

カーボンリサイクル・二酸化炭素分離回収に関する包括的研究	
題目	廃かん水を用いたカーボンリサイクルの研究
著者	早稲田大学 中垣隆雄

1. 研究概要

地球温暖化の主要因である CO₂ を資源として再利用するカーボンリサイクルが注目されている。2021 年に経済産業省によって改定されたロードマップでは、2030 年頃の早期普及を目標に淡水製造時に廃棄される濃縮海水（廃かん水）を用いたカーボンリサイクルの実現が掲げられた。廃かん水に豊富に含まれる Mg を用いて CO₂ を鉱物化し、最終的に炭酸マグネシウムとして取り出し骨材等で利用する本技術は、発電所由来等の大規模かつ高濃度な CO₂ 排出の削減に加えて利益創出も可能である。本プロセスは廃かん水を起点として①蒸発濃縮、②Na・K 分離、③乾燥・脱水・熱分解、④CO₂ 鉱物化の 4 つの単位操作に大別され（図 1）、各単位操作の確立を目指して 2020 年度より NEDO の委託事業を開始した。

本研究では、各単位操作の成立性を確認し、2021 年度までに実際の海水を用いた炭酸塩生成を実証した。

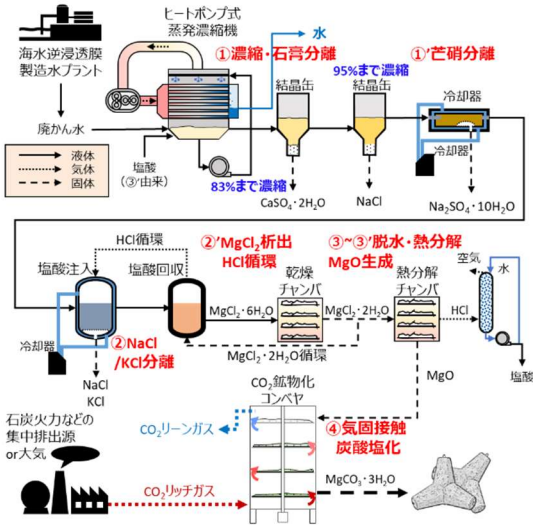


図 1 廃かん水を用いた CO₂ 固定化プロセス例

2. 研究成果

(1) 廃かん水からの高純度 MgCl₂ スラリーの取得

操作①～②では、廃かん水に含まれる有価物 (CaSO₄・10H₂O, NaCl 等) および不純物 (カリウム塩, 硫酸塩等) を分離回収し、高純度 MgCl₂ スラリー溶液を取得した。

まず①における 2 段階濃縮の手法は石膏および NaCl を高純度で別々に回収するための最適な濃縮倍率を PHREEQC によって導出した。この結果に基づき共同研究先のサクラ社がパイロットテストを実施し、98.8% 純度の石膏および 98.6% 純度の NaCl を分離回収しつつ、濃縮液の Mg 純度は 76.1% となった。

次に、操作①の濃縮かん水を元に(i)塩酸法（：HCl ガスの添加）、(ii)共飽和法（：MgCl₂・xH₂O の添加）、(iii)溶融塩法（：開放・密閉加熱操作）の 3 種の分離法によって残留した Na および K を分離した。塩酸法においては共通イオン効果を利用する。共飽和法および溶融塩法においては Na⁺（ΔG=-365 kJ/mol）および K⁺（ΔG=-295 kJ/mol）に対して、Mg²⁺（ΔG=-1830 kJ/mol）が安定なギブスエネルギーを持つことを利用する。後者は装置の複雑化につながる HCl の循環が不要であり、熱エネルギー量低減が期待できる。操作①を経た 76.1 mol% 純度の濃縮液から高純度 MgCl₂・6H₂O 回収までの試験結果と要する熱エネルギー量を表 1 に示す。

表 1 廃かん水の連続 Na, K 分離試験結果

分離法名	Mg 純度 mol%	Mg 回収率 mol%	熱エネルギー量 kJ/mol-Mg
塩酸法	99.6	89.0	3307(基準値)
共飽和法	98.5	91.5	853
溶融塩法	97.1	88.6	838

(2) MgCl₂ スラリーからの酸化マグネシウムの生成

操作③では、操作②で得られた高純度 MgCl₂ スラリーを送風乾燥機およびスプレードライヤーを用いて粉体 MgCl₂・2H₂O にした後、円柱型スクリー炉を通して外部加熱することで MgO まで脱水・熱分解した。実証に際して粉体が炉内を通過するまでの加熱時間はスクリーローの回転数で制御し、発生する HCl ガスの濃度低下のためのパージガス流量、ヒーター設定温度をパラメータとして入口から出口の炉内温度を模擬した（図 2）。本操作で熱分解率が 97±1% の MgO を得ることができた。

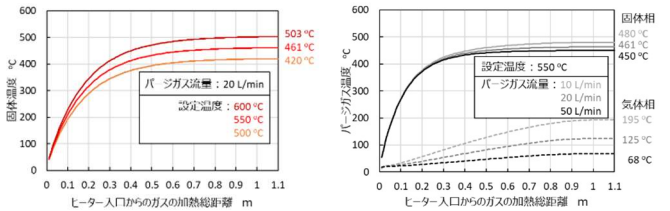


図 2 炉内温度に影響する温度およびガス流量

(3) 酸化マグネシウムによる CO₂ 鉱物化

操作④では、連続的な CO₂ 流入と粉体の粉碎が可能なビーズミルを用いて、操作③で得られた MgO と CO₂ の気固接触反応によって炭酸マグネシウムの生成を実証した。今後粉碎による粒径縮小以外の最適条件を確立する。