

SMP046-01

会場:201B

時間:5月27日 08:30-08:45

領家帯河合マイロナイト中のカリ長石細粒集合体の結晶学的定向配列と変形過程 The CPO and deformation processes of K-feldspar in the Kawai mylonites from the Ryoke metamorphic belt, SW Japan

石井 和彦^{1*}, 坂部達哉¹, 金川 久一²
Kazuhiko Ishii^{1*}, Tatsuya Sakabe¹, Kyuichi Kanagawa²

¹ 大阪府立大学, ² 千葉大学

¹Osaka Prefecture Univ., ²Chiba Univ.

カリ長石の脆性-塑性転移は、一般に 500-550 °C でそれより高温ではおもに転位クリープによって変形する。一方、400-500 °C の条件で変形した花崗岩質岩には、しばしばカリ長石細粒集合体の薄層が発達し、石英と同様かなり流動的に変形したと考えられる。これらのカリ長石細粒集合体は、顕著な結晶学的定向配列 (CPO) を示さないことが多いしばしば石英・斜長石などを含む多相集合体となっていることから、溶解沈殿クリープや粒界滑りによって変形したものと推定されている。しかし、明瞭な CPO を示すカリ長石細粒集合体の報告もあり、その細粒化の過程や変形機構は必ずしも明らかではない。

研究対象の領家内部剪断帯河合マイロナイト帯には、花崗閃緑岩を原岩として約 500 °C の条件で変形したマイロナイト-ウルトラマイロナイトが広く分布している。これらのマイロナイトは、層状細粒石英集合体の間に斜長石やカリ長石のポーフィロクラストが散在する一般的な花崗岩質マイロナイトの組織を示すが、カリ長石細粒集合体も層状に発達していることが特徴である。本研究では、これらの細粒カリ長石集合体の組織と CPO を解析することによりその細粒化の過程と変形機構について検討した。

相対的にマイロナイト化の程度が小さくポーフィロクラストを多く (30 %以上) 含むマイロナイトでは、ポーフィロクラストの間や周囲に細粒のカリ長石集合体が発達し、その微細組織は 2 つのタイプ (1 と 2) に分けることができる。タイプ 1 の多くは、カリ長石ポーフィロクラストの間に分布し、直線的な粒界と大きな伸長比 (2-4) を特徴とし、その伸長方向は両側のカリ長石ポーフィロクラストの相対的変位とほぼ平行である。さらにその相対的変位とほぼ平行に [100] の方位が集中することが多い、隣接するカリ長石ポーフィロクラストと同じ結晶方位に集中している場合もある。したがって、タイプ 1 の細粒集合体は破断面などに沿って開口した間隙を流体からの析出によってカリ長石が成長したものと考えられる。タイプ 2 は、粒界の形状が不規則で波動消光が発達することが特徴で、伸長比はタイプ 1 に比べ小さくその長軸は線構造にほぼ平行である。ポーフィロクラスト中には、しばしばポーフィロクラストを横断するように面上に分布する細粒集合体が認められ、双晶面・キンク面・破断面などに沿う再結晶によって形成されたものと推定できる。さらに、ポーフィロクラストから亜粒子を含むポーフィロクラストを経て、再結晶粒子からなる細粒集合体へと連続的に変化する微細組織が認められ、タイプ 2 の細粒集合体の多くは亜粒子回転や粒界移動による動的再結晶によって形成されたものと考えられる。

マイロナイト化が進みポーフィロクラストの少ない (10-20 %) マイロナイトには、カリ長石細粒集合体の薄層が発達する。それには、細粒集合体の中に複数のポーフィロクラストが散在し、全体として比較的幅の広い (ポーフィロクラストの粒径程度) 層状集合体を構成するものと (タイプ A) とカリ長石ポーフィロクラストのテイルを構成し、面構造方向に細長く伸長した細粒集合体 (タイプ B) がある。タイプ A 細粒集合体の CPO は、隣接するポーフィロクラストと同じ方位に集中し、かつその [100] 軸と [010] 軸は XZ 面とほぼ平行である。一方、タイプ B の細粒集合体の CPO は、[100] 軸が XZ 面と高角をなし、ポーフィロクラストから離れるにしたがって、ポーフィロクラストと同じ結晶方位から次第に回転していくことが多い。カリ長石の主要な滑り系は [100][010] であり、タイプ A の細粒集合体はおもにポーフィロクラストの動的再結晶によって形成されたものと考えられる。一方、タイプ B の細粒集合体の結晶方位は [100][010] 滑り系が活動しにくい「硬い方位」であり、ポーフィロクラストが剛体回転しながら、その周囲から徐々に再結晶することによって形成されたものと考えられる。

これらの細粒集合体は面構造と平行な薄層をなし、相当量の歪を被っていると考えられる。しかし、その結晶方位は基本的にポーフィロクラストのそれに支配されており、転移クリープで変形した場合に期待される主要な滑り系に対応した特定の結晶方位と面構造や線構造との一定の関係が認められないため、転移クリープで変形したとは考えられない。おそらく、粒界滑りや拡散・溶解-沈殿を伴ういわゆる粒子流動によって変形したのであろう。しばしば結晶学的定向配列の有無を根拠にして、転位クリープと粒子流動が区別されるが、今回の例は、それが必ずしも成り立たないことを示している。

キーワード: 花崗岩質マイロナイト, カリ長石, 結晶学的定向配列, EBSD, 細粒集合体

Keywords: Granitic ultramylonite, K-feldspar, CPO, EBSD, fine-grained aggregates

SMP046-02

会場:201B

時間:5月27日 08:45-09:00

脆性-塑性遷移領域における花崗岩の変形: 足助剪断帯からの知見

Deformation of granitoids in brittle-ductile transition: insights from the Asuke shear zone

福田 悠一^{1*}

Junichi Fukuda^{1*}

¹ 阪大・理・宇宙地球

¹Dept. Earth & Space Sci., Osaka Univ.

脆性-塑性遷移領域においては、マイロナイト、カタクレーサイト、シュードタキライトなどの種々の断層岩が形成され、これらを統合的に研究することは、内陸地震発生の素過程を理解する上で重要である。特に石英は、経験した温度、圧力、応力に敏感に呼応して、剪断変形により、bulging, subgrain rotation, grain boundary migration と異なった再結晶過程を示すことが、古くからの変形実験において調べられてきた (Hirth and Tullis, 1992)。天然の系においては逆に、変形実験からの結果を外挿することによって、上記のパラメーターを見積もることもしばしば成功を収めている (Jerabek et al., 2007; Stipp and Tullis, 2008)。このことから、石英のテクスチャを分析することによって、剪断変形時に経験した素過程を構築できるであろう。合わせて、石英の塑性変形により形成されるすべり系も、変形条件の指標になり、古くから天然、実験双方から研究してきた (Passchier and Trouw, 1996; Toy et al., 2008 にレビュー)。しかしながら、これまでの天然の系における石英の再結晶過程および、そのすべり系に関する報告は、岩石の塑性変形が卓越する領域についてがほとんどであり、脆性-塑性遷移領域における、鉱物のテクスチャに関する研究事例は少ない。

上記の点を受けて、本研究では脆性-塑性遷移領域である愛知県足助剪断帯に注目する。調査岩石は伊奈川花崗岩を母岩石とし (金折ほか, 1991; 酒巻ほか, 2006), 主要構成鉱物は石英、斜長石、カリ長石、角閃石、黒雲母である。基本的に岩石はカタクレーサイト化しており、一部マイロナイト化していることが、肉眼で認められる。顕微鏡スケールでは、2, 3 mm 程度の大きな石英粒子近傍で 1 um 以下の細粒な石英が確認される。斜長石、およびカリ長石は脆性破壊を受けているが、マイクロメータースケールの粒子も多く存在している。このような細粒化プロセスは上述したような動的再結晶過程なのか (bulging ないし subgrain rotation), クラック形成を伴うのか (Vernooij et al., 2006a) など様々に議論されてきた。さらに、最近では Vernooij (2006b) は流体が関与することによって、溶液-沈殿機構が細粒化に一部寄与すると報告している。また、石英のドフィーネ双晶の発達が動的再結晶を促す (Lloyd, 2004; Stipp et al., 2008), または促さない (Neumann, 2000) ことも議論の対象にある。このような石英の細粒化プロセス(動的再結晶, クラック形成, 溶液-沈殿, ドフィーネ双晶)および、すべり系は結晶方位定向配列 (CPO) やミスオリエンテーション軸に関する情報から議論することができる。よって、本研究では後方電子散乱回折法 (EBSD) を用い、細粒石英とホストの結晶との結晶方位関係を調べることによって、脆性-塑性遷移領域で卓越する石英の細粒化機構について議論する。合わせて、電子顕微鏡観察によるマイクロスケールで石英表面を観察し、その形態から細粒化過程や流体の関与などについて、EBSD の結果と合わせて議論する。このような石英の調査に加えて、長石の変形機構についても調査する。マイクロメータースケールの細粒粒子とポーフィロクラストの組成を測定し、石英と同様に表面形態の観察と EBSD により、細粒粒子の変形機構 (本変形条件においては、粒界すべり、もしくは溶液-沈殿クリープの可能性) について議論する。

キーワード: 石英の再結晶、粒子形態、長石の変形、組成、EBSD

Keywords: quartz recrystallization, grain morphology, feldspar deformation, composition, electron backscatter diffraction

SMP046-03

会場:201B

時間:5月27日 09:00-09:15

変形岩の弾性的異方性 Elastic anisotropy of deformed rocks

渡辺 了^{1*}, 白杉 勇人¹, 道林 克禎²
Tohru Watanabe^{1*}, Yuto Shirasugi¹, Katsuyoshi Michibayashi²

¹ 富山大学, ² 静岡大学

¹University of Toyama, ²Shizuoka University

The seismic anisotropy will provide us the information about deformation in the Earth's interior. In order to interpret observed anisotropy, we must understand the relationship between deformed textures and elastic properties. Plastic deformation gives rise to the lattice preferred orientation (LPO) of mineral grains, which leads to elastic anisotropy in deformed rocks. The development of SEM-EBSD has enabled us to measure the orientation of individual mineral grains in a deformed rock. Using the measured orientations and elastic constants of single crystals, we can calculate elastic properties of the deformed rock using Voigt or Reuss averaging schemes. No information about the shape or arrangement of grains is used in these averaging schemes. The Voigt average gives an upper bound, and the Reuss average a lower bound to elastic stiffness. The stiffness of the rock sample should be found within these bounds. When component minerals have similar elastic properties and weak anisotropy, Voigt and Reuss averages are nearly equal. These values can provide a good prediction of elastic properties. However, when component minerals have strong anisotropy, Voigt and Reuss values are far apart (Mainprice and Humbert, 1994). Additional information like the shape and arrangement of grains should be taken into account for a better prediction of elastic properties.

As the arrangement of grains, we focus on a layered structure seen in deformed rocks. For simplicity, we consider an alternation of two compositionally different layers. The two layers are composed of different mineral grains, which are well aligned in each layer. Two layers have different effective elastic constants. The elastic properties are assumed to have the symmetry of orthorhombic systems in both layers. Two layers are assumed to have the same principal axes of elastic tensors. The calculated effective elastic constants show Reuss values in relation to deformation perpendicular to the layers. The calculation gives Voigt values in association in relation to deformation parallel to the layers. In this presentation, we will also compare calculated and measured velocities for serpentinite mylonites.

キーワード: 弾性, 異方性, 変形岩, 格子選択配向, 層構造

Keywords: elasticity, anisotropy, deformed rock, LPO, layered structure

SMP046-04

会場:201B

時間:5月27日 09:15-09:30

交代作用不安定と構成的過飽和 metasomatic instability and constitutional oversaturation

鳥海 光弘^{1*}, 福山繭子²
mitsuhiro toriumi^{1*}, fukuyama mayuko²

¹ 海洋研究開発機構, ² 中国科学院地球科学研究所

¹JAMSTEC, ²Insti.Earth Sciences, Acad.Sinica

Migrating interface derived from interdiffusion of ionic species in permeable solution in the plate boundary rocks occurs as wavy boundary between mono- and bi-mineralic bands. Simple examples are found in the banded basic schists of the Sambagawa metamorphic belt. Albite - quartz - calcite bands having wavy interface are commonly sandwiched by thin chlorite bands and sometimes by thin epidote bands. The trails of hematite grains are continuously pervaded into albite - quartz bands from chlorite band, indicating the advancement of interface into chlorite bands.

The wavelength of the interface increases firstly and then reaches the constant level with width of albite - quartz band. It suggests that the preferable wavelength of the interface develops with time, considering the increasing width of albite - quartz band with time. However, the ratios between width of band and wavelength of the interface varies in different rock specimens.

The modeling of the wavy interface development should be constructed in the system of chemical equilibrium of solution with albite, chlorite, quartz and calcite. At the interface chemical equilibrium attains but being apart from the interface, the diffusion of ionic species relevant with chlorite and other minerals should make change in equilibrium concentrations. As the concentrations gradients of ionic species in grainboundary solution makes constitutional oversaturation (1) of one side mineralogy, the interfacial geometry becomes unstable for small waveform perturbation. The selective wavelength in this case is governed by the ratio of oversaturation degree and interfacial energy. In this study, the authors can propose the capillarity effect constitutional oversaturation instability of the metasomatic banding interface. This is called as metasomatic instability which controlled by velocity of interface advance.

Reference

(1) W.Kurz and D.J.Fisher, Fundamentals of solidification, Trans Tech Pub., 1986.

キーワード: 交代作用不安定, 構成的過飽和, 变成縞構造

Keywords: metasomatic instability, constitutional oversaturation, metamorphic banding

SMP046-05

会場:201B

時間:5月27日 09:30-09:45

高温変成帯におけるザクロ石中の石英包有結晶が示す残留応力の意味：肥後変成帯の事例

Implication of the residual pressure recorded in quartz inclusions in granet from high T metamorphic terranes

西山 忠男^{1*}, 相川 恭子¹

Tadao Nishiyama^{1*}, Kyoko Aikawa¹

¹ 熊本大学

¹Kumamoto University

変成岩中のザクロ石に包有される石英は、包有時の温度圧力条件に依存する残留応力を示すことが Enami et al.(2007)によって示された。その残留応力は顕微ラマン分光法によって測定することができ、連続体力学による簡単な弾性相互作用モデル (Van der Molen, 1981) と組み合わせることで包有時の圧力を推定することができる (Enami, et al, 2007)。この論文には共著者である西山の計算ミスが含まれ、それによりザクロ石の端成分であるグロシュラールの場合のみ圧力が低く見積もられている。このミスは W.D.Carlson によって指摘され、共著で訂正論文を出版した (Carlson et al, 2009)。この訂正論文では、ザクロ石の端成分による残留応力の違いはわずかであり、残留応力の測定においてはザクロ石の化学組成をあまり気にせずに良いこと、したがって変成作用時の（厳密には石英包有時の）圧力推定に、この方法がきわめて有効であることが示された。化学組成と固溶体の熱力学モデルによる地質圧力計とは全く独立の圧力計が開発されたことは、岩石学における重要な進歩である。

しかし、この方法にはまだ検討すべき問題点がいくつか含まれている。その一つの問題は、石英の低温型 - 高温型転移が起こりうる高温の変成帯の場合、この方法が適用可能であるかどうかという点である。本研究ではこの問題を検討するために、白亜紀の高温低圧型変成帯である九州中部に分布する肥後変成岩類を対象とした。

調査地域は熊本県上益城郡甲佐町周辺で、ここでは Maki et al(2004) による変成分帯、すなわち北から黒雲母帯、ザクロ石 - 葵青石帯、斜方輝石帯の 3 帯の分帯を採用する。今回、泥質砂質変成岩中の鉱物組み合わせを基に、白雲母消滅アイソグラッドと電気石消滅アイソグラッドの二つを新たに定義した。Maki et al(2004) によりザクロ石 - 黒雲母地質温度計や反応曲線網に基づいて推定された温度条件は、白雲母消滅アイソグラッド付近で 600 C 程度、斜方輝石アイソグラッド付近で 800 C 程度である。

今回、顕微ラマン分光法により 8 個の試料についてザクロ石に包有される石英のラマンシフトを測定した。試料の採取地点は白雲母消滅アイソグラッド付近から斜方輝石アイソグラッド付近に至るまでの地域で上に述べた温度条件で形成されたと考えられる。Enami et al.(2007) の方法に従い、標準試料とのラマンシフトの差を図 (Dw1 vs Dw2) にプロットすると、一試料中 (ザクロ石の 1 粒子中) の石英で Dw1, Dw2 ともに負の領域にプロットされるものと、両方とも正の領域にプロットされるものの 2 者があることが判明した。また全域を通じて負の領域にプロットされる石英粒子が多く、正の領域にプロットされるものの方が比較的少ないことが明らかになった。Enami et al(2004) に従えば、正の領域にプロットされるものは圧縮応力を、負の領域にプロットされるものは伸長応力を示すと解釈される。Enami et al(2004) が報告しているザクロ石中の石英包有結晶は正の領域にプロットされるものがほとんどで、負の領域にプロットされるものとの共存は報告されていない。本地域の温度圧力条件 (Obata et al, 1994; Osanai et al., 1998; Yoshimura, 2004; Maki et al, 2004 and 2009; Miyazaki, 2004 ならびに本研究) を考慮すると、変成条件は高温石英の安定領域に達していた可能性が高く、伸長応力を示す石英は、ザクロ石に包有された時点では高温石英であった可能性が高い。これらの結晶は変成岩の温度圧力降下時に低温石英に転移し、体積減少 (約 1 %) の効果で伸長応力を示す結果となったと解釈される。同じザクロ石中に含まれる圧縮応力を示す石英包有結晶の成因については、変成岩の温度圧力降下に伴う retrograde path において、石英の転移曲線を横切って低温石英の安定領域に入った際に低温石英として包有されたものである可能性が考えられる。後者の場合、低温石英として取り込まれた結晶が、prograde に高温石英の安定領域に入っても、体積膨張が許されないために高温石英への転移は起こらなかったと推定される。いずれの場合でも、変成岩の上昇時に温度圧力降下に伴って、石英の転移曲線を横切ることになる。したがって、その転移の温度条件から室温までの温度変化を仮定して、ラマンシフトによって推定された残留応力を用いて Van der Molen (1981) の弾性相互作用モデルにより、包有された時点の圧力条件を推定することができる。その結果は試料の採取地点によらず、0.35 ~ 0.50 GPa となり、Maki et al(2004) や Miyazaki(2004) によって推定された圧力よりはやや高いが、Maki et al(2009) が本地域から記載した石灰珪質グラニュライトの圧力条件よりは低いことが分かった。

キーワード: ザクロ石, 石英, 残留応力, 高温変成帯, ラマン分光法, 弹性相互作用

Keywords: garnet, quartz, residual pressure, high T metamorphic terrane, Raman micro-spectroscopy, elastic interaction

SMP046-06

会場:201B

時間:5月27日 09:45-10:00

高圧及び高温型变成泥岩の岩石組織の明瞭な違い

Distinct difference of metamorphic texture between high P/T and low P/T metapelites

宮崎 一博^{1*}

Kazuhiro Miyazaki^{1*}

¹ 産総研 地質情報研究部門

¹GSJ AIST

変形と反応の局在化は地殻内部における变成帯のマクロな構造形成に大きな影響を及ぼすと予想される。今回、高压型(三波川)及び高温型(領家)变成泥岩の岩石組織について調べ、変形と反応の進行に伴う構造形成について議論したので報告する。

高压型及び高温型变成泥岩の片理に垂直なEPMA面分析結果を比較すると、両者の構造は著しく異なる。高压型变成泥岩では、変成分化及び鉱物粒子の粗粒化が高温型变成泥岩に比べ顕著である。即ち、高压型变成泥岩では、石英に富む層ないしレンズが片理にほぼ平行に発達するのに対し、高温型变成泥岩では、石英とAlを含む鉱物が入り組んだモザイク状の構造が認められる。ただし、部分溶融した可能性のある高温型变成泥岩のミグマタイトは例外である。鉱物粒子の粗粒化は斜長石で顕著である。高压型变成泥岩中の斜長石平均粒径は低温部から高温部へ1桁以上増大する。500

程度の变成温度で比較した場合、高压型变成泥岩中の斜長石平均粒径は、高温型变成泥岩中のものに比べ約1桁大きい。一方、高温型变成泥岩中の斜長石平均粒径は低温部から高温部へあまり増加しない。ただし、ざくろ石董青石帶ミグマタイトの斜長石は著しく粗粒である。

高压型变成泥岩中の石英に富む層ないしレンズは片理にほぼ平行に発達することから、その形成には変形が重要な役割を果たしていたと予想される。これを確かめるために、不混和2相系粘性流体の変形シミュレーションを行った。粘性率に差がない2相系では、変形の進行に伴いモザイク構造の粗粒化が進行し、最終的には2相が層状に繰り返す多層構造や剪断方向に引き延ばされたモザイク構造が生じた。一方、粘性率に差がある場合、低粘性相の枝分かれした層ないしレンズが形成された。このような構造は粘性率のコントラストがある2相系に特徴であり、低粘性相に変形が集中することで形成される。

上述の結果より、高压型变成泥岩の石英に富む層ないしレンズの形成では、石英卓越ドメインへの変形集中が重要な役割を果たしている可能性が示唆される。一方、高压型变成泥岩における鉱物粒子の粗粒化は、変形に伴う同種鉱物の凝集と拡散反応による鉱物粒子の溶解・析出が重要である。石英に対する水の濡れ角が高压下では小さくなることを考慮すると、石英に富む層やレンズでは流体相のネットワークが形成され、拡散による物質移動が促進されると予想される。このように高压型变成泥岩では、変形の進行に伴う構造変化により変形と反応がさらに加速するポジティブフィードバックが達成されている可能性がある。

キーワード: 变成岩, 岩石組織

Keywords: metamorphic rock, metamorphic texture

SMP046-07

会場:201B

時間:5月27日 10:00-10:15

不均質核形成、オスワルドの段階則とポツツモデル：シリカ鉱物析出メカニズムに対する考察

Heterogeneous nucleation, Ostwald step rule and Potts model: Implications for precipitation of silica polymorphs

岡本 敦^{1*}

Atsushi Okamoto^{1*}

¹ 東北大学大学院環境科学研究科

¹Tohoku University

The rock-forming minerals include several polymorphic minerals such as aluminosilicates, serpentine, carbonates, carbon, and silica. These minerals have been used as indicators of P-T condition and/or fluid compositions, when they formed. It is also well known that metastable phases commonly appear especially during fluid-rock interaction, including aragonite in carbonate sinters, and opals in silica sinters. Okamoto et al. (2010) found that the dominant silica minerals precipitated from aqueous solutions in order of amorphous silica, cristobalite to quartz, and that quartz is dominant in the solutions including minor Al and Na. The formation of less stable phase prior to the most stable phase is called as the Ostwald step rule. The phenomena following the Ostwald step rule is explained by relative differences in growth rate among the polymorphic minerals in the presence of seeds of all phases, but nucleation of these seeds should be considered. In this study, heterogeneous nucleation and the effects of impurity are investigated by a simple microscopic model, Potts model, in Monte Carlo simulation.

In the Potts model, each spin (molecule) in a lattice has one of q states (phases). Each lattice site i has a spin s_i taking values in the range of 1 to q , and the energy of a configuration s is given by the Hamiltonian, $H = - \sum [J_{si,sj} - [h_a M_a]_a]$ (eq. 1), where M_a is the number of spins of the spin type a . The first term is the sum of nearest-neighbor pairs of spins with the symmetric interaction energy (surface energy), and the second term describes the effect of external fields h_a acting on spin type a (bulk free energy). To evolve the system, we employed discrete-time Metropolis dynamics. Here, we consider spins of four states (1-4) in a 30 x 30 square lattice in two dimensions and periodic boundary conditions. We set $T = 0.80$, and impose the external fields as $h_a = 0.1 \times (a ? 1)$, indicating that state 4 is the most stable. When we set the diagonal elements of the interaction matrix to unity and the other elements to zero, any metastable phase does not appear. The sequential nucleation of metastable phases following the Ostwald step rule is realized when we introduce a non-diagonal interaction, $J_{a+, a+/-1} = F_1 > 0$ (attractive), between neighboring phases, and all other non-diagonal interactions have $J_{a-, b} = F_2 < 0$ (repulsive) (Sanders et al. 2007). The successive nucleation of metastable phases in order of 1, 2, 3 and 4 appears with $F_1 = 0.1$ and $F_2 = -1.0$. We also find that phase i nucleated in phase $i-1$. This result is qualitatively same to the occurrences of the silica minerals in the pure Si solution of Okamoto et al. (2010): homogeneous nucleation of opal-A from the solution, heterogeneous nucleation of opal-C upon opal-A and that of quartz on opal-C. A new phase preferentially nucleates on the next-less-stable phases, as they are probably more structurally similar to new phase than are other phases.

The effect of impurities was introduced as $-[J_{pa}]$, that is the interaction between the impurity, p , and spin a into equation 1 following Sear (2005). To consider the case of silica, we propose that an interaction between phase 4 and an impurity equals 1, and that interactions between other states and an impurity are zero. The simulation results reveal that the evolution of the system varies with increasing number of impurities. When the number of impurities is small, nucleation of the most stable phases occurs via the formation of metastable phases. In contrast, with a larger amount of impurity, phase 4 is able to nucleate directly. The direct nucleation of quartz in the solution with small amounts of impurities (Okamoto et al. 2010) indicates the strong interaction between quartz and these cations.

References:

Okamoto A. et al. (2010) Geochim Cosmochim Act, 74, 3692-3706.

Sanders DP. (2007) Phys Rev B, 75, 132101.

Sear PS (2005) J. Phys. Condens. Matter 17, 3997-4004.

キーワード: 多形鉱物, オストワルドの段階則, 不均質核形成, ポツツモデル

Keywords: polymorphic minerals, Ostwald step rule, heterogeneous nucleation, Potts model

SMP046-08

会場:201B

時間:5月27日 10:15-10:30

領家变成帯青山高原地域における角閃岩相高温部でのジルコンの挙動 Zircon behavior in the upper amphibolite facies metamorphic rocks from the Aoyama area, Ryoke metamorphic belt, SW Japan

山口 勇央¹, 河上 哲生^{1*}, 横山隆臣¹, 柴田 知之¹, 平田 岳史¹

Isao Yamaguchi¹, Tetsuo Kawakami^{1*}, Yokoyama D. Takaomi¹, Tomoyuki Shibata¹, Takafumi Hirata¹

¹ 京都大学大学院理学研究科

¹Kyoto University

Recent researches on zircon behavior showed that zircon can crystallize at various stages of metamorphism. In order to interpret the results of the U-Pb zircon dating, it is essential to understand how zircon behaves and responds to the metamorphic processes (Harley et al. 2007). However, zircon-forming, zircon-consuming and zircon-modifying reactions are controlled by the whole-rock composition, pressure-temperature conditions, and fluid-melt-rock interactions. This complexity leaves zircon behavior in metamorphic rocks still unraveled. This research aims to describe the mode of occurrence of zircon in the upper amphibolite facies metamorphic rocks exposed in the western part of the Aoyama area (west of the Kachiji fault), Ryoke metamorphic belt, SW Japan (Yamaguchi and Kawakami, 2008), and to understand the behavior of zircon during the high-temperature metamorphism.

In the Aoyama area, upper amphibolite facies pelitic schists and pelitic-psammitic migmatites are widely exposed and the metamorphic grade increases from the north to the south (Takahashi & Nishioka, 1994; Kawakami, 2001). The metamorphic conditions of the study area estimated by the geothermobarometry were about 610 °C, 3 kbar in the north and about 715 °C, 6 kbar in the south. Kawakami and Suzuki (2008) reported the CHIME monazite age of the Ao granite that is intruded to the south of the Aoyama area to be 79.8+-3.9 Ma.

Eighteen pelitic-psammitic metamorphic rock samples from the study area were examined under SEM-EDS and about 250 grains of zircon were described in detail. As a result, at the north of the study area, zircon grains larger than 20 um in diameter were abundant than in the south.

In order to confirm whether this trend is controlled by the whole-rock Zr composition or not, the remaining half of the chips that was used for the thin section preparation were powdered and analyzed by the XRF analysis. As a result, most of the whole-rock Zr was resided in the zircon grains larger than 20 um in the north, whereas zircon grains larger than 20 um occupied only 20-30 % of the whole-rock Zr in the south.

Based on the result above, a hypothesis is made that most of the coarse-grained zircon in the north larger than 20 um would be detrital. In contrast, at the south, zircon is likely dissolved and may have newly nucleated during the metamorphism, so that Zr may be resided in zircon smaller than 20 um and in other minerals.

In order to check this hypothesis, zircon U-Pb dating by LA-ICPMS was carried out. As a result, zircons (> 20 um) in the north showed the Proterozoic to the Jurassic discordant ages both in the core and the rim. These ages would represent detrital ones. On the other hand, zircon grains in the south showed the Cretaceous discordant ages. This may represent the partial resetting of the old, detrital zircons during the Cretaceous or the Tertiary time. Therefore, it is likely that in the study area, detrital zircon grains including coarse ones dissolved and partially reset during the Ryoke metamorphism and/or during the contact metamorphism by the Ao granite and the Kabuto granodiorite intrusions postdating the Ryoke metamorphism. To confirm that new zircon grains nucleated in the south of the study area during the Ryoke metamorphism or not, the dating of tiny grains and thin overgrowths of zircon and check of the REE patterns of them are important.

キーワード: 高温变成岩, ジルコン, U-Pb 年代, レーザーアブレーション ICPMS, ジルコニウム, 領家变成帯

Keywords: high-temperature metamorphism, zircon, U-Pb dating, laser ablation ICPMS, zirconium, Ryoke metamorphic belt

SMP046-09

会場:201B

時間:5月27日 10:45-11:00

関東山地長瀬地域の三波川変成岩中のザクロ石の不均質な産状について Heterogeneous distribution of garnet in the Sanbagawa metamorphic rocks in Kanto Mountains

乾 瞳子^{1*}, 羽鳥 康介¹, 花垣 洋司¹, 羽立 龍太¹
Mutsuko Inui^{1*}, Kosuke Hatori¹, Youji Hanagaki¹, Ryota Hadachi¹

¹ 国土館大学理工学部

¹Kokushikan University

Occurrence of garnet in the Sanbagawa metamorphic rocks from Nagatoro area, Kanto Mountains, east Japan, was investigated in detail.

Garnet have been known to occur in the Nagatoro-area pelitic rocks, which contributed to the definition of the metamorphic zonation in the area. The occurrence , or texture, of the garnet grains have, however, not been described in detail. Textural observation of garnet is becoming more and more important, since garnet grains with different texture has now been reported from the Sanbagawa metamorphic rocks in Shikoku.

In this study, pelitic samples were taken from the high-grade zone area in the Sanbagawa belt exposed in the Kanto Mountains. Most garnet grains found in the pelitic schists were smaller than 0.1 mm in diameter, and were either included in the albite porphyroblasts (referred as albite-spot, hereafter) or among muscovite grains. The heterogeneous distribution is similar to the type-B garnet found in Shikoku (Inui, 2010). The average size of the albite-spot seemed to be larger in samples with garnet than in those without garnet. The shape of the garnet grains included in the albite-spots were mostly euhedral, whereas about half of the garnet grains within muscovite layers had round shape. Many of the rounded grains had aspect ratios larger than 2. Such grains often accompanied chlorite "tails" at their either end, which suggests that the grains have been resorbed after their euhedral growth. The overall texture suggests that the euhedral garnet grains in albite-spots are perfectly preserved, on the other hand, the long and round grains among muscovites are partly preserved. It is likely that garnet grains formed in the other parts of the rocks are mostly resorbed and are lost. It infers mechanism that resulted in the heterogeneous distribution of the garnet in the schists. The correlation of the size of garnet grains and the distance to its nearest neighbor suggested that the initial garnet growth was controlled by the velocity of material transfer in the rocks.

The heterogeneously distributed garnet grains in the Nagatoro area were compared to the similar garnet in the Asemigawa River area and the origin of the garnet will be discussed.

Inui, M. (2010) Two types of garnet in Sanbagawa pelitic schists along Asemigawa River, central Shikoku Journal of Mineralogical and Petrological Sciences, 105, 274-279.

キーワード: ザクロ石, 関東山地, 長瀬, 粒径分布, 不均質分布

Keywords: garnet, Kanto Mountains, Nagatoro, grain size distribution, heterogeneous distribution

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SMP046-10

会場:201B

時間:5月27日 11:00-11:15

High-Mg cores of the garnets in the Sambagawa pelitic schists from the Besshi district, central Shikoku, Japan

High-Mg cores of the garnets in the Sambagawa pelitic schists from the Besshi district, central Shikoku, Japan

Kabir Md Fazle^{1*}, Takasu Akira¹

Kabir Md Fazle^{1*}, Takasu Akira¹

¹Shimane University

¹Shimane University

Pelitic schists adjacent to the Seba metagabbro consist mainly of garnet, phengite, epidote and quartz with small amounts of amphiboles (Na-Ca and Ca-amphibole), albite, chlorite, biotite and carbonaceous matter. Rutile, titanite, ilmenite, calcite, paragonite, hematite and zircon are occasionally present as accessory minerals. A schistosity is defined by preferred orientation of coarse-grained phengite (3.5 mm).

Garnets in the pelitic schists occur as euhedral to subhedral grains up to 3 mm across. The garnets are optically zoned, from pale red-colored cores to colorless rims. The garnets have almandine-rich composition ($X_{Alm}=0.50-0.60$) with variable amounts of the grossular ($X_{Grs}=0.18-0.31$) and pyrope ($X_{Prp}=0.08-0.24$) components. Two zones (almandine-pyrope rich core and almandine rich rim) were identified based on chemical composition. The cores are abundance of rich in pyrope, decreasing toward the core-rim boundary ($X_{Prp}=0.24-0.18$) and they show antithetic zoning of X_{Alm} (0.50-0.56). The boundary between the core and the rim shows a sharp chemical discontinuity. In the rim, X_{Alm} (0.56-0.58) and X_{Prp} (0.09-0.13) increase, X_{Sp} (0.02-0.01) decreases, and X_{Grs} (0.29-0.31-0.28) increases and then decreases slightly. The garnets contain inclusions of epidote, Ca-amphibole (Mg-hornblende), phengite ($Si=6.53-7.27$ pfu), paragonite, albite (An 0-3), chlorite, calcite, ilmenite, rutile, titanite and zircon. The garnets also contain polyphase inclusions of Mg-hornblende+paragonite+quartz; epidote+paragonite; epidote+paragonite+quartz and epidote+albite. Garnets are partly replaced by aggregates of amphibole (Mg-hornblende), phengite ($Si=6.47-6.52$ pfu), epidote and albite (An 0-3) and symplectites of Ca-amphibole (Mg-hornblende) and albite (An 0-5) with rare quartz. The margins of the garnets are occasionally replaced by chlorite, phengite and biotite, or by biotite and calcite aggregates.

Amphiboles occur in the matrix as subhedral to anhedral prismatic grains up to 2 mm long. Some amphiboles in the matrix are zoned from winchite, barroisite cores to Mg-hornblende rims.

According to the petrography and chemical compositions of the minerals the pelitic schists are adjacent to the Seba metagabbro mass probably suffered high-pressure metamorphic condition. The chemical discontinuity between the core and the rim of the garnets is formed in the different metamorphic conditions for the core and the rim. Similar zoning of garnets have been reported by Higashino and Takasu (1982), Takasu (1984) and Nomizo (1992) from the Besshi district. Takasu (1984) reported similar garnet from the Seba metagabbro mass, the core of garnet undergone an eclogite facies metamorphism at higher temperature conditions (720-750 C, 12-24 kbar) and the rim together with the surrounding Seba eclogitic basic schists (610-650 C, 7-24 kbar).

Reference:

Higashino, T and Takasu, A., 1982, Journal of Japan Association of Mineralogy, Petrology and Economic Geology. 77, 362-367. Takasu, A., 1984, Journal of Petrology. 25, 619-643. Nomizo, A., 1992, Journal of Geological Society of Japan. 98, 49-52.

*Corresponding author: fazlekabir@gmail.com

キーワード: pelitic schist, high-Mg garnet, Sebadani, Sambagawa

Keywords: pelitic schist, high-Mg garnet, Sebadani, Sambagawa

SMP046-11

会場:201B

時間:5月27日 11:15-11:30

沈み込み帯の温度構造と变成岩：三波川泥質岩の例

Metamorphism and thermal structure of subduction zone: a case study on the Sanbagawa pelitic rock

大森 聰一^{1*}, 青木 一勝²
Soichi Omori^{1*}, Kazumasa Aoki²

¹ 東京工業大学地球惑星科学専攻, ² 東京大学広域科学専攻

¹Earth & Planetary Sciences, Tokyo Tech., ²The University of Tokyo

The thermal structure of the present subduction zones has been a focus of geophysical studies regarding the origin of arc magma, transportation of volatile component such as H₂O and CO₂ into the deep mantle, and origin of the subduction zone earthquakes. Many studies employing numerical modeling have been done for the aim estimating the thermal structure of the subduction zone. The results contributed semi-quantitative understanding of the thermal structure of the subduction zone, however, diversity of the results among the models is not negligible to be applied to the natural system.

It has also been one of the motivations of metamorphic geology that analysis of prograde metamorphism of a suite of metamorphic rocks in a metamorphic belt yields information of the the subduction geotherm. Recent advance in decoding metamorphic P-T condition enabled revealing true peak P-T condition and prograde P-T path excluding extensive retrograde hydration. Therefore, now, we can discuss the subduction geotherm of past subduction zone in a context of metamorphic geology.

In this presentation, we review nature of the thermal structure in the subduction zone, and prograde- and progressive-metamorphism, at first. Then a case study on the Sanbagawa pelitic rock is demonstrated with implications to the mantle-wedge dynamics and the material transportation.

キーワード: 沈み込み帯, 温度構造, 变成岩, 变成岩の上昇

Keywords: subduction zone, thermal structure, metamorphic rock, exhumation

SMP046-12

会場:201B

時間:5月27日 11:30-11:45

四国三波川帯のエクストルージョナルウェッジを切る大規模アウトオブシーエンスラストおよびデュープレックス

Wedge extrusion followed by major out of sequence thrusting accompanying duplexing, the high P/T Sambagawa blue schist

遼沢 壮一^{1*}

Soichi Osozawa^{1*}

¹ 東北大学理学研究科地学専攻

¹Tohoku University

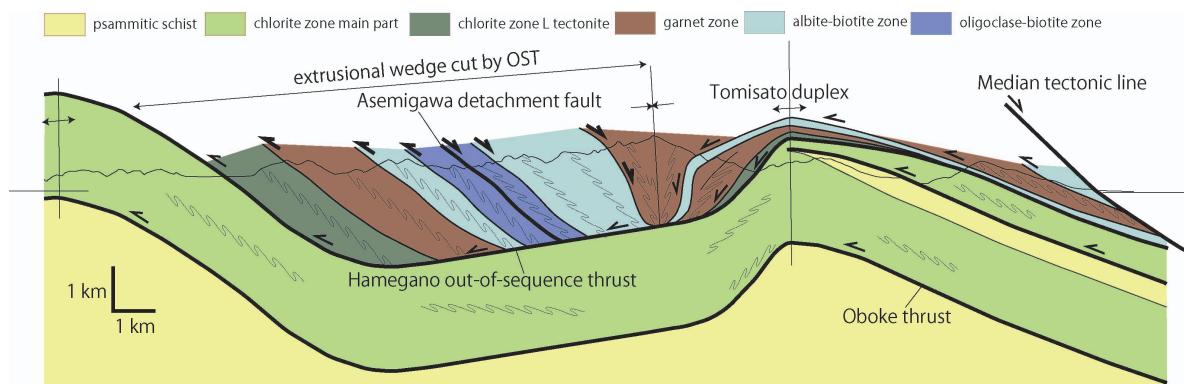
カラー地質図出版のため、地元博物館、市役所、役場など、スポンサーを募集しております。500部 20万円程度でできます。

新居浜大生院?大歩危地域まで、三波川帯高度変成岩分布域を中心に、広範囲の構造地質学的地質調査を行い、2万5千分の1地質図を作成した。東野(1990)が三波川帯のベースマップになっているが、それ以来の大改訂である。マッピングの結果、変成岩のエクスピュームーションに関する、つまりD2の、これまで知られていなかった大構造を明らかにすることことができた。

既にOsozawa and Pavlis(2007)で報告したように、初生的には、D2エクストルージョナルウェッジで、三波川帯高度変成岩はエクスピュームしている。中軸に汗見川デタッチメント断層があり、それを境に北には正断層群、南には逆断層群が発達し、これは新居浜、別子地域まで、エクロジャイトを中軸にして、汗見川から、そのまま追跡される。ところが、東の高知自動車道路が通過する立川には連続しない。従来は向斜で説明されていたが、この不連続は、蛇野(はめがの)アウトオブシーエンス低角逆断層(OST)で高度変成岩、またエクストルージョナルウェッジが切断されているからである。向斜はOST上盤には発達するが、下盤では不明瞭で、互いに構造的に不調和である。OSTは緑泥石帯を2分した位置を通過する。上盤の緑泥石帯は多色片岩からなる典型的なLテクトナイトで、非常に明瞭な鍵層である。下盤の泥質片岩のD2褶曲はOSTの運動により破壊されていて、これも一種の鍵層をなしている。従来の別子ユニットは蛇野OSTで2分される。また、エクロジャイトを含めて、高度変成岩は根無しである。なお、以上からも、Mori and Wallis(2010)でも指摘されている横臥褶曲は不存在であり、結果的に、青矢ほか(2009)を含めて、彼らの構造区分も成り立たない。

OST上盤にはある向斜について、両翼の岩相と構造は全く対応しない。エクストルージョナルウェッジは南翼のみにみられる。北翼には、構造的最下位の大歩危砂質片岩も参加する大歩危背斜がある。なお、砂質片岩は本体より構造的上位に、背斜の北翼のみだが、発達している。OST上盤の大歩危背斜には、オリゴクレース帯以外の高度変成岩ユニットが参加するデュープレックスをなしている。

三波川帯はまず、中央構造線沿いに、南へのウェッジエクストルージョンでエクスピュームを開始したが、直ちにウェッジはOSTで切断され、上盤のこれら移動岩体は大歩危背斜でスタッキし、デュープレックスをなして、最終的にエクスピューム・定置した。



キーワード: 四国三波川帯, エクストルージョナルウェッジ, アウトオブシーエンスラスト, デュープレックス, エクスピュームーション, D2

Keywords: Sambagawa high P/T zone, extrusional wedge, out-of-sequence thrust, duplex, exhumation, D2

SMP046-13

会場:201B

時間:5月27日 11:45-12:00

北海道旭川市西方に分布する神居古潭変成岩のテクトニクス Tectonics of the Kamuikotan metamorphic rocks distributed in the western part of Asahikawa-city, Hokkaido, Japan

岡本 あゆみ^{1*}, 竹下 徹¹

Ayumi Okamoto^{1*}, Toru Takeshita¹

¹ 北海道大学大学院理学院自然史科学専攻

¹ hokkaido University

北海道中央部には、中生代白亜紀のユーラシア大陸とその縁辺に沈み込む海洋プレートとの収束境界で発達した空知エゾ帯に属する変成岩が露出しており、神居古潭（カムイコタン）変成岩と呼ばれている。また、神居古潭変成岩は典型的な high-P/T 型変成岩として知られている。ここで、P は圧力、T は温度を示す。本研究は、温度-圧力履歴や鉱物組み合わせが神居古潭変成帯中で特異であるとされる、旭川市西方の神居古潭峡谷地域西部を対象とし、野外調査、鉱物化学組成分析、全岩化学組成分析を行い、構造地質学的および岩石学的手法により神居古潭変成岩のテクトニクスを解析した。その結果、野外調査より、当地域の原岩層序が玄武岩質岩、石灰岩、チャートおよび泥質岩の典型的な付加体層序から構成され、それがスラストにより繰り返されていることが明らかとなった。また、褶曲の重複関係等に基づき D1（主要な片理の形成）、D2（東フェルゲンツの折りたたみ褶曲の形成）および D3（クレニュレーション劈開の形成）の変形ステージが明らかとなった（括弧内には各ステージにおける特徴的な構造形成を示す）。さらに、Na 角閃石が残晶としてアクチノ閃石に取り込まれて存在する苦鉄質片岩について、藍閃石片岩相から緑色片岩相へと重複変成作用を受け（合地, 1983），地表に上昇・冷却されるまでの間の P-T 履歴の解析を行った。まず、シードセクションを用いて観察される鉱物組み合わせ（アクチノ閃石、緑泥石、緑簾石、スフェーン、Na 角閃石、パンペリー石、斜長石、石英）となりうる温度および圧力を制約した。その結果、緑色片岩相について、斜長石、緑簾石およびパンペリー石の鉱物の共生関係より、280 ~ 295 °C, 3.6 ~ 4.5 kbar または 275 ~ 300 °C, 3.4 ~ 4.7 kbar のパンペリー石-緑簾石の反応直線上の温度圧力条件が推定された（両者の違いは用いた角閃石の熱力学モデルの違いによる）。また、パンペリー石と共生関係にある緑簾石ピスタサイト成分（0.27 ~ 0.31）を用いて、Nakajima et al. (1976) より緑簾石の形成温度を求めた所、296 ~ 315 °C の温度範囲が推定された。同様に、石英脈中の石英と共に存する緑泥石の組成を用いて、Inoue et al. (2009) の緑泥石温度計より緑泥石の形成温度を求めた所、すべての測定値が Fe²⁺であるとした場合 121 ~ 249 °C、緑泥石の理想から見積もった Fe³⁺を考慮する（Vidal et al., 2005）と、109 ~ 220 °C の温度範囲が推定された。さらに、緑泥石温度計に用いた緑泥石と共に存する石英中の流体包有物の充填温度、101 ~ 138 °C に基づきアイソコアを見積もった。これらの結果を統合し、当地域の苦鉄質片岩がたどった P-T 履歴の解析をした所、藍閃石片岩相（P=7 kbar, T=250 °C, Sakakibara and Ota, 1994）から緑簾石-パンペリー石の反応直線（上記）に接するか、または通過するように温度が増加し圧力が減少し、その後石英脈が脆性・塑性転移の条件で変形していることを考慮すると約 300 °C, 2.5 kbar の条件で流体包有物のアイソコアに等温減圧により接し、さらに緑泥石の形成温度範囲に入り上昇・冷却することが明らかとなった。また、現段階では推察の域を出ないが、藍閃石片岩相から緑色片岩相（おそらく D1 および D2 ステージにそれぞれ対応）への変成岩上昇時の温度上昇は、D2 ステージに大量の流体が浸透してきたことによると現段階では推察される。

SMP046-14

会場:201B

時間:5月27日 12:00-12:15

A clockwise P-T path deduced from metapelites and aluminosilicates-bearing veins from the Tseel terrane, SW Mongolia

A clockwise P-T path deduced from metapelites and aluminosilicates-bearing veins from the Tseel terrane, SW Mongolia

ulziiburen burenjargal^{1*}, 岡本 敦¹, 土屋 範芳¹

burenjargal ulziiburen^{1*}, Atsushi Okamoto¹, Noriyoshi Tsuchiya¹

¹Tohoku University

¹Tohoku University

The Tseel terrane of the Central Asian Orogenic Belt, SW Mongolia, contains a record of amphibolite-facies (locally granulite-facies) metamorphism related to several igneous activities. In the central part of the Tseel area, the andalusite (And) + sillimanite (Sil) + kyanite (Ky)-bearing quartz veins occur, whereas only sillimanite occurs in host pelitic gneisses, that contain garnet + biotite + plagioclase + quartz. Textural relations indicate that aluminosilicate polymorphs formed in the order of And-Ky-Sil. Garnet in a sample of gneiss collected from near an aluminosilicates-bearing quartz vein shows compositional zoning, characterized by decreases in Ca and Mn from core to rim, and increases in Fe and Mg, along with minor retrograde zoning at the outermost rim.

We calculate P?T conditions by garnet-biotite geothermometry and garnet-biotite-plagioclase geobarometry based on compositional zoning in garnet, assuming constant compositions for biotite and plagioclase, to roughly constrain the P?T path during garnet growth. This approach is based on the following assumptions: (1) biotite, plagioclase and quartz coexisted with garnet; (2) the compositional ranges of biotite and plagioclase during garnet growth were retained in the thin section; and (3) intracrystalline diffusion was negligible within the crystals. For individual samples, we selected the biotite compositions with highest and lowest Mg/Fe²⁺ ratio and plagioclase compositions with anorthite content, X_{An} . The P-T estimates along the garnet zoning is carried out for four cases as follows: (1) highest X_{An} , highest Mg/Fe²⁺Bt; (2) highest X_{An} , lowest Mg/Fe²⁺Bt; (3) lowest X_{An} , highest Mg/Fe²⁺Bt; and (4) lowest X_{An} , lowest Mg/Fe²⁺Bt.

We obtained the decompression P?T path from the kyanite stability field (530-570 C and 6.0-9.6 kbar) to the sillimanite stability field (590-620 C and 2.6 kbar), with slight increase in temperature. Although garnet does not record the P-T conditions at the burial stage, the occurrence of aluminosilicates indicates the change from the andalusite stability field to kyanite stability field. These observations suggest that the metamorphic rocks in the Tseel terrane experienced a clockwise P?T path, although the peak pressure remains unknown.

Microthermometry was based on analyses of fluid inclusions in quartz in an aluminosilicates-bearing quartz vein collected from the locality of sample 0701c. Heating and cooling experiments were performed for the primary inclusions within quartz to measure the homogenization (Th) and ice melting (Tim) temperatures. The values of Th are scattered over the range 110-240 C, with most between 160 and 200 C (mean value, 171 +/- 28 (1?) C). The values of Tim range from 24.0 to 29.6 C, with a mean value of 26.8 +/- 1.3 (1?) C, corresponding to salinity of 10.2 +/- 1.6 wt.% NaCl equivalent. Microthermometric analyses of fluid inclusions reveal that the aluminosilicates-bearing quartz veins formed in the kyanite stability field (530-600 C and 6.0-8.5 kbar). Abundant fluid supply along fractures would have enhanced the formation of coarse-grained kyanite in quartz veins.

The P-T path during the exhumation in the Tseel area cannot be explained by subduction of old slab, but is well consistent with the geothermal gradient along the interface between the slab and the arc crust just after the ridge subduction (after c. 1 Myr). The intrusion of granitoids and mafic dikes and high temperature metamorphism of the Tseel terrane would be caused by the subduction of young oceanic lithosphere during the evolution of CAOB in the Devonian ages.

キーワード: Tseel terrane, aluminosilicates, garnet, clockwise P-T path, ridge subduction

Keywords: Tseel terrane, aluminosilicates, garnet, clockwise P-T path, ridge subduction

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SMP046-15

会場:201B

時間:5月27日 12:15-12:30

Multi-events metamorphism of the eclogites in the Lake Zone, southwest Mongolia Multi-events metamorphism of the eclogites in the Lake Zone, southwest Mongolia

Javkhlan Otgonkhuu^{1*}, Akira Takasu¹, Dash Bat-ulzii², Gerel Ochir²
Javkhlan Otgonkhuu^{1*}, Akira Takasu¹, Dash Bat-ulzii², Gerel Ochir²

¹Shimane Univ., ²Mongolian Univ. of Sci. and Tech.

¹Shimane Univ., ²Mongolian Univ. of Sci. and Tech.

Early Cambrian eclogites have been described from the Chandman district in the Lake Zone, southwest Mongolia (Hanzl and Aichler, 2006; Takasu et al., 2008; Stipska et al., 2010). The Alag Khadny metamorphic complex consisting of metamorphic rocks and ultramafic bodies is exposed for about 10 km across and 4 km wide, and it occurs between the ophiolite complex and migmatized metamorphic rocks in the Lake Zone. Several lenticular-shaped bodies of eclogites and amphibolites (max. 2 km x 0.8 km) occur in the matrix of orthogneisses and minor pelitic gneisses.

Eclogites consist mainly of garnet, omphacite ($Jd < 46\%$), and amphibole with subordinate amounts of epidote, phengite, paragonite, plagioclase, biotite, K-feldspar, rutile, titanite, quartz, calcite, hematite, ilmenite and zircon. The eclogites experienced three metamorphic events i.e. the precursor metamorphic event (M1) of HT-amphibolite facies; HP metamorphism (M2) of the eclogite facies; and HP-metamorphism (M3) of the epidote-amphibolite facies.

Garnets occur as porphyroblast and they show a prograde zoning. The core of the garnets contain polyphase and single grain inclusions of high TiO₂ (up to 1.32%) taramite, taramite+quartz, Fe-pargasite, tschermakite, plagioclase ($An < 19$)+biotite+epidote. Those inclusions indicate relatively high-temperature metamorphism of amphibolites facies conditions (M1).

The prograde stage of the first HP metamorphic event (M2) is characterized by polyphase and single grain inclusions in the garnets such as barroisite+taramite+epidote+quartz, barroisite+Mg/Fe-hornblende+quartz, plagioclase ($An=3-5$)+epidote, chlorite, calcite, and rutile. The peak eclogite facies conditions of 560-680 C and 22-25 kbar (Ravna, 2000; Ravna and Terry, 2004) estimated by the compositions of garnet+omphacite ($Jd < 46$)+phengite ($Si = 6.58-7.11$) assemblage. The retrograde stage of eclogite facies is characterized by symplectite of sodic plagioclase ($An = 1-11$)+amphibole and/or Na-poor clinopyroxene ($Jd = 2-25$). These mineral assemblages give 450-560 C and 4-11 kbar (Holland and Blundy, 1994; Holland, 1983).

The second HP metamorphism of the epidote amphibolites facies (M3) is characterized by prograde zoned amphiboles with winchite, actinolite, tremolite core and barroisite rim. They contain inclusions of garnet, omphacite and symplectite of clinopyroxene+sodic plagioclase suggesting that the amphiboles crystallized after the M2 metamorphism. The cores of the amphiboles indicate 300-400 C and 3-8 kbar, whereas the rims indicate >400-600 C and 3-12 kbar (Otsuki and Banno, 1990). Taramite/tschermakite outermost rim is occasionally developed.

Reference:

- Hanzl, P. and Aichler, J., (2007) Pracha, Czech Geological Survey
Holland, T., 1983 Contributions to Mineralogy and Petrology, 82, 214-220;
Holland, T.J.B and Blundy, J.D., 1994. Contributions to Mineralogy and Petrology, 116, 433-447.
Otsuki, M. and Banno, S., 1990 Journal of Metamorphic Geology., 8, 425-439
Ravna, E.J.K., 2000. Journal of Metamorphic Geology, 18, 211-219
Ravna E.J.K and Terry, M.P., 2004. Journal of Metamorphic Geology, 22, 579-592
Stipska, P. et al., 2010. Journal of Metamorphic Geology, 1-19.
Takasu, A. et al., 2008 Abstract of the 115th Annual Meeting of the Geological Society of Japan. 246p. (in Japanese)

キーワード: eclogite, Alag Khadny metamorphic complex, Lake Zone, Mongolia

Keywords: eclogite, Alag Khadny metamorphic complex, Lake Zone, Mongolia

SMP046-16

会場:201B

時間:5月27日 12:30-12:45

Deformation of Lake Shorelines and Mid Crustal Flow in Tibet Deformation of Lake Shorelines and Mid Crustal Flow in Tibet

Wallis Simon^{1*}, 小澤和浩¹, 森宏¹, 鷺谷威², 中村俊夫³

Simon Wallis^{1*}, Kazuhiro Ozawa¹, Hiroshi Mori¹, Takeshi Sagiya², Toshio Nakamura³

¹名大・環・地球惑星科学教室, ²名大・環・地震火山防災研究センター, ³名大・年大測定総合研究センター

¹Earth & Planetary Sciences, Nagoya Uni., ²Geodynamics Group, Nagoya Uni., ³Center Chronological Research, Nagoya U.

The mid crust beneath Tibet is generally thought to be highly mobile low viscosity material. A low viscosity layer of mid crustal material can account for the relatively flat nature of the high plateau?high elevation but low relief?and injection of mid crust into low lying regions around the Tibetan Plateau is thought to be one of the main processes involved in the expansion of the Plateau. Mechanical modeling shows that many of the first order features of the Tibetan Topography can be explained by the presence of a mid crust with a viscosity of 10^{19} Pa s or less. However, there has been no independent quantitative estimate of the effective viscosity of the mid crust. Lake shorelines offer a way to achieve this.

Despite its low rainfall, Tibet contains a large number of lakes due to the lack of water outlets from the central plateau. Many of these lakes are surrounded by well-preserved paleo shorelines. The presence of these shorelines shows that the lakes were once much larger than they are now. One of the largest lakes in Tibet is Lake Nam Co, which lies 150 km to the north of Lhasa. This lake shows good development of plaeo-shorelines and is of a suitable size to investigate properties of the mid crust. When there is a drop in the water level of a lake, it reduces the weight on the underlying crust and resulting in a buoyancy force that tends to uplift the substrate. The maximum uplift possible is determined by the ratio of the densities of water to rock: approximately 1 m of uplift for every 3 m decrease in the water level. The reason for the uplift is the inflow of mobile rock at depth. Re-equilibration will not be instantaneous?it will take time for crustal flow to occur. The time scale for this crustal flow depends mainly the geometry of the lake basin and the viscosity of the crust. The geometry is well-known and viscosity can then be estimated from measurements of the amount of uplift and the time that it took for the uplift to occur. Shorelines are palaeo-horizontal markers and, therefore, any uplift can be recognized by careful measurement that reveals present day deviations from horizontal. Preliminary results of age dating and surveys of shorelines using kinematic GPS show the potential of this methodology for obtaining good first order estimates of the mid crustal viscosity.

キーワード: チベット, 湖段丘, 岩石流動, 中部地殻の粘性

Keywords: Tibet, Lake shorelines, Crustal Flow, Mid crustal viscosity