2021年9月16日(木)

ポスター | R2：結晶構造・結晶化学・物性・結晶成長・応用鉱物

9:30 ~ 18:30 | ePoster Session
R2：結晶構造・結晶化学・物性・結晶成長・応用鉱物

9:30 ~ 18:30
[R2P-01] 凍結環境がVateriteのCalcite化の抑制に与える影響.

*古川 登[1]、沖田 ひなこ[1] (1. 千葉大・院理)

9:30 ~ 18:30
[R2P-02] メラノフロジャイトと千葉石のゲスト分子の分子ダイナミクス

*平沼 こうた[1]、門馬 綱一[3]、景山 真帆[2]、白石 柚衣[2]、岡村 英一[1]、野口 直樹[1] (1. 徳島大・院創成、2. 徳島大・理工、3. 国立科学博物館)

ポスター | R3：高圧科学・地球深部

9:30 ~ 18:30 | ePoster Session
R3：高圧科学・地球深部

9:30 ~ 18:30
[R3P-01] 透過型電子顕微鏡内その場圧縮観察による応力測定

*三宅 亮[1]、伊神 洋平[1]、松本 徹[1]、甕 聡子[3]、野村 龍一[2] (1. 京都大・理、2. 京都大・白眉、3. 山形大・理)

9:30 ~ 18:30
[R3P-02] **ビスマス相転移境界の再評価**

*小野 重明[1] (1. JAMSTEC)

9:30 ~ 18:30
[R3P-03] ラマン分光法によるトリディマイトの圧力誘起相転移研究

*神崎 正美[1] (1. 岡大・惑星研)

9:30 ~ 18:30
[R3P-04] ステアリン酸からのダイヤモンド生成に伴う炭素同位体分別効果 ~C-H-O流体の炭素同位体組成決定へ向けた予察的検討~

*川村 英彰[1]、大藤 弘明[1]、サティシュ　クマール マドスーダン[2]、鈴木 昭夫[1] (1. 東北大・院理、2. 新潟大・院理)

9:30 ~ 18:30
[R3P-05] Phase boundary between diaspore and δ-AlOOH

*鈴木 昭夫[1] (1. 東北大・院理)

9:30 ~ 18:30
[R3P-06] ダイヤモンドアンビルセルを用いたブリッジマナイト単結晶の高圧その場IR観察

*辻野 典秀[1] (1. 岡山大・惑星研)

9:30 ~ 18:30
[R3P-07] 下部マントル最上部におけるマグマ中の含水量の 温度・圧力依存性の解明

*奥村 晃太[1]、井上 徹[1]、柿澤 翔[1]、野田 昌道[1]、川添 貴章[1]、佐藤 友子[1]、新名 亨[2]、入舩 徹男[2] (1. 広島大・院先進理工、2. 愛媛大・GRC)

9:30 ~ 18:30
[R3P-08] マグマ内に存在するFe2O3の高圧下での部分モル体積

坂 凛太郎[1]、*鈴木 昭夫[1]、坂巻 竜也[1] (1. 東北大・院理)

9:30 ~ 18:30
[R3P-09] 高圧下におけるSiO_2ガラスの屈折率測定

*境 毅[1]、三守 秀門[1] (1. 愛媛大・地球深部研)

ポスター | R4：地球表層・環境・生命

9:30 ~ 18:30 | ePoster Session
R4：地球表層・環境・生命

9:30 ~ 18:30
[R4P-01] サンゴ骨格中のカルサイト–アラゴナイト分布

*甕 聡子[1]、波利井 佐紀[2]、富岡 尚敬[3]、伊藤 元雄[3] (1. 山形大・理、2. 琉大・熱生研、3. JAMSTEC)

9:30 ~ 18:30
[R4P-02] 魚類耳石を構成するvateriteの結晶学的特徴
「発表賞エントリー」

*高橋 玄[1]、奥村 大河[1]、鈴木 道生[2]、小暮 敏博[1] (1. 東大・院理、2. 東大・院農)

9:30 ~ 18:30
[R4P-03] **サポナイト層間における陽イオン交換選択係数の測定**

*野路 陽平[1]、福士 圭介[2]、徳門 弘都[2] (1. 金沢大・学理、2. 金沢大・院理)

ポスター | R6：深成岩・火山岩及び サブダクションファクトリー

9:30 ~ 18:30 | ePoster Session
R6：深成岩・火山岩及び サブダクションファクトリー

9:30 ~ 18:30
[R6P-01] 北上山地，堺ノ神深成岩体の形成プロセスの解明：岩石学的研究による貫入・定置プロセスの温度・圧力条件
「発表賞エントリー」

*鈴木 哲士[1]、浅井 信夫[1]、中島 和夫[1]、湯口 貴史[1] (1. 山形大・院理)

9:30 ~ 18:30
[R6P-02] 阿武隈帯中部，南蔵王地域・栗子地域の白亜紀花崗岩類・変成岩類の岩石学的研究

*丸山 純一[1]、加々島 慎一[2] (1. 山形大・院理、2. 山形大学)

9:30 ~ 18:30
[R6P-03] 阿武隈山地東部に分布する深成岩類のジルコンU-Pb年代

*御子柴 真澄[1]、高橋 浩[1]、久保 和也[1]、檀原 徹[2]、岩野 英樹[2]、平田 岳史[3] (1. 産総研、2. （株）京都フィッション・トラック、3. 東大・院理)

9:30 ~ 18:30
[R6P-04] 花崗岩中の割れ目発生・発達プロセスの解明：熱水変質を指標としたアプローチ

*湯口 貴史[1]、笹尾 英嗣[2]、五十公野 裕也[1] (1. 山形大・理、2. 原子力機構)

9:30 ~ 18:30
[R6P-05] **等粒状花崗岩の他形カリ長石のカソードルミネッセンス　オシラトリゾーニングの新知見 ―土岐花崗岩体を例に**

*野中 麻衣[1]、湯口 貴史[1]、鈴木 哲士[1]、井村 匠[1]、中島 和夫[1]、西山 忠男[2] (1. 山形大・院理、2. 熊本大)

9:30 ~ 18:30
[R6P-06] 愛媛県四阪島梶島に分布する白亜紀苦鉄質岩類の岩石記載と全岩化学組成
「発表賞エントリー」

*下岡 和也[1]、斉藤 哲[1] (1. 愛媛大・院理工)

9:30 ~ 18:30
[R6P-07] 大崩山花崗岩体中の石英におけるカソードルミネッセンス像とTi濃度およびAl濃度の関係

*渡邊 みのり[1]、加藤 丈典[2]、小北 康弘[3]、湯口 貴史[1] (1. 山形大、2. 名古屋大、3. 原子力機構)

ポスター | S2: 岩石-水相互作用 （スペシャルセッション）

9:30 ~ 18:30 | ePoster Session

S2: 岩石-水相互作用 （スペシャルセッション）

9:30 ~ 18:30

[S2P-01] 三波川変成帯エクロジャイト岩体中のマーブルに見られた柘榴石中の溶解再析出反応と微小空隙

*吉田 健太[1]、沢田 輝[1]、仁木 創太[2]、大柳 良介[3] (1. JAMSTEC、2. 東大、3. 国士舘大)

9:30 ~ 18:30

[S2P-02] 岩石の弾性波速度・比抵抗・空隙率の同時測定の開発

*片山 郁夫[1]、谷本 和優[1] (1. 広島大学・地球惑星システム学)

9:30 ~ 18:30

[S2P-03] 三波川変成帯に記録された変成ステージごとのLILE移動度：原岩組成復元モデルの適用

「発表賞エントリー」

*松野 哲士[1]、宇野 正起[1]、岡本 敦[1]、土屋 載芳[1] (1. 東北大・院環)

9:30 ~ 18:30

[S2P-04] 熱水環境における花崗岩の弾性波伝搬特性の温度圧力依存性

*水野 克哉[1]、平野 伸夫[1]、土屋 範芳[1] (1. 東北大・院環境)

9:30 ~ 18:30

[S2P-05] 長石の熱発光減衰速度式と熱伝導モデルの連成モデル

「発表賞エントリー」

*佐藤 貴啓[1]、平野 伸夫[1]、土屋 範芳[1] (1. 東北大・院環境)

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 実冶子[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]、山﨑 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)

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ークスヘッタに産するザクロ石ー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」
*冨岡 優貴[1]、纐纈 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] 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[1], Sankar Bose[2], Gautam Ghosh[2], Proloy Ganguly[3] (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 Htet[1], Yasuhito Osanai[1], Nobuhiko Nakano[1], Tatsuro Adachi[1], Khaing Nyein Htay[2] (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砕屑性ジルコン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 Das[1] (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 Kaushik[1]、Sakar Dyuti Prakash[1] (1. 広島大理工)

ポスター | R2：結晶構造・結晶化学・物性・結晶成長・応用鉱物

2021年9月16日(木) 9:30 ~ 18:30 | ePoster Session

R2：結晶構造・結晶化学・物性・結晶成長・応用鉱物

[現地ポスターコアタイム]
12:30〜14:00
17:00〜18:30

9:30 ~ 18:30

[R2P-01] 凍結環境がVateriteのCalcite化の抑制に与える影響.

*古川 登[1]、沖田 ひなこ[1] (1. 千葉大・院理)

9:30 ~ 18:30

[R2P-02] メラノフロジャイトと千葉石のゲスト分子の分子ダイナミクス

*平沼 こうた[1]、門馬 綱一[3]、景山 真帆[2]、白石 柚衣[2]、岡村 英一[1]、野口 直樹[1] (1. 徳島大・院創成、2. 徳島大・理工、3. 国立科学博物館)

凍結環境が Vaterite の Calcite 化の抑制に与える影響.

古川　登，　沖田ひなこ（千葉大・理）

Inhibitory effect of vaterite transition to calcite in the freezing environment.

FURUKAWA Noboru，OKITA Hinako（Chiba Univ.）

炭酸カルシウムの多形の一つである vaterite は，地表の環境では不安定なため、特に水を伴った天然での産出は極めてまれである。しかしパミール高原北部, アライ山域のアイスコアとカナダのエルズミア島 Borup Fiord Pass では, 温泉水から沈殿したと考えられる天然の vaterite が見いだされており, 1)温泉水に伴う硫酸塩の存在（石膏と共存），2）氷河に伴う低温環境，が vaterite の保存に影響した可能性が指摘されている。

このうち，溶液中の硫酸塩の存在が vaterite の calcite への転移を抑制する効果があることは実験的に確かめられているが (Fernández-Díaz et al. 2010)， 250 時間程度で calcite に変化する。このため，生成時から百数十年が経過しているパミール高原のアイスコアの vaterite は，硫酸塩の存在だけでは説明できない。

そこで，発表者らは，溶液に浸漬した合成 vaterite を 25℃，4℃，-26℃に設置し，calcite への転移する様子を観察した。

出発物質の vaterite は, 攪拌した 60℃の 0.5M K_2CO_3 溶液に 0.1M $CaCl_2$ 溶液を滴下して作成した。マイクロチューブにこの vaterite と溶液を入れ, 3 日, 7 日, 14 日後に回収した。溶液は超純水, 0.5M K_2CO_3 溶液, 0.5M K_2CO_3 +0.25M K_2SO_4 溶液の 3 種類を用いた。溶液は、25℃，4℃では液体，-26℃では凍結し固体(氷)であった。生成物は XRD で測定した。

25℃の試料では超純水の 3 日後の試料にわずかに vaterite が残っていた以外はすべて calcite に変化していた。4℃では，14 日後でも vaterite が残っていたが，時間の経過とともに calcite の量が増加していた。-26℃では 14 日後でもすべての試料で出発物質からの変化は見られなかった。各温度において，溶液の種類による結果の差異は、ほとんど見られなかった。

このことから，パミール高原とエルズミア島にみられる vaterite は凍結した環境下に置かれていたため, 現在まで保存されたと考えられる。

Fernández-Díaz et al.(2010) Geochimica et Cosmochimica Acta 74 6064–6076

Keyword: vaterite, calcite, degree of frost, glacier

furukawa@faculty.chiba-u.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

メラノフロジャイトと千葉石のゲスト分子の分子ダイナミクス

平沼こうた*（徳島大），門馬綱一（国立科学博物館），景山真帆，
白石柚衣，岡村英一，野口直樹（徳島大）

Dynamics of Guest Molecules of Melanophlogite and Chibaite

Kouta Hiranuma* (Tokushima Univ.), Koichi Momma (Nat'l. Mus. Nat. Sci.),
Maho Kageyama, Yui Shiraishi, Hidekazu Okamura, Naoki Noguchi (Tokushima Univ.)

メラノフロジャイト(MEP)と千葉石は、サイズの異なる複数種類の SiO_2 ケージ(籠)が組み合わさって、包接化合物構造をとる。このケージ内には、ゲスト分子として様々な気体分子を取り込んでおり、ゲスト分子のサイズと熱振動の温度依存性の相関関係を調べるのに適した研究対象であると言える。本研究ではラマン分光法と赤外分光法を用いて、10K から室温までの低温条件で、それぞれの鉱物のゲスト分子の振動状態がどのように変化するかを調べた。

MEP はイタリアの Fortullino,Livorno 産のものとロシアのサハリンの Zamiraylova Golova 岬で産出したものを、千葉石は長野県で産出したものを測定した。測定の結果、MEP のゲスト分子はメタン、二酸化炭素であり、千葉石のゲスト分子はメタン、エタン、プロパン、イソブタンであることが分かった。両鉱物に含まれる炭化水素の CH 伸縮振動のラマンシフトの温度依存性とケージに対するゲスト分子のサイズの関係を示したのが上図である。比較のために、この図には MEP と同型のメタンハイドレート(MH)とエタンハイドレート(EH)のデータも載せてある。

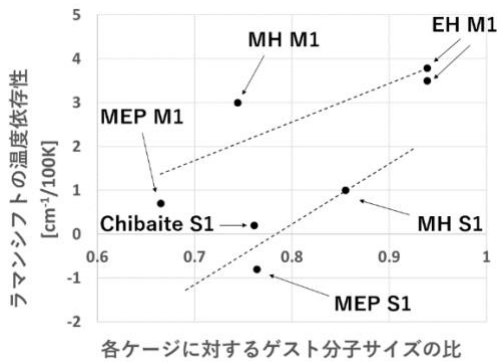


図 ラマンシフトの温度依存性とケージに対するゲスト分子のサイズの関係[1]

S1 ケージのゲスト分子に比べて、M1 ケージのものはラマンシフトの温度依存性が大きい傾向にあると言える。本発表では、ゲスト分子とケージ間の相互作用の温度依存性と、ゲスト分子のケージの占有率について議論する。

Reference

[1]G.Fuseya *et al.RSC Adv.* **8**, 3237, 2018

Keywords: melanophlogite, chibaite, Raman spectroscopy, infrared spectroscopy
*Corresponding author: c612133019@tokushima-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ポスター | R3：高圧科学・地球深部

2021年9月16日(木) 9:30 ~ 18:30 | ePoster Session

R3：高圧科学・地球深部

[現地ポスターコアタイム]
12:30〜14:00
17:00〜18:30

9:30 ~ 18:30

[R3P-01] 透過型電子顕微鏡内その場圧縮観察による応力測定

*三宅 亮[1]、伊神 洋平[1]、松本 徹[1]、甕 聡子[3]、野村 龍一[2] (1. 京都大・理、2. 京都大・白眉、3. 山形大・理)

9:30 ~ 18:30

[R3P-02] **ビスマス相転移境界の再評価**

*小野 重明[1] (1. JAMSTEC)

9:30 ~ 18:30

[R3P-03] ラマン分光法によるトリディマイトの圧力誘起相転移研究

*神崎 正美[1] (1. 岡大・惑星研)

9:30 ~ 18:30

[R3P-04] ステアリン酸からのダイヤモンド生成に伴う炭素同位体分別効果 ~C-H-O流体の炭素同位体組成決定へ向けた予察的検討~

*川村 英彰[1]、大藤 弘明[1]、サティシュ　クマール マドスーダン[2]、鈴木 昭夫[1] (1. 東北大・院理、2. 新潟大・院理)

9:30 ~ 18:30

[R3P-05] Phase boundary between diaspore and δ-AlOOH

*鈴木 昭夫[1] (1. 東北大・院理)

9:30 ~ 18:30

[R3P-06] ダイヤモンドアンビルセルを用いたブリッジマナイト単結晶の高圧その場IR観察

*辻野 典秀[1] (1. 岡山大・惑星研)

9:30 ~ 18:30

[R3P-07] 下部マントル最上部におけるマグマ中の含水量の 温度・圧力依存性の解明

*奥村 晃太[1]、井上 徹[1]、柿澤 翔[1]、野田 昌道[1]、川添 貴章[1]、佐藤 友子[1]、新名 亨[2]、入舩 徹男[2] (1. 広島大・院先進理工、2. 愛媛大・GRC)

9:30 ~ 18:30

[R3P-08] マグマ内に存在するFe2O3の高圧下での部分モル体積

坂 凛太郎[1]、*鈴木 昭夫[1]、坂巻 竜也[1] (1. 東北大・院理)

9:30 ~ 18:30

[R3P-09] 高圧下におけるSiO_2ガラスの屈折率測定

*境 毅[1]、三守 秀門[1] (1. 愛媛大・地球深部研)

透過型電子顕微鏡内その場圧縮観察における電子回折を用いた局所応力測定

三宅亮・伊神洋平・松本徹（京大・理），甕聡子（山形大），
野村龍一（京大・白眉）

Measurements of local stress using electron diffraction in in-situ TEM indentation experiments

Akira Miyake, Yohei Igami, Toru Matsumoto (Kyoto Univ.), Satoko Motai (Yamagata Univ.), and Ryuichi Nomura (Kyoto Univ.)

【はじめに】

材料科学の分野では、透過型電子顕微鏡内で変位または荷重をかけることによる材料の圧縮試験や破壊実験が多く行われている。しかし、これらの多くは、実験装置が制御する荷重と試料の大きさ（面積）より応力を計算していることがほとんどである。そこで、本研究では、電子回折図形から格子の圧縮率を決定し、それをもとに微小領域での応力を求めることを目的としておこなった。

【手法】

試料として、シリコンおよびダイヤモンドの単結晶を用いた。集束イオンビーム加工装置（Thermo Fisher Scientific 社製 Helios NanoLab G3 CX）を用いて、晶帯軸がほぼ[01-1]、圧縮面が(001)、圧縮方向が[001]になるような厚さ約 100 nm のシリコン薄膜試料と、太さが約 100 nm のシリコンピラー試料およびダイヤモンドピラー試料を作製した。作製した試料に対して、透過型電子顕微鏡内でその場圧縮実験を荷重制御により行った。圧縮実験は、電界放射型透過型電子顕微鏡（JEOL 社製 JEM-2100F）内で試料に対してダイヤモンド圧子を押し込むことが可能な専用ホルダ（Bruker 社製 Hysitron PI95 TEM PicoIndenter）を使用して行った。実験は、40 ~ 500 μN の荷重で行った。

電子回折図形は、圧縮実験の前後と、圧縮実験中に取得し、実験終了後に Digital Micrograph (AMETEK Gatan 社製）と ReciPro (Seto, http://pmsl.planet.sci.kobe-u.ac.jp/~seto/) を用いて解析を行った。また、得られた圧縮率からの応力（圧力）の推定は、Pandya et al. (2012)を用いた。

【結果と考察】

シリコン薄膜試料を用いた実験では、圧縮方向の(001)の面間隔が縮んでいることがわかった。一方、圧縮方向と垂直な方向である[110]方向は、ほとんど変化がないことがわかった。電子線入射方向の変化については、今回は情報を得ることはできなかった。線膨張係数からの換算で、荷重 40 μN の実験では圧縮方向に約 1.7 GPa、100 μN では約 2.4 GPa、200 μN では約 3.7 GPa の応力を得ることができた。電子線入射方向については結晶格子が伸びている可能性もあるが、今回はほぼ無視できると仮定すると、体積膨張率からの換算では荷重 200 μN で 1.1 GPa の応力がでたことになる。また、インデンター（圧子）が接していると思われる場所から、圧縮方向に沿っていくつかの異なる領域で応力を見積もったところ、圧子から離れるに従い応力が徐々に減衰していることがわかった。

ダイヤモンドピラーを用いた荷重 100 μN の圧縮実験では、圧縮方向に約 30 GPa の応力を得ることができた。一方、圧縮方向と垂直な方向には、ほとんど変化がないことがわかった。

今後の課題として、圧子の先端の形状およびどこに接しているかを明らかにするなどが挙げられる。

【引用文献】

Wang et al., (2015) Scripta Materialia, 98, 40; Pandya et al. (2012) J. Phys.: Conf. Ser. 377 012097

Keywords: electron microscope, in-situ experiment, nano-deformation

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ビスマス相転移境界の再評価

小野　重明（海洋研究開発機構）

Re-evaluation of phase transitions in bismuth

Shigeaki Ono* (JASTEC)

We investigated the phase transitions in bismuth at high pressures and high temperatures using the multi-anvil press and the synchrotron X-ray diffraction technique. The stability of each phase was identified by observing the powdered X-ray diffraction data. The transition pressure between Bi-III and Bi-V determined in our study was 7.6 GPa at room temperature, which was in general agreement with that observed in previous high-pressure experiments.

量子ビームを利用した高圧実験では、装置で発生する圧力は、比較的正確に見積もることができる。一方、量子ビームの併用が困難な研究手法が多々あることや、量子ビームの利用機会が限られていることなどの理由から、今後も精力的に室内実験研究が行われることが予想される。そこで問題となるのは、室内実験における圧力情報の正確さであろう。地球内部科学においては、圧力は深度の情報に対応するからであり、緻密な研究を進める上では、きわめて正確な実験圧力条件を知ることが不可欠である。そこで本研究においては、室内実験で頻繁に利用されるビスマスの圧力校正用相転移反応について、相転移圧力の再決定を行い、従来から使われている相転移圧力データとの比較を行った。

高圧実験では、マルチアンビル型装置を用い、放射光X線回折実験を行った。実験はKEKのPFAR-NE7Aビームラインを利用した。実験方法は、これまで我々のグループが行ってきた方法とほぼ同様の手法を用いた。実験の温度圧力履歴は、室温で加圧し、目標圧力に到達した後、加熱を行った。その過程で、試料の粉末X線回折データを取得し、安定相の同定を行った。

Fig. 1 には、実験から得られた相転移境界を示した。過去の研究の中では、室温での相転移圧力は、7～8.2GPaのばらつきがあるが、本研究では、7.6GPaと見積もられた[1]。よく利用されている相転移圧力である 7.7GPa より、若干低い圧力である。しばしば、室温条件での相転移実験では、相転移カイネティクスの影響で、熱力学的な相境界が正確に決定できず、カイネティクスに支配された相境界を報告してしまう事例が起こっている。我々の研究の特徴は、高温条件での実験データも利用することにより、相転移カイネティクスの影響を小さくすることができる点である。以上のような理由から、高圧実験で圧力定点として利用されているビスマスのIII-V相転移圧力は、7.6GPaを提案する。

Keywords: Bismuth, Phase transition, High pressure
***Corresponding author: sono@jamstec.go.jp**

References

[1] S. Ono (2018) High-pressure phase transition of bismuth, High Pressure Research, 38:4, 414-421, DOI: 10.1080/08957959.2018.1541456

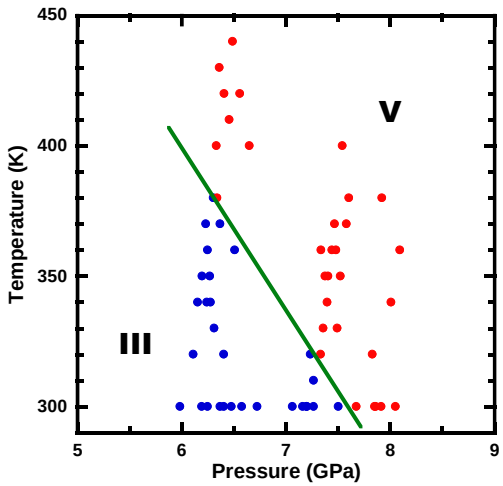


Fig. 1. Experimental results and phase boundary between Bi-III and Bi-V.

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ラマン分光法によるトリディマイトの圧力誘起相転移研究

神崎正美（岡大・惑星研）

Pressure-induced transitions of tridymite by Raman spectroscopy

Masami Kanzaki* (IPM, Okayama U.)

The pressure-induced phase transitions of tridymite (MC, MX-1, PO-10) were investigated by in-situ Raman spectroscopy. Starting from MC, the phase transition to PO-10 was observed at about 0.3 GPa, and new Raman peaks appeared at 1.5 GPa. The similar transitions were observed for MX-1 and PO-10, and PO-10 was always recovered. This observation suggests that the rare PO-10 in the meteorite may have been altered by shock events from the more common MC.

諸言：トリディマイトには多数の多形があるが、従来隕石からはMCだけが報告されてきた。しかし、最近になってPO-10と思われる多形も報告されるようになってきた。PO-10がMCとは異なる温度履歴により生じた可能性があるが、圧力による転移の可能性もある。貫井・中澤(鉱物学雑誌特別号2,1980)はMCからPO-10への転移を0.5 GPaで報告している。ただ彼らの報告では転移は可逆となっており、PO-10は常圧には回収できない。本研究はこの報告の追試、実験圧力の拡大、他の多形についても調べることを目的で行なった。

実験方法：MCについては合成方法の異なる２種の結晶を、MX-1はMCを粉砕したもの、PO-10については火山岩から得た天然結晶を使った。それぞれ試料をDACを使って室温で加圧した。メタノール・エタノール混合液を圧力媒体とした。顕微ラマン分光法を使って相の同定を行なった。

結果と議論：MCから出発した場合、0.3 GPa付近でMCのラマンピークが消え、PO-10のピークが現れた。その後、425 cm^{-1}のピークが圧力とともに強度を増していった。1.5 GPaにおいて、多数のピークが低波数側に現れた(Fig. 1)。このラマンスペクトルは既存のシリカ高圧相等のものとは一致しないので、新しい高圧相と考えられる。この相は最高実験圧の8.7 GPaまで観察された。減圧時にはこの高圧相が0.8 GPa付近まで観察され、徐々にPO-10へ変わっていった。しかしMCへは戻らず、回収されたのはPO-10であった。MX-1もまずPO-10へ転移して、その後はMCと同じ振る舞いをして、PO-10が回収された。

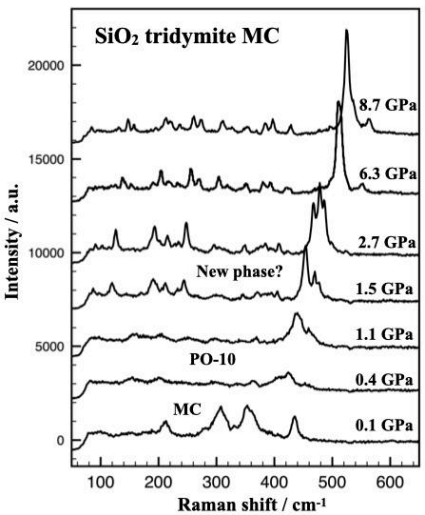


Figure 1. Selected in-situ high-pressure Raman spectra starting from tridymite MC at 24 ºC

PO-10から始めた場合には、0.2 GPaでMC同様に425 cm^{-1}付近のピークの強度が増加し始めた。1.6 GPa付近で低周波数領域で似た変化が生じ、高圧相に転移したと思われる。減圧時にはPO-10に戻った。PO-10の回収については貫井・中澤(1980)と異なる結果が得られた。その理由は不明であるが、PO-10が圧力によってMCから生じ得ることが示された。隕石中のPO-10はこのルートで生じた可能性がある。高圧相については構造を含めてさらに調べる予定である。

Keywords: tridymite, Raman spectroscopy, pressure-induced phase transition
*Corresponding author: mkanzaki@okayama-u.ac.jp

ステアリン酸からのダイヤモンド生成に伴う炭素同位体分別効果 ~C-H-O 流体の炭素同位体組成決定へ向けた予察的検討~

川村英彰*[1], 大藤弘明[1], M Satish-Kumar[2], 鈴木昭夫[1] ([1]東北大, [2]新潟大)

Carbon isotope fractionation during the formation of Diamond from Stearic acid under HP-HT condition

Hideaki Kawamura*, Hiroaki Ohfuji, M Satish-Kumar, Akio Suzuki ([1]Tohoku Univ., [2]Niigata Univ.)

We performed a series of high-pressure and high-temperature experiments using multi-anvil apparatus to investigate carbon isotope fractionation between solid carbon (Diamond / Graphite) and C-H-O fluid (mainly composed of CH_4 and H_2O) fluid as decomposition products of Stearic acid. We aim to indirectly estimate the carbon isotope fractionation by measuring the carbon isotopic composition of solid carbon produced during the decomposition of stearic acid.

1. はじめに

ダイヤモンド・炭酸塩鉱物・流体（C-H-O 流体と呼ばれる CH_4 などを含む流体）の 3 種類の物質は地球表層から深部への炭素の運搬において重要な役割を担う可能性があり，過去に様々な議論がなされてきた. 特にダイヤモンドは私たちが実際手に取れる形として, 形成当時の地球深部環境に関する情報を多分に保持すると考えられるため, その形成場や形成プロセスを解明することは極めて重要であると言える. 天然ダイヤモンドの記載研究に着目すると, そのバルク炭素同位体組成 $\delta^{13}C$ はマントル起源の炭素の同位体組成である-5‰付近から-30‰程度まで大きく変動することが報告されている（Cartigny et al., 2005, Cartigny et al., 2010）. これは異なる同位体組成を持つ炭酸塩鉱物（無機源）や C-H-O 流体（有機源）がマントルの炭素に混合している結果を示唆するものであるが, 混合によって生じたダイヤモンドが多様な同位体組成を示すその詳細なメカニズムは明らかになっていない.

そこで本研究では, 沈み込み帯に沿った地球深部環境下における炭酸塩鉱物－C-H-O 流体の相互作用を, 炭素同位体をトレーサーに用いた高温高圧実験によって検討することを目指す. 今回はその前段階として, 実験の出発物質であるステアリン酸（C-H-O 流体の発生源）が高温高圧下で分解した際の炭素同位体分別効果に関する結果を報告する.

2. 実験手法

ステアリン酸（$C_{18}H_{36}O_2$）は高温高圧下で主に C-H-O 流体と固体炭素に分解し（Yamaoka et al., 2004），固体炭素は温度圧力条件によってダイヤモンドもしくはグラファイトとして回収されることが報告されている. (Kawamura and Ohfuji, 2020).

高圧実験には 1500 t マルチアンビル装置を使用し, ペレット状にしたステアリンを Pt カプセル中に封入した. 圧力温度条件は 10 GPa および 17 GPa, 800℃および 1600℃で実施した. 回収試料の同位体分析は新潟大学にて同位体比質量分析計を用いて実施した.

3. 結果と考察

実験前のステアリン酸試料の $\delta^{13}C$ は約-28‰であった. 炭酸塩の $\delta^{13}C$ が約 0‰であることを考慮すると, 炭酸塩が無機源の ^{13}C に富み, 流体が有機源の ^{12}C に富むような実験を想定した場合, 有意な差である. 出発物質のステアリン酸と実験回収試料の固体炭素の同位体組成分析結果から, ステアリン酸の分解時に生成した流体の同位体組成を間接的に見積もることを目指す. 今後これらの結果を基に, C-H-O 流体－炭酸塩系での高温高圧実験のトレーサーとして炭素同位体の導入を実現することが期待される.

Keywords: Diamond, High pressure, C-H-O fluid, Carbon isotope, Carbonate
*Corresponding author: kawamura.hideaki.q7@dc.tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Phase boundary between diaspore and δ−AlOOH

鈴木昭夫（東北大院理）

Phase boundary between diaspore and δ-AlOOH

Akio SUZUKI (Tohoku Univ.)

Phase boundary between diaspore and δ-AlOOH was investigated using in situ X-ray powder diffraction technique and a large volume press. Experiments were carried out using a Kawai-type multi-anvil apparatus (MAX-III) installed at the AR-NE7A station at KEK (High Energy Accelerator Research Organization) in Japan. X-ray diffraction data were collected using a pure-Ge solid-state detector by the energy-dispersive method. Tungsten carbide cubes with 22mm edges were used. The size of the truncated corners was 3 mm. Semi-sintered zirconium oxide was used as the pressure-transmitting medium. A cylindrical heater was manufactured using the BN Composite EC (Denka, Co. Ltd.). The sample temperature was monitored using a W97Re3-W75Re25 thermocouple. The starting material was a mixture of diaspore, δ-AlOOH and NaCl. δ-AlOOH was synthesized at 18 GPa and 1000 K for 30 min from natural diaspore from Turkey. Pressure was determined using an equation of state of NaCl. Time-resolved X-ray diffraction measurement confirmed the stable phase at the experimental conditions. This study shows that the phase boundary between diaspore and δ-AlOOH locates around 15 GPa. The detail is mentioned in the on-site presentation.

Keywords: aluminum oxyhydroxide, high pressure, AlOOH, phase boundary, hydrous phase

*Corresponding author: akio.suzuki.c5@tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ダイヤモンドアンビルセルを用いたブリッジマナイト単結晶の高圧その場 IR 観察

辻野典秀　(岡山大学惑星研)

In-situ IR measurements of bridgmanite single crystal at high pressure using DAC

Noriyoshi Tsujino* (IPM, Okayama Univ.)

In this study, in-situ IR measurements of bridgmanite single crystal were conducted up to 20 GPa. Wavenumber of OH bands of ~3390 cm^{-1} is decreasing with increasing pressure.

1. はじめに

無水鉱物中に水は OH 基として取り込まれ、極微量でも鉱物物性に大きな影響を与える。この物性の変化は鉱物中の水素位置と密接に関係すると考えられ、無水鉱物中の水素位置に関する研究が行われている。しかしながら、その多くは大気圧下の水素位置を基に議論され、高圧条件下における無水鉱物中の水素位置の変化に言及した例は限られている。そこで、本研究では高圧下でブリッジマナイト単結晶の IR その場観察を行い、IR スペクトルの圧力変化を観察することを試みた。

2. 実験手法

その場 IR 測定には高圧発生装置としてダイヤモンドアンビルセル(DAC)を用いた。試料には合成した(Mg,Fe)SiO_3-ブリッジマナイト単結晶を用いた。ブリッジマナイト単結晶の c 軸が赤外光に対して平行方向となるように試料室内に設置した。圧力媒体には赤外光に対して透明な KBr を用いた。圧力測定にはルビー蛍光法[1]を用い、圧力条件は 0.6〜20 GPa の範囲である。

3. 結果

加減圧過程でのブリッジマナイトの IR スペクトルを Fig. 1 に示す。、〜3390 cm^{-1} の OH バンドは圧力とともに大きく低波数側へシフトすることが観察された。また、この圧力依存性は含水ウォズレアイトの同程度波数のものと同程度であることが明らかとなった。また、今回観察された OH バンドは b 軸にそろっていることが単結晶の IR 測定から明らかとなった。

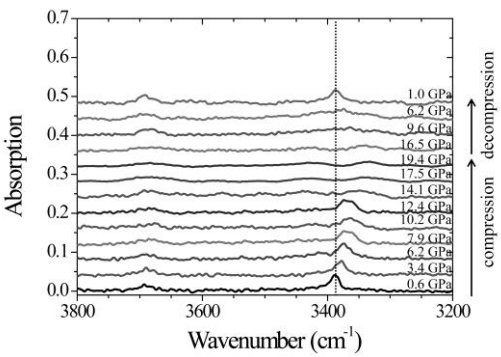


Figure 1. Pressure dependence of IR spectra of hydrous bridgmanite using DAC

Keywords: bridgmanite, in-situ IR measurement, high pressure

Reference: [1] Mao et al.: J. Geophys. Res., (1986).

*Corresponding author : tsujino@okayama-u.ac.jp

下部マントル最上部におけるマグマ中の含水量の温度・圧力依存性の解明

奥村晃太*、井上徹、柿澤翔、野田昌道、川添貴章、佐藤友子
（広島大・院先進理工）、新名亨、入舩徹男（愛媛大・GRC）

Water contents of magma as functions of pressure and temperature at the uppermost lower mantle

Kota OKUMURA*, Toru INOUE, Sho KAKIZAWA, Masamichi NODA, Takaaki KAWAZOE,
Tomoko SATO (Advanced Science and Engineering, Hiroshima Univ.),
Toru SHINMEI, Tetsuo IRIFUNE (GRC, Ehime Univ.)

近年の地震学的観測から、660 km 地震波速度不連続面直下に低地震波速度領域の存在が明らかにされており（Schmandt et al. 2014）、高圧含水鉱物の脱水溶融の可能性が指摘されている。ではこの領域で含水マグマが存在するとすれば、その含水量はどの程度になるであろうか。本研究ではこの疑問に答えるべく、下部マントル最上部条件下で生成されるマグマ中の含水量を実験的に明らかにした。

高温高圧実験は愛媛大学GRC及び広島大学超高圧研究室設置の川井型高圧発生装置（ORANGE-3000及びMAPLE-600）を使用して行った。下部マントル最上部条件を再現するため圧力は25 GPaに固定、温度は1200～1700℃の範囲で実験を行った。出発物質にはpyrolite組成に水を加えたものを採用し、SiO_2、Al_2O_3、Fe_2SiO_4、$CaSiO_3$、MgO、$Mg(OH)_2$の混合粉末を用いた。試料の含水量は8.3 wt%と14.8 wt%の2種類を用意した。分析には、EPMAを用いてマグマ及び共存する各固相の化学組成を明らかにした(ただしH_2Oは除く)。そしてその分析結果から、マスバランス計算により溶融度及びマグマ中の含水量を算出した。

図 1 に求められた溶融度から見積もったマグマ中の含水量、すなわち含水リキダスラインを示す。例えば下部マントル最上部の温度を 1650℃とすると、マグマ中の含水量は約 23 wt%と推定できる Sakamaki(2017)ではマグマの密度の立場から、この領域で重力的に安定であるためには含水量が 8 wt%以下であるべきと報告している。したがってこの領域で含水マグマが重力的に安定に存在することは困難であると考えられる。

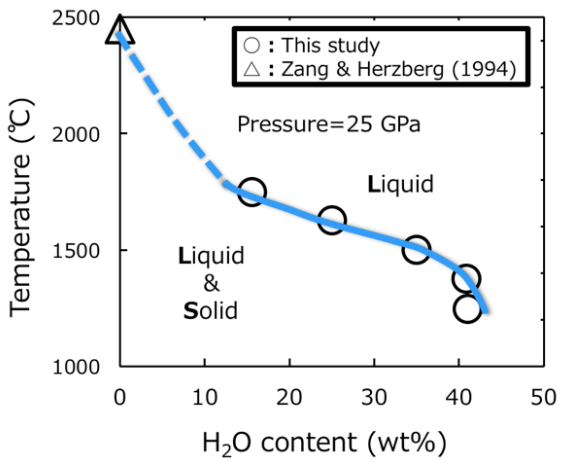


Fig 1: Hydrous liquidus line in pyrolite-H_2O pseudo-binary system at 25GPa

Key words: Water content in magma, Phase diagram, Uppermost lower mantle
Corresponding author: m214267@hiroshima-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

マグマ内に存在する Fe_2O_3 の高圧下での部分モル体積

坂凜太郎，鈴木昭夫*，坂巻竜也（東北大学・理）

Partial molar volume of Fe_2O_3 in magma at high pressure

Rintaro BAN, Akio SUZUKI*, Tatsuya SAKAMAKI (Tohoku Univ.)

Understanding of the magma behavior is essential for discussing igneous activities not only on the surface but also in the interior of the Earth. Based on geophysical observations, the presence of magma is proposed in the deep mantle. Previous studies indicate the existence of high concentration of Fe_2O_3 in the lower mantle. Although the knowledge of the behavior of Fe_2O_3 in the magma has become essential for discussing in the deep mantle, i.e., at high pressure and temperature, there is no data on it. In this study, we report partial molar volume of Fe_2O_3 in silicate melts calculated from the density of Fe_2O_3-bearing silicate melt measured by sink-float method.

Keywords: partial molar volume, magma, sink-float method
*Corresponding author: akio.suzuki.c5@tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

高圧下における SiO_2 ガラスの屈折率測定

境毅*，三守秀門（愛媛大・地球深部研）

Refractive index measurement of SiO_2 glass under high pressure

Takeshi Sakai*, Hideto Mimori (GRC, Ehime Univ.)

Refractive index of SiO_2 glass was successfully measured up to 70 GPa using optical interferometric signals in the diamond anvil cell. The refractive index of SiO_2 glass increases linearly with density up to 20 GPa. At pressures above 20 GPa, however, it begins to deviate from the linear relationship and becomes consistent with that of Stishovite. This trend corresponds to the change in the coordination number of Si in SiO_2 glass from 4 to 6. It shows that refractive index measurements under high pressure can provide insight into the structural changes of SiO_2 glass under high pressure.

１．はじめに

核 - マントル境界のようなマントル深部でもマグマが存在する可能性が議論されており、高圧下におけるマグマ（ケイ酸塩メルト）の物性を知ることはマントルダイナミクスを考える上で重要である。SiO_2 はケイ酸塩メルトの主成分であり、その構造に対し支配的役割を担う。そのため SiO_2 ガラスをモデル物質とした構造や密度に関する研究が数多くなされてきた。しかし、それらの多くは放射光 X 線を用いた回折法(e.g., Kono et al., 2020)や吸収法(Petitgirard et al., 2017)によるものが多い。そこで我々は密度と密接な関係のある屈折率に着目し、屈折率から高圧下における非晶質物質の構造変化について知見を得ることを目的として、SiO_2 ガラスの高圧下屈折率測定を試みた。

２．手法

高圧発生にはダイヤモンドアンビルセル(DAC)を用いた。DAC に可視光を照射すると上下アンビル間で光学的干渉が起こる。この干渉スペクトルは試料厚みと屈折率によって記述されるため、試料厚みが分かれば屈折率を決定することができる。干渉スペクトルを利用した高圧下での屈折率測定には、Cavity 法と標準試料法の 2 つの方法を用いた。Cavity 法は、我々が新たに開発した手法で、DAC のキュレット面に集束イオンビーム加工装置(FIB)を用いて窪み(cavity)を作り、この cavity のある場所とない場所の 2 ヵ所で干渉スペクトルを測定し、干渉の条件式を連立方程式として解くことで屈折率を求める方法である。標準試料法では、キュレット面の中心に対して対照的な位置に標準試料と測定試料の 2 つの試料をそれぞれ封入する。標準試料から試料厚みを決定し、光学干渉スペクトルから屈折率を得る方法である。標準試料には高圧下における屈折率が既知である H_2O (Dewaele et al., 2003)を用いた。

３．結果と考察

Cavity 法で 60 GPa まで、標準試料法で 70 GPa までの屈折率測定に成功した。屈折率は約 40 GPa まで急速に上昇した後、それ以上の圧力では上昇傾向が緩慢になるという特徴が観察された。各圧力での SiO_2 ガラスの密度を状態方程式(Petitgirard et al., 2017)から見積もると、比較的低圧下では屈折率は密度に対して線形関係にあり Quartz や Coesite と整合的だが、20 GPa 以上で線形関係からずれ始め Stishovite の屈折率と合う方向に変化した。この密度 - 屈折率関係の傾向の変化は、高圧下における Si の配位数変化(4→6)に対応すると考えられる。

Keywords: Refractive index, Diamond anvil cell, SiO_2 glass, coordination number
Corresponding author: sakai@sci.ehime-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ポスター | R4：地球表層・環境・生命

2021年9月16日(木) 9:30 ~ 18:30 | ePoster Session

R4：地球表層・環境・生命

[現地ポスターコアタイム]
12:30〜14:00
17:00〜18:30

9:30 ~ 18:30

[R4P-01] サンゴ骨格中のカルサイト–アラゴナイト分布

*甕 聡子[1]、波利井 佐紀[2]、富岡 尚敬[3]、伊藤 元雄[3] (1. 山形大・理、2. 琉大・熱生研、3. JAMSTEC)

9:30 ~ 18:30

[R4P-02] 魚類耳石を構成するvateriteの結晶学的特徴

「発表賞エントリー」

*高橋 玄[1]、奥村 大河[1]、鈴木 道生[2]、小暮 敏博[1] (1. 東大・院理、2. 東大・院農)

9:30 ~ 18:30

[R4P-03] **サポナイト層間における陽イオン交換選択係数の測定**

*野路 陽平[1]、福士 圭介[2]、徳門 弘都[2] (1. 金沢大・学理、2. 金沢大・院理)

サンゴ骨格中のカルサイト–アラゴナイト分布

甕聡子（山形大・理），波利井佐紀（琉大・熱生研），
富岡尚敬，伊藤元雄（JAMSTEC）

Distribution of calcite-aragonite on skeletons of scleractinian coral

Satoko Motai *(Yamagata Univ.), Saki Harii (Univ. Ryukyus),
Naotaka Tomioka, Motoo Ito (JAMSTEC)

造礁サンゴ（イシサンゴ目）は主に熱帯・亜熱帯の浅海で体内の褐虫藻と共生する動物であり，炭酸カルシウムで構成される外骨格を持つ．これまで骨格はアラゴナイトの多結晶集合体であると考えられてきた．しかし近年になって，南極海に生息する褐虫藻を持たない種や海水の元素組成比が現在と異なる白亜紀には，カルサイトもサンゴ骨格構成鉱物であることが報告されている（Stolarski et al., 2007; Stolarski et al., 2021）．本研究では，サンゴの石灰化における多形選択の過程について検証するため，カルサイトの析出しやすい環境下でサンゴを飼育し，骨格中の鉱物相分布を観察した．

カルサイトを形成させるため，共生藻から隔離した造礁サンゴ幼生（*Acropora* sp.）をMg/Caモル比=5.0，2.4の海水中で保持した．その後，ペプチド試薬（Hym-248）を添加し稚ポリプへと変態させ石灰化を開始させ，1~2週間飼育した．生体部は次亜塩素酸ナトリウムで除去した．得られた骨格は，6回対称の隔壁からなる典型的なコラライトと底盤を持つ骨格構造を有することを光学顕微鏡で確認した．骨格を樹脂包埋し，その成長方向に断面が出るように研磨した．高知コア研究所に設置されている分析走査型電子顕微鏡（SEM-EDS）で元素マッピングを行い，骨格中のCa，Mg分布を確かめた．その後，同試料をラマン顕微鏡(RAMANtouch, Nanophoton, Osaka）で測定し，鉱物相の同定を行った．

SEM-EDS分析では，骨格の底盤の一部と隔壁の骨格中心部にMgの濃集が認められた．ラマン分析において， Mg濃集部分はカルサイト，Mg濃度が低い部分はアラゴナイトのスペクトルを示した．カルサイト–アラゴナイト境界の両相混合領域は幅5 μm以下である．骨格の幅50 μmと8日間の飼育期間から骨格成長速度は~3 μm/dayと概算され，遷移は2日以内で起きると推測される．底盤は石灰化初期に形成される．また，隔壁は中心部から外部に向かって骨格が形成されることが知られている(Cuif et al., 2003)．よって，カルサイトは周囲のアラゴナイトより先に析出し，一度サンゴ生体内でアラゴナイト析出条件を満たすとその環境が維持されると考えられる．多形選択に関わる要因として，有機物テンプレート，Mg/Caモル比が提唱されている（Kitano 1962; Cuif et al., 2003）．本研究の結果は両仮説と矛盾しない．そのため，鉱物相遷移部のより詳細な微細組織観察を通じ，仮説の検証を行うことが今後の課題となる．

Stolarski et al., 2007, Science, 318, 92–94.
Stolarski et al., 2021, Proc. Natl. Acad. Sci., 118, e2013316117.
Cuif et al., 2003, Geochim. Cosmochim. Acta., 67, 75–83.
Kitano, 1962, Bull. Chem. Soc. Jpn., 35, 1973–1980.

Keywords: reef-building coral, biomineralization
*Corresponding author: motai@sci.kj.yamagata-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

魚類耳石を構成する vaterite の結晶学的特徴

高橋玄（東大・院理），奥村大河（東大・院理），
鈴木道生（東大・院農），小暮敏博（東大・院理）

Crystallographic characteristics of vaterite in fish otolith

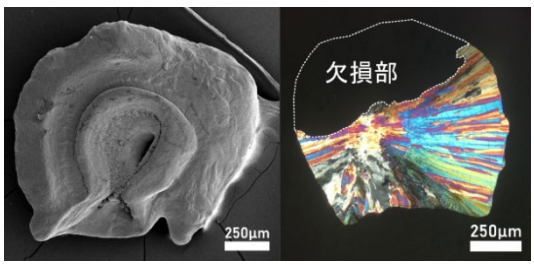
Gen Takahashi (Univ. Tokyo, Sci.) *, Taiga Okumura (Univ. Tokyo, Sci.),
Michio Suzuki (Univ. Tokyo, Agri.) and Toshihiro Kogure (Univ. Tokyo, Sci.)

魚類の内耳中には耳石と呼ばれる塊状の炭酸カルシウム結晶が存在し、加速度や音に対するセンサーとしての機能を担っている。一般的な硬骨魚類には礫石、扁平石、星状石と呼ばれる 3 つの耳石があるが、礫石と扁平石は aragonite、そして星状石は vaterite というように異なる結晶多形を取ることが多い。vaterite は準安定相で溶解度が高く、溶液中では時間と共に calcite などの安定な多形へ相転移する。何故魚類耳石では vaterite が形成され安定に存在し得るのか、その理由はわかっていない。しかし、有機物の寄与などのバイオミネラリゼーション特有のプロセスが重要な役割を果たしていると考えられる。

本研究では魚類耳石における vaterite の形成機構を解明するため、まずその結晶学的特徴を調べた。試料には一般的な硬骨魚類の例として金魚(*Carassius auratus*)の星状石を主に使用し、また 3 つの耳石全てに vaterite が含まれる特殊な例としてベステルチョウザメ(*Acipenser ruthenus* × *Huso huso*)の扁平石も使用した。

まず、これらの試料を粉末化し XRD と TG-DTA による測定を実施した。魚類耳石の vaterite の XRD におけるピーク位置や TG-DTA における calcite への転移温度は無機的に合成された vaterite と同じであった。一方、XRD の各ピークの半値幅が耳石由来の vaterite ではより狭くなった。この特徴は金魚とチョウザメの両方で見られた。

金魚の星状石はアスペクト比が概ね 3:1 の円盤状の形をしている（図 1）。その円周を含む面に相当する薄片を作製し、偏光顕微鏡による観察（図 2）及び EBSD による結晶方位測定を行った。尚、EBSD の解析には Kamhi (1963)による vaterite の平均構造（$P6_3/mmc$, a = 4.13, c = 8.49 Å）を用いた。結果として金魚の星状石を構成する vaterite は中心から半径方向へ放射状に伸長し、それらの結晶は概ね a 軸が半径方向に c 軸は円周方向に向くという特徴が見られた。



（左）図 1 : 金魚星状石の SEM 像

（右）図 2 : 金魚星状石薄片の偏光顕微鏡写真

Keywords: biomineralization, calcium carbonate, otolith

*Corresponding author: gen_takahashi@eps.s.u-tokyo.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

サポナイト層間における陽イオン交換選択係数の測定

野路陽平*(金沢大学), 福士圭介(金沢大学), 徳門弘都(金沢大学)

Measurement of the cation exchange selectivity of saponite

Yohei Noji* (Kanazawa Univ), Keisuke Fukushi (Kanazawa Univ), Hiroto Tokumon (Kanazawa Univ)

現在の火星は寒冷・乾燥化した惑星であるが、約 40 億年前は温暖な時期があり、表面では大規模な水循環が存在していたことが明らかとなっている。NASA の火星探査ミッション Mars2020 の探査車パーシビアランスはかつて湖沼があったジェゼロクレーターに降り立ち、探査している。ジェゼロクレーターには、湖沼堆積物にサポナイトなどの水の作用で生成した二次鉱物が存在することが確認されている。溶液中でサポナイトは構造内の層間陽イオンを溶液内の陽イオンと交換しやすいという性質を持つ。したがって、サポナイトの層間陽イオン組成からサポナイトの陽イオン交換選択係数を用いることで、かつて接触していた間隙水の水質を制約することが可能である。スメクタイトの陽イオン交換選択係数は古くから測定されているが、その多くは地球上で広範に存在するモンモリロナイトのものであり、火星など地球外天体で普遍的に存在するサポナイトではほとんど測定例がない。そこで本研究ではサポナイトによる陽イオン選択係数を実験的に求め、これまで報告されているスメクタイトの選択係数と比較することを目的とした。

実験はクニミネ工業株式会社の合成サポナイトであるスメクトン-SA を用いた。イオン交換実験に先立ち層間陽イオンが完全 Na^+型のサポナイト懸濁液を作成した。遠心管に、作成した Na^+型サポナイト懸濁液、溶液のカリウムイオン濃度が順に 4～20 mM 程度になるように、KCl 溶液を添加し、その後、全量が 40mL になるようにイオン交換水を添加した。作成した懸濁液を 25℃の温度条件下で、24 時間インキュベーター内でミックスローターにより攪拌し、反応させ、遠心分離機にて固相と液相に分離した。さらに、液相をろ過したものを ICP-OES にて K^+, Na^+, Mg^+の濃度測定を行い、測定した K^+, Na^+ 濃度から Na^+-K^+選択係数を求めた。

実験の結果、KCl の添加量を増やすと層間に取り込まれる K^+の量が増加し、溶液中の Na^+の量も増加するという相関関係がみられた。この測定したイオン濃度の値から求められた Na^+-K^+選択係数は先行研究よりも優位に低い値であった。この結果から、スメクタイト族の中でもサポナイトは層間陽イオンの交換が行われにくいという可能性があることが示唆された。サポナイトは液体の水を持つ太陽系天体に普遍的に存在する。今後サポナイトの層間組成を利用した水質復元を行うにあたって、陽イオン選択係数を再考する必要があるかもしれない。

Keywords: Saponite, Cation selectivity

*E-mail: y_noji0219@stu.kanazawa-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ポスター | R6：深成岩・火山岩及び サブダクションファクトリー

2021年9月16日(木) 9:30 ~ 18:30 | ePoster Session

R6：深成岩・火山岩及び サブダクションファクトリー

[現地ポスターコアタイム]
12:30〜14:00
17:00〜18:30

9:30 ~ 18:30

[R6P-01] 北上山地，堺ノ神深成岩体の形成プロセスの解明：岩石学的研究による貫入・定置プロセスの温度・圧力条件

「発表賞エントリー」

*鈴木 哲士[1]、浅井 信夫[1]、中島 和夫[1]、湯口 貴史[1] (1. 山形大・院理)

9:30 ~ 18:30

[R6P-02] 阿武隈帯中部，南蔵王地域・栗子地域の白亜紀花崗岩類・変成岩類の岩石学的研究

*丸山 純一[1]、加々島 慎一[2] (1. 山形大・院理、2. 山形大学)

9:30 ~ 18:30

[R6P-03] 阿武隈山地東部に分布する深成岩類のジルコンU-Pb年代

*御子柴 真澄[1]、高橋 浩[1]、久保 和也[1]、檀原 徹[2]、岩野 英樹[2]、平田 岳史[3] (1. 産総研、2. （株）京都フィッション・トラック、3. 東大・院理)

9:30 ~ 18:30

[R6P-04] 花崗岩中の割れ目発生・発達プロセスの解明：熱水変質を指標としたアプローチ

*湯口 貴史[1]、笹尾 英嗣[2]、五十公野 裕也[1] (1. 山形大・理、2. 原子力機構)

9:30 ~ 18:30

[R6P-05] **等粒状花崗岩の他形カリ長石のカソードルミネッセンス　オシラトリゾーニングの新知見 ―土岐花崗岩体を例に**

*野中 麻衣[1]、湯口 貴史[1]、鈴木 哲士[1]、井村 匠[1]、中島 和夫[1]、西山 忠男[2] (1. 山形大・院理、2. 熊本大)

9:30 ~ 18:30

[R6P-06] 愛媛県四阪島梶島に分布する白亜紀苦鉄質岩類の岩石記載と全岩化学組成

「発表賞エントリー」

*下岡 和也[1]、斉藤 哲[1] (1. 愛媛大・院理工)

9:30 ~ 18:30

[R6P-07] 大崩山花崗岩体中の石英におけるカソードルミネッセンス像とTi濃度およびAl濃度の関係

*渡邊 みのり[1]、加藤 丈典[2]、小北 康弘[3]、湯口 貴史[1] (1. 山形大、2. 名古屋大、3. 原子力機構)

北上山地，堺ノ神深成岩体の形成プロセスの解明：岩石学的研究による貫入・定置プロセスの温度・圧力条件

鈴木哲士・浅井信夫・中島和夫・湯口貴史（山形大）

Temperature and pressure conditions of intrusive and emplacement processes of the Sakainokami plutonic body, Northeast Japan

Satoshi Suzuki*, Nobuo Asai, Kazuo Nakashima, Takashi Yuguchi
(Yamagata Univ)

北上山地の地質構造は中・古生界の堆積岩類とそれに貫入する深成岩類で構成され(生出ほか, 1989)，その深成岩類は斑レイ岩～花崗岩まで広く分布する(片田ほか，1971)．研究対象である堺ノ神深成岩体は複雑な岩相変化を示すことが報告されており(Kato and Hama, 1976)，堺ノ神岩体は北上山地のミニチュアモデルとして捉えることができる．また，堺ノ神岩体は Kato and Hama (1976)によって，野外調査と鏡下観察から３つの岩相に分類されている．本報告では堺ノ神岩体の形成プロセスを解明するために，空間的に疎のないようにサンプリングを行い（サンプル 112 個），得られた空間的な岩石情報（露頭観察，鏡下観察，モード，全岩化学組成）から岩相の再区分を実施した．これに加えて，再区分した岩相ごとに地質温度計・圧力計を適用し，貫入・定置プロセスにおけるマグマの固結温度・圧力条件ついて検討する．

岩相区分では空間的な岩石情報から，黒雲母含有両輝石普通角閃石斑レイ岩（A 岩相），黒雲母普通角閃石モンゾ斑レイ岩～閃緑岩（B 岩相），黒雲母普通角閃石花崗閃緑岩の優黒質（C 岩相）と優白質（D 岩相），そしてこれまで報告例のない貫入岩体（E 岩相）の５つに分類した．これに加えて，再区分した岩相に対して Schmidt (1992)の Al-in-角閃石圧力計，Blundy and Holland (1990)の斜長石・角閃石温度計を適用した．

地質温度計・圧力計ではコアからは貫入時の温度・圧力，リムからは定置した温度・圧力がそれぞれ得られると仮定し，マグマの固結温度・圧力条件を議論した．その結果，A，B，C，E 岩相のコアの温度・圧力では誤差範囲内にプロットされ，およそ温度が 880 ℃，圧力は 650 MPa（ρ =2.7 g/cm^3 と仮定すると深度は約 25 km）で結晶化が開始し，温度・圧力の低下と共に結晶化が進む．一方で D 岩相では，およそ温度が 750 ℃，圧力は 390 MPa から晶出し始め（深度は約 15 km），温度・圧力の低下と共に結晶化が進むことから，他岩相とは異なる貫入・定置プロセスを有すると解釈できる．また，リムでは全ての岩相で温度は 650～700 ℃，圧力が 200～400 MPa の水に飽和した場合の花崗岩のソリダス線(Thompson and Algor, 1977)付近に集中してプロットされた．そこで，温度・圧力それぞれで全ての岩相の加重平均を求めたところ，温度 687±10 ℃，圧力 285±16 MPa を示した．つまり，堺ノ神岩体は深度 10～11 km の水に飽和した環境下に定置したと解釈できる．

Keywords: Skainokami plutonic body, lithofacies, geothermometer, geobarometer.
*Corresponding author: s211681d@st.yamagata-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

阿武隈帯中部，南蔵王地域・栗子地域の白亜紀花崗岩類・変成岩類の岩石学的研究

丸山純一，加々島慎一（山形大）

Petrography of the granitic and metamorphic rocks in Minami-Zao and Kuriko areas, central part of Abukuma Belt, Northeast Japan

Jun-ichi Maruyama* and Shin-ichi Kagashima (Yamagata Univ.)

東北日本の地質帯の一つである阿武隈帯は白亜紀の花崗岩類を主体として構成される．阿武隈帯の花崗岩類は，南部の阿武隈山地にまとまって分布するのに対し，中部では散在して分布する．本研究の対象地域は阿武隈帯中部に位置する南蔵王・栗子地域であり，花崗岩類・変成岩類が露出している．栗子地域では丸山(1979)により花崗岩類の Rb-Sr 含有量について朝日山地のものと比較が行われているが，以降は同地域における岩石学的研究がほとんど行われていない． しかし，阿武隈帯全体の火成活動を解明し，起源物質である下部地殻の特性を明らかにするうえで，阿武隈帯中部の基盤岩類の岩石学的研究は重要である．

本研究は，南蔵王地域・栗子地域の花崗岩類・変成岩類について，岩石記載，全岩化学組成分析を行い，その成因を明らかにすることを目的としている．福島県福島市北西の摺上川，烏川流域において花崗岩類・変成岩類を合計 23 試料採取した．

花崗岩類はモード組成より花崗岩～トーナル岩に分類される．烏川では，局所的に花崗岩が花崗閃緑岩に非調和に貫入している．主成分鉱物は石英，斜長石，カリ長石，黒雲母，角閃石，副成分鉱物はアパタイト，ジルコン，白雲母，および二次鉱物として緑簾石がみられる．一部サンプルは激しく変質しており，黒雲母の緑泥石化，斜長石のソーシュライト化がみられる．変成岩類は黒雲母片麻岩，角閃石-黒雲母片麻岩，ザクロ石-黒雲母片麻岩，珪線石-白雲母-黒雲母片麻岩，菫青石-ザクロ石-黒雲母片麻岩，角閃岩が確認される．鉱物組み合せは珪線石±白雲母±ザクロ石±菫青石±角閃石±黒雲母±石英±斜長石±カリ長石である．

花崗岩類の全岩化学組成分析の結果，SiO_2 量は 59.4 wt.%～73.0 wt.%を示す．判別図により火山弧花崗岩，アルミナ飽和度は 0.9 から 1.3 の範囲にプロットされる．阿武隈帯中部に散在する他の花崗岩類との比較を行ったところ，主要元素は他岩体のトレンドと調和的であるが、微量元素のうち Sr においては 3 つの異なるトレンドがみられる．3 つのトレンドごとの地理的な分布をみると，それぞれ蔵王地域，白布～猪苗代地域，南陽～日山の 3 つの地域に分けることができる．これはマグマの起源物質の不均質性，マグマ形成過程の違いが反映されていると考えられる．

引用文献

亀井ほか, 2003, 地質学雑誌; 丸山ほか, 1979, 地質学論集; 吉田ほか, 2016, 日本地質学会第 123 年学術講演要旨

Keyword: Abukuma Belt, granitic rock
Corresponding author: jm.abcd.223.z@gmail.com

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

阿武隈山地東部に分布する深成岩類のジルコン U–Pb 年代

御子柴真澄*・高橋　浩・久保和也（産総研地質調査総合センター）・
檀原　徹・岩野英樹（京都フィッショントラック）・平田岳史（東京大学）

Zircon U–Pb ages of the plutonic rocks in the eastern part of the Abukuma Mountains

M. U. Mikoshiba*, Y. Takahashi, K. Kubo (GSJ, AIST), T. Danhara,
H. Iwano (Kyoto Fission-Track), and T. Hirata (Univ. Tokyo)

阿武隈山地には，花崗岩類を主体とする深成岩類が広く分布しており，古くから研究されてきた（渡辺ほか, 1955; 田中, 1989 など）．

近年，阿武隈山地の深成岩類について，ジルコンの U–Pb 年代が数多く報告され（Kon and Takagi, 2012; Kon et al., 2015; Ishihara and Orihashi, 2015; Takahashi et al., 2016 など），これらは 121–96 Ma の年代を示すことが明らかになった．また，山地東縁の花崗岩類からは石炭紀末の年代も報告された（Tsutsumi et al., 2010; Tsuchiya et al., 2014 など）．しかし，山地東部の深成岩類の年代値の報告はまだ少ない．今回，阿武隈山地東部に分布する花崗岩類のジルコン U–Pb 年代測定を行ったのでその結果を報告し，花崗岩類の貫入時期などについて考察する．

先第三系の地帯構造区分として，阿武隈山地主要部とその北方延長は阿武隈帯，阿武隈山地東縁の畑川破砕帯から東側とその北方延長は北上帯に区分されている（久保・山元, 1990）．畑川破砕帯以西の阿武隈帯の花崗岩類は，貫入関係から古い順に，角閃石黒雲母花崗閃緑岩，角閃石含有黒雲母花崗閃緑岩，黒雲母花崗岩，白雲母黒雲母花崗岩などが分布する．畑川破砕帯とその東方の双葉破砕帯の間の北上帯には，石英閃緑岩，角閃石黒雲母花崗閃緑岩，黒雲母花崗岩などが分布し，複数の岩体に区分されている（久保ほか, 1990, 1994, 2002）．

今回，阿武隈帯の花崗岩類のジルコン U–Pb 年代として，中粒角閃石黒雲母花崗閃緑岩（福島県いわき市及び田村市）で 112.1±0.9 Ma 及び 103.5±1.5 Ma の値が得られた．また，中粒淡紅色黒雲母花崗岩（いわき市）で 108.7±1.0 Ma，細－中粒灰色黒雲母花崗岩（浪江町）で 111.6±0.7 Ma の年代値が得られた．さらに，畑川－双葉破砕帯間の北上帯において，前期白亜紀の火山岩類に貫入する国見山花崗閃緑岩（中粒角閃石黒雲母花崗閃緑岩，南相馬市）で 118.4±0.9 Ma，国見山花崗閃緑岩を貫く八丈石山花崗岩（中－粗粒黒雲母花崗岩，浪江町）で 111.5±0.8 Ma の年代値が得られた．

今回得られた年代は，すべて前期白亜紀に相当する．阿武隈帯の花崗岩類のうち，広く分布する中粒角閃石黒雲母花崗閃緑岩の年代値は幅があり，マグマの活動が比較的長期間続いたことを示す．また，黒雲母花崗岩の年代値はいずれも 110 Ma に近く，これまでの報告と調和的であった．

さらに，今回得られた北上帯の花崗岩類の U–Pb 年代は，貫入関係と調和的であり，鉱物の K–Ar 年代（久保ほか，1990）に比べ若干若いか誤差の範囲内で一致する．Ishihara and Orihashi（2015）は，南方の花崗閃緑岩から 108–106 Ma の年代値を報告したが，今回の測定ではより古い年代値が得られ，北上山地深成岩類との類似性が示唆された．

Keywords: Plutonic rocks, Abukuma Belt, Kitakami Belt, U–Pb age, zircon

*Corresponding author: masumi-mikoshiba@aist.go.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

花崗岩中の割れ目発生・発達プロセスの解明：熱水変質を指標としたアプローチ

湯口貴史 (山形大)*・五十公野裕也(山形大)・笹尾英嗣 (原子力機構)

Genesis and development processes of fractures in granite: petrographic indicators of hydrothermal alteration

Takashi Yuguchi (Yamagata Univ.) *, Yuya Izumino (Yamagata Univ.), Eiji Sasao (JAEA)

花崗岩体中には普遍的に割れ目が生じており，その割れ目を通路として岩体内の物質移動が生じる。このため，岩体内の割れ目分布の評価は物質移動特性の解明へと繋がる。物質移動特性の解明は，高レベル放射性廃棄物の地層処分や石油などの地下貯蔵の安全性評価において重要な課題である。本研究では，物質移動への寄与が大きく，肉眼で観察可能な割れ目であるラージスケール割れ目と鉱物の熱水変質（黒雲母の緑泥石化・斜長石の変質）の程度，そして鉱物中の微小空隙の 3 者の関係について解明した。

岩石試料は土岐花崗岩体のボーリング孔である 06MI03 号孔（瑞浪超深地層研究所）から採取した。06MI03 号孔では，ラージスケール割れ目の情報が収集されており，割れ目頻度の異なる 24 試料を研究対象とした。これらの試料には黒雲母の緑泥石化と斜長石の変質が普遍的に観察される。

変質の程度を試料間で比較するためには変質の程度を定量的に表す基準が必要となる。今日まで花崗岩の変質の強弱は，変質鉱物の出現や量比(ポイントカウンティングによる薄片のモード)の記載によってその程度が表される。しかし，ポイントカウンティングによるモードは変質鉱物以外の鉱物データも含むため，それだけで変質の程度を十分に評価できているとは言えない。そこで変質の程度の評価のために，対象とする鉱物の BSE 像の画像解析により鉱物中の変質領域と鉱物面積を取得し，その比を変質インディケータとして定義した。鉱物中の微小空隙面積もまた BSE 像の画像解析によって導出した。

3 者の関係は 2 つの傾向を示す:①変質インディケータと微小空隙が正の相関を有する傾向，そして②ラージスケール割れ目の発達する岩石領域では変質インディケータと微小空隙がともに大きくなる傾向を見出した。①の傾向は，鉱物の変質の発達が，鉱物中の微小空隙の量に支配されているということ，②の傾向は，変質インディケータが割れ目分布の評価に有効な指標となることを示す。

Keywords: Macroscopic fracture; Microvoid; alteration indicator; biotite chloritization; Toki granite.

*Corresponding author: takashi_yuguchi@sci.kj.yamagata-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

等粒状花崗岩の他形カリ長石のカソードルミネッセンスオシラトリゾーニングの新知見 －土岐花崗岩体を例に

野中麻衣（山形大学）*・湯口貴史（山形大学）・鈴木哲士（山形大学）・井村匠（山形大学）・中島和夫（山形大学）・西山忠男（熊本大学）

Cathodoluminescence oscillatory zoning of anhedral K-feldspar from equigranular Toki granite

Mai Nonaka*, Takashi Yuguchi, Satoshi Suzuki, Takumi Imura, Kazuo Nakashima (Yamagata Univ.), Tadao Nishiyama (Kumamoto Univ.)

花崗岩中の鉱物のカソードルミネッセンス（CL）像解析は，鉱物の形成・成長を明らかにすることができ，花崗岩質マグマの冷却過程の解明に有用である。カリ長石のオシラトリゾーニングはメガクリストやフェノクリストにおいて報告されるものの（Vernon and Paterson, 2008; Vernon, 2010），等粒状花崗岩において報告例はない。本研究では，等粒状花崗岩である土岐花崗岩中の他形カリ長石において，CL オシラトリゾーニング（波状累帯構造）を新たに見いだした。カリ長石のオシラトリゾーニング形成の知見は，マグマ溜り中の鉱物成長（メルトと鉱物間の元素分配）に加えて，マグマ溜り自体の化学的進化の解明に資するデータを与える。

研究対象である土岐花崗岩体は，白雲母黒雲母花崗岩，ホルンブレンド黒雲母花崗岩，黒雲母花崗岩の 3 岩相で構成される。ボーリングコア試料からサンプリングを行い，各岩相から 3 試料（計 9 試料）の岩石試料を研究対象とした。これらの試料には他形カリ長石が普遍的に産出する。

研究手法としては，偏光顕微鏡による薄片観察，SEM-CL（JEOL：IT100A+Gatan MiniCL）による BSE 像及び CL 像の取得，EPMA（JEOL：JXA-8900）を用いた化学分析（元素マッピングとライン分析）を行った。

土岐花崗岩体の他形カリ長石に対して，以下の 2 つ知見が得られた。①CL 像観察より，これまでに報告例のないオシラトリゾーニングが観察された。このオシラトリゾーニングからカリ長石の成長開始地点が評価できる。②元素マッピングとライン分析の結果より，CL 像の高輝度域ではバリウム，チタン，アルミニウム，ナトリウムの含有量が相対的に多く，シリコンとカリウムの含有量が乏しい傾向が得られた。特に，チタンとバリウムの含有量と輝度の正の相関が顕著であり，オシラトリゾーニングの生成は，これらの元素のメルトからの供給に支配される。

Keywords: **cathodoluminescence; K-feldspar; oscillatory zoning; Toki granite.**

*Corresponding author: s215046m@st.yamagata-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

愛媛県四阪島梶島に分布する白亜紀苦鉄質岩類の岩石記載と全岩化学組成

下岡和也・齊藤哲(愛媛大・院理工)

Petrography and whole-rock geochemical compositions of mafic rocks occurring in the Kajishima, Shisaka Islands, Ehime Prefecture

Kazuya SHIMOOKA*, Satoshi SAITO (Ehime Univ.)

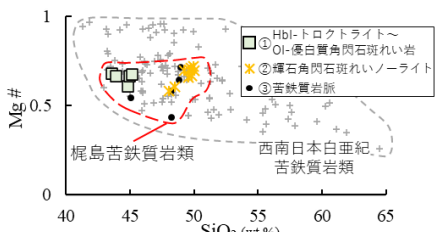
Mafic rocks have been thought to be genetically related to large igneous activity which forms Cretaceous granitoid batholith in southwest Japan. In this study, we describe petrographic characteristics and newly acquire whole-rock geochemical compositions of mafic rocks in the Kajishima, Ehime prefecture. The mafic rocks can be divided into troctolite, gabbro, gabbronorite, and mafic dyke based on field observation and petrography. They show whole-rock SiO_2 contents of 43－50 wt % which are in the range of that of mafic rocks (SiO_2 = 41－66 wt %) associated with Cretaceous granitoid batholith in southwest Japan. The mafic rocks occurring in Kajishima are probably representative of the Cretaceous mafic rocks in southwest Japan.

西南日本白亜紀花崗岩類の成因として、エンリッチマントル由来苦鉄質下部地殻構成岩の部分溶融が有力視されている(Nakajima et al., 2004)。「フレアアップ期」とも称される白亜紀大規模珪長質火成活動の解明には、花崗岩質マグマの起源物質の候補となる苦鉄質岩類の岩石学的・地球化学的な特徴を把握することが必要不可欠である。

愛媛県新居浜市の北約 20km の瀬戸内海に位置する梶島は、南北 800 m、東西 500m の無人島であり、全島が斑れい岩類や苦鉄質岩脈といった苦鉄質岩類から構成されている。当地域の苦鉄質岩類については、堀内(1985)による詳細な記載岩石学的研究が報告されているが、それ以降は Kagami et al. (1988, 2000)による同位体岩石学研究がなされたのみであり、これまでの全岩化学組成データの報告も限られている(Kagami et al., 2000)。そこで本研究では、梶島に分布する苦鉄質岩類について新たに岩石記載と全岩化学組成分析を行い、西南日本内帯の花崗岩類に伴って産する苦鉄質岩類との組成比較を行なった。

梶島の苦鉄質岩類は、野外産状および記載岩石学的特徴から、①含角閃石トロクトライト～含かんらん石優白質角閃石斑れい岩、②輝石角閃石斑れいノーライト、③苦鉄質岩脈に大別できる。このうち①含角閃石トロクトライト～含かんらん石優白質角閃石斑れい岩は、ポイキリティックな角閃石を含み、かんらん石と斜長石を包有する。また、③苦鉄質岩脈を除いた斑れい岩類は、少量の半自形～他形を示す黒雲母（1 %以下）を含む。

全岩 SiO_2 含有量について、①含角閃石トロクトライト～含かんらん石優白質角閃石斑れい岩は 43～45 wt %、②輝石角閃石斑れいノーライトは 48～50 wt %、③苦鉄質岩脈は 45～49 wt %の範囲を持つ。これら梶島の苦鉄質岩類はハーカー図上では、SiO_2 の増加に伴い、TiO_2、V、Cr、Cu には増加傾向が、FeO、Co、Zn には減少傾向が見られた。また、全岩 Mg#(Mg/(Mg+Fe)モル比)は 0.43～0.72 を示す。梶島の苦鉄質岩類の全岩化学組成および Mg#は、西南日本内帯花崗岩類に伴って産する苦鉄質岩類の組成範囲(n=115)にほぼ収まる（図１）。このことから梶島の苦鉄質岩類は西南日本内帯の苦鉄質類を代表するものと考えることができる。



(図1) SiO_2 (wt %) vs Mg#

Keywords: Gabbro, Cretaceous, Kajishima, Southwest Japan
*Correspondingauthor: Shimooka19961213@yahoo.co.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

大崩山花崗岩体中の石英における カソードルミネッセンス像とTi濃度およびAl濃度の関係

渡邊みのり(山形大)*，加藤丈典(名古屋大)，小北康弘(原子力機構)，
湯口貴史(山形大)

Relationship between cathodoluminescence images and titanium and aluminum concentrations in quartz from the Okueyama granite

Minori Watanabe (Yamagata Univ.)*, Takenori Kato (Nagoya Univ.), Yasuhiro Ogita (JAEA),
Takashi Yuguchi (Yamagata Univ.)

石英は珪長質な深成岩に普遍的に産出する鉱物であり，石英の結晶化プロセス解明は深成岩の形成プロセスの解明に寄与する．石英の結晶化プロセスはカソードルミネッセンス(CL)像とチタン(Ti)濃度の関係から論じられている(例えば，Drivenes et al., 2016).

本研究では，CL 像が示す成長様式と石英中の Ti 濃度およびアルミ(Al)濃度のデータを組み合わせることで，石英の結晶化プロセスについて検討を行う．研究対象は鉛直方向に岩相変化する大崩山花崗岩体の石英である．岩相は高度の低下に伴い黒雲母花崗岩，ホルンブレンド黒雲母花崗岩，ホルンブレンド黒雲母花崗閃緑岩へ変化する．

石英 CL 像の取得には山形大学の SEM-CL（JEOL IT100A+Gatan mini CL）を用いた．また，Ti 濃度および Al 濃度の定量分析には名古屋大学宇宙地球環境研究所の EPMA（JEOL JCXA-733）を用いた．石英への含有量がごく微量である Ti の検出には 4 つの分光結晶(PET)を用い，Al には 2 つの分光結晶(TAP)を用いた．それぞれ 1 地点につき照射電流 60 nA，1 回 200 秒を 8 回繰り返し 1,600 秒で電子線を照射して定量した．

本研究では，CL の明暗が繰り返すオシラトリーゾーニング(OZ)を持つ石英に着目する．OZ を持つ石英は粗粒(最大粒径，約 3400 μm)であり，半自形を呈する．黒雲母花崗岩の試料中では OZ の石英が 38 粒子と，他岩相と比較して最も高い頻度で産出する．

結晶のコアを通るようにライン分析を行い，CL の明暗と Ti 濃度(N=31)および Al 濃度(N=10)との関係を評価した．Ti 濃度は 17±12 から 177±12 ppm の幅を有し，TitaniQ 地質温度計(活動度を a_{TiO2}=1)を適用すると 553±73 から 821±23℃の結晶化温度を示す．Al 濃度は 182±14 から 616±13ppm の範囲を示し，Ti よりも高濃度を示す．OZ を持つ石英において CL 明部で Ti および Al が高濃度を示す正の相関が認められる(Fig.1)．累帯に伴い Ti 濃度が増減する結果は，CL パターンがメルト中の局所的な TiO_2 の活動の変化に依存するとした Yuguchi et al. (2020)とも調和的である．

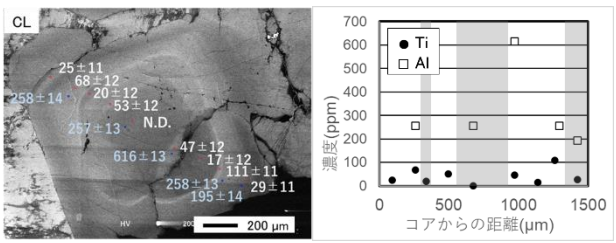


Fig.1 左：石英 CL 像，右：明暗と濃度の関係

Keywords: Quartz, EPMA, Cathodoluminescence pattern, TitaniQ thermometer, The Okueyama granite
*Corresponding author: s205006m@st.yamagata-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ポスター | S2: 岩石-水相互作用 （スペシャルセッション）

2021年9月16日(木) 9:30 ~ 18:30 | ePoster Session

S2: 岩石-水相互作用 （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

[S2P-01] 三波川変成帯エクロジャイト岩体中のマーブルに見られた柘榴石中の溶解再析出反応と微小空隙

*吉田 健太[1]、沢田 輝[1]、仁木 創太[2]、大柳 良介[3] (1. JAMSTEC、2. 東大、3. 国士舘大)

9:30 ~ 18:30

[S2P-02] 岩石の弾性波速度・比抵抗・空隙率の同時測定の開発

*片山 郁夫[1]、谷本 和優[1] (1. 広島大学・地球惑星システム学)

9:30 ~ 18:30

[S2P-03] 三波川変成帯に記録された変成ステージごとのLILE移動度：原岩組成復元モデルの適用

「発表賞エントリー」

*松野 哲士[1]、宇野 正起[1]、岡本 敦[1]、土屋 載芳[1] (1. 東北大・院環)

9:30 ~ 18:30

[S2P-04] 熱水環境における花崗岩の弾性波伝搬特性の温度圧力依存性

*水野 克哉[1]、平野 伸夫[1]、土屋 範芳[1] (1. 東北大・院環境)

9:30 ~ 18:30

[S2P-05] 長石の熱発光減衰速度式と熱伝導モデルの連成モデル

「発表賞エントリー」

*佐藤 貴啓[1]、平野 伸夫[1]、土屋 範芳[1] (1. 東北大・院環境)

三波川変成帯エクロジャイト岩体中のマーブルに見られた柘榴石中の溶解再析出反応と微小空隙

吉田健太*，沢田輝（JAMSTEC），仁木創太（東大），大柳良介（国士舘大）

Fluid mediated dissolution and reprecipitation process recorded in the garnet of the HP marble collected from the Sanbagawa eclogite mass.

Kenta YOSHIDA*, Hikaru SAWADA (JAMSTEC),
Sota Niki (Uni. Tokyo), Ryosuke Oyanagi (Kokushikan Uni.)

四国中央部別子地域の三波川変成帯には，周囲の岩石よりも優位に高圧の変成条件を示すエクロジャイト岩体が見られることが知られている．エクロジャイト相変成作用を被っている西五良津岩体からは三波川変成帯全体（90-80 Ma）の変成作用よりも古い約 116Ma の年代が報告されており，エクロジャイト相変成作用以前の角閃岩相ステージと対応づけられ，「初期変成作用」として認識されている（Endo et al., 2012）．東五良津岩体は，エクロジャイト相変成作用以前のステージとしてグラニュライト相での変成作用が認識されており，初期変成作用時には西五良津岩体と接合していたと考えられている（青矢・遠藤，2017）．我々の研究グループでは，東五良津岩体東端に産する特異な石灰質岩（マーブル）を用いて，東五良津岩体が記録する「初期変成作用」以前のステージとして「先三波川変成作用」を見出し，チタン石を用いた温度・圧力・年代推定から約 200Ma のジュラ紀初期年代および 1100℃，2.5GPa という非常に高い温度圧力を得た（Yoshida et al., 2021a Lithos）．また，同じ試料の石英に富むドメインからは，エクロジャイト相ステージと，それ以降の減圧期の圧力変化と流体活動史を記録しているザクロ石が見出され，エクロジャイト岩体が周囲の非エクロジャイト岩体と接合した際に活動していただろう B に富む流体活動によって形成されたダトー石[$CaBSiO_4(OH)$]が見られる（Yoshida et al., 2021b JMPS）．

エクロジャイト相～減圧期の情報を保存している柘榴石の形成史を評価するために，柘榴石の U–Pb in-situ 年代測定を実施した．柘榴石には二種類のドメインが見られ，ほぼ純粋な Grs からなり霰石を含むエクロジャイト相期の Grt1 と，非エクロジャイト岩体との接合時（～600℃，1GPa）の流体活動に関連して形成された Adr に富み方解石を含む Grt2 の U–Pb 年代は，ともに約 95Ma となり誤差の範囲で一致した（Niki et al., 2021 JpGU; submitted）．包有される炭酸塩相から両者の形成ステージは明らかに異なる．Grt2 が Grt1 のクラックを埋めるように形成している組織と，Grt2 中に見られるダトー石の存在から，流体流入に伴う柘榴石の溶解再析出反応により Grt2 が形成されたと考えられるが，両者の放射年代が一致したことは，この溶解再析出の際にもともとあった Grt1 に由来する放射起源 Pb がそのまま再析出した Grt2 に取り込まれて，U–Pb 系が溶解再析出反応中に実質的に閉鎖されていたことを示唆する（Niki et al., 2021）．

本研究では，上記の柘榴石の微細組織観察を更に詳細に行い，FIB-SEM による三次元観察を実施した．Grt1 と Grt2 の境界は，FIB-SEM の後方散乱電子像でも観察可能で，三次元的に複雑に入り組んでおり，境界部には微小な空隙が見つかった．微小な空隙は Grt1/2 の境界において，まばらながら境界沿いに面的な分布をしているように見える．空隙の大きさはたかだか 1 μm 程度で，形状の詳細を検討することは出来ない．

流体の関与する溶解再析出の反応フロントでは，マイクロ～ナノメートルスケールの微小な空隙が果たす役割が大きいことが近年明らかになりつつあり，特に長石の交代作用で複数例報告されている（Nurdiana et al., 2021 など）．今回見出した微小空隙は，高圧環境（~1GPa）での柘榴石の交代反応でも空隙による反応促進が働いていることを示唆する．

Keywords: pre-Sanbagawa metamorphism, dissolution and reprecipitation, fluid infiltration, micro pore
*Corresponding author: yoshida_ken@jamstec.go.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

岩石の弾性波速度・比抵抗・空隙率の同時測定の開発

片山郁夫*，谷本和優（広島大学地球惑星システム学）

Developments of simultaneous measurements for elastic-wave velocity, electrical resistivity, and porosity of rocks

Ikuo Katayama*, Kazumasa Tanimoto
(Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University)

岩石中の割れ目や空隙は弾性波速度や比抵抗に敏感であることから，それらの物理探査をもとに地下での割れ目などを介した流体の分布や移動が推定されている。なお，弾性波速度は割れ目の密度や形状に敏感であるのに対し，比抵抗は空隙率やその連結度に敏感である特徴をもつ。そのため，両者の同時測定を行うことができれば，地下での流体移動に関するさまざまな性質を制約することが可能である。我々のグループでは，油圧型の加圧試験機に弾性波速度・比抵抗・空隙率の同時測定システムを新規導入したので，その予察的な結果を紹介する。

試験機は，広島大学設置の容器内変形透水試験機を用いた。本試験機の最大圧力は 500 MPa であるが，運用上は 200 MPa までとしている。流体圧はシリンジポンプによって制御し（流体圧の最大は 51 MPa），シリンジポンプの体積から試料中の空隙率変化を見積もることができる。弾性波速度の測定システムについてはすでに導入しており，岩石の三軸変形中の速度変化やクラック密度の解析を実施している（例えば，Zaima and Katayama 2018）。今回は，新たに比抵抗の測定システムを導入することで，弾性波速度・比抵抗・空隙率の同時測定システムを開発した。

比抵抗の測定は，直径 25mm の試料をステンレスの電極で挟み，交流インピーダンス法（2 端子法）により行った。なお，岩石は NaCl 溶液（0.5 mol/L）で飽和させ，間隙流体圧は 1 MPa での測定を実施した。インピーダンスアナライザー（E4990A）による測定では，20 Hz から 1 MHz までの周波数領域でのデータを取り，インピーダンスと位相差から各周波数での比抵抗を算出した。なお，0.1 kHz から 10 kHz までは周波数依存性がほとんどなく SN 比も高いことから，以下では 1 kHz での比抵抗の結果を示す。

庵治花崗岩を用いた予察的な結果では，比抵抗は圧力の増加とともに系統的に上昇し，封圧 200 MPa では大気圧での測定より 1 桁ほど高い値を示した。なお，庵治花崗岩を用いた先行研究では，流体の組成が違うために比抵抗の値を直接比較することはできないが，封圧 150 MPa では大気圧に比べ抵抗率が 1 桁ほど低下するなど（Watanabe et al. 2019），本研究と同様の傾向を示す。加圧時の空隙率は若干ではあるが，圧力とともに低下していることから，加圧時の比抵抗の変化は空隙の閉鎖に関係していると考えられる。今後は，弾性波速度の解析を行い，空隙の閉鎖だけでなく，クラック密度や空隙形状（アスペクト比など）との関連性も検討する予定である。

Key words: Elastic-wave velocity, Electrical resistivity, Porosity, Granite
*Corresponding author: katayama@hiroshima-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

三波川変成帯に記録された変成ステージごとのLILE 移動度：原岩組成復元モデルの適用

松野哲士 宇野正起 岡本敦 土屋載芳

LILE mobility at each metamorphic stage recorded in the Sanbagawa metamorphic belt: Application of Protolith Reconstruction Model

Satoshi Matsuno*, Masaoki Uno, Atsushi Okamoto, Noriyoshi Tsuchiya

Elemental transfer during prograde and retrograde metamorphism was revealed for metabasaltic rocks of the Sanbagawa metamorphic belt. The elemental transfer was quantified by a novel "Protolith Reconstruction Model" that estimate protolith compositions by machine-learning algorithms trained with global basalt compositional datasets. The results indicate that prograde and retrograde metamorphisms caused systematic depletion and enrichment in Rb, Ba, K, and Sr, respectively. Although the elemental mobility obtained from the metabasalt is integral of prograde and retrograde metamorphism, it can be decomposed into stage-specific element mobility by using a petrological index for each metamorphic stage.

高圧変成岩は、累進変成作用、後退変成作用における沈み込み帯での様々な流体活動を経験しており、それを元素移動として記録している（e.g., Bebout 2007）。これまで、反応に伴う元素移動量の定量的解析は、母岩との違いが明瞭な反応帯に限られており（e.g., Beinlich et al. 2010）、原岩の組成が分からない一般的な広域変成岩への適用が難しかった。著者らは、機械学習アルゴリズムを用いて学習させた玄武岩の原岩組成復元モデル（Protolith Reconstruction Model（PRM））を提案した（Matsuno et al. under review）。本研究では、この原岩組成復元モデルを三波川変成帯の玄武岩質変成岩に適用し、それぞれの試料から元素移動量を推定し、その空間分布と累進・後退変成作用との関係を検討した結果を報告する。

対象は、三波川変成帯四国中央部の汗見川地域に露出する玄武岩質変成岩である。XRF と ICP-MS 分析から得られた全岩微量元素組成データに対して Protolith Reconstruction Model（PRM）を適用した。（Th, Nb, Zr, Ti）を不動元素と仮定して、原岩の微量元素濃度の復元を行い、サンプルごとの元素移動度を推定した。また、後退変成作用の指標として、角閃石の組成累帯構造から、角閃石における後退変成作用時(Hbl-Act)の成長割合を Y_{mantle} として測定した。

後退変成作用をほとんど受けていないサンプル（Y_{mantle}≒0）は、Rb・Ba・K・Sr で 80% 以上の溶脱が発生している場合がある。一方で、Rb・Ba・K・Sr の移動度は、後退変成作用の指標（Y_{mantle}）と強い正の相関を持っていた。これらの結果は、Rb・Ba・K・Sr の累進変成作用による溶脱と後退変成作用による付加を示唆している。さらに、汗見川に沿った各変成度に応じた元素の溶脱トレンドが定量的に得られつつある。本研究で推定される元素移動度は、海底での変質、累進・後退変成作用の積分値であるが、角閃石などの各変成ステージでの反応進行度の指標を用いることで、ステージごとの元素移動度に分解できると考えられる。

Bebout 2007, Earth Planet. Sci. Lett.
Beinlich et al. 2007, Geochim. Cosmochim. Acta.
Matsuno et al. doi: 10.21203/rs.3.rs-558656/v1

Keywords: Fluid-rock interaction, Protolith reconstruction, Metamorphic rock, Subduction-related metamorphism

*Corresponding author: m.s-rakugo@geo.kankyo.tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

熱水環境における花崗岩の弾性波伝搬特性の温度圧力依存性

水野克哉*・平野伸夫・土屋範芳（東北大・院・環境科学）

Temperature and pressure dependencies in elastic wave propagation through granite in hydrothermal environments

Katsuya MIZUNO*, Nobuo HIRANO, Noriyoshi TSUCHIYA

(Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University)

1.背景

流体は岩石の様々な特性に影響を与えることが知られているが、これまで高温高圧熱水環境下における岩石の弾性波を測定した研究例はない。本研究では、熱水環境下で花崗岩の弾性波を導波棒経由で測定し、熱水環境での花崗岩における弾性波の伝搬特性の温度・圧力依存性について検討した。

2.実験

図 1 に実験装置の概略を示す。熱水環境を再現する耐圧容器内部には 2 本のステンレス製の導波棒が貫入しており、それらで岩石試料を挟む。導波棒にパルサーの発振・受信機を密着させることで導波棒を経由して弾性波を伝搬させる。試料には稲田花崗岩を使用した。

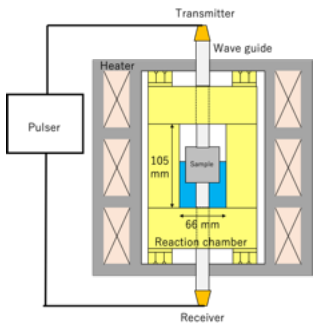


図 1 ：弾性波測定装置

3.波形

得られた波形を図 2 に示す。高温になる程遅延が発生しており、また減衰が顕著である。ノイズの影響で弾性波の到達時間を検出できなかったが、波形が類似していたためピークのずれΔt,岩石試料 Vp 初期値,試料長さ L から次式を用いて Vp'を算出する。

$$V_P' = \frac{L}{L/V_P + \Delta t} = \frac{LV_p}{L + \Delta t V_P}$$

4.結果・考察

図 3 に本実験で得られた花崗岩の ΔVp を Zhang et al. (2018)にまとめられている乾燥状態で測定された花崗岩の ΔVp とともに示す。

常温常圧では高温になる程 Vp の勾配が大きくなる一方で、本研究では高温領域で勾配がむしろ小さくなっている。これは流体の圧力増加の影響であると考えられる。圧力が岩石の Vp に影響を与える原因として考えられるのは①流体、岩石そのものの Vp 変化、②伝搬経路の変化、③試料内の独立したき裂の閉塞などである。

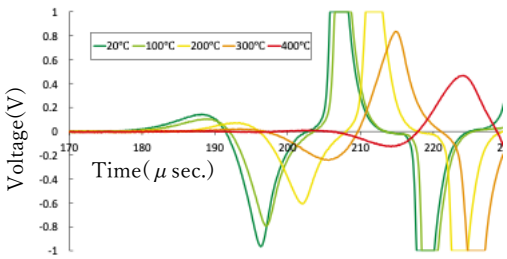


図 2 : 花崗岩中を伝搬した弾性波の波形

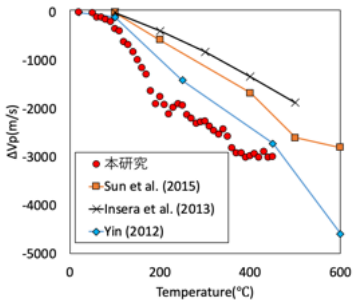


図 3 : ΔVp の温度依存性

Zhang et al. (2018) : Porosity and wave velocity evolution of granite after high- temperature treatment: a review; Environmental Earth Sci. 77:35

Keywords : Elastic wave, Vp, Granite, Supercritical water, seismic tomography
E-mail address : mizuno@geo.kankyo.tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

長石の熱発光減衰速度式と熱伝導モデルの連成モデル

佐藤貴啓*・平野伸夫・土屋範芳（東北大学・院・環境科学）

Coupled model of TL decay kinetics and heat conduction model of thermoluminescence of feldspar

Takahiro SATO*, Nobuo HIRANO, Noriyoshi Tsuchiya

(Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University)

1. 背景

本研究は長石の熱発光による地熱探査法の開発に向けて，定量的な熱源推定のためのモデルについて検討を行った．

2. 熱発光の原理

熱発光は固体結晶中に放射線が入射して電子が励起してトラップされることで蓄積したエネルギーが，熱刺激によって光として放出される現象である．石英や長石などの鉱物の熱発光は複数のトラップによる発光曲線(Grow Curve，以下 GC)が重複している．

TL 現象は Randoll-Wilkins モデル(Randoll and Wilkins, 1945)に従うとし，このモデルを実験で得られるパラメータに変換した Kitis らによるモデル(Kitis et al., 1998)を適用して TL 発光曲線を示す式を考案した．

3. TL の等温減衰実験と発光曲線の分解

試料は福島県石川産ペグマタイト中の正長石を用いた．これを 90，125，150℃の温度で 24, 168, 672, 1512, 3360 時間加熱し，減衰した熱発光を測定して GC を描画した．

Kitis らによるモデルを用いて，減衰前の正長石の GC を 6 つに分解した(図 1)．これを基に，加熱によって減衰させた熱発光の GC も分離した．

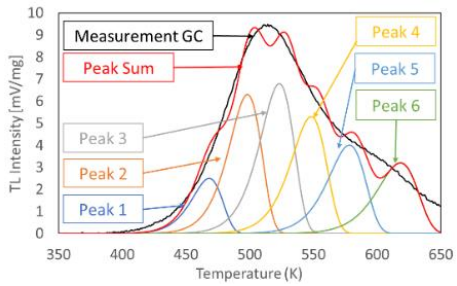


図 1：正長石熱発光のピーク分離

4. 熱発光強度のカイネティクスと熱伝導

このモデルでは，熱発光強度の減衰速度式と熱伝導方程式を連成させた．減衰速度式は式(1)のようになる．減衰項と蓄積項で構成され，前者は等温加熱による熱発光の減衰を 2 次また 3 次反応の反応速度式で記述した(図 2)．後者は照射線量あたりの熱発光強度と年間線量から年間蓄積強度を算出して定数とし，時間の関数として記述した．この式を 6 つのピークごとに記述し，それぞれ熱伝導方程式と連成させた．

$$I_{TL_i} = \left((n-1)\, k(T)\, \Delta t + \left(\frac{1}{I_{TL_i-1}} \right)^{(n-1)} \right)^{-\frac{1}{n-1}} + I_{Gy} \times AD \times \Delta t \quad (1)$$

$$k(T) = A_0 exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)$$

I_{TL_i}：TL 積分強度(t=t_i)，k：反応速度定数，n：反応次数，I_{Gy}：線量あたり強度，AD：年間線量，E_a：活性化エネルギー，A_0：頻度因子

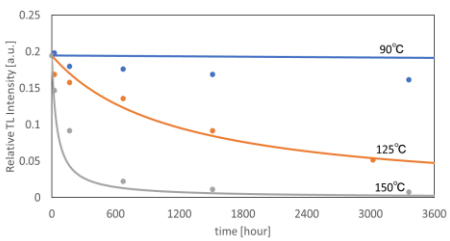


図 2：等温加熱減衰結果と 2 次反応の反応速度式のフィッティングの例(Peak 4)

5. 考察

蓄積・減衰温度が最も低い Peak 1 で 21℃となり，通常の地温であれば熱発光のエネルギーが蓄積することから，本研究で検討したモデルに再現性があると考えられる．

Keywords: Thermoluminescence, Grow Curve, Geothermal Exploration, Heat Conduction
E-mail address: taka.sato@geo.kankyo.tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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 実冶子[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]、山﨑 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（$Li_2B_4O_7$ 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℃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。溶融温度は 1150℃である。溶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。溶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。溶融、揺動・回転を 10 分実施させた後、高周波炉は中央の定位置に戻る。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。ガラスが溶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溶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℃溶融、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：ニューウエーブ製 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 20μm 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.

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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([Mg,Fe]$_2$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. Geophy. 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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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・カリマンガン塩化物・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げ、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・蛍石・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充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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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・永嶌真理子 (山口大・創成科学)

Ore and skarn minerals of the Umegakubo deposit of the Naganobori cooper 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 $Hd_{55.48-96.37}Di_{0.27-73.64}Jo_{1.90-24.14}$，珪灰石―ザクロ石スカルンで $Hd_{17.24-96.16}Di_{0.27-73.64}Jo_{3.23-15.35}$ 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考えられる．

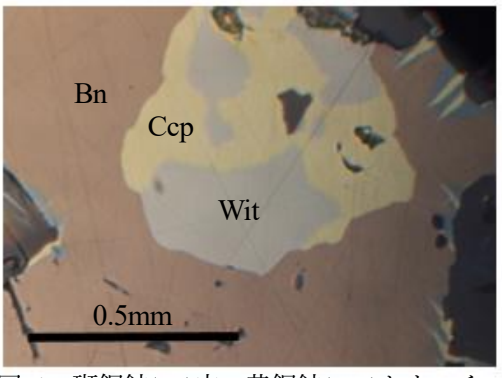


図 1. 斑銅鉱(Bn)内の黄銅鉱(Ccp)とウィチヘン鉱(Wit)の離溶組織

Keywords: naganobori, copper, skarn
Corresponding author: 9dai4krz@gmai.com

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

山口県山口市一ノ坂銀山産鉱石の鉱物学的特徴

岡谷 実冶子 (宇部興産コンサルタント)・永嶌　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翩山の東腹標高400 m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(こぶきだお)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，主にバラ輝石，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，バラ輝石型鉱石に大別される．主要構成鉱物であるバラ輝石の組成ほぼ一定[$(Mn_{0.8}Ca_{0.1\text{-}0.2}Fe_{0.1\text{-}0.2})_{\Sigma 1.00}SiO_3$]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 ($Sps_{73.8\text{-}82.2}Grs_{12.8\text{-}22.0}Alm_{2.5\text{-}8.9}$)に比べ，バラ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 ($Sps_{43.9\text{-}81.3}Grs_{15.4\text{-}48.7}Alm_{3.0\text{-}10.3}$)．いずれもフッ素を含み (～1.24 F wt.%)，$Si^{4+} + 4O^{2-} \leftrightarrow \square + 4(F^-, OH^-)$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，バラ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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

群馬県砥沢産の含砒素鉱物；自然砒、ズィーカ石など

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、カニュク石、ズィーカ石、ピッチ石?、石膏などを確認している．

今回はとくに、ズィーカ石（**zýkaite**）について外観や実験データなどを示す．

ズィーカ石；$Fe_4(AsO_4)_3(SO_4)(OH)\cdot 15H_2O$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．

砥沢産のズィーカ石は、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ュク石である．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・ホラ産ズィ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 metalic 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 Shirose* (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，$[Ca(C_2O_4) \cdot H_2O]$の理想化学組成で示され，ウェッデル石$[Ca(C_2O_4) \cdot (2+x)H_2O]$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，クランダル石ー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$(Ca_{0.97}Fe_{0.01}Al_{0.01})(C_2O_4)_{0.99}(PO_4)_{0.01} \cdot 0.94H_2O$ 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, β = 109.37(9)°, V = 873(1) Å^3 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）。

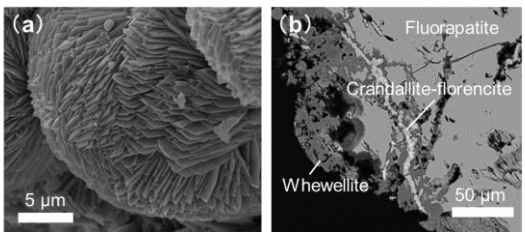


Fig. 1 (a) Spherical aggregates of platy whewellite. (b) BSE image of whewellite and crandallite-florencite.

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

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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 $Zn_4Al_2(OH)_{12}[CO_3]\cdot 3H_2O$ 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 (Cu*K*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 (2，01$\underline{11}$)，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*-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 $2OH + 3x/2H_2O$ (層間水の最低値) として，CO_3 は電気的中性なるよう $M^{2+}_{1-x}M^{3+}_x(OH)_2[A^{n-}]_{x/2}$ (M^{2+} = Zn，Cu ; M^{3+} = Al ; A^{n-} = CO_3，SO_4，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)，$CO_{2\,calc.}$ 4.45，$H_2O_{calc.}$ 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．Zn + Cu + Al = 6 *apfu* として計算した実験式は，$(Zn_{2.98}Cu_{0.89})_{\sum 3.87}Al_{2.13}(OH)_{12.00}[(CO_3)_{0.62}(SO_4)_{0.30}(SiO_4)_{0.07}]_{\sum 0.99}\cdot 3.19H_2O$ 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 $Zn_4Al_2(OH)_{12}[CO_3]\cdot nH_2O$ ($n > 3$) 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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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, rengeite, 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$Sr_4Ti_5O_8(Si_2O_7)_2$（松原石）および$Sr_4Ti_4ZrO_8(Si_2O_7)_2$（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, β = 114°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、$Ce_2Al(SiO_4)_2(OH)$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: $Ba(Ti_7Fe^{2+})O_{16}$）、ストロナルス石（Stronalsite: $Na_2SrAl_4Si_4O_{16}$）、スローソン石（Slawsonite: $Sr(Al_2Si_2O_8)$）、シャンド鉱（Shandite: $Ni_3Pb_2S_2$）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、$X_2Ti_3Si_2O_{11}(OH,Cl)_2$ (X = Sr, Ba) および$Sr_5(PO_4)_3(OH)$の組成を示す未詳鉱物が確認された。

松原石は$Sr_{4.04}Ti_{4.98}(Ti_{0.27}Si_{3.73})_{\Sigma4}O_{22}$（O = 22で規格化）となり、Siサイトにやや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$Sr_{4.02}(Ti_{4.18}Zr_{0.81})_{\Sigma4.99}(Ti_{0.13}Si_{3.87})_{\Sigma4}O_{22}$（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$(Ce_{0.90}La_{0.56}Nd_{0.28}Sr_{0.18}Sm_{0.04}Ca_{0.03}Th_{0.02})_{\Sigma2.01}(Al_{0.97}Si_{2.03})_{\Sigma3}O_{7.88}(OH)_{1.12}$（Al+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, β = 112° ($P2_1/c$)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, rengeite, törnebohmite-(Ce), jadeitite, Osayama
*Corresponding author: hamane@issp.u-tokyo.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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 Shirose (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、アプライト脈、破砕帯、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、互層に沿い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菫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℃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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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(髙橋・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

束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，ソーダ束沸石のみが充填するもの，壁面から内部にかけて灰束沸石～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束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束沸石は中心部で Ca に富み，縁部では Na, K に富む．K に富む部分は“カリ束沸石”に相当するものがみられる．束沸石中の交換性陽イオンは $Ca \leftrightarrow 2(Na^+ + K^+)$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 ℃から 50 ℃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，束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．

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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)、山﨑淳司(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。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。

Keywords: Zeolite, Phillipsite, Boninite

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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，永嶌真理子（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って熱水が侵入し，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．

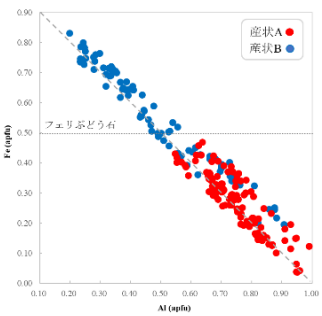


図 1. 各産状におけるぶどう石の Fe-Al 置換関係

Keywords: prehnite, pumpellyite, ferriprehnite, babingtonite, Kouragahana

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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, 今栄 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(~5º)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(~15º)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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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ー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［$Cu_2PO_4(OH)$］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）の奥鏑である．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鏑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) 二次的に破砕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．

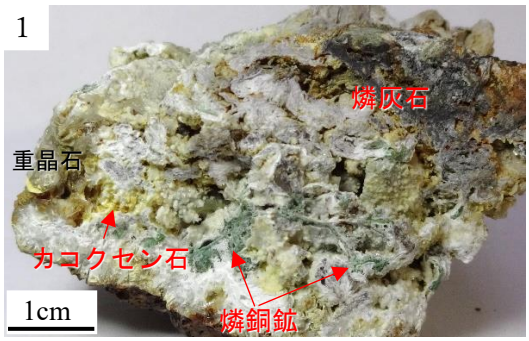




Fig. 1　燐灰石を一部交代して産する燐銅鉱（A タイプ）．塊状燐灰石の一部を交代するように燐銅鉱が晶出している．また同じくリン酸塩鉱物であるカコクセン石が晶出している．

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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・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Tweefontein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 で母岩のアノーソサイトに鉛直方向に貫入している．このアノー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に含んでいる．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，Tweefontein地域の斑点状アノー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．

斑点状アノー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，溶融ー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ーソサイトは，溶融ー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，この斑点状アノー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ーソサイトが反応し，アノー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．

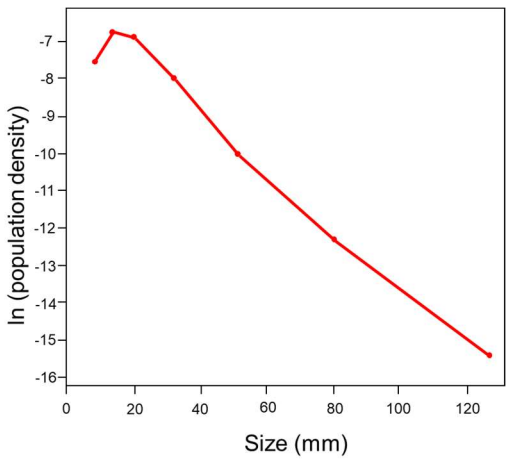


Fig.1 Tweefontein産斑点状アノーソサイト中の斜長石結晶のCSD図

Key words: Bushveld complex, mottled anorthosite, crystal size distribution
Corresponding author: nadegata@gmail.com

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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。① III 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。② V 帯の滑石の多くは蛇紋石との中間的組成を持つ。③ III 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，$Si \Leftrightarrow Al + Na$ 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

石澤ほたか・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変化があることから，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．

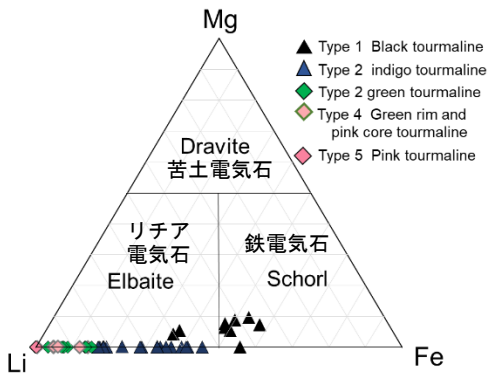


図 1 妙見山ペグマタイト産電気石の Y サイトにおける Mg-Li-Fe 量 (apfu) を示す三角ダイアグラム．電気石の化学組成が鉄電気石からリチア電気石にかけて変化していることを示す．

Keywords : Tourmaline, Myokenzan Li- pegmatite, elbaite, schorl, EPMA-WDS
Corresponding author: asafusu01@gmail.com

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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ー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」

*冨岡 優貴[1]、纐纈 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] 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[1], Sankar Bose[2], Gautam Ghosh[2], Proloy Ganguly[3] (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 Htet[1], Yasuhito Osanai[1], Nobuhiko Nakano[1], Tatsuro Adachi[1], Khaing Nyein Htay[2] (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

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.)

ルンドボークスヘッタ（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 ºC 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 ºC/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 ºC/13-15 kbar）は、ルンドボークスヘッタに産する別の岩相（珪線石－菫青石－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 ºC-930 ºC）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が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 ºC-930 ºC）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 ºC 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－菫青石－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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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 $Alm_{0.69}$ $Grs_{0.10}$ $Prp_{0.18}$、リムで $Alm_{0.76}$ $Grs_{0.06}$ $Prp_{0.15}$ 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 $Alm_{0.69}$ $Grs_{0.18}$ $Prp_{0.11}$、リムで $Alm_{0.52}$ $Grs_{0.20}$ $Prp_{0.27}$ と異なる組成を示した。また、Plešovice では最大で Ca=0.45apfu であるが、Zrcadlová Hut'では Ca=0.6apfu 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℃（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℃（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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

中部地方渋川地域に産する三波川結晶片岩類の研究

冨岡優貴*, 纐纈佑衣, 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 $Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)$ 値は 0.3〜0.5 に収まる一方、$Fe^{3+}/(Fe^{3+}+Al)$ 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℃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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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，ディオプサイド脈が多数発達する．

クロムスピネルは高 Cr（Cr# = 0.65-0.72），低 Ti（TiO_2 < 0.13wt%）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）± ディオプサイド（Di）＋磁鉄鉱である．Ol は BSE 像で Mg# = 0.95-0.96 の領域とそれを切る Mg# = 0.98 の領域が認識できる．Cl は Ol と intergrowth をなし，TiO_2 = 3.0–3.7 wt%，Mg# = 0.95-0.96 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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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 thrusted 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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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 に新期花崗岩類が形成したことが明らかになっている。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 μg/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 μg/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_{TiO2} = 0.5 で 730–810℃、a_{TiO2} = 1 で 770–850℃の温度が推定される。チタン石は幅広い U/Pb ($^{238}U/^{206}Pb$ = 15.0–24.0）及び Pb 同位体比（$^{207}Pb/^{206}Pb$ = 0.172–0.419）を有し、225.4 ± 1.9 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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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砕屑性ジルコン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砕屑性ジルコン 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、砂質片岩中の砕屑性ジルコンの 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、湯王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 試料からそれぞれ砕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。

母体と松ヶ平の砕屑性ジルコン 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砕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砕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、先カンブリア紀の砕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 の砕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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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 Das[1] (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 Kaushik[1]、Sakar Dyuti Prakash[1] (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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

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

Hirotoshi 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と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 ℃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て取れる。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
*Hirotoshi Kotama: m205665@hiroshima-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.