

口頭講演 | R7: 岩石・鉱物・鉱床 (資源地質学会 との共催 セッション)

■ 2023年9月14日(木) 14:45 ~ 16:30 | 会 822 杉本キャンパス

R7: 岩石・鉱物・鉱床 (資源地質学会 との共催 セッション)

座長: 秋澤 紀克(東京大学大気海洋研究所)、越後 拓也(秋田大学)

14:45 ~ 15:00

[R7-01] 熱水変質作用による有機物の分解: 北海道北見地域の浅熱水金鉱床を例として

國場 海里¹、*越後 拓也¹、渡辺 寧¹ (1. 秋田大学・国際資源)

15:00 ~ 15:15

[R7-02] 東松浦玄武岩の晶洞に産する淡青色セピオライトの呈色要因について

「発表賞エントリー」

*木尾 颯月¹、江島 輝美²、昆 慶明³、南澤 比佳理⁴、堀田 将臣⁴ (1. 信州大・院理、2. 信州大・理、3. 産総研、4. 信州大・工)

15:15 ~ 15:30

[R7-03] 海底火山活動地域に産する玉髓の形成過程1 宮城県奥松島地域

「発表賞エントリー」

*佐野 菜津子¹、宮本 毅²、栗林 貴弘¹、長瀬 敏郎³ (1. 東北大・院理、2. 東北大・東北アジア研セ、3. 東北大・総学博)

15:30 ~ 15:45

[R7-04] タヒチ島産マントル捕獲岩中の多環芳香族を含む包有物に対するX線吸収端近傍構造解析

「発表賞エントリー」

*三津川 到¹、三宅 亮¹、伊神 洋平¹、高橋 嘉夫²、山下 翔平³、河合 敬宏²、小木曾 哲¹、秋澤 紀克² (1. 京大、2. 東京大、3. 高エネルギー加速器研究機構)

15:45 ~ 16:00

[R7-05] ハワイ・ソルトレイククレーター産ザクロ石カンラン岩の再解析

*秋澤 紀克¹、石川 晃²、藤田 遼²、森下 知晃³、田村 明弘³、佐野 貴司⁴ (1. 東京大・大海研、2. 東工大・理、3. 金沢大・理工、4. 国立科学博物館)

16:00 ~ 16:15

[R7-06] ピストンシリンダー装置を使用した高圧グラニュライトのザクロ石かんらん岩に見られる多相固体包有物の均質化実験

*苗村 康輔¹、阿部 梨¹、小木曾 哲² (1. 岩手大・教育、2. 京都大・院人環)

16:15 ~ 16:30

[R7-07] フォトンカウンティングCTの岩石・結晶試料への応用: 原子量が高い元素を含む物質に着目して

石黒 歩¹、有元 誠^{1,3,4}、佐藤 大地¹、供田 崇弘¹、寺澤 慎祐⁵、塩田 諭⁵、*森下 知晃^{3,2} (1. 金沢大学・院自然、2. 海洋研究開発機構、3. 金沢大学・理工、4. 早稲田大学・理工、5. (株) プロテリアル)

[zoom] Zoom

熱水変質作用による有機物の分解：北海道北見地域の浅熱水金鉱床を例として

Decomposition of organic matter by hydrothermal alteration in epithermal Au deposit in Kitami area, Hokkaido, Japan

國場 海里¹、*越後 拓也¹、渡辺 寧¹

Misato Kuniba¹, *Takuya ECHIGO¹, Yasushi Watanabe¹

1. 秋田大学・国際資源

1. Internat. Resour. Sci., 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金銀鉱床が胚胎されており、近年活発に行われている試錐探査の結果、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(NH₄⁺)を含むカリ長石[(K, NH₄)AlSi₃O₈]が発見された。有機物に富む堆積岩と熱水が反応することによって堆積岩中の有機物が分解し、熱水の還元的な環境が維持されることは複数の先行研究で知られている。北見地域の浅熱水金鉱床の形成にも熱水変質作用による堆積岩中の有機物の分解が関与した可能性があるが、堆積岩由来の有機物が熱水変質作用を被った際にどのような条件下で分解あるいは構造変化するかはほとんど分かっていない。そこで本研究では、北海道北見地域の浅熱水金鉱床における有機物の分解と性質変化を明らかにすることを目的とし、同地域の隆尾鉱床で得られた試錐試料観察(Japan Gold社 IKDD22-007)、地表調査、薄片観察、XRD分析、赤外線分光(FTIR)分析、顕微ラマン分光分析、CHN元素分析を行った。コア観察および薄片観察の結果、深度30~95mは主に湖沼成堆積物、深度95~230mは主に珪長質な火砕岩および貫入岩、深度230~290mは主に黒色泥岩と岩相区分された。XRD分析の結果、熱水変質鉱物として石英・セリサイト・カリ長石・緑泥石が同定された。石英は全ての試料で普遍的に観察されたが、石英以外の特徴的な熱水変質鉱物としては、深度30~95mでセリサイト、深度95~230mでカリ長石、深度230~290mでセリサイトであった。顕微鏡観察ではいずれの深度でも炭質物が確認されたが、深度30~95mの試料はCHN分析による炭素濃度、FTIR分析によるN-H吸光度ともに深度95~230mおよび深度230~290mの試料よりも高く、N-Hを含む有機物が最も多く含まれていることが分かった。また、顕微ラマン分光分析で試料中の炭質物を分析した結果、グラファイト化の指標となるGバンド(1580 cm⁻¹)とDバンド(1360 cm⁻¹)のピーク強度比は全試料を通して有意な差はみられなかったが、レーザー光照射による蛍光強度を比べると、深度30~95mおよび深度230~290mの蛍光強度が深度95~230mよりも高いことが判明した。炭質物の蛍光強度は有機物の分解・熟成の程度に依存し、例えば続成作用においては150℃程度で有機物の蛍光がみられなくなる。深度30~95mおよび深度230~290mでセリサイト、深度95~230mでカリ長石が主な熱水変質鉱物として同定されたことは、深度95~230mにおける熱水の[K⁺]/[H⁺]が比較的高かったことを示す。また、バイオマスの分解に関する実験的研究によって熱水中のK⁺イオンが触媒として作用し有機物の分解と酸化(CO₂発生)を促進することが分かっており、K⁺に富む熱水が堆積岩中の有機物と反応した場合により多くの有機物が分解・酸化し、結果として熱水の還元的な環境が維持されると結論づけた。

キーワード：浅熱水金鉱床、有機物、熱水変質作用、粘土鉱物、ラマン分光分析

Keywords: epithermal gold deposit, organic matter, hydrothermal alteration, clay minerals, Raman spectroscopy

東松浦玄武岩の晶洞に産する淡青色セピオライトの呈色要因について

The coloration Factor of Pale Blue Sepiolite in amygdales in Higashimatsuura basalt from Kabeshima island, Saga Prefecture, SW Japan

*木尾 颯月¹、江島 輝美²、昆 慶明³、南澤 比佳理⁴、堀田 将臣⁴

*Satsuki Kio¹, Terumi Ezima², Yoshiaki Kon³, Hikari Minamisawa⁴, Masaomi Horita⁴

1. 信州大・院理、2. 信州大・理、3. 産総研、4. 信州大・工

1. Shinshu Univ. Sci., 2. Shinshu Univ. Sci., 3. GSJ, AIST, 4. Shinshu Univ. Eng.

佐賀県呼子町周辺に分布する東松浦玄武岩と呼ばれるアルカリ玄武岩には白色～淡緑色のセピオライトが産出し、石橋（1974）にて新産例として報告されている。呼子町の加部島には、石橋によってセピオライトの産出が報告された玄武岩と同一のフローユニット（無斑晶質玄武岩B2）（小林ほか、1955）が分布するが、加部島の玄武岩晶洞中に産するセピオライトは淡緑色でなく淡青色を呈する。セピオライトはFeやNiの遷移金属元素が含まれると緑色系統の色を呈色することが知られている（大塚ほか、1992）が、なぜ加部島でのみ他地域に産出しない淡青色のセピオライトが見られるのかについては未解明である。そこで、本研究では淡青色セピオライトの呈色要因を解明することを目的とした。本研究にはエネルギー分散型X線分析装置搭載の走査型電子顕微鏡および電界放出形電子プローブマイクロアナライザ、高分解能透過型電子顕微鏡、レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析装置（LA-ICP-MS）等の機材を用いた。

淡青色セピオライトが産する加部島のアルカリ玄武岩は岩石中に直径100-500 μm の楕円形の晶洞が存在する青灰色で緻密な岩石であり、100 μm 以下のかんらん石および斜長石の斑晶と斜長石、アルカリ長石、イルメナイトおよびチタノマグネタイトからなる基質から構成されている。母岩であるアルカリ玄武岩の特徴としては、斑晶が少なく、マントルおよび地殻由来の捕獲岩を含むことが挙げられる。加えて、極まれに1 μm 程度の黄銅鉱や離溶組織を有するクロム鉄鉱が存在する。二次鉱物としては、CoおよびNiを含有する濃青色のマンガン酸化物が見られる。

加部島のアルカリ玄武岩晶洞中に産する晶洞鉱物としては、セピオライトの他にイルメナイト、方解石、およびMn酸化物が認められる。セピオライトは長径20 μm 程度の半球状をしており、白色～淡青色を呈し、鉱物表面にはいずれも0.5 μm 以下の隙間を有する海綿状組織が存在する。また、晶洞断面を観察するとセピオライトは母岩を覆う黄褐色の緑泥石様鉱物をさらに覆うように産し、その厚さは5-10 μm である。淡青色セピオライトの主成分の割合は、 SiO_2 が46.48 wt.%, MgO が16.89 wt.%, Al_2O_3 が4.69 wt.%であり、LA-ICP-MSによる微量元素測定では遷移金属元素として、Mnが0.403 wt.%, Fe^{3+} が0.392 wt.%, Cuが0.145 wt.%, Tiが0.036 wt.%, Crが0.012 wt.%, Niが0.010 wt.%検出され、Zn, CoおよびVは0.01 wt.%以下であった。また、晶洞中の緑泥石様鉱物からセピオライトにかけて直線上に微量元素測定を行った結果、緑泥石様鉱物から晶洞中のセピオライトにかけてFeの含有量は減少し、Cuの含有量は増加する傾向が見られた。LA-ICPMSの微量元素測定の結果、遷移金属元素としてはMnとFeの含有量が高いが、レーザーの照射径は5 μm 程度であるため、得られた値は晶洞中に共生するFeの含有量の高い緑泥石様鉱物やMn酸化物が一部混ざった値である可能性がある。そこで、透過型電子顕微鏡を用いて晶洞中のセピオライトの微細領域において定性分析を行った。その結果、淡青色セピオライトのEDSスペクトル中にFeおよびMnのピークは検出されなかった。

以上の結果より、淡青色セピオライトに含まれる青色を呈する要因となる遷移金属元素としてはCuが最も多く含まれていることが分かった。セピオライトは重金属元素では特にCuを吸着しやすいことで知られており（Brigatti et. al., 2000）、6配位席のMgがCuと置換することも実験によって確認されている（北山ほか、1996）。Cuを含む粘土鉱物（アロフェン）が青色を呈することは知られており（Grundmann et. al.,

1990) , Cuがセピオライトの淡青色の呈色要因である可能性は高い。しかし, セピオライトにCuが吸着もしくは6配位席を置換した場合に, どのような色を呈色するかについての報告はないため, Cuを含むセピオライトが淡青色を呈するかどうかは今後検討が必要である。

キーワード : 加部島、セピオライト、銅、アルカリ玄武岩

Keywords: Kabeshima Island, sepiolite, copper, alkali basalt

海底火山活動地域に産する玉髓の形成過程1 宮城県奥松島地域

Formation process of chalcedony at subaqueous volcanism 1 Oku-Matsushima region, Japan

*佐野 菜津子¹、宮本 毅²、栗林 貴弘¹、長瀬 敏郎³

*Natsuko Sano¹, Tsuyoshi Miyamoto², Takahiro Kuribayashi¹, Toshiro Nagase³

1. 東北大・院理、2. 東北大・東北アジア研セ、3. 東北大・総学博

1. Tohoku Univ. Sci., 2. Tohoku Univ. CNEAS, 3. Tohoku Univ. Museum

【はじめに】

玉髓 (chalcedony) は微細な石英結晶の集合体からなり固有の組織をもつことから、その形成過程に関する結晶成長機構などの観点からの研究が多い (例えば, Flörke et al. 1982). 玉髓は凝灰岩や火山岩などの岩石中に広く産し、新第三紀中新世の岩石中に多い。玉髓の形成モデルとしては、海底噴出溶岩のクラックに流入した海水が溶岩により熱せられ、周囲の岩石からシリカ成分を溶かし出し、岩石のクラックに玉髓を沈殿させるといった、地下を循環した海水を起源とするモデルも考えられている (宮地ほか, 2003; 青木ほか, 2017)。しかし多くの研究は玉髓の組織を鉱物学的に解析した研究であり地質過程には焦点を当てておらず、溶液の起源について触れていないか、触れていたとしても地下から上昇した溶液を想定している場合がほとんどである (例えば, 清水・青木, 2001)。本研究では宮城県奥松島地域において、中新世の海底火山噴火に伴う玉髓の形成過程を地質学的に考察する。

【結果】

宮城県松島湾周辺域には、シルト岩層中に狭在する火砕流堆積物を主とした前期～中期中新世の松島層が分布する。石井ほか (1983) は松島層を岩相の違いから5つの部層 (Mt1層~Mt5層) に分けている。調査地域である奥松島地域には、凝灰角礫岩部層 (Mt3), シルト岩部層 (Mt4), 上部軽石凝灰岩部層 (Mt5) が広く存在する。地質調査の結果から、Mt3層は水中堆積の特徴を示し、Mt5層は軽石凝灰岩層と砂~シルト岩層の互層からなる浅海成の特徴を示す。Mt5層の分布する複数地点では軽石凝灰岩中のクラックにダイク状のシルトがみられ、クラスティックダイクであると考えられる。クラスティックダイクとは、地下水で飽和した未固結の地層が液状化現象により軽石凝灰岩のクラックに沿って上昇してできたダイク状のシルトである (成尾・小林, 1995)。この地域の軽石凝灰岩中に存在するクラスティックダイクの形成時期は、火砕流堆積物の冷却固結後である。

玉髓は、Mt5層が分布する地域のうち2地点 (乙女が浜, 大高森) でのみ確認される。大高森ではクラスティックダイクは存在せず、玉髓の脈のみが軽石凝灰岩中に存在する一方、乙女が浜ではクラスティックダイクに沿った玉髓の脈と、クラスティックダイクを伴わない玉髓の脈が存在する。クラスティックダイクに伴う玉髓の脈の詳細な産状としては、クラスティックダイクが一部途切れた部分にその空間を埋めるように存在するものや、クラスティックダイクと凝灰岩の間に存在するものがある。

乙女が浜の玉髓の薄片観察では、クラスティックダイクや軽石凝灰岩といった母岩の種類によらず玉髓の壁面にオパールが存在し、そこから繊維状の玉髓が伸長した組織が観察される。玉髓とクラスティックダイクとの境界付近では、玉髓の脈の内部にクラスティックダイク片があり、その周囲にオパールが存在し、そこから繊維状に伸長した玉髓の組織が観察される。このことから、クラスティックダイクの固結後に玉髓が形成されたと考えられる。

【考察】

乙女が浜ではクラスティックダイクに関連した玉髓の脈が確認されるが、大高森ではクラスティックダイクに伴っていない玉髓の脈のみが確認されることから、玉髓の形成にクラスティックダイクは必要不可欠ではないと考えられる。また、乙女が浜における玉髓の産状と薄片観察から、クラスティックダイクの固結後に玉髓が形成されたと考えられる。つまり、軽石凝灰岩中のクラックやクラスティックダイクは玉髓を形成した溶

液の通路としての役割を担っている可能性がある。玉髓を形成した溶液の起源は、マグマなどの熱源を考慮すると地下に求めることが容易である。そのためこれまでの研究では、地下を循環する溶液の上昇を想定するケースが多く、奥松島でも地下からの溶液の上昇を考えることも可能であるが、その場合には溶液の流入時期を特定することは困難である。Mt5層での地質調査の結果から、奥松島では乙女が浜よりも上位の層序で火砕流堆積物が繰り返し浅海に堆積していると考えられ、玉髓が産する層の上位に熱源の存在を仮定することも可能である。この時、火砕流堆積物が海水を敷き込んで熱する可能性がある（谷口，1996）。そこで生じた溶液が堆積面にあるクラスティックダイクやクラックなどの弱線を通じて下位に流入し、玉髓が形成したと考えることができる。以上のように火山噴火に伴って上位から溶液が流入するモデルを考察したが、海水の敷き込みや弱線の存在といった条件が揃った場合のみで玉髓が形成されたとすると、奥松島において玉髓の分布が限定的であることも整合的である。

キーワード：玉髓、海底火山活動、クラスティックダイク

Keywords: Chalcedony, Subaqueous volcanism, Clastic Dyke

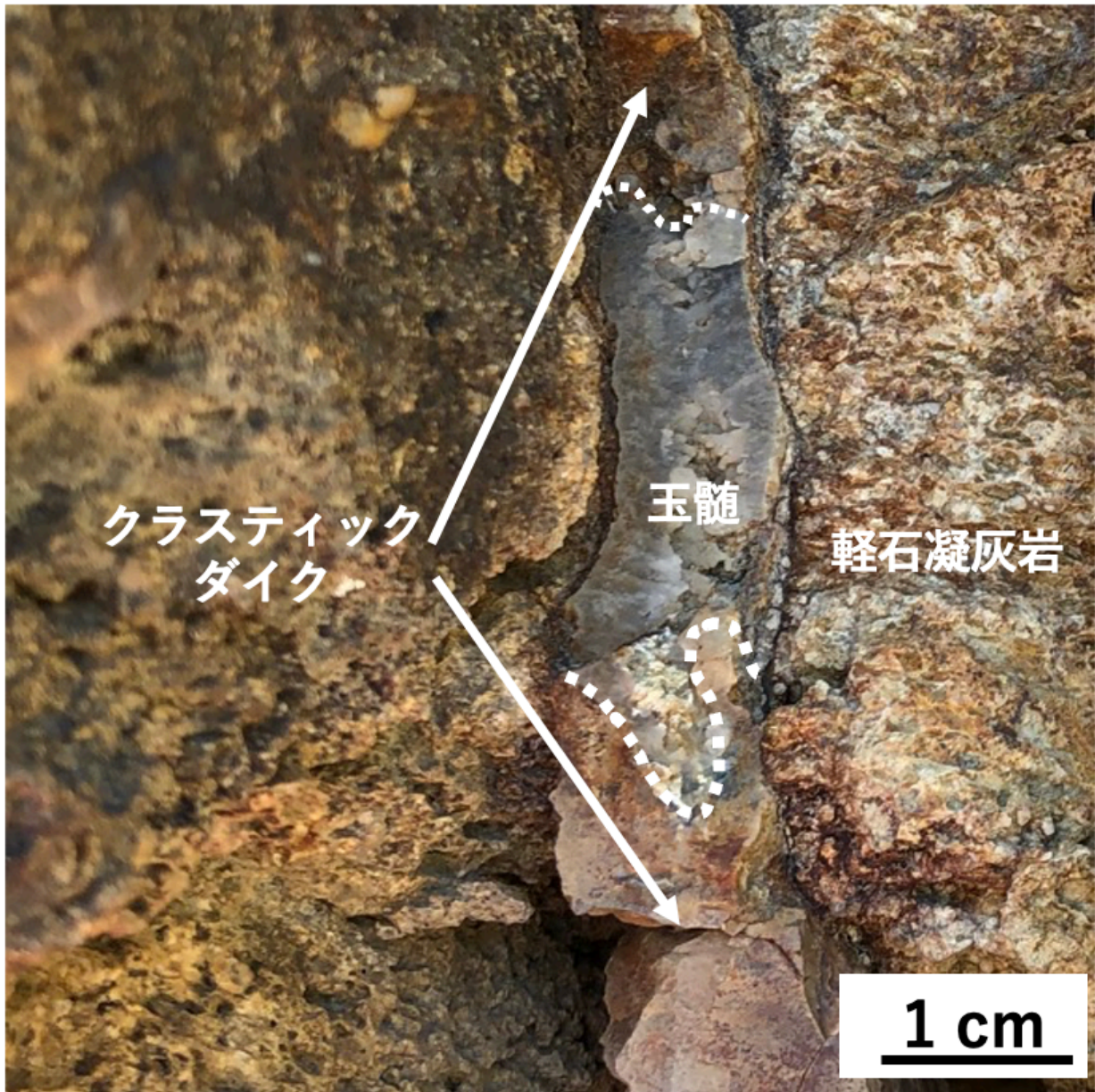


図1. 軽石凝灰岩の割れ目に存在する玉髄

タヒチ島産マントル捕獲岩中の多環芳香族を含む包有物に対するX線吸収端近傍構造解析

XANES analysis of inclusions containing polycyclic aromatic hydrocarbons in Tahitian mantle xenolith

*三津川 到¹、三宅 亮¹、伊神 洋平¹、高橋 嘉夫²、山下 翔平³、河合 敬宏²、小木曾 哲¹、秋澤 紀克²

*Itaru Mitsukawa¹, Akira Miyake¹, Yohei Igami¹, Yoshio Takahashi², Shohei Yamashita³, Takahiro Kawai², Tetsu Kogiso¹, Norikatsu Akizawa²

1. 京都大、2. 東京大、3. 高エネルギー加速器研究機構

1. Kyoto Univ. Sci., 2. Univ. Tokyo, 3. KEK

マントル中のC-O-H流体の種類を決定することは、地球内部での軽元素循環を理解する上で重要である。一般的に、マントル浅部 (< 100 km) では、水や二酸化炭素等の酸化された流体が分布している一方で、マントル深部 (> 100 km) においては、メタン等の還元された流体が増加すると考えられている[1]。また、実験やシミュレーション研究により、マントル内の高温高圧環境下ではメタンよりも分子量の大きい炭化水素が安定であると推定されている[2]。したがって、マントル内部では生物が関与することなく有機物が生成し、分布している可能性がある。しかし、天然のカンラン岩から有機物を見出した研究例はごく一部に限定されており (e.g., [3])、それらがマントル内で生物が関与せず生成された有機物であるかも不明である。

我々は、これまでにタヒチ島産のマントル捕獲岩中から有機物を含む列状包有物を発見した。列状包有物は単斜輝石中に分布しており、白金族鉱物、Fe-Ni-Cu硫化鉱物、珪酸塩ガラス、軽元素物質により構成される[4]。このうち軽元素物質に対してラマン分光分析を実施し、多環芳香族の分布を示すスペクトルを取得したが、包有物が微小であるために有機物の詳細な特徴が明らかになっていない[5]。そこで、本研究では、カンラン岩中に分布する有機物の特徴をより詳細に決定し、その形成過程を明らかにすることを目的としてX線吸収端近傍構造 (XANES) 解析を実施した。試料は、集束イオンビーム (FIB) 加工装置を使用し、有機物が分布していた単斜輝石中の列状包有物 (~数百 nm) を内部に含むように厚さ約500 nmの薄膜試料を作製した。このとき、包有物の一部は試料表面に露出したが、一部の包有物は完全に試料内部に包有されていることを走査型電子顕微鏡 (SEM) により確認した。また、透過型電子顕微鏡 (TEM) による観察の結果、列状包有物中には白金族鉱物、Fe-Ni-Cu硫化鉱物、珪酸塩ガラス、および軽元素物質が見られた。その後、放射光施設 Photon FactoryのビームラインBL-19Aにおいて走査透過型X線顕微鏡 (STXM) を用いてXANES解析を実施した。XANES解析は炭素 (280 - 310 eV)、酸素 (520 - 560 eV)、窒素 (390 - 415 eV) のK吸収端近傍のエネルギーで実施した。

炭素K吸収端付近での分析の結果、有機物を含むと考えられる軽元素物質領域からは285.2、287.5、290.9 eVにピークが見られた。このうち、285.2 eV付近のピークは全ての包有物から得られたが、287.5 eVと290.9 eVのピークは試料表面に露出していない包有物でのみ見られた。また、酸素K吸収端付近での分析の結果、試料表面に露出していない包有物でのみ534.2 eVと535.8 eVにピークが見られた。窒素K吸収端付近での分析では、有意なピークは見られなかった。

285.2 eVに見られたピークは表面に露出した包有物からも得られた。このピークはベンゼン環や炭素の二重結合に帰属されることから、固体として分布する多環芳香族に由来するものであると考えられる。一方で、287.5、290.9、534.2、535.8 eVのピークは試料表面に露出していない包有物からのみ得られており、包有物中の流体に由来することが示唆される。287.5 eVと534.2 eVのピーク、また、290.9 eVと535.8 eVのピークの特徴から、包有物中の流体は二酸化炭素と一酸化炭素の混合物である可能性が高い。287.5 eVのピークは脂肪族炭化水素からも得られることから、低分子量のアルカンが分布している可能性もある。したがって、有機物を含有する包有物内部では固体の多環芳香族と流体 (二酸化炭素、一酸化炭素、メタン等) が

共存していることが示唆される。実験的研究からは、C-O-H流体から多様な有機物が生成されることが示されているが、生成されるのは主に低分子量のアルカンであり[6]、今回の記載結果とは異なる。ホスト鉱物である輝石は多環芳香族生成反応において触媒として機能することが報告されており[7]、今回の多環芳香族生成に関与している可能性がある。

[1] McCollom, 2013, *Rev. in Mineral. Geochem.* [2] Kenney et al., 2002, *PNAS* [3] Sugisaki and Mimura, 1994, *Geochim. Cosmochim. Acta* [4] Akizawa et al., 2017, *Chem. Geol.* [5] Mitsukawa et al., 2022, *JAMS* [6] Sokol et al., 2019, *Phys. Earth Planet. Inter.* [7] Tian et al., 2013, *Phil. Trans. R. Soc. A*

キーワード：有機物、マントル、カンラン岩、多環芳香族、X線吸収端近傍構造解析

Keywords: Organic compounds, mantle, pridotite, polycyclic aromatic hydrocarbons, XANES

ハワイ・ソルトレイククレーター産ザクロ石カンラン岩の再解析

Re-investigation of garnet peridotite xenolith from Salt Lake Crater, Hawaii

*秋澤 紀克¹、石川 晃²、藤田 遼²、森下 知晃³、田村 明弘³、佐野 貴司⁴

*Norikatsu AKIZAWA¹, Akira Ishikawa², Ryo Fujita², Tomoaki Morishita³, Akihiro Tamura³, Takashi Sano⁴

1. 東京大・大海研、2. 東工大・理、3. 金沢大・理工、4. 国立科学博物館

1. Uni. Tokyo, AORI, 2. Tokyo Tech., School Sci., 3. Kanazawa Uni., College Sci. Eng., 4. Natl. Mus. Nat. Sci.

1.はじめに

海洋域で採取されるカンラン岩は海洋リソスフェア構成物質のアナログであり、その熱化学状態を明らかにすることができる有用な研究対象となる。特に、ザクロ石カンラン岩はスピネルカンラン岩よりも高圧（約60 km以深）由来であるため、深部海洋リソスフェアの物質的情報を引き出すのに重要となる。また、ザクロ石カンラン岩は正確に圧力推定ができるため、海洋リソスフェアの熱化学状態を明らかにする上で必須のマントル物質と言える。しかし、ザクロ石カンラン岩の出現頻度はスピネルカンラン岩に比べて圧倒的に少なく、海洋域ではほとんど報告されてこなかった。その少ない報告例のうちの1つが、Goto and Yokoyama (1988, *Lithos*, vol.21, 67-80)が記載した、ハワイのソルトレイククレーターにおいてネフェリナイト凝灰岩に含まれるザクロ石レールゾライトである。本研究では、Goto and Yokoyama (1988)が扱ったサンプルの中で、唯一ザクロ石を含むカンラン岩と記載されたサンプルの再解析を実施し、その鉱物組成や全岩科学組成を明らかにした上で岩石学的実態を明らかにする。

2.地質概説と岩石記載

ハワイのオアフ島は約90 Maの海洋リソスフェアに位置しており、その東側に位置するソルトレイククレーターからは、捕獲岩が報告されている。Goto and Yokoyama (1988)は80個の捕獲岩を報告し、その中から1つのザクロ石レールゾライトを見出した。このザクロ石レールゾライトはSL014と名付けられており、粗粒等粒状で最も大きい直方輝石は直径~8 mmであった。直方輝石と単斜輝石はそれぞれ単斜輝石と直方輝石のラメラを含んでおり、単斜輝石は直方輝石に比べて細粒であった（直径~数mm）。また、多形で細粒の（直径~1 mm）スピネルを含んでいた。Goto and Yokoyama (1988)は、SL014から直径~1 mmのザクロ石を報告しているが、我々が作成した薄片からは見つからなかった。その新たな薄片の鉱物モード組成はカンラン石60.7 vol.%、直方輝石20.4 vol.%、単斜輝石17.7 vol.%、スピネル1.2 vol.%と見積もられた。

3.鉱物化学組成

カンラン石、直方輝石、単斜輝石のMg# ($\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ 原子比)は約0.89、スピネルのCr# ($\text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al})$ 原子比)は0.1であり、一般的なレールゾライトと同様な鉱物化学組成を示した。Goto and Yokoyama (1988)が報告したSL014の全岩化学組成は Al_2O_3 やCaOに富んでおり（それぞれ、3.7 wt%, 3.4 wt%）、他のサンプルに比べて肥沃な組成であった。

4.議論

本研究で新たに作成したSL014の薄片からは、ザクロ石を見つけることができなかった。これは、サンプルの取り違えでザクロ石がないか、ザクロ石が局所的であるためと考えられる。Goto and Yokoyama (1988)が報告している鉱物化学組成と新たに分析し直した鉱物化学組成に違いは見られなかったため、前者の可能性は低いと推察する。一方で後者の可能性は、ザクロ石輝岩とカンラン岩の複合捕獲岩がソルトレイククレーターから多数報告されていることも考慮すると、最もらしいと考えられる。本研究の議論のためにはザクロ石が平衡にカンラン岩と存在するかどうかを鍵となるため、鉱物微量元素組成の測定や、全岩化学組成を用いたザクロ石/スピネルと他のカンラン岩構成鉱物との平衡関係を考察した上で議論を展開する。

キーワード：マントル、海洋リソスフェア、ザクロ石、カンラン岩

Keywords: Mantle, Oceanic lithosphere, Garnet, Peridotite

ピストンシリンダー装置を使用した高圧グラニューライトのザクロ石かんらん岩に見られる多相固体包有物の均質化実験

The preliminary results of piston cylinder experiments to homogenize multiphase solid inclusions observed in high pressure granulites and garnet-bearing peridotite in the Bohemian Massif

*苗村 康輔¹、阿部 梨¹、小木曾 哲²

*Kosuke NAEMURA¹, Rin Abe¹, Tetsu Kogiso²

1. 岩手大・教育、2. 京都大・院人環

1. Iwate Univ. Edu., 2. Kyoto Univ. Human Env.

現在のアルプスヒマラヤ山脈や古生代のパリスカン造山帯では造山運動後期に超カリウム質火山活動が生じている。カリウムの供給源は、沈み込んだ泥質変成岩が深部で部分融解した結果、白雲母が融解しカリウムに富むメルトが上盤側の上部マントルに付加されると予想される (Grassi and Schmidt, 2011, J. Petrol など)。その結果マントルウェッジに金雲母を含むかんらん岩が形成され、さらにそれが部分融解すると超ポタシク火山活動 (チェコ共和国に見られるドルバッハ岩やイタリアのカマフジャイト) が発生すると考えられてきた。このプロセスを定量的に理解するためには、まず沈み込んだ地殻物質や上部マントル由来の岩石に実際に見られるメルトの化学組成を把握する必要がある。高圧～超高压変成岩にはプレート収斂帯深部域-深度 50～200km-で発生したメルトや超臨界流体がザクロ石などの高圧鉱物中に捕獲されて産することがある。メルトや超臨界流体は上昇時に冷却し結晶化して、多相固体包有物を形成することが多い。近年、多相固体包有物からダイヤモンドが見つかったこともあり、それを復元して超臨界流体の組成復元を行う研究が行われている (例えば Borghini et al., 2019, JMG)。本研究ではパリスカン造山帯に見られる沈み込んだ大陸地殻とマントルウェッジかんらん岩に見られる多相固体包有物を研究することで、プレート収斂域深部で生じているメルトの化学組成を解明し、上述した問題の解明に寄与することを目指している。今回用いた研究試料はいずれもチェコ共和国・南ボヘミアから採取した。南ボヘミアでは数mから数kmサイズのザクロ石かんらん岩が花崗岩質グラニューライト中に取り込まれて産する。本研究では金雲母を含むザクロ石かんらん岩とグラニューライト中に見られるザクロ石単斜輝石岩を出発物質として、そこに見られる多相固体包有物を均質化する実験を行った。ザクロ石輝石岩はグラニューライトの一部として産出し、おもに単斜輝石、ザクロ石、黒雲母、燐灰石、カリ長石、石英で構成される。ザクロ石は斜方輝石+斜長石に分解し、単斜輝石は角閃石に分解している。ザクロ石中には石英、曹長石、カリ長石、黒雲母、燐灰石で構成された多相固体包有物が無数に存在する。ザクロ石かんらん岩はカンラン石、斜方輝石、ザクロ石、クロムスピネルと少量の単斜輝石で構成され、ザクロ石の大部分はスピネル+輝石へ分解している。多相固体包有物は粗粒なクロムスピネル中に包有されている (Naemura et al., 2018, Sci.Rep.)。多相固体包有物を均質化する実験を行うために、まずザクロ石輝石岩から数mmのザクロ石を分離して石英とともに、金カプセルに封入した。このとき、少量のギブズ石を加えたものと加えないものを用意し、加水と無水条件での対比実験を行った。つぎにピストンシリンダー装置を用いて3 GPa, 1000°Cの条件で24時間保ったのち、急冷させた試料を回収し電子顕微鏡で観察した。その結果、加水条件だとザクロ石が分解することが分かった。一方で無水条件では、多相固体包有物は均質化し、複数のメルト包有物を測定したところかなり均質な化学組成を持つことが明らかとなった: SiO_2 *=70—74 wt%, Al_2O_3 =12 wt%, MgO =0.3—2.0 wt%, CaO =1.1—1.8 wt%, K_2O =6.0—6.5 wt% (*の値はLOIを除いて規格化した値)。酸化物の総重量は80—87wt%だったため、メルト中の流体成分の質量は13—20 wt%に達すると推測される。次にザクロ石かんらん岩からクロムスピネル分離し、カンラン石と共に白金カプセルに入れて3 GPa, 1300°Cで約30分間保持させたのち急冷した。試料を電子顕微鏡で観察したところ、包有物一つ見つけることができた。多相包有物の大部分は均質化しているが、反射電子で見て色むらが見られた。また

ガラスと思われる部分は脆く、包有物には脱落による隙間が見られた。脱落による影響を最小にするために酸化物総重量が66–73wt%の分析値で見ると、包有物の化学組成は、 $\text{SiO}_2=10\text{--}18\text{ wt\%}$, $\text{Al}_2\text{O}_3\approx 4\text{--}6\text{ wt\%}$, $\text{MgO}=16\text{--}20\text{ wt\%}$, $\text{CaO}=13\text{--}17\text{ wt\%}$, $\text{K}_2\text{O}<0.1\text{ wt\%}$ のシリカに不飽和な化学組成のメルトが示唆される。以上のように、地殻物質とマントル物質のそれぞれに見られる多相固体包有物の均質化実験に成功した。今後、データを追加しレーザーICP-MSで微量分析を行うことで、プレート収斂域深部に存在するメルト化学組成のデータを追加し、造山運動後期の超ポタシク火山活動の定量的理解に繋がるデータを出していきたい。

キーワード：大陸衝突帯、ザクロ石かんらん岩、高圧グラニュライト、多相固体包有物、ピストンシリンダー
Keywords: Continental collision, garnet peridotite, high pressure granulite, multiphase solid inclusion, piston cylinder

フォトンカウンティングCTの岩石・結晶試料への応用：原子量が高い元素を含む物質に着目して

Application of photon-counting computed tomography to rocks/crystals containing heavy elements

石黒 歩¹、有元 誠^{1,3,4}、佐藤 大地¹、供田 崇弘¹、寺澤 慎祐⁵、塩田 諭⁵、*森下 知晃^{3,2}
Ayumi Ishiguro¹, Makoto Arimoto^{1,3,4}, Daichi Sato¹, Takahiro Tomoda¹, Shinsuke Terazawa⁵,
Satoshi Shiota⁵, *Tomoaki MORISHITA^{3,2}

1. 金沢大学・院自然、2. 海洋研究開発機構、3. 金沢大学・理工、4. 早稲田大学・理工、5. (株)プロテリアル

1. Kanazawa Univ. Nat. Sci., 2. JAMSTEC, 3. Kanazawa Univ. Sci.Engineer., 4. Waseda Univ. Sci. Engineer., 5. Proterial Ltd.

フォトンカウンティング・コンピュータ断層撮影 (Photon Counting Computed Tomography: 以下PC-CTと呼ぶ) は従来のCTで使用されている検出器 (エネルギー積分型X線検出器) とは異なるタイプの検出器 (エネルギー分解型X線検出器) を使用したCTである。この検出器を使うことによって検出器に入射する光子をエネルギーごとにカウントすることができる (Willeminck et.al., 2018)。これにより、X線の吸収の程度を表す線減弱係数のエネルギー依存性から、適切なエネルギー領域を選択することによるアーチファクトの軽減、画像コントラストの向上に加え、撮影対象の物質を同定し、その密度や濃度の分布を推定することなどが期待される。Kiji et al. (2020)では、ヨウ素とガドリニウムの混合造影剤に対して、PC-CT観察に基づき、その混合比を見積もることに成功し、CT画像の各画素を構成する物質の量比を可視化できることを示した。本研究チームでは、金沢大学で開発が進められているPC-CTを用いて、岩石・結晶試料の観察を行なっている。本発表では、X線CT撮影に用いる連続X線のエネルギー範囲内にK吸収端をもつ元素を含む物質に着目し、以下のような物質をPC-CTで観察を行った結果を報告する。使用した試料は、(1)プラチナ粉末と石英粉末を混合した試料、(2)石英粉末内に直径0.1 mmのプラチナワイヤーを埋めたもの、(3)タングステン粉末と石英粉末を混合したものの3種類を円柱容器に詰めたものを用意し、それらをCT撮影した。結果は、プラチナ、タングステンがそれぞれ固有にもつK吸収端を反映したデータを取得できたと考えている。この手法により、岩石中に含まれる重金属を含む結晶などについて、非破壊でその存在の有無を確認できることが期待される。参考文献：Kiji et al. (2020) DOI: 10.1016/j.nima.2020.164610; Willeminck et al. (2018) DOI: 10.1148/radiol.2018172656

キーワード：フォトンカウンティングCT

Keywords: Photon-counting computed tomography

口頭講演

R7：岩石・鉱物・鉱床 (資源地質学会 との共催 セッション)

座長:秋澤 紀克(東京大学大気海洋研究所)、越後 拓也(秋田大学)

2023年9月14日(木) 14:45 ~ 16:30 822 (杉本キャンパス)

[zoom]Zoom

Zoomはこちら