

CO₂ 化学吸収液の直接水熱処理による有機物合成

概要

CO₂ 排出削減のための省エネルギーかつ低コストな二酸化炭素回収利用技術 (CCU) の確立を目指し、直接水熱処理による有機物合成を提案し、実験により効果を検証した。このプロセスでは、炭酸アルカリ吸収液を用いたCO₂ 吸収と、高温高压条件下でCO₂ と水を還元剤と触媒存在下で反応させる直接水熱処理を組み合わせ、ギ酸などの有機化合物の合成と、吸収液の再生を同時に行う。予備的な実験として、重炭酸カリウム水溶液を用い、それを触媒と還元剤とともに水熱処理したところ、炭酸アルカリ吸収液を100%循環利用することは困難であったが、ギ酸収率32.7%、再生率77.8%を得ることができた。

政策立案のための提案

今後の検討として、以下の研究を進める必要がある。

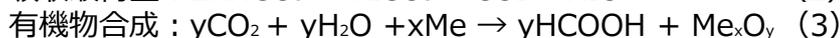
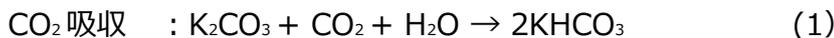
- 吸収液が100%循環利用できないことを考慮し、CO₂ 吸収と組合せた合成プロセスを設計する。
- 生成したギ酸の回収、酸化された還元剤の再生についても検討する。その上で、投入エネルギー、CO₂ 排出量の評価を行い、CCU プロセスとしての実現可能性を評価する。
- 本プロセスでは還元剤としてFe 粉末を使用した。再エネ由来H₂を還元剤として用いた場合とのコスト比較を行う必要がある。また、Fe を消費する代わりにギ酸と水素を生成することによる付加価値の向上も加味し、経済的観点からも本提案プロセスの他のCCU プロセスに対する優位性を検討・提案していく。

1. 提案プロセスの内容

一般的なCCU プロセスを図1に示す。課題としては、吸収液を再生する際のエネルギー消費や、CO₂ の分離回収場所とCO₂ から有機物に変換する場所への輸送エネルギー・コストが大きいことがあげられる。水熱処理による有機物合成技術のプロセス(図2)では吸収液再生と有機物合成を同時に行うため、プロセスとCO₂ 輸送に必要なエネルギー・コストの面で有利であると考えられる。

2. CO₂ 化学吸収液の水熱処理に関する検討

化学吸収液としてK₂CO₃ 水溶液を用いた場合のCO₂ との反応は式 (1) で表される。これを高温に加熱、あるいは減圧し、CO₂ を放散させ、純度の高いCO₂ を回収して吸収液を再生する (式 (2))。さらにCO₂ を金属により還元すれば、ギ酸などの有機物を生成できる (式 (3))。本研究では、式(1)で生成されたKHCO₃ 水溶液を250℃ 以上の高温高压下で水熱処理し、吸収液をK₂CO₃ に再生し、有機物を合成する、すなわち(2)と(3)の反応を一段のプロセスとして行うことを提案した (式 (4))。



2. 実験内容および結果と考察

実験ではCO₂ 源としてKHCO₃、還元剤としてFe、触媒としてNiを用いた。CO₂ 源濃度は化学吸収法に使用されている範囲の0.5~2.0 Mに変化させ、反応管を電気管状炉内に挿入し、300℃で120分間反応させた。各条件で2回ずつ行い、各濃度におけるギ酸収率、吸収液再生率の平均値を求めた (図3,4)。

図3より、KHCO₃ 濃度の上昇に伴いギ酸の収率も上昇する傾向となり、1.0M で収率32.7%であった。また図4より、KHCO₃ 濃度が0.5 ~ 1.0 Mにおいて再生率は上昇し、1.0 M で極大値 (78%) を取り、1.0 ~ 2.0 M では低下した。1.0Mまでの領域では、原料の重炭酸イオンの消費に対してCO₂ の消費が速く、式(2)の反応が進行して再生率が上がり、一方1.0 Mより大きい領域では、CO₂ の消費に比べHCO₃⁻ の消費が速くなり、式(2)の平衡において炭酸イオンの量が減ることで、再生率が低下したと推測される。

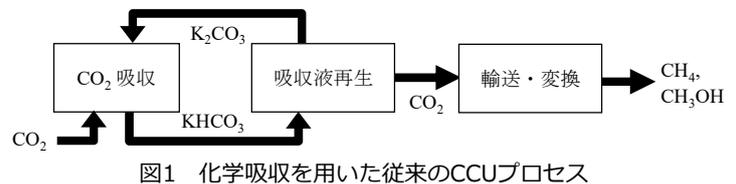


図1 化学吸収を用いた従来のCCUプロセス

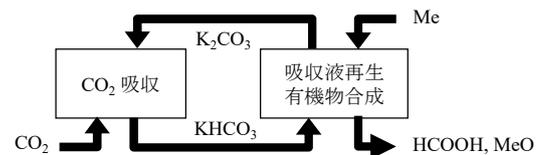


図2 化学吸収を用いた本研究の提案CCUプロセス (Me:金属)

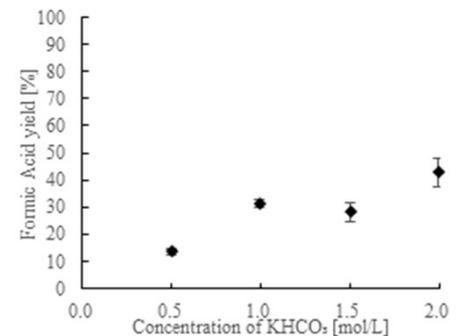


図3 KHCO₃ 濃度とギ酸収率の関係 (エラーバーは標準偏差を表す)

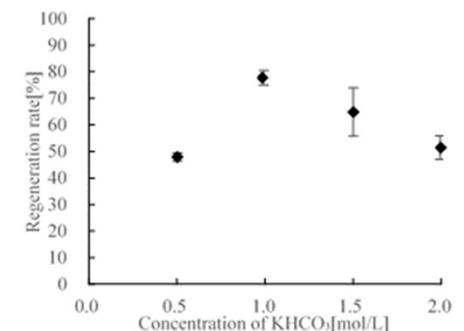


図4 KHCO₃ 濃度と吸収液再生率の関係 (エラーバーは標準偏差を表す)

*) 本提案書は著者らの学会発表[1]のデータを元に、政策立案に向けてまとめたものである。

[1] 坂, 嶋田, 長田, 福長, 高橋, CO₂からのギ酸水熱合成における炭酸アルカリ吸収液の濃度の影響, 化学工学会 第52回秋季大会 (岡山), 2021.