

**Sun. Sep 18, 2022**

Poster presentation | R1: Characterization and description of minerals (Joint Session with The Gemmological Society of Japan)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC | B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

**R1: Characterization and description of minerals (Joint Session with The Gemmological Society of Japan)**

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-01] Verification of the Effect of Plasma Etching for Rock Thin Sections

[\[Presentation award entry\]](#)\*Momoka Yamakawa<sup>1</sup>, Yui Kouketsu<sup>1</sup>, Katsuyoshi Michibayashi<sup>1</sup> (1. Nagoya Univ. Env.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-02] Estimation of firing-temperature of Neolithic pottery from Iran based on melting and decomposition textures of mineral grains in the ceramics.

\*Masanori Kurosawa<sup>1</sup>, Akira Tsuneki<sup>2</sup> (1. Life Environ. Sci., Univ. Tsukuba, 2. Human. Social Sci., Univ. Tsukuba)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-03] An experimental study of Egyptian faience bead

\*Yohei Shirose<sup>1</sup>, Daisuke Okumura<sup>1</sup> (1. Ehime Univ. Sci)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-04] Listvenite from Omotegawa River, Toon City, Ehime Prefecture, Japan

\*Yohei Shirose<sup>1</sup>, Hayata Taniguchi<sup>1</sup>, Satomi Enju<sup>1</sup> (1. Ehime Univ. Sci)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-05] Mineralogical study on zeolites in gastropod fossils in Miocene sediments in Minamisoma, Fukushima, Japan

[\[Presentation award entry\]](#)\*Atsushi ISHIHARA<sup>1</sup>, Hiroaki Ohfuji<sup>1</sup> (1. Sci. Tohoku Univ.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-06] Cotunnite from the Nii mine, Hyogo Prefecture, Japan

\*Masayuki Ohnishi<sup>1</sup>, Shoichi Kobayashi<sup>2</sup>, Daisuke Nishio-Hamane<sup>3</sup>, Norimasa Shimobayashi<sup>4</sup>, Takeshi Hisano<sup>1</sup> (1. Non, 2. Okayama Univ. of Sci., 3. ISSP, Univ. of Tokyo, 4. Sci., Kyoto Univ.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-07] Johannite from the Kenzan district, Okayama prefecture, Japan

\*Takefumi Niwa<sup>1</sup>, Tatsuya Kubozono<sup>2</sup>, Seiichiro Uehara<sup>3</sup> (1. Min. Soc. Nagoya, 2. Fukuoka Min. Club, 3. Kyushu Univ. Museum)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-08] Cuprospinel and cuprorivaite from Aogashima island, Tokyo, Japan

\*Daisuke Nishio-Hamane<sup>1</sup>, Yoshiya Ohki, Shunsuke Ohsumi (1. ISSP, Univ. of Tokyo)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-09] Ferro-holmquistite in granite pegmatite from Hayama-dake, Tamura, Fukushima Prefecture

\*Daisuke Nishio-Hamane<sup>1</sup>, Etsuo Hashimoto, Seiji Harada (1. ISSP, Univ. of Tokyo)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-10] Aluminosugilite, cerchiarite-(Mn), and ferri-leakeite from the Funakozawa mine, Iwate Prefecture, Japan

\*Daisuke Nishio-Hamane<sup>1</sup>, Suzuki Yasumitsu, Ohki Yoshiya, Takashi Ishibashi, Norimasa Shimobayashi<sup>2</sup> (1. ISSP, Univ. of Tokyo, 2. Kyoto Univ.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-11] Mangano-mangani-ungarettiite from Tanohata mine, Iwate Prefecture, Japan

\*Daisuke Nishio-Hamane<sup>1</sup>, Koichi Momma<sup>2</sup>, Masayuki Ohnishi, Norimasa Shimobayashi<sup>3</sup>, Tetsuo Minakawa<sup>4</sup>, Hanako Okada<sup>4</sup>, Hiroyuki Imai (1. ISSP, Univ. of Tokyo, 2. Nat'l. Mus. Nat. Sci, 3. Kyoto Univ., 4. Ehime Univ.)

---

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-12] Gobelinite and its Ni-analogue from the Nakauri mine, Aichi Prefecture, Japan

\*Norimasa Shimobayashi<sup>1</sup>, Masaki Takaya<sup>1</sup>, Daisuke Nishio-Hamane<sup>2</sup>, Masayuki Ohnishi, Takefumi Niwa<sup>3</sup> (1. Kyoto Univ. Sci., 2. Univ. of Tokyo ISSP, 3. Min. Soc. Nagoya)

Poster presentation | R3: High-pressure science and deep Earth's material

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC | B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

### **R3: High-pressure science and deep Earth's material**

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R3P-01] Density of sodium silicate melt at high pressure

\*Akio Suzuki<sup>1</sup> (1. Tohoku Univ.)

---

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R3P-02] Technical developments of high-pressure and high-temperature neutron diffraction experiment under mantle transition zone conditions

\*Sho Kakizawa<sup>1</sup>, Asami Sano-Furukawa<sup>2</sup>, Hiroyuki Kagi<sup>3</sup>, Yuichiro Mori<sup>3</sup>, Jun Abe<sup>4</sup>, Takanori Hattori<sup>2</sup> (1. JASRI, 2. JAEA, 3. UTokyo, 4. CROSS)

---

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R3P-03] Local strain measurement of minerals by electron diffraction imaging and application for in-situ indentation experiments

\*Yohei Igami<sup>1</sup>, Akira Miyake<sup>1</sup>, Ryuichi Nomura<sup>1</sup> (1. Kyoto Univ.)

Poster presentation | R6: Plutonic rocks, volcanic rocks and subduction factory

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC | B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

### **R6: Plutonic rocks, volcanic rocks and subduction factory**

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-01] Sr-Nd isotope geochemical characteristics of meta-dolerite dykes from Western Dharwar craton and its geodynamic implications

\*Silpa Ammini Sasidharan<sup>1</sup>, Satish-Kumar M<sup>2</sup>, Toshiro Takahashi<sup>2</sup> (1. Shimane Univ., 2. Niigata Univ. Sci.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-02] Zircon growth process in granitic pluton by 3D cathodoluminescence patterns, U-Pb ages, titanium concentration, and Th/U ratios: Case study of the Okueyama granite, Kyushu, Japan

\*Takashi Yuguchi<sup>1</sup>, Daichi Itoh<sup>1</sup>, Tatsunori Yokoyama<sup>2</sup>, Shuhei Sakata<sup>3</sup>, Satoshi Suzuki<sup>1</sup>, Yasuhiro Ogita<sup>2</sup>, Koshi Yagi<sup>4</sup>, Takumi Imura<sup>1</sup>, Satoko Motai<sup>1</sup>, Takeshi Ohno<sup>5</sup> (1. Yamagata Univ., 2. JAEA, 3. Univ. Tokyo, 4. Hiruzen Institute, 5. Gakushuin Univ.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-03] Crystallization and partial melting phenomenon of Kita-taku mafic complex: Potential as a heat source of Northern Kyushu batholith

\*Keisuke ESHIMA<sup>1</sup>, Masaaki OWADA<sup>1</sup>, Atsushi KAMEI<sup>2</sup>, Toru YAMASAKI<sup>3</sup> (1. Yamaguchi Univ. Sci., 2. Shimane Univ. Sci., 3. AIST (GSJ))

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-04] Petrological characteristics of the Habu granodiorite in the Kuga Group, eastern Yamaguchi Prefecture.

[Presentation award entry]

\*Yusaku AKIMOTO<sup>1</sup>, Masaaki OWADA<sup>1</sup>, Mariko NAGASHIMA<sup>1</sup> (1. Yamaguchi Univ.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-05] Petrological features of the Early Miocene Hachiya Formation in the Chuno Area, Gifu Prefecture, Japan

\*Seiya Saijo<sup>1</sup>, Toshiro Takahashi<sup>2</sup> (1. Niigata Univ. Sci., 2. Niigata Univ. Fac. Sci.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-06] Whole rock composition of Early-Miocene volcanic rocks in Noto peninsula, Japan

\*Akitaka Shibano<sup>1</sup>, Toshiro Takahashi<sup>2</sup> (1. Niigata Univ. Sci., 2. Niigata Univ. Grad. Sci.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-07] Sr-Nd isotopic composition of Miocene felsic volcanic rocks in the Kamo area, Niigata Prefecture

\*Naoki TAKAHASHI<sup>1</sup>, Toshiro TAKAHASHI<sup>2</sup> (1. Niigata Univ. Sci., 2. Niigata Univ. Sci.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-08] Petrological and geochemical features of High-Mg andesite, High-Mg orthopyroxene bearing andesite and dacite from the Choshi area, Chiba Prefecture, Japan

\*Toshiro Takahashi<sup>1</sup>, Akitaka Shibano<sup>2</sup>, Jun-ichi Ohki<sup>3</sup>, Naoya Iwamoto<sup>4</sup> (1. Niigata Univ., 2. Niigata Univ. Sci., 3. Natural History Museum and Institute, Chiba, 4. Choshi Geopark)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-09] Mineralogical occurrence of alunite-supergroup minerals in the 1895 CE eruption product at Zao Volcano, NE Japan

\*Takumi Imura<sup>1</sup>, Masao Ban<sup>1</sup>, Tsukasa Ohba<sup>2</sup> (1. Yamagata Univ. Sci., 2. Akita Univ.)

Poster presentation | R1: Characterization and description of minerals (Joint Session with The Gemmological Society of Japan)

🏠 Sun. Sep 18, 2022 9:00 AM - 5:00 PM JST | Sun. Sep 18, 2022 12:00 AM - 8:00 AM UTC | 🏠 B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

**R1: Characterization and description of minerals (Joint Session with The Gemmological Society of Japan)**

Onsite Poster Core time  
12:15 - 14:15

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-01] Verification of the Effect of Plasma Etching for Rock Thin Sections

[Presentation award entry]

\*Momoka Yamakawa<sup>1</sup>, Yui Kouketsu<sup>1</sup>, Katsuyoshi Michibayashi<sup>1</sup> (1. Nagoya Univ. Env.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-02] Estimation of firing-temperature of Neolithic pottery from Iran based on melting and decomposition textures of mineral grains in the ceramics.

\*Masanori Kurosawa<sup>1</sup>, Akira Tsuneki<sup>2</sup> (1. Life Environ. Sci., Univ. Tsukuba, 2. Human. Social Sci., Univ. Tsukuba)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-03] An experimental study of Egyptian faience bead

\*Yohei Shirose<sup>1</sup>, Daisuke Okumura<sup>1</sup> (1. Ehime Univ. Sci)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-04] Listvenite from Omotegawa River, Toon City, Ehime Prefecture, Japan

\*Yohei Shirose<sup>1</sup>, Hayata Taniguchi<sup>1</sup>, Satomi Enju<sup>1</sup> (1. Ehime Univ. Sci)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-05] Mineralogical study on zeolites in gastropod fossils in Miocene sediments in Minamisoma, Fukushima, Japan

[Presentation award entry]

\*Atsushi ISHIHARA<sup>1</sup>, Hiroaki Ohfuji<sup>1</sup> (1. Sci. Tohoku Univ.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-06] Cotunnite from the Nii mine, Hyogo Prefecture, Japan

\*Masayuki Ohnishi<sup>1</sup>, Shoichi Kobayashi<sup>2</sup>, Daisuke Nishio-Hamane<sup>3</sup>, Norimasa Shimobayashi<sup>4</sup>, Takeshi Hisano<sup>1</sup> (1. Non, 2. Okayama Univ. of Sci., 3. ISSP, Univ. of Tokyo, 4. Sci., Kyoto Univ.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-07] Johannite from the Kenzan district, Okayama prefecture, Japan

\*Takefumi Niwa<sup>1</sup>, Tatsuya Kubozono<sup>2</sup>, Seiichiro Uehara<sup>3</sup> (1. Min. Soc. Nagoya, 2. Fukuoka Min. Club, 3. Kyushu Univ. Museum)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-08] Cuprospinel and cuprorivaite from Aogashima island, Tokyo, Japan

\*Daisuke Nishio-Hamane<sup>1</sup>, Yoshiya Ohki, Shunsuke Ohsumi (1. ISSP, Univ. of Tokyo)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-09] Ferro-holmquistite in granite pegmatite from Hayama-dake, Tamura, Fukushima Prefecture

\*Daisuke Nishio-Hamane<sup>1</sup>, Etsuo Hashimoto, Seiji Harada (1. ISSP, Univ. of Tokyo)

---

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-10] Aluminosugilite, cerchiaraitite-(Mn), and ferri-leakeite from the Funakozawa mine, Iwate Prefecture, Japan

\*Daisuke Nishio-Hamane<sup>1</sup>, Suzuki Yasumitsu, Ohki Yoshiya, Takashi Ishibashi, Norimasa Shimobayashi<sup>2</sup> (1. ISSP, Univ. of Tokyo, 2. Kyoto Univ.)

---

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-11] Mangano-mangani-ungarettiite from Tanohata mine, Iwate Prefecture, Japan

\*Daisuke Nishio-Hamane<sup>1</sup>, Koichi Momma<sup>2</sup>, Masayuki Ohnishi, Norimasa Shimobayashi<sup>3</sup>, Tetsuo Minakawa<sup>4</sup>, Hanako Okada<sup>4</sup>, Hiroyuki Imai (1. ISSP, Univ. of Tokyo, 2. Nat'l. Mus. Nat. Sci, 3. Kyoto Univ., 4. Ehime Univ.)

---

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R1P-12] Gobelinite and its Ni-analogue from the Nakauri mine, Aichi Prefecture, Japan

\*Norimasa Shimobayashi<sup>1</sup>, Masaki Takaya<sup>1</sup>, Daisuke Nishio-Hamane<sup>2</sup>, Masayuki Ohnishi, Takefumi Niwa<sup>3</sup> (1. Kyoto Univ. Sci., 2. Univ. of Tokyo ISSP, 3. Min. Soc. Nagoya)

# 岩石薄片に対するプラズマエッチングの削剥効果の検証

山川桃佳\* (名古屋大・院環境),

瀨瀬佑衣 (名古屋大・院環境), 道林克禎 (名古屋大・院環境)

## Verification of the Effect of Plasma Etching for Rock Thin Sections

Momoka Yamakawa\* (Nagoya Univ. Env.),

Yui Kouketsu (Nagoya Univ. Env.), Katsuyoshi Michibayashi (Nagoya Univ. Env.)

### 【はじめに】

岩石中に含まれる鉱物は、薄片作成時の物理的研磨によって、結晶構造がゆがんだダメージ層が形成される事例が報告されている (Inoue & Kogure, 2012; Kouketsu et al., 2019). このような岩石薄片は、表面数十 nm 程度の厚さから情報を得ている SEM(走査型電子顕微鏡)-EBSD(後方散乱電子回折)分析において、正確な鉱物の結晶学的情報を得るために、ダメージ層の除去処理が重要となる。この SEM-EBSD 分析のための前処理として、コロイダルシリカを用いた処理が推奨されており、先行研究において、石英と方解石のコロイダルシリカ処理条件が検証されている (金井ほか, 2015).

本研究では、コロイダルシリカ処理後の追加的処理として、プラズマエッチングによる削剥効果の検証を行った。プラズマエッチングは工学分野では金属の表面加工等に用いられているが、地球科学分野ではほとんど用いられていない。そのため、プラズマエッチングが岩石薄片にどのような効果を及ぼすかは未検証である。

本研究では、プラズマエッチングの削剥速度を調べるために、(1) 大気プラズマによるエッチングを施したかんらん石の段差計測、(2) 大気及び Ar プラズマによるエッチングを施した Os コーティングの透過率計測を行った。さらに、岩石薄片の表面状態を検証するため、(3) 大気プラズマによるエッチングを行ったかんらん岩薄片の EBSD データを検証した。

Keywords: Plasma etching, SEM-EBSD, olivine

Corresponding author: momokayamakawa1129@gmail.com

### 【結果・議論】

#### (1) かんらん石の段差計測

かんらん石を部分的にカバーガラスで覆い、大気を用いたプラズマエッチングを 30 分間行った。境界部分を段差計で計測すると、カバーした部分としていない部分で 100 nm 程度の差が観測され、 $\sim 3$  nm/min の速度で削れていることが分かった。

#### (2) Os コーティングの透過率計測

厚さ 10 nm の Os コーティングされたスライドガラスに 1 分ずつプラズマエッチングを行い、赤外分光法(FT-IR)を用いた透過率の計測を行った。その結果、大気、Ar プラズマともに $\sim 5$  nm/min の速度で削れる事が示された。大気と Ar プラズマの削剥速度に顕著な差は見られなかった。

#### (3) かんらん岩薄片の EBSD データの検証

コロイダルシリカ処理を施したかんらん岩の岩石薄片に大気プラズマエッチングを行い、かんらん石の EBSD 回折パターンの評価を行った。試料表面状態は、EBSD パターンのコントラストを表す Band Contrast (BC), 指数付けの正確さを表す Mean Angular Deviation (MAD), 指数付けの成功率を表すヒット率, 結晶方位の集中度を表す  $J$ -index を用いた。コロイダルシリカ処理 3 時間、プラズマエッチング 40 秒行った場合、指数付けの精度はコロイダルシリカ処理 6 時間と同程度であった。上記の結果から、岩石薄片に対してプラズマエッチング処理を行うことでコロイダルシリカ処理の時間を短縮できる事が明らかになった。

## 鉱物粒子の部分融解・分解組織を用いた土器の焼成温度推定

黒澤 正紀\*(筑波大・生命環境)・常木 晃(筑波大・人文社会)

Estimation of firing-temperature of Neolithic pottery from Iran based on melting and decomposition textures of mineral grains in the ceramics.

M. Kurosawa\*(Life Environ. Sci., Univ. Tsukuba) and A. Tsuneki (Human. Social Sci., Univ. Tsukuba)

Firing temperatures of Neolithic pottery samples from the Tappeh Sang-e Chakhmaq site, northeastern Iran were estimated by SEM-EDS analyses of microscopic partial-melting and decomposition textures of mineral grains and rock fragments in the pottery to evaluate a technical level of the pottery making. Based on melting temperatures of clay minerals, alkali feldspar, augite, it was estimated that almost all of the potteries were fired at about 900–1000°C.

土器は、多様な環境でも良好に保存されるため、人類活動の指標として考古学分野で非常に重視されている。土器は天然材料の加工で作成されるため、天然材料の部分からは鉱物・岩石の物質科学的情報と材料選択・産地の情報が、加工部分からは当時の人々の文化・交流交易・作成技術・高温発生制御技術などの情報が得られる。材料や技術の情報は、鉱物学的手法で得られることが多いため、近年、考古鉱物学(Archaeomineralogy)の一端としてヨーロッパを中心に研究が急速に進展してきた。ここでは、現在検討中の新石器時代のイランの土器の焼成温度を、土器に含まれる鉱物粒子の微細な部分融解・分解の組織を通じて推定する手法について紹介する。

土器の焼成温度は、一般に、野焼きから専用焼成窯の使用など様々な高温発生技術の発展段階と関係しており、特に最高到達温度が重要な指標となる。但し、古代の土器焼成では、高温保持時間が短いこと、熱輸送が輻射と高温ガス流の移送によることなどから、1つの土器内部でも焼成温度の不均一が大きく、その解析には土器内部の微小部分分析を必要とする。また、反応に要する時間より高温保持時間が短い場合が多いため、比較的短時間で生じる微小な鉱物・岩石の部分融解や熱分解組織の解析が重要となる。

今回研究した試料は、イラン北東部のタペ・サンギ・チャハマック東丘遺跡(6500BC～5500BC頃)の土器で、イランでも最古級の土器とされる。この遺跡は、複数の文化層・住居址が重層する新石器時代の集落遺跡で、中程の文化層には土器焼成窯も確認されている。出土した土器の薄片観察およびSEM-EDS・粉末X線回折・全岩蛍光X線分析法による分析を行った。

土器内部は、粘土鉱物の基質に、鉱物粒子と岩片および麦の茎を細かく刻んだものも多く含まれる組織であった。主な鉱物粒子は、石英・アルカリ長石・変質黒雲母・斜長石・白雲母で、少量の普通輝石・チタン石・角閃石・方解石・ホタル石・チタン鉄鉱等を含んでいた。主な岩片は、多結晶石英・花崗岩類・大理石であった。大理石は少量のホタル石を含んでいた。層位による鉱物粒子・岩片の変化はほぼ無かった。大半の土器は5wt%以下の全岩CaO組成を持つ非石灰質の組成で、一部には、大理石・ホタル石を多く含む、5wt%以上のCaO量を持つ石灰質の土器も存在した。

内部組織を観察すると、800°C～850°Cで部分熔融する粘土鉱物はほぼ完全に熔融し、シリカに富むメルト溜まりも基質中に離散的に形成されていた。X線回折ピークの消失温度が850°Cの雲母類のピークも消失していた。熔融温度が980°Cのアルカリ長石、部分熔融温度が1050°Cの普通輝石も、一部結晶のリムに熔融が生じていた。熱分解による細粒再結晶組織を示す大理石や870°Cで共融する方解石・ホタル石の共融組織も観察された。また、粘土鉱物メルトと大理石の間に1050°Cで生じる珪灰石の微小結晶も確認された。さらに、960°Cで生じる石英・アルカリ長石の含水下での共融状態も花崗岩岩片の一部に認められた。

これらの結果から、土器の焼成温度は900°C～1000°Cと推定された。1000°C以上の焼成温度の達成には土器焼成の専用窯が必要で、遺跡発掘結果とは、ある程度調和的である。重要な点は、最下層の文化層の土器にもその焼成温度が認められたことで、イラン東部地域では土器が出現する最初期から高度な高温発生制御技術を持っていたことが初めて示された。

Keywords: pottery, firing temperature, SEM, melting, thermal decomposition

\*Corresponding author: kurosawa@geol.tsukuba.ac.jp

## ファイアンスビーズの再現実験

白勢洋平・奥村大祐 (愛媛大・理)

### An experimental study of Egyptian faience bead

Yohei Shirose\* and Daisuke Okumura (Sci., Ehime Univ.)

#### 【はじめに】

ファイアンスとは、焼結させた石英からなるガラスのような質感を持つやきものであり、エジプトから出土した青色の装飾品がよく知られている。ファイアンスの原料は一般的に石英に石灰やナトリウム、銅を混合させたものと考えられている(山花,2005)。しかしながら、横山・白勢・村上(2020)は京都大学総合博物館所蔵エジプト出土資料の布から剥奪した青色のガラス様ビーズについてX線顕微鏡で分析を行ったところ、珪素、銅に加えて、カリウムが検出された。また、X線回折実験では、ほとんど石英からなるが少量の方解石が含まれていることも確認できた。このビーズはファイアンスであることがわかったが、原料にはナトリウムやカルシウムの化合物のみではなく、カリウム化合物が用いられた可能性が示唆された。そこで、本実験では、石英、孔雀石、方解石といった天然の鉱物に加え、植物灰の代替として炭酸カリウムを出発物質に用いて、青色のファイアンスビーズの再現実験を試みた。

#### 【実験手法】

天然の石英、孔雀石、方解石を粉末にし、炭酸カリウムを混合したものを出発物質とし、混合する量比を変えたものを850°Cでそれぞれ8時間加熱した。出発物質はメノウ乳鉢で混合したのち、蒸留水を滴下し直径5mm程度のビーズ状に成形したものを一晩常温で放置し乾燥させ、磁性るつぽに入れマッフル炉を用いて加熱した。観察及び分析にはJEOL製走査型電子顕微鏡(SEM)JSM-6510LV及びRIGAKU製粉末X線回折装置Ultima IVを用いた。

Keywords: faience, bead, quartz, potassium carbonate

\*Corresponding author: shirose.yohei.eq@ehime-u.ac.jp

#### 【結果・考察】

850°Cの加熱実験で得られた生成物は、青色透明でガラス光沢を持ち、内部に小空隙を多く含んでいた(Fig. 1a)。粉末X線回折実験では、石英に加え、微量の珪灰石、黒銅鉱、ポートルランド石などによるピークが確認できた。炭酸カリウムを多く加えたものでは、石英の回折強度が著しく低くなり非晶質物質によるものと考えられるブロードなバックグラウンドが確認できた。また、孔雀石を多く加えたものでは、含有される黒銅鉱が多くなり、見た目が黒色となった。

SEM観察の結果、生成したビーズの組織は粒径30-50µmの石英粒子の集合からなり、粒間を $K_{1.1}Ca_{0.74}Cu_{0.45}Si_{4.13}O_{10}$ の化学組成となる珪酸塩が埋めている(Fig. 1b)。また、30-100µm程度の空隙が均質に分布する。黒銅鉱は100µmの粗粒な粒子として微量含まれていた。

青色の発色については、炭酸カリウムの量比を変化させた場合に最も変化が顕著であり、 $K-Ca-Cu-Si-O$ となる珪酸塩が多く形成されることで、濃青色となり、熔融の程度が大きくなり実際のファイアンスビーズの質感に近くなる。本実験ではファイアンスと関連する顔料であるエジプシャンブルーの発色のもとであるキュプロリバイト( $CaCuSi_4O_{10}$ )の生成は確認されなかった。

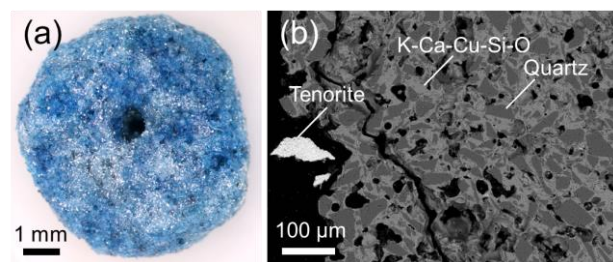


Fig. 1 (a) Synthetic blue bead consisting of sintered quartz. (b) BSE image of cross section of synthetic bead.

## 愛媛県東温市表川産リスウェナイトについて

白勢洋平・谷口隼大・延寿里美 (愛媛大・理)

Listvenite from Omotegawa River, Toon City, Ehime Prefecture, Japan

Yohei Shirose\*, Hayata Taniguchi and Satomi Enju (Sci., Ehime Univ.)

### 【はじめに】

四国の中央構造線の活動に伴う剪断帯には蛇紋岩及び泥質片岩が起源とみられる炭酸塩鉱物、石英、粘土鉱物からなる緑色の変質岩が分布する。これらの岩石は超苦鉄質岩が炭酸塩化作用、珪化作用を受けることに伴い形成されたリスウェナイトと呼ばれる変質岩と考えられている (皆川ら, 2008)。これまで報告のなかった愛媛県東温市表川の泥質片岩剪断帯より、泥質片岩が起源のリスウェナイト及び剪断帯に取り込まれた塊状の変質した蛇紋岩を見出したのでそれらの産状と鉱物学的な特徴、成因について報告する。

### 【産状・試料】

表川河床にはデイサイトの貫入を伴う泥質片岩の剪断帯が分布している。泥質片岩及びデイサイトは変質が顕著であり、泥質片岩中に厚さ 5-20 cm, 幅 1-3 m 程度の緑色のリスウェナイトの層や苦灰石の小空隙が存在する。緑色部には数 mm の針ニッケル鉱や硫化鉱物が確認できる。また、泥質片岩剪断帯中には 10-50 cm 程度の塊状の変質した蛇紋岩が取り込まれている。

### 【実験手法】

観察, 分析には JEOL 製走査型電子顕微鏡 JSM-6510LV 及び RIGAKU 製粉末 X 線回折装置 Ultima IV を用いた。

### 【結果・考察】

分析の結果、緑色のリスウェナイトは石英、苦灰石、含クロムカオリナイトを主とし、方解石、菱苦土石、イライト、曹長石が含まれることもある。また、微量の硫化鉱物として針ニッケル鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱、黄銅鉱、銅藍、方鉛鉱、ピオ

Keywords: listvenite, Cr-bearing kaolinite, Omotegawa, chromite

\*Corresponding author: shirose.yohei.eq@ehime-u.ac.jp

ラル鉱、ジーン鉱などが含まれている。皆川ら (2008) の報告にあるリスウェナイトでは緑色の原因となる粘土鉱物は含クロム白雲母や含クロムスメクタイトであったのに対し、表川産のものは含クロムカオリナイトを含み、周囲の岩石についてもカオリナイト化作用が顕著である。

剪断帯中の変質した塊状蛇紋岩はアンチゴライト、石英、苦灰石、方解石を主としており、磁硫鉄鉱、黄鉄鉱、ペントランド鉱、紅砒ニッケル鉱などを含む。また、100-300  $\mu\text{m}$  の黒色不透明のクロム鉄鉱のレリクト組織が確認でき、クロム、鉄に富む不明含水珪酸塩鉱物に置換されていた (Fig. 1a)。その内部には数  $\mu\text{m}$  程度のパッチ状及びラメラ状の蛇紋石が散在し、パッチ状蛇紋石の縁には厚さ 1  $\mu\text{m}$  程度のクロム鉄鉱が存在する (Fig. 1b)。クロム、鉄に富む不明含水珪酸塩鉱物に対応する化学組成の鉱物は報告されていないが、ナノオーダーでのクロム鉄鉱と蛇紋石などの混合物である可能性も考えられる。

表川では、地下に存在する蛇紋岩体が炭酸塩化及び珪化作用を受け、蛇紋石、クロム鉄鉱が分解しマグネシウム、クロムやニッケルを溶かし込んだ反応流体が剪断帯に沿って泥質片岩と反応しリスウェナイトを形成したと考えられる。

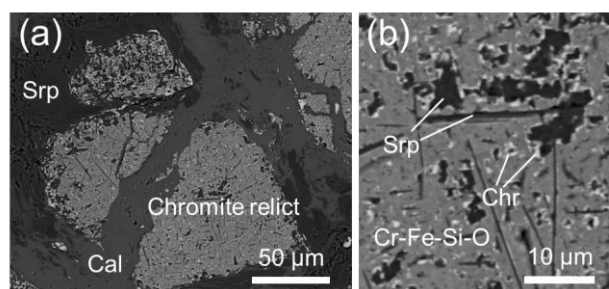


Fig. 1 (a) BSE image of chromite relicts in altered serpentinite. (b) Enlarged image of Fig. 1a. Srp: serpentinite, Cal: calcite, Chr: chromite.

# 福島県南相馬市の中新世堆積物中の巻貝化石内部に産する沸石の

## 鉱物学的記載

石原 篤(東北大・院理), 大藤弘明(東北大・院理)

### Mineralogical study on zeolites in gastropod fossils in Miocene sediments in Minamisoma, Fukushima, Japan

Atsushi Ishihara\* (Sci. Tohoku Univ.), Hiroaki Ohfuji (Sci. Tohoku Univ.)

The mineralogical characteristics of zeolite crystals in gastropod fossils in Miocene sediments were investigated to understand their origin and formation process. Our observation suggests two important factors in the zeolite formation inside the fossils: 1) the shells provided a (semi-)closed environment in which fluid was retained over a long time period, and 2) diagenesis provided suitable temperature conditions for the formation of zeolite.

#### はじめに

化石化した生体組織を鉱物が交代・置換したり、内部に鉱物が晶出したりする例はよく知られている。このような化石の鉱化は石英やオパールなどのシリカによるものが一般的で他にも方解石や黄鉄鉱などの例もあるが、沸石で交代されている例は稀である。沸石による化石の鉱化については Modreski et al. (1982)などの報告があるが、鉱物学的見地から詳しく研究された例は少ない。本研究では橋本,平 (2011)により報告されている福島県南相馬市に分布する中新世堆積物中の巻貝化石中に産する沸石鉱物の起源と形成プロセスを明らかにすることを目的とした。

#### 手法

鹿島区檜原の沢沿いの塩手層の露頭より化石を含む細粒砂岩試料および遊離した巻貝化石試料を採取した。試料を風乾後、エポキシ樹脂中に包埋し機械研磨により薄片および厚片を作成した。また、一部試料については Ar イオンビーム (JEOL, クロスセクションポリッシャ)を用いて断面を作成した。試料の観察には偏光顕微鏡および SEM-EDS、顕微ラマン分光分析を用いた。

#### 結果・考察

観察の結果、巻貝化石は細粒砂岩中のものと炭酸塩コンクリーション中のものの 2 タイプに大分された。いずれの場合も沸石の生成は貝化石内部に限られ、母岩中には認められなかった。

巻貝化石内部では、殻入り口付近は多量の碎屑性鉱物で充填され、上層階では貝殻の壁面から内側に向かって自形成した輝沸石の板状結晶と少量の方解石が観察された。また、その上部をモルデン沸石の針状結晶が覆うケースも見られた。貝殻壁面より成長する輝沸石の化学組成を詳しく調べると、結晶の根元から先端部へ向かって Si/Al 比が約 4.5 から 3.0 程度まで低下していることが分かった。これは化学組成上では斜プチロル沸石から輝沸石への遷移と捉えることもでき、成長過程における周辺環境の変化を反映していると推測される。一方、炭酸塩コンクリーション中の貝化石内部では比較的大きな方解石の自形結晶が沸石を覆う様子が観察された。

これらの産状を踏まえると、巻貝化石内部での沸石形成の重要な要素として、1) 長期に渡り流体が保持される(半)閉鎖系的環境を貝殻が提供したこと、2) 続成作用により沸石生成に適した環境条件が与えられたこと、の二点が挙げられる。

Keyword: zeolite, heulandite, mineralized fossil

Corresponding author: atsushi.ishihara.q7@dc.tohoku.ac.jp

## 兵庫県新井鉱山産塩化鉛鉱

大西政之\*, 小林祥一 (岡山理大), 浜根大輔 (東大・物性研),  
下林典正 (京大・院理), 久野 武

### Cotunnite from the Nii mine, Hyogo Prefecture, Japan

Masayuki Ohnishi\*, Shoichi Kobayashi (Okayama Univ. of Sci.), Daisuke Nishio-Hamane (ISSP, Univ. of Tokyo),  
Norimasa Shimobayashi (Kyoto Univ.) and Takeshi Hisano

Cotunnite was found from a dump of the vein type Ag-Cu-Pb-Zn deposit of the Nii mine at Sano, Asago City, Hyogo Prefecture, Japan. The mineral occurs in cracks in quartz as white granular crystals (several micrometers in diameter), in close association with fibrous pyromorphite crystals (Figs. 1 and 2). A SEM-EDS analysis gave the empirical formula  $Pb_{1.00}Cl_{1.96}$  on the basis of  $Pb = 1 \text{ apfu}$ . The powder X-ray diffraction data were in good agreement with a synthetic compound (ICDD-PDF 26-1150), and the refined unit-cell parameters were  $a = 7.623(2)$ ,  $b = 9.046(2)$  and  $c = 4.534(1) \text{ \AA}$ .

塩化鉛鉱 (コチュン石) は  $PbCl_2$  の理想化学式をもつ直方晶系、空間群  $Pnam$  の希産鉱物で、19世紀にイタリア・ヴェスヴィオ火山から発見された。天然では火山昇華物としての産出例が多いが、熱水鉱脈鉱床からの産出も知られている。日本では Africano *et al.* (2002) によって鹿児島県・薩摩硫黄島の火山性噴気由来の報告があるものの、研究目的で人為的に噴気孔に差し込まれたシリカチューブの表面に生成したものであるため、厳密には天然の鉱物とはいえない。今回、新井鉱山のズリから塩化鉛鉱を見出したので報告する。

新井鉱山は兵庫県朝来市佐囊に位置する超丹波帯水上層の頁岩中の Ag-Cu-Pb-Zn 鉱脈鉱床である。ズリからは、白鉛鉱、孔雀石、ブロシャン銅鉱、青鉛鉱、ラング石、ローウォルフ石、シューレンベルグ石、ラムスベック石といった多種類の二次鉱物が産出する (久野・高田, 2007; 大西ほか, 2010, 2011)。また、筆者は水白鉛鉱、ラウテナル石の産出も確認している。

塩化鉛鉱は、石英の割れ目に白色繊維状をなす緑鉛鉱を密接に伴い、数マイクロメートルの粒状結晶をなして産出する (Figs. 1, 2)。肉眼的には白色であるが、緑鉛鉱とは区別しがたい。方鉛鉱のような含 Pb 鉛石鉱物との共存は認められない。

化学分析は SEM-EDS によって行った。塩化鉛鉱の代表的な実験式は、 $Pb = 1 \text{ apfu}$  として  $Pb_{1.00}Cl_{1.96}$  で、理想式に近い。共存する白色の緑鉛鉱の代表的な実験式は、 $Pb + Ca = 5 \text{ apfu}$  として  $(Pb_{4.86}Ca_{0.14})_{\Sigma 5.00}[(PO_4)_{2.68}(AsO_4)_{0.22}]_{\Sigma 2.90}Cl_{0.88}$  で、少量の Ca, As を含む。

粉末 X 線回折に用いた試料は、緑鉛鉱と分離することができなかったが、明瞭な塩化鉛鉱の回折線を示し、合成塩化鉛 (ICDD-PDF 26-1150) のそれとよく一致する。最小二乗法によって精密化した格子定数は  $a = 7.623(2)$ ,  $b = 9.046(2)$ ,  $c = 4.534(1) \text{ \AA}$  である。

Keywords: cotunnite, lead chloride,  $PbCl_2$ , Nii mine, Hyogo

\*Corresponding author: czshh118a@yahoo.co.jp



Fig. 1. Photograph of aggregates of cotunnite and pyromorphite on quartz. FOV = 6.5 mm.

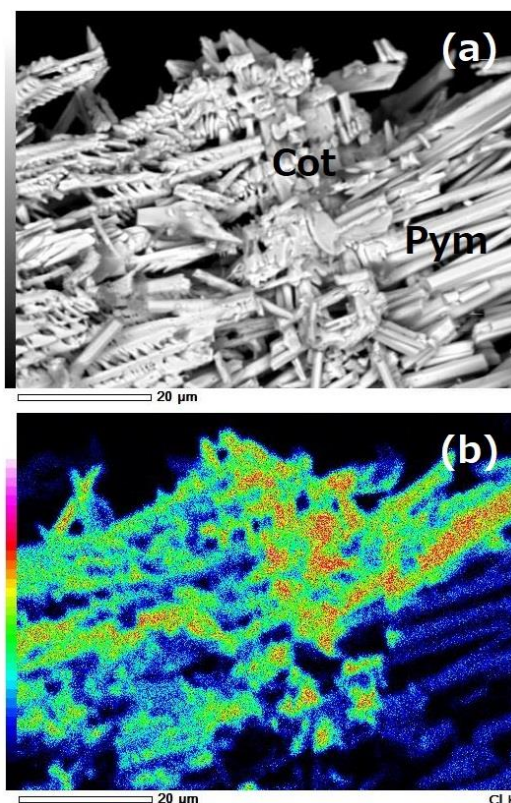


Fig. 2. Back-scattered electron image (a) and Cl distribution map (b) of cotunnite (Cot) and pyromorphite (Pym).

## 岡山県剣山産 Johannite

丹羽健文\* (名古屋鉱物)・久保園達也 (福岡石の会)・上原誠一郎 (九大博物館)

### Johannite from the Kenzan district, Okayama prefecture, Japan

Takefumi Niwa\* (Min. Soc. Nagoya), Tatsuya Kubozono (Fukuoka Min. Club) and Seiichiro Uehara (Kyushu Univ. Museum)

Johannite ( $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  tric) was first described from the Elias mine in the Czech Republic (Haidinger, 1830). In the Kenzan district of Okayama prefecture, uranium ore had been explored since 1959 (Hida et al., 1961). Johannite from this district was found in a sample stored in the Okayama university. Qualitative analysis with EDS yielded results consistent with its ideal chemical formula. The results of X-ray diffraction are in good agreement with the ICDD PDF #01-076-6179. The unit cell parameters were obtained as triclinic cell:  $a = 8.907(6)$ ,  $b = 9.505(4)$ ,  $c = 6.808(7)\text{\AA}$ ,  $\alpha = 109.9(0)$ ,  $\beta = 111.9(9)$ ,  $\gamma = 100.3(5)$ ,  $V = 470.3(6)\text{\AA}^3$ . The results of Raman spectroscopy were similar to the previously reported spectra (Driscoll et al., 2014).

Johannite は、オーストリアのヨハン大公 (1782-1859) に因んで命名された (Haidinger, 1830) 鉱物で、原産地がチェコ共和国 Elias 鉱山である。理想化学式は、 $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  が与えられている (Mereiter, 1982)。

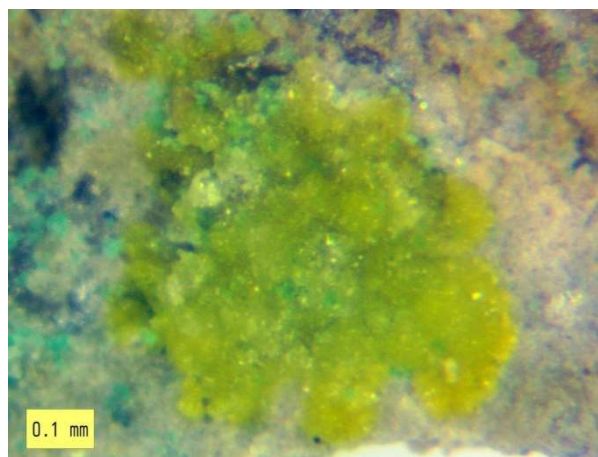


Fig. 1 Johannite from the Kenzan district

岡山県岡山市南区飽浦の剣山地区は、白亜紀後期の花崗岩が広く分布している。剣山の西斜面の通称下ノ坂谷は、1959 年からウラン鉱物を目的に試掘されたところで、花崗岩を切る含銅鉱物・緑泥石・石英脈中と縁辺部の破碎帯沿いに各種金属鉱物と共に含ウラン鉱物を伴うとされる (肥田

ら, 1961)。当地域から、コフィン石、カソロ石、銅スクロドウスカ石、燐銅ウラン石、砒銅ウラン石、メタ砒銅ウラン石などの含ウラン鉱物の産出が報告されている (肥田ら, 1961 : 山田, 2012)。

今回、この地区由来とされる試料から発見された Johannite は、最大 1 mm 程度の広がりを持つ草緑色のカリフラワー様の集合で、花崗岩の割れ目に、チッペ石族、アントラー石、プロシャン銅鉱等を伴って産出する。当試料は放出された岡山大学標本で、詳しい産出地点や野外における産状等に不明な点があるが、現地の鉱石と同質であり、剣山地区由来と考えられる。

EDS による定性分析の結果、顕著に Cu, U, S が検出された。X 線回折分析の結果は PDFcard #01-076-6179 とよく一致しており、測定結果から得られた格子定数は、 $a = 8.907(6)$ ,  $b = 9.505(4)$ ,  $c = 6.808(7)\text{\AA}$ ,  $\alpha = 109.9(0)$ ,  $\beta = 111.9(9)$ ,  $\gamma = 100.3(5)$ ,  $V = 470.3(6)\text{\AA}^3$  となり、Mereiter (1982) による  $a = 8.903(2)$ ,  $b = 9.499(2)$ ,  $c = 6.812(2)\text{\AA}$ ,  $\alpha = 109.87(1)$ ,  $\beta = 112.01(1)$ ,  $\gamma = 100.40(1)$ ,  $V = 469.9\text{\AA}^3$  に近い値となる。ラマン分光分析の結果は、Driscoll et al. (2014) の示すピーク位置とよく一致している。

Keywords: Johannite, Kenzan

\*Corresponding author: japamine@hotmail.co.jp

# 東京都青ヶ島から産出した銅スピネルおよび銅リヴァイ石について

浜根大輔\* (東大・物性研), 大木良弥, 大角駿介

## Cuprospinel and cuprorivaite from Aogashima island, Tokyo, Japan

Daisuke Nishio-Hamane\* (ISSP, Univ. of Tokyo), Yoshiya Ohki, Shunsuke Ohsumi

青ヶ島は八丈島から南へ約70kmに位置する火山島であり、島は北部の黒崎火山とそれを覆う南部の主成層火山の二つの火山体で構成されている。南西部の湯浜地域においては輝石安山岩からなるスコリアが分布し、晶洞や裂傷には銅を主成分とするバナジン銅鉱の産出が知られていた。本研究では銅スピネル (Cuprospinel) および銅リヴァイ石 (Cuprorivaite) を新たに見いだしたのでここに報告する。銅スピネルはRambler鉱山 (カナダ) において自然発火したズリ山から見出された鉱物であり、完全な天然環境ではTolbachik火山 (カムチャツカ、ロシア) において昇華鉱物として生じる。銅リヴァイ石もまた昇華鉱物で、Vesuvius火山 (イタリア) を模式地とする。いずれも産出が極めて稀な鉱物である。

湯浜においては輝石安山岩の一部がスコリアとなっており、裂傷や晶洞には普通輝石〜ピジョン輝石、エジリン普通輝石、中性長石、SiO<sub>2</sub>鉱物、赤鉄鉱、チタン鉄鉱が自形で晶出し、一部でバナジン銅鉱、黒銅鉱、塩素燐灰石、銅スピネル、銅リヴァイ石の結晶がみられるほか、アタカマ石が伴われる。

銅スピネルは最大1mm程度の球形から楕円球形で、金属光沢をもつ黒色の集合体として空隙の壁面に限って産出し、安山岩内部には生成していない。集合体は複数粒の銅スピネルからなるほか、内部に赤鉄鉱と少量の苦土磁鉄鉱からなる核を持つことがある。銅リヴァイ石もまた空隙の側面にのみ産出し、最大50μmの青色の板状結晶で扇状に集合することがある。いずれも無水鉱物であり、実験室においてそれらの結晶を合成するには高温が必要である。そのため、スコリア形成時に揮発性成分と共に空隙内に取り残された銅成分が、高温で赤鉄鉱やケイ酸塩鉱物と反応することで銅スピネルや銅リヴァイ石が生成したと考えられる。

銅スピネルの化学組成はひとつの集合体内ではほぼ均質で、集合体ごとにやや幅があるもののCu/総二価陽イオン (= Cu#) の値は0.80-0.86という高くかつ狭い範囲に収まる。最もCuに富む集合体からは  $(\text{Cu}_{0.86}\text{Fe}^{2+}_{0.08}\text{Mg}_{0.04}\text{Mn}_{0.03})_{\Sigma 1.01}(\text{Fe}^{3+}_{1.98}\text{Ti}_{0.01})_{\Sigma 1.99}\text{O}_4$  の組成式が得られた。模式地の銅スピネルの組成は

$(\text{Cu}_{0.80}\text{Mg}_{0.10}\text{Fe}^{2+}_{0.05}\text{Co}_{0.02}\text{Zn}_{0.02}\text{Mn}_{0.01})_{\Sigma 1.00}(\text{Fe}^{3+}_{1.89}\text{Al}_{0.11})_{\Sigma 2.00}\text{O}_4$  であり、Cu#は近いものの副成分元素の種類と量にわずかな違いが認められる。また、模式地の銅スピネルは立方晶系 ( $Fd\bar{3}m$ ,  $a = 8.369\text{\AA}$ ) だが、青ヶ島産の銅スピネルは正方晶系を示し、 $I4_1/amd$ において  $a = 5.8279(14)\text{\AA}$ ,  $c = 8.680(3)\text{\AA}$ ,  $V = 294.81(17)\text{\AA}^3$  が得られた。後述のように正方晶系が安定相である。

銅リヴァイ石は  $\text{Ca}_{1.01}\text{Cu}_{0.99}\text{Si}_{4.00}\text{O}_{10}$  の端成分組成で、正方晶系 ( $P4/mcc$ ) において  $a = 7.299(4)\text{\AA}$ ,  $c = 15.122(11)\text{\AA}$ ,  $V = 805.6(10)\text{\AA}^3$  を得た。

実験的には銅スピネルは760°C以上の温度から急冷すると立方晶相 (準安定相) として、徐冷すると正方晶相 (安定相) として回収される。模式地ではズリ山の自然発火が成因であり、立方晶系を示すことは760°C以上から急冷されたと考えられる。一方、青ヶ島産では正方晶系であるため、高温で生成後に徐冷された、もしくは760°C未満で結晶化した、のどちらかになるが、形成時の温度は検討中である。

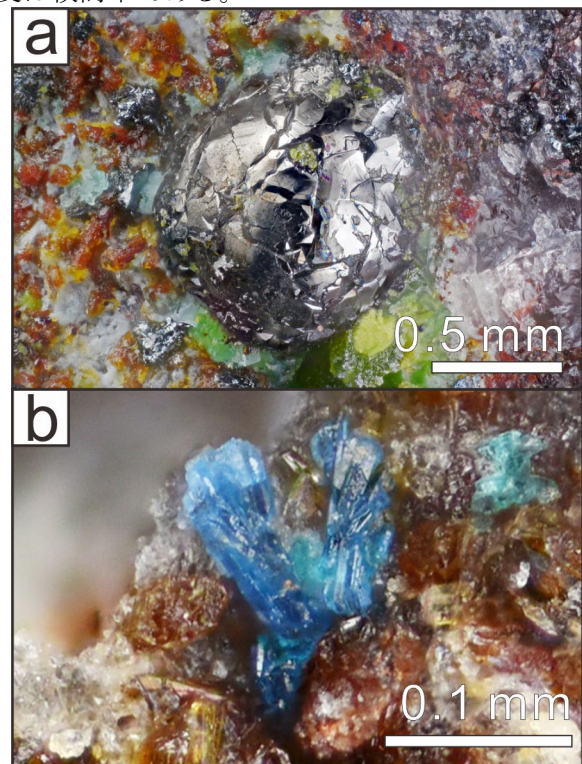


Figure 1. Microphotograph of cuprospinel (a) and cuprorivaite (b).

Keywords: cuprospinel, cuprorivaite, Aogashima Island

\*Corresponding author: hamane@issp.u-tokyo.ac.jp

# 福島県田村市羽山岳のペグマタイトから産出するフェロホルムクイスト閃石について

浜根大輔\* (東大・物性研), 橋本悦雄, 原田誠治

## Ferro-holmquistite in granite pegmatite from Hayama-dake, Tamura, Fukushima Prefecture

Daisuke Nishio-Hamane\* (ISSP, Univ. of Tokyo), Etsuo Hashimoto, Seiji Harada

阿武隈山地は大部分が花崗岩類で構成されており、ペグマタイトも多く伴われることから、かつては珪石が陶石材料として盛んに採掘された。ペグマタイトは阿武隈山地の西縁にそって南北に分布するものと、中央寄りに南北に分布するものの二系列が知られ、中央寄り系列は電気石をあまり伴わない特徴が知られている。福島県田村市羽山岳は中央寄り系列のうちで最も南側に位置するペグマタイトのひとつとして知られ、これまでいくつかの希元素鉱物の産出が報告されている。本研究では新たにフェロホルムクイスト閃石を見出したのでここに報告したい。いわゆるホルムクイスト閃石はAサイトが空孔となりBサイトがリチウムで満たされる角閃石の総称であり、フェロホルムクイスト閃石は錫・タンタル・リチウムを資源とするペグマタイト鉱床のGreenbushes鉱山（オーストラリア）を模式地とする。今回の発表以前にはフェロホルムクイスト閃石は模式地でしか産出が知られていなかった。

羽山岳は田村市常葉町に位置し、そこでは花崗閃緑岩が分布するほか小規模な石灰岩が伴われている。本研究で検討したペグマタイトは石灰岩を貫く幅20cm程度の岩脈であり、石英および斜長石を主体とする。ペグマタイトは石灰岩と反応しており、ペグマタイト内に鉄斧石、灰鉄輝石、マンバンざくろ石が生じている。石灰岩内には斑銅鉱や黄銅鉱が生じ、斑銅鉱中には数 $\mu\text{m}$ から数十 $\mu\text{m}$ で不定形なヘッス鉱、ウィッチヘン鉱、ニッケル蒼鉛鉱（Parkerite）が伴われる。フェロホルムクイスト閃石はペグマタイト岩脈の中央帯に集中して生じており、そこでは石英および斜長石を基質として水酸-酸化灰パイロクロア、イットリウムヘランド石、砒鉄鉱、フッ素リン灰石が伴われる。フェロホルムクイスト閃石はガラス光沢のある濃紺色で1cm長2mm幅の板状結晶が束状から放射状に集合した姿で見られるほか、淡青灰色で径数 $\mu\text{m}$ の針状結晶が束状に集合することもある。

ICP発光分光によりリチウムが検出されたことからSEM-EDSによる分析値について、O=22,

OH=2, Si=8,  $\Sigma\text{cation}=15$ の条件を満たす最小のリチウム量を見積もり、 $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ を計算した。組成式は  $\text{A}^{\text{B}}(\text{Li}_{1.82}\text{Na}_{0.13}\text{fromC}_{0.05})_{\Sigma 2}^{\text{C}}(\text{Fe}^{2+}_{2.63}\text{Mg}_{0.29}\text{Mn}_{0.19}\text{Al}_{1.69}\text{Fe}^{3+}_{0.26})_{\Sigma 5.05}\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ となる。羽山岳のフェロホルムクイスト閃石は極端にマグネシウムに乏しい組成を示し、 $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+}+\text{Mg})$  (Fe#) は0.90に達する。これは模式標本 (Fe#=0.55) よりもはるかに端成分に近い内容である。粉末には強い定向配列があるために粉末X線回折パターンは極端になるものの、*Pnma*において  $a = 18.377(5) \text{ \AA}$ ,  $b = 17.782(7) \text{ \AA}$ ,  $c = 5.300(2) \text{ \AA}$ ,  $V = 1731.8(11) \text{ \AA}^3$ の格子定数が得られた。Fe#の低い模式地標本 ( $a = 18.287 \text{ \AA}$ ,  $b = 17.680 \text{ \AA}$ ,  $c = 5.278 \text{ \AA}$ ,  $V = 1706.6 \text{ \AA}^3$ ) と比較すると、Fe#の高い羽山岳標本は大きな格子体積となり、イオン半径の大きい $\text{Fe}^{2+}$ が多いことと調和的である。

今回調査したペグマタイト脈においてリチウムを有する鉱物はフェロホルムクイスト閃石のみであり、全岩的にリチウム量は多くないと予想される。産状から類推するに、石灰岩との反応で先に斧石が生成したことでホウ素が消費されつくし、一般にはリチウムのホストになりうる電気石がホウ素不足で生成されず、行き場を失ったりリチウムが角閃石に取り込まれた結果としてフェロホルムクイスト閃石が生じたと考えられる。



Figure 1. Representative occurrence of ferro-holmquistite.

Keywords: ferro-holmquistite, pegmatite, Hayama-dake

\*Corresponding author: hamane@issp.u-tokyo.ac.jp

# 岩手県舟子沢鉱山から産出するアルミノ杉石、マンガンチェルキアラ石、フェリリーキ閃石について

浜根大輔\* (東大・物性研), 鈴木保光, 大木良弥, 石橋隆, 下林典正 (京都大学)

Aluminosugilite, cerchiaraitite-(Mn), and ferri-leakeite from the Funakozawa mine, Iwate Prefecture, Japan

Daisuke Nishio-Hamane\* (ISSP, Univ. of Tokyo), Yasumitsu Suzuki, Yoshiya Ohki, Takashi Ishibashi, Norimasa Shimobayashi (Kyoto Univ.)

舟子沢鉱山は岩手県洋野町に位置する粘板岩やチャート中に胚胎される層状マンガン鉱床で、東方に分布する花崗岩類によって接触変成作用を受けている。またリチウムを主成分とする南部石が新鉱物として発見されたことでも知られる。本研究ではアルミノ杉石 (Aluminosugilite)、マンガンチェルキアラ石 (Cerchiaraitite-(Mn)) フェリリーキ閃石 (Ferri-leakeite) を見いだしたのでここに報告する。

アルミノ杉石はCerchiara鉱山 (イタリア) を模式地として2018年に申請された新鉱物だが、かつて愛媛県古宮鉱山から産出していた記録が残っている。舟子沢鉱山では河原の転石から見いだされ、アルミノ杉石は粘板岩の片理に沿った石英薄層 (厚さ1cm程度) に特に集中して産出する。その層は薄紫～ピンク色に染まり、最大で1mm長100 $\mu$ m厚の葉片状の結晶が層内に点在する。ICP発光分光においてリチウムが検出され、SEM-EDSによる分析結果をLi=3かつSi=12で規格化し、 $K_{0.95}Na_{1.96}(Al_{1.10}Fe^{3+}_{0.77}Mn^{3+}_{0.09}Ti_{0.09})_{\Sigma 2.04}Li_3Si_{12}O_{30.06}$  が得られた。格子定数はP6/mccにおいて  $a = 10.007(2) \text{ \AA}$ ,  $c = 13.994(4) \text{ \AA}$ ,  $V = 1213.5(5) \text{ \AA}^3$  となった。

マンガンチェルキアラ石もまたCerchiara鉱山を模式地とする鉱物で、舟子沢鉱山においてはズリで採集されたブラウン鉱主体の鉱石を横切る脈として産出した。脈中では最大1mmの暗緑色の葉片状結晶が放射状に集まり、バリウム輝沸石を密接に伴って数cmの範囲に分布する。本鉱物についてもICP発光分光においてリチウムが検出され、SEM-EDSによる分析でMサイトの不足をリチウムと見なし、Ba+Ca=4で規格化すると  $(Ba_{3.99}Ca_{0.01})_{\Sigma 4}(Mn^{3+}_{2.25}Al_{0.81}Li_{0.94})_{\Sigma 4}(Si_{5.57}Al_{0.43})_{\Sigma 6}(Cl_{1.58}OH_{0.42})_{\Sigma 2}O_{14.69}(OH)_{10.31}$  が得られた。格子定数はI4/mmmにおいて  $a = 14.191(8) \text{ \AA}$ ,  $c = 6.028(7) \text{ \AA}$ ,  $V = 1214.0(18) \text{ \AA}^3$  となった。

フェリリーキ閃石はKajlidongri鉱山 (インド) を模式地とする角閃石で、舟子沢鉱山では露頭や転石から得られた。粘板岩の片理と平行にフェリリーキ閃石+石英+曹長石からなる紅色の薄層

が挟まれ、結晶は赤紫色の針状で最長500 $\mu$ mに達するが径は20-30 $\mu$ m程度に留まる。その外観は紅簾石に近い。ICP発光分光でリチウムが検出されたので、SEM-EDSによる分析で、O=22, OH=2, Si=8,  $\Sigma$ cation=16を満たす最小のリチウム量を見積もり、 $Mn^{2+}/Mn^{3+}$  を計算した。組成式は  ${}^A(Na_{0.62}K_{0.38})_{\Sigma 1}{}^B(Na_{1.74}Ca_{0.23}from C_{0.04})_{\Sigma 2}{}^C(Mg_{2.31}Mn^{2+}_{0.79}Li_{0.66}Fe^{3+}_{0.68}Mn^{3+}_{0.42}Ti_{0.12}Al_{0.06})_{\Sigma 5.04}Si_8O_{22}(OH)_2$  となる。AおよびBサイトでNaが卓越、 $M^{2+}$ でMgが卓越、 $Li > 0.5$ ,  $\Sigma M^{3+} > 1.0$  かつ $Fe^{3+}$ が卓越するため、解析的にはフェリリーキ閃石であった。格子定数はC2/mにおいて、 $a = 9.861(8) \text{ \AA}$ ,  $b = 17.984(14) \text{ \AA}$ ,  $c = 5.239(3) \text{ \AA}$ ,  $\beta = 104.29(5)^\circ$ ,  $V = 900.3(12) \text{ \AA}^3$  となった。

いずれも南部石と同様にリチウムを含み、露頭にすらフェリリーキ閃石がよく発達することから、接触変成作用だけでなくリチウムの交代作用も広範囲に及んだと考えられる。フェリリーキ閃石は近接する小玉川鉱山からも同様の産状で見いだされた。

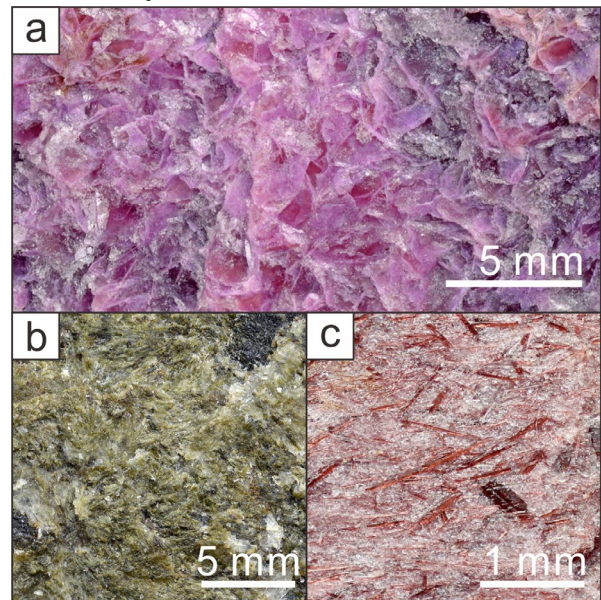


Figure 1. Microphotograph of aluminosugilite (a), cerchiaraitite-(Mn) (b), and ferri-leakeite (c).

Keywords: aluminosugilite, cerchiaraitite-(Mn), ferri-leakeite, Funakozawa mine

\*Corresponding author: hamane@issp.u-tokyo.ac.jp

# 岩手県田野畑鉱山から産出するマンガンマンガンニアンガレットイ閃石について

浜根大輔\* (東大・物性研), 門馬綱一 (科博), 大西政之, 下林典正 (京大), 宮脇律郎 (科博), 皆川鉄雄 (愛媛大), 岡田華子 (愛媛大), 今井裕之

## Mangano-mangani-ungarettiite from Tanohata mine, Iwate Prefecture, Japan

Daisuke Nishio-Hamane\* (ISSP, Univ. of Tokyo), Koichi Momma (Nat'l. Mus. Nat. Sci.), Masayuki Ohnishi, Norimasa Shimobayashi (Kyoto Univ.), Ritsuro Miyawaki (Nat'l. Mus. Nat. Sci.), Tetsuo Minakawa (Ehime Univ.), Hanako Okada (Ehime Univ.), and Hiroyuki Imai

田野畑鉱山は岩手県田野畑村に位置する付加体に胚胎される層状マンガン鉱床で、西方に分布する田野畑花崗岩によって接触変成作用と交代作用を被っている。これまで数々の稀産鉱物が産出し、代表的な日本産新鉱物に神津閃石 (mangano-ferri-eckermannite) が知られている。南部ほか (1969) には「肉眼的に帯赤黒色ないし黒色」で強いガラス光沢を示す短柱状結晶であることが示されている。一方、我々の予備調査では赤黒色の角閃石からは神津閃石は一つの分析点ですら検出されなかった。そこで、これまで神津閃石と認識されていた赤黒色を示す角閃石を精査したところ、マンガンマンガンニアンガレットイ閃石 (mangano-mangani-ungarettiite) を同定した。またエッケルマン閃石のマンガンマンガンニアンガニ置換体となる角閃石もまた赤黒色の角閃石から見いだされたのでその詳細を報告したい。なお、神津閃石は「橙色」を呈する角閃石の中から稀に検出されることがあるのみで、文献の記載内容とは実態が大きく異なる。田野畑鉱山産角閃石は全般的に見直される必要があるだろう。

マンガンマンガンニアンガレットイ閃石やエッケルマン閃石のマンガンマンガンニアンガニ置換体の肉眼的特徴はこれまで神津閃石とされてきた標本そのものであり、非常に濃い赤黒色から黒色のガラス光沢を示す短柱状結晶である。両者は電子線による分析 (重量%) だけでは区別できないものの、格子定数に明瞭な差があるほか、ボンドバレンスサム解析でも区別される。肉眼的にはほんのわずかな差があり、三価マンガンの多いマンガンマンガンニアンガレットイ閃石のほうがより黒々とした外観となる。

マンガンマンガンニアンガレットイ閃石について、EDSによる分析値はO=24とΣカチオン=16において  $Mn^{2+}/Mn^{3+}$  比を見積り、 ${}^A(Na_{0.78}K_{0.22})\Sigma_1{}^B(Na_{1.70}Ca_{0.24}fromC_{0.06})\Sigma_2{}^C(Mn^{2+}_{1.57}Mg_{0.77}Mn^{3+}_{2.40}Fe^{3+}_{0.31}Ti_{0.01})\Sigma_5O_6{}^T(Si_{7.94}Ti_{0.03}Al_{0.03})\Sigma_8O_{24}$  が得られた。格子定数はC2/mにおいて  $a = 9.910(3) \text{ \AA}$ ,  $b = 18.112(4) \text{ \AA}$ ,  $c = 5.304(2) \text{ \AA}$ .  $\beta =$

104.78(2)°,  $V = 920.5(5) \text{ \AA}^3$ であった。単結晶X線構造解析は $R_1=2.0\%$ で収束し、ボンドバレンスサム計算において  $Mn1 = 3.02$ ,  $Mn2 = 2.20$ ,  $Mn3 = 2.76$ ,  $O3 = 1.74$ の形式価数が得られ、これらはマンガンマンガンニアンガレットイ閃石と整合的である。

エッケルマン閃石のマンガンマンガンニアンガニ置換体について、EDSによる分析値はO=22およびOH=2とΣカチオン=16において  $Mn^{2+}/Mn^{3+}$  比を見積り、 ${}^A(Na_{0.81}K_{0.19})\Sigma_1{}^B(Na_{1.75}Ca_{0.20}fromC_{0.05})\Sigma_2{}^C(Mn^{2+}_{3.70}Mg_{0.58}Mn^{3+}_{0.47}Fe^{3+}_{0.30})\Sigma_5O_5{}^T(Si_{7.96}Ti_{0.02}Al_{0.03})\Sigma_8O_{22}(OH)_2$  が得られた。格子定数はC2/mにおいて  $a = 10.093(3) \text{ \AA}$ ,  $b = 18.320(6) \text{ \AA}$ ,  $c = 5.304(2) \text{ \AA}$ .  $\beta = 103.72(2)^\circ$ ,  $V = 952.7(5) \text{ \AA}^3$ であり、マンガンマンガンニアンガレットイ閃石より明確に格子体積が大きい。単結晶X線構造解析は $R_1=2.3\%$ で収束し、ボンドバレンスサム計算において  $Mn1 = 2.30$ ,  $Mn2 = 2.23$ ,  $Mn3 = 2.21$ ,  $O3 = 1.11$ の形式価数が得られた。これは解析的にはエッケルマン閃石のマンガンマンガンニアンガニ置換体に相当するものの、新種として確立するためには各サイトにおけるマンガン価数の定量が必要という指摘を受けており、今後の検討課題としたい。

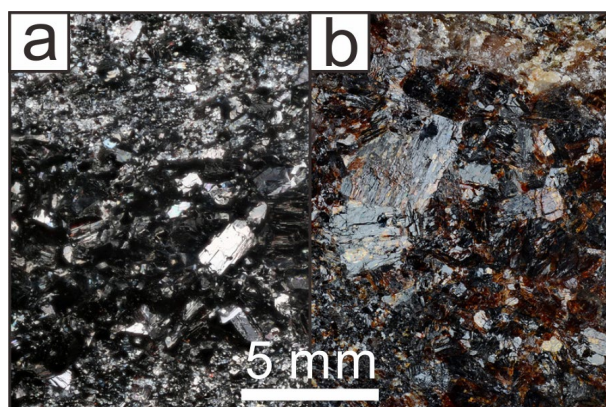


Figure 1. Microphotograph of mangano-mangani-ungarettiite (a) and  $Mn^{2+}$ - $Mn^{3+}$ -eckermannite (b).

Keywords: mangano-mangani-ungarettiite, amphibole, Tanohata mine

\*Corresponding author: hamane@issp.u-tokyo.ac.jp

# 愛知県中宇利鉱山から産するゴベリン石およびその Ni 置換体について

下林典正\*・高谷真樹 (京大・院理), 浜根大輔 (東大・物性研),  
大西政之, 丹羽健文 (名古屋鉱物同好会)

## Gobelinite and its Ni-analogue from the Nakauri mine, Aichi Prefecture, Japan

Norimasa Shimobayashi\*, Masaki Takaya (Kyoto Univ., Sci.), Daisuke Nishio-Hamane (ISSP, Univ. of Tokyo),  
Masayuki Ohnishi and Takefumi Niwa (Mineralogical Society of Nagoya)

愛知県新城市中宇利に位置する中宇利鉱山は、御荷鉾緑色岩の蛇紋岩中の銅-鉄-ニッケル鉱床で、戦時中に鉄 (Fe)、銅 (Cu) やニッケル (Ni) を目的に短期間試掘されたが、すでに閉山して久しく、現在では放置された廃石に多様な二次鉱物が生じている。今回、中宇利鉱山の転石からクテナス石様鉱物が見い出され、分析の結果、クテナス石 [ktenasite:  $\text{ZnCu}_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ] の Zn を Ni・Co で置き換えたものであることが判明したので報告する。

クテナス石のコバルト (Co) 置換体はゴベリン石 (gobelinite) と呼ばれ、フランスの Cap Garonne 鉱山を模式地 (ドイツの Eisenzecher Zug 鉱山が副模式地) として 2020 年に新鉱物として記載された (Mills et al., 2020)。ゴベリン石の理想式は  $\text{CoCu}_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  であるが、模式地から産するゴベリン石は  $(\text{Co}, \text{Ni})(\text{Cu}, \text{Zn})_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  と記載され、 $\text{Co} > \text{Ni}$  である ( $\text{Co} : \text{Ni} \approx 2 : 1$ )。それに対して、中宇利鉱山から見出されたものは、 $\text{Co} : \text{Ni}$  がほぼ 1 : 1 の中間組成で、ゴベリン石 (日本初産) からその Ni 置換体 (未知鉱物) の組成範囲を示す。

本研究に用いた試料は赤味を帯びた皮膜状の Ni-Co-Zn 炭酸塩 (菱亜鉛鉱-菱ニッケル鉱-菱コバルト鉱の固溶体) を伴う磁鉄鉱集合体で、割れ目に沿って淡い緑色の鉱物が点々と連なって生成している様が観察された。その表面を顕微ラマン法 (Nicolet Almega XR@名古屋大) で分析すると、ブロンシャ銅鉱やニッケル孔雀石に伴って、薄緑色をしたクテナス石様鉱物の存在が確認された (Fig. 1)。これらは Ni-Co-Zn 炭酸塩の上に生成していることもあることから、天水による二次的鉱物生成期の最末期の産物と考えられる。

粉末 XRD 法 (Rigaku SmartLab@京都大) で得られた回折パターンは、クテナス石のカードデータ (ICDD #01-083-2247) と比較しても大きな矛盾なく一致した。空間群  $P2_1/c$  を仮定して導出した格子定数は、 $a = 5.565(9) \text{ \AA}$ ,  $b = 6.163(15) \text{ \AA}$ ,  $c = 23.81(42) \text{ \AA}$ ,  $\beta = 95.21(17)^\circ$ ,  $V = 813.3(28) \text{ \AA}^3$  となり、クテナス石 ( $813.70 \sim 814.66 \text{ \AA}^3$ ) や Mills らの報告したゴベリン石 ( $803.2 \sim 811.9 \text{ \AA}^3$ ) と調和的であった。

また、波長分散型 EPMA (JEOL JXA-8105@京都大) により定量分析を行い (分析条件: 加速電圧 15 kV, 照射電流 3 nA, プローブ径 5  $\mu\text{m}$ )、CuO 41.52, NiO 5.19, CoO 4.49, ZnO 2.28, FeO 1.51,  $\text{SO}_3$  23.17 (いずれも wt.% ; 67 点の平均) が得られた。S = 2 で規格化し、O + OH = 14 となるように O と OH を配分して、 $\text{H}_2\text{O}$  量を計算で求めると 23.84 wt.% となり (6 $\text{H}_2\text{O}$  で固定した場合)、合計値が 101.99 wt.% とやや過剰な結果になった。これは電子線ビームによるダメージの影響を受けたためと考えられる。以上から導かれた実験式は、 $(\text{Ni}_{0.48}\text{Co}_{0.41}\text{Zn}_{0.19}\text{Fe}_{0.15}\text{Cu}_{3.62})_{\Sigma 4.85}\text{S}_2\text{O}_{7.71}(\text{OH})_{6.29} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  であり、Zn に対して Ni・Co が卓越する。また、 $\text{Co}/(\text{Ni}+\text{Co})$  比は 0.41 ~ 0.54 まで変化する。最も Co に富む部分 (ゴベリン石) の実験式は  $(\text{Co}_{0.52}\text{Ni}_{0.44}\text{Zn}_{0.23}\text{Fe}_{0.06}\text{Cu}_{3.43})_{\Sigma 4.67}\text{S}_2\text{O}_{7.33}(\text{OH})_{6.67} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  であった。

今回の結果は化学分析の合計値に若干の過剰が見られるが、今後試料の量を増やしてさらに検証を進めたい。試料表面を非破壊で分析できる X 線分析顕微鏡 (HORIBA XGT-7000@京都大) での予備的な定性分析では、より Co に富む部分も見つかっている。

ゴベリン石は日本初産であるとともに、その Ni 置換体は新鉱物となる可能性がある。実際、同産地からはより Ni に富む鮮青色のクテナス石様鉱物も見出されており、浜根を中心に精査した結果、ゴベリン石の Ni 置換体であることが判明し、IMA-CNMNC に新鉱物として申請中 (2022-065) である。

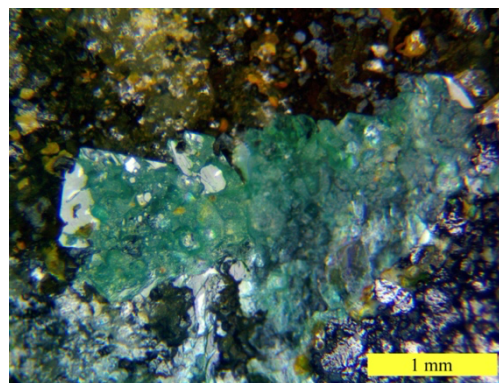


Figure 1. Photograph of gobelinite and its Ni-analogue. The scale bar represents 1 mm.

Keywords: gobelinite, ktenasite, Ni-analogue, Nakauri mine, new mineral  
\*Corresponding author: shimobayashi.norimasa.6r@kyoto-u.ac.jp

Poster presentation | R3: High-pressure science and deep Earth's material

🏠 Sun. Sep 18, 2022 9:00 AM - 5:00 PM JST | Sun. Sep 18, 2022 12:00 AM - 8:00 AM UTC | 🏠 B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

**R3: High-pressure science and deep Earth's material**

Onsite Poster Core time

12:15 - 14:15

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R3P-01] Density of sodium silicate melt at high pressure

\*Akio Suzuki<sup>1</sup> (1. Tohoku Univ.)

---

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R3P-02] Technical developments of high-pressure and high-temperature neutron diffraction experiment under mantle transition zone conditions

\*Sho Kakizawa<sup>1</sup>, Asami Sano-Furukawa<sup>2</sup>, Hiroyuki Kagi<sup>3</sup>, Yuichiro Mori<sup>3</sup>, Jun Abe<sup>4</sup>, Takanori Hattori<sup>2</sup> (1. JASRI, 2. JAEA, 3. UTokyo, 4. CROSS)

---

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R3P-03] Local strain measurement of minerals by electron diffraction imaging and application for in-situ indentation experiments

\*Yohei Igami<sup>1</sup>, Akira Miyake<sup>1</sup>, Ryuichi Nomura<sup>1</sup> (1. Kyoto Univ.)

## Density of sodium silicate melt at high pressure

Akio SUZUKI\* (Tohoku Univ.)

The transportation of magmas is governed by the density difference between magmas and surrounding rocks. Because magmas are generated in the Earth's interior, the density of magmas under high pressures and temperatures is crucial to investigate the magmatic process.

Density of magmas (silicate melts) is calculated using the partial molar volumes of the oxide components at ambient pressure. Based on the measurement on the sound velocity in various silicate melts, the compressibilities of the oxide components have been proposed. It is possible to calculate the density of silicate melts under high pressure using the compressibilities. However, such a calculation is applicable to the limited pressure, because of the pressure dependence of the bulk modulus ( $dK/dP$ ) of the melt cannot be ignored under high pressure. Therefore, the data on the partial molar volumes of the oxide components in silicate melt are required to calculate the density of magmas under high pressure. The partial molar volumes are obtained from the density of melts. In this study, I measured the density of sodium silicate melt under high pressures by the sink/float method.

High pressure experiments were conducted using large volume presses installed at Tohoku University. A powder of sample and a crystal of density marker were loaded in a platinum container. Stepped-graphite heater is applied to reduce the temperature gradient in the sample container. Temperature was monitored using W97Re3-W75Re25 thermocouples. The sample was heated above the melting temperature at a heating rate of 100 K/min. After a desired duration, the sample was quenched to the room temperature by turning off the electric power supply. When the sample was recovered from the press, the upside was marked on the cell. The recovered sample was cut and ground to identify sinking or floating of the density marker. Experiments were conducted up to 6 GPa, and a compression curve of the sodium disilicate melt was determined. The detail of the results will be reported on site.

Keywords: density, silicate melt, magma, high pressure, buoyancy test

\*Corresponding author: akio.suzuki.c5@tohoku.ac.jp

## マントル遷移層条件での高温高圧中性子回折実験の開発

柿澤翔\* (JASRI)、佐野亜沙美 (原研)、鍵裕之 (東大院理)  
森悠一郎 (東大院理)、阿部淳 (CROSS)、服部高典 (原研)

### Technical developments of high-pressure and high-temperature neutron diffraction experiment under mantle transition zone conditions

Sho Kakizawa\* (JASRI), Asami Sano-Furukawa (JAEA), Hiroyuki Kagi (UTokyo)

Yuichiro Mori (UTokyo), Jun Abe (CROSS), Takanori Hattori (JAEA)

#### はじめに

中性子は、原子核と相互作用し、その散乱能は原子番号に比例しないため、中性子構造解析では水素などの軽元素の観察や同位体の区別が可能である。また、 $O^{2-}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Si^{4+}$  のような等電子数イオンの区別が可能である。そのため、中性子回折は X 線回折とは相補的な特徴を持つ強力な結晶構造解析手法である。一方で、回折中性子強度は弱いため大容量の試料と大きな散乱開口角が必要である。

茨城県東海村にあるパルス中性子施設 J-PARC MLF の BL11 PLANET には大型の 6 軸プレス (圧姫) が設置されており、高温高圧下での中性子回折実験が可能になっている。現在は、6-6 加圧方式を用いた 10 GPa までの実験がルーチン的に行われている。我々はより高い圧力下での実験を行うため 6-8 加圧方式を用いた中性子回折実験技術の開発を行っており、これまで 14.7 GPa, 800 K におけるデータ測定に成功している (Mori et al., 2021)。一方で、減圧時においてブローアウトが頻繁に発生する問題があるため、それを抑制しながら、さらに高い圧力下での中性子回折実験を行うための技術開発を行った。

#### 実験方法

鉛直方向の散乱開口角を確保するためにこれまでは一辺 15 mm の二段目アンビルを使用していた。本研究では、ブローアウトを抑制するためにより大型の一辺 20 mm のアンビルに変更した。また、アンビルの大型化により大きな荷重が印加可

Keywords: neutron diffraction, high pressure, high temperature

\*Corresponding author: kakizawa@spring8.or.jp

能なため、より高い圧力を発生できることが期待される。また、一段目アンビルのトランケーションサイズ (TEL) を一辺 36 mm へと小さくしスリットを施すことで一段目アンビルのギャップを広くし、水平面内の散乱開口角を確保した。

二段目アンビルは、TEL4 mm とし、富士ダイス社製 MF10 および TMS05 を使用した。試料として MgO 粉末を用い、一軸あたり 2700 kN まで荷重を印加した。またアンビルサイズの変更による回折中性子強度への影響を調べるために、従来のアンビルを用いた実験も行った。発生圧力は MgO の状態方程式を用いて決定した (Tange et al., 2009)。

#### 実験結果

MF10 および TMS05 を用いた場合、荷重 2700 kN においてそれぞれ 22 および 26 GPa の発生を確認した。高温実験では、高温下での圧抜けが起こるものの、圧力低下は 1200 K において 2 GPa 程度の圧力低下にとどまり、室温および高温で共に最高圧力値を更新した。また、減圧時にブローアウトは発生しなかった。一方でアンビルの大型化によって回折中性子強度は荷重によらず半分程度になることが明らかになった。鉄水素化物を試料とした実験では 24 時間以上の露光時間が必要であることが予測される。

アンビルの大型化によってマントル遷移層に相当する圧力での中性子回折実験が可能になったが、信号強度が弱く長時間の測定が必要になる。そのため、今後はより短時間で測定可能な開発を行う必要がある。

# 電子回折イメージングによる鉱物の局所歪計測と 応力下その場観察への応用

伊神洋平・三宅亮・野村龍一（京都大学）

## Local strain measurement of minerals by electron diffraction imaging and application for in-situ indentation experiments

Yohei IGAMI\*, Akira MIYAKE, Ryuichi NOMURA (Kyoto Univ.)

鉱物の界面や微小結晶などには一般に歪みが生じ、相転移やそれに伴う組織形成にも影響すると考えられている。また、天然の鉱物中に残留した歪みは高压変成や天体衝突などを理解する手掛かりにもなりうる。鉱物中の歪み計測にはしばしばX線回折法や顕微レーザーラマン分光法、電子後方散乱回折法などが用いられるが、極めて局所的に生じた歪みを微細組織と関連して理解するにはより高い空間分解能が望まれる。また、高温高压環境などの再現実験で得られる試料から必要情報のみを選択的に引き出すためにも高空間分解能での計測は鉱物研究に重要になっていくと思われる。

空間分解能の高い透過型電子顕微鏡(TEM)を用いた結晶歪みの評価方法には様々あるが、電子線ナノプローブ走査で電子回折パターンの空間変化を解析する方法[1]は微細組織と局所歪み計測が同時に得られるため鉱物組織に高い有効性が期待される。本研究では、TEM (JEOL, JEM-2100F) による電子線ナノプローブ走査と CCD カメラを用いて鉱物試料から回折マップデータを取得し、特に局所歪みに着目して解析した。

照射電子線は、実効ビーム径約 10 nm 程度に抑えつつ平行性の高い条件を調整した。これにより回折パターンはスポット状となり逆格子ベクトルの精密決定と対称性低下によるわずかな回折スポット出現の検出が容易となった。また、収束角の大きな条件に比べ電流量を抑えられるため試料ダメージが抑えられるようになり、少なくとも TEM 像で確認できるようなダメージや汚染は

形成しなかった。得られた電子回折マップデータセットからは任意形状の仮想対物しぼりによる回折コントラスト像を作成した。また、各回折パターンに対して最小二乗法により逆格子基底ベクトルを決定し、リファレンスパターンからの変化を微小歪みテンソルとして決定することで、微細組織と一対一対応する定量歪みマップを作成できた。

次に実験的研究への応用を図り、TEM 内ナノインデント実験が実施可能な専用ホルダー(Bruker, Hysitron PI95)を用い、特定の荷重をかけた状態の試料にも同様の手法を適用した[2]。今回はモデル物質として室温高压で相転移することが知られる Si を用いた[3]。荷重付加下での各実験において歪みマップを取得し(Fig. 1)、最高応力達成領域をさらに選択的に解析した。200  $\mu\text{N}$  付加実験では、Si の体積弾性率[3]をもとに最高達成静水圧(平均)応力で約 3 GPa に達していることが分かったものの、高压相転移はいずれの局所分析点(~10 nm 径)からも確認されなかった。

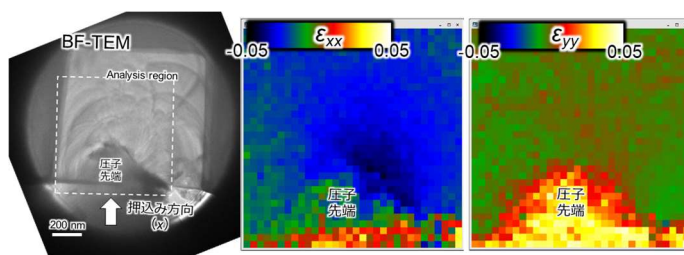


Figure 1. Strain maps of  $\epsilon_{xx}$  strain and  $\epsilon_{yy}$  strain in an indentation experiment (200  $\mu\text{N}$ ) obtained by diffraction imaging analysis. The x is direction of the indentation.

### 【引用文献】

- [1] Ophus et al. (2019) *Microsc. Microanal.* **25**, 563.
- [2] 三宅ほか (2021) 鉱物科学会
- [3] Hu et al. (1986) *Phys. Rev. B* **34** 4679

Key words: electron microscopy, strain analysis, in-situ experiment

\*Corresponding author: y-igami@kueps.kyoto-u.ac.jp

Poster presentation | R6: Plutonic rocks, volcanic rocks and subduction factory

📅 Sun. Sep 18, 2022 9:00 AM - 5:00 PM JST | Sun. Sep 18, 2022 12:00 AM - 8:00 AM UTC | 📍 B256 Adv. Edu. Res. Bldg. B-2F

**R6: Plutonic rocks, volcanic rocks and subduction factory**

Onsite Poster Core time

12:15 - 14:15

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-01] Sr-Nd isotope geochemical characteristics of meta-dolerite dykes from Western Dharwar craton and its geodynamic implications

\*Silpa Ammini Sasidharan<sup>1</sup>, Satish-Kumar M<sup>2</sup>, Toshiro Takahashi<sup>2</sup> (1. Shimane Univ., 2. Niigata Univ. Sci.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-02] Zircon growth process in granitic pluton by 3D cathodoluminescence patterns, U-Pb ages, titanium concentration, and Th/U ratios: Case study of the Okueyama granite, Kyushu, Japan

\*Takashi Yuguchi<sup>1</sup>, Daichi Itoh<sup>1</sup>, Tatsunori Yokoyama<sup>2</sup>, Shuhei Sakata<sup>3</sup>, Satoshi Suzuki<sup>1</sup>, Yasuhiro Ogita<sup>2</sup>, Koshi Yagi<sup>4</sup>, Takumi Imura<sup>1</sup>, Satoko Motai<sup>1</sup>, Takeshi Ohno<sup>5</sup> (1. Yamagata Univ., 2. JAEA, 3. Univ. Tokyo, 4. Hiruzen Institute, 5. Gakushuin Univ.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-03] Crystallization and partial melting phenomenon of Kita-taku mafic complex: Potential as a heat source of Northern Kyushu batholith

\*Keisuke ESHIMA<sup>1</sup>, Masaaki OWADA<sup>1</sup>, Atsushi KAMEI<sup>2</sup>, Toru YAMASAKI<sup>3</sup> (1. Yamaguchi Univ. Sci., 2. Shimane Univ. Sci., 3. AIST (GSJ))

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-04] Petrological characteristics of the Habu granodiorite in the Kuga Group, eastern Yamaguchi Prefecture.

[Presentation award entry]

\*Yusaku AKIMOTO<sup>1</sup>, Masaaki OWADA<sup>1</sup>, Mariko NAGASHIMA<sup>1</sup> (1. Yamaguchi Univ.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-05] Petrological features of the Early Miocene Hachiya Formation in the Chuno Area, Gifu Prefecture, Japan

\*Seiya Saijo<sup>1</sup>, Toshiro Takahashi<sup>2</sup> (1. Niigata Univ. Sci., 2. Niigata Univ. Fac. Sci.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-06] Whole rock composition of Early-Miocene volcanic rocks in Noto peninsula, Japan

\*Akitaka Shibano<sup>1</sup>, Toshiro Takahashi<sup>2</sup> (1. Niigata Univ. Sci., 2. Niigata Univ. Grad. Sci.)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-07] Sr-Nd isotopic composition of Miocene felsic volcanic rocks in the Kamo area, Niigata Prefecture

\*Naoki TAKAHASHI<sup>1</sup>, Toshiro TAKAHASHI<sup>2</sup> (1. Niigata Univ. Sci, 2. Niigata Univ. Sci)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-08] Petrological and geochemical features of High-Mg andesite, High-Mg orthopyroxene bearing andesite and dacite from the Choshi area, Chiba Prefecture, Japan

\*Toshiro Takahashi<sup>1</sup>, Akitaka Shibano<sup>2</sup>, Jun-ichi Ohki<sup>3</sup>, Naoya Iwamoto<sup>4</sup> (1. Niigata Univ, 2. Niigata Univ. Sci., 3. Natural History Museum and Institute, Chiba, 4. Choshi Geopark)

Session

2022 Annual Meeting of Japan Association of Mineralogical Sciences (JAMS)

9:00 AM - 5:00 PM JST | 12:00 AM - 8:00 AM UTC

[R6P-09] Mineralogical occurrence of alunite-supergroup minerals in the 1895 CE eruption product at Zao Volcano, NE Japan

\*Takumi Imura<sup>1</sup>, Masao Ban<sup>1</sup>, Tsukasa Ohba<sup>2</sup> (1. Yamagata Univ. Sci., 2. Akita Univ.)

## Sr-Nd isotope geochemical characteristics of meta-dolerite dykes from Western Dharwar craton and its geodynamic implications

A.S. Silpa\* (Shimane Univ.), M. Satish-Kumar (Niigata Univ.), Toshiro Takahashi (Niigata Univ.)

The early Earth dynamics including the cooling of mantle and the onset of plate tectonics that modified the composition of mantle through subduction is understood through the limited Archean record. Gradual destruction of the early formed crust at the convergent boundaries has significantly altered the composition of the primitive mantle from Late Archean to Proterozoic. However, periodic emplacement of mantle materials in the form of mafic dyke swarms associated with Large Igneous Provinces (LIPs) into the Archean crust has since long survived and is exposed in the Precambrian terranes all over the world. The Dharwar Craton (3600-2500 Ma) of southern India is one such well-preserved Archean craton where mafic dykes of various generations and greenstone belts are exposed and preserves the evidence of large-scale volcanic activity in the Precambrian. The Dharwar Craton (DC) is chiefly composed of tonalite-trondhjemite-granodiorite (TTG) gneisses, greenstone belts, younger granites and numerous mafic dykes cutting across the entire craton. DC has been traditionally divided into two cratonic blocks, namely the Western Dharwar Craton (WDC) and Eastern Dharwar Craton (EDC), based on lithological associations, metamorphic grade and crustal thickness. The mylonitic zone along the eastern boundary of the Chitradurga greenstone belt is considered to be the boundary between these two crustal blocks. The Western Dharwar Craton (DC) contains the oldest nucleus with 3400–3200 Ma TTG-greenstone assemblages and oldest mafic dyke swarms that shows the record of late Archean metamorphic event that affected the craton. The intraplate mafic activity like dyke swarms preserve the composition of the subcontinental lithospheric mantle and is key to our understanding of the geochemical evolution of Archean mantle and early earth dynamics. In this research, we consider the oldest mafic dyke swarm in WDC, known as meta-dolerite dykes, to understand the mantle composition and evolution in Archean. The meta-dolerite dykes showed a remnant ophitic texture in which 50% or less plagioclase laths preserved, and pyroxenes had mostly altered to amphibole. Chlorite was also present in some samples which are confined within areas of lower grade metamorphism in Dharwar craton. SiO<sub>2</sub> content varies from 49 to 53 wt%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and MgO varies between 10 to 15 wt% and 5 to 15 wt% respectively. The trace and rare earth element geochemical characteristics show an overall depleted nature. The primitive mantle normalized pattern shows depleted LILE and LREE patterns with a slight Ti, Zr and Hf anomalies. The Chondrite normalized rare earth element diagram is more or less flat with a few of the samples showing a slightly enriched LREE indicating the derivation from a depleted source. The initial Sr isotopic ratios (<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr) range from 0.70011 to 0.70168 and epsilon Nd values mostly negative (-0.4 to -8) except for three of the dykes showing positive values. The low initial Sr isotopic ratios and negative epsilon Nd values along with the trace, rare earth geochemistry suggests a late Archean depleted subcontinental lithospheric mantle (SCLM) in the source region. The presence of such a depleted source is viable after the major crust building activity involving the TTGs in the craton.

Key words: Late Archean to Proterozoic, Mafic dyke swarms, Archean dynamics, Dharwar craton

Corresponding author E-mail: silpa@riko.shimane-u.ac.jp

## 三次元的なカソードルミネッセンスパターンと U-Pb 年代, チタン濃度,

### Th/U 比から推定する大崩山花崗岩中のジルコン成長プロセス

湯口貴史\*・伊藤大智(山形大)・横山立憲(原子力機構)・坂田周平(東大地震研)・鈴木哲士(山形大)・小北康弘(原子力機構)・八木公史(蒜山地質年代学研究所)・井村匠・甕聡子(山形大)・大野剛(学習院大)

Zircon growth process in granitic pluton by 3D cathodoluminescence patterns, U-Pb ages, titanium concentration, and Th/U ratios:

Case study of the Okueyama granite, Kyushu, Japan

Takashi Yuguchi\*, Daichi Itoh (Yamagata Univ.), Tatsunori Yokoyama (JAEA), Shuhei Sakata (Univ. Tokyo), Satoshi Suzuki (Yamagata Univ.), Yasuhiro Ogita (JAEA), Koshi Yagi (Hiruzen Institute), Takumi Imura, Satoko Motai (Yamagata Univ.), and Takeshi Ohno (Gakushuin Univ.)

本研究では、花崗岩体中のジルコン成長プロセスを評価するために、三次元的なカソードルミネッセンス(CL)パターン、U-Pb 年代、チタン濃度、Th/U 比を組み合わせた新たな手法を提案する。適用例として、大崩山花崗岩体のジルコンの成長から、マグマ溜りプロセスの発達に関する検討を行った。大崩山花崗岩体(OKG)は鉛直方向に変化する3つの岩相から構成され、試料はそれぞれの岩相から採取した。

ジルコン結晶の三次元的な成長様式は、ジルコンの複数断面(断面の間隔は5-10 μm)から得られたCLパターンから評価を行った(図1)。花崗岩体のジルコン U-Pb 年代とチタン濃度の同時定量(Yuguchi et al. 2020)は、ジルコンの結晶化年代と温度の決定を可能にし、花崗岩質マグマの温度時間履歴の導出を可能にする。その結果、OKGの各岩相

は共通した傾向を示し、15-10 Ma の間に 800°C から 650°C までの冷却挙動を有することを解明した。

また、ジルコン中の Th/U 比はマグマ溜り中の分別結晶の指標となることが報告されている(e.g., Kirkland et al., 2015)。本研究で実施する U-Pb 年代とチタン濃度の同時定量は、ジルコンの結晶化温度の変化と Th/U 比の変化を関連付けること、さらには、マグマ溜り中の温度変化に対する分別結晶の程度の変化を論ずることを可能にする(図2)。このデータを用い、OKG においては約 670°C を境に分別結晶の進行度が変化することを見出した。なお、本報告は経済産業省資源エネルギー庁委託事業「令和3年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業(地質環境長期安定性評価技術高度化開発)」(JPJ007597)の成果の一部である。

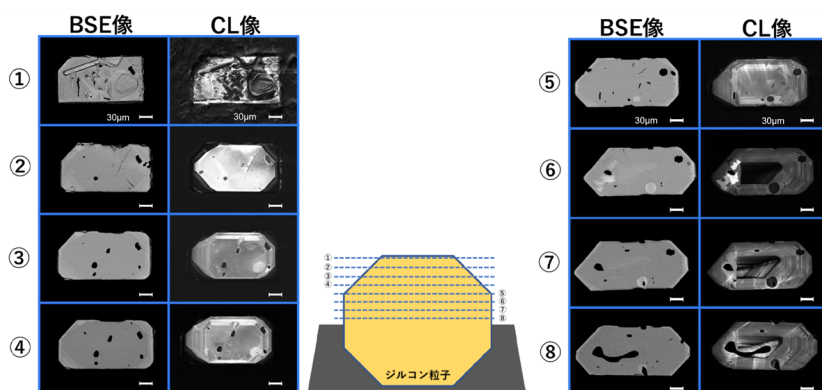


図1 ジルコン(HG2)の複数断面におけるBSE像とCL像

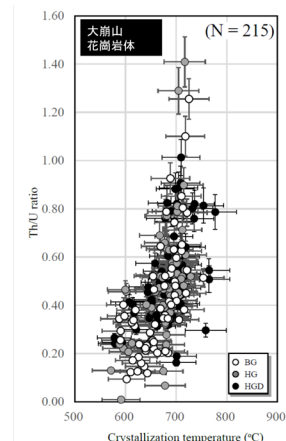


図2 温度とTh/U比の変化

Keywords: 3D CL pattern; Zircon U-Pb dating; Titanium concentration; Th/U ratio; Okueyama granite.

\*Corresponding author: [takashi\\_yuguchi@sci.kj.yamagata-u.ac.jp](mailto:takashi_yuguchi@sci.kj.yamagata-u.ac.jp)

## 北多久苦鉄質複合岩体の結晶化作用と部分溶融現象 -熱源としての可能性-

江島 圭祐\* (山口大)・大和田 正明 (山口大)・亀井 淳志 (島根大)・山崎 徹 (産総研)

### Crystallization and partial melting phenomenon of Kita-taku mafic complex: Potential as a heat source of Northern Kyushu batholith

Keisuke ESHIMA\* (Yamaguchi Univ.), Masaaki OWADA (Yamaguchi Univ.), Atsushi KAMEI (Shimane Univ.),  
Toru YAMASAKI (AIST)

【はじめに】近年、北部九州に産する白亜紀苦鉄質岩から高 Mg 安山岩(HMA)由来の閃緑岩(HMD)が報告されている。このようなマントル起源の苦鉄質マグマは、親マグマや地殻溶融の熱源として花崗岩質マグマの成因に強く関与すると考えられており、白亜紀北部九州花崗岩バソリスのマグマ成因論や地殻進化過程の包括的な理解に強い制約を持つ。しかし、北部九州は白亜紀に活動した火山岩類の露出が非常に少ないため、マントルと共存可能な未分化液組成の特徴を検討することは困難であった。このような問題から北部九州に産する HMA 由来の岩石の性質や起源については、岩体ごとの断片的な検討にとどまっていた。そこで、本発表では未分化なマグマから晶出した Cumulate (北多久苦鉄質複合岩体)を対象とし、その岩石学的特徴および野外産状から北部九州に産する HMA 由来苦鉄質岩の活動に新たな制約を与える。さらに、花崗岩バソリスの熱源としての可能性を母岩との接触域で確認されるミグマタイトの特徴とモデル計算から検証する。

【地質概要】北多久苦鉄質複合岩体は佐賀県多久市天山(標高 1046m)南麓に南北約 3km 東西約 3km の範囲に露出している。天山周辺の地質は、角閃岩と蛇紋岩を母岩とし、それを貫く北多久岩体(Cumulate group, Gabbro group: 7 types)と深江花崗岩(Ms-Bt trondhjemite)および北多久岩体を貫く珪長質岩脈(Trondhjemite-Aplite)と斑状細粒閃緑岩(PFT)岩脈から構成される。苦鉄質岩類は非常に不均質な岩相が特徴的で 3 種の Cumulate が互いに包有し合い、岩体の中腹部にはバンド状に Flow structure の発達した斑れい岩、汚濁帯の発

達した PI を含む斑れい岩および層状構造を持った Cumulate が分布する。

【結晶化作用の特徴】北多久岩体 Cumulate group の結晶化作用は鉱物化学組成の検討からマグマの分化に伴い、Ol-Cpx-Opx → Ol-Cpx-Pl → Cpx-Pl-Hb → Pl-Hb の順に進行したことが考えられる。また、An 値の高い PI が全体を通して晶出していることから、含水マグマが推定される。含水条件下では、PI のリキダス温度の低下とともにメルト-斜長石間の Ca-Na の分配係数も変化するため、温度が低下してもカルシックな組成の斜長石を晶出し続けることが可能である(Yoder et al., 1957)。

【親マグマの性質】北多久岩体中で最も未分化組成に近い Cumulate の Cpx の組成から平衡メルト組成を計算した。その結果、液組成は Sanukitic HMA 質のマグマに類似することが明らかとなった。また、その初生マグマが共存したマントルかんらん岩の組成は  $Cr\# > 0.5$  が推定される。このようなソースマントルは日本列島下のマントル物質としては十分にありえる枯渇度である。

【熱源】北多久岩体に産するミグマタイトの産状から苦鉄質マグマを熱源とした角閃岩の部分溶融現象が考えられる。微量元素を用いたモデル計算の結果から角閃岩の部分溶融メルトと Sanukitic HMA マグマを混合することによって北部九州に産する花崗岩質マグマの多様性を説明することができる。つまり、北部九州のバソリス活動の熱源は Sanukitic HMA である可能性が高い。

Keywords: Cretaceous, Northern Kyushu batholith, Cumulate, Parental magma, Sanukitic HMA

Corresponding author: [kesuikemashie@gmail.com](mailto:kesuikemashie@gmail.com)(K.Eshima)

## 山口県東部玖珂層群に分布する土生花崗閃緑岩の岩石学的特徴

秋本悠作, 大和田正明, 永瀧真理子 (山口大・創成科学)

### Petrological characteristics of the Habu granodiorite in the Kuga Group, eastern Yamaguchi Prefecture.

Yusaku AKIMOTO\*, Masaaki OWADA, Mariko NAGASHIMA (Yamaguchi Univ.)

The Habu granodiorite is an elliptical stock with about 5 km from east to west and 4 km from north to south, intruding the Kuga Group, eastern Yamaguchi Prefecture. The granodiorite is composed of marginal facies and main facies. The marginal facies are exposed on the relatively high-altitude site with dark colored and bear hornblende, whereas, the main facies show light color lacking hornblende. The main facies include dusty-zoned plagioclase grains at the site of close to the marginal facies. Based on the occurrence of the granodiorite and its petrography, the main facies of Habu granodiorite, at first, intruded the Kuga Group, then the marginal facies magma was emplacement on the high structural level of the main facies preserving the fluidal state.

【はじめに】土生花崗閃緑岩は山口県東部玖珂層群に分布する東西約 5km, 南北約 4km の花崗岩体である。本岩体は角閃石を含む周縁相と角閃石を欠く主岩相から構成される。これまで本岩体は、起源マグマや年代について議論された。一方、岩相の特徴とその分布、構成鉱物の記載の特徴、モード組成および鉱物化学組成は十分検討されておらず、マグマ過程の解明には至っていない。そこで本研究では、既存の岩石化学データを考慮し、土生花崗閃緑岩の産状や記載岩石学的特徴から、岩体の定置過程を検討した。

【土生花崗閃緑岩の記載の特徴と定置過程】周縁相と主岩相は、それぞれ角閃石黒雲母トーナール岩～花崗閃緑岩と黒雲母花崗閃緑岩～花崗岩で、野外での観察結果は、両岩相に明瞭な貫入境界はない。周縁相は標高の高い場所に分布する傾向がある。また、有色鉱物と石英+アルカリ長石の量比には、負の相関がある。

周縁相の構成鉱物は、自形～半自形の角閃石と黒雲母、半自形の斜長石、他形のカリ長石、石英からなり、主岩相は、自形～半自形の黒雲

母、半自形の斜長石、他形の石英、カリ長石から構成される。周縁相の角閃石は、しばしば黒雲母を包有することから、黒雲母の晶出は角閃石と同時期もしくはそれ以前と考えられる。両岩相の境界部では、融食された黒雲母を核にもつ角閃石が含まれる。また、周縁相に近い場所の主岩相は、汚濁帯を伴う斜長石を含む。こうした産状は固結しつつある主岩相と周縁相がマグマ同士で混交したことを示す。主岩相の組成は標高が高くなるにつれて分化する傾向にある。ハーカー図では、より SiO<sub>2</sub> 含有量に乏しい周縁相の組成とともに一連のトレンドを形成する。

以上から、この地域がマグマ定置以降大きく傾動していなかったと仮定した場合、土生花崗閃緑岩主岩相は重力的に分化し、その上位により SiO<sub>2</sub> に乏しい周縁相が累重した累帯深成岩体であると考えられる。そして形成メカニズムは主岩相が定置過程で分化した後、完全に固結する前に周縁相が構造的上位に定置したと推察される。

Keywords: Habu granodiorite, Kuga group, magma mingling

\*Corresponding author: c023vcw@yamaguchi-u.ac.jp

# 岐阜県中濃地域に分布する前期中新統蜂屋層の岩石学的特徴

西條成\*, 高橋俊郎 (新潟大学)

## Petrological features of the Early Miocene Hachiya Formation in the Chuno Area, Gifu Prefecture, Japan

Seiya Saijo\*, Toshiro Takahashi (Niigata Univ.)

蜂屋層は岐阜県中濃地域に分布し、前期中新世(20Ma 前後)の主に凝灰角礫岩～凝灰岩から構成される。西南日本孤では18Ma 頃の火山フロントは北陸地域に想定されている[1]。しかし、より前弧側の岐阜県中濃地域において蜂屋層の火成活動が知られているにも関わらず、これまで詳細な岩石学的研究は行われてない。本研究では蜂屋層を構成する火山岩類について岩石学的研究を行うことで、そのマグマプロセスの解明、そして前期中新世における西南日本孤前弧域～火山フロントでの火成活動の理解を目的として、記載岩石学的、岩石学的研究手法によって調査を行った。

蜂屋層は美濃帯を基盤とし、中新統蜂屋層が不整合で覆う。蜂屋層は複数の部層に細分され、下位から流紋岩質溶結凝灰岩の柘洞溶結凝灰岩層、デイサイト質凝灰角礫岩の糠洞火砕岩層、玄武岩質～安山岩質凝灰角礫岩および凝灰岩の広橋火砕岩類、上則友火砕岩類、中川辺火砕岩類、洞火砕岩類、野上火砕岩類、塩火砕岩類がそれぞれ整合で累重する[2]。

蜂屋層火山岩類は全岩化学組成において、流紋岩質溶結凝灰岩、角閃石両輝石デイサイトそして安山岩～玄武岩の3グループで各酸化物図や微量元素図でそれぞれ独立した分化トレンドを示す。

### ●Group1: 流紋岩質溶結凝灰岩

斑晶鉱物として主に石英を含み、希に斜方輝石、黒雲母、斜長石が含まれる。SiO<sub>2</sub>=73-75%。

### ●Group2: 角閃石両輝石デイサイト

主な斑晶鉱物は斜長石、角閃石、斜方輝石、単斜輝石で、希に石英が含まれる。SiO<sub>2</sub>=63-68%である。FeO\*/MgO vs SiO<sub>2</sub>図でカルクアルカリ系列のトレンドを示す。また、高Sr/Y比(>30.2)、低Y量(<24ppm)でありY vs Sr/Y図でアダカイト領域にプロットされる[3]。

### ●Group3: カンラン石玄武岩～角閃石安山岩

斑晶鉱物として斜長石、斜方輝石、角閃石、仮像カンラン石、単斜輝石を含み、捕獲結晶として石英が含まれる。SiO<sub>2</sub>=51-63%である。また、FeO\*/MgO vs SiO<sub>2</sub>図ではソレアイト系列のトレ

ンドを示す。

Group2, Group3 について ICP-MS による微量元素組成分析を行った。N-MORB 規格化図において Group2 は Group3 よりも重希土類に枯渇するパターンを示す(ただし一部の Group2 試料には重希土類元素の枯渇は認められない)。また、Group2 は(Yb)<sub>N</sub> vs (La/Yb)<sub>N</sub> 図においてもアダカイト領域にプロットされる[4]。一方、Group3 は一般的な島弧火山岩の特徴を示し、そのパターンは北陸地域の前期～中期中新統岩稲層を構成するソレアイト系列火山岩類と類似性が認められた。

Group1～3 は FeO\*/MgO vs SiO<sub>2</sub> 図で明らかに異なるトレンドを示し、それぞれの不適合元素比も異なる。Group2 はアダカイトの特徴を有し、かつ比較的高い Cr, Ni 量(それぞれ最大で 214ppm, 76ppm)を持つことから、スラブメルティングによって形成された珪長質マグマがマントルカンラン岩と反応することによって形成された可能性がある。北陸地域の中新統岩稲層からもアダカイトが報告されていることから[5]、当時は広範囲でスラブメルティングが発生していた可能性が指摘される。Group3 はその分化トレンドが斑晶鉱物の分別によって概ね説明できるものの、不適合元素の比が一定でないことや捕獲結晶の石英を含むことから、玄武岩質マグマから AFC によって形成された可能性がある。

### 引用文献

- [1] 高橋, 2006, 地質学雑誌, 112, 1, 14-32.; [2] 野村, 1992, 瑞浪市化石博物館研究報告, 19, 75-102.; [3] Defant et al., 1990, NATURE, 347, 662-665.; [4] Martin, 1986, Geology, 14, 753-756.; [5] 渡邊ほか, 2018, 日本地質学会第 125 年学術大会要旨

Keywords: Hachiya Formation, adakate, slab melting  
\*Corresponding author: f22e073f@mail.cc.niigata-u.ac.jp

## 能登半島北部に分布する前期中新世火山岩類の 全岩化学組成

柴野暉崇<sup>1\*</sup>, 高橋俊郎<sup>1</sup> (1. 新潟大学)

### Whole rock composition of Early-Miocene volcanic rocks in Noto peninsula, Japan

Akitaka Shibano<sup>1\*</sup>, Toshiro Takahashi<sup>1</sup> (1. Niigata univ.)

北陸地域には日本海拡大に伴って形成されたと考えられる火山岩類が広く分布している。能登半島北部にも前期中新世に噴出・堆積した火山岩類及び堆積岩類から構成される馬縹層、神和住層 [1]と神和住層を貫くドレライト貫入岩が分布する。馬縹層と神和住層からは、それぞれ 23-19Ma[2]、21-18Ma[3]が報告されており、直接の関係は確認されていないが、これらは同時異相の関係にあると考えられている[1]。[4]はドレライトが 20Ma 頃の年代を示すことから神和住層に含めている。本発表では、馬縹層と神和住層の調査を行った結果、馬縹層の火山岩から高 Mg#直方輝石を含む安山岩が見出されたので、共存する火山岩とともに岩石記載と全岩化学組成を報告する。

岩石記載と全岩 SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, FeO\*/MgO の特徴に基づいて、能登半島北部に分布する火山岩を 4 つの Type(A~D)に分類した。Type A と Type B は馬縹層の火山岩である。Type A はカンラン石と単斜輝石を持つ玄武岩質安山岩とそれに直方輝石を加えた安山岩から構成される。単斜輝石と直方輝石のコアはそれぞれ Mg#=75-88, 85-88 を示す。Type A は低-中カリウム系列に属し、低い FeO\*/MgO(0.96-1.4)を示す。Type B は中-高カリウム系列に属し、Type A に比べて高い FeO\*/MgO(1.0-5.1)を示す。Type C は神和住層のカンラン石安山岩と単斜輝石直方輝石安山岩である。Type D はドレライトで、Fo=80 前後のカンラ

keywords: calc-alkaline andesite

Corresponding author: shihanoa@gmail.com

ン石斑晶を含む。低-中カリウム系列で SiO<sub>2</sub>-FeO\*/MgO 図においてソレライトのトレンドを示す。始原的マントル規格化パターン図では、すべて右肩下がりの島弧または陸弧に特徴的な組成パターンを示す。Type A は Type B・C に比べて、Rb, Ba, K などの LILE や Nb, Zr などの HFSE に乏しい傾向がある。コンドライト規格化 REE パターン図では Type A が HREE において最も枯渇的な特徴を示し、急傾斜なパターンを示す。

以上の結果に加えマスバランス計算を用いて Type A と Type B の形成過程を検討した。その結果、これらは Type D の玄武岩質マグマからの結晶分化作用によって形成され得ないことが分かった。また、Type A と Type B はほぼ同一の斑晶鉱物を持ちながら、異なる K<sub>2</sub>O, 微量元素濃度を持つため、これらの化学組成の変化に対して分別相の差異は大きな役割を果たさないと考えられる。よって、Type A と Type B の形成過程には、マントルソースの部分融解度の差あるいはスラブ起源物質の寄与度の差を想定する必要があると考えられる。

<引用文献>

[1] 吉川ほか, 2002, 地域地質研究報告(5 万分の 1 地質図幅), 76p.; [2] Kano et al., 2002, Island Arc, 11, 170-184.; [3] 柴田ほか, 1981, 岩石鉱物床学会誌, 76, 248-252.; [4] 梅香ほか, 2003, 日本地質学会第 110 年学術大会要旨。

# 新潟県加茂地域に分布する中新世珪長質火山岩類の Sr-Nd 同位体比組成

高橋直希<sup>1</sup>・高橋俊郎<sup>1</sup> (1. 新潟大学)

## Sr-Nd isotopic composition of Miocene felsic volcanic rocks in the Kamo area, Niigata Prefecture

Naoki TAKAHASHI\*<sup>1</sup> and Toshiro TAKAHASHI<sup>1</sup> (1. Niigata Univ.)

中期中新世東北日本弧には、日本海の拡大に関連した火成活動に由来する火山岩類が広く分布する。この火成活動は 16~13 Ma にピークを迎え、背弧側では大量の珪長質火山岩に苦鉄質火山岩が伴う特徴を持つ[1]。本研究では、新潟県加茂地域から福島県只見地域に分布する中新世珪長質火山岩に対して岩石学的研究を行い、その火成活動の解明を目的とする。

本地域は、下部ジュラ紀付加体を基盤とし、中新世の堆積岩類と火山岩類が不整合で被覆する。この中新統は下位より戸ノ入層、大谷層、七谷層、南五百川層に区分され、各層に火山岩が分布する。戸ノ入層にはデイサイト溶岩、大谷層には流紋岩貫入岩、七谷層には流紋岩貫入岩と苦鉄質貫入岩、南五百川層は火山砕屑岩および苦鉄質~珪長質火山岩(猿毛岳火山岩部層)、流紋岩貫入岩(重倉山火山岩部層)が分布する。大谷層の流紋岩貫入岩から 16.6Ma、七谷層の流紋岩と苦鉄質貫入岩から 14Ma、猿毛岳火山岩から 11.4-9.5Ma、重倉山火山岩は 8Ma と報告されている[2]。

本研究では、加茂地域の流紋岩類の Sr-Nd 同位体比組成を明らかにした。それぞれの組成範囲は以下の様になった。大谷層流紋岩：SrI=0.7053-0.7074, NdI=0.5125-0.5127；七谷層流紋岩：SrI=0.7061-0.7072, NdI=0.5125；猿毛岳火山岩流紋岩：SrI=0.7038, NdI=0.5128；重倉山火山岩：SrI=0.7040-0.7043, NdI=0.5127-0.5128。対局的に大谷層と七谷層の流紋岩は肥沃的な同位体比組成を示し、猿毛岳火山岩流紋岩と重倉山火山岩は枯渇的な組成を示す。よって、前者を E-group 流紋岩、後者を D-group 流紋岩と区分する。

各流紋岩の同位体比組成と共存もしくは同時期に活動した他地域の苦鉄質火山岩を比較すると、E-group 流紋岩と苦鉄質火山岩との差は大きいに対して、D-group 流紋岩と苦鉄質火山岩の差は相対的に小さい(いずれの場合も流紋岩の方が肥沃的)。新潟県北部に分布する中新世流紋岩は、その肥沃的な同位体比組成から下部地殻物質の部分溶融で形成されたと議論されている[1]。E-group 流紋岩の同位体比組成は、新潟県北部のものと同じ組成範囲を持つことから、これらも下部地殻物質の部分溶融で形成された可能性がある。一方、D-group 流紋岩はその同位体比組成および微量元素組成の特徴から、共存する苦鉄質マグマが地殻物質を同化しつつ分化し形成された可能性が考えられる。猿毛岳火山岩類に含まれる花崗岩様捕獲結晶は上記の考えを支持する。

本地域に活動した流紋岩マグマは、17-14Ma 頃には下部地殻の部分溶融メルトを起源とし、11-8Ma 頃では玄武岩マグマからの AFC で形成された可能性が示された。このことは 14Ma 以降に地殻内の温度低下(地温勾配に変化)も生じた可能性を示唆している。

### 【引用】

- [1]Shuto et al., 2006, *Lithos*, 86, 1-33p,  
[2]工藤ほか, 2011, 加茂地域の地質, 1:50000 地質図幅, 産業技術総合研究所, 162p,

Keywords: Volcanic Rock, Felsic volcanic rock, NE Japan arc, Miocene  
E-mail address : f20e502k@mail.cc.niigata-u.ac.jp

# 千葉県銚子地域に産する高 Mg 安山岩および高 Mg 直方輝石を含む 安山岩とデイサイトの岩石学的・地球化学的特徴

高橋俊郎<sup>1</sup>, 柴野暉崇<sup>1</sup>, 大木淳一<sup>2</sup>, 岩本直哉<sup>3</sup>

(1. 新潟大学, 2. 千葉県立中央博物館, 3. 銚子ジオパーク推進協議会)

Petrological and geochemical features of High-Mg andesite,  
High-Mg orthopyroxene bearing andesite and dacite from  
the Choshi area, Chiba Prefecture, Japan

Toshiro Takahashi\*, Akitaka Shibano, Jun-ichi Ohki, Naoya Iwamoto

(1. Niigata Univ.; 2. Natural History Museum and Institute, Chiba; 3. Choshi Geopark)

千葉県銚子地域には、前期中新世に前弧域で活動したカンラン石玄武岩質安山岩（高マグネシア安山岩組成を有す）および高 Mg 直方輝石を斑晶鉱物とする直方輝石安山岩と直方輝石デイサイトが分布し、中新統千人塚層を構成する。これら安山岩類（特に高マグネシア安山岩）については、いくつかの地球化学的研究が行われており、スラブメルトとカンラン岩の反応[1]や OIB 起源物質の様な肥沃のマントル物質の関与[2]が議論されている。一方、高 Mg 直方輝石を含む直方輝石デイサイトについての岩石学的研究はほとんどされていなかった。[3]はこれら千人塚層を構成する火山岩類について岩石学的検討を行い、カンラン石玄武岩質安山岩、直方輝石安山岩、直方輝石デイサイトのそれぞれは一連の斑晶鉱物の分別では導かれなことを明らかにした。本発表ではこれら火山岩類について希土類元素を含む微量元素分析と Sr-Nd 同位体比分析を行い、それぞれの起源マグマについて考察を行う。

中新統千人塚層を構成するカンラン石玄武岩質安山岩および高 Mg 直方輝石を斑晶鉱物とする安山岩とデイサイトは、主に溶岩と火砕岩として産し、海岸線沿いに岩礁として点在する。

カンラン石玄武岩質安山岩は、主にカンラン石を斑晶鉱物とし、少量の単斜輝石と直方輝石を斑晶鉱物として含む。このカンラン石斑晶のコアは Fo%=84-88 を示し、高い Ni 含有量（最大 0.55wt%）で特徴づけられる。直方輝石安山岩および直方輝石デイサイトの斑晶鉱物は、斜方輝石のみからなり、デイサイトには稀に斜長石斑晶が見られる。それぞれの直方輝石斑晶のコアは Mg#=82-88（安山岩）および Mg#=84-89（デイサイト）を示す。

N-MORB 規格化図では、千人塚層火山岩類それぞれは共通して強い右肩下がりのパターンを示し、瀬戸内火山岩類の高マグネシア安山岩や北

上山地に産する始新世高マグネシア安山岩[4]と共通する特徴を示す。ただし、カンラン石玄武岩質安山岩のみ、一般的な島弧火成岩、特に火山フロント側火山岩に見られる強い Nb と Ta の負の異常が認められず、前期中新世東北日本孤背弧側火山岩[5]よりも弱い負の異常を示す。

ここで[1]、[4]のモデル計算を用いてスラブメルト（海洋地殻起源メルト+堆積物起源メルト）とマントルカンラン岩の反応によって千人塚層の玄武岩質安山岩からデイサイトが形成されるか検討を行った。その結果、海洋地殻起源メルトと堆積物起源メルトの混合比およびマントルカンラン岩との反応量の違いで直方輝石安山岩、直方輝石デイサイトそれぞれの全岩化学組成をおよそ説明することが出来る。しかし、カンラン石玄武岩質安山岩の高い Nb と Ta 含有量は上記モデル計算で再現できなかった（計算結果はスラブメルト組成を反映して低い）。また、カンラン石玄武岩質安山岩のカンラン石斑晶は比較的高い Fo%を示すことから、メタソマタイズを受けたマントル物質の部分熔融でも形成される可能性があるが、いずれにせよ HFS 元素に肥沃なマントル物質の関与や前弧域マントルウェッジ内でのなんらかの Nb-Ta の濃縮プロセスを考える必要がある。

引用文献

[1] Hanyu et al., 2006, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 7, Q08002.; [2] Hoang et al., 2009, *Lithos*, 112, 545-555.; [3] 柴野ほか, 2021, 日本地質学会第 128 年学術大会要旨; [4] Tsuchiya et al., 2005, *Lithos*, 79, 179-206.; [5] Sato et al., 2013, *J. Petrol.*, 54, 3, 481-524.

Keywords: high-Mg andesite, high-Mg orthopyroxene, slab melt, melt-mantle reaction

E-Mail: toshirot@geo.sc.niigata-u.ac.jp

## 蔵王火山 1895 年噴出物に含まれるミョウバン石族鉱物の産状

井村 匠・伴 雅雄 (山形大・理)・大場 司 (秋田大院・国資)

### Mineralogical occurrence of alunite-supergroup minerals in the 1895 CE eruption product at Zao Volcano, NE Japan

Takumi Imura \*, Masao Ban (Yamagata Univ.) and Tsukasa Ohba (Akita Univ.)

ミョウバン石族鉱物は、地表あるいは地下浅部に形成される酸性変質帯に産出し、産出環境に応じて多様な固溶体組成を示す。活火山では、火山熱水系に由来する噴火による粘土質火砕堆積物中にて、熱水変質岩片の構成物として産する。この場合、ミョウバン石族鉱物の産状ならびにその他鉱物との共生関係は、噴火に関与した熱水の流体化学特性や火山熱水系の構成物を反映する。本研究グループでは、火山熱水系が関与した噴火事例として、蔵王火山 1895 年噴出物を対象とし鉱物学的分析を実施している。ここでは本噴出物中のミョウバン石族鉱物の産状について報告する。

対象とした蔵王火山 1895 年噴出物は噴火イベント推移により Layer 1~Layer 6 の 6 層に分けられる。このうち Layer 5 および Layer 6 は、火山弾の放出を伴った本噴火のクライマックス期に対応する。いずれの 6 層も青灰~淡灰色粘土質火山灰を主体とする火砕堆積物であり、火山礫から火山弾サイズの白色珪化岩片および安山岩質~デイサイト質スコリアを含む。Layer 1~Layer 6 のそれぞれ火山灰基質部(< 250 μm)に対して、粉末 XRD 分析ならびに SEM-EDS 分析を実施した。

XRD 分析により同定された主要な鉱物は、ミョウバン石族鉱物(alunite-natroalunite-huangite)、石膏、カオリナイト、スメクタイト、クリストバライト、トリディマイトである。ミョウバン石族鉱物およびクリストバライトは全試料に共通して含まれる。Layer 2, Layer 5, Layer 6 の試料は明瞭な石膏の X 線ピークを示す。Layer 5 および Layer 6 の試料には huangite および natroalunite(-2c)に特有な

11-Åの X 線ピークが認められ、カオリナイトおよびパイロフィライトのピークも出現した。

SEM-EDS を用いた個別火山灰粒子の観察により、ミョウバン石族鉱物を含む火山灰粒子は以下の 3 タイプに分類される：(1) 葉片状ミョウバン石族鉱物結晶(huangite-natroalunite)からなる凝集物；(2) クリストバライト-トリディマイト-カオリナイト-パイロフィライトからなる粘土化変質岩片 (alunite-natroalunite-huangite)；(3) クリストバライト-トリディマイトからなる珪化岩片 (alunite-natroalunite 優勢)。Layer 1~Layer 3 の試料を構成する火山灰粒子のほとんどはタイプ(3)の珪化岩片である。安山岩~デイサイト質スコリア片ないし安山岩質緻密火山岩片も含まれるが、その多くは部分的に珪化変質している。Layer 4 の試料では(3)に加えてタイプ(2)の岩片の割合が増加する。Layer 5 および Layer 6 の試料では、他 2 タイプに加え、タイプ(1)の火山灰粒子が優勢となり、huangite 組成のミョウバン石族鉱物が産出する。

鉱物産状ならびに鉱物組み合わせから、1895 年噴出物中のミョウバン石族鉱物含有火山灰粒子は、およそ 200-300°Cの硫酸酸性流体によって形成した山体内部の変質帯に由来する。噴火に関与した熱水流体も同様の特徴を有すると考えられる。Layer 5 以降のユニットで huangite 組成のミョウバン石族鉱物が優勢となる点は、起源流体となる熱水の pH 上昇、昇温ないし化学組成変化が生じたことを示唆する。これは噴火推移に応じた浅部熱水系へのマグマ性ガスの注入量の増加に起因するかもしれない。

Keywords: Zao Volcano, Subvolcanic hydrothermal system, Lithic ash, Alunite-supergroup minerals, Hydrothermal alteration

\*Corresponding author: imura\_t@sci.kj.yamagata-u.ac.jp