

Speaker : 堤 昭人 (理学研究科 地質学鉱物学教室)

Title : 付加体の物質科学と沈み込み帯浅部地震

Report 作成者 : 井上結貴 (理学研究科地球惑星科学専攻地質学鉱物学分野 M1)

最近、沈み込み帯の極浅い領域で発生する低周波の地震が報告され学会関係者の注目を集めている (Ito and Obara, 2006). 興味深い点は、これらの地震の震源が南海トラフで現在形成されつつある付加体内部に同定されていること、及びこれらの地震の原因となった断層運動が逆断層型であるらしいということである。一方で、近年の反射地震波探査によって南海トラフではプレート境界や付加体内部の構造が鮮明に描き出されるようになった (Moore et al, 2007). 変形フロントの陸側には多くのスラストシートが積み重なり、さらに陸側では、積み重なったスラスト帯全体を切るような大きなスラスト帯が発達する。上述の逆断層型地震は、このような付加体内部の断層帯の活動を見ている可能性がある。沈み込み帯地震発生機構の研究における、詳細な地質構造の把握や物質の力学的性質研究といった物質科学の重要性が益々増すところである。ここでは、付加体物質の変形の性質に関してこれまでに明らかになっている事項を紹介し、今後付加体内部での変形プロセスをモデル化する上での課題を述べる。

南海トラフに代表される、プレート間の変形様式は、ごく浅部の非地震性すべり (安定すべり) の領域から地震性すべり (不安定すべり) 領域へと深さ方向に移行する。このプレート間地震領域の上限深さは、付加体物質が深部に持ち込まれる (沈み込む) 過程で、地温勾配に従って温度が上昇し、含水粘土鉱物 (スメクタイト) が脱水を経験する深さにほぼ対応するとすることが知られている (例えば Hyndman et al, 1995). この観測結果に基づいて、安定すべりの性質を示す含水鉱物が、脱水を経験して不安定すべりの性質を示す鉱物に変化することが、地震発生開始のひと

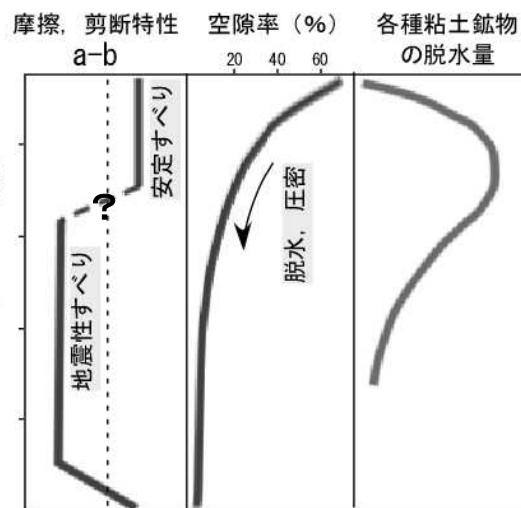


図1. 付加体物質の深さ方向への状態変化とそれにもなうと予想される摩擦, 剪断特性の変化に関する概念図.

つの重要な機構であろうとするモデルがある (Hyndman et al, 1995). Hyndman・他は熱の解析によって、150~350°Cの範囲で地震が発生していることを示した。また、Saffer and Marone (2003) によると、浅部では非地震性すべりであるのに対し深部では地震性すべりに移り変わる理由として、スメクタイトからイライトへの脱水化を挙げている。スメクタイトが150°Cを超えると脱水をおこし、イライトに変成することによって不安定な挙動をとり、これが地震発生の原因であると推定しているのである。この考え方は地震発生開始深さの広域的普遍性を説明しうるモデルとして広く受け入れられてきたが、最近、脱水生成物は必ず

しも不安定すべりの性質を示すわけではないことが明らかにされたことや(Saffer et al, 2001), また, 地震発生域上限深さに相当する温度以外で脱水反応を経験する鉱物の挙動が考慮されていないことなどの点において解決すべき問題が残されている。

断層の力学的挙動に関しては, 上記のような断層物質の物性変化のほかに, 脱水により発生・供給された余剰水の力学的効果を評価することも重要である。すべり時に剪断帯の間隙水圧が上昇し, 全応力(有効応力)の変化が過渡的に発現し, 結果としてこのことが, 摩擦挙動に影響を与えて不安定すべりを引き起こす場合があるからである。剪断帯内部の間隙水圧の変動は, 剪断帯(断層帯)に働く応力の有効成分に影響することから, 変形あるいは反応に伴う間隙水圧変動の情報は極めて重要である。しかしながら, 付加体物質について, 例えば脱水反応後の付加体物質の透水係数や流体貯留係数といった, 変形と間隙圧の過渡的変動の関係(構成則)を記述するために重要な物質の水理的性質に関する実験データはほとんど得られていない。脱水化をおこした時に排出される水に注目している研究例がほとんどないために, 天然の沈み込み帯における変形挙動を実験データに基づいて予測することができるだけのデータが整った段階にはいたっていないのが現状である。

実験室での結果からは, 地震が間欠的にすべる Stick slip 現象であるとされてきた。そして, 速度・状態依存摩擦法則と呼ばれる構成則が提案された。これは断層の強度回復, 定常摩擦の存在, 速度急変時の過渡的摩擦変化などをみごとに記述している。断層の安定性はこの摩擦構成則と, 弾性载荷システムとを組み合わせで解析される。しかしながら, 現在モデル化に利用される岩石摩擦の構成則が, 沈み込み帯の物質について記述された構成則ではないということは問題である。付加体物質の, 沈み込みに伴う脱水, 圧密, 固化, 変形, 組成変化などの過程と(図1), それに伴う断層の摩擦特性変化を調べるにあたっては, 変形前の物質を入手して実験することが必要だと考えられる。「ちきゅう」により掘削された付加体物質等を用いた実験的研究をすすめることで, 断層物質解析—変形実験—理論—断層運動のモデル化につながる総合的研究をすすめることが重要である。

#### 参考文献

- Y. Ito and K. Obara, 2006, Dynamic deformation on the accretionary prism excites very low frequency earthquakes, *Geophysical Research Letters*, 33, doi:10.29/2005GL025270.
- G. F. Moore, N. L. Bangs, A. Taira, S. Kuramoto, E. Pangborn and H. J. Tobin, 2007, Three-dimensional splay fault geometry and implications for Tsunami generation, *Science*, 318, 1128-1131.
- D. M. Saffer, K. M. Frye, C. Marone and K. Mair, 2001, Laboratory results indicating complex and potentially unstable frictional behavior of smectite layer, *Geophysical Research Letters*, 28, 2297-2300.