

Session Oral | T1 [Topic Session] Metamorphic rocks and tectonics

◆ EDI

🏠 Sun. Sep 14, 2025 8:45 AM - 12:00 PM JST | Sat. Sep 13, 2025 11:45 PM - 3:00 AM UTC 🏠 oral room 2(E107)

[1oral201-11] T1. Metamorphic rocks and tectonics

Chair: Tatsuro ADACHI(Kyushu University), Ippei KITANO(The Hokkaido University Museum, Hokkaido University)

◆ entry ◆ ECS

8:45 AM - 9:00 AM JST | 11:45 PM - 12:00 AM UTC

[T1-O-1]

Re-examination of the origins for the Jurassic plutonic rocks in the Hida belt using geochemical modeling

*Kodai MIKAMI¹, Tomoyuki MIZUKAMI¹ (1. Kanazawa University)

◆ Highlight ◆ entry

9:00 AM - 9:15 AM JST | 12:00 AM - 12:15 AM UTC

[T1-O-2]

Partial melting of lower crust and compositional variation in S-type granitic magma in the Osuzuyama acidic rocks, Miyazaki prefecture, SW Japan.

*Takuto Kitashiro¹, Toshiaki SHIMURA¹ (1. Yamaguchi Univ.)

◆ entry

9:15 AM - 9:30 AM JST | 12:15 AM - 12:30 AM UTC

[T1-O-3]

Subsurface lithological structure in the San'in region inferred from metagranitoid xenoliths from Mt. Daisen, Tottori Prefecture, Japan

*Mizuki Takahashi¹, Shunsuke Endo¹, Nobuhiko Nakano², Tatsuro Adachi² (1. Shimane Univ., 2. Kyusyu Univ.)

9:30 AM - 9:45 AM JST | 12:30 AM - 12:45 AM UTC

[T1-O-4]

Zincian spinel + quartz + andalusite assemblage from the Kanenari metamorphic rock, Unnan area, Shimane prefecture, SW Japan

*Toshiaki Shimura¹, Kiri Yamane^{1,2}, Shoichi Gota^{3,4} (1. Yamaguchi University, 2. Suncoch Consultants Co., Ltd., 3. Niigata University, 4. Tetsudokiki Co., Ltd.)

◆ Highlight ◆ entry

9:45 AM - 10:00 AM JST | 12:45 AM - 1:00 AM UTC

[T1-O-5]

Rutile indicating ultrahigh-temperature metamorphism in a garnet–biotite gneiss from Brattnipene, Sør Rondane Mountains, East Antarctica

*Hiroto GONDO¹, Tetsuo KAWAKAMI¹, Fumiko HIGASHINO¹, Tatsuro ADACHI², Masaoki UNO³ (1. Kyoto Univ., 2. Kyusyu Univ., 3. Tokyo Univ.)

10:00 AM - 10:15 AM JST | 1:00 AM - 1:15 AM UTC

[T1-O-6]

Metamorphic pressure-temperature conditions of garnet peridotite from the eastern part of the Bohemian massif

*Daisuke NAKAMURA¹, Utuse YOSHIDA¹ (1. Okayama University)

10:15 AM - 10:30 AM JST | 1:15 AM - 1:30 AM UTC

[1oral201-11-7add]

Break

10:30 AM - 11:00 AM JST | 1:30 AM - 2:00 AM UTC

[T1-O-7]

[Invited] Tectonic evolution of Northeast Asia and the origin of Proto-Japan during the Paleozoic to Mesozoic

*Kenta KAWAGUCHI¹ (1. Hiroshima University)

entry ECS

11:00 AM - 11:15 AM JST | 2:00 AM - 2:15 AM UTC

[T1-O-8]

P-T evolution and U-Pb ages of the Komori metamorphic rocks in the northern subzone, Maizuru Terrane: Implications for Tectonics in East Asia

*Sota Muroi¹, Kenta Kawaguchi¹, Kaushik Das¹, Nobuhiko Nakano², Yasutaka Hayasaka³ (1. Hiroshima University, 2. Kyushu University, 3. Amakusa Museum of Goshoura Dinosaur Island)

ECS

11:15 AM - 11:30 AM JST | 2:15 AM - 2:30 AM UTC

[T1-O-9]

Hydrothermal Alteration and Porosity Evolution of Lower Crust: Plagioclase Replacement by Epidote in the Khantaishir ophiolite, Western Mongolia

*OTGONBAYAR DANDAR¹, ATSUSHI OKAMOTO¹, MASAOKI UNO², NORIYOSHI TSUCHIYA^{1,3} (1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 2. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 3. National Institute of Technology, Hachinohe College)

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[T1-O-10]

Pressure-temperature structure of high-temperature metamorphic rocks around Mt. Raizan and the Itoshima Peninsula, northwestern Kyushu: a possible western extension of the Ryoke arc.

*Kazuhiro Miyazaki¹, Yayoi Muraoka¹, Takeshi Ikeda², Tadai Nishiyama³ (1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Kyushu Univ., 3. Kumamoto Univ.)

11:45 AM - 12:00 PM JST | 2:45 AM - 3:00 AM UTC

[T1-O-11]

K-Ar geochronology of Abukuma metamorphic belt in NE Japan: towards a formation model of the plutonic metamorphic belt over 1,000km

*Tetsumaru ITAYA¹ (1. Hiruzen Institute for Geology & Chronology)

Session Oral | T1 [Topic Session] Metamorphic rocks and tectonics

◆ EDI

 Sun. Sep 14, 2025 8:45 AM - 12:00 PM JST | Sat. Sep 13, 2025 11:45 PM - 3:00 AM UTC
  oral room 2(E107)

[10ral201-11] T1. Metamorphic rocks and tectonics

Chiar:Tatsuro ADACHI(Kyushu University), Ippei KITANO(The Hokkaido University Museum, Hokkaido University)

◆ entry ◆ ECS

8:45 AM - 9:00 AM JST | 11:45 PM - 12:00 AM UTC

[T1-O-1] Re-examination of the origins for the Jurassic plutonic rocks in the Hida belt using geochemical modeling

*Kodai MIKAMI¹, Tomoyuki MIZUKAMI¹ (1. Kanazawa University)

Keywords : Hida belt、Thermodynamic modeling、Plutonic rock

飛騨帯は大陸地殻の断片と考えられている地質帯で、化学的に多様な変成岩とペルム紀—三畳紀およびジュラ紀に貫入した深成岩からなる。本研究で取り扱うジュラ紀深成岩類は、海洋沈み込み帯への移行期の地殻深部プロセスを記録していると考えられる（例えば、Takahashi et al., 2018 IslArc）。ジュラ紀深成岩類について、主に同位体データに基づく分類と成因の提案がある（Arakawa, 1990. ChemGeol; Tanaka, 1992 J Sci Hiroshima Univ, C）。Arakawa（1990 ChemGeol）やArakawa & Shinmura（1995 ChemGeol）は⁸⁷Sr/⁸⁶Sr初生値（ジュラ紀）が低く、多様性のないものをType1岩体（打保、下之本、神岡複合（船津）、大熊山、毛勝岳）、⁸⁷Sr/⁸⁶Sr初生値が高く、多様性を持つものをType2岩体（庄川、八尾、宝達山、流葉山、早月川）に分類した。岩相分布はType1岩体が正累帯、Type2岩体は逆累帯を示す。これら同位体的特徴と岩体構造を説明できるモデルとして、Type1は苦鉄質マグマからの分別結晶作用、Type2は苦鉄質マグマと地殻物質の混合とその後の分別結晶作用を成因として提案した。この成因の議論には2つの問題点がある。まず、全岩化学組成変化の定量的評価が十分とは言えない。また、始原マグマについて、島弧下マントルに由来するマフィックマグマ（Arakawa & Shinmura, 1995 ChemGeol; Arakawa et al., 2000 Tectonophysics）と下部地殻の溶融マグマ（田中・大坪, 1987 地球科学）の2つの提案がある。そこで本研究では、熱力学計算と元素分配モデルを組み合わせ、ジュラ紀深成岩体のRb、Srとその同位体比組成、主要元素の変化を定量的に評価し、先行研究で提案された成因モデルの検証を試みる。始めに、近年のジルコンU-Pb年代学の知見（Ishizaka & Yamaguchi, 1969 EPSL; Zhao et al., 2013 IslArc; Takehara & Horie, 2019 IslArc; 竹内ほか, 2019 地質雑; Yamada et al., 2021 JMPS）を加味して、各岩体の形成時期を整理する。ジュラ紀のジルコンU-Pb年代が得られているType1岩体は、打保、下之本、大熊山、毛勝岳、Type2岩体は、庄川、八尾、宝達山、早月川である。かつてType1深成岩体に分類された神岡複合（船津）岩体（加納・渡邊, 1995 地質雑）では、眼球状花こう岩（242.6±1.8MaのジルコンU-Pb年代）を除き、Rb-Sr同位体がジュラ紀のアイソクロンに乗る岩石群（柴田・野沢, 1984 岩石鉱物床学会誌）を解析に含めた。分別結晶の計算には熱力学ソフトウェアのMAGEMin（Riel et al., 2022 G-cubed）を使用した。モデリングの各ステップで分別される鉱物相にRb、Srの分配係数を設定し（斜長石以外：Rollinson, 1993 *In using geochemical data* (text book); 斜長石: Dohmen & Blundy, 2014 AmJSci; Icenhower & London, 1996 AmMin）、マグマの微量元素組成を計算した。含水量は1wt%と5wt%で計算した。Type1の出発物質として、海洋弧玄武岩(Ge et al., 2016 SciAdv)、打保岩体閃緑岩（Arakawa & Shinmura, 1995

ChemGeol)、下之本岩体閃緑岩 (Tanaka, 1992 J Sci Hiroshima Univ, C) の3種を検討した。Type2の化学的多様性については、DePaolo (1981 EPSL)のAFCモデルと、MAGEMinを用いて大陸地殻物質の寄与を検討した。同化する地殻物質として飛騨帯の変成岩を想定した。出発物質は海洋弧玄武岩を用いた。今回のType1岩体の分別結晶作用モデリングでは、主要・微量元素組成を同時に説明することが難しいことが分かった。Type1岩体のSrの SiO_2 に対する減少傾向は斜長石の分別を必要とするが、一方でそのような組成の斜長石の分別は Al_2O_3 を急激に減らすため、岩石の組成分布を説明することができない。高 $\text{Na}_2\text{O}/\text{CaO}$ でRbに富むメルトを出発物質とすれば実際の岩石組成により適合する。そのような特徴は大陸地殻岩石に見られる。飛騨変成岩を同化させるDePaolo (1981 EPSL)のAFCモデルでは、Type2だけでなくType1のRb-Sr同位体組成分布にも適合する条件が見つかる。MAGEMinによるAFCモデルで得られる全岩組成も同様である。以上から、マフィックマグマへの地殻の同化と結晶作用が単純かつ包括的な説明と言える。

Session Oral | T1 [Topic Session] Metamorphic rocks and tectonics

◆ EDI

📅 Sun. Sep 14, 2025 8:45 AM - 12:00 PM JST | Sat. Sep 13, 2025 11:45 PM - 3:00 AM UTC 🏠 oral room 2(E107)

[1oral201-11] T1. Metamorphic rocks and tectonics

Chair: Tatsuro ADACHI(Kyushu University), Ippei KITANO(The Hokkaido University Museum, Hokkaido University)

◆ Highlight ◆ entry

9:00 AM - 9:15 AM JST | 12:00 AM - 12:15 AM UTC

[T1-O-2] Partial melting of lower crust and compositional variation in S-type granitic magma in the Osuzuyama acidic rocks, Miyazaki prefecture, SW Japan.

*Takuto Kitashiro¹, Toshiaki SHIMURA¹ (1. Yamaguchi Univ.)

【ハイライト講演】 西南日本全域で生じた中新世中期のフレアアップを記録する尾鈴山酸性岩体を対象としている。野外調査および岩石記載を元に主岩相（溶結凝灰岩、花崗閃緑斑岩）の層序や他岩相（安山岩質MME、堆積岩起源ゼノリス）との地質学的関係性を明確にし、主岩相の全岩化学組成だけでなく他岩相の岩石学的解析を展開することで、尾鈴山酸性岩体のマグマ進化過程を構築しており、フレアアップ発生機構への理解が深まることが期待される。 [※ハイライト講演とは...](#)

Keywords : Outer zone of Southwest Japan、Osuzuyama acidic rocks、Granite、Metamorphic rock xenolith、MME

西南日本外帯地域には外帯花崗岩類と総称される花崗岩類が、多様な産状で見られる。これら外帯花崗岩類は、より海溝側の地域ではS-type、中央構造線側ではI-typeの花崗岩類が見られ、どちらも西南日本全域にわたる同時多発的なフレアアップであるとされている。外帯花崗岩類のすべての活動は13.5～15.5 Maの非常に短期間で活動を終了しているとされている（Shinjoe et al., 2019）。

その他で西南日本地域における同時期の火成活動として、高Mg安山岩（Tatsumi, 1981; 1982）に特徴づけられる瀬戸内火山岩類や、最も海溝寄りの地域で見られる外帯苦鉄質岩（例えば、三宅, 1981）が挙げられる。これらはすべて中期中新世の火成活動であるが、それぞれの火成活動におけるマグマの成因に対する議論は現在でも続いている。宮崎県東部に位置する尾鈴山酸性岩体は、中田（1983）により、外帯花崗岩類の一単位とされ、主に溶結凝灰岩からなる噴出岩体が四万十帯の堆積岩を不整合に覆う形で分布している。これら主岩体に対し、北東から南西に向けて花崗閃緑斑岩がおおよそ15 kmで貫入している。また、岩体南部には、花崗閃緑岩の岩脈も見られる。岩体の花崗閃緑斑岩中には、安山岩質のMMEや堆積岩起源のゼノリス、スピネルを含む包有物などが報告されている。岩体の溶結凝灰岩（W.T.）はそれぞれW.T.1とW.T.2に分類されており、噴出・貫入の順序は層序的特徴からW.T.1→W.T.2→花崗閃緑斑岩とされている。それぞれの層の全岩化学組成や鉱物化学組成から、尾鈴山酸性岩体は層状マグマだまりを形成しており、これらは単純な結晶の沈降によって説明されるとしている。

本研究における調査では、花崗閃緑斑岩を中心に組成変化と岩体中に包有されている包有物に注目して行った。その結果、岩体中にはMMEが多くみられ、単位面積当たりのMMEの数は北東部で最も多く、南西部にかけて減少していく結果が得られた。MMEは斜長石・直方輝石・オーゾナイト・ピジョン輝石からなるハンレイノーライト質のもので、ピジョン輝石温

度計 (Ishii, 1975) より温度は約1100°Cが得られた。スピネルを含む自形の珪線石の包有物やザクロ石のゼノクリストも見られ、これらもMMEと同様に北東部では多く見られるが南西部にかけて減少に転じる。花崗閃緑斑岩は角閃石を産さず堇青石斑晶が見られ、黒雲母やアルカリ長石は比較的細粒で石基にのみ見られる。全岩化学組成は、 $\text{SiO}_2 = 66 \sim 69 \text{ wt\%}$ の範囲で北東部ほど MgO 、 CaO に富み、南西部ほど減少する傾向が見られる。一方、溶結凝灰岩の組成は、 $\text{SiO}_2 = 69 \sim 73 \text{ wt\%}$ で全体を通して花崗閃緑斑岩よりも MgO 、 CaO に乏しい特徴が見られる。それぞれの岩体における斜長石斑晶の鉱物化学組成は溶結凝灰岩では正累帯構造を示すのに対し、花崗閃緑斑岩では一部特徴的な高 An 含有量の累帯構造が見られる。岩体中に見られる変成岩ゼノリス由来の融け残りのゼノクリストから、最高温度では $\text{Grt} + \text{Sil} + \text{Spl} + \text{Pl}$ の4相が共存しており、温度圧力条件は2-feldsper温度計(Whitney & Stormer, 1977)から810~860 °C、GASpP圧力計(Shimura et al., 2023)から515~573 MPaである。尾鈴山酸性岩体では、活動の時期が後になるほどMMEの量や MgO 、 CaO の量が多くなる。噴出・貫入は、マグマだまり上部から順に起こったと考えられるため、マグマだまり下部ほどMMEが多く MgO や CaO に富むマグマであったと言える。さらに、マグマだまり下部では斜長石斑晶が逆累帯構造を示す。これらは結晶沈降によるマグマだまりの組成変化ではなくよりマフィックなマグマとの混合の記録であると考えられる。また、下部地殻の変成岩ゼノリス由来のゼノクリストが非常に高温状態であったことや、花崗閃緑斑岩が堇青石を晶出するほどパーアルミナスな組成を示すのは、下部地殻の部分溶融の証拠であると考えられる。これらのマグマ混合や下部地殻の部分溶融はピジョン輝石を晶出するMMEのマグマが熱源となり起こったと考えられる。

Ishii (1975) *Miner. Jour.* **8**, 48-57. 三宅 (1981) 地雑 **87**, 383-403. Nakada(1983) *J. Petrol.*, **24**, 471-494. Shimura et al. (2023) *JMPS*. **118**, S008. Shinjoe., et al. (2019) *Geol. Mag.*, **158**, 47-71. Tatsumi (1981) *EPSL.*, **54**, 357-365. Tatsumi (1982) *EPSL.*, **60**, 305-317. Whitney & Stormer(1977) *Amer. Mineral.*, **62**, 687-691

Session Oral | T1 [Topic Session] Metamorphic rocks and tectonics

◆ EDI

 Sun. Sep 14, 2025 8:45 AM - 12:00 PM JST | Sat. Sep 13, 2025 11:45 PM - 3:00 AM UTC
  oral room 2(E107)

[10ral201-11] T1. Metamorphic rocks and tectonics

Chiar:Tatsuro ADACHI(Kyushu University), Ippei KITANO(The Hokkaido University Museum, Hokkaido University)

◆ entry

9:15 AM - 9:30 AM JST | 12:15 AM - 12:30 AM UTC

[T1-O-3] Subsurface lithological structure in the San'in region inferred from metagranitoid xenoliths from Mt. Daisen, Tottori Prefecture, Japan

*Mizuki Takahashi¹, Shunsuke Endo¹, Nobuhiko Nakano², Tatsuro Adachi² (1. Shimane Univ., 2. Kyusyu Univ.)

Keywords : xenolith、pyrometamorphism、plutono-metamorphic complex

【はじめに】 地下深くにおいて発生したマグマの上昇に伴いトラップされ、地表付近まで運ばれてきたゼノリスは、その地域の地殻～上部マントルの岩石構造に関する重要な情報源である。鳥取県西部に位置する大山は、主にデイサイトから構成される第四紀火山であり、周辺の基盤岩として、白亜紀末から古第三紀にかけて形成された山陰花崗岩類が分布する。また大山西麓ではトリアス紀およびジュラ紀の花崗岩類（一部は片麻状構造が顕著）が産し、その火成年代や組織から古期・新期飛騨花崗岩類の分布が示唆されている（堤ほか、2018; Kawaguchi et al., 2023）。大山北壁直下の元谷ではデイサイト河床礫中に片麻状花崗岩ゼノリスが含まれることが知られている（三浦, 1989）。三浦はこれらの花崗岩ゼノリス中に輝石が含まれることや、飛騨帯構成岩類との関連を述べているが、詳細な研究は行われていない。中国地方では大山の他にも複数の安山岩～デイサイト質火山に伴ったゼノリスの報告があるものの（e.g. 濡木, 1989）、それらに関する年代学的検討は行われておらず、地表の基盤岩類との成因的関係も不明である。本研究では、大山で産する片麻状花崗岩ゼノリスの詳細な記載岩石学的検討および年代学的検討を行った。なお、本研究における試料は国立公園特別保護地域内の土石の採取許可を受け採集した。

【岩石記載】片麻状花崗岩ゼノリスは、アルカリ長石を含まない石英閃緑岩～トータル岩質の鉱物組成を有し、基質部は斜長石によるグラノブラスティック組織を示す。融食形を示す石英は、板状のトリディマイト、針状の長石類（オリゴクレーヌ～アノーソクレーヌ、サニディン）からなる微晶質部に取り囲まれている。肉眼で観察可能な片麻状構造は単斜輝石（オージャイト）と直方輝石からなる集合体や黒雲母集合体の形態定向配列による。基質の斜長石に比べて、輝石集合体周辺の斜長石はCaに富む。黒雲母集合体周囲の斜長石はKに富むほか、黒雲母の結晶縁部はカリ長石＋直方輝石＋磁鉄鉱に部分的に置き換えられている。黒雲母はフッ素を含み（F = 3.4-5.2 wt%）、特に結晶周縁部ではF > OHとなる。

【ジルコンU-Pb年代】2試料の片麻状花崗岩ゼノリスからジルコンを分離しLA-ICP-MSによるU-Pb年代測定を行った。コンコードアントな²³⁸U-²⁰⁶Pb年代の加重平均（2σ）として、77.6 ± 1.7 Maと78.3 ± 1.4 Maが得られた。いずれの測定点もTh/U比が高く（0.28-0.70）、波動累帯を示すことから火成年代と判断される。

【議論】記載岩石学的特徴から、片麻状花崗岩ゼノリスは大山のマグマ供給系に取り込まれた際のパイロ変成作用を受けている。トリディマイトを含む微晶質部はパイロ変成作用時に生じたメルトの急冷組織と考えられる。メルトを生じる反応として、ホルンブレンドと黒雲

母の局所的な脱水溶融反応が考えられる．特に輝石集合体とそれに伴うCaに富む斜長石はホルンブレンドの脱水溶融反応が完全に進行した組織と考えられ，メタアルミナス花崗岩の低圧溶融実験（Patino Douce, 1997）とも整合的である．両輝石温度計や三長石温度計からパイロ変成作用の温度は1000°Cに達すると推定される．一方，黒雲母の脱水溶融反応の進行は限定的で，黒雲母は残存している．これは反応残留物の黒雲母にフッ素が濃集したことで，1000°C付近でも黒雲母が安定化した可能性が考えられる．片麻状花崗岩ゼノリスの片麻状構造と，基質のグラノブラスティック組織はパイロ変成作用以前の特徴であり，ゼノリスの起源が片麻状組織を示す変成花崗岩類であることを明確に示している．また2試料の片麻状花崗岩ゼノリスがともに約78 Maの後期白亜紀の火成年代を示したことから，これらゼノリスの起源は飛騨花崗岩類ではなく，山陰花崗岩類との成因的関連が明らかとなった．しかし，片麻状花崗岩ゼノリスは，浅所貫入型の塊状岩相を主とする山陰花崗岩類の特徴とは大きく異なっている．このような岩石がゼノリスとしてのみ産することは，山陰花崗岩類の深部相として，後期白亜紀深成－変成コンプレックスが山陰地域の地下に伏在することを示唆している．

参考文献：

Kawaguchi et al. (2023) *Gondwana Research*, 117, 56–85.

三浦 (1989) 島根大学教育学部紀要(自然科学), 23, 25–34.

濡木 (1989) 地質学論集, 33, 277–292.

Patino Douce (1997) *Geology*, 25, 743–746.

堤ほか (2018) 日本地質学会第125年学術大会講演要旨.

Session Oral | T1 [Topic Session] Metamorphic rocks and tectonics

EDI

Sun. Sep 14, 2025 8:45 AM - 12:00 PM JST | Sat. Sep 13, 2025 11:45 PM - 3:00 AM UTC  oral room 2(E107)**[1oral201-11] T1. Metamorphic rocks and tectonics**

Chiar:Tatsuro ADACHI(Kyushu University), Ippei KITANO(The Hokkaido University Museum, Hokkaido University)

9:30 AM - 9:45 AM JST | 12:30 AM - 12:45 AM UTC

[T1-O-4] Zincian spinel + quartz + andalusite assemblage from the Kanenari metamorphic rock, Un-nan area, Shimane prefecture, SW Japan*Toshiaki Shimura¹, Kiri Yamane^{1,2}, Shoichi Gota^{3,4} (1. Yamaguchi University, 2. SuncoH Consultants Co., Ltd., 3. Niigata University, 4. Tetsudokiki Co., Ltd.)

Keywords : Kanenari metamorphic rock、Rengeji granodiorite、contact metamorphism、spinel + quartz、UHT

島根県雲南地域には花崗岩類が広く分布し、わずかに変成岩類が露出している（松浦ほか、2005など）。本報告の変成岩は雲南市大東町金成付近に分布する岩体で、瀧本ほか（1965）・石原（1971）・郷田ほか（2011）では「金成ホルンフェルス」とよばれた。本報告ではこの岩体を野口ほか（2021）に倣い「金成変成岩」とよぶ。

金成変成岩は、北西側の大東花崗閃緑岩と南東側の蓮華寺花崗閃緑岩の間に、幅約200 m、長さ約1.5 kmでNE-SW方向に狭長に分布している。大東花崗閃緑岩との境界は第四紀堆積物に覆われ観察できていない。南東側は蓮華寺花崗閃緑岩に貫入されている。金成変成岩は優白質中粒塊状の岩石で、弱い片麻状構造をもつ。主にザクロ石・垂鉛スピネル・白雲母・黒雲母・紅柱石・珪線石・堇青石（ピナイト化）・斜長石・カリ長石・石英で構成され、グラノブラスティック組織を示す。少量の閃亜鉛鉱・黄鉄鉱・黄銅鉱・イルメナイト・チタナイト・ルチル・モナズ石・ジルコンを含む。変成鉱物の消長関係から、金成変成岩は北東（低変成度）側から南西（高変成度）側へ、ザクロ石-紅柱石帯、ザクロ石-スピネル-紅柱石帯、スピネル-珪線石帯、堇青石-珪線石帯、のように変成分帯ができる。

スピネル+石英の共生は、ザクロ石-スピネル-紅柱石帯の岩石にみられる。主要な構成鉱物はザクロ石・スピネル・紅柱石・白雲母・黒雲母・斜長石・カリ長石・石英である。ザクロ石は $Alm = 18-27\%$, $Sps = 70-79\%$, $Prp = 1.7-3.3\%$, $Grs = 0.3-1.2\%$ の組成を示す。スピネルはオープンニコルで明緑色で、石英と直接接して産し、 ZnO を22-33 wt%含み、 $Hc = 24-38\%$, $Glx = 1.8-5.8\%$, $Spl = 4.3-8.6\%$, $Ghn = 50-68\%$ の組成を示す。

スピネル+石英共生は超高温変成岩（UHT）に産する鉱物組合せである（Hensen and Green, 1971; Harley, 1998など）。日本列島からは新潟県北部の花崗岩中の変成岩ゼノリスから報告されている（Shimura et al., 2002）。スピネル+石英の安定領域はスピネルの垂鉛含有比が増えるとUHT以下の温度条件まで広がる（Shimura et al., 2002; Harley, 2008; Clark et al., 2011）。その安定領域は P - T 図上で低温側に向かって閉じる楔形の形状をしており、その低温側の先端は系の X_{Mg} が低くなると低温低圧側に移動し、スピネルの垂鉛含有比の増加によりさらに低温側に移動する（Shimura et al., 2002）。

Nichols et al. (1992) は、スピネル+石英共生に関わる地質温度圧力計を、スピネルの垂鉛含有比を考慮した系で構築した。Shimura et al. (2023) は、4成分系の解析からザクロ石-アルミノ珪酸塩鉱物-スピネル-斜長石地質圧力計（GASpP圧力計）を提案した。またShimura et al. (2023) は、その熱力学モデルを利用し、藍晶石・珪線石・紅柱石領域にわたり広く使用

可能な GASP地質圧力計も構築した。

これらの熱力学モデルを用いて解析したところ、金成変成岩は構成鉱物の X_{Mg} が低い事と、スピネルが亜鉛に富む事から、スピネル+石英共生が紅柱石領域内で安定に存在しうることが明らかになった。また、本研究による変成分帯から、金成変成岩は南東側の蓮華寺花崗閃緑岩に向かって変成温度が上昇している事がわかった。石原・谷 (2013) は、蓮華寺花崗閃緑岩のジルコンU-Pb年代として 65.32 ± 0.71 Maを、大東花崗閃緑岩から 56.62 ± 0.61 Maを、また金成変成岩のジルコン1粒から 71.1 ± 2.0 Maを報告した。金成変成岩はこの地域において最古の岩石とされている(野口ほか, 2021)。その源岩の帰属や、変成年代と熱源の解明は、山陰地域の地史を考えるうえで重要である。

文献： Clark et al. (2011) *Elements*, **7**, 235–240; 郷田ほか (2011) 地質学会演旨, R9-P-8; Harley (1998) *Geol.Soc.Spec.Pub.*, **138**, 81–107; Harley (2008) *JMG*, **26**, 125–154; Hensen and Green (1971) *CMP*, **33**, 309–330; 石原 (1971) 地調報告, **239**, 183p; 石原・谷 (2013) 資源地質, **63**, 11–14; 松浦ほか (2005) 「木次」地質図幅, 産総研; 野口ほか (2021) 地質雑, **127**, 461–478; Shimura et al. (2002) *J.Geol.Soc.Japan*, **108**, 347–350; Shimura et al. (2023) *JMPS*, **118**: S008; 瀧本ほか (1965) 鉱山地質, **15**, 36–47.

Session Oral | T1 [Topic Session] Metamorphic rocks and tectonics

◆ EDI

 Sun. Sep 14, 2025 8:45 AM - 12:00 PM JST | Sat. Sep 13, 2025 11:45 PM - 3:00 AM UTC
  oral room 2(E107)

[1oral201-11] T1. Metamorphic rocks and tectonics

Chiar:Tatsuro ADACHI(Kyushu University), Ippei KITANO(The Hokkaido University Museum, Hokkaido University)

◆ Highlight ◆ entry

9:45 AM - 10:00 AM JST | 12:45 AM - 1:00 AM UTC

[T1-O-5] Rutiles indicating ultrahigh-temperature metamorphism in a garnet-biotite gneiss from Brattnipene, Sør Rondane Mountains, East Antarctica

*Hiroto GONDO¹, Tetsuo KAWAKAMI¹, Fumiko HIGASHINO¹, Tatsuro ADACHI², Masaaki UNO³
(1. Kyoto Univ., 2. Kyusyu Univ., 3. Tokyo Univ.)

【**ハイライト講演**】 著者らは、東南極セールロンダーネ山地に産するグラニュライト相のザクロ石-黒雲母片麻岩から、ザクロ石中のルチルの産状とZr含有量に着目することで、超高温変成作用の痕跡の検出に成功している。グラニュライト相に達する高温変成帯における超高温変成作用の空間分布やそのテクトニクス の解明に貢献することが期待される。[※ハイライト講演とは...](#)

Keywords : Sør Rondane Mountains、East Antarctica、ultrahigh-temperature metamorphism、rutile

超高温変成作用(UHTM)は、900°Cを超える温度条件かつ珪線石-藍晶石相転移線を概ね超えない圧力条件下における広域変成作用である[1]。UHTMの空間的な広がりや継続時間を明らかにすることは、当該超高温変成岩の形成過程を理解する上で重要である。東南極セール・ロンダーネ山地は、主に角閃岩相〜グラニュライト相の高度変成岩類からなり[2]、構造境界であるMain Tectonic Boundary(MTB)を境として北東テレーンと南西テレーンに区分される[3]。同山地における超高温変成岩はこれまで、転石[4][5]を除くと、北東テレーンから報告されているのみで、時空間的広がり は不明である[6][7]。そこで本発表では、南西テレーンに属するブラットニーパネ小指尾根西壁の露頭から採取された泥質片麻岩中の高いZr濃度を有するルチルについて報告し、同片麻岩がUHTMを経験した可能性を議論する。本研究で用いたザクロ石-黒雲母片麻岩は、石英に富むQz-rich層と石英に極めて乏しくスピネルを産するQz-poor層を有する。Qz-rich層は、ザクロ石斑状変晶に加え、主として石英、斜長石、黒雲母、ルチル、イルメナイトがマトリクスを構成する。ザクロ石は、石英、斜長石、黒雲母、ルチル、ジルコンを包有し、リン(P)による振動累帯構造を有する。この振動累帯構造で定義される等時面に基づき、ザクロ石は多数の石英包有物をもつコア(Grs4)と、それよりも外側のリム(Grs3-4)に分けられる。ルチルはザクロ石全体に、黒雲母+ルチル(Zr=170-1118 ppm)+石英の多相包有物、ルチル+石英、ルチル単相などの産状で包有される。ルチル+石英の産状のルチル1粒子から極めて高いZr濃度(7633 ppm)が得られた。ルチル+石英およびルチル単相としてザクロ石に包有されるルチルの多くは細粒なため、周囲のザクロ石や石英との混合物として定量分析すると、Zr=348-3620 ppmを与えた。いずれの産状のルチルも、ザクロ石のPによる振動累帯構造で定義される等時面上にジルコンが包有される。Qz-rich層のマトリクスに産するルチルのZr濃度は1303 ppm以下であった。Qz-poor層は、ザクロ石斑状変晶に加え、主として斜長石、黒雲母、珪線石、スピネル、ルチル、イルメナイトがマトリクスを構成する。ザクロ石はPの振動累帯構造をもたず、Grs3-4のコアとGrs4-5のリムをもつ。コアからリムにかけて包有物の組み合わせに変化はみられない。ザク

ロ石コアは、珪線石やスピネルとともに高Zr濃度(2510-7707 ppm)のルチルおよびジルコンを包有するが、石英を包有しない。Qz-poor層のマトリクスに産するルチルのZr濃度は311-1792 ppmであった。Qz-rich層のザクロ石に包有されるルチル(Zr=7633 ppm)はジルコンや石英と共存することから、Zr-in-rutile地質温度計[8]を適用した結果、952°C以上の超高温条件を得た。一方、Qz-poor層のザクロ石コア中には、ルチルとジルコンが産するものの石英がみられない。そこで、ザクロ石中のルチル(Zr=7707 ppm)に対し、 αSiO_2 を考慮したZr-in-rutile地質温度計[9]を $\alpha\text{SiO}_2=0.5$ として適用し、珪線石安定領域内で849-971°Cを得た。以上のように、本研究試料のザクロ石中には超高温を示すルチルが包有され、UHTMが南西テレーンまで広がっている可能性を示す。このように一部のルチルはUHTMの痕跡を残す一方で、Qz-rich層のザクロ石中には、超高温条件を示さない低Zr濃度のルチルも多数包有される。本発表では、これら2種類のルチルの成因についてさらに考察する。引用文献 [1] Harley 2021 Elsevier [2] Shiraishi et al. 1997 Antarctic Geol. Map Ser. [3] Osanai et al. 2013 Precam. Res. [4] Nakano et al. 2011 Polar Science [5] Baba et al. 2019 Mineral. Petrol. [6] Higashino and Kawakami 2022 JMPS [7] Satish-Kumar et al. 2025 Geol. J. [8] Tomkins et al. 2007 JMG [9] Ferry and Watson. 2007 CMP



📅 Sun. Sep 14, 2025 8:45 AM - 12:00 PM JST | Sat. Sep 13, 2025 11:45 PM - 3:00 AM UTC 🏠 oral room 2(E107)

[10ral201-11] T1. Metamorphic rocks and tectonics

Chair: Tatsuro ADACHI (Kyushu University), Ippei KITANO (The Hokkaido University Museum, Hokkaido University)

10:00 AM - 10:15 AM JST | 1:00 AM - 1:15 AM UTC

[T1-O-6] Metamorphic pressure-temperature conditions of garnet peridotite from the eastern part of the Bohemian massif

*Daisuke NAKAMURA¹, Utuse YOSHIDA¹ (1. Okayama University)

Keywords : Bohemian massif, garnet peridotite, estimation of pressure and temperature, geothermometer, geobarometer

ヴァリスカン造山帯の東端に位置するボヘミア地塊には様々な造山帯かんらん岩が産し、そうしたかんらん岩の中には3 GPa以上の超高压条件を記録しているザクロ石かんらん岩がある。特にボヘミア地塊の東部に位置するNové Dvoryに産するザクロ石かんらん岩は1000°C, 4 GPa以上の超高温超高压条件を示すことが確認されている (Medaris et al., 1990: Lithos 25, 189–202; Muriuki et al., 2020: JMPS 115, 1–20)。また、Nové Dvoryの近傍にあるHorní Bory採石場にもザクロ石かんらん岩が産し、ザクロ石-かんらん石温度計とAl-in-Opx圧力計を用いた推定で、レールゾライトに対して約900°C, 3.8 GPa (Ackerman et al., 2009: Chemical Geology 259, 152–167)、ザクロ石-直方輝石温度計やAl-in-Opx圧力計などを用いた推定で、ザクロ石輝岩に対して870–1030°C, 3.9–4.8 GPaといった温度圧力条件が得られている (Naemura et al., 2009: JMPS 104, 168–175)。このように、上記の2地域の変成温度圧力条件を比較すると、Nové Dvoryに産するザクロ石かんらん岩のほうが著しく高い温度条件を与えており、両者の変成温度圧力条件に明瞭な差がある。そこで、本研究ではHorní Bory採石場で採取されたザクロ石かんらん岩の分析とその変成温度圧力推定を行い、既存のデータとの比較を行った。

観察と分析を行った試料は直径1 m程度の小さなかんらん岩の岩塊から採取したザクロ石かんらん岩であるが、すべてのザクロ石粒子 (直径数mm) は完全にケリファイト化しており、ザクロ石は残存していなかった。しかし、もともとザクロ石が包有していたと思われるスピネル[Cr/(Al+Cr)=0.5–0.7; 100 Mg/(Fe+Mg)=Mg#=46–56]がケリファイト中に包有されるように残存している。これらのスピネルはMuriuki et al. (2020)がNové Dvoryで記載したザクロ石中のスピネル包有物とほぼ同じ組成[Cr/(Al+Cr)=0.57–0.67; Mg#=49–54]をしている。また、マトリクスにはスピネルは無く、直径0.2–1.0 mm程度のかんらん石 (Mg#=0.90–0.91) および単斜輝石[Mg#=0.93–0.95; Na/(Ca+Na)=0.07–0.13; Si=1.95–1.99 apfu (O=6)]、直方輝石[Mg#=0.91–0.92; Si=1.93–1.97 apfu (O=6)]が主なマトリクスの構成鉱物となっている。

本研究試料にはザクロ石が残存していないので、Cr-in-Cpx圧力計 (Nimis & Taylor, 2000: CMP 139, 541–554) と両輝石温度計 (Brey & Kohler, 1990: J. Petrol. 31, 1353–1378) を用いて、その変成温度圧力条件を算出した。輝石の組成には最もSiに富むデータを使用したところ、約830°C, 4.0 GPaとなった。この温度圧力は先行研究 (Ackerman et al., 2009; Naemura et al., 2009) で見積もられている温度圧力よりやや低温であるものの圧力は同程度となった。このように、Horní Boryに産するザクロ石かんらん岩はNové Dvoryに産する

ものよりはるかに低い温度での変成作用しか受けていないようである。

ただし、Nové Dvoryに産するザクロ石かんらん岩の温度圧力推定については一つ問題が残っている。それはFe-Mg交換型の温度計では1000°Cを遥かに超える温度が出ているのに対して、両輝石温度計を使用すると800-900°C程度の温度しか算出されないという点である。Fe-Mg交換型温度計の場合、三価の鉄の推定に問題が残る。全鉄を二価として計算した場合より三価の鉄の量を推計した場合の方が、温度が低く算出される。そこで、ザクロ石-単斜輝石温度計、ザクロ石-直方輝石温度計、両輝石温度計の3種類の温度計が近い温度を与える三価の鉄の量を計算したところ、単斜輝石は全鉄の内4割が三価、直方輝石は全鉄の内3割が三価となると上記の3種類の温度計が示す温度が900-950°Cとなり一致する結果となった。しかし、ザクロ石-かんらん石Fe-Mg交換型温度計も考慮すると問題が生じる。全鉄が二価とすると、この温度計は1000°C以上の温度を与えるが、かんらん石は化学量論的に計算しても三価の鉄をほとんど含んでいない。よって、化学量論的に考えて過剰な量の三価の鉄がかんらん石に含まれていない限り、ザクロ石-かんらん石温度計と両輝石温度計が与える温度のズレは解消されないという問題が残る。

Session Oral | T1 [Topic Session] Metamorphic rocks and tectonics

◆ EDI

📅 Sun. Sep 14, 2025 8:45 AM - 12:00 PM JST | Sat. Sep 13, 2025 11:45 PM - 3:00 AM UTC 🏠 oral room 2(E107)

[1oral201-11] T1. Metamorphic rocks and tectonics

Chair: Tatsuro ADACHI(Kyushu University), Ippei KITANO(The Hokkaido University Museum, Hokkaido University)

10:30 AM - 11:00 AM JST | 1:30 AM - 2:00 AM UTC

[T1-O-7] [Invited] Tectonic evolution of Northeast Asia and the origin of Proto-Japan during the Paleozoic to Mesozoic

*Kenta KAWAGUCHI¹ (1. Hiroshima University)

Keywords : Northeast Asia、Proto-Japan、Paleozoic、Mesozoic

日本海拡大以前の"原日本列島"はアジア大陸東縁で成長した。しかし、その起源は不明点が多い。そこで、本講演では演者が共同研究者と共に近年公表したデータに基づき、中・古生代の北東アジアのテクトニクスと"原日本列島"の起源についてまとめる。

古生代舞鶴帯：断片化した大陸地殻の様相を呈する舞鶴帯北帯において、舞鶴地域にはオルドビス紀後期-シルル紀、石炭紀後期-ペルム紀 (e.g., Fujii et al., 2008. *Island Arc* 17, 322-341)、岡山県北部にはカンブリア紀後期-オルドビス紀、石炭紀(Harada et al., 2024. *JMPS* 119:240616)の火成弧型(変)花崗岩類が産する。舞鶴地域の花崗岩類のジルコンのLu-Hf同位体組成は、 $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 値で示すと、オルドビス紀後期と石炭紀後期のものは+0.2から+3.1の値を示す一方、ペルム紀前期のものは+4.4から+12.2を示す(川口ほか2024地質学会要旨)。東アジア東縁において、石炭紀の沈み込みが認められない南中国地塊東-南縁(e.g., Li et al., 2012. *Chem. Geol.* 328, 195-207)と、古原生代のクラトンを主体とする北中国地塊東部(e.g., Kang et al., 2023. *Earth Sci. Rev.* 247, 104605)は舞鶴地域と岡山県北部の舞鶴帯北帯の起源とは考えにくい。一方、同地域の舞鶴帯北帯花崗岩類と類似した同位体組成を持つ花崗岩類は、東アジアにおいてはKhanka-Jiamusi地塊に広く認められ(e.g., Zhang et al., 2018, *J. Earth Sci.* 29, 255-264)、舞鶴地域から岡山県北部の舞鶴帯北帯は同地塊に起源を持つと考えられる。

ペルム紀-トリ阿斯紀火成活動："原日本列島"では飛騨帯において約260-230 Maにピークを持つ火成弧型の火成活動が認められる。一方、韓半島においては古生代の火成活動静穏期の後、283 Maに火成活動が活発化した(Choi et al., 2021. *Lithos* 382-383, 105930)。韓半島のペルム紀-トリ阿斯紀の火成活動は(1) 283-230 Maの火成弧型、(2) 235-225 MaのPost-collision型、(3) 230-215 Maの非火成弧型でAタイプ花崗岩を主体とする活動に三分できる。(1)は韓半島南東部と北東部に認められる。一方、(2)は韓半島中央部のGyeonggi Massif (GM)北部以北に限られ、その分布の南限はGM内に定義できる。従って、その南限は南北中国地塊の衝突境界に対応する可能性がある。(3)は(2)の南限以南で限定的に認められる。飛騨帯の約260-230 Maの火成弧型深成岩は、韓半島の(1)に対応する。飛騨帯の火成活動は約230 Maにピークアウトし、韓半島における(1)の活動も同様のパターンを示す。韓半島の230 Ma以降の火成活動(3)はSlab-roll backに起因し(Lee et al., 2021. *Lithos* 386-387, 106018)、それは約215 Maに停止する。

ジュラ紀火成活動："原日本列島"においては約230 Ma、韓半島においては約215 Maに始まる火成活動静穏期の後、両者に共通して火成弧型の火成活動が約200 Maに開始した。"原日本列島"ではジュラ紀の飛騨・江尾花崗岩が、韓半島ではDaebo花崗岩が該当する。これらは、(I) 約200-180 Maの年代を示し、インヘリテッドジルコンに極めて乏しく、高いジルコ

ンの $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 値(-0.8から+13)を持つものと、(II) 約180–160 Maの年代を示し、先カンブリア時代のインヘリテッドジルコンに富み、低いジルコンの $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 値(-25.0から-13.9)を持つものに明瞭に二分される。(I)の全岩化学組成は重希土類元素に中程度に涸渇したパターンを示し、典型的な火成弧組成を示す。一方、(II)の多くは中-重希土類元素に強く涸渇した全岩化学組成を有し、ざくろ石やホルンブレンドを残渣に持つことが示唆され、厚い下部地殻の溶融により形成されたアダカイト質花崗岩類と高い類似性を持つ(Kawaguchi et al., 2023, Gondwana Res. 117, 56–85)。(I)は"原日本列島"の飛騨・江尾花崗岩と、韓半島南東部と北東端におけるDaebo花崗岩が該当する。これは、飛騨・江尾花崗岩が韓半島南東部から北東部へ続く一連の沈み込み帯で形成されたことを示唆する。一方、(II)は(I)の主たる分布域を除く韓半島全土に広く認められる。これは沈み込み角度の低角度化により"原日本列島"と韓半島南東・北東部で(I)の火成活動が180 Maごろ停止し、より大陸側で(II)の活動がそれ以降広く生じたことを示唆する。

Session Oral | T1 [Topic Session] Metamorphic rocks and tectonics

◆ EDI

📅 Sun. Sep 14, 2025 8:45 AM - 12:00 PM JST | Sat. Sep 13, 2025 11:45 PM - 3:00 AM UTC 🏠 oral room 2(E107)

[10ral201-11] T1. Metamorphic rocks and tectonics

Chair: Tatsuro ADACHI (Kyushu University), Ippei KITANO (The Hokkaido University Museum, Hokkaido University)

◆ entry ◆ ECS

11:00 AM - 11:15 AM JST | 2:00 AM - 2:15 AM UTC

[T1-O-8] P-T evolution and U-Pb ages of the Komori metamorphic rocks in the northern subzone, Maizuru Terrane: Implications for Tectonics in East Asia

*Sota Muroi¹, Kenta Kawaguchi¹, Kaushik Das¹, Nobuhiko Nakano², Yasutaka Hayasaka³ (1. Hiroshima University, 2. Kyushu University, 3. Amakusa Museum of Goshoura Dinosaur Island)

Keywords : Maizuru Terrane、Northern Subzone、Komori-Kuwagai metamorphic rocks、U-Pb age of zircon、Th-U-Total Pb age of monazite

西南日本内帯に分布する舞鶴帯は、岩相構成によって北帯、中帯、南帯に区分される(加納ほか、1959, 地質学雑誌)。南帯は夜久野オフィオライトとそれに貫入するペルム紀前期の海洋内島弧起源の火成岩類で構成され、中帯は背弧海盆地殻とその上に堆積したペルム系舞鶴層群からなる。南帯と中帯は島弧-背弧盆系の様相を呈する一方、北帯は花崗岩類を主体とし、角閃岩や泥質片岩を主体とした変成岩類も産する(池田・早坂, 1994, 岩鉱; Fujii et al., 2008, Isl. Arc)。したがって、北帯の岩相は大陸地殻の様相を呈し、北東アジアの大陸地塊群と類似していることから、北帯の地質学的・岩石学的検討は舞鶴帯と北東アジアとの対比において極めて重要な意味を持つ。しかし北帯は、中帯、南帯と比べ地質学的・岩石学的研究が不十分で、特に詳細な岩相分布の把握と変成岩の精密な年代・岩石学的解析はなされていない。変成岩の年代・岩石学的解析は、時間軸を含めた変成プロセスの解析を可能とし、同様の変成プロセスを持つ北東アジア大陸地塊群との比較検討を行うことで、舞鶴帯北帯の起源を決定し、古地理的復元に基づくプレート運動像の推定が可能となる。

近年、我々は舞鶴帯北帯の河守-桑飼地域に産する変成岩の変成条件の解析結果を報告した(室井ほか、2025, JpGU abstr)。同研究では、地質温度圧力計により、当地域の変成岩が高温低圧型の角閃岩相に相当する後退変成作用を受けたことを明らかにし、ジルコンU-Pb年代測定により碎屑性ジルコン年代と約282 Maのピーク変成時期を報告した。本研究では、変成作用の詳細なP-T経路を解明することを目的として、新たに全岩化学組成に基づくシュードセクション解析を行い、ピーク変成後の変成岩上昇過程において、中程度の角閃岩相を経て緑色片岩相に至るP-T経路が明らかとなった。

本発表では、これまでの我々の研究成果と新たなシュードセクション解析を統合することに加え、今後実施予定の角閃岩および花崗岩類のジルコンU-Pb年代データを併せて、本研究地域から制約する石炭紀後期からペルム紀初期にかけての東アジアにおける地殻進化に関する具体的なテクトニックモデルを提案する予定である。

Session Oral | T1 [Topic Session] Metamorphic rocks and tectonics

EDI

Sun. Sep 14, 2025 8:45 AM - 12:00 PM JST | Sat. Sep 13, 2025 11:45 PM - 3:00 AM UTC  oral room 2(E107)**[1oral201-11] T1. Metamorphic rocks and tectonics**

Chair: Tatsuro ADACHI (Kyushu University), Ippei KITANO (The Hokkaido University Museum, Hokkaido University)

ECS

11:15 AM - 11:30 AM JST | 2:15 AM - 2:30 AM UTC

[T1-O-9] Hydrothermal Alteration and Porosity Evolution of Lower Crust: Plagioclase Replacement by Epidote in the Khantaishir ophiolite, Western Mongolia

*OTGONBAYAR DANDAR¹, ATSUSHI OKAMOTO¹, MASAOKI UNO², NORIYOSHI TSUCHIYA^{1,3} (1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 2. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 3. National Institute of Technology, Hachinohe College)

Keywords : Hydrothermal alteration, Epidote, Gabbro, Khantaishir ophiolite, western Mongolia

Fluid flow in the oceanic crust is key to heat and element transport, hydration reactions, and changes in crustal properties, and it plays a role in ore formation and tectonic activity. Hydrothermal alteration of mafic rocks and plagiogranites often produces epidote, rich in epidote and quartz, typically linked to high water-to-rock ratios and volcanic massive sulfide deposits. Fluids penetrate more easily in porous volcanic rocks, while in denser gabbros, flow is mostly limited to fractures. Despite the frequent occurrence of altered gabbro, the details of element transport, fluid movement, and porosity evolution during alteration remain unclear.

To study these processes, we examined hydrothermally altered gabbro from the Khantaishir ophiolite in western Mongolia. The samples contain primary pyroxene and amphibole, and secondary epidote, chlorite, albite, and minor quartz. Diopsidic pyroxene includes amphibole, and original plagioclase is mostly replaced by polycrystalline epidote, with some chlorite and albite. Pyroxene is partly replaced by chlorite, preserving exsolved amphibole. Amphibole shows zoning from hornblende to actinolite. Epidote is primarily clinozoisite, albite is sodium-rich <0.90–0.99>, and chlorite has XMg values of 0.72–0.75. Hornblende chemistry indicates formation at 1–2.5 kbar, and chlorite thermometry suggests alteration temperatures of 280–300°C.

Element transfer from plagioclase to epidote reflects gains in CaO <12 wt.%>, Al₂O₃ <5 wt.%>, and H₂O <2 wt.%>, assuming volume conservation and a plagioclase Ca# of 0.82.

The gabbro contains various veins <amphibole, chlorite + albite, albite + epidote, and epidote>, but in vein-free areas, plagioclase is directly replaced by epidote, indicating early pervasive alteration. Epidote pseudomorphs with fine inclusions or voids suggest porosity changes during metamorphism. This alteration records both thermal history and porosity evolution, with epidote formation likely promoting mass transfer and fluid pathways in the lower oceanic crust.

📅 Sun. Sep 14, 2025 8:45 AM - 12:00 PM JST | Sat. Sep 13, 2025 11:45 PM - 3:00 AM UTC 🏠 oral room 2(E107)

[10ral201-11] T1. Metamorphic rocks and tectonics

Chiar:Tatsuro ADACHI(Kyushu University), Ippei KITANO(The Hokkaido University Museum, Hokkaido University)

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[T1-O-10] Pressure-temperature structure of high-temperature metamorphic rocks around Mt. Raizan and the Itoshima Peninsula, northwestern Kyushu: a possible western extension of the Ryoke arc.

*Kazuhiro Miyazaki¹, Yayoi Muraoka¹, Takeshi Ikeda², Tadai Nishiyama³ (1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Kyushu Univ., 3. Kumamoto Univ.)

Keywords : High temperature metamorphic rock, Ryoke complex, Raizan, Itoshima, Cretaceous, metamorphic pressure and temperature, zircon U-Pb age, Itoshima granodiorite, Sefuri metamorphic rocks, Tsukushi complex

九州北西部脊振山塊～糸島半島に分布する高温型変成岩(背振変成岩類)は、蓮華コンプレックスに花崗岩が貫入し生じた接触変成岩とされる。しかしながら、脊振山塊の雷山、浮嶽、天山に分布する背振変成岩類は高温型広域変成岩と見なされている^{1,2,3}。今回我々は、雷山-糸島半島周辺背振変成岩類の岩相層序、地質構造、温度圧力構造を調べた。碎屑性ジルコン最若年代^{4,5}と岩相層序により、背振変成岩類は周防コンプレックスを原岩とする浜ユニット、蓮華コンプレックスを原岩とする野北、雷山、及び能古島の3つのユニットに区分できる。背振変成岩類は、単一の地殻浅所貫入花崗岩周囲に形成される接触変成岩と異なり、次のような特徴を有する。1)黒雲母からなる主片理が発達する。2)能古島ユニットで550°C, 3.5 kbar, 野北ユニット、浜ユニット、及び雷山ユニット上部で600-650°C, 3-4 kbarとほぼ一定の温度圧力領域が広く分布する。3)雷山ユニットは見掛けの層厚約1 km, 水平距離約3kmで、上部の条件から650 °C, 5 kbar (中部)を経て、750 °C, 7 kbar(下部)と変成圧力が急激に増加する。4)雷山ユニット中部-下部では泥質ミグマタイトが分布し、下部ミグマタイトには径数cmのざくろ石が生じている。背振変成岩類の岩相と温度圧力条件は、領家コンプレックスと類似する。3)は厚い高温型変成帯が薄化して上昇してきたことを示しており、最高変成圧力(深度)は領家コンプレックスに匹敵する。

雷山-糸島地域の花崗岩類と変成岩類のジルコンU-Pb年代^{4,6}を再解析し、以下のことが判明した。5) 野北ユニット北の北崎トータル岩が121.0 ±6.4Ma, 110.7 ±1.8 Maの2つ、6) 野北ユニット南から雷山ユニット北に分布する糸島花崗閃緑岩は106.1 ±0.9 Maの単一、7) 雷山ユニット南に分布する糸島花崗閃緑岩は130 ±10.0, 108.3 ±3.2, 100.8 ±4.7 Maの3つの年代成分をもつ。さらに、8) 雷山ユニット下部泥質ミグマタイト変成ジルコンは106.3 ±1.9, 99.7 ±1.1 Maの2つの年代成分をもち、糸島花崗閃緑岩の年代成分と同期する。花崗岩類と変成岩類の複数の年代成分同期は、領家コンプレックス⁷と同じである。

九州北部筑紫山地に分布する花崗岩類を主とする白亜紀深成岩類とこれに伴う高温型変成岩類を筑紫コンプレックスと定義する。筑紫コンプレックスにおいて、背振変成岩類以外に広く600°C以上ないしカリ長石堇青石の組合せが出来る変成温度に達しているのは、98Ma^{8,9}の朝倉花崗閃緑岩北側の変成岩¹⁰及び南東側の変成岩¹¹, 107.5-101.8 Ma^{9,12}の添

田花崗閃緑岩周囲の田川変成岩¹³, 98Ma^{8,9}の平尾花崗閃緑岩西側の田川変成岩¹⁴である。雷山周辺の脊振変成岩類は薄化を伴いながら, 100Ma前後の片麻状糸島花崗閃緑岩バソリスと共にダイアピルとして上昇してきたと考えられる。即ち, いずれも100 Ma前後もしくは106Ma前後の花崗閃緑岩バソリスを伴って分布する。一方, 筑紫コンプレックス北側には, 関門層群脇野垂層群と下関垂層群に, それぞれ112 Maと106 Maの流紋岩が分布し⁸, 火山活動時期は筑紫コンプレックスの110 Maと106Maの深成岩年代成分^{6,8,9,12}, 106 Maの変成作用年代成分に同期する。

領家コンプレックスの高温領域も, 従来考えられていたような最高温度軸を中心を持つ帯状配列ではなく, 巨視的にはダイアピル上昇を想起させるドーム状の分布を示す¹⁶。火山活動と深成-変成作用の関連性は, 領家コンプレックスでも指摘されており^{7,15}, 領家コンプレックスと筑紫コンプレックスは, 共に一連の白亜紀火山弧(領家火山弧)を形成していた可能性を指摘できる。

引用文献 1大和田ほか(2005) 地雑, 2大和田ほか(2000) 地雑, 3 Yamada et al (2008) Jour. Minel. Petrol. Sci, 4宮崎・村岡(2022) 地質学会要旨, 5 Tsutsumi et al. (2011), 6 村岡・宮崎(2022) 地質学会要旨, 7 Miyazaki et al. (2023) Jour. Meta. Geol, 8 Miyazaki et al. (2018) Rev. Intl. Geol, 9堤・谷(2022) 地質学会要旨, 10大和田・深見 (2018) 地質学会要旨, 11北野・池田(2012)地雑, 12柚原ほか(2019), 13柚原ほか (2021) , 14 Fukuyama et al (2004) Jour. Minel. Petrol. Sci, 15 Miyazaki et al (2024) Elements, 16 Ikeda et al. (submitted)

Session Oral | T1 [Topic Session] Metamorphic rocks and tectonics

EDI

Sun. Sep 14, 2025 8:45 AM - 12:00 PM JST | Sat. Sep 13, 2025 11:45 PM - 3:00 AM UTC  oral room 2(E107)

[1oral201-11] T1. Metamorphic rocks and tectonics

Chair: Tatsuro ADACHI (Kyushu University), Ippei KITANO (The Hokkaido University Museum, Hokkaido University)

11:45 AM - 12:00 PM JST | 2:45 AM - 3:00 AM UTC

[T1-O-11] K-Ar geochronology of Abukuma metamorphic belt in NE Japan: towards a formation model of the plutonic metamorphic belt over 1,000km

*Tetsumaru ITAYA¹ (1. Hiruzen Institute for Geology & Chronology)

Keywords : Abukuma metamorphic belt, NE Japan, Low P/T type of metamorphism, K-Ar ages of biotite & muscovite, middle Cretaceous plutonic metamorphic belt, subduction roll-back, high Nb basalt, adakite, high Mg andesite

The Abukuma Mountains is one of the important geological units in NE Japan, and most of it is occupied by middle Cretaceous plutonic rocks. In the southern region, metamorphic rocks are distributed over a fairly wide area along with the plutonic rocks. The Abukuma metamorphic belt in the Gosaisyo-Takanuki region is well-known as a type belt that underwent the andalusite-sillimanite progressive metamorphism (Miyashiro 1958). Based on the lithology, the Abukuma metamorphic rocks can be divided into the Gosaisyo series on the east side and the Takanuki series on the west side. The Gosaisyo series are mainly composed of metabasites and metacherts with subordinate amount of meta-ultrabasites, metapelites and limestones. Based on the geochemical analysis of the metabasites and the finding of radiolarian fossils in siliceous metamorphic rocks, the Gosaisyo series are thought to have been formed by the metamorphism of the upper part of the Jurassic oceanic crust (Hiroi and Kishi, 1989). On the other hand, the Takanuki series consists dominantly of pelitic-psammitic gneisses with small amounts of coarse-grained metabasites and marbles containing lenses of metalaterites. The host rocks of the Takanuki series are thought to be essentially of terrigenous origin (Hiroi and Kishi, 1989). The K-Ar analyses of muscovite and biotite from the two types of series were carried out, resulting in the two different types of series were the same in age of ca. 100Ma. This indicates that both series underwent the low P/T type of metamorphism together in middle Cretaceous after the different geological bodies juxtaposed tectonically with each other. This Abukuma metamorphism and coeval pluton formation relates to the middle Cretaceous low-P/T type metamorphism with coeval plutonic rocks in the Higo region of Kumamoto Prefecture and the Yanai Ryoke region of Yamaguchi Prefecture in SW Japan. In this way, the middle Cretaceous low P/T type of rocks with coeval plutonic rocks can be traced over 1,000 km from Higo through Yanai Ryoke to Abukuma. The crust of east Asian continental margin, which consist of various types of rocks, has undergone the low P/T type of metamorphism with pluton formation in middle Cretaceous. This means a plutonic metamorphic belt over 1,000 km in middle Cretaceous. The subduction rollback in middle Cretaceous cause the high-T asthenosphere introduces into the wedge mantle and lead the specific magma such high Nb basalt, adakite and high Mg andesite

(Imaoka et al., 2014; 2017) beneath the accretionary complex. The magmas heat the lower part of complex, resulting in the low P/T type of metamorphism of the complex and the ilmenite series granite formation by the partial melting of the lower complex.

References

- Hiroi, Y. and Kishi, S. (1989) Staurolite and kyanite in the Takanuki pelitic gneisses of the Abukuma metamorphic terrane, northeast Japan. *Journal of the Japanese Association of Mineralogists, Petrologists and Economic Geologists*, 84, 141-151 (in Japanese with English abstr.).
- Imaoka, T., Nakashima, K., Kamei, A., Itaya, T., Ohira, T., Nagashima, M., Kono, N., Kiji, M. (2014) Episodic magmatism at 105 Ma in the Kinki district, SW Japan: petrogenesis of Nb-rich lamprophyres and adakites, and geodynamic implications. *Lithos* 184–187, 105–131.
- Imaoka, T., Kawabata, H., Nagashima, M., Nakashima, K., Kamei, A., Yagi, K., Itaya, T. and Kiji, M. (2017) Petrogenesis of an upper Cretaceous lamprophyre dike from Kyoto Prefecture, Japan: Implications for the generation of high-Nb basalt magmas in subduction zones. *Lithos*, 290-291, 18-33.
- Miyashiro, A. (1958) Regional metamorphism of the Gosaisyo-Takanuki district in the central Abukuma Plateau. *Journal of the Faculty of Science, the University of Tokyo, Sec. 2*, 11, 219-272).