



アミン担持吸着剤を用いた CO₂ 分離回収技術

奥村雄志 Takeshi OKUMURA

2050年のカーボンニュートラル実現に向け、CO₂回収技術は不可欠である。本稿では、従来法を超える省エネルギー性と拡張性を有する川崎重工のKCC (Kawasaki CO₂ Capture) システムの開発と実証の取り組みを取り上げる。発電・産業排ガスから大気まで、多様な現場で活用可能なアミン担持吸着剤技術の最新動向と、今後の社会実装への展望にも触れる。

はじめに

2025年に国連気候変動枠組条約事務局へ提出された我が国の次期NDC(温室効果ガス削減目標)では、2050年のネット・ゼロ実現に向けて、2035年度および2040年度において温室効果ガスを2013年度比でそれぞれ60%、73%削減することを目指している。その中で、2040年のエネルギー需給見通しに関して様々なシナリオが検討されており、目標達成に向けCO₂の回収・貯留(Carbon Capture and Storage, CCS)の導入は、実現のための重要なキーテクノロジーの1つと位置付けられている。

こうした社会的背景を踏まえ、当社では従来のアミン水溶液を用いた吸収液法に代わる新技術として、多孔質基材にアミンを担持させたアミン担持吸着剤(以下、アミン吸着剤)を用いるKCC(Kawasaki CO₂ Capture)システムを開発している。本稿では、技術の概要、実証試験、そして事業化に向けた取り組みについて述べる。

Kawasaki CO₂ Capture の概要

当社は1980年代よりアミン吸着剤を用いたCO₂回

おくむら・たけし
川崎重工業株式会社技術開発本部イノベーションセンター事業化推進部 CO₂回収事業開発プロジェクトマネージャー
〔経歴〕2008年川崎重工業株式会社入社、25年名古屋大学大学院工学研究科博士号取得。〔専門〕CO₂分離回収。〔趣味〕空手道、ランニング。
E-mail: okumura_takeshi@global.kawasaki.com

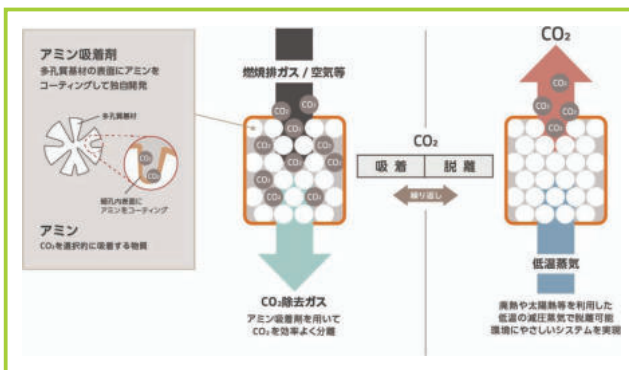


図1 KCC技術の特徴

収技術の開発を進めてきた。当初は宇宙船や航空機等の閉鎖空間で人の呼気から出てきたCO₂の除去を目的としたが、2000年代からは地球温暖化対策として燃焼排ガスからのCO₂回収(Post-Combustion Capture, PCC)への応用を開始し、2019年より大気からのCO₂直接回収(Direct Air Capture, DAC)の開発にも着手している。本技術の概要を図1に示す。吸着工程では特別なエネルギー投入を必要とせず、再生工程も60℃程度の低温蒸気で可能である¹⁾。低温排熱の活用も可能であり、多様な産業分野でCO₂回収技術として高いポテンシャルを有する。

KCCシステムは移動層方式を採用しており、アミン吸着剤が設備内を循環しながらCO₂を回収する²⁾。吸着塔では排ガスまたは空気中のCO₂をアミン吸着剤により分離し、再生塔ではCO₂を脱離・回収する。プラント運転中でもアミン吸着剤の補充・交換が容易であり、火力発電所の出力変動などにも柔軟に対応できることが特徴である。移動層システムの開発に際し、

CO₂回収量5 ton/day規模のベンチ試験設備を当社明石工場内（兵庫県明石市）に設置し、試験を実施している。ベンチ試験ではアミン吸着剤の高強度化と設備開発により移動層システムを実現し、高いCO₂回収性能と安定運転が確認されている。

商用化へ向けた実証試験

当社は、2015年度から経済産業省事業「二酸化炭素回収技術実用化研究事業」（2018年度から新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）に移管）に参画し、2020年度からは、社会実装を見据えた信頼性・運用性・経済性評価を目的に、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」として、図2に示す40 ton-CO₂/day規模のパイロットスケール試験設備を関西電力株式会社舞鶴発電所内に試験設備を建設した。本事業では地球環境産業技術研究機構（RITE）が開発した固体吸収材を用いている。2023年度下期からはNEDO助成事業として、CO₂分離回収の実証試験を行っている³⁾。石炭火力発電所から排出される実排ガスよりCO₂を分離回収する際にアミン吸着剤を用いるのは国内初の試みである。

従来の化学吸収法では、吸収塔通気後の排気ガスに伴ってアミン吸収液のミストやその変性物が流出することが知られている。アミン吸着剤を用いたCO₂回収に対しては同様の検証例がなく、アミン等の流出有無を調査するため、環境省事業である「環境配慮型



図2 パイロットスケール試験設備の外観

CCUS実証拠点・サプライチェーン構築事業」の一環として、揮発成分と環境影響の評価を実施した。アミンは水に溶解して水生生物への毒性を示すほか、ガス中の不純物との反応によって発がん性物質であるニトロソアミン等を生成する可能性がある。このため、KCCシステムから排出される微量成分について化学種の同定と揮発量の定量を目的として検討を進めた。

本事業では、図3に示すKCCシステムの実証試験設備を米国ワイオミング州のIntegrated Test Center（ITC）に設置し、隣接する石炭火力発電所の実排ガスからCO₂回収試験を実施した。試験設備から排気されるガス中微量成分の分析および周辺環境モニタリングにより環境影響評価を行った。2023年に試験装置の建設を完了し、現地試験を経て2025年に実証試験を完了した⁴⁾。

また、当社は2019年よりDAC技術の開発を開始し、2021年度までの3年間にわたり環境省委託事業「二酸化炭素の資源化を通じた炭素循環社会モデル構築促進事業」を実施した。DAC技術の実現には、0.04%という低濃度CO₂を効率良く回収できるアミンの開発が重要である。燃焼排ガスからのCO₂回収と比べ、同量のCO₂を回収するために100倍以上のガスを処理する必要があるため、アミンの揮発抑制も課題である。そこで、当社は早稲田大学鹿又研究室と共同で新規構造のDAC用アミンを開発し、また低温蒸気再生方式をDACにも適用可能か検証した。0.5 kg/dayの概念検証機による試験では、0.04%という低濃度CO₂でも目標のCO₂吸収量を達成し、60℃の低温蒸気で高純度のCO₂回収が可能であることを実証した。先行するDAC技術と比較しても60℃での再生は低温であり、KCC技術が省エネ性に優れることを確認できた。

さらに、2021年度には図4に示す5 kg/dayスケール



図3 環境影響評価実証試験設備の外観



図4 DAC実証試験設備の外観

の実証機を当社明石工場に設置し、外気をそのまま供給して1000時間連続してCO₂回収を達成し、システムの安定運転を実証した。また、ライフサイクルアセスメントの結果、再生可能エネルギーを用いた設備稼働によりネガティブエミッションの実現が可能であることを確認した⁵⁾。

神戸工場 PCC・DAC 実証設備

当社は2025年に神戸工場内に図5に示すPCC・DAC実証設備を新設した。PCC設備はCO₂濃度4.5%のガスエンジン排ガスを対象とし、年間360tのCO₂回収能力を持つ。また、DAC設備は国内最大級の年間200tのCO₂回収能力を有し、将来の大型化に対応可能なモジュール型設計を採用している。両設備は低温再生と移動層方式を踏襲し、省エネルギー性を重視している。さらに、工場で組み立てるモジュール工法により、現地工事の期間短縮と品質均一化を実現し、4ヵ月で完成した。モジュール追加による処理能力の

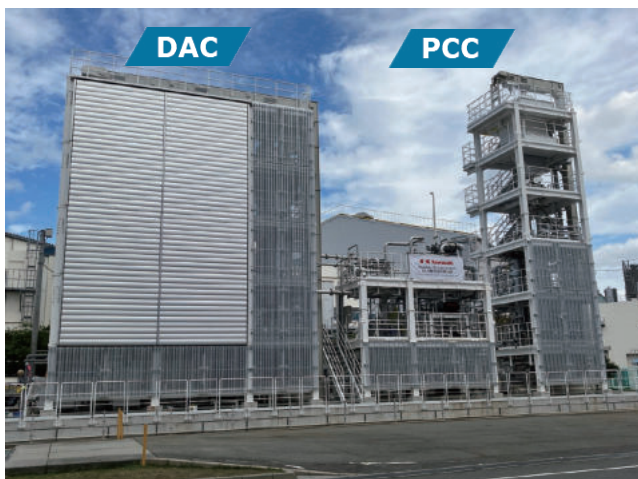


図5 神戸実証試験設備の外観

段階的な拡張も可能である。

おわりに

本稿では、発電・産業由来の排ガスおよび大気からのCO₂の回収を対象とした、川崎重工のCO₂回収技術の開発と実証の取り組みについて紹介した。KCCは、60℃程度の低温蒸気でCO₂回収が利用可能なアミン吸着剤と、移動層方式およびモジュール工法を特徴とし、従来技術にはない省エネルギー性と拡張性を有する。

PCC技術については、舞鶴発電所での石炭火力排ガス実証や米国での環境影響評価に加え、神戸工場においてガスエンジン排ガスという低濃度CO₂排出源への初適用を実現した。DAC技術についても、国内最大級の実証設備を神戸工場に設置し、今後の大規模化や多様な用途展開に向けた基盤を構築している。

今後は、これらの実証成果をもとに、さらなる技術改良と社会実装を進め、国際的なカーボンニュートラル目標の達成に貢献していく所存である。特に、各地域の特性や産業ごとのニーズに即した柔軟なシステム開発を推進し、持続可能な社会の実現に寄与していきたい。

本技術を開発するにあたり、経済産業省事業「二酸化炭素回収技術実用化研究事業」（2018年度から新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）に移管）、NEDO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」、環境省委託事業「環境配慮型CCUS実証拠点・サプライチェーン構築事業」において支援を賜った。ここに御礼を申し上げる。

- 1) T. Okumura, T. Yamaguchi, Y. Kawajiri, *Sep. Purif. Technol.* **2024**, 359, 130567.
- 2) T. Okumura, T. Yamaguchi, S. Nishibe, R. Numaguchi, Y. Kawajiri, *Int. J. Greenhouse Gas Control* **2024**, 133, 104094.
- 3) Y. Mine, T. Nariai, A. Kanou, A. Tsuzuki, T. Okumura, S. Nishibe, T. Muraoka, T. Kinoshita, T. Q. Vu, F. Chowdhury, T. Kiyokawa, K. Yogo, S. Manabe, Proceedings of the 17th Greenhouse Gas Control Technologies Conference (GHGT-17), 20-24 October 2024, SSRN **2024**, 5070035. <https://ssrn.com/abstract=5070035> (2026年3月現在)
- 4) T. Yamaguchi, T. Okumura, M. Harada, A. Ohnaka, N. Suzuki, S. Nishibe, R. Numaguchi, Proceedings of the 17th Greenhouse Gas Control Technologies Conference (GHGT-17), 20-24 October 2024, SSRN **2024**, 5036776. <https://ssrn.com/abstract=5036776> (2026年3月現在)
- 5) R. Numaguchi, T. Okumura, S. Nishibe, K. Yoshizawa, Y. Furushima, T. Nohara, M. Kato, A. Saito, T. Masuda, R. Hako, Y. Sato, N. Kanomata, K. Tanaka, Proceedings of the 15th Greenhouse Gas Control Technologies Conference, 15-18 March 2021, SSRN **2021**, 3815348. <https://ssrn.com/abstract=3815348> (2026年3月現在)

© 2026 The Chemical Society of Japan