

スピネルメルト包有物から得られた初生的無人岩マグマの成因 Origin of geochemical variations of primary boninite magmas of the Ogasawara (Bonin) Archipelago

金山 恭子^{1*}; 北村 啓太郎²; 海野 進¹; 田村 明弘¹; 石塚 治³; 荒井 章司¹

KANAYAMA, Kyoko^{1*}; KITAMURA, Keitaro²; UMINO, Susumu¹; TAMURA, Akihiro¹; ISHIZUKA, Osamu³; ARAI, Shoji¹

¹ 金沢大学理工研究域, ² 金沢大学大学院自然科学研究科, ³ 産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門

¹College of Science and Engineering, Kanazawa University, ²Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, ³Geological Survey of Japan/AIST

小笠原群島の火山岩年代・層序は、約 50Ma の伊豆—小笠原—マリアナ沈み込み帯の形成直後に発生したマグマ組成がプレート沈み込みの進行に伴って徐々に変化したことを示している。ここでは、48Ma から 46Ma にかけて希土類元素などに著しく乏しい無人岩（ボニナイト）（高枯渇無人岩）が活動し、その後低枯渇な無人岩（~45Ma）にとってかわった。その後 40Ma には無人岩活動は終息し、島弧ソレイトおよびカルクアルカリ岩マグマを噴出する通常の島弧火山活動に移行した（Ishizuka et al., 2006, 2011; 海野・中野, 2007; Kanayama et al., 2012）。マントルと平衡であった初生マグマ組成の時空間分布とその成因を明らかにすることで、沈み込み開始から定常的な島弧—海溝系として確立するまでに島弧下マントルウェッジが辿った温度組成構造の進化、すなわちマントル流動履歴を解明することができる。Umino et al. (2015, *Geology*) は、無人岩のクロムスピネルから初生的なメルトを捕獲・凍結したメルト包有物を見出し、小笠原群島の初生無人岩マグマ組成を報告した。本公演では、それらの初生マグマの成因を検討する。

高枯渇無人岩メルト包有物（48-46Ma）には、高 SiO₂（SiO₂ >54.7 wt%, MgO <23.3 wt%）および低 SiO₂（SiO₂ >54.6 wt%, MgO <17.7 wt%）タイプが存在する。これらは皿型から V 字型の希土類元素（REE）パターンを示し、V 字型の方が LILE/La 比が高い傾向にある。V 字型 REE パターンを示す無人岩は小笠原群島から報告されておらず、メルト包有物に特有である。低枯渇無人岩メルト包有物（~45Ma）は、低 SiO₂ 含有量（SiO₂ >53.5 wt%, MgO <18.9 wt%）で、フラットな REE パターンを示す。

各タイプの最も初生的（高 MgO 含有量）な無人岩メルト包有物について、その起源物質を微量元素を用いたモデリング（Kimura et al., 2010）によって検討した。高枯渇無人岩メルトは、10~20%程度メルトを分別した MORB 起源かんらん岩（DMM, Workman and Hart, 2005）が、エクロジャイトと平衡なスラブ流体の付加により部分溶融することにより生じた。LILE/La のバリエーションはスラブ流体成分組成の違いに依存すると考えられるが、これはスラブ直上かんらん岩の脱水の寄与程度、すなわちマントルウェッジの温度の違いを反映している可能性がある。低枯渇無人岩は起源マントルの枯渇度が小さく（DMM ? 4~8%程度）、堆積物の寄与が大きい。

各タイプ内のメルト包有物の主要・微量元素組成バリエーションは、高 MgO メルト包有物と珪長質（SiO₂=65-70 程度）メルトの混合によって説明できる。マントル中を上昇する無人岩マグマと珪長質メルトの混合によりスピネルの安定領域にマグマがおかれた結果（Arai and Yurimoto, 1994）、高い過冷却度で核形成・成長したスピネルに幅広い組成のメルトが包有されたと考えられる。

無人岩の全岩組成は、メルト包有物とは異なる組成バリエーションを示す。これらは、マントルで生成された未分化無人岩マグマが浅部での脱ガスを経て、スピネルやカンラン石、斜方輝石の結晶分別、分化マグマや異なるタイプの無人岩マグマとの混合の結果、形成された。

キーワード: 無人岩, メルト包有物, 微量元素組成, 沈み込み帯, 島弧, 初生マグマ

Keywords: boninite, melt inclusion, trace element composition, subduction zone, island arc, primary magma

国際深海科学掘削計画第351次研究航海で得られたコア試料の岩石記載と地球物理学データのまとめ IODP Expedition 351 Izu-Bonin-Mariana Arc Origins: Summary of lithostratigraphy and geophysical data

浜田 盛久^{1*}; 金山 恭子²; 草野 有紀²; 石塚 治³
HAMADA, Morihisa^{1*}; KANAYAMA, Kyoko²; KUSANO, Yuki²; ISHIZUKA, Osamu³

¹ 海洋研究開発機構, ² 金沢大学理工研究域, ³ 産業技術総合研究所活断層・火山研究部門

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²College of Science and Engineering, Kanazawa University, ³Geological Survey of Japan/AIST

はじめに:

国際深海掘削科学計画第351次研究航海(2014年6~7月に実施)では、伊豆-小笠原-マリアナ(IBM)弧の古島弧である九州パラオ海嶺の西側に位置する奄美三角海盆海域のU1438地点の掘削が行われた。回収された1611mのコアのうち、上位1461mは堆積物であり、残り150mは基盤の海洋地殻である。本講演では、回収されたコアの岩石学的記載と岩石物性測定結果のまとめを報告する。これらのデータより、IBM弧における沈み込みの開始過程と、それに続くIBM弧の発達史に関して、解像度の高い情報が得られると期待される。

U1438地点のコアの岩石学的記載:

U1438地点から回収されたコアは、半遠洋性の堆積物、タービダイトおよび火成岩の基盤岩から構成されている。岩石学的記載に基づき、回収されたコアは5つのユニットに区分された。最上位のユニットI(厚さ160.3m)は、おそらく琉球弧や九州弧の爆発的火山活動に由来すると考えられる火山灰の層を幾重にも挟む半遠洋性堆積物から成る。ユニットII(厚さ139.4m)とユニットIII(厚さ1046.4m)はタービダイトから成り、IBM弧のマグマ活動史を記録している。微化石を用いた生層序や古地磁気を用いた年代モデルに基づくと、ユニットIIの堆積した地質年代は漸新世、ユニットIIIが堆積した地質年代は漸新世から始新世に至ると推定される。ユニットIIIはユニットIIよりも粗粒であり、粗粒な碎屑物のユニットが5つ認められる。ユニットIV(厚さ99.7m)は、凝灰岩質の砂岩に挟まれた珪長質な遠洋性堆積物から成り、始新世の早期(約5000万年前)に堆積したと推定される。火成岩の基盤岩(ユニット1,長さ150m)は海底下1461mに出現する。基盤岩の放射年代は決定されていないが、微化石を用いた生層序から約5000万年かそれよりも古いと推定される。ユニット1は玄武岩の溶岩流から成っており、溶岩流の大部分は高MgO(≥ 8 wt.%),低TiO₂(0.6-1.1 wt.%)のソレアイト質玄武岩である。溶岩流の大部分は無斑晶質であるが、いくつかの溶岩流にはクロムスピネル、カンラン石、斜長石、単斜輝石の斑晶が含まれる。石基組織は完晶質から隠微晶質、ガラス質まで多様である。

U1438地点のコア及び孔内の岩石物性:

本研究航海では、コアのP波速度、密度、空隙率、熱伝導率、磁化率といった岩石物性の測定も行われた。その目的は、コアを岩石学的に記載しユニット区分するための判断材料とするためである。また、地震学的研究によって事前に得られている海底下の地震波速度構造から岩相を解釈するために、岩石物性データを活用するためである。堆積物層であるユニットI(最上位)からユニットIV(下位)にかけては、全体として、堆積物の圧密に伴う空隙率の減少とP波速度の増加が認められる。ユニットIII上部のP波速度や磁化率の変動は、泥岩に対する砂岩・礫岩の比と相関している。すなわち、比較的速いP波速度は高密度の火山碎屑物が入った泥岩層に対応し、比較的遅いP波速度は火山碎屑物が入っていない泥岩層に対応する。ユニットIVの自然ガンマ線量に顕著なスパイクが認められるが、これはおそらく、コア試料中のU, Th, Kの濃度が高いためである。

ピストン式採泥器(APCT-3)を用いて、海底面から海底下83.2mまでの深度の間で孔内温度を7点測定し、77.6 K/kmという線形の地温勾配が得られた。孔壁の熱伝導率がほぼ一定の値(0.952 W/mK)を示すことも考慮すると、地温勾配は堆積物の圧密や熱水循環といった局所的なプロセスによって乱されていないと考えられる。これらの観察事実と測定によって得られた物性値から、U1438地点における地殻熱流量は73.7 mW/m²と求まり、リソスフェアの年代が4000-6000万年程度であることが示唆される。この年代は、上述した生層序や古地磁気を用いた年代モデルに基づき推定された基盤岩の年代(約5000万年かそれよりも古い)と矛盾しない。

キーワード: 国際深海科学掘削計画, 伊豆-小笠原-マリアナ弧, 九州パラオ海嶺, 奄美三角海盆, 島弧の発達
Keywords: IODP, IBM arc, Kyushu-Palau ridge, Amami Sankaku Basin, evolution of island arc

アウターライズ断層での海洋リソスフェアの蛇紋岩化作用 Serpentinization in the oceanic lithosphere along the outer-rise faults

片山 郁夫^{1*}
KATAYAMA, Ikuo^{1*}

¹ 広島大学地球惑星システム学

¹Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University

Hydration of oceanic lithosphere can occur along outer-rise faults that relate to the plate bending at close to the trench (Facenda et al. 2009). This contributes an additional source of water into the Earth interior, which might have larger water flux than that transported by hydrated oceanic crust. Recent seismic reflection survey has shown that seismic velocity in the oceanic lithosphere decreases at where bending-related faults are observed (e.g., Ranero et al. 2003; Fujie et al. 2013). Although these seismic data is not enough to image what extent of hydration occurs along the outer-rise faults, we modeled the thickness of serpentinization based on fluid percolation. When the reaction kinetics is much faster than the fluid access to the reaction front, the reaction rate is controlled by permeability through the hydrated layer (Macdonald and Fyfe 1985). Using laboratory measured permeability, the reaction thickness of serpentinization is estimated as thick as 10 km for a period from the initiation of outer-rise fault to the trench axis assuming a plate velocity of 10 cm/year. If outer-rise faults occur 100 km interval, subduction water flux is estimated to be 4.8×10^{12} kg/year by hydrated oceanic lithosphere, which is approximately 4 times larger than that carried by oceanic crust. More detail discussion and implication will be prepared for the meeting.

キーワード: アウターライズ断層, 海洋リソスフェア, 蛇紋岩

Keywords: outer-rise fault, oceanic lithosphere, serpentinite

南部マリアナ海溝最西端のかんらん岩はパレスベラリフト起源？ Origin of peridotites outcropped in the westernmost margin of the southern Mariana Trench

大家 翔馬^{1*}; 道林 克禎¹; 小原 泰彦²; 石井 輝秋³; 水野 那希¹; 萬年 一剛⁴
OYA, Shoma^{1*}; MICHIBAYASHI, Katsuyoshi¹; OHARA, Yasuhiko²; ISHII, Teruaki³; MIZUNO, Tomoki¹; MANNEN, Kazutaka⁴

¹ 静岡大学・理・地球科学, ² 海上保安庁海洋情報部, ³ 深田地質研究所, ⁴ 神奈川県立温泉地学研究所
¹Institute of Geosciences, Shizuoka University, ²Hydrographic and Oceanographic Department of Japan, ³Fukuda Geological Institute, ⁴Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

The Izu-Bonin-Mariana (IBM) arc is a typical intra-oceanic arc system. The forearc is non-accretionary convergent margin, where mafic crustal rocks occurred along the inner trench slope with mantle peridotites. Mariana arc system is the southern part of the IBM arc system and forms arcuately. The trench axis of the southern Mariana trench runs across Mariana volcanic arc and backarc basin (Mariana trough) and is connected to Parece Vela Basin at the westernmost area. There have been no geological studies on the westernmost Marianas trench since Hawkins and Batiza(1977). Recently, investigations for the junction area between Mariana trench and Parece Vela Basin have been conducted using the submersible Shinkai6500 (Dive 6K1397 and 6K1398) as a part of YK14-13 cruise by the R/V Yokosuka in 2014. Shinkai6500 recovered plagioclase-bearing lherzolites and harzburgites from the tectonic ridge along the inner trench slope of the westernmost Mariana Trench. The samples show coarse grained textures (>1mm), heterogeneous intermediate textures, and fine grained textures (<0.6mm). The peridotites with the coarse grained texture were sampled from the shallowest part (3705-4042m) in the dive area, whereas the peridotites with the fine grained textures were sampled from the deepest part (5996m). Olivine fabrics vary associate with texture. : (010)[100]pattern for the coarse grained textures, {0kl}[100]pattern for the fine grained textures, and various indistinct patterns for the heterogeneous textures. The variations of both olivine textures and crystallographic fabrics with depth suggest variations of deformation processes with depth. Olivine-Spinel compositions are in a range of the Olivine-Spinel Mantle Array, indicating that the peridotites are depleted residues after partial melting of the upper mantle. Spinel compositions is bimodal between moderately high Cr# spinels (up to 0.54 in 6K1398R16) and relatively low Cr# spinels (as low as 0.30 in 6K1397R18). The increase of Cr# appears to be correlated with Ti contents (0.03-0.49), indicating that melt-rock interaction under shallow lithospheric mantle conditions. Furthermore, chemical compositions of Spinel Mg# and Cr# are almost identical to those of Parece Vela Basin peridotites, suggesting that Parece Vela Basin Mantle may be exposed on the inner trench slope in the westernmost Mariana trench.

Keywords: peridotite, Mariana Trench, Parece Vela Basin, olivine, CPO

Preliminary isotope results from the deeper part of Hole U1437, IODP Exp. 350: rear-arc or volcanic-front sources? Preliminary isotope results from the deeper part of Hole U1437, IODP Exp. 350: rear-arc or volcanic-front sources?

宮崎 隆^{2*}; 田村 芳彦¹; 佐藤 智紀¹; Gill James B.⁴; Hamelin Cedric⁵; 仙田 量子²;
Vaglarov Bogdan S.²; 原口 悟²; 常 青²; 木村 純一²; IODP EXPEDITION 350 Science Party³
MIYAZAKI, Takashi^{2*}; TAMURA, Yoshihiko¹; SATO, Tomoki¹; GILL, James B.⁴; HAMELIN, Cedric⁵;
SENDA, Ryoko²; VAGLAROV, Bogdan S.²; HARAGUCHI, Satoru²; CHANG, Qing²; KIMURA, Jun-ichi²;
IODP EXPEDITION 350, Science party³

¹ 海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター, ² 海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野, ³IODP, ⁴Earth and Planetary Sciences, University of California, Santa Cruz, ⁵Centre for Geobiology, University of Bergen
¹ODS, JAMSTEC, ²D-SEG, JAMSTEC, ³IODP, ⁴Earth and Planetary Sciences, University of California, Santa Cruz, ⁵Centre for Geobiology, University of Bergen

The Izu-Bonin-Mariana arc (IBM) is an intra-oceanic arc that formed ~50 million years ago (Ma). Understanding the magmatic evolution of this arc is fundamental in understanding the initiation and evolution of other intra-oceanic arcs and the genesis of continental crust. Previous drilling and dredging at the volcanic front and dredging in the rear-arc of the IBM has provided a record of the magmatic evolution of the volcanic front since the arc's formation, and revealed a geochemical asymmetry between the volcanic front and rear-arc. Determining the causes of this geochemical asymmetry and when it became established is important to understand the magmatic process of the entire IBM arc.

One of the scientific objectives of IODP Exp. 350 is to clarify the geochemical characteristics of the Paleogene basement underlying the Izu rear-arc region, which has not been accessed by dredging (Tamura et al., 2013). Site U1437 is located in the Izu rear-arc, ~330 km west of the axis of the Izu-Bonin Trench and ~90 km of the arc-front volcanoes Myojinsho and Myojin Knoll, at 2117 mbsl. Site U1437 consists of three coherent holes (U1437B, D, and E), reaches 1806.5 mbsf, and is divided into seven lithostratigraphic units (Unit I-VII). Units VI and VII, below 1320 mbsf, are volcanoclastics with coarser material, while Units I to V are tuffaceous mud and mudstone with intercalated volcanoclastic layers. It is worth noting that Unit VI is intruded at ~1390 mbsl by a single rhyolitic intrusion (igneous Unit 1) (Tamura et al., 2015).

Although the available age constraints are 10.97-11.85 Ma, inferred from a nanofossil assemblage at ~1403 mbsf and a preliminary U-Pb zircon concordia intercept age of 13.6 +1.6/-1.7 Ma on the rhyolite at ~1390 mbsl (Tamura et al., 2015), the geochemical characteristics of units VI and VII are expected to approach the geochemical characteristics of the older basement. Moreover, the volcanoclastics of units VI and VII include a greater proportion of coarser material, indicating they are more proximal to their sources.

Therefore, initially we have focused on Hole U1437E (Units V to VII) in order to obtain as much information on the older basement as possible. The shipboard geochemical analyses, using Zr and Y elements that are resistant to alteration, showed that the proximal volcanoclastics of units VI and VII have a wide signature, including arc-front and rear-arc sources, and the geochemical variation in Units I-V generally reflect relative proportions of distal arc-front and proximal rear-arc volcanic sources (Tamura et al., 2015). Our onshore major and trace elements analyses also show arc-front and rear-arc signatures in units VI and VII (Sato et al., 2015).

The rear-arc volcanos in the Izu-Bonin arc are known to have lower ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr, ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd, and ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb ratios than arc-front volcanos (Tamura et al., 2007). Therefore, in addition to the major and trace element compositions, isotope ratios such as Sr, Nd, Pb, and Hf also provide important constraints to identify the source characteristics of the volcanoclastics. We are now analyzing the Sr, Nd, Pb, and Hf isotope ratios of selected samples from Hole U1437E. Although acid leaching is necessary to eliminate the alteration effect, it is expected that the Nd and Hf isotopes will preserve their original characteristics because of their high resistance to alteration, even though the samples are severely altered. We will present the preliminary isotope results, with constraints, to elucidate the source characteristics of the volcanoclastics and intrusion of site U1437.

Keywords: Sr-Nd-Pb-Hf isotopes, Volcanic front, Rear arc, Izu-Bonin-Mariana (IBM), Exp 350, U1437