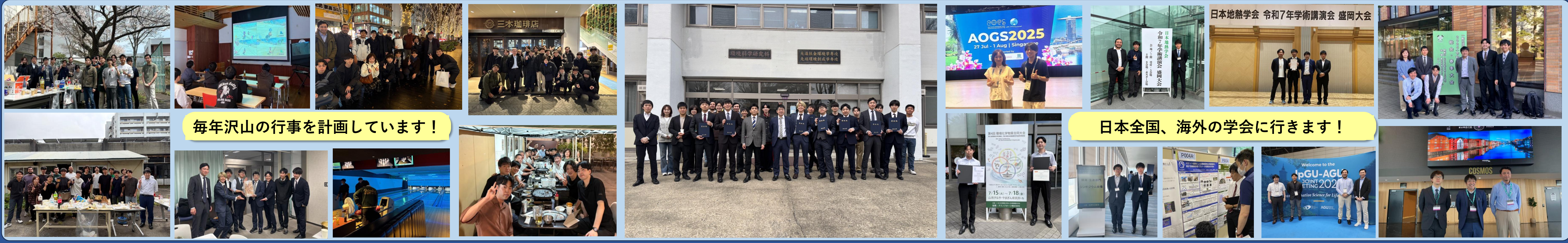


エネルギー資源リスク評価学分野は、環境とエネルギー資源の相互作用に関する様々な研究成果をもとに、地球環境における物質循環に根ざした地圏システムの理解、エネルギー資源の開発にともなう安全保障および環境リスク管理、人の健康と自然環境との関係、地圏環境における土壌や地下水等の汚染問題、循環型資源利用や持続可能なエネルギー生産に関わる科学的・工学的課題、さらには有害化学物質のリスク評価に関する総合的な教育・研究を実施する。



毎年沢山の行事を計画しています！

日本全国、海外の学会に行きます！

## 反応性増粘流体を用いた火山岩貯留層の水圧破碎

火山岩貯留層では、破碎流体が孔隙や微小き裂などへ浸透し、き裂内外の圧力差が小さくなることによって、き裂の開口が抑制される。

**主な課題**  
 岩石中への流体の浸透を抑制しつつ、増粘による破碎圧の上昇を抑制すること。

**増粘多糖類スクレログルカン (SCLG) と、岩石を化学反応により弱化するキレート剤GLDAを組み合わせた反応性増粘流体を用いて、増粘に伴う破碎発生圧力の上昇を抑えつつ、開口幅の大きなき裂が形成できるかを検証した。**

**試料**  
 安山岩質凝灰岩 (江特安山岩)

**実験装置**  
 温度 180℃  
 封圧 30 MPa, 軸圧 80 MPa  
 pH 2, 0.25 wt% SCLG + 10 wt% GLDA

**結果の比較**

流体	破碎圧力 (MPa)	き裂の形成
水	51-58 MPa	破碎圧力は低いが、き裂の形成は観察できない。
増粘流体	66 MPa	高い破碎圧力で、開口幅の大きなき裂を形成。
反応性増粘流体	51-58 MPa	低い破碎圧力で、開口幅の大きなき裂を形成。

反応性増粘流体は、増粘流体並みのき裂の開口効果を、水と同程度の破碎圧力で示した。

## CO<sub>2</sub>反応性破碎による地熱貯留層刺激

効率的な地熱発電には、高透水性の流体経路の形成が不可欠である。しかし、特に多孔質火山岩貯留層では、き裂が十分に開口せず、応力下で閉塞しやすい。

**CO<sub>2</sub>反応性破碎の概念**

CO<sub>2</sub>破碎: 微小き裂の発生  
 化学的な粗面化: き裂面の化学的な粗面化

**「CO<sub>2</sub>破碎」と、き裂面を化学的に粗面化する「粘度制御型反応性流体」を組み合わせた。**

粘度制御型反応性流体	GLDA	HF 源	スクレログルカン
微小き裂の発生	金属イオンのキレート化	ケイ酸塩鉱物の溶解	粘度制御リークオフ抑制

**試料**  
 安山岩質凝灰岩 (多孔質岩石)

**実験装置**  
 真三軸応力

**形成されたき裂**  
 形成されたき裂  
 より広いき裂

CO<sub>2</sub>反応性破碎は、き裂を形成しその表面を化学的に粗面化することで、応力下でもき裂開口を維持し、高透水性の流体経路を形成する。

## 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

近年、地下岩石へのCO<sub>2</sub>注入と炭酸塩鉱物としての固定化を利用するCCSが注目されている。一方で、対象貯留層は孔隙構造、浸透性、および反応性が必ずしも十分ではない。

貯留層を効率的かつ安全に利用するため、CO<sub>2</sub>地中貯留・鉱物固定促進法を開発した「特許7726549」

**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**

酸性GLDA水溶液、CO<sub>2</sub>吸収アルカリ性GLDA水溶液、数ヶ月でGLDAが生分解される

**鉱物の加速溶解現象のモデル化**

本促進法の時間的・空間的な効果を評価し、実用化に向けた最適条件を明らかにするため、シミュレーションを進めている。

シミュレーターを開発しよう！

錯体形成を考慮した化学平衡論 + 平衡温度との差によって駆動される反応速度論

実験では評価が困難な長期的溶解挙動を予測可能！

玄武岩およびかんらん岩を用いた実験により、本技術の有効性を検証し、浸透率および孔隙率の向上を確認した。

GLDA水溶液の注入時間 (分)

初期浸透率、最大浸透率、最終浸透率

注入前、注入後

水溶液の流動方向、フォームホール (トンネル状孔隙)

## 植物由来薬剤による地下岩盤改良技術

回収したCO<sub>2</sub>を地下へ効率的に圧入するため、坑井周辺岩盤の浸透性向上が重要である。しかし、キレート剤単独では長石や粘土鉱物からのケイ素の溶出が十分に進まず、浸透率向上効果に限界があった。

本研究室では、GLDA処理液、GLDA-HF系処理液、および塩水洗浄を組み合わせた段階的な岩盤刺激法を開発した。「特願2025-069581」

CO<sub>2</sub>貯留層を構成する砂岩および砂質シルト岩を用いて、本手法の有効性を検証した。

岩石への溶液注入装置

GLDA処理液、フッ素系成分を加えたGLDA処理液、塩水

岩石、孔隙、金属成分を含むケイ酸塩鉱物

処理前、処理後

砂質シルト岩、砂質シルト岩内部構造

流体の浸透率: 約9倍に増加

処理前、処理後

鉱物溶解を継続させながら孔隙構造を発達させ、流体の浸透性を短時間で大幅に向上できることを確認した。

## 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

**パイロット装置**

Step 1: Ca, Kと重金属の抽出  
 Step 2: CaCO<sub>3</sub>析出  
 Step 3: CO<sub>2</sub>回収・KHCO<sub>3</sub>析出

バイオマス灰、キレート剤水溶液 (溶解度付近のKHCO<sub>3</sub>を含む)

Ca, Kと重金属を含む抽出液、100℃未満まで加熱、pH上昇、Kと重金属を含む抽出液、pH低下、CO<sub>2</sub>ガス、KHCO<sub>3</sub>(s)

再生可能なキレート剤を用いたCO<sub>2</sub>炭酸塩鉱物化

- 低コスト: 産業廃棄物を活用, キレート剤を再生・再利用
- 中低温(100℃未満)・常圧で実施可能
- 高収益: 高純度の炭酸塩製品を効率的に生産
- 環境にやさしい: 排水が発生しない

キレート剤は植物由来・生分解性

工業生産 (K, Caなどの有価元素・重金属)、産業副産物 (無害化・資源化プロセス)、CO<sub>2</sub> + 廃熱、再生可能なキレート剤、カリ肥料 (KHCO<sub>3</sub>)、重金属の回収、無害化した残渣、工業原料 (CaCO<sub>3</sub>)

## 水熱反応によるCO<sub>2</sub>有効利用型Li回収・水素生成プロセス

電気自動車・再生可能エネルギーの普及によりLi需要が急増する中、従来の鉱石からのLi回収では高温焼成が必要であり、環境負荷が課題となっている。

**本研究室の新技术**  
 CO<sub>2</sub>-水-岩石連成反応を利用した新規Li回収プロセス: 焼成不要・CO<sub>2</sub>固定・水素生成

300℃以下の温和な条件下で、選択的Li回収・CO<sub>2</sub>固定・水素生成の同時達成を実証

α-spodumene-NaHCO<sub>3</sub>-olivine (40倍促進、Li選択的に溶出)  
 α-spodumene-water

二次鉱物形成による不純物固定化が鍵

粘土鉱物、炭酸塩鉱物

本プロセスは、資源・環境・エネルギー価値の同時創出に向けた新たな反応工学的道筋を切り拓く。