

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)	氏名	北村 真奈美
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 ①・② 項該当		
論文題目			
Strength and mechanical behavior of the present Nankai accretionary prism (南海付加体の強度と力学挙動)			
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	安東 淳一	
審査委員	教 授	片山 郁夫	
審査委員	教 授	柴田 知之	
審査委員	教 授	須田 直樹	
〔論文審査の要旨〕			
<p>南海付加体の強度と力学挙動は、地震活動をはじめとする南海トラフのダイナミクスを理解する上で重要である。特に力学特性の深度変化を調べることは、地震歪エネルギーの蓄積領域を知る手掛かりとなる。そこで本研究では、国際深海科学掘削計画 (International Ocean Discovery Program, 略称 IODP) の南海トラフ地震発生帯掘削 (NanTroSEIZE) 第 348 次研究航海によって、紀伊半島沖の南海トラフプレート境界断層の上盤側に相当する南海付加体深部 (海底下約 3000m, 以下 mbsf) から、はじめて直接採取されたカッティングス試料およびスポットコア試料を用い、その力学特性を室内実験によって調べることによって、南海トラフ地震の歪エネルギー蓄積領域の素性を明らかにすることを試みた。</p> <p>南海地震震源域を目指す超深度ライザー掘削では時間的な制約から、掘削コア試料は限られた深度でしか採取されないため、コア試料の分析から連続的に深度方向の物理特性を調べることは難しい。しかし、ライザー掘削では泥水循環によって数 mm 程度のカッティングス試料 (岩石片) が連続的に採取される。本研究では、材料工学によく用いられるインデンテーション試験を、数 mm 程度の岩片に適応し、その力学特性を調べる手法を開発した。そしてその手法を用いて、南海付加体深部から採取されたカッティングス試料の深度方向の力学的特性の変化を調べた。以下にそれぞれの主な研究成果を述べる。</p>			
<p><u>(1) インデンテーション試験を用いた岩石の力学特性評価手法の開発</u></p> <p>間隙率の異なる 4 つの岩石試料 (間隙率 < 20%) についてインデンテーション試験と一軸圧縮実験をおこない、それぞれから得られるヤング率と圧縮強度を調べた。いずれの試験から得られるヤング率及び圧縮強度も、間隙率が減少するにしたがい増加する傾向が認められた。また、一軸圧縮実験から求めたヤング率 (E_{uni}) はインデンテーション試験から得られるヤング率 (E_{ind}) より大きな値を示し、間隙率 10% 以下の岩石ではその差がより顕著になることがわかった (指数関数的相関)。さらに、間隙率 20% 以下の岩石では、一軸圧縮強度 (C_0) はインデンテーション強度 (C_i) の約 1/2 の値を示すことがわかった (線形的相関)。2 つの実験手法による物性値の差は、圧子周辺の空隙崩壊に起因する非弾性的な</p>			

変形量，及び主応力に直行する方向への変形量の違いがもたらしている可能性が考えられる．なお，インデンテーション試験は一軸圧縮実験よりも，小さな試験試料から短時間で物性を決定できる大きな利点がある．本研究で得られた相関関係式によって，一軸圧縮実験から得られる物性値と同等の値をインデンテーション試験の結果から換算することができるようになった．この成果によって，インデンテーション試験を用いて，より広範囲地域や掘削孔などから迅速かつ数多くの力学特性データを得ることができる道が開かれた．

(2) 南海付加体の強度断面と地震歪蓄積域の推定

南海付加体深部における各試料の岩石強度 ($S_d = \sigma_1 - \sigma_3$) は，逆断層場（最小主応力 $\sigma_3 =$ 上載岩圧 σ_v ）と正断層場（最大主応力 $\sigma_3 = \sigma_v$ ）の2つの応力場について静水圧条件を仮定して決めた．逆断層場における S_d は，975 mbsf から~3000 mbsf へと深くなるにつれて~20 MPa から~70 MPa へと徐々に増加することがわかった．このカッティングス試料から見積もった S_d は，~1000 mbsf 及び~2200 mbsf から得られたコア試料について三軸圧縮変形実験をおこなった結果と一致した．正断層場における S_d は，深度が深くなるにつれて数 MPa から~20 MPa へと増加することがわかった．また航海時の掘削オペレーション（リークオフテスト）から，Site C0002 の3 km 以浅では σ_3 が σ_v より低い値を示し，現在の応力場は正断層場もしくは横ずれ断層場であることが先行研究により報告されている．つまり実際の岩石強度 S_d は，2つ応力場（正断層場と逆断層場）から求めた S_d の間の値を示すと考えられる．この強度推定結果は，掘削時にドリルビットにかかる物性値（掘削パラメータ）から算出された現場の強度と一致した．以上の3種類の異なる手法を用いて求めた南海付加体の強度断面は，バイヤリーの法則（摩擦係数 $\mu = 0.85$ ，乾燥状態）に基づく地殻上部の強度断面に比べて非常に弱い（摩擦係数 0.1~0.4）ことが明らかになった．さらに付加体堆積物は1400-2000 mbsf では粒界すべりによる延性変形から脆性破壊へと遷移し，2000 mbsf 以深では脆性的な挙動を示す物質が存在することがわかった．つまり南海トラフ地震の歪エネルギーは2000 mbsf 以下で蓄積されていると考えられる．

このように，南海付加体深部から直接採取されたカッティングス試料およびスポットコア試料の物性を室内実験によって調べることににより，プレート境界断層付近における応力などの力学的環境を推定することに成功した．これら一連の研究は，沈み込みプレート境界で発生する地震の素過程の解明に寄与するものであり，地震発生プロセスの理解に重要な貢献をしたといえる．

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) Kitamura, M., Mukoyoshi, H., Fulton, P.M., and Hirose, T. 2012. Coal maturation by frictional heat during rapid fault slip. *Geophysical Research Letter*, 39, L16302.
- 2) 北村真奈美, 向吉秀樹, 廣瀬丈洋 2014. 付加帯内部に発達する断層の変位量と幅との相関関係, *地質学雑誌*, 120, 11-21.