

## 地圏環境における物質・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  
木崎 彰久  
Assistant Professor  
Akihisa Kizaki



助教  
渡邊 隆広  
Assistant Professor  
Takahiro Watanabe

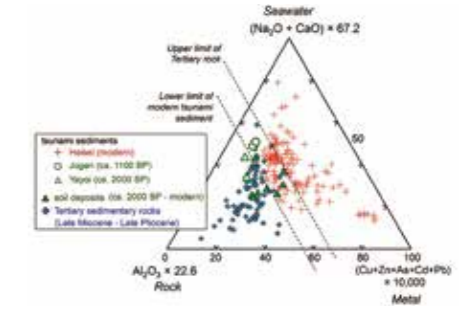


Fig. 1 Discrimination diagram of the Tsunami sediments.

Our researches focus on physical and chemical properties of geomaterials (rocks/soils/geofluids), fluid-rock (soil) interaction, mass-transport in surface and crustal environments. After mega-earthquake on March 11, 2011, we have collected and analyzed lots of the Tsunami sediments, and found the characteristic chemical signatures of Tsunami sediments, that are different from ordinary marine sediments. In addition, we reported that the extent of diffusion of radioactive materials in the Miyagi prefecture after the accident of Fukushima nuclear power plant.

To understand the hydrological properties and fluid-rock interactions within the crust such as deep geothermal reservoirs, we carried out the spectroscopic studies on geofluids (H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>-NaCl) around the critical point, hydrothermal experiments on dissolution/precipitation of silica and carbonate minerals. Studies on the fluid flow within rock fractures have been developed to the multiphase flow and the coupling with dissolution/precipitation processes. The distribution and concentration processes of heavy metals and rare metals along river have been investigated in detail in several fields in NE Japan. For effective utilization of crustal environments, we have developed the water jet techniques and processing of hydrogen production from wastes by using geothermal energy (georeactor).

### 主な研究テーマ

- ・岩石-水相互作用 (化学的作用、力学的作用)
- ・超臨界地殻流体のキャラクタリゼーション
- ・地圏環境における流体移動場と流体移動
- ・地圏環境における物質移動・拡散・濃集
- ・ジオリアクターのための反応プロセス設計
- ・水熱反応および二酸化炭素の物質転換
- ・地圏物質と放射線の相互作用
- ・ウォータージェットを用いた資源・エネルギー開発技術

### 東日本大震災による津波堆積物・放射性物質の環境リスク評価

2011年3月11日の震災以降、東北地方太平洋沿岸部における汚染リスク評価を目的として、大量に発生した津波堆積物の化学分析を進めている。加えて、蓄積された化学分析データをもとに、過去の津波堆積物(AD869の貞観津波堆積物など)を判別する新しい手法の開発に取り組んだ(Fig. 1)。これまでの調査では「砂」層のみを津波堆積物として特定していたが、より内陸まで到達する「泥」層の判別基準は存在していなかった。化学判別図を応用し、泥層の津波堆積物を特定することにより過去の津波の災害規模を推定することが可能になる。

福島第一原子力発電所の事故により放出された放射性物質の拡散・分布状況を正確に把握する必要がある。しかし、宮城県中部以北は航空機からの空間線量測定によりホットスポットが認められているにもかかわらず、100km圏外であることから表層土壌の調査はほとんど進んでいなかった。そこで、我々のグループが中心となり宮城県の全域35地点から表層土壌を採取・分析し、放射性物質の濃度データを公表した。

### 地殻流体の物性・移動と岩石-水相互作用

深部地熱貯留層などの高温・高圧条件において、地殻流体は超臨界流体として存在する。当研究室は、高温高圧可視化セルによる超臨界流体のその場観察実験を進めてお

り、本年度は分光計測によって多成分(H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>-NaClなど)である地殻流体の臨界点を決定するとともに、臨界点近傍における物性変化を定量的に評価することに成功した(Fig. 2)。特にCO<sub>2</sub>の場合には、臨界点近傍における分子分布の変化は昇温時と降温時で異なる挙動を示すことを見いだした。さらに、高温・高圧下の鉱物表面における地殻流体物性の解析も進めている。

岩石き裂内の流体流動に関して、本年度は水-油の二相流実験を行い、毛細管現象を考慮した数値シミュレーションを開発した。その結果、き裂に対する飽和率-相対浸透率曲線は、多孔質体に対して適用される既存の曲線とは異なることが示唆された。また、溶解反応が顕著な炭酸塩岩を用いた実験を行い、流体の反応性(pH)によりき裂浸透率の時間応答が変化することを明らかにした。

鉱物の溶解・析出現象の理解は、地殻深部の長期的な利用を考える上で不可欠である。本年度は、流通式水熱反応装置を用いたシリカ鉱物の析出実験をすすめ、地熱貯留層深部の水理学的・力学的特性がかわる条件近傍(~400°C)において、溶解から核形成を伴う析出への急激な変化が起こることを見いだした。また、海洋底熱水系におけるマンテール-海水の相互作用は、地球の水循環、深海底における生態系発達、生命の起源、水素発生、二酸化炭素地中貯留、海洋底熱水鉱床などの様々な観点から注目されている。本年度は、マンテール鉱物(かんらん石、斜方輝石)-水系の反応実験を行い、反応経路と速度がシリカ濃度とpHによって大きく変化することを明らかにした。

### 河川水の重金属およびレアメタルの拡散・濃集プロセス

河川水または底質に濃集する重金属は、休廃止鉱山などの人為的な由来のものや自然由来のものが存在するため、より明確な環境基準を与えるためには濃集・拡散過程の理解が不可欠である。本年度も引き続き秋田県北鹿地域小坂川流域において河川水の定点観測を行うとともに、GISと溶出試験をベースとした物質移動のモデルの構築を進めた。また、玉川温泉水に含まれるレアメタルやAsなどの有害元素が河川を流れとともにpHの変化に伴って分別沈

殿していることを見だし、下流のダム湖においてレアメタルが濃集している可能性を示唆した。

### 低速自転型ノズルによる地熱スケール除去に関する実験的研究

地熱発電所の還元井などに用いられている坑井ケーシングパイプ内壁面へのスケール付着は、坑井の生産および還元能力の低下を引き起こす一因となるため、機械的なスケール除去方法の一つとして、自転型ノズルシステムを用いたウォータージェットによる除去技術の開発を実施している。本年度は、これまでに開発した低速自転型ノズルシステムを用いて高圧水中下におけるスケール除去試験を実施し、好適なスケール除去能を得るための回転速度および軸送り速度の関係等を明らかにした。(共同研究 代表:木崎)

### [参加国際学会・会議]

- ・37th Stanford Geothermal Workshop, Stanford, California, USA, (1/30-2/1)
- ・9th Water Dynamics, Sendai, Japan (3/7-9)
- ・2012 ASLO Aquatic Sciences Meeting, Kyoto, Japan (7/8-13)
- ・18th Formation Evaluation Symposium of Japan, Chiba, Japan, (7/27-28)
- ・32th International Geological Congress, Brisbane, Australia (8/5-10)
- ・21st International Conference on Water Jetting, Ottawa, Canada (9/19-21)
- ・4th International Conference on Soil Pollution and Remediation & 2nd International Workshop on Site Remediation, Yantai, China (9/23-26)
- ・Global-COE symposium, "Global Education and Research Center for Earth and Planetary Dynamics" Sendai, Japan (9/25-28)
- ・36th Geothermal Resources Council, Reno, Nevada, USA, (9/30-10/3)
- ・7th Asian Rock Mechanics Symposium, Seoul, Korea, (10/15-19)
- ・Joint Int. Workshop on Mine Surveying in China, Xuzhou, China, (10/20-21)

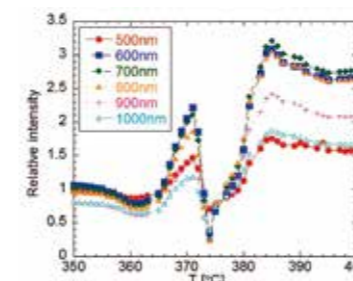


Fig. 2 Relationship between temperature and relative intensity of transparent light through H<sub>2</sub>O during cooling.



Fig. 3 Sampling of river water (Kosaka-gawa river).



Fig. 4 Lecture (making rock thin section) for elementary school students (Open Campus 2012)

・Resilience: Japan and New Zealand Moving Forward, Auckland, New Zealand (12/3-4)

### [研究プロジェクトおよび主な外部獲得資金]

- ・科研費・助成金: 基盤研究 A (土屋)、挑戦的萌芽研究 (土屋)、若手研究 A (岡本)、挑戦的萌芽研究 (岡本)、新学術公募研究 (岡本)、JST・戦略的創造研究推進事業 (社会技術研究開発) 研究開発成果 実装支援プログラム (土屋)、JST 震災復興 A-step (岡本)、JOGMEC 石油・天然ガス基礎研究委託事業 (土屋)
- ・共同研究: 関東天然瓦斯開発(株) (木崎)

### [教育]

環境学外実習 (北海道・日高山脈)  
現在の在籍生: D3 1名、D2 3名 (1名インドネシア国費留学生)、D1 2名 (1名中国人留学生)、M2 1名 (インドネシア国費留学生)、M1 3名、B4 5名、B3 4名  
日本学術振興会特別研究員: D2 最首花恵 (DC1)、D2 石橋拓也 (DC2)

### [海外研修]

櫻井 圭介 (M1) ミュンヘン工科大学 (ドイツ) 8/6-9/28 IAESTE (2012)  
武田 怜 (M1) GNS Science (ニュージーランド) 12/1-21 (2012)

### [特筆すべき事項]

- ・Best Paper Award, 17th Formation Evaluation Symposium of Japan (石橋)
- ・Best student poster award, Global-COE symposium 9/25-28, 2012 (ブトリ)
- ・Best paper award, 21st International Conference on Water Jetting (木崎)
- ・資源・素材学会第37回論文賞: (2012). (木崎)
- ・日本国特許4968659: 被処理物への穿孔方法およびそのための装置 (木崎)

### 研究室ホームページ

<http://geo.kankyo.tohoku.ac.jp/gmel/>