

平成21年5月20日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18740336

研究課題名（和文）海洋底拡大における地殻-マントル境界の形成過程

研究課題名（英文）Formation of crust-mantle boundary in the mid-ocean ridge

研究代表者

田村 明弘（TAMURA AKIHIRO）

金沢大学・フロンティアサイエンス機構・博士研究員

研究者番号：80401884

研究成果の概要：

大気と地面の境界があるように、地球内部には性質の異なる固体物質の境界があるとされている。地殻と上部マントルの境界はこのひとつであり、それぞれを構成している岩石種の物質学的なちがいににより区別される。本研究では統合国際深海掘削計画によって、大西洋の海底から得られた地球深部を構成する岩石を解析し、いかにしてこれらの異なった岩石種が産み出されるのかその形成過程について検証した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,400,000	0	1,400,000
2007年度	1,000,000	0	1,000,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	270,000	3,570,000

研究分野：地球深部岩石学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・岩石・鉱物・鉱床学

キーワード：マグマ過程・地殻・マントル・核

## 1. 研究開始当初の背景

2004年末から2005年はじめにかけて、統合国際深海掘削計画（IODP）304/305航海が行われた。この研究航海は地震学的に知られている、上部マントルと地殻の境界であるモホロビッチ不連続面について、物質的に検証するためにその境界に相当する岩石の採集を目的のひとつとして掲げられていた。海洋底の掘削は大西洋中央海嶺北緯30度、水深約1300 mに存在するアトランティス岩体につ

いて行われ、研究代表者はこの航海に火成岩岩石学の乗船研究者として参加した。アトランティス岩体は海洋コアコンプレックスであり、中央海嶺の軸付近の地球深部の岩石が低角の断層により海洋底の比較的浅いところにもたらされている。したがって、岩体の掘削によって海洋リソスフェア形成に関係したマグマ過程の解明に必要な物質、すなわち地殻から上部マントルに相当する岩石を採集・検証できることが期待されていた。とくに地

球物理学的な事前調査から変質を逃れたかんらん岩が存在していることもいわれており、上部マントル物質からの検証ができるものとされていた。しかしながら、実際に掘削により得られた岩石は大半がガブロ類であり、かんらん岩はきわめて少量であった。さらに事前の予測とは異なりかんらん岩は相当の変質を被っていた。このように予測とは著しく異なった物質が採集されたため、それぞれの岩石の成因について、詳細な検討が必要とされていた。特にかんらん岩は少量であったためその試料を用いた研究の学術的価値は極めて高かったといえる。これまで、中央海嶺から得られたかんらん岩の解析をもとに、海洋リソフェア形成過程すなわち地殻物質をつくり出すマグマの発生過程について多くの研究が行われてきており、様々な地域のかんらん岩のデータが蓄積されてきている。また、地域間のかんらん岩の岩石学的性質の類似性や相違性から、地球規模での中央海嶺での過程の多様性の議論を可能にしてきた。一方、海洋コアコンプレックスそのものについても、近年その構造の発達過程が注目されてきており、構成する岩石の物質学的研究が重要となってきた側面があった。

以上のように、中央海嶺下のマグマ過程の理解にむけて、前述した航海により得られた岩石試料の重要性に着目し、その解析を行った。

## 2. 研究の目的

地球深部にある地殻とマントルの境界はどうなっているのか、そしてどのようにして形成されるのか？

海洋底の拡大すなわち海洋プレートの生成に関わるマグマ活動により形成される、地殻と上部マントルの境界の物質学的多様性を検証し、その多様性を生み出すマグマ過程のちがいおよびその要因を明らかにする。また、主に研究対象する岩石が得られた海洋コアコンプレックスの形成過程およびこれを構成している物質の性質を明らかにすることも目的のひとつである。

## 3. 研究の方法

IODP304/305航海により大西洋中央海嶺北緯30度の海底下に存在するアトランティス岩体(図1)から得られた岩石を試料として、その岩石学的・地球化学的性質を解析す

ることで、中央海嶺下のマグマ過程を検証した。主にかんらん岩試料から、上部マントルでの熔融過程およびマグマとの反応過程等の情報を読み取り、地殻と上部マントルの間の成因関係を考察した。

岩石試料の処理は主に岩石の薄片を作成し、構成鉱物の顕微鏡観察およびそれらの量比を測定した。構成鉱物の主要元素組成および輝石類の微量元素組成を測定した。鉱物の主要元素組成は電子線マイクロプローブアナライザーを、微量元素組成はレーザーアブレーション試料導入法を用いてプラズマ誘導結合質量分析装置(ICP-MS)によって測定を行った。これらのデータを用いて、上部マントルでのマグマ生成過程を定量的モデルから検証した。また、本研究で用いたかんらん岩の性質を比較・検討するために、文献調査により他地域の中央海嶺から得られた上部マントル起源のかんらん岩のデータの整備をおこなった。主に大西洋中央海嶺、南西インド洋海嶺、東太平洋海膨などの単斜輝石の微量元素データを収集し、成因論の議論に活用した。

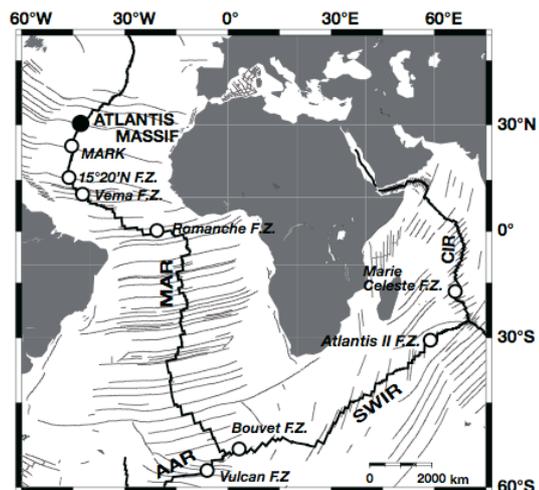


図1 大西洋中央海嶺北緯30度アトランティス岩体(ATLANTIS MASSIF)の位置。

## 4. 研究成果

アトランティス岩体から得られたかんらん岩の岩石学的・地球化学的性質を明らかにし、中央海嶺下での地殻形成、すなわちマグマ活動に関わる上部マントルの改変過程について説明した。また、中央海嶺のマグマ過程および海洋コアコンプレックスを構成する物質の形成環境についてひとつの可能性を示した。

・中央海嶺下のかんらん岩／マグマ反応と部分溶融過程

かんらん岩とガブロの連続したコア試料（図2）をもとに、地球化学的特徴からその両者の成因関係を考察した。かんらん岩中の単斜輝石の微量元素組成がガブロとの境界から離れるにしたがい系統的に変化することに着目し、この変化がガブロを形成したマグマとの反応によりもたらされたものであることを定量的なモデルを用いて説明した。また、アトランティス岩体を構成するかんらん岩がもともとは上部マントルに由来するものであり、マグマとの反応によってその性質が様々な程度に改変されてしまっていることが判明した。この結果は、地殻と上部マントルの物質学的な差を検討する際にきわめて重要な情報となり得る。

前述のコア試料において、ガブロとの境界からはなれたかんらん岩から初生的な（マグマの影響がない）かんらん岩の性質を推測し、上部マントルでの溶融過程を検証した。その結果、高圧下で溶融が始まっていたことがわかり、これまで大西洋中央海嶺から得られている溶け残りかんらん岩の中でも比較的溶融の程度が高いものであることが判明した。他の海洋コアコンプレックスからも同様の上部マントルかんらん岩の報告例があることから、海洋コアコンプレックス形成に関係した上部マントル物質の共通した特徴であることが示唆された。

このような岩石の成因の解析結果から、その形成場では上部マントル物質に対しマグマが関係しており、両者が共存・反応する環境が必要であることが予想される。そこで、中央海嶺での地殻の形成過程に海嶺軸沿いのマグマの移動が重要な役割を持っていることを示し、海嶺軸沿いの地殻—上部マントル境界の多様性についての解析の必要性を述べた。以上の研究成果は、学会発表および国際誌に論文として公表した（例えば、Tamura et al., 2008）。現在は、同様の試料を用いて、上部マントルかんらん岩とマグマの間の反応過程をより詳細に理解するために、岩石中の微細組織に注目し、中央海嶺下や島弧下のマグマ過程との比較を行っている。

・研究成果の意義

国際的な科学計画である、海洋底の超深度掘削計画の実行に向けて、本研究の研究対象

としたアトランティス岩体が近年注目されてきている。中央海嶺のマグマ過程のみならず地球物理学や生物学など様々な分野の研究対象として、アトランティス岩体を用いて継続的に研究が行われる予定がある。本研究の成果は、構成している岩石について基礎的な部分として、将来の様々な研究にとって重要な情報となってくる可能性がある。

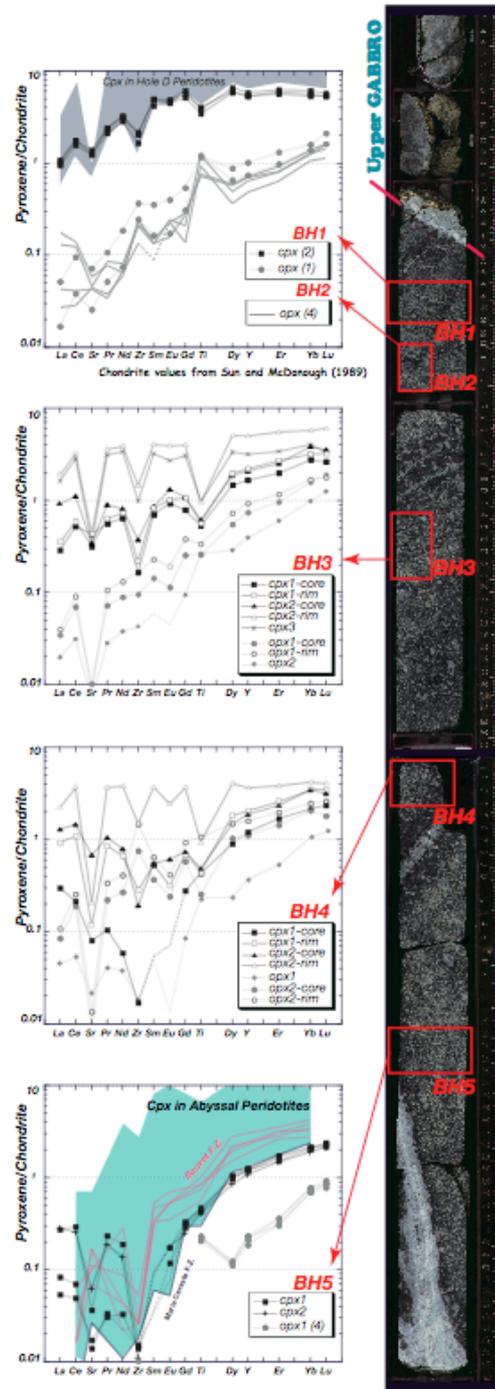


図2 ガブロと接するかんらん岩中の輝石類の微量元素組成の多様性。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 11 件)

1. Yoshitake N, Arai S, Ishida Y, Tamura A (inpress) Geochemical characteristics of chloritization of mafic rust from the northern Oman ophiolite: Implications for estimating the chemical budget of hydrothermal alteration of the oceanic lithosphere. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*. 査読有
2. Morishita T, Hara K, Nakamura K, Sawaguchi T, Tamura A, Arai S, Okino K, Takai K, Kumagai H (inpress) Igneous, alteration, and exhumation processes recorded in abyssal peridotites and related fault rocks from an oceanic core complex along the Central Indian Ridge. *Journal of Petrology* (doi:10.1093/ptology/egp025). 査読有
3. Ishimaru S, Arai S, Tamura A, Takeuchi M, Kiji M (2009) Subarc magmatic and hydration processes inferred from a hornblende peridotite xenolith in spessartite from Kyoto, Japan. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences* 104:97-104. 査読有
4. Arai S, Tamura A, Ishimaru S, Kadoshima K, Lee YI, Hisada K (2008) Petrology of the Yugu peridotites in the Gyeonggi Massif, South Korea: Implications for its origin and hydration process. *Island Arc* 17:485-501. 査読有
5. Tamura A, Arai S, Ishimaru S, Andal E (2008) Petrology and geochemistry of peridotites from IODP Site U1309 at Atlantis Massif, MAR 30°N: micro- and macro-scale melt penetrations into peridotites. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 155(4):491-509. 査読有
6. Hirauchi K, Tamura A, Arai S, Yamaguchi H, Hisada K-I (2008) Fertile abyssal peridotites within the Franciscan subduction complex, central California: Possible origin as detached remnants of oceanic fracture zones located close to a slow-spreading ridge. *Lithos* 105(3-4):319-328. 査読有
7. Morishita T, Hattori KH, Terada K, Matsumoto

T, Yamamoto K, Takebe M, Ishida Y, Tamura A, Arai S (2008) Geochemistry of apatite-rich layers in the Finero phlogopite-peridotite massif (Italian Western Alps) and ion microprobe dating of apatite. *Chemical Geology* 251(1-4):99-111. 査読有

8. Ildefonse B, Blackman DK, John BE, Ohara Y, Miller DJ, Macleod CJ, IODP Expeditions 304/305 Science party (2007) Oceanic core complexes and crustal accretion at slow-spreading ridges. *Geology* 35:623-626. 査読有

9. 田村明弘・荒井章司・石丸聡子・アンダレルリック (2007) IODP 304/305航海で得られたかんらん岩の成因 大西洋中央海嶺の海洋底かんらん岩の多様性. 月刊地球 海洋プレートと島弧の深部構造-III IODP超深度掘削へ向けて 682-690. 査読無

10. Tamura A, Arai S (2006) Geochemistry of clinopyroxene in peridotites from the Nukabira complex, Kamuikotan zone, Hokkaido, Japan: a LA-ICP-MS study. *The Science Reports of Kanazawa University* 50:1-27. 査読無

11. Tamura A, Arai S (2006) Harzburgite-dunite-orthopyroxenite suite as a record of supra-subduction zone setting for the Oman ophiolite mantle. *Lithos* 90(1-2):43-56. 査読有

〔学会発表〕 (計 5 件)

1. Tamura A, Arai S, Ishimaru, Andal, ES. Geochemistry of residual peridotites from the Atlantis Massif, MAR 30°N: Inter- and intra-grain variations of clinopyroxene trace element compositions. 国際レールズライトワークショップ, 2008.9.22-26, カリフォルニア, 米国.

2. Tamura A, Arai S, Ishimaru S, Andal, ES, Petrology and geochemistry of residual peridotites from Site 1309 at the Atlantis Massif, MAR 30°N. IODP 304/305航海ポストクルーズミーティング, 2007.9.16-20, ハワイ, 米国.

3. 田村明弘・荒井章司・石丸聡子・アンダルエリック. 海洋コアコンプレックス中の上部マントルかんらん岩：IODP Exp. 304/305@大西洋中央海嶺北緯30°アトランティス岩体. 東京大学海洋研究所共同利用研究集会, 海洋プレートと島弧の深部構造：IODP 超深度掘削へ向けて, 2007.2.19-20, 東京.

4. Tamura, A, Arai, S, Ishimaru, S, Andal, ES, Residual peridotites from the Oceanic Core Complex: IODP Exp.304/305 at the Atlantis Massif, MAR 30°N. 地球惑星科学関連合同大会, 2007.5.19-24, 幕張.

5. Tamura, A, Arai, S, Geochemistry of clinopyroxene in peridotites from the Nukabira complex, northern Japan: residue of multi-stage melting. 国際鉱物学会, 2006 年, 神戸.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

田村 明弘 (TAMURA AKIHIRO)  
金沢大学・フロンティアサイエンス機構  
博士研究員  
研究者番号：80401884

### (2) 研究分担者

該当なし

### (3) 連携研究者

該当なし