

## 種子島に分布する四万十帯の頁岩の変形に伴う物質移動

北村有迅<sup>1,2</sup>・小濱 賢<sup>3</sup>・村里 晃<sup>3</sup>・長谷川亮太<sup>3</sup>・笠原慎平<sup>3</sup>・眞邊健人<sup>3</sup>・川端訓代<sup>4</sup>

## Mass Transfer Associated with Deformation in Shales from the Shimanto Belt in Tanegashima Island, Southwest Japan

KITAMURA Yujin<sup>1,2</sup>, KOHAMA Ken<sup>3</sup>, MURASATO Kou<sup>3</sup>, HASEGAWA Ryota<sup>3</sup>,  
KASAHARA Shimpei<sup>3</sup>, MANABE Kento<sup>3</sup> and KAWABATA Kuniyo<sup>4</sup>

1: 鹿児島大学大学院理工学研究科

2: 鹿児島大学国際島嶼教育研究センター

3: 鹿児島大学理学部

4: 鹿児島大学総合研究博物館

*1: Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University*

*2: Research Center for the Pacific Islands, Kagoshima University*

*3: Faculty of Science, Kagoshima University*

*4: Kagoshima University Museum*

### 要旨

四万十帯は付加体形成や地震発生の地質的痕跡を多く包含することから、海洋プレートの沈み込みに伴うプレート境界の諸現象を理解する鍵となる。プレート境界の動的現象を念頭に置いた付加体研究は南海トラフ沿岸で行われているが、琉球海溝沿いではまだ行われていない。本研究では種子島において、地質調査と化学組成分析から岩石の変形を定量し、この地域の付加体形成史を議論する事を目的とする。調査の結果、比較的高温にさらされたと思われる種子島の頁岩には圧力溶解が発達しており、沈み込みによる埋没でなく、深成岩体の上昇による熱的影響を強く受けていることが示唆された。

### はじめに

四万十帯は西南日本の太平洋側に分布する白亜紀から新第三紀に形成された付加体と呼ばれる地質体である。付加体とは、海洋プレートが大陸プレートの下に沈み込む際に、海洋プレート上の堆積物がはぎ取られて大陸側に付加して形成される地質体であり、特に西南日本は大陸側から太平洋側にかけて順に新しくなるように付加体が分布している。日本列島付近では付加体がプレート境界の上盤をなし、その底部のプレート境界で海溝型巨大地震が発生する。現在形成中の付加体は南海トラフの沿った海底に分布しており、海洋掘削などの方法で地震研究が行われている。四万十帯は陸上に広く分布していることから、現在のプレート境界現象を解き明かすための鍵として重要である。

本研究では沈み込むプレート境界における岩石の変形を地球化学的に定量し、変形とともに物質移動を明らかにする。特に種子島地域を対象とする事で、琉球海溝域でのプレート境界現象について議論することを目的とする。

## 地質概説

付加作用には2種類あり、浅い所で海洋プレート上の堆積物が大陸プレートによって剥ぎ取られる「剥ぎ取り付加」と、比較的深い所で大陸の下に付加する「底付け付加」と呼ばれる。剥ぎ取り付加・底付け付加する際には、地層が断層で切れて付加する。剥ぎ取り付加の場合は比較的浅い場所で起こり、地層（堆積物）も比較的柔らかいので断層で切れても大きな地震は起こさない。一方、底づけ付加はプレート境界断層の屈曲に伴って起こると考えられており、海溝型巨大地震と密接な関連があると考えられている（KITAMURA *et al.* 2005, KITAMURA and KIMURA 2012）。底付け付加された地質体は非常に強く変形しており、テクトニックメランジュと呼ばれる一種の断層岩になっている。四万十帯には剥ぎ取り付加された地質体と底付け付加された地質体（テクトニックメランジュ）がサンドイッチ状に交互に分布している。

四国の四万十帯におけるテクトニックメランジュの研究の結果、このメランジュはプレート境界の断層変形帯そのものであったと考えられている（KITAMURA *et al.* 2005）。そしてそのメランジュの最上部に特に変形が集中した断層があり、そこから地震の化石と呼ばれる地震時の摩擦熱で溶融した岩石であるシュードタキライトが発見された。このことから、この断層は過去に海溝型巨大地震を起こしたと結論づけられた。

近年の研究で、テクトニックメランジュ自体が大規模なプレート境界断層帯で、観測によって最近明らかになってきたゆっくり地震（スロー地震）を起こした可能性が指摘されている（KITAMURA and KIMURA 2012）。このように、四万十帯の岩石は巨大地震や微小な地震を起こすプレート境界の姿を非常に状態よく保存していると考えられており、大隅諸島での調査は琉球海溝域での地震や付加体形成に関する示唆をあたえるものと期待される。

種子島の地質は、基盤となる熊毛層群と呼ばれる砂岩、頁岩の互層を不整合に茎長層群及び増田層、長谷層、竹之川層が覆っている（種子島地学同好会 1984）。熊毛層群は門倉崎層、立石層、西之表層からなり、堆積年代は古第三紀始新世とされる。緻密な岩石で、荷重痕や漣痕などの堆積構造がよくみられ、断層、褶曲が発達している。茎長層群は田代層、河内層、大崎層からなり、堆積年代は中新世前期である。島の南東部に分布し、北ほど層厚が減少する。増田層、長谷層、竹之川層は全二者を不整合に覆う第四紀の堆積物である。

## 調査方法

種子島における地質調査を2014年1月23日～25日の日程で実施した。島内全域の地質の露出状況を確認し、泥質な岩石がある場所では試料採取を行った。試料は4カ所で採取した。

試料は整形スライドガラスに接着したのち、約 30  $\mu\text{m}$  の厚さまで研磨して顕微鏡観察用の岩石薄片を作成した。これを顕微鏡下で観察する事で鉱物や変形の記載を行い、後述の圧力溶解シームの観察を行う。

試料の一部は粉末にしたのち蛍光 X 線分析を行い、主要元素の量比を測定する。圧力溶解シームと元素組成から下記のアイソコン法を用いて体積変化を評価する。その体積変化が岩石の圧密による変形に密接に関係しているため、地質情報とあわせて種子島における付加体形成史を議論することができる。

### アイソコン法

岩石の変形を化学組成データを元に体積変化として推定する手法をアイソコン法と呼ぶ。GRESENS (1967) によって提案され、GRANT (1986) によって確立された。四万十帯においては KAWABATA *et al.* (2007) が適用し、地質体の被熱温度と圧力溶解の発達度に相関があることを見いだした。また、底付けしたと思われるテクトニックメランジュは温度上昇によって圧力溶解の発達が強く促進されていることも示された。

圧力溶解とは、岩石が強い外力を受けたときに、含まれる鉱物同士の接する部分に過大な応力がかかり、溶出し拡散したのち離れた場所に沈殿する現象である。岩石薄片の鏡下観察ではしばしば黒い筋状の圧力溶解シームとして観察される。

## 結果

地質調査中に 14 地点で露頭を確認し一部で試料採取を行った。各地点での概要を次に示す。

- Stop 1 西之表市住吉付近。熊毛層群西之表層の砂泥互層。各層は約 1 cm 程度。試料を採取した (試料番号 TNG201501)。
- Stop 2 西之表市住吉付近。熊毛層群西之表層中の砂岩にのこる漣痕。厚い砂岩の露頭であるが、道路を挟んで海実側は泥岩となっている。
- Stop 3 西之表市深川付近。熊毛層群西之表層の砂岩。荷重痕が認められた。
- Stop 4 西之表市牧川付近。熊毛層群西之表層の砂岩優勢砂泥互層。砂岩層約 4~5 cm、泥岩層約 1 cm 程度。試料を採取した (試料番号 TNG201502)。
- Stop 5 中種子町梶潟付近。熊毛層群立石層の泥岩優勢砂泥互層。泥質部は変形し、弱変成している。試料を採取した (試料番号 TNG201503)。
- Stop 6 南種子町上立石付近。熊毛層群立石層の砂泥互層。枕状溶岩の看板認めるも、露頭を確認できず。
- Stop 7 南種子町門倉岬。熊毛層群門倉崎層の多色頁岩を含む砂岩頁岩互層。
- Stop 8 南種子町田代付近。茎長層群田代層。田代化石露頭。鮮新世の多種の貝化石を含む転石様の露頭を確認。粗粒~極粗粒砂岩。
- Stop 9 南種子町下中海岸。茎長層群河内層の礫岩~砂岩。礫岩に斜交葉理を認めた。

- Stop 10 南種子町竹崎付近。茎長層群大崎層。道路切り通しの露頭。重機による擦痕に沿って蜂の巣状風化が進行していると思われる産状を認めた。
- Stop 11 南種子町浜田付近。千座の岩屋。茎長層群大崎層に発達した海食洞。
- Stop 12 中種子町犬城海岸。馬立の岩屋。茎長層群大崎層に発達した海食洞。
- Stop 13 西之表市喜志鹿崎。熊毛層群西之表層の塊状砂岩。タマネギ状風化、蜂の巣状風化が発達している。海岸段丘上には泥質岩の露出有り。
- Stop 14 西之表市上古田付近。熊毛層群西之表層の砂泥互層。頁岩様で黒色緻密な岩石に劈開が発達。砂泥各層は数 m から数十 m の厚さを持つ。試料を採取した（試料番号 TNG201504）。

採取した試料の岩石薄片を作成し観察したところ、各試料は砕屑物からからなり、石英や岩片が卓越している。所々に黒い筋状の構造が確認され、圧力溶解シームと思われる。

### まとめ

種子島での地質調査により、四万十帯を構成する主要な部分が砂泥互層であることが確認された。泥質部は弱変成を受けていると思われ、緻密で劈開が発達した頁岩と呼ぶべき産状のものが多く認められた。陸上に露出する四万十帯としては海溝寄りに位置するにも関わらず変成度が高いのは、沈み込みに伴う埋没よりも別の熱的要因が考えられる。屋久島に貫入した深成岩体がその一因と考えられる。熱的影響を受けたことにより圧力溶解の発達も促進したと考えられ、今後化学組成分析によって体積変化が定量されれば種子島地域の四万十帯の地史復元の一助になるであろう。

### 引用文献

- GRANT, J. A. 1986. The Isocon Diagram; A Simple Solution to Gresens's Equation for Metasomatic Alteration. *Economic Geology*, 81(8): 1976-1982.
- GRESENS, R. 1967. Composition-Volume Relationships of Metasomatism. *Chemical Geology*, 2: 47-65.
- KAWABATA, K., TANAKA, H. and KIMURA, G. 2007. Mass Transfer and Pressure Solution in Deformed Shale of Accretionary Complex: Examples from the Shimanto Belt, Southwestern Japan. *Journal of Structural Geology*, 29: 697-711.
- KITAMURA, Y. and KIMURA, G. 2012. Dynamic Role of Tectonic Mélange during Interseismic Process of Plate Boundary Mega Earthquakes. *Tectonophysics*, 568-569: 39-52.
- KITAMURA, Y., SATO, K., IKESAWA, E., IKEHARA-OHMORI, K., KIMURA, G., KONDO, H., UJIE, K., ONISHI, C. T., KAWABATA, K., HASHIMOTO, Y., MUKOYOSHI, H. and MASAGO, H. 2005. Mélange and Its Seismogenic Roof Décollement: A Plate Boundary Fault Rock in the Subduction Zone—An Example from the Shimanto Belt, Japan. *Tectonics*, 24(5): TC5012.
- 種子島地学同好会編 1984. 種子島の地質, 124 頁, 西之島市教育委員会, 鹿児島.