

# 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

Our activities in 2015 have been mainly devoted to study on (1) In-situ stress measurement at shallow depth in the vicinity of the epicenter before and after the 2011 Tohoku-oki earthquake, (2) mechanical and hydraulic characteristics of rock under high temperature (350 °C ~ 450 °C) and high pressure (5 MPa ~ 90 MPa) for a new concept geothermal reservoir (Japan Beyond Brittle Project reservoir), (3) hydraulic fracturing of rock under the Brittle-Ductile transition zone condition.

## 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

2012年3月から地震前後の応力場の経年履歴を明らかにするために、岩手県釜石鉱山において地圧計測を行っている。今年、2012年12月の2回目の絶対値測定後から継続している応力変化測定の結果を2013年12月3日に測定した3回目の絶対値測定の結果と比較した。その結果、全ての主応力は、測定期間内において緩やかに減少しており、2回目と3回目の絶対値測定結果を連続的に繋ぐ結果となっていた。巨大地震後の地殻応力の連続的変動を改めて確認するとともに、地殻応力の連続定測定が重要な示唆を与えることを明らかにした (Fig.1)。

## 高温・高圧環境下における花崗岩 および玄武岩の透水特性

JBBP (Japan Beyond Brittle Project) 研究の一環として、様々な温度・応力条件におけるき裂性岩石の浸透率を定量的に予測できる方法を導出することを目的とした研究を行った。具体的には、温度350 ~ 450°C、有効封圧(応力) 5 ~ 90 MPaの範囲において、貯留層を模擬したき裂を有する稲田花崗岩およびかんらん石玄武岩の浸透率測定を行った (Fig.5)。花崗岩の実験結果から、弾性領域および塑性領域における浸透率の有効応力依存性は温度に依存しないことが

明らかになった。これにより、き裂形成時の初期浸透率と各領域での有効応力依存性に基づいて様々な温度および応力条件下の浸透率が予測できるようになった (Fig.2)。一方、玄武岩の場合には、今回の実験条件では遷移が生じず、有効応力依存性は常に花崗岩の弾性領域の場合と同程度であった。

## 脆性領域から延性領域における 岩石の力学および水理学特性

本研究は、上述のJBBP研究に先立つ研究として実施している。本研究では、常温(圧力: 10 MPa ~ 40 MPa)で力学的に半脆性および延性的挙動を示す川原子凝灰岩を用いて、脆性領域から延性領域の範囲におけるき裂を有する岩石の力学・水理学特性を詳細に明らかにすることを目的とした。力学挙動に関して、き裂の有無による違いは見られなかった。一方、浸透率に関しては、き裂の無い供試体の浸透率の変化は、封圧5 ~ 10 MPaでは一定値で推移し、封圧10 ~ 20 MPaで急減し、20 ~ 40 MPaで再び一定値になることが明らかになった。き裂を有する場合は、き裂の無い場合のそれと比較して、封圧5 ~ 10 MPaでは差が小さいが、20 MPaにかけてその差は増加し1桁程度開いた。このことから半脆性の挙動を示す環境下においては、き裂の寄与はわずかであるが、延性的な力学挙動を示す岩盤に対してき裂を形成した場合は、き裂が主な流体移動経路として機能することが明らかになった (Fig.3)。

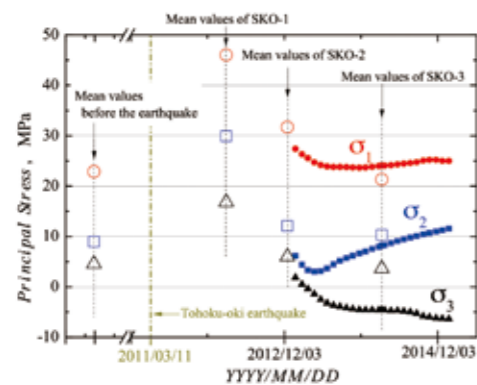


Fig.1 Continuous measurement of the in-situ stress during one year from the two years after the earthquake.

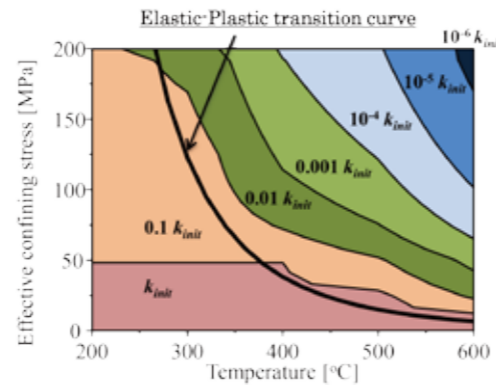


Fig.2 Map of the magnitudes of the permeability reduction from the initially created permeability for the fractured granite.

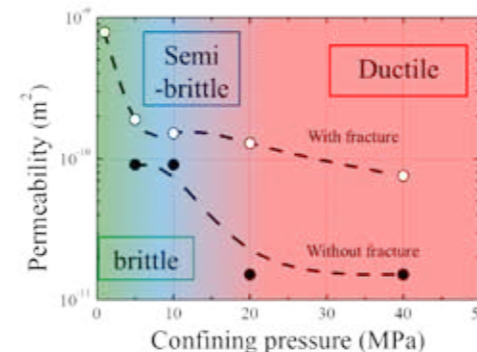


Fig.3 Relation between permeability and confining pressure under with/without crack condition.



Photo of our laboratory members.



Gold Award at the spring meeting of the MMIJ Tohoku branch.

## Brittle-Ductile 遷移領域における 稲田花崗岩の水圧破砕

延性領域における岩石の破壊特性を明らかにすることを目的に、脆性・延性領域下において岩石に水圧刺激を与え、形成されるき裂の評価を行った。具体的には、温度450°C、封圧20 MPa (脆性領域) および30 MPa (延性領域) の条件で、中心に直径1.5 mm、長さ10 mmの水圧破砕孔を有する直径30 mm、長さ25 mmに対して水圧破砕実験を行った (Fig.5)。その結果、初期浸透率の違いによって破砕が生じない場合があると考えられること、および、脆性領域と延性領域では水圧刺激時に水圧の上昇速度に差が生じ、間隙圧の発生に影響を及ぼす可能性が示唆された (Fig.4)。

## 外部資金の獲得

- ・ 科研費:  
特別推進研究 (分担 (代表: 東北大・土屋)), 基盤研究 (B) (代表: 坂口)  
・ 受託・共同研究: 応用地質 (株), 3D地科学研究所, 立命館大学

## 受賞

- ・ ポスター賞 (金賞)  
(資源・素材学会東北支部春季大会, 2015年6月17日; 沼倉(M2)) (Photo 2)
- ・ Best Presentation Award  
(39th GRC Annual Meeting, 2015年9月23日; 沼倉(M2))
- ・ 学生ベストプレゼンテーション賞  
(日本地熱学会平成27年学術講演会, 2015年10月23日; 沼倉(M2))

## 学会等での講演

- ・ Water Dynamics 12 (2015年3月@仙台; 坂口)
- ・ 平成27年度 資源・素材学会春季大会  
(2015年3月@津田沼; 修士学生2名、学部生1名)
- ・ ISRM 2015 Congress (2015年5月@モントリオール (カナダ); 坂口)
- ・ 地球惑星連合大会 2015 (2015年5月@幕張; 修士学生1名)
- ・ 資源・素材学会 東北支部春季大会 (2015年6月@仙台; 修士学生2名)
- ・ 39th GRC Annual Meeting (2015年9月@リノ (アメリカ); 修士学生1名)
- ・ 日本地熱学会 平成27年学術講演会 (2015年10月@別府; 修士学生3名)
- ・ 資源・素材学会 東北支部若手の会 (2015年11月@仙台; 修士学生1名)
- ・ 資源・素材学会 東北支部秋季大会 (2015年11月@仙台; 修士学生1名)

## その他のトピック

- ・ みやぎ県民大学 講師 (2015年10月28日; 坂口)

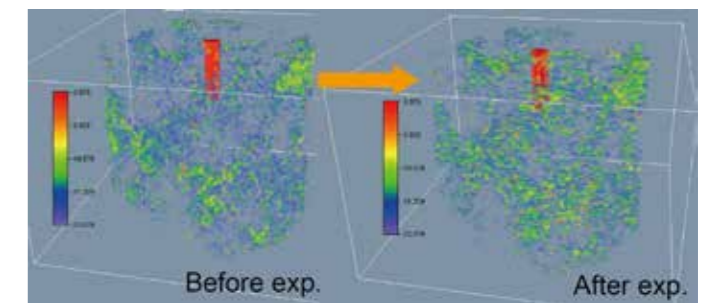


Fig.4 Permeability distribution before and after the hydraulic fracturing test.

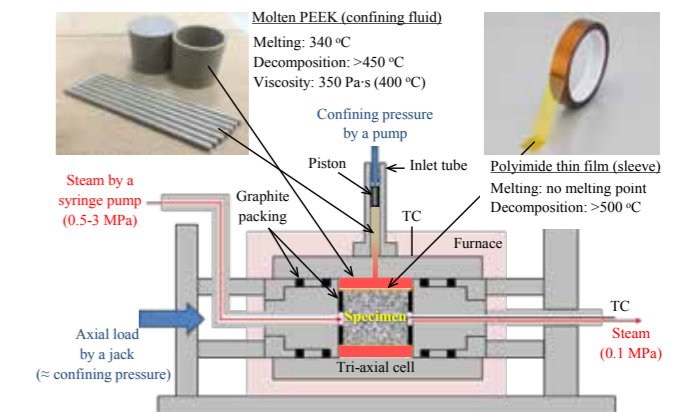


Fig.5 Schematic diagram of experimental system under high temperature and high pressure