

CO₂回収技術の歴史と現状Perspective View of the CO₂ Separation Technology and Beyond

大場 茂夫



近年では、地球温暖化に伴う異常気象による大規模災害の頻発など温暖化の影響が顕在化している。今回の特集では、CO₂回収技術の現状について総括し、CO₂回収技術の社会実装が進み温暖化抑止に寄与するために化学工学技術者が取り組むべき課題を考える出発点としたい。ここでは、簡単にCO₂回収技術の歴史を振り返り、現状に至る経緯と課題について私見を述べたい。

CO₂の分離が最初に工業的に実施されたのは、天然ガスが大規模に利用され始めた1930年代で、天然ガスには産地によりH₂SやCO₂が含まれ、除去することが必要であった。また、アンモニア合成の工業化においては空気から窒素を分離するための炭化水素による酸化、CO₂分離による方法が実用化されたのもこの時代であった。例えば初期のアンモニア合成におけるCO₂等の分離にはアンモニア等のアルカリ性水溶液が使用された。このようなアルカリ性水溶液による液相での酸塩基反応を伴う吸収法を化学吸収と呼ぶことは周知のとおりである。1950年代には、高沸点エーテル類を吸収液とする液相での化学反応を伴わない物理吸収法が開発され、ガス放散時のエネルギーが少なく、温度が低いため吸収液劣化が少ない等の理由でガスの圧力が高いプロセス（天然ガス、合成ガスなどの一部）では、広く使用されるようになった。

更に1952年に米国でCO₂-EOR技術（CO₂を高圧で油層に圧入し、原油産出量を高める技術）特許が認められて以来、CO₂-EOR技術は1972年にテキサスで実装、特に米国の石油産業で急速に発展した。これらの大規模なCO₂分離回収技術として、大規模化によるコストダウンが容易な吸収法（化学法、物理法）が主に使用されてきた。

一方、1960年代から盛んになってきた地球温暖化研究の結果、社会的に温暖化ガス排出抑制が必要と認識された結果、1990年代には、特に大規模発生源とされる火力発電（特に石炭火力）、高炉製鉄、セメント製造などでのCO₂分離回収が研究されるようになった。発電分野については、発電プラント自体の高効率化に合わせ、石炭改質ガスからのCO₂回収（物理吸収法）や、燃焼後排ガスからのCO₂回収（化学吸収法）などが研究開発されてきたが、初期投資、運転費が、全て本体の生産活動における経費（コスト）となるため、これらのコスト削減が研究開発の至上命題とされた。化学吸収法では回収CO₂の吸収溶剤からの放散（化学結合切断）に必要な熱エネルギーが大きいため、特に日本ではCO₂吸収性能と必要脱離エネルギーのバランス、熱に

Shigeo OBA(正会員)

1977年 東京都立大学工学部工業化学科卒業

1985年 東京都立大学大学院工業化学専攻 博士課程修了 工学博士

同年 東洋エンジニアリング株式会社 入社

1993年 株式会社アスペンテックジャパン 入社

2008年 Process Systems Enterprise, Ltd. (UK) 入社

2009年 株式会社応用物性研究所設立 代表取締役 現在に至る

2022年 化学工学会CCUS検討委員会委員長

連絡先; E-mail shigeo.oba@at-pp.co.jp

よる劣化等を考慮した吸収剤の開発が精力的に行われ、三菱重工では、関西電力株式会社と共同開発したCO₂回収設備を18基（2023年9月現在）の建設稼働実績があるという。

吸着材を使用したCO₂分離の歴史は古く1950年代には、潜水艦内部の空気からのCO₂除去技術として開発、実用化されてきた。1990年代以降は、発電所燃焼後排ガスからのCO₂除去技術として注目、研究開発が進められているが、吸着材などに多くの課題（特に長期的安定性）があるとされ、大規模実装には至っていない。

膜分離を使用したCO₂分離研究は、基本的に大きな圧力差を駆動力とするため、IGCC分解ガスや、天然ガス等からのCO₂分離に適すると考えられている。現在の膜材料では、CO₂相反する透過量と選択性が十分でなく、この観点でRobson上限（Robson (1991)による2成分系ガス分離膜性能上限の相関式で、縦軸が例えばCO₂選択率、横軸がCO₂の透過速度とし両対数Plotすると、多くの文献データがRobson上限よりも左側に分布する）を大きく超えて、長期間性能を維持できる膜の開発が目標とされている。

今後、広くCO₂回収技術を普及させるためには、中小規模の排気ガスからのCO₂回収が必要で、小規模で有利な吸着法や膜分離法が適すると考えられ、それに適した技術開発が望まれている。そのためには、大量生産による設備コストダウンが重要で、例えば標準コンテナサイズ設計、量産工場による自動化生産、簡易な現場据付工事、運転、保守管理などの自動化、あるいは回収ビジネスそのもののサブスク化等、法規制、エンジニアリングやビジネスモデルの大きな変化も必要と考えられる。

CO₂分離回収の研究開発、社会実装は、まさに化学工学会が主体的な役割を果たして達成すべき事項といえ、今回の特集が現時点での進捗と今後への発展に繋がることを切に望むものであり、CCUS検討委員会も微力ながらその一助を担っていると確信している。