

研究成果報告書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文)	再生可能キレート剤を用いた岩石からの Ca/Mg 抽出-CO ₂ 鉱物化プロセスの創成		
研究テーマ (英文)	Recyclable chelating agent enhances Ca/Mg extraction from rocks for a new CO ₂ mineralization process development		
研究期間	2020 年 ~ 2021 年	研究機関名 東北大学	
研究代表者	氏名	(漢字)	王 佳婕
		(カタカナ)	オウ カシヨウ
		(英文)	Wang Jiajie
	所属機関・職名	東北大学 環境科学研究科 ・ 助教	
共同研究者 (1名をこえる場合は、別紙追加用紙へ)	氏名	(漢字)	土屋 範芳
		(カタカナ)	ツチヤ ノリヨシ
		(英文)	Tsuchiya Noriyoshi
	所属機関・職名	東北大学 環境科学研究科 ・ 教授	

概要 (600字~800字程度にまとめてください。)

岩石や産業廃棄物から抽出した金属カチオン (Ca²⁺、Mg²⁺) と CO₂ を反応させ、CO₂ を水に溶けない炭酸塩鉱物として固定化 (鉱物化) することは、CO₂ 削減において最も重要な方法と考えられる。しかし、現在の CO₂ 鉱物化を促進する方法 (例えば「pH スイング」) として、pH 調整のための薬品のコストが高く採算性が悪いことや、廃液を産生するなどの欠点があり、大規模適用は困難である。本プロジェクトでは、日常又は工業的に広く使用されているキレート剤が、100°C 未満かつ CO₂ 鉱物化に適したアルカリ性条件下でも化学結合により効率的に金属を抽出できることを見出し、キレート剤の革新的利用による CO₂ 鉱物化プロセスを提案し、ラボ実証実験を行った。

本プロセスは以下のステップを含む: 1) プロトン (H⁺) とキレート剤の共同作用によりケイ酸塩からの Ca/Mg 抽出を促進、2) 比較的高い pH と温度での Ca/Mg の炭酸化促進、3) CO₂ ガス溶解によるキレート剤を含む抽出液の再生 (pH 低下など)。実験の結果によると、ミディアム濃度 (例えば、 $\leq 0.1M$) のキレート剤 (GLDA) の存在下、 $<100^{\circ}C$ において Ca ケイ酸塩の CO₂ 無機化を著しく促進できることがわかり、促進係数は最大で 15.5 であった。さらにキレート剤も Ca 炭酸塩の沈殿を制御する優れた効果を示した。例えば、GLDA は粒子形状を制御しながらアラゴナイトの沈殿を誘導した。また、廃セメントや製鋼スラグ等の産業廃棄物は、新規プロセスでは CO₂ の鉱物化の良い原料にもなります。これらの特徴を持つ新規 CO₂ の鉱物化プロセスは大規模適用の実現および様々な産業の持続的発展に貢献できると考えられる。

以上の研究結果は、3つの学会で発表され、2つのジャーナル論文にまとめられ、掲載されています。また、産業廃棄物を利用して CO₂ 鉱物化の際に、農・工業的に有用な微量元素や希土類元素 (REEs) を回収できる可能性が発見され、その部分に関する研究も進められている。

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）						
雑誌	論文課題	Enhancement of aragonite mineralization with a chelating agent for CO ₂ storage and utilization at low to moderate temperatures				
	著者名	J. Wang, N. Watanabe, K. Inomoto, M. Kamitakahara, K. Nakamura, T. Komai, N. Tsuchiya	雑誌名	Scientific reports		
	ページ	13956:1~14	発行年	2021	巻号	11
雑誌	論文課題	Sustainable process for enhanced CO ₂ mineralization of calcium silicates using a recyclable chelating agent under alkaline conditions				
	著者名	J. Wang, N. Watanabe, K. Inomoto, M. Kamitakahara, K. Nakamura, T. Komai, N. Tsuchiya	雑誌名	Journal of Environmental Chemical Engineering		
	ページ	107055: 1~8	発行年	2022	巻号	10
雑誌	論文課題					
	著者名		雑誌名			
	ページ	~	発行年		巻号	
図書	書名					
	著者名					
	出版社		発行年		総ページ	
図書	書名					
	著者名					
	出版社		発行年		総ページ	

英文抄録（100語～200語程度にまとめてください。）

Carbon dioxide mineralization to water-insoluble carbonates via reactions with Ca and Mg silicates is one of the most promising means for CO₂ storage. However, current CO₂ mineralization processes usually consume huge chemicals for pH swing and produce waste fluid. This project proposed an enhanced CO₂ mineralization process using a recyclable alkaline chelating agent solution at near-room temperatures, which includes: 1) enhanced Ca/Mg extraction from silicates via the combined actions of proton and chelating agent attacks; 2) Ca/Mg carbonation at relatively high pHs and temperatures; and 3) regeneration of the extraction solution (e.g., pH decrease) via CO₂ gas dissolution. Experimental results showed that CO₂ mineralization of Ca silicates can be significantly promoted in the presence of chelating agents (e.g., GLDA) with a moderate concentration (e.g., ≤0.1 M) at ≤100 °C, the enhancement factor was up to 15.5. Chelating agents at the same time showed excellent effects on controlling the precipitation of Ca carbonates. For instance, GLDA induced aragonite precipitation with controlling its particle morphologies. Finally, solid industrial wastes, e.g., waste cement and steeling slag, are also good raw materials for CO₂ mineralization in the new process. All of these characteristics promote the industrial development of this CO₂ mineralization process.

共同研究者	氏名	(漢字)	駒井 武	
		(カタカナ)	コマイ タケシ	
		(英文)	Komai Takeshi	
	所属機関・職名		東北大学 環境科学研究科 ・ 教授	
	氏名	(漢字)	上高原 理暢	
		(カタカナ)	カミタカハラ マサノブ	
		(英文)	Kamitakahara Masanobu	
	所属機関・職名		東北大学 環境科学研究科 ・ 教授	
	氏名	(漢字)	渡邊 則昭	
		(カタカナ)	ワタナベ ノリアキ	
		(英文)	Watanabe Noriaki	
	所属機関・職名		東北大学 環境科学研究科 ・ 教授	
	氏名	(漢字)	中村 謙吾	
		(カタカナ)	ナカムラ ケンゴ	
		(英文)	Nakamura Kengo	
	所属機関・職名		東北大学 環境科学研究科 ・ 助教	
	氏名	(漢字)		
		(カタカナ)		
		(英文)		
	所属機関・職名			
	氏名	(漢字)		
(カタカナ)				
(英文)				
所属機関・職名				
氏名	(漢字)			
	(カタカナ)			
	(英文)			
所属機関・職名				
氏名	(漢字)			
	(カタカナ)			
	(英文)			
所属機関・職名				