

化学研究グループ

グループメンバー(2023年4月)

グループリーダー・主席研究員	余語 克則	研究員	山口 創司
主席研究員	喜多 英敏	研究助手	荒木 華子
サブリーダー・主席研究員	水野 雅彦	研究助手	井田 博之
サブリーダー・主席研究員	松好 弘明	研究助手	浦井 宏美
サブリーダー・副主席研究員	菊池 直樹	研究助手	大西 紀子
副主席研究員	馬場 宏治	研究助手	大野 信成
副主席研究員	Firoz Alam Chowdhury	研究助手	尾方 秀謙
主任研究員	甲斐 照彦	研究助手	小倉 公美子
主任研究員	來村 和潔	研究助手	鹿嶋 麻衣
主任研究員	木下 朋大	研究助手	片岡 梢
主任研究員	久貝 潤一郎	研究助手	菰野 恵子
主任研究員	後藤 和也	研究助手	杉本 理絵
主任研究員	瀬下 雅博	研究助手	手嶋 孝
主任研究員	村岡 利紀	研究助手	奈良 裕子
主任研究員	龍治 真	研究助手	鳴瀧 陽三
研究員	伊藤 史典	研究助手	藤井 暁義
研究員	大畠 悠輔	研究助手	藤原 洋一
研究員	清川 貴康	研究助手	森 恵子
研究員	小寺澤 耀	研究助手	森 美佐都
研究員	段 淑紅	研究助手	保野 篤司
研究員	淵上 暢彦	研究助手	吉野 直美
研究員	Vu Thi Quyen	研究助手	米澤 順子
研究員	孟 烈		

CO₂分離・回収、有効利用技術の高度化・実用化への取り組み

1. はじめに

昨年度まで CO₂の分離・回収及び有効利用技術の研究開発は、化学研究グループと無機膜研究センターで別個に実施してきたが、有機膜と無機膜の研究開発、また、CO₂有効利用に関する研究開発を連携させるため、2023 年度から両組織を統合し、効率的な運営を行う組織体制とした。今後、CO₂分離回収・有効利用に関わる各種技術の早期実用化・産業化を目指して、産業化戦略協議会の活動内容を拡大する予定である。以下、現在の化学研究グループの取り組みについて述べる。

2. CO₂分離・回収技術の研究開発

2015年12月のCOP21で「パリ協定」が採択され、異常気象など気候変動による悪影響を最小限に抑えるために、産業革命前からの世界の平均気温の上昇を「2℃より充分低く保ち、1.5℃に抑える努力を追求する」

ことが目標とされた。その後、さらなる気温上昇や世界規模で発生している甚大な自然災害など危機感の高まりを受けて、先の2021年11月のCOP26におけるグラスゴー気候合意では、気温上昇幅を「1.5℃に制限する努力の追求を決意」とされ、世界で初めて1.5℃が数値目標となった。IPCCによると、1.5℃目標のためには、2010年比で2030年までにCO₂を45%削減し、2050年までにネットゼロを達成する必要がある。

我が国においては2020年10月の「2050年カーボンニュートラル」宣言と、2020年12月に策定(2021年6月詳細策定)された「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を受けて、様々な方面からの地球温暖化防止のための取り組みが進められている。CCUS (Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage)/カーボンリサイクルは、主要な取り組みの1つであり、カーボンニュートラルを可能とする重要

な革新的技術として位置付けられ、「CO₂ を炭素資源として捉えて、分離・回収した CO₂ の燃料や素材への再利用(CCU)」や「分離・回収した CO₂ の地中貯留(CCS)」との組合せにより、大きな CO₂ 削減効果が見込まれる。CO₂ 分離・回収技術は CCUS 推進のための基盤技術であり、2050 年度までに CO₂ 分離・回収コスト 1,000 円/t-CO₂ を目指し開発を進めることや様々な CO₂ 排出源に対応する分離・回収技術を確認していくことが目標として示されている。また、カーボンニュートラルを実現するためには、大気中の CO₂ 濃度を低減する技術、すなわちネガティブエミッション技術の導入が不可欠であり、特に大気中から CO₂ を直接回収する Direct Air Capture(DAC)が注目されている。2021 年 7 月に改訂された「カーボンリサイクル技術ロードマップ(経産省)」では、進展のあった新たな技術分野として DAC が追記された。

このような背景を受けて、様々な CO₂ 排出源に対し、最適な分離・回収技術を提案することにより、CCUS の実用化を推進していかなければならない。地球温暖化対策として CO₂ の大規模削減が期待できる CCS を早期に導入、実用化するためには、大規模発生源等から排出される CO₂ 分離・回収コストの低減が重要である。また、並行して CO₂ 分離・回収技術の標準化を推進していくことも重要である。国際的な標準化の動向に歩調を合わせながら、国内の分離素材の評価方法を標準化して、様々な分離素材を共通の方法で評価できるようにすることが求められている。また、CCU(utilization)の早期社会実装も強く求められている。分離回収した CO₂ を炭素源として有効利用して化学品、燃料、鉱物へ変換してカーボンリサイクルする技術開発が重要である。

化学研究グループでは、CO₂ 分離回収技術の研究開発を行っており、これまでに化学吸収法、固体吸収法、膜分離法で世界をリードする研究開発成果を上げてきた。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。化学吸収法においては、COURSE50(「環境調和型プロセスの技術開発」プロジェクト、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)委託事業)で開発した化

学吸収液が、実用化されている。固体吸収法では、低温で CO₂ 脱離性能の優れた固体吸収材・システムのパイロット試験を、NEDO 委託事業において民間企業と共同で、石炭火力発電所の実燃焼排ガスを使って進めている。CO₂ 濃度が低い天然ガス火力発電所排ガス向けにも展開すべく、最近、新たな吸収材の開発を開始したところである。さらに、NEDO ムーンショット型研究開発事業の中で大気から CO₂ を分離・回収する DAC(Direct Air Capture)の開発も進めている。膜分離法は、圧力を有するガス源から CO₂ を低コスト、省エネルギーで分離するプロセスを目指して膜および膜エレメントの開発を行っている。適用先候補は、石炭ガス化複合発電(IGCC: Integrated coal Gasification Combined Cycle)向け、ブルー水素製造向けである。

CO₂ 分離・回収の標準化へ向けた取り組みも推進している。International Test Center Network(略称 ITCN、CO₂ 分離・回収技術の研究開発を推進する世界各地の施設のグローバル連合)へ加盟する国内唯一の機関として RITE は、海外 ITCN メンバーとの情報交換を定期的に行ってきた。また、2022 年度から始まった NEDO 事業「CO₂ 分離素材の標準評価共通基盤の確立」を受託し、国内初の実ガス試験センターを RITE 内に設置すべく準備を開始したところである。

CO₂ 有効利用技術については、現在、アミン技術を利用した炭酸塩固定化と脱水膜を利用するメタノール合成に取り組んでいる。炭酸塩固定においては、産業廃棄物中のカルシウム、マグネシウムを利用して高純度な炭酸カルシウムを製造する。炭素源、金属源ともリサイクルする環境負荷低減効果の高い製法である。メタノール合成においては、発電所、製鉄所、セメント、化学工場から排出する CO₂ を膜反応器(メンブレンリアクター)により水素と反応させて高効率にメタノールを合成する。「CO₂ を用いたメタノール合成における最適システム開発」を民間企業と共同で受託し 2021 年度から開発を行っている。

3. 化学吸収法

化学吸収法は、混合ガス中の CO_2 を化学反応を介して溶液中に選択的に溶解(分離)させ、次工程において CO_2 を含む溶液を加熱昇温し、高純度 CO_2 を回収する技術である。特に、アミンを利用した化学吸収液は、燃焼排ガス等、比較的低 CO_2 濃度の混合ガスへの適用が可能であり、CCS分野では最も成熟した CO_2 分離・回収技術の一つである。しかし、社会実装の加速にはコスト低減が課題である、溶液再生工程でのエネルギー消費やアミンの劣化などへの取り組みが必要である。

RITE は、アミンの分子構造がこれらの要因と密接に関わることに着目し、2004 年以降、新規アミン及び高性能化学吸収液の開発を推進してきた。「低品位廃熱を利用する二酸化炭素分離・回収技術開発(COCS)」(経済産業省(METI)補助事業)、および COURSE50 においては、製鉄プロセスを対象に、 CO_2 分離・回収エネルギーおよびコスト低減を可能とする高性能なアミン系化学吸収液を開発した。新規の化学吸収液は、日鉄エンジニアリング株式会社の商業設備「省エネ型 CO_2 回収設備 ESCAP[®]」に採用され、これまでに2基の商業設備が稼働している。1号機は室蘭製鉄所構内において飲料等を含む一般産業用途向けに、2号機は新居浜西火力発電所において近接する化学工場の化学副原料用に CO_2 を製造している(図1)。



図1 省エネ型 CO_2 回収設備 ESCAP[®]
(住友共同電力株式会社新居浜西火力発電所内)

前者は製鉄所の熱風炉燃焼排ガスを CO_2 回収源とす

る化学吸収法による商業設備として世界初のものであり、北海道地区の産業用 CO_2 の製造を担っている。後者は石炭火力発電の燃焼排ガスを CO_2 回収源とする化学吸収法による CO_2 分離回収設備として日本初の商業設備である。

また、COURSE50 では、水以外の溶媒を用いた吸収液において、吸収形態および分極影響を制御することで更なるエネルギー消費低減の可能性を見出し、化学吸収法におけるブレークスルー技術として「混合溶媒系吸収液」を提示した(図2)。本技術では、従来のアミン系化学吸収液で一般的であった溶媒の水の一部を非水溶媒に置き換えることにより、溶液の比熱や CO_2 との反応熱が低減できる。但し、化学種や液組成の最適設計、更には実用性検討等の課題解決はこれからであり、2022 年1月開始のグリーンイノベーション基金事業「製鉄プロセスにおける水素活用」において継続して研究開発に取り組んでいる。

<混合溶媒系吸収液>



図2 混合溶媒系吸収液のコンセプト

4. 固体吸収法

固体吸収材は、アミンを水などの溶媒に溶かした化学吸収液と異なり、アミンをシリカや活性炭などの多孔質材料に担持したものである。(図3) 固体吸収材を用いたプロセスは、溶媒に起因する蒸発熱や顕熱を抑制できることから、 CO_2 分離・回収エネルギーの低減が期待できる。

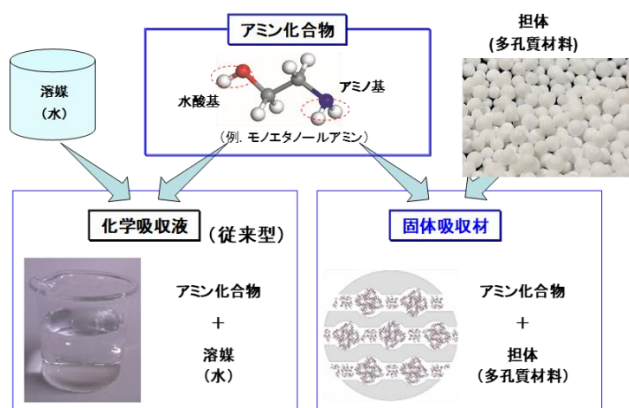


図3 化学吸収液と固体吸収材

1) 石炭火力発電所向け

2010年、RITEは主に石炭火力発電所の燃焼排ガスからのCO₂分離・回収を対象に、固体吸収材の開発に着手した（METI 委託事業）。基盤研究フェーズ（2010～2014年度）では、固体吸収材に適した新規アミンの開発に成功し、ラボスケール試験において、分離・回収エネルギー1.5GJ/t-CO₂以下の目標を得た。本固体吸収材システムは、低エネルギー回収のみならず、排熱利用が可能なレベル（60℃）の低温プロセスを可能とする革新的な材料である。アミン系固体吸収材を用いた他の事業と比較して、本事業の低温再生という観点では世界トップの水準である。2015～2019年度までの実用化研究フェーズ（METI/NEDO 委託事業）では、川崎重工業株式会社（KHI）をパートナーとして、固体吸収材のスケールアップ合成（>10m³）、ベンチスケール試験（>5t-CO₂/day）、石炭火力発電所での実ガス曝露試験などを実施した。

2020年、RITEはKHIとともにNEDO委託事業「先進的二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究」に採択された。本事業では、関西電力株式会社の協力を得て、KHIがパイロットスケール試験設備（40t-CO₂/day規模）を舞鶴発電所内に建設し、2022年度後半から試運転を開始した。RITEでは、固体吸収材のスケールアップ合成やベンチスケール試験の成果を基に最適化した固体吸収材を100m³スケールで製造し、パイロット試験設備へ供給した。今後、石炭火力発電所の燃焼排ガスからのCO₂分離・回収試験を

2023～2024年度に実施する予定である。（図4）

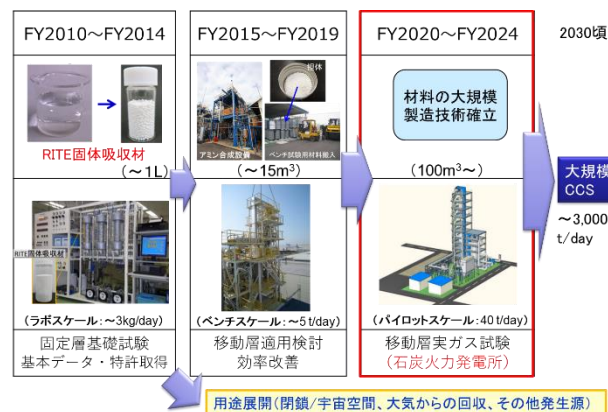


図4 固体吸収法の開発ロードマップ

また、材料劣化機構の解明と劣化防止技術の開発、プロセスシミュレーション技術による効率的な運転条件の検討なども進めており、プロセスシミュレーション技術では、KHIの移動層システムにおいて高い精度でCO₂回収量や分離回収エネルギーを予測可能なシミュレータを開発している。（図5）

パイロット試験ではこのシミュレーション技術を活用して運転条件の最適化を行う予定である。さらに、シミュレーションは実際には観測が困難な装置内部での吸脱着挙動を把握するのに役立っており、計算結果は材料開発にも活用されている。

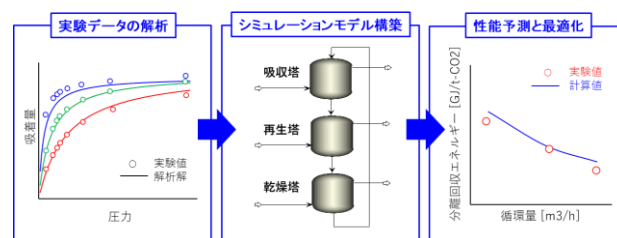


図5 RITEの保有するシミュレーション技術

2) 天然ガス火力発電所向け

2022年より、グリーンイノベーション基金事業/CO₂の分離回収等技術開発において、千代田化工建設（幹事会社）、JERAと共同で、天然ガス燃焼排ガスからの低コストCO₂分離・回収プロセス商用化の実現への取り組みを開始した。天然ガス燃焼排ガスに含有するCO₂濃度

は4%前後と石炭燃焼排ガス中のCO₂濃度(13%)と比較して低い一方、酸素濃度は10%程度と高いため、低いCO₂濃度においても、高いCO₂吸収性能を示し、酸化に対する高い耐久性を有する固体吸収材が求められ、RITEは過去に培った知見、技術に基づくアミン開発およびそれを担体に担持させた固体吸収材開発を担当している。本事業は2022年から2030年までの9年間の事業である。固体吸収材の開発が中心のフェーズ1(2022年～2024年)にてステージゲートを通過すると、ベンチ試験装置での開発を実施するフェーズ2(2025年～2026年)、さらにステージゲートを通過すればパイロット実証試験を天然ガス火力発電所サイトでの実排ガスで実施するフェーズ3へと進む予定である。(図6)

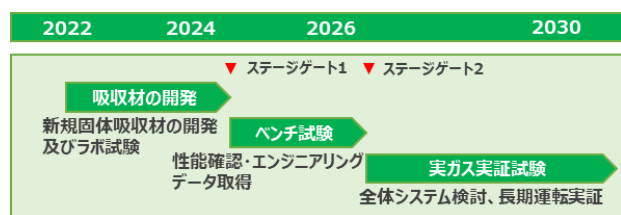
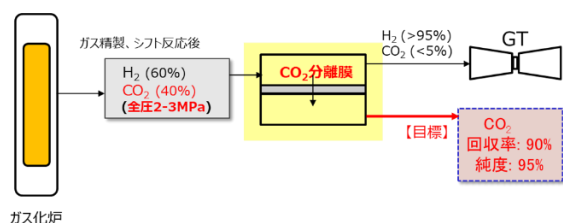


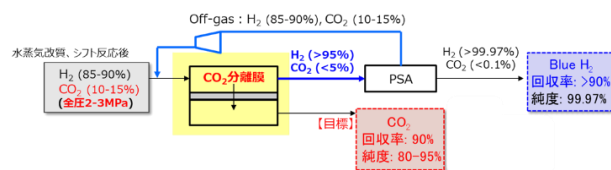
図6 研究開発スケジュール

5. 膜分離法

膜分離法は、圧力差によって分離膜の供給側から透過側へCO₂を透過・分離する分離法である。そのため、高圧ガスである石炭ガス化複合発電(IGCC)や水素製造プラントへの適用により、低コスト、省エネルギーでのCO₂分離・回収が期待される(図7)。



(a)IGCC



(b)水素製造プラント

図7 分離膜を用いた石炭ガス化複合発電(IGCC)や水素製造プラントからのCO₂分離・回収

RITEでは、高密度のアミノ基を有するポリアミドアミン dendrimer を用いた新規な高分子系材料が優れたCO₂とH₂の分離性能を有することを見出し、この dendrimer と架橋型高分子材料の分離機能層を有する複合膜(分子ゲート膜)の開発を行ってきた。分子ゲート膜の概念図を図8に示す。

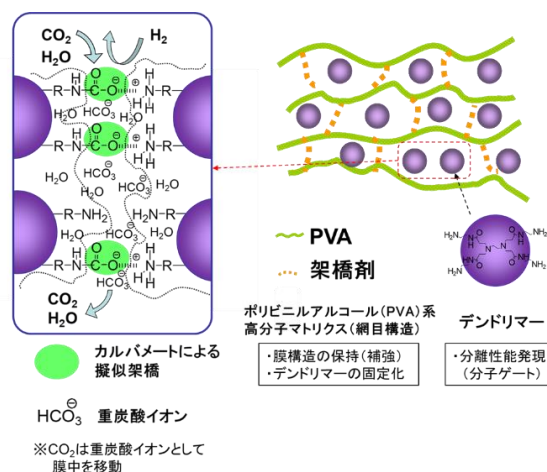


図8 分子ゲート膜の概念図

ここに示すように、透過機構としては、加湿条件で、膜中に取り込まれたCO₂が膜中のアミノ基とカルバメートや重炭酸イオンを形成し、分子サイズの小さなH₂の透過を阻害することで、従来のCO₂分離膜では分離が難しかったCO₂とH₂を効率良く分離できると考えている。また、高圧条件への適用のために、ポリビニルアルコール(PVA)系の架橋高分子マトリクスを使用し、十分な耐圧性を有する膜材料を開発した。

この成果の実用化を推進するために、現在、RITE お

よび住友化学株式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(MGM 組合)において、CO₂ 分離膜、膜エレメントおよび膜分離システムの開発に取り組んでいる。これまでに 5-10cm 径、20cm 長の膜エレメントを作製し、2.4MPa の高圧下において安定な分離性能を確認し、石炭ガス化炉からの実ガスを用いた分離性能の検証試験を実施してきた。

現在の NEDO 委託事業「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／CO₂分離・回収技術の研究開発／二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発／高性能CO₂分離膜モジュールを用いたCO₂—H₂膜分離システムの研究開発」においては、これまでの成果に基づいて膜エレメントのCO₂分離性能・耐久性向上と商用サイズ膜モジュールの開発、CO₂の利用プロセスに適する膜分離システム設計等、社会実装を目指した開発に取り組んでいる。

本事業では、膜材料の耐圧性向上を検討している。改良膜材料(単膜)の分離性能の全圧依存性を図9に示す。

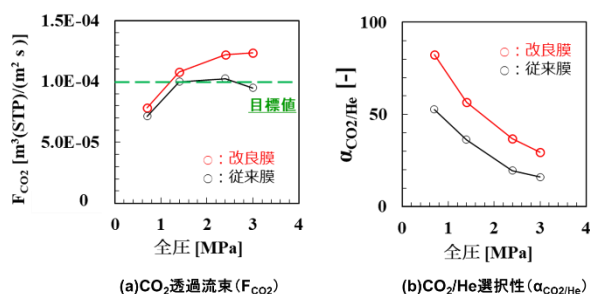


図9 膜材料(単膜)の分離性能の全圧依存性

試験条件: 温度 85℃, 全圧 0.7~3MPa, 供給ガス組成 CO₂/He=40/60, 湿度 60%RH

膜材料の改良により、3MPa までの耐圧性を得ることが出来た。また、従来膜よりも分離性能が向上し、膜材料としての目標性能達成の目途が得られた。

膜エレメント開発については、エレメント長さが従来の2倍である10cm 径、40cm 長の膜エレメントの開発に成功した(図10)。今後、改良膜材料を用いた膜エレメント開発およびさらなるスケールアップ検討を実施し、商用サイズ膜エレメントの製作技術の確立を目指す。



図10 CO₂分離膜、膜エレメント(大面積の膜、支持体および流路材等の部材を一体化したもの)および膜モジュール(膜エレメントと収納容器(ハウジング)を組み合わせたもの)

6. 大気中からのCO₂回収技術

「ビヨンド・ゼロ」を可能とする技術を2050年までに確立することを目指す「革新的環境イノベーション戦略」のイノベーション・アクションプランを後押しするための制度の一つとして2020年度よりNEDO「ムーンショット型研究開発制度」がスタートした。

RITEは、この中の目標4「2050年までに、地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現」の「(1)温室効果ガスを回収、資源転換、無害化する技術の開発」において、金沢大学および三菱重工業株式会社と協力して、大気中からの高効率CO₂分離回収・炭素循環技術の開発に取り組んでいる。

大気中から直接CO₂を回収する技術はDirect Air Capture(DAC)と呼ばれている。DACはネガティブエミッション技術として期待されており、前述の「(1)温室効果ガスを回収、資源転換、無害化する技術の開発」では、他にもDACに関する研究テーマが6件採択されている。

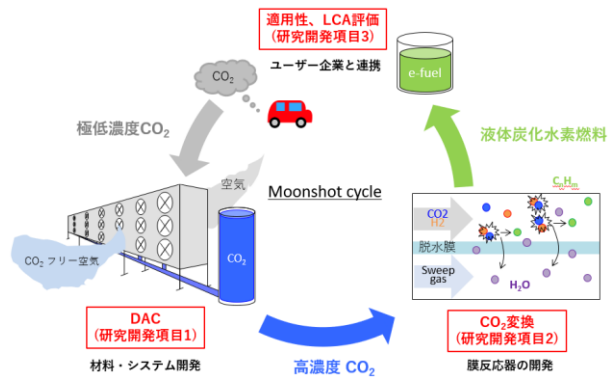


図 11 大気中からの高効率 CO₂ 回収・炭素循環技術の開発

RITEはこれまでの知見を活かし、大気中のCO₂を効果的に吸収・脱離する新たなアミンの開発を実施するとともに、大量の空気を通過させることができるように固体吸収材をハニカム等の圧力損失の少ない構造体にする技術についても検討を進めている。DAC 用に開発したアミンおよび担体を用いて、実際に RITE 周辺の外気を流通させて様々な環境を想定した性能評価試験を実施している。(図 12)



図12 DAC ラボ試験装置

更に、実機で使用されるサイズの固体吸収材構造体を評価できる DAC システム評価装置を、三菱重工エンジニアリング株式会社にて設計・製作、RITE 敷地内に設置し、スケールアップを見据えた研究開発にも着手した。

経済的に受容可能な DAC の実現に向けては材料開発だけでなく、プロセス開発も重要である。RITE では最適な運転プロセスを効率的に探索するため、シミュレ

ーション技術を活用している。

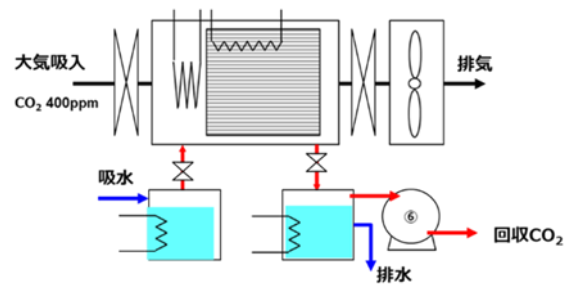


図13. DAC システム評価装置の概念図(上)と装置を設置した DAC 実験棟(下:RITE 敷地内)

7. CO₂ 分離素材の標準評価共通基盤の構築

脱炭素化に向けては、電力部門・産業部門ともに燃料やエネルギー源の転換が進むが、一定の化石燃料需要は残存し、CO₂ 排出も必然的に避けられない。そのため、比較的 CO₂ 排出量の少ない天然ガスの燃焼によって排出される CO₂ 濃度 10%以下の低圧・低濃度排ガスからの CO₂ 分離回収に対して、低エネルギー・低コスト技術の開発が必要である。RITE は、2022 年 5 月に、国立研究開発法人産業技術総合研究所と共同で、NEDO 委託事業「グリーンイノベーション基金事業／CO₂ の分離回収等技術開発プロジェクト／低圧・低濃度 CO₂ 分離回収の低コスト化技術開発・実証／CO₂ 分離素材の標準評価共通基盤の確立」を受託した。カーボンニュートラル社会実現を念頭に、世界で拡大する CO₂ 分離回収市場において国内企業の産業競争力を強化してシェアを拡大することを支援するため、新規の CO₂ 分離素材を実ガスを使って性能評価できる共通基盤の構築を実施する。

本事業は、2022 年から 2030 年までの 9 年間で予定(第 1 期:2024 年度まで)し、次の研究開発項目を実施する。(a)実ガスを用いた標準評価法の策定(実ガス試験センターの設置・運営)、(b)革新的分離素材開発に向けた標準評価法の確立、(c)耐久性評価手法の開発、(d)データベースの構築と標準評価法の普及。

RITE は、2024 年度までの 3 年間に於いて、発電所排ガスおよびボイラー排ガス等を想定した燃焼排ガスを対象とする CO₂ 分離素材を評価するために、実ガス試験評価装置を RITE 本部研究所内に設置するとともに、標準評価法の素案を策定する。

近年、カーボンニュートラルに向けた CO₂ 分離素材の開発において、世界では共通基盤の確立が進んでいるが、日本ではそのような基盤が整備されておらず、共通に評価できる装置の設置・運営体制が求められている。RITE は、本事業を通して、CO₂ 分離素材開発に関わる企業・機関が活用できる国内初の実ガス試験センターを提供する予定である。今後も我が国が CO₂ 分離回収技術において世界のトップランナーであり続けるよう、国内の CO₂ 分離素材開発の促進に貢献する。

8. CO₂ を原料とするメタノール合成技術の開発

CO₂ 有効利用技術は世界各国で CO₂ 削減に効果的であり、盛んに研究開発・実証検討が行われている技術である。一方、CO₂ の水素化による有効利用は反応により水が生成し、その水が触媒の劣化、反応速度の低下の原因となる。また、多くは発熱反応であり、反応により発生した熱を如何に効率的に除去するかも課題のひとつである。これらの課題を解決すべく、RITE では膜反応器による高効率かつ省エネルギー型の CO₂ 有効利用技術、特に CO₂ を原料としたメタノール合成技術の開発を行っている。

メタノールは化学品の基幹物質であり、今後需要の拡大が見込まれる。メタノールは、主として天然ガスの水蒸気改質反応から生成する合成ガス(CO と H₂ の混合ガス)を原料として合成されており、一般的に Cu/ZnO 系の触媒を用いて、高温・高圧条件下で反応が行われる。しかしながら、メタノール合成は熱力学的には低温・高圧

有利の反応系であり、高温域ではワンプスの収率が低い。これは以下の反応式で表される CO₂ を原料としたメタノール合成において顕著である。



この課題を解決する方法のひとつとして、図 14 に示すような膜反応器の適用が挙げられる。平衡反応であるメタノール合成において生成した水(あるいはメタノール)を反応系外に取り除くことができれば反応はメタノール生成側に促進される。

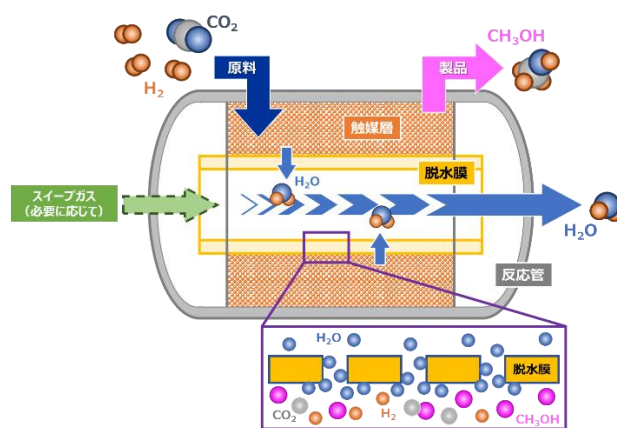


図14 メタノール合成用膜反応器の概略図

RITE ではこれまでに、高い水熱安定性と透過分離性能を兼ね備える脱水膜(Si-rich LTA 膜)の開発に成功するとともに、その新規脱水膜を適用したメタノール合成膜反応器は従来の触媒充填層型反応器よりも3倍のCO₂ 転化率を示すことを実験的に明らかにしてきた。現在は、NEDO 委託事業「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／CO₂ 排出削減・有効利用実用化技術開発／化学品への CO₂ 利用技術開発／CO₂ を用いたメタノール合成における最適システム開発」にて、開発した脱水膜の長尺化を検討しており、2022 年度までに実用的な長さの脱水膜の合成に成功した。

9. 炭酸塩固定化技術

CO₂ 鉱物化(CO₂ mineralization)は、ネガティブエミッション技術の一つである風化促進(Enhanced

weathering)の要素技術であり、CO₂をアルカリ土類金属と反応させ、化学的に安定な炭酸塩として固定化する技術である。更に近年は、カーボンニュートラル社会の早期実現に向けて、CO₂を資源として有効活用する技術課題への注目が高まっており、産業分野の廃棄物や副産物に含まれるアルカリ土類金属を用いたCO₂炭酸塩固定化技術の研究開発が国内外で進められている。

RITEは、CO₂を炭酸塩として固定化する技術において、長年にわたり培ってきた独自プロセスを保有している。2020年より、民間企業と研究会を設置し、鉄鋼スラグや廃コンクリート等を対象として、これらから湿式で抽出したアルカリ土類金属を活用し、工場等より排出されるCO₂を、安定した化合物である炭酸塩として回収する技術の開発、および生成した炭酸塩の有効利用技術の開発等(図16)に協力して取り組んでいる。

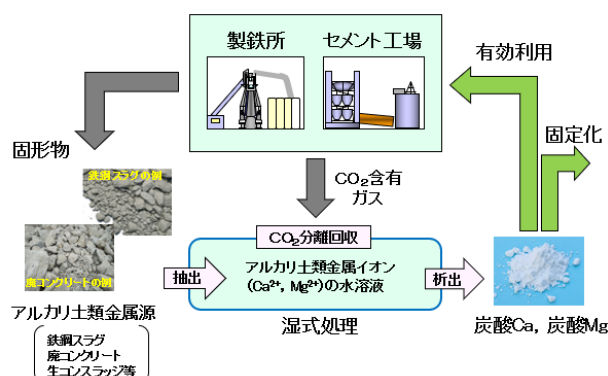


図16 CO₂炭酸塩固定化および有効利用技術

10. 実用化・産業化に向けた取り組み

産業連携部門のコアとなるのは、「産業化戦略協議会」で、民間企業計17社(2023年3月時点)と特別会員として、一般社団法人ファインセラミックスセンターが参画している。2022年度までの協議会では、メーカーとユーザー企業のビジョンを共有し革新的環境・エネルギー技術に資する無機膜産業を確立するという目的で、これまで以下のような事業を推進してきた。

【全体活動】

- ① 研究会の実施
- ② 会員限定無料セミナーの実施

- ③ 会員向けニーズ・シーズ情報の発信

- ④ シンポジウムの開催

【個別活動】

- ① 共同研究、国費事業の立案・予算申請および獲得
- ② 研究部門への研究員派遣の受け入れ
- ③ 技術相談の“優先”受付(技術評価・分析依頼)
- ④ 会員企業のニーズとシーズのマッチングを仲介

2022年度の研究会活動としては、膜反応プロセス研究会と共通基盤(性能評価等)研究会の2つの研究会を実施した。膜反応プロセス研究会では、メンブレンリアクターの社会実装に必要な、性能・エネルギー収支・コストの比較検討を可能にする計算プラットフォームの検討と会員への配布を行い、共通基盤(性能評価等)研究会では、無機膜の産業化促進を目指し、分離膜性能評価手法の標準化に向けた基礎的な検討と提案を行った。

会員限定無料セミナーはオンラインで3回開催し、大学、公的研究機関、民間企業の研究者から無機膜に関する最新の研究開発動向やニーズ、シーズの紹介、膜の実用化開発事例の紹介などの講演を行い、活発な質疑・応答が行われた。さらに、セミナー講演内容に関連する特許・文献調査を行い、その要約にRITE研究員のコメントを付記した「会員向けニーズ・シーズ情報」を会員に提供した。

2023年度からは、革新的環境・エネルギー技術に資するCO₂分離回収・有効利用技術を確立することを目的に活動内容を広げる予定である。「会員向けニーズ・シーズ情報」に加えて、国内外の動向がわかる情報を取りまとめた「会員向けホットピックス」を発行する予定である。また毎年11月に開催している「未来を拓く無機膜環境・エネルギー技術シンポジウム」は毎年2月に開催している「革新的CO₂分離回収シンポジウム」と統合して、「革新的CO₂分離回収・有効利用シンポジウム」して開催する予定である。

11. おわりに

化学研究グループでは、今後も継続して、様々な排出

源を対象とする CO₂ 分離・回収技術開発を精力的に押し進めていく。化学吸収法では実用化されている化学吸収液のさらなる普及、高度化を目指す。固体吸収法では、2023 年度から始まる石炭火力燃焼排ガス向け 40t-CO₂/day 規模のパイロット試験を確実に実行するとともに、新たに開始している天然ガス火力燃焼排ガス向けの新規吸収材開発を着実に遂行する。DAC 技術開発については、2025 年大阪・関西万博での小型実証へ向け開発を加速する。膜分離法では、商用サイズモジュールの試作完成とそれを用いた実証試験計画立案を 2023 年度に行い、開発フェーズへのステージアップを狙う。実ガス試験センターについては、2023 年度に詳細設計を行う計画である。国内 CO₂ 分離素材を研究する皆様が使いやすいセンターとなるよう、利用を予定いただく皆様から意見を広く集め設計へ反映させる。2024 年度中のオープンを予定する。

最後に、化学研究グループの将来について述べる。各テーマにおける個々の研究課題に精力的に取り組み、実用化ステージに近いものは、スケールアップ検討や実ガス試験を通して早期の技術確立、社会実装を目指し取り組んでいく。低濃度の CO₂ 排出源にも対応できるよう技術開発を進める必要がある。脱炭素化に向けた持続可能開発シナリオで CO₂ 回収の寄与が大きく期待される DACCS などのネガティブエミッション技術にも力を注ぐ。CO₂ 濃度が低くなると、その分処理すべきガス量が増大し、また酸素濃度も高いため、今後はより低コストで劣化耐性の高い材料開発とそれに対応したシステム開発が重要であろう。これら技術開発を一層に加速させ、より省エネルギーで低コストが可能な CO₂ 分離・回収技術を早期に社会実装できるよう取り組んでいく。

分離・回収した CO₂ の有効利用 (Utilization) やそのために必要となる水素製造技術への取り組みも推進する。鉄鋼スラグや廃コンクリート等への CO₂ 炭酸塩固定化技術開発に加え、今後は、CO₂ を燃料や化学原料にリサイクルする新たな探索研究にも力を入れていきたい。