

地殻環境・エネルギー技術の新展開

Toward Advanced environmental geomechanics and energy technology

准教授 坂口 清敏

Associate Professor
Kiyotoshi Sakaguchi



助教
渡邊 則昭
Assistant Professor
Noriaki Watanabe



Our activities in 2012 have been mainly devoted to studies on (1) crustal stress fields before and after the 2011 Tohoku-Oki earthquake, in Kamaishi area of northeast Japan, (2) poroelastic parameters of sandstone for a long-term monitoring in the geological sequestration of CO₂, (3) a novel X-ray CT based numerical model analysis for drill core samples under confining stress, (4) two-phase flow characteristics for a rock fracture under confining stress, (5) a novel field-scale numerical model analysis of fluid flow in a fractured reservoir, and (6) a new process of H₂ production utilizing geothermal or waste heats.

1. 東北地方太平洋沖地震前後における岩手県釜石地域の地殻応力場評価 (科研費・基盤 B, 共同研究 代表: 坂口)

東北地方太平洋沖地震による浅所地殻応力場の変動を定量することを目的に、岩手県釜石鉱山550mL坑道において、円錐孔底ひずみ法による地圧計測を行った。計測は地震発生後ほぼ1年となる平成24年2月27日から3月1日に実施した (Fig. 1)。その結果、最大主応力の方向は地震前に比べて東の方向に回転し、中間主応力と最小主応力の方向は、最大主応力軸を中心に回転しているように思われた。一方、主応力、鉛直応力の値は、地震前に比較して2倍以上の値となっていることを報告した。2年目の測定として、平成24年12月17日～21日に測定を行う予定である。

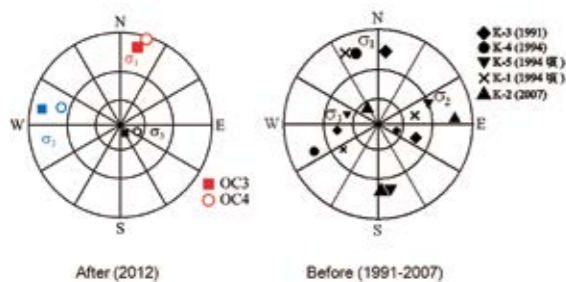


Fig. 1. Directions of principal stresses (lower hemisphere) in Kamaishi area, northeast Japan.

2. CO₂貯留環境下における砂岩の多孔質弾性パラメータ (科研費・基盤 B 代表代行: 坂口)

CO₂地中貯留におけるモニタリング手法の一つ、岩石の多孔質弾性理論に基づいた地表変位の逆解析法においては、CO₂貯留環境下における岩石の多孔質弾性パラメータの正確な把握が必要である。

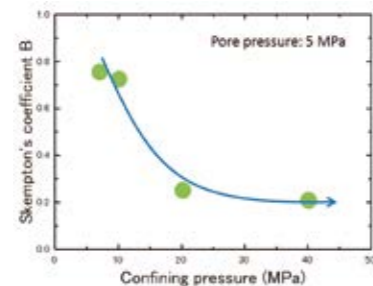


Fig. 2. Skempton's coefficient B as a function of confining pressure for Kimachi sandstone.

る。本年はまず、新たに開発した実験システムを用い、広範な Terzaghi の有効応力下 (2 ~ 35MPa) における水飽和多孔質砂岩の多孔質弾性パラメータ (間隙圧係数 B、有効応力係数、ヤング率など) を明らかにし (Fig. 2)、さらに CO₂ 存在下での測定のための準備を進めている。

3. 掘削コアサンプルの応力下 X 線 CT に基づく数値モデル解析 (共同研究 代表: 渡邊)

地熱や油ガス貯留層あるいは地震断層の掘削コアサンプルから原位置の岩盤水理情報を取得するため、JAMSTEC、JOGMEC あるいは JAPEX と共同で応力下ノイズレス X 線 CT に基づく数値モデル解析法の開発を行っている。本年度はまず、新たに開発した X 線 CT 用炭素繊維充填樹脂製コアホルダに関する成果を国際誌 Rock. Mech. Rock Eng. において公表し (Fig. 3)、さらにより高压 (200 MPa まで) で使用可能なコアホルダの開発を進めている。

4. 応力下岩石き裂における二相流体流動特性 (科研費・若手研究 (A) 代表: 渡邊)

地熱や油ガスの生産性予測あるいは地下汚染修復のためには、水と蒸気、油・ガスあるいは非水溶性汚染物質など、地下岩盤中における複数の流体相の流動予測が必要であるが、主要な流動経路となるき裂の二相流動特性は未解明である。本年は、封圧下の花崗岩中の油水二相流動に関して、まず従来考えられていたよりも毛細管現象の影響が大きいことを明らかにし、さらにき裂の相対浸透率曲線は既存のものとは全く異なることを明らかにした (Fig. 4)。

5. GeoFlow を用いたフィールドスケール精密貯留層モデリング (JOGMEC 受託研究 代表: 渡邊)

地熱や油ガスのき裂型貯留層における流体流動の実態をより良く理解するため、岩石き裂内での優先流路の形成を考慮可能なき裂ネットワークモデルシミュレータ GeoFlow を用いたフィールドスケール精密貯留層モデリング法の開発を行っている。本年はまず、GeoFlow の開

発に関する成果を国際誌 Water Resour. Res. において発表し、加えて、本邦勇払の油ガス貯留層の従来型既存き裂ネットワークモデルを基に 1 km³ の GeoFlow モデルシミュレーションを実施し (Fig. 5)、従来モデルでは説明できない坑井間の生産性の差が、優先流路形成の影響により説明可能であることを明らかにした。また本研究の成果の一部に関して、Best Paper Award of the 17th Formation Evaluation Symposium of Japan を受賞した。

6. 地熱や工場排熱を用いた新規水素製造プロセス (科研費・挑戦的萌芽研究、JST 受託研究 代表: 渡邊)

化石資源以外を原料とした低炭素排出型の新しい水素製造プロセスとして、地熱や工場排熱等を利用した硫黄の酸化還元サイクルを通じたバイオマスからの水素製造プロセスの開発を行っている。本年はまず、熱水中での硫黄の酸化にともなう水素生成反応に関して pH および温度依存性を明らかにし (Fig 6)、国際誌 Int. J. Hydrogen Energy において発表した。加えて、水素生成反応の速度論モデルを構築し、現在国際誌への投稿を準備している。

【外部資金の獲得】

- ・科研費: 基盤研究 (B) (H23-H25 年度、坂口)、基盤研究 (A) (H21-H25 年度、坂口 (代表 北大・金子)、若手研究 (A) (H23-H24 年度、渡邊)、挑戦的萌芽研究 (H23-H24

- 年度、渡邊)
- ・受託研究: JOGMEC 石油・天然ガス基礎研究 (H23-H24 年度、渡邊)、JST 復興促進プログラム (A-STEP) (H24-H25 年度、渡邊)
- ・共同研究: JAMSTEC、JAPEX、JOGMEC、鹿島建設(株)、応用地質(株)、3D 地科学研究所

【参加国際学会・会議】

- ・7th Asian Rock Mechanics Symposium, Korea (10/15-10/19、坂口)
- ・The 18th Formation Evaluation Symposium of Japan, Chiba, (9/27-28、渡邊)
- ・Geothermal Resources Council 2012 Annual Meeting, USA (9/30-10/3、渡邊、Fig. 7)

【国内学会における学生発表】

- ・第5回資源・素材学会東北支部若手の会 (10/12-13、修士課程学生 1 名)
- ・日本地熱学会 湯沢大会 (10/24-10/26、修士課程学生 1 名)

【社会貢献等】

- ・オープンキャンパスにおいて小・中学生向けに公開講座を行った (7/30-31、坂口、Fig. 8)
- ・仙台市立上杉山通小学校で「飛び立とう 未来に向かって」の授業を行った (12/7、坂口)

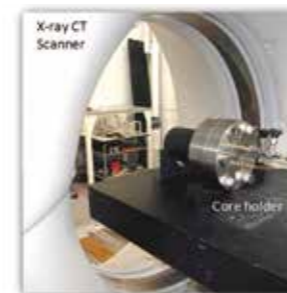


Fig. 3. Geologic core holder with a CFR PEEK body for the X-ray CT under confining pressure.

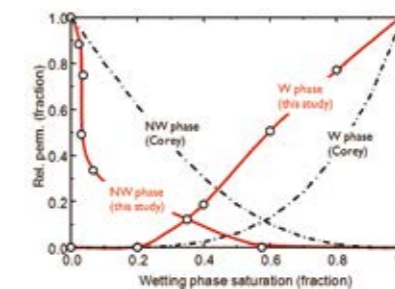


Fig. 4. Relative permeability curves for oil-water flow through a fracture under confining pressure.

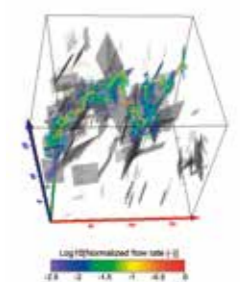


Fig. 5. Field-scaled (1 km³) GeoFlow model simulation for the Yufutsu oil/gas fractured reservoir.

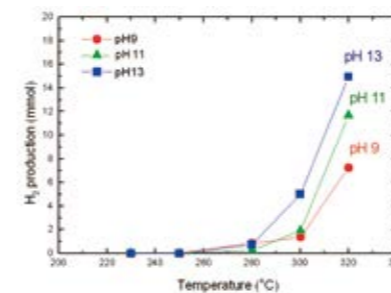


Fig. 6. pH- and temperature-dependent hydrogen production from water with sulfide as a reducer.



Fig. 7. Assist. Prof. Watanabe talking at Geothermal Resources Council 2012 Annual Meeting.



Fig. 8. Extension lecture for elementary and junior high school students by Assoc. Prof. Sakaguchi.