

Oral presentation | R8: Metamorphic rocks and tectonics

📅 Thu. Sep 16, 2021 3:30 PM - 5:00 PM JST | Thu. Sep 16, 2021 6:30 AM - 8:00 AM UTC | 🏠 Zoom

Session 1

R8: Metamorphic rocks and tectonics

Chairperson: Shunsuke Endo, Yui Kouketsu

[Chairperson]

Shunsuke Endo: R8-01 - R8-03

Yui Kouketsu: R8-04 - R8-06

3:30 PM - 3:45 PM JST | 6:30 AM - 6:45 AM UTC

[R8-01] Verification of problems in Raman geobarometry

*Yui Kouketsu¹, Yuki Tomioka¹, Tadao Nishiyama², Masaki Enami³ (1. Nagoya Univ. Environ., 2. Kumamoto Univ., 3. Nagoya Univ.)

3:45 PM - 4:00 PM JST | 6:45 AM - 7:00 AM UTC

[R8-02] **Rheological study of ultrahigh pressure metamorphic rocks: an example from Jadeite-quartzite, Dabie-Shan, China***Katsuyoshi Michibayashi¹, Kouhei Asano¹, Tomohiro Takebayashi¹ (1. Nagoya Uni. Env.)

4:00 PM - 4:15 PM JST | 7:00 AM - 7:15 AM UTC

[R8-03] Constraint on deformation temperatures of the Karasaki mylonite, western Shikoku

*Yoshihiro Nakamura¹, Kazuhiro Miyazaki¹ (1. Geological Survey of Japan, AIST)

4:15 PM - 4:30 PM JST | 7:15 AM - 7:30 AM UTC

[R8-04] Coalescing detrital zircon geochronology and litho-structural mapping in identification of MBT in Himachal Himalayas

*Dyuti Prakash Sarkar¹, Jun-ichi Ando¹, Kaushik Das¹, Gautam Ghosh² (1. Hiroshima Uni., 2. Presidency Uni.)

4:30 PM - 4:45 PM JST | 7:30 AM - 7:45 AM UTC

[R8-05] **The Physico-chemical evolution of carbonaceous material during low-grade metamorphism of Archean stromatolites by Raman spectroscopy and carbon isotopes***Kiran Sasidharan¹, Madhusoodhan Satish-Kumar¹, Yoshihiro Nakamura², Tomozaku Hokada³, Hiroaki Ohfuji⁴ (1. Niigata Uni., 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. National Institute of Polar Research, 4. Tohoku Uni.)

4:45 PM - 5:00 PM JST | 7:45 AM - 8:00 AM UTC

[R8-06] Frictional melting process during formation of pseudotachylyte, Sarwar-Junia fault zone, India

*Junya Okazaki¹, Jun-ichi Ando¹, Kaushik Das¹ (1. Hiroshima Uni. Sci.)

ラマン圧力計における問題点の検証

瀬瀬佑衣* (名古屋大学), 富岡優貴 (名古屋大学)

西山忠男 (熊本大学), 榎並正樹 (名古屋大学)

Verification of problems in Raman barometry

Yui Kouketsu* (Nagoya Univ.), Yuki Tomioka (Nagoya Univ.),

Tadao Nishiyama (Kumamoto Univ.), Masaki Enami (Nagoya Univ.)

【はじめに】 ラマン圧力計は、ホスト鉱物中に包有された鉱物をラマン分光分析し、スペクトルのピーク位置のシフトから残留圧力を見積もる事で、変成岩が被った変成圧力を推定する手法である。Enami et al. (2007)では、ザクロ石中の石英包有物を用いた Quartz-in-Garnet ラマン圧力計が提案され、変成相の区別が可能であることが示された。Enami et al. (2007)では、残留圧力を評価する指標として、石英の 464cm^{-1} と 205cm^{-1} のピーク位置の幅(ω_1)を用いている。この残留圧力の評価方法は、ラマンスペクトルの室温の変化に伴うピークのドリフトを相殺できる簡便かつ画期的なアイデアである。一方、近年のラマン圧力計では、ピーク幅は誤差が大きいという理由のため、輝線を用いたピーク位置の補正を行う手法が主流となっている。輝線を用いた補正は、ピーク位置の決定精度を大幅に向上させる(0.05cm^{-1} : Odake et al., 2008)が、変成岩の変成圧力を決定する際に、そこまでの精度が必要であるかは十分に検証されていない。また、近年の研究では、残留圧力ではなく、歪を求めることで平均応力を算出して変成圧力を制約する手法も提案されており、残留圧力からダイレクトに変成圧力へ変換する手法に対する問題点も呈されている (Bonazzi et al., 2019; Mazzucchelli et al., 2021)。本研究では、このような近年のラマン圧力計の状況をふまえて、下記の2点について検証を行った:(1) ピーク幅 ω_1 を用いた残留圧力値の誤差の評価、(2) 天然試料中に含まれる石英包有物の残留圧力の異方性と歪の値の検証。

【標準試料の長期間測定】 2019年から2020年にかけて分析したブラジル産石英自形結晶のラマンスペクトルの変動を検証した。その結果、ピーク幅 ω_1 の値の差は最大で 0.6cm^{-1} であった。この結果は、Enami et al. (2007)で報告されてい

る5時間連続観察した石英ラマンスペクトルのうち、最もドリフトの大きい 205cm^{-1} ピークの誤差 ($\pm 0.3\text{cm}^{-1}$)と調和的である。

【残留圧力の異方性と歪】 三波川帯石英エクロジイト中に含まれるザクロ石中の石英包有物のラマンマッピングを行い、残留圧力値の分布を検証した。その結果、石英包有物の形に依存した粒界付近の応力集中は見られたが、顕著な異方性は確認されなかった。一方で、Angel et al. (2019)にて公開されている歪計算ソフトstRAinMANを用いて石英包有物の歪を計算した結果、多くの包有物は静水圧条件から外れ、 c 軸方向(ϵ_3)に応力が緩和する傾向が見られた。

【議論】 長期間観測した石英のピーク幅の差は最大で 0.6cm^{-1} であった。これは、残留圧力値に換算すると20MPa程度であり、変成岩の圧力を評価するうえで大きな支障はないと言える。Bonazzi et al. (2019)では、弾性異方性の強い石英包有物は偏差応力条件下で包有されていると主張しているが、天然試料において顕著な異方性は確認されず、静水圧条件と仮定しても問題ないことが示唆された。これは、Bonazzi et al. (2019)ではピストンシリンダーを用いた合成実験試料を用いているため、静水圧から大きく外れた可能性が考えられる。一方で、歪計算では静水圧条件から外れた結果となったが、歪計算に用いる係数も合成実験試料を用いている (Murri et al., 2018)ため、歪計算の手法そのものを慎重に検証する必要がある。

[引用文献] Bonazzi et al. (2019) *Lithos*; Enami et al. (2007) *American Mineralogist*; Mazzucchelli et al. (2021) *American Mineralogist*; Murri et al. (2018) *American Mineralogist*; Odake et al. (2008) *Applied Spectroscopy*

Keywords: Raman barometry, quartz Raman spectrum, peak calibration, strain, hydrostatic pressure

*Corresponding author: kouketsu.yui@nagoya-u.jp

超高压変成岩のレオロジー研究 ～中国大別山のヒスイ石英岩を例として～

道林克禎・浅野航平・竹林知大(名古屋大学・院環境)

Rheological study of ultrahigh pressure metamorphic rocks: an example from Jadeite-quartzite, Dabie-Shan, China

Katsuyoshi MICHIBAYASHI*, Kohei ASANO, Tomohiro TAKEBAYASHI (Nagoya Univ.)

中国の Dabie-Sulu 造山帯では、超高压変成岩が産出する (Cong, 1996; Ji et al., 2003)。一般的に、超高压変成岩は超高压条件の指標となるコース石またはその仮像を含む。超高压変成岩は Dabie-Sulu 地域のみならず、多くの大陸衝突帯においてその産出が報告され、大陸衝突帯における物質循環の情報が記録されているため、これまでに岩石学的、同位体地球化学的側面から、数多くの研究が行われてきた。しかし、超高压変成岩は、最深部から地殻中部への上昇時に、後退変成作用による再結晶化によって岩石組織を改変されやすいため、超高压変成条件における変形微細構造を保持する例はあまり報告されていない (Fan and Yan, 2019)。そのため、超高压条件での地殻物質の流動特性に関する理解はあまり進んでいない。本研究では、超高压条件における超高压変成岩の変形微細構造と結晶方位ファブリックに注目し、大陸衝突帯の地下深部での地殻物質の流動特性を考察することを目的とした。

研究試料として、Dabie-Shan の超高压変成帯に属する Bixiling 地域から苦鉄質-超苦鉄質岩 3 試料(エクロジヤイト、ザクロ石単斜輝岩、ザクロ石カンラン岩)を、また Shuanghe 地域から珪長質岩 1 試料(ヒスイ輝石-石英岩)を採取した。研究方法として、鉱物の同定・主要元素組成分析は EPMA、微細構造観察は偏光顕微鏡と鉱物相マップ、結晶方位解析は SEM-EBSD システムを用いて分析を行った。

本研究の試料は石英を除き、超高压条件における変形微細構造を保持していた。各試料に含まれるザクロ石は、苦鉄質-超苦鉄質岩と珪長質岩の間で、異なる変形微細構造と結晶方位ファブリックを示し、苦鉄質-超苦鉄質岩では、細粒な粒子の集合層・ランダムな結晶方位定向配列 (CPO) をもち、珪長質岩では、粗粒で伸張した粒子・弱い CPO を示した。これらの違いは、超高压条件でそれぞれの岩石相が受けた歪の

程度を表すと考えられ、観察された変形微細構造について、各岩石試料が受けた歪の程度に基づいて主に 2 種類に分類した。1 つは大きな歪を受けた苦鉄質-超苦鉄質岩、もう 1 つが比較的大きな歪を受けていない珪長質岩である。

岩相による変形微細構造の違いは、超高压条件において、珪長質岩が苦鉄質-超苦鉄質岩と比較してあまり変形していないことを示す。コース石は 700°C (Dabie-Shan に産出する超高压変成岩の推定ピーク変成温度、Zhang et al., 1995) の温度条件において、石英と比較しておよそ一桁大きい流動強度をもつため、超高压条件において、珪長質岩の主要な鉱物だったコース石が珪長質岩全岩の流動強度を増加させた結果、珪長質岩は苦鉄質-超苦鉄質岩よりも小さな歪しか受けなかったと考え、変形微細構造の違いは説明される。

また、観察された岩相による変形微細構造の違いは、超高压条件において、苦鉄質-超苦鉄質岩に歪の局所化、つまり延性剪断帯を形成したことを示唆する。高圧-超高压条件における延性剪断帯の形成は、沈み込み帯において沈み込むリソスフェアから地殻物質が分離して地表へ上昇するために必要とされるプロセスである (Warren, 2013)。従って、珪長質岩に含まれるコース石の物性が超高压条件下で苦鉄質-超苦鉄質岩に歪を局所化させる要因となっており、超高压変成岩の上昇を誘導しているのかもしれない。

Cong, B. L. (1996) Science Press, 226pp.

Fan, A. and Yan, Z-Z. (2019) Journal of Structural Geology, **124**, 8-22.

Ji, S. et al. (2003) Tectonophysics, **370**, 49-76.

Warren, C. J. (2013) Solid earth, **4**, 75-92.

Zhang, R. Y. et al. (1995) Journal of Petrology, **36**, 1011-1037.

Key words: UHP, Jadeite-quartzite, coesite, quartz, CPO, rheology, Dabie-Shan

*Corresponding author: michibayashi@nagoya-u.jp

四国西部，唐崎マイロナイトの変形温度条件の制約

中村佳博*，宮崎一博（産総研）

Constraint on deformation temperatures of the Karasaki mylonite, western Shikoku

Yoshihiro NAKAMURA*, Kazuhiro MIYAZAKI (Geological Survey of Japan, AIST)

愛媛県松山市南方には、ナップ構造によって肥後変成岩起源のマイロナイトが小規模に露出する。このマイロナイト（以下唐崎マイロナイト）は、中央構造線深部の初生構造を保存している可能性があるため、西南日本の白亜紀—古第三紀テクトニクスを議論する上で重要な断層岩である。先行研究では、唐崎マイロナイトは下盤側の三波川変成岩と共に大きく褶曲しており、上昇中に下盤と接合して変形したと示唆されている。一方で三波川変成作用を被っていないと報告されており、マイロナイト形成時の接合条件に不明な点が多い。そこで本研究では、詳細な唐崎マイロナイトの変形・変成作用解析からマイロナイト形成場の制約を試みた。

本研究では、双海地域に産出する角閃岩マイロナイト、ザクロ石角閃岩マイロナイト、泥質マイロナイトと下盤側の三波川変成岩を対象に SEM-EBSD 分析による再結晶石英 C 軸ファブリック解析を実施した。鏡下では、すべての試料で非常に大きなアスペクト比の再結晶石英が観察され、不規則な境界を有する。このような微細組織は低温型マイロナイトで一般的に観察されることが多く、中温や高温条件で変形したことを示唆する石英微細組織は保有試料で発見することはでき

なかった。EBSD 解析では、ほとんどの試料は Rhomb<a>-basal<a> slip が卓越し、多くの場合 Type I cross girdle を示した。Basal <a>スリップ集中から推定する開口角度は 41–48° のものが多く 1 試料は 57° となった。また下盤側の三波川変成岩も Type I cross girdle が卓越し、開口角は 51° となった。以上の開口角度から Faleiros et al. (2016) の opening-angle deformation thermometry を利用すると、約 330–440 °C の温度条件で唐崎マイロナイトが形成され、下盤側の三波川変成岩も 400°C 前後で延性変形を被っている。これらの変形温度は、三波川変成岩の炭質物ラマン温度計 (Beysac et al. 2002) から得られた変成温度 (421 ± 41 °C) とよく一致する。つまり三波川変成岩の最高変成時には、唐崎マイロナイトがすでに上盤側に定置し、沈み込み帯深部で低温のマイロナイト化を被っていたことが今回明らかになった。今後マイロナイトの化学分析を実施し、より詳細な接合条件の制約に関して発表を行う。

[参考文献]: Faleiros et al. (2016), *Tectonophysics*, 671, 173–182. Beysac et al. (2002), *Journal of Metamorphic Geology*, 20(9), 859–871.

Key words: Karasaki mylonite, Sanbagawa metamorphic rock, EBSD

*Corresponding author: yoshi-nakamura@aist.go.jp (Yoshihiro Nakamura)

Coalescing detrital zircon geochronology and litho-structural mapping in identification of MBT in Himachal Himalayas

Dyuti Prakash SARKAR* (Hiroshima Univ.), Jun-ich ANDO (Hiroshima Univ.), Kaushik DAS (Hiroshima Univ.), Gautam GHOSH (Presidency Univ)

Deformation associated with faults are exhibited at fault core and damage zone. A prerequisite for elucidating deformation mechanisms and fault behavior is identification of the fault core and damage zone. However, fault contacts are not always preserved or easily discernible in outcrop scale. In our current research, one such thrust contact from the regionally prominent Main Boundary Thrust (MBT) of the Himalayan fold-thrust belt, India, has been considered. Large scale mapping of the MBT indicate the occurrence of Proterozoic rocks in the hanging wall and younger Cenozoic rocks in the footwall. The current study comprises the MBT near Gambarpul town of Himachal Pradesh, India. For exact identification of the thrust contact, we conducted detrital zircon geochronology and high resolution litho-structural mapping in the study area. U-Pb detrital zircon geochronology using LA-ICP-MS of the nine sandstone samples indicate a sharp change in age of deposition from 625 (+110 -780) Ma to 61.25(+1.2 -1.5) Ma indicating the thrust contact. Considering the lithological assemblage and the age data, we have identified alternating lithology of argillaceous and arenitic sandstone and the unified depositional age from ca.700 Ma to ca. 500 Ma for the hanging wall rocks. In comparison, the footwall rocks exhibit argillaceous to calcareous sandstone and limestone, and the depositional age of ca. 61 Ma. The U-Pb age and litho-structural data thus suggest the fault contact in the current study area is part of the MBT. The fold geometry indicates the occurrence of non-cylindrical fold in the hanging wall, exhibiting intricate parasitic folds in argillaceous sandstone and fractured large wavelength folding of arenitic sandstone. The footwall exhibits buckle fold with steeper dip of sedimentary beds toward the thrust contact, and gentle dip away from the contact. Furthermore, recent study of calcite thermometry (e-twin morphology and carbonate clumped isotope thermometry) from the area have reported the depth of the fault related calcites to be 10–11 Km. Future research in the study area might help to elucidate the deformation mechanisms of the brittle-ductile transition zone that is represented by the MBT.

Keywords: MBT, U-Pb geochronology, Calcite e-twins

Corresponding author: sarkardp16@hiroshima-u.ac.jp

The physico-chemical evolution of carbonaceous material during low-grade metamorphism of Archean stromatolites by Raman spectroscopy and carbon isotopes

S. Kiran*¹, M. Satish-Kumar², Y. Nakamura³, T. Hokada⁴ and H. Ohfuji⁵

1 Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Japan

2 Faculty of Science, Niigata University, Japan

3 Geological Survey of Japan, AIST, Japan

4 National Institute of Polar Research, Tachikawa, Japan

5 Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University, Japan

Chitradurga Schist Belt (CSB) in the Archean Western Dharwar Craton (WDC), southern India is a sediment dominated greenstone belt (3-2.5 Ga) that has undergone low- to medium-grade metamorphism with diverse occurrence of carbonates including stromatolites. The present study compares the Raman spectroscopy of CM thermometry (RSCM) and carbon isotope thermometry of the low-grade meta-carbonates to evaluate the changes in the physicochemical conditions of CM included in carbonate rocks during progressive metamorphism and also to understand the role of precursor material and host rocks in the thermal maturation process. Three types of CMs have been recognized in the CSB; a) irregular globular or subhedral type found as inclusions b) aggregates in grain boundaries c) thin and slightly elongated filamentous carbon found along the grain boundaries. The carbonates with type a and b CM are consistent with RSCM and carbon isotope thermometry, meanwhile, the carbonates which possess type c CM has a lower crystallinity (R2 ratio = 0.35), when compared to type a CM (R2 ratio = 0.2) which yielded temperature of equilibration at around 475 and 535 °C, respectively. Contrastingly, the carbon isotopes equilibrated at a lower temperature around 400 °C. The possible reasons for the inconsistencies between the conditions of equilibration might be due to (1) pervasive post metamorphic aqueous hydrothermal fluid infiltration, deduced from the lowering of $\delta^{18}\text{O}$ values of carbonates without significant variation in $\delta^{13}\text{C}$ (2) the negative $\delta^{13}\text{C}$ shift in CM from -8.5 to -13 ‰ caused by dissolution recrystallization following CO_2 degassing, lowered the crystallinity of CM. Here we reach the conclusion that the type a CM might preserve the actual thermal condition and the bulk carbon isotope analysis is not suitable to the temperature estimate as it gets mixed with different types of CM. Therefore, our results suggest that by evaluating the complementary relationship between the physico-chemical properties of CM hosted in carbonates, we can constrain the applicability of both thermometry. Further morphological and carbon isotopic characterization of CM using SEM and HRTEM is being carried out to understand the structural and isotopic evolution and extend of preservation of the precursor material.

Key words:

Raman Spectra of carbonaceous material thermometry

Carbon isotope thermometry

Chitradurga Schist Belt

Hydrothermal infiltration

Degassing and dissolution reprecipitation

* f20n010h@mail.cc.niigata-u.ac.jp

インド Sarwar-Junia 断層帯に露出する シュードタキライト形成の摩擦溶融プロセス

岡崎 淳哉*, 安東 淳一, Das Kaushik (広島大・院理)

Frictional melting process during formation of pseudotachylyte, Sarwar-Junia fault zone, India

Jun-ya Okazaki, Jun-ichi Ando, Das Kaushik (Hiroshima Univ.)

はじめに：シュードタキライト (Pst) は、断層の高速すべりに起因する母岩の摩擦溶融によって形成される黒色、非顕晶質な岩石であり、断層面に沿って脈状、ネットワーク状に発達する。そのため、Pst は過去の断層運動の情報を保持する重要な岩石である。通常、Pst は脆性変形領域で形成されるが、塑性変形しているものやマイロナイトに関連している Pst が報告されており (例えば、Chattopadhyay et al., 2008)、塑性変形領域で断層運動が発生していることを示唆している。塑性変形領域での断層発生メカニズムには、脆性変形領域からのすべりの伝播や塑性不安定性が提案されているが、現在も議論が続いている。本研究では、インド Sarwar-Junia 断層帯から採取された花崗片麻岩中に発達する 2 種類の Pst 試料を用いて、微細組織観察と鉱物相同定の結果から、それぞれの摩擦溶融プロセスと塑性変形領域での断層発生メカニズムを明らかにすることを目的とした。

結果：野外観察において、母岩の面構造に対して、平行な Pst 脈 (P-Pst) と大きく斜交する Pst 脈 (C-Pst) の 2 種類の系統的な Pst 脈を確認した。P-Pst は母岩の塑性変形と同様の応力場で形成されたと考えられる。

微細組織観察では、どちらの Pst 脈も両端にメルトの急冷によって形成された黒色の急冷縁が存在している。P-Pst の急冷縁の幅は C-Pst のものより大きい。これは冷却速度の違いを示唆しており、冷却速度が P-Pst では比較的遅く、対して C-Pst では比較的速いと考えられる。Pst 脈中にクラストとして残っている鉱物を比較すると、P-Pst は主に石英、珪線石であるのに対し、C-Pst ではそれらに加えて、斜長石、カリ長石が多く存在し

ている。加えて、母岩に多く含まれていた黒雲母は、どちらの Pst 脈でもクラストとして残っていないため、Pst 形成時に完全に溶融したことが考えられる。一方、特に P-Pst で、多数の針状の黒雲母が基質中に存在しており、これらはメルトからの晶出によって形成されたと考えられる。これらの鉱物の融点から、メルトの最高温度は P-Pst で 1400-1726 °C、C-Pst で 1200-1300 °C であったと考えられる。ただし、非平衡溶融や黒雲母の脱水による融点の降下を考慮すると、実際の温度は推定より低いと考えられる。上記から、P-Pst と C-Pst は塑性変形領域と脆性変形領域でそれぞれ形成されたと考えられ、それらの摩擦溶融プロセスは以下である。初めに、断層運動によって母岩が破碎され、高速すべりに起因して摩擦溶融が起こる。この時、形成されたメルトの最高温度は、C-Pst より P-Pst の方が高く、斜長石、カリ長石はほとんど溶融した。その後、P-Pst では比較的遅い冷却速度により、C-Pst よりも幅の大きな急冷縁が形成され、またメルトから針状の黒雲母が晶出した。

また、塑性変形領域での P-Pst の形成には、黒雲母の定向配列が関連していることが考えられる。母岩中の黒雲母のへき開面 ((001)) の方向は不規則であるが、Pst 脈に近づくにつれて、片理面 (もしくは Pst 脈) に平行な向きに定向配列している。黒雲母の (001) は層間陽イオンによって結合しており、その強度は非常に小さい。この観察結果から、黒雲母の (001) が断層運動の弱面として働き、この面上で応力集中が引き起こされ、歪速度が増加することによって、塑性変形領域中で脆性破壊が起こったと考えられる。

Keyword: Pseudotachylyte, Fault activity, Frictional melting, Ductile deformation zone

E-mail address: d202541@hiroshima-u.ac.jp