

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：11301

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(A））

研究期間：2019～2022

課題番号：18KK0376

研究課題名（和文）ナノ構造観察に基づく岩石-流体反応のマルチスケールモデルの構築

研究課題名（英文）Multi-scale modeling of water-fluid reactions based on observations on nano structures

研究代表者

岡本 敦（Okamoto, Atsushi）

東北大学・環境科学研究科・教授

研究者番号：40422092

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,000,000円

渡航期間：0.5ヶ月

研究成果の概要（和文）：岩石-流体系の物質移動を伴う反応は、ナノスケールからマクロなスケールまでの特徴的な構造を残す。本課題では、ユトレヒト大学およびカールスルーエ工科大学との共同研究により、天然、および室内実験の水熱反応の生成物の詳細な解析を行った。黒鉱鉱床中に珍しい球状黄鉄鉱粒子を見出し、結晶方位解析から海底熱水噴出孔で浮遊しながら成長したことを明らかにした。海洋底や沈み込み帯での蛇紋岩化・緑泥石化作用に伴う空隙形成の重要性を明らかにした。また、亀裂中の流体流動に伴う石英粒子の成長メカニズム、基盤の影響について明らかにした。さらに、ユトレヒト大学での研究集会を共同開催するなど国際的なネットワークを広げている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本課題では、ナノスケールの岩石解析の中心地であるユトレヒト大と共同研究により、様々な岩石-流体反応の組織解析を行った。黒鉱鉱床の球状黄鉄鉱から熱水噴出孔で浮遊しながら粒子が成長する描像を明らかにし、実験的にも急激な過飽和でのシリカ粒子の形成過程を明らかにし、急激な過飽和状態での鉱物粒子形成の理解を大きく進めた。また、熱水変質により、自己促進的に微細な空隙を形成して、その水道を使って反応が進行する描像を天然と実験から明らかにしている。岩石-流体反応による自発的な構造形成は地球内部の反応プロセスの理解のみならず、鉱床形成、地熱開発、地震と流体の関係などの理解に大きく貢献している。

研究成果の概要（英文）：Reactions involving mass transfer in rock-fluid systems produce characteristic structures ranging from the nanoscale to the macroscopic scale. In this project, in collaboration with Utrecht University and Karlsruhe Institute of Technology, the products of hydrothermal reactions in natural and laboratory experiments were analyzed in detail. Unusual spherical pyrite particles were found in black ore deposits, and crystal orientation analysis revealed that they grew dynamically while floating in submarine hydrothermal vents. The importance of micropores formation associated with hydrothermal alteration such as serpentinization and chloritization on the seafloor and in subduction zones was clarified. The growth mechanism of quartz particles via metastable phases in fluid flow along fractures and the influence of the basement were also clarified. Through this project, an international network has been expanded by co-organizing a research meeting at Utrecht University.

研究分野：岩石学

キーワード：岩石-流体相互作用 岩石組織 水熱実験 ナノスケール 熱水鉱床 シリカ 蛇紋岩 空隙

様式 F - 19 - 2

1. 研究開始当初の背景

(1) 沈み込み帯や地殻において、流体は物質やエネルギーの移動を劇的に促進し、地震発生、火成活動、鉱床形成、地熱資源の形成など私たち人間社会にも多大な影響を与える短期的な地球科学現象を支配する。この流体の発生・移動プロセスを理解するためには、従来の相平衡論の枠組みを超えて、ダイナミックな岩石反応プロセスそのものにアプローチする新しい岩石学が求められている。基課題（基盤研究(B) 17H02981）において、沈み込み帯の変成岩の結晶サイズ分布などの「反応組織」に着目し、超臨界水熱反応実験と合わせながら、流体を介した脱水反応、加水反応、鉱物脈形成などの岩石形成のダイナミクスの抽出を進めていた。一方、近年、ヨーロッパのグループは、最先端装置による岩石中の流体反応によって生成する「ナノスケールの空隙」を発見し、大規模な地殻流体流動を支配する新たなメカニズムの可能性を示唆した (Plümpert et al. 2016 など)。

(2) 以上を踏まえ、天然および実験による岩石-流体反応の生成物について、ユトレヒト大やカールスルーエ工科大学のグループの持つ最先端の微細構造解析技術を適用する国際共同研究を構想した。

2. 研究の目的

(1) 上述のように、近年、変質した花崗岩においてナノスケールの空隙が発見され、反応に起因した地殻内流体流動の新しい描像が示唆された (Plümpert et al., 2016 など)。しかし、沈み込み帯や下部地殻、マントルにおける様々な条件でのその普遍性は明らかではない。本課題では、ユトレヒト大学の Plümpert 博士と共同研究を進めながら、最新の装置を用いて天然の変成岩、蛇紋岩、熱水実験生成物などのナノスケールの反応組織と空隙構造の解析を進め、脱水・加水反応、鉱物脈形成と流体の移動のプロセスの関係性をミクロな視点から明らかにする。その上で、ナノスケールからマクロへとつながる岩石-流体反応の階層的な構造を描き出すことを目指す。

3. 研究の方法

(1) 地殻やマントル条件の様々な岩石-流体反応の試料を解析対象とする。大きく分けて、以下の4つである。1. 沈み込み帯の変成岩（三波川変成帯、チャンドマンエクロジャイト）、2. 海洋底及びマントルウェッジ蛇紋岩（オマーン、ハンターシェルフオフィオライト）、3. 地殻の接触変成岩（南部北上金華山変成岩類）、4. 熱水条件下での岩石-水反応実験による反応物（シリカの析出、玄武岩または蛇紋岩の変質実験）である。試料の準備は、東北大にて進める。

(2) ユトレヒト大学では、これらの岩石試料に対して、集束イオンビーム走査型電子顕微鏡システム (FIB-SEM) を用いて、ナノスケール空隙の3次元形状と連結性を評価する。また、高解像度 X 線 CT (解像度 500nm) を用いて3次元鉱物分布を取得し、フィールドエミッション電子プローブ顕微鏡 (FEEDMA)、電子線後方散乱回折 (EBSD) によって、微小領域での化学組成と結晶構造解析を行うことで、これまで「見えなかった」変成反応の素過程を描き出す。地球内部における対照的な形成場（地殻、マントル、沈み込み帯、水熱実験）と反応のタイプ（脱水 vs. 加水、体積収縮 vs. 膨張）を系統的に調べて比較することにより、変成反応、変質反応において、ナノ空隙が普遍的に形成されるのかを検証し、その系統性と特徴を明らかにする。ユトレヒト大学の Plümpert 博士は、集束イオンビーム走査型電子顕微鏡システム (FIB-SEM) による試料準備、透過型電子顕微鏡による解析と EBSD による解析を行っていただく。カールスルーエ工科大学の Hilgers 博士及び Busch 博士には、主に貯留層亀裂でのシリカの析出挙動と亀裂閉塞について検討する。

(3) 帰国後は得られた情報を統合し、ミリメートル、ミクロンメートルスケールの組織構造（岩石亀裂、鉱物の置換反応、核形成・成長）と、ナノスケールの構造の特徴量を抽出し、ミクロからマクロへとつながるマルチスケールな岩石反応モデルを構築する。

4. 研究成果

(1) ユトレヒトへの滞在予定がコロナ禍と重なってしまったために、大きく予定していた計画の変更が余儀なくされた。しかし、学生などの研究協力を得ながら、複数の特徴的な岩石-流体反応についての微細組織についての共同研究を行うことができた。また、ユトレヒトで行う予定であった一部の解析は、高エネルギー加速器研究機構での共同研究などにより効果的に進めることができた。具体的には以下の通りである。

(2) オマーンオフィオライトの下部地殻内部の流体流動のモデリング。オマーンオフィオライトは中東のオマーン国に露出する海洋プレートの断面を示す地質帯である。解析試料はオマーンオフィオライトの国際陸上掘削プロジェクトの掘削サイト CM1A の下部地殻、地殻-マントル遷移帯の岩石である。下部地殻に含まれるはんなり岩やトロクトライトにはかんらん石が蛇紋岩化しており、その周囲の斜長石が放射状に割れている組織が観察される。この反応による亀裂パターンの詳細な解析を行うとともに、離散要素法による反応-破壊-流体流動のシミュレーションをおこなった。その結果、かんらん石が蛇紋岩化することにより膨張し、周囲に亀裂を生じること、その亀裂が大規模なネットワークを形成することを示した。このことは、もともと浸透性の低い海洋底に水を浸透させて、地球内部に水を持ち込む重要なプロセスとして高い評価を受け、Journal of Geophysical Research 誌に掲載された (Yoshida et al. 2020)。また、

地殻 マントル境界や上部マントルの蛇紋岩について、高エネルギー加速器研究機構で、ナノスケールの X 線 CT を用いたメッシュ状の亀裂組織解析に伴う空隙形成、および、X 線吸収微細構造(XAFS)による Fe(III)の分布を明らかにする研究を進めた。これにより、海洋リソスフェアの蛇紋岩化に伴う鉄の酸化によって水素が生成する場がこれまで考えられていたものよりも広いことを明らかにしている。

(3) オマーンオフィオライトの地殻 マントル境界のアンチゴライト脈の解析。オマーンオフィオライトは、海洋プレートが最終ステージで地表にのし上がる際に高温の蛇紋石であるアンチゴライトで充填された亀裂ネットワークを発達させる。この脈の両側には特徴的なブルース石に富む反応帯が形成されていることを見出し、ユトレヒト大学で、ナノスケールの反応組織、空隙形状を透過型電子顕微鏡を用いた解析をおこなった。さらに、熱力学的解析、物質移動解析を行うことで、このアンチゴライト脈を発達させた流体活動は、数ヶ月から数年と短期間であり、また、大きな流体移動速度であることを示した。このような流体活動の時間スケールや流速は現在の沈み込み帯のマントルウェッジでのスロー地震の活動ともよく似ており、スロー地震に関連した流体活動の証拠として大きな注目を集め、Science Advances 誌に掲載された(Yoshida et al. 2023)。

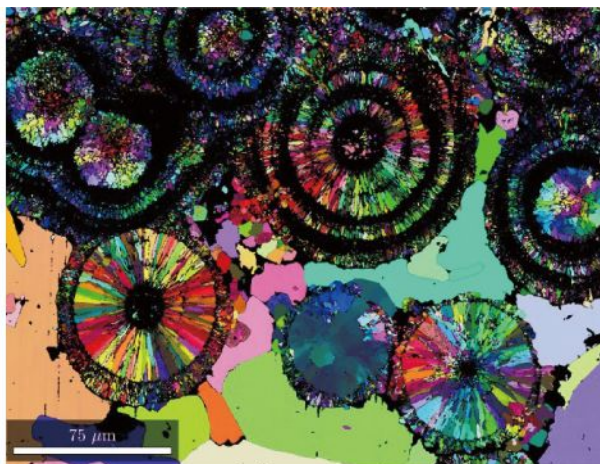


図1 秋田県花岡鉱山の黒鉱鉱床の球状黄鉄鉱のEBSDによる結晶方位マップ (擬似カラー)。針状の結晶が放射状に成長していることがわかる。

(4) 黒鉱鉱床の鉱物粒子の形成過程の研究。過去の海底熱水鉱床のアナログとも言える秋田県北鹿地域の花岡鉱山の黒鉱鉱床には特徴的なチムニー構造が残されている。この黒鉱には2つの特徴的な鉱物粒子が観察される。1つは、球状黄鉄鉱であり、もう1つは両錐石英である。黄鉄鉱は通常の結晶形は立方体であるが、この黄鉄鉱は中心部に空洞があり、複数のファイバーが外側に成長している。この粒子についてユトレヒト大学で結晶方位を測定し、外側に向かって100面が成長していることを明らかにした。このような粒子はおそらく、熱水噴出孔から噴出したバブル表面にナノ粒子が付着し、それが浮遊しながら成長したことを示唆している。また、石英は通常は壁から生えることで水晶のように成長する。両方に端のある石英の成長は自由空間で両端が成長する必要がある。この石英粒子についてカソードルミネッセンスの観察を行い、中心部に球状かつ放射状の成長組織が残っていることが観察された、このことは、過飽和条件において、アモルファスシリカ粒子が生成し、それがのちに石英に変わったことを示唆している。一方で、鉛直方向に流体を流し、超臨界条件でシリカを析出させる実験を行い、アモルファスとして核形成し、クリストパライト、石英へと変化することで、両錐石英を実際に生成することに成功した。このことは、海底熱水鉱床が急激な過飽和状態で鉱物粒子を生成し、噴出する場であることを明らかにしている。

(5) 貯留層岩石の亀裂面での石英成長および空隙形成。カールスルーエ工科大学の Hilgers 教授、Busch 博士との共同研究で、砂岩である貯留層岩石を基盤とするシリカ析出実験をおこなった。この結果、石英の表面に粘土などに覆われていると石英粒子の成長が阻害されること、また、基盤石英の粒径によって成長速度が大きく異なり、大きな粒子の貯留層岩石の方が早く成長して、亀裂をシールしやすいという特徴を見出した。この結果は、Journal of Structural Geology 誌に掲載されている(Busch et al. 2021)。また、宮城県金華山の花崗岩周辺において、超臨界条件での長石の変質過程の解析を行い、変質に伴い、特徴的な空的形成が地殻で普遍的に起こっており、これが地熱貯留層のポテンシャルを高めている可能性を示した(Nurdiana et al. 2021)。

(6) 玄武岩の変質実験。玄武岩を用いた流通式変質実験を行い、流入する流体によって変質鉱物および溶脱元素が大きく変化することを明らかにしている。純水や NaCl 水溶液を流通させた場合は、上流で斜長石とガラスの選択的な溶解が起こり、曹長石成分が抜けて、Ca に富むざくろ石や灰長石が生成する。一方で、海水成分の Mg に富む溶液を流通させると、Ca などが抜けて斜長石を置き換える形で緑泥石が生成する。このことは、海水の循環による海洋底の熱水変質や元素の移動は、主成分である NaCl ではなくて、実は Mg が大きな役割を示していることを示唆している。同じような現象は、沈み込み帯深部の岩石である三波川変成帯の緑泥石岩でも観察される。蛇紋岩と泥質片岩の境界には特徴的な緑泥石岩が形成されている。これは、泥質片岩から蛇紋岩にシリカや CO₂ が供給され、また、それと同時に蛇紋岩から泥質片岩に Mg の物質移動が起こり、これが緑泥石化を推進していることを示している(Okamoto et al. 2021)。興味深いことに、この緑泥石岩の反応境界には特徴的な空隙が形成されており、沈み込み帯条件においても溶解 - 沈澱現象による空隙の形成が反応の促進に重要な役割を持つことを示している。

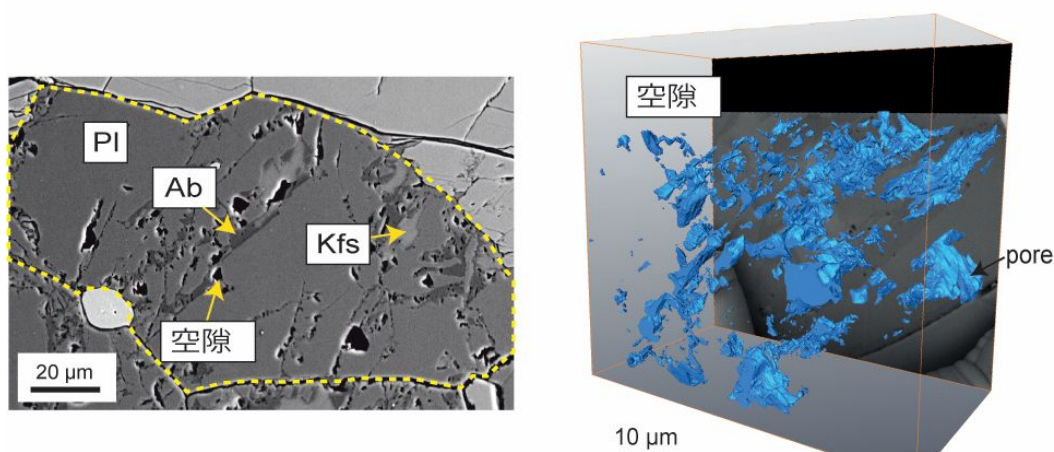


図2 宮城県金華山の接触変成岩中の長石の置換組織に伴って発達する空隙構造。後方電子散乱像(左)とFIB-SEMによる3次元空隙分布。Ab:曹長石、Kfs:カリ長石、Pl:斜長石。

(7)このような多方面な研究成果が、本課題の共同研究によりあがっている。2022年の11月にはユトレヒト大学で東北大とユトレヒト大を中心とした国際研究集会を開催した。また、2023年8月に仙台で開催される国際シンポジウム「第17回 Water-Rock interaction」では、Plümper博士とともに「Fluid-rock reactions and nano- to microstructural evolution during metamorphism and alteration」セッションを開催する。また、このプロジェクトをきっかけに東北大学とユトレヒト大学では学生交流のMOUを締結し、学生、および研究者の交流が今後大きく展開されることが期待される。

<引用文献>

- Busch, B., Okamoto, A., Garbev, K., Hilgers, C., 2021. Experimental fracture sealing in reservoir sandstones and its relation to rock texture. *Journal of Structural Geology*, 153, 10447.
- Nurdiana, A., Okamoto, A.*, Yoshida, K., Uno, M., Nagaya, T., Tsuchiya, N., 2021. Multi-stage infiltration of Na- and K-rich fluids from pegmatites at mid-crustal depths as revealed by feldspar replacement textures. *Lithos*, 388-389, 106096.
- Okamoto, A.*, Oyanagi, R., Yoshida, K., Uno, M., Shimizu, H., Satishkumar, M., 2021. Rupture of wet mantle wedge by self-promoting carbonation. *Communications Earth & Environment*, 2, 151. DOI:10.1038/s43247-021-00224-5
- Plümper, O., Botan, A., Los, C., Liu, Y., Malthe-Sørenssen, A., Jamtveit, B., 2017. Fluid-driven metamorphism of the continental crust governed by nanoscale fluid flow. *Nature Geoscience* 10, 685–690.
- Yoshida K, Okamoto A*, Oyanagi R, Shimizu H, Tsuchiya N, Oman Drilling Project Science Party 2, 2020, Fluid infiltration through oceanic lower crust in response to reaction-induced fracturing: Insights from serpentized troctolite and numerical models. *J Geophys Res*, 125. <https://doi.org/10.1029/2020JB020268>
- Yoshida, K., Oyanagi, R., Kimura, M., Plümper, O., Fukuyama, M., Okamoto, A., 2023. Geological records of transient fluid drainage into the shallow mantle wedge. *Science Advances*, 9, eade6674, doi:10.1126/sciadv.ade6674

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Omori Toshiaki, Suzuki Shoi, Michibayashi Katsuyoshi, Okamoto Atsushi	4. 巻 13
2. 論文標題 Super-resolution of X-ray CT images of rock samples by sparse representation: applications to the complex texture of serpentinite	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 6648
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-023-33503-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Yoshida Kazuki, Oyanagi Ryosuke, Kimura Masao, Plumper Oliver, Fukuyama Mayuko, Okamoto Atsushi	4. 巻 9
2. 論文標題 Geological records of transient fluid drainage into the shallow mantle wedge	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 ade6674
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.ade6674	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Nurdiana Astin, Okamoto Atsushi, Uno Masaoki, Tsuchiya Noriyoshi	4. 巻 2022
2. 論文標題 Development of Open Transport of Aqueous Fluid from Pegmatite Revealed by Trace Elements in Garnet	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Geofluids	6. 最初と最後の頁 1~21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2022/8786250	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Nagaya Takayoshi, Okamoto Atsushi, Kido Masanori, Muto Jun, Wallis Simon R.	4. 巻 177
2. 論文標題 Dehydration of brucite+antigorite under mantle wedge conditions: insights from the direct comparison of microstructures before and after experiments	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Contributions to Mineralogy and Petrology	6. 最初と最後の頁 87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00410-022-01956-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Uno Masaoki, Koyanagawa Kodai, Kasahara Hisamu, Okamoto Atsushi, Tsuchiya Noriyoshi	4. 巻 119
2. 論文標題 Volatile-consuming reactions fracture rocks and self-accelerate fluid flow in the lithosphere	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.2110776118	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Bayarbold Manzshir, Okamoto Atsushi, Dandar Otgonbayar, Uno Masaoki, Tsuchiya Noriyoshi	4. 巻 229
2. 論文標題 Continental arc-derived eclogite in the Zavkhan Terrane, western Mongolia: Implications for the suture zone in the northern part of the Central Asian Orogenic Belt	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Asian Earth Sciences	6. 最初と最後の頁 105150 ~ 105150
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jseaes.2022.105150	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Okamoto Atsushi, Ishii Hajime, Oyanagi Ryosuke, Tsuchiya Noriyoshi	4. 巻 94
2. 論文標題 Albite-K-feldspar-quartz equilibria in hydrothermal fluids at 400, 420 °C and 20-35 MPa: Experimental measurements and thermodynamic calculations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geothermics	6. 最初と最後の頁 102109 ~ 102109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.geothermics.2021.102109	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 DANDAR Otgonbayar, OKAMOTO Atsushi, UNO Masaoki, TSUCHIYA Noriyoshi	4. 巻 116
2. 論文標題 Redistribution of magnetite during multi-stage serpentinization: Evidence from the Taishir Massif, Khantaishir ophiolite, western Mongolia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Mineralogical and Petrological Sciences	6. 最初と最後の頁 176 ~ 181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2465/jmps.201130a	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Okamoto Atsushi, Oyanagi Ryosuke, Yoshida Kazuki, Uno Masaoki, Shimizu Hiroyuki, Satish-Kumar Madhusoodhan	4. 巻 2
2. 論文標題 Rupture of wet mantle wedge by self-promoting carbonation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications Earth and Environment	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s43247-021-00224-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Busch Benjamin, Okamoto Atsushi, Garbev Krassimir, Hilgers Christoph	4. 巻 153
2. 論文標題 Experimental fracture sealing in reservoir sandstones and its relation to rock texture	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Structural Geology	6. 最初と最後の頁 104447 ~ 104447
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jsg.2021.104447	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kameda J., Okamoto A.	4. 巻 -
2. 論文標題 Generation of oxidising fluids by comminution of fault rocks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geochemical Perspectives Letters	6. 最初と最後の頁 32 ~ 35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7185/geochemlet.2131	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Oyanagi Ryosuke, Okamoto Atsushi, Satish-Kumar Madhusoodhan, Minami Masayo, Harigane Yumiko, Michibayashi Katsuyoshi	4. 巻 2
2. 論文標題 Hadal aragonite records venting of stagnant paleoseawater in the hydrated forearc mantle	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications Earth & Environment	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s43247-021-00317-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Watanabe Noriaki、Abe Hikaru、Okamoto Atsushi、Nakamura Kengo、Komai Takeshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Formation of amorphous silica nanoparticles and its impact on permeability of fractured granite in superhot geothermal environments	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 5340
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-84744-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nurdiana Astin、Okamoto Atsushi、Yoshida Kenta、Uno Masaoki、Nagaya Takayoshi、Tsuchiya Noriyoshi	4. 巻 388-389
2. 論文標題 Multi-stage infiltration of Na- and K-rich fluids from pegmatites at mid-crustal depths as revealed by feldspar replacement textures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Lithos	6. 最初と最後の頁 106096 ~ 106096
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.lithos.2021.106096	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Okamoto Atsushi、Fuse Kazumasa、Shimizu Hiroyuki、Ito Takatoshi	4. 巻 774
2. 論文標題 Impact of fluid pressure on failure mode in shear zones: Numerical simulation of en-echelon tensile fracturing and transition to shear	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Tectonophysics	6. 最初と最後の頁 228277 ~ 228277
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tecto.2019.228277	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Oyanagi Ryosuke、Okamoto Atsushi、Tsuchiya Noriyoshi	4. 巻 270
2. 論文標題 Silica controls on hydration kinetics during serpentinization of olivine: Insights from hydrothermal experiments and a reactive transport model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geochimica et Cosmochimica Acta	6. 最初と最後の頁 21 ~ 42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gca.2019.11.017	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Watanabe Noriaki, Saito Kohei, Okamoto Atsushi, Nakamura Kengo, Ishibashi Takuya, Saishu Hanae, Komai Takeshi, Tsuchiya Noriyoshi	4. 巻 260
2. 論文標題 Stabilizing and enhancing permeability for sustainable and profitable energy extraction from superhot geothermal environments	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Energy	6. 最初と最後の頁 114306 ~ 114306
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apenergy.2019.114306	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nagaya Takayoshi, Okamoto Atsushi, Oyanagi Ryosuke, Seto Yusuke, Miyake Akira, Uno Masaoki, Muto Jun, Wallis Simon R.	4. 巻 105
2. 論文標題 Crystallographic preferred orientation of talc determined by an improved EBSD procedure for sheet silicates: Implications for anisotropy at the slab-mantle interface due to Si-metasomatism	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 American Mineralogist	6. 最初と最後の頁 873 ~ 893
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2138/am-2020-7006	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wang Jiajie, Watanabe Noriaki, Okamoto Atsushi, Nakamura Kengo, Komai Takeshi	4. 巻 45
2. 論文標題 Characteristics of hydrogen production with carbon storage by CO ₂ -rich hydrothermal alteration of olivine in the presence of Mg-Al spinel	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Hydrogen Energy	6. 最初と最後の頁 13163 ~ 13175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijhydene.2020.03.032	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Agroli Geri, Okamoto Atsushi, Uno Masaoki, Tsuchiya Noriyoshi	4. 巻 10
2. 論文標題 Transport and Evolution of Supercritical Fluids During the Formation of the Erdenet Cu-Mo Deposit, Mongolia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geosciences	6. 最初と最後の頁 201 ~ 201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/geosciences10050201	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Suzuki A., Miyazawa M., Okamoto A., Shimizu H., Obayashi I., Hiraoka Y., Tsuji T., Kang P.K., Ito T.	4. 巻 143
2. 論文標題 Inferring fracture forming processes by characterizing fracture network patterns with persistent homology	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Computers & Geosciences	6. 最初と最後の頁 104550 ~ 104550
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cageo.2020.104550	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshida Kazuki, Okamoto Atsushi, Shimizu Hiroyuki, Oyanagi Ryosuke, Tsuchiya Noriyoshi, Oman Drilling Project Phase 2 Science Party	4. 巻 125
2. 論文標題 Fluid Infiltration Through Oceanic Lower Crust in Response to Reaction Induced Fracturing: Insights From Serpentinized Troctolite and Numerical Models	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 e2020JB020268
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020JB020268	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Nagaya Takayoshi, Okamoto Atsushi, Oyanagi Rosuke, Seto Yusuke, Miyake Akira, Uno Masaoki, Muto Jun, Wallis Simon	4. 巻 in press
2. 論文標題 Talc CPO determined by improved EBSD procedure for sheet silicates: Implications for anisotropy at the slab-mantle interface due to Si-metasomatism	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 American Mineralogist	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2138/am-2020-7006	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計64件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 21件)

1. 発表者名 岡本敦、吉田一貴、大柳良介
2. 発表標題 地殻 マントル物質境界における緑泥石化と空隙形成
3. 学会等名 日本鉱物科学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Atsushi Okamoto, Junpei Sugioka, Takamasa Niibe
2. 発表標題 Formation and transport of silica particles in supercritical and vapor conditions and its implications to fracture sealing
3. 学会等名 International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡本敦, 西海悠介, ダンダル オトゴンパヤル, 宇野正起
2. 発表標題 水熱実験から見る海洋リソスフェアの岩石-水相互作用におけるマグネシウムの重要性
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Atsushi Okamoto, Ryosuke Oyanagi, Kazuki Yoshida, Masaoki Uno, Hiroyuki Shimizu, Madhusoodhan Satish-Kumar
2. 発表標題 Rupture of serpentized mantle wedge by self-promoting carbonation: insights from Sanbagawa metamorphic belt
3. 学会等名 European Geoscience Union (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuki Yoshida, Atsushi Okamoto, Ryosuke Oyanagi, and Masao Kimura
2. 発表標題 Rapid fluid infiltration recorded in the brucite-rich reaction zone along the antigorite veins from the Oman ophiolite
3. 学会等名 European Geoscience Union (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shuhei Tanaka, Atsushi Okamoto, Kazuki Yoshida, Yasuhiro Niwa, Masao Kimura, Masaoki Uno, Kazumasa, Fuji
2. 発表標題 The relative rate of hydrogen production between olivine-H ₂ O and olivine-orthopyroxene-H ₂ O systems
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 (JpGU)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuki Yoshida, Ryosuke Oyanagi, Atsushi Okamoto
2. 発表標題 Formation of brucite reaction zone with antigorite veins from the Oman ophiolite and its comparison with hydrothermal experiments
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 (JpGU)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 杉岡純平、山田亮一、岡本敦
2. 発表標題 超臨界条件および飽和蒸気圧条件下におけるシリカ粒子の形成
3. 学会等名 日本地熱学会 (GRSJ)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Jumpei Sugioka, Ryoichi Yamada, Atsushi Okamoto
2. 発表標題 Formation of bipyramidal quartz within hydrothermal vents: insights from Kuroko deposits and hydrothermal experiments
3. 学会等名 Goldschmidt conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shuhei Tanaka, Atsushi Okamoto, Kazuki Yoshida, Yasuhiro Niwa, Masao Kimura, Masaaki Uno, Kazumasa, Fuji
2. 発表標題 Olivine vs orthopyroxene: controls on iron partitioning during serpentinization
3. 学会等名 Goldschmidt conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Satoshi Matsuno, Masaaki Uno, Atsushi Okamoto
2. 発表標題 Elucidating parameters governing elemental transfer during seafloor alteration: Application of machine-learning based Protolith Reconstruction Model (PRM) to seafloor altered basalt, the South and Northwest Pacific regions.
3. 学会等名 American Geophysical Union (AGU) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuki Yoshida, Ryosuke Oyanagi, Masao Kimura, Oliver Plumper, Mayuko Fukuyama, Atsushi Okamoto
2. 発表標題 Transient fluid infiltration in the shallow mantle wedge recorded in the Oman Ophiolite
3. 学会等名 International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Astin Nurdiana, Atsushi Okamoto, Masaaki Uno, and Noriyoshi Tsuchiya
2. 発表標題 Simultaneous replacement of plagioclase by albite and K-feldspar: natural evidence and hydrothermal experiments
3. 学会等名 European Geoscience Union (EGU) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaaki Uno, Diana Mindaleva, Atsushi Okamoto, and Noriyoshi Tsuchiya
2. 発表標題 Crustal fluid pressure gradients and permeability evolutions estimated from metamorphic fluid-rock reaction zones (Sor Rondane Mountains, East Antarctica)
3. 学会等名 European Geoscience Union (EGU) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Otgonbayar DANDAR, Atsushi OKAMOTO, Masaaki UNO, Noriyoshi TSUCHIYA
2. 発表標題 Magnetite redistribution during multi-stage serpentinization: Evidence from the Taishir massif, Khantaishir ophiolite, western Mongolia
3. 学会等名 European Geoscience Union (EGU) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Geri Agroli, Tatsuya Takemori, Atsushi Okamoto, Masaaki Uno, Noriyoshi Tsuchiya
2. 発表標題 Episodic fluid explosion in shallow and middle crust revealed by hydrothermal brecciation
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 (JpGU)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Otgonbayar Dandar, Atsushi Okamoto, Masaaki Uno
2. 発表標題 Crystal size distribution of garnet formed by two-stage growth in the Kotsu eclogite, Sanbagawa belt
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 (JpGU)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Bayarbold Manzshir, Atsushi Okamoto, Otgonbayar Dandar, Masaaki Uno, Noriyoshi Tsuchiya
2. 発表標題 Newly discovered eclogite in the Khungui zone, Zavkhan Terrane, Western Mongolia: P-T evolution and tectonic implication
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 (JpGU)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Astin Nurdiana, Atsushi Okamoto, Masaaki Uno, and Noriyoshi Tsuchiya
2. 発表標題 The effect of fluid compositions on pore formation during plagioclase replacement under supercritical conditions
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 (JpGU)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Atsushi Okamoto, Kazuki Yoshida, Ryosuke Oyanagi, Yasuhiro Niwa, Yasuo Takeichi, Masao Kimura
2. 発表標題 Serpentinization and Fe(III) distribution along the crust-mantle section of the oceanic lithosphere: insights from the Oman Drilling CM1A site
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 (JpGU) (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡本敦、デ リダー ヨエリ、オーリ オリパー ブランパー、オーリ マルカス、山田亮一
2. 発表標題 黒鉱における球場黄鉄鉱の微細組織：バブル表面での黄鉄鉱成長メカニズム
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 (JpGU)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉岡純平, 岡本敦, 山田亮一
2. 発表標題 熱水噴出孔における両錐石英の形成: 黒鉱試料と水熱実験からの考察
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 (JpGU)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中修平, 岡本敦, ダンダル オトゴンバヤル, 宇野正起, 藤井昌和
2. 発表標題 高温環境下におけるマントルかんらん岩の蛇紋岩化と磁鉄鉱生成に関する研究
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 (JpGU)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田一貫, 岡本 敦, 大柳良介, 土屋範芳, Oman Drilling Project Phase 2 Science Party
2. 発表標題 Depth profile of hydration along the crust - mantle section of the Oman ophiolite: insights from holes CM1A and CM2B
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 (JpGU)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡本 敦
2. 発表標題 岩石-流体反応が駆動する地圏環境とその有効利用
3. 学会等名 資源・素材学会 東北支部春季大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡本敦、吉田一貴、大柳良介、藤井昌和、丹羽尉博、武市泰男、木村正雄
2. 発表標題 オマーンオフィオライトの蛇紋岩化した地殻 マントル境界におけるFe(III)の分布
3. 学会等名 日本地質学会 (JGS)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉岡純平、岡本敦、山田亮一
2. 発表標題 黒鉱床のチムニーにおいて形成される両錐石英
3. 学会等名 日本地質学会 (JGS)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中修平、岡本敦、ダンダル オトゴンバヤル、宇野正起、藤井昌和
2. 発表標題 マントルかんらん岩の蛇紋岩化反応と磁鉄鉱の生成への温度、シリカの影響: 海洋リソスフェアの水素の生成に関する提言
3. 学会等名 日本地質学会 (JGS)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宇野正起、岡本敦、土屋範芳
2. 発表標題 体積膨張反応によるリソスフェアの破壊と流体移動の自己加速化: MgO-H ₂ O実験系からの制約
3. 学会等名 日本地質学会 (JGS)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田一貴、岡本 敦、大柳良介、木村正雄
2. 発表標題 オマーンオフィオライト地殻 マントル遷移帯 におけるアンチゴライト脈形成と流体流動
3. 学会等名 日本地質学会 (JGS)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 バヤボルド・マンズシル、岡本 敦、ダングル・オトゴンパヤル、宇野正起、土屋範芳
2. 発表標題 Formation of garnet aggregate of the Khungui eclogite in the Zavkhan Terrane, Western Mongolia
3. 学会等名 日本地質学会 (JGS)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宇野正起, 功 冴ブリアン プラマ, 岡本敦, 土屋範芳, 松本 和人, 佐々木 惇
2. 発表標題 葛根田地熱地域の坑井カッティングスから復元された接触変成温度勾配
3. 学会等名 日本地熱学会 (GRSJ)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡本敦、赤工浩平、吉田一貴、石井肇、渡邊教弘、土屋範芳
2. 発表標題 熱力学データの拡張に基づく超臨界地熱流体の低密度領域への減圧の地化学モデリング
3. 学会等名 日本地熱学会 (GRSJ)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名	Atsushi Okamoto, Ryosuke Oyanagi, Kazuki Yoshida, Masaoki Uno, Hiroyuki Shimizu, Madhusoodhan Satish-Kumar
2. 発表標題	Rupture of serpentinized mantle wedge induced by self-promoting carbonation
3. 学会等名	International Joint Workshop on Slow Earthquakes 2021 (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	岡本 敦, 大柳 良介, 吉田一貴, 宇野正起, サティシクマール M
2. 発表標題	マントルウェッジの炭酸塩化に伴う脱水反応、体積変化と元素移動
3. 学会等名	日本鉱物科学会 (JAMS)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	岡本 敦
2. 発表標題	超臨界水 - 岩石相互作用と その地殻プロセスにおける重要性
3. 学会等名	令和2年度化学系学協会東北大会 (招待講演)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	Benjamine Busch, Atsushi Okamoto, Christoph Hilgers
2. 発表標題	Chemical reactions in subsurface storage rocks - first results from reactive flow experiments
3. 学会等名	1st Geoscience & Engineering in Energy Transition Conference (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名 Atsushi Okamoto, Ryosuke Oyanagi, Kazuki Yoshida, Masaoki Uno, Madhusoodhan Satish-Kumar
2. 発表標題 Episodic mantle wedge carbonation induced by infiltration of oxidising fluids
3. 学会等名 American Geophysical Union (AGU) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡本 敦, 山田 亮一, 杉岡純平, Yoeri di Dendar, Markus Ohl, Oliver Pluemper
2. 発表標題 Formation of mineral particles in vent fluids
3. 学会等名 変成岩などシンポジウム (Metamorphic rock symposium)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宇野正起, 小梁川広大, 岡本敦, 土屋範芳
2. 発表標題 膨張性岩石 - 流体反応による浸透率上昇プロセス: MgO-H ₂ O実験系からの制約
3. 学会等名 変成岩などシンポジウム (Metamorphic rock symposium)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田一貴, 岡本敦
2. 発表標題 オマーンオフィオライト下部地殻 - 上部マントルの含水化
3. 学会等名 変成岩などシンポジウム (Metamorphic rock symposium)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Geri Agroli, Atsushi Okamoto, Masaaki Uni, Noriyoshi Tsuchiya
2. 発表標題 Fluid Evolution and Hydrothermal-Breccia Revealed High Energy Processes in Erdenet Cu-Mo deposit, Mongolia
3. 学会等名 American Geophysical Union (AGU) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Astin Nurdiana, Atsushi Okamoto, Masaaki Uno, Kenta Yoshida, Takayoshi Nagaya, Noriyoshi Tsuchiya
2. 発表標題 Generation of porosity network in plagioclase induced by multistage infiltration of reactive fluids into metamorphic rocks around quartz diorite intrusion at the middle crust
3. 学会等名 American Geophysical Union (AGU) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masaaki Uno, Diana Mindaleva, Atsushi Okamoto, Noriyoshi Tsuchiya
2. 発表標題 Low permeability of deep crust promotes fluid accumulation and fracturing: quantitative evidence of fluid pressure gradients and permeability from metamorphic fluid-rock reaction zones
3. 学会等名 American Geophysical Union (AGU) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Diana MINDALEVA, Masaaki UNO, Atsushi OKAMOTO, Noriyoshi TSUCHIYA
2. 発表標題 Fluid fluxes through the reaction zones and fractures in metamorphic rocks revealed by reactive-transport model coupled with phase equilibrium: Evidence from fluid-rock reaction zones, Sor Rondane Mountains, East Antarctica
3. 学会等名 The 11th Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Otgonbayar DANDAR, Atsushi OKAMOTO, Masaaki UNO, Noriyoshi TSUCHIYA
2. 発表標題 Magnetite formation during multi-stage serpentinization of the Taishir massif, Khantaishir ophiolite, western Mongolia
3. 学会等名 変成岩などシンポジウム (Metamorphic rock symposium)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nomuulin Amarbayar, Atsushi Okamoto, Otgonbayar Dandar, Masaaki Uno, Noriyoshi Tsuchiya
2. 発表標題 Multi-stage serpentinization and carbonation of Ultramafic rocks in the Manlay Ophiolite, Southern Mongolia
3. 学会等名 変成岩などシンポジウム (Metamorphic rock symposium)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Otgonbayar DANDAR, Atsushi OKAMOTO, Masaaki UNO, Noriyoshi TSUCHIYA
2. 発表標題 Multi-stage metasomatism of mantle wedge peridotite: Example from the Alag Khadny accretionary wedge, western Mongolia
3. 学会等名 Geological Society of America (GSA) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Manzshir BAYARBOLD, Atsushi OKAMOTO, Otgonbayar DANDAR, Masaaki UNO, Noriyoshi TSUCHIYA
2. 発表標題 Metamorphic evolution of the eclogite from the Khungui zone, Zavkhan terrane, Western Mongolia
3. 学会等名 Geological Society of America (GSA) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田一貴・大柳良介・清水浩之・岡本敦・土屋範芳
2. 発表標題 オマーンオフィオライト下部地殻 - マントル境界の蛇紋岩化プロセスに伴うき裂形成：数値シミュレーションと画像解析による考察
3. 学会等名 日本鉱物科学会 (JAMS)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宇野正起, 杉沢直樹, 岡本敦, 土屋範芳
2. 発表標題 カルサイト - アパタイト置換反応による岩石 水反応帯の形成プロセスと実効拡散係数の評価
3. 学会等名 日本鉱物科学会 (JAMS)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Astin Nurdiana, Atsushi Okamoto, Masaoki Uno, Kenta Yoshida, Takayoshi Nagaya, Noriyoshi Tsuchiya
2. 発表標題 Micro- to nano-pores in feldspar alteration by multistage fluid propagation; an observation from pegmatite-related metamorphic rocks and hydrothermal experimental approach
3. 学会等名 日本鉱物科学会 (JAMS)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nomuulin Amarbayar, Atsushi Okamoto, Otgonbayar Dandar, Masaoki Uno, Noriyoshi Tsuchiya
2. 発表標題 Multi-stage Alteration of Ultramafic rocks in the Manlay Ophiolite, Southern Mongolia
3. 学会等名 日本鉱物科学会 (JAMS)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masaaki Uno, Atsushi Okamoto, Diana Mindaleva, Hisamu Kasahara, Naoki Sugisawa, Jun Kameda, Noriyoshi Tsuchiya
2. 発表標題 Fluid pressure gradients and permeability evolution in the crust: insights from metamorphic fluid-rock reaction zones and hydrothermal experiments
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Otgobayar Dandar, Atsushi Okamoto, Takayoshi Nagaya, Masaaki Uno, Noriyoshi Tsuchiya
2. 発表標題 Crystal Preferred Orientation development of Secondary Olivine Formed by Hydration of Othopyroxene: Implication to Anisotropy of Shallow Mantle Wedge during Initiation Stage of Subduction
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Diana MINDALEVA, Masaaki UNO, Atsushi OKAMOTO, Noriyoshi TSUCHIYA
2. 発表標題 Hydrologic properties evolution during magmatic fluid activity in the middle-crustal conditions estimated from metamorphic fluid-rock reaction zones, Sor Rondane Mountains, East Antarctica.
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryosuke Oyanagi, Kazuki Yoshida, Yasuhiro Niwa, Yasuo Takeichi, Masao Kimura, Kenta Yoshida, Atsushi Okamoto, Oman Drilling Project Science Party2
2. 発表標題 Variable occurrences of magnetite and iron mobility during serpentinization: insights from samples from CM1A of Oman Drilling Project
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kazuki Yoshida, Atsushi Okamoto, Ryosuke Oyanagi, Noriyoshi Tsuchiya, Oman Drilling Project Phase 2 Science Party
2. 発表標題 Numerical prediction of effect of olivine content for proceeding of serpentinization
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Atsushi Okamoto, Yusuke Netsu, Masoki Uno, Noriyoshi Tsuchiya
2. 発表標題 Knockout seawater experiments and its implications to hydrothermal alteration of midocean ridges
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Astin Nurdiana, Atsushi Okamoto, Masaoki Uno, Kenta Yoshida, Takayoshi Nagaya, Noriyoshi Tsuchiya
2. 発表標題 The formation of micro- to nano-pores in feldspars induced by fluid infiltration within the crust
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Bayarbold Manzshir, Atsushi Okamoto, Dandar Otgonbayar Masaoki Uno, Noriyoshi Tsuchiya
2. 発表標題 Field evidence of mineral assemblage of eclogite from Khungui zone, Zavkhan terrane, Western Mongolia
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Atsushi Okamoto, Toshiaki Omori, Masao Kimura, Katsuyoshi Michibayashi Oman Drilling Project Phase 2 Science Party
2. 発表標題 Super-resolution of X-ray CT images of rock core samples by sparse representation : methodology and applications to serpetinized peridotite from CM1A
3. 学会等名 International Conference on Ophiolites and the Oceanic Lithosphere (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kazuki Yoshida, Atsushi Okamoto, Ryosuke Oyanagi, Hiroyuki Shimizu, Noriyoshi Tsuchiya
2. 発表標題 Formation of fracture network and permeability enhancement during olivine hydration within oceanic lower crust
3. 学会等名 International Conference on Ophiolites and the Oceanic Lithosphere (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡本 敦・新部貴理・天谷宇志・平野伸夫・土屋範芳
2. 発表標題 超臨界地熱流体のフラッシングによるシリカナノ粒子の形成
3. 学会等名 日本地熱学会 (GRSJ)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	プランパー オリバー (Plumper Oliver)	ユトレヒト大学・地球科学科・准教授	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	ヒルガース クリストフ (Hilgers Christoph)	カールスルーエ工科大学・応用地球科学科・教授	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	ブッシュ ベンジャミン (Busch Benjamin)	カールスルーエ工科大学・応用地球科学科・助教	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
その他の研究協力者	木村 正雄 (Masao Kimura)		

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
その他の研究協力者	吉田 一貴 (Yoshida Kazuki)		
その他の研究協力者	大柳 良介 (Oyanagi Ryosuke)		
その他の研究協力者	宇野 正起 (Uno Masaoki)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計1件

国際研究集会	開催年
Utrecht University-Tohoku University discussion forum on fluid-rock interactions and deformation with the solid Earth	2022年～2022年

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
オランダ	ユトレヒト大学			
ドイツ	カールスルーエ工科大学			