

ザクロ石に含まれるアルミノケイ酸塩鉱物を用いたラマン地質温度圧力計の構築 Construction of Raman geothermobarometer using aluminosilicate minerals in garnet porphyroblast

瀨瀬 佑衣^{1*}; 田口 知樹²

KOUKETSU, Yui^{1*}; TAGUCHI, Tomoki²

¹ 東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設, ² 名古屋大学大学院環境学研究科

¹Geochemical research center, Graduate School of Science, The University of Tokyo, ²Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

近年、ラマン分光法を用いた地質温度圧力計の開発が活発に行われており、従来の熱力学的手法を用いた地質温度圧力計では得られなかった情報が明らかになる例も報告されている。特に、ザクロ石に包有されている石英の残留圧力をラマン分光法で測定し、変成温度圧力条件を制約する石英ラマン圧力計は、三波川帯において目覚ましい成果を挙げている。一方石英は、超高压及び高温条件下では、コース石やβ石英に相転移するため、石英ラマン圧力計が適用できる地質帯は限られていた。本研究では、ザクロ石に包有されているアルミノケイ酸塩鉱物（珪線石と藍晶石）に着目し、石英包有物と同様にラマンスペクトルから温度圧力条件を制約できるか検討した。

まず、珪線石、藍晶石、及びザクロ石の弾性係数から、変成温度圧力条件と残留圧力の関係を数値計算によって調べた。その結果、ザクロ石中に含まれる珪線石の残留圧力値は、圧力条件にほぼ依存せず、温度条件によって決まる事が示された。一方、ザクロ石中の藍晶石の残留圧力値は、温度条件にはあまり依存せず、圧力条件によって変化する事が示された。次に天然の試料に含まれるザクロ石中の珪線石と藍晶石をラマン分光分析した。試料は、超高温変成岩である東南極 Lutzow-Holm Complex, Rundvagshetta の Garnet-Sillimanite gneiss と、高压変成岩である四国中央部三波川帯別子地域の Kyanite-Quartz eclogite を用いた。Garnet-Sillimanite gneiss のザクロ石に含まれる珪線石のラマンスペクトルは、 962 cm^{-1} と 1182 cm^{-1} 付近に特徴的なピークが見られ、 $4\sim 5\text{ cm}^{-1}$ 程度高波数側へのシフトが確認された。Kyanite-Quartz eclogite に含まれるザクロ石中の藍晶石のラマンスペクトルは、 325 cm^{-1} と 486 cm^{-1} 付近に特徴的なピークが見られ、 1 cm^{-1} 程度高波数側へのシフトが確認された。

先行研究の実験データを用いて、珪線石と藍晶石のラマンピークシフトを圧力に変換すると、珪線石は最大 0.8 GPa 程度、藍晶石は最大 0.3 GPa 程度の残留圧力を保持している事が明らかになった。数値計算の結果と比較すると、超高温変成岩中の珪線石包有物の残留圧力は、変成温度 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 程度の条件に制約され、先行研究の見積り温度と矛盾しない結果になった。一方、藍晶石包有物の残留圧力は、数値計算では高压になるほど負の値になる結果であったが、三波川帯の高压変成岩中で測定された残留圧力は正であった。これは、数値計算に用いた藍晶石の弾性係数に問題があると考えられるが、藍晶石の状態方程式を改良する事で解決できると期待される。上記の結果は、高压～超高压、及び高温～超高温領域において、アルミノケイ酸塩鉱物がラマン地質温度圧力計として有用である事を示唆している。

キーワード: ラマン地質温度圧力計, 珪線石, 藍晶石, ザクロ石, 高温変成岩, 超高压変成岩

Keywords: Raman geothermobarometer, sillimanite, kyanite, garnet, high-temperature metamorphic rock, ultrahigh-pressure metamorphic rock

ザクロ石中の SiO₂ 包有物の残留圧力から読み解く超高压変成岩の変成履歴 Metamorphic evolution of ultrahigh-pressure rock revealed by residual pressure of SiO₂ inclusion in garnet

田口 知樹^{1*}; 榎並 正樹²; 瀧 佑衣³
TAGUCHI, Tomoki^{1*}; ENAMI, Masaki²; KOUKETSU, Yui³

¹ 名古屋大学大学院環境学研究科, ² 名古屋大学年代測定総合研究センター, ³ 東京大学大学院理学系研究科
¹Graduate School of Environmental studies, Nagoya Univ., ²Center for Chronological Research, Nagoya Univ., ³Graduate School of Science, The Univ. of Tokyo

変成作用時に成長したホスト鉱物と取り込まれた包有物の間には、それぞれの物性の違いによって残留圧力が発生する。その残留圧力を精密に読み取ることができれば、ホスト鉱物の結晶成長条件および変成岩の圧力温度 (P-T) 履歴の見積もりに対して有用な情報を提供する。Enami *et al.* (2007, AM, 1303-1315) は、ザクロ石に包有されている石英のラマンスペクトルのピークシフト度合を測定し、残留圧力を推定する手法 (石英ラマン圧力計) を提案した。Kouketsu *et al.* (2014, AM, 433-442) では、ザクロ石中の石英が保持する残留圧力と α -石英安定下でのザクロ石成長時における P-T 条件との関係を数値計算し、変成条件を制約する新規な手法も提案された。石英ラマン圧力計は、従来の熱力学モデルに基づく地質温度圧力計および相平衡に依存しない。それゆえ、熱力学的解析では検出困難な場合が多い累進変成作用の解読に有効と考えられる。しかし、石英ラマン圧力計は、原理的に少なくとも石英が不安定になる圧力温度条件下で形成された超高压変成岩に適用することは出来ない。とは言うものの、石英安定条件下でザクロ石に取り込まれた石英は、累進変成作用初期に経験した情報を保存している可能性がある。そこで本研究は、ザクロ石中の石英の残留圧力から超高压変成岩の変成履歴を制約できるか検討した。

研究試料は、中国東部・蘇魯帯に属する楊庄地域のエクロジャイトを用いた。楊庄地域ではこれまでコース石の報告は無いが、コース石の石英仮像の記載および熱力学モデルによる解析によって、2.7-3.5 GPa/660-830 °C のピーク変成条件が見積もられている (Enami and Nagasaki, 1999, IAR, 459-474)。これは楊庄地域の試料に、石英からコース石安定下での累進 P-T 経路が記録されている可能性を示唆している。

ザクロ石はその化学組成から、Inner (Alm₄₉₋₅₄Prp₁₆₋₂₈Grs₂₁₋₂₉Sp_{s1}, X_{Mg} = 0.22-0.36) と Outer (Alm₄₅₋₅₂Prp₁₈₋₃₁Grs₂₃₋₂₉Sp_{s1}, X_{Mg} = 0.29-0.41) 部に区分され、その境界は Grs 成分の不連続変化によって定義された。Inner 部では SiO₂ 相全てが α -石英であり、コース石の仮像および石英包有物周囲に顕著なクラックは確認されなかった。石英は最高 0.9 GPa 程度の残留圧力値を示し、ザクロ石 Inner 部の結晶コアからマントル部に向かって、Grs 成分の減少に対応して系統的に残留圧力値が増加する傾向を示した。この残留圧力を、数値計算により変成圧力へ逆算すると、石英-コース石転移曲線付近の圧力条件を示した。Outer 部では、クラックが発達したコース石の仮像が認められるとともに、藍晶石包有物中に本地域では初となるコース石を確認した。本試料中のコース石の存在は、これまでに地質温度圧力計から見積もられている P-T 条件を支持する。上記の結果は、(1) Inner 部の石英はザクロ石に包有された後、コース石への相転移を免れ、そして現在も昇温変成作用初期の P-T 情報を保存すること、(2) Outer 部に認められる SiO₂ 相包有物は、コース石としてザクロ石へ包有されて、上昇時にそのほとんどが石英へ相転移し、残留圧力が開放されたことを示唆している。すなわち石英ラマン圧力計は、超高压変成岩の場合でさえも、石英安定条件下で包有された石英であれば、累進変成作用初期の P-T 条件を導出する上で有用な手法である事を示している。

キーワード: 石英, 残留圧力, 石英ラマン圧力計, 超高压変成岩, 蘇魯帯

Keywords: quartz, residual pressure, quartz-Raman barometry, ultrahigh-pressure rock, Sulu belt

レッサーヒマラヤの変成岩ナップの上昇過程の復原による高ヒマラヤ変成岩類の延性押し出しモデルの検討
Examination of extrusion model of Himalayan metamorphic belt by study of exhumation process of metamorphic nappe

酒井 治孝^{1*}; 岩野 英樹²; 檀原 徹²
SAKAI, Harutaka^{1*}; IWANO, Hideki²; DANHARA, Tohru²

¹ 京都大学理学研究科地質学鉱物学教室, ² 京都フィッショントラック (株)

¹Department of Geology, Kyoto University, ²Kyoto Fission-Track Co. Ltd.

A ductile extrusion model explains that metamorphic core of the Himalaya, called the Higher Himalayan Crystallines (HHC), was originated by ductile channel flow of partially melted mid-crust from beneath the Tibetan plateau. No definite evidence of the model has yet been documented that shows the melted mid-crust extruded to form the HHC though many numerical models were proposed and their simulation was performed.

We performed thermochronological study of the HHC nappe by means of zircon and apatite fission-track dating in order to examine the extrusion model on the basis of emplacement and cooling history of the HHC nappe, which extensively covers the Lesser Himalayan autochthon ranging in width of 80 to 120 km. As the results, we could have revealed the emplacement history of the nappe, which has strong constraints on the extrusion model: the HHC of more than 10 km thick extruded on the ground at 15-14 Ma, and advanced to the SSW with the rate of 3-4 cm/yr retaining hot condition more than 300 °C. The nappe finally terminated its movement at 11 Ma. Early Miocene foreland basin sediments on the top of the Lesser Himalayan autochthon have undergone weak metamorphism after covering of hot nappe at 11-10 Ma. Both metamorphic nappe and the underlying foreland basin sediments cooled down below 240 °C by 10 Ma and below 110 °C by 8 Ma. The metamorphic nappe laterally cooled down toward the NNE from its front at the rate of ca. 1cm/yr, and root zone area of the nappe reached 240 °C by 4 Ma and 110 °C by 1 Ma. One more constraint is that estimated P-T condition is consistent from the nappe front to the root zone: maximum temperature is around 750 °C and maximum pressure is 11-12kb.

Under these constraints, we examined the disposition of the HHC nappe before its extrusion, considering width of nappe as 80 km and inclination angle of metamorphic belt as 20 degree. After simple calculation of position of root zone of nappe under 12kb, it is concluded that root zone was located at 53 km to the north of the front of partially melted mid-crust of Tibet and seated 39 km in depth. It indicates that the HHC nappe must have been originated from partially melted mid-crust of Tibet.

キーワード: エクストルージョン, ナップ, フィッショントラック年代測定, ジルコン, ヒマラヤ変成帯, レッサーヒマラヤ
Keywords: extrusion, nappe, fission-track dating, zircon, Himalayan metamorphic belt, Lesser Himalaya

三波川帯エクロジャイトユニットの白亜紀後期砕屑性ジルコン：上昇テクトニクスへの意味 Late Cretaceous detrital zircon from the Eclogite unit of the Sanbagawa belt: implications for exhumation tectonics

遠藤 俊祐^{1*}
ENDO, Shunsuke^{1*}

¹産総研 地質情報研究部門
¹GSJ-AIST

四国中央部三波川帯に分布するエクロジャイト相変成岩類は粗粒の苦鉄質-超苦鉄質岩体（五良津岩体など）と、その周囲を取り巻く細粒の苦鉄質、泥質、珪質片岩類の二つのタイプに分けられる。前者は白亜紀前期（c. 116 Ma）の変成ステージから始まる長いタイムスケールの履歴をもつ一方、後者は白亜紀後期（c. 90 Ma）の短期間に単一の沈み込み-上昇サイクルで形成されたと考えられる（Wallis et al., 2009 JMG; Endo et al., 2012 Lithos; Aoya et al., 2013 Geology）。しかし、こうした履歴の違いを認めず三波川帯高変成度域全体が白亜紀前期（120-110 Ma）にピーク変成作用を受けた後、ゆっくりと上昇し白亜紀後期（90-80 Ma）に後退変成再結晶を被ったという考え（Okamoto et al. 2004 Terra Nova; Aoki et al., 2009 Lithos; Itaya et al., 2011 JAES）もある。この問題に決着をつけるため、細粒タイプのエクロジャイト相泥質片岩に含まれる砕屑性ジルコンに着目した。砕屑性ジルコン最若年代は海溝での堆積年代の上限を制約する。泥質片岩試料は関川上流域の五良津岩体に北接する灰曹長石黒雲母帯と瀬場地域南東の銅山川河床の曹長石黒雲母帯から採集した。Mouri & Enami (2008 Geology) および Kouketsu & Enami (2010 IAR) に従えば、これらはエクロジャイトユニットに含まれる。両試料から分離したジルコンは CL 像でオシラトリー累帯構造を示す砕屑性の火成コアと、極めて薄い変成リムからなる。LA-ICP-MS による砕屑性コアの U-Pb 年代（コンコーダントな $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年代）の頻度分布は、最若グループが最大ピークを示し、その加重平均値が、関川および銅山川の試料において、それぞれ 101.7 ± 1.6 Ma (n=12, 最若粒子 94.4 ± 4.8 Ma) および 94.2 ± 1.9 Ma (n=9, 最若粒子 87.6 ± 4.6 Ma) であった。また変成リムの年代は、それぞれ 90.0 ± 4.1 Ma (n=4) および 86.9 ± 5.7 Ma (n=1) であり、細粒タイプの瀬場エクロジャイトの Lu-Hf 年代 88.8 ± 0.6 Ma (Wallis et al., 2009) と一致する。以上の結果は、粗粒岩体を除くエクロジャイト相変成域も白亜紀後期付加体であることを支持する。白亜紀後期の短期間に低密度な泥質片岩がエクロジャイト相深度まで大量に沈み込み込んだことで、エクロジャイトユニット（細粒+粗粒タイプ）の形成と直後の高速浮力上昇が引き起こされた考えられる。

キーワード: 三波川帯, エクロジャイト, 泥質片岩, ジルコン, U-Pb 年代
Keywords: Sanbagawa belt, eclogite, pelitic schist, zircon, U-Pb age

スリランカの arrested チャーノックタイトの形成：全岩化学組成と物質移動 Metamorphic formation of arrested charnockite in Sri Lanka: significance of bulk composition and mass transformation

山崎 由貴子^{1*}; 池田 剛¹; 本吉 洋一²; 廣井 美邦³; プレーム バーナード⁴; 角替 敏昭⁵
YAMASAKI, Yukiko^{1*}; IKEDA, Takeshi¹; MOTOYOSHI, Yoichi²; HIROI, Yoshikuni³; PRAME, Bernard⁴; TSUNOGAE, Toshiaki⁵

¹九州大・院・理, ²国立極地研究所, ³千葉大・院・理, ⁴スリランカ地質調査所, ⁵筑波大・生命環境
¹Kyushu University, ²National Institute of Polar Research, ³Chiba University, ⁴Geological Survey of Sri Lanka, ⁵Tsukuba University

Arrested charnockite, that represents granulite facies mineral assemblage, occurs in several decimeters scale within amphibolite facies gneisses. The gneissosity in the gneiss becomes, in general, obscure toward center of charnockite. This suggests that the gneiss was metamorphosed into charnockite in local scale. The local charnockitization may be caused by fluid influx and/or partial melting or difference of local bulk composition (e.g. Newton et al., 1980; Hiroi et al., 1990; Burton and O'Nions, 1990; Ravindra Kumar, 2004; Endo et al., 2012, 2013). This study described mode of occurrence of arrested charnockite in Sri Lanka, and reveals cause of metamorphic formation of arrested charnockite. Mass transformation during charnockitization was also discussed.

Arrested charnockite in Sri Lanka occurs as a number of patches in Hbl-Bt gneiss. The modal abundance of minerals in both rocks indicates that the elements transformed between melanocratic and leucocratic parts. The elements constituent of Bt in leucocratic part moves to melanocratic part, and those of Pl, Ksp and Qtz of melanocratic part, instead, move to leucocratic part. The modal abundance of Bt of leucocratic part in Hbl-Bt gneiss decreases into the charnockite near the boundary. This suggests that mass transformation also be caused across the boundary.

The formation of Opx can be described by the following two reactions,

Ti-rich Bt + Qtz = Ti-poor Bt + opx + Ilm + Ksp + H₂O and

Ti-rich Hbl + Qtz = Ti-poor Hbl + Opx + Ilm + An + Ab + Ksp + H₂O.

These reactions suggest the possibility that the fluid influx and/or the partial melting produced arrested charnockite. However, similar chemical composition of apatite in both rocks implies that there is no positive evidence to support the above possibility. The pseudosection modeling of mineral assemblage in NCKFMASH system shows that the local difference of bulk composition is responsible for the local charnockitization.

キーワード: スリランカ, アレストッドチャーノックタイト, 普通角閃石-黒雲母片麻岩, 物質移動, シュードセクション
Keywords: Sri Lanka, Arrested charnockite, Hornblende-biotite gneiss, Mass transformation, Pseudosection

Metamorphism of garnet amphibolite from the Neldy Formation, Makbal area in the Kyrgyz Northern Tien-Shan, Kyrgyzstan

Metamorphism of garnet amphibolite from the Neldy Formation, Makbal area in the Kyrgyz Northern Tien-Shan, Kyrgyzstan

KASYMBEKOV, Adil^{1*}; TAKASU, Akira¹; KABIR, Md fazle¹; BAKIROV, Apas²; SAKIEV, Kadyrbek²
KASYMBEKOV, Adil^{1*}; TAKASU, Akira¹; KABIR, Md fazle¹; BAKIROV, Apas²; SAKIEV, Kadyrbek²

¹Shimane University, Japan, ²Institute of Geology, Academy of Science, Kyrgyz Republic

¹Shimane University, Japan, ²Institute of Geology, Academy of Science, Kyrgyz Republic

The Makbal Complex in the Kyrgyz Northern Tien-Shan is one of several HP/UHP metamorphic complexes in the Tianshan orogenic belt located in the western segment of the CAOB. The metamorphic rocks exposed in the Makbal district are divided into the Akdzhon and the Scharkyrak Groups based on their metamorphic conditions (Tagiri and Bakirov, 1990). The metamorphic sequence of the Akdzhon Group in the Northern Tien-Shan is divided into two contrasting metamorphic formation the structurally lower Makbal Formation and the upper Neldy Formation. The Neldy Formation is mainly composed of pelitic schists (garnet chloritoid-bearing schist, garnet-phengite schist) and chlorite-carbonate rocks along with minor metaquartzites, marbles and amphibolites. Garnet amphibolites occur in the pelitic schists as lenses or blocks up to 50m across. Eclogites are preserved in the core of the garnet amphibolite bodies (Togonbaeva *et al.*, 2010).

The garnet amphibolites are crops out in the Neldy Formation is composed mainly of amphibole (Brs, Mhb, Act, Fprg, Fts, Ts), garnet and chlorite with small amounts of quartz, epidote and albite. Accessory minerals are biotite, paragonite, muscovite, oligoclase, titanite, ilmenite and calcite. A schistosity is defined by preferred orientation of amphibole (Brs, Mhb), chlorite and biotite. The garnets occur as porphyroblasts up to 1.4 mm in diameter, which show distinct compositional zoning, in which X_{SpS} (0.22-0.04) decreases, X_{Alm} (0.34-0.63) and X_{Grs} (0.30-0.64) increase, and slightly increases X_{Prp} (0.01-0.03) from the core to the rim. The core of garnet contains inclusions of epidote, titanite, ilmenite, calcite and quartz. The rim of the garnet contains inclusions of amphibole (Act, Mhb), chlorite (X_{Mg} 0.37-0.42), epidote (X_{Ps} 0.13-0.25), quartz and also contain polyphase inclusions of muscovite + chlorite + epidote and chlorite + paragonite + epidote + oligoclase ($An < 18$), although some of them are connected outside with cracks. Box-shaped polyphase inclusions of paragonite+epidote±chlorite±muscovite±oligoclase suggest a possibility of pseudomorphs after lawsonite. Porphyroblastic garnets are sometimes replaced by amphibole (Fprg, Ts), chlorite (X_{Mg} 0.46-0.52) and epidote (X_{Ps} 0.13-0.23) along rim and cracks. Amphiboles in the matrix show a zoning with Mg-hornblende and actinolite (Na_B 0.15-0.48 pfu) core, barroisite (Na_B 0.50-0.63 pfu) mantle, and Mg-hornblende and tschermakite (Na_B 0.18-0.46 pfu) rim. Amphiboles replacing the garnets have a zoning with barroisite (Na_B 0.62-0.65 pfu) core and ferrotschermakite, ferropargasite and Mg-hornblende (Na_B 0.11-0.48 pfu) rim.

Based on the texture and mineral composition, two metamorphic events have been distinguished from the garnet amphibolites. The prograde to peak stage of the first metamorphic event is characterized by core to rim of the porphyroblastic garnets and inclusion minerals therein (i.e. amphibole, epidote, chlorite, biotite, paragonite, titanite, ilmenite, calcite and quartz). The peak metamorphic conditions are probably stable in the epidote-amphibolite facies. The retrograde stage is characterized by chlorite, which replaces the porphyroblastic garnets. The prograde stage of the second metamorphic event is characterized by barroisite core of the amphiboles and epidote replacing the garnets. The peak stage is characterized by fracture connected inclusions of muscovite and oligoclase and tschermakite and ferropargasitic amphibole developed at the rim of the amphiboles replacing the garnets, probably suffered amphibolite facies metamorphic conditions. The retrograde stage is characterized by albite and quartz in the matrix.

The petrological study suggests that the garnet amphibolites probably suffered metamorphism events of (i) high-pressure epidote amphibolite facies and (ii) amphibolite facies. These metamorphic events are related to the tectonics of the oceanic plate subduction and subsequent continental collision.

キーワード: Garnet amphibolite, Makbal Complex, Neldy Formation, amphibolite facies, Kyrgyz Northern Tien-Shan
Keywords: Garnet amphibolite, Makbal Complex, Neldy Formation, amphibolite facies, Kyrgyz Northern Tien-Shan

Geothermobarometry of the Mogok pelitic gneisses from the Sagaing area, Central Myanmar Geothermobarometry of the Mogok pelitic gneisses from the Sagaing area, Central Myanmar

Maw Maw Win^{1*}; 榎並 正樹²; 加藤 丈典²
Maw Maw Win^{1*}; ENAMI, Masaki²; KATO, Takenori²

¹Graduate School of Environmental Studies, ²Center for Chronological Research

¹Graduate School of Environmental Studies, ²Center for Chronological Research

The amalgamation of continental blocks that drifted from the northeastern margin of Gondwanaland from Late Paleozoic to Cenozoic formed the present landmass of eastern and southeastern Asia (e.g., Metcalfe, 2011). Myanmar is tectonically divided into eastern and western provinces by the Sagaing Fault, which is a 1200-km-long right-lateral strike-slip fault. The eastern province consists of the Sibumasu (Shan-Thai) Block and the western province consists of the West Burma Block and the Indo-Burma ranges. Both the Sibumasu and West Burma Blocks belong to the Sundaland. For the present study, samples were collected from the Mogok metamorphic belt (MMB), which borders the eastern province along the western edge forming a sigmoidal structure. It is 50 km wide and extends southwards from the eastern Himalayan syntaxis in the north to over 1500 km, where it joins the high-grade metamorphic belts of northern Thailand.

Our study area is situated at the central part of the MMB, north of Sagaing, and is bound by two parallel N-S trending ridges — Sagaing Ridge in the east and Minwun Ridge in the west. These two-parallel ridges are separated by the Sagaing fault valley, which varies in width from 0.5 to 1 km. Metamorphic rocks exposed in this area include gneisses, marbles, calc-silicates, schists, and amphibolites. Detailed mineralogical and petrological studies were conducted on garnet-biotite gneisses taken from the Sagaing Ridge (S30a, S26, S22a & b, and S39 from north to south). CHIME monazite ages indicate three possible crystallization events during the Paleogene period: 48.0 ± 2.4 , 37.1 ± 0.8 and 27.6 ± 0.6 Ma (2-sigma level). The common mineral assemblages are garnet, biotite, plagioclase, and quartz with minor amounts of rutile, ilmenite, graphite, apatite, monazite, and zircon. Additionally, the sample S30a contains prismatic sillimanite in the matrix. In sample S26, garnets contain fibrolite inclusions and the matrix consists of prismatic sillimanite. The samples S22a and b contain fibrolite inclusions in garnet and K-feldspar matrix. In the sample S39, spinel occurs as inclusions in garnet. Garnet grains are mostly homogeneous and exhibited high Mn content and low Mg content locally at the grain boundaries: $\text{Alm}_{63-67}\text{Prp}_{28-30}\text{Sps}_3\text{Grs}_{4-5}$, $\text{Alm}_{55-72}\text{Prp}_{20-38}\text{Sps}_{1-5}\text{Grs}_{4-5}$, $\text{Alm}_{59-65}\text{Prp}_{30-35}\text{Sps}_{1-2}\text{Grs}_{5-7}$, $\text{Alm}_{58-63}\text{Prp}_{30-33}\text{Sps}_1\text{Grs}_{4-6}$, $\text{Alm}_{62-72}\text{Prp}_{17-28}\text{Sps}_{1-3}\text{Grs}_{6-10}$ in samples S30a, S26, S22a & b, and S39, respectively. Biotites were texturally categorized as (i) inclusions in garnet, (ii) isolated grains in matrix (iii) symplectitic aggregate with plagioclase around the garnet grains, and (iv) in veins through the garnet grains. Biotite inclusions and biotite content in matrix contain 5.6 wt% and 2.0 wt% of TiO_2 and F, respectively. Spinel contains 4.9 wt% ZnO and its X_{Mg} [$=\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$] and Y_{Al} [$=\text{Al}/(\text{Al}+\text{Fe}^{3+}+\text{Cr})$] values are about 0.35 - 0.40 and 0.95, respectively.

The garnet-biotite geothermometer and two geobarometers characterized by garnet-biotite-plagioclase-quartz and garnet-plagioclase-sillimanite-quartz equilibria were employed for the pressure/temperature (P/T) estimations of the samples collected from Sagaing. Three groups of datasets were used for the calculations: (1) biotite and plagioclase inclusions and their garnet host, (2) garnet core along with biotite and plagioclase matrix, and (3) symplectite and garnet rim. The estimated equilibrium P/T conditions were 0.3 - 0.7 GPa/580 - 700 °C and 0.6 - 0.9 GPa/780 - 880 °C for the inclusion and matrix assemblages, respectively. Symplectitic assemblages around the garnets exhibit equilibrium conditions at 0.2 - 0.3 GPa/580 - 610 °C. The high TiO_2 content of the biotite grains coexisting with rutile and/or ilmenite indicate a temperature of crystallization of 800 °C, when the Ti content of biotite is used as the geothermometer as proposed by Henry et al. (2005).

キーワード: CHIME monazite ages, P-T conditions, pelitic gneisses, Mogok metamorphic belt, Myanmar
Keywords: CHIME monazite ages, P-T conditions, pelitic gneisses, Mogok metamorphic belt, Myanmar

Petrological studies of spinel and quartz-bearing paragneiss from Zayetkwin-Onzon area, central Myanmar

Petrological studies of spinel and quartz-bearing paragneiss from Zayetkwin-Onzon area, central Myanmar

Ye Kyaw Thu^{1*}; ENAMI, Masaki²

Ye Kyaw Thu^{1*}; ENAMI, Masaki²

¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ²Center for Chronological Research

¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ²Center for Chronological Research

The Mogok Metamorphic Belt (MMB) extends for over 1450 km, from the Andaman Sea to the eastern Himalayan syntaxis along the western margin of the Shan-Thai block. This belt is mainly composed of high-grade metamorphic rocks, from upper-amphibolite facies to granulite facies, and younger intrusions. Previous studies concluded that an assemblage of the high-grade metamorphic rocks formed during a Paleogene regional metamorphic event that was caused by collision or underthrusting of the Indian microcontinent with the Eurasian continent. The study area is situated in the middle part of the MMB, 100 km north of Mandalay, and is mainly composed of paragneisses overlain by marbles and calc-silicate rocks. These lithologies are intruded by quartz syenite, biotite-granite, and pegmatite. The marbles and calc-silicate rocks are mainly composed of diopside, forsterite, phlogopite, spinel, graphite, and chondrodite, which record upper amphibolite facies equilibria. Paragneisses are mainly garnet-biotite gneisses with intercalations of biotite gneisses and leucogneisses, and show general NE - SW foliation. Paragneiss samples studied are medium- to coarse-grained, well-banded, and show porphyroblastic and gneissose texture. Most of them contain garnet, biotite, plagioclase, quartz, sillimanite, and K-feldspar with a minor amount of graphite, ilmenite and monazite. Porphyroblastic garnet grains are 2 - 5 mm in diameter, and contain numerous inclusions of biotite, plagioclase, quartz, and sillimanite. Biotite grains occur as four-generation phases, an inclusion phase in garnet, an isolated phase in the matrix, a symplectitic aggregate around garnet, and a vein phase replacing cracks in the garnet.

Coexisting spinel and quartz are newly found in a garnet-biotite gneiss collected from the Zayetkwin-Onzon area. This sample contains porphyroblastic garnet and cordierite, and biotite, plagioclase, quartz, and graphite in the matrix. Spinel and sillimanite coexisting with quartz, plagioclase, biotite, and ilmenite occur only as inclusions in cordierite. Spinel is a Zn-poor spinel-hercynite solid solution with $X_{Mg} [= Mg/(Mg + Fe^{2+})] = 0.34 - 0.35$, $Y_{Al} [= Al/(Al + Fe^{3+})] = 0.97 - 0.99$, $TiO_2 = 0.0 - 0.2$ wt%, and $ZnO = 1.8 - 2.3$ wt%. The matrix assemblage gives pressure/temperature estimates of 0.7 - 0.8 GPa/780 - 840 °C using a garnet-biotite geothermometer and garnet-biotite-plagioclase-quartz geobarometer. Biotite grains in the spinel-bearing sample and associated paragneisses contain a distinctly high TiO_2 content of up to 6.9 wt% (0.39 per formula unit for O = 11), which probably progressed mainly because of the $Ti \diamond R_{-2}$ substitution (R is the sum of divalent cations and \diamond represents vacancy in the octahedral sites). The fluorine content is up to 2.0 wt%, and the chlorine content is less than 0.1 wt%. The Ti-rich biotite suggests temperatures of 800 °C or higher if Ti is employed in the biotite geothermometer, as proposed by Henry et al. (2005).

The occurrence of a spinel-quartz-cordierite-sillimanite assemblage in the Zayetkwin-Onzon sample and the high-temperature estimates of around 800 °C suggest granulite facies equilibrium of the Mogok metamorphic rocks. Orthopyroxene-bearing garnet-gneisses were reported from the Mogok area, about 80 km NE of the Zayetkwin-Onzon area (Yonemura et al., 2013). These data suggest wide distributions of granulite facies metamorphic rocks in the northern part of the MMB.

キーワード: spinel, paragneiss, P-T conditions, Mogok Metamorphic Belt, Myanmar

Keywords: spinel, paragneiss, P-T conditions, Mogok Metamorphic Belt, Myanmar

幌満かんらん岩中の巨晶かんらん石の産状 Olivine megacrysts in the Horoman Peridotite Complex, Hokkaido, northern Japan

南山 明里^{1*}; 曾田 祐介¹; 浜田 盛久²; 森下 知晃¹

MINAMIYAMA, Akari^{1*}; SODA, Yusuke¹; HAMADA, Morihisa²; MORISHITA, Tomoaki¹

¹ 金沢大学, ² 独立行政法人海洋研究開発機構

¹Kanazawa University, ²Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

上部マントルの結晶の粒径は、温度、圧力、応力で決まると考えられており、通常は1 cmを超えるような結晶は形成されない(Ave Lallemand et al., 1980; 唐戸, 2011 など)。しかし、実際の天然のかんらん岩には数 cm を超える粒径をもつ結晶(以下、巨晶とよぶ)が世界中で少なからず存在している(北海道の幌満かんらん岩、アメリカの San Carlos のかんらん岩捕獲岩、ノルウェー WGR のかんらん岩など)。予想を超える大きさの巨晶を含むかんらん岩が世界中で存在していることから、かんらん岩の中に巨晶を形成する過程があるのではないかと考えられる。もし、巨晶を形成するメカニズムが上部マントル条件下で存在するならば、マントル物質の流動や結晶境界が関与する物質移動、地震波速度構造に影響を及ぼしている可能性がある。1 cm を超える巨晶形成を実験室で再現するのは難しく、天然試料の解析に頼るしかない。このことから、天然の巨晶かんらん石を研究し、その特徴を明らかにすることは、上部マントルでの巨晶形成の可能性について検討する上で重要である。

そこで本研究では、北海道の幌満かんらん岩体に産する巨晶かんらん石に注目し、巨晶かんらん石の特徴と普通の粒径の部分との違いを明らかにし、その前後関係を検討することを目的とした。

本研究で用いた試料は、北海道の幌満かんらん岩体のかんらん岩で、Lower Zone の MHL 系列(Takahashi, 1991) で採取したものである。巨晶かんらん石は面構造にほぼ平行で、肉眼で観察すると、普通の粒径のかんらん石よりも濁って見える。普通の粒径の層(細粒部)はポーフィロクラスティック組織である。巨晶かんらん石とかんらん石ポーフィロクラストには亜粒界が発達している。巨晶かんらん石の縁に見られる亜粒界は、かんらん石ポーフィロクラストと同じ(100)に平行である。巨晶かんらん石中にはラメラが形成されており、スピネル、単斜輝石、角閃石で構成されている。

U-stage で測定した結晶方位と亜粒界の方位を元に、巨晶かんらん石の中央部と縁にそれぞれ [001](100) と [100](001) のすべり系が確認された。細粒部では、[100](010) のすべり系が卓越する A-type ファブリックが見られる(Jung et al., 2006)。また、巨晶かんらん石に接する細粒かんらん石の結晶方位は、巨晶かんらん石と細粒かんらん石の中間的なファブリックである。

巨晶かんらん石と細粒かんらん石について EPMA による定量分析を行ったが、Fo と Ni 含有量には顕著な差は見られなかった。また、FT-IR による水含有量の測定も試みたが、OH 基のピークは検出されなかった。

巨晶かんらん石に角閃石、単斜輝石、スピネルのラメラが見られることから、水の多い条件下でこれらの成分を固溶していたと考えられる。巨晶かんらん石の縁のすべり系と、縁に接する細粒かんらん石の CPO から、巨晶かんらん石は A-type ファブリックを形成する塑性変形を受ける前から存在していたと推定できる。A-type ファブリックが見られる幌満かんらん岩は、試料を採取した周辺で報告されており、幌満かんらん岩体が上部マントルから上昇する過程で形成されたものと解釈されている(Sawaguchi, 2004)。これより、巨晶かんらん石と細粒部は、上部マントル内を上昇する間に A-type ファブリックを形成したと考えられる。

以上のことから、巨晶かんらん石は上部マントル内に既に存在しており、水の多い条件下でラメラ成分はもともと固溶しており、幌満かんらん岩体が上部マントルから上昇する過程で、A-type ファブリックを形成する条件下で塑性変形を受けたと考えられる。

キーワード: 巨晶かんらん石, 幌満かんらん岩, CPO

Keywords: olivine megacrysts, Horoman peridotite, CPO

飛騨片麻岩の弾性波速度と岩石微細構造 Elastic wave velocity and microstructures of Hida gneisses

小池 寛太^{1*}; 渡辺 了¹
KOIKE, Kanta^{1*}; WATANABE, Tohru¹

¹ 富山大学地球科学教室

¹Department of Earth Sciences, University of Toyama

Seismic velocity is one of the most important sources of information about the Earth's interior. For its proper interpretation, we must have a thorough understanding of the dependence of seismic velocity on microstructural elements, including the modal composition, the crystal preferred orientation (CPO), the grain shape, the spatial distribution of mineral phases, etc. For its complexity, the influence of the spatial distribution of mineral phases has been poorly understood. In this study, we focus on a layered structure seen in gneisses. We are studying elastic wave velocities and microstructures in Hida gneisses.

Rock samples of Hida gneisses were collected at Kubusu River (Yatsuo, Toyama Pref.). A rectangular parallelepiped (the edge length~40 mm) was made from rock samples. Two faces are parallel to the foliation plane, and two faces perpendicular to the elongation direction. Preliminary velocity measurements were made at room conditions by the pulse transmission technique using Pb(Zr, Ti)O₃ transducers with the resonant frequency of 2 MHz. One compressional wave velocity and two shear wave velocities were measured in each of three orthogonal directions. Two shear waves propagating in one direction oscillate in mutually orthogonal directions. The fastest compressional wave velocity (5.91 km/s) was observed in the direction parallel to the elongation, while the slowest (5.51 km/s) perpendicular to the foliation. When a shear wave propagated along the foliation plane, it showed slightly higher velocity for oscillating along the foliation than for oscillating perpendicular to the foliation plane.

However, these velocity values cannot be compared with microstructures, because they must be affected by pores in rock samples. We are now conducting velocity measurements under confining pressures of up to 180 MPa to remove the influence of pores. The relationship between velocity under confining pressures and microstructures will be presented in our poster.

キーワード: 片麻岩, 地震波速度, 異方性, 微細構造, CPO

Keywords: gneiss, seismic velocity, anisotropy, microstructure, CPO

岐阜県瑞浪市のMIU-3号孔コアにおける月吉断層とマイクロクラック方位分布との関係 Relation of the Tsukiyoshi Fault and orientation distribution of microcracks in the borehole MIU-3 core in Mizunami City

大谷 具幸^{1*}; 横井 洗亮¹; 岡崎 一成¹; 西村 勇輝¹; 小嶋 智¹; 窪島 光志²; 笹尾 英嗣²
OHTANI, Tomoyuki^{1*}; YOKOI, Kosuke¹; OKAZAKI, Kazunari¹; NISHIMURA, Yuki¹; KOJIMA, Satoru¹; KUBOSHIMA, Koji²; SASAO, Eiji²

¹ 岐阜大学, ² 日本原子力研究開発機構
¹Gifu Univ., ²JAEA

断層近傍におけるマイクロクラックの方位分布の特徴を明らかにすることを目的に、断層を貫くボーリングコアを用いてマイクロクラックの方位測定を行った。対象としたボーリングコアは岐阜県瑞浪市で日本原子力研究開発機構が掘削したMIU-3号孔コアである。MIU-3号孔は深度約1014mまで掘削され、月吉断層とは深度707mで交差する。月吉断層の母岩は白亜紀後期の土岐花崗岩である。月吉断層の姿勢は、MIU-3号孔付近ではE-W走向70Sの姿勢を有する。せん断センスは中新世の瑞浪層群堆積後は逆断層とされているが、断層岩の組織解析により正断層センスとも報告されている(新里, 2003)。

MIU-3号孔のボーリングコアより7試料を採取して、マイクロクラックの方位測定を行った。対象とした深度は496m, 623m, 662m, 698m, 755m, 851m, 996mである。上盤側の4試料はいずれも粗粒花崗岩であり、下盤側の3試料は中粒花崗岩である。マイクロクラックの方位測定はVollbrecht et al. (1991)の方法に基づいて行った。すなわち、直交する3平面で岩石薄片を作成して、花こう岩に含まれる石英を対象として、それぞれの面でユニバーサルステージを用いてマイクロクラックの方位測定を行った。なお、測定はヒールドマイクロクラックとシールドマイクロクラックを対象として、オープンマイクロクラックは掘削に伴う人為的なクラックが含まれる恐れがあるために測定対象からは除外した。

マイクロクラックの観察結果より、ヒールドマイクロクラックはシールドマイクロクラックより前に形成されたと考えられる。また、方位測定の結果より、ヒールドマイクロクラックの卓越方位は全深度で水平から低角、N-S走向高角であり、深度496mを除いて中角傾斜が認められる。中角傾斜のマイクロクラックは深度623mではE-W走向、深度662mではN-S走向と卓越する走向は一致しない。シールドマイクロクラックの卓越方位は多くの深度で水平から低角、N-S走向高角、E-W~WNW-ESE走向高角であり、断層近傍の深度698m, 755mではN-S走向中角、E-W走向中角が発達する。

断層の近傍ではヒールドマイクロクラック、シールドマイクロクラックともに中角傾斜のマイクロクラックが出現する。Moore and Lockner (1995)は室内破壊実験よりマイクロクラックの発達について明らかにした。それによると、破壊面の形成が始まるまでは試料全体に軸圧方向と平行なマイクロクラックが発達し、破壊面の形成が始まると破壊面の近傍に軸圧方向と20°斜交(破壊面とは30°斜交)するマイクロクラックが形成される。MIU-3号孔コアのマイクロクラックは断層近傍のみ中角傾斜が出現することから、天然においても断層近傍でマイクロクラックの方位分布が変化することが明らかとなった。また、シールドマイクロクラックはヒールドマイクロクラックと比べて中角傾斜の分布範囲が小さい。これは、形成時期がより早いヒールドマイクロクラックは、花崗岩が非破壊の状態で作成され、形成範囲がより広がったためと考えられる。一方で、シールドマイクロクラックは断層がすでに形成されて破壊とシーリングを繰り返す中で形成され、弱化した断層近傍の狭い範囲に形成されたためと推定される。

Moore, D. E. and Lockner, D. A. (1995), "The role of microcracking in shear-fracture propagation in granite," *Journal of Structural Geology*, 17, 95-114.

新里忠史 (2003), "東濃ウラン鉱床におけるナチュラルアナログ研究—ウラン鉱床分布域における月吉断層の活動履歴—," 日本地球惑星科学連合大会 2003年大会予稿集, G018-P004.

Vollbrecht, A., Rust, A. and Weber, K. (1991), "Development of microcracks in granites during cooling and uplift: examples from the Variscan basement in NE Bavaria, Germany," *Journal of Structural Geology*, 13, 787-799.

キーワード: マイクロクラック, 方位分布, 月吉断層, MIU-3号孔コア

Keywords: microcracks, orientation distribution, Tsukiyoshi Fault, borehole MIU-3 core

沈み込み帯ダイナミクスの数値モデル Numerical model for subduction zone dynamics

石井 和彦^{1*}

ISHII, Kazuhiko^{1*}

¹ 大阪府立大学大学院理学系研究科

¹ Graduate School of Sciences, Osaka Prefecture University

本発表では、沈み込み帯ダイナミクスの数値モデルを紹介する。このモデルは、上部・下部大陸地殻、上部・下部海洋地殻、マントルリソスフェア、アセノスフェア、堆積物、海水、大気から構成され、海洋プレートの沈み込みと変形、堆積物と海洋地殻の変成作用（結晶片岩化やエクロジャイト化とそれに伴う脱水）、メルトの形成と上昇、マントルウェッジの流動（温度、圧力、含水量、メルト分率、歪み速度依存）、流体による有効摩擦係数の低下、大陸地殻の変形、浸食・堆積などの過程を取り扱うことができる。

このモデルの目的は、1) 沈み込み境界の強度とカップリング深度、2) 変成岩の上昇機構、3) 付加体成長と構造浸食の過程とその条件、4) 弧大陸地殻の変形と応力分布などを理解することである。まだ、これらの過程について具体的な議論ができる段階ではないが、モデルの概要と課題について報告する。

キーワード: 沈み込み帯, 数値モデル, プレート境界強度, 変成岩の上昇, 地殻の変形と応力, 付加体成長と構造浸食

Keywords: subduction zones, numerical model, strength of plate interfaces, exhumation of metamorphic rocks, crustal deformation and stress, accretion and tectonic erosion

球殻テクトニクスにおける近藤理論 Kondo theory for spherical shells tectonics

菊地 和平^{1*}; 長濱 裕幸¹

KIKUCHI, Kazuhei^{1*}; NAGAHAMA, Hiroyuki¹

¹ 東北大学大学院理学研究科地学専攻

¹Department of earth science, Tohoku University

沈み込み帯におけるリソスフェアの球殻座屈現象が、球殻テクトニクスにより研究されてきた。スラブの長さに関する Batdorf パラメータと正規化された静水圧との間に、線形関係が見出されている (Kikuchi and Nagahama, 2015)。このスラブの長さは、円弧の長さとしリソスフェアの厚さにほぼ比例している。しかし、球殻テクトニクスにおいて、リソスフェアの曲率を考慮した高次歪みを伴う座屈方程式の取扱いは与えられていない。一方、Kondo (1955) は湾曲した材料の曲げ及び座屈にリーマン幾何学の概念を使用している。この近藤理論から、リソスフェアの曲率を考慮した球殻座屈方程式を導出する。

Kikuchi, K. and H. Nagahama (2015) Batdorf parameter for the spherical shells tectonics, EGU General Assembly Conference Geophysical Research Abstracts Vol. 17.

Kondo, K. (1955) Theory of Metaphorical Plates and Shells, RAAG Memoirs Vol. I, (ed). K. Kondo, pp. 47- 60.

キーワード: 球殻テクトニクス, 近藤理論

Keywords: Spherical shells tectonics, Kondo theory

変成岩中の放射虫化石と変成鉱物の結晶成長 Radiolarian fossils and crystal growth of metamorphic minerals in low-grade metamorphic rocks

小野 晃^{1*}
ONO, Akira^{1*}

¹ なし

¹ None

関東山地の寄居-小川地域の秩父-三波川帯や跡倉ナツプについて、泥質変成岩や珪質変成岩などをルーペで観察すると、白いリング状組織(放射虫化石の痕跡)が普通に認められる。観察対象を更に広げて、高遠-塩尻地域の領家帯の泥質変成岩や伊那市長谷の泥質マイロナイトをルーペで調べてみると、これらにも放射虫化石の痕跡が一般的に存在する。この事実は3年前に報告されている[1]。ここでは、その後の調査もふまえて、放射虫化石の薄片中における産状や変成度との関連性などを報告する。

珪質スレート中の放射虫化石 チャート岩塊が寄居町谷津の跡倉ナツプに認められる。チャートに挟まっている珪質泥岩をルーペで見ると、リング状組織が多数認められる。薄片を光学顕微鏡で見ると、大きさが40~100 μm ほどの白色リングとその内部を埋める有色鉱物に富む泥質物質が確認できる(Figure A)。内部の泥質物質に有色鉱物が少ない場合、白色リングは不明瞭になる。有色鉱物の量はリング中心部で少ないことがある。この場合、有色鉱物に富む泥質物質は幅広い暗色のリングを作ることになる。以上のような微小の白色リング、暗色リングおよび有色鉱物に富む円形状組織は、秩父帯や領家帯の低変成度の細粒緻密な泥岩などにも一般的に認められ、それらは放射虫化石の痕跡と考えられる。

変成度と放射虫化石 領家帯東端部の高遠-塩尻地域では東に向かって変成温度が上昇し、緑泥石-黒雲母帯、黒雲母帯、シリマナイト帯に分帯されている。緑泥石-黒雲母帯では保存良好な放射虫化石が確認されているが、それよりも高温地帯では放射虫化石を確認できていなかった。しかし、黒雲母帯高温部の泥質片岩の切断面をルーペで観察すると、放射虫化石の痕跡である白色リングを確認できる。Figure Bはそのusbマイクロスコープの画像であり、Figure Cは光学顕微鏡写真である。放射虫化石の痕跡は画像を少し遠方からいろいろの方向から眺めると認識しやすい。黒雲母片岩の石英、長石、黒雲母、白雲母はかなり粗粒であるが、放射虫化石の輪郭は残存している。放射虫化石の内部には微細な炭質物(石墨)が非常に多く、炭質物の分布状況が化石の輪郭を保存している。一方、シリマナイトゾーンでは変成作用中の物質移動が顕著であり、炭質物もかなり大きく結晶成長している。しかもカリ長石が大量に形成されて、岩石組織が大きく変化している。そのため放射虫化石の痕跡は破壊されて、ほとんど残存していない。

変成鉱物の成長と放射虫化石 高遠のシリマナイトアイソグラッド付近の多くの泥質変成岩には、紅柱石、微細なシリマナイト(フィブロライト)とカリ長石が形成されている。大型のカリ長石の内部にはいろいろの鉱物が包有されている。包有物としては微小な炭質物が目立ち、それらはしばしば楕円形状に分布している。この形状は放射虫化石の形態を反映している可能性がある。

東秩父村居用の木呂子緑色岩メランジュには肥後-阿武隈帯起源の変成岩の岩塊が存在する。岩塊には泥質の珪質変成岩も存在し、それをルーペで見ると、放射虫化石と推定される白色リングが大量に認められる。光学顕微鏡で見ると、大きな粒径の鉱物はほぼすべて石英であり、その他に鑑定不能な微細な有色鉱物が石英の包有物として不規則に分布している。クロスニコルではリング状組織を確認しがたいが、オープンニコルでは微細な有色鉱物の多い部分がリング状や楕円形状に分布していることを認識できる。このリング状組織は石英が大きく成長していく際に石英に取り込まれたものと推定される。

放射虫化石の形状と変形作用 伊那市長谷中尾の三峰川沿いには細粒緻密な珪質や泥質の鹿塩マイロナイトが分布している。ウルトラマイロナイトと呼称されることもある細粒の岩石である。片理面とそれに直交する断面など複数の断面で放射虫化石の形状を観察してみたが、変形して著しく扁平になった放射虫化石は未だ見つからない。また、径1mmほどの長石、電気石、ザクロ石(一粒子のみ)の斑状結晶を観察したところ、斑状結晶の割れ目を石英が満たしている組織は認められなかった。プレッシャーシャドウの発達も非常に悪い。非常に強い剪断作用を示唆するデータは未だ得られていない。

[1] 小野, 2012, 日本地質学会第119年学術大会, R4-P-24, p.228.

キーワード: 放射虫化石, 変成温度, 再結晶作用

Keywords: Radiolarian fossil, Metamorphic temperature, Recrystallization

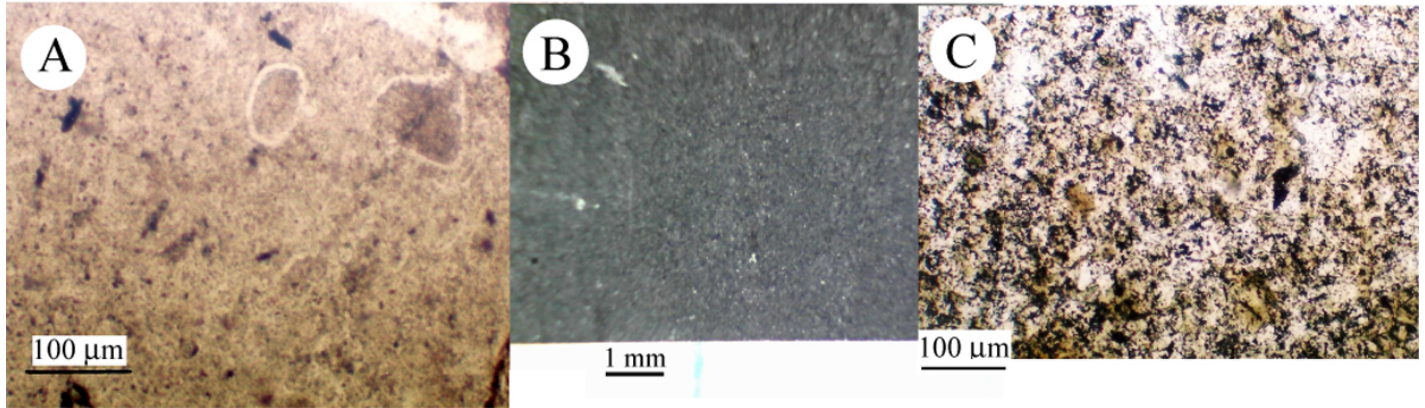
SMP43-P14

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 18:15-19:30

A Siliceous slate

B and C Biotite-muscovite schist



別子地域三波川帯瀬場エクロジヤイト質塩基性片岩中の泥質片岩の変成 P-T 経路 Metamorphic P-T evolution of the eclogitic pelitic schists in the Sambagawa belt, central Shikoku, Japan

高須 晃^{1*}; Kabir M.F.¹
TAKASU, Akira^{1*}; KABIR, M.f.¹

¹ 島根大学
¹ Shimane University

別子地域三波川帯に分布する瀬場エクロジヤイト質塩基性片岩は大部分は塩基性片岩であるが、一部に泥質片岩及び珪質片岩の薄層を挟在する。塩基性片岩緑れん石角閃岩相の鉱物組み合わせを示すが、まれにエクロジヤイト相の鉱物組み合わせが認められる。エクロジヤイトの変成作用については、これまでに詳しく研究されてきた(例えば, Aoya, 2001; Kabir and Takasu, 2010)。Kabir and Takasu (2010) は、これらのうち大野谷地域に分布するエクロジヤイトについて、第1 高压変成作用(低温エクロジヤイト相)、第2 高压変成作用(高温エクロジヤイト相)、狭義の三波川帯変成作用の3 回の高圧変成作用を識別した。ECL 相のピーク温度圧力は、第1 高压変成作用が T: 530 - 590 °C, P: 19-21 kbar, 第2 高压変成作用が T: 630 - 680 °C, P: 20-22 kbar である。

今回の研究では瀬場エクロジヤイト質塩基性片岩中のエクロジヤイトと互層する泥質片岩の変成作用を明らかにした。組織と構成鉱物の化学組成より、この泥質片岩の変成作用は、1) 先駆的変成作用、2) 第1 高压変成作用、そして3) 第2 高压変成作用の3 回の変成イベントに区分できる。1) 先駆的変成作用イベントは斑状変晶ざくろ石のコアに含まれる包有物である Na-Ca~Ca 角閃石(タラマ閃石, パーガス閃石, Mg ホルンブレンドなど)、白雲母(Si: 6.05-6.13) で特徴づけられる。変成条件は緑れん石角閃岩相から角閃岩相が推定される。2) 第1 高压変成作用イベントの昇温期変成作用は緑れん石青色片岩相から緑れん石角閃岩相を経てエクロジヤイトに至る変成作用を示す。昇温~ピークの変成条件を明らかにするため、MnNCKFMASHO モデルシステムにおいてシュードセクションと組成等値線(Connolly, 1990, 2009) を計算し、昇温期の 460 °C, 8 kbar からピークの 600-640 °C, 19.5-21.5 kbar (エクロジヤイト相) の変成条件を明らかにした。ピーク後の降温期変成作用は NCKFMASHO モデルシステムを用い、角閃石と曹長石の等値線の交点より 510-520 °C, 9.5-10 kbar の条件が得られた。降温期変成作用はほぼ等温減圧の変成経路を示し、Aoya (2001) が示したような、圧力ピークの後、減圧しながらの温度上昇(温度ピーク) という変成経路は認められなかった。3) 第2 高压変成作用イベントは、コアが藍閃石、マントルがバロワ閃石、リムがエデン閃石である顕著な累帯構造を示す角閃石によって昇温、ピーク、降温の変成作用が特徴づけられる。また、コアの藍閃石がバロワ閃石と曹長石からなるシンプレクタイトを包有することは、藍閃石の晶出の前にエクロジヤイト変成イベントのオンファス輝石が降温変成によってシンプレクタイトを形成した後、藍閃石が形成されたと考えられる。

エクロジヤイト相変成作用の前の緑れん石角閃岩相から角閃岩相の先駆的変成作用は、サブダクションの開始時にまだ冷却されていないハンギング・ウォール側からの熱の供給によりおこったと考えられる。その後、サブダクションの継続に伴うハンギング・ウォールの冷却によるエクロジヤイト相に至る高压型変成作用(大野谷のエクロジヤイトには2 回のエクロジヤイト相変成作用が認められる)がおこった。最後に、エクロジヤイト岩体が一度地表近くにまで上昇した後、岩体周囲の岩石とともに狭義の三波川帯変成作用を受けたと考えられる。

キーワード: 三波川帯, エクロジヤイト, P-T シュードセクション, ざくろ石, 別子, 瀬場
Keywords: Sambagawa, eclogite, P-T pseudosection, garnet, Besshi, Seba

徳之島に産する角礫岩脈中の反応組織のEPMAおよびレーザーラマン分光分析 Electron Probe Microanalyser and Laser Raman analyses of reaction textures in breccia veins, Tokunoshima, SW Japan

貞包 健良^{1*}; 山本 啓司¹; 上田 修郎²; 寺林 優³

SADAKANE, Takeyoshi^{1*}; YAMAMOTO, Hiroshi¹; UEDA, Shuro²; TERABAYASHI, Masaru³

¹ 鹿児島大学大学院理工学研究科, ² 株式会社 ダイヤコンサルタント, ³ 香川大学工学部安全システム建設工学科

¹Graduate School of Science and Engineering Kagoshima University, ²Dia Consultants CO.,Ltd, ³Department of Safety Systems Construction Engineering, Kagawa University

西南諸島奄美群島、徳之島西岸の秋利神川沿いに露出する変成岩体からは暗色で脈状の貫入岩が発見されている(上田ほか, 2012)。この暗色脈は、断層運動に由来する角礫岩、微角礫岩、細粒の基質によって構成される。これらの基質には反射型顕微鏡において縁が円環状に輝く、不透明鉱物が含まれる。EPMAによる元素濃度分析は環状の部分はTiを多く含み、中心部分はCaが多いことが分かった。レーザーラマン分光顕微鏡を用いたマッピングではTi部分がanatase、Ca部分がcalciteであることが判明した。

この不透明環状鉱物は母岩である砂質・泥質片岩からは見つかっておらず、母岩でCaとTiを含むの鉱物はTitaniteのみである。よって、この不透明環状鉱物はTitaniteの分解反応によって生成したものと考えられ、脈の貫入時の温度は200℃かそれ以上であったと考えられる(Chakhmouradian, 2004 など)

Chakhmouradian, Anton R., 2004, *American Mineralogist*, 89, 1752-1762.

上田修郎, 山本啓司, 寺林優, 2012年, 日本地質学会第119年学術大会.

キーワード: ラマン分光法, 琉球弧, 徳之島, 鹿児島

Keywords: Laser Raman Spectroscopy, Ryukyu arc, Tokunoshima, Kagoshima Prefecture