

西南日本花崗岩類の系統的な SHRIMP ジルコン年代測定が明らかにしたパルス状大陸成長
Pulsed granitic crust formation revealed by comprehensive SHRIMP zircon dating of the SW Japan granitoids

谷 健一郎^{1*}; 堀江 憲路²; Dunkley Daniel³; 石原 舜三⁴
TANI, Kenichiro^{1*}; HORIE, Kenji²; DUNKLEY, Daniel³; ISHIHARA, Shunso⁴

¹ 海洋研究開発機構, ² 国立極地研究所, ³ Curtin University, ⁴ 産業技術総合研究所

¹ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ² National Institute of Polar Research, ³ Curtin University, ⁴ Geological Survey of Japan/AIST

The origin of continental crust is a fundamental question in Earth's evolution. Granitoids, its volcanic equivalents, and metamorphic and sedimentary rocks with granitic compositions, are the main components of the upper continental crust. It is therefore important to understand the geodynamic settings in which juvenile granitic magma is generated from mantle-derived sources. Convergent plate margins, such as the Mesozoic circum-Pacific orogenic belts, are regarded as one of the plausible candidates for the post-Archean continental crust formation, as they are associated with abundant calc-alkaline I-type batholiths. However, the fundamental tectonic processes that triggered these voluminous granitic crust formations in the Mesozoic have remained largely unresolved due to the lack of precise temporal constraints on the granitic magmatism. We are currently undertaking a comprehensive geochronological study of the granitic batholith exposed in the Southwest Japan Arc, which is typical of the Mesozoic circum-Pacific orogenic belts utilizing high-precision zircon U/Pb geochronology.

In order to precisely determine the space-time distribution of the granitic magmatism that occurred in the SW Japan Arc during the Mesozoic, we have used the zircon U/Pb method to date a comprehensive suite of granitic rocks from the Chugoku Region in the SW Japan. Contrary to the results previously obtained using conventional geochronological methods, which suggested that the magmatism occurred gradually from ~100 to ~50 Ma, with the plutons forming over long time intervals, the newly obtained zircon ages reveal three clear pulses of granitic crust formation at 85, 60 and 35 Ma separated by 25 million year intervals. The 85 Ma magmatism was the most voluminous and was distributed in a broad zone that extends ~120 km across-strike, whereas the magmatism at 60 and 35 Ma were focused on the northern margin of the SW Japan Arc. Furthermore, the granitic magmatism at 85 Ma involved sediment-incorporated, ilmenite series granitic rocks, while the magmatism at 60 and 35 Ma involved more juvenile, mantle-derived, magnetite series rocks. Thus, not only did the granitic magmatism in SW Japan occur in pulses, there was also a spatial and compositional transition in the magmatism through time. This can be best explained by enhanced subduction zone magmatism during the Mesozoic, rather than the previously proposed model in which it was suggested that the granitic crust was formed by the subduction of a mid-ocean ridge on the Pacific Plate during the Middle Cretaceous.

南部北上山地, 氷上山花崗岩類の岩石学とジルコン年代学 Petrology and zircon geochronology of the Hikami Granitic Rocks in south Kitakami Mountains, Japan

佐々木 惇^{1*}; 土谷 信高¹; 足立 達朗²; 中野 伸彦²; 小山内 康人²; 足立 佳子³

SASAKI, Jun^{1*}; TSUCHIYA, Nobutaka¹; ADACHI, Tatsuro²; NAKANO, Nobuhiko²; OSANAI, Yasuhito²; ADACHI, Yoshiko³

¹ 岩手大教育, ² 九州大比文, ³ 新潟大超域

¹IwateUniversity, ²KyushuUniversity, ³NiigataUniversity

氷上山花崗岩類は、南部北上山地の氷上山を中心として分布する氷上山花崗岩体(村田ほか,1974)と、それに類似したいくつもの小岩体からなる(北上古生層研究グループ,1982)。氷上山花崗岩体は、氷上山を中心に東西約8km、南北約14kmのほぼ楕円状に分布する岩体で、その南西部には壺の沢変成岩類を取り込むとされる(浅川ほか,1999; 小林・高木,2000など)。層序的位置づけに関しては、クサヤミ沢にシルル系川内層アルコース砂岩と氷上山花崗岩類との不整合などがある(村田ほか, 1974)。これまでに得られた年代にはシルル紀に相当する SHRIMP 年代(442.0 ± 3.5Ma; Watanabe et al., 1995)のほか、約250Ma, 350Ma, 440Maのモナザイト、ゼノタイム、ジルコンによる CHIME 年代がある(鈴木・足立, 1998; 鈴木ほか, 1992; 鈴木・足立, 1994)。また LA-ICP-MS によるジルコン U-Pb 年代では、下條ほか(2010)により、429 ± 19Ma, 411~416Maのコンコーディア年代が得られている。これらの氷上山花崗岩類の放射年代には地質学的証拠との間に矛盾があるため小林・高木(2000)の岩相区分を参考に氷上山花崗岩体の9試料と小岩体の4試料からジルコンを分離し、年代測定を行った。その結果氷上山花崗岩類の固結年代は450Maと結論される(佐々木ほか, 2013)。しかしながら、壺の沢変成岩と前期白亜紀の気仙川花崗岩との境界付近の片状中粒白雲母黒雲母花崗閃緑岩の2試料からは、著しくばらついた年代が得られたためさらにデータを増やして検討する。

本研究では、小林・高木(2000)をもとにして、全岩化学組成によって岩相区分の再検討を行った。全岩化学組成の主成分元素の分析結果より、普通角閃石を含む岩相は FeO*, MgO, CaO, Sc の値が高いことが分かった。岩体の南部にのみ分布する片状普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩は普通角閃石を含むが異なる傾向を示す。また、壺の沢変成岩と密接に伴って分布する片状中粒白雲母黒雲母花崗閃緑岩は西縁部の気仙川花崗岩に近いものは他の岩相に比べて重希土類元素の値が低いことが確認された。以上の検討から、氷上山花崗岩体は以下の3つの系列に分けることができる。

1) 角閃石を含む系列(小林・高木(2000)の斑状普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩, 片状含普通角閃石黒雲母トータル岩, 片状黒雲母普通角閃石トータル岩)。

2) 角閃石を含まない系列(小林・高木(2000)の黒雲母花崗閃緑岩(大野型花崗閃緑岩), 片状黒雲母花崗閃緑岩, 片状普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩, 片状中粒黒雲母トータル岩, 片状中粒白雲母黒雲母花崗閃緑岩)。

3) 気仙川花崗岩のすぐ東に分布する小林・高木(2000)の片状中粒白雲母黒雲母花崗閃緑岩。

次に氷上山花崗岩類の全岩化学組成を、日本列島の古生代前期の花崗岩類と比較する。約500Maのジルコン U-Pb 年代の値が得られている花崗岩として阿武隈山地南部の日立変成岩類に伴う花崗岩類があげられる(Sakashima et al, 2003; Tagiri et al, 2011)。南部北上山地からは大船渡市甫嶺付近のトータル岩からジルコン U-Pb 法で498 ± 7Maの年代が得られている。(土谷ほか, 本要旨集)。450Maのジルコン U-Pb 年代を示す花崗岩としては黒瀬川構造帯の花崗岩(小山内ほか, 印刷中)などがある。これらの花崗岩を氷上山花崗岩類の全岩化学組成の分析データと比較する。八代花崗岩は小山内ほか(印刷中)、台花崗岩類は小林ほか(2000)のデータを使用した。全岩化学組成による主成分の比較からは450Maの年代を示す八代花崗岩と氷上山花崗岩類が同様の傾向を示すことが確認された。微量成分の比較からは500Maの年代を示すものと台花崗岩は Rb が氷上山花崗岩類に比べて低いことが確認できる。また、Sr が胆沢川石英閃緑岩と台花崗岩は氷上山花崗岩類よりも高い値を示す。希土類元素による氷上山花崗岩類と八代花崗岩の比較では八代花崗岩の一部が氷上山花崗岩体西側に分布する片状中粒白雲母黒雲母花崗閃緑岩と同じ傾向を示すことが確認できる。

キーワード: 氷上山花崗岩, ジルコン, U-Pb 年代, 岩石学

Keywords: HikamiGranites, zircon, U-Pb age, Petrochemistry

東北日本の白亜紀～古第三紀花崗岩類の Sr-Nd-Pb-Hf 同位体岩石学 Sr-Nd-Pb-Hf isotopic variations of Cretaceous to Paleogene granitic rocks from northeast Japan

土谷 信高^{1*}; 加々島 慎一²; 平原 由香³; 高橋 俊郎³; 仙田 量子³; 常 青³; 木村 純一³
TSUCHIYA, Nobutaka^{1*}; KAGASHIMA, Shin-ichi²; HIRAHARA, Yuka³; TAKAHASHI, Toshiro³; SENDA, Ryoko³; CHANG, Qing³; KIMURA, Jun-ichi³

¹ 岩手大・教育, ² 山形大・理, ³ 海洋研究開発機構
¹Iwate University, ²Yamagata University, ³JAMSTEC

日本列島は、太平洋西部の5億年に及ぶ沈み込みによって形成されたと考えられ、古生代後期から新生代の付加体および付加体起源の高圧型変成帯が主要な構成物である (e.g., Maruyama, 1997; Isozaki et al., 2011). Maruyama (1997) は、日本列島は太平洋型造山帯の典型例であり、中央海嶺の周期的な沈み込みに伴う大陸地殻の急成長と広域変成帯の上昇位置を通して形成されたと論じた。一方 Jahn (2010) は、西南日本の花崗岩類がリサイクルした古い大陸地殻から形成されたと述べた。日本列島の形成史を明らかにするためには、大陸地殻物質の主体をなす花崗岩類の同位体岩石学的検討は非常に有効である。加々美ほか (2000) は、東北日本の花崗岩類の Sr-Nd 同位体岩石学的特徴から、北上帯、北帯 (阿武隈帯)、および南帯 (足尾帯・美濃帯) に区分し、この順番大陸地殻成分に富んでいくことを見出した。本報告では、加々美ほか (2000) の結果をさらに発展させるため、東北地方の花崗岩類の Sr-Nd-Pb-Hf 同位体岩石学的特徴について検討する。

Sr-Nd-Pb-Hf 同位体分析は、北上帯 (階上・田野畑・宮古・金華山・遠野・人首・千厩などのアダカイト質累帯深成岩体とそれ以外の深成岩体および岩脈類の一部)、阿武隈帯 (白神山地、生保内付近、太平山地、脊梁山地、阿武隈山地)、朝日帯 (西朝日岩体、中岳岩体、大朝日岩体)、足尾帯 (奥利根地域、只見地域、奥只見地域、帝釈山地、足尾山地) の花崗岩類について行なった。これらのデータから、北上帯、阿武隈帯、朝日・足尾帯の順番で大陸地殻物質の影響が大きくなっていることが示され、このトレンドは大陸地殻物質に枯渇した端成分とそれに肥沃な端成分の混合によるものと考えられる。大陸地殻物質に枯渇した端成分としては、沈み込んだ海洋地殻および枯渇したウェッジマントルと考えて矛盾はない。一方大陸地殻物質に富む端成分については、沈み込んだ堆積物 (Plank and Langmuir, 1998; Chauvel et al., 2008) では Hf-Nd 同位体比のトレンドを説明できない。Hf-Nd 同位体比のトレンドを説明するためには、古い大陸地殻起源の碎屑性ジルコンに富む Hf 同位体比初生値の低い堆積物 (Chauvel et al., 2008) を考える必要がある。また Hf-Nd 同位体比のトレンドを詳しく見ると、北上帯のトレンドは全体のトレンドと斜交しており、より Hf 同位体比初生値の低い端成分との混合を考えざるを得ない。北上帯は前期白亜紀の海嶺沈み込みに関連したアダカイト質岩の産出で特徴づけられることから、北上帯に沈み込んでいた海洋地殻の年齢は若いはずであり、深海底堆積物の関与が少なかったために大陸地殻起源の堆積物の影響が相対的に高くなったことで説明できる。

キーワード: 東北日本, 花崗岩, Sr-Nd-Pb-Hf 同位体, 岩石化学

Keywords: Northeast Japan, granite, Sr-Nd-Pb-Hf isotope, petrochemistry

山梨県富士河口湖町毛無山周辺に見られるザクロ石酸性岩体について Garnet-bearing acidic igneous bodies in Mt. Kenashi-yama area, Fujikawaguchiko-machi, Yamanashi, Japan

永幡 寛三^{1*}; 石井 輝秋²

NAGAHATA, Hiromi^{1*}; ISHII, Teruaki²

¹ 放送大学大学院修士全生, ² 公益財団法人深田地質研究所

¹ Graduate school, Open University of Japan, ² Fukuda Geological Institute

【はじめに】 山梨県南都留郡富士河口湖町毛無山周辺にザクロ石 (almandine) を含む酸性岩が存在することは既に知られている (片田 1956, 戸川ほか 1996, 戸川ほか 1997, 松原ほか 2008, 田村ほか 2010)。しかし、これらが岩体として存在することについての記載は少なく、河口湖から西湖に至る地域の石英ひん岩にザクロ石を含むものがあるという報告に限られる (片田 1956)。この度、本地域においてザクロ石酸性岩体を確認したので、その産状を報告する。

【地質】 御坂山地は、伊豆 - 小笠原孤、南部フォッサマグナ、中央構造線が密接に関係する地質形成史を考える上で重要な位置にある。毛無山周辺域は御坂山地東部に位置し、中新統後期の西八代層群、河口累層に属し (片田 1956)、火山岩類を主とする第三紀御坂層群とこれを貫く石英閃緑岩、及び石英ひん岩等からなる (山梨県 1984)。

【産状】 淵坂峠から毛無山山頂に至る尾根、室沢川東側尾根、文化洞トンネルから毛無山山頂に至る尾根、及び西湖から十二ヶ岳山頂に至る尾根、これらの一部に、ザクロ石酸性岩体の露頭と見られる岩石が不連続ながら確認出来る。これらは、やや性質の異なる三つのグループに分類できる。即ち、標高 1,100 m から 1,200 m 付近で西南西 - 東北東方向に分布するもの (以下、「A グループ」と呼ぶ)、A グループの直上標高 1,200 m 付近で西南西 - 東北東方向に狭在するザクロ石を含む酸性火山灰の風化物 (又は A グループザクロ石酸性岩の風化物) (以下、B グループと呼ぶ)、及び標高 1,300 m から 1,400 m 付近で西南西 - 東北東方向に分布するもの (以下、「C グループ」と呼ぶ) である。

【A グループ】 青灰白色 - 灰褐色の比較的緻密な岩石。斑晶に石英 (10% ~ 20%, 最大径約 5 mm)、長石 (10% ~ 25%, 最長約 4 mm)、ザクロ石 (約 1%, 最大径約 3 mm) を含み、石基は 60% ~ 65% 程度である。ザクロ石は長石に包有されているものが多い。岩石は比較的西方では空隙が少なく密であるが、東方では空隙が多い。空隙部分には褐色の微細粉状又は膜状物質を伴っている。

【B グループ】 灰白色 ~ 茶褐色の土質層。層厚約 2 m。A グループと同程度の石英 (最大径約 4 mm) 及びザクロ石 (最大径約 3 mm) を含む。ザクロ石は、やや微細な網目状割れ目を有し茶褐色の特徴ある膜状物質を伴っている。火山ガラス状物質及び異質岩片状物質を含む。ザクロ石を含む酸性火山灰の風化物 (又はザクロ石酸性岩の風化物) と見られる。

【C グループ】 青灰色 - 灰褐色の比較的脆い岩石。斑晶に石英 (3% ~ 20%, 最大径約 4 mm)、長石 (3% ~ 20%, 最長約 3 mm)、ザクロ石 (0.1%, 最大径約 3 mm)、及び角閃石 (約 1%, 最長 9 mm) を含み、石基は 65% ~ 85% 程度である。A グループに比べてザクロ石含有量は少ない。角閃石は著しく風化又は溶融し原型の確認が困難なものも多い。空隙部分には褐色の微細粉状又は膜状物質を伴っている。石英は割れ目が少なく比較的新鮮な印象を与えるもの、また融食縁を有するものもある。貫入岩と見られる。

【化学組成】 現在、蛍光 X 線全岩分析の解釈を行っているところである。A, B, C, 各グループの SiO₂ 値は 72wt% ~ 76wt% の範囲にあり、アルカリ - SiO₂ ダイアグラム (Le Bas, et al., 1986) に対比するとこれらは流紋岩相当の岩石であると見られる。また、丹沢細川谷ザクロ石流紋岩 (山下, 1997) に比べて Na₂O 値がやや高く、P₂O₅ 値はやや低い。

【考察】 ザクロ石酸性岩から成る三つの岩石グループが想定出来る。即ち、A グループ; 西南西 - 東北東方向に約 2 km 連続した最大幅約 100 m の下部帯状岩体 (溶岩流の可能性もある)、B グループ; A グループの直上に狭在するザクロ石を含む酸性火山灰の風化物 (又は A グループザクロ石酸性岩の風化物)、C グループ; 西南西 - 東北東方向に約 3 km 連続した最大幅約 80 m の上部帯状岩体 (貫入岩) である。これらは流紋岩と見られる。

キーワード: ザクロ石, 石英, 長石, 流紋岩, 毛無山, 富士河口湖町

Keywords: garnet, quartz, feldspar, rhyolite, Mt. Kenashi-yama, Fujikawaguchiko-machi

ロシア極東, ウスチベラヤ. オフィオライトの2つのタイプのウェブステライト;
その起源と意義
Two types of websterite from the Ust'-Belaya ophiolite, Far East Russia: Origins and
implications

町澄秋^{1*}; 石渡明²; 森下知晃¹; 早坂康隆³; 荒井章司¹; 田村明弘¹
MACHI, Sumiaki^{1*}; ISHIWATARI, Akira²; MORISHITA, Tomoaki¹; HAYASAKA, Yasutaka³; ARAI, Shoji¹; TAMURA,
Akihiro¹

¹ 金沢大学理工研究域自然システム学系, ² 東北大学, 東北アジア研究センター, ³ 広島大学大学院理学研究科
¹Natural Sci & Tec., Kanazawa Univ., ²NE Asia Center, Tohoku Univ., ³Earth & Planet. Sys. Sci., Hiroshima Univ.

The Ust'-Belaya ophiolite is located in the Koryak Mountains, Far East Russia. We report two types of websterite in the mantle section of the ophiolite.

The lithology of the mantle peridotites from the ophiolite is variable from very fertile lherzolite to moderately depleted harzburgite. The mineral chemistry of the very fertile lherzolite shows similar signature to those of the subcontinental peridotite. The two types of websterite (type1 and type2) occur in them as dikes/veins. Type1 is composed of brownish colored cpx, opx and Al-spinel. On the other hand, type2 is composed of green colored cpx, opx and Cr-spinel.

Type2 websterite is similar to those reported from many other ophiolites. Websterites, which are characterized by extremely aluminous spinel similar to the type1 websterite, are never found in ophiolitic peridotites but are described in passive margin peridotites (e.g. Zabargad Island in Red Sea and Iberia Abyssal plain peridotites). These websterites are generally interpreted as high-pressure cumulates and the host peridotites are considered as fragments of subcontinental mantle.

The mantle section of the Ust'-Belaya ophiolite represents, at least partly, fragments of subcontinental mantle. The two types of websterite might be related to two different magmatisms in two different tectonic settings; type1 is formed former subcontinental to oceanic environment and then type2 is formed later oceanic to arc environment.

キーワード: ウスチベラヤ・オフィオライト, ウェブステライト, 大陸下マントル
Keywords: Ust'-Belaya ophiolite, websterite, subcontinental mantle

溶岩中の板状節理の形成メカニズムに関する野外地質学的考察
Field geological considerations on the formation mechanism of platy joints in lava flows

佐藤 景^{1*}; 石渡 明²
SATO, Kei^{1*}; ISHIWATARI, Akira²

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
¹Grad. School Sci., Tohoku Univ., ²CNEAS, Tohoku Univ.

Columnar jointing and platy jointing are characteristic types of jointing in volcanic rocks. The origin of columnar joints has been discussed for centuries, and at the present day it is considered that they are the result of cooling and contraction of lava (Aydin and DeGraff, 1988). However, platy joints have far less attracted researchers than columnar joints and their formation mechanism is still controversial. Platy joints can develop in thick (>100 m) and voluminous lava flows which have glassy margins such as "flood andesite" in Kyushu, Japan (Nagao et al., 1995) and ridge-forming lava flows at Mount Rainier (Lescinsky and Sisson, 1998), probably reflecting stress distribution or physical property within solidifying lava. Previous studies attributed formation of platy joints (sheeting joints) to late stage shear of lava flow and/or microlite orientation (Lescinsky and Fink, 2000), deflation of flow (Spörli and Rowland, 2006) or both flowage and shrinkage of lava (Bonnichsen and Kauffman, 1987). Although absolute evidence for the origin of platy jointing has not been found, restraining of internal lava by solidified flow margin would be an important factor in any case and density (volume ratio of crystals to glass) difference between flow margin and interior would be also important when we consider thermal contraction. It is also a problem when platy joints form, especially in the case that columnar and platy joints intersect without terminating each other. Occasionally platy joints are filled with tridymite and/or mica mineral with or without andesitic to dacitic melt, which might be segregated from the crystallizing lava body, suggesting that platy joints start to form at early stage of cooling of lava.

References:

- Aydin and DeGraff, 1988, *Science*, 239, 471-476.
Bonnichsen and Kauffman, 1987, *GSA Special Papers*, 212, 119-145.
Lescinsky and Fink, 2000, *J. Geophys. Res.*, 105, 23711-23726.
Lescinsky and Sisson, 1998, *Geology*, 26, 351-354.
Nagao et al., 1995, *Mem. Geol. Soc. Japan*, 44, 155-164 (in Japanese with English abstract).
Spörli and Rowland, 2006, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 157, 294-310.

Keywords: platy joints, flood andesite, internal flowage, thermal contraction, segregation vein

モンゴル Tariat Depression 産スピネルレールゾライトゼノリスにおける構成鉱物中の Fe の酸化数:特にかんらん石中の Fe³⁺ の意義 Oxidation stats of Fe within constituent minerals in spinel-lherzolite xenolith from Tariat Depression, Mongolia: Signif

江島 輝美^{1*}; 小山内 康人²; 大藤 弘明³
EJIMA, Terumi^{1*}; OSANAI, Yasuhito²; OHFUJI, Hiroaki³

¹ 独立行政法人産業技術総合研究所, ² 九州大学比較社会文化, ³ 愛媛大学地球深部ダイナミクスセンター
¹National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ²Kyushu Univ., ³Ehime Univ.

モンゴル Tariat 地域は、Baikal-Mongolia rift における深層巨晶ゼノリス (deep-seated megacrystic xenolith) およびマン
トルゼノリス (mantle-derived xenolith) のもっとも有名な産地の一つである。Tariat 地域では、大規模に噴出した洪水玄武
岩中にガーネット-ウェブスタライト・ガーネットレールゾライト・スピネルレールゾライトが観察される (Osanai et al.,
2011)。本研究では、Tariat 地域におけるスピネルレールゾライトの構成鉱物および玄武岩溶岩中のかんらん石における
Fe の酸化数をメスバウアー分光分析および電子線微小部分分析 (EPMA) 法を用いて定量し、これらの構成鉱物に含まれ
る Fe³⁺ の形成時期について検討した。研究に使用したスピネルレールゾライトゼノリスは、地表における変質や酸化の
影響を受けていないものを用いた。メスバウアー分光分析に用いた試料の純度は、EPMA、X 線粉末構造解析 (XRD)、ラ
マン分光分析、透過型電子顕微鏡観察により評価した。

Tariat 地域のレールゾライトゼノリスは、かんらん石 (Fo₉₀Fe₁₀)、

単斜輝石 [(Na_{0.17}Ca_{0.71}Mg_{0.81}Fe_{0.09}Al_{0.20})_{2.00}(Si_{1.89}Al_{0.11})_{2.00}O₆]、斜方輝石 [(Mg_{0.85}Fe_{0.09}Al_{0.04}Ca_{0.02})(Si_{1.89}Al_{0.11})O₃]
およびスピネル [(Mg_{0.81}Fe²⁺_{0.22})_{1.03}(Al_{1.80}Cr_{0.17})_{1.97}O₄] よりなる。かんらん石、斜方輝石、スピネルは均質である。
単斜輝石の粒子はリム (1 μm ~ 50 μm 程度) にシンプレクタイトが観察される。この部分は、本体の単斜輝石よりも Na
および Al 含有量の少ない輝石と長石に近い組成を持つガラスからなる。

メスバウアー分光分析に用いた粉末試料は、玄武岩とゼノリスの接触部分を避けゼノリスの中心部から分離し
た斑晶を用いた。メスバウアー分光分析の結果、かんらん石、斜方輝石、単斜輝石およびスピネルの Fe²⁺:Fe³⁺ の比は、
97(1):3(1) 85(8):15(1) 74(4):26(3) 66(8):34(5) であった。透過型顕微鏡による観察結果から、かんらん石中の Fe³⁺
は析出物や不純物によるものではなく、かんらん石の構造中に存在すると結論される。一方、このゼノリスを捕獲して
いる玄武岩中のかんらん石の Fe は、EPMA 法による Fe の酸化数の定量の結果、すべての Fe が 2 価の鉄であった。マグ
マ中のかんらん石斑晶が Fe³⁺ を含まず、マントルゼノリスの構成鉱物すべてが少量の Fe³⁺ を含むという事実は、マグ
マに取り込まれる以前にスピネルレールゾライトゼノリス中の構成鉱物が Fe³⁺ の存在できる環境下に置かれたことを示
唆する。

今後、他地域のゼノリス及び深さが異なる場所からもたらされたマントルゼノリスの詳細な研究を行うことによ
って、マントルの酸化還元状態の詳細が明らかになることが期待される。

キーワード: かんらん石, Fe の酸化数, スピネルレールゾライトゼノリス, メスバウアー分光分析, モンゴル
Keywords: olivine, oxidation state of Fe, spinel-lherzolite xenolith, Mossbauer methods, Mongolia

三宅島産灰長石巨晶中に見出された Al/Si 無秩序配列を持つ灰長石結晶：Al/Si 配列に与える不定比性の効果 Al/Si disordered anorthite in anorthite megacryst from Miyake-jima: effect of non-stoichiometry on Al/Si distribution

越後 拓也^{1*}; 星野 美保子²; 木股 三善³; 清水 雅浩³; 松井 智彰⁴; 西田 憲正⁵
ECHIGO, Takuya^{1*}; HOSHINO, Mihoko²; KIMATA, Mitsuyoshi³; SHIMIZU, Masahiro³; MATSUI, Tomoaki⁴; NISHIDA, Norimasa⁵

¹ 滋賀大・教育学部, ² 産総研・鉱物資源研究グループ, ³ 筑波大院・地球進化科学専攻, ⁴ 鹿児島大・教育学部, ⁵ 筑波大・研究基盤センター

¹ Faculty of Education, Shiga University, ² Mineral Resources Research Group, AIST, ³ Earth Evolution Sciences, University of Tsukuba, ⁴ Faculty of Education, Kagoshima University, ⁵ Research Facility Center for Science and Technology, University of Tsukuba

灰長石 (anorthite: $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) の結晶構造は、Megaw et al. (1962) により初めて決定され、堅固なアルミノケイ酸塩フレームワーク構造と、ケージ内に包摂されるカルシウムイオンとで特徴付けられる。純粋な灰長石 (An100) においては、結晶構造中の Al・Si の数が等しいため、四面体席における Al/Si の秩序配列の結果、c 軸長がカリ長石やアルバイトの約 2 倍の 14\AA 前後になる。Al/Si が部分的に無秩序化した灰長石は高温から急冷を受けた結晶において観察されるが (e.g., Megaw 1974, Bruno et al. 1976)、これまでに、Al/Si が完全に無秩序化した灰長石の結晶構造は報告されておらず、アルミニウム排除則 (Al-avoidance rule: Loewenstein 1954) が成立する代表例とされてきた。しかし、高分解能 NMR を用いた先行研究 (Philips et al. 1992) によると、三宅島産ソレアイト質玄武岩中に産する灰長石 (An97) には、Al/Si 配列が無秩序化していることを示すブロードなピークが検出されており、少なくとも局所的には、結晶成長後に急冷を受けた火山岩中に Al/Si 無秩序型灰長石が含まれていることが判明している。今回、三宅島産灰長石巨晶を詳細に分析した結果、Al/Si 配列が無秩序化した結晶と、一部秩序化した結晶が共存している組織を発見したので、それらの波長分散型電子線マイクロプローブアナライザ (EPMA-WDS) による定量分析結果、単結晶 X 線回折法による結晶構造解析結果、カソードルミネッセンス分光分析結果などを報告する。

三宅島産灰長石巨晶の実体顕微鏡による観察から、ヘキ開面の発達した部分とガラス光沢を示す透明な部分を摘出し、回転対陰極 X 線源を備えた 4 軸型 X 線回折計 (Rigaku AFC-7R) で回折強度を測定した。結晶構造解析の結果、本研究で得られた灰長石の空間群は P-1 で、c 軸長は約 7\AA となり、四面体席における Al/Si の配列が完全に無秩序化していることを示す。これは、アルミニウム排除則が成立しない灰長石が天然環境で生成したことを示す初めての例である。また、結晶構造解析に使用した結晶の化学組成を EPMA-WDS を用いて決定したところ、 $(\text{Ca}_{0.93}\text{Na}_{0.03}\text{Mg}_{0.01}\text{Fe}_{0.02}\square_{0.01})(\text{Al}_{1.94}\text{Si}_{2.06})\text{O}_8$ という化学組成式が得られた。化学分析および端成分分解の結果、Al/Si 配列が無秩序化した灰長石結晶は、エキストラフレームワークサイトに空孔を持ち、フレームワークサイトに過剰シリカ成分 ($\square\text{SiO}_2$ 端成分にして 0.8%) を固溶していることが判明した。これまでに報告された Al/Si 無秩序配列をもった $\text{M}^{2+}\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_8$ 結晶としては、Lunar anorthite ($(\text{Ca}_{0.94}\text{Na}_{0.03}\square_{0.03})(\text{Al}_{1.94}\text{Si}_{2.06})\text{O}_8$; S.G., P-1, $c\approx 14\text{\AA}$) (Smyth, 1986)、Sr-anorthite ($(\text{Sr}_{0.84}\text{Na}_{0.03}\square_{0.13}\text{Al}_{1.69}\text{Si}_{2.29})\text{O}_8$; S.G., C2/m, $c\approx 7\text{\AA}$) (Grundy and Ito, 1974)、Eu-anorthite ($(\text{Eu}_{0.96}\square_{0.04}\text{Al}_{1.92}\text{Si}_{2.08})\text{O}_8$; S.G., C2/m, $c\approx 7\text{\AA}$) (Kimata, 1988) などがある。これら Al/Si 無秩序型結晶の共通点は、化学組成が Si-rich ($\text{Si}>2.0$) で、エキストラフレームワークサイトに空孔をもつ不定比性 (nonstoichiometric) にある。今回発見された Al/Si 配列が無秩序化した天然灰長石においては、こうした不定比性によってアルミノケイ酸塩フレームワークおよび反位相境界 (anti-phase-boundary) に Si-O-Si 結合が導入された結果、結晶構造が安定化し、Al/Si の無秩序な配列が保存されていると考えられる。

キーワード: 灰長石, Al/Si 秩序-無秩序配列, 灰長石巨晶, 構造不均質性

Keywords: Anorthite, Al/Si order-disorder, Anorthite megacryst, Structural heterogeneity

北海道産黒曜石の加熱実験によるパーライトの形成温度と岩石組織 Formation temperature of perlite and its texture by heating experiments of obsidians from Hokkaido

池谷内 諒¹; 和田 恵治^{1*}; 斉藤 丈朗¹
IKEYAUCHI, Ryo¹; WADA, Keiji^{1*}; SAITO, Takeaki¹

¹ 北海道教育大学旭川校
¹ Hokkaido University of Education at Asahikawa

黒曜石の多くは流紋岩質でほとんどガラスからなる。黒曜石には急冷によって生成したガラスの中に H₂O が比較的多く残っているため、黒曜石を高温で熱すると H₂O が気体となって気泡をつくり、黒曜石全体がパンのように膨らむ現象がおこる。ガラス質で緻密であった黒曜石が軽石に似た形態に「変身」する。このような発泡した黒曜石は「パーライト」と呼ばれる。

今回、北海道産黒曜石（7地域 13カ所）を電気炉中で加熱して発泡させる実験を行い、黒曜石の発泡開始温度を新たに計測した。また黒曜石の水分量をカールフィッシャー電量滴定法により測定した。得られた発泡開始温度と黒曜石の水分量を比較したところ、水分量が多い黒曜石は発泡開始温度が低く、水分量が少ない黒曜石は発泡開始温度が高くなる結果が得られ、発泡開始温度は黒曜石の水分量によってほぼ決定されることが明らかとなった。

白滝産・十勝石沢黒曜石についてパーライトの岩石組織を調べた。このパーライトの発泡形態は発泡時の加熱温度によって異なることが観察された。発泡開始温度とほぼ同等の 1030℃で発泡させたパーライトは、個々の気泡サイズが大きいのに対し、それよりも高温である 1100℃で発泡させたパーライトは気泡サイズが小さく数密度が大きい。さらに温度を上げて 1200℃で発泡させたものは気泡サイズが小さいことに加え、逆に発泡倍率（パーライトの体積/黒曜石の体積）が小さくなった。1030℃発泡と 1100℃発泡ではどちらもほとんど隙間なく気泡が密に存在するが、1200℃発泡では気泡と気泡の間にパーライトの固体部分が多く存在して隙間をつくっており、気泡部分が占める体積の割合が小さいために発泡倍率が小さくなる。

低温発泡の場合はガラスの粘度がまだ大きいために、発生した気泡はすぐには脱ガスせず、ゆっくりと時間をかけて気泡が成長・移動して気泡同士が接触するため連結が起こって次第に気泡が大きくなり成長していくと考えられる。高温発泡の場合は、ガラスの粘度が小さいので、発生した気泡は比較的すばやく移動することができる。そのため、先に発生した気泡はすでに脱ガスしたため、気泡が密集することはない、連結も起こらない。したがって、気泡のサイズは小さいままとなる。以上のように、ガラスの粘度の大きさが気泡の移動速度に影響し、気泡の連結の頻度が異なることによって、発泡形態に違いが生じると考えられる。

キーワード: 黒曜石, 加熱実験, パーライト, 発泡, ガラス
Keywords: obsidian, heating experiment, perlite, vesiculation, glass

Cs補正走査透過電子顕微鏡によるオリビンにおけるMg-Fe結晶内分配係数の推定の試み Estimation of intracrystalline distribution coefficient of Mg-Fe ions in olivine using Cs-corrected STEM

三宅 亮^{1*}; 藤 昇一²; 福永 啓一³; 栗林 貴弘⁴
MIYAKE, Akira^{1*}; TOH, Shoichi²; FUKUNAGA, Keiichi³; KURIBAYASHI, Takahiro⁴

¹京大・理, ²福岡大・理, ³ファインセラミックスセンター, ⁴東北大・理
¹Kyoto Univ., Sci., ²Fukuoka Univ., Sci., ³JFCC, ⁴Tohoku Univ., Sci.

主要な造岩鉱物であるオリビン ($(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$) は、結晶学的に非等価な M1, M2 席を有する。M1, M2 席への Mg と Fe との分配 (結晶内分配係数) について、古くから X 線や中性子を用いた構造解析やメスバウアー法を用いて推定されている。しかし、Fe が M2 席に多く入る結果と M1 席に多く入るといった結果が混在し、またこうした結晶内分配係数は加熱温度や冷却実験により異なることが知られている。一方近年では、球面収差補正走査型透過電子顕微鏡 (Cs-STEM) と円環状の検出器により原子カラム像の観察が可能となり、高角度散乱暗視野法 (HAADF) では、像強度は原子番号のほぼ二乗に比例することが知られている。そこで本研究では、化学組成の異なる合成のフォルステライト (Mg 端成分)、San Carlos 産、Sri Lanka 産、三宅島産のオリビンを、それぞれ a 軸方向からの HAADF-STEM 観察を行い、M1, M2 サイトごとの輝度の比較を行い、Mg/Fe 結晶内分配係数の推定を試みた。また、同時に四軸 X 線構造解析を行い、結晶内分配係数の比較を行った。その結果 HAADF-STEM によりオリビンの原子カラム像を取得することができた。さらに、それぞれの席での輝度を得ることにより、結晶内分配係数の推定することができた。合成フォルステライトのサイト間の輝度には差が見られず、端成分である結果と一致した。また、それぞれの結晶内分配係数については、San Carlos 産、Sri Lanka 産試料は、X 線構造解析の結果と良い一致を示した。一方、三宅島産の試料については差異が見られた。この理由については今後の検討課題である。

キーワード: 走査型透過電子顕微鏡, カンラン石, 結晶内分配係数
Keywords: STEM, olivine, intracrystalline distribution coefficient

統計的ラマン分光法による採掘鉱物資源粒子の新規分類法 A Novel Approach for the Classification of Mineral Ore Particles by A Statistical Raman Spectroscopic Method

笹倉 大督^{1*}; 早内 愛子¹

SASAKURA, Daisuke^{1*}; HAYAUCHI, Aiko¹

¹ マルバーン事業部 (スペクトリス株式会社)

¹ Malvern Instruments Division of Spectris Japan

[Introduction]

Mineral ores extracted by mining go through a milling process before ore dressing. An important factor in both milling and ore dressing operations is the determination of the particle size distribution of the materials being processed, commonly referred to as particle size analysis. An elemental analysis technique such as X-Ray fluorescence and destructive wet chemical analysis can determine the quantity of mineral species present in the ore, however, these chemical analysis methods do not allow the study of the composition of individual particles of different size and shape. The statistical Raman spectroscopic method is a novel approach which can resolve this problem. Using this method the Raman spectra of several hundred particles is determined after size and shape classification of each individual particle by automated particle image analysis. Raman spectroscopy can be used to acquire the spectra of any inorganic compounds such as metal oxides and nitrides which are Raman active. Many mineral resources are mined as inorganic compounds. Therefore, Raman spectroscopy can be used for the identification of the chemical composition of mineral ores. Using the statistical Raman spectroscopic method described herein, it is possible to calculate the particle size distribution and proportion by mass or volume of each chemical component or mineral species based on Raman spectroscopic information. This study will report and discuss the capability of the statistical Raman spectroscopic method using iron ore as a model material.

[Material and Method]

Iron ore samples were purchased from a vendor. These samples had been through the ore dressing process. Statistical Raman analysis was carried out using a Morphologi G3SE-ID instrument (Malvern Instruments, UK) equipped with a dry powder sample dispersion unit (SDU) and Raman module. The laser wavelength of Raman excitation was 785nm the laser power was less than 5mW and the irradiation time was 5 sec. The particle image measurements were made in diascopic mode with a total magnification 250x. Iron ore dry powder samples were dispersed using the SDU using a short duration pulse of compressed air. Measurements were made automatically using Standard Operating Procedures (SOPs) which define the software and hardware settings used. Measurement sample was dispersed on to glass plate as sample carrier which was minimized environmental exposure by the enclosed sample chamber unit. Particle identification by Raman analysis used the spectrum correlation coefficient approach.

[Results and Discussion]

A Total of 66,436 particles of iron ore were measured by image analysis. The circle equivalent diameter particle size distribution by volume (VCED) exhibited a monomodal distribution with size distribution percentiles as follows: 8.62 μm (d10), 21.83 μm (d50), 51.29 μm (d90). A subset of 700 particles were selected and the Raman spectra were measured. Particles over 20 micron in size were selected randomly from the image analysis data and Raman spectra were acquired. The spectra enabled identification of 4 components (Fig.1). The relative proportion of each component by volume or number of particles is shown in Table 1. Component (A) comprised approximately 90% of the sample. This component exhibited a Raman spectrum typical of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ [1]. It is assumed that components (B) and (C) are polymorphs based on the ratio of the intensities at 221 cm^{-1} and 245 cm^{-1} . Component (D) exhibited a spectrum typical of $\alpha\text{-FeOOH}$ and composed less than 3% of the sample. This result does show that the statistical Raman analysis approach can detect components present at quite low concentrations.

[Summary]

This report illustrated the application and capability of statistical Raman analysis for the characterization of mineral ores using a new approach based on combining chemical and particle size / shape information.

SCG61-11

会場:311

時間:5月2日 11:45-12:00

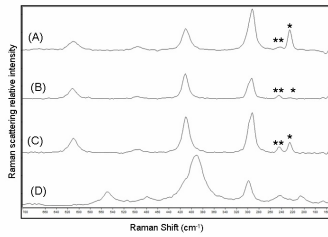


Fig 1. Raman Spectrums of iron ore.
 (* : 221cm⁻¹, ** : 245cm⁻¹)

Table 1
 Ratio of each component based on Raman spectrum

Component	Number (%)	Volume(%)
A	87.6	90.2
B	2.5	2.1
C	7.2	6.3
D	2.7	1.4

Assessment of Nakhile porphyry Cu mineralization potential using geological, geochemical and statistical studies: a case Assessment of Nakhile porphyry Cu mineralization potential using geological, geochemical and statistical studies: a case

Boomeri Mohammad^{1*}; 中島 和夫²; F Yavari¹
BOOMERI, Mohammad^{1*}; NAKASHIMA, Kazuo²; F, Yavari¹

¹Univ. of Sistan and Baluchestan, ²Yamagata Univ.

¹Univ. of Sistan and Baluchestan, ²Yamagata Univ.

The Nakhile Cu mineralization is located in 145 km northwest of Zahedan in Sistan and Baluchestan province of Iran. This area is geologically located in boundary part of Lut block and flysch zone of east Iran. Geology of the study area consists of Cretaceous to Eocene andesitic lavas and tuffs that were intruded by a dioritic to quartz-dioritic stock. The intrusive rocks are mainly altered and mineralized. Based on the petrography and XRD studies, main mineral in all types of the igneous rocks is plagioclase and the main texture is porphyry. Other minerals are clinopyroxene, amphibole, biotite, quartz, and secondary minerals that vary in the igneous rocks. A large part of the intrusive rocks is rich in pyrite. The pyrite occurs as veins, veinlets and disseminated in the stock. Cu mineralization occurs as vein and can be divided into hypogene and supergene mineralization. Hypogene mineralization is characterized by chalcopyrite and pyrite while supergene mineralization is characterized by malachite, azurite, jarosite, gothite, hematite and limonite. The propylitic alteration is dominant feature of the intrusive rocks as a wide outer zone. Potassic, phyllic and argillic alterations are also important in the area. The potassic alteration is probably important in the center part of the stock in depth. phyllic and argillic alterations are mainly formed by supergene processes.

The samples that were collected from the least altered and altered rocks in the study area were analyzed by ICP were processed by convenient software such as EXCEL and SPSS to obtain statistic parameters of: skewness, maximum, minimum and standard deviation. Then, the histograms for the amount of Cu, Au and related elements were drawn and their correlation coefficients were calculated. There are remarkable positive correlations between Cu, Au and Ag indicating their similar origin. The highest content of Cu is 7000 ppm in the study samples. The Cu anomalies are mainly observed in central and eastern parts of the area. The highest content of Au is 6000 ppb. The Au anomalies are mainly observed in western parts of the area. The higher contents of Pb, Zn and Ag are observed more away from the intrusive rocks.

The outcrops in the area are mainly similar as propylitic alteration zone of porphyry Cu deposits that is characterized by secondary hydrothermal epidote and chlorite and pyrite. The Cu porphyry mineralization and other alteration zones specially potassic probably occur in depth in the area.

新潟-山形県境, 金丸小国地域の HFS 元素に富む優白質花崗岩 A leucogranite stock rich in high field strength elements, Kanamaru-Oguni area on the Niigata-Yamagata border, NE Japan

亀井 淳志^{1*}; 内藤 一樹²; 高村 早弥香³; 加々島 慎一⁴; 奥澤 康一⁵; 関 陽児⁶; 渡部 芳夫²

KAMEI, Atsushi^{1*}; NAITO, Kazuki²; TAKAMURA, Sayaka³; KAGASHIMA, Shin-ichi⁴; OKUZAWA, Koichi⁵; SEKI, Yoji⁶; WATANABE, Yoshio²

¹ 島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学領域, ² 産業技術総合研究所地質調査総合センター, ³ リコー・ジャパン, ⁴ 山形大学理学部地球環境学科, ⁵ 大林組技術研究所, ⁶ 東京理科大学理工学部

¹Department of Geoscience, Shimane University, ²Geological Survey of Japan/ AIST, ³Ricoh Japan Corporation, ⁴Department of Earth and Environmental Sciences, Yamagata University, ⁵Technical Research Institute, Obayashi Corporation, ⁶Faculty of Science and Technology, Tokyo University of Science

A small stock of leucocratic Grt-two mica granite enriched in high field strength elements (HFSEs) has recently been found in the Kanamaru-Oguni district of the Asahi-Iide mountains in the Ashio Belt of the NE Japan arc. The granite has a high-K peraluminous composition, and is categorized as an A-type within-plate granitoid, according to several geochemical discriminants based on HFSEs. However, total Zr+Nb+Ce+Y contents are lower (166-192 ppm) and Rb/Ba ratios are higher (19-48) than those typical of A-type granitoids (Zr+Nb+Ce+Y >350, Rb/Ba <10). This suggests that this stock is in fact a highly fractionated granite, rather than an A-type intrusive. The stock solidified at shallow depth (about 3 - 6 km) from a silicic granitic magma, under moderately water-rich conditions. Geochemical modeling shows that the petrogenesis of the granite can be explained by partial melting of crustal rocks, leaving abundant plagioclase as a residual phase, with subsequent active fractional crystallization of plagioclase + alkali-feldspar. Many other small stocks composed of Grt-two mica granite occur in the Asahi and Iide mountains. The granitic activity ranges from Late Cretaceous (ca 90 Ma) to Paleogene in age. Although most of these stocks were derived from melting of various crustal rocks, some are highly differentiated, and have HFSE concentrations similar to the Kanamaru-Oguni stock studied here.

HFSE-rich granitoids also occur sporadically within the other Japanese geological units, but they are restricted in the southwestern Japan. The granitoids in the Inner and Outer Zones of SW Japan differ in composition. The HFSE-rich granitoids in the Inner Zone originated from middle to lower crustal materials, and were then strongly differentiated before emplacement. This is similar genesis to the granite in the Kanamaru-Oguni district. In contrast, the solitary HFSE-rich granitoid in the Outer Zone crops out at Cape Ashizuri. This occurrence is the only classic A-type intrusion in Japan, and is considered to have formed by a low degree of partial melting of the upper mantle or mafic lower crust. Although the HFSE-rich granitoids within the SW Japan arc may be similar geochemically to within-plate or ocean-ridge granites, they are in fact volcanic arc granites produced within the subduction zone by specific activities.

キーワード: 花崗岩, HFS 元素, 新潟-山形, 東北日本弧

Keywords: Granite, HFS elements, Niigata-Yamagata, NE Japan

北部九州，深江花崗岩北波多岩体の希土類元素組成 Rare earth element compositions of the Kitahata body in the Fukae granite, northern part of Kyushu

川野 良信^{1*}
KAWANO, Yoshinobu^{1*}

¹ 立正大学地球環境科学部環境システム学科

¹ Department of Environment Systems, Faculty of Geo-environmental Science, Rissho University

九州北部には白亜紀に活動した花崗岩類が広く分布しており（唐木田，1985），佐賀県唐津市北波多にもその一部である深江花崗岩が分布している．北波多に分布する深江花崗岩（以下，北波多岩体と呼ぶ）には部分的にアプライト様の岩相や珪長質包有物が認められる．珪長質包有物は直径 50 cm ほどのプール状の楕円形を示し，周囲の花崗岩と漸移関係を示している．北波多岩体の主要構成鉱物は石英，カリ長石，斜長石，黒雲母で，副成分鉱物として燐灰石，ジルコン，不透明鉱物を伴う（川野，2013）．北波多岩体の黒雲母 K-Ar 年代は 95.8 ± 2.4 Ma を示す（北波多村村史編纂委員会，2008）．北部九州に分布する花崗岩類の年代は 90 Ma から 100 Ma に集中することが知られており（唐木田ほか，1992），本岩体の黒雲母 K-Ar 年代はその範囲内に入る．

川野（2013）は，全岩化学分析の検討から，北波多岩体中に見られる珪長質包有物が岩体を形成したマグマの残液が濃集したものと推定した．今回，北波多岩体 7 試料，珪長質包有物 1 試料，アプライト 2 試料の計 10 試料について希土類元素組成を求め，川野（2013）の推定結果との比較を行った．

コンドライトで規格化した希土類元素のパターンでは，軽希土の値は北波多岩体が最も高く，次いでアプライト，珪長質包有物の順に低くなる．また，規格化した La/Lu 比は北波多岩体で最も高く，珪長質包有物，アプライトの順に低くなる．さらに，北波多岩体と珪長質包有物には Eu の負異常は認められないものの，アプライトには明瞭にそれが認められる．すなわち，Eu/Eu* 比はアプライトが最も低く，北波多岩体と珪長質包有物は同程度の値を示す．

北波多岩体，珪長質包有物，アプライトの順に SiO₂ 量は増加し，アプライトは花崗岩に比べ分化が進んでいると考えられる．通常，同一マグマからの分化した場合，分化が進むにつれ軽希土の値は大きくなる．しかしながら，SiO₂ に富むアプライトや珪長質包有物の軽希土の値は SiO₂ の乏しい北波多岩体よりも低く，同一マグマからの分化では説明が困難である．また，分化が進行すれば La/Lu 比も大きくなると考えられるが，同比が最も大きいのは北波多岩体であり，アプライトが最も小さい．このこともこれらの岩石が同一マグマ起源ではないことを示している．Eu の負異常や低 Eu/Eu* 比から，アプライトは斜長石の分別を行ったと推定されるが，軽希土の濃度や La/Lu 比の特徴から，北波多岩体を形成したマグマからアプライトが導き出されたとは考えられず，異なるマグマからの分化物と考えられる．北波多岩体のアルミナ飽和度は 1.0 よりも大きいのが，珪長質包有物のそれは 0.9 以下でメタアルミナスの性質を示す．このことから，マグマに取り込まれた堆積岩が融解したとは考えられず，異なる起源を持つ珪長質マグマを取り込んだのかもしれない．

キーワード: 九州, 深江花崗岩, 北波多, 希土類元素組成

Keywords: Kyushu, Fukae granite, Kitahata, rare earth element

西南日本内帯・因美侵入岩類の花崗岩類の記載岩石学的・地球化学的研究 Petrographic and geochemical studies of granitoids from the Inbi intrusives, Inner Zone of Southwest Japan

佐藤 桂^{1*}; 亀井 淳志²; 南 雅代¹; 浅原 良浩³; 加藤 丈典¹
SATO, Kei^{1*}; KAMEI, Atsushi²; MINAMI, Masayo¹; ASAHARA, Yoshihiro³; KATO, Takenori¹

¹名古屋大学年代測定総合研究センター, ²島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学領域, ³名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻

¹Center for Chronological Research, Nagoya University, ²Department of Geoscience, Shimane University, ³Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University

We report a data set of whole rock compositions of seven granitoids from the early Paleogene Inbi intrusives and a granitoid from the mid Paleogene Namariyama intrusives, Inner Zone of Southwest Japan. The Inner Zone where voluminous granitic plutons occur is subdivided from the north to the south into three areas in terms of mineralogical and petrological characteristics of granitoids: the San-in Belt, the San-yo Belt, and the Ryoke Belt. The examined Paleogene intrusives, which belong to the San-in Belt, show volcano-plutonic association on the eastern side of younger Daisen volcano at the southern part of Tottori Prefecture and the northern part of Okayama Prefecture [e.g. 1-5].

Seven early Paleogene granitoids were collected from three plutons of the Inbi intrusives: Tottori granite, Ningyo Toge granite, and Sangenya granite [4]. Minerals in polished thin sections were first described under microscope. All of the granitoids from the Inbi intrusives contain quartz, feldspars, biotite and iron oxide. Most of them except for Tottori granite contain amphibole. Sphene is found as accessory mineral in some thin sections.

Each mixture of lithium tetraborate and powdered rock was put into a platinum crucible, and then ignited in a furnace at 1000 degree-C and cooled for preparing a glass bead. And then, major and trace elements were measured using XRF analyzer. To prepare sample solutions for measuring trace elements including REEs, the powdered rocks were first digested in a PTFE beaker with HF/HClO₄ mixture on a hotplate at 120-140 degree-C, and then residue probably including heavy minerals such as zircon was dissolved in sealed high-pressure container with HF/HCl mixture at 180 degree-C. The first step decomposed fraction and residual one were well-mixed, and then this mixture was split into two aliquots: one was separated from other elements using a quartz column filled with cation exchange resin for measuring REEs, and the other aliquot was for analysis of trace elements except for REEs. These solutions were analyzed using ICP-MS.

Chemical analyses for whole rock compositions of seven Inbi granitoids yielded the following results. Molecular Al₂O₃/(CaO+Na₂O+K₂O) values are given as I-type with a range from 0.96 to 1.10. Relationship of Na₂O+K₂O vs. total FeO vs. MgO shows calc-alkaline series on AFM diagram. SiO₂ content ranges from 65.7 wt% to 73.4 wt%, and relationship between Si and other major elements gives clear differentiation trend on Harker variation diagrams. Five samples of the granitoids are categorized as high-K series. Many granitoids in this area suffer weathering. The resulting in weathering yields a decrease of CaO (from 2.5 wt% to 1.7 wt%) and Na₂O (from 4.1 wt% to 3.6 wt%) for Ningyo Toge granites. Whereas Sangenya and Ningyo Toge granites contain about 200 to 360 ppm Sr, Tottori granite contains only 90 ppm Sr. The values of Ti normalized by the mean MORB composition [6] against seven granitoids yield a trend of depletion in Ti. Those of REEs normalized by the MORB composition are given as enriched LREE pattern, negative Eu anomaly, and relatively flat MREE and HREE patterns. All of these normalized patterns have characteristics as volcanic arc granites [e.g. 7].

References:

[1] Shibata, H. and Saruyama (1959) Paper. ITSUR, Okayama Univ., 25, 1-12 (in Japanese with English abstract); [2] Shibata, K. and Yamada (1965) Bull. Geol. Surv. Japan, 16, 437-442; [3] Kawano and Ueda (1966) Jour. Mineral. Petrol. Econom. Geol., 56, 191-211 (in Japanese with English abstract); [4] Sasada et al. (1979) Memoir. Geol. Soc. Japan, 17, 19-34 (in Japanese with English abstract); [5] Shibata, K. (1979) Memoir. Geol. Soc. Japan, 17, 69-72 (in Japanese with English abstract); [6] Albarede (2005) Geophys. Monogr. R.D. van der Hilst, J. Bass, J. Matas and J. Trampert. Washington D.C., Amer. Geophys. Union, 160, 27-46; [7] Imaoka et al. (2011) Jour. Asian Earth Sci., 40, 509-533.

キーワード: 花崗岩類, 山陰帯, 蛍光X線分析, ICP質量分析, 微量元素, 希土類元素
Keywords: granitoid, San-in Belt, XRF, ICP-MS, trace element, REE

御斎所変成岩中に露出する超苦鉄質岩の岩石学：御斎所変成岩は沈み込み帯域オフィオライトか？
Petrology of ultramafic rocks in the Gosaisho series, northeastern Japan: Is the Gosaisho series the SSZ ophiolite?

佐藤 勇輝^{1*}; 石渡 明²
SATO, Yuki^{1*}; ISHIWATARI, Akira²

¹ 東北大学大学院理学研究科地学専攻, ² 東北大学東北アジア研究センター
¹Dept. Earth Sci., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ., ²Center for NE Asian Studies, Tohoku Univ.

阿武隈高原は東北日本の太平洋岸に沿って伸びる南北約 180km, 東西約 50km の隆起準平原であり, 主に白亜紀花崗岩類と広域変成岩によって特徴づけられる。阿武隈高原の中部に位置する御斎所一竹貫地域では, 西部の竹貫変成岩の構造的上位に東部の御斎所変成岩が載るとされている(梅村, 1979 など)。御斎所変成岩は主に苦鉄質岩と珪質岩に由来し, 竹貫変成岩は主に泥質岩を起源とする。御斎所変成岩中には, 竹貫変成岩との境界に沿って多数の小規模超苦鉄質岩体が散在している。阿武隈高原の変成岩については 19 世紀から現在まで詳細な研究が行われているが, 超苦鉄質岩についてはその限りではなかった。

御斎所一竹貫地域の超苦鉄質岩は白亜紀花崗岩類による接触変成作用を少なからず受けているものの, 全岩化学組成から原岩はマントルかんらん岩と超苦鉄質集積岩であると考えられる。超苦鉄質集積岩は変斑れい岩を伴うことがある。超苦鉄質岩体のひとつである大辻山では, 山麓部がマントルかんらん岩からなり, 集積岩が中腹から山頂を占める。これは, 本地域の超苦鉄質岩体がオフィオライトの下部の断片であることを示唆する。また, 本地域ではコートランド岩が斑れい岩を伴って産することがある。コートランド岩は主に花崗岩体中に産し, その多くは白亜紀花崗岩類の活動に伴って露出したものと考えられる。

かんらん岩の全岩組成は Ca や Al に乏しく ($\text{CaO} < 0.6 \text{ wt. } \%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 < 1.6 \text{ wt. } \%$), 枯渇度の高いマントルかんらん岩であると考えられる。一方で, マントルの枯渇度を反映するとされるかんらん岩中のスピネルの Cr# は場所によって 14 - 87 という幅広い値を示し, 枯渇度に差があることを示唆する。またスピネルは Ti に乏しく ($\text{TiO}_2 < 0.2 \text{ wt. } \%$), マントルかんらん岩が島弧起源であることが示唆される (Arai et al., 2011)。これは, 超苦鉄質集積岩に伴う変斑れい岩の全岩組成が Ca や Al に富み, Ti に乏しい ($\text{CaO} = 11.6 - 17.0 \text{ wt. } \%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 13.8 - 18.5 \text{ wt. } \%$, $\text{TiO}_2 = 0.06 - 1.06 \text{ wt. } \%$) ことも調和的である。また, 本地域の超苦鉄質集積岩は鉄によく富んでいることも大きな特徴である (up to Fo = 73)。

御斎所変成岩では, 変成チャートからジュラ紀の放散虫化石が発見されている (Hiroi et al., 1987)。また, 変成度の低い苦鉄質変成岩の中には枕状溶岩の構造を保存したものとされる (野原・廣井, 1989)。Hiroi et al. (1998) では, 御斎所変成岩は中央海嶺で形成された海洋地殻を起源とし, それが陸源堆積物起源の竹貫変成岩に衝上したものとされている。しかし, 御斎所変成岩中には母岩とともに変成作用を受けたカルクアルカリ系列の岩脈がしばしば見られることが知られている (Umemura, 1970)。これは超苦鉄質岩が島弧起源とみられることと調和的である。よって, 御斎所変成岩はジュラ紀に竹貫変成岩に衝上した島弧起源の沈み込み帯域オフィオライトである可能性が示唆される。一方で, この超苦鉄質岩が古生代初期の早池峰・宮守オフィオライトと対比される可能性もあり (町田・石渡, 2013 など), 御斎所変成岩中の苦鉄質一超苦鉄質岩のより包括的な研究が求められる。

キーワード: 沈み込み帯域オフィオライト, 超苦鉄質岩, 阿武隈変成岩

Keywords: supra-subduction zone ophiolite, ultramafic rock, Abukuma metamorphic rocks

韓国, Goseong 地域の火山岩の実験岩石学 Experimental petrology of Goseong volcanoes, Korea

藤永 希^{1*}; 佐野 貴司²
FUJINAGA, Nozomi^{1*}; SANO, Takashi²

¹ 立正大学大学院地球環境科学研究科, ² 国立科学博物館地学研究部

¹Graduate School of Geo-environmental Science, Rissho University, ²Department of Geology and Paleontology, National Museum of Nature and Science

Genozoic volcanoes with composition of alkali basalts are widely distributed in Southwest Japan, Korea, and East China. On the basis of geochemical studies, several models to explain magma origin of the alkali basalts were proposed (e.g., upwelling of hot asthenosphere, melting of stagnant slab, and so on). However, little is known about differentiation processes for the alkali basalts based on petrological studies. We therefore performed a series of experimental determinations of melting relation in alkali basalts on Goseong volcanic field, Goseong-do, Korea. Goseong volcanic field consists of seven volcanic plugs, and some of them are accompanied by lava flows. We have carried out petrological studies on alkali basalts from all the seven plugs. The alkali basalts have phenocrysts of olivine and augite and microphenocryst of spinel. Whole rock compositions show that the alkali basalts are relatively primitive ($\text{FeO/MgO} < 0$ and $\text{MgO} > 11$ wt %), and mineral chemistry supports this (Forsterite content in olivine > 87). The most primitive rock was selected for melting experiments at 1110-1220 °C and 1 bar under the oxygen fugacity along the fayalite-magnetite-quartz buffer. The experimental results show that mineral assemblage (olivine, spinel, and plagioclase) is different from natural one (olivine, spinel, and augite), indicating that crystallization pressures were probably higher than the melting pressure (1 bar). Thus, we will conduct melting experiments at high pressures in future work.

マダガスカル共和国中央東部アンタナナリボ岩体アンバートフツ地域に産するザクロ石-珪線石片麻岩の温度圧力経路 Metamorphic evolution of garnet-sillimanite gneiss from Ambatofotsy region, Antananarivo domain, east-central Madagascar

市來 孝志^{1*}; 石川 正弘¹
ICHIKI, Takashi^{1*}; ISHIKAWA, Masahiro¹

¹ 横浜国立大学 環境情報
¹Yokohama National University

マダガスカル共和国は東-西 Gondwana 大陸の衝突縫合帯である東アフリカ-南極造山帯の中央部に位置していると考えられている (e.g. Jacobs and Thomas, 2004). そのため造山帯の形成プロセスを理解する上で重要な地域の一つである. 本研究ではマダガスカル共和国中央東部アンタナナリボ岩体東部アンバートフツ地域に産するザクロ石-珪線石片麻岩中のザクロ石から藍晶石+十字石+白雲母+ルチルの鉱物組み合わせを初めて見いだしたのでその産状を報告するとともに、各種地質温度圧力計とシュードセクション法による結果から変成温度圧力経路を議論する.

アンタナナリボ岩体は主に珪長質変成岩から構成され、少量の変成堆積岩を含む (Tucker et al., 2012). ザクロ石-珪線石片麻岩は岩体東部に産しており、周囲には磁鉄鉱-斜方輝石-石英片麻岩 (変成縞状鉄鉱), ザクロ石-斜方輝石岩, ザクロ石-角閃石-黒雲母片麻岩などが産する. ザクロ石-珪線石片麻岩は主にザクロ石, 珪線石, カリ長石, 斜長石, 石英から構成され、少量の黒雲母, 白雲母, モナズ石, ジルコン, ルチル, 石墨を含む. 珪線石はマトリクスおよびザクロ石の包有物として見られ、藍晶石はザクロ石の包有物としてのみ見られる. またザクロ石 ($X_{Mg} = 0.17-0.18$) 中にはスピネルが包有されており、また石英の包有物を大量に含み、モナズ石が濃集しているのが特徴である. このスピネルは Mg に乏しく ($X_{Mg} = 0.21-0.22$), Zn に富む (ZnO = 18.4-19.0 wt.%). さらにザクロ石中から藍晶石+十字石+白雲母+ルチルの包有物が今回初めて見つかった. この十字石は Mg に乏しく ($X_{Mg} = 0.12$), Zn に富む (ZnO = 3.1 wt.%). ザクロ石の一部は黒雲母 ($X_{Mg} = 0.58$) と珪線石に置き換わっており、放射状の集合体として見られる.

これらの岩石記載の結果、ザクロ石-珪線石片麻岩の変成条件は十字石+石英の安定領域から、温度上昇によりザクロ石+藍晶石の安定領域へ進んだものと考えられる (Spear and Cheney, 1989). さらにピーク時にはザクロ石+珪線石+スピネル+石英が安定な鉱物組み合わせであったと考えられる. そこでザクロ石-珪線石-斜長石-石英地質圧力計 (Spear, 1993), ザクロ石-珪線石-スピネル-石英地質温度圧力計 (Nichols et al., 1992) とザクロ石の活動度 (Berman, 1990) を用いて変成温度圧力条件を見積もると、温度約 800 °C, 圧力 0.9 GPa が見積もられる. ザクロ石の周囲にしばしば放射状の黒雲母と珪線石が見られる. これはザクロ石を置き換えてこれらの鉱物が生成する加水反応 (Le Breton and Thompson, 1988) であり、ザクロ石+カリ長石+水から低温で安定な黒雲母+珪線石+石英の鉱物組み合わせに変化したものと考えられる. この後退変成作用の温度圧力条件はザクロ石-角閃石-黒雲母片麻岩の見積もりとほぼ一致する. この岩石についてザクロ石-角閃石地質温度計 (Graham and Powell, 1984), 角閃石-斜長石地質温度計 (Holland and Blundy, 1994), ザクロ石-角閃石-斜長石-石英地質圧力計 (Kohn and Spear, 1990) を用いた結果、温度約 700 °C, 圧力 0.6 GPa の変成条件が見積もられる.

以上のことから、アンタナナリボ岩体東部アンバートフツ地域に産するザクロ石-珪線石片麻岩は十字石+石英の安定な高圧条件から、昇温期変成作用を経て温度約 800 °C, 圧力 0.9 GPa のピーク変成条件を経て、後退変成作用を経て温度約 700 °C, 圧力 0.6 GPa まで温度低下と圧力減少を経る時計回りの変成経路を経たと考えられる.

キーワード: Gondwana 超大陸, マダガスカル中央東部, アンタナナリボ岩体, ザクロ石-珪線石片麻岩, 時計回りの変成経路
Keywords: Gondwana supercontinent, east-central Madagascar, Antananarivo domain, Garnet-sillimanite gneiss, Clockwise P-T path

Gondwana大陸衝突帯にみられるざくろ石単斜輝石岩の比較 Petrogenesis of garnet-clinopyroxene rocks from the Gondwana collisional orogeny

高村 悠介^{1*}; 角替 敏昭¹; 飯沼 美奈子¹; 小泉 達也¹; SANTOSH M.²; MALAVIARACHCHI Sanjeeva³
TAKAMURA, Yusuke^{1*}; TSUNOGAE, Toshiaki¹; IINUMA, Minako¹; KOIZUMI, Tatsuya¹; SANTOSH, M.²; MALAVIARACHCHI, Sanjeeva³

¹ 筑波大・地球, ² 中国地質大学, ³ ペラデニヤ大学

¹Univ. Tsukuba, ²China University of Geosciences Beijing, ³Univ. Peradeniya

東アフリカ-南極造山帯は、原生代最末期の Gondwana大陸集合時の海洋の閉塞に伴って形成された造山帯である。特にマダガスカル、インド、スリランカ地域には、モザンビーク海の海洋プレートの沈み込み→付加→最後の大陸衝突によって形成された縫合帯 (Palghat-Cauvery Suture Zone など) がみられる。この縫合帯の主な岩相は、酸性-中性の正片麻岩、苦鉄質グラニュライト/角閃岩、泥質グラニュライト、珪岩/縞状鉄鉱層、苦鉄質-超苦鉄質複合岩体 (オフィオライト) などであるが、縫合帯の外側の岩体 (主に高度変成作用を受けた正片麻岩および準片麻岩からなる) との大きな違いは、断片状に産出するオフィオライト岩体および変ハンレイ岩体などの苦鉄質-超苦鉄質岩体の存在である。この中で後者の変ハンレイ岩体は主に粗粒のざくろ石、単斜輝石からなり、微量の斜長石、石英、斜方輝石、チタン鉄鉱などから構成されているエクロジャイト的な岩石である (ただし、全岩の Na 含有量が少ないため、単斜輝石はオンファス輝石ではなく普通輝石あるいはディオプサイド-ヘデンバージャイトである)。この変ハンレイ岩 (ざくろ石単斜輝石岩) は、南インド・Palghat-Cauvery 縫合帯 (Nishimiya et al., 2008; Sajeev et al., 2009; Saitoh et al., 2011)、スリランカ・ハイランド岩体 (Osanai et al., 2006)、東南極リュツォ・ホルム岩体 (Saitoh et al., 2012) の限られた地域からのみ報告されている。これらざくろ石単斜輝石岩は様々な年代の海洋プレートの断片と考えられるため、その原岩および変成作用の広域的な比較は、Gondwana大陸集合時の海洋の閉塞や最終的な大陸衝突のテクトニクスを考察する上で重要である。本研究では、特にスリランカ・ハイランド岩体から新たに得られたざくろ石単斜輝石岩の岩石学的な特徴および変成温度圧力条件について報告する。

キャンディー周辺のハイランド岩体から採集したざくろ石単斜輝石岩は、変堆積岩中に 1 m 程度のブロックとして産出する。地球化学的判別図から、原岩は MORB 的な岩石である。鉱物組み合わせは、ざくろ石+単斜輝石+斜方輝石+チタン鉄鉱+普通角閃石+斜長石 (岩相 1)、ざくろ石+斜長石+単斜輝石+斜方輝石+石英+チタン鉄鉱である (岩相 2)。岩相 2 には、ざくろ石+石英→斜方輝石+斜長石からなるシンプレクタイト組織がみられ、ピーク変成作用後の減圧が推測される。岩相 1 にざくろ石-単斜輝石地質温度計を適用して得られた温度条件は、800-840 °C 程度であったが、NCFMASHTO 系のシューセクションから推測される温度圧力条件は、960-1040 °C、8-10.5 kbar であった。この条件は、Osanai et al. (2006) が苦鉄質グラニュライトから得たピーク変成条件 (>17 kbar, >1000 °C) に比べて、温度は調和的であるが圧力が 7 kbar 程度低い。

近年の岩石学的研究により、Palghat-Cauvery 縫合帯のようなモザンビーク海の閉塞とその後の大陸衝突によって形成された縫合帯には、様々な年代をもつ岩石がブロック状に取り込まれ、メランジを形成している。例えば Palghat-Cauvery 縫合帯にみられる苦鉄質-超苦鉄質岩体 (オフィオライトや層状貫入岩体) は、(1) 25 億年前の火成および変成年代をもつ岩体、(2) 25 億年の火成年代と 7-8 億年の変成年代をもつ岩体、(3) 7-8 億年の火成年代と 7-8 億年の変成年代をもつ岩体の 3 つが混在しており、これらのピーク変成条件や温度圧力履歴は異なる。今回キャンディー周辺から得られたざくろ石単斜輝石岩の温度圧力履歴は (1) のタイプと類似している。以上のように、縫合帯のメランジを構成する苦鉄質-超苦鉄質岩体は、南インド Palghat-Cauvery 縫合帯からスリランカ・ハイランド岩体を通り、東南極リュツォ・ホルム岩体南西部まで連続する可能性がある。

キーワード: グラニュライト, Gondwana, 縫合帯, シュードセクション

Keywords: granulite, Gondwana, suture zone, pseudosection

南インドの Gondwana 大陸衝突帯に見られる新太古代と新原生代中期のバイモーダル火成作用 Neoproterozoic and Middle Neoproterozoic bimodal magmatism in the Gondwana orogeny, South India

小林 愛理^{1*}; 角替 敏昭¹; 小泉 達也¹
KOBAYASHI, Airi^{1*}; TSUNOGAE, Toshiaki¹; KOIZUMI, Tatsuya¹

¹ 筑波大・地球

¹Univ. Tsukuba

玄武岩質岩とデイサイト質岩からなる大規模なバイモーダル火成作用は、島弧またはリフト帯に特徴的なイベントと考えられている。したがってこれら火成岩の岩石学的・地球化学的研究は、その地域のテクトニクスを議論する上で重要であるといえる。本研究では、南インドの大陸衝突型造山帯にみられる 2 つの異なる時代のバイモーダル火成作用を報告し、その成因について考察する。

南インドは北部の太古代 (33-25 億年) の花崗岩-グリーンストーン帯 (ダルワークラトン) およびグラニュライト岩体 (セーラム岩体、マドラス岩体、クーグ岩体など) と、南部の原生代 (5.3-5.7 億年) のグラニュライト岩体 (マドゥライ岩体、トリバンドラム岩体など) の 2 つの地塊で主に構成される。これら地塊の境界部はパルガット-カウベリー剪断帯と呼ばれるが、これは原生代末期 ~ カンブリア紀初期 (約 5.5 億年前) の Gondwana 大陸集合最末期に起こったモザンビーク海の閉塞および両地塊の衝突によって形成された剪断帯である。本研究ではパルガット-カウベリー剪断帯の北部に位置する太古代地塊のうち、新太古代 (25 億年) の火成・変成年代を示すマドラス岩体と、33-32 億年の火成・変成年代を示すクーグ岩体に貫入した新原生代中期 (クライオジェニアン) の火成岩体みられるバイモーダルな火成作用のメカニズムを明らかにすることを目的とした。

タミルナドゥ州のナマッカル-セーラム間に露出するマドラス岩体の塊状チャノッカイト (斜方輝石を含む花崗岩質岩) には、不規則な形状をした数十 cm 程度の黒色の玄武岩質岩のブロックが局所的に分布している。これら 2 つの異なる岩相の境界は明瞭で、これは典型的なマグマ混和組織と考えられる。主要な岩相である花崗岩質岩は、石英、斜長石、普通角閃石、斜方輝石からなる粗粒で完晶質の岩石である。一方で苦鉄質岩は変成作用を受けて苦鉄質グラニュライトとなっており、鉱物組み合わせは斜長石、単斜輝石、斜方輝石、黒雲母、石英からなるグラノブラスティックな岩石である。両者ともにサブアルカリックで、花崗岩質岩はデイサイト質、苦鉄質岩は玄武岩質安山岩質な組成をもつ。花崗岩質岩の Nb-Y、Ta-Yb、Rb-(Y+Nb)、Rb-(Yb+Ta) および苦鉄質岩の La-Y-Nb(La/10-Y/15-Nb/8) 比から、両者はともに火山弧起源の火成岩である。しかし、鉱物化学組成や顕微鏡下の組織からは、マグマ混合の証拠は得られなかった。これは、原岩形成後の 800 °C を超えるグラニュライト相の変成作用により、もとの組織や鉱物組成が完全に再結晶化したためと考えられる。

一方、ケララ州カサラゴド北部には、33-32 億年のクーグ岩体に貫入した新原生代中期 (クライオジェニアン) の花崗岩質岩中に、濃緑色で最大約 20 × 40cm の大きさの多数の苦鉄質岩ブロックが産出する。マドラス岩体のものと類似した産状から、この岩石もマグマ混和組織と考えられる。花崗岩質岩は白色 ~ 淡桃色で、主要な構成鉱物は石英、斜長石、カリ長石、黒雲母である。特に斜長石は自形を呈する。一方の苦鉄質岩は細粒であり、斜長石、普通角閃石、黒雲母、スフェーンからなる。緑簾石、緑泥石などの変質鉱物もみられる。マグマ起源の単斜輝石の残存結晶が角閃石や黒雲母に包有される組織から、この苦鉄質岩はマグマ混和後に角閃岩相の変成作用を被ったことがわかる。この花崗岩質岩は火山弧起源のカルクアルカリ岩型であり、苦鉄質岩は火山弧起源のアルカリ岩 (basaltic trachy-andesite) である。両者の境界部にみられる斜長石斑晶からは、反復累帯構造や汚濁帯の存在が確認された。汚濁帯累帯構造は、微晶なメルト包有物が斜長石に含まれたもので、一般的にマグマ混合が生じた時に低温マグマから晶出した結晶が、液と反応して部分溶解して生じると考えられている (Tsuchiyama, 1985)。また斜長石斑晶の累帯構造に Ba 含有量に急激な変化が見られたため、これがマグマ混合プロセスを知る手がかりとなる可能性がある。

南インド Trivandrum 岩体の CO₂-H₂O 流体の浸透とパッチ状のチャノッカイトの形成 Infiltration of CO₂-H₂O binary fluid and formation of patchy charnockite from Southern India

遠藤 雄大^{1*}; 角替 敏昭¹; M. Santosh²
ENDO, Takahiro^{1*}; TSUNOGAE, Toshiaki¹; M., Santosh²

¹ 筑波大・地球, ² 中国地質大学
¹Univ. Tsukuba, ²China University of Geosciences Beijing

Since the first discovery of patches, veins and ladders of coarse-grained orthopyroxene-bearing felsic granulite (incipient charnockite) within foliated amphibolite-facies gneiss from Kabbal in Karnataka, southern India, by Pichamuthu (1960), the origin and petrogenesis of charnockite and its implications for granulite processes in lower crust have been the focus of many petrologists. According to previous studies, charnockite formation in the SGT is considered to have resulted by the infiltration of CO₂-rich anhydrous fluids along structural pathways within upper amphibolite-facies gneisses, resulting in the lowering of water activity and stabilization of orthopyroxene through breakdown of biotite (e.g. Janardhan et al., 1979; Newton et al., 1980; Hansen et al., 1987; Santosh et al., 1990; Newton, 1992; among others).

This study presents new petrological data of 'incipient' charnockite developed within garnet-biotite (Grt-Bt) gneiss from Kakkod with the western Trivandrum Granulite Block (TGB), India. In this locality, bulk rock compositions of charnockite and the host Grt-Bt gneiss are almost equivalent. The result of conventional geothermobarometry using Grt-Opx-Pl-Qtz assemblage shows the peak metamorphic condition of 860-960 °C and 6.9-8.4 kbar, which is consistent with the results of mineral equilibrium modeling. The metamorphic condition certainly corresponds to granulite-facies event, and it is higher than those reported from other incipient charnockite localities in the TGB and adjacent Nagercoil Block. Furthermore, the estimated metamorphic condition is too high for the stability of the host Grt-Bt gneiss that contains a mineral assemblage formed at amphibolite-facies condition. In addition, although pseudosecondary fluid inclusions are composed of pure CO₂, secondary fluid inclusions contain CO₂-H₂O binary fluid. Therefore, patchy charnockite in Kakkod from the TGB is considered to have formed by infiltration of CO₂-H₂O binary fluid during a retrograde stage. The petrogenetic model of incipient charnockite formation proposed in this study is therefore different from reported petrogenesis from other localities.

キーワード: チャノッカイト, 変成流体, シュードセクション, 地質温度圧力計, Trivandrum Granulite Block, 南インド
Keywords: incipient charnockite, metamorphic fluid, pseudosection, geothermobarometry, Trivandrum Granulite Block, southern India

沸石と母岩の関係性 小笠原諸島父島・伊豆半島を例として Relationship of zeolites and host rocks

清水 康平^{1*}; 安井 万奈²
SHIMIZU, Kouhei^{1*}; YASUI, Mana²

¹ 東京都市大学知識工学部自然科学科, ² 早稲田大学理工学術院環境資源工学科

¹Department of Natural Sciences, Faculty of Knowledge Engineering, Tokyo City University, ²Department of Resources and Environmental Engineering, Waseda University

天然の沸石は主に地殻浅所で火成岩、堆積岩、変成岩といった多様な岩石中に存在する。本研究においては、伊豆・小笠原地域から採取した母岩及び沸石類の化学組成分析を行いそれらの関係性を示す。

先行研究においては、晶洞中や気孔中、脈中で産出される肉眼やルーペで識別できる大きさの沸石と母岩との間に、成因的關係はほとんど認められないと報告されている。(歌田 1995) 本研究では、沸石の母岩異なる小笠原諸島父島及び、伊豆半島からの岩石について沸石類と母岩の化学組成との関係性を検証する。

2. 調査地域

東京都小笠原諸島父島では宮之浜、釣浜駐車場、釣浜、長崎、初寝浦北側、初寝浦南側、洲崎北側、洲崎南側、ブタ海岸、金石浜の 10 ヶ所、静岡県伊豆半島ではやんだ、大洞林道の 2 ヶ所の調査を行った。

3. 方法

母岩は粉末にして加圧整形ディスクとした。分析には蛍光 X 線装置 RIX-3000(Rh 管球,50kV50mA) を使用し、産総研(地質調査所)の岩石標準試料 15 種類から作成した検量線をもとに、計算を行った。

沸石を含む母岩中の鉱物の同定に関しては、肉眼及び顕微鏡観察を行った。また、肉眼では同定困難なものについては、X 線回折により同定した。分析には 2 種の装置を使用し、Bruker AXS, D2 phaser(管球,30kV,10mA)、Bruker AXS, Smart Breeze(管球,50kV,30mA)(単結晶構造解析)を使用した。Smart Breeze に関しては分析試料をおよそ 1mm 大に調整し測定した。

4. 結果・考察

各地点で産出した沸石類の同定結果と、母岩の全岩化学組成分析結果を比較、検討した。

今回、同定された沸石の種類は、輝沸石、方沸石、モルデン沸石、菱沸石、エリオン沸石、湯河原沸石、束沸石、灰十字沸石の 8 種類であった。

父島において束沸石は宮之浜、初寝浦北側、初寝浦南側、洲崎、ブタ海岸、金石浜で確認することができた。これらの地点と束沸石が産出しなかった地点での母岩の $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比を比較すると、産出しなかった地点では 4.230-4.768 と 5 以下であるのに対し、産出した地点では 5.248-7.672 と 5 以上であり違いが見られた。沸石の構造を決定するためには S/Al の比が重要な要素となる。沸石を主に構成する元素である Si および Al の母岩中の比率を用い、熱水により岩石から溶脱した成分が岩石中の脈や気孔で結晶化することにより生成される沸石類の沸石と母岩の関係性を示すことができた。

キーワード: 沸石, 母岩, 小笠原諸島父島, デイサイト

Keywords: zeolites, host rocks, Chichijima, Ogasawara islands

箱根火山産三輝石安山岩（ピジョン輝石-普通輝石-紫蘇輝石安山岩）の成因 Three pyroxene andesite (pigeonite-augite-hypersthen andesite) from Hakone volcano

石井 輝秋^{1*}
ISHII, Teruaki^{1*}

¹ 公益財団法人深田地質研究所
¹Fukada Geological Institute

ピジョン輝石斑晶を含む火山岩は非常に稀であり、世界で数例しか知られていない。箱根火山箱根峠産ピジョン輝石-普通輝石-紫蘇輝石安山岩（単に三輝石安山岩またはピジョン輝石安山岩と呼ばれる）は久野久先生による、偏光顕微鏡を駆使した詳細な研究論文（Kuno 1935, Kuno 1936a）により世界的に有名である。本研究では EPMA によりこのピジョン輝石安山岩の輝石晶出経路および輝石温度計で求めたマグマの温度変化を解析し、その成因を検討した。初生的な水に富むソレライト質高温マグマが、水に関し開いた二次的マグマ溜り中で三相の輝石を平衡晶出して形成された三輝石斑晶含有マグマ（温度は約 1070 °C）が、元の高温度マグマ（温度は約 1110 °C）と二次的マグマ溜り中で混合して、ピジョン輝石安山岩を形成したという作業仮説を提出する。水に関し開いた二次的マグマ溜り中での、三種の輝石斑晶の平衡晶出の存在が鍵と成る。

キーワード: 箱根火山, 輝石地質温度計, ピジョン輝石, マグマ混合, 三輝石安山岩, マグマの温度

Keywords: Hakone volcano, pyroxene geothermometer, pigeonite, magma mixing, three pyroxene andesite, magmatic temperature

単結晶モナザイトの水熱合成及びモナザイトに対する水の溶解度測定 The structural water in hydrothermally synthesized monazite

阿部 健康^{1*}; 中村 美千彦¹
ABE, Takeyasu^{1*}; NAKAMURA, Michihiko¹

¹ 東北大学理学研究科地学専攻

¹Department of Earth Sciences, Tohoku University

Introduction: The U-Th-Pb dating of accessory minerals such as zircon and monazite is widely applied for various types of rocks [1,2,3]. There has been proposed another method to obtain geochronological information from these minerals: quantifying the degree of metamictization (destruction of crystal structure by radioactive components). It is reported for zircon that the water content (up to 10 wt%) is in proportion to the degree of metamictization, thus to the concentration of radioactive nuclei and geological age[4]. Monazite on the other hand usually undergoes much less metamictization than zircon due to the higher bond strength of P and O compared to that of Si and O; this results in the lower water content in the metamictized monazite. Determination of the structural water content in monazite without radioactive damage is thus necessary to constrain the "initial" water content prior to hydration. The water content bears significance also for better understanding the crystal chemistry of monazite. In this study, we synthesized monazite single crystals at hydrothermal condition and determined the content of structural water as a function of pressure.

Experimental method: The hydrothermal synthesis of monazite was conducted at a temperature of 800 degC and pressures of 1.5, 10 and 15 kbar using a cold-seal pressure vessel and a piston cylinder apparatus. The CePO₄ reagent was encapsulated with H₂O or H₂O-NaCl solution and run for ca. 100 hours. The FT-IR analyses of the obtained monazite single crystals were conducted to determine the concentration of structural OH on the basis of Lambert-Beer's Law. The molar absorption coefficient was estimated by linear calibration curve against the OH stretching vibration wavenumber [5].

Results and Discussion: The broad absorption band was observed at 3100-3600 cm⁻¹ in the crystals synthesized in all the experimental conditions. The water content of synthesized monazite was estimated approximately to be 20-70 ppm, showing no large pressure dependence. FT-IR analyses of pleochroic absorption are on-going to determine the OH dipole orientation within the crystal structure.

References: [1]J. M. Langille, M. J. Jessup, J. M. Cottle, G. Lederer, T. Ahmad, *Journal of Metamorphic Geology*, 30, 769-791 (2012)

[2]E. Janots, A. Berger, E. Gnos, M. Whitehouse, E. Lewin, T. Pettke, *Chemical Geology*, 326-327, 61-71 (2012)

[3]T. Imayama, K. Suzuki, *American Mineralogist*, 98, 1393-1406 (2013)

[4]M. Zhang, E. K. H. Salje, R. C. Ewing, *Journal of Physics: Condensed Matter*, 14, 3333-3352 (2002)

[5]M. S. Paterson, *Bulletin de Mineralogie*, 105, 20-29 (1982)

キーワード: 水熱合成, アクセサリー鉱物, モナザイト年代, メタミクト化, NAMs, フーリエ変換型赤外分光装置

Keywords: hydrothermal synthesis, accessory mineral, monazite dating, metamictization, nominally anhydrous minerals, FT-IR

高温下における ternary feldspar の相関係 Phase relation in ternary feldspar system at high temperature

兒玉 優^{1*}; 三宅 亮¹; 外田 智千²; 川崎 智佑³
KODAMA, Yu^{1*}; MIYAKE, Akira¹; HOKADA, Tomokazu²; KAWASAKI, Toshisuke³

¹京大・理, ²国立極地研究所, ³愛媛大・理

¹Kyoto Univ., Sci., ²National Institute of Polar Research, ³Ehime Univ., Sci.

【はじめに】

長石は相転移に伴い双晶や離溶ラメラなどの微細組織を形成する。微細組織を観察することで、長石の冷却過程に関する情報を得ることができる。岩石の冷却過程を知る上で有用な鉱物である。特に高温 ($T > 800\text{C}$) で晶出する ternary feldspar (Tfs) は、斜長石やアルカリ長石よりも多くの温度情報を保存している。超高温変成岩の変成履歴の解析に適用することができる。斜長石系: An(anorthite, $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) - Ab(albite, $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$)、アルカリ長石系: Ab - Or(orthoclase, KAlSi_3O_8) については多くの研究が行われ、相関係がよく知られている (Carpenter, 1994 など)。しかし、An-Ab-Or 3 成分系での相関係については、あまり多くの研究は行われていない。特に高温下での C2/m - C-1 転移は Tfs が経る可能性のある相転移であるが、その際の挙動はアルバイト端成分における高温その場粉末 X 線回折法 (XRD) による実験結果とその結果に基づく理論計算によって予想されたものである (Kroll et al., 1980; Salje et al. 1985, Carpenter, 1988)。粉末 XRD による分析は実験試料全体に対して行われているため、回折計の角度分解能が不足している場合に 2 相分離による組織の形成に関わる分解反応を捉えられない可能性がある。また、高温その場分析では反応時間の不足により反応がほとんど進まない可能性がある。したがって、高分解能の電子顕微鏡を用いて高温高压実験による実験試料を直接観察し、C2/m - C-1 相転移の際の挙動について再検討する余地がある。一方、ナピア岩体などの超高温変成岩体では Tfs の産出が報告されている (Harley 1985; Sheraton et al. 1987; Hokada, 2001 など)。バルク組成におけるソルバス温度から変成時の到達温度の見積りが行われているが、その離溶組織の成因は十分に研究されていない。Tfs の相関係を明らかにすることにより、超高温変成岩の形成史を詳細に検討することが期待でき、超高温変成作用が解明できる。

本研究では、長石の C2/m - C-1 相転移の挙動を明らかにした。本研究ではピストンシリンダー装置を用いて 1100 - 1300C、10 kbar の条件で長石の相関係を調べた。出発物質には離溶ラメラを含まない、oligoclase (Olg, $\text{An}_{21}\text{Ab}_{75}\text{Or}_4$)、sanidine ($\text{An}_{1}\text{Ab}_{15}\text{Or}_{84}$) の単結晶を粉碎した粉末を用い、任意の割合で混合しバルク組成を変化させたものを用いた。実験試料の観察では、oligoclase-sanidine 間の元素交換に伴った微細組織が形成されているか否かに着目した。Tfs の複雑な離溶組織の形成に関わると考えられる前駆的な組織を直接観察するために、電界放出型走査型電子顕微鏡 (FE-SEM) や走査透過型電子顕微鏡を用いた環状検出器による暗視野法 (ADF-STEM) などの微細組織の組成コントラストを高分解能で観察可能な装置を用いて実験試料の観察を行った。

【結果と考察】

1100C, 1200C の実験のうち、 $\text{An}_{15}\text{Ab}_{65}\text{Or}_{20}$ の実験試料において化学組成の不連続による異なる化学組成のラメラからなる組織を確認した。この結果から長石の C2/m - C-1 転移は、2 次の相転移ではなく、1 次の相転移であることが明らかとなった。また、観察された微細組織の界面方位はほぼ (010) であった。一方、1250C, 1300C で行われた実験試料にはガラスが観察された。これらの結果を総合し、Olg-Or 擬似 2 成分系の $T > 1100\text{C}$, $P = 10\text{kbar}$ における相図を得た。

Mt. Riiser-Larsen 産片麻岩サンプルについて、兒玉ら (2013 など) は、薄片スケールの元素分布、ミルメカイト状の組織の産状と Ce などの微量元素の分布、ジルコン中のガラス包有物の存在から、Mt. Riiser-Larsen におけるピークの変成時における Olg 成分に富む Tfs 組成のメルトの存在の可能性を示唆した。さらに、Tfs に見られる複雑で多様な離溶組織の存在を示した。今回実験により得られた相図より、こうした Olg 成分に富む Tfs 組成のメルトの存在から、変成時の温度は少なくとも 1200-1250C に達していたと考えられ、また、Tfs 中の複雑で多様な離溶組織は、(010) で接する C2/m - C-1 の 1 次の相転移に伴う離溶組織と、その後の冷却による (-901) で接するスピノーダル分解によって形成される離溶組織の 2 種類の組織が複合したものであることがわかった。

キーワード: ternary feldspar, 相関係, 高温実験

Keywords: ternary feldspar, phase relation, high temperature experiment

He コリジョン型 ICP-四重極質量分析計による岩石組成の定量分析法 Quantitative Analysis of Rock Samples by ICP-Quadrupole Mass Spectrometer (QMS)

網代 卓也^{1*}; 大木 誠吾²; Chako Tchamabe Boris³; 大場 武²
AJIRO, Takuya^{1*}; OOKI, Seigo²; CHAKO TCHAMABE, Boris³; OHBA, Takeshi²

¹ 東海大学大学院理学研究科化学専攻, ² 東海大学理学部化学科, ³ 東海大学総合理工学研究科

¹Course of Chemistry, Graduate School of Science, Tokai University, ²Department of chemistry, School of Science, Tokai University, ³School of Science and Technology, Tokai University

1. はじめに

ICP-四重極質量分析計 (QMS) は、高感度かつ短時間で多元素分析を可能とするが、目的とする元素と同じ質量を有する多原子分子による干渉を受ける。例えば Ar を含む多原子イオン (ArO、ArCl など) は、Fe や As の分析を妨害する。多原子イオンを除去するために、コリジョンガスを使用する ICP-QMS が開発された。コリジョンガスは、一般的に He ガスのような不活性ガスが用いられる。コリジョンガスを用いることにより、アルゴンガスによる生成物や再結合による生成物を壊し、これまで測定が困難であった元素の分析が可能となる。本研究では、標準岩石を用いて He コリジョン型 ICP-QMS で主成分及び微量成分組成の分析が可能か検討し、実際の試料としてカメルーン火山列の火山岩の分析をした。

2. ICP-QMS

分析には、ThermoScientific 社の iCAP-Q を用いた。iCAP-Q は、1.6kW 27MHz の ICP 部で試料溶液をプラズマ化する。Ar ガスの消費量は 16L/分と比較的少ない。サンプリングコーン部は片手で工具なしで装置外に引き出すことが可能で、洗浄にかかる手間は少ない。真空系に導入されたプラズマは 90 度の曲げ角を持つイオンレンズで He コリジョンセルに導入される。イオンレンズで中性分子は効率よく排除される。He コリジョンセルは小さな QMS を構成しており、目的元素よりも低質量のイオンの大部分が排除され、多原子イオンは He 原子との衝突でエネルギーを失い排除される。コリジョンセルを通過したイオンは主たる QMS で質量分別され、アナログ及びパルス器で感知される。

3. 分析

サンプルは、産業技術総合研究所の標準岩石 (JA-2、JB-2、JB-3) 及びカメルーン・バロンペンボ火山における火山岩を使用した。まず、粉末状の試料 50mg をテフロン製分解容器に入れ、35wt% 塩酸 2mL、60wt% 過塩素酸 1mL、50wt% フッ化水素酸 0.5mL を加えた。これを Parkin Elmer 社の Multiwave3000 でマイクロ波加熱酸分解した。分解はまず、出力を 50W/min で 500W まで上昇させ、60 分間加熱した。その後、50 °C 以下になるまで冷却した。その後、飽和ホウ酸水 2.5mL 及び超純水 2.5mL を加えて、280W/min で 1400W まで上昇させ、20 分間加熱した。加熱終了後、50 °C 以下に冷却した。分解後の溶液は超純水で 50mL に定容した。

4. 結果と考察

標準岩石における主成分は、Si を除いてほぼ 70% 以上の収率が得られた。微量元素については、一部を除いて 70% 以上の収率が得られた。また、複数回同様の岩石を用いて測定を行なったところ、それぞれの元素の収率に顕著な違いは見られなかった。したがって、いくつかの改善の必要はあるものの iCAP Qc により Si を除いて岩石の主成分及び微量成分化学組成を分析することが可能であると判断される。カメルーンで産する火山岩を分析した結果、Nb/Y に対する Zr/TiO₂ の関係を用い、火山岩はアルカリ玄武岩に分類された。これは、カメルーン火山岩を研究した A. Marzoli ら (2000) による結果と良く一致する。

キーワード: ICP-QMS, マイクロ波分解法, 火山岩, 定量分析, カメルーン

Keywords: ICP-QMS, microwave digestion, volcanic rock, quantitative analysis, Cameroon

EPMA 定量分析における質量吸収係数の検討 Validation of mass attenuation coefficients in quantitative electron probe microanalysis (EPMA)

加藤 文典^{1*}; Jeon Mi-Jung²; Cho Deung-Lyong³; 佐藤 桂¹
KATO, Takenori^{1*}; JEEN, Mi-jung²; CHO, Deung-lyong³; SATO, Kei¹

¹ 名古屋大学年代測定総合研究センター, ² 釜山国立大学共同実験実習館, ³ 韓国地質資源研究院国土地質研究本部地質調査研究部

¹Center for Chronological Research, Nagoya University, ²Center for Research Facilities, Pusan National University, ³Geological Mapping Department, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

質量吸収係数は、電子プローブマイクロアナライザー (EPMA) を用いた定量分析の確からしさに大きく影響する。これまで実験的に得られた質量吸収係数や理論計算から得られた質量吸収係数が提案されてきた。また、質量吸収係数の近似式 (Heinrich, 1966 など) も広く用いられている。本研究では Henke et al. (1993) 及び Hubble & Seltzer (1995) の値をもとに、原子番号 1 から 92 の範囲で新しい質量吸収係数を作成した。これは、Henke et al. (1993) 及び Hubble & Seltzer (1995) のいずれにも不確かな要素があるからである (吸収端以外のエネルギーで不連続になる場合や吸収端近傍の形状が著しく不自然になる場合があることなど)。2つのデータセットから正確な質量吸収が得られないデータを取り除き、特性 X 線のエネルギーが 1keV 以下の領域では Henke et al. (1993) のデータセットを用い、それ以上のエネルギーの特性 X 線に対しては Hubble & Seltzer (1995) のデータセットをもとに新しい質量吸収係数を求めた。この質量吸収係数を用いれば、地質学的試料を含む EPMA 定量分析の確からしさが向上する。

Heinrich K.F.J. (1966) In: The Electron Microprobe, McKinley T.D., Heinrich K.F.J and Wittry D.B. (eds.), John Wiley and Sons, New York, 296 - 377.

Henke B.L., Gullikson, E.M. and Davis, J.C. (1993) At. Data Nucl. Data Tables, 54, 181 - 342.

Hubbel J.H. and Seltzer S.M. (1995) NISTIR, 5632, pp. 116.

キーワード: 電子プローブマイクロアナライザー (EPMA), 定量分析, 質量吸収係数, 補正計算

Keywords: electron probe microanalysis (EPMA), quantitative analysis, mass attenuation coefficients, matrix correction

SEM-EDS 自動粒子解析による岩石の鉱物組成分析 SEM-EDS Automated Particle Analysis of Mineral Compositions of Rocks

武藤 仁美^{1*}; 島田 愛子²; 小野寺 浩³
MUTOU, Hitomi^{1*}; SHIMADA, Aiko²; ONODERA, Hiroshi³

¹ 日本電子 (株) SM 事業ユニット SM アプリケーション部, ² (株) JEOL RESONANCE S M部, ³ 日本電子 (株) SA 事業ユニット SA アプリケーション部

¹JEOL Ltd.SM APPLICATION DEPARTMENT SM BUSINESS UNIT, ²JEOL RESONANCE Inc. SM APPLICATION DEPARTMENT, ³JEOL Ltd.SA APPLICATION DEPARTMENT SA BUSINESS UNIT

岩石は、その形成過程や産地によって様々な鉱物組成を示す。岩石を構成する鉱物組成の知見は、岩石の生成過程を知るうえで非常に重要である。岩石の元素分析には、一般的に蛍光 X 線分析が用いられている。この場合、岩石を粉碎した多数の粒子から得られる平均的な元素濃度比から、構成する鉱物種やその割合を推定する。一方、走査電子顕微鏡 (SEM) とエネルギー分散形 X 線分光器 (EDS) を組み合わせた画像解析機能の一つである SEM-EDS 自動粒子解析を用いることで、試料を構成する多数の粒子を各々直接自動分析することができる。SEM-EDS 自動粒子解析では、岩石を構成する各粒子を直接分析し鉱物種を特定することが可能で、その大きさや形状、各粒子を構成する複数の鉱物種の成分組成などと合わせて考察することができる。

本報告では、SEM (JSM-IT300LA, JEOL)-EDS (JED2300, JEOL) 自動粒子解析を用いて、岩石の成分やその鉱物組成比などを分析した結果を紹介する。試料は、江若花崗岩や八甲田カルデラ火砕流堆積物などの生成過程の異なる岩石である。各々の岩石を粉碎し、樹脂に包埋後、粒子断面を作成し分析試料とした。

江若花崗岩の主な鉱物種は、石英、長石グループ、雲母グループ、その他有色鉱物に分類された。また、蛍光 X 線分析装置 (JSX-3100R II, JEOL) を用いた比較分析も行った。同じ試料の組成比の値は良く一致した。八甲田カルデラ火砕流堆積物の主な鉱物種は、石英、斜長石、その他有色鉱物などに分類された。その大部分は軽石で占められ、江若花崗岩とは異なり、多くの粒子から複数の鉱物種などが検出された。得られた鉱物組成比や微量有色鉱物の共存元素傾向の詳細な結果は、他の分析手法による結果と合わせて当日報告する。

キーワード: 鉱物, 粒子解析, SEM-EDS

Keywords: Mineral, Particles Analysis, SEM-EDS

アナログ実験における柱状節理の形態形成の濃度分布依存性について Dependence of water concentration distribution of columnar joints formation in analogue experiments

濱田 藍^{1*}; 寅丸 敦志²

HAMADA, Ai^{1*}; TORAMARU, Atsushi²

¹ 九大・理・地惑, ² 九大・理院・地惑

¹Earth and Planet. Sci., Kyushu Univ., ²Earth and Planet. Sci., Kyushu Univ.

火成岩や溶結凝灰岩などに見られる柱状節理の形態には多様性がある。柱状の構造の形態を特徴づける要素の一つとして、「柱が直線的か曲線的か」という点が挙げられる。柱状節理は岩体の冷却固結に伴い体積収縮により岩体内部に蓄積された応力が解放される時、岩体の温度勾配に従って割れ目が段階的に形成されると考えられているが、「曲がった構造」の形成過程を説明する基礎的な研究は行われていない。そこで本研究ではデンプンと水の混合物を乾燥させて天然の柱状節理の構造を再現するアナログ実験を行い、「曲がった構造」の形成過程を観察し、考察することを目的とする。実験では、円筒の容器に混合物を投入し、混合物表面上に白熱ランプを点灯する。混合物表面とランプの間の距離を1.5 cmに設定し混合物を乾燥させ、混合物が完全に乾燥する前の状態をX線CT解析装置で撮影することで乾燥途中、すなわち節理形成の最中の水の空間分布を観察した。その結果、混合物表面から同じ深さにおいて、ランプ直下からの水平距離が長くなるに伴い、混合物中の水の濃度が大きくなることが分かった。また混合物表面から内部に向かって発達した割れ目の進行方向は、水の等濃度面に対してほぼ垂直になっていることが分かった。混合物表面が受けるランプの熱の影響がランプからの距離に応じて異なることが確かめられ、混合物の乾燥速度に場所による違いが生じ、混合物内にできた水の濃度分布に不均一ができたと考えられる。形成された割れ目は混合物中の水の濃度分布の時間変化に伴い、その伸展方向が変化することが予想されるが、発表では混合物中の水の濃度分布の時間変化と割れ目形成の関係性についても報告を行う。

キーワード: 柱状節理, アナログ実験, 割れ目形成, マイクロフォーカスX線CT, 濃度分布

Keywords: columnar joint, analogue experiment, crack formation, Micro-focus X-ray CT, concentration distribution