

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 4 月 29 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22540473

研究課題名（和文）フィリピン海プレート創成過程復元と島弧創成メカニズムの解明

研究課題名（英文）Reconstruction of Philippine Sea Plate tectonics and mechanism of arc initiation

研究代表者

石塚 治 (Ishizuka Osamu)

独立行政法人産業技術総合研究所・地質情報研究部門・主任研究員

研究者番号：90356444

研究成果の概要（和文）：伊豆小笠原マリアナ島弧形成前のフィリピン海プレート創成期から島弧形成にいたる時期のテクトニクスを復元し、プレート沈み込み開始を決定づける要因や、沈み込み開始時のマグマの化学的特徴の時空変遷とマグマプロセスの解明を目指した。この目的でパラオ諸島周辺の未踏海域及びパラオ諸島、小笠原諸島にて岩石学的、古地磁気学的研究を実施した。取得したデータ、試料の分析、解析から以下を明らかにした。1) パラオ海盆と西フィリピン海盆は同時期に、しかも同方向に伸びる海底拡大軸により形成された。これは、パラオ海盆が西フィリピン海盆より古い海盆であるという従来の解釈を覆す。2) これらの海盆拡大開始時期は伊豆小笠原マリアナ島弧の形成開始時期とほぼ一致する。3) 伊豆小笠原マリアナ島弧の南端部に非海洋地殻の基盤を発見し、伊豆弧北部前弧域で発見されている中生代の基盤と対比される可能性がある、ことが明らかになった。これらの制約を元に、島弧形成期から上記海盆形成終了までにいたる地質構造発達史を説明するフィリピン海プレートの復元モデルを作成した。

研究成果の概要（英文）：Recent research in the Izu-Bonin-Mariana forearc revealed volcanic section representing earliest record of this arc magmatism. Based on this result, we proposed a model for subduction initiation along this arc. This model for subduction initiation, however, has not been tested from a tectonic point of view. We conducted a research cruise in the southern part of the Philippine Sea including Palau and West Philippine Basins to reconstruct tectonic environment at c. 50 Ma and before of Philippine Sea region as well as on-land geological sampling on the Palau and Bonin Islands. The major outcome of this study is: 1) The Palau basin and the West Philippine Basin formed in a similar period during Eocene from spreading axis with similar trend. 2) Onset of spreading of these basins is nearly contemporaneous with subduction initiation at the Izu-Bonin-Mariana arc. 3) In southernmost part of the Izu-Bonin-Mariana arc, we recovered the metamorphic rocks, which implies occurrence of non-oceanic crust. Based on these new observations, we developed a model which explains geologic and tectonic history of earliest stage of Philippine Sea Plate.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学、地質学

キーワード：テクトニクス、パラオ海盆

## 1. 研究開始当初の背景

海洋性島弧が如何にして形成されるのか、すなわちどのようにプレートの沈み込みが開始し、それに伴ってどのようにマグマの生産が開始され、さらに現在見られるような島弧マグマ活動に進化していくのか、という問題を解明するために、これまで伊豆小笠原マリアナ島弧において調査研究を行ってきた (e.g., Ishizuka et al., 2006)。これにより、島弧形成最初期の火山噴出物の層序がある程度明らかになり、この時期のマグマ活動の変遷を議論できるようになりつつある。またこの時期に形成された島弧地殻の構造についても、潜水船による地殻断面の観察と地震探査により明らかにされた地震波速度構造との比較を通じて明らかになってきた。しかしながら、沈み込み開始にいたるテクトニックセッティングや、伊豆小笠原マリアナ島弧が形成されたプレート、すなわち島弧基盤に関する情報 (組成、年代、地殻構造等) については、いまだに明らかになっていない。これらを理解することは、沈み込み開始を決定づける要因 (どのような状況で沈み込みが開始されて、島弧形成にいたるのか) や、沈み込み開始時のマグマの化学的特徴の成因の解明、さらに初期島弧地殻構造の解釈の上で必要不可欠であった。

## 2. 研究の目的

伊豆小笠原マリアナ島弧形成前のフィリピン海プレート創成期から、島弧形成にいたる時期のテクトニクスを復元し、沈み込み開始を決定づける要因 (どのような状況で沈み込みが開始されて、島弧形成にいたるのか) や、沈み込み開始時のマグマの化学的特徴の時空変遷とマグマプロセスの解明を目指す。

## 3. 研究の方法

本研究では、伊豆小笠原マリアナ島弧における沈み込み開始プロセスをプレート運動復元とマグマ成因の両面から解明する。初年度にフィリピン海南端部パラオ海盆周辺地域で調査航海を実施し、岩石試料採取と海底地形調査、地磁気観測を行う。航海取得データ、試料の分析解析と、パラオ諸島陸上部の火山岩類の古地磁気測定により、フィリピン海プレート創成期のプレート運動とテクトニックセッティングの復元を行う。次年度以降パラオ諸島、小笠原諸島等の沈み込み開始期の火山噴出物の年代決定、化学分析により、これらのマグマ起源物質及び生成条件を解明し、沈み込み開始期のスラブ、マンツルの物理化学条件の推定を行う。以上の成果を統合し、プレート沈み込み開始前から島弧創成までのプロセスを包括的に説明するモデルを構築する。

## 4. 研究成果

南部フィリピン海のテクトニクス復元を主目的とする調査航海を2010年10月下旬から約3週間実施した。航海では海底岩石試料採取、海底地形、地磁気航走観測を行った (図1)。取得したデータ、試料の分析、解析から以下を明らかにした。

(1) パラオ海盆底から採取された玄武岩は、中央海嶺玄武岩類似の特徴を持つことが明らかになった。これは海盆底試料は、海底拡大により形成された海洋地殻を構成する岩石であることを裏付けている (図2)。(2) パラオ海盆北縁部で採取された玄武岩溶岩について、4040-4360 万年前の噴出年代が得られた。このデータは、パラオ海盆が西フィリピン海盆と同時期に拡大形成されていたことを示す。(3) 西フィリピン海盆及びパラオ海盆の拡大開始時期は伊豆小笠原マリアナ島弧の形成開始時期に近かった。(4) パラオ海盆の拡大方向は、西フィリピン海盆のそれと拡大初期は同様であった。また拡大軸の走向は、当初伊豆小笠原マリアナ島弧の伸びの方向に近かった。その後両海盆間のミンダナオフラクチャーゾーンを境に、西フィリピン海盆が相対的に反時計回りに回転した (図3)。(5) 九州パラオ海嶺 (古伊豆小笠原弧) 南端部の基盤岩の採取を実施した。その結果、驚くべきことに変成岩類を得た。これは、伊豆小笠原弧がこれまで考えられてきたような単純な海洋性島弧ではないことを強く示唆する結果である。これらの制約を元に、島弧形成期から上記海盆形成終了までにいたるフィリピン海プレートの復元モデルを作成した (図3)。

一方パラオ諸島、小笠原諸島において伊豆小笠原マリアナ島弧形成最初期の火成活動史とマグマの時間的変遷を解明した。プレート沈み込み開始から約7-800 万年で、沈み込み開始期特有の火成活動から現在の島弧に近い火成活動に変化したことが明らかになった (Ishizuka et al., 2011, EPSL; Kanayama et al., 2012)。

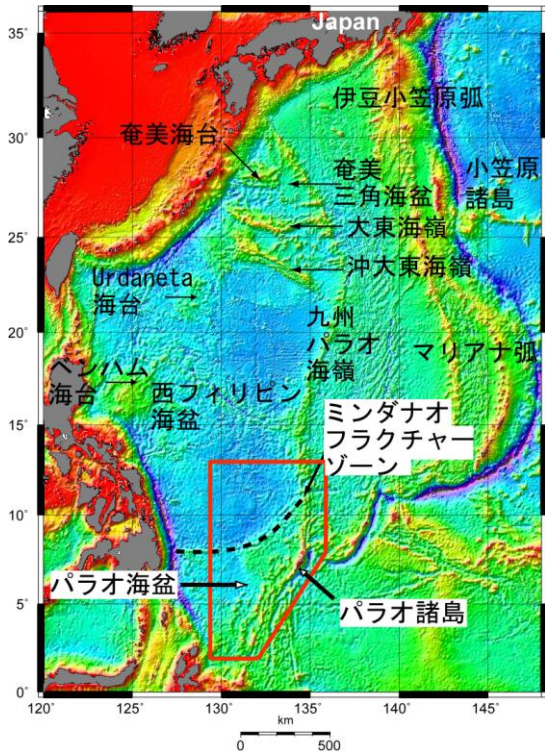


図 1 フィリピン海南部で実施した調査航海調査範囲。

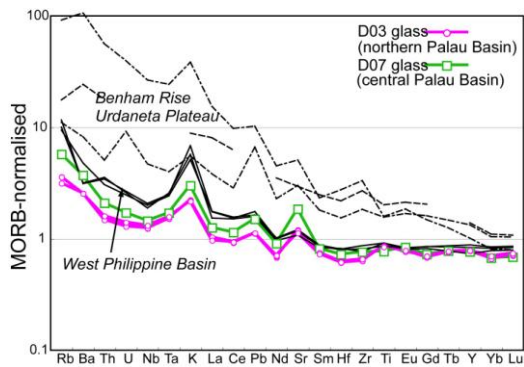


図 2 パラオ海盆底を構成する玄武岩の化学組成 (カラーで示した試料)。中央海嶺玄武岩の組成に規格化したパターンを示す。比較的フラットなパターンを示し、中央海嶺玄武岩類似の特徴を持つことが明らかになった。これは DSDP、ODP で掘削された西フィリピン海盆の海盆底の玄武岩の特徴とも良く似ていて (黒実線で示す)、沈み込むスラブ起源の物質の影響は認められず、海洋地殻上部を構成する玄武岩と考えてよい。

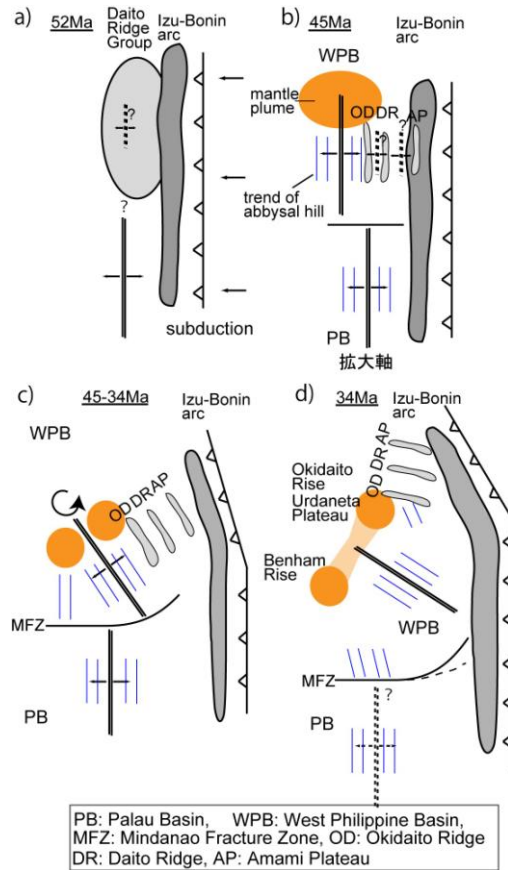


図 3 フィリピン海南部の海盆形成発達過程と九州パラオ海嶺 (古伊豆小笠原弧) との関係についてのモデル。パラオ海盆、西フィリピン海盆とも九州パラオ海嶺にほぼ平行な拡大軸から形成されたと考えられる。これらは古伊豆小笠原弧の背弧リフティング、拡大に伴って形成され、大東海嶺群もリフティングの影響を受けた。奄美海台地域にはこの時期の島弧火山活動が存在する。その後海底拡大が大東海嶺群の西や南で続いた。その後西フィリピン海盆の拡大軸が回転した。拡大軸は古伊豆小笠原弧と交差するところまで回転、停止した可能性がある。このモデルでは、伊豆小笠原弧は、大東海嶺群 (Ishizuka et al., 2011, G-cubed) や伊豆小笠原弧前弧域で確認されている (Ishizuka et al., 2011, EPSL) 白亜紀以前の海洋地殻及び古島弧群を基盤として形成されたことになる。

### 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 16 件)

- ① Ishizuka, O., Tani, K., Reagan, M. K.,  
Izu-Bonin-Mariana fore-arc crust as a

- modern ophiolite analogue, *Elements*, 査読有、in press. なし
- ② Hickey-Vargas, R., Ishizuka, O., Bizimis, M., Age and Geochemistry of Volcanic Clasts from DSDP Site 445, Daito Ridge and Relationship to Minami-Daito Basin and Early Izu-Bonin Arc Magmatism, *Journal of Asian Earth Sciences*, 査読有、in press. なし
- ③ Ishizuka, O., Umino, S., Rex N. Taylor, Kanayama, K., ; Evidence for hydrothermal activity in the earliest stages of intraoceanic arc formation: implication to ophiolite-hosted hydrothermal activity, *Economic Geology*, 査読有、in press. なし
- ④ Stern, R. J., Reagan, M., Ishizuka, O., Ohara, Y., Whattam, S., (2012); To Understand Subduction Initiation, Study Forearc Crust; To Understand Forearc Crust, Study Ophiolites, Lithosphere, 査読有、4、469-483. doi: 10.1130/L183.1.
- ⑤ Kanayama, K., Umino, S., Ishizuka, O., (2012); Eocene volcanism during the incipient stage of Izu-Ogasawara arc: Geology and petrology of the Mukojima Island Group, the Ogasawara Islands, *The Island Arc*, 査読有、21、288-316. doi: 10.1111/iar.12000.
- ⑥ 海野進、金山恭子、石塚 治 (2011) 海洋から島弧へ：小笠原諸島はどのようにして生まれたか、岩波科学、査読無、81、765-771. なし
- ⑦ Ishizuka, O., Tani, K., Reagan, M. K., Kanayama, K., Umino, S., Harigane, Y., Sakamoto, I., Miyajima, Y., Yuasa, M., and Dunkley, D. J., (2011); The timescales of subduction initiation and subsequent evolution of an oceanic island arc, *Earth and Planetary Science Letters*, 査読有、306、229-240. doi:10.1016/j.epsl.2011.04.006.
- ⑧ Ishizuka, O., Taylor, R. N., Yuasa, M., Ohara, Y., (2011); Making and breaking an Island arc: a new perspective from the Oligocene Kyushu-Palau arc, Philippine Sea, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 査読有、12、Q05005、doi:10.1029/2010GC003440.
- ⑨ Kodaira, S., Noguchi, N., Takahashi, N., Ishizuka, O., Kaneda, Y. (2010); Evolution from fore-arc oceanic crust to island arc crust: A seismic study along the Izu-Bonin fore arc, *J. Geophys. Res.*, 査読有、115、B09102、doi:10.1029/2009JB006968.
- ⑩ Tamura, Y., Ishizuka, O., Aoike, K., Kawate, S., Kawabata, H., Chang, Q., Saito, S., Tatsumi, Y., Arima, M., Takahashi, M., Kanamaru, T., Kodaira, S., Fiske, R. S. (2010); Missing Oligocene Crust of the Izu-Bonin Arc: Consumed or Rejuvenated During Collision?, *Journal of Petrology*, 査読有、50、p685-723、doi: 10.1093/petrology/egq002.
- ⑪ Ishizuka, O., Yuasa, M., Tamura, Y., Shukuno, H., Stern R. J., Naka, J., Joshima, M., Taylor, R. N. (2010); Migrating shoshonitic magmatism tracks Izu-Bonin-Mariana intra-oceanic arc rift propagation, *Earth and Planetary Science Letters*, 査読有、294、111-122. doi:10.1016/j.epsl.2010.03.016.
- [学会発表] (計 31 件)
- ① Ishizuka, O., 他 Spatial and temporal variation of OIB-like magmatism in the Western Pacific: Plume or non-plume related enriched magmatism?, AGU fall meeting, 2012年12月7日、Moscone Center, San Francisco (アメリカ).
- ② Tani, K., Ishizuka, O., 他, Izu-Bonin Arc: Intra-oceanic from the beginning? Unraveling the crustal structure of the Mesozoic proto-Philippine Sea Plate, AGU fall meeting, 2012年12月3日、Moscone Center, San Francisco (アメリカ).
- ③ Ishizuka, O., Continental Crust Formation at an Intra-Oceanic Arc: Arc Foundations, Inception, and Early Evolution: IBM-1 (695-Full2) at Amami Sankaku Basin (ASB), Ultradeep Drilling Into Arc Crust genesis of continental crust in volcanic arcs, 2012年9月8日、Waikoloa Beach Marriott Resort & Spa, Waikoloa (アメリカ).
- ④ Ishizuka, O., 他, Evidence for Mesozoic basement in the Izu-Bonin-Mariana arc system, 地球惑星科学連合大会、2012年5月21日、幕張メッセ (千葉県).
- ⑤ 佐々木智弘、山崎俊嗣、石塚 治、西フィリピン海盆及びパラオ海盆の磁気異常、ブルーアース 2012、2012年2月23日、東京海洋大学 (東京都).
- ⑥ Tani, K., Dunkley, D. J., Ishizuka, O., Ueda, H., Shukuno, H., Hirahara, Y., Nichols, A. R. L., Horie, K., Tatsumi, Y., Unraveling the Mesozoic continental basement of the

- proto-Philippine Sea Plate, International Workshop "Unlocking the opening processes of the South China Sea", 2012年1月31日、Tongji University (中国) .
- ⑦ 佐々木智弘、山崎俊嗣、石塚 治、パラオ島の古地磁気、地球電磁気・地球惑星圏学会、2011年11月4日、神戸大学(兵庫県) .
- ⑧ Tani, K.、Dunkley, D. J.、Ishizuka, O.、Shukuno, H.、Hirahara, Y.、Horie, K.、Tatsumi, Y.、Unraveling the Pre-Cretaceous continental basement beneath the Northern Izu-Bonin arc、Workshop on "Ocean Mantle Dynamics: From Spreading Center to Subduction Zone", 2011年10月4日、東京大学大気海洋研究所、(千葉県) .
- ⑨ 石塚 治、谷健一郎、M. Reagan、金山恭子、海野 進、針金由美子、坂本 泉、宮島 優希、湯浅真人、D. J. Dunkley、Processes and timescale of subduction initiation and subsequent evolution of oceanic island arc、*Goldschmidt 2011*、2011年8月17日、プラハ国際会議場(チェコ) .
- ⑩ 佐々木智弘、山崎俊嗣、西フィリピン海盆南部及びパラオ海盆で新たに得られた地球物理データ、日本地球惑星科学連合2011年大会、2011年5月27日、幕張メッセ(千葉県) .
- ⑪ 石塚 治、山崎俊嗣、荻津 達、田村芳彦、谷健一郎、針金由美子、坂本 泉、佐々木智弘、片山陽平、住澤潤樹、志多伯龍一、フィリピン海プレート創成過程復元と島弧創成メカニズムの解明、2011年5月26日、幕張メッセ(千葉県) .
- ⑫ 石塚 治、山崎俊嗣、荻津 達、田村芳彦、谷健一郎、針金由美子、坂本 泉、片山陽平、住澤潤樹、志多伯龍一、佐々木智弘、畠山 映、竹友祥平、川村明加、岡田聡、フィリピン海プレート創成過程復元と島弧創成メカニズムの解明、*ブルーアース'11*、2011年3月8日、東京海洋大学(東京都) .
- ⑬ 谷健一郎、宿野浩司、平原由香、高橋俊郎、Alex Nichols、柵山徹也、石塚 治、植田 勇人、木村 翔、秋月 龍之介、Daniel Joseph Dunkley、初期フィリピン海プレート地殻構造の全容解明に向けた大東海嶺群における潜航調査:YK10-04 航海速報、*ブルーアース'11*、2011年3月7日、東京海洋大学(東京都) .
- ⑭ Kanayama, K.、Umino, S.、Ishizuka, O.、*Petrogenesis of primitive basalts formed at an early stage of subduction zone evolution: Geochemical characteristics and the origin of high-Mg basalts from the Hahajima Island Group, the Ogasawara (Bonin) Islands*、AGU fall meeting、2010年12月15日、Moscone Center、San Francisco (アメリカ) .
- ⑮ Ohara, Y.、Reagan, M.、Ishizuka, O.、Stern, R. J.、Structure and composition of the Southern Mariana Forearc: new observations and samples from Shinkai 6500 dive studies in 2010、AGU fall meeting、2010年12月13日、Moscone Center、San Francisco (アメリカ) .
- ⑯ Ishizuka, O.、Taylor, R. N.、Yuasa, M.、Ohara, Y.、Making and breaking an Island arc: a new perspective from the Oligocene Kyushu-Palau arc、Philippine Sea、AGU fall meeting、2010年12月13日、Moscone Center、San Francisco (アメリカ) .
- ⑰ 石塚 治、湯浅 真人、田村芳彦、宿野浩司、Stern, R. J.、Taylor, R. N.、伊豆小笠原弧におけるスラブ由来物質一時空変化からの制約一、地球化学会年會、2010年9月7日、立正大学(埼玉県) .
- ⑱ Reagan, M.、小原泰彦、Stern, R. J.、石塚 治、*Geology of the Mariana Fore-arc near Guam*、地球惑星科学連合大会、2010年5月27日、幕張メッセ(千葉県) .
- ⑲ 小原泰彦、Snow, J. E.、石塚 治、谷健一郎、Evolution of the Philippine Sea: constraints from the new observations at Godzilla Mullion、地球惑星科学連合大会、2010年5月27日、幕張メッセ(千葉県) .
- ⑳ 石塚 治、湯浅 真人、谷健一郎、海野進、M. Reagan, M.、金山恭子、針金由美子、宮嶋優希、坂本 泉、海洋性島弧における沈み込み開始プロセスとそのタイムスケール、地球惑星科学連合大会、2010年5月27日、幕張メッセ(千葉県) .

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

石塚 治 (ISHIZUKA OSAMU)  
独立行政法人産業技術総合研究所・  
地質情報研究部門・主任研究員  
研究者番号: 90356444

### (2) 研究分担者

田村 芳彦 (TAMURA YOSHIHIKO)  
独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部ダイナミクス領域・チームリーダー  
研究者番号: 40293336

谷 健一郎 (TANI KENICHIRO)  
独立行政法人海洋研究開発機構・地球内  
部ダイナミクス領域・技術研究副主任  
研究者番号：70359206

山崎 俊嗣 (YAMAZAKI TOSHITSUGU)  
東京大学・大気海洋研究所・教授  
研究者番号：80344125

(3) 連携研究者

海野 進 (UMINO SUSUMU)  
金沢大学・自然システム学系・教授  
研究者番号：30192511

坂本 泉 (SAKAMOTO IZUMI)  
東海大学・海洋学部・准教授  
研究者番号：00416017