

研究科	環境・エネルギー	氏名	齋藤 剛輝	指導員	中垣 隆雄
研究指導	エクセルギー工学				
研究題目	CO ₂ 分離素材の標準評価共通基盤における化学吸収液の加速劣化試験法の開発 ～加速劣化試験装置の設計と運転特性～				

1. 緒言

深刻化する地球温暖化は、化石燃料の大量消費による大気中の温室効果ガス濃度増加が原因とされ、可及的速やかに温室効果ガスの排出を削減する必要がある。そこで、二酸化炭素(CO₂)を放出前に分離・回収する CCS (Carbon dioxide Capture and Storage) 技術が注目されている。CCS は、発電所や製鉄所などから排出されるガス中の CO₂ を大気放散前に回収し、地中に圧入・貯留する技術である。この技術の主要課題として、操業費、設備費および分離素材コストの高止まりが挙げられる。経済産業省主導のグリーンイノベーション基金事業「CO₂の分離回収等技術開発」プロジェクトの一つ「CO₂分離素材の標準評価基盤の確立」は、CO₂分離素材の評価システムを確立し、開発された新たな吸収液の評価を中立公正で迅速に行うことで開発サイクルを加速させ、分離素材コスト低減を図る取り組みである。このうち、液耐久性も重要な評価項目であるが、吸収液の緩慢な劣化進行に起因して評価に長い時間を要することから、加速劣化試験法の確立が重要となる。現状、吸収液の劣化速度に対する主要な影響因子として、酸素濃度、温度(高温滞留時間)および金属イオン濃度の3つが示唆されている^[1]。O₂濃度のみを変化させた100時間の加速劣化試験は過去に行われている^[2]が、O₂濃度50%以上では加速効果が伸びなくなることが分かっている。そのため、残り2つの因子を含めた複合的な検証と、さらなる長時間の劣化試験が必要であると考えられる。よって、本研究では上記の試験が可能で、なおかつ将来的に試作品を含めた幅広いアミン種での試験も可能な加速劣化試験装置の設計・開発、試運転、および加速劣化に必要なデータ取得を行い、本装置での加速劣化試験の方針・試験計画を決定した。

2. 加速劣化試験装置

加速劣化試験装置の概要図を図1に示す。本装置は、化学吸収法の実プロセスと同様に吸収塔と再生塔で構成されている。O₂発生装置からの酸素供給により

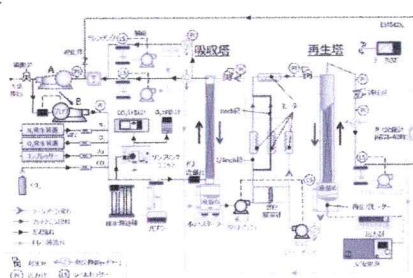


図1 加速劣化試験装置の概要図

度変更が可能で、CO₂リッチアミンの高温部滞留時間の劣化への影響の検証を行うため太さが違う2種類のリッチアミン経路を切り替える機能を持つ。混合ガスは塔内温度に設定されたバブラーで加湿後に供給されるが、水分バランスを保つため、ドレン液の一部を吸収塔液溜めに戻す配管が備わっている。また、昼夜を問わない無人運転で長時間の連続運転を可能にするため、ポンプやブロー、ヒーター等を液面や流量、温度によって自動制御する機能を搭載している。本装置の吸収塔、再生塔の上部から排出されるガスは冷却装置およびドレンタンク、ガス流量計を通った後に循環、再利用されるため、運用コストおよびCO₂排出を抑えることができる。

3. 装置設計・改善点

当初の設計案としては全体の液循環時間60分、十分な液

分析を可能とするため液量10L、液流量0.17L/min、ガス流量170L/minとした。この条件に基づいた設計の下で部品の選定を行い、装置を製作した。しかしながら、当初の装置には3つの問題点があり、これらを改善した。まず、最大出力での熱供給時においても再生塔下部温度が想定120℃に到達しない問題については、再生塔へ流入するリッチアミンのヒーター加熱能力を1200Wから2000Wへ増強し、かつ再生塔液溜めの断熱強化により解決した。次に、ブロー出力最大時にCO₂循環ライン部分が8.65kPa程度の強い負圧になり、機器破損の懸念があったため、吸収塔側ドレンタンクの並列配置、逆止弁の撤去および図1のAからBへブローの位置変更により解決した。最後に、ドレン液用チューブポンプを一定時間運転した場合流量が低下する問題について、ポンプをチューブ式からダイヤフラム式に変更することで解決した。以上により、安定した連続運転試験を可能とした。

4. 装置試運転(連続運転試験)

設計案で想定していたスペックを満足するか検証するため、数時間程度の連続運転試験を行った。まず、O₂濃度50%、再生塔温度150℃での運転を試みた。この条件で3回実施した再生塔温度、下部入熱量の時間変化を図2に示す。いずれも140℃付近での定常安定を達成した。加熱能力は十分であったが冷却能力不足により150℃には到達しなかったため次年度以降にチラーの増設を行う。

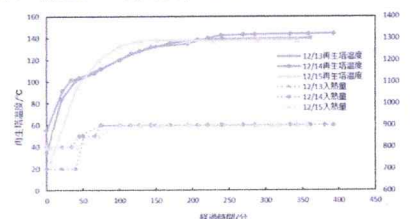


図2 再生塔温度、入熱量の時間変化

う。また、再生塔温度を120℃として液ガス比を変化させ、CO₂回収率90%になる運転条件を探索した。いずれの条件でも安定運転は可能であったが、CO₂回収率が30%程度にとどまった。また、リッチアミンのローディングが低く、十分なCO₂が吸収されていないことが分かった。そのため、供給ガス量を減らしCO₂回収率が向上を試みた。ガスの循環機構を用いず、MFCのみでガスを供給することでガス流量を落とし、ガス流量53L/min、液流量102mL/minで試験を行った。この条件での再生塔温度、入熱量、投入CO₂量、回収CO₂量の時間変化を図3に示す。CO₂回収率は最終的に100%に達し、ガス流量を下げれば回収率は上がることが示された。したがって、数時間の自動化および安定した定常運転、低流量における運転は可能であることが分かった。高流量におけるCO₂回収率が低い原因として、吸収塔の接触面積が不十分であると考えられ、当初の条件で試験を行うためには充填物の変更などによる容積比表面積の増大が必要であることが分かった。

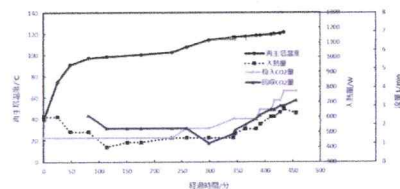


図3 CO₂回収率向上の取り組み

[1] Voice, A. K. (2013). Amine oxidation in carbon dioxide capture by aqueous scrubbing. The University of Texas at Austin.
[2] 2022年度 修士論文 河原塚康太