

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2013～2015

課題番号：25302012

研究課題名(和文) 島弧深部の成熟過程解明に向けて：青年期から成人期のモホ面近傍の現場検証

研究課題名(英文) Maturing processes of arc MOHO deduced from ophiolites

研究代表者

森下 知晃 (Morishita, Tomoaki)

金沢大学・自然システム学系・教授

研究者番号：80334746

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、島弧成熟過程による島弧深部の発達を島弧誕生期(北オマーンオフィオライト)、青年期(ミルディータオフィオライト)、成熟期(タルキートナ岩体)と設定し検討した。その結果、マントル相当部分では、流体流入によるメルト成分が枯渇したかんらん岩が普遍的に分布していること、輝岩類が多く形成されていることから輝石成分の付加が島弧深部では起きていることが明らかとなった。また、下部地殻相当中に変成作用によって形成されたと解釈される超苦鉄質岩がしばしば観察されることから、これらの成因と下部地殻から超苦鉄質成分が剥がれ落ちる作用との関連性が指摘される。

研究成果の概要(英文)：I summarize results from two ophiolites (the northern Oman ophiolite of Oman and the Mirdita Ophiolite of Albania) and ophiolitic localities (the Talkeetna massif, Alaska) in order to investigate the maturing processes of arc systems, such as Nascent, Young and Mature stages, respectively. The main conclusions are as follows: (1) the high frequency of highly refractory harzburgite (+dunite and chromitite) caused by influx of slab-derived fluids, (2) silica enrichments resulting in increasing of pyroxenites in peridotites. These can be good indicators of arc-related magmatic modifications in the mantle. In Mature stage (Talkeetna), ultramafic rocks are formed by metamorphism from plagioclase-bearing crustal rocks. These rocks can be related those are delaminated from the lower crust part to the mantle.

研究分野：マントル岩石学

キーワード：島弧火成活動 下部地殻 上部マントル モホロピッチ不連続面 メルト-岩石反応 島弧変成作用

1. 研究開始当初の背景

島弧はプレートの沈み込みに伴い誕生し、沈み込むプレート起源の流体の供給を受け時間経過とともに『成熟』し、大陸的な性質を得ると考えられている (例えば, Suyehiro et al., 1996)。地表で情報が得られるマグマに比べて、下部地殻—マントル境界 (つまりモホ面) 付近物質 (島弧深部物質) はスラブ起源流体とより直接的に反応する現場であるが、その変遷過程は十分に理解されていない。

2. 研究の目的

オフィオライトは海洋リソスフェアの地殻から上部マントル物質が地表に露出した岩石群であり、海洋掘削・ドレッジ試料からは知ることが難しい試料間の空間情報を得られることが期待される。オフィオライトからは中央海嶺環境から島弧形成初期環境が記録されていることが指摘されている (例えば, Arai et al., 2006)。そこで基盤 B 海外学術では、テチス・オフィオライト、および成熟した島弧断面が露出していると解釈されているアラスカ・タルキートナ岩体に対して野外調査および解析により、島弧モホ面近傍の物質学的時間変遷に関する研究を行った。

3. 研究の方法

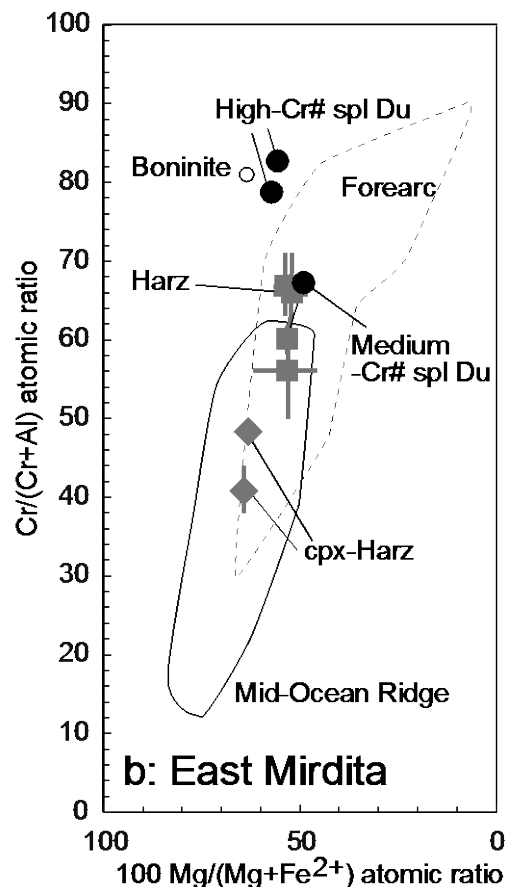
本研究では、島弧成熟度の定義について検討した (森下, 2013)。その結果、プレートが沈み込みを開始した後の島弧形成—成熟段階を誕生期、成長期、成熟期と呼び、次のように定義する。島弧の誕生期は、島弧玄武岩活動の発生から島弧に固有なボニナイトの活動が始まる段階とする。次に、成長期は、ボニナイト的火山岩類活動とその後のカルクアルカリ系列に対応するシリカに富む火山岩が増加する段階とする。この段階では、下部地殻にも島弧的な特徴をもつ深成岩類の割合が増加することが期待され、地殻の厚化が進行する (Kodaira et al., 2010)。この場合、地殻の厚さとして、おおよそ斜長石とかんらん石が安定に共存できるまでの形成圧力 0.8 Ga (程度)、深さ 25 km 程度の深度相当を想定している。成熟期は、シリカに富む火山岩類が高い割合で産出するようになり、地殻の大部分をしめる塩基性深成岩類の厚さが増し、地殻の厚さが、斜長石とかんらん石が不安定な条件に達し、下部地殻の主要構成鉱物としてざくろ石が産し、島弧全体の組成を変化させるようなデラミネーション (もしくはリラミネーション) が起きうる段階とする。その結果、オマーン、ミルディータ、タルキートナのそれぞれの島弧成熟度を誕生期、青年期、成熟期と仮定して検討を行った。

4. 研究成果

(1) 島弧の青年期：ミルディータ・オフィオライトのまとめ

ミルディータ・オフィオライトは、火成岩

層の特徴から東帯の方がより島弧環境の影響を強くうけている東帯のかんらん岩について検討した。東帯のかんらん岩体最下部に産する単斜輝石ポーフロクラストを伴うハルツバーガイトは、コンドライトで規格化した希土類元素パターンはメルト適合元素が乏しい特徴を持つ。このような特徴は、流体流入などを伴わないマントル物質の熔融とメルト抽出によって説明することが可能で、中央海嶺下のようにマントル物質の断熱上昇による部分熔融を受けた後の溶け残りかんらん岩である可能性が高い。一方、かんらん岩体上位層のハルツバーガイトやダナイト (+クロミタイト) 中のスピネルの Cr# が 0.65 を超える試料が多く、メルト成分に枯渇した特徴を示す。一方、単斜輝石の微量元素パターンは、重希土類元素が乏しい試料ほど液相濃集元素、特に流体と伴に移動すると考えられている LIL 元素に富むことから、 H_2O に富む流体の流入を伴うような熔融を受けた溶け残りかんらん岩であると考えられ



る (図 1)。

図 1. ミルディータオフィオライト東帯のかんらん岩中のスピネルの特徴

(2) 島弧の成熟期：タルキートナ岩体のまとめ

タルキートナ岩体では、溶け残りかんらん岩と考えられるハルツバーガイトにネットワーク状にダナイト産することが本研究により明らかとなった (図 2)。また、これまで

知られていなかった単斜輝石を含むレゾライト的な岩石が少量ながら産することが明らかとなった(図3)。ハルツバーガイト、伴うダナイト中のスピネルのCr#は0.65-0.8程度であり(DeBari and Coleman, 1989; Burns, 1995; Kusky et al., 2007), 現在の海洋底かんらん岩のスピネル組成(Morishita et al., 2011)よりも明瞭に高い。これらの溶け残りかんらん岩を切るように単斜輝岩などが産する。



図2. 溶け残りかんらん岩(ざらざらした表面の方)中のダナイト(より明るい色を示す)の産状。

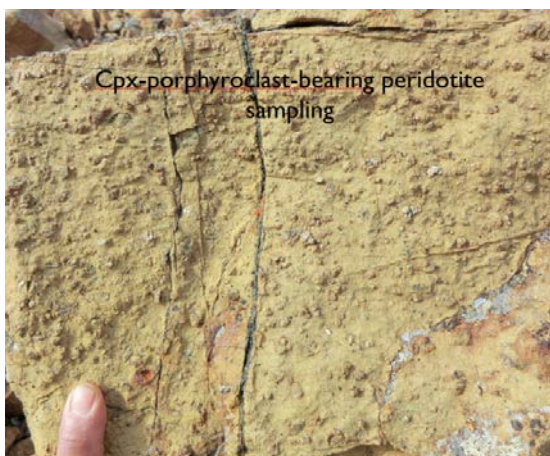


図3. 溶け残りかんらん岩が卓越する部分に産する単斜輝石を含む岩相。

本調査であらためて、単斜輝岩、ウエールライト、ウェブステライトなどが、かんらん岩体の上部に広く産することを確認した(図4)。今回新たに、従来よりも、かんらん岩に輝石含有量の多様性があることがわかった。また、斜方輝岩も普遍的に溶け残りかんらん岩相当から、かんらん岩-輝岩類が産する場所に産することがわかった(図5)。その成因に関する詳細は現在も進められている。

(3) 島弧マンツルのシリカ付加の普遍性について

ミルディータ・オフィオライト東帯かんらん岩類、タルキートナ岩体では、かんらん岩体の上部層になるに従い輝岩類(特に斜方輝

岩)に富む。これらの試料の観察から、斜方輝岩の形成は、既存の溶け残りかんらん岩に斜方輝石成分に飽和しているシリカ成分に富むメルトとの反応であると考えられる。斜方輝岩の産出は、オフィオライトのかんらん岩体から普遍的に報告されている(Morishita et al., 2011aの引用文献を参照)。シリカに富むメルトとの反応による輝石類(特に斜方輝石)の付加は、島弧上部マントルの特徴の一つと考えられる。



図4. モホ面近傍に相当する岩相の産状. 数10mから数100m規模でダナイト(dun)と輝岩類(web)が産する。

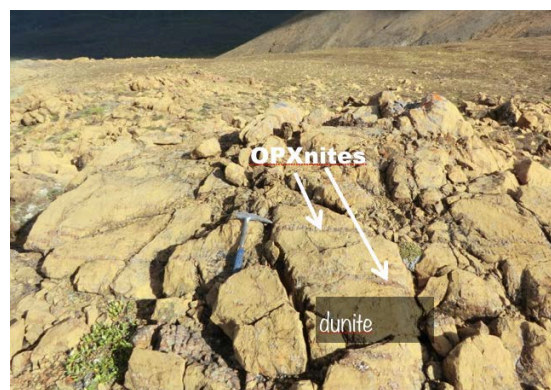


図5. 斜方輝岩(OPXnites)が脈状に産する。

かんらん石に富むかんらん岩に斜方輝石(および単斜輝石)成分が増加すると、地震波速度構造においてS波の減衰がほとんど起きずに、P波の減衰が起きることが予想される(Miller and Lee, 2008; Wagner et al., 2008)。実際に、大陸下では、斜方輝石成分に富むかんらん岩が報告されており(e.g., Kelemen et al., 1992), 地震波速度構造から、斜方輝石に富むかんらん岩領域と解釈される例もある(Wagner et al., 2008)。地震波速度構造測定によって、島弧下で輝石成分の付加とその程度が読み取れることを期待したい。

(4) 島弧深部のモホ面付近の岩層変化: デラミネーションの検討

ミルディータ・オフィオライト, およびタルキートナ岩体においてはハルツバーガイト, それに伴うダナイトからなる岩層の直上に輝岩類とダナイトによる層状構造が発達する岩相が存在する。ハルツバーガイト中の

輝岩類(斜方輝岩など)と、これらの層状構造をもつ超苦鉄質岩層との成因的な関係などが明確にされていない。特に、上述したように、タルキートナ岩体において、この層状超苦鉄質岩層のさらに上位にあたるはんれい岩質岩層との間に鉍物化学組成的ギャップが存在することなどから、超苦鉄質岩層や、ざくろ石を含むはんれい岩質岩層が、マントル中にデラミネーションしたと解釈されている(Behn & Kelemen, 2006; Greene et al., 2006)。沈み込み帯や造山帯において玄武岩質メルトの底付け、その後の冷却に伴うエクロサイト化によるかんらん岩との密度逆転の予想に基づくデラミネーションの重要性が指摘されている(例えば、Kay and Kay, 1991; 巽, 2003)。

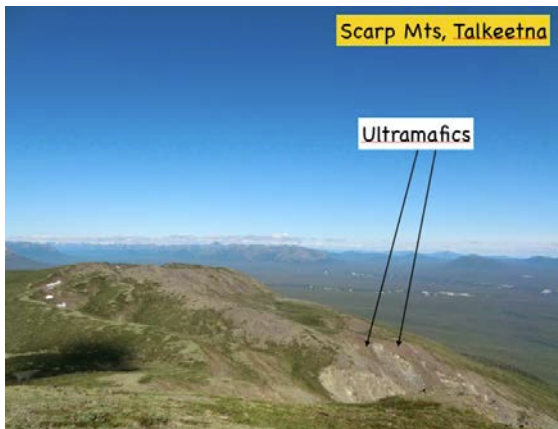


図6. 下部地殻相当中の超苦鉄質岩石の産状(Ultramafics)。

今回の調査で、下部地殻相当岩石中に、超苦鉄質岩石類が多くふくまれていることがわかった(図6)。超苦鉄質岩石の鉍物学的、地球化学的特徴は、もともと斜長石を含むような浅いところで形成された岩石が圧力増加、もしくは温度低下によって鉍物組み合わせが変化したことを示すことがわかった(図7)。これらの岩石は、下部地殻物質がマントルを構成している岩石と類似する特徴へと変化することを示す実例であり、デラミネーションとの関連について現在も検討中である。

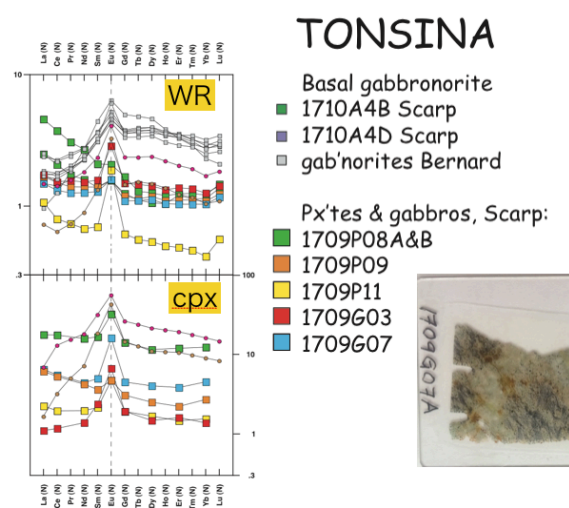


図7. 下部地殻中の超苦鉄質岩石の化学的特徴。全岩組成(WR)と単斜輝石の希土類元素パターン。

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 27 件)

1. Tamura, A., Morishita, T., Ishimaru, S., Hara, K., Sanfilippo, A, Arai, S., 2016, Compositional variations in spinel hosted pargasite inclusions in the olivine-rich rock from the oceanic crust-mantle boundary zone. Contributions to Mineralogy and Petrology, in press. (査読有). DOI 10.1007/s00410-016-1245-9

2. Biswajit, G., Bandyopadhyay, B, Morishita, T. 2016, Andaman-Nicobar ophiolites, India: Origin, Evolution and Emplacement. Journal of Geological Society of London, in press. (査読有)

3. Komiya, T., Yamamoto, S., Aoki, S., Sawaki, Y., Ishikawa, A., and other 5, 2015, Geology of the Eoarchean, > 3.95 Ga, Niulliak supracrustal rocks in the Saglek Block, northern Labrador, Canada: the oldest geological evidence for plate tectonics. Tectonophysics, 662, 40-46. (査読有) DOI:10.1016/j.tecto.2015.05.003

4. oshikawa, M., Python, M., Tamura, A., Arai, S., Takazawa, E., Shibata, T., Ueda, A., Sato, A., 2015, Melt extraction and metasomatism recorded in basal peridotites above the metamorphic sole of the northern Fizeh massif, Oman ophiolite. Tectonophysics, 650, 53-64. (査読有) DOI: [10.1016/j.tecto.2014.12.004](https://doi.org/10.1016/j.tecto.2014.12.004)

5. Tani, K., and other 8 members, 2015, Pliocene granodioritic knoll continental

crust affinities discovered in the intra-oceanic Izu-Bonin-Mariana Arc: Syntectonic granitic crust formation during back-arc rifting. Earth and Planetary Science Letters, 424, 84-94. (査読有) DOI: [10.1016/j.epsl.2015.05.019](https://doi.org/10.1016/j.epsl.2015.05.019)

[学会発表] (計 32 件)

1. Morishita, T., 2015, Maturing processes of ARC MOHO deduced from the Izu-Bonin and Ophiolites and implications for economic chromitite formations. The 11th International Conference for Geosciences, 5月12日-14日(招待講演), Riyadh, Saudi Arabia.

2. Ishikawa, A., Senda, R., Suzuki, K., Tani, K., Ishii, T., 2015, Osmium isotope variations in the Pacific mantle: implications for the distribution of heterogeneity in the convecting mantle. American Geophysical Union Fall Meeting, 12月12日-18日(招待講演), San Francisco, USA.

3. Morishita, T., Tani, K., other 3 members, 2014, Insight into the uppermost mantle section of nascent arc. Ophiolite Symposium, 9月18日(招待講演), Damghan, Iran.

[図書] (計 1 件)

1. Morishita, T. and other 10 members, 2015, Chapter 2-14, in Subseafloor Biosphere Linked to Hydrothermal Systems: Taiga Concept, 666p, Springer.

[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

森下 知晃 (MORISHITA Tomoaki)
金沢大学理工研究域自然システム学系・教授
研究者番号：80334746

(2) 研究分担者

鈴木 勝彦 (SUZUKI Katsuhiko)
国立研究開発法人海洋研究開発機構・グループリーダー
研究者番号：70251329

芳川 雅子 (YOSHIKAWA Masako)
京都大学理学系研究科・教務補佐
研究者番号：00378605

石川 晃 (ISHIKAWA Akira)
東京大学総合文化研究科・助教
研究者番号：20524507

谷 健一郎 (TANI Kenichiro)
独立行政法人国立科学博物館地学研究部・研究員
研究者番号：20524507