

製造業，エネルギー関連施設への CO₂ 回収技術の適用

CO₂ Recovery Technology Applied for Varied Fields
such as Manufacturing Industries or Energy Related Facilities



仙波 範明*¹
Noriaki Senba

秋山 知雄*¹
Tomoo Akiyama

中川 慶一*²
Kei-ichi Nakagawa

辻内 達也*²
Tatsuya Tsujiuchi

米川 隆仁*³
Takahito Yonekawa

乾 正幸*⁴
Masayuki Inui

三菱重工(以下、当社)グループでは、三菱重工エンジニアリング株式会社にて独自の吸収液を用いた CO₂ 回収技術を有しており、世界最大規模の CO₂ 回収プラント(約 5000t/日)を米国に建設している。しかし、これまでの実績は石炭火力発電の排ガスや化学プラント内の排ガスへの適用に留まっている。近年の CO₂ 排出抑制の社会的ニーズに対応するため、これまで適用例のない産業セクタの排ガスに対しても、この技術を適用すべく検討に着手している。本報にて、これまでの検討事例及び今後の取組みについて紹介する。

1. はじめに

世界的な CO₂ 削減の動向として、2040 年に人為的 CO₂ 排出量を 1/3 (2014 年比) に、2060 年にはいわゆるカーボンニュートラルの達成が目標として設定されている。2014 年の CO₂ 排出量は 34.3Gt であり、約 40% を火力発電等の発電部門、約 30% を自動車、船舶等の交通部門、鉄鋼やセメント等の産業部門が約 25% を占めている(図1)。

いずれも化石燃料の使用が主要因であり、水素やアンモニアへの燃料転換、太陽光・風力等の再生エネルギーの利用が検討されている。しかし、これらには現状設備/装置の更新、社会インフラの整備等大きな設備投資、システムの変更が必要である。これらを求められている速度で対応していくことは非常に難しい。また、電気や水素燃料はエネルギー密度が小さく、高温を要する大規模な設備への適用には多くの課題があり、化石燃料に頼らざるを得ない部分もある。

現状の設備をなるべく生かしたまま CO₂ 削減に対応する技術として、CO₂ 回収技術が挙げられる。この技術を適用することで、化石燃料を燃焼することで発生する排ガスから CO₂ を除去、回収することが可能となる。したがって、現状の燃焼設備の後段の排ガス処理に、CO₂ 回収装置を増設することで、CO₂ 削減を実現することができる。

*1 総合研究所 化学研究部 主席研究員

*2 総合研究所 化学研究部

*3 三菱重工エンジニアリング株式会社 脱炭素室 次長

*4 成長推進室 主席部員 工学博士

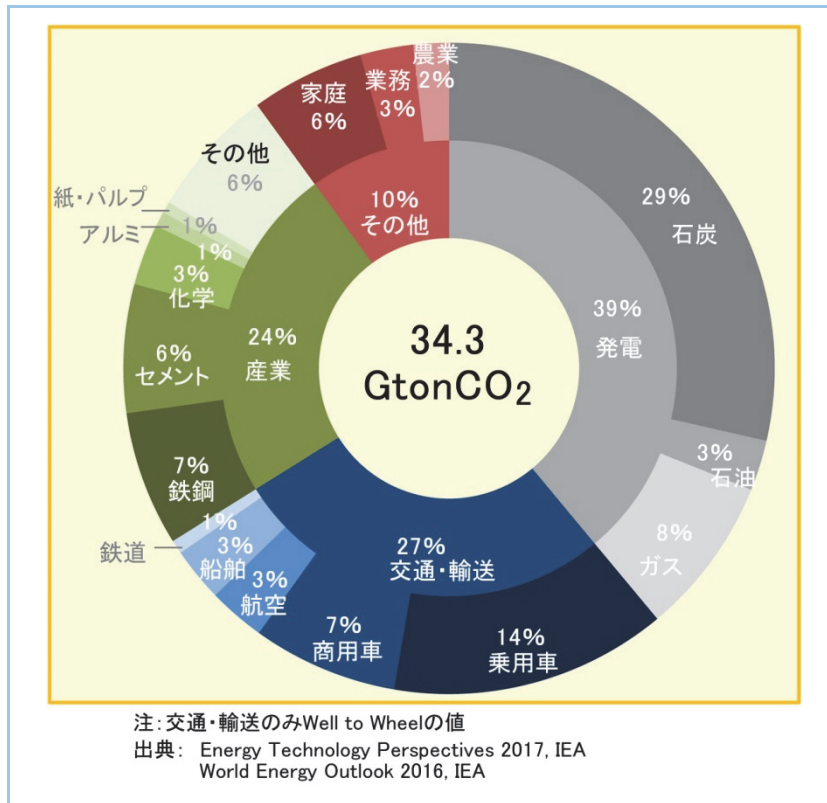


図1 セクタ別エネルギー起源 CO₂排出量(2014年)

2. CO₂回収技術と従来の適用先

図2に当社グループの有するアミン吸収液 KS-1TM/KS-21TMを用いた CO₂回収技術を示す。装置は排ガス冷却塔、吸収塔及び再生塔から構成される。冷却塔にて排ガスを所定の温度まで冷却し、吸収塔に送る。吸収塔内部には、ガスと液を接触させる充填材が設置されており、排ガスは充填材の内部を上昇していく。アミン吸収液 KS-1TM/KS-21TMは吸収塔の上部より噴霧され、充填材を伝いながら排ガス中の CO₂を吸収していく。CO₂吸収後の排ガスは吸収塔の上部から排出される。一方、CO₂が溶け込んだ吸収液は再生塔に送られる。再生塔では吸収液を加熱し、CO₂吸収液から追い出し、ガスとして回収する。再生塔の塔頂から純度 99.9%の CO₂を得ることができる。CO₂を排出した吸収液は再び吸収塔に送られ循環利用する。

本技術は、1990年より技術開発に着手、1999年にマレーシアの化学プラント向けに初号機を納入、運転して以来、化学プラントや石炭焼き火力発電所に商用機の実績を有している(図3)。その後もプロセスの改善による回収率の向上や省エネルギー化、長期運転で得た課題を克服することにより信頼性向上を図ってきた。2016年には、米国テキサス州で世界最大規模の CO₂回収装置(4776t/日)を、石炭焼き火力発電所に納入し、世界トップシェアを占めている。

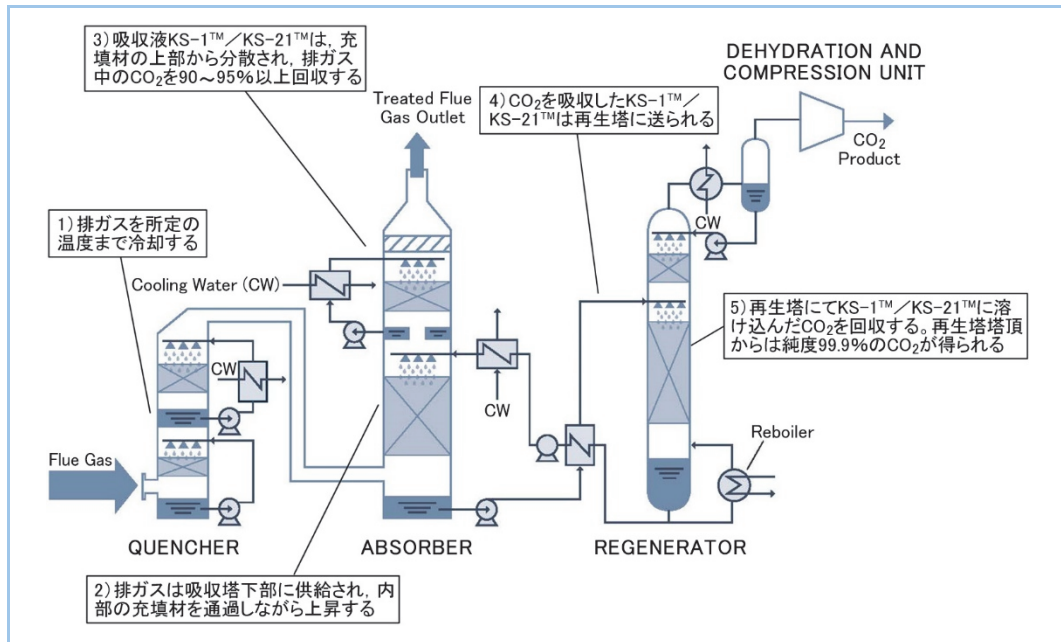


図2 CO₂回収プロセスの模式図

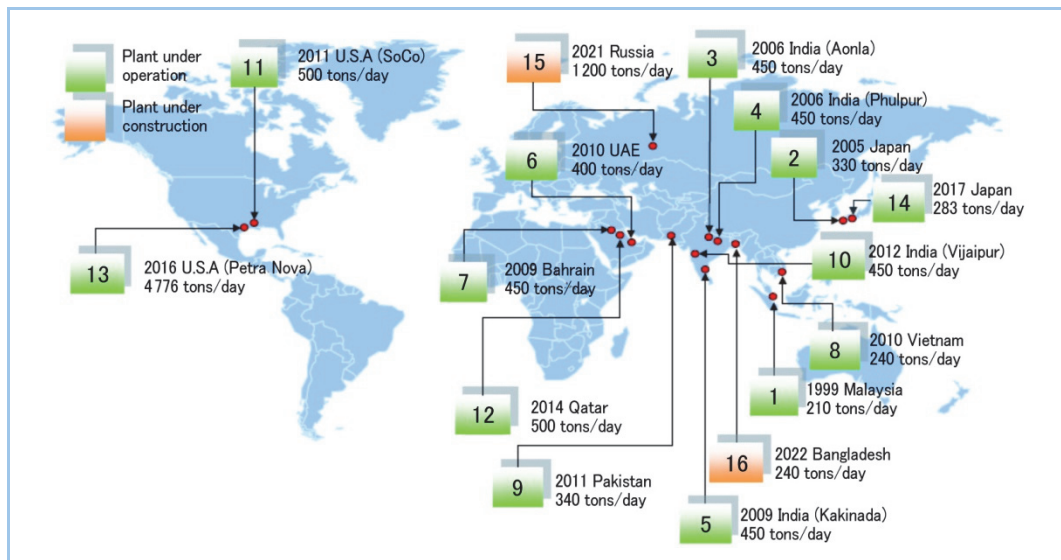


図3 CO₂回収装置の納入実績

3. 新規適用先への検討

前述したように、CO₂ 排出抑制の社会的ニーズに対応すべく、従来の石炭焼き火力発電所、化学プラントに加えて、それ以外の新規産業分野への CO₂ 回収装置の適用を検討に着手している。

3.1 船用エンジン

国土交通省の補助事業“海洋資源開発関連技術高度化研究開発事業”の一環として、石炭運搬船に小型のモバイル CO₂ 回収装置を搭載し、洋上での重油焼きボイラ排ガスからの CO₂ 回収の実証試験を実施した(図4)。モバイル試験装置は、図2に示したアミン吸収液 KS-1™を用いた CO₂ 回収技術を持ち運び可能な小型の装置にしたものである。重油焼きボイラの排ガスは、煙突の手前から分岐し、一部をモバイル試験装置に導入、CO₂ 回収試験に供した。

日本/オーストラリア往復航路の約 40 日間に、アミン吸収液を用いて、CO₂ 回収性能に対する船舶搭載時の揺動や振動の影響評価を行った。その結果、所定の CO₂ 除去率、純度は達成することができた。課題としては、排ガス中のダスト及び酸性成分の除去が挙げられ、実用化に向けては、適切な前処理装置の設置が必要と考えられる。



図4 船用エンジンへの適用例

3.2 バイオマス焚き火力発電

英国 BECCS (Bio Energy with Carbon dioxide Capture and Storage) プロジェクトにおいて、英国大手電力会社 Drax 社と共同で、バイオマス発電排ガスからの CO₂ 回収試験を実施した。この試験でも、船用エンジンと同様のモバイル試験装置を英国ノース・ヨークシャー州のバイオマス発電所(図5)に設置している。

本試験では、約 4000 時間の断続的な運転を実施、所定の性能を確認するとともに、バイオマス燃焼排ガスに含まれる不純物(アルカリ金属, Cl, S 分等)の影響を評価した。これまで得られているデータではこれら不純物の影響は軽微であり、従来の設計手法で対応可能である。また、本試験はコロナ禍での実施となり、現地滞在が困難となる中、遠隔監視システム(ガスタービンの運転監視用のシステムである TOMONI)を用いて運転状態の把握やデータ取得を実施した。現在は、改良型の吸収液である KS-21™ での試験を実施中である。

バイオマス焚き発電からの CO₂ 回収は、植物由来の燃料を使用し、カーボンニュートラルにできる発電に、その排ガスからの CO₂ 回収を組み合わせたものであり、“ネガティブ・エミッション (CO₂ 排出量がマイナスにカウントできる)”とすることができる。この技術の実用化により、世界初となる商用規模でのネガティブ・エミッション発電の実現を目指す。



図5 DRAX 社 バイオマス発電施設

4. 今後の取組みと課題

CO₂ 回収装置の適用先拡大について、同様の検討を、ガスタービン、製鉄プラント、セメントキルン、ごみ焼却設備、ガスエンジンでも進めている。新規の適用先を CO₂ 回収の規模と、排ガス中の共存物質を目安にした難易度で整理し図6に示す。今後の課題として、下記の2点が挙げられる。

(1) 排ガス中共存物質の影響評価

船用エンジン、バイオマスでも排ガス中の共存物質として、ダスト、アルカリ金属, Cl 分, S 分等が挙げられた。セメントや製鉄プラント、ごみ焼却設備でも同様の物質の影響評価が必要である。

(2) 幅広い設備規模に対応できる製品ラインナップ

これまで採用実績の多い石炭火力発電所や化学プラントに比べると、ガスタービンでは排ガスが多く、CO₂回収量も多くなる。一方、ガスエンジンやごみ焼却設備はガス量が少なく、小型でコンパクトな製品が求められる。

また回収したCO₂の用途、取扱いも大きな課題となる。世界最大規模の米国プラントでは、回収したCO₂を原油増進回収(EOR:Enhanced Oil Recovery)に使用している。また、英国でもCO₂を引き取り北海油田に注入する計画が進められている。CO₂の利用に関しては、利活用の規模にもよるが、地域差が大きいのも特徴であり、CCS(Carbon Capture Storage)/CCU(Carbon Capture Utilization)とも技術開発が必要である。

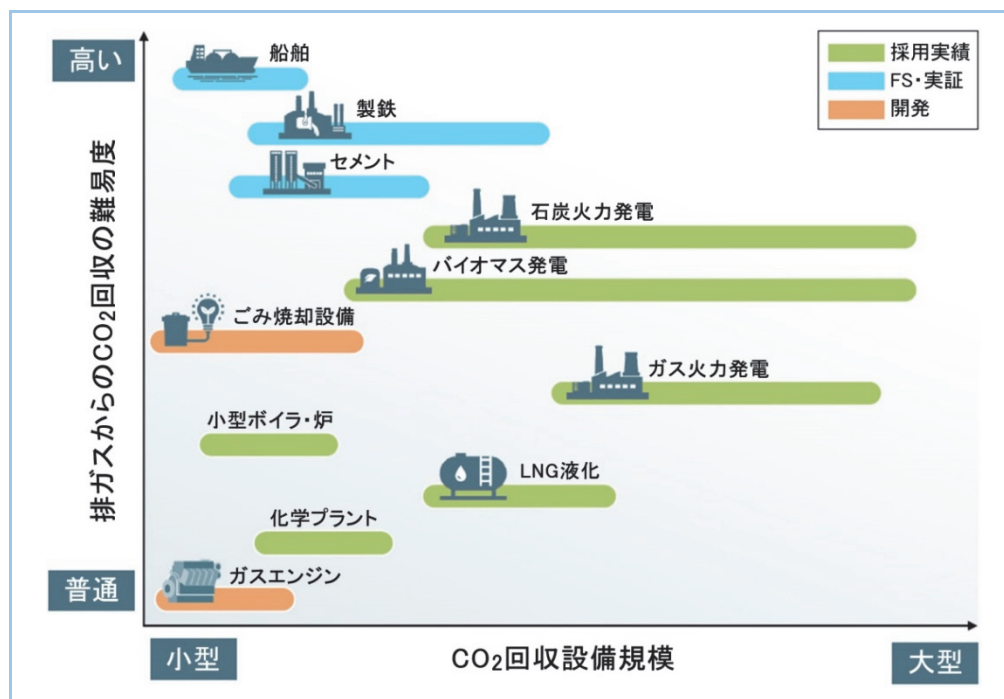


図6 CO₂回収装置の適用先

5. まとめ

当社グループの有するアミン吸収液 KS-1TM/KS-21TMを用いたCO₂回収技術の製造業、エネルギー関連施設への適用検討の例として、船用エンジン及びバイオマス発電の取組を紹介した。

- (1) いずれも小型モバイル試験装置を用いて、実ガスでのCO₂回収試験を実施し、実ガス試験でしか得られない重要な知見・データを得ることができた。
- (2) 今後、同様の検討を、ガスタービン、製鉄プラント、セメントキルン、ごみ焼却設備、ガスエンジンでも進めていく。

今後の課題としては、ガス中共存物質の影響評価とCO₂回収規模に対応できる製品開発が挙げられる。また、回収技術の開発と合わせて、CO₂利活用、CCS/CCU技術の開発が必要である。

参考文献

- (1) Energy Technology Perspectives 2017, IEA
- (2) World Energy Outlook 2016, IEA
- (3) 飯島正樹ほか, 当社の省エネCO₂回収技術と海外石炭焼き火力発電所からの大規模CO₂回収貯蔵実証試験, 三菱重工技報 No.48 (2011-1) p.24-29
- (4) Drax Power Plant (Drax社HPより)