

流体が支配的な系における変成作用の相平衡熱力学 Thermodynamic equilibrium for fluid-dominant metamorphic systems

桑谷 立^{1*}, 鳥海 光弘²

Tatsu Kuwatani^{1*}, mitsuhiro toriumi²

¹ 東京大学大学院新領域創成科学研究科, ² 海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域

¹ Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo, ² IFREE, JAMSTEC

Classical metamorphic petrology has generally considered chemical equilibrium only among solid phases, but not among solid phases and aqueous species in the intergranular fluid (aqueous solution). It has been implicitly assumed that the chemistry of fluid is entirely buffered by the coexisting minerals. On the other hand, hydrothermal chemistry has modeled that the generation and extinction of the minerals are mostly controlled by the aqueous chemistry in the coexisting water. In most cases, however, the formulation in hydrothermal systems has treated minerals only as pure components but not as solid solutions (e.g. Reed 1983; Henley 1984). In this study, we develop the unified thermodynamic model that seamlessly integrates both the classical concept of metamorphic petrology and the concept of hydrothermal chemistry. The incorporation of the amount of water and chemistry of the aqueous species into the theory of the metamorphic equilibria enables us to investigate the water-rock interaction in metamorphism and metasomatism. In the numerical modeling, the rock shows a wide variety of mineral assemblages according to the amount of water, or the water/rock ratio, even in the same pressure, temperature and bulk-composition conditions. With the increase of water, the number of phase decreases and eventually the system becomes bimineralic or monomineralic. The present model will be the basis for the future study of the various reaction textures such as the formation of the metamorphic banding and the pseudomorphic replacement.

スリランカの arrested チャーノッカイト形成に伴う有色鉱物のモード変化 Change of modal abundance of mafic minerals during formation of arrested charnockite in Sri Lanka

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

Yukiko Yamasaki^{1*}, IKEDA, Takeshi¹, MOTOYOSHI, Yoichi², HIROI, Yoshikuni³, PRAME, Bernard N.⁴

¹九州大学, ²国立極地研究所, ³千葉大学, ⁴スリランカ地質調査所

¹Kyushu University, ²National Institute of Polar Research, ³Chiba University, ⁴Geological Survey of Sri Lanka

スリランカ中央部には、普通角閃石 - 黒雲母片麻岩中に数十 cm スケールで局所的にチャーノッカイトが産している。このようなタイプのチャーノッカイトは arrested チャーノッカイトと言われる。山崎 他 (2012) では、スリランカ中央部に産するチャーノッカイトと周囲の片麻岩の普通角閃石と黒雲母の組成に有意な差を検知し、暫定的に以下の反応を提案した。

$\text{Ti-rich biotite} + \text{quartz} = \text{Ti-poor biotite} + \text{orthopyroxene} + \text{ilmenite} + \text{alkali feldspar} + \text{H}_2\text{O}$

$\text{Ti-rich hornblende} + \text{quartz} = \text{Ti-poor hornblende} + \text{orthopyroxene} + \text{ilmenite} + \text{anorthite} + \text{albite} + \text{alkali feldspar} + \text{H}_2\text{O}$

粒間流体の H_2O 活動度が減少すると、これらの反応が右辺側に進行して斜方輝石を生成する。しかしチャーノッカイト化が片麻岩中のどのような部分から、どのように進化したかということは未だわかっていない。周囲の片麻岩中の片麻状構造は、チャーノッカイト内部まで追跡できるが次第に不明瞭になり、中心部では認識できない。従ってチャーノッカイト中にはチャーノッカイト化以前の情報が保存されている可能性がある。そこで本研究では片麻岩からチャーノッカイトへの普通角閃石、黒雲母、斜方輝石の量比の変化を記載した。

片麻岩中での普通角閃石と黒雲母の量比はチャーノッカイトに近づくとも減少し、境界から約 12cm 地点で普通角閃石 7.9%、黒雲母 6.9%から、境界付近の普通角閃石 5.0%、黒雲母 5.5%となる。チャーノッカイトに入ると、普通角閃石 1.7%、黒雲母 4.1%に激減し、その後内部に向かって普通角閃石 0.06%、黒雲母 1.6%に漸減する。これに対して斜方輝石の量はほぼ一定である (平均 3.3%)。

黒雲母は片麻岩中では優白質部と優黒質部のどちらにも産しているのに対し、チャーノッカイト中では優黒質部のみに限られる。また斜方輝石は優黒質部やその延長線上に産する。

普通角閃石と黒雲母がチャーノッカイト内部ほど多く分解したとするならば、生成される斜方輝石の量も多くなるはずである。しかし、これは観察事実と反する。チャーノッカイトに向かって普通角閃石と黒雲母が漸減する傾向が、チャーノッカイト化が起こる前の片麻岩にも維持されていたとするならば、一定量の普通角閃石と黒雲母を消費して斜方輝石を生成すると、残った普通角閃石と黒雲母はチャーノッカイト中心部へ向かって減少することになり、現在の観察事実と一致する。この仮説は、不均質な片麻岩中の優白質部で選択的にチャーノッカイト化が進行した可能性を示している。

キーワード: スリランカ, チャーノッカイト, 普通角閃石 - 黒雲母片麻岩

Keywords: Sri Lanka, arrested charnockite, hornblende-biotite gneiss

東南極リュッツホルム岩体のザクロ石角閃岩にみられるコロナの微細構造 Microstructure of corona of garnet amphibolites from the Lutzow-Holm Complex, East Antarctica

島田 麻美^{1*}, 池田 剛¹
Asami Shimada^{1*}, Takeshi Ikeda¹

¹ 九州大学
¹ Kyushu University

はじめに

コロナとは、ある鉱物の周囲を別の鉱物や鉱物の集合体が環状に取り囲む構造のことである。これは中心の鉱物とマトリクスの鉱物の反応によって形成されたと考えられている。この反応を特定することによって、コロナ形成時に岩石にどのような成分が入り込んだり、どのように温度圧力が変化したりしたのを知ることができる。またコロナ構成鉱物の微細構造は反応の継続時間や、岩石の歪み量を知る手がかりとなる。そこで本研究では、東南極リュッツホルム岩体に産するコロナを対象とし、微細組織、コロナ中の黒雲母の粒径、構成鉱物の化学組成の記載をした。

地質概要

リュッツホルム岩体では北東から南西に向かって、変成相が角閃岩相からグラニュライト相へと移り変わっている。その中の東オングル島にはグラニュライト相の変成岩類が広く分布する。主要な岩石はザクロ石片麻岩と角閃石片麻岩である。ザクロ石片麻岩の中には、ザクロ石斑状変晶を含む角閃石主体の超塩基性岩が薄層として存在する。この岩石中のザクロ石と角閃石の間には斜長石と黒雲母から成るコロナが発達する。

微細組織

マトリクスには角閃石の多い領域と斜長石の多い領域が存在し、どちらの領域も主に角閃石、斜長石、褐色の黒雲母、斜方輝石から成る。角閃石の多い領域に直径約 15mm のザクロ石斑状変晶が産する。ザクロ石の表面には 0.5mm 程度の凹凸が発達する。凹部の延長上には、丸みを帯びた不定形のザクロ石（長軸長 0.10~0.45mm）が産することもある。このザクロ石の周囲に発達するコロナは主に斜長石、緑色の黒雲母から成る。緑色の黒雲母の粒径はザクロ石から離れるにつれ大きくなる。ザクロ石の凹部では、黒雲母の長軸方向は境界にほぼ直交する。

粒径分布

コロナ中の全黒雲母粒子（約 3300 個）の面積を画像解析ソフト (ImageJ) を使用して測定し、円相当径を求めた。肉眼で粒径の違いが識別できる 3 つの領域（ザクロ石に近い側から領域）に分けて粒径分布図を作成した。いずれの領域でも平均値より細粒側に最頻値をもち、粗粒側になだらかに頻度の減少する分布を示し、は対数正規分布に似る。の方が に比べて分散が大きい。

化学組成

ザクロ石の内部は均質で、リムはそれより Fe に富み、Mg に乏しい。コロナの斜方輝石はマトリクスのものに比べ Al に富み、Si, Fe+Mg に乏しい。マトリクスの斜長石はコアからリムへ $X_{an} = 0.38$ から 0.46 の累帯構造を示すのに対し、コロナでは $X_{an} = 0.65$ から 0.84 と組成差の大きい累帯構造をもつ。コロナの黒雲母はマトリクスのものに比べ Al に富み、Si, Ti, K+Na に乏しい。

考察とまとめ

コロナ中の黒雲母の粒径分布が対数正規分布であることは、従来の研究より、核形成率が減衰しながら核形成と成長を続けていたことを意味する。つまり高温であるにもかかわらず、再結晶が有為に働いていないことを示唆する。よってコロナの形成時間は、焼きなましの期間を経るほど長くはなかったと考えられる。

モードと化学組成から推定したコロナの全岩組成は、マトリクスのザクロ石、角閃石、斜長石の組成から予想される全岩組成に比べて K に富み Fe に乏しい。このことはコロナ形成時に流体を介して K が外部から供給され、Fe が溶脱したと考えられる。

キーワード: 東南極, リュッツホルム, コロナ

Keywords: East Antarctica, Lutzow-Holm Complex, corona

南極, リュツォ・ホルム岩体, ラングホブデのザクロ石片麻岩中のジルコンの SHRIMP
U-Pb 年代
SHRIMP U-Pb zircon dating of garnet gneiss from the Lutzow-Holm Complex at Langhovde,
East Antarctica

加藤 睦実^{1*}, 廣井 美邦¹
Mutsumi Kato^{1*}, Yoshikuni Hiroi¹

¹ 千葉大学大学院理学研究科

¹ Graduate School of Science, Chiba University

The Lutzow-Holm Complex of East Antarctica is one of Pan-African metamorphic terranes that formed as a part of the East Gondwana supercontinent amalgamation. The LHC is considered to have experienced a typical clockwise pressure-temperature-time path, as indicated by the presence of relict kyanite and staurolite inclusions within garnet and plagioclase in sillimanite-rich pelitic granulites and the development of reaction textures characteristic of near-isothermal decompression in mafic to ultramafic rocks (e.g., Hiroi et al., 1991). The timing of peak regional metamorphism within the sillimanite stability field is constrained to be 520-550 Ma by SHRIMP U-Pb dating on zircon (Shiraishi et al., 1994).

Hiroi et al. (2008) found magmatic andalusite in garnet-bearing pegmatite for the first time from the granulite facies Langhovde area of the LHC. The andalusite-bearing pegmatite intrudes garnet-biotite-sillimanite gneiss, and between them, garnet gneiss that does not contain both andalusite and sillimanite is sometimes formed. In order to constrain the timing of andalusite formation, we performed an ion microprobe (SHRIMP) dating of zircons in the garnet gneiss, and obtained an apparent population of U-Pb ages at ca. 525 Ma, that is almost contemporaneous with the timing of peak metamorphism in the LHC. We discuss the significance of the zircon U-Pb age from the garnet gneiss.

References

Hiroi, Y., Shiraishi, K. and Motoyoshi, Y. (1991) Late Proterozoic paired metamorphic complexes in East Antarctica, with special reference to the tectonic significance of ultramafic rocks. *Geological Evolution of Antarctica* (Thomson, M.R.A et al. Eds.). Cambridge University Press, 83-87.

Hiroi, Y., Motoyoshi, Y., Hokada, T. and Shiraishi, K. (2008) Magmatic andalusite in the granulite-facies metamorphic area near Syowa Station, Antarctica. *The 28th symposium on Antarctic Geosciences, Program and Abstract*, October 2008.

Shiraishi, K., Ellis, D. J., Hiroi, Y., Fanning, C. M., Motoyoshi, Y. and Nakai, Y. (1994) Cambrian orogenic belt in East Antarctica and Sri Lanka: implications for Gondwana assembly. *Journal of Geology*, 102, 47-65.

キーワード: 南極, グラニュライト, ラングホブデ, 紅柱石, ジルコン, リュツォ・ホルム岩体

Keywords: antarctica, granulite, Langhovde, andalusite, zircon, Lutzow-Holm Complex

東部ピルバラにおけるメタチャート中の電気石のマイクロブーディン構造を用いた古差応力解析

Palaeo stress analysis using microboudinage structures of tourmaline within metacherts in East Pilbara Terrane

松村 太郎次郎^{1*}, 岡本 敦³, 木村 希生², 増田 俊明²

Taroujirou Matumura^{1*}, OKAMOTO, Atsushi³, KIMURA, Nozomi², MASUDA, Toshiaki²

¹ 静岡大学創造科学技術大学院, ² 静岡大学理学部地球科学科, ³ 東北大学大学院環境科学研究科

¹ Graduate school of science and technology, Shizuoka University, ² Institute of geosciences, Shizuoka University, ³ Graduate school of environmental studies, Tohoku University

Granite emplacement is the key process for generation of continental crust during Archaean. We analysed microstructures of tourmaline grains embedded within metacherts in the aureole around the Mount Edgar Granitoid Complex in east Pilbara, Western Australia. The aim of this study is to evaluate stress and strain with respect to progressing deformation in the aureole during the metamorphism in relation to the granite emplacement. The shape preferred orientation of tourmaline grains on the foliation surface revealed that the intensity of lineation depicted by the value of k ranges from 0.6 to 5.4. Higher values of k occur in an area which is previously called sinking zone by several authors. As many tourmaline grains exhibit microboudinage structures, we performed the microboudine analysis for palaeostress analysis. The estimated palaeodifferential stress ranges from 3.9 to 9.2 MPa. The sample with the highest palaeodifferential stress came from the locality <10 m from the contact between the granite and the greenstone belt. The palaeodifferential stress in the sinking zone is 7.2-9.2 MPa, while that far from the contact is 3.9 MPa. We discuss the relationship between the palaeodifferential stress and the k value in the poster.

キーワード: マイクロブーディン構造, 花崗岩-グリーンストーン帯, メタチャート, 差応力

Keywords: microboudinage structure, granite-greenstone belt, metachert, differential stress

収束プレート境界における s-波スプリッティングのモデリング: アンチゴライトと かんらん石の CPO ファブリックの分布 Modeling shear wave anisotropy in forearc regions: implications for distribution of antigorite and olivine CPO fabrics

永治 方敬^{1*}, ワーカー アンドリュー², ウーキー ジェームズ², ケンダル マイケル², ウォリス サイモン¹
Takayoshi Nagaya^{1*}, WALKER, Andrew M.², WOOKEY, James M.², KENDALL, Michael J.², Simon Wallis¹

¹ 名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻, ² ブリストル大学地球科学科

¹Earth & Planet. Sci., Nagoya Univ., ²Sch. Earth Sci., Bristol Univ.

上部マントルでは、マントル固体流動によって olivine が塑性変形し、Olivine の結晶軸選択配向 (CPO) が形成すると考えられている。olivine CPO は、上部マントルで観測される地震波方位・偏向異方性の主要な原因の一つと考えられている。この関係は、地震波異方性の観測から、マントルの流動方向を推定できることを意味しているが、それには上部マントル内の olivine CPO の種類やその分布を明らかにしていることが重要な条件となる。

変形実験の結果に基づいた熱力学モデリングは、沈み込み帯マントル前弧域内の様々な種類の CPO の分布予測に使うことができる (e.g. Kneller et al 2008)。しかしながら、B-type olivine CPO を形成するプロセスとして、定向配列した antigorite との topotactic な olivine の鉱物成長も重要とする説が提唱されている (Nagaya et al., 2012)。このメカニズムは、CPO が塑性変形によってのみ形成されるとした場合より、ウェッジマントル内の B-type olivine CPO の分布が、大幅に広がる可能性を示唆している。

多くの沈み込み帯前弧域では、プレートの移動方向に垂直方向に速い、特有の地震波異方性が観測されている。これら観測事実の一つの説明として、これらの地域のウェッジマントル内に、c 軸が剪断方向に平行、b 軸が剪断面に垂直に集中する B-type olivine CPO が分布していることが挙げられる。東北日本で観測される異方性 (~0.1 秒の delay time を持つ S 波スプリッティング) は B-type olivine CPO の存在によって説明することができる (Katayama and Karato, 2006)。

olivine はマントルの主要な鉱物であるが、沈み込み帯マントル前弧域では含水鉱物、特に非常に高い異方性を持つ antigorite も重要な構成鉱物である (olivine の場合、 $V_p=24\%$, $V_s=18\%$; antigorite の場合、 $V_p=46\%$, $V_s=66\%$)。そのため、antigorite の層は比較的薄くても、地震波異方性に大きな影響を与える可能性がある。琉球弧沈み込み帯で観測されるような 1 秒以上の長い delay time をもつ S 波スプリッティングは、急傾斜の沈み込み方向に対して c 軸が垂直に強く配列する CPO を伴った antigorite の存在が原因かもしれない (Katayama et al., 2009)。

地震波異方性のモデリングは、前弧マントル内で様々な CPO パターンの種類やその分布を制約する有効な手段となり得る。私たちは、これまでに三次元的な地震波経路について解析した Kneller et al., (2008) によって使われた手法を発展させ、現在提唱されている東北日本弧と琉球弧のウェッジマントル内の antigorite と olivine の CPO の分布モデルについて検討した。antigorite の異方性はごく最近になって明らかになり、これまで異方性モデリングに適用されたことはなかった。私たちもモデルは近年開発された 2 つの Matlab ツールキットを使っている: MTEX (Hielscher & Schaeben, 2008; Mainprice, 2011) と MSAT (Walker & Wookey, 2012)。私たちは、このモデルを琉球弧と東北日本弧の沈み込み帯に適用し、これら 2 つの沈み込み帯ウェッジマントル内の antigorite と olivine CPO の種類と分布域の制約の可能性について調べる。

[引用文献]

- (1)Kneller, E.A. et al., 2008. Earth Planet. Sci. Lett. 268, 268-282.
- (2)Nagaya, T. et al., 2012. Eos Trans. AGU 93(52) Fall Meet. Suppl., Abstract MR11A-2473.
- (3)Katayama, I., Karato, S., 2006. Phys. Earth Planet. Inter. 157, 33-45.
- (4)Katayama, I. et al., 2009. Nature 461, 1114-1117.
- (5)Hielscher, R., Schaeben, H., 2008. J. Appl. Cryst. 41, 1024-1037.
- (6)Mainprice, D., 2011. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ. 360, 175-192.
- (7)Walker, A.M., Wookey, J.M., 2012. Comput. Geosci. 49, 81-90.

キーワード: アンチゴライト, かんらん石, 結晶方位選択配向 (CPO), トポタキシー, MTEX & MSAT, 地震波異方性
Keywords: antigorite, olivine, crystal preferred orientation (CPO), topotaxy, MTEX & MSAT, seismic anisotropy

三波川変成岩のキンクバンドと鉱物中の流体包有物から推定するベインの形成メカニズム

Minerals on the verge of fracturing: fluid inclusions observed in minerals within kink bands

松木 貴希¹, 乾 睦子^{1*}

Takaki Matsuki¹, Mutsuko Inui^{1*}

¹ 国土館大学理工学部

¹ School of Science and Engineering, Kokushikan University

埼玉県の大子地域では低温高压型の三波川変成岩が地表に露出しており、その露頭ではベインが多く観察されることが知られている。ベインは岩石の変形と脆性破壊の痕跡である。岩石に大きな力が加わった時にどのように変形し割れ始めるのかを知ることは、日本のような地震国においてはとくに重要なことである。そこで本研究では、ベインとキンクバンドとの走向傾斜に近いことに着目し、キンクバンドがベインの形成直前の状態であると推定して観察した。

まず幅約 100 m の露頭においてベインとキンクバンドの軸面の方向を計測して比較した。ベイン 14 本、キンクバンド 24 本の軸面の方向を計測した結果、ほぼ同じ走向傾斜を示すことが分かった。キンクバンドの延長がそのままベインに漸移しているものが観察できたことから、この露頭におけるキンクバンドとベインとはほぼ同じ条件下で形成された可能性が高いことが分かった。

次にキンクバンドの中と外の薄片を作成し岩石中の鉱物の変形した痕跡を探した。その結果キンクバンドの軸面と軸面に挟まれるバンドの部分の石英中に流体包有物が多く観察できた。キンク軸面と軸面に挟まれた約 0.5 × 0.5mm の範囲の石英に、流体包有物の並びから成る直線状の組織が約 100 本以上観察されたのに対して、キンク軸面の外にある石英にはほとんど流体包有物が見られなかった。石英流体包有物の並びの方向は、ほぼキンク軸面と平行なものが多かった。また、同じ部分には微細なベインが多く形成されていた。

以上のことから、キンクバンドは岩石にクラック（その後ベイン）が生じる前段階であることが推定できた。これらの流体包有物の並びがいずれ鉱物の破断につながり、クラックになっていく可能性がある。

キーワード: 三波川変成帯, クラック, ベイン, キンクバンド, 流体包有物, 脈

Keywords: Sambagawa metamorphic belt, crack, vein, kink band, fluid inclusion

神居古潭帯三石蓬萊山地域の蛇紋岩メランジの形成過程について

On the genesis and evolution of serpentinite melange in the Mitsuishi-Horaisan area of the Kamuikotan Zone, Hokkaido.

植田 勇人^{1*}, 鹿野ゆう¹, 三浦命緒¹Hayato Ueda^{1*}, Yu Kano¹, Mio Miura¹¹ 弘前大学¹ Hirosaki Univ.

北海道の三石蓬萊山地域は、神居古潭帯高圧変成帯における代表的な蛇紋岩メランジの一つである。当地域の蛇紋岩メランジはざくろ石角閃岩や緑簾石角閃岩などの高変成度ブロックを多く包有することから、神居古潭帯を形成した沈み込み帯深部の情報を残していることが期待されるが、その形成・上昇過程は充分理解されていない。当発表では、新たに作成した地質図と構成岩相の記載から、その形成過程を試論する。

従来メランジとして一括されてきた三石蓬萊山地域の先第三系は、北東から順に高圧変成付加体（青色片岩相）、オフィオライト（低圧変成）、角閃岩塊を含む狭義のメランジ（蓬萊山メランジ）に分帯される。これら三者は中部中新統に不整合で覆われ、全体が閉じた背斜構造を示す。蓬萊山メランジ基質の基質をなす葉片状蛇紋岩の片理には、背斜軸を示唆する低角部や微褶曲が認められないため、片理は背斜形成時かそれ以降に生じた後生的なものである可能性がある。

角閃岩塊は、少量のざくろ石緑簾石角閃岩のほかは緑簾石角閃岩であるが、後者にもざくろ石の仮像（±レリック包有物）がしばしば認められる。角閃石は(I) アクチノライトの残存コア→(II) ホルンブレンド又はバロイサイトのマントル→(III) アクチノライトのリム1→(IV) アルカリ角閃石のリム2という組成累帯が普遍的である。I期はスフェーン、II期はルチル±イルメナイト+ざくろ石やその仮像+オリゴクレスまたは曹長石+白雲母±黒雲母、III-IV期はスフェーン+曹長石+フェンジャイト+緑泥石がみられ、IV期にはしばしばアルカリ輝石も伴われる。以上から角閃岩塊には、I 緑色片岩相→II 角閃岩相高圧部→III 緑色片岩相→IV 青色片岩相の履歴（昇温→冷却）が読み取れる。II期のざくろ石角閃岩で、640-670 1.1GPa、他試料ではやや低温（560-610）が見積もられた。

角閃岩ブロックの周縁にはアクチノライト岩やトレモライト岩（+緑泥石±滑石）がしばしば見られ、角閃岩と蛇紋岩の境界部における反応帯と考えられる。トレモライトのリムやクラックに沿ってアルカリ角閃石が生じた試料も見られるため、反応帯の形成（角閃岩の断片化と蛇紋岩との接合）はIV期に先行すると考えられる。

超苦鉄質岩は、オフィオライト断片と考えられる単斜輝岩～ウェーライトのほかは、アンチゴライト蛇紋岩、かんらん岩～低温型塊状蛇紋岩（メッシュ組織）、葉片状蛇紋岩に大別される。塊状蛇紋岩には、低温蛇紋石のメッシュ組織に先行する少量のアンチゴライトが見られることがあり、初期にはかんらん石+アンチゴライトが安定であったと推察される。アンチゴライト蛇紋岩には、炭酸塩鉱物のほかしばしば透輝石が見られる。以上から蛇紋岩類は、加水初期には部分的にアンチゴライト蛇紋岩化したかんらん岩であり、角閃岩のII-III期に対比される。低温蛇紋石はIV期かその後の上昇過程で生じたと推察される。

当地域の角閃岩類は、I-II期に比較的高い地温勾配（緑色片岩相～角閃岩相）で昇温した後マントルと接合し反応帯を形成し、その後III-IV期にあまり減圧せずに青色片岩相まで冷却したと考えられる。IV期は神居古潭帯主部の高圧変成付加体と同様の変成条件である。また超苦鉄質岩では、角閃岩と接合したII-III期に30-40kmの深部でかんらん岩にアンチゴライトを生じる高温加水作用が不均質に進行した後、残存したかんらん石がIV期以降に低温蛇紋石化したと解釈される。

北海道では、幌加内オフィオライトの定置に伴って、ジュラ紀末までの渡島帯から前期白亜紀の神居古潭帯～イドンナップ帯まで、沈み込み帯がジャンプしたと考えられている。神居古潭帯の角閃岩類は、中央北海道で沈み込みが開始した最初の沈み込み帯変成岩である。角閃岩類に見られる初期の高地温勾配と引き続く等圧冷却的な履歴は、定常的な沈み込み帯で理解するのは難しい。一方で、沈み込み開始時の高温状態（角閃岩相）から定常的な低温の沈み込み帯（青色片岩相）への過程と考えれば説明できそうである。もしそうであれば、蛇紋岩メランジ中のアンチゴライトを含む蛇紋岩塊は、沈み込み開始直後の、初めて含水化しつつあったマントルの断片かもしれない。

北海道神居古潭帯，幌加内-江丹別地域に産出する異なる温度-圧力履歴を示すテクトニックブロックとその意味

Tectonic blocks in the Kamuikotan metamorphic rocks with distinct P-T paths, Etanbetsu-Horokanai district, Hokkaido

岡本 あゆみ^{1*}, 竹下 徹¹

Ayumi Okamoto^{1*}, Toru Takeshita¹

¹ 北海道大学

¹ Hokkaido University

北海道中央部には沈み込み帯の比較的低い地温勾配下で形成された付加体起源の高圧型 (high- P/T) 変成岩が露出しており神居古潭変成岩と呼ばれている。一方，本研究で扱う幌加内-江丹別地域では，より高い地温勾配を示す低・中圧型変成作用を受けた角閃岩類が蛇紋岩メランジェや上記高圧型の神居古潭変成岩中に取り込まれ，構造岩塊として産出するとされる(渡辺ほか, 1986)。これらの角閃岩類の変成史およびテクトニクスを議論するためには，角閃岩類の温度-圧力変化(履歴)を厳密に決定することが重要であり，さらに実際の変成岩類の動きの記録である変形構造についても解析を行う必要がある。そこで本研究では同地域の変成岩類(特に角閃岩類)を採取し，鉱物組み合わせおよび変形構造の記載を行ったほか，特に角閃石の組成累帯構造の化学組成分析を行い，さらに熱力学計算を用いて変成岩類の経験した温度・圧力を推定した。その結果，同地域の特徴的な角閃岩類として，石英と角閃石で構成される片状角閃岩，ほぼ角閃石で構成される角閃岩，緑れん石を含む緑れん石角閃岩，ざくろ石・緑れん石を含むざくろ石-緑れん石角閃岩が認められた。さらに，角閃岩類を構成する角閃石は7つの組成累帯構造のタイプに分けることができた。特徴的なものとしては，タイプI: アクチノ閃石から藍閃石，タイプII: マグネシオホルンブレンドからアクチノ閃石を経て藍閃石，タイプIII: チェルマック閃石から藍閃石あるいはマグネシオリーベッカイトになるという組成累帯構造が認められた。タイプIの片状角閃岩には，石英や緑れん石も含まれており，特に石英には著しい塑性変形によるc軸ファブリックの発達が認められる。また，角閃石の組成累帯構造から緑色片岩相から緑れん石青色片岩相への複変成作用が示唆されたが，その過程において冷却を経験したのであれば形成が予想される，パンペリー石やローソン石などの残晶は認められない。そのため，この片状角閃岩はほぼ冷却することなく圧力上昇を被ったと考えられる。さらにタイプIIの角閃岩は，上記の角閃石の組成累帯構造から，マグネシオホルンブレンドが安定な低・中圧型の変成作用を受けた後，アクチノ閃石が安定となる緑色片岩相へ冷却し，その後高圧型の青色片岩相へと圧力が上昇したことが示唆される。タイプIIIのざくろ石-緑れん石角閃岩のざくろ石は，昇温期変成作用の際に成長しており，その後周囲の角閃石と同様に青色片岩相の変成作用を受けたと推察される。これらから推定される温度-圧力履歴より，幌加内-江丹別地域には少なくとも3種類の温度-圧力履歴を持つ角閃岩類が認められることが明らかになった。さらに低・中圧型から高圧型への温度勾配の変化が推定され，沈み込み帯の冷却が示唆された。沈み込み帯の冷却を踏まえると，推定した3種類の温度-圧力履歴を示す角閃岩類は異なる時代に形成された岩石である可能性がある。そのため，幌加内-江丹別地域には異なる温度-圧力-時間履歴を持つ岩体ブロック状になり集まっている可能性がある。

キーワード: 神居古潭変成岩, high- P/T 型変成作用, テクトニックブロック, 温度-圧力履歴, 角閃石の組成累帯構造

Keywords: the Kamuikotan metamorphic rocks, high- P/T metamorphism, tectonic blocks, pressure-temperature path, compositional zoning in amphiboles

沈み込み帯深部におけるウェッジマントルの加水作用

Serpentinite textures and mode of hydration along the ancient subduction zone beneath the Horokanai Ophiolite, Hokkaido,

葛西 竹恒^{1*}

Takechika Kasai^{1*}

¹ 弘前大学教育学部

¹ Hirosaki-Univ.

沈み込みプレート境界では、海洋プレートに取り込まれていた水がマンタルのかんらん岩に加わることで蛇紋岩になると考えられている。蛇紋岩はかんらん岩に比べて摩擦係数が低く、その変形特性と地震活動の関連性について注目されている。しかし、実際に深部でどのように水が浸透し蛇紋岩化が進むかは不明な点が多い。

北海道旭川市の北西 30 km に位置する幌加内地域にはマンタル起源の蛇紋岩の下位に海洋プレート起源の神居古潭変成岩類が接して分布し、沈み込み帯深部のプレート境界における両岩石の接触関係や元素移動の痕跡が保存されていることが期待される。本発表では、蛇紋岩と変成岩の境界を横断する 2 本の沢における蛇紋石や関連鉱物の産状と加水反応の痕跡を紹介する。

当地域の蛇紋岩はおもに、部分的に初生鉱物を残す低温型蛇紋岩で構成されるが、神居古潭変成岩に近づくにつれてアンチゴライトを含む高温型蛇紋岩が見られるようになる。これに伴い、滑石岩や炭酸塩岩などの反応岩も見られる。アンチゴライトは櫛歯状の細脈として産するほか、かんらん石や斜方輝石の粒界に産し、これらの結晶の外縁に食い込むように成長した産状が多く見られた。また、アンチゴライトを含まない試料では、これらの粒間に滑石が生じた産状も見られた。これらの産状は、微細なクラックのほかに結晶粒間への浸透が、主要な水の供給様式だったことを示す。

また、本地域においてこれまで未報告だった透角閃石や透輝石を含む試料が見られた。それらには、斜方輝石の外縁から透角閃石が成長し、先端で二次的なかんらん石が生じている組織、および劈開のある鉱物（透輝石？）が分解して二次的なかんらん石、透輝石が生じる仮像組織、といった反応組織が観察された。これらの組織や共生関係から、アンチゴライトが不安定な高温で加水が始まり（角閃石かんらん岩）、水が供給されつつ温度が下がり、アンチゴライト蛇紋岩が形成されたと考えられる。水が不足し反応が中断した組織も観察されたため、水の供給は不均質で断続的だったと推測される。

四国中央部, 汗見川流域の三波川変泥質岩中に認められるザクロ石の組成累帯構造と包有物

Compositional zoning and inclusions of garnet in Sanbagawa metapelites from the Asemi-gawa area, central Shikoku

田口 知樹^{1*}, 榎並 正樹²

Tomoki Taguchi^{1*}, Masaki Enami²

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

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

ザクロ石の組成累帯構造とそれに包有された鉱物の種類や化学組成は, 変成岩の P-T 履歴などを読み解くための重要な情報を記録している。三波川変泥質岩のザクロ石は, 一般に Mn ベル型の組成累帯構造 (normal zoning) を示すことから, それらの多くは三波川変成作用の温度上昇時に核形成と結晶成長を経験したと考えられてきた (Sakai et al., 1985)。しかし詳細な岩石学的研究がなされている別子地域では, 融食-再成長を経験した複雑な組成累帯構造 (composite zoning) を持つザクロ石が報告されている (Takasu 1986)。また, 汗見川地域では, 変泥質岩中のザクロ石は, normal zoning が大半を占め, 稀に reverse zoning (Itaya, 1978) や sector zoning (Inui, 2010) が認められる。

本研究では, 汗見川地域で採取された変泥質岩中のザクロ石の累帯構造, 包有物の記載, 組織観察そしてザクロ石中の石英の残留圧力値 ($\Delta\omega_1$) の分析をすることで, 当地域の変成履歴について再検討を行った。分析した変泥質岩, 計 34 試料は, 汗見川流域の下流から順に Grt, Ab-Bt (lower), Ol-Bt および Ab-Bt (upper) 帯から採取されたものである。

分析の結果, 汗見川地域の变泥質岩中のザクロ石は大半が normal zoning を示したが, Ab-Bt (lower) の一部地域でのみ composite zoning を示すものが認められた。Composite zoning を示すザクロ石は, 融食による逆拡散を示唆するコア-マントル境界での Mn の不連続が確認された。

包有物としては, (1) normal zoning; コア-リム部で Qtz (石英), Ttn (チタナイト), 稀に Pg (パラゴナイト) と Phg (フェンジャイト) の微小な多相包有物が分布, (2) composite zoning; コア部で Rt (ルチル), Ttn, Cz (クリノゾイサイト), Gln (藍閃石) 及び粗粒な単独相の Pg が分布し, リム部は normal zoning を示すものと同様の包有物が分布していた。

石英ラマン圧力計の結果, Grt, Ab-Bt (upper), Ol-Bt 帯の石英の残留圧力値は, 同程度の値 ($\Delta\omega_1 = 4-8 \text{ cm}^{-1}$) を示した。一方, Ab-Bt (lower) 帯の変泥質岩に含まれるザクロ石には, 高い残留圧力値 ($\Delta\omega_1 = 10-12 \text{ cm}^{-1}$) を保持する石英が普遍的に含まれていた。

本研究によって, Ab-Bt (lower) 帯の composite zoning を示すザクロ石が, 他の鉱物帯と比較して著しく異なる特徴を有していることが判明した。また, composite zoning を示すザクロ石中の包有物として Manon et al. (2008) で提案されている, Grt-Ep-Ttn-Rt 地質圧力計を適用可能な鉱物共生を確認したため, 今後詳細な解析を予定している。これら結果は, 当地域における変成履歴の解析の上で重要な証拠となることが期待される。

キーワード: ザクロ石, 組成累帯構造, 残留圧力, 石英ラマン圧力計, 三波川変成帯

Keywords: garnet, compositional zoning, residual pressure, quartz-Raman barometer, Sanbagawa metamorphic belt

Preliminary 2-D thermal modeling of Proterozoic granulite: a case study of structurally controlled exhumation

Preliminary 2-D thermal modeling of Proterozoic granulite: a case study of structurally controlled exhumation

Kaushik Das^{1*}, Tomoeiki Nakakuki¹, Sankar Bose²

Kaushik Das^{1*}, Tomoeiki Nakakuki¹, Sankar Bose²

¹Hiroshima University, ²Presidency University, Kolkata, India

¹Hiroshima University, ²Presidency University, Kolkata, India

Deep continental crustal rocks undergone granulite-grade of metamorphism are exposed at the orogenic belts. Mesoproterozoic Eastern Ghats Granulite belt is one such polymetamorphosed and polydeformed terrain. The unique character of this belt is the occurrence of ultrahigh temperature metamorphosed granulites on a regional-scale where the peak metamorphism is estimated to be in excess of 1000 °C at ~8-10 kbars. The reason(s) for such extreme thermal conditions at the deeper parts of the Proterozoic orogen and an appropriate geotectonic setting for such extreme high heat flow are still eluding the geoscientists. Moreover, the exhumation processes and rates of exhumation are one of the least studied areas for the deep interiors of such extremely hot orogen.

Proper structural and petrological assessments, particularly exhaustive analysis of pressure-temperature-deformation-time evolutionary history of Eastern Ghats Granulite belt pave the path to look for exhumation histories. This belt is known to be anisotropic and domainal in terms of isotopic signatures and tectonothermal histories. The domain 2 of this orogenic belt presents the best-studied section showing an overall anticlockwise P-T path evolution with three to four deformation and metamorphic events in an overall possible accretionary orogenic set-up. Regional-scale structural studies along the Vishakhapatnam-Araku transect of domain 2 show imprints of superposed deformation at high angle producing domal structures. Three such large-scale domes are arranged from south-east (Madudavada mega-sheath) to north-west (Anantagiri dome and domal structure near Araku).

The present study is based on the occurrence of aluminous granulite with sapphirine-spinel-aluminous orthopyroxene-cordierite-sillimanite-garnet-biotite-quartz-feldspar near the boundary of the "Maduravada mega-sheath". Fe-Mg compositional profiles of porphyroblastic garnet adjacent to orthopyroxene, and that with adjacent retrograde biotite (fluorine-Ti-Mg-rich) show development of zoning only in the latter case. Geothermometric calculations indicate formation of biotite at ~875 °C during the early cooling, followed by the formation of compositional zoning in adjacent porphyroblastic garnet. In an earlier study, we estimated an anomalously fast cooling rate from this zoning profile of garnet *i.e.*, 12 to 25 °C/Ky, which is several order higher than the normal thermal relaxation rates reported from younger orogenic belts. In the present study, we have tried to formulate a preliminary two-dimensional numerical thermal model using rapid upheaval of deep crust in a compressional tectonic setting through a domal structure having near-vertical foliation planes. The model calculation is based on an initial thermal condition similar to that of known old continental crust having a steady-state geotherm on 100 km wide area with depth of 35 km. An already perturbed geotherm of 900 °C at the lowermost part is then folded up in an antiformal parabolic shape, more or less in the fashion of a diapiric upheaval. The 2-D conductive cooling is then assumed and cooling rates have been calculated at different places from the boundary of the upheaved portions, *i.e.*, 0 to 1.25 km at a depth of 5 km from the surface. We use a finite volume method with an implicit time integration to solve the thermal conduction equation with a radiogenic heat source decaying with the depth. The initial cooling rates of ~10-20 °C/Ky is estimated to be achieved near the boundary with non-linear subsequent decay, similar to the recorded cooling rate from the Fe-Mg zoning profile in the studied rock. The thermomechanical consequence of such deep crustal flow process in presence of partial melt in the overall perspective of the Proterozoic orogen is being checked, in addition to the plausibility of such high degree of thermal relaxation rate.

キーワード: Deep crustal UHT granulites, Anomalously high thermal relaxation rate, 2-D thermal model and crustal flow

Keywords: Deep crustal UHT granulites, Anomalously high thermal relaxation rate, 2-D thermal model and crustal flow

三波川変成岩の温度圧力履歴から推定されるプレート沈み込み条件 Subduction conditions estimated from the P-T paths for the Sambagawa metamorphic rocks

石井 和彦^{1*}

Kazuhiko Ishii^{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

低温高圧型の三波川変成岩から得られる温度圧力条件は、平均的な年齢の海洋地殻が長期間沈み込んだときに予想される定常的な温度構造と比較して、高い温度/圧力 (T/P) 比を示すことが以前から指摘されており、海嶺の沈み込みを含む若い海洋プレートの沈み込みに伴って形成されたと考えられている (Iwamori, 2000; Aoya et al., 2003; Okudaira & Yoshitaka, 2004)。本研究では2次元熱モデルを用いて、海洋プレートの沈み込みだけでなく、変成岩の上昇過程も含めて温度圧力履歴を計算し、三波川変成岩から得られている温度圧力履歴と比較した。その結果、エクロジャイト相以下の三波川変成岩は、海嶺沈み込み直前の比較的短期間に沈み込みから上昇までが起こったと考えられ、さらに変成岩の上昇は定常的ではなく間欠的であった可能性が高い。一方、東赤石岩体の超高压含ザクロ石超苦鉄質岩から推定される温度圧力履歴 (Enami et al., 2004) を再現するためには、20 Ma より古い海洋プレートの高速 (10 cm/yr 以上) の沈み込みが必要であり、エクロジャイト相以下の変成作用とは異なる時期に形成されたと推定される。これら時期の異なる2つの変成作用の関係や変成岩類の具体的な上昇機構についてはより詳しい検討が必要であり、それについても議論したい。

キーワード: プレート沈み込み, 三波川変成岩, 温度圧力履歴, 熱モデル

Keywords: plate subduction, Sambagawa metamorphic rocks, P-T path, thermal modeling

三波川帯東赤石超マフィック岩体のアンティゴライト蛇紋岩化の反応と構造形成 Reaction and structural development of antigorite serpentinite in the Higashi-akaishi ultramafic body, Sambagawa belt

横山 寛紀¹, 水上 知行^{2*}

Hironori Yokoyama¹, Tomoyuki Mizukami^{2*}

¹ 金沢大学自然科学研究科地球環境学専攻, ² 金沢大学自然システム学系地球学コース

¹Depart. Earth and Environ. Studies, Grad. Sch. of Natural Sci., Kanazawa Univ., ²Earth Science Course, School of Natural System, College of Science and Engineering, Kanazawa Univ.

Serpentinization of mantle wedge is a key process controlling fluid flux across subduction boundaries. In order to model progressive serpentinization and its effect on subduction system, it is important to understand mechanism of the fluid-rock reactions in open system. For direct information on the kinetic reactions, we made field observations on antigorite (Atg) serpentinite in the Higashi-akaishi ultramafic body in the Sambagawa belt.

Schistosed Atg serpentinite develops at the lower half of the body. Modal proportions of Atg to olivine (Ol) show a bimodal distribution representing an interlayering between Ol-rich (5-20% Atg) and Atg-rich (30-60% Atg) layers. Such layering can be seen in scales of several mm to 20 meters. Each layer is generally distinctive but local gradual decrease of Atg proportion in a single unit indicates the direction of fluid transport from bottom to top. Veins and network structures of Atg connect these strongly foliated parallel layers with the hydrous mineral.

Brucite (Brc) and magnetite (Mag) are found in highly serpentinized layers. However, there is no concentration of Brc and Mag in the outcrops and strain shadows are filled by Atg or carbonate indicating extraction of Mg and Fe is minor during serpentinization. Mineral chemistry of Atg and Ol suggests re-distribution of Ni and Fe during serpentinization. These observations indicate that Atg formation is owing to an additional SiO₂ dissolved in aqueous fluids. Minor Brc and a small amount of Mag can be explained by a reaction involving SiO₂.

These observations indicate that discontinuous layers with high concentrations of Atg represent fluid pass ways supplying SiO₂ and H₂O required for serpentinization of peridotite. Syn-deformational serpentinization causes strong schistosity defined by parallel alignment of platy Atg. Such foliated layers probably enhanced channelized fluid flow and, as a result, formation of Atg. This positive feedback is considered as a major mechanism to increase the amount of Atg in the Ol-rich Higashi-akaishi body. It is also indicated that contributions of interconnecting channels were important for advancing of serpentinization front into the mantle wedge.

キーワード: 蛇紋岩化, 構造形成, 反応

Keywords: serpentinization, structural development, reaction

黒瀬川帯に分布する低圧高温型変成岩類のジルコン U-Pb 同位体年代 U-Pb zircon age of low-pressure/high-temperature metamorphic rocks from the Kurosegawa tectonic zone, South-west Japan.

吉本 紋^{1*}, 小山内 康人¹, 中野 伸彦¹, 足立 達朗¹, 米村 和紘¹, 石塚英男²

Aya Yoshimoto^{1*}, Yasuhito Osanai¹, Nobuhiko Nakano¹, Tatsuro Adachi¹, Kazuhiro Yonemura¹, Hideo Ishizuka²

¹九州大学比較社会文化, ²高知大学

¹Kyushu University, ²Kochi University

黒瀬川帯は、角閃岩～塩基性グラニュライト、低温高压変成岩、花崗岩類、シルル紀?デボン紀の堆積岩類などの多様な構成岩類が蛇紋岩の基質中に産する蛇紋岩メランジ帯であり、これらの岩石は多様な年代を示すことが特徴である。黒瀬川帯を構成する変成岩類の変成年代としては、角閃岩の Sm-Nd 鉱物アイソクロン年代として 540 Ma (小山内ほか, 2000)、ヒスイ輝石-藍閃石岩の白雲母 K-Ar 年代として 240-208 Ma (Maruyama et al., 1978)、および弱変成泥質岩の白雲母 K-Ar 年代として 186-229 Ma (磯崎・板谷, 1990) などが報告されている。黒瀬川帯に産する青色片岩からは、 270 ± 5 Ma の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代が得られている (吉本ほか, 2012)。黒瀬川帯の碎屑性ジルコン年代は、九州・五木地域の泥質片岩、四国・阿南地域の珪岩、および紀伊半島・鳥羽地域の泥質片岩から、400-3300 Ma の幅広い年代分布を示すこと、450-500 Ma と 600 Ma に顕著なピークを示すこと共通の特徴として認められる (吉本ほか, 2012)。これらの年代分布は、南中国地塊起源と考えられている Ogcheon metamorphic belt から報告されている碎屑性ジルコンの年代分布 (Cho et al., 2012) と類似している。このことから、黒瀬川帯に産する泥質片岩や珪岩などの変成岩類は、北中国地塊と南中国地塊の衝突以前の沈み込みに伴い形成されたことが示唆される。

ところで、上述の低温高压型変成岩類と同様に蛇紋岩中のブロックとして産するグラニュライトなどの低圧高温型変成岩類については、小山内ほか (2000) により変成年代として 490 Ma の Sm-Nd 鉱物アイソクロン年代が報告されている。これらのことを背景に、本発表では、黒瀬川帯に産する低圧高温型変成岩類について新たに測定したジルコン U-Pb 同位体年代を報告し、黒瀬川帯に分布する変成岩類の年代学的特徴を検討する。

これまで、九州・坪木ノ鼻地域のグラニュライトおよび走水地域の角閃岩から得られたジルコンの年代測定を行った。その結果、坪木ノ鼻地域のザクロ石?単斜輝石グラニュライトから、 447 ± 3 Ma のジルコン U-Pb 年代が得られた。測定を行ったジルコンは波動累帯構造を示さず、Th/U が低い特徴があるが、コンコーディア年代が集中することから、原岩形成年代を示すと考えられる。また、走水地域の角閃岩からは、 449 ± 4 Ma のジルコン U-Pb 年代が得られた。測定を行ったジルコンは、顕著な波動累帯構造を呈することはないが、Th/U が高いことから、原岩形成年代を示すと考えられる。このことから、両地域の原岩は同時期に形成されたと考えられる。また、四国・円行寺地域の藍閃石岩からは、波動累帯構造が顕著に認められ、Th/U の高いジルコンから、原岩形成年代と考えられる 493 ± 5 Ma の U-Pb 年代が得られた。これらのことから、黒瀬川帯では広域的にカンブリア紀からシルル紀の原岩形成年代の特徴が明らかになった。現在他地域の分析も進めており、今後はより広域的な年代学的特徴を示すことが可能となる。

キーワード: 黒瀬川帯, U-Pb ジルコン年代

Keywords: Kurosegawa Tectonic Zone, U-Pb zrn age

埼玉県寄居 - 小川地域の木呂子緑色岩メランジュ

The Kiroko greenstone melange of the Atokura Nappe in the Yorii-Ogawa district, central Japan

小野 晃^{1*}

Akira Ono^{1*}

¹ なし

¹ None

関東山地北東縁部の寄居 - 小川地域には跡倉ナップが存在し、その南縁部に緑色岩メランジュ [1] あるいは木呂子緑色岩メランジュ [2] が分布している。この地質体は木呂子変成岩 [2] と蛇紋岩および種々の構造岩塊 [1 ~ 8] から構成されている。構造岩塊は蛇紋岩と木呂子変成岩が地殻浅部に上昇する過程で捕獲されたものと考えられる [3]。木呂子変成岩について、苦鉄質変成岩 (Kiroko-M, 添付図参照) の K-Ar 全岩年代は 57.4Ma である [8]。構造岩塊について、東秩父村居用の黒雲母 - ザクロ石 - 白雲母片岩 (Iyo-mus) の K-Ar 白雲母年代は 109Ma である。

新しい地質データ

(A) 木呂子緑色岩メランジュの蛇紋岩と跡倉層の泥岩との間の断層 (N70W 90) が木呂子川上流に見出された。

(B) 年代測定された緑色岩 (Kiroko-M) は不均質であり、泥質レンズ、灰緑色レンズ、珪質レンズなどがかなり挟まっている (添付図参照)。レンズ状部分の長さは 1 ~ 3 cm ほどで厚さは 5 mm 以下である。放散虫化石が普通に存在し、特に珪質部分に多い。泥質レンズ部分は微細なアクチノ角閃石、緑泥石、白雲母、石英、炭質物などからなる。この微小な白雲母は測定された K-Ar 年代値に大きい影響を与えていると考えられる。

新しい年代データ

木呂子緑色岩メランジュの泥質変成岩はスレートあるいは泥岩と記述されている [4 , 7]。それらの代表的露頭は地質図の b, c, d, e 地点に見られる。スレートの再結晶作用はかなり顕著で、白雲母の定向配列は多くの場合明瞭である。白雲母の大きさは岩石による相違が大きく、微細な場合も相当大きい場合もある。同一の薄片に関しても、白雲母の大きさはかなり不均一で、大小 2 種類の白雲母が普通に認められる。大きい白雲母粒子は碎屑粒子と推定される。

今回、地点 b と c の泥質変成岩について K-Ar 全岩年代の測定を行った (添付図の Kiroko-P と Suguro-P)。測定結果は $117 \pm 2.9\text{Ma}$ および $126 \pm 3.0\text{Ma}$ であった。測定された岩石に碎屑性白雲母がかなり多い事実を考慮すると、K-Ar 年代値は変成鉱物の冷却年代よりも相当古いと考えられる。

木呂子変成岩の上昇場

蛇紋岩や木呂子変成岩が 60Ma 頃に地殻浅部に上昇した所には、白亜紀中期に高い地温勾配の下で形成された変成岩や花崗岩が存在していた。これらの変成岩や花崗岩はその形成後に海洋プレート (海溝) の方へ大きく移動して、60Ma 頃には高圧型変成岩の上昇場に位置していたと推定される [3]。西南日本の前弧域における類似の短縮テクトニクスは 60Ma 以降にも断続的に起きたと考えられる。その代表が跡倉ナップや領家ナップの形成である。

[1] 平島 (1984) 地質雑, 90, p.629 .

[2] 小野 (2010) 日本地質学会第 117 年学術大会, p. 256 .

[3] 小野 (2011) 日本地質学会第 118 年学術大会, p. 196 .

[4] 牧本・竹内 (1992) 寄居地域の地質, 地域地質研究報告, 地質調査所 .

[5] 竹内・牧本 (1995) 地調月報, 46, 419 .

[6] 小川町史編纂委員会 (1999) 小川町の自然 地質編 .

[7] 坂ほか (2005) 早大教育学部学術研究 - 生物学・地球科学編 - , no.53, 1-26 .

[8] 小野 (2007) 日本地質学会第 114 年学術大会, p. 299 .

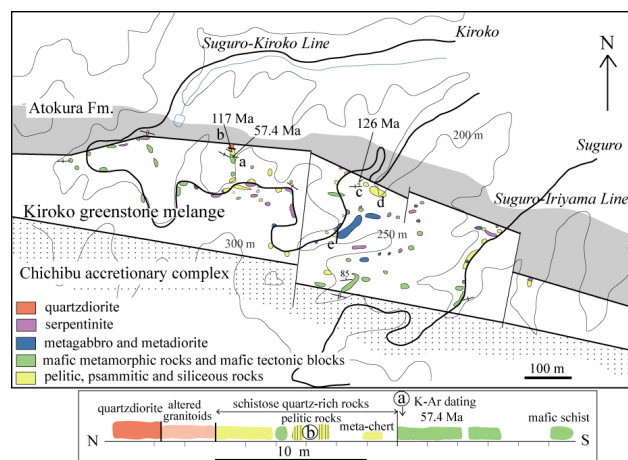
キーワード: 緑色岩メランジュ, 跡倉ナップ, スレート, 放射年代, 碎屑性白雲母

Keywords: greenstone melange, Atokura Nappe, slate, K-Ar dating, detrital white mica

SMP43-P16

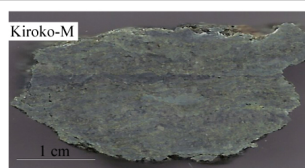
会場:コンベンションホール

時間:5月24日 16:15-17:30



Sample	Age (Ma)	^{40}Ar rad (scc/g $\times 10^{-5}$)	^{40}Ar rad (%)	K (%)
(a) Kiroko-M	57.4 $\pm$ 1.4	0.047 0.046	83.5 75.7	0.21 0.20
(b) Kiroko-P	117 $\pm$ 2.9	1.60 1.64	96.6 96.7	3.45 3.45
(c) Suguro-P	126 $\pm$ 3.0	0.963 0.973	94.2 93.7	1.91 1.92
(x) Iyō-mus	109 $\pm$ 2.7	3.04 3.01	95.1 94.1	6.94 6.92

M: mafic schist, P: pelitic rock, mus: muscovite
 $\lambda_{\beta} = 4.962 \times 10^{-10} \text{ /yr}$, $\lambda_{\epsilon} = 0.581 \times 10^{-10} \text{ /yr}$
 $^{40}\text{K}/\text{K} = 0.01167 \text{ atom\%}$ Geospace Science CO.,LTD.



東南極セールロンダーネ山地に分布する変成岩類のジルコン LA-ICP-MS U-Pb 年代 Zircon LA-ICP-MS U-Pb dating of metamorphic rocks from Sor Rondane Mountains, East Antarctica.

北野 一平^{1*}, 小山内 康人¹, 足立 達朗¹, 中野 伸彦¹

Ippei Kitano^{1*}, Yasuhito Osanai¹, Tatsuro Adachi¹, Nobuhiko Nakano¹

¹九州大学比較社会文化

¹Kyushu University

東南極セールロンダーネ山地は東・西 Gondwana 大陸の衝突域に位置していたと考えられている (e.g., Jacobs and Thomas, 2004; Meert, 2003). 本地域は、緑色片岩相からグラニュライト相の変成岩類とこれらに貫入した深成岩類から構成される。変成経路および構成岩石の種類から、北東岩体と南西岩体に区分されている (Osanai et al., 1992). 北東岩体は、角閃岩相の A 帯とグラニュライト相の B 帯に区分される。本岩体では、1130±890 Ma および 800±790 Ma の火成年代と 640±600 Ma のグラニュライト相の変成年代および後退変成作用の可能性の指摘される 580±520 Ma の角閃岩相の変成年代が報告されている (e.g., Osanai et al., in press). 一方、南西岩体は、グラニュライト相の C 帯と緑色片岩相から角閃岩相の D 帯及び変トータル岩からなる D' 帯に区分される。本岩体では、1190-950 Ma の火成および変成年代、770-750 Ma の火成年代 (Nakano et al., 2012), 700 Ma の変成年代 (Hokada et al., 2013), 640-600 Ma のグラニュライト相の変成年代および 580-520 Ma の角閃岩相の変成年代が報告されている。 (e.g., Osanai et al., in press).

本地域での年代測定は各帯で行なわれているものの、主に中央部や東部の試料が分析されている。そこで本研究では、より広域的かつ詳細なセールロンダーネ山地の形成過程を明らかにするために、A 帯の 2 試料、B 帯の 12 試料、C 帯の 5 試料および D 帯の 6 試料について、広範囲に zircon LA-ICP-MS U-Pb dating を行った。

A 帯では、泥質変成岩から (Grt-Bt gneiss) 碎屑性ジルコン年代として 1070-780 Ma が、変成年代として 640-630 Ma が得られた。珪長質変成岩および中性の変成岩 (Hbl-Bt gneiss) から 1180-1030 Ma の火成作用に関連する年代が得られた。

B 帯では、泥質変成岩 (主に Grt-Bt gneiss および Opx-Bt gneiss) から碎屑性ジルコン年代として 2900, 2320, 2160-1870, 1330-900 および 840-670 Ma が認められ、変成年代として 660-610 Ma が得られた。また、珪長質変成岩 (Bt gneiss) から火成作用に関連する年代として 1050-840 Ma が、変成年代として 670-570 Ma が得られた。

C 帯では、珪長質変成岩および中性の変成岩 (Hbl-Bt gneiss および Bt gneiss) から火成作用に関連する年代として 1000-920 および 860-790 Ma が認められ、変成年代として 730-710 および 570 Ma が得られた。苦鉄質変成岩および石灰珪質変成岩 (Hbl-Cpx rock および Grt-bg, Bt amphibolite) から原岩形成年代として 810-760 Ma が、変成年代として 640 および 610-570 Ma が得られた。

D 帯では、泥質変成岩 (Grt-Bt gneiss および Ep-Chl-Ms schist) から碎屑性ジルコン年代として 1120-930 Ma が、珪長質変成岩および中性の変成岩 (St-bg, Grt-Bt gneiss および Bt-Hbl gneiss) から火成作用に関連する年代として 1150, 1050-1010 および 950-800 Ma が認められ、変成年代として 720 Ma が認められた。石灰珪質変成岩 (Bt-Ep-Hbl rock) のジルコンから 980-780 が得られた。

北東岩体と南西岩体を比較すると、泥質変成岩では、B 帯で特徴的に 1800 Ma より古い碎屑性ジルコン年代がえられた。このことは、北東岩体と南西岩体で後背地が異なる可能性を示唆する。一方、珪長質変成岩、中性の変成岩および苦鉄質変成岩が同様の火成作用の年代を示す共通の特徴が認められる。今後、C 帯および D 帯で泥質変成岩および石灰珪長質変成岩の年代測定を進め、本発表では各帯の岩相を網羅し議論を行う予定である。

マダガスカル中央東部に産する変成堆積岩の EPMA モナザイト年代 Electron microprobe age dating of monazite from the meta-sedimentary rocks, central-eastern Madagascar

市来 孝志^{1*}, 石川 正弘¹, 小山内 康人², 中野 伸彦², 足立 達朗²

Takashi Ichiki^{1*}, ISHIKAWA, Masahiro¹, OSANAI, Yasuhito², NAKANO, Nobuhiko², ADACHI, Tatsuro²

¹ 横浜国立大学・環境情報, ² 九州大学・比較社会文化

¹Yokohama National University, ²Kyushu University

Madagascar is situated within the interior of the Neoproterozoic East African Orogen (EAO; Stern, 1994) that marks the join between East and West Gondwana. The Betsimisaraka Unit exposed on the eastern margin of EAO experienced Neoproterozoic-Early Paleozoic metamorphism and deformation. Monazites from biotite gneiss in the Betsimisaraka Unit, sillimanite-biotite gneiss and kyanite-biotite-muscovite schist, and garnet-sillimanite gneiss in the Antananarivo Block were dated by the field emission Electron microprobe. The ages and zoning characteristics varied between the samples, but the U-Th-Pb monazite data confirm that at least Early Paleozoic (Cambrian) metamorphic events are recorded in the area.

Monazites from the Betsimisaraka Unit are subhedral to anhedral, and occur both as inclusions within biotite porphyroblasts and the matrix. Analyzed grains gave ages from 400 to 610 Ma with the 500 Ma age being dominant. Compositional zoning in monazites from samples in the Masora Block demonstrates complex growth relationships. Monazites are subhedral to anhedral, and yield two distinct ages. The cores of monazite grains give ages of ca. 930 Ma whereas the rims of grains generally give ages of ca. 500 Ma. A second sample from the Masora Block contained subhedral to anhedral monazite grains both within biotite and matrix minerals. Analyzed grains gave ages ranging from 450 to 550 Ma with the 510 Ma age being dominant. Discontinuous zoning in monazites from sample in the Antananarivo Block demonstrates complex growth relationships. Monazites are anhedral and yield two distinct ages. The cores of monazite grains give age of ca. 2500 Ma whereas the rims of grains generally give ages of ca. 490 Ma.

The occurrence of monazites suggests that Cambrian-Ordovician history is preserved within metamorphosed equivalents in the central-eastern Madagascar. The monazite data support the previous monazite ages in central-southern Madagascar reported by Giese et al. (2011) and requires re-evaluation of tectonic model of Gondwana formation along the eastern margin of EAO.

キーワード: ギンドワナ超大陸, マダガスカル中央東部, EPMA モナズ石年代, 変成堆積岩

Keywords: Gondwana, central-eastern Madagascar, EPMA monazite dating, meta-sedimentary rocks

チェコボヘミア産ざくろ石かんらん岩中の Isochemical kelyphite の特徴 Some characteristics of isochemical kelyphite in garnet peridotites, Czech Bohemia

小畑 正明^{1*}, 小澤一仁², 苗村康輔², 三宅 亮¹
Masaaki Obata^{1*}, Kazuhito Ozawa², Kosuke Naemura², Akira Miyake¹

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 東京大学大学院理学研究科

¹Kyoto University, School of Science, ²The Univ. Tokyo, School of Sciences

isochemical kelyphite, すなわちざくろ石がバルクでその組成を保持したままケリファイト化したサンプルはこれまでアルカリ玄武岩やネフェリナイト中のゼノリス中には数例知られていた。それらはすべてかんらん石を含まないざくろ石輝岩やグラニュライトであった。我々はチェコ Moldanube 帯のかんらん岩中に isochemical kelyphite を見だしこれを報告した (Obata et al, 2013 Mineralogy and Petrology, 2013)。本ポスターではその岩石学的特徴を詳しく紹介しその意義を論じる。チェコのケリファイトサンプルの特徴は, isochemical kelyphite (kelyphite II と称する: 鉱物共生は $\text{Opx} + \text{Sp} + \text{Pl}$) が従来型のケリファイト, すなわちざくろ石とかんらん石の反応により生じたケリファイト (kelyphite I と称する; 鉱物共生は $\text{Opx} + \text{Cpx} + \text{Sp} \pm \text{Amphibole}$) に囲まれて産することで, この組織関係から kelyphite I $\rightarrow$ II の順で形成したことが知れる。すなわち, kelyphite I は $\text{Ol} + \text{Grt} = \text{Opx} + \text{Cpx} + \text{Sp}$ の反応で生じ, kelyphite II は前の反応の残存ざくろ石がそれ単独で低圧鉱物の集合体 ($\text{Opx} + \text{Pl} + \text{Sp}$) に分解したものである。前者は開放系の反応であるのに対して, 後者は閉鎖系の反応である。kelyphite II の顕著な特徴は (1) その形態の「非対称性」である。すなわち, ざくろ石が残存している場合は, kelyphite II はざくろ石を完全に取り囲んで発達するのではなく, 一方向に偏って発達している。(2) 次に kelyphite I と Kelyphite II の間に鉱物学的, 組織的漸移ゼン帯 (transition zone) が存在し, ゼン帯はさらに二つの鉱物帯 (外側は $\text{Opx} + \text{Amp} + \text{Sp}$; 内側は $\text{Opx} + \text{Amp} + \text{Sp} + \text{Plag}$) に分けることが出来る。(3) kelyphite II はざくろ石は直に接するわけではなくその境界に幅数 10 ミクロン~100 ミクロンくらいの薄いシンプレクタイトのゾーン ($\text{Amp} + \text{Sp} + \text{Pl}$: kelyphite III と称する) で隔てられる。(4) kelyphite I では Opx と Sp の結晶方位は無関係であるが, kelyphite II の中間部では, Sp の {111} の一つが Opx の (100) に一致し, Sp の {110} の一つが Opx の (010) に一致するという topotaxy の関係が認められる (EBSD による分析結果)。これらの諸特徴は, これまで報告されたどの isochemical kelyphite でも見いだされていない新しいもので, kelyphite I 形成反応から kelyphite II 形成反応への移り変わりを記録するものとして重要なものであると考えられる。今後の調査でこのような isochemical kelyphite の事例は他の造山性かんらん岩でも見いだされることが期待される。スペインの Ronda かんらん岩からの例も合わせて報告する。

キーワード: ケリファイト, シンプレクタイト, ざくろ石かんらん岩, チェコ, ボヘミア
Keywords: kelyphite, symplectite, garnet peridotite, Czech, Bohemia

滑石流動層テクトニクス - 新しい地球の概念 - Talc flow layer tectonics : a new concept of globe

飯田 義正^{1*}
Yoshimasa Iida^{1*}

¹ なし

¹ non

プレート・テクトニクスの体系を構成する学説のうち確実なのは、大陸移動説、海底拡大説、深発地震面だけであり、その他の説、すなわち、マントル対流説、ホット・スポット説、プリューム説、沈み込み帯でのマグマの発生、マントル・ダイアピル、などの実在については議論の余地があると考えられる。本研究では、既存の概念とは異なる新たな概念の提案を試みる。

P波の低速度域を部分溶融として解釈するのは理解できない。マントルは、過去には現在より温度が高かったと考えられるが、現在もかなり溶融しているとすると、過去にはマントルの大部分が溶融していたことになるが、非現実的である。

中央海嶺の火成活動とキンバーライトを除く全ての火成活動は、ホット・スポット、プリュームおよび沈み込み帯でのマグマ発生として、これまで説明されてきたが、すでに提案したカルデラ・チェーン（飯田、2011b）でも説明が可能である。その場合、ほとんど全てのマグマは、地殻中またはマントル最上部で発生すると考えられ、上部マントルの温度は従来の推定より数百度低いと思われる。

この考えが正しければ、かなり深部まで滑石が安定であると考えられる。滑石は層状珪酸塩としては比較的高温まで安定で、高压でも安定である。滑石は層電荷がゼロであるため滑動しやすく、最も硬度の低い鉱物である。

全プレートの下に滑石を含む流動層（TFL）があり、プレートの移動とアイソスタシーの原因となっていると推定する。

北米大陸の氷床はハドソン湾を中心とし、その周辺の五大湖からウィニペグ湖、アサバスカ湖、グレート・スレイブ湖、グレート・ベア湖に至るゾーンは、氷期には流動体が中心部から移動して隆起帯となり、氷床融解後は逆に沈降帯となったと考えられる。このような、逆センスの動きをする周辺帯は、流動層が比較的薄いことを示していると考えられ、これがTFLであると推定する。

海洋プレートは沈み込む前にすでにかなり蛇紋石化していると考えられる。沈み込み帯で蛇紋石の脱水により海洋プレート自身とこれに接するマントルが変成されTFLが形成される。このTFLはプレートの下面に沿って上方に移動する。二重地震面の下の方はプレートとその下のTFLの境界を成すと推定される。このような変成作用と双方向の物質移動が、高速の沈み込みを実現していると思われる。プレートという硬い岩盤が折れ曲がり、再び真直ぐになって沈み込むのは非常に不自然だが、実際には多くの割れ目があり、かなりの部分が蛇紋岩化していることと、流動的な滑石層に挟まれることで巨視的には可塑的に変形できると思われる。

このTFLの上方への移動に伴う減圧で、マグマが発生する可能性がある。これが噴出したものがアウターライズのブチスポット（Machida et al., 2005; AGU V51A-1463）かもしれない。

海洋プレートの下にTFLは中央海嶺に向かって流動し、そこで生産される新たなプレートの原料となる。沈み込み帯の海洋プレートは、上下と先端を滑石層に包まれた形で、密度差により沈降し、全体の運動の動力源となる。中央海嶺は受動的な張力場であり、減圧によるマグマの発生と固結により、海洋プレートが形成され、海洋底が拡大する。海洋プレートは、マントル対流ではなく、このようなTFLの流動によって作られる。

中央海嶺は展張方向に対して直角に連なる。カルデラ・チェーン（CC）によって大陸が切断されるので、その形状は直線的ではない。境界が曲線的であれば、その形に合わせるために、中央海嶺がトランスフォーム断層によって変位される。

なお、パンゲアを分裂させ大西洋を作ったCCは、約6億年かけて南から北に移動して大陸を切り裂いたもので、現在その先端は北極海のガッセル海嶺東端に在る。

沈み込み帯に接する大陸地殻では、海溝に平行に地質が帯状分布する傾向がある。カルデラは厚くて硬い地殻より、薄く軟らかい地殻に形成されやすい。このため、CCは海溝に平行に進行する傾向がある。TFLをマグマ発生場とする大規模なCCが大陸縁辺部で海溝に平行に形成されると、これが切断線となり、周囲のTFLがそこに流動して海洋地殻を形成し始め、大陸本体から縁辺部が分離する。これによって弧状列島と縁海が形成される。新たに形成された縁海の地殻は薄いので、CCは選択的に縁海の中を動き回ることによって、縁海が拡大する。また、この縁海へのTFLの動きに伴い、弧状列島の下にTFLが薄くなるので沈降する。日本海拡大時の中期中新世に本州で起った海進は、これが原因であると思われる。

以上のように、TFLとCCはそれぞれ独立したテクトニクスであり、この2つがグローバル・テクトニクスを支配していると考えられる。マントル対流、プレート・テクトニクス、マントル・ダイアピル、ホット・スポット、プリューム、など既存の概念とは異なる新しい概念として提案する。

SMP43-P20

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 16:15-17:30

キーワード: 大陸移動, 海底拡大, カルデラ・チェーン, 弧状列島, 縁海
Keywords: continental drift, caldera chain, island arch, marginal sea

