

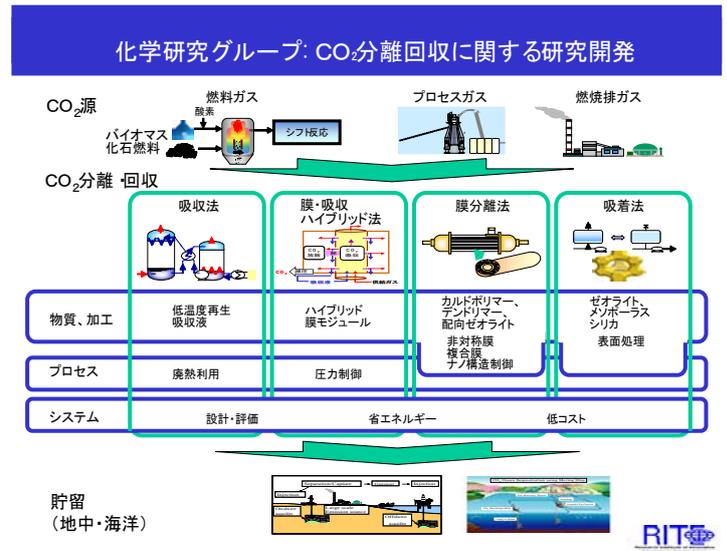
化学研究グループ

クリーンなCO₂分離にワイドに取り組む

化石燃料の消費により大量の二酸化炭素(CO₂)が排出され、大気中CO₂濃度が急上昇している。これが地球温暖化の主な原因となっている。温暖化を緩和するためには大気中CO₂濃度を可能な限り低濃度で安定化させねばならない。そのための対策としてはCO₂排出量を削減するか排出されたCO₂を地中又は海洋へ固定する方法がある。どの水準のCO₂濃度で安定化させるかによりCO₂対策をどの程度実施するか決まる。一般的な水準としては2100年に産業革命前の2倍濃度である550ppmが考えられている。

この安定化濃度にすることはCO₂排出量削減のためのエネルギー有効利用や再生可能エネルギー源への転換という対策だけでは困難である。

そのため削減ポテンシャルの高い大気中に放出されるCO₂を分離、貯留する方法も大気中CO₂濃度安定化のための対策として実用化する必要が生じている。実用化を進めるためには、対策システムの省エネルギー化、低コスト化に向けた革新的技術開発が必要である。革新的技術要素としては材料、プロ



セス、システムの3分野にまたがる基盤技術が必要である。これまで当化学グループでは、それら基盤技術の確立、蓄積を進めて来ており、現在もそれらを進化させている。

現在はこれら基盤技術を用いCO₂分離システムの10年以内の実用化に向けた研究に注力している。

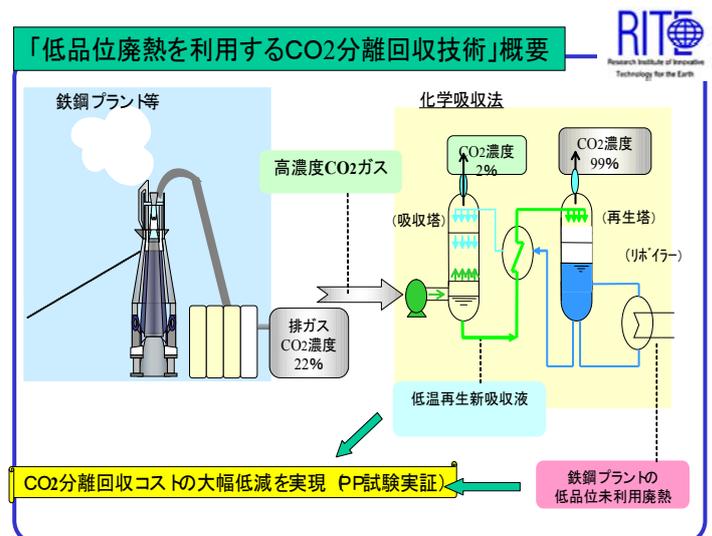
現在、開発しているこれら基盤技術はCO₂分離のみでなく、将来は新しいエネルギーシステムや広くは持続的炭素循環社会システム構築への展開へもつながるものである。

化学吸収法によるCO₂分離回収技術開発

比較的大規模設備での実用化が容易な化学吸収法によるCO₂分離回収技術開発プロジェクトを、民間3社の協力を得て、H16年度から5年間の予定で進めている。

本プロジェクトは、CO₂分離回収コストを従来より半減することを目的とするもので、低エネルギーでCO₂分離回収が可能な新吸収液の開発、および分離回収に必要なエネルギーを安価で供給するための製鉄所等の未利用廃熱利用技術の開発が課題である。

このうち、RITEは新吸収液の開発を主体的に進めている。各種アミンとCO₂との反応特性を実験的および理論的に調査し、CO₂との反応特性に及ぼすアミンの構造的特徴を把握することにより、これまでに既存の最高性能の吸収液と同等性能を



有するアミン新吸収液を開発した。今後引き続き世界で最高性能の吸収液の開発を目指す。

膜・吸収ハイブリッド分離技術の実用化開発

新しいCO₂分離技術として膜・吸収ハイブリッド法の研究を行って来た(平成13~15年度NEDO委託研究、京都工芸繊維大学 寺本教授指導)。この方法は、吸収液にCO₂を吸収させて多孔膜の一方の側へ送り、他方を減圧して吸収液を膜透過させると同時にCO₂を放散させて回収する方式の分離技術であり、既存の分離法に比べて大幅に少ないエネルギーで高濃度のCO₂が得られるという特徴がある。現在、この技術を燃焼排ガスのみならず、化学プロセス、バイオプロセス等で発生するCO₂を分離する用途への実用化を目指して、産業界と連携して開発を進めている。

液化する際のCO₂分離コストと消費エネルギーは、化学吸収法と同程度であり、CO₂濃度がより高い場合には膜分離法が有利となる試算結果を得ている。

「分子ゲート機能」は、膜を透過するCO₂分子が分離対象ガス(N₂、H₂等)の膜透過を遮断する機能であり、極めて優れたCO₂選択性を得ることが可能となる。RITEが開発した dendrimer を用いた場合に、CO₂選択性は1000以上であり、吸収法に匹敵するCO₂分離が可能となる。本テーマは炭素隔離リーダーシップフォーラム(CSLF)の認定プロジェクトであり、共同研究先である米国エネルギー省国立エネルギー技術研究所において、RITEが開発した dendrimer 複合膜モジュールの試験を実施する予定である。

高機能高分子 CO₂分離膜の開発

高分子膜は酸素富化、窒素製造、酸性ガスの除去等で豊富な実績を有するが、地球温暖化対策で大量のCO₂を分離する場合には、分離コストと消費エネルギー削減の観点で膜分離性能の更なる向上が必要である。そこで、カルド型ポリマー膜、分子ゲート膜等で、従来膜の性能を大幅に上回る革新的な分離膜の開発を目指している。

その他に、スタンフォード大の Global Climate and Energy Project に採択された部分炭素膜の研究がある。

有機・無機ハイブリッド CO₂分離膜の開発

カルド型ポリマーはフルオレン骨核の高高い構造に起因する高いCO₂透過性、選択性と優れた溶媒溶解性(加工性)を有している。その化学構造をCO₂分離に最適化したカルド型ポリマーを素材に用いて相転換法で加工した非対称中空糸膜は、現存する高分子膜の中で世界最高性能を示す。この膜モジュールを用いてCO₂濃度が25%の燃焼排ガスからCO₂を分離、

ゼオライトやメソ細孔多孔体などの無機多孔質材料の細孔は、鑄型合成という特徴からサブナノレベルの極めて均一な細孔を有し、高分子材料と比較してフレームワークの熱運動／伸張性が低いという特徴がある。したがって、このような無機多孔質材料は高温域での高選択的な分離膜としての利用が期待されている。メソ細孔シリカはそのメソ細孔空間を鑄型としたゲスト化合物の合成や、内表面の OH 基との反応を利用して CO₂との親和性の高いアミノ基などによる官能基化が可能である。このような材料を薄膜成型すれば、リジッドな空間に結合された官能基の分子運動は抑制され、通常の高分子材料のように高温域での膨張による自由体積の増加に伴う選択性透過を抑制できるものと思われる。これまでにアミン修飾メソ多孔体 MCM-48 薄膜(膜厚:300-500nm)を合成し、CO₂/N₂分離選択性が100℃で50-800と極めて高い値を示すことを見出している。本研究は前述の高分子膜の開発とともに "Sub-Nano Structure Controlled Materials-Development of Innovative Gas Separation Membranes-" としてスタンフォード大学の運営する GCEP(Global Climate & Energy Project) にテーマ採択され、昨年9月から研究がスタートした。

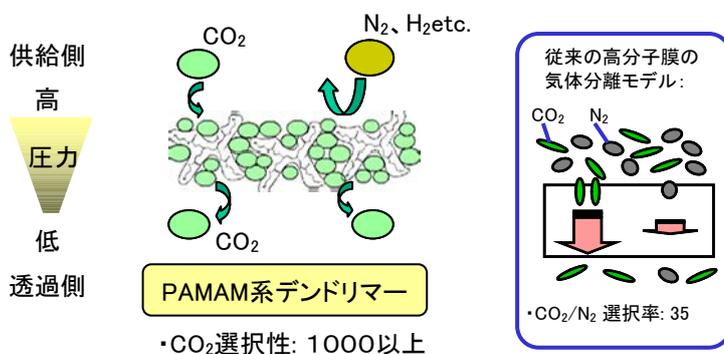
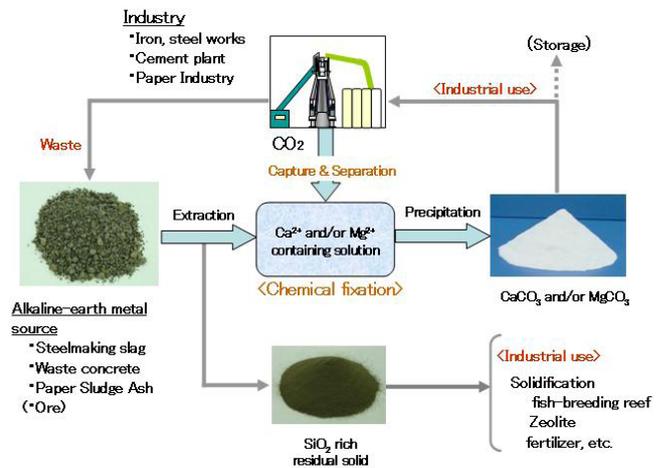


図 分子ゲート膜での気体分離の概念

CO₂炭素塩固定化技術開発

二酸化炭素固定分野においては、鉄鋼スラグや廃コンクリートから抽出したアルカリ土類金属カチオンと排気ガス中の二酸化炭素を反応させ、安定な炭酸塩として固定化する研究を進めている。CaCO₃やMgCO₃などの炭酸塩は化学的に極めて安定な固体であり、生態系への影響懸念がないこと、発熱反応であるため本質的に固定化にエネルギーを必要としないこと、あるいは固定化反応により生成した炭酸塩を有効利用できる可能性があることなどから、本技術は新しいCO₂固定化技術として最近注目を浴びている。しかし、CO₂の炭酸塩化反応は通常は反応速度が極めて遅く、反応を促進する必要がある。

そこで我々はこれまでにNH₄Clのような酸性塩の水溶液を用いて、廃コンクリートやスラグから温和な条件下でアルカリ土類金属を短時間で選択的に抽出し、その抽出液にCO₂を吸収させることで炭酸カルシウムや炭酸マグネシウムのような安



定な固体としてCO₂を固定化しうることを見出している(特許出願中:特願2003-294559)。現在、この新しい固定化プロセスの実用可能性を検討中である。

ディーゼル排ガス処理システムの開発

革新的ディーゼル車後処理システムの研究開発:低温プラズマシステム

(平成16年度からのNEDOプロジェクト、ダイハツ工業株式会社との共同研究)

RITEはNEDOから受託した「環境調和型触媒技術研究開発」(H4~H13)の中で、高周波数パルス非平衡プラズマ反応技術を用いて天然ガス(メタン)をアセチレンと水素に転換する技術を開発した。その後、文部科学省の補助(独創的革新技術開発研究提案公募制度)を受け、パルスプラズマ技術を用いたディーゼル排気粒子状物質(PM)除去の基礎研究を3年間(H13~H15)行った。PM除去に適したプラズマ反応器とプラズマ反応器を駆動するパルス電源を含むPM除去システムを開発した。

近年、PM除去技術の確立のないまま、ディーゼル排気PMに対する排出規制がますます厳しくなっている。低温プラズマを活用したディーゼル排ガス後処理技術がPM除去の有力候補として注目されている。RITEはダイハツ工業(株)と共に

NEDOから「次世代低公害車技術開発プログラム/革新的次世代低公害車総合技術開発、革新的後処理システムの研究開発」の補助を受け、本プラズマ後処理技術の研究を平成16年度始めた。

RITEはこれまで開発した低温プラズマ反応技術を元に、実ディーゼルエンジンを用いた研究を更に継続し、小型ディーゼル車に搭載できるようなプラズマ反応器とプラズマ反応器を駆動する電源の開発を行う。