

2024 年度カーボンニュートラル研究助成制度実施報告書

カーボンニュートラル推進特設部会 御中

以下のとおり研究実施報告書を提出します。

基 本 情 報	研究課題名： 鉱物を用いた二酸化炭素削減技術の基盤構築
	研究代表者 氏名： 渡邊 雄二郎
	【在籍者】 研究科・専攻・学年（学生証番号）： 【修了者等】 所属・職種：
	指導教員（所属・職・氏名）： （※在籍者のみ記入）
	共同研究者（所属・職・氏名）： 生命科学部・教務助手・駒澤光祐 （※指導教員と同人の場合は記入不要）
	その他 研究分担者：
	研究期間： 2024 年度
年 間 の 研 究 実 施 概 要	研究目的 地球温暖化の主因である二酸化炭素の削減技術の開発は急務である。本研究では、カルシウムを含むケイ酸塩鉱物に富む高温岩体（玄武岩、斑レイ岩）と、炭酸イオン吸着性能の高い鉱物である層状複水酸化物に着目し、これらの鉱物と二酸化炭素の最適反応条件を明らかにすると共に、層状複水酸化物に関しては、炭酸イオンの脱離による再生利用と、脱離した炭酸イオンの炭酸カルシウムとしての固定化に関する検討を行う。これらの技術は、二酸化炭素回収・貯留（CCS）技術と、大気中の二酸化炭素を直接回収する DAC 技術の基盤技術として利用でき、二酸化炭素削減技術の開発に貢献する。 高温高圧下における各種ケイ酸塩鉱物と二酸化炭素の反応とその生成物の評価 本研究では、Ca を含む岩石として斑レイ岩を用いた高温高圧下の各種条件での CO₂ 反応試験を実施し、得られた生成物を玄武岩における反応生成物と比較検討した。また、玄武岩については、CO₂ を圧入した純水との反応も検討した。 斑レイ岩と玄武岩を 300℃で反応させた後の生成物の SEM 像から、いずれの岩石においても炭酸カルシウム（カルサイト）菱面体結晶が観察され、斑レイ岩ではゼオライト種である

ゼオライト種であるカンクリナイト針状結晶が観察された。また、EDX 分析結果から菱面体結晶では主に Ca が、針状、柱状結晶では Si/Al モル比が約 1.5 で主に Na が検出されたことから、それぞれの結晶がカルサイトとカンクリナイトであることが示唆された。反応前（斑レイ岩、玄武岩）および 300℃で反応後(pH10)の生成物の XRD パターンから、300℃で反応後の斑レイ岩では、炭酸カルシウムとカンクリナイトの回折線以外に、斑レイ岩中の曹長石の回折線が見られた。一方、玄武岩では、主に炭酸カルシウム（カルサイト）とカンクリナイトの回折線を示し、玄武岩中の斜長石や単斜輝石の回折線は見られず、これらの鉱物の反応性が高いことが明らかになった。

CO₂ 圧入した純水と玄武岩を 300℃と 400℃で反応させた後の生成物の SEM 像からは、いずれの温度においても、炭酸カルシウム（カルサイト）菱面体結晶とゼオライト種であるアナルサイム多面体結晶が原料由来の結晶の表面に観察された。玄武岩および 300℃と 400℃で反応後(CO₂ 圧入)の生成物の XRD パターンからは、300℃、400℃共に原料由来の回折線は残っていたが、新たにカルサイトとアナルサイムの回折線が見られた。カルサイトの回折線は 300℃の方が強かった。300℃と 400℃処理の TG-DTA の結果は、炭酸カルシウムの熱分解による 670℃付近からの吸熱減量を示し、炭酸カルシウムを多く含有する 300℃処理で高い結果となった。以上のことから、玄武岩と CO₂ を圧入した純水との反応においてもカルサイトとして CO₂ を固定できることが明らかになった。

Zr 含有 Mg-Al 系層状複水酸化物粒子を用いた炭酸ガスの回収

本研究では、固液分離性の高い Zr 含有 Mg-Al 系層状複水酸化物造粒粒子を用いた液相中における CO₃²⁻の吸脱着性能と脱着後の炭酸カルシウムとしての回収性能を評価した。

CO₂ 吸脱着前後の Zr_{0.1} 層状複水酸化物粒子の XRD パターンは、CO₂ 吸着後は低角度側にシフトし、脱着後は Cl 型となり、高角度側にシフトした。また、ν₃-CO₃ の吸収を示す 1350 cm⁻¹ 付近の FT-IR スペクトルが CO₂ 吸着後に見られ、脱着後は減少していることから、CO₃²⁻の吸脱着が行われていることが分かる。また、脱着実験で分離した CO₂ は Ca(OH)₂ 溶液と反応し炭酸カルシウム（カルサイト）が生成し、1 回目脱着後の生成量から算出した CO₂ 固定量は 4.5 mass%であった。この CO₂ 固定量は尿素法で合成した高結晶 Mg-Al 系 LDH 粉末と比較して 33%減少した。この減少は、Zr の導入と造粒体の影響と考えられる。しかし、固液分離速度は高結晶性 Mg-Al 系層状複水酸化物粉末と比較して速かった。

本研究により利便性の高い Zr 含有 Mg-Al 系層状複水酸化物造粒粒子の液相中における高い CO₃²⁻吸脱着性能と炭酸カルシウムとしての回収が可能なことが明らかになった。DAC 技術への利用が期待できる。

研 究 業 績	成果発表（学会・論文・研究会等）			
	学会・論文・研究会等の別		タイトル	発行または発表年月
	（学会）日本セラミックス協会 2025 年年会		水熱処理を用いたカルシウム含有ケイ酸塩鉱物による二酸化炭素の固定	2025 年 3 月 5 日
	（学会）日本セラミックス協会 2025 年年会		Zr 含有 Mg-Al 系層状複水酸化物粒子を用いた二酸化炭素の回収	2025 年 3 月 5 日
	（学会）日本地熱学会 令和 6 年学術講演会		二酸化炭素雰囲気下における高温高圧下でのケイ酸塩鉱物の水熱反応	2024 年 11 月 26 日
	（学会）第 149 回無機マテリアル学会学術講演会		塩基性炭酸カルシウム板状結晶の合成と樹脂強化フィラーへの応用	2024 年 11 月 7 日
	（学会）第 14 回 CSJ 化学フェスタ 2024		ケイ酸カルシウムを用いた大気中の二酸化炭素の固定化と炭酸カルシウムの形態制御	2024 年 10 月 23 日 (ポスター賞受賞)
	（学会）第 67 回粘土科学討論会		高温高圧下における各種ケイ酸塩鉱物と二酸化炭素の反応とその生成物の評価	2024 年 9 月 4 日 (ポスター賞受賞)
	（学会）第 148 回無機マテリアル学会学術講演会		高温高圧下におけるケイ酸塩鉱物と二酸化炭素の反応	2024 年 6 月 6 日
その他（アピールすることがあればご記入ください。）				
支 出 報 告	費目	計画時金額	実績額	備考
	設備備品費	0	0	
	消耗品費	350,000	354,800	
	旅費	50,000	0	
	謝金等	0	0	
	その他	100,000	145,200	
	合計	500,000	500,000	