

Poster presentation | R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint Session with Society of Resource Geology)

🏠 Wed. Sep 10, 2025 12:30 PM - 2:00 PM JST | Wed. Sep 10, 2025 3:30 AM - 5:00 AM UTC 🏠 Poster
(Room No. 16)

R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint Session with Society of Resource Geology)

[R7-P-01]

Hydrothermal alteration of apatite and associated REE enrichment in syenite: Implications on the Late Tonian alkaline magmatism and subsequent reworking from the northern Eastern Ghats Belt, India

*Kaushik DAS¹, Proloy Ganguly², Aparupa Banerjee³, Yukiyasu Tsutsumi⁴, Sankar Bose⁵, Shuvankar Karmakar⁵, Gautam Ghosh⁵ (1. Hiroshima University, 2. Durgapur Government College, 3. Shahid Matangini Hazra Government General Degree College for Women, 4. National Museum of Nature and Science, 5. Presidency University)

🏠 Student Presentation Award Entry

[R7-P-02]

Ore minerals occurring in hydrothermal deposits located in Yabu City, Hyogo Prefecture

*Hayate Sakanaka¹, Mariko Nagashima¹ (1. Yamaguchi Univ.Sci)

🏠 Student Presentation Award Entry

[R7-P-03]

Cathodoluminescence spectra variations of recrystallized quartz in mylonites

*Yukiko Fukushima¹, Tohru Ohta¹, Hideo Takagi (1. Waseda Univ.)

🏠 Student Presentation Award Entry

[R7-P-04]

Reinvestigation on the formation process of alteration minerals in Tateishi tuff, Hayama group, Kanagawa prefecture, Japan.

*Kaoru Asanuma¹, Toyoho Ishimura², Norimasa Shimobayashi¹ (1. Kyoto Univ. Sci., 2. Kyoto Univ. Human and Environmental Studies)

🏠 Student Presentation Award Entry

[R7-P-05]

Evaluation of estimation methods for physicochemical information of equilibrium melt by multivariate analysis of high-T and high-P experimental data of clinopyroxene

*Ryosuke Kawai¹, Ikuo Okada², Shunsuke Munechika, Tomoyuki Shibata¹ (1. ASE. Hiroshima Univ., 2. HIGC)

🏠 Student Presentation Award Entry

[R7-P-06]

Ubiquity and Diversity of Solid-Phase Organic Matter–Bearing Inclusions in Tahitian Mantle Xenoliths

*Itaru Mitsukawa¹, Akira Miyake¹, Yohei Igami¹, Tetsu Kogiso¹, Norikatsu Akizawa², Hiroshi Sakuma³ (1. Kyoto Univ., 2. Hiroshima Univ. , 3. NIMS)

🏠 Student Presentation Award Entry

[R7-P-07]

Water content of olivine in ultrahigh-pressure garnet peridotite from the Pohorje Mountains, Eastern Alps

*Mana Yamamoto¹, Taiki Kikuchi¹, Tomoki Taguchi², Tomoyuki Kobayashi³, Kenta Yoshida⁴ (1. Waseda Univ. CSE, 2. Waseda Univ. EDU, 3. Nagoya Gakuin Univ. , 4. JAMSTEC)

[R7-P-08]

Description of rock and mineral and analysis of fluid inclusions found in and near the metamorphic soles of the Oman Ophiolite

*Tohma Tanaka¹, Tatsuhiko Kawamoto¹, Takumi Wani², Yuji Ichiyama², Hajime Taniuchi⁴, Eiichi Takazawa³, Yuto Miki³ (1. Shizuoka Univ. Sci., 2. Chiba Univ. Sci., 3. Niigata Univ. Sci., 4. AIST)

Poster presentation | R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint Session with Society of Resource Geology)

🏠 Wed. Sep 10, 2025 12:30 PM - 2:00 PM JST | Wed. Sep 10, 2025 3:30 AM - 5:00 AM UTC 🏠 Poster
(Room No. 16)

R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint Session with Society of Resource Geology)

[R7-P-01] Hydrothermal alteration of apatite and associated REE enrichment in syenite: Implications on the Late Tonian alkaline magmatism and subsequent reworking from the northern Eastern Ghats Belt, India

*Kaushik DAS¹, Proloy Ganguly², Aparupa Banerjee³, Yukiyasu Tsutsumi⁴, Sankar Bose⁵, Shuvankar Karmakar⁵, Gautam Ghosh⁵ (1. Hiroshima University, 2. Durgapur Government College, 3. Shahid Matangini Hazra Government General Degree College for Women, 4. National Museum of Nature and Science, 5. Presidency University)

Keywords : Syenite, Apatite, Metasomatism and REE enrichment, Tonian magmatism and late metasomatism

The present study is focused on the apatite alteration in clinopyroxene and K-feldspar-dominated deformed syenite and the processes involved in REE enrichment from the northern Eastern Ghats Belt (EGB). A petrographic study reveals that the fluorapatite megacrysts, most likely crystallized from syenitic magma, underwent dissolution and reprecipitation in the presence of hydrothermal fluid of the C-H-O system. Such fluid appears to be of late-magmatic origin, which became fluorine-rich (C-H-O-F fluid) following its interaction with the already formed fluorapatite grains. During such interaction, REEs from the fluorapatite were released to form REE-fluorocarbonate+monazite+allanite+thorite±epidote, resulting in the REE deposition. In-situ U-Pb zircon dating yields the age of emplacement of syenite at ca. 756 Ma. Moreover, from the Th-U-total Pb monazite chemical dating, ca. 735 Ma is interpreted as the age of hydrothermal alteration. Monazite and zircon spot dates younger than ca. 700 Ma, additionally, correspond to younger metamorphic and deformation episodes. The present study provides new evidence of alkaline magmatism at the northern EGB, which has remained less explored in recent times. Such magmatism is possibly related to the fragmentation of the composite Rayner-Eastern Ghats block and marks the location of an otherwise undetected paleosuture resulting from the collision of India and East Antarctica during the late Neoproterozoic time.

Poster presentation | R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint Session with Society of Resource Geology)

Wed. Sep 10, 2025 12:30 PM - 2:00 PM JST | Wed. Sep 10, 2025 3:30 AM - 5:00 AM UTC Poster
(Room No. 16)

R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint Session with Society of Resource Geology)

Student Presentation Award Entry

[R7-P-02] Ore minerals occurring in hydrothermal deposits located in Yabu City, Hyogo Prefecture

*Hayate Sakanaka¹, Mariko Nagashima¹ (1. Yamaguchi Univ.Sci)

Keywords : Akenobe mine、Xenothermal deposits

【はじめに】兵庫県中央部には生野鉱山や明延鉱山に代表される多くの熱水鉱床が形成されている^[1]。両鉱山はゼノサーマル型多金属鉱床であることが知られており、浅熱水性-深熱水性の鉱石鉱物が同一鉱床内に産し、それらが水平的垂直的に帯状のゾーニングを示すという特徴を有する^[2]。明延鉱山の周辺地質は舞鶴帯に属し、鉱床はペルム系の舞鶴層群とペルム系~三畳系の夜久野オフィオライトの裂罅中に形成されている。舞鶴層群は玄武岩質火山岩類などを主とする下部層、頁岩を主として砂岩礫岩を挟む中部層、黒色粘板岩を主として頁岩や砂岩などを挟む上部層に分けられ、夜久野オフィオライトは、低度の変成作用を受けた斑れい岩や玄武岩で構成されている^[3]。これら母岩中の、鉱床は複数回の鉱液流入モデルが考えられており、早期からPb-Zn期, Cu-Zn期, Cu-Sn期, Sn-W期に大別され、形成ステージの早期から晩期にかけて温度上昇が示唆されている^[4]。これらの鉱石晶出期においてSn-W期の鉱脈は、それよりも早期に晶出した硫化鉱物の鉱脈を切る。なかでもWやSnなどは、チタン鉄鉱系列の花崗岩に由来するものと考えられていることから、鉱床の東側に位置する和田山花崗岩が鉱床形成の後期ステージに関与したと解釈されている^{[5][6]}。上記のように、これまで地質学的、構造学的、鉱床学的観点から明延鉱山に関する多くの研究が報告されてきたが、鉱石鉱物の組み合わせや個々の鉱石鉱物の化学的な特徴などの報告は限られており、未だ検討の余地があるといえる。したがって、本研究では本鉱床に産する鉱石について鉱物学的特徴から、形成過程や環境について検討することを目的とする。

【実験手法】調査地周辺地域のズリ山より岩石を採取し薄片を作成。化学分析にはJEOL製電子プローブマイクロアナライザー(EPMA)JXA-8230を用いた。

【結果・考察】観察された鉱石鉱物の組み合わせや切断関係などより、本研究では晶出早期から、閃亜鉛鉱と方鉛鉱が主のZn-Pb期、閃亜鉛鉱と黄銅鉱が主のZn-Cu期、硫砒鉄鉱が多く産するCu-Zn-As期、斑銅鉱やインジウム銅鉱が産するCu-In期(図1a)、灰重石や鉄重石、錫石が産するW-Sn期の5ステージに分類した。鉱化段階は前者2期を前期、Cu-Zn-As期を遷移期、後者2期を後期と区分する。遷移期に晶出した硫砒鉄鉱の粒間に、比較的低温で晶出する他形のマチルダ鉱が産出するため、遷移期と後期では時間的な間隙があると考えられる。全てのステージで観察された閃亜鉛鉱は、ほとんどが黄銅鉱病変を伴い、Fe含有量は前期よりも後期で相対的に高い傾向がある。このことは、後期ステージにおける晶出温度の上昇、もしくは fS_2 の減少、またはその両方を示唆する^[7]。さらに、後期に形成された閃亜鉛鉱中に最大1.14wt.%のInが含まれていることは形成温度の上昇を支持するといえる^[8]。輝コバルト鉱も全ての晶出ステージで認められ、前期に晶出したものは端成分組成に近いが、後期になるとCo成分(CoAsS)が減少し(Ave 21.6-28.9wt.%), Ni成分(NiAsS)が増加する(Ave 4.3-9.7wt.%).

Klemm^[9]に基づく、この組成変化は形成温度の上昇によるものと解釈できる。またW-Sn期では含Bi鉱物が産することが明らかになった(図1b)。自然ビスマスを取り囲むように輝蒼鉛鉱をはじめとする含Bi硫化鉱物が産しており、この産状は fS_2 の上昇を示唆する。

このように鉱石鉱物の化学的特徴からも鉱床形成前期～後期の温度上昇が支持される。発表では、各鉱化期の鉱石鉱物組み合わせとそれらの安定領域、化学組成に基づき、より詳細な温度変化を議論する。

[1] 中村 ほか, 人と自然, 6, 197-243 (1995), [2] 例えば 阿部, 鉱山地質, 13, 41-53, (1963), [3] 小林, 人と自然, 8, 19-39 (1997), [4] 例えば 佐藤 ほか, 鉱山地質, 27, 245-262 (1977), [5] 石原, 資源地質, 58, 131-138 (2008), [6] Ishihara et al. GSJ, 63, 181-202 (2012), [7] Scott, Mineral. Mag., 47, 427-435 (1983), [8] Jonson et al. Can. Mineral, 51, 629-641 (2013), [9] Klemm, Mineral. Abh., 103, 205-255 (1965)

Ccp: 黄銅鉱, Sp: 閃亜鉛鉱, Bn: 斑銅鉱, Rq: インジウム銅鉱, Sta: 褐錫鉱,
Kes: 黄錫亜鉛鉱, Aik: アイキン鉱, Wit: ウィチヘン鉱

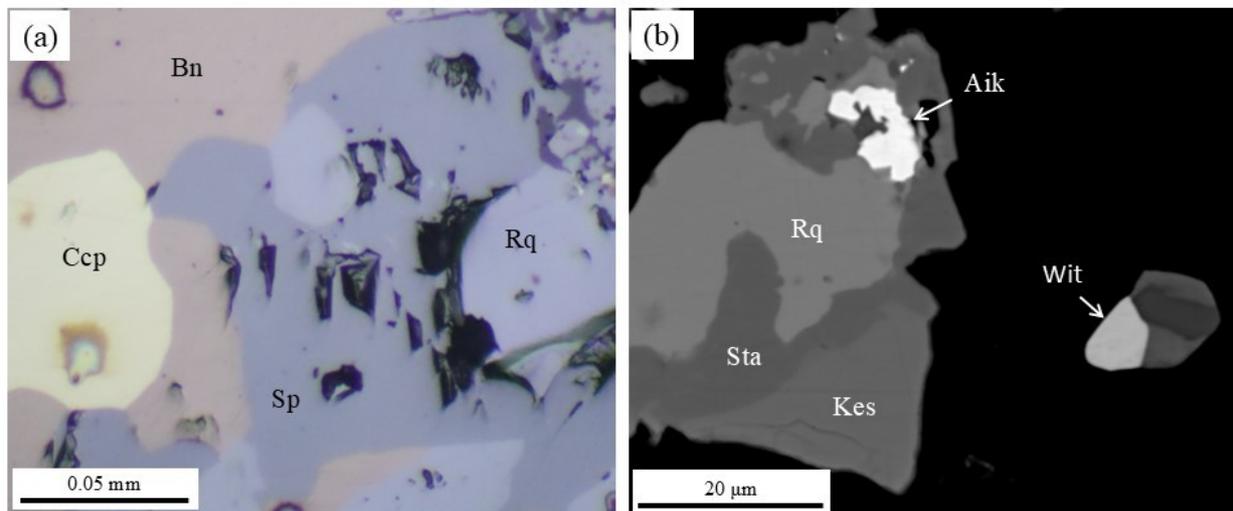


図1: 明延鉱山に産するインジウム銅鉱の産出例, Cu-In期(a), Sn-W期(b)

Poster presentation | R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint Session with Society of Resource Geology)

📅 Wed. Sep 10, 2025 12:30 PM - 2:00 PM JST | Wed. Sep 10, 2025 3:30 AM - 5:00 AM UTC 🏠 Poster (Room No. 16)

R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint Session with Society of Resource Geology)

◆ Student Presentation Award Entry

[R7-P-03] Cathodoluminescence spectra variations of recrystallized quartz in mylonites

*Yukiko Fukushima¹, Tohru Ohta¹, Hideo Takagi (1. Waseda Univ.)

Keywords : Quartz、mylonite、SEM-CL、Cathodoluminescence、CL spectra

【はじめに】地殻を構成する主要な鉱物である石英は SiO_2 という単純な組成ではあるが、結晶成長時の温度や圧力の違いにより、転位や点欠陥といった結晶構造の変異や不純物元素 (Al^{3+} , Ti^{4+} , Fe^{3+} など) と Si^{4+} の置換を生じる。また形成後に受けた温度や圧力によっても欠陥の解消や新たな生成、不純物の移動などを生じる。こういった物質に内在する構造欠陥や置換不純物中心を鋭敏に検出する手法の1つが、物質に電子線を照射した際に生じる発光現象であるカソードルミネッセンス (Cathodoluminescence; CL) である。断層岩に対してCL像を用いた例は数多く存在する。破碎された鉱物と二次的に形成された鉱物の識別 (e.g., Bestmann et al, 2011; Shimamoto et al, 1991) に使用されるほか、近年はマイロナイトにおいて、TitaniQ 温度計のためのTi濃度の定性的または半定量的なマップとして数多く利用されている。その一方でCLスペクトルを解析した例は見られない。そこで筆者は、様々な断層岩のCLスペクトルを測定してきた。早稲田大学は2011年にMonoCL4を購入し、CLスペクトルの測定を行ってきたが、長らく装置の波長ごとに異なる感度を補正し、測定データを本来の発光強度分布に近づける処理(以後、感度補正)を行っていなかった。感度補正後、発光中心が知られている任意のガウスピーク (e.g., Götze et al., 2021; 2001; Stevens-Kalceff, 2009) でフィッティングした結果を初めて公開する。【手法】SEM-CL分析は早稲田大学設置のSEM-CL (S-3400N, Hitachi; MonoCL4, Gatan) を使用し、250-950 nm のCLスペクトルを5 nm ステップで測定した。CLスペクトルは加速電圧15 eVの連続ビームを用いて室温で励起した。測定数は各領域につき2-3個石英集合体を対象とし、各集合体5-10点ずつ測定した。測定値からバックグラウンドを除去した後、DigitalMicrograph (Gatan) 付属のデータにて感度補正を行った。感度補正は検出器補正、分光素子(主に回折格子)補正、光学素子 (e.g., ミラー, レンズ) 補正の3つに分けられるが、MonoCL4はレンズの代わりに凹面鏡による光学系を採用し、レンズを最小枚にした結果、波長特性がフラットであるため、光学素子補正は行っていない。その後、Rにてピークフィッティングを行った。ガウスピークの選別はBICとカイ二乗平均の比較にて行い、その結果、7個のガウスピークで構成されることが分かった。面積比を用いてilr変換を行った。【測定試料】同じ薄片内で粒径の変化が見られたスコットランド Outer Hebrides 諸島 South Harris Shear Zone に発達した断層岩中のマイロナイトと、複数薄片にまたがるが短期間で測定を行った瀬戸内海にある手島の領家古期花崗岩に発達する小剪断帯のマイロナイトを例として示す。【結果と解釈】一般に石英のCLスペクトルは赤色発光 (~1.9 eV) と青色発光 (~3.0 eV) の2つのピークを持つ。粒径の減少に伴い、全体の発光強度が減少するとともに、相対的に赤色発光は増加し、青色発光は減少する変化が見られた。赤色発光で増加傾向を示したのが1.9 eV と 1.95 eV (どちらも NBOHC), 青色発光で大きく減少したのが 3.2 eV ($[\text{AlO}_4/\text{M}^+]$ centre, $\text{M}^+ = \text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{H}^+$) であっ

た。粒径減少に伴い, $[\text{AlO}_4/\text{M}^+]$ centre が解離し, 陽イオンが移動することで NBOHC が形成 (King et al., 2012) される変化が生じたことが示唆される。

【引用文献】 Bestmann et al. (2011), *J. Struct. Geol.*, 33, 169–186.; Götze et al. (2021), *Mineral. Mag.*, 85, 639–664.; Götze et al. (2001), *Mineral. Petrol.*, 71, 225–250.; King et al. (2012), *Radiat. Meas.*, 46, 1–9.; Shimamoto et al. (1991), *J. Struct. Geol.* 13, 967–973.; Stevens-Kalceff. (2009), *Mineral. Mag.* 73 521–541.

Poster presentation | R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint Session with Society of Resource Geology)

📅 Wed. Sep 10, 2025 12:30 PM - 2:00 PM JST | Wed. Sep 10, 2025 3:30 AM - 5:00 AM UTC 🏠 Poster (Room No. 16)

R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint Session with Society of Resource Geology)

◆ Student Presentation Award Entry

[R7-P-04] Reinvestigation on the formation process of alteration minerals in Tateishi tuff, Hayama group, Kanagawa prefecture, Japan.

*Kaoru Asanuma¹, Toyoho Ishimura², Norimasa Shimobayashi¹ (1. Kyoto Univ. Sci., 2. Kyoto Univ. Human and Environmental Studies)

Keywords : alteration、zeolite、sheet silicate、accretionary prism、Hayama-Mineoka Belt

凝灰岩に含まれる火山ガラスは、流体と反応して沸石や層状珪酸塩といった変質鉱物を形成することが知られている(Hay & Sheppard, 2001など)。そのため、凝灰岩中の変質鉱物はかつて存在した流体活動を理解するための有効な手がかりである。

本研究では、神奈川県三浦半島に分布する立石凝灰岩(江藤ほか, 1998)中の沸石や層状珪酸塩を対象とし、その形成環境の推定を目的としている。立石凝灰岩やそれと類似する凝灰岩は関東地方南部に広く分布し(蛸子・柴田, 2012)、それらは付加体を構成する岩石である可能性が指摘されている(高橋, 2008など)。さらに、これら関東地方南部の付加体は、年代の若いものが後世の擾乱をほぼ受けることなく陸地化しているため、沈み込み帯最前部の状況がよく保存されていると期待されている(山本ほか, 2017)。そのため、立石凝灰岩中の変質鉱物の形成環境を明らかにすることは、形成中の付加体内部でどのような流体が存在していたかということの解明に資するものであると考えられる。

一般的に、沸石や粘土鉱物などの変質鉱物は、続成変質作用や熱水変質作用で形成されることが知られている。そしてグリーンタフ地域での研究から、鉱物種と形成温度に対応関係があることが知られており(佐々木ほか, 1982など)、特に沸石については地質温度計としての利用が提案されている(飯島, 1986)。そのため、立石凝灰岩に含まれる沸石などの形成環境に関する先行研究でも、その地質温度計の示す温度を利用して議論がなされてきた(江藤ほか, 1998、柴田・蟹江, 2016)。しかし、これらの先行研究では、立石凝灰岩において沸石による地質温度計を適用する妥当性については議論がなされず、かつ、変質鉱物の形成環境にも一致する見解は得られていない。そのためそれらの問題点を解決する必要があり、以下のように分析を実施した。

サンプルは、三浦半島西部の立石海岸周辺と、東部の野比海岸で採取したものをを使用した。岩質は細粒～粗粒の凝灰岩あるいは凝灰角礫岩で、どちらのものにも沸石脈が豊富に含まれている。

本研究は、次の二通りのアプローチで実施した。一つ目は、変質鉱物の種類や分布といった定性的な情報に基づく、変質状況の記載である。偏光顕微鏡による組織観察、SEM-EDSによる組成分析、定方位XRDによる層状珪酸塩の同定を実施した。二つ目は、鉱物の酸素同位体比を利用した、定量的な形成温度の推定である。こちらは、沸石脈中の方解石の酸素同位体比を、Ishimura et al. (2004, 2008)によって開発された、微量炭酸塩安定同位体比質量分析システム(MICAL3c)によって測定した。

偏光顕微鏡観察・SEM-EDS分析の結果、沸石脈を構成する鉱物は立石海岸周辺では、方沸石・輝沸石・Si/Al=4程度の輝沸石-斜プチロル沸石の中間的なものであった。野比海岸で

は、方沸石・輝沸石・モルデン沸石であった。母岩には、どちらの地域のサンプルにも未変質の火山ガラスと思われるものが含まれていた。また元々火山ガラスであったと思われるものが斜プチロル沸石・モルデン沸石に置換されたものも存在した。母岩に含まれる層状珪酸塩の種類は、立石海岸周辺のものほぼスメクタイトのみであるのに対し、野比海岸のものはスメクタイトの他に緑泥石・雲母類も存在した。

次に、立石海岸の方沸石・輝沸石が共存する沸石脈に含まれる方解石の酸素同位体比を測定した結果は、 $\delta^{18}\text{O} = -2.37\text{‰}$ (VPDB)であった。方解石を晶出した流体の酸素同位体比としてあり得る値を $-7\sim+10\text{‰}$ (VSMOW)と仮定し、この結果をKim & O'neil(1997)の式に代入すると、 $-6\sim 84^{\circ}\text{C}$ という形成温度が得られた。

先述の沸石による地質温度計によると、最も低温では火山ガラスが残存するが、約 50°C を超えると斜プチロル沸石・モルデン沸石が形成し、約 80°C を超えると、方沸石・輝沸石が形成するとされる。同様に層状珪酸塩についても、温度上昇とともに、スメクタイト→混合層鉱物→緑泥石・雲母類と変化するとされる(白水, 1988)。立石凝灰岩では、母岩には火山ガラスや斜プチロル沸石・モルデン沸石が見られるのに対し、沸石脈にはより高温で形成するとされる方沸石・輝沸石が存在した。また、沸石脈中の方解石の酸素同位体比による温度は、地質温度計による温度とは一致しなかった。また、層状珪酸塩の種類も地域によって大きな差があった。そのため立石凝灰岩は、通常海成凝灰岩とは異なった変質を受けている可能性が示唆され、沸石による地質温度計の適用は不適切と言える。そのため今後は、形成温度推定の確実性を高めることや、変質鉱物の岩石内での分布や組成変化のトレンドを追うことによって、実際の変質過程の解明を目指したい。

Poster presentation | R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint Session with Society of Resource Geology)

📅 Wed. Sep 10, 2025 12:30 PM - 2:00 PM JST | Wed. Sep 10, 2025 3:30 AM - 5:00 AM UTC 📄 Poster (Room No. 16)

R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint Session with Society of Resource Geology)

◆ Student Presentation Award Entry

[R7-P-05] Evaluation of estimation methods for physicochemical information of equilibrium melt by multivariate analysis of high-T and high-P experimental data of clinopyroxene

*Ryosuke Kawai¹, Ikuo Okada², Shunsuke Munechika, Tomoyuki Shibata¹ (1. ASE, Hiroshima Univ., 2. HIGC)

Keywords : clinopyroxene、high-temperature and high-pressure experimental data、machine learning、sakurajima volcano、equilibrium melt

安山岩マグマの多くは、異なるマグマの混合を経て生成されていると考えられている (eg. Sakuyama, 1981)。マグマ混合を経験している場合、端成分マグマの成因やそれらの相互の関係を、全岩化学組成から定量的に制約することは、困難である。一方で、斑晶鉱物には、晶出時のマグマの物理化学条件が組織的・化学的に記録されている。斑晶鉱物の化学組成からマグマの温度・圧力を推定する手法として、これまで両輝石温度計 (eg. Lindsley, 1983; Putirka, 2008)、角閃石単相温度計 (eg. Putirka, 2016)、角閃石単相圧力計 (eg. Ridolfi & Renzulli, 2012)などの地質温度・圧力計が用いられてきた。しかしながら、両輝石温度計ではそれらが平衡共存していることが条件となる。また、安山岩は角閃石を含むとは限らない。そのため、安山岩・デイサイトが卓越する沈み込み帯におけるマグマ活動を理解するには、前述の手法を用いた研究には限界がある。近年は、火山岩中に角閃石よりも広く含まれる単斜輝石の化学的性質に注目し、単斜輝石の高温高圧実験データを機械学習で多変量解析することで、平衡メルトの温度・圧力、さらには主成分元素組成を推定する手法が提唱されている (eg. Petrelli *et al.*, 2020; Higgins *et al.*, 2021; Jorgenson *et al.*, 2022; Chicchi *et al.*, 2023; Ágreda-López *et al.*, 2024)。これらの推定法を天然の安山岩等に適用することができれば、単斜輝石の主成分元素組成を用いて、平衡メルトの物理化学情報を推定することが可能となる。

本研究では、琉球弧第四紀火山の桜島火山の火山岩および始良カルデラに産する玄武岩を含む全12試料中の単斜輝石 (透輝石と普通輝石) に、前述の機械学習を用いる推定法を適用した。桜島火山は現在も活発な火山活動が続いており、多くの地球物理化学的研究が行われている。したがって、各推定法による結果が、先行研究で報告されているマグマの物理化学情報と調和的どうか比較することで、推定法が桜島火山の単斜輝石を用いた温度・圧力や平衡メルトの主成分元素組成を推定するツールとして機能するかどうかを評価することが本研究の目的である。

199個の単斜輝石の主成分化学組成をEPMAで測定し、そのデータをもとに平衡メルトの温度・圧力を推定したところ、1つの単斜輝石であっても、手法ごとに推定温度・圧力が異なり、推定結果の不確実性や誤差範囲も大きい結果となった。また、温度上昇に伴い圧力が線形的に変化せず、先行研究 (eg. Araya *et al.*, 2019; Kuritani *et al.*, 2025) で報告されている温度-圧力範囲と一致しない結果となった。それに対し、Higgins *et al.* (2021) の推定法を用いた平衡メルトの主成分元素組成の推定結果については、Na₂Oを除いて、天然試料が一

一般的に示す化学組成の変化と類似した傾向となり、有用な推定ツールとなる可能性を示した。

各推定法で用いるアルゴリズムでは、1つの単斜輝石に対して、単斜輝石の高温高压実験データと天然試料の化学組成のみの比較を行い、天然試料と近い化学組成をもつ平衡メルトの実験時の温度、圧力、および主成分元素組成が、実験データ中から候補として出力される仕組みである。よって、単斜輝石の主成分元素のうち、圧力依存性がある元素濃度 (eg. Na, Al) の少なさや、EPMAでの測定精度の低さが、化学組成のみを比較するアルゴリズムの性質上、推定結果に大きく影響する。このことが、本研究で推定した温度-圧力の低い相関性や平衡メルト中の不自然な Na_2O の傾向をもたらしているのかもしれない。また、高温高压実験データには、単斜輝石中のマイナー元素を報告していない場合が多いため、天然の単斜輝石の化学組成との比較を行うことは適切ではないと考えられる。

これらのことから、本研究で検証した推定法は、温度、圧力推定に関しては信頼たる推定は困難であるが、 Na_2O を除く平衡メルト中の主成分元素組成の推定は可能であると考えられる。

Poster presentation | R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint Session with Society of Resource Geology)

📅 Wed. Sep 10, 2025 12:30 PM - 2:00 PM JST | Wed. Sep 10, 2025 3:30 AM - 5:00 AM UTC 🏠 Poster (Room No. 16)

R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint Session with Society of Resource Geology)

◆ Student Presentation Award Entry

[R7-P-06] Ubiquity and Diversity of Solid-Phase Organic Matter-Bearing Inclusions in Tahitian Mantle Xenoliths

*Itaru Mitsukawa¹, Akira Miyake¹, Yohei Igami¹, Tetsu Kogiso¹, Norikatsu Akizawa², Hiroshi Sakuma³ (1. Kyoto Univ., 2. Hiroshima Univ., 3. NIMS)

Keywords : mantle xenolith、Solid-Phase Organic Matter、carbon monoxide、inclusions、Raman spectroscopy

マントル捕獲岩の分析からマントル内部の酸化還元状態が推定されており、地球のマントルは深部ほど還元的であることが示されている[1]。こうした還元的環境下では、生物の関与なしに複雑な有機物が生成される可能性が指摘されており、エネルギー資源の形成過程や炭素循環の解明の観点から注目されている[2]。こうしたマントル内部における有機物合成を理解するためには、天然のマントル物質中に含まれる包有物内の有機物を検出することが有効である。しかし、マントル捕獲岩中の流体包有物の多くは、主に上部マントル浅部の酸化的環境下で形成された純粋なCO₂である[3]。そのため、マントル起源の有機物が包有物としてどの程度保存されているかについては、未だ十分に解明されていない。

近年、我々は南太平洋に位置するフランス領ポリネシアタヒチ島で採取されたマントル捕獲岩中から、多環芳香族化合物 (PAH) を主体とする固相有機物を含有する包有物を発見した[4]。このハルツバージャイト中のある単斜輝石粒子中には、白金族鉱物 (Cu-Ir-Pt-Rh硫化物)、Fe-Ni-Cu硫化物、ケイ酸塩ガラスと共存しつつPAHを主体とする固相有機物+CO+CO₂が分布しており、海洋下マントルの還元的な流体を保存している。一方、固相有機物を含む還元的な成分を含む包有物が、岩石中の他の鉱物中にも普遍的に分布しているかは不明であった。

本研究では、固相有機物がタヒチ島産マントル捕獲岩中にどの程度普遍的に分布するかを解明するために、顕微ラマン分光装置 (Oxford Instruments社製WITec alpha 300RA) を用いて、岩石薄片全体の鉱物中の包有物に対する分析を実施した。既に固相有機物を含む包有物を発見済みの単斜輝石[4]中の他の包有物18個、および、同一薄片中のカンラン石、直方輝石中の包有物93個について分析を実施した。

単斜輝石中にはケイ酸塩ガラスとC-O-H相が共存する包有物 (Type A) とC-O-H相のみで構成される包有物 (Type B) の2種類が見られた。Type Aに対する顕微ラマン分光分析の結果、C-O-H相の部分から隕石中の不溶性有機物 (IOM) や変成岩中の炭質物のスペクトルにみられるGバンド (~1590 cm⁻¹) やDバンド (~1350 cm⁻¹) がみられた。得られたスペクトルはピークがブロードであり、スペクトルのバックグラウンド上昇が見られるなど、構造的な秩序性に乏しい固相有機物と類似したスペクトル形状を示した。一方、Type Bについては、そのような固相有機物ピークは検出されず、CO₂ + CO + O₂のピークが検出された。

カンラン石、直方輝石中の包有物については、CO₂を主成分としつつも、一部については、CO₂に加えて固相有機物やCO、H₂Sのピークが検出された。得られた固相有機物のスペ

クトルについては、単斜輝石中のものと同様にGバンドやDバンドが検出されたが、ピーク幅が比較的狭いことから、単斜輝石中のものよりも構造的な秩序度が比較的高いと考えられる。D/Gバンド比やピーク形状、BGの上昇の仕方には多様性が見られ、固相有機物の構造的な差異を反映しているものと思われる。また、流体のピークのみが検出された包有物について、波数分解能の高い回折格子（1800 gr/mm）を用いてCO₂やCOのピークを取得し、Pseudo-Voigt関数を用いたピークフィッティングを実施した。ピーク面積の比から各包有物のCO/CO₂比の比較を行った結果、単斜輝石中のType Bの包有物が特に高いCO/CO₂比を示した。かんらん石や直方輝石中の包有物のCO/CO₂比は、最も高いものでも単斜輝石中の包有物の1/2から1/3程度であった。

マントル捕獲岩中の包有物は古くから研究されてきたが、固相有機物やCO、H₂Sを検出した例は数例にとどまっている[5]。したがって、それらの成分を普遍的に含むタチヒ島産のマントル捕獲岩は、一般的なマントル捕獲岩よりも還元的なC-O-H成分を保存しているといえる。その中でも固相有機物が分布する単斜輝石中の包有物は特に高いCO/CO₂比を示しており、薄片中で最も還元的であることから、今回分析した包有物の中で最も深部由来の流体を保存している可能性が高い。単斜輝石中にみられる固相有機物が最も構造的に無秩序であったのは、形成した際の圧力や還元的な流体組成が反映された結果であると推測される。

[1] Frost and McCammon, 2008, [2] Wang et al., 2023, [3] Andersen and Neumann, 2002, [4] Mitsukawa et al., 2025 (under review), [5] Bergman and Dubessy, 1987

Poster presentation | R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint Session with Society of Resource Geology)

📅 Wed. Sep 10, 2025 12:30 PM - 2:00 PM JST | Wed. Sep 10, 2025 3:30 AM - 5:00 AM UTC 🏠 Poster (Room No. 16)

R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint Session with Society of Resource Geology)

◆ Student Presentation Award Entry

[R7-P-07] Water content of olivine in ultrahigh-pressure garnet peridotite from the Pohorje Mountains, Eastern Alps

*Mana Yamamoto¹, Taiki Kikuchi¹, Tomoki Taguchi², Tomoyuki Kobayashi³, Kenta Yoshida⁴
(1. Waseda Univ. CSE, 2. Waseda Univ. EDU, 3. Nagoya Gakuin Univ. , 4. JAMSTEC)

Keywords : Ultrahigh-pressure garnet peridotite, Pohorje Mountains, Olivine, FT-IR, Water content

かんらん石はNAMs (Nominally Anhydrous Minerals) の一種であり、結晶構造中に微量の水を含むことができる。かんらん石の含水量は岩石物性に大きな影響を与えることが指摘されており (e.g. Tielke et al., 2017 JGR)、これは上部マントルのレオロジー特性を支配する可能性を示唆する。これまで天然かんらん石の含水量は、キンバーライトやその捕獲岩など上部マントルの情報をよく保存する岩石を中心に研究されてきた。一方、造山帯を構成するざくろ石かんらん岩に対して網羅的な研究例は限定的である。本研究では、スロベニア東アルプス・ポホリエ山地の超高压ざくろ石かんらん岩を対象に、顕微フーリエ変換赤外分光法に基づきかんらん石の含水量を測定し、その含水特性を検討した。

本研究試料の主要な鉱物組み合わせは、かんらん石($X_{Mg} = 0.87-0.90$)+ざくろ石+単斜輝石+クロムスピネル+角閃石である。その他副成分鉱物は緑泥石±蛇紋石±方解石である。ざくろ石周縁部にはケリファイトが発達し、かんらん石にはメッシュ組織 (クリソタイル, リザーダイト) も観察される。今回、両面研磨試料 (厚さ約180 μm) を作成後、かんらん石の赤外分光分析 (透過法) を実施した。かんらん石のIRスペクトルには特徴的な水の吸収ピークが複数認められ、特に3572 cm^{-1} と3525 cm^{-1} のOH伸縮振動バンドが明瞭に現れた。含水量はLambert-Beerの法則に従って算出した。なお、積分モル吸光係数はPaterson (1982) で提案される波数依存の式を用いて、かんらん石の含水量は3-18 ppm ($\mu\text{g/g}$)と見積もられた。

得られたかんらん石IRスペクトルのうち、3572 cm^{-1} と3525 cm^{-1} のOH伸縮振動バンドは微量Tiに伴う欠陥サイト(Ti-clinohumite-like point defect)に起因する(Berry et al., 2007 EPSL)。さらにSi空孔由来のOHバンド(Lemaire et al., 2004 CMP)も確認された。これらかんらん石IRスペクトルの特徴は、高温高压実験の生成物やマントル捕獲岩で報告されたものと整合的である(e.g. Miller et al., 1987 PCM; Mosenfelder, 2006 AM)。また、かんらん岩の起源深度が深いほどかんらん石含水量が増加するという指摘(Demouchy and Bolfan-Casanova, 2016 Lithos)とも矛盾せず、他地域の造山帯かんらん岩で報告された値とも概ね一致することが判明した。一般に、かんらん石は変質に伴い含水量が増加することは少なく、今回ポホリエ地域におけるかんらん石含水量の代表的な値を取得できた可能性がある。

Poster presentation | R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint Session with Society of Resource Geology)

📅 Wed. Sep 10, 2025 12:30 PM - 2:00 PM JST | Wed. Sep 10, 2025 3:30 AM - 5:00 AM UTC 🏠 Poster (Room No. 16)

R7: Petrology, Mineralogy and Economic geology (Joint Session with Society of Resource Geology)

[R7-P-08] Description of rock and mineral and analysis of fluid inclusions found in and near the metamorphic soles of the Oman Ophiolite

*Tohma Tanaka¹, Tatsuhiko Kawamoto¹, Takumi Wani², Yuji Ichiyama², Hajime Taniuchi⁴, Eiichi Takazawa³, Yuto Miki³ (1. Shizuoka Univ. Sci., 2. Chiba Univ. Sci., 3. Niigata Univ. Sci., 4. AIST)

Keywords : Oman Ophiolite、 metamorphic sole、 carbonation、 diopside、 fluid inclusion

The Oman Ophiolite is formed in a fast-spreading environment (Nicolas, 1989). Analysis of the temperature and pressure conditions and components of the carbonate veins in the serpentized peridotite of the Oman Ophiolite is a very important indicator of the behavior of rocks and fluids during subduction zones and impulse processes (e.g., Noël et al., 2018). In the Oman Ophiolite, outcrops of metamorphic sole, a metamorphic body that underlies the lowermost mantle peridotite, diopside which is thought to be due to high-temperature thermal water, and many other rocks that are important for understanding the formation of subduction zones (e.g., Akizawa et al., 2016, Python et al., 2007). In this study, we collected and examined rocks distributed near the boundary between sole and mantle in Oman.

Microstructural observations using polarized light microscopy, Raman spectroscopy, and micro-XRF analysis were used to identify the constituent minerals and to analyze the constituent elements. Fluid inclusions in the minerals are analyzed by microthermometry. The sole is metamorphosed by contact metamorphism of a subducting oceanic plate with the mantle of the subducting plate. Carbonates were observed as veins in both rocks. The boundary between the mantle and sole also showed veins composed of calcite, Sr-thomsonite and pectolite.

Two types of diopside were collected and compared: dike in harzburgite and dike in the mantle wedge dunite. The results of microthermometry showed that the dikes in dunite were formed by aqueous fluid with salinity like or slightly higher than that of seawater, while those in harzburgite were related to fluid with a higher salinity. In addition, the homogenization temperature of dike in harzburgite is at least 200°C higher than that of dunite. Therefore, it can be concluded that the fluids associated with the diopside in the harzburgite were higher in temperature and salt content than those in the dunite.