

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：32616

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K14827

研究課題名（和文）数理的手法による鉱物の溶解反応モデル選択とパラメータ抽出

研究課題名（英文）Model selection and parameter extraction for mineral dissolution reactions using a data-driven approach

研究代表者

大柳 良介 (Oyanagi, Ryosuke)

国土館大学・理工学部・講師

研究者番号：90835729

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：地球内部における岩石の化学的変化をよりよく理解するためには、鉱物の変質反応速度を精緻に理解することが重要である。本研究では、かんらん石の変質反応（蛇紋岩化）反応について、変質反応速度を明らかにするための実験を行った。実験では、260～300度の熱水をかんらん石の粉末にかけ流し（流通式水熱反応実験）、変質反応の時間変化を観察した。反応後、走査型電子顕微鏡を用いてかんらん石の粉末の表面を観察したところ、蛇紋石が析出していた。実験結果と変質反応の理論モデルを比較した結果、かんらん石の溶解速度と蛇紋石の析出反応速度の比が温度・時間によって変化することがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

かんらん石の熱水変質に関する実験を行い、反応メカニズムや反応速度を明らかにした。この成果は、固体地球の理解や工学的利用のための基礎データとなることが期待される。

研究成果の概要（英文）：To better understand the chemical changes of rocks in the Earth's interior, it is important to clarify the alteration reaction rates of minerals. In this study, experiments were conducted to clarify the alteration reaction rate of olivine (serpentinization) reactions. In the experiment, hot water at 260-300 °C was poured over the olivine powder (circulation-type hydrothermal reaction experiment), and changes in the alteration reaction were observed over time. After the reaction, the surface of the olivine powder was observed with a scanning electron microscope, and serpentinite was found to be precipitated. Comparison of the experimental results with a theoretical model of the alteration reaction showed that the ratio of the rate of olivine dissolution to the rate of serpentinite precipitation reaction varied with temperature and time.

研究分野：岩石・鉱物学

キーワード：蛇紋岩化反応 水熱実験 流通式水熱実験 反応経路モデル 反応速度

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

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 で最大になること (Martin & Fyfe 1970)、250~300°C の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、温度によって律速過程がどのように変化するかも不明であった。

## 2. 研究の目的

- (1) 蛇紋岩化反応の水熱実験を行い、かんらん石の溶解速度と蛇紋石の析出速度の両方を明らかにする。
- (2) 蛇紋岩化反応の水熱実験を行い、かんらん石の溶解と蛇紋石の析出について、反応速度定数の比率や律速過程が温度によって変化するか明らかにする。
- (3) 蛇紋岩化反応の水熱実験の結果から、かんらん石の溶解速度と蛇紋石の析出速度の式を推定し、反応の支配要因をデータから明らかにすることができるデータ駆動型解析手法を提案する。

## 3. 研究の方法

本研究では、260~300°C、50MPa の条件下で、蛇紋岩化反応の反応輸送過程を調査するために水熱流通蛇紋岩化実験を行った。シリンジポンプで反応溶液 (0.5 mol NaCl/kg water) 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。

## 4. 研究成果

- (1) 実験中の溶液化学と質量バランス計算に基づいて、蛇紋石の析出速度とかんらん石の溶解速度を推定した。速度の時間的進化は、かんらん石溶解速度と蛇紋石沈殿速度が時間とともに減少することを示していた (図 1 a, b)。しかし、蛇紋石の析出速度とかんらん石の溶解速度の比率は比較的一定であることがわかった (図 1 b)。
- (2) 反応の支配要因を明らかにするために、ラッソ回帰を行った。ラッソ回帰はスパースモデリングにより変数選択を行うことができる手法である。鉱物の不均一反応式の対数をとることで、ラッソ回帰を行うことができるように式変形をすることができる (図 2 a, b)。ラッソ回帰を行った結果、スパース性調整パラメータを増やすと、はじめに反応の熱力学的駆動力に関する項の係数がゼロになることがわかった (図 2 b)。これは、平衡状態から遠い場合、熱力学的駆動力に関する項が 1 と近似され、反応中にほとんど変化しなかったためだと考えられる。スパース性調整パラメータをさらに増やすと、pH の項に対する係数がゼロになることがわかった (図 2 b)。pH は鉱物の

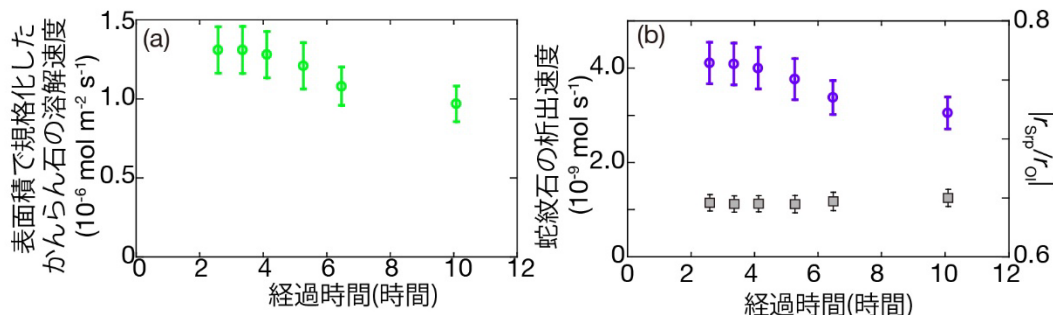


図 1 流通式水熱反応実験によってもとめた反応速度 (a) かんらん石の溶解速度 ( $r_{\text{ol}}$ )、(b) 蛇紋石の析出速度 ( $r_{\text{srp}}$ )。灰色の四角は、かんらん石の溶解速度に対する蛇紋石の析出速度の比率 ( $r_{\text{srp}}/r_{\text{ol}}$ ) を示す。

反応速度を大きく変化させる要因であることが知られている。得られたラッソ回帰の結果は、実験中の pH 変化が少ないことに起因すると考えられる。残ったパラメータは、温度依存に関する項と反応速度定数に関する項であった。このことは、平衡から大きく離れた鉱物の反応の経験則と一致している。以上の結果から、ラッソ回帰を行うことで、鉱物の不均一反応式を客観的に推定することができることがわかった。

- (3) 鉱物-水間の反応は表面反応であるために、反応速度は表面積に大きく影響を受ける。これを評価するために、鉱物  $i$  の実効反応速度  $k'_i$  を、鉱物に固有の反応速度  $k$  と表面積  $A_i$  の積として定義した ( $k'_i = k_i A_i$ )。ここで、かんらん石の有効溶解速度  $k'_{Ol}$  と蛇紋石の有効析出速度の  $k'_{Srp}$  の比率による変質反応の変化を検討するために、速度論を考慮した鉱物-水間の反応理論モデル Kinetic reaction path modeling を行った。さまざまな温度におけるモデル計算の結果、 $k'_{Srp}/k'_{Ol}$  の比によって溶液化学組成の時間変化が変わることがわかった

(図3)。かんらん石の有効溶解速度に対して蛇紋石の有効析出速度が10倍速い場合 ( $k'_{Srp}/k'_{Ol} = 10$ )、まず溶液中のマグネシウムイオンの活動度と水素イオンの活動度の比率が減少する。その後、マグネシウムイオンの活動度と水素イオンの活動度の比率が上昇するとともにシリカの活動度の両方が減少し、蛇紋石と溶液の安定領域の境界を沿うように溶液化学組成が変化する。一方、かんらん石の有効溶解速度に対して蛇紋石の有効析出速度が10倍遅い場合 ( $k'_{Srp}/k'_{Ol} = 0.1$ )、溶液中のマグネシウムイオンの活動度と水素イオンの活動度の比率が上昇したのち、その後、マグネシウムイオンの活動度と水素イオンの活動度の比率が上昇するとともにシリカの活動度の両方が減少し、蛇紋石と溶液の安定領域の境界から離れるように変化することがわかった。

- (4) 実験で観察された溶液化学組成と Kinetic reaction path modeling の結果を比較した。その結果、170度における蛇紋岩化反応における溶液化学組成の時間変化は  $k'_{Srp}/k'_{Ol} = 0.1$  の計算結果によりよく説明できることがわかった (図3)。これまでの実験的研究から、250-300度における蛇紋岩化反応は  $k'_{Srp}/k'_{Ol} > 1$  であることが示唆されている (Malvoisin et al., 2012; Oyanagi et al. 2020)。このことから、かんらん石の有効溶解速度と蛇紋石の有効析出速度は反応温度によって大きく変化することがわかった。鉱物-水間の反応理論モデルである Reaction path modeling においては、初生鉱物の溶解が反応を律速して

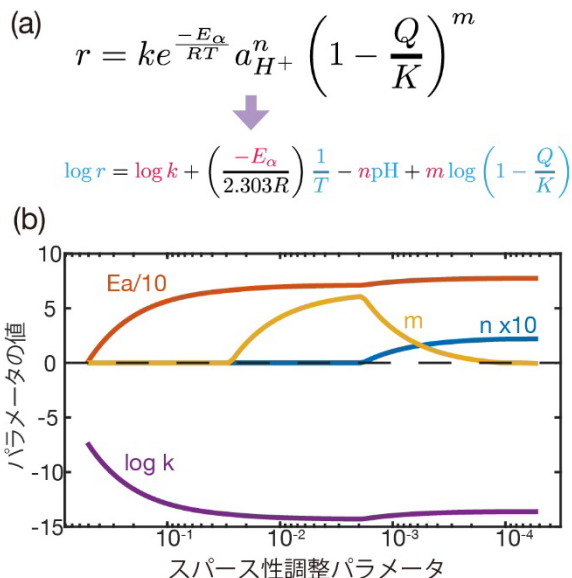


図2(a) ラッソ回帰を行うために、鉱物の不均一反応の式対数をとる。これにより、式を各パラメータの和の形に変形することができる。青が観測値、赤が推定するパラメータ。(b) ラッソ回帰の結果。

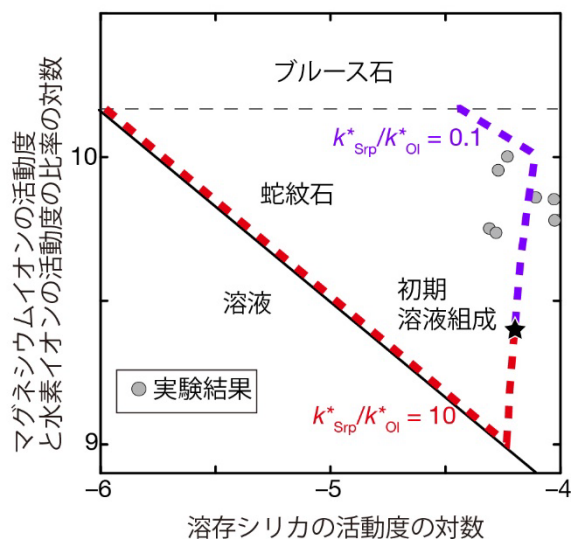


図3 蛇紋石の相図 (170度 25MPa) 上に、Kinetic reaction path モデリングの結果 (赤や紫の点線) と実験における溶液化学組成 (灰色の円) をプロットしたもの。

いると暗に仮定している場合が多い(Helgeson et al.)。そのため、蛇紋岩化反応のモデル計算を行う場合、速度論を考慮しなければ良い予測モデルを得ることができないことを示唆している。

#### 引用文献

- Helgeson, H.C., 1968. Evaluation of irreversible reactions in geochemical processes involving minerals and aqueous solutions—I. Thermodynamic relations. *Geochim. Cosmochim. Acta* 32, 853–877. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(68\)90100-2](https://doi.org/10.1016/0016-7037(68)90100-2)
- Malvoisin, B., Brunet, F., Carlut, J., Rouméjon, S., & Cannat, M. (2012). Serpentinization of oceanic peridotites: 2. Kinetics and processes of San Carlos olivine hydrothermal alteration. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 117(4), 1–13. <https://doi.org/10.1029/2011JB008842>
- Martin, B., & Fyfe, W. S. (1970). Some experimental and theoretical observations on the kinetics of hydration reactions with particular reference to serpentinization. *Chemical Geology*, 6(C), 185–202. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(70\)90018-5](https://doi.org/10.1016/0009-2541(70)90018-5)
- Oyanagi, R., Okamoto, A., & Tsuchiya, N. (2020). Silica controls on hydration kinetics during serpentinization of olivine: Insights from hydrothermal experiments and a reactive transport model. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 270, 21–42. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2019.11.017>
- Rimstidt, J. D., Brantley, S. L., & Olsen, A. A. (2012). Systematic review of forsterite dissolution rate data. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 99, 159–178. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2012.09.019>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Oyanagi Ryosuke, Kuwatani Tatsu, Suzuki Katsuhiko	4. 巻 600
2. 論文標題 Dynamics of coupled olivine dissolution and serpentine precipitation revealed by hydrothermal flow-through experiments at 260 °C-300 °C	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemical Geology	6. 最初と最後の頁 120869 ~ 120869
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemgeo.2022.120869	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 Hirauchi Ken-ichi, Nagata Yurina, Kataoka Kengo, Oyanagi Ryosuke, Okamoto Atsushi, Michibayashi Katsuyoshi	4. 巻 576
2. 論文標題 Cataclastic and crystal-plastic deformation in shallow mantle-wedge serpentinite controlled by cyclic changes in pore fluid pressures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters	6. 最初と最後の頁 117232 ~ 117232
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsl.2021.117232	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 & 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 Yoshida Kenta, Niki Sota, Sawada Hikaru, Oyanagi Ryosuke, Hirata Takafumi, Asakura Kenji, Hirajima Takao	4. 巻 398-399
2. 論文標題 Discovery of the Early Jurassic high-temperature pre-Sanbagawa metamorphism recorded in titanite	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Lithos	6. 最初と最後の頁 106349 ~ 106349
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.lithos.2021.106349	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 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 Ito Masaki, Kuwatani Tatsu, Oyanagi Ryosuke, Omori Toshiaki	4. 巻 23
2. 論文標題 Data-Driven Analysis of Nonlinear Heterogeneous Reactions through Sparse Modeling and Bayesian Statistical Approaches	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Entropy	6. 最初と最後の頁 824 ~ 824
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/e23070824	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 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 Oyanagi Ryosuke X., Kuwatani Tatsu, Omori Toshiaki	4. 巻 94
2. 論文標題 Exploration of nonlinear parallel heterogeneous reaction pathways through Bayesian variable selection	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The European Physical Journal B	6. 最初と最後の頁 42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epjb/s10051-021-00053-7	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 Kenta, NIKI Sota, SAWADA Hikaru, OYANAGI Ryosuke	4. 巻 116
2. 論文標題 Discovery of datolite in a high-pressure marble from the Sanbagawa metamorphic belt: Indication of B-rich fluid activity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Mineralogical and Petrological Sciences	6. 最初と最後の頁 1~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2465/jmps.200730	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 Kuwatani Tatsu, Yoshida Kenta, Ueki Kenta, Oyanagi Ryosuke, Uno Masaoki, Akaho Shotaro	4. 巻 532
2. 論文標題 Sparse isocon analysis: A data-driven approach for material transfer estimation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Geology	6. 最初と最後の頁 119345 ~ 119345
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemgeo.2019.119345	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 Dandar Otgonbayar, Okamoto Atsushi, Uno Masaoki, Oyanagi Ryosuke, Nagaya Takayoshi, Burenjargal Ulziiburen, Miyamoto Tsuyoshi, Tsuchiya Noriyoshi	4. 巻 174
2. 論文標題 Formation of secondary olivine after orthopyroxene during hydration of mantle wedge: evidence from the Khantaishir Ophiolite, western Mongolia	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Contributions to Mineralogy and Petrology	6. 最初と最後の頁 86
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00410-019-1623-1	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 Ito Masaki, Kuwatani Tatsu, Oyanagi Ryosuke, Omori Toshiaki	4. 巻 11954
2. 論文標題 Sparse Modeling of Nonlinear Dynamics in Heterogeneous Reactions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Neural Information Processing. ICONIP 2019	6. 最初と最後の頁 380 ~ 391
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-36711-4_32	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39件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 9件)

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 Japan Geoscience Union Meeting 2022 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Katsuyoshi Michibayashi, Suzu Saito, Yuki Kakihata, Yumiko Harigane, Atsushi Okamoto, Ryosuke Oyanagi, Kohei Hatakeyama, Ikuo Katayama, Osamu Ishizuka, Shigeaki Ono
2. 発表標題 Inversely depleted forearc mantle section records the subduction zone infancy: Umigame Seamount, Bonin Trench
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022
4. 発表年 2022年



1. 発表者名	Ryosuke Oyanagi, Atsushi Okamoto, Madhusoodhan Satish-Kumar, Masayo Minami, Yumiko Harigane, Katsuyoshi Michibayashi
2. 発表標題	Fluid and carbon cycling in the shallow forearc mantle revealed by serpentinized peridotite from hadal seafloor
3. 学会等名	Japan Geoscience Union Meeting 2022 (招待講演)
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 serpentinized mantle wedge by self-promoting carbonation: insights from Sanbagawa metamorphic belt
3. 学会等名	EGU General Assembly 2022 (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Kazuki Yoshida, Atsushi Okamoto, Ryosuke Oyanagi, 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	EGU General Assembly 2022 (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	岡本敦, 大柳良介, 吉田一貴
2. 発表標題	海洋プレートの下部地殻-マントルに海水が浸透したときの反応プロセス
3. 学会等名	「海溝海側の過程に関する横断的研究：沈み込み帯インプットの実態解明を目指して」研究集会
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 日本鉱物科学会2021年年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田 健太, 沢田 輝, 仁木 創太, 大柳 良介
2. 発表標題 三波川変成帯エクロジイト岩体中のマーブルに見られた柘榴石中の溶解再析出反応と微小空隙
3. 学会等名 日本鉱物科学会2021年年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田 健太, 岡本 敦, 丹羽 尉博, 木村 正雄, 大柳 良介, 沢田 輝, 仁木 創太, 吉田 一貴
2. 発表標題 先三波川変成作用の高温場で形成された超臨界流体起源の多相包有物
3. 学会等名 日本地質学会 第126年学術大会
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 第126年学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平内 健一, 永田 有里奈, 大柳 良介, 岡本 敦, 道林 克禎
2. 発表標題 高間隙流体圧下での古マントルウェッジ蛇紋岩体の破壊作用と深部スロー地震発生サイクルとの関連性
3. 学会等名 日本地質学会第128年学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 KENTA YOSHIDA, SOTA NIKI, HIKARU SAWADA, RYOSUKE OYANAGI, TAKAFUMI HIRATA, KENJI ASAKURA, TAKAO HIRAJIMA
2. 発表標題 Simultaneous P-T-t estimation of ultrahigh-temperature high-pressure granulite facies metamorphism recorded in titanite
3. 学会等名 Goldschmidt 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Oyanagi, R., Yoshida, K., Niwa, Y., Takeichi, Y., Kimura, M., Yoshida, K., Okamoto, A., Oman Drilling Project Phase 2 Science Party
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 2020 (招待講演) (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2020年会オンライン
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石井肇, 岡本敦, 大柳良介, 土屋範芳
2. 発表標題 超臨界条件での曹長石 - カリ長石の溶解平衡: 熱力学データの拡張と水熱実験からの制約
3. 学会等名 日本鉱物科学会2020年会オンライン
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡本敦, 大柳良介, 吉田一貴, 宇野正起, サティシュ クマール
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2020年会オンライン
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田健太, 仁木創太, 沢田輝, 大柳良介
2. 発表標題 四国中央部三波川変成帯東五良津岩体中のマープルに見られるダトー石の形成条件とその意義
3. 学会等名 JpGU-AGU joint Meeting 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤雅起, 桑谷立, 大柳良介, 大森敏明
2. 発表標題 Bayesian Data-driven Approach for Extracting Nonlinear Dynamics of Heterogeneous Reactions
3. 学会等名 JpGU-AGU joint Meeting 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石井肇、岡本敦、大柳良介、土屋範芳
2. 発表標題 Extension of log K of aqueous species to low-water density conditions and comparison with hydrothermal experiments on feldspar dissolution
3. 学会等名 JpGU-AGU joint Meeting 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田一貫, 大柳良介, 清水浩之, 岡本敦, 土屋範芳, Oman Drilling Project Phase 2 Science Party
2. 発表標題 Numerical Prediction of effect of olivine content for proceeding serpentinization
3. 学会等名 JpGU-AGU joint Meeting 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryosuke Oyanagi, Atsushi Okamoto, Noriyoshi Tsuchiya
2. 発表標題 Dynamic rate control changes during reactive-transport processes of serpentinization
3. 学会等名 Goldschmidt 2020 Virtual (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. NIKI, K. YOSHIDA, H. SAWADA, R. OYANAGI, T. HIRATA
2. 発表標題 A Two Stage P-T History of the Sanbagawa Metamorphic Terrane Constrained by Grossular U-Pb Geochronology
3. 学会等名 Goldschmidt 2020 Virtual (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshida K, Kuwatani T, Ueki K, Oyanagi R Akaho S
2. 発表標題 Metamorphic Evolution of Subducting Sediments Detected by Sparse-Modelling
3. 学会等名 Goldschmidt 2020 Virtual (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kazuki Yoshida, Atsushi Okamoto, Ryosuke Oyanagi, Hiroyuki Shimizu, Noriyoshi Tsuchiya, Oman Drilling Project Phase 2 Science Party
2. 発表標題 Fracture patterns during serpentinization in oceanic lower crust: Insights from the Oman ophiolite and numerical simulations
3. 学会等名 GSA 2020 Connects Online (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-Kumar3
2. 発表標題 Episodic mantle wedge carbonation induced by infiltration of oxidizing fluids
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大柳良介, 岡本敦, サティシュ クマール, 南雅代, 針金由美子, 道林克禎
2. 発表標題 深海6300mから採取された蛇紋岩中の炭酸塩脈の成因とその意義
3. 学会等名 変成岩などシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Wallis Simon, Takayoshi Nagaya, Kenta Yoshida, Ryosuke Oyanagi
2. 発表標題 EBSD解析の新しい試み
3. 学会等名 変成岩などシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryosuke Oyanagi, Tatsu Kuwatani, Katsuhiko Suzuki
2. 発表標題 Dissolution kinetics of forsterite olivine at >200 °C: implication for the kinetics of serpentinization
3. 学会等名 Japan Geoscience Union meeting 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryosuke Oyanagi, Tatsu Kuwatani, Toshiaki Omori
2. 発表標題 Specifying rate constants and reaction path on the water-rock chemical reaction based on exchange Monte Carlo method and sparse modeling
3. 学会等名 Japan Geoscience Union meeting 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaki Ito, Tatsu Kuwatani, Ryosuke Oyanagi, Toshiaki Omori
2. 発表標題 Sparse Modeling of Nonlinear Dynamics in Heterogeneous Reactions
3. 学会等名 Japan Geoscience Union meeting 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Okamoto, Hajime Ishii, Ryosuke Oyanagi, Noriyoshi Tsuchiya
2. 発表標題 Thermodynamic data of aqueous species for supercritical water-rock interaction: dissolution experiments and density-based extrapolation
3. 学会等名 Japan Geoscience Union meeting 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenta Yoshida, Tatsu Kuwatani, Kenta Ueki, Ryosuke Oyanagi, Shotaro Akaho
2. 発表標題 Modeling of the progressive evolution of subducting slab composition by sparse modeling
3. 学会等名 Japan Geoscience Union meeting 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tatsu Kuwatani, Kenta Yoshida, Kenta Ueki, Ryosuke Oyanagi, Shotaro Akaho
2. 発表標題 Data-driven estimation of material transfer from bulk compositions
3. 学会等名 Japan Geoscience Union meeting 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kengo Kataoka, Yurina Nagata, Ken-ichi Hirauchi, Ryosuke Oyanagi, Atsushi Okamoto, Katsuyoshi Michibayashi
2. 発表標題 Evidence for semi-brittle flow in mantle-wedge serpentinites under high pore fluid pressure and their implications for deep low frequency earthquakes
3. 学会等名 Japan Geoscience Union meeting 2019
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Atsushi Okamoto, Kazuki Yosida, Ryosuke Oyanagi, Oman Drilling Project Phase 2 Science Party3
2. 発表標題 Hydration and development of fracture network within oceanic lower crust: an evidence from CM1A of Oman Drilling
3. 学会等名 Japan Geoscience Union meeting 2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryosuke Oyanagi, Atsushi Okamoto, Noriyoshi Tsuchiya
2. 発表標題 Kinetics of silica metasomatism during serpentinization revealed by hydrothermal experiments on olivine-quartz-seawater system at 300
3. 学会等名 European Geosciences Union General Assembly 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Gretchen L. Fruh-Green, Marta Grabowska, Ryosuke Oyanagi, Kosuke Kimura, Atsushi Okamoto, Tomoaki Morishita, Akihiro Tamura, Frieder Klein, Damon A. H. Teagle, Eiichi Takazawa, Judith A. Coggon, Juerg M. Matter, Peter B. Kelemen, and OmanDP Phase 2 Science Party
2. 発表標題 Hydrothermal Alteration of the Crust-Mantle Transition and Upper Mantle in the Samail Ophiolite: Insights from the Oman Drilling Project
3. 学会等名 European Geosciences Union General Assembly 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大柳良介, 桑谷立, 鈴木勝彦
2. 発表標題 かんらん石の溶解速度から制約される蛇紋岩反応速度
3. 学会等名 日本鉱物科学会2019年会
4. 発表年 2019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 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

物質移動解析ソフトウェア「Sparse Isocon」  
<http://dsap.jamstec.go.jp/>

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

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0件

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
---------	---------