

2021年9月17日(金)

ポスター | R1：鉱物記載・分析評価（宝石学会(日本)との共通セッション）

9:30 ~ 18:30 | ePoster Session

R1：鉱物記載・分析評価（宝石学会(日本)との共通セッション）

9:30 ~ 18:30

[R1P-01] 1：2ガラスビードを用いたEPMA + LA-ICP-MS分析

*中田 英二¹、湯川 芽依¹ (1. 電中研)

9:30 ~ 18:30

[R1P-02] SEM装置を用いた透過菊池回折の分析とウルトラマイロナイトかんらん岩への応用

*伊神 洋平¹、道林 克禎² (1. 京都大学、2. 名古屋大学)

9:30 ~ 18:30

[R1P-03] 大日向酸性岩類の高塩濃度流体包有物の析出結晶

*黒澤 正紀¹、津田 拓哉² (1. 筑波大・生命環境、2. 筑波大院・地球)

9:30 ~ 18:30

[R1P-04] 山口県美祢市長登銅山梅が窪坑に産する鉱石鉱物とスカルン鉱物の鉱物学的特徴

*窪津 優花¹、永島 真理子¹ (1. 山口大学院・創成科学)

9:30 ~ 18:30

[R1P-05] 山口県山口市一ノ坂銀山産鉱石の鉱物学的特徴

*岡谷 実治子¹、永島 真理子² (1. 宇部興産コンサルタント、2. 山口大学院・創成科学)

9:30 ~ 18:30

[R1P-06] 群馬県砥沢産の含砒素鉱物; 自然砒、ズィーカ石

*山田 隆¹、小菅 康寛²、藤原 卓³、石橋 隆³ (1. 鉱物同志会／益富地学会館、2. 鉱物同志会、3. 益富地学会館)

9:30 ~ 18:30

[R1P-07] 京都府和束町石寺産フーウェル石

*白勢 洋平¹、鶴田 憲次²、下林 典正³ (1. 愛媛大・院理工、2. 京都芸大、3. 京大・院理)

9:30 ~ 18:30

[R1P-08] 兵庫県生野鉱山産ザッカーニャ石の高水和物

*大西 政之¹、下林 典正²、浜根 大輔³、小林 祥一⁴、久野 武⁵ (1. 無所属、2. 京大・院理、3. 東大・物性研、4. 岡山理大・理、5. 関西学院大)

9:30 ~ 18:30

[R1P-09] 大佐山ヒスイ輝石岩から見いだされた松原石、蓮華石、セリウムトルネボム石、および稀少・未詳鉱物について

*浜根 大輔¹、田邊 満雄 (1. 東大・物性研)

9:30 ~ 18:30

[R1P-10] 愛媛県松山市忽那山から産する石榴石の記載鉱物学的研究

*大嶋 正太¹、白勢 洋平² (1. 株式会社愛媛建設コンサルタント、2. 愛媛大・院理工)

9:30 ~ 18:30

[R1P-11] 山口県長門市津黄安山岩に産する沸石類の産状山口県長門市津黄安山岩に産する沸石類の産状

*永島 真理子¹、西岡 美結² (1. 山口大学・創成科学、2. 山口大学・理)

9:30 ~ 18:30

[R1P-12] ボニナイトの変質およびその空隙中に産するphillipsite

「発表賞エントリー」

*井上 裕貴¹、島田 和彦¹、安井 万奈²、山崎 淳司²、萩谷 宏⁴、石橋 純一郎³、赤木 右¹ (1. 九大・院理、2. 早大・理工、3. 神戸大、4. 都市大・理工)

9:30 ~ 18:30

[R1P-13] 島根半島古浦ヶ鼻の熱水変質玄武岩中に産する二次鉱物とその生成プロセスについて

「発表賞エントリー」

*伊藤 修¹、永島 真理子¹ (1. 山口大学・創成科学)

ポスター | R5：地球外物質

9:30 ~ 18:30 | ePoster Session

R5：地球外物質

9:30 ~ 18:30

[R5P-01] シリカ鉱物の産状に基づくダイオジェナイトの熱・衝撃史

「発表賞エントリー」

*金丸 礼¹、山口 亮^{1,2}、今栄 直也^{1,2}、竹之内 惇志³ (1. 総研大、2. 極地研、3. 京都大学)

ポスター | R7：岩石・鉱物・鉱床 (資源地質 学会 との共催 セッション)

9:30 ~ 18:30 | ePoster Session

R7：岩石・鉱物・鉱床 (資源地質 学会 との共催 セッション)

9:30 ~ 18:30

[R7P-01] 北海道神居古潭帯に産する高枯渇度カンラン岩の成因とその形成場の検討

「発表賞エントリー」

*西尾 郁也¹、森下 知晃¹、板野 敬太¹、田村 明弘¹、市山 祐司²、高見澤 駿²、荒井 章司¹ (1. 金沢大学、2. 千葉大学)

9:30 ~ 18:30

[R7P-02] 秋田県荒川鉱山産燐銅鉱の産状及び形成機構

*鈴木 照洋¹、藤巻 勇帆¹、越後 拓也¹、渡辺 寧¹ (1. 秋田大・国資)

9:30 ~ 18:30

[R7P-03] 南アフリカ共和国ブッシュフェルト貫入岩体東部における斑点状アノーソサイトの結晶粒径分布解析

*吉田 柊平¹、越後 拓也¹、渡辺 寧¹ (1. 秋田大・国際資源)

9:30 ~ 18:30

[R7P-04] 西南日本の熱変成蛇紋岩における滑石の組成多様性

宮本 大輔¹、*野坂 俊夫¹ (1. 岡山大・理)

9:30 ~ 18:30

[R7P-05] 茨城県妙見山リチウムペグマタイトに産する電気石の化学組成

*石澤 ほたか¹、越後 拓也¹、渡辺 寧¹ (1. 秋田大院・国資)

ポスター | R8：変成岩とテクトニクス

9:30 ~ 18:30 | ePoster Session

R8：変成岩とテクトニクス

9:30 ~ 18:30

[R8P-01] 東南極リュツォ・ホルム岩体ルンドボックスヘッタに産するザクロ石-珪線石片麻岩中のザクロ石と大隅石の成長時期の差異

「発表賞エントリー」

*鈴木 康太¹、河上 哲生¹ (1. 京都大・院理)

9:30 ~ 18:30

[R8P-02] チェコ共和国・ボヘミア山塊中に産する珪長質グラニュライト中のザクロ石の化学組成

「発表賞エントリー」

*内藤 美桜¹、山根 健輔¹、中村 大輔¹、平島 崇男²、スフォイッカ マルチン³ (1. 岡山大、2. 京都大、3. チェコ科学アカデミー)

9:30 ~ 18:30

[R8P-03] 中部地方渋川地域に産する三波川結晶片岩類の研究

「発表賞エントリー」

*富岡 優貴¹、瀬瀬 佑衣¹、道林 克禎¹ (1. 名古屋大・院環境)

9:30 ~ 18:30

[R8P-04] 鳥取県日南町の周防変成岩中の蛇紋岩の起源と変成作用

*遠藤 俊祐¹、岡本 真¹、西川 泰喜¹ (1. 島根大)

9:30 ~ 18:30

[R8P-05] Geotranssect across south of Singhbhum Craton-Rengali Province-Eastern Ghats Province, India: Multiple orogenic belts of contrasting age and tectonic evolution of Eastern Indian terrane

*Kaushik Das¹, Sankar Bose², Gautam Ghosh², Proloy Ganguly³ (1. Hiroshima Uni. Sci., 2. Presidency Uni. India, 3. Kazi Nazrul Uni. India)

9:30 ~ 18:30

[R8P-06] Geochronology of calc-silicate and related rocks in the Mogok Metamorphic Belt, Myanmar

*Zaw Htet Htet¹, Yasuhito Osanai¹, Nobuhiko Nakano¹, Tatsuro Adachi¹, Khaing Nyein Htay² (1. Kyushu Univ, 2. Gemological Institute of Myanmar)

9:30 ~ 18:30

[R8P-07] 飛騨帯産含単斜輝石優白質花崗岩の成因と形成年代：チタン石の化学組成とU-Pb年代による束縛

*原田 浩伸¹、辻森 樹²、昆 慶明³、青木 翔吾⁴、青木 一勝⁵ (1. 東北大・院理、2. 東北大・東北アジア研究センター、3. 産総研、4. 秋田大・国際資源、5. 岡山理科大・基盤教育センター)

ポスター | S3：東アジアのテクトニクス (スペシャルセッション)

9:30 ~ 18:30 | ePoster Session

S3：東アジアのテクトニクス (スペシャルセッション)

9:30 ~ 18:30

[S3P-01] 東北日本古生代高圧変成岩類の碎屑性ジルコンU-Pb年代

*岡本 彩香¹、市山 祐司¹、伊藤 久敏² (1. 千葉大、2. 電力中央研究所)

ポスター | S1, S4: 火成作用及びプレート収束域の物質科学合同セッション

9:30 ~ 18:30 | ePoster Session

S1, S4: 火成作用及びプレート収束域の物質科学合同セッション

9:30 ~ 18:30

[S4P-01] 斑レイ岩の交代作用に起因するタルクを伴う 断層の発達過程

*松永 健義¹、安東 淳一¹、Kaushik Das¹ (1. 広島大・院理)

9:30 ~ 18:30

[S4P-02] マイロナイトの組織から考察するヒマラヤ地域の主中央衝上断層の運動像

*樹神 洸寿¹、安東 淳一¹、Das Kaushik¹、Sakar Dyuti Prakash¹ (1. 広島大理工)

ポスター | R1：鉱物記載・分析評価（宝石学会(日本)との共通セッション）

■ 2021年9月17日(金) 9:30～18:30 | ■ ePoster Session

R1：鉱物記載・分析評価（宝石学会(日本)との共通セッション）

[現地ポスターコアタイム]

12:30～14:00

17:00～18:30

9:30～18:30

[R1P-01] 1：2ガラスビードを用いたEPMA+LA-ICP-MS分析

*中田 英二¹、湯川 芽依¹ (1. 電中研)

9:30～18:30

[R1P-02] SEM装置を用いた透過菊池回折の分析とウルトラマイロナイトかんらん岩への応用

*伊神 洋平¹、道林 克禎² (1. 京都大学、2. 名古屋大学)

9:30～18:30

[R1P-03] 大日向酸性岩類の高塩濃度流体包有物の析出結晶

*黒澤 正紀¹、津田 拓哉² (1. 筑波大・生命環境、2. 筑波大院・地球)

9:30～18:30

[R1P-04] 山口県美祢市長登銅山梅が窪坑に産する鉱石鉱物とスカルン鉱物の鉱物学的特徴

*窪津 優花¹、永嶌 真理子¹ (1. 山口大学院・創成科学)

9:30～18:30

[R1P-05] 山口県山口市一ノ坂銀山産鉱石の鉱物学的特徴

*岡谷 実治子¹、永嶌 真理子² (1. 宇部興産コンサルタント、2. 山口大学院・創成科学)

9:30～18:30

[R1P-06] 群馬県砥沢産の含砒素鉱物; 自然砒、ズィーカ石

*山田 隆¹、小菅 康寛²、藤原 卓³、石橋 隆³ (1. 鉱物同志会／益富地学会館、2. 鉱物同志会、3. 益富地学会館)

9:30～18:30

[R1P-07] 京都府和束町石寺産フーウェル石

*白勢 洋平¹、鶴田 憲次²、下林 典正³ (1. 愛媛大・院理工、2. 京都芸大、3. 京大・院理)

9:30～18:30

[R1P-08] 兵庫県生野鉱山産ザッカーニャ石の高水和物

*大西 政之¹、下林 典正²、浜根 大輔³、小林 祥一⁴、久野 武⁵ (1. 無所属、2. 京大・院理、3. 東大・物性研、4. 岡山理大・理、5. 関西学院大)

9:30～18:30

[R1P-09] 大佐山ヒスイ輝石岩から見いだされた松原石、蓮華石、セリウムトルネボム石、および稀少・未詳鉱物について

*浜根 大輔¹、田邊 満雄 (1. 東大・物性研)

9:30～18:30

[R1P-10] 愛媛県松山市忽那山から産する石榴石の記載鉱物学的研究

*大嶋 正太¹、白勢 洋平² (1. 株式会社愛媛建設コンサルタント、2. 愛媛大・院理工)

9:30～18:30

[R1P-11] 山口県長門市津黄安山岩に産する沸石類の産状山口県長門市津黄安山岩に産する沸石類の産状

*永嶌 真理子¹、西岡 美結² (1. 山口大学・創成科学、2. 山口大学・理)

9:30～18:30

[R1P-12] ボニナイトの変質およびその空隙中に産するphillipsite

「発表賞エントリー」

*井上 裕貴¹、島田 和彦¹、安井 万奈²、山崎 淳司²、萩谷 宏⁴、石橋 純一郎³、赤木 右¹ (1. 九大・院理、2. 早大・理工、3. 神戸大、4. 都市大・理工)

9:30～18:30

[R1P-13] 島根半島古浦ヶ鼻の熱水変質玄武岩中に産する二次鉱物とその生成プロセスについて

「発表賞エントリー」

*伊藤 修一¹、永嶌 真理子¹ (1. 山口大学・創成科学)

1 : 2 ガラスビードを用いた EPMA + LA-IC-MS 分析

中田英二、湯川芽依（電力中央研究所）

EPMA + LA-ICPMS analysis using 1 : 2 glass bead

Eiji Nakata*, Mei Yukawa (CRIEPI)

1. はじめに

配合率 1 : 2 の低希釈ガラスビードを再現性良く作製できる手法と ZrO_2 等の分析結果を紹介する。多くの場合、分析は 1（試料）: 10（溶剤）や 1 : 5 のガラスビードで行われている（中田, 2006）。無希釈ガラス作成には特殊な装置が必要となる（Nicholls, 1974）。低希釈率ガラスの作成は試料の溶け残りや発泡による混合不良が発生することが多く難しい。

2. 1 : 2 ガラスビード

ガラスビードは試料 0.1000g と融剤 0.2000g ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ と LiBO_2 を 1 : 1 で混合) を混合して作成する。剥離剤は使用しない。試料は予め 750°C で酸化させておく。

ガラスビードは NT-2120（日本サーモニクス製）で作成した。熔融温度は 1150°C である。熔融温度到達後の最初の揺動で白金ルツボは高周波炉ごと右に 45 度傾斜する。このため、試料粉末は白金ルツボ内でタッピングして事前に右側に寄せておく。熔融した試料本体は白金ルツボの縁のみを一体化したままで動き回る。熔融、揺動・回転を 10 分実施させた後、高周波炉は中央の定位位置に戻る。この時、白金ルツボの中央などにガラスの粒が残ることが多い。ガラスが熔融している間に白金付トングで白金ルツボを傾け、これらの残存ガラスを熔融ガラス本体に取り込む。取り込んだ後にもう一度手動で 1150°C 熔融、揺動、回転を 1 分行う。

おおむね 15 分で小さなガラスビードができる。このガラスは白金ルツボと接する面積が少ないため、冷却によって容易に剥離する。剥離したガラスは乳棒で 1 ~ 3 mm 程度の大きさに粉砕する。

粉砕したガラス破片は一つを取り出し、25 個程度の孔を開けたアルミ板（幅 2.5 ×

長さ 3cm）に包埋し研磨する。

3. 分析装置

EPMA は JXA8230（W フィラメント：日本電子製）、LA-ICP-MS は（X Series II：サーモフィッシャー製に、UP213-AS：ニューウェーブ製 Nd-YAG UV213 nm）を取り付けたものである。EPMA で軽元素濃度、LA-ICP-MS で重元素濃度を求める。

4. 分析

EPMA での分析径は 10 μm とし、吸収電流値は 10 nA、ピーク分析時間は 10 秒とした。標準試料には単鉱物を用いる。単鉱物を用いて 1 : 2 ガラスビードの標準試料を分析し、定量値は ZAF 法で得られた分析値と推奨値から検量線を作成して求めた。

LA-ICP-MS での分析直径は 100 μm とした。一点の分析は 100 秒とし、この間、試料表面から深さ 20 μm 程度の試料がエアロゾル化する。一つの試料で 3 点を測定し平均値を求める。He キャリアガスの不安定さを考慮し、概ね未知試料 10 試料ごとに標準試料を 5 試料測定し、毎回検量線を作成する。標準試料には NIST610 と、1 : 2 でガラスビード化した GSJ reference samples を用いている。

分析値は EPMA で得られた SiO_2 濃度と LA-ICP-MS で得られる SiO_2 濃度を一致させた比で補正して求める。

5. 結果

新鮮部と風化部が接する安山岩からガラスビードを作成し EPMA と LA-ICP-MS で比較した。この結果、EPMA では ZrO_2 濃度の違いが判らない場合でも、LA-ICP-MS では風化部に ZrO_2 が多くなる傾向が得られた。

6. まとめ

XRF を用いず、1 : 2 ガラスビードで軽元素～ランタノイドまで分析ができた。

Keywords: 1:2 glass bead, EPMA, LA-ICP-MS

*Corresponding author: nakata@criepi.denken.or.jp

中田（2006）電中研報告, N05063

Nicholls et al., (1974) Chem Geol 14, 151-157.

SEM 装置を用いた透過菊池回折の分析と ウルトラマイロナイトかんらん岩への応用

伊神洋平(京都大学)・道林克禎(名古屋大学)

Transmission Kikuchi diffraction analysis using a SEM apparatus and its application to fine grains within ultramylonitic peridotite

Yohei IGAMI*(Kyoto Univ.), Katsuyoshi MICHIBAYASHI (Nagoya Univ.)

オリビン ($[\text{Mg,Fe}]_2\text{SiO}_4$) 粒子を主とする多結晶体であるかんらん岩は、変形作用を受けた際に温度や差応力、含水量などを反映して多彩な微細組織を示し、オリビン粒子の結晶方位分布としても多様なパターンを示しうる。これらは上部マントルの変形場を理解するための重要な指標と捉えられ研究が進んできた[e.g., 1]。この分野の研究に重要な役割を果たしてきた分析技術として走査型電子顕微鏡および電子後方散乱回折検出器(SEM-EBSD)による菊池回折を用いた結晶方位マッピングがあるが、結晶粒径がミクロンオーダー以下となってくると明瞭な菊池回折図形の取得は難化する。従来の変形かんらん岩の結晶方位・組織解析において、サブミクロン～ナノ領域の微小粒子や粒界組織の影響は見過ごされてきたこともあるかもしれない。

電子顕微鏡において高い空間分解能を得るには、試料を薄膜化して試料内の電子の散乱を抑えることが一つの方法である(透過電子顕微鏡法、TEM)。菊池図形を用いた結晶方位解析においても、試料を薄膜化して透過電子中の信号を活用すれば、高い空間分解能で分析が可能となる。さらに、こうした薄膜試料の透過菊池回折の分析について、TEM 装置ではなく SEM-EBSD 分析システムの活用が効果的との提案がある (SEM-TKD [Transmission Kikuchi diffraction]) [2,3]。本研究では、ウルトラマイロナイト中の微小粒子の評価のためにこの SEM-TKD を活用した分析を試みたので、結果を報告する。

試料は、PROTEA5 航海の調査で得られた Marion トランスフォーム断層のかんらん岩 D19-

47 を用いた。当試料は強いせん断変形によりウルトラマイロナイト化しており、SEM-EBSD 分析では同定の困難な数 μm もしくはそれ以下の粒子の存在が示されている[4]。当試料から集束イオンビーム装置を用いて細粒オリビン領域の切り出しと薄膜化を行い、W-SEM-EBSD 装置を用いた SEM-TKD 分析を行った。TKD マッピングは 20–50 nm/step で行った。

実験条件および測定データの事後処理などの試行錯誤の結果、ドリフトが少なく index rate の高いマップデータ取得条件がおおよそ見つかった。EBSD 用の解析ルーチンに入力可能な TKD マップデータを得られるようになったことで、様々な既存ソフトウェアの活用が可能となった。バンドコントラスト像では粒界が明確に可視化され、当試料では TEM を用いた像よりも SEM-TKD によるバンドコントラスト像のほうが高コントラストで粒界が可視化された。この像では約 100 nm 径の微小粒子の存在まで十分に可視化ができており、それらの相および方位の自動認識も成功している。この程度のサイズの粒子に対する TKD 分析は W フィラメントの SEM で十分に実施可能であることが分かった。その他、EBSD データと同様に、極点図へのオリビン結晶方位のプロット、逆曲点図マップ、粒界／亜粒界の可視化や方位関係の解析などが問題なく実施できた。発表では当ウルトラマイロナイトかんらん岩から得られた結果の解釈についても一部議論する予定である。

【引用文献】

- [1] Bernard et al. (2019) *Geochem. Geophys. Geosy.* **20**, 3469
- [2] Keller & Geiss (2012) *J. Microsc.* **245**, 245.
- [3] Trimby (2012) *Ultramicroscopy* **120**, 16.
- [4] Kakihata et al. (2021) *in review*.

Key words: transmission Kikuchi diffraction (TKD), EBSD, olivine, ultramylonite, peridotite

*Corresponding author: y-igami@kueps.kyoto-u.ac.jp

大日向酸性岩類の高塩濃度流体包有物の析出結晶

黒澤 正紀*(筑波大・生命環境)・津田 拓哉(筑波大院・地球)

Chemical features of high-salinity fluid inclusions in quartz crystals from Oohinata acidic rocks, Nagano prefecture.

M. Kurosawa* and T. Tsuda (Univ. Tsukuba)

Daughter minerals in polyphase fluid inclusions of quartz crystals from quartz veins at the Oohinata acidic rocks, Nagano, Japan, were analyzed with a SEM-EDS to examine chemical features of highly-saline and sulfidic hydrothermal fluids from granitoids associated with polymetallic ore deposits in Japan. Many crystals of rock salt, sylvine, pyrite, chalcopyrite, anhydrite, feldspar, muscovite, rutile, barite, sphalerite, fluorite, loellingite, galena, molybdenite, monazite, and vanadium-rich hematite were observed as daughter crystals in the inclusions

長野県佐久穂町には、大規模熱水鉱床を胚胎する秩父花崗岩と化学的・同位体的特徴が極めて類似した中新世の茂来山花崗岩体が貫入しており、同岩体表層付近で派生した大日向酸性岩類の周囲には、鉄・銅・鉛・亜鉛・金など多種の熱水性鉱床を伴っている。そのため、酸性岩類から放出される熱水流体の特徴を解明することで、秩父花崗岩に随伴する秩父鉱山を形成した熱水流体についての情報が得られる可能性がある。秩父鉱山の鉱脈同様、大日向酸性岩類の熱水脈にも Ag, Se, As, Bi, Sb を含む鉱物が少量報告され、その熱水流体は、秩父鉱山のような多金属型鉱床を形成する流体としても注目される。

以前の鉱物科学会では、大日向酸性岩類の熱水脈の石英単結晶には、固相包有物として硬石膏・黄鉄鉱・重晶石・白雲母・ルチル・輝水鉛鉱が存在し、流体包有物として多量の多相包有物が含まれ、その中の析出結晶として多量の岩塩・カリ岩塩・塩化鉄・カリマンガリ塩化物・塩化カルシウム、少量の赤鉄鉱・黄鉄鉱・黄銅鉱・硬石膏・重晶石・カリ長石・白雲母・ルチルが含まれること、溶存成分として B・Mg・Al・S・P・Ca・Ti・Mn・Cr・Fe・Co・Ni・Zn・Sn 等の元素が存在することを報告した。また、それらに基づき、熱水流体は、酸性でやや硫黄に富み、酸化的な流体であることを指摘した。今回は、引き続き、周辺の熱水脈にも探索を拡張、熱水流体の化学的特徴をさらに検討することにした。

試料には、長野県佐久穂町の灰立沢沿いの

採石場に露出する大日向酸性岩類の花崗閃緑岩中に貫入した石英脈の石英単結晶の多相流体包有物を用いた。結晶中の主要な流体包有物は気相包有物で、2相包有物がそれに次ぎ、結晶中央～底部には多相包有物も多く含まれる。今回は多相流体包有物の均質化温度や多相包有物の析出結晶・蒸発乾固物を SEM-EDS で分析することで、流体の特徴を検討した。

その結果、多相包有物の均質化温度は平均 542℃、塩濃度約 56 wt% NaCl で、2相包有物の均質化温度は約 380℃と、先行研究(菅原ほか 2004; Ishiyama et al. 2006)とほぼ一致した。多相包有中の析出結晶には、新たに閃亜鉛鉱・螢石・砒鉄鉱・方鉛鉱・輝水鉛鉱・モナズ石・バナジウムに富む赤鉄鉱を確認した。

浅部貫入の花崗岩体から放出される流体は、高温酸性でやや硫黄に富み、多様な元素を含むことは明確になったが、岩体高温期に放出された流体のためか、岩体低温期に流体中によく放出される Ag, Se, As, Bi, Sb 等の含有を確認できなかった。このことは、岩体が大きく、酸化的で硫黄に富み、高温期から低温期までに多様な元素を含む熱水流体を十分に放出できることが、多金属型鉱床を形成する花崗岩体の条件であることを示唆している。茂来山花崗岩体も重力探査によって、潜頭部に大きな広がりを持つとされ、花崗閃緑岩の周囲に分化した花崗岩を随伴するタイプであることも知られている。今後は、低温期に放出されたと推定される熱水脈中に溶存する元素についても検討を行う予定である。

Keywords: Fluid inclusion, daughter crystal, SEM, granite, hydrothermal fluid

*Corresponding author: kurosawa@geol.tsukuba.ac.jp

山口県美祢市長登銅山梅が窪坑に産する 鉱石鉱物とスカルン鉱物の鉱物学的特徴

窪津優花・永寫真理子 (山口大・創成科学)

Ore and skarn minerals of the Umegakubo deposit of the Naganobori copper mine, Yamaguchi Prefecture, Japan

Yuka Kubotsu*・Mariko Nagashima (Yamaguchi Univ)

山口県美祢市には長登銅山や大和鉱山などの含銅スカルン鉱床が複数存在する。秋吉台石灰岩南東部に位置する長登銅山は国内最古の国営銅山である。長登銅山の鉱床は秋吉石灰岩に花の山花崗斑岩が貫入し、鉱化作用をもたらすことによって形成された(佐々木ほか, 2014)。Kato(1916)により花の山花崗斑岩周辺にある7つの鉱床について記載学的報告がなされた。Nagashima et al. (2021)により烏帽子坑産鉱石の鉱物学的特徴が明らかにされた。しかし、烏帽子坑以外の鉱石鉱物やスカルン鉱物の鉱物組み合わせや化学的特徴は明らかにされていない。本研究では、花の山花崗斑岩から最も離れた梅が窪坑を対象とする。梅が窪坑のズリから採取された鉱石の鉱物組み合わせや化学組成を明らかにし、形成過程や温度変化を推定する。また、花の山花崗斑岩に隣接する烏帽子坑と比較することで長登銅山内の鉱物組み合わせや化学組成の違いを検討する。

梅が窪坑は花の山花崗斑岩から約250m西に位置し、周囲は結晶質石灰岩に囲まれている(Kato, 1916)。梅が窪坑のズリから採取した試料は珪灰石スカルン、珪灰石—ザクロ石スカルン、ザクロ石スカルン、磁鉄鉱を主とする鉱石、結晶質石灰岩に分類された。梅が窪坑は珪灰石スカルンが特に卓越する。スカルン鉱物は珪灰石、ザクロ石、単斜輝石が見られた。珪灰石は少量の鉄やマンガンを含んでいた。ザクロ石はすべての試料でアンドラダイ

ト端成分を示した。単斜輝石は珪灰石スカルンで $\text{Hd}_{55.48-96.37}\text{Di}_{0.27-73.64}\text{Jo}_{1.90-24.14}$ 、珪灰石—ザクロ石スカルンで $\text{Hd}_{17.24-96.16}\text{Di}_{0.27-73.64}\text{Jo}_{3.23-15.35}$ と示され、どちらの試料でも幅広い組成を持つ。主要鉱石鉱物は斑銅鉱と黄銅鉱であり、特に斑銅鉱が卓越する。本研究ではKato(1916)で報告された鉱物に加えて、含Bi鉱物、含Te鉱物、含Ag鉱物、含Co鉱物が発見された。梅が窪坑の鉱石鉱物の晶出順序は前期から晩期に含Cu鉱物、前期から中期に含Co鉱物、中期から後期に含Bi鉱物、含Te鉱物、含Ag鉱物、含Pb鉱物、晩期に含Sb鉱物であると考えられる。図1に示すように斑銅鉱内に黄銅鉱とウィチヘン鉱の離溶組織が見られることから、含Bi鉱物が晶出する際に温度低下があったと考えられる。梅が窪坑と烏帽子坑から共通して含Bi鉱物、含Te鉱物、含Ag鉱物、が産することからこれらの鉱物は長登銅山で普遍的に産すると思われる。

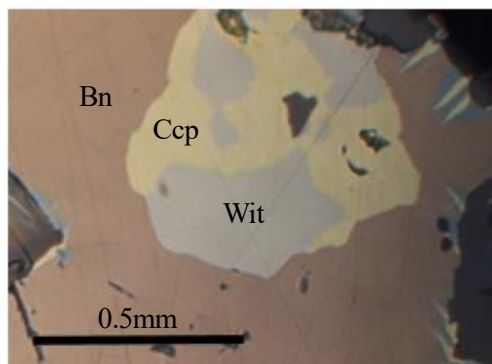


図1. 斑銅鉱(Bn)内の黄銅鉱(Ccp)とウィチヘン鉱(Wit)の離溶組織

Keywords: naganobori, copper, skarn

Corresponding author: 9dai4krz@gmail.com

山口県山口市一ノ坂銀山産鉱石の鉱物学的特徴

岡谷 実治子 (宇部興産コンサルタント)・永嶋 真理子 (山口大・創成科学)

Ore minerals of the Ichinosaka silver mine, Yamaguchi Prefecture, Japan

Miyako Okatani* (Ube Industries Consulting, Ltd.) and Mariko Nagashima (Yamaguchi Univ.)

一ノ坂銀山は1591年から約30年間稼働した銀山で、採掘された銀鉱石から「天又銀」等の銀貨が造られたことで知られる歴史的に重要な鉱山である(石川, 1980)。一ノ坂銀山は、山口市と萩市に跨る東鳳翔山の東腹標高400mに位置する鉱脈鉱床で(商工省地質調査, 1921)、本鉱山は佐々並コールドロンの割れ目に沿って貫入した環状岩脈である小吹峠珪長質貫入岩類分布域に位置する(井川ほか, 2001)。本鉱山に関する地球科学的研究はこれまで Ishihara and Sasaki (2002)による硫黄同位組成の検討のみであり、鉱石中の含銀鉱物や構成鉱物組み合わせは明らかになっていない。本研究では一ノ坂銀山の鉱石の含銀鉱物をはじめとする構成鉱物の組み合わせを明らかにし、組織や構成鉱物の化学的特徴から形成過程を検討したため、これを報告する。

一ノ坂銀山大松間歩のズリから採取された鉱石は、主にバロ輝石、テフロ石、ザクロ石、菱マンガン鉱で構成されるマンガン鉱石であり、それらはテフロ石型鉱石、バロ輝石型鉱石に大別される。主要構成鉱物であるバロ輝石の組成ほぼ一定 $[(\text{Mn}_{0.8}\text{Ca}_{0.1-0.2}\text{Fe}_{0.1-0.2})\Sigma 1.00\text{SiO}_3]$ であったが、テフロ石の Mn : Fe 比は 1.65:0.35~1.35:0.65 の範囲で変化した。いずれの鉱石にもザクロ石(スペサルティン)が産し、テフロ石型

鉱石にみられるもの ($\text{Sp}_{873.8-82.2}\text{Gr}_{12.8-22.0}\text{Alm}_{2.5-8.9}$)に比べ、バロ輝石型鉱石中のものは組成変化が顕著で、コア部は Mn、リム部は Ca に富む ($\text{Sp}_{843.9-81.3}\text{Gr}_{15.4-48.7}\text{Alm}_{3.0-10.3}$)。いずれもフッ素を含み ($\sim 1.24 \text{ F wt.}\%$)、 $\text{Si}^{4+} + 4\text{O}^{2-} \leftrightarrow \square + 4(\text{F}, \text{OH})$ の置換関係 (e.g., George et al., 1990)で特徴づけられる。このことから、フッ素を含む熱水がマンガン鉱石の形成に関与したと推定される。

一ノ坂銀山の鉱石中には、含銀鉱物として自然銀、輝銀鉱、カンフィールド鉱 (Ag_8SnS_6)が認められた。主要鉱石鉱物は、方鉛鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱で、少量の硫砒鉄鉱、磁硫鉄鉱も産する。なかでも方鉛鉱は最も卓越する鉱石鉱物である。また、含銀鉱物はマンガン鉱物や他の鉱石鉱物を切る脈に含まれる。

鉱物組合せおよび岩石組織より、バロ輝石やテフロ石を主とするマンガン鉱石が形成された後に 1) 早期に方鉛鉱、2) 中期～後期に黄銅鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱、3) 後期に含銀鉱物の順に鉱石鉱物が晶出すると考えられる。この晶出順序は、含銀鉱物と同時期に産する黄銅鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱に少量の銀が含まれ、一方、含銀鉱物の晶出以前に産する方鉛鉱に銀が含まれないことでも支持される。

Keywords: Ichinosaka silver mine, native silver, argentite, canfieldite

Corresponding author: m.okatani@ube-ic.co.jp

群馬県砥沢産の含砒素鉱物; 自然砒、ズイーカ石など

山田 隆¹⁾²⁾, 小菅康寛¹⁾, 藤原 卓²⁾, 石橋 隆²⁾

(1. 鉱物同志会, 2. 益富地学会館)

Arsenic-bearing minerals (arsenic, zýkaite) from Tozawa, Gunma Prefecture

T. Yamada*, Y. Kosuge (Friends of Mineral, Tokyo)

T. Fujiwara, T. Ishibashi (Masutomi Museum of Geo-science)

During investigating minerals from the old gold mine at Tozawa, Gunma Prefecture, we found arsenic and arsenopyrite in quartz vein with gold, stibnite, pyrite, realger. Also, arsenolite, kaňkite, zýkaite, pitticite, gypsum are found as secondary minerals. Zýkaite occurs as white earthy nodules composed of fine needles. Fe, As, S and O are detected by qualitative chemical analysis. X-ray powder diffraction profile shows good agreement with that of ICDD 29-695.

群馬県甘楽郡南牧村砥沢から自然砒が産出することは古くから知られているが、その産地の詳細や自然砒の産状、共出鉱物についてはほとんど知られていない。2007年より当産地を調査し、自然砒とともにいくつかの砒素を含む鉱物やアンチモンの硫化鉱物などを確認した。

産地は、秩父帯のチャートや粘板岩中に生じた熱水性の鉱脈で、産地の南側に見られる火成岩の貫入岩体に伴って生成したと考えられている。かつて金を目的に採掘されたとも言われる。

鉱脈中の鉱物には、自然砒、自然金、硫砒鉄鉱、輝安鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱、鶏冠石、石黄、車骨鉱、安四面銅鉱、ジンケン鉱などがみられる。二次的に生成したと思われる鉱物として、方砒素鉱、カニユク石、ズイーカ石、ピッチ石?、石膏などを確認している。

今回はとくに、ズイーカ石 (zýkaite) につ

いて外観や実験データなどを示す。

ズイーカ石; $\text{Fe}_4(\text{AsO}_4)_3(\text{SO}_4)(\text{OH}) \cdot 15\text{H}_2\text{O}$ は1976年に国際鉱物学連合へ登録された鉱物でチェコのクトナー・ホラで発見された。鉱物名はチェコの鉱物学者、Václav Zýka博士にちなむ。

砥沢産のズイーカ石は、粘土中に生じた白色土状光沢の球体で、大きさは数ミリメートル内外である。白色の球体は太さ1マイクロメートル以下の微細な針状結晶の集合からなる。共出鉱物は石膏やカニユク石である。本邦では初めて確認された鉱物である。

X線粉末回折実験による主要回折値(d/I)は、10.6(100), 7.33(9), 7.04(8), 6.55(8), 5.60(6), 3.82(4), 3.25(4), 2.99(3), 2.83(4) と、ICDD 29-695に掲載されるチェコのクトナー・ホラ産ズイーカ石のデータと一致する。

EDSによる定性化学分析結果は、鉄、砒素、硫黄および酸素である。



Arsenic: showing metallic luster by cutting (55mm width).



Zýkaite: white nodules in clay (60mm width).

Keywords: Tozawa, arsenic, zýkaite, kaňkite

*Corresponding author: yamada@nms.ac.jp

京都府和束町石寺産フーウェル石

白勢洋平 (愛媛大・院理工)・鶴田憲次 (京都芸大)・下林典正 (京大・院理)

Whewellite from Ishidera, Wazuka, Kyoto Prefecture, Japan

Yohei Shirosé* (Grad. Sch., Ehime Univ.), Kenji Tsuruta (Kyoto City Univ. Arts.),
and Norimasa Shimobayashi (Grad. Sch., Kyoto Univ.)

京都府和束地域には領家帯の花崗岩及び変成岩類が分布しており、和束町石寺の変成岩中の石英脈からは、初生的な燐灰石や灰重石の変質により形成された多様な燐酸塩鉱物、タングステン酸塩鉱物が産出する (鶴田ら, 2008 ; Shimobayashi et al., 2012 ; 白勢ら, 2018 ; 2019 ; 2020 ; Morimitsu et al., 2021)。この石英脈からはシュウ酸塩鉱物であるウェッデル石が産出し (大西ら, 2011), 今回、それに伴うフーウェル石 (whewellite) を本邦からは初めて見出したので、これらのシュウ酸塩鉱物の産状及び鉱物学的性質を報告する。

フーウェル石は, $[\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}]$ の理想化学組成で示され, ウェッデル石 $[\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4) \cdot (2+x)\text{H}_2\text{O}]$ よりも含水量が小さい。いずれも地質学的過程においては堆積岩や石炭中からの産出が一般的だが, 植物中や人間の腎結石等の生体鉱物としてもよく知られている。一方で, 石寺のような熱水作用による形成メカニズムについては明らかにされていない。

石寺産フーウェル石は石英中のフッ素燐灰石変質部に形成されており, ウェッデル石, クランダル石-フローレンス石を伴う。フーウェル石はフッ素燐灰石残晶の表面に分布し, 肉眼的には白濁した塊状~膜状集合である。ウェッデル石は, フッ素燐灰石が溶解した空隙に多く分布し, ガラス光沢, 透明の細粒結晶の集合である。SEM を用いた形態観察から, フーウェル石は幅 5 μm 程の板状結晶からなる約 20 μm の球状集合であることがわかり (Fig. 1a), 約 50 μm の板状結晶で

あるウェッデル石に比べるとときわめて細粒な結晶である。

SEM-EDS を用いた化学分析の結果, フーウェル石の平均化学組成は $(\text{Ca}_{0.97}\text{Fe}_{0.01}\text{Al}_{0.01})(\text{C}_2\text{O}_4)_{0.99}(\text{PO}_4)_{0.01} \cdot 0.94\text{H}_2\text{O}$ であった。しかしながら, ウェッデル石についても, 計算から求めた H_2O の量は 1 に近くなり, 両者を SEM-EDS による化学分析値から区別するのは困難であった。これはウェッデル石が真空中及び電子線損傷による脱水が顕著なためである。フーウェル石及びウェッデル石は鉄, リンを微量ながら含み, ウェッデル石では鉄, リンの含有量による組成ゾーニングが確認できた。微小部 XRD 実験の結果, 石寺産フーウェル石の格子定数は $a = 6.288(7)$, $b = 14.57(1)$, $c = 10.097(8)$ Å, $\beta = 109.37(9)^\circ$, $V = 873(1)$ Å³ であり, PDF カード #01-087-2511 の合成フーウェル石の値とよく一致した。石寺産のシュウ酸塩鉱物の形成過程としては, はじめにフッ素燐灰石の割れ目に沿ってクランダル石-フローレンス石等の二次リン酸塩鉱物が形成され, その後, フッ素燐灰石の溶解に伴って, フーウェル石, ウェッデル石が溶解部に形成されている (Fig. 1b)。

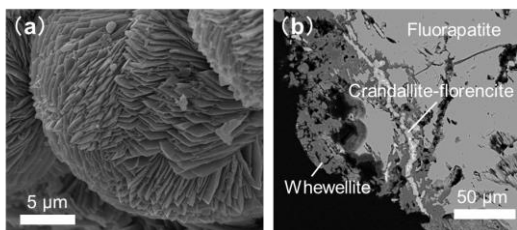


Fig. 1 (a) Spherical aggregates of platy whewellite. (b) BSE image of whewellite and crandallite-florentine.

Keywords: whewellite, weddellite, oxalates, hydrothermal alteration, Ishidera

*Corresponding author: shirosé.yohei.eq@ehime-u.ac.jp

兵庫県生野鉱山産ザッカーニャ石の高水和物

大西政之*, 下林典正 (京大・院理), 浜根大輔 (東大・物性研),
小林祥一 (岡山理大・理), 久野 武 (関西学院大)

The higher hydrated analogue of zaccagnaite from the Ikuno mine, Hyogo Prefecture, Japan

Masayuki Ohnishi*, Norimasa Shimobayashi (Kyoto Univ.),
Daisuke Nishio-Hamane (ISSP, Univ. of Tokyo), Shoichi Kobayashi (Okayama Univ. of Sci.)
and Takeshi Hisano (Kwansei Gakuin Univ.)

兵庫県朝来市に位置する生野鉱山 (例えば, 青木・吉川, 2005) から, ハイドロタルサイトスーパーグループに属するザッカーニャ石 $\text{Zn}_4\text{Al}_2(\text{OH})_{12}[\text{CO}_3]\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ の高水和物に相当する鉱物を見出したので, その鉱物学的性質を報告する.

本鉱物は方解石の表面に“褐鉄鉱”を伴う皮膜として産出し, 最大直径 80 μm , 厚さ 3 μm の六角薄板状結晶の集合体をなす. 肉眼的には淡青～淡青緑色で, 真珠～ガラス光沢を呈する. モース硬度は約 1, 劈開は {0001} に完全である. 重液法による測定密度は 2.26(1) g/cm^3 , 計算密度は 2.17 g/cm^3 である. 光学的には二軸性負, 屈折率 $\omega = 1.547(3)$, $\varepsilon = 1.533(3)$ である.

TEM (200 kV) による電子回折 (SAED) パターンは, 六方晶系または三方晶系の対称を示した. ディフラクトメーター (CuK α 線, 40 kV, 160 mA) による粉末 X 線回折パターン [d_{meas} , Å (I , hkl)] は, 10.94 (100, 003), 5.46 (27, 006), 3.63 (15, 009), 2.616 (4, 012), 2.457 (4, 015), 2.225 (2, 018), 1.972 (2, 011), 1.512 (2, 113), 1.474 (1, 116) で, ハイドロウッドワード石 (Witzke, 1999) とよく一致するが, ザッカーニャ石とは異なる. 最小二乗法によって精密化した格子定数は $a = 3.058(2)$, $c = 32.63(9)$ Å で, 本鉱物は空間群 $R\bar{3}m$ のいわゆる“グローコセリン石型構造”であると推定される.

KBr 法による FTIR では, 3443 cm^{-1} に O-H 伸縮振動, 1642 cm^{-1} に H-O-H 変角振動, 1400 cm^{-1} に CO_3 , 1119 cm^{-1} , 984 cm^{-1} に CO_3 および SO_4 の伸縮振動, 615 cm^{-1} に SO_4 変角振動による吸

収が認められた.

化学分析は EPMA によって行った. 本鉱物を炭素蒸着したのち WDS で定性分析を行ったところ, Zn, Cu, Al, S, O, C および少量の Si が検出され, 原子番号が 5 以上の他の元素は検出されなかった. 定量分析は EDS (15 kV, 0.8 nA, <1 μm) によって行った. FTIR によって存在が確認された H_2O および CO_3 は, ハイドロタルサイト超族のストイキオメトリーから求めた. すなわち, H_2O は $2\text{OH} + 3x/2\text{H}_2\text{O}$ (層間水の最低値) として, CO_3 は電気的中性なるよう $M^{2+}_{1-x}M^{3+}_x(\text{OH})_2[A^n]_{x/2}$ ($M^{2+} = \text{Zn, Cu}$; $M^{3+} = \text{Al}$; $A^n = \text{CO}_3, \text{SO}_4, \text{SiO}_4$) として, それぞれ計算した. 38 点の分析値は, ZnO 39.86 (34.53~44.81), CuO 11.64 (8.38~16.81), Al_2O_3 17.84 (15.30~21.10), SO_3 3.95 (2.45~5.89), SiO_2 0.74 (0.19~1.45), $\text{CO}_2_{\text{calc}}$ 4.45, $\text{H}_2\text{O}_{\text{calc}}$ 27.22, 合計 105.70 wt% である. 合計が高いのは, 電子線照射による脱水の影響とみられる. S および少量の Si は常に検出され, BSE 像では他の相は認められなかったことから, 層間アニオンとして含まれていると考えられる. $\text{Zn} + \text{Cu} + \text{Al} = 6 \text{ apfu}$ として計算した実験式は, $(\text{Zn}_{2.98}\text{Cu}_{0.89})_{\Sigma 3.87}\text{Al}_{2.13}(\text{OH})_{12.00}[(\text{CO}_3)_{0.62}(\text{SO}_4)_{0.30}(\text{SiO}_4)_{0.07}]_{\Sigma 0.99}\cdot 3.19\text{H}_2\text{O}$ である. 本鉱物は希塩酸に発泡しながら容易に溶ける.

本鉱物の理想化学式は $\text{Zn}_4\text{Al}_2(\text{OH})_{12}[\text{CO}_3]\cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($n > 3$) と示すことができ, ザッカーニャ石の高水和物およびグローコセリン石の CO_3 置換体に相当するハイドロタルサイトスーパーグループの一員であると考えられる. このような鉱物種は, これまでに知られていない.

Keywords: zaccagnaite, glaucocerinite, hydrotalcite supergroup, Ikuno mine

*Corresponding author: czshh118a@yahoo.co.jp

大佐山ヒスイ輝石岩から見いだされた松原石、蓮華石、セリウムトルネボム石、および稀少・未詳鉱物について

浜根大輔* (東大・物性研), 田邊満雄

Matsubaraite, rengineite, törnebohmite-(Ce) and rare minerals in Osayama jadeitite

Daisuke Nishio-Hamane* (ISSP, Univ. of Tokyo), Mitsuo Tanabe

松原石および蓮華石は新潟県糸魚川地域のヒスイ輝石岩転石から新種として発見された鉱物であり、ともにチェフキン石族のペリエル石亜族に分類される。理想組成は $\text{Sr}_4\text{Ti}_5\text{O}_8(\text{Si}_2\text{O}_7)_2$ (松原石) および $\text{Sr}_4\text{Ti}_4\text{ZrO}_8(\text{Si}_2\text{O}_7)_2$ (蓮華石) であり、いずれも単斜晶系 ($C2/m$ もしくは $P2_1/a$) において $a = 14$, $b = 5.7$, $c = 12$ Å, $\beta = 114^\circ$ 程度の格子を基本とするが、蓮華石については c 軸が約2倍長となる直方晶系の多形が知られている。セリウムトルネボム石は接触変成を受けた石灰岩が主体のBastnäs鉱山 (スウェーデン) を模式地とし、 $\text{Ce}_2\text{Al}(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})$ を理想組成とする。このたび新たに見出した岡山県大佐山のヒスイ輝石岩からこれら三種を組成分析と透過電子線回折によって同定し、さらに数々の稀少鉱物や未詳鉱物を見出したのでまずはその概要を報告する。

本研究で見出したヒスイ輝石岩は角閃石脈が生じており、チタン石に覆われた褐色のルチルを多く伴う。ルチルには裂傷が発達しており、その裂傷が松原石やSr-Ba系鉱物によって充填される。蓮華石はルチル中の裂傷ではなく、チタン石中に生じるほか、角閃石脈とはやや離れた個所に蓮華石 (コア) + チタン石 (リム) 集合として点在することが多く、柱状の単結晶が単独で産出することもある。松原石は最大で30μm程度であるが、蓮華石は最大300μmの結晶を確認している。セリウムトルネボム石は淡い緑黄色を呈する2-3mmの板状集合体が角閃石脈に認められるほか、灰褐色のモナズ石や褐簾石を覆う産状がある。いずれも個々の結晶は不定形で、最大でも30μm程度となっている。

そのほかに確認された稀少鉱物にタウソン石 (Tausonite: SrTiO_3)、ヘンリーマイヤー

石 (Henrymeyerite: $\text{Ba}(\text{Ti}_7\text{Fe}^{2+})\text{O}_{16}$)、ストロナルス石 (Stronalsite: $\text{Na}_2\text{SrAl}_4\text{Si}_4\text{O}_{16}$)、スローソン石 (Slawsonite: $\text{Sr}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$)、シャンド鉱 (Shandite: $\text{Ni}_3\text{Pb}_2\text{S}_2$) があり、特にタウソン石は桃色で100μm程度の結晶として産出し、多数の結晶粒がルチルーチタン石集合を取り巻くことがある。その他、 $\text{X}_2\text{Ti}_3\text{Si}_2\text{O}_{11}(\text{OH}, \text{Cl})_2$ ($X = \text{Sr}, \text{Ba}$) および $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ の組成を示す未詳鉱物が確認された。

松原石は $\text{Sr}_{4.04}\text{Ti}_{4.98}(\text{Ti}_{0.27}\text{Si}_{3.73})_{\Sigma 4}\text{O}_{22}$ ($\text{O} = 22$ で規格化) となり、SiサイトにややTiが置換されるものの不純物をほぼ含まない。電子線回折図形は直方晶系 ($Pbca$: $a = 14$, $b = 5.7$, $c = 22$ Å) で指数付けされ、松原石にも蓮華石と同様に直方晶系多形が存在することが明らかとなった。従来の単斜晶相は回折図形には出現しないものの、高分解能像では存在がわずかに観察された。

蓮華石は $\text{Sr}_{4.02}(\text{Ti}_{4.18}\text{Zr}_{0.81})_{\Sigma 4.99}(\text{Ti}_{0.13}\text{Si}_{3.87})_{\Sigma 4}\text{O}_{22}$ ($\text{O} = 22$ で規格化) で松原石と同様にSiサイトにややTiが置換されるものの不純物をほぼ含まない。電子線回折図形は $C2/m$ の単斜晶系を示し、 $[010]$ と $[0-10]$ の回折が混在する。構造を考慮すると(001)面上の TiO_6 八面体層を挟んで軸が反転すると考えられる。なお直方晶系多形は蓮華石からは検出されなかった。

セリウムトルネボム石は $(\text{Ce}_{0.90}\text{La}_{0.56}\text{Nd}_{0.28}\text{Sr}_{0.18}\text{Sm}_{0.04}\text{Ca}_{0.03}\text{Th}_{0.02})_{\Sigma 2.01}(\text{Al}_{0.97}\text{Si}_{2.03})_{\Sigma 3}\text{O}_{7.88}(\text{OH})_{1.12}$ ($\text{Al}+\text{Si} = 3$ で規格化) の組成で、電子線回折図形は $a = 7.4$, $b = 5.7$, $c = 17$ Å, $\beta = 112^\circ$ ($P2_1/c$) で指数付けが可能であった。本鉱には超周期構造などは特に観察されていない。

Keywords: matsubaraite, rengineite, törnebohmite-(Ce), jadeitite, Osayama

*Corresponding author: hamane@issp.u-tokyo.ac.jp

愛媛県松山市忽那山から産する石榴石の 記載鉱物学的研究

大嶋正太 (愛媛建設コンサルタント)・白勢洋平 (愛媛大・院理工)

Mineralogy of garnet from Mt. Kutsuna, Matsuyama, Ehime Prefecture

Shota Oshima* (Ehime Kensetsu Consultants Co.,Ltd) and Yohei Shirosé (Grad. Sch., Ehime Univ)

1: はじめに 忽那山は、愛媛県松山市北吉田町に位置し、古くより石榴石の産出で知られる。忽那山西海岸から産出する石榴石は色・粒径・形など多様な特徴を示すが、詳細な記載や成因の議論などは行われていない。また、忽那山を含む領家帯南限付近の松山市周辺の変成岩についてもその成因について議論があるものの未だ明らかではない (野戸, 1977 など)。本研究では忽那山の地質と石榴石の記載を行い、石榴石の成長過程を調べることでホルンフェルスが源岩からどのような変成作用を受けて形成されたのか明らかにすることを目的とする。

2: 地質概説 忽那山西海岸は角閃岩、アブライト脈、破碎帯、泥質・砂質ホルンフェルスの大きく分けて4種の岩石で構成され、石榴石は主に泥質・砂質ホルンフェルスから産し、黒・灰・赤・桃・橙色の石榴石を確認できた。泥質・砂質ホルンフェルスは優黒色と優白色の層が互層となり、互層に沿って石榴石が局所に分布している。また泥質・砂質ホルンフェルス中には堇青石仮晶のイライト (桜石) が確認できた。

3: 実験方法 組織観察及び化学分析には愛媛大学設置の EDS 装着した JEOL 製走査型電子顕微鏡 JSM-6510LV と、鉱物種同定にリガク製粉末 X 線回折装置 UltimaIV を用いた。

4: 結果・考察 忽那山の石榴石 ($X_3Al_2Si_3O_{12}$) は X 席に Fe・Mn・Mg・Ca が含まれ、Fe・Mn に富み、鉱物種としてはほとんどが鉄礬石榴石で、一部満礬石榴石となる。いずれもコアからリムにかけて Fe・Mg の増加に伴い Mn が減少する傾向にある。Ca、Mg の含有量はほとんどの石榴石が $Ca < 0.17$ 、 $Mg < 0.40$ (apfu) であるが、 $0.40 < Ca < 0.60$ (apfu) となる黒色の石榴石も確認できた。包有物・共生鉱物に違いが見られ、赤・桃・橙色のものは包有物が黒・灰色のものと比べ少なく、黒雲母、チタン鉄鉱、石英を主として含んでいる。共生鉱物として緑色の黒雲母・緑泥石を伴う場合がある。灰色のものはコアに包有物が多く、チタン鉄鉱、フッ素燐灰石、石英を含むが、リムにはほとんど含まれない。黒色のものはリムまで包有物が多く、チタン鉄鉱、石英、鉄珪輝石を含み、共生鉱物として鉄直線石を含む。また黒雲母-石榴石温度計を用いて温度推定を行った結果、約 510~620°C の熱変成作用をホルンフェルスの源岩が受けたと推定され、さらに岩体の南から北にかけて変成温度が下がる。包有物量の異なる石榴石のコアリム構造や組成の違い、同じ岩体内でも温度分布があることから、忽那山の石榴石を含むホルンフェルスは源岩が複数回変成を受けたものと考えられる。

Keywords: garnet, Mt. Kutsuna, spessartine, almandine, garnet-biotite geothermometer

*Corresponding author: diarusappeme7310035@gmail.com

山口県長門市津黄安山岩に産する沸石類の産状

永嶌 真理子（山口大学・創成科学），西岡 美結（山口大学・理）

Occurrence of zeolites in Tsuo andesite from Nagato City, Yamaguchi Prefecture, Japan

Mariko Nagashima* and Miyu Nishioka (Yamaguchi Univ.)

山口県長門市油谷津黄に分布する津黄安山岩には沸石類をはじめとする晶洞鉱物については、渋谷・原田(1988)、渋谷(1991)によって産出鉱物種が示されるにとどまっており、それらの分布、産状、化学的特徴、形成プロセスは検討されていない。本研究では津黄安山岩分布域における沸石を主とする晶洞鉱物の産状や分布、鉱物組合せや化学的性質から形成条件やプロセスを検討する。また津黄より西 6 km の川尻に分布する大津玄武岩中からも晶洞鉱物が報告されているが(高橋・永嶌, 2013)、その特徴はかなり異なるため両者を比較することで生成に係る条件の違いなどを考察する。

津黄海岸から黄波戸口にかけて広く分布する津黄安山岩は岩石学的特徴から上部・中部・下部安山岩に分けられ(今岡ほか, 2012)、沸石類は津黄海岸付近にのみ産出し、基底礫岩の直上の下部安山岩、無斑晶質安山岩からなる中部安山岩、さらに中部と上部安山岩を境する安山岩礫層(今岡・尾崎, 2006)中の安山岩礫から見出される。安山岩礫は無斑晶質である中部安山岩由来と考えられる。下部安山岩では数 mm~10 cm の晶洞中に石英や沸石類が産するが、中部安山岩では方解石や沸石類が網状に発達する。安山岩礫には沸石によって充填された数 mm 径の晶洞が多数存在する。

Keywords: Zeolite, Tsuo andesite, Stilbite, Heulandite

*Corresponding author: nagashim@yamaguchi-u.ac.jp

東沸石は下部安山岩で最も卓越し、上部安山岩や安山岩礫には認められない。晶洞は、ソーダ東沸石のみが充填するもの、壁面から内部にかけて灰東沸石~ソーダ沸石に変化するもの、濁沸石が壁面に産した後に内部を東沸石が充填するものがある。濁沸石と同一晶洞内に共生する東沸石は中心部で Ca に富み、縁部では Na, K に富む。K に富む部分は“カリ東沸石”に相当するものがみられる。東沸石中の交換性陽イオンは $\text{Ca} \leftrightarrow 2(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ の置換関係を示す。

中部安山岩や安山岩礫中では、輝沸石やモルデン沸石が卓越する。輝沸石のみ、モルデン沸石のみが充填する晶洞に加え、晶洞壁面から自形~半自形柱状結晶の輝沸石が発達し、晶洞内部の空隙を繊維状のモルデン沸石が充填するものがある。輝沸石は主に灰輝沸石であるが、一部 Na に富む。

本地域の沸石は低 Si タイプから高 Si タイプに変化する。いずれの産状でも先に晶出した沸石は Ca に富み、後に晶出した沸石は Na や K に富む。沸石は約 250 °C から 50 °C に温度が低下する過程で晶出したと考えられる(Chipera and Apps, 2001)。また輝沸石が主に産する中部安山岩中の沸石類の方が、東沸石を主とする下部安山岩の沸石類よりやや高温の熱水が作用することにより形成したと考えられる。

ボニナイトの変質およびその空隙中に産する phillipsite

井上裕貴(九大)、島田和彦(九大)、安井万奈(早大)、山崎淳司(早大)、
萩谷宏(都市大)、石橋純一郎(神戸大)、赤木右(九大)、

Alteration of boninite and the phillipsite formed in its amygdale

Yuki Inoue* (Kyushu Univ.), Kazuhiko Shimada (Kyushu Univ.), Mana Yasui (Waseda Univ.),
Atsushi Yamazaki (Waseda Univ.), Hiroshi Hagiya (Tokyo City Univ.),
Jun-ichirou Ishibashi (Kyushu Univ.), Tasuku Akagi (Kyushu Univ.)

1.はじめに ボニナイトは Mg、Cr、Ni に富み液相濃集元素に乏しい安山岩で、olivine, clinoenstatite, enstatite, augite, Cr-spinel からなるガラス質の岩石である。ボニナイトの空隙を充填する形で多様な沸石が産出することが Nishido (1982)、Fujita et al (2016) らによって報告されている。一方、ボニナイトは岩石記載的に plagioclase を含まないとされており、plagioclase の分解に伴って沸石が形成されるとする一般的な形成過程を考えることが難しい。本研究では、ボニナイトのガラス質部分に着目し、その化学組成から沸石形成過程を議論する。

2.手法 本研究で解析を行った試料は、小笠原諸島父島宮之浜に分布するボニナイトである。各鉱物相の解析は偏光顕微鏡による観察と XRD により行った。化学組成に関しては EPMA を用いて定量した。

3.結果 沸石を含むボニナイトは主に clinoenstatite, enstatite, augite の斑晶を持つガラス質の岩石であり、変質鉱物として analcime と smectites を含んでいた。ボニナイトの空隙中に産出した鉱物は phillipsite, apophyllite, smectites であった。

Keywords: Zeolite, Phillipsite, Boninite

*Corresponding author: inoue.yuki.564@s.kyushu-u.ac.jp

空隙の周縁部には smectite が内部の phillipsite を囲むように産出していた。一部の空隙中には phillipsite と apophyllite の共生が認められた。

さらに本研究で着目した空隙中の phillipsite については晶癖が異なる 2 つのタイプが認められた。中心部は乳白色、球状で非晶質～微細結晶の集合体であり、その外側は無色透明の結晶成長組織を持つ自形結晶であった。両者は化学組成も異なっており、中心部の Na/K モル比は 2.13 であるのに対して、その外側は 1.55 であった。また Si/Al モル比も異なっており、中心部は 2.71 であり、その外側は 2.8 であった。

4.考察 宮之浜のボニナイト空隙中に見られる phillipsite および smectites は海水中の Na、Mg、K と volcanic glass が反応に関与したものであり、順序に関しては 2 次変質鉱物である smectites を形成した後に phillipsite が生成したと考えられる。また、ボニナイトに斑晶として含まれる clinoenstatite, enstatite および augite はこれらの空隙中の smectite および phillipsite の生成には関与していなかったと推察される。

島根半島古浦ヶ鼻の熱水変質玄武岩中に産する二次鉱物とその生成プロセスについて

伊藤修一, 永瀧真理子(山口大・創成科学)

Formation process of secondary minerals in hydrothermally altered basalt from Kouragahana, Shimane Peninsula, Japan

Shuichi Ito*, Mariko Nagashima (Yamaguchi Univ.)

島根半島に広く分布する新第三系には多くの中間質~苦鉄質貫入岩が存在し、その一部は熱水変質作用を被る。その結果、晶洞や脈中に鉄に富むぶどう石やパンペリー石などの二次鉱物が産する (Kano et al., 1986)。古浦ヶ鼻地域からは、バビントン石(野村ほか, 1984)、ジュルゴルド石 (松原ほか, 1992)、著しく Fe に富むぶどう石 (加藤ほか, 1992)が報告されている。Akasaka et al. (2013)は、晶洞と脈に産する二次鉱物の組み合わせが異なることを指摘した。しかし、鉱物組合せと生成条件の関係は詳細に明らかになっていない。したがって本研究は、古浦ヶ鼻地域に産する二次鉱物の組合せを検討し、それらの化学的特徴の違いに基づき、生成プロセスを解明することを目的とする。

古浦ヶ鼻地域の変玄武岩は枕状溶岩の形態を成し、その空隙に二次鉱物が発達する。観察の結果、二つの異なる産状 (A, B)が見出された。産状 A では枕状溶岩内部の空隙に主にパンペリー石とぶどう石が産する。産状 B では、枕状溶岩同士の間隙を主にぶどう石から成る灰色部が充填し、少量のバビントン石、トムソン沸石を伴う。灰色部のぶどう石は極細粒で結晶性の低いコアを持つ。また、バビントン石はセクターゾーニングを有する。いずれも急冷により形成したと考えられる。二次鉱物の晶出順序は、産状 A では早期~中期にかけてパンペリー石、チタン石、ぶどう

石、産状 B ではぶどう石、アンドラダイト、ヘーデンベルグ輝石、バビントン石、トムソン沸石が晶出し、後期には両産状で方解石が空隙を充填する。また、産状 B では後期に緑簾石とジュルゴルド石を含む脈やフェリぶどう石から成る脈も見られる。図 1 に示すように、ぶどう石の Fe 含有量は産状ごとで異なり、産状 A のぶどう石に比べ (0.7-8.7 wt.% Fe_2O_3)、産状 B のぶどう石の方が鉄に富む (3.8-15.1 wt.% Fe_2O_3)。

これらのことから、本地域では枕状溶岩の間隙を通して熱水が侵入し、母岩と熱水が反応することで空隙にパンペリー石が晶出、その後熱水中の Fe 含有量の減少及び温度低下に伴ってぶどう石が晶出した (産状 A)。さらに、海水が流入することで相対的に低温な熱水からは初期に鉄に富むぶどう石が晶出、その後温度低下に伴いバビントン石、トムソン

沸石が晶出した (産状 B)。このように、局所的な生成条件の違いは枕状溶岩という母岩の構造に起因する。

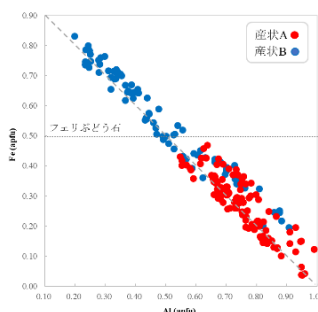


図 1. 各産状におけるぶどう石の Fe-Al 置換関係

Keywords: prehnite, pumpellyite, ferriprehnite, babingtonite, Kouragahana

*Corresponding author: a036vcu@yamaguchi-u.ac.jp

ポスター | R5：地球外物質

📅 2021年9月17日(金) 9:30 ~ 18:30 | 🏠 ePoster Session

R5：地球外物質

[現地ポスターコアタイム]

12:30~14:00

17:00~18:30

9:30 ~ 18:30

[R5P-01] シリカ鉱物の産状に基づくダイオジェナイトの熱・衝撃史

「発表賞エントリー」

*金丸 礼¹、山口 亮^{1,2}、今栄 直也^{1,2}、竹之内 惇志³ (1. 総研大、2. 極地研、3. 京都大学)

シリカ鉱物の産状に基づくダイオジェナイトの熱・衝撃史

金丸 礼(総研大)*, 山口 亮, 今榮 直也(極地研), 竹之内 惇志(京都大学)

Thermal and shock history of diogenites
on the basis of the occurrence of silica minerals

Rei Kanemaru (SOKENDAI)*, Akira Yamaguchi, Naoya Imae (NIPR), Atsushi Takenouchi (Kyoto univ.)

序論: HED 隕石の一グループであるダイオジェナイト隕石は、直方輝石と副成分鉱物(斜長石、シリカ鉱物、クロマイトなど)から構成される集積岩であり、小惑星の下部地殻物質に由来すると考えられている。最近、ユークライト隕石中のシリカ鉱物に関する岩石学的な理解が進み、シリカ鉱物が隕石母天体における熱・衝撃史の指標として利用可能なことが示唆されている[e.g., 1, 2]。一方で、ダイオジェナイトのシリカ鉱物の産状に注目した研究はあまり行われていない[3]。そこで本研究では、ダイオジェナイト中のシリカ鉱物の産状を詳細に調査した。

試料と分析手法: ダイオジェナイト試料として非角礫岩 (NWA 7831, NWA 8043, NWA 8107)、角礫岩 (NWA 4965, NWA 8703, Bilanga)、および再結晶化した試料 (Tatahouine, Y 002875, Y-74013)を用いた。試料の観察およびシリカ鉱物の相同定には、国立極地研究所の光学顕微鏡、Chroma CL および顕微ラマン分光装置を用いた。

結果と考察: 本研究で用いたダイオジェナイトすべてにシリカ鉱物を見出した(<~1 %)。ダイオジェナイトに産するシリカ鉱物として、(MC-, PO-)トリディマイト、クリストバライト、石英を同定した。これらシリカ鉱物は主に直方輝石の粒子間に短く脈状に産する。試料ごとのシリカ鉱物の組み合わせは、ダイオジェナイトの岩石学的特徴との密接な関連を示した。非角礫岩で波状消光を示さない試料では、MC トリディマイトが少量のクリストバライトと共存した。角礫岩で弱い波状消光幅(~5°)を示す NWA 8703 では、MC トリディマイトに加え、石英や PO トリ

ディマイトが共存した。一方、強い波状消光幅(~15°)を示す Bilanga と NWA 4965 では、ほぼ全てが石英であった。再結晶化した試料では、(MC-, PO-)トリディマイトとクリストバライトが共存した。

ダイオジェナイトがマグマから固化する際の温度圧力条件において、マグマから最初に結晶化するシリカ鉱物はクリストバライトであり、さらに冷却の過程でトリディマイト(PO から MC)へと相転移すると考えられる。クリストバライトや PO トリディマイトの存在は、これらダイオジェナイトが非平衡状態であることを示し、ソリダス温度付近から玄武岩質ユークライトに匹敵する急冷過程を経験していることが示唆される[1]。

ダイオジェナイトの波動消光の角度幅増加に伴い石英が増加するという観察は、石英が二次的に生成されたことを示唆する。ユークライトでは、衝撃変成度 C 以上の試料においてトリディマイトから石英へと転移した組織が観察されており[2]、これら試料と比較すると~10 GPa からそれ以上の衝撃圧力を経験したことが示唆される。

ダイオジェナイトはマグマから固化後に複雑な変成史を経験している。本研究では、シリカ鉱物の産状がダイオジェナイトの変成史を読み解くための重要な指標であることを示した。本研究から、より詳細な母天体地殻モデルが形成されることが期待される。

参考文献: [1] Ono H. (2020) 博士論文(東京大学) [2] Kanemaru R. et al. (2021) JPGU, PPS07-14. [3] Benzerara k. et al. (2002), *Am. Mineral*, 87, 1250-1256.

Keywords: Diogenite, Silica mineral

*Corresponding author: kanemaru.rei@nipr.ac.jp

ポスター | R7: 岩石・鉱物・鉱床 (資源地質学会との共催セッション)

■ 2021年9月17日(金) 9:30 ~ 18:30 | ■ ePoster Session

R7: 岩石・鉱物・鉱床 (資源地質学会との共催セッション)

[現地ポスターコアタイム]

12:30~14:00

17:00~18:30

9:30 ~ 18:30

[R7P-01] 北海道神居古潭帯に産する高枯渇度カンラン岩の成因とその形成場の検討

「発表賞エントリー」

*西尾 郁也¹、森下 知晃¹、板野 敬太¹、田村 明弘¹、市山 祐司²、高見澤 駿²、荒井 章司¹ (1. 金沢大学、2. 千葉大学)

9:30 ~ 18:30

[R7P-02] 秋田県荒川鉱山産燐銅鉱の産状及び形成機構

*鈴木 照洋¹、藤巻 勇帆¹、越後 拓也¹、渡辺 寧¹ (1. 秋田大・国資)

9:30 ~ 18:30

[R7P-03] 南アフリカ共和国ブッシュフェルト貫入岩体東部における斑点状アノーソサイトの結晶粒径分布解析

*吉田 柊平¹、越後 拓也¹、渡辺 寧¹ (1. 秋田大・国際資源)

9:30 ~ 18:30

[R7P-04] 西南日本の熱変成蛇紋岩における滑石の組成多様性

宮本 大輔¹、*野坂 俊夫¹ (1. 岡山大・理)

9:30 ~ 18:30

[R7P-05] 茨城県妙見山リチウムペグマタイトに産する電気石の化学組成

*石澤 ほたか¹、越後 拓也¹、渡辺 寧¹ (1. 秋田大院・国資)

北海道神居古潭帯に産する高枯渇度カンラン岩の 成因とその形成場の検討

西尾郁也*(金沢大), 森下知晃(金沢大), 田村明弘(金沢大), 板野敬太(金沢大), 市山祐司(千葉大), 高見澤駿(千葉大), 荒井章司(金沢大)

The formation of ultra-refractory peridotite from the Kamuikotan belt, Hokkaido

Ikuya Nishio*(Kanazawa Univ.), Tomoaki Morishita (Kanazawa Univ.), Akihiro Tamura (Kanazawa Univ.), Keita Itano (Kanazawa Univ.), Yuji Ichiyama (Chiba Univ.), Shun Takamizawa (Chiba Univ.), Shoji Arai (Kanazawa Univ.)

白亜紀島弧下のスラブ—マントル断片であると考えられている北海道神居古潭帯には変成岩の他に超苦鉄質岩（以下カンラン岩と呼ぶ）が露出している(竹下他, 2018). その中でも鷹泊・幌加内カンラン岩体はカンラン石の高い Fo 値(>92)とスピネルの Cr#(>0.6)から高枯渇度の溶け残りカンラン岩であると解釈されている(田村他, 1999). 本研究では鷹泊・幌加内カンラン岩の構成鉱物の主要・微量元素組成を用いて高枯渇度カンラン岩の成因の再検討を行い、高枯渇度カンラン岩の形成機構の制約を試みる.

鷹泊・幌加内カンラン岩体は主にハルツバージャイトとダナイトから成り、ダナイトはしばしばハルツバージャイト中に数~数十 cm の薄層として観察される. ダナイトはカンラン石の他に細粒の直方輝石、スピネルを含み、スピネル中の包有物として角閃石が観察される. ハルツバージャイトは粗粒なカンラン石と比較的粗粒な直方輝石からなり、まれに直方輝石の周囲に細粒の単斜輝石が観察される.

ハルツバージャイト中のカンラン石と直方輝石の Y, Ti 濃度は低く、スピネルの Cr# と逆相関を示す. さらに Shaw (1970)の分別

融解モデルと整合的であり、ニューカレドニアの高枯渇度カンラン岩の直方輝石の濃度より低い (Xu et al., 2021). つまり鷹泊・幌加内ハルツバージャイトは世界屈指の高枯渇度溶け残り岩であることが示唆される.

一方で、直方輝石の Zr, Sr 濃度は分別融解モデルでの Y, Ti 濃度の枯渇度に対応する Zr, Sr 濃度に対して高いことから物質の流入が示唆される. そこで Ozawa and Shimizu (1995)の開放的融解モデルを用いて溶融過程を検証した. ハルツバージャイト中の直方輝石の微量元素組成は、Depleted MORB Mantle (Workman and Hart, 2005)から 15% の分別融解、続いてスラブ流体 (Bizmis, 2000)の流入による開放的融解(>10%)により再現される. このことから鷹泊・幌加内高枯渇度カンラン岩は Umino et al. (2015)で提唱される様な沈み込み初期にメルト成分に枯渇したカンラン岩がさらに含水下にもたらされることで再び融解されたことが示唆される.

ダナイト中のカンラン石はハルツバージャイト中のカンラン石に比べ Ti 濃度が僅かに高いことから枯渇メルト—枯渇岩石相互反応によって形成されたと考えられる.

Keywords: Ultra-refractory, Peridotite, Mantle, Olivine, Orthopyroxene

*Corresponding author: ikuya240@kanazawa-u.ac.jp

秋田県荒川鉱山産燐銅鉱の産状及び形成機構

鈴木 照洋・藤巻 勇帆・越後 拓也・渡辺 寧 (秋田大・国際資源)

Occurrence and formation mechanism of libethenite from Arakawa mine,
Akita prefecture, Japan

Teruhiro Suzuki*, Yuho Fujimaki, Takuya Echigo, Yasushi Watanabe (Akita Univ.)

燐銅鉱 $[\text{Cu}_2\text{PO}_4(\text{OH})]$ は銅を含む含水リン酸塩鉱物であり、銅鉱石の変質に伴う二次鉱物として産出する。世界的にも産出は少なく、国内では秋田県の荒川鉱床及び滋賀県の灰山のみである。

荒川鉱床は、秋田県大仙市に位置する鉱脈型銅鉱床である。地表付近の鉱石は天水による酸化作用により、赤銅鉱や自然銅、孔雀石を始めとした二次鉱物が多く産する。荒川鉱床産燐銅鉱の記載は若林

(1903) が最初のものであるが、産出は日三市鉱山 (荒川鉱床群の一部) の奥鍾である。また、丹羽 (2009) によって荒川鉱床嗽沢のズリより燐銅鉱が産したことが報じられている。このように、荒川鉱床での燐銅鉱の産出は以前より知られているが、捨石場より発見されたものが主であり、詳細な産状記載や形成過程についての考察はなされていない。今回、多量の燐灰石と燐銅鉱が共存する試料や燐銅鉱の産状が明確に分かる試料を荒川鉱床嗽沢奥鍾より産した鉱石から発見したので、その産状記載と化学分析結果にもとづき、荒川鉱床での燐銅鉱の形成過程を議論する。

鉱石試料のスラブ観察および薄片観察の結果から、荒川鉱床における燐銅鉱の産状を以下のように分類した。(A) 鉱脈の晶洞中に晶出した多孔質塊状燐灰石の空隙及び燐灰石を交代し産する燐銅鉱 (Fig. 1), (B) 二次的に破碎された櫛葉状石英の割れ目や晶洞中に晶出する燐銅鉱 (Fig. 2), の2タイプである。A, Bタイプともに燐銅鉱は母岩 (石英, 燐灰石, 珪化岩) に直接接して晶出し、褐鉄鉱との共沈は認められない。塊状燐灰石は0.1mm~0.5mm程度の細粒な結晶が集合し、1~3cm程度のレンズ状の空隙を伴い、累皮状の構造を呈する。空隙内には1~5mm程度の重晶石が晶

出している。

Aタイプの燐銅鉱は燐灰石の一部を燐銅鉱が交代していることから、初生的に形成した燐灰石と、銅を多く含む天水との反応によって燐銅鉱が晶出したことを示す。

BタイプのものはAタイプの燐銅鉱が形成する過程で溶出した、燐と銅に富んだ天水から直接晶出したことを表す。

以上のことから荒川鉱床の燐銅鉱は酸性で銅に富む天水と脈中の燐灰石が反応し形成したと考えられる。

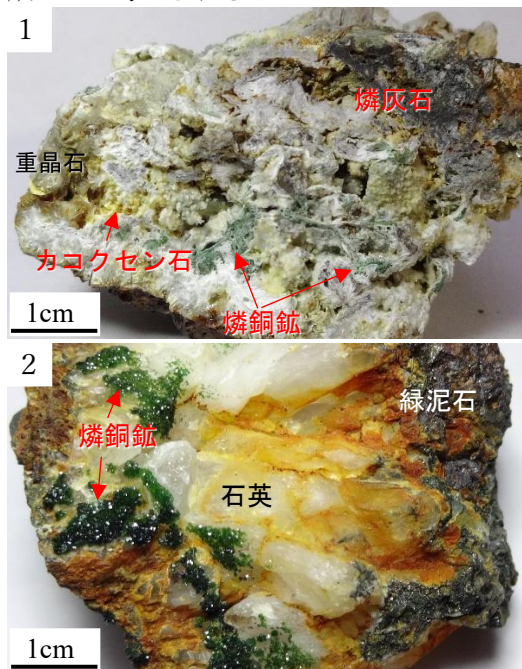


Fig. 1 燐灰石を一部交代して産する燐銅鉱 (Aタイプ). 塊状燐灰石の一部を交代するように燐銅鉱が晶出している。また同じくリン酸塩鉱物であるカコクセン石が晶出している。

Fig. 2 石英の割れ目に晶出する燐銅鉱 (Bタイプ). 燐銅鉱近縁の石英は褐鉄鉱の被膜が少ない。

Key words: 燐銅鉱 燐灰石 荒川鉱床 二次鉱物 二次富化作用

南アフリカ共和国ブッシュフェルト貫入岩体東部における 斑点状アノソサイトの結晶粒径分布解析

吉田 柊平・越後 拓也・渡辺 寧 (秋田大・国際資源)

Crystal size distribution analysis of mottled anorthosite in the Bushveld Complex, South Africa

Shuhei Yoshida*, Takuya Echigo, Yasushi Watanabe (Akita Univ.)

南アフリカ共和国Twefontein地域には、ブッシュフェルト層状貫入岩体の層状構造に非調和的に貫入する超塩基性岩が分布する。この超塩基性岩は単斜輝岩であり、Rustenburg Layered Suite (RLS) のUpper Critical Zoneで母岩のアノソサイトに鉛直方向に貫入している。このアノソサイトは白色で斜長石からなる部分に黒色の粒径1mmから数cmの輝石をまだら模様を含んでいる。このような岩相はRLSの広範囲にわたって産出しているが、その成因は明らかになっていない。本研究では、Twefontein地域の斑点状アノソサイトに対して鉱物の同定および産状記載、SEM-EDS分析、斜長石に対する粒径分布図 (CSD)を作成し斑点状組織の形成過程を考察した。

斑点状アノソサイトは完晶質であり、白色部分は自形~半自形で数mmスケールの斜長石からなる。黒色の斑点部分は数cmスケールのものと数mmスケールのものに大別でき、数cmスケールの斑点は他形の単斜輝石からなり、それらは自形~半自形の斜長石を内包する。数mmスケールの斑点は他形の斜方輝石からなり、それらは自形~半自形の斜長石を内包する。SEM-EDS分析の結果、基質を構成する斜長石と輝石に内包される斜長石のAn# はどちらも75-

80%程度であり大きな差異は見られなかった。

斜長石結晶のCSDは極大値をもつ上に凸の分布を示した (Fig.1)。このような傾向は、溶融一再結晶作用によって微細な結晶が消失することで生じると考えられる。基質部分の斜長石と輝石結晶内の斜長石の組成に差異が見られないことから、本研究で分析した斑点状アノソサイトは、溶融一再結晶作用やアニーリング等の影響を受けて形成した可能性が高い。前述のとおり、この斑点状アノソサイトには超塩基性岩体が貫入していることから、高温の未分化メルトと母岩のアノソサイトが反応し、アノソサイトが部分的に溶融して結晶化した際に斑点状組織が形成されたと考えられる。

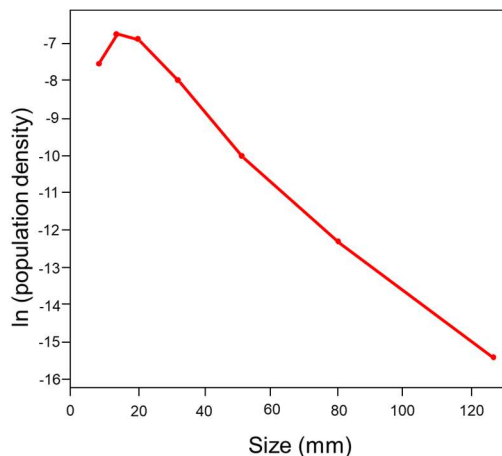


Fig.1 Twefontein産斑点状アノソサイト中の斜長石結晶のCSD図

Key words: Bushveld complex, mottled anorthosite, crystal size distribution

Corresponding author: nadegata@gmail.com

西南日本の熱変成蛇紋岩における滑石の組成多様性

宮本大輔・野坂俊夫* (岡山大)

Compositional variation of talc in thermally metamorphosed serpentinites from SW Japan

D. Miyamoto and T. Nozaka* (Okayama Univ.)

Abstract: Talc is the physically weakest among common minerals in metaperidotitic rocks and could significantly affect the physical properties of lithospheric mantle. Physicochemical conditions for its formation are, therefore, essential for modeling tectonic processes involving mantle rocks. To obtain some constraints on the formation conditions, we analyzed chemical compositions of talc and associated minerals in thermally metamorphosed serpentinites from SW Japan. Obtained compositional variations of talc suggest mechanical mixing between phyllosilicates. Talc-chlorite and talc-serpentine mixture looks a characteristic product by prograde and retrograde metamorphism, respectively. Talc itself has a chemical variation suggestive of the replacement of Si by Na and Al in its crystal structure.

変成かんらん岩および蛇紋岩に頻繁に産する滑石は、物理的強度が小さいため、かんらん岩の物性に大きく影響する。上部マントルのテクトニクスを議論するためには、その生成条件の正しい理解が必要である。滑石は一般に純粋なMg端成分に近い組成を持っており、単純系での相平衡条件が適用できるため、組成に関する研究例は少ない。しかし幾つかの蛇紋岩試料を予察的に分析したところ、理想組成から大きく外れている滑石が見つかった。これが一般的な現象ならば、滑石の生成条件を見直す必要があるかもしれない。そこで変成分帯の確立している熱変成蛇紋岩体中の滑石の組成を詳しく調べた。

西南日本の蛇紋岩体は花崗岩の貫入によって熱変成作用を受けており、変成度によって五つの帯に分帯できる(Nozaka, 2003: Am. Mineral.; Nozaka, 2011: Jour. Met. Geol.)。このうちIII帯とV帯はそれぞれ、昇温変成作用で生じた滑石+かんらん石、および直方輝石+かんらん石で特徴づけられる。これらに加えて両帯ともに広範囲にわたってCa角閃石と緑泥石が産する。一方、後退変成作用によ

って生じた鉱物として、V帯では直方輝石を置換する滑石とかんらん石を貫く蛇紋石脈が、またIII帯ではかんらん石を貫く蛇紋石脈が鏡下で認められる。これらのフィロ珪酸塩鉱物をEPMAで分析したところ、次のような結果が得られた。①III帯の滑石は、蛇紋石との中間的組成を持つものと緑泥石との中間的組成を持つものがある。②V帯の滑石の多くは蛇紋石との中間的組成を持つ。③III帯・V帯の多くの滑石にはSiの減少に伴ってAlとNaの増加傾向が認められる。

光学顕微鏡で同定された滑石の多くが中間的組成を持つことは、顕微鏡スケール以下での緑泥石や蛇紋石との機械的混合を示唆している。緑泥石との混合は昇温期の滑石の特徴であり、蛇紋石との混合は後退期の滑石の特徴と考えられる。一方、他相と混合していない滑石の組成のばらつきは、Naが滑石に選択的に分配され、 $\text{Si} \rightleftharpoons \text{Al} + \text{Na}$ 置換が起きたことを示唆している。

Keywords: talc, prograde metamorphism, retrograde metamorphism, peridotite, serpentinite

*Corresponding author. nozaka@cc.okayama-u.ac.jp

茨城県妙見山リチウムペグマタイトに産する電気石の化学組成

石澤はたか・越後拓也・渡辺寧（秋田大大学院・国際資源）

Chemical composition of tourmaline from Li-pegmatite of Myokenzan, Ibaraki prefecture, Japan.

Hotaka Ishizawa*, Takuya Echigo, Yasushi Watanabe (Akita Univ.)

1. はじめに 茨城県常陸太田市に位置する妙見山は、日本国内でも数少ない、リチウム含有鉱物を産するペグマタイトのひとつである。（櫻井ら, 1977; Matsubara, et al. 1995）. 本ペグマタイトより産する鉱物のうち、電気石はさまざまな鉱物とともに産出し、また共生鉱物により色の違いがあることから、色の違う電気石の化学組成の違いについて考察すべく、EPMA-WDSを用いて化学組成測定を行った。

2. 試料の産状 本産地の電気石は、結晶の色によって、(1)黒色タイプ、(2)紺色タイプ、(3)濃緑色タイプ、(4)“ウォーターメロン”（中心部がピンク色・周縁部が緑色）タイプ、(5)ピンク色タイプの5種類に分けられる。これらの5種類は、色のみならず共生鉱物にも違いがある。最初期にできると考えられるのが黒色タイプで、これは曹長石やざくろ石、白雲母とともに産する。つづいて紺色タイプ、濃緑色タイプであり、どちらも石英と白雲母とともに産する。そして“ウォーターメロン”タイプと続く。これはポルックス石やリチア輝石とともに産する。最後にピンク色タイプで、これはリチア雲母や石英とともに主に産するものである。

3. 分析手法 黒・紺・濃緑・ウォーターメロン・ピンクの各タイプの電気石をそれぞれ1試料ずつ、計5試料について分析を行った。化学組成分析は、上述の通りEPMA (JEOL JXA-8230)で行った。なおEPMAではリチウムおよびホウ素、水が計測できないため、化学組成計算についてはClerk (2007)による計算式に基づき求めた。

4. 結果 電気石は $XY_3Z_6T_6O_{18}(BO_3)_3V_3W$ で表される鉱物で、それぞれ $X=Na, Ca, Y=Mg, Fe, Al, Li, Mn, Zn, Z=Al, Fe, Cr, V, T=Si, Al, B=B, V=OH, O, W=OH, F, O$ といった元素を含む。

化学組成の分析結果から、黒色のものは鉄電気石、その他のものはリチア電気石に分類されるとわかった(図1)。それぞれのタイプの電気石において、Yサイトを占有する元素量 (apfu) が特に顕著な変化を示した。特に鉄は、黒色タイプでは1.51apfuを記録したが、濃緑色タイプでは0.15apfuまで減少し、ピンク色タイプでは検出されなかった。対してリチウムは黒色タイプでは0.30apfuであるが、分化後期に至るにつれ増加し、最終的にピンク色タイプでは0.89apfu程度まで増加した。

5. 考察 今回の分析によって、電気石の化学組成が結晶分化を経るごとに鉄が減少し、アルミニウムやリチウムが増加していくことが明らかになった。このようなコンパティブルからインコンパティブル元素への推移は同じく国内のリチウム鉱物産地である長垂に産する電気石の分析結果 (Shirose and Uehara, 2013) の傾向とも一致する。本研究で確認された電気石の色の違いは、こうした化学組成の違いを反映したものと思われる。

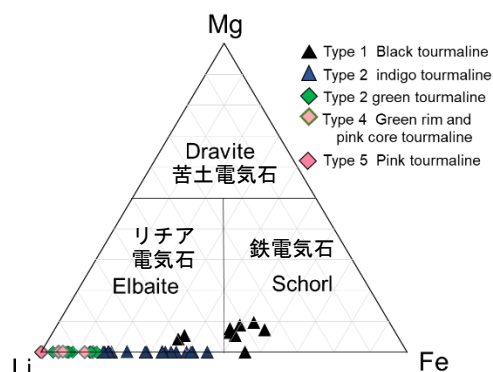


図1 妙見山ペグマタイト産電気石のYサイトにおけるMg-Li-Fe量(apfu)を示す三角ダイアグラム。電気石の化学組成が鉄電気石からリチア電気石にかけて変化していることを示す。

Keywords : Tourmaline, Myokenzan Li-pegmatite, elbaite, schorl, EPMA-WDS

Corresponding author: asafusu01@gmail.com

ポスター | R8: 変成岩とテクトニクス

■ 2021年9月17日(金) 9:30 ~ 18:30 | ■ ePoster Session

R8: 変成岩とテクトニクス

[現地ポスターコアタイム]

12:30~14:00

17:00~18:30

9:30 ~ 18:30

[R8P-01] 東南極リュツォ・ホルム岩体ルンドボークスヘッタに産するザクロ石-珪線石片麻岩中のザクロ石と大隅石の成長時期の差異

「発表賞エントリー」

*鈴木 康太¹、河上 哲生¹ (1. 京都大・院理)

9:30 ~ 18:30

[R8P-02] チェコ共和国・ボヘミア山塊中に産する珪長質グラニュライト中のザクロ石の化学組成

「発表賞エントリー」

*内藤 美桜¹、山根 健輔¹、中村 大輔¹、平島 崇男²、スフォイッカ マルチン³ (1. 岡山大、2. 京都大、3. チェコ科学アカデミー)

9:30 ~ 18:30

[R8P-03] 中部地方渋川地域に産する三波川結晶片岩類の研究

「発表賞エントリー」

*富岡 優貴¹、額 佑衣¹、道林 克禎¹ (1. 名古屋大・院環境)

9:30 ~ 18:30

[R8P-04] 鳥取県日南町の周防変成岩中の蛇紋岩の起源と変成作用

*遠藤 俊祐¹、岡本 真¹、西川 泰喜¹ (1. 島根大)

9:30 ~ 18:30

[R8P-05] Geotranssect across south of Singhbhum Craton-Rengali Province-Eastern Ghats Province, India: Multiple orogenic belts of contrasting age and tectonic evolution of Eastern Indian terrane

*Kaushik Das¹, Sankar Bose², Gautam Ghosh², Proloy Ganguly³ (1. Hiroshima Uni. Sci., 2. Presidency Uni. India, 3. Kazi Nazrul Uni. India)

9:30 ~ 18:30

[R8P-06] Geochronology of calc-silicate and related rocks in the Mogok Metamorphic Belt, Myanmar

*Zaw Htet Htet¹, Yasuhito Osanai¹, Nobuhiko Nakano¹, Tatsuro Adachi¹, Khaing Nyein Htay² (1. Kyushu Univ, 2. Gemological Institute of Myanmar)

9:30 ~ 18:30

[R8P-07] 飛騨帯産含単斜輝石優白質花崗岩の成因と形成年代：チタン石の化学組成とU-Pb年代による束縛

*原田 浩伸¹、辻森 樹²、昆 慶明³、青木 翔吾⁴、青木 一勝⁵ (1. 東北大・院理、2. 東北大・東北アジア研究センター、3. 産総研、4. 秋田大・国際資源、5. 岡山理科大・基盤教育センター)

東南極リュツォ・ホルム岩体 ルンドボックスヘッタに 産するザクロ石－珪線石片麻岩中の ザクロ石と大隅石の成長時期の差異

鈴木康太*、河上哲生（京都大・院理）

Different growth timings of host garnet and inclusion osumilite in a garnet-sillimanite gneiss from Rundvågshetta, the Lützow-Holm Complex, East Antarctica

Kota SUZUKI* and Tetsuo KAWAKAMI (Kyoto Univ.)

ルンドボックスヘッタ（東南極リュツォ・ホルム岩体）に分布するザクロ石－珪線石片麻岩には、ザクロ石の包有物として大隅石が産する[1]。ザクロ石＋大隅石は 960 °C 以上 8 kbar 以下で安定な、超高温条件の指標鉱物組合せである[e.g., 2]。先行研究[1]では、変成ピーク（1040 °C/13-15 kbar）後の等温減圧の最中に、ザクロ石＋大隅石の安定領域内で、ザクロ石と大隅石が同時に成長したと解釈されている。このピーク条件（1040 °C/13-15 kbar）は、ルンドボックスヘッタに産する別の岩相（珪線石－堇青石－サフィリングラニュライト）から見積もられたものである[3]。

一方、ザクロ石－珪線石片麻岩中のザクロ石に、大隅石とともに単相で包有されるルチルに対して Zr-in-rutile 温度計[4]を適用した研究[5]では、ザクロ石＋大隅石の安定領域よりも低い温度条件（850 °C-930 °C）が見積もられた。そこで本研究では、記載岩石学的手法を用いてザクロ石－珪線石片麻岩中のザクロ石と大隅石の成長時期を再検討した。

ザクロ石－珪線石片麻岩中のザクロ石は、リンに乏しいコアとリンに富むリムに区分される[5]。大隅石はザクロ石コアに包有されている。詳細な観察の結果、大隅石は単相ではなく、常にガラスやカリ長石、黒雲母を伴って包有されていることが分かった。電子顕微鏡観察など薄片表面の観察では、大隅石単相の包有物に見える場合でも、光学顕微鏡やラマン分光分析による三次元的な観察の結果、シュリンケージバブルを伴うガラスと一緒に包有されていることが分かった。

これらの大隅石を含む多相包有物は、ザクロ石の負晶形であること、ガラスを伴うことから、メルトの状態でザクロ石コアに取り込まれた後に部分的に結晶化したナノグラニトイド[e.g., 6]である。ナノグラニトイドの中で大隅石は自形ではなく、常に他形である。したがって大隅石は、ザクロ石コアと同時に

成長したのではなく、メルト包有物の中で晩期に晶出した娘鉱物であると考えられる。

また、ザクロ石コアには、ナノグラニトイドだけでなく、単相の黒雲母、珪線石、石英、自形の斜長石、ルチル、ジルコンが包有されている[5]。したがってザクロ石コアは、等温減圧の最中ではなく、むしろ昇温期に進行した黒雲母の脱水溶融反応（黒雲母＋珪線石＋Na に富む斜長石＋カリ長石＋石英＝ザクロ石＋Ca に富む斜長石＋ルチル＋メルト[e.g., 6]）によって生成されたメルトを取り込みながら成長した、ペリテクティックな部分と考えられる。ザクロ石コアに単相で包有されるルチルから見積もられた温度条件（850 °C-930 °C）は、このザクロ石コア成長時の温度条件を示すといえる[5]。

一方、メルト包有物中の大隅石晶出時の温度条件は制約できていないが、ザクロ石と非平衡な大隅石は 900 °C 以下でも安定に存在できるため[e.g., 2]、ザクロ石コア成長後の降温期に成長したと考えられる。

以上より、ザクロ石－珪線石片麻岩は、ザクロ石＋大隅石が安定な温度条件には到達しておらず、珪線石－堇青石－サフィリングラニュライトとは異なる変成履歴を経験していると考えられる。同一地域内であっても、異なる岩相の変成条件を組み合わせた変成履歴の構築は、各岩相の詳細な変成履歴の解析に基づいて慎重に行う必要がある。

引用文献：[1] Kawasaki et al. (2011); [2] Kelsey (2008); [3] Kawasaki and Motoyoshi (2006); [4] Tomkins et al. (2007); [5] Suzuki and Kawakami (2019); [6] Cesare et al. (2015); [6] Hiroi et al. (1997)

Keywords: ultrahigh-temperature metamorphism, osumilite, prograde metamorphism, partial melting, nanogranitoid

*Corresponding author:

suzuki.kouta.22u@st.kyoto-u.ac.jp

チェコ共和国・ボヘミア山塊中に産する 珪長質グラニュライト中のザクロ石の化学組成

内藤美桜*、山根健輔、中村大輔（岡山大学）、

平島崇男（京都大学）、マルチン - スフォイッカ（チェコ科学アカデミー）

Chemical compositions of garnet from felsic granulite occurring in the Bohemian Massif, Czech Republic

Mio Naito*, Kensuke Yamane, Daisuke Nakamura (Okayama Univ.),

Takao Hirajima (Kyoto Univ.), Martin Svojtka (Academy of Science of the Czech Republic)

ヨーロッパのヴァリスカン造山帯の東部に位置するボヘミア山塊には高圧から超高圧変成作用を受けたとされる変成岩類が産出する。南部の Moldanubian 帯では、主に珪長質グラニュライトから成る Gföhl ユニットの一部分として、Blanský les 岩体がある。

本研究では Blanský les 岩体の南東部に位置する Plešovice の採石場と中央部に位置する Zrcadlová Hut' の採石場に産する珪長質グラニュライト中のザクロ石の化学組成の比較を行った。Plešovice の珪長質グラニュライトには retrograde のゾーニングのものしか見られなかったが、Zrcadlová Hut' の珪長質グラニュライトには prograde ゾーニングをもつザクロ石が発見された。

珪長質グラニュライトの主な構成鉱物はザクロ石、石英、斜長石、カリ長石、黒雲母、藍晶石、ジルコンである。Plešovice の珪長質グラニュライトでは斑状変晶のザクロ石の粒径は最大 1cm である。一方、Zrcadlová Hut' では、5mm-1 cm の大きさのザクロ石の斑状変晶が多く存在する。

ザクロ石の化学組成について、Plešovice の珪長質グラニュライトに含まれるザクロ石（粒径約 2mm）はコアで均質もしくはコアからリムに向かって Fe が増加し、Mg が減少する retrograde のゾーニングを示した（例えば、コアで $\text{Alm}_{0.69} \text{Grs}_{0.10} \text{Prp}_{0.18}$ 、リムで $\text{Alm}_{0.76}$

$\text{Grs}_{0.06} \text{Prp}_{0.15}$ であった）。一方、Zrcadlová Hut' のものに含まれるザクロ石の斑状変晶はコアからリムに向かって Fe が減少し、Mg が増加する prograde ゾーニングを示した。コアで $\text{Alm}_{0.69} \text{Grs}_{0.18} \text{Prp}_{0.11}$ 、リムで $\text{Alm}_{0.52} \text{Grs}_{0.20} \text{Prp}_{0.27}$ と異なる組成を示した。また、Plešovice では最大で $\text{Ca}=0.45\text{apfu}$ であるが、Zrcadlová Hut' では $\text{Ca}=0.6\text{apfu}$ であり、Ca 量についても違いが見られる。

同じ Blanský les 岩体中でも産地によって異なる温度圧力履歴をもつ可能性があるものの、地質温度圧力計（Grt-Bt 温度計、GASP 圧力計）を用いると、Plešovice の最高温度圧力が約 2.2-2.5GPa、1050-1250°C（ザクロ石のコア組成、マトリクスの黒雲母の組成、ザクロ石中の斜長石の組成を使用）となり、Zrcadlová Hut' では約 2.4GPa、1100°C（ザクロ石の Mg に富むリム組成、マトリクスの黒雲母の組成、ザクロ石中の斜長石の組成を使用）となり、明確な違いがない。Zrcadlová Hut' で prograde ゾーニングのザクロ石が存在するのは最高温度ステージでの滞在時間や冷却速度の違いによるものかもしれない。

Keywords: Bohemian Massif, granulite, garnet, pressure-temperature path

*Corresponding author: pvzk7i45@s.okayama-u.ac.jp

中部地方渋川地域に産する三波川結晶片岩類の研究

富岡優貴*, 瀨瀬佑衣, 道林克禎 (名古屋大・院環境)

Research of Sanbagawa crystalline schists in Shibukawa region, central Japan

Yuki Tomioka*, Yui Kouketsu, Katsuyoshi Michibayashi (Nagoya Uni. Env.)

【はじめに】

三波川変成帯は世界で最も研究されている広域変成帯のひとつであり、関東山地から九州佐賀関半島まで、東西約 800 km にわたりほぼ連続して分布している。中部地方南部においては、三波川変成帯は愛知県新城市から静岡県浜松市にかけて露出し阿多古川断層を境に北東部（天竜川地域）と南西部（渋川地域）に分けられている（後藤, 1996）。天竜川地域では Tagiri et al. (2000) の石墨化度の詳細な検討をはじめとした研究がなされており、緑泥石帯、ざくろ石帯及び黒雲母帯に分帯されている（牧本ほか, 2004）。一方で本研究の対象である渋川地域では結晶片岩中からひすい輝石、ローソン石、藍閃石（Na 角閃石）といった指標鉱物が報告されており（関ほか, 1959; 磯貝, 1977）、鉱物組み合わせからは緑泥石帯に相当すると考えられる。しかしながら、本地域の三波川結晶片岩類は近年の研究に乏しく、数値的な変成温度圧力条件の検討は行われていない。そこで、本研究では鉱物組成分析に加え、炭質物ラマン温度計を用いて変成条件の制約を試みた。

【地質概要・鉱物記載】

研究地域は関ほか（1959）、磯貝（1977）によって各種指標鉱物が報告されている地域を含む。岩相は塩基性片岩、泥質片岩を主とし、部分的に砂質片岩、珪質片岩を挟む。今回、一部の塩基性片岩と砂質片岩から Na 角閃石を、珪質片岩からローソン石を見出した。また、泥質片岩には炭質物ラマン温度計を適用した。

【分析結果・議論】

Na 角閃石について電子線マイクロアナライザ（EPMA）による鉱物主要元素組成分析を行い、鉄の酸化状態を含めた化学組成の評価を行ったところ、C 席の $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+}+\text{Mg})$ 値は 0.3~0.5 に収まる一方、 $\text{Fe}^{3+}/(\text{Fe}^{3+}+\text{Al})$ 値は 0.2~0.9 と広がりが見られた。この組成差は BSE 像上で累帯構造として確認できる。また、炭質物ラマン温度計によって算出された温度は 300~430°C 程度で、北西部に向かって上昇する傾向が見られた。

今後は分析試料数を増やして調査範囲を広げるとともに、変形段階の区別や石英の結晶方位ファブリックなども検証することで、中部地方における三波川帯の変成履歴の解明を目指す。

Keywords: Sanbagawa metamorphic belt, amphibole, glaucophane, Raman spectroscopy, carbonaceous material

*Corresponding author: y.tomioka@nagoya-u.jp

鳥取県日南町の周防変成岩中の蛇紋岩の起源と変成作用

遠藤俊祐*・岡本 真・西川泰喜（島根大）

Origin and metamorphism of serpentinite in the Suo metamorphic rocks in the Nichinan area, SW Japan

S. Endo*, M. Okamoto and T. Nishikawa (Shimane University)

中国山地には、大江山オフィオライトの超苦鉄質岩体が多数分布し、これらはカンブリア紀の原日本沈み込み帯の成立から石炭紀蓮華変成作用までの沈み込み帯上の地質記録を読み解くうえで、重要な研究対象である。一方、四国中央部の三波川帯に産する蛇紋岩体は、白亜紀の沈み込み帯上のプロセスを記録している。これらの間をつなぐ地質記録として、後期三畳紀～ジュラ紀の周防変成帯の超苦鉄質岩体の特徴付けが重要である。

鳥取県日南町には、周防変成岩の最高変成度部が露出している。詳細なマッピングの結果、泥質片岩中にシート状の蛇紋岩体が多数含まれることが明らかになった。蛇紋岩と泥質片岩の岩相境界は、泥質片岩の主片理に対して低角な部分は初生的な沈み込み境界を保存していると考えられるが、後の高角断層に挟み込まれた産状を示す部分もある。

これら蛇紋岩体は、クロムスピネルを除いて原岩の鉱物が残存しない塊状～片状のアンチゴライト蛇紋岩からなり、泥質片岩との境界部にはアクチノ閃石タルク岩が形成されている。また、境界に近い蛇紋岩中には、ディオブサイド脈が多数発達する。

クロムスピネルは高 Cr ($\text{Cr\#} = 0.65\text{--}0.72$)、低 Ti ($\text{TiO}_2 < 0.13\text{wt\%}$) であり、大江山オフィオライトのクロムスピネルとは形態や化学組成が明確に異なる。

変成鉱物組合せは、かんらん石 (Ol) + アンチゴライト (Atg) + 含チタン水酸単斜ヒューム石 (Cl) ± ディオブサイド (Di) + 磁鉄鉱である。Ol は BSE 像で $\text{Mg\#} = 0.95\text{--}0.96$ の領域とそれを切る $\text{Mg\#} = 0.98$ の領域が認識できる。Cl は Ol と intergrowth をなし、 $\text{TiO}_2 = 3.0\text{--}3.7 \text{ wt\%}$, $\text{Mg\#} = 0.95\text{--}0.96$ の組成範囲を示す。上記の鉱物組合せの安定領域は周囲の泥質片岩の変成度と調和的である。

以上の特徴は四国中央部三波川帯の高変成度部に産する蛇紋岩と酷似し、周防変成岩を形成した深部沈み込みチャネル直上の前弧マントル蛇紋岩を代表すると考えられる。一方、周防変成帯に含まれる最大の超苦鉄質岩体である岡山県落合北房の大野呂山岩体は、周囲の結晶片岩が低変成度であること、アンチゴライト蛇紋岩化度が低いこと、隣接する変成斑れい岩が顕著な海洋底変成作用を受けていることなどから、別の起源をもつ地質体と考えられる。

Keywords: antigorite, clinohumite, olivine, serpentinite, Suo metamorphic rocks

*Corresponding author: s-endo@riko.shimane-u.ac.jp

Geotransect across south of Singhbhum Craton-Rengali Province-Eastern Ghats Province, India: Multiple orogenic belts of contrasting age and tectonic evolution of Eastern Indian terrane

Kaushik Das* (Hiroshima Uni. Sci.), Sankar Bose (Presidency Uni. Sci. India), Gautam Ghosh (Presidency Uni. Sci. India) and Proloy Ganguly (Kazi Nazrul Uni. Sci. India)

South- to southwest of Archean Singhbhum Craton, presently is juxtaposed by high-grade metamorphosed and complexly deformed deep- to intermediate-depth continental crustal rocks. This craton-margin area preserves the rock record of continental evolution from the Neoarchean Era to the Ediacaran-Cambrian period. In the present study, we shall integrate the petrological, structural, and geochronological data along a geotransect from the southern part of the Singhbhum Craton, through the Rengali Province up to the Phulbani Domain of Eastern Ghats Province. The cratonic core of the Singhbhum Craton is composed of granitoids and is surrounded by supracrustal belts of Paleoarchean to Mesoproterozoic ages. The southern margin of the Singhbhum Craton is composed of high-grade granulites along with amphibolite-greenschist facies metasedimentary and metavolcanic rocks, collectively termed as the Rengali Province which represents a Neoarchean orogenic belt. The Rengali Province was thrust over the Singhbhum Craton along the Sukinda thrust-Barakot-Akul fault system during the Rengali orogeny (ca. 2.83–2.78 Ga). Moreover, this province represents a deeper section of the Singhbhum Craton which was structurally emplaced in the shallow level possibly by a transpression-dominated tectonic setting at ca. 0.5 Ga. However, the boundary between the Rengali Province and the Eastern Ghats is enigmatic because both the terranes have preserved broadly similar metamorphic rocks and the possible contact zone is concealed below a Gondwana sedimentary basin.

Here we shall highlight the new zircon and monazite age data from the Rengali Province and the northern-northwestern parts of the Eastern Ghats (including Phulbani Domain) revealing the tectonic evolution of the Rengali Province and its eventual juxtaposition to the Eastern Ghats Province. This provides important clues to the long yet punctuated evolution of the Eastern Indian terrane.

Keywords: Archean Singhbhum Craton; Craton-margin multiple orogenic belts; Rengali Province-Eastern Ghats Province; Zircon and monazite geochronological data

*Corresponding author: kaushik@hiroshima-u.ac.jp

Geochronology of calc-silicate and related rocks in the Mogok Metamorphic Belt, Myanmar

Zaw Htet* (Kyushu Univ), Yasuhito Osanai (Kyushu Univ), Nobuhiko Nakano (Kyushu Univ), Tatsuro Adachi (Kyushu Univ), Khaing Nyein Htay (Gemological Institute of Myanmar)

Myanmar is situated in the collision zone between the Indian subcontinent and Eurasian continent, resulted in the development of Cenozoic metamorphism and related magmatism in Myanmar. The Mogok Metamorphic Belt is elongated, a north–south aligned belt of high-grade metamorphic rocks and granites extends for about 1500 km in the length, which stays along the western margin of Shan–Thai block, from the Andaman Sea in the south to the Eastern Himalayan Syntaxis in the north. The belt is quite famous as worldwide gem deposit including ruby, spinel, sapphire and other precious or semiprecious stones. These gem quality ruby and sapphire are commonly present in the marble and calc-silicate rocks. The metamorphic rocks in the Mogok Metamorphic Belt have been considered regionally metamorphosed during Late Cretaceous to Miocene.

Petrological and geochronological investigations carried out for the central Mogok Metamorphic Belt, from north to south, *Mogok–Momeik–Thabeikkyin area*, *Madaya–Mandalay–Kyaukse area*, *Thazi–Tatkon (Naypyitaw) area* and *Kyaikto area*. The Mogok Metamorphic Belt minerals show amphibolite-facies metamorphism based on their mineral assemblages in the rock types of pelitic gneiss, marble, calc-silicate rocks, schist and amphibolite. Zircon grains from the garnet–biotite–cordierite gneiss, clinopyroxene marble and clinopyroxene calc-silicate rocks from Mogok–Momeik–Thabeikkyin–Madaya area have been analyzed to obtain metamorphic ages by using LA–ICP–MS. The U–Pb dating on the rim of zircon revealed in these rocks type, the metamorphic age of ca. 30–21 Ma from Mogok–Momeik–Thabeikkyin area and the inherited ages ca. 43 Ma to 30 Ma from Mandalay–Madaya area. This study constrains the timing of metamorphic age is ca. 30–21 Ma (Oligocene to Late Miocene) in Mogok Metamorphic Belt, is also related to the collision of India–Eurasian continents.

Keywords: India–Eurasian continents collision, Mogok Metamorphic Belt, amphibolite-facies, metamorphic age Oligocene to Late Miocene

*Corresponding author: outstophole@gmail.com

飛騨帯産含単斜輝石優白質花崗岩の成因と形成年代：チタン石の化学組成と U-Pb 年代による束縛

原田浩伸* (東北大)・辻森樹 (東北大)・昆慶明 (産総研)・青木翔吾 (秋田大)・
青木一勝 (岡山理科大)

Nature and timing of anatectic event of the Hida Belt (Japan): Constraints from titanite geochemistry and U-Pb age of clinopyroxene-bearing leucogranite

Hironobu Harada* (Tohoku Univ.), Tatsuki Tsujimori (Tohoku Univ.), Yoshiaki Kon (AIST),
Shogo Aoki (Akita Univ.), Kazumasa Aoki (Okayama Univ. Sci.)

飛騨帯は大陸縁の地殻断片を主体とする地質体で、北中国地塊と南中国地塊の衝突と同時期のペルム紀～三畳紀片麻岩類、花崗岩類とそこに貫入するジュラ紀の新时期花崗岩類から構成される。過去 20 年間に年代学の大きな進展があり、角閃岩相高温部からグラニュライト相の変成作用とほぼ同時期の火成活動が～260–230 Ma に起こり、その後～200–180 Ma に新时期花崗岩類が形成したことが明らかにされている。ただし、既知のジルコン年代のばらつきは大きく特定のイベントの年代を決定するのが困難な場合もある。本研究では飛騨帯の含単斜輝石優白質花崗岩に含まれるチタン石に着目し、その化学組成と U-Pb 年代測定から優白質花崗岩の成因と形成年代を考察する。

飛騨帯の神岡地域には伝統的に「伊西岩」あるいは「伊西ミグマタイト」と呼ばれてきた粗粒な単斜輝石やチタン石を含む優白質花崗岩 (含単斜輝石優白質花崗岩) が大理石や角閃岩に伴って産する。この優白質花崗岩は主に粗粒な斜長石、石英、アルカリ長石、単斜輝石 (透輝石～灰鉄輝石)、チタン石か

ら構成される。チタン石は自形で最大 1 cm にも達し、主に石英、斜長石、アルカリ長石、緑れん石からなる花崗岩質包有物 (大きさ 200 μm 以下) を含む。単斜輝石は石英、斜長石、チタン石、方解石を包有する。チタン石は高い REE 濃度 (～4,514–14,069 $\mu\text{g/g}$) 及び Th/U 比 (～2.8–7.8) で特徴付けられ、花崗岩質包有物を含むことから、メルトから晶出したものと考えられる。優白質花崗岩が大理石をゼノリスとして含み、単斜輝石に方解石が包有されることから、その形成には大理石が関与した可能性が示唆される。

チタン石の Zr 濃度は～537–1,130 $\mu\text{g/g}$ で、飛騨片麻岩類の変成圧力条件 0.4–0.7 GPa において Hayden et al. (2008 CMP) の Zr-in-titanite 温度計を用いると $a_{\text{TiO}_2} = 0.5$ で 730–810°C、 $a_{\text{TiO}_2} = 1$ で 770–850°C の温度が推定される。チタン石は幅広い U/Pb ($^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb} = 15.0\text{--}24.0$) 及び Pb 同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} = 0.172\text{--}0.419$) を有し、 $225.4 \pm 1.9 \text{ Ma}$ ($n = 74$) の交点年代が得られた。この年代は飛騨帯の広域変成作用及び火成活動 (～260–230 Ma) の終盤にあたる。

Keywords: titanite, leucogranite, U-Pb age, Hida Belt

*Corresponding author: hironobu.harada.s7@dc.tohoku.ac.jp

ポスター | S3：東アジアのテクトニクス（スペシャルセッション）

📅 2021年9月17日(金) 9:30 ~ 18:30 | 🖨 ePoster Session

S3：東アジアのテクトニクス（スペシャルセッション）

[現地ポスターコアタイム]

12:30~14:00

17:00~18:30

9:30 ~ 18:30

[S3P-01] 東北日本古生代高圧変成岩類の碎屑性ジルコンU-Pb年代

*岡本 彩香¹、市山 祐司¹、伊藤 久敏² (1. 千葉大、2. 電力中央研究所)

東北日本古生代高圧型変成岩類の 碎屑性ジルコン U-Pb 年代

岡本彩香*(千葉大学), 市山祐司(千葉大学), 伊藤久敏(電力中央研究所)

Detrital zircon U-Pb dating of Paleozoic high-pressure metamorphic rocks in northeastern Japan

Ayaka Okamoto* (Chiba Univ.), Yuji Ichiyama (Chiba Univ.), Hisatoshi Ito (CRIEPI).

東北日本の母体・山上・松ヶ平地域に分布する低温高圧型の変成岩類は、一連の古生代変成帯(母体-松ヶ平帯)に属すると考えられてきた(例えば、黒田, 1963, 前川, 1981)。高変成度の山上変成岩類からは、緑簾石角閃岩の白雲母 K-Ar 年代で 300 Ma (河野・植田, 1965)、白雲母片岩の白雲母 Rb-Sr 年代で 283 Ma (柴田ほか, 1972)、泥質片岩のフェンジャイトから K-Ar 年代として 322-287 Ma が報告され(宮下ほか, 2020)、西南日本の蓮華帯と対比されてきた。本発表では、母体変成岩類、松ヶ平変成岩類、山上変成岩類の地質年代学的対比を行うため、砂質片岩中の碎屑性ジルコンの U-Pb 年代を測定したので、その結果を報告する。

奥州市太田代、湯水滝付近で採取した母体変成岩 2 試料、南相馬市鹿島区上栃窪で採取した松ヶ平変成岩 2 試料、相馬市初野内沢で採取した低変成度の山上変成岩 1 試料からそれぞれ碎屑性ジルコンを分離し、LA-ICP-MS 分析装置を用いて U-Pb 同位体年代測定を実施した。分析したほとんどすべてのジルコンの CL 像の観察から、明瞭な累帯構造が確認できた。母体変成岩類から得られたジルコンの U-Pb 年代値は、367-3208 Ma であり、特に 400-500 Ma に年代が集中する。2 試料の最も若い年代は、それぞれ 379.5 ± 31.7 Ma と 367.2 ± 25.8 Ma である。松ヶ平変成岩類から得られた年代値は約 362-3452 Ma であり、2 試料とも 400-500 Ma に年代が集中し、最も若い年代は、それぞれ 362.2

± 57.6 Ma と 386 ± 53.0 Ma である。一方、山上変成岩類からは、約 95-130 Ma の年代値が得られた。105-125 Ma に年代が集中し、最も若い年代値は 95.1 ± 12.6 Ma であった。

母体と松ヶ平の碎屑性ジルコン U-Pb 年代値の頻度パターンは、互いに類似しており、両者は同一の古生代変成帯であるとする従来の考えを支持する。高変成度山上変成岩の放射年代値から示されるように、堆積後の 300 Ma 頃に変成作用を被ったと考えられる。同時代の変成年代をもつ西南日本の蓮華帯の変堆積岩からも母体と松ヶ平の碎屑性ジルコンと同様の特徴が報告されており(Yoshida et al., 2020, Tsutsumi et al., 2011)、母体-松ヶ平帯が蓮華帯と対比されることを示唆している。

母体変成岩と松ヶ平変成岩には、新原生代を示す先カンブリアの碎屑性ジルコンが含まれているため、その供給源が南中国地塊であったことを示唆する。北上山地に分布する古生代の前弧堆積物中には、先カンブリア紀の碎屑性ジルコンが認められず(Pastor-Galán et al., 2021)、母体-松ヶ平帯の原岩とは異なる場で形成したと考えられる。

低変成度の山上変成岩類の堆積年代上限値は、他の母体と松ヶ平の特徴と明らかに異なり、より若い変成岩であることを示唆する。関東山地の三波川帯からは約 95 Ma の碎屑性ジルコン年代が報告されており(Tsutsumi et al., 2009)、低変成度の山上変成岩の原岩はこれと同時代に堆積した可能性がある。

Keywords: detrital zircon, U-Pb dating, Motai-Matsugadaira zone, NE Japan,

Paleozoic high-pressure metamorphic rocks.

*Corresponding author: afwa6805@chiba-u.jp

ポスター | S1, S4: 火成作用及びプレート収束域の物質科学合同セッション

📅 2021年9月17日(金) 9:30 ~ 18:30 | 📄 ePoster Session

S1, S4: 火成作用及びプレート収束域の物質科学合同セッション

[現地ポスターコアタイム]

12:30~14:00

17:00~18:30

9:30 ~ 18:30

[S4P-01] 斑レイ岩の交代作用に起因するタルクを伴う断層の発達過程

*松永 健義¹、安東 淳一¹、Kaushik Das¹ (1. 広島大・院理)

9:30 ~ 18:30

[S4P-02] マイロナイトの組織から考察するヒマラヤ地域の主中央衝上断層の運動像

*樹神 洸寿¹、安東 淳一¹、Das Kaushik¹、Sakar Dyuti Prakash¹ (1. 広島大理工)

斑レイ岩の交代作用に起因するタルクを伴う 断層の発達過程

松永健義*、安東淳一、DAS Kaushik（広島大・院先進理工）

Faulting process accompanied with talc concentration following metasomatism of gabbro

Takeyoshi Matsunaga*, Junichi Ando, DAS Kaushik

(Hiroshima Univ. Advanced Science and engineering)

【はじめに】 断層ガウジ中にタルクが存在する場合、断層強度が低下し、クリープ滑りが生じることが実験や自然界での実例から報告されている（Moore and Rymer, 2007、Moore and Lockner, 2011 など）。本研究では、福岡県篠栗地域において、変斑レイ岩中に発達するタルクを伴う断層を発見し、その形成過程を明らかにすることを目的とした。本研究は、地殻強度を考察するうえで重要な斑レイ岩の交代作用と断層形成に関する新しい知見をあたえるものと考えている。

【研究手法】 対象とする断層の調査を行い、系統的に岩石を採取した。その後、偏光顕微鏡と SEM を用いた微細組織観察、EPMA による化学組成分析、また画像解析ソフト（ImageJ）を使用し鉱物の量比を算出した。

【結果】 研究対象とした断層は、変斑レイ岩体中（主に普通角閃石、斜長石、チタン石で構成）に発達する緑泥石脈が卓越して認められる幅約 10m の帯状の領域中に存在し、断層面から数 cm の領域は、緑泥石とタルクから構成されていることが明らかとなった。そして、断層面に近づくにつれ、タルクの占める割合が増加する傾向が認められた。興味深

いのは、断層面から約 1mm の範囲において、緑泥石とタルクが塑性変形し形態を変化させていることである。更には、光沢が著しい断層面はタルクのみから構成されている。

【考察】 1) 角閃岩相領域において、斑レイ岩中の普通輝石が普通角閃石とチタン石に変成し変斑レイ岩となった。その後、2) 変斑レイ岩は緑色片岩相領域に上昇し、脈状の領域中に緑泥石を晶出した。3) 緑泥石が卓越する領域において、潜在的な断層面から幅数 cm 内の緑泥石が脱水し、緑泥石とタルクから構成される部分が生じた。この場所では、潜在的な断層面に向かうほど脱水が進行しタルクが増加した。4) 断層運動が生じる直前には、潜在的な断層面から約 1mm の範囲の領域の緑泥石とタルクが、応力集中により塑性変形した。そして、5) 緑泥石とタルクの塑性変形が、応力集中に耐えきれなくなることで断層運動が生じた。断層すべり面がタルクのみで構成されていることは、断層運動中の摩擦発熱により緑泥石の脱水が促進された証拠と考えている。上記した 1)、2)、3) の過程は、流体との関与、すなわち交代作用が不可欠であることを示している。

Keywords: Gabbro, Talc, Metasomatism, Fault

Corresponding author: m213165@hiroshima-u.ac.jp

マイロナイトの組織から考察する ヒマラヤ地域の主中央衝上断層の運動像

樹神 洸寿、安東 淳一、Das Kaushik、Sakar Dyuti Prakash (広島大学)

Kinematics of Main Central Thrust estimated from microstructure of mylonite, Himayala

Hirotooshi Kotama*, Jun-ichi Ando, Kaushik Das, Dyuti Prakash Sakar (Hiroshima University).

【はじめに】ヒマラヤ地域ではユーラシア大陸とインド亜大陸の衝突・収束に関連した複数の大規模衝上断層が発達している。その中の主中央衝上断層は、断層運動時に脆性-塑性遷移領域に位置していた岩石が露出する。この脆性-塑性遷移領域は内陸地震の震源域であることが知られている。本研究は、主中央衝上断層系に属する断層を調査地域とし、採取した岩石の微細組織に着目することで脆性-塑性遷移領域での断層運動の素過程と断層形成の関係を明らかにすることを目的とした。

【調査地域】インド北部 Uttarakhand 州 Almora 北部に露出する北アルモラ衝上断層 (NAT) を対象に、NAT 近傍から南方約 15km の領域を調査地域とした。この領域の岩石は全てマイロナイト化しており、特に NAT 近傍ではウルトラマイロナイトが分布する。マイロナイト中には、塑性変形した石英と脆性変形した長石が観察されることから、脆性-塑性遷移領域での変形履歴を保持していることが分かる。NAT の下盤は珪岩や泥質岩、上盤は花崗岩である。したがって本研究では、マイロナイト化した花崗岩の微細組織観察を行った。

【研究手法】偏光顕微鏡及び SEM を用いて微細組織観察を行った。また、取得した微細組織の画像を ImageJ を用いて解析することで層状珪酸塩鉱物の含有量を測定した。更に、SEM-EBSD、MATLAB のオープンソース

MTEX ツールボックスと ImageJ を用いて、再結晶した石英の c 軸ファブリック、粒径、アスペクト比を求めた。以上の分析・測定より、1) マイロナイト化の温度条件、2) 歪場・流動応力値、3) NAT のせん断方向、4) 断層運動に与える層状珪酸塩鉱物の影響を明らかにした。

【結果と考察】1) 変形微細組織及び石英の c 軸ファブリックより、マイロナイト化の温度条件は 450-550 °C であったことが明らかとなった。2) 再結晶石英のアスペクト比からは押しつぶしの場合であったこと、再結晶石英粒径からは 35-60 MPa の流動応力状態を受けていたことが明らかとなった。3) 微細組織からは、剪断センスは top-to-south であったこと、しかし NAT に接する南部地域のみ top-to-north であったことが明らかとなった。この逆センスの剪断はチャネルフローを示唆する。4) 層状珪酸塩鉱物の含有量は NAT に近づくに従って増大する。また、層状珪酸塩鉱物の含有量の増加に伴って結晶方位定向配列の集中度が低下し、かつ石英粒子のアスペクト比が大きくなる傾向が見取れる。これらの結果は、岩石の変形に流体が大きく関与していることを示唆し、現時点では、NAT に近づくに従って変形メカニズムが転位クリープから圧力溶解クリープに変化した可能性、或いは、層状珪酸塩鉱物への変形集中の可能性を考えている。

Keywords: Mylonite, Phyllosilicate minerals, c-axis fabric, Channel flow

*Hirotooshi Kotama: m205665@hiroshima-u.ac.jp