

## Fluor-wagnerite as a petrogenetic indicator: first occurrence from the Eastern Ghats Granulite Belt, India Fluor-wagnerite as a petrogenetic indicator: first occurrence from the Eastern Ghats Granulite Belt, India

Kaushik Das<sup>1\*</sup>, Naotaka Tomioka<sup>2</sup>, SANKAR BOSE<sup>3</sup>, Jun-ichi Ando<sup>1</sup>  
DAS, Kaushik<sup>1\*</sup>, TOMIOKA, Naotaka<sup>2</sup>, BOSE, SANKAR<sup>3</sup>, ANDO, Jun-ichi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Earth and Planetary System Sciences, Hiroshima University, <sup>2</sup>ISEI, Okayama University, Misasa, <sup>3</sup>Department of Geology, Presidency University, Kolkata, India

<sup>1</sup>Department of Earth and Planetary System Sciences, Hiroshima University, <sup>2</sup>ISEI, Okayama University, Misasa, <sup>3</sup>Department of Geology, Presidency University, Kolkata, India

Accessory mineral phases in deep-crustal granulites often preserve plethora of information regarding the pressure-temperature-fluid evolution of the crust undergoing orogenesis. Their presence in different bulk compositions in granulites offer significant inputs to reconcile the *P-T* histories, as minor components present in these accessory phases may play crucial effects on the topology of petrogenetic grids. One such minor component is fluorine which is accommodated within accessory minerals and hydrous minerals in metapelitic granulites of 'appropriate' bulk compositions. Apatite is one of the common minerals that contain fluorine. On the other hand, wagnerite is rare phosphate mineral reported from some metapelitic granulites in different regional granulite terranes of the world.

The Eastern Ghats Belt of India evolved in phases in response to Proterozoic orogeneses in the span of c. 1.80-0.50 Ga. The high-temperature to ultrahigh temperature (UHT) granulites of this belt were retrogressed after emplacement to mid-crustal level as deduced from *P-T* history. Metamorphic fluid played an important role throughout this journey and its presence is characterized from mineralogical, theoretical and fluid inclusion analyses. Although wagnerite was previously reported from this belt, its composition is hydrous as presence of vapor fluid was interpreted to be responsible for its stability at the retrogressive stage of evolution. We report for the first time, presence of fluor-wagnerite in peak metamorphic porphyroblastic assemblages as well as retrograde matrix assemblages from Eastern Ghats Belt and explore its implication for the different stages of evolution of the lower crust. Fluor-wagnerite crystals develop inside garnet porphyroblasts of aluminous granulites as well as in the quartzofeldspathic matrix. Based on EPMA data and Micro-laser Raman analyses, we document an unusual high-Mg-F-rich chemistry of the mineral. Abundance of F over H<sub>2</sub>O implies brine-rich nature of the fluid which was earlier inferred from F-rich nature of phlogopite crystals from this belt. Apatite is characteristically absent in the primary assemblages containing wagnerite, except a very late occurrence decomposing the matrix wagnerite grains. We propose that, given the 'suitable bulk and fluid chemistry', fluor-wagnerite can occur as a common accessory mineral in lower-mid crustal rocks, and fluorine should be taken into consideration while reconciling the *P-T* grid in the higher temperature side of biotite-dehydration melting curve.

キーワード: Fluor-wagnerite, UHT granulites, EGB, India

Keywords: Fluor-wagnerite, UHT granulites, EGB, India

## 南インド・ナマッカル周辺で新たに確認された”エクロジャイト様”ざくろ石-単斜輝石岩について

### Petrology of eclogitic garnet-clinopyroxene rocks from Namakkal, southern India

飯沼 美奈子<sup>1\*</sup>, 角替 敏昭<sup>1</sup>, M. Santosh<sup>2</sup>

IINUMA, Minako<sup>1\*</sup>, TSUNOGAE, Toshiaki<sup>1</sup>, M. Santosh<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 筑波大・地球, <sup>2</sup> 高知大・理

<sup>1</sup> Univ. Tsukuba, <sup>2</sup> Kochi Univ.

インド半島南部には、550-530 Ma のピーク変成年代をもつ高温-超高温変成岩が広く分布している。これら変成岩類は、原生代末の Gondwana 超大陸集積時の造山運動によって形成されたものと考えられ、北に位置する太古代 Dharwar クラトンとの境界は、長さ約 300 km、幅約 50 km の Palghat-Cauvery 剪断帯によって定義されている。Palghat-Cauvery 剪断帯は大陸衝突時の縫合帯であると考えられ、時計回りの温度圧力経路を示す高温-超高温変成岩や高圧グラニュライトの存在が特徴的である。しかしながら、これら高圧-超高温変成岩の報告は主に剪断帯中部の Karur-Namakkal 地域からのものであり、変成温度圧力条件や温度圧力経路の広域的な変化については未だ明らかになっていない。そこで本研究では、Namakkal の南東に位置する Vadugappatti と Pavithram の 2 地域に産出するエクロジャイト様ざくろ石-単斜輝石岩の記載を行い、温度圧力経路を比較した。

Namakkal の南東約 20 km に位置する Pavithram 地域には、苦鉄質岩からなる 150x370 m の丘陵がみられる。この地域の主な岩相は、ざくろ石-単斜輝石岩、輝石、含ざくろ石苦鉄質グラニュライト、チャノックイトである。ざくろ石-単斜輝石岩は主にざくろ石と単斜輝石からなり、微量の斜方輝石、石英、斜長石を含む。ざくろ石の周囲に斜長石と斜方輝石からなるコロナ組織がみられることから、ざくろ石 + 石英 斜方輝石 + 斜長石という反応の進行が考えられる。この反応組織は Palghat-Cauvery 剪断帯の苦鉄質岩に普遍的にみられる減圧反応組織である。

一方 Pavithram 地域の西約 15 km に位置する Vadugappatti 地域のざくろ石-単斜輝石岩は粗粒の単斜輝石、斜方輝石、斜長石からなり、単斜輝石は、その周囲を内側から順に石英、ざくろ石によって取り囲まれる組織が見られる。反応生成物であるざくろ石は自形を呈する。以上の観察結果は、単斜輝石 + 斜長石 ざくろ石 + 石英という、Pavithram 地域のざくろ石-単斜輝石岩とは逆の反応組織の進行を示唆している。このようなざくろ石 + 石英を形成する反応組織は、高温条件からの等圧減温過程において形成されたものと考えられる。

ざくろ石と単斜輝石を用いた地質温度計を適用した結果、Pavithram 地域は 790-810 °C、Vadugappatti 地域は 810-830 °C という温度条件が得られた。シュードセクション法を用いた予察的な解析からは、ざくろ石 + 斜方輝石 + 単斜輝石 + 石英 + ルチル組み合わせから 17 kbar を超えるエクロジャイト相の累進変成作用が確認された。

以上のような組織観察と変成条件の計算結果から、Pavithram 地域は高圧条件からの減圧と時計回りの温度圧力経路を示し、先行研究による Namakkal 地域の苦鉄質グラニュライトの研究結果と調和的である。一方、Vadugappatti 地域にみられる減温組織は、高温条件からの温度低下あるいは反時計回りの温度圧力経路を示すものであり、今までに当該地域周辺から報告された温度圧力経路とは全く異なる。このような上昇経路の異なるざくろ石-単斜輝石岩の存在は、Gondwana 大陸衝突時の剪断帯と考えられる Palghat-Cauvery 剪断帯に沿って、変成条件の異なる様々な岩体がレンズ状に含まれている可能性を示唆している。

## 小豆島における領家帯の同時性苦鉄質岩脈のマグマプロセス Magmatic process of synplutonic mafic dykes in Ryoke belt at Shodo Island, southwest Japan

小泉 奈緒子<sup>1\*</sup>, 奥平 敬元<sup>1</sup>, 隅田 祥光<sup>2</sup>

KOIZUMI, Naoko<sup>1\*</sup>, OKIUDAIRA, Takamoto<sup>1</sup>, SUDA, Yoshimitsu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 大阪市立大学理学研究科, <sup>2</sup> 明治大学黒耀石研究センター

<sup>1</sup>Osaka City University, <sup>2</sup>Meiji University

領家帯の珪長質火成岩体中には、しばしば同時性の苦鉄質岩脈が見られ、これらはマグマ生成の熱源やマグマ混合による組成変化の要因になるなど、岩体の形成において深く関わっていると考えられている(吉倉・熱田, 2000)。香川県小豆島に分布する領家帯の火成岩類中には、同時性・非同時性の岩脈が多数存在する(Ishihara et al., 2003)。これらの苦鉄質岩脈は、母岩である古期領家花崗岩類の活動期に貫入したのち活動終了後に貫入したものまで、その貫入時代がさまざまであることが知られている。本研究では、小豆島南部に分布する田ノ浦斑れい岩質複合岩体(横山, 1980)の斑れい岩やトータル岩に貫入する同時性の苦鉄質岩脈の解析を行い、これらの記載岩石学的・岩石化学的特徴について報告し、そのマグマプロセスについて考察を行う。

本研究では、母岩との境界が明瞭で、露頭において母岩との化学的混合の影響が見られないと考えられる苦鉄質岩脈の試料のみを用いた。母岩は、トータル岩質から斑れい岩質のものまで変化に富んでおり、多様である。一方、岩脈を構成する岩石は、斜長石、角閃石、黒雲母を主成分鉱物とし、多くの試料で石英を含有している、数mm程度の斜長石斑晶が含まれるなど、構成鉱物が類似している。また、各試料の斜長石斑晶コアの大半は、An成分に富んでおり、組成的にほぼ均質である。コアの形状には、融食痕が見られるものが多く、しばしば黒雲母、角閃石のインクルージョンを含むことがある。斜長石斑晶コアのAnの最大値は、An<sub>81-94</sub>であるが、高Anの斜長石コア周囲にovergrowthしているリム部分の組成は、マトリックスの組成に類似する。斑晶リムおよびマトリックス斜長石の平均値は、An<sub>37-58</sub>である。

得られた試料の全岩化学組成は、SiO<sub>2</sub>含有量が50-62 wt.%であり、MgOやCaOなどの元素においては、その含有量がSiO<sub>2</sub>含有量に対して直線的に変化し、LIL元素やアルカリ(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O: 3.3-5.6 wt.%)に富んでいる。また、N-MORB規格の微量元素組成図上では、すべての試料が類似したパターンを示し、全岩組成における各元素のバリエーションと斜長石の化学組成との間に相関は見られない。

各試料は、母岩の組成の多様性だけでなく、母岩に貫入した時期にもバリエーションが存在するにも関わらず、よく似た全岩化学組成パターンや鉱物組み合わせを示す。SiO<sub>2</sub>含有量に対する各元素の含有量が直線的に変化することから、岩石の部分溶融やマグマの結晶分化、マグマ混合などの可能性が示唆される。しかし、試料に含まれる斜長石の組成がバイモーダルな値を持つこと、斑晶コアのAn含有量の最大値が全岩組成変化に依存せず、ほぼ一定であることなどから、本研究の試料における全岩化学組成変化に大きく寄与しているのはマグマ混合であることが推定される。マグマから晶出する斜長石の組成は、メルト中の含水量に大きく依存することが知られており、H<sub>2</sub>Oに富んだメルトは、斜長石のリキダス温度が低くなるため、高Anの斜長石を晶出するとされる(Housh and Luhr, 1991; Takagi et al., 2005など)。高An斜長石コアに角閃石や黒雲母が包有されていることは、斜長石コアがH<sub>2</sub>Oに富んだ、比較的低温のメルトから晶出したことを支持する。また、融食痕が見られる斜長石コアの多くはAnに富んでおり、このことは高Anの斜長石が安定な環境下でこれらが晶出した後に、メルトと非平衡な環境を経験したことを物語る。コアの外側にovergrowthしているリム部はAnに乏しい組成を持つことから、マグマ混合によって斜長石が融食を起こした後、混合後のメルトと平衡な、Anに乏しい組成が周囲に晶出したと推定される。マグマ混合における端成分について、Ratajeski et al.(2005)による下部地殻由来の玄武岩質岩石を用いた含水融解実験によって得られたメルト組成を、SiO<sub>2</sub>含有量に対する全岩化学組成変化図にプロットすると、本研究で得られた化学組成変化トレンドの延長上に部分溶融メルト組成が位置する。このことから、これに類似した珪長質マグマが、本研究における試料のマグマ混合の珪長質端成分であると考えられる。先行研究(Kutsukake, 2002など)の結果からは、領家花崗岩類の起源マグマは、下部地殻の苦鉄質岩石の部分溶融によって生じたことが示唆されている。Ratajeski et al.(2005)の実験における部分溶融メルトのREE組成パターンは、Kutsukake(2002)に示される下部地殻起源の岩石組成と類似している。これらを本研究の結果を合わせると、下部地殻で生じた部分溶融マグマが苦鉄質マグマと混合することによって、苦鉄質岩脈を形成したマグマが生成された可能性が示唆される。

キーワード: 苦鉄質岩脈, マグマプロセス, 地球化学, 鉱物組成

Keywords: mafic dyke, magmatic process, geochemistry, mineral chemistry

## かんらん石 単斜輝石岩類の成因：佐賀県高島の捕獲岩の例 Petrogenesis of olivine-clinopyroxene rocks: an example from the Takashima xenolith suite, northern Kyushu

室井 律子<sup>1\*</sup>, 荒井 章司<sup>2</sup>

MUROI, Ritsuko<sup>1\*</sup>, ARAI, Shoji<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 金沢大・自然・地球, <sup>2</sup> 金沢大・理工・地球

<sup>1</sup>Dept. Earth Sci., Kanazawa Univ., <sup>2</sup>Nat. Sci. Tec., Kanazawa Univ.

Olivine-clinopyroxene rocks (dunite, wehrlite, olivine clinopyroxenite and clinopyroxenite) very frequently occur as ultramafic xenoliths in volcanics and as plutonic rocks in ophiolites. Dunites and olivine-clinopyroxenites can be formed by cumulates during fractional crystallization, but wehrlites, intermediate in mode and very frequently observed, cannot be formed in the same work. Olivine-clinopyroxene rocks containing green clinopyroxene from the Takashima xenolith suite, northern Kyushu, show a gradual variation ratio of olivine to clinopyroxene from dunite to clinopyroxenite. The olivine-clinopyroxene rocks from Takashima are examined to understand their formation processes. They have recrystallization textures formed at subsolidus conditions, leading to change of Mg# ( $=\text{Mg} / (\text{Mg} + \text{total Fe})$  atomic ratio) of olivine and clinopyroxene. Based on compositions and modal amounts of olivine and clinopyroxene from high temperature magmatic values, the igneous Mg# of olivine and clinopyroxene is recalculated to be 0.927-0.902 for dunites, 0.869-0.854 for wehrlites, and 0.886-0.876 for clinopyroxenites. Relationships between the Fo content and the NiO content of olivine and the Cr/(Al+Cr)atomic ratio of spinel suggest that these rocks were basically formed by crystal accumulation in fractional crystallization. The Takashima dunites and clinopyroxenites are cumulates by fractional crystallization. Intermediate wehrlites are a mixture of accumulated crystals of olivine with high Mg#s and olivine-clinopyroxene precipitated crystals with lower Mg#s from evolving intercumulus melt. These crystals were homogenized structurally and compositionally through subsolidus recrystallization.

キーワード: かんらん石 単斜輝石岩類, ウェールライト, 分別結晶作用, 粒間メルト, 高島捕獲岩

Keywords: olivine-clinopyroxene rocks, wehrlite, fractional crystallization, intercumulus melt, Takashima xenolith suite

## 中新世アルカリ玄武岩活動による大陸リソスフェアの改変：愛媛県新宮ガブロ質捕獲岩からの岩石学的証拠 Modification of continental lithosphere by the Miocene alkali basaltic activity recorded in gabbroic xenoliths in Shingu

野口 渉<sup>1\*</sup>, 水上 知行<sup>1</sup>, 荒井 章司<sup>1</sup>, 田村 明弘<sup>2</sup>

NOGUCHI, Wataru<sup>1\*</sup>, MIZUKAMI, Tomoyuki<sup>1</sup>, ARAI, Shoji<sup>1</sup>, TAMURA, Akihiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 金沢大学大学院自然科学研究科, <sup>2</sup> 金沢大学フロンティアサイエンス機構

<sup>1</sup>Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, <sup>2</sup>Frontier Science Organization, Kanazawa University

Miocene alkali basaltic dikes in the Shingu area, Ehime Prefecture, brought up abundant crustal and mantle fragments. They bear the information of the petrological structure beneath the region at the beginning of subduction of the Philippine Sea plate. We provide results of petrological examinations on the xenoliths and discuss the chemical diversities in magmas at the east Eurasian continental margin.

The gabbroic xenoliths in the Shingu can be classified into three groups: Amph-bearing gabbro (A type), brown Cpx-bearing gabbro-pyroxenite (B type) and gabbronorite (C type). The microtextures of the A-type gabbro are almost granoblastic with local subhedral Pl. The Hbl-Pl thermometry indicates the lowest equilibration temperature among the Shingu mafic and ultramafic xenoliths. Therefore, they probably formed a part of the lower crust beneath the Shingu. The B type gabbro-clinopyroxenite has petrographical features similar to the Group2 xenoliths that are considered as cumulates from an alkali basaltic magma. The C type gabbronorite contains granular Cpx with abundant exsolutions of Opx and brownish interstitial Cpx with no exsolution. High temperature crystallization (1250°C) and re-equilibration (1050-1100°C) are estimated for the gabbronorite, indicating that they were located at a mantle depth. Mineral chemistry of exsolution-rich Cpx in gabbronorite (C type) is richer in Cr and Mg and has a lower abundance of REE than Cpx in groundmass of the host alkaline basalt and the B-type gabbros whereas Pl is richer in alkaline elements. The major and trace element mineral chemistry of the interstitial Cpx is similar to the B type Cpx. These textural and chemical features indicate that the C type gabbronorite were modally metasomatized by an alkaline magma that have crystallized the B-type cumulates.

In order to explain the silica-saturated and Cr-rich but highly alkaline nature of the magma for the C type gabbronorite, we consider assimilation of Opx in lithospheric mantle by ascending alkali basaltic magma. Model calculation including Opx assimilation and subsequent fractionation of Cpx largely reproduces the chemical signatures of Cpx in gabbronorite. The significantly HFSE-enriched geochemical character implies a separation of carbonatite melt in the magmatic evolution. Considering the highly potassic nature of the C type, the original alkaline magma was formed by a low degree of partial melting of mantle probably at the earliest stage of the alkaline magma activity in the SW Japan. Such a silica-undersaturated magma modified the lithospheric structure beneath SW Japan by removing Opx from peridotite in mantle and by crystallizing gabbronorite at around the Moho.

## 早池峰 - 宮守かんらん岩体の Re 枯渇年代と全岩化学組成

### Osmium isotopic and major element compositions of the fresh harzburgite from the Hayachine-Miyamori ophiolitic complex

芳川 雅子<sup>1\*</sup>, 小澤 一仁<sup>2</sup>, 鈴木 勝彦<sup>3</sup>, 柴田 知之<sup>1</sup>

YOSHIKAWA, Masako<sup>1\*</sup>, OZAWA, Kazuhito<sup>2</sup>, SUZUKI, Katsuhiko<sup>3</sup>, SHIBATA, Tomoyuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 京都大・地球熱学, <sup>2</sup> 東大・理系・地惑, <sup>3</sup> 海洋研究開発機構

<sup>1</sup>IGS, Kyoto Univ., <sup>2</sup>Univ. Tokyo, EPS, <sup>3</sup>IFREE, JAMSTEC

The Hayachine-Miyamori ophiolitic complex in the Kitakami Mountains, northeastern Japan is located in the Hayachine Tectonic Belt, which is one of the oldest geological terrane in Japan and consists of ultramafic tectonite and cumulate members corresponding to the lower ultramafic sections of ophiolites (e.g. Ozawa, 1984; Ehiro, 2000). Peridotites in this complex are extensively serpentinized (most of them consists of > 60 % serpentine; Ozawa, 1988). The tectonite member is divided into two suites on the basis of spinel Cr-number ( $Cr\# = 100 \times Cr / (Cr + Al)$ ): aluminous spinel ultramafic suite (ASUS;  $Cr\# < 40$ ) and chromite-bearing ultramafic suite (CSUS;  $Cr\# > 40$ ; Ozawa, 1988). The Sm-Nd isotopic data with trace element compositions of clinopyroxenes of this complex suggest that the complex experienced partial melting events around 450 Ma ago with influx of three agents derived from the subducting slab (Ozawa and Shimizu, JGR, 1995; Ozawa, JGR, 2001; Yoshikawa & Ozawa, GR, 2007).

We found a least serpentinized boulder of spinel harzburgite (73003) belonging to CSUS and determined a bulk-rock major element compositions and  $^{187}Re/^{188}Os - ^{187}Os/^{188}Os$  isotopic ratios. The sample 73003 is characterized by high CaO and low  $Al_2O_3$  contents than other orogenic peridotites. Similar feature was observed from the Victoria peridotite xenoliths (Yaxley et al., 1991). Yaxley et al. (1991) proposed carbonatite metasomatism for the high CaO and low  $Al_2O_3$  of the xenoliths from the following lines of evidence; (1) replacement of primary orthopyroxene by clinopyroxene and olivine, which may be attributed to the reaction between orthopyroxene and  $CO_2$ -rich melt to produce clinopyroxene and olivine, (2) presence of accessory apatite, which can be produced by reaction from primary olivine + diopside + carbonatite melt to secondary orthopyroxene + haloapatite, (3) high bulk-rock  $CaO/Al_2O_3$  value and extreme large ion lithophile element (LILE) enrichment without concomitant  $TiO_2$  enrichment. CSUS peridotites have petrological and geochemical features consistent with (2) and (3), although the replacement of orthopyroxene by clinopyroxene + olivine has not been observed in CSUS peridotites. The modal abundances of clinopyroxene in CSUS peridotites, however, are as high as or even higher than in ASUS peridotites which have lower  $Cr\#$  ratios indicating less degree of melting than CSUS peridotite. It suggests addition of clinopyroxene by influx of a CaO-rich agent. On the basis of the above observations, we infer that CSUS peridotites underwent influx of a silicate-carbonatite melt most probably from subducted slab.

The  $^{187}Os/^{188}Os$  isotopic ratio (0.1235) of sample 73003 is consistent with those of present average abyssal peridotite (0.1238,  $n=96$ ; Rudnick & Waker, *Lithos*, 2009) and the Izu-Bonin fore-arc mantle peridotites (0.1193 - 0.1273; Parkinson et al., *Science*, 1998). The Re-depletion age of this sample is around 500Ma. This age is consistent with the K-Ar amphibole ages (480 - 520 Ma) of the Matsugadaira-Motai metamorphic rocks which have been interpreted as formed at the subduction zone (Kanisawa et al., *GKK*, 1992). The Os isotopic results thus strongly support open-system melting at subduction zone as presented by the previous studies.

キーワード: Os 同位体, 早池峰 - 宮守かんらん岩体, 全岩化学組成, 交代作用

Keywords: Os isotopic composition, Hayachine-Miyamori ophiolitic complex, whole rock compositions, metasomatism by silicate-carbonatite melt

## 鹿児島県, 屋久島花崗岩体の希土類元素組成

## Rare earth element composition of the Yakushima granitic body, Kagoshima Prefecture

川野 良信<sup>1\*</sup>

KAWANO, Yoshinobu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 立正大学地球環境科学部環境システム学科

<sup>1</sup> Faculty of Geo-environmental Science, Rissho University

中期中新世に活動した屋久島花崗岩は鹿児島県屋久島の四万十層群に接触変成作用を与えて貫入している。岩石は基盤岩との接触部に露出する堇青石を含む周縁相 (MFG), 屋久島花崗岩の主体を構成する主岩相 (YMG), 主岩相の中央部分に露出し堇青石を含有する花崗閃緑岩相 (CGD), 堇青石とザクロ石を特徴的に含む花崗岩相 (CCG) に大別され、後に局所的に貫入した花崗岩質岩脈 (LGD) が随所に認められる。これら花崗岩類についての構造地質学・岩石学的研究および年代学的研究は Anma et al.(1998), 安間ほか (2003) 等で行われ、川野ほか (2007) は主岩相に認められる Sr 同位体比初生値 (以下, SrI と略) の累体構造とそれから導かれる岩体の成因について考察した。

本研究では屋久島花崗岩について岩相毎に希土類元素組成を求め、それぞれの特徴を明らかにした。岩体中央部に露出する CGD と CCG は La/Lu 比および総 LREE/総 HREE 比が相対的に高く、重希土に乏しい特徴を示す。また、Eu の負のアノマリーはほとんど認められず、斜長石の分別が行われていないことを示している。最も露出範囲の広い YMG は相対的に低い La/Lu 比および総 LREE/総 HREE 比を示し、Eu の負のアノマリーが顕著な試料も含まれる。そして、それらの試料は SrI が 0.702~0.704 と比較的低い。それに対して YMG のうち SrI が 0.705~0.707 の試料は概ね Eu の負のアノマリーが小さい。ただし、SrI が 0.706 の試料には若干の Eu の負のアノマリーが認められる。YMG では岩体の中央部で SrI が低く、周縁部で高くなる傾向があるため (川野ほか, 2007), 中央部で斜長石の分別が進んでいることを示している。MFG は Eu の負のアノマリーは認められず、総 LREE/総 HREE 比も YMG と同程度である。また、LGD の REE パターンは負の Eu アノマリーによって特徴づけられ、La/Lu 比および総 LREE/総 HREE 比が最も小さい。

これらの REE 組成の特徴から YMG と MFG, CGD と CCG, LGD の 3 者はそれぞれ異なる起源をもつと推定される。また、YMG の REE パターンは複雑であり、SrI から推定されるマグマの混合によって形成されたのかもしれない。

キーワード: 屋久島, 花崗岩, 希土類元素

Keywords: Yakushima, Granite, Rare earth element

## 埼玉県西部, 秩父鉱山周辺に分布する秩父岩体のマグマプロセス Magma process of the granitic rocks around the Chichibu mine, Saitama Prefecture

高橋 美織<sup>1\*</sup>, 川野 良信<sup>2</sup>

TAKAHASHI, Miori<sup>1\*</sup>, KAWANO, Yoshinobu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 立正大学・院・地球環境, <sup>2</sup> 立正大学・地球環境

<sup>1</sup>Geo-environmental Science, Rissho University, <sup>2</sup>Geo-environmental Science, Rissho University

埼玉県西部の秩父鉱山周辺には、石英閃緑岩やトーナル岩を主体とする秩父岩体が分布している (Ishihara et al, 1987)。秩父岩体は秩父北岩体と秩父南岩体に細分され、周囲に小規模な小岩体を伴っている (原ほか, 2010)。秩父岩体の放射年代は 6.3 ~ 5.9Ma を示し、新第三紀中新世に活動したと考えられている (Ueno and Shibata, 1986; Saito et al., 1996)。このように秩父岩体については、5 万分の 1 地質図幅調査や秩父鉱山と関連した研究、年代学的研究が行われているものの、岩体の形成プロセスについて論じた研究は未だ行われていない。本研究では、秩父北岩体・秩父南岩体から試料を採取し、鏡下観察、モード分析、XRF による全岩化学分析、SEM-EDX による鉱物の定量分析を行ない、秩父南岩体を例として形成プロセスについて検討した。

鏡下観察およびモード分析結果から、秩父南岩体の岩体周縁部は角閃石に対して黒雲母が相対的に多く、中央部では黒雲母より角閃石が多くなる傾向が認められる。

全岩化学分析結果から、秩父南岩体は SiO<sub>2</sub> 値の増加に伴い、A.S.I 値が 0.80 ~ 1.1 未満の範囲で増加し、I タイプ的花崗岩類の特徴を有する。また、A.S.I 値は、秩父南岩体の中心部に近づくにつれ低くなり、周縁部に近づくとき高くなる傾向が認められる。微量元素は LIL 元素に富み、HFS 元素に乏しい特徴が認められ島弧に特徴的な初生マグマを起源としていると考えられる。

以上の事から、秩父南岩体のマグマプロセスは、島弧において地下深部で形成されたマグマが斜長石や角閃石を晶出しつつ、秩父帯堆積層に貫入する。その際に岩体周縁部ではマグマと堆積岩が反応する。その結果、周縁部のマグマは局部的にアルミナスになり、黒雲母の晶出が促進される。最終的に中央部では角閃石がそのまま晶出を続けたため、南岩体の中央部では角閃石が、周縁部では黒雲母が相対的に多くなったと考えられる。

キーワード: 秩父岩体, 花崗岩類, マグマプロセス

Keywords: Chichibu body, granitic rocks, magma process

## 栃木県宇都宮市，羽黒山に産するアルカリ流紋岩 Alkali rhyolite found in Mt. Haguro, Tochigi Prefecture, central Japan

清水 隆一<sup>1\*</sup>, 川野 良信<sup>1</sup>

SHIMIZU, Ryuichi<sup>1\*</sup>, KAWANO, Yoshinobu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 立正大学

<sup>1</sup>Rissho University

栃木県宇都宮市の羽黒山には流紋岩が分布している。羽黒山流紋岩は、吉川 (1998) によって地質・層序学的な研究が行われ、全岩 K-Ar 法によって 14.2±0.4 Ma の年代値が報告されている。また、本流紋岩は斑晶として、石英、斜長石、黒雲母を産する。しかし、全岩化学組成などの岩石化学的な特徴については報告がなされていなかった。

本研究では羽黒山流紋岩の全岩化学分析、および鉱物化学分析を行った。本流紋岩の全岩 SiO<sub>2</sub> 量は約 77 ~ 79wt% で、総アルカリ (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) は 7 ~ 9wt% 含まれている。これは青木 (1989) の定義するアルカリ流紋岩の特徴 (SiO<sub>2</sub> が 68wt% 以上、総アルカリが 8 ~ 12wt% 程度) とほぼ一致している。また、鉱物化学分析の結果から、本流紋岩はアルカリ長石を含むことが明らかとなった。したがって、本流紋岩に含まれる鉱物の組み合わせも、アルカリ流紋岩の特徴 (青木, 1989) と矛盾しない。以上のことから、羽黒山流紋岩はアルカリ流紋岩であると判断される。

N-MORB で規格化した不適合元素パターンは、LIL 元素に富み、HFS 元素に乏しい島弧の火山岩の特徴を有している。しかしながら、LIL 元素のうち Sr だけは顕著な枯渇が認められた。また、chondrite で規格化した REE パターンでは、Eu の負の異常が検出される。さらに、全岩主成分の CaO は約 0.3 ~ 0.6wt% 含まれ、総アルカリに比して乏しい。これらの元素の挙動は、本流紋岩がアノーサイト成分に富む斜長石を分別したことを反映しているものと考えられる。

キーワード: 栃木県宇都宮市, 新第三系中新統, アルカリ流紋岩

Keywords: Utsunomiya city, Miocene, Alkali rhyolite

## 仰木トータル岩に産するアルカリ長石の相分離組織 Exsolution textures in alkali feldspar from the Ohgi tonalite

高谷 真樹<sup>1\*</sup>, 下林典正<sup>1</sup>, 三宅 亮<sup>1</sup>TAKAYA, Masaki<sup>1\*</sup>, Norimasa Shimobayashi<sup>1</sup>, MIYAKE, Akira<sup>1</sup><sup>1</sup> 京大・理<sup>1</sup> Kyoto Univ.

仰木トータル岩は西南日本後期白亜紀～古第三紀花崗岩類の一つであり、京都府 滋賀県境に分布する。この岩体は主にトータル岩～花崗閃緑岩からなり、丹波帯堆積岩コンプレックスに貫入している(木村ほか, 1998)。仰木トータル岩については、これまで産状の報告や一部の岩相において地球化学的研究が行われてきているが、岩体の記載的・成因的詳細は明らかにされていない。筆者は、この岩体の一部から見出した斜方輝石を含む斑状花崗岩質岩を用いて温度圧力条件の推定(高谷ほか, 2009)およびLA-ICP-MSを用いたジルコンのU-Pb年代測定(高谷ほか, 2011)を行い、岩体に関する基礎データを蓄積してきた。今回、この岩石に含まれるアルカリ長石について走査型電子顕微鏡および透過型電子顕微鏡を用いた記載鉱物学的研究を行った結果、スピノーダル分解および核形成・成長の2機構の相分離組織がアルカリ長石単結晶内に見出されたので、その観察結果について報告する。

斜方輝石を含む斑状花崗岩質岩に含まれるアルカリ長石は長軸約200 μmの半自形から他形の柱状結晶として産し、その多くは一部あるいは全域が汚れている。結晶の清澄な領域においてラメラ状の相分離組織が観察される。清澄な領域のバルク組成は $Or_{57-71}Ab_{24-38}An_{1.8-3.1}Cn_{0.4-3.4}$ で、BaOを最大1.8 wt% (セルシアン成分;  $Cn=3.4$  mole%)含む。このアルカリ長石にはCn成分についての組成累帯構造が認められ、結晶の中央ではCn成分が高くほぼ一定で(core)、周縁部に向かって減少し(mantle)、周縁部ではほとんど含まれない(rim)。Cn成分の分布とラメラ状相分離組織の大きさとの間にはおおまかな関連性が認められ、core領域は認識の容易な比較的粗いラメラ状組織が生じ、稀にラメラ状組織が非常に細かい領域(あるいは1相に見える領域)も認められる。mantle領域はラメラ状組織が細かい(あるいは1相に見える)傾向がある。rim領域では粗いラメラ状組織が発達しているが、結晶によっては粗いラメラ状組織の内側に1相に見える領域が認められる。

粗いラメラ状組織(bulk組成:  $Or_{58-61}Ab_{34-37}An_{2.1-2.5}Cn_{2.9-3.3}$ )および非常に細かいラメラ状組織(bulk組成:  $Or_{57}Ab_{38}An_{2.2}Cn_2$ )が共存するcoreと1相に見えるrim(bulk組成:  $Or_{62}Ab_{36}An_{1.9}Cn_{0.5}$ )を有するアルカリ長石単結晶において、集束イオンビーム加工装置を用いてそれぞれの領域から試料を作製し、透過型電子顕微鏡観察を行った。core領域の粗いラメラ状組織は波長の周期性が悪く2相の界面が直線的であり、核形成・成長機構によって相分離組織が生じたことが示唆される。一方で、細かいラメラ状組織はその周期性が良く、2相の界面はシャープではあるものの直線的でなく波打っていることからスピノーダル分解機構によって生じたことが示唆される。また、rim領域にはラメラ状組織の存在が明らかとなり、その組織の特徴はcore領域の細かいラメラ状組織と類似する。以上の観察より、Cn成分の高くほぼ一定なcore領域において、およそ $Or_{57}$ を境にしてOr-richな領域に核形成・成長機構、Or-poorな領域にスピノーダル分解機構によって生じた相分離組織が発達することが明らかとなった。加えて、Cn成分をほとんど含まず、よりOr-rich( $Or_{62}$ )なrim領域にスピノーダル分解組織が認められたことから、Cn成分に富むことによりスピノーダル分解の生じうる組成領域がOr-poor側へシフトすることが考えられる。すなわち、ある温度でのスピノーダル境界はBa含有量の増加に伴って、よりOr-poorになることが示唆された。この傾向は、Lagache and Catel (1992) や Viswanathan (1992) などが示唆する、Cn成分の増加とともにアルカリ長石の平衡ソルバス(Orに富む側)がOr-poorになる傾向と調和的である。

キーワード: アルカリ長石, 離溶組織, スピノーダル分解, 核形成・成長, セルシアン, 仰木トータル岩

Keywords: alkali feldspar, exsolution texture, spinodal decomposition, nucleation and growth, celsian, Ohgi tonalite

## 鹿児島県竹島産灰長石巨晶の鉱物学

### Mineralogy of anorthite megacrysts from Take-shima, Kagoshima Prefecture, Japan

松井 智彰<sup>1\*</sup>, 荒川洋二<sup>2</sup>, 木股三善<sup>2</sup>, 星野美保子<sup>3</sup>, 越後拓也<sup>4</sup>, 西田憲正<sup>2</sup>

MATSUI, Tomoaki<sup>1\*</sup>, ARAKAWA, Yoji<sup>2</sup>, KIMATA, Mitsuyoshi<sup>2</sup>, HOSHINO, Mihoko<sup>3</sup>, ECHIGO, Takuya<sup>4</sup>, NISHIDA, Norimasa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>鹿児島大学, <sup>2</sup>筑波大学, <sup>3</sup>産総研・鉱物資源, <sup>4</sup>物材機構・ジオ機能材料

<sup>1</sup>Kagoshima Univ., <sup>2</sup>Univ. Tsukuba, <sup>3</sup>AIST, <sup>4</sup>NIMS

Anorthite megacrysts of about about 1 cm in maximum diameter are found as phenocrysts in the basaltic lavas from Take-shima, Kagoshima Prefecture, Japan. Take-shima is an island located about 40 km SSW of the southern tip of Satsuma peninsula. The island lies at the northeast edge of Kikai caldera, which measures 17 x 20 km<sup>2</sup>, and is one of the large calderas in southern Kyushu (Matsumoto, 1943). Most of the caldera except for three islands, Take-shima, Satsuma-Iou-jima and Shin-Iou-jima, lies below the sea level. The anorthite megacrysts occur in the basalt which is supposed to erupt from Magomeyama, pre-caldera volcano in Take-shima. Similar anorthite megacrysts have been found in the basalt from Satsuma-Iou-jima (Ono et al., 1981). The purpose of this work is to understand the mineralogical significances of anorthite megacrysts from Take-shima, and reveal the genetic mechanism behind these megacrysts.

Thin section were made from fragments with anorthite megacrysts, and observed under a high-magnification polarizing microscope, Nikon ECLIPSE E600 POL. A polarizing stereoscope, MEIJI TECHNO EMZ-5POL-2 was also employed to study microstructure and optical property throughout the megacryst in the same view. For mineral identification, X-ray powder patterns were obtained using a RIGAKU Ultima IV Protectus, X-ray diffractometer with monochromated CuK $\alpha$  radiation (40 kV, 40 mA) at Faculty of education, Kagoshima University. Software PDXL was used for mineral identification. Refinement of cell parameters was carried out using a single-crystal diffractometer, Rigaku R-Axis RAPID at the Chemical Analysis Center, University of Tsukuba. Chemical analyses were carried out using a JEOL JXA-8530F EPMA (20 kV, 1.0 x 10<sup>-7</sup> A for qualitative analyses; 20 kV, 1.0 x 10<sup>-8</sup> A for quantitative analyses and BSE image observation) at the Chemical Analysis Center, University of Tsukuba. ZAF online full matrix corrections were used for quantitative analyses (Reed, 1996). Compositional maps were obtained using a HORIBA XGT-5000 X-ray analytical microscope (50 kV, 1.00 mA) at the Chemical Analysis Center, Kagoshima University.

The megacryst, reaching a maximum size of about 1 cm in diameter, are mainly found as phenocryst in augite-bearing olivine basalt. The anorthite megacrysts show slight optical zoning. Zonal arrangement of opaque minerals and micro-bubble inclusions are common in the specimens. Moreover they often contain several corroded inclusions of olivine, and albite twins occur in every specimen. Though powder X-ray diffraction pattern of the megacryst shows that an ordered P-1 anorthite is the most likely candidate, single-crystal X-ray diffraction data suggests the structure with  $c = 0.7$  nm cell. X-ray analytical microscope and electron microprobe studies reveals that the megacryst is chemically homogeneous, whereas BSE image shows a slight oscillatory zoning. It indicates Anorthite content of the megacryst is about 94 mol%. Because a trifling amount of Fe and excess Si are detected by EPMA, minor end-members of FeAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, CaFeSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub> and [ ]Si<sub>4</sub>O<sub>8</sub> are incorporated into the present megacryst.

Though further investigation is required for completely understanding the formation of the anorthite megacryst from Take-shima, this new work provides fundamental information about the history of magmatic system related to anorthite megacryst formation under island arc. The presence of oscillatory zoned micro-bubble inclusions implies the oscillation in pressure, temperature or vapor pressure occurred at a certain narrow range around the melting point of anorthite. The textural feature seems to be consistent with limited chemical zonation observed in BSE image. Both the above implication and the presence of corroded olivine inclusions as a nucleus lead to the megacrystallization of chemically almost homogeneous anorthite in host magma, which offers a good example of Ostwald ripening in nature.

Keywords: anorthite, megacryst, Take-shima, oscillatory zoning, Ostwald ripening

## シベリア石とパラシベリア石の安定領域 The stable region of sibirskite and parasibirskite

狩野 正裕<sup>1\*</sup>

KANO, Masahiro<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 岡山大学大学院自然科学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Natural Sci., Tec., Okayama Univ.

### 1. 研究目的

日本の岡山県高梁市布賀には、高温型のゲーレン石-スパー石スカルンが存在し、世界的に珍しい鉱物が数多く産出している。このスカルンの形成の後期、および形成後にホウ素を含む熱水が流入したことにより、ホウ酸塩鉱物が形成された。初生鉱物は無水の武田石 (Ca<sub>3</sub>B<sub>2</sub>O<sub>6</sub>) (Kusachi et al., 1995) と考えられており、その後様々な含水ホウ酸塩鉱物が生成したと考えられている。この時形成された含水ホウ酸塩鉱物であるシベリア石 (Kusachi et al., 1997) とパラシベリア石 (Kusachi et al., 1998) は多形の関係にある。パラシベリア石の合成は Schafer (1968) などで、シベリア石の合成は Sun 他 (2011) で報告されている。本研究ではシベリア石の合成を行い、その安定温度圧力条件を明らかにした。

### 2. シベリア石とパラシベリア石

シベリア石は含水ホウ酸塩鉱物 CaHBO<sub>3</sub> であり、ロシアに多数の産地が在り、日本の布賀鉱山は第三の産地である。ガラス光沢を持ち白色で、薄片では無色である。布賀鉱山においては、長さ 0.1mm、幅 0.02mm ほどの、角柱の結晶の集合体として産出し、武田石、パラシベリア石、フロロフ石、方解石などと共生していて、単斜晶系 P21/a である。格子定数は、a=8.643(6)、b=9.523(3)Å、 $\beta=119.23(3)^\circ$  である (Kusachi et al., 1997)。

パラシベリア石はシベリア石の多形であり、布賀鉱山で初めて発見された新鉱物である。弱い真珠光沢を持ち白色で、薄片では無色である。布賀鉱山においては、40 × 20 × 3 μm ほどの大きさの板状結晶の集合体として産出し、武田石、シベリア石、フロロフ石、方解石などと共生していて、単斜晶系 P21/m である。格子定数は、a=6.722(4)、b=5.437(2)、c=3.555(2)Å、 $\beta=93.00(5)^\circ$  である (Kusachi et al., 1998)。

### 3. 実験結果

#### 3-1 武田石からの合成

布賀では、武田石の熱水変質作用によってシベリア石とパラシベリア石が生成したと考えられている。そこで、天然の武田石にホウ酸と水を加え、その量、温度、圧力、合成期間を代えて熱水合成を行いその生成物を調べた。反応式は、



である。

温度を 350 と 400 とした合成では、ほかの条件に関係なく、無水のホウ酸塩鉱物であるカルシボライト (CaB<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) が形成されるか、ピークが低く、同定ができなかった。温度が 300、ホウ素の割合が 30 と 40%、水の割合が 12.5 と 25% で、7 日間合成した時、シベリア石と、パラシベリア石、そして、含水ホウ酸塩鉱物であるプライサイト (Ca<sub>4</sub>B<sub>10</sub>O<sub>10</sub>·H<sub>2</sub>O) が形成された。同じ条件で合成の期間を 14 日間にした場合、シベリア石のみが形成された。

#### 3-2 シベリア石とパラシベリア石の安定温度と圧力

シベリア石が安定である温度圧力条件を調べるため、シベリア石とパラシベリア石の混合試料に水を加え、温度は 50 毎に 200 から 450 まで、圧力は 500 気圧毎に 500 気圧から 1500 気圧までの範囲で条件を変えて熱水合成を行った。

250 以上ではほとんどの条件で 14 日間の合成により、パラシベリア石が消失し、すべてがシベリア石に変わった。また、1500 気圧 400、および 450 ではシベリア石、パラシベリア石共に消失し、島崎石 (Ca<sub>2</sub>B<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) (Matsubara et al., 2011) に変わった。また 200 では、シベリア石とパラシベリア石のピークに有意な変化は見られなかった。

### 4. 考察とまとめ

布賀鉱山で産出するシベリア石とパラシベリア石は、武田石の熱水変質作用によって生成したと考えられており、本実験でも、天然の武田石にホウ酸と水を加えて、500、1000、1500 気圧 300 の条件で、熱水合成を行った場合に、どちらの鉱物も生成した。ただし、パラシベリア石は 14 日間合成すると消失してしまうので、合成の初期に形成されるが、不安定であると考えられた。また、シベリア石が安定である温度と圧力は、3-2 の実験結果より、本実験の温度圧力条件では上限が 1500 気圧では 350 から 400 の間、500 気圧では 400 から 450 の間にあり、それ以上では島崎石に変わった。そして、シベリア石の安定領域の下限とパラシベリア石の安定領域の上限は 200 付近にあると考えられる。

キーワード: シベリア石, パラシベリア石, 合成

# Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SCG62-P12

会場:コンベンションホール

時間:5月22日 17:15-18:15

Keywords: sibirskite, parasibirskite, synthesis

## 駒啼川断層の産状と断層に沿った岩石の熱水変質

## Occurrence of the Komanakigawa Fault and hydrothermal alteration of rocks around the fault

柚原 雅樹<sup>1\*</sup>, 宮崎桂輔<sup>1</sup>YUHARA, Masaki<sup>1\*</sup>, Keisuke Miyazaki<sup>1</sup><sup>1</sup> 福岡大学理学部地球圏科学科<sup>1</sup> Sci. Fukuoka Univ.

小倉-田川構造線北部の小倉東断層は活断層であるとされ(活断層研究会, 1980 など), 第四紀における活動時期や活動様式の解析が行われている(渡辺, 1989; 千田, 1990; 高津, 1996; 渡辺ほか, 2002). しかし, 南部の田川断層については, 主に新第三紀の火山岩や堆積岩中に発達する断層系の解析から, 活動時期の推定が行われている(英彦山団研グループ, 1992) にすぎない. 佐古・柚原(2004)は, 添田町南部の薬師から内野にかけての彦山川流域において, 田川断層周辺の添田花崗閃緑岩中に発達する断層系の解析を行い, 新第三紀以前の断層の形成史を明らかにした. しかしながら, 田川断層本体を確認することはできなかった. その後の調査で, 彦山川西方の駒啼川に沿って連続する断層を確認した. この断層は田川断層から分岐していると考えられ, さらに様々な断層岩が伴われることから, 田川断層の活動様式や変形の集中に関する重要なデータをもたすことが期待される. 本報告では, 主に本断層に伴われる断層岩の産状とその周辺の岩石の熱水変質について報告する.

本断層は, その南部が英彦山団研グループ(1992)によって存在が指摘され, 一露頭における記載がなされている. しかし, その北方延長については明らかにされていなかった. 本断層は, 添田町の屋形原から駒啼川に沿って3km以上追跡することが可能である. 本断層は連続性の良い地質図オーダーの断層であり, 重要性も高いことから, 柚原・宮崎(2007)は「駒啼川断層」と新称した. 駒啼川断層は, 西側に分布する田川変成岩類と東側に分布する添田花崗閃緑岩の境界をなす. 断層近傍では, 田川変成岩類の泥質片岩が最大11mにわたって, 添田花崗閃緑岩が最大12.5mにわたって, 白色化している. この白色化は, 熱水変質作用によるものであると考えられる. 駒啼川断層の走向はN14-42°Eで, 傾斜は78°W-88°Eと極めて高角度である. 本断層には厚さ最大90cmの断層ガウジ, 厚さ最大200cmのカタクレサイトが伴われる. カタクレサイトに認められる条線は, ほぼ水平である. 断層ガウジには白色のものと暗灰色のものがある. さらに, カタクレサイトにも白色のものと暗灰色のものがある. また, 断層に沿って厚さ15-190cmの北坂本累層に相当する安山岩岩脈が貫入している. 白色の断層ガウジやカタクレサイトは, 産状や鏡下観察から, 白色化した岩石が破碎したものであると考えられる. このことは, 熱水変質作用を挟んで, 少なくとも2回の断層活動が起こったことを示唆する.

添田花崗閃緑岩は, 中粒の普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩-トーナル岩であり, 主に塊状であるがフォリエーションの発達するものもある. 本岩は, 主として斜長石, 石英, カリ長石, 黒雲母, 普通角閃石からなり, 副成分鉱物として燐灰石, ジルコン, チタン石, 褐れん石, 不透明鉱物を伴う. 白色化した添田花崗閃緑岩(白色変質花崗閃緑岩と呼ぶ)では, 黒雲母と普通角閃石の大部分が変質鉱物に置き換わっており, 斜長石の多くに細粒の変質鉱物が認められる. また, 方解石脈も頻りに認められる. X線回折結果から, 白色変質花崗閃緑岩には, イライト, シデライト, カオリナイト, 方解石, モンモリロナイトが生成されていると考えられる. 駒啼川断層の東側の泥質片岩は, 主として石英, 斜長石, 黒雲母, 白雲母からなる. 白色化した泥質片岩(白色変質片岩と呼ぶ)では, 黒雲母や斜長石の大部分が変質鉱物に置き換わっている. 白色変質片岩においても, 白色変質花崗閃緑岩と同様な変質鉱物が生成されている.

添田花崗閃緑岩は, 白色化に伴い, MgO, CaO, Srの減少と, As, Ni, Sの増加が認められる. 泥質片岩では, 組成のバリエーションが大きいため変化を検討するのが難しいが, MgOとCaOの減少が認められる. したがって, 熱水変質作用に伴って, これらの元素の移動が生じたと考えられる. 本地域では, 白色変質花崗閃緑岩と白色変質片岩は駒啼川断層に沿った非常に狭い範囲にのみ分布している. なお, 本報告は宮崎の福岡大学理学部地球圏科学科における平成19年度の卒業研究の発展させたものである.

キーワード: 小倉-田川構造線, 駒啼川断層, 添田花崗閃緑岩, 田川変成岩, 熱水変質

Keywords: Kokura-Tagawa Tectonic Line, Komanakigawa Fault, Soeda Granodiorite, Tagawa metamorphic rocks, Hydrothermal alteration

## 海底熱水鉱床の電気・磁気的特性

### Electrical and magnetical properties of the sea-floor hydrothermal deposits

中山 圭子<sup>1\*</sup>, 安井 万奈<sup>1</sup>, リュウ ブンテイ<sup>2</sup>, 西山 巡<sup>2</sup>, 斎藤 章<sup>2</sup>, 山崎 淳司<sup>2</sup>

NAKAYAMA, Keiko<sup>1\*</sup>, Mana Yasui<sup>1</sup>, Wenting Liu<sup>2</sup>, Meguru Nishiyama<sup>2</sup>, Akira Saito<sup>2</sup>, Atsushi Yamazaki<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 早稲田大学 理工学研究所, <sup>2</sup> 早稲田大学 大学院 創造理工学研究所

<sup>1</sup>Waseda University, Research Institute for Science and Engineering, <sup>2</sup>Waseda University, Graduate School of Creative Science and Engineering

近年着目されている海底熱水鉱床の潜在的な資源量の把握が急務であり、様々な物理探査技術適用の実用化の為に研究・開発が進められている。陸域での鉱山調査技術として、最も普及している電気・電磁探査法を、海底の調査に適用するにあたっては、探査の指標となる海底熱水鉱床の電気・磁気的特性の把握が重要かつ不可欠である。本研究では、日本近海の海底熱水鉱床域で最も鉱床規模が期待されている、沖縄トラフ海域の伊是名海穴と伊豆・小笠原海域のベヨネズ海丘の鉱床の鉱石の比抵抗と充電率および帯磁率の測定を行い、X線回折分析(XRD:X-ray Diffractometry)、蛍光X線分析(XRF:X-ray Fluorescence Analysis)、微量元素分析(ICP-MS)、肉眼及び偏光顕微鏡観察結果と合わせて、探査指標としての検討を行った。また、比較のために、陸域で発見された熱水鉱床とされる黒鉱鉱床として、栃木県越路鉱山ならびに秋田県小坂鉱山の鉱石についても同様に分析を行った。

比抵抗と充電率の測定はできるだけ原位置での測定を再現するために、サンプルを0.3 mの塩水で飽和させて行った。比抵抗は伊是名海穴の鉱石が0.1~数 mの値をとるのに比べて、ベヨネズ海丘と黒鉱の鉱石は10倍以上高い1.0~数十 mの値を示し、また、海域によらず鉱石は、鉱石以外の岩石と比べて高いIP効果を持つ事が判った。XRFの結果では伊是名海穴の鉱石は鉄が多く含まれる(平均28.8%)のに対して、ベヨネズ海丘と黒鉱の鉱石は鉄が少なく(平均4.7%)、亜鉛を多く含む(平均35.6%)。また、XRDで同定された結晶性鉱物でもベヨネズ海丘と黒鉱は同じ傾向で、閃亜鉛鉱(ZnS)に富み、黄鉄鉱、方鉛鉱を含み、伊是名海穴では黄鉄鉱が卓越し、白鉄鉱、閃亜鉛鉱を含んでいることがわかった。閃亜鉛型鉱物が高い比抵抗を示すことは良く知られており、一般的には比抵抗の小さい順に、黄鉄鉱・黄銅鉱<方鉛鉱<白鉄鉱<閃亜鉛鉱の傾向がある。伊是名海穴とベヨネズ海丘および黒鉱の鉱石の比抵抗の違いは、結晶性鉱物の含有率の違いによるものと考えられる。ICP-MSの分析結果では、Au, Agの含有量は海域によらずZn, Pbの濃度に応じて多くなる傾向にあり、開発対象品位が決定すれば、品位に対応した電気的特性を設定することができる事を示唆している。さらに、帯磁率測定では、伊是名海穴ではFeの含有率に比例して、高い帯磁率を示した。また、強磁性を示す伊是名海穴の鉱石には磁硫鉄鉱の六角板状の結晶が目視で認められ、大きい残留磁気を持つ事が判明している。

コアの目視観察より鉱化変質の状態は、数cm単位に変化が見られ、鉱石は塊状や礫状まで様々な形態を呈している。反射顕微鏡による観察では、晶出温度など結晶化の過程の違いによるものと思われる、様々な結晶粒サイズの鉱石が確認されている。現在のサンプリング深度は両海域とも10m以浅に偏っていることから、より深部には今回分析した鉱石と特性の異なる鉱体層の存在の可能性もあり、熱水鉱床の成因論や黒鉱鉱床の地質的分類を鑑み、今後さらに深部の比抵抗・磁気構造を明らかにすることによって、鉱床の賦存量の推定のための基礎的情報を得ることが期待できる。

キーワード: 海底熱水鉱床, 比抵抗, 充電率, 帯磁率, 化学組成, 鉱物組成

Keywords: sea-floor hydrothermal deposit, resistivity, chargeability, magnetic susceptibility, chemical composition, mineral composition

## モンゴル、ツァガンツヒールウル鉍脈型金鉍床産脈石石英の酸素同位体比 Oxygen isotope study of vein type gold deposit at the Tsagaan Tsahir Uul in the Bayankhongor belt, Mongolia

林 謙一郎<sup>1\*</sup>

HAYASHI, Ken-ichiro<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 筑波大学大学院生命環境科学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

The Bayankhongor metallogenic belt, ~700 km southwest of the capital city, Ulaanbaatar, is the second productive gold-field in Mongolia. Production of this gold-field is not well known, but is estimated at about 50 kg/yr. Most gold is recovered from alluvial deposits, however primary sources of alluvial gold in the district are not well understood. The Tsagaan Tsahir Uul (TTU) gold deposit is located at the southeastern part of the Bayankhongor metallogenic belt, and is possible source of alluvial gold. The geology of the TTU deposit consists of Proterozoic tonalitic gneisses and marble-bearing schists, Proterozoic granitoid (647 Ma) and Permian small dioritic stocks (250 Ma) and Permian lamprophyre dikes (352 Ma). Gold mineralization in the TTU deposit is accompanied by quartz veins hosted in migmatized schist and granite.

There are two types of quartz veins. First group is 15 gold-bearing quartz veins that have NNW to NS direction with length of 0.2 to 2.8 km. The width of these veins is between 0.2 and 0.5 m. Quartz veins consist mostly of crustified bandings of milky quartz, with associated silver-black bands. The other vein is barren quartz-carbonate vein with ~4 km length and from 5 to 50 m width. This vein cuts quartz veins mentioned above. The veins composed of brecciated fragments of quartz and fracture filling carbonate-quartz matrix. Ore minerals in quartz vein are pyrite, chalcopyrite, galena, sphalerite, tetrahedrite, arsenopyrite and native gold. The fluid inclusions found in gold-bearing quartz veins were two-phase and some of them contain CO<sub>2</sub>, with homogenization temperature range from 160-290°C. Oxygen isotope of quartz veins were analyzed by CO<sub>2</sub>-laser ablated BrF<sub>5</sub> fluorination technique. The delta<sup>18</sup>O values of quartz vein range between 11.3 to 17.9 per mil, compared to -9.4 to -6.4 per mil for the quartz-carbonate vein. Calculated delta<sup>18</sup>O values of fluid from the delta<sup>18</sup>O of quartz using fractionation factor between quartz and water and homogenization temperatures (200 and 125°C, respectively) of fluid inclusion are 1.3 to 6.2 per mil for gold-bearing quartz veins and -27.3 to -24.2 per mil for quartz-carbonate vein. These data suggest two veins were formed completely different processes. Oxygen isotopic values of fluid suggest, the origin of gold-bearing fluid is metamorphic fluid from deep crust and migrated along the big fault system. Fluid responsible for quartz-carbonate vein was dominated by meteoric water, and this vein was probably formed at shallow level.

Based on the tectonic setting of the deposit, the TTU deposit possibly belongs to orogenic type gold deposit (Groves, 1998). The geological, mineralogical and geochemical features of TTU deposit are similar to those of worldwide orogenic gold deposits.

キーワード: 造山帯型金鉍床, 酸素同位体比, ツァガンツヒールウル

Keywords: orogenic gold, oxygen isotope, Tsagaan Tsahir Uul

## 粒子モデルにおける弾性特性及び浸透率の関係に関する研究 Relationship between seismic velocity and permeability on granular rock model

山邊 浩立<sup>1\*</sup>, 辻 健<sup>1</sup>, 松岡 俊文<sup>1</sup>

YAMABE, Hirotatsu<sup>1\*</sup>, TSUJI, Takeshi<sup>1</sup>, Toshifumi Matsuoka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 京都大学大学院 工学研究科

<sup>1</sup>Graduate School of Engineering, Kyoto University

Fluid flow in a rock pore is of great importance in subsurface development, e.g., petroleum engineering and carbon dioxide capture and storage. Permeability, which shows how easily fluid can pass through rock mass, is one of the most important indicators to evaluate fluid flow in porous media. Since permeability can be measured by laboratory experiments and well logging, permeability in a large-scale reservoir must be predicted by other information. In this study, we focus on seismic velocity as information to predict permeability because it is the most trusted parameter in subsurface exploration. In order to predict permeability from seismic velocity, the relationship between permeability and seismic velocity must be revealed.

These two parameters are not directly connected to each other. Pore geometry of rock mass could be a bridge between them because it is mainly governing fluid flow and seismic velocity. However, the geometry is very complicated. For a general discussion, we adopted granular rock models including a lot of spherical grains whose size distribution is assumed to be Gaussian. The permeability and seismic velocity are numerically computed from these rock models. The permeability is calculated by lattice Boltzmann method, which is one of the computational fluid dynamic methods and well-suited for simulation under complicated fluid-solid boundary condition. The homogenization by finite element method is adopted for the calculation of seismic velocity.

It is demonstrated that the sorting parameter is governing the seismic velocity and permeability in this model. Sorting parameter is one of the most important parameters in the discussion of grain size distribution. This is an indicator which shows the standard deviation of grain-size. The result of this research shows the relationship between permeability and seismic velocity granular rock models by the bridge of grain sorting.

キーワード: 粒子モデル, 浸透率, 弾性波速度, ソーティング

Keywords: granular model, permeability, seismic velocity, sorting