

CO₂化学吸収液

—CO₂削減技術の実用化促進に向けて—

化学吸収法は、CO₂分離回収・貯留(CCS)の早期実施に不可欠な技術であり、世界中で進められている大規模CCSプロジェクトにおいて重要な役割を担っています。RITEは、さまざまなCO₂排出源を対象に、低エネルギー・低コストを達成する新規吸収液を開発するため、分子レベルの材料設計、ラボレベルの性能評価、およびプラント試験による実用技術検討等に、総合的に取り組んでいます。

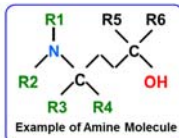
CO₂分離・回収エネルギーを大幅に低減する高性能吸収液の開発

Post-combustion CO₂ capture(燃焼後回収)において化学吸収法は有用な技術であり、火力発電所の燃焼排ガスや製鉄所の高炉ガスなどの大気圧かつ低CO₂濃度のガスから純度99%以上のCO₂を回収することができます。RITEは、これまでにアミン化合物の探索の中から高性能吸収液を開発し、CO₂分離・回収エネルギー2.0 GJ/t-CO₂を達成しました。(標準的な吸収液、モノエタノールアミン30wt%水溶液の場合は4.0GJ/t-CO₂程度) 現在も、更なる高性能化およびCCSコスト削減に向け、革新的技術の研究・開発に取り組んでいます。

化学吸収法

アミン化合物

NH2-CH2-CH2-OH
Conventional
(ca. 4 GJ/t-CO₂)



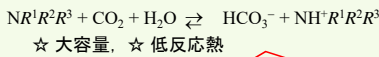
- アミノ基: **N** - Electron donor - Bond with CO₂
- Proton acceptor
- アルキル基: **Rⁿ** - Control of carbamate formation
- 水酸基: **OH** - Increase in solubility to water

CO₂吸収形態

カルバメート生成反応:

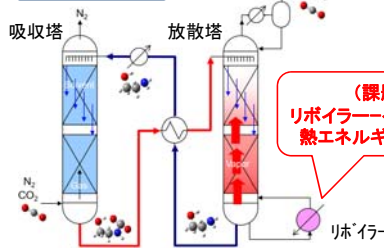


バイカーボネート生成反応:

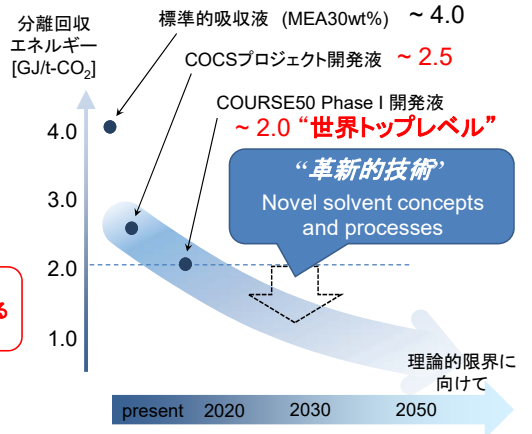


(課題) 好ましい特徴を併せ持つ吸収液の開発

分離回収プロセス



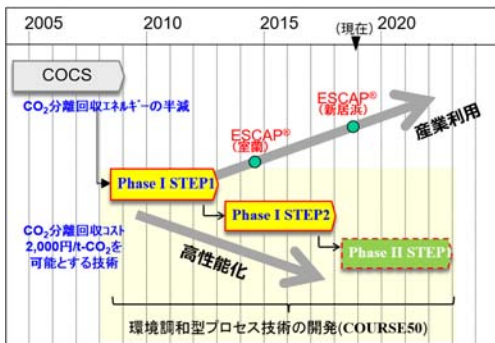
チャレンジ



環境調和型プロセス技術開発事業(COURSE50)

RITEは、COURSE50プロジェクト(Phase I: '08~'17年度)に参加し、CO₂分離回収コストの削減に向けた高性能な新規化学吸収液の開発を行いました。その中で新日鐵住金株式会社と共同開発した化学吸収液は、新日鐵住金エンジニアリング株式会社の省エネ型二酸化炭素回収設備ESCAP®に採用され、商業機が稼働しています。さらに、本年度からのCOURSE50プロジェクトPhase IIIに引き続き参加し、CCSコスト低減に繋がるCO₂分離・回収エネルギーの一層の低減を目指し、革新的な高性能化学吸収液の開発に取り組んでいます。

研究開発プロジェクト



* COCSおよびCOURSE50(Phase I STEP1)においては製鉄所実高炉ガスを用いたパイロットプラント連続評価試験を新日鐵住金エンジニアリング(株)が実施

吸収液の高性能化

Phase I STEP1 (2008年度~2012年度)

高性能吸収剤を開発し、それを用いた吸収液により分離回収エネルギー**2.0GJ/t-CO₂**(推算値)を達成。低温再生に優れた吸収液を開発。従来液と比較し**約30℃低温化**を可能にする。

Phase I STEP2 (2013年度~2017年度)

一層の高性能化を目指し、性能発現機構を検討し、関連する要素技術を明らかにした。それにより分離回収エネルギー**1.6GJ/t-CO₂**の可能性が示された。

Phase II STEP1 (2018年度~)

吸収熱低減に寄与する吸収形態の改善や分極影響緩和の改善に新規技術を見出し高性能化に取り組んでいる。
[目標] **1.6GJ/t-CO₂**を実現する高性能吸収液開発

産業利用

	1号機	2号機
設備規模	120 t/day	143 t/day
排出源	製鉄熱風炉	石炭火力(※)
CO ₂ 用途	産業用CO ₂ 製造	飼料添加物製造

※ 2号機は化学吸収法による石炭火力発電所の燃焼排ガスからのCO₂分離回収技術として**日本初の商業設備**。



商業化1号機
(新日鐵住金室蘭製鉄所構内)
www.eng.nssmc.com

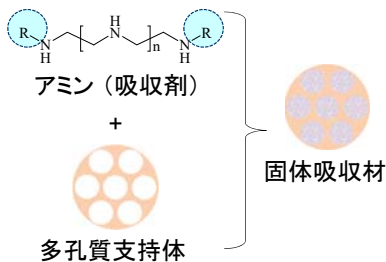
* COCS: 経済産業省補助事業, * COURSE50: 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託研究開発プロジェクト

CO₂固体吸収材

— CCS技術の省エネルギー化を目指して —

RITEでは、これまでに蓄積してきた化学吸収法等のCO₂分離回収技術をベースにCO₂高効率回収・低エネルギー消費型の固体吸収材を開発しています。CCSコストに占める割合の大きいCO₂分離回収コストの低減は、地球温暖化に關与するCO₂排出量の大幅削減に貢献し、我が国が目指している低炭素社会の構築に大いに役立ちます。

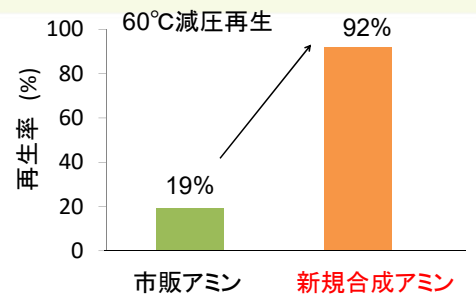
固体吸収材の開発



固体吸収材は、CO₂吸収剤であるアミンを多孔質支持体に担持した固体であり、アミン吸収液と類似のCO₂吸収特性を有しながら吸収液顕熱や蒸発潜熱の大幅低減が期待できます。

RITEでは、CO₂分離回収エネルギーの大幅な低減を目指して、川崎重工業(株)とともに研究開発を推進しています。* RITEが独自に開発した新規アミンは、低温再生が可能であり、60°Cで高い再生率を示します。これにより、低温排熱の活用も期待できます。

RITE固体吸収材の特性



ラボスケールCO₂分離回収試験 (~3 kg-CO₂/day)



RITE固体吸収材

* 再生条件: 蒸気供給・減圧

再生蒸気エネルギー低減検討

吸収材	蒸気量[g/min]	回収率[%]	回収純度[%]	消費E[GJ/t]
RITEアミン担持 固体吸収材	0.50	98	99	1.7
	0.41	99	99	1.4
	0.32	90	99	1.2
	0.20	76	97	0.9

ラボスケールCO₂分離回収試験装置を用いてプロセス性能評価を実施し、石炭火力発電所の排ガス程度(11~12%CO₂)の湿潤CO₂ガスに対する世界トップレベルの分離回収性能を実証しました。

再生工程で蒸気を供給するSA-VSA(Steam-aided vacuum swing adsorption)により性能評価を行っており、再生に必要な十分な蒸気量を供給することで、回収率 $\geq 90\%$ 、回収純度 $\geq 99\%$ 、消費エネルギー 1.2 GJ/t-CO₂を達成しました。

固体吸収材のスケールアップ合成・ベンチ試験

ベンチ試験に向け、RITE固体吸収材のスケールアップ合成技術(~10 m³)を確立しました。

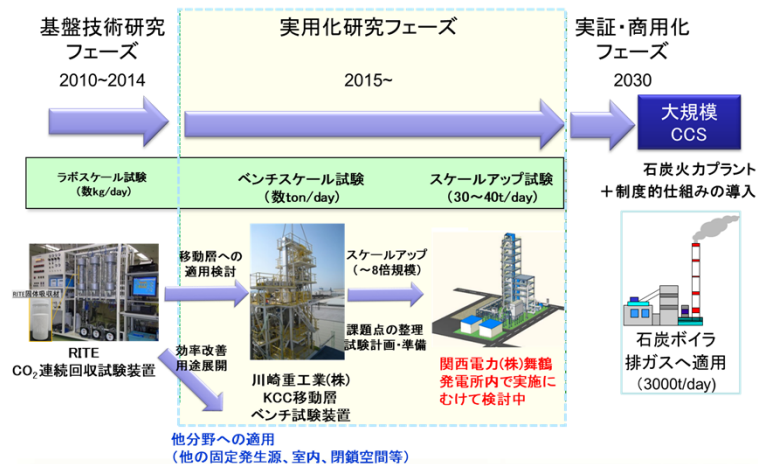
現在、川崎重工業(株)明石工場にてベンチスケール燃焼排ガス試験を実施しており、最大で5.5 ton/dayのCO₂の回収性能を実証しました。

本ベンチ試験では、川崎重工業が開発したKCC移動層システムを採用し、RITE固体吸収材を用いて、省エネルギー型CO₂分離回収プロセス技術の確立を目指しています。また、本試験で得られる知見は更なるスケールアップ設計を可能とします。



KCC移動層ベンチ試験装置

研究開発ロードマップ



*本資料は経済産業省ならびに国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)からの委託事業の成果をもとに作成しています。

FY2015~2017(先進的二次酸化炭素固体吸収材実用化研究開発事業:経済産業省委託事業)

FY2018~(CCS研究開発・実証関連事業/CO₂分離回収技術の研究開発/先進的二次酸化炭素固体吸収材実用化研究開発:NEDO委託事業)

CO₂分離膜

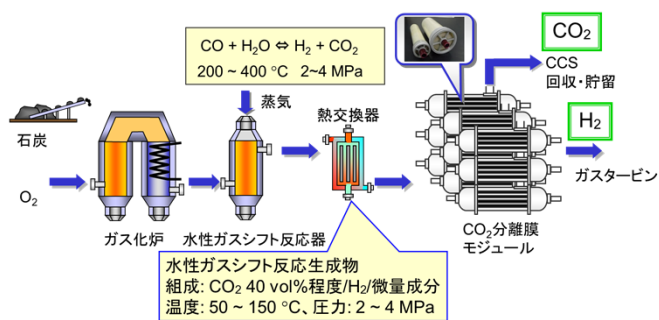
— 高圧ガスからの経済的なCO₂分離・回収を目指して —

石炭ガス化複合発電(IGCC)等の高圧ガスに対し、省エネルギー・低コストでCO₂分離・回収を可能にする膜分離技術が期待されています。このためには、高いCO₂分離・透過性能を有する膜素材、及び分離膜モジュールの開発が重要です。RITEおよび民間会社を組合員とする次世代型膜モジュール技術研究組合では、CO₂分離・回収コストを大幅に低減しうる革新的な技術として、**世界トップレベルの分離性能と分離・回収コスト1,500円/t-CO₂以下**を達成する分子ゲート機能CO₂分離膜モジュールシステムの開発に取り組んでいます。

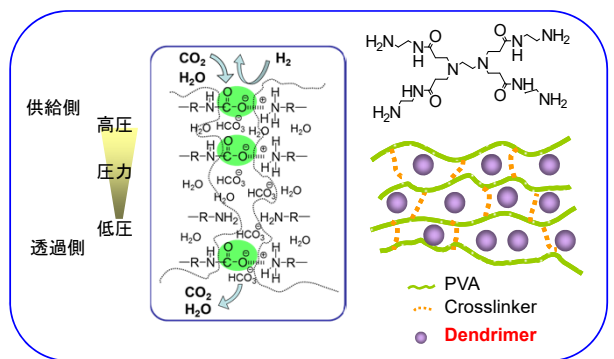
石炭ガス化複合発電(IGCC)からのCO₂分離・回収

■ IGCCの水性ガスシフト反応後の高圧ガスからCO₂を分離・回収するための膜モジュールシステムの開発を進めています。

分離膜を用いた石炭ガス化複合発電(IGCC)からのCO₂分離回収

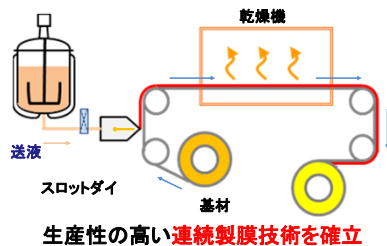


分子ゲート膜の概念図

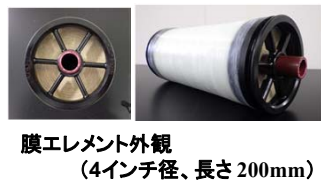


連続製膜分子ゲート膜の分離性能

連続製膜



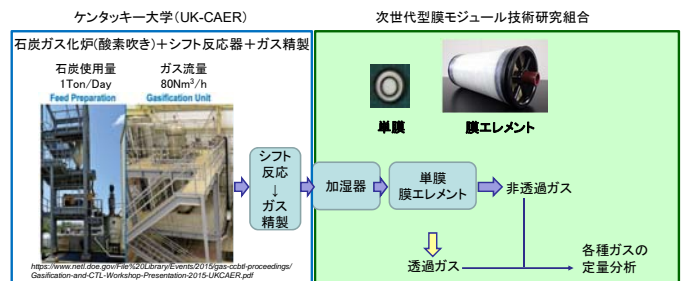
CO₂分離膜エレメント



連続製膜分子ゲート膜を用いて
スパイラル膜エレメントを作製

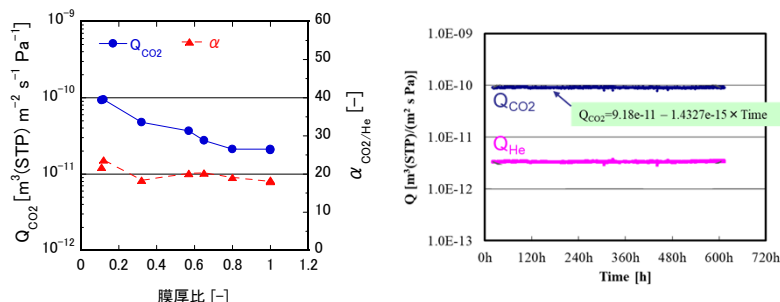
実用化に向けた実ガスを用いた検証

実ガス試験



米国ケンタッキー大学応用エネルギー研究センター(UK-CAER)で石炭ガス化炉からの実ガスを用いた検証試験を実施中

連続製膜法による薄膜化と分離性能



連続製膜法での薄膜化によりIGCC想定圧(2.4MPa)において
・CO₂の透過性能が向上(選択性は維持)
・約600時間の耐久性を確認(Q_{CO₂}低下率: 25%/2年(16,000h))

測定条件: 温度: 85°C、供給側: 全圧2.4MPa、混合ガス組成CO₂/He=40/60 vol./vol.、湿度60%RH、透過側: 大気圧

CO₂分離膜実用化に向けたロードマップ

基礎研究開発 FY2011 実用化研究フェーズ 2015 2018 実証フェーズ 2020 2025 商用化フェーズ 2030



研究・開発体制

次世代型膜モジュール技術研究組合 + IGCC関係企業との連携(電力会社、エンジニアリング会社等)

1) 二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発事業(H27FY~)(計画・課題)

- ・実ガス等の実用化試験による技術課題の抽出、解決
- ・実用化段階の分離・回収コスト1,500円/t-CO₂以下の達成
- ・実機膜モジュールシステムの開発

2) 実証フェーズ・商用化フェーズにおける課題

- ・IGCC実ガス、実機での長期試験、大規模な実証試験による実績の蓄積
- ・膜、モジュールの商業生産プロセスの検討、膜大面積化、量産体制の構築
- ・CO₂分離膜プロセス採用に向けた活動

※本資料は経済産業省ならびに国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)からの委託事業の成果をもとに作成しています。

FY2015~2018(二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発事業:経済産業省委託事業)

FY2018~(CCS研究開発・実証関連事業/CO₂分離回収技術の研究開発/二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発:NEDO委託事業)



Research Institute of Innovative Technology for the Earth