

## Symmetry of iridescent garnets from Tenkawa, Nara Prefecture, Japan

張育銓<sup>1</sup>、伊神洋平<sup>1</sup>、下林典正<sup>1</sup>、\*三宅亮<sup>1</sup>

Chang Yuhchuan<sup>1</sup>, Yohei Igami<sup>1</sup>, Norimasa Shimobayashi<sup>1</sup>, \*Akira Miyake<sup>1</sup>

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地質学鉱物学教室

1. Department of Geology and Mineralogy, Graduate School of Science, Kyoto University

Grossular ( $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ) - andradite ( $\text{Ca}_3\text{Fe}_3+2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ) garnet solid solutions (space group, Ia-3d), termed grandite series, often exhibit optical birefringence and iridescence. Iridescent garnets (rainbow garnet) is a variety name for the iridescent Fe<sup>3+</sup>-rich grandite. Shimobayashi et. al (2005) examined the iridescent garnets from Tenkawa, Nara Prefecture, Japan and they reported the presence of fine lamellar texture (ca. 100-300 nm in thickness) with small differences in chemical composition (Al/Fe<sup>3+</sup> ratio) by transmission electron microscope (TEM). They also suggested that Al-rich fine lamella should be reduced in symmetry from cubic system, but they did not show the direct evidence of the symmetry reduction. Our previous study (Chang et al., 2016) reported that extra reflections, 110, 200, 411 and so on, to break the symmetry of Ia-3d were detected, in selected area electron diffraction (SAD) patterns from Al-rich fine lamellae. In this study, we examine convergent-beam electron diffraction (CBED) method in addition to SAD method by TEM to investigate the symmetry of same iridescent garnet from Tenkawa.

A thin section (100  $\mu\text{m}$  thickness) cut parallel to the (001) face through the center of the crystal was prepared from an euhedral single crystal of iridescent garnet with well-developed rhombic dodecahedral {110} facets. TEM specimens with various crystal planes, (001), (1-10), and (111) were prepared from the thin section by using a focused ion beam technique (FIB, FEI: Quanta 200 3DS) and then TEM (JEOL JEM-2100F) observation was carried out to investigate the symmetry.

SAD patterns obtained from Fe-rich fine lamellae reveals that the Ia-3d symmetry retains as the usual garnet and extra reflections did not appear, although 200 and 020 reflections appear for multiple (double) diffraction. On the other hand, in SAD patterns from Al-rich fine lamellae, extra reflections, 110, 200, 411 and so on, to break the symmetry of space group (Ia-3d) were detected, indicating that a-glide and d-glide planes should be lost. However, all reflections satisfy the reflection condition of body centered lattice (I-lattice, hkl; h+k+l=even). Furthermore, the each intensities of 110, -110, -1-10 and 1-10 have different counts and this indicate that symmetry in this area does not have fourfold rotation axis. CBED pattern in (111) TEM sample indicates no threefold rotation axis and CBED in (001) sample shows no mirror planes perpendicular to a- and b-axes and no twofold rotation angle parallel to a-, b- and c-axes. Moreover, CBED in (1-10) also shows no mirror planes perpendicular to c-axis. These results indicate crystal family of this Al-rich fine lamella is triclinic and lattice type is I-lattice and suggest the space group is I-1 or I1.

### Reference

Shimobayashi et al. (2005) Abstracts of Annual Meeting of the Mineralogical Society of Japan ,p80.

Chang et al. (2016) Japan Geoscience Union MEETING 2016, SCG56-P04

キーワード：イリデッセントガーネット、透過型電子顕微鏡、電子回折

Keywords: iridescent garnet, TEM, SAD and CBED

## Coloration Analysis of Yellow Synthetic Diamonds

\*qianyi zhao<sup>1,2</sup>

1. China Univ. of Geosci. (Wuhan), 2. Guangzhou College. SCUT

Almost all of the high temperature-high pressure (HTHP) synthetic diamonds have yellow tone, which is discussed and solved in this thesis. The yellow synthetic diamond samples are tested with UV-visible light spectrophotometer, micro-infrared spectroscopy, cathode luminescence and other large equipments. We focus on high temperature and high pressure conditions changing, and the following conclusions are made: In the high temperature under vacuum pressure, diamond is not in the stable phase region, graphite can easily occur. Under experimental high temperature and pressure conditions (1500-1600 °C, 7.50GPa), the color of samples in this thesis have changed, the yellow tone has been obviously decreased, and the experiment is repeatable. Micro-infrared spectroscopy reveals, significant peak intensity and position changes occurred in 1100-1500 $\text{cm}^{-1}$  spectral region of nitrogen. UV-visible spectrophotometer test of the samples before and after experiment shows that the color has changed, the samples become light-colored. Synthetic diamonds at HTHP treatment changes occurred in diamond type from IaA + Ib to IaAB + Ib. The band theory can explain the reasons for diamond's coloration.

Keywords: Synthetic diamond, HTHP, Coloration

## 堆積銅鉱床のゴーストゾーン

### Ghost zones in sediment-hosted copper deposits

斎藤 拓也<sup>1</sup>、梁 翼、呉 鵬、谷 湘平、\*星野 健一<sup>1</sup>

Takuya Saito<sup>1</sup>, Yi Liang, Peng Wu, XiangPing Gu, \*Kenichi Hoshino<sup>1</sup>

1. 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻

1. Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University

堆積銅鉱床では、これを形成した浸透流の上流側から下流側に向けて、輝銅鉱-斑銅鉱-黄銅鉱-黄鉄鉱の带状分布が現れると古くから言われてきた。しかしながら、このような带状分布が実際に発達している例はほとんど報告されておらず、一般には輝銅鉱単鉱物帯またはこれと自然銅単鉱物帯が広く分布し、斑銅鉱や黄銅鉱は黄鉄鉱帯の近傍にわずかな幅で産する場合が多いようである。

これまで堆積銅鉱床の生成モデルは、堆積作用時または続成作用時も含めて、幾つか提唱されているが、何れにしても、銅を含む酸化的な流体が堆積物（岩）に浸透し、これが還元されることにより銅鉱化作用を生じることには変わりはない。従って、この鉱化作用のプロセスはいわゆるリアクティブトランスポート（浸透交代作用）の解析スキームで解くことが出来るであろう。

いま、鉱物Bが鉱物AとCの間に安定に存在する、即ち、 $A+C$ の平衡はない、と仮定する。堆積銅鉱床では、Aが輝銅鉱、Bが斑銅鉱でCが黄銅鉱に相当する。そうすると、形成され得る带状配列は、例えば上流側から、 $A-B-C$ であると推定される。しかしながら、これが実際に形成され得るか否かを判断するためには、CがBによって交代される前縁の移動速度が、BがAにより交代されるそれよりも速いことが確かめられなければならない。そうでない場合には、Cは直接Aによって交代されることになる。この場合、 $A+C$ の平衡条件はないため、この交代前縁とその下流側の溶液の組成は、Cと（存在しない）Bに平衡であるとして前縁速度が計算される。これがB帯がゴーストゾーンと呼ばれる所以である。現実的には、このような場合、BはCを交代して形成されるが、すぐにAによって交代されると考えられる。従って、B帯の幅は時間とともに進展しない（広がらない）であろう。

このスキームを用いて、上記の堆積銅鉱床の带状分布の置換前縁速度の解析解をMathematica（Wolfram Research）により求めた。一方、鉱化作用の全過程の数値シミュレーションは、MIX99（Hoshino et al., 2000）を用いて行った。以下は、その結果である

（1）浸透流体を還元する初生の還元物質は一般に炭質物と思われるが、この還元作用により流体から黄鉄鉱が沈殿する前縁の移動速度は極めて速いため、後方（上流側）の流体に対しては、この黄鉄鉱が直接の還元物質となる。即ち、黄鉄鉱の溶解前縁の後方で、銅鉱化作用が生じる。

（2）流入口における流体のpHが低い場合には、黄鉄鉱の溶解前縁の後方に輝銅鉱単鉱物帯のみが生じる。

（3）流入溶液のpHが高い場合には、上流側から順に自然銅単鉱物帯-輝銅鉱単鉱物帯となるか、または自然銅単鉱物帯のみが生じる。

（4）解析を行った全ての場合で、斑銅鉱や輝銅鉱が帯を形成することはなく、晶出する条件であっても、黄鉄鉱の溶解前縁に接したゴーストゾーンとなる場合のみであった。

以上の解析結果から、斑銅鉱や輝銅鉱が晶出する場合であっても、直ぐ後方で輝銅鉱により交代される過渡的な鉱物としてであり、このことが、両鉱物の広い鉱化帯が見られない理由であると考えられる。

キーワード：堆積銅鉱床、鉱物帯、ゴーストゾーン

Keywords: sediment-hosted copper deposit, mineral zonation, ghost zone

## 統計的ラマン分光法とX線回折分析を用いた資源鉱物の粒子形態分類のための新規分析フレームワーク

### A Novel Analysis Framework for Particle Morphological Classification of Mineral Ore Using A Statistical Raman Analysis and X-ray Diffraction Analysis.

\*笹倉 大督<sup>1</sup>、上村 裕一郎<sup>2</sup>

\*Daisuke Sasakura<sup>1</sup>, Yuichiro Uemura<sup>2</sup>

1. スペクトリス株式会社 マルバーン事業部、2. スペクトリス株式会社 パナリティカル事業部  
1. Malvern Japan ,Div of Spectris Co.Ltd., 2. PANalytical Div. Spectris Co., LTD

#### [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 based analytic techniques and destructive wet chemical analysis can determine the quantity of mineral species present in the ore. Especially, X-ray diffraction analysis (XRD) is commonly used as non-destructive and high sensitive analysis to investigate of a component analysis of minerals in ore based on the assumption methodologies such as Rietveld quantitative analysis. However, these existing chemical and elemental analysis methods do not allow the study of the composition of individual particles of different size and shape. Our group had been reported for capability of the statistical Raman spectroscopic method (SRS) is novel approach which can resolve this problem [1]. Using this method the Raman spectra of several hundred particles is determined after size and shape classification of each individual particle by an automated particle image analysis (APIA). 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 SRS 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. However, most of drawback of SRS method is not allow to determine for the absolute value of component in mineral ore, therefore, XRD is needed as complementally method. This study will report and discuss the capability about a combined novel analytical framework of SRS method and XRD 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. XRD was carried out using an Empyrean (PANalytical, Netherland) equipped Cu K $\alpha$  X-ray source, performed over a range of  $20^\circ < 2\theta < 100^\circ$ , with a step size was 0.026. To make sure averaging sample information due to a powder segregation, a sample spinner was used. SRS analysis was carried out using a Morphologi G3-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. 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 qualitative analysis by XRD profile had suggested for that sample were including of a polymorphic Iron oxides such as Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>3</sub>O, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> and hydroxide Fe<sub>3</sub>O(OH). Population of component were Iron Oxide 93.7%, Magnetite 1.5% , Goethite 1.7% and Quartz 3.1% were investigated which were calculated based on Rietveld quantitative analysis. Raman spectrum SRS analysis was performed to investigate of the population analysis on several size fractionated based on Raman spectrum classification and APIA analysis.

### [Summary]

This report illustrated the application and capability of a combined novel analytical framework of SRS method and XRD.

[1] Sasakura D, Hayauchi A., “A Novel Approach for the Classification of Mineral Ore Particles by A Statistical Raman Spectroscopic Method” ., SCG-6-11, JpGu Annual Conference 2017, Yokohama,

キーワード : XRD、Raman分光、粒子径・形状

Keywords: XRD, Raman Spectroscopy, Particle Size and Shape

# 冷却節理の発達した玄武岩の風化過程 —近畿北部，田倉山火山の例— Weathering process of basalt with cooling joints in the Takurayama volcano in the northern Kinki region, Japan

\*平田 康人<sup>1</sup>、千木良 雅弘<sup>2</sup>

\*Yasuto Hirata<sup>1</sup>, Masahiro Chigira<sup>2</sup>

1. 京都大学大学院理学研究科、2. 京都大学防災研究所

1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

近畿北部の第四紀の田倉山火山の玄武岩は柱状節理と低角節理が発達しており、1辺が約0.4 m、高さが0.1-1 mの六角柱状を示す。玄武岩石柱は風化して、表層部が剥離して球状岩塊を露出させている。この風化現象は球状風化と呼ばれており、火成岩に典型的に見られ、また節理の発達した岩盤に生じるものと古くから知られている。しかしながら、岩盤の初生的構造を含めて風化過程が検討されておらず、球状風化の全体像はほとんど解明されていなかった。そこで、我々は柱状節理の発達した玄武岩を対象として球状風化過程を調べた。その結果、玄武岩は冷却節理の成す角や辺の部分に潜在亀裂と同心円状の岩石組織を有し、節理からの化学的風化が進む際にそれらの初生的構造が関係して、球状の形態を示していることが分かった。野外観察によれば、個々の石柱を区切る低角節理は、平面あるいは上下に開いた2つの放物面であり、その面に残る羽毛状組織は石柱が上下方向に引張られて、破断が石柱の中央から柱状節理に向かって拡大したことを示唆する。平面の場合は、柱状節理と低角節理との交わる角や辺の数cm内側に、節理に漸近する曲面状の亀裂が内在し、この亀裂は石柱の外形を成す節理面まで続いていなかった。このような潜在亀裂は柱状節理側にも認められ、柱状節理の成す角が鋭角のところほど石柱の内部に位置することが分かった。また、薄片の観察と間隙径分布の測定は、節理表面で内部に比べて間隙の繋がりが悪く、間隙径が小さいこと示した。さらに岩石に蛍光樹脂を含浸させて紫外線照明下で観察したところ、石柱のより内部においても、間隙径の小さい領域が柱状節理の軸に対して同心円状の縞模様として観察された。鉱物化学分析は、節理からの酸素と水の拡散によって、石柱内ではカンラン石がイデイングス石化し、斜長石がハロイサイトを生じ、節理表面で加えて水酸化鉄とギブサイトを生じたことを示した。この際に、間隙径の小さい領域は周囲に比べてハロイサイトの形成量が少なかった。この結果は風化の進行速度が初生的な間隙構造によって制限されていることを示唆する。冷却節理の発達した玄武岩は、潜在亀裂の伸展による角部の剥離、また間隙構造の風化への影響によって球状の風化形態になりやすいと考えられる。

キーワード：球状風化、柱状節理、玄武岩質溶岩、間隙径分布

Keywords: spheroidal weathering, columnar jointing, basaltic lava, pore-size distribution

# Thermal history of lithospheric mantle: Mantle xenolith from Colorado Plateau in North America continent revisited

\*成田 冴理<sup>1</sup>、小澤 一仁<sup>1</sup>

\*NARITA SAERI<sup>1</sup>, Kazuhito Ozawa<sup>1</sup>

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻

1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

Mantle convection plays an important role in heat and mass transportation from the deep earth to the surface. It is thus important to understand the thermal state of the mantle and its temporal changes, direct information of which may be obtained from fragments of the mantle brought to the surface by magmas, usually called “mantle xenoliths”. We study the mantle xenolith from continental lithosphere to reveal dynamics of chemical and thermal interaction taking place near the lithosphere asthenosphere boundary in the continental region. The target area is the Thumb in the Navajo volcanic field in the Colorado Plateau of the North America continent (Ehrenberg, 1982). Five xenolith samples from the Thumb were thoroughly examined by using optical microscope, electron probe micro analyzer (EPMA), and field-emission secondary electron microscope (FE-SEM). Our strategy is quantitative comparison of microstructures and mineral chemical compositions among examined xenolith to reveal their depth variation of thermal, chemical, and rheological properties

Examined five samples are two garnet lherzolite, garnet harzburgite, without fine-grained portions, and the other contains fine-grained recrystallized olivine in various amounts. Previous study (Ehrenberg, 1982) argued that the mantle xenolith from the Thumb are equilibrated at various temperature with almost no systematic variation in the depth of xenolith derivation. The five samples analyzed this study show a wide variation in CaO contents in olivine from 0.02~0.08 wt.%. A garnet lherzolite sample with lower CaO contents in olivine (0.03~0.04 wt.%) contains clinopyroxene and orthopyroxene with strong zoning characterized by enrichment of Al and Ca towards the rim. Garnet grains in the sample shows extensive decomposition via reaction with olivine into aggregates consisting of spinel and pyroxenes with diverse size change: coarse in the outer margin (~several tens of micrometer) and very fine near the contact with relict intact garnet (~1 micrometer). The pyroxene zoning and breakdown texture of garnet suggest that the xenolith underwent heating or decompression before this mantle xenolith was brought to the surface by the host melt. Preliminary geothermobarometry has revealed pressure-temperature correlation, from which the xenoliths records the temperature variation of ~200°C over the pressure range of ~25GPa. The estimated pressure correlates with various textural features, such as size of recrystallized olivine, which decreases with depth. They also show correlations with mineral chemical parameters, such as forsterite content of olivine, which increases with depth, suggesting that the lithosphere is more depleted with depth.

キーワード：マントルゼノリス、リソスフェアの熱史

Keywords: mantle xenolith, thermal history of lithosphere

# Petrogenesis of basalts from Emeishan large igneous province constrained from major element, trace element and Pb isotope compositions of olivine-hosted melt inclusions

\*Zhong-Yuan Ren<sup>1</sup>, Ya-Dong Wu<sup>1</sup>, Le Zhang<sup>1</sup>, Alexander R. L. Nichols, Lu-Bing Hong<sup>1</sup>, Yin-Hui Zhang, Yan Zhang, Jian-Qiang Liu, Yi-Gang Xu<sup>1</sup>

1. State Key Laboratory of Isotope Geochemistry, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences

Large igneous provinces (LIPs) are produced by some of the largest known volcanic episodes on our planet. The Emeishan LIP in SW China is one of the most significant LIPs in the world as it comprises several world-class giant V-Ti magnetite deposits and possesses some Cu-Ni-(PGE) sulphide deposits. In addition, the Emeishan LIP is thought to be one of the best examples of a LIP generated by a mantle plume. Furthermore, the Emeishan volcanism might have caused the end-Guadalupian mass extinction. In the last few decades, numerous petrological, geochemical, paleontological, paleomagnetic, geophysical, geochronological, and mineral deposit studies have been conducted on the Emeishan LIP. Despite the breadth of understanding, there are still many controversies concerning the compositions of the primary magmas, the lithology of their sources, and the melting processes in the sources. It has long been believed that the source of the Emeishan basalts is peridotite, either from a mantle plume or the sub-continental lithosphere. Olivine-hosted melt inclusions within lava retain information regarding the lava's primary magma compositions and mantle sources. Thus, they can be used to infer the nature of the mantle sources of large igneous provinces, which is still not well known and of the subject of debate. We have analyzed the chemical compositions and Pb isotopic ratios of olivine-hosted melt inclusions in the Dali picrites, Emeishan Large Igneous Province (LIP), SW China. These are the first *in-situ* Pb isotope data measured for melt inclusions found in the Emeishan picrites and allow new constraints to be placed on the source lithology of the Emeishan LIP. The melt inclusions show chemical compositional variations, spanning low-, intermediate- and high-Ti compositions, while their host whole rocks are restricted to the intermediate-Ti compositions. Together with the relatively constant Pb isotope ratios of the melt inclusions, the compositional variations suggest that the low-, intermediate- and high-Ti melts were derived from compositionally similar sources. The geochemical characteristics of melt inclusions, their host olivines, and whole-rocks from the Emeishan LIP indicate that Ca, Al, Mn, Yb, and Lu behave compatibly, and Ti, Rb, Sr, Zr, and Nb behave incompatibly during partial melting, requiring a pyroxenite source for the Emeishan LIP. The wide range of Ti contents in the melt inclusions and whole-rocks of the Emeishan basalts reflects different degrees of partial melting in the pyroxenite source at different depths in the melting column. The Pb isotope compositions of the melt inclusions and the OIB-like trace element compositions of the Emeishan basalts imply that mixing of a recycled ancient oceanic crust (EM1-like) component with a peridotite component from the lower mantle (FOZO-like component) could have undergone solid-state reaction, producing a secondary pyroxenite source that was subsequently partially melted to form the basalts. This new model of pyroxenite melting could explain the geochemical variations among the low-, intermediate- and high-Ti basalts for the Emeishan LIP and challenges the prevailing belief that the source of the Emeishan basalts is peridotite.

Keywords: large igneous province, pyroxenite source, Pb isotope of melt inclusion, olivine-hosted melt inclusion, mantle plume



# 安山岩質マグマにとりこまれた花崗岩ゼノリスの非平衡溶融・同化過程

## Disequilibrium melting and assimilation of granitic xenoliths in andesitic magmas

\*川畑 博<sup>1</sup>、小倉 和樹<sup>1</sup>

\*Hiroshi Kawabata<sup>1</sup>, Kazuki Ogura<sup>1</sup>

1. 高知大学 理学部

1. Faculty of Science, Kochi University

Crustal assimilation is one of the important magmatic processes especially for arc magmas. This process is well-illustrated at Mt. Tsukumo in NE Shikoku, SW Japan. Mt. Tsukumo is a small volcanic neck composed of Miocene andesites (Setouchi volcanic rocks), which locally contains partially melted granitic xenoliths (10–60 cm). By using the samples, we examined the petrological and geochemical evolution during xenolith assimilation on sub-meter scale.

A suite of rock samples indicates that xenolith assimilation proceeds through disequilibrium melting of granitic xenoliths and subsequent mixing of xenolith-derived porphyritic magmas with host andesitic magmas. Minerals in xenoliths are separated along phase boundary by melting, and further broken into smaller pieces by injection of partial melt into thin fractures. These minerals except for quartz progressively change their texture and composition through dissolution and precipitation. The partial melts in xenoliths, now observed as fresh glass, show diffusion-controlled compositional variations, and its heterogeneity is significant in  $Al_2O_3$  and  $SiO_2$ . The heterogeneity of melt remains even under moderate degree of melting (~40%). Observation suggests that partially melted xenoliths behave as magma, not rigid material, when the melt proportion exceeds 50 vol%. Thus, the xenolith-derived magmas mix with host andesitic magmas to form a mixing zone surrounding xenoliths. This mixing event erases the diffusion-controlled compositional heterogeneity of partial melts. Consequently, compositions of assimilated magmas are approximated by binary mixing of the host andesitic magmas with the xenolith-derived magmas that experienced >50 % melting.

The Setouchi volcanic rocks, including high-Mg andesites, often contain quartz and feldspar xenocrysts, which are probably from Cretaceous granitic basement. This study suggests that the volume of granitic xenolith-derived melts cryptically mixed with host magmas is more than double of the observed xenocryst abundance. In addition, occurrence of quartz xenocryst should be investigated whether they were derived from partially-melted xenoliths or non-melted xenoliths. Quartz is easily separated from other granite-forming minerals at the early stage of partial melting. Thus, isolated quartz xenocrysts dispersed in host magmas could be derived from partially-melted xenoliths. If quartz form an aggregate with other mineral phases such as feldspar and biotite, these minerals would be entrained by mechanical breakoff of non-melted xenoliths.

キーワード：ゼノリス、同化作用、非平衡溶融

Keywords: xenolith, assimilation, disequilibrium melting

# 温海ドレライト岩床における斜長石の平均アスペクト比変化

## Variation of the average aspect ratio of plagioclase in the Atsumi dolerite sills, Northern Japan

\*近藤 健太郎<sup>1</sup>、星出 隆志<sup>1</sup>

\*Kentaro Kondo<sup>1</sup>, Takashi Hoshide<sup>1</sup>

1. 秋田大学

1. Akita University

火成岩におけるマグマの冷却・結晶化の時間スケールを明らかにすることは、様々なマグマプロセスの時間スケールを決める上で重要である。火成岩に普遍的に含まれる斜長石の実験的研究により、過冷却や冷却速度が増加すると異なる結晶面間の成長速度の違いが大きくなり[100]に平行な方向により伸長することが知られている (Muncill and Lasaga, 1988; Pupier et al., 2008)。これを利用して最近Holness (2014)は、比較的マグマ組成の似た厚さの異なる6枚の岩床 (玄武岩～玄武岩質安山岩質; 層厚約3～360 m) の斜長石平均アスペクト比の垂直変化を調べ、斜長石アスペクト比と熱伝導計算で見積もられる冷却時間との間に良い相関があることを見出し、斜長石のアスペクト比が火成岩体の冷却速度計として利用できる可能性を示した。この論文において、斜長石粒子の形状はマグマ組成の小さな違いにはあまり敏感ではないと述べられており、マグマの化学組成の違いがアスペクト比変化に与える影響についてはあまり詳細に論じられていない。そこで我々は、化学組成の異なるマグマの場合にも同様の関係が成り立つのかどうかを明らかにするため、我が国で比較的良く研究されているアルカリ玄武岩質貫入岩体である温海ドレライト岩床群 (Kushiro, 1964) のうち厚さの異なる2枚の岩体 (萱岡シート; 層厚120 m, 白山島の貫入岩; 層厚約6 m) を対象に、鏡下での石基の斜長石アスペクト比測定と、熱伝導計算による岩体の冷却速度推定を行った。

その結果、①斜長石アスペクト比 (長軸の長さ/短軸の長さ) は、厚い萱岡シートで約3.8-5.6、白山島の貫入岩で6.4-9.8であること、②厚い岩床より薄い岩床のほうが斜長石の平均アスペクト比が大きく、両岩体の様々な層準の斜長石平均アスペクト比と計算される冷却時間の対数との間に逆相関があること、③厚い岩床である萱岡シートでは、斜長石アスペクト比が岩体の中央部付近で小さくそこから岩体の上下縁辺部に向かって増加するが、下部の母岩との接触部近傍 (接触部から0-4 mまで) では再びアスペクト比が減少に転じること (Fig. 1)、などが明らかになった。②と③の特徴はHolness (2014)で報告された特徴と同じである。しかし、同程度の厚さの岩床で比べた場合、温海ドレライト岩床の結果はHolness(2014)の結果 (例えば、層厚129mのWhin sillで斜長石アスペクト比約3.0-3.6) に比べて斜長石アスペクト比の値が有意に大きい。Holness (2014)で扱われている岩体がソレライト質であるのに対し、我々の扱った岩体がアルカリ玄武岩質であることを考慮すると、斜長石アスペクト比の値が大きくなった要因として元素拡散係数に対するマグマの粘性の影響が可能性の1つとして考えられる。

キーワード: アスペクト比、冷却速度、温海ドレライト

Keywords: aspect ratio, cooling rate, Atsumi dolerite

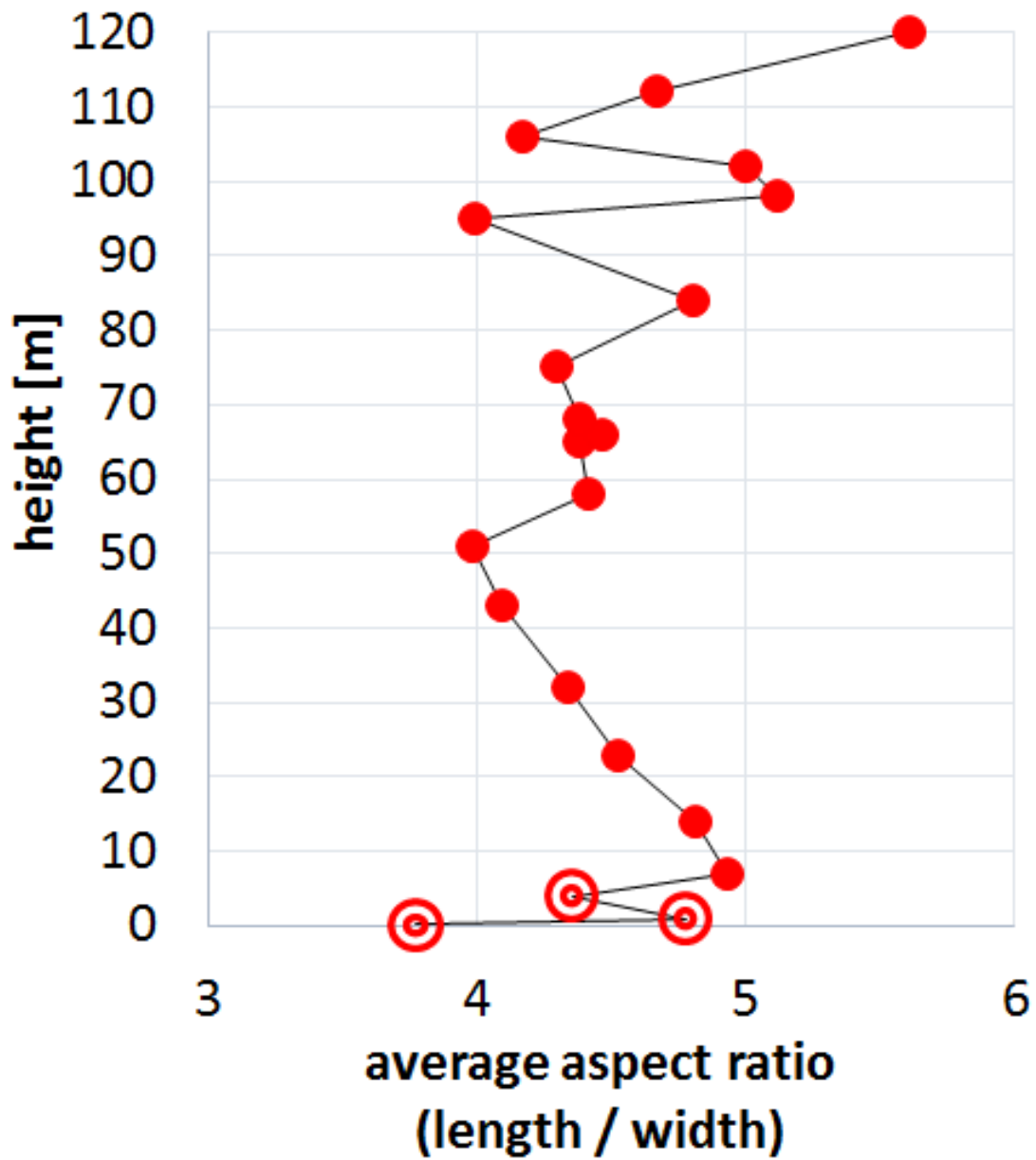


Fig.1 Stratigraphic variation of plagioclase average aspect ratio in the Kayaoka dolerite sheet.

## 南部北上山地，神楽複合岩類に伴われる珪長質岩類のジルコンU-Pb年代と岩石化学的特徴

### Petrochemistry and U-Pb zircon geochronology of felsic rocks from the Kagura complex, south Kitakami Mountains, Japan

\*土谷 信高<sup>1</sup>、足立 達朗<sup>2</sup>、中野 伸彦<sup>2</sup>、小山内 康人<sup>2</sup>

\*Nobutaka Tsuchiya<sup>1</sup>, Tatsuro Adachi<sup>2</sup>, Nobuhiko Nakano<sup>2</sup>, Yasuhito Osanai<sup>2</sup>

1. 岩手大学教育学部地学教室、2. 九州大学大学院比較社会文化研究院

1. Department of Geology, Faculty of Education, Iwate University, 2. Department of Earth Sciences, Faculty of Social and Cultural Studies, Kyushu University

南部北上帯北縁～東縁部および西部では、早池峰複合岩類（永広ほか，1988）およびそれに相当する複合岩類が、また中央部では氷上花崗岩類がそれぞれ基盤岩として露出している。早池峰複合岩類は、盛岡市東方の早池峰連峰を構成する苦鉄質～超苦鉄質岩類を主体とする複合岩類で、閃緑岩やトーナル岩などの中間質～珪長質岩類を伴う。磯崎ほか(2010)はこの地帯を宮守-早池峰帯と呼び、また小沢ほか(2013)は早池峰宮守オフィオライトと称した。早池峰複合岩類は、蛇紋岩化した超塩基性岩類を主体としはんれい岩をともなう中岳蛇紋岩、超塩基性岩類・はんれい岩・トロニエム岩・ドレライトからなる神楽複合岩類、および玄武岩・ドレライトからなり凝灰質泥岩や砂岩をはさむ小黑層からなる（永広ほか，1988）。これらのドレライトや玄武岩は、岩石化学的特徴から沈み込み帯起源と考えられている（Ozawa, 1988; Mori et al., 1992）。これまでに得られていた放射年代には、早池峰複合岩類を構成するはんれい岩中のホルンブレンドからの437-455 MaのK-Ar年代（Shibata and Ozawa, 1992）、宮守地域の宮守複合岩類を構成するはんれい岩中のホルンブレンドからの421-484MaのK-Ar年代、また母体-長坂地域の大鉢森角閃岩中の火成ホルンブレンドからの479MaのK-Ar年代（蟹澤ほか，1992）が報告されていた。また下條ほか（2010）は、小国地域の神楽複合岩類中のトロニエム岩中のジルコンLA-ICP-MS U-Pb年代として466±6Maを報告した。以上の年代測定結果から、早池峰複合岩類およびそれに相当する複合岩類の年代はオルドビス紀であると考えられていた。本報告では、神楽複合岩類に含まれる珪長質岩類のジルコンU-Pb年代と岩石化学的特徴について述べる。

神楽複合岩類の珪長質岩類のうち、小国地域のものについて、岩石学的性質を検討した。これらはいずれもカリ長石をほとんど含まないトーナル岩～石英閃緑岩であり、有色鉱物としては変質したホルンブレンドが主体である。石英閃緑岩にはしばしば輝石仮像が含まれる。全岩化学組成では、SiO<sub>2</sub>に富み(61-74%)、K<sub>2</sub>O (0.18-0.28%)およびRb (4-6ppm)に著しく乏しく、Srに乏しい(105-211ppm、石英閃緑岩の一部では576ppmに達する)ことが特徴である。これらの珪長質岩から分離されたジルコン結晶について、九州大学比較社会文化研究院のLA-ICPMS (Adachi et al., 2012)によってジルコンU-Pb年代を測定した。その結果、トーナル岩から494±4Ma (n=18)および487±4Ma (n=26)のコンコーディア年代が、また石英閃緑岩から500±4Ma (n=19)のコンコーディア年代が得られた。これらの年代は、下條ほか（2010）によって求められた466Maよりも明らかに古い。今回得られた年代のうち2つのトーナル岩試料は、下條ほか（2010）によって年代測定された試料から数100m以内の地点から採取された同様の岩相のものであり、下條ほか（2010）による年代は何らかの原因によって若返ったものであると考えられる。

今回得られた珪長質岩類の年代はカンブリア紀最末期に相当し、最近北上山地から報告された大船渡市の甫嶺珪長質岩類、奥州市水沢区正法寺付近の正法寺閃緑岩、および奥州市焼石岳南方の胆沢川石英閃緑岩と誤差の範囲で一致する。また、日立変成岩類中の大雄院花崗岩(Sakashima et al., 2003)、変成ポーフイリーおよび変成花崗岩礫（田切ほか，2010）、長石質片岩(Tagiri et al., 2011)、九州肥後帯の氷川花崗岩(Sakashima et al., 2003)のジルコンU-Pb SHRIMP年代ともほぼ一致する。これらの花崗岩質岩の年代は、日本列島の沈み込み起源の花崗岩としては最も古いものである。これらは、原日本のカンブリア紀の海洋性島弧-海溝系で形成された島弧性の花崗岩類であると考えられる(磯崎ほか，2010)。これまで早池峰複合岩類の年代は下條ほか(2010)による466±6 Maを主な根拠としてオルドビス紀と考えられていた。しかしながら、神楽複合岩類で最

も後期の貫入と考えられる珪長質岩の年代が約5億年前を示すことが明らかとなったため、神楽複合岩類の年代はカンブリア期末まで遡ることになる。これらのカンブリア珪長質岩類は液相濃集元素に著しく乏しく、その後450Ma頃に活動した氷上花崗岩類（約450Ma; 佐々木ほか, 2013; 2014）や黒瀬川構造帯の花崗岩類（446-472Ma; 小山内ほか, 2014）が大陸地殻由来の元素に富む性質を示すことと対照的である。これらの花崗岩類の岩石学的性質を明らかにすることは、古生代前期における原日本がどのようなテクトニクス場に置かれていたのかを解明するために重要であると考えられる。

キーワード：ジルコン年代学、北上山地、カンブリア紀

Keywords: zircon geochronology, Kitakami Mountains, Cambrian