

アンチゴライトとかんらん石の結晶方位関係

Relationships of crystal orientation between antigorite and olivine in serpentinite mylonite

曾田 祐介^{1*}, 森下知晃¹, WENK, Hans R.²

SODA, yusuke^{1*}, MORISHITA, Tomoaki¹, WENK, Hans R.²

¹ 金沢大学フロンティアサイエンス機構, ² カリフォルニア州立大学バークレー校

¹Frontier Science Organization, Kanazawa University, ²Department of Earth and Planetary Science, University of California, Berkeley

Serpentinite mylonite is developed penetrative foliation and consists of antigorite. Serpentinite mylonite is described from sheared ultramafic bodies (e.g., Norrell et al., 1989). Foliated antigorite serpentinite with lattice preferred orientation (LPO) causes seismic anisotropy observed in subduction zones (e.g., Katayama et al., 2009, Jung, 2011). However, formation mechanisms and conditions of antigorite LPO are unclear. To clear the formation process of antigorite LPO, we focus on the relationships of crystal orientation between antigorite and host olivine in the serpentinite mylonite.

Studied serpentinite mylonite is from Kurosegawa belt at Toba area, Kii Peninsula. The serpentinite body undergoes multiple stages of deformation and serpentinitization. In outcrop, the serpentinite mylonite is cohesive and is surrounded by incohesive serpentinite which has undergone the serpentinitization of later stage under lower temperature.

The serpentinite mylonite mainly consists of antigorite and olivine, and developed mylonitic textures such as shear bands and olivine porphyroclast system. The foliation and lineation is defined by array of blade shape antigorite and elongated olivine grains. Antigorite with blade shape are crystallized in the pressure shadows of olivine porphyroclast and pull-apart of olivine grain. Their occurrences indicate syntectonic growth of antigorite.

We measure the crystal orientation of olivine and antigorite by the U-stage and EBSD. In EBSD measurement of antigorite, we try automatic indexing, in addition to manual indexing. Both indexing methods bring the same fabric pattern. Comparing the antigorite patterns from the U-stage measurement and EBSD measurement, both methods also show the same fabric pattern.

The LPOs of olivine show point maximum or partial girdle distributions, and these concentrations deviate from the foliation and lineation of serpentinite mylonite. The LPOs of olivine are formed before the antigorite serpentinitization. The LPOs of antigorite, from olivine free domain, show that b axes are parallel to the lineation, c axes are perpendicular to the foliation or make a partial girdle distribution normal to lineation and a axes are a point maximum or form a partial girdle distribution. The orientations of antigorite grains, growing in olivine grains, show topotactic relationship between antigorite and olivine. However, b axes tend to be parallel to the lineation.

Topotactic relationships between olivine and antigorite are attractive mechanisms for the making antigorite LPO (Boudier et al., 2010). Under the shear deformation condition, the other mechanisms, such as rotation of grains, diffusion-precipitate process and anisotropic growth of grains, also would affect the formation of antigorite LPO, in addition to topotaxial growth.

キーワード: アンチゴライト, かんらん石, LPO, トポタキシー

Keywords: antigorite, olivine, LPO, topotactic relationship

東赤石超マフィック岩体のリザーダイト-ブルース石蛇紋岩：かんらん石からのトポタキシャル成長 Topotaxial replacement of olivine by a lizardite and brucite mixture in the Higashi-akaishi ultramafic body

水上 知行^{1*}, 石神慎太郎¹, 荒井 章司¹
MIZUKAMI, Tomoyuki^{1*}, Shintaro Ishigami¹, Shoji Arai¹

¹ 金沢大学地球

¹ Earth Science, Kanazawa University

Fluid-rock reactions in the ultramafic system cause a wide variety of serpentinite. Analyses of the natural occurrences of serpentinite provide important constraints on contributions of variable factors controlling the development and related fluid chemistry. We present detailed petrological observations of lizardite and brucite (Liz+Brc) serpentinite, that is a retrograde product in a subduction zone environment, in the Higashi-akaishi ultramafic body.

We identified two end members of penetrative structures consisting of a fibrous Liz+Brc mixture: topotaxial vein and non-topotaxial mesh structure. Non-topotaxial vein can be regarded as an intermediate. Topotaxial veins are characteristically developed in a coarse-grained dunite and an optical X axis of a Liz+Brc mixture is sub-parallel to a c-axis of host olivine. Mesh textures overprint porphyroclastic textures of dunite and a Liz+Brc fibers are normal to olivine grain boundaries. The topotaxial veins are localized in the central part of the body whereas non-topotaxial mesh is more dominant in the peripheral part close to the surrounding schists.

Topotaxial veins preserve mineralogical and chemical zonings, indicating a Liz formation at a reaction front and a diffusive extraction of Fe to form magnetite (Mgt) at the center of the vein. Micro-Raman mapping reveals a close relationship between stripes of Brc and Mgt at a vein center. This indicates that Fe ion released at Ol-vein interface has transported through a channel filled by Brc. The Mgt formation was controlled by a reaction: Fe-rich Brc + SiO₂ -> Liz + Mgt. A topotaxial relation between Ol and Liz(+Brc) is probably due to a low mobility of Si and high confining pressure. Non-topotaxial meshes show similar mineralogical features but they are rich in Liz and have abundant Mgt at the core. The difference between topotaxial and non-topotaxial replacements can be explained by mobility of elements and a supply of SiO₂ depending on activities of aqueous fluids.

A topotaxial replacement of Ol by Liz+Brc possibly take place in shallow mantle where a supply of water-rich fluid is restricted. The case of the Higashi-akaisi body indicates that it can cause a significant amount of Liz+Brc serpentinite with stress-dependent anisotropic structures.

蛇紋岩化作用における物質移動と律速過程 Mass-transfer and rate-limiting process of serpentinization

岡本 敦^{1*}, 土屋 範芳¹, 小笠原 由一¹

OKAMOTO, Atsushi^{1*}, TSUCHIYA, Noriyoshi¹, OGASAWARA, Yuichi¹

¹ 東北大学大学院環境科学研究科

¹ Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University

Serpentine minerals, which are produced by interaction between ultramafic rocks and fluids, contain about 13% water and are the greatest carrier of H₂O into the deep interior of Earth. Therefore, the volume and distribution of hydrated oceanic mantle are of special interest for understanding the global water circulation. There are several hydrothermal experiments on serpentinization in ultramafic rocks (Ol, Opx, peridotite)-water (seawater) interaction; however, these previous studies focused only on the extent of hydration of solids (Martin & Fyfe, 1970; Wegner & Ernst, 1983) or on the evolution of solution chemistry (e.g., Seyfried and Dibble, 1980; Allen and Seyfried, 2003). Therefore, the detailed reaction mechanism is still poorly understood, including evolution of the overall reactions, rate-limiting process, and resulting textures.

In this study, we conducted hydrothermal experiments in the olivine (Ol, Fo91) - orthopyroxene (Opx, En92) - H₂O system at 250 degreeC and vapor-saturated pressure (Psat) for understanding the mechanism of serpentinization at oceanic lithosphere. At this temperature, high extent of hydration is expected for both Ol-H₂O and Opx-H₂O systems. The low-pressure condition of this study enables us to analyze both solution chemistry and the extent of hydration of the solid samples in detail. The main cryndorcal reaction vessel (inner diameter 10.5 mm, height 100 mm) contains two sub-reaction tubes (inner diameter 4.5 mm, height 100 mm), in which the mineral powders (0.025-0.125 mm in size) are packed by meshes. We conducted three types of experiments in the Ol-H₂O, Opx-H₂O and Ol-Opx-H₂O (Opx layer is sandwiched by Ol layers) systems, respectively.

In the Ol-H₂O system, the reaction is divided into three stages. The Mg and Si concentrations increases (stage 1), then decreases (stage 2) and reaches the steady state (stage 1). The mineral assemblage also changes from serpentine (Srp) + magnetite (Mgt) at stages 1 and 2 to Srp + Mgt + brucite (Brc) at stage 3, that is consistent with the solutions, that change from stability field of serpentine to serpentine + brucite by drop of silica activity. The serpentine minerals occur as aggregate of fine-grained crystals (primarily lizardite, but chrysotile appear at stage 3), and discrete brucite crystals occur at the contact with olivine. The olivine commonly contains fractures filled by the products, that is similar to the natural mesh textures. In the Opx-H₂O system, the silica activity is 1 to 3 order higher than that in the O-H₂O system. The products are composed only of serpentine, and do not contain brucite, talc and magnetite. In contrast to serpentinization after olivine, the reaction occurs by pseudomorphic replacement of Opx. In the Ol-Opx-H₂O system, the Mg concentration in the bulk solution is similar to that of the Opx-H₂O system, whereas the Si concentration shows the similar behavior to the Ol-H₂O experiments. The serpentinization preferentially occurred in the Ol zone at the contact with the Opx zone.

At 250 degreeC, the hydration rate is greater in the Ol-H₂O system than in the Opx-H₂O system. The contrasting natures of solution chemistry and products suggest that the rate-limiting process during serpentinization in the Ol-H₂O, Opx-H₂O and Ol-Opx-H₂O systems are dissolution of olivine, precipitation of serpentine, and dissolution of orthopyroxene, respectively. Our results also indicate that hydrogen production, that is accompanied by the formation of magnetite, does not occur in the vicinity of Opx.

References:

Martin, B. & Fyfe, W.S., 1970. *Chemical Geol.* 6, 185-202.

Wegner, W.W., Ernst, W.G., 1983. *Am. J. Sci.*, 283-A, 151-180.

Seyfried, W.E.Jr., Dibble, W.E., 1980. *Geochim. Cosmochim. Act.*, 44, 309-321.

Allen, D.E., Seyfried, W.E. Jr., 2003. *Geochim. Cosmochim. Act.*, 76, 1531-1542.

キーワード: 蛇紋岩化作用, 水熱反応実験

Keywords: serpentinization, hydrothermal experiments

海洋地殻最上部の変質が沈み込み帯の変形に及ぼす影響

Alteration of uppermost oceanic crust and its effect on deformations in subduction zones

山口 飛鳥^{1*}, 亀田 純¹, 西尾 嘉朗², 北村 有迅³, 斎藤 実篤³, 木村 学¹

YAMAGUCHI, Asuka^{1*}, KAMEDA, Jun¹, NISHIO, Yoshiro², KITAMURA, Yujin³, SAITO, Saneatsu³, KIMURA, Gaku¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻, ² 海洋研究開発機構高知コア研究所, ³ 海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域

¹Department of Earth and Planetary Science, the University of Tokyo, ²Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ³Institute for Research on Earth Evolution, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Simultaneous deformation and diagenesis characterize shallow parts (depths of <10 km) of subduction zones. While the relationships between diagenesis and deformation of hemipelagic and terrigenous sediment in subduction zones have been discussed for many years, those of basaltic basement have not been evaluated well. To explore the role of diagenesis in subducting basalt, we examined mineralogy and geochemistry of ocean floor basalt at Site C0012, where oceanic crust entering the Nankai Trough, as well as on-land greenstone body within the Mugi melange in Shimanto Accretionary Complex, Japan, which subducted down to 150 - 200 degrees C and 6 - 7 km depth, metamorphosed and then exhumed.

Severe low-temperature alteration is encountered throughout the core samples from Site C0012. Matrix glass is mostly replaced by saponite/celadonite/Fe-hydroxide, olivine is completely replaced by saponite, and plagioclase is partly replaced by saponite and zeolites. Alteration is classified into two stages: broad oxidizing alteration accompanying Fe-hydroxide, and limited reducing alteration accompanying pyrite and intense saponitization, which is concentrated in the topmost ~20 m-thick part of basaltic rocks. These two alterations would correspond to open- and closed-system hydrothermal circulation (i.e. circulation before and after deposition of overlying sediment), respectively (Lister, 1982). On the other hand, corrensite, saponite-chlorite mixed layer clay is the dominant clay mineral phase of basaltic rocks in the Mugi melange (Kameda et al., 2011). Whole-rock geochemistry data shows smaller LOI and K2O number in the Mugi melange in comparison to Site C0012.

Saponite releases water in response to temperature rise, and is progressively converted to chlorite at temperatures of 150?250 degrees C (Kameda et al., 2011). This diagenetic reaction would build up excess fluid pressure especially within highly saponitized part of ocean floor basalt where off-axis reducing alteration encountered, and enhances underplating of oceanic crust and fluxing of fluid-mobile elements along subduction thrust. Deformation and mass flux of subducting basalt could be controlled by alteration pattern formed prior to subduction.

海洋地殻の中の「岩石 - 水 - 生命」相互作用 "Rock -Fluid-Ecosystem" linkage in oceanic crust

中村 謙太郎^{1*}

NAKAMURA, Kentaro^{1*}

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

その昔、「太陽光の届かない深海には豊かな生態系が存在しないはず」とみんな考えていた。しかし、実際に行ってみたら、そこには見たこともない生物たちのパラダイスが存在していた (Corliss et al., 1979; Spies et al., 1980)。その後月日は流れて、「まさか海底下には豊かな生態系は存在しないよね」とみんな考えるようになった。しかし、実際に掘ってみたら、そこには膨大な生物が存在していることがわかった (Parkes et al., 1994)。そして現在、みんな「さすがに海洋地殻の中にはいないよね」と思っているが …。

本発表では、海洋地殻内生物探査の現状を紹介し、海洋地殻内生態系を考える上で重要な「岩石 - 水 - 生命」相互作用とその探査への示唆について議論する。

Keywords: oceanic crust, Rock -Fluid-Ecosystem linkage, deep-biosphere

海嶺セグメント構造に規制されたマグマシステムの系統的变化 -オマーンオフィオライト V1 溶岩層からの検討 Along-axis variations of magmatism: implication from the V1 volcanic rocks in the northern Oman ophiolite

草野 有紀^{1*}, 宮下 純夫¹, 海野 進²

KUSANO, Yuki^{1*}, MIYASHITA, Sumio¹, UMINO, Susumu²

¹新潟大学大学院自然科学研究科, ²金沢大学理工研究域自然システム学類

¹Niigata University, ²Kanazawa University

海嶺は1~4次のセグメントから構成され、この構造によって地形のみならずマグマの供給やマントルプロセスが支配されていると考えられている。Batiza et al., (1996)によれば、溶岩の組成幅が狭いセグメント (EPR: 11°20'N and 9°30'N) と狭いセグメント (EPR: 10°30'N) が存在する。この違いは海嶺下のメルトレンズが小さくて不安定か、安定かによって説明される。海嶺セグメント内の地形は、セグメント中心部で膨らみ、境界部へ向かって低くなっていく地形を示している [Scheirer and Macdonald, 1993]。この地形変化に沿って、海嶺下の地震波低速度帯もセグメント境界部で大きく下降する。したがって、海嶺セグメントに沿ってセグメント中心部では比較的安定なメルトレンズを有し、境界部へ向かってメルトレンズが縮小・消滅するという系統的な変化していることが推定される。本研究では、これらの変化をオマーンオフィオライト北部地域に分布する溶岩層から検討した。

本研究では南北70 kmにわたる8つの地域で溶岩層の層序学的検討を行い、古海嶺軸方向の火成活動システムを復元した。海嶺軸上で形成された溶岩層の厚さはセグメント中心部の Bani Ghayth において厚さ603 m、境界部では Wadi Fizh で厚さ410 mであった。つまり、海嶺軸上火成活動で形成される溶岩の厚さはセグメント中心部から境界部へと薄くなる傾向がある。岩相は、全体にパホイホイ溶岩が卓越して観察されるセグメント中心部に対して、境界部では枕状溶岩が卓越しており、境界部における起伏に富んだ海底地形が推測される。しかし V1 溶岩層全体の厚さは各地域を通じて大きな変化はない。これは、オフアクシス火成活動によって生成された溶岩層の効果による。2次および3次のセグメント境界に相当する Wadi Fizh, Suhayli, Hilti ではオフアクシス火成活動の痕跡である割れ目噴火口や溶岩層へ貫入した「岩脈群」が認められる。溶岩組成も系統的に変化し、セグメント中心部では均質化した、やや分化した溶岩が支配的である。中心部では比較的大きな安定したメルトレンズがあり、下部地殻から次々と上昇してくるメルトがそこで均質化されるため溶岩も厚く、比較的均質になると考えられる。一方、セグメント境界部では分化したものからあまり分化していない溶岩、また部分溶融度の低い溶岩まで、幅広い組成を示す。より小さいメルトレンズで著しく分化した溶岩や、メルトレンズを経ずに下部地殻などから直接上昇した溶岩がこれらの起源として推測される。2次および3次のセグメント境界に相当する3地域ではオフアクシス火成活動で形成された上部層からあまり分化していない溶岩が集中して産する。これらは海嶺軸下のメルトレンズへの上昇を免れたメルトが噴出した可能性を示唆する。

キーワード: MORB, セグメント構造, 火山岩層序学, 全岩化学組成, オマーンオフィオライト

Keywords: MORB, Segment structure, Volcanology, Bulk rock composition, Oman ophiolite

オマーンオフィオライト北部の海嶺期珪長質岩類の産状と岩石化学的特徴 Occurrence and petrology of the axis stage felsic rocks in the northern Oman ophiolite

土谷 信高^{1*}, 中村 一史¹, 梅津 孝昭¹, 足立 佳子², 宮下 純夫³

TSUCHIYA, Nobutaka^{1*}, Kazufumi Nakamura¹, UMETSU, Takaaki¹, ADACHI, Yoshiko², MIYASHITA, Sumio³

¹ 岩手大学教育学部地学教室, ² 新潟大学超域研究機構, ³ 新潟大学理学部地質科学科

¹Department of Geology, Faculty of Education, Iwate University, ²Center for Transdisciplinary Research, Niigata University,

³Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University

海嶺は、岩石圏と水圏との境界、すなわちマグマと熱水との境界で、熱交換と物質の交換が行われる重要な領域である (Gillis and Coogan, 2002)。オフィオライト中の上部斑れい岩の特徴は、部分的に同化された玄武岩質捕獲岩を含む独立した岩体や細脈状岩体などの様々な産状を示す珪長質岩体が存在することである。これらの珪長質岩は、閃緑岩・石英閃緑岩・トータル岩・トロニエム岩などの斜長石に富む岩相を呈することから斜長花崗岩と総称されており (Coleman and Peterman, 1975)、玄武岩質岩の部分溶融作用、玄武岩質マグマの極端な分別結晶作用、あるいはそれらの組み合わせなどの様々な成因が考えられている (Pedersen and Malpas, 1984)。

Lippard et al. (1986) は、オマーンオフィオライト中の珪長質岩類を、上部斑れい岩類に伴われる海嶺期のもの、オフィオライト層序を非調和に貫く後期火成岩類に伴われるもの (衝上開始期)、オフィオライト層序の下部のみに貫入する花崗岩質小貫入岩類の3種類に区分した。また Rollinson (2009) も同様の区分を採用し、これらの3区分の岩石の代表例の検討からその成因を議論した。これらのうちの海嶺期の珪長質岩は、海嶺における熱交換と物質交換の証拠を示す化石として重要な意味を持つ。本報告では、オマーンオフィオライト北部の海嶺期の珪長質岩について、産状・記載岩石学的特徴・岩石化学的特徴を述べ、それらの成因について議論する。

海嶺期の珪長質岩は、シート状岩脈群最下部と上部斑れい岩との境界付近に貫入することが特徴である。今回検討したのは、Rollinson (2009) が報告したワジ・ラジミ本流のシート状岩脈群基底部、ラセイル岩体東縁およびワジ・バルガーのシート状岩脈群基底部と思われる部分、およびワジ・キャビアットのシート状岩脈群基底部付近、などに産出する珪長質岩類である。ワジ・ラジミ本流では、シート状岩脈群から上部斑れい岩への変化を連続的に追跡することができ、シート状岩脈群基底部には様々な産状の石英閃緑岩細脈が認められる。また、シート状岩脈群基底部直下の上部斑れい岩中には、シート状岩脈起源と考えられる径 10 m 以下のブロックが多数包有されており、ブロック中には石英閃緑岩細脈がしばしば貫入している。ラセイル岩体東縁およびワジ・バルガーのシート状岩脈には、上部斑れい岩およびそれに伴われる石英閃緑岩が貫入しており、シート状岩脈中には石英閃緑岩細脈が貫入していることから、シート状岩脈群の基底部付近が露出していると考えられる。ワジ・キャビアットでは、ドレライト岩脈に貫かれる石英閃緑岩~トータル岩の岩体とシート状岩脈群とがくり返して産出し、両者の直接の関係は確認できないが、シート状岩脈の一部にはワジ・ラジミのものと同様の石英閃緑岩細脈が認められる。これらの石英閃緑岩細脈は、しばしば連続性の悪いポケット状あるいはパッチ状となり、また母岩であるシート状岩脈は部分的に細粒のホルンブレンドホルンフェルス~輝石ホルンフェルスに変化している。このような産状は、Gillis and Coogan (2002) がキプロスのオフィオライトから報告したものと同様であり、海嶺軸マグマ溜り天井部でのシート状岩脈の部分溶融現象を示していると考えられる。

Gillis and Coogan (2002) は、キプロスのオフィオライト中の海嶺軸マグマ溜りの天井部での部分溶融作用を検討し、シート状岩脈起源のホルンフェルスが非平衡に部分溶融するモデルで成因を説明した。部分溶融が非平衡で起こる場合、溶融に関与する鉱物と液相との微量元素の分配がほとんど1になることが知られている (Bea, 1996 など)。したがって、非平衡溶融作用が起こる場合、部分溶融液相中の液相濃集元素濃度はそれほど高くないことになる。今回検討したオマーンオフィオライト中のシート状岩脈群基底部の石英閃緑岩細脈には、シート状岩脈が部分溶融した時に期待される液相濃集元素濃度よりも、著しく低い液相濃集元素濃度を示すものが多い。この矛盾は、非平衡溶融作用を仮定することによって説明可能となる。以上のことから、海嶺軸マグマ溜りの天井部でのシート状岩脈の部分溶融においては、非平衡溶融作用が重要な役割を果たした可能性が指摘できる。

キーワード: オマーンオフィオライト, 斜長花崗岩, 海嶺期, 海洋地殻, 岩石化学

Keywords: Oman ophiolite, plagiogranite, axis stage, oceanic crust, petrochemistry

MORBの形成過程：北部オマーンオフィオライトにおける調和的なダナイト脈からの示唆

Petrogenesis of MORB: a implication from concordant dunite bands of the northern Oman ophiolite

秋澤 紀克^{1*}, 荒井 章司¹, 田村 明弘²

AKIZAWA, Norikatsu^{1*}, ARAI, Shoji¹, TAMURA, Akihiro²

¹ 金沢大学・自然科学・地球, ² 金沢大・フロンティアサイエンス機構

¹Kanazawa Univ. Natural Sci. Earth Sci., ²Kanazawa Univ. FSO

Dunite bands and veins in the ophiolitic mantle peridotite are interpreted as melt conduits within the suboceanic mantle. In particular, concordant dunite bands are possibly important as melt conduits, through which parental melts of MORB (mid-ocean ridge basalts) were transported to shallower mantle beneath the ridge axis. However, no detailed petrological data of concordant dunite bands and surrounding peridotites have been published. We found concordant dunite bands from various "stratigraphic levels" in the mantle section of the northern Oman ophiolite. They are various in thickness (few millimeters ~ few tens of centimeters) and frequency of appearance. Dunite bands are almost pyroxene-free, and orthopyroxenes, if any, are vermicular in shape. Modal clinopyroxenes in wall peridotites increase toward the dunite band.

Mineral chemistry shows systematic variations in the wall peridotites toward the dunite bands: (1) a decrease in the Fo content (92 to 90.5) of olivines, (2) an increase in the Cr/(Cr + Al) atomic ratio (0.5 to 0.6) and TiO₂ content (nil to 0.25 wt %) in spinels, and (3) an increase in the Na₂O content (almost nil to 0.2 wt%) of clinopyroxene. In residual peridotites, rare earth element (REE) patterns of clinopyroxene incline from light-REE (LREE) to heavy-REE (HREE) monotonously. REE patterns of clinopyroxene in peridotites near dunite bands are U-shaped or flat. REE characteristics of clinopyroxene in dunite bands within the mantle away from the layered gabbro/peridotite boundary suggest an involvement of "slightly depleted MORB melts", which are slightly more enriched in LREE than the melts in equilibrium with residual peridotites.

We conducted simplified modeling for REE enrichment in clinopyroxenes by using chromatographic approach. The results indicate that MORB melts and "slightly depleted MORB melts" were transported through the present-day concordant dunite bands within the Oman mantle; MORB melts were migrated around the layered gabbro/peridotite boundary. The primitive MORB melts might have changed to MORB through "slightly depleted MORB melts" by interaction with peridotites en route to the uppermost mantle.

Keywords: Oman ophiolite, concordant dunite band, MORB, melt/rock interaction

Distribution of ultramafic layers in the mantle section of the Oman ophiolite: early magma genesis at spreading centre

Distribution of ultramafic layers in the mantle section of the Oman ophiolite: early magma genesis at spreading centre

Georges Ceuleneer², Python Marie^{1*}, 田村 明弘³, 荒井 章司⁴

Georges Ceuleneer², PYTHON, Marie^{1*}, TAMURA, Akihiro³, ARAI, Shoji⁴

¹ 北海道大学大学院理学院・地球惑星システム科学, ²Observatoire Midi-Pyrenees, Laboratoire Geosciences Environnement Toulouse, Toulouse, France, ³ 金沢大学フロンティアサイエンス機構, ⁴ 金沢大学理工学域自然システム学系

¹Hokkaido University, Department of Natural History Sciences, Sapporo, Japan, ²Observatoire Midi-Pyrenees, Laboratoire Geosciences Environnement Toulouse, Toulouse, France, ³Kanazawa University, Frontier Science Organization, ⁴Kanazawa University, Department of Earth Sciences, Kanazawa, Japan

Ultramafic dykes concordant to their host foliation (layerings) are frequently observed at various level of the mantle section of the Oman ophiolite. They generally crop out as series of 3 to about ten parallel veins, a few mm (one crystal) to a ten of cm wide, a few cm spaced out. Their host is usually harzburgite showing, in one third of the cases, increasing Opx content when approaching the layer and, in the two other third of the cases, no variation of the Opx content. Locally concordant dunite may appear in association with pyroxene-rich layerings as thin (a few mm to a few cm) parallel vein in contact with the layer or not. We present here a compilation of the data obtained on about 240 samples taken all over the mantle section of the Oman ophiolite. Their modal composition cover a wide part of the ultramafic domain with rare clinopyroxenite, dunite or wehrlite, abundant orthopyroxenite and websterite, and scarcer clinopyroxene-bearing harzburgite and lherzolite. The distribution map shows that layerings appear at any level in the mantle section, close to the basis as well as a few tens of meters below the Moho. Layerings are abundant only in the northernmost part of the ophiolite, from the Wuqbah to the Fizh blocks with exceptionally low abundance in the Hilti block. They are rare or even non-existent in the south-eastern massifs (Maqsad, Wadi Tayin, etc.) suggesting that condition for their genesis or preservation were reunited only in some specific places in the mantle before obduction. Their major elements chemistry is generally in equilibrium with their host peridotite and their pyroxenes and olivines compositions stay within the peridotite chemical domain with no specific rim-core evolution. However, Cpx trace elements content shows compositions richer in REE than the classical Oman harzburgite with chondrite normalised profiles slightly dipping in the HREE suggesting a magmatic origin with possible magma generation in the garnet peridotites field. Two-pyroxenes geothermometer show equilibrium temperatures between 950 and 1100°C, suggesting high temperature transposition and equilibration. The high abundance of layerings observed close to the Moho transition zone in the Fizh and Wuqbah blocks show that these features and their transposition are not related to the obduction but to early magmatic process below the Omanese spreading centre followed by mantle flow at high temperature.

キーワード: 調和岩脈, 輝石岩, オマーンオフィオライト, マントル, マグマ活動

Keywords: Concordant dykes, Pyroxenites, Oman ophiolite, Mantle, Magatism

北部オマーンオフィオライトから類推した初期島弧下マンツルの広域的組成分布とその成因

Spatial compositional variability and origin of incipient subarc mantle inferred from the northern Oman ophiolite

高澤 栄一^{1*}

TAKAZAWA, Eiichi^{1*}

¹ 新潟大学自然科学系(理学部)

¹ Faculty of Science, Niigata University

オマーンオフィオライトは後期白亜紀のネオテチス海嶺で形成された海洋リソスフェアが形成とほぼ同時期に起こった衝上運動によってアラビア大陸に定置したものである。衝上運動の際に沈み込み帯起源の流体の流入やそれに起因するマグマ活動の影響を受けたことから、海洋性マンツルから島弧性マンツルへの遷移過程を理解するのに適している。本講演では、オマーンオフィオライト北部のフィズ岩体とサラヒ(ヒルチ)岩体のマンツルセクションの広域的な鉱物組成分布に基づき、沈み込み帯起源の流体の流入経路やかんらん岩との反応、ポニナイト質メルトの生成と流動・反応について報告する。

フィズ岩体のマンツルセクション(東西25 km, 南北50 km)では、ハルツバージャイトのスピネルのCr# (=100xCr/[Cr+Al]mol%)は、岩体南部におけるCr# 43-67から北部のCr# 22-78へと範囲が拡大する。フィズ岩体の南部は古海嶺セグメントの中心部で形成されたとされているが、そのマンツルセクションは海洋底かんらん岩の組成範囲の上限であるスピネルCr# 60前後の比較的均質なハルツバージャイトが広く分布する。一方、フィズ岩体北部では古海嶺セグメントの末端部で形成されたと推定されており、マンツルセクションにはスピネルCr# 70以上の枯渇したハルツバージャイトが基底部からモホ面まで直線的な分布を示す。高枯渇なハルツバージャイトはしばしば枯渇した厚いダナイト(スピネルCr# 70以上)を伴う。そのような枯渇したかんらん岩が卓越する地域を高枯渇帯(highly refractory zone: HRZ)と呼ぶ。一方、HRZの周辺部はむしろ枯渇度が低く、スピネルCr#も50以下のハルツバージャイトが多い。そのため、高枯渇帯を除外すると、フィズ岩体の北部のハルツバージャイトは、むしろ南部のものよりも枯渇度が低くなる。フィズ岩体のダナイトはスピネルCr#が45-80で、ハルツバージャイトよりもCr#が高い傾向にある。さらに、スピネルCr#が70以上のダナイトは高枯渇帯だけでなく、フィズマンツルセクションの基底部にも多い。

サラヒ岩体のマンツルセクション(東西15 km, 南北20 km)では、ハルツバージャイトのスピネルCr#は42-70で、その頻度は55-60でもっとも高くなる。これはフィズ岩体南部のハルツバージャイトの傾向に似ている。一方、ダナイトのスピネルCr#の頻度はパイモダルな分布を示す。すなわち、頻度は55-60と68-75で高くなる。前者のピークはハルツバージャイトにもみられるが、後者のピークはダナイトにのみ存在する。サラヒ岩体のマンツルセクションの下部から基底部にかけて、ダナイトのスピネルCr#は70以上が卓越するが、マンツルセクションの上部からモホ面にかけては、ハルツバージャイトとダナイトのスピネルCr#はほとんどが65以下である。そのようなスピネルCr#の低いかんらん岩は中央海嶺起源と推定される。一方、サラヒ岩体下部のスピネルCr#の高いダナイトは海洋リソスフェアの衝上運動の際にポニナイト質メルトとの反応によって生じたと考えられる。

北部オマーンオフィオライトに分布する高枯渇なハルツバージャイトとダナイトの空間分布と成因は次のようなモデルで説明することができる。海洋リソスフェアの衝上の際に、オマーンオフィオライトは形成まもない沈み込み帯に位置した。変質した海洋地殻の熱変成作用によって放出された流体がマンツルセクションに基底部から流入した。ダナイトチャネルは流体が流入する経路となった可能性がある。ダナイトチャネルを伝って流入した流体は壁岩のハルツバージャイトのフラックス溶融を引き起こした。フィズ岩体マンツルセクションのHRZの存在は、流体の流入が海嶺セグメント末端部付近では多かつたことを示している。HRZが剪断帯に平行なことから海嶺セグメント末端部における剪断変形が流体の流入を促進したのかもしれない。あるいは、スピネルCr#が50以下の枯渇度の低いハルツバージャイトが海嶺セグメント末端部では多いため、それらのフラックス溶融によって多量のポニナイト質メルトが生じ、高い間隙率によって流体の流入が促進され、海嶺セグメント末端部に高枯渇帯を形成する要因になったのかもしれない。

キーワード: オマーンオフィオライト, マンツル, かんらん岩, スピネルCr#, フラックス溶融, 流体移動

Keywords: Oman ophiolite, mantle, peridotite, spinel Cr#, flux melting, fluid migration

捕獲岩、掘削岩石試料などから推定する海洋リソスフェア構造と改変過程 A study of the structure and evolution of the oceanic lithosphere inferred from mantle xenoliths and drilling samples

阿部 なつ江^{1*}

ABE, Natsue^{1*}

¹(独) 海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域

¹IFREE, JAMSTEC

海洋リソスフェアの深部構造を地質学的に明らかにするには、海嶺近傍の断裂帯やコア・コンプレックスなどの特異な海底に露出する深部岩石を採取するか、海洋科学掘削によって得られる試料を元にした研究が主流である。一方、海洋プレートを貫く火山島のマグマには、しばしばガブロやかんらん岩などのリソスフェア深部の岩石が捕獲されている。それらの試料は、海洋プレート深部の構造を理解する重要な情報源となる。過去の掘削やドレッジなどで海底から採取されたいわゆる海洋底かんらん岩 (abyssal peridotite) や、ホットスポットなどの海洋島玄武岩中に捕獲されているかんらん岩捕獲岩試料の記載岩石学的特徴を元に、海洋リソスフェア深部構造に関する情報をレビューし、海嶺での上部マントルプロセスや海洋プレート深部の温度構造などを議論する。

キーワード: 海洋リソスフェア, マントル捕獲岩, 海洋掘削, 海洋底かんらん岩

Keywords: oceanic lithosphere, mantle xenoliths, ocean drilling, abyssal peridotite

トンガ海溝におけるマフィック岩および超マフィック岩の構造および岩石学的特徴 Fabric and petrological characteristics of mafic and ultramafic rocks in the Tonga Trench

道林 克禎^{1*}, 新海優里¹, 石井輝秋², Sherman H. Bloomer³
MICHIBAYASHI, Katsuyoshi^{1*}, Yuri Shinkai¹, Teruaki Ishii², Sherman H. Bloomer³

¹ 静岡大学大学院理学研究科地球科学専攻, ² 深田地質研究所, ³ オレゴン州立大学

¹Institute of Geosciences, Shizuoka University, ²Fukada Geological Institute, ³Oregon State University

トンガ海溝は地球上で最も深い海域として知られており(最深部 10,866m), いわばマントルに最も近い場所である。トンガ海溝では, 海溝陸側斜面から様々な種類の岩石がドレッジや掘削で採取されており, 特に最深部から非常に新鮮なかんらん岩が採取されている。このように, 過去の調査において大量のマフィック岩および超マフィック岩が採取されているが, それらに関する研究はほとんど行われていない。本研究では, トンガ海溝に産出するマフィック岩および超マフィック岩の特徴とトンガ海溝の全体像を把握するため, 10地点から採取された100個の岩石試料に関して, 構造地質学および岩石学的解析を行った。かんらん岩中のカンラン石, スピネルの鉱物化学組成からは, 海溝中部と北部で組成の違いを持っていることが示唆された。海溝中部は, スピネル Cr# (0.46-0.83) が高く, これらは流体と反応した前弧起源のかんらん岩であった。一方, 海溝北部は低いスピネル Cr# (0.30-0.60) と高い TiO₂ 含有量 (0.06~0.79) がみられ, 流体だけでなくマグマと反応したかんらん岩であった。また, はんれい岩中の斜長石, 単斜輝石, 角閃石の鉱物組成からも, 流体との反応が示唆された。かんらん岩の構造は, E-type と D-type であった。E-type と D-type は, 鉱物化学組成, 粒径, 平衡温度の比較において差がみられなかったが, 唯一結晶方位の集中度に差が見られた。この差から, トンガ海溝における新鮮なかんらん岩および蛇紋岩化したかんらん岩は, ドラッグフローに起因する歪量が大きな場所で変形したと考えられた。そして, これらの岩石は, 速い沈み込み (24 cm/yr), 速い背弧拡大 (15 cm/yr), slab rollback などトンガ海溝特有のテクトニックセッティングによる活発な構造浸食や速い上昇速度などによって海底に露出したと考えられる。

キーワード: トンガ海溝, マントルウェッジ, カンラン岩, 蛇紋岩, ハンレイ岩

Keywords: Tonga trench, mantle wedge, peridotite, serpentinite, gabbro

海嶺下マントルと MORB の起源となるメルトフロー反応 Reactive Melt Flow as the Origin of Residual Mantle Lithologies and Basalt Chemistries in Mid-Ocean Ridges

木村 純一^{1*}, 佐野 栄²

KIMURA, Jun-Ichi^{1*}, Sakae Sano²

¹ 海洋研究開発機構, ² 愛媛大学/地球科学教室

¹IFREE / JAMSTEC, ²Department of Earth Science/ Ehime Unive

A reactive flow geochemical model using pMELTS thermodynamic calculations explains the observed modal, major, and trace element variations in the Red Hills peridotite, New Zealand. The model also reproduces the major and trace element chemical variation in the mid-ocean ridge basalts (MORBs) observed in the present day spreading ridges. The Red Hills peridotite is thought to originate in paleo-MOR magmatic processes in the mantle-MOHO transition zone. The peridotite body consists of a harzburgite matrix and dunite channels. The harzburgite forms the Lower Unit and the harzburgite is intruded by the replacive dunite channels in the Upper Unit. This lithology gradually turns into a massive dunite zone in which disseminated to lenticular clinopyroxene aggregates are present. The rare earth element (REE) compositions of peridotite samples vary greatly depending on their lithologies. In the Lower Unit, REEs are extremely depleted, whereas in the Upper Unit they are relatively fertile, in contradiction to their depleted lithologies. Our model consists of two-stages. The first-stage assumes melting of a depleted MORB source mantle in the garnet stability field, and the second assumes reactions between residual solids and the melts from the first-stage in the spinel stability field in an open system. The model explains the formation of depleted harzburgite and the formation of dunite channels in the harzburgite matrix well. The major and trace element compositions of the melts calculated by the model vary from ultra-depleted MOR melts in harzburgite to normal MORBs in dunite, suggesting that these lithologies are residues of a paleo-MOR. The model also explains the origins of the local and global geochemical trends found in MORBs and the geochemical variation in the abyssal peridotite samples. Our model confirms the important role of reactive flow in the mantle-MOHO transition zone beneath MORs.

キーワード: 海嶺, マントル, MORB, オフィオライト, メルト

Keywords: Ocean ridges, Mantle, MORB, Ophiolite, Melt

マントルかんらん岩の温度圧力履歴の多様性とそのリソスフェア-アセノスフェア相互作用における意義

Diversity in PT history of exhumed mantle peridotites and its implication in lithosphere-asthenosphere interaction

小澤 一仁^{1*}, ジャン・ルイ ボディニエ², カルロス ガリド³, 永原 裕子¹
OZAWA, Kazuhito^{1*}, Jena-Louis. Bodinier², Carlos J. Garrido³, NAGAHARA, Hiroko¹

¹ 東京大学, ² モンペリエ大学, ³ グラナダ大学

¹University of Tokyo, ²Universite de Montpellier, ³University of Granada

Pressure and temperature history of exhumed mantle peridotites shows significant diversities, which may be attributed to several factors such as: (1) lithospheric thermal gradient before exhumation, (2) rate of tectonic motion and thermal and mechanical conditions during exhumation, (3) thermal perturbation shortly before or during exhumation of lithosphere such as episodic asthenospheric thermal convection with lithosphere erosion and related magma generation, and transportation, (4) lithosphere formation or growth from asthenosphere through melting and melt separation and subsequent exhumation. These factors may, conversely, be estimated from the mantle peridotites if each effect can be isolated from the others by considering tectonic environment where the mantle peridotite resided and exhumed. The first factor is recorded as the initial condition of exhumation potentially providing information on steady-state mantle heat flow. The second is recorded as compositional zoning of minerals in terms of elements sensitive to PT change. Among these factors, (3) and (4) represent direct thermal and mechanical interactions between lithosphere and asthenosphere and are examined by whole-rock compositions and its heterogeneity constraining thermal condition of melting and melt segregation processes if they were involved (e.g., abyssal peridotite exposed along mid-ocean ridges). The following cooling and thermal relaxation are recorded as compositional zoning in minerals and chemical heterogeneity in a composite lithology over the scale of more than a few centimeters.

These approaches are similarly applicable to any types of mantle peridotites such as orogenic peridotites, mantle section of ophiolites, and mantle xenoliths in alkali basalt and kimberlite. Xenoliths can provide instantaneous thermal states of the mantle up to the depth as deep as a few hundreds km, and is superior in examination of (1) and (3). Contrary to this, intrusive peridotites always underwent slow exhumation process more or less obscuring lithospheric information, and is superior in examination of (2) and (4).

Following the above strategy, thermal histories of three peridotite bodies from world orogenic belts are compared. These are the Horoman peridotite in the Hidaka belt, peridotite bodies in the Pyrenees, and Ronda in the Betic Cordillera. The common feature of these peridotites is that they were initially resided in the garnet stability field before decompression. There are, however, several distinctions: (1) garnet in any rock types is completely transformed into low pressure mineral assemblage (symplectite) in Horoman, garnet in pyroxenites remains but that in peridotites is completely transformed into symplectites in Pyrenees, and garnet remains in peridotites as well as in pyroxenites in Ronda, (2) orthopyroxene in garnet- or symplectite-bearing rocks shows remarkable M-shaped Al zoning in Horoman, weaker but distinct M-shaped in Pyrenees, and very weakly developed in Ronda, (3), orthopyroxene in peridotite and pyroxenites has a Ca-rich margin in Horoman, but such features are not common in Pyrenees and Ronda, and (4) topotaxy is always established in two-pyroxene spinel symplectite in Horoman (Odashima et al., 2008) but not so in Ronda (R. Nagashima, personal communication). These systematic relationships suggest that dP/dT was very small or even negative in Horoman (~adiabatic or heating during exhumation), moderate in Pyrenees (~adiabatic), and large in Ronda (effective cooling with decompression). It is inferred that exhumation accompanying active asthenospheric thermal perturbation took place in Horoman, passive exhumation in Pyrenees, and transportation towards the cooler region probably in a subduction environment in Ronda, in spite of the suggested asthenospheric thermal perturbation in the spinel and plagioclase facies in Ronda (Garrido et al., 2010).

キーワード: リソスフェア-アセノスフェア相互作用, マントル温度圧力履歴, マントル熱構造

Keywords: lithosphere-asthenosphere interaction, mantle pressure temperature history, mantle thermal structure

海底及び陸上広帯域地震観測によって明らかになったフィリピン海と南太平洋地域の3次元S波上部マントル速度構造 Three-dimensional shear wave structures of the upper mantle beneath the Philippine Sea and the French Polynesia region

一瀬 建日^{1*}, 塩原 肇¹, 末次 大輔², 杉岡 裕子²

ISSE, Takehi^{1*}, SHIOBARA, Hajime¹, SUETSUGU, Daisuke², SUGIOKA, Hiroko²

¹ 東京大学地震研究所, ² 海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域

¹ OHRC, ERI, Univ. of Tokyo, ² IFREE, JAMSTEC

太平洋地域でのマントルダイナミクス解明の為に我々は最新鋭の海底広帯域地震計を用いた機動観測を何度も行ってきた。観測域はフィリピン海とその周辺及び南太平洋フレンチポリネシア地域である。前者の地域は太平洋プレートの沈み込み帯であり、後者は太平洋大海膨と呼ばれる海底面の異常な盛り上がりとスーパールームと呼ばれる下部マントルの巨大な上昇流の存在で特徴づけられる地域である。

ここでは表面波トモグラフィー解析手法を用いて得られたこれら2地域の3次元S波上部マントル速度構造について述べる。

フィリピン海域では、陸上及び海底広帯域地震計で観測された表面波(レイリー波及びラブ波)を用いて等方不均質構造及び異方性構造を求めた。この結果従来より詳細な(水平解像度 300km)速度構造を得ることができ、伊豆小笠原マリアナ島弧のマントルウエッジが長さ約 500km の3つの独立した低速度異常域となっている事が明らかになった。また、典型的な海洋プレートでの異方性構造に関しては、リソスフェアでは方位異方性の速度の速い方向と過去の海洋底拡大の方向が調和的である一方でアセノスフェアでは複雑であり、四国海盆ではプレートの拡大方向と調和的だが太平洋では約 30 度、西フィリピン海盆では約 55 度異なっていた。沈み込み帯周辺の方位異方性は琉球弧ではトレンチに平行であり、伊豆小笠原島弧では北西-南東方向であった。フィリピン海プレートは単一のプレートではあるが、複雑なプレート成長の影響により複雑な異方性構造を持っている事が明らかになった。

南太平洋フレンチポリネシア海域では、表面波のうち基本モードのレイリー波を用いた構造解析を行い深さ約 200km までの上部マントル3次元構造を求めた。得られた構造モデルの水平方向解像度は約 400km と従来のモデルより遥かに高解像度なモデルが得られた。海洋底年代の若いフレンチ・ポリネシア東部やラウ海盆に低速度、古い部分では高速度異常が見られる。また、ホットスポットの下に低速度異常が存在するが、深部まで低速度領域が連続するホットスポット(ソサエティ, マクドナルド, マルケサス)と浅部にのみ低速度異常がみられるホットスポット(サモア, ラロトンガ, アラゴ)とがある事が明らかになった。

キーワード: 海底地震観測, 上部マントル, 表面波解析

Keywords: seafloor observation, upper mantle structure, surface wave analysis

カムチャツカ弧, 火山フロント下マントル由来かんらん岩捕獲岩の特徴

The nature of mantle xenoliths from three frontal volcanoes of the Kamchatka arc: toward a general view of the sub-front

石丸 聡子^{1*}, 荒井 章司², 田村 明弘², オクルーギン ビクトル³, シチエルバコフ パシリー⁴, プレチョフ パベル⁴
ISHIMARU, Satoko^{1*}, ARAI, Shoji², TAMURA, Akihiro², Victor M. Okrugin³, Vasily Shcherbakov⁴, Pavel Plechov⁴

¹ 熊本大学地球環境科学講座, ² 金沢大学理工学域地球学コース, ³ ロシア科学アカデミー火山学研究所, ⁴ モスクワ大学地質学部

¹Dept. of Earth Environ. Sci., Kumamoto Univ., ²Dept. of Earth Sci., Kanazawa Univ., ³IVS., FEB of Russian Acad. Sci., ⁴Fac. of Geol., Moscow State Univ.

We have a large amount of data about petrological and geochemical features of upper mantle peridotites, but the nature of sub-arc mantle, especially beneath a volcanic front, has not been fully understood due to the scarcity of occurrences of mantle-derived materials there. Mantle-wedge peridotites are opened to the impact of fluids or melts released from downgoing slab. They induce magma production and modify the petrological and geochemical features of the mantle wedge. To identify the nature of sub-arc mantle and the metasomatic agents, peridotite xenoliths trapped in arc magma is one of the most useful tools. Kamchatka Peninsula is one of the active volcanic arcs, and peridotite xenoliths derived from the upper mantle beneath the volcanic front are obtained from 9 of its volcanoes (Erlich et al., 1979). Avachinsky (Avacha) volcano is the most famous of them because of its easy accessibility and high xenolith production. Peridotite xenoliths from Avacha record high degree of melting and multiple stages of metasomatism (e.g., Ishimaru et al., 2007; Ionov, 2010). Formation of secondary orthopyroxenes replacing olivine is one of characteristics of arc-derived peridotite xenoliths (e.g., Arai & Kida, 2000; McInnes et al., 2001). In addition, we found peculiar metasomatizations, e.g., Ni enrichment (e.g., Ishimaru and Arai, 2008), in the Avacha peridotite xenolith suite. We examined additional peridotite xenoliths suite from other two volcanoes of the volcanic front of Kamchatka arc, Shiveluch and Bezmyanny volcano, to obtain a more generalized view of the mantle-wedge process there.

We examined 2 harzburgite xenoliths from Bezmyanny and 13 xenoliths of pyroxenites with/without olivine and 3 xenoliths of peridotites (2 dunites and 1 metasomatized harzburgite) from Shiveluch. Both of them are brought up to the surface by calc-alkaline series andesite to dacite. To clarify the residual features of the mantle peridotites, we only dealt with 3 peridotites from Shiveluch, because most of Shiveluch pyroxenites show textures of cumulate and/or extensively modification by interaction with the host andesite. The mantle peridotites from both Bezmyanny and Shiveluch are composed of fine-grained minerals (cf. Arai and Kida, 2000), and occasionally contain hornblende and/or phlogopite. Almost all orthopyroxenes show irregular shapes and replace olivine, indicating a secondary origin. At the boundary between the harzburgite and host andesite, we observed hornblende and secondary orthopyroxenes. At the interior of the xenoliths, the Fo content of olivine in Bezmyanny and Shiveluch samples is 91-92 and 94, respectively, and the Cr# (= Cr/(Cr + Al) atomic ratio) of chromian spinel is high, 0.43-0.69 and 0.63-0.72, respectively, and the former decreases to 76 at the boundary with the host andesite although the Cr# is almost constant. These petrographical and geochemical features are shared with Avacha peridotite xenoliths (e.g., Ishimaru et al., 2007). Orthopyroxenes in the both peridotite suites do not show simple residual feature in REE pattern, but instead are LREE-enriched and MREE-depleted. These REE concentrations of orthopyroxene indicate the metasomatic agents, which formed olivine replacing orthopyroxene, for Bezmyanny and Shiveluch were strongly enriched in LREE and SiO₂-oversaturated melts or fluids (= evolved magma?).

We will make discussion about the nature of sub-frontal mantle peridotite and metasomatic events with additional geochemical data.

キーワード: 島弧マントル, かんらん岩捕獲岩, 火山フロント, 交代作用

Keywords: arc mantle, peridotite xenoliths, volcanic front, metasomatism

オマーンオフィオライト・サラヒ岩体基底部に分布する超苦鉄質複合岩体の岩石学的特徴とその成因

Petrological nature and origin of ultramafic complex in the basal part of the Salahi mantle section, the Oman ophiolite

野本 有希^{1*}, 高澤 栄一¹

NOMOTO, Yuki^{1*}, TAKAZAWA, Eiichi¹

¹ 新潟大学理学部

¹ Faculty of Science, Niigata University

オマーンオフィオライト北部のサラヒ(ヒルチ)岩体マントルセクションは、おもにハルツバージャイトとダナイトで構成されるが、南西部の基底部付近には主としてダナイトとパイロキシナイト類で構成される超苦鉄質複合岩体が存在する。本研究ではこの超苦鉄質複合岩体の岩石学的特徴を明らかにし、さらに岩石組織や鉱物化学組成によってその成因を検討した。

マントルセクション基底部に分布する超苦鉄質複合岩体の構成岩類はおもに、ダナイト、ハルツバージャイト、パイロキシナイト類である。かんらん岩類は、粗粒から極粗粒(粒径1cm以上)の等粒状組織を示し、粒界が複雑に入り組んでいることが特徴である。

マントルセクション基底部のハルツバージャイトのスピネルCr#は55-72である。頻度分布ではもっとも大きいピークがCr#64-66にあり、それよりも小さいピークがCr#70-72にみられる。Cr#70以上のスピネルをもつハルツバージャイトがこの付近に集中的に産することから、サラヒ岩体の北に位置するフィズ岩体の北部地域と同様な高枯渇帯が存在する可能性が考えられる(菅家・高澤, 2006)。また、この地域のダナイトのスピネルCr#は61-84であり、Cr#76-82に頻度のピークがあることから、ハルツバージャイトと同様に、高枯渇なダナイトが多い。このことは、オフィオライトの海洋底における衝上の過程で、基底部から多量の流体がこの付近に集中的に流入し、ハルツバージャイトのフラックス溶融によって多量のダナイトが形成されたことを示唆する。ダナイトが極粗粒なカンラン石から構成されることも衝上過程におけるフラックス溶融を支持する。

さらに、露頭単位で近接するハルツバージャイトとダナイトの組成関係を検討すると、ハルツバージャイトからダナイトへスピネルCr#が上昇するとともにカンラン石のFo値も上昇するタイプと、逆にFo値が減少するタイプに分かれることが明らかになった。これら2種類の分布域は明確に分かれ、前者は、超苦鉄質複合岩体のおよそ中央部に対応するのに対して、後者は、超苦鉄質複合岩体周縁部に分布する。超苦鉄質複合岩体の中央部では流体の流量が多く、斜方輝石だけでなくカンラン石の一部も溶融し、Fo成分に富むカンラン石からなる大規模なダナイト岩体が形成されたと考えられる。一方、超苦鉄質複合岩体周縁部では、メルトの分別結晶作用が進行し、輝石の晶出によってパイロキシナイト類が形成したと考えられる。

フィズ岩体マントルセクションの北部地域に高枯渇帯が存在し、海洋リソスフェアの衝上の過程で古海嶺セグメント末端部への流体の大規模な流入によって形成されたと考えられている(菅家・高澤, 2006)。本研究でもサラヒ岩体マントルセクション南西部に同様な高枯渇帯が見い出された。サラヒ岩体南部地域はフィズ岩体北部と同様に、海嶺セグメント末端部に相当することが指摘されている(Miyashita et al., 2003; Monnier et al., 2006)。そこでは、オフィオライト衝上の過程で高枯渇なハルツバージャイトも形成されやすかったことが示唆される。海嶺セグメント末端部は単斜輝石に富むハルツバージャイトやレルゾライトが多いことが報告されている(Takazawa et al., 2003; Monnier et al., 2006)。単斜輝石が多いと、フラックス溶融によってより多くのメルトが生成し、空隙率の増加によってより多くの流体の流入を誘引する正のフィードバックが働いた可能性が考えられる。この結果、海嶺セグメント末端部に衝上の過程で高枯渇帯が形成されやすかったと推定される。

キーワード: オマーンオフィオライト, マントルセクション, 高枯渇帯, スピネル, かんらん岩, パイロキシナイト

Keywords: Oman ophiolite, mantle section, highly refractory zone, spinel, peridotite, pyroxenite

オマーンオフィオライト北部に分布する超苦鉄質-苦鉄質貫入岩体の海嶺軸方向における岩石学的特徴の変化

Along-axis variations of ultramafic-mafic intrusions in the northern Oman ophiolite

金子 龍^{1*}, 足立 佳子², 三瓶 崇³, 宮下 純夫⁴

KANEKO, Ryu^{1*}, ADACHI, Yoshiko², Takashi Sanpei³, MIYASHITA, Sumio⁴

¹ 新潟大学・自然科学, ² 新潟大学・研究推進機構, ³ 住友大阪セメント(株), ⁴ 新潟大学・理・地質

¹Graduate school of Sci. & Tech., Niigata Univ., ²Institute for Research Promotion, Niigata Univ., ³Sumitomo Osaka Cement Co., ⁴Dep. Geol., Fac. Sci., Niigata Univ.

オマーンオフィオライトには、超苦鉄質-苦鉄質貫入岩が普遍的に存在する。これらの成因は、1) 海嶺軸外火成活動 (Jousselin and Nicolas, 2000)、2) 海洋地殻衝上時の圧縮による貫入 (Koepke et al., 2009)、3) マントルダイアピル上昇に伴うマントルの再溶融 (Clenet et al., 2009) の異なる三つが考えられている。Jousselin and Nicolas (2000) の考え方は海嶺起源である事に対して、Koepke et al. (2009) の考え方は島弧起源である。それに対して、Adachi and Miyashita (2003) ではそもそも超苦鉄質-苦鉄質貫入岩は海嶺起源と島弧起源の二つのタイプが存在する事を示した。Miyashita et al. (2003) と Umino et al. (2003) によって2次の海嶺セグメントが Wadi Fizh・Salahi ブロックの岩石学的特徴の変化を用いて定義された。これらの報告では Wadi Fizh 地域が2次の海嶺セグメントの北部末端、Wadi Thuqbah 地域が中心部、Wadi Hilti 地域が中間部、Wadi Ahin 地域が南部末端である事を示した。今回はオマーンオフィオライト北部の Wadi Fizh・Salahi (Hilti) ブロックに産出する超苦鉄質-苦鉄質貫入岩体の海嶺軸方向における岩石学的特徴と成因について報告する。

最近の野外調査により、Salahi ブロック北部 (Wadi Barghah) で巨大な超苦鉄質貫入岩体 (Barghah complex) が発見された。Barghah complex (10 × 2km) は海嶺セグメント中心部付近に存在し、本地域のモホ遷移帯と類似した岩石学特徴を有している。また、Barghah complex 周辺のハンレイ岩の層状構造が乱れており、Barghah complex を軸とした見かけ上背斜構造が見られる。この岩体は主に単斜輝石ダナイト、単斜輝石-斜長石ダナイト、斜長石ウェールライトから構成される。Barghah 地域のモホ遷移帯は主にダナイト、斜長石ダナイト、単斜輝石-斜長石ダナイト、かんらん石ハンレイ岩から構成される。本地域のモホ遷移帯の層厚が約 200m で海嶺セグメント中心部の特徴と一致する。

Fizh 地域 (海嶺セグメント末端部) の超苦鉄質-苦鉄質貫入岩の規模は数 10 から 100m で、主に角閃石優黒質かんらん石ハンレイ岩、角閃石優黒質トロクトライト、角閃石優黒質かんらん石ハンレイノーライトから形成される。角閃石は褐色角閃石からなり、褐色角閃石と単斜輝石が多量に晶出している。

Barghah complex を構成する岩石のかんらん石 Fo 値は 85~91 で単斜輝石の Mg# は 0.89~0.94 である。非常に未分化な化学組成であり、本地域に産するモホ遷移帯の化学組成 (Ol Fo=86~92, Cpx Mg#= 0.88~0.93) と類似する。単斜輝石の Mg# の組成幅が狭く Ti, Na の組成幅が広いことから、一般的なハンレイ岩層の結晶分化作用のトレンドとは異なりメルト-マントル相互作用のトレンドを示す。スピネル Cr# の値が 0.45~0.62、TiO₂ wt% が 0.19~2.41 wt% の組成幅を示すことから、MORB の領域にプロットされ、島弧火成活動の領域とは異なる。

Wadi Fizh 地域の超苦鉄質-苦鉄質貫入岩のかんらん石 Fo 値は 80~86 で単斜輝石の Mg# は 0.85~0.88 の組成幅を示し、Barghah complex の化学組成よりも分化した値を示す。スピネル Cr# の値は 0.51~0.69、TiO₂ wt% が 0.48~2.90 の組成幅を示すことから、こちらも同様に MORB の領域にプロットされる。

末端部の Wadi Fizh 地域の超苦鉄質-苦鉄質貫入岩には多量の褐色角閃石と単斜輝石が含まれることから、メルト中の含水率が高いと考えられる。そして、この水は海嶺セグメント末端部の断裂部に沿って浸透してきた海水が要因としてあげられる。それに対して、中心部の Wadi Barghah 地域の超苦鉄質-苦鉄質貫入岩は初生的な角閃石は含まれず、ダナイトもしくはウェールライトから構成され、同地域のモホ遷移帯と類似した岩相・鉱物化学組成を示す。また、Barghah complex 周辺のハンレイ岩類の層状構造が背斜構造を示すことから、モホ遷移帯を供給源としダイアピル状に貫入したと考えられる。以上のことから、オマーンオフィオライト北部における超苦鉄質-苦鉄質貫入岩体は海嶺軸方向によって岩石学的特徴が大きく変化する。

キーワード: オマーンオフィオライト, ウェールライト貫入岩, 海嶺セグメント

Keywords: Oman ophiolite, wehrlite intrusion, ridge segmentation

西南日本東赤石超マフィック岩体のかんらん石単斜輝石層状ユニットの岩石学：高Caボニナイトとの類似性 Petrology of Ol-Cpx layered units in the Higashi-Akaishi ultramafic body, SW Japan: Close affinity to high Ca boninite

服部 達也^{1*}, 水上 知行¹, 荒井 章司¹, 田村 明弘²
HATTORI, Tatsuya^{1*}, MIZUKAMI, Tomoyuki¹, ARAI, Shoji¹, TAMURA, Akihiro²

¹ 金沢大学大学院自然科学研究科, ² 金沢大学フロンティアサイエンス機構
¹Natural Science, Kanazawa university, ²Frontier Science Organization, Kanazawa university

The Higashi-akaishi ultramafic body (HA) in the Sanbagawa belt, SW Japan, is composed of dunite, wehrlite, olivine-clinopyroxenite and garnet-bearing rocks. The body is regarded as a piece of hanging wall mantle at the deeper part of oceanic-type subduction zone. Understanding of the petrological signature is important to gain insights into the formation of the mantle wedge. We present field and microtextural observations and mineral chemistry of a 250 m-thick section of compositional layering in the central part of the body and link them to the magmatic process and composition related to the formation of the HA body.

The layering in the section form a trend of compositional variation in centimeter to 10m-scales: dunite - wehrlite - olivine-clinopyroxenite. Fo and NiO in olivine and Cr/(Cr+Al) in spinel decrease in accord with this trend. These changes can be explained by fractional crystallization of Cpx following olivine and spinel. So, the dunite in the section can be regarded as a member of Ol-Cpx cumulate.

Olivine shows high Fo (up to 94) and high NiO content (- 0.33 wt%), and Cr-spinel is rich in Cr (Cr/(Cr+Al)=0.65-0.90) and poor in TiO₂. Coarse porphyroclasts of Cpx in wehrlite and olivine-clinopyroxenite show highly depleted REE patterns (C1 normalized values of Ce and Yb are 0.1-0.8 and 0.3-2, respectively). The Cpx includes abundant Cr-spinel exsolutions and is most likely to preserve a primary composition crystallized from magma. Later alterations are identified by distinctive REE patterns of Cpx with microtextural features of recrystallization.

The primary chemical compositions of minerals and estimated melts in equilibrium with the Cpx overlap the ranges of high-Ca boninite (HCB); they are less depleted than low-Ca boninite and are more depleted than the Setouchi high Mg andesite. The crystallization of Ol and Cpx is also consistent with a HCB magma. Highly depleted but Ca-rich nature of HCB requires a cumulative partial melting of fertile lherzolite forming harzburgite. Experimental and natural evidence shows that it takes place in hot (close to 1300 °C) and moderately hydrous conditions. Therefore, the HA body can be regarded as a record of a high temperature phase in the Sanbagawa arc evolution.

Present activities of HCB lavas are found in oceanic arc systems (Bonin and Tonga) and in a site of arc-plume interaction (northern edge of Tonga arc). Considering that the HA body is located in the middle of the E-W elongation of the Sanbagawa metamorphic belt, it is likely that the HCB activity produced the cumulate occurred in an island arc system behind which hot asthenospheric mantle was upwelling. This can be related to the Mesozoic high temperature episode in the east Eurasian margin due to a replacement of continental lithosphere by fertile asthenospheric mantle.

中央海嶺下マントルの複雑な過去の物的証拠か?: 中央インド洋海嶺軸の蛇紋岩小山 試料解析

Petrological evidence of ancient mantle components beneath the Mid-Ocean Ridge? Results from a serpentine seamount along

森下 知晃¹, 蓑口 健世^{1*}, 田村 明弘¹, 中村 謙太郎², 佐藤 暢³, 針金 由美子⁴, 沖野 郷子⁵

MORISHITA, Tomoaki¹, MINOGUCHI, Kensei^{1*}, TAMURA, Akihiro¹, NAKAMURA, Kentaro², SATO, Hiroshi³, HARIGANE, Yumiko⁴, OKINO, Kyoko⁵

¹ 金沢大学, ² 海洋研究開発機構, ³ 東海大学, ⁴ 産業総合研究所, ⁵ 東京大学

¹Kanazawa Univ., ²JAMSTEC, ³Tokai Univ., ⁴AIST, ⁵Univ. Tokyo

上部マントルに分布していると考えられているかんらん岩類の大部分は、海洋プレートの材料となる海洋底玄武岩を形成した後の溶け残りであると考えられている。しかし、この前提は必ずしも自明ではない。比較的メルト成分に枯渇した海洋底かんらん岩の Os 同位体のモデル年代が、中央海嶺玄武岩の形成年代よりも明らかに古い試料が報告されている (e.g., Harvey et al., EPSL, 2006; Liu et al., Nature, 2008)。しかし、その岩石学実体などはよくわかっていない。中央インド洋海嶺の海嶺軸近傍に小さな小山があり、その小山の頂上付近のドレッジによってかんらん岩、はんれい岩試料が採取された。この小山のかんらん岩類は (1) ダナイト (2) 輝石かんらん岩 (かんらん石 > 輝石) (3) 輝石に富むかんらん岩 (輝石 > かんらん岩) に分類することができる。また、これらのかんらん岩類の一部には、はんれい岩起源と思われる脈状岩石や、角せん石に富む岩石を伴う。このような場合、かんらん岩試料の鉱物組成は他のかんらん岩類よりも鉄に富み、また、鉱物化学組成の不均質スケールは数 10 ミクロンスケールである。これらの岩石の形成によりかんらん岩の一部が組成変化を受け、それらの組成の不均質は形成後すぐに保存されるような状態、つまり急激な冷却をうけたと考えられる。輝石かんらん岩の特徴は、スピネル以外の初生鉱物がほぼ蛇紋岩化していることである。輝石かんらん岩のスピネル化学組成は、初生的な海洋マントルを仮定した場合、15%程度の部分溶融程度の溶け残りかんらん岩の値と同等である。輝石に富むかんらん岩の輝石は、ほぼ斜方輝石である。通常中央海嶺下マグマ活動を想定した場合、斜方輝石に富む岩石を形成することは困難である。そこで、我々は、この斜方輝石に富むかんらん岩は、通常のかんらん岩にシリカ成分が付加することによって形成された可能性を指摘したい。この場合、このシリカの付加は、現在の中央海嶺セッティングではなく、異なるテクトニックセッティングであったと考える。つまり、斜方輝石に富むかんらん岩は、中央海嶺下に至る前に、異なるテクトニックセッティングの影響を受けたマントル物質であった可能性が高い。さらに興味深いのは、輝石かんらん岩自体も、通常の海洋かんらん岩と比較した場合、輝石量が多い傾向にあることである。つまり我々は、この中央海嶺軸上に形成された蛇紋岩小山は、太古の異なるテクトニックセッティングプロセスを受けたマントル物質が長期間マントル中を対流し、それが現在の中央インド洋海嶺軸下にもたらされたものであるという作業仮説をたてている。つまり、すでにある程度メルト成分に枯渇した組成を持っていたため、プレートの拡大における体積欠損を補うために深部マントル物質として断熱上昇した際もメルトが発生せずに、中央海嶺下の浅いところにまで本岩体はもたらされ、引き続き起きるプレートの拡大によって発生した割れ目から浸透した海水によって局所的に蛇紋岩化し、それがダイアピル状に海洋底に露出するようになったと考えている。

キーワード: 中央海嶺, マントル

Keywords: mid-ocean ridge, mantle

神居古潭帯三石蓬萊山地域のオフィオライトと蛇紋岩メランジの地質 Geology of ophiolite and serpentinite melange around Mitsuishi Horai-san, Kamuikotan Zone, Hokkaido

植田 勇人^{1*}, 三浦命緒¹, 鹿野ゆう¹
UEDA, Hayato^{1*}, Mio Miura¹, Yu Kano¹

¹ 弘前大学

¹ Hirosaki Univ.

はじめに

低温高圧変成岩を包有する蛇紋岩メランジは、上部マントル深度における沈み込み境界の地質構造や物理化学条件、ダイナミクス等についての貴重な物質科学的情報源と位置づけられる。これら蛇紋岩メランジから得られる情報を、並行した付加体や広域変成帯、前弧海盆などの構造発達と対比することにより、より包括的な沈み込み造山帯の運動像にアプローチできると期待される。このような観点から演者らは、北海道神居古潭帯の三石蓬萊山周辺に分布する“蛇紋岩メランジ”の地質調査を行っている。この地域は、神居古潭帯で最も高変成度（ざくろ石角閃岩や緑簾石角閃岩）の変成岩塊を多数産することで知られる。しかし、新第三系に囲まれて孤立して分布し露出も不良なために、同帯における構造的な位置づけが不明確であった。これまでに三石川より東方のエリアについて新たなマッピングを行い、従来とは異なる知見がおもに2点（以下のA,B）得られたので、ここに報告する。

A: 地質構成

従来“蛇紋岩メランジ”として一括されていた地質体は、少なくとも3つの異なる地質要素で構成される。

第一は側方連続性を持った超苦鉄質岩体と苦鉄質岩体の集合として認識され、高圧変成岩を全く含まない部分であり、その岩相構成からオフィオライトである可能性が高い。ここでは「軍艦山オフィオライト」とする。超苦鉄質岩には、部分的に蛇紋岩化したハルツバーナイト岩体と、蛇紋岩化が進んだ超苦鉄質キウムレート（単斜輝岩 - ウェールライト、ダナイト：少量の粗粒斑れい岩を伴う）があり、別岩体を構成する。苦鉄質岩は斑れい岩（一部閃緑岩）と輝緑岩で構成され、単一岩体内での粒度変化が著しい。しばしば貫入境界が観察されることから、キウムレートとこれを貫く岩脈群で構成されると推定される。

第二は軍艦山オフィオライトの南西側に分布する、著しく剪断された片状蛇紋岩を基質とするメランジであり、「蓬萊山蛇紋岩メランジ」と呼ぶ。ブロックとしては、角閃岩類のほか、アンチゴライト蛇紋岩、少量の泥質片岩、および軍艦山オフィオライトと共通した塊状蛇紋岩や超苦鉄質キウムレート、斑れい岩や輝緑岩などの岩塊が含まれる。

第三は軍艦山オフィオライトの北東側に狭く露出する低変成度の苦鉄質変成岩（青色片岩相）である。この岩体（蓬萊メタベイサイト岩体とする）は、より東方に広く分布する神居古潭帯のコヒーレントな変成ユニット（ピラシユケユニット）と同様の岩相を示すことから、その延長部である可能性がある。

以上から蓬萊山周辺は、オフィオライト、蛇紋岩メランジ、および低度高圧変成岩という神居古潭帯の3つの基本要素が並列して露出する地域と捉えられ、全体が“ごちゃまぜ”の地質体というわけではないと考えられる。

B: 新第三系との関係

従来“蛇紋岩メランジ”とされてきた蓬萊山周辺の基盤岩類（すなわち、オフィオライト、蛇紋岩メランジ、および低度高圧変成岩）は、周囲の新第三系を切る断層に沿って分布すると考えられてきた。しかし今回の調査の結果、新第三系の基底礫岩がこれら基盤岩類を不整合で覆う接触関係が観察された。また、接触部の露頭がないものの、北東縁にも隣接して基底礫岩から始まる同様の新第三系の層序が確認された。これら周辺堆積物の層序から、基盤岩類は両翼とも新第三系に不整合で覆われた背斜構造の軸部にあたり（テクトニックでない）地窓として露出している可能性が高い。そのため、基盤岩類は中期中新世以前に定置を終え地表に露出した後に新第三系に不整合で覆われたと結論される。東方の三石川上流地域では、前期白亜紀末の前弧海盆堆積物（蝦夷層群中部）の礫岩中からクロムスピネル碎屑粒子や緑簾石角閃岩の礫が産出していることから、蓬萊山の基盤岩類は前期白亜紀には基本的な定置を終えていた可能性が高いと思われる。

キーワード: オフィオライト, 蛇紋岩メランジ, 高圧変成岩, 沈み込み帯

Keywords: ophiolite, serpentinite melange, high-P/T metamorphic rocks, subduction zone

マントルウェッジのかんらん岩の加水作用；ロシア極東，ウスチベラヤ・オフィオライトの例

Hydration processes in the mantle wedge peridotite; an example from the Ust-Belaya ophiolite, Far East Russia

町 澄秋^{1*}, 石渡 明², 森下 知晃³, 早坂 康隆⁴, LEDNEVA, Galina, V.⁵, SOKOLOV, Sergei D.⁵, BAZYLEV, Borys A.⁵, PALANDZHYAN, Suren A.⁵, 荒井 章司⁶, 田村 明弘³
MACHI, Sumiaki^{1*}, ISHIWATARI, Akira², MORISHITA, Tomoaki³, HAYASAKA, Yasutaka⁴, LEDNEVA, Galina, V.⁵, SOKOLOV, Sergei D.⁵, BAZYLEV, Borys A.⁵, PALANDZHYAN, Suren A.⁵, ARAI, Shoji⁶, TAMURA, Akihiro³

¹ 金沢大学自然科学研究科, ² 東北大学東北アジア研究センター, ³ 金沢大学フロンティアサイエンス機構, ⁴ 広島大学大学院地球惑星システム専攻, ⁵ ロシア科学アカデミー地質研究所, ⁶ 金沢大学理工研究域自然システム学系

¹Natural Sci & Tec., Kanazawa Univ., ²NE Asia Center, Tohoku Univ., ³FSO, Kanazawa Univ., ⁴Earth & Planet. Sys. Sci., Hiroshima Univ., ⁵Geol. Inst. Russia Academy of Science, ⁶Earth Sci. Course, Kanazawa Univ.

The Ust'-Belaya ophiolite is exposed in the 80 km x 40 km area on the south of Ust'-Belaya (N65 30', E173 17'), Far East Russia (Sokolov et al., 2003 Geol. Soc. London, Spec. Publ. 218, 619-664). The associated limestone suggests Devonian or older age of this ophiolite. The ultramafic rocks of the Ust'-Belaya ophiolite are mainly composed of fertile lherzolite, lherzolite/harzburgite with small amount of dunite, pyroxenite and chromitite. Those are characterized by significant hydration, which caused formation of secondary minerals. Here we describe hydration process of the mantle peridotite.

Mantle peridotite of the Ust'-Belaya ophiolite is divided into hydrated peridotite and antigorite-bearing serpentinite based on mineral assemblage. In both types, primary spinel is often rimmed by chlorite. In some cases, primary spinel completely breaks down to aggregate of chlorite and magnetite/ferritichromite. Hydrated peridotite is composed of olivine, amphibole, chlorite and/or talc and/or secondary clinopyroxene. Amphibole and talc occur as pseudomorph after primary pyroxenes. Antigorite-bearing serpentinite is composed of olivine, amphibole, and/or talc and/or secondary clinopyroxene. Olivine often shows apparent partings similar to cleavage, i.e., the so-called "cleavable olivine". Primary pyroxenes are basically replaced by aggregate of secondary olivine, amphibole and serpentine.

Olivine compositions in both mineral assemblages are often heterogeneous even in a single mineral grain and/or within sample because of chemical modification related to hydration events. Olivine along with amphibole shows low Fo (= $100 \times \text{Mg}/[\text{Mg}+\text{Fe}] = 85\sim 89$) and poor in NiO (= 0.15~0.40 wt.%) if compared with primary olivine (Fo=90~92; NiO = 0.35~0.45 wt.%). Meanwhile olivine which is along with antigorite in antigorite-serpentinite also show low Fo contents (= ~90) but resemble to primary olivine in NiO content. This compositional modification suggests introduction of Fe during hydration.

Amphiboles show different compositional trend corresponding to the mineral assemblage. Amphiboles in hydrated peridotite are calcic amphiboles, showing a pargasite/edenite-tremolite trend, on the other hand amphiboles in antigorite-bearing serpentinite show a richterite-tremolite trend with some pargasite. Several amphiboles in antigorite-bearing serpentinite show zoning composed of pargasitic core, tremolitic mantle and richteritic rim. This zoning indicates multiple stage addition of Na₂O with Fluid. Trace element patterns of edenitic/pargasitic amphibole are similar to those of primary clinopyroxene. On the other hand, those of Na-rich tremolite and richteritic amphibole show low abundance with pronounced positive anomaly of Sr. These chemical data indicate introduction of Na and Sr during serpentinitization. The reports of Na-rich tremolite and richterite in ultramafic rock are relatively rare and most of them are associated with antigorite. This may mean that formation of such amphibole requires a specific condition during antigorite formation.

The unsystematic spatial distribution of hydrated peridotite and antigorite-bearing serpentinite may mean that they represent effectively cooled part by hydrous fluids in the mantle wedge.

キーワード: マントルウェッジ, 加水作用, 交代作用, 蛇紋岩化, アンチゴライト, ウスチベラヤ・オフィオライト

Keywords: mantle wedge, hydration, metasomatism, serpentinitization, antigorite, Ust'-Belaya ophiolite

中部沖縄トラフの地球物理学的研究 (GH11 航海速報)

Preliminary results of geophysical survey in the middle Okinawa trough during GH11 cruise

佐藤 太一^{1*}, 小田 啓邦¹, 石塚 治¹, 荒井 晃作¹

SATO, Taichi^{1*}, ODA, Hirokuni¹, ISHIZUKA, Osamu¹, ARAI, Kohsaku¹

¹ 独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門

¹Institute of Geoscience, Geological Survey of Japan, AIST

Back-arc basins are extensional basins formed behind subduction zones by seafloor rifting or seafloor spreading. Back-arc seafloor spreading process is considered as similar to those of mid-ocean ridges. Likewise, back-arc rifting process is considered as similar to mid-ocean rifting but is not clear because there are few examples of the back-arc rifting in the present. The Okinawa Trough is a back-arc rifting basin of the Ryukyu arc, extending between the southwest Kyushu and north Taiwan. Several evidences of magmatic activity such as dike intrusions and/or oceanic crust, and hydrothermal activities were found in the trough, but it is still not clear when these magmatic activities were initiated and how they proceed during seafloor rifting.

We carried out marine geophysical survey in the Middle Okinawa Trough during GH11 cruise by R/V Hakurei maru No.2 from July 14 to August 15. Sea surface geophysical mapping (bathymetry, magnetics and gravity) was conducted during the survey. The survey area is largely divided into four area; northern area around Tokara Islands, continental shelf area around 27N. We present the preliminary results of the morphological and geophysical characteristics of the survey area and its implications as follows;

1) In the Northern area around Tokara Islands, the present volcanic front, is located in the survey area. Several seamounts, sea knolls and lineaments trending N60E are vastly distributed west to the Tokara Islands. Positive magnetic anomalies up to 600nT are observed along Tokara Island and the northern part of the middle Okinawa trough where the seafloor is consisted of volcanic structures, suggesting the recent island-arc volcanism and back-arc volcanism by dike intrusions or initial emplacement of oceanic crust, respectively.

2) In spite of the depth deeper than 1000m, high amplitude magnetic anomalies of ± 400 nT are observed in the area of southern part of Iheya knolls and Izana knolls, also suggesting back-arc magmatic activity.

In combination with the previous geological and geophysical researches, these magmatic activities discovered are not related to so-called seafloor spreading. However, it is still not clear that how these magmatic activities can be interpreted as a whole picture of the magmatic activity in the Okinawa trough. In the presentation, we will integrate the new data with the previous geophysical data to reveal the magmatic activities of the whole Okinawa trough.

キーワード: 海底地形, 地磁気, 重力, 沖縄トラフ

Keywords: Seafloor morphology, magnetics, gravity, Okinawa trough

海洋玄武岩組成の熱力学相平衡図計算：沈み込む海洋地殻の脱水挙動への洞察 Calculated phase diagrams for oceanic basalt compositions: insight into dehydration behavior of subducting oceanic crust

遠藤 俊祐^{1*}, ウォリス サイモン¹

ENDO, Shunsuke^{1*}, Simon R. WALLIS¹

¹ 名古屋大学

¹Nagoya University

The uppermost part of the oceanic lithosphere is variably hydrated by various processes such as high-T hydrothermal circulation at the mid-ocean ridge, low-T alteration on the seafloor, and seawater infiltration along fractures associated with normal faulting at the outer rise. Moreover, hydration due to fluid influx from sediments during incipient subduction stages can also be important. Heterogeneously hydrated oceanic crust and lithospheric mantle transport H₂O to great depths in subduction zones and can be released during prograde metamorphism. The flux of H₂O fluid through the slab-wedge mantle interface depends primarily on the thermal structure of the subduction zone, initial water budget of the slab, reaction kinetics, and compositions and volumes of slab constituent rocks. The complex nature of the initial water distribution and the large chemical system required to adequately describe crustal rocks are two of the major difficulties when trying to model the water release process. Nevertheless, calculation of H₂O-saturated phase assemblage diagrams (pseudosections) for given rock compositions can be used to predict the change of mineral assemblage and the amount of structurally-bound H₂O along a specific P-T path. Recent significant advances in calibrating mixing properties of complex solid-solution minerals (e.g. amphibole and clinopyroxene) allow us to calculate pseudosections for mafic rocks with some precision and accuracy. In this study, we present calculated pseudosections in the chemical system K₂O-Na₂O-CaO-FeO-Fe₂O₃-MgO-Al₂O₃-SiO₂-H₂O for normal mid-ocean ridge basalt (N-MORB) compositions. To account for the variation in the input MORB compositions in modern subduction zones of SW- and NE-Japan, pseudosections were calculated for four representative MORB compositions taken from samples from the Shikoku Basin (DSDP Leg 58 Site 442; Wood et al. 1980), Nankai Trough basement (ODP Leg 131 Site 808; Siena et al. 1993), and the Cretaceous (133-130 Ma) northwestern Pacific Ocean floor (DSDP Leg 32 Sites 303 and 304; Janney and Castillo 1997). Among many hydrous minerals predicted in these rock compositions, important dehydration reactions at forearc mantle levels involve stilpnomelane, lawsonite and chlorite. Stilpnomelane and related hydrous sheet silicates may be important H₂O carriers in cold subduction zones but reliable thermodynamic models for these minerals are not yet available. High water content (~6 wt. %) is required to form H₂O-saturated equilibrium phase assemblages in MORB compositions at very low-T conditions (<450 deg.C at 2.0 GPa). Accordingly, cold subduction zones are not associated with the release of significant amounts of water in the forearc region. However, recent subduction-zone thermal models that incorporate a stress- and temperature-dependent mantle rheology predict a substantial temperature rise at the depth where the slab-mantle interface becomes mechanically strongly coupled. A review of worldwide subduction zones suggests this depth is ~80 km irrespective of the subduction zone (Wada and Wang, 2009). Modelling suggests that below this strong coupling depth there is a steep temperature gradient between the top and base of the slab crust at depth. Our modeling predicts that the presence of such a steep temperature gradient in cold subduction zones such as NE Japan results in the release of substantial amounts of H₂O fluid from the uppermost part of oceanic crust at the depth where strong coupling begins. In the case of warm and hot subduction zones such as SW Japan and Cascadia, substantial dehydration of the slab is expected even at the uppermost mantle levels mainly due to breakdown of lawsonite (~370 deg.C at 1.0 GPa) and chlorite (~470 deg.C at 1.0 GPa). The predicted P-T conditions and substantial fluid release are compatible with the high fluid pressure regions inferred from high V_p/V_s ratios observed in the plate interface of warm subduction zones such as SW Japan and Cascadia.

キーワード: 変成脱水反応, 中央海嶺玄武岩, シュードセクション, 沈み込み帯

Keywords: dehydration, MORB, pseudosection, subduction zone

結晶粒径温度計を用いた上部海洋地殻の温度構造の復元 A New Geothermometer Using Crystal Size Variations of the Sheeted Dikes: Insight Into the Thermal Structure of The Upper

海野 進^{1*}, 奥川 歩美¹

UMINO, Susumu^{1*}, OKUGAWA, Ayumi¹

¹ 金沢大学大学院自然科学研究科

¹Department of Earth Sciences, Kanazawa University

Elucidation of hydrothermal system beneath the mid-ocean ridges is critical to understand cooling of lithosphere and physico-chemical evolution of the earth's surface and interior, and migration of deep biosphere. Hydrothermal fluids are driven by thermal gradient which plays a fundamental role in hydrothermal circulation and thermo-chemical evolution of the oceanic crust.

Thermal structure of the upper oceanic crust has been estimated by numerical modeling and metamorphic temperatures based on equilibrium mineral assemblages and homogenization temperatures of fluid inclusions. However, metamorphic temperatures may not always represent the ambient temperatures of the host rocks as they are in equilibrium with the fluids that supply or remove heat from the host [1].

We present a new method of estimating the thermal structure of the ancient upper crust formed at the Oman paleosubducting axis on the basis of the crystal size variations of the sheeted dike complex. A numerical simulation of crystallization in a dike (R_c) shows that the ambient wall rock temperature (T_{wall}) is correlated with logarithm of crystal size in the center of a dike [2]. This enables us to estimate the wall rock temperatures at the time of the dike intrusion using the crystal size variations in the dike:

$$T_{wall} = T_m [\log R_c - \log R_c(0)] / 0.44 + T_{wall}(0)$$

T_m is the liquidus temperature. A variable with (0) means a reference value.

Because dike intrusion is limited to a narrow volcanically active zone (less than 1 km in width) beneath the fast-spreading ridge axes, the groundmass crystal sizes of the sheeted dikes represent the thermal structure of the upper crust at the ridge axis. A well exposed and preserved paleoridge segment in the Oman Ophiolite [3, 4] provides ideal sites for the crystal-size geothermometry.

Application of the crystal-size geothermometry demonstrates that the estimated geotherm through the dikes at a paleoridge segment end along Wadi Fizeh shows constantly low-temperatures in the upper dikes and remarkable high gradient 1.1degC/m in the lower dikes toward the gabbros. In contrast, the estimated geotherm along Wadi Hayl is consistently higher than that along Wadi Fizeh and does not show any stratigraphic variation but remains in a limited range from 540 to 790degC, which is higher than any observed fluid temperatures on the present ridge axes. The thermal structure along Wadi Fizeh indicates advective heat transfer by hydrothermal circulation of cold seawater in the upper dikes and conductive heat transfer in the lower dikes. However, the high geotherm in the segment center cannot be reconciled with heating by hydrothermal fluids but requires high heat supply by repeated dike intrusions.

References:

- [1] Coogan (2008) *Geochem. Geophys. Geosyst.*, Q02013, doi:10.1029/2007GC001787.
- [2] Spohn et al. (1988) *J.G.R.*, 93, 4880-4894.
- [3] Miyashita et al. (2003) *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 8618, doi:10.1029/2001GC000235.
- [4] Umino et al. (2003) *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 8618, doi:10.1029/2001GC000233.

キーワード: 中央海嶺, 海洋地殻, オマーンオフィオライト, シート状岩脈群, 結晶粒径, 温度構造

Keywords: Mid-ocean ridges, Oceanic crust, Oman Ophiolite, Sheeted dikes, Crystal size, Thermal structure

Chromite-hosted sulfide inclusions in the Southwest Indian Ridge (SWIR) podiform chromitites Chromite-hosted sulfide inclusions in the Southwest Indian Ridge (SWIR) podiform chromitites

Betchaida Payot^{1*}, Shoji Arai¹, Henry Dick², Natsue Abe³
PAYOT, Betchaida^{1*}, ARAI, Shoji¹, Henry Dick², ABE, Natsue³

¹Department of Earth Sciences, Kanazawa University, Kakuma, Kanazawa, Ishikawa 920-1192, Japan, ²Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Massachusetts 02543, USA, ³Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2-15 Natsushima-cho, Yokosuka 237-0061, Japan

¹Department of Earth Sciences, Kanazawa University, Kakuma, Kanazawa, Ishikawa 920-1192, Japan, ²Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Massachusetts 02543, USA, ³Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2-15 Natsushima-cho, Yokosuka 237-0061, Japan

Small pods of chromitites occur within dunites in Dredge 62 of the Knorr Cruise 162 Leg 9 from the Southwest Indian Ridge. The size of the pods varies from a few mm to 2 cm in width. Dunites hosting the chromitite pods are chromite-poor and dominantly composed of olivine which had been severely serpentinized. Small relics of olivine are very rare within dunites. These olivines are forsteritic (Fo content=90-91) with NiO wt%=0.31-0.35. The chromitite pods are composed solely of large chromite grains usually rimmed by chlorite. Chromites have very low Cr# (=0.22-0.23) and TiO₂ content is 0.13-0.17 wt%. Except for a few sulfide inclusions, the chromites are totally free of hydrous and silicate inclusions which are reportedly common in podiform chromitites. The euhedral sulfide inclusions (<10 μm in size) occur away from cracks or lamella within the chromites and are believed to be primary in occurrence. Hydrous and silicate phases and rutile have been noted as mineral inclusions within the chromites in the East Pacific Rise and Mid-Atlantic Ridge podiform chromitites (Arai and Matsukage, 1998; Abe, 2011). This work reports for the first time the occurrence of sulfide inclusions within chromites in podiform chromitites in the abyssal setting. These sulfide inclusions possibly represent the melt responsible for chromite crystallization and may provide important information on the mechanisms for the formation of podiform chromitites in the current oceanic floor.

キーワード: sulfide, inclusion, chromite, podiform chromitites, abyssal
Keywords: sulfide, inclusion, chromite, podiform chromitites, abyssal

斜長石データベース：海洋底部地殻におけるファブリックと地震波特性 A plagioclase fabric database: Characterization of CPO and seismic properties in the oceanic lower crust

佐津川 貴子^{1*}, Benoit Ildefonse², David Mainprice², 道林 克禎¹
SATSUKAWA, Takako^{1*}, ILDEFONSE, Benoit², MAINPRICE, David², MICHIBAYASHI, Katsuyoshi¹

¹ 静岡大学・理・地球, ² モンペリエ第2大学, ³ モンペリエ第2大学

¹Center for Integrated Research and Education of Natural Hazards, Shizuoka University, ²Geosciences Montpellier, Université Montpellier II, ³Geosciences Montpellier, Université Montpellier II

This study presents a unique database of almost 200 plagioclase Crystallographic Preferred Orientations (CPOs) of variously deformed gabbroic rocks. Plagioclase is the dominant mineral phase in most of the studied samples. The CPOs characteristics as a function of deformation regime (magmatic and crystal-plastic) are outlined and discussed. CPOs of principal mineral phases are also used to calculate the seismic properties of variously deformed gabbroic rocks from the oceanic lithosphere. The studied samples are from slow- and fast-spread present-day ocean crust, as well as ophiolites. Plagioclase CPO is grouped in three main categories: type B is a strong alignment of (010) with a girdle distribution of [100], type A is a strong point maximum concentration of [100] with parallel girdle distributions of (010) and (001), and type P is point maxima of [100], (010), and (001). A majority of CPO patterns are type B as well as type P, in which both magmatic and crystal-plastic deformation textures occur. Type A CPOs are less common; they represent 24 % of the samples deformed by crystal-plastic flow. Calculated seismic properties (P-wave and S-wave velocities and anisotropies) show that anisotropy (up to 10% for P-wave and 15% for S-wave) tends to increase as a function of fabric strength. Despite of a large variation of fabric patterns and geodynamic setting, seismic properties of plagioclase-rich rocks have similar anisotropies in magnitude. The J-index does not show any consistent variation as a function of the CPO patterns. However, the [100] concentration has an influence on the seismic anisotropies in crystal-plastic deformed samples, whereas the (010) plane alignment has a strong influence on seismic anisotropies in samples deformed by magmatic flow.

キーワード: 斜長石, ファブリック, 地震波異方性, 海洋地殻, 下部地殻, はんれい岩
Keywords: plagioclase, fabric, seismic anisotropy, oceanic crust, lower crust, gabbro

マグマ分化から探る北西太平洋シャツキー海膨の形成過程：単斜輝石組成からの制約

Differentiation processes of Shatsky Rise magmas, NE Pacific plate: constraints from clinopyroxene chemistry

矢崎 舞^{1*}, 平野 直人², 佐野 貴司³

YAZAKI, Mai^{1*}, HIRANO, Naoto², SANO, Takashi³

¹ 東北大学大学院理学研究科, ² 東北大学東北アジア研究センター, ³ 国立科学博物館

¹Graduate School of Science, Tohoku University, ²Center for NE-Asian Studies, Tohoku University, ³National Museum of Nature and Science

シャツキー海膨は北西太平洋にある巨大火成岩岩石区 (LIPs : Large Igneous Provinces) のひとつであり、太平洋 イザナギ ファラロン各プレートの海嶺海嶺海嶺三重点上に、噴出率の高いマグマによって形成されたものであることがわかっている (Nakanishi et al., 1999)。しかしながら、他の LIPs のようにマントル中を上昇してきたブルームヘッドが関与していたのかどうかはわかっていない。なぜなら、海膨上に周囲の海洋底と連続した古磁気縞模様がある (Nakanishi et al., 1999) ことや、溶岩の同位体組成が中央海嶺玄武岩 (MORB) を作り出す DMM (Depleted MORB Mantle) の特徴を持つ (Mahony et al., 2005) といった他の LIPs とは異なる特徴を持つからである。このように、今までは採取された溶岩の全岩組成を用いてその起源を明らかにしようとする研究はあったが、海膨を厚く覆う白亜紀の堆積物や、それに起因する数少ないサンプリング数、または岩石そのものの変質のためにこの問題の解決にはいたっていない (例えば Mahoney et al., 2005 など)。

2009 年、IODP (Integrated Ocean Drilling Program) Expedition 324 航海が行われ、シャツキー海膨の主要部分である Tamu 地塊、Ori 地塊、Shirshov 地塊の岩石が掘削採取された。本研究では、そこで得られた試料のうち、基盤岩中の変質を被っていない斑晶の単斜輝石を用いて、マグマ分化に伴う化学組成のトレンドによって、シャツキー海膨の起源を探った。その結果、Tamu 地塊の溶岩は MORB に沿ったマグマ分化のトレンドをとり、Ori 地塊の溶岩は OIB ソレアイトに沿ったマグマ分化のトレンドを持つことがわかった。これは、Tamu 地塊を形成してから Ori 地塊を形成するまでの間に、マグマが MORB から OIB ソレアイトに変わったことを意味する。つまり、シャツキー海膨のマグマ起源はひとつではないことがわかった。

なお、この研究は IODP 乗船後研究の一環で行った。

キーワード: シャツキー海台, LIPs, 太平洋プレート, 単斜輝石, ソレアイト

Keywords: Shatsky Rise, LIPs, Pacific Plate, clinopyroxene, tholeiite

伊豆-小笠原前弧域から採取されたかんらん岩の微細構造解析 Microstructural analysis of peridotites obtained from the Izu-Ogasawara forearc region

針金 由美子^{1*}, 道林 克禎², 森下 知晃³, 谷 健一郎⁴, 石塚 治¹

HARIGANE, Yumiko^{1*}, MICHIBAYASHI, Katsuyoshi², MORISHITA, Tomoaki³, TANI, Kenichiro⁴, ISHIZUKA, Osamu¹

¹ 産業技術総合研究所 地質情報研究部門, ² 静岡大学理学部地球科学科, ³ 金沢大学フロンティアサイエンス機構, ⁴ 海洋研究開発機構, IFREE

¹Institute of Geology and Geoinformation, AIST, ²Institute of Geosciences, Shizuoka University, ³FSO, Kanazawa University, ⁴IFREE, JAMSTEC

Forearc locates a frontal side of volcanic front in an island arc, where provides a key information for the initiation of magmatic and subduction process in island arc formation. However, there are a few studies discussed geological interpretations of the upper mantle structure in the forearc region, although there are many studies for understanding the evolution of crustal structures of the island arc. Here, we report microstructural results of five harzburgites sampled from the landward slope of the Izu-Ogasawara Trench (dredge site KH07-02-D31 and dive site KR08-07-7K417). Morishita et al. (2011) have already reported a major and trace element compositions of the harzburgite samples in this study; they show high forsterite (91.7-92.1) and NiO (0.4 wt%) contents of olivine, high Cr# [Cr/(Cr + Al) atomic ratio; 0.65-0.73] of spinel and low Al₂O₃ (<1.5 wt%), Na₂O (<0.04 wt%) contents of pyroxene, suggesting a refractory origin. The harzburgites are characterized by coarse granular textures consisting of coarse olivine grains and elongated orthopyroxene grains. The olivine and orthopyroxene grains show intracrystalline deformations such as wavy extinction. Crystallographic preferred orientations (CPOs) of olivine show mainly a [100](001) pattern, which has a strong alignment of [100] axis to the lineation and [001]-axis concentration perpendicular to the foliation. All olivine CPOs studied have much higher intensities than those of Mariana forearc region (e.g. Michibayashi et al., 2007). The CPOs of orthopyroxene shows a [001](100) pattern with [001] parallel to the lineation and (100) normal to foliation. Since these harzburgite samples are refractory origin associated with boninitic melting during initiation of subduction (e.g. Morishita et al., 2011), their deformation characteristics could be possibly related to the initiation of subduction in the Izu-Ogasawara forearc region.

Keywords: harzburgite, olivine, orthopyroxene, crystallographic preferred orientation, Izu-Ogasawara forearc region

マリアナ前弧蛇紋岩海山カンラン岩の構造岩石学的特徴

Fabric and petrological characteristics of peridotites derived from Mariana serpentinite seamounts

近藤 洋裕^{1*}, 道林 克禎¹, 石井輝秋², Patricia Fryer³

KONDO, Yosuke^{1*}, MICHIBAYASHI, Katsuyoshi¹, Teruaki Ishii², Patricia Fryer³

¹ 静岡大学理学部地球科学科, ² 深田地質研究所, ³ ハワイ大学

¹Institute of Geosciences, Shizuoka Univeristy, ²Fukada Geological Institute, ³University of Hawaii

We studied peridotites derived from Mariana forearc serpentinite seamounts.

キーワード: カンラン岩, マリアナ海溝, 蛇紋岩海山

Keywords: peridotite, Mariana Trench, Serpentinite seamount

オマーンオフィオライトのダナイトからみた初期島弧の流体移動とボニナイト形成過程

Fluid migration and boninite formation in incipient subarc mantle inferred from dunites in the Oman ophiolite

未武杏奈¹, 高澤 栄一^{2*}Anna SUETAKE¹, TAKAZAWA, Eiichi^{2*}¹新潟大学大学院自然科学研究科, ²新潟大学理学部¹Graduate School of Science and Technology, Niigata University, ²Faculty of Science, Niigata University

ネオテチス中央海嶺で形成されたオマーンオフィオライトは、海洋リソスフェア内の衝上運動の過程で、オフィオライト基底から流入した流体によってフラックス溶融を経たことが指摘されている。本研究は、オマーンオフィオライト北部に位置するフィズ岩体マントルセクションへの流体の流入経路と流動様式の識別およびフラックス溶融の定量化を目的に、ダナイトのスピネルCr#と単斜輝石の希土類元素存在度の広域的組成変動を検討した。

フィズ岩体に分布するダナイトは、極粗粒等粒状組織、粗粒等粒状組織、細粒等粒状組織、板状組織、ポーフィロクラスト状組織およびマイロナイト状組織の6つの岩石組織に分けられる。ダナイトの岩石組織は、岩体中央部からモホ面にかけての地域では母岩のハルツバージャイトとほぼ同様な岩石組織を示すが、岩体中央部から基底スラストにかけてハルツバージャイトは細粒になるのに対し、ダナイトは逆に極粗粒化する傾向がある。

フィズ岩体のダナイトのスピネルCr# (=Cr/[Cr+Al] × 100 mol%) が45から80と組成幅が大きく、65-70で頻度が高くなる。ハルツバージャイトのスピネルCr#は55-60に頻度のピークがあるため、ダナイトの方がCr#が高い傾向にある。更に、スピネルCr#が70以上のハルツバージャイトはフィズ岩体北部の高枯渇帯に集中して出現するのに対し、Cr#が70以上のダナイトはフィズ岩体全域に散在している。一方、ダナイトのスピネルCr#が60以下の地域では、ハルツバージャイトはCr#が40台を示す傾向がある。

フィズ岩体のダナイトに含まれる単斜輝石の希土類元素(REE)のコンドライト規格化パターンは変化に富み、とくに軽希土類元素(LREE)の存在度に大きなバリエーションが認められる。基底スラスト周辺のダナイトの単斜輝石と平衡にある仮想メルトのREEパターンは、重希土類元素(HREE)から中希土類元素(MREE)に向かって減少し、LREEに様々な程度にエンリッチしたスプーン型を示す。これらのREEパターンには、オマーンオフィオライトの地殻セクションに産出するボニナイトのREEパターンと類似するものもあるが、それよりもMREEからLREEに枯渇したものもある。

岩体基底部の層厚5mのダナイトにおけるスピネルCr#の層内変化では、中心ほどCr#が高い(Cr#71)ことが分かった。間隙率の高いダナイトにより多くの流体が流れ、選択的に反応が進んだ結果、厚いダナイトが成長したと考えられる。さらに、ダナイトとそれと近接したハルツバージャイトの単斜輝石のREE存在度にほとんど差がないことから、メルトは広範囲にわたって流動したが、ダナイト層の中心ほどメルトの流量が多かったと考えられる。

フィズ岩体北部の高枯渇帯でハルツバージャイトとダナイトのスピネルCr#がともに高いことから、ダナイトを流動した多量の流体が母岩のハルツバージャイトの大規模なフラックス溶融を引き起こしたのであろう。また、フィズ岩体北部においてもスピネルCr#の低い地域が存在することから流体が行き渡らなかった地域もあったと考えられる。一方、フィズ岩体南部のダナイトのスピネルCr#は高いが、ハルツバージャイトのスピネルCr#は60前後なのは、流体のフラックスが比較的小さいために壁岩のハルツバージャイトのフラックス溶融の規模が小さかったと考えられる。

フィズ岩体の基底部にはスピネルCr#が60以上の島弧マントルの組成をもつかんらん岩が多いこと、基底スラスト付近のダナイトに含まれるスピネルは極粗粒であること、また単斜輝石がLREEにエンリッチしていることから、フィズ岩体に分布するダナイトは、海洋リソスフェアの衝上の過程で沈み込む変質した海洋地殻から放出された流体の付加によりハルツバージャイトがフラックス溶融を起こして生じたメルトと反応したことが推測される。ダナイトの単斜輝石のREE存在度をモデル計算で再現したところ、流体の付加量は多いところで約8%、少ないところでは0.1%程度であった。このように、マントルセクションを流動したメルトの組成の多様性は流体の量の違いによってもたらされた可能性がある。すなわち、基底スラストから流入した流体と、ハルツバージャイトのフラックス溶融によって生じたボニナイト質メルトは、フィズ岩体のマントルセクション内を均一に上昇したのではなく、反応性浸透流の不安定性に起因する局所的な空隙率の変動によって指状に上昇したものと推定される。

キーワード: オマーンオフィオライト, マントルセクション, ダナイト, 中央海嶺, 沈み込み帯, スピネル

Keywords: Oman ophiolite, mantle section, dunite, mid-ocean ridge, subduction zone, spinel