

口頭講演 | R8: 変成岩とテクトニクス

📅 2021年9月17日(金) 14:00 ~ 16:45 | 📺 Zoom Session 1

R8: 変成岩とテクトニクス

座長: 中村 佳博(産総研)、遠藤 俊祐(島根大学)

[座長]

中村 佳博: R8-07~R8-11

遠藤 俊祐: R8-12~R8-16

14:00 ~ 14:15

[R8-07] ミャンマー・モゴック北方に見出されるUHT変成岩

Htay Khaing²、*小山内 康人¹、中野 伸彦¹、Dolzodmaa Bolgbaatar⁴、北野 一平³、Htet Zaw⁴、足立 達朗¹、大和田 正明⁵ (1. 九大・院比文、2. ミャンマー宝石研究所、3. 栃木県博、4. 九大・地球社会統合科学府、5. 山口大・理)

14:15 ~ 14:30

[R8-08] Mixing and fluid-related processes in the slab-mantle interface during incipient subduction: records from the Dalrymple Amphibolite, Philippines

[Presentation award entry]

*Gabriel Theophilus Vinalay Valera¹, Tetsuo Kawakami¹, Betchaida Duetes Payot² (1. Kyoto Univ., 2. Univ. of the Philippines)

14:30 ~ 14:45

[R8-09] 東南極セール・ロンダーネ山地メーニパに産する泥質片麻岩の温度圧力履歴

*河上 哲生¹、鈴木 将晏¹ (1. 京都大・院理)

14:45 ~ 15:00

[R8-10] 東南極セール・ロンダーネ山地メーニパに産する泥質片岩中の灰礬柘榴石、チタン石および燐灰石ウラン-鉛年代

*仁木 創太¹、河上 哲生²、足立 達朗³、宇野 正起⁴、東野 文子²、平田 岳史¹ (1. 東京大・院理、2. 京都大・院理、3. 九州大、4. 東北大)

15:00 ~ 15:15

[R8-11] 単一岩石中に反時計回りと時計回りの*P-T*履歴が共存?: 東南極 セール・ロンダーネ山地ブラットニーパネの例*池田 勇人¹、河上 哲生¹、東野 文子¹ (1. 京都大・院理)

15:15 ~ 15:30

休憩

15:30 ~ 15:45

[R8-12] 青色片岩相Na輝石の非圧力依存的挙動

*藪田 渉¹、平島 崇男² (1. 無所属、2. 京大)

15:45 ~ 16:00

[R8-13] **Crystal size distribution and compositional zoning of garnet formed by two-stage growth in the Kotsu eclogite and basic schist, Sanbagawa belt***ダンダル オトゴンバヤル¹、岡本 敦¹、宇野 正起¹ (1. 東北大学・環境科学研究科)

16:00 ~ 16:15

[R8-14] Formation of garnet aggregate of the Khungui eclogite in the Zavkhan Terrane, Western Mongolia

*Manzshir Bayarbold¹, Atsushi Okomata¹, Otgonbayar Dandar¹, Masaoki Uno¹, Noriyoshi Tsuchiya¹ (1. Tohoku University)

16:15 ~ 16:30

[R8-15] Occurrence of CH₄-N₂-bearing aqueous fluid inclusions in jadeite-bearing chlorite-grossular rock from the New Idria serpentinite body, California

*Rio Rio¹, Tatsuki Tsujimori¹ (1. Tohoku University)

16:30 ~ 16:45

[R8-16] 西彼杵変成岩雪浦メランジュ中のザクロ石の累帯構造

*西山 忠男¹、鵜木 康平¹、吉朝 朗¹ (1. 熊本大学先端科学研究部)

ミャンマー・モゴック北方に見出される UHT 変成岩

Khaing Nyein Htay (GIM, Myanmar)・小山内康人*(九州大)・中野伸彦(九州大)・
Boldbaatar Dolzodmaa(九州大)・北野一平(栃木県博)・
Zaw Htet(九州大)・足立達朗(九州大)・大和田正明(山口大)

UHT metamorphic rocks from northern Mogok, Myanmar

Khaing Nyein Htay (GIM, Myanmar), Osanai, Y.* (Kyushu Univ), Nakano, N. (Kyushu Univ),
Boldbaatar Dolzodmaa (Kyushu Univ), Kitano, I. (Tochigi Pref. Mus.),
Zaw Htet (Kyushu Univ), Adachi, T. (Kyushu Univ), Owada, M. (Yamaguchi Univ)

ミャンマーには、北部のチベット国境から南部のマレー半島基部を経てアンダマン海に至る南北を縦断するモゴック変成帯とよばれる狭長な変成岩分布域が存在する。同変成帯の中部に位置するマングレーおよびやや北方のモゴック付近から南部では、近年詳細な変成岩岩石学的、地質年代学的解析が盛んに行われ (Yonemura et al., 2013, Maw Maw Win et al., 2016, Ye Kyaw Thu & Enami, 2018 など)、800°C を越える高温のグラニューライト相変成条件と始新世～漸新世の変成年代が報告されていた。Yonemura et al. (2013) は、モゴック北部の Grt-Opx グラニューライトから最高変成温度を 950°C と見積もったが、これまでには超高温変成条件を示す典型的な変成鉱物組み合わせなどは見出されていない。

今回、モゴック北方のモーメック地域から、新たに典型的な変成鉱物(組み合わせ)を含む超高温変成岩類が見出された。モーメック地域の変成岩類は、各種大理石を主体とし、多様な石灰珪質岩や花崗岩質片麻岩、泥質片麻岩、苦鉄質片麻岩、コンダライト質片麻岩などが挟在する。本報告では、Spl-Qz 共生を含む Grt-Sil-Qz-Kfs 珪長質片麻岩(以下、コンダライト)、および超高温変成条件下で減圧により形成された Opx-Crd-Spl コロナ状シンプレクタイトを含む Grt-Opx-Crd-Sil グラニューライト(以下、GOC グラニューライト)についての解析結果を中心に報告する。

コンダライトは細粒優白質な珪長質変成岩で、Grt, Sil, Kfs, Qz を主成分とし、Spl, Crd, Mag, Ilm を含む。ゴンドワナ諸地域に見られる典型的なコンダライトとは異なり、Gr は認められない。こ

Keywords: Mogok metamorphic belt, UHT metamorphism, Spl-Qz symplectite, Opx-Spl-Crd corona, Oligocene.

*Corresponding author: osanai@scs.kyushu-u.ac.jp

の岩石では、 $Grt + Sil = Spl + Qz$ の反応が顕著である。一部では、 $Spl + Qz = Crd$ の後退変成反応もみとめられる。Grt, Spl ともに極めて Fe に富み、Spl + Qz シンプレクタイト形成反応の分配係数は $\ln K = 0.02$ を示して Bohlen et al. (1986) の実験結果に極めて近い反応曲線が想定され、5.5 kbar 以上では 900 °C を越える超高温変成条件が得られる。

一方、GOC グラニューライトは極めて粗粒でミグマタイト質片麻岩中にレンズ状ブロックとして見出される。後退変成に伴う Bt を除き、極めてドライな条件下での形成が示唆され、Grt, Sil, Crd, Opx, Spl, Pl, Kfs, Qz から構成される。これらの鉱物は全てが平衡共存するわけではなく、部分熔融反応を伴う時計回りの減圧昇温過程で、(1) Opx + Crd, (2) Crd + Spl, (3) Opx + Spl などのコロナ状シンプレクタイトが連続的に形成された。各種温度・圧力計や変成反応曲線網、および残存 Bt のフッ素含有量などから見積もられた GOC グラニューライトのピーク変成条件は、5.5～8 kbar, 850～1000 °C であり、コンダライトの変成条件と一致する。

GOC グラニューライトについて、予察的に LA-ICP-MS ジルコン U-Pb 年代測定を実施した。3100 Ma から 60 Ma のコンコーダント年代を示す多様なインヘリテッドジルコンの存在が確認されるとともに、 26.56 ± 0.76 Ma の変成年代がコンコーディア年代として得られた。このような漸新世の変成年代(30～20 Ma)は、近年モゴック変成帯の主要な変成年代として認識されるようになり、同変成帯の一部は主要な変成作用時に約 6.5 kbar, 950 °C の超高温変成条件に達していたことが明らかになった。

Mixing and fluid-related processes in the slab-mantle interface during incipient subduction: records from the Dalrymple Amphibolite, Philippines

Gabriel Theophilus Valera^{1*}, Tetsuo Kawakami¹, Betchaida Payot²

¹Department of Geology and Mineralogy, Graduate School of Science, Kyoto University

²National Institute of Geological Sciences, University of the Philippines

The slab-mantle interface separates the downgoing slab from the mantle wedge in arcs. This shear zone is the locus of complex mechanical and fluid-related processes which control the chemistry of fluids and/or melts passing through. During incipient subduction, the slab-mantle interface is sometimes preserved at the base of the ophiolite as a high grade metamorphic sequence. In this study, we present the petrographic and geochemical signatures of the Dalrymple Amphibolite, a mélange sequence which occur at the base of the Palawan Ophiolite, Philippines. The block-and-matrix sequence is composed predominantly of metamafic blocks which record prograde metamorphism (~625 °C, 11.5 kbar to ~700 °C, 13 kbar) surrounded by a hybridized matrix with comparable peak metamorphic conditions (~700 °C and 13 kbar). The surrounding matrix share characteristics of both metamafic and metasedimentary blocks and is composed of kyanite+ilmenite±Ca-amphibole±biotite±garnet±epidote.

The edge of some amphibolite blocks adjacent to the matrix are characterized by enrichment in light rare earth elements (REEs), Th, U, Nb and Ta relative to their mid oceanic ridge (MOR) basalt protolith. Such enriched signatures follow an apparent mixing line connecting metamafic and metasedimentary blocks in the ternary Ni-Th-Rb diagram. The same trend is followed by surrounding matrix. This indicate that the edges of the blocks may have experienced substantial mixing with the surrounding matrix material during matrix-forming deformation events and before recrystallizing at peak *P-T* conditions. The Grt amphibolite block B214-21 furthermore, is cut by a Qz-Ky vein and contain local Al-rich zones composed of Ky and Ep. These Al-rich zones occur in the interstices of Hbl and Grt and were possibly once dilatant sites filled with fluids equilibrated with the matrix. Rutile grains included in the prograde mantle and rim of Grt porphyroblasts of this sample record an abrupt increase in Nb content (= 161-6664 ppm) compared to those in the Grt core (= 175-266 ppm). This possibly indicate the pre-peak *P-T* mixing processes during matrix formation.

The geochemical characteristics of the matrix largely mirrors the REE and extended trace element patterns of some metasedimentary blocks. This is marked by enrichment in light REEs and large ion lithophile elements such as Th and Pb in the MORB-normalized spidergrams. Notable differences between the metasedimentary blocks and matrix were however also observed. At a given FeO/MgO ratio, the matrix has lower Cl, Si and Sr content and higher concentrations of Th, Ni, Zr, Al and light REEs with respect to the matrix. The potential role of mechanical mixing between end member components, i.e. mafic basalt, sediments and ultramafics, and fluid infiltration in controlling the chemistry of the matrix will be investigated.

Keywords: slab-mantle interface, fluid infiltration, Dalrymple Amphibolite

Corresponding author: gtv.valera@gmail.com

東南極セール・ロンダーネ山地メニパに産する 高度変成岩の温度圧力履歴

河上哲生*・鈴木将晏(京大・院理)

Pressure-Temperature path of high-grade metamorphic rocks from Menipa, Sør Rondane Mountains, East Antarctica

Tetsuo Kawakami*, Masayasu Suzuki (Kyoto Uni.)

東南極セール・ロンダーネ山地 (SRM) には、四国一島分程度の広さにわたり約 6-5 億年前の中部～下部地殻岩石が露出している。本地域は Main Tectonic Boundary (MTB) を境として、SW テレーンと NE テレーンに分けられる。変堆積岩類に含まれる碎屑性ジルコンの年代的制約に加え、SW テレーンの高度変成岩類が反時計回りの温度圧力 (P - T) 履歴を持つ一方、NE テレーンの高度変成岩類が時計回りの P - T 履歴を持つことから、約 650-600 Ma に NE テレーンが SW テレーン上に衝上したとされる[1]。[1]は、これが East African Orogeny で形成された岩石からなる Namuno Terrane (Nmn) と、Nampula Terrane (Nmp) の衝突時に起きた可能性が高く、MTB がその衝突境界であると考えた。

一方、[2]は SRM 東部のバルヒェン地域の変成温度圧力時間履歴がモザンビーク北部の Nmp の一部と類似することから、SRM は、Nmn などからなる北 Gondwana と、Nmp や西ドロニンモード・ランドからなる南 Gondwana の衝突 (Kuunga Orogeny) に伴って定置した巨大ナップの下盤側の一部であると考えた。このように、SRM を形成したテクトニクスについては諸説あり、その検証には、変成岩類の温度圧力時間履歴の解析を、SRM 全域にわたって広げる必要がある。

そこで本研究では SRM 中央部メニパ地域の変成温度圧力条件の推定を行った。試料は Bt-Sil-Grt 片麻岩で、直径 4 mm 程度のザクロ石を多数含む。ザクロ石は組織的なセクター構造を示すことが多く、Y によるゾーニングを用いてコアとリムに分けられる。主要元素はコアからリムに向かって Ca が減少し、Mg が若干増えるゾーニングを示す。コアは包有物に富み、マト

リクスに比して高い An 値を持つ斜長石が多数包有されるが Al_2SiO_5 鉱物は包有されない。リムには主として珪線石が包有され、藍晶石と珪線石がともに包有されるザクロ石も 1 粒存在した。マトリクスには珪線石のみが産する。コア・リムともにルチルが多数包有されることから、Zr-in-Rt 地質温度計[3]を適用したところ、コアのルチルは 1.0 GPa を仮定すると約 680-820°C、リムのルチルは約 0.9-1.15 GPa で約 750-870°C の温度を与えた。一方、ザクロ石と接する 2 次的な斜長石、黒雲母、ザクロ石リムの組成ペアにザクロ石-黒雲母地質温度計と GASP 地質圧力計[4]を適用すると約 0.38 GPa で約 610°C を得た。これらの条件間の履歴はまだ明らかではないが、時計回りに近い P - T 履歴が得られる可能性が高い。この変成作用の年代は、約 600 Ma である可能性が高く[5]、こうした P - T 履歴は[1]のモデルに合わない結果である一方、バルヒェン地域で得られている履歴[6]に近い。[2]の説が SRM 中央地域にも適応可能かどうかの検証には、本研究試料の *in situ* 年代決定に基づく詳細な P - T 履歴の構築とともに、SRM の他地域での、同様の成果が待たれる。

[1] Osanai et al. (2013) Precambrian Res. [2] Grantham et al. (2013) Precambrian Res. [3] Tomkins et al. (2007) JMG [4] Holdaway (2001) Am Min. [5] 仁木ほか (2021) 日本鉱物科学会講演要旨 [6] Higashino et al. (2013) Precambrian Res.

Keywords: collision zone, P - T path, granulite, crust

*Corresponding author,

t-kawakami@kueps.kyoto-u.ac.jp

東南極セール・ロンダーネ山地メーニパに産する泥質片岩中の 灰礬柘榴石, チタン石および燐灰石ウラン-鉛年代

仁木創太(東京大), 河上哲生(京都大), 足立達朗(九州大), 宇野正起(東北大), 東野文子(京大), 平田岳史(東京大)

Uranium-Lead ages of grossular, titanite and apatite in a pelitic schist (Menipa, Sør Rondane Mountains, East Antarctica)

Sota Niki (Univ. Tokyo), Tetsuo Kawakami (Kyoto Univ.), Tatsuro Adachi (Kyushu Univ.), Masaaki Uno (Tohoku Univ.), Fumiko Higashino (Kyoto Univ.), Takafumi Hirata (Univ. Tokyo)

局所年代測定法が適用可能な鉱物種は限定的であり, このことは様々な鉱物の年代値比較を通じた変成履歴の解明を妨げてきた. 特に柘榴石は変成条件の指標鉱物である一方, 低いウラン濃度のため局所年代測定が困難であった. しかしながら, 近年のレーザーアブレーションICP質量分析法(LA-ICP-MS)の改良[1-3]に伴い, 柘榴石を含む多種類の鉱物に対する正確かつ高精度な局所ウラン-鉛(U-Pb)年代測定が可能となった[4].

本研究では東南極セール・ロンダーネ山地(SRM)メーニパに産する泥質片岩に着目し, 三種類の鉱物(柘榴石; チタン石; 燐灰石)に対するLA-ICP-MSを用いた局所U-Pb年代測定を試みた. 泥質片岩中には主要構成鉱物として含V柘榴石(~0.6-21.2 wt%V₂O₃)が産し, その産状からType 1-3に分類される[5].

Type 1は粗粒な緑色柘榴石部分である. 柘榴石のU濃度は約3 ppmであり, U-Pb年代は612.2±7.7 Ma (95%信頼区間)であった. Type 1の外縁部にはケリファイト組織を示すType 2の細粒結晶が存在する. Type 2の柘榴石はUをほぼ含まず, 同組織中のU濃集鉱物はチタン石(300-600 ppm U)であった. そのU-Pb年代は527±11 Ma (95%信頼区間)

であった. 更にケリファイトリム外縁部にはType 3柘榴石が産するがU濃度は低く, 燐灰石がU濃集鉱物(50-90 ppm U)として産する. 燐灰石のU-Pb年代は496.0±8.6 Ma (95%信頼区間)であった.

本研究試料中には1つの柘榴石分解組織中にSRMにおける1億年の歴史が記録されていると言える. 柘榴石の612.2±7.7 Maは柘榴石を形成した累進変成作用の時期であり, 燐灰石の496.0±8.6 Maは燐灰石U-Pb系の閉鎖温度(c.a. 500°C)に制約される冷却年代だと考えられる. チタン石の527±11 MaはType 1柘榴石が分解・再結晶した時期, もしくはチタン石U-Pb系の閉鎖温度(c.a. 600°C)に対応する冷却年代だと考えられる. 前者の場合, 約530 Maに貫入した花崗岩体[6]を熱源として再加熱が起こり, 流体活動が駆動され, 柘榴石と流体との反応によりチタン石が形成した可能性がある. 後者の冷却年代である可能性も検討し, 鉱物粒子内部でのU-Pb年代の分布から温度履歴再構築を試みる.

引用文献: [1] Hattori, K. et al., 2017, *JAAS*. [2] O-bayashi, H. et al., 2017, *JAAS*. [3] Makino, Y., Kuroki, Y., Hirata, T., 2019, *JAAS*. [4] Niki et al., 2021, *JpGU*. [5] Osanai, Y. et al., 1999, *Nankyoku Siryo*. [6] Erburg et al., 2016, *Jour. Geol.*

単一岩石中に反時計回りと時計回りの P - T 履歴が共存？： 東南極セール・ロンダーネ山地ブラットニーパネの例

池田勇人*・河上哲生・東野文子(京大・院理)

Counterclockwise and clockwise P - T histories recorded in a single sample? (Brattnipene, Sør Rondane Mountains, Antarctica)

Hayato Ikeda*, Tetsuo Kawakami, Fumiko Higashino (Kyoto Univ.)

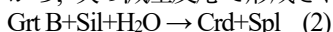
東南極セール・ロンダーネ山地には Gondwana 大陸形成時の下部地殻が露出している [1]. 同山地は Main Tectonic Boundary (MTB) を境として、時計回りの温度-圧力-時間 (P - T - t) 履歴と約 1200 Ma より古い砕屑性 U-Pb Zm 年代を示す高度変成岩類からなる NE テレーンと、反時計回りの P - T - t 履歴と約 1200 Ma より若い砕屑性 U-Pb Zm 年代を示す SW テレーンに区分される [2]. ブラットニーパネは同山地中央部の SW テレーンに属し、反時計回りの P - T 履歴が報告されてきた [3, 4]. 本研究では、ブラットニーパネ中指尾根から採取した、Grt-Sil-Bt 片麻岩 1 試料を用いて P - T 履歴の制約を行った。

本試料は主に Grt, Bt, Sil, Crd, Qz, Kfs, Pl からなり、副成分鉱物として Rt, Zm, Ap, Mnz, Po, Py, Gr を含む。面構造は Bt と Sil の配列で定義され、面構造と平行に石英リボンが発達する。本試料は、Pl が卓越する層と、Grt と Bt が卓越する層に区分できる。Pl が卓越する層に含まれる Grt A は粒径約 1 mm で、Sil を包有する。Grt A のリムは、Bt+Pl+Ky+Sil+Qtz+Rt の鉱物組合せに分解しており、

$\text{Grt A} + \text{Kfs} + \text{H}_2\text{O} \text{ or melt} \rightarrow \text{Bt} + \text{Pl} + \text{Ky} / \text{Sil} + \text{Qz} + \text{Rt}$ (1) の減温反応で形成されたと考えられる [6]. (1) の反応は先行研究 [3] で提案されている反時計回りの P - T 履歴の根拠の 1 つである。さらに Grt 直近ではより細粒な Bt + Pl に分解している。Ky+Sil を含む分解組織中に産する Rt (Cr~370 ppm, V~1900 ppm, Nb~8100 ppm) に Zr-in-rutile 地質温度計 [5] を適用すると、Ky/Sil 境界付近の圧力 (0.9 GPa) で約 770 °C の P - T 条件を得た。これは Grt A の分解反応の条件を記録していると解釈した。

一方、Grt と Bt が卓越する層に含まれる Grt B は粒径約 8 mm であり、Sil, Qz, Rt, Zm, Bt, Crd を包有する。Grt B に包有される Rt (Cr~150-290 ppm, V~1200-1900 ppm, Nb~430 ppm) に Zr-in-rutile 温度計 [5] を適用し、マトリクスの Sil と Qz と共存する Pl と Grt B に Grt-Als-Qz-Pl (GASP) 地質圧力計 [7] を適用すると、750-850 °C, 0.5-0.7 GPa の P - T 条件を得た。Grt B に包有される Sil の一部はクラ

ックでマトリクスに繋がっており、Grt B と Sil の間に局所的に薄い Crd+Spl の層が発達することから、次の減圧反応で形成されたと考えられる。



Grt B のリムには、Sil, Po, Bt, Rt を含む Crd+Qz のシンプレクタイトが発達する。Crd+Qz シンプレクタイトは Grt を消費して、減圧過程で形成されたと考えられる [6]. Crd+Qz シンプレクタイト中に産する Rt (Cr~370-580 ppm, V~1900-2200 ppm, Nb~310-370 ppm) からは、0.4 GPa を仮定すると 750-800 °C の T 条件が得られた [5]. さらに、Crd+Qz シンプレクタイトを切って、Bt+Pl+Sil インターグロウスが発達する。

また、両層に共通して、繊維状 Ky+Qz+Sil±Spl ±Po からなる脈状の鉱物集合体がマトリクスの結晶粒界に沿って、あるいは、Grt リムの分解組織を切るように発達する。本試料中に産する Rt はいずれも同程度の温度を示すが、産状による Cr, V, Nb 濃度の系統的な違いを有する。これは Rt 形成反応の違いを反映し、それぞれの Rt に Zr-in-Rt 地質温度計を適用して得た温度条件はそれぞれの Rt の形成温度を記録していると考えられる。

Grt A リムの分解組織は先行研究により提案されている反時計回りの P - T 履歴を示唆する一方、Grt B は Sil 安定領域内での減圧を伴う時計回りの P - T 履歴を示す。Grt B 形成時の P - T 条件は、Grt A の分解組織と比べて低圧かつ高温である。以上より、単一試料から時計回りの P - T 履歴と反時計回りの P - T 履歴を示唆する組織が得られた。ブラットニーパネからは時計回りの P - T 履歴は今まで報告がない。今後 2 種類の Grt の前後関係や形成年代を制約し、 P - T 履歴の全体像と、テクトニクスの解明を進める。

引用文献: [1] Jacobs et al., 2003, Precam. Res., 126, 27-53. [2] Osanai et al., 2013, Precam. Res., 234, 8-29. [3] Adachi et al., 2013, GSL, 383, 113-133. [4] Baba et al., 2013, Precam. Res., 234, 210-228. [5] Tomkins et al., 2007, JMG, 25, 703-713. [6] Spear et al., 1999, CMP, 134, 17-32. [7] Holdaway, 2001, Am. Min., 86, 1117-1129.

Keywords: continental collision, granulite, Zr-in-rutile geothermometry, trace element

*Corresponding author: ikeda.hayato.78c@st.kyoto-u.ac.jp

Non-barometric behaviour of Na pyroxenes in blueschist(BS)-facies metamorphic rocks

YABUTA Wataru*, HIRAJIMA Takao (Kyoto University)

We provide a report on the chemical compositions of Na pyroxenes (Na-Px) in low-grade metabasaltic and metasiliceous rocks and envisage the reaction relations involving them.

Na-Px provides premier pressure indicators applicable to a wide range of metamorphic rocks. Although thermodynamic modelings have been developed to reproduce natural mineral assemblages in most P-T ranges (Carpenter, 1980; Holland, 1983; Holland and Powell, 1996; Green et al., 2007; Diener and Powell, 2011), Jd-Di-Aeg ternary diagram is still under debate. Therefore, observations on natural occurrence have a crucial role in constraining such models.

The Hakoishi sub-unit (Kamimura et al., 2012), in the Yatsushiro area, Kyushu, Japan is represented by the intercalation of metachert and metabasaltic rocks in serpentinite melange. The metabasaltic rocks are characterized by the mineral assemblage of Pmp + Na-Px + Chl or Lws + Na-Amp + Pmp, with the latter Amp-bg. one representing higher grades. The sub-unit is interpreted as a former oceanic crust metamorphosed at 30 km depth (200-300 °C, 0.45-0.80 GPa; Sato et al., 2016). The metacherts in the study area are mixed with Fe/Mn ores to various extents.

In the metacherts, Na-Px occurs as acicular or fibrous grains, coexisting with Chl + Pmp, Chl + Lws or Lws + Ab in the Qz-rich part and Na-Amp + Pmt in the Fe-rich parts. In addition, Na-Px occurs as mono-mineralic veins, possibly synchronous to the matrix Na-Px. Generally, the Na-Px are Di-poor and show a variety of Jd contents, perhaps reflecting the Ca-poor nature of metacherts. With importance, 2 points characterise the observations: (1) chemical variations within a hand-specimen size ($X_{Jd} = 0.3-0.45$ in Qz-rich part and $0.15-0.25$ in Fe/Mn-rich parts) (2) strong correlation of Jd contents to the presence of Na-Amp ($X_{Jd} = 0.15-0.35$ in coexistence, $0.20-0.60$ in others).

Interestingly, this tendency is also the case for Na-Px in the metabasaltic rocks in the study area (Sato et al., 2016); Na-Px associated with Na-Amp is Jd-poorer than those in Na-amp-free samples even in the higher-grade area. We performed Schreinemakers' analysis of the phase relations in both metabasaltic rocks and metacherts to evaluate the effect of Na-Px compositions. The revised Schreinemakers' nets in the two systems suggested that the Na-Amp bearing assemblages (1) should occur in higher grades of the study area and (2) could have a stability field enlarged to lower-grade when Jd-poor (and Di-rich) compositions are assumed.

These observations demonstrate difficulty in determining representative compositions of Na-Px in low-grades and needs for further natural observations. As for now, we conclude that (1) Jd components of Na-Px in the Di-Poor Aeg-Jd system are affected by other associated minerals, even when coexisting with Ab and Qz and (2) Na-Amp effectively reduces Jd contents when coexisting with Na-Px, in BS facies.

keywords: Na pyroxene, Blueschist, Geobarometry, Schreinemakers' analysis

*corresponding author: YABUTA W. yabuta.wataru.25n@kyoto-u.jp

Crystal size distribution and compositional zoning of garnet formed by two-stage growth in the Kotsu eclogite and basic schist, Sanbagawa belt

OTGONBAYAR DANDAR^{1*}, ATSUSHI OKAMOTO¹, MASAOKI UNO¹

¹ Department of Earth Science, Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University

The nucleation and growth history of crystals during metamorphism are recorded both as crystal size distribution (CSD) and compositional zoning from core to rim. In particular, the crystal size distribution of garnet has been investigated and modeled by relative rate of nucleation and growth, and coupled with diffusion. As garnet is commonly formed during prograde metamorphism, the incremental amount of the garnet growth at individual P-T conditions is essential information to elucidate the water release at the subduction interfaces. Conventionally, there are two type models on CSD; one is the nucleation and growth rates are defined as a function of time (e.g., Špillar V. & Dolejš D. 2013), and the other one is growth rate is defined as the size (Eberl et al., 1998). However, it is still uncertain which model is more appropriate, as the data aquations of CSD from thin sections and the composition of “true” core are very difficult due to the cut effects. In this contribution, we showed the detailed data showing the relationship between CSD and compositional zoning of garnet in the Kotsu eclogite and basic schist in the Sanbagawa metamorphic belt, Japan. This eclogite sample is suitable to this trial, because garnet grains show euhedral shape and record two-stage growth history composed of the core containing abundant mineral inclusions (epidote, plagioclase, chlorite, carbonate, titanite, quartz, and omphacite) and poor-rim.

The crystal growth of garnet in the eclogite is divided into two stages. The garnet grains are euhedral and composed of the inclusion-rich core (stage 1) and poor-rim (stage 2). The core shows prograde zoning (from core to rim), characterized by decrease of X_{Mn} (0.025 to 0.005), increase of X_{Mg} (0.06 to 0.12), decrease of X_{Fe} (0.65-0.55), and almost constant of X_{Ca} (0.27-0.35). The smaller cores have lower Mn and higher Mg contents, suggesting that nucleation at the later stage. All grains have an inclusion-poor rim showing Mn increase. Similarly, the crystal growth of garnet in the basic schist is divided into two stages: core showing increase of X_{Fe} (0.52-0.65) and rim displaying decrease of X_{Fe} (0.65-0.56). One of the interesting observations is a positive relationship between the diameter of the inclusion-rich core and the growth width of the inclusion-poor rim, meaning that the growth rate is proportional to the grain size. We will construct the nucleation and growth model to reproduce the CSD and the trend of growth zoning, and discuss the mechanism and water production history.

Keywords: Crystal size distribution, Compositional zoning, the Kotsu eclogite, Sanbagawa belt

*Corresponding author: dandar.otgonbayar.a7@tohoku.ac.jp

Formation of garnet aggregate of the Khungui eclogite in the Zavkhan Terrane, Western Mongolia

Manzshir Bayarbold*; Atsushi Okamoto; Otgonbayar Dandar; Masaaki Uno, Noriyoshi Tsuchiya

Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University

Garnet is one of the most important minerals that records the dehydration process within the subduction zone. The chemical composition of garnet is usually used to constrain the P-T conditions, but the fluid chemistry and the amounts of fluids related to the garnet formation are not fully understood within the deep subduction zone. For example, previous studies suggested that the mobility of HFSE (Ti, Nb, and Ta) are high in the eclogite-facies conditions compared to the low-grade rocks (Chen et al. 2018). In this study, we report the novel texture of garnet aggregate from the Khungui eclogite in the Zavkhan terrane of western Mongolia. We reveal that the variation of garnet texture and compositional zoning is closely related to the occurrence of the distribution of Ti-bearing minerals (rutile, ilmenite, and titanite).

The Khungui eclogite consists of garnet, omphacite, quartz, amphibole (barrosite, taramite, hornblende), phengite, plagioclase, epidote, Ti-bearing minerals, with minor K-feldspar, zircon and carbonate mineral. Based on the mineral assemblage, three metamorphic stages can be classified: pre-eclogite, eclogite (2.0–2.1 GPa, 445–610 °C), and decompression (0.5–1 GPa, 540–615 °C). The eclogite stage is presented by garnet + omphacite + barrosite + epidote + phengite + rutile. Based on the garnet microstructure and modal abundances of minerals, the Khungui eclogite is composed of two-types of layers: layer I consists of garnet aggregate (GA), quartz and abundant Ti-bearing minerals whereas layer II composed of single garnet grain (SG) with epidote and omphacite. The major element (Fe, Ca, Mg, and Mn) compositional zoning of the GA shows asymmetric zoning whereas the SG shows symmetric zoning. The EBSD analysis reveals that the GA contains numerous small individual garnet grains that are separated by high angle orientations and the grain boundary of the GA is not controlled by the major element zoning. The GA has inclusions of rutile and shows the close spatial relationship with rutile, ilmenite, and titanite in matrix which are revealed through an analysis of thin section (Microscopy), element map (EPMA), and core sample (μ X-ray CT). In addition, each garnet grains of GA and SG show the concentric zoning of a trace element such as V, Ti and are increasing concentration core to rim. The GA was often fractured and shows the Mn-rich compositions along the fracture that is close to Ti-bearing minerals which reveals that they formed in order of rutile => ilmenite => titanite at the retrograde stage. These observations suggest that nucleation of garnet to form aggregate could be induced by infiltration V and Ti-rich aqueous fluid at the eclogite-facies condition, and also later fluid-infiltration caused the modification of garnet to form asymmetric compositional zoning of the GA and Ti-bearing minerals (ilmenite to titanite) at the exhumation stage.

Keywords: Garnet aggregation, Fluid infiltration, Ti-mobility, HP metamorphism

*Corresponding author: bayarbold.manzshir.t1@dc.tohoku.ac.jp

References

Chen W, Xiong X, Wang J, et al (2018) TiO₂ Solubility and Nb and Ta Partitioning in Rutile-Silica-Rich Supercritical Fluid Systems: Implications for Subduction Zone Processes. *J Geophys Res Solid Earth* 123:4765–4782. <https://doi.org/10.1029/2018JB015808>

ニューイドリア蛇紋岩体産のひすい輝石を含む緑泥石-グロシュラー岩中のメタンと窒素を含む流体包有物

リオ*・辻森 樹 (東北大)

Occurrence of CH₄-N₂-bearing aqueous fluid inclusions in jadeite-bearing chlorite-grossular rock from the New Idria serpentinite body, California

Rio* and Tatsuki Tsujimori (Tohoku Univ.)

New Idria serpentinite body in California represents an exhumed forearc serpentinite containing jadeite precipitated in the mantle wedge. Jadeite-bearing chlorite-grossular rock found in the Clear Creek of the New Idria serpentinite is one of the metasomatic 'jadeitite' varieties with a botryoidal texture. The rock consists mainly of chlorite, grossular, and jadeite; irregular-shaped grossular aggregates and euhedral to subhedral jadeites occur in the chlorite-rich matrix. The brittle deformation features of the grossular aggregates suggest the grossular formation prior to jadeite. The characteristic botryoidal growth texture and mineralogical features of the rock indicate that the rock preserves an incipient formation process of jadeite in serpentinite.

We studied primary fluid inclusions hosted in jadeite and grossular in the jadeite-bearing chlorite-grossular rock. Jadeite crystals contain abundant, relatively large, two-phases liquid-rich inclusions (~1.5–6 μm in size) (Figure 1). The fluid inclusions are commonly isolated and/or form clusters with various shapes, including irregular, ellipsoid, and prismatic shapes. Over 200 Raman spectroscopy analyses have identified three groups of fluid inclusions comprising M, MN, and N-types. There were, however, no relations among the shape, size, and fluid types. Type-M (mixed CH₄-H₂O) and type-MN (mixed CH₄-N₂-H₂O) inclusions are found in jadeite crystals. The distribution of those two types of inclusions within a single jadeite crystal is random; they can be found next to each other. In contrast, type-N (mixed N₂-H₂O) inclusions occur characteristically in grossular. Although the type-MN inclusions are also found in grossular, no type-M was confirmed similarly in grossular.

N₂-rich fluids have been found in some mantle xenoliths and rare orogenic eclogites. However, they commonly coexist with CO₂-rich fluids. Despite CH₄-bearing aqueous fluids are very common in jadeite-rich (or -bearing) metasomatic rocks associated with serpentinite, N₂-bearing fluids seem extremely rare in the 'jadeitite' (*sensu lato*). H₂, CH₄, and N₂ gas mixtures have been reported from serpentinization-related hyperalkaline springs and/or olivine-hosted fluid inclusions in mantle wedge serpentinites. Recent studies notably concluded that the abiotic CH₄ generation was linked with serpentinization. Naturally, the source of CH₄ of the New Idria jadeitite and the related-metasomatic rocks can correlate to a serpentinization process. In addition, previous geochemical studies of New Idria jadeitite revealed that the jadeite-forming fluids therein were derived from metasedimentary rocks. Considering the hypothesis, the N₂ was also most likely derived from the subducted sediments.



In this contribution, we will report the occurrence of the CH₄-N₂-bearing aqueous fluid inclusions and discuss the possible source of nitrogen. Our finding might bring new insights into the nitrogen cycle in the mantle wedge.

Figure 1. Primary aqueous fluid inclusion in a jadeite crystal.

Keywords: jadeite, fluid inclusion, nitrogen, methane, serpentine

*Corresponding author: rio.s2@dc.tohoku.ac.jp

西彼杵変成岩雪浦メランジュ中のザクロ石 の累帯構造

西山忠男*・鶴木康平・吉朝 朗 (熊本大理)

Garnet zoning in the Yukinoura serpentinite mélange, the Nishisonogi metamorphic rock.

Tadao Nishiyama*, Kouhei Unoki and Akira Yoshiasa (Kumamoto U.)

九州西端西彼杵変成岩の雪浦メランジュは、マイクロダイヤモンドを産することから超高压変成作用で形成された蛇紋岩メランジュであることが明らかになった[1]。一方、メランジュ中のメタベイサイトや泥質砂質片岩中からは、マイクロダイヤモンド(およびコーサイト仮像)以外に超高压変成作用を示唆する鉱物は見いだされていない。そこで、これらの変成岩の形成条件を、ザクロ石の累帯構造により検討した。

雪浦メランジュでは、塊状蛇紋岩の一部に、泥質砂質片岩ならびに塩基性片岩が、大小さまざまな小岩体(最大 200×100 m²)ならびにブロック(径 2~5m大の構造岩塊)として含まれる。塩基性片岩の鉱物組み合わせは、ザクロ石+Ca 角閃石+アルバイト±緑簾石±緑色黒雲母±フェンジャイト±緑泥石で、オンファス輝石仮像とローソン石仮像と思われる鉱物集合体が含まれる。ザクロ石中の包有物として、多量のチタン石が含まれ、まれに藍閃石とパラゴナ

イトが含まれる。ザクロ石はスペルティン成分に乏しいアルマンディン-グロッシュュール系列の組成を有し、リムでグロッシュュール成分が最大 40%にまで増加する累帯構造を示す。

泥質片岩の鉱物組み合わせは、ザクロ石+フェンジャイト+緑泥石+緑簾石+アルバイト+石英で、ザクロ石の組成はコアで $Alm_{70}Grs_{25}Sps_5$ ~ $Alm_{60}Grs_{25}Sps_{15}$ 程度であり、リムで急激にグロッシュュール成分が増加し、 $Alm_{50}Grs_{40}Sps_{10}$ 程度となる。リムにおけるグロッシュュール成分の増加は、 $2 \text{チタン石} + 2 \text{クリノゾイサイト} + \text{石英} = 3 \text{グロッシュュール} + \text{ルチル} + H_2O$ という反応で説明可能であり、この反応は右辺が高压である。このような顕著な圧力増加を示す累帯構造は西彼杵変成岩の他の地域のザクロ石では見られない。このことから雪浦メランジュが他地域の西彼杵変成岩より高压の条件を受けたことは間違いない。

[1]Nishiyama et al. (2020) Sci.Rept