2019年9月19日(木)

科研費説明会

13:00 ~ 15:00 | B-101 イースト1号館
科研費説明会　「科研費の基本的考え方と2020応募に際して」
中村美千彦（JSPS学術システム研究センター専門研究員，東北大学理学研究科）

各種委員会

15:00 ~ 16:00 | B-101 イースト1号館
将来企画委員会

各種委員会

16:00 ~ 17:00 | B-101 イースト1号館
IMA小委員会

YMOショートコース (YMOはJAMSのサポート団体）

16:10 ~ 19:00 | B-101 イースト1号館
YMOショートコース (YMOはJAMSのサポート団体）　「鉱物科学若手の会（YMO）2019ショートコース」は九州大学で開催される日本鉱物科学会2019年年会の会場をお借りして，今年も下記のように開催いたします。
日付：9月19日（木）（JAMS2019年年会開催の前日）
会場：九州大学 伊都キャンパス (イースト1号館 B-101) 16:10-19:00
タイムテーブル予定
16:10頃～　九州大学理学部ラボツアー
17:00-19:00 ショートコース　（演者調整中）
19:30頃～　懇親会（九大学研都市駅周辺を予定）
（※YMOは鉱物学および岩石学を志す若手研究者の育成および会員相互の親睦を通じて研究の活性化や新展開を目指す有志団体であり、特定の学協会に所属する組織ではありません。
現在は一般社団法人日本鉱物科学会のサポートを受けております。）
特記事項：ショートコースからの参加も歓迎します。
JAMS2019年年会前日の開催で参加者数が読みづらいため、参加を予定される方は<ymo-staff[a]googlegroups.com> までご一報いただけますと助かります。[a]⇒@
※例年より会場セッティングがややこしいため変更を行う可能性があります。その際はJAMS2019年年会ウェブサイトの情報を更新する予定ですので、直前に確認していただくことをおすすめします。

2019年9月20日(金)

口頭講演 | R2: 結晶構造・結晶化学・物性・結晶成長・応用鉱物

9:15 ~ 12:00 | 大講義室 Ia 大講義室

R2: 結晶構造・結晶化学・物性・結晶成長・応用鉱物

座長:徳田 誠、興野 純、中村 友梨江

9:15 ~ 9:30

[R2-01] CL法を用いた水晶の晶癖に対する重力効果の検討

*吉見 桃子[1]、長瀬 敏郎[2]、栗林 貴弘[1]、今井 裕之[3]、岡田 敏朗[4] (1. 東北大・院理、2. 東北大・総学博、3. 金石造形スタジオ、4. 福岡市和白丘中学校)

9:30 ~ 9:45

[R2-02] トリディマイト多形のラマン分光法による研究

*神崎 正美[1] (1. 岡大・惑星研)

9:45 ~ 10:00

[R2-03] CaO-MgO-Li_2O-V_2O_5フラックスにおける石英，トリディマイト，クリストバライトの成長

*阿部 利弥[1] (1. 山口大・理)

10:00 ~ 10:15

[R2-04] Si原子は珪酸塩液体中でどのように拡散しているのか

*則竹 史哉[1] (1. 山梨大・院総合)

10:15 ~ 10:30

[R2-05] 一価のイオンのイオン半径の違いが引き起こすＯＣＰ形成誘導と抑制機構

*杉浦 悠紀[1]、齋藤 靖子[2]、遠藤 貴士[2]、槇田 洋二[1] (1. 産総研・健康工学、2. 産総研・機能化学)

10:30 ~ 10:45

[R2-06] XAFS法による斜長石単結晶での鉄化学種分析

*中田 亮一[1]、佐藤 雅彦[2]、潮田 雅司[3]、田村 裕二郎[4]、山本 伸次[4] (1. JAMSTEC、2. 東京大・院理、3. 産総研、4. 横国大・院環)

10:45 ~ 11:00

[R2-07] $Mn_{3-x}Fe_xO_4$固溶体の高圧下での電荷移動と磁気構造変化
（半導体—金属転移　磁気構造転移と結晶構造転移の圧力効果）

*山中 高光[1]、服部 高典[2]、小松 一生[3]、中本 有紀[4]、ラマン サキブ[1]、ワン リン[1]、マオ ホークァン[1]、平尾 尚久[5] (1. 北京高圧科学研究中心、2. 日本原子力研究開発機構　J-PARC 物質・生命科学実験施設、3. 東京大学大学院理学研究科地殻科学研究センター、4. 大阪大学大学院基礎工学研究科附属極限科学センター、5. 理科学研究所　大型加速器機構)

11:00 ~ 11:15

[R2-08] 15.5 GPa, 2473 Kで合成された新規$Al_2Si_2O_7$相の 放射光単結晶X線回折実験

*栗林 貴弘[1]、周 佑黙[2]、大藤 弘明[2]、入舩 徹男[2,3] (1. 東北大・院理、2. 愛媛大・GRC、3. 東工大・ELS)

11:15 ~ 11:30

[R2-09] 緻密な酸化インジウム焼結体の合成と酸素欠陥化学

*坂口 勲[1]、齊藤 紀子[1]、鈴木 拓[1] (1. 物材機構)

11:30 ~ 11:45

[R2-10] 透明ナノ多結晶ヒスイの超高圧合成に向けて

*入舩 徹男[1]、満 圭祐[1]、山田 明寛[2] (1. 愛媛大・GRC、2. 滋賀県立大・工)

11:45 ~ 12:00

[R2-11] 低圧構造部と高圧構造部が秩序配列したヒ素結晶相

*吉朝 朗[1]、徳田 誠[2]、三澤 賢明[3] (1. 熊本大学、2. 東北大学、3. 九州産業大学)

口頭講演 | R5: 地球外物質

9:15 ~ 12:00 | 大講義室 Ib 大講義室

R5: 地球外物質

座長:中村 智樹、瀬戸 雄介

9:15 ~ 9:30

[R5-01] CMコンドライトParis中エンスタタイトウィスカーの放射光ナノXCTおよびTEMによる分析

*安武 正展[1]、Vacarro Epifanio[2]、上杉 健太郎[3]、竹内 晃久[3]、中野 司[4]、圷山 明[1,5] (1. 立命館大学、2. ロンドン自然史博物館、3. SPring-8、4. GSJ/AIST、5. 中国科学院広州地球科学研究所)

9:30 ~ 9:45

[R5-02] 水質変質程度の異なるCMコンドライト中TCIの微細組織観察

「発表賞エントリー」

*家本 あかね[1]、瀬戸 雄介[1]、三宅 亮[2] (1. 神戸大・院理、2. 京都大・院理)

9:45 ~ 10:00

[R5-03] CM-COクランの再検討

*木村 眞[1] (1. 国立極地研究所)

10:00 ~ 10:15

[R5-04] Ivuna隕石(CI)中のドロマイトと流体包有物の探査

*土山 明[1]、橋野 桃子[2]、北山 晃[2]、三宅 亮[2] (1. 立命館大/広州地球化学研究所、2. 京大・院理)

10:15 ~ 10:30

[R5-05] CRコンドライトに関係する2つの隕石NWA 7317とTafassassetの鉱物学的研究

「発表賞エントリー」

*阿部 大樹[1]、三河内 岳[2] (1. 東大・院理、2. 東大・総研博)

10:30 ~ 10:45

[R5-06] NWA1723 Lコンドライトに含まれるDark inclusionの岩石鉱物学的研究

*高橋 実樹[1]、中村 智樹[1]、Zolensky Michael[2] (1. 東北大・院理、2. NASA/JSC)

10:45 ~ 11:00

[R5-07] 宇宙風化を模擬した水素イオン照射コランダムのナノオーダー化学状態分析

*伊神 洋平[1]、武藤 俊介[1]、大塚 真弘[2]、山本 悠太[1]、瀧川 晶[3]、三宅 亮[3] (1. 名大・未来研、2. 名大・院工、3. 京大・院理)

11:00 ~ 11:15

[R5-08] 含水炭素質隕石へのHe照射によるC型小惑星の宇宙風化再現実験

*中村 智樹[1]、Lantz Cateline[2]、小林 詩歩[1]、仲内 悠祐[3]、天野 香菜[1]、Brurnetto Rosario[2]、松本 恵[1]、高橋 実樹[1]、松岡 萌[3]、野口 高明[4]、松本 徹[1]、三宅 亮[5]、土山 明[6]、Zolensky Mike[7] (1. 東北大・院理、2. IAS, Univ of Paris Sud、3. 宇宙科学研究所、4. 九州大学・院理、5. 京都大学・院理、6. 立命館大学、7. NASA/JSC)

11:15 ~ 11:30

[R5-09] GEMS模擬粒子を用いたその場水質変成実験

*延寿 里美[1]、圷山 明[1,2] (1. 立命館大学、2. 中国科学院广州地球化学研究所)

11:30 ~ 11:45

[R5-10] X線回折法によるL6普通コンドライトの鉱物歪みの解析

*今栄 直也[1] (1. 極地研)

11:45 ~ 12:00

[R5-11] Northwest Africa 2139 LL6コンドライトの衝撃変成史

*竹之内 惇志[1]、角野 浩史[2]、下館 果林[2]、長尾 敬介[2]、山口 亮[1,3] (1. 極地研、2. 東大、3. 総研大)

口頭講演 | S1: 火成作用の物質科学 (スペシャルセッション)

10:00 ~ 12:00 | A-117 イースト1号館

S1: 火成作用の物質科学 (スペシャルセッション)

座長:松本 恵子、無盡 真弓、浜田 盛久

10:00 ~ 10:15

[S1-01] 一ノ目潟産スピネルカンラン岩捕獲岩の圧力推定による島弧域リソスフェア-アセノスフェア境界領域の復元

「発表賞エントリー」

*佐藤 侑人[1]、小澤 一仁[1] (1. 東京大学・院理・地球惑星)

10:15 ~ 10:30

[S1-02] 自然鉄を晶出させるマントル交代作用：Aitutaki産カンラン岩捕獲岩の例

*秋澤 紀克[1]、小澤 一仁[2]、Wallis Simon[2]、田村 明弘[3]、川本 竜彦[4]、安本 篤史[5]、大嶋 ちひろ[1]、石川 晃[6]、小木曽 哲[7] (1. 東大　大海研、2. 東大　地惑、3. 金沢大　地球、4. 静大　地球、5. 蒜山地質、6. 東工大　地惑、7. 京大　人環)

10:30 ~ 10:45

[S1-03] 完晶質な複合岩脈を用いたメルト中の拡散継続時間推定

「発表賞エントリー」

*山崎 あゆ[1]、河上 哲生[1]、東野 文子[2] (1. 京都大・院理、2. 岡山理大)

10:45 ~ 11:00

[S1-04] 妙高火山の関山噴火（43 ka）と貫ノ木噴火（41 ka）のメルト包有物の揮発性成分分析

*浜田 盛久[1]、ロズ－古賀 エステル[2]、古賀 ケネス[2]、牛久保 孝行[1]、清水 健二[1]、原田 英男[3]、山口 佳昭[3] (1. JAMSTEC、2. マグマ・火山研究所、3. 信州大学)

11:00 ~ 11:15

[S1-05] 伊豆大島1986年噴火の斑レイ岩捕獲岩中のメルト包有物

*石橋 秀巳[1]、種田 凌也[1]、安田 敦[2]、外西 奈津美[2]、千葉 達朗[3] (1. 静岡大・理、2. 東大地震研、3. アジア航測)

11:15 ~ 11:30

[S1-06] 火山ガラスの色調の要因：新燃岳2018年噴火火山灰の例

*松本 恵子[1] (1. 産総研，活断層・火山研究部門)

11:30 ~ 11:45

[S1-07] 低水蒸気圧下における安山岩質軽石の石基結晶化実験

「発表賞エントリー」

*安川 宙葵[1]、無盡 真弓[1]、中村 美千彦[1]、大槻 静香[2] (1. 東北大・院理、2. 日鉄テクノロジー)

11:45 ~ 12:00

[S1-08] 新燃岳2011年噴火噴出物に含まれる石基輝石結晶の微細組織TEM観察

「発表賞エントリー」

*奥村 翔太[1]、三宅 亮[1] (1. 京都大・院理)

口頭講演 | R2: 結晶構造・結晶化学・物性・結晶成長・応用鉱物

14:00 ~ 15:30 | 大講義室 Ia 大講義室

R2: 結晶構造・結晶化学・物性・結晶成長・応用鉱物

座長:則竹 史哉、栗林 貴弘

14:00 ~ 14:15

[R2-12] 異極鉱高圧相における超周期構造のその場観察

「発表賞エントリー」

*岡本 啓太郎[1]、栗林 貴弘[1]、長瀬 敏郎[2] (1. 東北大・院理、2. 東北大・総学博)

14:15 ~ 14:30

[R2-13] Loparite (Na, REE, Ca)(Ti, Nb)O_3の結晶化学：平均構造と局所構造について

「発表賞エントリー」

*北原 銀河[1]、吉朝 朗[1]、鳥羽瀬 翼[2]、徳田 誠[3]、杉山 和正[3] (1. 熊大・院自然、2. HPSTAR、3. 東北大・金研)

14:30 ~ 14:45

[R2-14] Crystal structure change in the grossular-Si-free katoite solid solution: oxygen position splitting in katoite

*興野 純[1]、Shubhi Arora[1] (1. 筑波大・生命環境)

14:45 ~ 15:00

[R2-15] メタミクト鉱物の熱処理について：フェルグソン石の場合

*徳田 誠[1]、吉朝 朗[2]、上原 誠一郎[3]、宮脇 律郎[4]、門馬 綱一[4]、杉山 和正[1] (1. 東北大・金研、2. 熊大・理、3. 九大・理、4. 国立科博)

15:00 ~ 15:15

[R2-16] ナミビア産ラブンツォフ石の細孔内におけるイオン分布

*中村 友梨江[1]、杉山 和正[1]、長瀬 敏郎[2] (1. 東北大・金研、2. 東北大・博物館)

15:15 ~ 15:30

[R2-17] 菱沸石の高温単結晶X線構造解析：脱水挙動の結晶学的研究

*河田 尚美[1]、藤原 惠子[1]、中塚 晃彦[1] (1. 山口大・院創成)

口頭講演 | R5: 地球外物質

14:00 ~ 16:30 | 大講義室 Ib 大講義室

R5: 地球外物質

座長:橘 省吾、松本 恵

14:00 ~ 14:15

[R5-12] 集積岩ユークライト中トリディマイト多形が示す低温領域での熱史について

*大野 遼[1]、竹之内 惇志[2]、三河内 岳[3]、山口 亮[2] (1. 東大・院理、2. 極地研、3. 東大・総研博)

14:15 ~ 14:30

[R5-13] ユークライト隕石に産するシリカ多形の成因

「発表賞エントリー」

*金丸 礼[1]、山口 亮[1,2]、今栄 直也[1,2]、西戸 裕嗣[3] (1. 総研大、2. 極地研、3. 岡理大)

14:30 ~ 14:45

[R5-14] Padvarninkaiに記録された複雑な衝撃変成履歴

*宮原 正明[1]、山口 亮[2]、大谷 栄治[3] (1. 広島大・院理、2. NIPR、3. 東北大・院理)

14:45 ~ 15:00

[R5-15] ZagamiおよびEETA 79001火星隕石中のマスケリナイト加熱実験から探る衝撃変成過程

*識名 里沙[1] (1. 東大・院理)

15:00 ~ 15:15

[R5-16] チクシュルーブ隕石孔の基盤岩石英の微細組織

谷 理帆[2,1]、*富岡 尚敬[1]、鹿山 雅裕[3]、常 昱[3]、西戸 裕嗣[4]、Das Kaushik[2]、Rae Auriol[5,6]、Ferrière Ludovic[7]、Gulick Sean[8]、Morgan Joanna[5]、IODP-ICDP Expedition 364 Scientists (1. 海洋研究開発機構、2. 広島大学、3. 東京大学、4. 岡山理科大学、5. Imperial College London、6. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg、7. Natural History Museum Vienna、8. University of Texas at Austin)

15:15 ~ 15:30

[R5-17] フォルステライト単結晶のレーザー衝撃圧縮その場X線回折実験

*奥地 拓生[1]、プレジャブ ナランゴー[1]、尾崎 典雅[2]、瀬戸 雄介[3]、薮内 俊毅[4] (1. 岡山大・惑星研、2. 大阪大・院工、3. 神戸大・院理、4. JASRI)

15:30 ~ 15:45

[R5-18] Esquelパラサイト隕石中のかんらん石に含まれる包有物

*江島 輝美[1]、米山 安澄[1]、赤坂 正秀[2]、昆 慶明[3]、平田 岳史[4] (1. 信大・理、2. 島大・理工、3. 産総研、4. 東大・院理)

15:45 ~ 16:00

[R5-19] NWA 7203アングライトの特異な岩石組織の結晶化過程

「発表賞エントリー」

*林 秀幸[1]、三河内 岳[2]、Bizzarro Martin[3] (1. 東大・院理、2. 東大・総研博、3. コペンハーゲン大)

16:00 ~ 16:15

[R5-20] 人工微小隕石作成実験による高層大気酸素分圧条件の再現

*磯部 博志[1] (1. 熊本大学大学院先端科学研究部)

16:15 ~ 16:30

[R5-21] **急冷指標の炭素含有固化過程：地球外生成物**

*三浦 保範[1] (1. 元ー山口大・トロント大)

口頭講演 | R8: 変成岩とテクトニクス

14:00 ~ 16:30 | A-117 イースト1号館

R8: 変成岩とテクトニクス

座長:遠藤 俊祐、中村 佳博

14:00 ~ 14:15

[R8-01] Zircon–monazite–garnet behaviours during high-grade metamorphism in the Kontum Massif, Vietnam

*Vuong Thi Sinh Bui[1], Yasuhito Osanai[2], Nobuhiko Nakano[2], Tatsuro Adachi[2], Ippei Kitano[2], Masaaki Owada[3] (1. ISGS, Kyushu Univ., 2. SCS, Kyushu Univ., 3. Sci, Yamaguchi Univ.)

14:15 ~ 14:30

[R8-02] **八幡浜大島に分布する大島変成岩体のLA-ICP-MSジルコンU-Pb年代と地体構造上の意義**

*小山内 康人[1]、北野 一平[1]、中野 伸彦[1]、足立 達朗[1]、Vuong Bui Sinh[1]、小松 正幸[2] (1. 九州大・比文、2. 愛媛大・理)

14:30 ~ 14:45

[R8-03] ドラマイラ岩体での過剰アルゴンの挙動

*板谷 徹丸[1]、兵藤 博信[2]、今山 武志[2] (1. 蒜山地質年代研、2. 岡山理大・フロンティア研)

14:45 ~ 15:00

[R8-04] **ヒマラヤ変成帯に産する高圧・超高圧エクロジャイトの電子後方散乱回折データ**

*れーまん はふぃーずうる[1] (1. 鹿児島大学)

15:00 ~ 15:15

[R8-05] SiO_2相を含む蘇魯超高圧エクロジャイト中に産する定永閃石

*榎並 正樹[1]、纐纈 佑衣[2]、道林 克禎[2]、田口 知樹[3] (1. 名古屋大、2. 名古屋大・院環境、3. 京都大・院理)

15:15 ~ 15:30

[R8-06] Temperature reconstructions of rocks deformed at shallow crustal depths: implications of calcite thermometry from MBT and NT rocks of Himachal Himalayas

*Dyuti Prakash Sarkar[1], Jun-ichi Ando[1], Akihiro Kano[3], Hirokazu Kato[3], Gautam Ghosh[2], Kaushik Das[1] (1. Hiroshima Univ., 2. Presidency Univ., 3. Tokyo Univ.)

15:30 ~ 15:45

[R8-07] U-Pb zircon geochronology of pre- to post-tectonic granite emplacement across the South Delhi Fold belt, India: Implication towards the age of transpressive orogeny

*Kaushik Das[1], Kalyanbrata Hatui[2], Anupam Chattopadhyay[2], Hikaru Sato[1] (1. Hiroshima University, Science, 2. University of Delhi)

15:45 ~ 16:00

[R8-08] Impure metachertによる物質輸送ー沈み込み帯の物質循環への新たな連結環

*薮田 渉[1]、平島 崇男[1] (1. 京大・院理学)

16:00 ~ 16:15

[R8-09] 八重山変成岩類に見られるタルク方解石脈とその意義

*吉川 正紘[1]、朝倉 顯爾[1]、平島 崇男[1] (1. 京都大)

16:15 ~ 16:30

[R8-10] 島根県江津地域緑れん石青色片岩とエクロジャイト質岩の変成作用と地質年代

*高須 晃[1]、Kabir Fazle[2]、遠藤 俊祐[1]、Li Weimin[3] (1. 島根大・総合理工、2. 藤井基礎設計、3. 中国・吉林大学)

口頭講演 | S2: 岩石-水相互作用 （スペシャルセッション）

15:30 ~ 17:00 | 大講義室 Ia 大講義室

S2: 岩石-水相互作用 （スペシャルセッション）

座長:土屋 範芳、河上 哲生

15:30 ~ 15:45

[S2-01] **地殻の透水性と付与される流体の量**

*土屋 範芳[1]、宇野 正起[1]、Fajah Amanda[1]、Diana Mandaleva[1]、東野 文子[2] (1. 東北大・院環境、2. 岡山理大・理)

15:45 ~ 16:00

[S2-02] 多結晶岩石における組織形成が浸透率に与える効果

「発表賞エントリー」

*藤田 和果奈[1]、中村 美千彦[1]、Golabek Gregor[2]、Thielmann Marcel[2]、Eichheimer Philipp[2]、上杉 健太郎[3] (1. 東北大・院理、2. バイロイト大、3. JASRI)

16:00 ~ 16:15

[S2-03] 海洋下部地殻〜モホ遷移帯における加水作用と岩石物性変化について：ICDPオマーン掘削コア試料の「ちきゅう」船上計測結果

*阿部 なつ江[1]、岡崎 啓史[2]、片山 郁夫[3]、畠山 航平[3]、赤松 祐哉[3]、オマーン掘削プロジェクト サイエンスパーティー (1. 海洋研究開発機構MarE3マントル掘削プロモーション室、2. 海洋研究開発機構X-star高知コア研究所、3. 広島大学)

16:15 ~ 16:30

[S2-04] 酸素同位体を用いた地質速度計: 高温変成作用下で岩石―水相互作用を記録するザクロ石への適用

*東野 文子[1,2]、Rubatto Daniela[2,3]、河上 哲生[4]、Bouvier Anne-Sophie[3]、Baumgartner Lukas[3] (1. 岡山理科大、2. ベルン大学、3. ローザンヌ大学、4. 京大)

16:30 ~ 16:45

[S2-05] MgO-H_2O系における反応誘起破壊と透水率の時間発展

「発表賞エントリー」

*笠原 久夢[1]、宇野 正起[1]、岡本 敦[1]、土屋 範芳[1] (1. 東北大学大学院・環境科学研究科)

16:45 ~ 17:00

[S2-06] 超臨界流通式水熱実験による玄武岩-海水系の元素の選択的溶脱に伴う変質過程

「発表賞エントリー」

*根津 勇介[1]、岡本 敦[1]、平野 伸夫[1]、宇野 正起[1]、土屋 範芳[1] (1. 東北大・院環境)

ポスター | S1: 火成作用の物質科学 (スペシャルセッション)

9:30 ~ 17:00 | A-プレゼンスペース イースト1号館

S1: 火成作用の物質科学 (スペシャルセッション)

[S1P-01] **なぜマントル捕獲岩中の流体包有物は鉱物種やサイズに依存して異なる残留圧力を持つのか？**

*萩原 雄貴[1]、山本 順司[2] (1. 北海道大・院理、2. 北海道大・総博)

[S1P-02] 珪酸塩メルト中での金属粒子の結晶成長その場観察

*無盡 真弓[1]、中村 美千彦[1]、松本 恵[1] (1. 東北大学・院理・地学)

[S1P-03] テフラ成分の屈折率と化学組成に基づく三瓶浮布テフラと阪手テフラの関係の再検証

*丸山 誠史[1] (1. KFT)

ポスター | S2: 岩石-水相互作用 （スペシャルセッション）

9:30 ~ 17:00 | A-プレゼンスペース イースト1号館

S2: 岩石-水相互作用 （スペシャルセッション）

[S2P-01] かんらん石の溶解速度から制約される蛇紋岩反応速度

*大柳 良介[1]、桑谷 立[1]、鈴木 勝彦[1] (1. JAMSTEC)

[S2P-02] オマーンオフィオライト下部地殻かんらん石斑れい岩における緑簾石の生成条件

*立石 大和[1]、野坂 俊夫[1] (1. 岡山大・院自然)

[S2P-03] 下部地殻の加水反応に関する実験的研究：斜長石＋単斜輝石系における優先的な斜長石の反応

*中谷 貴之[1]、中村 美千彦[2] (1. 産総研、2. 東北大・院理)

[S2P-04] 中性子散乱と透過電顕による含水鉱物の微視的な脱水過程の解析

*奥地 拓生[1]、プレジャブ ナランゴー[1]、瀬戸 雄介[2]、富岡 尚敬[3]、柴田 薫[4]、山田 武[5] (1. 岡山大・惑星研、2. 神戸大・院理、3. 海洋研究海洋機構、4. 原子力機構、5. CROSS)

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 ~ 17:00 | A-プレゼンスペース イースト1号館

R2: 結晶構造・結晶化学・物性・結晶成長・応用鉱物

[R2P-01] 単結晶X線回折実験によるアウインの結晶構造解析

*荏戸 俊一郎[1]、栗林 貴弘[1]、長瀬 敏郎[2] (1. 東北大・院理、2. 東北大・総学博)

[R2P-02] GTS型NaチタノシリケートのCs^{+}およびEr^{3+}交換体の作製と陽イオン分布の検討

*藤原 惠子[1]、川田 尚美[1]、中塚 晃彦[1] (1. 山口大・院創成)

[R2P-03] Mirabilite(Na_2SO_4・$10H_2O$)の結晶構造の温度依存性

*池田 龍太郎[1]、興野 純[1] (1. 筑波大学生命環境)

[R2P-04] クトナホラ石の形態変化の結晶学的解析

*栗田 充喜[1]、長瀬 敏郎[1]、栗林 貴弘[1]、今井 裕之[2] (1. 東北大・院理、2. 金研造形スタジオ)

[R2P-05] Ce 添加 merrillite 型結晶の合成と発光特性

「発表賞エントリー」

*新山 慎太郎[1]、志村 玲子[2]、杉山 和正[3] (1. 東北大・院工、2. 東北大・多元研、3. 東北大・金研)

[R2P-06] Magnetite-maghemite-hematite相転移メカニズム

*杵渕 伊吹[1]、佐野 喜成[1]、興野 純[1] (1. 筑波大・生命)

[R2P-07] 斜長石中の針状磁鉄鉱離溶相の鉱物学的研究

「発表賞エントリー」

*菅谷 崚[1]、佐藤 雅彦[1]、小暮 敏博[1] (1. 東大・院理)

[R2P-08] 土橋セリサイトに含まれるX線回折で見えない鉱物

*武内 浩一[1]、木須 一正[2]、上原 誠一郎[3]、桑原 義博[4]、大和田 朗[5]、武部 将治[6] (1. 無所属、2. 長崎県窯業技術センター、3. 九大・院理、4. 九大・比文、5. 産総研、6. 土橋鉱山)

[R2P-09] ビビアナイトにおける生成条件と鉄の酸化数

「発表賞エントリー」

*千葉 康平[1]、大嶋 江利子[2]、高橋 美咲[3]、杉山 和正[4] (1. 一関高専・物質化学工学専攻、2. 一関高専・未来創造工学科化学・バイオ系、3. 一関高専・物質化学工学科、4. 東北大・金研)

[R2P-10] 固溶体の成長：選択的吸着とキンクカイネティックス

*北村 雅夫[1]、勝野 喜以子[2]、入澤 寿美[3] (1. 無所属、2. 成蹊大学、3. 学習院大学)

[R2P-11] トラピッチェ・エメラルドの成長プロセス

「発表賞エントリー」

*海野 智洋[1]、栗林貴弘[1]、 長瀬敏郎[2] (1. 東北大・院理、2. 東北大総学博)

[R2P-12] パイライト型構造の電子状態

*米山 瑠華[1]、則竹 史哉[2,3] (1. 山梨大・工、2. 山梨大・院総合研究部、3. 理研)

ポスター | R5: 地球外物質

9:30 ~ 17:00 | A-プレゼンスペース イースト1号館

R5: 地球外物質

[R5P-01] Acfer094隕石中の宇宙シンプレクタイトのTEM観察

*松本 恵[1]、土`山 明[2,3]、三宅 亮[4]、富岡 尚敬[5]、伊藤 元雄[5]、兒玉 優[6]、松野 淳也[4]、安武 正展[2]、中藤 亜衣子[7]、上杉 健太朗[8]、竹内 晃久[8]、中野 司[9]、バッカロ エピファニオ[10] (1. 東北大、2. 立命館大、3. GIG/CAS、4. 京都大、5. JAMSTEC、6. マリンワークジャパン、7. JAXA/ISAS、8. JASRI/SPring-8、9. 産総研、10. ロンドン自然史博物館)

[R5P-02] Hコンドライト隕石の変成温度解析：改良型Lindsley輝石温度計による試み

*上原 亮[1]、桑原 義博[2]、島田 和彦[4]、中牟田 義博[3]、上原 誠一郎[4]、足立 達朗[5] (1. 九大・院地球社会、2. 九大・比文、3. 九大・博物館、4. 九大・理、5. 九大・埋文)

ポスター | R8: 変成岩とテクトニクス

9:30 ~ 17:00 | A-プレゼンスペース イースト1号館

R8: 変成岩とテクトニクス

[R8P-01] Mineralogical Heterogeneity of *UHP* garnet peridotite in the Bohemian Massif, Czech Republic

*Juliah Wangari Muriuki[1], Daisuke Nakamura[1], Takao Hirajima[2], Martin Svojtka [3] (1. Okayama Uni., 2. Kyoto Uni. , 3. Institute of Geology CAS)

[R8P-02] 中国蘇魯地域北東部に産するザクロ石カンラン岩の温度圧力履歴の推定

「発表賞エントリー」

*老川 柚[1,2]、中村 大輔[1]、平島 崇男[2]、森下 知晃[3]、田村 明弘[3]、山根 創[1] (1. 岡山大・院理、2. 京都大・院理、3. 金沢大・院理)

[R8P-03] Impure metachertに見られる流体・変形活動史と浅部沈み込み帯の肖像

*薮田 渉[1]、平島 崇男[1] (1. 京大・院理学)

[R8P-04] 福岡県宗像市南西部市境域に産する緑色結晶片岩

*棟上 俊二[1] (1. 福岡教育大学)

[R8P-05] 佐賀県神埼市に産する変成岩の化学組成

*宮本 知治[1] (1. 九州大学)

[R8P-06] 南極大陸産超高温変成岩中の輝石の微細組織の特徴

*藤 昇一[1]、宮本 知治[2] (1. 福岡大・理、2. 九州大・理)

[R8P-07] 東南極セール・ロンダーネ山地北部に産するFe-Alに富むグラニュライトの変成組織とザクロ石REEの相違

*馬場 壮太郎[1]、小山内 康人[2]、中野 伸彦[2]、外田 智千[3]、足立 達朗[2]、豊島 剛志[4] (1. 琉球大学・教育、2. 九州大学・比文、3. 国立極地研究所、4. 新潟大学・理)

[R8P-08] **東南極セール・ロンダーネ山地の泥質片麻岩から見出されたコランダムと石英包有物の産状とその解釈**

*外田 智千[1,2]、小山内 康人[3]、中野 伸彦[3]、足立 達朗[3]、豊島 剛志[4]、馬場 壮太郎[5] (1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 九州大学、4. 新潟大学、5. 琉球大学)

[R8P-09] **東南極ドロンイングモードランド東部の地質：スリランカとのリンク**

白石 和行[1]、*外田 智千[1,2]、廣井 美邦[1,3]、野木 義史[1,2]、本吉 洋一[1,2] (1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 千葉大学)

[R8P-10] 西南日本九州北部に分布する三郡変成帯結晶片岩の砕屑性ジルコン後背地の多様性

*北野 一平[1]、小山内 康人[1]、中野 伸彦[1]、足立 達朗[1] (1. 九大・比文)

[R8P-11] Pressure–temperature condition of pelitic gneisses from the Mutis Metamorphic Complex, Timor Island, Indonesia

*Fransiska Ayuni Catur Wahyuandari[1], Yasuhito Osanai[1], Nobuhiko Nakano[1], Tatsuro Adachi[1], Nugroho Imam Setiawan[2] (1. Kyushu University, 2. Universitas Gadjah Mada)

[R8P-12] インド東ガーツ造山帯西縁境界に露出するコランダムを含むグラニュライトの反応微細組織観察

「発表賞エントリー」

*佐藤 史彦[1]、ダス カウシク[1] (1. 広島大・院理)

[R8P-13] 鏡肌を構成する物質の変形特性

*安東 淳一[1]、富岡 尚敬[2]、鍵 裕之[3]、廣瀬 丈洋[2] (1. 広島大・院理、2. JAMSTEC・高知コア研、3. 東大・院理)

[R8P-14] 福岡県篠栗地域に露出するアンチゴライト蛇紋岩の変形特性

*岩﨑 夕季[1]、安東 淳一[1]、Kaushik Das[1]、Sarkar Dyuti[1]、上原 誠一郎[2]、大藤 弘明[3] (1. 広島大・院理、2. 九州大、3. 愛媛大)

[R8P-15] 長野県大鹿村地域の中央構造線に分布する低温型マイロナイトとphylloniteの形成ステージの制約

*中村 佳博[1] (1. 産総研)

[R8P-16] モナザイト・ゼノタイムCHIME岩石年代学による隠岐片麻岩の複変成履歴

*遠藤 俊祐[1]、吉田 宏[1] (1. 島根大)

各種委員会

12:00 ~ 12:30 | A-117 イースト1号館

GKK編集委員会

各種委員会

13:00 ~ 13:30 | A-117 イースト1号館

JMPS編集委員会

2019年9月21日(土)

口頭講演 | R4: 地球表層・環境・生命

14:00 ~ 16:15 | 大講義室 Ib 大講義室

R4: 地球表層・環境・生命

座長:川野 潤、横山 正、宇都宮 聡

14:00 ~ 14:15

[R4-01] 人形峠ウラン鉱山における坑水自然浄化機構の解明

*川本 圭佑[1]、落合 朝須美[1]、岳田 彩花[1]、中野 友里子[1]、横尾 浩輝[1]、沖 拓海[1]、大貫 敏彦[2]、小原 義之[3]、福山 賢仁[3]、宇都宮 聡[1] (1. 九州大学、2. 東京工業大学、3. 日本原子力研究開発機構)

14:15 ~ 14:30

[R4-02] 高濃度放射性セシウム含有微粒子の新規定量法(QCP法)開発とその移行挙動の解明

*宇都宮 聡[1]、池原 遼平[1]、末武 瑞樹[1]、栗原 英太郎[1]、小宮 樹[1]、諸岡 和也[1]、高見 龍[1]、武原 政人[1] (1. 九州大学)

14:30 ~ 14:45

[R4-03] 白色干渉計を用いた水溶液中でのジルコン溶解速度測定

*北垣 徹[1] (1. 原子力機構)

14:45 ~ 15:00

[R4-04] 鉱物の濡れ性の違いが溶解挙動に及ぼす影響

*横山 正[1]、西山 直毅[2] (1. 広大・院総科、2. 筑波大・院生命環境)

15:00 ~ 15:15

[R4-05] 蛍光プローブを用いた２次元可視化手法による結晶の溶解/成長メカニズムの検討

*川野 潤[1]、矢崎 誠[1]、豊福 高志[2,3]、長井 裕季子[2,4]、Teng Henry[5]、永井 隆哉[1] (1. 北大、2. JAMSTEC、3. 海洋大、4. 科博、5. 天津大)

15:15 ~ 15:30

[R4-06] 二酸化炭素と水蒸気存在下における珪灰石の炭酸塩化

*橋爪 秀夫[1] (1. 物・材機構)

15:30 ~ 15:45

[R4-07] 中性子回折とラマン分光によるNesquehoniteの化学式の再検討

「発表賞エントリー」

*山本 弦一郎[1]、興野 純[1]、阿部 淳[2]、佐野 亜沙美[3]、服部 高典[3] (1. 筑波大学、2. 総合科学研究機構、3. 日本原子力研究開発機構)

15:45 ~ 16:00

[R4-08] ヒザラガイ類の歯舌内のマンガンに富む組織の鉱物学的研究

*市村 康治[1]、小暮 敏博[1] (1. 東大・院理)

16:00 ~ 16:15

[R4-09] 急冷指標の炭素含有固化過程：地球上生成物

*三浦 保範[1] (1. 元ー山口大)

口頭講演 | R6: 深成岩・火山岩及びサブダクションファクトリー

14:00 ~ 16:15 | 大講義室 Ia 大講義室

R6: 深成岩・火山岩及びサブダクションファクトリー

座長:亀井 淳志、江島 圭祐、児玉 省吾

14:00 ~ 14:15

[R6-01] 中央モンゴルハンガイ山地ハルグイットーウストルゴイ火山のアルカリ岩台地状溶岩の地質と岩石

*大場 司[1]、星出 隆志[1]、井村 匠[1]、ナツァグドルジ ムンフエルデネ[1] (1. 秋田大学・国際資源)

14:15 ~ 14:30

[R6-02] チューク諸島Weno島の火山岩類のマグマプロセス

*角縁 進[1]、下瀬 洸也[2] (1. 佐賀大・教育、2. 芦刈小)

14:30 ~ 14:45

[R6-03] 阿武火山群と青野山火山群のマグマ過程と火山地形

*大和田 正明[1]、井町 春花、永嶌 真理子[1] (1. 山口大学・院創成科学)

14:45 ~ 15:00

[R6-04] 流体包有物に記録されている沈み込み帯流体の塩濃度

*川本 竜彦[1] (1. 静岡大学・理・地球科学)

15:00 ~ 15:15

[R6-05] 花崗岩体の石英の結晶化プロセス：石英のCL累帯パターンとTitaniQ温度計

*湯口 貴史[1]、小北 康弘[2]、加藤 丈典[3]、横田 倫太郎[1]、笹尾 英嗣[2]、西山 忠男[4] (1. 山形大・理、2. 原子力機構、3. 名古屋大、4. 熊本大)

15:15 ~ 15:30

[R6-06] マントルかんらん岩の部分溶融によって生成される安山岩質メルトについて

*土谷 信高[1]、山崎 大輔[2] (1. 岩手大・教育、2. 岡山大・惑星研)

15:30 ~ 15:45

[R6-07] 島根県東部に分布する大東花崗閃緑岩の結晶作用

*野口 将志[1]、越智 博美[1]、小林 夏子[1]、奥田 佳奈[1]、亀井 淳志[1] (1. 島根大学)

15:45 ~ 16:00

[R6-08] 熊本県北部の花崗岩類のジルコンU-Pb年代

*堤 之恭[1] (1. 国立科学博物館)

16:00 ~ 16:15

[R6-09] 東南極セール・ロンダーネ山地に産する大陸衝突型の高Kアダカイト質花崗岩

*亀井 淳志[1]、大和田 正明[2]、堀江 憲路[3]、志村 俊昭[2]、柚原 雅樹[4]、束田 和弘[5] (1. 島根大、2. 山口大、3. 極地研、4. 福岡大、5. 名大)

口頭講演 | R7: 岩石・鉱物・鉱床一般 (資源地質学会共催セッション)

14:00 ~ 15:45 | A-117 イースト1号館

R7: 岩石・鉱物・鉱床一般 (資源地質学会共催セッション)

座長:片山 郁夫、越後 拓也

14:00 ~ 14:15

[R7-01] 海洋地殻構造が示すプレート拡大モードの解明―ハワイ沖モホール候補地における上部海洋地殻貫通計画

*海野 進[1]、森下 知晃[1]、木村 純一[2]、山下 幹也[3]、ガルシア マイケル[4]、クライン フリーダー[5]、島 伸和[6]、小野 重明[2]、阿部 なつ江[2]、道林 克禎[7]、富永 雅子[5] (1. 金沢大・理工、2. 海洋研究開発機構、3. 産総研、4. ハワイ大、5. ウッズホール海洋研、6. 神戸大・内海研、7. 名大・院理)

14:15 ~ 14:30

[R7-02] Mado Megamullionに分布する岩石の岩石学的・地球物理学的解釈

*秋澤 紀克[1]、沖野 郷子[1]、石塚 治[2]、山下 浩之[3]、町田 嗣樹[4]、小原 泰彦[5,6] (1. 東大　大海研、2. 産総研、3. 神奈川県立生命の星・地球博物館、4. 千葉工大、5. 海上保安庁、6. JAMSTEC)

14:30 ~ 14:45

[R7-03] ちきゅう船上での比抵抗測定に基づくオマーン掘削プロジェクトでの浸透率プロファイル

*片山 郁夫[1]、阿部 なつ江[2]、畠山 航平[1]、赤松 祐哉[1]、岡崎 啓史[2]、Ulven Ole Ivar[4]、Hong Gilbert[5]、Zhu Wenlu[6]、Cordonnier Benoit[4]、道林 克禎[3]、Godard Marguerite[7]、Kelemen Peter[8]、The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party (1. 広島大学、2. 海洋研究開発機構、3. 名古屋大学、4. オスロ大学、5. ソウル国立大学、6. メリーランド大学、7. モンペリエ大学、8. コロンビア大学)

14:45 ~ 15:00

[R7-04] Attenuated Total Reflection Infrared (ATR-IR) Spectroscopy of Serpentine Minerals

*Ilona Sakaguchi[1], Yui Kouketsu[1], Katsuyoshi Michibayashi[1], Simon Wallis[2] (1. Nagoya University, GSES , 2. The University of Tokyo, EPS)

15:00 ~ 15:15

[R7-05] 沖縄トラフごんどうサイトの海底下における塊状硫化物の鉱物学的特徴

*戸塚 修平[1]、石橋 純一郎[1]、島田 和彦[1]、宮本 尭[1]、池端 慶[2] (1. 九州大・理、2. 筑波大・生命環境)

15:15 ~ 15:30

[R7-06] 2019年に新潟県糸魚川市小滝川で発生した白濁と砒素汚染の鉱物学的研究

*小河原 孝彦[1]、茨木 洋介[1]、竹之内 耕[1]、小西 博巳[2] (1. フォッサマグナミュージアム、2. 新潟大学・理)

15:30 ~ 15:45

[R7-07] 北海道北見地域生田原周辺の含アンモニウムカリ長石

*越後 拓也[1]、河原 礼佳[1]、渡辺 寧[1] (1. 秋田大院・国資)

ポスター | R4: 地球表層・環境・生命

9:30 ~ 17:00 | A-プレゼンスペース イースト1号館

R4: 地球表層・環境・生命

[R4P-01] 地下深部花崗岩内生物圏の鉱物学的特徴

「発表賞エントリー」

*高橋 玄[1]、鈴木 庸平[1]、砂村 倫成[1]、小暮 敏博[1] (1. 東京大学・院理)

[R4P-02] 造礁サンゴ骨格の構成要素ごとの微細組織観察

*甕 聡子[1]、波利井 佐紀[2]、兒玉 優[3]、富岡 尚敬[1]、伊藤 元雄[1] (1. JAMSTEC、2. 琉大・熱生研、3. マリン・ワーク・ジャパン)

[R4P-03] Greenalite synthesis at low temperatures

*Hiromi Konishi[1], Waleed Anwar[1] (1. Department of Geology, Niigata University)

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 ~ 17:00 | A-プレゼンスペース イースト1号館

R6: 深成岩・火山岩及びサブダクションファクトリー

[R6P-01] CO_2流体の非破壊$\delta^{13}C$測定の向上

「発表賞エントリー」

*横倉 伶奈[1]、萩原 雄貴[1]、山本 順司[2] (1. 北海道大・院理、2. 北海道大・総合博物館)

[R6P-02] 九州に分布する姫島火山群と両子山火山群の第四紀マグマの成因関係の検討

「発表賞エントリー」

*平山 剛大[1]、柴田 知之[1]、芳川 雅子[1] (1. 広島大学・理学・地惑)

[R6P-03] ノースパタゴニアに産する花崗岩類の多様性

「発表賞エントリー」

*三浦 大和[1]、加々島 慎一[1]、高橋 俊郎[2]、野原 里華子[2] (1. 山形大学、2. 新潟大学)

[R6P-04] 北上山地, 堺ノ神深成岩体の岩石化学的研究：結晶分化作用と地質温度計・圧力の適用

*鈴木 哲士[1]、中島 和夫[2]、湯口 貴史[2] (1. 山形大学・院・理工学、2. 山形大学・理工学)

[R6P-05] 新潟県糸魚川市青海地域の蛇紋岩メランジュ中の優白質岩の多様性

*奥山 史織[1]、加々島 慎一[1]、竹之内 耕[2]、小河原 孝彦[2] (1. 山形大学、2. フォッサマグナミュージアム)

[R6P-06] In-situジルコンのU-Pb年代とTi濃度の同時取得：世界で最も若い黒部川花崗岩体を用いたアプローチ

*石橋 梢[1]、坂田 周平[2]、山嵜 勇人[1]、湯口 貴史[1] (1. 山形大、2. 東京大)

[R6P-07] 山口県，屋代島に産する領家帯深成岩類のマグマ過程

*児玉 省吾[1]、大和田 正明[1]、今岡 照喜[1]、亀井 淳志[2]、池田 雄輝[3] (1. 山口大学大学院創成化学研究科、2. 島根大学大学院総合理工学部、3. 復建調査設計株式会社)

[R6P-08] 四国北西部高縄半島に分布する領家帯花崗岩類の全岩化学組成とジルコンU-Pb年代

「発表賞エントリー」

*下岡 和也[1]、齊藤 哲[1]、谷 健一郎[2] (1. 愛媛大学大学院理工学研究科、2. 国立科学博物館地学研究部)

[R6P-09] 北部九州，尺岳閃緑岩体の内部構造

「発表賞エントリー」

*江島 圭祐[1]、大和田 正明[1]、亀井 淳志[2] (1. 山口大学大学院創成科学研究科、2. 島根大学大学院総合理工学研究科)

[R6P-10] 周防変成岩に貫入する紅柱石含有両雲母花崗岩の化学組成

*柚原 雅樹[1]、川野 良信[2]、岡野 修[3] (1. 福岡大・理、2. 立正大・地球環境、3. 岡山大・理)

ポスター | R7: 岩石・鉱物・鉱床一般 (資源地質学会共催セッション)

9:30 ~ 17:00 | A-プレゼンスペース イースト1号館

R7: 岩石・鉱物・鉱床一般 (資源地質学会共催セッション)

[R7P-01] オマーンオフィオライトWadi Tayin岩体における地殻−マントル境界にみられるマントル−メルト相互作用

*高澤 栄一[1,2]、木暮 優芽斗[3]、石井 慶佑[3]、Chatterjee Sayantani[1]、小柳 夏希[1]、道林 克禎[4]、田村 芳彦[2]、The Oman Drilling Project Science Party (1. 新潟大・理、2. 海洋研究開発機構、3. 新潟大・院自然、4. 名古屋大学)

[R7P-02] 長野県大鹿村のカンラン岩の蛇紋岩化作用

*武田 侑也[1]、上原 誠一郎[1] (1. 九大・理地惑)

[R7P-03] Hess Deep マントルかんらん岩に産する二次的かんらん石の化学組成

*後神 大輔[1]、野坂 俊夫[1] (1. 岡山大・院自然)

[R7P-04] 輝石温度の冷却速度応答性による海洋リソスフェアの見かけ温度分布

*西村 光史[1]、山本 順司[2]、石橋 秀巳[3] (1. 東洋大学、2. 北海道大学、3. 静岡大学)

[R7P-05] クラックの発生頻度の違いによる海洋モホ面での地震波不連続性

「発表賞エントリー」

*赤松 祐哉[1]、片山 郁夫[1]、利根川 貴志[2] (1. 広島大・院理、2. JAMSTEC)

[R7P-06] 岩石微細組織観察に於けるEPMA定量イメージング技術の活用

*吉田 健太[1] (1. JAMSTEC)

[R7P-07] 沖縄トラフ海底熱水サイトのチムニー初期生成過程に関する鉱物学的解析

*大森 敬太[1]、長瀬 敏郎[2]、野崎 達生[3]、栗林 貴弘[1] (1. 東北大・院理、2. 東北大・総学博、3. 海洋機構)

[R7P-08] 沖縄トラフ熱水鉱床に産するisocubaniteの磁気特性

*加藤 千恵[1]、大野 正夫[1]、桑原 義博[1]、畠山 唯達[2]、山田 康洋[3]、戸塚 修平[4]、島田 和彦[4]、石橋 純一郎[4]、長瀬 敏郎[5] (1. 九大比文、2. 岡山理大、3. 東京理大、4. 九大理、5. 東北大博物館)

[R7P-09] 高温高圧下で高酸化状態を保持するための試料容器

*川嵜 智佑[1] (1. 愛媛大学)

[R7P-10] 北海道羽幌地域の上部白亜系上部蝦夷層群中に見られる海緑石

*門谷 明弘[1] (1. 愛媛大)

[R7P-11] インドAravalli-Delhi造山帯に露出するシュードタキライトの微細組織とその形成過程

*岡崎 淳哉[1]、安東 淳一[1]、Das Kaushik[1]、富岡 尚敬[2]、兒玉 優[3] (1. 広島大・院理、2. JAMSTEC、3. マリン・ワーク・ジャパン（株）)

一般社団法人日本鉱物科学会　定時総会・授賞式 ,モンゴル資源地質学会との協定調印式

8:45 ~ 10:10 | 大講義室 II 大講義室

一般社団法人日本鉱物科学会定時総会・授賞式

受賞者講演

10:15 ~ 10:45 | 大講義室 II 大講義室

2018年度日本鉱物科学会賞第20回受賞者　野口高明　会員（九州大学） 受賞題目：「原始太陽系における物質進化に関わる岩石鉱物学的研究」

受賞者講演

10:45 ~ 11:15 | 大講義室 II 大講義室

2018年度日本鉱物科学会賞第21回受賞者　山崎　大輔会員（岡山大学） 受賞題目：「構成物質のレオロジーに基づく核・マントルのダイナミクスの研究とそのための高圧実験技術開発」

受賞者講演

11:20 ~ 11:40 | 大講義室 II 大講義室

2018年度日本鉱物科学会研究奨励賞第25回受賞者　吉村俊平会員　（北海道大学） 研究対象：「火山噴火現象の実験的・理論的研究」

受賞者講演

11:40 ~ 12:00 | 大講義室 II 大講義室

2018年度日本鉱物科学会研究奨励賞第26回受賞者　篠崎彩子　会員（北海道大学） 研究対象：「地球深部・氷天体深部での炭素、水素、窒素関連物質の振る舞いの解明」

第1回定例理事会

16:30 ~ 18:00 | A-117 イースト1号館

一般社団法人日本鉱物科学会第1回定例理事会

懇親会

18:10 ~ 20:00 | イーストゾーン ビッグスカイ

懇親会 伊都キャンパスに移転を完了した九州大学の中でも竣工間もないイーストゾ ーンの食堂で懇親会を催します。高台に位置する明るく開放的な、時には夕焼けの綺麗な会場で、福岡や九州を名産とする食事とお酒を楽しみながら、夕刻まで続けた鉱物学・岩石学・鉱床学の議論を続けてみませんか？

2019年9月22日(日)

口頭講演 | S3：北東アジアの鉱物・岩石・資源 （スペシャルセッション）

9:15 ~ 12:00 | A-117 イースト1号館

S3：北東アジアの鉱物・岩石・資源 （スペシャルセッション）

座長:中野 伸彦、苗村 康輔、足立 達朗

9:15 ~ 9:35

[S3-01] **[INVITED]** New geochronological data of grantoid rocks related with Cu-Mo porphyry deposit, south Mongolia

*Sereenen Jargalan[1]、Boldbaatar Enkhjargal[1]、Adachi Tatsuro[2]、Nakano Nobuhiko[2]、Osanai Yasuhito[2] (1. MUST、2. Kyushu UNiversity)

9:35 ~ 9:55

[S3-02] **[INVITED]** Gold resources of Mongolia

*Chuluunkhuu Enkh-Amgalan[1]、Sereenen Jargalan[2] (1. Mongolian Society of Economic Geologists、2. Mongolian University of Science and Technology)

9:55 ~ 10:15

[S3-03] **[招待講演]** 安定陸塊の底が記録する東北アジアの進化史

*辻森 樹[1,2]、新堀 希望[2]、奥村 聡[2]、渡邉 了[3]、レーマン ハフィズ[4]、マリコベッツ ウラジミール[5] (1. 東北大学・CNEAS、2. 東北大学・院理、3. 富山大学・院理工、4. 鹿児島大学・院理工、5. ソボレフ地質学鉱物学研究所)

10:15 ~ 10:30

[S3-04] 山口県長門構造帯に産する変成岩・深成岩類のジルコンU–Pb年代の特徴

*北野 一平[1]、小山内 康人[1]、中野 伸彦[1]、足立 達朗[1]、加藤 涼介[2,3]、Bui Vuong[3] (1. 九大・比文、2. （株）ダイヤコンサルタント、3. 九大・地社統)

10:30 ~ 10:45

[S3-05] ベトナム・コンツム地塊，カンナック岩体，ペルム紀－三畳紀，火成作用と変成作用の関係

*大和田 正明[1]、小山内 康人[2]、中野 伸彦[2]、北野 一平[2]、足立 達朗[2] (1. 山口大学・院創成科学、2. 九州大学)

10:45 ~ 11:00

[S3-06] モンゴルアルタイ山脈の泥質変成岩に記録された古生代・沈み込みー付加ー大陸衝突に伴う造山帯運動

*中野 伸彦[1]、小山内 康人[1]、Jargalan Sereenen[2]、足立 達朗[1]、Syeryekkhaan Kundyz[1]、大和田 正明[3]、Satish-Kumar M.[4] (1. 九州大学、2. モンゴル科学技術大学、3. 山口大学、4. 新潟大学)

11:00 ~ 11:15

[S3-07] モンゴル北西部のザフハンエクロジャイトが経験した反時計回りの温度圧力履歴

*苗村 康輔[1]、オトコンクゥ ジャフハラン[2] (1. 京都大学理学研究科地質学鉱物学教室、2. 中国地質科学院)

11:15 ~ 11:30

[S3-08] Lithium Deposits of Mongolia

*Dashtseren Khashbat[1]、Sereenen Jargalan [1] (1. Mongolian University of Science and Technology., MUST)

11:30 ~ 11:45

[S3-09] Metallogeny of Rare Earth Elements of Mongolia

*Sereenen Jargalan[1]、Battogtokh Tamir[1] (1. Mongolian University of Science and Technology)

11:45 ~ 12:00

[S3-10] Coal deposits of Mongolia

*Magsarjav Ochirbat[1]、Sereenen Jargalan[2] (1. Mongolian Society of Economic Geologists、2. Mongolian University of Science and Technology)

口頭講演 | R1: 鉱物記載・分析評価

9:45 ~ 12:00 | 大講義室 Ia 大講義室

R1: 鉱物記載・分析評価

座長:黒澤 正紀、門馬 綱一、長瀬 敏郎

9:45 ~ 10:00

[R1-01] エジリンの*M*1席Fe^{3+}の電場勾配テンソルの実験値と計算値の比較

*篠田 圭司[1]、小林 康浩[2] (1. 阪市大•理、2. 京都大•複合研)

10:00 ~ 10:15

[R1-02] メスバウアー分光法による長野県産普通輝石の*M*2席のFe^{2+}の電場勾配テンソルの推定

*福山 大毅[1]、篠田 圭司[1]、小林 康浩[2] (1. 阪市大、2. 京大・複合研)

10:15 ~ 10:30

[R1-03] 動力学効果を考慮した電子回折パターンの方位解析

*瀬戸 雄介[1]、大塚 真弘[2]、伊神 洋平[3]、三宅 亮[4] (1. 神戸大・院理、2. 名古屋大・院工、3. 名古屋大・未来研、4. 京都大・院理)

10:30 ~ 10:45

[R1-04] Precession electron diffraction法の鉱物への適用と評価

*三宅 亮[1]、瀬戸 雄介[2]、伊神 洋平[3]、大塚 真弘[4] (1. 京大・院理、2. 神戸大・院理、3. 名大・未来研、4. 名大・院工)

10:45 ~ 11:00

[R1-05] TAP分光結晶を用いた波長分散型分光器におけるバックグラウンドホール

*加藤 丈典[1]、陳 美呈[2] (1. 名大・ISEE、2. 釜山大・共同実験実習館)

11:00 ~ 11:15

[R1-06] “パライバ”・トルマリン(1）;宝石学的定義の変遷と原産地

*北脇 裕士[1]、江森 健太郎[1] (1. 中央宝石研究所)

11:15 ~ 11:30

[R1-07] ”パライバ”・トルマリン (2)；LA-ICP-MSを用いた組成分析と原産地鑑別への応用

*江森 健太郎[1]、北脇 裕士[1] (1. 中央宝石研究所)

11:30 ~ 11:45

[R1-08] ゲドル閃石の２種類の赤外OH伸縮振動バンド微細構造

*石田 清隆[1]、ホーソン フランク (1. 無所属)

11:45 ~ 12:00

[R1-09] 福島県多田野産加藤石の化学組成

*坂野 靖行[1]、豊 遙秋[2] (1. 産総研、2. 東大総博)

口頭講演 | R3: 高圧科学・地球深部

9:45 ~ 12:00 | 大講義室 Ib 大講義室

R3: 高圧科学・地球深部

座長:川添 貴章、大藤 弘明

9:45 ~ 10:00

[R3-01] 圧力スケールの違いが与える核の密度欠損への影響

*境 毅[1] (1. 愛媛大地球深部研)

10:00 ~ 10:15

[R3-02] 高圧力下における含水非晶質ナトリウム珪酸塩の構造

「発表賞エントリー」

*大橋 智典[1]、坂巻 竜也[1]、舟越 賢一[2]、服部 高典[3]、佐野（古川） 亜沙美[3]、村主 樹[1]、市東 力[4]、池田 理[1]、伊東 義章[1]、柴﨑 裕樹[5]、鈴木 昭夫[1] (1. 東北大・院理、2. CROSS、3. 原研、4. 東大・院理、5. 物材研)

10:15 ~ 10:30

[R3-03] Fe-Sコアの固化モードと組成対流

*浦川 啓[1]、寺崎 英紀[2] (1. 岡山大・自然、2. 大阪大・理)

10:30 ~ 10:45

[R3-04] **アルゴンの地球内部循環**

*小野 重明[1] (1. JAMSTEC)

10:45 ~ 11:00

[R3-05] Mg_2SiO_4ワズレアイトの高温熱容量測定

*糀谷 浩[1]、恒川 有希[1]、赤荻 正樹[1] (1. 学習院大・理)

11:00 ~ 11:15

[R3-06] **高温高圧下におけるFe_5O_6とFe_4O_5の安定性**

彦坂 晃太郎[2]、*新名 良介[1,2]、廣瀬 敬[2,3]、石井 貴之[4]、大石 泰生[5] (1. 明治大、2. 東大、3. 東工大、4. BGI、5. JASRI)

11:15 ~ 11:30

[R3-07] クロムスピネルを含むケイ酸塩鉱物系の高圧相関係

吉田 和存[1]、糀谷 浩[1]、*赤荻 正樹[1] (1. 学習院大・理)

11:30 ~ 11:45

[R3-08] δ-(Al,Fe)OOH単結晶の高圧合成

*川添 貴章[1,2]、大平 格[3,4]、石井 貴之[2]、鈴木 昭夫[3]、大谷 栄治[3] (1. 広大・院理、2. バイロイト大・BGI、3. 東北大・院理、4. カーネギー研究所)

11:45 ~ 12:00

[R3-09] 高温高圧下における無水斜方輝石の転位クリープ

*坪川 祐美子[1]、大内 智博[1]、肥後 祐司[2]、丹下 慶範[2]、入舩 徹男[1] (1. 愛媛大学・GRC、2. JASRI)

口頭講演 | R1: 鉱物記載・分析評価

14:00 ~ 15:00 | 大講義室 Ia 大講義室

R1: 鉱物記載・分析評価

座長:坂野 靖行

14:00 ~ 14:15

[R1-10] 大分県木浦鉱山産ソーコナイト及びフライポンタイト

*井手 大生[1]、上原 誠一郎[1]、白勢 洋平[2] (1. 九大・理・地惑、2. 京大・博物館)

14:15 ~ 14:30

[R1-11] 河辺石の再定義に向けた再検討

*宮脇 律郎[1]、志村 俊昭[2]、門馬 綱一[1]、松原 聰[1]、加藤 昭[1] (1. 国立科博、2. 山口大・創成科学)

14:30 ~ 14:45

[R1-12] 沖縄HAKUREIサイトの磁硫鉄鉱仮像組織の解析

*長瀬 敏郎[1]、野崎 達生[2]、高谷 雄太郎[3]、石橋 純一郎[4]、熊谷 英憲[2]、前田 玲奈[2] (1. 東北大・総学博、2. 海洋機構、3. 早大・創造理工、4. 九大・理)

14:45 ~ 15:00

[R1-13] 京都府和束町石寺産ネバダ石

*白勢 洋平[1]、延寿 里美[3]、鶴田 憲次[4]、下林 典正[2] (1. 京大・博物館、2. 京大・院理、3. 立命館大、4. 京都芸大)

口頭講演 | R3: 高圧科学・地球深部

14:00 ~ 15:00 | 大講義室 Ib 大講義室

R3: 高圧科学・地球深部

座長:新名 良介

14:00 ~ 14:15

[R3-10] せん断変形場におけるオリビン–スピネル相転移：相転移誘起の軟化条件の探索

*久保 友明[1]、森山 一哉[1]、森 悠一郎[1]、今村 公裕[1]、小泉 早苗[2]、西原 遊[3]、鈴木 昭夫[4]、肥後 祐司[5]、丹下 慶範[5] (1. 九州大・理、2. 東大・地震研、3. 愛媛大・GRC、4. 東北大・理、5. JASRI)

14:15 ~ 14:30

[R3-11] 超高圧シュードタキライトとナノダイヤモンド

*西山 忠男[1]、鵜木 康平[1]、西 右京[1]、藤本 智也[1]、吉朝 朗[1]、大藤 弘明[2]、寺内 正己[3] (1. 熊本大学先端科学研究部、2. 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、3. 東北大学多元物質科学研究所)

14:30 ~ 14:45

[R3-12] 西彼杵変成岩中のシュードタキライトより見出されたナノ多結晶ダイヤモンドの鉱物学的特徴

*大藤 弘明[1]、西山 忠男[2] (1. 愛媛大・GRC、2. 熊大・理)

14:45 ~ 15:00

[R3-13] 分析透過電顕における化学定量分析の特徴と問題点その２

*藤野 清志[1]、大藤 弘明[1] (1. 愛媛大GRC)

ポスター | S3：北東アジアの鉱物・岩石・資源 （スペシャルセッション）

9:30 ~ 15:00 | A-プレゼンスペース イースト1号館

S3：北東アジアの鉱物・岩石・資源 （スペシャルセッション）

[S3P-01] 四国西部真穴帯近傍のジルコンU-Pb年代

*川口 健太[1]、早坂 康隆[1]、柴田 知之[1] (1. 広島大・院理)

[S3P-02] 青海地域蓮華変成岩類の記載岩石学的特徴とジルコンU-Pb年代

*北野 一平[1]、小山内 康人[1]、中野 伸彦[1]、足立 達朗[1] (1. 九大・比文)

[S3P-03] モンゴル北西部・ハンホヒン山地に産する泥質片麻岩に含まれるザクロ石中のクリストバライト包有物

*足立 達朗[1]、小山内 康人[1]、中野 伸彦[1]、Syeryekkhaan Kundyz[1]、Jargalan Sereenen[2]、大和田 正明[3]、Satish-Kumar M.[4] (1. 九州大、2. モンゴル科技大、3. 山口大、4. 新潟大)

[S3P-04] Pressure–temperature-time conditions of metamorphism of pelitic gneisses in the Gobi-Altai Mountains from southwestern Mongolia.

*Kundyz Syeryekkhaan[1], Y. Osanai[1], N. Nakano[1], T. Adachi[1], S. Jargalan[2], M. Owada[3], M. Satish-Kumar[4], Ch. Boldbaatar[5] (1. Kyushu Univ., 2. Mongolian Univ. Sci. Tech., 3. Yamaguchi Univ., 4. Niigata Univ., 5. Ochir Undraa LLC)

ポスター | R1: 鉱物記載・分析評価

9:30 ~ 15:00 | A-プレゼンスペース イースト1号館

R1: 鉱物記載・分析評価

[R1P-01] 大分県尾平鉱山産水晶にみられるX型エステレル式双晶について

*岡田 敏朗[1] (1. 福岡市立和白丘中学校)

[R1P-02] 岡山県柵原鉱山に産する磁鉄鉱の磁気特性および微細組織と組成

*大川 真紀雄[1]、ダ・コスタ ジェラルド・マジェラ[2] (1. 広島大・院理、2. オウロ・プレット連邦大)

[R1P-03] 深層学習による薄片画像の認識と岩石分類
「発表賞エントリー」

*松田 真奈[1]、瀬戸 雄介[1] (1. 神戸大・院理)

[R1P-04] MEM解析ソフトウェアDysnomiaへの最大エントロピーパターソン法の統合

*門馬 綱一[1] (1. 国立科博)

[R1P-05] マグマ性鉱床プローブとしての透輝石斑晶メルト包有物

*黒澤 正紀[1] (1. 筑波大・生命環境)

[R1P-06] 熊本県に分布する黒瀬川帯の超苦鉄質岩体における白金族元素含有鉱物および元素鉱物について

*田中 崇裕[1]、浜根 大輔[2]、新町 正 (1. 無所属、2. 東京大・物性研)

[R1P-07] 新鉱物　皆川鉱（Minakawaite）

浜根 大輔[2]、*田中 崇裕[1]、新町 正 (1. 無所属、2. 東大・物性研)

[R1P-08] 北海道留萌管内の砂金・砂白金鉱床を構成する鉱物種

*浜根 大輔[1]、齋藤 勝幸 (1. 東大物性研)

[R1P-09] 北海道日高町千栄産の森本ざくろ石

*浜根 大輔[1]、萩原 昭人 (1. 東大物性研)

[R1P-10] 秩父鉱山石灰沢から見出されたholtstamite加水ざくろ石とその高圧挙動

*浜根 大輔[1]、門馬 綱一[2]、原田 明 (1. 東大物性研、2. 科博)

[R1P-11] 小笠原諸島父島に産する phillipsite の 特徴的成長組織につい
「発表賞エントリー」

*井上 裕貴[1]、安井 万奈[2]、萩谷 宏[1]、山﨑 淳司[2] (1. 東京都市大学、2. 早大・理工)

[R1P-12] 福岡県飯塚市八木山産のアメサイトについて

*一色 優希[1]、上原 誠一郎[1] (1. 九大・理・地惑)

[R1P-13] 福岡県長垂山のコルンブ石族鉱物

*伊東 信[1]、上原 誠一郎[2]、白勢 洋平[3] (1. 福岡県立糸島高、2. 九大・理・地惑、3. 京大)

[R1P-14] 山口県美祢市長登銅山烏帽子坑に産するコバルト鉱石

*永嶌 真理子[1]、井本 裕二[2]、森下 幸菜[2] (1. 山口大・院創成科学、2. 山口大・理)

[R1P-15] 鹿児島県赤石鉱山における鉱床及び鉱床母岩の粘土鉱物

*吉村 拓哉、上原 誠一郎[1] (1. 九大・院理)

[R1P-16] 鳥取県日南町日野上鉱山産のクインティン石 (Quintinite)

*石橋 隆[1]、山本 佳弘[1]、光田 英彦[1]、下林 典正[2]、渡部 茜[1]、藤原 卓[1] (1. 公益財団法人益富地学会館、2. 京都大学大学院理学研究科)

[R1P-17] 大阪大学総合学術博物館の鉱物標本

*石橋 隆[1,2]、伊藤 謙[1]、橋爪 節也[1]、永田 靖[1]、澤田 操[2] (1. 大阪大学総合学術博物館、2. 公益財団法人益富地学会館)

[R1P-18] 京都大学の鉱物標本 -比企鉱物標本-

*白勢 洋平[1]、下林 典正[2]、高谷 真樹[2]、石橋 隆[3]、豊 遙秋[4] (1. 京大・博物館、2. 京大・院理、3. 益富地学会館、4. 東大・博物館)

[R1P-19] 九州大学の鉱物標本

*上原 誠一郎[1]、白勢 洋平[2]、伊藤 泰弘[3] (1. 九大・理・地惑、2. 京大・博物館、3. 九大・博物館)

ポスター | R3: 高圧科学・地球深部

9:30 ~ 15:00 | A-プレゼンスペース イースト1号館

R3: 高圧科学・地球深部

[R3P-01] 高温高圧条件下での金属-ケイ酸塩メルト間の希ガス分配係数の実験的決定高温高圧条件下での金属-ケイ酸塩メルト間の希ガス分配係数の実験的決定

*田中 友崇[1]、貴志 智[1]、角野 浩史[1]、桑原 秀治[2]、野村 龍一[3]、鍵 裕之[4]、三部 賢治[5] (1. 東大・総合文化、2. 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、3. 京大・院人間・環境学研究科、4. 東大・院理、5. 東大・地震研)

[R3P-02] 高圧下における含水鉱物と鉄の反応速度
「発表賞エントリー」

*畑山 達郎[1]、西 真之[1]、入舩 徹男[1] (1. 愛媛大学・GRC)

[R3P-03] 核-マントル間における水素分配の第一原理的予測
「発表賞エントリー」

*大場 篤朗[1], 土屋卓久[1] (1. 愛媛大・GRC)

[R3P-04] Al-Si 置換型 Phase Egg および Al に富む未知含水高圧相
「発表賞エントリー」

*高市 合流[1]、西 真之[1]、周 佑黙[1]、町田 真一[2]、入舩 徹男[1] (1. 愛媛大・GRC、2. 総合科学研究機構)

[R3P-05] マルチメガバールの新含水高圧相ε-AlOOH

*西 真之[1]、桑山 靖弘[2]、土屋 旬[1] (1. 愛媛大・GRC、2. 東京大・理)

[R3P-06] 高圧力下におけるScOOH の相転移

伊東 義章[1]、池田 理[1]、窪田 平海[1]、坂巻 竜也[1]、栗林 貴弘[1]、*鈴木 昭夫[1] (1. 東北大・院理)

[R3P-07] δ-AlOOHのP-V-T状態方程式

窪田 平海[1]、伊東 義章[1]、渡邉 隆二[1]、鎌田 誠司[2]、栗林 貴弘[1]、*鈴木 昭夫[1] (1. 東北大・院理、2. 東北大・学際フロンティア)

[R3P-08] 高温高圧下におけるSoda melilitemeltの粘度に及ぼすCO_2の効果

*鈴木 昭夫[1] (1. 東北大・院理)

[R3P-09] GHz-DAC音速法の開発：ここまでの総括と今後の展望

*米田 明[1] (1. 岡山大惑星研)

[R3P-10] 鉄水素化物高圧相FeH_2の音速及び磁性測定

*生田 大穣[1]、大谷 栄治[1]、平尾 直久[2]、三井 隆也[3]、中野 智志[4]、内山 裕士[2]、筒井 智嗣[2]、バロン アルフレッド[5] (1. 東北大・理・地学、2. JASRI、3. 量研、4. NIMS、5. 理研)

[R3P-11] 下部マントルに沈み込んだスラブ内レオロジー

*東 真太郎[1,2]、野村 龍一[3,4]、上杉 健太朗[5]、西原 遊[4]、土居 峻太[4]、有本 岳史[4]、入舩 徹男[4] (1. 東工大・院理、2. 九州大、3. 京都大、4. 愛媛大、5. JASRI/SPring-8)

[R3P-12] 一軸圧縮変形場におけるオリビン―スピネル相転移実験剪断不安定化条件の解明へ向けて

*森 悠一郎[1] (1. 九大・理)

[R3P-13] Fe-Ni-S-C系の溶融関係と超深部起源ダイヤモンドの生成条件

*伊丹 佑[1]、浦川 啓[1] (1. 岡山大・院自然)

[R3P-14] ステアリン酸からのナノ多結晶ダイヤモンド合成とその微細組織観察

*川村 英彰[1]、大藤 弘明[2] (1. 愛媛大院理、2. 愛媛大GRC)

[R3P-15] $CaTiO_3$ペロブスカイトへのGa^{3+}の固溶について

*永井 隆哉[1]、大黒 正貴[1]、髙倉 直樹[1]、井上 徹[2]、新名 亨[3] (1. 北大・院理、2. 広大・院理、3. 愛媛大・GRC)

各種委員会

12:00 ~ 12:30 | 大講義室 Ia 大講義室
新鉱物・命名・分類委員会

各種委員会

12:00 ~ 12:30 | A-117 イースト1号館
研究発表優秀賞選考委員会

クロージングセレモニー

15:30 ~ 16:15 | 大講義室 Ia 大講義室
クロージングセレモニー

2019年9月23日(月)

「ひすい」一般普及講演

13:00 ~ 15:30 | 西新プラザ 九州大学

日本鉱物科学会一般普及講演「日本の国石・ひすい」 ひすい普及講演会ポスター http://jams.la.coocan.jp/2019-Hisui-postar.pdf

日本鉱物科学会は社団法人化の記念事業の一環として、2016年の総会で「ひすい（ひすい輝石およびひすい輝石岩）」を国石として選定しました。知名度、美しさ、学術的重要性のほか、日本人との関わり、産地の継続性・持続性などの条件をクリアし、国のシンボルとして国石に選ばれたひすいは、どのようにして生まれ、どのようにして日本に根付いてきたのでしょうか。

プログラム

12:30　開場・受付

13:00～15:30　講演会（途中休憩をはさみます）

国石ひすいの基礎知識　宮島　宏（フォッサマグナミュージアム）
国石ひすいのサイエンス（第一部）　辻森　樹（東北大学）
国石ひすいのサイエンス（第二部）　辻森　樹（東北大学）
国石ひすいと日本人　宮島　宏（フォッサマグナミュージアム）

講師紹介

宮島　宏
糸魚川信用組合　調査役
1957年東京都生まれ。信州大学理学部地質学科で丹沢山地の花崗岩質岩、東北大学大学院理学研究科博士課程で伊豆半島東部の火山岩を研究。都立養護学校と高校の教諭を経て、糸魚川市教育委員会に転職。フォッサマグナミュージアムの開設と運営に関わり、ジオパークという言葉を造語。2019年3月に退職し、現在は糸魚川信用組合で地域振興に当たる。糸魚川産の翡翠から糸魚川石などの新鉱物を発見し、新潟日報文化賞と日本鉱物学会櫻井賞を受賞。翡翠に関する著書多数。

辻森　樹
東北大学教授（東北アジア研究センター）
1972年石川県山中温泉生まれ。1999年金沢大学博士（理学）、地質学者。スタンフォード大学博士研究員、岡山大学助教・准教授などを歴任し2015年より現職（理学研究科地学専攻を兼務）。原生代～顕生代の高圧・超高圧変成岩の地質学と岩石学に基づき、プレート境界岩に記録されたプロセスと固体地球の経年変化を解明する研究を行っている。日本地質学会柵山賞（第一号）、アメリカ鉱物学会フェロー、アメリカ地質学会フェローなど受賞。2007年よりアメリカ自然史博物館リサーチアソシエイト。

見学会・巡検

9:00 ~ 12:00 | 旧工学部本館 九州大学

見学会：九州大学「高標本」と工学部「列品室」

見学会・巡検

8:00 ~ 23:00 | 阿蘇巡検 阿蘇

巡検：阿蘇•九重地域の火山と地熱帯

科研費説明会

2019年9月19日(木) 13:00 ~ 15:00 | B-101 イースト1号館

科研費説明会　「科研費の基本的考え方と2020応募に際して」

中村美千彦（JSPS学術システム研究センター専門研究員，東北大学理学研究科）

研究者個人の自由な発想で計画立案される唯一の競争的研究費として、科研費の重要性や獲得競争の激しさが増す中で、2018年度には大きな改革が行われました。この機会に、鉱物科学会からのご要望により、科研費制度についての理解を深めていただくため、科研費をめぐる現状、科研費改革2018の内容、科研費審査の仕組み、2020応募における見直し点などについてご説明したいと思います。とくに若手研究者の皆様の参加を歓迎します。

13:00 ~ 15:00
科研費説明会　「科研費の基本的考え方と2020応募に際して」
中村美千彦（JSPS学術システム研究センター専門研究員，東北大学理学研究科）

各種委員会

2019年9月19日(木) 15:00 ~ 16:00 | B-101 イースト1号館

将来企画委員会

15:00 ~ 16:00

将来企画委員会

各種委員会

2019年9月19日(木) 16:00 ~ 17:00 | B-101 イースト1号館

IMA小委員会

16:00 ~ 17:00

IMA小委員会

YMOショートコース (YMOはJAMSのサポート団体)

🏛2019年9月19日(木) 16:10 ~ 19:00 | 🏛B-101 イースト1号館

YMOショートコース (YMOはJAMSのサポート団体）「鉱物科学若手の会（YMO）2019ショートコース」は九州大学で開催される日本鉱物科学会2019年年会の会場をお借りして，今年も下記のように開催いたします。
日付：9月19日（木）（JAMS2019年年会開催の前日）
会場：九州大学 伊都キャンパス (イースト1号館 B-101) 16:10-19:00
タイムテーブル予定
16:10頃～　九州大学理学部ラボツアー
17:00-19:00 ショートコース　（演者調整中）
19:30頃～　懇親会（九大学研都市駅周辺を予定）
（※YMOは鉱物学および岩石学を志す若手研究者の育成および会員相互の親睦を通じて研究の活性化や新展開を目指す有志団体であり、特定の学協会に所属する組織ではありません。
現在は一般社団法人日本鉱物科学会のサポートを受けております。）
特記事項：ショートコースからの参加も歓迎します。
JAMS2019年年会前日の開催で参加者数が読みづらいため、参加を予定される方は<ymo-staff[a]googlegroups.com> までご一報いただけますと助かります。[a]⇒@
※例年より会場セッティングがややこしいため変更を行う可能性があります。その際はJAMS2019年年会ウェブサイトの情報を更新する予定ですので、直前に確認していただくことをおすすめします。

16:10 ~ 19:00
YMOショートコース　（YMOはJAMSのサポート団体）

口頭講演 | R2: 結晶構造・結晶化学・物性・結晶成長・応用鉱物

2019年9月20日(金) 9:15 ~ 12:00 | 大講義室 Ia 大講義室

R2: 結晶構造・結晶化学・物性・結晶成長・応用鉱物

座長:徳田 誠、興野 純、中村 友梨江

[座長]
徳田 誠: R2-01～R2-04
興野 純: R2-05～R2-08
中村 友梨江: R2-09～R2-11

9:15 ~ 9:30

[R2-01] CL法を用いた水晶の晶癖に対する重力効果の検討

*吉見 桃子[1]、長瀬 敏郎[2]、栗林 貴弘[1]、今井 裕之[3]、岡田 敏朗[4] (1. 東北大・院理、2. 東北大・総学博、3. 金石造形スタジオ、4. 福岡市和白丘中学校)

9:30 ~ 9:45

[R2-02] トリディマイト多形のラマン分光法による研究

*神崎 正美[1] (1. 岡大・惑星研)

9:45 ~ 10:00

[R2-03] CaO-MgO-Li_2O-V_2O_5フラックスにおける石英，トリディマイト，クリストバライトの成長

*阿部 利弥[1] (1. 山口大・理)

10:00 ~ 10:15

[R2-04] Si原子は珪酸塩液体中でどのように拡散しているのか

*則竹 史哉[1] (1. 山梨大・院総合)

10:15 ~ 10:30

[R2-05] 一価のイオンのイオン半径の違いが引き起こすＯＣＰ形成誘導と抑制機構

*杉浦 悠紀[1]、齋藤 靖子[2]、遠藤 貴士[2]、槇田 洋二[1] (1. 産総研・健康工学、2. 産総研・機能化学)

10:30 ~ 10:45

[R2-06] XAFS法による斜長石単結晶での鉄化学種分析

*中田 亮一[1]、佐藤 雅彦[2]、潮田 雅司[3]、田村 裕二郎[4]、山本 伸次[4] (1. JAMSTEC、2. 東京大・院理、3. 産総研、4. 横国大・院環)

10:45 ~ 11:00

[R2-07] $Mn_{3-x}Fe_xO_4$固溶体の高圧下での電荷移動と磁気構造変化
（半導体—金属転移　磁気構造転移と結晶構造転移の圧力効果）

*山中 高光[1]、服部 高典[2]、小松 一生[3]、中本 有紀[4]、ラマン サキブ[1]、ワン リン[1]、マオ ホークァン[1]、平尾 尚久[5] (1. 北京高圧科学研究中心、2. 日本原子力研究開発機構　J-PARC 物質・生命科学実験施設、3. 東京大学大学院理学研究科　地殻科学研究センター、4. 大阪大学大学院基礎工学研究科附属極限科学センター、5. 理科学研究所　大型加速器機構)

11:00 ~ 11:15

[R2-08] 15.5 GPa, 2473 Kで合成された新規$Al_2Si_2O_7$相の 放射光単結晶X線回折実験

*栗林 貴弘[1]、周 佑黙[2]、大藤 弘明[2]、入舩 徹男[2,3] (1. 東北大・院理、2. 愛媛大・GRC、3. 東工大・ELS)

11:15 ~ 11:30

[R2-09] 緻密な酸化インジウム焼結体の合成と酸素欠陥化学

*坂口 勲[1]、齊藤 紀子[1]、鈴木 拓[1] (1. 物材機構)

11:30 ~ 11:45

[R2-10] 透明ナノ多結晶ヒスイの超高圧合成に向けて

*入舩 徹男[1]、満 圭祐[1]、山田 明寛[2] (1. 愛媛大・GRC、2. 滋賀県立大・工)

11:45 ~ 12:00

[R2-11] 低圧構造部と高圧構造部が秩序配列したヒ素結晶相

*吉朝 朗[1]、徳田 誠[2]、三澤 賢明[3] (1. 熊本大学、2. 東北大学、3. 九州産業大学)

CL 法を用いた水晶の晶癖に対する重力効果の検討

吉見桃子*(東北大・院理)，長瀬敏郎(東北大・総学博)，栗林貴弘(東北大・院理)，
今井裕之(金石造形スタジオ)，岡田敏朗(福岡市立和白丘中学校)

CL analysis for the gravitational influence on crystal habit of quartz.

Momoko Yoshimi*(Tohoku Univ.), Toshiro Nagase (Tohoku Univ.), Takahiro Kuribayashi (Tohoku Univ.),
Hiroyuki Imai (Kinseki Zoukei Studio), Toshiro Okada (Wajirogaoka junior high school)

はじめに　水晶の形態に現れる主な面は、菱面体面 $r\{10\bar{1}1\}$ 及び $z\{01\bar{1}1\}$ と柱面 $m\{10\bar{1}0\}$ であり、しばしば $x\{51\bar{6}1\}$ や $s\{11\bar{2}1\}$ も現れる。天然では菱面体面の発達の度合いが異なる形態が観察され、この一因として重力の影響が考えられている（Laemmlein, 1941）。水晶が壁面から水平方向に成長した場合、下側にある菱面体面は上側よりも大きく発達する。また x 面と s 面は下側で発達しやすい。上側の菱面体面が下側よりも速く成長するためにこのような形になると考えられているが、天然において、水晶が重力の影響をどのように受けて成長したか、その履歴を詳しく観察した研究例はない。本研究では、岩手県玉山鉱山などの水晶について、カソードルミネッセンス（CL）法による内部組織観察を行い、水晶の成長履歴と重力が晶癖に及ぼす影響を調べた。

実験　内部組織観察は走査型電子顕微鏡(JEOL 社製 JSM-6510)に付随した CL 装置(GATAN 社製 Mini-CL)を用いて行った。試料には深成岩に伴う石英脈である岩手県玉山鉱山と宮崎県板谷の水晶を用いた。菱面体面の晶癖が強く現れているものを選び、c 軸に平行に、$(11\bar{2}0)$面で切断し切断面に白金蒸着をして用いた。水平に近い角度で母岩から成長した水晶は上面に小さい結晶の付着や汚れが認められるため、試料は小さい結晶が付着している側と汚れが多く付着している側を上側と判断した。玉山鉱山産試料は、CL 像の明瞭な成長縞をトレースし、上側と下側それぞれについて線と線の間隔を測り成長履歴の解析を行った。

結果と考察　成長縞には産地ごとに共通するパターンが見られる。玉山鉱山産試料について、複数の試料間で同一の層の厚さを成長速度とみなして比較すると、菱面体面の上下の成長速度比 dr_{lower} / dr_{upper} は 0.5-2.5 の範囲でばらつきがある。dr_{lower} / dr_{upper} の平均は約 0.8 であり r_{upper} の成長が r_{lower} の成長よりも速いが、各層の成長幅が狭いため上下の菱面体面の成長速度差は晶癖に大きな影響は与えない。CL 像より、両産地の水晶には初期、中期、および末期の３つの成長ステージの存在が認められる。板谷産試料では、試料全長に対する初期、中期、末期ステージの割合はそれぞれ約 20%、約 60-70%、約 10-20%である。初期ステージにおいて下側の柱面の成長速度が上側の柱面の成長速度よりも速い。初期ステージは全長の約 20%であるが重力効果が最も強くはたらいており、この段階で下側の菱面体面が大きく発達した晶癖が生じる。中期および末期ステージにおける上下の菱面体面の成長速度差では、初期ステージでできた晶癖を解消するほどの変化は起こらない。そのため、初期ステージの晶癖が先端まで維持されると考えられる。

Keywords: quartz, crystal habit, cathode luminescence method
*Corresponding author: momoko.yoshimi.t5@dc.tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

トリディマイト多像のラマン分光法による研究

神崎正美（岡大・惑星研）

Raman spectroscopic study of tridymite modifications

Masami Kanzaki (IPM, Okayama U.)

Tridymite modifications stable at ambient conditions (PO-10, MC, MX-1) were studied by Raman spectroscopy including low-frequency region. Compiled spectra allow us to identify those modifications in natural rocks and synthetic samples. Temperature-induced transitions were also studied up tp 500 ºC starting from synthetic MC. Our result was mostly consistent with previous study of Hirose et al. (2005), but it also revealed significant changes at the low-frequency region for the first time. Although the anticipated soft mode for OC/HP transition was not observed, a low-frequency peak of OC disappeared at around 470 ºC, suggesting much higher transition temperature than that of previous X-ray diffraction studies.

イントロダクション：トリディマイトは多くの多形を持つが、それらのラマンスペクトルは十分確立していない（以下ではNukui &Nakazawaの表記法を使う）。また、MX-1については報告がない。MX-1については、粉砕等でMCからMX-1に変わることが知られているため、特に実験試料の同定に不可欠である。そこで、通常よく見られるMC, PO-10, MX-1についてスペクトルを整理したので、報告する。さらに、高温その場ラマン分光測定も行なって、多形の低周波数領域について特に調べた。

実験方法：PO-10は天然のものを複数、MCは天然および合成したものを使った。MX-1については、高温から液体窒素中に落下させて作成した。また、合成したMC (MX-1も少し混ざる）を使い、500 ºCまでの高温その場ラマン測定も行った。

結果と議論： 常温常圧におけるPO-10, MC, MX-1のラマンスペクトルをFig. 1に示す。それぞれ特徴的な位置にピークがあり、簡単に同定することができる。これまで報告されている文献との比較により、従来隕石中にはMCが報告されてきたが、Kimura et al. (2005)報告のスペクトルからはPO-10も存在することが分かった。

高温その場測定では、低周波数領域を除いて、Hirose et al.(2005)とほぼ同じ結果を得た。OP/OS転移においては、高周波数領域ではほとんど変化がないが、低周波数領域で明瞭な変化が見られた。

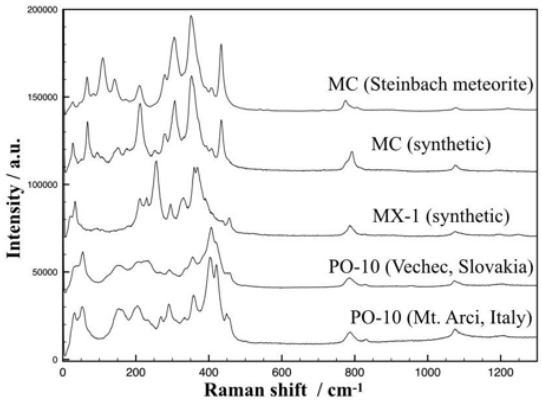


Figure 1. Raman spectra of MC, MX-1 and PO-10

OC/HP転移に予想されるOC相のソフトモードは観察されなかったが、OC相の低周波数ピークは470 ºCで消えた。この温度はLHP/HP転移とされている温度に近いが、OC/LHP転移に相当する変化は観察されなかった。それ故、この変化をOC/HP転移と解釈したが、回折法で得られるその転移温度(約380 ºC)よりもかなり高くなる。

Reference:
Hirose et al. (2005) JMPS, 100, 55-69.
Kimura et al. (2005) Meteor. & Planet. Sci., 40, 855-868.

Keywords: tridymite, Raman spectroscopy, polytypes, phase transition

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

$CaO-MgO-Li_2O-V_2O_5$ フラックスにおける石英，トリディマイト，クリストバライトの成長

阿部利弥(山口大理)

Growth of Quartz, Tridymite and Cristobalite in a $CaO-MgO-Li_2O-V_2O_5$ Flux System

Toshiya Abe* (Yamaguchi Univ.)

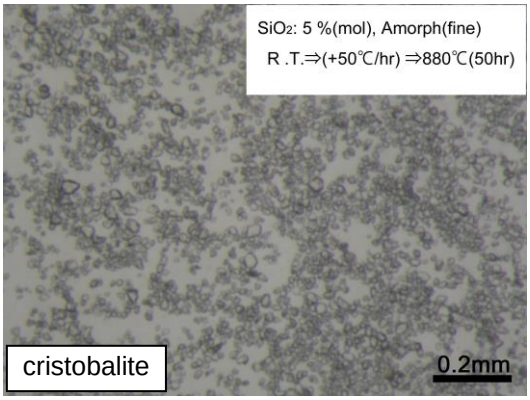
数年来, フラックス法によるシリカ結晶の合成を行ってきた．小サイズではあるが，両錐六角柱状結晶や柱面が存在しない六角両錐結晶の石英を得られるようになっている．

フラックスを変えることで, 異なる温度域での実験が可能となる. 昨年の鉱物科学会で報告したように， $CaO-MgO-Li_2O-V_2O_5$ 系フラックスでは, 石英とトリディマイトの形成が認められた．加えて，クリストバライトも一部見られた. 生成条件確定のため追加実験をおこなったので，今回報告する．

実験では，粉末試薬の混合物を Pt 坩堝に入れ，電気炉を用いて，大気圧下空気中で所定の加熱, 冷却を行った. 回収坩堝試料には, 温水処理と HCl 処理を行い，生成 SiO_2 を回収した．回収物の秤量も，SiO_2-Flux 相関係(リキダス)把握のため行った．

$CaO-MgO-Li_2O-V_2O_5$ フラックスでは，900~780℃での晶出実験が可能で，石英とトリディマイト, クリストバライトが認められた．石英は，800，780℃で観察され，六角両錐形で高温型の特徴を示した．トリディマイトは, 非晶質シリカを出発原料にした多くの実験，900，880，850，800，780℃などで，六角板状の結晶として認められた．さらに, 石英質シリカを出発原料にした実験でも, 1000℃から冷却したものなどでは，確認できた．多くのトリディマイトは，“870℃”以下でも観察でき, 準安定相としても普通に成長する．

クリストバライトは, 非晶質シリカを出発



原料にした場合，880℃から 800℃で準安定相として認められた．これらは XRD で容易に識別できるが, 石英とは異なる特徴を有する小粒結晶として認識できるのみで, 詳細な形態は識別できない(図参照).

870℃以下では，安定性としては Qtz > Trid > Crist > amorphous だが，非晶出シリカを使用した加熱実験 800~880℃での晶出は Crist > Trid >> Qtz であり，圧倒的にクリストバライトが優勢である．880℃の長時間加熱や徐冷実験などでは, トリディマイトの形成も見られるようになる．

Keywords: growth, flux, quartz, tridymite, cristobalite
* Corresponding author: toshiya@yamaguchi-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Si 原子は珪酸塩液体中でどのように拡散しているのか

則竹　史哉*（山梨大・院総合研究部、理研）

How do silicon atoms diffuse in silicate liquids?

Fumiya NORITAKE*(University of Yamanashi, RIKEN)

Mathematical-physical modeling of transportation phenomena in silicate liquids is important and challenging topic in physics, Earth science, metallurgy, and glass technology. Some thermodynamics-based theories for transportation coefficients in the silicate liquids indicates importance of the configurational entropy (Adam & Gibbs, 1965; Richet & Bottinga, 1994). Discussion of the entropy should become easier using lattice model, moreover, it would give atomistic insights into the silicate liquids. If the modeling the silicate liquids into simple lattice model is possible, we should know elemental processes of diffusion network forming elements (Si and O). There are some hypotheses for diffusion mechanism of network forming elements. For instance, Xue et al. (1991) proposed that 5-coordinated Si species is intermediate state for diffusion from NMR spectroscopy. On the other hands, Kubicki & Lasaga (1993) reported that Si atoms diffuse via 3-coordinated Si species from molecular dynamics simulations. Knowledge about conditions that enables Si atoms to diffuse is also important. They also suggested that Si atoms need bond-breaking event to diffuse. Moreover, our recent study (Noritake & Kawamura, 2016) reported that synchronized bond-breaking is needed for diffusion of network forming elements from relationship between diffusivity and bond-exchanging rate.

In this study, I performed molecular dynamics simulations of sodium silicate liquids ($Na_2O \cdot nSiO_2$, n = 1, 2, 3, and 4) at atmospheric pressure consist of approximately 10,000 particles with varying temperature. Adding to ordinary analysis methods, I analyzed mean square displacement of non-bond exchanged network forming elements, difference between lifetime obtained from pair function and bond exchange rate, distribution of time for bond exchanging event, collective function (Noritake, 2017) and its relation between jump distance, self/distinct part of van Hove function of network forming elements classified into Q^n species and BO/NBO, ring structure from graph theory, and radial distribution function of synchronized bond breaking event. The silicon diffusion mechanism in silicate liquids will be discussed using detailed analyses written above.

Keywords: Silicate Liquids, Molecular Dynamics Simulations

*Corresponding author: fnoritake@yamanashi.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

一価のイオンのイオン半径の違いが引き起こす OCP形成誘導と抑制機構

杉浦　悠紀*(産総研・健康工学)、齊藤　靖子(産総研・機能化学)、
遠藤　貴士(産総研・機能化学)、槇田　洋二(産総研・健康工学)

Effect of the Ionic Radius of Monovalent Ions on Octacalcium Phosphate Formation

Yuki Sugiura* (AIST·HRI), Yasuko Saito (AIST·RISC),
Takashi Endo (AIST·RISC), Yoji Makita (AIST·HRI)

Octacalcium phosphate (OCP), a layered calcium phosphate compound, is an attractive material for new medical combination products. OCP is fabricated primarily from soluble calcium salt via an aqueous-mediated hydrolysis process. The co-existing cations are likely to be incorporated into the OCP unit lattice during this process and affect the development of the OCP crystal structure and its thermodynamic stability. However, the key parameters of the co-existing cations, such as the ionic radii and charge number, that affect OCP formation are still unclear. In this study, we focused on the ionic radius of each monovalent ion of alkali metal ions (Li^+, Na^+, K^+, Rb^+, and Cs^+) for OCP incorporation and formation in a $CaHPO_4·2H_2O$ (DCPD)-$(NH_4)_2HPO_4$ system with alkali metal salts. There was little incorporation of Li into the OCP unit lattice at low concentrations, whereas Li was incorporated into the OCP unit lattice as a conjugate form of NH_4 and K, which have ionic radii that are larger than Ca, resulting in a HPO_4–OH layered structure in the OCP unit lattice. The Na concentration increased hyperbolically and was incorporated into the OCP unit lattice, resulting in a HPO_4–OH layered structure in the OCP unit lattice. By contrast, Li, K, and Rb resulted in the HPO_4–OH layer in the OCP unit lattice at low concentrations and attenuated OCP formation at high concentrations. Cs only exhibited an attenuation effect on OCP formation. Considering the differences between the Ca ionic radius (1.00 Å) and those of alkali metal ions, the alkali metal ionic radii that were smaller than ~1.5 times the Ca ionic radius could be incorporated into the OCP unit lattice, whereas those greater than ~1.5 times the Ca ionic radius exhibited an inhibiting effect on OCP formation.

Keyword: リン酸カルシウム、骨補填材、バイオマテリアル、バイオミネラリゼーション

*杉浦　悠紀: yuki-sugiura@aist.go.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

XAFS 法による斜長石単結晶での鉄化学種分析

中田亮一[1]*，佐藤雅彦[2, 3]，潮田雅司[3]，田村裕二郎[4]，山本伸次[4]
（1 JAMSTE・高知コア，2 東京大・院理, 3 産総研, 4 横国大・院環）

Variation of iron species in plagioclase crystals by X-ray absorption fine structure analysis

Ryoichi Nakada[1]*, Masahiko Sato[2,3], Masashi Ushioda[3], Yujiro Tamura[4], and Shinji Yamamoto[4] (1 JAMSTEC, 2 Univ. of Tokyo, 3 AIST, 4 Yokohama National Univ.)

Valence state of Fe in plagioclase varies among crystals separated from the same plutonic rock. Two different sites are confirmed as a host of Fe in plagioclase from the same rock. L_{III}-edge XANES is more suitable for speciation analysis because K-edge XANES underestimate the contribution of tetrahedral Fe.

≪はじめに≫

天然の斜長石中には離溶マグネタイトがしばしば含まれている事が知られている．離溶マグネタイトは深成岩中にミクロンサイズ以下のマグネタイトを晶出する特異なプロセスであり，古地磁気情報の記録媒体，地殻深部に存在する磁気異常ソースとして注目を集めている．しかし，離溶マグネタイトに関する研究は少なく，その晶出メカニズムは未解明である．本研究では，マグネタイト離溶条件決定を目指し，複数の分析手法による斜長石単結晶試料の鉄科学種分析を行う．

≪試料と分析≫

本研究では，ミネソタ Duluth complex（FC1）と室戸岬斑レイ岩体（MT）から斜長石粒子を分離し，交番磁場勾配磁力計で斜長石中のマグネタイト含有量を測定した後，SPring-8 BL27SU で Fe-L_{III} 吸収端 XANES 分析，KEK-PF BL-12C で Fe-K 端 XANES 分析及び EXAFS 分析を行った．

Key words: XAFS, plagioclase, magnetic anomaly

*Corresponding author: nakadar@jamstec.go.jp

≪結果と考察≫

FC1 から分離した斜長石中のマグネタイト含有量は平均で 300ppm 程度であったのに対し，MT の斜長石では検出下限以下であった．全鉄に占める三価鉄成分の割合は，FC1 の斜長石が平均して 0.54 であったのに対し MT の斜長石では 0.75 であった．つまり，三価鉄成分の多い MT の斜長石では離溶マグネタイト晶出量が少なく，一方で三価鉄成分が少ない FC1 の斜長石では離溶マグネタイト晶出量が多いという結果であった．また，離溶磁鉄鉱の含有量がほぼ等しい FC1 の斜長石粒子 2 試料の Fe-K 端 EXAFS 分析から，各粒子ごとに斜長石中での鉄の配位環境が異なる事が確認され，斜長石中で鉄の配位環境変化が起こるよりも高温で磁鉄鉱が離溶した事が示唆された．これらの結果は，これまで行われてきたバルク分析では得られない知見であり，斜長石単結晶での分析を行う重要性を示している．

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

$Mn_{3-x}Fe_xO_4$ 固溶体の高圧下の電荷移動と磁気構造転移

半導体−金属転移　磁気構造転移と結晶構造転移の圧力効果

山中高光[1]、 服部高典[2]、 小松一生[3]　中本有紀[4]、 平尾尚久[5]、 Saqib Rahman[1]、 Lin Wang[1]、Ho-kwang Mao[1]、(1. 北京高圧科学研究中心、2. J-PARC 物質・生命科学、3. 東京大学地殻科学、4. 大阪大学基礎工極限、5. 理科学研究所　SPring-8)

Fundamental study of charge transfer and magnetic structure change as a function of pressure of spinel and post-spinel of $Mn_{3-x}Fe_xO_4$ solid solution

T. Yamanaka,*　T. Hattori,　K. Komatsu,　Y. Nakamoto,　N. Hirano,　S. Raman,　L. Wang,　H-k, Mao

遷移元素を含む酸化物スピネルは、典型的な強磁性地殻鉱物であり、また最も基本的な磁性体材料でもある。本実験では$Mn_{3-x}Fe_xO_4$固溶体について高圧放射光回折実験を行なったが、原子散乱能がMn(25), Fe(26)で差が無く、Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}, Mn^{3+}の spinel と post-spinel 構造の２site の分布を決定する事は困難である。中性子回折実験では散乱断面積が Mn(-3.73 fm), Fe(9.54 fm)であり大きな差があり、J-PARC PLANET で高圧中性子回折実験を行った。Mn_2FeO_4 (2GPa 300K フェリ磁性)の正確な磁気構造（$I4_1/am'd'$）($a_M=a_{Tet}$ $b_M=2b_{Tet}$ $c_M=c_{Tet}$) が解析できた。また高圧電気伝導度測定実験、高圧 X-線メスバウアー実験も行なった。$MnFe_2O_4$ (Cubic $Fd3m$) と Mn_2FeO_4 (tetragonal $I4_1/amd$) は post-spinel 相 ($CaMn_2O_4$-type $Pbcm$) へ転移するが、転移圧は Mn 組成の増加と共に減少し、フェリ磁性 から反強磁性に転移する。また磁気転移圧は構造転移圧より低い事が判明した。電気伝導率は加圧に伴い伝導機構は electron hopping で著しく増大する。高圧相の post-spinel は 30GPa 以上では酸化物にも関わらず金属的な伝導度を示して Band conduction になった。磁気構造解析から陽イオンの席占有率が加圧により変化すること、Mn^{3+}による Jahn-Teller 効果は加圧により減少し、消滅する事が明らかになった.

Phase studies of iron bearing oxide spinels AB_2O_4 and post-spinels are essential investigations for geosciences and fundamental ferrite substances. We studied magnetic and structure transition together with Jahn-Teller (J-T) effect of $Mn_{3-x}Fe_xO_4$ solid solution by neutron time-of-flight scattering diffraction at extreme conditions up to about 30 GPa at room temperature at J-PARC PLANET and electric resistivity measurements under high pressure. Ambiguities in X-ray structure analyses are driven, because X-ray scattering factors of Fe and Mn are very similar: Fe (26) and Mn (25). Neutron diffraction has an effective advantage for the precise diffraction study, because of the big difference in the coherent scattering lengths: Mn (-3.73 fm) and Fe (9.54 fm). Magnetic structure of Mn_2FeO_4 ($I4_1/am'd'$ 2GPa 300K ferrimag) has different magnetic moments at the A and B site in the unit cell($a_M=a_{Tet}$, $b_M=2b_{Tet}$ $c_M=c_{Tet}$). X-ray Mössbauer is an excellent and effective facility to detect and define the precise distribution of Fe^{2+} and Fe^{3+} in the A and B sites. The observed hyperfine structure confirmed the magnetic transition pressure. The observed total magnetic moment can be evaluated the physical properties with Bohr magnetic quantum number.

Keywords:　$Mn_{3-x}Fe_xO_4$ solid solution、 High-pressure study, Charge transfer、 Magnetic structure transition, Neutron diffraction study

E-mail adderss: T.Yamanaka@cap.ocn.ne.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

15.5 GPa, 2473 K で合成された新規 $Al_2Si_2O_7$ 相の放射光単結晶 X 線回折実験

栗林貴弘(東北大・院理)・周佑黙・大藤弘明・入舩徹男(愛媛大・GRC)

Single-crystal synchrotron X-ray diffraction study on a new $Al_2Si_2O_7$ phase synthesized at the condition of 15.5 GPa and 2473 K

T. Kuribayashi* (Tohoku Univ.) , Y. Zhou, H. Ohfuji, and T. Irifune (Ehime Univ.)

はじめに

$A_2B_2O_7$ 型の物質の構造タイプには、パイロクロア型構造やペロブスカイトスラブ型構造などが知られている。A, B の元素の価数の組み合わせは(+1, +6; +2, +5; +3, +4)があり、A, B 席を占有する元素の価数やその大きさにより、構造が複雑に変化する。例えば、レアアースを含む珪酸塩 $Yb_2Si_2O_7$ は、いわゆる層状構造を持ち、稜共有する 2 つの八面体のユニットが連結して、三角形のチャネルを作るように平面状に配列した層とそのチャネル同士を繋ぐ四面体の Si_2O_7 ユニットの層とのサンドイッチ構造をとる。

愛媛大の研究グループによって、$Al_2Si_2O_7$ の組成を持つ高圧合成相が、15.5 GPa, 2473K の条件で合成された。この新規合成相の結晶学的情報が欠如しているため、単結晶 X 線回折実験により結晶化学的な情報を得ることを試みた。本報告では、新規 $Al_2Si_2O_7$ 相の結晶構造の決定に成功したので、その結果について報告する。

実験・解析

愛媛大 GRC にて、15.5 GPa, 2473 K の条件で合成された試料を X 線回折実験に使用した。結晶サイズは、80 x 40 x 40 mm^3 である。X 線回折実験は、実験室(Rigaku, AFC-7S; MoKa 線源; 50 kV 40 mA)ならびに放射光共同利用施設 Photon Factory, BL10A において、四軸型自動回折計を用いてそれぞれ行った。放射光の波長 λ は 0.70116 Å である。実験室で、格子定数を精密化した結果(21 反射使用)、a = 7.0242(10) Å, b = 7.0971(13) Å, c = 6.6725(7) Å, α = 103.455(12)°, β = 99.087(11)°, γ = 60.548(10)°, V = 281.32(8) $Å^3$ であり、放射光(64 反射使用)では、a = 7.026 Å, b = 7.095 Å, c = 6.671 Å, α = 103.47°, β = 99.12°, γ = 60.55°, V = 281.23 $Å^3$ を得た。両者は誤差範囲で一致する。また、Z = 3 である。結晶サイズの問題から、$2\theta_{max}$ = 60°の $h\pm$, $k\pm$, $l+$ の領域に対して、放射光施設で強度データを収集した(測定数 1662 反射)。独立な 1511 反射を用いて、結晶構造の決定ならびに精密化を行った。格子ならびにラウエ対称性は、ともに三斜晶系を示した。対称中心がないことを示す積極的な根拠はないため、空間群 $P\bar{1}$ として構造決定を試みた。Charge Flipping 法に基づいた SUPERFLIP を用いて初期構造を決定し、SHELX97 により結晶構造の精密化を行った。解析精度は、R = 2.84 %, $wR2$ = 8.16 %, S = 1.125 である。原子散乱因子は、中性の値を用いた。Al と Si の散乱特性の類似性から両者を区別することは難しいため、Al と Si の結晶学的席への割り当ては、四配位席に Si, 六配位席については、八面体同士の共有状況を考慮して行った。また、実際の各席における Al/Si の占有状況を、配位多面体の平均結合距離に基づいて推定した。

結果と考察

$Al_2Si_2O_7$ の構造は、歪んだ酸素の六方最密充填(ABAB 型)を基本としており、構造中に、四配位席と六配位席が存在する。完全秩序配列を仮定すると、Si は四配位席 1 つと六配位席 2 つを占有し、Al は六配位席 3 つを占有する。四面体[$Si1O_4$]は、等価な四面体[$Si1O_4$]'と 1 つの頂点を共有し Si_2O_7 ユニットを形成しており、ソロ珪酸塩に分類できる。レアアースを含む珪酸塩 $R_2Si_2O_7$ と同様、層状構造と解釈できるが、層内には四面体と八面体が存在するため、明らかに異なっている。

本構造は、ペロブスカイト型構造と関係する構造タイプであるため、地球科学的に、三価のイオンを取り込む構造として、重要な役割を果たす可能性がある。

Keywords: Single-crystal X-ray diffraction, crystal structure, $Al_2Si_2O_7$, new high-PT phase

Corresponding Author: t-kuri@tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

緻密な酸化インジウム焼結体の合成と酸素欠陥化学

（NIMS）坂口勲*、齋藤紀子、鈴木拓

Synthesis of polycrystalline In_2O_3 and oxygen defect chemistry

(NIMS) Isao Sakaguchi*, Noriko Saito, Taku T. Suzuki

Dense polycrystalline indium oxide (In_2O_3) was fabricated by the conventional sintering technique. Especially, we fabricated In_2O_3 with the relative density of 98% by SrO and GeO_2 doping. Oxygen diffusion showed the effect of Sr and Ge in In_2O_3.

I. 緒言

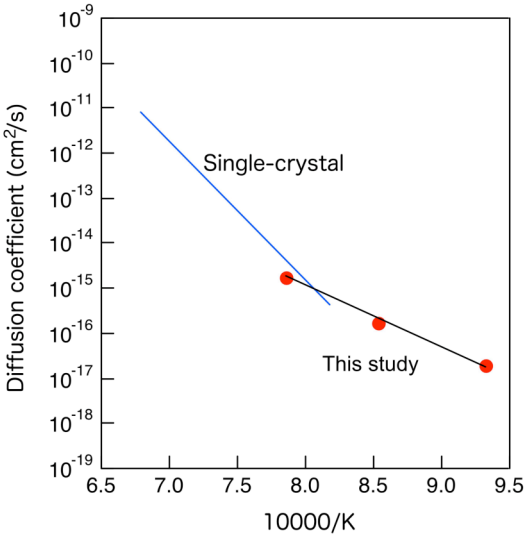
近年、酸化物半導体ガスセンサの応用の広がりでガスセンサの耐水蒸気性の向上、ガス選択性の向上、動作の省電力化、小型化が必要になってきている。そのため、これまでの粉末膜ではなくスパッタ法による薄膜化が必要となってきている。しかし、元々良好な酸化物半導体薄膜になってしまう ZnO, SnO_2, In_2O_3 薄膜をガスセンサに応用するための大きな技術課題はスパッタ法に利用するセラミックスターゲットにある。SnO_2 と In_2O_3 では緻密かつ高抵抗でスパッタ法に耐えうるセラミックスターゲットはない。本研究では緻密な In_2O_3 多結晶体を合成し、デバイス寿命に関連する酸素欠陥評価を行った結果を報告する。

II. 実験

高密度の酸化インジウム(In_2O_3)を合成するために、0.13 mol.%の SrO と GeO_2 をを添加した In_2O_3 を基本組成とした。この粉末を仮焼、粉砕した。この粉末を用い酸素気流中で 1300 - 1400℃の温度範囲で焼結した。焼結体の相対密度は 98%を超える。^{18}O をトレーサーとした酸素拡散実験を行い、酸素欠陥の評価を行った。

III. 結果と議論

図 1 に酸素拡散のアレニウスプロットを示した。得られた酸素拡散係数はフラックス法で得られた酸素拡散の延長線と一致する。酸素拡散の活性化エネルギーは単結晶よりも小さく、添加した Sr と Ge による不純物効果として考えられる。



@Japan Association of Mineralogical Sciences.

透明ナノ多結晶ヒスイの超高圧合成に向けて

入舩 徹男・満 圭祐（愛媛大GRC）・山田 明寛（滋賀県立大工）

Toward ultra-high pressure synthesis of transparent nano-polycrystalline jadeite

Tetsuo Irifune*, Keisuke Mitsu, (GRC, Ehime Univ.), Akihiro Yamada (School of Eng., Univ. Shiga Pref.)

We have been synthesizing various transparent polycrystalline minerals under ultrahigh pressure using multianvil apparatus. Here, we report the synthesis and some characteristics of transparent polycrystalline jadeite with grain sizes down to around 200 nm.

1. はじめに

ヒスイ（jadeite）は日本鉱物科学会により、日本の国石として選定されている。通常は多結晶体であり、高い靭性を示すことが知られているが、可視領域の透光性は低い。我々は、マルチアンビル装置を用いた超高圧合成法により、様々な高圧相鉱物の透明ナノ多結晶体合成に取り組んでいる。現在ヒスイの透明ナノ多結晶化を試みているが、これまでに得られている合成試料の特徴について報告する。

2. 実験方法

超高圧合成には、GRC設置のマルチアビル装置を用いた。出発物質として、酸化物・炭酸塩の混合物を電気炉で溶融・急冷して得られた $NaAlSi_2O_6$ 組成のガラスバルク体から、超音波加工装置によりくり抜いた円柱を用いた。実験は圧力10-20 GPa、温度800-1300℃の条件下で、1時間の加熱によりガラスの結晶化と焼結を同時におこなった。一部の実験では、粒成長を抑えるため加熱時間を短くした。回収試料に対して光学顕微鏡観察、微小部X線回折実験、及びSEM・TEM観察、透光率・硬度測定をおこなった。

3. 結果と考察

ヒスイの結晶化は900-1000℃付近でみられ、圧力の増加とともに結晶化温度はやや上昇した。加熱時間1時間で得られヒスイの多結晶体は、乳白色～半透明であった。得られた試料は、Irifune et al. (2016)によりグロシュラーガーネットに対して報告されているように、圧力が高いほど粒径が小さい傾向が認められた。しかし、この加熱時間では200-300 nm程度以下の試料は得られなかったため、粒径が最少になると期待される20 GPa・1300℃程度の条件で、加熱時間を20分と短くした合成実験を行った。この結果、透光性の高い試料が得られた（図1）が、現在のところ粒径100 nm以下の透明ナノヒスイを得るには至っていない。発表では、これらの試料の透光率や硬度についても報告する予定である。



図 1.超高圧合成透明多結晶ヒスイの例（透明部分）。直径約2 mm、厚み1.1 mm。

[1] Irifune et al. (2016) Nat. Commun., 7, 13753.

Keywords: jadeite, ultra-high pressure synthesis, multianvil apparatus, nano-crystals

*Corresponding author: irifune@dpc.ehime-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

低圧構造部と高圧構造部が秩序配列したヒ素結晶相

吉朝　朗（熊大），徳田　誠（東北大），三澤 賢明（九産大）

A unique arsenic crystalline phase with an ordered arrangement of low- and high-pressure structure parts

Akira Yoshiasa* (Kumamoto Univ), Makoto Tokuda (Tohoku Univ),
Masaaki Misawa (Kyushu Sangyo Univ.)

The crystal structure of *Pnm2*$_1$-As (pararsenolamprite) is a novel structure in which the basic portions of metalic grey-As and semi-conductor black-As are alternately arranged at the atomic level. Total charges are clearly divided into positive and negative in the same elements for the grey-As and black-As portions, respectively, is of importance. The sequence in which one-dimensional electron donor and acceptor portions alternate in the layer will be the first description [2].

大分県向野鉱山で発見された pararsenolamprite は、自然ヒ素結晶の第三の多形である[1]。今回リガク社製 XtaLAB SuperNova を用いた単結晶 X 線回折法により構造を決定し、第一原理計算により電子状態のシミュレーションを行ったので報告する[2]。この単体ヒ素の多形(*Pnm2*$_1$-As)は、低温低圧相 *Bmab*-As（黒リン構造）と高温高圧相 *R3m*-As の構造部が原子レベルで秩序配列（混在）したユニークな構造を持っている(図 1)。結晶学的に非等価な As 席は 8 種類である。全ての原子は(010)面に平行な鏡面上に位置している。結合角および結合距離は、化学結合特性および結合電子の軌道の有用な指標であるため、多形間で比較した。*Pnm2*$_1$-As 内での平均角度の 94.45°に対して、それよりも大きい角度を持つ As3 (98.2°) と As4 (96.3°)、小さい角度の As1 (89.4°) と As2 (94.0°)のグループに分かれる。*Pnm2*$_1$-As の層内および隣接層間の As-As 距離は、*R3m*-As と *Bmab*-As の中間値である。

この構造は、高温高圧構造部と低温低圧部が、それぞれ正と負に帯電し、同じ元素間で電子の供与・授与が起こり、化学結合論的にも極めて興味深い。電子状態の違いは、特に d 軌道の混成の違いにより現れる[2]。

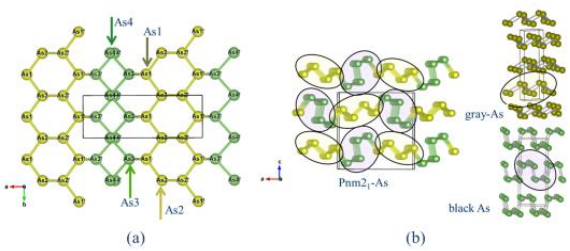


図 1. pararsenolamprite (*Pnm2*$_1$-As)と他のヒ素結晶相との構造比較[2]。

[1] S. Matsubara et al., Mineralogical Magazine, **65**, 807 (2001)
[2] A.Yoshiasa et al., Sci. Reports, **9**, 6275 (2019) https://doi.org/10.1038/s41598-019-42561-8

Keywords: pararsenolamprite, crystal structure, electronic structure, first-principles computational method.

*Corresponding author: yoshiasa@kumamoto-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

口頭講演 | R5: 地球外物質

2019年9月20日(金) 9:15 ~ 12:00 | 大講義室 Ib 大講義室

R5: 地球外物質

座長:中村 智樹、瀬戸 雄介

[座長]
中村 智樹：R5-01〜R5-06
瀬戸 雄介：R5-07〜R5-11

9:15 ~ 9:30

[R5-01] CMコンドライトParis中エンスタタイトウィスカーの放射光ナノXCTおよびTEMによる分析

*安武 正展[1]、Vacarro Epifanio[2]、上杉 健太郎[3]、竹内 晃久[3]、中野 司[4]、圷山 明[1,5] (1. 立命館大学、2. ロンドン自然史博物館、3. SPring-8、4. GSJ/AIST、5. 中国科学院広州地球科学研究所)

9:30 ~ 9:45

[R5-02] 水質変質程度の異なるCMコンドライト中TCIの微細組織観察

「発表賞エントリー」

*家本 あかね[1]、瀬戸 雄介[1]、三宅 亮[2] (1. 神戸大・院理、2. 京都大・院理)

9:45 ~ 10:00

[R5-03] CM-COクランの再検討

*木村 眞[1] (1. 国立極地研究所)

10:00 ~ 10:15

[R5-04] Ivuna隕石(CI)中のドロマイトと流体包有物の探査

*土山 明[1]、橋野 桃子[2]、北山 晃[2]、三宅 亮[2] (1. 立命館大/広州地球化学研究所、2. 京大・院理)

10:15 ~ 10:30

[R5-05] CRコンドライトに関係する2つの隕石NWA 7317とTafassassetの鉱物学的研究

「発表賞エントリー」

*阿部 大樹[1]、三河内 岳[2] (1. 東大・院理、2. 東大・総研博)

10:30 ~ 10:45

[R5-06] NWA1723 Lコンドライトに含まれるDark inclusionの岩石鉱物学的研究

*高橋 実樹[1]、中村 智樹[1]、Zolensky Michael[2] (1. 東北大・院理、2. NASA/JSC)

10:45 ~ 11:00

[R5-07] 宇宙風化を模擬した水素イオン照射コランダムのナノオーダー化学状態分析

*伊神 洋平[1]、武藤 俊介[1]、大塚 真弘[2]、山本 悠太[1]、瀧川 晶[3]、三宅 亮[3] (1. 名大・未来研、2. 名大・院工、3. 京大・院理)

11:00 ~ 11:15

[R5-08] 含水炭素質隕石へのHe照射によるC型小惑星の宇宙風化再現実験

*中村 智樹[1]、Lantz Cateline[2]、小林 詩歩[1]、仲内 悠祐[3]、天野 香菜[1]、Brurnetto Rosario[2]、松本 恵[1]、高橋 実樹[1]、松岡 萌[3]、野口 高明[4]、松本 徹[1]、三宅 亮[5]、土山 明[6]、Zolensky Mike[7] (1. 東北大・院理、2. IAS, Univ of Paris Sud、3. 宇宙科学研究所、4. 九州大学・院理、5. 京都大学・院理、6. 立命館大学、7. NASA/JSC)

11:15 ~ 11:30

[R5-09] GEMS模擬粒子を用いたその場水質変成実験

*延寿 里美[1]、圷山 明[1,2] (1. 立命館大学、2. 中国科学院广州地球化学研究所)

11:30 ~ 11:45

[R5-10] X線回折法によるL6普通コンドライトの鉱物歪みの解析

*今栄 直也[1] (1. 極地研)

11:45 ~ 12:00

[R5-11] Northwest Africa 2139 LL6コンドライトの衝撃変成史

*竹之内 惇志[1]、角野 浩史[2]、下館 果林[2]、長尾 敬介[2]、山口 亮[1,3] (1. 極地研、2. 東大、3. 総研大)

CM コンドライト Paris 中エンスタタイトウィスカーの放射光ナノ XCT および TEM による分析

安武　正展（立命館大学）、Vaccaro　Epifanio（ロンドン自然史博物館）、上杉　健太郎（Spring-8）、竹内　晃久（Spring-8）、中野　司（GSJ/AIST）、土山　明（立命館大学、中国科学院広州地球科学研究所）

Mineralogical investigation of enstatite whiskers in Paris primitive CM chondrite by using SR-nanoXCT and TEM

M. Yasutake* (Ritsumeikan Univ.), E. Vacarro (Natural History Museum, London), K. Uesugi (SPring-8), A. Takeuchi (Spring-8), T. Nakano (GSJ/AIST), A. Tsuchiyama (Ritsumeikan Univ., GIG/CAS)

はじめに　エンスタタイトウィスカーは、コンドライト的化学組成を持つ多孔質な惑星間塵（CP-IDPs）に含まれ、glass with embedded metal and sulfide (GEMS)とともにCP-IDPs に特有な構成物である[1]。エンスタタイトウィスカーは、[100]方向に極端に伸長した形状と[100]方向に平行ならせん転位と持ち、ガスから凝縮により形成されたと考えられている[3]。

近年、非常に始原的な炭素質コンドライト(PCC)のマトリックス中に、これらの CP-IDPs 構成物に類似するものが発見されている[2,3]。しかし、PCC にて発見されたウィスカー状エンスタタイトは主として研磨片により観察されており、これらのエンスタタイトが板状結晶の断面か CP-IDPs 中と同様のウィスカー結晶であるか不明である。本件では、PCC 中ウィスカー状エンスタタイトの産状および鉱物学的特徴を報告する。

試料と実験方法　本研究では、始原的CM コンドライト Paris 隕石を用いた。Paris 中のマトリックスを FIB（Helios G3, Thermofischer Sicence）を用いて約 25 μm 四方の微小試料に加工した。CT 撮影は Spring-8、ビームライン 47XU にて行った。撮影の際は DET 法を用いて、二つのエネルギーのX線(7 keV、7.35 keV）にて撮影し鉱物相と大まかな化学組成を推定した。その後、TEM 切片に加工し TEM（JEM 2100F、JEOL）にて観察した。

結果と議論　観察したマトリックスは、タイプ 1 コンドリュールの周囲に取り囲むように分布しており、表面は多孔質で主に非晶質ケイ酸塩（A.S.）から構成されている。また、A.S.はサブミクロンサイズの鉄に富む粒子を多数包有している。

CT 像による 3 次元観察により、このマトリックスは、観察した領域において表面とほぼ同様の多孔質な組織を持つ。また、一方向に著しく伸長した繊維状構成物を含むことが確認された。これらの中で最大の繊維状構成物（幅約 300 nm 長さ約 5 μm）は鉄を少量含むエンスタタイトであり、繊維状粘土鉱物ではないことが推定された。

TEM による微細組織観察の結果、マトリックスは、GEMS 様組織を持ち、Fe に富む包有物は主に Fe もしくは Ni に富む硫化物であった。また、マトリックスの一部は変質によるものと考えられる低結晶性層状ケイ酸塩鉱物を含む。一方、CT により観察された最大の繊維状エンスタタイトは、ほぼ変質の影響を受けておらず櫛状組織等は見られない。また、全体的に湾曲した形状をしており、破断面が存在する。これらの特徴は、コンドライト母天体中もしくは集積過程で形成されたと考えられる。この結晶は、CP-IDPs 中のものと同様に[100]方向に伸長しており、(100)面に多数の積層結果を含む。一方、CP-IDPs 中のものと異なり、らせん転位は含まれない。これは形状的特徴を形成した変形や破壊の過程で損失したためであると考えられる。

以上の結果から、少なくともある一定数のエンスタタイトウィスカーが、GEMS 様マトリックスと共にコンドライト母天体に集積されたことが考えられる。

参考文献：[1] Bradley (2014) Treat. Geochemi., 1, 287-208. [2] Leroux et al. (2015) GCA, 170, 247-265. [3] Vacarro (2016) Ph.D. thesis, The Open University.

Keyword: Primitive chondrite, CM chondrite, enstatite whisker, SR-XCT
Corresponding author: M. Yasutake, E-mail address: yasutakemasahiro.mteo@gmail.com

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

水質変質程度の異なる CM コンドライト中 TCI の微細組織観察

家本あかね*，瀬戸雄介（神戸大・院・理），三宅亮（京都大・院・理）

Micro textures of TCIs in CM carbonaceous chondrites

Akane IEMOTO*, Yusuke SETO (Kobe Univ. Sci.), Akira Miyake (Kyoto Univ. Sci.)

はじめに：CM コンドライトには、トチリナイトとクロンステッタイトの連晶組織(tochilinite-cronstedtite intergrowth, 以下 TCI)が普遍的に存在する。TCI には type-I と-II の二種類があり、前者はマッシブでコンドリュール中に存在することが多いのに対し、後者は繊維状でマトリックス中に存在する。Type-I は金属 Fe などの前駆物質が水質変質することによって生成すると考えられている[1]が、type-II については様々な前駆物質や形成プロセスが提案されている[2, 3 など]。TCI は水質変質程度を問わず全ての CM コンドライトに含まれており、母天体の水質変質環境に関する重要な情報を保持している。しかし、その組織は非常に細かいためサブミクロンスケールで詳細に記載した研究例は少ない。そこで、本研究では 5 つの CM コンドライトの type-II TCI について TEM による微細組織観察を行い、その形成プロセスを検討した。

試料と手法：QUE97990 (2.6), Murchison (2.5), Murray (2.4-2.5), Cold Bokkeveld (2.2), Nogoya (2.2)の 5 つの CM コンドライトを対象とした。括弧内の数値は文献[4]の見積もりによる水質変質の程度を表す(2.6 が最も低く、2.0 が最も高い)。それぞれの隕石に含まれる type-II TCI に対して、SEM-EDS (JEOL, JSM-6480LAII)による組織観察・組成分析を行ったのち、FIB (FEI, Quanta 3Di)を用いて薄膜加工し、STEM-EDS (JEOL, JEM2100F)による微細組織観察を行った。

結果と考察：水質変質程度の小さい二つの CM 隕石(QUE97990, Murchison)では、どちらの type-II TCI もマトリックス中に点在し、数 100 nm～数 μm のトチリナイトとクロンステッタイトで構成されている様子が観察された(図 1a)。TEM 観察では、クロンステッタイト中の非常に細かい割れ目やへき開に、脈状のトチリナイトが差し込まれた組織がみられた(図 1b)。このことは、クロンステッタイトの形成中あるいは形成後にトチリナイトが形成したことを示唆する。一方、水質変質程度の大きい Cold Bokkeveld の TCI はコア-リム構造を示した(図 1c)。コア部分は非常に細かい繊維状(数 10 nm)の Mg-rich クロンステッタイトと mixed-layer phase (MLP; トチリナイトとクロンステッタイトのシートが交互に積層したもの)で構成されており、リム部分は QUE97990 や Murchison のような比較的粗粒なトチリナイトとクロンステッタイトで構成されていた(図 1d)。水質変質程度が同程度に大きい Nogoya の TCI もコア-リム構造を示し、空隙の大きい繊維状のサーペンティンからなるコアから、繊維状のクロンステッタイトと MLP からなるリムにかけて、連続的に変化している様子が観察された。変成が中程度の Murray では、上記のどちらのタイプの TCI もみられた。

今回の観察において、中心に無水ケイ酸塩鉱物やメタルなどの前駆物質を含む TCI はみられず、また水質変質程度の大きい CM 隕石の TCI のコア部分は、細かい繊維状の組織を成していた。これらのことは、type-II TCI は何らかの前駆物質(固体)を置き換えたものではなく、液中から直接核形成したという可能性を示唆する。この場合、水質変質の大きい隕石でみられたコア-リム構造は、成長中の液体環境の変化に対応すると考えられる。また Cold Bokkeveld の TCI のリムが QUE97990 や Murchison の TCI と類似していることは、この 2 つの水質変質の小さい CM 隕石が Cold Bokkeveld の TCI が経験した変成プロセスの最後のステージと似た環境を経験したのかもしれない。

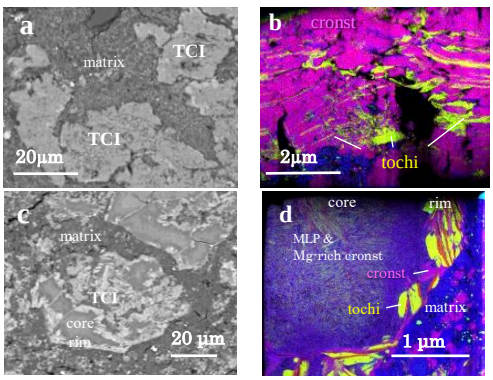


図 1. Murchison (a,b)及び Cold Bokkeveld (c,d)に含まれる代表的な type-II TCI の SEM による BEI と、STEM による EDX 元素マップ(赤:Fe, 緑:S, 青:Si)。

References: [1] Tomeoka & Buseck (1985) *GCA* **49**, 2149-2163. [2] Pignatelli et al. (2016) *MAPS* **51**, 785-805 [3] Lee et al. (2013) *GCA* **121**, 452-466. [4] Rubin et al. (2007) *GCA* **71**, 2361-2382.

Keywords: CM carbonaceous chondrites, aqueous alteration, TCIs, STEM

Corresponding author: a.iemoto@stu.kobe-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

CM-CO クランの再検討

木村　眞*（極地研）

Reinvestigation of CM-CO clan classification

M. Kimura* (NIPR)

The characteristic features of CM and CO chondrites are compared, based on the study of primitive CM-related and CO chondrites. The classification criteria and the genetic relationships between CM-CO clan chondrites are discussed.

CM コンドライトは炭素質コンドライト中では最大のグループで、小惑星探査機の回収試料との関連も議論されている。これらの隕石は CO コンドライトと共に CM-CO クランに属するとされている。しかしながら、CM コンドライトは全てが様々の程度の変質作用及び一部は熱変成作用を被っており、CO コンドライトとの特徴の比較や両者の始源物質の検討は困難であった。

最近 Kimura et al. (2019) は従来知られていたどの CM あるいは関連隕石よりも二次的作用の程度が低い３個の CM-related 隕石を報告した。本研究ではこれらの隕石の特徴を始源的特徴を保持していると考えられている CO コンドライト、Yamato (Y)-81020, Allan Hills (ALH)-77307 隕石と比較し、CM と CO コンドライトの特徴の類似点、相違点を明確化すると共に、両者の関係を議論する。

今回研究した CM-related 及び他の CM コンドライトは CO コンドライトと下記の類似性を持っている。

1. カンラン石組成の分布
2. コンドルール中のメソスタシスの特徴
3. マトリックス組成
4. メタルの特徴
5. マトリックスのラマン特性

これらの類似性は CM-CO クランの共通の特徴である。

一方、下記の相違点が観察される。

1. コンドルールの存在度
2. マトリックスの存在度
3. 難揮発性包有物の存在度
4. コンドルールのサイズ
5. 変質作用の程度

これらの相違点、特にコンドルールとマトリックスの存在比、コンドルールのサイズは両者で明瞭に異なり、両者を分類する上で基準となる。

これらの点から CM, CO コンドライトはおそらく同様の酸素同位体組成のリザーバーで前駆物質は生じたが、より多くの難揮発性包有物とやや小さなコンドルールと相対的に少量のマトリックス物質を集めたものが CO の始源物質となったと思われる。従って、両隕石は別の母天体、あるいは場所で生じた可能性が高い。

Keywords: CM chondrite, CO chondrite
*Corresponding author: kimura.makoto@nipr.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Ivuna 隕石(CI)中のドロマイトと流体包有物の探査

土`山 明* (立命館大, 広州地球化学研究所), 橋野桃子(京大理),
北山 晃 (京大院理), 三宅 亮 (京大院理)

Dolomite in the Ivuna meteorite (CI) and search for its fluid inclusions

A. Tsuchiyama* (Ritsumeikan Univ., Guangzhou Inst. Geochem., CAS), M. Hashino (Kyoto Univ.), A. Kitayama (Kyoto Univ.), A. Miyake (Kyoto Univ.),

はじめに

母天体で強い水質変成を受けたCI, CM, CRなどの炭素質コンドライト中の水は、OH 基や H_2O 分子として鉱物中に取り込まれており、液体の水の存在は確認されていなかった。最近、我々はX線ナノCTと低温ステージを用いた TEM 観察により、Sutter's Mill 隕石(CM)の方解石中に数 10 nm サイズのナノ流体包有物を見出した[1]。方解石は水質変成中に流体から析出し、流体の一部が包有物として取り込まれたものである。今回見出された流体包有物は CO_2 に富むと考えられ、流体の元となった氷は CO_2 スノーライン以遠で生成された可能性が高い。

本研究では、CM と同様に強い水質変成を受けた CI 隕石中に流体包有物を見出すことを目的として研究をおこなった。今回用いたIvuna 隕石をはじめとするCIは水質変成度の異なる岩相から成る角礫岩であり、またCIの主要炭酸塩鉱物は方解石ではなくドロマイトである[2]。このため、本研究では各岩相とそれに含まれるドロマイト粒子の特徴との関係をまず明らかにし、その後流体包有物の探索をおこなった。

試料と手法

Ivuna 隕石の研磨薄片 (~5×5 cm^2, ~1×1 mm^2 粒子 10 個)を用いた。大きな薄片全体の元素マップを SEM/EDS により求め、５つの岩相（L1~L5）に分け、さらに構成鉱物相の違いによりサブ岩相（L3a, L3b. L3c, L5a, L5b）に分けた。次に 109 個のドロマイト粒子について詳細な SEM/EDS 観察を行い、その特徴から３つのタイプ（A, B, C）に分けた。

ドロマイト８粒子から FIB を用いて X 線ナノ CT 用試料（~30×30 ×30 μm^2）を切り出し、DET 法[3]を用いて３次元吸収像を得た（~35 nm/voxel at 7 keV, ~40 nm/voxel at 8 keV）。いくつかの試料は SIXM[4]撮影を行い（~100 nm/voxel at 8 keV）、ミクロンサイズの包有物中の流体の有無を調べた。さらに、２つの CT サンプルについては、FIB により TEM 用薄片を切り出し、[1]と同様の手法で、低温(S)TEM/EDX によりナノ包有物中の流体の有無を調べた。

結果と考察

L4 を除く L1~L5 の岩相は[2]で提案された岩相とほぼ一致する。マトリクスの Fe/Mg 比は L1 から L5 へと増加し、この順に水質変成の程度が増加していると考えられる。ドロマイトは L1, L2 に少量、L3b に普通に、L3c に豊富に出現し、その他の岩相には認められなかった。ドロマイト粒子（~数 10 μm）の表面は一般的にギザギザで石膏によって覆われている。Type-A 粒子の石膏リムは薄く(< 1 μm)一部にファセットが見られるのに対して、Type-C 粒子は不定形で厚い石膏リム (数 μm) を持ち、Type-B 粒子はその中間である。Type-A(-C)粒子の割合は L1, L2, L3b, L3c の順に減少(増加)する。ドロマイトの化学組成は岩相を問わずほぼ一定（$Ca_{47}Mg_{44}Fe_4Mn_5$）である。これらより、ドロマイトは水質変成の初期に析出、水質変成が進むに連れて硫酸塩化 (石膏化）が起こり、やがて消滅したと考えられる。

ナノ CT によりドロマイト中には最大で 5 μm 程度のファセットを持つ包有物が見出せたが、SIXM により内部は空隙であることがわかった。そこで、CT 試料のナノ包有物（10~100 nm）が密集する領域より FIB により TEM 用のやや厚めの切片 (~200 nm 厚) を作成し、(S)TEM/EDX 観察を行なった。多くのナノ包有にはファセットが認められた。常温および−120℃での制限視野電子線回折(SAED)では、ドロマイトの回折のみが認められ、低温で氷に対応する回折スポットの新たな出現はなかった。ファセットの存在により包有物の中にかつては流体が存在していたと考えられるが、CM と異なり変形の影響を受けにくいナノ包有物でも、水質変成後期の硫酸塩化により、閉じ込められていた流体が逃げ出したものと考えられる。

参考文献

[1] Tsuchiyama et al. (2018) *MAPS* abstract #6187. [2] Morlock et al. (2006) *GCA* **70**, 5371. [3] Tsuchiyama et al. (2013) *GCA* **116**, 5. [4] Takeuchi et al. (2013) *J. Synchr. Rad.*, 20, 793.

Keywords: Ivuna meteorite, dolomite, fluid inclusion, X-ray nanotomography, cryo TEM
***Corresponding author:** atsuchi@fc.ritsumei.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

CR コンドライトに関係する 2 つの隕石 NWA 7317 と Tafassasset の鉱物学的研究

阿部 大樹*（東大・院理），三河内 岳（東大・総研博）

Mineralogical study of NWA 7317 and Tafassasset: Two “equilibrated” meteorites related to CR chondrites

Daiki Abe*(Univ. of Tokyo), Takashi Mikouchi (Univ. of Tokyo)

はじめに: 多くの CR コンドライトは水質変成を受けており、岩石学タイプ1もしくは 2 に分類される[1,2]。しかし、近年、熱変成を受けた CR コンドライト（CR6）が発見されている[3]。また、より分化が進んでいると考えられる Tafassasset や NWA 6704 の O, Cr, Ti 同位体組成が CR コンドライト領域にプロットされることがわかった[e.g., 4-6]。CR コンドライトの熱進化を理解する上でこれらの平衡（分化）隕石の岩石学・鉱物学的関係性を知ることは重要である。また、はやぶさ 2 探査機が訪れている小惑星リュウグウでは、水の量が少ないことが明らかになっており、水質変成後の熱変成による可能性があることから、CR コンドライトの熱進化は、含水小惑星の進化史においても重要な知見を与え得る。そこで、本研究では NWA 7317（CR6）と Tafassasset の鉱物学的研究を行ない、両者の関係を議論した。

試料と手法: 本研究では、NWA 7317 は 1 つ、Tafassasset は 2 つの薄片試料を調べた。光学顕微鏡による組織観察を行い、FE-EPMA（JEOL JXA-8530F）による鉱物組成分析を行った。

結果: NWA 7317 は poikiloblastic な組織を示し、barred オリビンコンドルールと考えられる破片が見られた。主要構成鉱物はオリビン（Fa_{35-36}）、高 Ca 輝石（$Fs_{11-13}Wo_{42-45}$）、低 Ca 輝石（$Fs_{27-29}Wo_{2-3}$）、斜長石（$An_{45-54}Or_{1-2}$）、Fe-Ni メタル、クロマイト、トロイライトだった。一方で Tafassasset には barred オリビンコンドルールは見られなかった。Tafassasset の主要構成鉱物はオリビン（Fa_{26-28}）、高 Ca 輝石（$Fs_{9-13}Wo_{37-44}$）、低 Ca 輝石（$Fs_{21-24}Wo_{2-12}$）、斜長石（$An_{21-57}Or_{1-8}$）、Fe-Ni メタル、クロマイト、トロイライトだった。Tafassasset は NWA 7317 と似た鉱物組み合わせであったが、Tafassasset の 2 薄片間で明らかな違いが見られた。例えば、一方の薄片では最大約 2 mm の Fe-Ni メタルが含まれていたのに対して、もう一方では最大 0.8 mm（平均約 0.2 mm）であった。また、1つの薄片内での鉱物分布（例えば Fe-Ni メタルや斜長石）も不均質であった。

議論と結論: NWA 7317 と Tafassasset 中のオリビンと輝石の化学組成はそれぞれほぼ均質であった。しかし、Tafassasset は NWA 7317 よりも Mg に富むオリビン、輝石の組成を示した。このことから 2 つの隕石の元々のオリビン、輝石組成は異なっていたことがわかる。また、それぞれの鉱物化学組成を比較すると 2 隕石間で違いがみられた。例えば、オリビン、輝石の Fe-Mg 組成は、NWA 7317 の方がより均質化していた。低 Ca 輝石中の Al と Ti 組成では、NWA 7317 は比較的均質な値であったのに対して（Al_2O_3: 0.6-0.9 wt%, TiO_2: 0.1-0.2 wt%）、Tafassasset はやや不均質な値を示した（Al_2O_3: 0.2-1.2 wt%, TiO_2: 0.1-0.6 wt%）。Fe-Ni メタル組成にも違いが見られ、NWA 7317 ではカマサイト（6-7 wt% Ni）とテーナイト（17-25 wt% Ni）が独立に存在していたが、Tafassaset には化学的ゾーニングが見られた（5-28 wt% Ni）。

以上のように、両者の鉱物学的特徴の違いから、Tafassasset は CR6 よりも “非平衡”であることがわかる[7]。しかし、Tafassasset は様々な分類が提案されているように、Tafassasset の方が、CR6 より分化度が高く、メルトからの結晶化によって非平衡組成になっている可能性がある。

参考文献: [1] Weisberg M. K. et al. (1993) *GCA* 57:1567-1586 [2] Schrader D. L. et al. (2011) *GCA* 75:308–325 [3] Irving A. J. et al. (2014) *LPS XLV*, #2465. [4] Sanborn M. E. et al. (2019) *GCA* 245: 577–596. [5] Gardner-Vandy K. G. et al. (2012) *GCA* 85:142–159. [6] Breton T.et al. (2015) *EPSL* 425:193-203. [7] Nehru C. E. et al. (2014) 77th MetSoc., #5382.

Keywords: CR chondrite, NWA7317, Tafassasset, thermal evolution, CR parent body

*Corresponding author: d_abe@um.u-tokyo.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

NWA 1723 L コンドライトに含まれる Dark inclusion の岩石鉱物学的研究

高橋実樹*（東北大），中村智樹（東北大），
Michael E. Zolensky（NASA/JSC）

Mineralogical and petrological study of a dark inclusion in the NWA 1723 L chondrite

Miki Takahashi* (Tohoku Univ.), Tomoki Nakamura (Tohoku Univ.),
Michael E. Zolensky (NASA/JSC)

コンドライト隕石や HED 隕石に含まれる Dark inclusions（DIs）には、特異な岩石鉱物学的特性を示すものが存在し、それらは地球に直接飛来する隕石にはない物質情報を含んでいる可能性がある。本研究は NWA 1723 L コンドライトに含まれている DI の岩石鉱物学的研究を行った結果、これまで見つかったどの隕石のタイプにも分類されない DI であることがわかった。

NWA 1723 L3.3-3.4 コンドライトに含まれる DI の大きさは約 1.0×2.0cm である。DI の大部分は 10μm 以下の極細粒な olivine（$Fa_{23.3\pm0.4}$）、low-Ca pyroxene（$Fs_{2.6\text{-}22.2}$, $Wo_{0\text{-}49.4}$）、albite（$Ab_{81.8\text{-}99.9}$）、taenite、pyrrhotite で構成され、少量の serpentine と saponite も含む。olivine の組成は母岩（$Fa_{22.9\pm2.4}$）と近い組成を示している。一方で、pyroxene の組成は母岩（$Fs_{13.4\text{-}32.6}$, $Wo_{0.3\text{-}5.2}$）と DI で異なる。DI 中で olivine と low-Ca pyroxene は約 2:1 の存在比を示し、自形～半自形の組織であった。Taenite は Fe, Ni の他に Al を含む tetrataenite であり、結晶の中心に Al が濃集し、外側に向かうにつれて Al に乏しくなるゾーニングを示した。母岩は kamacite、troilite を含むが、DI はほとんど含まない。DI のコンドリュールは大変小さく、直径約 100μm で存在比は 10%以下である。大部分が斑状コンドリュールで、細粒な Ca-pyroxene、plagioclase、Fe-Ni metal、taenite などの鉱物組成を示す。一方、棒状コンドリュールも 1 つ含む。棒状コンドリュールのメソスタシスは硫化物（troilite）で、chromite、olivine を含む。

DI は微小なコンドリュールを少量含み、細粒なマトリクスが大部分を占めることから、母岩の L コンドライトとは岩石学的特徴が異なり、異なる起源を持っている。DI は水質変成と熱変成を経験している。層状珪酸塩を含むことから、DI はスノーラインの外側に起源を持つと考えられる。マトリクス存在度が非常に高いことからも、DI の母天体は太陽から遠い領域に存在したことが考えられる。また、olivine の組成が母岩とほとんど同じであることから、母岩の L コンドライトに集積後に熱変成を受け、組成が平衡に近づいたことが考えられる。

マトリクスを多く含む CI や CM コンドライト（Brearley and Jones, 1998）と比較すると、コンドリュールの大きさや層状珪酸塩の含有量、マトリクスの存在度が異なる。本研究で発見された DI は、これまで発見されたどの隕石タイプにも属さない。したがって、この DI の起源を解明することは、太陽系初期の物質進化を解明する上で非常に重要である。

Keywords: ordinary chondrites, dark inclusions
*Corresponding author: miki.takahashi.p4@dc.tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

宇宙風化を模擬した水素イオン照射コランダムのナノオーダー化学状態分析

伊神 洋平 ・ 武藤 俊介 ・ 大塚 真弘 ・ 山本 悠太(名古屋大学)・
瀧川 晶 ・ 三宅 亮(京都大学)

Nano-order chemical state analysis for H_2^+-irradiated corundum simulating space weathering

Yohei IGAMI*, Shunsuke MUTO, Masahiro OHTSUKA, Yuta YAMAMOTO (Nagoya Univ.),
Aki TAKIGAWA, Akira MIYAKE (Kyoto Univ.)

【はじめに】 月や小惑星からのリターンサンプルからは太陽風照射による損傷組織が見出され、地球上と異なる鉱物の変成(宇宙風化)が実証された[e.g. 1]。また、星間空間に存在する星間塵も同様に、超新星爆発で加速された水素イオン等の照射による宇宙風化が起きている可能性がある[2]。こうした過程で照射された水素イオンは、鉱物内部の酸素などと化学的に相互作用し、新たな分子を形成する可能性がある。実際、走査透過電子顕微鏡と電子損失エネルギー分光 (STEM-EELS)により、惑星間塵の宇宙風化層から H_2O や H_2 の検出が報告された[3]。ただし、損傷組織との対応は明確ではなく、鉱物にも生じているであろう化学状態変化については不明点が多い。

本研究では、鉱物の水素イオン照射変成をより基礎から理解することを目指し、コランダム(α-Al_2O_3) への H_2^+照射実験と、回収物に対する STEM-EELS 詳細分析を行った。研究対象としたコランダムは星間塵の生き残り(プレソーラー粒子)としても見出されるうえに[4,5]、最も基本的な酸化物構造の一つであるため鉱物と水素イオンとの相互作用を考える上での基礎として重要な鉱物である。

【実験手法】 H_2^+照射実験は若狭湾エネルギー研究センターにて 40 keV, 10^{18} ions/cm^2 の条件で行った。回収試料から集束イオンビーム装置 (Thermo Fischer Scientific, Helios NanoLab G3 CX) にて TEM 用の断面片を切り出し、試料中に流体が存在する可能性を考慮して TEM 試料としてはやや厚めに加工した。観察・分析には加速電圧 200 kV および 1 MV の TEM (JEOL, JEM-2100, JEM-1000k RS) を用いた。

【結果・考察】 像観察の結果、表面から深さ ~300 nm までの領域に無数の格子欠陥が、深さ ~100–300 nm までの領域には約 1 nm 径のボイドが高密度で存在することが観察された。

EELS 分析では、まず、特徴的な各領域から一点ずつスペクトルを取得したが、コランダム以外の有意な特徴を見いだすことはできなかった。そこで、未損傷の基板部から照射表面までを含む領域で STEM-EELS スペクトラムイメージを取得し、多変量スペクトル分解の手法を用いて少数の素成分へ分解したところ、Al の還元と O の OH 基化を示すコアロススペクトル成分の存在を見出した。これらの成分は最表面ではなく深さ~200 nm(損傷ピーク部)に集中して分布しており、宇宙風化による鉱物内部の OH 基形成プロセスの存在が明確となった。さらにローロス領域のデータの分解結果からは、H_2 ガスと考えられるピークを伴うスペクトルが分解された。この成分は OH 基に比べて広い空間分布を示し、TEM 像で観察された約 1 nm 径のボイドの密度分布と一致した。このことは水素ガスがボイド中に一部残留していることを強く示す。一方、先行研究[3]でケイ酸塩から検出された H_2O は本研究では見られなかった。鉱物の構造や結合の違いにより、宇宙風化で内部に形成される分子種とその存在度には多様性が生じている可能性がある。

【引用文献】

[1] Noguchi et al. (2011), *Science*, **333**, 1121.
[2] Jones et al. (1996), *Astrophys. J.*, **469**, 740.
[3] Bradley et al. (2014), *PNAS*, **111**, 1732.
[4] Nguyen et al. (2007), *Astrophys. J.*, **656**, 1223.
[5] Takigawa et al. (2014), *Geochim. Cosmochim. Acta*, **124**, 309.

Key words: Corundum, space weathering, hydrogen analysis, electron microscopy/spectroscopy
*Corresponding author: y-igami@nagoya-u.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

含水炭素質隕石への He 照射による C 型小惑星の宇宙風化再現実験

中村智樹*（東北大）、C. Lantz (IAS, Univ of Paris Sud)、小林詩歩（東北大）、仲内悠祐（宇宙研）、天野香菜（東北大）、R. Brurnetto (IAS, Univ of Paris Sud), 松本恵（東北大）、高橋実樹（東北大）、松岡萌（宇宙研）、野口高明（九州大）、松本徹（九州大）、三宅亮（京都大）、土山明（立命館大）、M. E. Zolensky（NASA/JSC）

He irradiation experiments of hydrous carbonaceous chondrites to simulate space weathering of C-type asteroids

T. Nakamura* (Tohoku Univ), C. Lantz (IAS, Univ of Paris Sud), S, Kobayashi (Tohoku Univ), Y. Nakauchi (ISAS/JAXA), K. Amano (Tohoku Univ), R. Brurnetto (IAS, Univ of Paris Sud), M. Matsumoto (Tohoku Univ), M. Takahashi (Tohoku Univ), M. Matsuoka(ISAS/JAXA), T. Noguchi (Kyushu Univ), T. Matsumoto (Kyushu Univ), A. Miyake (Kyoto Univ), A. Tsuchiyama (Ritsumeikan Univ), M. E. Zolensky（NASA/JSC）

小惑星探査機はやぶさ２による C 型小惑星 Ryugu の観測が行われ、可視、近赤外の分光データが取得された。Ryugu は大変暗い（550nm 波長で約 2%の反射率）小惑星であり、2.7μm 波長に約 10%の吸収があることから全球的に含水鉱物が分布していると考えられる（Sugita et al. 2019, Kitazato et al. 2019）。また、小惑星表面の色分布を見ると、多少赤暗い領域と青明るい領域が存在し、青い領域は「そろばん玉」状の形状の Ryugu の赤道域や極地域などの高い potential の領域に分布し、一方、赤い領域は中高度緯度域に分布している（Sugita et al. 2019）。解釈として、赤い物質は小惑星への宇宙風化作用で形成され、小惑星表層のみに分布しており、過去は Ryugu は赤い物質が表面全体を覆っていたが、その後の自転速度減少などにより、赤い物質が高い potential 域（赤道など）から滑り落ちることで表層以下に存在していた青い物質が露出したと考えられる。したがって、青い物質が Ryugu 本来の物質あり、この物質が太陽風 He 照射による宇宙風化により変成することにより赤い物質が形成されたと考えることが可能である。

一方、過去の含水炭素質隕石への宇宙風化の模擬実験では、He を照射することにより赤い物質が青い物質に変化することが確認されている（Lantz et al. 2017, 2018）。したがって、実際の Ryugu 表面で観測される宇宙風化作用によるスペクトル変化と He 照射実験で起こるスペクトルの変化が全く逆向きである。この不一致は C 型小惑星の宇宙風化作用は、現状我々が理解しているよりも複雑な現象であることを意味している。

我々はこれまでの過去の He 照射では検討されていない、含水炭素質隕石の物性（空隙率）や照射する He エネルギーのスペクトル変化に対する依存性を調べた。その結果、He 照射による色変化は、条件により赤→青になったり、青→赤になることが分かった。

Keywords: C-type asteroid, Space weathering
*Corresponding author: tomoki@m.tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

GEM 模擬粒子を用いたその場水質変成実験

延寿里美（立命館大）、土山明（立命館大、中国科学院广州地球化学研究所）

In-situ hydrothermal alteration experiments using GEMS analog particles

Satomi Enju* (Ritsumeikan Univ.)
and Akira Tsuchiyama (Ritsumeikan Univ., Guangzhou Inst. Geochem., CAS)

【はじめに】 GEMS (Glass with embedded metal and sulfides) は、彗星由来と考えられている始原的な惑星間塵 CP-IDPs (Chondritic Porous Interplanetary Dust Particles)の主要構成物であり、非晶質珪酸塩粒子の内部や表面に金属及び硫化物の微粒子を伴う特徴的な組織を有する(e.g. Ishii, 2019)。また、始原的炭素質コンドライト(e.g. Leroux et al., 2015) や微隕石 (Noguchi et al., 2015) でも GEMS に類似した物質が確認されている。非晶質珪酸塩はケイ酸塩鉱物に比べ反応性が高いため (Nakamura-Messenger et al., 2011)、その有無や層状珪酸塩鉱物との共生関係は始原的隕石における水質変成の度合いの指標となる。しかし、実際どの程度の条件にて水質変成がどのように進行していくのかについて明らかになっていない。本研究では誘導熱プラズマ装置(ITP)を用いて作成した GEMS 模擬粒子のその場水質変成実験を行うことで GEMS の水質変成過程を明らかにする。

【試料及び分析手法】 ITP 装置を用いた凝縮実験生成物を出発試料とした。凝縮実験生成物は主に Si-Mg-Fe-O 組成の非晶質珪酸塩と金属鉄及び硫化鉄の微粒子からなり、GEMS によく類似していた。本研究では出発物質と水を重量比 1：1 にて混合し、混合直後から連続的に X 線回折(XRD)パターンの取得を行った。54 時間反応させたのち窒素雰囲気下にて乾燥させ、XRD（RIGAKU, Smart Lab）、走査型電子顕微鏡(SEM: JEOL, JSM-7001F)、透過型電子顕微鏡(TEM: JEOL, JEM2100F)を用いて分析を行った（装置は全て京都大学に設置）。

【結果】XRD パターンにおいて反応の進行に伴い非晶質珪酸塩由来のピークの強度の減少がみられたが、Igami et al. (2018) にあるような層状珪酸塩鉱物由来のピーク発生は確認できなかった。また、出発物質でみられた金属鉄及び硫化鉄のピークは変わらず存在していた。乾燥後の試料の SEM 観察を行ったところ、非常に細粒な粒子の集合であり組成的に比較的均質であった。しかし、TEM における観察では多様な粒子が観察された。出発物質由来と思われる金属鉄及び硫化鉄微粒子を伴う Mg-Si-O 非晶質珪酸塩やより粗粒な薄膜状の Si-O 非晶質珪酸塩、まれに Fe に富む集合体や gypsum も見られた。以上の結果から本実験条件では非晶質珪酸塩は水と反応はしたが、層状珪酸塩鉱物の生成には至らなかったと考えられる。

【引用】[1] Ishii (2019) MAPS 54, 1, 202-219. [2] Leroux et al. (2015) GCA, 170, 247-265. [3] Noguchi et al. (2015) EPSL, 410, 1-11. [4] Nakamura-Messenger et al. (2011) MAPS, 46, 6, 843-856. [5] Igami et al. (2018) JpGU abstract, M-IS07.

Key words: GEMS, CP-IDPs, amorphous silicate, hydrothermal alteration
*Corresponding author: enju@fc.ritsumei.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

X線回折法によるL6普通コンドライトの鉱物歪みの解析

今栄直也*（極地研・総研大）

Strain analyses for the L6 ordinary chondrites by the X-ray diffraction method

Naoya Imae* (NIPR, SOKENDAI)

Random X-ray diffraction patterns for L6 ordinary chondrites were obtained from in-plane rotation of polished sections. The strains were then obtained using the Williamson-Hall plots for olivine and orthoenstatite. That of olivine nearly shows linear relation for shock stage S1-S6. On the other hand, that of orthoenstatite shows that linear relation starts to break more than S4, and this may suggest a significant amount of transition to clinoenstatite of orthoenstatite.

はじめに：研磨片の面内回転法を用いて得られた普通コンドライトのX線回折から衝撃の影響が評価されている[1]。本研究では、L6 普通コンドライトに対して[1]と再測定を行い、かんらん石と直方エンスタタイト(Oen)の Williamson-Hall (W-H)法による歪み解析[2]を行った。

実験： 14 個の L6 普通コンドライトの研磨薄片と薄片と共通する試料の 3 個のスラブ片を用いた。管電圧は 40 kV、管電流は 40mA で発生させた CuKα線を用いた。測定域は 2θ=3-75º (θは Bragg 角)、長手制限スリットは 5mm、発散角は(1/6)ºとした。Kβ除去に Ni を用いた。共通して着目したかんらん石の指数は 130, 211, 222, 331, 322 の 5 つである。Oen は 610, 511, 421, 12 00, 133, 12 12, 304 の 7 つである。この指数は、他相の主なピークと重ならない。2θ>~30ºを用いた。

結果：(かんらん石) 測定した L6 コンドライトの tanθ-積分幅の W-H プロットは共通して正の相関を示し、高い相関係数を持ち、0.64-0.99 の範囲で、11 試料は 0.85 以上であった。(Oen) S3 までは 0.7 以上の比較的良い相関係数を示す。S4 以上の高い衝撃段階の試料では相関係数が低くなる。

議論：(かんらん石) S1 から S6 に衝撃段階が上昇すると歪みは 0.1%から 0.6%まで上昇するが、上昇するほど幅がある。かんらん石の衝撃実験による歪みと衝撃圧の回帰式を利用し、衝撃圧に換算した[3]。その結果、高圧鉱物を含む S6 の Tenham[4] および Sahara 98222[5]の歪みから求まる圧力はそれぞれ 35GPa および 24GPa であった。この圧力は S6 の衝撃圧(~50-70GPa, [6]) としては低い。衝撃直後の焼きなましか衝撃後の再加熱により、一部歪みが解放されたと考えられる。(Oen) W-H 解析で S3 までは相関が見られる。最大歪みは約 0.3%であった。S4 以上では相関が低い。これは衝撃変成による Oen の単斜エンスタタイトへの転移の影響と考えられる。

謝辞：議論いただいた中牟田義博博士に感謝いたします。

文献：[1] Imae N. et al. (2019) M&PS 54:919. [2] Williamson G. K. and Hall W. H. 1953. Acta Metallurgica 1:22. [3] Uchizono A. et al. Min. J. 21:219. [4] Tomioka N. and Fujino K. 1997. Sci. 277:1084. [5] Ozawa S. et al. 2009. M&PS 44:1771. [6] Stöffler D. et al. 1991. GCA 55:3845.

Keywords: ordinary chondrites, olivine, enstatite, X-ray diffraction, Williamson-Hall plot

*Corresponding author: imae@nipr.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Northwest Africa 2139 LL6 コンドライトの衝撃変成史

竹之内惇志*（極地研），角野浩史（東大・総合文化），下館果林（東大），
長尾敬介（東大），山口亮（極地研，総研大）

Shock history of Northwest Africa 2139 LL6 chondrite

Atsushi. Takenouchi* (NIPR), H. Sumino, K. Shimodate, K. Nagao (Univ. of Tokyo),
and A. Yamaguchi (NIPR, SOKENDAI)

隕石中の衝撃変成組織から衝撃イベントの変遷（衝撃史）を明らかにすることは天体の進化史や過去の小天体の動きを制約する上で重要である。普通コンドライト(特にH、LL グループ)は太陽系形成初期に複雑な衝撃史を経験している可能性が指摘されているが[e.g.1-3]、各隕石グループの詳細な衝撃史やグループ毎の衝撃史の違いはあまり明らかではない。そのような複雑な衝撃史を解明するためには、多くの隕石において、衝撃変成組織と対応付けた衝撃変成年代の測定を行い、衝撃の形態とその発生時期の詳細な情報を得る必要がある。本研究では LL コンドライト母天体の衝撃史を制約するため、角礫岩である Northwest Africa (NWA) 2139 の衝撃変成組織観察及び Ar-Ar, I-Xe 同位体年代測定を行った。

NWA 2139 は白色のクラスト部(L)と黒色の細粒な基質部(D)が存在するため、希ガス年代分析用にそれぞれの領域から二つずつ（計四つ）の試料を用意し、京都大学複合原子力科学研究所において中性子線照射を行った。希ガス分析の補正用に合成 K_2SO_4 と CaF_2、年代の明らかな Shallowater 隕石[4]、Hb3gr 普通角閃石[5]も同時に照射を行った。希ガス同位体比測定には希ガス質量分析計(modified-VG3600)を用いた。また、クラスと部と基質部それぞれで薄片試料を作成し、国立極地研究所の走査型電子顕微鏡（FE-SEM、JEOL JSM-7100F）を用いた組織観察、顕微ラマン分光器（JASCO NRS-1000）を用いた相同定を行った。

組織観察の結果、いずれの試料でも斜長石のガラス化は見られず、波状消光を示すのみであった。また基質部では細粒な硫化物が全体に存在しており、珪酸塩のダークニングが見られた。クラスト部ではヒールドクラックが観察され、その上から新たにクラックが入っている様子も観察された。また、いずれの薄片にも二種類の衝撃溶融脈が観察された。一つはアニールされ再結晶化したと考えられる細粒なカンラン石、輝石と硫化物で構成される脈で、もう一つは大部分がガラス質で球状の硫化物を多く含む脈である。結晶質な脈はガラス質脈にシャープに切られていた。これらの衝撃脈中には今の所高圧鉱物は観察されていない。

Ar-Ar 分析ではリコイルや ^{39}Ar-loss によりすべての試料でプラトー年代は得られなかったが、三つの試料の一部で<4.31-4.56 Ga という幅広い年代が示され、クラスト部の試料では低温で 3.85 Ga、高温で 4.17 Ga という２つの年代が得られた。I-Xe 年代では 4.49-4.53 Ga の年代が得られた。

普通コンドライト中の I-Xe 系が示す年代(4.49-4.53 Ga)は高温のピーク(1000K 程度)の年代を示していると考えられ[4]、ヒールドクラックなどの高温時の衝撃や高温の残留熱で形成されると考えられる組織はこの年代よりも前に形成された可能性がある。そのため LL コンドライト母天体でも、H コンドライトで指摘されるような[e.g.1-2]熱変成中の衝撃イベントが 4.49 Ga 以前に起きていた可能性が示唆される[3]。角礫化は<4.31-4.56 Ga の間に起こり、その後クラストから得られた二つの Ar-Ar 年代（4.17 Ga, 3.85 Ga）で示される二回の衝撃イベントを経験し、二種類の衝撃溶融脈を形成したと考えられる。合計三回の衝撃イベントに於いて、残留熱の影響が徐々に弱まっていることから、太陽系形成初期の 5-6 億年間において衝撃の規模や頻度が急速に弱まった可能性が示唆される。

参考文献 : [1] Rubin (2004) *GCA* 68:673-689. [2] Scott et al. (2014) *GCA* 136:13-37. [3] Hugo et al. (2019) *MAPS* in press. [4] Gilmour and Clowther (2017) Geochem. J. 51:69-80. [5] Roddick (1983) *GCA* 47:887-898.

Keywords: Shock history, Ordinary chondrite, Ar-Ar age, I-Xe age

*Corresponding author: takenouchia24@gmail.com

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

口頭講演 | S1: 火成作用の物質科学 (スペシャルセッション)

2019年9月20日(金) 10:00 ~ 12:00 | A-117 イースト1号館

S1: 火成作用の物質科学 (スペシャルセッション)

座長:松本 恵子、無盡 真弓、浜田 盛久

[座長]
松本 恵子：S1-01〜S1-03
無盡 真弓：S1-04〜S1-06
浜田 盛久：S1-07〜S1-08

10:00 ~ 10:15

[S1-01] 一ノ目潟産スピネルカンラン岩捕獲岩の圧力推定による島弧域リソスフェア-アセノスフェア境界領域の復元

「発表賞エントリー」

*佐藤 侑人[1]、小澤 一仁[1] (1. 東京大学・院理・地球惑星)

10:15 ~ 10:30

[S1-02] 自然鉄を晶出させるマントル交代作用：Aitutaki産カンラン岩捕獲岩の例

*秋澤 紀克[1]、小澤 一仁[2]、Wallis Simon[2]、田村 明弘[3]、川本 竜彦[4]、安本 篤史[5]、大嶋 ちひろ[1]、石川 晃[6]、小木曽 哲[7] (1. 東大　大海研、2. 東大　地惑、3. 金沢大　地球、4. 静大　地球、5. 蒜山地質、6. 東工大　地惑、7. 京大　人環)

10:30 ~ 10:45

[S1-03] 完晶質な複合岩脈を用いたメルト中の拡散継続時間推定

「発表賞エントリー」

*山崎 あゆ[1]、河上 哲生[1]、東野 文子[2] (1. 京都大・院理、2. 岡山理大)

10:45 ~ 11:00

[S1-04] 妙高火山の関山噴火（43 ka）と貫ノ木噴火（41 ka）のメルト包有物の揮発性成分分析

*浜田 盛久[1]、ロズ－古賀 エステル[2]、古賀 ケネス[2]、牛久保 孝行[1]、清水 健二[1]、原田 英男[3]、山口 佳昭[3] (1. JAMSTEC、2. マグマ・火山研究所、3. 信州大学)

11:00 ~ 11:15

[S1-05] 伊豆大島1986年噴火の斑レイ岩捕獲岩中のメルト包有物

*石橋 秀巳[1]、種田 凌也[1]、安田 敦[2]、外西 奈津美[2]、千葉 達朗[3] (1. 静岡大・理、2. 東大地震研、3. アジア航測)

11:15 ~ 11:30

[S1-06] 火山ガラスの色調の要因：新燃岳2018年噴火火山灰の例

*松本 恵子[1] (1. 産総研，活断層・火山研究部門)

11:30 ~ 11:45

[S1-07] 低水蒸気圧下における安山岩質軽石の石基結晶化実験

「発表賞エントリー」

*安川 宙葵[1]、無盡 真弓[1]、中村 美千彦[1]、大槻 静香[2] (1. 東北大・院理、2. 日鉄テクノロジー)

11:45 ~ 12:00

[S1-08] 新燃岳2011年噴火噴出物に含まれる石基輝石結晶の微細組織TEM観察

「発表賞エントリー」

*奥村 翔太[1]、三宅 亮[1] (1. 京都大・院理)

一ノ目潟産スピネルカンラン岩捕獲岩の圧力推定による島弧域リソスフェア–アセノスフェア境界領域の復元

佐藤 侑人*・小澤一仁（東京大学・院理・地球惑星科学）

Reconstruction of lithosphere-asthenosphere boundary in arc settings by geobarometry of spinel peridotites from Ichinomegata, NE Japan

Y. Sato* and K. Ozawa (Univ. Tokyo)

リソスフェア-アセノスフェア境界領域(LABZ)は、マントルの流動特性が急変する場である。LABZ はマグマの分離深度を支配し、マントルから地殻への熱・物質輸送を司る。従って、その深度・構造・形成要因を解明することは極めて重要である。本研究は、マントル捕獲岩を用いて 60 km より浅い島弧域マントルの高精度圧力推定を実現し、LABZ の構造を復元した。一ノ目潟産カンラン岩捕獲岩の由来圧力推定に基づいて、東北日本弧下 LABZ を復元した結果について報告する。

捕獲岩 9 試料を対象に、構成鉱物の組成累帯構造を網羅することで熱史を明らかにし、捕獲岩の抽出直前の化学平衡を代表する鉱物・粒内位置・成分を特定した。これにより小さな圧力依存性を持つ地質温度圧力計を用いて圧力推定を行うことに成功した(Sato & Ozawa, 2019 Am. Min.)。得られた圧力は 0.7-1.6 GPa、温度は 830-1080 °C で、~290 K/GPa という高い地温勾配を示す。由来深度から角閃石を含み・弱変形かつ粗粒な・斜長石カンラン岩からなる浅部マントル(28-32 km)が、メルトを含み・斜長石および角閃石を含まず・強変形かつ細粒の・スピネルカンラン岩からなる深部マントル(41- 55 km)の上に重なる層構造が復元された。

変形微細構造と組成累帯構造の関係から、捕獲岩抽出直前の加熱と同時期の流動変形を~40 km 以深にて検出した。これは深部マントルが粘性流動する LABZ に対応することを示す。カンラン石結晶方位から推定した地震波異方性の深さ変化や、鉱物モード組成から得た地震波速度構造は、地震学的 LAB が LABZ にほぼ一致することを示唆する。変形微細構造の発達とメルトの出現深度の一致は、島弧の LABZ が含水カンラン岩のソリダスに支配されることを示す。この LABZ の形成機構を、地球物理観測から得られる火山弧から背弧にかけ温度低下するウェッジマントルの熱構造に適用することで、東北日本弧の LAB が背弧から前弧に向けて浅くなることを明らかにした。この LAB の 2 次元構造は、地震波速度構造から推定される火山弧直下の LAB 深度や火山岩から推定される前弧から背弧に向けて深くなるマグマ分離深度(Tatsumi et al., 1994)と調和的である。

Keywords: Lithsosphere-Asthenosphere boundary, geobarometry, spinel peridotite xenolith, wet solidus

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

S1-02

自然鉄を晶出させるマントル交代作用：Aitutaki 産カンラン岩捕獲岩の例

秋澤紀克(東大・大海研)，小澤一仁，Wallis S.R. (東大・地惑)，田村明弘(金沢大・地球)，川本竜彦(静大・地球)，安本篤史(蒜山地質)，大嶋ちひろ(東大・AORI)，石川晃(東工大・地惑)，小木曽哲(京大・人環)

Native iron formation during mantle metasomatism recorded in a mantle xenolith from Aitutaki island, Cook islands

Akizawa N.* (AORI, The Univ. Tokyo), Ozawa K., Wallis S.R. (Dept. Earth and Planetary Sci., The Univ. Tokyo), Tamura A. (Dept. Earth Sci., Kanazawa Univ.), Kawamoto T. (Dept. Geoscience, Shizuoka Univ.), Yasumoto A. (Hiruzen), Ohshima C. (AORI, The Univ. Tokyo), Ishikawa A. (Earth and Planetary Sci., Tokyo Tech.), & Kogiso T. (Grad. Sch. Hum. and Environ. Stud., Kyoto Univ.)

1. はじめに

これまでに数多くのマントル交代作用が報告されてきたが，本研究では報告例のない，ざくろ石の分解に伴う自然鉄の晶出が関与したマントル交代作用を報告する．

2. 岩石記載

本研究で使用した岩石サンプルは，Cook 諸島の Aitutaki 島と呼ばれる約 18 km^2 程度の面積の小さな島で採取されたカンラン岩捕獲岩である．このカンラン岩は主に，カンラン石，直方輝石，単斜輝石，くすんだ赤色の鉱物から成る．Raman 分光装置と FE-SEM-EDS を用いた解析の結果，くすんだ赤色の鉱物は，〜1 μm 程のサイズの細粒な鉱物の集合体であることがわかった．構成鉱物は，丸みを帯びたカンラン石と斜長石，丸みを帯びたものから自形の自然鉄であった．この細粒鉱物集合体の中心には，不規則で溶食されたような形のクロムスピネルが含まれていた．それには割れ目が発達しており，割れ目に沿って方解石が見つかった．しかし，割れ目を追っていくと方解石は消えてしまい，割れ目を充填する以外の方解石は見つからなかった．

3. 鉱物化学組成

細粒な鉱物集合体の主要元素のバルク分析を EPMA で行ったところ，ざくろ石カンラン岩中に報告されているざくろ石の組成に似ていることがわかった．さらに，LA-ICP-MS を用いた微量元素分析を行ったところ，軽希土類元素に富んでおり，ざくろ石カンラン岩中で報告されているざくろ石の組成と似ていた．以上のことから，細粒な鉱物集合体はもともとざくろ石であったと考えられる．単斜輝石の微量元素組成も，ざくろ石カンラン岩の単斜輝石の組成に似ていることは調和的である．

4. まとめ

これまでに，カーボナタイトメルトによる交代作用を記録したカンラン岩は数多く報告されてきた．しかし，その証拠としては CO_2 流体包有物を含んでいたり，単斜輝石の微量元素組成がカーボナタイトと平衡であるといった間接的な証拠からであった．本研究で紹介したカンラン岩は，クロムスピネルの割れ目を埋める方解石が存在し，カーボナタイトメルトによる交代作用の影響を強く示唆する．自然鉄の晶出は，還元的な環境下でのカーボナタイトメルトによる交代作用の結果であると考えられる．

Keywords: Native iron, carbonate, carbonatitic metasomatism, garnet
*Corresponding author: akizawa@aori.u-tokyo.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

完晶質な複合岩脈を用いたメルト中の拡散継続時間推定

山崎あゆ*，河上哲生（京大・理），東野文子（岡山理大）

Estimating timescales of chemical diffusion in melts utilizing a holocrystalline composite dike

Ayu Yamazaki*, Tetsuo Kawakami (Kyoto Univ.), Fumiko Higashino (Okayama Univ. Science)

マグマプロセスの速度やタイムスケールは，火成活動の理解やモデル化に重要な情報である [1]．それらを推定する方法として，同位体年代測定や，拡散速度モデリングなどが挙げられる [1,2,3]. 例えば火山岩においては，斑晶の組成分析によって得られた拡散プロファイルから，拡散継続時間を推定し，マグマ混合等の非平衡イベントから噴火による急冷までの時間を見積もる研究がある[e.g.,3,4].しかし，完晶質な岩石において，拡散プロファイルからタイムスケールの推定を行った研究は，著者らが知る限り無い．そこで本研究では，完晶質な複合岩脈中の鉱物化学組成分析から拡散プロファイルを求め，マグマ混合過程における拡散継続時間の推定を試みる．

本研究で用いた試料は，領家変成帯高温部（三重県津市白山町）に産する複合岩脈である．岩脈は幅約 5m で，砂泥質ミグマタイトの片麻状構造に高角に貫入する．この複合岩脈の形成時には珪長質マグマと中間質マグマが共存していたと考えられる[5]. 複合岩脈中の珪長質岩と中間質岩の境界部分に注目し, EPMA による X 線元素マッピングや鉱物化学組成分析を行った．その結果，岩相境界から約 1.5cm 以内の珪長質岩側において，境界からの距離とともに，黒雲母の MgO 濃度や細粒斜長石リムの CaO 濃度が低下するプロファイルを得た．これらの濃度プロファイルは，拡散方程式の解[6]でよく近似できる（R^2＞0.8）ことから，前述の濃度変化は元素拡散に起因すると考えられる[5].

斜長石における粒界拡散係数と体積拡散係数の比(10^4-10^5)[7]と，本試料中の斜長石の粒径(100 μ m以上)を考慮すると，本試料において，結晶化後は粒界拡散よりも体積拡散が有効に働いたと考えられる[7]．また，黒雲母の多結晶体における粒界拡散係数は不明である。そこで以下ではそれぞれの結晶内での拡散係数を代用して議論する．黒雲母の(001)面に平行な方向の Fe-Mg 拡散係数は[8]-[10]のデータを勘案すると，斜長石の NaSi-CaAl 拡散係数より約 4 桁大きい[5]．一方，同温度のメルト中の Ca と Mg の拡散係数はせいぜい 1 桁しか違わない[11]．従って，本研究で得た Ca と Mg の拡散プロファイルがほぼ同じ拡散距離を示すことや，中間質岩と珪長質岩中で非対称な拡散プロファイルを示すことは，珪長質マグマと中間質マグマがマグマの状態で共存した時期にメルト中で生じた拡散が，鉱物組成に反映されたことを示す[5].

これを踏まえ，メルト組成と Mg の拡散係数との関係式[12]を用いて，任意の温度におけるメルト中の Mg 拡散係数を推定した．このとき必要なメルトの組成は，珪長質岩のモード組成と鉱物化学組成から推定した珪長質岩のバルク組成を用いた．こうして得られた拡散係数と，前述のフィッティングから得た拡散距離から，任意の温度での拡散継続時間が推定可能である．中間質岩の固結時の温度は，中間質岩中の斜長石リムと普通角閃石リムの組成ペアに Hbl-Pl 温度計[13]を適用することで，約 750℃と見積もられた．珪長質メルト中での拡散はこの温度より高温で起きたと考えられるので, 拡散継続時間は＜10^4年と推定できる．すなわち，本複合岩脈形成後のマグマ混合過程において，元素拡散が 1 万年未満継続したことが示唆される．

引用文献: [1] Turner & Costa, 2007, *Elements*, **3**, 267-272. [2] Hawkesworth et al., 2004, *EPSL*, **218**, 1-16. [3] Costa & Chakraborty, 2004, *EPSL*, **227**, 517-530. [4] Nakamura, 1995, *Geology*, **23**, 807-810. [5] 山崎ほか(2019), 日本地質学会講演要旨 [6] Crank, 1956, *Mathematics of diffusion*. [7] Dohmen & Milke, 2010, *RMG*, **72**, 921-970 [8] Usuki 2002, *Am min*, **87**, 1014-1017. [9] Cygan & Lasaga 1985, *AJS*, **285**, 328-350. [10] Liu & Yund 1992, *Am min*, **77**, 275-283. [11] Mungall et al. 1999, *GCA*, **63**, 2599-2610. [12] Zhang et al., 2010, *RMG*, **72**, 311-408. [13] Blundy & Holland, 1990, *CMP*, **104**, 208-224.

Keywords: chemical diffusion, timescale, holocrystalline rock, composite dike, magma mixing

*Corresponding author: yamazaki.ayu.36s@st.kyoto-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

S1-04

妙高火山の関山噴火(43 ka)と貫ノ木噴火(41 ka)のメルト包有物の揮発性成分分析

浜田盛久[1*]，Estelle F. Rose-Koga[2]，Kenneth T. Koga[2]，牛久保孝行[1]，清水健二[1]，原田英男[3]，山口佳昭[3]（[1]海洋研究開発機構, [2]マグマ・火山研究所, フランス，[3]信州大学）

Analysis of volatiles in melt inclusions of the Myoko Sekiyama (43 ka) and Kannoki (41 ka) eruptions

M. Hamada[1*], E. F. Rose-Koga[2], K. T. Koga[2], T. Ushikubo[3], K. Shimizu[3], H. Harada[2], Y. Yamaguchi[2]
([1]Institute for Marine Geodynamics, JAMSTEC; [2]Laboratoire Magmas et Volcans, France; [3]Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC; [4]Shinshu University)

研究目的

一般に，島弧マグマは揮発性成分に富む．しかし，島弧の火山フロント側に比べて，背弧側のマグマがどの揮発性成分をどの程度含むのかについての知見は限られている．

信州大学の山口佳昭，原田英男らは，妙高火山をはじめとする中部日本背弧のいくつかの火山から採取された火山岩の石基やメルト包有物の観察・分析に基づき，マグマ溜まり中に K_2O に富むマグマバッチ（K_2O だけでなく，F, Cl および P_2O_5 にも富む）が注入されて不均質メルトが形成されると議論した．彼らは，それがスラブ起源流体による交代作用によって生じた veined mantle の部分溶融によって生成されたと議論した（例えば, 山口ほか, 日本鉱物科学会 2014 年年会）．

我々は，山口・原田らによる先行研究を発展させる目的で，妙高火山のメルト包有物の揮発性成分を，二次イオン質量分析計（SIMS）を用いて高精度に分析した．本講演では，現在までに得られた結果を報告する．

試料と分析手法

妙高火山は，約 30 万年前から活動を開始し，活動休止期を挟みそれぞれ数万年の寿命を持つ 4 つの独立した成層火山がほぼ同じ位置で古い火山体の上に重なるように成長した「多世代火山」である．本研究で分析に用いた試料は，妙高火山の第 4 活動期・先カルデラステージの関山噴火（43 ka）及び貫ノ木噴火（41 ka）のメルト包有物である．これらは急冷されてガラス化しているため，背弧火山のメルトの揮発性成分の分析に適している．

本研究では，SIMS を用いてメルト包有物の揮発性成分(H_2O, S, F, Cl)を分析した（分析法の詳細は Shimizu *et al.*, 2017, *Geochem. J.*を参照）．

結果

カンラン石に包有された関山噴火および貫ノ木噴火の玄武岩質メルト包有物は，いずれも最大で 6 wt.%の H_2O を含み，SiO_2 の増加に伴って H_2O が減少する傾向を示した．背弧の未分化メルトは，火山フロントの未分化メルトと同様に高含水量であり，水に飽和し，脱ガスしながら分化が進行する（例えば, Hamada et al., 2014, EPS）．

関山噴火（43 ka）のメルト包有物の F と Cl の組成は，MgO~4 wt.%の玄武岩質メルトの場合，600 ppm F, 1100 ppm Cl であった．貫ノ木噴火（41 ka）のメルト包有物は，MgO~4 wt.%の玄武岩質メルトの場合，400 ppm F, 1500 ppm Cl であり，両者のハロゲンの組成は有意に異なっている．両噴火のマグマは，起源マントルの枯渇度や，供給されたスラブ起源流体の量が異なっていた可能性が考えられる．Cl は地殻から混入した可能性も否定できない．

貫ノ木噴火の噴出物に認められる K_2O に富む不均質メルトに関して，今後，SIMS を用いて揮発性成分の追加分析を行うとともに，微量元素の分析も進めることにより，K_2O に富む不均質メルトの起源，さらには関山噴火と貫ノ木噴火のマグマの起源の違いについて明らかにしていく予定である．

Keywords: Myoko volcano, rear-arc volcano, melt inclusions, volatiles, SIMS
*Corresponding author: mhamada@jamstec.go.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

S1-05

伊豆大島 1986 年噴火の斑レイ岩捕獲岩中のメルト包有物

石橋秀巳*，種田凌也(静岡大・理)，安田敦，外西奈津美(東大地震研)，千葉達朗(アジア航測)

Melt inclusions in a gabbro xenolith of the Izu-Oshima 1986 eruption

Hidemi Ishibashi*, Ryoya Oida (Shizuoka Univ.), Atsushi Yasuda, Natsumi Hokanishi (ERI, Univ. Tokyo), Tatsuro Chiba (Asia Air Survay)

伊豆大島 1986 年噴火の B 火口噴出物中には稀に，粒間ガラスに富む斑レイ岩質捕獲岩が含まれることが報告されている(千葉他，1987; 石橋他，2017 火山学会要旨)．石橋他(2017)ではこの斑レイ岩質捕獲岩について岩石組織観察と相化学組成分析を行ない，以下のことを明らかにした：①この斑レイ岩捕獲岩は，自形～半自形の斜長石(～63vol.%)，オリビン(～5vol.%)，OPX(～4vol.%)と発泡した粒間ガラス(～28vol.%)から構成される，②この斑レイ岩捕獲岩に含まれる粒間ガラスには，墨流し状の明瞭な組成不均質が見られる，③粒間ガラスは SiO_2 含有量がおよそ 54.5-58.5 wt.%の玄武岩質安山岩～安山岩質であり，その主成分化学組成バリエーションが 1986 年噴火 B 火口噴出物のそれと一致する．これらの結果から，石橋他(2017)では，この斑レイ岩捕獲岩が 1986 年 B マグマのマグマだまりに由来するクリスタルマッシュの欠片であり，またクリスタルマッシュ粒間でメルトの浸透流およびメルト混合がおこっていたと議論した．しかし，メルト混合発生前にこのクリスタルマッシュがどのようなメルトと共存したかについては明らかでなかった．そこで本研究出は，この斑レイ岩捕獲岩の構成鉱物中に含まれるメルト包有物(MI)について化学分析を行い，クリスタルマッシュの形成過程について検討した．MI の化学分析は，東京大学地震研究所の EPMA (JEOL- XMA8800)を用いて行った．

MI は斜長石・オリビン・OPX 中に確認できたが，その化学組成はホスト鉱物ごとに異なった．斜長石中の MI は，他相中の MI および粒間メルトよりも系統的に MgO に富み，SiO_2 含有量は 54-56wt.%とやや低い範囲を示す．一方でオリビン中の MI は，斜長石中の MI や粒間メルトに比べて系統的に Al_2O_3 と CaO に富み，FeO に乏しい傾向がある．MI の K_2O/TiO_2 比はホスト鉱物種によらず，～0.36 で一定である． また，CaO/Al_2O_3 比もホスト鉱物種によらず～0.7 一定である．これらの値は，本研究試料中の粒間メルトも含めた伊豆大島の噴出物のうち，SiO_2＜～56wt.%のものと同等である．SiO_2＞56wt.%の噴出物では，SiO_2 の増加に伴って K_2O/TiO_2 比が増加し，CaO/Al_2O_3 比が減少する傾向があり，これは CPX や FeTi 酸化物の晶出が原因と考えられる．

以上の結果は，このクリスタルマッシュの構成鉱物と元々共存したメルトが SiO_2＜～56wt.%であり，後により SiO_2 に富む安山岩質メルトが浸透流として粒間へと流入し，メルト混合をおこしたことを示唆する．また，流入した安山岩メルトは，CPX または FeTi 酸化物の晶出の痕跡がみられることから，クリスタルマッシュのより低温部に由来するものと考えられる．

Keywords: melt inclusion, crystal mush, gabbro, Izu-Oshima, eruption
Corresponding author: ishibashi.hidemi@shizuoka.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

S1-06

火山ガラスの色調の要因：新燃岳 2018 年噴火火山灰の例

松本恵子*（産総研）

The color of volcanic glass: A case study of ash from the 2018 eruption of Shinmoedake volcano, Japan

Keiko Matsumoto* (Geological Survey of Japan, AIST)

火山噴出物は同一の化学組成でも噴火様式によって異なる色調を呈する場合がある（e.g., Paulick and Frantz, 1997）．噴出物の物質科学的特徴は噴火様式それぞれの噴火プロセスを反映するとされ，活動的火山での重要な観測量の一つである．特に直径2mm以下の噴出物である火山灰は，大気中での拡散により遠方で採取可能なため，火山活動における有望なモニタリング対象である．これまで，火山灰の形状や結晶度の違い，また構成粒子種と噴火様式との対比に基づく研究が行われてきた（e.g., Taddeucci et al., 2004）．しかし，火山灰の色調の要因と噴火プロセスとの明確な対応付けは行われていない．本研究では，色調の異なる火山灰粒子のガラス部分の顕微ラマン分光分析から，色調と噴火プロセスとの対応を試みる．

観察および分析には，霧島山新燃岳の2018年3月1日–4月5日噴火の火山灰を使用した．実体顕微鏡観察では，3月1–2日，3日，4月5日火山灰の大部分の粒子が黒色不透明のブロック状粒子であったのに対し，6–7日試料には淡色透明の発泡粒子（Type 1）が黒色透明の発泡粒子（Type 2）とともに含まれていた．6–7日試料のType 1，Type 2粒子についてSEM観察およびEDSでの化学組成分析を行ったところ，いずれも石基に斜長石，輝石，鉄チタン酸化物のマイクロライトを含み，石基結晶度は約27%，石基ガラスの化学組成はSiO_2=68–69 wt%であった．またSEMによる約4000倍の観察では，Type 2の一部粒子を除き，両者とも石基に<1 μmの結晶は確認されなかった．一方で，Type 1，Type 2粒子の石基ガラス部分のラマン分光分析では，Type 1粒子には顕著なピークが認められなかったのに対し，Type 2粒子には690 cm^{-1}付近にピークが見られた．690 cm^{-1}付近のピークは4月5日の黒色不透明のブロック状粒子にも認められた．

690 cm^{-1}付近のピークは，磁鉄鉱などの鉄酸化物のナノライトに該当する（Di Genova et al., 2017a）．鉄酸化物ナノライトの晶出は，残りのメルト粘性を2桁程度上昇させる（Di Genova et al., 2017b）ことから，石基ガラスが黒色であるType 2粒子は淡色のType 1粒子より高粘性だと推定される．新燃岳では，軽石礫を放出する噴火（3月6–7日）が溶岩流出期間中（6–9日）に発生した．黒色が高粘性マグマを示すならば，このType 2粒子は高粘性で溶岩となり流出したマグマに，淡色のType 1粒子は低粘性で停滞することなく軽石として次々と放出されたマグマに由来する粒子と考えると，観察された噴火様式と整合的である．石基ガラスの黒色化からメルト粘性を定性的に推定できるならば，肉眼や顕微鏡などの可視光観察から迅速に噴火プロセスの客観的評価が可能となり，火山灰での物質科学的モニタリングの実現に繋がる．

Keywords: volcanic glass, color, Shinmoedake volcano, Raman spectroscopy

***Corresponding author: k.matsumoto@aist.go.jp**

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

低水蒸気圧下における安山岩質軽石の石基結晶化実験

安川宙葵*[1]、無盡真弓[1]、中村美千彦[1]、大槻静香[2#](1:東北大 2:産総研)

Groundmass crystallization experiments of an andesitic pumice under low vapor pressure.

Hiroki Yasukawa*[1] Mayumi Mujin[1] Michihiko Nakamura[1] Shizuka Otsuki[2]

(1:Tohoku University 2:AIST)

【研究背景】近年、火山岩の石基中のマイクロライトの間にナノスケールの結晶が見つかり、幅 30 nm–1 μm の結晶がナノライト、 直径 30 nm 以下の結晶がウルトラナノライトと定義された（Mujin et al., 2017)。これらの結晶は火道の非常に浅部で晶出すると考えられ、火道浅部での噴火様式の分岐を記録する可能性が示された(Mujin & Nakamura, 2014)。また、これらがマグマの粘性を上昇させることも示唆されている (Di Genova et al., 2017)。このためこれらの結晶の晶出・成長条件を明らかにすることは火山噴火のダイナミクスの理解において重要である。これまでマイクロライトの減圧結晶化実験は数多く行われてきたが（Hammer and Rutherford,2002 など)、ナノライトの結晶化実験は行われていない。本研究では火道浅部での減圧結晶化を模擬した低水蒸気圧下での結晶化実験を行い、ナノスケールの結晶の晶出条件を調べた。

【実験手法】出発物質には 1914 年桜島大正噴火で噴出した、石基結晶をほぼ含まない軽石を用いた。実験は試料をガラス管内に封入後電気炉で加熱し、一定時間保持することで行った。温度は 800-1000℃、時間は 30 分-32 時間、圧力は 0.07MPa(LVP)及び 2-6MPa(HVP)の条件で行った。

【結果・考察】磁鉄鉱と輝石の晶出状況に着目し、組織を次の４つに分類した。①マイクロライトが試料全体に晶出した組織、②ウルトラナノライトが試料全体に晶出した組織、③①と②の中間的な組織、④試料中に不均質に高結晶度領域が存在する組織。①のマイクロライトは 1000℃2MPa、30 分で晶出が確認できた。ウルトラナノライトは 800℃、LVP 条件のみで晶出し、2 時間後から晶出が確認できた。ウルトラナノライトの晶出には低水蒸気圧で、かつ温度もやや低下した非常に大きい過冷却度の環境を要すると考えられる。輝石ナノライトが全試料で観察されたのに対し、磁鉄鉱ナノライトは 1000℃HVP では観察されなかった。このため、磁鉄鉱は輝石に比べてより過冷却度の大きい環境で晶出しやすいと考えられる。これらの結果により、火道浅部においてマグマが経験した圧力、温度、及び定置時間を制約できる可能性がある。またこれまでの観察で、桜島火山の 2013 年及び 1978 年のブルカノ式噴火の試料において、④以外は同様の組織が観察された。

Keywords: Nanolite, Ultrananolite
*Hiroki Yasukawa: hiroki.yasukawa.q4@dc.tohoku.ac.jp, #現所属：日鉄テクノロジー（株）Nittetsu Technology

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

新燃岳 2011 年噴火噴出物に含まれる石基輝石結晶の微細組織 TEM 観察

奥村翔太*・三宅亮(京大・理)

TEM observation of microtexture of the groundmass pyroxene crystals in the ejecta of the Shinmoedake 2011 eruption

Shota OKUMURA*, Akira MIYAKE (Kyoto Univ.)

噴火の規模は、マグマ溜まりからマグマが上昇する過程で決定されると考えられている[1]。その上昇過程を推定する上で、噴出物の物質科学的研究が重要な役割を持つ。最近では、単斜輝石（Cpx）斑晶の化学組成に基づいて火山深部のマグマの挙動を推定する研究が進められている[2]。一方で、噴火の爆発性が火山のごく浅部で決定された例が報告されており[3]、マグマ上昇過程を把握するためには、噴出直前に晶出したナノスケールの結晶から情報を引き出すことが重要である。しかしながら、その組織分析には透過型電子顕微鏡（TEM）を用いた観察を要するため、広く行われている走査型電子顕微鏡スケールでの組織観察に比べて研究例が少ない。

火山噴出物中の微細結晶を TEM 観察した例として、新燃岳 2011 年噴火を対象とした研究[4]が挙げられる。その中では、直方輝石（Opx）と普通輝石（Aug）から成る幅 1 μm 程の平行連晶の存在が報告されている。同様の結晶は他火山でも発見されており、Cpx のエピタキシャル成長が示唆されている[5]が、晶出環境との対応が明確にされていない。そこで本研究では、より多くの輝石平行連晶に対して詳細な分析を行い、ナノスケールの微細組織の記載を進めることで、晶出環境の推定を試みた。

試料には、新燃岳 2011 年噴火におけるサブプリニー式噴火の軽石[4]を用いた。樹脂包埋し表面研磨した試料から、集束イオンビーム装置（FIB, Thermo Fisher Scientific, Quanta 200 3DS）により TEM 観察用の薄膜試料を切り出し、TEM（JEOL, JEM-2100F）を用いて微細組織観察と電子回折図形による鉱物相の同定を行った。さらに走査型透過電子顕微鏡法（STEM）によるエネルギー分散型 X 線分析（EDS）（JET-2300T, JEOL）から化学組成を測定した。

観察の結果、ほとんどの平行連晶は Opx の両側に Cpx（Aug またはピジョン輝石：Pig）が {100} 面で接合し、*c* 軸と *a** の方向が共通である構造をもつことが分かった。また、両側の Cpx が互いに双晶の関係にある粒子が存在した。さらに、Aug と Pig から構成される Cpx 領域には粒子によって組織の違いが見られ、Opx と接している位置から、①Aug→Pig、あるいは②Pig→Aug、③Aug 単相、の 3 通りの順序で接合することが明らかになった。この順序は、一つの粒子の中でも Opx 層の両側で非対称である場合が認められた。

粒子ごとに組成を比較すると、組成分布にはばらつきがあるものの、細粒の粒子の方が Fe に富む傾向が得られた。また、個々の粒子内においても、リム部が Fe に富む傾向が認められた。

これらの結果から、輝石平行連晶は Opx に Cpx がエピタキシャルに成長して形成された構造であり、その微細組織はマグマ上昇過程における晶出環境の変化や不均質性を反映していると考えられる。

参考文献：

[1] Cashman & Sparks (2013) *GSA bulletin*, **125**, 664-690. **[2]** Ubide & Kamber (2018) *Nature communications*, **9**, 326. **[3]** Castro & Gardner (2008) *Geology*, **36**, 279-282. **[4]** Mujin *et al*. (2017) *American Mineralogist,* **102**, 2367–2380. **[5]** Sharp *et al*. (1996) *Bulletin of volcanology*, **57**, 631-640. **[6]** Lindsley (1983) *American Mineralo -gist*, **68**, 477-493.

Keywords: pyroxene, nanolite, Shinmoedake, TEM, microtexture
*Corresponding author: okumura@kueps.kyoto-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

口頭講演 | R2: 結晶構造・結晶化学・物性・結晶成長・応用鉱物

2019年9月20日(金) 14:00 ~ 15:30 | 大講義室 Ia 大講義室

R2: 結晶構造・結晶化学・物性・結晶成長・応用鉱物

座長:則竹 史哉、栗林 貴弘

[座長]
則竹 史哉: R2-12〜R2-14
栗林 貴弘: R2-15〜R2-17

14:00 ~ 14:15

[R2-12] 異極鉱高圧相における超周期構造のその場観察

「発表賞エントリー」

*岡本 啓太郎[1]、栗林 貴弘[1]、長瀬 敏郎[2] (1. 東北大・院理、2. 東北大・総学博)

14:15 ~ 14:30

[R2-13] Loparite (Na, REE, Ca)(Ti, Nb)O_3の結晶化学：平均構造と局所構造について

「発表賞エントリー」

*北原 銀河[1]、吉朝 朗[1]、鳥羽瀬 翼[2]、徳田 誠[3]、杉山 和正[3] (1. 熊大・院自然、2. HPSTAR、3. 東北大・金研)

14:30 ~ 14:45

[R2-14] Crystal structure change in the grossular-Si-free katoite solid solution: oxygen position splitting in katoite

*興野 純[1]、Shubhi Arora[1] (1. 筑波大・生命環境)

14:45 ~ 15:00

[R2-15] メタミクト鉱物の熱処理について：フェルグソン石の場合

*徳田 誠[1]、吉朝 朗[2]、上原 誠一郎[3]、宮脇 律郎[4]、門馬 綱一[4]、杉山 和正[1] (1. 東北大・金研、2. 熊大・理、3. 九大・理、4. 国立科博)

15:00 ~ 15:15

[R2-16] ナミビア産ラブンツォフ石の細孔内におけるイオン分布

*中村 友梨江[1]、杉山 和正[1]、長瀬 敏郎[2] (1. 東北大・金研、2. 東北大・博物館)

15:15 ~ 15:30

[R2-17] 菱沸石の高温単結晶X線構造解析：脱水挙動の結晶学的研究

*河田 尚美[1]、藤原 惠子[1]、中塚 晃彦[1] (1. 山口大・院創成)

異極鉱高圧相における超周期構造のその場観察

岡本啓太郎, 栗林貴弘(東北大・院理), 長瀬敏郎(東北大・総学博)

In-*situ* observation on the superstructure of a high-pressure phase of hemimorphite

Keitaro Okamoto*, Takahiro Kuribayashi (Tohoku Univ. Sci.), Toshiro Nagase (Tohoku Univ. Mus.)

1、はじめに

異極鉱 $Zn_4[Si_2O_7](OH)_2 \cdot H_2O$ は、亜鉛鉱床に二次鉱物として広く産出する。常温常圧下での空間群は *Imm*2 で、SiO_4 四面体と $ZnO_3(OH)$ 四面体による頂点共有の三次元網目構造中に、水分子とOH基で占められたチャネルが存在する。異極鉱は四面体 6 個から構成される、二次構造単位(SBU: Secondary Building Unit, 図 **1a**)を有する。約 2.5 GPa を境に SBU が回転し、空間群 *Pnn*2 への圧力誘起相転移を生じる(Seryotki & Bakakin, 2011)。また 20 K では、水素結合の秩序化による四倍格子の低温相が報告されている (Libowitzky *et al*., 1998)。本研究では、高圧下の異極鉱が低温相のような超周期構造を生じるかを、放射光線源を用いた単結晶 X 線回折実験によって調べた。

2、実験手法

中国雲南省産の異極鉱から、常圧用と高圧用に粒径の同じ別々の単結晶試料(60×70×80 μm^3)を取り出し、垂直型四軸自動回折計(BL-10A,PF)での X 線回折実験に用いた。圧力発生には、Merrill-Bassett 型ダイヤモンドアンビルセル使用し、ガスケットには SUS301 を、圧力媒体にはメタノール－エタノール 4:1 混合溶液を、圧力マーカーにはルビーを用いた。6 点の圧力で格子定数を精密化し、衛星反射や *I* 底心格子の消滅測を破る反射の有無を調べた。常圧と相転移後の圧力(3.01, 3.72 GPa)で回折強度を収集し、SHELXL-97 を用いた水素席以外の構造解析を行った。常圧及び 3.01 GPa での構造モデルでは、異方性温度因子を適用した。

3、結果と考察

3.01 GPa 以上の圧力では、*I* 底心格子の消滅測を破る反射が、衛星反射(*b**方向に約 8 倍周期)を伴って出現する。SBU の回転角に対応して強度の上昇する主反射と比べ、衛星反射の強度の圧力依存性は小さい。主反射のみによる構造解析から得られた、3.01 GPa における異方性温度因子に注目すると、SBU 同士を接合する酸素席では SBU の回転方向の成分が、SiO_4 四面体 2 個を繋ぐ酸素席では *x* 成分が、常圧時に比べて増大する。従って、異極鉱高圧相の超周期構造は、SBU 内部の多面体の結合角、特に Si-O-Si 角が *b* 軸方向に沿って蛇行することで生じると考えられる(図 **1b**)。

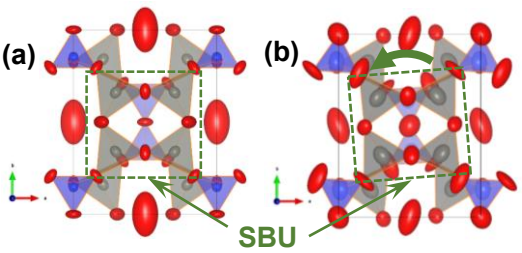


図 **1**. **(a)**常圧と**(b)**3.01 GPa における構造モデル [青:Si, 灰:Zn, 赤:O]

Keywords: Hemimorphite, Pressure-induced phase transition, Secondary building unit, Satellite reflection
*Corresponding author: keitaro.okamoto.p3@dc.tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Loparite (Na, REE, Ca)(Ti, Nb)O_3 の結晶化学：平均構造と局所構造について

北原銀河*（熊大・院自然），吉朝朗（熊大・院自然），鳥羽瀬翼（HPSTAR），
徳田誠（東北大・金研），杉山和正（東北大・金研）

Crystal chemistry of loparite (Na, REE, Ca)(Ti, Nb)O_3: on the average and local structures

Ginga Kitahara* (Kumamoto Univ.), Akira Yoshiasa (Kumamoto Univ.), Tsubasa Tobase (HPSTAR), Makoto Tokuda (Tohoku Univ.), Kazumasa Sugiyama (Tohoku Univ.)

The structures analyses on natural-occurring loparite ($Na_{0.57}$, $REE_{0.31}$, $Ca_{0.07}$)($Ti_{0.75}$, $Nb_{0.25}$)O_3 were performed using single crystal X-ray diffraction and XAFS (X-ray absorption fine structure) experiments. The amount of local distortion at the B site is quite large. The local structure is shown to be lower than rhombohedral.

ペロブスカイト型構造 ABX_3 を有する鉱物は主に地球下部マントルの主要鉱物である。天然に産出するペロブスカイトグループ ABO_3 は、A サイト B サイトに様々な元素を置換占有する多成分系固溶体であり、主に 4 グループに分けられている。天然産 loparite: (Na, REE)TiO_3 の結晶構造については直方晶や正方晶が提案されているが、合成実験では菱面体晶も認められており[1,2]、欠陥を含めた化学組成や温度圧力条件の多様性等、詳細は知られていない。本研究では天然産 loparite 鉱物を対象に、XAFS 法による微量元素の局所構造解析や単結晶 X 線回折による平均構造の解析を行い、その両面から loparite の結晶構造について議論する。

試料として Russia, Kola 半島から採集された最大 10 mm の八面体 loparite 結晶を用いた。EDS 分析によってこの試料には A サイトに Na(57%), REE(31%), Ca(7%)、B サイトに Ti(75%), Nb(25%)が固溶している。他の特徴的な微量元素として A サイトにはアクチノイド元素 Th、B サイトには Fe が固溶している。単結晶 X 線回折実験では、菱面体晶 *R-3c* 相(R1=0.0332)の loparite-R と正方晶 *I4/mcm* 相(R1=0.0485)の loparite-T といった 2 通りの構造解析が行えた。双晶がみられ、組成のばらつきは少ないが、空間群の異なる平均構造データが得られた。一方 XAFS 法を用いると B サイトに含有する Ti, Nb の K-edge XANES による B サイトの局所の歪み量はかなり大きい。局所構造を考慮すると、loparite は菱面体晶よりは正方晶相的である。

[1] R.H. Mitchell et al., *Can Mineral* **38**, 145-152. (2000)

[2] R.H. Mitchell et al., *Phys Chem Minerals* **27**, 583-589. (2000)

Keywords: loparite, XAFS, single crystal X-ray diffraction, local structure, average structure

*Corresponding author: 184d8157@st.kumamoto-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Crystal structure change in the grossular–Si-free katoite solid solution: oxygen position splitting in katoite

Atsushi KYONO* and Shubhi ARORA

Division of Earth Evolution Sciences, University of Tsukuba

Single crystals of katoite hydrothermally synthesized were examined by single-crystal X-ray diffraction, EPMA, and Raman spectroscopic techniques. Chemical formulas of the katoite fall inside the miscibility gap proposed by Kyritsis et al. (2009). The systematic absences observed with the single-crystal X-ray diffraction were completely consistent with the cubic space group *Ia*-3*d*. In two katoites with chemical formulas, $Ca_3Al_2(SiO_4)_{0.57}(H_4O_4)_{2.43}$ and $Ca_3Al_2(SiO_4)_{0.69}(H_4O_4)_{2.31}$, O atom position was split into two independent crystallographic sites, O1 and O2; the O1 is coordinated to Si, whereas the O2 forms a tetrahedral interstice. The *a* lattice parameter monotonically decreased as increasing Si content. The coordination volume of *T* site decreased with Si incorporation into the *T* site. The variation lay on the straight lines between grossular and Si-free katoite solid solution. The coordination volume of CaO_8 dodecahedra also decreased with the Si incorporation into the *T* site because edges of the CaO_8 dodecahedron are shared with the adjacent TO_4 tetrahedra. These contractions lead to the monotonous decrease of the *a* lattice parameter. Volumes of AlO_6 octahedra, on the other hand, increased with the Si incorporation. There are no clear structural constraints resulting in the miscibility gap in the solid solution. The Raman band corresponding to the OH stretching vibration was observed at 3650 cm^{-1}, but with the substitution of Si for H a new Raman peak appeared at 3580 cm^{-1} (Fig. 1). The two Raman band positions remained unchanged with Si content. These results strongly suggest that there are two kinds of OH stretching vibration in the siliceous katoite. We therefore conclude that with Si substitution for H the O position is split into two inequivalent sites that correspond to SiO_4 and H_4O_4 tetrahedra (Fig. 2).

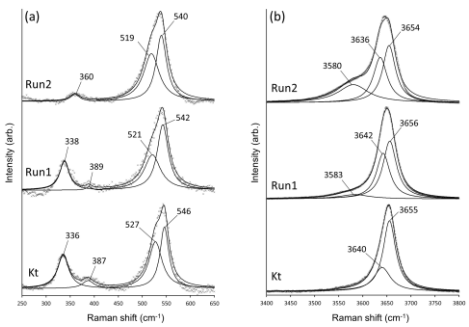


Fig. 1 Raman spectra of katoite (Runs 1 and 2) and Si-free katoite (Kt).

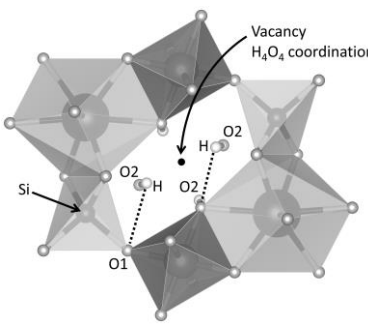


Fig. 2 Local structure around SiO_4 tetrahedron and H_4O_4 tetrahedral interstice.

Keywords: Hydrogrossular, Hydrogarnet substitution, Single-crystal X-ray diffraction, Raman spectroscopy

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

メタミクト鉱物の熱処理について：フェルグソン石の場合

徳田誠*(東北大・金研), 吉朝朗 (熊大・理), 上原誠一郎 (九大・理),
宮脇律郎, 門馬綱一 (国立科博), 杉山和正 (東北大・金研)

Thermally treatment on metamict minerals: case of fergusonite

Makoto Tokuda, (IMR, Tohoku Univ.), Akira Yoshiasa (Kumamoto Univ.),
Seiichiro Uehara (Kyushu Univ.), Ritsuro Miyawaki, Koichi Momma (Nat'l. Mus. Nat. Sci.),
Kazumasa Sugiyama (IMR, Tohoku Univ.)

メタミクト (metamict) とは本来の結晶外形を保ったまま原子的構造が、再配列して他の原子的構造に変わる、という意味の造語である。X 線的に非晶質であるメタミクト鉱物の同定には、空気中で 1000 ℃ ほどで加熱した後、室温の粉末 X 線回折 で同定するのが標準的手法とされてきた。注意しなければいけないのは、熱処理により結晶化した相がその鉱物本来の相と一致するとは限らないことである。

フェルグソン石 (Fergusonite) はメタミクト状態で産出することで代表的な鉱物の一つである。その構造研究のために熱処理による再結晶化が図られてきた。我々はメタミクト状態のフェルグソン石は加熱されることで、本来の構造に本当に回復しているのか、疑問に感じていた。最近、宮崎県大崩山から産したフェルグソン石は軽度のメタミクト状態であることが分かった。採取した結晶を Rigaku SuperNova X 線回折装置に搭載し、回折データを測定し、その構造精密化に成功した。

予備測定としてガンドルフィー法により結晶の粉末回折パターンを測定したところ、正方晶 (T 相)であると予測を立てた (Figure 1)。しかし、実際の格子は単斜格子であり、その格子定数は a = 5.2112(4), b = 10.9487(4), c = 5.1713(4) Å, β = 90.9597(7)°, a/c = 1.0077(4) となった。合成 $YNbO_4$ の M 相の軸率 a/c = 1.044(2) と β = 94.560(4) とは有意に異なる。メタミクト化によるブロードな粉末回折図形からでは T 相であると誤解しかねない単斜晶 (M 相)であると結論した。

同産地で別の結晶を 1000°C で熱処理した後、ガンドルフィー法で粉末回折パターンを得た(Fig. 1)。明らかに熱処理前後で回折図形は異なることが分かり、フェルグソン石は熱処理により、メタミクト化の情報が失われることが分かる。

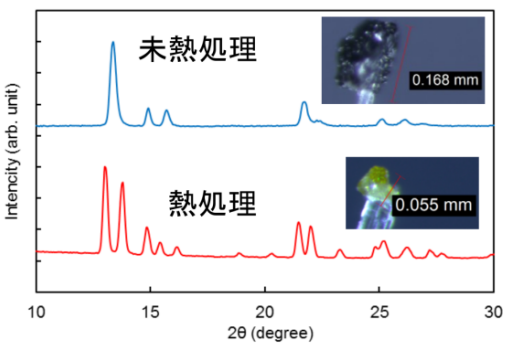


Figure 1. Powder X-ray diffraction patterns for thermally untreated (upper) and treated (lower) by Gandolif method (Mo $K\alpha$).

Key Words: Metamict, Fergusonite-(Y), Single-crystal X-ray diffraction

*Corresponding author: tokuda@imr.tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ナミビア産ラブンツォフ石の細孔内におけるイオン分布

中村友梨江，杉山和正 (東北大・金研)，長瀬敏郎 (東北大・博物館)

Extra-framework sites of labuntsovite-Mn from Aris Quarries, Aris, Windhoek, Khomas, Namibia

Yurie Nakamura*, Kazumasa Sugiyama (Tohoku Univ. IMR),
Toshiro Nagase (Tohoku Univ. Museum)

はじめに　ラブンツォフ石グループに属する鉱物は結晶構造中に細孔が存在するチタノシリケートであり，ゼオライトと同様に機能性材料としての利用が期待され研究がなされている．化学組成の幅が広く現在は 30 種の端成分が報告されているが，一般式は $A_4B_4C_4D_2(Ti,Nb)_8(Si_4O_{12})_4(OH,O)_8{\cdot}nH_2O$（A = Na, K, □, B = K, C = Ba, K, H_2O, □, D = Mn^{2+}, Fe^{2+}, Mg^{2+}, Zn^{2+}, □）で表され，単斜晶系(空間群 *C*2/*m*, *Cm*)または直方晶系(空間群 *Pbam*)の対称性を示す(Chukanov *et al*. 2002)．また一部のラブンツォフ石では *I*2/*m* の対称性を示すものが報告されており，このようなラブンツォフ石の格子定数は *c* 軸の長さが 2 倍となっているほか，X 線回折強度に散漫散乱が観測されている．Armbruster *et al*. (2004) は *I*2/*m* の対称性を示すラブンツォフ石について Ba など細孔内イオンの秩序配列が 2 倍周期の超構造を形成すると議論した．一方 *C*2/m の対称性を示すラブンツォフ石については完全な無秩序型であるとしている．

今回，labuntsovite-Mn 端成分に近い組成をもつナミビア産ラブンツォフ石の鉱物学的な記載からラブンツォフ石における超構造の有無と化学組成の関係を議論する．

実験　X 線回折強度の測定には単結晶 X 線構造解析装置(Rigaku XtaLAB Synergy-S)，構造の精密化には SHELXL (Sheldrick, 2015)を使用した．

結果と考察　試料の化学組成は $Na_{3.25}K_{4.12}(Mn_{1.70}Fe_{0.30})(Ti_{6.99}Nb_{1.01})(Si_4O_{12})_4(OH,O)_8{\cdot}12H_2O$ である．単結晶 X 線回折実験において回折強度に散漫散乱は観測されなかった．強度分布は空間群 *C*2/*m* の対称性を示し，格子定数は a = 14.4109 Å, b = 13.9182 Å, c = 7.8214 Å, β = 117.043°が得られた．

空間群 *C*2/*m* の構造モデルで精密化するにあたり，二価の陽イオンが占有する D サイトに欠陥の存在が確認されなかったことと，ラブンツォフ石グループにおける置換は結晶学的な制約により $(Mn, Fe, Mg, Zn)^D + 2H_2O^C \leftrightarrow \square^D + 2(Ba, K)^C$ で表されることから，C サイトは H_2O が 100%占有するものとした．精密化の結果，Ti と Nb が占有する 2 つの八面体サイト M1, M2 において Nb の占有率はそれぞれ 7.0%, 18.4%となった．さらに K が占有する B サイトの分裂が観測され，B1，B2 サイトの占有率はそれぞれ 68.5%，17.3%であった．B サイトの分裂には M2 サイトを優先的に占有する Nb の影響が考えられる．Armbruster *et al*. (2004) が示した超構造をもつためには D サイトに欠陥が存在する必要がある．今回の試料は D サイトが二価の陽イオンで 100%占有されているために超構造をもたないと考えられる．したがって lemmlenite-labunstovite 固溶体の中間組成をもつラブンツォフ石であれば超構造を持つ可能性が高いと考えている．

Keywords: labuntsovite, microporous titanosilicate
*Corresponding author: y_nakamura@imr.tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

菱沸石の高温単結晶 X 線構造解析：脱水挙動の結晶学的研究

河田尚美*、藤原惠子、中塚晃彦（山口大・院創成）

High-temperature single-crystal X-ray diffraction study of chabazite: a crystallographic study on dehydration behavior

N. Kawata*, K. Fujiwara, A. Nakatsuka (Sci. Tech. Innov., Yamaguchi Univ.)

1. はじめに

菱沸石は天然ゼオライトの中でも高い蓄熱能力をもつため、ヒートポンプ用蓄熱材として期待されている。また、優れたイオン交換剤としても知られており、福島第一原発事故で生じた汚染水に含まれる放射性元素の除去剤としても活用されている。ゼオライトの蓄熱能力やイオン交換能力の大きさは、ゼオライトフレームワーク・水分子・交換性陽イオンとの間の相互作用が大きく関与していると考えられる。そのため、細孔内の水分子と交換性陽イオンの結晶学的配置を明らかにすることが重要である。特に、水分子とその近傍原子との相互作用の大きさを知るには、水分子の脱水挙動を調べることが有効である。過去に我々は、単結晶 X 線構造解析から、菱沸石には室温で 5 つの水分子席（OW1～OW5）と 4 つの交換性陽イオン席（Ca1～Ca4）が存在することを報告したが、水分子の脱水挙動とそれに伴う構造変化についてはほとんど明らかにされていない。そこで本研究において、水分子の脱水挙動を調べるために、高温下における菱沸石の単結晶 X 線構造解析を行う。

2. 実験と解析

本研究では、静岡県小室産の天然菱沸石単結晶を用いた。単結晶 X 線回折実験のため、試料を直径 0.20 mm の球状に整形した。MoKα 線（λ = 0.71069 Å）を用い、4 軸型 X 線回折計により $2° \leq 2\theta \leq 100°$ の領域で回折強度測定を行った。測定には窒素ガス吹付型高温装置を用い、100 °C、200 °C、250 °C の各温度で回折強度測定を行った。得られた回析強度データに対して Lp 補正、吸収補正、消衰補正を行った。構造精密化には完全マトリックス最小二乗プログラム RADY を用いた。各温度における信頼度因子は、最終的に R = 0.0374～0.0436、wR = 0.0240～0.0294 に達した。

3. 結果と考察

差フーリエ合成で得た電子密度ピークに水分子あるいは交換性陽イオンを割り当て、席占有率から求めた化学組成が化学分析値と一致するまで、これら電子密度ピークへの原子 assignment を変えながら、最小二乗法による構造精密化を繰り返し行った。その結果、100 °C において 4 つの水分子席（OW1・OW2’・OW4）と 1 つの交換性陽イオン席（Ca3）、200 °C と 250 °C においては 1 つの水分子席（OW3）と 3 つの交換性陽イオン席（Ca3・Ca4・Ca5）の存在を確認した。過去に報告された室温での結果（Nakatsuka et al., 2007）を含めて、最終的に得た席占有率から、各 OW 席の水分子数と各 Ca 席の交換性陽イオン数の温度依存性を検討した。100 °C までには OW5 および OW3 分子は完全に脱離し、大部分の OW4 分子も脱離する。その後 200 °C までには、OW1、OW2（OW2’）、OW4 分子が完全に脱離するが、これらの一部は OW3 席に移動する。このような脱水挙動に伴って移動する交換性陽イオンの挙動も捕えることができた。

Keywords: zeolite, chabazite, high-temperature single-crystal X-ray diffraction, dehydration
*Corresponding author: b001we@yamaguchi-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

口頭講演 | R5: 地球外物質

2019年9月20日(金) 14:00 ~ 16:30 | 大講義室 Ib 大講義室

R5: 地球外物質

座長:橘 省吾、松本 恵

[座長]
松本 恵：R5-12〜R5-16
橘 省吾：R5-17〜R5-21

14:00 ~ 14:15

[R5-12] 集積岩ユークライト中トリディマイト多形が示す低温領域での熱史について

*大野 遼[1]、竹之内 惇志[2]、三河内 岳[3]、山口 亮[2] (1. 東大・院理、2. 極地研、3. 東大・総研博)

14:15 ~ 14:30

[R5-13] ユークライト隕石に産するシリカ多形の成因

「発表賞エントリー」

*金丸 礼[1]、山口 亮[1,2]、今栄 直也[1,2]、西戸 裕嗣[3] (1. 総研大、2. 極地研、3. 岡理大)

14:30 ~ 14:45

[R5-14] Padvarninkaiに記録された複雑な衝撃変成履歴

*宮原 正明[1]、山口 亮[2]、大谷 栄治[3] (1. 広島大・院理、2. NIPR、3. 東北大・院理)

14:45 ~ 15:00

[R5-15] ZagamiおよびEETA 79001火星隕石中のマスケリナイト加熱実験から探る衝撃変成過程

*識名 里沙[1] (1. 東大・院理)

15:00 ~ 15:15

[R5-16] チクシュルーブ隕石孔の基盤岩石英の微細組織

谷 理帆[2,1]、*富岡 尚敬[1]、鹿山 雅裕[3]、常 昱[3]、西戸 裕嗣[4]、Das Kaushik[2]、Rae Auriol[5,6]、Ferrière Ludovic[7]、Gulick Sean[8]、Morgan Joanna[5]、IODP-ICDP Expedition 364 Scientists (1. 海洋研究開発機構、2. 広島大学、3. 東京大学、4. 岡山理科大学、5. Imperial College London、6. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg、7. Natural History Museum Vienna、8. University of Texas at Austin)

15:15 ~ 15:30

[R5-17] フォルステライト単結晶のレーザー衝撃圧縮その場X線回折実験

*奥地 拓生[1]、プレジャブ ナランゴー[1]、尾崎 典雅[2]、瀬戸 雄介[3]、薮内 俊毅[4] (1. 岡山大・惑星研、2. 大阪大・院工、3. 神戸大・院理、4. JASRI)

15:30 ~ 15:45

[R5-18] Esquelパラサイト隕石中のかんらん石に含まれる包有物

*江島 輝美[1]、米山 安澄[1]、赤坂 正秀[2]、昆 慶明[3]、平田 岳史[4] (1. 信大・理、2. 島大・理工、3. 産総研、4. 東大・院理)

15:45 ~ 16:00

[R5-19] NWA 7203アングライトの特異な岩石組織の結晶化過程

「発表賞エントリー」

*林 秀幸[1]、三河内 岳[2]、Bizzarro Martin[3] (1. 東大・院理、2. 東大・総研博、3. コペンハーゲン大)

16:00 ~ 16:15

[R5-20] 人工微小隕石作成実験による高層大気酸素分圧条件の再現

*磯部 博志[1] (1. 熊本大学大学院先端科学研究部)

16:15 ~ 16:30

[R5-21] **急冷指標の炭素含有固化過程：地球外生成物**

*三浦 保範[1] (1. 元ー山口大・トロント大)

集積岩ユークライト中トリディマイト多形が示す低温領域での熱史について

大野 遼*（東大・院理），竹之内 惇志（極地研），三河内 岳（東大・総研博），山口 亮（極地研）

Low-temperature thermal history of cumulate eucrites as inferred from tridymite polymorphs

Haruka Ono*(Univ. of Tokyo), Atsushi Takenouchi (NIPR), Takashi Mikouchi (Univ. of Tokyo), Akira Yamaguchi (NIPR)

はじめに：ユークライトは小惑星ベスタの地殻で形成されたと考えられている玄武岩質のエコンドライト隕石グループである[e.g., 1]。ユークライトは主に、集積岩・非集積岩の２つのサブグループに分けられることが多い。特に、集積岩ユークライトは輝石の離溶ラメラから冷却速度が求められるなど、ベスタ地殻形成過程の議論に広く用いられている[e.g., 2, 3]。しかし、これまで議論されてきた熱史は、輝石が示す温度領域（600～1000℃程度[4]）に限られている。本研究ではこの温度領域以下での熱史を議論するために、シリカ鉱物に着目した。シリカ鉱物は様々な温度圧力条件下で多くの多形を持ち、特にトリディマイトは400℃以下で6つの多形を持つことが知られている[5]。トリディマイト多形は主に六方晶系、直方晶系、単斜晶系、擬直方晶系の4つの晶系に分かれており、それらの間には複雑な相転移関係がある[5]。本研究では、トリディマイトが低温での熱史を議論する上で有用であると考え、集積岩ユークライトに含まれるトリディマイト多形を用いて、輝石が示す温度領域を含めた広い温度範囲での熱史の議論を試みた。

結果：試料は Moore County、Yamato (Y) 980433、Moama の3つの集積岩ユークライト薄片試料を用いた。3つの試料中全てに単斜晶系トリディマイトが存在していた。中でも Moore County に含まれるものは約4 mm と最も大きいものであった。Y 980433 の単斜晶系トリディマイトには他の試料と比べて割れ目が多く含まれていた。Moama 中の単斜晶系トリディマイトには、他の試料には見られなかったラメラ状組織をした直方晶系トリディマイトが含まれていた。ラメラ状直方晶系トリディマイトはホストである単斜晶系トリディマイトに比べて割れ目が多く含まれていた。

考察と結論：直方晶系トリディマイトは400～210℃で安定領域を持つのに対して、単斜晶系トリディマイトは 160～110℃に安定領域があることが知られている[5]。さらに、これまでの我々の研究から、集積岩ユークライトよりも速く冷却された非集積岩ユークライト中の玄武岩質岩片中には直方晶系トリディマイトが存在していることを見出している[6]。これらのことから、Moama 中に存在した直方晶系トリディマイトは、冷却過程で一部に直方晶系を残したまま単斜晶系に部分的に相転移して形成されたと考えられる。そのため、Moama は単斜晶系トリディマイトのみを持つ他の2つの試料よりも速く冷却された可能性が高い。しかし、先行研究で輝石より見積もられている冷却速度は Moore County より Moama の方が遅い。そのため、Moore County と Moama の冷却速度が 400℃に至るまでに逆転した可能性があることが明らかになった。

以上のように、本研究からトリディマイトは輝石が示す温度領域以下の温度での熱史を議論する上で有用であることが示された。

参考文献：[1] Binzel R. P. and Xu S. (1993) *Science* 260:186-191. [2] Miyamoto M. and Takeda H. (1994) *EPSL* 122:343-349. [3] Harlow G. E. et al. (1979) *EPSL* 43:173-181. [4] Lindsley D. H. (1983) *Am. Min.* 68:477-493. [5] Graetsch H. and Flörke O. W. (1991) *Zeit. Krist.* 195:31-48. [6] Ono H. et al. (2016) 7th NIPR Symp. Polar Sci.

Keywords: Eucrite, Silica, Thermal history, Tridymite, Low-temperature

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ユークライト隕石に産するシリカ多形の成因

金丸 礼(総研大), 山口 亮(極地研), 今栄 直也(極地研), 西戸 裕嗣(岡理大)

Petrogenesis of silica polymorphs in eucrites

R. Kanemaru* (SOKENDAI), A. Yamaguchi (NIPR), N. Imae (NIPR) and H. Nishido (OUS)

ユークライトは、母天体上(Vesta[1])で熱・衝撃変成作用・メタソマティズムなど複雑な２次的プロセスを経験している。従来、ユークライトの変成史の理解のため岩石・鉱物学的特徴に基づく熱変成度[2]や衝撃変成度[3]の推定が行われてきた。本研究では熱・衝撃変成度に加え、シリカ鉱物に注目した。シリカ鉱物は多くの多形を持ち、結晶化時や２次的プロセスの情報を保持していると考えられる。温度圧力条件から、ユークライトメルトから結晶化する初生シリカ鉱物相はトリディマイトとなること期待されるが、実際には様々な相が観察される。本研究では、光学顕微鏡、FE-SEM、ルミノスコープ、顕微ラマン分光装置を用いて 16 個のユークライト[3]のシリカ鉱物の相同定をした。

本研究では、ユークライトにおけるシリカ鉱物の産状をトリディマイトと石英の量比に基づき、Si-I(トリディマイト：＞ 90%)、Si-II(トリディマイトと石英の共存)、Si-III(石英：＞90%)に大別した。Si-I は、集積岩ユークライトなど固化時に徐冷したもの、また、熱変成度が高い玄武岩質ユークライトに多く、Si-III は、熱変成度の低い玄武岩質ユークライトに多く観察された。これらユークライトに産するトリディマイトは、粗粒で短冊状の外形を示す。石英は多孔質で不透明鉱物、リン酸塩鉱物などと共生する。

Si-I のトリディマイトは、メソスタシスと共生しない。溶融実験から、ソリダス温度付近の加熱により、メソスタシスが優先的に溶融することが知られている[4]。つまり、これらユークライトは高温熱変成作用過程により、トリディマイトの安定領域から徐冷したことが示唆される。急冷されたユークライトマグマから晶出するシリカ鉱物は、クリストバライトである[4]。クリストバライト(~2.36 g/cm^3)から相転移した石英(2.65 g/cm^3)は、密度差を解消するため微小なクラックを多く含む場合がある[5]。つまり、Si-II, III の多孔質な石英は、ユークライトマグマの急冷により結晶化したクリストバライトが熱変成作用により再結晶化したことが示唆される。Si-II のトリディマイトは自形であり、多孔質の石英に囲まれていることから、トリディマイトの結晶化中に急冷・再加熱により、Si-III と同様の石英が形成されたことが示唆される。

参考文献：[1] Binzel R. P. and Xu S. 1993, Science, 260, 5105. [2] Takeda H. and Graham A. 1991, Meteoritics, 26, 129-134. [3] Kanemaru R. et al. 2019, 60th LPSC #2132. [4] Yamaguchi A. et al. 2013, Earth Planet. Sci. Lett 368, 101-109. [5] Seddio S. M. et al., 2015, Amer. Mineral, 100, 1533–1543.

Keywords: Eucrite, Silica polymorphs

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Padvarninkai に記録された複雑な衝撃変成履歴

宮原正明（広島大・理）*，山口亮（極地研），大谷栄治（東北大・理）

The complex shock metamorphism history recorded in the Padvarninkai

Masaaki Miyahara (Hiroshima Uni.)*, Akira Yamaguchi (NIPR), Eiji Ohtani (Tohoku Uni.)

We investigated the shock-induced melting textures and high-pressure polymorphs therein in the eucrites Padvarninkai with FE-SEM and Raman spectroscopy. The shock-melt veins included coesite, Ca-pyroxene and garnet-like minerals as high-pressure polymorphs. Both the progressive and retrograde phase transitions occurred in the shock-melt veins, suggesting that the shock metamorphism recorded in Padvarninkai is not simple.

１．はじめに

HED 隕石は小惑星 Vesta の破片と見なされている[1]。しかし、HEDs 隕石の起源と地球への飛来プロセスに関しては議論が続いている[2]。HED 隕石の内、ユークライトは Vesta の表層を構成していた岩石と考えられている。Yamaguchi et al. (1993) [3]によれば、Padvarninkai は最も強い衝撃変成作用を記録しているユークライトである。しかし、Padvarninkai の衝撃変成作用の痕跡はこれまで詳しく調べられてこなかった。そこで、本研究では、Padvarninkai の衝撃溶融組織とそこに生成する高圧相を詳細に調査した。

２．実験試料と実験手法

2 枚の Padvarninkai の岩石薄片を研究に利用した。1 枚は衝撃溶融組織を持たない母岩、もう一枚は幅広い衝撃溶融組織を含む。溶融組織と高圧相の観察・分析には光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡（FE-SEM）、レーザーラマン分光装置を用いた。

３．結果と考察

Padvarninkai の母岩部分はオフィティック組織を持つ。主な構成鉱物は単斜輝石（普通輝石―単斜鉄珪輝石）と灰長石、他に少量のイルメナイト、クロマイト、 トロイライト、シリカ鉱物（トリディマイト、 クリストバライト、石英）及びリン酸鉱物も含まれていた。

母岩中の大部分の灰長石はアモルファス化していた。衝撃溶融脈に接している灰長石の内部には多数の微結晶が生成していた。小球状に集合した微結晶もあった。ラマンスペクトルに基づくと、この微結晶は Ca 輝石に類似する。一部の小球状微結晶集合体はその晶癖を保ったままアモルファス化していた。母岩中のシリカ鉱物はアモルファス化していたものもあった。衝撃溶融脈中のシリカ相はコーサイト、シリカガラス或いは石英であった。一部の石英粒子はコーサイト粒子或いはシリカガラスを取り囲むように生成していた。衝撃溶融脈の基質部分には単斜輝石とガーネット様鉱物が生成していた。衝撃溶融脈中では、低圧相から高圧相だけでなく、その逆の転移を示唆するものがあり、Padvarninkai に記録された衝撃変成履歴が複雑であることを示している。

引用文献

[1] M.C. De Sanctis et al., 2012, Science 336, 697–700. [2] A. Yamaguchi et al., 2002, Science 296, 334–336. [3] A. Yamaguchi et al., 1993, Meteoritics 28, 462–463.

Keywords: Eucrites, Silica, Plagioclase, high-pressure polymorph
Corresponding author: miyahara@hiroshima-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Zagami および EETA 79001 火星隕石中のマスケリナイト加熱実験から探る衝撃変成過程

識名 里沙*（東大・院理），三河内 岳（東大・総研博）

Heating experiments of maskelynite in Zagami and EETA 79001 Martian meteorites: Implication for their shock metamorphism

Risa Shikina*(Univ. of Tokyo), Takashi Mikouchi (Univ. of Tokyo)

はじめに：マスケリナイトは、強い衝撃によって斜長石が固相状態でガラス化したものであり、シャーゴッタイト火星隕石に普遍的に見られる[1]。マスケリナイトは加熱により容易に結晶質斜長石に戻ることが知られており、その再結晶化度は衝撃圧に依存する[2]。[2]は、衝撃実験によって得られたマスケリナイトを加熱したものであるが、天然とは衝撃エネルギーが著しく異なることから[3]、天然の衝撃変成試料を用いた再結晶化実験では、実験室の結果とは異なる傾向を示す可能性がある。本研究では、異なる衝撃変成度を経験した 2 つのシャーゴッタイト（Zagami と EETA 79001）のマスケリナイト加熱実験を行い、再結晶化度の評価を試みた。

加熱実験：Zagami と EETA 79001 の小片（約 5 mm）を、CO_2-H_2 ガス混合炉中（logfO_2=IW+2）で 900℃（1、4、8、12、24、168 時間）、1000℃（1 時間）および 800℃（24、168 時間）で加熱した。薄片試料の作成後、光学顕微鏡で観察し、斜長石再結晶度を評価した。鉱物組成は EPMA（JEOL JXA 8900L）で分析し、元素マップから再結晶斜長石の割合を求めた。

結果：[4]の報告のように、Zagami は 800℃、24 時間および 168 時間、900℃で 1 時間加熱した実験では再結晶の明確な証拠を示さなかったが、900℃、4 時間以上加熱した場合には繊維状の結晶質斜長石が見られた。900℃で 24 時間と 168 時間加熱されたマスケリナイトは、ほとんど完全に多結晶質の斜長石に変換された。 900℃で 4 時間加熱した試料と 1000℃で 1 時間加熱したマスケリナイトは、繊維状結晶質斜長石が元の粒子の割れ目と縁に沿ってのみ観察された。EPMA 分析から、Na と K が再結晶化領域で乏しくなり、Ca に富んでいることが分かった。900℃で 24 時間および 168 時間加熱されたマスケリナイトには、Na と K に富むガラス領域が存在し（Na_2O: ~6.5 wt%、K_2O: ~2.5 wt%）、再結晶がまだ起こっていない場所に Na と K が集中することを示唆する。Zagami とは異なり、EETA 79001 は 800℃、24 時間および 900℃、1 時間加熱した実験で既に再結晶を示し、900℃で加熱したすべての試料で繊維状の結晶質斜長石が観察された。1000℃で 1 時間加熱したマスケリナイトはほぼ完全に再結晶化し、800℃で 168 時間加熱したマスケリナイトは 1 粒子中の~33%で再結晶化が確認された。

考察と結論：マスケリナイトの再結晶度は、斜長石の元々の衝撃度と関係があると報告されており、同じ加熱時間の試料では衝撃度が高いほど再結晶化度が低いことが示されている[2]。Zagami と EETA 79001 の衝撃圧は、それぞれ 29.5±0.5 GPa と 39±4 GPa と推定されているが[1]、 本実験では衝撃度の高い EETA 79001 の再結晶化度が高く、[2]とは異なる傾向を示した。これは、より強い衝撃を受けた EETA 79001 の方が、マスケリナイト化後に乱された原子構造が残留熱により修復され、再結晶化が起こりやすかったためと考えられる。また実験全体を通して、天然試料の加熱実験では、[2]よりも高い再結晶化度を示した。これも、天然と実験室実験との衝撃エネルギーの差異により、残留熱の違いによって引き起こされたものと考えられる[5]。

参考文献：[1] Fritz et al. (2011) MAPS 40:1393-1411. [2] Ostertag & Stöffler (1982) Proc. 13th LPSC:A457-A463. [3] Tomeoka et al. (1999) GCA 63:3683-3703. [4] Mikouchi et al. (2002) MAPS 37:Suppl. A100. [5] Takenouchi et al. (2017) MAPS 52:2491-2504.

Keywords: Shergottite, Maskelynite, Recrystallization, Residual heat

*Corresponding author: r-shikina@um.u-tokyo.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

チクシュルーブ隕石孔の基盤岩石英の微細組織

谷理帆[1,2]，富岡尚敬[2]，鹿山雅裕[3]，常昱[3]，西戸裕嗣[4]，Das Kaushik[1], Auriol Rae[5,6], Ludovic Ferrière[7], Sean Gulick[8], Joanna Morgan[5], IODP-ICDP expedition 364 scientists
([1]広島大学，[2]JAMSTEC，[3]東京大学，[4]岡山理科大学，[5]インペリアル・カレッジ・ロンドン，[6]アルベルト・ルードヴィッヒ大，[7]ウィーン自然史博物館，[8]テキサス大学)

Microstructural observations of quartz from the basement rocks of the Chicxulub impact structure and shock pressure estimation

Riho Tani[1,2], Naotaka Tomioka[2*], Masahiro Kayama[3], Yu Chang[3], Hirotsugu Nishido[4], Kaushik Das[1], Auriol Rae[5,6], Ludovic Ferrière[7], Sean Gulick[8], Joanna Morgan[5] and the IODP-ICDP Expedition 364 scientists ([1]Hiroshima University, [2]JAMSTEC, [3]University of Tokyo, [4]Okayama University of Science, [5]Imperial College London, [6]Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, [7]Natural History Museum Vienna, [8]University of Texas at Austin)

The Chicxulub impact structure, which is an only well-preserved peak-ring crater on Earth, was drilled by the joint IODP-ICDP Expedition 364 in 2016. A continuous core was successfully recovered from the peak ring between depths of 505.7–1334.7 mbsf [1]. Our study aims at evaluating a newly developed shock barometry method and to characterize shock effects in quartz from the basement granitic rocks (747.0–1334.7 mbsf). We have determined shock pressures recorded by each quartz grain from the basement rocks using the cathodoluminescence (CL) spectroscopy method, knowing that a part of blue emission band is caused by shock-induced defect centers and that its intensity drastically increases with increasing shock pressure. Estimated shock pressures are almost constant throughout the drilling depth in the range of 15–25 GPa. The results are in relatively good agreement with those determined by conventional universal stage method using PDFs orientations in shocked quartz [2].

TEM observations show that shocked quartz grains have dislocations, subgrain boundaries, and planar deformation features (PDFs) oriented parallel to (0001), {10-11}, and {10-13}. These PDF orientations, based on experimentally shocked single quartz grains, are typically formed at pressures below ~20 GPa [3]. Most of the investigated PDFs are not anymore made of amorphous silica but recrystallized quartz, associated with a high density of dislocations and voids. The decorated PDFs form as a result of post-impact hydrothermal alteration. It is known that hydrothermal quartz shows very weak blue CL intensity [4]. However, the presence of hydrothermally recrystallized PDFs does not affect shock pressure determination of quartz from the basement rocks probably due to their small volume fraction within the CL measurement area (35 x 45 μm^2). A quartz grain experienced a shock pressure of ~20 GPa, estimated based on CL measurements, showed superlattice reflections of quartz, corresponding to 3-fold periodicity of reflections along $[121]^*_{Qtz}$ in the vicinity of PDFs. The similar superstructure of quartz was previously reported in recovered quartz samples after experimental compression above 21 GPa [5]. Therefore, the crystal structure is also supporting evidence for shock pressure generation of ~20 GPa.

References: [1] Morgan et al. (2016) Science, 354, 878–882. [2] Rae et al. (2017) LPSC, 1934.pdf. [3] Langenhorst and Deutsch (1994) Earth Planet. Sci. Lett., 125, 407–420. [4] Richter et al. (2003) Mineral. Petrol., 79, 127–166. [5] Kingma et al. (1993) Phys. Rev. Lett. 70, 3927–3930.

Keywords: Chicxulub impact crater, drilling core samples, cathodoluminescence, quartz, TEM

*Corresponding author: tomioka@jamstec.go.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

フォルステライト単結晶のレーザー衝撃圧縮その場 X 線回折実験

奥地 拓生[1], プレジャブ ナランゴー[1], 尾崎 典雅[2], 瀬戸 雄介[3], 薮内 俊毅[4]
([1]岡山大惑星研, [2]大阪大院工, [3]神戸大院理, [4]JASRI)

Laser-shock compression experiments of forsterite coupled with XFEL diffraction

Takuo Okuchi*[1], Purevjav Narangoo[1], Norimasa Ozaki[2], Yusuke Seto[3] and Toshinori Yabuuchi[4]
([1]Okayama Univ., [2]Osaka Univ., [3]Kobe Univ., [4]JASRI)

Primitive meteorites often show features of shock metamorphism, including occurrences of dense polymorphs of major mineral phases. By previous transmission electron microscopy studies, it was demonstrated that olivine (α-Mg_2SiO_4) often had transformed into its denser polymorphs such as wadsleyite (β-Mg_2SiO_4) and ringwoodite (γ-Mg_2SiO_4), as well as a recently-discovered new structure (ε-Mg_2SiO_4: Tomioka and Okuchi, Sci. Rep. 2017). The impact events that produced these polymorphs played essential roles in the history of early solar system evolution. Here we tried to reproduce such a dynamic transformation process starting from forsterite olivine single crystals by using very strong laser beam and x-ray free electron laser (XFEL) beam in combination at SACLA, SPring-8, Japan.

The transformation process was analyzed with sub-nanosecond time resolution by ultrafast single-crystal diffraction scheme using XFEL (Fig). A series of synthetic α-Mg_2SiO_4 single crystal plates with 50 μm in thickness were separately compressed along it's a-axis by irradiation of strong laser beam with 532 nm wavelength and with 4 nanosconds of pulse width, that was focused into ~200 μm diameter on target. The transforming structures were analyzed at variable delay times by using femtosecond XFEL pulse, which was focused into even smaller dimension where the strongest shock wave was propagating.

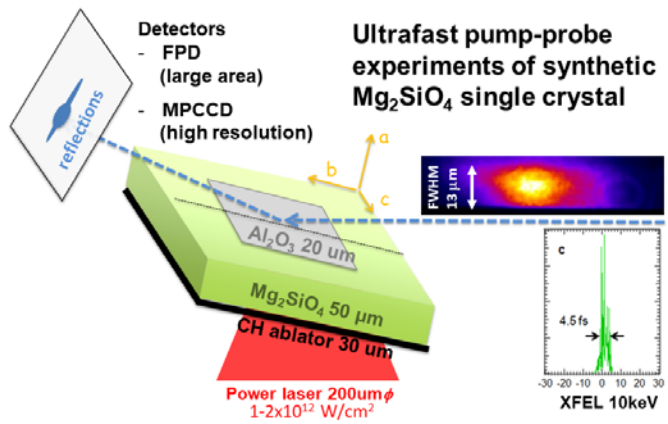


Fig. Experimental Setup

By anayzing the motion of Bragg reflection coming from hexagonal close-packed oxygen layer (200) of α-Mg_2SiO_4, we firstly observed propagation of decaying elastic wave, and secondly observed decaying plastic wave. We then discovered an ultrafast transformation process toward cubic close-packed oxygen layer structure, which is possibly related to γ-Mg_2SiO_4. The transformation had completed only within few nanoseconds, which was not expected to occur during shock metamorphism of meteorites. It can be a shear-induced fast lattice slipping proceeding without any atomic diffusion process. We conclude that formation processes and environments of some of dense Mg_2SiO_4 polymorphs in heavily shocked meteorites are needed to be reconsidered to involve this fast process.

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Esquel パラサイト隕石中のかんらん石に含まれる包有物

江島輝美（信州大学）、米山安澄（信州大学）、赤坂正秀（島根大学）、
昆慶明（産総研）、平田岳史(東大院理)

Inclusions within olivine in Esquel pallasite

Terumi Ejima (Shinshu Univ.), Azumi Yoneyama (Shinshu Univ.), Yoshiaki Kon (AIST), Masahide Akasaka (Shimane Univ.) and Takafumi Hirata (Univ. Tokyo)

Inclusions within olivine in an Esquel pallasite of the Main group pallasite was investigated using electron microprobe analysis and Raman spectroscopy. Esquel pallasite consists mainly of olivine, Ni-Fe metal, and aggregates of fine minerals. The average Fo content of olivine is 88.3. The inclusions within olivine crystals occur as droplets, grains of irregular form and tubular form. The droplets inclusions consist of fine Ni-Fe metal, troilite, olivine and cristobalite, or single phases of troilite, Ni-Fe metal and stanfieldite. Irregular form inclusions are chromite or aggregates of chromite + troilite + enstatite and/or cristobalite. The tubular inclusions consist of unidentified Ca-Cr-Si-rich phase.

パラサイト隕石中のかんらん石の包有物は、隕石の形成環境や履歴を明らかにするために注目されてきた。Esquel パラサイト隕石のかんらん石中の包有物に関しては、トロイライト、Fe-Ni 合金、クロマイト、リン酸塩鉱物が報告されている（Buseck 1977: Desrousseaux et al. 1997）。本研究では、Esquel 隕石のかんらん石の包有物中に先行研究で未報告の鉱物を認めたため、包有物構成鉱物の同定，記載，化学組成分析を行い、これらの形成過程について考察した。

鉱物の観察、組成分析，同定には、フィールドエミッションタイプ電子線微小部分分析装置およびラマン分光分析装置を用いた。

本研究で用いた Esquel 隕石試料（2.5×2.5×0.15 cm）は、主にかんらん石および Fe-Ni 合金からなり、まれに Fe-Ni 合金およびトロイライトなどからなる微細な鉱物の集合体を含む。かんらん石は黄緑色で，縁部は茶褐色～黒色を呈する。平均 Fo 含有量は 88.3 mol.%である。かんらん石には、数 μm～1mm の滴下状、不定形、チューブ状の包有物が存在する。滴下状の包有物は、Ni-Fe 合金＋トロイライト＋かんらん石＋クリストバライトの集合体から構成されるものや,トロイライト、Ni-Fe 合金，スタンフィルダイトの単相のものがある。まれに、クロマイト，エンスタタイト，シュライバーサイトの集合体のものがある。不定形の包有物には、クロマイト単相のものやクロマイト＋トロイライト＋エンスタタイト±クリストバライトの集合体のものがある。滴下状や不定形の包有物は、割れ目に沿って点在する。チューブ状のものは離溶状の産状で、短径 1μm×長さ数十 μm、顕微鏡下では褐色である。元素濃度分布では,母相のかんらん石より Ca、Cr、Si の含有量が高い。

包有物に含まれるかんらん石粒子は、母相のかんらん石の組成とほぼ同じである。一方、クロマイトは、かんらん石と Fe-Ni 合金の間に存在する微細な鉱物集合体中のもの、かんらん石の包有物の単相のもの、クロマイト＋トロイライト＋エンスタタイト±クリストバライトの集合体を構成しているもの、では組成が異なる。

包有物に含まれるクロマイトの組成の違いと包有物の産状から、Esquel 隕石は複数の形成時期の異なる包有物を形成するイベントを経験していると結論される。

Keywords: Olivine, Pallasite, FE-EPMA, Raman, Esquel

*Corresponding author: tejima@shinshu-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R5-19

NWA 7203 アングライトの特異な岩石組織の結晶化過程

林秀幸*（東大・院理），三河内岳（東大・総研博），Martin Bizzarro（コペンハーゲン大）

Crystallization history of unusual petrological textures in the NWA 7203 angrite

Hideyuki Hayashi* (U. Tokyo), Takashi Mikouchi(U. Tokyo), Martin Bizzarro (U. Copenhagen)

はじめに：アングライトは太陽系最古の原始惑星地殻由来隕石の一種で、アルカリ元素に枯渇し、難揮発性元素に富む化学組成から、特異な鉱物組み合わせを示す（例えば Keil, 2012）。アングライトは NWA 1670 と NWA 7203 の例外を除き、衝撃変成組織を示さないため、広くタイムアンカーとして利用されている（Scott+, 2011; Hayashi+, 2018）。我々の過去の研究において、NWA 7203 の衝撃変成組織を明らかにし、この試料がアングライト母天体の進化史を解明する上で重要であることを報告した（Hayashi+, 2018）。NWA 7203 は急冷組織を示すアングライト隕石であり、粒子サイズが大きく変化する特異な岩石組織を示すが（Mikouchi+, 2012）、詳しい結晶化過程は明らかになっていない。そこで本研究では、詳細な鉱物学的研究により、NWA 7203 の結晶化過程の解明を目的とした。

試料と手法：NWA 7203 薄片試料を光学顕微鏡及び FE-SEM で観察し、化学組成分析は FE-EPMA（JEOL, JXA-8530F）を用いた。

結果：NWA 7203 は主にカンラン石、灰長石及び輝石から成る。粒子サイズは 1 μm 程度から 100 μm 以上に大きく変化する。細粒部では、灰長石が伸長し、その間をカンラン石及び輝石が埋めている。粗粒部では、カンラン石と灰長石が樹枝状共晶を成し、その間を輝石が埋めている。粒子サイズは細粒～粗粒部に連続的に変化している。また、細粒部は～1 cm の球状集合体で、樹枝状組織が放射状に細粒部から粗粒部に広がっている。バルク組成は、各種元素の MAP 分析からモード組成を求め、各鉱物種の平均組成を掛けて見積もった。その結果、粗粒部（Mg#=36）は、細粒部（Mg#=34）に比べ、わずかに Mg に富み Fe に乏しい組成であった。ただし、組成差はわずかで、誤差の範囲内でバルク組成は一致している可能性も否定できない。

カンラン石は粗粒部では Fo_{59-0} であり、細粒部では Fo_{54-4} であった。平均組成を考えると、粗粒部のカンラン石は、細粒部のものより、Mg に富んでいる。これは、バルク組成の結果と調和的である。一方で輝石は、粗粒部においては Mg#=0-44、細粒部では Mg#=24-50 であった。平均組成を考えると、輝石は細粒部のものの方は、粗粒部のものよりも、Mg に富んでおり、カンラン石と逆の結果である。

細粒部分にのみ、周辺のカンラン石よりも Mg に富んだカンラン石が見られた（$Fo_{\leqq 64}$）。これらのカンラン石は、バルク組成と平衡なカンラン石 Fo#より Mg に富んでいることから、外来結晶と考えられる。このカンラン石を核にし、灰長石が成長している様子が見られた。また、Fo_{64} の外来結晶は、薄片内で最も Mg に富んだカンラン石であり、光学顕微鏡観察により単結晶であることが分かった。またこのカンラン石を核に、カンラン石と灰長石の樹枝状の共晶が成長していた。

議論と結論：本研究から、NWA 7203 に初めてカンラン石外来結晶が見出された。今まで急冷組織を示すアングライト隕石に知られていたカンラン石外来結晶とは、Cr 含有量が少ない点（0.1 wt%以下）や、Fo#が最大 64 と低い点（例えば NWA 1670 の外来結晶は Fo_{96} が存在）、カンラン石と灰長石の樹枝状共晶が外来結晶を核に成長している点などが異なる。

本研究から NWA 7203 の結晶化過程は次のように考えられる。まずカンラン石外来結晶を核に、細粒部が結晶化した。次に、周囲のメルト組成が Mg に富むよう変化し、粗粒部が結晶化した。メルト組成の Mg 富化としては、例えばマグマ混合などの可能性が考えられる。また、バルク組成が細粒部と粗粒部で同じだったならば、実際にはメルト組成は変化せず、NWA 7203 の組織が形成された可能性も残されている。その場合、細粒部と粗粒部の組織の違いは、冷却速度の鈍化により起こされた可能性が考えられる。

Keywords: NWA 7203, Angrite, Crystallization history, Xenocryst
*Corresponding author: h.hayashi@eps.s.u-tokyo.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

人工微小隕石作成実験による高層大気酸素分圧条件の再現

磯部博志*（熊本大）

Reproduction of oxygen fugacity of upper atmosphere based on artificial micrometeorites

Hiroshi Isobe* (Kumamoto Univ.)

Micrometeorites are the most abundant planetary materials accumulating to the Earth. Melted micrometeorites can record fO_2 of upper atmosphere. Magnetite crystals occur in artificial micrometeorites produced with fO_2 lower than FMQ buffer curve. Oxidation of micrometeorites may be controlled by accumulated interaction with oxygen molecules in the heating path of the meteorites.

定常的に地球に落下する隕石物質では，直径 0.1mm 前後の微粒子が最大の質量フラックスを持つ。それら微粒子は，高層大気突入時に高度 80km 付近を中心に強い加熱を受けて溶融し，その後の急冷によって溶融微小隕石と呼ばれる球粒となる。微小隕石中の鉄を含む相の酸化状態は，加熱時の酸素分圧条件によって影響を受けると考えられている。

現在の地球高層大気は高度約 100km までよく撹拌されており，地表とほぼ同じ組成を持つ。従って，酸素を約 21%の体積比で含む現在の高層大気の酸素分圧は高度に依存した大気圧によって決まっていると考えられ，高度 80km では $\log(fO_2)$は約-5.7 となる。太古代における地球大気の酸素量は様々な地質試料を用いて議論されている。なかでも，現世から太古代に至る海洋性堆積物中に見いだされる微小隕石粒子は，地球環境の変遷を解析する指標となる可能性が指摘されている(Tomkins et al., 2016)。

本研究では，高温炉中で微粒子を自由落下させる実験系（Isobe and Gondo, 2013）を用いた溶融急冷実験の結果をもとに，鉄の酸化挙動と fO_2 条件の関係について検討した。試料は，鉄隕石試料および FeS 試薬から作成した径約 100μm の不定形粒子である。試料粒子はおよそ 2 秒以内に最高温度の約 1600ºC に達した後急冷される。fO_2 は，FMQ バッファカーブを挟んで，最大±2.5 log unit となるよう，H_2/CO_2 混合ガスによって実験ごとに制御した。実験生成物は，鉄鉱物相に注目して組織および組成を解析した。

鉄隕石，硫化鉄由来の試料を用いた実験生成物ともに，fO_2 の高い実験ほど多量の酸化鉄が形成した。また，硫化鉄試料においてはメルト相が O に富む組成となった。一方，FMQ バッファよりも低い，最も低い fO_2 を設定した実験においても一部の粒子には酸化鉄が生じ，磁鉄鉱の急冷結晶が形成しているものも見られた。

本実験のような，H_2/CO_2 混合ガスを用いた系においては，温度に応じて H_2, CO_2, CO, H_2O 比が決まり，それらと平衡な fO_2 が実現する。本実験条件においては O_2 のモル比は CO_2 および CO と比較すると極めて小さいため，試料の酸化還元挙動は主に CO_2 および CO 分子との反応によって規定されると考えられる。微小隕石形成過程においては，溶融時の酸素分子との衝突頻度が鉄の酸化挙動を規定している可能性がある。

Keywords: micro meteorite, oxygen fugacity, atmospheric heating, troilite, iron meteorite
*Corresponding author: isobe_hrs@kumamoto-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

急冷指標の炭素含有固化過程：地球外生成物

三浦保範（元山口大）

Quenched indicator of carbon-bearing process: Extraterrestrial case

Yasunori MIURA (Post Yamaguchi Univ.)

Carbon-bearing grains called as quenched indicator of extraterrestrial rocks are required process applied for the accumulation of carbonaceous chondrites and carbon contents. The presence of quenched carbon-bearing grains remained in the primordial extraterrestrial meteorites indicates that the seawater fluid was not related totally.

.

はじめに : 地球の三圏の物質移動のない地球外の環境では海水圏が無いので、内部での徐冷過程より、表面での急冷過程が顕著である。本件では、地球内外広く利用できる状態間の固化物質を急冷指標の観点から地球外について考察する。

急冷指標の現状とその必要性 : 地球の内部と圏システム活動と異なり、火星の二圏惑星は固体岩石から(衝突)遊離した大気圏が形成されている。軽元素二圏のない月・小惑星は、固体圏だけなので、岩石に軽元素が散逸し、一部残存している。地球外では、高温高圧状態から急冷する継続過程は隕石衝突であり地球型の表層・環境とは異なる。

急冷過程での炭素含有物の重要性 : 地球外での固化過程は、揮発性炭素元素などが固体に混在して残留するタイプなので、地球型とは異なる。

地球外の炭素含有物の FE-SEM 観察 : ミクロな炭素含有物の FE-SEM（EPMA)観察で、地球外試料に観察できる(月、隕石、火星隕石等）。これは直接宇宙空間に接しているので、衝突時に固体と軽元素が取り込まれ手いることを示す。

地球外天体の活動を炭素含有物から考察 : ミクロな炭素含有物は、流体や継続的な極限状態で変化するので、その残存は広域の海水流体や継続的な火山活動などが無いことを示します。火星の隕石の若い年代については、その試料での広域確認が必要である。止まった若い年代は、「継続的な活動がなく残存している」ので、小惑星衝突等による溶融急冷での中断（若返り）で説明ができる。

地球外天体における大気と岩石 : 海水圏がないので大気中の炭酸ガス等は流体や石灰岩等を形成せず、無活動的な天体であることを示す。

水の形成 : 固体内に軽元素を残すので、加熱すると水は局所的にある状態で生成されるが、全域に及ぶ海水システムができる水量ではない。

生命に必要な炭素源 : 生命体は炭素化合物がメインであるので、その炭素集積過程が重要で、本件の急冷過程は地球内外で重要な一過程である。

まとめ : 地球外の急冷指標の炭素含有物は、炭素質隕石や、炭素の集積に必要な過程である。古い地球外隕石に急冷炭素含有物が残存しているのは、海水流体が関与していなかったことを示す。

参考文献 : 三浦保範 (1996)「衝撃波ﾊﾝﾄﾞﾌﾞｯｸ」(ｼｭﾌﾟﾘﾝｶﾞｰﾌｪｱﾗｰｸTokyo), 1073-1209. Miura Y. (2017) Planet. Sci.-2050, 8101 (USA). Miura Y. (2018) IMA-2018 (Melbourne, Australia) 2039.

Keywords: Quenched indicator, Solidified Process, Carbon-bearing process *yasmiura50@gmail.com*

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

口頭講演 | R8: 変成岩とテクトニクス

2019年9月20日(金) 14:00 ~ 16:30 | A-117 イースト1号館

R8: 変成岩とテクトニクス

座長:遠藤 俊祐、中村 佳博

[座長]
遠藤 俊祐:R8-01~R8-05
中村 佳博:R8-06~R8-10

14:00 ~ 14:15

[R8-01] Zircon–monazite–garnet behaviours during high-grade metamorphism in the Kontum Massif, Vietnam

*Vuong Thi Sinh Bui[1], Yasuhito Osanai[2], Nobuhiko Nakano[2], Tatsuro Adachi[2], Ippei Kitano[2], Masaaki Owada[3] (1. ISGS, Kyushu Univ., 2. SCS, Kyushu Univ., 3. Sci, Yamaguchi Univ.)

14:15 ~ 14:30

[R8-02] **八幡浜大島に分布する大島変成岩体のLA-ICP-MSジルコンU-Pb年代と地体構造上の意義**

*小山内 康人[1]、北野 一平[1]、中野 伸彦[1]、足立 達朗[1]、Vuong Bui Sinh[1]、小松 正幸[2] (1. 九州大・比文、2. 愛媛大・理)

14:30 ~ 14:45

[R8-03] ドラマイラ岩体での過剰アルゴンの挙動

*板谷 徹丸[1]、兵藤 博信[2]、今山 武志[2] (1. 蒜山地質年代研、2. 岡山理大・フロンティア研)

14:45 ~ 15:00

[R8-04] **ヒマラヤ変成帯に産する高圧・超高圧エクロジャイトの電子後方散乱回折データ**

*れーまん はふぃーずうる[1] (1. 鹿児島大学)

15:00 ~ 15:15

[R8-05] SiO_2相を含む蘇魯超高圧エクロジャイト中に産する定永閃石

*榎並 正樹[1]、纐纈 佑衣[2]、道林 克禎[2]、田口 知樹[3] (1. 名古屋大、2. 名古屋大・院環境、3. 京都大・院理)

15:15 ~ 15:30

[R8-06] Temperature reconstructions of rocks deformed at shallow crustal depths: implications of calcite thermometry from MBT and NT rocks of Himachal Himalayas

*Dyuti Prakash Sarkar[1], Jun-ichi Ando[1], Akihiro Kano[3], Hirokazu Kato[3], Gautam Ghosh[2], Kaushik Das[1] (1. Hiroshima Univ., 2. Presidency Univ., 3. Tokyo Univ.)

15:30 ~ 15:45

[R8-07] U-Pb zircon geochronology of pre- to post-tectonic granite emplacement across the South Delhi Fold belt, India: Implication towards the age of transpressive orogeny

*Kaushik Das[1], Kalyanbrata Hatui[2], Anupam Chattopadhyay[2], Hikaru Sato[1] (1. Hiroshima University, Science, 2. University of Delhi)

15:45 ~ 16:00

[R8-08] Impure metachertによる物質輸送ー沈み込み帯の物質循環への新たな連結環

*薮田 渉[1]、平島 崇男[1] (1. 京大・院理学)

16:00 ~ 16:15

[R8-09] 八重山変成岩類に見られるタルク方解石脈とその意義

*吉川 正紘[1]、朝倉 顯爾[1]、平島 崇男[1] (1. 京都大)

16:15 ~ 16:30

[R8-10] 島根県江津地域緑れん石青色片岩とエクロジャイト質岩の変成作用と地質年代

*高須 晃[1]、Kabir Fazle[2]、遠藤 俊祐[1]、Li Weimin[3] (1. 島根大・総合理工、2. 藤井基礎設計、3. 中国・吉林大学)

Zircon–monazite–garnet behaviours during high-grade metamorphism in the Kontum Massif, Vietnam

Vuong Bui Thi Sinh*, Yasuhito Osanai, Nobuhiko Nakano, Tatsuro Adachi, Ippei Kitano (Kyushu Univ.), Masaaki Owada (Yamaguchi Univ.)

The Kontum Massif is located at the southern part of the Trans Vietnam Orogenic Belt (Osanai et al., 2008), central Vietnam. It composes of three main complexes, namely the Kannak Complex in the southeastern, the Ngoc Linh Complex in the central and the Kham Duc Complex in the northwestern part of this massif (Tran Quoc Hai, 1986). The numerous geochronological studies have revealed two thermal events in these complexes: the Triassic event, at *ca*. 230–250 Ma (e.g., Nakano et al., 2007, 2013; Owada et al., 2016) and the Ordovician–Silurian event between 430 and 460 Ma (e.g., Nakano et al., 2013). Its metamorphic evolution in terms of petrography has been well understood on the basis of reaction textures, and mineral inclusions in porphyroblasts (e.g., Osanai et al., 2001, 2004; Nakano et al., 2007, 2013). However, the age information for the particular metamorphic stage during the metamorphic cycle is still obscured. Linking the growths of zircon–monazite–garnet can give the clues to reveal the relation between metamorphic stage and its timing. Therefore, this study carried out monazite chemical dating by EPMA from pelitic gneisses and conventional zircon U–Pb isotope dating by LA-ICP-MS from pelitic gneisses and mafic granulites from all three complexes, in the Kontum Massif, combining with geochemical relation of trace elements between zircon–monazite–garnet.

By combining the occurrences, cathodoluminescence images, trace elements as well as U–Pb isotopic data of zircon, the results indicated that the western Kannak Complex experienced the high temperature metamorphism at *ca*. 250 Ma with subsequent decompression. However, two high-grade metamorphic events were recorded in the Ngoc Linh Complex. The first high temperature metamorphism began at *ca*. 440–450 Ma with the attainment of the peak condition at *ca*. 430 Ma, overprinted by the second one at *ca*. 240–250 Ma with following decompression and exhumation stage at *ca*. 230 Ma. The medium pressure metamorphism, which involved in the Kham Duc Complex, occurred at *ca*. 240 Ma without any traces of early metamorphic event.

During the presentation, we also combine the results of the *in-situ* U–Pb measurement in thin section with above results to discuss the evolution of each complex in the Kontum Massif.

Keywords: *In-situ* U–Th–Pb ages, zircon, monazite, garnet, Kontum Massif.

*Corresponding author: buisinhvuongdc@gmail.com

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

八幡浜大島に分布する大島変成岩体の LA-ICP-MS ジルコン U-Pb 年代と地体構造上の意義

小山内康人・北野一平・中野伸彦・足立達朗・Vuong Bui Thi Sinh（九州大）・
小松正幸（愛媛大）

LA-ICP-MS zircon U-Pb ages from Oshima metamorphic rocks and their tectonic background

Y. Osanai*, I. Kitano, N. Nakano, T. Adachi, S. Vuong Bui (Kyushu Univ.),
M. Komatsu (Ehime Univ.)

愛媛県・八幡浜大島は，北部の大島（北島），中央部の山王島，および南部の地大島からなる．八幡浜大島に高度片麻岩が存在することは鹿島・常磐井(1972)によって記載されて以来、その地体構造論上の帰属を巡って多くの調査研究がなされてきた（Murata, 1982;鹿野ほか, 1990; 武田、1995; 小松ほか, 1997 など）．高木(1991)はこの高度変成岩および関連火成岩体を大島変成岩体と呼称した．北島は主として三波川変成岩とみかぶ緑色岩帯弱変成岩からなり、南端部に約 500m に渡って大島変成岩体が分布する．地大島は主に真穴層によって占められ，北端部において逆転した真穴層の上位に花崗岩マイロナイトが衝上し，さらにその上にみかぶ緑色岩が衝上する．この花崗岩マイロナイトは大島岩体の一部に相当するとの見解もある．

大島変成岩は，変ハンレイ岩，変閃緑岩，変花崗閃緑岩などの火成岩起源の変成岩類を主要な構成メンバーとし，ザクロ石−角閃石片麻岩，ザクロ石−黒雲母片麻岩，石灰珪質片麻岩，花崗岩質片麻岩などを挟在する．宮下・小松（1999）は，大島変成岩体の最高変成条件はグラニュライト相（7kbar, 700−750℃）に達しているとみなしている．これらの変成岩類は，その上昇過程で複数時相のマイロナイト化作用（I〜IV 時相）により，極めて複雑な変形構造を有する．マイロナイト化作用の III 時相と IV 時相の間には大規模な断層活動に伴う顕著なシュードタキライト形成が認められる（小松ほか, 1997 など）．変形の弱いところでは堆積岩起源の片麻岩が広範な部分溶融が認められる．従って，大島変成岩は部分溶融を伴うグラニュライト相の主要な変成作用以降，マイロナイト化作用 III 期に至るまでは延性変形条件下にあったものが，脆性条件下のシュードタキライト形成期を経て，その後再び延性変形条件下に置かれた（小松, 2001）．

大島変成岩の帰属は，これまで岩相対比に基づいて検討され，みかぶ緑色岩（鹿島・常盤井, 1972）や黒瀬川帯（鈴木, 1975）の一部とみなす考え，および古領家帯（唐崎マイロナイト）や肥後変成岩との関連（例えば，吉村・高木, 1999, 武田ほか、2000 など）が提唱されてきた．なお，これまでに報告された大島変成岩の年代測定では，ホルンブレンドおよび黒雲母の K-Ar 鉱物年代として，角閃岩では 97.7Ma，ザクロ石角閃岩では 94.1Ma，ザクロ石−黒雲母片麻岩からは 90.9〜95.0Ma が得られている（鹿野ほか, 1990）．また，ジルコン SHRIMP 年代として，109Ma（変ハンレイ岩），117.2Ma（閃緑岩），113Ma（花崗岩質片麻岩）が得られていた（坂島ほか, 1998, Sakashima et al., 2003）．

本研究では，変成岩 7 試料および関連火成岩類 4 試料から， LA-ICP-MS ジルコン U-Pb 年代測定を実施した．火成岩類からは，火成活動年代として 113±1.2〜108±1.4Ma のコンコーディア年代が得られる．一方，変成岩類からは 2000〜140Ma の極めて広範なインヘリテッド年代とともに，初期変成作用として 121〜118Ma，および火成活動に伴う変成作用として 110〜108Ma の隣接した 2 つの変成年代が得られた．このことは，堆積作用終了直後に最初の高温型変成作用が起こり，直後に約 110Ma の火成活動と連動した変成作用があったことを示す．ここで得られた火成活動年代および変成年代は，最近になって再測定された肥後変成岩の U-Pb 年代値（小山内ほか, 2017、Bui et al., 2019）と極めて良く一致し，変成岩から得られるインヘリテッド年代のスパイクも高い類似性を示す．武田（1998）や Sakashima et al. (2003)が指摘したように，大島変成岩と肥後変成岩の強い関連性を考慮する必要が改めて認識される．大島変成岩体の年代分布は，肥後変成岩のみならず関東山地や阿武隈変成帯の変成岩，火成岩の年代（Hiroi et al., 1998, Ishihara and Orihashi, 2015 など）とも一致する．今回の報告する多数の U-Pb 年代は，大島変成岩体の地体構造上の帰属を考察する上でも極めて重要なデータとなる．

Keywords: Zircon U-Pb age, 2 stage metamorphism, Oshima metamorphic rocks, tectonic background
*Corresponding author: osanai@scs.kyushu-u.ac.jp (Y. Osanai)

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ドラマイラ岩体での過剰アルゴンの挙動

板谷徹丸（蒜山地質年代学研究所，地球年代学ネットワーク）
兵藤博信・今山武志（岡山理科大学フロンティア理工学研究所）

Excess Argon behavior in Dora-Maira

Tetsumaru ITAYA * (Hiruzen Institute for Geology & Chronology, and Japan Geochronology Network)
Hironobu Hyodo and Takeshi Imayama (IFST, Okayama University of Science)

Chopin and Maluski (1980) はドラマイラ岩体の北に位置するグランパラディソ岩体でエクロジャイト相の変成作用を被った岩石の白雲母 Ar-Ar 年代測定を実施し、その不一致年代から鉱物中のアルゴン拡散過程は地質学的には意味がなく、閉止温度論に疑問を投げかけた。この種の問題を知りながら、ドラマイラ岩体（1984 年にコース石が発見され世界初超高圧変成岩体）でも多くの Ar-Ar 年代学研究者は 1980 年代後半から主に白雲母（フェンジャイト）の Ar-Ar 年代を提出してきた。ほとんどの Ar-Ar 年代は不一致で意味がなかった(cf. Itaya *et al.*, 2011)。このことが過剰アルゴン問題として長く議論されてきたが、未だ、明快な説明はなされていない。

ドラマイラ岩体の超高圧変成岩(UHP)ユニット（ピーク P-T- t : P=4.2 GPa, T=730℃, t=35 Ma）から採集された変形作用を免れたバリスカン花崗岩の黒雲母のアルゴン年代学から過剰アルゴン波の発生が観察された（Itaya *et al.*, 2018）。原岩年代の 3〜4 倍の年代を示していることから、何らかの過程で巨大な過剰アルゴン波が発生し、黒雲母がそれを獲得した結果であると考えられる。個々の変成岩ユニットの上昇冷却過程で、岩石中の鉱物が蓄積した放射起源アルゴンを放出し、再度別の鉱物が獲得する過程を想定する場合、既に過剰アルゴンを獲得していた鉱物が後退変成作用で分解するしかない。問題としているバリスカン花崗岩はピーク温度の 730℃を経験していることからその時点では全ての鉱物の放射起源アルゴンは完全にリセットされていたと思われる。Itaya *et al.* (2018) は UHP ユニットの上位と下位に断層を介して存在するエクロジャイト相 (T=ca.550 ℃) や青色片岩相 (T=ca.400 ℃) のユニットに過剰アルゴン波の起源を考えた。それらは UHP ユニットよりかなり低温度での変成作用しか受けず原岩の白雲母が完全にリセットされていなかったと考えられる。その後の上昇冷却過程で変形を受けた白雲母から放出されたアルゴンが (cf. Itaya *et al.*, 2011) 、過剰アルゴン波を形成し、それを黒雲母が獲得したと考えた。

閉止温度が黒雲母より高い白雲母の Ar-Ar 年代フラクションは 70〜150 Ma である。明らかに UHP ユニットのピーク年代 35 Ma より古い結果であり、白雲母も過剰アルゴンを獲得したことになる。上昇冷却過程での事件なので黒雲母の閉止温度に達する前に獲得したことになる。閉止温度が非常に低いカリ長石の K-Ar 年代は 43Ma (Itaya *et al.*, 2017）で、Ar-Ar 年代フラクションは 20〜50 Ma であった。カリ長石もまた過剰アルゴン波の影響を一部受けていたことになる。現在、白雲母の閉止温度は 600℃ぐらいを考えている。カリ長石の閉止温度は非常に低い。UHP ユニットの上昇冷却過程で白雲母、黒雲母、カリ長石の順でそれぞれが過剰アルゴンを獲得したことになる。中でも黒雲母の獲得時期のアルゴン分圧が最大であったと推定される。次に白雲母であり、カリ長石の獲得時期では最低であった。

本講演では過剰アルゴン波の挙動モデルを提案したい。

引用文献

Chopin and Maluski (1980) CMP, 74, 109-122.
Itaya *et al.* (2011) JAES, 42, 1075-1090.
Itaya *et al.* (2017) JMPS, 112, 36-39.
Itaya *et al.* (2018) JMPS, 113, 171-180

Keywords: Dora-Maira, UHP unit, Excess argon behavior, Muscovite & K-feldspar Ar-Ar ages
Corresponding author: tetsumaru.itaya@gmail.com

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Electron back-scattered diffraction data of the Himalayan HP and UHP eclogites

Rehman H. U. (Kagoshima University)

Electron back-scattered diffraction (EBSD) maps and crystal-preferred orientation (CPO) of eclogite-facies phases (omphacite, garnet, phengite, quartz, epidote, ilmenite, and rutile) and their retrogressed products (hornblende, biotite, and titanite) are reported for understanding the rheological behavior of crustal material during the subduction- and exhumation-related deformation regimes. Two types of eclogites from the Himalayan metamorphic belt, Kaghan Valley, Pakistan, were investigated within polished thin sections. Group-I eclogites (HP) are composed of garnet, omphacite, quartz with accessory rutile, ilmenite, titanite, zircon and secondary hornblende and biotite. Group-II eclogites (UHP) are composed of omphacite, garnet, phengite, epidote, quartz/coesite, with accessory rutile, ilmenite and titanite and retrograde hornblende. Multiphase-analyzed EBSD maps from HP and UHP eclogites are characterized by relatively deformed and preferably oriented omphacite overgrown by hornblende and irregularly placed clustered garnets. Epidote, phengite and quartz are randomly oriented. Omphacite, the peak eclogite-facies phase, exhibits L-type CPO where the maximum density of [001] axes is parallel to and high density of {110} poles is normal to the lineation in HP eclogites. This type of LPO suggests intra-crystalline plasticity with [001] {110} and <110> {110} active slip systems that commonly develops in a constrictive strain regime at mantle depths. Omphacite in UHP eclogites also exhibits a similar fabric but with stronger CPO. Garnet, the second dominant phase in the eclogite-facies stage, exhibits weak and complex fabric patterns in both groups of eclogites, behaved like rigid bodies that did not deform plastically. Quartz in HP eclogites show irregular CPO but the density in UHP eclogites is stronger compared with those in HP eclogites. Rutile, although occurs as accessory, but show preferred orientations along [001], suggesting their deformation coeval to those with the omphacite. Titanite, the by product of rutile indicate different CPO than rutile, suggesting their growth in late-stages. Hornblende in both HP and UHP eclogites have a strong CPO along [001] axes aligned parallel to the lineation that indicate homotactic crystal growth by the replacement of omphacite during the early stages of retrogression.

Keywords: Himalayan metamorphic belt, UHP eclogites, Crystal deformation, Garnet, Clinopyroxene

* Corresponding Author: hafiz@sci.kagoshima-u.ac.jp

SiO_2 相を含む蘇魯超高圧エクロジャイト中に産する定永閃石

榎並正樹*（名古屋大）・纐纈佑衣・道林克禎（名古屋大・院環境）・
田口知樹（京都大・院理）

Sadanagaite in SiO_2 phase-bearing Sulu UHP eclogites

ENAMI Masaki*, KOUKETSU Yui, MICHIBAYASHI Katsuyoshi (Nagoya Univ.)
and TAGUCHI Tomoki (Kyoto Univ.)

定永閃石グループ鉱物は，Si = 5.0 (for O = 23) の理想組成式を持ち，それらは基本的に石英 (Qz) を含まない全岩組成が SiO_2 に乏しい岩石中に産する (Banno et al., 2004, EJM およびその引用文献）．しかし， SiO_2 相を含むエクロジャイト中に産する定永閃石 (IMA の命名規約に従う) が，例外的に中国・蘇魯超高圧変成帯から報告されている (e.g., Enami et al., 1993, JMG; Yamasaki et al., 2018, JMPS).

今回分析した試料は，上記の論文によって Si に乏しい角閃石が報告されている蘇魯帯，東海地域から産したものである．主要な構成鉱物は，ざくろ石 (Grt)，シンプレクタイト (Symp) 化したオンファス輝石 (Omp)，角閃石 (Amp), 緑れん石, 石英 (Qz)およびルチルであり，試料によってはフェンジャイトおよびパラゴナイトを含むことがある．Amp は，Grt の包有物として産するものを除くと，いずれも加水反応により降温期に形成されたものである．それらは，Grt を脈状に置き換える場合(Amp1)，Grt と Symp もしくは Qz の粒界に産する場合 (Amp2)，曹長石 (Ab) を伴う Symp を形成する場合 (Amp3)と，に大別される．Qz との粒界では，Grt 側から順に Amp2, 曹長石およびエリジン–オージャイト (Aeg) の鉱物帯が形成されている（図１）．

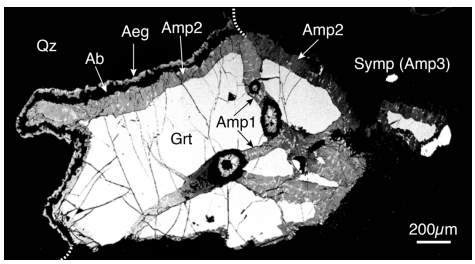


図１：Amp と Grt, Qz および Symp の組織を示す BSE 像.

【TEM および EPMA 観察】 FIB-TEM および STEM−EDS 観察によって, Grt–Amp2 粒界に他の鉱物相は認められない．そして，Grt には Amp2 との境界から幅数十 nm にわたって Mn の増加および Mg の減少が認められる．Grt の組成で規格化した Amp2 の Si/Al 値 $[(Si/Al)_{Amp}/(Si/Al)_{Grt}]$ は，Grt との接する部分ではほぼ 1 であるが, Qz や Symp 境界に向かって増加し，全体としてパーガス閃石—定永閃石間の固溶体を示す．一方，Grt 粒界の Amp1 では，ほぼ 1 と一定の値を持つ．そして，これらの多くは定永閃石に属する．Symp を形成する Amp3 は，パーガス閃石である．

【EBSD 観察】 脈状の Amp1 は (100)が弱く集中したガードルタイプの LPO を示すのに対し，Qz と接する Amp2 は共通の結晶軸の集中を示すいくつかの領域に分かれる．また, Symp と接する Amp2 は，全体として共通する結晶軸の集中を示すと同時に，それは接する Symp を構成する Amp3 の方位とも共通する．これらの特徴にもとづいて各 Amp の領域を決定し，互いの組織を比較することにより， Amp1 は Amp2 および 3 に比べてより早期に形成されたと見なせる．

【まとめ】 定永閃石をはじめとする Si に乏しい Amp は，接する鉱物に対応した局所的な系の組成に依存して成長した．Amp2 が形成される以前の Grt と Omp もしくは Qz の相境界は，現在の Amp2 の途中にあり，Amp2 は Grt を置換するのみならず，Omp や Qz 側にも成長していた. Grt と Omp の粒界の Amp2 は，Symp の Amp3 の結晶方位に影響を受けて形成された.

Keywords: EBSD, TEM, EPMA, Sadanagaite, eclogite, UHP
Corresponding author: enami@nagoya-u.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Temperature reconstructions of rocks deformed at shallow crustal depths: implications of calcite thermometry from MBT and NT rocks of Himachal Himalayas

Dyuti Prakash SARKAR*(Hiroshima Univ.), Jun-ich ANDO (Hiroshima Univ.), Akihiro KANO (Tokyo Univ.), Hirokazu KATO (Tokyo Univ.), Gautam GHOSH (Presidency Univ.), Kaushik DAS (Hiroshima Univ.)

Temperature and depth of formation of fault rocks provide important insights of fault zone processes. The temperature estimation from shallow crustal rock deformation, however, is still under investigation for optimizing simplicity and accuracy of the measurements. Current temperature estimations rely primarily on calcite twin morphology (Rybacki et al. 2013 and reference therein), Raman spectroscopy of carbonaceous material (Beyssac et al. 2002), illite crystallinity analysis (Hara and Kurihara 2010, and references therein). Each of these standard methods has its advantages and limitations in estimation accuracy of temperatures and complexity of analysis. In context with lithology, in the current study we try to elucidate the temperature and depth information for calcite bearing fault rocks.

The present study focuses on fault zone rocks developed within the Himalayan frontal wedge bounded by Main Boundary thrust (MBT) and Main frontal thrust (MFT) (Yin 2006). The MFT form boundary with the active Gangetic foreland basin, hence, the dearth outcrop exposures. Therefore, in thus study rocks from Nahan thrust (NT), a regionally prominent thrust within MFT sheet is considered. The calcite sample was collected from the core zone of the NT, exposed near Pinjore, Haryana, India. For rocks from MBT, the calcite samples were collected from the hangingwall and footwall rocks exposed near Gambarpul, Himachal Pradesh, India.

Calcite twin morphology from NT exhibits a primarily single set of Type-I twins (Ferrill et al., 2004). The footwall calcite sample from MBT also exhibits Type-I twins with few grains developing Type-II twins. However, the calcite sample of footwall rocks near the MBT boundary shows a predominance of Type-II twins and few Type-III twins. The calcite samples from the hangingwall have limited development of Type-II twins only, primarily due to finer grain size (Newman, 1994). Thus, calcites from NT as well as footwall of MBT yields a temperature <170°C, while the calcite from the hanging wall of MBT and from footwall rocks close to the boundary of MBT yields a temperature of >200°C. These temperature estimates are further confirmed with absolute values obtained from the carbonate clumped isotope thermometry (Kato et al., 2019). The calcite samples, therefore, show a significant difference in temperature values for NT (170±10°C) and MBT (262±30°C), implying a depth difference of ~4km between the two thrusts, considering standard continental geothermal gradient of 25°C /km.

This study thus provides the applicability of carbonate clumped isotope thermometry for estimating temperatures for deformed calcite at shallow crustal levels. Further studies are required to characterize the deformation microstructures from the varied crustal depths of MBT and NT.

Keywords: Calcite twinning, Clumped isotope thermometry, MBT, NT

References: Beyssac et al., (2002), Metamorph. Geol.; Ferrill et al., (2004), Journal of Struc. Geol.; Hara and Kurihara, (2010), Tectonophysics; Kato et al., (2019), Geo. et Cosmo. Acta; Newman, J., (1994), Journal of Struc. Geol.; Rybacki et al., (2013), Tectonophysics; Yin A., (2006), Earth Sci. Reviews.

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

U-Pb zircon geochronology of pre- to post-tectonic granite emplacement across the South Delhi Fold belt, India: Implication towards the age of transpressive orogeny

Kaushik Das[1*], Kalyanbrata Hatui[2], Anupam Chattopadhyay[2], Hikaru Sato[1]
([1]広島大学,[2]デリー大学、インド)

The South Delhi Fold Belt (SDFB)[1], a part of the Aravalli-Delhi Orogenic Belt of NW India is a NNE-SSW- trending mobile belt consisting of strongly deformed Mesoproterozoic rocks of Delhi Supergroup underlain successively by the older Paleoproterozoic Aravalli Supergroup rocks, and the Archean crystalline basement rocks of Banded Gneissic Complex[2]. The SDFB is bound by two nearly-parallel structural lineaments, called Rakhabdev-Khasangarh lineament in the east and Phulad lineament in the west. The present study area lies in the central part of the SDFB comprising amphibolite-grade metamorphosed calc-silicate rocks, pelitic schists and quartzite with the intermittent occurrence of granitic bodies. Calc-silicate rocks are more abundant on the west until Ranakpur Shear Zone (RSZ) which marks the boundary with Erinpura Granite country exposed in the west. The rocks in this part of the SDFB preserve the evidence of multiple phases of deformation and granitic emplacements.

A detailed meso- to micro-scale deformation study of the rocks in this area revealed regional-scale polyphase folding with broadly NNE-SSW trending axial planes parallel to the overall elongation of the fold belt. From the east to west of the present study area there are several large-scale alternate synforms and antiforms[2]. However, the fold vergence is different from east to west, folds are easterly-verging in the eastern sector (near Kumbhalgarh Fort), while they are westerly-verging in the western part (around Pokharia village). The central portion ("Kumbhalgarh Steep Zone"[3]), on the other hand, is characterized by the near-vertical shear zones with the dominance of sheath folds. The western boundary shear zone, i.e. RSZ also shows plenty of sheath-folds, and preserves the evidence of asymmetric slip/shearing both on the horizontal section (sinistral sense of shearing) and vertical section (top to the west reverse sense movement), indicating a resultant oblique slip. Combining this structural pattern on the western boundary shear zone with the east-west vertical cross-section in the north and central portions of the study area reveals a 'positive flower' structure with concomitant slip planes developed on the outcrop scale.

Generations of granitic rocks are sampled from this studied areas, one distinctly foliated variety co-folded with the surrounding calc-silicate rocks, and the other two varieties of late-tectonic to post-tectonic varieties. These later varieties are either intruded cutting across the foliation of the calc- silicate rocks and at places emplaced parallel to the limbs of the folds. Geochemically, these granite samples are mostly meta-aluminous granite to granodiorite in composition, with a distinct affinity towards I- and S- type granitic rocks. Primitive mantle normalized trace element distribution patterns show that these rocks are more LILE-enriched with distinct Pb- and Th-enrichment. Zircon grains are separated from pre-tectonic foliated granite and post-tectonic granitic pegmatite samples. The U-Pb zircon LA-ICPMS data from the former yield a strong concordant age probability peak at 995±13 Ma, and that for the latter is 851±7 Ma. These data put upper and lower age bracket for the major pulse of transpressive tectonics producing the crustal flower structure in the SDFB.

References: [1] Sinha-Roy (1984), Indian J. Earth Sci., pp. 84–91. [2] Heron (1953), G.S.I. Mem., 79, 1–389. [3] Sugden et al. (1990), Dev. Precam. Geol., 8. Elsevier, 367–396.

Keywords: Pre- to post-tectonic granite, South Delhi Fold Belt, U-Pb zircon age, Age for transpression
*Corresponding author: kaushik@hiroshima-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Blueschist facies impure metachert as remarkable oxygen- and overlooked water-carriers in the subduction zone

YABUTA Wataru* and HIRAJIMA Takao
Graduate School of Science, Kyoto University

Basalt-based models have long centred deep-fluid studies since basic rocks compensate for the greater part of the subducting slab. As to the impact of other lithotypes on the water subduction, Hacker et al. (2008) showed a possible water carriage of terrigenous sediments siliceous ooze. Although their thermodynamic models are powerful clues to the water behaviour in the subduction zone, water subduction are left to be verified by natural samples, let alone oxygen subduction, which might be conducted by highly-oxidized oceanic sediments, i.e., impure metacherts.

Despite their biogenous origin, certain metachert samples are abundant in manganese, which might derive from highly-oxidized Fe- and Mn-nodules / crusts on the ocean floor (Kato et al., 2011). Reinecke (1986) tackled de-oxidation reactions in Mn-bearing metachert under higher-blueschist facies (400-500°C, 0.6-1.0 GPa). Tumiati et al. (2015) portrayed an oxygen subduction based on oxygen carriage of eclogite-facies metacherts. As oxygen is abundant in impure metacherts and plays a crucial role in the metamorphism, their fate and legacy to deep-fluids are expected to be clarified.

This study focused on Mn-rich metacherts collected from the Kurosegwa Belt in Yatsushiro area, Kyushu, Japan. It is of central importance to characterize lower-grade (200-300°C, 0.45-0.8 GPa; Sato et al., 2016) samples because pseudo-section models are rather unreliable under such P-T condition. This study is also remarkable as the first study on water behaviour coupled with the oxidation states on low-grade impure metacherts. Now close observations on the samples reveal that Mn-rich siliceous rocks do contain considerable amounts of water, and deserve attention as possible oxygen carriers. These rocks are to increase their significance as a mass transporter in the subduction zone.

The samples are represented by high-pressure, hydrous and Mn-bg. minerals, e.g., sursassite, piedmontite and okhotskite, which are formed at the near-peak stage. These phases are promising water carriers, containing 1-6 wt% of H2O. Above all, Mn-bg. Lawsonite (Ibuki et al., 2009) is the most powerful water budget (11 wt% as H2O). In a sample KY1822, this mineral occupies a third of the volume, which enables 4 wt% H2O content.

Simultaneously, these minerals with Fe and Mn trivalent are oxygen budgets. Piedmontite and okhotskite accommodate about 2,000 mole of oxygen per a cubic metre, 10 times as much as eclogite (after Malaspina et al., 2017). In addition, haematite, the most common Fe-phase, is 500 times stronger oxygen budget than eclogite. On the whole, impure metacherts could be strong oxidizer of the mantle.

Post-peak veins (todorokite and K-feldspar) are developed to cut the layers of near-peak metamorphic minerals (OT10I). These veins, abundant in fluid-mobiles (K and Ba), are attributed to fluid activities. It is notable that todorokite contains Mn4+, which suggests extremely high oxygen fugacity. This reminds us oxygen transportation by veins, as pointed out by Tumiati et al. (2015).

This study depicts impure metacherts as remarkable oxygen- and disregarded water-vessels in the subduction zone. Though the fraction is small, the impact might be large enough to control local phenomena. In the rocks are also minute records of post-peak fluid activities. Although many things including the origin of post-peak fluids are left to be solved, metacherts without doubt have the key to much clearer image of the subduction zone.

Keywords: subduction zone, metacherts, deep-fluids, mass transfer

*Corresponding author: yabuta.wataru.25n@st.kyoto-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

八重山変成岩類に見られるタルク方解石脈とその意義

吉川 正紘*、朝倉顯爾、平島崇男(京都大)

Significance of talc-calcite vein form the Yaeyama metamorphic rocks

Masahiro Yoshikawa*, Kenij Asakura, Takao Hirajima(Kyoto Uni.)

沖縄県石垣島には八重山変成岩類が広く露出しており、特徴的な変成鉱物およびその組み合わせによってⅠ帯からⅣ帯に分帯される。Ⅱ帯・Ⅲ帯・Ⅳ帯は鉱物組合せの変化から一連の累進変成作用によって形成されたと考えられている[1]。Ⅱ帯はパンペリー石(Pmp)-Na 角閃石(Gln)の組合せを特徴とし、ローソン石(Lws)や藿石が認められ，Ⅲ帯では Pmp と Lws が消滅し Gln-緑簾石(Ep)ないしアクチノ閃石(Act)の鉱物組合せ，Ⅳ 帯は、サブカルシック角閃石の出現で特徴付けられる[1,2]。また、泥質片岩中の炭質物の結晶化度から、変成温度はⅡ帯で 350℃前後、Ⅲ帯で 450℃前後、Ⅳ帯で 450℃以上と報告されている[3]。

本研究では、当該地域が被った深部流体活動を解明するために、変成岩中に発達した鉱物脈とその構成鉱物について組織観察および化学組成分析を行った。今回はⅣ帯に産する緑色片岩からタルク(Tlc)を含む方解石脈を見出したので、その概略について報告する。

母岩の緑色片岩は、主に Ep、Act、緑泥石(Chl)、石英(Qz)、曹長石(Ab)によって構成され、顕著な片理を持つ。鉱物脈は片理に斜交し、方解石(Cal)、Tlc、Chl、Qz、Ab によって構成される。母岩中の Act と脈中の Tlc の Mg:Fe 比はいずれも 3:1 程度の値を示した。

このことから、母岩中の Act と脈中の Cal と Tlc について、以下の反応が考えられる：

$$6Cal + 5Tlc + 4SiO_2 = 3Act + 6CO_2 + 2H_2O$$

この反応の安定条件を、CAMSH 系に単純して熱力学的解析を行った結果、450℃ 4~8kbar の条件では XCO_2=0.02~0.08 で反応が進行することがわかった。400℃、同圧力の場合では反応の進行する XCO_2 値は最大でも 0.02 となる。以上のことから、上昇中のⅣ帯の岩石に H_2O に富む流体が浸潤したときに、Tlc-Cal 脈が形成されたと考えられる。

引用文献：1. 西村他 (1983). 地質学論集, (22), 27-37. 2. Ishizuka & Imaizumi (1988). 3. Nuong, N. D., Itaya, T., & Nishimura, Y. (2008). Geological Magazine, 145(5), 677-684.

Keywords: talc, calcite, Yaeyama metamorphic rocks

*Corresponding author,
yoshikawa.masahiro.63s@st.kyoto-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

島根県江津地域緑れん石青色片岩とエクロジャイト質岩の変成作用と地質年代

高須　晃*（島根大学・総合理工）・Kabir, Md Fazle（藤井基礎設計）・
遠藤俊祐（島根大学・総合理工）・Li, Weimin（中国・吉林大学）

Metamorphism and geochronology of epidote blueschists and eclogitic rocks from the Gotsu area, SW Japan

Takasu, A.* (Shimane Univ.), Kabir, Md Fazle (Fujii Consulting & Associates),
Endo, S. (Shimane Univ.)　and　Li, Weimin (Jiling Univ., Chaina)

江津地域には周防変成帯（変成年代 ca. 200 Ma）とされる青色片岩等の高圧型結晶片岩類が広範囲に分布する（Nishimura, 1998）. 中向井地区には径約 500 m の蛇紋岩体が存在し，その内部にざくろ石-緑れん石-バロワ閃石片岩等の高度変成岩（エクロジャイト質岩）が分布する（千貫, 1985 ; 高須ほか, 2018）.

青色片岩のピーク変成ステージは NCKFMASHO モデルシステムでの P-T シュードセクションにより 475-500℃, 14-16 kbar の変成条件が得られた（Kabir et al, 2018）.

一方, エクロジャイト質岩（ざくろ石-緑れん石-バロワ閃石片岩）はシュードセクション・モデリングにより， 570-580 ℃, 24-25 kbar のピーク変成条件を示した（高須ほか, 2018）. エクロジャイト質岩は産状と変成条件より蓮華帯（変成年代 ca. 300 Ma）のエクロジャイトに対比される可能性がある.

青色片岩と連続する泥質片岩（901, 902）とエクロジャイト質岩（903E）中のフェンジャイトの K-Ar 年代測定を行った. 901 と 902 はそれぞれ細粒(F)と粗粒(C)の粒子を分離し，測定を行った. 結果は，901F : 187.0 ± 4.0 Ma, 901C : 190.7 ± 4.1 Ma, 902F : 181.5 ± 3.9 Ma, 902C : 183.2 ± 3.9 Ma, 903E : 216 ± 4.6 Ma となった. 泥質片岩はいずれも粗粒の方が数 Ma 古い値を示すが，誤差の範囲で調和年代となる. 901 と 902 の比較では 901 が細粒，粗粒とも系統的に古い値を示すが，それぞれは誤差の範囲で調和的といえる. また，これらの年代はこれまでに江津の泥質片岩より報告されている 191 Ma 及び 195 Ma の年代値（Shibata and Nishimura, 1989）ともよい一致を示す. 一方，エクロジャイト質岩（903E）は 901 および 902 に比べて有意に古い年代を示すが，期待した 300 Ma 前後の蓮華変成岩の年代は得られなかった. 今後，LA-ICP-MS によるジルコンの年代測定等によりエクロジャイト質岩のピーク変成年代の確定が必用である.

引用文献: Kabir et al. (2018) Mineral. Petrol. 112, 819-836. Li et al. (2009) JMPS 104, 110-116. Li et al. (2011) JMPS 106, 326-331. Nishimura (1998) JMG, 16, 129-140. 千貫 (1985) 島大研報, 4, 41-59. Shibata and Nishimura (1989) Mem. GSJ 33, 317-341. 高須ほか（2018）地質学会講演要旨.

Keywords: Suo belt, Renge belt, blueschist, eclogite, pseudosection modeling, K-Ar age

* Corresponding author:
e-mail: takasu@riko.shimane-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

口頭講演 | S2: 岩石-水相互作用 （スペシャルセッション）

2019年9月20日(金) 15:30 ~ 17:00 | 大講義室 Ia 大講義室

S2: 岩石-水相互作用 （スペシャルセッション）

座長:土屋 範芳、河上 哲生

[座長]
河上哲生　S2-01〜S2-03
土屋範芳　S2-04〜S2-06

15:30 ~ 15:45

[S2-01] 地殻の透水性と付与される流体の量

*土屋 範芳[1]、宇野 正起[1]、Fajah Amanda[1]、Diana Mandaleva[1]、東野 文子[2] (1. 東北大・院環境、2. 岡山理大・理)

15:45 ~ 16:00

[S2-02] 多結晶岩石における組織形成が浸透率に与える効果

「発表賞エントリー」

*藤田 和果奈[1]、中村 美千彦[1]、Golabek Gregor[2]、Thielmann Marcel[2]、Eichheimer Philipp[2]、上杉 健太郎[3] (1. 東北大・院理、2. バイロイト大、3. JASRI)

16:00 ~ 16:15

[S2-03] 海洋下部地殻〜モホ遷移帯における加水作用と岩石物性変化について：ICDPオマーン掘削コア試料の「ちきゅう」船上計測結果

*阿部 なつ江[1]、岡崎 啓史[2]、片山 郁夫[3]、畠山 航平[3]、赤松 祐哉[3]、オマーン掘削プロジェクト サイエンスパーティー (1. 海洋研究開発機構MarE3マントル掘削プロモーション室、2. 海洋研究開発機構X-star高知コア研究所、3. 広島大学)

16:15 ~ 16:30

[S2-04] 酸素同位体を用いた地質速度計: 高温変成作用下で岩石―水相互作用を記録するザクロ石への適用

*東野 文子[1,2]、Rubatto Daniela[2,3]、河上 哲生[4]、Bouvier Anne-Sophie[3]、Baumgartner Lukas[3] (1. 岡山理科大、2. ベルン大学、3. ローザンヌ大学、4. 京大)

16:30 ~ 16:45

[S2-05] MgO-H_2O系における反応誘起破壊と透水率の時間発展

「発表賞エントリー」

*笠原 久夢[1]、宇野 正起[1]、岡本 敦[1]、土屋 範芳[1] (1. 東北大学大学院・環境科学研究科)

16:45 ~ 17:00

[S2-06] 超臨界流通式水熱実験による玄武岩-海水系の元素の選択的溶脱に伴う変質過程

「発表賞エントリー」

*根津 勇介[1]、岡本 敦[1]、平野 伸夫[1]、宇野 正起[1]、土屋 範芳[1] (1. 東北大・院環境)

S2-01

地殻の透水性と付与される流体の量

○土屋範芳，宇野正起，F. F. Amanda, D. Mindaleva
（東北大・環境），東野文子（岡山理大・理）

Permeability of the Earth's Crust and Amount of Geofluids

N. Tsuchiya, M. Uno. F. F. Amanda and D. Mindaleva (Tohoku Univ.)
and F. Higashino (Okayama Univ. of Sci.)

Transport phenomena of geofluids in the Earth's crust are controlled by both of diffusion equation (Fick's second law), and Darcy's law. In both cases, diffusion constant and permeability are key parameters to describe phenomena. We investigated transport phenomena of specific species in rock matrix around veinlets which were a supply source of external fluids, and then we evaluated diffusion constant and permeability of rock matrix under lower crustal environment. The total budget of geofluids were also evaluated.

沈み込み帯において，島弧地殻にどの程度の水が供給されているかは，沈み込み帯全体での水の循環（物質収支）から考える必要がある．このとき，地殻内の流体流動の基本的なプロセスは，濃度勾配に起因する拡散現象と圧力勾配に起因する流動現象に大別される．拡散現象は，拡散方程式，流動現象はダルシー則で記述されるのが一般的である．また，拡散現象に流れが加わると移流―拡散方程式となるが，この場合の移流項は，ダルシー則から求められる流速に支配される．

これらの移動プロセスで物質や環境により大きく変化するのは，拡散係数と浸透率（透水係数）である．拡散係数については，さまざまな研究が進められ，実験的も現象論的にも，一定の数値が推定されている（Higashino et al., 2019）．一方，地殻深部での浸透率は充分には明らかになっていない．本研究では，下部地殻においては，変成作用ならびに火成作用により母岩に供給された流体量とその移動現象を解析し(Uno *et al*., 2017, Amanda, *et al*., 2019)，下部地殻環境での岩石マトリックスの着目成分の拡散係数ならびに流体の浸透率を求めた．

Amanda, F. F., Yamada, R., Uno, M., Okumuma, S. and Tsuchiya, N., 2019, Evaluation of Caldera Hosted Geothermal Potential during Volcanism and Magnetism in Subduction System, NE Japan,*Geofluids*, 10.1155/2019/3031586

Higashino *et al*, 2019, Brine Infiltration in the Middle to Lower Crust in a Collision Zone: Mass Transfer and Microtexture Development Through Wet Grain–Boundary Diffusion, *J. Petrology*, 60, 329-358. 10.1093/petrology/egy116

Uno, M.. Okamoto, A., and Tsuchiya, N., 2017, Excess water generation during reaction-inducing intrusion of granitic melts into ultramafic rocks at crustal P–T conditions in the Sør Rondane Mountains of East Antarctica, *Lithos*, 10.1016/j.lithos.2017.04.016

Keyword: Diffusion, Permeability, Water Budget, Caldera, Magmatism, Fluid Flow, Metamorphism

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

多結晶岩石における組織形成が浸透率に与える効果

藤田和果奈*（東北大），中村美千彦（東北大），Gregor J. Golabek（バイロイト大），Marcel Thielmann（バイロイト大），Philipp Eichheimer（バイロイト大），上杉健太郎（JASRI）

Effect of microstructural evolution on permeability in polycrystalline aggregates

Wakana Fujita*, Michihiko Nakamura (Tohoku Univ.), Gregor J. Golabek, Marcel Thielmann, Philipp Eichheimer (University of Bayreuth), Kentaro Uesugi (JASRI)

背景・目的: 地球内部の岩石の結晶粒間にはしばしば超臨界水やマグマといった流体相が岩石から分離する過程は，沈み込むプレート内での地震発生やマグマの生成などの重要な諸現象を支配する．流体移動の効率を表す浸透率は，岩石粒間の流路の幾何学的構造に強く依存する．しかしながら，岩石の微細構造は温度圧力の変化に伴う変成・融解作用とその時間経過によって進化し，それによって流体の浸透率がどうコントロールされるのかはよく理解されていない．本研究では，高温高圧実験で定常的な粒成長段階にある多結晶体を合成し，放射光 X 線 CT を用いて空隙構造のイメージングを行い，浸透率の数値計算を行った．

手法: ピストンシリンダー型高圧発生装置を用い，1GPa，900℃の条件で石英多結晶体を合成した．流体量と二面角を流体の CO_2/H_2O 比で 52，61，71 °の三段階に制御し，流体体積分率で 3.7–13 vol.%とした．実験産物の X 線 CT 撮影を SPring-8 で行い，解像度 0.51μm/pixel の CT 像を得て，この空隙構造を用いて浸透率の数値計算（LaMEM model; Kaus et al., 2016）を行い，計算結果と流路構造の比較を行った．

結果: CT 像の空隙構造の観察から，(1)流体量や固液二面角の値に関わらず粒子スケールで流体のプールが形成されていること，(2)流体量が少ない試料では 0.7–1.8vol.%の流体が連結せず，孤立して分布していることが分かった．(1)の流体のプールは結晶粒成長に伴う間隙流体の移動・合体によって形成されたと考えられる．浸透率の計算結果を Wark and Watson (1998)による実測値と比較したところ，Qtz–H_2O 系の試料の計算結果は Qtz–H_2O–(NaCl)系の実測値と，Qtz–H_2O–CO_2 系の計算結果は Cal–H_2O 系の実測値と調和的であった．一方，二面角形状のみに基づく理想的な流体分布を仮定した理論モデルと比較すると，実験産物の計算結果は流体量が少ない試料で 1 桁ほど低い結果となった．この差は，単純化された理論モデルでは考慮されていない空隙構造；(1)の流体が粒子スケールで不均質に分布していることや(2)の浸透率に寄与しない流体が存在していることに起因すると考えられる．(2)の孤立した流体は，含水鉱物の安定領域を超えて沈み込むスラブとともに地球深部に運搬される可能性がある．

Keyword: grain growth, quartz aggregate, dihedral angle, permeability

*Corresponding author: w.fujita@dc.tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

海洋下部地殻～モホ遷移帯における加水作用と岩石物性変化について：ICDP オマーン掘削コア試料の「ちきゅう」船上計測結果

阿部なつ江*[1]・岡崎啓史[2]・片山郁夫[3]・畠山航平[3]・赤松祐哉[3]・The Oman Drilling Project Science Party

Relationship between the physical properties and hydration of the oceanic lower crust/ Moho TZ: results from onboard measurements of ICDP Oman Drilling Project (ChikyuOman)

Natsue Abe*[1], Keishi Okazaki[2], Ikuo Katayama[3], Kohei Hatakeyam[3], Yuya Akamatsu[3], The Oman Drilling Project Science Party

(1:MDP, MarE3, JAMSTEC; 2：KCC, X-star, JAMSTEC, 3：Hiroshima University)

オマーン・オフィオライトにおいて、2016 年から 2018 年にかけて陸上掘削を行い、回収率 100%で約 3200m 長分の岩石コア試料を採取した。下部地殻～上部マントル層相当の部分にかけて得られたコア試料著しく変質しており、かんらん石は 100%蛇紋石化していた。採取したコア試料は、清水港に停泊中の地球深部探査船「ちきゅう」へ搬送し、2017 年と 2018 年に合計 4 ヶ月間、世界 17 カ国からのべ 195 名の乗船研究者が参加し、火成岩岩石学、変成岩岩石学、構造地質学、古地磁気学、地球化学、岩石物性の 5 チームに分けて記載・分析した。

ここでは、2 年目の岩石物性計測データを元に、オフィオライトにおける地殻～マントル境界およびマントルセクションの物性変化を示す。X 線 CT スキャン、MSCL（マルチセンターコアロガー）による非接触電気比抵抗、密度、帯磁率計測データや、個別試料（2cm 角の立方体など）で測定した熱伝導率、密度、空隙率、P 波速度、塩水飽和および乾燥試料の電気伝導度、帯磁率などを測定した。その結果、これら岩石物性は、鉱物モード組成や全岩化学組成と良い相関を示すことがわかった。地殻～マントル境界を掘削した Hole CM1A において、平均 Vp 7km/s の変斑れい岩（下部地殻セクション）と平均 Vp 5 km/s の蛇紋岩（マントルセクション）との間の“古モホ面”において、予想された速度構造とは反対の速度逆転が見られた。特に、超マフィック岩（蛇紋岩）における Fe 含有量―帯磁率―電気伝導率―熱伝導率に非常に良い相関が見られることがわかった。

本発表では、モホ面の反射率やモホ面を構成する岩石層やその変質程度などについて議論する。

Key words: ICDP OmanDP, D/V Chikyu, Ophiolite, Oceanic Crust, Moho TZ

*Corresponding author: abenatsu@jamstec.go.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

酸素同位体を用いた地質速度計：高温変成作用下で岩石—水相互作用を記録するザクロ石への適用

東野文子（岡山理科大学）*、Daniela Rubatto（ベルン大学、ローザンヌ大学）、河上哲生（京都大）、Anne-Sophie Bouvier、Lukas P. Baumgartner（ローザンヌ大学）

Oxygen isotope speedometry in garnet recording fluid-rock interaction during high-temperature metamorphism

Fumiko Higashino* (OUS), Daniela Rubatto (Uni. Bern, Uni. Lausanne),
Tetsuo Kawakami (Kyoto Uni.), Anne-Sophie Bouvier, Lukas P. Baumgartner (Uni. Lausanne)

ザクロ石は、安定に存在する温度圧力領域が広く、しばしば他の鉱物を包有物として含むことから、異なる温度圧力条件の複数の変成ステージを記録する [1, 2, 3]。しかし、高温変成条件下では、拡散係数が大きいため [4]、化学組成ゾーニングは拡散により書き換えられることが多い。その拡散プロファイルが鉱物中に記録されるか否かは、拡散係数と高温継続時間、および対象鉱物の粒径に依存する。

地質速度計は、拡散プロファイルを拡散方程式でフィッティングすることにより、冷却速度・高温継続時間を制約する手法である [5, 6]。微量元素や同位体を用いた地質速度計は、既知の拡散係数と高度な分析技術が必要となるため未だ発展途上にあるが、価数の大きい希土類元素など拡散の遅い元素の有用性に注目が高まっている [7]。本研究では、近年、実験的研究による拡散係数の決定と分析技術の発達が目覚しい、ザクロ石中の酸素同位体に着目し、地質速度計を適用し、高温継続時間を制約することを試みた。

本研究で扱う試料は、東南極セール・ロンダーネ山地東部のバルヒェン山に産する、ザクロ石—黒雲母—珪線石片麻岩である。本試料に含まれるザクロ石斑状変晶は、リンのゾーニングで明確にコアとリムの境界を定義することができ、リンに富むコアには塩素濃度の低い黒雲母が、リンに乏しいリムには塩素濃度の高い黒雲母が包有される [8]。すなわちザクロ石のコア形成後、塩素に富む流体が流入したと考えられ、その温度圧力条件は約 800 ºC, 0.8 GPa と見積もられている [8]。本試料のザクロ石斑状変晶に対し、SIMS を用いてザクロ石のコアからリムにかけて酸素同位体比の線分析を行った。その結果、コアからリムにかけて酸素同位体比が、約 15.6 ‰ から約 10.8 ‰ に、徐々に減少するプロファイルが得られた [9]。酸素同位体比の変化は、ザクロ石のコア・リム境界の両側約 400 μm で対称に見られ、より遠方ではフラットな値を示す。コアからリムにかけて、酸素同位体比は約 5 ‰ 減少する [9]。この差は、閉鎖系で鉱物が結晶化する際に生じる同位体分別のみで説明するには大きすぎることから、コア形成後に、酸素同位体比の低い流体が流入したと考えられる [9, 10]。

この酸素同位体比のプロファイルは、拡散方程式でフィッティングすることができ、800 ºC における既知の拡散係数を用いると、高温継続時間は約 0.5-40 Myr と見積もられた [9]。本発表では高温継続時間の制約に加えて、流入した流体の起源についても議論する。

引用文献　1. Spear et al., 1984. *Geology* **12**, 87-90. 2. Caddick & Kohn, 2013. *Elements* **9**, 427-432. 3. Kohn & Penniston-Dorland, 2017. *RiMG* **83**, 103-152. 4. Borinski et al., 2012. *CMP* **164**, 571-586. 5. Pyle & Spear, 1999. *GMR* **1**, 1-49. 6. Ganguly, 2010. *RiMG* **72**, 559-601. 7. Vielzeuf et al. 2005. *Am Min* **90**, 463-472. 8. Higashino et al. 2013 *Precam. Res.* **234**, 229-246. 9. Higashino et al. *JMG* in press. 10. Kohn, 1993. *CMP* **113**, 249-261.

Keywords: oxygen isotope, garnet, SIMS, brine, granulite
*Corresponding author, f.higashino@das.ous.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

$MgO-H_2O$ 系における反応誘起破壊と透水率の時間発展

笠原 久夢，宇野 正起，岡本 敦，土屋 範芳（東北大学環境科学研究科）

Reaction-induced fracturing and permeability development in $MgO-H_2O$ system

Hisamu Kasahara*, Masaoki Uno, Atsushi Okamoto, Noriyoshi Tsuchiya

(Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University)

To understand the different modes of fracturing in water-rock reactions, it is necessary to clarify the relationship between reaction-induced fracturing and permeability development in hydration reaction. In this research, we conducted hydrothermal flow-through experiments using the samples of sintered periclase (MgO) to investigate internal structural change and permeability development during hydration. From this result, the relationship between reaction-induced fracturing and permeability development was discussed.

岩石–流体反応にともなう固相の体積膨張は応力を発生させ，その誘起応力は蛇紋岩化作用において熱力学的には、1.5 GPa にもおよぶと予測される(Kelemen and Hirth, 2012)。このような反応に伴う固相の体積膨張は，き裂を生成させ，透水率上昇を引き起こし、反応を促進する。一方、体積膨張反応にもかかわらず破壊が生じず，流体供給や反応の進行が抑制される反応帯も報告されている(Centrella *et al*., 2015)。こうした極端な力学・水理学応答の違いは、熱力学的平衡論では説明できず，その相互作用のメカニズムは未だに明かになっていない。

本研究では、吸水反応に伴う反応誘起破壊と透水率挙動の相互作用の解明を目的として、流通式水熱実験を行った。試料は体積膨張率~120 %の MgO 焼結体で、空隙率 φ = ~ 0.5 %, 10~15 %の 2 種類を用意した。流体は H_2O を使用した。初期流体圧は 5.0 MPa、流量は試料の上流と下流の差圧が< 10 MPa となるよう適宜調整した。封圧は Max50 MPa、反応温度は 100 ~ 200 °C 内で設定した。

封圧 20 MPa で実験を行った結果、高空隙率の試料では、温度ごとに透水率挙動が変化し、200 °C では単調減少、100 °C では振動が見られた。また、CT 観察では試料全体が一様に反応し、$Mg(OH)_2$ が析出している様子が観察された。低空隙率の試料では、200 °C において、透水率が $< 5.6 \times 10^{-20} m^2$ から $\sim 3.0 \times 10^{-17} m^2$ まで上昇した。また、CT 観察により、ネットワーク上にき裂が発達している様子が観察された。従って、低空隙率の試料における透水率上昇は、吸水反応で観察される，応力発生とき裂生成，流体供給の反応促進機構を再現したと考えられる。

このような試料の内部構造変化と透水率挙動変化は、体積膨張反応に伴う応力発生と密接に関係している。このため、以前行った反応誘起応力測定実験の結果と本実験の結果を合わせて考察し、体積膨張反応における反応誘起破壊と透水率挙動変化との関係及びその支配要因に関して議論を行う。

Keywords : hydration, reaction-induced fracturing, permeability

*Corresponding author:h.kasahara@geo.kankyo.tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

超臨界流通式水熱実験による玄武岩-海水系の元素の選択的溶脱に伴う変質過程

根津勇介、岡本敦、平野伸夫、宇野正起、土屋範芳（東北大・環境）

Alteration processes associated with selective leaching of elements in basalt-seawater system revealed by supercritical hydrothermal flow through experiment

Yusuke Netsu[1], Atsushi Okamoto[1], Nobuo Hirano[1], Masaoki Uno[1], Noriyoshi Tsuchiya[1]

[1]Graduate School of Environmental Studies Tohoku University

We conducted the hydrothermal flow-through experiments on basalt-fluid (distilled water, brine, seawater) interaction under supercritical conditions to understand the relationship between mass transfer and metamorphism within hydrothermal systems of oceanic crusts. We revealed that the reaching of albite component dominantly occurs in distilled water and brine, whereas in seawater, chlorite was formed throughout reaction vessel by reactions of clinopyroxene and plagioclase in matrix with Mg ion in seawater. Our result suggests that initial solution chemistry provides significant controls on the reaction pathways and evolution of fluids during hydrothermal alteration of oceanic crusts.

中央海嶺系ではアイスランドの掘削プロジェクトによって超臨界地熱資源の開発や、海洋底熱水鉱床の利用などの注目が集まっており、これらの系の理解のための超臨界条件下の岩石-海水相互作用の解明に向けた研究の重要性が高まっている。これまでの玄武岩-海水相互作用の研究は、閉鎖系実験と熱力学を用いた地化学モデリングなどが中心であり、系が平衡に達した時の鉱物、流体組成については理解が進んでいる。しかし海洋底熱水循環系のような開放系かつ超臨界条件での元素の移動と、変質作用の反応過程については、系は平衡に達しているとは限らず、実験を行うには過酷な条件という問題から、あまり解析が進められていない。そこで本研究では、超臨界条件下で玄武岩-海水系の流通式実験を行った。実験条件は IDDP2 の深部の超臨界環境かつ、溶存種の平衡解析が可能な 400 - 410 ℃、38 - 40 MPa で、実験は 2 - 6 日間行った。岩石はアイスランド玄武岩、流体は海水および比較のために蒸留水、塩水(2.5 wt% NaCl)を用いた。

海水実験では、反応容器の入り口で海水から石膏が析出し、pH=2.4 という(初期 pH = 8.4)著しい低下が見られた。6 日間の実験で岩石の約 50 wt%は緑泥石となった。顕著な緑泥石の生成が見られたのは、pH が低下した海水において単斜輝石と斜長石の溶解が非常に速く進んだためだと考えられる。また、上流で溶脱した鉄が、下流において鉄酸化物として再沈殿していた。一方で、蒸留水と塩水の実験においては、斜長石の Si、Al、Na が選択的に溶脱し、灰長石に置換され、単斜輝石はあまり反応しなかった。海水とは対照的に pH は 5.8 から 9 まで上昇した。

これらの実験結果は、玄武岩-海水の反応は、塩水、蒸留水の場合と大きく異なることを示しており、この違いは海水中の溶存種に関連する pH 変化とそれに伴う鉱物の溶解速度の変化によって生じたと考えられる。

Keyword: Basalt-Seawater interaction, Supercritical fluid, Flow-through experiments

E-mail: netsu@geo.kankyo.tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ポスター | S1: 火成作用の物質科学 (スペシャルセッション)

2019年9月20日(金) 9:30 ~ 17:00 | A-プレゼンスペース イースト1号館

S1: 火成作用の物質科学 (スペシャルセッション)

[コアタイム] 12:00〜14：00

[S1P-01] **なぜマントル捕獲岩中の流体包有物は鉱物種やサイズに依存して異なる残留圧力を持つのか？**

*萩原 雄貴[1]、山本 順司[2] (1. 北海道大・院理、2. 北海道大・総博)

[S1P-02] 珪酸塩メルト中での金属粒子の結晶成長その場観察

*無盡 真弓[1]、中村 美千彦[1]、松本 恵[1] (1. 東北大学・院理・地学)

[S1P-03] テフラ成分の屈折率と化学組成に基づく三瓶浮布テフラと阪手テフラの関係の再検証

*丸山 誠史[1] (1. KFT)

S1P-01

なぜマントル捕獲岩中の流体包有物は鉱物種やサイズに依存して異なる残留圧力を持つのか？

萩原雄貴（北海道大・院理），山本順司（北海道大・総博）

Size-dependent residual pressure of fluid inclusion in mantle xenolith

Yuuki Hagiwara* (Hokkaido Univ. Sci), Junji Yamamoto (Hokkaido Univ. Museum)

In many geological settings, density of fluid inclusions has been studied for ascertaining the depth provenance of mantle xenolith. However, during laboratory experiments and exhumation processes, the initial density of a fluid inclusion is overwhelmed by various confounding factors. To elucidate re-equilibration processes of fluid inclusion, we investigated the relation among fluid density, inclusion size, and mineral species.

流体・メルト包有物の CO_2 濃度や密度はマグマ供給系の構造や，岩石の由来深度，噴火前のマグマの揮発性成分濃度の推定に利用されてきた．包有物がホスト鉱物に捕捉された時の初期情報は弾塑性変形や脆性破壊，流体の拡散，流体とホスト鉱物間の反応などにより，地表への露出過程や実験中に上書きされる可能性がある．実際，鉱物種や包有物の径に依存した流体の組成や圧力の系統的変化が報告されている．しかし，マントル捕獲岩中の流体包有物の研究は限られている．

そこで本研究では，包有物からマントル流体の情報をより正確に復元するために，マントル捕獲岩中の流体包有物の残留圧力を測定し，ホスト鉱物種や包有物の径との関係を調査した．流体の圧力は CO_2 のラマンスペクトルの 2 つの主なピークの波数差が圧力に依存することを利用した．また，流体包有物のサイズはデジタル顕微鏡で輝度の差から抽出した．その結果以下の 3 つの知見を得た．

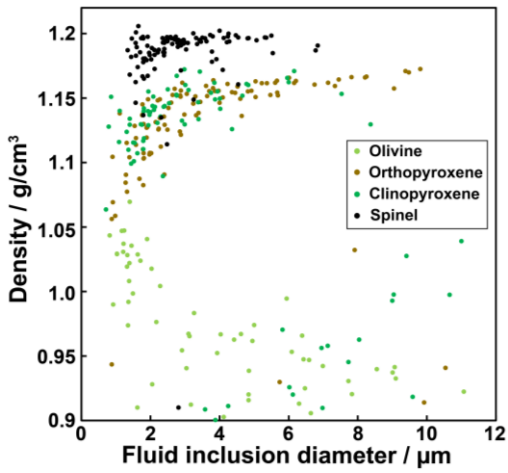


図 1 流体包有物の密度のサイズ依存性.

1) 流体圧はスピネル>直方輝石=単斜輝石>かんらん石の順で高圧を保持している．

2)スピネル・単斜輝石・直方輝石の残留圧力は包有物の径が小さい程低圧になる．

3) 逆に，かんらん石の残留圧力は包有物の径が小さい程高圧になる．

この傾向は，包有物―ホスト鉱物系の熱弾性平衡や脆性破壊モデルでは説明できない (Zhang 1998; Campione 2018)．従って，岩石の露出過程で塑性変形や流体の拡散により流体圧に関する初期情報は上書きされる．

Key words: Fluid inclusion, Raman spectroscopy, Geobarometer, Mantle xenolith, Carbon dioxide

*Corresponding author: hagi@eis.hokudai.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

S1P-02

珪酸塩メルト中での金属粒子の結晶成長その場観察

無盡真弓*，中村美千彦，松本恵（東北大・地学）

In-situ observation of growth behaviors of Fe and Pt particles in a silicate melt

Mayumi Mujin*, Michihiko Nakamura, Megumi Matsumoto (Tohoku Univ.)

【はじめに】近年, 透過型電子顕微鏡（TEM）下のその場観察により，水溶液中でナノ粒子の結晶成長過程が観察され，oriented attachment やアモルファス核の生成といった非古典的な核形成経路が見つかった（例えば De Yeoreo et al., 2015）．本研究では，珪酸塩メルト中での微小結晶の成長過程を調べるために，電解放出型走査型電子顕微鏡（FE-SEM）下で加熱その場観察実験を行った．その結果，数ナノメートルから数百ナノメートルサイズの金属粒子の合体成長が観察された．

【方法】加熱実験のその場観察は FE-SEM 下で Protochips 社の Aduro 加熱ステージを用いて行い，二次電子および反射電子像の観察を行った．出発物質には，ほとんど結晶を含まない桜島火山の大正噴火軽石を用いた（石基ガラス SiO_2=70 wt%, Otsuki et al., 2015）．加熱用の MEMS チップに載せられる試料の大きさは約 20μm 四方である．そこで軽石を瑪瑙乳鉢で粉砕し，エタノールを用いて石基ガラスをチップに固定する方法と，集束イオンビーム（FIB）を用いてガラス片を作製し，Pt デポジションによってチップに固定する方法を行った．室温から 10˚C/s で加熱し，1–4.5 時間 850–1050 °C で温度を保持した．FE-SEM の加速電圧は 10–15kV，高真空度 (9.6×10^{-5} Pa)と低真空度（60Pa）の条件で実験を行った．実験後は FE-SEM-EDS と TEM-EDS を用いて相同定を行った．

【結果と考察】高真空度かつ 950°C のときに金属鉄粒子の合体成長がよく観察された．よく動く粒子から動かない粒子までが存在し，動く粒子の運動方向はランダムだった．合体が観察できた粒子サイズは直径約 30nm から幅 370nm だった．幅が約 200 nm 以上から鉄粒子はファセットを持った．ファセットを持つ粒子同士が合体する場合，まず合体が始まった部分のファセットが消え，その後全体的に丸くなった．幅 370nm の粒子が合体し始めてから丸くなるまでの時間は 183 秒で，粒子径が 80nm だと 4 秒だった．FIB を用いて準備した試料では，Pt 粒子の合体成長が観察された．高真空の電子顕微鏡下かつ高温では，金属粒子の移動度や合体再結晶速度が上がり，従来の低温の水溶液中で観察された無機結晶より 1 桁程度大きい数百ナノサイズの合体成長がおこったと考えられる．

Keywords: nanoparticle, coalescence, undercooling, volcanic glass

*Corresponding author: mayumi.mujin.a5@tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

S1P-03

テフラ成分の屈折率と化学組成に基づく三瓶浮布テフラと阪手テフラの関係の再検証

丸山誠史（KFT）・山下透（KFT）・林田明（同志社大）・
平田岳史（東大）・檀原徹（KFT）

Reexamination of the relationship between Sambe–Ukinuno and Sakate tephras based on refractive indices and chemistry of tephra components

S. Maruyama* (KFT), T. Yamashita (KFT), A. Hayashida (Doshisha University),
T. Hirata (The University of Tokyo), T. Danhara (KFT)

中国地方や近畿地方で見出されている阪手テフラは、三瓶火山より噴出した三瓶浮布テフラ(SUk)に対比されている。福岡・松井(2002)は、三瓶山近傍の露頭調査に基づき、SUk テフラを下位から順に、浮布降下軽石堆積物(Uk-pfa)、緑ヶ丘火砕流堆積物(Md-fl)、そして浮布降下火山灰堆積物(Uk-fa)の 3 テフラに細分した。これまでの研究では、阪手テフラは Md-fl に対比されていたが、それらの関係性の解釈には、曖昧さが残されていた。

また、これまでの研究で指摘されていた通り、本研究でも、三瓶山近傍の露頭より採取された Md-fl（阪手）試料に含まれる角閃石の屈折率は Uk-pfa 試料に含まれるものと似通っていた。このことは、Uk-pfa と Md-fl が一連の火山活動で噴出したことを示唆するものである。しかしながら、Md-fl（阪手）および Uk-fa 試料に含まれる火山ガラスの屈折率は、Uk-pfa 試料に含まれるものより低かった。この屈折率の違いもまた、SUk と阪手テフラの関係性における問題となっていた。

さらに、水月湖コア試料からは阪手テフラ（Md-fl）の可視層が見出されていたが、Uk-pfa は見出されなかった（e.g., Smith et al., 2013）。福岡・松井(2002)などによる露頭調査から、Uk-pfa と Md-fl/Uk-fa は一連の噴火活動で噴出したものと推定されていたが、SUk テフラ下位層（Uk-pfa）と上位層（Md-fl/Uk-fa）で分布域が異なる可能性は、Katoh et al. (2007)によって指摘されていた。

Uk-fa の岩石学的特性から判断すると、Uk-fa と Md-fl は一つの同じテフラと見なすことが可能だった。Uk-pfa に含まれる火山ガラスの SiO_2 濃度は、ガラス屈折率からの予測に反して、Md-fl のものよりも高かった。しかし Uk-pfa に含まれる火山ガラスの FeO 濃度は Md-fl のものに比べて高く、ガラス屈折率の差異は、SiO_2 濃度ではなく FeO 濃度によるものと推定された。

火山ガラスに含まれる合計 58 元素の濃度パターンは、全体としては Md-fl と Uk-pfa の間で似通っているものの、軽希土類元素などの部分で明確に区別が可能だった。このような元素濃度の違いは、結晶分化の過程で起こったか、あるいは他のマグマ源からの混入による、マグマの化学組成の変化によるものと推定された。

これまでの研究では、Md-fl/Uk-fa（=阪手）に対比されるテフラは、中国地方および近畿地方に広く分布していた。一方、Uk-pfa に対比されるテフラは、中国地方南部から近畿地方南部およびその近海、そして四国東端に限定されていた。Katoh et al. (2007)の予測通り、テフラ分布域も異なることが判明した。

本研究の結果から，Uk-pfa と Md-fl/Uk-fa テフラはそれぞれ、SUk (lower)（下部）および SUk (upper)（上部）テフラと、より単純なものに再定義可能である。

Katoh et al. (2007) *Nat. Hum. Activ.* **11**, 29-50.
福岡・松井(2002) *地球科学* **56**, 105-122.
Smith et al. (2013) *Quat. Sci. Rev.* **67**, 121-137

Keywords: Sambe–Ukinuno tephra, Sakate tephra, refractive index, chemical composition, tephra fall area
*Corresponding author: ojigibito@icloud.com

ポスター | S2: 岩石-水相互作用 （スペシャルセッション）

2019年9月20日(金) 9:30 ~ 17:00 | A-プレゼンスペース イースト1号館

S2: 岩石-水相互作用 （スペシャルセッション）

[コアタイム] 12:00〜14：00

[S2P-01] かんらん石の溶解速度から制約される蛇紋岩反応速度

*大柳 良介[1]、桑谷 立[1]、鈴木 勝彦[1] (1. JAMSTEC)

[S2P-02] オマーンオフィオライト下部地殻かんらん石斑れい岩における緑簾石の生成条件

*立石 大和[1]、野坂 俊夫[1] (1. 岡山大・院自然)

[S2P-03] 下部地殻の加水反応に関する実験的研究：斜長石＋単斜輝石系における優先的な斜長石の反応

*中谷 貴之[1]、中村 美千彦[2] (1. 産総研、2. 東北大・院理)

[S2P-04] 中性子散乱と透過電顕による含水鉱物の微視的な脱水過程の解析

*奥地 拓生[1]、プレジャブ ナランゴー[1]、瀬戸 雄介[2]、富岡 尚敬[3]、柴田 薫[4]、山田 武[5] (1. 岡山大・惑星研、2. 神戸大・院理、3. 海洋研究海洋機構、4. 原子力機構、5. CROSS)

S2P-01

かんらん石の溶解速度から制約される蛇紋岩反応速度

大柳良介* (JAMSTEC)，桑谷立(JAMSTEC)，鈴木勝彦(JAMSTEC)

Kinetics of serpentinization constrained from olivine dissolution rate at hydrothermal conditions

Ryosuke Oyanagi* (JAMSTEC), Tatsu Kuwatani (JAMSTEC), Katsuhiko Suzuki (JAMSTEC).

Serpentinization (hydration of mantle peridotite) gives significant changes to both chemical and physical properties of the oceanic lithosphere. Several studies suggested that the rate of serpentinization is maximized at 250-300°C, and the rate-limiting process of serpentinization is the dissolution of primary mineral (e.g., Malvoisin et al., 2012). However, the olivine dissolution rates at > 150°C have never been measured (Rimstidt et al. 2012). Towards the improved understanding of serpentinization kinetics, measuring dissolution rates of olivine as a function of solution composition and temperature is required. In this study, dissolution rate of natural olivine ($(Mg_{0.91}, Fe_{0.09})_2SiO_4$) was measured at 200-300 °C and 50 MPa using a flow-through reactor (Suzuki et al., 2015). Based on dependences of temperature, on dissolution rate, the time scales on hydrothermal alteration of peridotite will be discussed.

海洋底における蛇紋岩化反応は海洋リソスフェアの物理的・化学的性質を大きく変化させ，沈み込み帯へ持ち込む水のフラックスを決定するプロセスである．これまで，海洋底における蛇紋岩化反応の進行プロセスを理解するために，反応速度が実験的に見積もられてきた．これらの研究によると，蛇紋岩化の速度は250~300°Cで最大になり(Martin & Fyfe 1970)、蛇紋岩化反応における律速過程は、かんらん石の溶解であることが示唆されている(Malvoisin et al.,2012).しかし，これまで150°C 以上でのかんらん石の溶解速度は測定されたことがないため(Rimstidt et al. 2012), 蛇紋岩化反応速度とかんらん石の溶解速度の直接的な比較はなされてこなかった．また，200°C におけるかんらん石の炭酸塩化の過程において，かんらん石の溶解は非化学量論的であると示唆されている(Fritz et al. 2018)．蛇紋岩化反応の速度論的理解，および二次鉱物の量論的理解のためには，かんらん石の溶解速度，および溶解反応メカニズムの理解が必要である．

本研究では，流通式水熱実験装置を用いてかんらん石溶解速度の温度，pH 依存性を明らかにする．シリンジポンプで反応溶液(0.5mol NaCl/kg)を定流量(2.0 ml/min)で流し，反応後の溶液を適宜回収する.その後, ICP 発光分析による溶液化学組成を測定し，溶液化学組成の時間変化データから反応速度を求める.反応溶液の温度(200~300 度)を変化させた実験を複数行い，それぞれの化学制約条件における溶解速度を求める．実験時間は 8 時間である．

実験の結果， 200°C の実験において，溶液組成の(Mg+Fe)/Si モル比は約 1.8 で定常状態に達した．一方で，260°C, 300°C の実験において，溶液組成の(Mg+Fe)/Si モル比はそれぞれ 1.2, 0.7 であり，定常状態に達しなかった．これらの結果は，かんらん石の溶解が非化学量論的であることを示唆する．Si の溶液組成を基準とした 200°C, 260°C, 300°C におけるかんらん石の溶解速度($r_{SiO2(aq)}$ (mol m^{-2} s^{-1})の対数はそれぞれ-6.2, -7.5, -7.9 と，温度が高くなるほどに遅くなる傾向を得た．実験結果を溶解速度式によってモデル化し，それを用いて既往の蛇紋岩化反応速度式と比較した．結果，250~300°C の範囲では，蛇紋岩化反応の速度はかんらん石の溶解速度と一致した．一方で，250℃以下では，蛇紋岩化反応の速度はかんらん石の溶解速度より遅かった．これらの結果は 250℃以上ではかんらん石の溶解が蛇紋岩化反応を律速し，250℃以下では別のプロセスが蛇紋岩化反応を律速していることを示唆する．

keywords: 反応速度，蛇紋岩化作用，水熱実験，かんらん石
*Corresponding author: royanagi@jamstec.go.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

S2P-02

オマーンオフィオライト下部地殻かんらん石斑れい岩における緑簾石の生成条件

立石大和・野坂俊夫*（岡山大）

Formation conditions of epidote in lower crustal olivine gabbros of the Oman ophiolite

Y. Tateishi and T. Nozaka* (Okayama Univ.)

We report the distribution and modes of occurrence of alteration minerals in gabbroic rocks from the Oman Drilling Project Holes GT1-3. In contrast to other minerals, epidote is much unevenly distributed, i.e., widespread in upper levels of the lower crustal section, and exclusively within or in proximity to veins and cataclastic zones in lower levels. In lower-level olivine gabbros, prehnite and chlorite replacing plagioclase show a close association with serpentine replacing olivine, whereas epidote, if any, never coexists with serpentine. Thermodynamic modeling indicates that epidote could form at conditions with higher oxygen fugacity than serpentinization and prehnite formation conditions.

オマーンオフィオライトの斑れい岩類は，白亜紀の高速拡大海嶺で形成された海洋下部地殻であると考えられており，海嶺周辺での熱水の浸透によって，ソリダス程度の温度から角閃岩相を経て緑色片岩相に至る変質作用を受けていることが報告されている（例えば，Manning et al., 2000: Geol. Soc. Am. Spec. Paper 349; Nicolas et al., 2003: JGR 108; Bosch et al., 2004: J. Petrol. 45）。様々な条件で形成された変質鉱物の深度分布と産状を把握するために，我々は Oman Drilling Project Phase 1 で 掘削された Hole GT1, GT2, GT3 から採取された斑れい岩類の観察を行った。その結果，変質鉱物として角閃石，緑泥石，蛇紋石，緑簾石，クリノゾイサイト，ぶどう石，曹長石，沸石，方解石などが認められた。それらのうち今回は緑簾石に焦点を当て，その分布，産状，および共存鉱物の組み合わせと化学組成に基づいて成因を考察する。

緑簾石は輝緑岩岩脈と斑れい岩セクション上部では，斜長石を置換して，あるいは熱水脈として広く出現するが，下位のかんらん石斑れい岩においては出現頻度が低下し，破砕帯あるいは熱水脈とその近傍にほぼ限定的に産出する。この緑簾石の分布は，他の変質鉱物がバックグラウンド変質作用によって広く形成されていることと対照的である。角閃石，緑泥石，ぶどう石，蛇紋石の産状と組成は，角閃岩相から緑色片岩相以下に至る様々な温度条件で変質作用が繰り返し起きたことを示唆しており，特定の温度条件（例えば緑色片岩相）での熱水活動の低下を示すような証拠はない。

かんらん石斑れい岩中では，かんらん石は蛇紋石脈に貫かれており，その脈の延長線上では隣接する斜長石にぶどう石＋緑泥石が生じていることが多い。一方，まれに斜長石中に出現する緑簾石は緑泥石とは共存するが蛇紋石との成因的関連を示さない。熱力学的モデル計算は，ぶどう石が蛇紋石化作用と同程度のシリカと酸素の活動度のもとで生じ得るのに対して，緑簾石はより酸化的な環境で生じることを示している。

Keywords: Oman Drilling Project, lower crust, olivine gabbro, alteration, epidote

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

S2P-03

下部地殻の加水反応に関する実験的研究：斜長石＋単斜輝石系における優先的な斜長石の反応

中谷貴之（産総研）*，中村美千彦（東北大・院理）

Experimental simulation of lower crust hydration: preferential plagioclase reaction in the plagioclase + clinopyroxene system

Takayuki Nakatani (AIST)*, Michihiko Nakamura (Tohoku Univ., Sci.)

Recent experimental studies have revealed the preferential reaction of a mineral during the hydration of polymineralic rocks, which results in the formation of metastable product mineral assemblage in the effective bulk rock composition enriched in the preferentially-reacted mineral component. The preferential mineral hydration could affect the fluid circulation in subduction zones at least transiently via modulating the volume change during the reaction. To simulate the hydration reaction of the lower crustal rocks and evaluate its influence on crustal fluid infiltration, we conducted hydration experiments in the plagioclase + clinopyroxene systems with 15 wt% H_2O at 500 °C and 1.0 GPa for 672 hours. The augite (Mg# = 69) and labradorite (An# = 60) powders with grain sizes of 38–53 μm were utilized to prepare the three experimental systems: (1) PL: labradorite 100%, (2) CPX: augite 100%, (3) PL+CPX: labradorite 50% and augite 50% by weight. The reaction products were composed of clinozoisite (Fe-poor epidote) + paragonite + Na-rich plagioclase + quartz in the PL system. In the CPX system, chlorite-like phase + actinolite + quartz + Fe-oxide was formed. In the PL+CPX, epidote + chlorite-like phase + muscovite + Na-rich plagioclase + quartz was observed. Mass balance calculation revealed that plagioclase reacted preferentially in the PL+CPX system in which the effective clinopyroxene/plagioclase ratio was 0.28. High aluminum activity imposed via the preferential dissolution of plagioclase could suppress the crystallization of aluminum-poor amphibole (actinolite) at 500°C. Preferential plagioclase reaction leads to the dominant formation of epidote whose density (~3.4 g/cm^3) is much higher than that of the primary plagioclase (~2.7 g/cm^3). This can lead to ~1% decrease in the overall volume in the PL+CPX system, which is in strong contrast to the volume-increasing serpentinization reaction in the ultramafic system. Hydration of mafic rocks may thus enhance the fluid infiltration in the lower crust via the volume-decreasing reaction.

Keywords: lower crust, hydration reaction, plagioclase, clinopyroxene

*Corresponding author: t-nakatani@aist.go.jp

S2P-04

中性子散乱と透過電顕による含水鉱物の微視的な脱水過程の解析

奥地拓生[1], プレジャブナランゴー[1], 瀬戸雄介[2], 富岡尚敬[3], 柴田薫[4], 山田武[5]
([1]岡山大惑星研, [2]神戸大院理, [3]JAMSTEC, [4]原子力機構, [5]CROSS)

Analysis of dehydration processes in atomic scale of hydrous minerals by neutron scattering and transmission electron microscopy

Takuo Okuchi*[1], Purevjav Narangoo[1], Yusuke Seto[2], Naotaka Tomioka[3], Kaoru Shibata[4], and Takeshi Yamada[5] ([1]Okayama Univ., [2]Kobe Univ., [3]JAMSTEC, [4]JAEA, [5]CROSS)

Hydrous minerals have been playing fundamental roles in the evolution of the Earth. In particular, various types of minerals occurring within the Earth's crust and mantle are absorbing, storing and releasing significant amount of water, which in total can easily exceed the entire mass of the oceans. Transport and storage processes of such water within the Earth are fundamental topics for considering the planet's physical, chemical, and biological evolutions. These processes affect our understanding on the roles of plate tectonic motions, origins of volcanic activities, and interpretation of seismic velocity variations. However, the most fundamental hydration, storage, and dehydration mechanisms occurring within these minerals are not fully understood. In particular, atomic-scale transport process of hydrogen within the relevant crystal structures when dehydration or rehydration occurs within these minerals (e.g. by volume diffusion or grain-boundary diffusion ?, and by transport of H^+, hydrogen vacancy, or H_2O ? etc.) were left almost-totally unknown, while defining the rate-determining step of dehydration and rehydration it is very essential to understand these atomic-scale processes.

We systematically analyze these processes by means of neutron scattering and transmission electron microscopy. Previous works related to that topic were definitively insufficient, where results of macroscopic phenomena, such as tracer diffusion of hydrogen isotopes, were mainly disscussed. Meanwhile we established quasi-elastic neutron scattering (QENS) as a novel effective scheme to analyze the processes in the atomic scale, which provides information on the mole fraction, relaxation time, and jump distance of mobile hydrogen species in the crystal structures. Application of QENS for dynamics of chemically-bonded hydrogen in the crustal structures of minerals is productive only for a large-enough amount of high-quality (pure) sample, so that we developed a mass-production scheme of such hydrous minerals at high pressure-temperature condition in the deep mantle (e.g., Okuchi et al., 2015). Thus a series of hydrous mineral sample species, including those prepared as reagents and as recovered from high-pressure temperature environments, have been systematically analyzed by QENS and in part by transmission electron microscopy. Hydrogen dynamics in these minerals was proved to accelerate with increasing temperature, indicating that extension of the accessible temperature regime by QENS is very urgent task. In the current presentation, we summarize the results on brucite (Okuchi et al., 2018), DHMS phase E, and few other hydrous minerals those were successfully measured at temperatures to around 600 K. These QENS results were discussed together with their relevant crystal structures including site and occupancy of hydrogen, which were separately determined by high-resolution time-of-flight Laue single crystal neutron diffraction scheme (Purevjav et al,. 2019; 2018).

References

Purevjav, N., T. Okuchi, C. Hoffmann, Strong hydrogen-bond generation in dense hydrous magnesium silicate phase E observed by single-crystal neutron diffraction, JpGU 2019 abstract SMP33-04.

Purevjav, N., T. Okuchi, X.Wang, C. Hoffmann, N. Tomioka, Determination of hydrogen site and occupancy in hydrous Mg_2SiO_4 spinel by single-crystal neutron diffraction, Acta Cryst., 74, B115 (2018)

Okuchi, T., N. Tomioka, N. Purevjav, K. Shibata, Quasielastic neutron scattering of brucite for analyzing hydrogen transport at the atomic scale, J. Appl. Cryst., 51, 1564-1570 (2018)

Okuchi, T., N. Purevjav, N. Tomioka, J. F. Lin, T. Kuribayashi, L. Schoneveld, H. Hwang, N. Sakamoto, N. Kawasaki, H. Yurimoto, Synthesis of large and homogeneous single crystals of water-bearing minerals by slow cooling at deep-mantle pressures, Am. Mineral., 100, 1483-1492 (2015)

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ポスター | R2: 結晶構造・結晶化学・物性・結晶成長・応用鉱物

2019年9月20日(金) 9:30 ~ 17:00 | A-プレゼンスペース イースト1号館

R2: 結晶構造・結晶化学・物性・結晶成長・応用鉱物

[コアタイム] 12:00〜14：00

[R2P-01] 単結晶X線回折実験によるアウインの結晶構造解析

*荏戸 俊一郎[1]、栗林 貴弘[1]、長瀬 敏郎[2] (1. 東北大・院理、2. 東北大・総学博)

[R2P-02] GTS型NaチタノシリケートCs^{+}およびEr^{3+}交換体の作製と陽イオン分布の検討

*藤原 惠子[1]、川田 尚美[1]、中塚 晃彦[1] (1. 山口大・院創成)

[R2P-03] Mirabilite(Na_2SO_4・$10H_2O$)の結晶構造の温度依存性

*池田 龍太郎[1]、興野 純[1] (1. 筑波大学生命環境)

[R2P-04] クトナホラ石の形態変化の結晶学的解析

*栗田 充喜[1]、長瀬 敏郎[1]、栗林 貴弘[1]、今井 裕之[2] (1. 東北大・院理、2. 金研造形スタジオ)

[R2P-05] Ce 添加 merrillite 型結晶の合成と発光特性
「発表賞エントリー」

*新山 慎太郎[1]、志村 玲子[2]、杉山 和正[3] (1. 東北大・院工、2. 東北大・多元研、3. 東北大・金研)

[R2P-06] Magnetite-maghemite-hematite相転移メカニズム

*杵渕 伊吹[1]、佐野 喜成[1]、興野 純[1] (1. 筑波大・生命)

[R2P-07] 斜長石中の針状磁鉄鉱離溶相の鉱物学的研究
「発表賞エントリー」

*菅谷 崚[1]、佐藤 雅彦[1]、小暮 敏博[1] (1. 東大・院理)

[R2P-08] 土橋セリサイトに含まれるX線回折で見えない鉱物

*武内 浩一[1]、木須 一正[2]、上原 誠一郎[3]、桑原 義博[4]、大和田 朗[5]、武部 将治[6] (1. 無所属、2. 長崎県窯業技術センター、3. 九大・院理、4. 九大・比文、5. 産総研、6. 土橋鉱山)

[R2P-09] ビビアナイトにおける生成条件と鉄の酸化数
「発表賞エントリー」

*千葉 康平[1]、大嶋 江利子[2]、高橋 美咲[3]、杉山 和正[4] (1. 一関高専・物質化学工学専攻、2. 一関高専・未来創造工学科 化学・バイオ系、3. 一関高専・物質化学工学科、4. 東北大・金研)

[R2P-10] 固溶体の成長：選択的吸着とキンクカイネティックス

*北村 雅夫[1]、勝野 喜以子[2]、入澤 寿美[3] (1. 無所属、2. 成蹊大学、3. 学習院大学)

[R2P-11] トラピッチェ・エメラルドの成長プロセス
「発表賞エントリー」

*海野 智洋[1]、栗林貴弘[1]、 長瀬敏郎[2] (1. 東北大・院理、2. 東北大総学博)

[R2P-12] パイライト型構造の電子状態

*米山 瑠華[1]、則竹 史哉[2,3] (1. 山梨大・工、2. 山梨大・院総合研究部、3. 理研)

単結晶X線回折実験によるアウインの結晶構造解析

苅戸俊一郎(東北大院理), 栗林貴弘(東北大院理), 長瀬敏郎(東北大・総学博)

Structural study of haüyne by single crystal X-ray diffraction experiment

S. Nozokido* (Tohoku Univ.), T. Kuribayashi (Tohoku Univ.), T. Nagase (Tohoku Univ.)

R2P-01

はじめに

アウインはソーダライトグループに属し, SiO_4四面体とAlO_4四面体がAl排他則に基づいて交互に配列したフレームワーク構造を持つ。内部のケージにはNa^+やK^+等の陽イオンやCl^-やSO_4^{2-}等の陰イオンを含んでいる。ソーダライトグループ鉱物のうち, ソーダライト以外は変調構造を持つことが知られている。変調構造の要因に関する多くの研究がこれまでに行われ, (Saalfeld,1961; Hassan and Grundy, 1989 など) 様々な説が挙げられている。

本研究では, 変調構造を持つドイツ,Eifel産のアウイン(EG)の結晶構造を解析し, 常温常圧下で他のソーダライトグループ鉱物の結晶構造と比較検討し, アウインの変調構造の発生要因を再検討した。

実験

試料には変調構造を持つドイツ, Eifel産アウイン($Na_{5.65}Ca_{1.90}K_{0.40}[Al_{6.12}Si_{5.84}O_{24}](SO_4)_{1.90}Cl_{0.08}$)を用いた。単結晶X線回折実験は, 常温(20℃)常圧下で, 四軸型自動X線回折計(Rigaku, AFC-7S)を用いて, $2\theta_{max} = 59.72°$, 50 kV-30 mA, MoKα線($\lambda = 0.71073$ Å)の条件で強度測定を行った。独立な78個の反射($I > 2\sigma I$)を用い, WinGXとSHELXL97を用いて結晶構造パラメータを精密化した。その結果, R1 = 7.72%, wR2 = 24.00%, GooF = 0.940で収束した。

結果と考察

Hassan and Grundy (1991)が報告した変調構造を持たないイタリア, Sacrofano産のアウイン(SI)の結晶構造モデルと今回の変調構造を持つEG産の結晶構造モデルを比較すると, EG産の試料では, 結晶モデルでフレームワークの酸素席が2つに分裂している点で顕著な差異が見られた。また, SO_4^{2-}イオンは, 両者の試料で共通して方位は1方向だった。同じソーダライトグループ鉱物に属するノゼアン ($Na_8[Al_6Si_6O_{24}]SO_4 \cdot H_2O$) にも変調構造が観測され, その原因として, 大きさと電荷の異なる$\{Na_4 \cdot SO_4\}^{2+}$と$\{Na_4 \cdot H_2O\}^{4+}$クラスターの秩序配列により, 変調構造に起因するフレームワーク構造中の酸素席が2つに分裂すると議論されている(Hassan and Buseck, 1989a)。 一方, Kuribayashi (2017)は1000℃以上に加熱したアウインの試料の変調周期が常温に戻したときに不可逆的であることから変調構造の要因は, フレームワーク構造中の四面体中のAl / Siの配列様式に起因すると報告している。

Hassan and Buseck(1989)の考えでは, Hassan et al.(2004)で報告されている変調構造をもつアウインの構造を一部説明できない。 変調を示さないアウインで見られた2つのクラスターは, フレームワーク中の酸素席に影響を与えておらず, 本試料では, 化学組成分析結果から, クラスター成分としては, $\{Na_3CaSO_4\}^{3+}$の成分が大半を占めており, 変調構造の要因としての影響は小さいと考えられる。このため, 四面体席中のAl/Siの分布様式をより正確に知る必要がある。

Keywords: Haüyne, modulated structure, framework, SC-XRD
S. Nozokido: shunichiro.nozokido.s3@dc.tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R2P-02

GTS 型 Na チタノシリケートの Cs^+および Er^{3+}交換体の作製と陽イオン分布の検討

藤原 惠子、河田 尚美、中塚 晃彦（山口大・院創成）

Preparation of Cs^+ and Er^{3+} exchange forms of GTS-type Na titanosilicate and their cation distributions

Keiko Fujiwara*, Naomi Kawata, Akihiko Nakatsuka (Sci. Tech. Innov., Yamaguchi Univ.)

1. はじめに

マイクロポーラス結晶である GTS 型 Na チタノシリケート（Na-GTS : $Na_4[(TiO)_4(SiO_4)_3]\cdot 6H_2O$）は、4 つの TiO_6 八面体が稜共有することによって 1 つのクラスターを形成し、そのクラスター同士が SiO_4 四面体と頂点共有によって結合することで骨格構造を形成する。1 つの細孔内に 4 つの Na^+イオンと 6 つの H_2O 分子が占有している。結晶構造は立方晶系から僅かに歪んだ三方晶系（$R3m$, a = 7.812 Å, α = 88.79°）に属する。

東日本大震災による福島第一原発事故で生じた汚染水中の放射性元素のうち、放出量が多く半減期が長い Cs を効率よく回収・除去するための吸着剤の探索・開発が切望されている。また、ゼオライトなどの希土類イオン交換体は、触媒や蛍光材料として重要である。本研究では、Na-GTS の Cs^+および Er^{3+}イオン交換体を合成し、それらの陽イオン分布について検討した。

2. 実験

出発物質として NaOH 水溶液、高分散 SiO_2、$TiCl_4$ 水溶液を用い、これらを混合した後、水熱処理した。粉末 XRD の結果、得られた生成物は Na-GTS の単一相であることを確認した。この Na-GTS に CsCl 水溶液（0.01～1.0 M）または $ErC1_3$ 水溶液（0.01～0.5 M）を加え、振とう処理を行うことによってイオン交換した。振とう処理条件は、前者において 25, 40, 60 °C の各温度で 24 時間、後者において 25, 60 °C の各温度で 6 時間であった。得られた試料の構造評価には粉末 XRD、含水量の決定には TG-DTA を用いた。振とう処理後の CsCl および $ErCl_3$ 水溶液における上澄みの Na^+濃度を原子吸光分析で求め、Cs^+ 交換体 $[Na_{4(1-x)}Cs_{4x}Ti_4Si_3O_{16}\cdot nH_2O]$ および Er^{3+} 交換体 $[Na_{4(1-x)}Er_{4x/3}Ti_4Si_3O_{16}\cdot nH_2O]$ のイオン交換率 x を決定した。

3. 結果と考察

Cs^+交換実験では、いずれの振とう温度においても、CsCl 水溶液濃度（C_{Cs}）が 0.1 M までは交換率 x が急激に増加するが、それ以上では x の値は約 0.7 でほぼ一定となった。一方、Er^{3+}交換実験では、$ErCl_3$ 水溶液濃度（C_{Er}）が 0.1 M までは Cs^+交換実験と同様な交換率 x の急激な増加を示すが、その後も緩やかに増加した。その結果、60 ℃での振とう処理によって、C_{Er} = 0.5 M のとき Er^{3+}交換の最大許容量である x = 1 にほぼ近い値をもつ Er^{3+}交換体（x = 0.96）を得た。

粉末 XRD の結果、両イオン交換体とも、交換率 x が高くなるにつれて、格子定数と回折ピーク強度が系統的に変化した。そこで、両イオン交換体の陽イオンが、細孔内において、どのように分布しているかを検討した。

Sr-GTS（立方晶系；空間群 $P\bar{4}3m$）の単結晶X線構造解析（Spiridonova et al., 2011）によって報告された Sr^{2+}席（4e と 6g）が、擬立方構造をもつ Cs^+交換体と Er^{3+}交換体中の交換性陽イオン（Cs^+, Er^{3+}）の可能な占有席とし、いくつかの占有モデルを仮定して XRD パターンをシミュレーションした。実測の XRD パターンと比較した結果、Cs^+交換体中の Cs^+は擬立方構造における 6g 席を優先的に占有するが、Er^{3+}交換体中の Er^{3+}は擬立方構造における 4e と 6g の両席にほぼ均等分布していることが示唆された。

Keywords: microporous crystal, hydrothermal synthesis, Er-exchange, Cs-exchange, cation distribution

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Mirabilite (Na_2SO_4･$10H_2O$)の結晶構造の温度依存性

池田　龍太郎*, 興野　純（筑波大学生命環境）

Temperature dependence of crystal structure of Mirabilite

Ryutaro Ikeda and Atsushi Kyono

The temperature-dependent single-crystal X-ray diffraction measurement of mirabilite (Na_2SO_4･$10H_2O$) was performed in the temperature range between 213 and 303 K. Here, we report the crystal structure change of mirabilite associated with the positional disorder of the O atoms at the tetrahedral apices .

Mirabilite (Na_2SO_4･$10H_2O$)は物質の相変化を利用して内部に熱量を保存することができる相変化材料(Phase Change Materials, PCM)として知られている. 306K にて脱水反応によって mirabilite から無水の thenardite (Na_2SO_4)に変わり，283K にて水和反応によって thenardite から mirabilite に戻る. この可逆反応の際に，522 kJ/mol の熱量が吸収放出される. これは氷から水への相転移に必要な熱量の約 12 倍に相当する(Rossini et al., 1952). Mirabilite の結晶構造は，$Na(H_2O)_6$ 八面体の水分子と SO_4 四面体の酸素が無秩序配置している特徴がある(Levy & Lisensky, 1978). 粉末中性子回折測定によって，mirabilite の $Na(H_2O)_6$ 八面体の水分子の無秩序対置に温度依存性があることが示された(Brand et al., 2008). しかし，SO_4 四面体の無秩序配置の温度依存性については明らかになっていない. そこで本研究では，単結晶 XRD 測定を実施し，mirabilite の SO_4 四面体と無秩序配置の温度依存性について詳細に調べた.

213K から 303K の範囲での単結晶 XRD 測定の結果，温度に伴って mirabilite の単位格子は *c* 軸方向に顕著な熱膨張を示したのに対し, *b* 軸方向の熱膨張は僅かであった. SO_4 四面体の酸素の席占有率は，温度とともに major 成分が減少し minor 成分が増加した. また，minor 成分の SO_4 四面体は膨張するのに対し，major 成分の SO_4 四面体は温度上昇に伴い収縮する特徴的な挙動を示した.

Mirabilite は，温度に伴って minor 成分の SO_4 四面体内の S-O 結合距離が減少するため，酸素原子は SO_4 四面体体積が大きい minor 成分に移動していると考えられる. 温度変化に伴う水素原子や酸素原子の無秩序配置内での移動が, mirabilite の内部に高い熱量を保持できる要因であると考えられる.

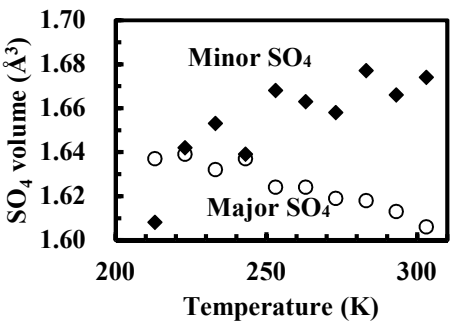


図 1　SO_4 四面体体積の温度依存性

Keyword: Mirabilite, phase change materials, single crystal X-ray diffraction

Correspondong author: E-mail address: ikeda1555@geol.tsukuba.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R2P-04

クトナホラ石の形態変化の結晶学的解析

栗田充喜 (東北大・院理), 長瀬敏郎 (東北大・総学博), 栗林貴弘 (東北大・院理), 今井裕之 (金石造形スタジオ)

Crystallographical analysis for morphology of kutnohorite

M. Kurita*, T. Nagase, T. Kuribayashi (Tohoku Univ.) H.Imai (Kinseki zoukei studio)

はじめに

クトナホラ石 (kutnohorite) $CaMn(CO_3)_2$ は、空間群$R\bar{3}$の苦灰石 (dolomite) 型の結晶構造をもち、異なる陽イオン八面体席が存在する。この席をA席、B席としたとき２つの陽イオンの席占有率から陽イオン配列の秩序度が求められ、同じ組成でも秩序度によって格子定数や陽イオン八面体席内での原子間距離などが変化する (Reeder,1983)。一方で形態に着目すると同形の方解石には多くの結晶形態が報告されている。結晶形態の変化には温度、圧力、不純物など様々な要因が関係している (Sunagawa,1967)。本研究では、クトナホラ石での結晶構造の変化が結晶形態に与える影響を調べた。

試料と観察方法

アメリカ・ニュージャージー州フランクリン鉱山、静岡県清越鉱山そして栃木県鹿沼鉱山から産した試料を実験に使用した。全て薄片を作成し偏光顕微鏡で観察を行ない、電子マイクロプローブアナライザー(EPMA)を用いて組成分析を行なった。単結晶X線回折実験は、フランクリン鉱山産試料について四軸型X線自動回折計 (Rigaku, AFC-7S) で行った。結晶方位解析は静岡県清越鉱山と栃木県鹿沼鉱山から産した試料について、電界放射型電子顕微鏡 (JEOL JEM-7001) に付随した電子線後方散乱回折装置 (OXFORD, AZtec EBSD system) を用いて行った。

結果と考察

単結晶X線回折実験により得られた格子定数はa = 4.8453(4) Å, c = 16.761(8) Åであり、空間群$R\bar{3}$で構造精密化を行なった。(R値は3.72 %である。A席、B席の占有率はそれぞれA席: Ca^{2+} 39 %, Mn^{2+} 61 %, B席: Ca^{2+} 52 %, Mn^{2+} 48 %である。この値は組成分析で求められた値と概ね一致する。Reeder (1983) で用いられている式を使用して求めた秩序度 S = 0.143であり、これは無秩序構造寄りの値である。Peacor (1987) の結果と比較したところ秩序度が上がるにつれて (0001) 面に平行なCO_3平面三角形はc軸を軸とした回転が大きくなる。この回転は２つの陽イオンのイオン半径の差によって八面体席が歪むことで起きる。

次に結晶構造内でのCO_3平面三角形の回転と結晶の方位関係について、EBSD法で検証した。EBSD解析に用いた試料は、外観や偏光顕微鏡下では放射状組織をもつ。EBSD解析の結果、結晶間の方位回転の軸は結晶構造解析から予想されたc軸とは整合的ではない。多くの粒界の方位回転の軸はc軸に直交または斜めに交わる方向である。

今回EBSD解析を行なった試料ではCO_3平面三角形の (0001) 面内でのc軸を軸とした回転の影響は見られない。つまり結晶構造と結晶形態の2つの関係を繋ぐには他の要因を考慮する必要がある。

Keywords: Kutnohorite, Degree of ordering, Single-crystal X-ray diffracton, EBSD
*Corresponding author:mitsuyoshi.kurita.r2@dc.tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Ce 添加 merrillite 型結晶の合成と発光特性

新山慎太郎*(東北大院工)，志村玲子(東北大多元研)，杉山和正(東北大金研)

Synthesis and luminescence of Ce-doped merrillite

N. Shintaro* (Tohoku Univ), R. Simura (IMRAM, Tohoku Univ), K. Sugiyama (IMR, Tohoku Univ)

【はじめに】apatite [$Ca_5(PO_4)_3(OH,F,Cl)$]および merrillite [$Ca_9MgNa(PO_4)_7$]などのリン酸塩鉱物には，希土類元素が含有されていることがある．我々は，天然リン酸塩鉱物の XANES および発光分析データから希土類元素の存在形態を解明し，その置換メカニズムを応用した新規蛍光体材料の開発を行っている．

【実験および考察】リン酸塩鉱物への希土類元素の置換導入メカニズムに関してはいくつかの議論があるが，lunar merrillite に関しては，アルカリ土類金属席の一部が希土類元素に置換されている(Hughes et al. 2006)．本稿では， merrillite の希土類元素置換メカニズムを応用して作製した $Ca_9Ce□(PO_4)_7$ の解析結果を紹介する．試料は，目的組成に計量した原料粉末を圧粉成型して電気炉で仮焼結した．得られた試料を粉砕した後再度成型して 1300℃で焼結することで作製した．焼結後の試料は白色～緑白色を呈する 120 μ m 程度の結晶粒から構成されていた．３次元蛍光発光測定を行った結果，励起光 220-340nm で 320-400nm の Ce^{3+} の 5*d*-4*f* 遷移の紫色の蛍光発光が確認された（図１）．さらに図２に示すように，本試料の Ce L_{III} 吸収端 XANES プロファイルは，$Ce^{3+}PO_4$ と類似し，試料中の Ce は 3 価が支配的であることも判明した．単結晶構造解析を行った結果，本試料は merrillite 型 $Ca_9Ce□(PO_4)_7$(*R*3*c* *a*=10.500(2), *c*=37.564(4))が主成分であることも判明している．当日は結晶構造の詳細と固溶 Ce の存在形態との関連について議論する予定である．

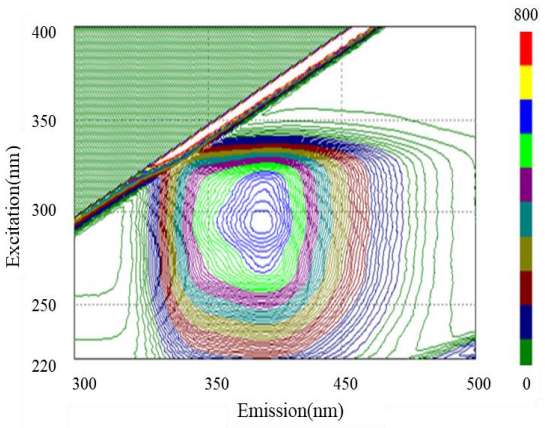


図１． ３次元蛍光発光マップ

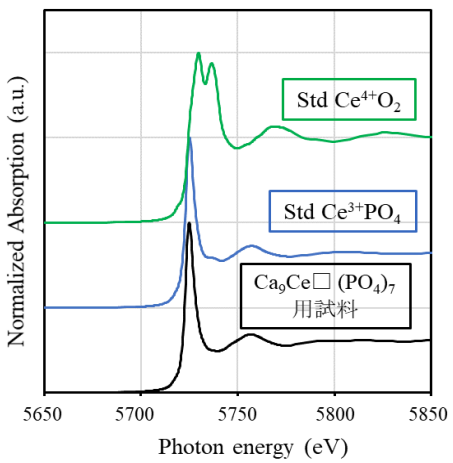


図２． XANES 測定結果

Keywords: apatite, phosphate, cerium, photoluminescence X-ray diffraction, XAFS
* Shintaro Niiyama: shintaro.niiyama@imr.tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R2P-06

Magnetite-maghemite-hematite 相転移メカニズム

杵渕伊吹*・佐野喜成・興野純（筑波大・院・生命）

Study on magnetite-maghemite-hematite transformation

Ibuki Kinebuchi*, Yosinari Sano, Atsushi kyono (Univ Tsukuba, Life)

地殻中に普遍的に存在する magnetite (Fe_3O_4)は Fe^{2+}が Fe^{3+}に酸化することによって hematite (α-Fe_2O_3)に相転移する. この酸化過程において, magnetite と同形構造である maghemite (γ-Fe_2O_3)が中間相として形成される. Maghemite は magnetite 中の八面体席の一部が空孔になったものであり, magnetite から maghematite への局所構造の連続的な変化については未解明な部分が多い. そこで本研究では, magnetite から maghemite を経て hematite まで相転移するメカニズムを解明するために, 熱重量･示差熱分析, 高温 in-situ 粉末 XRD 測定, X 線吸収微細構造(XAFS)の高温 ex-situ および in-situ 測定を行って, magnetite の酸化過程での局所構造変化を調べた.

熱重量･示差熱分析の結果, magnetite には加熱開始と同時に 400 ºC まで連続的な発熱と重量増加が観察され, その後 500 ºC までは発熱量は減少し重量は一定となった. 高温 in-situ 粉末 XRD のリートベルト解析から, 加熱に伴う Fe_{oct} の席占有率の減少と(110)(210)(211)面のピークの出現, 増加が分かる. より高温になることで hematite のピークが出現, 増加し, maghemite のピークが減少していた. Ex-situ EXAFS の動径構造関数から, 250 ºC まで加熱した magnetite では, 出発物質の magnetite と比較して Fe_{oct}-O, Fe_{oct}-Fe_{oct}, Fe_{tet}-Fe_{oct}t のピークが弱く, Fe-O の平均結合距離が短いことが分かった. また, 500 ºC まで加熱した magnetite では, hematite に特徴的なピークが強くなっていた. 500 ºC での高温 in-situ XANES の結果から, Fe の平均酸化数は加熱開始から 135 分まで連続的に増加し, 135 分以降はほぼ一定となることが明らかになった. また, 高温 in-situ EXAFS の動径構造関数から, 加熱開始から 70 分までは magnetite の Fe-O, Fe_{oct}-Fe_{oct}, Fe_{tet}-Fe_{oct} のピークが連続的に減少した. その後, 80 分以降から hematite に対応するピークが出現し始めた.

以上の結果から, magnetite は, 加熱によってはじめに八面体席の Fe^{2+}が拡散し八面体席の一部が空孔となり maghemite に相転移する. その後, maghemite の空孔となった八面体席が再び Fe の八面体配位を形成し, hematite に相転移していると考えられる.

Keywords: magnetite, maghemite, hematite, phase transformation

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

斜長石中の針状磁鉄鉱離溶相の鉱物学的研究

菅谷 崚*[1]，佐藤 雅彦[1]，小暮 敏博[1]（1.東大・院理）

Mineralogical study on acicular magnetite exsolution in plagioclase

Ryo Sugaya*1, Masahiko Sato1, Toshihiro Kogure 1(1. Univ. Tokyo, Sci.)

Recently, acicular magnetite exsolution in plagioclase has attracted paleomagnetism researchers because of its possibility of a good remanent carrier (Kato et al. 2018). Information of magnetic minerals such as formation temperature is essential in order to utilize them to paleomagnetism, but the formation condition of the acicular magnetite is not well understood. In this study, we observed the fine structure of the acicular magnetite in plagioclase from Duluth Complex, Minnesota, by using electron microscopy (SEM, TEM) including EBSD analysis. We found that the acicular magnetite is divided into more fine segments by ilmenite lamella, and that K-feldspar and biotite accompany the acicular magnetite. The biotite is considered to be a reaction product of magnetite and K-feldspar.

近年古地磁気学分野では，斜長石中に離溶した針状の磁鉄鉱が有用な残留磁化担体になるのではないかと注目されており，それを用いた古地磁気測定が行われている(Kato et al. 2018)．信頼度の高い古地磁気記録を得るためには磁性鉱物の生成温度などその形成条件に関する情報が必要であるが，この針状磁鉄鉱に関しては未解明な部分が多い．そこで本研究では主に電子顕微鏡により，その詳細な鉱物学的解析を行った．

試料は磁気測定によりほぼ化学量論的な磁鉄鉱を含んでいるとされたミネソタ州のダルースコンプレックスの斜長岩を用いた．光学顕微鏡から SEM，TEM と空間分解能を上げながら離溶組織の微細構造観察を行った．SEM では形状の観察とともに X 線組成分析及び電子後方散乱回折(EBSD)を行い，さらに FIB により薄片試料を作製し，TEM 内で電子回折等を用いた結晶学的解析を行った．

微細構造観察から針状離溶組織は内部でイルメナイトのラメラによりさらに小さい磁鉄鉱に細分化されており，またこの針状結晶に沿って常にカリ長石と黒雲母が共存することが明らかになった．特に黒雲母は，磁鉄鉱の{111}面に対して(001)面が平行となるように結晶学的関係を持って存在しており，磁鉄鉱とカリ長石の反応生成物であると考えられ，この反応の温度を求めることで磁鉄鉱の生成温度の下限を決めることができる可能性がある．そこで我々はイルメナイトの存在によりこの系が Ti に飽和していると仮定し，Ti-in-biotite 温度計を用いて温度の推定を試みた．

Keywords: Magnetite exsolution, plagioclase, paleomagnetism, biotite

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R2P-08

土橋セリサイトに含まれるＸ線回折で見えない鉱物

武内浩一，木須一正（長崎窯技センター），上原誠一郎(九大・理)，
桑原義博(九大・比文)，大和田朗（産総研），武部将治（土橋鉱山(株)）

Possible amorphous mineral included in the Tsuchihashi sericite rock

K. Takeuchi*, K. Kisu (Ceramic Research Center of Nagasaki), S. Uehara ,
Y. Kuwahara (Kyushu Univ.), A. Ohwada(AIST), M. Takebe(Tsuchihashi mining Co., Ltd)

【はじめに】　土橋セリサイトは岡山県備前市の土橋鉱山から産出し、陶磁器原料に利用されている。土橋鉱山は白亜紀の流紋岩質溶結凝灰岩が熱水変質を受けて生成した鉱床で、セリサイトの他にパイロフィライトと珪石を産出する[1)]。土橋セリサイトの特長は鉄分が少なく、微粒子で構成されており、可塑性に富むことである[2)]。可塑性の発現と鉱物学的特性の関係を研究するなかで、土橋セリサイトの化学組成が他地域のセリサイトに比べてカリ成分が少ない現象が認められた。その原因を明らかにするため、セリサイト粒子の詳細な観察を行った。

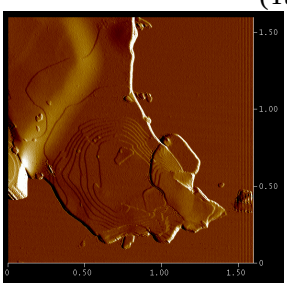
【実験】　①試料　実験に用いた試料は、L5 レベル南 1 区入り口付近で採取された「高品位鉱」で、セリサイトの純度が高い特級品の原料であり、産出は限られている。②実験方法　乾式研磨法で薄片を作製し偏光顕微鏡観察を行った。原鉱を粉砕して蛍光Ｘ線分析装置(XRF)で化学分析を、粉末Ｘ線回折(XRD)で構成鉱物の定性を行った。粗い粉砕物を超音波分散処理を行い、水ひで 2 μ m 以下の粒子を集めて定方位試料を作製した．同様に超音波分散でセリサイト粒子の懸濁液を作製して原子間力顕微鏡(AFM)観察用の試料とした。また、原鉱の一部をめのう乳鉢で粉砕してメッシュ上に掬い透過型電子顕微鏡(TEM)観察用の試料とした。以上のほかに、熱分析と赤外線吸収の実験を行った。

【結果と考察】　化学分析の結果を表 1 に示す。表には比較のため同時に分析した日本粘土学会参考試料の結果も示している。土橋セリサイトは参考試料に比べて K_2O が約 2%少ない。化学分析を行った試料の XRD 測定では、セリサイト以外の回折ピークは認められなかった。偏光顕微鏡観察では 1mm 以下の石英粒子が小数認められた。AFM 像を図 1 に示す。不定形で歪な板状粒子が多く、成長ステップ模様の形状も circular 状が多い。平均粒子厚さは 20-60nm、平均ステップ間隔は 40-100nm であった。成長ステップ模様からは 1M ポリタイプが多いと考えられる。TEM 像を図 2 に示す。TEM 観察から推定される粒子の厚さは数十 nm で、AFM 観察の結果と一致している。図 2 には薄板状のセリサイトだけでなく、100nm 以下の粒状物質が多く存在している。これらの粒子からは明瞭な電子線回折が得られておらず、Si と Al を含んでいるが詳細な化学組成は不明である。この粒状物質が XRD で検出できない鉱物の可能性がある。

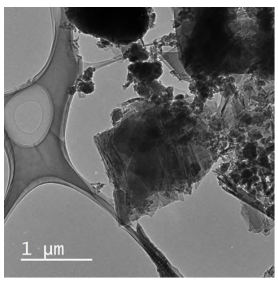
1)橋本ら(2019)資源地質学会第 69 回年会 50.
2) 武内ら(2018) 第 62 回粘土科学討論会 146-147.

(Table 1) XRF analysis
(wt. %)

	(1)	(2)
SiO_2	49.78	47.32
TiO_2	0.10	0.23
Al_2O_3	36.59	29.36
Fe_2O_3	0.05	4.19
MgO	0.07	1.06
CaO	0.20	1.99
Na_2O	0.14	0.11
K_2O	7.19	9.16
Ig. loss	5.83	6.29
Total	99.95	99.71
(1)土橋セリサイト		
(2)日本粘土学会参考試料(JCSS-5102)		



(Fig. 1)　AFM image



(Fig. 2) TEM image

Keywords: sericite, AFM, TEM, amorphous
E-mail address: Koichi.Takeuchi@mc2.seikyou.ne.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ビビアナイトにおける生成条件と鉄の酸化数

千葉康平*[1], 大嶋江利子[1], 高橋美咲[1], 杉山和正[2]（1. 一関高専，2. 東北大金研）

Synthesis Condition and Iron Valence in Vivianite

Kohei CHIBA*[1], Eriko OHSHIMA[1], Misaki TAKAHASHI[1], Kazumasa SUGIYAMA[2]
(1. NIT, Ichinoseki Col.), (2. Tohoku Univ., IMR)

Vivianite is known as an iron (II) phosphate octahydrate. Metavivianite is known as the oxidized vivianite. We synthesized iron phosphate in virous temperature conditions. As a result, we discovered metavivianite obtained in 60 degrees. Above 70 degrees, vivianite and metavivianite are not obtained. It's considered that metavivianite is the metastable phase.

1．緒言

2価の鉄のリン酸鉄鉱物のvivianiteは発見時は無色であるが，すぐに青色に変化することが知られている．これはFe^{2+}の空気酸化によるものとされている．またvivianiteの鉄の一部が酸化されたmetavivianiteがあり，天然ではvivianiteとmetavivianiteは共存する．

本研究では，常圧で水が存在できる範囲で反応温度を変化させ生成するリン酸鉄の変化を調べた．その結果をもとに vivianite その類縁化合物の関係を考察した．

2．実験

$(NH_4)_2HPO_4$ 0.6 g を水 18 mL に溶解し，それに $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 1.8 g を加え 50～90 ℃で反応させた．生成物は XRD で同定を行い，XAFS で鉄の状態分析を行った．

3．結果及び考察

反応物を混合するとすぐに白色沈殿が生成したが，これは徐々に青または緑色に変化した．反応温度が 50 ℃以下では青色，60 ℃以上では緑色となった．反応温度を変えて生成した試料の粉末 XRD パターンを図 1 に示す．

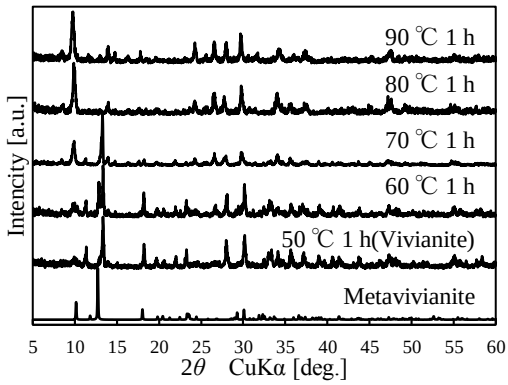


図 1. 実験で得られた試料の XRD パターン

図 1 より 50 ℃では vivianite，60 ℃で vivianite と metavivianite の混合物，70 ℃以上で両者と異なる化合物が得られた．60 ℃で長時間反応させた場合や 60 ℃前半で反応させた場合でも，metavivianite の単相は得られなかった．つまり metavivianite の生成温度範囲は以上に狭く，metavivianite は準安定相でありと考えられる．また，60 ℃以下での生成物中の鉄は 2 価，70 ℃以上では 3 価の成分があることも分かった．

Keywords: Vivianite, Metavivianite, Iron Phosphate

Corresponding author: Kohei CHIBA, E-mail address: a18808@g.ichinoseki.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

固溶体の成長：選択的吸着とキンクカイネティックス

北村雅夫*・勝野喜以子[1]・入澤寿美[2]
[1]成蹊大学、[2]学習院大学計算機センター

Growth of a solid solution crystal: selective adsorption and kink kinetics

Masao Kitamura*, Kiiko Katsuno (Seikei Univ.)[1], Toshiharu Irisawa (Gakushuinn Univ.)[2]

A new mechanism consisting of 'selective adsorption' on kink sites and the element exchange between surface sites and surrounding media is proposed as the most important process for predicting the bulk composition of a growing solid solution crystal.

はじめに：多くの鉱物は固溶体を形成する。成長時にどのような組成を持つかについての詳細な研究は、実験・理論共にあまり進展していない。理論的予測が十分に行えない最大の理由は、界面からバルクへの組成変化の微視的な立場のデーターが得られていなかったためである。先年、モンテカルロ（MC）シミュレーションによる研究を行い詳細で微視的なデーターを得た。今回、固溶体界面上での吸着現象とキンクカイネティックスを考察し、MC データーの理論的解析を行った。

制約条件：MC 計算から得られた主な制約は（１）母相と界面との原子の交換反応は生じるがバルクとの直接の交換反応は生じていない（２）キンクの前進によって界面組成からバルク組成に変化する（３）界面組成からバルクへの組成変化の過飽和度依存性は低過飽和度と中過飽和度では異なる（高過飽和度では変化しない）である。

Keywords: crystal growth theory, solid solution

*Corresponding author: mkitamura@td6.so-net.ne.jp

理論解析：界面での交換反応とキンクの前進によってバルク組成への変化が生じるという新しい機構を考察した。まず、界面のサイトではアダトムの選択的吸着（界面が平衡組成の時には吸着されたサイトはバルク平衡組成を持つ）が生じることを明らかにした。キンクサイトでは選択的吸着がキンクの前進をもたらすのでキンク直下となるバルクサイトはバルク平衡組成を持つこととなる。一方、吸着されていないキンクサイトが母相との交換反応により界面平衡組成になる場合、同様なキンクの前進が生じバルク平衡組成への変化をもたらす。交換反応速度は過飽和度により異なり、低過飽和度では 2 種類の原子が、中過飽和度では結合の弱い原子のみが関与する。

結論：成長時の界面組成からバルク組成への変化は、前進するキンクでの組成選択と界面―母相間の交換反応の２つのプロセスの複合した機構によってもたらされる。

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R2P-11

トラピッチェ・エメラルドの成長プロセス

海野智洋，栗林貴弘（東北大院理），長瀬敏郎（東北大総学博）

Growth process of low-symmetry trapiche emeralds

Chihiro Kaino*, Takahiro Kuribayashi, Toshiro Nagase (Tohoku Univ.)

1. はじめに　コロンビア産のベリル($Be_3Al_2Si_6O_{18}$)はトラピッチェ・エメラルドという特殊な成長組織を有しており、この組織は中心の六角形のコア部と、そこから伸びる六本のアーム部からなる。その成長様式に関しては様々な研究が行われている(Isabella *et al*., 2015)。これまでの我々の研究により、アーム部に低対称を示す部分が含まれていることがX線構造解析から示唆された。エメラルドにおいても、江森ほか(2002)によって同様の報告がなされている。トラピッチェ・エメラルドの成長プロセスにおいて、低対称化した結晶がアーム部に含まれていることを考慮した先行研究はない。そこで本研究では、トラピッチェ・エメラルドに含まれる対称性の異なる２つの領域と成長プロセスとの関係について考察をおこなう。

2. 実　験　本研究では、コロンビア、ペナスブランカス産のトラピッチェ・エメラルドを用意し、偏光顕微鏡観察、化学組成分析、走査型電子顕微鏡(SEM)観察および SEM 付属のカソードルミネッセンス(CL, Gatan 製 MiniCL)による観察をおこなった。

3. 結果と考察　試料の *c* 軸に垂直な薄片の偏光顕微鏡観察では、アーム部に消光するバンドと常に暗黒なバンドがみられ、対称性が異なる部分が含まれていた。CL での観察で明暗のバンドが交互に並んだ組織が確認でき(Fig.1)、BSE 像の明暗と対応していた。組成分析の結果、アーム部の暗部には Na と Mg が明部より多く含まれる。またアーム部の明暗の互層がそれぞれの組成を保ったまま、ある方向から〈210〉へと曲がっている組織が部分的にみられる。このことからアーム部は成長面に依存する成長ではないことが示唆される。SEM 観察ではアーム部の{10$\bar{1}$0}表面に数 μmの凹凸が無数にみられる。同一の視野を CL で観察したところ、暗部が凹部に対応する。

以上の観察結果から、アーム部は対称性の異なる２つの結晶がコアの{10$\bar{1}$0}面上でセル成長をすることで形成していると考えられる。

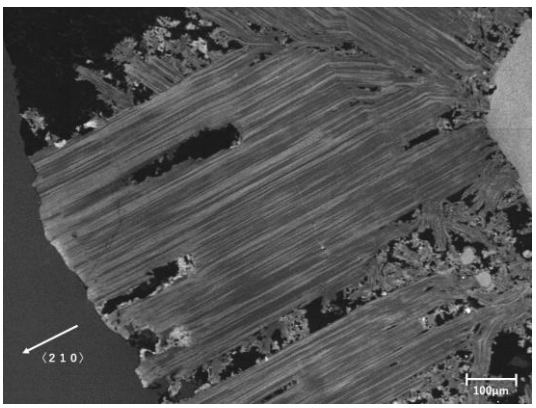


Figure 1. 試料のアーム部の CL イメージ

Keywords: trapiche emerald, cathodoluminescence, cell growth

***Corresponding author**: chihiro.kaino.s3@dc.tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

パイライト型構造の電子状態

米山　瑠華*　（山梨大・工）、則竹　史哉（山梨大・院総合研究部、理研）

Electronic state of pyrite structure

Ruka YONEYAMA* (University of Yamanashi)

Fumiya NORITAKE-(University of Yamanashi, RIKEN)

Pyrite structure (MX2) has simple cubic lattice and is characterized by X-X bonding, MX6 octahedron, and a X element making bond with 3 M elements and a X element. Hauerite is a pyrite structure mineral with composition of MnS2.It is known that the hauerite has a long bond distance compared with pyrite-type structure minerals composed of other transition metal elements. In this study, molecular orbital calculation was performed using MP2 method and aug-cc-pVTZ basis functions on the cluster (H6S12M, M = Mn, Fe, Co, Ni) as part of the pyrite-type structured crystal. As a result of structural optimization, the elongation of bonding distance between Mn and S comparing with other transition metal elements and high-spin state of manganese consistent with experiments were reproduced.

MX_2 (M は主として遷移金属元素、X は主としてカルコゲン元素)の化学組成を持つパイライト型構造は単純立方格子を持ち、X 元素同士の結合、1 つの M 元素に X 元素が 6 個配位した八面体、1 つの X 元素に対して 3 つの M 元素と 1 つの X 元素が結合していることで特徴づけられる(Eliot, 1960)。パイライト型構造のうち遷移金属元素の席がマンガンで構成されるハウエライトは他の遷移金属元素によるパイライト型構造と比較して M-X 結合距離が長いことが知られている(Tokuda et al.,2019)。

本研究では結晶構造の一部を取り出したクラスター($H_6S_{12}M$, M = Mn, Fe, Co, Ni)に対して分子軌道計算を実施した。分子軌道計算は Schrödinger 方程式を数値的に解く手法で分子系の電子状態を非経験的に求めることができる。

構造最適化を行った結果、密度汎関数法である PBE 法ではすべての M-X 距離がほぼ等しくなるが MP2 法および aug-cc-pVTZ 基底関数を用いることでマンガンと硫黄の結合距離が他の遷移金属元素に比べ長いことを再現した。また軌道解析の結果から他の実験と調和的であるマンガンのハイスピン状態を確認した。本講演ではさらに詳細な議論を軌道解析に基づいて行う。

Keywords: Pyrite, Molecular Orbital Calculations

*Corresponding author: t16am035@yamanashi.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ポスター | R5: 地球外物質

2019年9月20日(金) 9:30 ~ 17:00 | A-プレゼンスペース イースト1号館

R5: 地球外物質

[コアタイム] 12:00〜14：00

[R5P-01] Acfer094隕石中の宇宙シンプレクタイトのTEM観察

*松本 恵[1]、土`山 明[2,3]、三宅 亮[4]、富岡 尚敬[5]、伊藤 元雄[5]、兒玉 優[6]、松野 淳也[4]、安武 正展[2]、中藤 亜衣子[7]、上杉 健太朗[8]、竹内 晃久[8]、中野 司[9]、バッカロ エピファニオ[10] (1. 東北大、2. 立命館大、3. GIG/CAS、4. 京都大、5. JAMSTEC、6. マリンワークジャパン、7. JAXA/ISAS、8. JASRI/SPring-8、9. 産総研、10. ロンドン自然史博物館)

[R5P-02] Hコンドライト隕石の変成温度解析：改良型Lindsley輝石温度計による試み

*上原 亮[1]、桑原 義博[2]、島田 和彦[4]、中牟田 義博[3]、上原 誠一郎[4]、足立 達朗[5] (1. 九大・院地球社会、2. 九大・比文、3. 九大・博物館、4. 九大・理、5. 九大・埋文)

Acfer094 隕石中の宇宙シンプレクタイトの TEM 観察

松本恵* (東北大), 土`山明 (立命館大, GIG/CAS), 三宅亮 (京都大),
富岡尚敬, 伊藤元雄 (JAMSTEC), 兒玉優 (マリンワークジャパン),
松野淳也 (京都大), 安武正展 (立命館大), 中藤亜衣子 (JAXA/ISAS),
上杉健太朗, 竹内晃久 (JASRI/SPring-8), 中野司 (産総研),
バッカロ エピファニオ (ロンドン自然史博物館)

TEM observations of a cosmic symplectite in the Acfer 094 meteorite

M. Matsumoto* (Tohoku Univ.), A. Tsuchiyama (Ritsumeikan Univ., GIG/CAS),
A. Miyake (Kyoto Univ.), N. Tomioka, M. Ito, (JAMSTEC), Y. Kodama (Marine Works Japan),
J. Matsuno (Kyoto Univ.), M. Yasutake (Ritsumeikan Univ.), A. Nakato (JAXA/ISAS),
K. Uesugi, A. Takeuchi (JASRI/SPring-8), T. Nakano (GSJ/AIST), E. Vaccaro (NHM in London)

はじめに

Acfer 094 隕石には、宇宙シンプレクタイト（COS: cosmic symplectite）と呼ばれる Fe-O-S-Ni に富む粒子（数–数十 μm）が含まれている。この粒子は、マグネタイトとペントランダイトからなる数十 nm スケールのシンプレクタイト組織を示し、太陽系物質の中で最も重い酸素同位体組成をもつ[1,2]。

COS は、前駆の Fe-Ni 金属, 硫化物粒子が初期太陽系の ^{17}O, ^{18}O に富む水や水蒸気により酸化され形成されたと考えられているが[2]、岩石鉱物学的な研究は少なく、その形成過程には未だ議論の余地がある。本研究では、Acfer 094 隕石研磨片中に見出した一つの COS 粒子[3]について詳細な TEM 観察を行い、新たな COS の産状を発見したので報告する。

試料と手法

本研究の COS 粒子は、事前の NanoSIMS 分析から、先行研究と同様に重い酸素同位体組成（$\delta^{17}O = 159.06 \pm 5.79$ (1σ) ‰, $\delta^{18}O = 166.31 \pm 3.18$ (1σ) ‰）をもつ[3]。また、SPring-8 BL 47XU で行った X 線 CT 撮影から、粒子内部に微小なインクルージョンを含む[3]。インクルージョンが含まれる空間は COS 粒子内で閉じており、クラックは見られないことから、COS 粒子形成時に取り込まれたものと考えられる。本研究では、集束イオンビーム（FIB）を用いてインクルージョンを含む超薄断面試料を作製し、TEM 観察を行った。

結果と考察

COS 粒子は、二次元断面では、インクルージョン（直径 ~2 μm）とそれを殻状に囲む Fe-O-S-Ni 層（厚さ 1–2 μm）からなる、コアーマントル構造を示す。これと似た構造（空隙とそれを殻状に囲む Fe-O-S-Ni 層）を示す COS 粒子は、Abe et al. (2017)[4]の SEM 観察により多数確認されている。これらの粒子は、元々在ったインクルージョンが、試料研磨時に脱離した可能性がある。

電子線回折および化学組成分析の結果、インクルージョンは、Na 硫酸塩の単結晶であることがわかった。

また Fe-O-S-Ni 層の STEM-EDS 元素マップ分析を行ったところ、インクルージョンをコアとする同心円状の 3 層構造をもつことがわかった。コア側から、①やや粗粒（100–200 nm）の FeS とマグネタイトからなる層、②マグネタイトとペントランダイトからなる数十 nm スケールのシンプレクタイト組織層、③Fe 酸化物のみからなる層である。②の層は、マグネタイトの結晶方位に着目すると、径 100–300 nm のドメイン構造をもつ。このドメイン構造は、元々在ったこのサイズの Fe-Ni 金属粒子等を置き換えて形成したと考えられる。

Na 硫酸塩による金属鉄の腐食を模擬した実験[e.g.,5]では、金属鉄板と Na 硫酸塩を接触させ N_2-O_2-SO_2 ガス中で加熱し（>600℃）、接触面に①に似た FeS と Fe 酸化物の混合層や、②に似た FeS－Fe 酸化物ラメラが形成したことを報告している。本研究の COS 粒子は、これと同様の反応過程を経て形成した可能性がある。このような高温条件下での metal-sulfate 反応は、COS が隕石母天体に集積する前に起こった可能性が高い。一方、最表面の③Fe 酸化物層は、母天体集積後の水質変成により COS 粒子表面が酸化され形成した可能性がある。

これらの形成過程は他の多くの COS 粒子にも当てはまる可能性があり、起源を推定する重要な手掛かりになると考えている。

参考文献

[1] Sakamoto et al. (2007), *Science* **317**, 231–233. [2] Seto et al. (2008), *GCA* **72**, 2723–2734. [3] Matsumoto et al. (2019), *JpGU*, PPS07-11. [4] Abe et al. (2017), *Geochem. J.* **51**, 3–15. [5] Buscaglia et al. (1990), *Corros. Sci.* **30**, 327–349.

Keywords: Acfer 094 隕石, 宇宙シンプレクタイト, metal-sulfate interaction, TEM
***Corresponding author:** m_matsumoto@tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R5P-02

Hコンドライト隕石の変成温度解析：改良型 Lindsley 輝石温度計による試み

上原亮*(九大・院地球社会)，桑原義博(九大・比文)，島田和彦(九大・理)
中牟田義博(九大・博物館)，上原誠一郎(九大・理)，足立達朗(九大・埋文)

Metamorphic temperature analysis of H chondrites: An attempt using revised Lindsley's pyroxene thermometer

Ryo Uehara*(Kyushu Uni. ISGS), Yoshihiro Kuwahara (Kyushu Uni. SCS),
Kazuhiko Shimada (Kyushu Uni. Sci), Yoshihiro Nakamuta (Kyushu Uni. Mus),
Seiichiro Uehara (Kyushu Uni. Sci), Tatsuro Adachi (Kyushu Uni. Arc)

これまで小惑星の熱進化モデルについては多くの研究者が議論を展開してきた（Wood, 1979; Miyamoto et al., 1981; Yomogida and Matsui., 1984; McSween et al., 2002）。この熱進化モデルを考える上での重要なパラメーターとして，コンドライト隕石母天体の最高到達温度，年代，冷却速度などが挙げられている（McSween et al., 2002）。これらのパラメーターの中でも，母天体内部の最高到達温度については様々な地質温度計を用いて求められてきた（Olsen and Bunch, 1984; Nakamuta and Motomura., 1999; Kessel et al., 2002; Slater-Reynolds and McSween., 2005）。中でも， Lindsley (1983)による輝石温度計は他の温度計とは違い，同じ隕石内で斜方輝石(Opx)と単斜輝石(Cpx)の各々から温度を求めることができることから広く用いられてきた。しかし，これまで報告された単斜–斜方輝石間の温度差が 50～100°C程度と大きいことから，斜方輝石と単斜輝石で得られる温度のどちらが実際の変成温度を表しているのか，多くの議論がなされてきた。これを受けて，Nakamuta et al . (2017) は隕石中に存在する単斜輝石にコスモクロア輝石成分を考慮し，従来の Lindsley 輝石温度計にその成分を加えた改良型 Lindsley 輝石温度計を提案した。これにより，LL コンドライト隕石中の単斜輝石と斜方輝石から得られた変成温度の差が 20°C未満と,従来の輝石温度計を用いた先行研究の結果より精度の高い結果が得られることを報告した。本研究では Nakamuta et al. (2017) が考案した改良型 Lindsley 輝石温度計を用いて，H グループに属する変成度の異なる 4 タイプの隕石の変成温度の推定を行った。ここでは，その結果について報告する。

Keyword: H chondrite, Lindsley pyroxene thermometer, Kosmoclor, Peak temperature, Onion-shell model
*Corresponding author: Uehara.ryo.811@s.kyushu-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ポスター | R8: 変成岩とテクトニクス

2019年9月20日(金) 9:30 ~ 17:00 | A-プレゼンスペース イースト1号館

R8: 変成岩とテクトニクス

[コアタイム] 12:00〜14：00

[R8P-01] Mineralogical Heterogeneity of *UHP* garnet peridotite in the Bohemian Massif, Czech Republic

*Juliah Wangari Muriuki[1], Daisuke Nakamura[1], Takao Hirajima[2], Martin Svojtka [3] (1. Okayama Uni., 2. Kyoto Uni. , 3. Institute of Geology CAS)

[R8P-02] 中国蘇魯地域北東部に産するザクロ石カンラン岩の温度圧力履歴の推定
「発表賞エントリー」

*老川 柚[1,2]、中村 大輔[1]、平島 崇男[2]、森下 知晃[3]、田村 明弘[3]、山根 創[1] (1. 岡山大・院理、2. 京都大・院理、3. 金沢大・院理)

[R8P-03] Impure metachertに見られる流体・変形活動史と浅部沈み込み帯の肖像

*薮田 渉[1]、平島 崇男[1] (1. 京大・院理学)

[R8P-04] 福岡県宗像市南西部市境域に産する緑色結晶片岩

*棟上 俊二[1] (1. 福岡教育大学)

[R8P-05] 佐賀県神埼市に産する変成岩の化学組成

*宮本 知治[1] (1. 九州大学)

[R8P-06] 南極大陸産超高温変成岩中の輝石の微細組織の特徴

*藤 昇一[1]、宮本 知治[2] (1. 福岡大・理、2. 九州大・理)

[R8P-07] 東南極セール・ロンダーネ山地北部に産するFe-Alに富むグラニュライトの変成組織とザクロ石REEの相違

*馬場 壮太郎[1]、小山内 康人[2]、中野 伸彦[2]、外田 智千[3]、足立 達朗[2]、豊島 剛志[4] (1. 琉球大学・教育、2. 九州大学・比文、3. 国立極地研究所、4. 新潟大学・理)

[R8P-08] **東南極セール・ロンダーネ山地の泥質片麻岩から見出されたコランダムと石英包有物の産状とその解釈**

*外田 智千[1,2]、小山内 康人[3]、中野 伸彦[3]、足立 達朗[3]、豊島 剛志[4]、馬場 壮太郎[5] (1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 九州大学、4. 新潟大学、5. 琉球大学)

[R8P-09] **東南極ドロンイングモードランド東部の地質：スリランカとのリンク**

白石 和行[1]、*外田 智千[1,2]、廣井 美邦[1,3]、野木 義史[1,2]、本吉 洋一[1,2] (1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 千葉大学)

[R8P-10] 西南日本九州北部に分布する三郡変成帯結晶片岩の砕屑性ジルコン後背地の多様性

*北野 一平[1]、小山内 康人[1]、中野 伸彦[1]、足立 達朗[1] (1. 九大・比文)

[R8P-11] Pressure–temperature condition of pelitic gneisses from the Mutis Metamorphic Complex, Timor Island, Indonesia

*Fransiska Ayuni Catur Wahyuandari[1], Yasuhito Osanai[1], Nobuhiko Nakano[1], Tatsuro Adachi[1], Nugroho Imam Setiawan[2] (1. Kyushu University, 2. Universitas Gadjah Mada)

[R8P-12] インド東ガーツ造山帯西縁境界に露出するコランダムを含むグラニュライトの反応微細組織観察

「発表賞エントリー」

*佐藤 史彦[1]、ダス カウシク[1] (1. 広島大・院理)

[R8P-13] 鏡肌を構成する物質の変形特性

*安東 淳一[1]、富岡 尚敬[2]、鍵 裕之[3]、廣瀬 丈洋[2] (1. 広島大・院理、2. JAMSTEC・高知コア研、3. 東大・院理)

[R8P-14] 福岡県篠栗地域に露出するアンチゴライト蛇紋岩の変形特性

*岩﨑 夕季[1]、安東 淳一[1]、Kaushik Das[1]、Sarkar Dyuti[1]、上原 誠一郎[2]、大藤 弘明[3] (1. 広島大・院理、2. 九州大、3. 愛媛大)

[R8P-15] 長野県大鹿村地域の中央構造線に分布する低温型マイロナイトとphylloniteの形成ステージの制約

*中村 佳博[1] (1. 産総研)

[R8P-16] モナザイト・ゼノタイムCHIME岩石年代学による隠岐片麻岩の複変成履歴

*遠藤 俊祐[1]、吉田 宏[1] (1. 島根大)

R8P-01

チェコ共和国、ボヘミアの山塊における超高圧ざくろ石かんらん岩の鉱物学的不均一性

ムリウキ・ジュリア*、中村大輔（岡山大学）、平島崇男（京都大）、マルチンースフォイッカ（チェコ科学アカデミー）

Mineralogical Heterogeneity of *UHP* garnet peridotite in the Bohemian Massif, Czech Republic

Juliah MURIUKI*, Daisuke NAKAMURA (Okayama Univ.), Takao HIRAJIMA (Kyoto Univ.), Martin SVOJTKA (Czech Academy of Sciences)

Previous studies on Nové Dvory garnet peridotites indicated that they lacked spinel and experienced decompression with significant cooling after the peak pressure-temperature (*P-T*) conditions of about 5.5 GPa and 1200 ºC (Medaris et al., 2005). Our petrographic study revealed the occurrence of Al- and Cr-rich spinel, Na- and Fe-poorer clinopyroxene than previously reported and chemical heterogeneity in garnet. We classified the garnet peridotites into three types, based on the chemical compositions of garnet and constituent minerals, as follows:

Type A - includes Cr-rich spinel and Cr-rich garnet,
Type B - includes Cr-poor garnet and no spinel, and
Type C - includes Cr-rich and Al-rich spinel and both Cr-rich and Cr-poor garnet.

The finding of spinel relics {Cr# = Cr/(Cr+Al) ~ 0.6–0.7} in garnet from the type A peridotite suggests that the Nové Dvory peridotite body might have been located at relatively shallow depths prior to ultrahigh-pressure metamorphic stage of > 4 GPa. A type C sample contains an Al-spinel inclusion in garnet, Cr-spinel in the matrix, relatively Cr-rich (~ 0.15 atoms per formula unit (apfu) based on O = 12) and Cr-poor (~ 0.06 apfu) garnet in the same thin section. Garnet in type A tends to be richer in Cr (0.10–0.27 apfu) than garnet in type B (0.06–0.12 apfu). The Al-rich spinel inclusion in garnet is surrounded by symplectite comprising of serpentine and is possibly an unreacted relic of an earlier low-*P* stage.

We used Cr-in-clinopyroxene barometer, Fe^{2+}-Mg exchange-type geothermometers and garnet-orthopyroxene barometer to establish the *P-T* history of the garnet peridotites. Core compositions of clinopyroxene inclusions in garnet and the host garnet yielded 978–1002 ºC, 4.87–5.12 GPa (type B) and 1034ºC, 4.93 GPa (type C), as Stage I. As garnet in type A peridotite lacks clinopyroxene inclusions, the pairs of core compositions of the matrix garnet and pyroxenes yielded 1005–1072 ºC, 4.42–4.46 GPa (type A), as Stage II. For Stage II of type B/C, innermost garnet rims and cores of matrix pyroxenes surrounding garnet yielded 1222–1325 ºC, 5.03–5.67 GPa (type B) and 1189–1267 ºC, 5.59–6.97 GPa (type C).

We evaluated the pressure conditions for the Spl formation stages, assuming Spl coexisted with En, Prp and Fo, as from 3.4 to 4 GPa around 1000 ºC for Cr-rich Spl in type A (inclusion) and type C (matrix) and 0.55 GPa around 1000 ºC for Al-rich spinel of type C.

The occurrence of spinel and amphibole inclusions in garnet as well as our thermobarometric estimations using inclusion clinopyroxene and host garnet data indicate that the Nové Dvory peridotite body has existed as a medium *P/T* spinel peridotite, and then experienced prograde metamorphism equilibrating at high *P-T* conditions, transforming into garnet-peridotite and later being exhumed with significant cooling to crustal levels. Field relationship between *HP/UHP* ultramafic rocks in the Nové Dvory peridotite body is mostly unclear, but type B is the most abundant rock type and prevails over types A and C. Such chemical heterogeneity (especially in Cr contents of garnet) may have been created by mechanical mixing of different rock types (i.e., Cr-rich and Cr-poor types) during the compression and/or decompression stage(s).

Keywords: garnet peridotite, spinel, ultra-high pressure
Medaris et al. (2005) *Lithos*, 82, 1-23.
* Corresponding author: pk386ifi@s.okayama-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R8P-02

中国蘇魯地域北東部に産するザクロ石カンラン岩の温度圧力履歴の推定

老川 柚[1,2]、中村 大輔[1]、平島 崇男[2]、森下 知晃[3]、田村 明弘[3]、山根 創[1]
([1]岡山大学、[2]京都大学、[3]金沢大学)

Estimation of P-T path of garnet peridotite from a northeastern part of the Su-Lu region, China

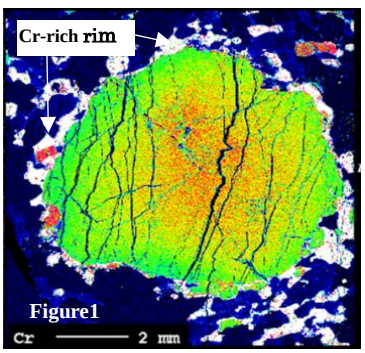
Yu Oikawa*[1,2], Daisuke Nakamura[1], Takao Hirajima[2], Tomoaki Morishita[3], Akihiro Tamura[3], Hajime Yamane[1] ([1]Okayama Univ. [2]Kyoto Univ. [3]Kanazawa Univ.)

中国蘇魯地域北東部の栄成地区 Chijiadian で採集されたザクロ石カンラン岩は、地質温度圧力計の適用から少なくとも 4GPa 以上の超高圧条件を経験したことが知られている[1]。一方で、この岩石がそのような超高圧ステージ以前に加圧を経験した証拠はほとんど報告されていない。そこで、本研究ではこの岩石の温度圧力履歴の推定を試みた。

本研究試料は、直径約 1cm のザクロ石巨晶を含み、matrix は細粒(粒径 1-2mm 程度)なザクロ石、単斜輝石、直方輝石、カンラン石、角閃石などからなる。分析の結果、ザクロ石巨晶は core から mantle にかけてほぼ均質 (Mg:Fe:Ca=68mol%:20mol%:12mol%)だが、rim で Fe が増加し、Mg と Ca が減少する (Mg:Fe:Ca=66mol%:24mol%:10mol%) 組成累帯構造が観察された。また、ザクロ石巨晶は一部の rim を除いて Cr に乏しいが (Cr<0.035apfu,O=12)、Cr 含有量が不連続に多くなる rim (以下 Cr-rich rim とする,Cr=0.05-0.11apfu, O=12, Figure1) が存在する。この Cr-rich rim は細粒なザクロ石と類似した主要元素、微量元素(Zr,Y,HREE)組成を示した。また、matrix の単斜輝石と直方輝石 (Al=0.005-0.015apfu, O=6) は化学組成においてほぼ均質である。このことから、ザクロ石巨晶の Cr-rich rim は細粒なザクロ石や単斜輝石、直方輝石と同時期に形成したと考えられる。更に、巨晶中の包有物として、core では Cr-rich rim には見られない Al に富む直方輝石(Al=0.09-0.17apfu)やスピネル、緑泥石などが確認された。よって、core は Cr-rich rim よりも低圧下で形成したと推察される。そこでザクロ石巨晶の core と包有物の直方輝石、Cr-rich rim と matrix の直方輝石をペアにとり、地質温度圧力計(Grt-OPX 地質温度計[2]、Grt-OPX 地質圧力計[3])を適用した。その結果、core で 660℃,1.0GPa、Cr-rich rim で 770℃,4.1GPa という温度圧力条件が得られ、Cr-rich rim の方がより高温高圧条件だった。

以上より、このザクロ石巨晶は比較的低温かつ浅部で(660℃,1.0Pa)成長し、その後急速な加圧により Cr-rich rim が形成し(770℃,4.1GPa)、最後に地表まで上昇したと考えられる。また、このザクロ石巨晶は rim で Fe が増加し、Mg が減少する「後退型」の組成累帯構造を持つが、実際には上記のような昇温加圧過程で形成したものである。

Y 含有量は core (29.69ppm)から Cr-rich rim (11.04ppm)にかけて不連続に減少した。このような変化は Cr-rich rim の成長過程で起きた系の乱れが原因だと考えられる[4]。これらの事実から、Cr 含有量を増加させる流体の流入などの交代作用により、Cr-rich rim が形成したのかもしれない。



引用文献 [1] Hiramatsu et al. (1995): The Island Arc, 4, 324-333 [2]Harley (1984): Contrib Mineral Petrol (1984), 86:359-373 [3]Nickel and Green (1985): Earth and Planetary Science Letters (1985), 73, 1: 158-170 [4]Zhang et al. (2009): Lithos, 109, 176-192

Keywords: garnet peridotite, Su-Lu region, Chijiadian
*Corresponding author:
oikawa.yuu.34m@st.kyoto-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Impure metacherts, archives of multi-stage mineral growth, portray the shallower part of the subduction zone

YABUTA Wataru* and HIRAJIMA Takao

Graduate School of Science, Kyoto University

Metamorphic reactions taken place in the root zone of the orogenic belts are well constrained in the igneous and pelitic rocks systems (e.g., Spear, 1993). On the other hand, those in "impure" cherts, siliceous ooze mixed with numerous varieties of oceanic sediments and deposits (cf. Kato et al., 2011) in other words, are still under the veil.

As a rare case, Reinecke (1986) clarified systematic de-oxidation and de-hydration reactions in Mn-bearing metacherts under higher-blueschist facies (400-500°C, 0.6-1.0 GPa), in Greece. Ibuki & Hirajima (2010) reported the occurrence of Mn-bearing hydrous minerals (howieite, Mn-bearing lawsonite &c.) is closely associated with the oxidation state in impure Mn/Fe-rich metacherts under lower-blueschist facies (200-300°C, 0.45-0.80 GPa; Sato et al., 2016) collected from the Kurosegwa belt in Yatsushiro, Kyushu, Japan. These predecessors show that oxygen clues us on the hydration and metamorphism of impure metacherts, and the oxidation state must be weaved into the subduction story.

This study aims to clarify the relationship among mineral growths and deformations in "impure" metacherts of the Kurosegwa belt in Yatsushiro, with locally comprehensive data. Further investigation from Ibuki (2010) on hydrous Mn-minerals under lawsonite-blueschist (LBS) facies is carried out. This study also deals with fascinating fabrics of metacherts to read the history of fluid activities and deformations. Impure cherts are to draw a lively image of the shallower part of a subduction zone.

The metachert samples are featured by multi-stage mineral growth. The first, near-peak stage comes with high-pressure minerals including lawsonite, pumpellyite/okhotskite, piedmontite, Na-pyroxene and Na-amphibole. In later stages, straight-shaped veins cut layers of peak metamorphic minerals (OT10J &c.), implying the brittle deformation during the later stage. Both the mineral growths are accompanied by fluid infiltration and deformation to form extraordinary fabrics.

At the near-peak stage, a suite of above-mentioned hydrous minerals is developed. The sample KY1822 contains over 30 vol% of Mn-bearing lawsonite, which enables 4 wt% water content. Some near-peak minerals (e.g., lawsonite, Na-pyroxene) form mono mineral veins with zig-zag shapes, suggesting plastic deformation (KY1830a). Rounded quartz aggregates, i.e. former radiolarians, nearby the zig-zag veins in the rock matrix imply the heterogeneous deformation even at the peak stage.

The post-peak veins are mostly mono mineralic, consisting of todorokite and Ba-bg. adularia. Todorokite is remarkable for containing fluid mobile elements (i.e., Ba and K), 10 wt% of H_2O and Mn^{4+}, which represents extremely high oxygen fugacity. Other veins add Aeg-rich part to near-peak Na-pyroxene veins, suggesting alkali-rich fluids(cf. Malaspina et al., 2012). These facts strongly suggest that highly-oxidized and alkali-rich fluids infiltrated in later stages. And to our surprise, no such post-peak veins are found in LBS in the study area, except for albite, calcite and quartz.

This study shows metacherts eloquently talk about mineral developments and fluid activities in the shallower part of a subduction zone. The rocks would carry water and oxygen into the deep-earth, and undergo fluid activities between the near-peak and the exhumation stages. The origins of the fluids in each stage yet need identified. However, these findings, together with further progressive investigation on metacherts, are to reform our idea on the subduction zone.

Keywords: subduction zone, metacherts, deep-fluids

*Corresponding author: yabuta.wataru.25n@st.kyoto-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R8P-04

福岡県宗像市南西部市境域に産する緑色結晶片岩

棟上俊二*（福岡教育大学）

Petrography of greenschist rock collected near the southwest border of Munakata City, Fukuoka Pref., Japan

TOJO, Shunji* (Fukuoka Kyoiku Daigaku)

Greenschist rocks were underlain across the southwestern border of Munakata City, Fukuoka Pref., Japan. There are several grains of garnet found in above greenschist, which might be related with overprinting actinolite and hornfelsic occurrence at hand specimen as a result through thermal metamorphism by the Cretaceous plutons.

福岡県の変成岩体の代表的なものとして三郡蓮華帯がある。山本（1997）には宗像市南西端の市境付近の分布が記載されている。新修宗像市史編集委員会（2019）にもあるように，市内に限定すれば，その分布域は東西約 0.3〜0.5km 程度，南北約 0.5km 程度の狭い範囲のものだが，市境を挟んで三郡山地の変成岩体までほぼ連続して分布している。市域内では岩質としては緑色片岩すなわち塩基性片岩が殆どを占めており，野外調査の場ではホルンフェルス化している事に気づく事であろう。

鉱物組み合わせは，細長いアクチノ閃石と粒状の斜長石がみられ，ほかに不透明鉱物や少量の石英が含まれると記されている（山本，1997）。その他にも緑色片岩として通常含まれる，普通角閃石・緑泥石・（±）緑れん石は普通に含まれている。鏡下での特徴としてはアクチノ閃石は場合によって著しく定向性に欠く場合があり，既存の片岩組織に明らかに「上書き」している様相である。このアクチノ閃石は明らかに新しいもので，ホルンフェルス化の段階で生じたものと考えられ，白亜紀花崗閃緑岩の貫入に伴う熱変成の影響と考えられている。

一般的な緑色片岩がそうであるように，本地域のものも無色鉱物と有色鉱物が交互に縞状をなす様子が観察される。ごく稀に，この無色鉱物のレイヤー中にざくろ石を産するものが存在する。この場合は無色鉱物のみならず緑れん石等も産しており，成因について議論を頂きたい。

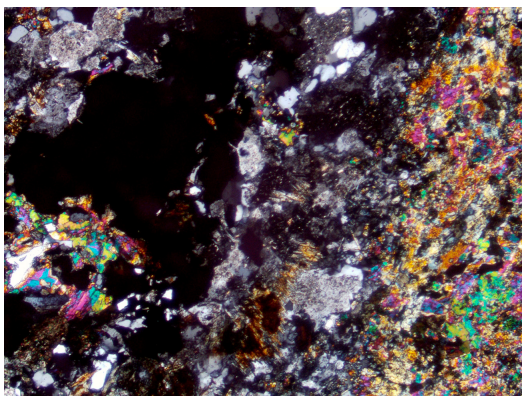


図１．直交ニコル，底辺約 1.2㎜

引用文献

新修宗像市史編集委員会（2019）：新修宗像市史　うみ・やま・かわ―地理・自然―，宗像市発行，PP. 522.

山本博達（1997）:宗像市史通史編第１巻，第３章第２節「古生界」，104-107.

Keywords : the Sangun-Renge belt, greenschist rock, garnet, thermal metamorphism, New edition of Munakata City History

*Corresponding author: stojo@fukuoka-edu.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R8P-05

佐賀県神埼市に産する変成岩の化学組成

宮本知治(九州大学)

Chemical compositions of metamorphic rocks in the Kanzaki City, Saga Prefecture.

Tomoharu Miyamoto (Kyushu University)

Low to medium grade metamorphic rocks were found at the center area of the Kanzaki City, Saga Prefecture. They are composed mainly from basic schist with fine hornblende and plagioclase with subsequent quartz, and are partly found of pelitic schist with fine biotite and muscovite. They show similar schistosity with almost E-W direction. These are regarded as western extension of the Sangun-Renge belt (*e.g.*, Shibata and Nishimura, 1989; Nishimura, 1990). The basic schists were analyzed for whole rock composition by XRF system for be considered the origin. The basic schists were composed from 44.9 - 51.1 wt.% of SiO_2, 5.0 - 8.6 wt.% of MgO, 2.39 - 3.79 wt.% of Na_2O and 0.04 - 0.66 wt.% of K_2O. The composition has spread to both subalkali to alkali fields on $Na_2O + K_2O$ - SiO_2 diagram. On spidergram, moderate enrichment of LIL elements and negative spike on Nb were found for the basic schists. On the other hand, their HFS elements compositions were resembled to those of N-type MORB or E-type MORB (Sun and McDonough, 1989). Especially, their Ti-Y-Zr and Y-Zr-Nb relations were discriminated to within-plate basalts, MORB, island-arc-tholeiite, and calc-alkali basalts (Pearce and Cann, 1973), and within-plate tholeiite, N-type MORB and volcanic-arc basalts (Meschede, 1986), respectively. Considering these characteristics, it is considered that the basic schist originated from rocks equivalent to MORB added with alkali elements before metamorphism, or perhaps their original mafic rocks were produced by remelting of subducting MORB with a little crustal assimilation involved in its igneous activity.

Such a low to medium grade metamorphic rocks are also found at Asahiyama area, central Tosu City, Saga Prefecture, where is 15 km east from the schist location of the Kanzaki City. They are also basic schist with fine hornblende and plagioclase with subsequent quartz, and show schistosity with almost E-W direction. The schist which shows similar mineral assemblage and schistosity, also has similar chemical compositions of the schists collected from the Kanzaki City. Such low to medium schists are also found widely in north to south Chikugo region, east of the Tosu area. Compositional features of basic schists found around there are also resembled to the schists collected from the Kanzaki City. However, those schists are grouped into the Suo belt (*e.g.*, Nishimura, 1990). It seems difficult to distinguish these metamorphic rocks by their texture, mineral assemblage and chemical composition. Those rocks may have been formed by a series of metamorphism. Finally, detailed geochronological research is necessary about the elucidation of attribution and origin of the metamorphic rocks from the Kanzaki City.

References; Meschede, M. (1986): *Chemical Geology*, 56, 207-218. Nishimura, Y. (1990): Sangun metamorphic rocks. In Terrane problem in, eds. Ichikawa, K. et al., 63-78, IGCP Proj. 224: *Pre-Cretaceous Terranes of Japan*, Osaka City Univ. Pearce, J. A. and Cann, J. R. (1973): *Earth and Planetary Science Letters*, 19, 290-300. Shibata, K. and Nishimura, Y. (1989): *Mem. Geol. Soc. Japan.*, 33, 317-341 (in Japanese with English abstract). Sun, S.-S. and McDonough, W. F. (1989): In *Magmatism in the Ocean Basins*, ed. by A. D. Saunders and M. J. Norry. Oxford, Blackwell, 313-345.

Keywords: Basic Schist, Kanzaki-Saga, western extension of Renge belt, Origin.
*Corresponding author: miyamoto@geo.kyushu-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

南極大陸産超高温変成岩中の輝石の微細組織の特徴

藤　昇一（福岡大学理学部）、宮本　知治（九州大学理学部）

Microstructure in Pyroxene of Ultra-High Temperature Metamorphic Rock from Antarctica

Shoichi TOH* (Fukuoka Univ. Faculty of Science),

Tomoharu MIYAMOTO (Kyushu Univ. Faculty of Science)

Microstructure in minerals may have traces of changes in temperature, pressure and strain. The purpose of the present study is to draw out these information from the microstructures. Careful observations and analysis using polarized microscope, SEM and EPMA of the characteristic exsolution texture reveal the history of its proprietary. We will mention the results and discuss the formation process microstructures and the host rock.

地球惑星物質を構成する岩石および鉱物には温度, 圧力, 応力の痕跡が残されている場合があり, それらの解析により形成史についての情報を得る事ができる. 南極大陸に産する超高温変成岩でも, 鉱物共生関係や組織に基づいて形成履歴が明らかにされてきた. 超高温変成岩は地殻下部において, 非常に高温の変成作用を被ることによって形成されたと考えられており, 一般にその最高温度は1000℃またはそれ以上と考えられている (Yoshimura et al., 2008 ほか).

本研究においては南極大陸において採取した超高温変成岩中の輝石内に, 特徴的な離溶組織を見出した. 輝石の離溶現象に関する研究から明らかとなっている基本原理に基づき, 組織形成プロセスについての作業仮説を立てた. 本研究ではその仮説を検証し, 必要に応じて再構築することで, 特徴的な組織形成に至った温度履歴を明らかにすることを目的とする. 具体的な方策としては, 偏光顕微鏡, SEM および EPMA を用い丹念な観察・分析を行った. さらに透過型電子顕微鏡をもちいて, 離溶相界面の方位を電子回折パターンおよび明視野像から明らかにする. 偏光顕微鏡による組織観察, および EPMA の分析結果からは, 母相とラメラ間で Ca と Fe のみが置換している可能性が示唆されている. 現在, 特にこの点について組織との相関を検討している。

化学組成および結晶学的データに基づき温度履歴を推定する. さらに変成岩岩石学的記載, 年代学およびフィールドでの産出状況を考慮し, 岩体が経た温度の変遷を解明するとともに大陸地殻下部構造について考察するための基礎データとする. 学会では以上の実験結果および考察について報告する.

Keywords: Metamorphic rock, Pyroxene, Microstructure, Exsolution

*Corresponding author: tohs@fukuoka-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R8P-07

東南極セール・ロンダーネ山地北部に産する Fe-Al に富むグラニュライトの変成組織とザクロ石 REE の相違

馬場壮太郎（琉球大教育）・小山内康人（九州大比文）・中野伸彦（九州大比文）・外田智千（国立極地研究所）・足立達朗（九州大比文）・豊島剛志（新潟大）

Metamorphic textures and garnet REE variation of Fe-Al-rich granulites in north Sør Rondane Mountains, East Antarctica

S. Baba* (Univ. Ryukyus), Y. Osanai (Kyushu Univ.), N. Nakano (Kyushu Univ.), T. Hokada (NIPR), T. Adachi (Kyushu Univ.), T. Toyoshima (Niigata Univ.)

東南極セール・ロンダーネ山地北西，あすか基地の南西約 25km に位置するベストハウゲンは孤立した露岩である．主に閃緑岩～石英閃緑岩，黒雲母-角閃石片麻岩，角閃石片麻岩，珪線石-ザクロ石-黒雲母片麻岩より構成される(Shiraishi et al., 1992)．Osanai et al. (2013)は変成作用の温度圧力経路，砕屑性ジルコンの年代分布に基づき，セール・ロンダーネ山地を北西テレーンと南西テレーンに再区分した．ベストハウゲンから菫青石を含む片麻岩類が報告されていることから(Shiraishi et al., 1992)，北西テレーンに区分されている．本報告ではベストハウゲンにおいて第 49 次日本南極地域観測隊で採取された菫青石，スピネル（ヘルシナイト），ザクロ石を含む Fe-Al に富むグラニュライトに観察される変成組織と産状の異なるザクロ石の希土類元素含有量の相違について報告する．

Fe-Al に富むグラニュライトは，主に菫青石，スピネル，ザクロ石，アルカリ長石，斜長石から構成される．珪線石や斜方輝石を伴うことがあるが，両者は異なる試料にそれぞれ含まれる．以下のような変成組織が認められる．① ザクロ石は班状変晶として産するものと，スピネルやイルメナイトの周縁にコロナとして産するものがある．ザクロ石コロナはザクロ石斑状変晶のリムと同様の化学組成であることから，後退変成作用時に形成した可能性が高い．② 試料には多量のスピネルが認められ，微細で集塊として産するもの，珪線石の周辺でシンプレクタイトとして産するもの，比較的粗粒で内部に微細包有物を含むもの，ザクロ石の包有物として産するものなどがある．スピネルに包有される微細包有物はダイアスポア[AlO(OH)]が最も多く，まれに石英，コランダム，黒雲母などが認められる．スピネル（包有物を除く）の周縁には菫青石のコロナが発達する．③ アルカリ長石は，透明で内部に包有物を含まないものと，赤みを帯び内部に極微細なラメラやルチルを包有するものがある．これらのアルカリ長石には丸みを帯びた菫青石や短柱状の菫青石が認められる．また一部の菫青石の内部に自形のザクロ石が認められることがある．④ 斜方輝石は微細な黒雲母と石英のシンプレクタイトによって置換されることが多い．

変成温度圧力条件を，三成分系長石ソルバス温度計，地質温度圧力計，シュードセクション法を用いて推定すると，約 900～950℃，5±1 kbar が得られた．ザクロ石班状変晶とザクロ石コロナについて，Laser-ICP-MS を用いて希土類元素組成を測定したところ，両者には明瞭な差が認められた(Baba et al., in press)．REE に枯渇したザクロ石コロナの形成は，１）反応物相(スピネル，メルト）の REE 組成，または（２）ザクロ石成長中に HREE に富む副成分相（例えば、ジルコンおよびモナザイト）の結晶化に起因すると考えられる．

引用文献：Baba et al., (2019) Min. Petrol. in press. Osanai et al., (2013) Precamb. Res., 234, 8-29. Shiraishi et al., (1992) Antarctic Geol. Map Series Sheet 32, NIPR.

Keywords: Metamorphic textures, Grt REE, Sør Rondane Mountains, granulite

*Corresponding author,
baba@edu.u-ryukyu.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

東南極セール・ロンダーネ山地の泥質片麻岩から見出されたコランダムと石英包有物の産状とその解釈

外田智千（極地研/総研大）・小山内康人・中野伸彦・足立達朗（九州大）・
豊島剛志（新潟大）・馬場壮太郎（琉球大）

Corundum and quartz inclusions in pelitic gneiss from Sør Rondane Mountains, East Antarctica

Tomokazu Hokada* (NIPR/SOKENDAI), Yasuhito Osanai, Nobuhiko Nakano, Tatsuro Adachi (Kyushu Univ.), Tsuyoshi Toyoshima (Niigata Univ.), Sotaro Baba (Univ. Ryukyus),

東南極セール・ロンダーネ山地には、640-500 Ma のゴンドワナ超大陸形成に関連する角閃岩相からグラニュライト相の高温変成岩類と関連する火成岩類が分布し（Shiraishi et al., 2008）、時計回りの P-T 経路を持つ北東部テレーンと反時計回りの P-T 経路を持つ南西部テレーンに区分されている (Osanai et al., 2013)。

北東部テレーンのアウストカンパーネ地域には、ザクロ石-珪線石-菫青石-黒雲母、ザクロ石-low-Ca 角閃石-菫青石-黒雲母、などの鉱物組み合わせを持つ泥質片麻岩類ならびに関連する変成岩類が分布する。

ザクロ石中には、スピネル、十字石、珪線石、コランダムなどの包有物がみられる。藍晶石は確認されない。十字石とスピネルはともに Zn に富み、珪線石安定領域での十字石の分解反応が示唆される。また、ザクロ石は菫青石のコロナに取り囲まれていることが多く、low-Ca 角閃石はコアからリムに向かって Al 含有量の顕著な低下が認められる。これらは、典型的な時計回りの P-T 経路を示し、北東部テレーンに位置することと調和的である。

コランダムは、粒径 10～50 ミクロンの自形～半自形結晶で、石英および黒雲母とともにザクロ石中の包有物として産する。ザクロ石中の包有物として近傍には、Zn に富むスピネル、ルチル、イルメナイトなどが認められる。コランダムは、石英と黒雲母に取り囲まれるような形状を示す。ザクロ石にはコア（alm63prp33grs02sps02）からリム（alm77prp15grs03sps04）への組成累帯構造が認められ、コランダムを含む包有物集合体やスピネルなどの包有物は prp 成分に富むコアの部分に産する。コランダムと共存する黒雲母中の F、Cl、TiO2 含有量はそれぞれ 0.5～0.8wt%、0.3～0.4wt%、1.3～1.8wt%で、試料中の他の黒雲母中の F(0.2～0.8wt%)、Cl(0.3～0.4wt%)、TiO2(0.6～2.4wt%)含有量と比べて顕著な特徴は認められない。なお、TiO2 含有量については、ザクロ石中の包有物として産する黒雲母中の TiO2 はマトリクスのものと比べて概して高い。スピネル中の ZnO 含有量は場所ごと粒子ごとに異なり、8～24wt%の範囲で大きく変化する。

コランダムと石英の共生は、かつては、高温でかつ高圧の変成条件の指標（例えば、Mouri et al., 2003）と解釈されることもあったが、高温高圧実験（Harlov and Milke, 2002; Harlov et al., 2008）によって、珪線石あるいは藍晶石の安定領域で準安定的にコランダムが石英とともに生成することを示し、本試料中のコランダムと石英もおそらく藍晶石と珪線石の安定領域境界近くでの準安定生成と考えられ、共存する鉱物共生や反応組織から解釈される温度圧力条件とも調和的である。本試料中のコランダムと石英は黒雲母を必ず伴うことも特徴である。

Harlov and Milke, 2002, Am. Mineral., 87, 424-432. Harlov et al., 2008, Am. Mineral., 93, 608-617. Mouri et al., 2004, JMPS, 99, 159-163. Osanai et al., 2013, Precamb. Res., 234, 8-29. Shiraishi et al., 2008, A Key to the East-West Gondwana Connection, GSL-SP 308, 21-67.

Keywords: Antarctica, corundum, pelitic gneiss

*Corresponding author: hokada@nipr.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

東南極ドロンイングモードランド東部の地質：スリランカとのリンク

白石和行（極地研）・外田智千（極地研/総研大）・廣井美邦（千葉大学）・
野木義史（極地研/総研大）・本吉洋一（極地研/総研大）

Geology of the eastern Dronning Maud Land, East Antarctica: Missing link to Sri Lanka

Kazuyuki Shiraishi (NIPR), Tomokazu Hokada* (NIPR/SOKENDAI), Yoshikuni Hiroi (Chiba Univ.), Yoshifumi Nogi (NIPR/SOKENDAI), Yoichi Motoyoshi (NIPR/SOKENDAI),

ゴンドワナ超大陸の形成と関連する南極の原生代末期から古生代初期のテクトニクスはこれまで様々な議論や論争がなされてきた。日本の南極観測の活動エリアである東南極のドロンイングモードランド東部は、東西ゴンドワナの境界部に位置するとされる。この地域には東から西に向かってリュツォ：ホルム岩体（LHC）、やまと-ベルジカ岩体（YBC）、セールロンダーネ山地（SRM）という3つの原生代末期-古生代初期の高温変成-深成岩体が分布する。

リュツォ：ホルム岩体（LHC）は、中圧型で角閃岩相からグラニュライト相、一部超高温条件に達する累進的な変成度の上昇と時計回りの温度圧力径路で特徴づけられる (Hiroi et al, 1983, 1991; Motoyoshi et al., 1989; Kawasaki et al., 2011)。やまと-ベルジカ岩体（YBC）は、角閃岩相からグラニュライト相の変成岩類と関連する花崗岩質深成岩類が卓越する (Shiraishi et al., 1987)。LHC と比較して、YBC はやや低圧の変成条件が特徴づけられている。両岩体の変成作用の時期は 630-500 Ma (Shiraishi et al., 1992, 2003) とされてきた。

最近の地磁気データにより、しらせ氷河に沿った NW-SE 方向のリニアメント (Nogi et al., 2013) が、LHC と YBC の境界と示唆される。LHC からの新たな U-Pb 年代データの蓄積 (Dunkley et al., 2014; Tsunogae et al., 2014; Takahashi et al., 2018) や、地質学的・岩石学的データの再検討により、LHC は４つのサブユニット（Rundvag, Skalevik, Main, West Ongul units）に区分される。本発表では、それらの詳細について紹介する。

その上で、スリランカの最近の年代データ (例えば、Kitano et al., 2018) ともあわせて、LHC のサブユニットは Kitano et al. (2018) で示唆されるようにスリランカの Highland Complex 及び Wanni Complex と対比され、YMC は Shraishi et al. (1994) で示唆されていたようにスリランカの Vijayan Complex と対比される。

Dunkley et al., 2014, Extended abstract 7th International SHRIMP Workshop, 116-121. Hiroi et al., 1983, In: Oliver, R.L. et al. (Eds.), Antarctic Earth Science, 32-35. Hiroi et al., 1991, In: Thomson, M.R.A. et al. (Eds.), Geological Evolution of Antarctica, 83–87. Kawasaki et al., 2011, Gondwana Res., 19, 430–445. Kitano et al., 2018, J. Asian Earth Sci., 156, 122-144. Motoyoshi et al., 1989, In: Daly, J.S. et al. (Eds.), Evolution of Metamorphic Belts, GSL-SP 43, 325–329. Nogi et al., 2013, Precamb. Res., 234, 279-287. Shiraishi et al., 1987, In: McKenzie, G.W. (Ed.), Gondwana Six: Structure, Tectonics and Geophysics. Geophysical Monograph, 40, 309–318. Shiraishi et al., 1992, In: Yoshida, Y. et al. (Eds.), Recent Progress in Antarctic Earth Science, 67–73. Shiraishi et al., 1994, J. Geology, 102, 47-65. Shiraishi et al., 2003, Polar Geosci., 16, 76–99. Shiraishi et al., 2008, In: Satish-Kumar, M. et al. (Eds.), Geodynamic Evolution of East Antarctica: A Key to the East-West Gondwana Connection, GSL-SP 308, 21-67. Takahashi et al., 2018, J. Asian Earth Sci. 157, 245-268. Tsunogae et al., 2016, Lithos, 263, 239-256.

Keywords: Antarctica, Gondwana, Sri Lanka

*Corresponding author: hokada@nipr.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R8P-10

西南日本九州北部に分布する三郡変成帯結晶片岩の砕屑性ジルコン後背地の多様性

北野 一平*，小山内 康人，中野 伸彦，足立 達朗（九州大）

The variation of detrital zircon provenance for crystalline schists of the Sangun metamorphic belt in the northern Kyushu, Southwest Japan

Ippei Kitano*, Yasuhito Osanai, Nobuhiko Nakano, Tatsuro Adachi (Kyushu Univ.)

三郡変成帯は西南日本内帯に広域的に分布している低温高圧型の変成帯であり、K–Ar・Rb–Sr 年代に基づいて 330–280 Ma の蓮華帯および 230–160 Ma の周防帯に区分されている（例えば Nishimura, 1998）。両者ともに、泥質片岩および苦鉄質片岩が卓越し、様々な規模の蛇紋岩岩体を伴う（例えば Nishimura, 1998）。詳細な地質調査と岩石学的解析から、最高変成条件としてエクロジャイト相～青色片岩相の温度圧力条件が推定されている（例えば Tsujimori, 2002; Li et al., 2017）。一方で、蓮華帯と周防帯の原岩特性に関する研究は乏しく、両者の原岩形成プロセスや地質学的な帰属は未だ不鮮明である。近年では、砕屑性ジルコンの U–Pb 年代に着目したアプローチが行われている（例えば Tsutsumi et al., 2003, 2011）。本研究では、蓮華帯および周防帯が分布する福岡県中央部・南部の砂泥質片岩から、LA-ICP-MS を用いて砕屑性ジルコンの年代測定を行い、原岩の後背地の年代学的特徴を明らかにした。

福岡県南部～熊本県北部の久留米－山鹿地域の三郡変成岩は周防帯に属し、福岡県中央部篠栗地域では蓮華帯と周防帯の両方が分布している。これらの三郡変成岩は白亜紀の花崗岩類に貫入され、局所的に接触変成作用を被っている。分析試料は、前者の地域から砂泥質片岩 3 試料（22301A1: 含アクチノ閃石－緑簾石－白雲母片岩、22409, 22405A: 緑泥石－白雲母片岩）、後者の地域で蓮華帯から 1 試料（12102A: 含緑簾石－黒雲母－緑泥石片岩）、周防帯から 1 試料（12106: 菫青石－黒雲母片岩）を分析した。これらの試料は片理が発達しているが、篠栗地域の試料は白亜紀花崗岩の貫入による接触変成作用の影響が認められる。

分析したジルコンの多くは、明瞭～弱い波動累帯構造の内部組織および高い Th/U 比（> 0.2）を示した。久留米－山鹿地域（周防帯）では、22301A1 は 2410–210 Ma の年代幅と 250–230 Ma の年代ピーク、22409 は 2590–240 Ma の年代幅と 270–250 Ma の年代ピーク、22405A は 930–240 Ma の年代幅と 270–250 Ma の年代ピークを示した。一方、篠栗地域では、12102A（蓮華帯）は 2900–280 Ma の年代幅と 300–280 Ma、440–420 Ma の年代ピーク、12106（周防帯）は 370–240 Ma の年代幅と 300–280 Ma の年代ピークを示した。

周防帯の試料では、最も若いジルコン年代は周防帯の変成年代（230–160 Ma）より古いが、その年代分布や年代ピークは一致しない。一方、蓮華帯の試料では、最も若いジルコン年代は蓮華帯の変成年代（330–280 Ma）とほぼ一致する。Tsutsumi et al. (2003, 2011)の報告データと概ね調和的だが、蓮華帯の試料に関しては 400–280 Ma の砕屑性ジルコンを含む点で大きく異なる。この結果は、蓮華帯と周防帯の両方で、砕屑性ジルコンの後背地に多様性があることを示唆し、両者の帰属を検討するにはより広範囲にジルコン年代による後背地の特徴づけが必要となる。

Keywords: crystalline schist, detrital zircon age, Sangun metamorphic belt, northern Kyushu, Southwest Japan
*Corresponding author: 3GS14010G@gmail.com

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Pressure–temperature condition of pelitic gneisses from the Mutis Metamorphic Complex, Timor Island, Indonesia

Fransiska Ayuni Catur Wahyuandari*, Yasuhito Osanai, Nobuhiko Nakano, Tatsuro Adachi (Kyushu University, Japan), Nugroho Imam Setiawan (Universitas Gadjah Mada, Indonesia)

Mutis metamorphic complex in the southwestern part of Timor Island, East Nusa Tenggara Province, Indonesia, consists of greenschist- up to upper- amphibolite-facies metamorphic rocks which distributed as several metamorphic massifs within this metamorphic complex. This study reports the petrological and geochemical characteristics of pelitic gneisses in Mutis metamorphic complex to estimate the pressure and temperature conditions of metamorphism. Greenschist-facies metamorphic rocks in Mutis metamorphic complex represented by the occurrences of garnet ± muscovite schist and garnet-biotite gneiss, meanwhile the amphibolite- to upper- amphibolite-facies metamorphic rocks represented by the occurrences of aluminosilicate minerals in garnet-bearing pelitic gneiss. X-ray compositional maps obtained from 5 garnet-bearing pelitic gneisses using Electron Probe Microanalyzer exhibit prograde zoning pattern in 4 rock samples which characterized by decreasing Mn and Ca content from the core to the rim with increase of Mg and Fe contents, meanwhile 1 rock sample of pelitic gneiss containing sillimanite exhibits homogenous wide core with retrograde thin rim. Pressure and temperature condition obtained from garnet–biotite geothermometer and garnet–aluminosilicates–quartz–plagioclase (GASP) geobarometer indicate temperature of 560–710°C with pressure of 7.2–10 kbar for garnet–biotite–muscovite gneiss, temperature of 525–610°C with pressure of 3.7–7 kbar for garnet–staurolite–biotite–muscovite gneiss with fine-grained kyanite in the matrix, temperature of 650–790°C with pressure of 7.5–14 kbar for garnet–kyanite–staurolite–biotite gneiss, and temperature of 650–810°C with pressure of 2.5-9 kbar for garnet–sillimanite–cordierite–biotite gneiss. Partial replacement of garnet grain by biotite, chlorite, and other secondary minerals suggest that metamorphic rocks in Mutis metamorphic complex are affected by retrograde metamorphism during cooling. Further discussion about the result of thermobarometry using Raman Spectroscopy of graphite and quartz, as well as monazite U–Th–Pb dating will be conducted during the presentation.

Keywords: Geothermobarometry, P-T condition, Mutis Metamorphic Complex, Timor

*Corresponding author: fransiskaayuni@gmail.com (Fransiska Ayuni Catur Wahyuandari)

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R8P-12

インド東ガーツ造山帯西縁境界に露出する コランダムを含むグラニュライトの反応微細組織観察

佐藤史彦*, ダス カウシク
（広島大・院・理）

Reaction microstructures in corundum-bearing granulite at western boundary of Eastern Ghats Belt, India

Fumihiko Sato*, Kaushik Das
(Hiroshima Uni. Grad. Sci)

造山運動は、大陸衝突帯や沈み込み帯で起こり地殻深部の岩石を地表付近まで上昇させ、地球規模の山脈を形成する。地殻変動による造山運動を理解するためには、造山帯に露出する地殻深部起源のグラニュライト相の岩石の微細組織観察が重要である。また造山帯の中でも中央部よりクラトンとの境界部の方が、多くの変成・変形のステージの情報を保存している可能性が高い。

本研究地域は、Proterozoic の造山帯であるインド東ガーツ帯(EGB)である。この地域は古くから、異常に高温な広域変成作用である超高温変成作用[1](＞900℃, ~1GPa, UHT)を受けた超高温変成岩が露出している[2]。

長年 EGB の中央部、東部の研究はよく行われてきたが、造山帯とインドクラトンの西境界のデータは、重要な地域であるにも関わらずデータが不足している[3]。

そのため本研究では西境界地域のミグマタイト地域に露出するグラニュライト相の片麻岩を用いて研究を行った。試料からはコランダムを含むグラニュライトが見つかり corundum+spinel+garnet+magnetite+ilmenite+sillimanite+quartz+plagioclase+K-feldspar+biotite の鉱物組み合わせが見られた。

偏光顕微鏡と走査型電子顕微鏡(SEM)による鉱物の組み合わせと反応微細組織の観察、電子線マイクロアナライザ(EPMA)による鉱物の化学組成分析を行った。また、地質温度圧力計を用いて温度圧力条件を推定した。

微細組織観察から4つの変成ステージ分けをし、それぞれのステージの温度圧力条件を推定した。ピーク条件は、(＞950℃, 8.2–9.3 kbar)と見積もった。本発表では、ステージごとの鉱物組み合わせと反応微細組織、推定した変成条件について詳細な報告をする。

References: [1] Osanai et al. (2017) Geol. Soc. Japan, 123, 10, 879-906. [2] Dasgupta et al. (2013) Precambrian Research, 227, 247–258. [3] Chatterjee et al. (2017) Lithos, 290–291, 269–293.

Key words: corundum-bearing UHT granulite; western boundary; EGB, India

***Corresponding author**: E-mail address (m195399@hiroshima-u.ac.jp)

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

鏡肌を構成する物質の変形特性

安東淳一*（広島大），富岡尚敬（JAMSTEC・高知コア研），
鍵裕之（東京大学），廣瀬丈洋（JAMSTEC・高知コア研）

Deformation characteristics of constituent material of slickenside

J. Ando* (Hiroshima Univ.), T. Tomioka (JAMSTEC), H. Kagi (Univ. Tokyo), T. Hirose (JAMSTEC)

断層岩は断層運動によって形成された岩石であるため，断層運動の素過程を反映した微細組織を保持している。本研究が対象とした鏡肌は，断層面上に普遍的に認められる平滑で鏡の様な光沢を持つ面として知られているが，「マイロナイト」や「シュードタキライト」などの断層岩と比較して，研究例は非常に限られている。発表者らはここ数年，様々な岩石種に発達した鏡肌の微細組織の観察と，断層運動の模擬実験を通じて，鏡肌を有する断層，および鏡肌を構成する物質の変形特性の研究を続けてきた。その結果，鏡肌を有する断層の運動特性は地殻の強度特性に大きな影響を与える可能性が強いことが明らかとなった。

研究方法： 天然に露出する鏡肌の観察には，チャート，石灰岩，角閃岩，蛇紋岩，クロム鉄鉱岩，炭質泥岩，砂岩，泥岩，凝灰角礫岩中に発達する計 15 種類の試料を用いた。微細組織の観察には，偏光顕微鏡と共に，高空間分解能機器として原子間力顕微鏡，分析透過型電子顕微鏡，電子線後方散乱回折装置付き走査型電子顕微鏡，放射光起源の軟 X 線照射による XANES 測定を用いた多角的な方法を用いた。また鏡肌を再現する断層運動の模擬実験では，高速回転摩擦試験機と二軸摩擦試験機を使用し，Carrara marble の「ブロック」と「粉末」の 2 種類を実験に用いた。実験条件は，高速回転摩擦試験機と二軸摩擦試験機に対して各々，垂直応力 1.0-10.0 MPa，すべり速度 0.1 m/s，すべり変位量は最大 5.0 m と，垂直応力 10-80 MP，すべり速度 30 μm/s，すべり変位は最大 111.5 mm とした。

結果： 本研究において最も重要な結果をまとめる。1) 鏡肌は断層運動の際に生じる「脆性変形」と「摩耗」が，断層面近傍（約 50 μm - 100 μm）に集中することで生じる。2) この約 500 μm - 100 μm の領域は，摩耗によって形成されたナノサイズスケールの粒子から構成されている。そして，このナノサイズスケールの粒子は結晶質（すなわちチャートでは石英，石灰岩と大理石では方解石）であることが分かった。3) 実験の結果からは，「垂直応力」と「すべり距離」が増大するとともに鏡肌の形成率が増大し，かつ「摩擦係数」も低下することが明らかとなった。そして特に重要なことは，断層面が鏡肌で覆われている実験では，実験直後に摩擦係数が約 0.2 程度となったことである。このことは，一旦鏡肌が生成された断層面は，クリープ性断層運動につながりえることを示唆する。

Keywords: Slickenside, Microstructure, Fault strength, Frictional coefficient
*Corresponding author: jando@hiroshima-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

福岡県篠栗地域に露出する アンチゴライト蛇紋岩の変形特性

岩﨑夕季（広島大）、安東淳一（広島大）、Das Kaushik（広島大）、Sarkar Dyuti Prakash（広島大）、上原誠一郎（九州大）、大藤弘明（愛媛大）

Deformation characteristics of antigorite serpentinites exposed at Sasaguri area, Fukuoka Prefecture

Y. Iwasaki* (Hiroshima Univ.), J. Ando (Hiroshima Univ.), K. Das (Hiroshima Univ.), D. P. Sarkar (Hiroshima Univ.), S. Uehara (Kyushu Univ.), H. Ohfuji (Ehime Univ.)

はじめに: アンチゴライト(Atg)蛇紋岩の変形特性は、上部マントルや下部地殻を構成する岩石の上昇過程に大きな影響を与えている。本研究では、上原(1987)で報告されている福岡県篠栗地域に露出する粗粒 Atg 蛇紋岩に着目し、変形のメカニズムと形成条件を明らかにすることを目的として研究を進めている。

研究手法: 本研究では、1）粗粒 Atg 蛇紋岩体中に、幅数 10 m のマイロナイト帯（面構造の走向は約 N80° E、北に 80° で傾斜）と 2）Atg 蛇紋岩体分布域内に露出する、上記したマイロナイト帯と構造的整合性を持つ珪質片岩を発見し、微細組織の見地から研究を進めている。研究の手法は主に、偏光顕微鏡と SEM を用いた微細組織観察、SEM-EBSD を用いた結晶方位測定を行っている。

結果と考察: 研究対象とした粗粒 Atg 蛇紋岩体中を微細組織により区分すると、マイロナイトに向かい、1）粗粒 Atg 蛇紋岩、2）粗粒-細粒 Atg 蛇紋岩、3）マイロナイト Atg 蛇紋岩の 3 タイプに分類できる。1）は緑色塊状を呈し、数 mm-1 cm の鱗片状 Atg から構成される。Atg は定向配列を示さないが、顕著な波動消光を示す。2）中の Atg の粒径や無定向配列の様子は 1) のものと同一であるが、Atg 単結晶内部で動的再結晶に伴う亜結晶化が進行している。3)は緑色を呈し、約 10 um の針状 Atg の[010]が線構造に平行に、(001)面が面構造にほぼ平行に発達することでマイロナイトが形成されている。これらの観察結果は、タイプ 1）から 2)、3）の順に、Atg 結晶中の欠陥形成（亜結晶粒の形成）と、その後の細粒化、定向配列の形成によって Atg の塑性変形が進行することを示唆する。

珪質片岩中の石英の c 軸 CPO は、ポーフィロクラストでは Y-max、ネオクラストでは Type-I crossed girdle が発達する。このことは、珪質片岩は 500℃程度の温度で定常変形した後に、より低温下で塑性変形を被ったことを示唆している。また、粗粒 Atg 蛇紋岩体に近接する南部地域には角閃岩が露出している。この角閃岩について Otten(1984)のホルンブレンド温度計は 550-700 ℃を示す。これらの温度と Atg 蛇紋岩の上昇過程の関係について議論を進めたい。

Keywords: Antigorite, Plasticity, microstructure
*Corresponding author: m186027@hiroshima-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R8P-15

長野県大鹿村地域の中央構造線に分布する低温型マイロナイトと phyllonite の形成ステージの制約

中村佳博* (産総研)

Constraint on the low-temperature mylonite and phyllonite formations along the Median Tectonic Line in the Oshika district, Nagano

Yoshihiro NAKAMURA* (Geological Survey of Japan, AIST)

長野県大鹿村地域に分布するマイロナイト中には，石英長石質なウルトラマイロナイトと黒色で雲母からなる phyllonite が中央構造線近傍に分布している(Takagi, 1986)．これらのマイロナイトの形成環境と源岩を推定するために，詳細なマイロナイトの解析と三波川変成岩・領家変成岩の U-Pb 年代測定を実施した．

上盤側の領家花崗岩に関しては，石英長石質なウルトラマイロナイトを選定し，U-Pb 年代測定を実施した．このマイロナイトは，再結晶石英の EBSD 分析より中温型のマイロナイト化を受けた後に低温型のマイロナイト化を被った試料である．このウルトラマイロナイトからジルコンを抽出し U-Pb 年代測定を実施すると 69.0 ± 0.6 Ma (n=10)の源岩固結年代をえることができた．この固結年代をもとに花崗岩の冷却カーブを推定すると中温型マイロナイト化と低温型マイロナイト化年代をそれぞれ~67Ma と~65Ma に再定義することができた．低温型マイロナイトの形成年代は柴田・高木ほか(1988)で報告した phyllonite の白雲母 K-Ar 年代(64.7 ± 2.1Ma)ともよく一致しており，低温型マイロナイト化の過程で phyllonite が形成されたと推定される．

下盤側の三波川変成岩に関しては，ザクロ石帯に分布し鹿塩マイロナイトと同様の左横ずれセンスを示す泥質岩中ジルコンの U-Pb 年代を測定した．U-Pb 年代測定を実施すると最も若い粒子と最も若いクラスター年代は，それぞれ 70.7 ± 1.5 Ma と 71.2 ± 0.91 Ma(n=4)となった．白雲母の K-Ar 年代に関してはすでに柴田・高木ほか(1988)によって 63-65 Ma の年代が報告されている．つまり 70Ma 前後に堆積した後に 63-65 Ma には低温高圧型の変成作用を受けたことが推定される．この変成年代は，低温型マイロナイトの形成年代ともよく一致しており，沈み込み帯において上盤側の領家変成岩と下盤側の三波川変成岩が中央構造線にそって接合したタイミングといえる．

[**参考文献**]: H. Takagi, J. Struct. Gel. 8 (1986) 3-14. Shibata, H. Takagi, J. Geol. Soc. Jpn., 94 (1988) 35-50.

Key wards: Kashio mylonite, Ryoke metamorphic rocks, Sambagawa metamorphic rocks, U-Pb ages

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

モナザイト・ゼノタイム CHIME 岩石年代学による隠岐片麻岩の複変成履歴

遠藤俊祐*・吉田 宏（島根大）

Polymetamorphic history of the Oki Gneiss inferred from monazite and xenotime CHIME petrochronology

S. Endo* and H. Yoshida (Shimane University)

隠岐島後に環状に露出する隠岐片麻岩の変成作用のピークは CHIME モナザイト年代より約 250Ma とされる（Suzuki and Adachi, 1994）．近年，隠岐片麻岩の原岩年代および初期の変成年代は古原生代にまで遡ることが明らかにされた（Tsutsumi et al., 2006; Cho et al., 2012）．本研究は，古原生代の変成作用の広がりや変成履歴を明らかにするため，隠岐片麻岩の分布全域の泥質片麻岩の岩石学的解析と CHIME 年代測定を進めている．

南部の銚子，東郷，大久地域の泥質片麻岩は，ざくろ石＋黒雲母＋斜長石＋石英＋珪線石＋スピネル＋菫青石（仮像）＋石墨＋モナザイト＋ジルコン＋ゼノタイムの鉱物組合せをもち，優白質部には珪線石を置換する紅柱石がみられる．ざくろ石は他形で組成は完全に均質化している． ざくろ石中の微小なモナザイト包有物はすべて約 1.85 Ga の年代を示す．ざくろ石の縁部に一部包有されるモナザイト粒子は，Y に乏しい 1.8 Ga の領域が基質に面して Y に富む 250 Ma の領域（ゼノタイムと共存）に置き換えられている．基質のモナザイトは約 250Ma の年代を示す. ゼノタイムは他形のざくろ石周囲の湾入部付近にのみ存在し, 年代は一様に約 250Ma を示す.

北部の飯美地域の泥質片麻岩は，ざくろ石＋黒雲母＋斜長石＋石英＋珪線石＋石墨＋モナザイト＋ジルコンの鉱物組合せからなり，優白質部に紅柱石を含む．ざくろ石は自形でバイモーダルな粒径を示し，粗粒結晶は Ca が成長累帯構造を残す一方, 細粒結晶の組成は均質化し，南部地域のざくろ石組成範囲内に収まる．ざくろ石に包有されるモナザイトも基質のモナザイトも約 250Ma の年代を示す.

以上より，南部地域では古原生代（1.85Ga）の変成作用によりざくろ石が形成し，250Ma の高温変成作用時に，ざくろ石の組成の均質化，ざくろ石分解とゼノタイム成長が起こったと考えられる．北部の飯美地域は Tsutsumi et al. (2006) のデータから原岩年代は古原生代の可能性が高いが, ざくろ石は 250Ma の変成時に結晶化したと考えられ，古原生代変成作用の痕跡は認識できない.

Keywords: CHIME, monazite, xenotime

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

各種委員会

2019年9月20日(金) 12:00 ~ 12:30 | A-117 イースト1号館

GKK編集委員会

12:00 ~ 12:30

GKK編集委員会

各種委員会

2019年9月20日(金) 13:00 ~ 13:30 | A-117 イースト1号館

JMPS編集委員会

13:00 ~ 13:30

JMPS編集委員会

口頭講演 | R4: 地球表層・環境・生命

2019年9月21日(土) 14:00 ~ 16:15 | 大講義室 Ib 大講義室

R4: 地球表層・環境・生命

座長:川野 潤、横山 正、宇都宮 聡

[座長]
横山　正：R4-01～R4-03
宇都宮　聡：R4-04～R4-06
川野　潤：R4-07～R4-09

14:00 ~ 14:15

[R4-01] 人形峠ウラン鉱山における坑水自然浄化機構の解明

*川本 圭佑[1]、落合 朝須美[1]、岳田 彩花[1]、中野 友里子[1]、横尾 浩輝[1]、沖 拓海[1]、大貫 敏彦[2]、小原 義之[3]、福山 賢仁[3]、宇都宮 聡[1] (1. 九州大学、2. 東京工業大学、3. 日本原子力研究開発機構)

14:15 ~ 14:30

[R4-02] 高濃度放射性セシウム含有微粒子の新規定量法(QCP法)開発とその移行挙動の解明

*宇都宮 聡[1]、池原 遼平[1]、末武 瑞樹[1]、栗原 英太郎[1]、小宮 樹[1]、諸岡 和也[1]、高見 龍[1]、武原 政人[1] (1. 九州大学)

14:30 ~ 14:45

[R4-03] 白色干渉計を用いた水溶液中でのジルコン溶解速度測定

*北垣 徹[1] (1. 原子力機構)

14:45 ~ 15:00

[R4-04] 鉱物の濡れ性の違いが溶解挙動に及ぼす影響

*横山 正[1]、西山 直毅[2] (1. 広大・院総科、2. 筑波大・院生命環境)

15:00 ~ 15:15

[R4-05] 蛍光プローブを用いた２次元可視化手法による結晶の溶解/成長メカニズムの検討

*川野 潤[1]、矢崎 誠[1]、豊福 高志[2,3]、長井 裕季子[2,4]、Teng Henry[5]、永井 隆哉[1] (1. 北大、2. JAMSTEC、3. 海洋大、4. 科博、5. 天津大)

15:15 ~ 15:30

[R4-06] 二酸化炭素と水蒸気存在下における珪灰石の炭酸塩化

*橋爪 秀夫[1] (1. 物・材機構)

15:30 ~ 15:45

[R4-07] 中性子回折とラマン分光によるNesquehoniteの化学式の再検討

「発表賞エントリー」

*山本 弦一郎[1]、興野 純[1]、阿部 淳[2]、佐野 亜沙美[3]、服部 高典[3] (1. 筑波大学、2. 総合科学研究機構、3. 日本原子力研究開発機構)

15:45 ~ 16:00

[R4-08] ヒザラガイ類の歯舌内のマンガンに富む組織の鉱物学的研究

*市村 康治[1]、小暮 敏博[1] (1. 東大・院理)

16:00 ~ 16:15

[R4-09] 急冷指標の炭素含有固化過程：地球上生成物

*三浦 保範[1] (1. 元一山口大)

人形峠ウラン鉱山における坑水自然浄化機構の解明

川本圭佑(九大)，落合朝須美(九大)，岳田彩花(九大)，中野友里子(九大)，横尾浩輝(九大)，沖拓海(九大)，大貫敏彦(東工大)，小原義之(JAEA)，福山賢仁(JAEA)，宇都宮聡(九大)

Remediation mechanisms of uranium mill-tailing site at Ningyo-toge, Japan, under the circumneutral condition

Keisuke Kawamoto (Kyushu Univ.), Asumi Ochiai(Kyushu Univ.), Ayaka Takeda(Kyushu Univ.), Yuriko Nakano(Kyushu Univ.), Hiroki Yokoo(Kyushu Univ.), Takumi Oki(Kyushu Univ.), Toshihiko Ohnuki(Tokyo Tech.), Yoshiyuki Ohara(JAEA), Kenjin Fukuyama(JAEA), Satoshi Utsunomiya* (Kyushu Univ.)

In the Ningyo-toge uranium mine, Okayama, Japan, various toxic elements such as U, As, and Ra are present in the mine wastewaters, of which the concentration except for Ra in the wastewater decrease below the regulatory limit by transport to the slag dumping pond. The mechanisms of decreasing their concentrations in the wastewaters are not fully understood. In order to understand the fundamental processes of natural attenuation at this site, we have investigated the wastewaters and solids from upstream to the pond at the downstream. Wastewater was contacted with oxygenated water and the amount of dissolved oxygen increased. Simultaneously dissolved ferrous iron was oxidized to form ferrihydrite nanoparticles, which are associated with silica colloids, As and U. The ferrihydrite nanoparticles as suspended colloids were transported to the pond in downstream, where the waste stream is completely oxidized. In the slag dumping pond, Mn dioxide, birnessite, dominantly occurs forming a mixture with ferrihydrite+silica colloid, which has a potential to adsorb Ra^{2+}. Consequently, Fe hydroxides nanoparticles and Mn dioxides in Ningyo-toge play a key role on removing U, As and Ra from the wastewater.

岡山県に位置する人形峠ウラン鉱山では、現在も坑水中に U, As, Ra などの有害元素が含まれている。坑水中の有害元素は、表流させることで濃度が減少していることが分かっているが、この自然浄化機構は明らかになっていない。本研究では、U, As, Ra の収着が期待され、かつ人形峠坑水、堆積物中に多く存在している Fe, Mn 酸化物粒子に注目し、その生成過程、表面特性、シリカコロイドとの凝集をナノスケールで明らかにすることで、人形峠における坑水の自然浄化機構を解明することを目的とした。価数同定に XAFS、坑水と堆積物の組成同定に ICP-AES,MS,FIB,TEM、鉱物の同定に SEM,XRD、ゼータ電位、粒径の時間変化に DLS を用いた。なお、DLS は坑水サンプルの酸化を最小限にするため現地で行った。

地下水集水井において、溶存酸素量(DO)が低い地下坑水(DO=0.18 mg/L)が地上に放出されることで、DO が増加し(DO=1.65 mg/L)、即座に表面が正に帯びた粒子状 ferrihydrite が生じて、坑水中のアニオン種である As, U 分子を収着した。同時に負に帯電するシリカコロイドも ferrihydrite 上に付着し、ゼータ電位は徐々に減少して、1 日後には ferrihydrite のゼータ電位はシリカコロイドのゼータ電位範囲内の-23 mV になった。その後、吸着速度の遅い Mn^{2+}が吸着し、わずかに溶けている酸素により吸着した Mn の一部が酸化していた。また、この ferrihydrite 粒子は DO がさらに増加する下流地点(DO=3.09 mg/L)にも流れ、沈殿している。上流地点とは異なり、下流地点では Mn の大部分が酸化され、Ra 収着が期待される繊維状の birnessite として凝集していた。本研究で人形峠では ferrihydrite+シリカコロイド凝集体中の Fe, Mn 酸化物が坑水中の U, As, Ra の除去に関与していることが示唆された。

Keywords: natural attenuation, ferrihydrite, birnessite, uranium mine, Ningyo-toge
***Corresponding author:** utsunomiya.satoshi.998@m.kyushu-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

高濃度放射性セシウム含有微粒子の新規定量法(QCP 法)開発とその移行挙動の解明

宇都宮聡 池原遼平 末武瑞樹 栗原英太郎 小宮樹 諸岡和也
高見龍 武原政人(九大院理)

Novel Method of Quantifying Radioactive Cesium-Rich Microparticles (CsMPs) at Fukushima and the Application to the Dynamics of CsMPs

Satoshi Utsunomiya*, Ryohei Ikehara, Mizuki Suetake, Eitaro Kurihara, Tatsuki Komiya
Kazuya Morooka, Ryu Takami, Masato Takehara(Kyushu Univ.)

Cesium-rich microparticles, which were released from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) in March 2011, have high radioactivity per unit mass and contribute to Cs radioactivity in ambient environment near the FDNPP; however, little is known about the amount and distribution of CsMPs in the environment. Here we report new method to quantify CsMPs. The QCP method is based on quantitative autoradiography, in which photostimulated luminescence (PSL) is linearly correlated to the radioactivity. The relation between PSL and the radioactivity was carefully determined to be 0.0523 Bq/PSL/h using isolated microparticles with various radioactivity. In the soil collected from Nagadoro, Fukushima, Japan, CsMPs were only detected in soil sieved with a 114 μm mesh. There was no overlap between the radioactivities of CsMPs and Cs-clay. Based on the distribution of radioactivity of CsMPs, the threshold radioactivity of CsMPs in the size fraction of <114 μm was determined to be 0.06 Bq. In the application of QCP method, the amounts and radioactivity fractions (RF) of CsMPs in 20 surface soils collected from the vicinity of the FDNPP were determined to be 0.869−318 particles per gram and 1.63−80.2%, respectively. The result of the soils of northwest from FDNPP has smaller RF values and greater number of CsMPs than that of southwest. The lower RF values of the soils collected from northwest from FDNPP are ascribed to the wet deposition of the subsequent plumes that contain only soluble Cs species after March 15. Remarkably, a detailed analysis of accident events revealed that the only plumes released from the late afternoon of March 14 until late afternoon of March 15, 2011 contain CsMPs, strongly suggesting that unit 3 is the most plausible source of CsMPs than the other reactor units. This novel QCP method is applicable to the other environmental samples for determination of the RF values and numbers of CsMPs. These information also provide crucial insights into the timing of the formation, release, movement and distribution of CsMPs, which leads to the better understanding of a scenario of the Fukushima nuclear disaster.

2011 年 3 月に発生した東日本大震災後の原発事故により Cs が大気中に放出された。本研究では汚染土壌中の CsMP による放射能の割合を定量化するための新しい手法を開発した。福島県で採取された 20 の表層土壌中の CsMP の数と放射能画分（RF）は、それぞれグラム当たり 0.869-318 粒子と 1.63-80.2%であると決定された。この範囲の RF 値と CsMP の数は、プルームが移動した場所、プルーム移動中の降水量、および FDNPP からの距離に関与していた。 FDNPP から北西地点の土壌の低い RF 値は、その後の可溶性 Cs 種を含むプルームの影響を示している。3 月 14 日の午後から 15 日の午後までに放出されたプルームには CsMP が含まれており、放出初期には 3 号機が CsMP の供給源であることが示唆された。本研究で得られた CsMP の定量的分布図は、CsMP の動態、ならびに住宅地における潜在的なリスク評価および CsMP に由来する環境影響を理解するのに有用である。

Keywords: Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, CsMPs, QCP method
***Corresponding author:** utsunomiya.satoshi.998@m.kyushu-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

白色干渉計を用いた水溶液中でのジルコン溶解速度測定

北垣 徹（原子力機構）

Dissolution rate measurements of zircon in aqueous solutions by Phase-shift interferometric microscope

Toru Kitagaki* (JAEA)

Zircon dissolution rates under flowing aqueous solutions of pH 0 (HCl), 7 (H_2O), 14 (NaOH aq) were *in-situ* measured from the zircon surface change by Phase-shift interferometric microscope.

1. 緒言　福島第一原子力発電所(1F)事故時の溶融燃料とコンクリートの相互作用（MCCI）により生成する溶融プール中において、ジルコンは地質環境と同様に、溶融プールの温度に応じて Ti、酸素分圧に応じて Ce 等を取り込み結晶成長すると推定しており、本特性を用いて、MCCI 生成物中のジルコンから 1F 事故時の溶融プール中の温度や酸素分圧の推移を解析する手法を開発している。一方、MCCI 生成物は 1F 事故後から炉内滞留水中に浸漬しているため、ジルコンの一部は溶解し、溶解した部分のジルコンが結晶成長した時の環境条件は解析不可となる。ここでは、1F 事故以降、原子炉内滞留水中に浸漬するジルコンのおおよその溶解量を推定するため、天然ジルコンの溶解速度を測定した。

2.実験方法　チタン製その場観察用セル内にスリランカ産ジルコンの(101)面を測定面として設置した後、セル内に pH 0 (HCl)、7 (H_2O)、14 (NaOH aq)の溶液を、HPLC ポンプを用いてそれぞれ送液し、ジルコン表面に付着固定した Au 微結晶を基準高さとした時の 1 次元の凹凸の変化を白色干渉計[1]を用いて測定し、溶解速度（nm/s）を算出した。

別途析出物の有無を確認するため、マラウイ産ジルコンを 70 μm程度以下まで粉砕し、pH 1 (HCl)、7 (H_2O)、13 (NaOH aq)の水溶液 7 mL 中にそれぞれ 500 mg ずつ 67 日間浸漬した後、表面の SEM 観察を実施した。

3.実験結果及び考察　pH 0 (HCl)、7 (H_2O)、14 (NaOH aq)の溶液を送液したときの平均の溶解速度はそれぞれ-4.848×10^{-4}、-1.470×10^{-4}、-4.362×10^{-5} (nm/s)であった。また、ジルコン粉末の浸漬では、NaOH aq 中へ浸漬した試料表面にのみ、針状結晶の生成を確認した。この 2 次生成物により pH14 の溶解速度が見かけ上低下した可能性が考えられる。

本測定結果を用いて pH 7 の炉内水中にジルコンが 10 年間浸漬した場合の溶解量を単純に外挿すると、表面から約 50 μm 程度溶解すると推定できる。

参考文献　[1] Satoh, H. et al., Ame. Mine., 92, 503-509. (2007).

謝辞　本研究の一部は JSPS 科研費 JP18052171 の助成を受けたものである。白色干渉計による測定にご協力頂いた佐藤久夫博士に感謝申し上げる。

Keywords: Fukushima Daiichi NPP, Fuel debris, zircon, in-situ measurement, Dissolution

*Corresponding author: kitagaki.toru@jaea.go.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

鉱物の濡れ性の違いが溶解挙動に及ぼす影響

横山　正*（広大）・西山直毅（筑波大）

Effect of the difference of wettability of mineral on dissolution behavior

Tadashi Yokoyama* (Hiroshima Univ.), Naoki Nishiyama (Univ. Tsukuba)

岩石内部の間隙に水が浸透すると，水と鉱物の接触部で溶解や沈殿などの反応が起こる。地表付近では，一般に全ての間隙が水で満たされるわけではなく，間隙の一部には空気が入る（図 1）。空気が入った部分にある鉱物は水と反応しないように思われるが，実際には鉱物表面には“水膜”が存在し，この水膜を介して溶解が進むことが指摘されている[1]。Nishiyama & Yokoyama (2013)は，ほぼ 100%石英からなる Fontainebleau 砂岩を用いて，間隙が水で満たされる割合が 46%（空気が 54%）の不飽和状態と，間隙が全て水で満たされた飽和状態の両方で岩石内部に水を流して，Si の溶解量を測定した。その結果，飽和状態と不飽和状態とで溶解量に違いが認められず，間隙中に空気が存在しても，石英の表面は全て水膜で濡れて溶解が進むことが明らかになった。しかし，同様の現象が石英以外の鉱物でも生じるかは，よくわかっていない。

本研究では，石英の他にカリ長石や炭酸塩鉱物が含まれている Berea 砂岩を用いて，飽和状態と不飽和状態の両方で岩石内部に水を流して，溶出する元素の量を測定した。不飽和状態の実験として乾燥試料に水を流すと，開始後約 8 日間は間隙中に空気がある状態が続き，徐々に空気が減少して最終的には間隙が水で満たされた。飽和と不飽和のそれぞれの実験で得られた溶解速度（単位時間当たりに岩石全体から溶出するモル数）を比較すると，炭酸塩鉱物から溶出する Ca については，間隙中に空気がある間は溶解速度が飽和状態より小さかった。一方，珪酸塩鉱物から溶出する Si については，空気がある状態でも飽和状態との溶解速度の違いがなくなった。炭酸塩鉱物と比べて珪酸塩鉱物の表面では鉱物表面を濡らす水膜が厚くなりやすいと推定され，このため空気がある状態でも珪酸塩鉱物では水膜を介した溶解が効率よく進んだと考えられる。

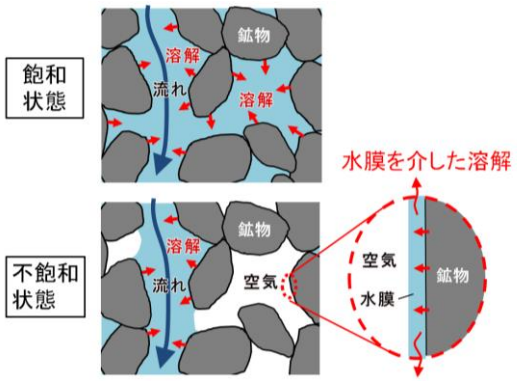


図 1　飽和状態と不飽和状態の間隙中の水・空気の分布と溶解の概念図

Keywords: Dissolution, Pore water, Wetting, Water film

*Corresponding author:

t-yokoyama@hiroshima-u.ac.jp

[1] Nishiyama & Yokoyama, *Geochim. Cosmochim. Acta*, **122** (2013).

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

蛍光プローブを用いた２次元可視化手法による結晶の溶解/成長メカニズムの検討

川野 潤*・矢崎 誠(北大)・豊福高志(JAMSTEC,海洋大)・
長井裕季子(科博, JAMSTEC)・Henry TENG(天津大)・永井隆哉(北大)

Investigation on the crystal growth/dissolution mechanisms by using the 2-D visualization technique with fluorescent probes

Jun Kawano*, Makoto Yazaki (Hokkaido Univ.), Takashi Toyofuku (JAMSTEC,TUMSAT), Yukiko Nagai (NMNS,JAMSTEC), Henry Teng (Tianjin Univ.), Takaya Nagai (Hokkaido Univ.)

はじめに

水溶液中における鉱物の成長や溶解のメカニズムについて、これまで数多くの研究が行われてきたが、近年そのプロセスが想像以上に複雑であることが明らかになるなど、十分な理解が得られているとは言い難い。私達の研究グループはこれまで、鉱物表面における溶解メカニズムを明らかにするため、炭酸カルシウムを例として、溶解する結晶表面近傍の局所的な溶液環境の変化を２次元イメージングする試みを行ってきた。その結果、無機的な溶解プロセスに伴う結晶表面近傍における pH や Ca イオン濃度の変化の様子を初めて可視化することに成功したが、pH はこの現象にともなう様々な反応や拡散など、複雑なプロセスの影響を受けて変化している。本研究においては、この手法によって得られたプロファイルに基づいて、反応をモデリングすることを試みた。

実験手法

結晶の溶解に伴う pH および Ca イオン分布の変化の可視化は、それぞれの違いによって異なる蛍光を示す試薬（蛍光プローブ）により行った。蛍光試薬には、pH については HPTS を、Ca イオン濃度については Fura-FF を用い、既知の溶液を測定して検量線を作成した。溶液には、NaCl によりイオン強度を 0.1 に調整したものを用いた。これらの溶液に結晶を浸漬させたのち、等間隔で 2 種類の励起光に対する蛍光像を撮影し、検量線に従って定量化することにより pH および Ca イオン濃度の時間変化を示す連続画像を得た。

結果と考察

HPTS を含有する水溶液中に炭酸カルシウム結晶を浸漬すると、その直後から蛍光の変化が観察され、pH が変化していくことを本学会でも報告している。その pH プロファイルの変化が、炭酸カルシウムの溶解に伴って生成する OH^-の拡散によるものであると仮定し、Fick の法則により実験結果を再現するように pH プロファイルの計算を行うと、イオンの拡散係数が $D = 1\times10^{-6}$ cm^2/s のとき実験結果と近いものとなった。この値は、これまで報告されている OH^-や H^+などの拡散係数より一桁小さい。この結果は、この現象が、拡散よりも表面反応で律速されている可能性が高いことを示唆している。そのため、より正確なモデリングを行うためには、表面における Ca イオンの脱離速度をあわせて知る必要がある。すなわち Ca イオン濃度と pH を同時に測定・可視化することが望ましいと考えられ、本研究ではその可能性の検討も行っている。講演においては、その試みについても述べる。

Keywords: dissolution, diffusion, fluorescent probe, imaging, calcium carbonate
*Corresponding author: j-kawano@sci.hokudai.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

二酸化炭素と水蒸気存在下における珪灰石の炭酸塩化

橋爪秀夫（物・材機構）

Carbonation of wollastonite in the presence of carbon dioxide and water vapor

Hideo Hashizume (NIMS)

はじめに：二酸化炭素とカルシウム化合物の反応は化合物中のカルシウムイオンと二酸化炭素から炭酸カルシウムを合成することはよく知られている。地球温暖化防止の対策において、原因となるガスである二酸化炭素を回収し、鉱物等と反応させることにより、二酸化炭素の固定を試みる研究は盛んに行われている。また、構造材料のコンクリートなどのセメントを用いた材料では炭酸塩化による劣化が問題となっており、劣化の防止するための研究も進められている。

本報告では、温湿度制御粉末 X 線回折装置(XRD-RH)を用いて、カルシウム化合物である珪灰石と二酸化炭素の反応を行い、湿度の違いによる反応の速さを調べた。

実験：珪灰石は市販の試薬をそのまま用いた。XRD-RH の乾燥ガスを乾燥二酸化炭素ガスにし、飽和水蒸気と混合することにより、適度な湿度を持ったガス中に珪灰石を放置した。試料室の温度は 30℃で、湿度は 50、80%で珪灰石の炭酸塩化を行なった。X 線による測定は 0, 0.5, 1, 2, 3, 5, 10, 20 時間行い、その後は 20 時間毎に測定し、200 時間保持した。比較のために、乾燥ガスを乾燥窒素ガスに変更し、温度が 30℃、湿度 80%により 200 時間保持した測定も行なった。

結果：珪灰石は湿度 50、80%で二酸化炭素と反応し炭酸カルシウムのバテライトに変化した。湿度が 80%の場合(Fig. 1)、測定開始から 5 時間後にバテライトのピークが現れ、10 時間放置するとそのピークは明瞭になった。また、湿度が 50%の場合では、バテライトのピークは約 100 時間後に現れた。

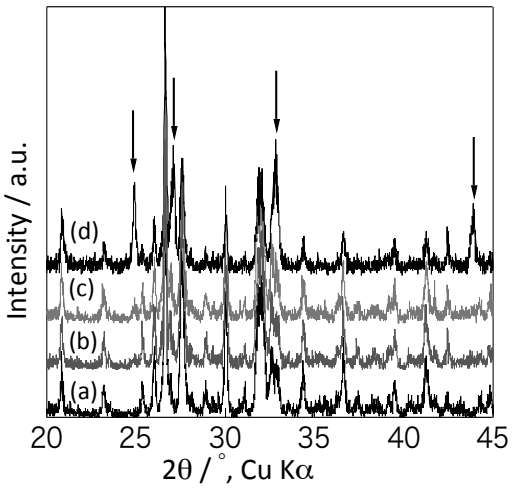


Fig. 1 湿度80%における珪灰石の相変化。(a) 0h, (b) 5h, (c) 10h, (d) 200h。矢印はバテライト。

また、二酸化炭素ガスの代わりに窒素ガスを用いた場合にはピークプロファイルに変化はなかった。水酸化カルシウムについて同様の実験を行った。水酸化カルシウムの場合は数分で反応が進んだが、合成物はバテライトではなくカルサイトであった。

Keywords: wollastonite, carbon dioxide, water vapor, vaterite

(Corresponding author: HASHIZUME.Hideo@nims.go.jp)

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

中性子回折とラマン分光による **Nesquehonite** の化学式の再検討

山本弦一郎 [1]，興野純 [1]，阿部淳 [2]，佐野亜沙美 [3]，服部高典 [3]
（1: 筑波大学, 2: CROSS, 3: JAEA）

Neutron diffraction and Raman spectroscopy of nesquehonite: Which is the correct chemical formula, $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ or $Mg(OH)(HCO_3) \cdot 2H_2O$?

Gen-ichiro YAMAMOTO[*1], Atsushi KYONO[1], Jun ABE[2], Asami SANO-FURUKAWA[3], Takanori HATTORI[3] (1: Univ. Tsukuba, 2: CROSS, 3: JAEA)

Neutron diffraction and Raman spectroscopy were performed to determine the structure and chemical formula of nesquehonite. Nesquehonite was prepared from $MgCl_2$ and Na_2CO_3 solutions of pH 10.9. The crystal structure of deuterated nesquehonite was determined by Rietveld refinement of the time-of-flight neutron powder diffraction pattern. The crystal structure possessed monoclinic space group $P2_1/n$ with lattice parameters of a = 7.72100(12), b = 5.37518(7), c = 12.1430(3) Å, β = 90.165(4) °, and V = 503.956(13) Å^3. The refinement with a final crystal structure model of deuterated nesquehonite converged to wRp = 4.22 % and Rp = 3.50 % (Fig. 1). The positions of six deuterium (D) atoms were successfully determined. The results suggest that the D atoms are coordinated to O1, O2, and O6 atoms as water molecules in nesquehonite. It can be therefore considered that nesquehonite obtained in the study had the chemical formula of $MgCO_3 \cdot 3H_2O$. The crystal structure is composed of infinite ribbons of corner-sharing MgO_6 octahedra along b-axis. Within the ribbons, Mg atom is coordinated to two O atoms in water molecules and four O atoms in CO_3 groups. The ribbons are interconnected by hydrogen bonds of the water molecules located between the ribbons, forming a three dimensional hydrogen bonding network. The hydrogen bonds are ranged between 1.752(12) Å and 1.953(11) Å, except for the D5⋯O1 and D5⋯O2 bonds with distance of 2.346(14) and 2.483(13) Å, respectively. Raman spectra of undeuterated nesquehonite were in substantially coincidence with those given by Hales et al. (2008), but Raman bands corresponding to the CO_3 stretching and bending modes were considerably shifted to the higher wavenumbers (Fig. 2). This shifts imply that the CO_3 vibrations are not derived from the bicarbonate (HCO_3) unit, but the carbonate (CO_3) unit. The difference between our study and Hales et al. (2008) strongly indicates that nesquehonite can have two chemical formulas, $Mg(OH)(HCO_3) \cdot 2H_2O$ and $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ depending on the pH in the solution. That is, nesquehonite grown in a solution with pH around neutrality would have the chemical formula of $Mg(OH)(HCO_3) \cdot 2H_2O$, but that in a strongly alkaline solution results in the chemical formula of $MgCO_3 \cdot 3H_2O$.

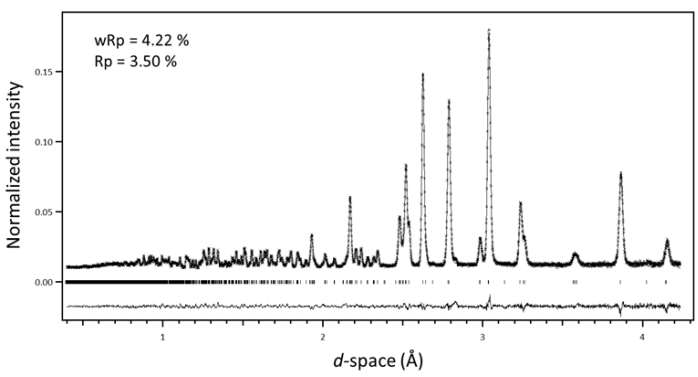


Fig. 1. Neutron powder diffraction pattern and the result of fitting by Rietveld refinement for nesquehonite.

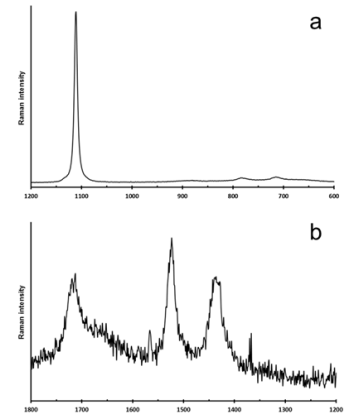


Fig.2 Raman spectra of nesquehonite

Keywords: Nesquehonite, Neutron diffraction, Raman spectroscopy, Hydrogen bonding network
*Corresponding author: g-yamamoto@geol.tsukuba.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ヒザラガイ類の歯舌内の マンガンに富む組織の鉱物学的研究

市村康治，小暮敏博（東京大学）

Mineralogical study of manganese-rich tissue in radular teeth of chitons

R4-08

Koji Ichimura*, Toshihiro Kogure (Univ. Tokyo)

ヒザラガイ類の歯舌には生体鉱物として磁鉄鉱が含まれることが知られている。昨年我々は EPMA によるヒザラガイ類歯舌内の磁鉄鉱中の $Fe^{3+}/\Sigma Fe$ の定量の研究の過程で，複数種のヒザラガイ類の歯の摂餌面の基部でマンガンが濃集する組織を初めて見出した[1]。今回，この組織について化学組成分析と構造観察を試みた。

試料は神奈川県三浦市で採取した *Placiphorella stimpsoni* および数種から摘出した歯舌を乾燥，樹脂包埋，縦断面および横断面で切断，研磨した試料を用いて，歯舌内のマンガンに富む組織の EPMA による元素含有量と $Fe^{3+}/\Sigma Fe$ の分析を行った。その後，FIB によりこの組織の薄膜化加工を行い，TEM により観察と分析を行った。

P. stimpsoni のマンガンに富む組織は磁鉄鉱のある摂餌面の基部にあり，反射電子像は磁鉄鉱よりもやや暗く，歯の中心のリン酸塩より明るい（Fig. 1a）。TEM 観察から，この組織は 10 – 30 nm のスピネル型の結晶の集合体で構成されており，結晶の方位は無秩序であった（Fig. 1b）。この組織は主に鉄，マンガン，銅を含み（Fig. 1c），鉄を 50 - 55 wt%，マンガンを 8 – 9 wt%，銅を 4 - 7 wt%を含有していた。鉄価数の解析の結果，摂餌面の磁鉄鉱中の $Fe^{3+}/\Sigma Fe$ は 0.69 – 0.79 であった一方，この組織の $Fe^{3+}/\Sigma Fe$ は 0.89 であった。

このような遷移金属の存在形態の詳細と磁鉄鉱の形成機構との関連，さらに生理的作用などを今後考察していきたい。

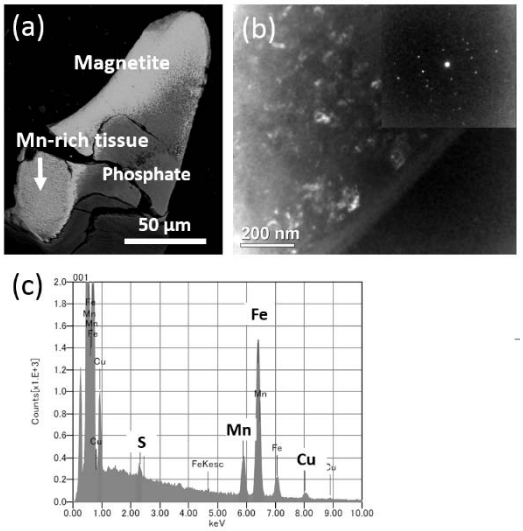


Fig. 1　Observation of manganese-rich tissue in the teeth　of *Placiphorella stimpsoni*
(a) backscattered image of a vertical cross section of a tooth, (b) diffraction pattern and dark field image, (c) corresponding EDX spectrum

[1] 市村・小暮 (2018) 第 13 回バイオミネラリゼーションワークショップ, #14

Keywords: biomineral, manganese, magnetite, EPMA, FIB-TEM
*Corresponding author: ichimura@eps.s.u-tokyo.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

急冷指標の炭素含有固化過程：地球上生成物

三浦保範（元山口大）

Quenched indicator of solidified process with carbon: Earth case

Yasunori MIURA (Post Yamaguchi Univ.)

It has been obtained the carbon-bearing solidified grains of the quenched indicator formed by the activity of active Earth (by three major shock wave phenomena of earthquake, volcano and meteoritic impact) contributes in the fundamental processes of the Earth's surface, environment and life activity.

はじめに：地球上で肉眼的に観察できるマクロの物質状態は、徐冷から急冷で固体化形成される組織や岩石・鉱物などで多様化している。これは地球の安定化した三圏の物質状態間での生成であり、別の環境には応用できない事が多い。本件では、地球内外広く（地球内の未解明問題解決も含め）利用できる状態間の固化物質を急冷指標の観点から地球上（本件）、地球外と環境・生命・人工物についてこれまでの成果をまとめる。

急冷指標の現状とその必要性：高温物質からの冷却過程は、大きな岩石鉱物の形成する徐冷過程と、急冷過程で微小岩石の形成（利用面で制約）がある。他の状態（液体・気体）が消失される前者(徐冷)の固化過程に対して、後者（急冷）では他の状態（液体・気体）を残存する利点がある。急冷過程は、地球上の三圏システム相互間の移動や保持に重要な役目を果たす過程であると考えられる。そのため、地球表層（含深部初期）・環境・生命の未解明の問題も広く議論できる。

三圏間での安定的な循環元素：固体圏での固化過程は岩石鉱物の主要構成元素であるが、二圏を構成する揮発性元素でとして、固化しても安定的に存在できる炭素を本件では取り扱う。

三大衝撃波現象で形成される炭素含有物：活動的な地球上で高温高圧状態から急冷する過程は三大衝撃波現象（地震・火山・隕石衝突）である。これまでの地球上でのこれらの生成物には、すべて炭素含有物が FE－EPMA で観察されている。しかし徐冷の岩石鉱物は、揮発性元素は揮発消失して急冷炭素含有物は観察されていない。

地球環境問題における炭素含有物：地球の活動（三大衝撃波現象）以外に、産業革命以来の人工的な燃焼廃棄物の大気圏放出対策に対して、本件の揮発物の固化過程を応用する事ができる。

生命システムにおける役割：ミニ地球の生命体システムは、炭素源が未解明であり、その生成過程も本件の指標が貢献している。炭素以外に共存元素の水素酸素も海水形成に重要な元素である。

まとめ：地球の活動（三大衝撃波現象の地震・貨損・衝突過程）で形成される急冷指標の炭素含有固化物は、地球表層・環境・生命の基礎的な過程で貢献していることが分かった。

参考文献：三浦保範 (1996)「衝撃波ﾊﾝﾄﾞﾌﾞｯｸ」（ｼｭﾌﾟﾘﾝｶﾞｰﾌｪｱﾗｰｸTokyo), 1073-1209. Miura Y. (2017) Planet. Sci.-2050, 8101 (USA). Miura Y. (2018) IMA-2018 (Melbourne,Australia) 2039.

Keywords: Quenched indicator, Solidified Process, Carbon-bearing grains *yasmiura50@gmail.com*

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

口頭講演 | R6: 深成岩・火山岩及びサブダクションファクトリー

2019年9月21日(土) 14:00 ~ 16:15 | 大講義室 Ia 大講義室

R6: 深成岩・火山岩及びサブダクションファクトリー

座長:亀井 淳志、江島 圭祐、児玉 省吾

[座長]
亀井 淳志：R6-01〜R6-03
江島 圭祐：R6-04〜R6-06
児玉 省吾：R6-07〜R6-09

14:00 ~ 14:15

[R6-01] 中央モンゴルハンガイ山地ハルグイットーウストルゴイ火山のアルカリ岩台地状溶岩の地質と岩石

*大場 司[1]、星出 隆志[1]、井村 匠[1]、ナツァグドルジ ムンフエルデネ[1] (1. 秋田大学・国際資源)

14:15 ~ 14:30

[R6-02] チューク諸島Weno島の火山岩類のマグマプロセス

*角縁 進[1]、下瀬 洸也[2] (1. 佐賀大・教育、2. 芦刈小)

14:30 ~ 14:45

[R6-03] 阿武火山群と青野山火山群のマグマ過程と火山地形

*大和田 正明[1]、井町 春花、永嶌 真理子[1] (1. 山口大学・院創成科学)

14:45 ~ 15:00

[R6-04] 流体包有物に記録されている沈み込み帯流体の塩濃度

*川本 竜彦[1] (1. 静岡大学・理・地球科学)

15:00 ~ 15:15

[R6-05] 花崗岩体の石英の結晶化プロセス：石英のCL累帯パターンとTitaniQ温度計

*湯口 貴史[1]、小北 康弘[2]、加藤 丈典[3]、横田 倫太郎[1]、笹尾 英嗣[2]、西山 忠男[4] (1. 山形大・理、2. 原子力機構、3. 名古屋大、4. 熊本大)

15:15 ~ 15:30

[R6-06] マントルかんらん岩の部分溶融によって生成される安山岩質メルトについて

*土谷 信高[1]、山崎 大輔[2] (1. 岩手大・教育、2. 岡山大・惑星研)

15:30 ~ 15:45

[R6-07] 島根県東部に分布する大東花崗閃緑岩の結晶作用

*野口 将志[1]、越智 博美[1]、小林 夏子[1]、奥田 佳奈[1]、亀井 淳志[1] (1. 島根大学)

15:45 ~ 16:00

[R6-08] 熊本県北部の花崗岩類のジルコンU-Pb年代

*堤 之恭[1] (1. 国立科学博物館)

16:00 ~ 16:15

[R6-09] 東南極セール・ロンダーネ山地に産する大陸衝突型の高Ｋアダカイト質花崗岩

*亀井 淳志[1]、大和田 正明[2]、堀江 憲路[3]、志村 俊昭[2]、柚原 雅樹[4]、東田 和弘[5] (1. 島根大、2. 山口大、3. 極地研、4. 福岡大、5. 名大)

中央モンゴルハンガイ山地ハルグイットーウストルゴイ火山のアルカリ岩台地状溶岩の地質と岩石

大場 司・井村 匠・星出隆志・ナツァグドルジ ムンフエルデネ(秋田大学)

Shoshonitic-Mugearitic Plateau Lava from Harguit/Us-Tolgoi volcano, Khangai Mountains, Central Mongolia

Tsukasa Ohba*, Takumi Imura, Takashi Hoshide, Natsagdorj MunkhErdene (Akita Univ)

Geology and petrology of the plateau lava of Harguit-Us Tolgoi volcano, Central Mongolia, were studied. The northern lava was derived from Us Tolgoi small shield and the southern lava from Harguit cinder cone that consists of agglomerate and scoria lapilli layers. Northern lava and Us Tolgoi are composed of cpx-ol mugerite, whereas the rock of southern lava is shoshonite. The pyroclasts of Harguit cone broadly range from olivine basanite/K trachybasalt to cpx shoshonite. The variation of southern lava and Harguit cone can be accounted for by crystallization from the least differentiated basanite whereas the mugearitic northern lava was derived from an independent magma system.

1. 地質

中央モンゴル，ハンガイ山地に位置する後期更新世～完新世ハルグイット／ウストルゴイ火山の地質と岩石を調査した。本火山には新鮮な表面地形を残す溶岩台地が分布し，33km^{2}にわたり広がっている。ハルグイット火砕丘とウストルゴイ小盾状火山が噴出源であり，これら隣り合った火山体から南北に台地状溶岩が広がる。北部の溶岩はウストルゴイ小盾状火山を給源とし、北～北東側に 29km^{2}に渡って広がる。南部の溶岩は主にハルグイット火砕丘の側噴火口から噴出し、U 字谷を埋積する。

ハルグイット火砕丘は、スコリアと火山弾からなるストロンボリ式噴火堆積物からなる。一方、ウストルゴイ小盾状火山の表面はパホエホエ溶岩で覆われている。溶岩台地は主にパホエホエ溶岩から成り、縄状構造等の典型的な表面構造を呈するものの，溶岩表面はブロック化し Rubbly pahoehoe lava として産する。台地状溶岩全体にテュムリが発達し，クレフトの内壁にブロックが崩落・落下していることや，平板状空隙と鉛直クラックあるいは冷却節理によって溶岩内部が方状に割れていることから、テュムリの生成に伴ってブロック化したものと考えられる。溶岩内部に気泡が発達することが多い。

Keywords: Mongolian Quaternary volcano, Continental Alkaline Lava Plateau

2. 岩石

台地状溶岩を構成する岩石は，いずれもかんらん石，普通輝石，斜長石を斑晶として含む玄武岩質粗面安山岩であるが，ハルグイット火砕丘を給源とする南側の溶岩と，ウストルゴイ小盾状火山を給源とする北側の溶岩では化学組成が異なっている。前者は K に富むショショナイト組成であるが，後者はやや K に乏しく，ミュジアライト組成を示す。それぞれ台地状溶岩内での組成変化は乏しく斑晶組み合わせも変化しない。しかしながら，給源付近では組成変化が大きく，とりわけハルグイット火砕丘を構成する火砕物は未分化なベイサナイトおよびカリ質粗面玄武岩から分化したショショナイトまで，著しい変化が認められる。苦鉄質鉱物組み合わせも未分化な岩石ではかんらん石のみであるのに対し，分化したショショナイトでは普通輝石のみ認められる。

南部溶岩のショショナイトおよびハルグイット火砕丘の組成変化は一連の結晶分化作用で説明可能だが，北方溶岩とウストルゴイ小盾状火山のミュジアライト系列は，ベイサナイトからの一連の分化では説明できず，両火山は独立したマグマ供給系に由来すると考えられる。

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

チューク諸島 Weno 島の火山岩類のマグマプロセス

角縁　進*（佐賀大・教育）・下瀬 洸也（芦刈小）

Magmatic Processe of volcanic rocks in Chuuk Islans, Micronesia

Susumu Kakubuchi *(Saga Univ.) and Khoya Shimose (Ashikari E.H.)

チューク環礁は, 西太平洋カロリン諸島内に位置する島々で, 環礁とその中に位置する複数の火山島群からなる。Stark and Hay(1963)は環礁内の火山島群はかつて一つの大きな火山島を形成していたものが浸食されたものだと推定した。今回調査対象とした Weno 島は火山群の中では北東部に位置する比較的大きな島で, 火山島の断面を調べることが出来ると考えられる。Weno 島は一辺が約 7 km の正三角形状で, 標高 368m の Tonoken 山が最高峰であり, 北東に向かって緩やかに傾斜している。海岸部はマングローブの湿地帯であるが, 内陸部は密林で, 至る所が溶岩の崖となっている。Weno 島の密林の中をくまなく調査し, 岩石試料を採取した。採取した岩石は薄片観察および 70 試料については XRF による主成分元素および微量元素分析および EPMA 測定を行った。

調査の結果, 溶岩は 13 層に区分され, これらはほぼ平坦に積み重なる形で分布し, 約 10 度の傾斜で北西に傾斜し, 最後の溶岩は岩脈である。ごく一部に薄い火山砕屑岩が挟まれる。 SiO_2 – (Na_2O+K_2O)図ではいずれもアルカリ岩の領域にプロットされ, 玄武岩~トラカイトまでの幅広い組成幅を有する。岩脈は SiO_2 含有量が低く（42.7~44.5wt％）アルカリの含有量が高い（3.7~5.4wt%）ベイサナイトに区分される。

Keating *et al.*, (1984)および Lee *et al.*, (2001)の全岩 K-Ar 年代データと今回の調査結果と合わせると，火山活動は 4 つのステージに区分される。

・Stage 1 ：溶岩 1～溶岩 4 (11.29±0.23~10.16±0.21Ma)

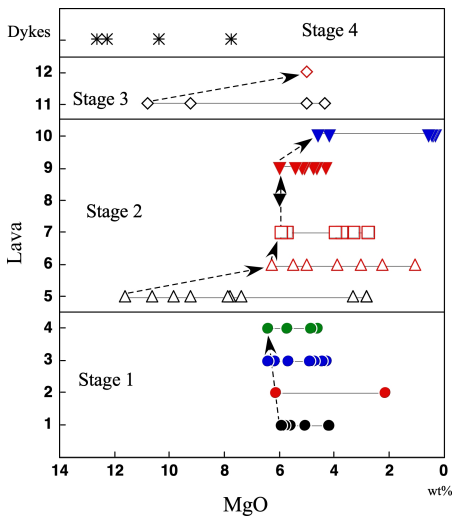
・Stage 2 ：溶岩 5～溶岩 10 (9.76±0.21~9.55±0.19Ma)

・Stage 3 ：溶岩 11～12 (6.68±0.29Ma)

・Stage 4 ：溶岩 13（岩脈） (4.0±0.3~5.4±0.2)

MgOwt%を横軸にとった組成変化図では，最も MgO に富む溶岩（Cpx-Ol Basalt: Lava 5）から連続的に組成を変化させているようにも認められるが，横軸に MgOwt%–縦軸に溶岩の層序（噴火順序）をとった図では，Stage 1 では MgO=6%の溶岩から順に，MgO=7wt%の溶岩へと変化する。しかし Stage 2 では MgO に富んだ未分化玄武岩から活動を開始し, MgO に乏しいトラカイトへと変化する。Stage 3 でも新たな MgO に富んだ未分化玄武岩から分化した溶岩へと組成を変えることが明らかとなった。

Stage 4 は他の玄武岩類と全く異なる化学組成を有し，異なったマントルに由来すると考えられる。



Keywords: Alkaline basalt, Chuuk, Caroline Islands

kakubuch@cc.saga-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

阿武火山群と青野山火山群のマグマ過程と火山地形

大和田正明*，井町春花，永嶌真理子（山口大学理学部）

Magmatic processes and geographical features of Abu and Aonoyama volcano groups, Yamaguchi Prefecture

Masaaki Owada*, Haruka Imachi, Mariko Nagashima (Fac. Science, Yamaguchi Univ.)

Quaternary andesite to dacite of the Abu and Aonoyama volcano groups, Yamaguchi Prefecture, shows distinct geographical features. The andesite to dacite of the Abu group occurs as a plateau, whereas that of the Aonoyama group shows a domal structure. The SiO_2 contents resemble each other from 53 to 65 wt% with a calc-alkaline signature; however, the K_2O and Rb contents of Abu group are relatively higher than those of the Aonoyama group. The andesite to dacite of the Abu group would be produced by magma mixing because of ubiquitously bearing disequilibrium textures between melt and phenocrysts. The magmatic temperature of Abu group reached up to 1050 ˚C higher than that of the Aonoyama group less than 950 ˚C based on a hornblende geothermometer. Consequently, the andesite to dacite magmas of Abu volcano group were solidified as lava plateaus because the magmas would be of low-viscosity conditions due to enrichment of alkali contents and high-temperature.

阿武火山群は山口県北部に分布し，約 200 万年前から活動を始めた（角縁ほか，2000）。火山岩は玄武岩からデイサイトまで幅広いマグマ組成を示す。特に安山岩～デイサイト噴出物（溶岩）は，台地状の特徴的な火山地形が発達し，溶岩平頂丘と呼ばれている（守屋, 1986）。この安山岩～デイサイト溶岩は玄武岩マグマと流紋岩マグマの混合によって生じたとされ，玄武岩質端成分としてアルカリ玄武岩が想定された (Koyaguchi, 1986)。一方，ほぼ同時代に活動した安山岩～デイサイトが島根県から山口県にかけて分布する。これらは青野山火山群と呼ばれ，ドーム状の火山地形が発達する。こうした地形の違いはマグマの粘性度を反映すると考えられるが，異なる火山地形でも溶岩の組成は，両火山群ともに安山岩～デイサイト質である。そこで，本研究では，記載的・岩石化学的特徴から両火山群のマグマ過程の違いを明らかにし，マグマの粘性に関与する要因を検討した。

阿武火山群の安山岩～デイサイトは，一般に篩状構造や汚濁帯を含む累帯構造の発達する斜長石の存在など，メルト－斑晶間の非平衡組織が顕著である。斜長石は燕の尻尾型を示すことが多い。玄武岩はカンラン石を含むがしばしば石英を含むなど非平衡組織を示す。一方，青野山火山群の岩石は，斑晶の角閃石や斜長石が正累帯構造を示す。稀に，角閃石斑晶の核部に長石やスピネルを伴うことがある。両火山群ともに安山岩～デイサイトは斑晶に角閃石を含む。角閃石の組成を Ridolfi et al. (2010)の地質温度計に適応した結果，阿武火山群のマグマ温度は 1050 ˚C に達し，青野山火山群の温度(<950 ˚C)よりも高い結果となった。

玄武岩はアルカリ岩系，非アルカリ岩系の両領域に区分され，アルカリ玄武岩は K_2O や Rb に富む。安山岩～デイサイトはカルクアルカリ岩系で，両火山群の岩石は共にアダカイト質の特徴を持つ。しかし，阿武火山群の安山岩～デイサイトはより K_2O や Rb に富む傾向を示す。すなわち，阿武火山群の安山岩～デイサイトには，アルカリ玄武岩によるマグマ混合の影響が組成に反映されている。アルカリ玄武岩マグマとアダカイト質マグマが混合した阿武火山群の安山岩～デイサイトマグマは，高い K_2O に加えて高温の状態で噴出した可能性がある。その結果，マグマは粘性に乏しく，台地状の火山地形を形成したと推察される。

Key words: Abu/Aonoyama volcano groups, alkali-basalt, adakite, magmatic process, volcanic landform

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

流体包有物に記録されている沈み込み帯流体の塩濃度

川本 竜彦[1,*] ([1]静岡大学・理・地球科学)

Salinity map of subduction zone fluids

KAWAMOTO, Tatsuhiko[1,*] ([1]Department of Earth Science, Shizuoka University)

I summarize salinity data of aqueous fluids in subduction zones and try to explain the variation of Cl/H_2O ratios in arc magmas.

島弧玄武岩に含まれるカンラン石中のガラス質包有物の塩素と水の比は、1−15%の広い範囲を持つ(Wallace 2005, JVGR)。これら広範囲にわたる変化をうまく説明することは難しく、沈み込み帯流体の塩濃度の統一的理解を困難にしている。一方、マントルカンラン岩や高圧変成岩中に含まれる流体包有物の塩濃度は、海水よりもやや高い値を示すものが多かったが、低温・低圧条件でできたと考えられる石英と炭酸塩鉱物からなるリストヴェナイトは、特徴的に低い塩濃度をもつことがわかってきた。

リストヴェナイトは、蛇紋岩中に見られる炭酸塩岩である。蛇紋岩化作用と炭酸塩岩化作用が同時に起こった(エチオピア、Sofiya ほか、2017、IGR) か、炭酸塩岩化に先行して蛇紋岩化作用が起こった (オマーン、Kelemen、2019 年日本地球惑星科学連合大会) と考えられるリストヴェナイト中の炭酸塩鉱物中の流体包有物の塩濃度は低い。これまで観察してきたエチオピアのオフィオライト中では、塩水流体の塩濃度は 2.4%±1.0% NaCl 当量 (川本ほか、2018 年日本鉱物科学会) で、オマーンのオフィオライト中に含まれるリストヴェナイトのそれは、1.0%±0.6% NaCl 当量 (Kawamoto ほか、2019 年日本地球惑星科学連合大会) である。これらの値は海水(3.5% NaCl)よりも低い。

神崎(2018 年日本地球惑星科学連合大会) は、アンティゴライトの結晶構造内に塩素が入りうることを示しているので、蛇紋岩化にともないアンティゴライトに塩素を奪われてしまったと仮定すると低い塩濃度を説明することができる。今後、アンティゴライトと塩水の間で Cl/H_2O の分配を知ることが重要である。

海水よりやや高い塩濃度は、最上部マントルカンラン岩 (Kawamoto ほか、2013、PNAS、Kumagai ほか、2014、CMP) や、ヒスイ輝石岩 (Fukuyama ほか、2017、JMPS、Kawamoto ほか、2018、Lithos) で報告してきた。さらに、Brine と呼んでも良いような高濃度の塩水がヒスイ輝石岩中の石英にあり、一つの岩石中の流体の塩濃度をすべて説明することが難しい時がある (Fukuyama ほか、2017、JMPS)。メルト包有物のデータと流体包有物のデータを統一的に説明することで、沈み込み帯流体の塩濃度変化を理解したい。

Keywords: fluid inclusion, salinity, serpentinite, melt inclusion, glass inclusion, dehydration

*Corresponding author: kawamoto.tatsuhiko@shizuoka.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

花崗岩体の石英の結晶化プロセス：

石英の CL 累帯パターンと TitaniQ 温度計

湯口貴史 (山形大)*・小北康弘 (原子力機構)・加藤丈典 (名古屋大)・
横田倫太郎 (山形大)・笹尾英嗣 (原子力機構)・西山忠男 (熊本大)

Crystallization processes of quartz in a granitic pluton: Cathodoluminescence zonation pattern and TitaniQ thermometer

Takashi Yuguchi (Yamagata Univ.) *, Yasuhiro Ogita (JAEA), Takenori Kato (Nagoya Univ.),
Rintaro Yokota (Yamagata Univ.), Eiji Sasao (JAEA), and Tadao Nishiyama (Kumamoto Univ.)

石英は普遍的に花崗岩体中に産出する鉱物である。石英の岩石学的知見は，花崗岩体中の他の鉱物（斜長石や黒雲母など）と比べ，乏しい。それは石英が偏光顕微鏡像や電子顕微鏡像（組成像）では均質に観察されることや，主成分元素の組成変化が乏しいことに起因する。しかし，近年のカソードルミネッセンス（CL）観察法の普及や，石英中の微量含有元素の定量技術の発展や，微量含有元素を用いた結晶化温度の導出方法の構築（チタンを用いた TitaniQ 温度計）によって新たな研究手法が見出されている。

そこで本研究では，中部日本の土岐花崗岩体を対象とし，①石英の岩石記載と②CL 観察，③チタン濃度定量分析を組み合わせて議論し、石英の結晶化プロセスについて言及を行う。

具体的には，①石英の岩石記載では，結晶の外形や産状に着目し，②CL 観察では，ゾーニングの有無や，ゾーニングの様態に応じてパターン分類を行った。③チタン濃度定量分析では，名古屋大学の EPMA を用いて高精度のチタン定量分析を行い，TitaniQ 温度計を用いて結晶化温度を決定した。分析の際には，結晶の形状や産状や CL パターンを考慮しつつ分析点を決定した。その結果，石英の CL パターンにはオシラトリーゾーニングを含む複数のパターンに区分でき，それらは形状や産状そして結晶化温度と関連を持つことが明らかになった。これらの結果から，石英が冷却する花崗岩質マグマ中で，結晶化プロセスの連続的なイベントを持つことを論じる。

また中部日本の土岐花崗岩体は 3 つの岩相を有するが，石英は 3 つの岩相で共通して観察される。このため 3 岩相を通じて産出する石英の結晶化プロセスから，土岐花崗岩体の形成プロセスに関する考察を行う。

Keywords: Quartz; Cathodoluminescence characterization; Oscillatory zonation; TitaniQ thermometer; Toki granite.

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

マントルかんらん岩の部分溶融によって生成される安山岩質メルトについて

土谷 信高*(岩手大，教育)・山崎 大輔（岡山大，惑星物質科学研究センター）

Silicic melt obtained from the melting experiments of mantle peridotite reacted with slab melt

Nobutaka Tsuchiya* (Iwate Univ.) and Daisuke Yamazaki (Okayama Univ.)

本研究では，大陸地殻の形成機構の解明に重要な意味を持つスラブメルティングについて検討するために，かんらん岩にスラブメルトを加えた出発物質を使用し，1.5 GPa, 1000°C～1075°C，水飽和の条件で部分融解実験を行っている．これまでの研究の概要はすでに報告したが（土谷・山崎，2017; 2018a; b），今回はマントルかんらん岩の部分溶融で安山岩質メルトが形成される可能性について述べる．実験には岡山大学惑星物質研究所のピストンシリンダー型高圧発生装置を使用し，試料は金カプセルに封入して行った．実験を行った出発物質は，天然の変成斜方輝石岩に $Mg(OH)_2$ 試薬を加えた合成かんらん岩に天然のアダカイト質花崗岩を 40%および 20%加えたもの（H_2O の含有量は 7–12%），KLB-1 組成の合成かんらん岩に合成スラブメルトを 40%および 5%加えたもの（H_2O 含有量はそれぞれ 10–12%, 0.7%），一の目潟産レルゾライトにアダカイト質花崗岩を 40%加えたもの（カプセルに 10%以上の H_2O を直接加える）を使用した．

実験の結果，1000°C ではスラブメルトを加えなかった試料ではガラスが認められず，スラブメルトを 20, 40 ガラスの組成はいずれもデイサイト質であり，無水換算で SiO_2 = 67～68%，MgO = 0.5～1.1%であった．また 1050°C ではスラブメルトを加えなかった試料ではガラスが認められず，スラブメルトを 5%，20%, 40%加えた試料ではかんらん石（Fo89–90%），斜方輝石，単斜輝石と共存する 15%～40%のガラスが得られた．ガラスの量とガラス中の SiO_2 含有量はスラブメルト量と良い相関を示し，スラブメルトを 5%加えた試料では SiO_2 = 57～59%, MgO = 2.3～2.7%であり，スラブメルトを 40%加えた試料では SiO_2 = 61～64%, MgO = 1.6～4.4%であった．また 1075°C ではスラブメルトを 5%，20%, 40%加えた試料ではかんらん石（Fo89–90%），斜方輝石，単斜輝石と共存する 16%～40%のガラスが得られた．スラブメルトを 5%加えた試料では SiO_2 = 56～57%, MgO = 3.2～3.4%であり，スラブメルトを 40%加えた試料では SiO_2 = 60～61%, MgO = 2.6～3.8%であった．

これらのデイサイト質～安山岩質のメルトはいずれも Fo_{90} 前後のかんらん石と共存している．これらのメルトとかんらん石の Fe/Mg 分配を検討したところ，いずれの実験のガラス試料においても，FeO/MgO 値の最小値は Roeder and Emslie (1970) による KD = 0.3 の線の近くにプロットされており，そこから FeO/MgO 値が上昇している．このことから，液とかんらん石は元々はほぼ平衡であり，急冷結晶の成長によって液組成が FeO/MgO 比が増大する方向に組成変化したと考えられる．

以上の実験結果から，スラブメルトがマントルかんらん岩と反応した場合，高 Mg 安山岩ではなくカルクアルカリ質のデイサイト～安山岩質マグマが直接生成されることになる．これまでの先行研究では，マントルかんらん岩の部分溶融による MgO に乏しいデイサイト～安山岩質メルトが生成されることは知られておらず，たとえば Hirose (1997) による含水かんらん岩の部分融解実験では，1GPa, 1000°C で得られた液組成は SiO_2 = 60.26%の高 Mg 安山岩である．今回の実験結果からは，通常のマントルかんらん岩の部分溶融でもカルクアルカリ安山岩質メルトが形成されることが予想される．これらの実験で得られたガラスの組成は，いずれもカルクアルカリ質デイサイト～安山岩であるが，天然の火成岩よりも Al_2O_3 に富む（無水換算で 20.3–21.5%）点で大きく異なる．この点を説明するためには，メルトから初期に多量の斜長石が分別されることを仮定する必要がある．

文　献

Hirose, K. (1997), *Geology*, **25**, 42–44.
土谷信高・山崎大輔 (2017), 日本鉱物科学会 2017 年年会要旨.
土谷信高・山崎大輔 (2018a), 日本地球惑星科学連合 2018 年大会要旨.
土谷信高・山崎大輔 (2018b), 日本鉱物科学会 2018 年年会要旨.

Key words: experimenta petrology, slab melting

* Corresponding author: tsuchiya@iwate-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

島根県東部に分布する大東花崗閃緑岩の結晶作用

野口将志・越智博美・小林夏子・奥田佳奈・亀井淳志（島根大学）

Fractional crystallization of the Daito granodiorite, Eastern Shimane prefecture, Southwest Japan

Masashi NOGUCHI*, Hiromi OCHI, Natsuko KOBAYASHI,

Kana OKUDA and Atsushi KAMEI (Shimane Univ.)

【はじめに】西南日本内帯の山陰帯には，白亜紀～古第三紀の磁鉄鉱系花崗岩類が広く分布している．山陰帯中央部の山陰バソリスには，メタアルミナス花崗岩がいくつか存在し，その中でも最大級の大東花崗閃緑岩が本研究の対象である．既存研究では岩石記載，年代，金属鉱床などに関する報告があるが，成因に関する報告はまだない．そこで今回は，野外調査，岩石記載，帯磁率測定，モード測定，全岩化学分析に基づいて，岩体の結晶作用について検討した．

【地質調査】大東花崗閃緑岩は，普通角閃石－黒雲母花崗閃緑岩で構成されている．本岩体北部では，黒雲母花崗岩から構成される鴨花崗岩と接している．詳細な地質調査の結果，大東花崗閃緑岩と鴨花崗岩の間に普通角閃石－黒雲母斑状花崗岩相の分布が明らかとなった．これらの三者は漸移している．また，このことは既存研究でも一部で報告されており，普通角閃石－黒雲母斑状花崗岩相は鴨花崗岩に分類されている（鹿野ほか，1991）．しかし，この分類はモード組成に依存しており，帯磁率，化学組成などの考慮がなされていない．

【岩石記載】大東花崗閃緑岩は，主に斜長石，石英，カリ長石，黒雲母，普通角閃石から構成される．黒雲母と普通角閃石は自形結晶であり，不透明鉱物を伴う．鴨花崗岩は主にカリ長石，石英，斜長石，黒雲母から構成される．黒雲母は他形結晶であり，不透明鉱物が少ない．普通角閃石－黒雲母斑状花崗岩は主に斜長石，カリ長石，石英，黒雲母，普通角閃石から構成される．普通角閃石や黒雲母は自形結晶であり，不透明鉱物を伴う．

【帯磁率】大東花崗閃緑岩の帯磁率は，3.00 $\times 10^{-3}$ SI unit 以上を示す磁鉄鉱系花崗岩である．一方，鴨花崗岩はチタン鉄鉱系花崗岩の帯磁率を示す．普通角閃石－黒雲母斑状花崗岩の帯磁率は，両者の中間的な値である．

【全岩化学組成】各岩石の SiO_2 含有量は，大東花崗閃緑岩，普通角閃石－黒雲母斑状花崗岩，鴨花崗岩の順に増加する．大東花崗閃緑岩と普通角閃石－黒雲母斑状花崗岩は，ハーカー図上ですべての元素が連続するが，鴨花崗岩は Na,K,Th においてこれらと連続しない．

【考察】普通角閃石－黒雲母斑状花崗岩の形成は，①大東花崗閃緑岩と鴨花崗岩のマグマ混合，②鴨花崗岩からの結晶分化，③大東花崗閃緑岩からの結晶分化の可能性が考えられるが，①,②に関しては化学組成のトレンドの不連続などから否定された．一方で，③の可能性は１）両者が地質的に漸移している，２）黒雲母の自形性から両者が含水率の高いマグマ由来である，３）不透明鉱物と帯磁率より両者が酸化的マグマに由来する，４）全岩化学組成のハーカー図で連続的なトレンドを示すことにより肯定的となった．そこで，この結晶分化をモード組成と化学組成の変化で解析すると，SiO_2 の増加に伴い斜長石，黒雲母および普通角閃石が減少する．このことからレイリー分別モデルを用いて結晶作用のベクトル解析を行うと，Pl：Kfs：Bt：Hbl＝66：0：5：29 の割合で鉱物の分別がおこっていたと推定された．

Keyword: San’in belt, granitoids, fractional crystallization
*Corresponding author: n19m413@matsu.shimane-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

熊本県北部の花崗岩類のジルコン U-Pb 年代

堤　之恭（国立科学博物館）

Zircon U-Pb dating of granitoids in northern Kumamoto, southwest Japan

Yukiyasu TSUTSUMI* (Natl. Mus. Nat. Sci.)

Zircons U-Pb ages were obtained from granitoids in northern Kumamoto Prefecture. Two samples from the Kikuchi Granite indicate 106.6 ± 0.9 Ma and 105.7 ± 1.2 Ma. Two samples from Tamana Granodiorite indicate 105.7 ± 0.7 Ma and 105.5 ± 0.9 Ma. The sample from Tsutsugatake Granite indicates 106.0 ± 1.0 Ma. Errors are with 95% confidential interval. Ages of all samples concentrate around 106 Ma whereas age data obtained by various dating methods showed various age of 89 to 121 Ma.

熊本県北部に分布する花崗岩類の年代を決定することは，領家帯の西方延長を追跡するうえでも重要である．しかし，これまで様々な手法を用いて得られてきた年代値は，中央値で 89～121 Ma の範囲にわたっている．形成年代と考えられてきた全岩年代だけを見ても，ばらつき及び誤差は小さくない．そこで，これらの花崗岩類の形成年代を検証するためにジルコン U-Pb 年代測定を行った．その結果，菊池花崗岩 2 試料から 106.6 ± 0.9 Ma と 105.7 ± 1.2 Ma，玉名花崗閃緑岩 2 試料から 105.7 ± 0.7 Ma と 105.5 ± 0.9 Ma，筒ヶ岳花崗岩 1 試料から 106.0 ± 1.0 Ma の年代が得られ（誤差は 95% conf.），今回 5 試料全てが 106 Ma 周辺に誤差範囲内で集中し，それぞれの花崗岩類の形成年代に大差がないことが明らかになった．

また，これらの年代は領家帯・山陽帯の一般的な年代である 70～100 Ma より若干古い．しかし，山口県柳井地域の花崗岩質岩体から 105 Ma のジルコン U-Pb 年代が報告されており（Skrzypek et al., 2016), 一概に古いとも言い難い．一方で，約 110 Ma の年代を持つ肥後花崗岩類(Sakashimaet al., 2003)とは区別しうると考えられる．

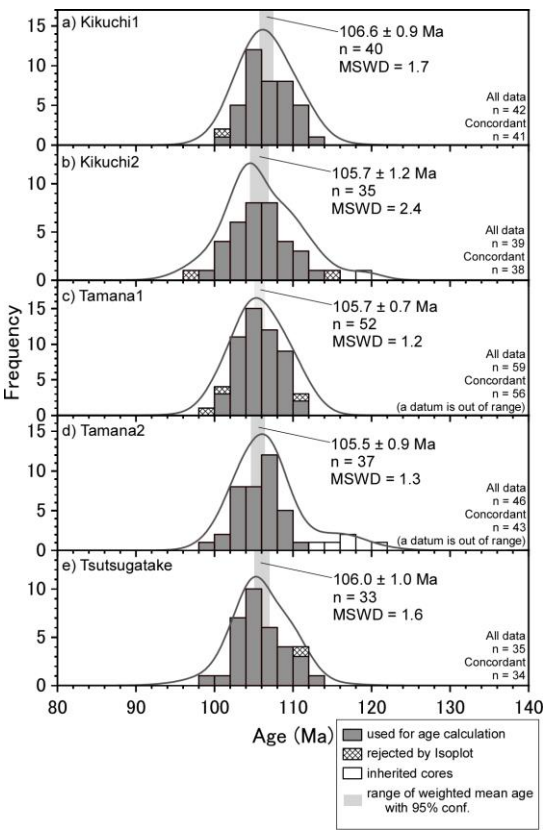


Figure. Histograms of age data of the samples. Errors of weighted mean ages are 95% conf.

Keywords: zircon, U-Pb age, emplacement, granitoid, Kyushu
***Corresponding author: ytsutsu@kakhaku.go.jp**

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

東南極セール・ロンダーネ山地に産する大陸衝突型の高Kアダカイト質花崗岩

亀井淳志[1]・大和田正明[2]・堀江憲路[3]・志村俊昭[2]・柚原雅樹[4]・東田和弘[5]
([1]島根大，[2]山口大，[3]極地研，[4]福岡大，[5]名古屋大)

Collisional granite with high-K adakitic signature, the Sør Rondane Mountains, East Antarctica

A. Kamei[1], M. Owada[2], K. Horie[3], T. Shimura[2], M. Yuhara[4], and K. Tsukada[5]
([1] Shimane Univ., [2] Yamaguchi Univ., [3] NIPR, [4] Fukuoka Univ., [5] Nagoya Univ.)

【はじめに】 アダカイト質マグマは玄武岩質岩石がザクロ石を生じる高圧下で融解して生成する(Sen and Dunn, 1994)．その最初のモデルは，火山弧下に沈み込んだ若い海洋地殻の部分融解で論じられた(Defant and Durmmond, 1990)．その後 Atherton and Petford (1993)は，分厚い大陸地殻下部の融解でも同マグマが生じることを示した．近年，大陸地殻起源のものは海洋地殻起源のものより K に富むことが示された(Wang et al., 2005)．したがって，高 K アダカイトは，大陸地殻融解によるという考えが一般的になってきた．今回我々は，東南極セール・ロンダーネ山地に産する高 K アダカイト質花崗岩の成因や，その火成活動の意義について報告する．

【地質概説】 研究対象は約 5×5km の岩体である．以前より 525±32 Ma の Rb-Sr 全岩年代が報告され(Takahashi et al. 1990)，我々の U-Pb SHRIMP ジルコン年代では 552±2 Ma が得られた．したがって，ゴンドワナ衝突に関連する活動である．我々の調査では，南側で新原生代の低 K アダカイト質トーナル岩に貫入し，北側の一部で閃長岩とミングリング様の境界で接することを確認した．また，本岩体は岩相の異なる3種の花崗岩で構成されており，灰色を帯びる中粒普通角閃石－黒雲母花崗閃緑岩(以下，Gray Gd)が桃色アルカリ長石を含む中粒黒雲母花崗岩(以下，Pink Gr)と桃色味を帯びる細粒両雲母花崗岩(以下，Fine Gr)に貫かれることを認識した．ただし，Pink Gr と Fine Gr の関係は確認できなかった．また，Gray Gd と Pink Gr には閃長岩マグマの捕獲岩が見られ，様々な程度の混合も確認された．しかし，Fine Gr にそのような産状は無かった．

【化学組成】 全岩組成では，ハーカー図上で3岩相のトレンドが一致せず，それぞれ異なるマグマに由来することが示唆される．これら3岩相はショショナイト～高カリウム系列の K 量を持ち，Sr 量は 600ppm 以上，Sr/Y が 60 以上である．K_2O/Na_2O は 1.3～2.1 と高いことから，大陸下部地殻起源であることが示唆される．MORB で規格化した微量元素パターンは，いずれの岩相も Rb, Ba, および Ce に富み，Nb および Ti に負異常がある．

微量元素を用いたバッチ融解モデルでは，玄武岩質岩石が 2GPa の高圧下で融解したときに Fine Gr の組成を上手く説明できることが示された．一方，Gray Gd と Pink Gr の各組成は，玄武岩質岩石が 2GPa で溶けて出来たメルトに閃長岩マグマが 30%程度混合することで非常によく再現された．この混合現象は露頭での観察結果と矛盾しない．

【火成活動の意義】 高Kアダカイト－閃長岩の同時活動は大陸－大陸衝突場にしばしば報告される(Yuan et al., 2010; Huang et al., 2012)．セール・ロンダーネ山地の高Kアダカイト－閃長岩の活動時期には，当地において大規模な地殻衝突が議論されており(Osanai et al., 2013)，したがって，この火成活動は大陸衝突に伴う地殻の厚化が約 50km 以上におよんでいたことを示唆するものである．

文献： Atherton and Petford (1993) Nature 362, 144-146. Defant and Durmmond (1990) Nature 347, 662-665. Huang et al. (2012) Lithos 140-141, 66-85. Osanai et al. (2013) Precambrian Res. 234, 8–29. Sen and Dunn (1994) CMP 117, 3945-404. Takahashi et al. (1990) Proc. NIPR Symp. Antarctic Geosci 4, 1-8. Wang et al. (2005) Geology 33, 465-468. Yuan et al. (2010) Earth Planet. Sci. Lett. 290. 481-492.

Keywords: adakite; Sør Rondane Mountains; Antarctica
Corresponding author: kamei-a@riko.shimane-u.ac.jp (A. Kamei)

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

口頭講演 | R7: 岩石・鉱物・鉱床一般 (資源地質学会共催セッション)

2019年9月21日(土) 14:00 ~ 15:45 | A-117 イースト1号館

R7: 岩石・鉱物・鉱床一般 (資源地質学会共催セッション)

座長:片山 郁夫、越後 拓也

[座長]
越後拓也：R7-01〜04
片山郁夫：R7-05〜07

14:00 ~ 14:15

[R7-01] 海洋地殻構造が示すプレート拡大モードの解明―ハワイ沖モホール候補地における上部海洋地殻貫通計画

*海野 進[1]、森下 知晃[1]、木村 純一[2]、山下 幹也[3]、ガルシア マイケル[4]、クライン フリーダー[5]、島 伸和[6]、小野 重明[2]、阿部 なつ江[2]、道林 克禎[7]、富永 雅子[5] (1. 金沢大・理工、2. 海洋研究開発機構、3. 産総研、4. ハワイ大、5. ウッズホール海洋研、6. 神戸大・内海研、7. 名大・院理)

14:15 ~ 14:30

[R7-02] Mado Megamullionに分布する岩石の岩石学的・地球物理学的解釈

*秋澤 紀克[1]、沖野 郷子[1]、石塚 治[2]、山下 浩之[3]、町田 嗣樹[4]、小原 泰彦[5,6] (1. 東大　大海研、2. 産総研、3. 神奈川県立生命の星・地球博物館、4. 千葉工大、5. 海上保安庁、6. JAMSTEC)

14:30 ~ 14:45

[R7-03] ちきゅう船上での比抵抗測定に基づくオマーン掘削プロジェクトでの浸透率プロファイル

*片山 郁夫[1]、阿部 なつ江[2]、畠山 航平[1]、赤松 祐哉[1]、岡崎 啓史[2]、Ulven Ole Ivar[4]、Hong Gilbert[5]、Zhu Wenlu[6]、Cordonnier Benoit[4]、道林 克禎[3]、Godard Marguerite[7]、Kelemen Peter[8]、The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party (1. 広島大学、2. 海洋研究開発機構、3. 名古屋大学、4. オスロ大学、5. ソウル国立大学、6. メリーランド大学、7. モンペリエ大学、8. コロンビア大学)

14:45 ~ 15:00

[R7-04] Attenuated Total Reflection Infrared (ATR-IR) Spectroscopy of Serpentine Minerals

*Ilona Sakaguchi[1], Yui Kouketsu[1], Katsuyoshi Michibayashi[1], Simon Wallis[2] (1. Nagoya University, GSES , 2. The University of Tokyo, EPS)

15:00 ~ 15:15

[R7-05] 沖縄トラフごんどうサイトの海底下における塊状硫化物の鉱物学的特徴

*戸塚 修平[1]、石橋 純一郎[1]、島田 和彦[1]、宮本 尭[1]、池端 慶[2] (1. 九州大・理、2. 筑波大・生命環境)

15:15 ~ 15:30

[R7-06] 2019年に新潟県糸魚川市小滝川で発生した白濁と砒素汚染の鉱物学的研究

*小河原 孝彦[1]、茨木 洋介[1]、竹之内 耕[1]、小西 博巳[2] (1. フォッサマグナミュージアム、2. 新潟大学・理)

15:30 ~ 15:45

[R7-07] 北海道北見地域生田原周辺の含アンモニウムカリ長石

*越後 拓也[1]、河原 礼佳[1]、渡辺 寧[1] (1. 秋田大院・国資)

海洋地殻構造が示すプレート拡大モードの解明―ハワイ沖モホール候補地における上部海洋地殻貫通計画

海野　進*[1]・森下知晃[1]・木村純一[2]・山下幹也[3]・Michael Garcia[4]・Frieder Klein[5]・島伸和[6]・小野重明[2]・阿部なつ江[2]・道林克禎[7]・富永雅子[5]

The penetration of the upper oceanic crust off-Hawaii — Toward understanding of the style of extension and the architecture of oceanic crust

UMINO, S.*[1], Morishita, T.[1], Kimura, J.[2], Yamashita, M.[3], Garcia, M.[4], Klein, F.[5], Seama, N.[6], Ono, S.[2], Abe, N.[2], Michibayashi, K.[7] and Tominaga, M.[5]

1．金沢大，2．JAMSTEC，3．産総研，4．ハワイ大，5．ウッズホール海洋研，6．神戸大，7．名古屋大

We propose to drill a complete upper crustal section and into the uppermost gabbros in 80 Ma crust spread at 8 cm/a on the North Arch off-Hawaii. The overarching goals to be addressed by drilling are to better constrain

1) the nature of layer 2/3 transition and its relations with the dike-plutonic transition,

2) the relationships between the style of crustal extension and the architecture of the upper crust,

3) the styles and vigor of hydrothermal circulation and alteration with declining temperature in the aged oceanic crust,

4) the physical and chemical evolution of oceanic lithosphere with special reference to the Moho diversity and the North Arch volcanism,

5) the frequency, size and possible failure mechanics of hazardous giant landslides caused by the periodic collapse of Hawaiian shield volcanoes

6) the depth limits of microbial life in aged, hydrated, and cold crust where metabolic strategies have remained completely unexplored.

The style of crustal extension differs in fast and intermediate spreading ridges, which makes the distinct density structures of the upper crust. Fast-spread oceanic crust comprises dense sheet flow-dominant extrusive rocks underlain by thin sheeted dikes. This density structure enhances more magma to extrude, allowing the crust to extend solely by magmatic accretion. In contrast, the intermediate-spread crust consists of less dense, pillow-dominant extrusive rocks, yielding a level of neutral buoyancy that traps magma to develop the sheeted dikes below. The crust consequently extends by dike intrusions in the lower levels and by faults in the shallow levels to form axial troughs. The style of crustal extension from magmatic accretion to stretching changes in a spreading rate interval of 7–10 cm/a, which bears a key to understand the relationship between the plate spreading mode and the resulting oceanic crustal architecture.

Previous drilling into tectonically undisturbed oceanic crust is limited and skewed to young and slow-spread crust <4 cm/a, with a wide gap of crustal age between 20 and 110 Ma, including the world average age of 63 Ma and spreading rate of 8 cm/a. Thus, previous drilling of oceanic crust has not sampled representative oceanic crust. The oceanic crust on the North Arch meets the target spreading rate (8cm/a) and the age gap (~80Ma) and is ideal to understand the physical and chemical evolution of aged oceanic lithosphere and the diversity of Moho, including the effect of intraplate volcanism and the history of hazardous landslides.

Key Words: IODP, ocean drilling, North Arch off Hawaii, upper crustal architecture, giant landslides, Layer 2/3 boundary

* sesumin@staff.kanazawa-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Mado Megamullion に分布する岩石の岩石学的・地球物理学的解釈

秋澤紀克・沖野郷子(東大), 石塚治(産総研),
山下浩之(神奈川県立生命の星・地球博物館), 町田嗣樹(千葉工大),
小原泰彦(海上保安庁/海洋研究開発機構)

Petrological and geophysical implications for Mado Megamullion, Philippine Sea

Akizawa N.*, Okino K. (The University of Tokyo), Ishizuka O. (Geological Survey of Japan),
Yamashita H. (Kanagawa Prefectural Museum of Natural History),
Machida S. (Chiba Institute of Technology), and Ohara Y. (Japan Coast Guard/JAMSTEC)

1. はじめに

中央海嶺では，メルト供給量の違いにより海洋リソスフェアの見かけが大きく異なる．特に，拡大による質量欠損の 50%がメルトで占められる拡大様式では，大規模なデタッチメント断層が発達し，海洋コアコンプレックスが形成されると言われている．海洋コアコンプレックスでは，デタッチメント断層の発達により深部マントル物質が引きずり出されて海底に直接露出するため，マントルプロセスを研究するための恰好のサンプル採取地である．しかし，そのマントル物質がどのような歴史を経てきたのか明らかにしなければ，真にマントルプロセスの評価はできない．そこで本研究では，近年 Mado Megamullion と命名された海洋コアコンプレックスに露出するマントル物質がどのような規模で，どのように海底にもたらされたのか岩石学的・地球物理学的手法を用いて明らかにすることを目標とする．

2. 地質概説・岩石記載

Mado Megamullion は，四国海盆南端部に位置しており, 近年実施した 3 回（YK18-07, KH-18-02, YK19-04S）の航海で岩石を採取すると共に，地球物理探査が行われた．採取された岩石のうち，本研究ではカンラン岩 17 個とガブロ～ドレライト 13 個を扱う．カンラン岩は蛇紋石化を被っており，LOI(強熱減量)は 5～13%に達した．しかし，ガブロやドレライトは比較的新鮮であった (LOI = ~3%)．ガブロやドレライトは相当量の Oxide を含んでいる(~10 vol.%)ことが特徴としてあげられる．

3. 全岩化学組成

カンラン岩は CaO や TiO_2 含有量が少ない(0~4 wt.% CaO, 0~1.5 wt.% TiO_2)が，ガブロ～ドレライトの組成（8~15 wt.% CaO, 0~9 wt.% TiO_2）に向かう傾向が見られた．さらに，他の微量元素でも同様な傾向が見られた．

4. まとめ

本研究で扱ったカンラン岩のうち，少なくとも Ca や Ti が増加しているものは，メルトによる交代作用を被っていることが明らかになった．しんかい 6500 による潜航では，カンラン岩に貫入する岩脈が確認されており, その観察と調和的である. 一方で，貫入したメルトはかなり分化が進んでおり，東太平洋海膨のような高速拡大海嶺で報告されている初生的なマグマのカンラン岩への貫入は確認できなかった．本研究で用いたサンプルは，周囲に比べて～20mGal 高いマントルブーゲー異常の場（～1000 km^2）で採取されており，比較的大規模にマントル物質が露出している可能性がある．

Keywords: Peridotite, Gabbro, Whole-rock chemistry, Gravity data, Oceanic Core Complex
*Corresponding author: akizawa@aori.u-tokyo.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ちきゅう船上での比抵抗測定に基づく オマーン掘削プロジェクトでの浸透率プロファイル

片山郁夫[1]*, 阿部なつ江[2], 畠山航平[1], 赤松祐哉[1], 岡崎啓史[2], Ole Ivar Ulven[3], Gilbert Hong[4], Wenlu Zhu[5], Benoit Cordonnier[3], 道林克禎[6], Marguerite Godard[7], Peter Kelemen[8], and The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party

Permeability profile in the Oman Drilling Project inferred from onboard measurements of resistivity at drilling vessel “CHIKYU”

Ikuo Katayama[1]*, Natsue Abe[2], Kohei Hatakeyama[1], Yuya Akamatsu[1], Keishi Okazaki[2], Ole Ivar Ulven[3], Gilbert Hong[4], Wenlu Zhu[5], Benoit Cordonnier[3], Katsuyoshi Michibayashi[6], Marguerite Godard[7], Peter Kelemen[8], and The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party

[1]Hiroshima University, [2]JAMSTEC, [3]University of Oslo, [4]Seoul National University, [5]University of Maryland, [6]Nagoya University, [7]Universitè Montpellier, [8]Columbia University

2016年から2018年にかけて実施されたオマーン陸上掘削では，地殻とマントルセクションを含む計 3200m に渡るコア試料が回収された。そして，そのコア記載が 2017 年と 2018 年の夏に地球深部探査船“ちきゅう”の船内ラボで実施された。我々は，コア試料の物性測定を担当し，ほぼ 3m おきに地震波速度や比抵抗などの測定を行った。今回は，それらのうち比抵抗の測定から，浸透率のプロファイルを推定したので紹介させていただく。なお，浸透率は，海洋プレート内での流体循環を支配し，熱や物質移動そして生命活動にとっても重要なパラメーターである。

ちきゅう船内ラボでは，乾燥状態と含水状態での比抵抗の測定を行った。なお，含水測定では，試料を塩水（3.5g/L）に飽和させてから測定を行った。乾燥状態での比抵抗は，含水状態に比べ系統的に高い傾向を示す。これは，含水状態では岩石中の空隙を介した流体の連結によって，比抵抗が下がるためであると考えられる。そのため，乾燥状態と含水状態での比抵抗の差から流体の連結，すなわち浸透率を推定することが原理的に可能である。今回は，Hashin-Shtrikman の上限モデルを用い，比抵抗データから輸送空隙率を見積もった。また，浸透率については，空隙がクラック状であることを仮定し，浸透率が空隙の３乗に比例する関係則から推定した。

これら一連の測定そして計算から，各ホールでの浸透率プロファイルを作成した。予察的な傾向としては，（１）はんれい岩層がマントルセクションよりも低い浸透率をもつこと，（２）マントル内ではダナイトがハルツバージャイトよりも浸透率が高いこと，（３）断層近傍などの破砕帯では浸透率が顕著に高くなること，などが分かってきた。

Key words: permeability, resistivity, Oman Drilling Project, mantle drilling
*Corresponding author: katayama@hiroshima-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Attenuated Total Reflection Infrared (ATR-IR) Spectroscopy of Serpentine Minerals

Ilona Sakaguchi*[1], Yui Kouketsu[1], Katsuyoshi Michibayashi[1], Simon R. Wallis[2]
[1]Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University
[2]Department of Earth and Planetary Environmental Science, The University of Tokyo

Serpentine minerals antigorite, chrysotile and lizardite, are hydrous sheet silicates, which are formed when ultramafic rocks are hydrated. The formation of serpentine minerals is controlled by *P–T* conditions, kinetic factors and the composition of the metasomatic fluid. Thus, reliable identification and study of microstructural relationships of antigorite, chrysotile and lizardite can provide us with important information about the metamorphic history of serpentinite rocks. Identifying serpentine minerals from a thin section can be challenging due to the similarity of their optical properties and chemical composition. However, since each serpentine mineral has a distinct crystal structure, infrared spectroscopy can be applied to serpentine mineral identification.

Attenuated total reflection infrared spectroscopy (ATR-IR) is a method of infrared spectroscopy that allows for measurements to be made directly from the surface of a normal thin section, which significantly reduces sample preparation time in comparison to other IR methods. We applied the ATR-IR method to characterize the infrared spectra of antigorite, chrysotile and lizardite from samples from the Mt. Shiraga serpentinite body, which is located in the Sanbagawa belt in central Shikoku, SW Japan. We also used the ATR-IR method to map serpentinite samples in order to demonstrate the possibilities of this technique in analyzing thin section scale microstructures.

There were clear differences in the intensities and wavenumber values of the absorbance bands in the ATR-IR spectra of the three serpentine minerals. These spectral differences can be used to distinguish antigorite, chrysotile and lizardite from each other. The knowledge of the characteristic ATR-IR absorbance bands of antigorite, chrysotile and lizardite could also be utilized when analyzing mapping data from areas with multiple serpentine mineral phases.

Keywords: Attenuated total reflection infrared (ATR-IR) spectroscopy, Serpentine minerals, Antigorite, Chrysotile, Lizardite

*Corresponding author: sakaguchi.ilona.talvikki@j.mbox.nagoya-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

沖縄トラフごんどうサイトの海底下における塊状硫化物の鉱物学的特徴

戸塚修平*・石橋純一郎・島田和彦・宮本尭（九大・理），
池端慶（筑波大・生命環境）

Mineralogical study of massive sulfide deposits beneath the seafloor at the Gondou field in the Okinawa Trough

Shuhei Totsuka*, Jun-ichiro Ishibashi, Kazuhiko Shimada, Takashi Miyamoto
(Sci., Kyushu Univ.) and Kei Ikehata (Fac. of Life and Environ. Sci., Univ. of Tsukuba)

ごんどうサイトは沖縄トラフ第三久米海丘の西麓に位置する海底熱水活動域である．2017 年 10〜11 月にかけ JM17-04 調査航海が実施され，ごんどうサイトの Southern Area に当たる海域で海底設置型掘削装置を用いた掘削調査が行われた．この調査で得られた掘削コア中に含まれていた塊状硫化物から，研磨片試料を作製し，反射顕微鏡を用いた観察, X 線回折 (XRD) による鉱物同定, EPMA を用いた鉱物化学組成分析を行った．

鉱化作用の中心付近であると考えられる掘削点 GDUC06 から得られた掘削コア試料は，浅部から順に，

I. 0.00 - 2.52 mbsf (meters below sea floor)：泥質堆積物，
II-a. 2.52 - 6.80 mbsf：黒鉱質の塊状硫化物，
II-b. 6.80 - 8.62 mbsf：硫酸塩鉱物に富む黒鉱質の塊状硫化物，
III. 8.62 - 12.65 mbsf：鉱染状硫化物，
IV. 12.65 - 16.15 mbsf：珪化した火山砕屑物，
V. 16.15 - 24.93 mbsf: 黄鉱〜珪鉱質の硫化物，
VI. 24.93 -29.00 mbsf：珪化した火山砕屑物，

からなっていた．II. 黒鉱質の塊状硫化物は，主に閃亜鉛鉱，黄鉄鉱，方鉛鉱，重晶石から構成されており，微細で複雑な組織を示した．これに対して V. 黄鉱〜珪鉱質の硫化物は，主に黄鉄鉱，黄銅鉱，石英から構成されており，自形の黄鉄鉱を黄銅鉱が覆っているような組織がよく見られた．また硫化鉱物に不毛な部分は石英と共にイライトなどの粘土鉱物も多く含んでいた．沖縄トラフで実施された熱水域の掘削調査で，黒鉱鉱床の黒鉱と黄鉱に対比できる特徴をもつ塊状硫化鉱を含む層がそれぞれ数 m 程度の厚みをもって観察されたのは初めての例になる．

閃亜鉛鉱の Fe 含有量は黒鉱上部の II-a で比較的高く (av. 3.01 atm%, n = 19)，それ以下の II-b から深部では低かった (av. 0.99 atm% n = 120). 閃亜鉛鉱の Fe 含有量は硫黄フガシティ(と温度)によって決まることが知られている．浅部において硫黄フガシティの低下 (より還元的な環境)が示唆されたことから, 元々比較的高い硫黄フガシティを持っていた熱水が I の泥質堆積物に含まれる有機物と反応したことにより，硫黄フガシティが下がった可能性が考えられる．このような閃亜鉛鉱の Fe 含有量の深度方向に対する変化，また他にも四面銅鉱の鉱物化学組成は黒鉱鉱床 (特に東北地方の北鹿地域)で報告されている特徴, 値と近く，両者が似通った化学的環境下で生成していることを示唆するものであった．

謝辞

本研究の一部は，内閣府総合科学技術・イノベーション会議による SIP 課題「次世代海洋資源調査技術」の一環として実施したものです．本研究に用いた堆積物コア試料を提供いただいた J-MARES (次世代海洋資源調査技術研究組合)に感謝します．

Keywords: Seafloor massive sulfide deposit, Hydrothermal alteration

*Corresponding author: s.totsuka.634@s.kyushu-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

2019 年に新潟県糸魚川市小滝川で発生した白濁と砒素汚染の鉱物学的研究

小河原孝彦・竹之内耕・茨木洋介（フォッサマグナミュージアム）・
小西博巳(新大・理)

Mineralogical examination of white turbidity and arsenic contamination occurring in Kotakigawa Itoigawa region, in 2019

Takahiko Ogawara*, Ko Takenouchi, Yosuke Ibaraki (Fossa Magna Museum),
Hiromi Konishi, (Niigata Uni. Sci.)

小滝川の流れる新潟県糸魚川市西部には，蓮華帯(Nishimura 1998)と呼ばれる，変成岩を構造岩塊として含む蛇紋岩メランジュが分布する(中水ほか 1989， 松本ほか 2011)．

この蛇紋岩メランジュ地帯は，まれに崩壊を引き起こし，近年では 2017 年 6 月に糸魚川市西部を流れる小滝川で白濁現象が発生している(小河原ほか，2017)．

今回，2017 年に引き続き，2019 年 6 月に同様の白濁現象が小滝川で発生した．また，白濁した河川水中に 0.084mg/kg の環境基準を上回るヒ素が含有していることが判明したため，原因物質を鉱物学的に検討し，結果について報告する．

分析は，フォッサマグナミュージアムの分析 SEM，新潟大学の XRD，顕微ラマン分光光度計を用いた．河川水の分析は，上越環境科学センターに委託した．

その結果，小滝川の白濁の原因は，2017 年の白濁現象と同様に河川水に懸濁している粘土鉱物サイズの緑泥石，滑石，クリソタイル，トレモライトと同定された．

クリソタイル及びトレモライトは，SEM の形態観察からアスベストであることが判明した．

新潟県の防災ヘリコプターによる調査の結果，小滝川上流の東俣沢付近で蛇紋岩を含む斜面の崩壊が確認され，この場所から白濁物質が供給されていると考えられる．

東俣沢から採取した蛇紋岩中には，直径 20 μm 程度の砒素を含むペントランド鉱が含まれており，この鉱物の溶解がヒ素汚染の原因であると考えられる．

7月3日に市内の大気中に含まれるアスベスト含有量を5カ所で調査したが，検出限界以下であり，アスベストの健康被害は発生しないと考えられる．

河川水へのヒ素汚染についても，白濁現象の収束に伴い，7 月 4 日現在では，0.004mg/kg と環境基準以下である．

蛇紋岩には初生的にペントランド鉱が含まれていることが知られており，蛇紋岩地帯の崩落の際には，アスベストだけではなく，ヒ素汚染についても注意を払う必要がある．

Keywords: 糸魚川，蛇紋岩メランジュ，アスベスト,砒素汚染

*Corresponding author: takahiko.ogawara@city.itoigawa.lg.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

北海道北見地域生田原周辺の含アンモニウムカリ長石

越後 拓也・河原礼佳・渡辺寧（秋田大・国際資源）

Ammonium-bearing K-feldspar from Ikutahara, Kitami Province, Hokkaido, Japan.

Takuya Echigo*, Ayaka Kawahara, Yasushi Watanabe (Akita Univ.)

北海道北見地域生田原周辺には古第三紀暁新世から新第三紀中新世の地層が分布しており，基盤岩である湧別層群（砂岩泥岩互層）の上位に，シルト岩・礫岩・デイサイトからなる豊原層および流紋岩層と凝灰角礫岩からなる生田原層が位置する．生田原層には複数の低硫化系浅熱水性金銀鉱床が胚胎されており，最近新たに行われた地表調査および地化学探査の結果，高いポテンシャルを有することが明らかになりつつある．また，これら一連の探査活動において，複数の試料からアンモニウムイオン（NH_4^+）を含む鉱物が発見された．NH_4^+は赤外線分光分析によって野外でも同定可能であることや，ASTERデータで検出可能であることから，浅熱水性鉱床の探査にNH_4^+の分布を利用する試みが報告されている．

本研究では，生田原周辺におけるNH_4^+含有鉱物の同定および産状記載と空間分布に関する調査を行い，金銀鉱床形成や熱水変質作用との関連を考察した．分析試料は，北ノ王・昭和・曙の3地域において地表で採取された58試料とJapan Gold社から提供されたボーリングコア試料IKDD001を用いた．これらの試料について，粉末XRD分析・カリウム含有鉱物の染色・薄片観察・赤外線分光分析・顕微ラマン分光分析・CHN元素分析を行った．

XRD分析の結果，熱水変質鉱物として石英・カリ長石・イライトが同定されたが，最も普遍的に含まれていたのはカリ長石であった．特に，北ノ王東部で採取された凝灰角礫岩（試料ID: 570）にはカリ長石が多く含有されており，ヘキサニトロコバルト酸ナトリウムによる染色でも多くの部分にカリ長石の存在が認められた．赤外線分光分析の結果，北ノ王・昭和の地表試料58試料中33試料からNH_4^+が検出され，曙のコア試料からもNH_4^+が普遍的に検出された．比較的高濃度のNH_4^+が検出された北ノ王東部の試料ID570の薄片を作成し，偏光顕微鏡で観察した結果，粒径20μm前後の微細な石英結晶に囲まれるように粒径300μm程度の自形カリ長石が観察された．顕微ラマン分光分析装置を用いてこのカリ長石結晶を分析したところ，California州Menlo Park産 buddingtonite [$(NH_4)AlSi_3O_8$] と類似したスペクトルが得られたので（Fig. 1），本研究地域におけるNH_4^+含有鉱物はイライト等の含水層状珪酸塩鉱物ではなく，カリ長石であると結論づけた．さらに，NH_4^+含有鉱物の分布は調査地域北部の北ノ王および曙に偏っており，基盤岩である湧別層群からNH_4^+が熱水に供給されたことを示唆する．金銀鉱床の分布とNH_4^+含有鉱物の分布に明確な相関は認められないが，生田原周辺の金銀鉱床を形成した熱水に基盤岩由来の有機物が作用した可能性が示された．

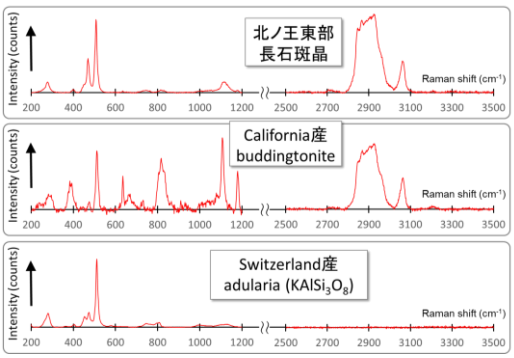


Fig 1. 生田原地域北ノ王鉱床東部で採集された凝灰角礫岩中の長石斑晶、カリフォルニア州Menlo Park 産 buddingtonite [$(NH_4)AlSi_3O_8$]、スイス産氷長石（$KAlSi_3O_8$）の顕微ラマンスペクトル比較。200-1200cm^{-1} の領域にはカリ長石のテクト珪酸塩フレームワークに起因するピークが現れ、2800-3100cm^{-1} の領域にはアンモニウムイオンに起因する N-H バンドのピークが現れる。

Key words: ammonium ion, K-feldspar, Ikutahara, epithermal Au deposit, Raman spectrum
Corresponding author: echigo@gipc.akita-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ポスター | R4: 地球表層・環境・生命

2019年9月21日(土) 9:30 ~ 17:00 | A-プレゼンスペース イースト1号館

R4: 地球表層・環境・生命

[コアタイム] 12:00〜14：00

[R4P-01] 地下深部花崗岩内生物圏の鉱物学的特徴

「発表賞エントリー」

*高橋 玄[1]、鈴木 庸平[1]、砂村 倫成[1]、小暮 敏博[1] (1. 東京大学・院理)

[R4P-02] 造礁サンゴ骨格の構成要素ごとの微細組織観察

*甕 聡子[1]、波利井 佐紀[2]、兒玉 優[3]、富岡 尚敬[1]、伊藤 元雄[1] (1. JAMSTEC、2. 琉大・熱生研、3. マリン・ワーク・ジャパン)

[R4P-03] Greenalite synthesis at low temperatures

*Hiromi Konishi[1], Waleed Anwar[1] (1. Department of Geology, Niigata University)

地下深部花崗岩内生物圏の鉱物学的特徴

高橋玄，鈴木庸平，砂村倫成，小暮敏博（東京大・院理）

Mineralogical characteristics of deep underground granite biosphere

Gen Takahashi*, Yohey Suzuki, Michinari Sunamura and Toshihiro Kogure (Tokyo Univ. Sci.)

Microbial ecosystem exists in the groundwater in the deep granite of the Mizunami Underground Research Laboratory, but how the groundwater and granite provide habitable environment is unclear. To investigate this problem, we characterized in detail altered granite in this area by multiple analyses using SEM, TEM, and STEM. Calcites of various occurrence and fine pyrite particles embedded in clay minerals were found. They may be generated from methane oxidation and sulfate reduction by microorganisms. Petrographic thin sections were stained with SYBR Green I and analyzed by fluorescence microscopy. As a result, concentration of DNA was observed in altered plagioclase and on fractured surfaces.

日本原子力研究開発機構瑞浪超深地層研究所の深部花崗岩内に形成された割れ目中の地下水には、ANME-2d という古細菌群を主要な構成種とする微生物生態系が存在し、マグマ由来のメタンを硫酸還元していると考えられている(Ino et al., 2018)。しかし、地下水中の硫酸濃度は微生物の硫酸還元が可能な条件(LaRowe et al., 2008)よりも低く、極貧栄養の深部花崗岩内が如何にして微生物の生息しうる環境条件となっているかは未だ不明である。地下水の情報だけでは推測できない深部花崗岩内の局所的な環境が、微生物の生存に如何に寄与するかを考察するため、瑞浪超深地層研究所の深度 300m の花崗岩コアサンプルから、地下水によって変質した部分を取り出し、その表面や微小空間の微細な鉱物を観察した。

複数種の電子顕微鏡(SEM, TEM, STEM)を併用した解析の結果、様々な産状の方解石や粘土鉱物に埋もれた微小な黄鉄鉱が見つかり、これらは微生物のメタン酸化と硫酸還元から生ずる重炭酸イオンや硫化水素から生成した可能性がある。

花崗岩変質部内で鉱物と生物が直接関わる領域を捜索するため ds-DNA の選択的蛍光剤である SYBR Green I により岩石薄片を染色し蛍光顕微鏡による解析を行った結果、変質した斜長石内や、変質した割目面を覆う暗緑色の粘土鉱物中に DNA の濃集が観察された。

Keywords: Granite; Microorganism; Clay mineral; Sulfate reduction; DNA

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R4P-02

造礁サンゴ骨格の構成要素ごとの微細組織観察

甕聡子（JAMSTEC），波利井佐紀（琉大・熱生研），
兒玉優（マリン・ワーク・ジャパン），富岡尚敬，伊藤元雄（JAMSTEC）

Microtextural observation of reef-building coral skeleton : Septum and basal plate

Satoko Motai *(JAMSTEC), Saki Harii (Ryukyus Univ.), Yu Kodama (Marine Works Japan Ltd.), Naotaka Tomioka, Motoo Ito (JAMSTEC)

造礁サンゴは熱帯・亜熱帯の浅海に生息する。炭酸塩カルシウムで構成される外骨格は生体部のポリプを支える、複雑な構造を持つ。これらの構造は、アラゴナイト結晶の集合体である球状の基本構造（中心部：石灰化中心、周辺部：繊維状組織）の積み重なりであると考えられている（e.g., Ogilvie, 1896; Bryan and Hill, 1941; Gilis et al., 2015）。本研究では、骨格構成要素ごとのナノ-マイクロオーダーで微細組織観察を行い、それぞれの要素が基本構造で形成されうるかを検証した。

複数のポリプから形成される成体サンゴでは骨格要素の一部は骨格内部に存在し観察が容易ではないため、単体のポリプ（稚ポリプ）を試料として用いた。サンゴ（*Acropora* sp.）の幼生に試薬（Hym-248）を添加し稚ポリプへ変態させ、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。得られた骨格は光学顕微鏡で6回対称の隔壁からなる典型的なコラライト（corallite）と底盤を持つ骨格構造を有していることを確認した。さらに、マイクロフォーカスX線CTで全体の骨格構造と表面形状の観察を行った。集束イオンビーム装置で隔壁と底盤から超薄切片を作製し、透過型電子顕微鏡（TEM）で骨格の微細組織を観察した。

Keywords: reef-building coral, biomineralization

*Corresponding author: smotai@jamstec.go.jp

X線CTによる三次元画像から、底盤と隔壁の表面には、およそ10 μm間隔の凹凸が存在することが確認された。

TEM観察では、隔壁に粒状のアラゴナイト結晶（数十〜数百 nm、結晶方位ランダム）が集合し、その領域を中心として針状結晶（幅数十 nm、長さ~1 μm、*c*軸伸長）が放射状に広がっている様子が観察された。この組織は成体のサンゴ骨格を形成する基本構造の石灰化中心と繊維状組織の特徴と一致する。底盤には層状構造が観察された。アラゴナイト結晶は粒径数十〜数百 nmであり、層ごとに粒径が異なる。これらのアラゴナイト結晶の*c*軸は、骨格の成長方向にほぼ垂直に配向しており、上述のサンゴ骨格の基本構造とは異なっている。骨格形成のごく初期には、球体の骨格基本構造の前駆体として紡錘状組織やダンベル状組織が観察されることがあり、これらの組織ではアラゴナイトの*c*軸が一方向に揃っていると推測される（Gilis et al., 2015）。底盤はこれら前駆体が積み重って形成されたと考えられる。

Ogilvie, 1896, Proc. R. Soc. Lond. Philos. Trans., 187B, 83–345
Bryan and Hill, 1941, Proc. R. Soc. Queensl., LII (1), 78–91
Gilis et al., 2015, J. Morphol., 276(6), 1156-1156

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Greenaliteの低温合成

小西博巳・Waleed Anwar （新潟大学・理・地質科学）

Greenalite synthesis at low temperatures

R4P-03

Hiromi Konishi* and Waleed Andwar (Dept. of Geology, Niigata University)

greenaliteは、蛇紋石―カオリナイト族の３八面体型の層状ケイ酸塩鉱物であり、２価のFeに富む。多くの縞状鉄鋼層（BIF）から産出し、BIFの初生的な鉱物であると考えられている。一般には、BIFの沈殿時にgreenaliteが生成したと考えられているが、green rustが最初に沈殿したとの説もあり、BIF生成の初期の様相については議論がある。

Mizutani et al., 1991は100℃から200℃でgreenaliteを合成した。Hrader 1978は、常温でのgreenaliteの合成を報告した。いずれの実験も、pH条件は考慮されていない。

本研究では、pH条件を変えて、低温でのgreenaliteの合成を行った。greenaliteがBIFの沈殿時に生成したとする説の妥当性を検討した。

出発物質には、50mMのFeSO4・7H2Oと112.5mMのNa2SiO3・9H2O、さらに、還元剤として0.1MのNa2SO4を0.5Mの硫酸に溶かした溶液に、350mMのNaOHを加えた。NaOHを加えると、直ちに沈殿物が生成した。最後に、NaOHと硫酸でpHを調整した。合成実験には、水熱合成オートクレーブ（150℃）およびバイアルチューブ（50℃）を用いた。

150℃の実験（6日間反応）では、pH9～13で、greenaliteとSi-magnetiteが生成した。pH13ではほぼ単相のgreenaliteが生成した。pHが低くなるとSi-magnetiteがより多く生成し、pH9では、わずかにgreenaliteを含むがほぼ単相のSi-magnetiteであった。５０℃の実験（9日間反応）では、pH11以上で、greenaliteとSi-magnetiteが生成した。

greenaliteの合成には、pH9以上のアルカリ性条件が必要であり、単相のgreenaliteの合成には、さらに強いアルカリ性条件が必要であった。海水のpHは、Archeanから Phanerozoicまで、~6.5から~9まで増加したという推定がある（Halevy and Bachan 2017）。海水のpHの見積もりは議論があるが、Halevy and Bachan 2017が推定したpH条件は、greenaliteの生成に適した条件より低い。

Keywords: greenalite, Si-magnetite, BIF
Corresponding Author: hkonishi@geo.sc.niigata-u.ac.jp

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

2019年9月21日(土) 9:30 ~ 17:00 | A-プレゼンスペース イースト1号館

R6: 深成岩・火山岩及びサブダクションファクトリー

[コアタイム] 12:00〜14：00

[R6P-01] CO_2流体の非破壊$\delta^{13}C$測定の向上

「発表賞エントリー」

*横倉 伶奈[1]、萩原 雄貴[1]、山本 順司[2] (1. 北海道大・院理、2. 北海道大・総合博物館)

[R6P-02] 九州に分布する姫島火山群と両子山火山群の第四紀マグマの成因関係の検討

「発表賞エントリー」

*平山 剛大[1]、柴田 知之[1]、芳川 雅子[1] (1. 広島大学・理学・地惑)

[R6P-03] ノースパタゴニアに産する花崗岩類の多様性

「発表賞エントリー」

*三浦 大和[1]、加々島 慎一[1]、高橋 俊郎[2]、野原 里華子[2] (1. 山形大学、2. 新潟大学)

[R6P-04] 北上山地, 堺ノ神深成岩体の岩石化学的研究：結晶分化作用と地質温度計・圧力の適用

*鈴木 哲士[1]、中島 和夫[2]、湯口 貴史[2] (1. 山形大学・院・理工学、2. 山形大学・理工学)

[R6P-05] 新潟県糸魚川市青海地域の蛇紋岩メランジュ中の優白質岩の多様性

*奥山 史織[1]、加々島 慎一[1]、竹之内 耕[2]、小河原 孝彦[2] (1. 山形大学、2. フォッサマグナミュージアム)

[R6P-06] In-situジルコンのU-Pb年代とTi濃度の同時取得：世界で最も若い黒部川花崗岩体を用いたアプローチ

*石橋 梢[1]、坂田 周平[2]、山嵜 勇人[1]、湯口 貴史[1] (1. 山形大、2. 東京大)

[R6P-07] 山口県，屋代島に産する領家帯深成岩類のマグマ過程

*児玉 省吾[1]、大和田 正明[1]、今岡 照喜[1]、亀井 淳志[2]、池田 雄輝[3] (1. 山口大学大学院創成化学研究科、2. 島根大学大学院総合理工学部、3. 復建調査設計株式会社)

[R6P-08] 四国北西部高縄半島に分布する領家帯花崗岩類の全岩化学組成とジルコンU-Pb年代

「発表賞エントリー」

*下岡 和也[1]、齊藤 哲[1]、谷 健一郎[2] (1. 愛媛大学大学院理工学研究科、2. 国立科学博物館地学研究部)

[R6P-09] 北部九州，尺岳閃緑岩体の内部構造

「発表賞エントリー」

*江島 圭祐[1]、大和田 正明[1]、亀井 淳志[2] (1. 山口大学大学院創成科学研究科、2. 島根大学大学院総合理工学研究科)

[R6P-10] 周防変成岩に貫入する紅柱石含有両雲母花崗岩の化学組成

*柚原 雅樹[1]、川野 良信[2]、岡野 修[3] (1. 福岡大・理、2. 立正大・地球環境、3. 岡山大・理)

CO_2流体の非破壊$\delta^{13}C$測定の向上

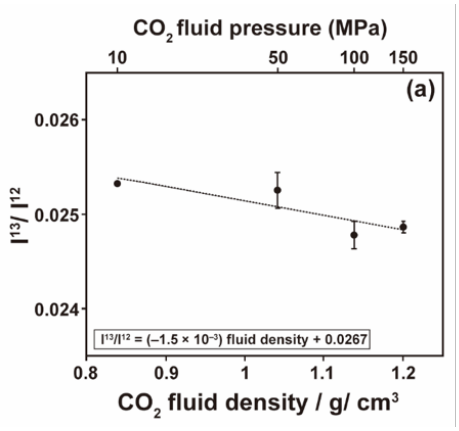
*横倉伶奈(北大・院理)，萩原雄貴(北大・院理)，山本順司(北大・博)

Improved accuracy of micro-Raman mass spectrometry for carbon isotopic composition of carbon dioxide fluid

*Lena Yokokura (Hokkaido Uni.), Yuuki Hagiwara (Hokkaido Uni.), Junji Yamamoto (Hokkaido Uni.)

We investigated fluctuation of the Raman intensity ratios and area ratio of peaks of $^{13}CO_2$ to $^{12}CO_2$ by changing fluid pressure. When changing fluid pressure, from 10 MPa to 150 MPa. To evaluate the effect of the peak shift on Raman intensity ratio, which is induced by changing fluid pressure, we conducted repeated measurements of intensity ratio with moving the grating center, which is defined as the center value of analyzing wave number range, at constant fluid pressure, 10 MPa.

ラマン分光分析は，鉱物粒子中に閉じ込められた直径 1 μm の CO_2 流体の炭素同位体比($\delta^{13}C$)を，$^{12}CO_2$ と $^{13}CO_2$ のスペクトルピークの強度比またはエリア比を利用して非破壊で測定できる可能性を持つ．しかし先行研究においてはスペクトルピークの位置がずれると同位体比が同じでも著しく測定確度が低下していた(20‰)．その原因は波数分解能と考察されたが，流体の圧力変化に沿って値が変動した可能性もある．これらの検証のために，従来の 5 倍の波数分解能の分光器を使用し流体の圧力を 10 MPa から 150 MPa まで変化させ，その傾向を観察した．結果圧力と強度比エリア比は負の圧力依存性を示す(図: 強度比)．ただしこの圧力の変化によって $^{12}CO_2$ スペクトルのピーク位置が約 1 cm^{-1} 変化するので，純粋なピーク位置の変化による確度への影響を検証するため流体の圧力 10 MPa で測定中心を左右に 1.5 cm^{-1} 変化させて測定を行なった．結果，測定中心をずらしても一定の測定中心の繰り返し測定と偏差がほぼ変わらない(強度比: ~7.5‰)ため純粋なピーク位置変化の影響は存在しない．圧力変化による強度比エリア比の変動は直線的であり，ラマン分光分析で同時に圧力が測定できるため校正が可能である．そのためこの圧力依存性はラマン分光分析による炭素同位体比測定の障害とはならないであろう．



Key words: Raman spectroscopy, CO_2 fluid, carbon isotopic ratio, fluid inclusion

*Corresponding author. E-mail address: l_yokokura@eis.hokudai.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R6P-02

九州に分布する姫島火山群と両子山火山群の第四紀マグマの成因関係の検討

平山剛大*，柴田知之，芳川雅子（広島大）

Investigation of genetic relationship between Quaternary magmas from Hime-shima and Futagoyama volcanic group in Kyushu

T. Hirayama*, T. Shibata, M. Yoshikawa (Hiroshima Univ.)

流紋岩質マグマの成因として，近年地殻物質の再溶融が注目されている(e.g. Parker, 2005). しかしながらこのような研究の多くは，地殻物質の同化分別結晶作用や親マグマからの結晶分化作用で流紋岩の化学組成変化説明が困難であることを根拠としており，流紋岩と地殻物質そのものの地球化学的特徴を基に議論している研究は少ない．姫島火山群は九州国東半島沖合に位置し，デイサイトと流紋岩から構成されている(伊藤，1990). 一方，同じ九州内では熊本県の阿蘇山でも流紋岩が確認されているが，阿蘇山は玄武岩から流紋岩といった，姫島火山群と比較すると幅広い組成の溶岩が噴出しており，阿蘇山は複雑なマグマ進化過程を持つ可能性が指摘できると考えられる．よって，この姫島火山群の流紋岩の地球化学的特徴を基にすれば，単純なモデル計算によって流紋岩質マグマの成因を議論できる可能性が高い．一方，両子山火山群は中部九州の国東半島主要部を占めており，姫島火山群の南西部に位置している．両子山火山群は安山岩・デイサイトから構成されており(松本・成重, 1985), 姫島火山群，由布・鶴見岳，阿蘇山等とともに火山フロントを形成している．伊藤(1989)は，姫島と国東半島を隔てる姫島水道に認められる地形の高まりが姫島火山群に含められる可能性を指摘している．このことから，姫島火山群が両子山火山群の側火山に位置づけられる可能性が指摘でき，その成因関係も類似している可能性が高いと考えた．そこで，本研究では Shibata et al. (2014)で公表された両子山火山群・姫島火山群のマグマの地球化学的データに加え，新たに姫島火山群の流紋岩質マグマの全岩微量元素組成を分析し，両子山火山群・姫島火山群のマグマ進化過程について解析した．

両子山火山群のデイサイトマグマは，脱水流体の付加によるマントルの部分溶融を起源とする由布岳・鶴見岳(Sugimoto et al. 2007)に類似した安山岩・デイサイトと，沈み込むスラブの部分溶融を起源とするデイサイトマグマとの混合によって形成された可能性が高い．姫島火山群のマグマ進化過程は，岩石学的研究から，デイサイト質マグマと，流紋岩質マグマとの混合によって形成された(伊藤, 1990)と考えられており，本研究で行った微量元素組成を基にしたマグマ混合のモデル計算結果からも同様の結果が得られた．これらのことから両子山および姫島火山群のデイサイト質マグマは，高 Sr/Y 比(約 70), 低 Y 濃度(< 14.3 ppm)といった類似した化学的特徴を示し，共通の成因を持つ可能性が高い(Shibata et al., 2014)のに対し，両子山および姫島火山群のマグマ進化過程は異なる可能性を指摘できる．また姫島火山群の流紋岩質マグマ端成分における地殻物質の影響についても議論を行った．

Keywords: Hime-shima volcanic group, Futagoyama volcanic group, magma genesis

*Corresponding author: takehiro-hirayama@hiroshima-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R6P-03

ノースパタゴニアバソリスに産する花崗岩類の多様性

三浦大和，加々島慎一（山形大），高橋俊郎，野原里華子（新潟大）

Diversity of granitic rocks in the North Patagonian Batholith

Hirokazu Miura*, Shin-ichi Kagashima (Yamagata Univ.),
Toshiro Takahashi and Rikako Nohara (Niigata Univ.)

The North Patagonian Batholith was formed by plutonic events that took place between the Jurassic Period and the Miocene Epoch. The Miocene granitic rocks from Puerto Cisnes distributed in north Chilean Patagonia are divided into three parts : Puerto Cisnes Granites, Queulat Diorites and Tonalites, Queulat Diorites and Porphyries. Initial Sr and Nd ratios of these rocks are 0.70351 - 0.70549 and 0.51264 - 0.51287, respectively. Sr*I* of metasedimentary rock is 0.70525. Some of the granitic rocks in this area show similar values to the Sr*I* of the metasedimentary rock, which suggests the possibility of their assimilation with crustal materials.

チリ・パタゴニアには，ジュラ紀から中新世にかけて形成したと考えられているパタゴニアバソリスが分布する． パタゴニア地方北西部のタイタオ半島では現在，チリ海嶺の沈み込みが起きている．本研究地域はタイタオ半島の北方にあたるプエルトシスネス周辺である．本研究地域に分布するパタゴニアバソリスは，Puerto Cisnes Granites (PCG), Queulat Diorites and Tonalites (QDT), Queulat Diorites and Porphyries (QDP)に区分されている（Parada et al., 2000）．PCG の年代値や上昇速度に関する研究は行われているが岩石成因論はなされていない．若い海洋地殻の低角沈み込みに伴う珪長質火成活動は，初期大陸地殻の形成過程の理解につながると考えている．このためパタゴニアバソリス周辺部に分布する花崗岩類，変堆積岩について全岩化学組成，希土類元素分析， Sr・Nd 同位体比分析を行った．また，プエルトシスネス北部に広く分布する角閃石トーナル岩のジルコン U-Pb 年代測定を行なった．これらの結果から本研究地域の花崗岩類の多様性について考察を行う．

プエルトシスネス南部に位置する PCG の岩体で約 1km 渡る連続露頭が存在し，不均質な斑れい岩がみられる露頭，マフィック部とフェルシック部が不均質であり角閃石のメガクリストがみられる露頭が近接している．同様の岩体では，細粒～粗粒の閃緑岩がみられる不均質な露頭もあり，狭い範囲に 3 つの岩相が密集している．プエルトシスネス東部では閃緑岩質のマフィック部とざくろ石を含有する花崗岩のフェルシック部が不均質に混在している．このざくろ石を含有する花崗岩は Rb-Sr 全岩アイソクロン法で 9.6 ±0.4 Ma が報告されている（Hervé et al., 1993）．さらにこの大規模な露頭は約 1 km に渡って存在し，一部にシンプルトニックダイクがみられる． QDT の岩体では約 3 km ほど連続露頭を観察でき，トーナル岩の随所に 10 ~ 50 cm の球状のエンクレーブが多数存在する．また, Queulat Diorite は角閃石 Ar-Ar 年代で 17.9±0.2 Ma が報告されている (Parada et al., 2000)．本研究においてトーナル岩からジルコンを抽出し，15.3 ± 0.23 Ma の U-Pb 年代値を得た．

Sr・Nd 同位体比初生値は Sr*I* = 0.70351 ～ 0.70549，Nd*I* = 0.51264 ～ 0.51287 を示す．プエルトシスネス周辺の花崗岩類は一般的な花崗岩の Sr*I* より低く、岩相としては閃緑岩～ざくろ石を含有する花崗岩までバリエーションに富んでいる．研究地域の花崗岩類の Sr*I*, Nd*I* の変化幅は小さく、変堆積岩の Sr*I* は他の岩体よりやや高い 0.70525 を示す．Sr*I* vs Nd*I* の図においてほとんどの試料は Mantle arrey 上にのり，比較的まとまってプロットされるため，同一のマグマ起源物質が示唆される．さらに，プエルトシスネスの花崗岩類の一部は変堆積岩の Sr*I* に近い値を示すことから地殻物質との同化により多様性が生じたと考えられる．

Keywords:Patagonian Batholith, Miocene granite,
Corresponding author:s181510m@st.yamagata-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R6P-04

北上山地，堺ノ神深成岩体の岩石化学的研究 ： 結晶分化作用と地質温度計・圧力計の適用

鈴木哲士 (山形大学院)・中島和夫・湯口貴史 (山形大学)

Petrochemistry of the Sakainokami plutonic body in Kitakami moutains, Northeasthern Japan: Crystallization differentiation deduced from application for the geothermometer-geobarometer

Satoshi Suzuki*, Kazuo Nakashima, Takashi Yuguchi (Yamagata University)

北上山地は中古生界の堆積岩類とそれを貫く火成岩類に大きく分類することができる(生出ほか, 1989)。北上山地の深成岩類はその岩相変化、鉱物のモード比、全岩化学組成などに基づいてI～VI帯に区分されている(片田ほか, 1971: 蟹沢・片田, 1988)。本研究対象である堺ノ神深成岩体はこのIII帯に属する。III帯の特徴としては、岩体が小さく、岩相が顕著に変化し、斑レイ岩～花崗岩まで幅広く岩相が変化するなどの特徴がある(Kato and Hama, 1976)。

堺ノ神深成岩体は全岩の化学組成に基づいて、一連の結晶分化作用によって生じた岩体とされており、野外と鏡下観察から 3 つの岩相に分類される(Kato and Hama, 1976)。しかしながら、浅井 (1992MS)ではモード分析と先行文献の地質分布、鉱物組み合わせから 4 つの岩相に区分している。そのため、本研究では浅井 (1992MS)の岩相区分を踏襲した。本岩体での造岩鉱物の化学分析を行うことは岩体の貫入定置プロセスを議論する上で有用となる。また、地質温度計・圧力計を用いた研究は鉱物の形成環境を知る上で重要である。そこで本研究では全岩化学組成、造岩鉱物の化学分析を行い、地質温度計・圧力計を用いて形成過程について言及する。

全岩化学分析の結果、4 つの岩相を通じて SiO2 は 49~66 wt%の広い範囲を示す。ハーカー図の主成分元素、微量元素の多くは 1 つのトレンドを示しながらも、一部主要元素である Al2O3 と P2O5 が、微量元素である Cr、Ni、Zr が大きくばらつき、同岩相内でも大きくばらついた試料があった。この傾向は 4 つの岩相の単純な結晶分化プロセスをたどったとは言えず、異なるマグマが貫入している可能性も示唆する。

造岩鉱物化学分析から、Schmidt (1992) の Al-in-角閃石圧力計、Blundy and Holland (1990)の斜長石・角閃石温度計を用いてそれぞれコアとリムに分け、温度･圧力を求めた。P-T 図に得られた温度・圧力をプロットした結果、花崗岩のソリダス線との位置関係から、結晶分化作用が進むにつれてマグマ中の水の飽和度に変化が推定される。

Keywords: Sakainokami plutonic body, Geothermometer, Geobarometer, Crystallization differentiation

*Corresponding auther: s191508m@st.yamagata-u.ac.jp

R6P-05

新潟県糸魚川市青海地域の蛇紋岩メランジュ中の優白質岩の多様性

奥山史織・加々島慎一（山形大学），
竹之内耕・小河原孝彦（フォッサマグナミュージアム）

Diversity of leucocratic rocks in serpentinite melange in the Omi area, Itoigawa City, Niigata Prefecture

Shiori Okuyama, Shin-ichi Kagashima (Yamagata Univ.),
Ko Takenouchi, Takahiko Ogawara (Fossa Magna Museum)

The Omi area of Niigata Prefecture is located near the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line (ISTL), where a variety of leucocratic rocks are distributed in the serpentinite melange. From the petrography results, leucocratic rocks are divided into three types as follows, two mica-bearing, zoisite-bearing, and amphibole-bearing. As a result of the Sr content indicates the presence or absence of metasomatism. Therefore, zoisite-bearing and amphibole-bearing rocks underwent metasomatism, whereas other granitic rocks indicate primitive values.

新潟県糸魚川市は，糸魚川－静岡構造線が南北を通っており，構造線の西側には太古代～中生代の地質体，東側には新生代の若い地質体からなる地質学的に多様性のある地域となっている．糸魚川市の青海川上流には，300 Ma の高圧型結晶片岩，300 Ma 以前の年代を示す角閃岩・ヒスイ輝石岩・アルビタイト・ロディン岩などの岩塊を含む蛇紋岩メランジュが分布する（竹内ほか，2010）．アブキ谷・アイサワ谷分岐点のやや下流の河床には現地性の優白質な巨石があり，花崗岩質岩石とされているが地球化学的特徴・成因・年代などは不明である．そのため，本研究では花崗岩質岩石について，岩石記載，全岩化学分析，ジルコンの U-Pb 年代測定等を行い．その結果をもとに成因を明らかにすることを目的とする．

現地調査では花崗岩質岩石のほか，比較のためのアルビタイト，ロディン岩も採取した．計 13 試料について薄片を作製し，岩石記載，モード測定，全岩・鉱物化学分析を行った．

花崗岩質岩石は肉眼観察，岩石記載の結果より，3 タイプに分けることができ，①白雲母・黒雲母（緑泥石）を含むもの，②ゾイサイトを含むもの，③巨晶の角閃石を含むものがある．

岩石記載の結果，①，②は石英，斜長石，白雲母，ザクロ石，緑泥石からなり，一部の岩石では黒雲母が認められる．また，斜長石のソーシュライト化が著しい．石英は普遍的に認められるが，カリ長石はほとんど認められない．②では二次的にゾイサイトが生成し，方解石も含まれており，①と比較すると変質が強い傾向にある．③は，石英，斜長石，角閃石からなり，一部白雲母も認められる．副成分鉱物はジルコン，ゾイサイト，アパタイトがみられ，斜長石脈や石英脈がみられる．この岩石は巨晶角閃石ゾイサイト岩と呼ばれるもので，交代作用によって形成したと考えられている（中水ほか，1989）．

全岩化学組成の結果では，Sr 含有量が①約 200～400 ppm，②約 650 ppm，③約 3000 ppm と岩相の違いによって値が大きく異なる．また，鉱物化学組成の結果より，③に含まれるゾイサイトには Sr に非常に富むリムが形成されていることが確認された．

これらの結果より，交代作用を受けた岩石は，Sr に富む流体が関与することによってその含有量に差が出たと考えられる．したがって，①の花崗岩質岩石は交代作用を受けず，初生的な値を示しており，②および③は交代作用を被ったことで Sr 含有量が①よりも高い値を示し，初生的な組成を保持していないといえる．

Keywords : serpentinite melange, metasomatism
Corresponding author : s191503m@st.yamagata-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R6P-06

In-situ ジルコンの U-Pb 年代と Ti 濃度の同時取得：世界で最も若い黒部川花崗岩体を用いたアプローチ

石橋梢（山形大），坂田周平（東京大・地震研），山嵜勇人（山形大），
湯口貴史（山形大）

Simultaneously quantitave determination of U-Pb age and titanium concentration: case study of Kurobegawa granite.

Kozue Ishibashi (Yamagata Univ.), Shuhei Sakata (Tokyo Univ.),
Hayato Yamazaki (Yamagata Univ.), Takashi Yuguchi (Yamagata Univ.)

本研究では，薄片中ジルコン（鉱物分離を行わない In-situ ジルコン）の U-Pb 年代とチタン（Ti）濃度を，レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析法（LA-ICP-MS）を用いて同時定量する手法の構築を目的とする．

研究対象である黒部川花崗岩体は，富山県の黒部川流域に位置する新第三紀花崗岩類であり，地球上で露出している深成岩類の中では最も若い結晶化年代を持つ（Ito et. al., 2013）．U-Pb 年代の誤差は相対誤差で算出されるため，このような若い年代の岩石を用いることでより効果的にジルコン内部の U-Pb 年代及び Ti 濃度のバリエーションを把握することができる

U-Pb 年代と Ti 濃度の同時定量を行うにあたり，カソードルミネッセンス（CL）像を元に，合計 16 個のジルコンから 21 点の分析点を選定した．そのうち 1 つの結晶から 2 つの分析点をとり，U-Pb 年代と Ti 濃度を取得することができたジルコンは 4 試料であった． LA-ICP-MS による分析は，学習院大学理学部のレーザーアブレーション装置（NWR213）及び ICP-QMS（Agilent8800）を使用し，レーザー径：30 μm あるいは 25 μm，発振周波数：5 Hz，Shot count：150 shot，レーザーのエネルギー密度：2.5 J/cm^2，レーザーの種類：Nd: YAG レーザー，較正用標準物質：NIST SMR610 および 91500 ジルコンという条件で行った．分析の結果，ジルコンの U-Pb 年代は 1.07 ± 0.09 Ma から 0.63 ± 0.12 Ma であった．これは先行研究である Ito et. al. (2013) で報告されていた黒部川花崗岩体の年代と整合的な値である．このことから，Ti 濃度と同時に定量を行っても U-Pb 年代の信頼性は失われないことが確認できた．

Ti 濃度は 0.92 ± 0.08 ppm から 16.99 ± 0.84 ppm であった．チタンの活動度を 1 として，Watson et al. (2006) の温度計に Ti 濃度を代入して結晶化温度を算出すると最低温度がソリダス温度を下回ってしまうが，活動度が 0.3 以下と仮定すれば最低温度がソリダス温度を上回ることが確認できた．黒雲母の結晶化温度から活動度を 0.3 と仮定して計算を行うと，ジルコンの結晶化温度は 646.8 ± 6.9 ℃から 918.1 ± 1.0 ℃であった．

1 つの結晶から 2 つの分析点をとり，U-Pb 年代と Ti 濃度を取得することができたジルコンは 4 試料の結晶内で温度と年代を比較すると，コアの方がリムよりも U-Pb 年代が古く Ti 濃度が高い傾向にあることが確認できた．これは CL 像から推定できる結晶の成長方向と整合的である．また，結晶化の速さの違いや急激な温度変化を引き起こす冷却イベントの存在も推定できた．よってこの手法はジルコンの結晶が成長した時の温度・時間履歴の推定において有効である．

Keywords: zircon, U-Pb age, Ti in zircon thermometer, CL image, LA-ICP-MS

Corresponding author: s191501m@st.yamagata-u.ac.jp

R6P-07

山口県，屋代島に産する領家帯深成岩類のマグマ過程

児玉省吾，大和田正明，今岡照喜（山口大学），亀井淳志（島根大学），池田雄輝（復建調査設計株式会社）

Magma process of the Ryoke plutonic rocks, Yashiro-jima island, Yamaguchi Prefecture, SW Japan.

Shogo Kodama*, Masaaki Owada, Teruyoshi Imaoka (Yamaguchi Univ.), Atsushi Kamei (Shimane Univ.), Yuki Ikeda (FUKKEN CO., LTD.,)

The granitoids of the Ryoke Belt in Yashiro-jima island are made up of the Towa Granite (Ryoke younger granite) and Gamano Granodiorite (Ryoke older granite). Both the Towa Granite and Gamano Granodiorite have the geochemical character similar to Volcanic Arc Granite. In addition, their Sr-Nd isotopic compositions resemble each other; thereby suggesting that the granitoids from Yashiro-jima island are originally derived from the similar source materials.

西南日本には白亜紀–古第三紀に活動した火成岩類が広く分布し，花崗岩類は記載的・地球化学的特徴により，北〜南へ山陰帯，山陽帯，領家帯に区分される(Ishihara, 1977)．山口県東部に分布する領家帯花崗岩は産状や貫入関係から領家帯新期花崗岩と領家帯古期花崗岩に分けられ，屋代島では蒲野花崗閃緑岩と東和花崗岩がそれぞれ古期花崗岩類と新期花崗岩類に相当するとされた．屋代島中央部から東部にかけて分布する東和花崗岩は，塊状で斑晶状のカリ長石を含み，産状から新期花崗岩に分類された(岡村, 1957)．また，同様の岩相は屋代島西武に分布する蒲野花崗閃緑岩中にも産する(池田ほか, 2019)．しかし，屋代島に産する花崗岩類，特に東和花崗岩は成因関係の理解に乏しく，記載的特徴が述べられているにすぎない．本研究では東和花崗岩のマグマ過程について検討し，蒲野花崗閃緑岩との成因関係を議論する．

東和花崗岩(SiO_2 wt.% = 67.3~76.9, K_2O wt.%= 2.6~7.2) は，中粒〜粗粒の黒雲母花崗岩である．主な構成鉱物は石英，斜長石，カリ長石および黒雲母で，最大5cmに達するカリ長石斑晶を含む．蒲野花崗閃緑岩(SiO_2 wt.% = 64.6~~69.8, K_2O wt.%= 1.3~3.5) は中〜粗粒で黒雲母の配列による弱い面構造を示す．主な構成鉱物は石英，斜長石，黒雲母および少量のカリ長石である．両者は地球科学的判別図において火山弧花崗岩の領域にプロットされる．また，共通したコンドライトで規格化したREEパターンを示すが，東和花崗岩の方がより強いEuの負異常を示す．

東和花崗岩と蒲野花崗閃緑岩はεSrI–εNdI図においてほぼ同じ領域にプロットされる．これは，共通の同位体組成を持つ起源物質に由来した可能性が高いことを示唆する．記載や化学的特徴を考慮すると，東和花崗岩はより分化したマグマに由来し，蒲野花崗閃緑岩との岩相の違いは，冷却時のマグマ組成(特にK_2O量)に起因すると推察される．

Key words: Southwest Japan, Cretaceous, Ryoke Belt, Granite, magma process

corresponding E-mail address: i002wb@yamaguchi-u.ac.jp

四国北西部高縄半島に分布する領家帯花崗岩類の全岩化学組成とジルコン U–Pb 年代

下岡和也*、齊藤哲(愛媛大学)、谷健一郎(国立科学博物館)

Whole-rock chemical compositions and zircon U-Pb ages on the granitoids in Ryoke belt, Takanawa Peninsula, northwest Shikoku, southwest Japan

Kazuya SHIMOOKA*, Satoshi SAITO (Ehime Univ..)
Kenichiro TANI (National Museum of Nature and Science)

1.はじめに 四国北西部に位置する高縄半島には、多様な岩相からなる領家帯花崗岩類が分布している。当地域の花崗岩類についてはこれまで宮久・平岡(1970)、越智(1982)などにより岩石記載や岩相区分が行われている。本地域の花崗岩類について、越智(1982)は貫入形態から、Kagami et al. (1988)は Rb-Sr 全岩アイソクロン年代から、吉倉ほか(2004)はジルコン(単粒子)U-Pb 年代測定から、それぞれ岩体形成の前後関係を考察したが、見解が異なっておりさらなる検討が必要である。一方、当地域の花崗岩類の全岩化学組成についての報告は限られている。そこで本研究では、野外調査、全岩化学組成分析、ジルコン U-Pb 年代測定を行い、高縄半島領家帯花崗岩類の地球化学的特徴およびマグマ形成年代の検討を行なった。

2.全岩化学組成 本研究では、越智(1982)の岩体区分に基づき、岩石試料採集と全岩化学組成分析を行った。ノルム An-Ab-Or 花崗岩分類図上での分類では、越智(1982)のトーナル岩質岩はトーナル岩～花崗閃緑岩、花崗閃緑岩質岩はトーナル岩～花崗閃緑岩、花崗岩質岩は多くが花崗岩の組成を持つことが確認された。SiO_2含有量については、トーナル岩質岩は 61～68 wt%、花崗閃緑岩質岩は 67～76 wt%、花崗岩質は 70～80 wt%の組成範囲を持つ。ハーカー図上では、岩体ごとに固有の組成トレンドを示し、一部の岩体では微量元素について岩体内に異なる組成トレンドが認められる。

3. ジルコン U-Pb 年代 トーナル岩質岩（1 岩体)、花崗閃緑岩質岩（1 岩体)、花崗岩質岩（4 岩体）の試料からジルコンを分離し、U-Pb 年代測定を行った。その結果、トーナル岩質岩から約 94 Ma、花崗閃緑岩質岩から約 89 Ma、花崗岩質岩から約 97 Ma と約 94 Ma の年代が得られた。

4. 議論 本研究でおこなった全岩化学組成に基づく花崗岩の分類は、越智(1982)の結果と概ね一致する。全岩化学組成における異なるトレンドの存在は、組成の異なる複数のマグマの存在を示唆する。本研究でのトーナル岩質岩(約 94 Ma)、花崗閃緑岩質岩(約 89 Ma)、花崗岩質岩(約 97 Ma と約 94 Ma)の年代値は、越智(1982)、Kagami et al. (1988)、吉倉ほか(2004)がそれぞれ考察したどの前後関係とも不調和である。全岩化学組成における異なるトレンドの存在と約 97～89 Ma の範囲にわたるジルコン U-Pb 年代から、高縄半島に分布する領家花崗岩類の形成には、活動年代と化学組成の異なる複数のマグマが関与したものと考えられる。

引用文献: Kagami et al. (1988) Geochem J 22, 69-79. 宮久・平岡(1970) 愛媛大学紀要 自然科学 Ser. D(地学) 4, 59-70. 越智秀二(1982) 地質学雑誌 88, 511-522. 吉倉ほか(2004) 日本岩石鉱物鉱床学会学術講演会講演要旨集 215.

Key word: Takanawa Peninsula, Granitoids in Ryoke belt, Whole-rock chemical compositions, Zircon U-Pb ages
*Corresponding author: shimooka19961213@yahoo.co.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

北部九州，尺岳閃緑岩体の内部構造

江島圭祐・大和田正明（山口大学）・亀井淳志（島根大学）

Internal structure of the Shaku-dake diorite body, northern Kyushu

Keisuke ESHIMA*, Masaaki OWADA (Yamaguchi Univ.) and Atsushi KAMEI (Shimane Univ.)

【はじめに】花崗岩や閃緑岩などの深成岩体はマグマ溜まりの化石と言われ（Wibe, 1994），マグマ溜まりの状態，マグマの挙動および固結時までの活動記録を保存している．北部九州には，白亜紀に活動した花崗岩バソリスが東西約 100 km 南北約 50 km の範囲に分布し，17 岩体に区分される．また，近年花崗岩バソリスを構成する少岩体の中から高 Mg 安山岩（HMA）組成の貫入岩が報告されている（Kamei et al., 2004; 江島・大和田, 2018; 江島ほか, 2019）．さらに，HMA 組成の岩石は珪長質マグマと密接に関連していることが知られており（巽， 2003），地殻の進化過程においても非常に重要な岩石である．したがって，HMA 組成に類似する尺岳閃緑岩体を詳細に検討することにより，その岩体の内部構造のほか，他の岩体との関係性まで検討することができる．そこで本研究では尺岳閃緑岩帯において高密度サンプリングを実施し，岩体の内部構造（岩相変化）や定置過程などを明らかにする．このような研究は北部九州における HMA 組成の岩石の精密解析としてケーススタディになることが期待される．

【地質概要】尺岳周辺の地質は，脇野亜層群を母岩とし，それを貫く尺岳岩体と岩脈類から構成される．尺岳岩体は尺岳西斜面に 1.9 × 1.5 km の楕円状に産し，脇野亜層群に接触変成作用を与えている．貫入境界部では，脇野亜層群と石灰岩を捕獲岩として包有することもある．また，黒雲母 K–Ar 年代として 106.3 ± 5.3 Ma が岩体西部の花崗閃緑岩から報告されている（村上，1989）．尺岳岩体の貫入時期は北部九州に産する白亜紀深成岩類とほぼ同時期である．尺岳岩体主岩相の閃緑岩は塊状で，細粒～中粒の岩相を示す．岩脈類はドレライト，斑状細粒トーナル岩，単斜輝石花崗閃緑岩, ホルンブレンド-黒雲母花崗閃緑岩および細粒黒雲母花崗岩の 5 岩相に区分される．

【両輝石閃緑岩の産状】岩相の特徴は全体的に暗灰色～黒色で，有色鉱物として 0.5–1.5 mm の直方輝石と単斜輝石が岩石の大部分を占めている．粒度は細粒～粗粒まで多様であり，粗粒な岩石は標高の高い場所に産する．有色鉱物や斜長石の定向配列による流理構造は発達しない．一方，漸移的に岩相の色合い（珪長質～苦鉄質）が変化している岩石（サージ）や優黒質なシュリーレンが観察される．貫入境界部では，脇野亜層群や石灰岩を捕獲岩として包有することもある．

【尺岳閃緑岩体のモード組成と全岩化学組成による高度・平面変化の検討】各組成による高度変化の検討では標高約 300 m以下，300−450 mおよび 450−550 mで組成差が顕著に現れた．標高約 300−450 m の範囲では珪長質鉱物と黒雲母量，SiO_2, K_2O（wt%）が多く，分化した組成である．一方，標高 300 m 以下と 450−550 m の範囲では苦鉄質鉱物量, Fe_2O_3, MgO, Cr および Ni（wt%, ppm）が多い．一方，平面変化の検討では岩体の周縁部では岩体中心部に比べ苦鉄質鉱物と Fe_2O_3, MgO（wt%）が多い．しかし，岩体南部の周辺部に関しては逆に少ない傾向にあるまた，液相濃集元素の含有量は母岩との接触域や岩脈貫入域に多い．以上から尺岳閃緑岩体は高度変化と平面変化の 2 つの変化が組み合わさっていることと母岩のゼノリスから推察されるように液相濃集元素の移動を含む同化分別結晶作用や混合作用を経ている可能性が高い．

【岩相変化モデルと定置モデル】これまでの検討結果から尺岳閃緑岩体の岩相変化は，主に岩体の三次元的中心部に向かい直方輝石と単斜輝石が取り去られる分別結晶作用が，岩体外縁部（母岩接触域）と岩脈貫入域では液相濃集元素を移動させる同化分別結晶作用や混合作用が起こったと考えられる．一方，尺岳閃緑岩体の定置モデルは野外産状から確認されるサージや優黒質シュリーレンなどの組織から sheet on sheet model （Menand. 2008, 2011）が考えられる．定置モデルの検討に関してはマグマの粘性や密度も考慮すべきであるのでこれからの課題として取り組んで行く．

Keyword: HMA, magma chamber, magma process
Corresponding author: kesuikemashie@gmail.com

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

周防変成岩に貫入する紅柱石含有両雲母花崗岩の化学組成

柚原雅樹*（福岡大・理）・川野良信（立正大・地球環境）・岡野　修（岡山大・理）

Whole-rock chemical compositions of andalusite-bearing two-mica granite intruded into the Suo metamorphic rocks, eastern North Kyusyu

Masaki Yuhara* (Fukuoka Univ.), Yoshinobu Kawano (Rissho Univ.) and Osamu Okano (Okayama Univ.)

Andalusite-bearing two-mica granite intruded into the Suo metamorphic rocks in the Asakura area, eastern North Kyusyu. The two-mica granite consists of fine- to medium-grained two-mica granite, and contains andalusite and garnet. This granite is characterized by peraluminous compositions. Sr isotopic ratios of the granite calculated by 103.73 Ma range from 0.70668 to 0.70686, and are lower than those of the Suo metamorphic rocks (0.71025-0.71197), and slightly higher than initial Sr isotopic ratios of Cretaceous Granitic rocks in North Kyusyu. Thus, andalusite-bearing two-mica granite magma was produced by melting of Cretaceous tonalite - granodiorite.

九州北部，朝倉地域の周防変成岩中に貫入する紅柱石含有両雲母花崗岩の全岩化学組成分析とSr同位体比測定を行い，その成因について考察した．

本花崗岩は，英彦山団研グループ（1992）によって優白質花崗岩とされた岩体に相当する．しかし，久保ほか（1993）や北野・池田（2012）では真崎花崗岩とされている．岩体は東西約1 kmの幅を持ち，東側の貫入境界は周防変成岩の面構造にほぼ平行で，西北西−東南東走向で高角である．西側の境界は北北西−南南東走向で，変成岩の面構造を切る．さらに変成岩中に南北走向で傾斜が高角な厚さ2.7〜50 mの岩脈としても貫入する．

本花崗岩は，細〜中粒の両雲母花崗岩からなる．鏡下では半自形粒状組織あるいは斑状組織を呈し，主に石英，カリ長石，斜長石，白雲母，黒雲母からなり，副成分鉱物として不透明鉱物，紅柱石，ざくろ石，燐灰石，ジルコンを含む．紅柱石は無色〜淡いピンク色を呈し，他形で，単独には存在せず，多くの場合，白雲母に包有される．薄い白雲母で縁取られている場合もある．まれに斜長石に包有される．

本花崗岩のSiO_2含有量は，70.4〜74.5 wt.%で，A.S.I. = 1.10〜1.23と，パーアルミナスな化学組成を有する．化学組成の違いから，主に黒雲母花崗岩からなる真崎花崗岩や黒雲母花崗岩〜両雲母花崗岩からなる油須原花崗岩とは異なるマグマから形成されたと考えられる．真崎花崗岩のU-Pbジルコン年代（103.73 Ma）で年代補正した本花崗岩のSr同位体比は，0.70668〜0.70686であり，周辺の北部九州白亜紀花崗岩類に比べ若干高いが，周防変成岩の泥質片岩（0.71025〜0.71197）に比べるとかなり低い．したがって，Kamei（2002）によって指摘されているように，Sr同位体比が低く，パーアルミナスな本花崗岩も，トーナル岩〜花崗閃緑岩の部分溶融によって形成された可能性がある．

文献：英彦山団研グループ（1992）地質雑 98, 571-586. Kamei（2002）Gondwana Res. 5, 813-822. 北野・池田（2012）地質雑 118, 801-809. 久保ほか（1993）20万分の1地質図　福岡．

Keywords: Andalusite-bearing two-mica granite, Whole-rock chemical composition, Sr isotopic ratio, Cretaceous granitic rocks, North Kyusyu

*Corresponding author: yuhara@fukuoka-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ポスター | R7: 岩石・鉱物・鉱床一般 (資源地質学会共催セッション)

2019年9月21日(土) 9:30 ~ 17:00 | A-プレゼンスペース イースト1号館

R7: 岩石・鉱物・鉱床一般 (資源地質学会共催セッション)

[コアタイム] 12:00〜14：00

[R7P-01] オマーンオフィオライトWadi Tayin岩体における地殻−マントル境界にみられるマントル−メルト相互作用

*高澤 栄一[1,2]、木暮 優芽斗[3]、石井 慶佑[3]、Chatterjee Sayantani[1]、小柳 夏希[1]、道林 克禎[4]、田村 芳彦[2]、The Oman Drilling Project Science Party (1. 新潟大・理、2. 海洋研究開発機構、3. 新潟大・院自然、4. 名古屋大学)

[R7P-02] 長野県大鹿村のカンラン岩の蛇紋岩化作用

*武田 侑也[1]、上原 誠一郎[1] (1. 九大・理地惑)

[R7P-03] Hess Deep マントルかんらん岩に産する二次的かんらん石の化学組成

*後神 大輔[1]、野坂 俊夫[1] (1. 岡山大・院自然)

[R7P-04] 輝石温度の冷却速度応答性による海洋リソスフェアの見かけ温度分布

*西村 光史[1]、山本 順司[2]、石橋 秀巳[3] (1. 東洋大学、2. 北海道大学、3. 静岡大学)

[R7P-05] クラックの発生頻度の違いによる海洋モホ面での地震波不連続性
「発表賞エントリー」

*赤松 祐哉[1]、片山 郁夫[1]、利根川 貴志[2] (1. 広島大・院理、2. JAMSTEC)

[R7P-06] 岩石微細組織観察に於けるEPMA定量イメージング技術の活用

*吉田 健太[1] (1. JAMSTEC)

[R7P-07] 沖縄トラフ海底熱水サイトのチムニー初期生成過程に関する鉱物学的解析

*大森 敬太[1]、長瀬 敏郎[2]、野崎 達生[3]、栗林 貴弘[1] (1. 東北大・院理、2. 東北大・総学博、3. 海洋機構)

[R7P-08] 沖縄トラフ熱水鉱床に産するisocubaniteの磁気特性

*加藤 千恵[1]、大野 正夫[1]、桑原 義博[1]、畠山 唯達[2]、山田 康洋[3]、戸塚 修平[4]、島田 和彦[4]、石橋 純一郎[4]、長瀬 敏郎[5] (1. 九大比文、2. 岡山理大、3. 東京理大、4. 九大理、5. 東北大博物館)

[R7P-09] 高温高圧下で高酸化状態を保持するための試料容器

*川嵜 智佑[1] (1. 愛媛大学)

[R7P-10] 北海道羽幌地域の上部白亜系上部蝦夷層群中に見られる海緑石

*門谷 明弘[1] (1. 愛媛大)

[R7P-11] インドAravalli-Delhi造山帯に露出するシュードタキライトの微細組織とその形成過程

*岡崎 淳哉[1]、安東 淳一[1]、Das Kaushik[1]、富岡 尚敬[2]、兒玉 優[3] (1. 広島大・院理、2. JAMSTEC、3. マリン・ワーク・ジャパン（株）)

R7P-01

オマーンオフィオライトWadi Tayin岩体における地殻−マントル境界にみられるマントル−メルト相互作用

高澤栄一* (新潟大・理/ JAMSTEC)・木暮優芽斗・石井慶佑 (新潟大院)・Chatterjee Sayantani・小柳夏希 (新潟大理)・道林克禎 (名古屋大)・田村芳彦 (JAMSTEC)・The Oman Drilling Project Science Party

Mantle-melt interaction at the crust-mantle boundary in the Wadi Tayin massif, the Oman mantle peridotite

Eiichi Takazawa* (Niigata Univ/ JAMSTEC), Yumeto Kogue, Keisuke Ishii, Sayantani Chatterjee, Natsuki Oyanagi (Niigata Univ), Katsuyoshi Michibayashi (Nagoya Univ), Yoshihiko Tamura (JAMSTEC)

オマーンオフィオライトの地殻およびマントル相当層の境界には地殻−マントル遷移帯（あるいはモホ遷移帯）と呼ばれるダナイトを主体とする厚さ数十〜数百メートルの特異な岩層が存在する[1]。このダナイトを主体とする遷移帯の形成はMORBメルトから晶出したかんらん石の集積や，輝石に不飽和なMORBメルトとハルツバージャイトとの反応[2-5]で説明されている他，熱水の関与も指摘されている[7-8]。ICDP Oman Drilling Projectは，地殻-マントル遷移帯の形成過程及び海洋モホロビチッチ不連続面との対応関係を明らかにすることを目的に，オマーンオフィオライトの地殻−マントル境界の陸上掘削を行なった。本講演では，オマーンオフィオライトWadi Tayin岩体Wadi Zeebの地殻-マントル境界部で掘削されたHole CM2B（UTM: 40Q 637000E, 2534270N）のCrust-Mantle TransitionとMantle Sequenceの境界部における岩相変化と主成分および微量元素の全岩化学組成の対応関係について報告する。Hole CM2Bでは全長300.00mのコアが採取され，最上部はCrust-Mantle Transitionの最上部付近に相当する。0-12mは沖積層，12-74mはDunite Sequence，74-121mはDunite with Gabbro Sequence，121-300mはMantle Sequenceと区分された。下位のMantle Sequenceのハルツバージャイトから上位のCrust-Mantle Transitionのダナイトへ向かって直方輝石の消滅が認められる。それに伴い，全岩組成のCaO wt%もハルツバージャイトの0.7-0.9wt%から0.3-0.6wt%のDunite with Gabbro Sequenceのダナイトを経て，Dunite Sequenceの0.2 wt %以下の均質なダナイトへと変化する。Crust-Mantle Transitionの下部，すなわちMantle Sequenceとの境界部に中間組成のダナイトが存在し，ガブロや含斜長石ウェルライトのレイヤーをしばしば伴うことはCrust-Mantle Transitionのダナイトの成因に対する制約を与える。一方，全岩の希土類元素のコンドライト規格化パターンでは，Mantle Sequenceの中希土類元素に枯渇したスプーン型のパターンと対象的に，最上部のハルツバージャイトは軽希土類元素から中希土類元素においてよりエンリッチしている。すなわち，Mantle Sequence最上部のハルツバージャイトでは，主成分元素よりも先に，不適合元素にメルト-マントル反応の影響が現れている。このことは，Crust-Mantle Transitionの下部にメルトの存在が示唆されることと調和的で，Mantle Sequence最上部でハルツバージャイトをダナイトに変換する反応が活発に進行したことを示唆する。

引用文献：[1] Boudier and Nicolas (1995) J. Petrol., 36, 777-796. [2] Kelemen et al. (1995) Nature, 375, 747-753. [3] Korenaga and Kelemen (1997) JGR, 102, 27729-27749. [4] Collier and Kelemen (2010) J. Petrol., 51, 1913-1940. [5] Abily and Ceuleneer (2013) Geology, 41, 67-70. [6] Kelemen et al. (2013) Sci. Drill., 15, 64-71. [7] Koga et al. (2001) G-cubed, 2, 2000GC000132. [8] Rospabé et al. (2017) Geology, 2017139.

Keywords: Oman ophiolite, ICDP, Oman Drilling Project, Crust-mantle boundary, Moho

*Corresponding author: takazawa@geo.sc.niigata-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R7P-02

長野県大鹿村のカンラン岩の蛇紋岩化作用

武田侑也・上原誠一郎（九大・理・地惑）

Serpentinization of peridotite, Oshika Village, Nagano Prefecture, Japan

Yuya Takeda* and Seiichiro Uehara (Dept. Earth and Planet. Sci., Fac. Sci., Kyushu Univ.)

1. はじめに　蛇紋岩化作用はカンラン石と熱水から蛇紋石を生成する反応で，カンラン石中の 2 価鉄から磁鉄鉱が生成するため 2 価鉄の一部が 3 価鉄になる。そのときに水素が発生し，より還元的な環境が形成され，自然鉄，アワルワ鉱などが形成される場合がある(Frost, 1985)。

長野県大鹿村のカンラン岩は入沢井と大河原にあり，その中の蛇紋石脈に日本で初めて蛇紋岩化作用で生じる自然鉄が報告された(岡本ら, 1981; Sakai & Kuroda , 1983)。蛇紋石脈はその前後関係から 3 段階あり，自然鉄は 2 段階目のクリノクリソタイルとブルース石からなる脈に見られるとされた。本研究では蛇紋石脈の形成時の環境の解明を目的とし，この特異な蛇紋石脈の再検討を行った。

2. 実験手法　長野県大鹿村のカンラン岩体を野外調査し，ダナイト，ウェールライト，蛇紋岩について肉眼観察及び偏光顕微鏡観察，組織観察と化学分析(SEM-EDS, 日本電子製　JSM-7001F)，X 線回折実験（リガク Ultima IV)を行った。

3. 結果　研究で用いたカンラン岩はカンラン石，クロム鉄鉱で構成されていた。蛇紋石脈は主にリザーダイト，クリノクリソタイル，ブルース石，磁鉄鉱，自然鉄で構成されていた。今回の観察から，脈の前後関係は 4 方向のものが見られ，蛇紋石の種類はクリノクリソタイルのみ，リザーダイトのみ，2 種類が混在しているものがあった。また，多くの脈に自然鉄がみられるが，その量には脈の方向や組織による違いがあった。脈の組織は全体が蛇紋石とブルース石で部分的にブルース石が多く(Fig.1)，金属鉱物として自然鉄が多いものや，脈の中心から鉱物種が対称的に分布し，磁鉄鉱が多く，自然鉄の少ない脈があった。自然鉄は 150 ㎛以下の楕円形で，ブルース石と蛇紋石が共存している部分に多く，蛇紋石部分には少ない傾向があった。Fig.1 の脈は初生のもので，対称的な脈は何度かの蛇紋石化を経てできた脈と考えられる。

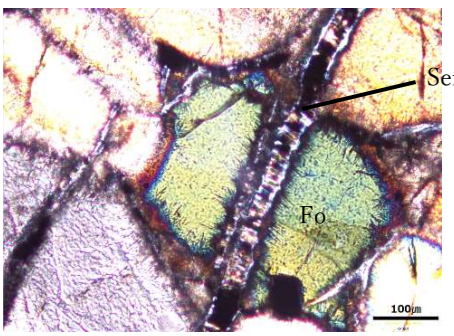


Fig.1 Polarizing microscope image of serpentine vein

Keywords: Serpentinization, native iron *Corresponding author: takeda.yuya.767@s.kyushu-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Hess Deep マントルかんらん岩に産する二次的かんらん石の化学組成

後神大輔・野坂俊夫*（岡山大）

Chemical compositions of secondary olivine in mantle peridotites from the Hess Deep Rift

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

We found secondary olivine in mantle peridotites from ODP Site 895, the Hess Deep Rift. The secondary olivine occurs as veins a few μm to hundreds μm wide, cutting primary olivine, coexisting with tremolite, and cut by serpentine. Optimized microprobe analyses revealed that the primary olivine has compositions (e.g., Fo = 90-91) of typical mantle olivine from residual peridotites whereas the secondary olivine has lower Fo (79-83), Ni (<2100 ppm), Ca (<70 ppm) and Al (<2 ppm) contents and higher Mn (>3000 ppm) and Co (>200 ppm) contents than the primary olivine. These peculiar compositions may be the characteristics of olivine formed by amphibolite-facies alteration.

Hess Deep Rift には東太平洋海膨で形成された下部地殻や上部マントルの岩石が露出している。今回我々は，ODP Site 895 で掘削・採取されたマントルかんらん岩中に，二次的に生じたかんらん石を発見した。その成因は，高速拡大軸近傍における地質作用の実態を理解するための重要な鍵になるかもしれない。そこでかんらん石の化学分析を行った。

二次的かんらん石は，ハルツバージャイト中の初生かんらん石を貫く幅数μm から数100 μm の脈として産する。多くの場合，二次的かんらん石の周辺にはトレモラ閃石が生じている。また二次的かんらん石は隣接する初生かんらん石と同一の蛇紋石脈に貫かれていることから，蛇紋石化作用よりも前に生成したものと考えられる。

微細で不均質な脈状かんらん石の化学組成を分析するために，岡山大学の EPMA JEOL JXA-8230 を使用した。分析条件は主要成分（Si, Mg, Fe）については加速電圧 20 kV，照射電流 20 nA とし，測定時間はピーク 60 sec，バックグラウンド 20 sec とした。一方，微量元素（Ni, Mn, Ca, Co, Al, Cr, Ti, Zn, Na, P）の分析条件は，加速電圧 20 kV，照射電流 200 nA，プローブ径 5μm，ピーク 120-300 sec，バックグラウンド 60-150 sec 測定とし，バックグラウンド測定の分光結晶位置は元素ごとに最適値を決定した。これらの条件設定により，検出限界は 2-7 ppm となった。また実用標準試料 San Carlos かんらん石の LA-ICPMS 分析と比較して再現性を確認した。

初生かんらん石の Fo 値（90-91）は典型的な溶け残りマントルかんらん岩と同様である。初生かんらん石に比べて二次的かんらん石は Fo 値が低く（79-83），Ni（＜2100 ppm），Ca（＜70 ppm），Al（＜2 ppm）に乏しい一方，Mn（＞3000 ppm），Co（＞200 ppm）に富む。またばらつきが大きいが，Ti に富み Cr に乏しい傾向も認められる。このような特異な組成は，角閃岩相の変質作用によって生じたかんらん石の特徴かもしれない。

謝辞：金沢大学の森下知晃博士，田村明弘博士には LA-ICPMS 分析のご協力を賜った。

Keywords: Hess Deep Rift, mantle peridotite, alteration, secondary olivine, trace elements

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

輝石温度の冷却速度応答性による海洋リソスフェアの見かけ温度分布

西村光史*（東洋大）・山本順司（北大）・石橋秀巳（静岡大）

A pseudo-temperature distribution in the oceanic lithosphere caused by cooling rate responsiveness of pyroxene geothermometry

Koshi Nishimura* (Toyo Univ.), Junji Yamamoto (Hokkaido Univ.),
Hidemi Ishibashi (Shizuoka Univ.)

海洋リソスフェア内で単斜輝石と斜方輝石が接している場合，温度が変化すると両輝石の界面元素分配関係が変化し，接触部の平衡化学組成（Ca 等）は熱力学的に一意に決まる．しかしそれぞれの輝石内部の組成変化は結晶のコアーリム間の化学組成差に起因する拡散過程に依存するため，冷却速度の大きい浅部の単斜輝石はリム付近を除き非平衡組成を維持すると考えられる（Yamamoto et al., 2017）．

本研究では海洋リソスフェアの温度の時空間変化を輝石の元素拡散モデルと組み合わせることにより，複数深度における単斜輝石の組成累帯構造の時系列発達過程を定量的に検討した．海洋リソスフェアの温度変化を半無限体冷却モデル（half-space cooling model）で近似し，熱伝導方程式の解析解（Crank, 1975; Turcotte and Schubert, 1982）を用いて計算した．温度変化に伴う単斜輝石の組成変化は Yamamoto et al. (2017)の方法に従って計算している．輝石の組成として単純な CaO-MgO-SiO2 系を考え，共存する単斜輝石と斜方輝石の界面局所平衡を仮定し，平衡組成ー温度関係を Lindsley and Davidson (1980)の熱力学モデルに基づいて計算した．結晶内部の Ca の元素拡散の拡散係数は温度依存性を考慮した．結晶は粒径 2 mm とし，粒成長しないと仮定している．

海嶺軸と垂直な断面において単斜輝石のコアが示す見かけ温度分布を図1に示す．リソスフェア深部では水平移動とともに輝石のコアの示す温度が高温から低温にゆっくりと変化していくのに対し，浅部では高温を示したまま変化しなくなっているのがわかる．この結果は，深部ほど高温で冷却が緩やかに進むため輝石の元素拡散が温度変化に追随するのに対し，浅部では急冷されるため，元素拡散が追いつかないうちに閉鎖温度に達してしまうことを意味している．

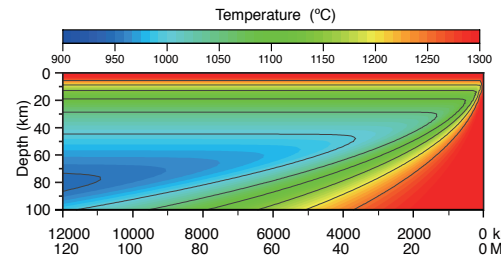


図1．単斜輝石コアが示す海洋リソスフェアの見かけ温度構造．ここでは中央海嶺で形成された海洋リソスフェアが 10 cm/yr で水平移動すると仮定しているため，横軸は海嶺からの距離とともに形成年代を表す．

Keywords: two-pyroxene thermometer, oceanic lithosphere, mantle, cooling-rate responsiveness, Project Mohole
*Corresponding author's E-mail address: k-nishimura@toyo.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R7P-05

クラックの発生頻度の違いによる海洋モホ面での地震波不連続性

赤松祐哉*，片山郁夫（広島大・院理・地球惑星システム学専攻），
利根川貴志（JAMSTEC）

Crack-dependent seismic discontinuity at the oceanic Moho

Yuya Akamatsu*, Ikuo Katayama (Hiroshima Univ. Sci. DEPSS),
Takashi Tonegawa (JAMSTEC)

近年の海底下の地震波探査では，同一の海洋プレート内においてもモホ面での地震波の反射強度に地域性があることが報告されており，観測結果を説明する海洋プレートの物質モデルの構築が求められている．地震波速度は岩石中のクラックの存在に敏感であるため，それらの地震波異常にクラックが寄与している可能性がある．かんらん岩は，はんれい岩に比べ脆性変形中に生成されるクラックの体積が小さいことがわかっており，モホ面を境としてクラックの発生頻度が異なることで地震波反射の異常をもたらしている可能性がある．そこで本研究は，かんらん岩とはんれい岩の脆性変形中の地震波速度を測定し，クラックがモホ面での地震波速度と反射強度に与える影響について考察した．

試料には幌満かんらん岩体に産するはんれい岩とかんらん岩を用い，三軸変形試験中に地震波速度の測定を行った．実験は広島大学の容器内透水変形試験機を用い，室温，歪み速度~10^{-6} s^{-1}，封圧 20 MPa の無水条件で行った．

はんれい岩は破壊に近づくにつれて P 波，S 波速度ともに大きく低下した（30–40%）．一方，かんらん岩の Vp，Vs の低下ははんれい岩に比べて小さい傾向を示した（<20%）．これらの違いははんれい岩とかんらん岩で変形中に形成されるクラックの性質が異なることを示しており，先行研究の体積歪みの測定結果とも整合的である．また，測定した地震波速度から算出したはんれい岩とかんらん岩の反射係数は，脆性変形が進行するほど増加する傾向を示した．

脆性変形の進行度によってモホ面での地震波の反射波がどのように変化するのかを検証するため，実験結果に基づいて海洋プレートの地震波速度構造を設定し，理論波形計算からモホ面での反射波形を推定した．脆性変形の進行度が異なる３つの速度構造モデル（No damaged model，Relatively damaged model，Highly damaged model）を設定しそれぞれ波形の計算を行なった．その結果，脆性変形が進行しているモデルほど，モホ面での反射波の振幅が大きくなる傾向を示した．以上の結果から，海洋モホ面での地震波の反射強度の地域性は，脆性変形の進行度の違いを反映している可能性がある．

Key words: Moho, seismic wave velocity, brittle deformation, synthetic waveform
*Corresponding author: y-akamatsu@hiroshima-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

岩石微細組織観察に於ける EPMA 定量イメージング技術の活用

吉田健太（JAMSTEC）

Application of quantitative EPMA imaging technique for microscale petrography

Kenta YOSHIDA (JAMSTEC)

記載岩石学で広く使われている電子線マイクロアナライザー（EPMA）には主に 2 種類の用途がある．一つは特定の点座標を数十秒～数百秒の分析時間で測定して精度良く化学組成を決定する定量分析で有り，他方分析領域を等間隔のマス目に区切りそれぞれのマス目をミリ秒程度の分析時間で測定することにより元素の面的な分布を定性的（半定量的）に可視化する面分析である．この基本的な運用スキームは四半世紀以上変わっていないものであると思われるが，近年コンピュータによるデータ解析技術の進歩に伴って，定量分析値と面分析のデータを統合し，高精度で定量的な分析値の面的分布を計算する研究手法が確立され，簡便に計算可能なソフトウェアの配布も行われ始めている（XMapTools: Lanari et al., 2014; Qntmap: Yasumoto et al., 2018）．これらの技術は計算過程に差異はあるものの，基本的には面分析で得られた X 線データが元素濃度と比例していることを生かし，面分析領域内で得た定量分析点のデータで較正曲線を引くことで定量イメージングを実現している．すなわち，定量イメージングの空間分解能は面分析の加速電圧と電流値によって決まっている．

EPMA を用いた岩石の組織観察では後方散乱電子像（BSE 像）が広く用いられるが，BSE の励起範囲は一般的に特性 X 線のそれより遥かに小さく，強度は正相関するとされている．BSE 放射係数（η）と原子番号の関係式は 1950～60 年代には定式化されている

Keywords: quantitative X-ray map, EPMA imaging

Corresponding author: yoshida_ken@jamstec.go.jp

が（例えば Heinrich, 1964），造岩鉱物のような複雑な組成幅を持つものに関して実際の化学組成推定に使えるレベルでの実用化はされていない．BSE 強度を用いて定量的なイメージングが出来るようになると

①従来のイメージング空間分解能（3～5μm）の限界を突破した微細構造の定量的解析
②FIB-SEM と組み合わせた三次元定量イメージング

が出来るようになることが期待される．本研究では，EPMA 定量イメージングで得られる膨大な量の定量分析値を用いて，BSE 像から高分解能定量イメージングを行う技術の開発を行う．

分析対象とする EPMA データは，Lanari et al. (2014) 及び Yasumoto et al. (2018) で提唱されている分析条件を参考として取得し，Qntmap（Yasumoto et al., 2018）により解析する．解析により得られるデータは以下の通りである．

・各ピクセルを構成する鉱物種
・各ピクセルの化学組成
・各ピクセルの BSE 強度

これらに基づき，鉱物種毎に BSE 強度と化学組成の関係を調べ，イメージングと同じ範囲で高解像度で取得した BSE 像の定量値変換を行う．

発表では，高分解能定量イメージングの活用出来る解析事例などとも紹介すると共に，今や汎用分析装置となった EPMA の更なる活用方法について議論する．

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

沖縄トラフ海底熱水サイトのチムニー初期生成過程に関する鉱物学的解析

大森敬太(東北大・院理)，長瀬敏郎(東北大・総科博)，野崎達生(海洋機構)，栗林貴弘(東北大・院理)

Mineralogical analysis on the initial formation process of hydrothermal chimney sample from the Okinawa Trough

K . Ohmori (Tohoku Univ.), T . Nagase (Tohoku Univ.), T . Nozaki (JAMSTEC), T . Kuribayashi (Tohoku Univ.)

【はじめに】　現世の海底熱水鉱床は、陸上の大規模黒鉱鉱床のモダンアナログとして長く比較研究がされてきた。黒鉱中には、現在の海底熱水鉱床で認められるチムニー組織に類似したものがみつかっている(例えば、Shimazaki and Horikoshi, 1990)。しかし、これら陸上黒鉱試料と現在の深海底に存在するチムニーについて、電子線後方散乱(EBSD)を含めた鉱物学的比較は行われていない。

沖縄トラフにおける海底熱水鉱床の調査は、2010 年の IODP Exp. 331 による掘削調査をはじめ、2014～2018 年度の SIP による調査など、近年さらに精力的に実施されている (Takai *et al*., 2011; Kawagucci *et al.*, 2013; Nozaki *et al.,* 2016)。2018 年 10 月には、深海調査研究船「かいれい」によって、上記掘削孔の調査航海が行われ (KR18-14 Leg 1 航海)、形成期間の異なる複数のチムニー試料が採取された。本研究では、チムニーを構成する鉱物組織の時間変化と、これに付随する特徴的な鉱物組織を検証するため、詳細な鉱物学的解析を行った。

【観察方法】　中部沖縄トラフ伊平屋北海丘オリジナルサイトおよびアキサイトから得られたチムニー試料について、研磨薄片および研磨片を作成した。反射顕微鏡ならびに走査型電子顕微鏡 (SEM) によって構成鉱物の組織観察を行い、鉱物同定および組成分析には SEM に付随したエネルギー分散型 X 線分光装置を用いた。方位解析には、SEM に付随した電子線後方散乱回折装置 (OXFORD, Aztec EBSD system) を用いた。

【結果ならびに考察】　チムニーは以下のようないくつかの組織分帯に区分される ; ①微小な閃亜鉛鉱＋硬石膏＋方鉛鉱、②閃亜鉛鉱と方鉛鉱の樹枝状組織、③フランボイダル状またはコロフォーム状黄鉄鉱＋微小な閃亜鉛鉱＋方鉛鉱、④自形の白鉄鉱および黄鉄鉱＋閃亜鉛鉱＋方鉛鉱＋黄銅鉱、⑤粗粒な閃亜鉛鉱＋黄銅鉱、⑥黄銅鉱と閃亜鉛鉱からなる樹枝状組織 ⑦粗粒な黄銅鉱。この中でも⑥はチムニーに特徴的な組織である。この組織は、これまでにもチムニー試料から報告されている (例えば、Barton,Jr and Bethke, 1987)。この樹枝状組織はフラットな{111}面からなる正四面体の形態をもつ閃亜鉛鉱の結晶集合体からなる。EBSD による結晶方位解析の結果、樹枝状組織の伸長方向は、閃亜鉛鉱の <111>方向に一致し、閃亜鉛鉱と共生する黄銅鉱の伸長方向は閃亜鉛鉱の<100>方向に一致する。この樹枝状組織では、黄銅鉱は閃亜鉛鉱結晶の稜に優先的に付着している。閃亜鉛鉱が、等方的に成長せず、異方性の強い樹枝状組織を呈するのは、黄銅鉱によって稜部分を覆われ、等方的な成長を妨げられるためである。組織を形成する閃亜鉛鉱結晶は、高過飽和度で形成されるようなラフな面をもたず、スムースな面のみを有することから、この組織は高過飽和度で形成された樹枝状晶ではないことが明らかとなった。

Keywords: Chimney, EBSD, Dendritic texture, Sphalerite, Chalcopyrite
*Corresponding author: keita.omori.s6@dc.tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

沖縄トラフ熱水鉱床に産する isocubanite の磁気特性

加藤千恵*、大野正夫、桑原義博（九大比文）、畠山唯達（岡山理大）、山田康洋（東京理大）、戸塚修平、島田和彦、石橋純一郎（九大理）、長瀬敏郎（東北大博物館）

Magnetic properties of isocubanite from seafloor hydrothermal deposits in the Okinawa Trough

Chie Kato*, Masao Ohno, Yoshihiro Kuwahara (Kyushu Univ.), Tadahiro Hatakeyama (Okayama Univ. Sci.), Yasuhiro Yamada (Tokyo Univ. Sci.), Shuhei Totsuka, Kazuhiko Shimada, Jun-ichiro Ishibashi (Kyushu Univ.), Toshiro Nagase (Tohoku Univ.)

Seafloor hydrothermal deposits often contain minerals exhibiting characteristic magnetism. Rock-magnetic measurements are promising technique to detect such minerals quickly. In this study we aim to describe the magnetic properties of isocubanite and elucidate the mechanism of its magnetic transition.

We conducted low-temperature magnetometry on samples collected from hydrothermal chimneys and drilled core sediments from Noho site and Hakurei site in the Okinawa Trough. Results show that either of the samples contain Cu-Fe-S mineral which undergoes a magnetic transition at near 100 K. This transition was most clearly observed in a fragment of the Noho site chimney which consists of isocubanite. Therefore, isocubanite should be responsible for the transition. In addition to these hydrothermal deposit samples, magnetic measurements were performed on isocubanite synthesized by heating a cubanite crystal (Henderson No.2 mine, Chibougaman, Quebec, Canada) at 310 ℃ in vacuum. Magnetic transition at near 100 K was also observed in this 'synthesized' isocubanite, but magnetization at low temperature was about fifty times as weak as the chimney sample.

To investigate the cause of such different magnetic behavior, we performed Mössbauer spectroscopy at 295, 225, 120 and 3 K. Results of the 'synthesized' isocubanite exhibit a broad spectrum at 225 and 120 K, suggesting that the iron atoms are disordered. The spectrum measured at 3 K showed three sets of sextet with broad peak widths, indicating that the 'synthesized' isocubanite suffered the effects of disorder even at 3 K. On the other hand, the Mössbauer spectra of the Noho site chimney sample can be separated into three signals which are consistent with those of chalcopyrite and two iron sites in the '$Cu_{1-\varepsilon}Fe_{3+\varepsilon}S_4$' phase reported by Wintenberger et al. (1994). According to this result, the iron atoms should be ordered at all measured temperatures, and isocubanite might be broken down to chalcopyrite and '$Cu_{1-\varepsilon}Fe_{3+\varepsilon}S_4$' phase in a submicroscopic scale. Following Wintenberger et al. (1994), the magnetic transition of the chimney sample might be a Verwey transition.

Keywords: isocubanite, low-temperature magnetometry, Mössbauer spectroscopy, seafloor hydrothermal deposits

*Corresponding author: c.kato@scs.kyushu-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

高温高圧下で高酸化状態を保持するための試料容器

川嵜智佑*（愛媛大学）

New capsule to maintain high-oxidation states at high-pressures and high-temperatures

Toshisuke Kawasaki (Ehime University)

高温高圧実験で酸素分圧を制御するために **Fig. 1** のような二重試料容器がよく使われている (e.g., Matjuschkin et al 2015)．ところが，外部容器内では比較的粗粒な結晶が晶出するが，内部容器では結晶成長が悪く，WDS 分析可能な粒径の結晶を得る事が困難である．**Fig. 2** は赤鉄鉱を緩衝材として外部容器に封じ，Fe に富むアーマルコライト $(Fe_{0.8}Mg_{0.2})Ti_2O_5$ を 10 kbar, 1000 °C で 221 時間 15 分間，白金容器内で再結晶させた結果である．外部容器内では，比較的粗粒な赤鉄鉱が再結晶したが，内部容器内では，微細なルチル Rt，ウルボスピネル Ulv，チタン鉄鉱 Ilm が晶出した．

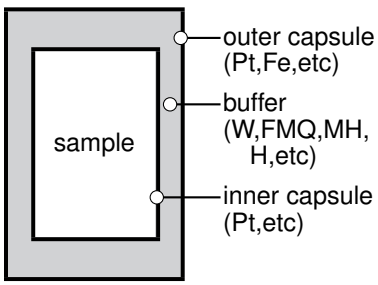


Fig. 1. Double capsule (schematic diagram).

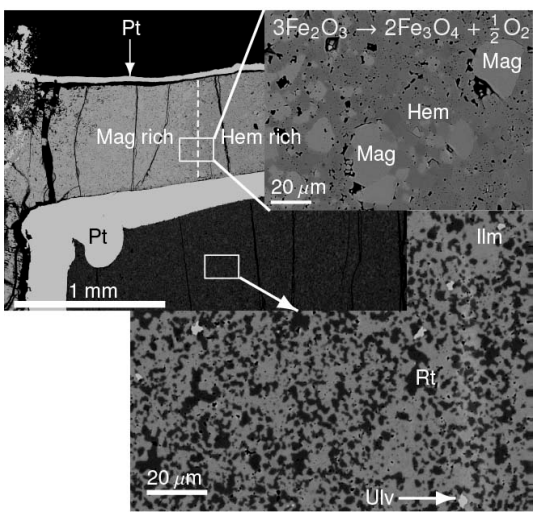


Fig. 2. Pt–Hematite–Pt double capsule.

このような二重容器を用いると，試料と内部容器の Pt とが反応し，鉄酸化物 → 金属鉄 + 酸素の反応により試料中の Fe 成分の一部は内部容器の Pt に固溶し試料部分の酸素分圧が上昇する．同時に試料の Fe 量は減少し，試料の総化学組成が変化する．この様な問題を解決するために鉄酸化物 (Fe_2O_3, Fe_3O_4, FeO) の試料容器を試作した．**Fig. 3** は赤鉄鉱の試料容器である．



Fig. 3. Hematite capsules.

Fig. 4 に赤鉄鉱容器を用いた高温高圧実験での試料周りの組み立て部品を示した．

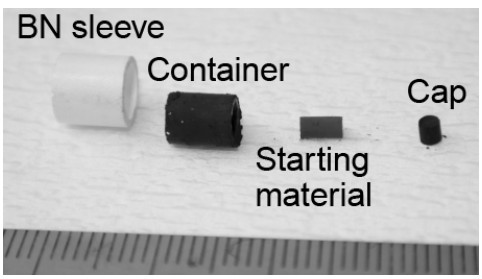


Fig. 4. Assembly around sample.

学会では鉄酸化物の試料容器を用いた高温高圧実験の結果について公表する予定である．

References
Matjuschkin et al 2015 Contrib Mineral Petrol 169 9

Keywords: iron oxide capsule, oxygen pressure, high-pressure and high-temperature experiment

*Corresponding author: toshkawa_kuma@yahoo.co.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R7P-10

北海道羽幌地域の上部白亜系上部蝦夷層群中に見られる海緑石

門谷明弘*・大藤弘明・楠橋　直・岡本　隆（愛媛大）

Glauconite from the Upper Cretaceous Upper Yezo Group in Haboro area, Hokkaido, northern Japan

Akihiro MONTANI*, Hiroaki OHFUJI, Nao KUSUHASHI, and Takashi OKAMOTO (Ehime Univ.)

海緑石は緑色の雲母族の粘土鉱物で，堆積速度の遅い浅海で主に形成されると考えられている．自生の海緑石密集層はコンデンス・セクションを認める 1 つの指標となるなど，層序学的に有用である．

北海道中軸帯に分布する上部白亜系上部蝦夷層群中には，各地で “海緑石” が報告されている．しかしながら，これらの “海緑石” についてはいくつかの鏡下観察がおこなわれたのみで，ほとんどすべての記載が野外での観察だけにとどまっている．そのため，それらの “海緑石” が鉱物学的に海緑石であるかどうかは十分に検討されていないのが現状である．海緑石を層序学的に利用するためには，まずそれが本当に海緑石かどうかを確認する必要がある．そこで本研究では，羽幌地域の上部蝦夷層群において同一層準に広く分布する “含海緑石砂岩層” 中の緑色粒子について，その産状観察と鉱物学的分析をおこない，緑色粒子が鉱物学的に海緑石かどうかを検討した．

羽幌地域の上部蝦夷層群は下位から下部羽幌川層 (Ua, Ub-c, Ud-c, Uf)，上部羽幌川層 (Ug, Uh)，流矢層 (Ui-j, Uk) からなる (岡本ほか, 2003)．そのうち，上部羽幌川層を構成する岩相ユニットの 1 つである Uh の最上部には，“海緑石” と呼ばれる緑色鉱物を含む特徴的な砂岩層が発達し，本地域においての良好な鍵層とされている (岡本ほか, 2003).

本研究では，Uh 最上部の緑色砂岩層を中心に，Uh 上部の石灰質ノジュール，Uh の上位に重なる Ui-j 最下部の緑色砂岩, さらに Ub 中の緑色砂岩などを試料として採取した．試料に含まれる緑色粒子の同定には，肉眼観察，偏光顕微鏡観察，および電界放射型走査型電子顕微鏡観察と，顕微ラマン分光装置，および走査型電子顕微鏡-エネルギー分散型 X 線分光器による分析をおこなった．その結果，いずれの試料中にも，海緑石が含まれていることがわかった．

Keywords: Upper Cretaceous, glauconite, Haboro area, Upper Yezo Group

*Corresponding author: montray9900@gmail.com

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R7P-11

インド Aravalli-Delhi 造山帯に露出する シュードタキライトの微細組織とその形成過程

岡崎淳哉*（広島大），安東淳一（広島大），Das Kaushik（広島大），
富岡尚敬（JAMSTEC），兒玉優（マリン・ワーク・ジャパン）

Microstructure and formation process of pseudotachylyte exposed in Aravalli-Delhi orogenic belt, India

Jun-ya Okazaki* (Hiroshima University), Jun-ichi Ando (Hiroshima University), Kaushik Das (Hiroshima University), Naotaka Tomioka (JAMSTEC), Yu Kodama (Marine Works Japan)

＜はじめに＞　シュードタキライトは非顕晶質で黒色の岩石であり、断層の高速すべり運動に起因する摩擦溶融によって形成される。従って、シュードタキライトは過去の地震活動の情報を保持する重要な岩石である。シュードタキライトは主に、地殻浅部における岩石の変形挙動が脆性的な領域で発生することが知られているが、地殻深部領域でのマイロナイト（塑性変形領域）に関連して形成されているものも世界各地で報告されている。本研究では、インドの Aravalli－Delhi 造山帯に露出する塑性変形を受けた片麻岩中に認められるシュードタキライトを対象に、微細組織から塑性変形領域でのシュードタキライトの形成過程を明らかにし、塑性変形領域での断層運動の発達を明らかにすることを目的とする。

＜手法＞　これまでの所、シュードタキライトと母岩の露頭観察、偏光顕微鏡、走査型電子顕微鏡（SEM）、透過型電子顕微鏡（TEM）による微細組織観察、EPMA、TEM-EDS による構成鉱物の化学組成分析を行った。

＜結果と考察＞　露頭観察では、母岩の面構造に対して、“平行な脈”と“大きく斜交する脈”の 2 種類の系統的なシュードタキライトを確認した。“平行な脈”は、母岩の面・線構造と同じ応力場、すなわち塑性変形領域で形成されたと考えられる。一方、“大きく斜交する脈”は母岩の上昇過程中に脆性領域において形成されたと考えられる。

微細組織観察から、シュードタキライトは破砕された岩片と細粒な基質から構成されており、摩擦溶融現象を強く示唆する円形の岩片や基質部の特徴的な構造が発達している。また基質部は多量の細粒（約 0.5μm）な結晶粒子で構成されており、非晶質物質はほとんど確認されなかった。

これらの観察結果から考えられるシュードタキライトの成因は以下である。1）地震性断層運動によって母岩が断層面に沿って破壊される。2）断層の高速すべりに起因する摩擦溶融により、細粒化した岩片や融点に低い鉱物が選択的に溶融しメルトを形成する。一方で、粗粒な岩片や高い融点を持つ鉱物は溶融せず残る。3）メルトが急冷され多量の細粒な粒子が晶出し、基質部を形成する。基質部の特徴的な構造はメルトの冷却過程で形成されたと考えられる。

Keywords: Pseudotachylyte, Fault activity, Frictional melting, Plastic deformation
*Corresponding author. E-mail: m181183@hiroshima-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

一般社団法人日本鉱物科学会　定時総会・授賞式 ,モンゴル資源地質学会との協定調印式

2019年9月21日(土) 8:45 ~ 10:10 | 大講義室 II 大講義室

一般社団法人日本鉱物科学会定時総会・授賞式

8:45 ~ 10:10

定時総会・授賞式　モンゴル資源地質学会との協定調印式

受賞者講演

2019年9月21日(土) 10:15 ~ 10:45 | 大講義室 II 大講義室

2018年度日本鉱物科学会賞第20回受賞者　野口高明　会員（九州大学） 受賞題目：「原始太陽系における物質進化に関わる岩石鉱物学的研究」

受賞理由

野口高明会員は大学院時代より隕石の岩石学的研究に着手し、透過電子顕微鏡を使った鉱物学的な研究手法を習得した。さらに、世界に先駆けて地球外物質試料の超薄切片作成法の開発にも共同研究者とともに尽力した。その結果、薄片スケールの岩石鉱物学的特徴からナノメートルスケールの微細構造までの観察を一連のものとして取り扱う電子顕微鏡岩石学とも呼べる手法を使って研究を進めてきた。1990年代後半からは、こうして独自に確立した手法・技術を駆使し、電子顕微鏡を用いた宇宙塵の岩石学的研究を開始し、微小地球外物質の研究を牽引してきた。近年では、探査機「はやぶさ」の回収試料をはじめとする多くの地球外由来の試料の記載研究を推し進め、国際的に高い評価を得ている。また、自身で開発・改良した観察試料作成法を他大学の学生などへも教授するなど、電子顕微鏡を用いた隕石の岩石鉱物学的研究の普及と発展に大きく貢献している。以下に受賞対象となった研究の概要を記す。

１）地表における彗星塵の発見

南極の表層雪中に宇宙塵が含まれていることを示した。そのような宇宙塵の中には、NASAが成層圏から回収した彗星塵と同様の物質が含まれていることを明らかにした。この発見は宇宙塵のサンプリング方法に大きな変革をもたらし、現在も国立極地研究所の南極観測プロジェクトとして宇宙塵研究を継続している。

２）南極宇宙塵の鉱物学と有機物の研究

上記の彗星塵にはGEMSと呼ばれる特徴的な物質がある。この物質は大きさ数百ナノメートルの非晶質ケイ酸塩微粒子で、金属鉄、硫化鉄そして有機物を含む。このような宇宙塵から水質変成作用の組織を見出し、彗星に似た天体において氷が融解することによる水質変成作用の進行過程を提案し、共存する有機物の特徴を明らかにした。

３）イトカワ粒子の宇宙風化の研究

探査機「はやぶさ」によってイトカワから回収された微粒子試料の特徴について、透過電子顕微鏡で検討した。その結果、粒子の表面組織に太陽風による照射損傷組織があることを見出し、イトカワ試料に宇宙風化の痕跡が認められることを示した。

４）炭素質コンドライト隕石の分類学的研究

CRコンドライトのコンドリュールの縁にシリカ鉱物を含む分別凝縮物の付着物を発見するなど、隕石の分類学上重要な成果を挙げている。また、世界中で読まれている隕石関係の書籍を分担執筆するなど、隕石分類学における貢献は大きい。

このように野口会員は、地球外に由来する貴重な研究試料を調べるために独自の手法開発や技術改良に取り組み、精力的な記載研究を通して多くの新知見を得てきた。また、多数の共同研究を通じて宇宙鉱物学分野の活性化や若手育成にも大きく貢献されている。以上から野口会員は日本鉱物科学会賞の候補者として相応しいと判断され、ここに推薦する。

主要論文

1.Noguchi, T., Yabuta, H., Itoh, S., Sakamoto, N., Mitsunari, T., Okubo, A., Okazaki, R., Nakamura, T., Tachibana, S., Terada, K., Ebihara, M., Imae, N., Kimura, M., Nagahara, H. (2017) Variation of mineralogy and organic matter during the early stages of aqueous activity recorded in Antarctic micrometeorites. Geochim. Cosmochim. Acta, 208, 119-144. doi: 10.1016/j.gca.2017.03.034.
2.Yabuta, H., Noguchi, T., Itoh, S., Nakamura, T., Miyake, A., Tsujimoto, S., Ohashi, N., Sakamoto, N., Hashiguchi, M., Abe, K., Okubo, A., Kilcoyne, A. L. D., Tachibana, S., Okazaki, R., Terada, K., Ebihara, M., and Nagahara, H. (2017) Formation of an ultracarbonaceous Antarctic micrometeorite through minimum aqueous alteration in a small porous icy body. Geochim. Cosmochim. Acta, 214, 172-190. doi: 10.1016/j.gca.2017.06.047.
3.Noguchi, T., Ohashi, N., Tsujimoto, S., Mitsunari, T., Bradley, J. P., Nakamura, T., Toh, S., Stephan, T., Iwata, N., and Imae, N. (2015) Cometary dust in Antarctic ice and snow: Past and present chondritic porous micrometeorites preserved on the Earth’s surface. Earth Planet. Sci. Lett., 410, 1-11. doi: 10.1016/j.epsl.2014.11.012.
4.Noguchi, T., Kimura, M., Hashimoto, T., Konno, M., Nakamura, T., Zolensky, M. E., Tsuchiyama, A., Matsumoto, T., Matsuno, J., Okazaki, R., Uesugi, M., Karouji, Y., Yada, T., Ishibashi, Y., Shirai, K., Abe, M., and Okada, T. (2014) Sylvite and halite on particles recovered from 25143 Itokawa: A preliminary report. Meteoritics Planet. Sci., 49, 1305-1314. doi: 10.1111/maps.12333.
5.Noguchi, T., Kimura, M., Hashimoto, T., Konno, M., Nakamura, T., Zolensky, M. E., Okazaki, R.,

Tanaka, M., Tsuchiyama, A., Nakato, A., Ogami, T., Ishida, H., Sagae, R., Tsujimoto, S., Matsumoto, T., Matsuno, J., Fujimura, A., Abe, M., Yada, T., Mukai, T., Ueno, M., Okada, T., Shirai, K., Ishibashi, Y. (2014) Space weathered rims found on the surfaces of the Itokawa dust particles. Meteoritics Planet. Sci., 49: 185-214. DOI: 10.1111/maps.12111.
6.Noguchi, T., Nakamura, T., Kimura, M., Zolensky, M. E., Tanaka, M., Hashimoto, T., Konno, M., Nakato, A. Ogami, T., Fujimura, A., Abe, M., Yada, T., Mukai, T., Ueno, M., Okada, T., Shirai, K., Ishibashi, Y., and Okazaki, R. (2011) Incipient space weathering observed on the surface of Itokawa dust particles. Science, 333, 1121-1125.
7.Noguchi, T., Hirata, N., Demura, H., Nakamura, R., Miyamoto, H., Yano, H., Nakamura, T., Saito, J., Sasaki, S., Hashimoto, T., Kubota, T., Ishiguro, M., and Zolensky, M. E. (2010) Surface morphological features of boulders on asteroid 25143 Itokawa. Icarus, 206, 319-326.
8.Noguchi, T., Nakamura, T., Misawa, K., Imae, N., T. Aoki, and S. Toh (2009) Laihunite and jarosite in the Yamato 00 nakhlites: alteration product on Mars? J. Geophys. Res. Planets, 114, E10004, doi: 10.1029/2009JE003364.
9.Noguchi, T. (1995) Petrology and Mineralogy of the PCA 91082 (CR) chondrite and its comparison with the Yamato-793495 (CR) chondrite. Proc. NIPR Symposium of Antarctic Meteorites, 8, 33-62.
10.Noguchi, T. (1993) Petrology and Mineralogy of CK chondrites: Implications for the metamorphism of the CK chondrite parent body. Proc. NIPR Symposium of Antarctic Meteorites, 6, 204-233.

10:15 ~ 10:45
受賞題目：「原始太陽系における物質進化に関わる岩石鉱物学的研究」

受賞者講演

2019年9月21日(土) 10:45 ~ 11:15 | 大講義室 II 大講義室

2018年度日本鉱物科学会賞第21回受賞者　山崎　大輔会員（岡山大学） 受賞題目：「構成物質のレオロジーに基づく核・マントルのダイナミクスの研究とそのための高圧実験技術開発」

受賞理由

山崎大輔会員は、超高圧発生装置を用いた実験的研究に基づき、主に高温高圧下における鉱物の塑性変形機構を明らかにし、マントルの流動特性の理解に大きく貢献する優れた研究成果を挙げてきた。これら一連の研究成果は、地球深部における物質の状態やダイナミクスを論じる上で重要な知見を与えるとして、国際的に高く評価されている。以下に受賞対象となった研究の概要を記す。

１）超高圧発生技術開発

大きな地震波速度異常と異方性が観測されるマントル最下部の構成物質の流動則の解明は、全マントルダイナミクスを理解する上でも重要である。山崎会員は焼結ダイヤモンドを用いたマルチアンビル高圧発生実験の技術開発に長年尽力し、近年、マントル最下部に相当する120 GPaの高圧発生に世界で初めて成功した。この技術によって、マントル最下部に存在すると予想されるポストペロブスカイト（pPv）の実験的研究の幅が大きく広がる可能性が出てきた。また、下部マントル条件下で差応力を発生させる高圧装置の開発にも成功し、下部マントル条件での変形実験を可能にした。

２）二相構成物の流動則

マントル遷移層の主要構成鉱物であるリングウッダイト（Rw）は、下部マントル条件においてはブリッジマナイト（Brg）とフェロペリクレス（fPc）に分解相転移する。これら二相構成物における各結晶相の粒成長速度を測定し、地質学的時間スケールでは、Brg-fPc界面での拡散クリープによって下部マントルが流動することを明らかにした。さらに、沈み込む低温のスラブにおいては、少量存在するfPcが岩石全体の流動を支配する可能性が高いことも指摘した。

３）鉄高圧相のレオロジー

地球の内核は六方晶鉄で構成されると考えられているが、東西半球で六方晶鉄の結晶粒径に大きな差があることが地震学的研究から示唆されている。山崎会員は自ら技術開発を重ねた焼結ダイヤモンドを用いたマルチアンビル高圧実験によって六方晶鉄の粒成長速度を測定し、内核東西での結晶粒径差が西から東への流動モデルでは説明できないことを明らかにし、内核の進化を議論する上での重要な知見を与えた。

４）その他の下部マントルに関する研究

下部マントルの主要構成相であるBrg中のSi拡散係数を測定し、流動則とその温度・圧力・含水量依存性を決定した。また、Brgの変形実験を行い、沈み込んだスラブの流動特性が地震学的観測から予想されるモデルに矛盾しないことを突き止めた。さらに、RwとBrgの転位回復実験によって、マントル遷移層が水に飽和していることも明らかにしている。一方、マントル最下部に存在すると予想されるpPvにおいても、アナログ物質を使った変形実験を実施し、D”層の地震波異方性のメカニズムについて詳しく説明している。

このように、山崎会員は独自の創意工夫と粘り強い努力によって高圧実験技術を格段に進歩・発展させ、その技術開発を通してマルチアンビル実験では未踏であった圧力領域へのアクセスを可能とした。そして特に下部マントルのレオロジー研究において他の研究者が得たくても得られなかった多くの優れた実験結果を出版し、地球内部の構造と進化、ダイナミクスの理解に多大な貢献を果たしている。よって山崎会員は日本鉱物科学会賞の候補者として相応しいと判断され、ここに推薦する。

主要論文

1. Yamazaki, D., Ito, E., Yoshino, T., Tsujino, N., Yoneda, A., Gomi, H., Vazhakuttiyakam, V., Sakurai, M., Zhang, Y., Higo, Y., Tange, T. (2019 in press) High-pressure generation in the Kawai-type multianvil apparatus equipped with tungsten-carbide anvils and sintered-diamond anvils, and X-ray observation on CaSnO3 and (Mg,Fe)SiO3. Comptes Rendus Geoscience.
2. Fei, H., Yamazaki, D., Sakurai, M., Miyajima, N., Ohfuji, H., Katsura, T., Yamamoto, T. (2017) A nearly water-saturated mantle transition zone inferred from mineral viscosity. Science Advances, 3, e1603024.

3. Yamazaki, D., Tsujino, N., Yoenda, A., Ito, E., Yoshino, T., Tange, Y., Higo, Y. (2017) Grain growth of ε-iron: Implications to grain size and its evolution in the Earth's inner core. Earth Planet. Sci. Lett., 459, 238-243.
4. Tsujino, N., Nishihara, Y., Yamazaki, D., Seto, Y., Higo, Y., Takahashi, E. (2016) Mantle dynamics inferred from the crystallographic orientation of bridgmanite. Nature, 539, 81-84.
5. Yamazaki, D., Yoshino, T., Nakakuki, T. (2014) Interconnection of ferro-periclase controls subducted slab morphology at the top of the lower mantle. Earth Planet. Sci. Lett., 403, 352–357.
6. Yamazaki, D., Ito, E., Yoshino, T., Tsujino, N., Yoneda, A., Guo, X., Xu, F., Higo, Y., Funakoshi, K. (2014)

Over 1 Mbar generation in the Kawai-type multianvil apparatus and its application to compression of (Mg0.92Fe0.08)SiO3 perovskite and stishovite. Phys. Earth Planet. Inter., 228, 262–267.
7.Yamazaki, D., Yoshino, T., Ohfuji, H., Ando, J., Yoneda, A. (2006) Origin of seismic anisotropy in the D" layer inferred from shear deformation experiments on post-perovskite phase. Earth Planet. Sci. Lett., 252, 372-378.
8.Yamazaki, D., Karato, S. (2001) Some mineral physics constraints on the rheology and geothermal structure of Earth's lower mantle. Am. Mineral., 86, 385-391.
9.Yamazaki, D., Kato, T., Yurimoto, H., Ohtani, E., Toriumi, M. (2000) Silicon self-diffusion in MgSiO3 perovskite at 25 GPa. Phys. Earth Planet. Inter., 119, 299-309.
10.Yamazaki, D., Kato, T., Ohtani, E., Toriumi, M. (1996) Grain growth rates of MgSiO3 perovskite and periclase under lower mantle conditions. Science, 274, 2052-2054.

10:45 ~ 11:15
受賞者講演（山崎大輔会員）

受賞者講演

2019年9月21日(土) 11:20 ~ 11:40 | 大講義室 II 大講義室

2018年度日本鉱物科学会研究奨励賞第25回受賞者　吉村俊平会員　（北海道大学） 研究対象：「火山噴火現象の実験的・理論的研究」

受賞理由：

吉村俊平会員は，火山の噴火現象に関わる様々なプロセスを対象に，主に実験的・理論的手法に基づいた研究を進め，数多くの顕著な研究成果を挙げてきた．例えば，マグマの開放系脱ガスについての研究では，流紋岩ガラスを加熱発泡させる実験を行い，発泡したマグマ中ではマグマの脱水と気泡の溶解が組み合わされた拡散脱ガスが進行すること，そしてマグマ中に形成される開放的クラックの周囲では気泡を含まないメルト層が形成されることを見出した．この結果に基づき，成因（特に気泡を含まない特徴）が未解明であった黒曜石について，拡散脱ガスがその形成に重要な役割を果たしていた可能性を提示した．

さらにマグマの脆性破壊面における焼結メカニズムの解明にも貢献した．この研究では，接触並置した含水流紋岩質ガラスを加熱する実験を行い，焼結過程を温度の関数として定式化した．その結果，焼結時間は火山性地震の周期にほぼ一致することを示し，火山性地震がマグマの破壊・焼結の繰り返しで生じているとの仮説を裏付けた．

また，近年多くの火山で観測されている，マグマとCO2流体との相互作用の詳細な過程を調べるための実験的・理論的研究を進めた．この研究では，水熱合成装置を用いてCO2流体とメルトの化学的相互作用を再現する実験を行い，水に富むメルトにCO2に富む流体が接触するとメルトが脱水して流体の体積分率が急上昇する現象を見出した．このことから，CO2に富む少量の流体が水に富むマグマ溜りに導入されることでマグマの密度が劇的に低下し，噴火が引き起こされる可能性が示された．また，マグマ供給系におけるCO2流体の輸送モデルを構築し，火山噴出物の分析に基づいて火山からのCO2放出量を定量化する新しい方法を提案した．

最近では，爆発的噴火から非爆発的噴火への遷移プロセスを明らかにするために，メルト中の拡散が適度に遅い塩素に着目し，新島の流紋岩試料を対象に塩素濃度分布を詳しく解析した．その結果，発泡したマグマが流動する際に気泡同士が連結して長い通路を作り，そしてガスの移動後に通路が潰れて気泡を含まないマグマに変化するという過程が繰り返し起きていた痕跡が見出された．この発見により，実験的に提案されていた，気泡同士の合体で形成された通路が脱ガスに重要な役割を果たし，上昇中のマグマの爆発性が次第に失われていく，という概念が実証された．

吉村会員の研究は全て，火山噴火の諸現象の解明における着眼点の独創性，創意工夫に満ちた実験装置や実験システムの構築，そして天然試料や実験試料に対する卓越した洞察力でもって成し遂げられてものであり，これらの研究が当該分野へ与えたインパクト，貢献ともに非常に大きく，日本鉱物科学会研究奨励賞受賞者として相応しいと考え，ここに推薦する．

1. Yoshimura, S., Kuritani, T., Matsumoto, A., Nakagawa, M. (2019) Fingerprint of silicic magma degassing visualised through chlorine microscopy. Scientific Reports 9, 786, doi:10.1038/s41598-018-37374-0

2. Yoshimura, S. (2018) Chlorine diffusion in rhyolite under low-H2O conditions. Chemical Geology 483, 619-630.

3. Yoshimura, S., Nakamura, M. (2013) Flux of volcanic CO2 emission estimated from melt inclusions and fluid transport modelling. Earth and Planetary Science Letters 361 497-503.

11:20 ~ 11:40

受賞者講演（吉村俊平会員）

受賞者講演

2019年9月21日(土) 11:40 ~ 12:00 | 大講義室 II 大講義室

2018年度日本鉱物科学会研究奨励賞第26回受賞者　篠崎彩子　会員（北海道大学） 研究対象：「地球深部・氷天体深部での炭素、水素、窒素関連物質の振る舞いの解明」

受賞理由：
　篠崎彩子会員は，鉱物物理化学を基軸として，有機地球化学と物理化学に広がる学際的なアプローチから，地球深部・氷天体深部での炭素，水素，窒素などの軽元素関連物質の振る舞いの解明に向けて重要な研究成果を挙げてきた．
同会員は地球深部における代表的な還元的流体の候補である水素，メタンに着目し，これらの流体がマントル主要構成鉱物である珪酸塩鉱物の結晶構造や相関係に与える影響を，レーザー加熱式ダイヤモンドアンビルセルを用いた高温高圧実験および放射光X線回折，ラマン・赤外吸収スペクトル測定，回収試料の電子顕微鏡観察などの複数の手法を駆使して明らかにしてきた．例えば，上部マントルに相当する温度圧力下で，カンラン石や輝石のSiO2成分と水素流体が反応しSiH4, H2Oが生成する，つまり珪酸塩鉱物中のSiO2成分が選択的に水素流体中に溶けることを明らかにした．類似の現象が窒素流体とかんらん石との高温高圧下での反応においても見いだされている．これらの結果は，還元的な深部マントルでは，流体と鉱物間の元素分配が従来考えられてきたよりもはるかに複雑であることを示唆する重要な成果である．
また，地球，氷天体深部環境や隕石中で水素や炭素などのリザーバーとなりえる有機物について，その有機物の室温高圧，高温高圧下での安定性や化学反応を高圧実験や有機質量分析などを駆使して明らかにしてきた．例えば，ベンゼンやナフタレンなどの芳香族化合物が13-15GPa以上で圧力誘起重合反応を起こし，様々な構造を持つ二量体，三量体が生成することを明らかにした．同会員が明らかにした氷天体内部を模擬した室温静水圧下での化学反応は，大規模な脱水素反応を伴わない．この結果は，これまで惑星表面での衝突現象を模擬するために行われてきた衝撃実験の結果とは大きく異なる．これら以外にも，篠崎会員はアミノ酸が高圧下で脱水縮合してペプチド化することや，中性子回折実験を利用することで高圧下でのアミノ酸の水素結合相互作用などを明らかにしてきた．
以上のように，篠崎会員は地球，氷天体内部に存在しうる軽元素とその振る舞いについて，先端的な実験，分析手法を用いた独創的な研究を進め，重要な成果を得てきた．また，その成果の中には新しい研究分野の開拓へつながる可能性のある興味深い成果も含まれており，今後の鉱物科学分野において一層の活躍が期待される．よって，篠崎彩子会員を日本鉱物科学会研究奨励賞受賞者として相応しいと考え，ここに推薦する．

主要論文
1. A. Shinozaki, H. Hirai, H. Ohfuji, T. Okada, S. Machida, T. Yagi, Influence of H2 fluid on the stability and dissolution of Mg2SiO4 forsterite under high pressure and high temperature, American Mineralogist, 98, 1604-1609 (2013)
2. A. Shinozaki, K. Mimura, H. Kagi, K. Komatsu, N. Noguchi, H. Gotou, Pressure-induced oligomerization of benzene at room temperature as a precursory reaction of amorphization. The Journal of Chemical Physics, 141, 084306 1-7 (2014)
3.A. Shinozaki, H. Kagi, H. Hirai, H. Ohfuji, T. Okada, S. Nakano, T. Yagi, Preferential dissolution of SiO2 from enstatite to H2 fluid under high pressure and temperature, Physics and Chemistry of Minerals, 43, 277-285 (2016)

11:40 ~ 12:00
受賞者講演 （篠崎彩子会員）

第1回定例理事会

2019年9月21日(土) 16:30 ~ 18:00 | A-117 イースト1号館

一般社団法人日本鉱物科学会第1回定例理事会

16:30 ~ 18:00

第1回定例理事会

懇親会

2019年9月21日(土) 18:10 ~ 20:00 | イーストゾーン ビッグスカイ

懇親会 伊都キャンパスに移転を完了した九州大学の中でも竣工間もないイーストゾ ーンの食堂で懇親会を催します。高台に位置する明るく開放的な、時には夕焼けの綺麗な会場で、福岡や九州を名産とする食事とお酒を楽しみながら、夕刻まで続けた鉱物学・岩石学・鉱床学の議論を続けてみませんか？

18:10 ~ 20:00
懇親会

口頭講演 | S3：北東アジアの鉱物・岩石・資源 （スペシャルセッション）

2019年9月22日(日) 9:15 ~ 12:00 | A-117 イースト1号館

S3：北東アジアの鉱物・岩石・資源 （スペシャルセッション）

座長:中野 伸彦、苗村 康輔、足立 達朗

[座長]
中野 伸彦：S3-01～S3-03
苗村 康輔：S3-04～S3-06
足立 達朗：S3-07～S3-10

9:15 ~ 9:35

[S3-01] **[INVITED]** New geochronological data of grantoid rocks related with Cu-Mo porphyry deposit, south Mongolia

*Sereenen Jargalan[1]、Boldbaatar Enkhjargal[1]、Adachi Tatsuro[2]、Nakano Nobuhiko[2]、Osanai Yasuhito[2] (1. MUST、2. Kyushu UNiversity)

9:35 ~ 9:55

[S3-02] **[INVITED]** Gold resources of Mongolia

*Chuluunkhuu Enkh-Amgalan[1]、Sereenen Jargalan[2] (1. Mongolian Society of Economic Geologists、2. Mongolian University of Science and Technology)

9:55 ~ 10:15

[S3-03] **[招待講演]** 安定陸塊の底が記録する東北アジアの進化史

*辻森 樹[1,2]、新堀 希望[2]、奥村 聡[2]、渡邉 了[3]、レーマン ハフィズ[4]、マリコベッツ ウラジミール[5] (1. 東北大学・CNEAS、2. 東北大学・院理、3. 富山大学・院理工、4. 鹿児島大学・院理工、5. ソボレフ地質学鉱物学研究所)

10:15 ~ 10:30

[S3-04] 山口県長門構造帯に産する変成岩・深成岩類のジルコンU–Pb年代の特徴

*北野 一平[1]、小山内 康人[1]、中野 伸彦[1]、足立 達朗[1]、加藤 涼介[2,3]、Bui Vuong[3] (1. 九大・比文、2. （株）ダイヤコンサルタント、3. 九大・地社統)

10:30 ~ 10:45

[S3-05] ベトナム・コンツム地塊，カンナック岩体，ペルム紀－三畳紀，火成作用と変成作用の関係

*大和田 正明[1]、小山内 康人[2]、中野 伸彦[2]、北野 一平[2]、足立 達朗[2] (1. 山口大学・院創成科学、2. 九州大学)

10:45 ~ 11:00

[S3-06] モンゴルアルタイ山脈の泥質変成岩に記録された古生代・沈み込みー付加ー大陸衝突に伴う造山帯運動

*中野 伸彦[1]、小山内 康人[1]、Jargalan Sereenen[2]、足立 達朗[1]、Syeryekkhaan Kundyz[1]、大和田 正明[3]、Satish-Kumar M.[4] (1. 九州大学、2. モンゴル科学技術大学、3. 山口大学、4. 新潟大学)

11:00 ~ 11:15

[S3-07] モンゴル北西部のザフハンエクロジャイトが経験した反時計回りの温度圧力履歴

*苗村 康輔[1]、オトコンクゥ ジャフハラン[2] (1. 京都大学理学研究科地質学鉱物学教室、2. 中国地質科学院)

11:15 ~ 11:30

[S3-08] Lithium Deposits of Mongolia

*Dashtseren Khashbat[1]、Sereenen Jargalan [1] (1. Mongolian University of Science and Technology., MUST)

11:30 ~ 11:45

[S3-09] Metallogeny of Rare Earth Elements of Mongolia

*Sereenen Jargalan[1]、Battogtokh Tamir[1] (1. Mongolian University of Science and Technology)

11:45 ~ 12:00

[S3-10] Coal deposits of Mongolia

*Magsarjav Ochirbat[1]、Sereenen Jargalan[2] (1. Mongolian Society of Economic Geologists、2. Mongolian University of Science and Technology)

[INVITED]

New geochronological data of grantoid rocks related with Cu-Mo porphyry deposit, south Mongolia

Jargalan S*, Enkhjargal B (MUST), Adachi T, Nakano N, Osanai Y (Kyushu University)

Copper deposit is main source of world copper production and they genetically links with magmatic arc environment formed under subduction tectonic setting. During long history of evolution of Euro-Asian super continent, in the territory of south Mongolia developed Paleo Asian ocean in Paleozoic period and due to the subsequent subduction a lot of copper, copper-molybdenum and copper-gold porphyry deposits were formed. Therefore, Mongolia is one of the most promising country with porphyry type copper deposits. Regarding to the regional tectonic setting, traditionally, the territory of Mongolia is subdivided into a northern and southern domains. The southern domain is dominated by Lower to Middle Paleozoic arc related volcanic and volcano-clastic rocks with fragments of ophiolites and serpentinite mélanges and contains five island arc terranes, which are from west to east Baitag, Edrene, Gurvansaikhan, Mandal-Ovoo and Yonshoo.

We studied geochemistry and geochronology of granitoid rocks, which show close relation with porphyry type mineralization distributed along the above mentioned arc terranes. Our study includes thirty granitoid rocks from five porphyry deposits (Nariin khudag, Kharmagtai, Khul morit, Shaliin khudag and Khatsavch) and eighteen porphyry occurrences (Bronze fox, Ikh Shankh, Davaa ull, Javkhlant etc). The result of geochemical analyses indicates that rocks have subalkalic affinity with medium to high potassium calc-alkaline feature. On tectonic discrimination diagram all plots within subduction tectonic setting. The U-Pb measurements on zircon were conducted using LA-ICP-MS at Kyushu university. Result of U-Pb measurement shows that age of rocks vary from 302.1±3.1 Ma (Ulaan tolgoi occurrence) to 370.7±4.1 Ma (Bunkhan khudag occurrence), which can be roughly divided into three main age span as Late Devonian, Early and Late Carboniferous. Age of granitoid rocks in Edrene and Baitag terrane are similar and show narrow time span ranging from 317.5±3.7Ma (Olonbulag deposit) to 327±3Ma (Shalyn khudag deposit). In other side age of porphyry related granitoids in Mandal-Ovoo and Gurvaisaikhan terrane show wide range. Result of our study on geochemistry and geochronology of granitoid rocks, related with porphyry deposits, similar with some records on age and geochemistry in south Mongolia and it is vital importance for further study of Central Asian Orogenic Belt as well as reconstruction of paleo geo environment and related porphyry mineralization.

Keywords: porphyry, subduction, island arc, geochemistry, geochronology

*Corresponding author: *sjrgln@gmail.com*

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

[INVITED]

Gold resources of Mongolia

Enkh-Amgalan Ch* (Mongolian Society of Economic Geologists), Jargalan S (Mongolian University of Science and Technology)

Mongolia has considerable reserves and resources. Gold mining activity started since late XIX century, but it has significant role in country's economy only for the last 25 years. Main study of gold mineralization and mineral exploration started from 1960's and nowadays the statistic of various stage geological research indicate that there are more than 1400 localities of gold deposits and occurrences and half of them are placer gold. Dejidmaa et all (2002) compiled mineral map of Mongolia and they subdivided gold mineralization into 8 main mineralization types: 1/ volcanic associated massive sulphide; 2/epithermal; 3/scarn; 4/vein; 5/ regional metamorphism related; 6/granitoid related; 7/placer and 8/paleoplacer. Distribution of gold deposits and occurrences depends on mineralization type, but genetically shows linear form along the independent geotectonic unit, or bigger fault zone. Gold mineralization took place, with varying intensity in various metallogenic epochs. Two main types of gold mineralization are familiar in country which are placer gold and hard rock gold.

The placer gold deposits explored at a sufficient level and they are in active exploitation. Main placer gold deposits are located along flood plain in the Zaamar, Bayankhongor, Tolgoit, Ulz and Khangai area. Gold placers mined in large open-pit operations contain 1 to 5 grams of gold per cubic metric alluvial material and is mined from 5 to 80 m of depth. The hard rock gold deposits are prospected at low level and have reasonable potential to explore. Only Boroo gold hard rock deposit is produced over 70 tons of gold and others are under development stage. Besides of placer and hard rock gold deposits gold is mined from porphyry type copper mine. The main example is Oyu Tolgoi copper-gold porphyry deposit in south Mongolia, which has great resource and one of the world's largest copper mine.

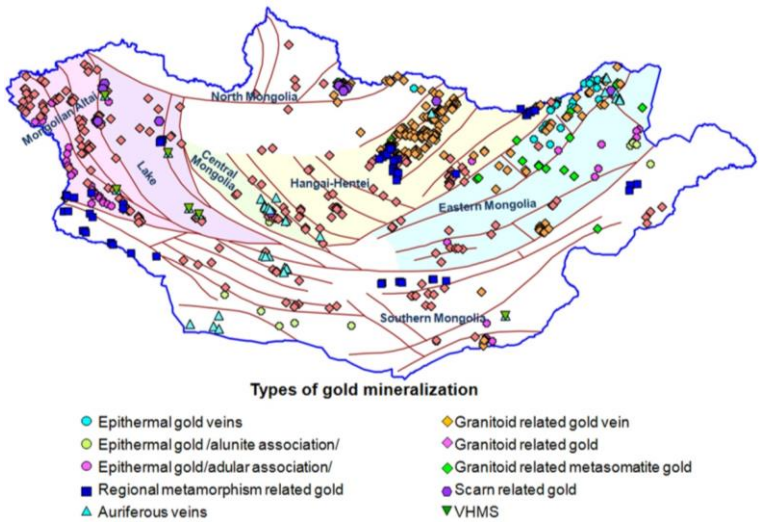


Figure 1. Distribution of gold mineralization of Mongolia with bigger faults and main metallogenic belts:

Keywords: Placer gold, hard rock gold, Mongolia,

*Corresponding author: Ch. Enkh-Amgalan *chenkhamgalan@yahoo.com*

S3-03

[招待講演] 安定陸塊の底が記録する東北アジアの進化史

辻森 樹*[1,2], 新堀 希望[2†], 奥村 聡[2], 渡邉 了[3],
レーマン H.U.[4], マリコベッツ V.G.[5]
([1]東北大・東北アジア,[2]東北大・理・地学,[3]富山大・理工・地球,
[4]鹿児島大・理工・地球環境,[5]ソボレフ地質学鉱物学研究所, [†]現所属 株式会社 SHIFT)

The bottom of cratonic lithosphere in Northeast Asia: the Rock record of evolution

Tatsuki TSUJIMORI*[1,2], Nozomi SHINBORI[2], Satoshi OKUMURA[2], Tohru WATANABE[3],
Hafiz U. REHMAN[4], Vladimir MALKOVETS[5]
([1] CNEAS, Tohoku Univ., [2] Dept. Earth Sci., Tohoku Univ. [3] Dept. Earth Sci, Univ. Toyama, [4] Dept. Earth Env. Sci, Kagoshima Univ., [5] Sobolev Inst. Geol. Mineral., SB RAS)

東北アジアは複数の大陸地塊の集合で形成され、ユーラシア大陸のかなりの面積を占める。過去四半世紀の間に表層の地質と岩石の研究が飛躍的に進み、東北アジアの広域的な地質とテクトニクスの全貌が加速度的に明らかになりつつある。表層地質の情報、大陸プレート内玄武岩の地球化学的情報、地震波トモグラフィーが推定するマントル構造などが互いに紐付けられて解釈される時代となり，ユーラシア大陸の一部としての東北アジアの理解が、過去の超大陸形成の過程で起きうる諸プロセスの解明の手助けとなる。

東北アジアの地質を巨視的に見ると、太古代の大陸地塊の縁辺部、又は地塊内部には原生代の造山帯が存在し、それらを取り囲むように顕生代の造山帯が発達する。顕生代の造山作用は大陸地塊の縁辺部で陸塊の成長を促進してきた一方、縁辺部は大陸リソスフェア薄化や構造浸食など大陸地塊の破壊の場として機能してきた。大陸地塊縁辺部におけるプレート沈み込みは、縁辺部だけでなく、太古代の大陸地塊の底、すなわち大陸リソスフェアマントル最下部物質に流体を媒介として痕跡を残してきた。本講演ではシベリア地塊のキンバレー岩産のざくろ石かんらん岩捕獲岩が記録する安定陸塊の底の情報について紹介する。

シベリア地塊のリソスフェア最下部を構成するざくろ石かんらん岩は、マイロナイト化が著しく、Cr に富むざくろ石（9 wt% Cr_2O_3)とアルミに乏しい直方輝石を特徴的に含み、ポーフィロクラストは圧力 6 GPa・温度 1220°C の平衡条件を示す。ざくろ石は Y・Zr に乏しく、枯渇マントルに特徴的な組成を示す。細粒かんらん石の結晶方位定向配列は C タイプで特徴付けられ、変形かんらん岩の封圧下での弾性波速度（ V_P = 7.27–8.04 km/s）と矛盾しない。C タイプの要因となった流体の関与は、ざくろ石のリムで Sr や LREE の付加が認められる事とも調和的で，変形には流体の関与が強く示唆される。ところが、赤外分光による細粒かんらん石の H_2O の含水量は 11 μg/g と‘ドライ’で、単斜輝石（114 μg/g）と直方輝石（16 μg/g）も同様であった。このように、安定陸塊の底は大陸の集合過程で、‘ウェット’(高含水量) から広域的に‘ドライ’に変化することがあり得る。

Keywords: NE Asia, continental lithospheric mantle, garnet peridotite xenolith, Siberia Craton

***Corresponding author: tatsukix@tohoku.ac.jp**

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

S3-04

山口県長門構造帯に産する変成岩・深成岩類のジルコン U–Pb 年代の特徴

北野 一平[1]*, 小山内 康人[1], 中野 伸彦[1], 足立 達朗[1], 加藤涼介[1,2],
Bui Thi Sinh Vuong[1]（[1]九州大, [2]（株）ダイヤコンサルタント）

The characteristics of zircon U–Pb ages for metamorphic and plutonic rocks in the Nagato tectonic belt, Yamaguchi

Ippei Kitano[1]*, Yasuhito Osanai[1], Nobuhiko Nakano[1], Tatsuro Adachi[1], Ryosuke Kato[2],
Vuong Bui Thi Sinh[1] ([1]Kyushu Univ., [2]DIA CONSULTANTS)

長門構造帯は西南日本山口県西部に位置し、北北東－南南西方向に狭長な分布を示す地質体であり、変成岩・深成岩類を伴う蛇紋岩メランジェ、三郡－蓮華帯相当の結晶片岩類、およびペルム紀の付加体から構成される（例えば椛島ほか、1993）。南東部でトリアス系美祢層群とは高角断層を介し、北西部でジュラ系豊浦層群に被覆されている（例えば椛島ほか、1993）。蛇紋岩中の花崗岩類は約 400 Ma の白雲母 K–Ar 年代を示すことから（例えば福富、2008）、長門構造帯は日本最古に相当する地質体とみなされており、その地質学的な特徴とペルム紀付加体中の微化石解析から、しばしば飛騨外縁帯に対比されている（例えば磯崎・田村、1989）。しかしながら、蛇紋岩メランジェ中の変成岩および深成岩類ブロックに関して、帰属を検証した例は少ない。そこで、本研究は長門構造帯の変成岩類および深成岩類から、LA-ICP-MS ジルコン年代測定を行い、これらの年代学的特徴を明らかにした。

長門構造帯の北部三隈地域、中央部台地域および南部豊ヶ岳地域の調査を行い、三隈地域の角閃岩（119T03C）、台地域の変形花崗岩（11902D: 含ザクロ石－黒雲母－白雲母花崗岩、119T06D: 含緑簾石－黒雲母－白雲母花崗岩）、豊ヶ岳地域の砂泥質片岩（12001: 緑簾石－白雲母－緑泥石片岩、120T01O: 緑泥石－白雲母片岩）および変形石灰珪質岩（120T01S, 120T01U: アクチノ閃石石灰珪質岩）からジルコンを分離し年代測定を行った。

三隈地域の角閃岩（119T03C）中のジルコンは、自形で弱いセクター構造の内部組織を呈し約 460 Ma の年代を示した。台地域の変形花崗岩（11902D, 119T06D）中のジルコンは共通して自形で波動累帯構造の内部組織を示し、約 470–460 Ma に集中した年代値が得られた。一方で、豊ヶ岳地域の砂泥質片岩（12001, 120T01O）および変形石灰珪質岩（120T01S, 120T01U）では、自形で波動累帯構造の内部組織のジルコンが卓越するものの、多様な形状および内部組織を示すジルコンが認められる。砂泥質片岩（12001, 120T01O）からは 670–650, 490–410 Ma、変形石灰珪質岩（120T01S, 120T01U）からは、2460–2430, 1900–910, 660–400 Ma の幅広い年代が得られ、共通して 470–420 Ma の卓越した年代ピークが検出された。

これらの長門構造帯の変成岩・深成岩類の年代学的特徴は、飛騨外縁帯よりもむしろ黒瀬川構造帯の蛇紋岩中に産する変成岩類および圧砕花崗岩類のそれと極めて類似している（Yoshimoto et al., 2013; 小山内ほか、2014）。さらに、年代だけでなく蛇紋岩メランジェ中に高温変成岩としての角閃岩、およびザクロ石・両雲母を含むアルミナスな圧砕花崗岩類が存在する点でも飛騨外縁帯ではなく黒瀬川構造帯に対比可能である。以上の点から、長門構造帯は黒瀬川構造帯と同一の起源をもち同一のテクトニクスで形成した可能性が強く示唆される。

Keywords: zircon ages, metamorphic rocks, plutonic rocks, Nagato tectonic belt, Yamaguchi
*Corresponding author: 3GS14010G@gmail.com

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ベトナム・コンツム地塊，カンナック岩体 ペルム紀－三畳紀，火成作用と変成作用の関係

大和田正明*（山口大学），小山内康人，中野伸彦，北野一平，
足立達朗（九州大学）

Permo-Triassic magmatic and metamorphic activities in Kannak complex, Kon Tum Massif, central Vietnam

Masaaki Owada* (Yamaguchi Univ.), Yasuhito Osanai, Nobuhiko Nakano, Ippei Kitano, Tatsuro Adachi (Kyushu Univ.)

The Kon Tum Massif, central Vietnam, contains various types of magmatic and metamorphic rocks, the latter including ultrahigh- to high-temperature units. The Late Permian–Early Triassic metamorphic rocks in the massif correspond well with the metamorphic characteristics of a collision between the Indochina and South China cratons in terms of P–T evolutions and the timescales of deformation. However, the relationships between metamorphism and magmatic activities are still unclear. As such, we have performed zircon U–Pb geochronological investigations of granitic rocks and reevaluated previously reported monazite Th–U–Pb electron microprobe dating to unravel Permo–Triassic tectonothermal event and elucidate magmatic processes and tectonic implications of the Kon Tum Massif. The U–Pb LA-ICP-MS geochronological analyses of zircon obtained from two samples of garnet granite yielded magmatic ages of 239.6 ± 3.9 Ma and 243.5 ± 3.4 Ma, respectively. In consideration of igneous activities in the Kon Tum Massif, the base of massif, already thickened by the collision, was situated on the place of underplating plume-related magma. As a result, such magma induced the high- to ultrahigh-temperature metamorphism and crustal melting during the Late Permian to Early Triassic, 260 – 240 Ma.

中部ベトナムコンツム地塊には，高温～超高温変成作用を被った変成岩類や各種火成岩類が分布する．コンツム地塊カンナック岩体の変成岩類はピーク変成作用時に 1.2 GPa で 1050 ˚C に達していた (Osanai et al., 2004, 2008)．このテクトニック事変は，ペルム紀末から三畳紀はじめにかけて怒った南中国地塊とインドシナ地塊の衝突によるとされた (Osanai et al., 2008)．しかしながら，変成作用と火成活動との関係には，不明な点も多い．そこで，本研究では，花崗岩のジルコン U–Pb 年代を求めた．あわせて，すでに Owada et al. (2006) によって公表された変成岩と花崗岩の U–Th–Pb 化学年代を再評価し，カンナック岩体の火成･変成史を検討した．分析試料は，カンナック岩体を流れる Ba river に沿って露出する花崗岩類と泥質グラニュライトである．

今回新たに分析したざくろ石花崗岩のジルコン U–Pb 年代 (LA-ICP-MS, 九州大学・比文院)は，それぞれ 239.6 ± 3.9 Ma と 243.5 ± 3.4 Ma である．また，モナザイトの化学年代によれば，泥質グラニュライトの変成年代は 255 Ma で，後退変成作用の時期は 233 Ma である．カンナック岩体から得られた火成・変成年代を考慮すると，超高温変成作用の年代は 260～250 Ma に起こり，高温変成作用は 255～240 Ma に起こったと想定される．

Owada et al. (2016)は火成活動の原因をマントルプルームに求め，衝突によって厚化した下部地殻中に貫入するマグマによって超高温に達する変成作用や地殻の溶融を引き起こしたとした．すなわち，南中国地塊とインドシナ地塊の衝突事変は 260 Ma 頃には始まり，そして，火成活動と変成作用は同じタイミングで 240 Ma まで継続したと推察される．

Keywords: The Kon Tum Massif, granitic rocks, pelitic gneiss, monazite EMP dating, zircon U–Pb dating
*Corresponding author: owada@yamaguchi-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

モンゴルアルタイ山脈の泥質変成岩に記録された古生代・沈み込み一付加一大陸衝突に伴う造山運動

中野伸彦・小山内康人（九州大）・S. Jargalan（モンゴル科学技術大）・
足立達朗・K. Syeryekkhaan（九州大）・大和田正明（山口大）・
M. Satish-Kumar（新潟大）

Paleozoic subduction–accretion–collision orogenesis in the Mongolian Altai Mountains: Constraints from *P–T–t* and provenance of metapelites

N. Nakano*, Y. Osanai (Kyushu Univ.), S. Jargalan (Mongolian Univ. Sci. Tec.), T. Adachi, K. Syeryekkhaan (Kyushu Univ.), M. Owada (Yamaguchi Univ.), M. Satish-Kumar (Niigata Univ.)

Amphibolite-facies pelitic gneisses are major lithology in the metamorphic belt from the Mongolian Altai Mountains in the Central Asian Orogenic Belt. Based on the widespread monazite EPMA dating, the metamorphosed pelitic gneisses are chronologically divided into three groups, which are pelitic gneisses metamorphosed at *c.* 360 Ma, *c.* 260 Ma, and both. Based on the analyses of andalusite-, sillimanite-, and kyanite-bearing metapelite, the *c.* 260 Ma metamorphism is characterized by a hairpin-shaped anti-clockwise evolution; from prograde of ~ 520°C at 2.5 kbar via peak of 600°C at 6 kbar until ~510°C at 3 kbar. On the other hand, kyanite- and sillimanite-bearing metapelites containing *c.* 360 Ma monazite grains suggest complex metamorphic history at this period. Although the all rock types experienced compressional evolution, the compression occurred at different crustal levels. One type represents compression at low-*P* conditions (~5.2 to 7.2 kbar) under moderate-*T* conditions (~620–660 °C). In contrast, another rock type was formed during compression at higher *P* with similar *T* conditions (~7.0 to 8.9 kbar at ~600–640 °C). The different metamorphic gradient has been considered to be due to the presence of ridge subduction in the Altai Range. The subducted ridge could supply heat to the accretionary wedge and produced new geotherm at *c.* 360 Ma (Nakano et al., 2015). The detrital zircon ages of *c.* 360 Ma metapelites show same provenance to the Devonian accretionary prism. Those of *c.* 260 Ma metapelites are also essentially similar to them (sharp peaks of 510–490 Ma and broad peaks of 900–800 Ma), whereas *c.* 260 Ma ones are characterized by abundant Proterozoic zircons (56 %) and older age of the youngest zircon (*c.* 460 Ma) than *c.* 360 Ma metapelites (20 % and *c.* 364 Ma, respectively). The results require the following sequence of events. (1) Subduction of an oceanic plate beneath a microcontinental block from at least 510 Ma. (2) Growth of volcanic front due to ongoing subduction and arc magmatism until *c.* 360 Ma, which became barrier for transportation of older continental material into trench. (3) Burial of the youngest accretionary wedge at *c.* 360–350 Ma with different metamorphic gradients due to ridge subduction. (4) Rollback of the trench and arc magmatism in the upper (older) part of the accretionary wedge during the late Permian. (5) Continental collision and burial of heated accretionary wedge at *c.* 270–260 Ma.

Keywords: metamorphic rocks, subduction–accretion–collision, Altai Mountains, Mongolia
*Corresponding author: n-nakano@scs.kyushu-u.ac.jp (N. Nakano)

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

S3-07

モンゴル北西部のザフハンエクロジャイトが経験した反時計回りの温度圧力履歴

苗村　康輔*（京都大学・理）& O. ジャフハラン（中国地質科学院）

Anticlockwise *P-T* path for the Zavkhan eclogite in the NW Mongolia

Kosuke Naemura* (Kyoto University) & Javkhlan, O. (Chinese Acad. Geol. Sci.)

Contrary to the prograde-type *P-T* path of subduction zone eclogites, the Zavkhan eclogite in the NW Mongolia, whose peak *P-T* condition was estimated at 480 ºC and 2 GPa, was transformed from the former kyanite-bearning amphibolite paragenesis (>600 ºC) by an anti-clockwise *P-T* path.

典型的なエクロジャイトの温度圧力経路は、ローソン石や藍閃石を含んだ青色片岩が脱水分解し緑簾石エクロジャイトへと相転移する累進変成経路である。一方、チリ南部やザグロス山脈における研究から、高温の角閃岩が冷却した結果エクロジャイトが形成されうることが明らかとなってきた。これらのレビューを踏まえ、本発表はモンゴル北西部のエクロジャイトの温度圧力履歴を紹介する。ザフハン・エクロジャイトでは、オンファス輝石(Jd<42 モル) がカルシウムに富んだざくろ石(Gros>30 モル), バロワ閃石, 白雲母(Si=3.4 apfu, O=11), 石英, 緑簾石, ルチルと少量の燐灰石、方解石, 赤鉄鉱と共存し、部分的に角閃岩相の共生に置換されている。エクロジャイトになるまでに岩石が経験した温度圧力履歴を調べるために、ざくろ石のゾーニングと包有物の関係を検討した。まず Mn に富むざくろ石・コア部($Spes_{2\text{-}16}Gros_{30\text{-}35}Pyr_{2\text{-}4}$)は藍晶石とパラゴナイト、方解石、石英を含むが緑簾石を欠いている。ざくろ石のマントル部($Spes_{<2}$ $Gros_{35\text{-}40}Pyr_{4\text{-}6}$)は、緑簾石や塩素に富むホルンブレンド、稀に曹長石が包有され、石英を多く含む。ラマン分光法で測定した結果、内圧パラメータ Δw_1 [1]が約 8~10 シフトしていることが判明した。ざくろ石マントル外縁部($Gros_{30\text{-}37}Pyr_{6\text{-}10}$)ではオンファス輝石とバロワ閃石が包有されて、リム部($Gros_{30}Pyr_{11\text{-}14}$)は上昇時の角閃岩相で形成されたと考えられる。これらの情報から温度圧力履歴を復元すると、まずエクロジャイト条件（ざくろ石マントル最外縁部に相当）は地質温度圧力計を用いて約 480 度・2 GPa と推定された。次に、ざくろ石マントル内縁部の形成条件は、角閃石・斜長石温度計と石英ラマン圧力計を用いて、約 550-590℃・1.4-1.8 GPa と推定された。この結果から、ざくろ石コア部は、Paragonite＋Quartz＝Albite＋Kyanite＋H_2O の反応曲線の右辺（1GPa だと 660 度以上）で形成されたと推定される。従って、藍晶石を含む角閃岩が冷却・増圧した結果、エクロジャイトが形成されたことが判明した。ザフハンエクロジャイトが記録する冷却イヴェントは、オホーツクプレートの表面温度が数千万年の時間スケールで冷却したことを示唆する。

Key words: Anti-clockwise P-T path, eclogite

[1] Enami et al., (2007), Am.Min. 92. pp. 1303-1315.

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Lithium Deposits of Mongolia

Khashbat Dashtseren[1*]., Jargalan Sereenen[1]
[1]Mongolian University of Science and Technology, Mongolia
khashbat.d@must.edu.mn

Due to the rapid growth of population and environmental issues, the traditional source is being rejected, whereas renewable resources are being accepted year by year following the increase in energy demand. As the demand for renewable energy grows, the storage is considered crucial for the technological development and environment. The most important means of storing energy is the lithium battery and the capacitor, therefore the significance is high for conducting studies on the most important raw material of lithium battery and assessing its future prospect.

Future global demand for lithium is difficult to forecast, most projections are for increasingly positive trends. Certainly, the progression of increasing consumption over the last decade points to comparable or greater demand into the future. The primary growth in demand has been driven using lithium in rechargeable batteries, not only for electronic devices but also for electric vehicles and storage of renewable and other energies.

In Mongolia, lithium mineralization is relatively low, but in recent years companies have started research in various level. Current studies have found three deposits, seven occurrences and some anomalies mineralized areas associated with pegmatite related silicate ores and sedimentary rocks.

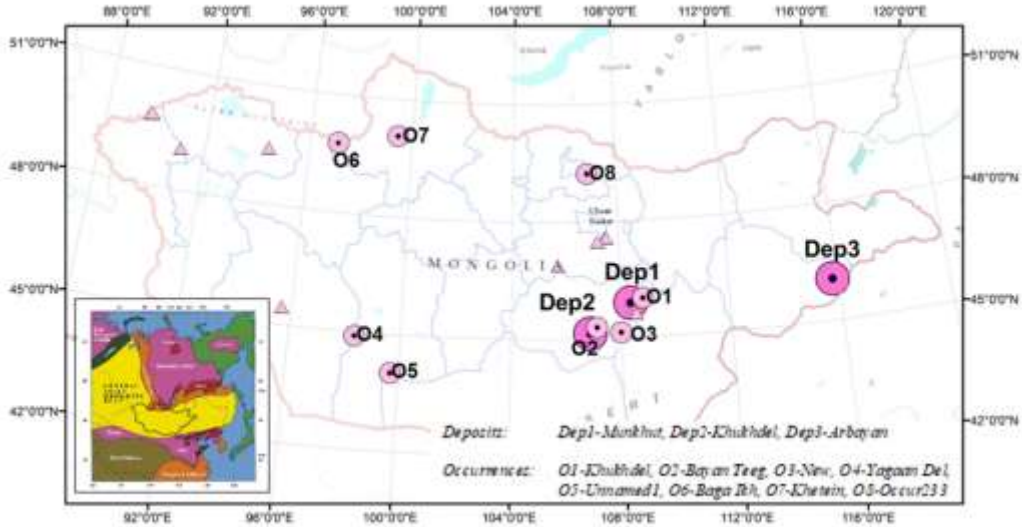


Figure 1. Location map of lithium deposits and occurrences

Lithium deposits have three different types and those related with Jurassic sediments, lithium bearing pegmatite and basic metal bearing greisen. Major lithium minerals showed lithium bearing micas, lepidolite, and zinnwaldite. Lithium grades of deposits are Li 0.3-1.0% Munkhut, Li 0.3% Khukhdel and Li 0.4% Arbayan. All lithium occurrences are related with lithium bearing pegmatites and associated silicate minerals are lepidolite and spodumene. Lithium grades of occurrences are Li 0.27-0.30% Khukhdel, Li 1.71-2.15% Bayanteeg, Li 0.3-0.6% New, Li 0.1-1.0% Yagaandel, Li 0.1% Unnamed1, Li 1.0% Baga Ikh, Li 0.04-0.15 Khetein and Li 1.0% Occur233.

In Central Mongolia, the Khukh Del deposit (KDD) related sedimentary rocks has around 37,700 tons of confirmed lithium resource in 122,300 tons of ore. As for the Munkhtiin Tsagaan Durvuljin (MTD) deposit related lithium bearing pegmatite, the Mineral Resources and Petroleum Authority of Mongolia reported that the deposit has actual reserves of 14,575 tons in 2.2 million tons of ores.

Keywords: Lithium, Pegmatite, Lepidolite

Metallogeny of Rare Earth Elements of Mongolia

Jargalan S and Tamir B*, Mongolian University of Science and Technology

Rare earth elements (REE) are widely used in high technologies, medical devices, and military defense systems, and are especially indispensable in emerging clean energy. Along with the growing market of green energy in the next decades, global demand for REE increases continuously. A number of geological processes can lead to concentration of REEs in specific types of rock. Understanding the distribution and origin of REE deposits and identifying and quantifying REE resources have become strategic priorities of Mongolia. Unlike other metals such as gold, copper etc, the REEs were not discovered and relatively poorly studied in Mongolia. Result of various types of geological study including geological mapping and academic research and exploration reports indicate that we have four REE bearing deposits, eighty occurrences and more than three hundred anomalous areas. Two main types of REE mineralization is identified, which are carbonatite related and alkaline related. In or der to make clear distribution characteristics and metallogenic features of REE mineralization in Mongolia, we studied more than 80 localities and analyzed more than 250 samples for major, trace and REE amount by ICP-MS technique. As a result, we understood that REE mineralization is strongly controlled by magma types and its distribution shows spatial relation with geodynamic setting.

Result of iour study indicates that REE related rocks are clearly alkaline. REE abundance shows clear difference between two types of mineralization: alkaline related REE mineralization indicates that amount of REE content shows positive correlation with silica content, indicating REE enrichment is influenced by magma differentiation, but carbonatite related mineralization shows weak or no correlation. On the chondrite normalized REE pattern rocks of alkaline related mineralization show clear negative europium anomaly, indicating plagioclase fractionation, but rocks from carbonatite related mineralization no europium anomaly detected, indicating difference between magma source.

Source of magma is very important for formation of REE mineralization, therefore, we plotted magma source discrimination diagram, and all REE mineralization related intrusive rocks A type or anorogenic magma source. Tectonic environment of REE related intrusive rocks checked on Pearce's tectonic discrimination diagram and result shows that rocks are formed within plate setting.

Keywords: Rare earth element, metallogeny, rift, geochemistry

Corresponding author: Sereenen Jargalan sjrgln@gmail.com

Coal deposits of Mongolia

Ochirbat M*(Mongolian Society of Economic Geologists), Jargalan S (Mongolian University of Science and Technology)

Coal deposition in Mongolia was occurred at four main geological periods: Carboniferous, Permian, Jurassic and Cretaceous. Carboniferous, Permian and Jurassic age coal is high in quality and partly they have coking feature as well as containing anthracite. Cretaceous coal is low quality and dominated by brown coal. In western and south western part of Mongolia formed carboniferous, Permian and Jurassic age coal, which deposited in the foreland depressions, formed by crustal compression. In contract, cretaceous age coal is formed eastern part of Mongolia and are deposited in the depressions related with crustal extension.

There are 15 coal basins in Mongolia, which includes more than 160 coal deposits and 345 coal occurrences. Mongolia has abundant resources of coal and it accounts about 150 billion tons. Main coal basins are described below.

Hotgor coal deposit (Carboniferous age) is located in the western Mongolia. Coal seams are hosted by Pennsylvan Uliastai formation. There are 13 coal seams, which makes approximately 1150 m thick. Currently, over 1022 million tons of coal resource has been estimated in the deposit. Coal rank is medium volatile bituminous using ASTM standard D388.

Tavantolgoi coal deposit (Permian age) is located in the Southern Mongolia. Coal seams form synclinal fold structure. Coal-bearing sediment is Guadalupian-Lopingian in age. There are 16 coal seams, which makes approximately totally 965-1990m thick. Coal reserve of Tavantolgoi is estimated at 7000 million tons. Coal rank is low to medium volatile bituminous using ASTM standard D388.

Ovoot Khural depression (Jurassic age) is located in the southwestern Mongolia. Coal-bearing sediments developed in an intermountain basin during the Lower-middle Jurassic age. Coal seams form monoclonal structure, dip 25 to 80 degree to south direction. There are 9 coal seams, making totally 1350m thick. Totally, 16 coal deposits found throughout Ovoot Khural coal bearing depression, which stretches more than 100km and 20km in width. The thickness of coal seams ranges from 5m to 150m. Currently, over 1300 million tons of coal reserve has been estimated.

Erdenetsogt coal deposit (Cretaceous age) is located in the southeastern Mongolia. The coal deposit hosted by Lower Cretaceous Khukh Teeg formation. The combined coal thickness of the eight seams averages 79 m. The coal resources 2000 million tons, and classified as Lignite A.

Keywords: brown coal, coking coal, anthracite, depression, Mongolia
Corresponding author: M.Ochirbat ochirbatgeo@gmail.com

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

口頭講演 | R1: 鉱物記載・分析評価

2019年9月22日(日) 9:45 ~ 12:00 | 大講義室 Ia 大講義室

R1: 鉱物記載・分析評価

座長:黒澤 正紀、門馬 綱一、長瀬 敏郎

[座長]
黒澤 正紀：R1-01〜R1-03
門馬 綱一：R1-04〜R1-06
長瀬 敏郎：R1-07〜R1-09

9:45 ~ 10:00

[R1-01] エジリンの*M*1席Fe^{3+}の電場勾配テンソルの実験値と計算値の比較

*篠田 圭司[1]、小林 康浩[2] (1. 阪市大•理、2. 京都大•複合研)

10:00 ~ 10:15

[R1-02] メスバウアー分光法による長野県産普通輝石の*M*2席のFe^{2+}の電場勾配テンソルの推定

*福山 大毅[1]、篠田 圭司[1]、小林 康浩[2] (1. 阪市大、2. 京大・複合研)

10:15 ~ 10:30

[R1-03] 動力学効果を考慮した電子回折パターンの方位解析

*瀬戸 雄介[1]、大塚 真弘[2]、伊神 洋平[3]、三宅 亮[4] (1. 神戸大・院理、2. 名古屋大・院工、3. 名古屋大・未来研、4. 京都大・院理)

10:30 ~ 10:45

[R1-04] Precession electron diffraction法の鉱物への適用と評価

*三宅 亮[1]、瀬戸 雄介[2]、伊神 洋平[3]、大塚 真弘[4] (1. 京大・院理、2. 神戸大・院理、3. 名大・未来研、4. 名大・院工)

10:45 ~ 11:00

[R1-05] TAP分光結晶を用いた波長分散型分光器におけるバックグラウンドホール

*加藤 丈典[1]、陳 美呈[2] (1. 名大・ISEE、2. 釜山大・共同実験実習館)

11:00 ~ 11:15

[R1-06] “パライバ”・トルマリン(1）;宝石学的定義の変遷と原産地

*北脇 裕士[1]、江森 健太郎[1] (1. 中央宝石研究所)

11:15 ~ 11:30

[R1-07] ”パライバ”・トルマリン (2)；LA-ICP-MSを用いた組成分析と原産地鑑別への応用

*江森 健太郎[1]、北脇 裕士[1] (1. 中央宝石研究所)

11:30 ~ 11:45

[R1-08] ゲドル閃石の２種類の赤外OH伸縮振動バンド微細構造

*石田 清隆[1]、ホーソン フランク (1. 無所属)

11:45 ~ 12:00

[R1-09] 福島県多田野産加藤石の化学組成

*坂野 靖行[1]、豊 遙秋[2] (1. 産総研、2. 東大総博)

エジリンの *M*1 席 Fe^{3+}の電場勾配テンソルの実験値と計算値の比較

篠田圭司 (阪市大・理), 小林康浩 (京大・複合研)

Calculation of EFG due to ligand oxygens nearest neighbors to Fe^{3+}in the *M*1 site of aegirine

Keiji Shinoda* (Osaka City Univ.), Yasuhiro Kobayashi (KURNS)

Mössbauer spectroscopy is an excellent method for the analysis of Fe^{2+} and Fe^{3+} ratio in minerals, and has been used widely for the analysis of Fe-bearing minerals. Although a powdered sample has been used as a Mössbauer sample, it is not useful for the Mössbauer analysis of small areas in mineral grains. Recently, Mössbauer microspectroscopy is used to measure the spectra of individual single crystal in a thin section to overcome the disadvantage of spatial resolution of the powder method. The electric field gradient (EFG) tensor of the ^{57}Fe Mössbauer nucleus is an important physical property in Mössbauer spectra measurements of a single crystal because the EFG gives a constraint on the intensity of quadrupole splitting peaks. Zimmermann (1975, 1983) introduced an experimental determination method of the EFG tensor from the Mössbauer spectrum of a single crystal and proposed a formulation of the EFG tensor from the intensities of the component peaks of an asymmetric Mössbauer doublet. Using Zimmermann's formulation, we revealed the EFG tensor of Fe^{3+} in the octahedral *M*1 site of aegirine (JMPS, 2019). In principle, the EFG tensor can be calculated from the crystal structure because the EFG tensor components result from ligand and valence electron contributions and are the second partial derivatives of the potential of a point charge of an electron at the Mössbauer nucleus. In this study, the experimentally determined EFG tensor and asymmetric parameter η of aegirine were compared with the EFGs and ηs calculated from the crystal structure of aegirine reported by Clark et al. (1969) and Redhammer et al. (2000). The EFG due to ligand contributions is calculated from the nearest neighboring six oxygens coordinating Fe^{3+} in aegirine. As a result, the EFG tensors and the asymmetric parameter η calculated from the crystal structure show considerable variation, depending on small differences in atomic position suggested by X-ray diffraction analysis. Thus, the EFG calculated from crystal structure analysis may not be reliable for predicting the correct EFG and the intensity of a quadrupole doublet. Experimental determination of EFG is required for single crystal Mössbauer measurements.

Keywords:Mössbauer spectroscopy, microspectroscopy, electric field gradient, aegirine
*Corresponding author: shinoda@sci.osaka-cu.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

メスバウアー分光法による長野県産普通輝石の *M2* 席の Fe^{2+} の電場勾配テンソルの推定

福山大毅（阪市大），篠田圭司（阪市大），小林康浩（京大・複合研）

An estimate of electric field gradient tensor of Fe^{2+} in *M2* site of augite by Mössbauer microspectroscopy

Daiki Fukuyama* (Osaka City Univ.), Keiji Shinoda (Osaka City Univ.),
Yasuhiro Kobayashi (KURNS.)

輝石はイノケイ酸塩鉱物であり，化学式は $(Ca,Fe,Mg)_2Si_2O_6$ と表される．輝石は隣り合う SiO_4 四面体が 1 つの頂点の酸素を共有して鎖状につながっている．Si 以外の陽イオンは，SiO_4 四面体鎖の間に入り，SiO_4 四面体の頂点で囲まれる位置は *M1* 席，底面で囲まれる位置は *M2* 席と呼ばれる．鉄の *M1* 席と *M2* 席の分配を求める方法にメスバウアー分光法がある．メスバウアー分光法では粉末状の輝石が測定に用いられてきたが，この方法では薄片中の微小な輝石の測定は難しい．単結晶薄片でのメスバウアー分光法が確立されることでこの問題点は解決されると考えられる．単結晶薄片試料の場合，四極子ダブレットのピーク比（I^h/I^{total}）は，粉末状の測定時のように対称ではなく，結晶とγ線の入射方向によって異なる．ピーク比（I^h/I^{total}）とは高エネルギー側の吸収ピーク面積（I^h）と低エネルギーの吸収ピーク面積（I^l）の和（$I^{total}=I^h+I^l$）に対する高エネルギー側の吸収ピーク面積の比のことである．^{57}Fe メスバウアーダブレットは Fe^{2+} と Fe^{3+} の含まれている席の電場勾配(EFG)テンソルと関係している（Zimmermann 1975, 1983）．よって，単結晶薄片のメスバアウアー測定においてはEFGテンソルを決定するで，任意の方向におけるピーク比を算出することが可能となる．Tenannt *et al.*(2000)によって単斜輝石の *M1* 席の Fe^{2+} の EFG テンソルは明らかにされている．しかし，単斜輝石の *M2* 席の EFG については明らかにされていない．本研究では，Zimmermann(1975, 1983)の方法により，定方位薄片の普通輝石の ^{57}Fe メスバウアースペクトルから *C2/c* 単斜輝石の *M2* 席の EFG テンソルを求めることを目的とした．

単結晶メスバウアー測定試料として長野県の単結晶の普通輝石を用いた．プリセッションカメラを用いて，*a**，*b**に垂直，及び（-202）面に平行な 3 枚の定方位薄片を製作した．各薄片に 3 方向からγ線を照射して，計 9 つのメスバウアースペクトルを得た．スペクトルは *M1* 席の Fe^{2+} と *M2* 席の Fe^{2+} が重なり合っていると仮定し，メスバウアースペクトル解析ソフトウェア MossWinn を用いてピーク分離を行った．その際，*M1* 席の Fe^{2+} のピーク比は Tennant et al.(2000)を用いて計算した．生データのダブレットから *M1* 席の Fe^{2+} のダブレットを引き，残りのダブレットを *M2* 席の Fe^{2+} のダブレットとした．得られた *M2* 席の Fe^{2+} のダブレットのピーク比から *M2* 席の Fe^{2+} の EFG テンソルを求めた．しかし，EFG テンソルの誤差が大きいこと，及び固溶体組成と EFG テンソルとの関係が課題として残った．

Keyword: Augite, Mössbauer spectroscopy, electric field gradient tensor

E-mail:m19sc021@hb.osaka-cu.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

動力学効果を考慮した電子回折パターンの方位解析

瀬戸 雄介* (神戸大・院理), 大塚 真弘 (名大・院工), 伊神 洋平(名大・未来研), 三宅 亮 (京大・院理)

Pattern indexing of electron diffraction based on dynamical effect

Yusuke SETO* (Kobe Univ.), Masahiro OHTSUKA, Yohei IGAMI (Nagoya Univ.), Akira MIYAKE (Kyoto Univ.)

はじめに

透過電子顕微鏡(TEM)による電子回折法は、ナノスケールでの結晶相同定や方位解析の強力なツールとして、鉱物科学における必須技術となっている。特に近年は、高感度のCCD/CMOS カメラが普及し、高速かつ定量的な回折強度の取得が出来るようになっている。ただし、低次の晶帯軸入射の場合や、低対称性あるいは複数の結晶が混ざった複雑な回折パターンを解析する場合は、試行錯誤的な指数付けを行わざるを得ない。さらに、電子と物質の相互作用は非常に大きく動力学的効果が顕著であるため、回折強度の定量的な評価は(X 線に比べて)簡単ではない。そこで本研究では、動力学的効果を加味した自動方位解析プログラムの開発を行った。

手法

撮影した回折パターンは、ノイズフィルタと加重 Median フィルタを施した後、2 次元フォークト関数でフィッティングし、回折スポットの強度と位置を検出する。一方、候補結晶の逆格子点座標は、ある基準方位の下で、予め必要な数だけ計算しておく。次に、検出された回折スポットの逆空間座標に適当な回転行列をかけ、回転後の座標集合(の一部)が候補結晶の逆格子点座標(の一部)に一致した場合は、指数付けを行う。この時点で座標が一致した回折スポットは除外されるが、一致しなかった残りの回折スポットについては、別の方位（あるいは別の結晶）からの寄与と見なし、さらに適当な回転行列を探索する。この手順によって、高次ラウエゾーン(HOLZ)まで含めた指数付けや、複数の粒子・相からなる回折パターンの解析が可能になる。さらに、得られた結晶方位を基準にして、わずかに結晶が回転した場合の回折強度を動力学計算し、観測した回折強度(の比)を最も再現する試料の厚みと方位を最終的に出力する。

動力学的計算ではBethe固有値法を用いた。この手法では、結晶中の電子を波動方程式とブロッホの定理で記述し、周期ポテンシャル場で存在可能な電子波(ブロッホ波)を求める。さらに試料の界面で入射波と散乱波をなめらかに繋げることによって回折波の振幅を計算する。

結果と考察

図 1 に柱石の収束電子回折(CBED)パターンを示す。構造が複雑な鉱物試料の回折強度を精度良く再現するには、ブロッホ波(N)の数を十分大きくする必要がある(>~500)が、動力学計算の時間は N^3 に比例する。そのため、固有値計算を高度に並列化し、さらに要素数に応じてライブラリを自動で選択することで計算時間を短縮するように工夫した。

図 2 に、エンスタタイト(直方晶系, *Pbca*)に対して比較的高次の晶帯軸から入射した回折パターンと、その指数付け結果を示す(図 1)。運動学的シミュレーション(図 1b)では、[001]晶帯軸から 10° 程度ずれたパターンのスポット位置は再現できている。ただし、動力学効果を考慮していないため、回折強度は再現できていない。観測結果の回折強度を最も良く再現するように、試料厚みと方位を細かく変化させて動力学シミュレーションを行い、観察強度も含めたパターンの再現に成功した(図 2c)。発表ではさらに他の解析例も紹介し、本手法の展望を述べる。

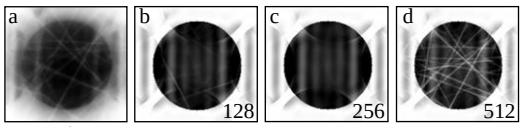


図 1. 柱石(scapolite)の(a)CBED パターンとそのシミュレーション結果 (b,c,d). N はブロッホ波の数.

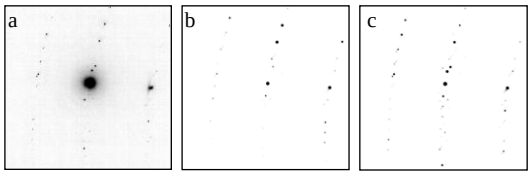


図 2. エンスタタイトの(a)電子回折パターンとその(b)運動学および(c)動力学的シミュレーション(t = 109nm)

Keywords: electron diffraction, crystal orientation, pattern indexing, dynamical simulation.

*Corresponding author: seto@crystal.kobe-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Precession electron diffraction 法の鉱物への適用と評価

三宅亮*（京大・院理）・瀬戸雄介（神戸大・院理）・伊神 洋平（名大・未来研）
・大塚真弘（名大・院工）

Precession electron diffraction method analysis of mineral.

Akira MIYAKE (Kyoto Univ.)*, Yusuke SETO (Kobe Univ.),
Yohei IGAMI (Nagoya Univ.) and Masahiro OHTSUKA (Nagoya Univ.)

微小鉱物の相の決定や対称性の議論に透過型電子顕微鏡（TEM）を用いた電子回折法がよく用いられる。X 線回折の場合、反射が試料中で 1 回しか起こらないと仮定することができ、このことを運動学的回折とよぶ。一方、電子回折の場合、厚い試料中では 1 つの電子が何度も反射が起こるため、このことを考慮しなければならず、このことを動力学的回折とよぶ。このためらせん軸や映進面をもつ鉱物・結晶の場合、電子回折図形中に本来の消滅則では消える反射が観察できる場合がある。また、回折強度も動力学的回折の影響がでてくる。そのため、対称性の決定などに影響を与える。一方、この点を克服するために、入射電子線を円錐状に絞ることによって、ディスク上の回折図形を得る収束電子回折（Convergent-beam electron diffraction: CBED）法が知られている。CBED 法ではディスク内に現れる強度分布から対称性の議論が可能となる。しかし CBED 法では入射電子線を細く絞るため、試料ダメージが大きく、鉱物の適用範囲は限られる。

一方、近年注目されているプリセッション電子回折（Precession electron diffraction: PED）法（Vincent & Midgley, 1994 など）は、入射電子線を光軸に対して傾斜させ歳差運動させながら試料に照射し電子回折図形を取得する方法である。これにより、動力学的効果を軽減できるとされている。また、入射電子線を絞ることがないため、有機結晶はゼオライトなどの電子線ダメージに弱い試料にも適用が可能で、さらには 3 次元で取得する electron diffraction tomography と組み合わせることにより、構造解析も近年では行われている（例えば、Jiang et al., 2011）。そこで、本研究では、PED 法を鉱物に適用し、一般的な制限視野電子回折（Selected-area electron diffraction: SAED）法との差や、シミュレーションとの比較などを行った。

実験は、TEM（JEOL 社 JEM-2100F）と、HREM 社のソフト QED を組み合わせて行った。図 1 に forsterite の SAED 図形（a）、PED 図形（b）を示す。SAED 図形に比べて、PED 図形は、広角まで反射が得られていることがわかる。また、映進面の消滅則によって本来消える反射についても、SAED 図形にくらべて PED 図形では、強度が小さくなっていることがわかる。

図 1 a：SAED 図形

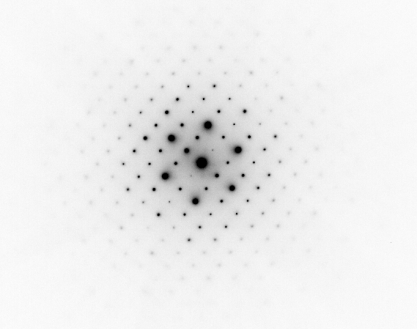
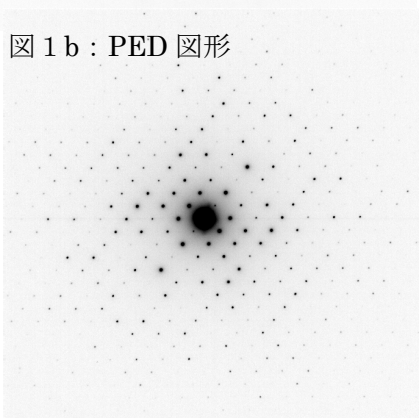


図 1 b：PED 図形



Vincent & Midgley (1994) Ultramicroscopy, 53, 271.
Jiang et al. (2011) Science 333, 1131.

Keyword: precession electron diffraction, selected-area electron diffraction, mineral
Corresponding author: miya@kueps.kyoto-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

TAP 分光結晶を用いた波長分散型分光器におけるバックグラウンドホール

加藤丈典（名大・ISEE）・陳美呈（釜山大・共同実験実習館）

Background holes in wavelength-dispersive X-ray spectrometry using thallium acid phthalate analyzing crystal

Takenori Kato* (Nagoya Univ.) and Mi-Jung Jeen (Pusan Natl. Univ.)

X 線分光分析に用いる分光器には、波長分散型分光器（WDS）とエネルギー分散型分光器（EDS）がある。EPMA や XRF では正確に X 線強度を測定できることが前提となる。特に、P/B の低い極微量元素の定量分析においては微弱な X 線を正確に測定する必要がある。そのような場合に問題となる点の一つにバックグラウンドホールがある（Self et al., 1990; Kato & Suzuki, 2011）。WDS では分光結晶の一つの結晶面でのみブラッグの反射条件が満たされて X 線が反射することを前提にしている。しかし、特定の条件下では複数の結晶面でブラッグの反射条件が満たされ、検出器に到達する X 線の強度が見かけ上低くなる。これを、バックグラウンドホールと呼ぶ。この影響を無視してしまうと X 線強度を過少に見積もる恐れがある。そのため、バックグラウンドホールの位置を正確に把握し、分析に影響が生じないようにしなければならない。

Self et al. (1990) は、LiF (200) におけるバックグラウンドホールの発生条件を示した。また、Kato & Suzuki (2014) は、PET(002)におけるバックグラウンドホールの発生条件を示した。軽元素分析で用いられる TAP(001)においても同様の問題が発生しうるため、バックグラウンドホールが発生する位置を、以下の条件で求めた。

・バックグラウンドホールを発生させる反射面の面指数

h, *k*, *l*: -9 から 9

・(001)面の入射角

25° - 135°

ICDD の PDF (00-030-1973)には、International Tables for Crystallography に示された反射条件を満たす面以外の面での反射も示されている。そこで、消滅則については考慮せずすべての面の反射を考慮した。この条件において、8 ヶ所にバックグラウンドホールが存在しうることが示された。そのうち 3 ヶ所は(001)面の入射角が 29° 以下の低角であった。

Keywords: Wavelength-dispersive spectrometry (WDS), Analyzing crystal, background hole, electron probe microanalysis (EPMA), X-ray fluorescence analysis (XRF)

*Corresponding author: kato@nendai.nagoya-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

“パライバ”・トルマリン(1)；宝石学的定義の変遷と原産地

北脇　裕士、江森健太郎（中央宝石研究所）

“Paraiba” tourmaline (1); The gemological definition and its geographic origin.

Hiroshi Kitawaki*, Kentaro Emori　(Central Gem Lab.)

鉱物としてのトルマリンは、化学組成の幅が広く、スーパーグループを構成している。一般化学式は $XY_3Z_6(T_6O_{18})(BO_3)_3V_3W$ で表されており、X には Na^+, Ca^{2+}, K^+, □; Y には Fe^{2+}, Mg^{2+}, Mn^{2+}, Cu^{2+}, Al^{3+}, Li^+, Fe^{3+}, Cr^{3+}; Z には Al^{3+}, Fe^{3+}, Mg^{2+}, Cr^{3+}; T には Si^{4+}, Al^{3+}, B^{3+}; B には B^{3+}; V には OH^-, O^{2-}; W には OH^-, F^-, O^{2-}が入る。それぞれのサイトに入る元素の組み合わせにより、トルマリンには多くの種類が存在する。現在、IMA の CNMNC において 33 種が承認されている。

このうち、トルマリンとして宝石市場で見られるもののほとんどは elbaite で、一部が liddicotite（厳密には fluor-liddicotite）、dravite や uvite である。しかし、宝石の標準的な鑑別方法では、トルマリンの種類を厳密に同定するのが困難なため、宝石名としては一般に色名を冠して○○トルマリンと呼ばれている。例えばピンク色のトルマリンはピンク・トルマリンと呼ばれているが、鉱物学的には elbaite や liddicotite が存在している。

パライバ・トルマリンは、1989 年に宝石市場に登場した彩度が高く鮮やかな青色～緑色の銅着色のトルマリンである。当初ブラジルのパライバ州で発見されたため、パライバ・トルマリンと呼ばれるようになったが、1990 年代には隣接するリオグランデ・ド・ノルテ州からも採掘されるようになった。両州から産出したものは混在したまま宝石市場に流れ、区別されることなくパライバ・トルマリンと呼ばれていた。

さらに 2000 年代に入って、ブラジルから遠く離れたナイジェリアやモザンビークなどのアフリカ諸国からも同様の含銅トルマリンが産出されるようになり、そのネーミングが問題となった。国際的な宝石鑑別ラボで構成される Laboratory Manual Harmonisation Committee (LMHC)では、原産地に関係なく、銅およびマンガンを有する青色～緑色の elbaite をパライバ・トルマリンと呼ぶことにし、2006 年 6 月に Information Sheet を発行した。しかし、2010 年以降、モザンビーク産の一部の含銅トルマリンに liddicotite に属するものが確認された。そこで 2012 年、LMHC では産地やトルマリンの鉱物学的な種類に関係なく、青色～緑色の含銅トルマリンをパライバ・トルマリンと定義した。このような定義づけは、CIBJO（国際貴金属宝飾品連盟）および ICA(国際色石協会)においても踏襲されており、国際的な宝石市場で広く受け入れられている。

パライバ・トルマリンの原産地は、ブラジルパライバ州のバターリャ鉱山が発見の地として有名であるが、現在の産出は限定的である。隣接するリオグランデ・ド・ノルテ州にはキントス鉱山とムルング鉱山が操業していたが、現在は後者のみが継続している。ナイジェリア産の含銅トルマリンは 2001 年頃に市場に登場したが、産出量は少なく、現在は還流品に見られるのみである。2005 年以降、宝石市場に流通するパライバ・トルマリンの多くはモザンビーク産のもので現在も安定的に市場供給されている。



Fig: Paraiba tourmaline from Brazil (8.6ct, 14.9ct, 3.3ct)

Keywords: Paraiba tourmaline, Copper bearing tourmaline
Corresponding author: kitawaki@cgl.co.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

“パライバ”・トルマリン（2）; LA-ICP-MS を用いた組成分析と原産地鑑別への応用

江森健太郎、北脇裕士(中央宝石研究所)

Paraiba tourmaline (2); Chemical analysis using LA-ICP-MS and its application for origin determination

Kentaro Emori*, Hiroshi Kitawaki (Central Gem Laboratory)

Chemical Analysis of tourmaline using LA-ICP-MS is difficult because chemical composition of tourmaline is complex. In this study, we analyzed Paraiba- tourmaline using LA-ICP-MS based on some assumptions and studied the origin determination of Paraiba- tourmaline.

鉱物としてのトルマリンは化学組成の幅がきわめて広く、スーパーグループを構成している。一般化学式は $XY_3Z_6(T_6O_{18})(BO_3)_3V_3W$ で表される。一般に宝石市場で見られるものは elbaite、fluor-liddicoatite、uvite、dravite である。

LA-ICP-MS を用いてトルマリンの組成分析を行うには(1)組成範囲が非常に広く、内標準元素を設定することができないため各元素の定量分析が困難である、(2)LiとBを含み、それらはLA-ICP-MSによる分析は可能ではあるが、一般的に用いられている標準ガラス試料であるNIST612、NIST610 に含まれる Li と B の濃度との差が著しいため定量分析が難しい、という問題点がある。

本研究で取り扱うパライバトルマリンは殆どが elbaite であり、一部 fluor-liddicoatite を含む。LA-ICP-MS を用いたトルマリンの分析方法については Sun et al., 2019 による先行研究があるが、elbaite には Li が多く含まれることもあり、以下の仮定に基づき、Li、B を計算で求めることにした; (1) B site は B が占める、(2) T site は Si と Al が占める、(3)Z site を占める元素のうち Al 以外は極微量であるため Al が占める、(4) Li の濃度は Y site に入る陽イオンの合計から計算する、(5)V と W は OH が占める。この仮定に基づき、測定された濃度から mol 比を求め、陽イオン、陰イオンの価数の合計が等しくなるように組成式を求め、組成式から元素濃度を逆算するという手法を用いた。

筆者らはパライバトルマリンの産地鑑別について、鉱物科学会 2017 年会講演会にて「多変量解析を用いた宝石鑑別」の発表の中で紹介したが、2 産地間毎の比較であった。本研究では宝石品質パライバトルマリンについて以上の計算法を用いた LA-ICP-MS による組成分析と産地鑑別についての応用を検討した。

本研究では様々LA-ICP-MS は ICP-MS 装置として Agilent 7900rb、LA 装置として NWR UP213 を用い、ブラジル産 94 点、ナイジェリア 79 点、モザンビーク産 27 点のサンプルを分析に用いた。

ブルー系のパライバトルマリンは Cu vs Ga のプロッティングを行うことで Cu が多いブラジル産、Ga の多いモザンビーク産、両者の含有量が低いナイジェリア産と区別することができることが判った。また、ブルーグリーン～グリーンブルーの色相のパライバトルマリンは Cu-Ga-Zn プロットを行うことでおよそのグルーピングが可能である。ブラジル産は Zn が多く、ナイジェリア産は Zn が少ない傾向にある。またブラジル産でも Zn が少ないものはナイジェリア産に比べ Cu または Ga の含有量が多いことが明らかになった。グリーン系については、ブラジル産は Mg が多く、ナイジェリア産は Mg が少ないといった傾向がある。

産地鑑別の研究は出所の確かなサンプルの収集が肝要であり、現時点ではサンプル数が不十分な点が産地がある。今後はサンプルを増やしデータベースを充実させていく予定である。

Sun Z., Palke A. C., Breeding C. M., Dutrow B. L. (2019) A new method for determining gem tourmaline species by LA-ICP-MS. Gems and Gemology, vol. 55, pp. 2-17

Keywords: LA-ICP-MS, tourmaline, elbaite, Paraiba tourmaline

*Corresponding author: emori@cgl.co.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ゲドル閃石の２種類の赤外 OH 伸縮振動バンド微細構造

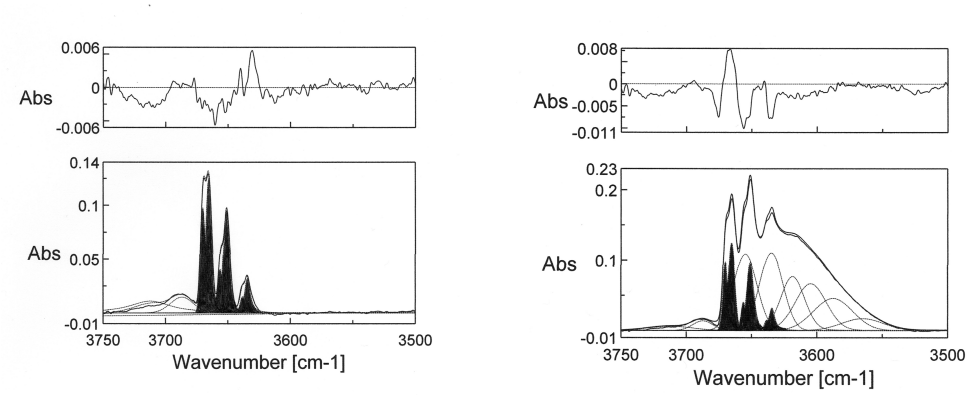
石田清隆（無所属）*・ Frank C. Hawthorne（マニトバ大学）

Two types of fine structure in the infrared OH-stretching bands of gedrite-group amphiboles

Kiyotaka Ishida (Non)* and Frank C. Hawthorne (Univ. of Manitoba)

Abstract

Bands assignment and decomposition analysis for the infrared OH-stretching bands of seven pairs hydrothermally treated (for 4 days at 700 °C, 200 MPa on the C–CH_4 buffer) and untreated anthophyllite–gedrite series amphiboles have been done. All samples were characterized in detail by Schindler et al. (2008) and Hawthorne et al. (2008). Below about 3690 cm^{-1}, two types of fine structure in the OH-stretching bands with vacant A-site occur due to the two types of configurations of SiSi and SiAl at adjacent T1T1 tetrahedra; the M1M1M3-OH-$^{A}\square$: $^{T1}Si^{T1}Si$-M2M3M2 series (labeled A_A–D_A, A_B–D_B, etc.) and the M1M1M3-OH-$^{A}\square$: $^{T1}Si^{T1}Al$-M2M3M2 ($^{A}\square$ = vacant A site) series (labeled A_{TA}–D_{TA}, A_{TB}– D_{TB}, etc.). With heat treatment, the intensities of the lower-frequency bands in both fine structures increase due to the exchange reaction: $^{M(1,2,3)}Mg + {}^{M4}Fe^{2+} \rightleftharpoons {}^{M(1,2,3)}Fe^{2+} + {}^{M4}Mg$. **Procedures for analysis:** The spectra for samples with $^{[4]}Al \leq 1.0$ a.p.f.u. (anthophyllite-rich samples) were analyzed in one stage: after the background was modeled by a spline, least-squares analysis with unconstrained frequencies, FWHMs (full-width at half-maximum height), peak intensities, and the ratios for Gaussian and Lorentzian components for each band was done. Gedrite samples containing $^{[4]}Al > 1.0$ a.p.f.u. were analyzed in two stages: using the parameters obtained in the first stage (cf. left Figure), additional unconstrained parameters for the same number of band-pairs from the first stage were introduced (cf. right Figure).



Keywords: gedrite, OH-stretching band, fine structure

*Corresponding author: kiyotakaishida@iki.bbiq.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

福島県多田野産加藤石の化学組成

坂野靖行*（産総研）・豊　遙秋（東大総博）

Chemical compositions of katoite from Tadano, Fukushima Prefecture, Japan

Yasuyuki Banno* (AIST), Michiaki Bunno (Univ. of Tokyo)

加藤石は Passaglia and Rinaldi (1984)によりイタリア Campomorto 採石場に分布するフォノライト中の空隙より発見され，新鉱物(IMA No. 1982-080)として記載された．原記載ではその理想化学式は $Ca_3Al_2(SiO_4)(OH)_8$ と定義され，灰礬石榴石($Ca_3Al_2Si_3O_{12}$)と加藤石の間に $SiO_4 = □(OH)_4$ という置換関係が存在することが示された．最近，石榴石超族が IMA CNMNC により承認された(Grew *et al.*, 2013)．これによると石榴石超族の一般組成式は $\{X_3\}[Y_2](Z_3)\varphi_{12}$ と表現され，加藤石の理想化学式は $\{Ca_3\}[Al_2](□_3)(OH)_{12}$ と再定義された．そして灰礬石榴石―加藤石系列の一般組成式は $\{Ca_3\}[Al_2](Si_{3-x}□_x)O_{12-4x}(OH)_{4x}$ となり，$x < 1.5$ の場合(Si > 1.5 apfu)は灰礬石榴石に，$x > 1.5$ の場合は加藤石に分類される．日本産の灰礬石榴石―加藤石系列の大部分は Si > 1.5 apfu を示すいわゆる“hydrogrossular”である．豊ほか(1983:三鉱学会要旨)は福島県郡山市多田野に分布する安山岩中のスカルンゼノリスより Si = 1.25-1.39 apfu を示す灰礬石榴石―加藤石系列に属する鉱物の化学組成を報告した．豊ほか(1983)ではこれは“hydrogrossular”と記述されているが組成的には加藤石に相当する．今回この加藤石の EPMA による化学組成の再検討を行い，少量の S, F, Cl が含まれることが判明したのでその概要を報告する．

多田野産加藤石は和田石結晶の縁辺部や割れ目に沿って和田石を置換して産する．完全に加藤石に置換され和田石仮像として産することも多い．定性分析の結果，原子番号 5 以上の元素としては O, F, Mg, Al, Si, S, Cl, Ca, Ti, Fe が検出された．BSE 像観察では，加藤石は不均質であり，中心部に比較的 S に富む明部が，縁辺部に S に乏しい暗部が分布する傾向が認められる．加藤石の実験式を全鉄 $= Fe^{3+}$, Ca = 3 として計算した．H_2O は total anions = 12 と charge balance より計算した．平均組成(n = 211)は $\{Ca_3\}[Al_{1.59}Fe^{3+}_{0.20}Mg_{0.07}Ti_{0.02}]_{\Sigma 1.88}(Si_{1.15}S_{0.11}□_{1.74})_{\Sigma 3}[(OH)_{6.99}O_{4.81}F_{0.16}Cl_{0.04}]_{\Sigma 12}$ である．*Z* site では□ (vacancy)が卓越し，加藤石に分類される．S の範囲は 0.00-0.20 apfu である．S の増加に伴い，^{Y}[Al,Fe^{3+},Mg,Ti] は減少し，その範囲は 1.73-2.03 apfu であり，S > 0.03 apfu を示すものは ^{Y}[Al,Fe^{3+},Mg,Ti]は理想値2 apfu を有意に下回る．縁辺部に分布する S < 0.03 apfu を示す加藤石の平均組成 (n = 17) は $\{Ca_3\}[Al_{1.74}Fe^{3+}_{0.23}Mg_{0.01}Ti_{0.02}]_{\Sigma 2.00}(Si_{0.99}S_{0.01}□_{2.00})_{\Sigma 3}[(OH)_{7.75}O_{4.05}F_{0.19}Cl_{0.01}]_{\Sigma 12}$ であり，*Y* site は理想値(2 apfu)を示す．今回の結果は，多田野産加藤石の *Y* site には□ (vacancy)が存在しており，それは最大で 0.27 apfu に達することを示唆する．

Keywords: katoite, wadalite, Tadano

*Corresponding author: y-banno@aist.go.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

口頭講演 | R3: 高圧科学・地球深部

2019年9月22日(日) 9:45 ~ 12:00 | 大講義室 Ib 大講義室

R3: 高圧科学・地球深部

座長:川添 貴章、大藤 弘明

[座長]
川添 貴章：R3-01〜R3-05
大藤 弘明：R3-06〜R3-09

9:45 ~ 10:00

[R3-01] 圧力スケールの違いが与える核の密度欠損への影響

*境 毅[1] (1. 愛媛大地球深部研)

10:00 ~ 10:15

[R3-02] 高圧力下における含水非晶質ナトリウム珪酸塩の構造

「発表賞エントリー」

*大橋 智典[1]、坂巻 竜也[1]、舟越 賢一[2]、服部 高典[3]、佐野（古川） 亜沙美[3]、村主 樹[1]、市東 力[4]、池田 理[1]、伊東 義章[1]、柴崎 裕樹[5]、鈴木 昭夫[1] (1. 東北大・院理、2. CROSS、3. 原研、4. 東大・院理、5. 物材研)

10:15 ~ 10:30

[R3-03] Fe-Sコアの固化モードと組成対流

*浦川 啓[1]、寺崎 英紀[2] (1. 岡山大・自然、2. 大阪大・理)

10:30 ~ 10:45

[R3-04] アルゴンの地球内部循環

*小野 重明[1] (1. JAMSTEC)

10:45 ~ 11:00

[R3-05] Mg_2SiO_4ワズレアイトの高温熱容量測定

*糀谷 浩[1]、恒川 有希[1]、赤荻 正樹[1] (1. 学習院大・理)

11:00 ~ 11:15

[R3-06] 高温高圧下におけるFe_5O_6とFe_4O_5の安定性

彦坂 晃太郎[2]、*新名 良介[1,2]、廣瀬 敬[2,3]、石井 貴之[4]、大石 泰生[5] (1. 明治大、2. 東大、3. 東工大、4. BGI、5. JASRI)

11:15 ~ 11:30

[R3-07] クロムスピネルを含むケイ酸塩鉱物系の高圧相関係

吉田 和存[1]、糀谷 浩[1]、*赤荻 正樹[1] (1. 学習院大・理)

11:30 ~ 11:45

[R3-08] δ-(Al,Fe)OOH単結晶の高圧合成

*川添 貴章[1,2]、大平 格[3,4]、石井 貴之[2]、鈴木 昭夫[3]、大谷 栄治[3] (1. 広大・院理、2. バイロイト大・BGI、3. 東北大・院理、4. カーネギー研究所)

11:45 ~ 12:00

[R3-09] 高温高圧下における無水斜方輝石の転位クリープ

*坪川 祐美子[1]、大内 智博[1]、肥後 祐司[2]、丹下 慶範[2]、入舩 徹男[1] (1. 愛媛大学・GRC、2. JASRI)

圧力スケールの違いが与える核の密度欠損への影響

境毅（愛媛大・GRC）*

Effect of the pressure scale problem on the core density deficit

Takeshi Sakai (GRC, Ehime Univ.)*

Density of iron at the inner core boundary (ICB) condition depends on the pressure scale adopted to determine a pressure of its equation of state. Here we examined the effect of the pressure scale problem on the density deficit (cdd) of Earth's core. The density deficit value differs from 3.4% to 4.7% depending on the choice of pressure scale. I also estimate the possible amount of silicon in the inner core and its several errors come from each of the uncertainty of the ICB temperature, core density, average thermal expansivity, and nickel content. The silicon content variation due to the choice of pressure scale is comparable or larger than the errors come from other uncertainties.

１．はじめに

地震学的に観測・決定された地球の核の密度と，核の主要成分である鉄の密度との不一致（$\rho_{Fe} > \rho_{core}$）は、核の密度欠損問題として知られている。核に相当する高温高圧下での ρ_{Fe} は鉄の状態方程式から見積もられるが，圧力の校正に用いられた圧力スケールの選択によって，その結果は異なる。特に地球の内核に相当する 330-364 GPa の圧力では，スケール間の圧力差は顕著であり，核の密度欠損を考えるうえで圧力スケール問題は不可避の問題である。

２．手法

ここでは、MgO スケール(Keane EoS, Sakai et al., 2016)を基準として，MgO, Pt, NaCl, Fe, Fe-Ni, Fe-Ni-Si の 300 GPa に及ぶ圧縮データ(Sakai et al. 2011, 2012, 2014)を基に核の密度欠損および核の軽元素量を見積もった（ここでは Si のみ考慮)。これに対し，他の圧力スケール（後述）を採用した場合にそれぞれの推定値がどれだけ変化し得るかを計算した。

３．結果と考察

MgO スケールを基準とし，内核境界(ICB)の温度圧力条件，平均熱膨張率$\bar{\alpha}$をそれぞれ 329 GPa, 5000 K, $\bar{\alpha}$=1.0x10^{-5} とした場合に，内核境界における密度欠損は，純鉄の場合 4.7%，Ni=5 at.%の場合は 5.8%となった。純鉄について Dewaele et al (2006)で報告された密度欠損の値は 5.3%であり、下記に述べる種々の誤差の大きさを考えれば、今回の結果(4.7%)と比較的近い値といえる。一方、Dorogokupets and Oganov (2007), Yokoo et al. (2009), Holmes et al. (1989)の白金圧力スケールを基準とした場合には密度欠損の値はそれぞれ 4.5%, 3.5%, 3.4%となり，後者２つについては特に低い値を与える。

Fe-Ni-Si 合金の密度との比較から Si が密度低下に与える効果を算出し、密度欠損5.8%を説明するのに必要な Si を見積もると 6.4 wt％となった。これに対し、温度誤差±1000 K，$\bar{\alpha}$の誤差±0.1x10^{-5}，ICB での内核密度そのものの誤差±2%，Ni 量の誤差±5 at.%を考慮した場合，必要な Si 含有量はそれぞれ±1.6 wt.%，±0.6 wt.%，±2.4 wt.%，±1.3 wt.%だけ変化しうる。これに対し、Yokoo et al. (2009)の白金スケールを用いた場合の密度欠損を説明する Si 量は，2.4%となり，上述の MgO スケールの場合と比べて 4.0 wt%も少ない。密度欠損及び軽元素の推定量に与える圧力スケールの違いによる効果は，その他考えられ得る様々な誤差と比べても同等あるいはやや大きいと言えるだろう。

Keywords: Core density deficit, pressure scale, equation of state, light elements in the core
Corresponding author: sakai@sci.ehime-u.ac.jp
@Japan Association of Mineralogical Sciences.

高圧力下における含水非晶質ナトリウム珪酸塩の構造

大橋智典[1]*、坂巻竜也[1]、舟越賢一[2]、服部高典[3]、佐野(古川)亜沙美[3]、
村主樹[1]、市東力[4]、池田理[1]、伊東義章[1]、柴﨑裕樹[5]、鈴木昭夫[1]
([1]東北大院理、[2]CROSS、[3]原研、[4]東大院理、[5]物材研)

Structures of amorphous hydrous sodium silicates under pressure

Tomonori Ohashi[1]*, Tatsuya Sakamaki[1], Ken-ichi Funakoshi[2], Takanori Hattori[3], Asami Sano-Furukawa[3], Miki Muranushi[1], Chikara Shito[4], Osamu Ikeda[1], Yoshiaki Ito[1], Yuki Shibazaki[5], Akio Suzuki[1] ([1] Tohoku Univ., Sci., [2] CROSS, [3] JAEA, [4] Univ. Tokyo, Sci., [5] NIMS)

1. 目的

高圧下におけるマグマの振る舞いは、地球深部の物質循環を解明する上でたいへん重要である。マグマの駆動性はマグマの物理化学的な性質によって支配されており、特に水は密度（例えば Sakamaki et al., 2006）や粘度（例えば Suzuki et al., 2011; Poe et al. 2006）といったマグマの物性に多大な影響を及ぼす。加えて、このようなマグマの物性はその構造によって理解・説明できるため、圧力起因の構造変化を調べることは非常に興味深い。そこで、中性子回折（ND）法によって無水ナトリウム珪酸塩ガラスの高圧その場構造解析、および常圧下での含重水ナトリウム珪酸塩ガラスの構造解析を行った。また、放射光 X 線回折（XRD）によって含水ナトリウム珪酸塩メルトの高温高圧その場構造解析を行った。

2. 手法

ND の出発試料には、SiO_2, Na_2CO_3 粉末の混合物を融点以下の温度で脱炭酸させた後に熔融、急冷した無水 Na_2O-8/3SiO_2（NS8/3）ガラスを用いた。ND 実験による無水 NS8/3 ガラスの構造解析は J-PARC の BL11 PLANET で行い、VX4 型のパリ・エジンバラプレスを用いて室温のもと約 7 GPa まで加圧した。含重水 NS8/3 ガラスは、同ビームラインに設置の 6 軸型マルチアンビルプレス圧姫を使い、無水 NS8/3 ガラスに 5, 9, 12 wt% の重水を加えたものを白金容器に密封して約 2 GPa, 約 1000–1300 °C から回収して得た。放射光 XRD 実験では、無水ガラスに 5 wt% および 9 wt% の蒸留水を加えて出発試料として使った。XRD の試料容器には、ダイヤモンド管に白金で蓋をした複合容器（Yamada et al., 2007）を用いた。実験は高エネルギー加速器研究機構の PF-AR NE5C で実施し、高温高圧発生装置にはキュービックアンビルプレス MAX80 を使った。発生した圧力および温度は 1.5–3.6 GPa, 約 1100–1300 °C であった。

3. 結果・考察

試料から得られた全構造因子 $S(Q)$ では、XRD, ND のいずれにおいても圧力増加に伴い第一ピークが高 Q 側へシフトしており、珪酸塩ネットワーク構造の収縮を示していた。構造因子のフーリエ逆変換である全二体分布関数 $G(r)$ において、常圧における無水 NS8/3 ガラスに比べ含重水 NS8/3 ガラス Si-O 結合長の方が長い原子間距離を示した。また、含水量の違いによって Si-O 結合長の圧縮挙動も異なっていた。例えば、NS8/3-H_2O（9 wt%）メルトの Si-O 結合長は圧力上昇によって単調に収縮した一方で、NS8/3-H_2O（5 wt%）メルトの Si-O 結合長はほとんど変化していなかった。この結果は、含水量に依存した珪酸塩融体のネットワーク構造の違い（例えば Zotov and Keppler, 1998）が SiO_4 四面体の大きさや圧縮挙動に影響を及ぼす可能性を示唆する。

Keywords: silicate melt, water, amorphous structure, high pressure and temperature

***Corresponding author: tomonori.ohashi.s8@dc.tohoku.ac.jp**

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Fe-S コアの固化モードと組成対流

浦川　啓(岡山大自然)，寺崎英紀（大阪大理）

Compositional convection and solidification modes of the Fe-S core

S. Urakawa* (Okayama Univ), H. Terasaki (Osaka Univ)

地球以外に，水星とガニメデが金属鉄からなる流体コアのダイナモ作用により生じた磁場を持っている。また，表面の残留磁気は火星と月に固有の磁場がかつて存在したことを示唆している。このような小天体のダイナモを駆動するのは，コアの組成対流である考えられ，コア上部で析出した固体鉄が沈降する“Fe-snowing”として知られるプロセスが組成対流を起こすという説がある。しかし，どのような圧力・組成条件において，コアが上部から固化するについてはまだよくわかっていない。本発表では Fe-S コアについて，この問題を検討する。

流体鉄合金からなるコアが上部から固化するのか，または下部から固化するのかという違いは，鉄合金の融点（リキダス）の圧力勾配とコアの断熱温度勾配の大小で決まる。リキダスの圧力勾配の方が小さい場合は上部から固化し，逆の場合は下部から固化する。

Fe-FeS 系の融点勾配については，Buono & Walker (2011)と我々の実験から 10GPa までデータがある。一方，断熱温度勾配は，我々の密度測定値から決めた高圧下の熱膨張率を用いて見積もった。10 GPa までの圧力範囲において，S < 10 at%ではリキダスの圧力勾配は断熱温度勾配よりやや大きいか同程度である。S > 10 at%を超えると，リキダス勾配の方が小さい状態が共融点まで続く。共融点より S に富む組成では，リキダス勾配と断熱温度勾配は拮抗するが，リキダス勾配の方がやや小さい傾向が見える。

この結果から，コアの圧力が 10 GPa までの範囲では，Fe-S コアの固化モードは次のようになる。S < 10 at%の組成では，コアは下部から Fe 結晶が析出し固体内核が成長する。このため，内核直上の流体核は低密度となり上昇し組成対流を起こす。一方，S > 10 at%ではコア上部から固化が始まる。共融点より Fe に富む領域では，析出した鉄が沈降するうちに再溶融する。また，共融点より S に富む領域では，析出した FeS が浮上して CMB 直下に溜まる。このように，コア上部で固化が始まる場合は，いずれも流体コア上部に Fe に富む高密度流体の領域が形成されて密度不安定が生じ，組成対流が駆動される。

Keywords: Planetary core, Fe-S liquid, planetary magnetism, compositional convection
*Corresponding author: urakawa@okayama-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

アルゴンの地球内部循環

小野　重明（国立研究開発法人海洋研究開発機構）

Argon cycle in Earth's interior

Shigeaki Ono* (JASTEC)

The high-pressure study of physical properties of argon (Ar) has been performed by high-pressure experiments and first-principles calculations. An equation of state, melting curve, and some thermoelastic properties of Ar have been investigated to 400 GPa and 3000 K. The estimated density of Ar is smaller that of the PREM mantle, which indicates that the density crossover does not occur at the bottom of the lower mantle. The melting temperature of Ar has a significant pressure dependence. In the case of cold slab, solid Ar can be carried down into the deep mantle. Melting of solid Ar in the upwelling mantle plume occurs at the bottom of the transition zone.

希ガス、特にその同位体比は、地球表層から地球深部へいたる物質の大循環を解明するためのトレーサーとして極めて有用である。希ガスの中でアルゴンに関しては、火山岩中に保有されるマントル由来のアルゴンの分析から、海水由来であることが示唆されている。つまり、大気中のアルゴンが海水に溶け込み、その海水中のアルゴンが何らかのメカニズムで沈み込むスラブに取り込まれ、長い時間をかけてマントル中を循環し、最終的に中央海嶺やホットスポットから地表へ放出されているはずである。しかしながら、アルゴンがスラブに取り込まれるメカニズムについては理解されていない。そのため、アルゴンの地球内部での振る舞い知る手掛かりとして、種々の物性を知ることが不可欠である。本研究では、地球マントルに相当する高温高圧条件下での、アルゴンの物性を見積もることを目的とした。本発表では、見積もった物性の中で、密度と溶融温度に注目して、その結果とそれから予想されるアルゴンの振る舞いを報告する。

本研究では高圧実験と数値計算の2つの手法を組み合わせた。高圧実験では、ダイヤモンドアンビルセル高圧発生装置を用い、試料の測定は放射光施設を利用して粉末 X 線回折データを取得した。数値実験では、第一原理分子動力学法を用い、計算結果の統計的平均値から種々の熱物性を推定した。高圧実験によって室温での圧縮曲線を決定し、数値計算から高温条件下での物性を見積もった。本研究での温度圧力条件は、最高で 400GPa、3000K である。

常温常圧で気体であるアルゴンは、常温高圧下では固体の状態が安定であるため、固体アルゴンの状態方程式を決定した。そして、固体アルゴンとマントルの平均的な密度（PREM）を比較したところ、マントル条件下ではアルゴンは常にマントル物質より密度が小さいことが明らかになった。先行研究では、マントル最下部で密度逆転が起こることが予言されていたが、密度逆転の予想は誤りであることが明らかになった。数値計算結果からアルゴンの溶融曲線を見積もったところ、大きな圧力依存性を持っていることが予言された。遷移層で 2000K を超え、下部マントルでは3000Kをはるかに超える溶融温度を持つことが判明した。このことは、下部マントル中では、アルゴンは固体として安定であることを意味する。また、上部マントルおよび遷移層中でも、沈み込むスラブのような低温の領域では、アルゴンは固体で存在しうる。一方、アルゴンの溶融曲線とマントルの地温勾配は遷移層最下部で交差する。このことから、マントル上昇流とともに運ばれる固体アルゴンは、遷移層最下部で溶融を開始することが予想される。これらの研究結果から、地球内部でのアルゴンの循環メカニズムを解明する上で、固体アルゴンの溶融温度の圧力依存性が鍵であることが明らかになった。

Keywords: Argon, Equation of state, Melting temperature
***Corresponding author: sono@jamstec.go.jp**

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Mg_2SiO_4 ワズレアイトの高温熱容量測定

糀谷浩*、恒川有希、赤荻正樹(学習院大・理)

High-temperature heat capacity measurement of Mg_2SiO_4 wadsleyite

Hiroshi Kojitani*, Yuki Tsunekawa, Masaki Akaogi (Gakushuin Univ.)

Mg_2SiO_4 ワズレアイト(Wd) は、マントル遷移層における主要構成鉱物の一つと考えられている。Mg_2SiO_4 リングウッダイトの定圧熱容量(C_P)が、従来の値よりも大きいことが Kojitani et al. (2012) により明らかにされたため、その低圧相である Mg_2SiO_4 Wd との相対的なギブスエネルギー関係が調和的ではなくなっていた。このため、Mg_2SiO_4 Wd の高温 C_P を再決定する必要性が生じていた。そこで、本研究では、Mg_2SiO_4 Wd について DSC 法による高温熱容量測定を行った。また、実測された C_P を適用して熱弾性パラメータの再評価を行い、格子振動モデル計算により高温外挿を行った。

熱容量測定用の Mg_2SiO_4 Wd は、学習院大学設置の川井型マルチアンビル高圧発生装置を用いて、出発物質の Mg_2SiO_4 フォルステライトを 15 GPa, 1573 K で 2 時間保持後、急冷回収することにより高圧合成した。回収試料は、微小部 X 線回折測定および顕微ラマン分光測定により Mg_2SiO_4 Wd 単相であることを確認した。高温熱容量測定は、入力補償型の DSC 装置を用いることにより 300－820 K の温度範囲において 10 K の温度間隔かつ 10 K/min のスキャン速度でデータを取得した。なお、DSC 測定には粉末状の Wd 試料を用い、その重量は 16.978 mg であった。

本研究では、0.6%以下の測定精度で高温 C_P が決定された。先行研究の Watanabe (1982) や Ashida et al. (1987) によるデータと比較すると、本研究の測定値は 2－5%大きい。このことから、従来用いられてきた Wd の高温 C_P は、過小評価されていたことが実験的に示された。さらに、デバイの関係式 $\alpha = \gamma_{th}C_V/(K_TV)$ を用いた熱膨張率の計算と、Katsura et al. (2009) による P－V－T データへの Birch－Murnaghan 状態方程式の最小二乗フィットを組み合わせることにより、熱弾性パラメータの最適化を行った。得られた熱弾性パラメータを適用した格子振動モデル計算による C_P は、本研究で測定された高温 C_P データと非常によく一致しており、さらなる高温側への外挿値として妥当であることが示唆される。

References

Ashida et al. (1987) High-pressure research in mineral physics, Terra Scientific Publishing, pp 269-274.

Katsura et al. (2009) Geophys. Res. Lett., 36, L11307.

Kojitani et al. (2012) Am. Mineral., 97, 1314–1319.

Watanabe (1982) High-pressure research in geophysics, Center for Academic Publications, pp 441-464.

Keywords: wadsleyite, heat capacity, DSC, themoelastic parameter, lattice vibrational model calculation

*Corresponding author: hiroshi.kojitani@gakushuin.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

高温高圧下における Fe_5O_6 と Fe_4O_5 の安定性

彦坂晃太郎(東大), 新名良介 (東大/明治大), 廣瀬敬 (東大/東工大), 石井貴之 (BGI), 大石泰生(JASRI)

The stability of Fe_5O_6 and Fe_4O_5 at high pressure and temperature

Koutaro Hikosaka* (U. Tokyo), Ryosuke Sinmyo (U. Tokyo/Meiji U.), Kei Hirose (U. Tokyo/Tokyo Tech.), Takayuki Ishii (BGI), Yasuo Ohishi (JASRI)

The oxygen fugacity in the interior of the Earth is largely controlled by iron-bearing minerals. Recent studies have reported a variety of iron oxides with chemical compositions between FeO and Fe_3O_4 above ~10 GPa. However, the stabilities of these high-pressure iron oxides remain mostly uninvestigated. In this study, we performed in-situ X-ray diffraction (XRD) measurements in a laser-heated diamond-anvil cell (DAC) to determine the phase relations in both Fe_5O_6 and Fe_4O_5 bulk compositions to 61 GPa and to 2720 K. The results show that Fe_5O_6 is a high-temperature phase stable above 1600 K and ~10 GPa, while FeO + Fe_4O_5 are formed at relatively low temperatures. We observed the decomposition of Fe_5O_6 into 2FeO + Fe_3O_4 above 38 GPa and the decomposition of Fe_4O_5 into FeO + h-Fe_3O_4 at a similar pressure range. The coexistence of FeO and Fe_3O_4 indicates that none of the recently discovered compounds between FeO and Fe_3O_4 (i.e., Fe_5O_6, Fe_9O_{11}, Fe_4O_5, and Fe_7O_9) are formed beyond ~40 GPa at 1800 K, corresponding to conditions in the shallow lower mantle. Additionally, as some superdeep diamonds have genetic links with these high-pressure iron oxides, our results give constraints on pressure and temperature conditions of their formation.

Key words: iron oxide, diamond-anvil cell, high pressure, Fe_4O_5, Fe_5O_6

***Corresponding author. (E-mail: hikosaka@g.ecc.u-tokyo.ac.jp)**

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

クロムスピネルを含むケイ酸塩鉱物系の高圧相関係

[1]吉田和存, [1]糀谷浩, [1]赤荻正樹* ([1]学習院大理)

High-pressure phase relations in chromite spinel-bearing systems

[1]Kazuaki Yoshida, [1]Hiroshi Kojitani, [1]Masaki Akaogi*
([1]Fac. Sci., Gakushuin Univ.)

クロミタイトは Cr-spinel(Ch)と olivine(Ol)を主要構成鉱物とする岩石である。その中で、diopside(Di)の離溶組織や diamond を含む Ch を持つ“超高圧クロミタイト”はマントル深部を循環したと考えられ、その成因が広く議論されている。しかし、その基礎となる高圧相関係の研究はまだ十分にされていない。本研究では、Ch と Ol の主成分系である $MgCr_2O_4$- Mg_2SiO_4 系と、Di-Ch の主成分系である $CaMgSi_2O_6$-$MgCr_2O_4$ 系の高圧相関係を詳細に明らかにし、超高圧クロミタイトが経験した圧力条件を考察した。

マルチアンビル装置を用い、これらの系の 28GPa まで 1200~1600℃での相平衡実験を行い、回収試料の微小領域 X 線回折データと組成分析により相関係を決定した。

$MgCr_2O_4$-Mg_2SiO_4 系では、1600℃と 1400℃（図 1）のどちらの温度でも、約 13GPa 以上では Ol と Ch が反応し、wadsleyite(Wd)、anhydrous phase B (Anh-B)、modified ludwigite (mLd)、garnet(Gt)のいずれかを含む 2～3 相に変化し、20-23GPa で ringwoodite (Rw) + calcium titanate (CT)が安定になり、25-26GPa 以上で bridgmanite (Brg) + periclase (Pe) + CT が安定になった。各相の分析値からマスバランス計算により鉱物量比を求め、密度を計算し、圧力による相組合せの変化と共に密度が増加することを確認した。

$CaMgSi_2O_6$-$MgCr_2O_4$ 系では、Ch と Gt が約 10GPa 以上で六方晶(NAL)相(Hp)を生成し、圧力増加と共に Hp と共存する相が変化し、26GPa 以上では $CaSiO_3$ perovskite (CaPv)と CT を含む相組合せになることが示された。また、10GPa 以下では Gt と共存する Ch に Ca が含まれないことが示された。

超高圧クロミタイトには、Ch と Ol が反応して形成される相や Hp 相が見い出されていないことから、超高圧クロミタイトが経験した圧力は最大でも 10～13GPa であり、上部マントル内の圧力条件下で循環したと推定される。

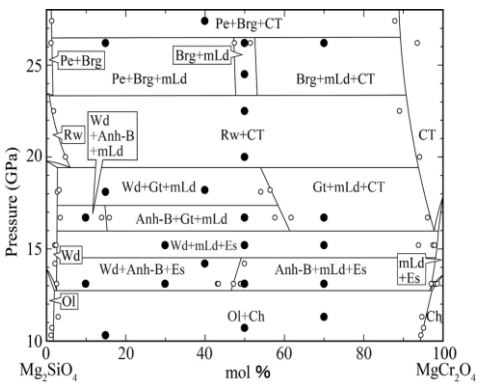


図 1. $MgCr_2O_4$-Mg_2SiO_4 系の相図(1400℃)

Keywords: high-pressure, UHP-chromitite

*Correspond. author: masaki.akaogi@gakushuin.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

δ-(Al,Fe)OOH 単結晶の高圧合成

川添貴章*、大平格、石井貴之、鈴木昭夫、大谷栄治

（広大・理、バイロイト大・BGI、東北大・理、カーネギー研究所）

Single crystal synthesis of δ-(Al,Fe)OOH

Takaaki Kawazoe*, Itaru Ohira, Takayuki Ishii, Akio Suzuki, Eiji Ohtani
(Hiroshima Univ., Univ. Bayreuth BGI, Tohoku Univ., Carnegie Institution of Washington)

<はじめに>

δ-(Al,Fe)OOH は、地球深部における水循環を解明する上で重要な相である。この相は ~17 wt%もの水を含み、マントル最下部まで水をもたらす可能性がある。このため、この相の物性を明らかにする必要がある。

大型単結晶は、精密加工により試料の形状・結晶方位を制御し、様々な物性が測定されている。近年では、ダイヤモンドアンビルセル（DAC）を用いた高圧実験の出発物質として活用されている [1]。

これらのため、本研究では δ-(Al,Fe)OOH 大型単結晶の高圧合成に取り組んだ [2]。

<実験方法>

出発物質には $Al(OH)_3$ 試薬粉末もしくは $Al(OH)_3$ と Fe_2O_3 の混合粉末を用いた。出発物質は $Au_{80}Pd_{20}$ カプセルに封入した。

高圧合成実験は、川井型マルチアンビル装置を用いて行った。実験圧力・温度は 21 GPa、1470 K であり、4 h 保持し急冷した。

回収試料は、偏光顕微鏡、単結晶 X 線回折装置、電子プローブマイクロアナライザーを用いて分析した。

<結果と議論>

δ-AlOOH・δ-(Al,Fe)OOH 大型単結晶の合成に成功した（図 1）。単結晶の大きさは、0.4-0.6 mm 以下であった。δ-(Al,Fe)OOH の Fe/(Al+Fe)は、0.0469(8)と 0.122(3)であった。

合成した δ-(Al,Fe)OOH は、DAC を用いた圧縮挙動とスピン状態の研究に活用している（Ohira et al. *Am Mineral* 印刷中）。

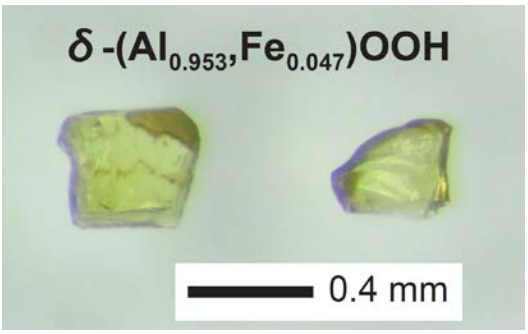


図 1。δ-$(Al_{0.953},Fe_{0.047})$OOH 大型単結晶の写真。

[1] J Buchen et al. (2018), *EPSL* 498, 77-87.

[2] T Kawazoe et al. (2017), *Am Mineral* 102, 1953-1956.

Keywords: δ-AlOOH, δ-(Al,Fe)OOH, water, single crystal, multi-anvil apparatus

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

高温高圧下における無水斜方輝石の転位クリープ

坪川祐美子[1]・大内智博[1]・肥後祐司[2]・
丹下慶範[2]・入舩徹男[1] ([1]愛媛大・GRC、[2]JASRI)

Dislocation creep of dry orthopyroxene aggregates under high P-T conditions

Yumiko Tsubokawa[*1]・Tomohiro Ohuchi[1]・Yuji Higo[2]・
Yoshinori Tange[2]・Tetsuo Irifune[1] ([1]Ehime Univ.・[2]JASRI)

地球においてプレートテクトニクスが起きるために必要なプレートの理論強度は 150 MPa 以下と考えられているが[1]、プレートの最主要鉱物であるカンラン石の強度は 500-600 MPa 程度と強すぎる[2]。つまり地球では何らかの理由においてプレート強度が「弱化」している必要がある。

斜方輝石はプレートで 2 番目に多い鉱物であり、カンラン石より低い強度を持ちうることが実験的に指摘されている[3]。しかしながらこれは単結晶試料を用いた最も容易なすべり系による評価であり、天然のような多数のすべり系が競合した中での強度検討を行うことは重要である。そこで本研究では、多結晶の斜方輝石を用いた変形実験から、プレート強度の「弱化」に及ぼす斜方輝石の影響を評価することを試みた。

本研究では、沈み込むプレート内の条件下 (圧力 1.4-6.8 GPa、温度 1273-1473 K) における無水の斜方輝石多結晶体のその場観察一軸圧縮実験を行った。出発物質は川井型マルチアンビル高圧発生装置を用いて焼結した。回収試料は雰囲気炉で加熱処理することで、溶存する水の除去を行った。変形実験には SPring-8 の BL04B1 に設置の D-DIA 型変形装置 (SPEED-Mk.Ⅱ) を用いた。変形中の試料歪および差応力の決定は、X 線ラジオグラフィーおよび二次元 X 線回折パターンをそれぞれ用いて行った。変形後の回収試料については TEM による転位の組織観察を行った。

実験で得られた応力−歪曲線から、各実験において試料歪が 4%以上で定常クリープ領域 (応力 200-1200 MPa) に至ることを確認した。この定常クリープ状態において、斜方輝石の転位クリープの流動則の応力指数は $n \approx 2.8$ となった。また活性化エネルギー (Q) および活性化体積 (V^*) はそれぞれ~180 kJ/mol と~11 cm^3/mol が求められた。得られた応力指数の値および回収試料中に多数存在する転位から、斜方輝石多結晶体では転位クリープによる変形が進行したと考えられる。試料中には少なくとも (100) 面および (010) 面の 2 つのすべり面が観察され、転位のバーガースベクトルは [001] または [0kl] であることが分かった。これらの結果は全て、斜方輝石で報告されている 2 つの主要なすべり系 ((100)[001]および(010)[001]) による変形と調和的である。

本研究で得られた無水斜方輝石の転位クリープ強度は、沈み込むプレートに対応する温度圧力条件において無水カンラン石のもの[4]より顕著に低い値であった。また本実験結果を用いて沈み込むプレートの強度 (約 30 %の斜方輝石が存在すると仮定した場合) を推察すると、その強度は 150 MPa 以下となりうることが明らかになった。以上のことより、無水斜方輝石の転位クリープが地球型惑星におけるプレートテクトニクスの可否を決定づけているものと考えられる。

[1] Richards et al. (2001) Geochem. Geophys. Geosyst., 2, 2000G000115.
[2] Hirth and Kohlstedt (1995) J. Geophys. Res., 100 (B8), 15441–15449.
[3] Ohuchi et al. (2011) Contrib. Mineral. Petrol., 161, 961–975.
[4] Karato and Jung (2003) Philos. Mag., 83, 401–414.

Keywords: Orthopyroxene, Deformation experiment, Dislocation creep, Upper mantle

*Corresponding author: tsubokawa@sci.ehime-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

口頭講演 | R1: 鉱物記載・分析評価

2019年9月22日(日) 14:00 ~ 15:00 | 大講義室 Ia 大講義室

R1: 鉱物記載・分析評価

座長:坂野 靖行

[座長]
坂野 靖行：R1-10〜R1-13

14:00 ~ 14:15

[R1-10] 大分県木浦鉱山産ソーコナイト及びフライポンタイト

*井手 大生[1]、上原 誠一郎[1]、白勢 洋平[2] (1. 九大・理・地惑、2. 京大・博物館)

14:15 ~ 14:30

[R1-11] 河辺石の再定義に向けた再検討

*宮脇 律郎[1]、志村 俊昭[2]、門馬 綱一[1]、松原 聰[1]、加藤 昭[1] (1. 国立科博、2. 山口大・創成科学)

14:30 ~ 14:45

[R1-12] 沖縄HAKUREIサイトの磁硫鉄鉱仮像組織の解析

*長瀬 敏郎[1]、野崎 達生[2]、高谷 雄太郎[3]、石橋 純一郎[4]、熊谷 英憲[2]、前田 玲奈[2] (1. 東北大・総学博、2. 海洋機構、3. 早大・創造理工、4. 九大・理)

14:45 ~ 15:00

[R1-13] 京都府和束町石寺産ネバダ石

*白勢 洋平[1]、延寿 里美[3]、鶴田 憲次[4]、下林 典正[2] (1. 京大・博物館、2. 京大・院理、3. 立命館大、4. 京都芸大)

大分県木浦鉱山産ソーコナイト及びフライポンタイト

井手大生・上原誠一郎(九大・理・地惑)・白勢洋平(京大・博物館)

Sauconite and fraipontite from Kiura mine, Oita Prefecture, Japan

Hiroki Ide*, Seiichiro Uehara (Dept. Earth & Planet Sci., Fac. Sci., Kyushu Univ.),
Yohei Shirose (Mus., Kyoto Univ.)

1. はじめに　米国ペンシルベニア州のソーコンバレーからサポナイトの亜鉛置換体であるソーコナイト[$Na_{0.3}Zn_3(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot 2H_2O$]が報告(Ross, 1946)されて以降，亜鉛粘土鉱物の報告例は非常に少ない(Steinberg *et al.*, 1985 など)。最近，Boni *et al.*(2009)はAccha 亜鉛鉱床からソーコナイトを，Choulet *et al.*(2016)は Bou Arhous 亜鉛鉱床からソーコナイト，フライポンタイト[$(Zn_{3-x}Al_x)(Si_{2-x}Al_x)O_5(OH)_4$]を報告した。フライポンタイトはアメス石[$Mg_2Al(SiAl)O_5(OH)_4$]の亜鉛置換体であると考えられる(e.g., Fransolet & Bourguignon, 1975)。今回，大分県木浦鉱山からソーコナイトとフライポンタイトを確認したので，それらの産状，組織，化学組成，X 線回折パターンなどの鉱物学的特徴を報告する。

2. 実験手法　全岩と定方位試料の X 線回折分析はリガク Ultima IV，不定方位試料の分析は RINT RAPID IIを用いた。化学組成分析，微細組織観察は Oxford Ins.製 EDS を装着した JEOL JSM-7001F を用いた。

3. 結果　X 線回折実験の結果，ソーコナイトを含む粘土の定方位試料は 15.0 Å，7.3 Å，4.8 Å，3.6 Å の反射を示し，EG 処理を行ったところ，17.7 Å，8.2 Å，7.2 Å の反射を示し，スメクタイトの他に，カオリン-蛇紋石グループに特徴的なピークを示した。また，060 = 1.54 Å を示し，3 八面体型層状珪酸塩の特徴を示した。

SEM 観察の結果，粘土部は粗粒部(粒径 1-3 μm)と細粒部(1 μm以下)からなる縞状組織が発達している。細粒部はソーコナイトの組成を示し，粗粒部ではソーコナイト，サポナイト，鉄サポナイト，アメス石，フライポンタイトの粒子が密に共生している。SEM-EDS による化学分析の結果，本産地のソーコナイトは Zn，Mg，Fe 置換が顕著に見られ，$(Ca_{0.17}K_{0.01})_{0.18}(Zn_{2.44}Fe_{0.32}Al_{0.25}Mg_{0.10}Ti_{0.03})_{3.14}(Si_{3.07}Al_{0.93})_{4.00}O_{10}(OH)_2 \cdot 2H_2O$ から $(Ca_{0.07}K_{0.06})_{0.13}(Zn_{1.00}Mg_{0.89}Fe_{0.83}Al_{0.47}Ti_{0.04})_{3.24}(Si_{2.74}Al_{1.26})_{4.00}O_{10}(OH)_2 \cdot 2H_2O$ の組成の幅を持つ。フライポンタイトの平均化学組成は$(Ca_{0.05}K_{0.01})_{0.06}(Zn_{0.86}Mg_{0.76}Fe_{0.62}Al_{0.59}Ti_{0.03})_{2.86}(Si_{1.57}Al_{0.43})_{2.00}O_5(OH)_4$ であり，Mg，Fe を多く含む。

浅成鉱床の酸化帯に含まれる亜鉛粘土鉱物は複雑な鉱物組み合わせ，産状があり，今後，さらに他の鉱床についても詳細な検討が必要である。

Keywords: sauconite, fraipontite, saponite, Kiura mine
*Corresponding author: ide.hiroki.506@s.kyushu-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

河辺石の再定義に向けた再検討

宮脇 律郎*(国立科博)・志村 俊昭(山口大・創成科学)・門馬 綱一(国立科博)・
松原 聰(国立科博)・加藤 昭(国立科博)

A re-examination on kobeite-(Y) for the redefinition

Ritsuro Miyawaki*(NMNS**), Toshiaki Shimura (Yamaguchi Univ.), Koichi Momma (**NMNS**),
Satoshi Matsubara(**NMNS**) and Akira Kato(**NMNS**)**

Kobeite-(Y) was re-examined with a specimen from the type locality, Kobe, Kyoto, Japan. DTA/TG curves revealed 4 steps of weight loss of dehydrations. The metamictized kobeite-(Y) crystallized into a cubic phase showing a pyroclore-type structure at 650°C. The cubic phase transited into another phase of trigonal zirconolite-3*T* type structure at 775°C. The morphology of kobeite-(Y) indicates the pre-metamict original crystal structure is trigonal. Zirconium was confirmed as an essential constituent in kobeite-(Y) by means of EMP. Kobeite-(Y) should be redefined as $YZr(TiFe^{3+})O_7$, the Y-analogue of zirconolite, $CaZrTi_2O_7$.

河辺石[kobeite-(Y)]は田久保ら(1950)により京都府中郡河辺村(現在、京丹後市大宮町河辺)白石からイットリウムとチタンを主成分としウランとニオブ、タンタル、鉄などを含有するユークセン石・ポリクレース類縁の新種 $(Y,U)(Ti,Nb)_2(O,OH)_6$ として記載された。後年、化学組成の再分析によりジルコニウムが必須元素であることが指摘されたが、再定義には至っていない。河辺石は柱状の双晶とその平行連晶の集合体として産し、自形の結晶面を持つが、メタミクト化が進みX線回折は観測されないため、結晶構造のみならず晶系、格子定数が未だ不明である。加藤(1989)は、既報の焼成再結晶化実験結果の精査から、河辺石はジルコノ石の三方晶系ポリタイプの希土類元素置換体に相当すると指摘した。近年、ジルコノ石の直方晶系ポリタイプ(藤井・上原, 2011:福本・皆川, 2012)や類縁鉱物(志村ら, 2018)の報告もあり、河辺石の再定義に向けて、原記載産地の標本を用いた化学組成と加熱処理再結晶化による結晶データの測定を行った。

原記載産地産標本から NSM-M32642(櫻井標本)を選抜し、暗褐色の河辺石柱状連晶を母岩の灰肉色の長石(微斜長石・曹長石)から分離し、電子線マイクロプローブ(EMP)による化学組成定量、示差熱分析、粉末X線回折実験を行った。

示差熱分析は、室温から4段階の重量減少を示し、その減量は、吸着水や、メタミクト化に伴う水和反応で生じた水酸化物イオンなどの脱水反応によるものと考えられる。650°C まで加熱すると、面間隔 2.90 Å の回折線が現れ、750°C まで加熱した試料のX線回折パターンは、パイロクロア石の回折パターンに良く合致し、5本の回折線から a = 10.0662(6) Å の立方晶格子定数が得られた。1150°C まで加熱した試料の回折線の多くはジルコノ石の三方晶系ポリタイプの回折パターンに合致し、精密化した格子定数は、a = 7.25427(12), c = 16.7986(4) Å である。

河辺石の結晶の外形は、立方晶系ではなく三方晶系に整合することから、河辺石の原構造は、立方晶のパイロクロア石型ではなく、三方晶ジルコノ石型と結論される。従って河辺石は、ジルコノ石 $[(Ca,Y)Zr(Ti,Mg,Al)_2O_7]$の希土類置換体 $[(Y,Ca)Zr(Ti,Fe^{3+})_2O_7$、理想式は $YZr(TiFe^{3+})O_7]$と再定義されるべきである。

Keywords: kobeite-(Y), zirconium, zirconolite
*Corresponding author: miyawaki@kahaku.go.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

沖縄HAKUREIサイトの磁硫鉄鉱仮像組織の解析

長瀬敏郎(東北大・総博)，野崎達生(海洋機構)，高谷雄太郎(早大・創造理工)，石橋純一郎(九大・理)，熊谷英憲・前田怜奈(海洋機構)

Texture analyses of pyrrhotite pseudomorphs from Hakurei site, Okinawa

T. Nagase* (Tohoku Univ.), T. Nozaki (JAMSTEC), Y. Takaya (Waseda Univ.), J.-i. Ishibashi (Kyusyu Univ.), H. Kumagai and L. Maeda (JAMSTEC)

【はじめに】

磁硫鉄鉱が黄鉄鉱や白鉄鉱に交代された仮像は天然の鉱石中にしばしば観察され，これまでに多くの研究が行われてきた (例えば, Einaudi, 1971; Fleet, 1978; Ramdohr, 1980)。磁硫鉄鉱の仮像組織の多様性の原因については再現実験により確かめられ (Murowchich, 1992; Qian *et al*., 2011)，溶液の性質によって形成組織が異なることが示唆されている。

SIP沖縄トラフ熱水性堆積物掘削Ⅲ (CK16-05航海，Exp. 909) において，中部沖縄トラフ伊是名海穴HAKUREIサイトでの地球深部探査船「ちきゅう」による掘削が行われた。得られたコア試料中には磁硫鉄鉱が黄鉄鉱・白鉄鉱により交代された仮像が多く認められ，鉱石の主体部をなす。海底熱水鉱床ならびに黒鉱鉱床の形成過程において鉱物の交代作用は重要な役割を果たしていると考えられている。今回，磁硫鉄鉱の仮像組織について解析を行い，この鉱床での仮像の形成過程について考察する。

【試料ならびに観察方法】

観察試料には，伊是名海穴HAKUREIサイト (Sites C9025 - C9032) の掘削コア試料を用い，光学顕微鏡と走査型電子顕微鏡 (SEM, JEOL JEM-7001) により鉱物組織を観察した。結晶方位解析には，SEMに付随した電子線後方散乱回折装置 (OXFORD, AZtec EBSD system) を用いた。

【結果ならびに考察】

HAKUREIサイトの鉱石は黄鉄鉱，白鉄鉱，閃亜鉛鉱，方鉛鉱，黄銅鉱を主体とし磁硫鉄鉱，アイソキューバ鉱，ウルツ鉱，硫砒銅鉱，重晶石，硬石膏，硫酸鉛鉱などを伴う。鉱石はその様相から黒鉱質，黄鉱質そして黄鉄鉱・白鉄鉱鉱石の3つのタイプに分類される。黄鉄鉱・白鉄鉱鉱石は多孔質な構造をもち，磁硫鉄鉱の仮像が普遍的に認められる。磁硫鉄鉱仮像組織の特徴としては，1) 黄鉄鉱が包晶することで型取りされ，結晶中心部が溶脱した“ヌケガラ”のタイプや，2) 黄鉄鉱が包晶し，結晶内部も黄鉄鉱結晶で埋められたもの，3) 磁硫鉄鉱の形態をそのままに内部が細粒な白鉄鉱により交代されたもの。などいくつかのタイプがある。磁硫鉄鉱と白鉄鉱にはトポタキシーの関係が確認され，両者の結晶学的関係はこれまで報告されているものと一致する。

これらの観察結果からHAKUREIサイトの鉱石は，最初温度300度以上の高温で低い硫黄フュガシティーの熱水溶液で鉱化し，磁硫鉄鉱が沈殿した。その後，より温度が低く，強酸性・高硫化の溶液によって交代作用を受けた。この際，この溶液を媒介した相変化により黄鉄鉱や白鉄鉱が生じ，磁硫鉄鉱の仮像が形成されたと考えられる。

Keywords: Pyrrhotite, Pseudomorph, Pyrite, Marcasite, Hakurei site
*Corresponding author: nagase@tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

京都府和束町石寺産ネバダ石

白勢洋平（京大・博物館）・延寿里美（立命館大）・鶴田憲次（京都芸大）・
下林典正（京大・院理）

Nevadaite from Ishidera, Wazuka, Kyoto Prefecture, Japan

Yohei Shirose* (Univ. Mus., Kyoto Univ.), Satomi Enju (Ritsumeikan Univ.),
Kenji Tsuruta (Kyoto City Univ. Arts.), and Norimasa Shimobayashi (Grad. Sch., Kyoto Univ.)

ネバダ石（Nevadaite）は, Cooper et al. (2004) により米国ネバダ州 Gold Quarry 鉱山から初めて報告された二次燐酸塩鉱物であり, $(Cu^{2+},□,Al,V^{3+})_6[Al_8(PO_4)_8F_8](OH)_2 \cdot 22H_2O$ の理想化学組成が提唱された。その後は，キルギス共和国 Kara-Chagyr 地域からの産出が報告されたのみの極めて希産な鉱物である（Karpenko et al., 2009）。いずれの産地でもバナジウム鉱物を伴う。本研究では，京都府和束町石寺に分布する変堆積岩を貫く石英脈中から世界で三番目となるネバダ石を見出したので，その鉱物学的特徴を報告する。

石寺地域の石英脈からは，灰重石，燐灰石の変質により形成された多様なタングステン酸塩，燐酸塩鉱物が産する（鶴田ら，2008；Shimobayashi et al., 2012；白勢ら，2018）。ネバダ石は燐灰石の変質部の空洞中に，無色の不明鉱物，単斜燐鉄鉱，ストレング石，石膏，白雲母を伴い産出する。ネバダ石は水色の直径 0.1 mm 程度の球-膜状の集合である。SEM 観察の結果，厚さ 1 μm 以下、幅 10 μm 以下の微細な伸長した板状結晶が放射状に集合していることがわかった（Fig. 1）。

XRD 実験の結果，石寺産ネバダ石は PDF# 01-073-7360 とよく一致し，直方晶系で指数付けすると，格子定数は他産地のものよりやや大きく，a = 12.152(4) Å，b = 19.068(7) Å，c = 4.964(2) Å，V = 1150.1(5) Å^3 となった。

EPMA を用いた化学分析の結果，明瞭な組成変化はなく，$(Cu_{3.06}□_{2.94})_{\Sigma 6.00}Al_{7.96}(PO_4)_{4.00}[PO_3(OH)]_{4.00}[F_{4.95}(OH)_{3.05})]_{\Sigma 8.00}(OH)_2 \cdot 16.41(H_2O)$の平均値で表すことができた。これまでの報告例と異なり，バナジウムが一切含まれず，六配位の M 席の三価の陽イオンを二価の銅が置き換えていると考えられる。M 席に入る元素ついては，$^{M1}(Cu^{2+},□)_2{}^{M2}(□,Cu^{2+},V^{3+})_2{}^{M3}(Al,V^{3+},Cu^{2+})_2$ と考えられ，$^{M}(Cu^{2+}{}_2□_2Al_2)$ といった端成分が提唱されていた（Cooper et al., 2004）。しかしながら，本産地のネバダ石では $Cu^{2+}{}_2□_2(Cu,□)$となるため，理想化学式 $(Cu_3□_3)Al_8(PO_4)_4[PO_3(OH)]_4[F,(OH)]_8(OH)_2 \cdot n(H_2O)$の，ネバダ石の Cu 置換体と考えることもできる。今後結晶構造についてより詳細な検討が必要である。

共生する無色の不明燐酸塩鉱物もフッ素に富んでおり，これらの二次鉱物はフッ素燐灰石が分解し，アルミニウムに富む溶液と反応して形成されたと考えられる。この産地から報告されたエムプロロ石 $[WAlO_3(OH)_3 \cdot 2H_2O]$などの他の希少鉱物も、同様の形成環境にあったと考えられ、石寺地域の熱水変質反応を特徴づけるものである。

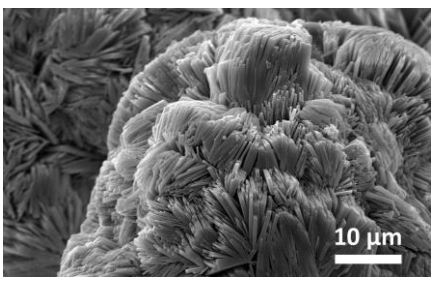


Fig. 1 Secondary electron image of spherical aggregates of platy nevadaite from Ishidera.

Keywords: Nevadaite, phosphate, unknown mineral, hydrothermal alteration, Ishidera

*Corresponding author: shirose.yohei.6n@kyoto-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

口頭講演 | R3: 高圧科学・地球深部

2019年9月22日(日) 14:00 ~ 15:00 | 大講義室 Ib 大講義室

R3: 高圧科学・地球深部

座長:新名 良介

[座長]
新名 良介：R3-10〜R3-13

14:00 ~ 14:15

[R3-10] せん断変形場におけるオリビン–スピネル相転移：相転移誘起の軟化条件の探索

*久保 友明[1]、森山 一哉[1]、森 悠一郎[1]、今村 公裕[1]、小泉 早苗[2]、西原 遊[3]、鈴木 昭夫[4]、肥後 祐司[5]、丹下 慶範[5] (1. 九州大・理、2. 東大・地震研、3. 愛媛大・GRC、4. 東北大・理、5. JASRI)

14:15 ~ 14:30

[R3-11] 超高圧シュードタキライトとナノダイヤモンド

*西山 忠男[1]、鵜木 康平[1]、西 右京[1]、藤本 智也[1]、吉朝 朗[1]、大藤 弘明[2]、寺内 正己[3] (1. 熊本大学先端科学研究部、2. 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、3. 東北大学多元物質科学研究所)

14:30 ~ 14:45

[R3-12] 西彼杵変成岩中のシュードタキライトより見出されたナノ多結晶ダイヤモンドの鉱物学的特徴

*大藤 弘明[1]、西山 忠男[2] (1. 愛媛大・GRC、2. 熊大・理)

14:45 ~ 15:00

[R3-13] 分析透過電顕における化学定量分析の特徴と問題点その２

*藤野 清志[1]、大藤 弘明[1] (1. 愛媛大GRC)

R3-10

せん断変形場におけるオリビン–スピネル相転移：相転移誘起の軟化条件の探索

久保友明*, 森山一哉, 森悠一郎, 今村公裕(九大理), 小泉早苗(東大地震研), 西原遊(愛媛大 GRC),
鈴木昭夫(東北大理), 肥後祐司, 丹下慶範(JASRI)

Olivine-spinel transformation under shear deformation: Conditions for transformation-induced weakening

T. KUBO, K. Moriyama, Y. Mori, M. Imamura (Kyushu Univ.), S. Koizumi (ERI), Y. Nishihara (GRC),
A. Suzuki (Tohoku Univ.), Y. Higo, Y. Tange (JASRI)

1. はじめに

近年、D-DIA 型および D-111 型高圧変形装置の開発により、マントル遷移層から下部マントル最上部条件における定量的な変形実験が可能になった。我々は、それらの高圧変形装置に放射光単色 X 線および AE 測定を組み合わせて、オリビン–スピネル非平衡相転移が誘起する軟化やせん断不安定化プロセスの解明に取り組んでいる。それは沈み込んだ深部プレート(遷移層スラブ)の力学特性、特に上下マントル境界付近での滞留や深発地震を理解する上で重要なプロセスであると考えている。本発表では、せん断変形場で行っている Fe_2SiO_4 および Mg_2SiO_4 のオリビン–スピネル相転移実験の結果を報告し、相転移が誘起する軟化現象に関して予備的な考察を行う。

2. 実験方法

出発物質として Fe_2SiO_4 fayalite および Mg_2SiO_4 forsterite 焼結多結晶体を用いて、前者は SPring-8 の BL04B1 設置の D-DIA 型装置に MA6-6 型セルを、後者は PF-AR の NE7A 設置の D-111 型装置に KAWAI 型セルを組み込んで、高圧せん断変形場でオリビン–スピネル相転移実験を行っている。厚さ 300 μm の出発物質の上下に 45°カットしたアルミナピストンを配置しせん断変形場を実現する。常温加圧後にまずオリビンの安定領域において焼きなましを行い、その後、相転移が起こらない低温下においてスピネル相安定領域まで加圧する。そこで上下アンビル変位速度(200-400 μm/h)と昇温速度(0.1-0.2 K/s)を一定にして、変形しながら昇温を開始する。50-60keV の放射光単色 X 線を用いて約 4-5 分毎に 2 次元 X 線回折パターンと X 線ラジオグラフィー像を取得し、せん断変形場での相転移の進行と応力–ひずみ曲線の同時測定を行う。このようにして、変形速度、反応速度(昇温速度)、過剰圧による相転移組織変化などをパラメータに、相転移誘起の軟化が起こる条件を探索している。せん断不安定化に着目した同様の実験は、一軸圧縮変形場で AE 測定を組み合わせて行っている(本年会、森他)。

3. 結果と考察

過剰圧が大きいほど相転移開始温度は低下し、Fe_2SiO_4 では 8-12GPa, 500-700°C 付近で、Mg_2SiO_4 では 17-22GPa, 900-1000°C 付近で、スピネル相(それぞれ ahrensite および ringwoodite)の出現が確認された。せん断ひずみ速度はそれぞれ 8.7×10^{-5}–7.3×10^{-4} s^{-1} および 2.7×10^{-6}–2.7×10^{-4} s^{-1}、最大せん断ひずみ量はそれぞれ 1.2-2.8 および 0.15-0.25 であり、全体として均質変形が進行した(Fig. 1)。後者ではせん断ピストンに溝加工を施しておらず、それが原因でひずみ量が少ないのかもしれない。アンビル変位速度が一定であってもせん断ひずみ速度は一定ではなく、昇温とともに、また相転移とともに上昇する傾向があり、特に D-111 型装置を用いた Mg_2SiO_4 の実験で顕著である。これが相転移誘起の軟化を示しているのかについてはもう少し検討が必要である。

せん断変形場で相転移が進行する際の応力変化を、オリビン、スピネルそれぞれの相から推定する解析を行っている。まだ予備的な段階ではあるが、特に過剰圧が大きい条件においてスピネル相の応力が小さくなる傾向にある。これは細粒化による軟化を示している可能性があるが、回収試料の変形相転移組織と合わせて検討していく必要がある。

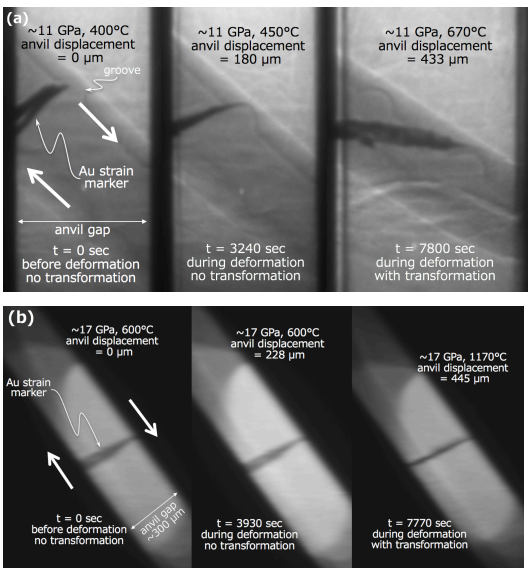


Fig.1. X-ray radiography images showing the rotation of Au stain marker during shear deformation with the olivine-spinel transformation in Fe_2SiO_4 (a, D-DIA) and Mg_2SiO_4 (b, D-111).

Keywords: olivine-spinel transformation, shear, weakening

*corresponding author: kubotomo@geo.kyushu-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

超高圧シュードタキライトとナノダイヤモンド

西山忠男*, 鵜木康平, 西　右京, 藤本智也, 吉朝朗（熊大理）・
大藤弘明（愛媛大地球深部セ）・寺内正己（東北大多元研）

UHP pseudotachylyte and nanodiamond

Tadao Nishiyama*, Kouhei Unoki, Ukyo Nishi, Tomoya Fujimoto, Akira Yoshiasa (Kumamoto U.),
Hiroaki Ohfuji (Ehime U.) and Masami Terauchi (Touhoku U.)

長崎県西彼杵変成岩（白亜紀低温高圧型変成岩）と熊本県肥後変成岩（白亜紀高温低圧型変成岩）から超高圧シュードタキライトを発見した。また西彼杵変成岩中のシュードタキライトからはナノダイヤモンドが発見された。その鉱物学的詳細については、引き続く大藤氏の講演で紹介する。西彼杵変成岩中のものは、石英炭酸塩岩（蛇紋岩の一部が CO_2 の作用で分解生成した岩石）中に幅 1 cm 程度の黒色脈として発達する。ガラス状光沢を有し、分岐構造を示すが、ガラスは残存せず、微細な石英とマグネサイトの集合体となっている。この中に、径数 10 ミクロン程度の非晶質カーボンが含まれ、その一部にナノダイヤモンド集合体（ラマン分光法、TEM（大藤）、EPMA-SXES 法（寺内）により確認）が産する。ナノダイヤモンド集合体は径 1～2 ミクロンで、矩形を示し、一見単結晶のように見えるが、多結晶集合体であり、一部はロンズデーライトの構造を示す。シュードタキライトは、特徴的な組織（径 1 mm～数 mm の球状のマグネサイトに富む集合体が、石英に富む基質中に散在し、基質には流動したような組織が発達する）を有し、これはこのシュードタキライトが一度融解し、再び再結晶したことを示す。石英とマグネサイトの融解は Kakizawa et al. (2015: JMPS, 110, 179-188)によれば 6 GPa 以上、1600℃以上の条件であり、このシュードタキライトが超高圧条件で形成されたことを示す。

肥後変成岩中のシュードタキライトは、大理岩中に幅 10 cm 程度の黒色脈として産する。分岐構造を示すが、ガラスは残存していない。鏡下では、西彼杵のものと酷似する球状組織が観察される。SEM による観察では、ドロマイトを主とする基質中に、珪酸塩鉱物（石英と Al-Si 粘土鉱物）を主とするドメイン（径数 mm）が球状に発達している。ドロマイトは径 10 ミクロン程度の半自形～他形結晶集合体で、複雑な振動累帯構造を示す。この中には破砕組織を示す石英粒子が含まれ、破砕粒子の粒間をドロマイトが埋めている。この組織は、液相不混和を示す、炭酸塩メルトとケイ酸塩メルトからの結晶化を示唆する。$CaCO_3$ – $MgCO_3$ 系の相図から、融解条件を推定すると、3.5 GPa, 1280℃程度と見積もられる。

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

西彼杵変成岩中のシュードタキライトより見出されたナノ多結晶ダイヤモンドの鉱物学的特徴

大藤 弘明*（愛媛大・GRC），西山 忠男（熊大・理）

Mineralogical characteristics of nano-polycrystalline diamond in pseudotachylyte from Nishisonogi metamorphic rock

Hiroaki Ohfuji* (GRC, Ehime Univ.), Tadao Nishiyama (Sci., Kumamoto Univ)

Here we report the mineralogical characteristics of nano-polycrystalline diamond grains included in quartz-carbonate pseudotachylyte in Nishisonogi metamorphic rock. They were found in carbonaceous aggregate of a few tens of micrometer in quartz and magnesite grains. The diamond grains are 1-2 μm and show angular to pseudo-euhedral shapes surrounded by amorphous carbon. They consist of very well-sintered diamond crystals of <5 - 20 nm and contain no pores. Electron diffraction revealed that they, as a whole, are randomly aggregated but showed weak preferred orientations at local scales in which the coaxial relation of diamond 111 // lonsdaleite 100 was sometimes found.

筆者らは数年前から長崎県に分布する西彼杵変成岩と熊本県の肥後変成岩中に含まれるマイクロダイヤモンドの記載を進めてきた（西山ほか，2014・2017・2018JpGU；大藤ほか，2018 JAMS 年会）．最近，西彼杵変成岩中に含まれる黒色のシュードタキライト中に，これまでの単結晶ダイヤモンドとは全く産状，特徴の異なる多結晶ダイヤモンドを見出したのでここに紹介したい．

多結晶ダイヤモンドを含むシュードタキライトは，蛇紋岩の一部が CO_2 の作用で分解生成したと考えらえる石英炭酸塩岩中に幅1cm 程度の黒色脈として産する．シュードタキライトはマグネサイトと激しく破砕された石英粒子が混在した組織を示すが（詳細は西山氏の講演要旨を参照），両鉱物中には直径数十 μm ほどの炭素濃集部が点在して含まれている．この炭素濃集部には，径 1～2 μm の一見すると単結晶のような角張った形態を示す粒子がしばしば含まれている．これらの粒子を含むように炭素濃集部位から収束イオンビーム（FIB）を用いて薄膜断面を切り出し，TEM でその詳細な微細組織と結晶特性を調べた．

TEM 観察の結果，炭素濃集部位は主にアモルファスカーボンより構成され，その中に点在している角張った粒子は，<5～20 nm ほどの極めて細粒なダイヤモンドの多結晶体であることが明らかとなった（図 1）．このナノダイヤ多結晶体は，グラファイトからの高温高圧下直接変換により合成されるナノ多結晶ダイヤモンドやロシアの隕石衝突孔から産するその天然版試料（Ohfuji et al., 2015）と類似の（より細粒だが）組織を示す．また，一部には層状をなす部分も観察され，制限視野電子線回折では，層構造に垂直な方向にダイヤモンドの 111 とロンズデーライトの 100 の配向（弧状）パターンが観察された．これらの産状は，本試料中のナノ多結晶ダイヤが，グラファイトからの直接変換によって生じたことを示唆すると考えられる．ナノ多結晶ダイヤの成因については現在検討中である．

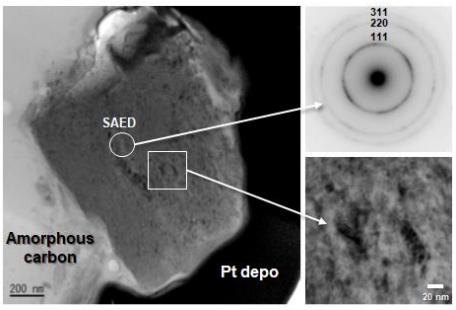


図 1. アモルファスカーボン中に含まれるナノ多結晶ダイヤモンドの TEM 像

Keywords: Nano-polycrystalline diamond; Pseudotachylyte; Microtexture; TEM
*Corresponding author: ohfuji@sci.ehime-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

分析透過電顕における化学定量分析の特徴と問題点 その２

藤野清志*，大藤弘明（愛媛大GRC）

Characteristics and problems of quantitative chemical analysis in ATEM part 2

Kiyoshi Fujino*, Hiroaki Ohfuji (GRC, Ehime Univ.)

1. はじめに

最近の走査透過電顕の技術的進展は目覚ましく，従来困難であった電磁レンズの球面収差が可能になり，今や 200 kV 電顕でも～0.1 nm の分解能が可能になってきている．また，化学組成分析面での技術進歩も目覚ましく，今や分析電顕で原子レベルの組成分析も可能になってきている．ただ，それらは電子線の入射方向の原子の重なりを反映したもので，地球惑星物質解析で多くの場合直面する異なった相が共存する基での３次元的な微細粒子や微細組織の組成分析に直結するわけではない．ここでは，地球惑星科学分野で分析透過電顕による化学定量分析法として現在広く用いられているCliff-Lorimerの *k*-ファクターによる解析を取り上げる．

２．*K*-ファクター法の特徴と問題点

K-ファクター法は一見簡便であるが，その問題点はあまり理解されてないように思われる．測定に当たってまず第一に気を付けるべき点は，測定条件が適切かどうかである．図１はパイロープガーネットで照射電流密度 5 pA/cm^2 で，STEM の電子線の走査領域(円)を変えて測定した時の Si に対する各元素の特性Ｘ線強度比のプロットである．図に見るように，X 線強度比は必ずある限界の照射領域(この場合直径約 30 nm)以下で急減する．従って，測定はこの限界以上の電子線照射領域で行わなければならない．この点は，*k*-ファクターの検量線による解析でも吸収法による解析でも変わらない．

前回述べた *k*-ファクターの検量線による解析法では，検量線の傾きは個々の試料におけるＸ線の吸収効果によって変わるため，検量線に用いた試料と未知試料の平均原子番号が近くないと，うまく適用できない．

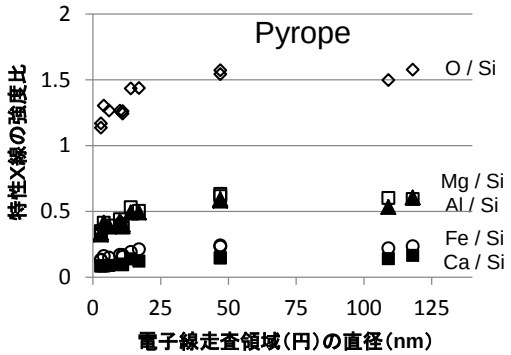


図１．電子線走査領域と特性Ｘ線の強度比

現在 EDS 分析の測定法として，TEM によるスポット分析(スポット径可変)，STEM によるエリア分析及びスポット分析(スポット径固定) があるが，３次元的に微小な空間分解能を得るには，STEM によるエリア分析が最も適していると思われる．

また，定量分析をする薄膜試料の作成法について言えば，ピンポイントの分析には FIB が向いているが，FIB による薄膜作成では薄膜の厚さがほぼ 100 nm に留まってしまうので，それより小さな微細粒子や組織の分析には向かない．イオン研磨では 100 nm より薄い薄膜部分が作成できるので，より小さな領域の分析には，イオン研磨の方が向いている．

講演では，前回触れなかった *k*-ファクターの吸収補正に基づく解析法や，特性Ｘ線測定の際の照射電流密度を下げることで，測定可能な領域の下限がどこまで下げられるかなどについて，議論する予定である．

Keywords: Analytical TEM, quantitative chemical analysis, *k*-factor

*Corresponding author: fujino@sci.ehime-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ポスター | S3：北東アジアの鉱物・岩石・資源 （スペシャルセッション）

2019年9月22日(日) 9:30 ~ 15:00 | A-プレゼンスペース イースト1号館

S3：北東アジアの鉱物・岩石・資源 （スペシャルセッション）

[コアタイム] 12:00〜14：00

[S3P-01] 四国西部真穴帯近傍のジルコンU-Pb年代

*川口 健太[1]、早坂 康隆[1]、柴田 知之[1] (1. 広島大・院理)

[S3P-02] 青海地域蓮華変成岩類の記載岩石学的特徴とジルコンU-Pb年代

*北野 一平[1]、小山内 康人[1]、中野 伸彦[1]、足立 達朗[1] (1. 九大・比文)

[S3P-03] モンゴル北西部・ハンホヒン山地に産する泥質片麻岩に含まれるザクロ石中のクリストバライト包有物

*足立 達朗[1]、小山内 康人[1]、中野 伸彦[1]、Syeryekkhaan Kundyz[1]、Jargalan Sereenen[2]、大和田 正明[3]、Satish-Kumar M.[4] (1. 九州大、2. モンゴル科技大、3. 山口大、4. 新潟大)

[S3P-04] Pressure–temperature-time conditions of metamorphism of pelitic gneisses in the Gobi-Altai Mountains from southwestern Mongolia.

*Kundyz Syeryekkhaan[1], Y. Osanai[1], N. Nakano[1], T. Adachi[1], S. Jargalan[2], M. Owada[3], M. Satish-Kumar[4], Ch. Boldbaatar[5] (1. Kyushu Univ., 2. Mongolian Univ. Sci. Tech., 3. Yamaguchi Univ., 4. Niigata Univ., 5. Ochir Undraa LLC)

S3P-01

四国西部真穴帯近傍のジルコン U–Pb 年代

川口健太, 早坂康隆, 柴田知之(広島大学・理)

Zircon U-Pb age around the Maana belt, Western Shikoku, SW Japan

Kenta KAWAGUCHI*, Yasutaka HAYASAKA and Tomoyuki SHIBATA (Hiroshima Univ.)

真穴帯は四国西端部にのみ分布する特異な地体で，真穴層とその周囲の蛇紋岩，四国西方沖の大島に分布する大島変成岩が主たる構成要素とされる．真穴帯は御荷鉾帯もしくは秩父累帯の上位にナップで重なると考えられている(1)．近年，真穴層の砕屑性ジルコン年代測定により，その堆積年代は前期白亜紀であることが判明した(2)．また大島変成岩に関しても変花崗閃緑岩から 113 Ma の火成年代が，Grt-Bt 片麻岩から 121 Ma の変成年代が報告されており，これは肥後帯の年代値と極めてよく一致する(3)．このように真穴帯各構成要素の年代と帰属が明らかとなりつつある一方，真穴帯の定置メカニズムに関しては内帯起源説(1, 2)などが提唱されているものの，いまだにその実態は明らかとなっていない．そこで，真穴帯の定置メカニズムを解き明かすことを目的とし，真穴帯周囲の諸地体の複数の地点における LA-ICP-MS ジルコン U-Pb 年代測定を手がけた(図)．その結果，真穴帯南方の花崗岩類 2 試料(MKM-Qd1810，MKM-Gr1811)からはそれぞれ 470.6 ± 3.2 Ma，468.3 ± 2.7 Ma の重み付平均年代が得られた．これは黒瀬川帯の古生代前期深成岩類の年代に一致する．また真穴帯の蛇紋岩に包有される砕屑岩-チャート-緑色岩コンプレックス中の砕屑岩(MKM17042504)の砕屑性ジルコン年代を測定した結果，全てのコンコーダントなデータが石炭紀後期からペルム紀前期の狭い範囲の年代を示し，その堆積年代はペルム紀前期と推定される．この年代は北部秩父帯のペルム系沢谷ユニット，もしくは黒瀬川帯のペルム系に相当すると考えられる．真穴帯と御荷鉾帯との境界部に分布する花崗岩マイロナイトの小岩体(MKM-Gr1818)からは 151.8 ± 1.8 Ma の火成年代が得られた．この年代値は御荷鉾帯の火成年代(4)に近いものの，全岩の微量元素組成が火成弧の特徴を示す点で海洋性の御荷鉾帯の深成岩類とは異なる．110-158 Ma は朝鮮半島から日本列島にかけての火成活動静穏期(5)であることから，大規模な横ずれ運動もしくはナップ運動で遠方よりもたらされた異地性岩体である可能性がある．

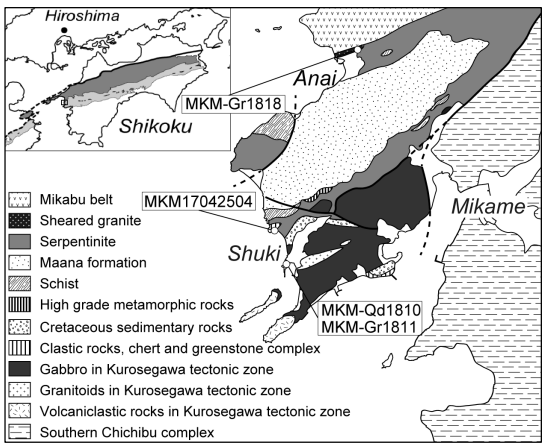


図 四国西端部真穴帯とその周囲の地質図，年代分析試料地点．武田ほか(1993)を改変．

(1)武田ほか(1993) 地質雑, 99, 255-279
(2)中畑ほか(2016) 地学雑誌, 125, 717-745
(3)小山内ほか(2012) 地質学会講演要旨 R4-P-19
(4)Sawada et al. (2019) Journal of Asian Earth Sciences, 169, 228-236
(5)Sagong and Kwon (2005) Tectonics, 24, TC5002

Keywords: Maana belt, zircon U-Pb age, Kurosegawa tectonic zone, Chichibu composite terrane
*Corresponding author: kenta-kawaguchi@hiroshima-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

S3P-02

青海地域蓮華変成岩類の記載岩石学的特徴とジルコン U-Pb 年代

北野 一平*，小山内 康人，中野 伸彦，足立 達朗（九州大）

The petrography and zircon U–Pb ages for the Renge metamorphic rocks in Omi area, central Japan

Ippei Kitano*, Yasuhito Osanai, Nobuhiko Nakano, Tatsuro Adachi (Kyushu Univ.)

新潟県西部青海地域は飛騨外縁帯に位置し、高圧型変成岩類をテクトニックブロックとして含む蛇紋岩メランジェが分布している（例えば辻森ほか、2000）。この蛇紋岩メランジェは石炭ーペルム系付加体（青海石灰岩体・姫川石灰岩体）および下部ジュラ系来馬層群と断層で接し、下部白亜系手取層群に不整合に被覆されている（例えば Tsujimori, 2002）。この地域では蓮華変成岩として結晶片岩が卓越して分布し、そのほかに変斑レイ岩、ザクロ石角閃岩、ヒスイ輝石岩、曹長岩などが産する（例えば松本、1980）。この結晶片岩は、Banno (1958)により初めて緑泥石帯および黒雲母帯に変成分帯され、緑泥石帯から藍閃石を含む結晶片岩が報告された。その後、詳細な地質調査、岩石学的解析、K–Ar 法・Ar–Ar 法年代測定が実施された（例えば松本、1980; 辻森、2000; Tsujimori, 2002; 椚座ほか、2002, 2004）。その結果、この地域はエクロジャイト相～青色片岩相片岩分布域のエクロジャイトユニット（EC ユニット）およびそれ以外の non-EC ユニットに区分され、両者の境界は不明瞭であるものの、前者は約 350–340 Ma、後者は約 340–280 Ma の K–Ar・Ar–Ar 年代で特徴づけられ異なる変成年代を示す（例えば Tsujimori, 2002）。しかしながら、両ユニットが一連の地質体として同じテクトニクス場で形成したのかどうかは議論の余地がある（松本ほか、2011）。そこで、本研究では、蓮華変成岩類のジルコン U–Pb 年代に着目し、EC ユニットおよび non-EC ユニット間での岩石記載ー初生・変成ジルコン年代の関連性を検討した。

地質調査は、non-EC ユニットの橋立地域・歌谷地域周辺と EC ユニットの上路地域周辺で行い、結晶片岩類と変斑レイ岩を採取した。そして、橋立地域の砂泥質片岩（80401C: ザクロ石ーゾイサイトー黒雲母ー緑泥石ー白雲母片岩、80402A: ザクロ石ー黒雲母ーアクチノ閃石ー緑泥石ー白雲母片岩）、歌谷地域の変斑レイ岩（804T02: ゾイサイトー変斑レイ岩）および上路地域の結晶片岩類（80501: 緑泥石ー白雲母片岩、80504: 珪質藍閃石ーザクロ石ー緑泥石片岩、805T01A, 805T01G: ザクロ石ー藍閃石ーフェンジャイト片麻岩）からジルコン U–Pb 年代測定を行った。分析試料に関して、non-EC ユニットの結晶片岩には藍閃石は認められないが、EC ユニットの結晶片岩には 1 試料を除いて藍閃石が含まれ、Tsujimori (2002) の区分と調和的な記載岩石学的特徴を持つ。

年代測定の結果は下記の通りである。橋立地域の砂泥質片岩（80401C, 80402A）のジルコンはコアーリム構造の内部組織を示し、コアから 2040–320 Ma の年代が、リムから約 300 Ma のディスコーディア切片年代が得られた。歌谷地域の変斑レイ岩（804T02）に関してはセクター構造をもつジルコンから約 520 Ma の年代値が得られた。一方で、上路地域では、藍閃石を含まない結晶片岩（80501）は橋立地域の砂泥質片岩（80401C、80402A）と類似した砕屑性ジルコン年代（2790–320 Ma）を示すが、藍閃石を含む結晶片岩類（80504, 805T01A, 805T01G）のジルコンはコアで 2360–380 Ma の年代を示し、リムでデータは少なく多少ばらつくものの約 350 Ma の年代を示した。

この結果は、青海地域蓮華変成岩の EC ユニットと non-EC ユニットで、変成条件のみでなく、砕屑ジルコンの後背地および変成時期も異なり、両者の変成作用後に蛇紋岩に取り込まれて隣接した可能性を示唆する。

Keywords: petrography, zircon U–Pb ages, Renge metamorphic rocks, Omi area, central Japan
*Corresponding author: 3GS14010G@gmail.com

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

S3P-03

モンゴル北西部・ハンホヒン山地に産する泥質片麻岩に含まれるザクロ石中のクリストバライト包有物

足立達朗，小山内康人，中野伸彦，S. Kundyz（九州大），S. Jargalan（モンゴル科技大），大和田正明（山口大），M. Satish-Kumar（新潟大）

Cristobalite inclusion in garnet in pelitic gneiss from the Hanhohiyn Mountains, northwestern Mongolia.

T. Adachi*, Y. Osanai, N. Nakano, S. Kundyz (Kyushu Uni.), S. Jargalan (MUST), M. Owada (Yamaguchi Uni.), M. Satish-Kumar (Niigata Uni.)

Cristobalite inclusions were found in garnet in garnet-sillimanite-biotite gneiss from the Hanhohiyn Mountains, northwestern part of Mongolia. The Hanhohiyn Mountains comprise meta-quartzites, marble, pelitic gneisses (garnet-sillimanite-biotite gneiss, garnet-cordierite-biotite gneiss and garnet-biotite gneiss) intercalating with lenticular garnet-orthopyroxene gneiss and amphibolites, indicating metamorphosed oceanic materials. Garnet in garnet-sillimanite-biotite gneiss shows core-rim texture indicated by different abundance of fine-grained inclusions. Sillimanite is present in the matrix and inclusion-poor rim portion of garnet, it therefore suggests that the rim portion of the garnet coexists with sillimanite and other minerals in the matrix. Metamorphic conditions are estimated as 650-700 °C and 5.5-6 kbar based on the chemical composition of the mineral pairs in the matrix and the rim of garnet, suggesting that this gneiss was affected by peak metamorphism in the upper amphibolite facies. In this gneiss, relict kyanite occurs as inclusion in plagioclase, which indicates that kyanite is prograde product and have experienced decompression. Earlier prograde mineral assemblage is preserved as inclusions in the inclusion-rich core portion of garnet. Fine-grained cristobalite inclusions are found with chlorite, pyrophyllite and quartz in garnet. Cristobalite occurring with minerals stable under low-temperature condition suggests originally (1) detritus grain or (2) opal-CT. In both cases, garnet should grow at a faster rate than transition from cristobalite to quartz. Garnet grains showing sector zoning and/or sieve texture, indicating qualitatively rapid growth, are widely distributed in the mountains. These textures are consistent with preservation of paragenesis of cristobalite and low-temperature minerals in garnet.

Keywords: cristobalite, pelitic gneiss, Hanhohiyn Mountains, Mongolia

*Corresponding author: t-adachi@scs.kyushu-u.ac.jp (T. Adachi)

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

S3P-04

Pressure–temperature–time conditions of metamorphism pelitic gneisses in the Gobi-Altai Mountains from southwestern Mongolia.

S. Kundyz*, Y. Osanai, N. Nakano, T. Adachi (Kyushu Univ.), S. Jargalan (Mongolian Univ. Sci. and Tech.), M. Owada (Yamaguchi Univ.), M. Satish-Kumar (Niigata Univ.), Ch.Boldbaatar (Ochir Undraa LLC)

The metamorphic rocks distributed over the Mongolian Altai and Gobi-Altai Mountains in Southwestern Mongolia, are geographically dispersed in the Bulgan, Uyench, Tseel, Tsogt, and Erdene areas from west to east. In this study, we investigate the metamorphic rocks in the Erdene area (Gobi-Altai Mountains) using petrographical, geochemical, and geochronological approaches. Five amphibolite-facies pelitic gneisses containing assemblages of garnet + aluminosilicates were analyzed in this study. Two samples contain sillimanite in the matrix and/or sillimanite inclusions in garnet. We found kyanite from other two samples; one sample contains kyanite in the matrix and another sample contains symplectitic kyanite with staurolite and quartz replacing cordierite. Remaining sample contains andalusite inclusions in garnet rim and in the matrix. Garnet grains from three pelitic gneisses which contain kyanite or andalusite exhibit prograde zoning pattern with decreasing Mn and Ca and increase of Mg and Fe contents from core to rim. Two sillimanite-bearing samples contain garnet grains showing flat pattern for major elements concentrations with Mn-enrichment in the thin rim. Based on the thermobarometric calculations, the *P–T* conditions of two kyanite-bearing samples yielded 6.2–8.2 kbar and 598–668°C, whereas those of two sillimanite-bearing samples are 3.8–8 kbar and 590–740°C. Although we could not obtain any pressure condition from the andalusite-bearing sample due to absence of plagioclase, the calculated temperature condition is 550–650 °C. The U–Th–Pb monazite dating from all five samples yielded similar ages of *c.* 270 Ma, which correspond to the timing of collision in Mongolian Altai Mountains. These dating results together with previously published ages may imply that the metamorphic rocks across the Mongolian Altai and Gobi-Altai Mountains can be regarded as a single metamorphic belt. Similar age compared to previously published ages and various *P–T* conditions are still obscure, but they strongly indicate large pressure differences during continent-continent collision, which will be discussed with additional dataset in this presentation.

Keywords: aluminosilicates, *P–T* conditions, monazite dating, Gobi-Altai Mountains, Mongolia
*Corresponding author: kundinajan@gmail.com (S. Kundyz)

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ポスター | R1: 鉱物記載・分析評価

2019年9月22日(日) 9:30 ~ 15:00 | A-プレゼンスペース イースト1号館

R1: 鉱物記載・分析評価

[コアタイム] 12:00〜14：00

[R1P-01] 大分県尾平鉱山産水晶にみられるX型エステレル式双晶について

*岡田 敏朗[1] (1. 福岡市立和白丘中学校)

[R1P-02] 岡山県柵原鉱山に産する磁鉄鉱の磁気特性および微細組織と組成

*大川 真紀雄[1]、ダ・コスタ ジェラルド・マジェラ[2] (1. 広島大・院理、2. オウロ・プレット連邦大)

[R1P-03] 深層学習による薄片画像の認識と岩石分類

「発表賞エントリー」

*松田 真奈[1]、瀬戸 雄介[1] (1. 神戸大・院理)

[R1P-04] MEM解析ソフトウェアDysnomiaへの最大エントロピーパターソン法の統合

*門馬 綱一[1] (1. 国立科博)

[R1P-05] マグマ性鉱床プローブとしての透輝石斑晶メルト包有物

*黒澤 正紀[1] (1. 筑波大・生命環境)

[R1P-06] 熊本県に分布する黒瀬川帯の超苦鉄質岩体における白金族元素含有鉱物および元素鉱物について

*田中 崇裕[1]、浜根 大輔[2]、新町 正 (1. 無所属、2. 東京大・物性研)

[R1P-07] 新鉱物　皆川鉱（Minakawaite）

浜根 大輔[2]、*田中 崇裕[1]、新町 正 (1. 無所属、2. 東大・物性研)

[R1P-08] 北海道留萌管内の砂金・砂白金鉱床を構成する鉱物種

*浜根 大輔[1]、齋藤 勝幸 (1. 東大物性研)

[R1P-09] 北海道日高町千栄産の森本ざくろ石

*浜根 大輔[1]、萩原 昭人 (1. 東大物性研)

[R1P-10] 秩父鉱山石灰沢から見出されたholtstamite加水ざくろ石とその高圧挙動

*浜根 大輔[1]、門馬 綱一[2]、原田 明 (1. 東大物性研、2. 科博)

[R1P-11] 小笠原諸島父島に産する phillipsite の 特徴的成長組織につい

「発表賞エントリー」

*井上 裕貴[1]、安井 万奈[2]、萩谷 宏[1]、山﨑 淳司[2] (1. 東京都市大学、2. 早大・理工)

[R1P-12] 福岡県飯塚市八木山産のアメサイトについて

*一色 優希[1]、上原 誠一郎[1] (1. 九大・理・地惑)

[R1P-13] 福岡県長垂山のコルンブ石族鉱物

*伊東 信[1]、上原 誠一郎[2]、白勢 洋平[3] (1. 福岡県立糸島高、2. 九大・理・地惑、3. 京大)

[R1P-14] 山口県美祢市長登銅山烏帽子坑に産するコバルト鉱石

*永嶌 真理子[1]、井本 裕二[2]、森下 幸菜[2] (1. 山口大・院創成科学、2. 山口大・理)

[R1P-15] 鹿児島県赤石鉱山における鉱床及び鉱床母岩の粘土鉱物

*吉村 拓哉、上原 誠一郎[1] (1. 九大・院理)

[R1P-16] 鳥取県日南町日野上鉱山産のクインティン石 (Quintinite)

*石橋 隆[1]、山本 佳弘[1]、光田 英彦[1]、下林 典正[2]、渡部 茜[1]、藤原 卓[1] (1. 公益財団法人益富地学会館、2. 京都大学大学院理学研究科)

[R1P-17] 大阪大学総合学術博物館の鉱物標本

*石橋 隆[1,2]、伊藤 謙[1]、橋爪 節也[1]、永田 靖[1]、澤田 操[2] (1. 大阪大学総合学術博物館、2. 公益財団法人益富地学会館)

[R1P-18] 京都大学の鉱物標本 -比企鉱物標本-

*白勢 洋平[1]、下林 典正[2]、高谷 真樹[2]、石橋 隆[3]、豊 遙秋[4] (1. 京大・博物館、2. 京大・院理、3. 益富地学会館、4. 東大・博物館)

[R1P-19] 九州大学の鉱物標本

*上原 誠一郎[1]、白勢 洋平[2]、伊藤 泰弘[3] (1. 九大・理・地惑、2. 京大・博物館、3. 九大・博物館)

R1P-01

大分県尾平鉱山産水晶にみられるＸ型エステレル式双晶について

岡田敏朗*（福岡市立和白丘中学校）

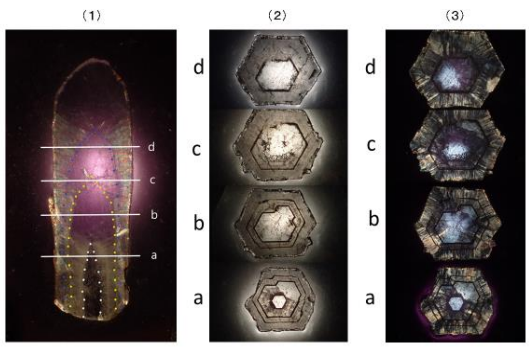
X-shaped Esterel twin of quartz from Obira mine , Oita prefecture, Japan.

Toshiro Okada (Wajirogaoka J.H.S)

１．はじめに

エステレル式双晶とは，双晶の接合角が 76° 26’，{10$\bar{1}$1} を双晶面とし，*m*面が向かい合い稜線が平行になるという特徴を持つ。稀に，日本式双晶と同様に X 型や Y 型になることがあり，今回，エステレル式双晶を見出した尾平鉱山中小屋地区には両方の型が見出された。周辺の地質は，古生代の花崗岩や超苦鉄質岩類および苦鉄質片麻岩が分布し，小規模なスカルンを形成している。このスカルンの灰鉄柘榴石や灰鉄輝石の晶洞が発達した部分よりエステル式双晶を含む水晶が産出した。観察は，X 型エステレル式双晶の形態的特徴と同じ晶洞より産出した結晶の偏光顕微鏡観察およびカソードルミネッセンス観察を行い，その成長過程を考察する。観察試料には，成長組織を調べるために単結晶を使用し，*c*軸方向に対して垂直方向，および，*c*軸に対して平行で*m*面に垂直方向に切断した薄片を作成し，成長に伴う変化を観察した。

OPM images



２．観察結果ならびに考察

偏光顕微鏡観察の結果，中小屋地区の水晶には，４回の成長ステージがあり，桜組織が観察出来た。白濁している部分および外縁部にブラジル式双晶ラメラが多く分布し，無色透明な部分にはブラジル式双晶ラメラは見られない。外縁部は結晶方位差の違いによるリネージ構造も観察された。

CL 解析による観察では，成長初期の段階では，明暗がパッチ状になっており成長縞のコントラストがはっきりしない。しかし，成長後期になると非常に細かな成長縞の明暗が見られるようになる。この成長縞は偏光顕微鏡で観察したブラジル式双晶ラメラの分布とも重なる。

エステレル式双晶の理想形は前述したように*m*面が向かい合い，稜線が平行になるという特徴をもつが，尾平鉱山産の X 型エステレル式双晶は，向かい合う*m*面の稜線が平行ではなく僅かにずれているものが多く見られる。しかし，接合形態や接合角がほぼ同じものが多産することから，これらには普遍性があるのではないかと考えた。本来，双晶は結晶外形の対称性によって双晶であるか否かを論じられるが，中小屋地区の水晶は，全ての水晶に桜組織を有し，桜組織が小傾角粒界を含むリネージ構造を持つために結晶方位の僅かなずれが結晶外形に表れるものではないかという仮定を立てて観察結果を見ていくと非常に調和的であった。

これらの観察結果より考えると，桜組織を有することで，双晶の対称性に僅かなずれが生じるのではないかと考えることが出来る。



Keywords:Quartz,X-shaped Esterel twin, sakura texture

***Corresponding author**:maika_yui@yahoo.co.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

岡山県柵原鉱山に産する磁鉄鉱の磁気特性および微細組織と組成

大川真紀雄*（広島大・院理），
Geraldo Magela da Costa（オウロ・プレット連邦大）

Magnetic properties and microstructures of magnetite from Yanahara mine, Okayama, Japan

Makio Ohkawa* (Hiroshima Uni. Sci.), Geraldo Magela da Costa (UFOP)

はじめに

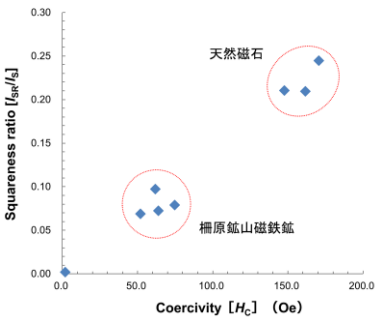
岡山県美咲町にかつてあった柵原鉱山（1991年閉山）は火山性の硫化物鉱床でその鉱石は主として黄鉄鉱鉱石であるが，鉱床深部では後に貫入してきた花崗岩による接触交代作用により鉱体の一部が変質し磁鉄鉱鉱石が生成している（東元，1962）。この磁鉄鉱を天然磁石であると紹介する文献もあるが，柵原鉱山では磁力選鉱が行われており，現在残っている磁力が磁力選鉱によって与えられた可能性を否定できない。しかし通常磁鉄鉱では強い残留磁化が残ることはまれで，本鉱石がもともと高い保磁力を持っていることに間違いはない。磁鉄鉱が高い保磁力を獲得する原因は，低温酸化による磁赤鉄鉱化（I型）と初生に Ti を含む場合の高温酸化によるイルメナイトラメラの析出による粒子サイズの細分化（II型）に大別されている（Wasilewski, 1977）。柵原鉱山の磁鉄鉱は Ti を含んでおらず，さらに鉱床の最深部より採掘されていることから酸化を受けている可能性も低い。そこで本研究では同産地の試料を用い磁化測定を行い，化学組成・微細組織を検討した。

実験

国立科学博物館所蔵の標本より分取した 2 試料に別途入手した試料を加えた 3 試料について，SQUID 磁束計（Quantum Design MPMS）を用いた磁化測定，EPMA（JEOL JXA-8200）による化学分析，メスバウアー分光法による分析を行った。

結果と考察

国立科学博物館所蔵の 2 標本は鉄のクリップを引きつけるなど，明らかに磁石としての性質を有しているが，その保持力は“天然磁石”として知られる試料に較べるとずっと低いことがわかる（図）。組成的には Si 含有量が多い（SiO_2 <4.34wt%）ことが特徴的で，EPMA による面分析ではミクロンオーダーでの Si 含有量の多寡による複雑な微細組織が認められる。メスバウアー分光法では一部に酸化が示唆されるデータが得られたものの，反射顕微鏡による観察でも EPMA による分析でも低温酸化によってできるとされる酸化鉄（赤鉄鉱，磁赤鉄鉱）は認められなかった。この結果は Si 含有相の組成として Xu ら（2014）によって提案された$[\square_{0.5}Fe^{3+}Fe^{2+}{}_{0.5}]^{VI}Si^{IV}O_4$ を仮定すれば整合的に理解可能である。よって柵原鉱山産磁鉄鉱の持つ高い保磁力は二次的な低温酸化によるものではなく，初生的な組成・組織が原因であると考えられる。



図．磁鉄鉱の磁気特性

Keywords: magnetite, coercivity, Si-substitution, intergrowth
*Corresponding author: ohkawa@hiroshima-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

深層学習による薄片画像の認識と岩石分類

松田 真奈, 瀬戸 雄介* (神戸大・院・理)

Identification of rock type from thin sections using CNN deep learning

Mana MATSUDA, Yusuke SETO* (Kobe Univ. Sci.)

１．はじめに

近年、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を用いた深層学習が様々な分野に応用され、画像処理や音声処理における特徴検出や認識において高い性能を発揮することが示されている。条件によっては深層学習が人間の認識精度を超えることもあり、岩石・鉱物学分野への応用が期待される。本研究では、深層学習法が最も得意とする画像分類に注目し、岩石薄片画像から岩石種の判別する学習モデルの構築を試みた。

２．研究手法

深層学習を行うためには大量の訓練用データを用意する必要がある。そのためまず偏光顕微鏡のステージにステッピングモーターを組み込み、さらにカメラと同期させることで、高速な自動撮影システムを構築した。

上記のシステムを用いて、(株)ニチカから購入した 10 種類の岩石(かんらん岩, かんらん石普通輝石はんれい岩, はんれい岩(ノーライト), 石英モンゾニ岩, かんらん石玄武岩, ざくろ石黒雲母安山岩, 輝石安山岩, 緑簾石藍閃石片岩, 紅簾石石英片岩, 泥岩)から偏光顕微鏡薄片写真(オープンとクロス)を撮影した。それぞれの岩石種ごとに 720 枚の画像(3.0×2.3 mm^2)を取得し、450×320 $pixel^2$ にリサイズしたものを学習に使用した。

深層学習の実装には Google 社が開発した TensorFlow (www.tensorflow.org)を使用し、Python 環境下で実行した。様々なニューラルネットワークモデルを作成し、学習精度や正解率を評価した。

３．結果

CNN 深層学習は、画像中の特徴を抽出する畳み込み演算と、その特徴を保持しつつ画像サイズを圧縮するプーリング演算を交互に繰り返す手法である。畳み込みとプーリングの繰り返し回数は、学習結果に大きな影響を与えることが知られている。図 1 にこの繰り返し回数に対する正答率を示した。1~2 回程度の繰り返しで正解率が高くなる傾向がみられ、最高の正解率はオープンニコルのみで評価した場合は 98 %、クロスニコルのみでは 95 %、両者を直列にスタックした画像では 98 %となった。全体的に、スタックした画像を使用した場合の正解率が高く、クロスのみの場合が低い。次に、訓練用データ数と正解率の関係を図 2 に示す。訓練用データが 500 枚(10 種の岩石が各 50 枚)の場合でも正解率は 70%を上回り、枚数の増加と共に正解率は向上する。5000 枚でも上限に達しておらず、訓練データを増やせば更なる正解率の向上が期待できる。

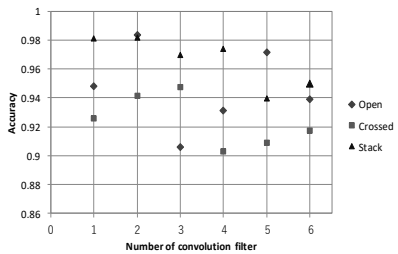


図 1. 畳み込み＋プーリングの層数に対する正解率の変化. 訓練用データ数は 5000 枚.

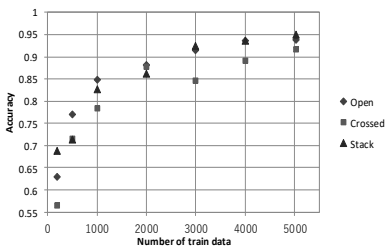


図 2. 訓練用データ数に対する正解率の関係. 畳み込み＋プーリングは 6 層.

４．考察

薄片画像データを用いた深層学習による岩石判別を行った結果、少なくとも筆者らが用意したデータセットに対しては高い正解率を示した。特に、オープンニコルとクロスニコルの画像をスタックし、畳み込み＋プーリングの層数は 1~2 回程度、訓練用データを 5000 枚以上使用した場合では 98%以上の正解率に達し、岩石判別のツールとして有効であることを確認した。

Keywords: deep learning, rock classification, computer vision

*Corresponding author: seto@crystal.kobe-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R1P-04

MEM 解析ソフトウェア Dysnomia への最大エントロピー パターソン法の統合

門馬綱一(国立科博)

Integration of the Maximum Entropy Patterson method into the MEM analysis software Dysnomia

Koichi Momma (NMNS)

A feature of the Maximum Entropy Patterson (MEP) method has been implemented into a MEM analysis software Dysnomia. It is now capable of reading output files of RIETAN-FP, *.ffo, containing diffraction peak intensities extracted by Le Bail analysis, and generating a file *.input, containing improved intensities estimated by MEP, for structure solution by the charge flipping software Superflip.

最大エントロピー法(MEM)は結晶学において、実測のX線・中性子回折データから電子・核密度分布を計算する際などに広く用いられている。実測データには含まれない結晶構造因子の位相項の情報は、結晶構造解析の結果に基づいて構造モデルから計算した値がそのまま用いられる。一方、位相項を含まない回折強度（結晶構造因子の絶対値の二乗）からは、同様にMEMを用いてパターソン関数分布を求めることができる。MEMにおいては、通常のフーリエ合成において問題となる打ち切り効果の影響が出にくく、(X線回折の場合)現実にはありえない負の電子密度やパターソン関数密度が生じない。未観測の回折ピークに対しても、非負の強度が推定されることから、最大エントロピーパターソン法(MEP)によって確度の高いパターソン関数分布を求めることで、未観測ピークの強度や、粉末回折で問題となる重畳ピーク中の個別ピーク強度を推定することができる。

汎用のMEP解析ソフトウェアとしてはALBAがRIETAN–FPと共に配布されているが、設計が古く、大規模データに対応しない、重み付け機能を持たない、近似解しか得られず厳密解を求められない、などの課題があった。そこで、MEM解析ソフトウェアDysnomia (Momma et al., 2013) のアルゴリズムをそのまま生かし、MEP機能の統合を図った。基本的なMEMのアルゴリズム自体は電子・核密度解析の際と共通であるが、MEP解析においては以下の相違点があり、それらの機能を追加した。(1)入出力ファイル形式、(2) Wilson plotによる回折強度のスケール因子の推定、(3)グループ化した反射による制約条件式。MEP解析においては、パターソン関数そのものより、そこから導かれる回折強度データを用いて結晶構造を導出することが目的であるため、Superflipの入力ファイルを自動作成する機能も追加した。これにより、MEP解析終了後、Superflipを容易に実行でき、Charge flipping法による構造導出が可能である。

MEM解析においては、実測データに適切な重み付けを行わないと、合理的な電子・核密度データが得られないことが指摘されており、格子面間隔dの4乗による重み付けなどが提案されている (de Vries et al., 1994)。しかし、適切な重みは、格子定数や、対象データの種類（電子密度、核密度、パターソン関数の何れであるか）など、データごとに異なる。そこで、自動で最適な重み係数を決定する試みを行った。発表では最適な重み付け関数についての評価と、自動重み付け機能の詳細について述べる。

引用文献 : [1] Momma et al. (2013) Powder Diffraction, 28, 184. [2] de Vries et al. (1994) Acta Cryst., 50, 383.

Keywords: maximum entropy method, maximum entropy Patterson method
*Corresponding author: k-momma@kahaku.go.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R1P-05

マグマ性鉱床プローブとしての透輝石斑晶メルト包有物

黒澤 正紀*（筑波大・生命環境）

Chemical characters of solid and melt inclusions in diopside megacrysts from Kamisano, Yamanshi prefecture.

M. Kurosawa*(Life Env. Sci., Univ. Tsukuba)

Solid inclusions and daughter minerals in melt inclusions of diopside megacrysts from basaltic andesite veins at the Kamisano area, Yamanashi prefecture, Japan, were analyzed with a SEM–EDS to examine chemistries of melts and fluids from magma associated with ore deposits in southern Fossa Magna area.

花崗岩起源の熱水性金属鉱床の形成には、塩素や硫黄に富む酸化的な花崗岩が地殻浅部に貫入することが重要とされている。特に、大規模金属鉱床の形成では、花崗岩マグマ中に初生的な硫酸イオンが存在し、母岩からメルトに有用金属を効率的に抽出することで、多量の金属を含む熱水流体が固結時に放出することが想定されている。つまり、大規模鉱床の形成過程の解明には、花崗岩マグマ形成での化学的環境の解析が重要となるが、地下深部情報の解析手法については、まだ模索段階となっている。そうした中、大規模地溝帯などの深部断裂に沿って上昇する深部由来岩脈の一部には、花崗岩形成場の近傍に源があり、斑晶の包有物に地下の化学的環境の情報を持つものが存在する可能性が考えられる。

南部フォッサマグナ地域の透輝石を含む岩脈は、組成と累帯構造の特徴からマグマ溜まり深部からの運搬結晶とされ、その種の結晶がオスロリフトなど大規模地溝帯によく伴われる点、包有物に含水鉱物を多量に含むことから、造構運動で上部マントル浅部に水が供給された条件での結晶化が推測されている。この条件は、この地域の花崗岩質マグマの形成環境と関連している可能性がある。そこで、今回は、南部フォッサ地域の上部マントル浅部でのマグマ発生と鉱床形成との関係を解明するため、透輝石斑晶の固相及びメルト包有物の特徴を予察的に検討した。

試料には、山梨県南部町天子湖付近林道に貫入する玄武岩質安山岩岩脈の透輝石斑晶を用いた。この岩脈は、周囲の小規模な閃緑岩・花崗閃緑岩の岩体とほぼ同じで、中新世～鮮新世の貫入とされている。斑晶として 1cm 大の多数の透輝石、少量の普通輝石を含み、石基には主に透輝石・普通輝石・斜長石・緑泥石・磁鉄鉱・微量の黄鉄鉱が含まれていた。岩片として透輝石・斜長石の集合体も少量認められた。

透輝石斑晶は常に普通輝石のリムを持ち、コア部分は丸みを帯び、リムは骸晶状であることから、透輝石斑晶が異なるメルトに捕獲され、急速に上方運搬されたことを示唆する。透輝石コアの Cr_2O_3 濃度は 0.2～0.7wt.%で内部でも斑晶ごとにも変動がある。普通輝石リムの同濃度は 0～0.2wt.%である。透輝石コアは、固相包有物として斜長石を含み、微量の磁鉄鉱・黄鉄鉱・黄銅鉱を時々含む。

流体包有物として、析出結晶を含むメルト包有物が多数存在したが、液相を含むものは未確認である。メルト包有物の主な析出結晶は、普通輝石＋斜長石＋緑泥石±パーガス閃石±方解石±カリ長石±アルカリ長石±アパタイト±チタン石±ジルコン±硫化物±磁鉄鉱であった。硫化物は黄鉄鉱・黄銅鉱が主で、砒素を含む方鉛鉱、アンチモン・テルル・銀等を含む微小結晶も認められた。

析出結晶の鉱物組合せから推定される捕獲メルトの主成分組成は、ほぼ閃緑岩質～花崗岩質で、同地域の花崗岩類と一致する。多量の含水鉱物・方解石の存在から、この地域の上部マントルのマグマ形成場には水と炭酸ガスが豊富で、硫酸塩・赤鉄鉱の欠如から、それほど酸化的でない状態が示唆された。また、包有物内に亜鉛・鉛の硫化物が少ないことは、同地域内には小規模な金・銀・銅鉱床のみ分布する状況と調和的と考えられる。深部由来岩脈の透輝石斑晶の包有物は、地域の花崗岩マグマ形成場や熱水性金属鉱床の形成過程を検討する手がかりとなる可能性がある。

Keywords: melt inclusion, chromian diopside, sulfide
*Corresponding author: kurosawa@geol.tsukuba.ac.jp

熊本県に分布する黒瀬川帯の超苦鉄質岩体における白金族元素含有鉱物および元素鉱物について

田中崇裕*・浜根大輔（東京大・物性研）・新町正

PGMs and Native Element Minerals from the Ultramafic Rock Body of the Kurosegawa Belt in Kumamoto prefecture, Japan

Takahiro Tanaka*, Daisuke Nishio-Hamane (ISSP, Univ. of Tokyo), Tadashi Shinmachi

日本における白金族元素含有鉱物（PGM）についての研究は，北海道にほぼ限られている．熊本県に分布する黒瀬川帯の超苦鉄質岩体を横切る河川において，重砂試料を採集し，検討を行ったところ，多数の PGM および元素鉱物が見出されたことから，それらを報告するとともに，それらの起源についても考察する．

熊本県に分布する黒瀬川帯の超苦鉄質岩は，概ねダン橄欖岩起源の蛇紋岩からなるが，部分的に単斜輝石岩のレンズ状岩体を含むことが知られている．今回，PGM および元素鉱物が認められた調査地は，八代市東陽町南（M），泉町下岳（S），坂本町深水（F），下益城郡美里町払川（H）である．下岳及び払川は単斜輝石岩体，その他は蛇紋岩体を横切る河川の下流である．なお，今回得られた PGM は，ほとんど川擦れしていないことからほぼ現地性のものと考えられる．確認された鉱物種を Table 1 にまとめた．単斜輝石岩体由来の PGM は Pt-Rh-Pd（Palladium-subgroup platinum-group elements: PPGE）を主体とし，元素鉱物，硫化物，テルル化物，砒化物，アンチモン化物となっている．それらは isoferroplatinum の粒をベースとし，それを覆うように産する他，粒の上にコブとして認められる．Ir-Os-Ru（Iridium-subgroup platinum-group elements: IPGE）は主に硫化物として少量のみ認められた．一方でダン橄欖岩起源の蛇紋岩由来のものは，IPGE の元素鉱物に限られていた．一般的に PPGE はマグマ中では不適合であるため，S, As, Sb, Te, Bi 等と共に分化したマグマ中に濃集していく．一方，IPGE は集積岩と共にマグマから取り除かれていく．従って，本調査の結果から，黒瀬川帯の単斜輝石岩は，上部マントルの部分溶融に始まり，マグマの分化の末に生じた残留メルトから生成したことが伺え，今回見出された多様な PGM もそのような特異なプロセスを経て生じたものと考えられる．

Table 1. List of PGMs and native element minerals from the ultramafic rock body of the Kurosegawa belt in Kumamoto prefecture, Japan

Mineral	Composition	Locality
PGMs		
Bowieite	Rh_2S_3	H
Cherepanovite	RhAs	H
Cuprorhodsite	$(Cu_{0.5}Fe_{0.5})Rh_2S_4$	H
Elichmanite	OsS_2	H
Ferhodsite-like mineral	$(Fe,Rh,Ni,Ir,Cu,Co,Pt)_{9-x}S_8$	H
Hollingworthite	RhAsS	H
Irarsite	IrAsS	H
Iridium	Ir	M
Isoferroplatinum	Pt_3Fe	H, S
Kingstonite	Rh_3S_4	H
Laurite	RuS_2	H
Miassite	$Rh_{17}S_{15}$	H
Minakawaite	RhSb	H
Moncheite	$PtTe_2$	H
Osmium	Os	H, M
Paladinite	PdO	H
Platinum	Pt	H
Rutenium	Ru	M
Tetraherroplatinum	PtFe	H
Tulameenite	Pt_2CuFe	H
Ungavaite	Pd_4Sb_3	H
Unknown1	$Pd_{20}Te_7$ or Pd_2Te	H
Unknown2	Pd_3Te	H
Unknown3	Rh[(Cu,Fe),Ge]?	H
Unknown4	RhSbS	H
Unknown5	Rh_2Sb_2S	H
Unknown6	$(Co_{0.5}Fe_{0.5})Rh_2S_4$	H
Unknown7	$Ca(Rh,Ir,Pt)_2(SO_4)_4$	H
Element minerals		
Sn-bearing brass	$Cu_3(Zn,Sn)_2$	M
Gold	Au	H, M
Nickel	Ni	M
Silver	Ag	F

Keyword: PGM, Native element mineral, PPGE, IPGE, Kurosegawa belt

*Corresponding author: penta@kuh.biglobe.ne.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

新鉱物　皆川鉱（Minakawaite）

浜根大輔（東京大・物性研）・田中崇裕*・新町正

Minakawaite, a new mineral

Daisuke Nisio-Hamane (ISSP, Univ. of Tokyo), Takahiro Tanaka*, Tadashi Shinmachi

日本における白金族元素含有鉱物（PGM）の産出については，北海道を除いてほとんど報告されていないことから，熊本県に分布する黒瀬川帯の超苦鉄質岩体を対象に PGM の調査を続けてきた．その結果，下益城郡美里町払川の単斜輝石岩体を横切る河川から数多くの PGM が見出された．その中には，数種類の未知の鉱物が含まれており，その一つが RhSb という組成に該当した．我々は，著者である浜根及び田中の恩師である愛媛大学元教授の皆川鉄雄に，師の名を当該鉱物に献名したい旨を伝え，了承が得られたことから，国際鉱物学連合の新鉱物・鉱物・命名委員会に皆川鉱（Minakawaite）を申請し，承認された．

払川で採集された PGM は，ほぼ全ての粒のコア部が isoferroplatinum からなっており，しばしばそれを tetraferroplatinum 及び tulameenite が覆っている．また，isoferroplatinum の粒は多様な鉱物を包有する他，稀に表面にコブ状の粒を伴う．このコブ状の粒は，主に Rh, Ir, Ru, Os を主成分とする鉱物からなっており，皆川鉱はそれらを覆うように最も外側に皮膜状で形成されている．この産状から，鉱化ステージの際末期に生成したものと考えられる．肉眼的には，バラ色がかった灰色であり，反射顕微鏡下では，淡灰色を呈し，弱い多色性(ピンク味がかった淡灰色－青味がかった淡灰色)及び中程度の異方性(赤灰色－青灰色)を示す．

皆川鉱の SEM-EDS による定量分析の結果は，Rh 46.83, Sb 48.97, As 4.08, total 99.88 wt%であり，総原子数を 2 としたとき $Rh_{0.998}(Sb_{0.882}As_{0.120})_{\Sigma 1.002}$ の実験式が得られた．また，皆川鉱は薄い皮膜状で産するため，微小部 X 線回折計を用いて試料表面から X 線回折パターンを得た．最も強い 7 つのピーク [*d*Å(I)(hkl)] は 2.860(63)(111)，2.774(35)(102),, 2.250(47) (112), 2.199(100)(211), 2.162(38)(202)，1.923(49)(020)，1.843(51)(013)である．空間群（*Pnma*）で指数付けされた格子定数は $a = 5.934(7)$，$b = 3.848(3)$，$c = 6.305(4)$ Å，$V = 144.0(2)$ Å^3 (Z = 4) である．実験式及び XRD データを基に計算された比重は，10.04 g/cm^3 である．皆川鉱は，合成物である MnP 型の RhSb 相と同一であり，鉱物としては，RhAs を端成分にする cherepanovite の Sb 置換体に相当する．

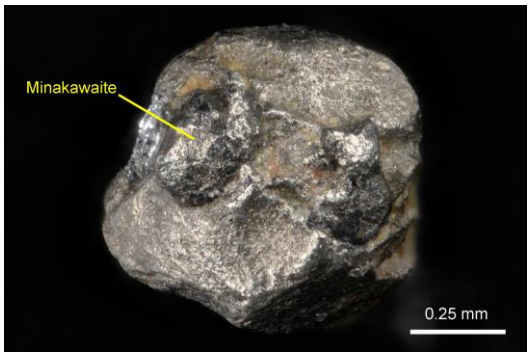


Fig. 1 Photograph of minakawaite

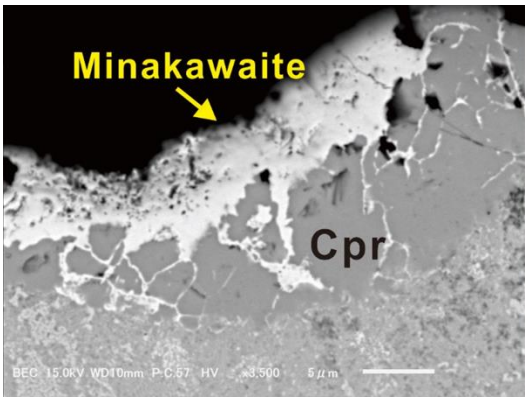


Fig. 2 SEM-image of minakawaite and Cuprorhodsite (Cpr)

Keyword: Minakawaite, PGM, Clinopyroxinite, Kurosegawa, Kumamoto

*Corresponding author: penta@kuh.biglobe.ne.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

北海道留萌管内の砂金・砂白金鉱床を構成する鉱物種

浜根大輔*(東大・物性研), 齋藤勝幸

Minerals from gold and PGM placer deposits from the Rumoi area in Hokkaido, Japan

Daisuke Nishio-Hamane* (ISSP, Univ. of Tokyo), Katsuyuki Saito

北海道留萌管内は新第三紀の堆積岩を主体とする地質であり、超苦鉄質岩の分布は認められない。一方で多くの場所で砂金・砂白金を採集することができる。これは堆積岩の原岩に超苦鉄質岩体が含まれていたためと推測される。我々は原岩の超苦鉄質岩体の特徴を把握するために、砂金・砂白金鉱床を構成する鉱物について調査を行っている。

今回報告する調査地は初山別村初山別川(S)、羽幌町愛奴沢川(A)、苫前町海岸(T)、小平町上記念別沢川(K)、小平町海岸(O)となる。Table1に確認された鉱物種および未命名鉱物を記した。また、砂鉱床に普遍的に認められる鉱物はリストからは除いた。留萌管内の砂金・砂白金鉱床を構成する鉱物は多様であり、先日に承認されたばかりの皆川鉱(minakawaite)も含まれるが、ここではqusongiteおよび$PtCu_3$鉱物について概要を記す。

QusongiteはWCを端成分とし、チベットのオフィオライトから最初に見出され、カムチャツカからも産出が報告されている。愛奴沢川のqusongiteは400μmの楕円形状の黒色粒として産出し、表面には10μm程度の四面体結晶が多数認められる。分析値は$W_{0.92}C_{1.08}$、格子定数はa = 2.092(2) Å, c = 2.832(3) Å, V = 20.65 (11) Å^3($P\bar{6}m2$)である。Qusongiteは粒子サイズがまばらで、粒子間には隙間も多く、製品の炭化タングステンにしばしば含まれるFeやCoも検出されないため、天然物と判断している。

$PtCu_3$鉱物は世界でもいくつかの地域から見いだされているが、鉱物種として確立されていない。苫前町海岸においては、rutheniumに付随するtulameeniteのインクルージョンとして、数μm程度のzaccariniiteの粒子とともに、数μmから20μmの不定型な粒子で$PtCu_3$鉱物が見いだされた。おおむね100×300μmの領域にそれらが多数分布することから、微小部XRDによる格子定数の測定が可能であった。$PtCu_3$鉱物の組成は$Cu_{3.09}Pt_{0.91}$、格子定数はa = 3.683(2) Å, V = 49.97(7) Å^3($Pm\bar{3}m$)である。

留萌管内の砂金・砂白金鉱床を構成する鉱物は、カムチャツカの超苦鉄質岩から産出する鉱物群との類似性が認められる。

Table 1. List of minerals from placer deposits

Mineral	Composition	Locality
Braggite or Cooperite	PtS	T
Cherepanovite	RhAs	S, T
Gold	Au	A, K, O, S, T
Erlichmanite	OsS_2	T
Ferronickelplatinum	Pt_2FeNi	O, S, T
Hollingworthite	RhAsS	K, S, T
Hongshiite	PtCu	S, T
Irarsite	IrAsS	A, K, S, T
Iridarsenide	$IrAs_2$	S
Iridium	Ir	A, K, O, S, T
Isoferroplatinum	Pt_3Fe	A, K, O, S, T
Laurite	RuS_2	A, K, S, T
Lead	Pb	S
Mertieite-I	$Pd_5(Sb,As)_2$	T
Minakawaite	RhSb	T
Osmium	Os	A, K, O, S, T
Platinum	Pt	O
Qusongite	WC	A
Rhodarsenide	Rh_2As	S, T
Rumoiite	$AuSn_2$	S
Rutheniridosmine	(Ir,Os,Ru)	A, K, O, S, T
Ruthenium	Ru	A, K, O, S, T
Shosanbetsuite	Ag_3Sn	S
Sperrylite	$PtAs_2$	S, T
Tetraferroplatinum	PtFe	A, K, O, S, T
Tolovkite	IrSbS	A
Tulameenite	Pt_2CuFe	A, K, O, S, T
Vincentite	Pd_3As	T
Yuanjiangite	AuSn	S
Zaccariniite	RhNiAs	T
Unnamed minerals		
$CuSbRh_2$	$CuSbRh_2$	T
$Fe(Ir,Os,Ru)_2$	$Fe(Ir,Os,Ru)_2$	A
Ni_2IrS_3	Ni_2IrS_3	T
$PtCu_3$	$PtCu_3$	S, T

A, Ainusawa Riv.; K, Kamikinenbetsu Riv.; O, Obira Coast; S, Shosanbetsu Riv.; T, Tomamae Coast.

Keywords: qusongite, $PtCu_3$, PGM, gold, Rumoi, Hokkaido
*Corresponding author: hamane@issp.u-tokyo.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

北海道日高町千栄産の森本ざくろ石

浜根大輔*（東京大・物性研）・萩原昭人

Morimotoite from Chisaka, Hidaka, Hokkaido, Japan

Daisuke Nishio-Hamane* (ISSP, Univ. of Tokyo), Akihito Hagiwara

ざくろ石超族は $X_3Y_2Z_3\varphi_{12}$ の一般式で示され、一般的に $Y = M^{3+}$であることが多いが、森本ざくろ石（Morimotoite）は $Y = (Ti^{4+} + Fe^{2+})$ で特徴付けられ、その端成分は $Ca_3(Ti^{4+}Fe^{2+})Si_3O_{12}$ と定義されている。森本ざくろ石は岡山県高梁市布賀を模式地とし、そこでは石英モンゾニ岩の貫入に派生する高温スカルンに産出する。森本ざくろ石の産出は日本国内に限っては本報告が 2 例目となるだろう。

北部の日高町は沙流川上流から中流にかけて位置し、町内の山地は日高山脈に該当する。地質は古生代から新生代にかけての付加体を中心とし、大規模な蛇紋岩体も分布する。特に糠平岩体には、ハルツバージャイトやダナイトをはじめ、いわゆる日高ヒスイとして知られる透輝石を主体とした岩石やロジン岩がしばしば伴われる。沙流川の支流となる千呂露川へ注ぐ小規模河川の上流部を調査したところ、蛇紋岩に胚胎されるロジン岩の露頭を見いだした。ロジン岩には緑泥石＋透輝石を主体とした岩石も伴われており、その岩石の構成鉱物および岩石を切る脈として森本ざくろ石が産出する。

岩石は主に緑泥石と透輝石の混合体で、緑泥石の比率がやや多い。そのほかの共生鉱物として微細なチタン石、森本ざくろ石（もしくは灰鉄ざくろ石）が見られ、黄鉄鉱も含まれるが少量である。岩石内の構成鉱物は多くが不定形だが、脈状に分布するざくろ石のみは自形を示す。ざくろ石は最大径が 1 ミリの 12 面体結晶で、光沢の強い結晶が群晶となり脈面に連続する。

脈状に分布するざくろ石は主に黒紫色を呈する。内部は組成累帯を示し、Ti に富む部分と乏しい部分が認められる。マッピングにより相関を観察したところ、Ti-Fe が強く相関する一方で Ti-Si および Fe-Si 間には相関が認められない。そのため分析値から実験式を組み立てる際に計算するべき Fe^{3+}はショーロマイトざくろ石成分ではなく、灰鉄ざくろ石成分を想定している。

Ti に富む部分の平均分析値（n. = 10）は、MgO 0.44, Al_2O_3 1.42, SiO_2 31.50, CaO 34.14, TiO_2 13.30, FeO 15.57, Total 96.38 wt%であった。Ca+Mg = 3 で規格化し、合計アニオン 12 および Ti = Fe^{2+}として Fe^{3+}と(H_4O_4)を見積もった実験式は $(Ca_{2.95}Mg_{0.05})_{\Sigma3}(Ti_{0.81}Fe^{2+}_{0.81}Fe^{3+}_{0.24}Al_{0.13})_{\Sigma1.99}[Si_{2.54}(H_4O_4)_{0.47}]_{\Sigma3.01}O_{10.12}$ である。Si がわずかではあるが 2.5apfu を上回るため、鉱物種としては森本ざくろ石に該当する。このように本研究で見出された森本ざくろ石は Si < 3 となることが特徴的で、これは $Ca_3(Ti^{4+}Fe^{2+})(SiO_4)_{3-x}(H_4O_4)_x$ 固溶体の存在を示唆している。実際の含水量および三価鉄の測定などは今後の検討課題である。

Ti に乏しい部分の平均分析値（n. = 10）は、MgO 0.26, Al_2O_3 0.88, SiO_2 32.47, CaO 33.92, TiO_2 8.76, FeO 20.18, Total 96.47 wt%で、同様に計算された実験式は $(Ca_{2.97}Mg_{0.03})_{\Sigma3}(Fe^{3+}_{0.84}Ti_{0.54}Fe^{2+}_{0.54}Al_{0.08})_{\Sigma2.00}[Si_{2.65}(H_4O_4)_{0.35}]_{\Sigma3.00}O_{10.61}$ となり、これは灰鉄ざくろ石に該当する。また、脈の一部には緑色部が認められ、そこは極端に低い Ti 内容であった。その平均分析値（n. = 10）は、MgO 0.18, Al_2O_3 1.66, SiO_2 35.04, CaO 33.57, TiO_2 1.69, FeO 24.87, Total 97.01 wt%で、実験式は $(Ca_{2.98}Mg_{0.02})_{\Sigma3}(Fe^{3+}_{1.62}Al_{0.16}Ti_{0.11}Fe^{2+}_{0.11})_{\Sigma1.99}[Si_{2.90}(H_4O_4)_{0.11}]_{\Sigma3.01}O_{11.57}$ となり、より灰鉄ざくろ石の端成分に近い値が得られた。

Keywords: morimotoite, andradite, hydrous garnet, Nukabira complex, Hidaka
*Corresponding author: hamane@issp.u-tokyo.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R1P-10

秩父鉱山石灰沢から見出された holtstamite 加水ざくろ石とその高圧挙動

浜根大輔*(東大・物性研), 門馬綱一(科博), 原田明

Occurrence of holtstamite hydrogarnet from the Sekkaizawa and its high-pressure behavior

Daisuke Nishio-Hamane* (ISSP, Univ. of Tokyo), Koichi Momma (Nat'l. Mus. Nat. Sci.), Akira Harada

ざくろ石超族は$X_3Y_2Z_3\varphi_{12}$の一般式で示され、多くは立方晶($Ia\bar{3}d$)であるが、2種類の加水ざくろ石(holtstamiteおよびhenritermierite)のみは正方晶($I4_1/acd$)を基本格子とする。加水ざくろ石固溶体を$Ca_3Al_2(SiO_4)_{3-x}(H_4O_4)_x$としたとき、x = 1がholtstamiteに該当し、端成分は$CaAl_2Si_2O_8(OH)_4$と定義される。

HoltstamiteはWessels鉱山(南アフリカ)でのみ産出が知られる稀産鉱物で、henritermieriteと固溶体を形成する。構造は固溶されているMn^{3+}のヤーン・テーラー効果で正方歪みが強調されており、Hålenius et al., (2005)は加水ざくろ石が正方晶を維持するにはMn^{3+}の存在が不可欠であると考えた。

日本においては高温型スカルン(広島県久代)から産出する加水ざくろ石が興味深い性質を示す。久代産加水ざくろ石はholtstamiteに近い組成を示し、Mn^{3+}を含まない。また、光学的等方体ではなく、太いXRDピーク半値幅を示す。これらの性質から逸見ら (1971)はこの加水ざくろ石は立方晶ではない可能性を指摘していた。

そうした先行研究がある中で、我々は埼玉県秩父鉱山石灰沢の高温スカルンから産する加水ざくろ石について検討を行ったところ、調べた範囲内のすべてがholtstamiteであることが判明した。またその化学組成は端成分に近く、Mn^{3+}を全く固溶しない。このholtstamiteは岩石の単位で大量に存在し、石灰沢では最も普遍的な造岩鉱物の一つと言える。共通の特徴から逸見ら (1971)が報告した久代産加水ざくろ石もholtstamiteである可能性が示唆される。

石灰沢のholtstamiteはゲーレン石が熱水活動で分解した岩石の主要構成鉱物をなす。そのほかの構成鉱物としてベスブ石、アメス石、ベーム石、chantaliteおよび少量の硫化鉱物が認められる。Holtstamite岩は全体的に白色だが、アメス石に富む部分は青色を帯びる。同様の岩石から和田石が産出した報告もあるが(松原, 2017)、本研究では未見である。

Holtstamiteの分析値(n = 30)は$(Ca_{2.77}Mg_{0.22})_{\Sigma 2.99}(Al_{1.93}Fe^{3+}_{0.05})_{\Sigma 1.98}Si_{2.02}O_8(H_4O_4)$で、格子定数は$a$ = 12.161(1) Å, c = 11.968(1) Å, V = 1770.0(3) Å^{3}である。結晶構造についてはガンドルフィーカメラで得られた回折に対しリートベルト解析を行い、R_{wp} = 2.17% R_P = 1.89%, $R_{B(\text{holtstamite})}$ = 4.08%, $R_{F(\text{holtstamite})}$ = 2.58%に収束した。

Holtstamiteの結晶化学的な席は$X1_2X2Y1_2Z1_2Z2O1_4O2_4(O3H1)_4$となっており、$4H + {}^{Z2}\square \rightarrow \square + {}^{Z2}Si$置換によってZ2席がほとんど空となり、$Z2$-($O3H1$)四面体が拡張していることが確認された。Holtstamiteの正方歪みは、OH基の発生が$Z2$席まわりの$O3$席に偏ることに起因すると考えられ、Mn^{3+}の存在は本質的に不要であろう。

また加水ざくろ石の系統的理解の一助とするために、石灰沢産holtstamiteに対して静水圧下において10GPaまでの加圧実験を行った。得られた体積弾性率はK_0 = 104.5(8)GPa[K'=4.29(5)]、108.8GPa(K'=4)であり、この値はgrossular－katoiteのおおむね中間となる。詳細は当日に報告する。

引用：Hålenius et al. (2005) EJM, 17, 375-382; 逸見ら (1971) 鉱物学雑誌, 10, 160-169; 松原(2017) 秩父鉱山140種の鉱物のきらめき, p.21.

Keywords: holtstamite, hydrogarnet, Sekkaizawa, Chichibu mine, high pressure
*Corresponding author: hamane@issp.u-tokyo.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R1P-11

小笠原諸島父島に産する phillipsite の特徴的成長組織について

井上裕貴(東京都市大)・安井万奈(早大理工)・萩谷宏(東京都市大)
・山崎淳司(早大理工)

The characteristic growth habits of phillipsite formed in Chichijima, Ogasawara Islands

Yuki Inoue* (Tokyo City Univ.) Mana Yasui (Waseda Univ.)
Hiroshi Hagiya (Tokyo City Univ.) Atsushi Yamazaki (Waseda Univ.)

The Ogasawara Islands are located in the Pacific Ocean approximately 1000 km south of Tokyo. The Ogasawara Islands are formed by Paleogene submarine volcanism and produce characteristic boninite formation. In particular, descriptions of various zeolites in the boninite and related rocks in Ogasawara Islands Chichijima and Anijima are reported. In this study, we focused on the characteristic crystal growth structure of phillipsite zeolite in the cavity of the volcanic rock of Chichijima. As a result of SEM-EDS analysis, at least three or more growth modes were observed. The extraframework cations of phillipsite filling in the rock cavity changes from the onset of growth to Na-rich, K-richi and Ca-rich in relation to the change in crystal habit. Furthermore, it was also observed that several different kinds of zeolite species coexist in the same cavity.

伊豆-小笠原弧南部に位置する小笠原諸島父島、兄島では様々な沸石がボニナイト及び関連する火山岩中に産出することが報告されている。(Nishido:1982、藤田:2016 他)

本研究では、父島の宮之浜および初寝浦において、ボニナイト及び古銅輝石安山岩中の空隙を充填する phillipsite について主に SEM-EDS を用いて観察を行った。

その結果、空隙中の phillipsite について少なくとも 3 段階以上の成長機構が確認された(図 1)。Phillipsite 結晶成長の開始基部(図 1 の右下)から、骨格外陽イオンの組成比が Na-rich から K-rich となり、最外部では晶癖の変化を伴い、Na 比は一定のまま、K 比が減少し Ca 比の増加がみられた。また、その他の火山岩中には、同一の晶洞中に複数種の沸石が共生充填するものも観察された。これら沸石群の産状についてもあわせて報告する。

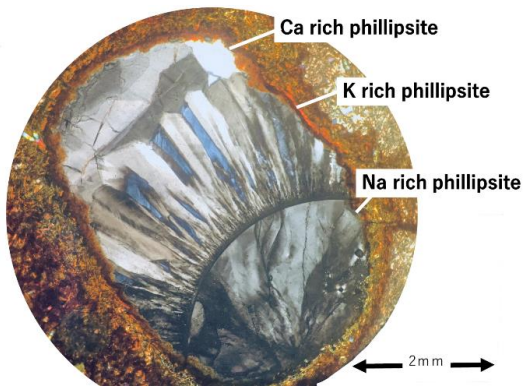


図 1. 宮之浜産ボニナイトの晶洞に見られる phillipsite の 3 段階成長

Keywords: Phillipsite, Step growth, Boninite, Chichijima,*Corresponding author: i.yuki1488@gmail.com

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

福岡県飯塚市八木山産のアメサイトについて

一色優希・上原誠一郎(九大・理・地惑)

Amesite from Yakiyama, Izuka, Fukuoka Prefecture, Japan

Yuki Isshiki* and Seiichiro Uehara (Dept. Earth and Planet. Sci., Fac. Sci., Kyushu Univ.)

1. はじめに

蛇紋石は 1:1 型の層状珪酸塩鉱物で，円筒状構造のクリソタイル，波状構造のアンチゴライト，板状構造のリザーダイトの蛇紋石鉱物の族名として使用されている。理想化学組成は $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ で，一般に少量の Fe や Al を含むが，上記の理想化学組成に近いものが普通である。蛇紋石と固溶体の関係にある鉱物としてアメサイト$(Mg, Al)_3(Si, Al)_2O_5(OH)_4$ があり，中間的組成のものは Al 蛇紋石と呼ばれている。Al 蛇紋石は緑泥石と多形の関係にあり，低温相(準安定相)と考えられ，鉱物学的に重要である。しかし，それらの産出は比較的稀であり，詳細な鉱物学的記載は少ない。今回，福岡県飯塚市八木山の龍王山周辺の蛇紋岩に伴うロジン岩の構成鉱物を調査中に Al 蛇紋石及びアメサイトを確認し，それらの産状及び鉱物学的性質を検討した。さらに Shirozu (1958)により記載された兎山産の Al 蛇紋石の再検討も行った

2. 試料および実験

飯塚市八木山および周辺の地域で，蛇紋岩中のロジン岩の産状観察と構成鉱物の検討を行った。試料の肉眼及び双眼実体顕微鏡観察の後に X 線回折分析(Rigaku Ultima Ⅳ, Rigaku RINT RAPID Ⅱ)，偏光顕微鏡および走査電子顕微鏡観察(SEM-EDS: JEOL JSM-7001F)を行った。また、九州大学超顕微解析研究センターの TEM (JEOL JEM-3200FSK)を使用し微細組織観察を行った。

3. 結果

この 5 年間の野外観察では 11 箇点のロジン岩露頭を確認した。ロジン岩は緑簾石-斜灰簾石，方解石，灰礬柘榴石，緑泥石，トムソン沸石などの Ca や Al に富んだ鉱物で構成される。アメサイトを確認した露頭は 2 箇所で、産状は 2 つのタイプがある。ロジン岩の蛇紋岩との境界に近い部分に散在するもの(試料 No. Rod3)と脈状をなすもの（試料 No. Rod7）がある。試料 Rod3 では白色不透明の Al-蛇紋石と付随する形で薄茶色透明のアメサイトを含む。白色不透明部は Al_2O_3 = 22-23 wt%,で，結晶が非常に小さく(約 50-300 nm)，板状、円筒状を示す。X 線回析パターンは $6T_1$ ポリタイプとクリソタイルの混合物を示す。薄茶色透明部は Al_2O_3 = 24-32 wt%で化学組成が不均一である。X 線回折パターンは積層不整の多い $6T_1$ を示す。

兎山産の Al 蛇紋石はロジン岩中に幅 2 mm 程の緑色透明脈中に緑泥石を伴い産出する。兎山の試料は Al_2O_3 含有量が少なく，c 軸長が長い。今回の八木山産アメサイトは沸石鉱物と共存しており，兎山に比べさらに低温の生成物であろう。

Key word: amesite, Al-serpentine, serpentine, rodingite, low-temperature phase

Corresponding author: Isshiki.yuki.525@s.kyushu-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

福岡県長垂山のコルンブ石族鉱物

伊東信（福岡県立糸島高）・上原誠一郎（九大・理・地惑）・白勢洋平(京大)

Columbite group minerals from Mt. Nagatare, Fukuoka Prefecture

Shin Ito (Itoshima HS), Seiichiro Uehara (Dept. Earth & Planet. Sci., Fac. Sci., Kyushu Univ.) and Yohei Shirose (Mus. Kyoto Univ.)

序　福岡県長垂山の Li ペグマタイトは，古くから記載鉱物学的研究 (柴田，1934 など) がなされ，リチア電気石やリチア雲母，コルンブ石など，多くの希元素鉱物が記載されてきた。しかし，Li ペグマタイトの周囲の複合ペグマタイト中の希元素鉱物について十分な鉱物学的研究は行われていない。本研究では，長垂山のペグマタイト露頭中の希元素鉱物の産状調査を行った。さらに，Li 鉱石貯鉱場跡から採取したコルンブ石族鉱物とともに，化学組成を分析し，分化の傾向について検討を行った。

産状　コルンブ石族鉱物は褐～黒色で金属光沢をもち，コルンブ石とタンタル石は肉眼的には区別がつかない。化学分析と X 線回折実験を行い、コルンブ石族鉱物について検討した。化学分析には走査電子顕微鏡(JSM-5800LV)を用いた。X 線回折実験には，Rigaku 製湾曲イメージングプレート X 線回折装置 RINT RAPID Ⅱ を用いた。

結果　野外調査の結果，Li ペグマタイトの露頭は確認出来なかったが，ペグマタイトの露頭８地点から大きさ 1～5 mm ほどのコルンブ石族鉱物の産出が確認された。化学分析の結果，周囲の複合ペグマタイトから産した試料からは、鉄コルンブ石，マンガンコルンブ石，鉄タンタル石が確認された（図１）。結晶のコアの部分は鉄コルンブ石組成の物が多く，Mn の濃度は Li ペグマタイトから産したものと比較して高くならない。一方，Li ペグマタイトから産した試料からは，マンガンコルンブ石，鉄コルンブ石，マンガンタンタル石が確認された。結晶のコアはマンガンコルンブ石組成の物が多く，Mn/(Mn+Fe)の値が Ta/(Ta+Nb)と比較して周囲の複合ペグマタイトに比べて大きく増加する傾向が見られた。この傾向は F に富む岩体に産するコルンブ石族鉱物に見られる(Černý et al. 1986)ことから、長垂の Li ペグマタイトも形成時に F に富む環境であったと考えられる。

Keywords: columbite, tantalite, Nagatare

*Corresponding author : ito-s@kyudai.jp

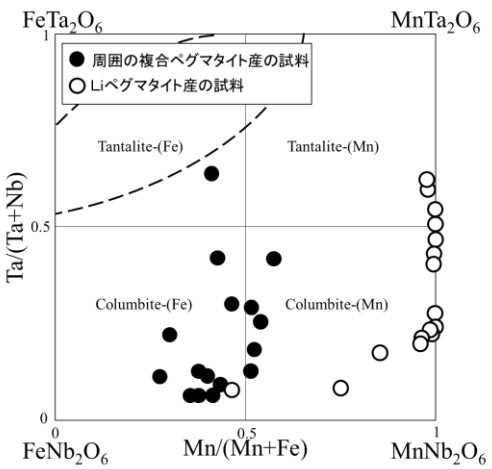


図 1　長垂山産コルンブ石族鉱物の四端成分図

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

山口県美祢市長登銅山烏帽子坑に産するコバルト鉱石

永嶌 真理子（山口大・創成科学), 井本 裕二, 森下 幸菜（山口大・理）

Occurrence of Co ores from the Eboshi deposit, the Naganobori copper mine, Yamaguchi, Japan

Mariko Nagashima*, Yuji Imoto, and Yukina Morishita (Faculty of Science, Yamaguchi Univ.)

Mineral assemblages and chemical compositions of skarn and ore minerals from the Eboshi deposit, Naganobori copper mine, Yamaguchi, Japan were investigated. The Co-rich ores are given in a special focus. The major ore minerals are cobaltite, chalcopyrite, and early stage pyrite (Py-I) and later stage pyrite (Py-II). Py-II is enriched in arsenic (~3.42 As wt.%). Bi-bearing minerals, such as native bismuth, bismuthnite, emplectite, wittichenite, are associated with cobaltite. Kawazulite and skutterudite-like phase are newly described. Ag-bearing minerals, such as matildite and hessite, also occur. The mineral assemblages and textures indicate that chalcopyrite and Py-I were formed in the early to middle stages; cobaltite, Py-II and Bi-bearing minerals were of the middle stage; and Ag- and Te-minerals were crystallized in the late stage.

山口県美祢市には長登銅山，大和鉱山などの銅スカルン鉱床が複数存在する(Kato, 1916ほか). 秋吉石灰岩分布域南東部に位置する長登銅山は日本最古の銅山のひとつで，なかでも烏帽子坑はヘデンベルグ輝石スカルンを主とする本銅山最大の鉱床であり，輝コバルト鉱の産出でも知られる. 烏帽子坑に産する鉱石鉱物およびスカルン鉱物の鉱物組合せや化学的特徴は永嶌・森下(2018)によって報告されたが，コバルト鉱石の検討は十分ではなかった. したがって，本研究はコバルト鉱石の記載学的研究を行い，コバルトの鉱化作用プロセスの解明を研究目的とした.

烏帽子坑鉱石の主要鉱石鉱物は黄銅鉱，黄鉄鉱，輝コバルト鉱である. また孔雀石，藍銅鉱などに加え，輝コバルト鉱を多く含む鉱石では二次鉱物としてコバルト華[$Co_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$]が産出する. 最も卓越したスカルン鉱物はヘデンベルク輝石で，輝石スカルンを構成するものは$CaFeSi_2O_6$ (Hd), $CaMgSi_2O_6$ (Di), $CaMnSi_2O_6$ (Jo)成分がそれぞれ98-91, 0-3, 2-8 mol.%であるが，珪灰石スカルン中に産するものは$Hd_{94-73}Di_{0-17}Jo_{4-12}$で相対的にMgや$Mn^{2+}$に富む. また灰鉄ザクロ石は$Ca_3Fe^{3+}{}_2Si_3O_{12}$, $Ca_3Al_2Si_3O_{12}$, $Mn_3Al_2Si_3O_{12}$成分がそれぞれ99-87, 0-12, 0-7 mol.%であり，光学異常を示さない. 加えて，珪灰鉄鉱，バビントン石が産し，いずれのスカルン鉱物も非常にFeに富むことが特徴である.

鉱物組み合わせおよび鉱石鉱物の産状より，早期～中期にかけて黄銅鉱，黄鉄鉱が晶出し，黄鉄鉱は砒素を含まない早期のPy-Iと砒素を含む中期のPy-II(< 3.42 As wt.%)に分類される. 輝コバルト鉱はPy-IIと同時期に含ビスマス鉱物(自然蒼鉛，輝蒼鉛鉱，エンプレクト鉱，ウィチヘン鉱など)とともに産する. 本研究では新たに河津鉱[$Bi_{1.95}(Te_{1.74}Se_{0.08}S_{1.18})_{\Sigma 3.00}$]やスクッテルド鉱様鉱物($Co_{0.93}As_3$)が見出された. また黄銅鉱晶出後の中期～後期に黄銅鉱外縁部に斑銅鉱が成長した. 後期の晶出ステージは，マチルダ鉱やヘッサイトなど含銀・テルル鉱物の晶出で特徴づけられるが，河津鉱が自然蒼鉛と共生していることからテルルの供給は銀よりも相対的に早いと推定される. 一部の鉱石中に不定形の銀濃集部が認められ，含銀鉱物の分解によって形成したと考えられる.

Keywords: Naganobori, copper, skarn, cobaltite
*Corresponding author: nagashim@yamaguchi-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

鹿児島県赤石鉱山における鉱床及び鉱床母岩の粘土鉱物

吉村拓哉・上原誠一郎（九大 理 地惑）

Clay mineralogy of the ore deposit and wall rocks from Akeshi mine, Kagoshima Prefecture, Japan

Takuya Yoshimura* and Seiichiro Uehara (Dep. Earth and Planet. Sci., Kyushu Univ.)

1. 緒言

鹿児島県南九州市にある赤石鉱山は，南薩摩型金鉱床に属する浅熱水性高硫化型鉱床(Hedenquist, 1987)で，徳永 (1954) や中村ら (1994) による鉱床学的研究がなされ，自然金と随伴鉱物が記載された．また，河野ら(1986)により赤石鉱山に近接する枕崎地区の粘土鉱物について，カオリナイト，緑泥石，混合層粘土鉱物などが報告された．しかし，赤石鉱山の鉱床と母岩変質帯の粘土鉱物についての詳細な鉱物学的研究は行われていない．本研究では，三井串木野鉱山㈱より提供された赤石鉱山の鉱石及び鉱床から母岩に達する 2 本の試錐(以下 H27-2-2 孔, H29-1-1 孔)中の粘土鉱物を調査した．

2. 実験方法

試錐から，黄鉄鉱を含む硬質な珪化帯と粘土化が進み，脆い特徴がある変質帯が確認され，この岩相が変化している部分(H27-2-2 孔; 深度 70 m – 90 m の 30 試料, H29-1-1 孔; 深度 90 m – 110 m の 19 試料)を選択し, X 線回折実験，電子顕微鏡観察，化学分析を行った．電子顕微鏡観察と化学分析には EDS を装着した SEM (JEOL 製 JSM-7001F), EPMA(JEOL 製 JXA-8530F)及び TEM(JEOL 製 JEM-3200FSK)を使用した．

3. 結果及び考察

両試錐を石英の量と構成鉱物で強珪化帯，弱珪化帯，粘土化帯，変質安山岩帯に分類した．H27-2-2 孔の変質安山岩帯では，Mg-Fe 緑泥石，カオリナイト，イライトが確認された．Mg-Fe 緑泥石は Mg : Fe 比がほぼ 1 : 1 で，I/S は白雲母寄りの組成を示した．Mg-Fe 緑泥石は I/S との共生関係を持ち，原岩の長石斑晶はカオリナイトとイライトに置換されていた．また，TEM 観察結果より，変質安山岩帯から緑泥石や I/S の積層構造も観察され，微細な方解石やジルコンが粘土鉱物とともに産することが確認された．

変質安山岩帯において，幅広い種類の粘土鉱物が確認されたことから，赤石鉱山およびその周辺について，成分の異なる熱水が複数回流入し，現在の環境が形成されたと推察される．

4. 謝辞

本研究で用いた試錐および鉱石試料は，三井串木野鉱山株式会社よりご提供いただき，野外調査にもご協力していただきました。この場を借りて感謝申し上げます。

Keyword: Akeshi Mine, Gold deposit, Clay Minerals, Interstratified Clay Minerals

*Corresponding author: yoshimura.takuya@kyudai.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R1P-16

鳥取県日南町日野上鉱山産のクインティン石（Quintinite）

石橋 隆*・山本佳弘・光田英彦（益富地学会館）・下林典正（京都大・院理）
渡部 茜・藤原 卓（益富地学会館）

Quintinite from Hinogami Mine, Nichinan Town, Tottori Prefecture, Japan

Takashi Ishibashi*, Yoshihiro Yamamoto, Hidehiko Mitsuda (Masutomi Mus. Geosci.), Norimasa Shimobayashi (Kyoto Univ.), Akane Watanabe, Takashi Fujiwara (Masutomi Mus. Geosci.)

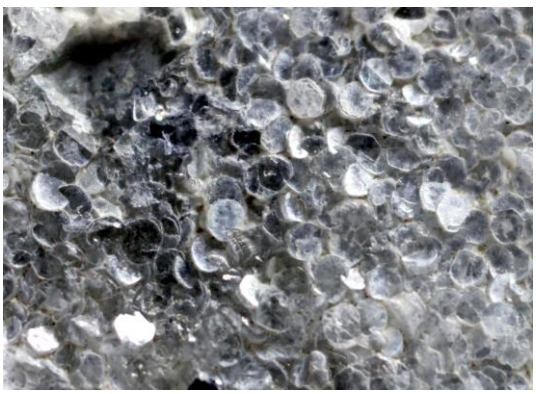
クインティン石（Quintinite）はマグネシウムとアルミニウムの含水炭酸塩鉱物で，理想化学組成は $Mg_4Al_2(OH)_{12}CO_3 \cdot 3H_2O$ で表される。本邦では，これまでに産出報告のない種であるが，日野上鉱山のクロム鉱床近傍の変斑レイ岩に伴ってクインティン石の産出が確認されたので報告する。

種名は，鉱物研究家の Quintin Wight に因む。模式的な産地および産状として，ブラジルの Jacupiranga 鉱山のカーボナタイト中に産するものや，カナダの Mont Saint-Hilaire, Poudrette 採石場のアルカリ複合岩体に産するものが知られ，他にも世界各地の 10 箇所ほどから報告されている。

本報告の産地，日野上鉱山は鳥取県日野郡日南町南西部に位置する。超苦鉄質岩体に胚胎するクロム鉱床のクロム苦土鉱などが採掘され，大正 12 年から昭和 38 年に休山に至るまで操業した。ズリ（排石捨場）が稲積山の北側の山腹に残されており，蛇紋岩や変斑レイ岩が多くみられる。

日野上鉱山産のクインティン石は，ズリの変斑レイ岩あるいは灰礬柘榴石を主体とするロディン岩様岩石の表面を覆って，0.1 mm 以下の六角薄板状結晶が皮膜状に集合体をなすもののほか（**図**），変斑レイ岩を切る脈で産し，空隙には最大 2 mm に達する六角短柱状結晶の群晶が認められる産状などがある。結晶は無色でガラス光沢がある。1 方向に顕著な劈開が発達し，破断面には真珠光沢が認められる。ハイドロタルク石と共存する。

X 線粉末回折値は ICDD 51-1525 のクインティン石との良い一致を示す．主要な回折値 [*d* in Å (*I*) *hkl*]は，7.63(100)003, 3.823(50)006, 2.572(20)222, 2.543(6)305, 2.290(20)225, 1.945(13)228, 1.524(8)600, 1.4952(6)603 などで，回折値から求められた格子定数（六方晶系）は，a = 10.563(3), c = 22.920(10) Å, V = 2214.6(15) Å^3 である．定量分析によって得られた Mg と Al の原子比（分析点の平均）は，Mg : Al ＝ 65 : 35 で，理想組成の 67 : 33 に近似し，同定にあたって矛盾はない．



図．日野上鉱山産 クインティン石
写真幅：左右約 5 mm

Keywords：quintinite, carbonate mineral, Hinogami mine, Nichinan Town, Tottori
*Corresponding author：t1484@d9.dion.ne.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R1P-17

大阪大学総合学術博物館の鉱物標本

石橋 隆*（阪大総合学術博／益富地学）・伊藤 謙・橋爪節也
永田 靖（阪大総合学術博）・澤田 操（益富地学）

Mineral collection of Museum of Osaka University

Takashi Ishibashi*(Mus., Osaka Univ. / Masutomi Mus., Geosci.), Ken Ito, Setsuya Hashizume,
Yasushi Nagata (Mus., Osaka Univ.) and Misao Sawada (Masutomi Mus. Geosci.)

大阪大学総合学術博物館には約 500 種、総数は約 2,000 点の鉱物コレクション（以降、阪大標本）が収蔵されている。昭和初期から平成に至るまでの期間に亘って継続的に蒐集された鉱物コレクションで、研究や教育のために活用されてきたものである。標本は日本国内産のみならず海外各地の標本も含まれている。阪大標本は長らく未整理の状態であったが、2005 年頃より豊 遙秋博士（当時産業技術総合研究所地質標本館館長）によって初めて全面的に標本の調査、整理、登録、データベース化がなされ、近年のさらなる調査によってその全貌が明らかになった。阪大標本は年代で大きく分けて戦前に教育用として標本業者から購入されたものと、戦後に大阪大学の関係者から個人コレクションを寄贈されたものに大別される。

標本に付せられたラベルの情報から、それぞれの標本の由来についても調査された。戦前のものには大阪大学の前身である旧制大阪高等学校と旧制浪速高等学校の標本が存在する。これらには質の高い標本が多くあり、教育用とは考えにくく蒐集家から寄贈されたものの可能性もある。戦後のものは寄贈された標本が中心で、その中核は旧教養部の竹林松二名誉教授（1908－1994）と大阪帝国大学の教授を務めた槌田龍太郎教授（1903－1962）からの寄贈標本が 450 点以上あり、阪大標本全体の 20%に及ぶ。

これらの標本は、現在は大阪大学総合学術博物館の収蔵室（大阪大学会館）に保管されているが、近年ではごく一部が常設展示室に陳列されているほか、博物館学芸員資格取得のための実習などに供されてきた程度で、十分な活用がなされていなかった。現在、標本資料を活用するために不可欠な標本目録（冊子）の制作が進められている。

2018 年には、標本活用の試みの一環として、鉱物をテーマとした特別展『The Mineral World－人と鉱物のつむぐ物語－』（10 月 22 日－12 月 21 日）が開催された。展示は単に所蔵標本を陳列するのみではなく、人類の文明文化の発展と鉱物の活用の関わりや鉱産資源の未来を考える啓発を主軸としたテーマを設け、大阪大学の研究者による研究成果展示が設けられた（例：博物館の研究者による近代日本の鉱業や鉱石研究、本草学的石薬研究、木村蒹葭堂に代表される上方の本草学者と石に関する研究、更には大学院理学研究科の研究者による「はやぶさ」シリーズの小惑星探査による“石”の惑星科学的研究等）。また、阪大標本には阪大の主要キャンパスが位置する北摂産の鉱物や鉱石が多く含まれるために、地域の鉱業について地質の成り立ちと関連づけた啓発展示も行われた。展示会関連書籍として書籍として『鉱物―石への探求がもたらす文明と文化の発展―』（石橋・澤田・伊藤監修，2018，大阪大学出版会，96 総頁）も発行され，主要な阪大標本の写真とその概要についても収録されている。

Keywords : Mineral collection, Osaka University, Museum of Osaka University

*Corresponding author : t1484@d9.dion.ne.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

京都大学の鉱物標本 –比企鉱物標本–

白勢洋平（京大・博物館）・下林典正・高谷真樹（京大・院理）・
石橋隆（益富地学会館）・豊遙秋（東大・博物館）

“Hiki Mineral Collection”, mineral collection of Kyoto University

Yohei Shirose* (Univ. Mus., Kyoto Univ.), Norimasa Shimobayashi, Masaki Takaya (Grad. Sch. Sci., Kyoto Univ.), Takashi Ishibashi (Masutomi Mus. Geosci.), Michiaki Bunno (Univ. Mus., Univ. Tokyo)

京都大学総合博物館には，2 万点以上の鉱物・鉱石標本が所蔵されている。工学部より移管された京都帝国大学理工科大学採鉱冶金学科由来の「比企標本」，旧制第三高等学校由来の「三高標本」，農学部から移管された「農学部標本」からなる。中でも工学部由来の「比企標本」は，「和田標本」，「若林標本」，「高標本」といった 20 世紀初頭の日本の「三大鉱物標本」に勝るとも劣らないコレクションであり，蒐集当時は日本を代表する鉱物標本であった。しかしながら，比企の没後は関連分野の研究者にもその存在はほとんど認知されていなかった。2000 年の総合博物館の竣工に伴う移管後も，その全貌を知ることができない状態であった。2012 年に収蔵鉱物標本のデータベース化が計画され，「三高標本」に続き「比企標本」の調査・整理が行われた。その後，第 1 分冊として『京都大学総合博物館収蔵資料目録 第 5 号 比企鉱物標本 第一部 元素鉱物・硫化鉱物・ハロゲン化鉱物・酸化鉱物』（白勢ら，2019）として目録を刊行するに至った。本発表では現在調査・整理を行っている「比企鉱物標本」の特徴を報告する。

「比企標本」は，採鉱冶金学科教授であった比企忠（ひき ただす，1866-1927）が中心となって蒐集した 1 万点を超える鉱物・鉱石標本からなる。上述の目録（第一部）には元素鉱物・硫化鉱物・ハロゲン化鉱物・酸化鉱物として 2622 点（163 種）を収録しており，多様な鉱物種が含まれていることがわかる。比企標本には，輝安鉱や水晶の日本式双晶といった日本を代表する鉱物標本や，岡野隕石等の貴重な隕石標本も含まれている（Fig. 1）。また，蒐集当時は日本の金属鉱山の隆盛期でもあり，2000 点にも及ぶ品位の高い鉱石標本が，鉱物標本とは別に鉱山ごとに納められている。この中には日本を代表する鉱山が多く含まれ，鉱山の総数は 150 以上に達する。比企は当時鉱物学・鉱床学の最先端であったドイツをはじめとする諸外国から数多くの標本を取り寄せ，黎明期であった日本の鉱物学・鉱床学の発展に寄与した。多くの標本に比企の直筆のラベルが付されており，産地情報，蒐集者，採集年月日等が正確にわかるため，学術標本として大変重要な価値を持つ。ほとんどの金属鉱山が閉山した現在の日本では，資源工学的研究や鉱物学的研究を行う上でこれらの資料は欠かせない存在である。



Fig. 1 Photographs of stibnite from the Ichinokawa mine, Japanese twin quartz from the Otome mine, and Okano meteorite (hexahedrite).

Keywords: Hiki Mineral Collection, Tadasu Hiki, Kyoto University, Mining and metallurgical department

*Corresponding author: shirose.yohei.6n@kyoto-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

九州大学の鉱物標本

上原誠一郎*(九大・理・地惑)・白勢洋平(京大・博物館)・伊藤泰弘(九大・博物館)

Mineral collection of Kyushu University

Seiichiro Uehara* (Kyushu Univ.), Yohei Shirose (Kyoto Univ.) and Yasuhiro Ito (Kyushu Univ.)

1. はじめに

九州大学の鉱物学は工学部採鉱学科で始まり、その後、農学部、理学部地質学科、旧教養部地学教室などで教育研究の一分野として行われた。自然科学において標本観察と野外観察は教育研究の原点で、これらの標本は鉱物学、地質学、博物館関連の授業や研究で現在も活用されている日本で一番と自負できる教材でもある。今回は九州大学収蔵の鉱物標本の中から日本の鉱物学黎明期に活躍した三人の学者が蒐集した標本を紹介する。

2. 九州大学の鉱物標本

『高標本』は日本産の鉱物結晶の標本を主体とし、その数は 160 種、約 1200 点になる。和田標本（三菱マテリアル所蔵)、若林標本（東京大学所蔵）と共に 20 世紀初頭の日本の三大鉱物標本の一つにあげられる学術的に極めて貴重な資料である。明治 44 年から昭和 4 年まで工学部採鉱学教室の教授であった高壮吉が蒐集した標本で、昭和 14 年理学部に地質学教室（現在、地球惑星科学教室）が創設された際に譲渡され、当時は本部事務局 2 階に展示されていた。その後 6 回の移転があり、平成 30 年 9 月に旧工学部本館 2 階に移転し、収蔵展示されている。

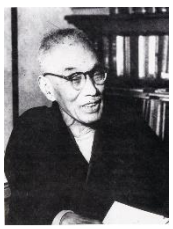
『岡本標本』は工学部講師の岡本要八郎によって福岡県と長崎県の鉱物調査のために蒐集されたもので、その成果は、『福岡縣鑛物誌』(1944)と『長崎県鉱物誌』(1958)として出版された。当時の日本新産種、現在では入手できない標本が数多く含まれる。点数は約 1200 点。

『吉村標本』は昭和 17 年から昭和 44 年まで理学部地質学教室鉱物学講座を担当した吉村豊文の標本である。学生や他の教員とともに終始一貫して、日本のマンガン鉱床の研究を行い、『日本のマンガン鉱床』3 部作（総頁数は 1571 頁）を著した。そこに記載された鉱石鉱物からなる国内外最高のマンガン鉱物標本である。先生によって発見された新種の鉱物、轟石や原田石の他、先生に因んで命名された新種『吉村石』など学術的に貴重な標本が含まれ、点数は約 3200 点。

これを含めた 1 万点を超える九州大学の鉱物標本の将来の保存先は未定である。



高 壮吉
(1869-1946)



岡本 要八郎
(1876－1960)



吉村 豊文
(1905-1990)

Key word: Kyushu University, Mineral collection, Ko collection, Okamoto collection, Yoshimura collection.

Corresponding author: uehara@geo.kyushu-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ポスター | R3: 高圧科学・地球深部

2019年9月22日(日) 9:30 ~ 15:00 | A-プレゼンスペース イースト1号館

R3: 高圧科学・地球深部

[コアタイム] 12:00〜14：00

[R3P-01] 高温高圧条件下での金属-ケイ酸塩メルト間の希ガス分配係数の実験的決定高温高圧条件下での金属-ケイ酸塩メルト間の希ガス分配係数の実験的決定

*田中 友崇[1]、貴志 智[1]、角野 浩史[1]、桑原 秀治[2]、野村 龍一[3]、鍵 裕之[4]、三部 賢治[5] (1. 東大・総合文化、2. 愛媛大学　地球深部ダイナミクス研究センター、3. 京大・院人間・環境学研究科、4. 東大・院理、5. 東大・地震研)

[R3P-02] 高圧下における含水鉱物と鉄の反応速度
「発表賞エントリー」

*畑山 達郎[1]、西 真之[1]、入舩 徹男[1] (1. 愛媛大学・GRC)

[R3P-03] 核-マントル間における水素分配の第一原理的予測
「発表賞エントリー」

*大場 篤朗[1], 土屋卓久[1] (1. 愛媛大・GRC)

[R3P-04] Al-Si 置換型 Phase Egg および Al に富む未知含水高圧相
「発表賞エントリー」

*高市 合流[1]、西 真之[1]、周 佑黙[1]、町田 真一[2]、入舩 徹男[1] (1. 愛媛大・GRC、2. 総合科学研究機構)

[R3P-05] マルチメガバールの新含水高圧相ε-AlOOH

*西 真之[1]、桑山 靖弘[2]、土屋 旬[1] (1. 愛媛大・GRC、2. 東京大・理)

[R3P-06] 高圧力下におけるScOOH の相転移

伊東 義章[1]、池田 理[1]、窪田 平海[1]、坂巻 竜也[1]、栗林 貴弘[1]、*鈴木 昭夫[1] (1. 東北大・院理)

[R3P-07] δ-AlOOHのP-V-T状態方程式

窪田 平海[1]、伊東 義章[1]、渡邉 隆二[1]、鎌田 誠司[2]、栗林 貴弘[1]、*鈴木 昭夫[1] (1. 東北大・院理、2. 東北大・学際フロンティア)

[R3P-08] 高温高圧下におけるSoda melilitemeltの粘度に及ぼすCO_2の効果

*鈴木 昭夫[1] (1. 東北大・院理)

[R3P-09] GHz-DAC音速法の開発：ここまでの総括と今後の展望

*米田 明[1] (1. 岡山大惑星研)

[R3P-10] 鉄水素化物高圧相FeH_2の音速及び磁性測定

*生田 大穣[1]、大谷 栄治[1]、平尾 直久[2]、三井 隆也[3]、中野 智志[4]、内山 裕士[2]、筒井 智嗣[2]、バロン アルフレッド[5] (1. 東北大・理・地学、2. JASRI、3. 量研、4. NIMS、5. 理研)

[R3P-11] 下部マントルに沈み込んだスラブ内レオロジー

*東 真太郎[1,2]、野村 龍一[3,4]、上杉 健太朗[5]、西原 遊[4]、土居 峻太[4]、有本 岳史[4]、入舩 徹男[4] (1. 東工大・院理、2. 九州大、3. 京都大、4. 愛媛大、5. JASRI/SPring-8)

[R3P-12] 一軸圧縮変形場におけるオリビン―スピネル相転移実験剪断不安定化条件の解明へ向けて

*森 悠一郎[1] (1. 九大・理)

[R3P-13] Fe-Ni-S-C系の溶融関係と超深部起源ダイヤモンドの生成条件

*伊丹 佑[1]、浦川 啓[1] (1. 岡山大・院自然)

[R3P-14] ステアリン酸からのナノ多結晶ダイヤモンド合成とその微細組織観察

*川村 英彰[1]、大藤 弘明[2] (1. 愛媛大院理、2. 愛媛大GRC)

[R3P-15] $CaTiO_3$ペロブスカイトへのGa^{3+}の固溶について

*永井 隆哉[1]、大黒 正貴[1]、髙倉 直樹[1]、井上 徹[2]、新名 亨[3] (1. 北大・院理、2. 広大・院理、3. 愛媛大・GRC)

高温高圧条件下での金属–ケイ酸塩メルト間の希ガス分配係数の実験的決定

田中友崇*, 貴志智, 角野浩史（東大・総合文化）, 桑原秀治（愛媛大 GRC）, 野村龍一（京大・院人間）, 鍵裕之（東大・院理）, 三部賢治（東大・地震研）

Determination of the noble gas partition coefficients between metal and silicate melts under high-pressure and high-temperature conditions

T. TANAKA*, S. KISHI, H. SUMINO（Dept. Basic Sci., Univ. Tokyo）, H. KUWAHARA（GRC, Ehime Univ.）, R. NOMURA（Grad. Sch. Human., Kyoto Univ.）, H. KAGI（Grad. Sch. Sci., Univ. Tokyo）, K. MIBE（Earthquake Research Institute, Univ. Tokyo）

1. 背景

地球内部の希ガスの同位体比は、地球形成時の始源的成分とウランやトリウムからの放射壊変起源成分の混合により支配されている。大気のヘリウム同位体比 $^3He/^4He$ の値を $1R_A$ として規格化するとマントルの $^3He/^4He$ は $8R_A$、マントル最深部の $^3He/^4He$ は $50R_A$ を示す。地球深部ほど始源的な希ガス同位体比（$120\ R_A$）に近い値を示す事から核が始源的な希ガスを保持している事が示唆されている[1]。そこでマントルの主成分であるケイ酸塩と核の主成分である鉄への希ガス分配実験が行われた[2,3]。しかしそれらの結果は整合的ではなく、核が始源的な希ガスのリザーバーになり得るのかは未だに分かっていない。そこで本研究ではより天然に近い濃度で正確な分配係数を出す事を試みた。

2. 実験手法

本研究ではマルチアンビル高圧発生装置を用いて、高温高圧条件下（3 万～6 万気圧、1700℃程度）でサンプルを合成した。SEM-EDS、顕微ラマン分光、EPMA を用いて試料を観察した後、金属相とケイ酸塩ガラスそれぞれに含まれる希ガスの濃度を、紫外レーザーアブレーション装置と超高感度希ガス質量分析計を用いて求めた。

3. 実験結果

今回の実験では 3GPa～6GPa まで 1GPa ごと 4 サンプルを合成した。得られた希ガス濃度から鉄とケイ酸塩間の分配係数を求め、先行研究[2]と比較した結果を図 1 に示す。今回得られた 5GPa における分配係数は先行研究[2]のトレンドと調和的であった。

[1] Porcelli and Halliday., EPSL.,2001. [2] Matuda.*et al.*,Science.1993. [3] Bouhifd *et al.*,Nature Geoscience.2013.

Keywords: noble gas, partitioning coefficients, high pressure, high temperature

*Corresponding author: sirokuma0310@igcl.c.u-tokyo.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

高圧下における含水鉱物と鉄の反応速度

畑山達郎（愛媛大 GRC），西真之（愛媛大 GRC），入舩徹男（愛媛大 GRC）

Reaction rates of hydrous mineral and iron under high pressure

Tatsuro Hatakeyama（GRC,Ehime Univ.）, Masayuki Nishi（GRC,Ehime Univ.）,
Tetsuo Irifune（GRC,Ehime Univ.）

水と岩石の反応生成物である含水鉱物の一部はプレートの沈み込みにより地球内部のマントルへ運ばれる。近年の研究により超高温高圧条件下で熱力学的に安定な含水鉱物が複数発見されており、深さ 2900 ㎞の核マントル境界までの水輸送の可能性が示唆された。また、含水鉱物によりマントル最下部に到達した水が地球深部の物質に及ぼす影響として、マントル物質の部分溶融や水の溶融鉄への溶け込み、新たな含水層の形成などが議論されている。

上記の現象は地震波により観測される核マントル境界の地震波超低速度領域の成因となり得るため、高温高圧下での含水鉱物と中心核の構成物質である鉄の相互作用は、水の循環だけでなく地球内部構造とその進化への知見となる可能性がある。しかしながら、上記の反応が地質学的時間スケールにおいてどの程度の空間的規模で進行するかについての情報は得られていない。

本研究の目的は、高温高圧下における含水鉱物－鉄の反応の機構と速度を実験により解明し、核マントル境界における水と鉄の挙動を議論することである。

実験にはマルチアンビル型高圧発生装置 MADONNAIIを使用した。出発物質の含水鉱物(AlOOH, FeOOH)と Fe を Au 製のカプセル内に重ねて配置し、25 GPa・1050-1380 K の条件で加熱保持した。回収試料は表面を研磨し、走査型電子顕微鏡を用いて、反応帯組織の観察と化学組成の分析を行った。

すべての回収試料において、含水鉱物と鉄の間に FeO を含む反応帯が形成された(2AlOOH＋3Fe → Al_2O_3＋FeO＋2FeH)。反応帯の幅 ΔX が時間の 0.5 乗に比例($\Delta X \propto t^{0.5}$)しており、酸素と水素の拡散律速による成長が示された。また、得られた活性化エンタルピーから、本反応における成長速度を定式化した。さらに、圧力依存性を推定する homologous temperature scaling による外挿計算の結果から、核マントル境界の熱境界層において数十キロメートル規模の FeO の生成反応が可能であることが示された。

この結果は、もし核－マントル境界付近に水が存在した場合、水成分が鉄に吸収され、FeO に富む鉱物が形成されることを示唆する。鉄に富む鉱物や融点降下にともなう部分溶融物質は、核マントル境界の地震波超低速度領域の物性を説明可能である。

Keyword：core-mantle boundary, Ultra low velocity zones, wustite,atomic diffusion;

*Corresponding author：fctatsuro1029@gmail.com

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R3P-03

核-マントル間における水素分配の第一原理的予測

大場篤朗*, 土屋卓久(愛媛大・GRC)

First-principles prediction of hydrogen partitioning between the core and mantle

A. Ohba*, T. Tsuchiya (Ehime Univ.GRC)

1. はじめに

水素は太陽系内で最も豊富に存在する元素であり、外核の密度欠損(Birch, 1956)を補う軽元素の候補の一つである。そのため、外核内の軽元素の制約や地球内部における水循環の解明のために、高温高圧下における鉄-ケイ酸塩間の水の分配実験が行われた(Okuchi, 1997; Iizuka-Oku et al., 2016; Clesi et al., 2018)。結果として、これらの実験によって推定された鉄-ケイ酸塩間の水素の分配先は異っており、鉄-ケイ酸塩間における水素の分配特性は依然として明らかにされていない。そこで本研究では、第一原理計算を用いた Xiong et al. (2018)と同様の手法に基づき、核-マントル境界条件下での液体鉄-溶融ケイ酸塩間における水素の分配先の推定を行った。

2. 計算方法

本研究では、

$(16MgSiO_3 + H_2O) + 50Fe$
$\Leftrightarrow 16MgSiO_3 + (50Fe + H_2O)$ (1)
$(16MgSiO_3 + H_2O) + 50Fe$
$\Leftrightarrow (16MgSiO_3 + FeO) + (50Fe + 2H)$ (2)

で表される二つの反応を考えた。(1)式は鉄-ケイ酸塩間における水分子の交換反応であり、(2)式は Okuchi (1997)、Iizuka-Oku et al. (2016)、Clesi et al. (2018)で報告された水の酸化還元反応である。化学平衡時の反応系と生成系の量比は両系間のギブス自由エネルギーG の差で決定される。そのため、各項が持つ G を計算することによって、反応のギブス自由エネルギー$\Delta G = G$(右辺) - G(左辺)を求め、平衡定数 K_D=exp(-$\Delta G/k_BT$)、及び分配係数 D_H =H wt%$_{鉄}$/H wt%$_{ケイ酸塩}$を決定した。自由エネルギーの計算には、熱力学積分法(Kirkwood, 1935; Meijer et al., 1990)を用いた。熱力学積分法は参照系から対象となる系への自由エネルギー差を求めることが可能な方法である。本研究では Taniuchi and Tsuchiya (2018)、Xiong et al. (2018)と同様にして、解析的に自由エネルギーの計算が可能な理想気体を参照系として採用し、参照系から第一原理系までの一段階の熱力学積分を行った。

3. 結果

計算によって得られた(1)式及び(2)式の ΔG 、K_D、D_H はそれぞれ表のようになった。結果として、(1)式の水分子の交換反応、(2)式の水の酸化還元反応どちらの場合でも水素は鉄側に比べてケイ酸塩側により多く分配され、(1)式右辺の状態は(2)式右辺の状態よりも自由エネルギーは小さいことが分かった。現在は液体鉄の組成効果を調べるため、液体鉄の組成を純鉄から酸素濃度を増加させたものに置き換えて計算を行っている。

	ΔG (Ry)	K_D	D_H
(1)式	6.30.E-02	1.37.E-01	2.14.E-01
(2)式	2.18.E-01	1.01.E-03	1.86.E-02

Keyword：first-principles calculation, thermodynamics integration, hydrogen-partitioning, core-mantle boundary

*Corresponding author: ohbaatsuroh@gmail.com

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Al-Si 置換型 Phase Egg および Al に富む未知含水高圧相

高市合流*（愛媛大 GRC）、西真之（愛媛大 GRC）、周佑黙（愛媛大 GRC）
町田真一（総合科学研究機構）、入舩徹男（愛媛大 GRC）

Al-Si substitution in Phase Egg and Al-rich new high-pressure hydrous phases

Goru Takaichi* (GRC, Ehime univ), Masayuki Nishi (GRC, Ehime univ),
Youmo Zhou (GRC, Ehime univ), Shinichi Machida (CROSS), Tetsuo Irifune (GRC, Ehime univ)

結晶構造中に OH 基を含む含水鉱物は、プレートの沈み込みにより多量の水成分を地球内部に運ぶことが知られている。超高圧下で熱力学的に安定とされる Phase D や Phase H といった高密度型含水マグネシウムケイ酸塩鉱物群(DHMS)は、1200 度を超える高温下で脱水分解するため、その存在は非常に冷たい沈み込みプレートに限られる。しかしながら、Phase Egg ($AlSiO_4H$)や Aluminous phase D ($Al_2SiO_6H_2$)といったアルミニウムを多く含む含水鉱物は 1500℃以上の高温でも分解せずに安定であり、地球深部における水のホストとして注目されている。特に Phase Egg はダイヤモンド包有物として発見されており、その相関係を知ることはマントル深部の水輸送を理解する鍵となる可能性がある。本研究は、Phase Egg や Aluminous phase D の安定性および相関係を詳しく理解することを目的として、Al_2O_3-SiO_2-H_2O 系の高圧相平衡実験を行った。

高圧実験は川井式マルチアンビル型高圧発生装置（Orange-2000）を用いた。出発試料として、α-AlOOH と SiO_2 の粉末混合体を用いた。回収試料は微小部 X 線回折装置(XRD)や走査型電子顕微鏡（FE-SEM）を用いて結晶構造の推定および化学組成の分析を行った。

マントル遷移層―下部マントル領域の温度圧力条件下で Al/Si 比が異なる様々な組成の含水鉱物が回収された。22 GPa, 2000 K の条件下で合成された $Al_{1.43}SiO_{4.86}H_{1.43}$ 組成の含水鉱物の X 線回折パターンは、Phase Egg ($AlSiO_4H$)のものと一致した。このことは Phase Egg 結晶中の $Si^{4+} = Al^{3+} + H^+$の置換を示唆する。また、$Al_2SiO_6H_2$ と $AlSiO_4H$ を張り合わせた高温高圧実験により得られた拡散プロファイルから、Phase Egg は上記置換により Al/Si=1.0~1.7 の広い組成幅を持つことが明らかとなった。

その他、Al/Si 比の異なる新規含水鉱物を回収した。これらの含水鉱物の X 線回折パターンは Phase Egg や Aluminous phase D と一致しない。また、これらの化学組成は温度に敏感であり、Phase Egg と同様、ある程度組成幅を持つと考えられる。発表では安定領域と構造を含めて報告する。

Keywords : High pressure, Hydrous minerals, Phase Egg ;

*corresponding author:d310126h@mails.cc.ehime-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

マルチメガバールの新含水高圧相ε-AlOOH

西真之（愛媛大 GRC），桑山靖弘（東京大），土屋旬（愛媛大 GRC）

New high pressure hydrous phase ε-AlOOH

Masayuki Nishi* (GRC, Ehime Univ.), Yasuhiro Kuwayama (Tokyo Univ.),
Jun Tsuchiya (GRC, Ehime Univ.)

Based on in-situ X-ray diffraction experiments in a laser-heated diamond anvil cell as well as first principles calculations, we found that δ-AlOOH transforms into a new phase with orthorhombic symmetry, named ε-AlOOH, at ε-190 GPa. Some hydrous phases remain stable beyond pressures found in the Earth's core-mantle boundary and hydrogen may thus be stored in these hydroxides or their potential high-pressure forms in the deep interiors of terrestrial super-Earths, and the rocky cores of some ice giants.

水素は宇宙で最も豊富に存在する元素であり、惑星内部の進化や構造に多大に影響を及ぼしてきたと考えられる。含水鉱物は地球内部における重要な水の貯蔵形態の一であり、含水鉱物が安定に存在できる温度圧力条件(安定領域)を知ることは、地球内部の水の循環機構を知るための手掛かりとなる。

近年下部マントルの温度圧力条件下で熱力学的に安定な含水鉱物が複数見つかっており、最下部マントルへの水の輸送や中心核物質との化学反応が議論さている。本研究では、地球最下部マントルより高い圧力下における含水鉱物の安定性を高温高圧実験により調べた。

出発物質は愛媛大学のマルチアンビル型高圧発生装置により合成したδ-AlOOHおよび $CaCl_2$型 (Fe,Al)OOH多結晶体を用いた。高温発生と試料の構造の決定はSPring-8のBL10XUのファイバーレーザーと放射光X線回折測定により行った。得られた金の格子体積から圧力を算出した。

182 GPa, 2500 K以下の温度圧力条件において、δ-AlOOHの安定性が確認された。192 GPa, 2500 Kでは、新たなX線回折ピークの出現が確認された。このピークは最近理論予測されたAlOOHの新構造(*Pbca*, Verma et al., 2018)により説明可能である。(Fe,Al)OOH組成の出発物質を使用した場合、パイライト型構造が出現した。このような広い含水鉱物の安定領域は、地球だけでなく太陽系外のスーパーアースや巨大氷惑星の内部構造や水の存在形態に影響する可能性がある。

Key words: Extra-solar planets; hydroxide; water
*Corresponding author: nishi@sci.ehime-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

高圧力下における ScOOH の相転移

伊東義章，池田理，窪田平海，坂巻竜也，栗林貴弘，鈴木昭夫*（東北大・理）

Phase transition of ScOOH under high pressure

Yoshiaki ITO, Osamu IKEDA, Taito KUBOTA, Tatsuya SAKAMAKI, Takahiro KURIBAYASHI, Akio SUZUKI (Tohoku Univ.)

InOOH 構造となる $M^{3+}OOH$ 酸化水酸化物の圧力誘起相転移を調べることは重要である。例えば、InOOH 構造を有するδ-AlOOH は下部マントル条件で安定な含水相で、地球深部まで水を運ぶ可能性がある（Sano et al., 2008）。AlOOH は diaspore から InOOH 構造の δ-AlOOH、パイライト型 AlOOH へと圧力に対して相転移すると考えられている（Tsuchiya and Tsuchiya, 2011）。FeOOH については、diaspore 構造の goethite から InOOH 構造の ε-FeOOH、パイライト型の構造への相転移が確かめられている（Nishi et al., 2017; Hu et al., 2017）。一方、ScOOH については、170 atm 以下・350℃以下の条件で diaspore 構造の α-ScOOH、8 GPa・500℃で InOOH 構造、10 GPa 超・400℃で YbOOH 構造が確認されている（Christensen and Jensen, 1967; Christensen, 1971; Bendeliani et al., 1973）。しかし、ScOOH の相境界は調べられていない。$M^{3+}OOH$ の相転移について新たな知見を得るため、InOOH 構造の高圧相が YbOOH 構造という特徴がある ScOOH の相転移境界を試料急冷法と放射光その場観察実験から明らかにした。

試料急冷法をバイエルン地球科学研究所に設置の Hymag プレス、Sumitomo プレス、Zwick プレスを用いて行った。2 GPa から 14 GPa、700 K または 800 K の条件で 1 時間保持後、急冷して回収した。回収試料に対して角度分散型粉末 X 線回折装置（Bruker D8 Advance）を用いた相の同定を行った。

放射光 X 線その場観察実験を、高エネルギー加速器研究機構のビームライン NE5C 設置の高圧発生装置 MAX-80 および NE7A の MAX-IIIを用いて、3 GPa から 10 GPa の圧力で行った。ScOOH 粉末と NaCl 粉末を体積比 1:1 で混合した試料を出発物質として用いた。NaCl の状態方程式から圧力を算出し、W3%Re-W25%Re 熱電対で測温した。X 線回折データは Ge 半導体検出器を用いてエネルギー分散法で取得した。目標圧力まで加圧後、時分割測定しながら昇温して回折パターンの変化から安定相を確かめた。

試料急冷法と放射光その場観察実験の結果から、α-ScOOH から InOOH 構造に相転移する境界がおよそ 5 GPa、InOOH 構造から YbOOH 構造に相転移する境界がおよそ 10 GPa であることを明らかにした。

Keywords: hydrous mineral, ScOOH, InOOH, YbOOH

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

δ-AlOOH の P-V-T 状態方程式

窪田平海・伊東義章・渡邉隆二・鎌田誠司・
栗林貴弘・鈴木昭夫*（東北大学・理）

P-V-T equation of state of δ-AlOOH to 6.5 GPa and 500K

Taito Kubota, Yoshiaki Ito, Ryuji Watanabe, Seiji Kamada,
Takahiro Kuribayashi and Akio Suzuki* (Tohoku univ.)

１． はじめに

δ-AlOOH は Suzuki et al.(2000)によって見つかった高圧含水相である。diaspore(α-AlOOH)の高圧多形であり、130GPa までの広い安定領域を持つことから、地球のマントルへの水素キャリアとしての候補鉱物と考えられている含水鉱物の１つである。発見以来、多くの興味を引きつけられ、δ-AlOOH に関する実験が行なわれてきた。しかし、その多くは室温での実験であり、温度変化を考慮した実験は行なわれていなかった。

本研究では外熱式ダイヤモンドアンビルセルを用い、300～500K までの範囲の温度で粉末 X 線回折を行い、そのデータから P-V-T 状態方程式を決定した。

２． 実験

外熱式ダイヤモンドアンビルセルを用い、ガスケットにはレニウム、圧媒体にはダフニーオイル 7474 を用いた。圧力は、試料である δ-AlOOH と共に NaCl を混合し、NaCl の X 線回折のフィッティングから決定を行なった。粉末 X 線回折パターンは KEK, Photon Factory の BL-18C のビームラインで測定を行なった。測定に使用した X 線の波長は 0.62 Å で、回折した X 線はイメージングプレートによって検出した。

圧力は最大 6.5GPa までで、温度は 50K 間隔で測定した。2GPa 以下の圧力では 300K から昇温させながら、2GPa 以上の圧力では一度 500K まで昇温させた後、降温させながらデータの採取を行なった。

３． 結果

300～500K の温度範囲で 17 点の X 線回折パターンを得た。

得られたデータについて、状態方程式へのフィッティングは EoSFit7-GUI プログラム (Gonzalez-Platas et al., 2014)、EoSFit7c プログラム(Angel et al., 2014)を用いた。得られたデータに基づき、二次の Birch-Murnaghan 状態方程式でフィッティングを行ない、常温常圧での体積(V_0)、300K での体積弾性率(K_{T_0})、常圧での体積熱膨張率(α_0)に関して以下の結果が得られた。

$V_0 = 56.557(17)$ Å

$K_{T_0} = 162(3)$ GPa

$\alpha_0 = 1.0(3) \times 10^{-5}\ K^{-1}$

Keywords: hydrous mineral, δ-AlOOH, P-V-T equation of state

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

高温高圧下における Soda melilite メルトの粘度に及ぼす CO_2 の効果

鈴木昭夫*（東北大学）

Effect of CO_2 on the viscosity of soda melilite melt under high pressures and high temperatures

Akio Suzuki* (Tohoku Univ.)

Soda melilite, $CaNaAlSi_2O_7$, is an end member of natural melilite, and melilite is a solid solution of åkermanite, gehlenite and soda melilite. The NBO/T ratio of the soda melilite composition is 0.67, which is close to that of basaltic magma. Therefore, liquid soda melilite has been used as a model basalt melt. The main goal of our study is to determine the effect of dissolving carbon dioxide on the viscosity of silicate melts at high pressure. It has been known that volatiles are dissolved in natural magmas and affects the physical properties. However, very few studies have been performed to investigate the effect of carbon dioxide on the viscosity of silicate melts at mantle pressures. In the present study, the viscosity of carbon-dioxide bearing $NaCaAlSi_2O_7$ composition melts have been determined up to 5 GPa. Viscosity was calculated using the Stokes equation with the correction of wall effect. The movement of a metallic sphere in a sample chamber was recorded in X-ray radiography image. We have used this technique to determine the pressure, temperature and compositional dependence of the viscosity of silicate melts. A charge coupled device (CCD) camera with a YAG:Ce fluorescence screen was used to obtain the X-ray absorption contrast image. Experiments under high pressures and high temperatures has been conducted using the MAX-III apparatus installed at the AR-NE7A station at the High Energy Accelerator Research Organization (KEK) in Tsukuba, Japan. Brealey and Montana (1989) measured the viscosity of melt with soda melilite composition at high pressure using the falling sphere method based on the quenching experiment. They reported that no detectable change in viscosity was observed in sodium melilite melt with the addition of 2 wt% CO2. In this study we adopted the in situ falling sphere method using the X-ray radiography technique. We show that dissolved carbon dioxide decreases the viscosity of soda melilite melt, however, the effect on the viscosity of soda melilite melt is much smaller than that of jadeite melt, which reported previously (Suzuki, 2018).

Keywords: soda melilite, viscosity, carbon dioxide, high pressure, synchrotron radiation

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

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R3P-09

GHz-DAC 音速法の開発：ここまでの総括と今後の展望

米田　明（岡山大惑星研）、小林真一郎、鎌田誠司（東北大理）

GHz ultrasonic measurement in DAC: Summary and future perspective

DACで加圧された試料の弾性測定法としてレーザー光を用いるブリルアン散乱法が広く用いられてきたが、①不透明試料の測定ができない、②高圧下で試料のP波ピークがダイヤモンドのS波ピークに埋もれてしまう、等の問題がある。ブリルアン散乱法の欠点を解決するためにGHz-DAC法の開発を2011年頃から開始した。紆余曲折を経て、2017年にDAC中試料の音速測定に成功した[1]。今回、これまでの開発状況を紹介するとともに、今後の研究の展望に力点をおいて発表を行う。

図1はGHz-DAC音速法の概念図である。バッファロッドをアンビル背面に押し付けて、GHz超音波を試料部へと伝達する。

本構成の実験システムでKClとハワイ産のオリビンのP波速度測定を実施した。P波シグナルや試料長の評価法については発表にて詳細を説明する。

P波測定と並行して、S波バッファロッドの開発も行った。斜め入反射する弾性波のP-S変換現象を応用している。図2に立方晶のYAG結晶で作成したS波バッファロッドの製作過程を示した。既にDACセルからのS波シグナルも確認できており、GHz法による V_P, V_S同時測定の展望が開けた。

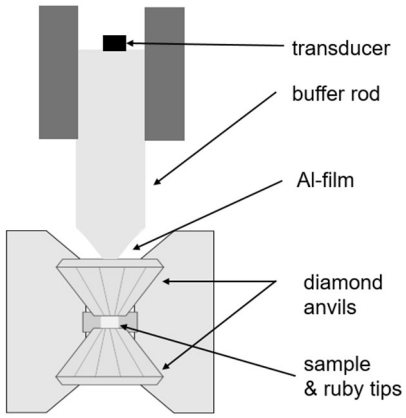


図 1　GHz-DAC 音速法の概念図

今後は、GHz音速法の強みを活かし、以下に示すようなブリルアン散乱法では不得手な鉄含有試料の測定を行なっていく。

(1)20 GPaまでの純鉄
(2)50 GPaまでの含鉄ブリッジマナイト。
(3)100 GPaまでの高Fe数フェロペリクレース

(2,3) では鉄の高スピン低スピン転移領域でのGHz超音波測定を実施する。

本研究では大学院生の小林による貢献が大きかった。若手の新鮮な感覚はGHz開発において重要な役割を果たしている。今後も大学院生と協力して、GHz法研究を迅速に進展させていきたい。

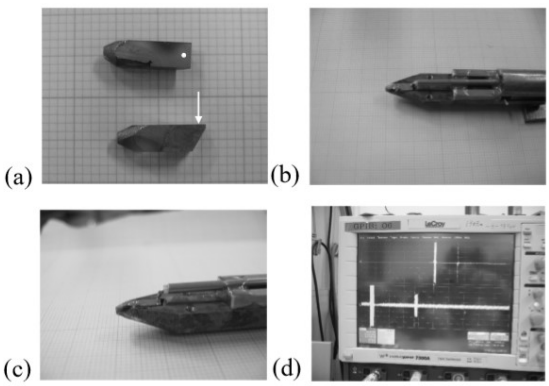


図 2　S 波バッファロッドの製作。(a)斜面をつけた YAG 結晶。白点・白線は電極点を示す。(b,c)同軸ケーブル装着の様子。(d)オシロスコープによる S 波発生の確認。

文献[1]高圧力の科学と技術（日本高圧力学会誌）29巻2号（2019）

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

鉄水素化物高圧相 FeH_2 の音速及び磁性測定

生田 大穣*（東北大・理・地学），大谷 栄治（東北大・理・地学），
平尾直久（JASRI），三井隆也（量研），中野智志（NIMS），
内山裕士（JASRI），筒井智嗣（JASRI），バロン アルフレッド（理研）

Sound velocity and Mossbauer spectroscopy measurements of FeH_2

Daijo Ikuta* (Dept. Earth Sci., Tohoku Univ.), Eiji Ohtani (Dept. Earth Sci., Tohoku Univ.),
Naohisa Hirao (JASRI), Takaya Mitsui (QST), Satoshi Nakano (NIMS),
Hiroshi Uchiyama (JASRI), Satoshi Tsutsui (JASRI), Alfred Q. R. Baron (RIKEN)

The Earth's core has supposed to be constituted by iron-nickel alloys with some light elements such as sulfur, oxygen, carbon, silicon and hydrogen. Hydrogen is one of the most convincing candidates among those light elements. In Fe-H system, FeH_x ($0 \leqq x \leqq 1$) composition that takes bcc, fcc, and dhcp phases have been studied. Recently, FeH_2, FeH_3, and FeH_5 phases that contains much hydrogen were reported at high pressure conditions of the Earth's core. The physical properties of these high-pressure phases of Fe-H are important as the constituent of the Earth's core and giant planets that are composed mainly of hydrogen. However, the physical properties of these high-pressure phases of Fe-H compounds have not been measured yet. In this study, we report the sound velocity and magnetic property of FeH_2 that measured by inelastic x-ray scattering and Mossbauer spectroscopy, respectively.

地球核はニッケルを 10%前後含む鉄-ニッケル合金を主成分として、幾つかの軽元素を含んでいる構造と推定され、中でも水素は、地球核を構成する軽元素の有力な候補の一つと考えられている。

Fe-H 系においては、FeH_x 組成($0 \leqq x \leqq 1$)の bcc 相、fcc 相そして dhcp 相が知られていたが、近年 FeH_2 相、FeH_3 相、そして FeH_5 相等の水素を多く含有する相が、地球核に相当する高圧において報告されている。これらの Fe-H 系に出現する高圧相の物性は、地球核を構成している可能性のある物質としても、また、水素が大半を占めると考えられる木星型惑星の内部構成物質としても、地球惑星科学的に重要な情報である。しかしながら、これらの Fe-H 系の高圧相の音速や磁性等の物性については実験的な測定が存在しておらず、現状では未解明である。

本研究では、Fe-H 系における高圧相の FeH2 相の音速を非弾性 X 線散乱法によって、磁性をメスバウア分光法によって測定した結果を報告する。

Keywords: FeH_2, Sound velocity, Mossbauer spectroscopy, High pressure
*Corresponding author: dikuta@tohoku.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R3P-11

下部マントルに沈み込んだスラブ内レオロジー

東真太郎*（東工大, 九州大）， 野村龍一（京都大, 愛媛大）, 上杉健太朗（JASRI/SPring-8）, 西原遊, 土居峻太, 有本岳史, 入舩徹男（愛媛大）

Rheology of the subducted slab in the lower mantle

Shintaro Azuma*(Tokyo Tech. Kyushu Univ), Ryuichi Nomura (Kyoto Univ. Ehime Univ), Kentaro Uesugi(JASRI/SPring-8), Shunta Doi, Takeshi Arimoto, Tetsuo Irifune(Ehime Univ.)

1. Introduction

The rheological properties of lower-mantle materials are key to understanding the dynamics and evolution in the Earth's interior. However, the pressure range of deformation apparatuses which can achieve large strain is limited to ~30–40 GPa due to a technical reason. We developed the rotational diamond anvil cell (rDAC) which can conduct deformation experiments with large strain under ultra-high pressure conditions (~300 GPa), corresponding to those of core [Nomura et al., 2017; Azuma et al., 2018]. In this study, we conducted the deformation experiments of lower-mantle materials using the rDAC.

2. Experiments

In this study, the mixture of bridgmanite $(Mg,Fe)SiO_3$ and ferropericlase (Mg,Fe)O, which was synthesized from San Carlos olivine, was deformed under torsion geometry using the rDAC. The experimental conditions are ranging 26–130 GPa, 300–1073 K. Starting material was grooved by FIB and the groove was deposited by Pt as a strain-marker. Recovered samples were cut by FIB to observe the deformation microstructures in each cross-section. Deformation experiments were conducted at BL47XU, SPring-8 (Japan) and 3D visualization of strain marker within samples was performed every rotation angle of upper anvil of 5–30 degree using X-ray laminography technique [Nomura and Uesugi, 2016]. Stress was measured by collecting X-ray diffraction pattern at twelve different azimuthal angles, Ψ= 0º, ±30º, ±60º, ±90º, ±120º, ±150º, and 180º.

3. Results

The geometry of strain-marker in cross-section of deformed samples show nearly simple shear (or general shear). Deformed microstructure of recovered samples was observed using FE-SEM and we determined the 2D surface area of ferropericlase and aspect ratio of bridgmanite. The deformation microstructures of the recovered samples showed that ferropericlase highly deformed and formed an interconnected weak layer. On the other hand, the aspect ratio of bridgmanite did not change with the strain, indicating that bridgmanite has high viscosity compared with ferropericlase. These results imply that ferropericlase dominates the deformation in the regions where large shear strain occurs under relatively low-temperature conditions in the lower mantle (e.g., mantle portion in subducted slabs).

Stress in bridgmanite was estimated by using diffraction peaks (110) and (112). Equivalent stress of bridgmanite was higher than that of ferropericlase. Equivalent stress of ferropericlase is relatively constant with strain, whereas that of bridgmanite shows the strain weakening during experiments. This experiment was performed under relatively low-temperature (<1073K) and high-pressure conditions, thus the equivalent stress in bridgmanite and ferreopericlase was about three times higher than that in previous studies [e.g., Girard et al., 2016].

Key words: rDAC, bridgmanite, ferropericlase, lower mantle, rheology

*Corresponding author: shintaro.azuma@eps.sci.titech.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

一軸圧縮変形場におけるオリビン―スピネル相転移実験 剪断不安定化条件の解明へ向けて

森悠一郎*[1], 久保友明[1], 今村公裕[1], 山内幸子[1], 小泉早苗[2], 西原遊[3]
鈴木昭夫[4], 肥後祐司[5], 丹下慶範[5]
([1]九大理,[2]東大地震研, [3]愛媛大 GRC, [3]東北大理, [4]JASRI)

Olivine-Spinel transition under uniaxial deformation – the condition of shear instability

Y. Mori*[1], T. Kubo[1], M. Imamura[1], S. Yamauchi[1], S. Koizumi[2], Y. Nishihara[3], A. Suzuki[4], Y. Higo[5]
Y. Tange[5] ([1]Kyushu Univ.,[4]ERI, Tokyo Univ.,[3]GRC, Ehime Univ.,[3]Tohoku Univ.,[4]JASRI.)

1. はじめに

脆性-塑性転移を超えた深さ 300-700 km の深発地震には準安定オリビンの非平衡相転移が関連していると長年指摘されてきたが、そのメカニズムは未だわかっていない。我々は高温高圧下でオリビンの変形と相転移を同時に行って、その挙動を放射光その場観察した。また、acoustic emission(AE)測定からせん断不安定化が生じる条件を探っている。ここでは一軸圧縮変形場におけるフォルステライト及びファイヤライトの変形―相転移実験の予備的結果を報告する。

2. 実験方法

出発物質には、ファイヤライト(Fe_2SiO_4) 粉末およびフォルステライト(Mg_2SiO_4)多結晶体を用いた。前者では SPring-8 BL04B1 に設置の D-DIA 型高圧変形装置に MA6-6 型セルを、後者では KEK PF-AR NE7 設置の D-111 型装置に KAWAI 型セルを組み込んで、一軸圧縮変形場におけるオリビン－スピネル相転移実験を行った。ともに入射 X 線には 50-60 keV の放射光単色 X 線を用い、約 4-5 分毎に 2 次元 X 線回折とラジオグラフィー測定を行っている。

また、D-DIA 型装置を用いたファイヤライトの相転移実験では 6 個の 2 段目アンビルそれぞれの底面に圧電素子を貼付け、AE 活動のモニタリングを行っている。

両方の実験ともに、常温加圧後、低圧相の安定領域において焼きなましを行った。その後、高圧相の安定領域まで加圧し、上下アンビルを変位速度 200-400 μm/h で変形させながら一定速度で昇温し(0.1-0.2 K/s)、一軸圧縮変形場における相転移実験を行った。

3. 実験結果と考察

ファイヤライトを用いた実験ではまだ定量的な解析ができていないが、昇温変形中にスピネル相(ahrensite)が増えるにしたがい、試料付近からの AE が多数観測された。しかしこれまでの実験では変形開始の前段階でスピネル相がすでに出現しており相転移初期のプロセスが捉えられていない。今後はオリビンからスピネルが出現する初期段階にも注目し、過剰圧・昇温速度・変形速度に依存した剪断不安定化条件を探る予定である。

一方、フォルステライトの実験では、変形昇温中に 17-21 GPa, 1000-1200 °C の条件でスピネル相(ringwoodite)が出現し、過剰圧が大きいほど低温で相転移が開始する傾向が見られた。歪の時間進化(Fig. 1)を見ると、昇温前の歪速度が $6\times10^{-6}s^{-1}$～$2\times10^{-5}s^{-1}$ で、昇温後には $3\times10^{-5}s^{-1}$～$8\times10^{-5}s^{-1}$ に上昇しており、昇温もしくは相転移が変形を促進した可能性がある。

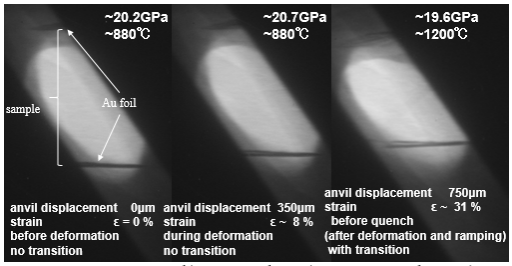


Fig.1 X-ray radiography images showing uniaxial deformation during the olivine-spinel transformation in Mg_2SiO_4.

両実験ともに、今後、オリビンおよびスピネル両相から応力を推定し、相転移や AE 発生にともなう応力変化を明らかにする。また、KAWAI 型セルに 8 個の圧電素子を取り付け D-111 型変形装置に組み込む準備を行っており、フォルステライトの変形相転移実験においても AE 測定を目指す。

Keywords: deep earthquake, olivine, transformation, deformation, acoustic emission
*Corresponding author: mori.yuichiro.727@s.kyushu-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

Fe-Ni-S-C 系の溶融関係と超深部起源ダイヤモンドの生成条件

伊丹　佑（岡山大・院自然），浦川　啓（岡山大・院自然）

Melting relations of the Fe-Ni-S-C system and the formation of superdeep diamonds

Yu Itami* (Okayama Uni. Sci.), Satoru Urakawa (Okayama Uni. Sci.)

天然に産するダイヤモンドの多くは深さ 150-200 km の上部マントル内で生成する。しかし，包有物の研究からより深いマントルに由来する超深部起源ダイヤモンドの存在も近年では多数報告されている。Smith et al.（2016）は，超深部起源ダイヤモンドの一つである CLIPPIR ダイヤモンドの包有物中に固化した Fe-Ni-S-C メルトを発見し，このダイヤモンドがマントル遷移層まで沈み込んだスラブの上面で鉄合金メルトから生成したと考えた。本研究ではマントル遷移層でのダイヤモンド生成条件を明らかにすることを目的として，Fe-Ni-S-C 系の高温高圧急冷実験を 15 GPa で行った。

高温高圧実験は川井型マルチアンビル装置を用い，15 GPa，900-1700 K の条件で行った。出発組成は深さ 450 km（15 GPa）のマントルに存在する合金の化学組成（Rohrbach and Schmidt, 2011）に基づき，Ni / (Ni+Fe) = 0.52（質量比）に固定している。急冷回収試料は研磨して組織観察と EPMA による定量化学分析を行った。また，ラマン分光法によりダイヤモンド同定を行った。

15 GPa では 1400 K 以上でダイヤモンドが Fe-Ni-S-C メルトと共存する。1400 K 未満では液相は炭化物[$(Fe,Ni)_3C$, $(Fe,Ni)_7C_3$]と共存する。ダイヤモンドと共存する液相の最大炭素溶解度は硫黄濃度の上昇に伴い減少するが，硫黄濃度が 12 wt.%を超えると増加に転じる。マントル中の炭素含有量を考慮すると，15 GPa ではダイヤモンドと共存する液相の硫黄濃度が約 5-15 wt.%の範囲にあるとき炭素が過飽和となり鉄合金メルトからダイヤモンドが析出する。

上部マントル（6, 8 GPa）では，ダイヤモンドと共存する液相の最大炭素溶解度は硫黄濃度の増加に伴い減少し続ける（Tsuno and Dasgpta, 2015）。つまり，液相の硫黄濃度が高いほどダイヤモンド生成は容易となる。一方，我々の結果はマントル遷移層ではダイヤモンド生成が容易となる硫黄濃度範囲が存在することを示す。深さ 450 km のマントルの温度は約 1700 K であり，一般的なマントル遷移層では Fe-Ni-S-C メルトからダイヤモンドが生成され得る。一方，沈み込んだスラブ上面の温度は 1700 K よりもかなり低いと考えられている。そのため，スラブ内では Fe-Ni-S-C メルトからのダイヤモンド生成は困難である。

Keywords: superdeep diamond, mantle transition zone, the Fe-Ni-S-C system

*Corresponding author: p7uf594q@s.okayama-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

ステアリン酸からのナノ多結晶ダイヤモンド合成とその微細組織観察

川村英彰*，大藤弘明（愛媛大 GRC）

Synthesis of nano-polycrystalline diamond (NPD) from stearic acid and characterization of its microtexture

Hideaki Kawamura*, Hiroaki Ohfuji (GRC, Ehime Univ.)

We performed a series of high-pressure and high-temperature experiments using multi-anvil apparatus and found that yellowish NPD-like diamond was obtained from a decomposition product of stearic acid under high pressure and high temperature conditions. Recovered samples was observed by TEM to characterize the microtexture of diamond synthesized from stearic acid. The formation temperature of this diamond is about 800℃ and significantly lower than that of previous NPD from graphite. Thus, its formation mechanism may be different from that by direct conversion of graphite.

1. はじめに

高温高圧下でのグラファイトからの直接変換によって合成されるナノ多結晶ダイヤモンド（NPD)（Irifune et al., 2003）は，優れた硬度と高い透光性を有することから様々な用途へ応用されている．最近，我々は出発物質にステアリン酸（$C_{18}H_{36}O_2$）を用いた場合，従来（12－25 GPa，2000－2500℃）よりも大幅に低温条件（800℃～）で黄褐色で透光性を有する NPD 様のダイヤモンドが生じることを偶然見出した．本研究では，このステアリン酸から合成される NPD 様ダイヤモンドの合成と，その微細組織・結晶学的特徴について報告する．

2. 実験手法

高圧実験には 2000 t マルチアンビル装置を使用し，出発物質としてステアリン酸あるいはステアリン酸とマグネサイトを層状に重ねて 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，800－1400℃で行い，回収試料の分析は顕微ラマン分光，微小部 XRD，SEM-EDS，TEM-EDS を用いて行った．TEM 観察のための薄膜断面試料の作成には FIB を使用した．

3. 結果と考察

ステアリン酸とマグネサイトを詰めた実験では，ステアリン酸封入側に透光性を有する黄褐色の物質が確認された．微小部 XRD 分析の結果，非常にブロードなダイヤモンドの回折線が観察され，極めて細粒で純粋なダイヤモンドより構成されることが分かった．この部分から FIB で作成した薄膜試料の TEM 観察を行ったところ，粒径<5～20 nm ほどのダイヤモンドで構成されることが明らかとなった．電子線回折ではスムーズなリングパターンを示すことから，ナノダイヤ粒子はランダムな方位で集合していると言える．

一方，ステアリン酸のみを出発物質とした場合，回収試料は白色でほとんど透光性を示さなかった．TEM 観察の結果，マグネサイトを共存させた実験の回収試料と同様に 20 nm 以下の極めて細粒なダイヤモンドよりなるが，0.2～10 μm ほどの空隙が多数含まれることが分かった．それらの空隙は，ステアリン酸が分解した際に生成すると考えられる H_2O や CH_4 などの揮発性成分が流体あるいは固体の形でダイヤモンドと共存していたことを示唆する．現在，低温条件におけるステアリン酸からのナノ多結晶ダイヤモンドの形成メカニズムの理解へ向けて更なる検討を行っている．

Keywords: Nano-Polycrystalline Diamond (NPD), High pressure, C-H-O fluid, TEM
*Corresponding author: kawamura@sci.ehime-u.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

R3P-15

$CaTiO_3$ペロブスカイトへのGa^{3+}の固溶について

永井隆哉*・大黒正貴・髙倉直樹（北大院理）
井上徹（広大院理），新名亨（愛媛大 GRC）

Incorporation of Ga^{3+} into $CaTiO_3$ perovskite

Takaya NAGAI*・Masaki OHGURO・Naoki TAKAKURA (Hokkaido Univ.)
Toru INOUE (Hiroshima Univ.), Toru SHINMEI (Ehime Univ.)

Incorporation of Ga^{3+} into $CaTiO_3$ perovskite at high pressure was investigated. Synthesis experiments at high pressures were performed at the GRC, Ehime University (This work was supported by the Joint Usage/Research Center PRIUS.). Incorporation of Ga^{3+} into $CaTiO_3$ perovskite occurs in the $CaTiO_3$-$CaGaO_{2.5}$ system. The system shows the eutectic relation and the eutectic temperature seems to be below 1200℃ even at 15 GPa. Solid solubility of the $CaGaO_{2.5}$ component in $CaTiO_3$ perovskite at 1200℃ is ca. 10 mol% at 1 atm, ca. 40 mol% at 5 GPa, ca. 20 mol% at 10 and 15 GPa. A large solubility of the $CaGaO_{2.5}$ component at 5 GPa may be related to the stability of $CaGaO_{2.5}$ phase with the brownmillerite-type structure.

我々は下部マントル鉱物学の重要な課題であるブリッジマナイトへの 3 価の陽イオンである Al の固溶の問題について，アナログ鉱物 $CaTiO_3$ ペロブスカイトを使ってアプローチを行っている。今回は，Ga^{3+}の固溶について報告する。

大気圧下での合成実験は，北海道大学で高温マッフル炉を用いて実施し，高圧下（5, 10, 15 GPa）では，PRIUS 共同利用研究のサポートの下，愛媛大学 GRC において川井型マルチアンビル式超高圧発生装置を用いて実施した。高圧実験におけるアンビルは TEL8 mm，圧媒体は一辺 14 mm のものを用いた。また，5, 10 GPa の実験ではグラファイト，15 GPa では $LaCrO_3$ をヒーター材として用いた。回収試料は，XRD と SEM-EDS 分析で評価を行った。

$CaTiO_3$ペロブスカイトへのGa^{3+}の固溶は，圧力によらずGa^{3+}がTi^{4+}を置換する様式，すなわち酸欠損を生じる $CaTiO_3$-$CaGaO_{2.5}$ 系として起こり，固溶相は直方晶系のペロブスカイト構造として説明可能であった。また，この系は共融関係にあり，共融温度は 15 GPa においても 1200℃ 以下であった。Ga^{3+}の固溶量の圧力変化は，$CaGaO_{2.5}$ 成分として，大気圧下では約 10 mol%であったが，5 GPa では約 40 mol%と急増した。しかし，さらに高圧下 10, 15 GPa では約 20 mol%と減少した。

今回の結果は，Ga^{3+}が大気圧下では 4 配位を好むこと，また，Ga^{3+}の半分が 6 配位，半分が 4 配位のブラウンミラライト型構造を持つ $CaGaO_{2.5}$ 相が大気圧下では存在しないこと，さらに，少なくとも 2.5 GPa 付近の圧力下では $CaGaO_{2.5}$ 相が安定となること（Kahlenberg & Shaw, 2001）などと関係しているかもしれない。すなわち，10, 15 GPa でGa^{3+}の固溶量が減少したことは，4 配位のGa^{3+}を有する $CaGaO_{2.5}$ 相がその圧力下では安定でなくなることを意味している可能性がある。

Keywords: $CaTiO_3$, $CaGaO_{2.5}$, perovskite, brownmillerite, solid solution
*Corresponding author: nagai@sci.hokudai.ac.jp

@Japan Association of Mineralogical Sciences.

各種委員会

2019年9月22日(日) 12:00 ~ 12:30 | 大講義室 Ia 大講義室

新鉱物・命名・分類委員会

12:00 ~ 12:30

新鉱物・命名・分類委員会

各種委員会

2019年9月22日(日) 12:00 ~ 12:30 | A-117 イースト1号館

研究発表優秀賞選考委員会

12:00 ~ 12:30

研究発表優秀賞選考委員会

クロージングセレモニー

2019年9月22日(日) 15:30 ~ 16:15 | 大講義室 Ia 大講義室

クロージングセレモニー

15:30 ~ 16:15

クロージングセレモニー

「ひすい」一般普及講演

2019年9月23日(月) 13:00 ~ 15:30 | 西新プラザ 九州大学

日本鉱物科学会一般普及講演「日本の国石・ひすい」 ひすい普及講演会ポスター
http://jams.la.coocan.jp/2019-Hisui-postar.pdf
日本鉱物科学会は社団法人化の記念事業の一環として、 2016 年の総会で「ひすい（ひすい輝石およびひすい輝石岩）」を国石として選定しました。知名度、美しさ、学術的重要性のほか、日本人との関わり、産地の継続性・持続性などの条件をクリアし、国のシンボルとして国石に選ばれたひすいは、どのようにして生まれ、どのようにして日本に根付いてきたのでしょうか。
プログラム
12:30　開場・受付
13:00 〜 15:30　講演会（途中休憩をはさみます）
国石ひすいの基礎知識　宮島　宏（フォッサマグナミュージアム）
国石ひすいのサイエンス（第一部）　辻森　樹（東北大学）
国石ひすいのサイエンス（第二部）　辻森　樹（東北大学）
国石ひすいと日本人　宮島　宏（フォッサマグナミュージアム）

講師紹介
宮島　宏
糸魚川信用組合　調査役
1957 年東京都生まれ。信州大学理学部地質学科で丹沢山地の花崗岩質岩、東北大学大学院理学研究科博士課程で伊豆半島東部の火山岩を研究。都立養護学校と高校の教諭を経て、糸魚川市教育委員会に転職。フォッサマグナミュージアムの開設と運営に関わり、ジオパークという言葉を造語。2019 年 3 月に退職し、現在は糸魚川信用組合で地域振興に当たる。糸魚川産の翡翠から糸魚川石などの新鉱物を発見し、新潟日報文化賞と日本鉱物学会櫻井賞を受賞。翡翠に関する著書多数。

辻森　樹
東北大学教授（東北アジア研究センター）
1972 年石川県山中温泉生まれ。1999 年金沢大学博士（理学）、地質学者。スタンフォード大学博士研究員、岡山大学助教・准教授などを歴任し2015 年より現職（理学研究科地学専攻を兼務）。原生代〜顕生代の高圧・超高圧変成岩の地質学と岩石学に基づき、プレート境界岩に記録されたプロセスと固体地球の経年変化を解明する研究を行っている。日本地質学会柵山賞（第一号）、アメリカ鉱物学会フェロー、アメリカ地質学会フェローなど受賞。2007 年よりアメリカ自然史博物館リサーチアソシエイト。

13:00 ~ 15:30
一般普及講演「日本の国石・ひすい」

見学会・巡検

2019年9月23日(月) 9:00 ~ 12:00 | 旧工学部本館 九州大学

見学会：九州大学「高標本」と工学部「列品室」

9:00 ~ 12:00

見学会：九州大学「高標本」と工学部「列品室」

見学会・巡検

2019年9月23日(月) 8:00 ~ 23:00 | 阿蘇巡検 阿蘇

巡検：阿蘇•九重地域の火山と地熱帯

【一泊二日】
9月23日(月)8時〜24日(火)18時

8:00 ~ 23:00

巡検：阿蘇•九重地域の火山と地熱帯