

令和元年5月27日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K17820

研究課題名(和文)天然の試料を用いた沈み込み帯浅部におけるマントル対流様式の解明

研究課題名(英文)Elucidation of the mantle convection pattern in the shallow part of the subduction zone using natural samples

研究代表者

額織 佑衣 (Kouketsu, Yui)

名古屋大学・環境学研究科・助教

研究者番号：20726385

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：四国中央部白髪山地域に産するウェッジマントル起源の蛇紋岩岩体とその周辺に産する変泥質岩試料を採取し、ラマン分光法を用いた分析を行った。スラブ-マントル境界近傍の温度構造について、炭質物ラマン温度計を用いて検証したところ、優位な温度上昇は確認されなかった。そして、熱モデル計算と比較すると、浅部スラブ-マントル境界の剪断応力は数十MPa以下である、という結論が導かれた。剪断応力が低いことから、三波川帯のスラブ-マントル境界のカップリング度は低く、マントル対流は弱いあるいは停滞していた可能性が高いことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本は沈み込み帯に位置しており、地震や火山活動が活発な地域である。しかし、プレートが沈み込んだ先でどのような現象が起きているのかを直接可視することは、現在の技術では不可能である。本研究では、過去の沈み込み帯において地下約30km程度の深度まで沈み込んだ天然の変成岩を分析することで、沈み込み帯におけるカップリング度やマントル対流様式を検証し、現在の沈み込み帯浅部へ適用可能な直接的なデータを提示することで、プレート収束域における地質学的現象の発生機構解明に貢献した。

研究成果の概要(英文)：Samples of metapelites and serpentinites in the Shirahata area, central Shikoku, SW Japan were collected and analyzed using Raman spectroscopy. The temperature structure near the slab-mantle boundary was verified using a Raman carbonaceous material geothermometer, and no significant temperature increase was confirmed. As compared with the thermal model calculation, it was concluded that the shear stress at the shallow slab-mantle boundary is several tens MPa or less. The low shear stress suggests that the degree of coupling at the slab-mantle boundary in the Sanbagawa belt is low, and the mantle convection is considered to be weak or stagnant.

研究分野：変成岩岩石学

キーワード：スラブ-マントル境界 モホ面 剪断熱 剪断応力 三波川帯 炭質物ラマン温度計 変泥質岩 蛇紋岩

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

沈み込み帯は、表層物質が地下深部に運び込まれる場所であり、化学的・物理的特徴が大きく異なるスラブ（海溝から沈み込んだ海洋プレート）とマントルが接する境界である。島弧下ではスラブとウェッジマントルは強くカップリングしており、マントル対流が引き起こされているが、沈み込み帯浅部のスラブ - マントル境界では、蛇紋石や滑石、過剰間隙流体圧などの存在により低粘性率の弱層が形成され、カップリングが弱体化（デカップリング）して、マントル対流が停滞している事が指摘されている一方、暖かい沈み込み帯で観測される地震波速度異方性を説明するためには、前弧ウェッジマントルの広い範囲が蛇紋岩化し、浅部でもマントル対流が起きている可能性が指摘されていた。沈み込み帯浅部域のスラブ - マントル間のカップリング度及びマントル対流の有無によって、推定される沈み込み帯全体の温度構造や物質循環の解釈が大きく異なってくるため、その究明は重要な研究課題であった。

沈み込み帯浅部のカップリング度及びマントル対流様式は、スラブ - マントル間の剪断強度や粘性率比に依存するが、研究開始当初は、地熱流量などの地球物理学的観測結果とモデリングの組合せや、室内実験のデータからの解釈が主であり、天然の試料を用いた物質科学的な検証はほとんど行われていなかった。三波川帯は関東から九州にかけて東西約 1000 km にわたって分布する沈み込み型変成帯であり、ウェッジマントル起源の超塩基性岩体が点在している。その周囲には、スラブ起源の変成岩が広く分布しており、沈み込み帯のスラブ - マントル境界について研究する上で非常に適した地域であった。代表者は、炭質物ラマン温度計を用いて、三波川帯に分布しているウェッジマントル周辺の炭質物を多量に含む変泥質岩試料を広域的に採取し、変成温度を見積ることで、スラブ - マントル境界で発生する剪断熱や粘性率を評価し、それらのデータからカップリング度を評価する事で、暖かい沈み込み帯の浅部におけるマントル対流様式を明らかにできる、と着想した。

2. 研究の目的

研究対象地域として、地質学的・岩石学的研究データが蓄積されている、四国中央部三波川帯汗見川地域に着目した。汗見川地域には浅部ウェッジマントル起源であると考えられている白髪山蛇紋岩体が露出するとともに、周囲には沈み込み帯のスラブ起源である変泥質岩が広く分布し、過去のスラブ - マントル境界である事が示されている。蛇紋岩体周辺において広域的に採取されたスラブ起源変泥質岩試料について、炭質物ラマン温度計を用いて最高到達温度を見積もり、詳細な熱異常の空間分布を明らかにする事で、スラブ - マントル境界での剪断熱発生の有無を検証する。そして、熱計算を行い、カップリング度の指標となる剪断強度を明らかにすることを目的とした。また、マントル側の蛇紋岩体についても、顕微鏡観察、ラマン分光分析、EPMA 分析を行い、構成鉱物の種類・量比・化学組成を測定して、スラブ - マントル境界における物質移動の議論を試みた。そして、スラブ - マントル境界におけるカップリング度を総合的に評価し、三波川帯のような暖かい沈み込み帯の浅部におけるマントル対流様式を推定した。

3. 研究の方法

初年度は、四国三波川帯汗見川地域において採取された試料を、炭質物ラマン温度計を用いて分析し、温度データを取得した。2 年目は、測定によって得られた温度構造と数値計算結果を比較して、スラブ - マントル境界における剪断熱の定量評価を行った。また、ウェッジマントル側の蛇紋岩体の分析も行った。3 年目は、それらの結果を総合的に評価して、沈み込み帯の温度構造を議論し、スラブ - マントル境界におけるカップリング度を推定した。さらに、上記の研究で得られたデータを統合して、三波川帯及び暖かい沈み込み帯浅部におけるマントル対流様式を議論した。

4. 研究成果

スラブ - マントル境界近傍の温度構造について、炭質物ラマン温度計を用いて検証したところ、優位な温度上昇は確認されなかった。熱モデル計算と比較すると、浅部スラブ - マントル境界の剪断応力は数十 MPa 以下である、という結論が導かれた。マントル側の蛇紋岩についてラマン分光法、赤外分光法、EPMA を用いて調べたところ、主な鉱物は Antigorite であることが示された。一方で、Lizardite や Crysotile も脈状に含まれているが、組織や安定領域を考慮すると、Moho 面よりも上位に上昇した際に二次的に形成されたものであると考えられる。剪断応力が低いことから、三波川帯のスラブ - マントル境界のカップリング度は低く、マントル対流は弱いあるいは停滞していた可能性が高いことが示唆された。また、Antigorite が主要な構成鉱物である場合、薄い Antigorite 層だとカップリングがおこるため、調査対象地域の観察事実と比較すると、デカップルするために蛇紋岩層は ~ 百 m オーダー程度の厚さが必要であることも示された。一方、調査地域において 400 付近の温度不連続面が確認され、ちょうどモホ面境界近傍に相当することが明らかになった。400 よりも高温領域では岩石の変形が卓越しており、モホ面境界近傍におけるスラブの変形様式も明らかになった。

また、共同研究者らとともに、他の地域（三波川帯釜伏山地域、台湾東部 Yuli 帯）も同様の手法を用いて研究を行い、流体の移動様式や新たな温度構造を明らかにした。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 5 件)

1. 纈纈佑衣、貞本和志、三波川帯白髪山地域におけるスラブ - マントル境界の剪断熱の評価、平成 28 年度深田研究助成、p. 41-49、2017 年 (査読なし)
2. Kouketsu Yui, Miyake Akira, Igami Yohei, Taguchi Tomoki, Kagi Hiroyuki, Enami Masaki. Drastic effect of shearing on graphite microtexture: attention and application to Earth science. *Progress in Earth and Planetary Science*, vol. 6:23, 2019 年 (査読あり)
3. Kouketsu Yui, Tsai Chin-Ho, Enami Masaki, Discovery of unusual metamorphic temperatures in the Yuli belt, eastern Taiwan: New interpretation of data by Raman carbonaceous material geothermometry, *Geology* (査読あり) in press, 2019 年 (査読あり)
4. Taguchi Tomoki, Enami Masaki, Kouketsu Yui, Metamorphic record of the Asem-gawa eclogite unit in the Sanbagawa belt, southwest Japan: Constraints from inclusions study in garnet porphyroblasts, *Journal of Metamorphic Geology*, vol. 37 p. 181-201, 2019 年 (査読あり)
5. Enami Masaki, Kimura Jun-Ichi, Tsuboi Motohiro, Kouketsu Yui, Nagaya Takayoshi, Huang Shuaimin, Coexisting different types of zoned garnet in kyanite-quartz eclogites from the Sanbagawa metamorphic belt: Evidence of deformation-induced lithological mixing during prograde metamorphism, *Island Arc*, vol.28, e12274, 2019 年 (査読あり)

[学会発表](計 22 件)

1. Sadamoto Kazushi, Kouketsu Yui, Wallis Simon, Investigation of shear heating along a paleo subduction boundary using Raman carbonaceous material thermometry in the Sanbagawa belt, *Joint meeting of Symposium on metamorphism and metamorphic rocks* (国際学会), 2017 年 3 月、大沢温泉山水閣 (岩手県花巻市)
2. 貞本和志、ウォリスサイモン、纈纈佑衣、森宏、永冶方敬、石井和彦、ラマン炭質物温度計を用いた三波川沈み込み帯の温度構造決定：四国中央部白髪山地域の例、日本地質学会第 124 年学術大会、2017 年 9 月、愛媛大学 (愛媛県松山市)
3. 横田茉莉、ウォリスサイモン、纈纈佑衣、高木菜都子、アンチゴライト蛇紋岩の形成：関東山地の釜伏山眼帯の例、日本地質学会第 124 年学術大会、2017 年 9 月、愛媛大学 (愛媛県松山市)
4. 纈纈佑衣、貞本和志、浅部スラブ - マントル境界における剪断熱の評価：四国三波川帯白髪山地域の例、変成岩などシンポジウム 2018、2018 年 3 月、美ヶ原温泉ホテルニューことぶき (長野県松本市)
5. 坂口イロナ、纈纈佑衣、ウォリスサイモン、Water distribution in antigorite in the Shiragayama serpentinite - an FT-IR study、変成岩などシンポジウム 2018、2018 年 3 月、美ヶ原温泉ホテルニューことぶき (長野県松本市)
6. 横田茉莉、ウォリスサイモン、纈纈佑衣、高木菜都子、マントルウェッジの深さ 30~20 km における流体パターンの比較：三波川帯の例、変成岩などシンポジウム 2018、2018 年 3 月、美ヶ原温泉ホテルニューことぶき (長野県松本市)
7. 纈纈佑衣、榎並 正樹、三宅 亮、田口 知樹、伊神 洋平、鍵 裕之、研磨による剪断が石墨の結晶化度に与える影響、日本地球惑星科学連合 2018 年大会 (国際学会)、2018 年 5 月、幕張メッセ (千葉県幕張市)
8. 纈纈佑衣、葉 芝穎、蔡 金河、榎並 正樹、東台湾 Yuli 帯の変堆積岩類中に含まれる幅広い結晶化度を示す炭質物、日本地球惑星科学連合 2018 年大会 (国際学会)、2018 年 5 月、幕張メッセ (千葉県幕張市)
9. Chih-Ying Yeh, Chin-Ho Tsai, Yui Kouketsu, Masaki Enami, Chiao Liu, A new discovery on spatial variation in metamorphic conditions of metasediments across the Yuli belt, eastern Taiwan: RSCM constraints and tectonic implications、日本地球惑星科学連合 2018 年大会 (国際学会)、2018 年 5 月、幕張メッセ (千葉県幕張市)
10. Mari Yokota, Simon Richard Wallis, Yui Kouketsu, Geology of the Kamabuseyama serpentinite unit in the Sanbagawa belt of the Kanto Mountains and implications for fluid flow along the base of the mantle wedge from 30-20 km depths、日本地球惑星科学連合 2018 年大会 (国際学会)、2018 年 5 月、幕張メッセ (千葉県幕張市)
11. Wallis Simon, 纈纈佑衣、貞本和志、Change in dip of subduction zone isotherms recorded in the Sanbagawa metamorphic belt、日本地球惑星科学連合 2018 年大会 (国際学会)、2018 年 5 月、幕張メッセ (千葉県幕張市)
12. 横田茉莉、ウォリス サイモン、纈纈佑衣、マントルウェッジ浅部における流体の流動様式の比較：三波川帯の例、日本地質学会第 125 年学術大会(2018 札幌大会)、(平成 30 年北海道胆振東部地震のため中止)、2018 年 9 月、北海道大学 (北海道札幌市)
13. 榎並正樹、纈纈佑衣、広域変成岩の地表への露出過程に認められる静的な時期、日本地質学会第 125 年学術大会(2018 札幌大会)、(平成 30 年北海道胆振東部地震のため中止)、2018 年 9 月、北海道大学 (北海道札幌市)
14. 志村侑亮、常盤哲也、森 宏、竹内 誠、纈纈佑衣、紀伊半島中央部、三波川 - 四万十境界周

- 辺の変形構造と被熱温度、日本地質学会第 125 年学術大会(2018 札幌大会)、2018 年 9 月、北海道大学(北海道札幌市)
15. 福地里菜、山口飛鳥、纈纈佑衣、山本由弦、芦寿一郎、南海付加体堆積物中の低熟成度炭質物ラマン分光分析とピトリナイト反射率の比較、日本地質学会第 125 年学術大会(2018 札幌大会)、2018 年 9 月、北海道大学(北海道札幌市)
 16. Sakaguchi Iona, Kouketsu Yui, Michibayashi Katsuyoshi, Wallis Simon、Comparison of infrared spectroscopy methods applied to serpentine minerals、日本地質学会第 125 年学術大会(2018 札幌大会)、2018 年 9 月、北海道大学(北海道札幌市)
 17. 纈纈佑衣、柿畑優季、清水健二、道林克禎、Wallis Simon、顕微赤外分光測定における ATR 法を用いた鉱物中の水の検出可能性の検証、日本鉱物科学会 2018 年会、2018 年 9 月、山形大学
 18. 横田麻莉、ウォリス サイモン、纈纈佑衣、マントルウェッジ浅部における流体の流動様式の比較：三波川帯の例、日本地質学会第 125 年学術大会(2018 つくば特別大会)、2018 年 12 月、産業技術総合研究所 つくば本部・共用講堂(茨城県、つくば市)
 19. 榎並正樹、纈纈佑衣、広域変成岩の地表への露出過程に認められる静的な時期、日本地質学会第 125 年学術大会(2018 つくば特別大会)、2018 年 12 月、産業技術総合研究所 つくば本部・共用講堂(茨城県、つくば市)
 20. Kouketsu Yui, Enami Masaki、Static stage of exhumation of metamorphic rocks recorded in garnets: Evidence of EBSD-EPMA mapping、2018 AGU Fall Meeting(国際学会)、2018 年 12 月、Walter E. Washington Convention Center(Washington, D.C.)
 21. 纈纈佑衣、Sakaguchi Iona、道林克禎、ピックブルー海山から採取された蛇紋岩泥の赤外分光分析、名古屋大学第 1 回岩鉱ワークショップ、2019 年 1 月、名古屋大学(愛知県名古屋市)
 22. 纈纈佑衣、榎並正樹、三宅亮、田口知樹、伊神洋平、鍵裕之、石墨の研磨による剪断の影響評価、変成岩などシンポジウム 2019、2019 年 3 月、ホテル竹島(愛知県蒲郡市)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0 件)

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

研究室 web ページ：<http://www.eps.nagoya-u.ac.jp/~ganko/>

6. 研究組織

(1)研究分担者

該当なし

(2)研究協力者

研究協力者氏名：Wallis Simon

ローマ字氏名：Wallis Simon

研究協力者氏名：榎並正樹

ローマ字氏名：Enami Masaki

研究協力者氏名：Tsai Chin-Ho

ローマ字氏名：Tsai Chin-Ho

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。