

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 15 日現在

機関番号：82626

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25800283

研究課題名(和文) 延岡衝上断層下盤メランジユの変形機構の解明

研究課題名(英文) Deformation mechanism of the Nobeoka thrust melange

研究代表者

北島 弘子 (Kitajima, Hiroko)

独立行政法人産業技術総合研究所・活断層・火山研究部門・外来研究員

研究者番号：60635796

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：沈み込み帯全体における歪蓄積・開放の収支を解明するために深部付加体である九州四万十帯の力学特性・変形機構を実験的に明らかにした。延岡衝上断層上盤を構成する千枚岩および下盤のメランジユを高温高圧下で変形させた。変形実験の結果、低い有効圧では脆性的に、高い有効圧では延性的に変形することが明らかになった。さらには千枚岩の方がメランジユより高い強度を持ち、延岡衝上断層をはさんで強度に差があることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：I experimentally studied mechanical properties and deformation mechanism on an accretionary prism, the Shimanto Belt in Kyushu island, to understand the strain accommodation and release in the subduction system. I conducted triaxial deformation experiments on both phyllite from hanging wall and melange from footwall of the Nobeoka thrust fault, and found that the samples deform brittle at lower effective pressure and ductile at higher effective pressure. I observed a difference in strength across the Nobeoka thrust fault; the phyllite is slightly stronger than the melange.

研究分野：岩石力学

キーワード：メランジユ 付加体 変形実験 延岡衝上断層

1. 研究開始当初の背景

津波を伴う海溝型巨大地震は主にプレート境界断層で起きる。沈み込み帯での海溝型地震の発生機構を理解するうえで、多くの研究がプレート境界断層の摩擦挙動に焦点を絞ってきた。しかしながら、沈み込み帯での変形は断層だけにとどまらず断層外でも多様な変形が起きるため、沈み込み帯システム全体での変形をつかむことが海溝型地震の発生機構を理解するうえでは必要不可欠である。

海洋プレートの沈み込みに伴ってプレート境界に蓄積される歪は、断層で発生する地震により開放される。この歪みの蓄積・開放の繰り返しがいわゆる地震サイクルであるが、沈み込み帯全体における歪の蓄積と開放は断層だけではなく岩体全体においても賄われている。しかし、現在の弾性モデルに基づいた地震予測手法は断層以外における歪の蓄積および地震性・非地震性的変形が賄う歪みの開放について全く考慮していない。

特に堆積物は海洋プレートと共に沈み込む際に、間隙率が80%から10%以下に減少するなど急激に圧密・固結が進行し、沈み込み帯での歪の開放の一部を担っている。間隙率の低下や圧密・固化作用の進行は堆積物・堆積岩の変形モード(脆性変形か 延性変形)を大きくコントロールするため、地震発生帯の深度や地震時の破壊領域の決定にも寄与している可能性がある。

沈み込んだ堆積物の一部は、プレート境界断層・分岐断層の活動や底付け作用によって付加体に取り込まれ最終的にメランジュを形成する(図1)。メランジュとは「混合」を意味するフランス語に由来し、その名の通り、砂岩泥岩互層や海洋地殻の玄武岩が混在する。メランジュ中には粒子の流動、粒子の破碎やフ

ラクチャーの発達、面構造の発達、圧力溶解クリーブなど、脆性・塑性両方の変形機構が認められる。また、強度の不均一な混合物質が剪断を受けるため変形の強さも不均一であるがメランジュの力学特性・変形機構に関するデータはほぼ皆無である。

2. 研究の目的

本研究では、深部付加体を構成するメランジュを高温高压下で変形させることにより、プレート境界断層・付加体深部での変形を評価する。また浅部付加体堆積物の変形実験を行った先行研究[Kitajima and Saffer, 2012]と合わせることで、沈み込み帯での変形機構を総合的に明らかにする。

3. 研究の方法

九州四万十帯の力学特性・強度を明らかにするために、延岡衝上断層の上盤を構成する千枚岩および下盤を構成するメランジュを用いて高温高压下での変形実験を行った。実験試料には、風化の影響の少ない延岡衝上断層掘削コア試料を用いた。すべての三軸変形実験はガス圧式高温高压変形実験装置を用いて温度250℃、軸変位速度 0.5 micron/s (ひずみ速度 10^{-5} s^{-1} に相当)で行った。圧力条件としては、(1)有効圧120 MPa (封圧 = 200 MPa, 間隙水圧 = 80 MPa) および (2) 有効圧20 MPa (封圧 = 200 MPa, 間隙水圧 = 180 MPa)を設定した。この二つの圧力条件は、延岡衝上断層が活動したと考えられる地下約8-10 kmでの(1)間隙水圧が静水圧の場合 および(2)間隙水圧が静岩圧に近い場合を再現している。

九州四万十帯は過去の付加体であり、延岡衝上断層の上盤千枚岩および下盤メランジュの間隙率はともに1-2%である。堆積物は沈み込み・付加作用にともない圧密変形をうけ間

隙率を喪失することから、九州四万十帯は南海トラフ沈み込み帯で付加している堆積物の最終形態と考えることができる。そこで、初期間隙率40%の南海トラフ堆積物サンプルを用いた先行研究[Kitajima and Saffer, 2012]の結果と本研究の結果を比較することにより、沈み込み帯においての変形機構を間隙率および圧力の観点から統合的に解析した。

4. 研究成果

<研究の主な成果>

高温高压下での三軸変形実験を行った結果、上盤千枚岩および下盤メランジュはともに

(1) 間隙水圧が静水圧(有効圧 = 120 MPa)の圧力条件では延性的もしくは脆性-延性遷移領域の変形を示すのに対し、(2) 間隙水圧が静岩圧に近い条件(有効圧 = 20 MPa)では脆性的に変形することが明らかになった(図1)。また有効圧 = 20 MPaの脆性変形時には上盤千枚岩が降伏応力 = 75 MPa, 最大ピーク応力 = 100 MPa, 残留強度 = 70 MPaを示すのに対し、下盤メランジュは降伏応力 = 50 MPa, 最大ピーク応力 = 70 MPa, 残留強度 = 65 MPaを示し、延岡衝上断層をはさんで強度に差があることが明らかになった。強度の差は変成度の違いを反映していると考えられる。

堆積岩の変形様式(脆性変形か延性変形か)は圧力および堆積物の初期間隙率に大きく依存する。付加体堆積物においても、圧力が高くなるほど、また間隙率が低くなるほど、延性変形から脆性変形に遷移することが明らかになった(図2)。ただし粘土質付加体堆積物は砂岩や石灰岩などの他の堆積岩に比べると、低い圧力条件で脆性-延性変形が遷移することが明らかになった。

<得られた成果の国内外における位置づけとインパクト>

本研究では過去のプレート境界断層と考えられる延岡衝上断層の上盤千枚岩および下盤メランジュの力学挙動を明らかにした。メランジュの変形機構や強度を実験的に調べた研

究はほぼ皆無であり、沈み込み帯システム全体での歪収支を理解するうえで大変重要な結果と位置付けられる。

特に、粘土質堆積物が沈み込み・付加にともなう圧密変形を受けるなかで変形機構がどのように推移していくのかどうかを示すことができた点も本研究の大きな貢献である。

<今後の展望>

本研究では九州四万十帯の試料を用いたが、四国四万十帯や国外の付加体など他の沈み込み帯において多様な温度・圧力条件で変形したと考えられる岩石の力学特性を調べることで、沈み込み帯における変形機構および歪収支をより系統的に解明できると考えられる。

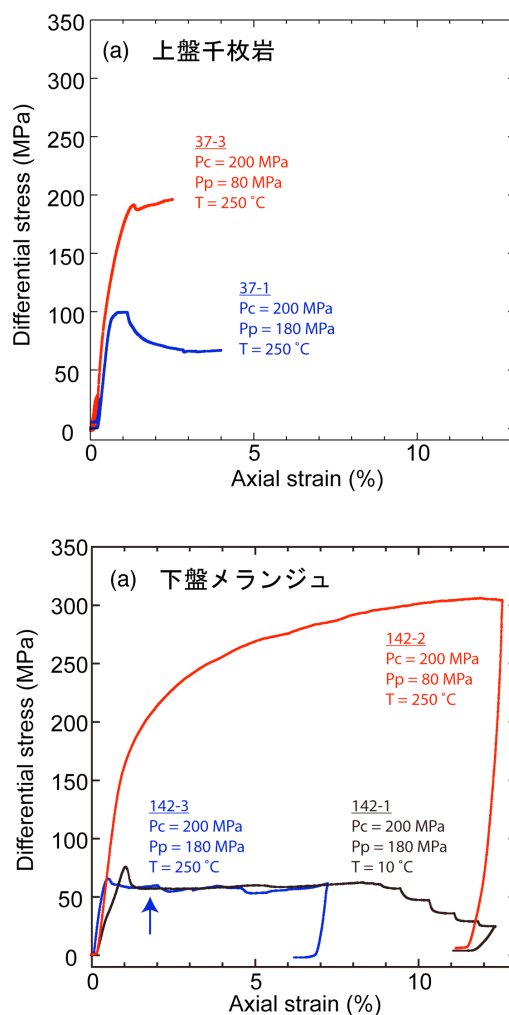


図1. 延岡衝上断層の(a)上盤千枚岩および(b)下盤メランジュの変形実験結果。

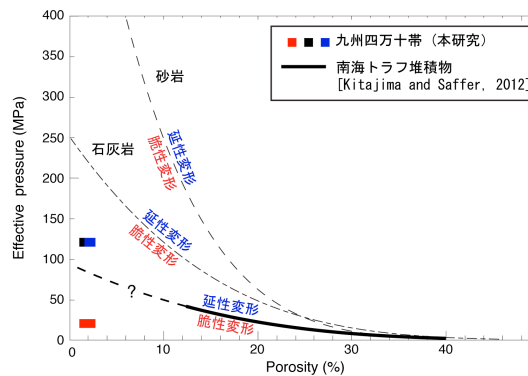


図 2. 南海トラフ付加帯堆積物の脆性-延性遷移領域. 赤色: 脆性変形, 青色: 延性変形, 黒色: 脆性-延性遷移領域を示す.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① Kitajima, H., and D. M. Saffer (2014), Consolidation state of incoming sediments to the Nankai Trough subduction zone: Implications for sediment deformation and properties, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 15, 2821-2839, doi:10.1002/2014GC005360.

[学会発表] (計 2 件)

- ① Kitajima, H., and D. Saffer, Estimation of in-situ stress and strength along the Nankai Trough subduction megathrust, Japan Geoscience Union Meeting 2015, 2015/5/25, 幕張メッセ.

- ② Kitajima, H., and D. Saffer, Quantification of in situ stress and pore pressure in the Nankai subduction zone: Effects of lithology and loading path, 2014 AGU Fall meeting, 2014/12/18, サンフランシスコ (アメリカ).

- ③ Tobin, H., D. Saffer, T. Hirose, D. Castillo, H. Kitajima, and H. Sone (2014), Pore Fluid Pressure and State of Stress

Above the Plate Interface from Observations in a 3 Kilometer Deep Borehole: IODP Site C0002, Nankai Trough Subduction Zone, 2014 AGU Fall meeting, 2014/12/18, サンフランシスコ (アメリカ).

- ④ Kitajima, H., M. Takahashi, G. Kimura, A. Yamaguchi, S. Saito, M. Hamahashi, R. Fukuchi, J. Kameda, Y. Hamada, K. Fujimoto, Y. Hashimoto, Y. Kitamura, S. Hina, and M. Eida, Mechanical properties of foliated cataclasites from the Nobeoka thrust, European Geosciences Union General Assembly, 2014/4/30, ウィーン (オーストリア).

[その他]

産総研研究成果データベース

<http://rrpdb.db.aist.go.jp/RRPDB/system/Koukai.Top>

6. 研究組織

(1)研究代表者

北島 弘子 (KITAJIMA HIROKO)

独立行政法人産業技術総合研究所・活断層・火山研究部門・外来研究員

研究者番号: 60635796