

ポスター | S2: 岩石-水相互作用 (スペシャルセッション)

■ 2023年9月15日(金) 12:00 ~ 14:00 | 83G,H,J 杉本キャンパス

S2: 岩石-水相互作用 (スペシャルセッション)

12:00 ~ 14:00

[S2P-01] 弾性波速度と比抵抗のジョイントモデルに基づく海洋地殻でのクラックや水質変成の変遷

*片山 郁夫¹、谷本 和優¹、赤松 祐哉² (1. 広島大学、2. 海洋研究開発機構)

12:00 ~ 14:00

[S2P-02] 愛媛県四国中央市浦山川に産するリスウェナイト及び蛇紋岩

*高垣 光¹、白勢 洋平¹ (1. 愛媛大・理)

12:00 ~ 14:00

[S2P-03] 愛媛県西部、頃時鼻超苦鉄質岩体の蛇紋岩類

「発表賞エントリー」

*城口 結衣¹、延寿 里美¹ (1. 愛媛大・院理工)

12:00 ~ 14:00

[S2P-04] マントルウェッジ起源超苦鉄質岩中の輝石仮像組織と化学組成

*和仁 拓望¹、市山 祐司¹、森下 知晃²、田村 明弘² (1. 千葉大学、2. 金沢大学)

12:00 ~ 14:00

[S2P-05] オマーンオフィオライトと西アルプスシュナイエ・ラゴネロオフィオライト蛇紋岩の多世代の炭酸塩脈中の流体包有物が記録する熱水流体

「発表賞エントリー」

*犬飼 知宏¹、川本 竜彦¹、影田 樹哉¹、田阪 美樹¹、谷内 元²、Kenneth Koga³、Estelle Rose-Koga³、Christian Nicollet⁴、Baptiste Debret⁵、Marguerite Godard⁶ (1. 静岡大学、2. 産業技術総合研究所、3. オルレア大学・CNRS、4. クレルモン・オーベルニュ大学・CNRS、5. パリ地球物理学研究所・CNRS、6. モンペリエ2大学・CNRS)

12:00 ~ 14:00

[S2P-06] 東南極セール・ロンダーネ山地メーニパに産する含V緑色グロッシュラーに伴う石墨の炭素同位体組成とCOH流体の起源

*河上 哲生¹、足立 達朗³、M Satish-Kumar²、東野 文子¹、宇野 正起⁴ (1. 京都大・院理、2. 新潟大・院自然、3. 九州大・院比文、4. 東北大・院環境)

弾性波速度と比抵抗のジョイントモデルに基づく海洋地殻でのクラックや水質変成の変遷

Crack and alteration changes in oceanic crust inferred from joint model of elastic-wave velocity and electrical resistivity

*片山 郁夫¹、谷本 和優¹、赤松 祐哉²

*Ikuo KATAYAMA¹, Kazumasa Tanimoto¹, Yuya Akamatsu²

1. 広島大学、2. 海洋研究開発機構

1. Hiroshima University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

地震波速度や電気比抵抗は岩石中のクラックの存在に敏感なのに加え、岩石の水質変成にも影響を受ける。我々のグループでは、実験室で地震波速度と電気比抵抗の同時測定を実施し、それらのジョイントモデルを弾性有効媒質理論とパーコレーション理論を組み合わせることで提案している (Akamatsu et al. 2023 JGR)。本研究では、オマーンオフィオライトの苦鉄質岩の弾性波速度と電気比抵抗の同時測定を静水圧下で200MPa (地殻深部圧力に相当) まで行い、本モデルの妥当性を検証したのでその結果を報告する。また、弾性波速度と比抵抗のジョイントモデルをHole 504Bの掘削データに適応し、海洋地殻内でのクラックの変化に加え水質変成の影響についても考察した。コスタリカ海嶺近傍で実施されたHole 504Bでは海底下1.8kmまで掘削され、深さとともに地震波速度が連続的に増加し、約1.2kmでその増加率が低下しほぼ横ばいとなる。地殻内の1.2km以浅の地震波速度が急激に増加する領域はLayer2に相当し、1.2km以深の速度変化が緩やかになった領域がLayer3に相当すると考えられている。一方、電気比抵抗はLayer2に位置する深さ0.6kmあたりから急激に増加し、1.2km以深ではほぼ一定となる。このような地震波速度と電気比抵抗の深さ変化の違いは、クラックの分布だけでは説明がつかない。地震波速度はクラックの密度や変質の程度に敏感であるのに対し、電気比抵抗はクラックの連結性に敏感な特徴を持つ。ジョイントモデルを適応すると、クラック密度は深さとともに連続的に低下するのに対し、クラックの連結性は深さ0.6kmあたりで急激に低下することが示唆される。また、地震波速度は岩石の水質変成にも影響を受けることを考慮し、モデルインバージョンからクラック密度と連結性に加え水質変成の程度を推定すると、浅部では著しく水質変成を被っているのに対し、深さ0.8kmあたりから変質の程度は急激に下がることが推察される。これはクラックの連結度が低下することで流体移動のフラックスが限定的になることと関係していると考えられる。

キーワード：地震波速度、電気比抵抗、海洋地殻

Keywords: Seismic velocity, Electrical resistivity, Oceanic crust

愛媛県四国中央市浦山川に産するリスウェナイト及び蛇紋岩

Listvenite and serpentinite from Urayama River, Shikokuchuo City, Ehime Prefecture, Japan

*高垣 光¹、白勢 洋平¹*Hikaru Takagaki¹, Yohei Shirose¹

1. 愛媛大・理

1. Ehime Univ. Sci.

【はじめに】リスウェナイトは蛇紋岩などの超苦鉄質岩及び苦鉄質岩の変質によって形成され、苦灰石や菱苦土石などの炭酸塩鉱物や石英を主とし、含クロム白雲母や硫化鉱物を伴うことを特徴とする緑色の岩石である。またリスウェナイトは剪断帯の中や近くに位置することが多い (Hall and Zhao, 1995)。日本では四国の中央構造線の活動に伴う剪断帯及び三波川帯の変成岩中から、蛇紋岩および泥質片岩が原岩と考えられるリスウェナイトなどが報告されている (皆川ほか, 2008; 白勢ほか, 2022)。本研究では愛媛県四国中央市浦山川の中央構造線の活動に伴う剪断帯より、蛇紋岩や泥質片岩が起源のリスウェナイト及び塊状の変質した蛇紋岩を見出したのでそれらの産状と鉱物学的な特徴、成因について報告する。

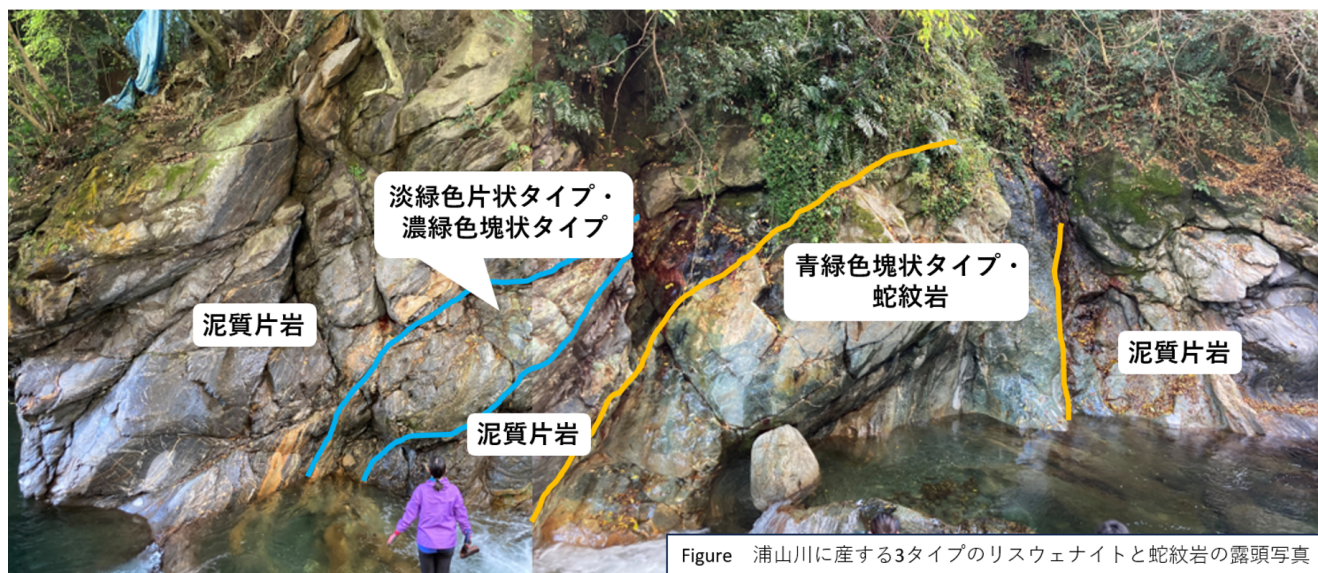
【産状・試料】中央構造線付近の浦山川には三波川変成帯に属する泥質片岩の剪断帯が分布している。剪断帯中に幅20 cm - 2 m程度の特徴の異なる3タイプの緑色の層状~塊状のリスウェナイトが共に産する。それぞれのリスウェナイトは下流から淡緑色で脆く片状、濃緑色で硬く塊状、青緑色で硬く塊状である (Figure)。いずれも緑色部には数mmの針ニッケル鉱などの硫化鉱物が含まれる。また青緑色の硬く塊状のリスウェナイトに伴って2 m程度の塊状の暗緑色の蛇紋岩が産する。【実験手法】観察、分析にはJEOL製走査型電子顕微鏡 (SEM) JSM-6510LV及びRIGAKU製粉末X線回折装置Ultima IVを用いた。

【結果・考察】分析の結果、3タイプのリスウェナイトはいずれも石英、菱苦土石、苦灰石を主とし、淡緑色片状リスウェナイトでは菱鉄鉱、含クロムカオリナイト、濃緑色塊状リスウェナイトではクロム鉄鉱、細粒の含クロム白雲母、青緑色塊状リスウェナイトでは菱鉄鉱、細粒の含クロムモンモリロナイトを含む。また、微量の針ニッケル鉱、ゲルスドルフ鉱、黄鉄鉱、輝コバルト鉱、チタン酸化物、ビオラル鉱が含まれる。淡緑色片状リスウェナイトは石英と菱苦土石、苦灰石による脈状の組織、濃緑色塊状リスウェナイトでは苦灰石脈、青緑色塊状リスウェナイトでは菱苦土石と苦灰石からなる炭酸塩脈が石英や菱苦土石を切るような組織が観察された。淡緑色片状リスウェナイト中の菱苦土石はコアとリムとで鉄の含有量に大きく差があり、コアでは0.09-0.12 (apfu)、リムでは0.40-0.45 (apfu) となり、リム部ではFe²⁺によるMgの置換が顕著である。淡緑色片状リスウェナイトの肉眼にて緑色が認められる部分では菱苦土石と苦灰石中に50~500 μmの含クロムカオリナイトが脈状に含まれる。濃緑色塊状リスウェナイトでは緑色部はブロック状で、細粒の石英の集合からなり、25 μm程度の含クロム白雲母が含まれる。青緑色塊状リスウェナイトは試料全体が緑色を呈しており、細粒の石英中に5 μm程度の含クロムモンモリロナイトが含まれる。塊状蛇紋岩はアンチゴライト、菱苦土石、苦灰石、石英を主とし、クロム鉄鉱、輝コバルト鉱、針ニッケル鉱、紅砒ニッケル鉱、ゲルスドルフ鉱を含む。またSEM観察の結果、アンチゴライトの化学組成は鉄を多く含み、0.26-0.31 (apfu) となる。苦灰石付近のアンチゴライト短冊状結晶は周縁部が菱苦土石に置換されていた。塊状蛇紋岩と濃緑色塊状リスウェナイトではクロム鉄鉱が含まれ、共にコアとリムとで組成差を有する。塊状蛇紋岩のクロム鉄鉱のコアではMg = 0.13-0.18, Al = 0.70-0.74, Fe³⁺ = 0.14-0.18 (apfu)、リムではMg = 0.02-0.03, Al = 0.15-0.26, Fe³⁺ = 0.71-0.78 (apfu) となる。濃緑色塊状リスウェナイトのクロム鉄鉱のコアではMg = 0.09-0.29, Al = 0.73-0.79, Fe³⁺ = 0.15-0.23 (apfu)、リムではMg = 0.02-0.03, Al = 0.15-0.26, Fe³⁺ = 0.63-0.81 (apfu) となる。リムはコアと比較するとMgとAlが少なく、Fe³⁺が多い。またリムはコアと比較すると、Tiがわずかに増加する。浦山川の3タイプのリスウェナイトはCa、COに富む流体との反応によって形成され、蛇紋岩のリスウェナイト化に伴い、Mg、Siに富む流体へと流体の組成が変化したと考えられる。クロ

ムを含む粘土鉱物の種類がいずれも異なり、変質した環境や時期が異なることが考えられる。また濃緑色塊状リスウェナイトと塊状蛇紋岩はいずれもクロム鉄鉱を含み、類似の化学組成と組織を有するため、起源を同じとする蛇紋岩が完全にリスウェナイト化したものとほとんど未変質の蛇紋岩が共に産していると考えられる。

キーワード：リスウェナイト、蛇紋岩、アンチゴライト、浦山川、クロム鉄鉱

Keywords: listvenite, serpentinite, antigorite, Urayama River, chromite



愛媛県西部、頃時鼻超苦鉄質岩体の蛇紋岩類

Serpentinites from the Udonohana ultramafic body, Western Ehime Prefecture, Japan.

*城口 結衣¹、延寿 里美¹*Yui Joguchi¹, Satomi Enju¹

1. 愛媛大・院理工

1. Ehime Univ. Sci. & Eng.

【はじめに】

蛇紋岩は超苦鉄質岩であるかんらん岩や輝岩が熱水変質をうけることで形成され、主にプレートの沈み込み帯や海嶺、海洋底に分布している。また蛇紋岩化作用に伴う反応として、蛇紋岩化過程を経験した熱水が斑レイ岩や玄武岩と反応することでロジン岩、CO流体との反応にて炭酸塩鉱物が形成される。

愛媛県八幡浜市の三瓶超苦鉄質岩体は東部の嶋山超苦鉄質岩体と西部の頃時鼻超苦鉄質岩体から構成され、島弧環境下で生成された様々な枯渇度を持つマグマから形成されたキュームレートの一部であったと考えられている(Ichihama 2015)。嶋山超苦鉄質岩体はダナイトやウェールライト、輝岩、頃時鼻超苦鉄質岩体はダナイトやウェールライト起源の蛇紋岩から構成される。頃時鼻超苦鉄質岩体は蛇紋岩化した後、400~500℃で脱水したといわれているが蛇紋岩化の過程やその多様性については明らかになっていない。本調査地域である頃時鼻海岸では頃時鼻超苦鉄質岩体と隣接する北部秩父帯の連続した露頭が見られ、蛇紋岩が広く分布している。本研究では蛇紋岩の多様性を明らかにし、それらの形成過程について考察を行う。

【研究手法】

調査地域における22地点で野外調査と観察できた岩相ごとに55サンプルの採取を行った。RIGAKU製 Ultima IVを使用して粉末X線回折実験(XRD)と、偏光顕微鏡にて組織観察を行った。また代表的な蛇紋岩の試料に関してはOxford製エネルギー分散型X線分析装置EDSを装着したJEOL製 走査型顕微鏡(SEM)JSM-6510LVを用いて分析を行った。

【結果・考察】

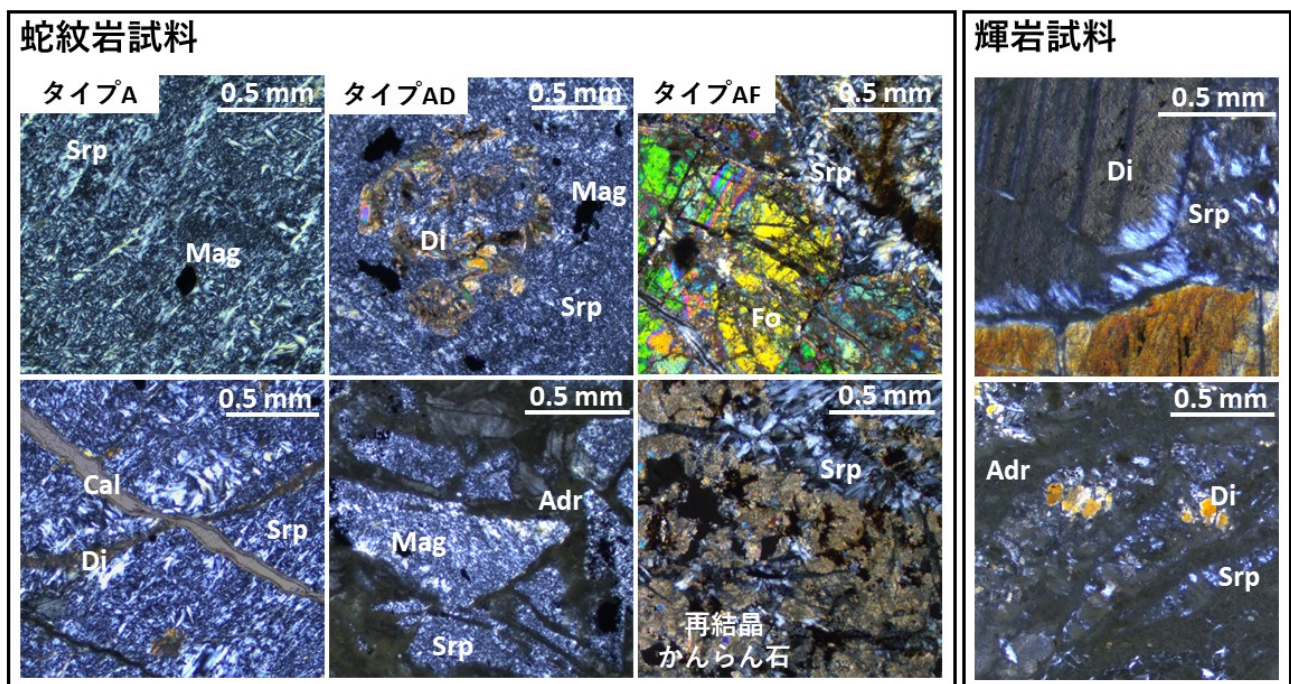
本調査地域では蛇紋岩が最も多く見られ、輝岩、ロジン岩、緑色片岩が共存している。蛇紋岩は片状と塊状のものが見られ、透輝石脈、灰鉄ザクロ石脈、炭酸塩鉱物脈、クロム鉄鉱脈を含む。輝岩は塊状~片状を呈しており、断面では粗粒な結晶の劈開が発達していた。輝岩の一部に灰鉄ザクロ石脈を含んでいた。蛇紋岩や透輝石脈は比較的全域に分布しているが、ロジン岩や緑色片岩、灰鉄ザクロ石脈は北部、輝岩、炭酸塩鉱物脈やクロム鉄鉱脈は南部で特に多く見られた。蛇紋岩試料を蛇紋石・苦土かんらん石・透輝石の含有量から3タイプに分類した。いずれのタイプでも蛇紋石のほとんどはアンチゴライトであり、一部の試料でクリノクリソタイルが見られた。タイプAは主にアンチゴライトから構成され、苦土かんらん石や透輝石を含まない。アンチゴライトは主に短冊状結晶として産し、タイプAのものが他の2タイプに比べ粗粒であった(図)。タイプADは主にアンチゴライトと少量の透輝石から構成される。透輝石は0.5mm~1.0mmの粗粒な結晶として産する。タイプADと輝岩は透輝石と蛇紋石の量比で区別しているが、両者の間には大きなギャップがあり中間的なものは見られなかった。タイプAFは主にアンチゴライトと苦土かんらん石から構成され、一部の試料は少量の透輝石を含む。苦土かんらん石は0.2mm~0.6mmの粗粒な結晶と細粒な再結晶かんらん石が見られた。本調査地域ではタイプA、タイプADは普遍的に分布しており、タイプAFは南部に分布していた。蛇紋岩はタイプごとに蛇紋石のFeの含有量や磁鉄鉱・クロム鉄鉱のコア部分のCrやAlの含有量に差が見られ、タイプAF、タイプAD、タイプAの順に蛇紋石中のFeが増加していた(0.03-0.06 apfu, 0.08-0.12 apfu, 0.22-0.28 apfu)。透輝石脈、炭酸塩鉱物脈は全てのタイプの蛇紋岩で観察され、灰鉄ザクロ石脈はタイプAとタイプAD、一部の輝岩、クロム鉄鉱脈はタイプAFでのみ見られた。透輝石脈と炭酸塩鉱物脈は比較的直線的な亀裂を充填するような産状を示したが、灰鉄ザクロ石脈は破碎された蛇紋岩の角礫の間を埋めるような産状であった。一部の試料

にて炭酸塩鉱物脈が透輝石脈や灰鉄ザクロ石脈を切っている様子が見られた。

タイプごとの蛇紋石の割合やその化学組成の傾向からタイプAFが最も変質の程度が弱く、タイプAとタイプADは強い変質を受けていると考えられる。タイプADと輝岩の蛇紋石の割合に大きなギャップがあることからタイプADは輝岩ではなくタイプAFのうち少量の透輝石を含むものが変質して形成された可能性が高い。これらのことから、調査地域における蛇紋岩と輝岩の原岩はダナイト～ダナイトよりのウェールライトと単斜輝石岩であり、透輝石よりも苦土かんらん石の方が優先的に蛇紋石へと変化したと考えられる。また脈の前後関係を示す組織などから、超苦鉄質岩が蛇紋岩化作用を受けたのちにCaに富む(あるいはロジン岩のようにCaの活動度が高い)流体によって透輝石脈、灰鉄ザクロ石脈が形成され、その後、COに富む流体によって炭酸塩鉱物脈が形成されたと考えられる。

キーワード：蛇紋岩、超苦鉄質岩

Keywords: serpentinite, ultramafic rocks



図：蛇紋岩と輝岩の偏光顕微鏡写真(クロスニコル)

Srp:蛇紋石 Mag:磁鉄鉱 Fo:苦土かんらん石 Di:透輝石 Adr:灰鉄ザクロ石 Cal:方解石

マントルウェッジ起源超苦鉄質岩中の輝石仮像組織と化学組成

Texture and chemical composition of pyroxene pseudomorphs in ultramafic rocks derived from mantle wedges

*和仁 拓望¹、市山 祐司¹、森下 知晃²、田村 明弘²

*Takumi Wani¹, Yuji Ichiyama¹, Tomoaki Morishita², Akihiro Tamura²

1. 千葉大学、2. 金沢大学

1. Chiba University, 2. Kanazawa University

マントルウェッジでは、スラブ起源流体の浸透とそれによる交代作用によって含水鉱物が形成され、Ca, Na, Kなどの流体移動元素がマントルウェッジ中に固定されると考えられる。含水鉱物のうち金雲母と角閃石は、アルカリ元素の貯蔵庫として、島弧のマグマ組成変化に関与するなど(Tatsumi, 1989)、沈み込み帯における元素移動・元素循環を解明する上で重要な含水鉱物である。キンバーライトに捕獲されたかんらん岩中には、メルトや流体による交代作用によって金雲母やクリヒター閃石が形成され(例えば、Aoki, 1975; Kargin et al., 2019)、幌満岩体やフィネロ岩体のようなアルプス型かんらん岩体からも、メルト/流体の交代作用によって金雲母が形成される(例えば、Zanetti et al., 1998; Arai and Takahashi, 1989)。また、早池峰・宮守オフィオライトからはメルト由来のKに富むホルンブレンドや金雲母(Ozawa, 1988)が含まれ、大江山オフィオライトのNaに富むトレモラ閃石はマントルウェッジにおけるNa, K交代作用を示唆する(町・石渡, 2010)。関東山地山中地溝帯には、黒瀬川帯相当の蛇紋岩が分布しており、古生代のマントルウェッジに由来すると考えられる(荒井・久田, 1991)。関東山地黒瀬川帯に産する蛇紋岩中には、金雲母と角閃石等で置き換えられた輝石仮像が含まれ、スラブ由来のH₂O流体による交代作用によって形成されたことが示唆される。本研究では、この黒瀬川帯蛇紋岩中の輝石の交代組織に着目し、古生代沈み込み帯マントルウェッジの交代作用について考察する。関東山地では、山中地溝帯の白亜紀堆積物の分布域に黒瀬川帯相当の小規模な超苦鉄質岩が存在する。超苦鉄質岩類はハルツバージャイト、ダナイト、単斜輝岩で、ダナイトと単斜輝岩はクロミタイト鉱床を伴って空間的に隣接して産する。いずれも様々な程度に蛇紋岩化し、蛇紋石鉱物としてアンチゴライトが卓越する。主要な変成鉱物はハルツバージャイト中の初生単斜輝石を置換するCa角閃石と初生直方輝石を置換するNaCa角閃石、金雲母、変成単斜輝石、変成かんらん石、アンチゴライトである。さらにモンチセリ石がアンチゴライトとともに初生/変成かんらん石を置き換えて形成される。輝石仮像中の金雲母とNaCa角閃石は高温蛇紋岩化に特徴的なアンチゴライト+鉄に富む変成かんらん石という鉱物組み合わせを伴うことから、500~600°C程度で後退変成作用によって形成されたと考えられる。ハルツバージャイトとダナイト中の初生かんらん石は、Mg#=0.89~0.92, NiO=0.33~0.51wt%とマントルかんらん石組成を示し、クロムスピネルのTiO₂量はハルツバージャイトで0.04~0.38 wt%, ダナイトで0.10~0.43 wt%, Cr# (=Cr/[Cr+Al])はハルツバージャイトで0.36~0.66 wt%, ダナイトで0.54~0.85 wt%を示す。輝石仮像内の鉱物のモードから計算した仮像の全体組成は初生直方輝石と比べSiO₂, MgOに乏しく、CaO, Na₂O, K₂Oに富む。ハルツバージャイト中の単斜輝石の微量元素パターンは、軽希土類元素に富み、NbやTiの負異常とCs, Rb, Baの正異常を示す。直方輝石は、Nbの負異常とCs, Pb, Srに正異常を示す微量元素パターンを示す。直方輝石仮像の微量元素パターンは直方輝石と比べ、同程度の重希土類元素濃度に対し、軽希土類元素(Laで10倍)とCs, Rb, Ba(それぞれ100倍)に著しく富む。金雲母の微量元素はフィネロかんらん岩体のメルト起源の金雲母と比べTiに著しく枯渇し、Csに富むことからH₂O流体による交代作用が示唆される。直方輝石を交代する類似の仮像組織は神居古潭帯鷹泊岩体とマリアナ弧コニカル海山に産する超苦鉄質岩からも確認される。構成鉱物はそれぞれNaCa角閃石(+金雲母)+変成単斜輝石+変成かんらん石+アンチゴライトと、NaCa角閃石+Kに富むNaCa角閃石+変成単斜輝石+タルク+アンチゴライトである。仮像鉱物のモード比から計算した仮像全体組成を比較すると、神居古潭帯は黒瀬川帯と比べCaO, K₂Oに乏しくNa₂Oに富み、コニカル海山はCaO, K₂Oに乏しい。ハルツバージャイトとダナイト中にモンチセリ石が形成されることから

黒瀬川帯の超苦鉄質岩に流入した流体は他地域と比べCa, Kに富むことが示唆される。このようなマントルウェッジ起源超苦鉄質岩中の異なる輝石の仮像鉱物は、スラブ脱水流体組成の違いに起因すると考えられる。黒瀬川帯の超苦鉄質岩には、Kに富むスラブ脱水流体が流入したと考えられ、このKに富む流体は、変堆積岩に含まれる雲母の分解反応に関連して形成された可能性がある。

キーワード：黒瀬川帯、マントルウェッジ、輝石仮像、リヒター閃石

Keywords: Kurosegawa Belt, Mantle wedge, Pyroxene pseudomorph, Richiterite

オマーンオフィオライトと西アルプスシュナイエ・ラゴネロオフィオライト蛇紋岩の多世代の炭酸塩脈中の流体包有物が記録する熱水流体

Fluid inclusions of multi-generational carbonated veins in serpentinite at Chenaillet ophiolite and Lago Nero ophiolite, Western Alps, and Oman ophiolite

*犬飼 知宏¹、川本 竜彦¹、影田 樹哉¹、田阪 美樹¹、谷内 元²、Kenneth Koga³、Estelle Rose-Koga³、Christian Nicollet⁴、Baptiste Debret⁵、Marguerite Godard⁶

*Tomohiro INUKAI¹、Tatsuhiko Kawamoto¹、Mikiya Kageta¹、Miki Tasaka¹、Hajime Taniuchi²、Kenneth Koga³、Estelle Rose-Koga³、Christian Nicollet⁴、Baptiste Debret⁵、Marguerite Godard⁶

1. 静岡大学、2. 産業技術総合研究所、3. オルレアン大学・CNRS、4. クレルモン・オーベルニュ大学・CNRS、5. パリ地球物理学研究所・CNRS、6. モンペリエ2大学・CNRS

1. Shizuoka University, 2. AIST, 3. Université Orléans, CNRS, 4. Université Clermont Auvergne, CNRS, 5. Institut de physique du globe de Paris, CNRS, 6. Université Montpellier 2, CNRS

炭酸塩鉱物は超苦鉄質岩がCOH流体と反応する際に結晶化する。そのため超苦鉄質岩は炭素の最も重要なリザーバーの一つであり、地球規模の炭素循環に大きな影響を与えている。浅部マントルウェッジの炭酸塩化はスロースリップ現象の原因とも考えられており、炭酸塩化の条件と流体の移動性は関心を集めている

(Okamoto et al., 2021)。蛇紋岩化と炭酸塩化は、海洋底熱水循環 (Kelly et al., 2001)、沈み込み帯 (Beinlich et al., 2020)、陸上での風化 (Kelemen et al., 2011) など、様々な環境で起こる。異なる環境で形成された炭酸塩化蛇紋岩 (オフィカーボネート) は、海洋リソスフェアの残骸であるオフィオライトに露出している。高速拡大海嶺で形成された海洋リソスフェアはペンローズ型の層状構造をとるが (Anonymous, 1972)、低速拡大海嶺で形成された海洋リソスフェアは斑レイ岩やマントルが海洋底に露出する海洋コアコンプレックスを形成する (Cann et al., 1997; Ohara et al., 2001)。海洋底熱水循環と沈み込み帯での超苦鉄質岩の炭酸塩化反応に違いがあるかもしれない。本講演では高速拡大海嶺で形成されたオマーンオフィオライトと低速拡大海嶺で形成された西アルプスのシュナイエオフィオライトとラゴネロオフィオライトに露出するオフィカーボネートに見られる多世代の炭酸塩脈中の流体包有物の分析結果を報告する。

オマーンオフィオライトのオフィカーボネートは炭酸塩の微量成分元素や酸素・炭素同位体比より海洋底 (Type 1)、衝上中 (Type 2)、衝上後 (Type 3) の異なる環境で形成された炭酸塩脈が蛇紋岩に貫入したと提案されている (Noël et al., 2018)。一方西アルプスのシュナイエオフィオライトのオフィカーボネートは角礫化した蛇紋岩を炭酸塩鉱物が埋める構造をしており、炭酸塩鉱物の大きな結晶や炭酸塩脈が一部の蛇紋岩の角礫中に形成されている (Lafay et al., 2017)。角礫中の炭酸塩結晶 (炭酸塩コア) と炭酸塩脈はデタッチメント断層に沿ってマントルが海洋底へ露出する過程で形成され、露出後に海洋底熱水循環によってマトリックス炭酸塩が形成されたと提案されている (Lafay et al., 2017)。ラゴネロオフィオライトのオフィカーボネートは枝状に分岐する炭酸塩脈が蛇紋岩に貫入した構造をしており、沈み込み時の変成を受けている。各炭酸塩脈中の流体包有物のマイクロサーモメトリーの結果は表、図a-lのとおりである。これらの炭酸塩脈中の流体包有物の塩濃度の結果から炭酸塩化を引き起こす流体を分類した。

(i) オマーンオフィオライトのType 1炭酸塩脈とシュナイエオフィオライトのマトリックス炭酸塩中の流体包有物は0-11 wt.% NaCl eq.の幅広い塩濃度をとる (図 a, i)。これは海水が沸騰して分離した水と水蒸気の混合を示唆しており (Kelly & Delaney, 1987)、海洋底の熱水循環によって形成されたという推定と整合的である (Noël et al., 2018; Lafay et al., 2017)。

(ii) オマーンオフィオライトのType 2炭酸塩脈中の大きなカルサイト中の流体包有物のほとんどが0-1 wt.% NaCl eq.の真水に近い塩濃度をとる (図 c)。これは天水の浸透によって形成されたと考えられる。しかし、間

を埋める微小なドロマイトに接している大きなカルサイトの中には4 wt.% NaCl eq.を超える流体包有物もあり、天水の浸透後に沈み込み帯流体が混合した可能性がある。Type 2 炭酸塩脈の微小ドロマイト中にも0-1 wt.% NaCl eq.の流体包有物と3.5 wt.% NaCl eq.を超える流体包有物が観察され(図 e)、前者は天水、後者は沈み込み帯流体由来であると考えられる。

(iii) シュナイエオフィオライトの炭酸塩コア、ラゴネロオフィオライトの枝状炭酸塩脈には4-6 wt.% NaCl eq.の塩濃度の流体包有物が見られる(図 g, k)。これは塩素を含まない蛇紋岩が海水(3.5 wt.% NaCl eq.)を吸収することによって、相対的に塩濃度が高くなった流体が炭酸塩鉱物を形成したと考えられる(Debure et al., 2019)。このプロセスは、沈み込み帯流体の多くが5 wt.% NaCl eq.を持つことと関連しているかもしれない(Kawamoto et al. 2018; Joachim-Mrosko et al., 2022)。

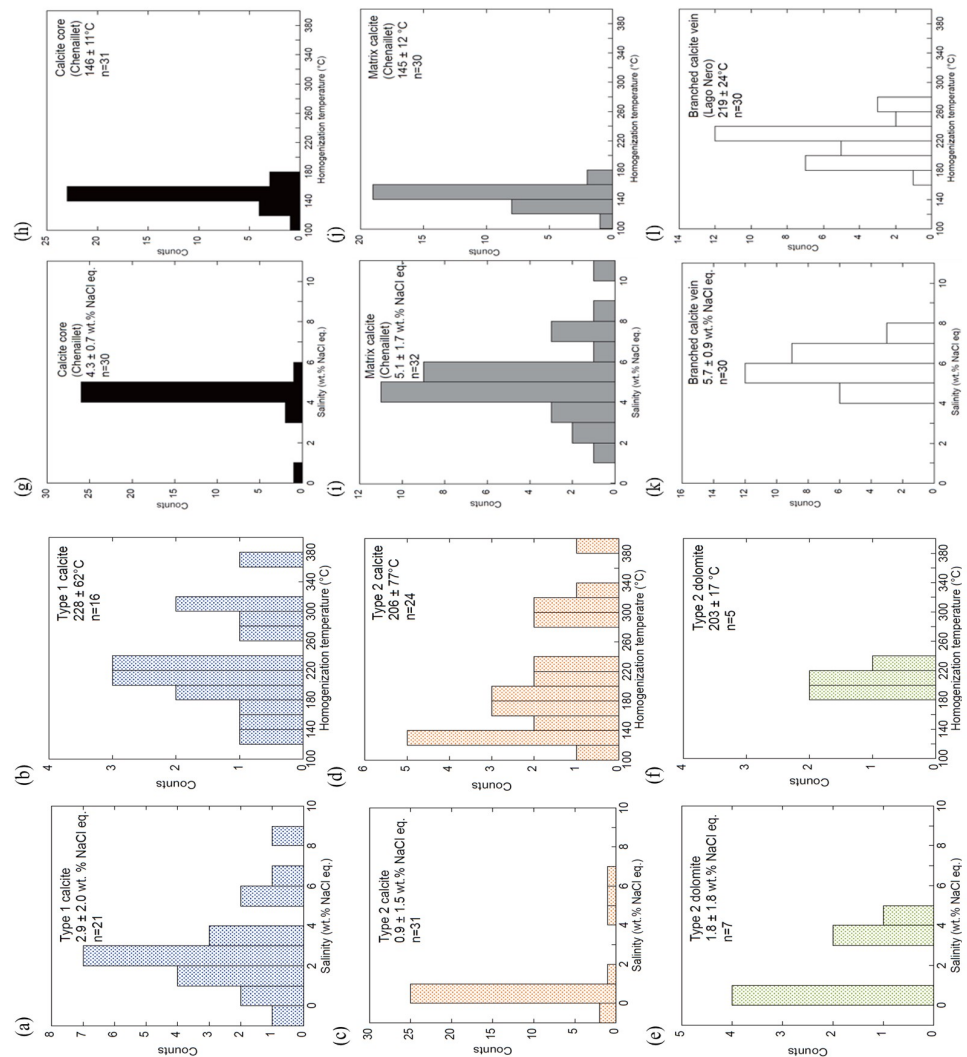
なお、オマーンオフィオライトの炭酸塩脈は10-100°Cの低温で形成されたと提案されているが(Noël et al., 2018)、流体包有物の均質化温度はそれよりも高温を示した(図 b, d, f)。そのため海洋底での熱水環境で形成されたことを提案する。

キーワード：オフィカーボネート、流体包有物、塩濃度、均質化温度、熱水流体

Keywords: ophicarbonatite, fluid inclusion, salinity, homogenization temperature, hydrothermal fluid

	Type 1 炭酸塩脈 (Oman)	Type 2 カルサイト (Oman)	Type 2 ドロマイト (Oman)	炭酸塩コア (Chenaillet)	マトリックス炭酸塩 (Chenaillet)	枝状炭酸塩脈 (Lago Nero)
塩濃度 (wt.% NaCl eq.)	2.9 ± 2.0	0.9 ± 1.5	1.8 ± 1.8	4.3 ± 0.7	5.1 ± 1.7	5.7 ± 0.9
均質化温度 (°C)	228 ± 62	206 ± 77	203 ± 17	146 ± 11	145 ± 12	219 ± 24

表：マイクログラフメトリの結果



図：マイクログラフメトリの結果

東南極セール・ロンダーネ山地メーニパに産する含V緑色グロッシュラーに伴う石墨の炭素同位体組成とCOH流体の起源

C-isotope composition of graphite associated with green V-bearing grossular and origin of COH fluid from Menipa, Sør Rondane Mountains, East Antarctica

*河上 哲生¹、足立 達朗³、M Satish-Kumar²、東野 文子¹、宇野 正起⁴

*Tetsuo KAWAKAMI¹, Tasuro Adachi³, Satish-Kumar M.², Fumiko Higashino¹, Masaoki Uno⁴

1. 京都大・院理、2. 新潟大・院自然、3. 九州大・院比文、4. 東北大・院環境

1. Kyoto Univ. Sci., 2. Niigata Univ. Sci., 3. Kyushu Univ. Soc., 4. Tohoku Univ. Env.

東南極セール・ロンダーネ山地には6.5-5.0億年前に下部地殻深度で形成された高度変成岩類や10億年前～同時代にかけての火成岩類が露出している。同地域は見かけ上、東アフリカ造山帯とクンガ造山帯が交差する場所に位置しており、 Gondwana大陸形成時のテクトニクスを理解するうえで重要な地域である。また、同山地には広く地殻流体活動が記録された岩石が分布しており、衝突帯中～下部地殻における流体活動の研究に最適な地域でもある。同山地はMain Tectonic Boundary (MTB)と名付けられた構造境界によって、NEテレーンとSWテレーンに区分され、前者を構成する変成岩類は650-530 Maの変成時に時計回りの温度-圧力-時間 ($P-T-t$) 履歴を示すのに対し、後者を構成する変成岩類は反時計回りに $P-T-t$ 履歴を示すとされてきた。Kawakami et al. (2022)はSWテレーンに属するメーニパ地域の珪線石-黒雲母-ザクロ石片麻岩から時計回りの $P-T-t$ 履歴を報告し、約600-560 Maにかけてザクロ石を形成する昇温期変成があり、約560 Maに1.0 GPa, 800 °C程度の最高変成条件を達成したことを明らかにした。また、含石墨珪線石-黒雲母片麻岩に含まれる含V緑色グロッシュラーのU-Pb年代測定から、緑色グロッシュラーが約590 Maに形成されたことを明らかにした。さらに、緑色グロッシュラーのリムに発達するシンプレクタイト

(An+V-Cpx+V-Grt+V-Ttn+V-Zoi+Qz+Ap+V-Ti-Fe oxide+Pyh+Py+Cal) 中のチタン石のU-Pb年代測定から、約550 Maに減圧に伴うザクロ石分解を経験したことを明らかにした。含石墨珪線石-黒雲母片麻岩には、稀に直径10 cmに達する緑色グロッシュラーが産し、その周囲には石英からなる殻を伴うことがある。その石英中には CO_2+CH_4 を含む流体包有物が存在している。このため、緑色グロッシュラーの粗粒化には流体活動が関与した可能性がある。また、緑色グロッシュラーの周囲の面構造に調和的なプレッシャーシャドウの形状をしているシンプレクタイトが見つかった。このことは、シンプレクタイトの形成同時ないしはその後に、Sil+Btの鉱物配列によって定義されるマトリクスの面構造が形成されたことを示す。シンプレクタイトの最外縁部は内部より粗粒であり、粗粒な石墨を伴う。この石墨のC同位体組成を測定したところ $\delta^{13}C=-24.74\pm 0.01$ であった。これは生物起源と言ってよい低い値である (e.g., Luque et al., 2012)。緑色グロッシュラー内のクラックに沿ってもシンプレクタイトが形成されており、その延長上には直線的で周囲に比して高V濃度をもつグロッシュラー部分として認識されるヒールドクラックが見られる。またヒールドクラックに沿って、方解石の包有物が見られる。従って、シンプレクタイト化時にCOH流体の流入が起きたと考えられる。クラックに沿って発達したシンプレクタイト中にも稀に石墨を産することから、減圧期に流入したCOH流体から石墨の一部が再結晶化したことがわかる。また、石墨を伴うシンプレクタイト最外縁部の粗粒化にも、同流体が寄与したと考えられる。Vの濃集には還元的な環境が必要であることから、含石墨珪線石-黒雲母片麻岩は原岩の時点から炭質物に富んでいた可能性が高い。従ってCOH流体は、含石墨珪線石-黒雲母片麻岩中の石墨と H_2O 流体が反応して生じた可能性が高い。

キーワード：大陸衝突帯、COH流体、変成作用、石墨、炭素同位体組成

Keywords: Continental collision zone, COH fluid, metamorphism, graphite, C-isotope composition