


修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 01/ 15 /2026

専攻名 (専門分野) Department	総合機械工学専攻	氏名 Name	松澤 孝一	指導 教員 Advisor	中垣 隆雄 
研究指導名 Research guidance	エクセルギー工学	学籍番号 Student ID number	5224B077-5		
研究題目 Title	化学吸収法における CO ₂ 分離素材の標準評価共通基盤の確立 ～ 酸素濃度と高温滞留時間に着目した加速劣化法の開発 ～				

1. 緒言

2050 年カーボンニュートラル達成のために必要不可欠な CO₂ 分離回収技術のうち、本研究では、大規模排出源に適用可能であり、実用化が進んでいる化学吸収法について扱う。化学吸収法では、数千時間程度の運転時間でアミン溶液が少なからず劣化する。新規アミン開発において、劣化耐性を評価するには同程度以上の時間がかかるため、短い時間で同じ劣化モードを再現させる加速試験法の開発が望まれている。本研究では、加速劣化試験法の確立を目的に、次世代標準液である AMP(2-amino-2-methyl-1-propanol) と PZ(piperazine) の混合アミン溶液を対象に、劣化の要因となる運転条件を体系的に整理した上で、その強度を高めた加速劣化と通常非加速の両試験を実施し、液組成・液特性・分離回収性能の変化を評価した。

2. 試験条件

図 1 に示す小規模加速劣化試験装置を用い、非加速および 2 回の加速劣化の運転 (それぞれ加速 1, 加速 2) をそれぞれ 811 時間ずつ実施した。吸収液へのストレスとして酸素に起因した酸化劣化と高温暴露に起因した熱劣化があるが、概して酸化劣化の方が熱劣化よりも進行が顕著である。上記の加速因子のうち、比較的進行の速い酸化劣化の強度を上げるには、試験条件として酸素濃度を上げることで容易に操作できる。熱劣化の強度を上げるためには、同様に再生温度の高温化が操作可能ではあるが、同種同量の劣化化合物が生成するとは限らない。文献 [1] を整理したところ、酸化劣化と熱劣化は複合的な因子であり、Henry 則支配で溶存した酸素濃度が高く残存し、液温度も上昇する吸収塔から再生塔への予熱部における滞留時間延長や通過頻度の増大が、劣化を促進すると考えられる。これらの理由に基づき、加速 1 運転では、非加速運転よりも供給ガスの酸素濃度を高めるとともに、管径の太い流路に切り替えることで予熱部滞留時間を 2.4 倍程度長くした (ただし、400 時間以降)。加速 2 運転では加速 1 の条件に、液流量の増大による吸収液の酸素暴露頻度の増加も併せて、劣化の促進を図った。

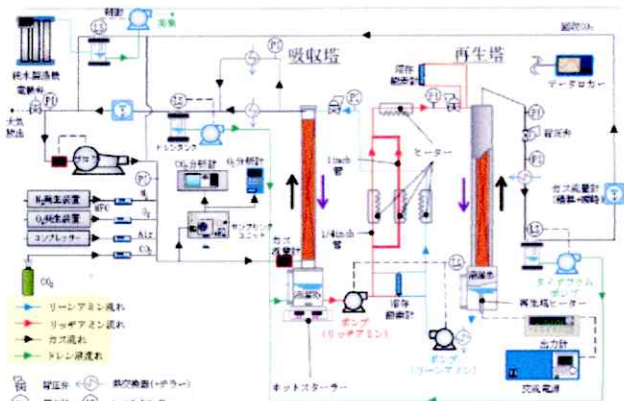


図 1. 試験装置構成図

3. 各測定項目における劣化の模倣および加速

加速劣化による基礎特性への影響を評価するため、気液平衡特性および分離回収性能の計測を実施した。図 2 に気液平衡特性の変化を示す。ただし、劣化以外にアミンの揮発によっても液特性が変化していることから、811 時間のデータはアミン消費分を Fresh アミンで補填して測定した結果として示す。気液平衡特性では劣化進行とともに、

40℃ と 120℃ の吸収・再生条件でのローディング差、すなわち実効ローディングに変化が生じる。図 2 より、Fresh 液に対して非加速試験ではいずれの条件でも実効ローディングを狭める方向に変化しており、加速 1 試験ではその傾向をさらに進めている。一方、加速 2 試験の 40℃ のローディングは Fresh 液よりも大きくなり、気液平衡特性では劣化の減速が確認された。

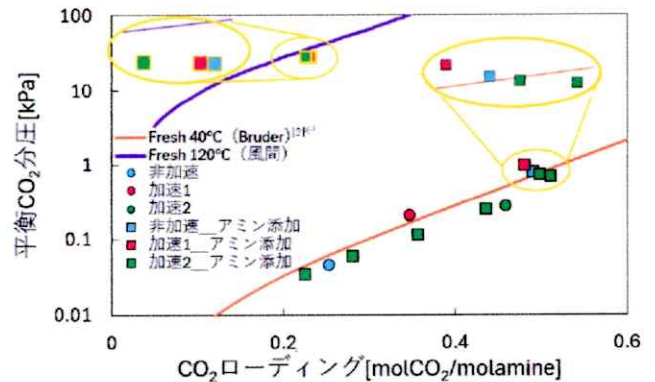


図 2. 気液平衡特性の測定結果

図 3 に分離回収性能の測定結果を液ガス比 (L/G) に対する再生熱量の関係で示す。一般に、再生熱量は L/G に対して下に凸の関係を示し、その極小値を与える最適 L/G は劣化進行とともに増大傾向にある。図 3 より、最適 L/G は、Fresh に対して加速 2, 非加速, 加速 1 の順で増大したことから、気液特性の変化と分離回収性能の変化傾向が一致した。

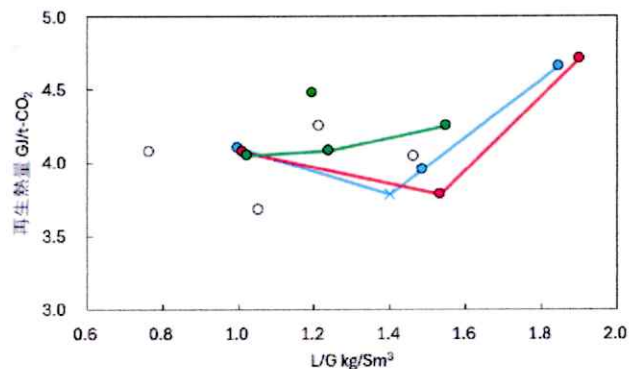


図 3. 分離回収性能の測定結果

これらの結果から、高酸素濃度と予熱部滞留時間の延長が加速試験条件として妥当であると判断され、加速試験法の確立に目途が立った。なお、本研究の範囲では、酸素暴露頻度の増大は必ずしも同じ劣化モードを再現するとは限らず、加速試験法としては加速 1 の条件の方が優れていると判断される。

[1] Nielsen (2018), Oxidation of Piperazine in Post-Combustion Carbon Capture, Doctoral thesis of The University of Texas at Austin, p. 22

[2] Bruder, 2011, CO₂ capture into aqueous solutions of piperazine activated 2-amino-2-methyl-1-propanol, p.6196