

## 《 講演 3 》

### 経済的なCO<sub>2</sub>分離回収技術の進歩と実用化に向けて

(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  
藤岡 祐一

#### 1. はじめに

二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) の大量削減技術の中で、CO<sub>2</sub> の分離回収技術を産業技術として確立することに取り組んでいる。CO<sub>2</sub> の分離回収技術は、スケールアップの際に生じる課題の克服、および工業装置としての環境適合性と経済性を満たした使い勝手の良い技術とすることが求められている。

CO<sub>2</sub> 分離回収技術の開発方向は、CO<sub>2</sub> の圧力が低いガスからの CO<sub>2</sub> 回収と、高いガスからの CO<sub>2</sub> 回収で異なる。それは、CO<sub>2</sub> の圧力に応じて、CO<sub>2</sub> を回収する最適の媒体が変化するためである。また、CO<sub>2</sub> の輸送あるいは利用する際の圧力に応じて、トータルの分離コストにも着目しておく必要がある。

世界各国で CO<sub>2</sub> の分離回収方法に関して、さまざまな取り組みが実施されている。最終的にどの方法がベストとなるかは、これからの技術開発に負うところが大きい。本講演では、CO<sub>2</sub> の分離回収の課題と技術開発の進捗状況を紹介する。

#### 2. 低圧 CO<sub>2</sub> 回収技術

現在開発が進められている低圧 CO<sub>2</sub> の分離回収技術を図 1 に示す。常圧ガスからの CO<sub>2</sub> 回収においては、CO<sub>2</sub> のガス中の圧力が 4~20kPa 程度である。最近は、アミンの分子構造の工夫によって低エネルギー化を図るために新規なアミン吸収液とそのプロセス開発、アンモニアを吸収液として用いたプロセス開発、および純酸素燃焼による CO<sub>2</sub> 分離回収のプロセス開発が進められている。

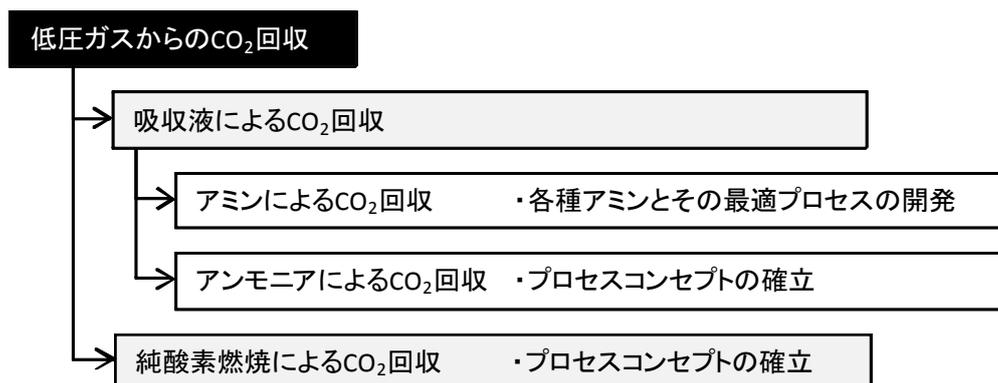


図 1 開発が進められている大容量、低圧 CO<sub>2</sub> 分離回収技術の分類

このように CO<sub>2</sub> 圧力が低いガスから CO<sub>2</sub> のみを分離するためには、CO<sub>2</sub> に対して大きな親和力をもった媒体を使用することになる。親和力として大きな化学反応を用いることで高い回収率と分離後のガスの高純度化が可能になる。ただし、大きな親和力を用いることで、CO<sub>2</sub> を吸収媒体から放散させるには、大きなエネルギーを消費する。従来はその吸収媒体は MEA (モノエタノールアミン) が一般的であった。

アミンによる CO<sub>2</sub> 回収プロセスは、工業的には小規模ながら既に稼働している。CCS

用途では、100 倍以上のスケールアップが必要である。その大規模化により CO<sub>2</sub> 回収コスト構成が変化する。吸収液の回収エネルギー低減が回収コスト低減に繋がることから、回収エネルギーを削減できる新吸収液の開発が急がれている。RITE では、新規なアミンの開発を進めており、低エネルギーでは世界トップクラスである。また、並行して開発したアミンに適した吸収プロセスの開発を他の組織と連携して進めている。

アンモニアを吸収液として用いるには、吸収温度を 1~25℃と低くする。アンモニアはアミンより安価であり、また再生条件を工夫することで、CO<sub>2</sub> を高純度でしかも 1 MPa 以上の高い圧力で回収できる。高い圧力で再生できることが、CO<sub>2</sub> のパイプラインでの輸送にあたって必要な昇圧エネルギーを削減する。これらメリットを生かし、デメリットである CO<sub>2</sub> を吸収させる吸収塔のサイズの増大、および CO<sub>2</sub> 吸収温度を低下させるための冷却エネルギーの増大を緩和する取り組みが進められている。

純酸素燃焼法では燃焼炉周りの要素技術の開発が開始されている。シングルバーナーによる純酸素燃焼技術の開発を中心に、燃焼安定性、CO<sub>2</sub> の再循環、回収した CO<sub>2</sub> の高純度化方法、排ガス温度を 50℃以下に冷却するための熱交換器などの検討も並行して進められている。それら開発に目途がつけば、次は燃焼火炎の安定性など大型炉へのスケールアップの確証をつかむために、よりスケールの大きな試験装置での開発へ移行すると思われる。

吸着は化学反応より小さなエネルギーであり、かつて開発が進められたことがあった。しかし、現行の知られている CO<sub>2</sub> 吸着剤では、ガス中の水分の除去プロセスの付加、再生工程でのエネルギー投入量の大きさ、真空ポンプの使用などで低圧では、大容量の CO<sub>2</sub> 回収プロセスに適しないと評価された。基礎試験レベルでは開発が継続されている。

化学吸収法、純酸素燃焼法ともに 1 日あたり CO<sub>2</sub> 回収量が数十トンクラスの試験装置で開発が進められている。次は数百トンクラスの開発に進む予定であり、そのクラスになると産業技術としての有意性が明らかとなると考える。

### 3. 高圧ガスからの CO<sub>2</sub> の分離回収

高圧ガスからの CO<sub>2</sub> 回収においては、CO<sub>2</sub> のガス中の圧力が 1,000kPa 以上である。高圧 CO<sub>2</sub> からの主要な回収方法を図 2 に示す。低圧ガスに比べるとその圧力は 100 倍以上大きな値である。したがって、化学反応ほど親和力が大きな媒体を用いなくても、もっと低い親和力でも回収率の高い CO<sub>2</sub> 分離回収が可能になる。

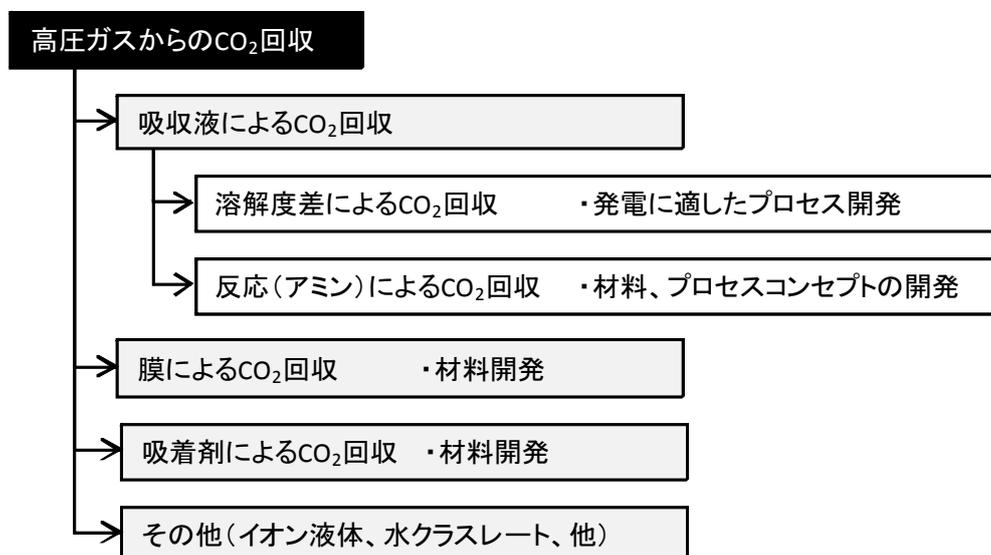


図 2 開発が進められている大容量、高圧 CO<sub>2</sub> 分離回収技術の分類

化学プラントではすでに CO<sub>2</sub> を吸収液への溶解度差によって分離回収する方法と、アミンでも反応結合力が小さなアミンを用いる方法が工業的に実用化されている。しかし、実用化にあたっては課題があり、その解決のための実証検討や、新技術開発にも興味を持たれている。

RITE では再生する際に高圧の高純度 CO<sub>2</sub> を発生させることが可能となるアミンの探索を行っている。低圧アミンの吸収液の開発知見を生かして、従来用いられている吸収液よりも低エネルギーとなるアミン系吸収液の絞り込みを実施している。これから、本吸収液が実ガス条件においてもラボと同様の性能を発現できるかを検証予定である。

膜分離技術は、吸収液や吸着剤と異なり、分離回収媒体を循環させたり、吸着／再生を繰り返したりする必要がないので、シンプルな装置で低エネルギーの分離技術として期待され、さまざまな基礎研究が進められている。RITE では PAMAM デンドリマーを分離機能層とする、圧力を有するガスを対象にした CO<sub>2</sub> 選択型の分離膜の開発を進めている。RITE は従来開発した膜の分離性能向上に取り組中である。また、膜メーカーと大規模製膜および、モジュール化技術の共同研究を進めている。

吸着剤による CO<sub>2</sub> 分離は過去いくつかの開発が進められ、それらの知見から既存材料では他の分離方法を凌駕することは難しいと考えられていた。RITE では、新材料開発を実施し、ラボレベルでは水蒸気共存下においても CO<sub>2</sub> 選択吸着が可能な吸着剤を見いだした。現在ラボレベルで、この材料をプロセスに組み上げたとしたら、従来の吸収法プロセス以上の性能発揮が可能かを検討中である。

#### 4. 産業技術化への課題

高圧における CO<sub>2</sub> 回収技術に関しては、ここで紹介した以外にもユニークな材料開発が行われている。しかし、プロセス開発においては、実際のプロセス条件をラボレベルで完全に再現することは難しく、ラボレベルでは OK と考えたが、そのままではプロセスに通用しなかったということが起きることがある。

新規な CO<sub>2</sub> 分離技術も同様な状態ではないかと思われる。いろいろな新技術に関して、基礎研究レベルでは従来技術を差別化できるポテンシャルは見えてきた。高圧ガスからの CO<sub>2</sub> 回収に関しては、新材料を生かしたプロセス開発の取り組みだけではなく、プロセス開発によって明らかになった新材料の弱点をいち早く新材料開発にフィードバックさせるという二つの取り組みを連携させた開発が重要な時期となった。この二つの取り組みを一体化させる新規なプロセス開発のスタートが、新しい経済的な CO<sub>2</sub> 分離技術の実用化に必要と考える。

#### 5. まとめ

CO<sub>2</sub> 分離回収は、従来の用途では、低圧では化学吸収法、高圧では物理化学あるいは物理吸収法が完成した技術として存在したために、研究開発の余地が少ないように映っていたと思われる。現在は、これら技術をスケールアップし負荷変化対応技術等を上乘せする方向、および新しく開発された新材料をベースに材料とプロセス開発の両方向から新技術開発を進めるタイミングに至ったと考える。

RITE 化学研究グループは CO<sub>2</sub> 分離回収技術においては新素材開発の研究に注力してきた。これから、それら基礎研究とそれを生かすエンジニアリング技術のシンクロにも配慮し、新材料の持つポテンシャルを真に生かすプロセス開発を支援し産業技術として実用化されるよう、当グループの活動の幅を広げてゆきたい。