

令和 5 年 6 月 29 日現在

機関番号：82617

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04140

研究課題名（和文）大陸性島弧基盤の発見：本当に海洋性島弧は海洋プレート上で誕生するのか

研究課題名（英文）Continental basement beneath the oceanic arcs: Do oceanic arcs form on the oceanic plate?

研究代表者

谷 健一郎 (Tani, Kenichiro)

独立行政法人国立科学博物館・地学研究部・研究主幹

研究者番号：70359206

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では海洋プレート同士の沈み込みによって形成される代表的な海洋性島弧とされてきた伊豆小笠原マリアナ弧と南サンドイッチ弧の基盤に注目し、調査航海と比較研究のための陸上調査を組み合わせて島弧創成期の上盤側プレートの地殻構造とテクトニック環境を解明することを目指した。新型コロナウイルス感染拡大に伴う渡航制限によって、当初計画していた調査航海や陸上調査の実施に大きな影響があったが、代替地域の調査を実施することなどにより、両島弧の形成前には中生代の大陸性基盤が上盤側プレートに存在していることを明らかにし、その地球化学・年代学・岩石学的特徴を制約した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

海洋性島弧に存在する大陸性基盤岩の起源を解明し、プレート沈み込み開始過程との因果関係を検証する試みは、プレートの沈み込みがどのような地質学的条件で発生するのかを明らかにするという、プレートテクトニクス理論で未解明の問いに対して重要な知見をもたらす。また海洋性島弧が既存の大陸性基盤の上に形成されているという我々の仮説が正しければ、そのような既存大陸地殻の影響がないという前提で従来解釈されてきた様々なアプローチからの海洋性島弧研究が再検討を迫られる事態となり、今後の研究に大きな方向性を与える成果となる。

研究成果の概要（英文）：We focused on the basement of the Izu-Bonin-Mariana Arc and the South Sandwich Arc, which have been considered to be typical oceanic island arcs formed by the subduction of oceanic plates. We aimed to understand the crustal structure and tectonic environment of the upper plate during the subduction initiation by combining research cruises and land-based surveys for comparative studies. Travel restrictions due to COVID-19 pandemic had a major impact on the originally planned research cruises and land-based surveys. However, we were able to constrain the presence of Mesozoic continental basement on the upper plate prior to the formation of both island arcs by conducting surveys in alternative areas. We were also successful in constraining the geochemical, geochronological, and petrological characteristics of these continental basement rocks.

研究分野：地質学

キーワード：伊豆小笠原マリアナ弧 南サンドイッチ弧 スコチア海 大陸性基盤 ジルコン年代測定

## 1. 研究開始当初の背景

海洋プレートが別のプレートの下に沈み込んでいく収束型境界はプレートテクトニクスの主たる原動力と考えられている。しかし、そもそもプレート境界でどのような物理的条件が整ったときに沈み込みが起こるのかという根源的な問題は未解明のままとなっている。

このため、我々は現在の地球上で代表的な海洋性島弧とされている伊豆小笠原マリアナ (IBM) 弧と南サンドイッチ (SS) 弧に着目し、島弧創成期に存在していた土台 (基盤) の地殻構造や形成年代を解明することで、沈み込み開始時の上盤側プレートについて物質科学的な制約を与えることを目指している。

IBM 弧は約 5,200 万年前に太平洋プレートがフィリピン海プレートの下に沈み込みを開始したことで誕生した (Ishizuka et al., 2011 EPSL)。IBM 弧がこれまで海洋性島弧とされてきた根拠として、現在のフィリピン海プレートの大部分は海洋地殻から構成されていることが挙げられる。しかし主要部を構成する海盆群はいずれも沈み込み開始後に拡大した背弧海盆であり、IBM 弧創成期には存在しなかったことが、近年の海底調査と採集岩石の年代決定から判明しつつある。初期 IBM 弧が基盤とした始新世以前のフィリピン海プレートは断片的にしか残存していないが、我々がこれまで実施してきた調査航海によって大東海嶺群・伊豆前弧において白亜紀～ジュラ紀のジルコン年代を示す花崗岩・変成岩を主体とする大陸地殻が確認された。

また SS 弧も南米大陸と南極大陸の分裂に伴って漸新世～中新世に拡大した背弧海盆の海洋地殻の上に誕生した典型的な海洋性島弧とされてきた。しかし我々が SS 弧中央部の海溝陸側斜面で採集された島弧安山岩の予察的なジルコン年代測定を行ったところ、白亜紀の年代が得られた。また同じサイトから採れた堆積岩に含まれる碎屑性モナザイトの U-Th-total Pb 年代測定からは、給源として Gondwana 大陸の花崗岩・変成岩を示唆する古生代・原生代の年代を持つ粒が卓越することが判明した。

これらの結果は異なるプレート上に形成された IBM 弧・SS 弧共に、その基盤はより古い大陸地殻から構成されており、島弧創成期のテクトニック環境として古島弧が大陸の縁辺部において沈み込みが発生した可能性を強く示唆する。しかしこの仮説を検証するには、IBM 弧・SS 弧共に基盤岩類の調査が不十分であり、本研究で海底・陸上調査を提案するに至った。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は大きく IBM 弧・SS 弧の基盤岩を採集し研究するための海底調査と、その基盤岩類の起源を解明するために、対比できる大陸縁辺部の陸上調査の大きく二つに分けられる。

【海底調査の目的】IBM 弧は我々の調査によって中生代大陸地殻が卓越する環境で誕生した可能性が高いことが判明しつつある。しかし先行研究で IBM 弧基盤の海洋地殻に相当するとされてきたフィリピン海プレート西縁部の花東海盆の地史が未解明であった。この海盆の拡大時期について Deschamps et al. (2000) EPSL は磁気異常と海盆南部から採取された斑レイ岩の年代から海盆が IBM 弧形成前の前期白亜紀に形成されたと主張したが、地震波構造探査に基づく海盆地殻の厚さからは始新世以降の若い年代が推定されている (Kuo et al., 2009 GJI)。そこで我々は花東海盆の形成史解明を目的とした海底調査を行う調査航海を、学術研究船白鳳丸の研究船共同利用に提案し、採択された。海盆の構成岩石から形成時期を制約することで、IBM 弧創成期の上盤側プレートについて大陸地殻であったのか、あるいは海洋地殻も共存している環境であったのか、初めてその全容が制約できると期待された。

SS 弧についても我々の予察的分析から前弧陸側斜面に古い島弧火山岩が存在していることが判明した。これも IBM 弧同様に大陸地殻を基盤として SS 弧が誕生し、その後の背弧海盆形成と共に上盤側に海洋地殻が発達してきた可能性を示唆している。我々は SS 弧においても調査がこれまで実施されていないスコチア海南縁部について、同じく白鳳丸を使った調査航海を申請、採択され、令和元年 12 月に調査航海を実施した。この航海で採集された基盤岩類と過去に採集された SS 弧北部～中部の前弧域基盤岩類を合わせて系統的な分析を行うことで SS 弧基盤の地殻構成・形成時期を明らかにすることを目指した。

【陸上調査の目的】海底調査から IBM 弧・SS 弧に大陸性基盤が存在することが確認できても、その起源を解明しないとテクトニック環境の復元には至らない。これには大陸縁辺部を構成する基盤岩類との対比研究が必要である。我々が平成 24 年度から実施しているフィリピン諸島基盤岩類の系統的な年代決定によって、フィリピン南部ミンダナオ島の白亜紀基盤岩が IBM 弧基盤に似た岩相・年代・地球化学的特徴を示すことが判明したが、対比に最も重要な島東部に露出する基盤岩類については、その岩石学・地球化学・年代学的特徴が不明であった。本研究では本地域の地質調査と試料採集を実施し、比較研究を行う。SS 弧基盤岩については対比できる南米大陸・南極半島に分布する基盤岩類の年代や岩相について詳細な先行研究 (Burton-Johnson&Riley 2014 JGS など) が存在しており、それに基づいた比較研究を行うことを目指した。

上記の海域・陸上調査で採集された基盤岩類の系統的な年代・地球化学・岩石学的分析から、IBM

弧・SS弧共にプレート沈み込み開始時に存在していた上盤側の地殻構造の全容を解明し、それを周辺地域の地質と対比し、テクトニクス復元を行うことを目的とした。

### 3. 研究の方法

#### 【調査・試料採集】

本研究の中核をなす IBM 弧・SS 弧基盤の地質構造・形成時期解明については、学術研究船白鳳丸を用いた調査航海を実施した(R2年度)。SS 弧北部～中央部の基盤岩類についても過去の調査航海で採集された試料が保管されている英国南極調査所を訪問し、試料の確認・分取を行う予定であった(渡航制限により未実施)。比較研究に必要なミンダナオ島基盤岩類については研究協力機関(フィリピン大学)の協力を得て地質調査と岩石試料採集を行った(R4年度)。

#### 【年代測定・全岩/鉱物化学組成分析】

採集した基盤岩類の岩石学的分析から岩石の生成条件を制約した。火成岩類は含まれる鉱物の電子プローブマイクロアナライザーを用いた鉱物化学組成分析からマグマの温度圧力条件を制約した。変成岩の変成温度圧力推定については研究協力者(新潟大学・植田勇人准教授)の協力を得て、変成作用の温度圧力条件を推定した(R2～R4年度)。

基盤岩の形成年代を制約した。火山岩は Ar-Ar 年代測定、深成岩はジルコン U-Pb 年代測定から火成年代を決定した。Ar-Ar 年代測定については、研究分担者(産総研・石塚治首席研究者)が実施した。堆積岩については碎屑性ジルコンの年代分布からその給源推定を行った。

基盤岩の全岩化学組成分析から地殻構成岩石の地球化学的特徴を制約した。このために火成岩類の系統的な全岩主要・微量元素組成分析を実施した(R2～R4年度)。

### 4. 研究成果

本研究では海洋プレート同士の沈み込みによって形成される代表的な海洋性島弧とされてきた IBM 弧と SS 弧の基盤に注目し、調査航海と比較研究のための陸上調査を組み合わせることで島弧創成期の上盤側プレートの地殻構造とテクトニック環境を解明することを目指した。

本研究は令和2年度から三ヶ年で採択されたが、新型コロナウイルスのパンデミックに伴って研究計画が大きな影響を受けた。まず当初から計画して採択されていた、本研究において重要な調査地域であった台湾東方沖花東海盆で令和2年12月に採択・予定されていた調査航海が中止になった。これは航海直前に共同研究者の台湾側研究者が日本側の渡航制限により来日できなくなったからである。また比較研究として年代測定を実施する予定であった、SS 弧の火成岩類も、研究代表者が研究期間中に試料が保管されている英国南極調査所に渡航することが出来ず、当初予定していた岩石標本の入手・分析を行うことが出来なかった。

しかし花東海盆での調査航海の代替として実施した大東海嶺での調査航海では、古フィリピン海プレートを構成していた中生代島弧変成岩コンプレックスを発見し、系統的な岩石採集に成功した。

また研究計画の前半で実施予定であった、フィリピン・ミンダナオ島周辺に露出する基盤岩類の調査と岩石試料採集も新型コロナウイルス感染拡大に伴う渡航制限で、研究計画の前半に実施することが出来なかったが、令和5年2-3月に行うことができた。本地域は IBM 弧の形成前に存在していた古フィリピン海プレートに対比できる白亜紀基盤岩類が露出している可能性があり、本調査では詳細な地質調査と火成岩類の系統的なサンプリングに成功した。現在、採集試料の全岩化学組成分析とジルコン年代測定を進めており、これまで大東海嶺群などで実施した調査航海で採集されている古フィリピン海プレート構成岩石に類似した地球化学的特徴と形成年代を示すことが判明しつつある。

SS 弧の基盤岩類については、令和元年12月に実施した調査航海で採集した堆積岩類の碎屑性ジルコン年代測定から、本地域からは未報告であった白亜紀の堆積岩コンプレックスが存在していることが明らかになった。これらの成果については国際学会で発表し、現在論文投稿準備を進めている。

上記のように、申請時と調査地域については新型コロナウイルスの感染拡大に伴う渡航制限によって、代替海域での実施をせざるを得なくなり、また調査計画に遅延が発生するなど、大きな変更を迫られた。しかし、IBM 弧と SS 弧の基盤岩類については、中生代の大陸性地殻の存在と明らかにし、その岩石学・地球化学・年代学的な特徴を制約することができ、当初の目的はほぼ達せられたと考えられる。今後は、本研究から得られた IBM 弧と SS 弧の基盤地殻構造から、プレート沈み込みが起こる地質学的条件を制約していく予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Dycoco Jesley Mei A., Payot Betchaida D., Valera Gabriel Theophilus V., Labis Florence Annette C., Pasco Julius A., Perez Americus D.C., Tani Kenichiro	4. 巻 819
2. 論文標題 Juxtaposition of Cenozoic and Mesozoic ophiolites in Palawan island, Philippines: New insights on the evolution of the Proto-South China Sea	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Tectonophysics	6. 最初と最後の頁 229085 ~ 229085
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.tecto.2021.229085	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 Akizawa Norikatsu, Yamaguchi Asuka, Tani Kenichiro, Ishikawa Akira, Fujita Ryo, Choi Sung Hi	4. 巻 59
2. 論文標題 Highly refractory dunite formation at Gibbs Island and Bruce Bank, and its role in the evolution of the circum-Antarctic continent	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Canadian Mineralogist	6. 最初と最後の頁 1731 ~ 1753
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3749/canmin.2100030	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 Ishizuka Osamu, Tani Kenichiro, Taylor Rex N., Umino Susumu, Sakamoto Izumi, Yokoyama Yuka, Shimoda Gen, Harigane Yumiko, Ohara Yasuhiko, Conway Chris E., Perez Americus, Sekimoto Shun	4. 巻 23
2. 論文標題 Origin and Age of Magmatism in the Northern Philippine Sea Basins	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Geochemistry, Geophysics, Geosystems	6. 最初と最後の頁 1 ~ 30
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2021gc010242	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6件（うち招待講演 1件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 谷健一郎・沖野郷子・田村千織・竹内誠・山本一平・石塚治・針金由美子・楠橋直・下岡和也・相田和之・植田勇人・奈良幸明・古川祐希・井上倫瑠・鈴木望夢・當山凜太郎・内山涼多・長瀬薫平・片山陽平・小松亮介
2. 発表標題 フィリピン海プレートの起源解明に向けて：白鳳丸KH-20-6 航海による大東海嶺群・北大東海盆の地殻構造発達史への制約
3. 学会等名 海と地球のシンポジウム2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 池原実・山口飛鳥・大西拓也・谷健一郎・野牧秀隆・高下裕章・KH-19-6 Leg4乗船研究者一同
2. 発表標題 南大洋大西洋区における学際的観測研究の成果概要：白鳳丸KH-19-6 Leg4速報
3. 学会等名 海と地球のシンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石塚治・谷健一郎・下田玄・針金由美子・佐藤太一・Rex N. Taylor・海野進・平天宇・坂本泉・横山由香・八束翔・内山涼多・若山知晃・鈴木愛実・成田佳南・小川知夏・小原泰彦
2. 発表標題 フィリピン海プレート海盆群の誕生と成長 - 伊豆小笠原弧プレート沈み込み開始過程解明に向けて
3. 学会等名 海と地球のシンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Tani, O. Ishizuka, K. Okino, H. Ueda
2. 発表標題 The last unknown pieces of the Proto-Philippine Sea Plate: Huatung Basin and Gagau Ridge
3. 学会等名 Japan Geophysical Union Meeting 2020 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 I. Yamamoto, K. Tani, Y. Kouketsu and A. Yamaguchi
2. 発表標題 Mid-Cretaceous Tectonics of the Ryukyu arc reconstructed by geology of Kerama Islands, Okinawa
3. 学会等名 Japan Geophysical Union Meeting 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Tani, P.T. Leat
2. 発表標題 New constraints on the crustal structure of the South Orkney microcontinental block from detrital zircon U-Pb geochronology
3. 学会等名 The 11th Symposium on Polar Science
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
研究分担者	山口 飛鳥 (Yamaguchi Asuka)  (30570634)	東京大学・大気海洋研究所・准教授  (12601)	
研究分担者	石塚 治 (Ishizuka Osamu)  (90356444)	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・首席研究員  (82626)	

	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	植田 勇人 (Ueda Hayato)  (70374197)	新潟大学・自然科学系・准教授  (13101)	

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

その他の国・地域	国立台湾大学海洋研究所			
英国	英国南極調査所			