

# エネルギー戦略および 新しい低炭素技術の普及に向けた舵取り

Governing energy strategies and the diffusion  
of new low-carbon technologies



教授 土屋 範芳  
Professor  
Noriyoshi Tsuchiya

国際社会が抱えるエネルギー問題、資源問題を複眼的にとらえ、地熱や水素エネルギー、評価技術開発、資源循環、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、持続的社会的なための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。

As tackling the ever-increasing energy and resources crises becomes a critical and urgent call, our group strives to run various research projects that combine natural and social sciences to study geothermal and hydrogen energy, resource recycling, and carbon emission reduction. We expect these meaningful research projects and essential developments to serve a carbon-neutral society for long-term sustainability.

## 地熱エネルギーと社会

地熱エネルギーは、再生可能かつクリーンであることから世界的に有望なエネルギー資源である。地下深く高温な環境で形成される超臨界地熱貯留層 (SGR: Supercritical Geothermal Reservoir) を利用することは未来技術として期待が寄せられている。当研究室では、SGRを再現するモデルとして花崗岩-斑岩システムに着目し、熱水角礫岩の形成からマグマ-熱水システムの流体進化を解明する研究を行っており、流体と誘発地震との関係解明に資する新たな知見が得られると期待されている。豊富な地熱資源を有する日本では、地熱開発が有望視される一方で温泉への影響を懸念する関係者の反対などもあり、地熱開発をはじめとする取り組みが停滞している。そこで、Agent Based Modeling を活用し、社会的ネットワークにおけるエージェント (人) の行動をモデル化することで、地熱エネルギーの社会受容性の成熟プロセスを分析している。

## 流体に関する地質学的プロセスと災害科学研究

流体移動は沈み込み帯における様々な地質学的プロセスにおいて重要な要素であり、火山活動をはじめとする地殻の変動現象、鉱床形成過程、地熱エネルギー推定、誘発地震発生に大きく影響する。そこで、地殻内部における流体の実態を理解することが重要であると考え、地震への流体の寄与、熱水破砕とそれに伴う角礫発生機構、地殻における流体フラックス推定方法確立、岩石学的観点による地震活動の理解、温泉水に含まれる希土類元素の沈殿挙動の解明など

## Geothermal energy and society

As a renewable energy source, geothermal energy has enormous potential to power our world in a sustainable, reliable, and environmentally friendly way. Supercritical geothermal reservoirs (SGRs), formed deep underground at high temperatures, are a promising technology for future power generation. We study granite porphyry systems as the natural analogs for SGRs and investigate the fluid evolution of the magmatic-hydrothermal system, which helps explore the potential for more energy and contributes to clarifying the relationship between fluids and induced earthquakes. Given Japan has abundant geothermal resources but development continues to stagnate due to social issues such as opposition from relevant stakeholders, we use agent-based modelling (ABM) to simulate real-world social network behaviors and analyze social acceptance (i.e., social license to operate [SLO]).

## Fluid-related geological processes and disaster science

Fluid movement is essential in various geological processes in subduction zones, such as crustal deformation, ore formation, and energy transfer in geothermal systems and earthquakes.

We are researching a wide range of geological topics, including the contribution of fluids to earthquakes, hydrothermal fracturing and brecciation mechanisms, fluid flux estimations from rock samples, discovery of seismic activity evidence, and rare-earth mineralization from hot spring water. We combine field observations, laboratory experiments, and numerical analyses to examine the above topics. Our laboratory also conducts disaster science research, such as tsunami



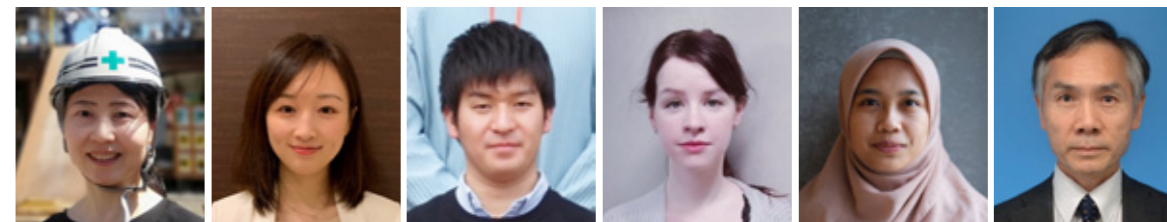
Fig.1 Field survey in El Salvador (SATREPS)



Fig.2 Hand-made equipment of Thermoluminescence installed at the University of El Salvador



Fig.3 Field survey in Lake District, Western Mongolia



准教授 窪田 ひろみ Associate Professor Hiromi Kubota  
 助教 王 佳婕 Assistant Professor Jiajie Wang  
 助教 末吉 和公 Assistant Professor Kazumasa Sueyoshi  
 助教 ミンダリョウ ディアナ Assistant Professor Mindaleva Diana  
 助教 パニー ノビタ アルビアニ Assistant Professor Alviani Vani Novita  
 助手 山岸 裕幸 Research Associate Hiroyuki Yamagishi

研究員  
・アスティン  
・ヌルディアナ  
・バヤンホルド  
・マンシール  
・ゲリ アグロリ

幅広い地質学的テーマについて、野外観察、室内実験、数値解析などで研究を行っている。また、当研究室はビッグデータ分析を活用した津波堆積物の特定に基づく津波浸水域の推定などの災害科学研究も行っている。さらに、金属資源の安全保障のために、金属鉱石や原材料のトレーサビリティに関する研究を進めている。

## CCUS と水素生成新技術の開発

カーボンニュートラルの目標を達成するためには、再生可能エネルギー生産や CO<sub>2</sub> の回収・利用・貯留 (CCUS) に関する新技術の開発が不可欠である。当研究室では、酸性温泉やアルミニウム廃棄物と地熱を利用した地域規模の水素エネルギー製造の応用 (秋田県仙北市玉川温泉) と本プロセスのライフサイクルアセスメント (LCA) を展開している。また、キレート材を活用して 100°C未未満で産業副産物から Ca を選択的かつ効率的に溶出し、価値のある高純度炭酸塩を生成する CCUS プロセスを開発し、電力会社、ガス会社、製錬会社等での応用を進めている。さらに、天然のキレート剤を用いて岩石の溶解を促進に関する研究も行っている。

## 2022年研究テーマ

- ・温泉水と廃アルミニウムによる水素製造
- ・地熱エネルギー利用の社会受容性解析
- ・歴史津波堆積物の識別のための AI 開発
- ・沈み込み帯での地熱資源の形成プロセスと超臨界地熱資源
- ・岩石 - 流体反応帯のフラックス解析による地震活動のモデルの構築
- ・キレート剤を用いた加速 CO<sub>2</sub> 鉱物化プロセス
- ・天然のキレート剤を用いた加速岩石溶解に関する研究

## 野外調査

- ・地熱地帯の探査 (エルサルバドル、宇奈月温泉等)
- ・太平洋沿岸の歴史津波堆積物調査 (災害研究)
- ・温泉地域での温泉利用と SLO 調査
- ・高圧変成岩地帯の地質調査 (モンゴル湖水地方)



Fig.4 Field survey in Unazuki Hot Spring

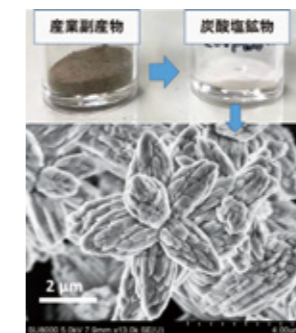


Fig.5 Aragonite production from industrial by-products

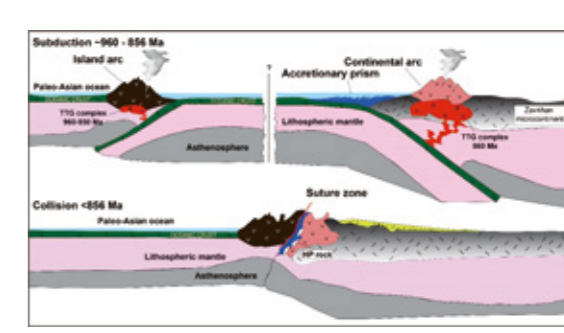


Fig.6 The tectonic model for the subduction of the Zavkhan Terrane and the collision

sediment identification based on big data analysis to estimate tsunami inundation zones. Furthermore, we are investigating the traceability of metal ores and raw materials to ensure the security of metal resources.

## Towards a carbon-neutral society: Hydrogen energy and CO<sub>2</sub> capture, utilization, and storage

To achieve the goal of carbon neutrality by 2050, the development of new technologies for renewable energy production and CO<sub>2</sub> capture, utilization, and storage (CCUS) is urgent and essential. Our group is currently engaged in the application of local-scale green hydrogen production projects using acidic hot springs and aluminum waste (e.g., Tamagawa Hot Springs, Semboku City, Akita Prefecture). We have also developed a new CCUS process that uses recyclable chelating agents to promote Ca leaching from industrial byproducts at <100 °C and produces valuable high-purity carbonates. This process is expected to contribute significantly to CO<sub>2</sub> reduction, and we are promoting its application in electric power, gas, and smelting companies. In addition, we are also investigating the use of natural chelating agents to accelerate the dissolution of rocks.

## Research Topics in 2022

- ・Hydrogen production using aluminum waste and hot springs
- ・Analysis of social acceptance of geothermal energy
- ・AI for identification of historical tsunami deposits
- ・Geothermal energy system in the subduction zone and supercritical geothermal energy
- ・Construction of seismic activity model by flux analysis of rock-fluid reaction zone
- ・CCUS using industrial wastes and recyclable chelating agents
- ・Natural chelating agents for the dissolution of rocks

## Field Survey

- ・Volcanic area survey (El Salvador, Unazuki Hot Spring)
- ・Historical tsunami deposits (coastline of Pacific Ocean)
- ・Geothermal area survey for utilization and SLO analysis
- ・Geological survey in high pressure metamorphic terrane (Lake District, Mongolia)