

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：12604

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K14575

研究課題名(和文)沈み込み帯ウェッジマントルにおけるアンチゴライト蛇紋岩の構造推定

研究課題名(英文) Estimation of Antigorite Serpentinite Structure of Wedge Mantle in Subduction Zones

研究代表者

永治 方敬 (NAGAYA, Takayoshi)

東京学芸大学・教育学部・講師

研究者番号：10795222

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)：本研究はウェッジマントルでのアンチゴライト(Atg)蛇紋岩の構造推定を目的とした。国内複数地域の野外調査と採取された天然岩石試料を用いてAtgの結晶方位の測定・解析を行った。既に報告されている複数地域・試料からのAtgの結晶軸の配列パターン情報との比較・コンパイルから、特定の配列パターンが形成されるメカニズムを明らかにした。また蛇紋岩がブルーサイトを含む場合に比較的低温で生じる脱水反応過程での岩石構造の変化を実験的に再現した。特にEBSDによるブルーサイトの結晶軸の配列パターンの測定に初めて成功したことで、かんらん石とブルーサイトとの間にトポタキシーと呼ばれる関係の存在を初めて発見し報告した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

沈み込み帯プレート境界の含水化した大陸側上部マントル(ウェッジマントル, WM)は、アンチゴライト(Atg)主体の蛇紋岩で構成される。AtgはWMで結晶軸が強く配列する一方、複数の配列パターンの報告がある。本研究は一部の配列パターンと形成メカニズムの関係を解明した。

また蛇紋岩内の一部の脱水反応で生じる岩石構造変化を実験的に再現するとともに、反応後に形成するかんらん石が変形を伴わずとも結晶軸が配列するメカニズムを発見した。本研究で見出した含水WMでの岩石構造とその形成過程や変化は、一部深部Slow地震発生領域でも生じると考えられることもあり、WMの力学的・水理学的特性を理解する上で重要である。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to estimate the antigorite (Atg) serpentinite structure in the wedge mantle. Field surveys were conducted in several areas in Japan, and natural rock samples were collected and used to measure and analyze the crystallographic orientations of Atg. Comparison and compilation with previously reported information on the alignment patterns of Atg crystal axes from several regions and samples revealed the mechanism by which specific alignment patterns are formed.

In addition, the changes in rock structure were experimentally reproduced during the dehydration reaction process that occurs at relatively low temperatures when serpentinite contains brucite. In particular, we succeeded for the first time in measuring the arrangement pattern of crystal axes of brucite by EBSD, and discovered and reported for the first time the existence of a relationship called topotaxy between olivine and brucite.

研究分野：固体地球科学, 地質学, 地球内部物質科学, 構造地質 - 構造岩石 - 構造地震学, 岩石 - 鉱物学

キーワード：アンチゴライト蛇紋岩 前弧マントルレオロジー 結晶軸選択配向(CPO)形成機構 変形機構 脱水分解反応 ブルーサイト トポタキシー 深部Slow地震

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

日本を含む沈み込み帯は、海洋プレートの沈み込みによって海水を含む地球表層物質が地球内部に運ばれる大規模物質循環の現場である。沈み込んだ海洋プレートからの水流体が上方のウェッジマントルに供給されることで含水する。このとき含水化したウェッジマントルでは、カンラン石の加水反応によってアンチゴライト(*antigorite*, Atg)と呼ばれる高温型の蛇紋石鉱物を多く含む蛇紋岩が形成される(e.g., Evans, 2004)。板状鉱物である Atg が変形することで、含水ウェッジマントルに強い面状構造(面構造)が形成されることが予想される(図 1)(e.g., Katayama et al., 2009)。このウェッジマントルの含水化と物理的な異方性を生み出す岩石構造の形成は、沈み込み境界に透水異方性や地震波異方性を与えるなど(e.g., Kawano et al., 2011; Katayama et al., 2012; Nagaya et al., 2016)、地球物理学的観測の解釈や計算科学的手法を用いた研究での計算条件・仮定に影響する。そのため、沈み込み帯内部の含水状態を含めた構造やこれに関係した地震活動や火成活動などの地球表層にも影響を及ぼす諸現象に対する物理的な理解を困難にする一因になっており、沈み込み帯の包括的な理解に取り組むには、含水ウェッジマントルが物質科学的にも理解されていることが前提となる。

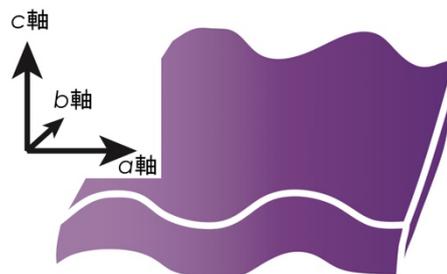


図 1. アンチゴライト(Atg)の結晶構造と結晶軸方向の模式図。

Atg 蛇紋岩の岩石構造解析は、岩石中試料中鉱物の結晶方位を電子線回折像から高速で連続的に測定できる EBSD (Electron backscatter diffraction, 後方散乱電子線回折像)による測定の成功を皮切りに(e.g., Katayama et al., 2009)、世界中で活発な測定・報告がされている(e.g., Van de Moortele et al., 2010; Nishii et al., 2011; Padrón-Navarta et al., 2012; Soda & Wenk, 2014; Brownlee et al., 2013; Nagaya et al., 2014)。これまでに Atg の変形実験、及び沈み込み帯起源の天然試料から、面構造が発達した岩石で、Atg の c 軸は剪断面(天然試料では面構造)がほぼ垂直方向に配列することが明らかになっている。一方で、剪断方向(天然試料では鉱物の伸長方向である線構造)に平行な方向に選択的に配列する結晶軸が、試料によって a 軸である場合と b 軸である場合に大別される(Nagaya et al., 2017)。a 軸が剪断方向に平行に配列する場合に A-type、b 軸が剪断方向に平行に配列する場合に B-type Atg CPO (crystallographic preferred orientation, 結晶軸選択配向)と呼ばれている(図 2)。このほか、a 軸と b 軸が面構造上で複数方向に強く配列する場合やガードル状に分布する場合も一部報告されている。しかしこれらの異なる Atg CPO パターンが何に起因して決まるのかに関しては、いくつかのモデルが提案されているが(e.g., Padrón-Navarta et al., 2012)、未だ統一的なモデルの構築には至っていない。

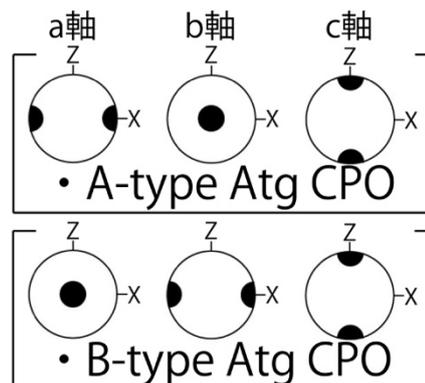


図 2. A-type と B-type における各結晶軸の配列方向をステレオネットを使って示した模式図。X は剪断方向(線構造)に平行な方向、Z は剪断面(面構造)に垂直な方向。

2. 研究の目的

本研究課題は、Atg の CPO パターンがどのように形成されるのかを明らかにし、ウェッジマントルにおける Atg 蛇紋岩の構造を推定することを目的とする。そのためには、異なる Atg CPO パターンの形成が、形成メカニズムの違いか、同一の形成メカニズムであっても異なるパターンが卓越するような Atg CPO 形成時の条件(沈み込み帯での温度・圧力・差応力など)の違いを反映したものなのか、あるいは EBSD による Atg の結晶方位測定の正確性に起因したものであるのかは重要な問いである。本研究では、Atg の結晶方位測定の信頼性と、CPO 形成メカニズムの双方に焦点を当て、Atg CPO パターンを決定づけている因子を明らかにすることで上記の研究目的の達成を目指す。

3. 研究の方法

これまで報告された Atg の CPO パターンのレビューから、日本国内で報告された Atg CPO は変形実験試料を除き、天然試料では基本的に B-type CPO パターンを示すのに対し、海外からは A-type と B-type の双方の CPO パターンが報告されている(Nagaya et al., 2017)。これに対して、これまで報告された Atg CPO はそのほとんどが EBSD によって測定されているが、その測定の信頼性は、潜在的な疑念が持たれていた(Van de Moortele et al., 2010; Nishii et al., 2011; Padrón-Navarta et al., 2012)。近年同一試料に対して複数の分析装置を用いて測定した結果、EBSD 測定がその他の分析装置とは異なる Atg CPO を示すことが例示され、EBSD 測定の信頼性の問題が顕在化した(Soda & Wenk, 2014)。そのため、Atg CPO の分類分けは EBSD 測定の

正確度に起因する可能性がある。

本研究は、正確度が定量的に評価されている Nagaya et al. (2017) によって報告された EBSD による測定手順に従って Atg CPO を測定することで、同一測定手法による Atg CPO パターンの違いとこれを決定づけている因子の検証を行う。Nagaya et al. (2017) では、EBSD によって誤った結晶方位が測定される可能性を定量的に評価し、Atg CPO の信頼性の高い測定方法として、解析時のデータフィルターに用いる Mean Angular Deviation (MAD) が 0.7° 以下の指数付けされた結晶方位データ、もしくは岩石の面構造に平行な薄片試料を CPO 測定に用いることを提案している。MAD は、データもしくは検出された回折パターンである菊池パターンと結晶構造データベースから最も合致する鉱物・方位をフィッティングされた理論的な菊池パターンの角度差であり、より低い値でより正確度の高い方位を示す確率が高いとされている。これまで、Nagaya et al. (2017) は、A-type CPO を示した岩石試料に関してより信頼性の高い測定方法で Atg CPO を測定した場合、B-type に変化したことが示された。そのため、本研究では MAD によるフィルタリングを行い、より信頼性の高い測定方法を用いてもなお、Atg CPO パターンの変化が見られる試料を使用することで、特定の Atg CPO パターンの形成因子を明らかにする。本研究課題では、四国三波川帯別子地域および白髪山地域から採取された天然蛇紋岩試料を用いた。これらの試料には主にアンチゴライトで構成された剪断帯が見られる。そのため、剪断帯中心と比較的剪断帯の影響を被っていない剪断帯外側に対し、詳細な EBSD 結晶方位測定を行うことで、剪断帯中心と外側の Atg 粒子の粒径、結晶形状、結晶方位の比較を行う。また剪断帯中心と剪断帯外側の EPMA による Atg の鉱物化学組成分析を行い合わせて比較する。その結果、剪断帯の発達に伴った変形によって特定の Atg CPO パターンが形成・発達したと考えられる場合には、この CPO パターンを形成する変形メカニズムを特定あるいは制約することができる。

4. 研究成果

天然蛇紋岩試料の剪断帯に対する詳細な EBSD 結晶方位測定に基づく Atg 粒子の粒径、結晶形状、結晶方位の解析の結果、Atg 粒子の粒子粒径やアスペクト比に顕著な違いは見られなかった。また、剪断帯中心と剪断帯外側の EPMA による Atg の鉱物化学組成分析を行った結果、主要化学組成にも顕著な違いは見られなかった。その一方、Atg 粒子の鉱物伸長方向は剪断帯中心に近づくに従って剪断方向に平行に変化し、剪断帯中心と外側の有限歪み楕円推定から歪み量も剪断帯中心に近づくに従って増大していることが分かった。これに加え、Atg の EBSD による結晶方位測定から Atg の結晶方位の集中する方向も Atg の c 軸にほぼ垂直な板面が剪断帯中心に近づくに従って剪断方向に平行に配列するように変化し、その配列強度も増大する。これらの Atg の剪断帯の微細構造解析は、Atg の粒界滑りによって配列したことを示す。またこの剪断によって配列した Atg CPO は摩擦係数の低い b 軸が剪断方向に平行に配列する B-type Atg CPO を示した。そのため、A-type は塑性変形によって形成される、もしくは測定時の誤った指数付けの結果の可能性がある一方、B-type は粒界滑りによる剛体回転が主な摩擦変形の過程で形成されたと考えられる。

EBSD による一部の鉱物の結晶方位測定の不確実性の問題は、岩石中での鉱物の配列強度推定の誤差を大きくし、岩石の弾性定数を含む物理的異方性推定の信頼性に影響する恐れがある。これは、例えば板状鉱物である Atg の配列強度の誤差によって、蛇紋岩の地震波異方性 (e.g., Nagaya et al., 2016) や透水異方性 (e.g., Kawano et al., 2011; Katayama et al., 2012)、摩擦異方性 (Campione & Capitani, 2013) に関係した、地震波速度観測や岩石の地震波伝搬特性を用いた地球内部構造や地震現象を含めその変化を目的とした比較的短い時間スケールでの研究や、前弧マントルや海洋プレートの沈み込み帯における複数年規模の現象を対象にした研究で懸念点となる可能性がある。これに対し本研究課題では、特に沈み込み帯プレート境界域の大陸側含水ウェッジマントルを構成する蛇紋岩中で B-type Atg CPO が形成される変形メカニズムを明らかにした。また、本研究課題で得られた成果に加え、これまで報告された複数地域・岩石から、Atg の CPO パターン情報を比較・コンパイルすることで、沈み込み帯浅部ウェッジマントル全体における複数種類の Atg の CPO パターンの分布及び形成メカニズムを推定し、深部 Slow 地震発生領域 (図 3) での蛇紋岩の変形様式を提案した (Nagaya et al., 2023)。

上記の研究成果に加えて、蛇紋岩がブルーサイト (Brc) を含む場合にはウェッジマントルの比較的浅部で脱水反応が生じる可能性がある (e.g., Evans, 2004)。天然試料で観察される、この脱水

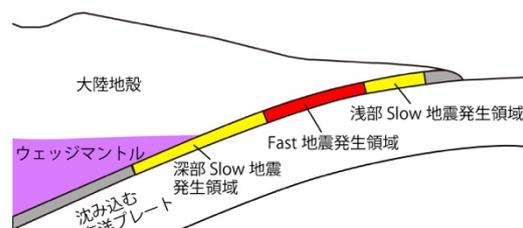


図 3. 沈み込み帯における Fast 地震と Slow 地震の発生領域の概図。Obara & Kato (2016) に加筆。

の含水状態の推定や、岩相分布・構造推定など長期的な時間スケールの現象を対象にした研究で懸念点となる可能性がある。

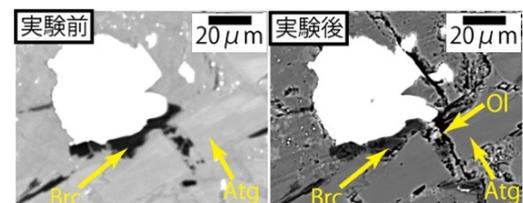


図 4. Brc+Atg の 500°C 、 0.9 GPa での分解実験前後の微細構造の比較 (BSE 像)。Brc+Atg の分解によって Ol が形成した。Nagaya et al. (2022) に加筆。

過程での岩石構造の変化を実験的に再現し、特に蛇紋岩に含まれる Brc の CPO の測定に初めて成功したことで (図 4)、かんらん石と Brc との間にトポタキシーと呼ばれる結晶学的な方位関係の存在を初めて発見・報告した (図 5) (Nagaya et al., 2022)。分解前の Brc の (0001) 面は、分解後に新たに形成されるカンラン石の (001) 面と約 20 度の角度関係を示し、同時にカンラン石の {110} 面の 1 つが、Brc の {20-21} 面の 1 つと平行な関係を示す。そのため、Brc が面構造に平行に配列する場合には、図 4 のようなカンラン石の CPO が形成されることが予想される (図 5)。これは、前弧マンタルの浅部で Brc が CPO を有する場合には、分解時に形成されるかんらん石が変形を伴わずとも CPO を有し、結晶軸が配列することを示している。

深部 Slow 地震発生領域を含む前弧ウェッジマンタルにおいて、本研究課題から推定された Brc の脱水反応過程や Atg の変形メカニズムと関連した岩石構造(あるいは異方性)とその変化は今後、比較的短い時間スケールでの地震現象や長い時間スケールでの前弧マンタルレオロジーを対象とした研究等での活用が期待される。

<引用文献>

Evans, B.W. 2004, *Int. Geol. Rev.* 46, 479–506; Katayama, I. et al. 2009, *Nature* 461, 1114–1117; Kawano, S. et al. 2011, *Geology*, 39, 939–942; Katayama, I. et al. 2012, *Nat. Geosci.* 5, 731–734; Nagaya, T. et al. 2016, *Sci. Rep.* 6, 29981; Van de Moortele, B. et al. 2010, *J. Microsc.* 239, 245–248; Nishii, A. et al. 2011, *J. Struct. Geol.* 33, 1436–1445; Padrón-Navarta, J.A. et al. 2012, *Earth Planet. Sci. Lett.* 349–350 75–86; Soda, Y. & Wenk, H.-R. 2014, *Tectonophysics*. 615–616, 199–212; Brownlee, S.J. et al. 2013, *Earth Planet. Sci. Lett.* 375, 395–407; Nagaya, T. et al. 2014, *Earth Planet. Sci. Lett.* 387, 67–76; Nagaya, T. et al. 2017, *J. Struct. Geol.* 95, 127–141; Campione, M. & Capitani, G.C. 2013, *Nat. Geosci.* 6, 847–851; Obara, K. & Kato, A. 2016, *Science* 353, 253–257; Nagaya, T. et al. 2023, The 2nd IAGC Conference, OC7-03; Nagaya, T. et al. 2022, *Contrib. Min. Petrol.* 177:8.

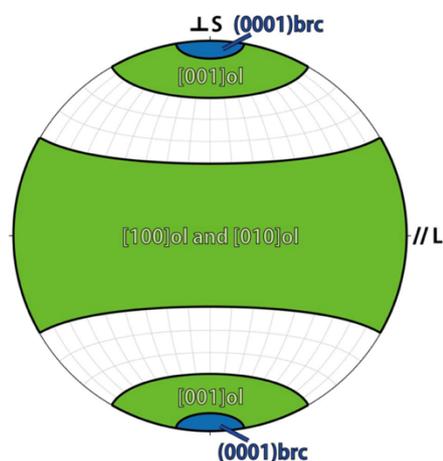


図 5. 配列した Brc の分解によって形成することが予想されるカンラン石の CPO パターン。Brc の面構造にほぼ平行 (< ~10°) な (0001) 面の法線方向の分布を青色で示し、カンラン石の各結晶軸方向 ([100]、[010]、[001]) を緑色で示している。S は面構造、L は線構造を表す。Nagaya et al. (2022) より引用。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Takayoshi Nagaya, Atsushi Okamoto, Masanori Kido, Jun Muto, Simon R. Wallis	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 Atsushi Okamoto, Takayoshi Nagaya, Shunsuke Endo, Tomoyuki Mizukami	4. 巻 -
2. 論文標題 Ultramafic Rocks from the Sanbagawa Belt: Records of Mantle Wedge Processes	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Elements	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) 10.2138/gselements.20.2.83	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 Yukinojo Koyama, Simon R. Wallis, Takayoshi Nagaya	4. 巻 15
2. 論文標題 Subduction plate interface shear stress associated with rapid subduction at deep slow earthquake depths: example from the Sanbagawa belt, southwestern Japan	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Solid Earth	6. 最初と最後の頁 143-166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/se-15-143-2024	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 Kohtaro Ujiie, Naoki Nishiyama, Hisaki Yamamoto, Minoru Yamashita, Takayoshi Nagaya, Takashi Sano, Yui Kouketsu	4. 巻 129:e2023JB027901
2. 論文標題 Duplex Underplating, Sediment Dehydration and Quartz Vein Mineralization in the Deep Tremor Source Region	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 1-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2023JB027901	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 Takuro Yoshioka, Kyuichi Kanagawa, Yoshikuni Hiroi, Takao Hirajima, Martin Svojtka, Tomokazu Hokada, Simon R. Wallis, Takayoshi Nagaya, Akira Miyake	4. 巻 -
2. 論文標題 Deformation-induced, retrograde transformation of kyanite to andalusite: An example of felsic granulite in the southern Bohemian Massif	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Tectonophysics	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) 10.1016/j.tecto.2024.230293	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 Gen Takahashi, Taiga Okumura, Takayoshi Nagaya, Michio Suzuki, Toshihiro Kogure	4. 巻 119:003
2. 論文標題 Mineralogical aspects of asteriscus of goldfish (Carassius auratus) consisting of vaterite	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Mineralogical and Petrological Sciences	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2465/jmps.231206	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 Astin Nurdiana, Atsushi Okamoto, Kenta Yoshida, Masaoki Uno, Takayoshi Nagaya, Noriyoshi Tsuchiya	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
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 Yui Kouketsu, Kazushi Sadamoto, Hayato Umeda, Hirokazu Kawahara, Takayoshi Nagaya, Tomoki Taguchi, Hiroshi Mori, Simon Wallis, Masaki Enami	4. 巻 0
2. 論文標題 Thermal structure in subducted units from continental Moho depths in a palaeo subduction zone, the Asemigawa region of the Sanbagawa metamorphic belt, SW Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Metamorphic Geology	6. 最初と最後の頁 1-23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jmg.12584	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 Diana Mindaleva, Masaaki Uno, Fumiko Higashino, Takayoshi Nagaya, Atsushi Okamoto, Noriyoshi Tsuchiya	4. 巻 372-373:105521
2. 論文標題 Rapid fluid infiltration and permeability enhancement during middle-lower crustal fracturing: Evidence from amphibolite-granulite-facies fluid-rock reaction zones, Sor Rondane Mountains, East Antarctica	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lithos	6. 最初と最後の頁 1-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.lithos.2020.105521	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28件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 15件)

1. 発表者名 Takayoshi Nagaya, Simon R. Wallis, Ryosuke Ando
2. 発表標題 B-type antigorite crystal preferred orientation (CPO) by grain boundary sliding from Sanbagawa belt, Shikoku, Japan: implications for the distribution of antigorite CPO patterns in subduction zones
3. 学会等名 The 2nd International association of Geochemistry (IAGC) Conference (the 17th Congress of Water-Rock Interaction (WRI17) and the 14th Applied Isotope Geochemistry (AIG14)) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takayoshi Nagaya, Simon Richard Wallis
2. 発表標題 Antigorite grain boundary sliding accommodated by micro-cracking and dissolution-precipitation creep in subduction zone
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 永治方敬, ウォリス サイモン
2. 発表標題 浅部ウェッジマントルのアンチゴライトの変形メカニズムとカップリング深度
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 Takayoshi Nagaya, Simon Richard Wallis, Andrew Walker, James Wookey, Kazuhiko Ishii, Michael Kendall
2. 発表標題 Mineralogy and structure of the shallow mantle wedge: evidence from seismic anisotropy in the Ryukyu Arc and structural petrological studies
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takayoshi Nagaya, Simon Richard Wallis, Kazuhiro Kawahara, Shunsuke Endo, Hiroshi Mori, Yoshihiro Asahara
2. 発表標題 Brucite as a major phase in the shallow mantle wedge
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takayoshi Nagaya, Simon Richard Wallis
2. 発表標題 Serpentinized shear zones with low frictional strength by grain-boundary sliding of antigorite at the depth of deep SSEs
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yukinojo Koyama, Simon R. Wallis, Takayoshi Nagaya
2. 発表標題 Microstructure, deformation mechanisms and stress along the plate interface: the view from the Sanbagawa belt
3. 学会等名 変成岩などシンポジウム2024
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Frank Madison, Ujiie Kohtaro, Motohashi Ginta, Nagaya Takayoshi
2. 発表標題 Deformation mechanisms and rheology of melange shear zones associated with seamount subduction
3. 学会等名 The 2nd International association of Geochemistry (IAGC) Conference (the 17th Congress of Water-Rock Interaction (WRI17) and the 14th Applied Isotope Geochemistry (AIG14)) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kohtaro Ujiie, Naoki Nishiyama, Hisaki Yamamoto, Minoru Yamashita, Takayoshi Nagaya, Takashi Sano, Yui Kouketsu
2. 発表標題 Duplex Underplating, Sediment Dehydration and Quartz Vein Mineralization in the Deep Tremor Source Region
3. 学会等名 American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小山 雪乃丞, ウォリス サイモン, 永治 方敬, 青矢 睦月
2. 発表標題 沈み込み境界の深部スロー地震発生領域における最大剪断応力分布とその時間変化: 西南日本三波川沈み込み帯の例
3. 学会等名 日本地質学会第130年学術大会(2023年京都)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 延原 香穂, 築島 由理恵, 森 宏, 永治 方敬, 新屋 貴史, 早川 由帆
2. 発表標題 長野県伊那地域・三波川帯における超苦鉄質岩類の鉱物組み合わせの空間変化に基づく蛇紋岩化及び接触変成プロセスの解明
3. 学会等名 日本地質学会第130年学術大会(2023年京都)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 多田 賢弘, 黒澤 耕介, 富岡 尚敬, 永冶 方敬, 伊佐 純子, Christopher Hamann, 大野 遼, 新原 隆史, 岡本 尚也, 松井 孝典
2. 発表標題 衝撃回収実験により形成された、石英中のFeather Features の特徴
3. 学会等名 日本惑星科学会 2023年秋季講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yukinojo Koyama, Simon Richard Wallis, Takayoshi Nagaya
2. 発表標題 Geological characteristics and stress distribution in deep slow earthquake domain: evidence from the subduction-type Sanbagawa metamorphic belt
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Seiya Maehara, Ryosuke Ando, Takayoshi Nagaya, Kohtaro Ujiie, Simon Richard Wallis, Koyama Yukinojo
2. 発表標題 Deformation temperature and strain rate estimations for Mie melange of Nagasaki Metamorphic Rocks
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Otarō Kobayashi, Shiki Machida, Takayoshi Nagaya, Ichiro Kaneoka, Tsuyoshi Iizuka
2. 発表標題 Unraveling the primitive W isotope compositions of kimberlites
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Jie Ren, Hirochika Sumino, Simon Richard Wallis, Takayoshi Nagaya
2. 発表標題 Fingerprints of subducted noble gas and halogen in the Franciscan serpentinite, California
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉岡 拓郎, 金川 久一, 廣井 美邦, 平島 崇男, スフォイッカ マルティン, 外田 智千, 本吉 洋一, ウォリス サイモン, 永治 方敬
2. 発表標題 変形に起因する藍晶石から紅柱石への相転移: ポヘミア地塊南部Gfohl グラニュライトの例
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2022年大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小山 雪乃丞, ウォリス サイモン, 永治 方敬
2. 発表標題 深部スロー地震が発生する地質環境: 三波川変成帯の例
3. 学会等名 日本地質学会第129年学術学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木村 陽介, 森 宏, 永治 方敬
2. 発表標題 紀伊半島中央部・中央構造線近傍における領家マイロナイトの岩石学的特徴とその空間変化
3. 学会等名 日本地質学会第129年学術学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋玄, 奥村大河, 永冶方敬, 鈴木道生, 小暮敏博
2. 発表標題 魚類耳石を構成するvateriteの結晶学的特徴
3. 学会等名 日本鉱物科学会2022年年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋玄, 奥村大河, 永冶方敬, 鈴木道生, 小暮敏博
2. 発表標題 魚類耳石を構成するvateriteの結晶学的特徴
3. 学会等名 第17回バイオミネラリゼーションワークショップ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井上郁, 氏家恒太郎, 永冶方敬
2. 発表標題 Development of crystallographic preferred orientation during normal faulting in the Pleistocene Ryukyu Limestone
3. 学会等名 JpGU Meeting 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 氏家恒太郎, 西山直毅, フランク マディソン, 山下穂, 森康, 最首花恵, 重松紀生, 永冶方敬
2. 発表標題 スロー地震の地質学的痕跡
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 ミンダリョウ ディアナ, 宇野正起, 永冶方敬, 土屋範芳
2. 発表標題 静的相平衡解析による地殻破壊および流体流れのダイナミクスの評価
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 Kazuyuki Yoshida, Takayoshi Nagaya, Simon Richard Wallis
2. 発表標題 Deformation of antigorite serpentinite in the base of the shallow wedge mantle and relationship to slow earthquakes
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Otgonbayar 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 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yui Kouketsu, Kazushi Sadamoto, Hayato Umeda, Hirokazu Kawahara, Takayoshi Nagaya, Tomoki Taguchi, Hiroshi Mori, Simon Richard Wallis, Masaki Enami
2. 発表標題 Thermal structure near the continental Moho of subduction zone: Natural example of the Asemigawa region of the Sanbagawa metamorphic belt, SW Japan
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (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 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 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020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
研究協力者	ウォリス サイモン (Wallis Simon) (30263065)	東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・教授 (12601)	
研究協力者	岡本 敦 (Okamoto Atsushi) (40422092)	東北大学・環境科学研究科・教授 (11301)	
研究協力者	武藤 潤 (Muto Jun) (40545787)	東北大学・理学研究科・教授 (11301)	

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