

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)	氏名	澤 井 み ち 代
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 ①・② 項該当		
論文題目			
<p>Frictional properties of materials along subduction plate boundaries and implications for the 2011 Tohoku-oki earthquake</p> <p>(沈み込み帯プレート境界物質の摩擦特性：東北地方太平洋沖地震発生機構の解明に向けて)</p>			
論文審査担当者			
主 査	客員准教授	廣瀬 丈洋 (附属理学融合教育研究センター)	
審査委員	教 授	須田 直樹	
審査委員	教 授	関根 利守	
審査委員	教 授	日高 洋	
審査委員	教 授	片山 郁夫	
〔論文審査の要旨〕			
<p>2011年3月11日、Mw9という日本観測史上最大規模の東北地方太平洋沖地震（以下、東北地震）が発生し、甚大な被害をもたらした。また、東北地震に先行して東北日本でスロー地震が発生したことが捉えられている。このように、東北沖の沈み込み帯では、Mw 7～8の巨大地震が起こる領域と非地震性すべりが起こる領域が混在していると考えられている。本研究では、東北沖で発生するこのような多様な地震の発生機構を理解するために、当地域の沈み込みプレート境界に存在すると予想される岩石の低速～高速すべり摩擦特性を調べた。摩擦実験は、東北地震時に発生したプレート境界浅部の約 50 m に達する大きなすべりを再現する高速摩擦実験と、地震発生初期の高温・高圧下における深部プレート境界断層運動を再現する低速摩擦実験をおこなった。実験には、プレート境界浅部を構成する物質として海洋底掘削によって採取された粘土鉱物に富む堆積物を、プレート境界深部を構成する岩石として藍閃石片岩を用いた。下記に主な 3 つの研究結果を示す。</p> <p>東北地震では、大きくはすべらないと考えられていたプレート境界浅部で約 50 m に達する大規模なすべりが発生し、この大きなすべりが巨大津波を引き起こした。本研究では、海洋底掘削によって太平洋プレート上から採取された遠洋性堆積物 (DSDP, Leg 56, Site 436, Core 38 and 40) を用いて、この巨大すべりを再現する高速摩擦実験をおこなった。実験に用いた堆積物は、2012 年東北地方太平洋沖地震調査掘削 (JFAST) で採取された東北沖プレート境界物質に酷似しており、将来プレート境界を構成する物質であるといえる。実験には高知コア研究所の回転式高速摩擦試験機を用いて、150 μm/s～1 m/s の速度下でおこなった。その結果、摩擦係数が幅広い速度領域で 0.2 以下と極めて小さいこと、さらに地震性高速すべり時の破壊エネルギーは他の断層物質と比較して数桁小さいことがはじめて明らかになった。この結果は、浅部プレート境界に沿って破壊すべりが進展しやすいことを示唆しており、このような摩擦特性によってプレート境界浅部で大きな断層すべりが起こったと考えられる。</p>			

東北日本では深さ 20 km 以下のプレート境界浅～中部領域においてスロー地震が起こっており、その震源が東北地震発生域と一部重なることから、海溝型巨大地震との関係も含め注目されている。本研究では、浅～中部プレート境界断層の性質を理解するため、JFAST 掘削によって採取されたプレート境界物質を用いて、この物質の摩擦特性が温度上昇とともにどのように変化していくのかを調べた。実験にはオランダ・ユトレヒト大学設置の回転式剪断試験機を使用し、有効圧 50 MPa、間隙水圧 50 MPa、温度 20～200℃、すべり速度 0.3～100 $\mu\text{m/s}$ の条件で、断層すべりの安定性を示すパラメータ (a-b) の温度・すべり速度依存性を調べた。その結果、20～50℃の温度条件では、すべり速度が上昇するにつれて (a-b) が負から正へと増えていき、100～200℃では、正から負に減少する傾向が認められた。また、50～100℃の温度条件でのみ (a-b) が 0 に近い負の値をとり、150℃以上では (a-b) が正となることがわかった。スロー地震は、(a-b) が負でかつ小さな値をとるような条件で発生しやすい。実験の結果、このよう条件が 50-100℃の温度であらわれることがわかった。東北沖沈み込み帯の温度構造から、スロー地震の下限はおよそ 150℃だと考えられており、本実験結果はこの観測結果とよい一致を示している。

東北沖沈み込み帯で発生する多様な地震の発生機構を理解するためには、深部の高圧・熱水条件下でプレート境界断層の摩擦特性を調べる必要がある。そこで本研究では、低温・高圧型沈み込み帯の地震発生域に広く分布すると考えられる藍閃石片岩の粉砕物を用いて、有効圧 25～200 MPa、間隙水圧 25～200 MPa、温度 22～400℃、0.1～100 $\mu\text{m/s}$ のすべり速度条件下で摩擦実験をおこなった。実験にはユトレヒト大学の回転式剪断試験機を使用し、特に、摩擦の速度依存性パラメータ (a-b) の有効圧依存性と温度依存性に着目して実験をおこなった。実験の結果、藍閃石片岩は温度 100～300℃の間では摩擦の速度依存性パラメータ (a-b) が負となり、200℃で最低値をとり、地震を引き起こすポテンシャルを持つことが明らかになった。東北地震の震源域温度が約 160℃程度と推測されていることから、藍閃石片岩の摩擦特性は震源核形成に起因しうると考えられる。また、(a-b) が正の温度条件においても、有効圧が小さくなるにつれて (a-b) が負に遷移する傾向が確認された。従来、(a-b) は温度圧力が一定であれば、定数として扱われてきたが、間隙水圧によっても変化することがはじめてわかった。またこの結果は、間隙水圧が上昇すると、(a-b) が正から負に変化する点でスロー地震が発生する条件が現れることを示唆しており、東北地震に先行して発生したスロー地震も間隙水圧の上昇に起因するかもしれない。東北沈み込み帯のプレート境界浅部の遠洋性堆積物と深部の藍閃石片岩の摩擦特性から、プレート境界浅～深部の摩擦特性を推定すると、高間隙水圧条件下における摩擦特性分布を考えることによって、2011 年のスロー地震および東北地震の分布をうまく説明できることがわかった。

以上、審査の結果、本論文の著者は博士（理学）の学位を授与される十分な資格があるものと認める。

公表論文

- (1) Michiyo Sawai, Takehiro Hirose and Jun Kameda (2014), Frictional properties of incoming pelagic sediments at the Japan Trench: implications for large slip at a shallow plate boundary during the 2011 Tohoku earthquake. *Earth, Planets and Space*, 66(1), 1-8.
- (2) Michiyo Sawai, Ikuo Katayama, Arisa Hamada, Makoto Maeda and Satoru Nakashima (2013), Dehydration kinetics of antigorite using in situ high-temperature infrared microspectroscopy. *Physics and Chemistry of Minerals*, 40, 319–330.
- (3) Michiyo Sawai, Toshihiko Shimamoto and Tetsuhiro Togo (2012), Reduction in BET surface area of Nojima fault gouge with seismic slip and its implication for the fracture energy of earthquakes. *Journal of Structural Geology*, 38, 117-138.