

CO₂ 分離回収技術開発の世界動向と RITE の取り組み

(財) 地球環境産業技術研究機構
化学研究グループ
グループリーダー
風間 伸吾

1. はじめに

本年 9 月に中国の北京で炭素隔離リーダーシップフォーラム(CSLF)の第 4 回閣僚級会合が開催された。その場で、二酸化炭素回収・貯留(CCS)の実用化に向けて取り組むべき課題が示された。これらの課題の中のひとつに「経験 (Experience)」がある。CCS 実証プロジェクトを実施して経験を積むことが CCS の実用化に不可欠なプロセスである。また、「CO₂分離回収コストの削減」も CCS の実用化に重要である。CCS 全体に占める CO₂分離回収コストは 6 割以上と言われており、削減効果大きい。

化石燃料の使用で排出される CO₂の回収方法は、燃焼後回収 (post combustion)、燃焼前回収 (pre combustion)、酸素燃焼(oxyfuel)の 3 つに大別される¹⁾。燃焼後回収は、化石燃料を燃焼した後に CO₂を回収するプロセスである。燃焼前回収は、化石燃料から CO₂と水素を製造して、CO₂を回収した後に水素をクリーンな燃料として用いるプロセスである。また、酸素燃焼は、化石燃料の燃焼に酸素を用いることで、燃焼排ガス中への窒素の混在を無くして回収 CO₂濃度を高めるプロセスである。本講演では、CO₂分離回収技術の世界動向を 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分離回収技術開発の世界動向

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分離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分離回収コストの削減を目指した回収 CO₂濃度の最適化等がある。

新規な CO₂分離回収技術の開発は日米欧の研究開発機関が積極的に取り組んでいる。今年の 8 月に米国ピッツバーグで NETL CO₂ Capture Meeting が開催された²⁾。この会議は米国エネルギー省が補助金を出した研究テーマの報告会であり米国における研究開発動向が伺える。発表件数は、燃焼前回収が 12 件、燃焼後回収が 19 件、酸素燃焼が 8 件、ケミカル・ルーピングが 5 件であった。ここで、ケミカル・ルーピングとは金属酸化物を酸素の媒体に用いて化石燃料を化学的に酸化してエネルギーを得る方法であり、燃焼排ガスとして高濃度の CO₂を得ることが出来る。発表の中で、燃焼後回収が 19 件と多く、その内訳は、吸収液に関する内容が 10 件、吸着材が 5 件、膜が 4 件である。吸収液に関する内容はプロセスの改良に関する内容が多かった。

最近の研究開発の中で、炭酸脱水酵素 (CA) とその模擬触媒の開発が興味深い。CA は CO₂と H₂O から炭酸水素イオンを形成する反応とその解離を促進する触媒機能を有している。そのため、化学反応を伴う CO₂の吸脱着速度を向上させる効果を有する。

日本では、経済産業省が固体吸収材、膜モジュール等の新規な CO₂分離回収技術の開発を主導している。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分離回収技術の開発と実用化が期待される。

3. RITEにおける取り組み

図1に、RITEで取り組んでいるCO₂分離回収技術を示す。ここで、CO₂分離回収を考える時にCO₂発生源とCO₂分離回収技術の最適な組み合わせが重要である。化学吸収法は、大気圧の燃焼排ガスからのCO₂分離回収に適する。膜分離法と吸着法は圧力を有するガスからのCO₂分離回収に適している。RITEは、1990年の設立当初からCO₂分離回収技術の研究開発を行っており、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を特徴とする。

図2に、鉄鋼連盟がNEDOから委託されているCOURSE-50プロジェクト(2008FY~2012FY)の中で実施している製鉄所の高炉ガス中に含まれるCO₂分離回収の研究開発を示す。ここでは、分離回収エネルギーが2.0GJ/t-CO₂を目標に、アミン吸収液とプロセスの開発を行っている。RITEは、新日本製鐵株、東京大学と共同でアミン吸収液の開発を担当している。

アミン吸収液の開発では、既存のアルカノールアミンをベースに合成化学と計算化学を駆使して、新規アミン化合物を開発してきた。その結果として、前COCSプロジェクトの成果であるRITE-5Cに比べて、分離回収エネルギーが約2割小さいRN-1吸収液の開発に成功している。

アミン吸収液の分離回収エネルギーを更に下げられるための研究開発が行われている。図3に固体吸収材の概念を示す。固体吸収材とは、比熱の小さい担体にアミン系吸収液を担持した材料である。吸収液では組成の半分以上が比熱の大きな水であるのに対して、固体吸収材では比熱の小さな担体を用いることで、再生時の加熱に要する熱エネルギーが小さくなる。RITEでは、経済産業省からの委託を受けて米国DOE/NETLと共同で新規な固体吸収材の開発を行っている。

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

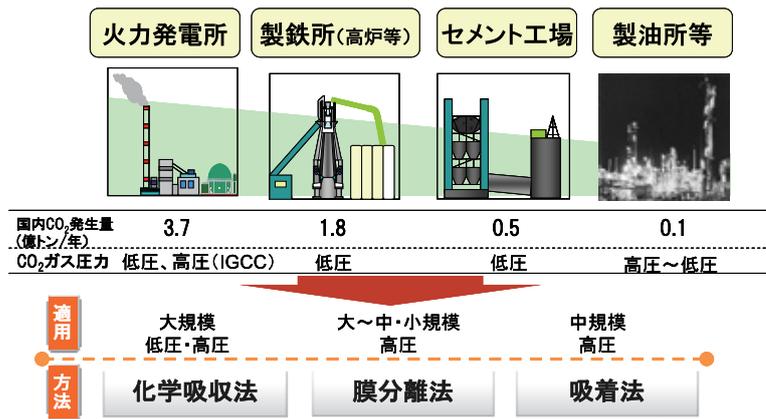
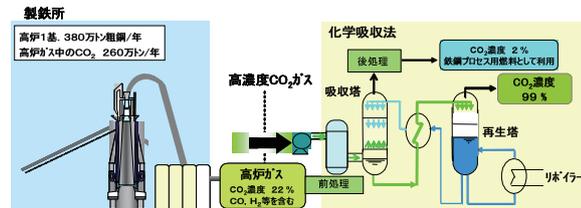


図1 発生源の規模・CO₂ガス圧に最適なCO₂分離回収技術の開発

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)



【目標(H24年度)】
 分離回収エネルギー 2.0GJ/t-CO₂
 【独自技術】
 1) 化学吸収液開発の独自技術
 2) 計算化学手法による新吸収液開発

設備スケールと分離回収エネルギー (GJ/t-CO ₂)				
スケール →	CAT-LAB	CAT-1	CAT-30	(平衡モデル)
吸収液 ↓	5kg-CO ₂ /d	1t-CO ₂ /d	30t-CO ₂ /d	3,000t-CO ₂ /d
RITE-5C	3.4	3.2	2.7	2.7
RN-1	2.8		2.5	

図2 吸収液の開発 (COURSE-50 プロジェクトの一環)

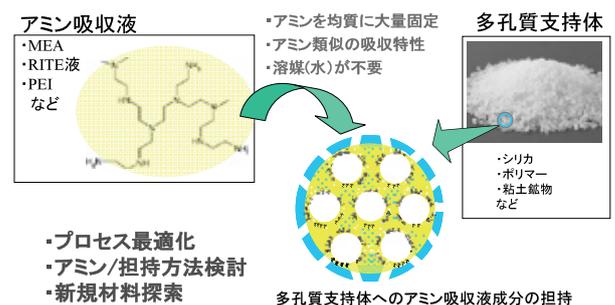


図3 固体吸収材の開発

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 ガスからの CO₂ 分離を可能とする(図 4)。組合が受託した経済産業省委託事業「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おり、その中で RITE は分離膜の開発を担当している。RITE が開発中の分子ゲート機能を有する分離膜を用いると、IGCC 等の圧力ガスからの CO₂ 分離回収コストが 1,500 円/t-CO₂ となる。RITE が開発した膜は、高压ガスからの CO₂/H₂ 分離において世界最高の CO₂ 透過速度と CO₂/H₂ 選択性を有する。

「次世代型膜モジュール技術研究組合」設立(H23.2.17)。

(㈱ケル、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。

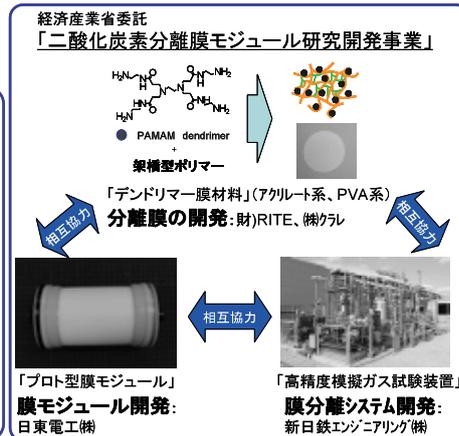
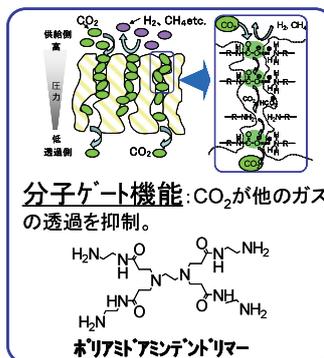


図 4 分子ゲート膜モジュールの開発

4. まとめと展望

CCSでは膨大な量のCO₂を「安価・安定・安全」に回収する技術が必要となる。CCSに適用可能なCO₂分離回収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。

一方で、化学吸収法、物理吸収法を用いた場合のCO₂分離回収コストは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いので大幅なコスト削減は難しいと言える。経済産業省の技術戦略マップ³⁾に記載の通り、化学吸収法でのCO₂分離回収コストは2,000円台/t-CO₂がひとつの目標と考える。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る。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である。

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を回収した後の燃焼排ガスを大気に放散する。放散され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、アミンが環境に及ぼす影響を確認すると共に、必要に応じて排ガス中のアミン濃度を下げる工程が必要となる。

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) IPCC, 2005: IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage, Cambridge University Press, Cambridge, U.K. (2005)
- 2) <http://www.netl.doe.gov/events/11conferences/co2capture/index.html>
- 3) 平成21年度「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)