

## リュウコツに由来する水酸化アパタイトの漢方処方に伴う結晶構造と電子密度分布の変化

### Crystal structure and electron density distribution of hydroxyapatite from longgu (Fossilium Ossis Mastodi) in the Kampo medicine prescription

\*黒住 裕<sup>1</sup>、山川 純次<sup>1</sup>、小栗 一輝<sup>3</sup>、高橋 京子<sup>3</sup>、川瀬 雅也<sup>2</sup>

\*Yu Kurozumi<sup>1</sup>, Junji Yamakawa<sup>1</sup>, Kazuki Oguri<sup>3</sup>, Kyoko Takahashi<sup>3</sup>, Masaya Kawase<sup>2</sup>

1. 岡山大学、2. 長浜バイオ大学、3. 大阪大学

1. Okayama University, 2. Nagahama Bio-tec University, 3. Osaka University

リュウコツは鉱物性生薬のひとつで、大型哺乳類の化石であるとされている。日本で流通するリュウコツは全て中国から輸入されたものであるが、化石であるため資源の枯渇が懸念されている。本研究では、鉱物学的な視点からリュウコツの代替物質を探ることを目的とし、リュウコツの漢方処方に伴う結晶構造の変化を調べた。

リュウコツの結晶構造や電子密度分布を、実験室機器で測定したノイズの多いXRDデータを用いて調査した。XRDデータのノイズ低減のためにSavitzky-Golay法 (Savitzky and Golay, 1964) を適用した。結晶構造及び電子密度分布の解析はRIETAN-FP (Izumi and Momma, 2007) を用いたMEM/Rietveld法によって行った。

この研究では、使用前の薬用リュウコツ (rawp1)、リュウコツを水で煎じたもの(Rp1)、リュウコツを実際の漢方処方で煎じたもの(Kp1)、Rp1とKp1をそれぞれ3回繰り返し煎じたもの(Rpt1、Kpt1)、合成水酸化アパタイト(SHA)を調べた。

XRDデータはRigaku RAD-Cシステムによって測定した。X線源はグラファイトで単色化したCuK $\alpha$ を使用した。走査範囲は $2\theta = 2^\circ \sim 120^\circ$ で、測定ステップ幅は $0.02^\circ$ 、1ステップあたり2秒で測定した。リュウコツを構成する主な鉱物は水酸化アパタイト(HA)であると特定した。

リュウコツの代替物質の検討および再利用性を評価するために結晶構造や電子密度分布の比較が必要である。しかし本研究でのMEM/Rietveld法による電子密度分布は単結晶法による電子密度分布との比較検討には不十分な精度であると考えられる。

PO<sub>4</sub>四面体の電子密度分布の形状に基づいてグループ分けすると〈rawp1、Rpt1、Kpt1、SHA〉と〈Rp1、Kp1〉の2つに分けられた。このことから、一度漢方処方を施すことで構造が変化し、繰り返し処方すると元の構造に戻っていくのではないかと考えられる。また、Rp1のXRDパターンはHAとは異なるピークが高いことが確認できた。

今後の課題として、XRDパターンの測定の精度を上げること、リュウコツのXRDパターンのHAと異なるピークの鉱物相の同定、異なるロットのリュウコツの測定と解析などが挙げられる。

キーワード：リュウコツ、漢方処方、MEM/Rietveld、水酸化アパタイト

Keywords: longgu, Kampo medicine prescription, MEM/Rietveld, hydroxyapatite

## Babingtonite with epitaxial hedenbergite whiskers

\*永嵩 真理子<sup>1</sup>、浜根 大輔<sup>2</sup>

\*Mariko Nagashima<sup>1</sup>, Daisuke Hamane<sup>2</sup>

1. 山口大学大学院創成科学研究科、2. 東京大学物性研究所

1. Graduate school of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University, 2. The institute for Solid State Physics, the University of Tokyo

Babingtonite,  $\text{Ca}_2\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}[\text{Si}_5\text{O}_{14}(\text{OH})]$ , is a hydrous pyroxenoid group mineral consisting of chains built from five twisted  $\text{SiO}_4$  tetrahedra. It typically occurs in hydrothermally altered zeolite-dominant veins and cavities in basic igneous rocks, and in skarn deposits. Clinopyroxene with diopside-hedenbergite component,  $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})\text{Si}_2\text{O}_6$ , also occurs in skarns. Although it does commonly not coexist with babingtonite, clinopyroxene whiskers rarely grow on babingtonite. However, their relationship has not been confirmed directly because of the difficulty of simultaneous determination of atomic arrangement in both minerals. In this study, the platy babingtonite (dark green in color) overgrown by clinopyroxene whiskers from two different localities were investigated: (1) Arvigo, Grisons, Switzerland and (2) Kreimbach/Kaulbach, Kaiserslautern, Germany, using transmission electron microscope (TEM) to understand their relationship and formation process. In the both specimens, the boundary between babingtonite and hedenbergite was sharply defined. The relationship of babingtonite (Bab) and hedenbergite (Hd) was determined as Bab[100]//Hd[112] in the Arvigo and Bab[-100]//Hd[1-12] in the Kreimbach/Kaulbach specimen. Diffractions derived from Bab(031) and Hd(02-1) in the Arvigo, and Bab(031) and Hd(021) in the Kreimbach/Kaulbach sample were observed at the identical position. Their topological relationship can be explained by their crystal structures. The reciprocity between babingtonite and hedenbergite is governed by the direction of the  $\text{SiO}_4$ -tetrahedral chain, and the configuration of octahedra and meets the requirement to associate both structures. A five-periodic chain of babingtonite harmoniously transitions into a two-periodic chain of hedenbergite. The octahedral cluster consisting four octahedra of babingtonite continuously transforms to the octahedral chain in hedenbergite. Therefore, hedenbergite is apparently an epitaxial phase grown on {010} of the platy babingtonite basal. The occurrences of babingtonite with epitaxial hedenbergite imply that they are essentially formed within the babingtonite stability field. At the initial stage, babingtonite formed under high  $f\text{O}_2$  and water saturated condition. Subsequently, slight fluctuation, in particular in  $f\text{O}_2$ , possibly promoted the nucleation of hedenbergite crystals on {010} of pre-existing babingtonite, leading to the epitaxial relation. Hedenbergite whiskers tend to be getting shorter from the centre to the edge of the babingtonite plate in both Arvigo and Kreimbach/Kaulbach specimens, suggesting that the crystal growth of babingtonite continued during hedenbergite formation.

キーワード：ババントン石、TEM、エピタキシャル成長

Keywords: babingtonite, TEM, epitaxy



# レーザー誘起分解分光分析(LIBS)による鉱物分析の法地質学的利用のための予察的研究

## Preliminary study on analysis of minerals by laser-induced breakdown spectroscopy(LIBS) for application to forensic geology

\*杉田 律子<sup>1</sup>

\*Ritsuko Sugita<sup>1</sup>

1. 科学警察研究所

1. National Research Institute of Police Science

犯罪捜査における法地質学的試料の異同識別のための分析法として、レーザー誘起分解分光分析(LIBS)装置による鉱物の分析を試みた。本発表では現在進行中の予察的研究の成果を報告する。

分析にはApplied Spectra社製J200型を用いた。分析条件は、大気雰囲気下でレーザーの波長及びエネルギーは266nm (25mJ)、レーザースポット径30または50 $\mu$ m、検出器はCCDブロードバンド検出器、分析範囲は190nm~690nmである。分析試料には主要造岩鉱物として石英、長石、黒雲母、普通角閃石、普通輝石、エンスタタイト、カンラン石および白雲母を、鉄やマグネシウム等を多く含む鉱物として、磁鉄鉱、赤鉄鉱、クロム鉄鉱、シデライト、バラ輝石、ドロマイトおよびルチルを用いた。また、標準試料の分析には鉄鋼試料はBrammer社の4種、アルミニウムはNIST1258およびBCS268/1を使用した。

実験の結果、元素により検出されるピークの数と強度に大きな違いがあることが明らかとなった。例えば、鉄はピークが非常に多いため、鉄を多く含む鉱物の場合は少量しか含まれない元素の検出が困難になる可能性がある。一方、マグネシウムは、ピーク数はあまり多くないものの非常に強くピークが出る傾向があることから、他元素の妨害がなければ、感度良く検出できると考えられる。

鉱物試料の分析結果を比較すると、主要造岩鉱物はそれぞれ異なるピークパターンを示しているが、鉱物の種類よりも含有されている元素のうち特に強度の強い元素の影響が大きい。一方、長石類の分析結果から、顕微鏡検査などにより同一の種類であることがわかっている場合は、パターンの対比から元素の濃度の定性的な大小を知ることが可能であると考えられる。

磁鉄鉱と赤鉄鉱は極めてよく似たピークパターンを示しており、定性的には判別が困難と考えられた。シデライトは磁鉄鉱や赤鉄鉱とは異なるピークパターンを示したが、これはEDXの分析で10%以下のマグネシウムを含んでいることが確認されている試料であるためと考えられる。その他の鉱物もそれぞれ異なるピークパターンを示したが、鉄やクロム等が多い場合には共存する元素の同定が容易ではなく、定量分析に向けての課題となることが予想される。

キーワード：レーザー誘起分解分光分析(LIBS)、法地質学

Keywords: laser-induced breakdown spectroscopy(LIBS), forensic geology

## 房総半島南端白間津海岸白浜層中に分布する沸石群について

## Unusual distribution of zeolite in Shirahama Formation, southern Boso Peninsular

\*荻原 成騎<sup>1</sup>\*Shigenori Ogihara<sup>1</sup>

1. 東京大学理学系研究科

1. Graduate School of Science, The University of Tokyo

諸言 房総半島の南端に位置する野島崎は、野島崎礫岩層と呼ばれる硬い岩石から構成されるため浸食に強く、特徴的地形がみられる。本発表では、野島崎に分布するゼオライト岩の特異な産状を紹介し、成因について議論する。

玄武岩礫：野島崎を形成する硬い礫岩層は、主に火山岩の岩片から構成されるが、堆積岩、変成岩も含まれ、岩種は幅広い。特に、この礫岩に含まれる玄武岩礫は、よく発泡しており、3mm程度の泡の空隙をゼオライトが充填している。heulandite（輝沸石）、analcime（方沸石）、natrolite（ソーダ沸石）、thomsonite（トムソン沸石）などが肉眼で識別できる。このゼオライト玄武岩礫は、東京近郊で登山支度なしで簡単に見つけられる含ゼオライト岩である。玄武岩礫は、野島崎西側の海岸に露出もしくは打ち上げられており、野島崎灯台遊歩道から簡単に見つけることができる。円摩された玄武岩礫中に見られるゼオライトも円摩されており、各ゼオライト形成後に浸食作用を被ったことが推定される。

Analcime ノジュール：野島崎礫岩のもう一つの特徴は、径 cm から 60cm に及ぶ泥岩の偽礫を含むことである。偽礫とは、未固結の泥質堆積物の上を砂などが流れ下った時に、泥が剥がされて砂などの中に取り込まれた泥岩のことで、あたかも礫に偽装しているかのように見えることから、偽礫と呼ばれる岩石である。野島崎礫岩中の偽礫は、analcime（方沸石）によってセメントされており、この偽礫は、analcime ノジュールのように見える。analcime のみでセメントされている場合と、analcime と calcite（方解石）でセメントされている場合がある。また、白色の岩脈（calcite もしくは、calcite + analcime）で切られる場合と、岩脈の関与がない場合がある。ノジュール状の analcime は、非常に珍しく、日本で2例目の報告となる。

Erionite 凝灰岩：野島崎東側では、房総半島で重要な鍵層である SH 凝灰岩を観察できる。この凝灰岩は、一部が風化に強い地層から浮き上がっている。風化に耐えている部分は、組成がシリカに富み、erionite（エリオン沸石）によってセメントされている。これが、風化に強い理由であると考えられる。Erionite 凝灰岩は、日本では初めての記載となる。

Heulandite（輝沸石）とNecoite(ネコ石)の共存：白浜層の重要な鍵層である SH 凝灰岩層最下部と SH 凝灰岩層の上位約 6m に二層の軽石層が分布する。この軽石層は変質を被り、輝沸石とネコ石が形成されている。輝沸石は、粒径 0.2 mm を超え、堆積岩中の輝沸石としては最大級の大きさである。輝沸石の空隙を埋める形でネコ石の放射状結晶が観察される。SH 凝灰岩層の上下の白浜層には多数の白色鉱物脈が見られる。化学分析の結果、軽石中の輝沸石と脈中の輝沸石は若干異なる組成を示した。脈中の輝沸石は、鏡下におおて光学異常（異常消光）が認められた。光学異常を示した輝沸石は、化学分析においてカチオンが著しく不足した。どちらの輝沸石も 450°C 8 時間で X 線的に完全に消滅する。ネコ石は、スカルンや石灰岩の風化鉱物であり、続成作用で形成された例はない。

キーワード：ゼオライト、輝沸石、方沸石、ネコ石、エリオン沸石

Keywords: zeolite, heulandite, analcime, nekoite, erionite

# Mineralogy of polygonal serpentine and chrysotile from Kyushu Kurosegawa Belt

\*延寿 里美<sup>1</sup>、上原 誠一郎<sup>1</sup>

\*Satomi Enju<sup>1</sup>, Seiichiro Uehara<sup>1</sup>

1. 九州大学理学府地球惑星科学専攻

1. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University

Serpentine minerals are 1:1 type phyllosilicate with ideal composition  $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ . They take various crystal structure due to the misfit between layers. Chrysotile have cylindrical nanotube like structure and is divided into clinochrysotile (chrysotile- $2M_{c1}$ ) and orthochrysotile (chrysotile- $2Or_{c1}$ ) by the  $\beta$  angle. Polygonal serpentine (PS) have a unique multi column shaped structure. It can also be divided into two types; “clino-type PS” with XRD pattern similar to clinochrysotile and “ortho-type PS” similar to orthochrysotile (Middleton and Whittaker, 1976; Krstanovic, 1997). Careful observation is required for accurate determination. In our former study, we revealed the types and distribution of polygonal serpentine and chrysotile from Kurosegawa belt, Kyushu, Japan (Enju et al., 2016). The chrysotile and PS from the Kurosegawa belt can be roughly divided into two groups; Ortho-type PS rich type and clinochrysotile-rich type which includes minor orthochrysotile. This biased occurrence is very unique. In this study, we researched the occurrence and chemical composition of PS and chrysotile from Kyushu-Kurosegawa belt to estimate the factors that cause the difference in forming species.

About 300 samples were collected at 28 areas in Kyushu Kurosegawa belt and analysed by XRD (Inoo and Uehara, 2009). Representative samples were chosen considering the result of X-ray diffraction (XRD), and were analysed by electron microprobe analyser (EPMA) and transmission electron microscope (TEM) in Kyushu university ultramicroscopy research center. Two types of TEM samples were prepared; dispersed grains on Cu-grids and ion milled thin sections.

The ortho-PS commonly occur as liner splintery veins, few millimetres in width (Shimotake, Fukami) or irregular veins (Wakayama) in host serpentinites. Clinochrysotile rich specimen occur as thin veins in serpentinites, or as massive aggregates. The clinochrysotile rich samples are Al poor ( $<0.02$  apfu), while ortho-type PS rich samples showed various Al contents (0.01-0.09 apfu). Al contents of the ortho-type PS differed in localities; Fukami (0.01 apfu), Shimotake (0.04-0.05 apfu) and Wakayama (0.09 apfu). The Fe was mainly divalent estimated from charge balance, and showed no clear difference between the two types (0.03-0.11 apfu). The basic properties of ortho-type PS (15 sectored, 200-300nm in general) were common in all samples, but microtexture differed by locality. The chrysotile and PS in Fukami, have smaller diameters with sparse texture, while they occur as incomplete fractures with larger diameter in dense texture in Wakayama. Shimotake was intermediate.

Serpentine veins with different occurrence in Shimotake was observed to estimate the factor that causes different forming species. In Shimotake many splintery serpentine veins occur between spathic serpentinite, pale to apple green, opaque, few millimeters in width, which are all ortho-type PS near endmember. However there is also a wider vein (up to 1 cm) composed of many scale like blocks, yellowish to apple green, opaque to transparent, which is much less common. They are mixture of orthochrysotile and clinochrysotile, and the proportion change through out the vein. The composition of the chrysotile split into two types, Al rich phase (Al 0.02-0.04, Fe 0.04-0.08 apfu) and Fe rich phase (Al 0.01-0.02, Fe 0.09-0.12 apfu). The Al-rich phase is abundant in orthochrysotile rich specimen and Fe rich

phase in clinochrysotile. Also considering that the chemical composition of Al rich phase is close to ortho-PS, the Al content may be responsible for clino-type vs ortho-type, but not for PS vs chrysotile. Another interesting point is that ortho-PS are always homogeneous, although the composition slightly differs from vein to vein.

キーワード：蛇紋石、ポリゴナルサーペンティン、クリソタイル、九州黒瀬川帯

Keywords: serpentine, polygonal serpentine, chrysotile, Kyushu Kurosegawa belt



# 岩手県崎浜、茨城県妙見山、福岡県長垂、宮崎県大崩山のLiペグマタイトから産する電気石の化学組成

## Chemical compositions of tourmaline in Li pegmatite from Sakihama, Myokenzan, Nagatare, and Okueyama, Japan

\*白勢 洋平<sup>1</sup>、上原 誠一郎<sup>2</sup>

\*Yohei Shirose<sup>1</sup>, Seiichiro Uehara<sup>2</sup>

1. 京都大学総合博物館, 京都大学, 2. 地球惑星科学部門, 理学研究院, 九州大学

1. The Kyoto University Museum, Kyoto University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University

日本列島には花崗岩体に伴い多くの規模の異なるペグマタイトが分布している。しかしながら、Liが濃集するような組成的に発展したペグマタイトの数は限られている。本研究では、東北日本の北上帯に位置する岩手県崎浜、阿武隈帯に位置する茨城県妙見山、西南日本内帯の北部九州に位置する福岡県長垂、西南日本外帯に位置する宮崎県大崩山のLiペグマタイトについて鉱物学的研究を行い、特に電気石の化学組成の変化の傾向について比較を行った。

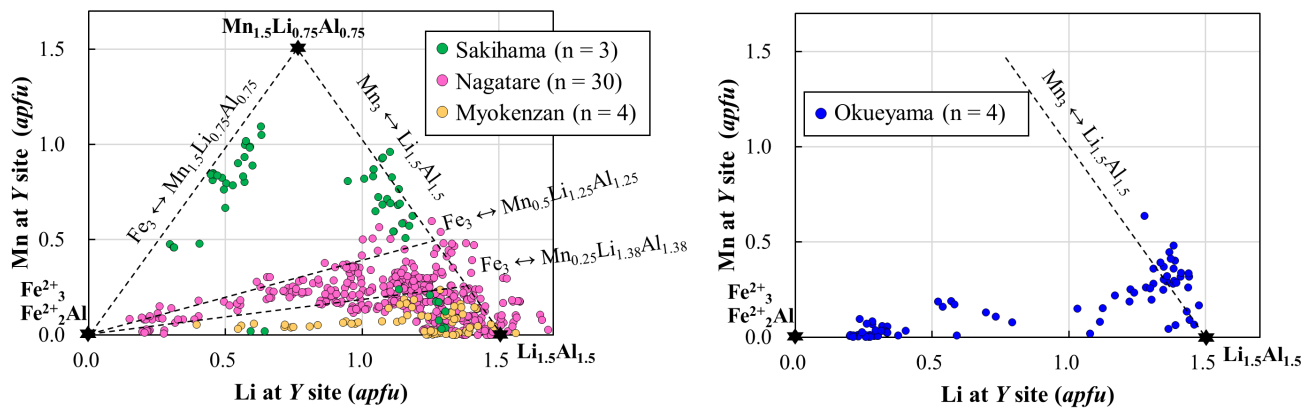
いずれのLiペグマタイトも産状や産出鉱物が大きく異なるが、共通して電気石を多く産する。また、電気石はペグマタイト岩体の縁辺部から中心部にかけて連続的に分布しており、それぞれ産状や肉眼的特徴も異なる(e.g., 白勢・上原2012; 2016; Shirose and Uehara, 2013)。電気石超族鉱物は $XY_3Z_6(T_6O_{18})(BO_3)_3V_3W$ の一般式で示され、 $X = Na, Ca, K, Y = Fe^{2+}, Mg, Mn^{2+}, Al, Li, Fe^{3+}, Cr^{3+}, Z = Al, Fe^{3+}, Mg, Cr^{3+}, T = Si, Al, V = OH, O, W = OH, F, O$ などの元素が入る(Henry *et al.*, 2011)。Liペグマタイト中では、岩体の縁辺部から中心部にかけて電気石のY席中の $Fe^{2+}$ が(Li+Al)に置換される組成変化が顕著であり、それはペグマタイトメルトの組成的な発展を反映している(e.g., Jolliff *et al.*, 1986; Selway *et al.*, 1999)。

長垂及び妙見山のLiペグマタイトは他のペグマタイトと比較して規模が大きく、Liに加え、Cs、Taの濃集もみられる組成的に発展したペグマタイトである。また、脈状のペグマタイトであり晶洞を伴わないのも特徴的である。電気石は半自形の放射状集合が多く、粒径は小さい。中心部から産するものは白雲母に変質し濁っているものが多い。崎浜のLiペグマタイトは脈状のペグマタイトであり、晶洞を伴う部分もある。電気石は、石英と連晶組織をなすもの、半自形から自形のものがあり、中心部に向かって伸長している。結晶粒径は大きく径10cmに達するものもある。大崩山のペグマタイトはミアロリティックな空隙を伴うREEペグマタイト中の小規模なLiペグマタイトであり、晶洞を伴う。電気石は半自形から自形のものがある。いずれのペグマタイトにおいても電気石は、縁辺部から中心部に向かって、黒色から濃色、淡色へと色が変化している。

EPMAを用いて電気石について化学分析を行ったところ、いずれのペグマタイトにおいても、縁辺部から中心部に向かって電気石の $Y(Fe^{2+}) \leftrightarrow Y(Li+Al)$ の置換が顕著であった。しかしながら、崎浜の電気石については $YMn^{2+}$ を特徴的に多く含み、 $Y(Fe^{2+}) \leftrightarrow Y(Mn^{2+}+Li+Al)$ の置換の後に、 $Y(Mn^{2+}) \leftrightarrow Y(Li+Al)$ といった置換反応が顕著に生じている。 $YMn^{2+}$ の含有量の変化については、産地ごとに異なる組成変化の傾向を示し、大崩山の電気石は晶洞の結晶中で急激に $YMn^{2+}$ に富む(Figure 1)。また、長垂については $YZn^{2+}$ の含有(<0.2 apfu)が特徴的である。これらの化学的特徴は共生鉱物とも調和的であり、崎浜では益富雲母の産出が特徴的にみられ、長垂では亜鉛を含有する電気石の周囲に亜鉛スピネルが産出する。電気石の化学組成の変化の傾向を比較することでペグマタイト岩体の持つ化学的な特徴をより詳細に比較することができる。

キーワード：Liペグマタイト、電気石、崎浜、長垂、妙見山、大崩山

Keywords: Li pegmatite, tourmaline, Sakihama, Nagatare, Myokenzan, Okueyama



**Figure 1** Chemical trends at Y site of the tourmaline from each pegmatite. “n” means the number of specimens. The Li contents were calculated.

# A grooved glass surface-plate for making a flat polished surface

\*Isoji MIYAGI<sup>1</sup>

1. Geological Survey of Japan, AIST

Recent progress in petrological studies are largely depend on the development of micro-analysis techniques. For micro-analysis such as EPMA, SIMS, and ATR micro-FTIR, the flatness of the polished surface is essential to obtain good analytical results.

Conventional polishing techniques involve final buffing with a cloth, which leads to undesired relief that develops on the polished surface near the boundaries of relatively soft and hard materials; for example, soft glass inclusions in hard quartz phenocrysts, and hard glassy ash particles mounted in soft resin.

A fine-grain abrasive film is more rigid than a cloth and so does not follow the surface differences between different materials. Direct interaction between the flat abrasive film and the flat polishing surface, however, can result in sticking or scratching. Furthermore, a thin fluid film between the polishing surface and the abrasive film can cause the abrasive film to slip.

The newly developed grooved glass surface-plate I present here provides advantages over conventional techniques in terms of making a flat polished surface, even if the sample comprises both relatively hard and soft materials. It allows ideal interaction between the flat polishing surface and an attached abrasive film. The grooves prevent the formation of a film of polishing fluid.

Keywords: EPMA, SIMS, polished sections, ATR micro-FTIR, surface plate

# 福岡県長垂lepidoliteについての鉱物学的研究

## Mineralogical study of lepidolite in Nagatare, Fukuoka Prefecture, Japan

\*野上 貴弘<sup>1</sup>、上原 誠一郎<sup>1</sup>

\*Takahiro Nogami<sup>1</sup>, Seiichiro Uehara<sup>1</sup>

1. 九州大学

1. kyushu university

### 1. はじめに

福岡県長垂のLiペグマタイトは様々な希元素に富んだ鉱物が産出することが知られており、古くから様々な鉱物に関する研究がなされている。最近ではelbaiteについての研究(白勢・上原, 2013)を行い、ペグマタイト岩体の縁辺部から中心部のelbaiteの化学組成の変化等について報告した。特に長垂のelbaiteは国内の他産地(茨城県妙見山など)と比べると微量のZnが含まれているという特徴があった。本研究では記載が不十分であった、長垂に産出する代表的なLi鉱物であるlepidoliteについての研究を行った。Lepidoliteはtrilithionite  $K_2(Li_3Al_3)(Si_6Al_2)O_{20}(OH,F)_4$ とpolyolithionite  $K_2(Li_4Al_2)Si_8O_{20}(OH,F)_4$ を端成分にとる固溶体系列の名称である。またlepidoliteと同様Liを含む雲母にはpolyolithioniteとsiderophylliteを端成分に持つzinnwaldite系列も存在する。今回の研究では長垂に産するlepidoliteの産状、肉眼的特徴から分類を行い、代表的な試料を選び、化学組成、結晶構造(ポリタイプ)を明らかにすることを目的とした。Muscovite-lepidolite系列、及びzinnwaldite系列の研究は古くからなされており、例えばFoster(1960)ではmuscoviteからlepidoliteへの組成や構造の変化について述べられており、特にmuscoviteとlepidoliteの中間部分に関しては現在でも議論が続けられている(Roda *et al.*, 2007など)。

### 2. 試料及び実験手法

本研究に用いた試料は、これまでに収集した標本をもとに肉眼観察により分類を行い、その中で代表的な試料を用いて実験を行った。長垂産lepidoliteの特徴として、色は無色～桃色、紫色のものがほとんどで、結晶の大きさは0.1mm以下のものから最大数cm程度のもまで存在する。共生鉱物としてはquartz, albite, K-feldspar, columbiteなどが挙げられる。実験にはRigaku製湾曲イメージングプレートX線回折装置RINT RAPID IIを用いて鉱物種の同定、ポリタイプの決定を行い、JEOL製FE-EPMA JXA-8530Fを用いて化学組成の分析を行った。

### 3. 結果

長垂のlepidoliteのポリタイプは $1M$ ,  $2M_1$ ,  $2M_2$ の3種類が確認され、 $2M_1$ を示すものが最も多い。また、 $1M$ ポリタイプ単体での結晶は確認されず、 $2M_1$ あるいは $2M_2$ 混在していることが確認された。Fig.1に各試料の化学分析値を $SiO_2-Al_2O_3$ (重量%)図に示した。この結果から、長垂のlepidoliteはtrilithioniteの端成分に近いものが多く、zinnwaldite系列の成分も多少含まれていることがわかる。また、ポリタイプを区別して考えると、 $2M_1$ に比べて、 $2M_2$ のポリタイプを持つものの方がpolyolithioniteの組成に近いlepidolite系列の化学組成をもつ傾向がある。Fig.2には偏光顕微鏡下において見られたlepidoliteのゾーニングを示した。EPMAを用いた化学分析を行うと、中心から外側にかけてAlが減少し、Si, Li, Mn, Fの増加する傾向が見られた。

キーワード：長垂、Li pegmatite、lepidolite、ポリタイプ、trilithionite、polyolithionite

Keywords: Nagatare, Li pegmatite, lepidolite, polytype, trilithionite, polyolithionite

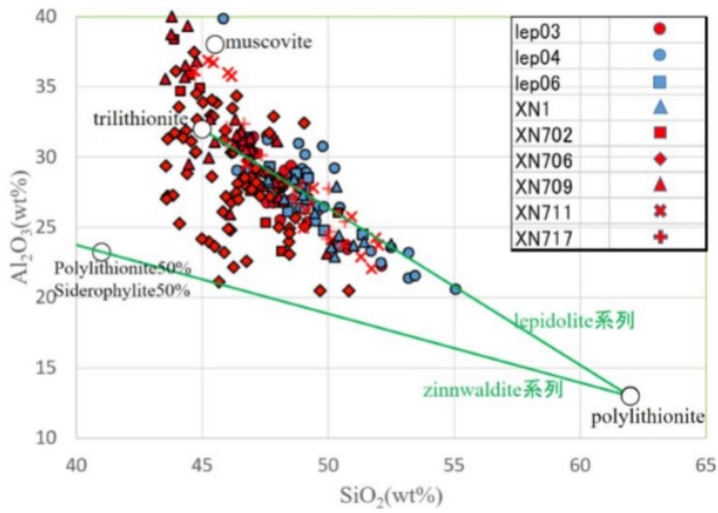
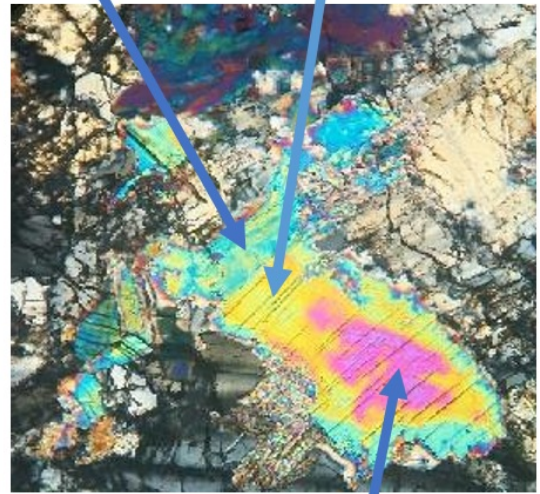


Fig. 1. SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(wt%)  
 red circle shows polytype 2M<sub>1</sub>, blue circle shows polytype 2M<sub>2</sub>.

2M<sub>1</sub> F=4.57      2M<sub>1</sub> F=3.29(wt%)



100 μm      2M<sub>1</sub> F=0.75(wt%)

Fig. 2. zoning part of lepidolite (cross polarized)

# 九州黒瀬川構造帯中の含ひすい輝石岩についての鉱物学的研究

## Mineralogical study of Jadeite-bearing rocks from Kurosegawa zone in Kyushu

\*井上 晴貴<sup>1</sup>、上原 誠一郎<sup>1</sup>

\*Haruki Inoue<sup>1</sup>, Seiichiro Uehara<sup>1</sup>

1. 九州大学理学府地球惑星科学専攻

1. Department of Earth and Planet Sciences, Faculty of Science, Kyushu University.

### 1.序

主要造岩鉱物である輝石は、その化学組成により20以上の独立種がある。ひすい輝石は、その輝石グループの中でも産出は比較的まれであり、90%以上をひすい輝石で占めるひすい輝石岩として蛇紋岩中や蛇紋岩メランジュ中の青色片岩やエクロジャイトに産するものがある。

(1983)は熊本県五木地域でひすい輝石を含む曹長石-オンファス輝石岩を報告し、Miyazoe *et al.*(2009)はその岩石が形成された温度圧力条件を350°C、500MPa~1.08GPaであることを明らかにした。また、斎藤・宮崎(2006)は、熊本県八代市で蛇紋岩メランジュ中にひすい輝石を含む変斑レイ岩がブロック状に分布することを報告した。そのひすい輝石の形成過程について曹長石の分解反応を挙げ、石英は水を介して周辺の蛇紋岩へと拡散したと述べている。

Harlow *et al.*(2015)などによって、熱水流体から直接晶出する反応や、熱水流体による交代作用によりひすい輝石が形成されると述べており、天然のひすいの産状を説明できる可能性がある。本研究では、熊本県八代市泉町で報告されているひすい輝石を含む変斑レイ岩についての鉱物学的記載を行い、ひすい輝石やオンファス輝石の形成過程などについて考察したい。

### 2.地質および試料

現在、黒瀬川構造帯に関する明確な定義について不十分な点はあるが、西山(2010)に従い、秩父累帯中の蛇紋岩メランジュに伴われる変成岩類を黒瀬川構造帯の変成岩と呼ぶ。本地域の蛇紋岩メランジュは北から種山蛇紋岩ユニット、箱石蛇紋岩ユニット、深水蛇紋岩ユニットからなり、基本的に東北東方向に帯状に分布する(斎藤・宮崎, 2006)。本研究では斎藤・宮崎(2006)が報告した箱石蛇紋岩ユニット中のひすい輝石を含む変斑レイ岩を研究対象とした。

### 3.実験手法

X線回折にBruker AXS製 M18XHF22-SRAを用いた。鉱物の化学分析、微細組織の観察にSEM(JEOL製 JSM-7001F)及びEPMA(JEOL製 JXA-8530F)を用いた。

### 4.結果と考察

ひすい輝石を含む変斑レイ岩の新鮮な露頭は肉眼では一様に暗緑色塊状である。研磨面は青緑色または緑色を呈し、青緑色の部分は藍閃石が多く含まれる。観察した薄片のほとんどにひすい輝石が含まれていたが、肉眼で判別できるひすい輝石は数mm幅の白脈のみであり、そのほかのひすい輝石は数10 $\mu$ m程度の微粒子として点在していた。露頭の一部に数10cmの連続する石英とカリ長石からなる白色脈もある。その周辺の変斑レイ岩はひすい輝石の微粒子を含むが、石英と接触共生はしていなかった。

XRD分析で脈を含まない部分の構成鉱物を調べた結果、主に緑泥石、パンペリー石、藍閃石、普通輝石からなり、その他に曹長石や雲母を含むが、ひすい輝石はこれらの鉱物に比べ含有量は少ないことが分かった。

10 $\mu$ mの大きさで集合しており、石英の共生はなかった。一部には、カリ長石が共存するものも見られた。点在するひすい輝石の化学組成は曹長石、カリ長石のみと接触する部分では端成分に近いが、緑泥石、パンペリー石、普通輝石などと接触する縁辺部はCa, Fe, Mgに富む組成である。

Ca, Fe, Mgに富む組成をしたひすい輝石とカリ長石の組み合わせからなっていた。縁辺部のひすい輝石の組成はひすい輝石とオンファス輝石との間にある不混和領域の値を示しており、非常に小さなスケールで離溶組織をなしている可能性がある。また、どの産状のひすい輝石にも、組成の不均一が見られる粒子が一部

あった。

以上の結果から、ひすい輝石と石英の接触共存がなく、石英が拡散する過程を残した組織が見られないこと、また、ひすい輝石粒子の中には、組成累帯構造を持つものがあることから、ひすい輝石が熱水流体から晶出し、その後、同時に晶出した石英は、ひすい輝石と曹長石の組み合わせが安定な温度条件下でひすい輝石と反応して消費されたのではないかと思われる。

キーワード：ひすい輝石、オンファス輝石、変斑レイ岩、熊本県八代市泉町

Keywords: Jadeite, Omphacite, Metagabbro, Izumi, Yatsushiro city, Kumamoto Prefecture

## Magma process of the Ushikiri-yama granodiorite, north Kyusyu, SW Japan: Implications for formation of middle crust

\*江島 圭祐<sup>1</sup>、大和田 正明<sup>1</sup>、今岡 照喜<sup>1</sup>

\*Keisuke Eshima<sup>1</sup>, Masaaki Owada<sup>1</sup>, Teruyoshi Imaoka<sup>1</sup>

1. 山口大学院創成科学研究科

1. Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University

Continental crust comprises mafic lower crust and felsic middle crust in terms of seismic refraction and reflection date (Ansorge et al. 1992). Northern Kyusyu is widely underlain by the granitoid batholiths due to subduction of an oceanic plate during Cretaceous time. The Ushikiri-yama granodiorite intruded at the early stage of igneous activity of the batholiths, and emplaced in the middle crust (Eshima and Owada, 2015). In this study, we address magma processes, emplacement depth, K-Ar mineral ages of the Ushikiri-yama granodiorite, and discuss the formation process of middle crust in the active continental margin.

The Ushikiri-yama granodiorite intrudes limestone, various kinds of metamorphic rocks derived from the Permian accretionary complex. The granodiorite is divided into North and South bodies separated by fine-grained facies granodiorite. It shows hypidomorphic granular texture and consists mainly of plagioclase, biotite, hornblende, quartz, K-feldspar, and trace amounts of euhedral magmatic epidote with  $Fe^{3+} / (Fe^{3+} + Al^{3+})$  values between 25% and 27%. The granodiorite shows flow structure defined by preferred orientation of mafic minerals and plagioclase along the outline of the granodiorite body, and locally contains fine-grained mafic magmatic enclaves (MME).

We estimate the emplacement depth of the Ushikiri-yama granodiorite using the hornblende geobarometer (Schmidt, 1992) with solidus temperature using hornblende-plagioclase geothermometer (Holland and Blundy, 1994). Accordingly, the granodiorite yields emplacement conditions ~720 to 640 °C and ~ 0.45 to 0.35 GPa that are equivalent to middle crust conditions. In addition, the granodiorite contains magmatic epidote. It means that the granodiorite magma was produced at the depth of lower crust conditions because the magmatic epidote in granitic magmas can be stable at pressure 0.6-0.8 GPa (Zen and Hamastrom, 1984; Schmidt and Poli, 2004). The emplacement depth of the Cretaceous granitoids from north Kyushu resemble those of the Ushikiri-yama granodiorite, e.g. Itoshima granodiorite (Yada and Owada, 2003). In other words, the granitoid batholiths of north Kyushu would be dominated by the middle crust along the active continental margin during Cretaceous time.

キーワード：中部地殻、活動的大陸縁辺部、定置深度、マグマ起源緑簾石、牛斬山花崗閃緑岩

Keywords: middle crust, active continental margin, emplacement depth, magmatic epidote, ushikiri-yama granodiorite



# 北部九州西部，能古島西海岸に分布する花崗閃緑斑岩の産状と化学組成

## Field occurrence and chemical compositions of granodiorite porphyrites in west coast of the Noko Island, eastern part of northern Kyushu

\*柚原 雅樹<sup>1</sup>

\*Masaki Yuhara<sup>1</sup>

1. 福岡大学理学部地球圏科学科

1. Department of Earth System Science, Faculty of Science, Fukuoka University

北部九州白亜紀花崗岩類分布域の東部に位置する能古島の北半部には、北崎トータル岩が分布し、その南側の変成岩中には花崗閃緑斑岩岩脈が貫入している。これらの花崗閃緑斑岩は、肉眼的特徴から北崎トータル岩と同じグループであると考えられている（唐木田，1965；唐木田ほか，1994）。新たに行った岩石学的、岩石化学的検討により、それとは異なる可能性が示唆されたため、本報告では、岩脈の産状、記載岩石学的特徴ならびに全岩化学組成の特徴について述べ、マグマの成因について考察を行う。

花崗閃緑斑岩岩脈は、能古島西海岸の変成岩中に認められ、厚さ最大12mで、NNEあるいはENE方向に高角度に貫入している。現在、3岩脈を確認している。塊状で斑状の花崗閃緑斑岩からなり、最大長径120cmの苦鉄質包有岩を多量に包有する。本花崗閃緑斑岩は、主に斜長石、普通角閃石、黒雲母、石英、カリ長石からなり、副成分鉱物として燐灰石、チタン石、ジルコン、不透明鉱物を含む。斑晶は斜長石、普通角閃石、黒雲母、石英からなる。石英斑晶は融食形を示し、斜長石斑晶には汚濁帯が認められる。普通角閃石と黒雲母斑晶の周囲は複雑に入り組んでいる。苦鉄質包有岩は、主に斜長石、普通角閃石、黒雲母、少量の石英からなり、副成分鉱物として燐灰石、チタン石、ジルコン、不透明鉱物を含む。斑晶は斜長石、普通角閃石、黒雲母と少量の石英からなる。石英斑晶は融食形を示し、反応縁が認められる場合がある。斜長石斑晶には汚濁帯が認められる。これらの斑晶の産状は、マグマ混合を示唆する。

花崗閃緑斑岩と苦鉄質包有岩のSiO<sub>2</sub>含有量は、それぞれ66.4wt.%～68.4wt.%、60.4～61.3wt.%である。ハーカー図において、本花崗閃緑斑岩は、苦鉄質包有岩と北崎トータル岩中に貫入する普通角閃石-黒雲母花崗斑岩岩脈（柚原ほか，2007）の間の組成を示す。苦鉄質包有岩は多くの元素で北崎トータル岩の組成範囲内にあるが、MgO、Na<sub>2</sub>O、Crに富み、Yにやや乏しい傾向にある。特に、SiO<sub>2</sub>-A.S.I.図やMgO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*図では、花崗斑岩、花崗閃緑斑岩、苦鉄質包有岩の形成するトレンドと、北崎トータル岩の変化トレンドは大きく異なる。以上のことから、花崗閃緑斑岩は、花崗斑岩マグマと苦鉄質包有岩の元となったマグマ（北崎トータル岩とは異なる組成を持つ）の混合により形成されたと考えられる。

キーワード：花崗閃緑斑岩、北崎トータル岩、能古島、北部九州白亜紀花崗岩類

Keywords: granodiorite porphyrite, Kitazaki Tonalite, Noko Island, Cretaceous granitic rocks in northern Kyushu

## マントル捕獲岩（ピナツボ火山）中のかんらん石に含まれる流体包有物としての負晶の3次元形状

### 3D shapes of olivine negative crystals as fluid inclusions in a mantle xenolith from Pinatubo volcano

\*中村 隆太<sup>1</sup>、土山 明<sup>1</sup>、三宅 亮<sup>1</sup>、瀧川 晶<sup>1,2</sup>、高山 亜紀子<sup>1</sup>、中野 司<sup>3</sup>、上杉 健太郎<sup>4</sup>、竹内 晃久<sup>4</sup>、川本 竜彦<sup>5</sup>

\*Ryuta Nakamura<sup>1</sup>, Akira Tsuchiyama<sup>1</sup>, Akira Miyake<sup>1</sup>, Aki Takigawa<sup>1,2</sup>, Akiko Takayama<sup>1</sup>, Tsukasa Nakano<sup>3</sup>, Kentaro Uesugi<sup>4</sup>, Akihisa Takeuchi<sup>4</sup>, Tatsuhiko Kawamoto<sup>5</sup>

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2. 京都大学白眉センター、3. 産業技術総合研究所、4. 高輝度光科学研究センター、5. 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設

1. Division of Earth and Planetary Sciences, Kyoto University, 2. The Hakubi Center for Advanced Research, Kyoto University, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. Japan Synchrotron Radiation Research Institute, 5. Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

かんらん石は地球だけでなく宇宙にも普遍的に存在する鉱物であり、その結晶形状はその形成条件を反映するだけでなく、結晶の異方性を通じて様々な物理化学プロセスにも影響を与える可能性がある。結晶形状は成長形と平衡形に分けられる。成長形は生成条件に応じた形状であり、平衡形は表面自由エネルギーと面積の積の総和が最小となる形状である。かんらん石のMg端成分であるフォルステライトの0 K・真空での表面エネルギーは、格子力学[1]や第1原理計算[2]により求められ、平衡形も求められている。

昨年度の連合大会[3]では、普通コンドライト隕石(LL5-6)のかんらん石中の負晶の3次元形状を調べることにより、かんらん石結晶のannealの程度や熱履歴を議論するとともに、annealの進んだ負晶にも表面エネルギーの高い{100}面が発達していることを報告した。これは、一般的に負晶形状は平衡形であると考えられていることと一致せず、水分子などの表面吸着分子の影響の可能性を議論した。本研究では、隕石と形成環境が異なる地球マントル起源のかんらん石中の負晶を調べることにより、流体包有物として水を多量に含む負晶形状を明らかにし、起源の異なる負晶形状の比較をおこなうとともに、マントル起源かんらん石負晶の熱履歴についても議論することを目的とした。

1991年に噴火したフィリピンピナツボ火山の噴出物（軽石）に含まれるマントル捕獲岩（ハルツバージャイト）中のかんらん石(Mg#:91-92)には、流体包有物としての負晶が存在することが知られている[4]。本研究では、このマントル捕獲岩の薄片（#P-3）からサンプリングをおこなった。まず偏光顕微鏡によって薄片観察をおこない、かんらん石粒子中に流体包有物が面上に分布しているところを探し、そこから流体包有物を含むようにして、FIB (FEI Quanta 200 3DS)により円柱形状のサンプル(20-30 μm)を2個取り出した。サンプルは結像型吸収CT撮影 (SPring-8 BL47XU、7及び8 keV、実効空間分解能:約150 nm)を行い、得られた3次元構造から2値化により負晶の3次元形状を抽出した。サンプルの結晶方位は、母結晶のSEM/EBSD (JEOL 7001F/HKL CHANNEL5)により決定した。CT画像とEBSDで求めた結晶方位から、負晶の結晶面の同定を[3]と同じ手法により行った。

それぞれのサンプルには、15 μm程度の大きさでファセットをもつ負晶が1個ずつ存在した。FIBによるサンプリング時に流体包有物である負晶の一部を削ってしまったため、2個ともに流体はすでに抜けていたが、内部にはNaClと思われる物質が蒸発残渣として認められた。負晶の外形の破損はごく一部であったため、負晶の3次元形状抽出時に破損した部分の外形を外挿した。どちらの負晶も表面エネルギーが高い{100}面が発達し、また表面エネルギーの低い{010}面も発達していた。

隕石 (LL5-6) サンプルと比較すると{100}と{010}面の発達傾向は一致した。一方、表面自由エネルギーが低い{001}面は隕石サンプルとは異なり発達していなかった。表面エネルギーは、表面吸着分子により低下することが知られていているが、気体水分子による場合、{100}面や{010}面と比較して{001}面の相対的な値は変化しない[1]。{001}面の発達の違いは、ピナツボサンプルと隕石サンプルの違いのような負晶界面と接してい

る水分子が、流体と気体の違いあるいは単に、流体と真空の違いの可能性もある。また、負晶形状のエッジに着目すると、ピナツボ火山の負晶のエッジは隕石サンプルに比べ、シャープであった。平衡形では高温になると、エントロピーの寄与によりエッジ自由エネルギーが大きくなるが、この効果を低下させるためにエッジが丸くなることが知られている。隕石サンプルの負晶形状は必ずしも厳密な意味での平衡形ではないと考えられる[3]。厳密な平衡形でなくても、このようなエッジ自由エネルギーのエントロピーの寄与を考えると、ピナツボ火山の負晶は形成温度が隕石サンプル（約1100K）に比べ低温であったことが推測される。

[1] de Leeuw et al. (2000) Phys. Chem. Minerals, 27: 332. [2] Bruno et al. (2014) JCP, 118: 2498. [3] Nakamura et al. (2016) JpGU, PPS12-17 (abstract). [4] Kawamoto et al. (2013) PNAS, 110: 9663

キーワード：かんらん石、負晶、捕獲岩

Keywords: Olivine, negative crystal, xenolith

## 浅間火山火砕噴出物の含水量と水和

### Bulk water content and hydration of pyroclasts of Asama volcano

小島 圭<sup>1</sup>、\*佐藤 博明<sup>2</sup>、鈴木 桂子<sup>3</sup>、佐藤 鋭一<sup>4</sup>

Kei Kojima<sup>1</sup>, \*Hiroaki Sato<sup>2</sup>, Keiko Suzuki-Kamata<sup>3</sup>, Eiichi Sato<sup>4</sup>

1. 元神戸大学理学部地球惑星科学科, 現所属: インソース (株)、2. 元神戸大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、3. 神戸大学大学院理学研究科惑星科学専攻、4. 神戸大学大学教育推進機構

1. Dept Earth Plan Sci, Fac of Science, Kobe Univ, Present address: Insource co., 2. Dept Earth Plan Sci, Grad Sch Sci, Kobe Univ, 3. Dept of Planetary Sci, Graduate School of Sci., Kobe Univ, 4. Inst for Promotion of Higher Education, Kobe Univ

浅間火山の火砕噴出物の全岩含水量の測定を行った。方法は、いったん、50°C、24時間以上保持して乾燥させた試料を、ふるいにかけて、4-8mm径の軽石を半分に切断し片方はKarl-Fischer滴定法で1000°Cまで昇温して含水量を求めた。軽石片の残り半分を研磨薄片にしてBSE像の観察、ガラスの化学分析をおこなった。代表的な試料については、段階的加熱による脱水挙動を見た。試料は浅間火山の、白糸の滝降下軽石(20ka)、孀恋降下軽石(13ka)、小諸火砕流(13ka)天仁降下軽石(A.D.1108)、追分火砕流(A.D.1108)、天明降下軽石(A.D.1783)、吾妻火砕流(A.D.1783)を用いた。段階加熱実験では、どの試料でも50°C迄の脱水が18-35%で、その後は昇温に伴い500-700°C迄脱水が継続する。白糸の滝降下軽石と小諸火砕流では200-400°Cの間の脱水量がほぼ50%で多かった。全岩含水量測定は総計159試料について行い、それぞれの噴出物の平均値、標準偏差、試料数は、白糸の滝降下軽石: 2.60wt%, 0.38, 3, 孀恋降下軽石: 2.97, 0.79, 9, 小諸火砕流: 2.19, 0.51, 27, 天仁降下軽石: 0.50, 0.56, 68, 追分火砕流: 0.59, 0.21, 9, 天明降下軽石: 0.46, 0.09, 32, 吾妻火砕流: 0.65, 0.38, 11, となった。天仁噴火(A.D.1108年)以降の若い試料でも、一部1wt%を超える高含水量を示すものが認められた。ガラスのSiO<sub>2</sub>量は、白糸降下軽石70-71wt%, 孀恋降下軽石68-77wt%, 小諸火砕流68-80wt% (多くは75-80wt%), 天仁降下軽石70-77wt%, 追分火砕流63-67wt%, 天明降下軽石68-72wt%, 吾妻火砕流60-73wt%となった。バルク含水量とガラスSiO<sub>2</sub>量には直接相関は認められない。より古い試料の電顕のBSE像ではガラス壁から離れた部分に高輝度(平均原子番号が高い)の部分が残っており、この部分は水和が不十分な部分であると考えられる。今回の分析では1000年より若い試料では平均0.46-0.65wt%, 1万年より古い試料では平均2.2-2.9wt%と明瞭な違いが見られたが、噴火様式、噴火規模、ガラス化学組成との相関は強くはなく、1万年より古い試料の高含水量は水和による影響が大きいと判断される。従来の研究でも新鮮な火砕噴出物の含水量は0.4-1wt%のものが多く、若い(<1000年)試料のプリニー式噴火等の爆発的噴火で生じる火砕物の含水量は噴火の際の急冷マグマ含水量に近く、水和の影響は比較的少ないと考えられる。

キーワード: 火砕物、浅間火山、含水量、ガラスの水和

Keywords: pyroclasts, Asama volcano, water content, hydration of glass

# 北部フォッサマグナ，米山地域に分布する後期新生代TH系列火成岩の岩石学的研究

## Petrology of the Late Cenozoic tholeiitic rock series from Yoneyama area, northern Fossa Magna, Japan

\*相澤 正隆<sup>1</sup>、岡村 聡<sup>1</sup>、高橋 俊郎<sup>2</sup>、(グループ) 米山団体研究グループ

\*Masataka Aizawa<sup>1</sup>, Satoshi Okamura<sup>1</sup>, Toshiro Takahashi<sup>2</sup>, (Group) Yoneyama Research Group

1. 北海道教育大学札幌校、2. 新潟大学理学部

1. Hokkaido Education University, Sapporo Campus, 2. Faculty of Science, Niigata University

北部フォッサマグナ地域北東部の日本海沿岸に位置する米山地域には、後期鮮新世～前期更新世の米山層火山岩類が分布し、しばしば角閃石斑れい岩質捕獲岩や角閃石巨晶が見られる。本火山岩類は、斑晶鉱物組み合わせの特徴から、Ol-Cpx玄武岩～玄武岩質安山岩、Cpx玄武岩～安山岩、Cpx-Opx玄武岩～安山岩、Cpx-Hbl±Opx玄武岩質安山岩～安山岩に区分される。米山層火山岩を貫く中ノ岳貫入岩体は、南北1.6 km、東西1 kmの岩体であり、中心部はCpx-Opx斑れい岩、周縁部はHbl安山岩からなる複合岩体である。本斑れい岩中には閃長岩質細脈が見られる。

本層火山岩類の岩石学的特徴は、Gill (1981) の中間～高K系列に属し、Miyashiro (1974) のソレアイト (TH) 系列が卓越し、一部カルクアルカリ (CA) 系列にプロットされる。各種主成分・微量成分元素のハーカー図から、一連の結晶分化トレンドを示しており、安山岩組成では角閃石の分別作用が顕著であったと考えられる。このことは、希土類元素比 (Dy/Yb比) が、SiO<sub>2</sub>含有量の増加に伴い減少することからも支持される。斑晶鉱物を用いた輝石温度計 (Wells, 1977) の結果は、玄武岩が約1100°C、安山岩が約1050°Cを示す。Ernst and Liu (1998) による角閃石圧力計の結果は、角閃石斑晶が最大1.5 GPaの下部地殻の深度において晶出したことを示す。これらの温度・圧力条件を用いて、Hamada and Fujii (2007) による斜長石-メルト含水量計を計算すると、含水量は角閃石を含む玄武岩で約3 wt%、Hbl安山岩で約3～4 wt%、中ノ岳貫入岩体の斑れい岩で約3～4 wt%の高含水量を示した。以上から、TH系列が卓越する本層火山岩類は、高含水量マグマに由来したと考えられる。島弧ソレアイト質玄武岩の熔融実験を行ったHamada and Fujii (2008) は、3.0～4.4 wt%の水を加えた実験でTH系列マグマが生成されることを報告しており、それと同様な生成条件であったと考えられる。一方、本火山岩類の<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr比は、SiO<sub>2</sub>含有量の増加に伴いやや高くなる傾向があり、中ノ岳貫入岩体の閃長岩質細脈は最も高い<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr比 (>0.7042) を示すことから、地殻物質の関与を考慮する必要がある。

キーワード：北部フォッサマグナ、ソレアイト系列、含水量、角閃石

Keywords: Northern Fossa Magna, Tholeiite rock series, Water content, Ca-amphibole

## High-Mg diorite in western Chugoku district: Regional extension of Cretaceous high-Mg andesite magma

\*児玉 省吾<sup>1</sup>、大和田 正明<sup>1</sup>

\*Shogo Kodama<sup>1</sup>, Masaaki Owada<sup>1</sup>

1. 山口大学

1. Yamaguchi University

Southwest Japan during the Cretaceous was located in the active continental margin along the eastern part of Asian Continent. There are voluminous felsic igneous activities from 105 Ma to 90 Ma. Mafic magmas derived from mantle are assumed as a heat source for the fusion of crust to produce the felsic magmas. The Shimokubara granite (105 Ma) and Susuma-Nagao granodiorite are exposed in the eastern part of Yamaguchi Prefecture. They geologically occur as the coeval intrusive rocks. The Susuma-Nagao granodiorite is accompanied by dioritic rocks. On the other hand, the Shimokubara granite shows leucocratic and contains porphyritic K-feldspar; thereby both suites show petrographically different character. Therefore, we address the petrological investigation of the Shimokubara granite and Susuma-Nagao granodiorite, and discuss the genetic relationships between granite and diorite to granodiorite magmas.

The Shimokubara granite is characterized by euhedral K-feldspar up to 4 cm. The constituent minerals are Quartz, K-feldspar, Plagioclase and biotite. The Susuma-Nagao granodiorite is medium grained with granodiorite-diorite in compositions. The constituent minerals are plagioclase, hornblende, biotite, quartz with small amounts of K-feldspar.

SiO<sub>2</sub> contents of the Shimokubara granite and Susuma-Nagao granodiorite range from 66-78wt.% and 54-65 wt.%. The Shimokubara granite and Susuma-Nagao granodiorite show the peraluminous and meta-aluminous compositions, respectively, and make a linear trend in the Harker diagrams.

The geological and petrological features of Shimokubara granite and Susuma-Nagao granodiorite are as follows:

- (1) Boundary between them is generally unclear and locally including and cutting each other.
- (2) Samples collected from such boundary have mixing and mingling texture, e.g., acicular apatite, dusty zoned plagioclase, and quartz ocellar.
- (3) Linear trends are shown in the some variation diagrams.

These features suggest that the Shimokubara granite and Susuma-Nagao granodiorite are the coeval intrusive rocks and locally mixed with each other. It means that the Susuma-Nagao granodiorite intruded in this region at the time of 105 Ma, and was chemically modified by the felsic melt from the Shimokubara granite in some places.

The most primitive compositions of the Susuma-Nagao granodiorite have 54 wt.% SiO<sub>2</sub> with up to 6 wt.% MgO. The sample is situated far from the Shimokubara granite and shows free from mixing textures. These geochemical features correlated with those of High-Mg andesite (HMA). In addition, the granodiorite has low- Sr/Y ratio similar to the Sanukitick HMA.

According to the above description, the Susuma-Nagao granodiorite magma would be derived from metasomatized mantle, and penetrate in the crust at 105 Ma. Such mafic magma is caused by the crustal fusion as a heat source and producing felsic melts. Both mafic and felsic magmas are locally mixed with each other.

キーワード : 山口県、花崗閃緑岩、山陽帯

Keywords: Yamaguchi Prefecture, granodiorite, San-yo belt

## Rapid emplacement of granitic magma and formation of upper crust, Cretaceous Hirao granodiorite, North Kyushu, SW Japan

\*村岡 やよい<sup>1</sup>、大和田 正明<sup>1</sup>

\*Yayoi Muraoka<sup>1</sup>, Masaaki Owada<sup>1</sup>

1. 山口大学

1. Yamaguchi University

Cretaceous to Paleogene granitic rocks are widely exposed on the eastern margin of Asian continent. The northern part of Kyushu, Southwest Japan, is underlain by the Cretaceous plutonic and volcanic rocks. The granitic rocks exposed on the eastern part of north Kyushu emplaced into the shallower level of crust accompanied by coeval volcanic rocks. The Hirao granodiorite located in the eastern part of north Kyushu contains magmatic epidote. The magmatic epidote is known that the crystallization is of deeper than middle crust conditions. Sial et al. (2008) reported constraints on depth of emplacement and ascension rate of epidote-bearing magmas. In this study, the author discusses the emplacement process of the Hirao granodiorite magma.

The Hirao granodiorite occurs as a stock with 16 km N-S × 4 km E-W. The granodiorite consists mainly of plagioclase, quartz, K-feldspar, biotite and hornblende with small amounts of epidote. Epidote grains almost show subhedral shapes. In addition, the granodiorite dike occurs in the study area. The granodiorite dike also has mineral assemblage similar to that of the stock.

SiO<sub>2</sub> contents of the Hirao granodiorite range from 62 to 67 wt.%, and increase with decreasing modal values of hornblende. In Sr-Y diagram, the bulk chemical trend can be explained by crystallization of hornblende from parental granodiorite magma. The granodiorite dike shows more evolved compositions with fractionation of plagioclase in addition to hornblende.

Inferred emplacement P-T conditions are of 0.2-0.4 GPa and 650-700 degrees. These conditions are consistent with contact metamorphic P-T conditions of the Tagawa metamorphic rocks, which are undergone by thermal effect of the Hirao granodiorite magma. These pressure conditions correspond to 6-9 km depth equivalent to upper crust.

Epidote grains in the Hirao granodiorite show subhedral shapes with corrosion texture. It means that the epidote underwent corrosion through rapid ascending after crystallized from deeper part of crust. Such rapid ascending system would be caused by a dike (Sial et al., 2008). Therefore, the Hirao granodiorite magma is considered to crystallize epidotes at the deeper part of crust, and emplaced into the upper crust by rapid ascending along the dike.

キーワード：北部九州、花崗岩類、マグマ起源緑簾石

Keywords: North Kyushu, Granitoids, Magmatic epidote



## Petrology of the Itagai gabbroic body, Aomori Prefecture

\*岡澤 誠<sup>1</sup>、山元 正継<sup>2</sup>

\*Makoto Okazawa<sup>1</sup>, Masatsugu Yamamoto<sup>2</sup>

1. 島根大学、2. 秋田大学

1. Shimane University, 2. Akita University

Itagai gabbroic intrusion, on the border between Akita and Aomori prefectures along shore of Japan Sea, is one of typical tholeiitic bodies consisting of gabbro including inverted pigeonite, clinopyroxene, orthopyroxene, plagioclase, magnetite and ilmenite.

Northern end of the Itagai gabbroic body and the Cretaceous Shirakamidake granitic complex are juxtaposed by a fault. But their geological relationship has been unclear. Magnetic susceptibility of both bodies across the fault was measured and shows increasing in magnetism of Shirakami granitic rocks near the Itagai gabbro. This suggests that the Itagai body is younger than the Shirakami granitic complex.

This body consists of three layers shown by variation of grain size being medium-, coarse-, and fine-grained from south to north. This indicates that Itagai gabbroic body was formed by at least three time's intrusions of magma, which is supported by the different ratio of Sr isotope and mineral chemistry of each layering.

There are more tholeiitic rocks inside and in contact with the Itagai gabbro such as small dykes, Sugozaki quartz diorite and an andecitic intrusion which covered by non-tholeiitic volcanic breccia, forming about 20Ma(Hayashi and Ohguchi,1998). This suggests that tholeiitic magmatism was continued during Paleogene to Early Miocene.

キーワード：はんれい岩、ソレライト、転移ピジョン輝石

Keywords: gabbro, tholeiite, inverted pigeonite

## Magnetic fabric reveals mode of emplacement of Kogarasuyama granodiorite

\*金丸 龍夫<sup>1</sup>

\*Tatsuo Kanamaru<sup>1</sup>

1. 日本大学文理学部地球科学科

1. Department of Earth & Environmental Sciences, College of Humanities & Sciences, Nihon University

Late Miocene to Pleistocene Higashi-Yamanashi volcano-plutonic complex located in northern part of south Fossa Magna is N-S trending elongated cauldron and is composed of the Kogarasuyama granodiorite and the Konarayama volcanic rocks mainly consisting rhyolitic to dacitic welded tuff. The Kogarasuyama granodiorite intruded into the Konarayama volcanic rocks with sub-vertical contacts. The Kogarasuyama granodiorite showing vertical section of huge dike-like intrusion is cropped out over 1000m in relative height and 25km in length. We carried out anisotropy of magnetic susceptibility measurements for the Kogarasuyama granodiorite. Subvertical magnetic foliations predominantly arrange in a conformable manner to the shape of the body. Sub-horizontal foliations are seen in the inner part of the body. Subhorizontal magnetic lineations are frequently oriented toward elongation trend of the body except at the northern and southern parts of the body. These magnetic fabrics indicate that magmas of the Kogarasuyama granodiorite probably upwelled through subvertical conduit-like regions and successively flowed subhorizontally and that the magma intrusions may have occurred multiply.

キーワード：帯磁率異方性、小烏山花崗閃緑岩、磁気ファブリック、岩脈、深成岩、定置

Keywords: anisotropy of magnetic susceptibility, Kogarasuyama granodiorite, magnetic fabric, dike, plutonic rock, emplacement

# A solidification history of a magma chamber based on textural observations of the Nosappumisaki intrusion, Nemuro, Japan

\*志村 玲子<sup>1</sup>

\*Rayko Simura<sup>1</sup>

1. 東北大学金属材料研究所

1. Institute for Materials Research, Tohoku University

Natural rocks are materials in multiphase and multicomponent systems, and they have a lot of information to represent their formation history. We are able to obtain information from the rocks as (1) chemical composition of whole rocks, mineral compositions, and compositional zonings, (2) three-dimensional distribution of particles, shape and size of minerals etc. In order to clarify the history, quantitative analyses are required. However, textural observations and their analyses are not so easier than compositional analyses because of their variety and complexity.

Various methods were conducted on textural analysis of rocks. In most of these studies such images with tracing outer shapes of particles were used [1]. However, the works with manual-handling are time-consuming and sometimes error-prone tasks. Recently, the image analysis using machine learning method as deep learning has been actively developed and applied also on textural analysis of natural rock samples [2]. In order to analyze the texture of the igneous rocks, we need to images with combining the multiple images of the same sample with different angle of polarized light. Previous work of ours introduced the image analysis with using polarization camera. The camera can obtain the image with multiple angle of polarization light in one time. In the camera, polarization films with checkerboard pattern were set on the CCD device, and one picture-cell was obtained by multi-element of CCD[3]. Although the resolution of this camera is enough for strain analysis of glass or plastic, higher resolution is necessary for analyzing the complex texture of igneous rocks. In this study, the system obtaining the images with polarized light were constructed, and the image analysis were conducted for the thin-sections of the Nosappumisaki intrusion, Nemuro, Japan[4]. In the presentation, the result of the analysis will be discussed.

[1]c.f. Morishita R. et al. (1998) *Kazan* v.5 p.283

[2]c.f. Baykan et al. (2010) *Sci. Res. Ess.* v.5 p.1243

[3] <https://www.photonic-lattice.com> (Photonic Lattice, Inc.)

[4]R.Simura and K. Ozawa(2006) *J.Pet.* v.47 p.1809; R.Simura and K. Ozawa(2011) *J.Pet.* v.52 p.1887

キーワード：岩石組織、偏光、固化

Keywords: igneous rock texture, polarized light, solidification

## 嶺岡・瀬戸川帯火山岩類の岩石化学とジルコンU-Pb年代 Geochemistry and zircon U-Pb dating of volcanic rocks in Mineoka-Setogawa Belt

\*榎本 葉月<sup>1</sup>、市山 祐司<sup>1</sup>、伊藤 久敏<sup>2</sup>、田村 明弘<sup>3</sup>、荒井 章司<sup>3</sup>

\*Hatsuki ENOMOTO<sup>1</sup>, Yuji ICHIYAMA<sup>1</sup>, Hisatoshi ITO<sup>2</sup>, Akihiro TAMURA<sup>3</sup>, Shoji ARAI<sup>3</sup>

1. 千葉大学理学部地球科学科、2. 財団法人電力中央研究所、3. 金沢大学理工学域自然システム学類

1. Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Chiba University, 2. Central Research Institute of Electric Power Industry, 3. Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Kanazawa University

古第三紀付加体として知られている千葉県房総半島の嶺岡帯および静岡県東部の瀬戸川帯には、超苦鉄質岩、苦鉄質岩（斑れい岩・ドレライト・玄武岩）、遠洋性堆積岩（石灰質・珪質頁岩）など多様な海洋性の岩石が断片的に産出しており、オフィオライトメランジュとして解釈されている（石渡，1989）。本研究では、偏光顕微鏡での観察、主要元素および微量元素（希土類元素を含む）を用いた全岩化学組成の分析、ジルコンU-Pb年代の測定により、化学組成と形成年代の関係をフィリピン海プレートや太平洋プレートを構成する岩石と比較し、嶺岡・瀬戸川帯火山岩類の起源を推定することを目的とする。

偏光顕微鏡での試料観察において、鉱物組み合わせから3つのタイプに分類した。タイプ1は主に斜長石と単斜輝石で構成されており、タイプ2は斜長石、単斜輝石に加えて黒雲母、アパタイトを含む。タイプ3は斜長石、単斜輝石に加えて、石英を含む。全岩化学組成の分析を行った結果、タイプ1とタイプ3はそれぞれ中央海嶺玄武岩（MORB）、島弧ソレライトに類似した特徴を示すのに対し、タイプ2はプレート内アルカリ岩に類似した特徴を示す。希土類元素パターンについては、タイプ1とタイプ3はLREEにやや枯渇したパターンを示し、タイプ2はLREEにエンリッチし、HREEに枯渇したパターンであった。5種類の試料の粗粒なドレライトを処理したところ、タイプ3の1試料からジルコンを抽出することに成功した。ジルコンU-Pb年代測定をLA-ICP-MSで行い、 $18.51 \pm 0.82$  Maという年代が得られた。この年代は、Mori et al. (2011)が安山岩質凝灰角礫岩から得た全岩K-Ar年代（5.8Ma及び15.6Ma）に比較的近い値である。

過去に得られた全岩K-Ar年代は、幅広い年代値を示し、これらの年代は変質によってリセットされている可能性が高い。Hirano et al. (2003)やMori et al. (2011)は、タイプ1に相当するMORBタイプの玄武岩より約50Maと約80MaのAr-Arプラト一年代を報告している。これらは、嶺岡・瀬戸川帯の遠洋性堆積物から報告されている微化石年代とほぼ一致する値であり、信頼性の高い値と見なすことができる。約50Maと約80MaのMORBタイプ玄武岩の組成的な違いは不明であるが、約80Maの年代を持つMORBタイプ玄武岩の存在は太平洋MORB以外に見当たらない。一方で、約50Ma頃に形成されたMORBタイプ玄武岩は、太平洋MORB、西フィリピン海盆の背弧海盆玄武岩（BABB）、マリアナ前弧に形成された前弧玄武岩（FAB）の可能性がある。希土類元素パターンや、Shervais (1982)のTi-V区分図で比較すると、嶺岡・瀬戸川帯のタイプ1の玄武岩は少なくともマリアナ前弧のFABではないようである。Hirano et al. (2003)とMori et al. (2011)はアルカリ玄武岩から25.5MaのAr-Arプラト一年代と19.6MaのAr-Arアイソクロン年代を報告しており、杉山（1995）もプレート内玄武岩が前期中新世の泥岩と同時代に噴出した地質学的産状を報告している。この頃には、四国海盆がすでに形成されており、嶺岡・瀬戸川帯のタイプ2のアルカリ岩と太平洋および四国海盆上の海山を形成するアルカリ岩の比較を行った。その結果、重希土類に著しく枯渇している点で太平洋上の海山を形成するアルカリ岩によく類似することが分かった。タイプ3の19Maに形成された島弧ソレライトは、四国海盆形成後の中新世に再開される伊豆ボニンマリアナ弧の最初の火成活動によって形成されたものであろう。

キーワード：嶺岡・瀬戸川帯、古第三紀付加体、オフィオライト、ジルコンU-Pb年代

Keywords: Mineoka-Setogawa Belt, Paleogene accretionary complex, ophiolite, zircon U-Pb dating

## 愛媛県南部、中新世御内花崗岩質岩体にみられる苦鉄質火成包有岩についての岩石学的研究

### Petrological study on the mafic igneous enclaves in the Miocene Miuchi granitoid pluton, southern Ehime Prefecture

塩田 恵美<sup>2</sup>、山崎 楓真<sup>2</sup>、\*齊藤 哲<sup>1</sup>  
megumi Shiota<sup>2</sup>, Fuma Yamasaki<sup>2</sup>, \*Satoshi SAITO<sup>1</sup>

1. 愛媛大学大学院理工学研究科、2. 愛媛大学理学部

1. Graduate School of Science and Engineering, Ehime University, 2. Faculty of Science, Ehime University

Mafic igneous enclaves with sub-angular shape are commonly occurred in the Miocene Miuchi granitoid pluton, southern Ehime Prefecture. The mafic enclaves (61-64 wt.% SiO<sub>2</sub>, 0.5-2.6 wt.% K<sub>2</sub>O) are composed mainly of plagioclase, biotite, quartz and opaque minerals. Acicular apatites are common in the mafic enclaves. Intergrowth texture of biotite and quartz/plagioclase are locally observed in the biotite-rich mafic enclaves. K<sub>2</sub>O contents of the mafic enclaves increase with increasing SiO<sub>2</sub>. Orthopyroxene, locally surrounded by biotite, occurs in the mafic enclave with the lowest SiO<sub>2</sub> and K<sub>2</sub>O contents. Biotite-rich reaction rim is observed between the orthopyroxene-bearing mafic enclave and host granite. The host granite samples surrounding the mafic enclave are relatively depleted in the K-feldspar (granodiorite in composition) compared to the dominant rock type of the Miuchi granitoid pluton (monzogranite - granite in composition) (67-78 wt.% SiO<sub>2</sub>, 3.3-6.5 wt.% K<sub>2</sub>O). The petrographic and geochemical characteristics of the mafic enclaves are suggestive of interaction with host granite magmas through hydration crystallization reaction: hydrous granitic melt + pyroxene + Fe-Ti oxides ± calcic plagioclase = biotite + quartz ± sodic plagioclase (e.g. Bard et al. 2005, J. Geol.).

キーワード：御内岩体、花崗岩、苦鉄質火成包有岩

Keywords: Miuchi pluton, Granitoid, Mafic igneous enclave