Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SMP43-01 会場:A03 時間:5 月 24 日 14:15-14:30

EBSD と EPMA データに基づくザクロ石に記録された変成履歴の解析
Analysis of metamorphic history recorded in garnet: A combined EBSD and EPMA study

榎並 正樹[1*] ; 永冶 方敬[2]
ENAMI, Masaki[1*] ; NAGAYA, Takayoshi[2]

[1] 名古屋大学　年代測定総合研究センター, [2] 名古屋大学　環境学研究科
[1]Center for Chronological Research, Nagoya University, [2]Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

EBSD（電子線後方散乱回折）法および EPMA（電子線微小領域分析装置）情報を組み合わせて，ざくろ石に記録されている変成，変形履歴を解読することを試みた．研究事例として用いた試料は，沈み込み帯で形成された高 P/T 型三波川変泥質岩とミャンマーに産する Mogok 高温変泥質岩である．

三波川変泥質岩（UKE04N07b）
四国別子地域のエクロジャイトユニットから採取された試料．同ユニットの岩石は，エクロジャイト相累進変成作用 (1.7-1.9GPa/470-530 ℃) → 減圧・加水反応 → 緑れん石-角閃岩相累進変成作用 (~1.0-1.1GPa/600-630 ℃) という，圧力-温度履歴を経験している (例えば，Kouketsu et al., 2014, IAR, 263-280)．基質を構成する主要鉱物は，ざくろ石，黒雲母，フェンジャイト，緑れん石，曹長石，石英および石墨である．ざくろ石は組成累帯構造によって，パラゴナイトや高残留圧力（~0.8-0.9GPa）を保持する石英を包有しエクロジャイト相で形成された内側領域（$Alm_{67-73}Sps_{3-10}Prp_{4-10}Grs_{16-21}$: 他の試料ではオンファス輝石を含むこともある）とそれを組成的に不連続に取り囲んで成長し，より Mn に乏しく Ca に富み緑れん石-角閃岩相で形成された外側領域 ($Alm_{56-66}Sps_{0-10}Prp_{4-9}Grs_{26-36}$) からなる．そして，組成累帯構造の特徴から，ざくろ石は単結晶であるようにみえる．これに対し，EBSD 分析からは，このざくろ石が単結晶ではなく，結晶学的方位の異なる 4 つの領域（各領域相互の不適合の程度は，少なくとも 40°-59°）からなることが明らかとなった．一方，境界を挟んで隣同士の領域に包有される石英粒は，1°-6°の範囲内で共通する結晶学的方位を持つ例が多数観察される．なお，ざくろ石のそれぞれの領域はいずれもエクロジャイト相および緑れん石-角閃岩相変成作用での成長を示す共通の変成履歴を保持している．これらの情報から，検討したざくろ石は，次の様な過程を経て形成されたと考えられる：エクロジャイト相条件下で複数の結晶粒の集合体として成長を開始 → 集合体の周囲や境域境界に沿って部分的に加水分解 → 緑れん石-角閃岩相条件下での再成長.

Mogok 変泥質岩（S22b）
ミャンマー・Mandalay 北西の Sagaing 断層沿いの上部角閃岩相 ~ グラニュライト相地域から採取された試料．基質を構成する主要鉱物は，ざくろ石，黒雲母，斜長石，カリ長石，石英，イルメナイト，および石墨である．また，ざくろ石の包有物として珪線石が認められる．それらの組成共生関係から見積もられる圧力温度条件はよそ 0.8GPa/800 ℃である (Maw Maw Win, 2014 私信)．ざくろ石はより大きな粒が加水分解してできたと考えられる他形粒の集まりを形成しており，個々のざくろ石粒は組成的に均質なコア部と外側に向かって Mn および Fe が漸増し Mg が漸減するマントル部からなる累帯構造を示す ($Alm_{60-70}Sps_{1-3}Prp_{20-33}Grs_{5-7}$)．したがって，ざくろ石の加水分解は，ざくろ石内で元素拡散が進行する比較的高温条件下で起こったと考えられる．また，ざくろ石の粒界に産する黒雲母や斜長石の組成共生関係からざくろ石が加水分解した時期の圧力温度条件は，0.2-0.4GPa/580-630 ℃程度と見積もられる．一方，EBSD による分析によれば，これらざくろ石粒は互いに 3 本の結晶軸を全て共有している（不適合の度合いは最大でも 1-4°）．これらの点から，今回検討した試料は，ざくろ石の明瞭な回転を生ずるような変形作用を被ることなく，極めて静的な状態で少なくとも 6-12 km の深度から減圧上昇したと考えられる．

キーワード: EBSD, EPMA, ざくろ石, 変成履歴
Keywords: EBSD, EPMA, garnet, metamorphic history

©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SMP43-02 会場:A03 時間:5 月 24 日 14:30-14:45

Metamorphism of dolomite-bearing eclogite in the Seba eclogitic basic schists, Sambagawa belt, central Shikoku, Japan

Metamorphism of dolomite-bearing eclogite in the Seba eclogitic basic schists, Sambagawa belt, central Shikoku, Japan

KABIR, Md Fazle[1*] ; TAKASU, Akira[1] ; KISHIRA, Naohito[1]
KABIR, Md Fazle[1*] ; TAKASU, Akira[1] ; KISHIRA, Naohito[1]

[1]Shimane University
[1]Shimane University

The Sebadani area is located in the Sambagawa metamorphic belt, Besshi district, central Shikoku. The Sebadani metagabbro mass and surrounding Seba basic schists (Seba eclogitic basic schists), and pelitic and siliceous schists occur in the area (Takasu and Makino, 1980; Takasu, 1984). Eclogitic mineral assemblages are sporadically preserved in both the Sebadani metagabbro mass and the Seba eclogitic basic schists (e.g. Takasu, 1984; Naohara and Aoya, 1997; Aoya, 2001). The Onodani eclogites are preserved within the Seba eclogitic basic schists, and they have a complex metamorphic history, with two different eclogitic metamorphic episodes (first eclogitic episode 530-590 ^{o}C/19-21 kbar; second eclogitic episode 630-680 ^{o}C/20-22 kbar) (Kabir and Takasu, 2010). The second eclogitic episode is similar to that of the Seba eclogitic basic schist of Aoya (2001) (610-640 ^{o}C and 12-24 kbar). The pelitic schists intercalated within the Seba eclogitic basic schists also underwent eclogite facies metamorphism of 520-550 ^{o}C and c. 18 kbar (Zaw Win Ko *et al*., 2005; Kouketsu *et al*., 2010).

The eclogites exposed in the northeastern part of the Seba eclogitic basic schists consist mainly of garnet, epidote, amphibole (glaucophane, barroisite, taramite, Mg-taramite, Mg-katophorite, edinite), omphacite (X_{Jd} 0.27-0.43), phengite (Si 6.5-7.1 pfu). Minor amounts of albite, carbonates (mostly dolomite and few calcite), rutile, titanite, biotite, chlorite and quartz. The schistosity is defined by preferred orientation of phengite, amphibole and epidote. Garnets are almandine-rich in composition, with a compositional zoning of increasing almandine (X_{Alm} 0.54-0.60), pyrope (X_{Prp} 0.07-0.13) and decreasing spessartine (X_{Sps} 0.10-0.03) from core to rim. They contain inclusions of epidote, omphacite (X_{Jd} 0.27-0.41), dolomite, titanite and quartz. They also contain symplectite aggregates of barroisite/Mg-katophorite and albite. Omphacites in the matrix are zoned from pale green cores to colorless rims (X_{Jd} 0.27-0.43) and contain inclusions of epidote, and they are partly replaced by amphibole (barroisite/magnesiokatophorite) + albite symplectite. Amphibole in the matrix are zoned, barroisite/Mg-katophorite cores to edenite rims. Dolomites in the matrix are up to 0.5 mm across and they contain inclusions of omphacite, amphibole (winchite, barroisite, magnesiokatophorite), epidote, albite, calcite, rutile and quartz. A chemical zoning in dolomite is well defined by a continuous core-to-rim Mg increasing and Fe and Mn decreasing. Dolomites have mutual contact with eclogitic minerals of garnet, omphacite, barroisitic amphibole and phengite in the matrix.

Texturally abundant dolomites in the Seba eclogitic basic schists exposed in the northeastern part suggest X_{CO2} fluid might stable in the eclogitic facies conditions. Supposing the peak metamorphic conditions are the same as the second eclogitic metamorphic episode of the Onodani eclogites (630-680 ^{o}C and 20-22 kbar), considerable amounts of CO_2 (X_{CO2} 0.02-0.05) were included in metamorphic fluid during the peak metamorphism.

Carbonates are major constituents of the altered oceanic crust and of the sedimentary materials entering the orogenic cycle. Extensive experimental work on phase relationships in carbon-bearing systems reveals that carbonates are extremely stable up to mantle pressures and the transfer of carbon to the mantle wedge at subduction zones is linked to the extent of decarbonation and/or dissolution in aqueous fluids, or to the attainment of a carbonatitic solidus if a thermal relaxation occurs, e.g., upon subduction stagnation. Dolomite is a very common rock-forming mineral still waiting for further exploration and for innovative applications to the reconstruction of dynamic processes in the Earth's interior.

キーワード: Sambagawa metamorphic belt, eclogite, omphacite, dolomite, Seba basic schists
Keywords: Sambagawa metamorphic belt, eclogite, omphacite, dolomite, Seba basic schists

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SMP43-03 会場:A03 時間:5 月 24 日 14:45-15:00

四国中央部秩父帯北帯のユニット区分と変成条件
Unit division and metamorphic conditions of the Northern Chichibu belt in central Shikoku

遠藤 俊祐 [1*]
ENDO, Shunsuke[1*]

[1] 産総研 地質情報研究部門
[1]GSJ-AIST

秩父帯北帯の一部が三波川変成作用（白亜紀高圧型変成作用）を被っていることはよく知られているが，その範囲は確定していない．また，三波川帯プロパーは主に白亜紀後期付加体であり，より古い御荷鉾 - 秩父帯北帯の高圧型変成作用のテクトニックな意味を再考する必要がある．そのために，まず弱変成付加体のユニット区分と各ユニットの変成履歴の解明が重要である．四国中央部「本山」地域は，三波川帯 - 御荷鉾帯 - 秩父帯北帯が東西走向の帯状配列を示し，相互の構造関係解明に適したフィールドである．同地域の御荷鉾 - 秩父帯北帯のマッピングおよび，苦鉄質岩約 200 試料の変成鉱物の観察を行った結果を報告する．

「本山」地域の秩父帯北帯は岩相をもとに 3 つのユニットに区分でき，松岡ほか（1998 地質雑）の，柏木，上吉田，住居附ユニットに対比できる．見かけ下位から上位に向かって，柏木，上吉田，住居附ユニットの順に南傾斜の境界で重なり，御荷鉾緑色岩類は柏木ユニットのチャート卓越層に折り込まれている．これまでの年代・岩石学的研究から，少なくとも御荷鉾 - 柏木ユニットは三波川変成作用を受けていることは明らかである．また同ユニットから，変成アラゴナイトも報告されており（Suzuki & Ishizuka, 1998 JMG），ピーク圧力は 300 ℃で 0.7 GPa 以上に達したと考えられる．しかし石英と共存するアルカリ輝石の比較的低いひすい輝石成分量や，緑簾石と共存する Na 角閃石が藍閃石成分に乏しいマグネシオリーベック閃石でありアクチノ閃石に被覆成長されること，などから主要な変成再結晶はより低圧条件で起こったことを示す．

変成反応進行度や変形構造から，変成度は見かけ上位（南方）ユニットほど低くなることは推察できるが，上吉田および住居附ユニットの変成条件はこれまで明らかでなかった．上吉田ユニットはマグネシオリーベック閃石＋方解石＋スティルプノメレンを変成鉱物として含むアルカリ玄武岩質の火山角礫岩によって特徴づけられる．御荷鉾 - 柏木ユニットと異なり，マグネシオリーベック閃石は緑簾石を伴わず，アクチノ閃石リムも認められない．また，マグネシオリーベック閃石を含まない試料中に，石英と共存しない組成的に純粋なひすい輝石を見出した．ひすい輝石からエジリンに移行する組成累帯構造が観察され，0.6-0.7 GPa, 300 ℃から 0.4 GPa, 210-260 ℃の減圧時に主要な変成再結晶が起こったことを示す（Endo, 2015 JMPS）．

住居附ユニットの苦鉄質岩（塊状玄武岩溶岩，ドレライト）には，ぶどう石 - パンペリー石 - 緑簾石 - 石英脈が頻繁に見られ，アルカリ輝石や Na 角閃石は認められない．従って高圧型変成作用を受けていないようにみえるが，同ユニットから新たにローソン石 - パンペリー石 - 石英脈を見出した．また，濁沸石仮像と考えられるローソン石 - 石英集合体がみられ，200-250 ℃で 0.3 GPa 以上への昇圧が示唆される．含ぶどう石脈の形成時期は明らかでないが，減圧期の可能性がある．

秩父帯北帯はジュラ紀～白亜紀最前期の付加以降も沈み込み帯上盤での長期間にわたる履歴をもち，秩父帯北帯の漸移的に見える三波川変成作用は白亜紀沈み込み帯上盤で新しい付加ユニットの底付に伴う上昇時に起こったと考えられる．

キーワード: 秩父帯北帯, 弱変成作用, 温度ー圧力履歴, ひすい輝石, ローソン石
Keywords: Northern Chichibu belt, low-grade metamorphism, pressure-temperature history, jadeite, lawsonite

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SMP43-04 会場:A03 時間:5 月 24 日 15:00-15:15

四国西部，中央構造線沿いに分布する断層群の地質構造と古第三紀の運動像の検討
Study of geological structure and Paleogene kinematic history of the Fault system along the MTL, the west Shikoku.

窪田 安打 [1*] ; 竹下 徹 [1]
KUBOTA, Yasu'uchi[1*] ; TAKESHITA, Toru[1]

[1] 北海道大学
[1]Hokkaido University

日本最大の断層である中央構造線（MTL）は，古第三紀（66-26 Ma）の断層運動は不明な点が多い．Kubota and Takeshita (2008) は，古第三紀における MTL の運動時相は，63-58 Ma (Ichinokawa phase) と 45-25 Ma（Pre-Tobe phase）に区分できること，また，Pre-Tobe phase は，和泉層群の大規模な褶曲とスラストにより定義されると示した．四国西部において，MTL の北側に分布する断層群は，岡村断層，川上断層，伊予断層等が挙げられる．この断層群について，地質構造および断層破砕帯の変形構造を記載・解析した．
このうち岡村断層は活断層であり，運動センスは主に右横ずれとされている（愛媛県，2001）．また，断層沿いには左雁行配列する褶曲が分布する（青矢他，2013）．調査の結果，波長 500m 程度のマップスケールや，波長数 10m 規模の露頭スケールの褶曲からなることを把握した．また，和泉層群の砂岩泥岩互層を原岩とする断層破砕帯を複数個所で確認した．断層破砕帯の幅は約 25m であり，このうち幅約 15m のフォリエーションの発達した cataclasite ゾーンが分布する．このフォリエーションの面構造を観察した結果，左横ずれと top to the south の逆断層成分を有する運動センスを把握した．そのほかに，角礫状〜亀裂が密に分布する cataclasite ゾーンが分布する．全体にフォリエーションやシアバンドの面構造の発達が弱く，層構造を残す箇所も分布する．この南縁には，幅 30〜45cm の断層ガウジが分布する．このフォリエーションおよびシアバンドの面構造を観察した結果，右横ずれ主体の運動センスであることを把握した．さらに、断層岩の顕微鏡観察により変形条件などを検討した．
そのほか，川上断層，伊予断層においても，断層に対して左雁行配列するマップスケールの褶曲群や，露頭スケールでの断層破砕帯の cataclasite ゾーンの左横ずれと top to the south の逆断層成分を有するせん断センスが認められる．これは，この断層群が，左横ずれと top to the south の逆断層成分を有する運動センスをもって形成されたことを示している．この運動時期は，MTL の北側に分布する他の断層群の年代測定結果 (柴田他, 1989) により古第三紀と推定され，MTL の Pre-Tobe phase の解明の重要な資料となる．

青矢睦月他, 2013. 新居浜地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 181p.；愛媛県, 2001. 中央構造線断層帯に関する調査　成果報告書 (概要版), 54p.；Kubota, Y., Takeshita, T., 2008. Island Arc, vol. 17, p. 129-151.；柴田　賢他, 1989. 地質調査所月報, 40, 12, p.661-671.

キーワード: 中央構造線, 古第三紀, 運動史
Keywords: Median Tectonic Line, Paleogene, kinematic history

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SMP43-05 会場:A03 時間:5 月 24 日 15:15-15:30

変成岩の粒径やクラックのサイズ分布の時空間変動と確率同期
Spatio-temporal fluctuation of garnet and cracks

鳥海 光弘 [1*] ; 福山 繭子 [2]
TORIUMI, Mitsuhiro[1*] ; FUKUYAMA, Mayuko[2]

[1] 海洋研究開発機構, [2] 秋田大学
[1]JAMSTEC, [2]Akita Univ.

In the previous papers of JpGU meeting (1), we studied the grain size distribution patterns of metamorphic garnet and albite in the banded metamorphic rocks with grain size grading. The average grain size increases with increasing distance across the banding but normalized distribution patterns of the grain sizes within the individual bands are very similar with each other. The banding structure should be derived from the unidirectional flow of metamorphic fluid with ionic diffusion, therefore suggesting that the growth conditions changed across the bands. It follows that the distribution patterns of grain size of garnet and albite display the summation of multiple simple distribution function such as Ostwald type or simply Gaussian, forming the lognormal to power law type.

In the plate boundary region, the metamorphic rocks also experienced frequent generation of small cracks with fluid and then occupied by minerals. However, the mechanical conditions controlling the crack formation and propagation must be fluctuated in terms of stresses, fluid pressure, temperature, and other parameters. Then, the observed frequency distribution of cracks filled with fluid and also minerals should show the summation of many simple distribution functions and it is approximately lognormal or power law. The fluctuation of the distribution patterns can be simply represented by drifts of mean and variant values with time and space.

In this paper, we would like to discuss the rapid growth of grains and cracks at the case of over - the critical fluctuations by drifts by means of stochastic resonance.

(1) Toriumi M. and M. Fukuyama, 2014, Grain size grading in the Liesegang banding of the plate boundary rocks. Proceeding of JpGU meeting 2014.

キーワード: サイズ分布, 平均ト分散, 時空間変動, ざくろ石, クラック
Keywords: size distribution, average and variance, spatio-temporal fluctuation, garnet, crack

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SMP43-06 会場:A03 時間:5月24日 15:30-15:45

変成作用の継続時間と三波川変成コンプレックスのジルコンU-Pb年代　ー四国西部20万分の1地質図幅「松山」地域の例ー
Timescale of metamorphsim and U-Pb ages of the Sanbagawa Metamorphic Complex

宮崎 一博[1*] ; 脇田 浩二[2] ; 檀原 徹[3] ; 岩野 英樹[3] ; 平田 岳史[4]
MIYAZAKI, Kazuhiro[1*] ; WAKITA, Koji[2] ; DANHARA, Tohru[3] ; IWANO, Hideki[3] ; HIRATA, Takafumi[4]

[1] 産総研　地質情報研究部門, [2] 山口大学　理学部, [3] 京都フィッショントラック, [4] 京都大学　理学部
[1]GSJ AIST, [2]Yamaguchi Univ., [3]Kyoto FT, [4]Kyoto Univ.

高圧型変成岩の原岩が海溝付近で集積し，反応と変形が活発に起こる沈み込み帯深部(変成場)に持ち込まれ，そこから解放されるまでの時間スケールには不明な点が多い．特に，物質が変成場に持ち込まれて解放されるまでの時間スケール（変成作用の継続時間）は，沈み込み帯における物質循環及び流体フラックスを推定するために重要である．以下では，四国西部，20万分の1地質図幅「松山」地域の三波川変成コンプレックスのジルコンU-Pb年代から示唆される変成作用の継続時間について報告する．なお，砕屑性ジルコンの最も若いU-Pb年代集団(t_{zrn-yc})とフェンジャイトのK-Ar年代(t_{phn})の差が変成作用の継続時間の最大値を与えるとする．

ジルコンU-Pb年代測定を行った試料は，三波川変成コンプレックス伊予ユニット上部と下部の砂泥質岩である．また，フェンジャイトK-Ar年代の測定も行った．伊予ユニットは原岩岩相の違いにより，砂泥質岩からなる下部，主に苦鉄質岩からなる中部，泥質岩と苦鉄質岩からなる上部に細分できる．比較のため，より南方に分布する三波川変成コンプレックス大洲ユニットとその見かけ上位の弱変成南部秩父帯ジュラ紀付加コンプレックス斗賀野ユニット(N)，さらに南に分布する非変成の斗賀野ユニット(S)とその見かけ下位の四万十帯白亜紀付加コンプレックス半山ユニットの砂質岩のジルコンU-Pb年代測定も行った．

斗賀野ユニット(N)と(S)の砕屑性ジルコンU-Pb年代頻度分布パターン($H(t_{zrn})$)はほぼ同一であり，t_{zrn-yc}は174.7 ± 1.9と181.6 ± 1.4 Maであった．伊予ユニット上部，大洲ユニット，半山ユニットの砂泥質岩の$H(t_{zrn})$もほぼ同一であり，t_{zrn-yn}は111.2 ± 2.9，110.3 ± 4，111.3 ± 2.4 Maであった．これら3試料の砂泥質岩は同時期にほぼ同じ環境で堆積したものと推定できる．一方，伊予ユニット下部は上記3試料の$H(t_{zrn})$とパターンが異なり，t_{zrn-yc}も89 ± 1.0 Maであった．伊予ユニット上部のt_{phn}は83.8 ± 2.1 Ma，伊予ユニット下部は86.9 ± 2.2 Maであった．

以上の結果から求められる変成作用継続時間の最大値は，伊予ユニット上部で27Myr，伊予ユニット下部で2Myrとなり，同一ユニット内で大きく異なる．伊予ユニット上部の試料では，砕屑性ジルコンの周囲に幅10-30ミクロンでTh/U比の低い変成リムが生じている．この変成リムのU-Pb年代は94.4 ± 1.2 Maである．変成リムは三波川変成作用ピーク時に生じたと仮定し，これとフェンジャイトK-Ar年代の差が変成作用継続時間の最小値を与えるとすると，その値は11Myrとなる．従って，伊予ユニット上部は，11-27 Myrの時間スケールで，変成場に滞留していた可能性が指摘できる．これに対し，下部は2Myr以内である．

伊予ユニット上部はざくろ石帯の変成作用を被っており，伊予ユニット中部及び下部より高温高圧条件を経験している．変成場を粘性流体からなる一定の広がりを持った空間と考え，粘性流体シミュレーションを行うと，高温高圧下で反応が促進することで粘性率が低くなった部分が剪断変形により引き延ばされ，より浅部で変成場にもたらされたばかりの部分と接合することが予想される．今回得られた結果は，沈み込み帯深部の変成作用の継続時間は，同一と認識されるユニット内においても，見かけの上下により2Myr以内から11-27Myrと大きく異なることを示している．

キーワード: 三波川, 変成作用, 変成岩, ジルコン, ウラン鉛年代
Keywords: Sanbagwa, metamorphism, metamorphic rock, zircon, U-Pb age

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SMP43-07 会場:A03 時間:5 月 24 日 15:45-16:00

日高変成帯南部に記録された熱輸送について
Heat transportation recorded in the southern part of the Hidaka metamorphic belt

坂田 龍玄 [1*] ; 小澤 一仁 [1]
SAKATA, Ryugen[1*] ; OZAWA, Kazuhito[1]

[1] 東京大学大学院理学系研究科
[1]School of Science, The University of Tokyo

大陸地殻に特有な岩石である花崗岩や安山岩は大陸地殻下の地殻─マントル境界を通して行われた熱・物質輸送によって形成されたものである。熱輸送の機構としては、熱伝導、固体物質流動、火成活動に大きく分けられ、それぞれ異なる時間・空間スケールを持つ。本研究では、日高変成帯南部のニカンベツ川に沿った変成岩類を対象とし、変成帯中に記録された様々な規模の加熱イベントを明らかにし、地殻浅部まで上昇したマントル物質を熱源とする地殻加熱機構の相対的な重要性を評価する。

日高変成体西縁には、マントル由来の橄欖岩体が点在し、最大の幌満橄欖岩体には、1GPa 以深では部分的に加熱イベントを経験しつつ上昇し、1GPa 以浅で急冷した上昇履歴が記録されている (Ozawa, 2004)。日高変成帯深部の地震波速度構造 (Kita et al., 2012) によれば、マントルが日高主衝上断層近傍の地殻浅部まで連続している。このことから、日高変成帯最深部を構成する橄欖岩体が地殻浅所までマントルとの連続性を保ちつつ持ち上げられることによって、地殻に熱的影響を与え、地殻の部分融解やメルトの輸送といった熱輸送を駆動した可能性が示唆される。先行研究では、地質・岩石・地球化学的データに基づいて日高変成岩中の部分融解や生成メルトの挙動について検討がなされている (Osanai et al., 1991; Owada et al., 2003; Tagiri et al., 1988; 志村他, 2006)。これらの研究では、地殻内で固化したマグマに諸現象の熱源を求めるに止まっており、本質的熱源である高温マントルの役割と、その熱の地殻への輸送機構については、検討されていない。

本研究では、北海道日高変成帯南部のニカンベツ川に沿って西から東に順に露出する橄欖岩体、変成岩類、トーナライト岩体を対象として調査を行った。ニカンベツ橄欖岩体とトーナライト岩体の間に分布する変成岩類は、主に縞状ザクロ石黒雲母片麻岩よりなり、多くの優白質脈を含有する厚さ数十メートル程度の角閃岩~グラニュライトの苦鉄質変成岩が挟在する。ザクロ石黒雲母片麻岩は、橄欖岩の近傍で面構造が弱くなるが、大きな剪断変形は確認されず、岩石分布から高角断層で橄欖岩と接していると考えられる。

縞状ザクロ石黒雲母片麻岩とザクロ石と黒雲母を含む優白色脈について biotite-garnet 温度計 (Ferry and Spear, 1978) を、優白色脈を伴う苦鉄質変成岩について orthopyroxene-clinopyroxene 温度計 (Lindslay, 1983) を適用して平均組成について温度を計算した。前者の温度は、ニカンベツ橄欖岩体近傍の西側からトーナライト岩体近傍の東側にかけて~1km で~100 ℃程度減少してゆく傾向にあると同時に、苦鉄質変成岩分布域において例外的に 750 ℃の高温を示している。また、橄欖岩体に最も近い露頭で求めたザクロ石のコアとリム、黒雲母の平均組成から得られた温度は 900 ℃~750 ℃であり、縁で Mn が富むザクロ石の累帯構造、正累帯構造を示す自形の斜長石、等方的岩石組織などから示唆される部分融解とそれに続く急速な冷却と調和する。斜方輝石温度は約 1000~700 ℃と大きくばらつき、Wo#はコアからリムへと減少することから、高温からの急速な冷却を示唆している。

また、苦鉄質変成岩の母岩中に分布する様々な形態と化学組成を示す脈は、パッチ状の母岩の岩片の取り込み、浸透反応、内部での分化の証拠を持っており、母岩と反応しながらメルトが移動、冷却したと考えられる。これらの脈には分化が進んだものとそうでないものの二つのタイプが存在する。未分化の脈は、高温のメルトが未分化の状態またはわずかに分化した状態で直接深部から移動してきたものであると考えられる。優白質脈は一般に石英を含み、まれにカリ長石を含むことがある。そのようなトーナライト質岩脈は周囲の泥質片麻岩と酷似した化学組成を持つザクロ石を含み、泥質片麻岩の部分融解とその輸送を示唆する。苦鉄質変成岩分布域では、深部からの未分化メルトや地殻浅部で部分融解により生成したメルトの移動が変成岩の局所的な熱源として作用したと推察される。

以上の事から、ニカンベツ橄欖岩体がその東側に位置する変成岩に認められた dT/dz ~100 ℃ /km の加熱イベントの熱源となっている可能性が示唆される。数十 m の苦鉄質変成岩分布域において、この温度勾配に重複して認められる dT/dz≫100 ℃/km の加熱イベントは、マグマ輸送によるものであると考えられる。

キーワード: 日高変成帯, 泥質片麻岩, 橄欖岩, 熱源, 部分融解
Keywords: Hidaka metamorphic belt, pelitic gneiss, peridotite, heat source, partial melting

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SMP43-08 会場:A03 時間:5 月 24 日 16:15-16:30

ネパール東部ダンクッタ地域 MCT ゾーンにおける H2O 流体活動とヒマラヤ優白質花崗岩形成に対する役割
Aqueous fluid activity in the MCT zone and its role in High Himalayan leucogranite formation, Dhankuta, Eastern Nepal

河上 哲生 [1*] ; 酒井 治孝 [1] ; 佐藤 活志 [1]
KAWAKAMI, Tetsuo[1*] ; SAKAI, Harutaka[1] ; SATO, Katsushi[1]

[1] 京都大学理学研究科
[1]Graduate School of Science, Kyoto University

Significant aqueous fluid activity during the prograde to retrograde metamorphism in the footwall side of the Main Central Thrust (MCT) is observed in the MCT zone around Dhankuta, Eastern Nepal. A term 'MCT zone' in this study is used to represent the garnet to the kyanite zones developed in the footwall side of the MCT, where inverted metamorphism is observed. In the MCT zone, several evidences of continuous fluid activities during metamorphism and their movement cutting the schistosity can be observed.

The first and most important is the abundant quartz veins. They are found as sheared lenses in the MCT zone, and asymmetric textures show top-to-the-S sense of shear indicating the deformation during the MCT movement. In the kyanite zone, quartz veins contain mm- to cm-sized crystals of kyanite and minor plagioclase. Garnet and kyanite are coarse-grained only at the vicinity of the quartz veins, and in the staurolite and garnet zones as well, garnet tends to be coarser-grained around the quartz veins. These observations suggest that the aqueous fluid infiltration that formed the quartz veins took place at the prograde to peak stage of the metamorphism in the MCT zone.

Meta-dolostone in the kyanite zone is also a good indicator of H_2O movement. It is commonly almost completely metamorphosed to tremolite schist. In such rocks, radiated aggregates of tremolite form a flat, oval-shaped aggregate are arranged parallel to define the schistosity. Locally, such a tremolite arrangement discordantly cut the schistosity like a vein. In some meta-dolostones, dolomites are still preserved, and veins of tremolite discordantly cut the schistosity as well as stem out parallel to the schistosity. These observations indicate that SiO_2-bearing aqueous fluid infiltrated into the dolostone and reacted with dolomite to form tremolite, calcite and CO_2 along the vein and schistosity.

Tourmaline (Tur) is an important sink mineral of incompatible element B, and thus is often abundant in the environment where water-rock interaction took place. Unusually abundant Tur is locally found in metapelites of the MCT zone. It is localized in aluminous, muscovite-rich layers and can be formed through the input of external B into the appropriate whole-rock composition for Tur growth. Such a B-bearing fluid infiltration continued from the prograde stage because garnet with prograde chemical zoning includes abundant Tur crystals. B-bearing aqueous fluid infiltration continued in the post-peak stage as suggested by the presence of Tur-rich vein cross-cutting the schistosity. In the kyanite zone, Tur veins are found cutting the schistosity and/or stem out parallel to the schistosity. In such samples, although the B-rich fluid infiltration postdates schistosity formation, staurolite includes or partly overgrows the Tur crystals formed simultaneously with the Tur-rich vein, suggesting that the Tur vein was formed under relatively high-temperature condition slightly after the peak metamorphism.

These aqueous fluids are likely to have moved upwards through the veins to the MCT and to the Higher Himalayan Crystallines (HHC) where P-T conditions above water-saturated solidus of muscovite-bearing pelitic rocks are estimated. In the hanging wall side of the MCT in the Dhankuta area, patches of Tur-bearing leucogranites are found in the migmatitic Grt-Ms-Bt gneisses. One of these leucogranite samples gave the U-Pb zircon age of 25.9 +/- 2.3 Ma, and other gneiss sample from the same area gave U-Pb zircon age of ca. 17 Ma (Sakai et al. 2014). These ages are well consistent with the ages of High Himalayan leucogranites (HHL, Searle et al. 2010), which is commonly tourmaline-bearing, so segregation and extraction of these B-bearing melts is a likely process of the HHL formation. Therefore, input of aqueous fluids released from or passed through the MCT zone into the HHC can be an important process for the formation of HHL (e.g., Le Fort et al., 1981).

Keywords: aqueous fluid, quartz veins, tourmaline, partial melting, leucogranite, Himalayas

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SMP43-09 会場:A03 時間:5 月 24 日 16:30-16:45

角閃岩相高温部における塩水流入に伴うザクロ石ー角閃石脈の形成と物質移動
Garnet-hornblende vein formation and mass transfer by brine infiltration during upper amphibolite facies metamorphism

東野 文子 [1*] ; 河上 哲生 [1] ; 土屋 範芳 [2] ; Satish-Kumar Madhusoodhan[3] ; 石川 正弘 [4] ; Grantham Geoffrey[5]
HIGASHINO, Fumiko[1*] ; KAWAKAMI, Tetsuo[1] ; TSUCHIYA, Noriyoshi[2] ; SATISH-KUMAR, Madhusoodhan[3] ; ISHIKAWA, Masahiro[4] ; GRANTHAM, Geoffrey[5]

[1] 京都大学, [2] 東北大学, [3] 新潟大学, [4] 横浜国立大学, [5] 南アフリカ地質調査所
[1]Kyoto University, [2]Tohoku University, [3]Niigata University, [4]Yokohama National University, [5]Council for Geoscience, South Africa

The importance of chloride brines during metamorphism is being increasingly recognized among various metamorphic fluids. This is because chloride brines can coexist with a CO_2-rich fluid under the granulite facies condition (Heinrich, 2007), has low a_{H2O}, and acts as a powerful solvent not only for metals but also for various oxide and silicate minerals (Newton and Manning, 2010; Tropper et al., 2011). Therefore, chloride brines would play an important role in mass transfer especially when the pressure-temperature (P-T) conditions of metamorphism are around the wet solidus, because X_{H2O} in the brine can control the melting/non-melting behavior of the rock (Aranovich et al., 2013).

In the Sør Rondane Mountains (SRM), East Antarctica where Late Proterozoic to Cambrian granulites are widely exposed, Cl-rich hornblende and biotite in mafic gneisses are locally but widely distributed for ca. 200 km (Higashino et al., under review). Formation mechanisms of these Cl-rich minerals can be different if the modes of occurrence of them are different. Therefore, this study deals with the Cl-rich hornblende-bearing garnet-hornblende (Grt-Hbl) vein which discordantly cuts the gneissose structure of a mafic gneiss in the Brattnipene area, and discuss the formation mechanism and mass transfer that accompanied the vein formation.

In the Grt-Hbl vein, Cl contents of hornblende and biotite, K content of hornblende, as well as the development of a Na-richer rim of plagioclase decrease with a distance from the vein center. Whole-rock composition analyses as a function of distance from the vein show mass imbalances around the vein, suggesting that the Grt-Hbl vein was formed through an open system process. Taking into account the possibility of partial melting, distribution of Cl between melt, aqueous fluid and minerals, and microstructural evidences of minerals, the Grt-Hbl vein was shown to have formed by the Cl-rich aqueous fluid infiltration. The Cl-rich aqueous fluid was possibly NaCl brine because whole-rock analyses showed that Na was added to the vein compared to the wall rock. We estimated that the Grt-Hbl vein was formed at ca. 700 ℃ and 0.70 GPa. This means that the NaCl brine infiltrated into the wall rock at the early stage of retrograde metamorphism in this area. The whole-rock analyses and fractional mass change values calculated according to Ague (2001) also revealed that the NaCl brine infiltration caused additions of Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, Li, Sc, V, Cu, Zn, Ge, Sr, Y, Ba, Pb, Bi, Th and U to the wall rock. These added elements are similar to those contained in previously reported brines which were present in mineral assemblages implying subduction metamorphism and implying metal segregation in hydrothermal systems (e.g., Heinrich et al., 1992; Philippot and Selverstone, 1991). The Grt-Hbl vein formed by the NaCl brine infiltration as shown in this study is a clear example that brine could move at least a few meters, and was playing a role in mass transfer at ca. 700 ℃ and 0.70 GPa in the lower crust of the continental collision setting.

キーワード: NaCl brine, trace elements, metasomatism, continental collision, Sor Rondane Mountains, Antarctica
Keywords: NaCl brine, trace elements, metasomatism, continental collision, Sor Rondane Mountains, Antarctica

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SMP43-10 会場:A03 時間:5 月 24 日 16:45-17:00

東南極リュツォ・ホルム岩体の超塩基性片麻岩中のコロナ形成に関与した流体活動
Fluid activity during corona formation in ultramafic gneisses of Lutzow-Holm Complex, East Antarctica

池田 剛 [1*] ; 島田 麻美 [1]
IKEDA, Takeshi[1*] ; SHIMADA, Asami[1]

[1] 九州大学
[1]Kyushu University

東南極リュツォ・ホルム岩体の超塩基性岩には，ザクロ石と角閃石の間にスピネル，斜方輝石，斜長石からなるコロナが普遍的に産する。この組織形成の反応を推定することによって，リュツォ・ホルム岩体が最高変成条件から減圧する時計廻りの履歴をもつことが明らかになっている。本研究では，ザクロ石の周囲に黒雲母と斜長石からなるコロナを発見し，その意義を検討した。

ザクロ石は凹凸に富み，一部融食した細粒粒子としてコロナ内部に孤立して産する。コロナを構成する黒雲母と斜長石は自形で，普遍的に産するスピネル，斜方輝石，斜長石のコロナがシンプレクタイトであることと対照的である。また，両鉱物はザクロ石からの距離によらず，ほぼ一定の化学組成の幅をもつ。特に黒雲母は対数正規に近似できる粒径分布を示す。また，コロナの全岩組成はザクロ石とマトリクスの斜長石に K_2O と H_2O を加えた組成にほぼ一致する。

これらの特徴は，コロナ形成に K_2O を含む H_2O 流体の流入があったことを示唆する。マトリクスに角閃石が産するにも拘わらず，普遍的なシンプレクタイトが形成されていないことから，それ以前に流体が流入したと考えられる。コロナ構成鉱物の形態や粒径分布は，これらの鉱物が過飽和度の減少するメルトから晶出した可能性を示している。つまり，リュツォ・ホルム岩体では最高変成条件から有意に減圧する前に，局所的に K_2O を含む H_2O 流体が流入し，超塩基性片麻岩が部分融解した。その後粒径分布を改変しない程度の速度で冷却したと考えられる。

キーワード: コロナ, 編成流体, リュツォ・ホルム岩体
Keywords: corona, metamorphic fluid, Lutzow-Holm Complex

Japan Geoscience Union Meeting 2015
(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)
©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SMP43-11 会場:A03 時間:5 月 24 日 17:00-17:15

不可逆反応と変形の連結現象；ロジン岩ー蛇紋岩系における水圧破砕の事例
Interplay of irreversible reactions and deformation: a case of hydrofracturing in the system rodingite - serpentinite

西山 忠男 [1*] ; 吉田 知里 [1] ; 森 康 [2] ; 重野 未来 [2]
NISHIYAMA, Tadao[1*] ; YOSHIDA, Chisato[1] ; MORI, Yasushi[2] ; SHIGENO, Miki[2]

[1] 熊本大学自然科学研究科, [2] 北九州市立自然史歴史博物館
[1]Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, [2]Kitakyushu Museum of Natural History and Human History

This paper examines hydrofracturing caused by reactions between rodingite and serpentinite during a regional metamorphism. Hydrofracturing is driven by rapid increment of fluid pressure, and therefore will be likely to occur in the contact metamorphic aureole due to rapid and irreversible reactions (Nishiyama, 1989). This paper aims to show the same type of hydrofracturing can occur even in the regional metamorphic terrane.

Rodingites occurs ubiquitously in serpentinite from the Nomo metamorphic rocks, western Kyushu, which is a Cretaceous accretionary complex of greenschist to epidote - amphibolite facies condition (Miyazaki and Nishiyama, 1989). Fukuyama et al. (2014) made geochemical and geochronological studies on these rodingites, and gave U-Pb age of zircons from the rodingites as 108 - 105 Ma. This study classified the rodingites into two types depending on the occurrence and the rock texture: vein type and dyke type. Mineralogy of both types of rodingites are almost the same, consisting of diopside, garnet (grandite), chlorite, vesuvianite and titanite with rare occurrence of epidote and pumpellyite. Both vein-type and dyke-type rodingites are associated with reaction zones between serpentinite. Tremolite veins commonly develop from the reaction zone into serpentinite, representing hydrofracturing associated with the formation of the reaction zone. A conspicuous feature is that perovskite occurs in some reaction zones consisting mainly of diopside and chlorite, whereas titanite is common in rodingites. The reaction perovskite + SiO2 = titanite indicates the condition poorer in SiO2 in the reaction zone. We investigated the reaction relation between rodingites and serpentinites using the singular value decomposition (SVD) technique (Fisher, 1989). Constant solid volume is assumed during the formation of the reaction zone because of lack of ductile deformation in the reaction zone. The condition of constant solid volume is incorporated into the SVD analysis as was firstly done by Yuguchi et al. (2015).

The seven component system CaO - SiO2 - Al2O3 -Fe2O3 - FeO - MgO - H2O is considered. Antigorite (serpentinite), diopside, garnet and chlorite (rodingite), and diopside^R and chlorite^R(reaction zone) are considered. The superscript R denotes minerals from the reaction zone, because they also occur in the rodingite but have different compositions. We took the following strategy to find the reaction relation. First we tried to find reaction relations which hold the conservation of pseudoquarternary components CaO - SiO2 - AF (Al2O3 + Fe2O3) - FM (FeO + MgO) among the mineral assemblage, but we got no reaction relation. Next we omitted CaO as an inert component from the system, and consider reaction relations that hold conservation of pseudoternary SiO2 - AF - FM components, then we got three reactions cosuming CaO and evolving H2O. This strongly suggests increment of fluid pressure associated with the progress of the reactions. We have further examined the system AF - FM, having the following reactions:

1Serp + 22.71Di + 6.79Chl + 4.11CaO + 0.40SiO2 = 26.01Di^R + 10.49Chl^R + 1.43H2O
1Serp + 6.88Di + 3.39Grt + 3.74CaO + 3.32SiO2 = 19.46Di^R + 3.24Chl^R + 5.06H2O
1Serp + 3.24Grt + 0.26Chl + 3.61CaO + 2.74SiO2 = 12.25Di^R + 3.51Chl^R + 5.01H2O
1Serp + 0.34Di + 3.37Grt + 3.62CaO + 2.75SiO2 = 12.95Di^R + 3.23Chl^R + 5.14H2O

All of these reactions consumes SiO2 and CaO, and evolves H2O. This relation holds if we take any linear combination of above reactions. When we consider the perovskite formation from titanite in the reaction zone, reactions in the system AF-FM are preferable, because SiO2 liberated by the titanite breakdown will be consumed by the above reactions in the system AF - FM.

キーワード: ロジン岩, 蛇紋岩, 水圧破砕, 不可逆反応, 特異値分解法
Keywords: rodingite, serpentinite, hydrofracturing, irreversible reactions, singular value decomposition