、その総量は膨大である。小型実用化は早期に可能性。

<Solar 水素&CO&CH₄>

2050年の世界の水素供給予測基準からの試算：石油換算で120Mt：水素分（1%普及率）で314万トン-CO₂。100%普及率で3億トン-CO₂以上。



図：ソーラーケミカルコンビナート経由のCCU+再エネ循環グローバル構想

1. 背景・目的・概要

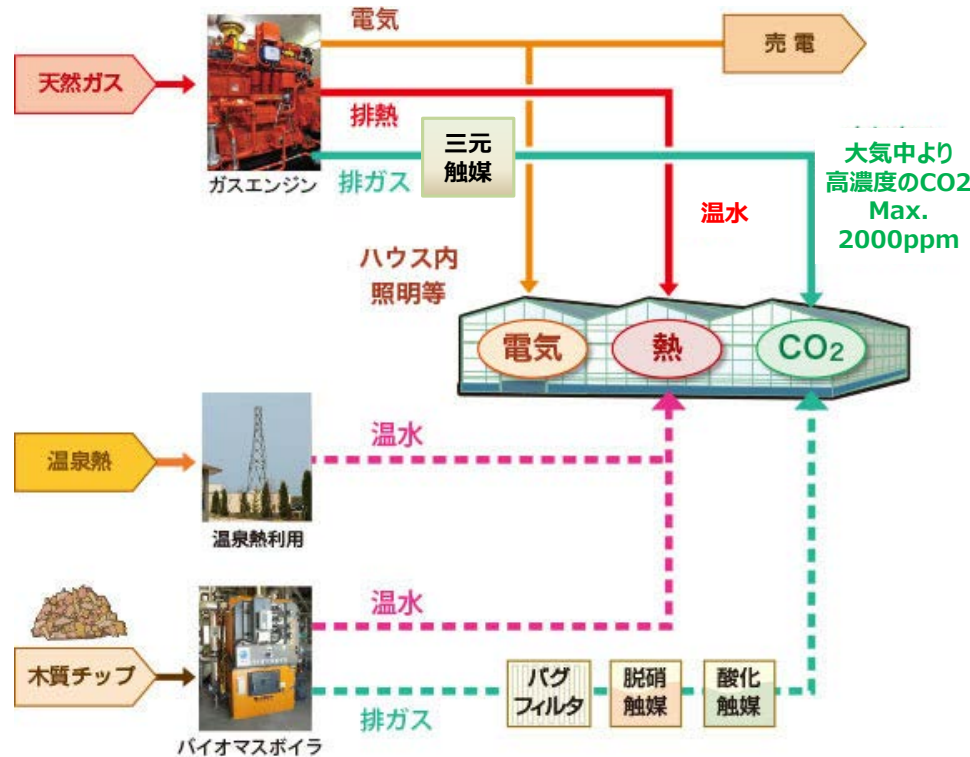
【背景、目的】

日本農業がかかえる大規模化や生産効率向上の課題を当社技術で解決

【概要】

地域に最適なエネルギー源を活用した農業ビジネスモデルを提案

【技術の概念図】



2. 技術目標

【高度環境制御システム】

- ・温室外の天候データや温室内の環境データを常時モニタリングし、栽培品種に応じて温室環境を常に最適に保つよう自動制御
- ・植物の最適な環境下で光合成を最大化し生産性を向上

【エネルギー利用技術】

- ・天然ガスを燃料とするガスエンジンからの電気、熱、CO2を利用するガスエンジントリジェネレーションシステム
- ・木質チップを燃料とするバイオマスボイラの熱とCO2を利用するシステム
- ・未利用エネルギーの温泉水を熱源としたヒートポンプシステム

3. 効果（CO₂削減効果等）

- ・2013年11月に苫小牧市に（株）Jファームを設立し、高糖度ミニトマト、ベビーリーフを生産
- ・2016年12月に札幌市に札幌工場を増設して生産を開始
- ・苫小牧工場はガスエンジンとバイオマスボイラ、札幌工場はバイオマスボイラの排ガスから浄化したCO₂を植物の光合成に使用することでCO₂発生量を大幅に削減
- ・苫小牧工場は未利用エネルギーを利用するヒートポンプを使用することでCO₂発生量を削減
- ・温室環境を最適制御することで不必要なエネルギー消費量を削減

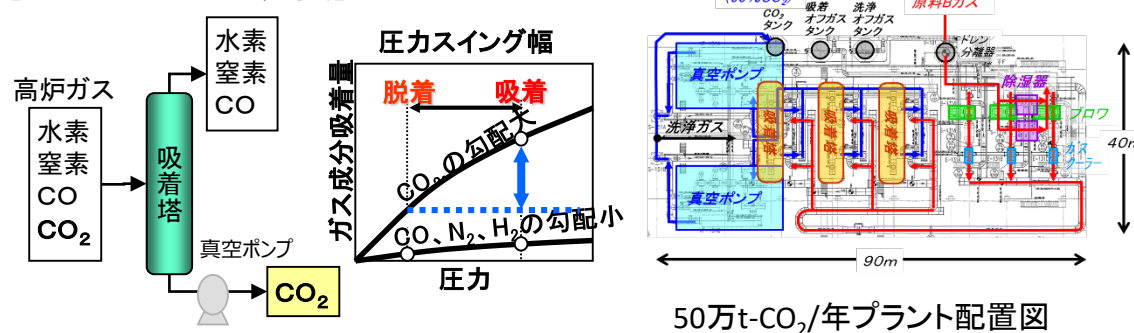
1. 背景・目的・概要

- ・製鉄所の高炉からは、大量のCO₂が排出されており、このCO₂の分離回収と処理が必要。
- ・革新的製鉄プロセスの開発（COURSE50：鉄鉱石の水素還元、高炉ガスからのCO₂分離回収）の一環として、物理吸着法によるCO₂分離技術の実用化に向けた開発を29年度まで実施。
- ・物理吸着法のひとつである、PSA（圧カスイング吸着）法のベンチプラントを建設し、運転試験を行った。

2. 技術目標

- ①PSAプロセスのさらなる効率化を図り、努力目標である電力原単位130kWh/t-CO₂を達成する。
- ②主要機器類・炭酸ガス吸着塔を含むP S A全体プロセスの詳細設計を完了させる。
- ③詳細設計をもとに炭酸ガス回収コストを算出し、2,000円/t-CO₂以下を達成する。

【PSAプロセス概要】



ガスに対する吸着特性の違いを利用し、加圧と減圧の操作（圧カスイング）を繰り返して炭酸ガスを連続的に分離する

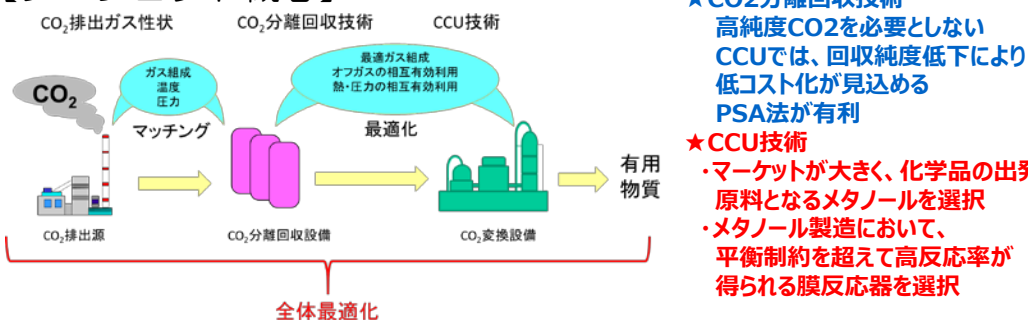
3. 効果（CO₂削減効果等）

- ・電力原単位およびコスト目標達成
- ・COURSE50全体として、2030年以降に、「分離回収後CCS」を行い、製鉄所排出CO₂の20%を削減。

1. 背景・目的・概要

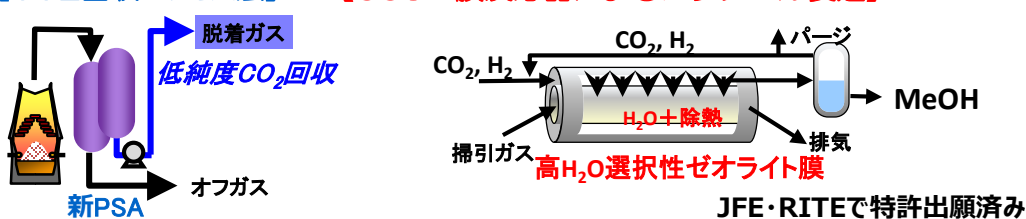
- ・NEDOプロジェクト「次世代火力発電等技術開発／次世代火力発電基盤技術開発／CO₂有効利用技術開発」を、プロジェクトの一員として実施中。
- ・JFE-RITEでは、メタネーション以外の有望なCCU技術の可能性を検討する目的で、CCU向け低コストCO₂分離回収技術の検討および、回収技術とCO₂排出源、有効利用（変換）技術の組み合わせにおいて最適なCO₂変換技術のプロセスの概念設計を実施

【プロジェクト概念】



【CO₂回収：PSA法】

【CCU：膜反応器によるメタノール製造】



2. 技術目標

- ①CCU適用時の省エネルギー化・低コスト化が見込まれるCO₂変換・有効利用技術についての調査
- ②CO₂排出源、CO₂回収から変換プロセスまでを考慮した省エネルギー型の全体最適化を図ったCCUプロセスの検討
- ③「選定した有望技術」に関して、小型試験による評価試験を行い、概念設計を実施
※「選定した有望技術」
ここまでの検討により、下記を選定
CO₂回収 : PSA分離回収法
変換プロセス（CCU技術） : メタノール製造
- ④今後「解決すべき技術開発課題」を抽出し、「有望システムの実用化のための研究開発計画」を策定し、「実施シナリオ」を明確にする。

3. 効果（CO₂削減効果等）

- ・メタノール 1 t 当り、2 t のCO₂削減
（今後、詳細な評価は必要）
（世界のメタノール生産量：現状約7千万 t /年）
- ・実用化のための研究開発を継続。製鉄所排ガス中CO₂を原料としたCCUの実用化に向け、事業連携・枠組等も検討予定。

1. 背景・目的・概要

【背景】

山下公園前海域は、海底は泥に覆われ、夏場は赤潮発生・貧酸素化となるなどの問題。

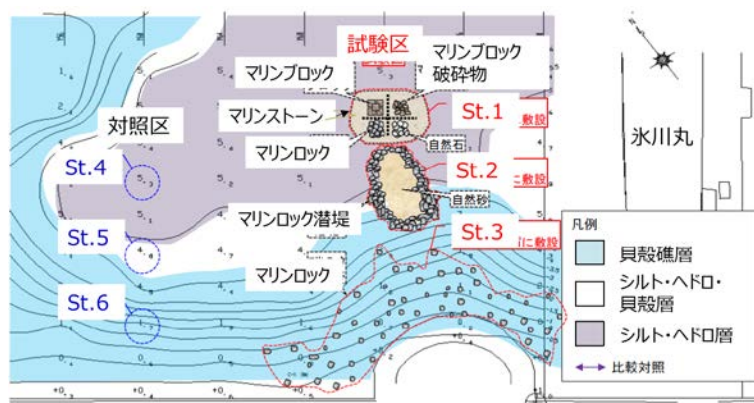
【目的】

生物付着基盤や底質改善の効果が期待される鉄鋼スラグ製品を沿岸域に設置し、海域の生物生息環境の改善手法を検討。

【概要】

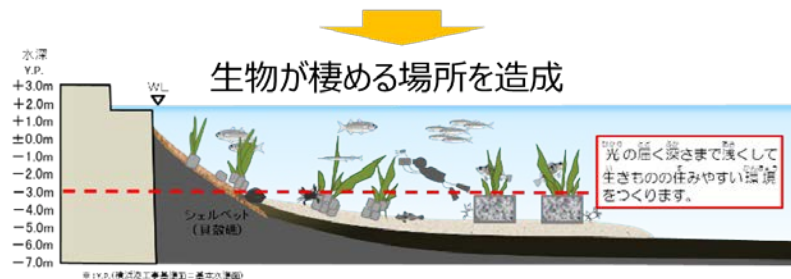
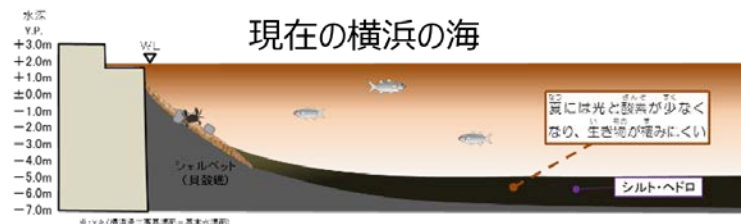
当社の鉄鋼スラグ製品を山下公園前海域に設置し変化を調査。

山下公園前海域に当社の鉄鋼スラグ製品を設置し、約4年半にわたって調査。



2. 技術目標

- ・生物付着基盤材料「マリンブロック®」、「マリンロック®」、底質改善材「マリンストーン®」による生物多様性の回復。
- ・ろ過食性動物生息促進による水質改善



引用元：横浜市記者発表資料：「きれいな海づくり」の推進に向けた共同研究を開始します
<http://www.city.yokohama.lg.jp/kankyo/kisha/h25/images/131015-1-8.pdf>

3. 効果（CO2削減効果等）

- ・水質が改善し、貝、魚等の多様な生物が生息。
- ・水質浄化能力は1日あたり8500 k Lと想定（平成28年1月調査時点）。
- ・マリンブロック製造時のCO₂固定量 = 280Kg/m³

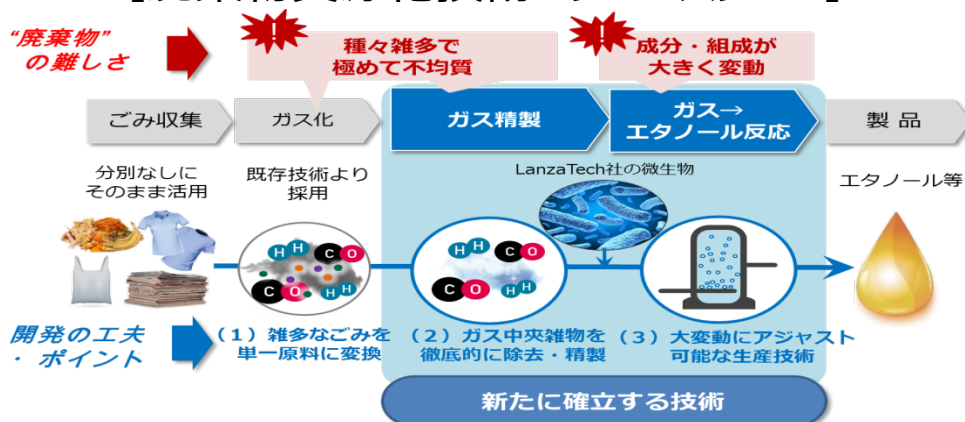
1. 背景・目的・概要

- 化学品製造に必要な原料（化石資源）は、限られた産出国からの輸入に頼らざるを得ない状況にあり、将来にわたって安定的に化学品が製造出来るか危惧されている。また、化石資源を大量に消費することに伴い、大量のCO₂を排出している状況。
- 本事業では、化石資源代替の有力候補でありながら、現状焼却処分されている廃棄物を資源化することを目的とする。
- 廃棄物由来のCO/H₂を原料にプラスチック原料等の基幹化学品を製造する革新的プロセスを開発する。

2. 技術目標

- ①**廃棄物をガス化（CO/H₂化）し、微生物のガス発酵によりガスからエタノール等の資源を合成する技術の開発**
・微生物を用いた常温常圧プロセスによる省エネルギー資源化プロセスを開発する。
- ②**廃棄物をガス化した際に副生するCO₂をグリーン水素によりCO化する技術の開発**
・ガス化廃熱を活用した省エネルギーCO化プロセスを開発する。
- ③**廃棄物由来資源（原料）を用いた化学品を合成する技術の開発**
・例：エタノールからエチレンやブタジエンを合成する省エネルギー合成触媒／プロセスを開発する。

【廃棄物資源化技術のプロセスフロー】



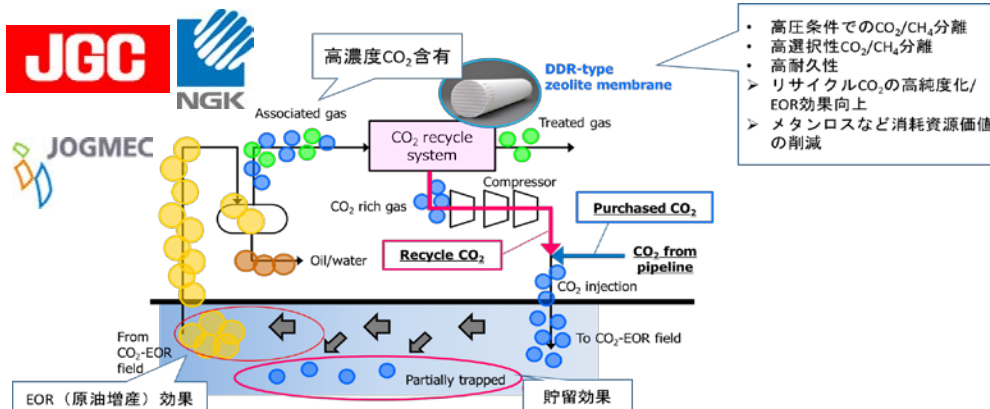
3. 効果（CO₂削減効果等）

- 廃棄物焼却＋発電と比較し、廃棄物ガス化＋エタノール化の場合は、1MJのエネルギー（電力orエタノール）を得る際に排出されるCO₂を250g程度削減することが見込まれる。
- 廃棄物1tからは4,240MJ程度（200L程度）のエタノールを合成出来るが見込まれる。
- 廃棄物からのエネルギー回収率は50%弱程度と見込まれる。

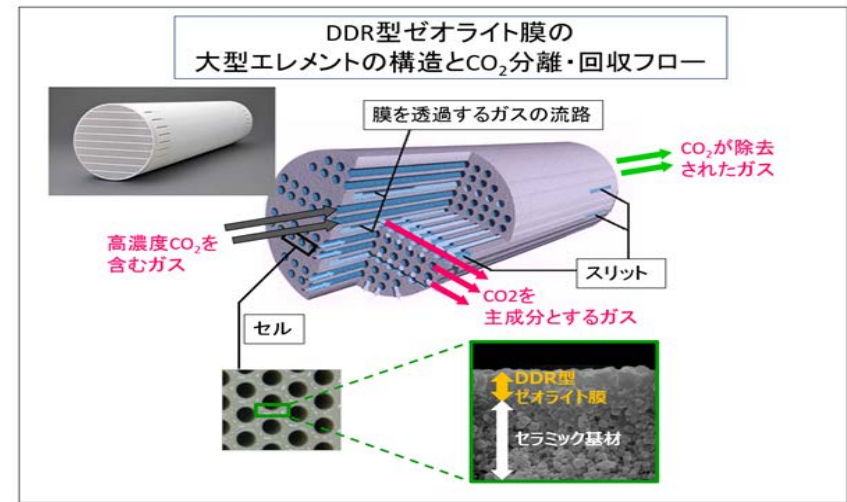
1. 背景・目的・概要

- CO₂-EORは油を増産し、かつ、圧入したCO₂に対し結果40-80%油層に貯留されとの試算があり、現在、経済性を有する最も有力なCCUSプロジェクトとして期待されている。
- 原油増産効果を高めるには、リサイクルCO₂の純度を高めることが重要であり、開発されたDDR膜(ゼオライト膜)は、CO₂-EORプロジェクトの経済性を高める最も有力な技術として期待されている。

【CO₂-EOR適用DDR膜の概念図】



2. 技術目標



- ① 高圧条件下でのCO₂/CH₄分離技術
(回収CO₂濃度 95%、CO₂回収率 90%)
- ② DDR膜 (ゼオライト膜) プロセスの実用化

3. 効果 (CO₂削減効果等)

- ★ 本実証によるCO₂-EOR適用DDR膜の効果検討項目
- 高圧条件下でのCO₂/CH₄分離：
リサイクルCO₂昇圧動力削減 (= 操業コスト削減)。
- 高選択性CO₂/CH₄分離 (= プロジェクト経済性向上)：
(1) EOR (増油) 効果向上
(2) ガス (CO₂, CH₄) 分離ロス削減
- 高耐久性：設備維持コスト削減

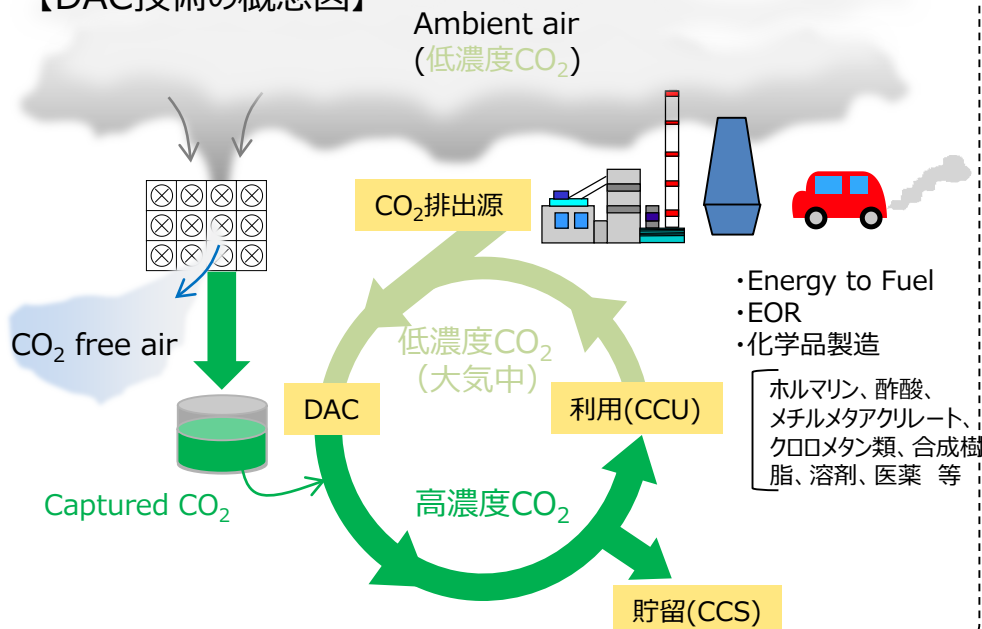
1. 背景・目的・概要

・DACは低CO₂濃度（数百ppm程度）大気からCO₂を直接回収・固定する技術。同じ面積で森林の数千倍の固定能力を持ち、水資源にも影響を与えないと期待される一方、現状の技術ではエネルギー消費とコスト低減が課題。

・RITEは世界最高水準の省エネかつ低温駆動可能なCO₂吸収技術を持ち、CCUSの他、閉鎖空間等、より低濃度のCO₂回収技術の開発を進めている。

・それらの知見を活かし、大気中から回収したCO₂を様々な分野に有効利用（各種化学品製造、燃料やEOR）するカーボンサイクル・炭素循環経済の構築を行う。

【DAC技術の概念図】



2. 技術目標

①新規吸収材の開発（エネルギー低減）

大気からのCO₂分離回収は発電所等の大規模発生源に比べて1桁増えるとの試算（回収エネルギーの9割以上をCO₂脱着エネルギーが占める）。このため、**新規吸収技術開発が実用化に不可欠**。

②最適プロセス・装置の開発（実証運転）

DACは設置場所に基本的制約はなく、燃焼排ガスのような前処理設備（脱硫等）が不要であるというメリットの一方、気温や湿度、天候による影響が存在。これらの影響も考慮して低コストでCO₂を回収可能なプロセス・装置技術を開発し、実証運転を行う。

③事業性・社会受容性の検討

効率的にCO₂を回収できる配置や規模、経済性について装置周辺の濃度変化のシミュレーションを含めた検討を行う。

これらの検討により分離回収エネルギー < 3GJ/t-CO₂、回収コスト < \$100/tCO₂を目指す。

3. 効果（CO₂削減効果等）

・飛行機や自動車などから大気中に放出されるCO₂について、有効な削減手段を提供することができる。**（仮に、稼働中のパイロット試験装置の10倍規模（4万-10万t-CO₂/年）が実用化され、2050年までに各所で1千台の導入が進めば、1億t/年のCO₂を固定化可能）**

・一般的なアミン系固体吸収材を用いたプロセスでは脱着には100℃以上の加熱が必要であるが、RITE固体吸収材では**工場等廃熱など60℃で脱着が可能**。（＝4割程度エネルギーを低減）このため、新たに化石資源を消費させることなく、CO₂削減が可能。

（参考）DACでNegative Emissionを達成するために必要な敷地面積は65,200km²と試算されており、植林やBECCS等、他のCO₂削減技術と比較して圧倒的に必要な面積が小さいと言われている。

1. 背景・目的・概要

微生物を利用した水素生産（バイオ水素生産）は将来のCO₂フリー水素製造技術として期待され、世界中で様々なプロセスの研究開発が進められているが、生産性（生産速度、収率）が低いことが課題となっている。

ギ酸を介する水素生産経路を利用した高速水素生産プロセスの開発に成功。経済産業省「革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業（2015～2019年）」において、京都大学、米国国立再生可能エネルギー研究所（NREL）、フランス国立科学研究センター（CNRS）と連携し、セルロース系バイオマス由来糖からの水素収率の大幅向上に向けた技術開発を実施中。

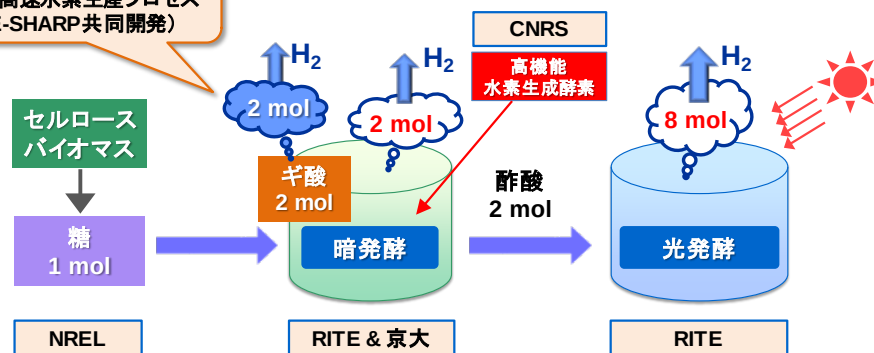
2. 技術目標

暗発酵と光発酵の統合型水素生産プロセスの確立により対糖水素収率10モルの達成を目指す。

- ①暗発酵水素生産における水素収率の向上
 - ・大腸菌における異種水素生成酵素の発現系の構築
 - ・代謝工学による大腸菌水素生産株の改良
 - ・高機能水素生成酵素の創製
- ②暗発酵と光発酵の統合型水素生産における水素収率の向上
 - ・代謝工学による光合成細菌水素生産株の改良
- ③実糖化液を用いた水素生成試験
 - ・コーンストーバーからの水素生産における条件検討

【暗発酵と水素発酵の統合型水素生産プロセスの概念図】

ギ酸を介する水素生産経路を利用した高速水素生産プロセス
(RITE-SHARP共同開発)



3. 効果（CO₂削減効果等）

2030年～2050年に、バイオ水素燃料電池車の普及率を10%と仮定すると、日本において750万トン/年のCO₂排出量の削減効果が見込まれる。IEAのシナリオにおける世界全体の燃料電池車の普及（2050年）によるCO₂削減量の内、バイオ水素技術の寄与を30%と仮定すれば世界全体で3億トン/年のCO₂削減効果が見込まれる。

高炭素収率を特徴とするセルロース系バイオマスからの バイオ燃料ブタノールの製造に関する研究開発【研究開発】

公益財団法人 地球環境産業技術研究機構 (RITE)

1. 背景・目的・概要

ブタノールは、ガソリン代替としてエタノールよりも優れた特性を有する物質であり、化学的にオリゴマー化することでジェット燃料に変換可能なため、近年になってバイオマス原料、特に非可食原料であるセルロース系バイオマスからの生産が期待されている物質である。

経済産業省「革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業（2015～2019年）」において、米国国立再生可能エネルギー研究所（NREL）、米国パシフィックノースウェスト国立研究所（PNNL）と連携し、非可食セルロース系バイオマス原料から遺伝子組換えコリネ型細菌を用いてブタノールをバイオ生産し、膜濃縮を利用した独自の省エネ濃縮を行った後、化学重合でドロップイン燃料化してジェット燃料等への利用を目指している。

2. 技術目標

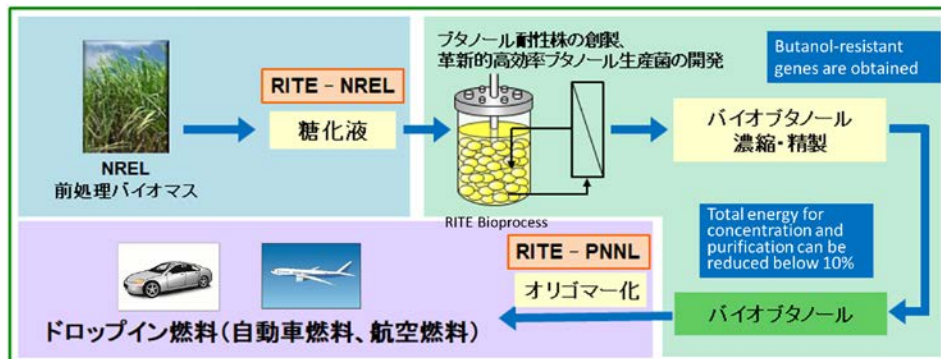
2030年までに化石資源由来の燃料と価格競争可能な、経済性あるセルロースブタノール製造技術の開発を目指し、ブタノール 生産速度 3 g/L/h、及びブタノール収率92%、ブタノール回収エネルギー 4 MJ/kg-butanolを達成

3. 効果（CO₂削減効果等）

2050年までに、経済性あるバイオ燃料ブタノールの製造技術を確立し、ガソリンやジェット燃料への混合によるCO₂の削減を可能とするバイオ燃料ブタノールの事業化を目指す。

2050年におけるCO₂削減効果の試算から、日本国内で805万トン（ガソリン用途238万トン/年、ジェット燃料用途567万トン/年）のCO₂削減が可能となる。

【バイオブタノール製造技術の概念図】



1. 背景・目的・概要

・CO₂排出量削減対策として、現在は石油から製造されている様々な有用物質を非可食バイオマス为原料として微生物に生産させる技術の開発が進められている。

・しかし多くの有用物質が細胞毒性を示すために微生物による高生産が困難なことが課題となっている。

・本事業では低毒性化させることで様々な有用物質の高生産を可能にする高汎用性バイオプロセスを開発する。

・経済産業省「革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業」にて、米国国立再生可能エネルギー研究所とパシフィックノースウェスト国立研究所と連携して開発を実施中。

2. 技術目標

①有用物質の低毒性化技術の開発

毒性有用物質を発酵生産と連続して、可逆的な修飾によって低毒性化する技術を開発する。

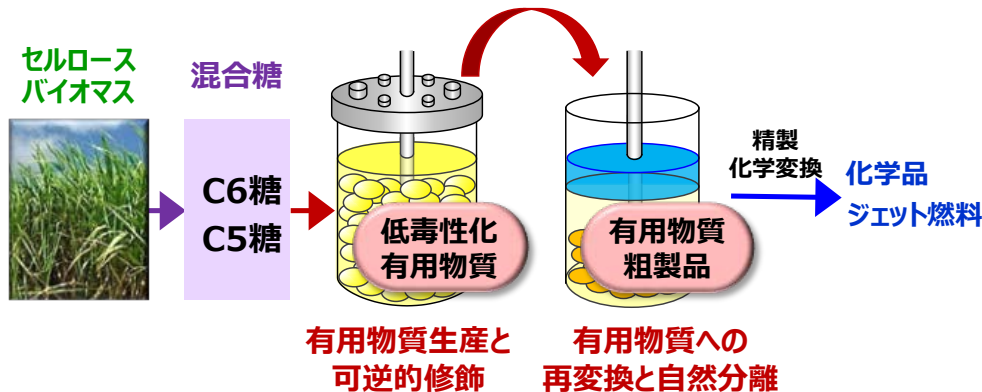
②低毒性化産物の変換技術の確立

修飾によって低毒性化させた有用物質から修飾を外して元の有用物質に再変換する技術を確立する。

③生産物の省エネルギーな回収技術の開発

蒸留など大きなエネルギー消費を伴う方法ではなく、省エネルギーな方法で生産物を発酵液から回収する技術を確立する。

【高汎用性バイオプロセスの概念図】



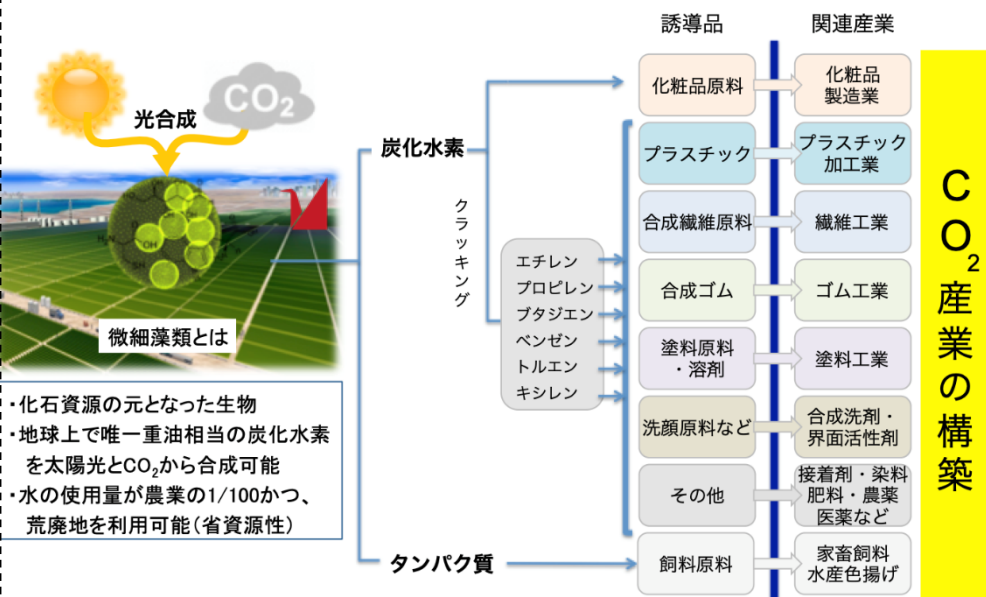
3. 効果 (CO₂削減効果等)

2050年までに需要が大きいフェノール樹脂原料やスチレン樹脂原料などの有用化学品や、ジェット燃料などの液体燃料について世界の需要の50%を本技術で代替すると仮定すると、世界で約8億トンのCO₂削減効果が見込まれる。

1. 背景・目的・概要

- ・CO₂を新時代の資源として捉える。光合成の効率の高い微細藻類を用いてCO₂を有価物へと変換し、産業を構築しながら脱炭素社会を実現していく。
- ・本事業では、脱炭素社会の実現のためのキーテクノロジーである微細藻類培養技術の活用により、CO₂を原料に太陽エネルギーを用いて機能性化学品およびプラスチック原料等の基幹化学品を中心に製造する。

【微細藻類によるCO₂資源化プロセス概念図】



2. 技術目標

- ① **太陽エネルギーを用いて微細藻類から重油相当の炭化水素を生産する技術の開発**
 - ・1日当たりの微細藻類生産量を20g(乾燥重量)/m²以上とし、大規模展開可能な栽培ユニットを開発する。
- ② **微細藻類からの炭化水素の回収技術の開発**
 - ・微細藻類から分泌される炭化水素成分を高純度に回収するシステムを開発する。
- ③ **基幹化学品（オレフィン）生産プロセスの開発**
 - ・微細藻類炭化水素から炭素数2、3、4のそれぞれ単独のオレフィンを製造するプロセスを開発する。
- ④ **炭化水素以外の副産物の用途開発**
 - ・炭化水素抽出後の残渣から副産物の用途開発を行う。

3. 効果（CO₂削減効果等）

- ・2050年に250万トン（国内製造量の約2割）の低級オレフィンが本プロセスで製造された場合、CO₂を原料とすることにより、約1,000万トンのCO₂削減効果が見込まれる。
- ・基幹化学品だけでなく、副産物としてタンパク質などの付加価値物質が生産されるため、化学産業だけでなく、食品産業への波及も見込める。

【CT-CO₂AR】CO₂を有効利用した高効率合成ガス製造技術開発【実用化】

千代田化工建設株式会社

1. 背景・目的・概要

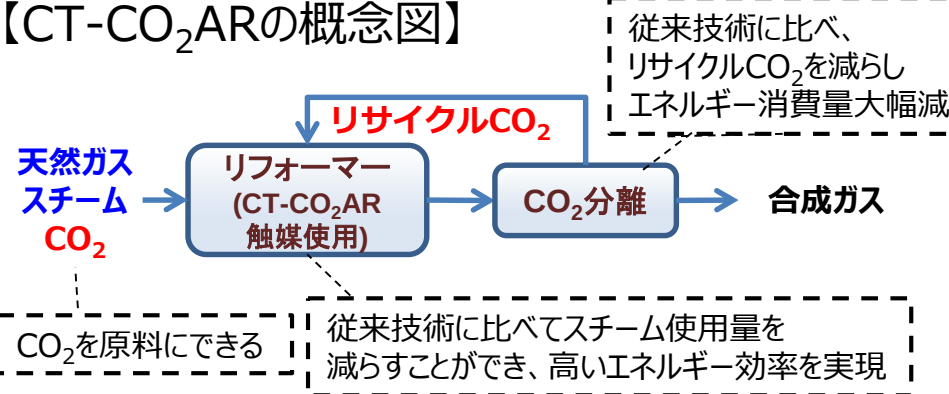
- ・炭素循環社会構築には、利用されないガス田中のCO₂やプロセスから排出されるCO₂の有効利用技術が期待されている。
- ・このようなCO₂は、スチーム/CO₂ リフォーミングプロセスにて合成ガスに変換することで、様々な燃料や化学品に有効利用されることが期待される。しかし、従来技術では、リフォーマー内の触媒上でのカーボン析出を抑えるため、スチームを過剰に必要とし、それによりエネルギー消費量が多くなってしまい、CO₂の資源化は限定的となっている。
- ・本技術では、カーボン析出耐性の高い触媒（CT-CO₂AR触媒）を用いることによって、スチーム使用量を減らし、より多くのCO₂を資源化して高効率に合成ガスを製造することができる。

2. 技術目標

- 2009～2011年：Japan GTLプロジェクトにて実証運転
- 2014年～：国内化学メーカーに納入され、安定に稼働中

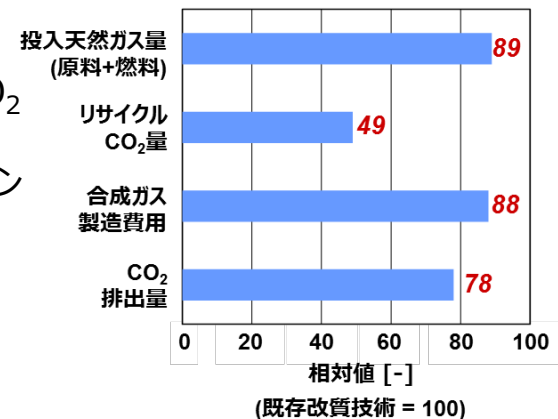
今後、他の国内外のリフォーマーへの触媒交換や、本触媒を用いた新設リフォーマー建設により、本技術を幅広く活用してCO₂有効利用やCO₂排出量削減に貢献する。

【CT-CO₂ARの概念図】



3. 効果（CO₂削減効果等）

H₂/CO=1.0（オキシ合成向け）の条件において、CO₂排出量を22%削減可能（一般的なオキシ合成プラント10基に納入した場合、8万 ton/年のCO₂排出量削減）



CO₂電解還元法によるC2化合物製造技術およびシステムの研究開発【研究開発】

千代田化工建設株式会社、
古河電気工業株式会社、国立研究開発法人理化学研究所

1. 背景・目的・概要

- 再生可能エネルギーなどCO₂フリー電力をエネルギー源としてCO₂を電氣的に還元し、基礎化成品等の有用な物質に転換・再利用することは、中長期的な炭素循環方法として期待されている。しかし、従来の報告では、CO₂とH₂Oを原料とした場合、C1-C3化合物を生成することができるカソード電極材として、唯一の単体として銅が知られているが、開発は進んでいない。
- 本開発では、CO₂とH₂Oから基礎化成品（エチレンなどのC2化合物）を低温・低圧の条件下で、直接製造するシステムの開発を目指す。

2. 技術目標

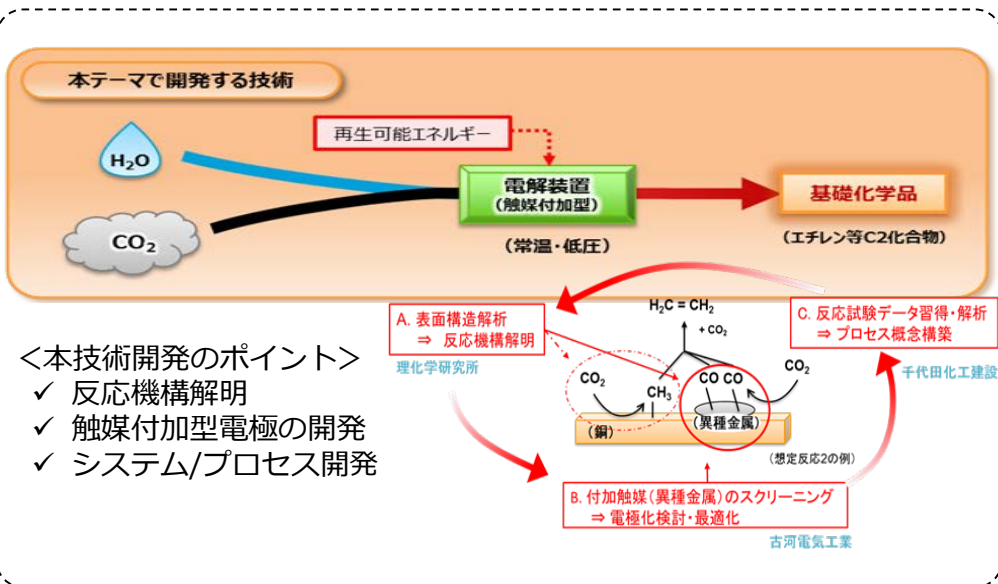
- 2030年以降の実装化
- C₂H₄の生成選択率80%（@ファラデー効率基準）以上を有する触媒付加型電極の開発
- 触媒付加型電極を組み込んだCO₂有効利用のシステム開発

本研究開発では、金属材をベースとし、同一電極上に触媒を付加した電極による反応メカニズム検討、電極材料の開発および開発した触媒付加型電極を組み込んだ電解槽を用いたCO₂有効利用のシステム全体の構築を目指す。

3. 効果（CO₂削減効果等）

既存法では、エチレン1 ton当り約11ton相当のCO₂を排出するのに対し、火力発電由来の電力ならびに原料としてCO₂を組合せることで、約3ton相当のCO₂を削減（低炭素化）が期待できる。

また、再生可能エネルギー利用の電力を用いるとすると、エチレン1ton当り、CO₂を排出せずに、量論的には逆に約3ton相当のCO₂をエチレンに固定化（脱炭素化）することができると試算。



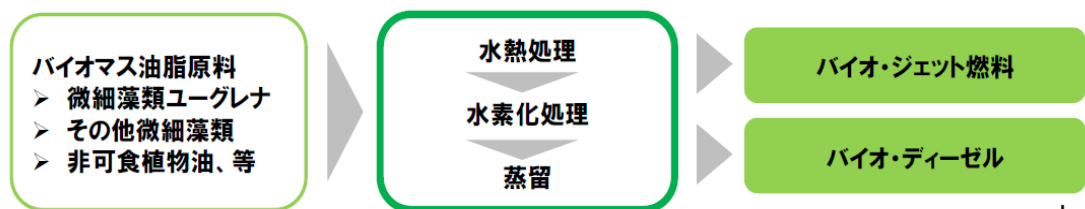
1. 背景・目的・概要

- ・CO₂有効利用技術として、光合成によりCO₂を吸収するバイオマスの利用が考えられる。特に、国際民間航空機関では2020年以降CO₂排出量を増やさないことが加盟国間で合意され、その手段としてバイオジェット燃料が注目を浴びている。
- ・本技術（BIC(Biofuels IsoConversion) Process）では、非可食植物油や微細藻類由来の油を原料とし、水熱処理と水素化処理により、ジェット燃料及びディーゼル燃料を製造する。

2. 技術目標

- ①2020年までに実証プラントで製造したバイオ燃料を陸・海・空における移動体に導入する。
- ②2025年までに25万kL/年規模で経済性を有する商業生産体制を整える。

【BICプロセスの概念図】



（株）ユーグレナリリース 2015年12月1日
「2020 年に向けた国産バイオジェット・ディーゼル燃料の実用化計画の始動について」より引用

3. 効果（CO₂削減効果等）

既存の化石燃料由来の燃料を、本技術で得られたバイオ燃料に置き換えることで、約80%^(*)のCO₂削減効果がある。25万kL/年生産することで、約50万ton/年のCO₂削減効果を目指す。

(*) Applied Research Associates社HPより引用
<https://www.ara.com/capabilities/advanced-biofuels-and-renewable-chemicals>

1. 背景・目的・概要

- 植物の生育にはCO₂は欠かせない。温室栽培や植物工場では、積極的にCO₂濃度を高めて生産性を上げている。
(CO₂施肥といわれ、大気中CO₂濃度の2～3倍のCO₂濃度とする)
- 供給するCO₂は、その5割を石油精製、3割をアンモニア生成に伴う副生物から生産されており、石炭火力発電所から回収されたCO₂の供給実績はない。一方、近年、石油精製やアンモニア工場の統廃合によりCO₂原料が不足する状況にあり、安定的なCO₂供給源の確保が課題となっている。
- そのため、石炭火力発電所から回収したCO₂の品質を検証するとともに、トマト菜園に供給して市販のCO₂と同等の効果が得られることを実証する。
- 以上から、石炭火力発電所がCO₂原料の有望な供給源となることを実証する。

大崎クールジェン
IGCC + CO₂回収プロセス実証



トマト菜園



2. 技術目標

- 石炭ガスから規格に沿ったCO₂品を製造すること。
- ✓ CO₂ガス中の不純物成分の液化CO₂品への影響を把握すること
- ✓ 液化プロセスの前処理工程の最適化を図ること
- ✓ CO₂回収プロセスと液化プロセスの最適化を図ること
- ✓ 石炭ガスからのCO₂による施肥効果を実証すること

3. 効果 (CO₂削減効果等)

- 日本の園芸施設面積は約4.6万ha(平成24年：農水省統計)で、このうちCO₂施肥設備が設置されているのは約3%(約1,450ha)に過ぎない。なお、9割弱が野菜作での利用である。
- CO₂施肥に炭酸製品を使用し、例えば年間500トン/ha使用したと仮定すれば、国内の園芸施設全体では年間2,300万トンのポテンシャルを有する。
- また、園芸施設のような閉鎖系ではなく開放系大気でCO₂濃度を高めるFACE (Free air CO₂ enrichment)フィールドテストが世界各国で行われており、増収効果が認められている。

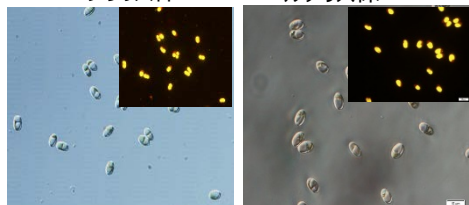
1. 背景・目的・概要

- 1) 大気中のカーボンのリサイクル化技術として、微細藻類の光合成に着目。微細藻類は、光合成によりCO₂から、燃料や化成品、医薬品原料等の高付加価値物質等の多様な物質を生み出すことができ、“カーボンリサイクルを担える微生物”の1つである。
- 2) 有益な物質を生み出す微細藻類は数多く見出されている一方で、雑菌汚染や培養環境の変化等により大量培養が困難であり、現在実用化されている微細藻類は、高付加価値物質生産向けの僅か数種に留まる。
- 3) 多様な物質を生み出す微細藻類のポテンシャルを引出し、カーボンリサイクルを達成させるには、“微細藻類を安定的に大量培養する技術”が必要である。
- 4) 従来の培養方法は、オープン型/クローズ型の2種類が利用されているが、多様な微細藻類に対応する培養方法としての適用性は乏しい。
- 5) 本開発は、燃料/化成品生産に活用できる海洋ケイ藻を用い、既存の2種類の培養方法の利点を集約し、多様な微細藻類にも適用可能な汎用性の高い、且つ大規模化を見据えた培養方法を構築し、微細藻類によるカーボンリサイクルの要素技術の1つとして確立することを目指すものである。

生育する水温度域が異なる海洋ケイ藻

ソラリス株

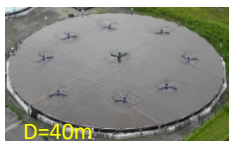
ルナリス株



サイズ: ~8μm
オイル含油量: up to 65wt%
生育: 7 days(0.5g/L; 25℃)
適用温度範囲: 15~45℃
オイル: 中性脂質
主となる脂肪酸: C16:1, C16:0, EPA

サイズ: ~10μm
オイル含油量: up to 60wt%
生育: 10 days(0.5g/L; 10℃)
適用温度範囲: 4~25℃
オイル: 中性脂質
主となる脂肪酸: C16:1, C16:0, EPA

大量培養技術の確立



バイオ燃料化

・バイオジェット



・バイオディーゼル

・バイオガソリン



2. 技術目標

これまでの研究の中で、屋外培養の安定化技術開発他を進めてきており、現在の研究開発で技術的な見通しが得られれば、一貫生産技術の確立に向けて下記等に関する技術開発を継続して実施する予定である（検討中）。

①海洋ケイ藻によるオープン/クローズ型ハイブリッド培養技術の開発

・藻体内に多量のオイル(以下、グリーンオイル)を蓄積し、燃料や様々な化成品原料を生み出すことができる海洋ケイ藻(ソラリス/ルナリス)を用いて、年間で乾燥藻体500t、グリーンオイル210kL程度を生産できる5ha規模の基盤となる培養技術を確立する。

②低エネルギー、低CO₂排出型一貫生産システム技術の開発

・カーボンリサイクル化に向けては、培養から回収、そして製品化に至る各工程における低エネルギー、低CO₂排出型技術の採用やシステム構成が必要となるため、再生可能エネルギーの適用を見据え、LCA*による感度分析を行いながら、カーボンリサイクルに資する微細藻類一貫生産システムを開発する。

*Life Cycle Assessment

③培養の大規模化を見据えたシステム技術の開発

・5haの基盤培養技術の培養規模拡大に向け、AIによる管理、培養の自動制御手法の開発、ドローンによる自動計測技術等も取り込んだ各工程の自動化技術を開発する。

④海洋ケイ藻のセルデザイン化技術の開発

・使用する微細藻類の飛躍的な性能向上(藻体/グリーンオイル生産性を10倍程度向上)に向け、高効率ゲノム編集技術の開発、技術の成熟化を図る。

2030年頃までには、基盤となる5haの一貫生産システムを適地(国内/国外)に設置し、実用化を目指す。

3. 効果(CO₂削減効果等)

- 1) 2030年以降、本技術を国内外2,000ha規模に展開した場合、国内で消費されるジェット燃料の1%(3.4万kL)程度を補い、8.7万tCO₂の削減が見込まれる。
- 2) ソラリス/ルナリスを事例とする微細藻類の新しい事業創出及び、事業モデル創出、多様な微細藻類の応用/事業化が見込まれる。

1. 背景・目的・概要

- ◆ 海洋及び海岸構造物の構築には主にコンクリートが使用されるが、その材料としては天然資源である砂利、砂のほか、硬化材としてその製造に多量のCO₂を排出するセメントが使用される。
- ◆ 本技術開発は、石炭灰と銅スラグ（いずれも産業副産物）を主原料とし、これに少量のセメントを加えて製造したモルタル（「石炭灰重量モルタル」）を、上記「コンクリート」の代替品として使用できるか検討・評価し、原材料に起因するCO₂削減を図るとともに機能（重量）の向上を得ることを目的①とする。
- ◆ また、洋上風力等の海洋開発を伴う事業の円滑な推進のため、藻場造成・漁場造成効果が期待される上記「石炭灰重量モルタル」で製造したブロック（石炭灰重量ブロック）等への海洋藻類の付着・促進効果を確認・評価し、藻場造成によるCO₂吸収を図る（ブルーカーボン）ことを目的②とする。

2. 技術目標

- ①2019年上期まで
石炭灰重量モルタルの強度特性・耐久性等を室内試験で確認し、通常のコンクリートと遜色ないことを示すとともに、その配合設計法を確立する。
- ②2020年上期まで
石炭灰重量モルタルブロックへの海洋藻類の付着・成長メカニズムを検討し、藻類の付着・促進に寄与する材料上の特徴等を見い出す。
- ③2020年下期まで
実海域へ石炭灰重量モルタルブロックを設置し、藻場造成マウンドを構築する。このマウンドへの藻類付着状況や魚類集集効果を評価することで、藻場造成材料としての優位性を評価・確認する。

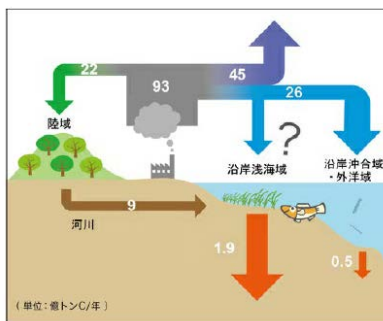
◎コスト目標：通常のコンクリートに比べ、2～3割のコスト削減

3. 効果（CO₂削減効果等）

○2030年において海藻藻場によるCO₂吸収量は83万t-CO₂/年（2013年比 吸収量+12万t-CO₂/年）という試算がある。本技術開発により、藻場造成効果の高い石炭灰重量モルタルブロックの実海域への普及が進めば、上記数字の実現に寄与できる。

ブルーカーボン生態系	面積【万ha】		吸収量【万t-CO ₂ /年】	
	基準年 (2013年)	2030年	基準年 (2013年)	2030年
海草藻場	6.2	8.3	36	48
海藻藻場	17.1	18.3	71	83
マングローブ林	0.27	0.30	18	21
干潟	4.9	5.4	48	52
計	28.5	32.3	173	204

「ブルーカーボン研究会」資料より引用・編集



【炭素循環のイメージ】

「ブルーカーボン研究会」資料より引用



【ブロック沈設後の海藻付着状況変化】

1年2ヶ月経過後の石炭灰重量ブロックへの藻類付着程度は、20年経過した通常コンクリートブロック（写真手前）と同程度
⇒ 藻類の早期付着・促進の可能性を示唆

微細藻TEPMO-26によるバイオ燃料生成研究【研究開発】

1. 背景・目的・概要

- ・バイオ燃料が化石燃料価格と競合できるコストで生産できれば、安定的かつ、社会インフラとして適切な供給力として火力発電設備を将来にわたって維持することが可能となる。
- ・当社保有の微細藻TEPMO-26は、抽出可能な油含有率が85%で世界トップクラスであるものの、増殖が著しく遅く、化石燃料価格に対抗することは困難な状況である。
- ・上記課題解決策として、微細藻の増殖率を飛躍的に向上させ、抽出可能な成分の中から高付加価値物質を選択的に利用し、残渣を燃料へ転換するカスケード利用することによる、大幅なコスト低減の実現を目標とした取り組みを行う。

図1 TEPMO-26株

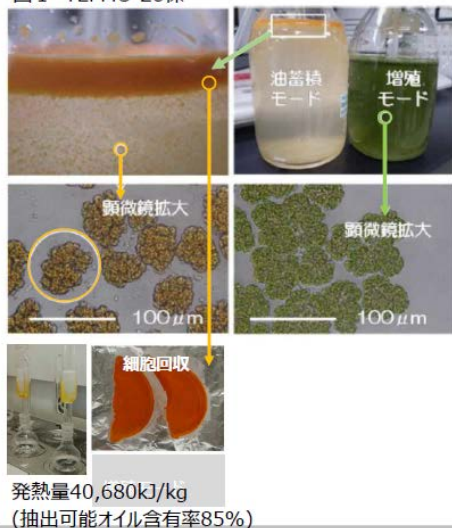


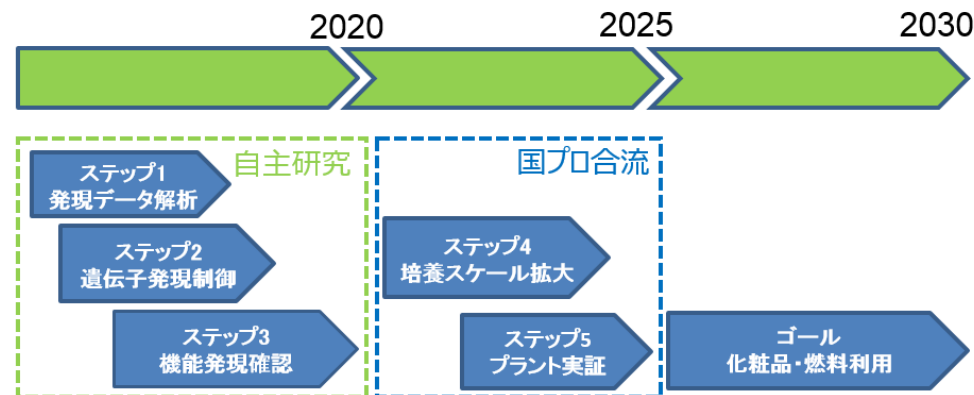
図2 モード切替



【特徴】

- 抽出可能なオイル含有率max85%を実現(図1)
- 増殖／油蓄積モードの切り替えスイッチを解明(図2)

2. 技術目標



目標

増殖性向上(ブルーム形成)

生産物付加価値向上

生産コスト低減(50円/リットル相当)

生産安定性確保

3. 効果 (CO2削減効果等)

- ・19ヘクタールのセミオープンポンド型燃料生産プラントで年間約1.1万トンのnet-CO₂吸収効果が見込まれる

(出典：中野、鷲津(2016)微細藻類バイオマス燃料油利用の産業連関的評価)

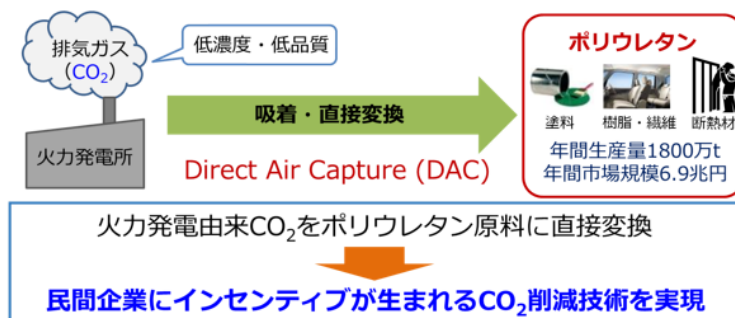
1. 背景・目的・概要

- ・火力発電は我が国のCO₂排気量の3割を占め、2050年においてもベースロード電源として重要とされており、2050年頃を見据えた温室効果ガスの抜本的な排出削減を達成するための対策が進められている。
- ・本研究では、火力発電所排気ガス中の低濃度・低品質CO₂を濃縮、前処理などを経ない DAC (Direct Air Capture) によって産業界のニーズが高いポリウレタン原料に直接変換する革新的技術を開発し、CO₂の地産地消を実現する。

2. 技術目標

- ①石炭火力発電所排ガス中の不純物影響調査
- ②低濃度CO₂に適した反応剤・触媒の研究
- ③実際の排ガスを用いたモデル実験
- ④火力発電所による実証実験

【火力発電所排ガスDAC技術の概念】



3. 効果 (CO₂削減効果等)

ポリウレタン原料(MDI)の製造法を、すべて本技術に置き換えた場合、CO₂固定量 (2050年) → 500万トンCO₂/年

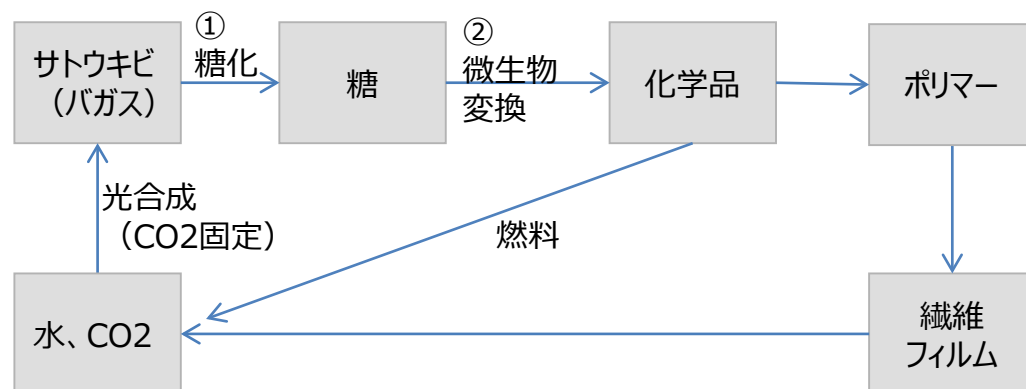
1. 背景・目的・概要

- ・バイオマスはCO₂と水を原料に太陽エネルギーを用いて成長するため、カーボンニュートラルの特性を持つ。当社は、植物の非可食部分を有効活用してバイオマス資源化に取り組んでいる。
- ・サトウキビ搾汁後の残渣であるバガスから各種化学製品の共通原料となるセルロース糖への変換、製糖残渣である廃糖蜜からエタノールへの変換を行う。水処理分離膜技術を活用することで、高品質な化学品の製造および製造工程で消費するエネルギーの削減を可能とした。
- ・バイオマス由来の化学品は、石油由来と同等のポテンシャルを有しているため、バイオマス原料を用いた繊維等の機能製品に適用していく。

2. 技術目標

- ①膜利用糖化プロセス：バガスから糖への変換
・膜分離技術を活用した原料バガスからのセルロース糖製造をデモプラントスケールで実証する。
（三井製糖株式会社、三井物産株式会社共同実施）
- ②膜利用発酵プロセス：糖からエタノールへの変換
・原料廃糖蜜からのエタノール生産において、大スケールでの経済的メリットを提供可能な膜利用発酵システムを開発する。

＜バイオマスを用いた循環＞



3. 効果（CO₂削減効果等）

- ・カーボンニュートラルなバイオマスを用いることにより大気中のCO₂を増加させない。
- ・また、廃糖蜜からエタノールの変換に膜利用発酵プロセスを適用することで、従来のバッチプロセスより収率が20%向上することで14%近いCO₂削減効果が見込まれ、タイ国のエタノール生産目標の30%に採用された場合、年間約45万トンのCO₂削減効果が見込まれる。

1. 背景・目的・概要

・石炭・石油火力発電は我が国のエネルギー・発電供給量の4割強を担うが、排出されるCO₂はCOP21で削減対象とされる温室効果ガスの大半を占めており、リサイクル技術の確立が喫緊の課題となっている。

・本事業では、暗所で高速・高密度培養が可能な複数の微生物を組み合わせた複合発酵法を確立して、発電排出ガス(Gas)から燃料や化成品の原料油脂(Lipids)を生産することによりCO₂を再資源化する新規バイオプロセスを開発する。

2. 技術目標

①CO₂を再資源化する高効率酢酸発酵技術の確立

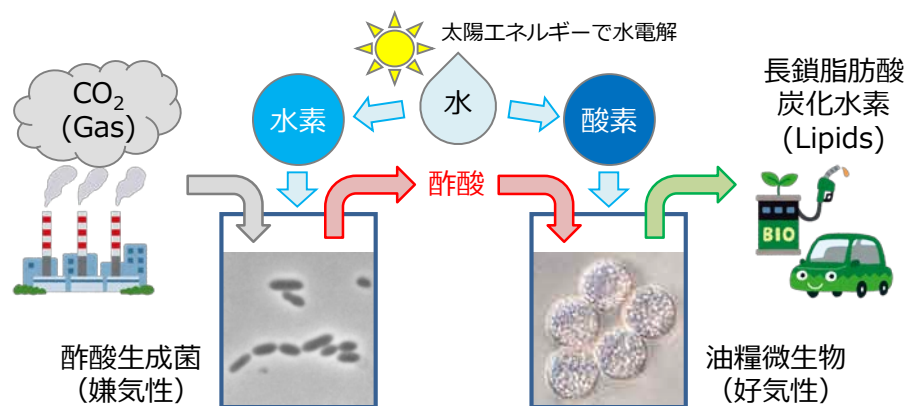
・火力発電排出CO₂を水素で還元、固定化する酢酸発酵プロセスを確立する。

②酢酸を原料とする油脂発酵技術の開発

・酢酸発酵液から燃料油や化成品の原料となる長鎖脂肪酸や炭化水素を選択的に生産する油脂発酵プロセスを開発する。酢酸・油脂発酵微生物はゲノム編集技術で高機能化する。

③Gas-to-Lipidsバイオプロセスの構築

・太陽光発電による水電解で水素と酸素を製造、分離するシステム(他事業成果)を装備し、発電排ガスから各種有用油脂を生産する二段階連続発酵プロセスを開発する。



3. 効果 (CO₂削減効果等)

・本技術の実用化をめざす2030年に40万トンの燃料油が生産された場合、原料CO₂の再資源化量は112万トンに達すると見込まれる。

・出願済み国際特許の活用により、中国等で急増する火力発電所からの排ガスに当技術を適用できれば、世界標準技術としてのグローバルな展開も期待される。

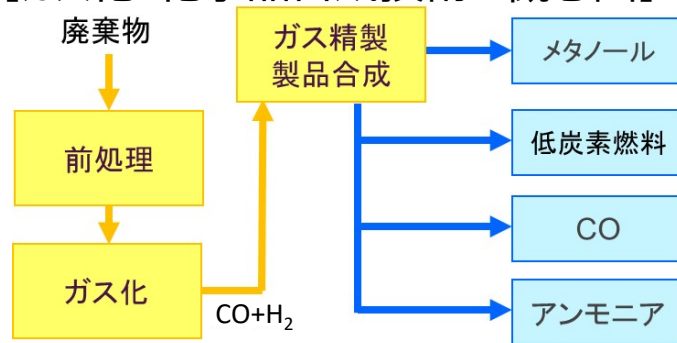
1. 背景・目的・概要

- 廃棄物をガス化し化学品を製造することで、廃棄物を炭素資源としリサイクル活用でき、化石資源の消費を低減し、低炭素社会実現に貢献する。
- 燃料リサイクルの場合でも、廃棄物の大半は、紙、生ごみのようなバイオマスであり、CO₂抑制に貢献できる。

2. 技術目標

- ① 2021年までに技術的FS実施
- ② 2025年までに廃棄物ガス化による有価物生成プロセスを構築
- ③ 2030年の商用化を目指す。

【ガス化・化学品合成技術の概念図】



3. 効果（CO₂削減効果等）

- プラスチックのケミカルリサイクルにより、サーキュラーエコノミーを実現するとともに海洋プラスチック問題の改善に貢献する。
- ① 2030 年 10-30万t-CO₂削減
 - ② 2050 年 200-600万t-CO₂削減

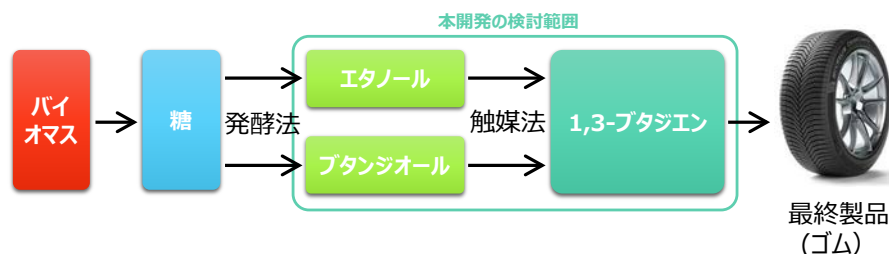
1. 背景・目的・概要

- 持続可能な社会の実現に向けて、再生可能資源であるバイオマスからのケミカル製造に社会の関心が集まっている。コカ・コーラ、ネスレ、マクドナルド、ボルボなどの企業は、リサイクルプラスチックやバイオ由来プラスチックを順次導入していくことを表明している。
- 当社では、バイオマスから製造されるエタノールやブタンジオールを原料とするブタジエン製造プロセスを開発中であり、特にエタノール出発の技術については、高性能触媒の開発とプロセスの概念設計が完了し、現在は実証パートナーを探索中である。

2. 技術目標

- ① エタノールからのブタジエン製造
高性能触媒の開発と分離精製系の最適化検討により、実機想定の実機条件における目標ブタジエン収率75%、かつ、触媒寿命1年以上。
- ② ブタンジオールからのブタジエン製造
1,3-ブタンジオールおよび1,4-ブタンジオール原料ケースでは、原料転化率100%、ブタジエン選択率90%以上の触媒開発。
1,2-ブタンジオール原料ケースでは、有望触媒の探索。原料転化率100%、ブタジエン選択率80%。

【グリーンブタジエン製造技術の概念図】



3. 効果（CO₂削減効果等）

- 仮に100万トンのブタジエンが製造された場合、CO₂換算では約320万トンに相当する。
- ブタジエンはナフサクラッカーからエチレンの連産品として生産されているが、本技術はナフサクラッカーより単位オレフィン生産量当たりのCO₂発生量は低減されると見込まれる。

微細藻類等の微生物による有用物質生産技術開発

日揮株式会社

【技術開発/実証試験/実用化/量産化】（非公開情報）

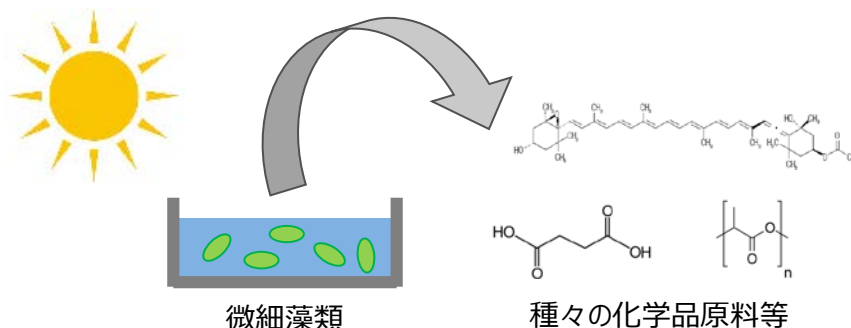
1. 背景・目的・概要

微細藻類等の微生物から様々な物質を生産するための検討は数多くされており、特に燃料生産に関する研究開発は行われてきた。しかし、微生物が生産する物質は燃料のような物質以外にも非常に付加価値の高い物質も含まれている。そのため、持続可能な事業を考えた時、まずは高付加価値物質の生産に注力すべきと考えられる。加えて生産される物質以外のバイオマス残差の有効活用を同時に達成する必要がある。また、対象物質を効率的に生産することを実現するための生物をスマートセルと呼ぶが、このスマートセルの有効活用、またその生産性向上のためにゲノム編集等の技術は必須と考える。

2. 技術目標

- ①2019年度末までに実現可能性の評価を実施
経済性の合う対象物質のFSおよび原料微生物の特定
- ②2020～2022年度：パイロットプラントの建設、評価を実施
原料製造から商品製造までの一貫プロセスの構築
- ③2023年度以降：実証試験及び商業化

【微生物による有用物質生産技術の概念図】



3. 効果（CO₂削減効果等）

仮にプラスチック原料として年間10万トン製造に寄与する場合、生産されたバイオマスを全て有効活用した場合、CO₂削減効果としては年間約350万トンの削減効果が想定される。

1. 背景・目的・概要

世界的なエネルギー需要の増大の一方で、CO₂の有効利用・地下貯留を柱とする温室効果ガスの排出削減への取り組みが一層重要になっている。この際、原油増産のみならず、大規模なCO₂の地下貯留が可能な唯一の技術として、CO₂-EOR（Enhanced Oil Recovery：原油増進回収）事業の普及に大きな期待が寄せられている。

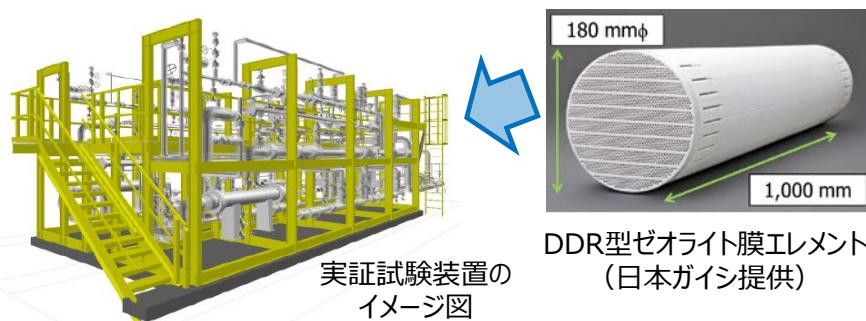
近年、当社と日本ガイシ株式会社は、従来の高分子膜に比べて優れたCO₂分離性能と耐久性を兼ね備えたDDR型ゼオライト膜を用いる新たなCO₂分離プロセスを開発した。本技術は、CO₂-EOR事業の経済性を左右する原油随伴ガスからのCO₂分離・回収プロセスを革新し、CO₂-EOR事業の普及・拡大に貢献する技術として事業者からの期待も大きい。

現在、当社は、JOGMECとともに本プロセスの実証試験を遂行中である。

2. 技術目標

- ①2019年2月 本プロセスの実証試験開始を発表
（実証試験場所：米国テキサス州の油田）
- ②2019～21年度 実証試験装置の設計・建設、試験遂行
- ③実証試験成功後 CO₂-EOR随伴ガス精製用途で実用化、天然ガス精製用途への展開も企画

【DDR膜の外観と実証試験装置の概念図】



3. 効果（CO₂削減効果等）

CO₂-EOR事業では、油層に圧入したCO₂の半分は原油随伴ガスとして産出されず、地下貯留される。

国際エネルギー機関の2015年調査報告によれば、CO₂-EOR事業の実施を通じたCO₂削減量は、今後50年間で240～360 Gtにも上るとされている。この量は、いわゆる2℃シナリオでCCSに期待されるCO₂貯留量の2～3倍にもなり、大きなポテンシャルを有していることが分かる。

1. 背景・目的・概要

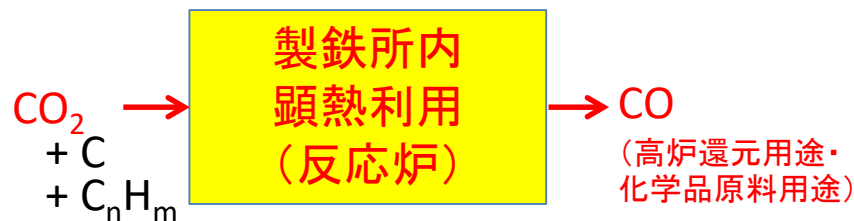
高炉では鉄鉱石を炉内の炭素系還元ガス種で還元(式1)するため、大量のCO₂を発生、排出することが不可避。



製鉄所内の高温の顕熱や廃熱を活用、高炉ガス中CO₂を導入して、Cとの反応(式2: **ブドアール反応**)や、タール等炭化水素との反応(式3: **CO₂改質反応**)などにより**COへ変換**し、高炉用還元ガスとして循環・再利用することでCO₂削減を目指す。



【CO変換技術の概念図】



2. 技術目標

- CO₂からCOへの変換率: > 30%
- 製鉄所から副生する実ガスでの反応検証

3. 効果(CO₂削減効果等)

- 2050年に全国で2～3百万トンのCO₂削減効果を目指す

ブルーカーボン技術の開発

【技術開発】

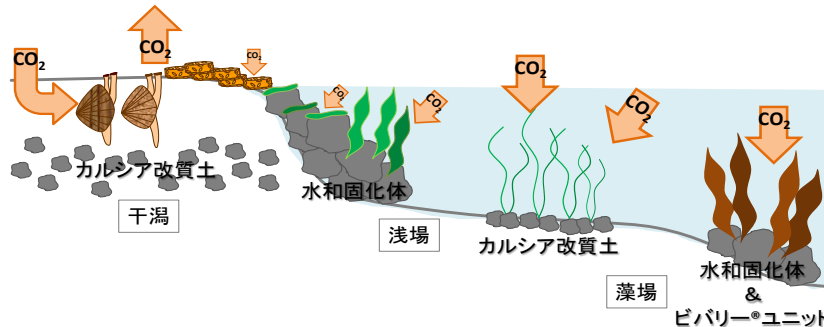
1. 背景・目的・概要

製鉄プロセスの副産物である**鉄鋼スラグ**を活用した沿岸環境改善技術（水和固化体、鉄分供給ユニット、カルシア改質技術）を開発。



沿岸環境が**ブルーカーボン生態系**として注目されていることを受け、上記技術を適用し、かつ海藻養殖することで**沿岸域を多面的に活用**し、炭素固定量を評価。

【ブルーカーボンの概念図】



2. 技術目標

・ 固定量の評価技術:

- ・メソコスム水槽や実海域での実証実験によって、干潟、浅場、藻場での炭素固定量の算出方法を確立
- ・生態系類型別、地域別のCO₂固定化ポテンシャルデータの集積

・ バイオマスの回収技術:

- ・海藻養殖の収穫物を効率的に回収

・ その他課題:

- ・干潟・浅場造成技術のマニュアル化
- ・長期モニタリング、生態系への影響の検証
- ・海藻養殖では水産物としても評価

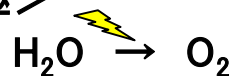
3. 効果 (CO₂削減効果等)

- ・喪失したブルーカーボン生態系を回復することでCO₂吸収量の拡大を図る。
- ・同時に、バイオマスの燃料化にも貢献する。

1. 背景・目的・概要

従来、COは化石燃料から製造され、CO₂発生が不可避。本研究は、**人工光合成**技術を活用し、**グリーンプロセス**で**CO**等を製造可能。現時点では、基礎検討段階。

<光触媒電極>



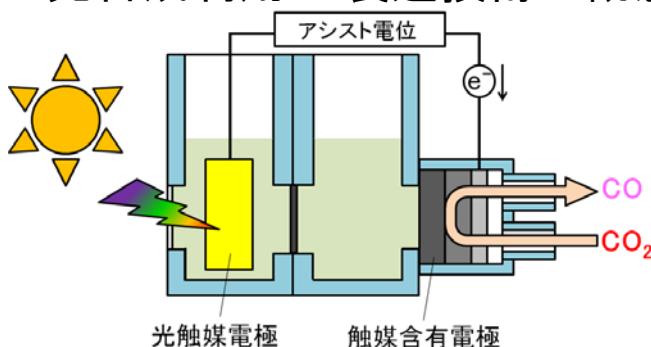
<CO₂還元電極>



2. 技術目標

- CO₂変換率 > 2%
- 流通式光触媒電解セルを主としたベンチ試験による反応検証、エンジニアリングデータ取得

【人工光合成利用CO製造技術の概念図】



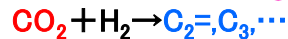
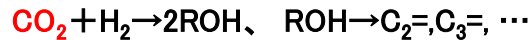
3. 効果 (CO₂削減効果等)

- 2050年に全国で2～3百万トンのCO₂削減効果を目指す

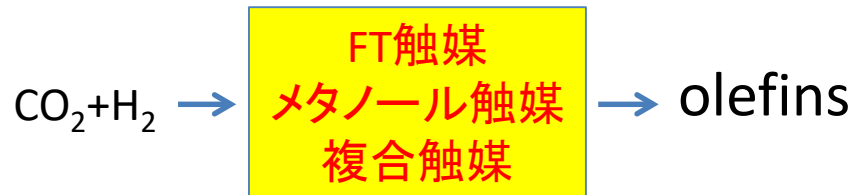
1. 背景・目的・概要

化学製品の出発原料となるオレフィン（エチレン、プロピレン等）は、高温下、ナフサの熱分解で製造されてきた。

それに代わり、CO₂をメタノールを経由してオレフィンへ直接変換する、中低温域での一段で**オレフィン**へ変換することを見出した。本プロセスにより、環境に優しい**グリーンプロセス**による製造が可能。



【オレフィン直接合成技術の概念図】



2. 技術目標

- CO₂転化率 > 60%
- 最適プロセス検討
- ベンチ試験による反応検証、エンジニアリングデータ取得

3. 効果（CO₂削減効果等）

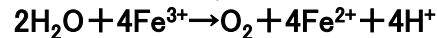
- エチレン、プロピレンの国内製造量を本技術で全て置換することにより、約28百万トンのCO₂削減効果（尚、本技術が構築できれば、灯軽油、芳香族、メタノール製造への展開も期待できる）

1. 背景・目的・概要

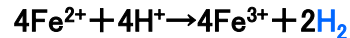
鉄鉱石還元時にCO₂排出が不可避な中、**水素**で鉄鉱石を還元するプロセスを構築すれば、**ゼロカーボン・スチール**が可能になる。

従来、水素は化石燃料から製造され、CO₂発生が不可避。本研究は、**人工光合成**技術を活用、低い電圧で水分解を起こし、**CO₂発生が少ない水素を製造**可能

<光触媒>



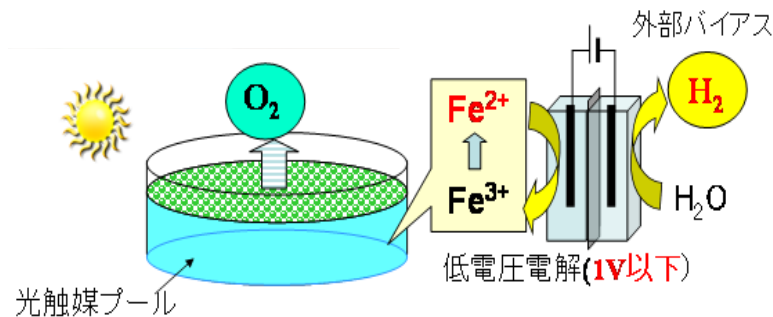
<電解>



2. 技術目標

- 太陽光エネルギー変換効率 > 3%
- 水素製造コスト < 30円/Nm³-H₂
- 光触媒と電解を組合せたベンチ試験による反応検証、エンジニアリングデータ取得

【人工光合成水素製造技術の概念図】



3. 効果 (CO₂削減効果等)

- 2050年に、約3百万トンのCO₂削減効果を目指す

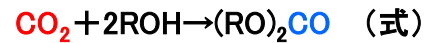
CO₂からの炭酸エステル合成技術開発【実証試験】

日本製鉄株式会社
三菱ガス化学株式会社
日鉄エンジニアリング株式会社

1. 背景・目的・概要

高性能プラスチック(ポリカーボネート)の原料やリチウム電池等の用途に用いられている炭酸エステルは、これまで猛毒の**ホスゲン**を用いて製造されてきた。

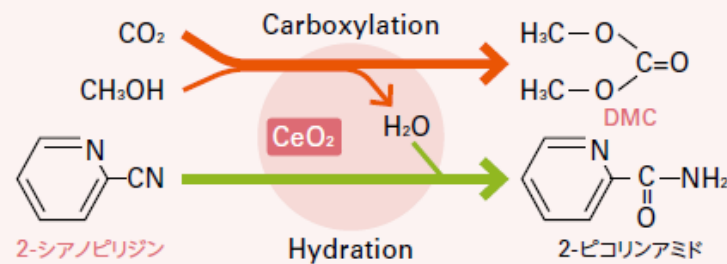
それに代わり、触媒と脱水剤の存在下、CO₂をアルコールと反応させて、**炭酸エステル**へ変換することを見出した。本プロセスにより、**CO₂を削減**するのみならず、環境に優しい**グリーンプロセス**による製造が可能。



2. 技術目標

- パイロット試験での反応検証
- 同試験で得られたエンジニアリングデータに基づくFS、事業化判断

【炭酸エステル合成技術の概念図】



3. 効果(CO₂削減効果等)

- 世界製造量を全て置換することにより、約100万トンのCO₂利用量ポテンシャル。

CO₂有効利用技術開発（高濃度CO₂利用品製造プロセスの検討・評価）【技術開発】

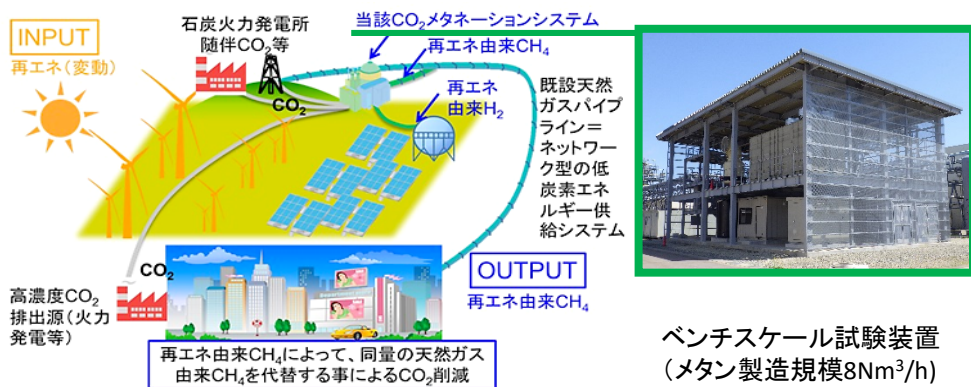
1. 背景・目的・概要

- 地球温暖化防止のため、産業競争力を維持しながら、CO₂排出量削減及びカーボンリサイクル社会の早期実現が必要。
- CO₂と水素を触媒を用いてメタンに高速変換するメタネーションはカーボンリサイクルの有望技術の1つで、メタンは既存の天然ガスインフラに適用できるエネルギーキャリアーである。
- これまで、CO₂を低温でほぼ100%の転換率でメタンに変換する高性能メタネーション触媒/プロセスの開発を行ってきた。
- 現在、キーテクノロジーである触媒技術の活用により、石炭火力発電所などの産業施設から回収した高濃度CO₂を、再生可能エネルギーの電力を利用して製造される水素を用いて、有価物としてメタンを製造するCCUプロセスを開発し、その適用性・経済性の検討・評価を行う。

2. 技術目標

- ①CO₂と水素からメタンを高効率に製造するためプロセスの開発
 - －熱回収効率(85%以上)の高いプレート型反応器を含むメタン製造規模8Nm³/hのベンチ試験装置の設計・製作
 - －実ガスを用いた運転検証(条件最適化、4,500時間運転)
 - －スケールアップにむけた技術課題抽出・設計指針獲得
 - －触媒長寿命化・反応器最適化のための解析・シミュレーション
- ②プロセスの適用性・経済性評価
 - －商用スケール(メタン製造規模60kNm³/h)を含む、各製造規模別のプロセス適用性および経済性を評価

【メタネーション技術の概念図】



3. 効果（CO₂削減効果等）

- 再エネ由来のメタンを製造することで同量の天然ガスを代替可能である。
- CO₂削減効果として、日本が輸入している液化天然ガス(8,357万トン、2015年)を10%代替した場合は約0.25億トン、100%代替した場合は約2.5億トンが見込まれる。日本のCO₂排出量12.3億トン(2015年)の約20%を削減できるポテンシャルを有している。

1. 背景・目的・概要

- ・CO₂分離性能に優れる中空糸膜を開発した。
 - ・この膜を用いて、燃烧排ガスに含まれるCO₂を効率よく回収する膜モジュール/装置を開発中。
 - ・すでに実用化されているメタネーション技術と組み合わせ、回収したCO₂をメタン化して、カーボンリサイクルを達成する。
- ↓
- ・大気放出されるCO₂を削減し、地球温暖化防止を推進する。

2. 技術目標

2021年までに実用化を達成

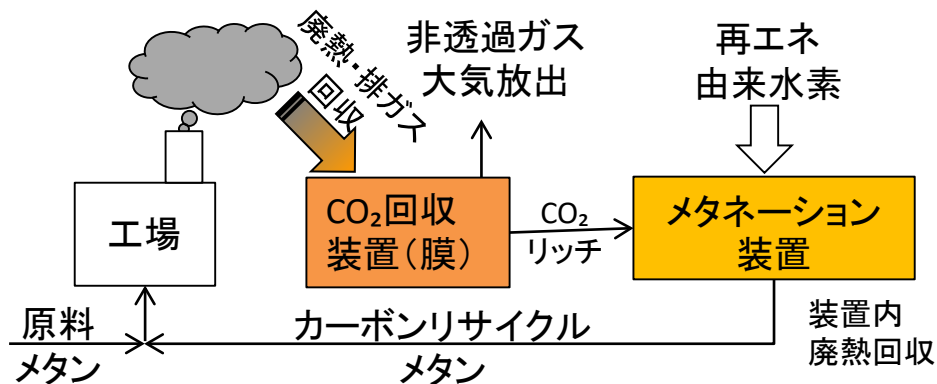
①CO₂回収の目標：回収率80%以上

- ・ラボ試験においてCO₂回収率80%を達成した。
- ・膜モジュール/装置の基本仕様決定、実証試験による性能確認を実施する。

②メタネーションの目標：熱回収率50%以上のプロセス開発

- ・排ガス回収の過程及びメタネーションでは廃熱が多く存在しているため、ランニングとして経済的かつCO₂の発生量が少なくなるプロセスフローを開発することで効率的なカーボンリサイクルを達成する。

【CO₂回収とメタネーションカーボンリサイクルの概念図】



3. 効果（CO₂削減効果等）

本装置の適用により、焼却施設から発生するCO₂のうち、年間約900万トンの回収が見込まれる（回収率80%として）。

* 国内焼却施設からのCO₂発生量：1,155万トンCO₂/年（環境省HP、埼玉県HPを参考に算出）