

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	氏 名 Name	寺西 宏織	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	CD 5215B050-8		
研究題目 Title	化学吸収法への固液分離プロセスの適用に関する研究 ～ PZ/AMP を用いた連続的な析出・分離操作を伴う CO ₂ 回収試験 ～				

1. 緒言

地球温暖化の一因とされる CO₂ の分離回収技術の一つである化学吸収法では、プロセスの改良による CO₂ 分離回収エネルギーの低減が求められている。これまで高濃度の 2-アミノ-2-メチル-1-プロパノール (AMP) 水溶液を用いて CO₂ 吸収反応に伴って析出する CO₂ リッチな炭酸塩のみを再生塔で加熱することで、化学吸収法における液昇温熱の低減を目指したプロセスを研究してきた。プラントにおいて吸収塔内部で炭酸塩が析出することは吸収液の安定な循環を妨げるおそれがあるため、吸収塔内での析出回避条件を実験的に求め、2.82 GJ/ton-CO₂ 程度の CO₂ 分離回収熱を予測してきた。本研究では、遠心分離による固液分離機と析出容器の設計・製作・組み立てまでほぼ全て内製化した。その上で図 1 に示す通り 10kg/day の既存の小規模 CO₂ 回収試験装置にも大幅な改造を加えてこれらを取り付け、吸収・冷却析出・固液分離を経て得られた炭酸塩を再溶解させて再生塔へ送り、再生された CO₂ リーン液を CO₂ セミリーン液と混合して再度吸収に供する長時間の連続的かつ安定的なループ試験に成功した。

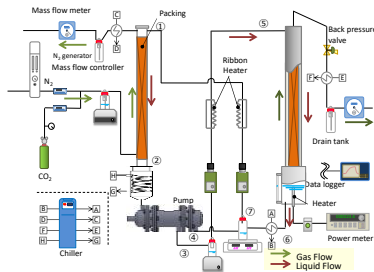


図1 固液分離プロセスを適用した小規模 CO₂ 回収試験装置

2. 炭酸塩の析出条件と遠心分離機

図 2 に、50wt%AMP の温度と CO₂ ローディングの関係において、実測値による炭酸塩の析出境界線と図 1 の①～⑦に対応する操作線を示す。吸収塔内の温度を 60℃以上に保つことで、塔内での析出を回避できる。また、30～40℃では CO₂ ローディングが 0.20～0.22 以上で析出するため、吸収塔下部での冷却を 40℃にとどめて炭酸塩を析出分離させることで熱損失の低減を図った。

固液を分離する場合、重力の代わりに遠心力を利用することで分離装置が小型になるとともに処理時間が短縮される場合が多いことからスクリー型遠心分離機を採用した。実験場に設置可能なサイズとして、高さ 15cm、幅 40cm の大きさに収めた。固液分離機に求められる処理能力の定格値は $5.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ であり、スクリー部の半径を可能な限り大きくすることで処理能力を上げ、スクリー半径 2.5cm の固液分離機を設計した。

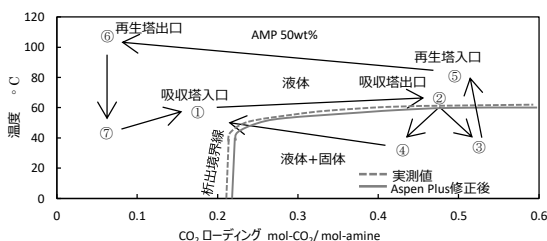


図2 50wt%AMP の析出境界と操作線

3. PZ/AMP を用いた再生熱量の測定結果

本試験装置を用いて得られたデータから図 3 に示す再生熱量を求めた。設定条件は再生塔全圧を 100kPaG、再生塔下部温度を 120℃、再生塔上部温度を 110℃とした。同図には平衡論 [1] に基づいて算出した液相プロセス 30wt%AMP の結果も併せて示す。液昇温熱は 30wt%AMP に対して 15～27%程度減少した。条件 I と II において、入熱量を減少することで排出されるガス温度は低下し、CO₂ 分圧は増加した。蒸気分圧が低下するため蒸発潜熱の低減につながるが、図 4 に示すように実効ローディングは減少するトレードオフの関係にある。また、条件 II と III において、実効ローディングの増大を狙って液ガス比を下げたが、CO₂ ローディングはほぼ一定であった。一方、入熱量は等しいことから余剰熱は蒸発潜熱として消費された。なお、融解熱は 60℃以上の潜熱および未利用排熱との熱交換により全量を補償できると考えられる。

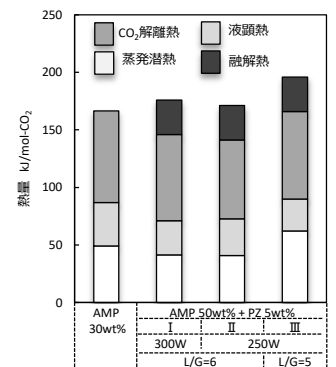


図 3 再生熱量の測定結果

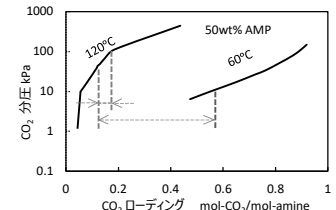
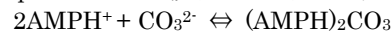


図 4 VLE と実効ローディング

4. Aspen Plus への CO₂ 吸収反応熱の組み込み

高濃度 AMP の炭酸塩の化学式は (AMPH)₂CO₃ であり、Aspen Plus 上で扱うために以下の反応式を入力した。



炭酸塩の析出計算、相平衡計算には分子量、比熱、密度、Gibbs エネルギーの入力が必要である。比熱は非金属固体の比熱、密度と Gibbs エネルギーは NH₄HCO₃ を基に数値をそれぞれ代入した。温度をパラメータとして析出点の平衡定数を算出し、得られた境界線を図 2 に示した。さらに吸収反応の加速助剤として 5wt% の PZ を加えた AMP との 2 成分系モデルも構築した。AMP-H₂O の比熱、エンタルピーを修正後の CO₂ 吸収反応熱および比熱の計算結果を実測値と併せて図 5 に示す。

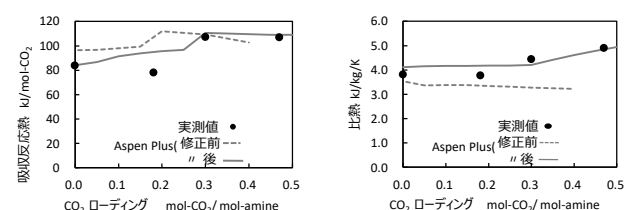


図5 CO₂ 吸収反応熱および比熱の計算結果

参考文献

[1] 地球環境産業技術研究機構(RITE), 低品位廃熱を利用する二酸化炭素分離回収技術開発 成果報告書, 平成 18 年 3 月