

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2013

課題番号：22540464

研究課題名(和文) 蛇紋岩メランジの形成と上昇から探る沈み込み帯内部の包括的なダイナミクス

研究課題名(英文) Comprehensive dynamics of subduction zone interior: insights from formation and exhumation of serpentinite melange

研究代表者

植田 勇人 (Ueda, Hayato)

弘前大学・教育学部・准教授

研究者番号：70374197

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円、(間接経費) 1,020,000円

研究成果の概要(和文)：海洋プレートが沈み込む「沈み込み帯」の深部では、沈み込んだプレートから放出された水とマントルが反応して蛇紋岩が形成され、沈み込んだ海洋プレートの断片(変成岩)と混合した「メランジ」を形成していると考えられている。本研究では、北海道の三石蓬萊山地域と幌加内地域、および小笠原海域の大町海山に露出する蛇紋岩メランジについて、野外調査と岩石の検討を行い、プレート境界深部の地質構造を復元した。

研究成果の概要(英文)：At deep portions of subduction zones, where an oceanic plate is being subducted, it is widely believed that water fluid expelled from the subducted plate reacts with the overlying mantle to produce serpentinites. Serpentinite melange is a mixture of serpentinite with fragments of the subducted oceanic plate (metamorphic rocks), and represents geologic components and structure of deep inside an ancient subduction zone. In this study, I made field mapping and petrological studies on serpentinites exposed in Mitsuishi-Horaisan and Horokanai areas of Hokkaido and Ohmachi Seamount at seafloor off Ogasawara and reconstructed structure and dynamics of deep subduction zones.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：サブダクションチャネル 蛇紋岩 高压変成岩

1. 研究開始当初の背景

海洋プレートが沈み込む境界に沿っては、沈み込んだプレートでおこる脱水作用により、上盤マントル(ウェッジマントル)の底面に水が供給されると考えられている。このような水の供給が実際におこれば、沈み込み境界付近のマントルかんらん岩は蛇紋岩へと変化するはずである。蛇紋岩は元のかんらん岩に比べて強度が低下するため、深部でのプレート境界地震を抑制する可能性のほか、その流動性と低い密度のために深部岩石を浅部へ運搬するなど、活発な物質移動経路として働く可能性が指摘されている。この物質移動経路(蛇紋岩チャンネル)は、高圧変成岩の岩塊を包有する剪断された蛇紋岩で構成されると推定され、これは陸上や海底に露出する蛇紋岩メランジに対比できる。蛇紋岩メランジは世界各地に分布し、近年多くの研究がなされている。しかし、蛇紋岩は、年代や形成条件を決定するのが難しい上に、後生変形を受けて構造が改変されやすいこともあり、その初生的な形成過程や当時のダイナミクスを復元するのは困難であった。

2. 研究の目的

本研究では、蛇紋岩メランジにおける地質調査と岩石学的な検討を行うことにより、その初生的な岩相や構造と後生的な組成・構造の改変を識別することを試みた。とくに、後生変形が少ないと期待される現世海洋域(小笠原弧大町海山)の海底調査を実地すること、および同海域と類似した岩石が露出する神居古潭帯三石蓬莱山地域を主な検討フィールドとした。また比較対象として、神居古潭帯幌加内地域(鷹泊岩体)の調査も実施した。とくに、かんらん岩から最初に蛇紋岩化した高温の状態の組織や鉱物は、より後期(低温)の複雑な結晶化や組織改変からは識別しやすく、Caを含む相があれば温度の見積もりも可能であることが期待された。そのため、高温の高圧変成岩(ざくろ石角閃岩や緑簾石角閃岩)を伴う蛇紋岩メランジを選定し、両者の分布形態や接触関係、履歴の対比などに着目した。これらの結果から、サブダクションチャンネルの初生的な岩相構成や地質構造、それらを形成したマントルの加水過程、沈み込みスラブ由来の岩石(角閃岩類)とウェッジマントル物質(蛇紋岩)との混合やその後の上昇運動などの実態解明を目指す。そして、海洋プレート沈み込みによって誘発される沈み込み帯内部での固体物質移動の全体像を理解する上での物質科学的な証拠を提示し、包括的なモデルの構築をめざした検討を目的とした。

3. 研究の方法

小笠原弧大町海山の蛇紋岩 - 高圧変成岩複合体の潜水調査を、2010年と2013年の2航海で実施した。また北海道神居古潭帯三石蓬莱山地域の蛇紋岩メ

ランジについて野外調査を行い、各岩層の分布や全体の地質構造の把握、および岩石の産状の観察・記載や試料採取を行い、新たな地質図を作成した。三石蓬莱山地域よりも初生構造をよく残すと期待される幌加内地域については、高圧変成岩～蛇紋岩メランジ～マントルかんらん岩を横断するルートでのマッピングと岩石試料採取を行った。採取した岩石(蛇紋岩および高圧変成岩)について、顕微鏡による組織観察のほか化学組成分析や年代測定を行った。また、大町海山と三石蓬莱山地域では周辺に分布する堆積層との層序関係や微化石年代の検討も行った。そして周辺の関連地質体(前弧海盆や付加体)の履歴と対比し、沈み込み帯内部のダイナミクスについて考察した。

4. 研究成果

大町海山では2010年に有人潜水艇「しんかい6500」による2回の潜航調査を実施した。1回目の潜航は、2001年に高圧変成岩が採取されたルートを再訪し産状観察と追加サンプリングを行うことが目的であった。同一ルートを辿り2010年と同じ露頭を一部確認したが、高圧変成岩の露頭の特定やサンプリングには至らず、後の課題として残された。2回目の潜航は蛇紋岩の分布範囲の南限を明らかにすることが目的であった。潜航の結果、本来上位にあるはずの古第三紀火山砕屑岩類が蛇紋岩の深度に分布し、潜航ルートに蛇紋岩がないことが判明した。その結果、大町海山の蛇紋岩の分布南限は、正断層によって切られていることが推定された。これらの結果を踏まえ、同海山の詳細な海底地質図を作成した。また、上位の火山性砕屑岩中に蛇紋岩の砕屑粒子が含まれることを発見した。これらはEPMAと顕微ラマン分析により、同海山で高圧変成岩を包有する蛇紋岩と同様の高温型蛇紋岩(アンチゴライト蛇紋岩)であることが確かめられた。また、火山性砕屑岩の細粒部に散在して含まれる放射虫化石を酸処理と重液分離により抽出・濃集して鑑定し、後期始新世の化石年代が得られた。その結果、蛇紋岩類が後期始新世には海底で露出していたことが明らかとなった。2013年には無人潜水艇「かいこう7000II」による潜航調査とドレッジを行った。潜航調査では高圧変成岩産出露頭への再訪に成功したが、丸2日にわたる観察にもかかわらず露頭内に変成岩を確認できなかった。しかし、ドレッジにより多様な高圧変成岩を多数採取し、岩石記載を行った。また、大型試料も採取できたため、放射年代測定のために現在粉碎と鉱物分離を行っている。

三石蓬莱山地域では、研究機関の1～3年目に詳細な野外調査を実施し、新たな地質図を作成した。蛇紋岩メランジ内部の岩相分布や構造のほか、周辺の新第三系の地質構造や層序、珪藻化石年代も検討した。また、従来

断層関係とされてきた蛇紋岩メランジと新第三系の境界において、両者の不整合関係を複数地点で確認した。これらの観察やデータから全体の層序や地質構造を根本的に見直した結果、従来新第三系を貫いて貫入したと考えられてきた蛇紋岩メランジが、新第三系の基盤そのものであることが確認された。また、従来一括してメランジとされてきた領域が、オフィオライト、蛇紋岩メランジ、低度高压変成付加体という、帯状配列した三種の地質帯で構成されることが明らかとなった。そしてこれら基盤岩は上位の新第三系ともども褶曲と衝上断層によって変形し、蛇紋岩を含む基盤岩類は背斜の軸部の地窓として露出する構造が捉えられた。蛇紋岩メランジでは、地質温度圧力計により高压変成岩の変成温度圧力を当地域では初めて決定した。一方蛇紋岩では、かんらん岩 アンチゴライト蛇紋岩 低温蛇紋岩という変成履歴を読み取り、初生的な蛇紋岩化(アンチゴライト)と後生的な蛇紋岩化(低温蛇紋岩)を識別した。変成岩と蛇紋岩の履歴を照合することにより、当地域では、早期にまだ高温のかんらん岩に対して苦鉄質岩が沈み込んでざくろ石角閃岩を形成したのち、両者が冷却する過程でかんらん岩は部分的にかんらん石-アンチゴライト蛇紋岩に、ざくろ石角閃岩の大部分は緑簾石角閃岩に後退変成し、さらに冷却された段階で超苦鉄質岩は低温蛇紋岩化し角閃岩類には青色角閃石が生じたという履歴が復元された。以上の履歴は、初期には蛇紋岩ができないほど高温だったことと、その後等圧冷却がおこったことを示唆しており、当該蛇紋岩メランジが沈み込み開始期における冷却過程を記録している可能性が高まった。また、蛇紋岩メランジ内部の岩相分布を詳しくマッピングした結果、高压変成岩やアンチゴライト蛇紋岩は、塊状のかんらん岩(あるいは塊状の低温蛇紋岩)のスラブの間の薄い剪断帯に限って分布することや、剪断帯が網状に分布することが明らかになった。以上の観察から、比較的早期(角閃岩相)における蛇紋岩チャンネルは、初生的にはかんらん岩スラブの間に網状に薄くアンチゴライト蛇紋岩が形成された構造(マンツルの不均質な加水・変形)をもっていたと推定され、後にかんらん石が低温蛇紋岩化するとともに破砕が進行してメランジ状になったという履歴を復元した。また、メランジと併走するオフィオライト中の深成岩からジルコンを抽出し、U-Pb年代を測定した。

幌加内地域では、神居古潭帯の高压変成岩と上位のオフィオライトかんらん岩の境界部を重点的に調査し、とくに横断ルートでの岩相変化に注目した。境界部には角閃岩塊を含む蛇紋岩メランジの存在を確認した。メランジ中では蛇紋岩はアンチゴライト主体であったが、上位のオフィオライトでに入るとアンチゴライトかんらん岩、さらに上位はアンチゴライトを含まないかんらん岩(いずれ

も後期に低温蛇紋岩化を被っている)が卓越する傾向がみられ、沈み込むスラブ(神居古潭変成岩側)からウェッジマントル(オフィオライトかんらん岩)への水流体が浸透していった様子が記録されている可能性がある。アンチゴライトかんらん岩中の鉱物組み合わせから角閃岩相に相当する変成温度が見積もられ、三石蓬莱山と同様に、深部かつ高温状態でのマンツル加水過程のモデルルートになると考えている。

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 4件)

1. Ueda, H., 2012, Sea-floor in situ measurement of orientation of geological structures using a top clinometer. *JAMSTEC Rept. Res. Develop.*, **14**, 1-15. (査読有)
2. Ueda, H., Niida, K., Usuki, T., Hirauchi, K., Meschede, M., Miura, R., Ogawa, Y., Yuasa, M., Sakamoto, I., Chiba, T., Izumino, T., Kuramoto, Y., Azuma, T., Takeshita, T., Imayama, T., Miyajima, Y., and Saito, T., 2011, Seafloor geology of the basement serpentinite body in the Ohmachi Seamount (Izu-Bonin arc) as exhumed parts of a subduction zone within the Philippine Sea, *In Ogawa, Y., Anma, R., and Dilek, Y. eds., Accretionary Prisms and Convergent Margin Tectonics in the Northwest Pacific Basin*, Springer, 97-128. (査読有)
3. Hirauchi, K., Michibayashi, K., Ueda, H., and Katayama, I., 2010, Spatial variations in antigorite fabric across a serpentinite subduction channel: insights from the Ohmachi Seamount, Izu-Bonin frontal arc. *Earth. Planet. Sci. Lett.*, **299**, 196-206. (査読有)
4. 植田 勇人, 2010, 付加体の構造侵食による前弧の構造発達. 地学雑誌, **119**, 362-377. (査読有)

[学会発表](計 13件)

1. 植田 勇人・白杵 直・白杵昌子・西川由香・葛西竹恒・齊藤麻美・飯塚夏美, 2014, 小笠原弧大町海山における露頭への再訪と新たな変成岩試料. ブルーアース・シンポジウム'14 (東京海洋大学, 2014/2/19).
2. 植田 勇人・鹿野ゆう・三浦命緒, 2012, 神居古潭帯三石蓬莱山地域の蛇紋岩メランジの形成過程について. 地球惑星科学連

合大会(幕張, 2013/5/24).

3. 植田勇人, 2012, 沈み込み帯における蛇紋岩メランジの形成過程の一考察: 小笠原弧大町海山と北海道神居古潭帯の比較から. 日本地質学会第 119 年学術大会(大阪府立大., 2012/9).
4. 植田勇人・三浦命緒・鹿野ゆう, 2012, 神居古潭帯三石蓬莱山地域のオフィオライトと蛇紋岩メランジの地質. 地球惑星科学連合大会(幕張, 2012/5/24).
5. 谷健一郎・石塚 治・植田勇人・Dunkley, D.・堀江憲路・宿野浩司・平原由香・高橋俊郎・Nichols, A・巽好幸, 2012, 古フィリピン海プレートを構成する中生代大陸性基盤の解明. 地球惑星科学連合大会(幕張, 2012/5/22).
6. 植田勇人・谷 健一郎・石塚 治・宿野浩司・平原由香・高橋俊郎・柵山徹也・Alexander Nichols・YK10-04 乗船研究者一同, 大東海嶺の変成岩類. ブルーアース・シンポジウム'12 (東京海洋大学, 2012/2/23).
7. 植田勇人・平内健一・臼杵 直・YK10-13Leg2 研究者一同 小笠原弧大町海山の始新世砂岩から見出された蛇紋岩碎屑粒子. ブルーアース・シンポジウム'12 (東京海洋大学, 2012/2/23).
8. Ueda, H., Usuki, T., Imayama, T., and Hirauchi, K. Mixing of rocks of differing P-T paths within a subduction channel of upper mantle depths exposed on the Ohmachi Seamount, Izu-Bonin Arc. AGU Fall Meeting 2011 (San Francisco, 2011/12/9).
9. 植田勇人, 2011, 構造侵食は沈み込み帯から物質を持ち去るのか? 日本地質学会第 118 年学術大会(茨城大学, 2011/9/10).
10. 新井田清信・湯浅真人・植田勇人・平内健一, 2011, 大町海山蛇紋岩から推定される IBM マントルの発生と進化. 地球惑星科学連合大会(幕張, 2011/5/27).
11. 植田勇人・平内健一・新井田清信・臼杵直・Martin Meschede・YK08-05 研究者一同, 2010, 小笠原弧, 大町海山蛇紋岩の変成作用. 日本地質学会第 117 年学術大会(2010/9/20, 富山大学).
12. 植田勇人・齊藤朱音, 2010, 大船渡鉾山大平鉾区の高圧スカルン. 日本地球惑星科学連合大会(幕張メッセ,

2010/5/23).

13. 植田勇人・臼杵 直・平内健一・三浦 亮・YK10-13 Leg2 乗船研究者一同, 2010, 小笠原弧大町海山における蛇紋岩の分布. ブルーアース'11 (2010/3/7, 東京海洋大学).

〔図書〕(計 5 件)

1. Ueda, H. (in press), High-pressure / low-temperature metamorphism. In Harff, J., Meschede, M., Petersen, S., and Thiede, J. (eds.) *Encyclopaedia of Marine Geoscience*, Springer. (2015 年刊行予定)
2. Ueda, H. (in press), Intraoceanic subduction zone. In Harff, J., Meschede, M., Petersen, S., and Thiede, J. (eds.) *Encyclopaedia of Marine Geoscience*, Springer. (2015 年刊行予定)
3. 植田勇人 (印刷中), 7.6 海洋性島弧の変成岩. 日本地質学会編 海洋底調査の基本海の地質基準, 共立出版.
4. 植田勇人, 2011, 10-5 三石蓬莱山: 沈み込んだ海の岩石, および 10-6 蝦夷累層群とイドンナップ帯. 宮坂省吾ほか編 新札幌の自然を歩く, 北大図書刊行会, 238-243, 244-249.
5. 植田勇人, 2010, 2.2.3c イドンナップ帯, 2.2.3d 神居古潭帯, 11.2.1 ジュラ紀~白亜紀西向き沈み込みテクトニクス, および 11.4.3 1 億年後の北海道. 日本地質学会編 日本地方地質誌「北海道地方」, 朝倉書店, 29-38, 40-52, 522-526, 543-546.

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6．研究組織

(1)研究代表者

植田勇人 (Ueda, Hayato)

弘前大学・教育学部・准教授

研究者番号：70374197

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

()

研究者番号：