

中央インド洋海嶺南部 Kairei 熱水場周辺のマフィック岩と超マフィック岩 Mafic and ultramafic rocks along the southern Central Indian Ridge close to the Kairei Hydrothermal Field

西村 拓真¹; 針金 由美子²; 道林 克禎^{3*}; 森下 知晃⁴; 佐藤 暢⁵

NISHIMURA, Takuma¹; HARIGANE, Yumiko²; MICHIBAYASHI, Katsuyoshi^{3*}; MORISHITA, Tomoaki⁴; SATO, Hiroshi⁵

¹ 静岡大学理学部地球科学科, ² 産業技術総合研究所地質情報研究部門, ³ 静岡大学理学研究科地球科学専攻, ⁴ 金沢大学理工研究域自然システム学系, ⁵ 専修大学経営学部

¹Institute of Geosciences, Shizuoka University, ²AIST/GSJ, ³Institute of Geosciences, Shizuoka University, ⁴School of Natural System, College of Science and Technology, Kanazawa University, ⁵School of Business Administration, Senshu University

The central Indian Ridge (CIR) is situated at the north of the Rodrigues Triple Junction (RTJ) and is a slow- to intermediate-spreading mid-ocean ridge with a spreading rate increasing from 30 mm/year in full rate near the Equator to 49 mm/year in full rate at the RTJ. In the southern CIR near RTJ, the Kairei Hydrothermal Field (KHF) was discovered in August 2000 as the first directly observed hydrothermal vent site in the Indian Ocean. Recently, KH-10-06 cruise aboard R/V Hakuho-maru was organized for understanding the hydrothermal system and geological feature around KHF. In this study, we present the petrography of mafic and ultramafic rocks dredged from the vicinity of the KHF during KH-10-06 cruise. A total of 76 samples have been studied from 9 sites, including 24 ultramafic rocks and 38 mafic rocks and 14 other rocks. Most of them are remarkably altered and hydrated. We classified them into sub-groups based on their textures and mineral assemblages. The ultramafic rocks were classified into 5 sub-groups: 1 peridotite, 2 pyroxenites, 3 serpentinized peridotites, 9 olivine-bearing serpentinites and 9 serpentinites. The mafic rocks were classified into 8 sub-groups: 21 Fe-Ti oxide gabbros, 4 gabbros including 2 mylonites, 3 olivine gabbros, 7 gabbroic rocks with various textures and 8 amphibole-rich gabbros. The other rocks consist of 5 aragonites and 9 hydrothermally altered rocks.

Keywords: mafic rock, ultramafic rock, Central Indian Ridge, Kairei Hydrothermal Field

東南極大陸縁辺部の上部マントル比抵抗構造 Upper mantle electrical resistivity structure at the continental margin of East Antarctica

松野 哲男^{1*}; 野木 義史¹; 島 伸和²
MATSUNO, Tetsuo^{1*}; NOGI, Yoshifumi¹; SEAMA, Nobukazu²

¹ 国立極地研究所, ² 神戸大学

¹National Institute of Polar Research, ²Kobe University

The breakup of the Gondwana supercontinent is one of targets of the study on the plate tectonics and related mantle dynamics. The crust and the upper mantle structure under the western Cosmonauts Sea at the continental margin of East Antarctica, where a rifting of Gondwana and a subsequent seafloor spreading occurred, are anticipated to reflect the breakup process of Gondwana. We carried out a marine electromagnetic experiment to reveal an electrical resistivity structure at depth of the crust and the upper mantle under the western Cosmonauts Sea. Time variations of the electromagnetic field were acquired at two seafloor sites in the experiment. The time variations data were processed on the basis of the magnetotelluric (MT) method. The MT response function was obtained after considering influence of non-plane magnetic field sources at high geomagnetic co-latitude. The obtained MT response functions and polar diagrams imply that the MT responses involve topographic distortion and/or reflect a higher dimensional resistivity structure under the observational sites. Three dimensional forward modeling was conducted to examine influence on the observed MT responses from the topographic variation around the observational sites and a conductive layer just under the sites, which is mostly regarded as sediment. The results of the forward modeling clearly show that the topographic variation and the surface conductive layer have severe influence on the observed MT responses. A series of 3-D forward modeling with the topographic variation and the surface conductive layer was implemented to examine a resistivity structure at depth of the crust and the upper mantle. The results indicate that the resistivity structure is explained by a two-layer resistivity structure, in which the upper layer is resistive and the lower layer is conductive. The upper resistive and the lower conductive layers likely represent dry and water/melt rich oceanic upper mantle, respectively. The thickness of the upper resistive layer is thinner than that expected for a typical oceanic upper mantle of the seafloor age of the study area. The thin upper resistive layer may require high temperature and high water/melt anomalies that were generated through mantle convection, which was related to the breakup process of Gondwana at the continental margin of East Antarctica.

南部マリアナ前弧かんらん岩の地球化学的特徴 Geochemical characteristics of the peridotites from the southern Mariana forearc

柵山 徹也^{1*}; 石井 輝秋⁴; 道林 克禎²; 小原 泰彦³; 常 青¹; 原口 悟⁵; 木村 純一¹

SAKUYAMA, Tetsuya^{1*}; ISHII, Teruaki⁴; MICHIBAYASHI, Katsuyoshi²; OHARA, Yasuhiko³; CHANG, Qing¹; HARAGUCHI, Satoru⁵; KIMURA, Jun-ichi¹

¹ 海洋研究開発機構, ² 静岡大学理学部, ³ 海上保安庁, ⁴ 深田地質研究所, ⁵ 東京大学工学部

¹JAMSTEC, ²Shizuoka Univ., ³Japan Coast Guard, ⁴Fukada Geological Institute, ⁵Faculty of Engineering, Univ. Tokyo

Dehydration of a subducting oceanic plate and infiltration of the fluid/melt released from the oceanic plate are thought to be the key processes to invoke melting of the wedge mantle. Although a number of studies on volcanic rocks in arcs have been conducted to reveal a material recycling process at subduction zone, understanding of geochemical development process within the wedge mantle is still not as far advanced. The southern Mariana forearc is one of the best locations on the Earth to investigate issues above, since serpentinized peridotites are widely exposed on the inner slope of the Mariana Trench. We have collected peridotite samples obtained by dredging and Shinkai diving from 3000 – 7000 mbsl at the southern Mariana Trench. The dredge and dive points are geographically grouped into three sites: site 1 (KH98-1-D1, KH98-1-D2, and 6K-973), 2 (KH03-3, KH98-1-D3, and 6K-1094), and 3 (6K-1095, 6K-1232, 6K-1233, and 6K-1234) from the east to the west. We conducted EPMA and LA-ICP-MS analyses on minerals in the recovered samples to reveal geochemical development process of the wedge mantle.

Peridotites from the easternmost site 1 consist of olivine (Fo# = 90 – 91), orthopyroxene (Mg# = 90 – 91), spinel (Cr# = 40 – 50), clinopyroxene (Mg# = 89 – 93), tremolite (TiO₂ = 0 – 0.4 wt%), pargasite (TiO₂ = 2.0 – 2.5 wt%), plagioclase, and serpentine. Clinopyroxene and pargasite exhibit LREE-depleted (type C1 and A1, respectively) and orthopyroxene LREE- and MREE-depleted patterns (type O1) in a chondrite-normalized diagram.

Peridotites from the westernmost site 3 consist of olivine (Fo# = 91 – 92.5), orthopyroxene (Mg# = 91 – 93.5), spinel (Cr# = 45 – 75), clinopyroxene (Mg# = 94 – 96), tremolite (TiO₂ = 0 – 0.2 wt%) and serpentine. Some clinopyroxene exhibits LREE-enriched convex upward pattern (type C2), others strong LREE- and MREE-enriched REE pattern (type C3). Tremolite and orthopyroxene exhibit LREE-enriched convex upward (type A3) and weakly LREE-enriched convex upward REE patterns (type O2), respectively. HREE, Ti, and Y abundances of type C3 clinopyroxene are higher and their LREE and Sr abundances lower than those of type C1 clinopyroxene.

Peridotites from the middle site 2 show intermediate characteristics between site 1 and 3. They consist of olivine (Fo# = 90 – 92), orthopyroxene (Mg# = 91 – 92.5), spinel (Cr# = 45 – 52), clinopyroxene (Mg# = ~95), pargasite (TiO₂ = 0.8 – 1.7 wt%), tremolite (TiO₂ = 0 – 0.2 wt%), plagioclase and serpentine. Some clinopyroxene exhibits C1-type REE pattern and coexists with A1-type pargasite, while other clinopyroxene exhibits LREE- and MREE-depleted patterns (type C2) coexisting with LREE- and MREE-depleted tremolite with weak enrichment in LREE (type A2).

Compared to results of high-pressure melting experiments on peridotite, monotonous increase of Mg# of olivine, clinopyroxene, and orthopyroxene as well as Cr# of spinel from site 1 to 3 suggests increase of melting degree of the mantle peridotite from site 1 to 3. Monotonous decrease of HREEs, Ti, Y, Zr, and Hf abundance from C1- to C3-type clinopyroxene, from A1- to A3-type amphibole, and from O1- to O2-type orthopyroxene, is consistent with major element variations above. However, in contrast to the observation above, LREE and LILE abundance increase from C1- to C3-type clinopyroxene, from A1- to A3-type amphibole, and from O1- to O2-type orthopyroxene, suggesting involvement of melt/fluid enriched in such elements.

LREE-enriched clinopyroxene and amphibole have been found from mantle xenoliths and subaerial peridotite complex. Those clinopyroxene and amphibole have been interpreted as a product of melting and melt separation involving infiltration of LREE-enriched melt/fluid into the melting system. Similarity of geochemical characteristics of type C3 clinopyroxene and A3 amphibole to those in xenoliths or peridotite complexes may suggest involvement of LREE-enriched melt/fluid to the mantle beneath the southern Mariana forearc.

キーワード: マリアナ海溝, かんらん岩, 輝石, 角閃石, 微量元素

Keywords: Mariana Trench, peridotite, pyroxene, amphibole, trace element

ピナツボ火山かんらん岩捕獲岩の岩石学的特徴と沈み込む海洋地殻による交代作用 Petrological features of the peridotite xenoliths in the 1991 Pinatubo dacite and mantle metasomatism by subducted ocean

芳川 雅子^{1*}; 田村 明弘²; 荒井 章司²; 小林 哲夫³; 川本 竜彦¹; 奥野 充⁴; Payot Betchaida²; Rivera J. Danikko⁵; Bariso B. Ericson⁵; Mirabueno Ma. Hannah T.⁶
YOSHIKAWA, Masako^{1*}; TAMURA, Akihiro²; ARAI, Shoji²; KOBAYASHI, Tetsuo³; KAWAMOTO, Tatsuhiko¹; OKUNO, Mitsuru⁴; PAYOT, Betchaida²; RIVERA, Danikko⁵; BARISO, Ericson⁵; MIRABUENO MA., Hannah T.⁶

¹ 京都大学理学研究科附属地球熱学研究施設, ² 金沢大学理工学域自然システム学類, ³ 鹿児島大学理学部地球環境科学科, ⁴ 福岡大学理学部地球圏科学科, ⁵ フィリピン国立火山地震研究所, ⁶ Institute of Volcanology and Seismology, University of the Philippines

¹Institute for Geothermal Sciences, Kyoto Univ., ²Department of Earth Sciences, Kanazawa Univ., ³Department of Earth and Environmental Sciences, Kagoshima Univ., ⁴Department of Earth System Science, Fukuoka Univ., ⁵PHIVOLCS, ⁶Institute of Volcanology and Seismology, University of the Philippines

フィリピンのルソン島のピナツボ火山は、ルソン（バターン）弧火山フロントに位置する。1991年に噴出したデイサイト質火砕流堆積物中から、かんらん岩捕獲岩を採取した。火砕流堆積物には他にも角閃岩、花崗岩質岩などの捕獲岩やかんらん石捕獲結晶を含む。試料採取した約200個の捕獲岩中の最大径は14cmであった。デイサイトとかんらん岩の間には最大厚さ5mmの角閃岩のselvageが観察される。粗粒な鉱物からなるマントル捕獲岩と、肉眼では同定不可能な細粒な鉱物で構成される捕獲岩があり、後者のようなかんらん岩はルソン弧バタン島イラヤ火山 (Arai et al., 1996)、カムチャッカ弧アバチャ火山 (Ishimaru et al., 2007) で報告されている。

Arai et al. (1996) はイラヤ火山に産するかんらん岩捕獲岩を岩石組織に基づいて粗粒タイプ (C-type) と細粒タイプ (F-type) に分類し、FタイプはCタイプに沈み込むスラブ由来のSiO₂に富む流体もしくはメルトが付加して、細粒化したものであると解釈している。Fタイプは細粒かんらん石 (≤0.1mm) を含む細粒鉱物を10 vol %以上含む (Arai and Kida, 2000)。彼らの定義に従うと、ピナツボかんらん岩捕獲岩は約50%がFタイプであった。イラヤ捕獲岩およびアバチャ捕獲岩では、Fタイプがそれぞれ約90% (Arai et al., 1996) と15% (Ishimaru & Arai, 2008) である。また、タイプごとの量比は不明だが、Arai et al. (1996) でFタイプに相当すると思われる捕獲岩は、パプアニューギニア Tabar-Lihir-Tang-Feni 弧 Tubaf 火山・Edison 火山でも報告されている (e.g. McInnes et al., 2001)。

ピナツボかんらん岩捕獲岩のすべての試料で流体包有物が認められ、これらの流体包有物は塩水を含む (Kawamoto et al., 2013)。Cタイプかんらん岩捕獲岩のほとんどがハルツバージャイト (かんらん石+斜方輝石+角閃石+スピネル±単斜輝石±金雲母) で、ダナイトとウェールライトがそれぞれ一試料認められた。Cタイプの中で細粒部分が最も少なく、最も初生的と思われる試料の角閃石のSr-Nd同位体組成を求めた。この結果は、ピナツボ火山で噴出しているデイサイトと安山岩の組成領域 (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr = 0.70419-0.70425, ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd = 0.512924-0.512863; Bernard et al., 1991; Castillo et al., 1991) の最も枯渇した値とほぼ一致する。またルソン弧に沈み込んでいると考えられる南シナ海海洋玄武岩のSr-Nd同位体組成領域内 (Tu et al., 1992) に位置する。角閃石の多元素コンドライト規格化パターンは、基本的には左下がりのパターンだが、Ba, Rb, U, Pbの正のスパイクが認められる。これらの元素は沈み込む海洋地殻由来の流体で付加されると考えられている元素である (e.g., McColloch & Gamble, 1991)。以上の事から、Cタイプのピナツボマントル捕獲岩は沈み込む海洋地殻由来流体による交代作用を受けていると提案する。

キーワード: amphibole-bearing peridotite xenolith, Pinatubo, mantle metasomatism, mantle wedge

Keywords: amphibole-bearing peridotite xenolith, Pinatubo, mantle metasomatism, mantle wedge

台湾 Lichi メランジに含まれるマフィック岩・超マフィック岩の岩石学 Petrology of mafic-ultramafic rocks in the East Taiwan Ophiolite, in the Lichi melange, Taiwan

小丸 千尋^{1*}; 森下 知晃¹; 田村 明弘¹; 荒井 章司¹
KOMARU, Chihiro^{1*}; MORISHITA, Tomoaki¹; TAMURA, Akihiro¹; ARAI, Shoji¹

¹ 金沢大学大学院自然科学研究科

¹ Graduate School of Natural Science, Kanazawa University

台湾は世界でも有数の変動帯であり、フィリピン海プレートとユーラシアプレートが衝突する境界の上に位置している。台湾南東部では、オフィオライト状岩石群（火山岩、深成岩類）が泥質のメランジ（Lichi メランジ）の中にブロックとして含まれていることが知られている（Liou et al., 1977）。これらのオフィオライト状岩石は、East Taiwan Ophiolite と定義される（Liou, 1977）。East Taiwan Ophiolite の起源については、火山岩の地球化学的特徴、変成作用解析、テクトニクスモデルから、フィリピン海プレート起源とする見解（Liou, 1974）、火山弧であるルソン弧の北方延長起源（丸山ほか, 2011）、南シナ海起源（Suppe et al., 1981）などが提案されており、現在も議論がなされている。オフィオライトは、「陸上に露出する過去の海洋性リソスフェア（海洋地殻・マントル）の断面」（ペンローズ会議, 1972）であり、通常では手に入らない地下深部の物質を研究する材料を我々に与えてくれる。しかしながら、台湾南東部のはんれい岩やかんらん岩などについて、詳細な研究はなされていない。台湾周辺のテクトニクス、およびオフィオライトの形成やメランジの形成プロセスを考える上でも、これらの岩石の起源を明らかにすることは重要である。そこで、本研究では、台湾南東部の Lichi メランジ中に含まれているマフィック岩および超マフィック岩片について記載を行い、化学分析によって特徴を明らかにしたので報告する。

本研究では、マフィック岩・超マフィック岩を選択的に採取した。その際、露頭において肉眼観察で鉱物の量比を判定し、採取する試料がなるべく多様になるように採取した。採取した試料のうち、超マフィック岩類の大半は蛇紋岩化していた。採取したはんれい岩類は、トロクトライト、かんらん石はんれい岩、ホルンブレンドはんれい岩、はんれい岩ノーライトに分類された。はんれい岩類では、黒色の不透明鉱物が多く見られた。採取したかんらん岩起源の蛇紋岩は、強い蛇紋岩化および変形を受けているものを除くと、ハルツバージャイトおよびダナイトに分類された。

超マフィック岩類の大半は蛇紋岩化していたことから、初生的な組成を示す鉱物がスピネルのみである試料が多かったため、主にスピネルの化学分析を行った。かんらん岩起源の蛇紋岩中のスピネルにおいて、Cr#=0.3-0.6、Mg#=0.3-0.5 という多様な値を示した。ルソン島において採取された島弧かんらん岩類中のスピネルは、Cr#=0.6-0.7 のものが普遍的に見られるという報告がある（Arai et al., 2004）。一方、本研究の試料は多様な試料を選択的に採取しているにもかかわらず、Cr#>0.6 のものが見られないことから、East Taiwan Ophiolite は中央海嶺かんらん岩が由来であると考えられる。

中央海嶺下に存在する島弧マントル物質の物質学的証拠 Petrological evidence for arc-metasomatized peridotites beneath mid-ocean ridges

森下 知晃^{1*}; 仙田 量子³; 鈴木 勝彦³; 中村 謙太郎³; 佐藤 暢²; 沖野 郷子⁴
MORISHITA, Tomoaki^{1*}; SENDA, Ryoko³; SUZUKI, Katsuhiko³; NAKAMURA, Kentaro³; SATO, Hiroshi²; OKINO, Kyoko⁴

¹ 金沢大学, ² 日本海洋研究開発機構, ³ 専修大学, ⁴ 東京大学

¹Kanazawa University, ²JAMSTEC, ³Senshu University, ⁴University of Tokyo

中央インド洋最南端の不死鳥海丘から採取されたかんらん岩試料を解析した結果、島弧的な環境で交代作用を受けたかんらん岩が中央海嶺下にリサイクリングしたものであるという結論に至った。特に、本発表では、Os 同位体比の特徴に着目して説明する。

キーワード: 中央海嶺, マントル, かんらん岩, 島弧, リサイクリング

Keywords: Mid-Ocean Ridge, Mantle, Peridotite, arc, recycling