

報 告

省エネルギー型 CO₂分離回収技術の実証 (第2報)

Demonstration of Energy-Saving Carbon Dioxide Capture and Recovery Technology (Second Report)



万ノ友哉* 美濃谷 広*
Tomoya MANNO Hiroshi MINOYA
巽 圭司* 鎌田 全一*
Keiji TATSUMI Masakazu KAMADA

【要旨】 化学吸収法による CO₂分離回収は、ガス量が多く CO₂濃度が低い燃焼排ガスからの CO₂分離回収に適しているが、CO₂再生工程で大量の熱エネルギーを消費することが課題である。当社では、省エネルギー型 CO₂分離回収技術の実用化に向けて、2024 年から低熱量で CO₂の分離が可能な非水系の新規吸収液を用いた実証試験を開始し、実用化に必要なデータ取得を進めてきた。本稿では、バイオマス発電施設、一般廃棄物処理施設において二つの吸収液耐久性評価試験をおこない、新規吸収液がこういった施設での CO₂分離回収技術に適用可能であることを確認した。

キーワード：CO₂分離回収，カーボンニュートラル，化学吸収法，非水系吸収液，オンサイト実証

Abstract

While carbon dioxide capture and recovery using the chemical absorption method is suitable for treating combustion exhaust gas with large gas volumes and low CO₂ concentrations, there is the issue of a large amount of thermal energy being required for the CO₂ regeneration process. Aiming to achieve practical application of this energy-saving carbon dioxide capture and recovery technology, our company started a demonstration test in 2024 using a new non-aqueous absorption liquid capable of capturing CO₂ with low energy consumption, and has been collecting data necessary for practical application. This article describes two durability evaluation tests conducted on the absorption liquid at a biomass power generation facility and a municipal solid waste treatment facility. The results confirmed that the new absorption liquid is suitable for carbon dioxide capture and recovery in these facilities.

Keywords: carbon dioxide capture and recovery, carbon neutral, chemical absorption method, non-aqueous absorption liquid, on-site demonstration test

* 装置技術部
Mechanical Design & Engineering Dept.

1. はじめに

2050年のカーボンニュートラルの実現のためには、燃焼排ガスなどのCO₂排出源からCO₂を分離回収し、貯蔵・固定化することが必要不可欠であると言われている。当社が主力とするバイオマス発電施設や一般廃棄物処理施設などの燃焼排ガスに含まれる低濃度のCO₂を選択的に分離し、高純度で回収する方法として「化学吸収法」が適している。しかしながら、吸収液再生工程にて大量の熱エネルギーを消費することからプラント全体での省エネルギー化が課題とされている。

当社では、化学吸収法におけるエネルギー消費量削減を目指して、国立研究開発法人産業技術総合研究所（AIST）と共同で、新規の非水系吸収液（以下、新規吸収液）を開発した。新規吸収液の特長を図1に示す。この新規吸収液の特性を活かしたCO₂分離回収プロセスの実用化に向けて、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）の委託事業における技術調査や、当社実験センターで吸収液評価試験をおこなうなどの取り組みを進めてきた^{1,2)}。また、稼働中のバイオマス発電施設の燃焼排ガスを用いたオンサイトでの実証試験を2024年7月から開始した³⁾。この実証試験では、プロセス最適化に必要なデータの取得と吸収液の耐久性評価を目的として、前報のとおり、さまざまな運転条件での試験から得られたデータにより、本シス

テムの実用化に向けてスケールアップした規模における吸収装置の寸法や吸収液の循環量等の最適化を図っている。

本稿では、プロセス実用化に向けて実施した以下の二つの試験結果について報告する。

- (1) バイオマス発電施設からの燃焼排ガスを用いた実運転条件下での新規吸収液の耐久性評価（第1報の続報）
- (2) 一般廃棄物処理施設からの燃焼排ガスに含まれる酸性成分や重金属類などが新規吸収液のCO₂吸収性能に及ぼす影響を評価

2. バイオマス燃焼排ガスを用いたCO₂分離回収実証試験

2.1 試験内容

当社が2015年に納入し、現在稼働中である「真庭バイオマス発電所」（所在：岡山県真庭市）の敷地内にCO₂分離回収試験装置を設置し、バイオマス発電施設からの燃焼排ガスを用いたオンサイトでの実証試験を2024年7月から開始した。CO₂分離回収試験装置のフローを図2に示す。本試験では、実用化に向けたプロセス最適化に必要なデータの取得と実運転条件下における吸収液の耐久性評価を目的としている。

前報より、これまでの試験で以下の点が確認されている。

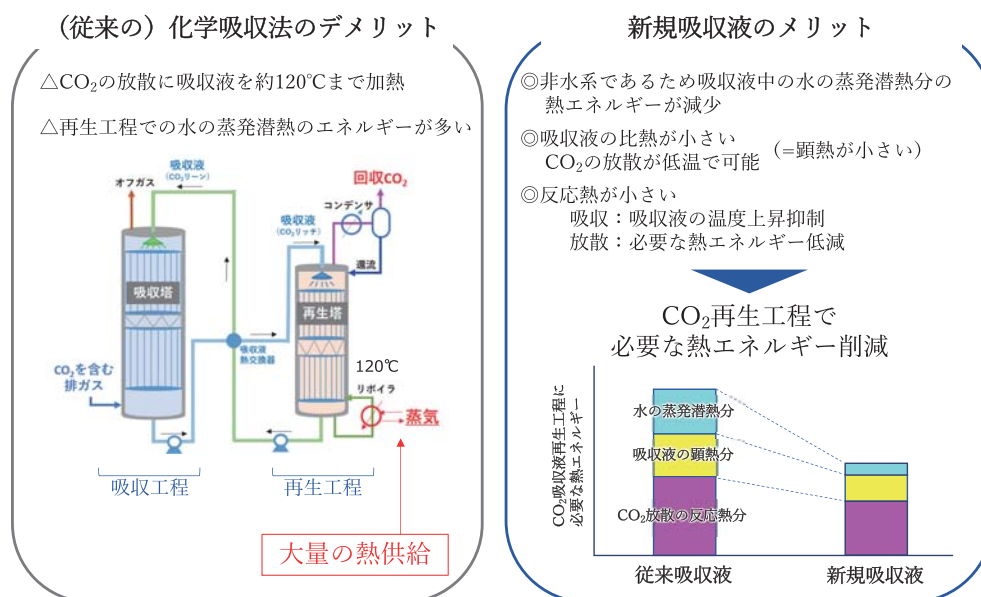


図1 新規吸収液の特長

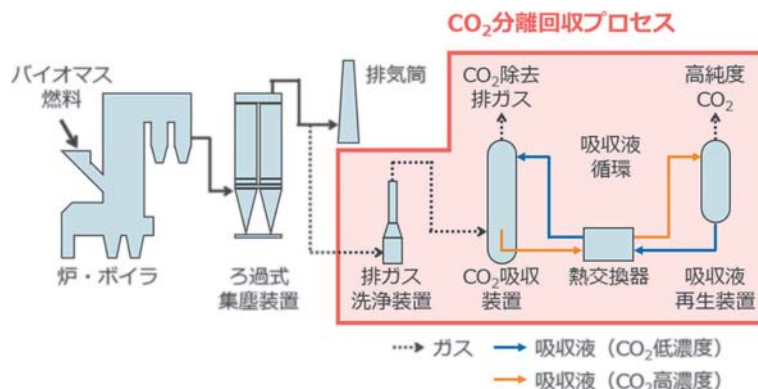


図2 CO₂分離回収試験装置フロー

- ・新規吸収液は、吸収液の再生装置の温度を従来の吸収液（モノエタノールアミン水溶液）より低く（水の沸点以下）しても安定してCO₂を放散し、かつ連続循環運転が可能である。
- ・排ガスからのCO₂吸収量は吸収装置入口のガス中CO₂濃度に応じて変動するが、バイオマス発電施設からの排ガスにおいて、本設備での目標能力である1日当たり最大500 kg以上のCO₂回収能力を有する。
- ・入口ガス中CO₂濃度が10%以上であれば、本システムにおいてCO₂回収率90%以上を達成できる。
- ・累積約1,000時間の運転をおこない、吸収装置出口のガス中CO₂濃度に大きな変化はなく、吸収液のCO₂吸収性能は安定している。

これらの成果により、スケールアップした規模における吸収装置の寸法や吸収液の循環量等の最適化を図ることが可能となっている。

本稿では、吸収液の耐久性評価をおこなうため、

前報より継続して、吸収装置へ供給するガス量や吸収液量などを最適条件にて固定して運転をおこない、吸収液のCO₂吸収性能の変化を確認する長期試験を実施した。

2.2 試験結果

運転条件固定下における吸収装置の入口および出口ガス中CO₂濃度およびCO₂吸収量のトレンドを図3、吸収装置の入口ガス中CO₂濃度およびCO₂吸収量の相関を図4にそれぞれ示す。なお、図3のデータブランク期間は、装置設計に資するデータ収集を実施しており、同一運転条件下ではないため除外した。図3に示すとおり、吸収装置の入口ガス中CO₂濃度はバイオマス発電施設の運転状況に応じて変動があり、それにともないCO₂吸収量にも多少変動がみられた。累積4,000時間（実機半年間に相当）以上の長期運転の結果、吸収装置入口ガス中CO₂濃度に対するCO₂吸収量はわずかながら低下しているが想定範囲内であり、図4に示すとおり、

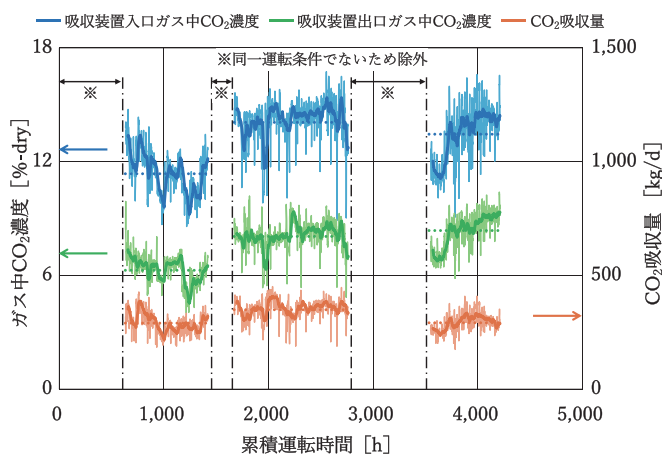


図3 吸収装置ガス中CO₂濃度およびCO₂吸収量のトレンド（運転条件固定下）

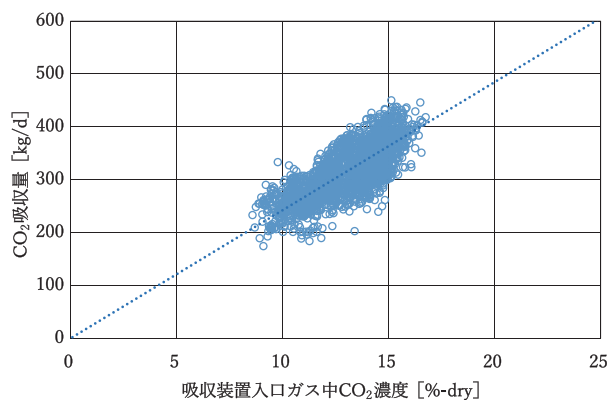


図4 吸収装置入口ガス中CO₂濃度およびCO₂吸収量の相関（運転条件固定下）

吸収装置入口ガス中 CO₂濃度と CO₂吸収量に相関がみられることから、新規吸収液が長期運転下でも安定した CO₂吸収性能を示すことを確認した。

一方、新規吸収液について、吸収装置からの放散ロスおよびアミンの一部が分解・変性する課題も確認されている。放散ロスに関しては、吸収装置出口に回収装置を設置することで大気への排出は抑制できており、今後、回収装置から吸収液成分を系内に返送することを検討している。アミンの分解・変性に関しては、メカニズムの解明およびその抑制方法を検討中である。

3. 一般廃棄物処理燃焼排ガスをを用いた吸収液曝露試験

3.1 試験内容

一般廃棄物処理施設の燃焼排ガスに含まれる酸性ガスや重金属類など微量成分の新規吸収液への蓄積挙動と、それらが CO₂吸収性能に及ぼす影響の評価を目的として、大阪広域環境施設組合・西淀工場内にて新規吸収液の排ガス曝露試験を実施した。本試験は、CO₂分離回収設備で想定される運転条件と比べて、吸収液量に対する通ガス量を大きく設定し、排ガス成分との接触頻度を高めた加速試験としておこなった。

一般廃棄物処理施設からの燃焼排ガスによる曝露

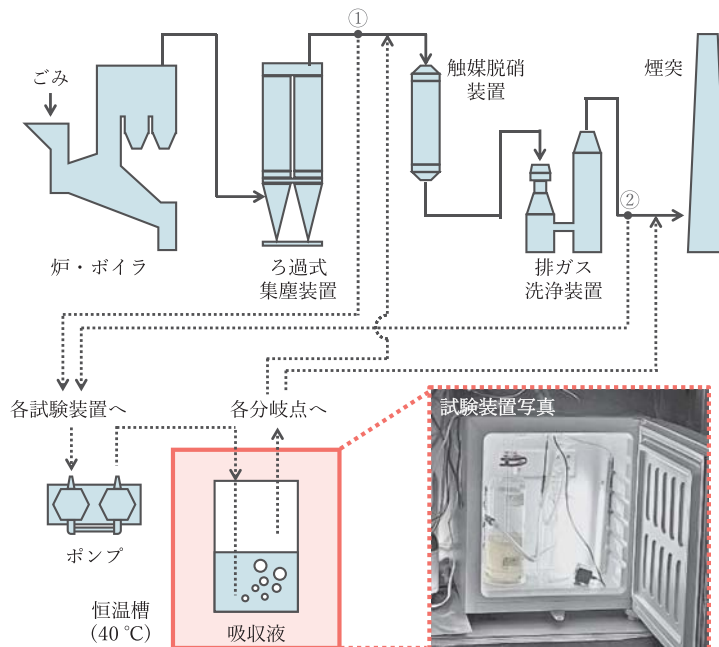


図5 一般廃棄物処理施設からの燃焼排ガス曝露試験のフロー

表1 曝露試験条件

項目	条件①	条件②
排ガス引抜箇所	ろ過式集塵装置出口 (図5の①)	排ガス洗浄装置出口 (図5の②)
排ガス前処理	乾式処理	乾式処理+湿式処理
曝露ガス条件* (吸収液入口)	温度：160 → 40℃ HCl：<0.4 ppm-dry SOx：1.2 ppm-dry NOx：29 ppm-dry	温度：40℃ HCl：<0.4 ppm-dry SOx：<0.3 ppm-dry NOx：15 ppm-dry
曝露時間	2,160時間 (90日)	4,320時間 (180日)

* 条件①は、排ガスを試験装置入口で40℃ (実機でのCO₂吸収装置を模擬)まで冷却したことで発生するドレン水に排ガス中の酸性ガスが溶解しており、当初想定より酸性ガス濃度が低濃度であったが、実機においても同様に排ガスを40℃まで冷却しドレン水が発生すると想定されるため、実機の条件を模擬できていると判断した。

試験のフローを図5、試験条件を表1に示す。燃焼排ガスは、ろ過式集塵装置と触媒脱硝装置の間(図5の①)、および、排ガス洗浄装置と煙突の間(図5の②)からそれぞれ分岐し、試験装置へ供給した。これにより、条件①(乾式処理のみ実施した排ガス)と、条件②(乾式処理に加え湿式処理を実施した排ガス)で、吸収液に及ぼす影響を比較評価した。なお、条件①は、条件②と比較してガス中微量成分の濃度が高いため、条件②の加速試験とするとともに、乾式処理の適用可否検討の一助となる。

各試験装置は、実機でのCO₂吸収装置条件を模擬するため、所定量の吸収液を充填したガラス製吸収瓶を恒温槽内(40℃)に設置し、排ガスを通気した。試験期間中は、定期的に吸収液のサンプリングをおこない、吸収液成分の組成および酸性ガスや重金属のイオン濃度を分析した。

3.2 試験結果

条件①および②の吸収液中への酸性ガス成分(硫酸イオン、硝酸イオン、および塩酸イオン)の蓄積挙動を図6に示す。条件①は、2,160時間(90日間)排ガス曝露をおこない、主に硫酸イオンと硝酸イオンの蓄積がみられた。条件②は、4,320時間(180日間)排ガス曝露をおこない、主に硝酸イオンの蓄積がみられた。

これらの酸性成分の蓄積は、吸収液中のアミン成分が排ガス中の酸性成分との中和反応により、陰イオン1つにつきアミン1つが消費され塩を形成したことで発生したものであり、CO₂吸収性能の低下に繋がると考えられる。

曝露2,160時間ベースにおいて、湿式処理は乾式処理と比べて排ガス中の硫酸成分が低減されており、

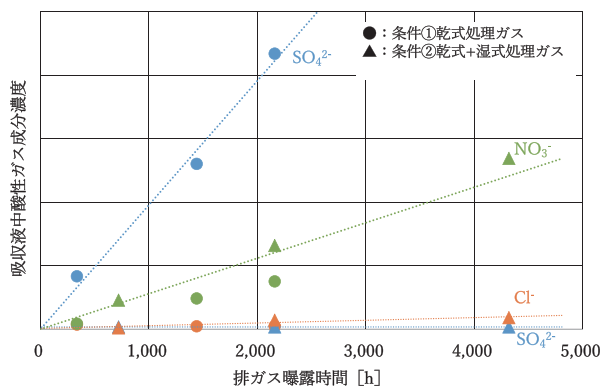


図6 吸収液中への酸性ガス成分の蓄積挙動

吸収液中への酸性ガスの総蓄積量から算出したアミン消費量は7分の1程度まで抑制されることを確認した。

条件②では、吸収液中に蓄積した酸性ガス成分はほとんどが硝酸イオンであり、曝露4,320時間での蓄積量は、吸収液中のアミン量に対し0.2 wt%程度と微量であった。本試験におけるガス負荷(=通ガス量/装置合計吸収液量)は実機の約4倍であり、排ガス曝露時間は実機での約2年間に相当するため、CO₂吸収性能への酸性ガス成分の影響はほとんどないと考えられる。なお、曝露後の吸収液のCO₂吸収性能については別途評価を実施中である。

また、吸収液中の重金属類の含有量は、条件①および②で排ガス処理方式による有意な差はみられず、いずれも1 ppm未満と極微量の蓄積であった。吸収液中のアミンに及ぼす影響は引き続き調査をおこなう予定である。

以上より、一般廃棄物処理施設からの燃焼排ガスを湿式処理することで、新規吸収液中のアミン成分に対する排ガス中の微量成分の影響は非常に小さいことを確認した。一方、乾式処理のみでは酸性ガスとの反応によるアミン消費量の増加が想定されるが、吸収性能に及ぼす影響については引き続き検討していく。

4. おわりに

新規吸収液を用いたCO₂分離回収技術の実用化に向けて、バイオマス発電施設および一般廃棄物処理施設からの燃焼排ガスを用いた吸収液の耐久性評価試験を実施した。

バイオマス発電施設における試験では、実運転条件下にて累積4,000時間以上の長期運転をおこなっても安定したCO₂吸収性能を示し、実機への適用可能性が高まった。

一般廃棄物処理施設からの燃焼排ガスにおいても、湿式処理することで吸収液中のアミン成分への影響はほとんどないレベルであり、CO₂分離回収技術として適用可能性が十分高いことを確認した。

本稿および前報で得られた結果を基に、一般廃棄物処理施設の燃焼排ガスを対象とし、泉北クリーンセンター(大阪府和泉市)内に6 t-CO₂/日を分離回収可能な実証設備を設置し、2027年度から実証試

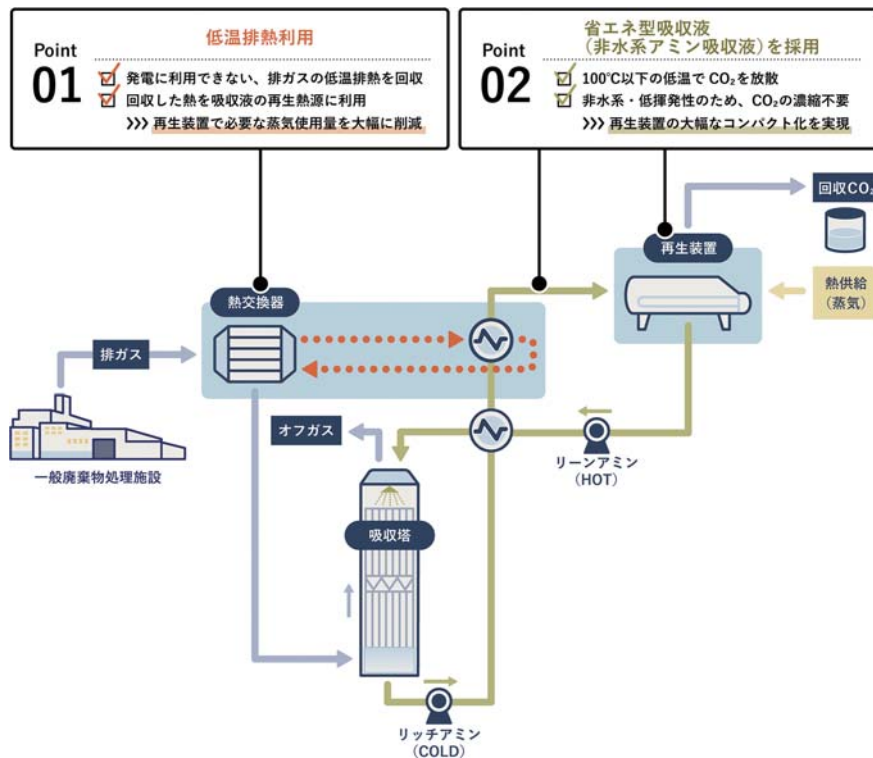


図7 一般廃棄物処理施設でのCO₂分離回収実証試験設備の概略フロー

験をおこなう予定である（概略フローを図7に示す）。本設備では、低温で再生できる新規吸収液の特長を活かし、燃焼排ガスからの熱回収をおこない、再生装置の熱源に使用することで、CO₂分離回収プロセスのさらなる省エネルギー化を目指している。なお、当事業は、環境省公募の「令和7年度地域共創・セクター横断型カーボンニュートラル技術開発・実証事業」に「省エネルギー型CO₂分離回収技術開発実証」として採択されており、泉北環境整備施設組合および株式会社ユニバーサルエネルギー研究所と共同で2025年度から3年間実施する。

当社は、カーボンニュートラル技術の実装による脱炭素社会の早期実現に貢献できるよう、当事業を通じてCO₂分離回収技術の実用化に向けた取り組みをさらに進める所存である。

謝辞

本試験の実施にあたりご協力頂いております関係各位に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 藤川宗治, 釦持恭平: 省エネルギー型CO₂分離回収技術の開発, タクマ技報, Vol. 31, No. 2, pp. 43-47 (2023)
- 2) 藤川宗治, 釦持恭平, 佐藤和弘, 増田孝弘: 省エネルギー型CO₂分離回収技術の開発 (第2報), タクマ技報, Vol. 32, No. 1, pp. 22-29 (2024)
- 3) 美濃谷 広, 万ノ友哉, 巽 圭司, 鎌田全一: 省エネルギー型CO₂分離回収技術の実証, タクマ技報, Vol. 33, No. 1, pp. 23-27 (2025)