

カーボンニュートラル社会実現に向けた CO₂回収技術に関する最新状況

MHI Group's Recent CO₂ Capture Technology for Carbon Neutral Society



梶垣 浩平*¹
Kohei Higaki

登里 朋来*²
Tomoki Noborisato

中谷 晋輔*²
Shinsuke Nakatani

大貫 琢郎*³
Takuro Onuki

脱炭素に関する世界的な関心や社会的ニーズは高く、技術開発の流れは非常に速い。その動向に対する三菱重工エンジニアリング株式会社(以下、当社)のCO₂回収事業の取組みとして、これまでに新型アミン吸収液KS-21™の商用化完了、小型CO₂回収装置の商用機受注などの成果を得た。また、DAC(Direct Air Capture)などの様々なCO₂回収領域拡大への検討も進んでいる。当社が培ってきた高性能なCO₂回収技術を幅広い社会・市場ニーズに合わせ、各技術の開発を加速し、市場に投入(商用化)することで、カーボンニュートラル社会の実現に貢献していく。

1. はじめに

わが国では、2020年10月に“2050年カーボンニュートラル及び脱炭素社会の実現”を目指すことを宣言し、発電分野、産業分野をはじめとした様々な分野で脱炭素化に向けた取組みが加速している。カーボンニュートラル社会を実現するためには、人為的に排出されるCO₂を可能な限り削減し、それでも排出せざるを得ない量については、排出量と同じ量を“吸収”又は“除去”することにより、CO₂の排出量を差し引きゼロとする必要がある。

三菱重工グループ(以下、当社グループ)は、“2040年カーボンニュートラル宣言”を行い、当社グループの生産活動におけるCO₂排出量(Scope 1, 2(注1))を2030年までに50%削減(2014年比)し、2040年までにCO₂の排出量を正味ゼロとする“Mission Net Zero”を達成することを目標として、取組みを開始している。

当社グループは社会インフラを担う企業として、温室効果ガスであるCO₂の排出抑制及び削減に貢献できる技術・製品のみならず、CO₂を回収する技術・製品も得意としている。当社のCO₂回収技術であるKM CDR Process™は、納入実績において世界をリードする立場にあり、排ガスからのCO₂の回収設備容量ベースで世界シェア70%以上を誇っている。当社は1日当たり最大約5000トンのCO₂を回収できる世界最大のCO₂回収プラントを既に納入しているが、更なるイノベーションを通じて発電分野などの大規模排出源への取組みを強化している。最新の成果として、アミンを用いた新しいCO₂吸収液であるKS-21™の商用化が挙げられる。

また、カーボンニュートラル社会実現のためには、温室効果ガスの大規模排出源のみならず、産業分野などの比較的小規模な排出源からもCO₂を回収することが求められている。これらのニーズに対応するため、当社では様々な産業分野に適用可能なCO₂回収量0.3~200トン/日規模

*1 三菱重工エンジニアリング株式会社 脱炭素推進事業室 主席チーム統括

*2 三菱重工エンジニアリング株式会社 脱炭素推進事業室

*3 三菱重工エンジニアリング株式会社 プラントエンジニアリング部

の小型CO₂回収装置の開発に取り組んでいる。当社では、脱炭素化に取り組みられるお客様がよりCO₂回収を身近に、かつ、手軽に導入いただけるよう、小型CO₂回収装置の標準化によるコスト削減と短納期化、さらには装置の設置計画からアフターサービスまで一貫したサポート体制を構築すべく取り組んでいる。

これに加えて、既に存在する大気中のCO₂を削減する技術であるネガティブエミッション技術の実現も期待されており、大気中に存在するCO₂を直接回収する技術であるDACの取り組みも進めている。

本報では、カーボンニュートラル社会の早期実現に向けた当社のこれらの取り組みについて紹介する。

2. 新型アミン吸収液“KS-21™”

2.1 新型アミン吸収液“KS-21™”の開発経緯と特徴

これまでの豊富な納入実績を通じて高い信頼性が確認された“KM CDR Process™”の次世代型として、コストダウンを含めた大幅な改良を行い、新たに“Advanced KM CDR Process™”を開発した。Advanced KM CDR Process™では、関西電力株式会社と共同で開発したKS-21™の適用が可能である。

KS-21™の開発経緯として、まず2014年から2年間に亘りスクリーニングを実施し、候補物質を見出した。その後、関西電力株式会社南港発電所及び開発研究設備で試験を実施し、2019年にパイロット装置によるパラメータ試験、最適運転等の試験を完了した。さらにその後、2021年にCO₂回収分野における最先進国の1つであるノルウェーにて実施していたKS-21™に関する実証試験において良好な試験結果を得られたことにより、KS-21™の商用化が完了した。

この実証試験は、世界最大級のCO₂回収実験施設であるノルウェーのモングスタッドCO₂回収技術センター(TCM: Technology Centre Mongstad) (図1)にて2021年5月初旬から8月末まで実施された。KS-21™の性能試験では、TCM施設内のガスタービンから排出された排ガスに対するCO₂回収率の条件を業界標準(約90%)より高い95~98%に設定して試験を行った結果、化学吸収法に使用される一般的なアミン吸収液(MEA: Monoethanolamine)を大きく凌駕し、当社既存アミン吸収液“KS-1™”をも上回る優れた省エネルギー性能と運用コストの低減、及び低いアミンエミッション(注2)を確認した。また、運転条件を変更して実施した高CO₂回収率試験では世界最高水準となる99.8%の回収率を達成し、大気中に含まれるCO₂濃度を下回るレベル(100 ppm未満)まで排ガスからCO₂を回収することに成功した。これらの試験は、TCMに隣接するモングスタッド製油所の残油流動接触分解装置からの排ガスに対しても実施され、同様の結果を得られている。さらに、最先端の設備と専門知識を有するTCMでのKS-21™の実証試験において、運転に伴う劣化物の生成量やハンドリングノウハウなどといった、KS-21™のさらなる改善・改良に向けた有益な運転データを取得すると共に、環境影響評価という側面において今後の商談に必要な第三者機関による信頼性の高いエミッション計測結果を取得することができた。今後は、各国で対応を求められる環境アセスメントについての申請や許認可などについてもこれらのデータを活用し、さらなる事業機会の拡大につなげることが可能となる。



図1 モングスタッド CO₂回収技術センター(TCM)

KS-21TMはKS-1TMと比べ、さらに低揮発性で、劣化に対する安定性が高いといった有利な特徴を有し、今後の展開に向けて運用コストの削減など経済性の向上が期待でき、具体的に下記の特徴がある。

- (1) 揮発性の低下により、吸収塔から排ガスに同伴しエミッションとして大気へ放出される吸収液の量を大幅に低減可能である。
- (2) 耐熱性の向上により、再生塔をより高圧な状態で運転可能。その結果、再生塔後段に設置されるCO₂圧縮機動力の大幅な低減を達成し、CO₂圧縮機の設備費を低減可能である。
- (3) 耐酸化性の向上により、排ガス中に存在する微量成分との反応で消費される、吸収液の劣化量を低減可能である。その結果、排ガスの種類に依存することなく、取り扱える排ガス源の多様化に繋げられる。
- (4) 吸収液循環量は、KS-1TMと比較し、やや増加するが、KS-21TMとCO₂との反応熱がKS-1TMに比べて低減するため、CO₂回収装置全体としてのユーティリティ消費量で有利である。
- (5) 従来の吸収液KS-1TMでベンチスケール機からのスケールアップ経験含む大型商用機の経験があるため、KS-21TMでもすぐに実用化が可能である。

2.2 新型アミン吸収液“KS-21TM”の適用先

CO₂回収の分野は、既存の火力発電所に加え、バイオマス発電所、LNG液化プラント、セメント工場、製鉄工場、ガスエンジン、ごみ焼却施設など、多種多様な排出源からの回収ニーズが高まっている。当社は、世界13基の商用CO₂プラント納入実績と多種多様な技術力をもとに、英国・EU・米国・カナダ等の地域で、発電・産業分野のCO₂回収プロジェクトに関する基本設計・パイロット実証・ライセンス供給等の案件に積極的に取り組んでいる。今後はKS-21TMの持つアドバンテージを活かし、コスト要求や排出基準が非常に厳しい地域の規制に対応することで適用先を拡大し、カーボンニュートラルの実現に貢献していく。

3. 小型CO₂回収装置

近年の脱炭素化への機運の高まりを受けて、今まで着目されていた火力発電所等における温室効果ガスの大規模排出源のみならず、様々な産業分野において、排出源の規模の大小を問わず温室効果ガスの排出を抑制したいというニーズが高まっている。このような、“お客様のCO₂削減”という課題に寄り添い、課題解決のためのソリューションを提供するために、当社では大型機(CO₂回収量:450~4776トン/日)で培った信頼性の高いKM CDR ProcessTMをベースとした小型CO₂回収装置(参考:CO₂回収量:0.3~200トン/日)の開発を実施している(図2)。



図2 小型 CO₂回収装置

小型 CO₂回収装置の特徴としては下記の通りである。

- (1) 幅広い製品ラインアップ
- (2) 標準化により低コスト, 短納期を実現
- (3) モジュール化によるコンパクト設計
- (4) 設置計画からアフターサービスまで一貫した顧客サポート体制

当社の小型 CO₂回収装置について、当社はプラント建設・保守等を手掛ける太平電業株式会社から、同社が有するバイオマス発電所向けの小型 CO₂回収装置(CO₂回収量:0.3 トン/日)を受注している。この CO₂回収装置は、循環型社会の実現に向け、バイオマス発電により発生した CO₂を分離、回収した後に、その CO₂を農作物の育成等に利用することで、カーボンニュートラル社会の実現を目指すものである(図3)。



図3 0.3トン/日 CO₂回収装置

当社の小型 CO₂回収装置は、モジュール化されたユニットを工場からトラックで輸送し、現地で設置するため、導入コストの低減及び納期短縮を実現している。このようなモジュール化デザインは 0.3~200トン/日規模の小型 CO₂回収装置全てに適用しており、比較的小規模な施設においても CO₂排出量削減のニーズに広く対応できると考えている。また、今まで納入してきた火力発電所や化学プラントだけでなく、今後 CO₂削減への取組みが加速すると思われるバイオマス発電所、セメント工場、製鉄工場、ガスエンジン、ごみ焼却炉等様々な産業分野への適用が期待される(図4)。

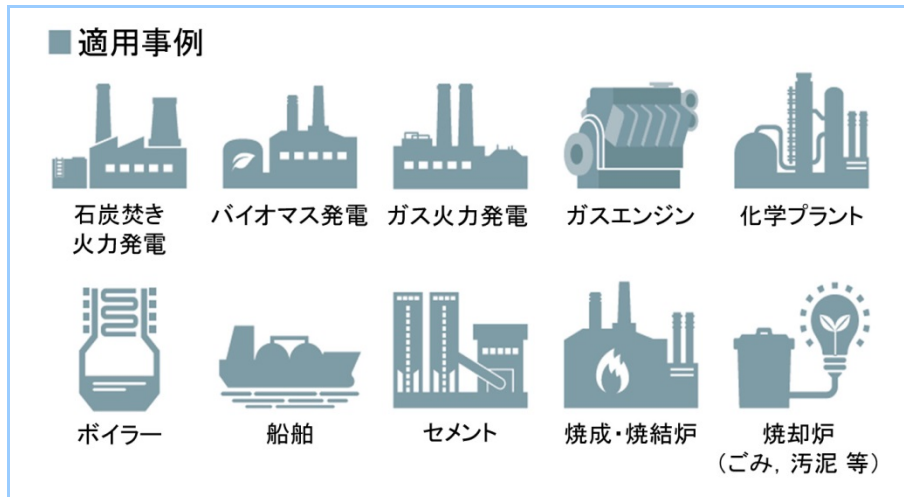


図4 小型 CO₂回収装置の適用事例

今後、小型 CO₂回収装置のラインアップを拡充し、国内外問わず多様な排出源からの CO₂回収を可能にするとともに、将来的に独自の遠隔監視システムによる運転支援サービスも提供し、設置計画からアフターサービスまで一貫したお客様サポート体制を確立すべく取り組んでいく。

4. DAC への取組み

上記の通り、これまで当社では、排ガスからの CO₂回収について精力的に開発を進め、社会実装およびそのシェア拡大を達成し、新たな小型装置にも取り組んでいる。

一方で、昨今では世界全体での脱炭素化に向けた動きが加速しており、[図5](#)に示す通り発電所排ガス以外からの CO₂回収ニーズも今後さらに、増加していくと予想される。

当社は、こうしたニーズに応えるべく乾式 CO₂回収など様々な CO₂回収領域の拡大を検討しており、特に近年では DAC と呼ばれる大気中に存在する微量の CO₂を回収するシステムについても開発を進めている。

DACは CO₂回収源として大気中に存在する空気を取り込むことを特徴としており設置場所を選ばない。更に排ガスからの CO₂排出削減技術と異なり、大気放散された CO₂を回収するネガティブエミッション技術であるため、採用に関する制約が少なく広く社会に受容されうるものと考えている。

また、現状検討がなされている CO₂ ネガティブエミッション技術の中では、必要敷地面積が少なく済み、大型化対応も比較的容易であることから実装化に向けて有望な技術と位置付けている。

ただし、課題もあり、例えば大気中の CO₂濃度は約 400 ppm と非常に低いため、純度の高い CO₂として回収するためには大量の空気を処理せねばならず、どうしても消費動力が過大となりコスト高となる傾向がある。また、微量の CO₂を高純度で回収するには、処理過程において原料である空気の混入を極力低減する必要があり、高精度な装置開発・システム構築が求められる。

こういった課題に対し、当社はこれまでに培ってきた CO₂回収技術の開発ノウハウを最大限に活かし対応する方針である。特に、回収エネルギーの低減は排ガスからの CO₂回収技術の開発においても最も注力した要素の一つであり、技術展開の可能性を模索していく。また、CO₂回収技術に限定する事なく、様々な関連分野における類似開発事例の集約を行い、スピード感のある社会実装を目指して開発を進める予定である。

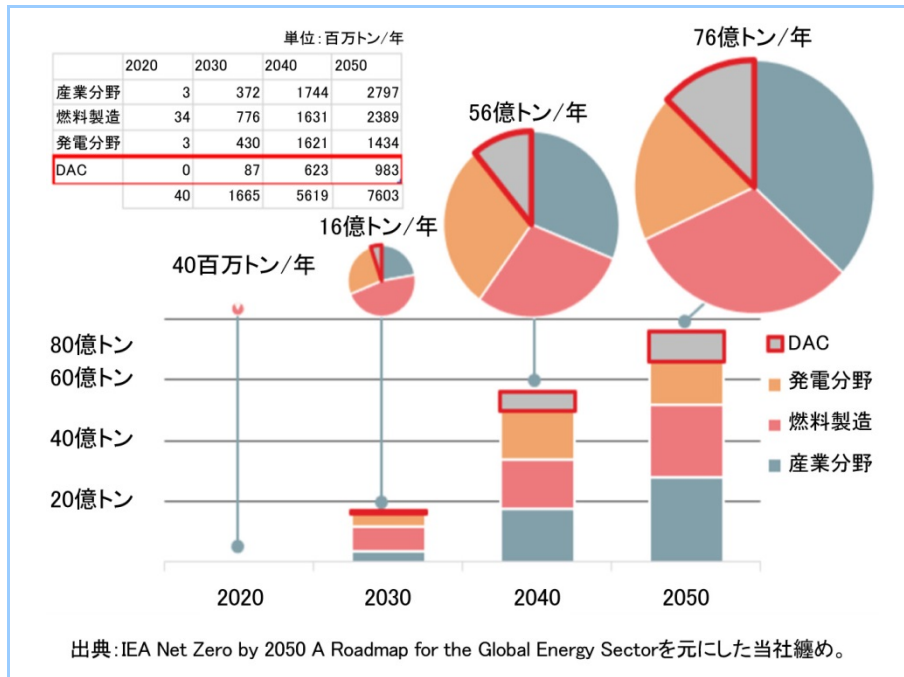


図5 カーボンニュートラルに必要な年間CO₂回収量

5. まとめ

本報ではカーボンニュートラル社会の早期実現のための当社の取り組みや実績を紹介した。KS-21™ については、今後もコスト削減や多様な排出源からのCO₂回収に取り組むことで、これまで培ってきた当社優位性を維持しつつ、適用先を拡大していく。また、小型CO₂回収装置については、その特徴を活かし比較的小規模な施設におけるニーズに対応し、アフターサービスまで一貫したサポート体制を確立していく。さらに、DACについては、ネガティブエミッション技術の中では実装に向けて有望な技術として期待されており、引き続き開発を進める。

- (注1) 温室効果ガス(GHG:Greenhouse Gas)排出量の算定と報告の国際基準であるGHGプロトコルにおけるScope 1,2
 (注2) 吸収塔から大気に放出される微量のアミン物質の値を指し、この数値が低いほど環境影響が少ない優れた技術であることを示す。

参考文献

- (1) IEA Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector