

修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 01/20/2017

専攻名（専門分野） Department	総合機械工学専攻	氏 名 Name	中鉢 陽介	指 導 教 員 Advisor	中垣 隆雄 印 Seal
研究指導名 Research guidance	エネルギー工学	学籍番号 Student ID number	CD 5215B048-2		
研究題目 Title	化学吸収液の CO ₂ 分離回収エネルギーに関する研究 ～再生熱量の計測精度向上と温度・濃度の影響のシミュレーション～				

1. 緒言

地球規模で重大な問題となっている温室効果ガス削減技術として CCS(Carbon dioxide Capture and Storage)技術が注目されている。CO₂ 分離回収技術の中でも化学吸収法は実用化段階にあるが、吸収液再生に多量のエネルギーを必要とするため、再生熱量低減のための正確な計測評価技術の確立が重要である。再生熱量は、CO₂ 解離熱、液昇温熱および蒸発潜熱に大別され、昨年度の研究では、10kg-CO₂/day の回収能力がある小規模 CO₂ 回収試験装置を用いて、30wt% の MEA(モノエタノールアミン)を用いて再生塔条件 80~120℃における CO₂ 解離熱の計測方法を確立した。しかし、熱損失量の定量性が CO₂ 解離熱の計測精度に大きな影響を与えるため、全ての条件下で熱損失量定量化の精度向上を目指した。さらに、Aspen Plus[®]上で本試験装置をモデル化して同条件にて算出した結果と試験結果を比較することで、計測方法の妥当性を確認した。本計測法を用いて再生熱量に対する温度・濃度の影響を明らかにすべく、複数の文献で報告されている MEA の CO₂ 吸収熱の温度・濃度依存性について、試験結果を基に Aspen Plus でこれらの影響が十分に考慮されていないパラメータを修正することで吸収液特性の模擬を試みた。

2. 研究方法

2.1 再生塔固有の熱損失量の定量方法

図 1 に示す小規模 CO₂ 回収試験装置に吸収液のみ循環させ、再生塔下部のヒータの入熱量から再生塔の上部・下部の温度差によって求められる液昇温熱、再生塔出口の蒸気回収量から求められる蒸発潜熱を差し引いて求めた熱量を再生塔固有の熱損失量とした(熱損失量計測試験)。昨年度は、熱損失量に影響を与える再生塔上部・下部温度を変数とした回帰式によって定量していたが、入熱量を下げると再生塔内部および表面の温度が変化し、それに伴い熱損失量も変化していた。そこで、CO₂ 回収試験における再生塔表面の温度分布を計測し、同様の温度分布を示す熱損失量計測試験の結果を用いることとした。

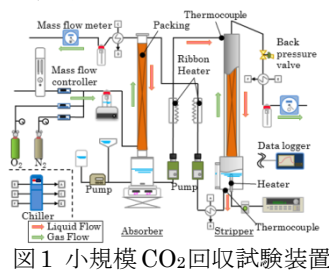


図 1 小規模 CO₂ 回収試験装置

2.2 小規模 CO₂ 回収試験装置のモデル構築

図 2 に小規模 CO₂ 回収試験装置の Aspen Plus 上での PFD を示す。計算モデルは、Absorber に Rate-based モデル、それ以外の Block には平衡反応モデルを適用した。Stripper の熱損失量は、昨年度までの回帰式による算出値を代用し、試験で得られた傾向と同様に、CO₂OUT 温度が参照温度(本実験範囲では再生塔上部温度 -3℃)より低い場合は、CO₂OUT 温度を参照温度に固定し、Aspen Plus 内で熱損失量を算出させた。

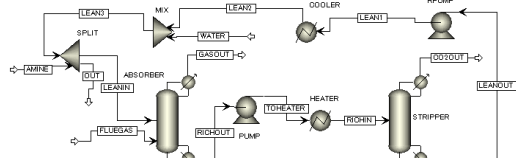


図 2 Aspen Plus 上での PFD

3. 成果

3.1 再生塔固有の熱損失量と CO₂ 解離熱の算出結果

表 1 に昨年度と本年度の定量方法による MEA30wt% の熱損失量と CO₂ 解離熱の算出結果を入熱量ごとに示す。

表 1 再生塔固有の熱損失量と CO₂ 解離熱の算出結果

入熱量 W	熱損失量 W		CO ₂ 解離熱 kJ/mol-CO ₂	
	昨年度	本年度	昨年度	本年度
350	88.2	53.2	72.9	99.0
400	89.5	80.7	89.8	95.2
450	90.0	84.2	92.9	96.4

再生塔の温度分布を考慮した結果、いずれの入熱量においても本年度の熱損失量は低下した。その結果、CO₂ 解離熱は入熱量に依らずほぼ一定値を示し、正確な計測が可能となった。

3.2 CO₂ 解離熱および再生熱量計測の妥当性の検討

図 2 のモデルを用いて液ガス比、再生塔下部温度(再生塔全圧)および入熱量を変更したシミュレーションで MEA30wt% の CO₂ 解離熱を算出した結果を図 3 に示す。計算結果は本年度の定量方法で算出した計測値(a)とほぼ一致しており、文献値の温度感度とも一致した。高 CO₂ ローディングにおける CO₂ 解離熱の低下を考慮すると精度よく算出されており、計測・評価方法として妥当であることを確認した。次に、2.2 の熱損失量算出方法を適用し計算した再生熱量の結果を図 4 に示す。入熱量を下げると、Aspen の熱損失量が実験値に対して少なく計算された。これは、再生塔下部が飽和温度よりも低く計測され、温度分布が拡大したと推測される状態を、0 次元モデルで表現できていないことに起因すると考えられる。

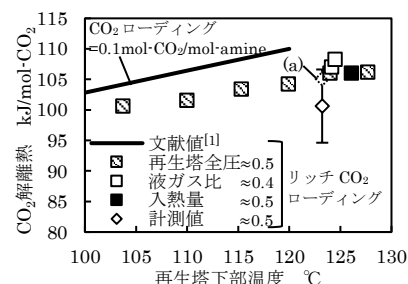


図 3 CO₂ 解離熱の算出結果

[1] Inna Kim, Ind. Eng. Chem. Res. American Chemical Society, 2007, 46, 5803-5809(2007)

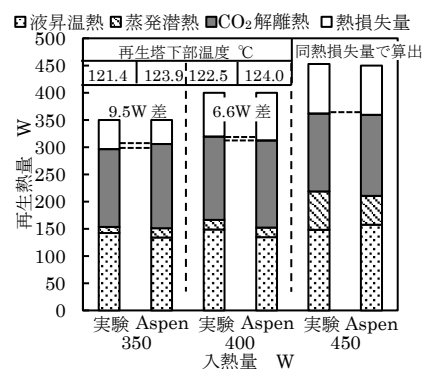


図 4 再生熱量の算出結果

3.3 吸収液特性の濃度依存性の模擬

CO₂ 吸収熱に関わるイオン種の比熱、エンタルピー、ギブスエネルギーおよび活量係数のパラメータを Data Regression 機能を用いて修正した。修正後の MEA-H₂O-CO₂ 系の液比熱算出結果を図 5 に示す。計算値が文献値とほぼ一致しており、液比熱の濃度依存性の模擬を確認した。

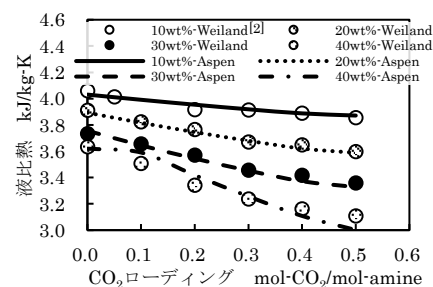


図 5 MEA-H₂O-CO₂ 系の液比熱算出結果
[2] Ralph H. Weiland, Heat Capacity of Aqueous Monoethanolamine, Diethanolamine, N-Methyldiethanolamine, and N-Methyldiethanolamine-Based Blends with Carbon Dioxide, 1997