

## 地圏環境科学の深化と持続可能な資源・エネルギー開発

### The Deepening of Geo-Environmental Science and Sustainable Resource and Energy Development



教授 駒井 武  
Professor  
Takeshi Komai



教授 渡邊 則昭  
Professor  
Noriaki Watanabe



助教 中村 謙吾  
Assistant Professor  
Kengo Nakamura



Group Photo

エネルギー資源リスク評価学分野は、環境と資源・エネルギー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、資源・エネルギー開発に伴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、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。

本研究室の特色は、地球科学と資源・エネルギー開発の学術を基礎として、地球環境および地域環境の保全に関する技術やシステムの研究開発を実施し、教育および研究を通じて学術や社会に貢献することである。学術集会や開発手法の技術公開、プレス発表等を通じて、研究成果を広く学術界および社会に発信している。

We have conducted various research in energy and environmental sciences and engineering, such as environmental risk assessments, geosciences/geoengineering in light of energy and resource productions, and geo-informatics, for our sustainable future. We have investigated hydraulic, mechanical, and chemical properties of high-temperature rocks and ways to control/utilize them, particularly for sustainable and profitable productions of petroleum and geothermal resources. Recently, we initiated a research on a new method for CO<sub>2</sub> mineralization, in which an environmentally friendly chelating agent is applied and recycled to dissolve calcium silicate efficiently and produce high-purity calcium carbonate and silica in an alkaline aqueous solution. Furthermore, we initiated new research on risk assessment of new hazardous chemicals, flax method of soil-water boundary conditions, reality of fluid flows in pore systems of soils, and risk assessments of coal and metal mines in developed countries. We have developed new knowledge and several innovative methods for data-driven environmental analyses.

#### 環境情報の高度解析による歴史津波堆積物判定判別手法の開発や休廃止鉱山の回帰プロセスの解明 (AIST、JAMSTEC との共同研究)

環境中の情報は、無限であり、その情報の中から有益な情報を抽出する手法が重要となる。本研究では、歴史津波堆積物の判定判別手法の開発 (佐藤 et al., 環境地質学シンポ) や休廃止鉱山の回帰プロセス (Nakamura et al., Heliyon) に着目し、情報を抽出することで、複雑化するプロセスの解明を行った。

#### 有害物質の地圏環境移動現象の解明 (AISTとの共同研究 / 環境省特別推進費、科研費若手研究)

有害物質の大気・土壌中の流れや分布メカニズムが不透明であり、環境動態などの解析に大きな課題が残されている。本研究では、土壌表面及び土壌内部のフラックスの移送モデルの開発を行った (Kondo et al., Environmental Modeling & Assessment;

#### Development of discrimination methods for paleotsunami deposits and elucidation of the regression process of closed mines via environmental data-driven analysis

Environmental information is infinite and complex, so it is important to identify which factors are beneficial. In our study, we developed methods to discriminate paleotsunami deposits and described the regression process of closed mines. Through data-driven analysis, we elucidated a complex and wide variety of environmental processes.

#### Research on the geoenvironmental transfer of topical materials

Recently, air, water, and soil contamination have become serious problems worldwide. The transportation and distribution mechanisms of hazardous substances in the air, water, and soil are still unclear. The purpose of this study was to assess transporter phenomena in the geo-environment using

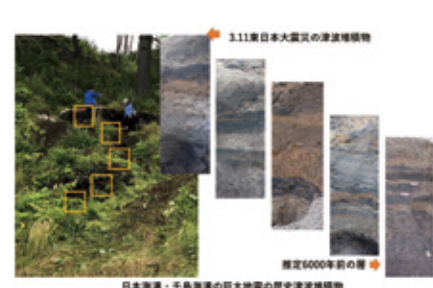


Fig. 1 Paleo-tsunami deposits core sampling in Sanriku coast, Iwate

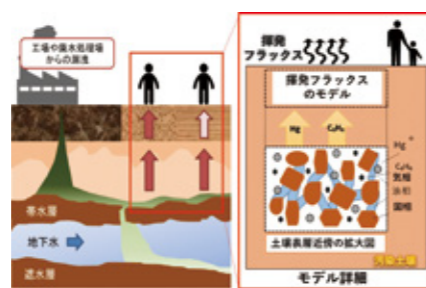


Fig. 2 Image of volatilization flux model in geotechnical environment

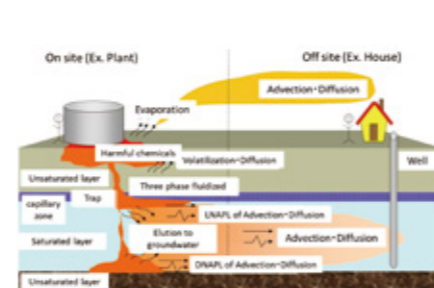


Fig. 3 Risk assessment model image of new hazardous chemicals at our living area

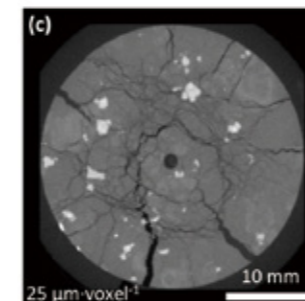


Fig. 4 Fractures created in granite by CO<sub>2</sub> injection

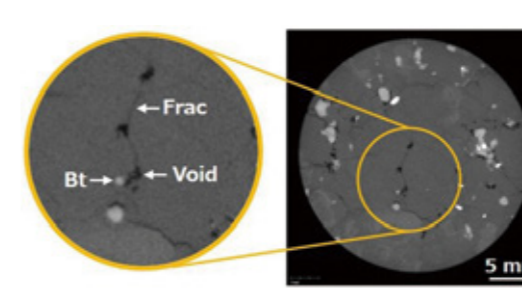


Fig. 5 Voids created in granite by chelating agent flooding

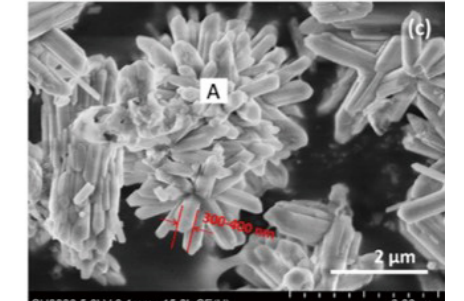


Fig. 6 CaCO<sub>3</sub> produced by the new CO<sub>2</sub> mineralization process

Parlin et al., SUSTAINABILITY)。また、不法投棄現場の地盤中に存在した有害物質の長期移送モデルを開発し、浄化対策手法を提案した (Pongritsakda et al., Applied Science)。

#### 超臨界 / 超高温地熱貯留層の造成・維持法 (JSPS 科研費基盤研究 (B)、ドイツとの国際共同研究)

発電に利用可能な超臨界水や過熱蒸気の生産が期待される 400°C 以上の地下環境での水圧破砕のメカニズムに関する国際共著論文 3 編を発表した (Goto et al., Rock Mech. Rock Eng.; Pariso et al., Sci. Rep.; Goto et al., Geothermics)。また、抽熱時に生じる可能性のある、き裂のせん断すべり挙動とその透水性への影響を明らかにした (武山ら, 地熱学会誌, 2021)。さらに抽熱時に生じうるシリカ・ナノ粒子による透水性低下の特徴とその抑制方法を明らかにした (Watanabe et al., Sci. Rep.)。

#### CO<sub>2</sub> 利用・誘発地震抑制型の地熱貯留層造成法 (JSPS 科研費挑戦的研究 (開拓)、JOGMEC 地熱発電技術研究開発事業受託研究)

高温地下環境に貯留した CO<sub>2</sub> を発電に用いる CO<sub>2</sub> ブルーム地熱発電の実現に向けて、CO<sub>2</sub> による岩石破砕の特徴と利点を明らかにした (Pramudyo et al., Geothermics)。また、破砕法と併用することで誘発地震発生リスクを低下させることが可能な、キレート剤を用いた岩石の透水性改善手法を発明した (Watanabe et al., Sci. Rep.)。

#### CO<sub>2</sub> 鉱物化技術および CO<sub>2</sub> 削減技術

再生利用可能なキレート剤を用いた CO<sub>2</sub> とケイ酸カルシウム系鉱物/廃棄物からの炭酸カルシウム製造技術を発明した (Wang et al., Sci. Rep.; Wang et al., J. Environ. Chem. Eng.)。また、農耕地でのケイ酸塩型土壌改良材と土壌間隙水との反応を利用した CO<sub>2</sub> 削減技術に関する研究を開始した。

a self-made model. We developed a model for the long-term transport of toxic materials in the ground at illegal dumping sites, and proposed a remediation method.

#### Creation and control of supercritical/superhot geothermal reservoirs

We have published three international collaborative papers on the mechanism of hydraulic fracturing in supercritical/superhot geothermal environments (above approximately 400°C) in *Rock Mech. Rock Eng.*, *Sci. Rep.*, and *Geothermics*. Additionally, we have clarified the shear slip behaviors of fractures that may occur during geothermal energy production and their impacts on reservoir permeability. We have clarified the characteristics of permeability reduction due to the formation of silica nanoparticles during energy production, as well as ways to inhibit such reduction (Watanabe et al., *Sci. Rep.*).

#### CO<sub>2</sub> utilization and suppressing induced seismicity in creating geothermal reservoirs

We determined the characteristics and advantages in fracturing of rocks by CO<sub>2</sub> injection, which may be applied to create future CO<sub>2</sub> plume geothermal systems (Pramudyo et al., *Geothermics*). Additionally, to avoid frequent fracturing (i.e., greater risk of induced seismicity), we have proposed a new method to improve reservoir permeability using a chelating agent (Watanabe et al., *Sci. Rep.*).

#### CO<sub>2</sub> mineralization and CO<sub>2</sub> removal technologies

We proposed a sustainable process for CO<sub>2</sub> mineralization using a recyclable chelating agent and calcium silicate-type minerals and wastes (Wang et al., *J. Environ. Chem. Eng.*). Additionally, we have initiated new research on CO<sub>2</sub> removal technology based on reactions of calcium silicate-type soil modifiers with water.