

**Sat. Sep 21, 2019**

Poster presentation | R4: Mineral sciences of the Earth surface

9:30 AM - 5:00 PM JST | 12:30 AM - 8:00 AM UTC | A-presentation space East zone 1

**R4: Mineral sciences of the Earth surface**

[R4P-01] Mineralogical characteristics of deep underground granite biosphere

<font color="#FF7F27">「発表賞エントリー」 </font>

\*Gen Takahashi<sup>1</sup>, Yohey Suzuki<sup>1</sup>, Michinari Sunamura<sup>1</sup>, Toshihiro Kogure<sup>1</sup> (1. Tokyo Uni. Sci.)

[R4P-02] Microtextural observation of reef-building coral skeleton: Septum and basal plate

\*Satoko Motai<sup>1</sup>, Saki Harii<sup>2</sup>, Yu Kodama<sup>3</sup>, Naotaka Tomioka<sup>1</sup>, Motoo Ito<sup>1</sup> (1. JAMSTEC, 2. Ryukyus Univ., 3. Marine Works Japan Ltd.)

[R4P-03] Greenalite synthesis at low temperatures

\*Hiromi Konishi<sup>1</sup>, Waleed Anwar<sup>1</sup> (1. Department of Geology, Niigata University)

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

9:30 AM - 5:00 PM JST | 12:30 AM - 8:00 AM UTC | A-presentation space East zone 1

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

[R6P-01] Improved accuracy of micro-Raman mass spectrometry for carbon isotopic composition of carbon dioxide fluid

<font color="#FF7F27">「発表賞エントリー」</font>

\*Lena Yokokura<sup>1</sup>, Yuuki Hagiwara<sup>1</sup>, Junji Yamamoto<sup>2</sup> (1. Hokkaido Uni. Sci., 2. The Hokkaido Uni. Museum)

[R6P-02] Investigation of genetic relationship between Quaternary magmas from Hime-shima and Futagoyama volcanic group in Kyushu

<font color="#FF7F27">「発表賞エントリー」</font>

\*Hirayama Takehiro<sup>1</sup>, Tomoyuki Shibata<sup>1</sup>, Masako Yoshikawa<sup>1</sup> (1. Hiroshima Uni. Sci.)

[R6P-03] Diversity of granitic rocks in the North Patagonian Batholith

<font color="#FF7F27">「発表賞エントリー」</font>

\*Hirokazu Miura<sup>1</sup>, shin-ichi kagashima<sup>1</sup>, Toshiro Takahashi<sup>2</sup>, Rikako Nohara<sup>2</sup> (1. Yamagata Univ., Sci, 2. Niigata Univ., Sci)

[R6P-04] Petrochemistry of the Sakainokami plutonic body in Kitakami Mountains, Northeastern Japan: Crystallization differentiation deduced from application for the geothermometer-geobarometer

\*Satoshi Suzuki<sup>1</sup>, Kazuo Nakashima<sup>2</sup>, Takashi Yuguchi<sup>2</sup> (1. Yamagata Uni. Sci., 2. Yamagata Uni., Sci.)

[R6P-05] Diversity of leucocratic rocks in serpentinite melange in the Omi area, Itoigawa City, Niigata Prefecture

\*Shiori Okuyama<sup>1</sup>, Shin-ichi Kagashima<sup>1</sup>, Ko Takenouchi<sup>2</sup>, Takahiko Ogawara<sup>2</sup> (1. Yamagata Univ., Sci, 2. Fossa Magna Museum)

[R6P-06] Simultaneously quantitative determination of U-Pb age and titanium concentration: case study of Kurobegawa granite.

\*Kozue Ishibashi<sup>1</sup>, Shuhei Sakata<sup>2</sup>, Hayato Yamazaki<sup>1</sup>, Takashi Yuguchi<sup>1</sup> (1. Yamagata Univ., 2. Tokyo Univ.)

[R6P-07] Magma process of the Ryoike plutonic rocks, Yashiro-jima island, Yamaguchi Prefecture, SW Japan.

\*Shogo Kodama<sup>1</sup>, Masaaki Owada<sup>1</sup>, Teruyoshi Imaoka<sup>1</sup>, Atsushi Kamei<sup>2</sup>, Yuki Ikeda<sup>3</sup> (1. Yamaguchi Univ., 2. Shimane Univ., 3. FUKKEN CO., LTD.,)

[R6P-08] Whole-rock chemical compositions and zircon U-Pb ages on the granitoids in Ryoike belt, Takanawa Peninsula, northwest Shikoku, southwest Japan

<font color="#FF7F27">「発表賞エントリー」</font>

\*Kazuya Shimooka<sup>1</sup>, Satoshi Saito<sup>1</sup>, Kenichiro Tani<sup>2</sup> (1. Graduate School of Science and Engineering, Ehime University, 2. Department of Geology and Paleontology, National Museum of Nature and Science)

[R6P-09] Internal structure of the Shaku-dake diorite body, northern Kyushu

<font color="#FF7F27">「発表賞エントリー」</font>

\*Keisuke Eshima<sup>1</sup>, Masaaki Owada<sup>1</sup>, Atsushi Kamei<sup>2</sup> (1. Graduate school of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University, 2. Department of Earth Science, Shimane University)

[R6P-10] Whole-rock chemical compositions of andalusite-bearing two-mica granite intruded into the Suo metamorphic rocks, eastern North Kyusyu

\*Masaki Yuhara<sup>1</sup>, Yoshinobu Kawano<sup>2</sup>, Osamu Okano<sup>3</sup> (1. Fukuoka Uni. Sci., 2. Rissho Uni. Geo-environment. Sci., 3. Okayama Uni. Sci.)

Poster presentation | R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint session with SRG)

9:30 AM - 5:00 PM JST | 12:30 AM - 8:00 AM UTC | A-presentation space East zone 1

**R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint session with SRG)**

[R7P-01] Mantle-melt interaction at the crust-mantle boundary in the Wadi Tayin massif, the Oman mantle peridotite

\*Eiichi Takazawa<sup>1,2</sup>, Yumeno Kogure<sup>3</sup>, Keisuke Ishii<sup>3</sup>, Sayantani Chatterjee<sup>1</sup>, Natsuki Oyanagi<sup>1</sup>, Katsuyoshi Michibayashi<sup>4</sup>, Yoshihiko Tamura<sup>2</sup>, Oman DP Science Party (1. Niigata Univ. Sci., 2. JAMSTEC, 3. Niigata Univ., Grad. Sch. Sci. Tech., 4. Nagoya Univ.)

[R7P-02] Serpentinization of peridotite, Oshika Village, Nagano Prefecture, Japan

\*Yuya Takeda<sup>1</sup>, Seiichiro Uehara<sup>1</sup> (1. Kyushu Univ. Sci.)

[R7P-03] Chemical compositions of secondary olivine in mantle peridotites from the Hess Deep Rift

\*Daisuke Gokan<sup>1</sup>, Toshio Nozaka<sup>1</sup> (1. Okayama Univ.)

[R7P-04] A pseudo-temperature distribution in the oceanic lithosphere caused by cooling rate responsiveness of pyroxene geothermometry

\*Koshi Nishimura<sup>1</sup>, Junji Yamamoto<sup>2</sup>, Hidemi Ishibashi<sup>3</sup> (1. Toyo Univ., 2. Hokkaido Univ., 3. Shizuoka Univ.)

[R7P-05] Crack-dependent seismic discontinuity at the oceanic Moho

<font color="#FF7F27">「発表賞エントリー」</font>

\*Yuya Akamatsu<sup>1</sup>, Ikuo Katayama<sup>1</sup>, Takashi Tonegawa<sup>2</sup> (1. Hiroshima Univ. Sci., 2. JAMSTEC)

[R7P-06] Application of quantitative EPMA imaging technique for microscale petrography

\*Kenta Yoshida<sup>1</sup> (1. JAMSTEC)

[R7P-07] Mineralogical analysis on the initial formation process of hydrothermal chimney sample from the Okinawa Trough

\*Keita Ohmori<sup>1</sup>, Toshiro Nagase<sup>2</sup>, Tatsuo Nozaki<sup>3</sup>, Takahiro Kuribayashi<sup>1</sup> (1. Tohoku Univ. Sci., 2. Tohoku Univ. Museum, 3. JAMSTEC)

[R7P-08] Magnetic properties of isocubanite from seafloor hydrothermal deposits in the Okinawa Trough

\*Chie Kato<sup>1</sup>, Masao Ohno<sup>1</sup>, Yoshihiro Kuwahara<sup>1</sup>, Tadahiro Hatakeyama<sup>2</sup>, Yasuhiro Yamada<sup>3</sup>, Shuhei Totsuka<sup>4</sup>, Kazuhiko Shimada<sup>4</sup>, Jun-ichiro Ishibashi<sup>4</sup>, Toshiro Nagase<sup>5</sup> (1. Kyushu Univ., 2. Okayama Univ. Sci., 3. Tokyo Univ. Sci., 4. Kyushu Univ., 5. Tohoku Univ.)

[R7P-09] New capsule to maintain high-oxidation states at high-pressures and high-temperatures

\*Toshisuke Kawasaki<sup>1</sup> (1. Ehime Univ.)

[R7P-10] Glauconite from the Upper Cretaceous Upper Yezo Group in Haboro area, Hokkaido, northern Japan

\*Montani Akihiro<sup>1</sup> (1. Ehime Univ.)

[R7P-11] Microstructure and formation process of pseudotachylyte exposed in Aravalli-Delhi orogenic belt, India

\*Junya Okazaki<sup>1</sup>, Jun-ichi Ando<sup>1</sup>, Kaushik Das<sup>1</sup>, Naotaka Tomioka<sup>2</sup>, Yu Kodama<sup>3</sup> (1. Hiroshima Univ. Sci., 2. JAMSTEC, 3. Marine Works Japan Ltd.)

Poster presentation | R4: Mineral sciences of the Earth surface

📅 Sat. Sep 21, 2019 9:30 AM - 5:00 PM JST | Sat. Sep 21, 2019 12:30 AM - 8:00 AM UTC | 🏠 A-presentation space East zone 1

**R4: Mineral sciences of the Earth surface**

[コアタイム] 12:00~14:00

[R4P-01] Mineralogical characteristics of deep underground granite biosphere

<font color="#FF7F27">「発表賞エントリー」</font>

\*Gen Takahashi<sup>1</sup>, Yohey Suzuki<sup>1</sup>, Michinari Sunamura<sup>1</sup>, Toshihiro Kogure<sup>1</sup> (1. Tokyo Uni. Sci.)

---

[R4P-02] Microtextural observation of reef-building coral skeleton: Septum and basal plate

\*Satoko Motai<sup>1</sup>, Saki Harii<sup>2</sup>, Yu Kodama<sup>3</sup>, Naotaka Tomioka<sup>1</sup>, Motoo Ito<sup>1</sup> (1. JAMSTEC, 2. Ryukyus Univ., 3. Marine Works Japan Ltd.)

---

[R4P-03] Greenalite synthesis at low temperatures

\*Hiromi Konishi<sup>1</sup>, Waleed Anwar<sup>1</sup> (1. Department of Geology, Niigata University)

## 地下深部花崗岩内生物圏の鉱物学的特徴

高橋玄, 鈴木庸平, 砂村倫成, 小暮敏博 (東京大・院理)

### Mineralogical characteristics of deep underground granite biosphere

Gen Takahashi\*, Yohey Suzuki, Michinari Sunamura and Toshihiro Kogure (Tokyo Univ. Sci.)

Microbial ecosystem exists in the groundwater in the deep granite of the Mizunami Underground Research Laboratory, but how the groundwater and granite provide habitable environment is unclear. To investigate this problem, we characterized in detail altered granite in this area by multiple analyses using SEM, TEM, and STEM. Calcites of various occurrence and fine pyrite particles embedded in clay minerals were found. They may be generated from methane oxidation and sulfate reduction by microorganisms. Petrographic thin sections were stained with SYBR Green I and analyzed by fluorescence microscopy. As a result, concentration of DNA was observed in altered plagioclase and on fractured surfaces.

日本原子力研究開発機構瑞浪超深地層研究所の深部花崗岩内に形成された割れ目中の地下水には、ANME-2d という古細菌群を主要な構成種とする微生物生態系が存在し、マグマ由来のメタンを硫酸還元していると考えられている(Ino et al., 2018)。しかし、地下水中の硫酸濃度は微生物の硫酸還元が可能な条件(LaRowe et al., 2008)よりも低く、極貧栄養の深部花崗岩内が如何にして微生物の生息しうる環境条件となっているかは未だ不明である。地下水の情報だけでは推測できない深部花崗岩内の局所的な環境が、微生物の生存に如何に寄与するかを考察するため、瑞浪超深地層研究所の深度 300m の花崗岩コアサンプルから、地下水によって変質し

た部分を取り出し、その表面や微小空間の微細な鉱物を観察した。

複数種の電子顕微鏡(SEM, TEM, STEM)を併用した解析の結果、様々な産状の方解石や粘土鉱物に埋もれた微小な黄鉄鉱が見つかり、これらは微生物のメタン酸化と硫酸還元から生ずる重炭酸イオンや硫化水素から生成した可能性がある。

花崗岩変質部内で鉱物と生物が直接関わる領域を探索するため ds-DNA の選択的蛍光剤である SYBR Green I により岩石薄片を染色し蛍光顕微鏡による解析を行った結果、変質した斜長石内や、変質した割れ目を覆う暗緑色の粘土鉱物中に DNA の濃集が観察された。

Keywords: Granite; Microorganism; Clay mineral; Sulfate reduction; DNA

\*Corresponding author: gen\_takahashi@eps.s.u-tokyo.ac.jp

## 造礁サンゴ骨格の構成要素ごとの微細組織観察

甕聡子 (JAMSTEC), 波利井佐紀 (琉大・熱生研),

兒玉優 (マリン・ワーク・ジャパン), 富岡尚敬, 伊藤元雄 (JAMSTEC)

Microtextural observation of reef-building coral skeleton  
: Septum and basal plateSatoko Motai \*(JAMSTEC), Saki Harii (Ryukyus Univ.), Yu Kodama (Marine Works Japan Ltd.),  
Naotaka Tomioka, Motoo Ito (JAMSTEC)

造礁サンゴは熱帯・亜熱帯の浅海に生息する。炭酸塩カルシウムで構成される外骨格は生体部のポリプを支える、複雑な構造を持つ。これらの構造は、アラゴナイト結晶の集合体である球状の基本構造(中心部:石灰化中心、周辺部:繊維状組織)の積み重なりであると考えられている(e.g., Ogilvie, 1896; Bryan and Hill, 1941; Gilis et al., 2015)。本研究では、骨格構成要素ごとのナノ-マイクロオーダーで微細組織観察を行い、それぞれの要素が基本構造で形成されうるかを検証した。

複数のポリプから形成される成体サンゴでは骨格要素の一部は骨格内部に存在し観察が容易ではないため、単体のポリプ(稚ポリプ)を試料として用いた。サンゴ(*Acropora* sp.)の幼生に試薬(Hym-248)を添加し稚ポリプへ変態させ、1~2週間飼育した。生体部は次亜塩素酸ナトリウムで除去した。得られた骨格は光学顕微鏡で6回対称の隔壁からなる典型的なコアライト(corallite)と底盤を持つ骨格構造を有していることを確認した。さらに、マイクロフォーカスX線CTで全体の骨格構造と表面形状の観察を行った。集束イオンビーム装置で隔壁と底盤から超薄切片を作製し、透過型電子顕微鏡(TEM)で骨格の微細組織を観察した。

Keywords: reef-building coral, biomineralization

\*Corresponding author: smotai@jamstec.go.jp

X線CTによる三次元画像から、底盤と隔壁の表面には、およそ10 μm間隔の凹凸が存在することが確認された。

TEM観察では、隔壁に粒状のアラゴナイト結晶(数十~数百 nm、結晶方位ランダム)が集合し、その領域を中心として針状結晶(幅数十 nm、長さ~1 μm、c軸伸長)が放射状に広がっている様子が観察された。この組織は成体のサンゴ骨格を形成する基本構造の石灰化中心と繊維状組織の特徴と一致する。底盤には層状構造が観察された。アラゴナイト結晶は粒径数十~数百 nmであり、層ごとに粒径が異なる。これらのアラゴナイト結晶のc軸は、骨格の成長方向にほぼ垂直に配向しており、上述のサンゴ骨格の基本構造とは異なっている。骨格形成のごく初期には、球体の骨格基本構造の前駆体として紡錘状組織やダンベル状組織が観察されることがあり、これらの組織ではアラゴナイトのc軸が一方向に揃っていると推測される(Gilis et al., 2015)。底盤はこれら前駆体が積み重って形成されたと考えられる。

Ogilvie, 1896, Proc. R. Soc. Lond. Philos. Trans., 187B, 83-345

Bryan and Hill, 1941, Proc. R. Soc. Queensl., LII (1), 78-91

Gilis et al., 2015, J. Morphol., 276(6), 1156-1156

## Greenalite の低温合成

小西博巳・Waleed Anwar (新潟大学・理・地質科学)

## Greenalite synthesis at low temperatures

Hiromi Konishi\* and Waleed Andwar (Dept. of Geology, Niigata University)

R4P-03

greenalite は、蛇紋石-カオリナイト族の 3 八面体型の層状ケイ酸塩鉱物であり、2 価の Fe に富む。多くの縞状鉄鋼層 (BIF) から産出し、BIF の初生的な鉱物であると考えられている。一般には、BIF の沈殿時に greenalite が生成したと考えられているが、green rust が最初に沈殿したとの説もあり、BIF 生成の初期の様相については議論がある。

Mizutani et al., 1991 は 100°C から 200°C で greenalite を合成した。Hrader 1978 は、常温での greenalite の合成を報告した。いずれの実験も、pH 条件は考慮されていない。

本研究では、pH 条件を変えて、低温での greenalite の合成を行った。greenalite が BIF の沈殿時に生成したとする説の妥当性を検討した。

出発物質には、50mM の  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  と 112.5mM の  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 、さらに、還元剤として 0.1M の  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  を 0.5M の硫酸に溶かした溶液に、350mM の NaOH を加えた。NaOH を加えると、直ちに沈殿物が生成した。最後に、NaOH と硫酸で pH を調整した。合成実験には、水熱合成オートクレーブ (150°C) およびバイアルチューブ (50°C) を用いた。

150°C の実験 (6 日間反応) では、pH9~13 で、greenalite と Si-magnetite が生成した。pH13 ではほぼ単相の greenalite が生成した。pH が低くなると Si-magnetite がより多く生成し、pH9 では、わずかに greenalite を含むがほぼ単相の Si-magnetite であった。50°C の実験 (9 日間反応) では、pH11 以上で、greenalite と Si-magnetite が生成した。

greenalite の合成には、pH9 以上のアルカリ性条件が必要であり、単相の greenalite の合成には、さらに強いアルカリ性条件が必要であった。海水の pH は、Archean から Phanerozoic まで、~6.5 から ~9 まで増加したという推定がある (Halevy and Bachan 2017)。海水の pH の見積もりは議論があるが、Halevy and Bachan 2017 が推定した pH 条件は、greenalite の生成に適した条件より低い。

Keywords: greenalite, Si-magnetite, BIF

Corresponding Author: [hkonishi@geo.sc.niigata-u.ac.jp](mailto:hkonishi@geo.sc.niigata-u.ac.jp)

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

📅 Sat. Sep 21, 2019 9:30 AM - 5:00 PM JST | Sat. Sep 21, 2019 12:30 AM - 8:00 AM UTC | 🏠 A-presentation space East zone 1

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

[コアタイム] 12:00~14:00

[R6P-01] Improved accuracy of micro-Raman mass spectrometry for carbon isotopic composition of carbon dioxide fluid

「発表賞エントリー」

\*Lena Yokokura<sup>1</sup>, Yuuki Hagiwara<sup>1</sup>, Junji Yamamoto<sup>2</sup> (1. Hokkaido Uni. Sci., 2. The Hokkaido Uni. Museum)

[R6P-02] Investigation of genetic relationship between Quaternary magmas from Hime-shima and Futagoyama volcanic group in Kyushu

「発表賞エントリー」

\*Hirayama Takehiro<sup>1</sup>, Tomoyuki Shibata<sup>1</sup>, Masako Yoshikawa<sup>1</sup> (1. Hiroshima Uni. Sci.)

[R6P-03] Diversity of granitic rocks in the North Patagonian Batholith

「発表賞エントリー」

\*Hirokazu Miura<sup>1</sup>, shin-ichi kagashima<sup>1</sup>, Toshiro Takahashi<sup>2</sup>, Rikako Nohara<sup>2</sup> (1. Yamagata Univ., Sci, 2. Niigata Univ., Sci)

[R6P-04] Petrochemistry of the Sakainokami plutonic body in Kitakami Mountains, Northeastern Japan: Crystallization differentiation deduced from application for the geothermometer-geobarometer

\*Satoshi Suzuki<sup>1</sup>, Kazuo Nakashima<sup>2</sup>, Takashi Yuguchi<sup>2</sup> (1. Yamagata Uni. Sci., 2. Yamagata Uni., Sci.)

[R6P-05] Diversity of leucocratic rocks in serpentinite melange in the Omi area, Itoigawa City, Niigata Prefecture

\*Shiori Okuyama<sup>1</sup>, Shin-ichi Kagashima<sup>1</sup>, Ko Takenouchi<sup>2</sup>, Takahiko Ogawara<sup>2</sup> (1. Yamagata Univ., Sci, 2. Fossa Magna Museum)

[R6P-06] Simultaneously quantitative determination of U-Pb age and titanium concentration: case study of Kurobegawa granite.

\*Kozue Ishibashi<sup>1</sup>, Shuhei Sakata<sup>2</sup>, Hayato Yamazaki<sup>1</sup>, Takashi Yuguchi<sup>1</sup> (1. Yamagata Univ., 2. Tokyo Univ.)

[R6P-07] Magma process of the Ryoike plutonic rocks, Yashiro-jima island, Yamaguchi Prefecture, SW Japan.

\*Shogo Kodama<sup>1</sup>, Masaaki Owada<sup>1</sup>, Teruyoshi Imaoka<sup>1</sup>, Atsushi Kamei<sup>2</sup>, Yuki Ikeda<sup>3</sup> (1. Yamaguchi Univ., 2. Shimane Univ., 3. FUKKEN CO., LTD.,)

[R6P-08] Whole-rock chemical compositions and zircon U-Pb ages on the granitoids in Ryoike belt, Takanawa Peninsula, northwest Shikoku, southwest Japan

「発表賞エントリー」

\*Kazuya Shimooka<sup>1</sup>, Satoshi Saito<sup>1</sup>, Kenichiro Tani<sup>2</sup> (1. Graduate School of Science and Engineering, Ehime University, 2. Department of Geology and Paleontology, National Museum of Nature and Science)

[R6P-09] Internal structure of the Shaku-dake diorite body, northern Kyushu

「発表賞エントリー」

\*Keisuke Eshima<sup>1</sup>, Masaaki Owada<sup>1</sup>, Atsushi Kamei<sup>2</sup> (1. Graduate school of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University, 2. Department of Earth Science, Shimane University)

[R6P-10] Whole-rock chemical compositions of andalusite-bearing two-mica granite intruded into the Suo metamorphic rocks, eastern North Kyusyu

\*Masaki Yuhara<sup>1</sup>, Yoshinobu Kawano<sup>2</sup>, Osamu Okano<sup>3</sup> (1. Fukuoka Uni. Sci., 2. Rissho Uni. Geo-environment. Sci., 3. Okayama Uni. Sci.)

## CO<sub>2</sub> 流体の非破壊 $\delta^{13}\text{C}$ 測定の向上

\*横倉伶奈(北大・院理), 萩原雄貴(北大・院理), 山本順司(北大・博)

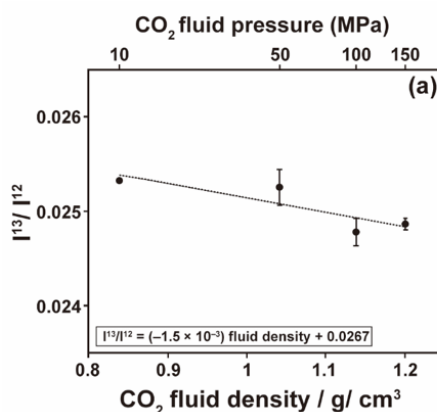
### Improved accuracy of micro-Raman mass spectrometry for carbon isotopic composition of carbon dioxide fluid

\*Lena Yokokura (Hokkaido Uni.), Yuuki Hagiwara (Hokkaido Uni.), Junji Yamamoto (Hokkaido Uni.)

We investigated fluctuation of the Raman intensity ratios and area ratio of peaks of  $^{13}\text{CO}_2$  to  $^{12}\text{CO}_2$  by changing fluid pressure. When changing fluid pressure, from 10 MPa to 150 MPa. To evaluate the effect of the peak shift on Raman intensity ratio, which is induced by changing fluid pressure, we conducted repeated measurements of intensity ratio with moving the grating center, which is defined as the center value of analyzing wave number range, at constant fluid pressure, 10 MPa.

ラマン分光分析は、鉱物粒子中に閉じ込められた直径 1  $\mu\text{m}$  の CO<sub>2</sub> 流体の炭素同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) を、 $^{12}\text{CO}_2$  と  $^{13}\text{CO}_2$  のスペクトルピークの強度比またはエリア比を利用して非破壊で測定できる可能性を持つ。しかし先行研究においてはスペクトルピークの位置がずれると同位体比が同じでも著しく測定確度が低下していた(20%)。その原因は波数分解能と考察されたが、流体の圧力変化に沿って値が変動した可能性もある。これらの検証のために、従来の 5 倍の波数分解能の分光器を使用し流体の圧力を 10 MPa から 150 MPa まで変化させ、その傾向を観察した。結果圧力と強度比エリア比は負の圧力依存性を示す(図: 強度比)。ただしこの圧力の変化によって  $^{12}\text{CO}_2$  スペクトルのピーク位置が約 1  $\text{cm}^{-1}$  変化するので、純粋なピーク位置の変化による確度への影響を検証するため流体の圧力 10

MPa で測定中心を左右に 1.5  $\text{cm}^{-1}$  変化させて測定を行なった。結果、測定中心をずらしても一定の測定中心の繰り返し測定と偏差がほぼ変わらない(強度比: ~7.5%) ため純粋なピーク位置変化の影響は存在しない。圧力変化による強度比エリア比の変動は直線的であり、ラマン分光分析で同時に圧力が測定できるため校正が可能である。そのためこの圧力依存性はラマン分光分析による炭素同位体比測定の障害とはならないであろう。



Key words: Raman spectroscopy, CO<sub>2</sub> fluid, carbon isotopic ratio, fluid inclusion

\*Corresponding author. E-mail address: l\_yokokura@eis.hokudai.ac.jp

# 九州に分布する姫島火山群と両子山火山群の第四紀マグマ の成因関係の検討

平山剛大\*, 柴田知之, 芳川雅子 (広島大)

## Investigation of genetic relationship between Quaternary magmas from Hime-shima and Futagoyama volcanic group in Kyushu

T. Hirayama\*, T. Shibata, M. Yoshikawa (Hiroshima Univ.)

流紋岩質マグマの成因として、近年地殻物質の再溶融が注目されている (e.g. Parker, 2005). しかしながらこのような研究の多くは、地殻物質の同化分別結晶作用や親マグマからの結晶分化作用で流紋岩の化学組成変化説明が困難であることを根拠としており、流紋岩と地殻物質そのものの地球化学的特徴を基に議論している研究は少ない。姫島火山群は九州国東半島沖合に位置し、デイサイトと流紋岩から構成されている (伊藤, 1990)。一方、同じ九州内では熊本県の阿蘇山でも流紋岩が確認されているが、阿蘇山は玄武岩から流紋岩といった、姫島火山群と比較すると幅広い組成の溶岩が噴出しており、阿蘇山は複雑なマグマ進化過程を持つ可能性が指摘できると考えられる。よって、この姫島火山群の流紋岩の地球化学的特徴を基にすれば、単純なモデル計算によって流紋岩質マグマの成因を議論できる可能性が高い。一方、両子山火山群は中部九州の国東半島主要部を占めており、姫島火山群の南西部に位置している。両子山火山群は安山岩・デイサイトから構成されており (松本・成重, 1985)、姫島火山群、由布・鶴見岳、阿蘇山等とともに火山フロントを形成している。伊藤 (1989) は、姫島と国東半島を隔てる姫島水道に認められる地形の高まりが姫島火山群に含められる可能性を指摘している。このことから、姫島火山群が両子山火山群の側火山に位置づけ

られる可能性が指摘でき、その成因関係も類似している可能性が高いと考えた。そこで、本研究では Shibata et al. (2014) で公表された両子山火山群・姫島火山群のマグマの地球化学的データに加え、新たに姫島火山群の流紋岩質マグマの全岩微量元素組成を分析し、両子山火山群・姫島火山群のマグマ進化過程について解析した。

両子山火山群のデイサイトマグマは、脱水流体の付加によるマンツルの部分溶融を起源とする由布岳・鶴見岳 (Sugimoto et al. 2007) に類似した安山岩・デイサイトと、沈み込むスラブの部分溶融を起源とするデイサイトマグマとの混合によって形成された可能性が高い。姫島火山群のマグマ進化過程は、岩石学的研究から、デイサイト質マグマと、流紋岩質マグマとの混合によって形成された (伊藤, 1990) と考えられており、本研究で行った微量元素組成を基にしたマグマ混合のモデル計算結果からも同様の結果が得られた。これらのことから両子山および姫島火山群のデイサイト質マグマは、高 Sr/Y 比 (約 70)、低 Y 濃度 (< 14.3 ppm) といった類似した化学的特徴を示し、共通の成因を持つ可能性が高い (Shibata et al., 2014) のに対し、両子山および姫島火山群のマグマ進化過程は異なる可能性を指摘できる。また姫島火山群の流紋岩質マグマ端成分における地殻物質の影響についても議論を行った。

Keywords: Hime-shima volcanic group, Futagoyama volcanic group, magma genesis

\*Corresponding author: takehiro-hirayama@hiroshima-u.ac.jp

# ノースパタゴニアバソリスに産する花崗岩類の多様性

三浦大和, 加々島慎一 (山形大), 高橋俊郎, 野原里華子 (新潟大)

## Diversity of granitic rocks in the North Patagonian Batholith

Hirokazu Miura\*, Shin-ichi Kagashima (Yamagata Univ.),  
Toshiro Takahashi and Rikako Nohara (Niigata Univ.)

The North Patagonian Batholith was formed by plutonic events that took place between the Jurassic Period and the Miocene Epoch. The Miocene granitic rocks from Puerto Cisnes distributed in north Chilean Patagonia are divided into three parts : Puerto Cisnes Granites, Queulat Diorites and Tonalites, Queulat Diorites and Porphyries. Initial Sr and Nd ratios of these rocks are 0.70351 - 0.70549 and 0.51264 - 0.51287, respectively. Sr/I of metasedimentary rock is 0.70525. Some of the granitic rocks in this area show similar values to the Sr/I of the metasedimentary rock, which suggests the possibility of their assimilation with crustal materials.

チリ・パタゴニアには、ジュラ紀から中新世にかけて形成したと考えられているパタゴニアバソリスが分布する。パタゴニア地方北西部のタイタオ半島では現在、チリ海嶺の沈み込みが起きている。本研究地域はタイタオ半島の北方にあたるプエルトシスネス周辺である。本研究地域に分布するパタゴニアバソリスは、Puerto Cisnes Granites (PCG), Queulat Diorites and Tonalites (QDT), Queulat Diorites and Porphyries (QDP)に区分されている (Parada et al., 2000)。PCG の年代値や上昇速度に関する研究は行われているが岩石成因論はなされていない。若い海洋地殻の低角沈み込みに伴う珪長質火成活動は、初期大陸地殻の形成過程の理解につながると考えている。このためパタゴニアバソリス周辺部に分布する花崗岩類、変堆積岩について全岩化学組成、希土類元素分析、Sr・Nd 同位体比分析を行った。また、プエルトシスネス北部に広く分布する角閃石トーナル岩のジルコン U-Pb 年代測定を行なった。これらの結果から本研究地域の花崗岩類の多様性について考察を行う。

プエルトシスネス南部に位置する PCG の岩体で約 1km 渡る連続露頭が存在し、不均質な斑れい岩がみられる露頭、マフィック部とフェルシック部が不均質であり角閃石のメガクリストがみられる露頭が近接している。同様の岩体では、細粒～粗粒の閃緑岩がみられる不均質な露頭もあり、狭い範囲に 3 つの岩相が密集している。プエルトシスネス

東部では閃緑岩質のマフィック部とざくろ石を含有する花崗岩のフェルシック部が不均質に混在している。このざくろ石を含有する花崗岩は Rb-Sr 全岩アイソクロン法で  $9.6 \pm 0.4$  Ma が報告されている (Hervé et al., 1993)。さらにこの大規模な露頭は約 1 km に渡って存在し、一部にシンプルトニックダイクがみられる。QDT の岩体では約 3 km ほど連続露頭を観察でき、トーナル岩の随所に 10 ~ 50 cm の球状のエンクレーブが多数存在する。また、Queulat Diorite は角閃石 Ar-Ar 年代で  $17.9 \pm 0.2$  Ma が報告されている (Parada et al., 2000)。本研究においてトーナル岩からジルコンを抽出し、 $15.3 \pm 0.23$  Ma の U-Pb 年代値を得た。

Sr・Nd 同位体比初生値は  $Sr/I = 0.70351 \sim 0.70549$ ,  $Nd/I = 0.51264 \sim 0.51287$  を示す。プエルトシスネス周辺の花崗岩類は一般的な花崗岩の Sr/I より低く、岩相としては閃緑岩～ざくろ石を含有する花崗岩までバリエーションに富んでいる。研究地域の花崗岩類の Sr/I, Nd/I の変化幅は小さく、変堆積岩の Sr/I は他の岩体よりやや高い 0.70525 を示す。Sr/I vs Nd/I の図においてほとんどの試料は Mantle array 上にのり、比較まとまってプロットされるため、同一のマグマ起源物質が示唆される。さらに、プエルトシスネスの花崗岩類の一部は変堆積岩の Sr/I に近い値を示すことから地殻物質との同化により多様性が生じたと考えられる。

Keywords: Patagonian Batholith, Miocene granite,  
Corresponding author: s181510m@st.yamagata-u.ac.jp

# 北上山地，堺ノ神深成岩体の岩石化学的研究： 結晶分化作用と地質温度計・圧力計の適用

鈴木哲士 (山形大学院)・中島和夫・湯口貴史 (山形大学)

## Petrochemistry of the Sakainokami plutonic body in Kitakami mountains, Northeastern Japan: Crystallization differentiation deduced from application for the geothermometer-geobarometer

Satoshi Suzuki\*, Kazuo Nakashima, Takashi Yuguchi (Yamagata University)

北上山地は中古生界の堆積岩類とそれを貫く火成岩類に大きく分類することができる(生出ほか, 1989)。北上山地の深成岩類はその岩相変化、鉱物のモード比、全岩化学組成などに基づいてI~VI帯に区分されている(片田ほか, 1971; 蟹沢・片田, 1988)。本研究対象である堺ノ神深成岩体はこのIII帯に属する。III帯の特徴としては、岩体が小さく、岩相が顕著に変化し、斑レイ岩~花崗岩まで幅広く岩相が変化するなどの特徴がある(Kato and Hama, 1976)。

堺ノ神深成岩体は全岩の化学組成に基づいて、一連の結晶分化作用によって生じた岩体とされており、野外と鏡下観察から3つの岩相に分類される(Kato and Hama, 1976)。しかしながら、浅井 (1992MS)ではモード分析と先行文献の地質分布、鉱物組み合わせから4つの岩相に区分している。そのため、本研究では浅井 (1992MS)の岩相区分を踏襲した。本岩体での造岩鉱物の化学分析を行うことは岩体の貫入定置プロセスを議論する上で有用となる。また、地質温度計・圧力計を

用いた研究は鉱物の形成環境を知る上で重要である。そこで本研究では全岩化学組成、造岩鉱物の化学分析を行い、地質温度計・圧力計を用いて形成過程について言及する。

全岩化学分析の結果、4つの岩相を通じてSiO<sub>2</sub>は49~66 wt%の広い範囲を示す。ハーカー図の主成分元素、微量元素の多くは1つのトレンドを示しながらも、一部主要元素であるAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>が、微量元素であるCr、Ni、Zrが大きくばらつき、同岩相内でも大きくばらついた試料があった。この傾向は4つの岩相の単純な結晶分化プロセスをたどったとは言えず、異なるマグマが貫入している可能性も示唆する。

造岩鉱物化学分析から、Schmidt (1992)のAl-in-角閃石圧力計、Blundy and Holland (1990)の斜長石・角閃石温度計を用いてそれぞれコアとリムに分け、温度・圧力を求めた。P-T図に得られた温度・圧力をプロットした結果、花崗岩のソリダス線との位置関係から、結晶分化作用が進むにつれてマグマ中の水の飽和度に変化が推定される。

Keywords: Sakainokami plutonic body, Geothermometer, Geobarometer, Crystallization differentiation

\*Corresponding author: s191508m@st.yamagata-u.ac.jp

# 新潟県糸魚川市青海地域の蛇紋岩メランジュ中の 優白質岩の多様性

奥山史織・加々島慎一（山形大学），

竹之内耕・小河原孝彦（フォッサマグナミュージアム）

## Diversity of leucocratic rocks in serpentinite melange in the Omi area, Itoigawa City, Niigata Prefecture

Shiori Okuyama, Shin-ichi Kagashima (Yamagata Univ.),  
Ko Takenouchi, Takahiko Ogawara (Fossa Magna Museum)

The Omi area of Niigata Prefecture is located near the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line (ISTL), where a variety of leucocratic rocks are distributed in the serpentinite melange. From the petrography results, leucocratic rocks are divided into three types as follows, two mica-bearing, zoisite-bearing, and amphibole-bearing. As a result of the Sr content indicates the presence or absence of metasomatism. Therefore, zoisite-bearing and amphibole-bearing rocks underwent metasomatism, whereas other granitic rocks indicate primitive values.

新潟県糸魚川市は、糸魚川－静岡構造線が南北を通っており、構造線の西側には太古代～中生代の地質体、東側には新生代の若い地質体からなる地質学的に多様性のある地域となっている。糸魚川市の青海川上流には、300 Ma の高圧型結晶片岩、300 Ma 以前の年代を示す角閃岩・ヒスイ輝石岩・アルビタイト・ロディン岩などの岩塊を含む蛇紋岩メランジュが分布する（竹内ほか，2010）。アブキ谷・アイサワ谷分岐点のやや下流の河床には現地性の優白質な巨石があり、花崗岩質岩石とされているが地球化学的特徴・成因・年代などは不明である。そのため、本研究では花崗岩質岩石について、岩石記載、全岩化学分析、ジルコンの U-Pb 年代測定等を行い、その結果をもとに成因を明らかにすることを目的とする。

現地調査では花崗岩質岩石のほか、比較のためのアルビタイト、ロディン岩も採取した。計 13 試料について薄片を作製し、岩石記載、モード測定、全岩・鉱物化学分析を行った。

花崗岩質岩石は肉眼観察、岩石記載の結果より、3 タイプに分けることができ、①白雲母・黒雲母（緑泥石）を含むもの、②ゾイサイトを含むもの、③巨晶の角閃石を含むものがある。

岩石記載の結果、①、②は石英、斜長石、

白雲母、ザクロ石、緑泥石からなり、一部の岩石では黒雲母が認められる。また、斜長石のソーシュライト化が著しい。石英は普遍的に認められるが、カリ長石はほとんど認められない。②では二次的にゾイサイトが生成し、方解石も含まれており、①と比較すると変質が強い傾向にある。③は、石英、斜長石、角閃石からなり、一部白雲母も認められる。副成分鉱物はジルコン、ゾイサイト、アパタイトがみられ、斜長石脈や石英脈がみられる。この岩石は巨晶角閃石ゾイサイト岩と呼ばれるもので、交代作用によって形成したと考えられている（中水ほか，1989）。

全岩化学組成の結果では、Sr 含有量が①約 200～400 ppm、②約 650 ppm、③約 3000 ppm と岩相の違いによって値が大きく異なる。また、鉱物化学組成の結果より、③に含まれるゾイサイトには Sr に非常に富むリムが形成されていることが確認された。

これらの結果より、交代作用を受けた岩石は、Sr に富む流体が関与することによってその含有量に差が出たと考えられる。したがって、①の花崗岩質岩石は交代作用を受けず、初生的な値を示しており、②および③は交代作用を被ったことで Sr 含有量が①よりも高い値を示し、初生的な組成を保持していないといえる。

Keywords : serpentinite melange, metasomatism  
Corresponding author : s191503m@st.yamagata-u.ac.jp

# In-situ ジルコンの U-Pb 年代と Ti 濃度の同時取得: 世界で最も若い黒部川花崗岩体を用いたアプローチ

石橋梢(山形大), 坂田周平(東京大・地震研), 山寄勇人(山形大),  
湯口貴史(山形大)

## Simultaneously quantitative determination of U-Pb age and titanium concentration: case study of Kurobegawa granite.

Kozue Ishibashi (Yamagata Univ.), Shuhei Sakata (Tokyo Univ.),

Hayato Yamazaki (Yamagata Univ.), Takashi Yuguchi (Yamagata Univ.)

本研究では、薄片中ジルコン(鉱物分離を行わない In-situ ジルコン)の U-Pb 年代とチタン(Ti)濃度を、レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析法(LA-ICP-MS)を用いて同時定量する手法の構築を目的とする。

研究対象である黒部川花崗岩体は、富山県の黒部川流域に位置する新第三紀花崗岩類であり、地球上で露出している深成岩類の中では最も若い結晶化年代を持つ(Ito et. al., 2013)。U-Pb 年代の誤差は相対誤差で算出されるため、このような若い年代の岩石を用いることでより効果的にジルコン内部の U-Pb 年代及び Ti 濃度のバリエーションを把握することができる。

U-Pb 年代と Ti 濃度の同時定量を行うにあたり、カソードルミネッセンス(CL)像を元に、合計 16 個のジルコンから 21 点の分析点を選定した。そのうち 1 つの結晶から 2 つの分析点を取り、U-Pb 年代と Ti 濃度を取得することができたジルコンは 4 試料であった。LA-ICP-MS による分析は、学習院大学理学部のレーザーアブレーション装置(NWR213)及び ICP-QMS(Agilent8800)を使用し、レーザー径: 30  $\mu\text{m}$  あるいは 25  $\mu\text{m}$ , 発振周波数: 5 Hz, Shot count: 150 shot, レーザーのエネルギー密度: 2.5 J/cm<sup>2</sup>, レーザーの種類: Nd: YAG レーザー, 校正用標準物質: NIST SMR610 および 91500 ジルコンという条件で行った。分析の結果、ジルコンの U-Pb 年代

は  $1.07 \pm 0.09$  Ma から  $0.63 \pm 0.12$  Ma であった。これは先行研究である Ito et. al. (2013) で報告されていた黒部川花崗岩体の年代と整合的な値である。このことから、Ti 濃度と同時に定量を行っても U-Pb 年代の信頼性は失われないことが確認できた。

Ti 濃度は  $0.92 \pm 0.08$  ppm から  $16.99 \pm 0.84$  ppm であった。チタンの活動度を 1 とし、Watson et al. (2006) の温度計に Ti 濃度を代入して結晶化温度を算出すると最低温度がソリダス温度を下回ってしまうが、活動度が 0.3 以下と仮定すれば最低温度がソリダス温度を上回る事が確認できた。黒雲母の結晶化温度から活動度を 0.3 と仮定して計算を行うと、ジルコンの結晶化温度は  $646.8 \pm 6.9$  °C から  $918.1 \pm 1.0$  °C であった。

1 つの結晶から 2 つの分析点を取り、U-Pb 年代と Ti 濃度を取得することができたジルコンは 4 試料の結晶内で温度と年代を比較すると、コアの方がリムよりも U-Pb 年代が古く Ti 濃度が高い傾向にあることが確認できた。これは CL 像から推定できる結晶の成長方向と整合的である。また、結晶化の速さの違いや急激な温度変化を引き起こす冷却イベントの存在も推定できた。よってこの手法はジルコンの結晶が成長した時の温度・時間履歴の推定において有効である。

Keywords: zircon, U-Pb age, Ti in zircon thermometer, CL image, LA-ICP-MS

Corresponding author: s191501m@st.yamagata-u.ac.jp

## 山口県，屋代島に産する領家帯深成岩類のマグマ過程

児玉省吾，大和田正明，今岡照喜（山口大学），亀井淳志（島根大学），池田雄輝（復建調査設計株式会社）

### Magma process of the Ryoke plutonic rocks, Yashiro-jima island, Yamaguchi Prefecture, SW Japan.

Shogo Kodama\*, Masaaki Owada, Teruyoshi Imaoka (Yamaguchi Univ.), Atsushi Kamei (Shimane Univ.), Yuki Ikeda (FUKKEN CO., LTD.)

The granitoids of the Ryoke Belt in Yashiro-jima island are made up of the Towa Granite (Ryoke younger granite) and Gamano Granodiorite (Ryoke older granite). Both the Towa Granite and Gamano Granodiorite have the geochemical character similar to Volcanic Arc Granite. In addition, their Sr-Nd isotopic compositions resemble each other, thereby suggesting that the granitoids from Yashiro-jima island are originally derived from the similar source materials.

西南日本には白亜紀-古第三紀に活動した火成岩類が広く分布し、花崗岩類は記載的・地球化学的特徴により、北～南へ山陰帯、山陽帯、領家帯に区分される(Ishihara, 1977)。山口県東部に分布する領家帯花崗岩は産状や貫入関係から領家帯新期花崗岩と領家帯古期花崗岩に分けられ、屋代島では蒲野花崗閃緑岩と東和花崗岩がそれぞれ古期花崗岩類と新期花崗岩類に相当するとされた。屋代島中央部から東部にかけて分布する東和花崗岩は、塊状で斑晶状のカリ長石を含み、産状から新期花崗岩に分類された(岡村, 1957)。また、同様の岩相は屋代島西武に分布する蒲野花崗閃緑岩中にも産する(池田ほか, 2019)。しかし、屋代島に産する花崗岩類、特に東和花崗岩は成因関係の理解に乏しく、記載的特徴が述べられているにすぎない。本研究では東和花崗岩のマグマ過程について検討し、蒲野花崗閃緑岩との成因関係を議論する。

東和花崗岩( $\text{SiO}_2$  wt.% = 67.3~76.9,  $\text{K}_2\text{O}$

wt.% = 2.6~7.2) は、中粒～粗粒の黒雲母花崗岩である。主な構成鉱物は石英、斜長石、カリ長石および黒雲母で、最大5cmに達するカリ長石斑晶を含む。蒲野花崗閃緑岩( $\text{SiO}_2$  wt.% = 64.6~69.8,  $\text{K}_2\text{O}$  wt.% = 1.3~3.5) は中～粗粒で黒雲母の配列による弱い面構造を示す。主な構成鉱物は石英、斜長石、黒雲母および少量のカリ長石である。両者は地球科学的判別図において火山弧花崗岩の領域にプロットされる。また、共通したコンドライトで規格化したREEパターンを示すが、東和花崗岩の方がより強いEuの負異常を示す。

東和花崗岩と蒲野花崗閃緑岩は $\epsilon\text{SrI}-\epsilon\text{NdI}$ 図においてほぼ同じ領域にプロットされる。これは、共通の同位体組成を持つ起源物質に由来した可能性が高いことを示唆する。記載や化学的特徴を考慮すると、東和花崗岩はより分化したマグマに由来し、蒲野花崗閃緑岩との岩相の違いは、冷却時のマグマ組成(特に $\text{K}_2\text{O}$ 量)に起因すると推察される。

Key words: Southwest Japan, Cretaceous, Ryoke Belt, Granite, magma process

corresponding E-mail address: [i002wb@yamaguchi-u.ac.jp](mailto:i002wb@yamaguchi-u.ac.jp)

# 四国北西部高縄半島に分布する領家帯花崗岩類の 全岩化学組成とジルコン U-Pb 年代

下岡和也\*、齊藤哲(愛媛大学)、谷健一郎(国立科学博物館)

Whole-rock chemical compositions and zircon U-Pb ages on the  
granitoids in Ryoke belt, Takanawa Peninsula, northwest Shikoku,  
southwest Japan

Kazuya SHIMOOKA\*, Satoshi SAITO (Ehime Univ.)  
Kenichiro TANI (National Museum of Nature and Science)

**1.はじめに** 四国北西部に位置する高縄半島には、多様な岩相からなる領家帯花崗岩類が分布している。当地域の花崗岩類についてはこれまで宮久・平岡(1970)、越智(1982)などにより岩石記載や岩相区分が行われている。本地域の花崗岩類について、越智(1982)は貫入形態から、Kagami et al. (1988)は Rb-Sr 全岩アイソクロン年代から、吉倉ほか(2004)はジルコン(単粒子)U-Pb 年代測定から、それぞれ岩体形成の前後関係を考察したが、見解が異なっておりさらなる検討が必要である。一方、当地域の花崗岩類の全岩化学組成についての報告は限られている。そこで本研究では、野外調査、全岩化学組成分析、ジルコン U-Pb 年代測定を行い、高縄半島領家帯花崗岩類の地球化学的特徴およびマグマ形成年代の検討を行なった。

**2.全岩化学組成** 本研究では、越智(1982)の岩体区分に基づき、岩石試料採集と全岩化学組成分析を行った。ノルム An-Ab-Or 花崗岩分類図上での分類では、越智(1982)のトーナル岩質岩はトーナル岩～花崗閃緑岩、花崗閃緑岩質岩はトーナル岩～花崗閃緑岩、花崗岩質岩は多くが花崗岩の組成を持つことが確認された。SiO<sub>2</sub>含有量については、トーナル岩質岩は 61～68 wt%、花崗閃緑岩質岩は 67～76 wt%、花崗岩質は 70～80 wt%の組成範囲を持つ。ハーカー図上では、岩体ごとに固有の組成トレンドを示し、一部の岩体では微量元素について

岩体内に異なる組成トレンドが認められる。

**3.ジルコン U-Pb 年代** トーナル岩質岩(1岩体)、花崗閃緑岩質岩(1岩体)、花崗岩質岩(4岩体)の試料からジルコンを分離し、U-Pb 年代測定を行った。その結果、トーナル岩質岩から約 94 Ma、花崗閃緑岩質岩から約 89 Ma、花崗岩質岩から約 97 Ma と約 94 Ma の年代が得られた。

**4.議論** 本研究でおこなった全岩化学組成に基づく花崗岩の分類は、越智(1982)の結果と概ね一致する。全岩化学組成における異なるトレンドの存在は、組成の異なる複数のマグマの存在を示唆する。本研究でのトーナル岩質岩(約 94 Ma)、花崗閃緑岩質岩(約 89 Ma)、花崗岩質岩(約 97 Ma と約 94 Ma)の年代値は、越智(1982)、Kagami et al. (1988)、吉倉ほか(2004)がそれぞれ考察したどの前後関係とも不調和である。全岩化学組成における異なるトレンドの存在と約 97～89 Ma の範囲にわたるジルコン U-Pb 年代から、高縄半島に分布する領家帯花崗岩類の形成には、活動年代と化学組成の異なる複数のマグマが関与したものと考えられる。

**引用文献:** Kagami et al. (1988) *Geochem J* 22, 69-79. 宮久・平岡(1970) 愛媛大学紀要 自然科学 Ser. D(地学) 4, 59-70. 越智秀二(1982) 地質学雑誌 88, 511-522. 吉倉ほか(2004) 日本岩石鉱物鉱床学会学術講演会講演要旨集 215.

Key word: Takanawa Peninsula, Granitoids in Ryoke belt, Whole-rock chemical compositions, Zircon U-Pb ages

\*Corresponding author: shimooka19961213@yahoo.co.jp

## 北部九州，尺岳閃緑岩体の内部構造

江島圭祐・大和田正明(山口大学)・亀井淳志(島根大学)

### Internal structure of the Shaku-dake diorite body, northern Kyushu

Keisuke ESHIMA\*, Masaaki OWADA (Yamaguchi Univ.) and Atsushi KAMEI (Shimane Univ.)

【はじめに】花崗岩や閃緑岩などの深成岩体はマグマ溜まりの化石と言われ(Wibe, 1994), マグマ溜まりの状態, マグマの挙動および固結時までの活動記録を保存している。北部九州には, 白亜紀に活動した花崗岩バソリスが東西約 100 km 南北約 50 km の範囲に分布し, 17 岩体に区分される。また, 近年花崗岩バソリスを構成する少岩体の中から高 Mg 安山岩(HMA)組成の貫入岩が報告されている(Kamei et al., 2004; 江島・大和田, 2018; 江島ほか, 2019)。さらに, HMA 組成の岩石は珪長質マグマと密接に関連していることが知られており(巽, 2003), 地殻の進化過程においても非常に重要な岩石である。したがって, HMA 組成に類似する尺岳閃緑岩体を詳細に検討することにより, その岩体の内部構造のほか, 他の岩体との関係性まで検討することができる。そこで本研究では尺岳閃緑岩帯において高密度サンプリングを実施し, 岩体の内部構造(岩相変化)や定置過程などを明らかにする。このような研究は北部九州における HMA 組成の岩石の精密解析としてケーススタディになることが期待される。

【地質概要】尺岳周辺の地質は, 脇野亜層群を母岩とし, それを貫く尺岳岩体と岩脈類から構成される。尺岳岩体は尺岳西斜面に 1.9 × 1.5 km の楕円状に産し, 脇野亜層群に接触変成作用を与えている。貫入境界部では, 脇野亜層群と石灰岩を捕獲岩として包有することもある。また, 黒雲母 K-Ar 年代として 106.3 ± 5.3 Ma が岩体西部の花崗閃緑岩から報告されている(村上, 1989)。尺岳岩体の貫入時期は北部九州に産する白亜紀深成岩類とほぼ同時期である。尺岳岩体主岩相の閃緑岩は塊状で, 細粒～中粒の岩相を示す。岩脈類はドレライト, 斑状細粒トータル岩, 単斜輝石花崗閃緑岩, ホルンブレンド-黒雲母花崗閃緑岩および細粒黒雲母花崗岩の 5 岩相に区分される。【両輝石閃緑岩の産状】岩相の特徴は全体的に暗灰色～黒色で, 有色鉱物として 0.5-1.5 mm の直方輝石と単斜輝石が岩石の大部分を占めている。粒度は細粒～粗粒まで多様であ

り, 粗粒な岩石は標高の高い場所に産する。有色鉱物や斜長石の定向配列による流理構造は発達しない。一方, 漸移的に岩相の色合い(珪長質～苦鉄質)が変化している岩石(サージ)や優黒質なシュリーレンが観察される。貫入境界部では, 脇野亜層群や石灰岩を捕獲岩として包有することもある。

【尺岳閃緑岩体のモード組成と全岩化学組成による高度・平面変化の検討】各組成による高度変化の検討では標高約 300 m 以下, 300-450 m および 450-550 m で組成差が顕著に現れた。標高約 300-450 m の範囲では珪長質鉱物と黒雲母量, SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O (wt%) が多く, 分化した組成である。一方, 標高 300 m 以下と 450-550 m の範囲では苦鉄質鉱物量, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, Cr および Ni (wt%, ppm) が多い。一方, 平面変化の検討では岩体の周縁部では岩体中心部に比べ苦鉄質鉱物と Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO (wt%) が多い。しかし, 岩体南部の周辺部に関しては逆に少ない傾向にある。また, 液相濃集元素の含有量は母岩との接触域や岩脈貫入域に多い。以上から尺岳閃緑岩体は高度変化と平面変化の 2 つの変化が組み合わさっていることと母岩のゼノリスから推察されるように液相濃集元素の移動を含む同化分別結晶作用や混合作用を経ている可能性が高い。

【岩相変化モデルと定置モデル】これまでの検討結果から尺岳閃緑岩体の岩相変化は, 主に岩体の三次元的中心部に向かい直方輝石と単斜輝石が取り去られる分別結晶作用が, 岩体外縁部(母岩接触域)と岩脈貫入域では液相濃集元素を移動させる同化分別結晶作用や混合作用が起こったと考えられる。一方, 尺岳閃緑岩体の定置モデルは野外産状から確認されるサージや優黒質シュリーレンなどの組織から sheet on sheet model (Menand, 2008, 2011) が考えられる。定置モデルの検討に関してはマグマの粘性や密度も考慮すべきであるのでこれからの課題として取り組んで行く。

Keyword: HMA, magma chamber, magma process  
Corresponding author: kesuikemashie@gmail.com

## 周防変成岩に貫入する紅柱石含有両雲母花崗岩の化学組成

柚原雅樹\* (福岡大・理)・川野良信 (立正大・地球環境)・岡野 修 (岡山大・理)

### Whole-rock chemical compositions of andalusite-bearing two-mica granite intruded into the Suo metamorphic rocks, eastern North Kyusyu

Masaki Yuhara\* (Fukuoka Univ.), Yoshinobu Kawano (Rissho Univ.) and Osamu Okano (Okayama Univ.)

Andalusite-bearing two-mica granite intruded into the Suo metamorphic rocks in the Asakura area, eastern North Kyusyu. The two-mica granite consists of fine- to medium-grained two-mica granite, and contains andalusite and garnet. This granite is characterized by peraluminous compositions. Sr isotopic ratios of the granite calculated by 103.73 Ma range from 0.70668 to 0.70686, and are lower than those of the Suo metamorphic rocks (0.71025-0.71197), and slightly higher than initial Sr isotopic ratios of Cretaceous Granitic rocks in North Kyusyu. Thus, andalusite-bearing two-mica granite magma was produced by melting of Cretaceous tonalite-granodiorite.

九州北部、朝倉地域の周防変成岩中に貫入する紅柱石含有両雲母花崗岩の全岩化学組成分析と Sr 同位体比測定を行い、その成因について考察した。

本花崗岩は、英彦山団研グループ(1992)によって優白質花崗岩とされた岩体に相当する。しかし、久保ほか(1993)や北野・池田(2012)では真崎花崗岩とされている。岩体は東西約 1 km の幅を持ち、東側の貫入境界は周防変成岩の面構造にほぼ平行で、西北西-東南東走向で高角である。西側の境界は北北西-南南東走向で、変成岩の面構造を切る。さらに変成岩中に南北走向で傾斜が高角な厚さ 2.7~50 m の岩脈としても貫入する。

本花崗岩は、細~中粒の両雲母花崗岩からなる。鏡下では半自形粒状組織あるいは斑状組織を呈し、主に石英、カリ長石、斜長石、白雲母、黒雲母からなり、副成分鉱物として不透明鉱物、紅柱石、ざくろ石、燐灰石、ジルコンを含む。紅柱石は無色~淡いピンク色を呈し、他形で、単独には存在せず、多くの場合、白雲母に包有される。薄い白雲母で縁取られている場合もある。ま

れに斜長石に包有される。

本花崗岩の SiO<sub>2</sub> 含有量は、70.4~74.5 wt.% で、A.S.I. = 1.10~1.23 と、パーアルミナスな化学組成を有する。化学組成の違いから、主に黒雲母花崗岩からなる真崎花崗岩や黒雲母花崗岩~両雲母花崗岩からなる油須原花崗岩とは異なるマグマから形成されたと考えられる。真崎花崗岩の U-Pb ジルコン年代(103.73 Ma)で年代補正した本花崗岩の Sr 同位体比は、0.70668~0.70686 であり、周辺の北部九州白亜紀花崗岩類に比べ若干高いが、周防変成岩の泥質片岩(0.71025~0.71197)に比べるとかなり低い。したがって、Kamei (2002)によって指摘されているように、Sr 同位体比が低く、パーアルミナスな本花崗岩も、トータル岩~花崗閃緑岩の部分熔融によって形成された可能性がある。

文献：英彦山団研グループ(1992) 地質雑 98, 571-586. Kamei (2002) Gondwana Res. 5, 813-822. 北野・池田(2012) 地質雑 118, 801-809. 久保ほか(1993) 20 万分の 1 地質図 福岡.

Keywords: Andalusite-bearing two-mica granite, Whole-rock chemical composition, Sr isotopic ratio, Cretaceous granitic rocks, North Kyusyu

\*Corresponding author: yuhara@fukuoka-u.ac.jp

Poster presentation | R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint session with SRG)

📅 Sat. Sep 21, 2019 9:30 AM - 5:00 PM JST | Sat. Sep 21, 2019 12:30 AM - 8:00 AM UTC | 🏠 A-presentation space East zone 1

**R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint session with SRG)**

[コアタイム] 12:00~14:00

[R7P-01] Mantle-melt interaction at the crust-mantle boundary in the Wadi Tayin massif, the Oman mantle peridotite

\*Eiichi Takazawa<sup>1,2</sup>, Yumeno Kogure<sup>3</sup>, Keisuke Ishii<sup>3</sup>, Sayantani Chatterjee<sup>1</sup>, Natsuki Oyanagi<sup>1</sup>, Katsuyoshi Michibayashi<sup>4</sup>, Yoshihiko Tamura<sup>2</sup>, Oman DP Science Party (1. Niigata Univ. Sci., 2. JAMSTEC, 3. Niigata Univ., Grad. Sch. Sci. Tech., 4. Nagoya Univ.)

[R7P-02] Serpentinization of peridotite, Oshika Village, Nagano Prefecture, Japan

\*Yuya Takeda<sup>1</sup>, Seiichiro Uehara<sup>1</sup> (1. Kyushu Univ. Sci.)

[R7P-03] Chemical compositions of secondary olivine in mantle peridotites from the Hess Deep Rift

\*Daisuke Gokan<sup>1</sup>, Toshio Nozaka<sup>1</sup> (1. Okayama Univ.)

[R7P-04] A pseudo-temperature distribution in the oceanic lithosphere caused by cooling rate responsiveness of pyroxene geothermometry

\*Koshi Nishimura<sup>1</sup>, Junji Yamamoto<sup>2</sup>, Hidemi Ishibashi<sup>3</sup> (1. Toyo Univ., 2. Hokkaido Univ., 3. Shizuoka Univ.)

[R7P-05] Crack-dependent seismic discontinuity at the oceanic Moho

<font color="#FF7F27">「発表賞エントリー」</font>

\*Yuya Akamatsu<sup>1</sup>, Ikuo Katayama<sup>1</sup>, Takashi Tonegawa<sup>2</sup> (1. Hiroshima Univ. Sci., 2. JAMSTEC)

[R7P-06] Application of quantitative EPMA imaging technique for microscale petrography

\*Kenta Yoshida<sup>1</sup> (1. JAMSTEC)

[R7P-07] Mineralogical analysis on the initial formation process of hydrothermal chimney sample from the Okinawa Trough

\*Keita Ohmori<sup>1</sup>, Toshiro Nagase<sup>2</sup>, Tatsuo Nozaki<sup>3</sup>, Takahiro Kuribayashi<sup>1</sup> (1. Tohoku Univ. Sci., 2. Tohoku Univ. Museum, 3. JAMSTEC)

[R7P-08] Magnetic properties of isocubanite from seafloor hydrothermal deposits in the Okinawa Trough

\*Chie Kato<sup>1</sup>, Masao Ohno<sup>1</sup>, Yoshihiro Kuwahara<sup>1</sup>, Tadahiro Hatakeyama<sup>2</sup>, Yasuhiro Yamada<sup>3</sup>, Shuhei Totsuka<sup>4</sup>, Kazuhiko Shimada<sup>4</sup>, Jun-ichiro Ishibashi<sup>4</sup>, Toshiro Nagase<sup>5</sup> (1. Kyushu Univ., 2. Okayama Univ. Sci., 3. Tokyo Univ. Sci., 4. Kyushu Univ., 5. Tohoku Univ.)

[R7P-09] New capsule to maintain high-oxidation states at high-pressures and high-temperatures

\*Toshisuke Kawasaki<sup>1</sup> (1. Ehime Univ.)

[R7P-10] Glauconite from the Upper Cretaceous Upper Yezo Group in Haboro area, Hokkaido, northern Japan

\*Montani Akihiro<sup>1</sup> (1. Ehime Univ.)

[R7P-11] Microstructure and formation process of pseudotachylyte exposed in Aravalli-Delhi orogenic belt, India

\*Junya Okazaki<sup>1</sup>, Jun-ichi Ando<sup>1</sup>, Kaushik Das<sup>1</sup>, Naotaka Tomioka<sup>2</sup>, Yu Kodama<sup>3</sup> (1. Hiroshima Uni. Sci, 2. JAMSTEC, 3. Marine Works Japan Ltd.)

## オマーンオフィオライト Wadi Tayin 岩体における地殻-マントル境界にみられるマントル-メルト相互作用

高澤栄一\* (新潟大・理/JAMSTEC)・木暮優芽斗・石井慶佑 (新潟大院)・Chatterjee Sayantani・小柳夏希 (新潟大理)・道林克禎 (名古屋大)・田村芳彦 (JAMSTEC)・The Oman Drilling Project Science Party

### Mantle-melt interaction at the crust-mantle boundary in the Wadi Tayin massif, the Oman mantle peridotite

Eiichi Takazawa\* (Niigata Univ/ JAMSTEC), Yumeto Kogue, Keisuke Ishii, Sayantani Chatterjee, Natsuki Oyanagi (Niigata Univ), Katsuyoshi Michibayashi (Nagoya Univ), Yoshihiko Tamura (JAMSTEC)

オマーンオフィオライトの地殻およびマントル相当層の境界には地殻-マントル遷移帯 (あるいはモホ遷移帯) と呼ばれるダナイトを主体とする厚さ数十~数百メートルの特異な岩層が存在する[1]。このダナイトを主体とする遷移帯の形成は MORB メルトから晶出したかんらん石の集積や、輝石に不飽和な MORB メルトとハルツバージャイトとの反応[2-5] で説明されている他、熱水の関与も指摘されている[7-8]。ICDP Oman Drilling Project は、地殻-マントル遷移帯の形成過程及び海洋モホロピッチ不連続面との対応関係を明らかにすることを目的に、オマーンオフィオライトの地殻-マントル境界の陸上掘削を行なった。本講演では、オマーンオフィオライト Wadi Tayin 岩体 Wadi Zeeb の地殻-マントル境界部で掘削された Hole CM2B (UTM: 40Q 637000E, 2534270N) の Crust-Mantle Transition と Mantle Sequence の境界部における岩相変化と主成分および微量元素の全岩化学組成の対応関係について報告する。Hole CM2B では全長 300.00m のコアが採取され、最上部は Crust-Mantle Transition の最上部付近に相当する。0-12m は沖積層、12-74m は Dunite Sequence, 74-121m は Dunite with Gabbro Sequence, 121-300m は Mantle Sequence と区分された。下位の Mantle Sequence のハルツバージャイトから上位の Crust-Mantle Transition のダナイトへ向かって直方輝石の消滅が認められる。それに伴い、全岩組成の CaO wt%もハルツバージャイトの 0.7-0.9wt%から 0.3-0.6wt%の Dunite with

Gabbro Sequence のダナイトを経て、Dunite Sequence の 0.2 wt%以下の均質なダナイトへと変化する。Crust-Mantle Transition の下部、すなわち Mantle Sequence との境界部に中間組成のダナイトが存在し、ガブロや含斜長石ウェルライトのレイヤーをしばしば伴うことは Crust-Mantle Transition のダナイトの成因に対する制約を与える。一方、全岩の希土類元素のコンドライト規格化パターンでは、Mantle Sequence の中希土類元素に枯渇したスプーン型のパターンと対比的に、最上部のハルツバージャイトは軽希土類元素から中希土類元素においてよりエンリッチしている。すなわち、Mantle Sequence 最上部のハルツバージャイトでは、主成分元素よりも先に、不適合元素にメルト-マントル反応の影響が現れている。このことは、Crust-Mantle Transition の下部にメルトの存在が示唆されることと調和的で、Mantle Sequence 最上部でハルツバージャイトをダナイトに変換する反応が活発に進行したことを示唆する。

引用文献 : [1] Boudier and Nicolas (1995) J. Petrol., 36, 777-796. [2] Kelemen et al. (1995) Nature, 375, 747-753. [3] Korenaga and Kelemen (1997) JGR, 102, 27729-27749. [4] Collier and Kelemen (2010) J. Petrol., 51, 1913-1940. [5] Abily and Ceuleneer (2013) Geology, 41, 67-70. [6] Kelemen et al. (2013) Sci. Drill., 15, 64-71. [7] Koga et al. (2001) G-cubed, 2, 2000GC000132. [8] Rospabé et al. (2017) Geology, 2017139.

Keywords: Oman ophiolite, ICDP, Oman Drilling Project, Crust-mantle boundary, Moho

\*Corresponding author: takazawa@geo.sc.niigata-u.ac.jp

# 長野県大鹿村のカンラン岩の蛇紋岩化作用

武田侑也・上原誠一郎（九大・理・地惑）

## Serpentinization of peridotite, Oshika Village, Nagano Prefecture, Japan

Yuya Takeda\* and Seiichiro Uehara (Dept. Earth and Planet. Sci., Fac. Sci., Kyushu Univ.)

1. はじめに 蛇紋岩化作用はカンラン石と熱水から蛇紋石を生成する反応で、カンラン石中の2価鉄から磁鉄鉱が生成するため2価鉄の一部が3価鉄になる。そのときに水素が発生し、より還元的な環境が形成され、自然鉄、アワルワ鉱などが形成される場合がある(Frost, 1985)。

長野県大鹿村のカンラン岩は入沢井と大河原にあり、その中の蛇紋石脈に日本で初めて蛇紋岩化作用で生じる自然鉄が報告された(岡本ら, 1981; Sakai & Kuroda, 1983)。蛇紋石脈はその前後関係から3段階あり、自然鉄は2段階目のクリノクリソタイルとブルース石からなる脈に見られるとされた。本研究では蛇紋石脈の形成時の環境の解明を目的とし、この特異な蛇紋石脈の再検討を行った。

2. 実験手法 長野県大鹿村のカンラン岩体を野外調査し、ダナイト、ウェールライト、蛇紋岩について肉眼観察及び偏光顕微鏡観察、組織観察と化学分析(SEM-EDS, 日本電子製 JSM-7001F), X線回折実験(リガク Ultima IV)を行った。

3. 結果 研究で用いたカンラン岩はカンラン石、クロム鉄鉱で構成されていた。蛇紋石

脈は主にリザーダイト、クリノクリソタイル、ブルース石、磁鉄鉱、自然鉄で構成されていた。今回の観察から、脈の前後関係は4方向のものが見られ、蛇紋石の種類はクリノクリソタイルのみ、リザーダイトのみ、2種類が混在しているものがあった。また、多くの脈に自然鉄がみられるが、その量には脈の方向や組織による違いがあった。脈の組織は全体が蛇紋石とブルース石で部分的にブルース石が多く(Fig.1), 金属鉱物として自然鉄が多いものや、脈の中心から鉱物種が対称的に分布し、磁鉄鉱が多く、自然鉄の少ない脈があった。自然鉄は150 μm以下の楕円形で、ブルース石と蛇紋石が共存している部分に多く、蛇紋石部分には少ない傾向があった。Fig.1の脈は初生のもので、対称的な脈は何度かの蛇紋石化を経てできた脈と考えられる。

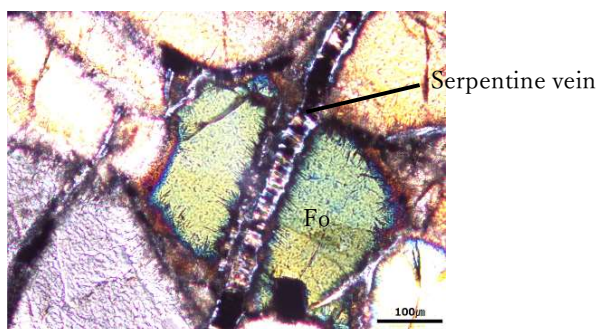


Fig.1 Polarizing microscope image of serpentine vein

Keywords: Serpentinization, native iron \*Corresponding author: [takeda.yuya.767@s.kyushu-u.ac.jp](mailto:takeda.yuya.767@s.kyushu-u.ac.jp)

# Hess Deep マントルかんらん岩に産する 二次的かんらん石の化学組成

後神大輔・野坂俊夫\* (岡山大)

## Chemical compositions of secondary olivine in mantle peridotites from the Hess Deep Rift

D. Gokan and T. Nozaka\* (Okayama Univ.)

We found secondary olivine in mantle peridotites from ODP Site 895, the Hess Deep Rift. The secondary olivine occurs as veins a few  $\mu\text{m}$  to hundreds  $\mu\text{m}$  wide, cutting primary olivine, coexisting with tremolite, and cut by serpentine. Optimized microprobe analyses revealed that the primary olivine has compositions (e.g., Fo = 90-91) of typical mantle olivine from residual peridotites whereas the secondary olivine has lower Fo (79-83), Ni (<2100 ppm), Ca (<70 ppm) and Al (<2 ppm) contents and higher Mn (>3000 ppm) and Co (>200 ppm) contents than the primary olivine. These peculiar compositions may be the characteristics of olivine formed by amphibolite-facies alteration.

Hess Deep Rift には東太平洋海膨で形成された下部地殻や上部マントルの岩石が露出している。今回我々は、ODP Site 895 で掘削・採取されたマントルかんらん岩中に、二次的に生じたかんらん石を発見した。その成因は、高速拡大軸近傍における地質作用の実態を理解するための重要な鍵になるかもしれない。そこでかんらん石の化学分析を行った。

二次的かんらん石は、ハルツバージャイト中の初生かんらん石を貫く幅数 $\mu\text{m}$  から数100  $\mu\text{m}$  の脈として産する。多くの場合、二次的かんらん石の周辺にはトレモラ閃石が生じている。また二次的かんらん石は隣接する初生かんらん石と同一の蛇紋石脈に貫かれていることから、蛇紋石化作用よりも前に生成したものと考えられる。

微細で不均質な脈状かんらん石の化学組成を分析するために、岡山大学の EPMA JEOL JXA-8230 を使用した。分析条件は主要成分(Si, Mg, Fe)については加速電圧 20 kV, 照射電流 20 nA とし、測定時間はピーク 60 sec, バックグラウンド 20 sec とした。一方、微量元素 (Ni, Mn, Ca, Co, Al, Cr, Ti, Zn, Na, P)

の分析条件は、加速電圧 20 kV, 照射電流 200 nA, プローブ径 5 $\mu\text{m}$ , ピーク 120-300 sec, バックグラウンド 60-150 sec 測定とし、バックグラウンド測定の分光結晶位置は元素ごとに最適値を決定した。これらの条件設定により、検出限界は 2-7 ppm となった。また実用標準試料 San Carlos かんらん石の LA-ICPMS 分析と比較して再現性を確認した。

初生かんらん石の Fo 値 (90-91) は典型的な溶け残りマントルかんらん岩と同様である。初生かんらん石に比べて二次的かんらん石は Fo 値が低く (79-83), Ni (<2100 ppm), Ca (<70 ppm), Al (<2 ppm) に乏しい一方, Mn (>3000 ppm), Co (>200 ppm) に富む。またばらつきが大きい、Ti に富み Cr に乏しい傾向も認められる。このような特異な組成は、角閃岩相の変質作用によって生じたかんらん石の特徴かもしれない。

謝辞: 金沢大学の森下知晃博士, 田村明弘博士には LA-ICPMS 分析のご協力を賜った。

Keywords: Hess Deep Rift, mantle peridotite, alteration, secondary olivine, trace elements

\*Corresponding author. nozaka@cc.okayama-u.ac.jp

# 輝石温度の冷却速度応答性による海洋リソスフェアの見かけ温度分布

西村光史\* (東洋大)・山本順司 (北大)・石橋秀巳 (静岡大)

## A pseudo-temperature distribution in the oceanic lithosphere caused by cooling rate responsiveness of pyroxene geothermometry

Koshi Nishimura\* (Toyo Univ.), Junji Yamamoto (Hokkaido Univ.),  
Hidemi Ishibashi (Shizuoka Univ.)

海洋リソスフェア内で単斜輝石と斜方輝石が接している場合、温度が変化すると両輝石の界面元素分配関係が変化し、接触部の平衡化学組成 (Ca 等) は熱力学的に一意に決まる。しかしそれぞれの輝石内部の組成変化は結晶のコアーリム間の化学組成差に起因する拡散過程に依存するため、冷却速度の大きい浅部の単斜輝石はリム付近を除き非平衡組成を維持すると考えられる (Yamamoto et al., 2017)。

本研究では海洋リソスフェアの温度の時空間変化を輝石の元素拡散モデルと組み合わせることにより、複数深度における単斜輝石の組成累帯構造の時系列発達過程を定量的に検討した。海洋リソスフェアの温度変化を半無限体冷却モデル (half-space cooling model) で近似し、熱伝導方程式の解析解 (Crank, 1975; Turcotte and Schubert, 1982) を用いて計算した。温度変化に伴う単斜輝石の組成変化は Yamamoto et al. (2017) の方法に従って計算している。輝石の組成として単純な  $\text{CaO-MgO-SiO}_2$  系を考え、共存する単斜輝石と斜方輝石の界面局所平衡を仮定し、平衡組成-温度関係を Lindsley and Davidson (1980) の熱力学モデルに基づいて計算した。結晶内部の Ca の元素拡散の拡散係数は温度依存性を考慮した。結晶は粒径 2 mm と

し、粒成長しないと仮定している。

海嶺軸と垂直な断面において単斜輝石のコアーが示す見かけ温度分布を図1に示す。リソスフェア深部では水平移動とともに輝石のコアーの示す温度が高温から低温にゆっくりと変化していくのに対し、浅部では高温を示したまま変化しなくなっているのがわかる。この結果は、深部ほど高温で冷却が緩やかに進むため輝石の元素拡散が温度変化に追従するのに対し、浅部では急冷されるため、元素拡散が追いつかないうちに閉鎖温度に達してしまうことを意味している。

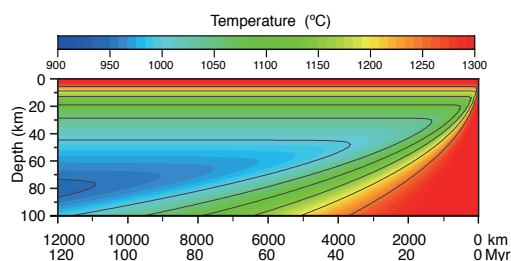


図1. 単斜輝石コアが示す海洋リソスフェアの見かけ温度構造。ここでは中央海嶺で形成された海洋リソスフェアが 10 cm/yr で水平移動すると仮定しているため、横軸は海嶺からの距離とともに形成年代を表す。

Keywords: two-pyroxene thermometer, oceanic lithosphere, mantle, cooling-rate responsiveness, Project Mohole  
\*Corresponding author's E-mail address: k-nishimura@toyo.jp

## クラックの発生頻度の違いによる 海洋モホ面での地震波不連続性

赤松祐哉\*, 片山郁夫 (広島大・院理・地球惑星システム学専攻),  
利根川貴志 (JAMSTEC)

### Crack-dependent seismic discontinuity at the oceanic Moho

Yuya Akamatsu\*, Ikuo Katayama (Hiroshima Univ. Sci. DEPSS),  
Takashi Tonegawa (JAMSTEC)

近年の海底下の地震波探査では、同一の海洋プレート内においてもモホ面での地震波の反射強度に地域性があることが報告されており、観測結果を説明する海洋プレートの物質モデルの構築が求められている。地震波速度は岩石中のクラックの存在に敏感であるため、それらの地震波異常にクラックが寄与している可能性がある。かんらん岩は、はんれい岩に比べ脆性変形中に生成されるクラックの体積が小さいことがわかっており、モホ面を境としてクラックの発生頻度が異なることで地震波反射の異常をもたらしている可能性がある。そこで本研究は、かんらん岩とはんれい岩の脆性変形中の地震波速度を測定し、クラックがモホ面での地震波速度と反射強度に与える影響について考察した。

試料には幌満かんらん岩体に産するはんれい岩とかんらん岩を用い、三軸変形試験中に地震波速度の測定を行った。実験は広島大学の容器内透水変形試験機を用い、室温、歪み速度 $\sim 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 、封圧 20 MPa の無水条件で行った。

はんれい岩は破壊に近づくにつれて P 波、S 波速度ともに大きく低下した (30–

40%)。一方、かんらん岩の  $V_p$ ,  $V_s$  の低下ははんれい岩に比べて小さい傾向を示した (<20%)。これらの違いははんれい岩とかんらん岩で変形中に形成されるクラックの性質が異なることを示しており、先行研究の体積歪みの測定結果とも整合的である。また、測定した地震波速度から算出したはんれい岩とかんらん岩の反射係数は、脆性変形が進行するほど増加する傾向を示した。

脆性変形の進行度によってモホ面での地震波の反射波がどのように変化するかを検証するため、実験結果に基づいて海洋プレートの地震波速度構造を設定し、理論波形計算からモホ面での反射波形を推定した。脆性変形の進行度が異なる 3 つの速度構造モデル (No damaged model, Relatively damaged model, Highly damaged model) を設定しそれぞれ波形の計算を行った。その結果、脆性変形が進行しているモデルほど、モホ面での反射波の振幅が大きくなる傾向を示した。以上の結果から、海洋モホ面での地震波の反射強度の地域性は、脆性変形の進行度の違いを反映している可能性がある。

Key words: Moho, seismic wave velocity, brittle deformation, synthetic waveform

\*Corresponding author: y-akamatsu@hiroshima-u.ac.jp

# 岩石微細組織観察に於ける EPMA 定量イメージング技術の活用

吉田健太 (JAMSTEC)

## Application of quantitative EPMA imaging technique for microscale petrography

Kenta YOSHIDA (JAMSTEC)

記載岩石学で広く使われている電子線マイクロアナライザー (EPMA) には主に 2 種類の用途がある。一つは特定の点座標を数十秒～数百秒の分析時間で測定して精度良く化学組成を決定する定量分析であり、他方分析領域を等間隔のマス目に区切りそれぞれのマス目をミリ秒程度の分析時間で測定することにより元素の面的な分布を定性的 (半定量的) に可視化する面分析である。この基本的な運用スキームは四半世紀以上変わっていないものであると思われるが、近年コンピュータによるデータ解析技術の進歩に伴って、定量分析値と面分析のデータを統合し、高精度で定量的な分析値の面的分布を計算する研究手法が確立され、簡便に計算可能なソフトウェアの配布も行われ始めている (XMapTools: Lanari et al., 2014; Qntmap: Yasumoto et al., 2018)。これらの技術は計算過程に差異はあるものの、基本的には面分析で得られた X 線データが元素濃度と比例していることを生かし、面分析領域内で得た定量分析点のデータで校正曲線を引くことで定量イメージングを実現している。すなわち、定量イメージングの空間分解能は面分析の加速電圧と電流値によって決まっている。

EPMA を用いた岩石の組織観察では後方散乱電子像 (BSE 像) が広く用いられるが、BSE の励起範囲は一般的に特性 X 線のそれより遥かに小さく、強度は正相関するとされている。BSE 放射係数 ( $\eta$ ) と原子番号の関係式は 1950～60 年代には定式化されている

Keywords: quantitative X-ray map, EPMA imaging

Corresponding author: yoshida\_ken@jamstec.go.jp

が (例えば Heinrich, 1964)、造岩鉱物のような複雑な組成幅を持つものに関して実際の化学組成推定に使えるレベルでの実用化はされていない。BSE 強度を用いて定量的なイメージングが出来るようになる

- ①従来のイメージング空間分解能 (3～5 $\mu$ m) の限界を突破した微細構造の定量的解析
- ②FIB-SEM と組み合わせた三次元定量イメージング

が出来るようになることが期待される。本研究では、EPMA 定量イメージングで得られる膨大な量の定量分析値を用いて、BSE 像から高分解能定量イメージングを行う技術の開発を行う。

分析対象とする EPMA データは、Lanari et al. (2014) 及び Yasumoto et al. (2018) で提唱されている分析条件を参考として取得し、Qntmap (Yasumoto et al., 2018) により解析する。解析により得られるデータは以下の通りである。

- ・各ピクセルを構成する鉱物種
- ・各ピクセルの化学組成
- ・各ピクセルの BSE 強度

これらに基づき、鉱物種毎に BSE 強度と化学組成の関係を調べ、イメージングと同じ範囲で高解像度で取得した BSE 像の定量値変換を行う。

発表では、高分解能定量イメージングの活用出来る解析事例なども紹介すると共に、今や汎用分析装置となった EPMA の更なる活用方法について議論する。

## 沖縄トラフ海底熱水サイトのチムニー 初期生成過程に関する鉱物学的解析

大森敬太(東北大・院理), 長瀬敏郎(東北大・総科博), 野崎達生(海洋機構),  
栗林貴弘(東北大・院理)

### Mineralogical analysis on the initial formation process of hydrothermal chimney sample from the Okinawa Trough

K. Ohmori (Tohoku Univ.), T. Nagase (Tohoku Univ.), T. Nozaki (JAMSTEC),  
T. Kuribayashi (Tohoku Univ.)

【はじめに】 現世の海底熱水鉱床は、陸上の大規模黒鉱鉱床のモダンアナログとして長く比較研究がされてきた。黒鉱中には、現在の海底熱水鉱床で認められるチムニー組織に類似したものがみつまっている(例えば、Shimazaki and Horikoshi, 1990)。しかし、これら陸上黒鉱試料と現在の深海底に存在するチムニーについて、電子線後方散乱(EBSD)を含めた鉱物学的比較は行われていない。沖縄トラフにおける海底熱水鉱床の調査は、2010年のIODP Exp. 331による掘削調査をはじめ、2014~2018年度のSIPによる調査など、近年さらに精力的に実施されている(Takai *et al.*, 2011; Kawagucci *et al.*, 2013; Nozaki *et al.*, 2016)。2018年10月には、深海調査研究船「かいれい」によって、上記掘削孔の調査航海が行われ(KR18-14 Leg 1 航海)、形成期間の異なる複数のチムニー試料が採取された。本研究では、チムニーを構成する鉱物組織の時間変化と、これに付随する特徴的な鉱物組織を検証するため、詳細な鉱物学的解析を行った。

【観察方法】 中部沖縄トラフ伊平屋北海丘オリジナルサイトおよびアキサイトから得られたチムニー試料について、研磨薄片および研磨片を作成した。反射顕微鏡ならびに走査型電子顕微鏡(SEM)によって構成鉱物の組織観察を行い、鉱物同定および組成分析にはSEMに付随したエネルギー分散型X線分光装置を用いた。方位解析には、SEMに付

随した電子線後方散乱回折装置(OXFORD, Aztec EBSD system)を用いた。

【結果ならびに考察】 チムニーは以下のようないくつかの組織分帯に区分される;①微小な閃亜鉛鉱+硬石膏+方鉛鉱、②閃亜鉛鉱と方鉛鉱の樹枝状組織、③フランボイダル状またはコロフォーム状黄銅鉱+微小な閃亜鉛鉱+方鉛鉱、④自形の白鉄鉱および黄鉄鉱+閃亜鉛鉱+方鉛鉱+黄銅鉱、⑤粗粒な閃亜鉛鉱+黄銅鉱、⑥黄銅鉱と閃亜鉛鉱からなる樹枝状組織 ⑦粗粒な黄銅鉱。この中でも⑥はチムニーに特徴的な組織である。この組織は、これまでにもチムニー試料から報告されている(例えば、Barton, Jr and Bethke, 1987)。この樹枝状組織はフラットな{111}面からなる正四面体の形態をもつ閃亜鉛鉱の結晶集合体からなる。EBSDによる結晶方位解析の結果、樹枝状組織の伸長方向は、閃亜鉛鉱の<111>方向に一致し、閃亜鉛鉱と共生する黄銅鉱の伸長方向は閃亜鉛鉱の<100>方向に一致する。この樹枝状組織では、黄銅鉱は閃亜鉛鉱結晶の稜に優先的に付着している。閃亜鉛鉱が、等方的に成長せず、異方性の強い樹枝状組織を呈するのは、黄銅鉱によって稜部分を覆われ、等方的な成長を妨げられるためである。組織を形成する閃亜鉛鉱結晶は、高過飽和度で形成されるようなラフな面をもたず、スムーズな面のみを有することから、この組織は高過飽和度で形成された樹枝状晶ではないことが明らかとなった。

Keywords: Chimney, EBSD, Dendritic texture, Sphalerite, Chalcopyrite

\*Corresponding author: keita.omori.s6@dc.tohoku.ac.jp

## 沖縄トラフ熱水鉱床に産する isocubanite の磁気特性

加藤千恵\*、大野正夫、桑原義博（九大比文）、畠山唯達（岡山理大）、山田康洋（東京理大）、戸塚修平、島田和彦、石橋純一郎（九大理）、長瀬敏郎（東北大博物館）

### Magnetic properties of isocubanite from seafloor hydrothermal deposits in the Okinawa Trough

Chie Kato\*, Masao Ohno, Yoshihiro Kuwahara (Kyushu Univ.), Tadahiro Hatakeyama (Okayama Univ. Sci.), Yasuhiro Yamada (Tokyo Univ. Sci.), Shuhei Totsuka, Kazuhiko Shimada, Jun-ichiro Ishibashi (Kyushu Univ.), Toshiro Nagase (Tohoku Univ.)

Seafloor hydrothermal deposits often contain minerals exhibiting characteristic magnetism. Rock-magnetic measurements are promising technique to detect such minerals quickly. In this study we aim to describe the magnetic properties of isocubanite and elucidate the mechanism of its magnetic transition.

We conducted low-temperature magnetometry on samples collected from hydrothermal chimneys and drilled core sediments from Noho site and Hakurei site in the Okinawa Trough. Results show that either of the samples contain Cu-Fe-S mineral which undergoes a magnetic transition at near 100 K. This transition was most clearly observed in a fragment of the Noho site chimney which consists of isocubanite. Therefore, isocubanite should be responsible for the transition. In addition to these hydrothermal deposit samples, magnetic measurements were performed on isocubanite synthesized by heating a cubanite crystal (Henderson No.2 mine, Chibougaman, Quebec, Canada) at 310 °C in vacuum. Magnetic transition at near 100 K was also observed in this 'synthesized' isocubanite, but magnetization at low temperature was about fifty times as weak as the chimney sample.

To investigate the cause of such different magnetic behavior, we performed Mössbauer spectroscopy at 295, 225, 120 and 3 K. Results of the 'synthesized' isocubanite exhibit a broad spectrum at 225 and 120 K, suggesting that the iron atoms are disordered. The spectrum measured at 3 K showed three sets of sextet with broad peak widths, indicating that the 'synthesized' isocubanite suffered the effects of disorder even at 3 K. On the other hand, the Mössbauer spectra of the Noho site chimney sample can be separated into three signals which are consistent with those of chalcopyrite and two iron sites in the 'Cu<sub>1-ε</sub>Fe<sub>3+ε</sub>S<sub>4</sub>' phase reported by Wintenberger et al. (1994). According to this result, the iron atoms should be ordered at all measured temperatures, and isocubanite might be broken down to chalcopyrite and 'Cu<sub>1-ε</sub>Fe<sub>3+ε</sub>S<sub>4</sub>' phase in a submicroscopic scale. Following Wintenberger et al. (1994), the magnetic transition of the chimney sample might be a Verwey transition.

Keywords: isocubanite, low-temperature magnetometry, Mössbauer spectroscopy, seafloor hydrothermal deposits

\*Corresponding author: c.kato@scs.kyushu-u.ac.jp

# 高温高压下で高酸化状態を保持するための試料容器

川崎智佑\* (愛媛大学)

## New capsule to maintain high-oxidation states at high-pressures and high-temperatures

Toshisuke Kawasaki (Ehime University)

高温高压実験で酸素分圧を制御するために Fig. 1 のような二重試料容器がよく使われている (e.g., Matjuschkin et al 2015). ところが, 外部容器内では比較的粗粒な結晶が晶出するが,

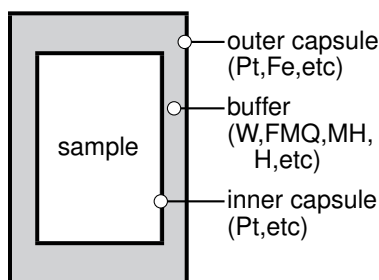


Fig. 1. Double capsule (schematic diagram).

内部容器では結晶成長が悪く, WDS 分析可能な粒径の結晶を得る事が困難である. Fig. 2 は赤鉄鉱を緩衝材として外部容器に封じ,

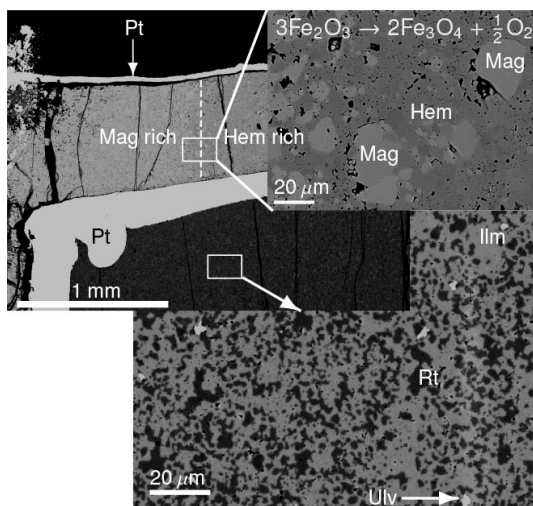


Fig. 2. Pt-Hematite-Pt double capsule.

は, 比較的粗粒な赤鉄鉱が再結晶したが, 内部容器内では, 微細なルチル Rt, ウルボスピネル Ulv, チタン鉄鉱 Ilm が晶出した.

このような二重容器を用いると, 試料と内部容器の Pt とが反応し, 鉄酸化物 → 金属鉄 + 酸素の反応により試料中の Fe 成分の一部は内部容器の Pt に固溶し試料部分の酸素分圧が上昇する. 同時に試料の Fe 量は減少し, 試料の総化学組成が変化する. この様な問題を解決するために鉄酸化物 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, FeO) の試料容器を試作した. Fig. 3 は赤鉄鉱の試料容器である.

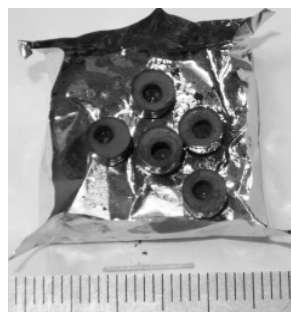


Fig. 3. Hematite capsules.

Fig. 4 に赤鉄鉱容器を用いた高温高压実験での試料周りの組み立て部品を示した.

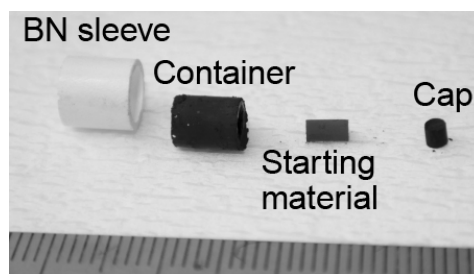


Fig. 4. Assembly around sample.

学会では鉄酸化物の試料容器を用いた高温高压実験の結果について公表する予定である.

### References

Matjuschkin et al 2015 Contrib Mineral Petrol 169 9

**Keywords:** iron oxide capsule, oxygen pressure, high-pressure and high-temperature experiment

\*Corresponding author: toshkawa\_kuma@yahoo.co.jp

## 北海道羽幌地域の上部白亜系上部蝦夷層群中に見られる

## 海緑石

門谷明弘\*・大藤弘明・楠橋 直・岡本 隆 (愛媛大)

Glaucinite from the Upper Cretaceous Upper Yezo Group  
in Haboro area, Hokkaido, northern JapanAkihiro MONTANI\*, Hiroaki OHFUJI, Nao KUSUHASHI,  
and Takashi OKAMOTO (Ehime Univ.)

海緑石は緑色の雲母族の粘土鉱物で、堆積速度の遅い浅海で主に形成されると考えられている。自生の海緑石密集層はコンデンス・セクションを認める 1 つの指標となるなど、層序学的に有用である。

北海道中軸帯に分布する上部白亜系上部蝦夷層群中には、各地で“海緑石”が報告されている。しかしながら、これらの“海緑石”についてはいくつかの鏡下観察がおこなわれたのみで、ほとんどすべての記載が野外での観察だけにとどまっている。そのため、それらの“海緑石”が鉱物学的に海緑石であるかどうかは十分に検討されていないのが現状である。海緑石を層序学的に利用するためには、まずそれが本当に海緑石かどうかを確認する必要がある。そこで本研究では、羽幌地域の上部蝦夷層群において同一層準に広く分布する“含海緑石砂岩層”中の緑色粒子について、その産状観察と鉱物学的分析をおこない、緑色粒子が鉱物学的に海緑石かどうかを検討した。

羽幌地域の上部蝦夷層群は下位から下部羽幌川層 (Ua, Ub-c, Ud-c, Uf), 上部羽幌川層 (Ug, Uh), 流矢層 (Ui-j, Uk) からなる (岡本ほか, 2003)。そのうち、上部羽幌川層を構成する岩相ユニットの 1 つである Uh の最上部には、“海緑石”と呼ばれる緑色鉱物を含む特徴的な砂岩層が発達し、本地域においての良好な鍵層とされている (岡本ほか, 2003)。

本研究では、Uh 最上部の緑色砂岩層を中心に、Uh 上部の石灰質ノジュール、Uh の上位に重なる Ui-j 最下部の緑色砂岩、さらに Ub 中の緑色砂岩などを試料として採取した。試料に含まれる緑色粒子の同定には、肉眼観察、偏光顕微鏡観察、および電界放射型走査型電子顕微鏡観察と、顕微ラマン分光装置、および走査型電子顕微鏡-エネルギー分散型 X 線分光器による分析をおこなった。その結果、いずれの試料中にも、海緑石が含まれていることがわかった。

Keywords: Upper Cretaceous, glauconite, Haboro area, Upper Yezo Group

\*Corresponding author: montray9900@gmail.com

# インド Aravalli-Delhi 造山帯に露出する シュードタキライトの微細組織とその形成過程

岡崎淳哉\* (広島大), 安東淳一 (広島大), Das Kaushik (広島大),  
富岡尚敬 (JAMSTEC), 兒玉優 (マリン・ワーク・ジャパン)

## Microstructure and formation process of pseudotachylyte exposed in Aravalli-Delhi orogenic belt, India

Jun-ya Okazaki\* (Hiroshima University), Jun-ichi Ando (Hiroshima University), Kaushik Das  
(Hiroshima University), Naotaka Tomioka (JAMSTEC), Yu Kodama (Marine Works Japan)

**<はじめに>** シュードタキライトは非顕晶質で黒色の岩石であり、断層の高速すべり運動に起因する摩擦溶融によって形成される。従って、シュードタキライトは過去の地震活動の情報を保持する重要な岩石である。シュードタキライトは主に、地殻浅部における岩石の変形挙動が脆性的な領域で発生することが知られているが、地殻深部領域でのマイロナイト（塑性変形領域）に関連して形成されているものも世界各地で報告されている。本研究では、インドの Aravalli-Delhi 造山帯に露出する塑性変形を受けた片麻岩中に認められるシュードタキライトを対象に、微細組織から塑性変形領域でのシュードタキライトの形成過程を明らかにし、塑性変形領域での断層運動の発達を明らかにすることを目的とする。

**<手法>** これまでの所、シュードタキライトと母岩の露頭観察、偏光顕微鏡、走査型電子顕微鏡 (SEM)、透過型電子顕微鏡 (TEM) による微細組織観察、EPMA、TEM-EDS による構成鉱物の化学組成分析を行った。

**<結果と考察>** 露頭観察では、母岩の面構造に対して、“平行な脈”と“大きく斜交す

る脈”の2種類の系統的なシュードタキライトを確認した。“平行な脈”は、母岩の面・線構造と同じ応力場、すなわち塑性変形領域で形成されたと考えられる。一方、“大きく斜交する脈”は母岩の上昇過程に脆性領域において形成されたと考えられる。

微細組織観察から、シュードタキライトは破砕された岩片と細粒な基質から構成されており、摩擦溶融現象を強く示唆する円形の岩片や基質部の特徴的な構造が発達している。また基質部は多量の細粒（約 0.5 $\mu\text{m}$ ）な結晶粒子で構成されており、非晶質物質はほとんど確認されなかった。

これらの観察結果から考えられるシュードタキライトの成因は以下である。1) 地震性断層運動によって母岩が断層面に沿って破壊される。2) 断層の高速すべりに起因する摩擦溶融により、細粒化した岩片や融点に低い鉱物が選択的に溶融しメルトを形成する。一方で、粗粒な岩片や高い融点を持つ鉱物は溶融せず残る。3) メルトが急冷され多量の細粒な粒子が晶出し、基質部を形成する。基質部の特徴的な構造はメルトの冷却過程で形成されたと考えられる。

Keywords: Pseudotachylyte, Fault activity, Frictional melting, Plastic deformation

\*Corresponding author. E-mail: m181183@hiroshima-u.ac.jp