

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 5月 8日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22740350

研究課題名（和文） プチスポット火山の普遍性

研究課題名（英文） Exploring petit-spot volcanoes

研究代表者

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

研究成果の概要（和文）：本研究ではプチスポット火山の普遍性を解明するため、海底音響測深のデータベースから、チリ海溝海側斜面、南鳥島周辺海域、マルケサス諸島南部およびソシエテ諸島南部にプチスポット火山に似た地形と反射強度のデータを見いだし、このうち、前者2つについて調査航海を実施した。いずれも火山活動が予想出来なかった場所で最近噴出したと思われる新鮮な溶岩試料が採取された。これらはプレート屈曲によってプレートの応力場が変化する年代と一致し、その普遍性は確実となった。

研究成果の概要（英文）：The widespread occurrence of petit-spot volcanoes could be indicated by the discovery of petit-spots at other sites. The research cruises were conducted at the area around the Marcus Island and off the Chile Trench oceanward slope in order to explore the submarine petit-spot volcanoes. Radiometric ages of obtained rock-samples are corresponding to the time on plate-flexure. Petit-spot volcanoes, therefore, could be formed ubiquitously wherever the plate flexes under the influence of plate tectonics.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地球宇宙科学

キーワード：地殻・マントル化学・火山

1. 研究開始当初の背景

火山活動や地震発生のメカニズムは、60年代後半に提唱されたプレートテクトニクスによって包括的に説明され、あらゆる地学現象の基礎となっている。地表面や海底面を移動する岩盤（プレート）をリソスフェア、プレート直下に存在するものをアセノスフェアと呼ぶ。リソスフェアは、中央海嶺で形

成され東北日本沖合の日本海溝をはじめとする沈み込み帯で収束し、マントルへ沈み込んでいく。この海溝付近のプレート同士のぶつかり合いで巨大地震が発生するが、それら以外の内陸型地震についてはその地域のプレートの応力場が原因となっている。つまり、プレート内の応力場の研究は地震発生メカニズムの解明に重要である

アセノスフェアは、地震波の到達速度が遅

くなる「低速度層」としてリソスフェアとは対照的に延性的に振る舞う柔らかい場所であるが、その原因はマントル溶融によるものなのか、鉱物の物性の変化によるものか分かっていない。アセノスフェアは海洋地域でも数 10~100 km の深部にあるため、今までは高温高压実験によって地下深部の岩石を再現するか、地震波を用いた地下構造探査といった間接的な手法以外に調べる手段が無かった。

そのような状況下で新しい成因による海底火山（プチスポット）が研究代表者によりサイエンス誌から発表された（Hirano *et al.* 2006）。プチスポット火山の形成モデルでは、普遍的に存在するアセノスフェアの溶融物がプレートの屈曲に起因する割れ目に沿って上昇し火山が形成されたとしている。海溝へ沈み込むプレートの剛性的な特性は、海溝手前のプレート屈曲を引き起こし、地形的高まり（アウターライズ）を作るが、この屈曲がプレートの破壊（巨大地震など）を引き起こしマグマの通り道が出来たという新説である。つまり「アセノスフェアの実態を示す初の物的証拠（溶岩）」と「地震の成因（プレートの亀裂）」の二つを提案した。

2. 研究の目的

新しい成因による新種の火山（プチスポット）が発見された（Hirano *et al.*, 2006, *Science*）。プチスポット火山は普遍的に存在するアセノスフェアの溶融物がプレートの屈曲に起因する割れ目に沿って上昇し形成されたと考えられる。海溝へ沈み込むプレートの剛性的な特性は、海溝手前のプレート屈曲を引き起こし、地形的高まり（アウターライズ）を作るが、この屈曲がプレートの破壊（巨大地震など）を引き起こしマグマの通り道が出来たという新説である。つまり「アセノスフェアの実態を示す初の物的証拠（溶岩）」と「巨大地震の新しい成因（プレートの亀裂）」の二つを提案したのである。

この小さい火山の存在を確認するためには調査船による観測が火山の直上を通過しない限り難しいが、Hirano *et al.* (2006) のモデルに基づけばプチスポット火山はプレートが屈曲している場所ではどこにでも存在しているはずである。本研究では、プチスポット火山の世界的な普遍性を確認するために、西太平洋南鳥島周辺および南東太平洋チリ沖で調査を行い、同火山の世界的普遍性を明らかにした。

これにより、アセノスフェア起源であるプチスポット火山のマグマが各地で存在することが事実として認識されれば、溶融説・物性説が拮抗している現在のアセノスフェア

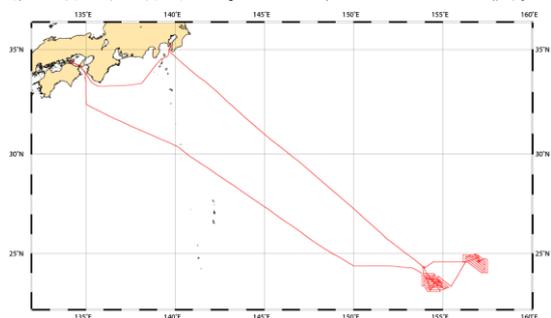
の実態が示されることにも繋がる。また、プチスポット火山の配列が反映するプレートの折れ曲がり（破壊）は、新たな変動場（巨大地震発生場）として認識することが出来る。

3. 研究の方法

すでにその存在が確認されているプチスポット火山の北西太平洋海域以外の西太平洋の南鳥島周辺海域、および南東太平洋海域のチリ中部沖で火山の存在をそれぞれ探索する調査を行った。

また、スクリプス海洋研究所や海洋研究開発機構が所有するデータベースの中から既存の海底サイドスキャン調査データ（音響反射像）を取り出し、火山が持つ地形と地質を調べるための音響反射像の検索を試みた。

本研究では、これらのうちチリ中部沖で行われた調査航海によって採取されたデータ解析と溶岩試料の分析を行い、研究機関内に施行された南鳥島周辺海域での調査と岩石試料の分析、取得データの解析、深海映像の解析を行った。海洋研究開発機構調査船「みらい」による MR08-06 Leg1 航海では、ドレッジによる溶岩試料採取を行い、同調査船「よこすか」による YK10-05 航海では有人潜水調査船「しんかい 6500」による潜航調査によって溶岩流の観察と岩石試料採取を行った（図：YK10-05 で行われた南鳥島周辺海域調査航海の航跡図。2010 年 5 月 16 日に横須



賀を出港・乗船し、6月8日に高松に寄港・下船した。※図提供：JAMSTEC）。

採取された溶岩試料は、各研究機関に赴き、様々な分析を施した。東北大学および海洋研究開発機構においては、岩石記載と急冷ガラス部の主要元素組成分析を行い、同急冷ガラス部の微量元素組成分析は金沢大学で、全岩化学組成分析、および Ar-Ar 年代測定分析を東京大学でそれぞれ行った。

4. 研究成果

スクリプス海洋研究所や海洋研究開発機構などが所有する海底音響測深のデータベースから、チリ海溝海側斜面（Hirano *et al.*, submitted）、南鳥島周辺海域（及川・森下, 2009）、マルケサス諸島南部およびソシエテ諸島南

部 (Hirano *et al.*, in prep.) にプチスポット火山によく似た地形と、溶岩の存在が予想される鋭い反射強度の海底を示すデータを見いだした。

このうち、前者 2 つについて調査航海を実施したが、いずれも火山活動が予想出来なかった場所で最近噴出したと思われる新鮮な溶岩試料が採取され、南鳥島周辺海域のしんかい 6500 による海底調査では、過去に例がない溶岩流の形状が確認された。こちらは、溶岩の噴出年代を分析中である (Hirano *et al.*, in prep.)。

また、チリ沖の溶岩試料からは 10 Ma (1 千万年前) と、6.5 Ma の Ar-Ar 年代値が得られ、いずれも、プレート屈曲によってプレートの応力場が変化する年代と一致した (Hirano *et al.*, submitted)。この研究成果は投稿中であるが、それより先に、2010 年 9 月にはプレスリリースを行い、河北新報や日本経済新聞電子版からも報道された。

更にそのマグマが上昇する際に、火道が入った際に取り込んだ壁のカケラとして、マントルや地殻の岩石を取り込む場合がある。このような岩石を捕獲岩と言ひ、沈み込むプレート自体を構成する岩石の情報を調べることが出来る貴重な岩石である。Yamamoto *et al.* (2011) では、そのような岩石から流体の存在形態を初めて示し、Harigane *et al.* (2011) では、沈み込む海洋プレートを構成する鉱物の異方性を初めて直接示した。これらプチスポット火山がもたらす物質学的研究は、これまで人類が入手不可能であった場所の情報を提供するため (平野ほか, 2010)、その研究成果は大変貴重なものとなった。

そして、陸上では北米ネバダ州に分布する Basin & Range 単成火山群がプチスポット火山同様に大陸プレートの応力場 (ここでは引張場のみ) に起因している可能性を示した (Valentine & Hirano, 2010)。更に房総半島南部に分布する嶺岡オフィオライト (過去に海洋底を構成していた地層) 中のアルカリ玄武岩の成因もプチスポット火山に類似している可能性もある (Mori *et al.*, 2010)

以上のように、日本海溝沖、チリ沖、南鳥島周辺海域、Basin & Range 単成火山群、房総半島南部、といった各地のプレート屈曲場でプチスポット火山およびその可能性が高い火山が次々発見され、本研究の主題である「プチスポットの普遍性」が証明された。このことは、プレート直下 (アセノスフェア) のマグマの定常的な存在を強く示唆し、プレート (リソスフェア) の物性も明らかにしつつある。つまりプチスポットマグマは、海底下数 10~100 km の未知の世界であったアセノスフェアの物質そのものであることが期待される (Hirano, 2011)。

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 8 件)

- ① N.Hirano (2011) Petit-spot volcanism: a new type of volcanic zone discovered near a trench. *Geochem. J.*, vol.45, no.2, p.157-167. 査読有
- ② J.Yamamoto, K.Otsuka, H.Ohfuji, H.Ishibashi, N.Hirano & H.Kagi (2011) Retentivity of CO₂ in fluid inclusions in mantle minerals. *European J. Mineral.*, vol.23, p.805-815. 査読有
- ③ N.Hirano (2011) New kind of volcano on the Earth —Geochronological studies of neutron-irradiated lavas erupted on the sea floor—. *KINKEN Research Highlights*, Institute for Materials Research, Tohoku University, vol.2011, p.77. 査読無
- ④ 平野直人 (2011) 海洋プレートの進化と海底火山を理解するための Ar-Ar 年代測定. アイソトープ総合センターニュース, 東京大学, vol.42(1), p.10-16. 査読無
- ⑤ Y.Harigane, T.Mizukami, T.Morishita, K.Michibayashi, N.Abe, N.Hirano (2011) Direct evidence for upper mantle structure in the NW Pacific Plate: microstructural analysis of a petit-spot peridotite xenolith. *Earth Planet. Sci. Lett.*, vol.302, p.194-202. 査読有
- ⑥ R.Mori, Y.Ogawa, N.Hirano, T.Tsunogae, M.Kurosawa & T.Chiba (2011) Role of plutonic and metamorphic block exhumation in a forearc ophiolite mélange belt: An example from the Mineoka belt, Japan. In: J.Wakabayashi & Y.Dilek (eds.) *Mélanges: Processes of Formation and Societal Significance*, Geol. Soc. America, Special Paper, vol.480, p.95-116. 査読有
- ⑦ 平野直人・阿部なつ江・山本順司・町田嗣樹 (2010) 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*, vol.116, p.1-12. 査読有
- ⑧ G.Valentine & N.Hirano (2010) Mechanisms of low-flux intraplate volcanic fields - Basin and Range (North America) and Northwest Pacific Ocean. *Geology*, v.38, p.55-58. 査読

有 DOI: 10.1130/G30427.1

[学会発表] (計 7 件)

- ① 平野直人, グリーンタフ時代の太平洋側火山活動とプチスポット, 日本地質学会第 118 年学術大会・日本鉱物科学会 2011 年年会合同学術大会 (T14-O-8) 2011 年 9 月 9 日, 茨城大学, 水戸.
- ② 平野直人, 南鳥島の形成史、および周辺海域の海洋底調査, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会 (SCG059-P10), 2011 年 5 月 27 日, 幕張メッセ, 千葉.
- ③ N.Hirano, MOR to ARC evolution and petit-spot volcanoes of the Mineoka ophiolite as revealed by new geochemical and age constraints. *Japanese-Russian workshop symposium, Northern Pacific-Rim Ophiolites and their Ocean-Floor Analogues*, 8 February 2011, Tohoku University, Sendai, Japan.
- ④ N.Hirano, The alkaline magma squeezed upward by the plate flexure prior to subduction off the Chile and Japan Trenches, *2010 Fall Meeting, American Geophysical Union* (V13F-07), December 13, 2010, Moscow Center, San Francisco, USA.
- ⑤ 奥村聡・平野直人, プチスポット火山からの炭素放出量の見積もり, 2010 年日本火山学会秋季大会 (3-B12), 2010 年 10 月 11 日, 京都大学, 京都.
- ⑥ 平野直人, 付加体へ取り込まれるプチスポット火山体, 日本鉱物科学会 2010 年年会(S1-03), 2010 年 9 月 25 日, 島根大学, 松江. ※招待講演
- ⑦ 平野直人, チリ海溝とトンガ海溝沖のプチスポット火山, 2010 年度日本地球化学会年会(2C04), 2010 年 9 月 8 日, 立正大学, 熊谷.

[その他]

- ① 平野直人, 火山はどこで発生するの?～海底火山を掘って考える～, 東北大学附置研究所等一般公開「片平まつり 2011」記念講演会, 一般講演, 2011 年 10 月 9 日, 東北大学片平キャンパス, 生命科学プロジェクト総合研究棟, 仙台.
- ② 平野直人, 地震と火山はどこで起こるの?, 伊達市立月舘小学校, 依頼授業, 2010 年 12 月 1 日, 伊達市立月舘小学校,

福島県.

- ③ 平野助教, 火山、チリ沖にも 東北大など発見, 2010 年 10 月 6 日, 河北新報

6. 研究組織

(1)研究代表者

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