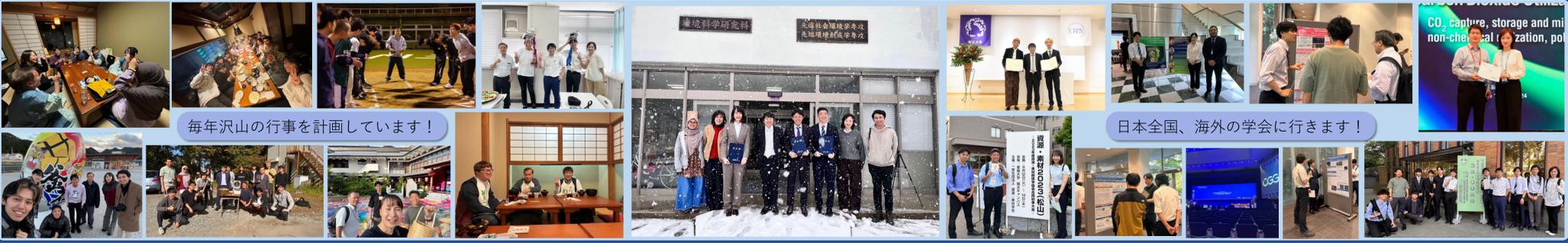


エネルギー資源リスク評価学分野は、環境とエネルギー資源の相互作用に関する様々な研究成果をもとに、地球環境における物質循環に根ざした地圏システムの理解、エネルギー資源の開発にともなう安全保障および環境リスク管理、人の健康と自然環境との関係、地圏環境における土壌や地下水等の汚染問題、さらには有害化学物質のリスク評価に関する総合的な教育・研究を実施する。



### カーボンリサイクルCO<sub>2</sub>地熱発電技術

高温状態の地熱貯留層にCO<sub>2</sub>を圧入し、熱媒体として循環させて高温になったCO<sub>2</sub>を回収してタービンを回転させることで発電

CO<sub>2</sub>と水を組み合わせた新しい破砕法を開発！

CO<sub>2</sub>水押破砕のメカニズム

岩石に含まれる間隙水は、き裂の開口・進展を抑制する

安山岩質火山礫凝灰岩

Water Saturated / Dry

CO<sub>2</sub>水押破砕は初期間隙水の有無に関わらず有効であり、礫交りの岩石において特に有効である

### せん断増粘流体を用いた岩石の多方向破砕

実験装置

水圧破砕  
 特定の方向にのみき裂の形成・浸透性の向上が可能  
 粘性が変化する“せん断増粘流体”で破砕を行うとどうなるのか？

流速大・流路幅小 → 粘性大

透水性改善に有効な多方向かつ開口幅の大きいき裂の形成に成功！

破砕のメカニズム

1 ml/min / 6 ml/min

花崗岩

### 生分解性キレート剤を用いたCO<sub>2</sub>地中貯留・鉱物固定促進法

地下の岩石にCO<sub>2</sub>を注入、炭酸塩鉱物として固定するCCSが近年注目されている。

貯留層を最大限効率的かつ安全・安心に利用するために、CO<sub>2</sub>地中貯留・鉱物固定促進法を発明した[特願2023-51335]。

粘土鉱物を含む玄武岩質火山性砂岩への適用性は？  
 課題: 粘土鉱物が流路に詰まって浸透率が悪い

粘土化変質・酸化変質を受けた岩石粘土鉱物“モンモリロナイト”が含まれる

生分解性キレート剤GLDAにより鉱物を溶解、浸透率向上を目指す

GLDAでモンモリロナイトが溶解孔隙が形成されているのを確認

浸透率UP!  
 鉱物の溶解を助ける!

### 生分解性キレート剤を用いたCO<sub>2</sub>地中貯留・鉱物固定促進法における鉱物の加速溶解現象のモデル化

玄武岩層を利用したCO<sub>2</sub>の貯留・鉱物固定の課題：玄武岩層の孔隙の量・連結性や浸透性および反応性は常に十分に高いわけではない。

生分解性キレート剤を用いたCO<sub>2</sub>地中貯留・鉱物固定促進法

促進法の有効性は…  
 室内実験では確認されている → 実際の時空間スケールで評価したい！  
 シミュレーターを作ろう！

第一歩として…加速溶解現象のモデル化

平衡論

Mg: [Mg<sup>2+</sup>], [Mg(OH)<sup>+</sup>], [Mg(OH)<sub>2</sub>], [MgY<sup>2-</sup>], [Mg]<sub>Total</sub>

Y: GLDA 錯体形成  
 Mg<sup>2+</sup> + OH<sup>-</sup> ⇌ MgOH<sup>+</sup>  
 4Mg<sup>2+</sup> + 4OH<sup>-</sup> ⇌ Mg<sub>4</sub>(OH)<sub>4</sub><sup>2-</sup>  
 Mg<sup>2+</sup> + Y<sup>4-</sup> ⇌ MgY<sup>2-</sup>

速度論  
 $R = K([X]_{total,sat} - [X]_{total})$   
 前ステップの濃度と溶解度の差を駆動力に溶解が進行

実験では検討が困難な長期間の加速溶解現象を検討できる!

### 産業副産物からの金属抽出とCO<sub>2</sub>利用・鉱物化プロセスの開発

ccus【CO<sub>2</sub>回収・有効利用・貯留】  
 キレート剤を用いたCO<sub>2</sub>炭酸塩鉱物化

- 低コスト: 産業廃棄物を利用, キレート剤をリサイクル
- 中低温(100°C未満)で実施可能
- 高収益: 炭酸塩鉱物を効率的に生成
- 環境に優しい: 廃水が発生しない

① 中性とアルカリ性でキレート剤が存在すると鉱物からの金属の溶出速度が増加  
 ② 炭酸塩鉱物の形態を制御できる

例: フライアッシュ1kgあたりCO<sub>2</sub> 45g固定

アラゴナイト(CaCO<sub>3</sub>)

① Ca抽出  
 CaSiO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>-GLDA<sup>2-</sup> + 2H<sup>+</sup> → Ca-GLDA<sup>2-</sup> + H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>

② 炭酸塩鉱物化  
 Ca-GLDA<sup>2-</sup> + HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + H<sup>+</sup> → CaCO<sub>3</sub> ↓ + H<sub>2</sub>-GLDA<sup>2-</sup>

③ pH回復・CO<sub>2</sub>捕集  
 CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O → H<sup>+</sup> + HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

①+②+③ CaSiO<sub>3</sub> + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O → CaCO<sub>3</sub> + H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>

### 地球開発環境学との共同研究

建設機械の作業ツールや車載カメラなどのセンシング技術を活用した知能建機による施工・採石システムの開発

地盤強度の推定

砕石粒度の推定

発破サイクルによる安全・安心な発破の実現

知能建機による安全・高効率な作業の実現

掘削中の映像をフレーム画像に分割し、各画像に対して砕石の輪郭を抽出