

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K03731

研究課題名（和文）西南日本の地帯構造発達史の検証に基づく島弧地殻成長プロセスの解明

研究課題名（英文）Investigation of the growth process of island arc crust based on verification of the history of zonal structural development in Southwestern Japan

研究代表者

野田 篤（Noda, Atsushi）

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・研究企画室長

研究者番号：50357745

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）：沈み込み帯において繰り返される地殻の肥大化・縮小化のプロセスを理解することを目的に、研究では、日本の各地の上部白亜系を対象に土砂供給源の火成活動及び隆起・削剥作用を調べるために、西南日本内帯の白亜紀火成岩類、東北日本弧の白亜系堆積岩類を対象に野外調査を実施し、採取した試料の年代測定と化学組成の分析結果から堆積盆に近接する火山活動の重要性を認識した。また、条件の異なる複数のデコルマを設定したアナログ実験を実施し、弱面の連続性やデコルマの枚数が付加体の形成プロセスに多大な影響を及ぼすことを明らかにした。これらの成果は、複数の論文や学会発表によって公表された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

沈み込み帯縁辺の島弧や陸弧の地殻は、その発達過程において肥大化と縮小化の時期を繰り返すが、特定の時期に地殻が肥大化するプロセスはよく分かっていなかった。本研究では、日本の各地質体の上部白亜系に含まれる碎屑物を用いて、上部白亜系の主要な土砂供給源としての後期白亜紀の火成活動及び隆起・削剥作用が島弧地殻を飛躍的に成長させることを野外調査ならびに実験的に検証することを目的としていた。本研究成果では、活発な火成活動が前弧堆積盆における堆積作用に重要な役割を果たしていることを明らかにした点、また海溝充填堆積物の物理的性質の変化が付加体の成長プロセスに重要であることを指摘した点においても意義がある。

研究成果の概要（英文）：In this research, we focused on understanding the process of repeated growth and contraction of the arc crust in subduction zones. We conducted field surveys of Cretaceous igneous rocks in the inner zone of Southwest Japan and Cretaceous sedimentary rocks in Northeast Japan, analyzed the dating and chemical composition of the collected samples, and recognized the importance of the volcanic activity near the sedimentary basins. We also conducted analog experiments with different conditions of multiple decollement settings, which revealed that the continuity of the weak layer and the number of decollement sheets have a great influence on the formation process of the accretionary body. These results have been published in multiple papers and conference presentations.

研究分野：地質学

キーワード：沈み込み帯 付加体 アナログ実験 白亜紀 前弧堆積盆 火山活動

1. 研究開始当初の背景

プレート沈み込み帯に沿う島弧や大陸縁辺では、火成作用や付加作用による地殻の肥大化と沈み込み侵食による地殻の縮小化が起こる。島弧地殻は、付加体を成長させるに十分な土砂が海溝に供給される時に厚みと幅を広げながら成長し、供給されない時に縮小する。ユーラシア大陸の縁辺に位置していた日本列島も、その地殻の形成過程においては肥大化と縮小化を繰り返してきたとされ、特に後期白亜紀には地殻が大きく成長した。この時期には、付加体の急速な発達と低温高压型(高P/T)変成岩の原岩の地下深部への供給が起こっており、後背地解析や碎屑性ジルコンの年代分布から、ほぼ同時期の火山性碎屑物が堆積盆や海溝へ大量に供給されていたことが示唆されている。このように三波川帯や四万十帯といった同年代の海溝充填堆積物が、異なる温度圧力条件の場合へ分配・運搬されるプロセスについては十分に理解されておらず、沈み込み帯縁辺の島弧や陸弧の地殻が、特定の時期に地殻が肥大化するプロセスはよく分かっていなかった(図1)。

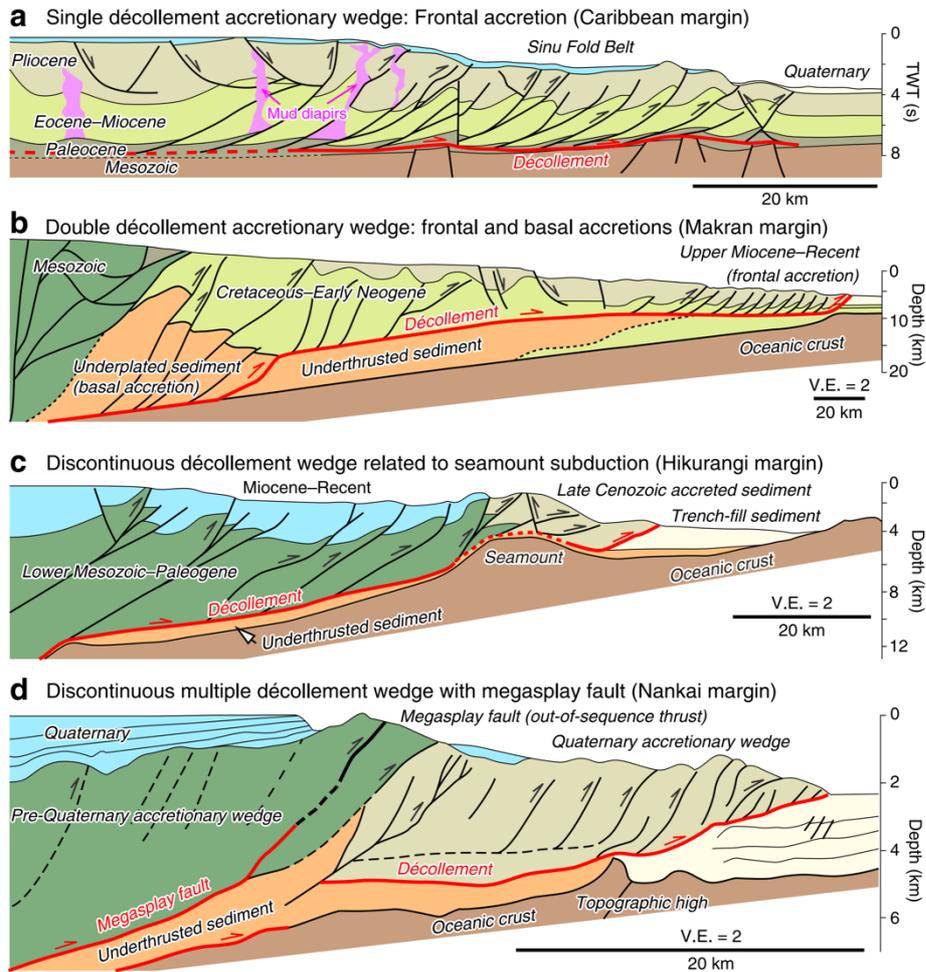


図1: 現世の沈み込み帯に見られる付加体の断面図。デコルマの条件によって異なるタイプの付加体が成長する (Noda et al., 2023b)。

2. 研究の目的

本研究では、沈み込み帯縁辺における活発な火成活動と隆起・削剥作用が島弧地殻を飛躍的に成長させることを野外調査と実験的アプローチから検証することを目指した。具体的には、西南日本の各地質体の上部白亜系に含まれる碎屑物を用いて、上部白亜系の主要な土砂供給源としての後期白亜紀の火成活動及び隆起・削剥作用を検証する。また、多量の土砂が海溝に供給されるとき(付加体が成長するとき)、それらが異なる深度(異なる温度圧力条件の場合)へ分配・運搬される条件及び西南日本に見られる帯状の地帯構造配列を形成する条件をアナログ実験から制約することを目的とした。

### 3. 研究の方法

前弧堆積盆の発達と付加体の成長履歴との関係調べるために、本研究では2つの手法（野外地質調とアナログ実験）を用いてアプローチした。野外実験では、西南日本内帯の和泉層群（徳島県鳴門市及び兵庫県南あわじ市）及び東北日本の北部北上山地の上部白亜系横道層（岩手県岩泉町）を対象に地質調査を実施し、凝灰岩に含まれるジルコン粒子のU-Pb年代測定を実施した（図2）。

一方、アナログ実験では、リール大学（フランス）の実験装置を用いて、複数の異なる条件のプレート境界面（デコルマ）を設定し、プレート境界面の数や摩擦の条件の違いが付加体の成長に与える影響を評価するための実験を行った（図3）。

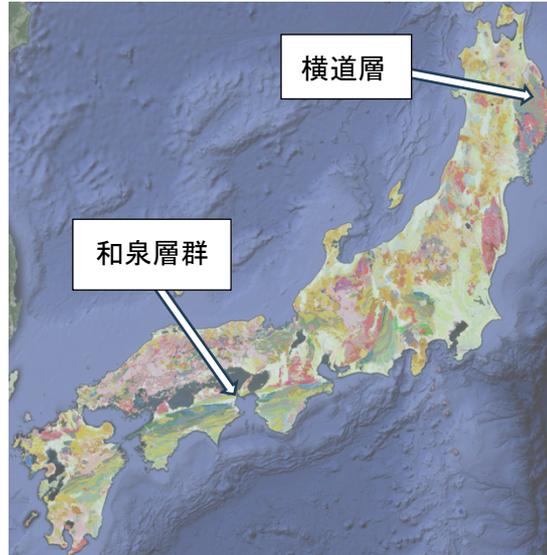


図 2：野外調査地点の位置

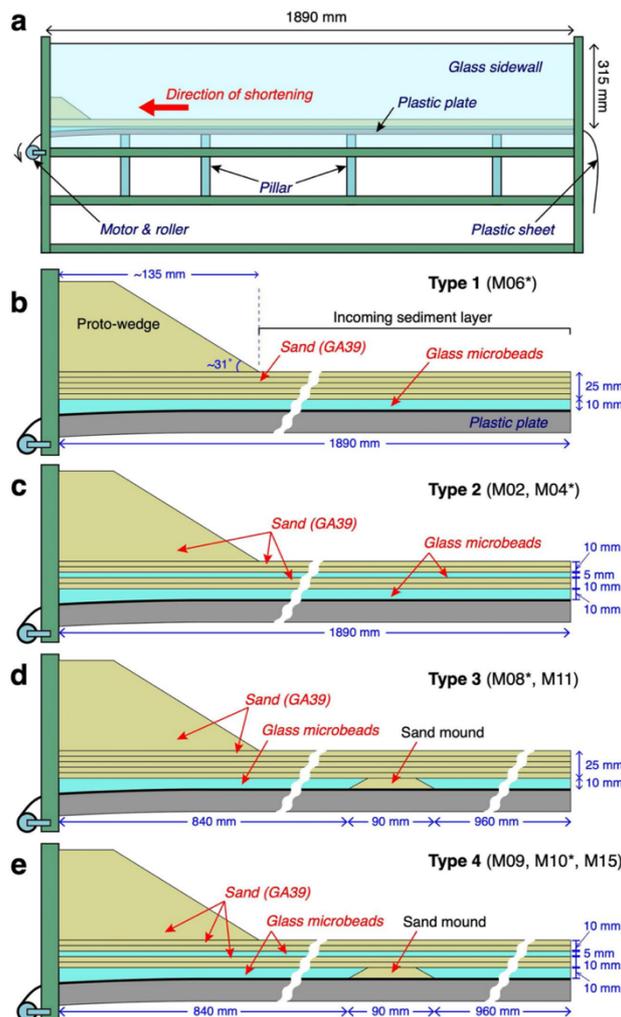


図 3：アナログ実験の初期設定

#### 4. 研究の成果

野外調査については、北部北上帯の横道層とその上位の小川層群の地質調査と凝灰岩の年代測定を実施した結果、横道層から 86 Ma, 小川層群から 58~52 Ma の年代値を得た (Noda et al., 2023a). 横道層の堆積年代に相当する火成岩類は現在の北上山地には分布しておらず、日本海側の白神山地や奥羽山地から供給された可能性が高い。また鳴門海峡・淡路島周辺地域の和泉層群の凝灰岩からは 74~77 Ma の年代値を得た。これらの凝灰岩の供給源は、中国地方福山地域の火成岩類である可能性が高い。このように後期白亜紀の大陸縁辺域では活発な火山活動があり、これにともない多量の火山砕屑物が前弧域に供給されたことが前弧堆積盆の形成に影響を与えていた可能性が示唆された。

アナログ実験では、底面付近の 1 層または 2 層のプレート境界面 (デコルマ) を設定し、さらに一部のモデルにはデコルマの途中に砂を用いることで、プレート境界面の数や摩擦の条件の違いが付加体の成長に与える影響を評価した (Noda et al. 2023b). その結果、付加体の成長は、一定の周期 (いわゆる付加サイクル) による反復的な前縁付加によること、また、付加体底部のデコルマのカップリングの程度は付加体とデコルマの相対的な強度に依存すると考えられた。流入する堆積物中に存在する弱層 (層間デコルマ) は、付加体内部の断層ネットワークの再配置を促進し、付加体の強度を弱めた。底面デコルマな高摩擦パッチ (sand mound) と層間デコル

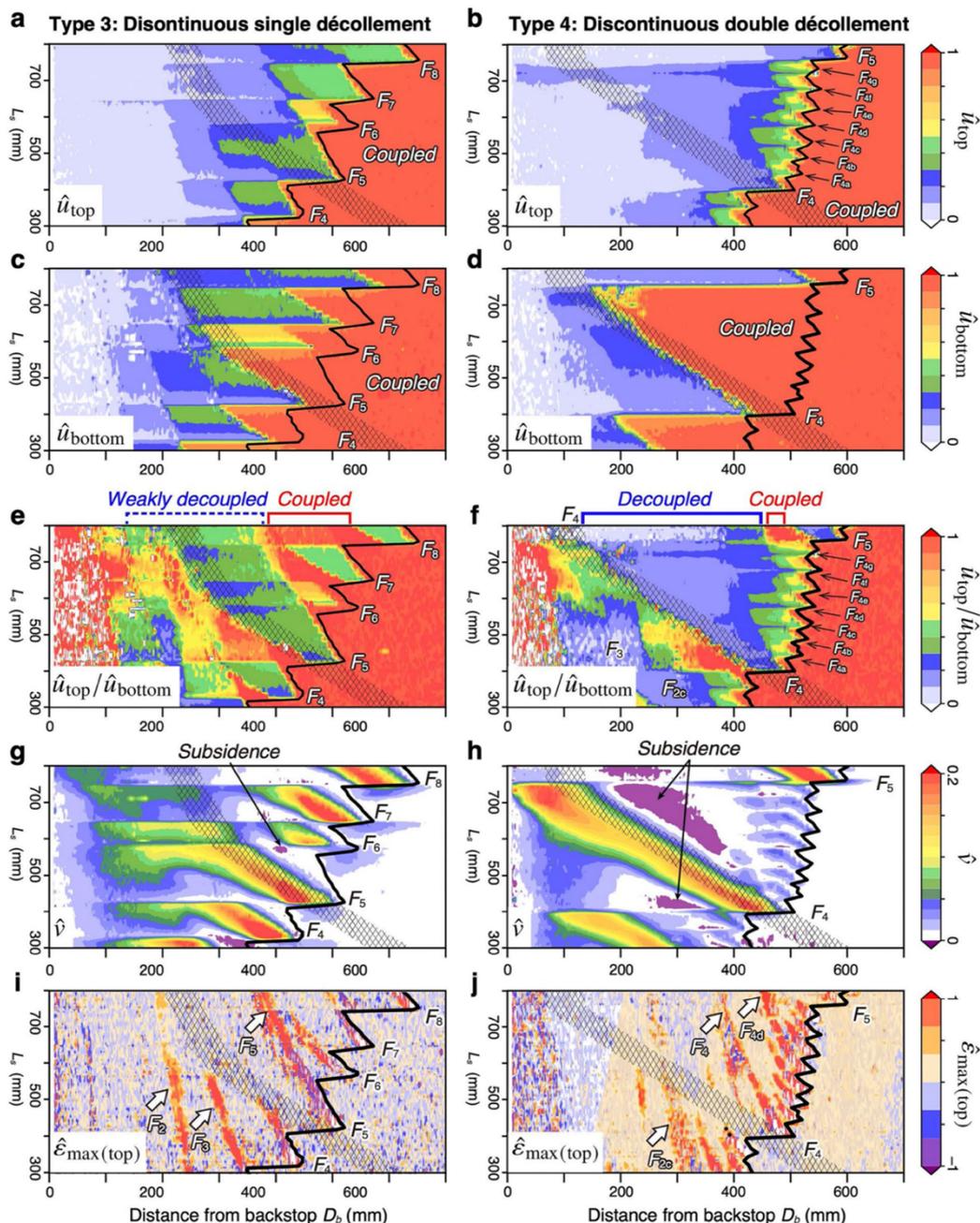


図 4: 単独デコルマ (左) と複数デコルマ (右) の実験結果の比較。

マの組み合わせにより、堆積物の深部沈み込みと底付け付加が可能になった。これには、低角度で長寿命のスラストと高角度で短寿命の前縁スラストの複数のサイクルが含まれる (図 4b)。

#### 引用文献

- Noda, A., Morimoto, K., Danhara, T., Iwano, H., and Takahashi, K. U., and Hirata, T., 2023a, Late Cretaceous–Paleogene terrestrial sequence in the northern Kitakami Mountains, Northeast Japan: Depositional ages, clay mineral contents, and vitrinite reflectance. *Island Arc*, 32, e12500.
- Noda, A., Graveleau, F., Witt, C., Chanier, F., and Vendeville, B., 2023b, Accretion cycles, structural evolution, and thrust activity in accretionary wedges with various décollement configurations: Insights from sandbox analog modeling. *Journal of Geophysical Research Solid Earth*, 128, e2023JB027131.

## 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 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Noda Atsushi, Graveleau Fabien, Witt Cesar, Chanier Frank, Vendeville Bruno	4. 巻 128
2. 論文標題 Accretion Cycles, Structural Evolution, and Thrust Activity in Accretionary Wedges With Various Decollement Configurations: Insights From Sandbox Analog Modeling	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 1-31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2023JB027131	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 Noda Atsushi, Morimoto Kazuya, Takahashi Koji U., Danhara Tohru, Iwano Hideki, Hirata Takafumi	4. 巻 32
2. 論文標題 Late Cretaceous-Paleogene terrestrial sequence in the northern Kitakami Mountains, Northeast Japan: Depositional ages, clay mineral contents, and vitrinite reflectance	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Island Arc	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) 10.1111/iar.12500	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 Massaro L., Adam J., Yamada Y.	4. 巻 855
2. 論文標題 Mechanical characterisation of new Sand-Hemihydrate rock-analogue material: Implications for modelling of brittle crust processes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Tectonophysics	6. 最初と最後の頁 229828 ~ 229828
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tecto.2023.229828	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 Tsuyoshi, Sato Daisuke	4. 巻 2023
2. 論文標題 Preliminary report on Permian radiolarians from the Numakuma peninsula in Japan: Paleontological evidence for the presence of the Ultra-Tamba Belt	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Revue de Micropaleontologie	6. 最初と最後の頁 100751 ~ 100751
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.revmic.2023.100751	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 宮田 和周、中田 健太郎、柴田 正輝、長田 充弘、永野 裕二、大藤 茂、中山 健太郎、安里 開士、中谷 大輔、小平 将	4. 巻 129
2. 論文標題 長崎半島東岸長崎市北浦町の上部白亜系層序の再定義とその地質年代学的意義	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 地質学雑誌	6. 最初と最後の頁 239-254
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5575/geosoc.2022.0057	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 Sato Daisuke, Haji Toshiki	4. 巻 30
2. 論文標題 Tectonic setting and formation of the Setouchi volcanic rocks in the western Seto Inland Sea, Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Island Arc	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) 10.1111/iar.12405	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 Miyakawa Ayumu, Noda Atsushi, Koge Hiroaki	4. 巻 9
2. 論文標題 Evolution of the geological structure and mechanical properties due to the collision of multiple basement topographic highs in a forearc accretionary wedge: insights from numerical simulations	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/s40645-021-00461-4	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 佐藤 大介・脇田 浩二	4. 巻 127
2. 論文標題 岡山県南東部に分布する付加体中の砂岩から得られた前期ジュラ紀のジルコンU-Pb年代	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 地質学雑誌	6. 最初と最後の頁 245 ~ 250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5575/geosoc.2020.0061	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 Massaro L., Adam J., Jonade E., Yamada Y.	4. 巻 159
2. 論文標題 New granular rock-analogue materials for simulation of multi-scale fault and fracture processes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geological Magazine	6. 最初と最後の頁 1~24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/S0016756821001321	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9件(うち招待講演 0件/うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Atsushi Noda ,Graveleau, F., Witt, C., Chanier, F., Vendeville, B.
2. 発表標題 デコルマ設定条件の違いによる付加サイクル中の付加体変形パターンの違い
3. 学会等名 日本地質学会第130年学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 野田篤・森本和也・高橋幸士・檀原徹・岩野英樹・平田岳史
2. 発表標題 北部北上山地における後期白亜紀から古第三紀の陸成層(岩手県岩泉町): 堆積年代・粘土鉱物・ビトリナイト反射率
3. 学会等名 日本地質学会第130年学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Noda, A., Graveleau, F., Witt, C., Chanier, F., Vendeville, B.
2. 発表標題 Patterns of deformation in accretionary wedges during accretion cycles with different settings of decollement configuration
3. 学会等名 Geomod2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Noda, A., Graveleau, F., Witt, C., Chanier, F., Vendeville, B.
2. 発表標題 Analog modeling of accretionary wedges with various decollement settings: Quantitative analysis of deformation process and strength evolution
3. 学会等名 EGU General Assembly (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 MASSARO Luigi, ADAM Jurgen, 山田 泰広
2. 発表標題 縮小模型による変形構造の再現：最近の実験材料開発から
3. 学会等名 日本地質学会第130年学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤大介
2. 発表標題 20万分の1地質図幅「京都及大阪」地域に分布する白亜系
3. 学会等名 日本地質学会第130年学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大和田正明・宮下由香里・佐藤大介・小山内康人・北野一平
2. 発表標題 山口県東部屋代島の深成岩類の火成活動史：九州地域との比較
3. 学会等名 日本地質学会第130年学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大熊祐一・野田篤・高下裕章・山田泰広・山口飛鳥・芦寿一郎
2. 発表標題 海山表面の摩擦条件が付加体変形過程に与える影響と天然への応用
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 Massaro, L., Adam, J., Jonade, E., and Yamada, Y.
2. 発表標題 Analogue modelling of strike-slip tectonics from basin to structural-scale comparing silica sand and new rock-analogue materials
3. 学会等名 EGU General Assembly 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021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	山田 泰広 (Yamada Yasuhiro)  (20362444)	九州大学・工学研究院・教授  (17102)	
研究分担者	長田 充弘 (Nagata Mitsuhiro)  (30881685)	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・核燃料・バックエンド研究開発部門 東濃地科学センター・特定課題推進員  (82110)	
研究分担者	佐藤 大介 (Sato Daisuke)  (80586595)	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・主任研究員  (82626)	

#### 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			
フランス	リール大学			