

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

In 2016, our research activities are as follows:

- 1) To examine the change in in-situ stress between before and after the 2011 Tohoku-oki earthquake, we performed stress measurements after the earthquake in the Kamaishi mine, located near the northern termination of the mainshock rupture. The in-situ stress measurement period was from 1991 to 2016.
- 2) To clarify the fracturing characteristics of granite in a ductile region, we stimulated granite specimens with water under brittle or ductile conditions and then observed cracks and measured permeability.
- 3) To clarify the slip characteristics of an artificial crack of granite sample in brittle-ductile condition, we performed slip experiments with increasing pore pressure under confining pressure at 350°C-400°C.

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

2011年3月11日に発生したMw9.0の東北地方太平洋沖地震(以下、東北地震)によって、東北地方は水平方向と上下方向(沈下方向)に数メートルの地殻変動を履歴した。このような大きな地殻変動は、浅所(地表下数百m)地殻応力場にも大きな影響を及ぼしている。本研究では、東北地震前後の浅所地殻応力場の経年履歴を明らかにするため、岩手県釜石鉱山において地圧測定を繰り返してきた。今年度は、東北地震発生後の20年前から発生後5年目までの地圧の経年履歴について検討した。東北地震前後の主応力値には大きな違いが見られる。東北地震後1年目に主応力値は地震前に比べて大きく増加しているが、経年とともに地震前の値に近づいている(Fig.1)。Fig.2はYagi and Fukuhata (2011)による東北地震における5m以上のすべりの分布のコンター図にYe et al. (2012)に倣って三陸沖低地震滑活動域(SLSR)を重ねたものである。東北地震による滑りが小さな領域(5m未満の滑り)は釜石沖にコの字型に分布している。また、

この領域はSLSRに含まれている。釜石地域は東北地震の滑り域の西側外縁に位置しているが、釜石沖のコの字型の領域で滑りが止まったと推察される。Fig.3は、釜石沖で発生した地震の規模の経年変化を示している(Ariyoshi et al. 2014)。同図より、東北地震前は、約5.5年おきに釜石沖で地震が発生しており、その規模はM=4.7~5.1であった。しかしながら、東北地震の後数か月間はこれらの地震の発生間隔は短くなり(地震数の増加)、その規模は大きくなっている。さらに時間が経過すると、地震の発生間隔は次第に長くなり(地震数の減少)、その規模も東北地震前とほぼ同規模に戻っている。これらの事実から以下のようなことが推察された。「東北地震後1年目の応力値の増大の原因は、釜石沖の滑り挙動(滑りが止まった)に依るものである。こうして地殻応力が増加した結果、釜石沖での地震が増加した。頻発して発生した地震により地殻応力が解放され、釜石鉱山における東北地震後1年目以降の応力値は減少した。結果として、地震の数が減少した。」この推察は、釜石鉱山における地圧の経年変化の理由を完全に説明している訳ではないが、巨大地震と浅所地殻応力の関係を説明できる可能性を示唆している。

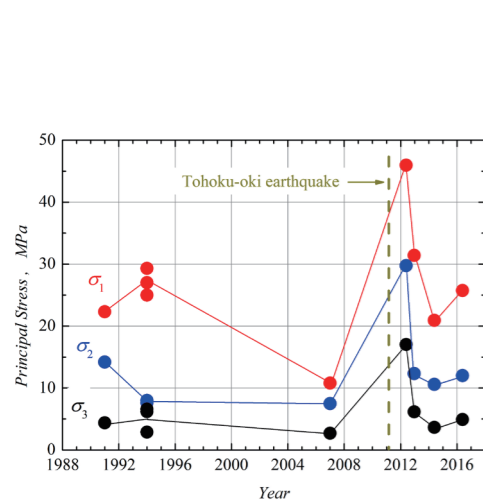


Fig.1 The annual trend for the magnitudes of the principal stress.

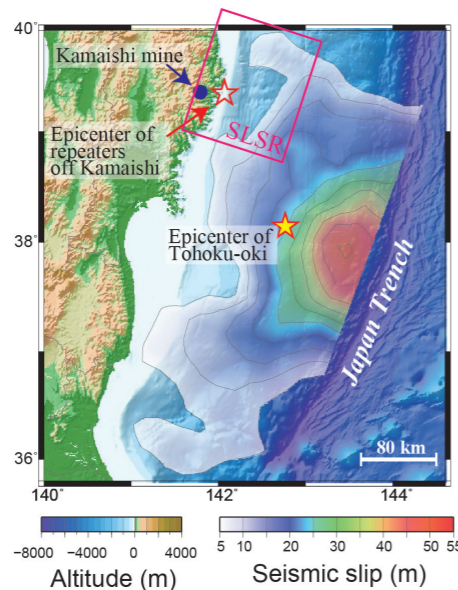


Fig.2 The total slip distribution of larger than 5 m of the 2011 Tohoku-oki earthquake from Yagi and Fukuhata (2011).

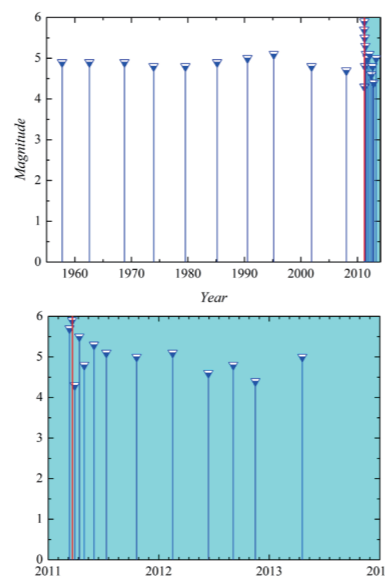


Fig.3 Magnitude-time plot for the off Kamaishi region (Up) with close-up in the sky-blue-colored time window (Down), from Ariyoshi et al. (2014).



Our laboratory members.



Scholarship winner!

水圧刺激き裂に及ぼす温度、 圧力および刺激流体の影響

既存の地熱貯留槽よりも深い領域での地熱エネルギー開発においては、貯留槽となる岩体は力学的に延性の性質(ここでは延性岩体と呼ぶ)を示すようになる。このような延性岩体に地熱貯留槽を創成する方法としては幾つかの方法が提案されているが、本研究では、水圧刺激によって延性岩体を部分的に破壊(き裂を生成)する方法に着目し、高温(450°C)・高圧(30 MPa)環境下において岩石に水圧刺激を与え、形成されるき裂の観察および透水性評価を行い、提案する方法の有効性について検討を行った。その結果、室温~450°Cの条件では、水圧刺激によって生成されるき裂の形態(一枚き裂、連続き裂、クラウドき裂)が異なることが明らかとなった。これは、対象とする岩石の初期浸透率および刺激流体の粘度の影響を受けた(Fig. 4)。我々が地熱エネルギー開発に都合の良いと考えているクラウドき裂は、温度450°Cの領域においても生成可能であり、延性岩体での地熱開発の実現可能性を示唆することができた。

脆性(弾性)領域から延性(塑性)領域における 岩石き裂のすべり特性と透水性

岩石の力学的特性に関して、その脆性-延性遷移温度(350°C~400°C程度)またはそれ以上の温度環境下における新しい地熱開発においては、既存の地熱開発に比較して困難も多くあるものの、より有利な特徴も指摘されている。その一つに、開発に伴う誘発地震の低減が挙げられる。この理由の一つとして、地震は岩石(岩体)の破壊現象、き裂(断層)の滑り現象であるが、延性岩体中に存在するき裂のすべり挙動は、非地震性すべりになる可能性が考えられることが挙げられる。本研究では、人工の一枚き裂を有する花崗岩供試体(Fig. 5)に対して、弾性挙動条件下(350°C)および塑性挙動条件下(400°C)

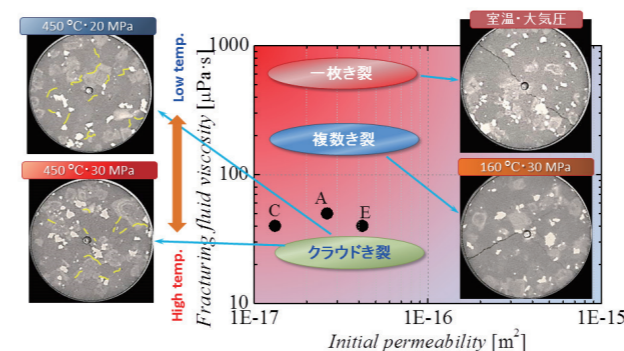


Fig.4 Relationship between fracture type with temperature condition.

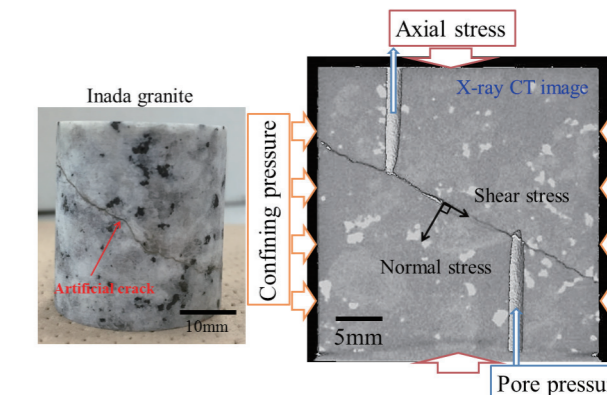


Fig.5 Granite specimen for slip experiment.

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)
- ・共同研究等:応用地質(株)、3D地科学研究所、立命館大学

受賞

- ・ポスター賞(銅賞)(資源・素材学会東北支部春季大会、2016年7月7日;江川(M2))
- ・Scholarship Winner (9th Asian Rock Mechanics Symposium、2016年10月18日~20日;江川(M2))(Photo.2)

学会等での講演

- ・Water Dynamics 13 (2016年3月@仙台;博士学生1名)
- ・平成28年度 資源・素材学会春季大会 (2016年3月@東京大学;修士学生3名)
- ・7th Int. Symp. on In-Situ Rock Stress (2016年5月@タンペレ(フィンランド);坂口)
- ・日本地球惑星連合大会 2016 (2016年5月@幕張メッセ;博士学生1名)
- ・資源・素材学会 東北支部春季大会 (2016年7月@仙台;博士学生1名, 修士学生1名)
- ・第51回地盤工学研究発表会 (2016年9月@岡山;坂口)
- ・資源・素材 2016 (盛岡) (2016年9月@盛岡;修士学生1名)
- ・9th Asian Rock Mechanics Symposium (2016年10月@バリ(インドネシア);修士学生1名)
- ・日本地熱学会郡山大会 (2016年10月@郡山;博士学生1名)
- ・資源・素材学会 東北支部若手の会 (2016年10月@仙北市;修士学生1名)

その他のトピック

- ・子育てサポーター養成講座 講師 (2016年6月29日;坂口)