

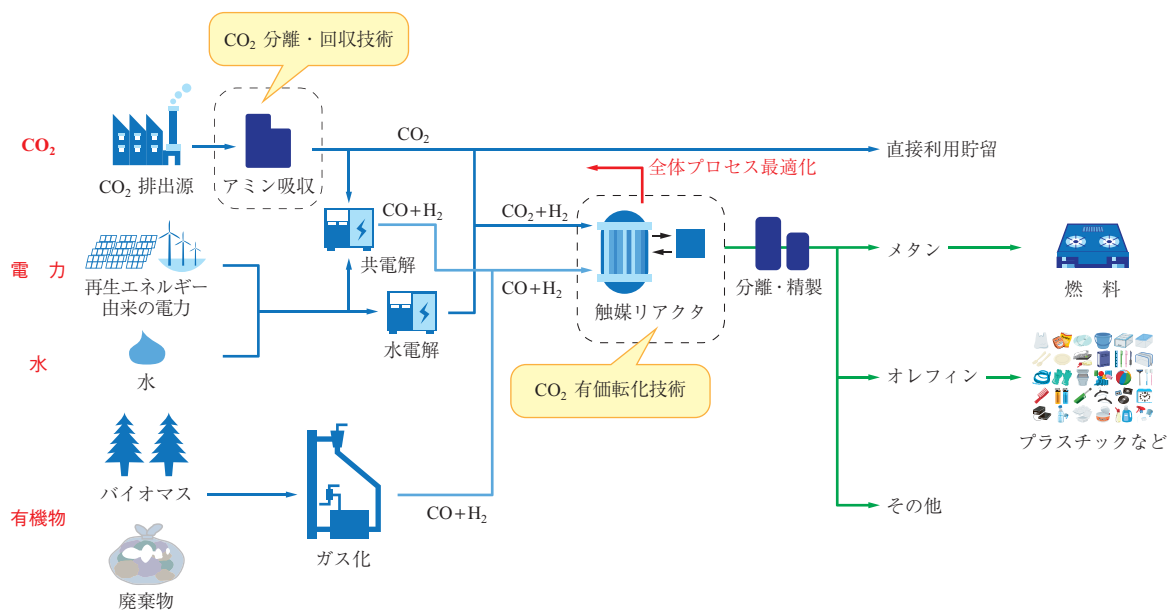
CO₂ 有効利用による 炭素循環型社会の実現へ

経済性に優れた CO₂ 分離・回収技術と CO₂ 有価転化技術の開発

IHI オリジナルの吸収液とプラント技術で、90%以上の CO₂ 回収をオーストラリアの発電所において 5 000 時間以上安定に実現。転化触媒開発と合わせて炭素循環型社会実現に貢献する。

株式会社 IHI
資源・エネルギー・環境事業領域
事業開発部

遠藤 巧



CO₂ 回収・有価転化フロー

CO₂ の排出削減方法

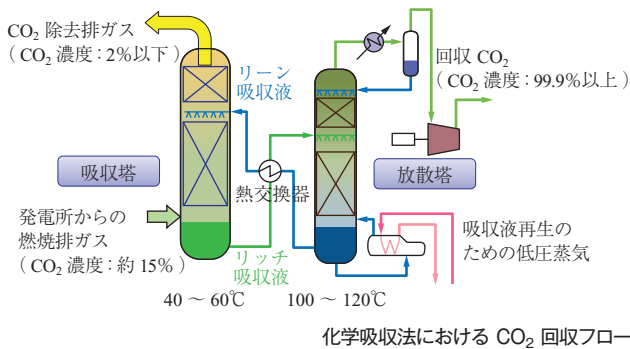
周知のとおり、地球温暖化は世界的かつ喫緊の課題であり、あらゆる方法で二酸化炭素 (CO₂) 排出を削減することが強く求められている。

CO₂ の排出削減方法としては、エネルギー変換効率向上や再生可能エネルギー導入、カーボンニュートラルな燃料への転換などさまざまな方法があるが、現有設備に追加することもできる「CO₂ 分離・回収技術」と回収した CO₂ の「有効活用技術」は、既存設備の継続

利用が可能であることからプラント分野からの期待が大きい。そこで、本稿では IHI グループが開発している化学吸収法による CO₂ 分離・回収技術、および回収した CO₂ の燃料や原料への有価転化技術について紹介する。

CO₂ 分離・回収技術

多くの方法がある CO₂ 分離・回収技術のうち、化学吸収法は、アミンなどのアルカリ性水溶液を吸収液



とし、化学的な吸収・放出反応を利用して CO₂ を燃焼排ガスなどから分離・回収する優れた技術である。具体的には、上図に示すように、発電所からの燃焼排ガスを「吸収塔」に誘引し、CO₂ がほとんど含まれていない（リーンな）吸収液と接触させることで排ガス中の CO₂ を選択的に吸収液に取り込ませる。次いで、この CO₂ が多く取り込まれた（リッチな）吸収液を「放散塔」に送り、加熱することで吸収液に取り込まれた CO₂ を気体として分離し、冷却・圧縮させることで、99.9%以上の高純度な CO₂ が回収できる。一方、CO₂ を放出し希薄となった（リーンな）液は、CO₂ 吸収能力が再生するため、再度吸収塔に移送し、循環・再利用する。しかし、この一連の分離・回収工程のなかで「放散塔における吸収液の加温エネルギー（再生エネルギー）の消費」が、全体コストの

約半分を占め、経済的に大きなインパクトを与えている。つまり、この再生エネルギーをいかに低く抑えるかが CO₂ 排出削減のための化学吸収法の課題であり、その解決に向けて開発を進めてきた。

再生エネルギー低減

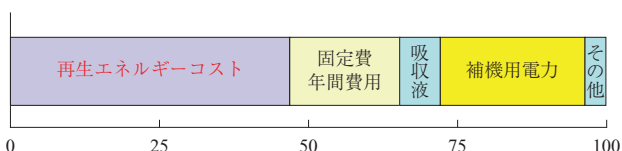
再生エネルギーに大きな影響を与えるパラメータについて検討し、主に下表①～③の技術開発を行ってきた。

これらについて独自開発した個別要素技術を、まず、IHI 横浜工場内に設置したベンチスケール試験装置および充填材試験装置で各種試験を行い、得られた結果を解析し、目標の再生エネルギーを達成可能とするめどを付けた。

次に、小型試験装置にて得られた結果を IHI 相生工場内に設置した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）において具現化し、その総合的性能を評価し改良を行った。このパイロットプラントは、実機への確実な展開を想定し、熱出力 20 MW

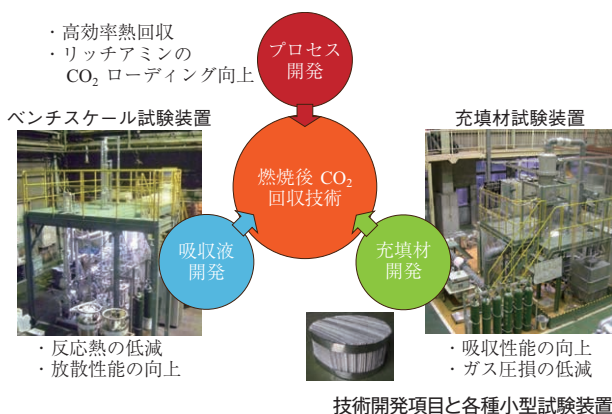
| パラメータ | エネルギー低減方向 | 方 策 |
|---------|------------|------------------|
| 吸収液温度 | 高温吸収液の有効活用 | ① 熱を有効活用したプロセス開発 |
| 放散塔運転温度 | 温度を下げる | ② 低反応熱な吸収液開発 |
| 循環吸収液量 | 循環量を下げる | ③ 高吸収効率な充填材開発 |

再生エネルギー低減のための方策

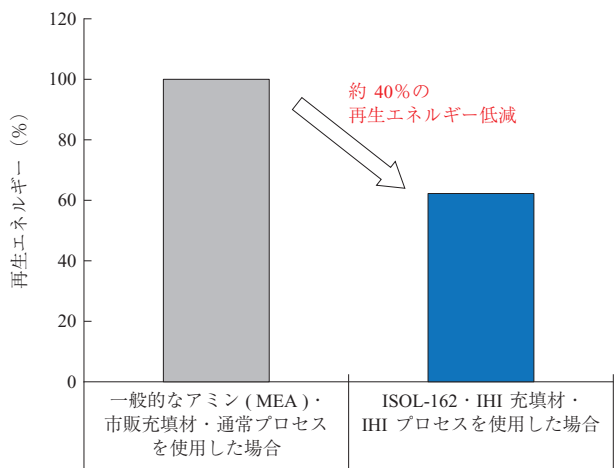


(注) NEDO 平成 14 年度調査報告書
地球温暖化対策技術に関する調査 / 二酸化炭素分離・回収技術に関する調査研究 (02004342, 02004343) による

CO₂ 回収コスト構成比 (%)



20 t-CO₂/d パイロットプラント



(注) MEA：モノエタノールアミン
再生エネルギーの比較

相当の石炭焚きボイラの排ガスから CO₂ を分離・回収する実証試験設備とした。CO₂ 回収能力は国内実証設備としては最大級の 20 t-CO₂/d である。そして、再生エネルギー低減の改良には、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) からも「戦略的省エネルギー技術革新プログラム」の支援を受けて、試験を推進した。

このパイロットプラントでは前述の三つの技術開発を統合した試験を行い、90%以上の CO₂ 吸収効率を達成しながら、これまでの一般的な吸収液に比べ再生エネルギーを約 40%も低減できることを実証した。

ロバスト性と運用性

本開発成果を基礎にさらに実機火力発電所での排ガスを用いて長期に実証運転を行い、独自開発した IHI 吸収液 (ISOL-162) のロバスト性と先進的な IHI 独自プロセスの運用性についても検証した。この実証試験はオーストラリアの BCIA (Brown Coal Innovation Australia, 現 ACI: Australian Carbon Innovation) の支援の下、オーストラリア・ビクトリア州の約 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 CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) と共同で実施した。

この実証では、累計 5 000 時間以上にわたり ISOL-162 吸収液を用いて実機火力発電所の排ガスから CO₂ 回収を行い、計画 CO₂ 回収効率 90% を問題なく達成



オーストラリア Loy Yang A 発電所実証試験装置

し、長期運用に耐えられるロバスト性を有することを証明した。

また、CO₂ 分離・回収設備の運用としては、平日の昼間は運転員が常駐し運転状況を確認するが、事前の綿密なリスク検討と遠隔監視の下、夜間や休日は無人運転が可能なほど安定した吸収液、プロセスであることを実証することができた。

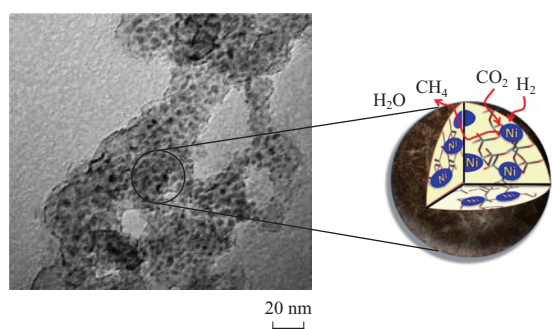
さらに 2019 年 3 月には運転時間累積 13 000 時間 (その他の吸収液の使用を含め) を達成し、高効率で優れた安定性を有していることを証明しており、今も稼働を続けている。これらの成果により、経済性に優れた CO₂ 分離・回収装置をお客さまにご提供できる状況となった。

CO₂ 有価転化技術

CO₂ 排出削減を進めていくために、回収した CO₂ の利用方法についても提案する。

大規模な CO₂ 排出削減としては地下貯留方式があり、地理的課題や経済的な負担などの議論が進められている。一方で、規模的には小さいものの CO₂ を有価物に転化し、再度市場に戻す「炭素を循環する技術」が求められ、IHI グループは回収した CO₂ を燃料や化学品原料へ有価転化する技術開発を行っている。

IHI グループは、これまで石炭やバイオマスをガス化する際に得られるシingas (水素 H₂ および一酸化炭素 CO) をメタンに変換する触媒技術の開発を行ってきた。この技術を CO₂ にも応用し、排ガス中に含まれる CO₂ と太陽光などの再生可能エネルギーから



IHI 開発触媒写真と模式図

得られる H_2 とを触媒の存在下で反応させ、燃料であるメタンガスを製造する。この技術によれば、化石燃料を消費するプラント（例えば、火力発電所や製鉄所）から発生した CO_2 を、メタンガスに変換可能となり、それを既存の都市ガスパイプラインへ導入すれば、現在のインフラ設備を改造・交換することなく家庭のガスコンロなどで広く使用することが可能となる。

この研究開発を加速するため、2014年にシンガポール A*STAR 傘下の化学工学研究所（ICES：Institute of Chemical and Engineering Sciences）と共同研究を始め、高活性で長寿命な触媒を開発した（上図）。この触媒



ICES におけるデモ装置



触媒性能ラボスケール試験装置

のさらなる評価のため、シンガポールおよび IHI 横浜工場内にラボスケール試験装置（左下図）を設置し、2020年度に予定している実証試験への準備を進めている。

そのほかにも高付加価値製品として、プラスチックなどの原材料になるオレフィン（エチレン、プロピレン、ブタジエンなどの高分子化合物）も CO_2 から製造する触媒の開発を行っている。さらに、これら有価転化反応と関連機能を含む全体プロセスの最適化も行っている。

また、 CO_2 の有価転化に必要な H_2 を、再生可能エネルギーから効率良く製造するシステムの研究も行っており、太陽光から作られた H_2 を使って CO_2 から燃料や化学原料を一貫して製造する実証研究を実施する予定である。

炭素循環型社会の実現に向けて（今後の展開）

CO_2 排出削減に向けて、 CO_2 を炭素循環の一つの形態と捉え CO_2 を効率良く回収し、再生可能エネルギー由来の水素や熱などにより炭素を含む燃料や原料に転化する技術の社会実装を目指す。お客さまのもつさまざまな状況に応じて IHI グループがもつ多彩な CO_2 排出削減ソリューションを提供し、脱炭素社会の実現に貢献していく。

問い合わせ先

株式会社 IHI

資源・エネルギー・環境事業領域

事業開発部

電話（03）6204-7506

<https://www.ihi.co.jp/>