

# 学位論文要旨

## Frictional properties of materials along subduction plate boundaries and implications for the 2011 Tohoku-oki earthquake

(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)

氏名 澤井 みち代

2011年3月11日に東北地方太平洋沖地震 (Mw 9.0) (以下, 東北地震) が発生し, 甚大な被害をもたらした. さらに, 東北地震前に東北日本で 20 km より浅部においてスロー地震が発生したことが報告されている (Kato et al., 2012; Ito et al., 2013). このように, 東北沖の沈み込み帯では, Mw 7~8 の地震をおこすアスペリティと呼ばれる領域と非地震性すべりをおこる領域が混在していると考えられている. そこで本博士論文研究では, 東北沖ではなぜこのように多様な地震活動がおこるのかを理解するために, 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. 実験には, 沈み込み帯浅部を代表する物質として掘削コアで得られた粘土鉱物に富む堆積物を, 深部に存在する岩石として低温・高圧下で形成された藍閃石片岩を用いた. 東北地震では浅部プレート境界にて約 50 m に達する大きな変位がおこっており, 高速摩擦実験は浅部プレート境界の地震時のすべり運動を再現するためにおこなった. また, 地震発生初期の深部プレート境界断層運動を再現する低速摩擦実験は, 東北沖の多様な地震活動を理解することを目的として, 深部の高圧・熱水条件下でおこなった. 下記に主な3つの研究結果を示す.

### 1. 日本海溝に沈み込む遠洋性堆積物の地震時摩擦特性とプレート境界浅部の巨大すべり

東北沖地震では, 大きくはすべらないと考えられていた海溝軸付近で約 50 m に達する大規模なすべりが発生し (例えば Fujiwara et al., 2011), 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, 太平洋プレート上の2種類の遠洋性堆積物 (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. 用いた堆積物は, 2012年東北地方太平洋沖地震調査掘削 (JFAST) で報告された東北沖プレート境界物質に類似しており, 将来プレート境界を構成する物質であるといえる. 実験は高知コア研究所の回転式高速摩擦試験機を使用して, 150  $\mu\text{m}$ ~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初めて明らかになった. このように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が, 大きな断層変位がおこった理由と考えられる. また得られた摩擦係数は, JFAST でおこなわれた摩擦熱を検出する温度測定から見積もられた摩擦係数 (0.08; Fulton et al., 2013) とよく一致する.

## 2. 東北沖プレート境界断層の摩擦特性とスロー地震

東北日本では深さ 20 km 以下の浅い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の大きなすべり域をはじめ、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。東北地震直後に日本海溝でおこなわれた JFAST 航海で強く剪断されたプレート境界物質が回収され、地震時にその近傍がすべった可能性が示唆されている。本研究では、浅部プレート境界断層の性質を理解するため、このプレート境界物質が沈み込み、徐々に温度が上昇していくに従って、摩擦特性がどのように変化するのかを検証した。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°C、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、浅部プレート境界の温度条件 (20-50°C) 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くことがわかった。低温条件下で速度が上がるにつれ安定的な挙動を示そうとするこの傾向は、断層すべりが徐々に速度を増しながら伝播する際のバリアになり、それがスロー地震上限になりうる可能性を示唆する。また、スロー地震は、( $a-b$ ) が非常に 0 に近い負の領域で起こると考えられている。実験の結果、50-100°C の温度条件で ( $a-b$ ) が 0 に近い負の値をとることが明らかになり、150°C 以上では安定的な挙動 ( $a-b > 0$ ) を示した。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°C 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。

## 3. 東北地震震源域に分布すると考えられる藍閃石片岩の低速摩擦挙動と地震発生及びスロー地震]

東北沖沈み込み帯で発生する多様な地震活動と東北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 (断層模擬ガウジ) を用いて、25~200 MPa の有効圧、25~200 MPa の間隙水圧、22~400°C の温度、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た。実験の結果、藍閃石片岩は温度 100-300°C 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°C で最低値)、地震を引き起こす性質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°C 程度と推測されていることから (Kimura et al., 2012)、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。このことは、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いる。東北沈み込み帯のプレート境界浅部の堆積岩、及び深部の藍閃石片岩の摩擦特性 (上記 2 & 3) からプレート境界全体を捉えると、低有効応力 (高間隙水圧) 条件下の摩擦特性分布を考えることによって、現在の東北日本前弧域で発生するスロー地震の分布をうまく説明できることがわかった。