

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 30 日現在

機関番号：82706

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008 ～ 2011

課題番号：20340124

研究課題名（和文） プチスポット総合研究-岩石学と海域調査:海洋リソスフェア発達過程解明に向けて

研究課題名（英文） Multidisciplinary research on petit-spot volcanism – petrology and at sea field survey: implications for the understanding of the development of the oceanic plate

研究代表者

阿部 なつ江（ABE NATSUE）

独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部ダイナミクス領域・研究員

研究者番号：80302933

研究成果の概要（和文）：

海洋プレートの非活動域に発見された新種の火山「プチスポット火山」海域において、地球物理学的・地質学的調査および岩石試料採取を実施してきた。同試料・データは、東北沖日本海溝に沈み込む前の海洋プレートそのものであり、陸側プレートに与える影響や島弧における火山および地震活動を評価する上で、重要な試料・データをもとに、海洋プレートとその下のマントル構造について総合的な研究・調査を行った。

研究成果の概要（英文）：

Petit-spot is a crop of young (< 10 Ma) small volcanoes recently discovered in the NW Pacific Plate with Early Cretaceous age (~130), which is plain quiet area and was regarded as tectonically non-active. This project has been taken multidisciplinary survey and study on petit-spot and aim to understand the oceanic plate and lithosphere/asthenosphere boundary. The result of this research provides important data to the study on the arc activities because the target area of this research is in the subducting oceanic plate beneath NE Japan arc.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	6,300,000	1,890,000	8,190,000
2009 年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2010 年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
2011 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
総計	14,100,000	4,230,000	18,330,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星物理学

キーワード：プチスポット、海洋リソスフェア（プレート）、マントル捕獲岩、海底電位磁力計（OBEM）、広帯域海底地震計（BBOBS）、地殻熱流量、岩石レオロジー、アルカリ玄武岩

1. 研究開始当初の背景

海洋プレート（特に高速拡大系で形成）は、ホットスポットなどの大規模プルーム活動が起こらない限り、一般的に中央海嶺で形成された後もオフィオライト層序を保ったまま島弧・大陸の下へ沈み込んでいくと考えられている。しかし近年、低速拡大軸において

はこの限りではないことが分かっており、また中～高速拡大軸においても、蛇紋岩やはんれい岩の様なプレート深部の岩石が海底に露出するコア・コンプレックスなどが見つかかり、また海嶺付近にはオフリッジ火山活動が多数見つかっている。さらに、「プチスポット」と呼ばれる新しいタイプの火山活動が、

北西太平洋において発見された (Hirano et al., 2001GRL; 2006Science)。これらの活動によって、“典型的”と思われる太平洋プレートでも、長い年月の間にはオフィオライト層序を乱す活動があり、構造変化が起きていると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、そのプチスポット火山海域における地球物理学的・地質学的調査、および玄武岩やそれが捕獲する深部捕獲岩などの岩石試料を採取する。さらに岩石試料の全岩および鉱物化学組成計測・物性計測を行う。そして、それら岩石試料の分析値から推定される地下深部での岩石物理化学データと、海域調査により得られた地球物理学的データとを照合・解析することで、海洋プレート(リソスフェア)の構造およびリソスフェア/アセノスフェア境界の実体解明のための総合的な観測・研究を目的としている。

3. 研究の方法

一般的に(特に高速拡大系で形成された)海洋プレートは、中央海嶺で形成された後、ホットスポットなどの大規模ブルーム活動が起こらない限り、オフィオライト層序を保ったまま、島弧・大陸の下へ沈み込んでいくと考えられている。しかし近年、中～高速拡大軸においても、蛇紋岩やはんれい岩など、プレート深部の岩石が海底に露出するコア・コンプレックスなどが見つかかり、また海嶺付近にはオフリッジ火山活動が多数見つかかった。さらに、「プチスポット」と呼ばれる新しいタイプの火山活動が、北西太平洋において発見された (Hirano et al., 2001GRL; 2006Science:図1)。これらの活動によって、“典型的”と思われる太平洋プレートでも、長い年月の間には、オフィオライト層序を乱す活動があり、構造変化が起きていると考えられる。

本研究では、そのプチスポット火山海域における地球物理学的・地質学(岩石学・地球化学)的調査を実施する。この総合研究を通して、海洋プレートの実体解明に向けた取り組みを行った。

Hirano et al. (2006) より

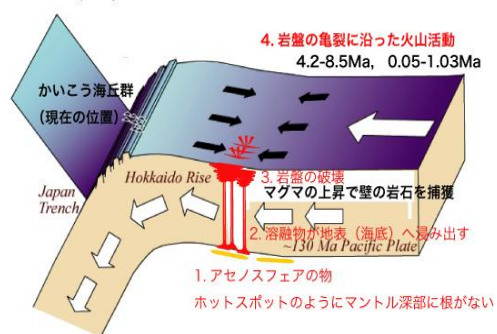


図1. Hirano et al. (2006) により提唱されているプチスポット噴火モデルの概念図。

アルカリ玄武岩が上部マントルから分離し地表へ噴出するまでの時間は、およそ数十時間～数日間 (Takahashi, 1986; Kelly et al., 2000 など) と見積もられており、非常に短時間である。従って、そのようなアルカリ玄武岩に包有されるガブロやかんらん岩などの深部岩捕獲岩は、一般的にマグマの温度と平衡には達せずに、地下深部で捕獲される以前の温度や化学組成をほぼそのまま保存している。

そこで本申請では、地球物理学・地質学相互に補完するデータを取得し、海洋プレートの熱物質構造および最上部マントルの性質の解明に向けた解析を行う。具体的には、本プチスポット総合研究を通して、海洋プレートの実体について下記の項目を検証する事が出来る。

岩石学的研究: 捕獲岩試料の化学分析・物性計測によるプレート深部の岩石組成構造、岩石物性・応力、平衡温度圧力解析。海洋プレート(リソスフェア)構造の推定。2年目以降更に他海丘からの試料採取により、火山個体毎の岩石組成の多様性を調査する。

地球化学的研究: 玄武岩および捕獲岩試料の微量元素組成・同位体比組成分析による形成年代測定、海洋プレート形成時およびプチスポット火山形成時におけるマントル条件の推定。

メルティングモデル計算: 観測・試料分析(化学組成、物性)により得られるデータを元にした、上部マントルにおける部分熔融の可能性について、検討する(研究協力者: 東大院生・高橋亜夕)

海底電磁気学的: OBEM の回収(1年目)・データ解析によるリソスフェア/アセノスフェア境界の推定。

地震学的研究: BBOBS の回収(1年目)・データ解析による自然地震の震源特定、上部マントル地震波速度構造解析 (IFREE 研究へのデータ提供)。さらに震源域における上部地殻構造解析(3年目以降)。

高精度地震波構造探査及び自然地震の応力場の推定は、機会があれば実施したいが、本研究期間中は諸事情により困難であるため、自然地震メカニズムの解明及び海洋リソスフェア深部の地震波速度構造解析は、次期研究ステージ以降に実施。

それぞれの分野にける観測項目によって得られる分析解析データ(研究パーツ)は、限られたものとなるであろう。特に深部捕獲岩試料数は得られる個数が少ない。従って、本研究によって予想される研究結果は、海洋リソスフェアの実体解明に向けた予察的なデータという位置付けになる。

しかし、これらのパーツを組み合わせることで、海洋リソスフェアの実体解明に大

大きく貢献する貴重なデータを得ることが出来ると確信する。本研究を実施することで、地球進化の過程において他の太陽系惑星にはないプレートテクトニクスの実体解明に貢献することができることから、その意義は極めて大きいと考えられる。

4. 研究成果

本研究では、海洋プレートの非活動域に発見された新種の火山「プチスポット火山」海域において、地球物理学的・地質学的調査および岩石試料採取を実施してきた。同試料・データは、東北沖日本海溝に沈み込む前の海洋プレートそのものであり、陸側プレートに与える影響や島弧における火山および地震活動を評価する上で、重要な試料・データである。

20年度: プチスポット火山の成因および北西太平洋プレートの熱物質構造理解のための海域調査を平成20年7月28日～8月19日に実施した(YK08-09:馬場首席)。平成19年に設置した広帯域海底地震計(BBOBS)および海底電位磁力計(OBEM)の回収に成功し、同海域における1年間の観測データを得た

(Baba et al., 2008 YK08-09 cruise report)。その結果、プチスポット海域における海洋プレート内微小地震の観測に成功し、また上部マントルの地震波速度構造および電気伝導度構造データを得た(Shito et al., 2008など)。これらのデータは現在解析中である。また、典型的なプチスポット火山である湯川海丘周囲で、非常に低い地殻熱流量値を観測するなど新しい発見があった。

平成21年1～3月には、海洋研究開発機構所有の大型海洋地球観測船「みらい」を用いた、初の固体地球課題航海(MR08-06 Leg1:阿部首席)を実施。チリ沖ナスカプレート屈曲点付近において、プチスポット様の小海丘を発見し、3つの海丘におけるドレッジにより、プチスポット同様の若いアルカリ玄武岩の採取に成功した。この岩石採取成功により、北西太平洋以外のプレート屈曲点にも、プチスポット火山が存在する可能性がきわめて高いことが分かった。もしこの若い火山がプチスポットであれば、プチスポット火山活動が海洋プレート上で普遍的に起こる現象であることを示唆している。そのため、現在岩石の化学組成、マグマの噴出年代測定を急いでいる。また、同アルカリ玄武岩からは、今のところマントル捕獲岩は発見されていない。

21年度: プチスポット火山の調査航海は行わなかったため、平成20年度までに取得した岩石試料やデータ解析を行った。

19年度設置、20年度回収の3台の広帯域海底

地震計(BBOBS)により得られた調査海域下の上部マントル速度構造解析結果は、ブルームなどの異常が見られず、普通の海洋プレート下のアセノスフェア構造であることが分かった(Shito et al., 2009)。また同BBOBSデータから、同海域に存在する130Maに形成された海洋プレート断裂帯において、海洋プレート内微小地震が発生していることが明らかになった(Sugioka et al., 2009)。地殻熱流量測定結果により見つかった同海域の高熱流量以上および海山周辺に見られる低熱流量異常について解析を行った(Hamamoto et al., 2009; Yamano et al., 2009)。また平成19年度までに採取された捕獲岩試料を用い、地殻深部～上部マントルの熱物質構造およびマントル組成について研究をすすめ結果、古い太平洋プレートの断片であり、マグマに捕獲された深度が試料毎に異なることが明らかになった。これらの成果は、連携研究者主著で国際誌に発表され国際誌(Yamamoto et al., 2009)、また国際学会で発表された(Abe et al., 2009)。さらに研究成果の一部は、国際誌に二編投稿中である。また、連携研究者が主著の岩石化学的研究論文1編が、国内紙(平野ほか、2010)に掲載された。

11月30日～12月1日にかけて、東京大学地震研究所において研究集会を実施し、これまで5年間実施した各分野の成果を持ち寄り、今後の研究方針を議論した。上記の成果は、この研究集会の成果報告(英文)として印刷し、関係方面に配布している(備考参照)。

22年度: 下記の2航海を実施した。

- (1) 北西太平洋南島島周辺における海底火山潜航調査(5月16日-6月4日:首席平野、清水乗船): 小規模海丘からアルカリ玄武岩を採取した。それがプチスポット火山であるか否かは、現在分析中で、年代測定等の結果を考慮し、結論する。
- (2) アウターライズ横断測線における広帯域海底地震計設置(9月4-12日:杉岡、伊藤乗船): 1年間の観測期間を経て、平成23年度回収予定。日本海溝へ沈み込む前の太平洋プレート構造・厚さ等の変化を観察する予定。なお、設置期間中に、東北沖太平洋地震が発生しており、同地震・余震および関連する余震などが観測されていることが予想される。

また、岩石学的研究として、かんらん岩捕獲岩の微細組織解析により明らかになった海洋リソスフェアの地震波速度異方性に関する論文が、国際誌に発表された(Harigane et al., 2010 EPSL)。その他、複数の研究機関や国際学会などから招待講演の依頼があり、研究代表者および分担者は講演を行った。(4月米国ウッズホール海洋科学研究所・阿部; 3月独 GEOMAR・馬場など)。

この年 11 月に実施した研究集会(東京大学地震研究所)の報告書は、英文で作成され、国際的に配布されたと同時に、web page 上で公開している。

23 年度：観測航海が無かったため、22 年度までに設置・回収した海底電位磁力計 (OBEM) データ解析による百数十 km の深さまでのマントル構造探査 (リソスフェア/アセノスフェア境界探査) (昨年度から継続：馬場)、広帯域海底地震計(BBOBS)データ解析による震源分布観測およびデータ解析 (昨年度から継続：杉岡・志藤・伊藤)、海底地震観測によるプチスポットのメルト生成場マントルの状態の推定を行った。また、地形調査と火山体分布調査、プロトン磁力計・三成分磁力計・重力計による地磁気異常、重力異常など地球物理学的調査による火山分布および地下構造探査 (昨年度から継続：富士原・中西・平野・馬場)、アルカリ玄武岩やマントル捕獲岩などの岩石試料の分析 (採取済み試料)：(昨年度から継続：阿部・鈴木・荒井・仙田・平野・町田・道林・石川・水上・森下・針金)、顕微鏡捕獲岩試料の記載、EPMA・LA-ICPMS による鉱物化学組成測定・平衡温度圧力の推定 (阿部・荒井・山本・森下)、岩石試料全般の同位体比計測 (鈴木・仙田・山本)、岩石レオロジー研究：EBSD による鉱物方位観察 (水上・阿部・道林) を行ってきた。

その成果は、国際学会での招待講演 1 本を含む 3 本の発表、国際誌 1 編、国内紙 1 編へ公表しており、また現在国際誌へ投稿中および投稿準備中である。

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 7 件)

- ① Abe, N., Petrology of the podiform chromitite from ocean floor at MAR 1520N FZ, Site 1271, ODP Leg 209. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 2011, 106, 97-102. Doi:102465/jmps.101022. (査読有り)
- ② Harigane, Y., Mizukami, T., Morishita, T., Michibayashi, K., Abe, N. and Hirano, N., Direct evidence for upper mantle structure in the NW Pacific Plate: microstructural analysis of a petit-spot peridotite xenoliths. *Earth and Planetary Sciences Letters*. 2011, 302, 194-202. (査読有り)
- ③ 平野直人・阿部なつ江・町田嗣樹・山本順司、プチスポット火山から期待される海洋リソスフェアの包括的理解と地質学の新展開 -超モホール計画の提案-。地質学雑誌。2010, 116, 1-12. (査読有り)
- ④ Abe, N., Baba, K., Hirano, N. and petitspot research group, Petit-spot workshop 2009: Implications for the structure and evolution of oceanic lithosphere and underlying mantle. *Proceedings volume of Petit-spot workshop*. 2010, Pp. 59. (査読無し)
- ⑤ 阿部なつ江・田村芳彦・田中聡・海野進・木村純一・石塚治、地球内部掘削：モホール、孔内地震計測、島弧-マントル進化。月刊地球。2010, 32, 94-103. (査読無し)
- ⑥ Yamamoto, J., Hirano, N., Abe, N. and Hanyu, T., Noble gas isotopic compositions of mantle xenoliths from northwestern Pacific Lithosphere. *Chemical Geology*, 2009, 268, 313-323. (査読有り)
- ⑦ 荒井章司・阿部なつ江、モホの岩石学的実体を探る：21 世紀モホールを目指して。地学雑誌, 2008, 117, 1, 110-123 (査読有り)

[学会発表] (計 15 件)

- ① Abe, N., Tamura, A., Morishita, T., Hirano, N. and Arai, S., Petrology of the spinel peridotite xenoliths from petit spot volcanoes. V41C-2514 Poster presented at 2011 Fall Meeting, AGU, December 8, 2011, San Francisco, Calif.
- ② Abe, N., Baba, K., Hirano, N., Tamura, A., Morishita, T. and Arai, S., Petrology of the spinel peridotite xenoliths from petit spot volcanoes. *Mantle Imaging Workshop, InterRIDGE*, October 3-5, 2011, Kashiwa, Chiba Pre.
- ③ Baba, K. and Abe, N., Mantle magnetotelluric study on petit-spot volcanism in northwestern Pacific. *AOGS (Asia Oceania Geosciences Society) INVITED*, August 8, 2011 Taipei, Taiwan.
- ④ Abe, N. and Arai, S., A review of petrological characteristics of mantle xenoliths from Japan arcs: Implications for the structure of the sub-arc lithospheric mantle. 2010 Fall Meeting, AGU, December 15, 2010, San Francisco, Calif.
- ⑤ Park, S., Sims, K.W., Michael, P.J., Orihashi, Y., Plank, T., Abe, N., Geochemical characteristics of off-axis lavas from the Chile Rise. V33B-2365 Poster presented at 2010 Fall Meeting, AGU, December 15, 2010, San Francisco, Calif.
- ⑥ Hirano, N., Machida, S. and Abe, N., The alkaline magma squeezed upward by the plate flexure prior to subduction off the Chile and Japan Trenches. V13F-07 Oral presented at 2010 Fall Meeting, AGU, December 13, 2010, San Francisco, Calif.
- ⑦ 町田嗣樹・平野直人・加藤泰弘・阿部なつ江、北西太平洋のプチスポット火山に産す

るアルカリ玄武岩の地球化学. 日本地球化学会年会, 2010年9月8日, 立正大学, 熊谷.

- ⑧ 平野直人・町田嗣樹・阿部なつ江, チリ海溝とトンガ海溝沖のプチスポット火山. 日本地球化学会年会, 平2010年9月8日立正大学, 熊谷.
- ⑨ 阿部なつ江・金松敏也・末次大輔・山崎俊嗣・岩森光・安間了・平野直人・折橋裕二・原田尚美・富士原敏也, 「みらい」MR08-06 Leg1 海半球完全横断航海報告. 日本地球化学会年会, 2010年9月7日, 立正大学, 熊谷.
- ⑩ Abe, N., Baba, K., Hirano, N., Overview of the multi-disciplinary research on petit-spot and oceanic lithosphere. 地球惑星科学関連学会連合2010年連合大会, 2010年5月27日, 幕張メッセ, 千葉
- ⑪ Abe, N. and MR08-06 Leg1 Scientific Party, Preliminary report on MR08-06 Leg1 Marine Geological and Geophysical Research: A complete trans-Pacific Cruise. 2009 Fall Meeting, AGU, December 14, 2009, San Francisco, Calif.
- ⑫ Yamano, M., H. Hamamoto, K. Baba, A. Takahashi, Y. Kawada, N. Abe, Anomalously low heat flow around a “petit-spot” volcano on the old Pacific plate. 2009 Fall Meeting, AGU, December 14, 2009, San Francisco, Calif.
- ⑬ Abe, N., Baba, K., Hirano, N., and Fujiwara, T., Field observations and xenoliths-conferred architecture of the NW Pacific constrains for petrological and geophysical conditions of the old oceanic lithosphere. Alpine Ophiolite and Modern Analogues. October 1, 2009, Parma University, Italy.
- ⑭ 阿部なつ江・MR08-06 Leg1 乗船研究者、「みらい」MR08-06 Leg1 海半球完全横断航海速報. 地球惑星関連学会連合大会, 2009年5月18日, 幕張メッセ, 千葉.
- ⑮ Shito, A., Sugioka, H., Ito, A., Baba, K., Abe, N., Hirano, N., Shiobara, H., Kanazawa, T., On-Board Scientists, Seismic properties in the asthenosphere beneath the petit-spot region inferred from BBOBS data, 2008, AGU Fall Meeting, December 14, 2008, San Francisco, Calif.

[図書] (計2件)

- ① 山本省三 (友永たろ 絵、阿部なつ江ほか取材協力), すごいぞ! 「しんかい6500」地球の中の宇宙, 深海を探る, くもん出版, 2012
- ② 日本火山の会翻訳 (阿部なつ江ほか),

世界の火山図鑑, 終風舎, 2008

[その他]

<新聞掲載>

・阿部なつ江, マントルの岩石求め, 毎日新聞, 理系白書'09 挑戦の時 13, 2009年7月7日(火)

<ホームページ>

・プチスポット web page

(<http://petitspot.eri.u-tokyo.ac.jp/>)

・新種の火山, プチスポット[東京大学地震研究所広報アウトリーチ室]

(<http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/pickup/petitspot>)

6. 研究組織

(1)研究代表者

阿部なつ江 (ABE NATSUE)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部ダイナミクス領域・研究員

研究者番号: 80302933

(2)研究分担者

馬場 聖至 (BABA KIYOSHI)

東京大学・地震研究所・助教

研究者番号: 70371721

荒井 章司 (ARAI SHOJI)

金沢大学・理工研究域自然システム学系・教授

研究者番号: 20107684

富士原 敏也 (FUJIWARA TOSHIYA)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部ダイナミクス領域・技術研究主任

研究者番号: 30359129

杉岡 裕子 (SUGIOKA HIROKO)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部ダイナミクス領域・研究員

研究者番号: 00359184

鈴木 勝彦 (SUZUKI KATSUHIKO)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部ダイナミクス領域・チームリーダー

研究者番号: 70251329

(3)連携研究者

山野 誠 (YAMANO MAKOTO)

東京大学・地震研究所・准教授

研究者番号: 60191368

平野 直人 (HIRANO NAOTO)

東北大学・東北アジア研究センター・助教

研究者番号：00451831

中西 正男 (NAKANISHI MASAO)
千葉大学・理学研究科・准教授
研究者番号：8022165

道林 克禎 (MICHIBAYASHI KATSUYOSHI)
静岡大学・理学部・准教授
研究者番号：20270978

石川 正弘 (ISHIKAWA MASAHIRO)
横浜国立大学・環境情報学部・准教授
研究者番号：70232270

町田 嗣樹 (MACHIDA SHIKI)
早稲田大学・創造理工学部・環境資源工学科・助手
研究者番号：40444062

志藤 あずさ (SHITO AZUSA)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部
ダイナミクス領域・研究員
研究者番号：90376541

伊藤 亜妃 (ITO AKI)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部
ダイナミクス領域・技術研究主事
研究者番号：90371723

仙田 量子 (SENDA RYOKO)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部
ダイナミクス領域・技術研究副主任
研究者番号：50377991

水上 知之 (MIZUKAMI TOMOYUKI)
金沢大学・自理工学域自然システム学系・
助教
研究者番号：80396811

清水 健二 (SHIMIZU KENJI)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部
ダイナミクス領域・研究員
研究者番号：30420491

森下 知晃 (MORISHITA TOMOAKI)
金沢大学・フロンティアサイエンス機構・
准教授
研究者番号：80334746