



地表から地下深部までの多様な温度・圧力環境における土壌、岩石および流体の特性ならびに熱・流体移動、変形・破壊と反応の連成現象の理解に基づいて、持続可能で収益性の高いエネルギー資源の開発・生産技術や、エネルギー資源の開発から利用に至る過程で生じる環境リスクの評価・低減技術に関する研究を行っている。



### カーボンリサイクルCO<sub>2</sub>地熱発電技術

**CO<sub>2</sub> 破砕** × **水圧破砕**  
 ◎ 破砕が多い ◎ 開口幅が大きい

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

超臨界CO<sub>2</sub>は高密度で圧縮率が大きい  
 探検の効率向上

シミュレーションから破砕メカニズムを解明

CO<sub>2</sub> × 水を組み合わせた新しい破砕法を開発!

CO<sub>2</sub> 破砕イメージ

### 地熱貯留層とCO<sub>2</sub>貯留層の水圧破砕技術

**実験装置**

油田などCCS貯留層 常温～  
 超高温地熱発電 約400℃超え

CCS対象となる中低温花崗岩・玄武岩貯留層と超高温地熱環境下の花崗岩質地殻での水圧破砕法を用いた貯留層造成メカニズムの解明

亀裂造成

花崗岩

破砕後のサンプル顕微鏡画像

刺激していないゾーンまで破砕が伝わる!

水圧破砕によって生成されたき裂

### 生分解性キレート剤を利用した玄武岩層へのCO<sub>2</sub>地中貯留・鉱物固定促進法

地熱貯留層の新化学的刺激法(実証研究で確立)を応用展開

環境調和型キレート剤

GLDA(生分解性) (C<sub>8</sub>H<sub>11</sub>O<sub>4</sub>Na<sub>3</sub>)

NaOOC(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>COONa

CO<sub>2</sub>貯留量を増やせる!

圧力差の経時変化

圧力差の減少  
 浸透性が改善!

岩石サンプルへのキレート剤注入装置

Before After

孤立孔隙が減少

孔隙解析画像

孤立孔隙の大きさ

### 揮発性化学物質の曝露リスク評価

これまで土壌由来の揮発性化学物質のリスク管理では吸入による曝露の重要性が認知されていたものの、それを反映できる評価手法がなかった

土壌汚染対策法でも未考慮

実環境での降雨や気温変化を考慮したモデル開発による時空間的な揮発性化学物質移動プロセスの解明

ベンゼン・水銀など対象

対象フィールド

揮発フラックスの経時変化

5年後

実験での測定値をシミュレーションによって再現し、実挙動予測の可能性を示した

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

産業副産物 NaHCO<sub>3</sub>を高濃度へ含んだキレート剤溶液

Ca抽出 → Ca炭酸塩化 → CO<sub>2</sub>回収とpH調整

Ca抽出

Ca炭酸塩化

CO<sub>2</sub>回収とpH調整

例: フライアッシュ1kgあたりCO<sub>2</sub>45g削減

① Ca抽出  
 $CaSiO_3 + H_2-GFDA^{2-} + 2H^+ \rightarrow Ca-GFDA^{2-} + H_4SiO_4$

② 炭酸塩鉱物化  
 $Ca-GFDA^{2-} + HCO_3^- + H^+ \rightarrow CaCO_3 \downarrow + H_2-GFDA^{2-}$

③ pH回復・CO<sub>2</sub>捕集  
 $CO_2 + H_2O \rightarrow H^+ + HCO_3^-$

①+②+③  $CaSiO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow CaCO_3 + H_4SiO_4$

アラゴナイト(CaCO<sub>3</sub>)

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(110℃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

### 天然キレート剤と岩石を利用したCO<sub>2</sub>削減

地球規模の効率的かつ環境配慮型のCO<sub>2</sub>削減システムの開発と基礎理論の構築

岩石の溶解によるCO<sub>2</sub>削減

天然キレート剤の促進能力

CO<sub>2</sub>削減効果

pHの条件が大事

キレート剤の種類が大事