

地圏環境の物質・システムの理解と有効利用

Understanding and Utilization of materials and systems in Geosphere



教授 土屋 範芳
Professor
Noriyoshi Tsuchiya



准教授 岡本 敦 Associate Professor Atsushi Okamoto
助教 宇野 正起 Assistant Professor Masaaki Uno
研究員 山田 亮一 Researcher Ryoichi Yamada
研究員 山崎 慎一 Researcher Shinichi yamasaki
研究員 大庭 雅寛 Researcher Masahiro Oba
研究員 永治 方敬 Researcher Takayoshi Nagaya
研究員 東野 文子 Researcher Fumiko Higashino

We have revealed the possibility of exploitable supercritical geothermal resources in the “beyond brittle” crusts, based on new permeability measurements of fractured granites under sub to supercritical conditions. We also investigated characteristics of magmatic-hydrothermal system on Shirasawa Caldera and granite-porphly body, as natural analogue of supercritical geothermal reservoir. Various types of fluid-rock interactions have been investigated based on field survey, laboratory experiments and numerical simulations, including hydration of mantle and crustal rocks, and its application to hydrogen production, formation of hydrothermal deposits within seafloor and continental crusts. In addition we have started a new project for approaching social problem on geothermal development on onsen-areas, by interviews on stakeholders and network modeling of local community for decision-making process.

主な研究テーマ

- ・超臨界地熱システムと地熱探査
- ・地殻流体と岩石-水相互作用
- ・ジオリアクターと人工鉱床
- ・元素の移動・濃集プロセスと環境リスク評価
- ・地熱開発の社会受容性についてのモデリング

そのエネルギーポテンシャルを評価した。また、石英の熱発光強度の減衰速度の温度依存性を実験的に制約し、葛根田地熱地帯に適用することで、地熱流体の空間分布とその温度を定量的に評価する手法を確立した (Fig.2)。

地圏環境の岩石-水相互作用

地圏環境を支配する地球規模の水循環プロセスは、様々な地質体の中にその痕跡を残している。モンゴル西部に露出するオフィオライト (海底の地殻-マントル断面) の地質調査と分析を行い (Fig.3)、沈み込み帯における水の循環の重要な過程である、島弧の下のマントルが変質する際 (蛇紋岩化作用) の新しい反応メカニズムを見いだした。また、蛇紋岩化作用が進行する際に起こる体積膨張による変形と流体移動のカップリングについて、アナログ物質を用いた実験や数値シミュレーションによって明らかにした。地震は、地震の断層が高速に滑ることによって発生する力学的なプロセスである。断層の基本的な性質を明らかにするために、鉱物の界面に水が存在する条件での、分子動力学による摩擦シミュレーションを行い、定常的な滑りと間欠的な滑り (stick-slip) への遷移における水分子の重要性を明らかにした (Fig.4)。

超臨界地熱システム “Beyond Brittle”

地熱開発のフロンティアである超臨界地熱貯留層 (>350°C) の性状と開発可能性を評価するために、亜臨界-超臨界条件でのき裂の透水性測定を可能にする新たな装置を開発して実験を行うことで、地下のき裂の透水特性を決める全く新たな条件 (岩石き裂の閉じ方が弾性的な領域と塑性的な領域、Fig.1) を発見し、高温の延性地殻でも超臨界地熱資源の存在する可能性が高いことを明確に示した。この結果は国際誌 Nature Geoscience にアクセプトされた。ナチュラルアナログである仙台市近郊の白沢カルデラと田沢湖周辺の花コウ岩-斑岩複合岩体の野外調査では、メルト包有物や熱水鉱物脈の分布と化学組成分析などから、マグマ溜まりの深度分布と水の飽和度、そこから放出された超臨界流体の貯留形態を明らかにし、

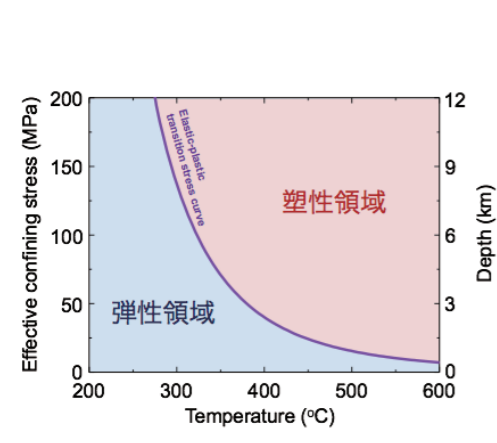


Fig.1 Elastic-plastic transition stress curve obtained from the permeability measurements of fractured granite under sub- to supercritical conditions.

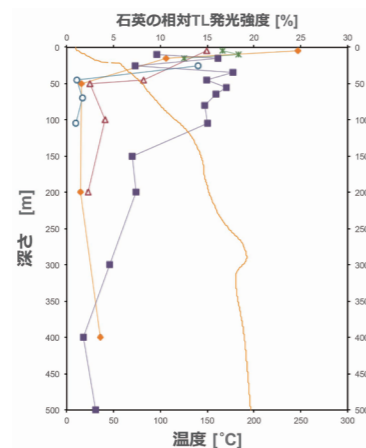


Fig.2 Relative intensity of thermoluminescence of quartz taken from the wells in the geothermal field.

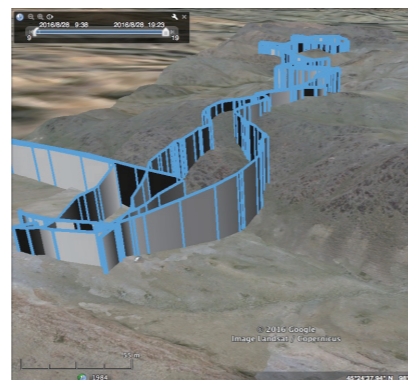


Fig.3 Drone photo of Hantaishir Ophiolite (hydrated mantle unit) in SW Mongolia with a trajectory of field survey.

ジオリアクターと人工鉱床

温泉水を利用した廃アルミニウムからの水素製造についての研究では、室内実験による検証を経て、蔵王温泉において実際の温泉水を用いた実証試験を進めており、その実用性を確認した。海洋底熱水鉱床についての研究では、天然の黒鉱の分析と、熱水噴出孔を模擬した水熱実験を進め、温度変化に応じて黄鉱から黒鉱へと変化するところを見いだした。

地熱開発の社会受容性

本年より、国内、国外のいくつかの温泉・地熱地域の人々に対して、地熱開発についてのインタビューを行い、統計的に解析することにより、地域社会のネットワーク構造を明らかにする研究を始めている。その解析に基づき、地域社会の合意に至るまでの意思決定プロセスについての数理モデルの構築を進めている (Fig.5)。

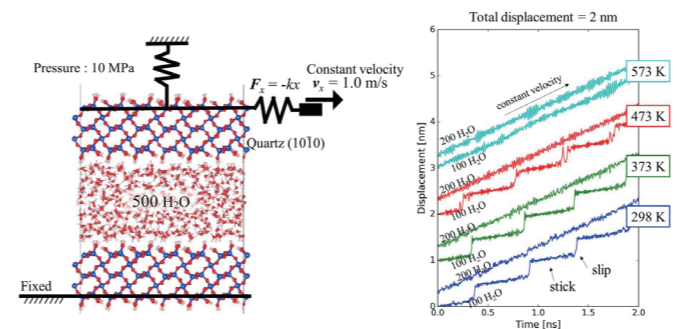


Fig.4 Molecular dynamics simulation on frictional behavior of quartz plates with water film.

Stakeholder network

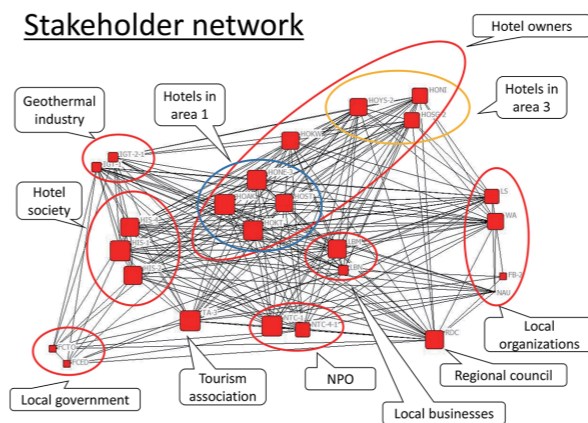


Fig.5 Analysis of network structure of the stakeholders in local community at an Onsen area.

参加国際学会・会議

- ・The 13th Water Dynamics, Sendai (3/15-18) 主催
- ・Goldschmidt conference, Yokohama (6/26-7/1)
- ・Crustal Dynamics 2016, Takayama (7/19-22)
- ・Water Rock Interaction 2016, Evora, Portugal (10/16-21)
- ・Fall Meeting of American Geophysical Union, San Francisco (12/12-16)

研究プロジェクトおよび主な外部獲得資金

- ・科研費: 特別推進研究 (土屋)、基盤研究 B (岡本)、挑戦的萌芽研究 (岡本)、若手研究 B (宇野)、新学術領域公募研究 (宇野)
- ・その他: JST 研究開発成果展開事業プログラム (土屋)、JSPS 自然共生・持続可能システム分野に関する学術研究動向 (土屋)、NEDO 環境新技術先導プログラム (土屋)

受賞

- 日本地球惑星科学連合 2016 年大会 学生優秀発表賞 大柳 良介 (D2)
- 東北大学大学院環境科学研究科 奨学賞 石川 慧 (D2)

教育

- 環境学外実習 (宮城県栗駒高原など) 9月
- Geothermal Energy Pilot Class コロラド鉱山大学 8月
- オープンキャンパス公開講座 “岩石の中をのぞいてみる” 7月
- 現在の在籍生: D3 1名 (中国人留学生1名)、D2 2名、D1 4名 (モンゴル人留学生2名、エルサルバドル人留学生1名)、M2 7名 (インドネシア人留学生2名、ロシア人1名)、M1 5名 (インドネシア人留学生2名)、B4 4名、B3 4名
- 研究室ホームページ <http://geoserv.kankyo.tohoku.ac.jp/gmel/>

特筆すべき業績

The paper on the experimental studies on permeability measurement under sub- to supercritical- conditions will be published in Nature Geoscience (now accepted) with a title “Potentially exploitable supercritical geothermal resources in the ductile crust”.

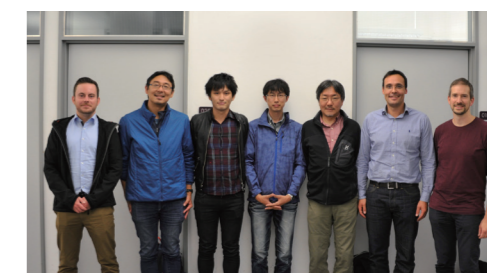


Fig.6 Meeting for international collaboration at Karlsruhe Institute of Technology, Germany.