

再生可能キレート剤を用いた 100°C未満・常圧下のCO₂回収・ 鉱物固定技術

東北大学 環境科学研究科

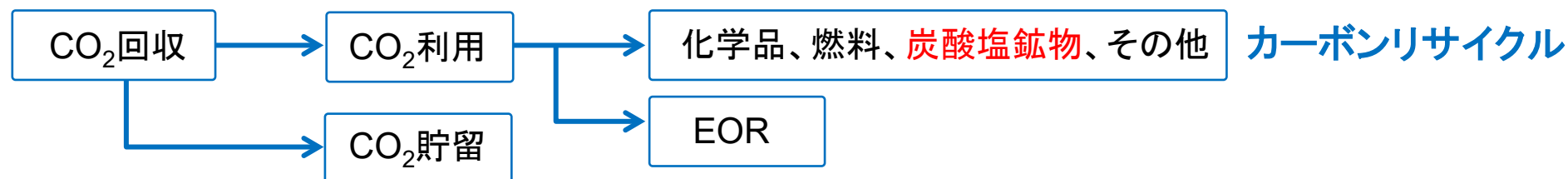
助教 Wang Jiajie

(ワン ジャジェ)

2023年2月21日

従来技術とその問題点

二酸化炭素回収・有効利用・貯留技術(CCUS)



CO₂の炭酸塩鉱物化 ($\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CaCO}_3/\text{MgCO}_3$)

CO₂を金属元素と反応させて炭酸塩として固定する手法

炭酸塩の安定性や利用可能性から注目されている

CO₂の炭酸塩鉱物化に利用可能な原材料:

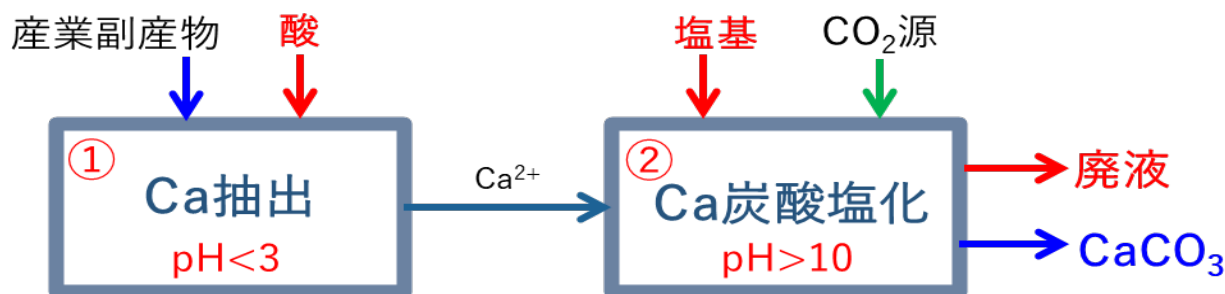
CaやMgを多く含む天然鉱物, 産業副産物(フライアッシュ、鉄鋼スラグ、廃セメントなど)

課題

天然鉱物や産業副産物からの金属元素の溶出速度が低い
低コスト・高効率のCO₂鉱物化技術が求められている

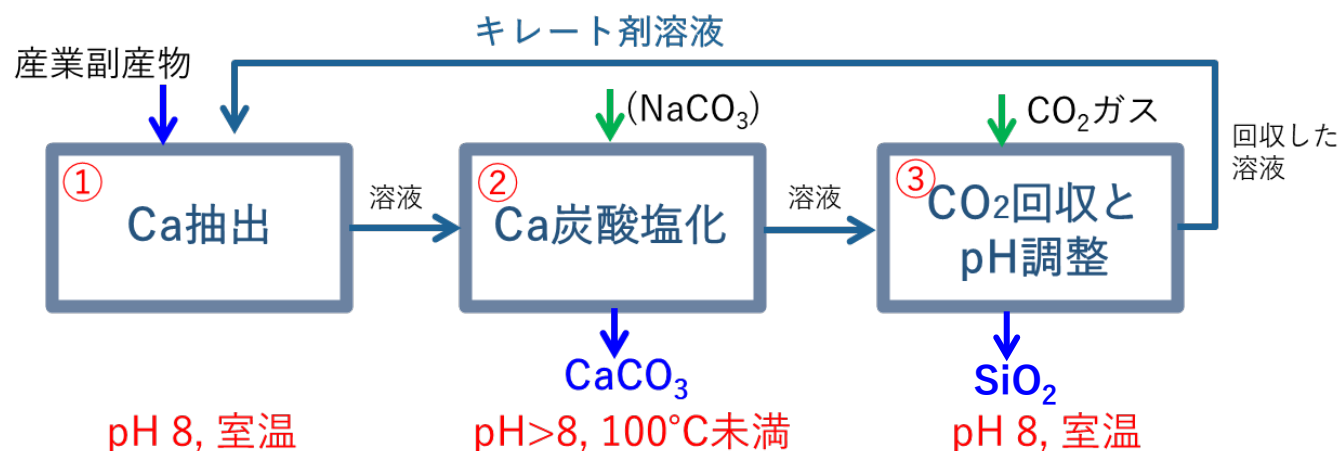
新技術の特徴・従来技術との比較

従来技術



薬剤の大量消費、廃液の発生という経済的、環境的課題がある。

新技術



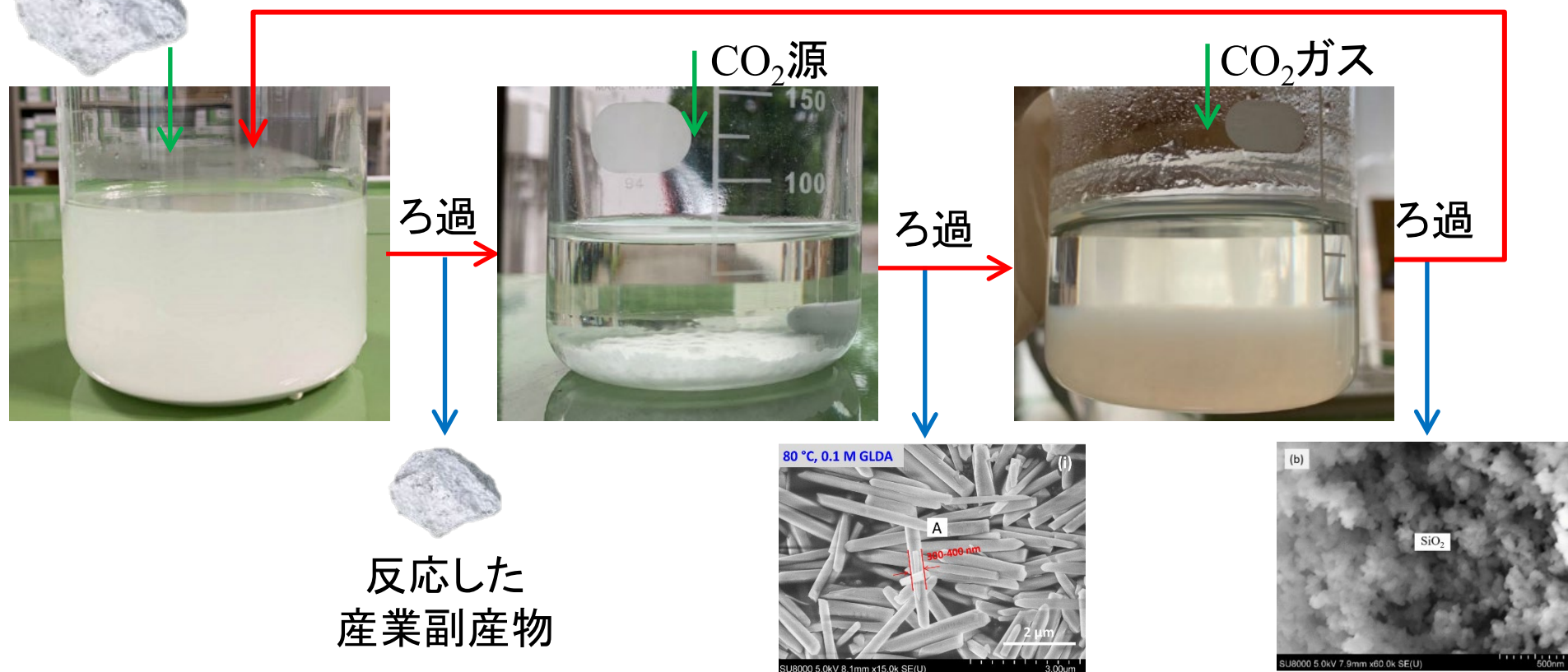
- キレート剤の使用により産業廃棄物溶解・炭酸塩化を促進する
- 酸・塩基の大量消費を防げる
- キレート剤も消費せず再利用できる

キレート剤は、日常又は工業的に広く使用され、低環境負荷・生分解性のものもある。

新技術の実施の様子

産業副産物

キレート剤溶液



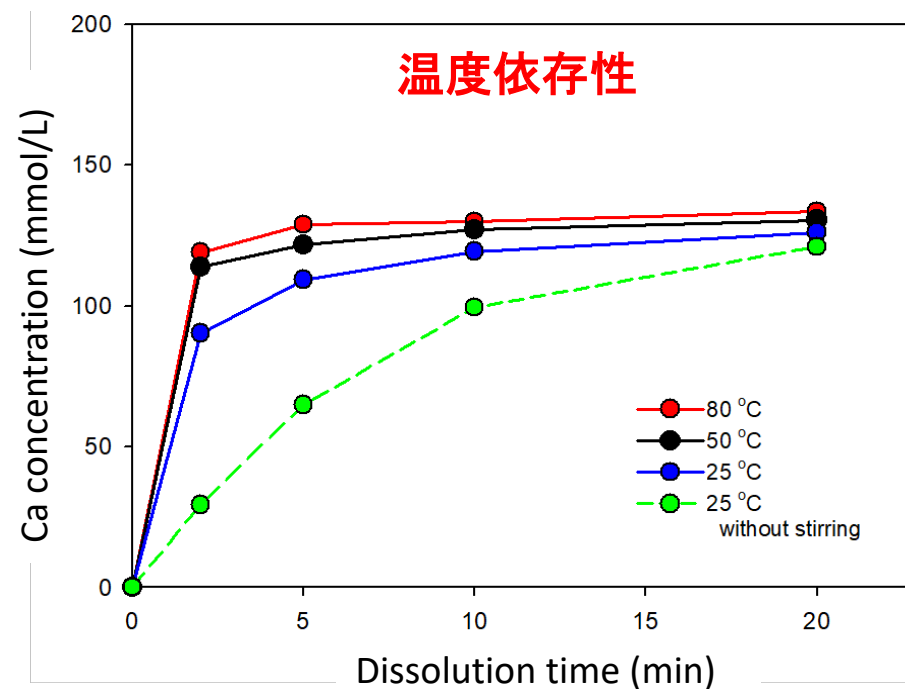
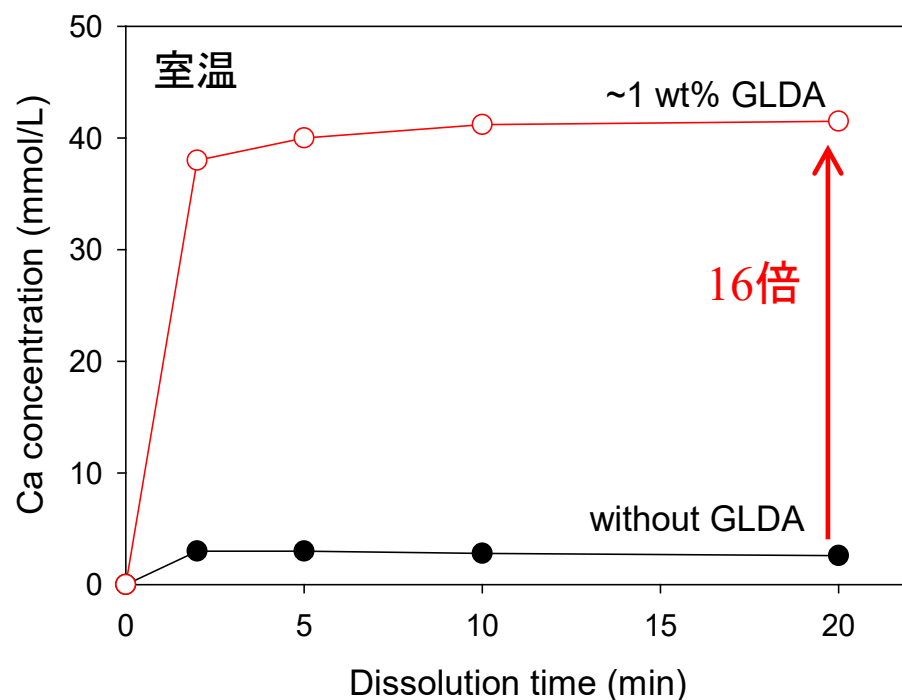
- ・ 低温（100℃未満）で実施可能
- ・ 有用物質（純度の高い炭酸塩など）を生産可能

Caの抽出の例

Ca源: CaSiO_3 (ウラストナイト鉱物), キレート剤: GLDA (生分解性)



Ca濃度の経時変化

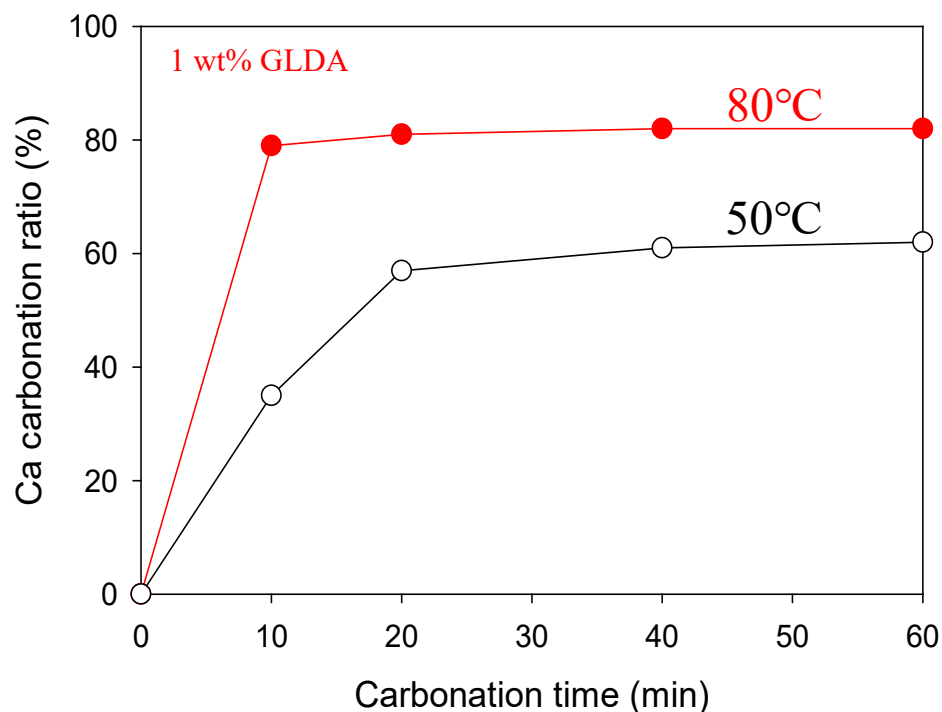


- ・ 室温・低濃度のGLDA（キレート）溶液でもCaの抽出を促進できる
- ・ 反応は5分以内にほぼ完了

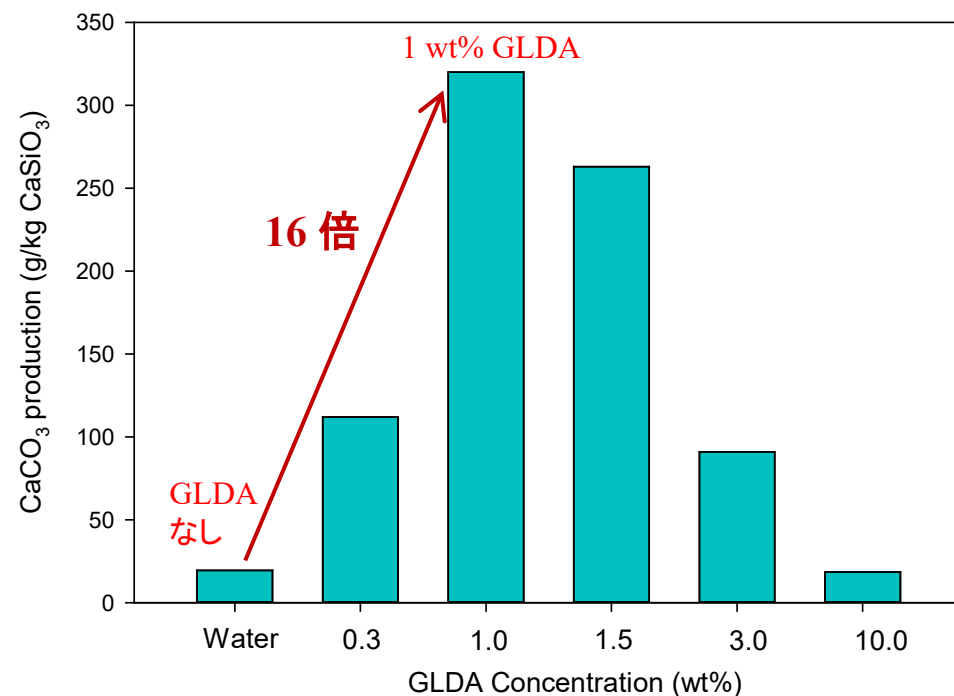
Caの炭酸塩化の例



抽出したCaの炭酸塩化率



CaCO₃の析出量



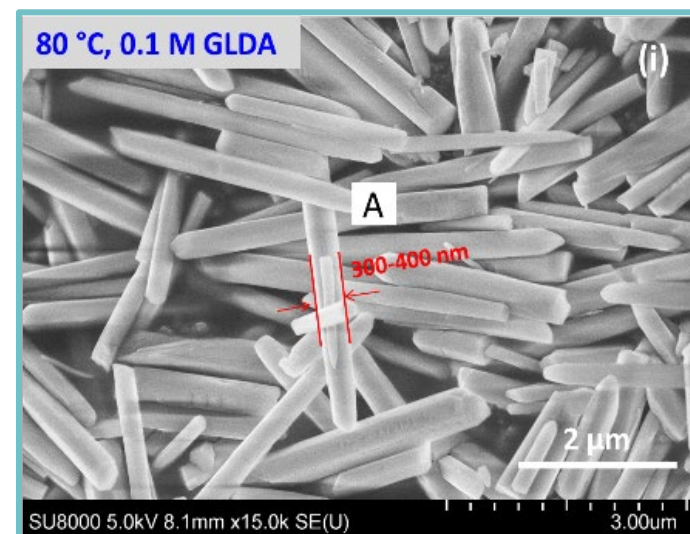
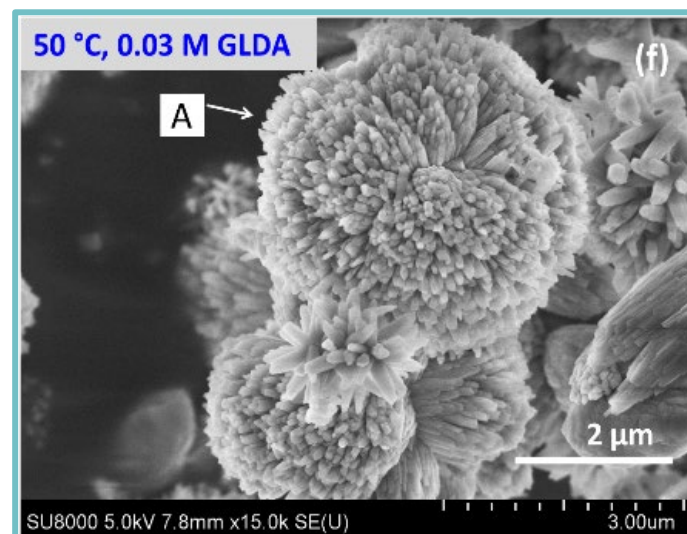
※GLDA: キレート剤

- 100°C未満の温度でも炭酸塩鉱物（CaCO₃）の製造が可能
- 反応条件により炭酸塩鉱物の析出量を制御可能

Caの炭酸塩化の例

合成した CaCO_3 の結晶形の例

CaCO_3 の純度 > 98%



※GLDA: キレート剤

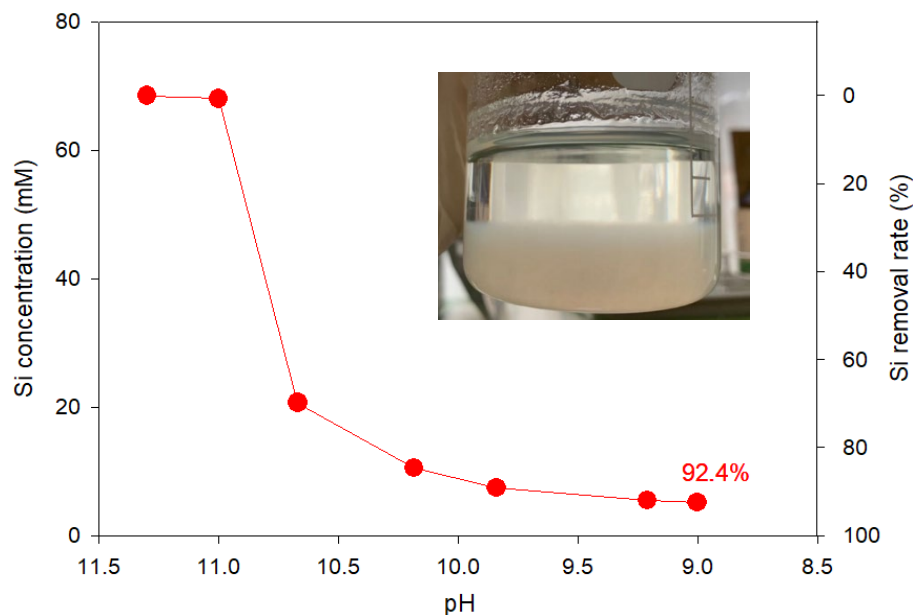
- 高純度の CaCO_3 の製造が可能
- 反応条件を変えることで、 CaCO_3 （アラゴナイト）の結晶形態を制御可能

GLDA溶液の再生の例

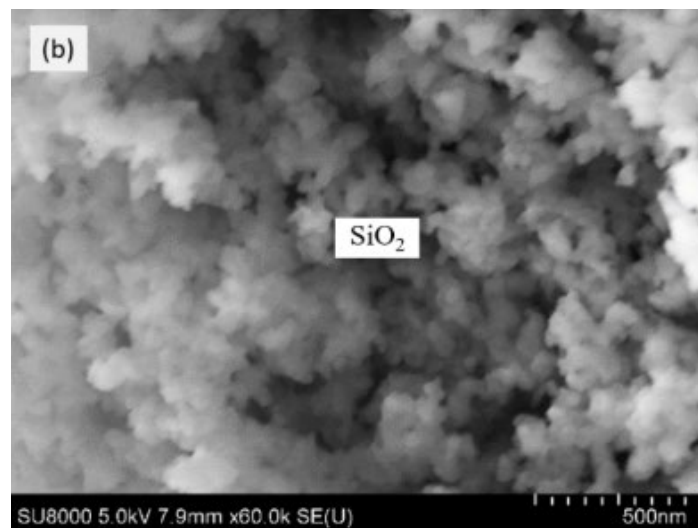
CO₂ ガスの溶解にともなうpH回復、SiO₂除去



Si濃度とpHの経時変化



生成したアモルファスシリカ



- CO₂を回収するとともに、pHを初期値に戻し、不要なSiO₂を除去できる
→ キレート剤を再利用できる

産業副産物の利用可能性

産業副産物



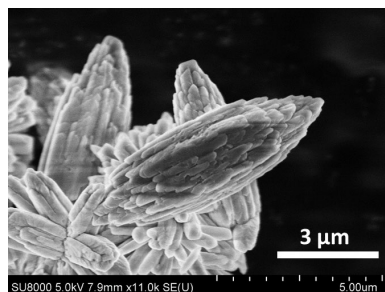
ポルトランドセメント



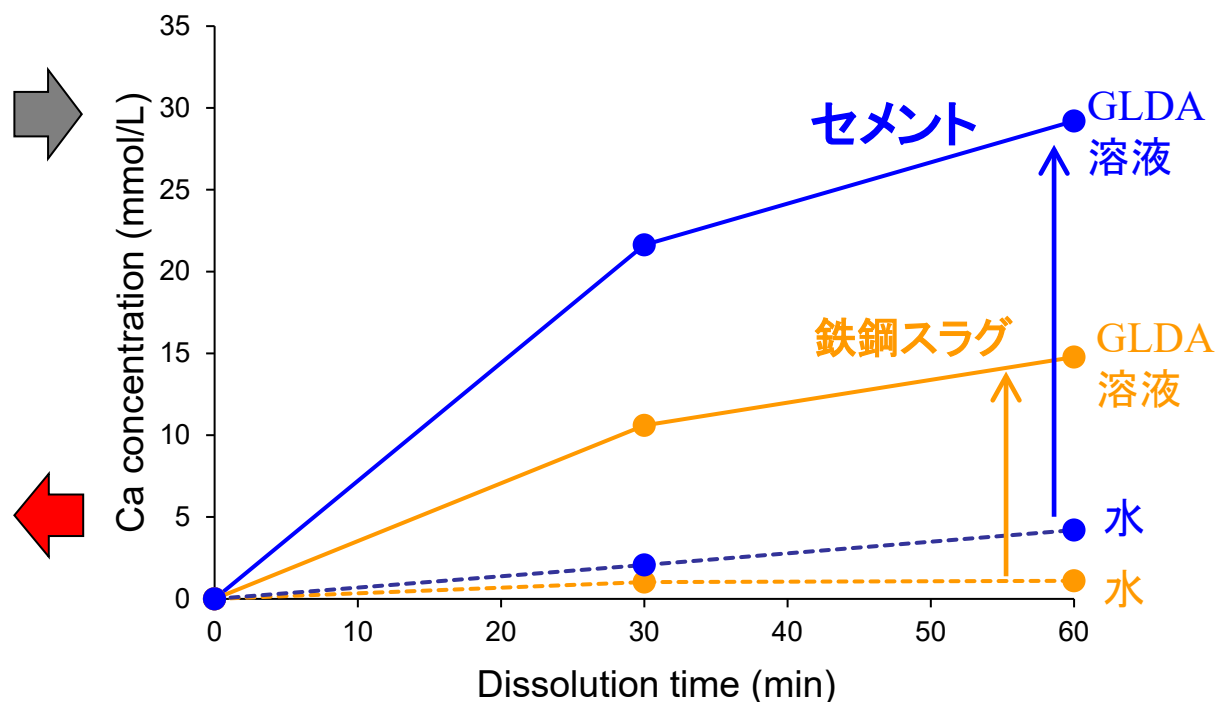
鉄鋼スラグ



炭酸塩鉱物 CaCO_3



Ca濃度の経時変化



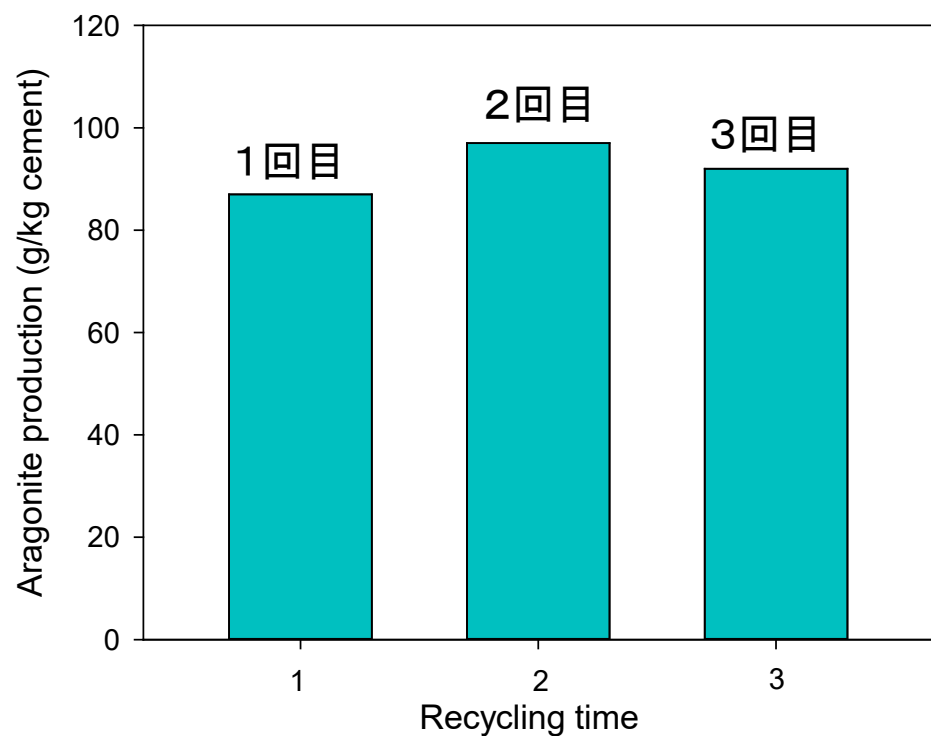
※GLDA: キレート剤

- 産業副産物が利用できる。
特にセメントや鉄鋼スラグ等が利用しやすい。

キレート剤の再利用の評価

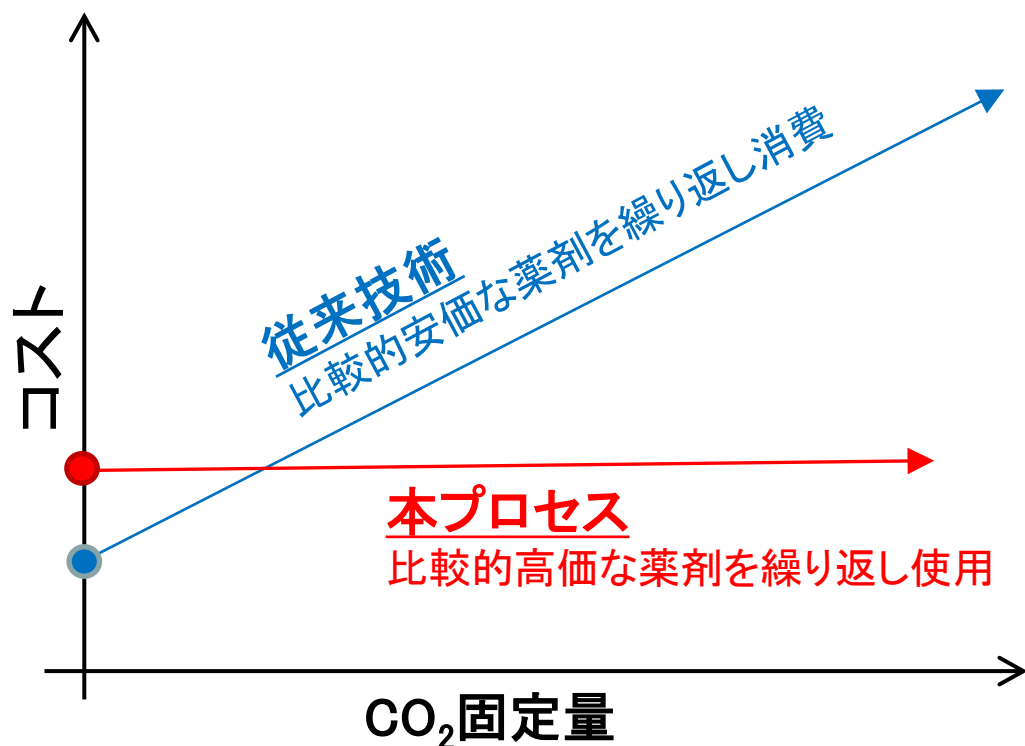
セメントを用いて本プロセスを3回繰り返した

CaCO₃の生成量



- キレート剤溶液を再利用してもCaCO₃の生成量はほぼ変化しない
- キレート剤溶液は繰り返し使用可能

ランニングコスト



*原材料（産業廃棄物等）の種類によって変動する

- キレート剤の価格が通常の酸より高いため、初期コストが従来技術より高いと推定されるが、キレート剤は消費されないので、CO₂固定量がある程度増加すると、従来技術よりもコストが低くなる

想定される用途

- 様々な産業（例えば電力、ガスやセメント）において発生する副産物の有効利用・廃棄物の削減と、CO₂排出量の削減および有用物質生産を同時に達成できる。
- 排ガスや大気中のCO₂の利用や、産業副産物・廃棄物からの有用元素の回収も期待できる。
- 炭酸カルシウム以外の炭酸塩の製造にも応用できる可能性がある（例えば、肥料として使用されている炭酸カリウムや重炭酸カリウム）。

実用化に向けた課題

- 理想的な実験条件で、複数回のキレート剤溶液の再利用を確認済みだが、より現実的な実験条件で、キレート剤溶液が多数回利用できることを確認する必要がある。
- 今後、排ガス中や大気中のCO₂の利用法、キレート剤溶液の繰り返し使用により蓄積していく微量成分の影響と処理法、キレート剤溶液の寿命を検討する。
- また原料毎の最適反応条件の効率的な導出法も検討する。

企業への期待

- 課題解決のためには、より実用化を意識した条件でのプロセスの多数回実施が必要。
- 本技術の実用を希望する企業との共同研究を希望。
- CO₂排出量の削減と副産物・廃棄物の資源化を考えている企業、炭酸塩鉱物製造分野への展開や、CO₂固定装置や環境配慮型産業設備製造分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 二酸化炭素固定方法、二酸化炭素の回収方法、二酸化炭素固定装置および環境配慮型産業設備
- 出願番号 : 特願2020-217738
PCT/JP2021/045014
- 出願人 : 国立大学法人東北大学
- 発明者 : 渡邊則昭、Wang Jiajie (ワン ジャジエ)、土屋範芳

産学連携の経歴

- 複数企業との共同研究等を実施

お問い合わせ先

東北大学 産学連携機構

T E L 022-795-5275

e-mail shingi.hoep@grp.tohoku.ac.jp