

平成 30 年 4 月 27 日現在

機関番号：82617

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2014～2017

課題番号：26302010

研究課題名(和文)1億年間続く巨大海台のマグマ活動

研究課題名(英文)Detection of Oceanic Plateau magmatism lasting for ~100 million years

研究代表者

佐野 貴司 (Sano, Takashi)

独立行政法人国立科学博物館・地学研究部・グループ長

研究者番号：40329579

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,100,000円

研究成果の概要(和文)：西太平洋のオントンジャワ海台とシャツキー海台という2つの超巨大火山(巨大海台)を対象とした。巨大海台の多量マグマは熱プルーム頭部がプレート境界に衝突することにより生産し、火山活動は短時間(数百万年以内)に終了すると提案されている。しかし活動終了後に再活動してできた海山が存在するようである。そこで4回の航海(KR14-07, KR16-04, KH-17-J01, KR17-13)により、海山の地質調査と岩石採取を行った。その結果、熱プルームモデルから想定されるよりも長期間の活動を行っており、巨大海台のマグマ成因には複雑なモデルを考慮しなければならないことが分かった。

研究成果の概要(英文)：Our targets were two super volcanoes (oceanic plateaus) that are located in the Pacific Ocean: Ontong Java Plateau and Shatsky Rise. Previous workers proposed that thermal plume heads hit against the plate boundaries to generate the voluminous magmas that were erupted to form the oceanic plateaus. The thermal plume model favors volcanism over geologically short periods. However, post-emplacement volcanoes, which are present as seamounts, are likely present. To test our hypothesis, we conducted research of the seamounts during four scientific cruises (KR14-07, KR16-04, KH-17-J01, KR17-13) to carry out geological surveys and rock sample collection by dredge. Our investigations show that durations of magmatic activity of the oceanic plateaus are longer than the prediction of the plume model. Geochemical examinations indicate that a simple thermal plume model cannot explain the magma genesis of the two oceanic plateaus, and more complex (e.g., thermochemical) models should be introduced.

研究分野：地球科学

キーワード：火山構造 岩石・鉱物・鉱床学 地殻・マントル物質 地球化学 固体地球科学 地質学 地球・惑星内部

1. 研究開始当初の背景

巨大海台は多量の玄武岩質マグマが固化してできた超巨大火山である。申請者達は10年以上にわたり巨大海台の研究を行ってきた。何故ならば巨大海台の形成は全マントル規模の巨大な上昇流（ブルーム）に起因し、全マントルダイナミクス解明のための重要なカギであると考えていたからである。巨大海台の噴火活動は地質学的に短期間（100-200万年間）に終了し、次にホットスポット火山へと移行したとされる熱ブルームモデルにより説明されてきた。しかし、これとは別に海台直下では巨大噴火に引き続き1億年近くも断続的にマグマが生産され続け、マグマの底付け（magmatic underplating）があったという提案もある。この理由は、通常の海洋底は中央海嶺で生産された後に時間が経つと冷却により大きく沈降するのに対し、多くの巨大海台は僅かしか沈降していないからである。実際、巨大海台の表面や周囲には主活動の終了後、時間が経ってから再活動によりマグマを噴出して出来たと推定される海山が無数に存在する。しかし、これら海山の調査はほとんど行われていなかった。

2. 研究の目的

そこで太平洋に存在するオントンジャワ海台とシャツキー海台を対象とし（図1）、調査船による地形・地質調査とドレッジ（海底を掘り起こして網にさらうこと）により得た火山岩の記載や年代測定を行い、噴火履歴を調べることを目的とした。また、火山岩の化学組成や同位体比を調べ、今までのマグマ成因論では議論されていない1億年という長期にわたるマグマ発生条件の推移や起源マントルの枯渇履歴を知ることにも目的とした。

3. 研究の方法

調査船を用いてオントンジャワ海台およびシャツキー海台に存在する海山の地形・構造探査をすると共に火山岩を採取した。4年間の研究期間中、研究航海は各年度1回、合計で4回行った。平成26年度は海洋研究開発機構（JAMSTEC）の調査船「かいらい」を用いたシャツキーライズ海台東方の応神ライズ海山群の調査（KR14-07航海）、平成27年度は「かいらい」によるオントンジャワ海台東突出部の北側にある海山列の調査（KR16-04航海）、平成28年度はJAMSTECの調査船「白鳳丸」によるオントンジャワ海台南端部（マライタ島沖）の調査（KH-17-J01航海）、平成29年度は「かいらい」によるシャツキー海台南部をつくるタム山塊上の海山の調査（KR17-13航海）である（図1）。地形・構造探査では火口や溶岩流の分布、火成岩層の構造等を調べ、火山岩については年代測定を行い、これらデータを基に全海山の噴火履歴を解明した。そして火山岩の記載、全岩化学分析、同位体比分析を行い、この結

果から噴火年代に対するマグマの発生条件の推移やマントル物質の枯渇-肥沃化履歴を明らかにした。



図1. オントンジャワ海台とシャツキー海台。橙色の四角が本研究の調査海域（4カ所）。赤丸は過去に掘削により火山岩が採取された地点。

4. 研究成果

(1) 平成26年度のKR14-17航海により調査した応神ライズ海山群の多くは、頂部が平坦なギョーであり、海山の多くは北西-南東方向へ配列していることが分かった。シングルチャンネル音波探査装置（SCS）による海底地下構造探査の結果、火山岩からなる基盤岩の反射面はギョーの頂部直下以外では確認することができた。しかしギョーの頂部は強い反射面（マンガン殻に覆われている？）があり、その下の反射面を見ることは難しい結果となった。また、この海山群の7カ所でドレッジによる岩石採取を行い、全地点で火山岩の採取に成功した。火山岩の化学組成および同位体比（Sr, Nd, Pb, Hf）を調べたところ、シャツキー海台本体の溶岩組成と類似するが、組成は不均質であることが判明した。また、岩石の ^{40}Ar - ^{39}Ar 年代測定の結果、シャツキー海台本体の活動から1000万年以上も若い年代に活動したことが分かった。

(2) 平成27年度のKR16-04航海により調査したオントンジャワ海台東突出部北側の海山群の多くは、北東-南西方向に配列してい

る。海底地形調査の結果、全ての海山は伸長しており(長さ 50 km 程度まで、幅約 20 km、高さ約 2000 m)、頂部には海嶺のような地形が見られた。海山の伸長方向は北東-南西であり、海嶺状の頂部には円頂丘(底面径が約 2 km、高さ約 300 m)が並んでいた。SCS による海底地下構造探査の結果、火山岩からなる基盤岩の反射面は海山の急斜面以外では確認することができた。水深の深い平面に近い部分では堆積物層内にも基盤岩層内にも複数の反射面が見られた。一般的に海山沿いの地下構造データは複雑であるが、スランプ構造や断層の存在が示唆された。ドレッジによる岩石採取も 9 地点で行い、7 地点で火山岩を採取することに成功した。これら火山岩の組成は、オントンジャワ海台本体に比べて肥沃化していることが分かった。

(3) 平成 28 年度の KH-17-J01 航海では、オントンジャワ海台南端部のマライタ島沖の 8 地点において大量の火山岩を採取することに成功した。火成岩の種類は、過去にオントンジャワ海台から得られている玄武岩だけでなく、ドレライトも採取された。これは玄武岩溶岩よりも深部の火山体を構成している岩石であると推定された。

(4) 平成 29 年度の KR17-13 航海で調査したシャツキー海台南部のタム山塊は、地球上で最大の火山であることが判明している。この火山のサイズは太陽系で最大のオリンポス火山(火星)の大きさに匹敵する。海底地形を詳細にマッピングした結果、円頂丘、ギョーなど、タム山塊の南斜面には様々な形の火口が存在することが分かった。また、4 地点でドレッジを行い、2 地点でマンガン団塊を採取した。マンガン団塊の中には中心部に火山岩を含むものもあり、これらは海山をつくる溶岩の欠片と推定された。

(5) 本研究では、研究航海だけでなく、過去に両海台で行われた掘削(国際深海掘削計画 192 次航海および統合国際深海掘削計画 324 次航海)により得られた火山岩の記載、年代測定、化学分析も行い、オントンジャワ海台とシャツキー海台の形成史を明らかにした。その結果、シャツキー海台は 1000 万年以上、オントンジャワ海台は 1 億年近くもの間、断続的に火山活動を行っていたことが分かった(図 2)。また、岩石化学組成や同位体比に基づくマグマ成因に関する議論を行ったところ、巨大海台のマグマ組成は単純な熱プルームモデルではつくることができず、もっと複雑な(例:熱-化学不均質プルーム)モデルを考える必要があることが判明した(論文⑩, ⑬)。さらに、一般向け図書(講談社ブルーバックス)や教科書(東京大学出版)として 3 冊の本を出版し、巨大海台についての紹介を行った(図書①-③)。

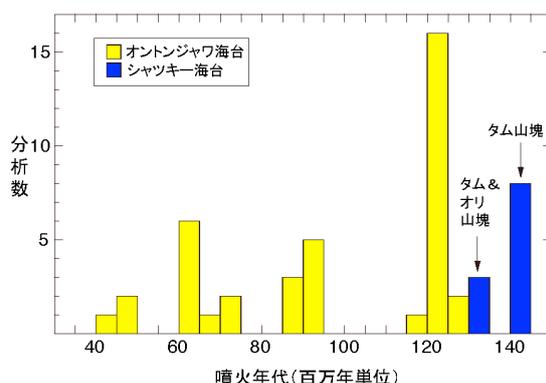


図 2. オントンジャワ海台とシャツキー海台の噴火年代 (^{40}Ar - ^{39}Ar 年代)。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 14 件)

- ① Tommast, A., A. Ishikawa, Microstructures, composition, and seismic properties of the Ontong Java Plateau mantle root. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 査読有, 15, 4547–4569. 2014. doi:10.1002/2014GC005452.
- ② Demouchy, S., A. Ishikawa, A. Tommast, O. Alard, A. Keshav (2014) Characterization of hydration in the mantle lithosphere: Peridotite xenoliths from Ontong Java Plateau as example. *Lithos*, 査読有, 212–215, 189–201, 2014. doi:10.1016/j.lithos.2014.11.005.
- ③ Hanyu, T., K. Shimizu, T. Sano, Noble gas evidence for the presence of recycled material in magma sources of the Shatsky Rise. *Geological Society of America Special Paper*, 査読有, 511, 57–67, 2015. doi:10.1130/2015.2511(03).
- ④ Miyoshi, M., T. Sano, K. Shimizu, A. Delacour, T. Hasenaka, Y. Mori, T. Fukuoka, Boron and chlorine contents of basalts from the Shatsky Rise, IODP Expedition 324: Implications for the alteration of oceanic crust. *Geological Society of America Special Paper*, 査読有, 511, 69–84, 2015. doi:10.1130/2015.2511(04).
- ⑤ Nakanishi, M., W. W. Sager, J. Korenaga, Reorganization of the Pacific-Izanagi-Farallon triple junction in the Late Jurassic: Tectonic events before the formation of the Shatsky Rise. *Geological Society of America Special Paper*, 査読有, 511, 85–101, 2015. doi:10.1130/2015.2511(05).
- ⑥ Sano, T., Y. Nishio, Lithium isotope evidence for magmatic assimilation of hydrothermally influenced crust beneath oceanic large igneous provinces. *Geological Society of America Special Paper*, 査読有, 511, 173–183, 2015. doi:10.1130/2015.2511(09).
- ⑦ Nakanishi, M., Y. Nakamura, M. F. Coffin, K. Hoernle, R. Werner, Topographic expression of the Danger Islands Troughs and implications for the tectonic evolution of the Manihiki Plateau, western equatorial Pacific Ocean. *Geological Society of America Special Papers*, 査読有, 511, 195–220, 2015. doi:10.1130/2015.2511(11).

- ⑧ Sano, T., Homogenization of magmas of the Ontong Java Plateau: Olivine–spinel compositional evidence. *Geological Society of America Special Paper*, 査読有, 511, 221–232, 2015. doi:10.1130/2015.2511(12).
- ⑨ Shimizu, K., T. Sano, M. L. G. Tejada, H. Hyodo, K. Sato, K. Suzuki, Q. Chang, M. Nakanishi, Alkalic magmatism in the Lyra Basin: A missing link in the late-stage evolution of the Ontong Java Plateau. *Geological Society of America Special Paper*, 査読有, 511, 233–249, 2015. doi:10.1130/2015.2511(13).
- ⑩ Tejada, M. L. G., K. Shimizu, K. Suzuki, T. Hanyu, T. Sano, M. Nakanishi, S. -I. Nakai, A. Ishikawa, Q. Chang, T. Miyazaki, Y. Hirahara, T. Takahashi, R. Senda, Isotopic evidence for a link between the Lyra Basin and Ontong Java Plateau. *Geological Society of America Special Paper*, 査読有, 511, 251–269, 2015. doi:10.1130/2015.2511(14).
- ⑪ Sager, W. W., T. Sano, J. Geldmacher, Formation and evolution of Shatsky Rise oceanic plateau: Insights from IODP Expedition 324 and recent geophysical cruises, *Earth-Science Reviews*, 査読有, 159, 306–336, 2016. doi: 10.1016/j.earscirev.2016.05.011.
- ⑫ Tejada, M. L. G., J. Geldmacher, F. Hauff, D. Heaton, A. A. P. Koppers, D. Garbe-Schoenberg, K. Hoernle, K. Heydolph, W. W. Sager, 2016. Geochemistry and age of Shatsky, Hess, and Ojin Rise seamounts: Implications for a connection between the Shatsky and Hess Rises. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 査読有, 185, 302–327, 2016. doi:10.1016/j.gca.2016.04.006
- ⑬ 佐野貴司, 巨大海台をつくる基盤溶岩の掘削成果, *地質学雑誌*, 査読有, 123, 207–223, 2017. doi:10.5575/geosoc.2016.0054.
- ⑭ Hanyu, T., M. L. G. Tejada, K. Shimizu, O. Ishizuka, T. Fujii, J. -I. Kimura, Q. Chang, R. Senda, T. Miyazaki, Y. Hirahara, B. S., Vagalov, K. T., Goto, A. Ishikawa, Collision-induced post-plateau volcanism: evidence from a seamount on Ontong Java Plateau. *Lithos*, 査読有, 294–295, 87–96, 2017. doi:10.1016/j.lithos.2017.09.029.

[学会発表] (計 12 件)

- ① Ishikawa, A., T. Sano, R. Senda, K. Suzuki. Highly siderophile element mobility during Oceanic LIP Emplacements: Implications from subaerial and submarine basalts on Shatsky Rise. *Goldschmidt Conference*, 1094, June 9, 2014, Sacramento, USA.
- ② Ishikawa, A., R. Senda, K. Suzuki, K. Tani, T. Ishii. Osmium isotope heterogeneity in the Pacific mantle: implications for the evolution of convective mantle. *Japan Geophysical Union Meeting*, BPT23-5, May 25, 2015, Chiba, Japan.
- ③ Hanyu, T., M. L. G. Tejada, K. Shimizu, A. Ishikawa, J. -I. Kimura, Q. Chang, R. Senda, T. Miyazaki, K. Goto O. Ishizuka. Remelting of

Ontong Java Plateau lithosphere *Goldschmidt Conference*, 1175, August 18, 2015, Prague, Czech Republic.

- ④ Geldmacher, J., M. L. G. Tejada, F. Hauff, K. Hoernle, D. Garbe-Schoenberg, K. Heydolph. Shatsky and Hess Rise in the NW Pacific: Genetically-related twins or just neighbors? *Goldschmidt Conference*, 3162, August 18, 2015, Prague, Czech Republic.
- ⑤ 石川晃, 越田溪子, 小宮 剛, 宇都宮 敦, M. L. G. Tejada, 鈴木勝彦, 佐野貴司. オントンジャワ海台玄武岩の強親鉄性元素組成. *日本地球化学会年会*. 9月14日. 横浜国立大学.
- ⑥ Sano, T., T. Hanyu, M. L. G. Tejada, S. Shimizu, M. Nakanishi, A. A. P. Koppers, I. Kumagai, J. Geldmacher, W. W. Sager, 2016. Magma genesis of Ojin Rise Seamounts, Northeast of Shatsky Rise. *American Geophysical Union Fall Meeting*, D111A–2328, December 12, 2016, San Francisco, USA.
- ⑦ Miura, S., G. Fujie, T. Shirai, N. Noguchi, S. Kodaira, M. F. Coffin, S. A. Kawagle, R. T. Verave. Crustal thickness of the Ontong Java Plateau and deep reflections near the base of its crust. *American Geophysical Union Fall Meeting*, V21A-3026. December 15, 2015, San Francisco, USA.
- ⑧ Ishikawa, A., R. Senda, K. Suzuki, K. Tani, T. Ishii, 2016. Re-Os isotope and highly siderophile element constraints on the origin of ancient depleted domains in the modern convecting mantle. *Goldschmidt Conference*, 1276, June 29, 2016, Yokohama, Japan.
- ⑨ 石川晃, 宇都宮敦, 越田溪子, M. L. G. Tejada, 小宮剛, 鈴木勝彦, 佐野貴司, オントンジャワ海台玄武岩の強新鉄元素多様性. *地球惑星科学連合大会*, SGC50-03, 2016年5月22日, 幕張メッセ, 千葉市.
- ⑩ Hanyu, T., M. L. G. Tejada, K. Shimizu, O. Ishizuka, J. -I. Kimura, Q. Chang, R. Senda, T. Miyazaki, K. Goto, A. Ishikawa, A seamount on top of Ontong Java Plateau was created by remelting of plateau lithosphere by plate flexure. *Japan Geophysical Union Meeting*, May 23, 2016, Chiba, Japan.
- ⑪ 清水祥伽, 中西正男, 佐野貴司, 応神ライズ海山群の地殻構造. *地球惑星科学連合大会*, SCG59-10, 2016年5月25日, 幕張メッセ, 千葉市.
- ⑫ Tejada, M. L. G., J. Geldmacher, F. Hauff, D. Heaton, A. A. P. Koppers, D. Garbe-Schoenberg, K. Hoernle, K. Heydolph, W. W. Sager, 2016. Insights from geochemistry and age of associated seamounts into the mantle source evolution of Shatsky and Hess Rise. *Japan Geophysical Union Meeting*, May 26, 2016, Chiba, Japan.

[図書] (計 3 件)

- ① 佐野貴司. 地球を突き動かす超巨大火山: 新しい「地球学」入門, ブルーバックス, 講談社,

226p. ISBN: 978-4-06-502021-0, 2015.

- ② 中西正男, 沖野郷子, 海洋底地球科学, 東京大学出版会, 320p. ISBN: 978-4-13-062723-8 C3044, 2016.
- ③ 佐野貴司, 海に沈んだ大陸の謎: 最新科学が解き明かす激動の地球史, ブルーボックス, 講談社, 238p. ISBN: 978-4-06-502021-0, 2017.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐野 貴司 (SANO, Takashi)
国立科学博物館・地学研究部・グループ長
研究者番号: 40329579

(2) 研究分担者

中西 正男 (NAKANISHI, Masao)
千葉大学・大学院理学系研究院・教授
研究者番号: 80222165

マリア L テハダ (TEJADA, L. Maria)
海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究
分野・研究員
研究者番号: 40598778

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

(3) 連携研究者

羽生 毅 (HANYU, Takeshi)
海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究
分野・主任研究員
研究者番号: 50359197

清水 健二 (SHIMIZU, Kenji)
海洋研究開発機構・高知コア研究所・技術
研究員
研究者番号: 30420491

三浦 誠一 (MIURA, Seiichi)
海洋研究開発機構・地震津波海域観測研究
開発センター・グループリーダー
研究者番号: 00371724

鈴木 勝彦 (SUZUKI, Katsuhiko)
海洋研究開発機構・海底資源研究開発セン
ター・センター長代理
研究者番号: 70251329