

令和 5 年 5 月 2 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H00722

研究課題名(和文) 稍深発地震とスロースリップに対する超臨界水の効果：放射光その場観察実験による検証

研究課題名(英文) Role of aqueous fluid in occurrence of intraslab earthquakes

研究代表者

大内 智博 (Ohuchi, Tomohiro)

愛媛大学・地球深部ダイナミクス研究センター・准教授

研究者番号：60570504

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,100,000円

研究成果の概要(和文)：稍深発地震の多発するスラブ内浅部の温度圧力条件下(400-1000、1-3万気圧)における海洋マントル岩と海洋地殻岩の変形・破壊実験を行った。海洋マントル岩では、系に水性流体が存在する非排水条件下での場合にはアコースティックエミッション(AE)の発生を伴わずに断層形成が進行した。一方、系より水性流体が排水される場合では、AE発生を伴う断層形成が進行した。海洋地殻岩の場合では、同様の水性流体のAE抑制効果は500以下においてのみ確認された。以上の結果は、比較的低温のスラブ内及び表面付近での水性流体の蓄積によって稍深発地震は抑制され、代わりにスロースリップ現象が卓越することを示唆している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本列島の地下へと沈み込むプレートの内部(深さ30-100km)にて起きる稍深発地震が、水によって起きやすくなるのか、あるいは抑制されるのかを実験的に検証した。プレートの岩石内に断層が形成され、断層すべりが起きる際に水が存在すると、岩石と水の間での化学反応によって“軟らかい”含水鉱物が形成されるため、地震発生を伴わない断層すべり(サイレント地震やスロースリップ現象に相当)が起きやすくなることが確認された。一方、水が存在しない環境下では、地震を伴う断層すべりが支配的に起きた。以上の結果は、プレート内部の地震発生場に水性流体が蓄積されることによって、地震発生が抑制されることを意味している。

研究成果の概要(英文)：To understand the processes of the occurrence of intraslab earthquakes, we conducted deformation experiments on dunite at pressures 1-3 GPa and temperatures 400-1000 using a D-DIA apparatus at SPring-8/BL04B1. We found that “silent” faulting proceeds in dunite and harzburgite samples under undrained conditions. On the other hand, many acoustic emissions (AEs) radiated from the samples during faulting under drained conditions. The observed “silent” faulting is explained by the detachment of asperity contacts by high pore pressures under undrained conditions. Microstructural observations revealed that formation of talc and brucite via the hydration reaction of anhydrous minerals on the fault surface enhanced “silent” faulting. Similar results were obtained for amphibolite samples at lower temperatures (< 500). In summary, aqueous fluid accumulated around the surface of subducting slabs may inhibit the occurrence of intraslab earthquakes and enhance slow-slip events.

研究分野：鉱物物理学

キーワード：稍深発地震 スロースリップ現象 サイレント地震 断層 水 含水鉱物 岩石-水反応

## 1. 研究開始当初の背景

地震は、日本をはじめとしたプレートの沈み込み帯において顕著に発生する自然災害である。東日本大震災(2011年3月11日)のような大地震の多くは震源深さ30kmまでの“浅い”地震であることが多く、それらの発生原因は既存の断層が周期的にすべることによる。しかし断層の摩擦係数は強い圧力依存性をもつため、理論的には30km以深では断層すべりは起こりえない(Kohlstedt et al., 1995)。しかし実際には深さ30-300kmの沈み込むプレート(スラブ)内部にて地震(本研究ではこれを便宜的に稍深発地震と呼ぶ)が発生しており、そのうちには1993年1月15日の釧路沖地震(マグニチュード7.5、震源深さ101km)などの大災害に至るケースが多数知られている。近年の地震学・測地学的観測結果によると、沈み込むスラブ上面付近にて発生する大規模な稍深発地震の発生はその直上のプレート境界面におけるスロースリップ現象(スロー地震・サイレント地震・微動等の総称)の発生のタイミングと何らかの関連性があることが示唆されている(Obara & Kato, 2016)。スロースリップの多発する場合は地震波が減衰しやすいといった特徴から、蛇紋石などの含水鉱物の分解の際に放出される超臨界水が存在していると推定されている(Matsubara et al., 2009; Wech et al., 2012)。そのため、スラブからの超臨界水の排水の程度がスロースリップや稍深発地震の発生において何らかの鍵を握ることが経験的に分かっているものの、それらの因果関係は不明のままである。「超臨界水はスロースリップ現象や大規模な稍深発地震の発生を誘発するのか?」といった問いに答えるためには、検証実験を通じた物質科学的アプローチが有効である。

そのような室内実験では、地下へと沈み込んだスラブの内部と同じ温度圧力環境を再現し、スラブ構成岩石を破壊させる。空間スケールと地震のマグニチュードには相似関係が成り立つため、実験室レベルの空間では岩石試料から発生するアコースティックエミッション(以下 AE)が実際のスラブにおける自然地震に相当する。近年の実験結果によると、稍深発地震の原因は岩石を構成する鉱物粒子が分解し細粒化する際に起きる「岩石の局所的弱体化とそれによる変形エネルギーの局所集中」(Ferrand et al., 2017; Ohuchi et al., 2017)であることが明らかとなっており、これは既存の断層が周期的にすべるといった“浅い”地震の原因とは全く異なる。

地殻上部のような比較的浅い条件下(< 10 km)にて成り立つ「水圧破碎モデル」によると、鉱物粒子間の間隙水圧によって岩石強度が低下し地震性の破壊が起きやすくなることが予想されるため、稍深発地震発生のリスクは超臨界水の存在によって高まるといった解釈が広く受け入れられている。しかし「水圧破碎モデル」は水が超臨界状態ではなく液体状態である低温低圧において成り立つことに注意を要する。実際に申請者らがスラブ内の高温高圧環境下で行った予察的な実験結果では、スラブを構成するカンラン岩が一軸圧縮を受けて破壊をする際に、超臨界水が存在する条件下ではAEを発生せずに断層形成に至るといった「サイレント地震」現象が確認されている(Ohuchi et al., 2018)。これは浅部での常識に反し、スラブのような深部(> 30 km)では超臨界水は地震を抑制するのかもしれないことを意味している。

## 2. 研究の目的

以上のような背景から、大内(研究代表者)らはスラブ内部にて超臨界水は地震を抑制し、排水の程度に対応して発生する地震の種類が「サイレント地震」「スロー地震」「大地震」の順に変化するという独自の仮説を提唱してきた(図1)。本研究課題では、これを実験的に立証することを目的とした。スラブ(海洋地殻+リソスフェア)からマントルへの「排水の程度」をパラメータとして地震発生を素過程を見直した場合、スロースリップ現象は大地震と切り離せない一連の現象であるかもしれない。既往の状況証拠より超臨界水が地震発生に深く関与している可能性は高く、本研究による実験的検証によって地震波減衰の強弱(超臨界水の量)から推定される「排水の程度」を基準とした大地震発生リ

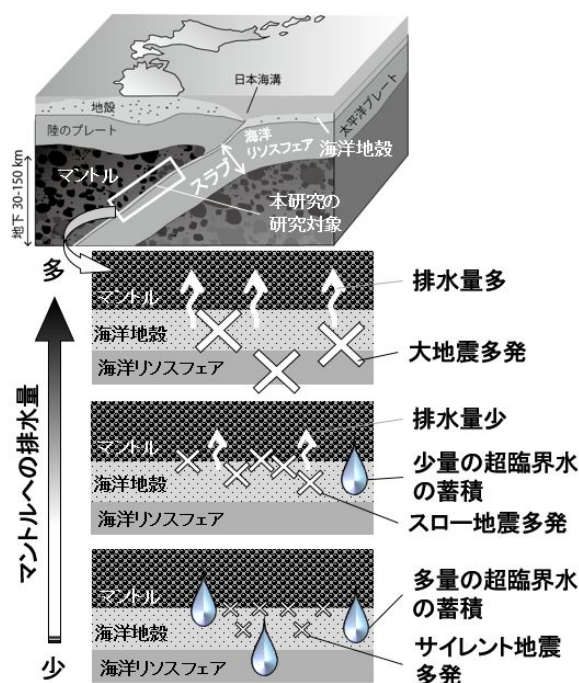


図1: 稍深発地震に対する超臨界水の抑制効果に関する、本研究の作業仮説の概念図。

スク評価が可能となるかもしれないといった観点からも実験結果の吟味を行った。

### 3. 研究の方法

本研究では、深さ 30 - 100 km の沈み込むスラブ上面付近の温度圧力条件下 (400 - 1000、1 - 3 万気圧) にて海洋マントル岩 (ハルツバーガイト及びダナイト) と海洋地殻岩 (角閃岩及びエクロジヤイト) の一軸圧縮試験を行った。この実験を系に超臨界水が多量に存在する状態 (スラブから水が全く排水されていない状態) と全く存在しない状態 (排水された状態) にて行い、岩石強度及び歪と試料から発生する AE を計測した。排水の程度に対応して「サイレント地震またはスロー地震」「大地震」のように地震の種類が変化するかどうかを実験的に検証した。

高温高圧下における断層すべり速度やそれに伴う岩石強度低下を測定することを目的として、大型放射光施設 SPring-8 のビームライン BL04B1 に設置された D-DIA 型変形装置を用いた実験を行った。従来では、SPring-8 の放射光を用いても岩石強度・歪データを 1 組得るのに現状では 300 秒程度を要していたため (岩石試料の場合) 10 秒未満の短時間の現象である断層すべりに伴う応力・歪の変化を定量するのは困難であった。そこで本研究では、CdTe 型 2 次元半導体検出器と関連ソフトウェアからなる「高速岩石強度・歪測定システム」の構築を行い、これを SPring-8 の BL04B1 に導入し、実験に供した (図 2)。当システムの導入後では、岩石強度・歪データを 1 組得るのに要する時間を 50 秒にまで短縮することに成功した。

AE 測定では、申請者らが独自に開発してきた AE 測定システムを用いた (図 3)。当 AE 測定システムにおける震源決定誤差は  $\pm 1\text{mm}$  程度である。通常ではプリアンプ 2 台を直列に接続することにより 56dB の信号増幅処理を行ったが、SPring-8 で行った実験では、プリアンプのうち 1 台を超小型信号増幅器 (小型 AE センサの近傍に配置可能) に置き換えることで、より高いシグナル/ノイズ比での測定を行った。さらには、地震学で発展してきた相対震源決定法 (Waldhauser & Ellsworth, 2000) を AE の震源決定計算ソフトウェアに適用し、震源決定誤差をさらに低減することを試みた。

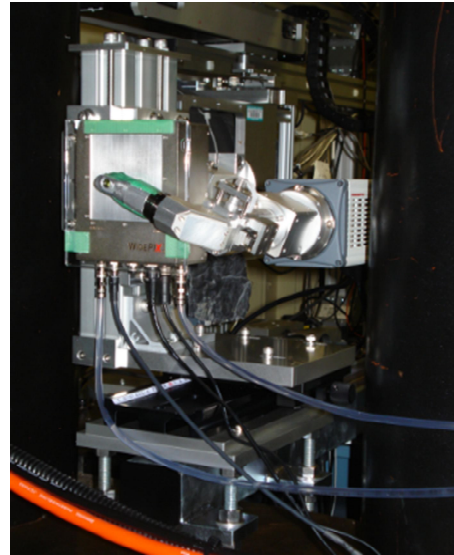


図 2 : 本研究で SPring-8/BL04B1 に導入した、CdTe 型 2 次元半導体検出器と専用光学系。

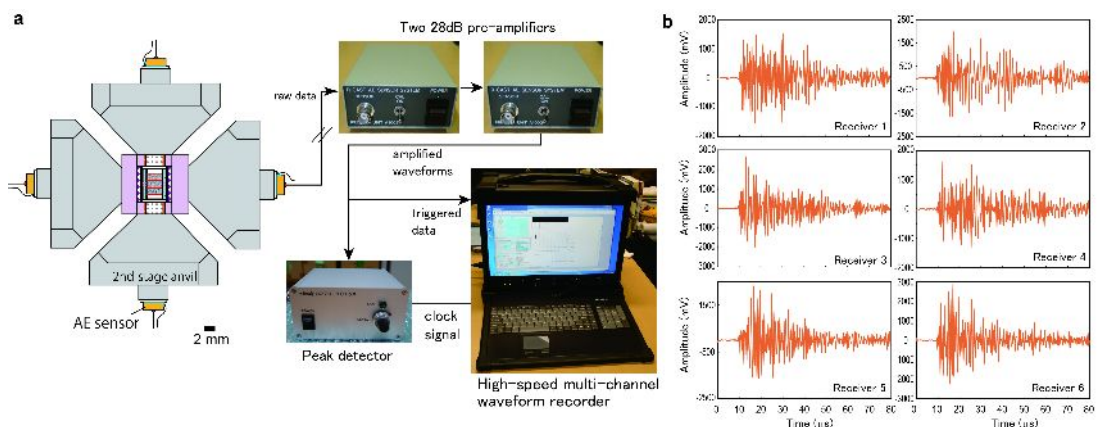


図 3 : (a) 本研究で用いた AE 測定システムの概念図。D-DIA 型変形装置の 2 段階アンピルの背面に貼り付けた AE センサで、試料内から放出された AE を受信する。AE センサより送信される電気信号は、2 台のプリアンプで増幅された後に波形収集記録装置に送信され、記録される。(b) 計 6 個の AE センサそれぞれにて記録された AE 波形の一例。

### 4. 研究成果

#### (1) 海洋マントル岩の実験結果

スラブ内浅部の温度圧力条件下 (1-3 万気圧, 500-1000 ) におけるハルツバーガイト (カンラン石 + 斜方輝石多結晶体) やダナイト (カンラン石多結晶体) の変形実験では、幅広い温度条件下において、試料中に水性流体が存在する場合 (非排水条件) には AE をほとんど伴わずに断層形成に至ることが明らかとなった。一方、試料中に水性流体が存在しな

い場合（排水条件）では、断層形成とすべりの一連の過程において AE が多数発生することが確認された（図4）。以上の結果より、非排水条件下では AE の発生を伴わない断層すべり（サイレント地震またはスロースリップ）が起きると結論できる。微細組織観察の結果、断層沿いのガウジに含水鉱物（タルク）が形成されていることが確認されていることから、間隙水圧による断層アスペリティの低下のみならず、含水鉱物による断層の潤滑化が、サイレント地震の原因であると解釈される。この結果は、国際誌（Contrib. Mineral. Petrol.）に掲載された。

ダナイトを用いた変形実験では、一定の歪速度での変形実験を途中でしばらく中断し、再開することを繰り返す実験も行った。その結果、変形中では AE が試料中から多数発生するものの、変形中断時では AE の発生が止み、変形を再開するとそれに合わせて AE の発生も再開するといった結果が系統的に得られた。これは差応力が上昇していく場合においてのみマイクロクラックの伝播が起きうることを示す“カイザー効果”が高圧下でも成り立つことを意味している。この“カイザー効果”は、無水及び含水条件下の両方にて確認された。この結果については、現在国際誌へ投稿準備中である。

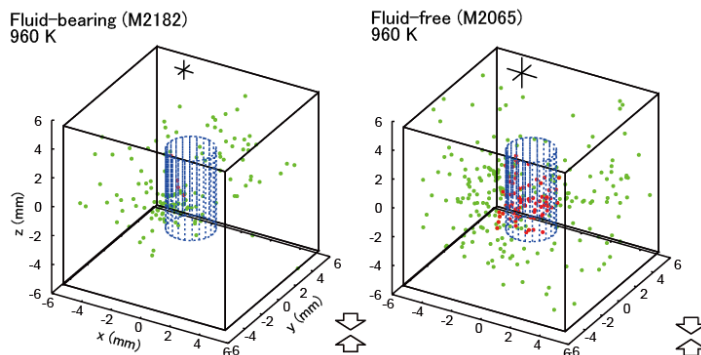


図4：690 の非排水（左）及び排水条件下（右）において上下方向から一軸圧縮を被り、変形するハルツバーガイト試料（青円柱）から発生した、AE の震源位置（赤丸）。緑丸は試料外から発生した AE の震源位置を示す。黒枠の立方体は圧媒体を示す。

## （2）海洋地殻岩の実験結果

スラブ内浅部の温度圧力条件下（1-3 万気圧、400-1000 K）における角閃岩及びエクロジャイトの変形実験では、いずれの条件下においても、ハルツバーガイトやダナイトと比較して AE 発生頻度は総じて低かった。図5には、変形実験中に試料から放出された全 AE エネルギーの温度依存性を示す。500（773K）以下では、排水条件下における全 AE エネルギーは、非排水条件下における値を上回っている。これはすなわち、非排水条件下では AE 発生が抑制されることを意味している。一方で、高温側では水性流体の AE 抑制効果が見られなかった。これは、角閃岩試料中に断層が形成されたとしても、断層面沿いに潤滑剤となる含水鉱物が鉱物-水反応によって形成されないことに起因しているものと解釈される。

一方で、400（673K）におけるエクロジャイト試料の変形実験では、放出された全 AE エネルギーが特異的に高かった（図5）。400 のような低温側の条件下では、エクロジャイトの主要構成鉱物である単斜輝石やザクロ石のナノ粒子化が顕著に進行するため、極端な局所剪断集中が引き起こされやすく、その結果 AE 発生頻度が高くなったものと解釈される。この成果は、論文として取りまとめ、現在査読中である（高圧力の科学と技術誌）。

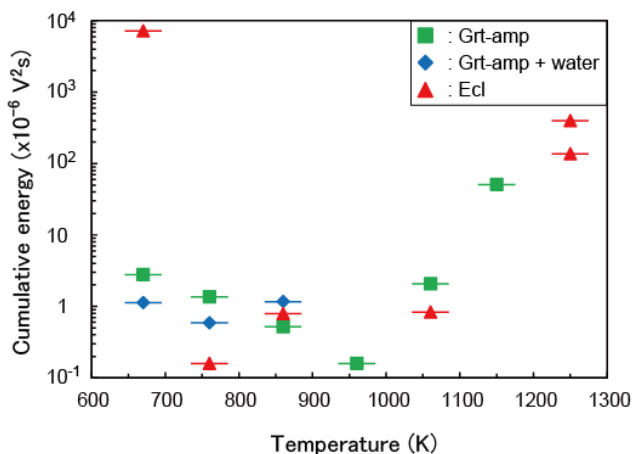


図5：角閃岩（Grt-amp）及びエクロジャイト試料（Ecl）から発生した、全 AE のエネルギーの温度依存性。400（670K）でエクロジャイト試料から放出された全 AE エネルギーは、他実験条件と比べて圧倒的に高い。なお、凡例の water は、非排水条件下での実験を意味する。

## （3）深発地震発生場の温度圧力条件下での実験結果

稍深発地震と比べてより深部のスラブ内で発生する深発地震（地下 300 - 700 km）の発生頻度は全有感地震のうちの 5%程度を占めるに過ぎない。しかし深発地震は、2015 年 5 月 30 日の小笠原諸島西方沖地震（深さ 682 km、マグニチュード 8.2）に代表されるような巨大地震の占める割合が高く、過去には 1994 年 6 月 8 日のポリビア深発地震（深さ 631 km、マグニチュード 8.2）のように災害に至ったケースもある。さらに、深発地震は異常震域（震源から遠いにもかかわらず強く揺れる場所）を伴うことがあるほか、深さ 400 - 600 km では深

さとともに発生頻度が増加するといった特異性を有する。このような深発地震の発生メカニズムの謎を解明すべく、これまで多くの研究がなされてきた。その結果、深さ 400 - 660km のマントル遷移層において、 $Mg_{1.8}Fe_{0.2}SiO_4$  カンラン石（上部マントルやプレートの中で最も多い鉱物）の結晶構造が圧力に誘起されて高圧相へ相転移すること（約 400km 以深：カンラン石 ワズレアイト；約 500km 以深：ワズレアイト リングウッドイト）で深発地震がトリガーされるという説（Green & Burnley, 1989 Nature）が有力視されてきた。しかし実験の技術的な問題から、カンラン石を用いた検証実験はほとんど行われてこなかった。

本研究では、これまで予察的に進めていた技術開発の結果、マントル遷移層の温度圧力条件下（13-16 万気圧，700-1000）におけるダナイトの変形実験に成功した（Ohuchi, 2022 Phys. Earth Planet. Int.）。この技術と AE 測定技術を組み合わせることにより、当温度圧力条件下においてダナイトの変形・破壊実験を SPring-8 にて行い、深発地震発生メカニズムの解明を試みた。その結果、特定の温度条件（850-900）ではカンラン石の圧力誘起相転移に伴うカンラン石のナノ粒子化にトリガされて、断層形成及び AE 発生に至ることが明らかとなった（図 6）。これらの AE 発生が起きやすい温度圧力条件は、沈み込むスラブ内における「Metastable Mantle Wedge」という領域の表面に相当しており、実際に深発地震が頻発していることが知られている（図 7）。本研究の結果に基づいたモデルは、深発地震の発生メカニズムを説明することが可能である。この成果は、Nature Communications 誌にて受理された（2022 年 8 月）。これは、TV・新聞（9/15～10/4 報道：NHK 四国、テレビ愛媛、読売新聞、毎日新聞、朝日新聞、愛媛新聞）を通して一般へも広く周知された。加えて、日本列島において最近深発地震が頻発していることを受け、テレビ朝日（全国）のサタデーステーションに出演し、番組において深発地震発生メカニズムの解説を行った。

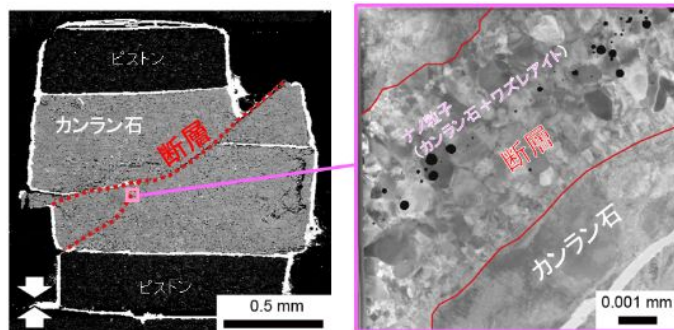


図 6：16 万気圧、900 において上下方向から一軸圧縮したカンラン石多結晶試料（左）。試料を斜交する断層が形成されている。断層は厚さ数ミクロンのガウジ層で充填されている。ガウジ層はカンラン石及び高圧相のワズレアイトのナノ粒子から構成されている。

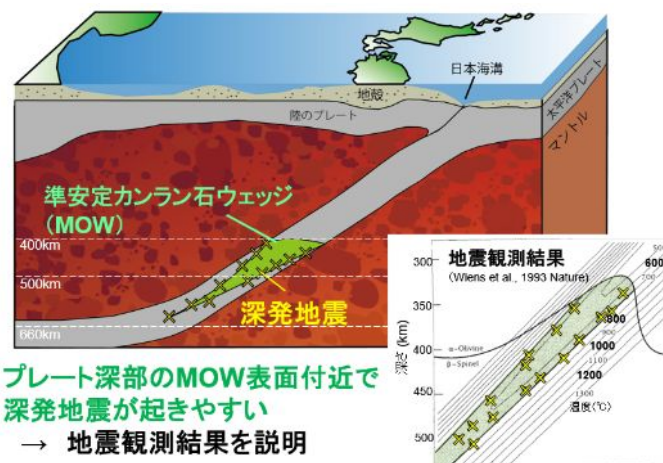


図 7：本研究で明らかとなった、沈み込んだスラブ内において深発地震が発生しやすい温度圧力条件（×印）の模式図。深発地震が発生しやすい領域は、深さ 400km 以深にて準安定状態にあるカンラン石からなる MOW の表面付近に相当する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ohuchi, T., Lei, X., Higo, Y., Tange, Y., Sakai, T.	4. 巻 175
2. 論文標題 Switching from seismic faulting to silent slips in harzburgite induced by H <sub>2</sub> O fluid at upper mantle pressures	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Contrib. Mineral. Petrol.	6. 最初と最後の頁 79
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00410-020-1716-x	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 Osada Kosei, Yamada Akihiro, Ohuchi Tomohiro, Yoshida Satoshi, Matsuoka Jun	4. 巻 103
2. 論文標題 Transition in deformation mechanism of aluminosilicate glass at high pressure and room temperature	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the American Ceramic Society	6. 最初と最後の頁 6755 ~ 6763
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/jace.17429	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 Zhou Wen-Yi, Ren Zhiyuan, Zhang Jin S., Chen Bin, Hao Ming, Ohuchi Tomohiro, Miyagi Lowell, Zhang Dongzhou, Alp Esen E., Lavina Barbara, Schmandt Brandon	4. 巻 565
2. 論文標題 The Water-Fe-Pressure dependent single-crystal elastic properties of wadsleyite: Implications for the seismic anisotropy in the upper Mantle Transition Zone	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters	6. 最初と最後の頁 116955 ~ 116955
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.epsl.2021.116955	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 Ohuchi T.	4. 巻 326
2. 論文標題 Grain-size-sensitive creep of olivine induced by oxidation of olivine in the Earth's deep upper mantle: Implications for weakening of the subduction interface	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physics of the Earth and Planetary Interiors	6. 最初と最後の頁 106865 ~ 106865
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.pepi.2022.106865	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 Lei Xinglin, Ohuchi Tomohiro, Kitamura Manami, Li Xiaying, Li Qi	4. 巻 14
2. 論文標題 An effective method for laboratory acoustic emission detection and location using template matching	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering	6. 最初と最後の頁 1642 ~ 1651
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jrmge.2022.03.010	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 Ohuchi Tomohiro, Higo Yuji, Tange Yoshinori, Sakai Takeshi, Matsuda Kohei, Irifune Tetsuo	4. 巻 13
2. 論文標題 In situ X-ray and acoustic observations of deep seismic faulting upon phase transitions in olivine	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-022-32923-8	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 -

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 Ohuchi, T., Higo, Y., Tange, Y. Sakai, T. Irifune, T.
2. 発表標題 Deformation of olivine transforming to wadsleyite: implications for the process triggering deep earthquakes
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大内智博, 肥後祐司, 丹下慶範, 瀬戸雄介, 入船徹男
2. 発表標題 高圧下における破壊現象の解明を目指した応力・歪の高速時分割測定技術開発
3. 学会等名 第62回高圧討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大内智博
2. 発表標題 高時間分解能の放射光その場観察実験で探る高圧力下での岩石破壊の素過程
3. 学会等名 第9回広島大学・海洋研究開発機構合同シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大内智博
2. 発表標題 マントル遷移層の温度圧力条件下における変形・破壊実験
3. 学会等名 核 マントルの相互作用と共進化 令和3年度研究集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ohuchi, T., Lei, X., Higo, Y., Tange, Y.
2. 発表標題 Semi-brittle flow in dunite and harzburgite at upper mantle pressures.
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2019（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohuchi, T., Lei, X., Higo, Y., Tange, Y. Sakai, T.
2. 発表標題 Faulting in deforming harzburgite under wet conditions.
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2019（国際学会）
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Naruse, Y., Ohuchi, T.
2. 発表標題 Semi-brittle behavior of olivine single crystals under the conditions of Earth's mantle transition zone.
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Semba, M., Hirauchi, K., Ohuchi, T., Michibayashi, K.
2. 発表標題 High-pressure deformation experiments on peridotite gouges under hydrothermal conditions, using a deformation-DIA apparatus.
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohuchi, T., Higo, Y., Tange, Y.
2. 発表標題 Does Kaiser effect exist at upper mantle pressures and temperatures?
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 Matsuda, K., Ohuchi, T., Higo, Y., Tange, Y.
2. 発表標題 Deformation of metastable olivine under the conditions of Earth's mantle transition zone: the role of olivine transformation on deep earthquakes.
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 Ohuchi, T.
2. 発表標題 Synchrotron X-ray diffraction and acoustic emissions monitoring at high pressures: Implications for the mechanics of intermediate-depth and deep-focus earthquakes.
3. 学会等名 International School of Crystallography 56th Course “Crystallography under extreme conditions: the future is bright and very compressed” (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ohuchi, T., Higo, Y., Tange, Y., Sakai, T., Matsuda, K., Irifune, T.
2. 発表標題 Faulting in olivine transforming to wadsleyite and ringwoodite under pressure-temperature conditions of deep slabs.
3. 学会等名 American Geophysical Union Fall Meeting 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大内智博
2. 発表標題 高時間分解能の放射光その場観察実験で探る高圧力下での岩石破壊の素過程
3. 学会等名 第63回高圧討論会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

自己紹介ホームページ (researchmap)  
<https://researchmap.jp/7000014904>  
 researchmapでの自己紹介  
<https://researchmap.jp/7000014904>

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
研究分担者	西原 遊 (Nishihara Yu)  (10397036)	愛媛大学・地球深部ダイナミクス研究センター・教授  (16301)	
研究分担者	雷 興林 (Lei Xinglin)  (70358357)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター・研究グループ長  (82626)	
研究分担者	川方 裕則 (Kawakata Hironori)  (80346056)	立命館大学・理工学部・教授  (34315)	
研究分担者	河野 義生 (Kono Yoshio)  (20452683)	愛媛大学・地球深部ダイナミクス研究センター・准教授  (16301)	

	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	肥後 祐司 (Higo Yuji)		
研究協力者	丹下 慶範 (Tange Yoshinori)		

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