

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 7 日現在

機関番号：82617

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2012～2014

課題番号：24684037

研究課題名(和文) IBM弧は海洋性島弧か？ 古フィリピン海プレートと東南アジア基盤岩の繋がり解明

研究課題名(英文) Linkage between the basement rocks of the SE Asia and the proto-Philippine Sea Plate: Reconsidering the intra-oceanic nature of the IBM Arc

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・研究員

研究者番号：70359206

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,700,000円

研究成果の概要(和文)：これまで海洋性島弧とされてきた伊豆小笠原マリアナ(IBM)弧の基盤であるフィリピン海プレートには中生代の花崗岩などの大陸性岩石(古フィリピン海プレート)が存在することが、九州東方沖の大東海嶺群の調査航海から判明した。本研究ではその起源を解明するためにフィリピン共和国の基盤岩類との比較研究を実施した。その結果、フィリピン南東部のオフィオライトに伴う花崗岩・変成岩類の岩石学・地球化学的特徴、形成年代が古フィリピン海プレートのものによく一致することが初めて明らかになった。これはIBM弧が始新世に東南アジア付近の大陸縁辺で誕生したことを示し、従来のIBM弧の島弧地殻形成モデルを覆す新知見が得られた。

研究成果の概要(英文)：The Izu-Bonin-Mariana (IBM) Arc has been regarded as a typical intra-oceanic arc. However, little is known about the crustal structure of proto-Philippine Sea Plate (PSP), which existed during the subduction initiation in the Eocene. Submersible observations and rock sampling in the Daito Ridges, located in the NW PSP, revealed that the parts of the proto-PSP consist of continental granitic and metamorphic rocks with Mesozoic zircon ages. To understand the origin of Mesozoic proto-PSP, comprehensive geological survey of the Philippine basement rocks were conducted. As a result, geochemical characteristics and zircon ages obtained from igneous basement complexes exposed in the SE Philippines match well with those of the Mesozoic rocks obtained from the Daito Ridges. This suggests that subduction of the IBM Arc initiated on the preexisting Mesozoic arc crust, correlating to the current SE Philippines, and later acquired intra-oceanic-like setting through formation of the backarc basins.

研究分野：岩石学・年代学

キーワード：東南アジア フィリピン海プレート ジルコン年代 花崗岩 変成岩 テクトニクス

1. 研究開始当初の背景

伊豆・小笠原・マリアナ (IBM) 弧は共に海洋プレートであるフィリピン海プレートへ太平洋プレートが沈み込むことによって島弧地殻が成長しつつある代表的な海洋性島弧だとされてきた。その根拠の一つは現在のフィリピン海プレート東縁部は海洋地殻で構成される四国海盆とパレスベラ海盆からなり、一見は海洋プレート同士からなる沈み込み帯のようにみえることである。しかし現在のフィリピン海プレートの大部分は IBM 弧が約 5200 万年前に活動開始した (Ishizuka et al., 2011) 後に形成された背弧背盆であり、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 (古フィリピン海プレート) の地殻構造は、ほとんど判っていない。現存する古フィリピン海プレートの内、確実に海洋地殻なのは白亜紀の年代が報告されている台湾東方沖の Huatung 海盆のみである (Deschamps et al., 2000)。

我々は同じく古フィリピン海プレートに対応する九州東方沖の大東海嶺群において潜水艇による調査航海を実施し、堆積岩、火山岩、花崗岩・ガブロなどの深成岩類、変成岩類の露頭を発見し、予察的に花崗岩・ガブロからはジュラ紀～白亜紀のジルコン U-Pb 年代が得られた。

これらの結果は古フィリピン海プレートの一部は花崗岩に代表されるような白亜紀より古い大陸的な地殻が卓越する場であったことを意味しており、そのような環境下で初期 IBM 弧が誕生・成長したことを示唆している。更にはこのような大陸性基盤が現在の IBM 弧の下にも存在している可能性すらある。もしこれが正しければ、これまで海洋性島弧の代表例とされてきた IBM 弧のテクトニックな位置付けが根本から覆ってしまうことになり、IBM 弧に関する従来の島弧地殻発達モデルや地球化学的・岩石学的研究も再検討を迫られる事態となる。

しかし古フィリピン海プレートの全容解明と IBM 弧誕生時のテクトニック環境復元については大きな課題が残っている。それは大陸性基盤の起源である。古地磁気学的研究から、初期 IBM 弧はほぼ赤道直下のテチス海北東縁部で沈み込みが開始し、その後時計回りに約 90° 回転して現在の位置に至ったとされている。その復元に従えば古フィリピン海プレートは現在の東南アジアなどと連なる地塊であった可能性が高い。しかし東南アジア地域の基盤岩類については記載岩石学的な先行基礎研究があるだけで、年代学的研究や火成岩類の地球化学的研究は限られており、古フィリピン海プレートを構成する岩石と対比することが困難だった。

2. 研究の目的

フィリピンなどに露出する東南アジアの基盤岩コンプレックスの岩石学的・地球化学的特徴と形成年代を明らかにし、同時に調査

船・潜水船を使った海底調査から古フィリピン海プレートの地殻構造とその形成時期を解明する。その両者を比較することで IBM 弧誕生時のテクトニックな環境を復元することを目的とする。それによって始新世以前のテチス海北東縁部の詳細なテクトニクス復元を行うと共に、これまで代表的な海洋性島弧とされてきた IBM 弧の構造発達史を根本から再検討する。

3. 研究の方法

本研究ではまず古フィリピン海プレートと対比できる可能性が高い、フィリピン共和国の基盤岩コンプレックスについて系統的かつ詳細な地質調査を実施し、基盤岩類を系統的にサンプリングする。得られた岩石試料については高感度高分解能イオンマイクロプローブ (SHRIMP-II) を用いたジルコン U-Pb 年代測定からマグマ活動時期や変成時期を制約すると同時に、全岩・鉱物化学組成分析を行い、基盤岩類の形成年代と地球化学的特徴を制約する。また同時に大東海嶺群などの海底調査から古フィリピン海プレートの地殻構造を明らかにし、また採取岩石の分析から火成岩類のマグマ活動時期・地球化学的特徴、変成岩類の温度圧力履歴などを読み取る。これらの岩石学的・地球化学的・年代学的情報について東南アジア基盤岩類のものと比較することで、古フィリピン海プレートの地殻構造とその起源を解明する。

4. 研究成果

先行研究から古フィリピン海プレートと対比できる可能性が最も高いフィリピン共和国の基盤岩コンプレックスの地質構造を明らかにするために、パラワン島 (2012 年 11 月・2014 年 5 月)・セブ島 (2012 年 10 月)・ディナガット島 (2014 年 2 月)・ノノック島 (2014 年 2 月)・ミンダナオ島 (2014 年 5 月) についてそれぞれ詳細な地質調査と岩石試料サンプリングを実施した。政情不安や交通の便が悪く調査が出来なかった、ルソン島北東部やフィリピン中南部の基盤岩類についても、研究協力者が所属するフィリピン大学ディリマン校が過去に採取した岩石試料を提供してもらった。

また古フィリピン海プレート自体の地殻構造を明らかにするために、大東海嶺群において海洋研究開発機構の調査船・無人探査機を用いた調査航海 (KR13-15 航海) を 2013 年 9 月に 2 週間行った。さらに古フィリピン海プレートの深部地殻構成岩石を採取することを目的に、台湾東部の蘭嶼島の地質調査を 2014 年 3 月に実施した。

これらの調査で採取された基盤岩試料について記載岩石学的研究、SHRIMP-II によるジルコン U-Pb 年代測定法を用いたマグマ活動年代・変成年代決定、電子プローブマイクロアナライザーとレーザーアブレーション ICP-MS を用いた鉱物化学組成分析、蛍光 X 線

分析装置・ICP-MSを用いた全岩主要・微量元素組成分析を行った。その結果、以下のような成果が得られた：

(1) フィリピン共和国の基盤岩の主要部を構成するオフィオライトの形成時期は、従来、東部のものが古く、主に白亜紀に形成され、西に向かって若くなるとされてきた。しかし本研究で実施した系統的なジルコン U-Pb 年代測定から、フィリピン南東部のオフィオライトがジュラ紀～白亜紀の年代を示すのに対し、その他のオフィオライトは主に始新世に形成されたことが明らかになった。これはフィリピンの地史のみならず、東南アジア全体の地質構造発達史を理解する上でも非常に重要な新知見である。またセブ島中軸部には大規模な白亜紀の花崗岩体が存在することが本研究で初めて明らかとなった。

(2) 大東海嶺群はジュラ紀から白亜紀に形成された中生代島弧地殻からなる基盤上に伊豆・小笠原弧の島弧マグマ活動開始以降の始新世火山活動が上書きされた、複雑な地質構造をもつことが海底調査から明らかとなった。また大東海嶺変成岩類の温度圧力履歴解析から大東海嶺の変成岩は中圧型であるが、南北に変成度の異なる地殻断面が露出していて、南側により変成度の高い緑簾石角閃岩相の苦鉄質基盤岩類や超苦鉄質岩起源の断層岩が露出していることも判明した。

(3) 大東海嶺群をはじめとする古フィリピン海プレートのジュラ紀～白亜紀の中生代島弧地殻は、フィリピン共和国南東部の中生代基盤岩コンプレックスとその構成岩石、形成時期、火成岩類の地球化学的特徴、変成岩の原岩や温度圧力履歴がよく一致していることが本研究で始めて明らかになった。このことは始新世以前の大東海嶺群は現在のフィリピン南東部付近と繋がっており、初期 IBM 弧の活動が始まって西フィリピン海盆が形成される際に切り離されて現在の九州東方沖まで北上してきた可能性が高いことを示している。

(4) 初期 IBM 弧の一部はフィリピン南東部に代表されるようなテチス海北東縁の既存の中生代島弧地殻を基盤として誕生したことが明らかとなった。この結果は IBM 弧が従来考えられていたような海洋プレート上に形成された典型的な海洋性島弧ではないことを明瞭に示しており、これまで考えられてきた IBM 弧の島弧地殻発達史や沈み込み帯形成プロセスを再検討する必要がある。

引用文献：

A. Deschamps, P. Monié, S. Lallemand, S.K. Hsu, K.Y. Yeh (2000) Evidence for Early Cretaceous oceanic crust trapped in the Philippine Sea Plate. *Earth and Planetary*

Science Letters, 179, 503-516.

O. Ishizuka, K. Tani, M. Reagan, K. Kanayama, S. Umino, Y. Harigane, I. Sakamoto, Y. Miyajima, M. Yuasa, D.J. Dunkley (2011) The timescales of subduction initiation and subsequent evolution of an oceanic island arc. *Earth and Planetary Science Letters*, 306, 229-240.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計11件)

1. J.-I. Kimura, Q. Chang, K. Itano, T. Izuka, B.S. Vaglarov, K. Tani (2015) An improved U-Pb age dating method for zircon and monazite using 200/266 nm femtosecond laser ablation and enhanced sensitivity multiple-Faraday collector inductively-coupled plasma mass spectrometry, *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 30, 494-505, 査読有.

2. N. Tsuchiya, T. Takeda, K. Tani, T. Adachi, N. Nakano, Y. Osanai, J.-I. Kimura (2014) Zircon U-Pb age and its geological significance of late Carboniferous and Early Cretaceous adakitic granites from eastern margin of the Abukuma Mountains, Japan, *Journal of the Geological Society of Japan*, 120, 37-51, 査読有.

3. Ishizuka, K. Tani, M.K. Reagan (2014) Izu-Bonin-Mariana fore-arc crust as a modern ophiolite analogue, *ELEMENTS*, 10, 115-120, 査読有.

4. T. Hanyu, L. Dosso, O. Ishizuka, K. Tani, B.B. Hanan, C. Adam, S. Nakai, R. Senda, Q. Chang, Y. Tatsumi (2013) Geochemical diversity in submarine HIMU basalts from Austral Islands, French Polynesia, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 166, 1285-1304, 査読有.

5. Y. Harigane, K. Michibayashi, T. Morishita, K. Tani, H.J.B. Dick, O. Ishizuka (2013) The earliest mantle fabrics formed during subduction zone infancy, *Earth and Planetary Science Letters*, 377-378, 106-113, 査読有.

6. H. Iwano, Y. Orihashi, T. Hirata, M.

- Ogasawara, T. Danhara, K. Horie, N. Hasebe, S. Sueoka, A. Tamura, Y. Hayasaka, A. Katsube, H. Ito, K. Tani, J.-I. Kimura, Q. Chang, Y. Kouchi, Y. Haruta, K. Yamamoto (2013) An inter-laboratory evaluation of OD-3 zircon for use as a secondary U-Pb dating standard, *Island Arc*, 22, 382-394, 査読有.
7. 石原舜三, 平野英雄, 谷健一郎 (2012) 山陰地方中部における飛驒と三郡変成岩類に貫入するジュラ紀花崗岩類, 地質調査研究報告, 63, 227-231, 査読有.
 8. A.R.L. Nichols, R.J. Wysoczanski, K. Tani, Y. Tamura, J. Baker, Y. Tatsumi (2012) Melt inclusions reveal geochemical cross-arc variations and diversity within magma chambers feeding the Higashi-Izu Monogenetic Volcano Field, Izu Peninsula, Japan, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 13, Q09012, doi:10.1029/2012GC004222, 査読有.
 9. 鹿野和彦, 谷健一郎, 岩野英樹, 檀原徹, 石塚 治, 大口 健志, Daniel J. Dunkley (2012) 東北日本男鹿半島, 赤島層の同位体年代, *地質学雑誌*, 118, 351-364, 査読有.
 10. S. Saito, M. Arima, T. Nakajima, K. Tani, T. Miyazaki, R. Senda, Q. Chang, T. Takahashi, Y. Hirahara, J.-I. Kimura (2012) Petrogenesis of the Kaikomagatake granitoid pluton in the Izu Collision Zone, central Japan: implications for transformation of juvenile oceanic arc into mature continental crust, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 163, 611-629, 査読有.
 11. J.-I. Kimura, K. Tani, Q. Chang (2012) Determination of Hf isotope ratios in zircon using multiple collector-inductively coupled plasma mass spectrometry equipped with laser ablation and desolvating nebulizer dual sample introduction system, *Geochemical Journal*, 46, 1-12, 査読有.
- [学会発表](計 13 件)
1. K. Tani, J.A. Gabo, K. Horie, O. Ishizuka, J. Padrones, B. Payot, M.L. Tejada, D. Faustino-Eslava, A. Imai, S. Arai, G. Yumul, and C. Dimalanta (2014) New constraints for the tectonic development of the western Pacific margin since the Mesozoic: comprehensive SHRIMP zircon U-Pb dating of the Philippine ophiolite belts. American Geophysical Union Fall Meeting 2014, 2014 年 12 月 19 日, サンフランシスコ (アメリカ).
 2. Ishizuka, K. Tani, M. Reagan, K. Kanayama, S. Umino, Y. Harigane, and I. Sakamoto (2014) Crustal Accretion at Subduction Initiation Along Izu-Bonin-Mariana Arc and the Link to SSZ Ophiolites. American Geophysical Union Fall Meeting 2014, 2014 年 12 月 19 日, サンフランシスコ (アメリカ).
 3. K. Tani, J.A.S. Gabo, K. Horie, O. Ishizuka, J. Padrones, B.D. Payot, M.L.G. Tejada, D.V. Faustino-Eslava, A. Imai, S. Arai, T. Hokada, G.P. Yumul Jr., and C.B. Dimalanta (2014) New temporal constraints for the tectonic development of the Philippine ophiolite belts from comprehensive SHRIMP zircon U-Pb dating. Geological Society of the Philippines Annual Geological Conference 2014 (GEOCON2014), 2014 年 12 月 10 日, マニラ (フィリピン).
 4. K. Tani (2014) Catastrophic collapse of the western Pacific margin in the Eocene revealed from the comprehensive zircon U-Pb dating of the forearc gabbro. Ophiolite Symposium (OPHS), Damghan University, Iran, 2014 年 9 月 18 日, ダームガーン (イラン).
 5. 谷健一郎, 堀江憲路, Daniel Dunkley, 石原舜三 (2014) 西南日本花崗岩類の系統的な SHRIMP ジルコン年代測定が明らかにしたパルス状大陸成長. 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, 2014 年 5 月 2 日, 幕張メッセ (千葉県千葉市).
 6. 谷健一郎, 平原由香, 植田勇人, 葛西竹恒, 齊藤麻美, 飯塚夏美, 大手貴士, 金丸龍夫, 奥津なつみ, 和田絵里香, 神谷奈々, 西村公宏 (2014) 大東海嶺中軸部における超苦鉄質岩の発見と大東海嶺群の構造発達史に関する新発見. ブルーアースシンポジウム 2014, 2014 年 2 月 19 日, 東京海洋大学 (東京都品川区).
 7. 谷健一郎 (2013) 高精度ジルコン年代測定が明らかにする伊豆衝突帯の地殻形成史とテクトニクス. 日本地質学会

関東支部伊豆衝突帯地質研究サミット,
2013年11月24日, 横浜国立大学(神奈川県横浜市).

8. K. Tani, O. Ishizuka, H. Ueda, H. Shukuno, Y. Hirahara, A.R.L. Nichols, K. Horie, D.J. Dunkley (2013) Crustal structure of preexisting Mesozoic basement beneath the Northern Izu-Bonin Arc, International Association of Volcanology and Chemistry of Earth's Interior (IAVCEI) 2013 Scientific Assembly. 2013年7月24日, かがしま県民交流センター(鹿児島県鹿児島市).
9. 谷健一郎, 石塚治, 植田勇人, 宿野浩司, 平原由香, A.R.L. Nichols, 堀江憲路, D.J. Dunkley, 石川晃, 森下知晃 (2013) 古フィリピン海プレートの起源と北部伊豆小笠原弧で発見された中生代基盤岩類. 日本地球惑星科学連合2013年大会, 2013年5月22日, 幕張メッセ(千葉県千葉市).
10. 谷健一郎, 宿野浩司, 平原由香, 堀江憲路, 石塚治, 植田勇人, 森下知晃, 石川晃, D.J. Dunkley (2013) 北部伊豆小笠原弧における中生代の大陸性基盤の発見. プルーアース 2013, 2013年3月14日, 東京海洋大学(東京都品川区).
11. K. Tani, O. Ishizuka, H. Ueda, H. Shukuno, Y. Hirahara, A.R.L. Nichols, D.J. Dunkley, K. Horie, A. Ishikawa, T. Morishita, Y. Tatsumi (2012) Izu-Bonin Arc: Intra-oceanic from the beginning? Unraveling the crustal structure of the Mesozoic proto-Philippine Sea Plate. American Geophysical Union Fall Meeting 2012, 2012年12月3日, サンフランシスコ(アメリカ).
12. K. Tani (2012) Unraveling the crustal structure of the proto-Philippine Sea Plate: Possible continental basement beneath the Northern Izu-Bonin Arc. Ultra-Deep Drilling Into Arc Crust ~Genesis of continental crust in volcanic arcs~, 2012年9月19日, ハワイ(アメリカ).
13. 谷健一郎, 石塚治, 植田勇人, D.J. Dunkley, 堀江憲路, 宿野浩司, 平原由香, 高橋俊郎, A.R.L. Nichols, 巽好幸 (2012) 古フィリピン海プレートを構成する中生代大陸性基盤の解明. 日本地球惑星科学連合2012年大会, 2012年5月22日, 幕張メッセ(千葉県千葉市).

6. 研究組織

(1) 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・研究員
研究者番号: 70359206

(2) 研究協力者

石塚 治 (ISHIZUKA, Osamu)
産業技術総合研究所・地質調査総合センター・主任研究員
研究者番号: 90356444

植田 勇人 (UEDA, Hayato)
新潟大学・理学部・准教授
研究者番号: 70374197

ガボ ジリアン (GABO, Jillian A.S.)
九州大学・地球資源システム工学部門・非常勤研究員

ディマランタ カーラ (DIMALANTA, Carla)
フィリピン大学ディリマン校・地質科学研究所・教授