

《 講演 5 》

CO₂の分離回収技術の現状と排出削減技術開発への取り組み

(公財) 地球環境産業技術研究機構
化学研究グループ
中尾 真一

1. はじめに

CO₂回収・貯留 (CCS: Carbon dioxide Capture and Storage) は、温室効果ガスの大気中への排出削減効果が大きいため、地球温暖化対策の重要な選択肢の一つと期待されており、我が国においても、北海道の苫小牧で、海底下の地層を使った大規模実証が 2012 年度から開始される。また、CCS 全体コストの 6 割以上と言われている CO₂回収コストの削減は CCS の実用化において重要な課題である。

本講演では、CO₂の分離回収技術の現状と排出削減技術開発への取り組みを、特に RITE における取り組みを中心に紹介する。加えて、CO₂分離回収技術の展望を述べる。

2. CO₂の分離回収技術の現状

CO₂分離回収技術の開発内容を大別すると、アミン吸収法等の既存技術を用いて CCS 実証試験を実施する際の課題の解決と、CO₂回収コストの大幅な削減を目指した新規技術の開発がある。実証試験を実施する際の課題としては、アミン化合物の大気放散の影響、回収 CO₂に含まれる不純物の地下水等への影響、CO₂回収コスト削減を目指した回収 CO₂濃度の最適化等がある。

新規 CO₂回収技術の開発は日米欧の研究機関が積極的に取り組んでいる。米国では、NETL を中心に、CCS に関する様々な項目について技術開発が進められており、半年～1年の実証試験が行われている。

我が国では、経済産業省、NEDO を中心として、化学吸収法、吸着法、膜分離法等の CO₂回収技術の開発が進められている。CO₂分離回収は日本が得意とする技術分野であり、世界をリードする CO₂回収技術の開発と実用化が期待される。

図 1 に、RITE で取り組んでいる CO₂回収技術を示す。CO₂の分離回収においては、CO₂発生源と CO₂回収技術の最適な組合せが重要である。化学吸収法は、大気圧の燃焼排ガスからの CO₂回収に適する。膜分離法と吸着法は圧力を有するガスからの CO₂回収に適している。RITE は、1990 年の設立当初から CO₂分離回収技術の研究を行っており、今までに化学吸収法、吸着法、膜分離法で世界をリードする研究成果を挙げてきた。RITE では、材料の開発に始まり、加工、システム検討までを一貫して研究開発していることが特徴である。

化学吸収液分野では、鉄鋼連盟が NEDO から委託されている COURSE-50 プロジェクト (2008 年度～

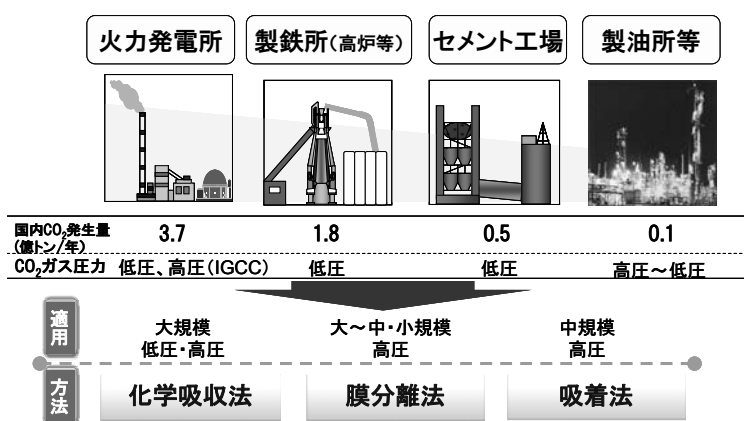


図 1 RITE で取り組んでいる CO₂回収技術

2012年度)の最終年度に取り組んだ(図2)。本プロジェクトの目標は、高炉ガスからのCO₂分離回収コスト2,000円/t-CO₂を可能とする技術の見通しを得るため、新たな吸収液等の技術開発を行い、併せて製鉄所内の未利用排熱を利用してCO₂分離エネルギーを削減する技術を開発することにある。

RITEは、高炉ガス(BFG)からのCO₂分離回収に係る化学吸収液(アミン吸収液)の開発を新日本製鐵株式会社(現 新日鐵住金株式会社)および東京大学と共同で担当し、平衡モデルにより算出したCO₂分離回収エネルギー2.0GJ/t-CO₂を目標として、合成化学と計算化学を駆使して新規吸収液の開発を行ってきた。

これまでにRN-1吸収液をはじめ4系統の新吸収液の開発に成功しているが、本年度新たに開発したRN吸収液は、吸収液特性のラボ測定値を基に平衡モデルを用いて算出した分離回収エネルギーが2.0 GJ/t-CO₂に到達し、本課題の最終目標を達成することができた。また、新日鐵エンジニアリング株式会社(現新日鐵住金エンジニアリング株式会社)にて実施されたパイロット試験(CAT-30)において、再生温度を従来より約30℃低温化できるRN吸収液の開発にも成功し、排熱の利用拡大に繋がる成果も得ている。

更に新吸収液のCAT30による実ガス長期試験では、吸収液の劣化変性や蟻酸生成挙動を明らかにし、1年程度の運転では性能低下は問題ないとの見込みを得た。現在、主な劣化変性物の分子構造を特定し、環境影響の評価を進めている。

アミン吸収液の分離回収エネルギーを更に下げるため、固体吸収材の研究開発も行っている。これは化学吸収剤のアミンを多孔質支持体に担持させた固体で、アミンを水溶液として用いる化学吸収法と異なり、CO₂解離に伴う蒸気エネルギー損失が無視できるためCO₂分離回収エネルギー低減の可能性がある(図3)。

平成22年度から経産省委託事業「二酸化炭素回収技術高度化事業」として、CO₂高効率回収・低エネルギー消費の固体吸収材の開発を開始した。NETLとの技術交流を通じてRITEの化学吸収液技術を発展させた新規な固体吸収材の開発と発電システムでのプロセスシミュレーション技術の構築を目指している。これまでに、RITE液をベースとして比較的低温で脱離性能の良い固体吸収材を開発し、その実用可能性の検証中である。細孔径が2~50nm程度の多孔体であるメソ細孔シリカの表面へアミノ基を化学修飾し、CO₂との親和性を向上させた固体吸収材を開発している。このような固体吸収材を利用するメリットとしては、耐水蒸気性によるプロセスの簡略化と省エネルギー化以外にも、アミンの固体表面への固定化による吸収質の放散防止やハンドリングの容易性などが期待できる。

RITEは次世代型膜モジュール技術研究組合の一員として分子ゲート機能を有する革新的なCO₂分離膜モジュールの開発に取り組んでいる。分子ゲート機能とは膜中に存在するCO₂が他のガスの透過を抑制する機能であり、従来の分離膜では分離が難しかったH₂からのCO₂分離を可能とする(図4)。組合が受託したMETI委託事業「二酸化炭素分離膜モジュール研究開発事業」では、分離膜の開発、膜モジュールの開発、膜分離システムの開発を行っている。その中でRITEは分離膜の開発を担当しており、IGCC等の圧力ガスからのCO₂回収コストを1,500円/t-CO₂とする膜を開発中である。CO₂/H₂分離膜

高炉ガス(BFG)から、低コストで、CO₂分離回収を可能とする新化学吸収液の開発
(新日本製鐵-東京大学-RITE、NEDO事業共同研究、H20~H24年)

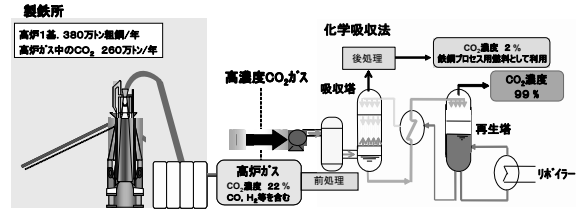


図2 COURSE-50プロジェクトの概要

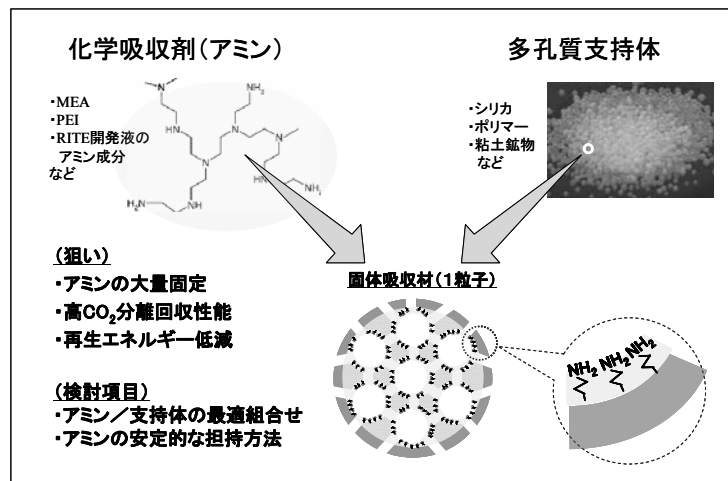


図3 固体吸収材の概念図

としては世界最高の CO₂ 透過速度と CO₂/H₂ 選択性を有し、最近では、従来の PEG 系から PVA 系の膜材料に変更するなど膜材料の改良を進め、大気圧条件において分離係数>500 の高い分離性能の膜の開発に成功している。現在は、高压条件のための膜材料の改良、膜モジュール化検討、システム検討を進めている。

3. 排出削減技術開発への取り組み

RITE 化学研究グループでは、これまで、放出される CO₂ を回収・貯留する CCS のための CO₂ 分離・回収技術の研究開発を行ってきた。今後は、CO₂ 排出そのものを削減する技術内容にも取り組んでいく。具体的には、自然エネルギーやバイオマス等の再生可能エネルギー由来の H₂ を、CO₂ を排出しないエネルギーとして使用するプロセスの構築を目指す。その中で、必要となる H₂ の分離精製のために、無機系 H₂ 分離膜開発に取り組もうと考えている。

さらに、エネルギー多消費型技術である蒸留法に代えて、省エネルギーの膜を用いた有機溶媒系、炭化水素系の分離技術開発にも着手する。

4. まとめと展望

CCSに適用可能なCO₂分離技術の中で、化学吸収法、物理吸収法は技術的な完成度が高く、化学吸収法では500t-CO₂/日のプラントの計画がある。安定にCO₂を回収するという観点から技術を選ぶと、現時点では化学吸収法、物理吸収法になるが、CO₂回収コストは3,000～4,000円/t-CO₂と大きく、安価にCO₂を回収するという観点から更なる改良が必要である。しかし、化学吸収法、物理吸収法の完成度は高く大幅なコスト削減は難しく、経済産業省の技術戦略マップ¹⁾に記載の通り、化学吸収法でのCO₂回収コストは2,000円台/t-CO₂がひとつの目標である。更なるコスト削減のためには、これらに代わる革新的な分離回収技術の開発が必要であり、技術戦略マップでは圧力ガスからのCO₂分離に膜分離等の新規技術を用いて、2015年までに1,500円台/t-CO₂、2020年までに1,000円台/t-CO₂の技術を確認する計画となっている。

安全にCO₂を回収するという観点も重要である。既存の火力発電所ではCO₂を回収した後に燃焼排ガスを大気中に放散する。燃焼排ガスに含まれるアミンの濃度は1ppm程度と少ないが、アミンの安全性を検討することが実用化に向けて必要であろう。

謝辞：本研究開発は、METI委託事業、並びにNEDO委託事業の一環として実施した。

引用文献：

- 1) H22FY「プログラム方式二酸化炭素固定化・有効利用技術開発（①技術戦略マップ）」成果報告書（RITE）

「次世代型膜モジュール技術研究組合」設立(H23.2.17)。 (㈱ケレ、日東電工㈱、新日鉄エンジニアリング㈱、(財)地球環境産業技術研究機構)

概要：分子ゲート機能を有する革新的なCO₂分離膜モジュールを開発して事業化する。

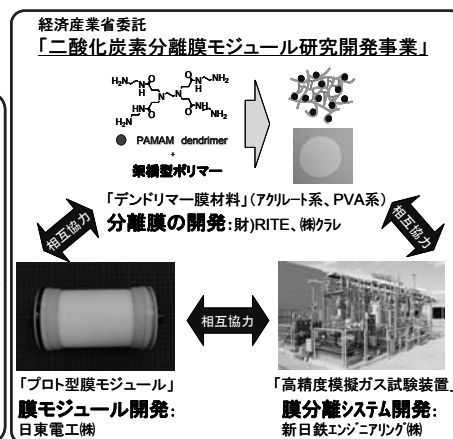
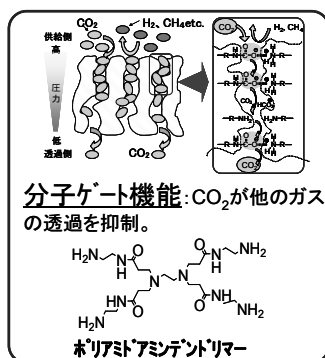


図4 分子ゲート膜モジュール開発の取り組み