

B会場 | 一般セッション：S12. 岩石実験・地殻応力

2019年9月18日(水) 14:30 ~ 15:15 | B会場 国際科学イノベーション棟シンポジウムホール

[S12]PM-1

座長:古本 宗充(東濃地震科学研究所)、小村 健太郎(防災科学技術研究所)

14:30 ~ 14:45

[S12-01] 防災科研地震観測井コアへのコア変形法の適用－原位置地殻応力値推定の試み－

*小村 健太郎¹、林 為人²、伊藤 高敏³、船戸 明雄⁴ (1. 防災科学技術研究所、2. 京都大学大学院工学研究科、3. 東北大学流体科学研究所、4. 深田地質研究所)

14:45 ~ 15:00

[S12-02] 火山砕屑性堆積物の摩擦特性とその微細構造の変化との関係

*福家 朱莉¹、廣野 哲朗¹、金木 俊也² (1. 大阪大学・理、2. 京都大学・防災研)

15:00 ~ 15:15

[S12-03] 断層摩擦発熱指標としての炭質物熱熟成反応における繰り返し地震イベントの影響

*島村 優太郎¹、廣野 哲朗¹ (1. 大阪大学)

防災科研地震観測井コアへのコア変形法の適用－原位置地殻応力値推定の試み－

Applications of DCDA method to rock core samples from NIED seismic observation wells -Attempt for in-situ crustal stress measurement-

*小村 健太郎¹、林 為人²、伊藤 高敏³、船戸 明雄⁴

*kentarō Omura¹, Weiren Lin², Takatoshi Ito³, Akio Funato⁴

1. 防災科学技術研究所、2. 京都大学大学院工学研究科、3. 東北大学流体科学研究所、4. 深田地質研究所

1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Graduate School of Engineering, Kyoto University, 3. Institute of Fluid Science, Tohoku University, 4. Fukada Geological Institute

地震発生過程やテクトニック変動を理解する上で、重要な物理量である地殻の原位置の絶対応力に関するデータは、陸域においても、地震観測や地殻変動観測データに比べて乏しい状況にある。主要な原位置地殻応力測定手法では、掘削と特殊な孔内計測が必要で、広域にわたる系統的な測定が難しいという要因がある。本研究では、掘削で採取された岩石コアの計測から原位置地殻応力値を推定する方法である「コア変形法(DCDA法, Diametrical Core Deformation Analysis法)」を既存の岩石コアに適用して、原位置地殻応力を推定することを試みた。コア変形法は、掘削孔内で特殊な計測をする必要がなく、既存の岩石コアに適用できることから、例として足尾で採取された深部岩石コアに適用することで、原位置地殻応力データの得られることが示された(小村他, 2018年地震学会秋季大会S11-03)。コア変形法では、コア周にそった形状を計測するとともに、応力値の推定には岩石の弾性定数が、応力方位の推定には岩石コアの方位づけが必要である。

今回、防災科研の7地点のHi-net観測井で深度が100m～200m(1地点だけ2000m)から採取した硬岩の岩石コアを利用した。無定方位の岩石コアのため、応力方位の推定はできなかった。Funato and Ito (2017, IJRMMS)で設計された装置でコア外周にそった直径を測定した。測定された岩石コアは、採取後、10年以上経過したものではあるが、外周にそって直径がサインカーブ状に変化した。これは、岩石コア断面が応力開放にともない楕円状に弾性変形していることが推測され、コア変形法の適用可能性がみられた。一方で、堆積岩コアのように、明確に層理面がある場合には、層理面に相対した楕円状の断面形状が計測され、岩石コアの性状を考慮する必要があることがわかった。地殻応力値を推定するため、コア岩石の弾性定数は、直接岩石試験によるデータがないため、同じ掘削井で実施されたPS検層による地盤のP波速度、S波速度から、密度を仮定して計算される弾性定数を適用することを試みた。定性的には既存観測井岩石コアにコア変形法を適用して、広域的に原位置地殻応力を推定できる見込みがあることが示された。

火山砕屑性堆積物の摩擦特性とその微細構造の変化との関係

Correlation of frictional property on volcanoclastic sediment with changes in its mineral assemblage and microstructure

*福家 朱莉¹、廣野 哲朗¹、金木 俊也²

*Akari Fuke¹, Tetsuro Hirono¹, Shunya Kaneki²

1. 大阪大学・理、2. 京都大学・防災研

1. Science, Osaka University, 2. DPRI, Kyoto University

先行研究において、主要岩石及び鉱物の摩擦係数は、1 nm/sの低すべり速度から1 m/sの高すべり速度まで、広いすべり速度範囲で系統的に調べられてきた (Di Toro et al., 2011). 多くの岩石の最大摩擦係数は、Byerlee則にならい0.6-0.85の間に収まるが、0.1 m/s以上の高速域での定常摩擦係数は0.1-0.4程度にまで低下する。このような高速域での断層の動的弱化は、地震時における応力降下量を増加させ、地震時のモーメントマグニチュードの増大に繋がることから、非常に重要な現象である。

断層の動的弱化機構については、サーマルプレシャライゼーションやシリカゲル潤滑などの様々なメカニズムが先行研究により提案されている (例えばSibson, 1973; Goldsby and Tullis, 2002)。しかし、これらの弱化メカニズムも含め、断層岩の摩擦係数及び動的弱化機構が作用した場合の寄与の程度は、厳密な意味では断層岩を構成する鉱物種に依存すると考えられる。例えば、タルクやスメクタイトなどの層状ケイ酸塩鉱物は、動的弱化を伴わない低速域においても、Byerlee則から外れた低い摩擦係数を示すことが室内摩擦実験から報告されている (Moore and Lockner, 2004)。同様に、日本海溝のように層状ケイ酸塩鉱物を含む天然の断層から採取した試料においても、顕著に低い摩擦係数を示すことが確認されている (Remitti et al., 2015)。

さらに、前述のような弱い鉱物だけでなく、断層滑りによって生成された非晶質物質が水和したのも、摩擦強度の低下をもたらすと考えられている (Nakamura et al., 2012)。また、回転摩擦実験においても、非晶質ナノシリカの形成に起因した動的弱化が確認されている (Rowe et al., 2019)。このような非晶質物質は、火山ガラスとして火山灰に多く含まれており、一部の地層群において火山砕屑性堆積物を形成しているが、火山砕屑性堆積物の摩擦特性は未だ不明となっている。

そこで本研究では、非晶質物質 (火山ガラス) の影響を考慮することによって、火山砕屑性堆積物の摩擦特性及びその微小構造の変化との依存性を調べた。過去の房総沖プレート境界断層の天然試料について0.0002-1.0 m/sの速度領域で摩擦実験を行った。その結果、乾燥条件では、0.1 m/s以下の速度領域において定常摩擦係数が0.48-0.65という値を示していたが、1.0 m/sにおいて0.16-0.21にまで弱化した。一方、湿潤条件では、0.001 m/s以下の速度領域において定常摩擦係数が0.44-0.65という値を示していたが、0.1 m/s以上の速度領域において0.14-0.30にまで弱化した。乾燥状態の結果は、従来までの他の主要鉱物を用いた実験結果の傾向に準拠しているが、湿潤状態において0.01 m/sで弱化するという結果は、極めて特異である。

これらの剪断摩擦実験前後試料についてX線粉末回折を行った結果、スペクトルから非晶質物質の存在を示す $2\theta=20-30^\circ$ のハローピークの存在が確認された。また、XRDプロファイルからRockJockソフトを用いて鉱物組成定量解析を行った結果、母岩には、どの鉱物にも分類されない鉱物 (Unfitted component) が 50.0 ± 2.0 wt.%含まれていることが明らかになった。これは火山ガラスに由来するものと考えられる。摩擦実験後の試料では、Unfitted componentが5.0-18.0 wt.%増加しており、低速滑りであるほどその増加量は大きかった。また、湿潤状態よりも乾燥状態における増加量の方が大きかった。次に、剪断摩擦実験前後の試料について薄片を作成し、微小構造観察を行ったところ、摩擦係数の低下に伴いY面の形成が確認され、高速すべりはせん断応力の局所集中を引き起こすことが明らかになった。このすべり速度と応力集中の関係は、水和した火山ガラスの存在により、他の鉱物と比較してより低速域にシフトしている可能性がある。

以上、火山性砕屑物では火山ガラスの水和や摩耗による強度低下が起こっている可能性を示唆し、これは、火山性弧に位置するプレート沈み込み断層での地震時の破壊伝播及びそのすべり挙動に影響を与えているかもしれない。

断層摩擦発熱指標としての炭質物熱熟成反応における繰り返し地震イベントの影響

Experimental investigation of cumulative effect on thermal maturation of carbonaceous material as a proxy for earthquake slip

*島村 優太郎¹、廣野 哲朗¹

*Yutaro Shimamura¹, Tetsuro Hirono¹

1. 大阪大学

1. Osaka University

地震発生時に断層で開放されるエネルギーの大部分が熱であり(Chester et al.2005)、この摩擦熱が断層弱化メカニズムや地震のエネルギー収支に直接関係している。そのため、断層に記録されている摩擦熱の検出は、これらの理解において極めて重要である。摩擦熱の検出手法の1つとして、炭質物の熱熟成に伴う有機化学的特性の変化が注目を集めている。これまでに、赤外分光法・ラマン分光法(Hirono et al.2015; Kaneki et al.2016,2018)や質量分析法(Savage et al.,2014)元素組成分析(Kaneki et al.2016)、ビトリナイト反射率測定(Sakaguchi et al.2011)などを使用することによる様々なアプローチが行われてきた。しかし、摩擦熱のより定量的に推定するためには、剪断により促進されるメカノケミカル効果のみならず、繰り返し加熱を考慮した化学反応速度論を検討する必要がある。地震イベントは、地質学的タイムスケールでは何度も繰り返すため、断層における多数の加熱イベントが断層に含まれる炭質物の熱熟成反応に与える影響ははまだ未解決である。そこで、本研究では炭質物の熱熟成反応における繰り返し加熱の影響の解明を目的とし、複数の地震イベントを模擬した室内実験および実験前後試料の分光分析を実施した。

研究手法として、まず瀝青炭と無煙炭の炭質物2種類をそれぞれガラス管に真空封入、そのガラス管を管状電気炉の中に挿入し、100, 300, 500, 600, 700, 900,1100, 1300°Cの温度で40秒間、繰り返し地震イベントを模擬して、10, 100回の加熱を行なった。また、瀝青炭のみ上記の実験に加え、500°Cにおける8,16時間加熱を、600°Cにおける8時間加熱を行なった。その後、実験前後試料において、赤外分光分析およびラマン分光分析を行なった。

結果、各温度において赤外・ラマン両分光分析ともに加熱回数による熱熟成度の有意な差は認められなかった。但し、500°Cにおける長時間加熱では脂肪族CH鎖の吸収帯が8時間では消失せず、16時間でようやく消失することが確認できた。地震時の短いタイムスケールの滑り事象では何度繰り返しても化学反応速度的制約より熱熟成が促進されることはない結論づけることが出来る。すなわち、断層に保存されている炭質物の最高到達温度は、かつてその断層が履歴した最大規模の地震イベントを示していると言える。