

## 資源・エネルギーの持続的開発と データ駆動の環境科学

Sustainable development of resource and energy as well as data-driven environmental sciences



教授  
駒井 武  
Professor  
Takeshi Komai



准教授  
渡邊 則昭  
Associate Professor  
Noriaki Watanabe



助教  
桑谷 立  
Assistant Professor  
Tatsu Kuwatani



研究支援者  
中村 謙吾  
Researcher  
Kengo Nakamura

We conduct various research themes about environmental sciences, such as environmental risk assessment, reservoir engineering and geo-informatics, in order to contribute to sustainable development of industries. We have conducted field investigation and geochemical analysis for environmental risk assessment of hazardous chemicals. For safe geologic sequestration of CO<sub>2</sub>, and effective developments of petroleum and geothermal resources, we have conducted laboratory investigations on mechanical and hydraulic characteristics of sandstone, carbonate, and granite reservoirs. We have also conducted on laboratory investigations on a new hydrogen production method using acidic hot springs and aluminum wastes. In addition, we have proceeded with a big research project "Sparse Modeling", which aims to create a new field of data-driven science, from 2013. By collaboration with information scientists, we have already developed several innovative methods for environmental analysis, including geochemical discrimination of tsunami deposits and Bayesian image analysis of geofluids.

### 研究室概要

資源エネルギー・セキュリティ学分野は、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・エネルギー開発の基礎学術を基礎として、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。学術集会の主催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 (Fig.1)。

具体的には、以下のような特徴的な内容の研究と教育を行っている。

- 地球科学に基づいた数値情報解析および地圏情報整備
- 石油天然ガス、メタンハイドレート等の開発促進
- 岩石中の水理学と貯留層工学に基づいた流体流動解析
- 鉱物資源および燃料資源の開発に伴う環境リスク軽減
- 環境や健康に関わる諸問題のリスクの定量的解析
- 現場の調査や観測に基づいた資源環境問題の把握
- 自然科学と社会科学の融合(リスク認知・伝達)
- 震災復興支援に向けた技術開発およびリスク管理の実践
- 温泉とアルミニウム廃棄物を利用した水からの水素製造



Fig.1 Group photo of 13th International Symposium of Mineral Exploration (ISME-XIII) held at Vietnam in 22<sup>nd</sup>-24<sup>th</sup> September, 2014



Fig.2 Sampling of stream sediments and water in the Hirose River (Photo was taken on 7<sup>th</sup> August, 2014)

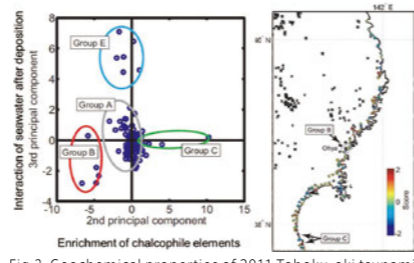


Fig.3 Geochemical properties of 2011 Tohoku-oki tsunami sediments extracted by dimensional compression

以下、今年度継続中の研究について幾つか紹介する。

### 河川流域における元素挙動の解析

河川流域は、人類にとって古来より最も重要な生活・活動の場であり、河川流域における重金属類元素の移動・濃集プロセスを理解することは、環境や健康リスクを考えるうえで非常に重要である。本研究室では、宮城県名取川・広瀬川流域において、稠密な水質・堆積物サンプルの採取と分析を行い (Fig.2)、地理情報システム (GIS) と情報科学技術を用いて地球化学的解析を進めている。

### 津波堆積物の地球化学的性状特定とリスク評価

津波が運搬した海底堆積物や土砂は、沿岸域から内陸の土壌の上に堆積し、農用地や市街地の復興に大きな障害となっている。我々は、東日本大震災直後から津波堆積物の調査および試料の採取を行い、堆積物の性状や化学組成に関する調査研究を継続的に実施してきた。本年度は津波堆積物の地球化学特性を解明するために、次元圧縮と呼ばれる情報科学的手法を用いた解析を行った。その結果、津波堆積物の化学組成バリエーションを支配する主要な地球化学プロセスを抽出した (Fig.3)。(土屋・岡本研究室との共同研究)

### 炭酸塩岩貯留層における流体流動

炭酸塩岩貯留層は世界の石油・天然ガス貯留層の大部分を占

め、CO<sub>2</sub>地中貯留の貯留層候補でもあるが、炭酸塩岩の複雑な孔隙システムおよび流体流動特性の評価は困難であり、理解が進んでいない。そこで本年より、独自に開発したX線CTを用いた炭酸塩岩の孔隙システムおよび流体流動特性評価手法を用いた研究を開始し (JAPEXとの共同研究)、炭酸塩岩における流体流動が卓越流路の形成をとともうものである可能性を見出した (Fig.4)。

### Beyond Brittle地熱貯留層における流体流動

従来型地熱発電に存在する問題を解決するため、より深部に存在する半脆性から延性的な力学挙動を示す岩盤中でのき裂型貯留層の形成・利用を検討している。本年は花崗岩に形成したき裂の水蒸気-水相対浸透率曲線が、他の二相系の相対浸透率曲線と同様にv-type (ニュータイプ) であることを明らかにした (土屋・岡本研究室との共同研究)。

### 温泉を利用した水からの水素製造

再生可能エネルギーを活用した災害に強い地産地消・小規模分散型のエネルギーシステムの実現に貢献するため、温泉水 (酸性泉) -アルミニウム廃棄物反応による新しい水素製造技術 (Fig.5) に関する研究を開始した (土屋・岡本研究室との共同研究)。東北地方には高温酸性泉が多いため、本技術が完成すれば、特に被災地に適した手軽な水素製造法を実現し、被災地の産業および観光復興に貢献できる可能性がある。

### 機械学習を用いた環境科学データ解析

機械学習などの最新の情報処理技術を活用することで、観測・分析データから環境科学・地球科学に関する本質的な情報を抽出する方法論を開発している。2014年は、津波堆積物の地球化学的判別手法を完成させ、論文発表及び東北大広報からプレスリリースを行った。また、ベイズ推論を用いた画像解析手法の開発を進め、地球内部流体の可視化に応用する他、大幅な理論的

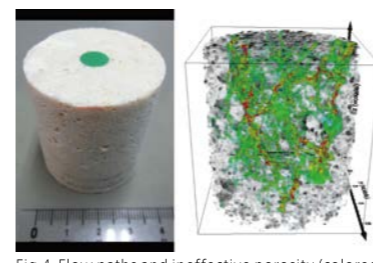


Fig.4 Flow paths and ineffective porosity (colored and grey points) in a carbonate rock.



Fig.5 Novel idea for utilizations of (acidic) hot springs (i.e., hydrogen production).

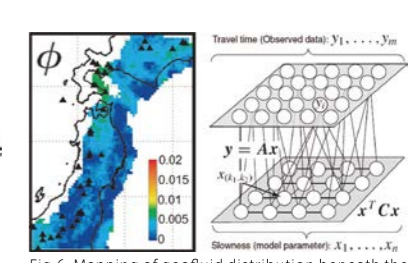


Fig.6 Mapping of geofluid distribution beneath the Tohoku district using a Bayesian image analysis.

拡張を行った (Fig.6)。

研究室ホームページ: <http://www2.kankyo.tohoku.ac.jp/komai/>

### 特筆すべき業績

We have won several awards for our environmental and engineering studies. Professor Takeshi Komai and his colleagues received the 41th Environmental Award from the Hitachi Environment Foundation for their outstanding achievement in development of an assessment system for geo-environmental risk. Associate Professor Noriaki Watanabe received the Young Scientists' Prize in the Commendation for Science and Technology by the Minister of Education, Culture, Sports, Science and Technology, for his researches on fluid flows through fractures in the Earth's crust. Assistant Professor Tatsu Kuwatani and Post-doctoral Researcher Kengo Nakamura received the Young Researcher Award of Exploration Technology for the 13th International Symposium on Mineral Exploration.

We have also published many papers in leading journals, including Journal of Geophysical Research, Water Research, Physical Review E and Scientific Reports. In addition, we have conducted many collaborative researches with scientists of various fields, such as planetary science, petrology and chemistry, and the results have been (or will be) published in Nature, Journal of Metamorphic Geology and Industrial & Engineering Chemistry Research.

### 外部資金費獲得状況

科研費: 新学術領域計画研究 (駒井・桑谷)、新学術領域総括班 (駒井[代表: 東大・岡田]) 若手研究B (渡邊)、特別推進研究 (渡邊 [代表: 東北大・土屋])、基盤研究B (渡邊 [代表: 東北大・岡本])、基盤研究B (渡邊 [代表: 東北大・坂口])、基盤研究B (桑谷 [代表: 東大・岡田])

受託・共同研究: JAPEX (渡邊)、産総研一東北大マッチング研究支援事業 (渡邊)