

口頭講演 | R8：変成岩とテクトニクス

■ 2023年9月15日(金) 9:00 ~ 12:00 | 会 821 杉本キャンパス

R8：変成岩とテクトニクス

座長:遠藤 俊祐(島根大学)、東野 文子(京都大学)

9:00 ~ 9:15

[R8-01] 四国中央部三波川帯の泥質片岩に産するフェンジャイトの微量元素・ストロンチウム同位体地球化学

「発表賞エントリー」

*原田 浩伸¹、辻森 樹¹、ファインマン モリーン²、青木 一勝³、板谷 徹丸⁴ (1. 東北大、2. ペンシルベニア州立大、3. 岡山理大、4. 地球年代学ネットワーク)

9:15 ~ 9:30

[R8-02] 北上山地宮古地域の接触変成大理石に産する変成かんらん石中の含メタン流体包有物

*原田 浩伸¹、辻森 樹¹ (1. 東北大)

9:30 ~ 9:45

[R8-03] **Amphibolite-Granulite facies metamorphism at the base of island arcs: Clues from Calaton Hill, Tablas island, Philippines***Gabriel Theophilus V. VALERA¹, Andrew Exequiel S. Tabilog¹, John Kenneth B. Badillo¹, Betchaida D. Payot¹ (1. Univ. of the Philippines)

9:45 ~ 10:00

[R8-04] **Brittle fracturing during the closure of the Maizuru back-arc basin***Larissa NGOMBI MAVOUNGOU¹, Kaushik DAS^{1,2}, Dyuti Prakash SARKAR^{1,2}, Jun-ichi ANDO^{1,2}, Yasutaka HAYASAKA^{1,2} (1. Hiroshima Univ., 2. HiPeR, Hiroshima)

10:00 ~ 10:15

[R8-05] **Elucidation of slip characteristics in shallow crustal faults from deformation experiments on sandstone gouges within Himalayan Main Frontal Thrust***Dyuti Prakash SARKAR^{1,2}, Takehiro Hirose^{2,3} (1. Hiroshima University, 2. HiPeR, 3. KCC JAMSTEC)

10:15 ~ 10:30

[R8-06] 石英ラマン圧力計のデータの取り扱い

*瀬戸 佑衣¹ (1. 名古屋大・院環境)

10:30 ~ 10:45

[2Lecture-201-11-7add] 休憩

10:45 ~ 11:00

[R8-07] 四国西部三波川帯の変成斑れい岩：沈み込む海洋地殻の深部付加における役割

*遠藤 俊祐¹、栗原 那知¹、田口 知樹² (1. 島根大学、2. 早稲田大学)

11:00 ~ 11:15

[R8-08] **An approach to understand the mode of formation of titanite microtube texture in Tumbiana formation stromatolite, Pilbara Craton, western Australia***Kiran SASIDHARAN¹, Yoshihiro Nakamura², Satish-Kumar Madhusoodhan¹, Ohfuji Hiroaki³ (1. Niigata University, 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Tohoku University)

11:15 ~ 11:30

[R8-09] ドラマイラ岩体南部、超高压白色片岩中の藍晶石が包有するコース石の形態と残留応力について

*武田 菜実¹、辻森 樹^{1,2}、川本 竜彦³、板谷 徹丸⁴ (1. 東北大・院理、2. 東北大・CNEAS、3. 静岡大・理・地球科学、4. NPO法人地球年代学ネットワーク)

11:30 ~ 11:45

[R8-10] ローソン石青色片岩の白雲母K-Ar年代の評価:
神居古潭帯・幌加内地域と黒瀬川帯・箱石ユニットの例

*平島 崇男¹、苗村 康輔² (1. 京都大学、2. 岩手大学・教育)

11:45 ~ 12:00

[R8-11] Precipitation of graphite in continental crust from CO₂-rich fluids: Evidence from fluid inclusions, Raman spectroscopy and carbon stable isotopes

*Madhusoodhan SATISH-KUMAR¹, Sasidharan KIRAN¹, Kana UMETSU¹, Sanjeewa MALAVIARACHCHI² (1. Niigata University, 2. University of Peradeniya)

[zoom] Zoom

四国中央部三波川帯の泥質片岩に産するフェンジャイトの微量元素・ストロンチウム同位体地球化学

Trace elements and strontium isotope geochemistry of phengite in pelitic schists from the Sambagawa Belt, central Shikoku

*原田 浩伸¹、辻森 樹¹、ファインマン モリーン²、青木 一勝³、板谷 徹丸⁴

*Hironobu Harada¹, Tatsuki Tsujimori¹, Maureen Feineman², Kazumasa Aoki³, Tetsumaru Itaya⁴

1. 東北大、2. ペンシルベニア州立大、3. 岡山理大、4. 地球年代学ネットワーク

1. Tohoku Univ., 2. Penn State, 3. Okayama Univ. Sci., 4. jGnet

フェンジャイト質白色雲母（フェンジャイト）は、高圧・超高压変成岩において幅広い温度圧力条件かつ変成堆積岩から変成玄武岩までの様々な岩相に普遍的に産する主要な含水変成鉱物である。フェンジャイトには、Li、B、N、Rb、Cs、Baなどの流体活動に敏感な元素が高濃度で分配される。そのため、変成脱水反応、流体-岩石相互作用、後退変成作用など、流体が関与する物質移動の定量化に適しており、K-Ar系の年代測定や地質圧力計だけでなく、強力な地球化学的トレーサーになりうる鉱物である。

オロジエンに露出した高圧変成地帯から過去の沈み込みスラブ流体の特徴を明らかにするために、我々は四国中央部三波川帯（汗見川-銅山川ルート）で採取され、Itaya and Takasugi (1988) によってK-Ar年代測定が行われたフェンジャイト計84試料について包括的な地球化学の解析を行ってきた。本講演では現在までに得られているSr同位体比及び微量元素組成について報告する。泥質片岩13試料のSr同位体比 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) は0.70955-0.71836（年代補正なし）の幅をもつ。緑泥石帯からアルバイト-黒雲母帯までの泥質片岩22試料のフェンジャイト局所微量元素組成分析の結果、変成度及びSr同位体比との間に明瞭な相関はみられず、見かけのK-Ar年代 (Itaya and Takasugi, 1988)、酸素・水素同位体組成とも明瞭な相関を示さない。

北米カタリナ島の変成堆積岩に含まれるフェンジャイトではRb/Cs比が変成度の上昇に伴って高くなる傾向が示されており (Bebout et al., 2007)、これは水流体-フェンジャイト間においてRbに比較してCsが流体に分配されやすく (Melzer and Wunder, 2000)、脱水反応の進行とともにCsが流体へ選択的に分配されるためと考えられている。しかし、三波川帯の泥質片岩のフェンジャイトでは変成度上昇に伴ったRb/Cs比の上昇はみられない。また、測定したフェンジャイトのRb/Cs比は10-60 (5点を除くと10-30) で、これは沈み込む堆積物 (Plank, 2014) や四万十帯の堆積岩 (Hasegawa et al., 2019; Honda et al., 2011; Ishikawa and Ujiie, 2019) と同程度である。フェンジャイトのRb/Cs比は全岩のRb/Cs比を反映することが知られており (Bebout et al., 2007)、三波川帯の泥質片岩が少なくとも一部の微量元素組成については原岩の特徴を保持している可能性、あるいは後退変成作用の際に堆積物由来の流体と相互作用を起こし微量元素組成について均質になるようなプロセスを経た可能性を示唆する。

引用文献

Bebout et al., 2007. *Chem. Geol.* 239, 284-304. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2006.10.016>

Hasegawa et al., 2019. *Prog. Earth Planet. Sci.* 6, 36. <https://doi.org/10.1186/s40645-019-0281-2>

Honda et al., 2011. *Geophys. Res. Lett.* 38, L06310. <https://doi.org/10.1029/2011GL046722>

Ishikawa & Ujiie, 2019. *Geology* 47, 343–346. <https://doi.org/10.1130/G45889.1>

Itaya and Takasugi, 1988. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 100, 281–290.
<https://doi.org/10.1007/BF00379739>

Melzer & Wunder, 2000. *Geology* 28, 583–586.
[https://doi.org/10.1130/0091-7613\(2000\)28<583:IBARCF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2000)28<583:IBARCF>2.0.CO;2)

Plank, 2014. *Treatise on Geochemistry 2nd Edition*, 4.17, 607–29. Elsevier.
<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-095975-7.00319-3>

キーワード：フェンジャイト、三波川帯、微量元素、ストロンチウム同位体比、上昇したスラブ
Keywords: phengite, Sambagawa Belt, trace element, strontium isotope ratio, exhumed slab

北上山地宮古地域の接触変成大理石に産する変成かんらん石中の含メタン流体包有物

Methane-bearing olivine-hosted fluid inclusions in a contact metamorphosed dolomitic marble from the Miyako area, Kitakami Mountains

*原田 浩伸¹、辻森 樹¹

*Hironobu Harada¹, Tatsuki Tsujimori¹

1. 東北大

1. Tohoku Univ.

変成炭酸塩岩は地球史を通して造山帯に普遍的に産出し、地殻における炭素の主要なホストであることに加えて地殻でのCO₂（及び含CO₂流体）挙動の理解において最適な岩石である（Cook-Kollars et al., 2015; Harada et al., 2021; Satish-Kumar et al., 2010など）。変成炭酸塩岩はその全岩化学組成、変成温度圧力条件、流体組成などにより多様な鉱物組み合わせを示すが、ドロマイト質大理石は炭酸塩鉱物として方解石とドロマイトの両者を含むような変成炭酸塩岩で、しばしば変成かんらん石を含む鉱物組み合わせを生じる。マグネシウムに富む炭酸塩堆積物の接触変成作用でも同様に変成かんらん石を含むようなドロマイト質大理石が形成される。本講演では、接触変成作用を被った炭酸塩堆積物から地質情報を抽出する試みとして、岩手県宮古市上根市の接触変成地域に産するドロマイト質大理石の変成かんらん石に着目し、かんらん石にホストされる流体包有物から得た新知見について紹介する。

岩手県宮古市周辺において、ジュラ紀付加体である北部北上帯（葛巻-釜石帯）は白亜紀前期の宮古花崗岩類の貫入による接触変成作用を被っており、上根市（かみねいち）ではマグネシウムに富んだ炭酸塩堆積物に対する接触変成作用により形成したドロマイト質大理石の岩体が複数みられる。ドロマイト質大理石の変成温度は、鉱物組み合わせ及び方解石-ドロマイト地質温度計から、500-550°Cと見積もられている（石山ほか, 1998）。本研究で着目した上根市の試料は方解石、ドロマイト、かんらん石から構成され、少量のトレモラ閃石、金雲母を含む。かんらん石は一部が蛇紋石化しており、リザダイト・クリソタイル蛇紋石に伴って微細な磁鉄鉱が産する。かんらん石にホストされる初生的な流体包有物 (<10 μm) に対して顕微ラマン分光分析を行ったところ、メタンが確認された。メタンを含む流体包有物はリザダイト蛇紋石を含む。包有物中におけるメタンと蛇紋石の共存から、トラップした流体とホストかんらん石の相互作用による包有物内での蛇紋石化及び、それにより生じた還元的な流体によるメタンの生成が示唆される。かんらん石にホストされる流体包有物内での蛇紋石化に伴うメタン生成は海洋底や造山帯の苦鉄質・超苦鉄質岩に含まれるかんらん石で広く確認されるようになりつつある（Grozeva et al., 2020; Klein et al., 2019; Zhang et al., 2021, 2022）。さらに、飛騨帯の広域変成作用を受けたドロマイト質大理石のかんらん石でも同様のメタン生成が示唆され、かんらん石を含む岩相における流体包有物内での蛇紋石化に伴う無機的なメタン生成の普遍性を支持する。

引用文献

Cook-Kollars et al., 2014. *Chem. Geol.* 386, 31-48. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2014.07.013>

Grozeva et al., 2020. *Philos. Trans. Royal. Soc. A* 378, 20180431.
<https://doi.org/10.1098/rsta.2018.0431>

Harada et al., 2021. *Isl. Arc* 30, e12389. <https://doi.org/10.1111/iar.12389>

石山大三ほか, 1998. 資源地質 48, 61–76. <https://doi.org/10.11456/shigenchishitsu1992.48.61>

Klein et al., 2019. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 116, 17666–17672.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1907871116>

Satish-Kumar et al., 2010. *Lithos* 114, 217–228. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2009.08.010>

Zhang et al., 2021. *Geochim. Cosmochim. Acta* 296, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2020.12.016>

Zhang et al., 2022. *J. Geophys. Res. Solid Earth* 127, e2022JB024508.
<https://doi.org/10.1029/2022JB024508>

キーワード：ドロマイト質大理石、かんらん石、流体包有物、メタン、接触変成作用

Keywords: dolomitic marble, olivine, fluid inclusion, methane, contact metamorphism

Amphibolite-Granulite facies metamorphism at the base of island arcs: Clues from Calaton Hill, Tablas island, Philippines

*Gabriel Theophilus V. VALERA¹, Andrew Exequiel S. Tabilog¹, John Kenneth B. Badillo¹,
Betchaida D. Payot¹

1. Univ. of the Philippines

The Philippine island arc system preserve records of multiple orogenic events throughout its history. In particular, the rifting and drifting of the Palawan-Mindoro Microcontinental block from mainland Asia and its subsequent collision with the Philippine Mobile Belt likely caused the exhumation of oceanic lithosphere fragments in western Philippines and the regional metamorphism in the area. Uncertainties still abound however on the exact location of this arc-continent collision zone and its timing relative to other tectonic events in the region (e.g. arc magmatism, opening of the South China Sea Basin). Detailed estimation of the pressure-temperature-deformation-time (P - T - D - t) history of the different metamorphic units in the region which are required in order to link these metamorphic rocks with each other and to the PMB-PCB collision are also lacking. In Tablas island of the Romblon Island Group, earlier studies identified at least two distinct stages of metamorphism: a prevalent greenschist to amphibolite facies event recorded in most Romblon metamorphic rocks, and a higher T amphibolite-granulite facies metamorphism preserved in the southeast section of the island in Calaton Hill. In this work, we present new field and petrological data from exposures in and around Calaton Hill. Calaton Hill is mainly composed of gabbros and pyroxenite-hornblendites thought to represent the base of an ancient arc. Samples from the area revealed both unmetamorphosed, i.e. with cumulate texture, and highly foliated gabbroic-ultramafic lithologies. The lithologies comprise varying amounts of olivine, clino- and orthopyroxenes, plagioclase and hornblende with the metamorphosed variety only exhibiting grain size reduction and foliation. The surrounding paraschists in Calaton Hill meanwhile are composed of aluminosilicates, biotite, quartz, and alkali feldspar. These assemblages suggest high T metamorphism in SE Tablas island.

Keywords: Calaton Hill, Tablas, Romblon Metamorphic rocks, Amphibolite and granulite facies

Brittle fracturing during the closure of the Maizuru back-arc basin

*Larissa NGOMBI MAVOUNGOU¹, Kaushik DAS^{1,2}, Dyuti Prakash SARKAR^{1,2}, Jun-ichi ANDO^{1,2}, Yasutaka HAYASAKA^{1,2}

1. Hiroshima Univ., 2. HiPeR, Hiroshima

The Maizuru basin is a Permian paleo back-arc basin that opened during Early Permian with the deposition of a massive mudstone-dominated cover, the Maizuru Group lying on the Yakuno ophiolitic rocks that constitute the basement of the basin. During the Permo-Triassic boundary, the Maizuru back-arc basin closed with the deposition of the breccia-dominated Tonoshiki Formation. This closure occurred in a tectonically active environment generating two pulses of debris flow events and the formation of two types of the Tonoshiki breccia. Field investigation and microscopic observations revealed the presence of an intensive fracture network in the Tonoshiki breccia. A considerable amount of calcite veins is present in the breccia. The fracture analysis conducted on the Tonoshiki breccia allowed a tentative reconstruction of the paleostress. The results showed a general NW-SE compression, which is supported on a microscopic scale by the presence of stylolites in a sample of a quartz-rich block showing similar compression direction. The microstructural analysis of calcite veins revealed the presence of three different types of twins, Type I, Type II, and Type III, with Type II being the most dominant twin pattern. In the quartz-rich block, mostly cataclastic deformation is observed, with an extensive network of calcite veins. Some quartz grains are highly strained and show undulose extinction, which indicates high temperature and high stress conditions. This extensive fracturing that probably occurred as a result of the closure of the Maizuru back-arc basin, affected not only the Tonoshiki Formation, which is the topmost unit of the basin, but also the underlying units, namely, the Maizuru Group and the Yakuno ophiolitic basement rocks.

Keywords: Maizuru back-arc basin closure, Tonoshiki breccia, Fracture, Vein, Paleostress

Elucidation of slip characteristics in shallow crustal faults from deformation experiments on sandstone gouges within Himalayan Main Frontal Thrust

*Dyuti Prakash SARKAR^{1,2}, Takehiro Hirose^{2,3}

1. Hiroshima University, 2. HiPeR, 3. KCC JAMSTEC

Faults are structural discontinuities within the rock that range from few centimeters to kilometer-scale, in response to the stress buildup and their eventual release within the rock. The stress release can be instantaneous as is the case of earthquakes or it can be at infinitesimally small rates over the geological timescale that is also called aseismic creep. Therefore, elucidating the deformation mechanisms affecting the development of earthquakes or aseismic creep within rock bodies are a prerequisite in understanding the fault rheology and dynamics. This research focusses on the understanding the controls of constituent mineralogy on the active deformation mechanism and earthquake generation in Himalayas. The mean convergence rate of Himalaya is considered to be ~ 15 mm/year leading to stress accumulation along crustal-scale Main Himalayan Thrust. However, only few stress release events represented by greater than M5+ magnitude earthquakes in the Himalayan region have been observed. Hence, elucidating the constraints leading to the disparity in stress accumulation and stress release, is crucial to understand the stress accommodation mechanism and seismicity in the Himalayas. The current active subduction boundary is marked by Main Frontal Thrust separating the sub-Himalayas and the Gangetic alluvial plains. The rock types within the Main Frontal Thrust sheet show two primary types of sandstone protoliths, and three gouge types exhibiting cataclastic to foliated microstructural features. In this study, we have performed rotary-shear velocity step experiments on the powdered samples of the sandstone, as well as the gouge rocks, within the Main Frontal Thrust to determine their frictional properties at slow (10-200 μ m/s; creep) to fast (1.5 m/s; seismic) velocity under 10 MPa effective normal stress condition. We discuss these results and their implications on seismic nucleation in Himalayan Main Frontal Thrust.

Keywords: Main Frontal Thrust, Main Himalayan Thrust, Rotary Shear experiments, seismic nucleation

石英ラマン圧力計のデータの取り扱い

Handling of the data obtained by quartz Raman barometry

*瀨瀬 佑衣¹

*Yui KOUKETSU¹

1. 名古屋大・院環境

1. Nagoya Univ. Env.

石英ラマン圧力計とは、ざくろ石などのホスト鉱物中に含まれる微小な石英包有物をラマン分光分析し、そのピークシフトから残留圧力を計測することで、ホスト鉱物中に石英が取り込まれた変成条件を制約する手法である。石英ラマン圧力計は、何点かのデータを取得した上で、最高残留圧力値を保持する石英をピーク条件で取り込まれたと解釈し、変成条件の制約に用いられてきた。しかし、実際には石英包有物の残留圧力は幅広い値を取り、最高値以外にも様々な情報を含んでいる可能性がある。そこで、本研究ではこれまで著者が取得してきた残留圧力データを基にして、測定データの取り扱い方法について検証を行った。Franciscan帯の Jenner Beachで採取されたエクロジャイトに含まれるざくろ石中の石英包有物は、0.15–0.70 GPaの残留圧力値を示し、ヒストグラムを作成すると、0.51 GPaを平均値とする正規分布を示した。一方で、石英が含まれている領域をざくろ石のcore, mantle, rimに分けると、残留圧力値の平均値は、0.43 GPa, 0.54 GPa, 0.58 GPaとcoreからrimに向かって上昇することが明らかになった。この結果は、すべてのデータを統合して平均値や最高値で議論するだけでなく、ざくろ石の累帯構造と対応づけることで、progradeの成長経路が明らかになる可能性を示唆している。一方、三波川帯の権現地域で採取された石英エクロジャイトは、ヒストグラムを作成すると複数のピークを示すため、様々なタイミングでの変成条件が複合的に反映されているのではないかと考えられる。最も高い0.7 GPaのピークは石英エクロジャイトのピーク変成条件に相当すると考えられる。一方で、低圧側の0.4–0.6 GPaの範囲の残留圧力のピークは、累進変成作用時にざくろ石が成長したタイミング、もしくはエクロジャイト相変成作用後の緑簾石–角閃岩相での再加熱時の変成条件を反映している可能性が示唆される。これらのデータから、ざくろ石中の石英の残留圧力は様々な変成条件を反映しているため、石英ラマン圧力計を用いる際は、岩石の変成履歴を考慮した上でどの値を変成条件の制約に用いるか慎重に検討する必要があると言える。

キーワード：石英ラマン圧力計、残留圧力、石英、ざくろ石

Keywords: Quartz Raman barometry, Residual pressure, Quartz, Garnet

口頭講演

R8：変成岩とテクトニクス

座長:遠藤 俊祐(島根大学)、東野 文子(京都大学)

2023年9月15日(金) 09:00 ~ 12:00 821 (杉本キャンパス)

10:30 ~ 10:45

[2Lecture-201-11-7add]休憩

四国西部三波川帯の変成斑れい岩：沈み込む海洋地殻の深部付加における役割

Metagabbro from the Sanbagawa belt in western Shikoku, and its roles in deep underplating of subducting oceanic crust

*遠藤 俊祐¹、栗原 那知¹、田口 知樹²

*Shunsuke ENDO¹, Nachi Kurihara¹, Tomoki Taguchi²

1. 島根大学、2. 早稲田大学

1. Shimane University, 2. Waseda University

四国三波川帯の主要部を占める白滝ユニットは、側方連続性の極めて良い中央海嶺玄武岩（MORB）起源の苦鉄質片岩（キースラーガーを伴う）の厚層を含むことにより特徴づけられる。沈み込んだ海洋地殻が20 km以深で大規模に付加するプロセス（Endo et al. 2018）は、深部での海洋地殻の剪断破壊を意味し、それは thermo-mechanical モデリングの結果（Menant et al. 2019）や現世の沈み込み帯の地球物理学的観測情報（Kimura et al. 2010）との比較されるべき重要な地質情報である。桜樹屈曲以西の四国西部では、特にこの苦鉄質片岩層が厚いため、このプロセスの検討に適している。四国西部では、苦鉄質片岩は、変成斑れい岩を伴っている。我々は愛媛県東温市の滑川地域で鮮緑色の含クロム白雲母を含み緑れん石・ゾイサイトに富む優白質岩を見出し、それを「石灰珪質片岩」として報告したが（栗原・遠藤2021）、これは四国西部で記載されている変成斑れい岩（例えば、坂野ほか2010）や「粗粒な変塩基性岩」（仲田ほか2019）と同一岩相であり、その分布の最東端にあたる。Kawaguchi et al.(2022)は大洲地域でこの変成斑れい岩の火成ジルコン U-Pb年代（139-135 Ma）を報告した。この年代はMORB起源の苦鉄質片岩の原岩年代（155-144 Ma：Nozaki et al.2013）より明らかに若い。Kawaguchi et al.(2022)は、ジルコンの微量元素判別図と変成斑れい岩に高圧型変成作用の痕跡がないことにもとづいて、三波川変成岩の上昇期に沈み込み帯上盤から取り込まれたものと解釈した。しかし、栗原・遠藤(2021)は変成斑れい岩からローソン石⇒パンペリー石⇒緑れん石・ゾイサイトの変化を示す組織を報告しており、周囲の結晶片岩と沈み込み変成履歴を共有していたことは明白である。変成斑れい岩は、MORB起源の苦鉄質片岩に密接に伴われ、残留クロムスピネル組成もMORB領域に収まるが、上記のジルコン年代は変成斑れい岩の原岩が苦鉄質片岩と同源ではないことを示す。すなわち139-135 Maに海洋域で斑れい岩がMORBに貫入したと考えられる。それはKawaguchi et al. (2022)がもう一つの可能性として挙げた海洋性島弧の存在を示すものかもしれないが、今回は火成活動場の問題には立ち入らない。三波川変成岩は上昇期に高歪みの延性変形を受けており、変成斑れい岩も例外ではない。変成斑れい岩は、緑れん石集合体と基質部のレオロジーコントラストにより、眼球状片麻岩のような組織をもつLSテクトナイトとなっている（仲田ほか2019）。海洋地殻の剪断破壊を伴う付加時の構造は、この上昇期変形のオーバープリントにより保存されていないが、地質図スケールの岩相境界は有効な情報である。滑川地域での詳細なマッピングにより、変成斑れい岩はMORB起源の苦鉄質片岩の厚層の下底に沿って薄く広範に分布していることが明らかになった。このことは海洋地殻の深部付加プロセスにおいて変成斑れい岩が破壊核形成に寄与した可能性を示唆する。滑川地域で観察する限り、変成斑れい岩の原岩は優白質で斜長岩（CAS系）に近いものであり、沈み込みと吸水によりローソン石を主とする岩石がいったん形成されたと考えられる。ローソン石は現在は方解石の包有物としてのみ残存している。一方、苦鉄質片岩はFe₂O₃に富み緑れん石安定領域が拡大するため、三波川変成作用でローソン石は形成されなかったであろう。変成斑れい岩の320°C前後でのローソン石（+パンペリー石）脱水に伴う流体圧上昇が海洋地殻の弱化・破壊を引き起こしたと考えられる。また、一部の変成斑れい岩には、大量の炭質物が含まれる。この炭質物は、隣接する泥質片岩（炭質物ラマン温度計で400°C程度）に含まれるものより、著しく結晶化度が高い。これは、組成の異なるCHO流体の混合（CH₄ + CO₂ = 2H₂O + 2C）が起こり、流体から結晶化度の高い炭質物が沈殿したことを示す可能性が高い。その流

体の起源のひとつはローソン石分解に伴うものと考えられる。

文献

坂野ほか（2010）大洲地域の地質（5万分の1地質図幅）。

Endo et al. (2018) *Island Arc* 27, e12261.

Kawaguchi et al.(2022) *Geoscience Journal* 26, 37-54.

Kimura et al. (2010) *Science* 329, 210-212.

栗原・遠藤（2021）地質学会講演要旨

Menant et al. (2019) *Scientific Reports* 9, 9714.

仲田ほか（2019）地質雑125, 447-452.

Nozaki et al. (2013) *Scientific Reports* 3, 1889.

キーワード：三波川帯、変成斑れい岩

Keywords: Sanbagawa belt, metagabbro

An approach to understand the mode of formation of titanite microtube texture in Tumbiana formation stromatolite, Pilbara Craton, western Australia

*Kiran SASIDHARAN¹, Yoshihiro Nakamura², Satish-Kumar Madhusoodhan¹, Ohfuji Hiroaki³

1. Niigata University, 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Tohoku University

Titanite filled microtubes protruding from healed fractures have been observed in metamorphosed basaltic glass as old as 3.5 Ga (Banerjee et al., 2006). Their rooting in fractures, morphological similarities with modern microtubes, and the in-situ detection of carbonaceous linings were suggested to support a biogenic origin. These titanite microtubes are considered evidence of early life thriving in the oceanic crust during the Archean. However, such titanite microtubes were re-investigated by Lepot et al. (2011) on a pyroclastic tuff in the Tumbiana formation (2.72 Ga) and suggested an abiotic origin by observing the structure, chemistry, and their root zone. In this study, with the help of detailed petrography, mineral chemistry, and EBSD, five morphological types of titanite were observed without any root zone in a stromatolite segment in the Tumbiana Formation, where two types were always associated with carbonaceous material. Raman spectra of these carbonaceous materials correspond to 300 °C. The Fe/Al ratio of titanites shows an off-trend to common titanite composition compared to the global occurrences (Kowallis et al., 2022). The EBSD data suggests that the titanites have not been subjected to any deformation and titanites with microtubular texture show an aggregation of grains with distinct crystal orientation. However, coarser irregular titanites have low-angle boundaries with preferred crystal orientation. In addition, the $\delta^{13}\text{C}$ value of the carbonaceous material (bulk) in the stromatolite is highly depleted (−39.6 to −47.3 ‰). The possible reasons for the origin of different types of titanites and if any signature for microbial activity is preserved will be discussed in the presentation.

Keywords: Titanite microtubes, Mineral chemistry, EBSD, Stromatolites, Pilbara craton

ドラマイラ岩体南部、超高压白色片岩中の藍晶石が包有するコース石の形態と残留応力について

Morphology and residual elastic stress of coesite within kyanite from the UHP whiteschist of the Southern Dora-Maira Massif

*武田 菜実¹、辻森 樹^{1,2}、川本 竜彦³、板谷 徹丸⁴

*Nami Takeda¹, Tatsuki Tsujimori^{1,2}, Tatsuhiko Kawamoto³, Tetsumaru Itaya⁴

1. 東北大・院理、2. 東北大・CNEAS、3. 静岡大・理・地球科学、4. NPO法人地球年代学ネットワーク

1. Tohoku Univ. Sci, 2. Tohoku Univ. CNEAS, 3. Shizuoka Univ. Sci, 4. jGnet

変成岩の構成鉱物に包有された鉱物（鉱物包有物）は、そのホスト鉱物との間の熱膨張率、体積弾性率の差により生じた残留応力を保持することが知られている。例えば、ざくろ石に包有された石英の残留応力の大きさはラマンスペクトルのピークのずれ（ラマンシフト）によっても観察され、地質圧力計としてよく利用される。しかしながら、石英の高圧相であるコース石包有物については、超高压変成作用を被ったか否かの認定のための記載が主目的で、ラマンスペクトルに着目した研究はほとんど行われてこなかった。本研究は、オロジェンに露出した超高压変成岩のなかで粗粒なコース石とその仮像がマトリクスに最も良く残存することで知られるドラマイラ岩体の白色片岩中のコース石包有物に着目した。系統的にコース石包有物を解析するため、粉碎した白色片岩試料からパイロープざくろ石（~400粒）、藍晶石（88粒）、ジルコン（40粒）、ルチル（~400粒）を分離し、それらに包有されたコース石約120個について、ラマンシフトの特徴と傾向を調べた。本講演ではコース石包有物のラマンシフトとホスト鉱物の残留応力の異方性など、いくつかの新知見を紹介し、超高压変成岩のコース石包有物に着目した研究の可能性について展望する。

観察したコース石包有物のラマンシフトはそのホスト鉱物によって異なる。とりわけ、藍晶石に包有されたコース石（大きさ4-58 μm ）において、Si-O-Si対称伸縮振動に起因する $\sim 521\text{ cm}^{-1}$ のピークが残留圧力に依存したシフトを示し、その最大値は 524.4 cm^{-1} であった。なお、 $\sim 176\text{ cm}^{-1}$ のピークも大きくシフトし、その程度から1.74 GPaの最大の残留応力が推定された。藍晶石中のコース石は結晶の表面（研磨面）付近であっても高い残留応力を保持し、その観察事実は既存の報告（Zhong et al., 2020）と矛盾する。コース石包有物は、そのリムに厚さ $\sim 2\text{ }\mu\text{m}$ 程度の石英シェルをもつものも存在する。これら一連の観察事実は藍晶石の残留応力保持能力の高さを示すものである。藍晶石中のコース石包有物は、円形、擬六方晶、不定形の3つの形状に分類され、それらのうち擬六方晶と不定形の包有物は円形のものよりも高いラマンシフトを示す。さらに、ラマンマッピングにより擬六方晶コース石を包有した藍晶石にのみ残留応力の異方性が確認された。

一般に、包有物の形状の違いと包有物内外に記録された残留応力は、包有後のホスト-包有物相互作用の過程を記録している。我々の観察は、円形のコース石は擬六方晶のコース石や不定形のコース石に比べて表面エネルギーが低く、包有後の形状変化を経験した可能性を示唆する。また、シリカ鉱物包有物の形状変化は残留応力の喪失につながる事が先行研究で知られており、形状によるラマンシフトの傾向の違いは形状変化の影響を示している可能性が高い。このように、コース石のラマンシフトに加え、包有後の形状変化と残留応力の減衰のプロセスを追うことで、超高压変成岩が上昇してくる過程の包有物-ホスト鉱物間の相互作用の定量的な理解が進むかもしれない。

キーワード：コース石、ラマン分光法、超高压変成作用、白色片岩

Keywords: coesite, Raman spectroscopy, UHP metamorphism, whiteschist

ローソン石青色片岩の白雲母K-Ar年代の評価: 神居古潭帯・幌加内地域と黒瀬川帯・箱石ユニットの例

On the evaluation of the phengite K-Ar age of the Lawsonite blueschist: Examples from the Horokanai area in the Kamuikotan Belt and the Hakoishi-unit in the Kurosegawa Belt.

*平島 崇男¹、苗村 康輔²

*Takao HIRAJIMA¹, Kosuke Naemura²

1. 京都大学、2. 岩手大学・教育

1. Kyoto University, 2. Iwate University

変成岩中の白雲母類を用いたK-Ar年代測定は、これまでに日本各地の変成帯で実施され、日本の地帯構造発達史の理解に大きく貢献してきた (e.g., Itaya & Takasugi, 1988, CMP; Tsujimori & Itaya, 1999, Island Arc; Nuong et al. 2008, Geol. Mag.)。その一方で、同一露頭で採取した白雲母の年代値が測定誤差を優位に超える例がしばしば散見されるため、白雲母類のK-Ar年代値を解釈する際には、測定に用いた白雲母の評価 (例えば、変成白雲母が形成された後の組成改変・変質・変形の有無、過剰アルゴンの付加、砕屑性、等) が必要であると指摘されている (e.g., Itaya et al. 2011, JAES)。更に、最近、Lu, Shimizu & Itaya, (2022; Minerals) は、年代測定に用いた絹雲母・イライトのフラクシオンのK含有量の多寡にかかわらず、同一露頭から採取したフラクシオンの粒子径が小さくなると、年代が若くなる傾向を指摘した(0.5~4 μmで10~30Ma)。我々は、北海道・神居古潭帯・幌加内地域で、ローソン石・緑簾石・パンペリー石を含む青色片岩 (Ttriple-point blueschist) 4 試料の白雲母K-Ar年代を蒜山地質年代学研究所で測定した結果、123~127Maと105~109Maに2クラスター化した。この結果を考察するために、白雲母の化学組成、緑泥石化の強弱、分離試料の粒径等を検討した。化学組成: 白雲母の化学組成は4試料ともSi=3.4~3.6 apfu (O=11)であったため、青色片岩相相当の変成作用で形成されたものであることを確認した。その反面、123~127Maの年代を示した白雲母は比較的粗粒 (最大約1 mm幅)、かつ、緑泥石化は比較的稀であり、その組成はSi-Al図上で白雲母-セラドナイを結ぶ線上にプロットされた。それに対して、105~109 Maの年代を示した白雲母は、細粒 (<数十 μm) で緑泥石化が顕著であった。更に、Si-Al図上でSi=3.5~3.6 apfuの組成を示す粒子は白雲母-セラドナイを結ぶ線上にプロットされるが、Si<3.5 apfu以下の白雲母は白雲母-セラドナイを結ぶ線から低Si低Al側に外れ、緑泥石との混相が示唆された。白雲母フラクシオンの粒径: 上記のような白雲母の産状を考慮して、年代測定に用いた白雲母フラクシオンのサイズは123~127Maの年代を示した試料は50~120 μm、105~109Maの年代を示した試料は0.2~2 μmで調整した。白雲母フラクシオンのK(wt%) {各年代につき、2つの試料の値を示した}: 123~127Ma 年代: 4.65/ 4.22 105~109Ma 年代: 1.80/2.71 以上のよう、105~109Maを示した白雲母フラクシオンは白雲母の純度も低く、かつ、粒径も小さかった。これら2つの要素は白雲母K-Ar年代の若返りを示唆するものとされている。では、どちらの要素がより強く若返りに寄与しているのだろうか? Sato et al. (2014, JMPS) は、九州・黒瀬川帯のローソン石青色片岩地域から採集した2試料の変成泥質片岩から分離した3つの白雲母フラクシオンのK-Ar年代を報告しており、得られた年代とフラクシオンサイズ・K(wt%)は以下のとおりである: OD28: 299Ma, 50-100 μm, 5.32 wt% OD113: 280Ma, 50-75 μm, 1.22 wt% OD113: 245Ma, 0.5-2 μm, 2.14 wt% Sato et al. (2014) が年代測定を実施した変成泥質片岩には、ローソン石、アルカリ角閃石、アルカリ輝石が含まれており、白雲母の化学組成は、OD28では3.55~3.64 apfu (O=11)、OD113ではSi=3.35~3.72 apfuであった。OD28の白雲母は無色で緑泥石化は稀であったが、OD113のSi<3.62 apfuの白雲母は淡い茶色を呈し、緑泥石化の進行が認められた。OD113のフラクシオンサイズが50~75 μmのK含有量は非常に低く、緑泥石の分離が不十分であったとみなし、0.5~2 μmと小さなフラクシオンサイズで調整した結果、白雲母の純度は約75%上昇した

ものの、35Maも若い年代値が得られた。以上のように、Sato et al. (2014) やLu et al. (2022) の結果から、白雲母年代の若返りにはフラクシオンサイズが大きな影響を与えていると考え、引き続き検証中である。

キーワード：白雲母K-Ar年代、ローソン石青色片岩、年代若返りの理由、幌加内地域、箱石サブ・ユニット
Keywords: Phengite K-Ar age, Lawsonite blueschist, Reasons for age rejuvenation, Horokanai area, Hakoishi sub-unit

Precipitation of graphite in continental crust from CO₂-rich fluids: Evidence from fluid inclusions, Raman spectroscopy and carbon stable isotopes

*Madhusoodhan SATISH-KUMAR¹, Sasidharan KIRAN¹, Kana UMETSU¹, Sanjeewa MALAVIARACHCHI²

1. Niigata University, 2. University of Peradeniya

Carbon, the fourth most abundant element in the solar system, is a key element that controls life, environment and resources. Carbon isotope geochemistry is a widely applied tool for understanding the movement of carbon through different reservoirs in the Earth. Here we present the results of a detailed study on fluid inclusions and Raman spectroscopy of graphite-bearing fluid inclusions and combine them with carbon isotopic composition in a vein-type graphite occurrence at Kahatagaha mine in Sri Lanka. Graphite occurs in a variety of lithological units in the basement rocks of Sri Lanka (Binu-Lal et al., 2003), however the most spectacular occurrence in Sri Lanka is the vein-type graphite (Touret et al., 2018; Touzain et al., 2010), which is well known for its high purity, high crystallinity, and large reserves. Graphite vein and associated rocks from the Kahatagaha mine were reexamined. Irrespective of various morphological varieties of graphite crystals, the carbon isotope composition of graphite showed only small variation, with an average value of $\delta^{13}\text{C} = -6.79 \pm 0.42\%$ (n=28). All fluid inclusions preserved in quartz pods embedded in graphite vein are pure CO₂, H₂O-CO₂ and H₂O-graphite inclusions. Raman spectroscopy of primary fluid inclusions suggested that the fluid from which the vein-type graphite was precipitated is enriched in CO₂, and the absence of CH₄ indicates no mixing of fluids has occurred. The temperature of graphite precipitation was estimated to be around 500 °C. A comprehensive analysis of carbon isotopic composition and fluid inclusion studies helped to understand the precipitation mechanism of graphite from fluids (e.g. Satish-Kumar, 2005; Touzain et al., 2010) and vein graphite formation in the continental crust.

References: Binu-Lal, S.S., et al. 2003. *Chemical Geology* 197, 253 –270; Satish-Kumar, M., 2005, *Geochimical et Cosmochimica Acta*, 69, 3841-3856; Touret, J.L.R., et al. *Chemical Geology*, 508, 167-181; Touzain, P., et al., 2010. *Canadian Mineralogist* 48, 1373-1384.

Keywords: Graphite, Fluid inclusions, Carbon isotopes, Raman spectra

口頭講演

R8：変成岩とテクトニクス

座長:遠藤 俊祐(島根大学)、東野 文子(京都大学)

2023年9月15日(金) 09:00 ~ 12:00 821 (杉本キャンパス)

[zoom]Zoom

Zoomはこちら