

令和 5 年 6 月 15 日現在

機関番号：82706

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H02006

研究課題名(和文)地震時の動的化学反応エネルギーに依存した地下生命圏の実験検証

研究課題名(英文) Earthquakes as a potential energy source for subsurface deep biosphere

研究代表者

廣瀬 丈洋 (HIROSE, Takehiro)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・超先鋭研究開発部門(高知コア研究所)・研究所長

研究者番号：40470124

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：地震断層運動を再現する室内摩擦実験と、回収試料の放射光X線吸収端近傍構造(XANES)分析から、「地震時の断層運動によって生じる化学反応エネルギーを生命活動に利用する微生物が地下生命圏を形成している」という仮説の検証をおこなった。その結果、地震時の数秒程度の高速剪断運動によって岩石中の鉄の酸化反応が進行すること、さらに、この動的酸化反応は反応性の高い界面を持つナノスケール破壊粒子と、摩擦発熱によって超臨界状態となった水との化学反応に起因することがわかった。本研究によって、地震断層運動によって地下生命の代謝に必要な酸化還元エネルギーが地球内部で生成されることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地震時には地下深部で膨大なエネルギーが放出される。その大部分は熱となり、断層帯内部での岩石と水の物理化学反応を促進する。この動的な物理化学プロセスが地震発生プロセスに大きく寄与していることのみならず、地震エネルギーに依存した地下生命の可能性を指摘するに至った。また、断層内部物質の酸化還元反応を、放射光XAFS分析によって定量的に解析する手法を確立することができた。今後、本研究で確立された実験分析手法を活用した研究を進めることで、沈み込み帯での地震活動-物質循環-生命プロセスの総合的な理解に繋がると期待される。

研究成果の概要(英文)：In order to explore a hypothesis that the redox reactions associated with an earthquake could provide a potential metabolic energy source for life on the earth, we have conducted high-velocity friction experiments that is capable of reproducing coseismic faulting and determined redox change within a fault by X-ray absorption near edge structure (XANES) analysis. The experimental and analytical results indicated that the iron in the rock samples is rapidly oxidized during coseismic faulting and that such rapid oxidation reaction results from the chemical reaction between nanoscale iron particles formed by faulting and supercritical water formed due to frictional heating. This coseismic redox change could provide a potential energy source in subsurface microbial ecosystems.

研究分野：岩石力学

キーワード：地震 断層 水 地下生命圏 酸化還元反応

1. 研究開始当初の背景

1970年代後半に海嶺近傍で熱水噴出孔が発見されて以来、初期生命の誕生と進化の場として最も有力な環境が、深海の水素に富む熱水循環場にあると考えられてきた(Yanagawa & Kojima, 1985)。近年の進化系統学、進化生化学の発展により、水素と二酸化炭素との酸化還元反応をエネルギー源にして有機物を作り出す化学合成独立栄養微生物(メタン生成菌など)が、全ての生物の共通祖先の有力候補と認識されてきたからである。実際、熱水噴出孔近傍からメタン生成菌を一次生産者とする生態系が発見されている(Winn et al., 1986)。このような環境における水素の主たる起源は、超塩基性岩の蛇紋岩化反応とされてきた(Seyfried et al., 1979)。しかし、超塩基性岩が地殻浅部に露出していない場所(例えば、東太平洋海嶺)においても水素に富む熱水噴出孔が確認され、その水素の起源は海嶺深部での地震断層運動に由来すると考えられてきた。このように、これまでの深海微生物の研究は、熱水循環に伴う定常的なエネルギー供給が期待される海嶺に主に焦点が当てられてきた。しかしながら、地球上で最も地震活動が活発な場所は、太平洋を取り巻く沈み込み帯(環太平洋地震帯)である。そこで本研究では、沈み込み帯の模擬物質を用いた地震再現実験から、地震活動と地下生命圏のリンケージを探ることを試みた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、実験室で地震断層運動を再現して、「地震時の動的物理化学反応を代謝エネルギーに活用する化学合成微生物が、沈み込み帯の地下生命圏を形成している」という仮説を検証することである。地震時の断層すべり現象は、想像を絶するほどダイナミックである。大地震発生時には、断層が秒速数メートルの高速ですべるために、断層面上で急激な摩擦発熱が生じる。この発熱によって、断層内部で熔融・脱水反応や、水素や二酸化炭素などの脱ガス反応が起こる。本研究は、これらの地震時の動的な化学反応と生命を関連づける試みである。その関連性を探るために、地震断層運動に伴う断層構成物質の酸化還元状態の変化、および酸化還元状態の変化と地震の規模(マグニチュード)と相関、を詳細に調べることを試みた。

3. 研究の方法

本研究では、沈み込み帯に存在する模擬物質をもちいて地震時の高速断層運動を再現するために、海洋研究開発機構高知コア研究所設置の流体圧制御型回転式低～高速摩擦剪断試験機の開発・改良をおこなった。試験機の調整が終了したのち、海洋底科学掘削によって南海トラフ・プレート境界から採取された断層岩、およびマントルを構成する橄欖石を用いた地震断層再現実験を、地下深部の有効圧力を再現した環境下でおこなった。

実験後、動的な高速断層運動によって実験試料の酸化還元反応状態がどの程度変化したのかを定量的に調べるために、回収試料はすべり方向に平行な面で薄片を作成し、SEM-EDSを用いて模擬断層帯の内部組織を観察した。観察結果をもとに、剪断集中帯から非変形の領域に至る断層帯を網羅するように、SPring-8 BL27SUにて価数別XRFマップの取得および局所Fe LIII吸収端XANES分析をおこなった。尚、X線径は30(H) x 10(V) μmに調整し、照射範囲にある資料中のFeの平均価数を分析した。

4. 研究成果

(1) 南海トラフ地下生命圏の環境条件:

地下生命圏の温度限界を探るための国際科学掘削(IODP)第370次研究航海「室戸沖限界生命圏掘削調査:T-リミット」が、2016年に南海トラフ室戸沖で行われた。この掘削コア試料の密度と熱伝導率の測定、および原位温度測定の結果を統合し、室戸沖南海トラフの海底面から玄武岩基盤までの温度・圧力を推定し(プロジェクトにおける申請者の役割)海底下生命圏の実態とその温度限界を明らかにした(図1, Heuer et al., 2020)。

さらに、プレート境界断層近傍から採取された掘削コア試料の分析と、掘削孔から噴出する流体の流量を解析から、室戸沖南海トラフのプレート境界近傍に高間隙水圧帯がパッチ状に分布していることを直接確認し、その

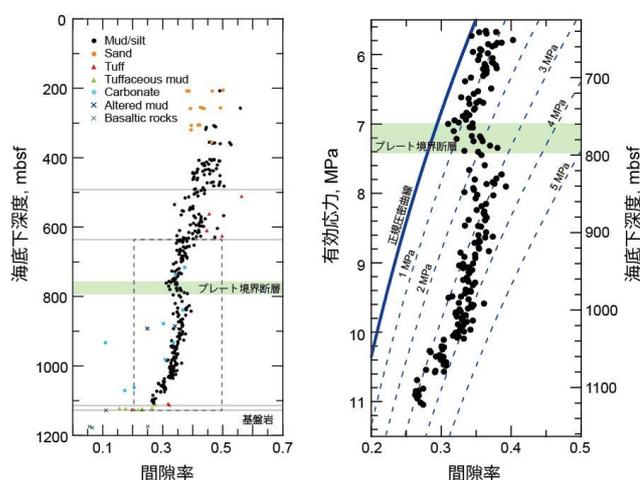


図1: 南海トラフ室戸沖掘削コアから解析された間隙率(微生物の居住空間)の深度変化(左図)と、プレート境界断層近傍の有効圧状態(右図)。

高間隙水圧帯がスロー地震の発生に関与していることを明らかにした (Hirose et al., 2021)。この掘削試料を用いて地震断層運動再現実験を行うことから (研究成果 (3))、これらの研究から明らかとなったプレート境界断層近傍の温度、圧力、水圧の原位置環境データは、実験条件に制約を与えるとともに、実験結果の解釈にも活用された。

(2) 地下有効圧力環境下で高速断層運動を再現するための摩擦試験機の開発・改良:

本研究期間中に、(株)マルイの技術者の協力のもと、本研究課題の開始前に製作していた圧力容器および载荷ピストンを改良し、地震発生場の間隙水圧を再現すること、間隙水圧を制御した状態で高速断層すべりを再現すること、および高速断層すべり中の発熱温度を模擬断層帯の端で測定できるシステムを構築することに成功した。このシステムによって自然界の断層内部組織にきわめて酷似した組織 (図2) を再現することが可能となるとともに、自然界の断層運動を繰り返し再現することで、断層帯の成長過程や、地震のサイクルに伴って破壊エネルギーがどのように変化するか等、地震の発生過程に関する新たな研究展開に繋がった。

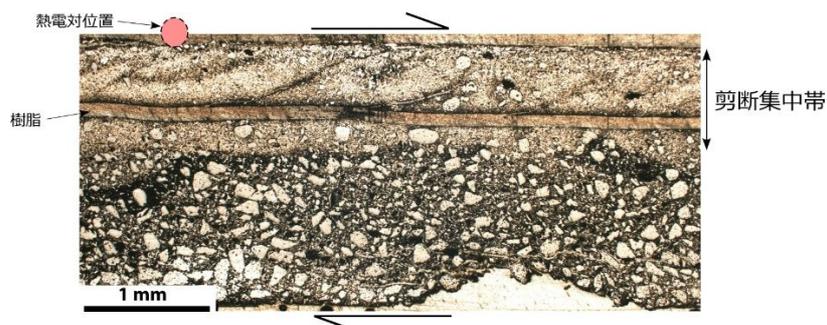


図2: 自然界の地震断層内部組織をよく再現。大部分のすべり変形は剪断集中帯で齎っている。この試料を用いて断層内部における酸化還元状態の変化を放射光で分析・解析した。

(3) 地震断層運動に伴う酸化還元状態変化と地震規模との相関:

地震断層運動を再現する実験を、垂直応力 30MPa、間隙水圧 25MPa (有効垂直応力 5MPa) の含水条件下において、地震時のすべり速度に相当する 1.0m/s で最大 18m すべらせる実験をおこなった。実験試料は南海トラフ・プレート境界断層帯およびマントルを構成する橄欖石を、100~180 μm の粒径に篩分けして用いた。また、実験中の摩擦発熱温度は、模擬断層帯の端に設置した熱電対を用いて測定した。

断層岩の実験の結果、すべり開始直後に摩擦係数は約 0.23 まで上昇したのち、すべりとともに 0.08~0.12 まですべり軟化することがわかった。一方、橄欖石の実験では、すべり開始直後、摩擦係数は約 0.9 まで上昇して、その後摩擦発熱温度の上昇とともに 0.2 まですべり軟化した。高速すべり時の断層内部の温度は、断層岩で 50、橄欖石で 400 に達しており、橄欖石の実験中の間隙水は超臨界状態になっていることがわかった。橄欖石断層中には、10~100nm まで細粒化したオリビン結晶が占める剪断集中帯が形成されており、その厚みはすべりが大きくなるとともに最大 0.8mm まで成長していることが走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察によって明らかになった (図2)。

SEM の観察後、放射光 SPring-8 で模擬断層帯中の鉄 (Fe) と硫黄 (S) の XAFS 点分析をおこなった。その結果、地震断層すべり時の動的剪断エネルギーが大きくなるにつれて、断層帯を構成する粘土鉱物中の鉄は還元される傾向があること、一方、硫化鉱物中の硫黄は酸化することが明らかとなった。一方、橄欖石では剪断集中帯中の全鉄に対する 3 価鉄の割合は、すべり量の増加とともに 0.29 から 0.41 まで系統的に増加する (酸化する) ことがわかった。また、剪断集中帯以外の場所においても全鉄に対する 3 価鉄の割合は 0.29 から 0.35 まで増加し、酸化が進行していることがわかった。

さらに Spring-8 での価数別 XRF マップ分析によって、模擬断層帯全体の酸化還元状態がすべりに伴ってどのように変化するのかも調べた (図3)。その結果、地震断層すべり時の動的剪断エネルギーが大きくなるにつれて

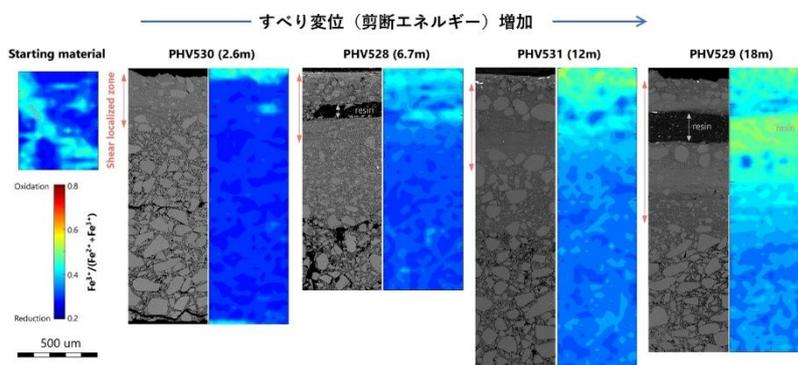


図3: XRF価数マップの結果と分析領域のSEM像。地震断層すべりの増加に伴って、酸化反応が選択的に進行する剪断集中帯の幅が広がるとともに、剪断集中帯の外側でも、破壊に伴って酸化反応が確認できることがわかった。

全鉄に対する2価鉄の割合が、断層岩では還元反応によって約3%増加するのに対して、橄欖石の場合は酸化反応によって約9%減少する傾向を捉えた。

橄欖石の実験・観察から、地震時の数秒程度の高速剪断運動によって橄欖石中の鉄の酸化反応が進行すること、そしてその状態変化を放射光 XANES 分析によって定量的に解析する道筋をつくることができた。また、この動的酸化反応は反応性の高い界面を持つナノスケール破壊粒子と、摩擦発熱によって超臨界状態となった水との化学反応に起因することがわかった。さらに、動的酸化反応の進行と剪断エネルギーにはシグモイド関数で表現される相関関係があることが明らかとなった(図4)。本研究によって、地震断層運動によって地下生命の代謝に必要な酸化還元エネルギーが地球内部で生成されることが明らかとなった。今後、この相関関係と地震観測のデータを組み合わせれば、地下生命の代謝に必要な酸化還元エネルギーが、自然界の地震によってどの程度生み出されているのかを評価することが可能となる。

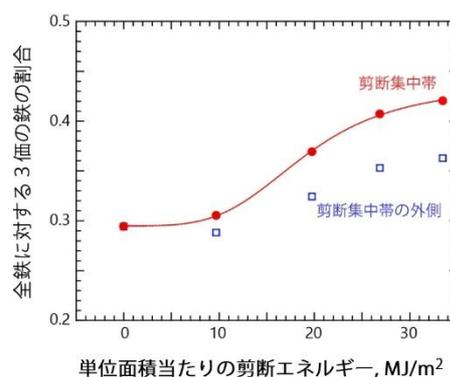


図4：剪断エネルギー（地震の規模）の増加とともに変化する橄欖石中の鉄の酸化反応。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 16件／うち国際共著 14件／うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Fujioka Riho, Katayama Ikuo, Kitamura Manami, Okuda Hanaya, Hirose Takehiro	4. 巻 9
2. 論文標題 Depth profile of frictional properties in the inner Nankai accretionary prism using cuttings from IODP Site C0002	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science	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） 10.1186/s40645-022-00488-1	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 -
1. 著者名 Tobin Harold J., Saffer Demian M., Castillo David A., Hirose Takehiro	4. 巻 50
2. 論文標題 Direct constraints on in situ stress state from deep drilling into the Nankai subduction zone, Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Geology	6. 最初と最後の頁 1229 ~ 1233
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1130/G49639.1	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 該当する
1. 著者名 Hamada Yohei, Sanada Yoshinori, Hirose Takehiro	4. 巻 31
2. 論文標題 Simple evaluation of the fold axis, axial plane, and interlimb angle from a borehole image log	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Drilling	6. 最初と最後の頁 85 ~ 91
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5194/sd-31-85-2022	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 Hirose, T., Hamada, Y., Tanikawa, W., Kamiya, N., Yamamoto, Y., Tsuji, T., Kinoshita, M., Heuer, V., Inagaki, F., Morono, Y., & Kubo, Y.	4. 巻 126 (6)
2. 論文標題 High Fluid Pressure Patches beneath the Decollement: A Potential Source of Slow Earthquakes in the Nankai Trough off Cape Muroto	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	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） 10.1029/2021JB021831	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 Bedford, J.D., Faulkner, D.R. Allen, M.J., & Hirose, T.	4. 巻 574
2. 論文標題 The stabilizing effect of high pore-fluid pressure along subduction megathrust faults: Evidence from friction experiments on accretionary sediments from the Nankai Trough	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters	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.epsl.2021.117161	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 Kitamura, M., Hirose, T., & Lei, X.	4. 巻 22 (5)
2. 論文標題 Mechanical Weakness of the Nankai Accretionary Prism: Insights from Vp Measurements of Drill Cuttings	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geochemistry, Geophysics, Geosystems,	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) 10.1029/2020GC009536	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 廣瀬丈洋, 武藤潤	4. 巻 44(1)
2. 論文標題 地震断層の動的すべり挙動の解明に向けた放射光・高速摩擦実験	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 月刊地球	6. 最初と最後の頁 25-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Heuer, V., Inagaki, F., Morono, Y., Kubo, ..., T., Hirose, ...他38名	4. 巻 370 (6521)
2. 論文標題 Temperature limits to deep subseafloor life in the Nankai Trough subduction zone	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 1230-1234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.abd7934	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 Lin, W., Hirose, T., Tadaï, O., Tanikawa, W., Ishitsuka, K., & Yang, X.	4. 巻 21 (7)
2. 論文標題 Thermal conductivity profile in the Nankai accretionary prism at IODP NanTroSEIZE Site C0002: estimations from high-pressure experiments using input site sediments	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geochemistry, Geophysics, Geosystems	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) 10.1029/2020GC009108	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 Kitamura Manami, Kitajima Hiroko, Sone Hiroki, Hamada Yohei, Hirose Takehiro	4. 巻 46
2. 論文標題 Strength Profile of the Inner Nankai Accretionary Prism at IODP Site C0002	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 10791 ~ 10799
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019GL083732	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 Tonai Satoshi, Kubo Yusuke, Tsang Man-Yin, Bowden Stephen, Ide Kotaro, Hirose Takehiro, Kamiya Nana, Yamamoto Yuzuru, Yang Kiho, Yamada Yasuhiro, Morono Yuki, Heuer Verena B., Inagaki Fumio, Expedition 370 Scientists	4. 巻 7
2. 論文標題 A New Method for Quality Control of Geological Cores by X-Ray Computed Tomography: Application in IODP Expedition 370	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Earth Science	6. 最初と最後の頁 1 ~ 13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/feart.2019.00117	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 Tsang Man-Yin, Bowden Stephen A., Wang Zhibin, Mohammed Abdalla, Tonai Satoshi, Muirhead David, Yang Kiho, Yamamoto Yuzuru, Kamiya Nana, Okutsu Natsumi, Hirose Takehiro, Kars Myriam, Schubotz Florence, Ijiri Akira, Yamada Yasuhiro, Kubo Yusuke, Morono Yuki, Inagaki Fumio, Heuer Verena B., Hinrichs Kai-Uwe	4. 巻 112
2. 論文標題 Hot fluids, burial metamorphism and thermal histories in the underthrust sediments at IODP 370 site C0023, Nankai Accretionary Complex	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Marine and Petroleum Geology	6. 最初と最後の頁 104080 ~ 104080
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.marpetgeo.2019.104080	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

〔学会発表〕 計26件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 8件）

1. 発表者名 廣瀬 丈洋、濱田 洋平、谷川 亘、神谷 奈々、山本 由弦、辻 健、木下 正高、Heuer Verena、稲垣 史生、諸野 祐樹、久保 雄介
2. 発表標題 室戸岬沖南海トラフのスロー地震震源域近傍に広がるパッチ状高圧間隙水帯
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 濱田 洋平、廣瀬 丈洋
2. 発表標題 Experimental Investigation of Strength Recovery Under Fluid Flow
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 廣瀬 丈洋、濱田 洋平、北島 弘子、Saffer Demian、Tobin Harold
2. 発表標題 南海トラフ地震歪蓄積域における応力状態：紀伊半島沖超深度ライザー孔C0002の解析
3. 学会等名 日本地質学会第129学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 廣瀬 丈洋・中田 亮一・岡崎 啓史・渋谷 岳造
2. 発表標題 地震断層運動に起因するオリビン結晶内の鉄の酸化還元状態変化~地震と地下生命圏のリンケージ~
3. 学会等名 地球化学学会2021年度年会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 廣瀬 文洋、濱田 洋平、谷川 亘、神谷 奈々、山本 由弦、辻 健、木下 正高
2. 発表標題 南海トラフ・プレート境界先端に広がるパッチ状の高間隙水圧帯：室戸沖スロー地震の発生源？
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 廣瀬 文洋、中田 亮一、岡崎 啓史、渋谷 岳造
2. 発表標題 Redox change by coseismic water-rock reactions in the interior of planets
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hirose Takehiro, Kono Yoshio
2. 発表標題 A consideration on friction experiments with synchrotron radiation towards unveiling earthquake generation processes
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 Hirose Takehiro, Hamada Yohei, Tanikawa Wataru, Kamiya Nana, Yamamoto Yuzuru, Tsuji Takeshi, Kinoshita Masataka
2. 発表標題 High Fluid Pressure Patch beneath the Decollement as a Potential Source of Slow Earthquakes at the Nankai Trough
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 Hirose Takehiro, Nakada Ryoichi, Okazaki Keishi, Shibuya Takazo
2. 発表標題 Quake-induced redox change in the interior of planets
3. 学会等名 AGU fall meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hamada Yohei, Hirose Takehiro, Tanikawa Wataru
2. 発表標題 Experimental investigation of strength recovery under fluid flow
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kitamura Manami, Hirose Takehiro
2. 発表標題 Mechanical weakness of the Nankai accretionary prism: Insights from a correlation between Vp and strength of cuttings
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 廣瀬 文洋、木下 正高、木村 学、山口 飛鳥、金川 久一、Tobin Harold、Ikari Matt、北島 弘子、Saffer Demian、前田 玲奈、Toczko Sean、江口 暢久
2. 発表標題 南海トラフ地震発生帯掘削計画 (IODP 358次航海) におけるプレート境界断層に向けた超深度ライザー掘削: 達成と今後
3. 学会等名 地質学会第126年学術大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tobin Harold, Hirose Takehiro, Ikari Matt, Kanagawa Kyuichi, Kimura Gaku, Kinoshita Masataka, Hiroko Kitajima, Saffer Demian, Yamaguchi Asuka, Maeda Lena, Eguchi Nobuhisa, Toczko Sean
2. 発表標題 Deep Drilling at the Nankai Trough: IODP NanTroSEIZE Expedition 358 Summary and First Results
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 廣瀬 文洋、濱田 洋平、北村 真奈美、北島 弘子、曾根 大貴、Saffer Demian、Tobin Harold
2. 発表標題 南海トラフ地震歪蓄積域における岩石強度と応力状態: NanTroSEIZE Site C0002における解析
3. 学会等名 日本地質学会第126年学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 廣瀬 文洋、渋谷 岳造
2. 発表標題 エンセラダスの海底下地震断層運動の再現実験
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirose Takehiro, Tanikawa Wataru, Hamada Yohei, Okazaki Keishi
2. 発表標題 A new hydrothermal, low to high speed rotary-shearing apparatus: Reproduction of slow/megathrust earthquakes in laboratory
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kaniya Nana, Hirose Takehiro, Yamamoto Yuzuru, Hamada Yohei, Bowden Stephen, Tsang Man-Yin, Yang Kiho, Tonai Satoshi, Lin Weiren
2. 発表標題 Paleotemperature anomalies deduced from thermal-maturity parameters within the decollement, off Cape of Muroto, Japan
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sakaguchi Arito, Strasser Michael, Hamahashi Mari, Hirose Takehiro, Kitajima Hiroko, Expedition 358 Scientists IODP
2. 発表標題 Coexistence of soft and hard sediments at deep Nankai accretionary prism, NanTro SEIZE Project, IODP Exp.358
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 廣瀬 丈洋、中田 亮一、岡崎 啓史、渋谷 岳造
2. 発表標題 地震断層運動に伴うオリビン結晶内のFeの酸化還元状態変化
3. 学会等名 日本地質学会第126年学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 濱田 洋平、廣瀬 丈洋、谷川 亘
2. 発表標題 地震断層の強度回復過程に対する間隙水の流速が及ぼす影響
3. 学会等名 日本地質学会第126年学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirose Takehiro, Nakada Ryoichi, Okazaki Keishi, Shibuya Takazo
2. 発表標題 Change in redox conditions by a quake in the interior of planets
3. 学会等名 American Geophysical Union Fall Meeting 2019 (国際学会)
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
研究協力者	中田 亮一 (NAKADA Ryoichi) (50726958)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・超先鋭研究開発部門(高知コア研究所)・主任研究員 (82706)	
研究協力者	岡崎 啓史 (OKAZAKI Keishi) (90784257)	広島大学・先進理工系科学研究科・准教授 (15401)	

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