

# 修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 01/16/2024

専攻名 (専門分野) Department	総合機械工学専攻	氏名 Name	齊藤 拓海	指導 教員 Advisor	中垣 隆雄 印 Seal
研究指導名 Research guidance	エクセルギー工学	学籍番号 Student ID number	5222B056-8 CD		
研究題目 Title	化学吸収法における CO <sub>2</sub> 分離素材の標準評価共通基盤の確立 ～CO <sub>2</sub> 分離回収性能の試験評価法と簡易予測モデルの構築～				

## 1. 緒言

深刻化する地球温暖化問題への対応策として期待されている CCS (Carbon Dioxide Capture and Storage) 技術の内、アミン溶液と CO<sub>2</sub> の化学反応を利用する化学吸収法が注目されている。化学吸収法は多くの利点からすでに実用化されている技術であるが、アミン溶液からの CO<sub>2</sub> 回収時の大きな再生熱量や、長時間の連続運転によるアミン溶液の劣化等の課題が残っている。現在、これらの課題を解決するために様々な研究機関によって新しいアミン溶液の開発が盛んに実施されている。しかしながら、現状ではアミン溶液の性能評価方法が標準化されておらず、中立公平な比較が困難である。そこで、グリーンイノベーション基金事業の一つである「CO<sub>2</sub> 分離素材の標準評価共通基盤の確立」では四つの研究項目を立て、全アミン溶液に共通する性能評価法の確立を目指している。本研究ではその中から、「素材評価に適した分離性能評価法の構築」および「シミュレーション技術の開発」に着目した。分離性能評価法の構築について、当研究室で所有している小スケール CO<sub>2</sub> 分離回収試験装置の妥当性は、試験により取得される再生熱量から算出される CO<sub>2</sub> 解離熱のみにとどまっておらず、十分な検証がなされていない。そこで本研究では、他プラントにおける運転条件を基に取得された運転特性の文献値との比較により、小スケール CO<sub>2</sub> 分離回収試験装置および試験方法の妥当性を詳細に検証する。また、開発したアミン溶液の商用化を見据え、商用スケールにおける性能取得は重要であるが実規模での試験は困難であるため、多くの場合、小スケールでの試験を基にスケールアップしたシミュレーションモデルが活用されている。Aspen Plus<sup>®</sup> に代表される詳細な運転特性が予測可能なモデルでは、溶液の様々な液物性・特性を反映する必要があり、物性データの乏しい新規アミン溶液の性能予測には向かない。そこで、運転条件と限られた液物性・特性から運転特性が予測可能である簡易モデルの構築を目指す。

## 2. 小スケール CO<sub>2</sub> 分離回収試験の妥当性検証

小スケール CO<sub>2</sub> 分離回収試験装置の妥当性検証として、再生塔における熱バランスを検証した。試験結果から再生熱量を算出する方法として、液昇温熱、蒸発潜熱、CO<sub>2</sub> 解離熱の和による積算方式と塔への入熱量、塔からの放熱量の差による差引方式の二つの方法があり、これらの異なる方法の再生熱量は同等の値となるはずである。試験は入熱量の異なる二つの条件で実施した。図1および2に示す通り、CO<sub>2</sub> 分離回収試験のみの結果では、特に入熱量が低い条件において二つの方法による再生熱量は乖離したが、再生塔への流入液の予熱ヒーターにおける CO<sub>2</sub> 解離と水の蒸発を考慮した場合、二つの方法による再生熱量は精度よく一致し、再生塔内における熱バランスが確認された。

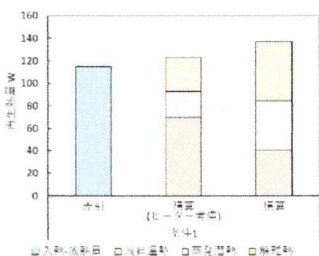


図1 熱バランス検証結果 1

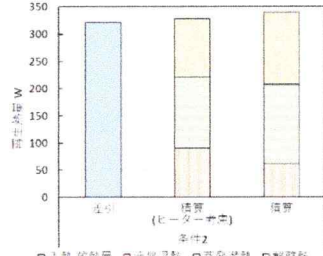


図2 熱バランス検証結果 2

再生塔の熱バランス検証後、文献に記載されている他プラントに

おける運転条件と同様の条件において、CO<sub>2</sub> 分離回収試験を実施し、得られた運転特性の文献値との比較により試験の装置構成と方法の妥当性を検証した。本研究では、試験対象とするアミン溶液を MEA (MonoEthanolAmine) 30 wt% および AMP (2-Amino-2-Methyl-1-Propanol) 27 wt%/PZ (Piperazine) 13 wt% 混合溶液の二種類とし、比較する運転特性をリッチ・リーンローディングおよび再生熱量とした。図3に示す通り、文献値との比較や得られた運転特性の整合性から、小スケール CO<sub>2</sub> 分離回収試験装置で正確な試験結果を得るためには、一定以上の液流量条件が必要であり、それを満たせば試験の装置構成と方法は妥当であると判断できる。

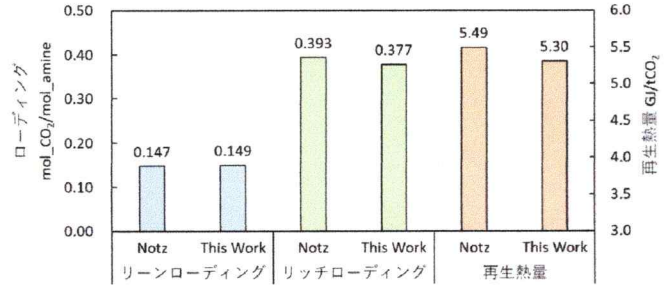


図3 文献値(Notz<sup>[1]</sup>)との比較結果, MEA

## 3. 簡易モデルの構築および妥当性検証

本研究では、表計算ソフトを使用して簡易モデルを構築した。化学吸収プラントを吸収塔、熱交換器、再生塔の三つのブロックに分割し、それぞれの数学モデルにより構築した。簡易モデルに反映する液物性・特性は比熱、気液平衡特性、反応熱、物質移動係数とした。簡易モデルの構築後、モデルの妥当性を検証した。対象アミン溶液は、試験の妥当性検証と同様に MEA30 wt% および AMP27 wt%/PZ13 wt% とした。また、妥当性検証は文献値に加え、当研究室の既往研究で構築された Aspen Plus<sup>®</sup> による予測値とも比較した。開発した簡易モデルは、アミン溶液依存の運転特性や L/G (液ガス比) の変化に対する各運転特性の変化を概ね正確に模擬可能であった。

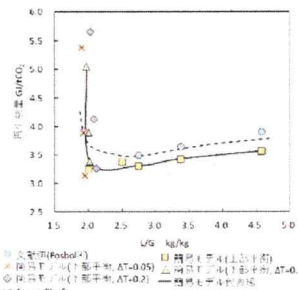


図4 モデル検証  
再生熱量, MEA

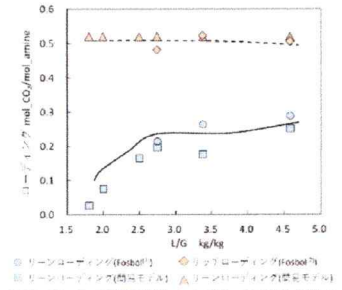


図5 モデル検証  
ローディング, MEA

[1] Ralf Notz et al., Post Combustion CO<sub>2</sub> Capture by Reactive Absorption: Pilot Plant Description and Results of Systematic Studies with MEA, International Journal of Greenhouse Gas Control, 2012

[2] Philip Loldrup Fosbol et al., Results of the fourth Technology Centre Mongstad campaign: LVC testing, 14th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, 2018