修 士 論 文 概 要 書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 01/15/2021

専攻名（専門分野） Department	総合機械工学専攻	氏 名 Name	松井　瑛尚	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	5219B090-5 CD		
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 ～実験による準安定領域に基づく固体析出プロセスの最適化～				

1. 緒言

アミン吸収液を用いた化学吸収法による CO_2 分離回収技術における熱エネルギー低減策として，固液分離プロセスについて研究している．高濃度の 2-Amino-2-methyl-1-propanol(AMP)は CO_2 吸収に伴って炭酸塩を固体として析出するため，CO_2 リッチの固相のみを分離して再生塔へ送ることで吸収液の顕熱の削減が見込める．これまでの研究で，図 1 に示す 10kg-CO_2/day のベンチスケール試験装置での AMP+N-Methyl-1,3-diamino-propane (MAPA)吸収液を用いた固液分離プロセスによる CO_2 分離回収試験にて，従来の液相プロセスと比較して 47.9%の顕熱削減を確認した．固相の分離割合の増加によって更なる熱量の低減が見込めるが，試験装置における吸収液の冷却および保温精度が不十分なことから固体の析出量を制御できず，多量の析出を伴う試験の実施が困難である．

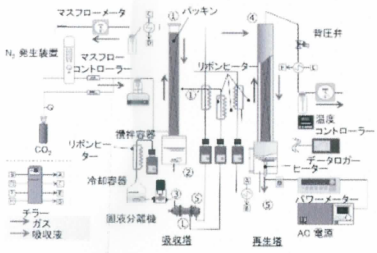

図 1　ベンチスケール CO_2 分離回収試験装置

本研究では，多量の析出を伴う CO_2 分離回収試験による再生熱量の測定を可能とするために，固体の析出方法を種晶による二次核形成に変更し，実験的に取得した析出条件を運転条件に反映させる方針で，CO_2 分離回収試験における析出プロセスの改善を目指した．過溶解度および溶解度の測定より高濃度 AMP 吸収液の準安定領域を取得し，実験結果を基に製作した吸収液の冷却機構と固体の析出容器を組み込んで CO_2 分離回収試験を実施した．また，固液の分離割合が再生熱量に与える影響を検討するために，Aspen plus で固液分離プロセスの簡易模擬モデルを作成し，予測計算を実施した．

2. 準安定領域の探索

二次核形成が発生する準安定領域は，過溶解度および溶解度の測定によってのみ得られる．そこで，40wt%の高濃度 AMP 吸収液について過溶解度・溶解度測定試験を実施し，準安定領域を探索したところ，図 2 に示すように過溶解度は 20～33℃，溶解度は 44～52℃の間でそれぞれプロットされた．一次核形成のリスクを低減し，二次核形成の成功率を高めるために，過溶解度の最高温度と溶解度の最低温度との領域である 33～44℃を準安定領域と定めた．また，種晶添加による析出確認試験を実施した結果，40℃付近まで冷却した溶液にて二次核形成による析出に成功したため，析出容器内の温度を 40℃に決定した．

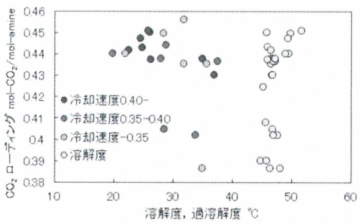

図 2　過溶解度・溶解度

3. 冷却機構および析出容器の設計

実験結果から決定した析出条件を達成するように冷却機構および析出容器を設計した．60℃の吸収液は二重管による熱交換で 40℃まで冷却する．試験装置のスペース制約から熱交換器をコンパクトにすべく，図 3 に示すように流路を 2 つに分岐させる構造とした．析出容器は図 4 に示すようにガラス製のジャケット構造を採用した．冷媒には 20℃恒温槽の水を循環させ，熱交換器の下流に析出容器を設置することで 40℃の保温温度までの昇温顕熱を削減した．

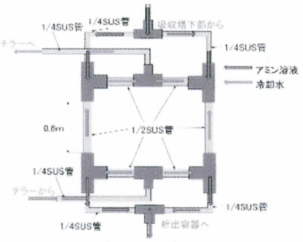

図 3　熱交換器

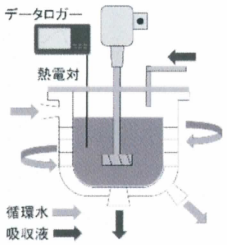

図 4　析出容器

4. CO_2 分離回収試験

製作した熱交換器および析出容器をベンチスケール試験装置に組み込み，CO_2 分離回収試験を実施して改良した析出プロセスおよび再生熱量を実験的に評価した．図 5 に試験結果より作成したプロセス操作線を示す．吸収塔内は析出回避のために 60℃以上に設定しており，熱交換器によって 40℃まで冷却する．40℃の吸収液に種晶を添加して固体を析出させ，遠心分離器によって CO_2 リッチ液と CO_2 セミリーン液に分離し，セミリーン液は吸収塔中間部に送液する．リッチ液は固体を融解してから 110℃まで加熱して再生塔へ送液し，120℃で加熱再生する．冷却後の吸収液の温度測定と種晶添加後の吸収液観察で，熱交換器の冷却機能および固体の析出挙動を確認した．また，再生熱量および CO_2 回収率を算出し，従来の液相プロセスおよびこれまでの固液分離プロセスの結果と比較検討した．

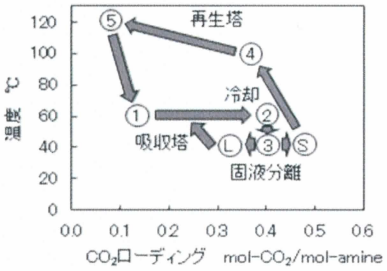

図 5　CO_2 分離回収試験プロセス操作線

5. 固液分離プロセス簡易模擬モデルによる予測計算

再生塔へ送られる固体の量の増減が再生熱量へ与える影響を予測するために，Aspen plus 上で図 6 に示す固液分離プロセスの簡易模擬モデルを構築した．モデルは吸収塔，再生塔，ヒーター，スプリッターで構成されている．設計条件はベンチスケール試験装置を模擬しており，吸収液および供給ガス組成もそれぞれ 40wt%，15vol%としている．スプリッターで再生塔への送液量を調整することで遠心分離機を疑似的に再現した．種晶の添加による二次核形成試験での固相と液相の分離割合を基に，固液の分離割合が再生熱量へ与える影響を予測した．

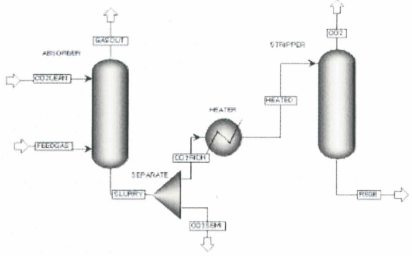

図 6　固液分離プロセス簡易モデル PFD