

令和 4 年 10 月 26 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01304

研究課題名(和文) 世界一熱いチリ海嶺沈み込み帯はなぜM9地震を起こしたのか：熱的考察からの挑戦

研究課題名(英文) How the world-largest earthquake occurred at the world-hottest ridge subduction zone? A challenge from geothermal perspective.

研究代表者

木下 正高 (Kinoshita, Masataka)

東京大学・地震研究所・教授

研究者番号：50225009

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,700,000円

研究成果の概要(和文)：海溝型地震の規模に関する沈み込むプレートの熱構造の関与を明らかにするため、世界一熱いチリ三重会合点(CTJ)への調査航海が、2019年1月に完了した。実質5日間程度であったが、浅部反射法探査(4測線)、熱流量測定(6点)、ピストンコアリング(6点)、ドレッジ(2点)、海底地震研設置(13点)が実施された。海嶺軸の海側、正断層で隆起した地点では、深度1m付近を境として堆積速度が急変(深部で速く、浅部で低速)した。熱流量は、海嶺中軸部で140・210 mW/m²であったのに対して、西側の正断層崖上で370 mW/m²、陸側で230 mW/m²を超える高熱流量が観測された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

代表者の木下らは、南海トラフ巨大地震発生帯への超深度掘削をここ10年間主導している。その中で、地震発生断層の温度場を決める要因として沈み込む前の温度場が極めて重要であることが明らかになってきた。プレート冷却という古典的課題にあえて挑戦するのは、いまだ冷却モデルが決着していなかったためであり、チリ海嶺という典型的な海嶺での熱流量データが実は皆無であることもまた、原因の一つである。海嶺沈み込みの熱構造解明をもって、南海トラフ地震発生帯の理解に貢献する点が独自性を持つ。

研究成果の概要(英文)：The research cruise to the world's hottest Chilean Triple Junction (CTJ) was completed in January 2019 to clarify the contribution of the subduction plate thermal structure to the magnitude of subduction-zone earthquakes. It took about 5 days, but shallow reflection survey (4 survey lines), heat flow measurement (6 points), piston coring (6 points), dredge (2 points), and ocean-bottom seismometer installation (13 points). On the seaward side of the ridge axis, at the point uplifted by the normal fault, the deposition rate suddenly changed (fast in the deep part, low in the shallow part) at a depth of about 1 m. The heat flow was 140.210 mW / m² at the mid-ocean ridge, while it was 370 mW / m² on the normal fault scarp on the west side and over 230 mW / m² on the land side (lower part of the accretionary prism slope).

研究分野：海底地球物理学

キーワード：チリ三重会合点 巨大地震 沈み込み帯の熱構造 熱流量 熱水循環 タービダイト

1. 研究開始当初の背景

1960年にチリ海溝で発生したマグニチュード(M)9.5という、世界最大規模の地震は、長さ1,000kmにわたって、最大滑り量が10mを超える断層滑りを生じた(図1) Ruff and Kanamori (1980)は、地震のMと沈み込むプレートの年代・沈み込み速度の間に線形関係があると提案した(プレートが若く、速いほどMが大きい)。この単純な関係が、多くの地震のMをよく予測していたことが分かる(図2)。例えば1960年チリ地震の破壊域は、チリ三重会合点(CTJ)の北側の最も若く(0~30Ma)高速沈み込み(~10cm/y)が起こっている場所であった。一方Kanamori (2006)は、2004年スマトラ地震(Mw9.2)はその年齢と沈み込み速度から想定されるM(<8)よりはるかに大きく、破壊の複雑性を指摘した。2011年の東北地震(M9)も同様に、図2のモデルでは「想定外」である。

Nishikawa et al. (2014)は、沈み込むプレートが若いほど、海溝型地震のb値が小さいことを示した。若いプレートほど温度が高い=浮力が大きい=ため、プレート境界に働く垂直応力が(せん断応力に比べて)大きくなるためプレートの固着力が増加し、大きな地震の頻度が増えるという解釈した。一方、Iwamori (2000)が推定するように、高温のプレートが沈み込む場合、堆積物や海洋地殻中に含まれる含水鉱物の脱水が浅い場所で起きるため、大量の水が地震発生帯に供給され、断層の固着強度を下げる、つまりNishikawaの説明と逆になる。

若くて速く沈み込むプレートは「常に」Mが大きい(破壊域が広い)のだろうか。例えば南海トラフでは、15-25Maと比較的若いプレートが沈み込んでいるが、その破壊域は3~4つに分割され、常に同時に破壊する(その場合はM~9になる)とは限らない。1960年チリ地震の破壊域がCTJの南側に伝搬しなかった(図1)のは、CTJの南側境界の収束速度が遅いため、あるいは海嶺軸がバリアとして働いて伝搬を止めた可能性、の両方が考えられる。

Cande et al. (1987)により、CTJ周辺の詳細な調査が行われた。チリ海嶺はその軸がほぼ南北で、チリ海溝とほぼ平行である。拡大速度は両側で7-6 cm/yであり、海嶺北側(ナスカプレート)の沈み込み速度は9-11cm/y、南側(南極プレート)は2-3cm/yと大きく異なる。現在海嶺軸が沈み込んでいる場所では、海溝軸からわずか10 km以内にタイタオ半島が突き出ており、海嶺沈み込みとの関係が目立つ(鮮新世のオフィオライトが発見されている)。チリ海嶺は陸に極めて近いにも関わらず、中軸谷内部は堆積物が少ない一方、谷の外側には堆積層が存在し、海溝軸付近での堆積速度は20km/Myと極めて速い。また熱流量測定が海溝軸から陸側にかけて3地点で実施され、海嶺からの距離に応じて熱流量が低くなることを示した。一方、連携研究者の篠原らは、2009年から約1年間、海底地震計による地震観測を行い、海嶺が活動的なまま沈み込んでいる様子が推定された。

本研究の核心をなす問いは「若いプレートが速く沈み込む海溝は、常にMが大きいのか」に尽きる。海溝型巨大地震のMは、固着域に蓄積した歪の大きさ・広さが規定すると考えられる。上記の問いは、別の根源的な問い「地震破壊を止める要因は何か」にも関連する。

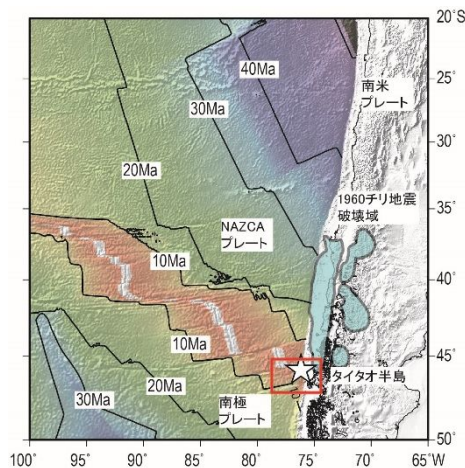


図1 チリ三重会合点()と周辺の地形・テクトニクス。1960年チリ地震破壊域はBarrientos and Ward (1990)に基づく。

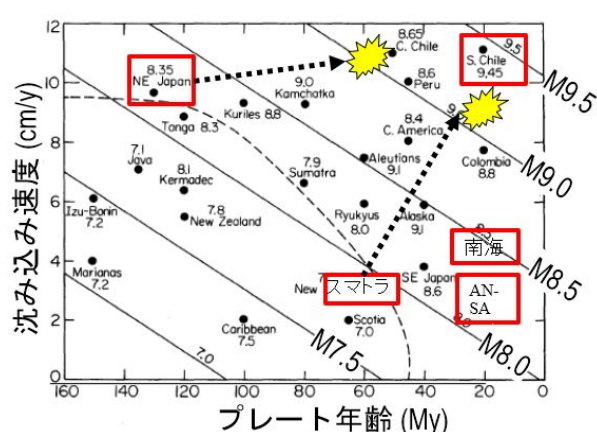


図2 Ruff & Kanamori (1980)による地震のMとプレート年齢・沈み込み速度の関係(斜めの直線)。は実際の地震のMを示す。2011年東北地震と2004年スマトラ地震のMが予想よりも大きかった。

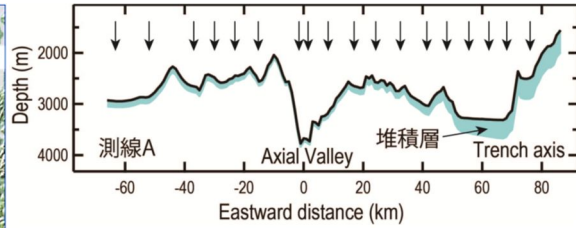
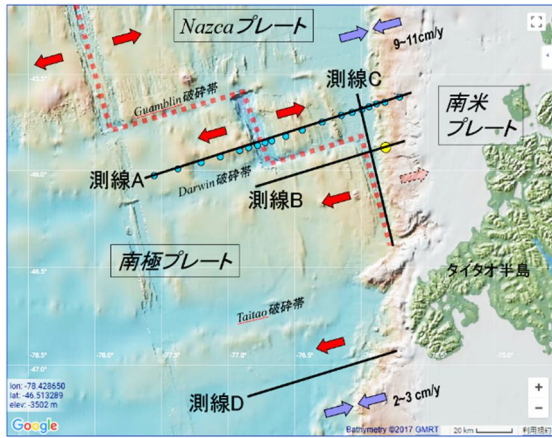


図3(左) CTJ 付近の地形図(図1の赤四角の範囲)と本研究の観測測線案。測線 B 中の黄色い○が Candeらにより実施された熱流量観測点の一群。地形図は Marine Geoscience Data System (MGDS; www.marine-geo.org)による。

図4(上) 測線 A (図3) に沿った地形・堆積層厚と計画熱流量・試料採取点。

本研究の着想に至った経緯

木下は、大学院修士課程時代以来、南海トラフで熱流量測定を継続して行っている。さらに掘削孔データも利用して地震発生帯の熱構造を推定することがライフワークである。その中でいくつか課題がある。例えば海溝陸側の堆積物は、海側堆積物が圧縮変形して付加したものが大部分であるが、その変形の時間変化の効果が考慮されていないこと、変形に伴う間隙流体移動の効果が十分考慮されていないこと、などの課題がある。加えて、沈み込みプレートの熱構造がよく分からず、“garbage in, garbage out”につながる問題である。

観測データが十分に得られない中で、そもそもプレートはどのように冷却するのか、という、古くて新しい問題が立ち上がった。海嶺付近では、熱水循環により見かけ上の熱流量が理論値を下回ることが判明している。Stein & Stein (1992)はこの効果を補正したモデルを提案したが、これは Global データからの経験的敷衍である。具体的な海嶺の熱流量測定は、堆積物のない海底では極めて困難であり、数少ない成功例は、カナダ沖の Juan de Fuca 海嶺（堆積物に覆われている）である。

そのような状況で、典型的な海嶺であるチリ海嶺の熱流量測定が極めて少ないことに思い当たった。これだけ典型的な場所で、しかも陸に近い十分な堆積物にも恵まれており、しかもそのまま沈み込むという「ベスト・エンドメンバー」を構築する CTJ において、熱流量を系統的に測定することが実は極めて重要かつ実現可能であると思ひ、本提案に至った。

関連する国内外の研究動向と本研究の位置づけ

チリ三重会合点 (CTJ) における熱構造研究は、申請者の知る限りにおいては Cande et al. (1987)のみである。その他、地形調査・構造探査についても Cande の調査が主要な部分を占める。一方地震観測は、連携研究者の篠原らが、チリのコンセプション大学の研究者と共同で進めており、予備的観測が 2009 年に実現している。その結果を受けて、本研究と一緒に「みらい」調査航海に参加し、最大 20 台の海底地震計による機動観測を行うことが計画されている。

本研究が含まれる調査航海は、2014 年に海洋研究開発機構 (JAMSTEC) で実施された国際的な公募 (大型研究航海提案) の結果、採択された唯一の調査提案に基づく。提案名は East/Central Pacific International Campaign (EPIC) (世界一の貧栄養域・世界一熱い沈み込み帯)、代表提案者は木下正高・岩森光・Dhugal Lindsay である。実際の調査にあたっては、国外の研究者が乗船し、共同で研究することで準備を進めている。

航海で実施される他の項目と併せて、得られるデータは国際的に極めて注目されるものとなる。

これまでの研究活動

研究代表者の木下は、これまで海域での熱流量調査研究を研究の主軸として、沈み込み帯だけでなく拡大系 (中央海嶺や背弧海盆) での熱構造の解明に取り組んできた。その中には、1990 年代に南部 EPR (東太平洋海嶺) の高速拡大軸での潜水調査がある。JAMSTEC の潜水調査船「しんかい 6500」に乗り込んで、拡大の現場における熱流量測定に挑戦した。堆積物のない枕状溶岩に覆われた海底で如何に地下からの温度勾配を得るか、ワシントン大学の先駆者である Paul Johnson 教授の教えを請いつつ開発を行った。熱流量の決定には至らなかったものの、その過程で行った海底直上の水温変動から、熱水噴出が潮汐変動する様子などを明らかにすることができた。

また、中部沖縄トラフや水曜海山熱水域で熱流量を柱状コア・潜水船・掘削時の各種方式により高密度で測定し、熱水循環がメートル~km スケールの階層性を持つことを明らかにしてきた (Kinoshita et al., 2006 など)。特に熱水噴出口から数 m 近傍に顕著な海水の流入域があることを、高温だが下に凸の非線形温度垂直分布から示し、熱水性微生物の分布等に重要な拘束条件を与えた。また沖縄トラフの熱水域での高密度熱流量測定と掘削孔内温度計測データを基に数値シミュレーションを行い、表層付近の水理特性 (特に軽石層や堆積層の低浸透率) により熱水

循環系の縦横比が横に長い(1:10程度)可能性を指摘した。

ここ10年間は、その経験も活用しつつ、国際深海掘削計画(IODP)による「南海トラフ地震発生帯掘削研究」(NanTroSEIZE)のProject Management Teamの一員として、研究と掘削計画立案を主導してきた。水深2000mの海底からさらに5000m下にあるM8地震の震源域断層に到達し、断層サンプルリターンと状態(温度・圧力・応力場等)の現場観測を実現して、巨大地震発生メカニズム解明に必須のデータを得るのが目的である。木下は、その中で、断層強度を規定する温度条件推定のため、海底下900mで得られた孔内温度データから、5000mの断層面の温度を推定した(Sugihara et al., 2014)。その結果震源断層の浅部境界では温度が最大140と推定された。その値は2次元数値計算結果よりも高いが、モデルの空間分解能が不十分であることが課題であり、今後改善する。また断層面に蓄積される応力の大きさを、単純な弾性体を仮定して計算した(Kinoshita and Tobin, 2013)。その結果、地震断層浅部に地震サイクルの間に蓄積される応力は極めて小さく(0.1MPa以下)、そのような微小変化でも破壊が発達するということから、断層強度が極めて小さいことを示唆した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、上記の諸課題のうち沈み込むプレートの熱構造に注目し、その結果としての断層強度解明に貢献することである。若いプレートの浮力が固着を強め、結果として巨大地震になるという仮説を検証するためには、同時に発生する水の潤滑効果や、沈み込む堆積物の摩擦強度など、複合要因を統合的に扱う必要がある。

そのためのサイトとして、世界でもっとも熱い海溝、チリ三重会合点に注目した。Candeらが行った熱流量測定の結果、中軸谷が海溝軸に一致してまさに沈み込まんとする地点(図3の黄色い○)での300mW/m²を超える高熱流量と、陸側に向かって熱流量が低くなることが示された。しかしその解釈手法が30年前のものでいささか時代遅れである。新たな熱流量データ取得と併せCTJの熱構造モデルを一新する。

学術的独自性・創造性

代表者の木下らは、南海トラフ巨大地震発生帯への超深度掘削をここ10年間主導している。その中で、地震発生断層の温度場を決める要因として沈み込む前の温度場が極めて重要であることが明らかになってきた。プレート冷却という古典的課題にあえて挑戦するのは、いまだ冷却モデルが決着していなかったためであり、チリ海嶺という典型的な海嶺での熱流量データが実は皆無であることもまた、原因の一つである。海嶺沈み込みの熱構造解明をもって、南海トラフ地震発生帯の理解に貢献する点が独自性を持つ。

3. 研究の方法

2018年度(平成30年度)

- 既存データ再解析・数値計算による熱構造予測・最適観測点配置の決定(木下・全員)
既往研究(DeLong, et al., 1979)による熱モデルは熱伝導のみを扱っていること、沈み込むプレートの角度が急すぎることで、上盤堆積層の熱伝導率が大きすぎることなどの問題が指摘されていた。現在の数値解析手法・計算資源を活用し、特に熱水循環やマグマ固化の潜熱などを考慮した現実的なモデルを構築し、もって最適な観測点配置を決定する。
- 航海準備(木下・岩森・阿部・後藤・井尻): 観測・分析機器の整備や乗船者間の観測・研究計画を事前に調整する。チリ政府へのEEZ事前申請、およびチリ大学・コンセプション大学研究者との打ち合わせを現地へ赴いて行う。
- 調査航海の実施(木下・岩森・阿部・後藤・井尻): 調査船「みらい」による調査を図3に示した4測線上で実施する。表層の構造探査を行い、熱水循環や堆積物の状況を把握し、中軸谷の幅(5~10km)を踏まえ5~10m間隔で熱流量を測定し、その中の何点かで試料採取を行う。試料の記載及び物性・間隙水化学組成等を船上で計測する。

2019-2020年度(平成31年度・平成32年度)

- 試料分析(井尻・阿部・岩森): 採取した堆積物試料の物性測定、記載・年代測定、全岩化学分析、間隙水分析を行う。
- 熱構造モデル構築(木下、岩森、川田、沖野、篠原、杉岡): 初年度に構築した数値予測モデルを、実データに基づいて改良する。もって地下の温度構造・水理構造を推定する。
- 成果の公開(学会・論文)

4. 研究進行状況・成果

(1) 航海の立案(2018)

海溝型地震の規模に関する沈み込むプレートの熱構造の関与を明らかにするため、チリ三重会合点(CTJ; 南緯46度、西経76度付近)への調査航海が決定していた。既往研究のレビュー・既存データ再解析等に基づき、最適観測点配置を決定した。決定にあたっては、木下が熱構

造計算を、分担者の岩森が沈み込むプレートのダイナミクスを、阿部が海嶺中軸部の火成活動をレビューした。

(2) 航海準備(2018)

観測・分析機器の整備や乗船者間の観測・研究計画を調整した。また観測海域がチリ EEZ 内部であるため、本予算により事前にチリ政府機関を訪問し、調査許可を得るための説明を行った。併せてチリ大学・コンセプション大学研究者との打ち合わせを行った。

(3) 航海実施(2018)

MR18-06 航海(第2レグ)を、海洋研究開発機構の調査船「みらい」により、2019年1月14日~1月24日に実施した。出入港はチリのバルパライソ港であり、CTJ 海域まで片道約3日を要したため、実質5日間程度であったが、浅部反射法探査(4測線)、熱流量測定(6点)、ピストンコアリング(6点)、ドレッジ(2点)、海底地震研設置(13点)が実施された。船上で、試料の記載・物性計測等の一部を実施した。

(4) 予算の繰越(2018)

海域既存データをチリ側研究者から入手し検討した結果、陸上での追加の観測が必要になることが判明したため、研究費の一部を2019(令和元)年度に繰り越した。しかし2019年9月、相手国の事情により、繰り越し予算で実施予定の観測ができないことが判明した。そのため再度繰り越し、陸域観測の延期等の計画変更を行った。2020年(令和2年)、陸上観測の準備を進めていたが、新型コロナ感染のために十分な観測期間を確保した実施が不可能となった。一方海底地震計の回収が、相手国の事情により繰り延べになっていたことから、本繰り越し予算による回収に変更し、2021年1月、チリ海軍の船により装置・データの回収に成功した。

(5) 主要な成果

1年目(2019年1月)に完了した、チリ三重会合点(CTJ)への調査航海で得られた試料・データの計測・解析を実施した。海嶺軸上とその海側・陸側において6本のコア試料が得られた。高知大学の共同利用制度を利用し、日本で唯一の海洋コア総合研究センターで、X線CTスキャナーによる内部構造撮影、間隙水化学分析、密度・間隙率等の物性計測、元素組成スキャン、年代測定用サンプリング等を実施した。また東京大学大気海洋研究所にて堆積年代測定を行った。

海嶺軸上は陸源堆積物(タービダイト)が高速で大量に流入していることが分かった。一方拡大軸から1段浅くなったサイト(海嶺軸西側)のコア試料は、海底下深度1m付近を境として、堆積速度が速い底部と低速堆積の表層に分離した。正断層による隆起後にタービダイト堆積が停止したことを示唆する。また、海溝(~海嶺軸)の陸側(東側)斜面は陸源堆積物が少なく、密度は深度とともに漸増する傾向を示した。

熱流量は、海嶺中軸部(HP2/HP5)で $140 \cdot 210 \text{ mW/m}^2$ であったのに対して、西側の正断層崖上(HP5)で 370 mW/m^2 、陸側(付加体斜面下部;HP3/HP7)でも $230 \cdot 260 \text{ mW/m}^2$ の高熱流量が観測された。中軸部では急速なタービダイト堆積により見かけ上熱流量が低下している可能性がある。陸側付加体では、既往研究から冷湧水が発生している可能性が指摘されており、今回の結果もその影響があるかもしれない。

少ない点数ではあったが、これまで全く計測がなされていなかったCTJ軸部で新たなデータが得られたことは意義が大きい。これらの結果を周辺海域で得られていた熱流量や地震構造探査データを用いて、沈み込み帯前縁部の冷湧水が海嶺沈み込みに励起されている可能性を論じた(Villar-Munos, Kinoshita, et al., 2021)。

間隙水化学分析の結果、どのサイトでも塩素イオン・硫酸イオン濃度ともに通常の堆積物中の間隙水の特徴に一致しており、熱水の兆候は見られなかった。

中軸部にある単成火山的な海山(DR19)でドレッジを行い、枕状溶岩等の構造を持つ新鮮なMORB(中央海嶺型玄武岩)が採取され、沈み込む海嶺が活動的である物的証拠が得られた(沼田ほか, 2021日本質量分析学会; Numata et al., 2022 XII South American Symposium)。

航海時に得られた熱流量データ・地下構造データを既往研究と合わせて、沈み込む中央海嶺の熱モデル構築に着手した。本年度は、プレートの沈み込む速度が最初は高速だが海嶺沈み込む後急激に低速になることに注目し、その熱的影響の予備的数値計算を実施した。

航海で得られたデータ(海底地形、地磁気、重力、地下構造、熱流量等)、海底地震計設置、岩石試料採取等のオペレーションを記載した航海報告書を、JAMSTECおよびチリ政府に提出した。チリ海軍(SHOA)で内容が検討され、2021年11月18日に正式に受理された。

その後、2021年1月、チリ海軍の船により海底地震計12台の回収に成功した。データ解析は現在も継続中であるが、CTJ中軸部の地下でかなりの地震活動があることが確認された(伊藤他, 2022JpGU; 近藤他, 2022JpGU)。結果は、2022年11月末にチリで開催される第4回 Chile-Japan Academic Forumで発表される予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 19件／うち国際共著 9件／うちオープンアクセス 14件）

1. 著者名 Lucia Villar ¹ Masataka Kinoshita et al.	4. 巻 11
2. 論文標題 A cold seep triggered by a hot ridge subduction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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/s41598-021-00414-3	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 Heuer, Verena B., Fumio Inagaki, Yuki Morono, Kai-Uwe Hinrichs, and 40 authors (Kinoshita on the 43rd.)	4. 巻 370
2. 論文標題 Temperature limits to deep seafloor 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 Shiraishi, Kazuya; Yasuhiro Yamada; Masaru Nakano; Masataka Kinoshita; Gaku Kimura	4. 巻 72
2. 論文標題 Three-dimensional topographic relief of the oceanic crust may control the occurrence of shallow very-low-frequency earthquakes in the Nankai Trough off Kumano	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	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） 10.1186/s40623-020-01204-3	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 Kinoshita, M., K. Shiraishi, E. Demetriou, Y. Hashimoto, and W. Lin	4. 巻 6:7
2. 論文標題 Geometrical dependence on the stress and slip tendency acting on the subduction megathrust of the Nankai seismogenic zone off Kumano	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science, Special Issue "Subduction-zone megathrust earthquakes: New perspectives from insitu data & laboratory analyses"	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s40645-018-0253-y	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 Miyakawa, A., M. Kinoshita, Y. Hamada and M. Otsubo	4. 巻 6:8
2. 論文標題 Thermal maturity structures in an accretionary wedge by a numerical simulation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science, Special Issue "Subduction-zone megathrust earthquakes: New perspectives from insitu data & laboratory analyses"	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) 10.1186/s40645-018-0252-z	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 Shiraishi Kazuya, Moore Gregory F., Yamada Yasuhiro, Kinoshita Masataka, Sanada Yoshinori, Kimura Gaku	4. 巻 20
2. 論文標題 Seismogenic Zone Structures Revealed by Improved 3 D Seismic Images in the Nankai Trough off Kumano	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geochemistry, Geophysics, Geosystems	6. 最初と最後の頁 2252-2271
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018GC008173	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 Nakamura, H., Iwamori, H., Nakagawa, M., Shibata, T., Kimura, J.-I., Miyazaki, T., Chang, Q., Vaglarov, B. S., Takahashi, T., and Hirahara, Y.	4. 巻 70
2. 論文標題 Geochemical mapping of slab-derived fluid and source mantle along Japan arcs	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Gondwana Res.	6. 最初と最後の頁 36-49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gr.2019.01.007	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 岩森光, 行竹洋平, 飯尾能久, 中村仁美	4. 巻 128
2. 論文標題 地殻流体の起源・分布と変動現象	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地学雑誌	6. 最初と最後の頁 761-783
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5026/jgeography.128.000	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 Iwamori, H., Nakamura, H., Chang, Q., Morikawa, N., Haraguchi, S.	4. 巻 54
2. 論文標題 Multivariate statistical analyses of rare earth element compositions of spring waters from the Arima and Kii areas, Southwest Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geochemical Journal	6. 最初と最後の頁 165-182
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2343/geochemj.2.0583	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 Kinoshita, M., Akira Ijiri, et.al.	4. 巻 108
2. 論文標題 Constraints on the fluid supply rate into and through gas hydrate reservoir systems as inferred from pore-water chloride and in situ temperature profiles, Krishna-Godavari Basin, India	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Marine and Petroleum Geology	6. 最初と最後の頁 368-376
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.marpetgeo.2018.12.049	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 木村 学, 木下正高, 金川久一, 金松敏也, 芦 寿一郎, 斎藤実篤, 廣瀬丈洋, 山田泰広, 荒木英一郎, 江口暢久, Toczko, S.	4. 巻 124
2. 論文標題 南海トラフ地震発生帯掘削がもたらした沈み込み帯の新しい描像	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 地質学雑誌	6. 最初と最後の頁 47-65
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5575/geosoc.2017.0069	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 Hamada, M., J. Kimura, Q. Chang, T. Hanyu, T. Ushikubo, K. Shimizu, M. Ito, T. Ozawa, H. Iwamori	4. 巻 51
2. 論文標題 High-precision in situ analysis of Pb isotopes in melt inclusions by LA-ICP-MS and application of Independent Component Analysis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geochem. J.	6. 最初と最後の頁 69-74
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2343/geochemj.2.0497.	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 Nakamura, H., H. Iwamori, O. Ishizuka, T. Nishizawa	4. 巻 723
2. 論文標題 Distribution of slab-derived fluids around the edge of the Philippine Sea Plate from Central to Northeast Japan.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Tectonophysics	6. 最初と最後の頁 297-308
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tecto.2017.12.004	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, K., Kuwatani, T., Yasumoto, A., Haraguchi, S., Ueki, K., and Iwamori, H.	4. 巻 113
2. 論文標題 GEOFCM: a new method for statistical classification of geochemical data using spatial contextual information	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Mineral. Petrol. Sci.	6. 最初と最後の頁 159-169
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2465/jmps.171127	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 Nakao, A., Iwamori, H., Nakakuki, T., Suzuki, Y. J., and Nakamura, H.	4. 巻 45
2. 論文標題 Roles of Hydrous Lithospheric Mantle in Deep Water Transportation and Subduction Dynamics	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geophys. Res. Lett.	6. 最初と最後の頁 1から 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2017GL076953	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 Nakagawa, T., Iwamori, H., Yanagi, R., and Nakao, A.	4. 巻 5
2. 論文標題 On the evolution of the water ocean in the plate-mantle system,	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Prog Earth Planet Sci.	6. 最初と最後の頁 1 から 16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40645-018-0209-2	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 Haraguchi, S., Ueki, K., Yoshida, K., Kuwatani, T., Mohamed, M., Horiuchi, S., and Iwamori, H.	4. 巻 124
2. 論文標題 Geochemical database of Japanese islands for basement rocks,	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of the Geological Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1049-1054
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5575/geosoc.2018.0027	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, K., Kuwatani, T., Hirajima, T., Iwamori, H., Akaho, S.	4. 巻 36
2. 論文標題 Progressive evolution of whole rock composition during metamorphism revealed by multivariate statistical analyses	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Metamorphic Petrol.	6. 最初と最後の頁 41-54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jmg.12282	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 Orihashi, Y., R. Anma, S. Machida, M. Sasaki, K. Nakao, Y. Takaku, and N. Abe.	4. 巻 54
2. 論文標題 U-Pb dating of granitic cobble (dropstone) recovered from inner slope of the Chile Trench (48. S): Constraint for its provenance.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geochemical Journal	6. 最初と最後の頁 195-201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2343/geochemj.2.0602	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14件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Numata, S., Sumino, H., Orihashi, Y., Anma, R., Abe, N., et al.
2. 発表標題 Subduction of the central ridge in South Chile Ridge and anomalous neon isotopic composition of basalt glasses
3. 学会等名 SSAGI (XII South American Symposium)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 沼田翔伍、角野浩史、折橋裕二、安間了、阿部なつ江ほか
2. 発表標題 南部チリ海嶺系における中央海嶺の沈み込みと玄武岩ガラスのネオン同位体組成
3. 学会等名 日本質量分析学会・同位対比部会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤 亜妃, 塩原 肇, 杉岡 裕子, 篠原 雅尚, 岩森 光, 木下 正高, Miller Matthew, Tassara Carlos, Ojeda Javier
2. 発表標題 チリ沖海嶺沈み込み帯での長期海底地震アレイ観測
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 近藤 優子, 大林 政行, 杉岡 裕子, 塩原 肇, 伊藤 亜妃, 篠原 雅尚, 岩森 光, 木下 正高, Matthew Miller, Carlos Tassara, Javier Ojeda
2. 発表標題 Travel time anomalies in Chile Triple Junction region
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 Masataka Kinoshita, Ryo Anma, Yuka Yokoyama, Kosuke Ohta, Yusuke Yokoyama, Tomoaki Nishikawa, Natsue Abe, Hikaru Iwamori, and Lucia Villar
2. 発表標題 Thermal regime around the Chile Triple Junction based on JAMSTEC MR18-06 cruise 'EPIC'
3. 学会等名 EGU 2020 General Assembly (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masataka Kinoshita, Rie Nakata, Yoshitaka Hashimoto
2. 発表標題 Subduction of Kyushu-Palau Ridge can cause local thermal disturbance, as estimated from new heat flow data in the forearc in the eastern Kyushu, Japan
3. 学会等名 JpGU/AGU2020 Virtual meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masataka Kinoshita, Rie Nakata and Yoshitaka Hashimoto
2. 発表標題 Localized thermal disturbance caused by subduction of Kyushu-Palau Ridge at western end of Nankai, as revealed from BSR-derived heat flow data
3. 学会等名 AGU 2020 fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kinoshita, Masataka, Verena Heuer, Yuki Morono, Fumio Inagaki
2. 発表標題 Temperature distribution of the toe of Nankai Trough off Muroto revealed from IODP Exp370 borehole observatory
3. 学会等名 EGU 2019 General assembly (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木下 正高・平田 直・篠原 雅尚・入船 徹男・鍵 裕之・加藤 照之・小野 重明・道林 克禎・阿部 なつ江・稲垣 史生・小村 健太郎・小原 一成
2. 発表標題 リアルタイム観測・大深度掘削・高圧実験の統合による沈み込み帯4D描像
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 木下 正高・岩森 光・西川 友章・安間 了・Lagarrigue Sofia・阿部 なつ江・横山 由香・Espinosa Andres・Cortes Alessandra・Prado Gabriela・Bascunan Ivan・原口 悟・太田 耕輔・折橋 裕二・中尾 魁史・沼田 翔伍・塩原 肇・杉岡 裕子・伊藤 亜妃・Perez-Estay Nicolas
2. 発表標題 チリ三重会合点におけるMR18-06'EPIC'航海レグ2調査概要
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 木下 正高・安間 了・阿部 なつ江・横山 由香・太田 耕輔・西川友章・岩森 光・MR18-06レグ2乗船研究者一同
2. 発表標題 チリ三重会合点で何が起きているのか - MR18-06 航海表層コア・熱流量調査速報 -
3. 学会等名 地質学会2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fujiwara, T.; Abe, N.; Harada, N.
2. 発表標題 Newly Mapped Seamounts on the Antarctic Plate off Southern Chile
3. 学会等名 American Geophysical Union, Fall Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kinoshita, M., K. Becker, S. Toczko, and IODP Exp380 Science Party
2. 発表標題 Initial Results of IODP NanTroSEIZE Expedition 380: Borehole Observatory Installation at the Frontal Thrust of the Nankai Prism
3. 学会等名 JpGU General Assembly 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kinoshita, M., F. Inagaki, Y. Morono, V. Heuer, IODP Exp370 Science Party, and KR18-04 Science Party
2. 発表標題 Temperature distribution of the toe of Nankai Trough off Muroto revealed from IODP Exp370 borehole observatory
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018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
研究分担者	岩森 光 (Iwamori Hikaru) (80221795)	東京大学・地震研究所・教授 (12601)	
研究分担者	井尻 暁 (Ijiri Akira) (70374212)	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)	
研究分担者	阿部 なつ江 (Abe Natsue) (80302933)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・研究プラットフォーム運用開発部門・主任技術研究員 (82706)	

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		
チリ	カトリカ大学	アンドレ・ベロ大学	コンセプション大学