

脱炭素社会に向けた鉱物資源とエネルギー戦略と技術

Technology and governing of mineral resources and energy strategies for decarbonized society



客員教授 土屋 範芳
Visiting Professor
Noriyoshi Tsuchiya

地球温暖化による気候変動とエネルギー危機への対応はこれまで以上に急務となっている。本研究室は、地熱や水素エネルギー、評価技術開発、地震と破砕メカニズム、資源セキュリティ、二酸化炭素の迅速削減など、自然科学的および社会科学的手法を融合させて、持続可能な社会の実現に向け、総合的かつ体系的なエネルギー資源学の研究を進めている。本研究室は、土屋は八戸高専に転出、窪田准教授のクロスアポイントメント終了、末吉助教とマンズシル助教の契約満了により、2025年度も持って活動を休止する。

As tackling the ever-increasing climate change and energy crises becomes a critical and urgent call, our group strives to conduct various studies combining natural and social sciences on geothermal and hydrogen energy, seismic events and fracturing mechanisms, resource security, and carbon emission reduction. We expect these meaningful studies and essential developments to serve a carbon-neutral society for long-term sustainability. This laboratory will be inactive in FY2025 due to Prof. Tsuchiya's move to Hachinohe National College of Technology, the termination of the cross-appointment of Associate Prof. Kubota, and the expiration of the contracts of Assistant Profs. Sueyoshi and Manzshir.

地熱エネルギーと社会

地熱エネルギーは世界的に有望な再生可能エネルギー資源であり、日本は豊富な地熱資源を保有している。しかし、関係者の反対などの社会的な問題により、地熱発電所や地域の地熱エネルギーへの取り組みが停滞している。そこで、社会的ネットワークの中で、人がどのように行動するかをモデル化し、地熱エネルギーとその開発の社会的受容性を分析している (SLO, Social License to Operate)。

また、従来型の地熱資源に加えて、超臨界地熱システムを熱源とする超臨界地熱貯留層 (SGR: Supercritical Geothermal Reservoir) へのアプローチは未来技術として多くの関心が寄せられている。SGRの天然アナログとして花崗岩と斑岩システムを研究し、マグマ-熱水システムの流体進化を明らかにするために熱水角礫岩を研究している。この研究は、地震と流体との関係に関わる新しい知見を与えてくれる。

さらに希土類元素の新しい資源として、苦鉄質岩石と酸性温泉の反応から、希土類元素を抽出し、酸性温泉の中和と希土類元素の沈殿の両方を満足するシステムの開発を進めている。

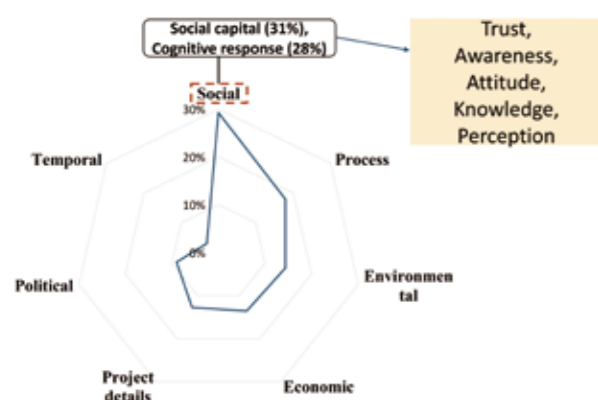


Fig. 1 Key dimension influencing local acceptance of RE initiatives

Geothermal Energy and Society

Geothermal energy is an accessible and renewable resource globally. Our research team studies not only conventional geothermal systems but also future and potential systems. However, given abundant geothermal resources, the development of geothermal power plants and local geothermal energy initiatives in Japan still stagnates due to social issues, such as opposition from relevant stakeholders. To solve these problems, we analyze social acceptance (SLO, social license to operate). In addition to conventional geothermal resources, accessing supercritical geothermal reservoirs (SGRs) is currently an expanding and supercritical geothermal development for power generation. We study granite porphyry systems as the natural analogues for SGR and investigate brecciation textures to reveal the fluid evolution of the magmatic-hydrothermal system, which helps explore more potential energy. These studies provide novel insights into the earthquake-fluid relationship.

Additionally we are conducting research on the interaction between mafic rocks and acidic hot springs for development of natural resources of rare earth elements.

Research Topics in 2025

- Deep structure of Zao volcano and its development history (Tsuchiya)
- Interaction between mafic rocks and acidic hot spring for new REE resources (Tsuchiya and Manzshir)
- Analysis of social acceptance of geothermal energy (Kubota)



Fig. 2 Field survey in the Sengan geothermal area (Kowase river, Arkita Pref.)



准教授
窪田 ひろみ
Associate Professor
Hiromi Kubota



助教 末吉 和公
Assistant Professor
Kazumasa Sueyoshi

研究員

・バヤルボルド マンズシル

2025 年研究テーマ

- 蔵王火山の深部構造と蔵王火山発達史 (土屋)
- 苦鉄質岩石と酸性温泉-新しい希土類元素資源 (土屋・Manzshir)
- 地熱エネルギー利用の社会受容性解析 (窪田)
- 熱水環境での流体相変化がもたらす岩石の脆弱化と断層すべり挙動への影響 (土屋・末吉)
- 地熱環境下における CO₂ によるせん断すべり抑制効果 (末吉)

地熱資源探査と火山の深部構

熱発光を利用した地熱資源探査として、仙岩地域北部の秋田県側 (玉川、小和瀬川流域) の地質調査を行い (図 2)、熱発光測定とその結果を用いてのインバージョン解析により、熱源位置の推定を試みた。この結果、火山フロント直下のみならず、側方にも熱源が発達している可能性が指摘できる。また、MT 法を用いて蔵王火山の深部構造の解明を行っている。予察的な結果として、現在のお釜の南方域に相対的に低抵抗ゾーンが見出されている。また斑岩銅鉱床と超臨界地熱資源とのアナロジーについてモンゴル他との調査を行い、超臨界流体環境下での岩石と流体反応の解析を進めている。(土屋・Manzshir)

CO₂ 圧入による地熱エネルギー抽出

せん断変位を生じさせるように配置した火山岩の saw-cut き裂面に対して、水圧入と CO₂ 圧入によるすべり挙動の差異を検討した。この結果、CO₂ を圧入した場合は、水圧入の場合に比べてゆっくりとしたせん断変位が記録され、すべり速度にして 1/2 から 1/5 程度に減少することが分かった (図 3)。これは、CO₂ が水に比べてかなり低い粘性率であり、マトリクス部分への浸透が起きやすかったことに起因している。この実験結果は、CO₂ を破砕流体として用いる地熱貯留層の造成では、圧入に伴う、誘発地震を抑制することが可能であることを示している。(末吉)

国際貢献・社会貢献

- 仙台市脱炭素先行地域 (環境省事業) への協力住民説明会資料や PR 資料、住民アンケート調査票への助言 (窪田)
- 宮城県自然環境審議会等の委員 (土屋) ほか

野外調査・現場実験

- 仙岩地熱地帯
- 蔵王火山
- 釜石鉱山
- モンゴル (南ゴビ、Erdenet 鉱山)

- Slip characteristics and vulnerability of fault damaged by fluid phase change under hydrothermal conditions (Tsuchiya and Sueyoshi)
- Suppression effect of CO₂ on shear slip under geothermal conditions (Sueyoshi)

Geothermal Resources and Deep Structure of Volcano

As a geothermal resource exploration, we conducted a geological survey using thermoluminescence in the Akita Prefecture side of the northern part of the Sengan area (Fig. 2). The results indicate that heat sources may have developed not only directly under the volcanic front but also to the side of the volcano. Additionally, the MT method was employed to elucidate the deep structure of the Zao volcano. Preliminary results indicate the presence of a relatively low-resistivity zone in the southern part of "Okama." We are also investigating the analogy between porphyry copper deposits and supercritical geothermal resources in Mongolia and other countries and are analyzing rock-fluid interactions in a supercritical fluid environment (Tsuchiya, Manzshir).

Extraction Geothermal Energy by Injection of CO₂

We investigated the differences in slip behavior between water and CO₂ injection on saw-cut joint surfaces in andesite, arranged to induce shear displacement. The results showed that the shear displacement rate was slower (1/2 to 1/5) for CO₂ injection than for water injection (Fig. 3). Those results were believed to have occurred because CO₂ has an extremely low viscosity compared to water. These experimental results suggest that using CO₂ as a carrier in geothermal extraction could prevent induced seismicity associated with injection (Sueyoshi).

International and Social Contributions

- Support Project on Decarbonization Leading Area of Sendai, Ministry of the Environment Project (Kubota)
- Member of the Miyagi Prefecture Natural Environment Council and other committees (Tsuchiya) and others.

Field Survey and On Site Experiment

- Sengan Geothermal Field
- Zao volcano
- Kamaishi Mine
- Mongolia (South Gobi & Erdenet Mine)

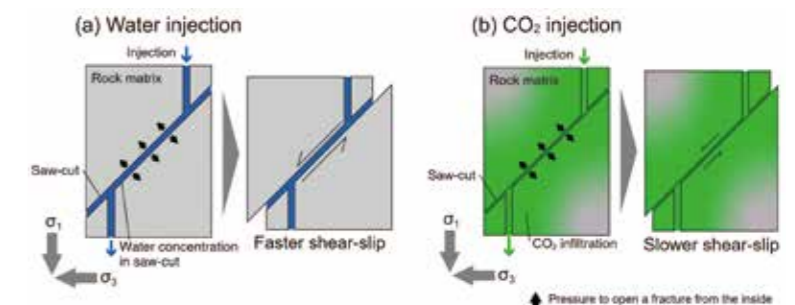


Fig. 3 Schematics of slip characteristics of fracture in volcanic rock during water (a) and CO₂ (b) injections