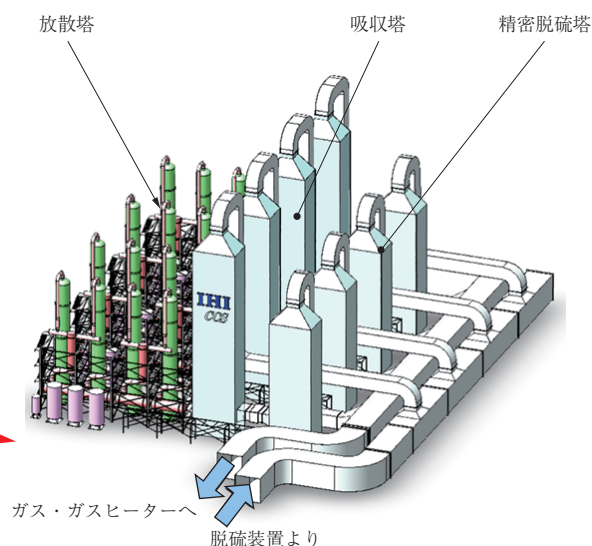
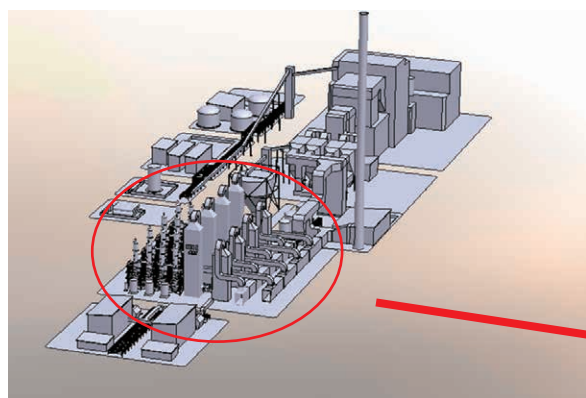


低炭素社会に適合した 石炭火力発電の実現へ

化学吸収法による CO₂ 分離・回収技術の開発

地球温暖化の緩和と電力の安定供給を両立するためには、石炭火力発電所からの CO₂ 排出量低減が重要である。化学吸収法による CO₂ 分離回収技術の実用化に向けた取り組みについて、最新の成果を踏まえて紹介する。

株式会社 IHI
エネルギー・プラントセクター
エネルギーシステムセンター 開発部 高野 健司



化学吸収 CO₂ 回収プラント

はじめに

東日本大震災以降の日本やヨーロッパなどにおける原子力発電計画の見直し、北米発のシェール革命の進展など、世界のエネルギー供給を取り巻く環境は大きく変化してきている。

燃料調達の安定性や経済性に優れる石炭火力発電は、世界全体の発電電力量の約 4 割を占める主要な電源であり、今後も重要な役割を担い続けることが予想される。一方、石炭火力を使い続けるうえでは、そ

の CO₂ エミッションが解決すべき大きな課題であり、高効率化、バイオマス混焼とともに、CCS (Carbon dioxide Capture and Storage) の技術開発が鋭意進められている。

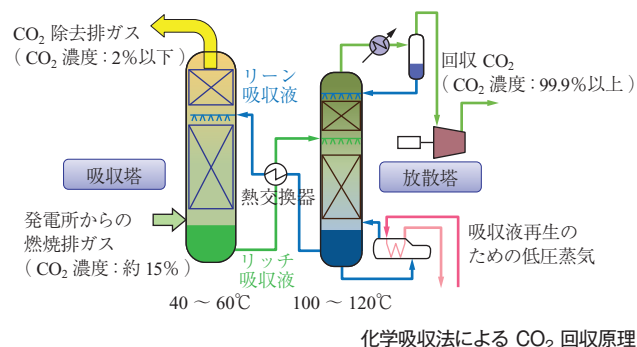
発電分野における CCS 技術は、酸素燃焼技術、燃焼後回収技術、燃焼前回収技術の三つに大きく分類される。このうち IHI では、酸素燃焼技術と、燃焼後回収技術の一つである化学吸収法の開発を実施している。これらは、燃焼前回収技術とは異なり、新設および既設改造のいずれにも対応することが可能である。

そのなかでも化学吸収法は、排ガス圧力がほぼ常圧で CO₂ 濃度が 15%前後と薄い石炭火力排ガスからの CO₂ 回収に適した方法である。また、発生する排ガスを全量処理する全量回収だけでなく、排ガスの一部を処理する部分回収も可能であり、初期投資を抑えて規制に応じて回収量を増やしていくなど、CCS に対するニーズに柔軟に対応することができる。

化学吸収法とは

化学吸収法とは、アミンなどのアルカリ性水溶液を媒体として、この液と CO₂ との化学的な吸収・放出反応を利用して CO₂ を分離・回収する技術である。発電所からの燃焼排ガスは、排煙処理装置（脱硝、脱じん、脱硫など）で不純物を除去した後、「吸収塔」に送られる。吸収塔で排ガスと CO₂ 分が薄い（リーンな）吸収液を接触させると、化学反応により排ガス中の CO₂ が選択的に吸収液に取り込まれ、CO₂ 分が濃い（リッチな）吸収液となる。次に、その吸収液を「放散塔」に送って加熱すると、吸収液から CO₂ が気体となって分離され、吸収液はリーンな状態に戻る。発生した高濃度の CO₂ を回収し、このサイクルを繰り返すことにより、吸収液の損失をほとんど伴わずに連続して排ガスから CO₂ を分離・回収することができる。

一方で、本方式ではリッチ吸収液から CO₂ を放散させる際（再生時）に多量の熱エネルギーが必要となる。発電所で排ガスから CO₂ を分離・回収する場合には、熱源としてプロセスの低圧蒸気の一部を抽気して使用するため、発電出力の低下を生じる。このため、より少ない熱でプロセスを実現できる高性能吸収液と熱マネジメント技術が必要となる。



省エネルギー化に向けた技術開発

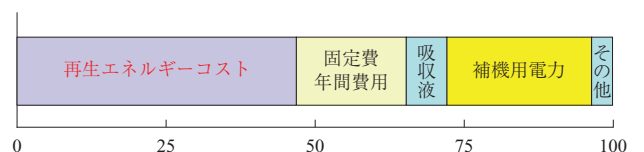
前述のとおり化学吸収法は、CO₂ 放散に多量の熱（以下、再生エネルギー）を必要とし、そのコストは CO₂ 分離・回収に必要なコストの約半分を占めるとされる。そのため本技術の普及には、この再生エネルギーの低減が不可欠である。

再生エネルギーは、吸収液の温度上昇に要する顕熱損失、吸収液から CO₂ を放出する際の反応熱、および、吸収液の水分蒸発による熱損失を補うための潜熱損失の総和として表現できる。これらのうち、再生エネルギーの大半を占める反応熱を低減する技術開発が特に重要であり、反応熱の低い吸収液を開発する必要がある。

また、アミン水溶液による CO₂ の吸収は反応速度が遅いため、吸収塔内には充填材を設置している。一般に、吸収速度と反応熱はトレードオフの関係にあり、反応熱低減には従来技術の充填材（以下、市販充填材）よりも性能が高い充填材が必要となる。

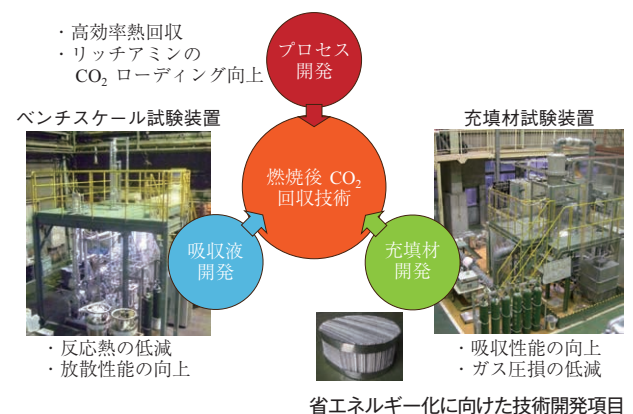
さらには、従来技術では潜熱が有効に回収できていないため、これを改善するための熱回収プロセスが必要となる。

IHI では、これら三つの技術（① 低反応熱の吸収液、② 高性能充填材、③ 潜熱を有効に回収するプロセス）に注力し、開発を進めてきた。



（注）NEDO 平成 14 年度調査報告書
地球温暖化対策技術に関する調査 / 二酸化炭素分離・回収技術に関する調査研究 (02004342, 02004343) による

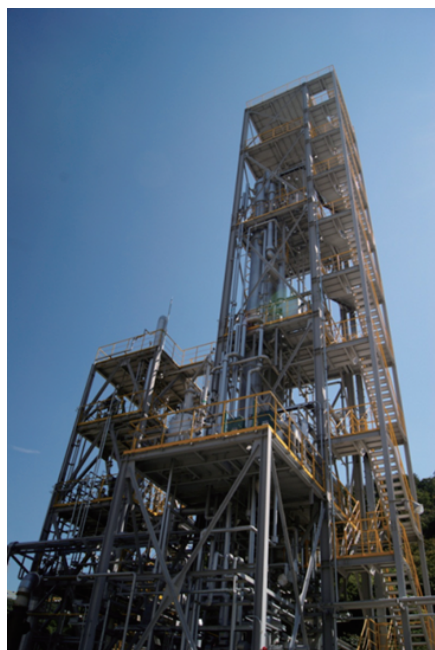
CO₂ 回収コストの構成比率 (%)



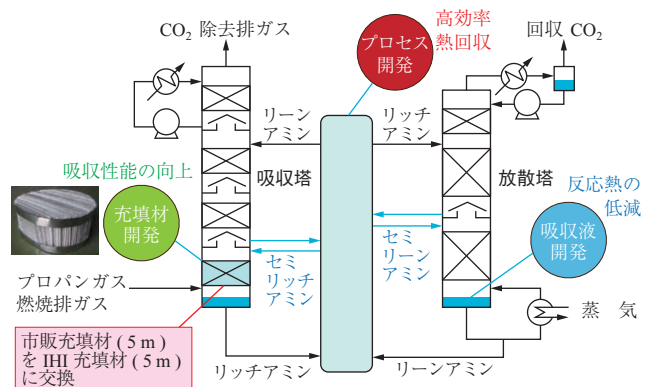
20 t-CO₂/d パイロットプラントでの検証

前述した三つの開発技術を IHI 相生事業所に建設した 20 t-CO₂/d 規模の化学吸収法パイロットプラント（以下、パイロットプラント）で評価試験した。このパイロットプラントは、熱出力 20 MW 規模の石炭燃焼試験設備に併設され、連係して石炭燃焼排ガスでの運転評価を行うことができ、石炭火力用として国内最大級の試験設備となっている。

また、パイロットプラントは石炭燃焼排ガスをを用いた評価だけでなく、プロパンガス燃焼排ガスをを用いた運転も可能であり、回収した CO₂ の一部を吸収塔上流側にリサイクルすることによって、石炭燃焼排ガス相当の CO₂ 濃度にした試験評価を行った。



20 t-CO₂/d パイロットプラント

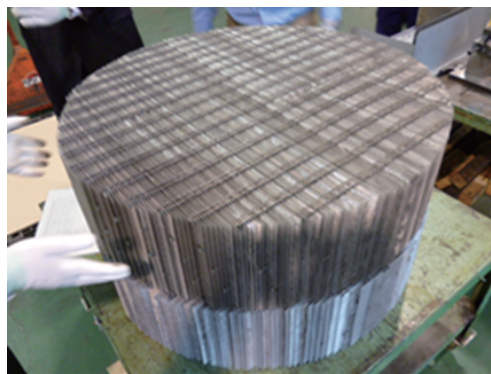


20 t-CO₂/d パイロットプラント概略系統と検証項目

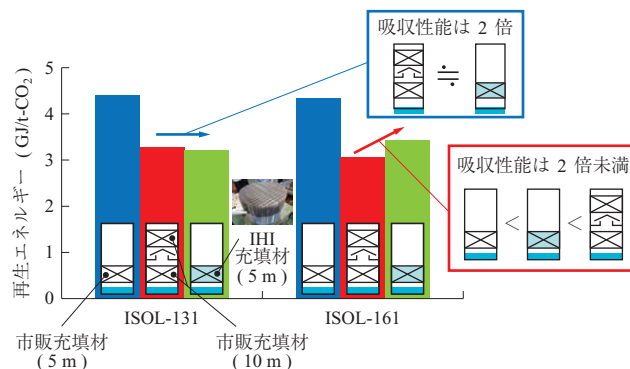
まず IHI 充填材を評価した。吸収塔には、3 段（塔下部より、下段、中段、上段）のそれぞれ 5 m ずつ、計 15 m の充填部がある。このうち、下段に IHI 充填材を設置した。IHI 充填材は、濡れ性の優れた金属の板を液・ガス流れに対して、垂直に配列したシンプルな構造であることから、有効に充填材両面を反応に用いることが期待できる。加えて、吸収性能向上のために金属板の充填量を市販充填材に比べて増やしても低いガス圧損を維持できることが特徴である。

中段および上段には、市販充填材を設置した。吸収液は、成分が異なる 2 種類の IHI 吸収液（ISOL-131 および ISOL-161）を使用した。

試験結果 1 はそれぞれ異なった充填材条件で、CO₂ 吸収量が約 90% を達成する際の再生エネルギーを ISOL-131 および ISOL-161 を用いて比較したものである。ISOL-131 を用いた場合には、IHI 充填材 5 m を用いた際の再生エネルギーは市販充填材 10 m より低くなっており、IHI 充填材は市販充填材の 2 倍以上の CO₂ 吸収性能を有するといえる。一方、ISOL-161 を用いた場合には、IHI 充填材の CO₂ 吸収性能は、市販充填材の 2 倍に達しておらず、吸収液の違いにより性能が向上する割合が異なることが分かった。本



IHI 充填材



試験結果 1: IHI 充填材と市販充填材の比較

試験結果より、吸収液の物性によって、最適な充填材構造などが異なることが示唆され、吸収液とのマッチングが重要であることが分かった。

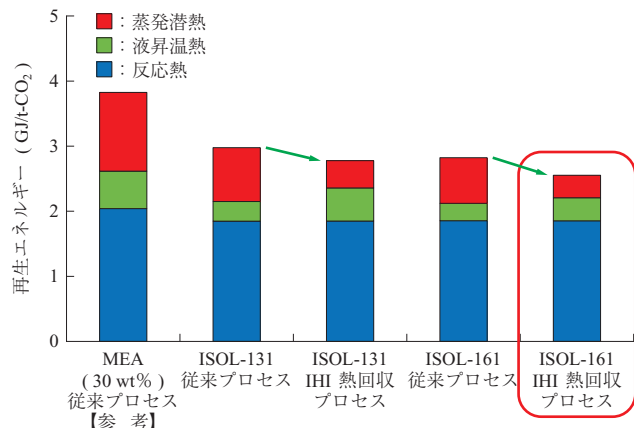
なお、圧力損失についてはいずれの吸収液においても、IHI 充填材 5 m と市販充填材 10 m とは同等となっている。

次に、IHI 熱回収プロセスの効果を検証した。試験結果 2 はそれぞれ異なったプロセス条件で、CO₂ 吸収量が約 90% を達成する際の再生エネルギーを ISOL-131 および ISOL-161 を用いて比較したものである。なお、吸収塔の下段には、IHI 充填材を設置している。本試験結果より、いずれの吸収液においても蒸発潜熱の低減によって、再生エネルギーが低減できていることが分かる。

また、ISOL-161 においては、IHI 充填材と IHI 熱回収プロセスと組み合わせることによって、世界トップレベルとなる再生エネルギー：2.5 GJ/t-CO₂ を達成した。

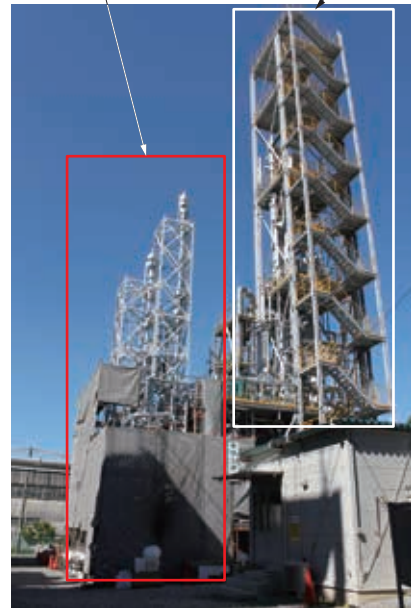
低炭素社会の実現に向けて（今後の展開）

石炭火力への導入に際しては、燃焼排ガスに含まれる酸素、硫黄酸化物、窒素酸化物、そのほか微量成分および煤塵などが吸収液性能、劣化特性に与える影響や材料腐食などに与える影響を把握し、これらを管理するプロセス技術が必要である。この検証は、Brown Coal Innovation Australia (BCIA) の支援の下、オーストラリアビクトリア州の 30% の電力を供給する Loy Yang A 発電所のオーナーである、AGL Loy Yang Pty Ltd と、オーストラリア最大の研究機関である Commonwealth



(注) MEA：モノエタノールアミン
(化学吸収法における標準的なアミン)
試験結果 2：IHI 熱回収プロセスと従来プロセスの比較

0.5 t-CO₂/d 試験装置 20 t-CO₂/d パイロットプラント



0.5 t-CO₂/d 試験装置

Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) との共同研究として実施する。IHI は 0.5 t-CO₂/d 規模の試験装置を製作し、IHI 相生事業所での性能確認を行った。この装置をオーストラリア Loy Yang A 発電所に移設し、2015 年度後半より排ガスの一部を試験装置に導入して、長時間連続運転を行う予定である。

加えて、実用化にはさらなる省エネルギー化が不可欠であり、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の「戦略的省エネルギー技術革新プログラム」支援の下、再生エネルギー低減のための開発を推進していく。

本技術開発成果と、オーストラリアでの長時間試験による運用技術を組み合わせて、CO₂ 回収量 200 t/d クラスでの実証ならびに、2 000 t/d クラスの商用機の FS (Feasibility Study), FEED (Front End Engineering and Design: FS の後に行われる基本設計業務) につなげて、開発技術の実用化・市場導入を着実に図り、低炭素社会の実現に貢献したい。

問い合わせ先

株式会社 IHI

エネルギー・プラントセクター

エネルギーシステムセンター 開発部

電話 (03) 6204-7506

URL: www.ihicorp.jp/