

GS22 航海での高分解能サブボトムプロファイラー探査に基づく トカラ列島周辺海域の海底下浅部構造

三澤 文慶^{1,*}・古山 精史朗^{2,1}・高下 裕章¹・有元 純¹・石野 沙季¹・鈴木 克明¹

MISAWA Ayanori, FURUYAMA Seishiro, KOGE Hiroaki, ARIMOTO Jun, ISHINO Saki and SUZUKI Yoshiaki (2024) Shallow submarine structure around Tokara Islands based on the high-resolution subbottom profiler survey during the GS22 cruise. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 75 (5/6), p. 197–208, 7 figs.

Abstract: During the GS22 cruise of the *R/V Shinyo Maru* (The Tokyo University of Marine Science and Technology) from May to June 2022, a high-resolution subbottom profiler (SBP) survey was conducted, focusing on the area of the Tokara Islands and Yakushima Island to obtain geological information on the shallow subbottom structure in the area. This paper summarizes the shallow subbottom structure around Yakushima and Takarajima Islands, as revealed by the SBP surveys. Although the internal structure of the sedimentary sequences could not be determined over most of the continental shelf in the area north of Yakushima Island, we identified partially stratified sedimentary sequences with a maximum thickness of ~20 m below the seafloor. The SBP profiles revealed the internal structure of stratified sedimentary sequences down to a maximum of 40 m below the seafloor in the volcanic front area located west of Yakushima Island. The partially stratified sedimentary sequences occur between the volcanic front area and the western slope of the Tane-Yaku Spur, a characteristic bathymetric high between Yakushima and Tanegashima Islands, although most of the internal structure could not be identified due to poor penetration of acoustic waves. We also surveyed the area north of Takarajima Island, where many earthquakes have occurred in recent years, suggesting the presence of seafloor movement related to seismic activity. However, the data indicate that no faults or intrusion structures have reached the seafloor or shallow part of the sedimentary sequences in this region.

Keywords: Tokara Islands, Ryukyu Arc, Volcanic front, Okinawa Trough, Subbottom Profiler (SBP), Submarine shallow structure

要 旨

GS22航海では、2022年5月から6月の期間に東京海洋大学の神鷹丸を用いて、トカラ列島周辺海域で高分解能サブボトムプロファイラー探査を行い、本海域の海底下浅部に関する地質情報を取得した。本論では、屋久島周辺海域及び宝島北方海域でのSBP探査により明らかになった海底下浅部の地質構造をまとめる。屋久島の周辺部のうち、屋久島北方沖では陸棚部分の堆積層の内部構造は不明であったが、部分的に成層した層厚が海底面下最大20 m程度の堆積層が認められた。屋久島西方沖の火山フロント域では海底面下最大約40 mまで成層した堆積層の内部構造を把握できた。屋久島南方沖の火山フロント域及び種子-屋久海脚の部分では、部分的に成層した

堆積層が認められるが、音波の透過が悪く内部構造の大部分は不鮮明であった。また、近年地震が群発している宝島北方沖の観測では地震活動に関連した海底変動の存在を想定したが、海底に到達した断層及び下部からの貫入構造などは認められなかった。

1. はじめに

鹿児島県南部の吐噶喇列島（以下、トカラ列島）は、九州島の南方沖合に位置する種子島・屋久島などの大隅諸島と奄美大島の間に位置する島嶼群であり、北から口之島、臥蛇島、小臥蛇島、中之島、平島、諏訪之瀬島、悪石島、小宝島、宝島、及び横当島により構成される（第1図）。これらは火山島であり、このうち口之島、中之島、諏訪之瀬島及び横当島は活火山であることが知られてい

¹ 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)

² 国立大学法人東京海洋大学海洋資源環境学部 (Tokyo University of Marine Science and Technology, School of Marine Resources and Environment)

* Corresponding author: MISAWA, A., AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: ayanori-misawa@aist.go.jp

る(例えば, 下司・石塚, 2007)(第1図)。また, トカラ列島南部に位置する宝島周辺では, 近年宝島北方を震源とする有感地震が頻発しており, 2021年12月9日にはM6.1の地震が発生した。

GS22航海(2022年5月16日~6月4日)では, 東京海洋大学所有の練習船「神鷹丸(986トン)」を使用して, トカラ列島周辺海域にて反射法地震探査などの海洋地質学的・地球物理学的観測を実施し, 本海域の海洋地質・海底地球物理に関する地質情報を取得した。本航海では屋久島南方海域を中心に, 2020年度及び2021年度で未観測の測線を観測するべく, トカラ列島海域全域で航走観測を行った。この際, 群発地震が発生していた宝島北方海域にて海底地形調査及びSBP観測を1測線で実施した。本論では, GS22航海で取得した高分解能サブボトムプロファイラー(Subbottom profiler; 以下, SBP)断面を用いて, 屋久島南方海域を中心とする海底下浅部の地質構造について予察的な結果を報告する。

2. 調査概要

GS22航海は, 反射法音波探査, ナローマルチビーム音響測深装置(Multibeam echo sounder, 以下MBES)による海底地形調査, 地球磁場観測(曳航式セシウム磁力計・船上三成分磁力計), 及び高分解能SBP探査を同時に実施した。高分解能SBP探査は神鷹丸搭載のパラメトリック方式のKongsberg社製TOPAS PS18を使用し, 船速8ノットでデータ取得を実施した(第2図)。調査測線は, 北部琉球弧の軸方向に対しておよそ直交方向に切る2マイル(約7.4 km)間隔の西北西-東南東測線, 軸方向に平行な4マイル(約14.8 km)間隔の北北東-南南西測線の2種類の測線を設定した。

本調査のSBP観測で使用したTOPAS PS18は, 2021年度の調査時はSBPの発振をチャープ波モードで行ったが(三澤ほか, 2023), この発振方式では同時収録のMEBSに干渉を与えることが確認された。そのため, TOPAS PS18に搭載されている複数の発振波形でテストを行い, 干渉の程度が低く, かつSBPもMEBSも同時収録可能であるリッカー波での発振を選択した。なお, SBP断面中(例えば, 第3図C及び第4図)にて断面上部から下部に向かう断続的な信号がMBESとの干渉ノイズである。SBP観測で取得したデータはKongsberg社の独自フォーマット(.allファイル)で収録された後に, SEG-Y形式に変換し, Chesapeake Technology社製の解析ソフトウェアSonarWiz 7を用いてデータの表示及び編集を行った。

3. 地質概説

トカラ列島は南西諸島海溝に沿って発達する琉球弧上に位置する。南西諸島海溝は, フィリピン海プレートがユーラシアプレートの下に年間50 mm (Seno *et al.*, 1993)の速さで沈み込む全長約1,200 km, 最大水深約7,500 m

以上におよぶプレート収束境界である(第1図)。琉球弧はトカラ海峡(トカラギャップ)及び慶良間海裂(慶良間ギャップ)にて北琉球, 中琉球, 南琉球の3つのエリアに大別され, このうちトカラ列島周辺海域の大部分は北琉球に位置する(小西, 1965; 松本ほか, 1996)。

トカラ列島周辺海域の地形は西から東に向かって, 背弧海盆である沖繩舟状海盆域(以下, 沖繩トラフ), 火山島が点在する火山フロント域, 琉球弧, 及び南西諸島海溝側の斜面域である前弧斜面域に区分される(例えば, Ishibashi *et al.*, 2015)(第1図)。本海域では多くの火山島及び海底火山が発達することが特徴であり, トカラ列島に多く見られる海底火山は南西諸島海溝でのフィリピン海プレートの沈み込みに伴って発達する火山フロントにおける火山活動に起源があり, 鮮新世前期(4 Ma前後)と更新世中期(0.7 Ma以降)の集中的な活動により形成されたと指摘されている(横瀬ほか, 2010)。

屋久島は島の周囲を縁どるように付加体である四万十帯の日向層群(始新世から前期漸新世)が分布し, 島の大部分を1,550万年前に形成された花崗岩体が分布する(佐藤・長浜, 1979; 斎藤ほか, 2007)。屋久島の西方に位置する口永良部島は主に第四紀に噴出した全島火山岩もしくは火山性碎屑物からなる(下司・小林, 2007)。トカラ列島の口之島では第四紀の角閃石安山岩からなる。また, 宝島・小宝島・小室小島では, 中新世と推定される火山岩から構成される宝島層群が分布している(中野ほか, 2008)。

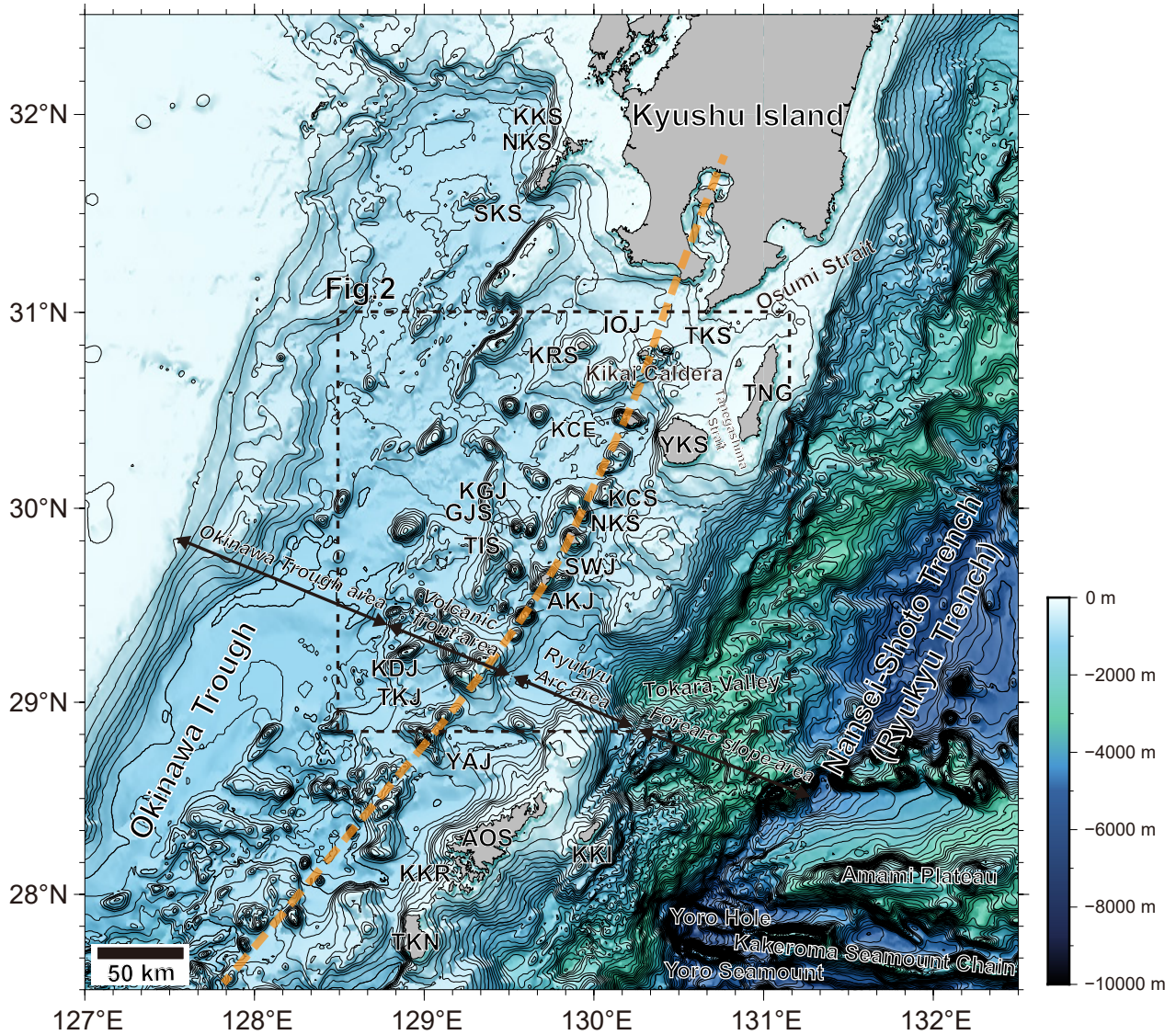
トカラ列島周辺海域の地質構造に関しては, Ishibashi *et al.* (2015), Arai *et al.* (2018), Nishizawa *et al.* (2019)及び岡田ほか(2021)が詳しい。特にArai *et al.* (2018)では, 火山フロント域において貫入構造に伴い形成されたマウンド, 及び沖繩トラフ縁辺部におけるリフティングに伴う無数の正断層や横ずれ断層系が報告されている。

4. 海底地形概要

今回の調査範囲は, 前述した地形区分のうち, 沖繩トラフ域東縁部・火山フロント域・琉球弧に相当する(第1図及び第2図)。本論では主に屋久島周辺及び屋久島以南の地域に関して記述する。なお, 本航海の調査範囲のうち, 南部の海底地形概要に関しては三澤・鈴木(2022)及び三澤ほか(2023)を参照されたい。

屋久島北方沖には, 硫黄島(薩摩硫黄島)及び竹島が位置し, これらは過去15万年前以降に十数回の巨大噴火により形成された鬼界カルデラの北縁をなしている(伊藤ほか, 2012)。硫黄島・種子島・屋久島・口永良部島に囲まれた海域には, 黒島堆などの地形的高まりが点在している(第2図A)。

屋久島西方沖には, 島嶼群からなる火山フロント域が広がり, 北から東新曾根, 藁曾根, サンゴ曾根などが位置するほか, 地形名称はついていない小規模な地形的



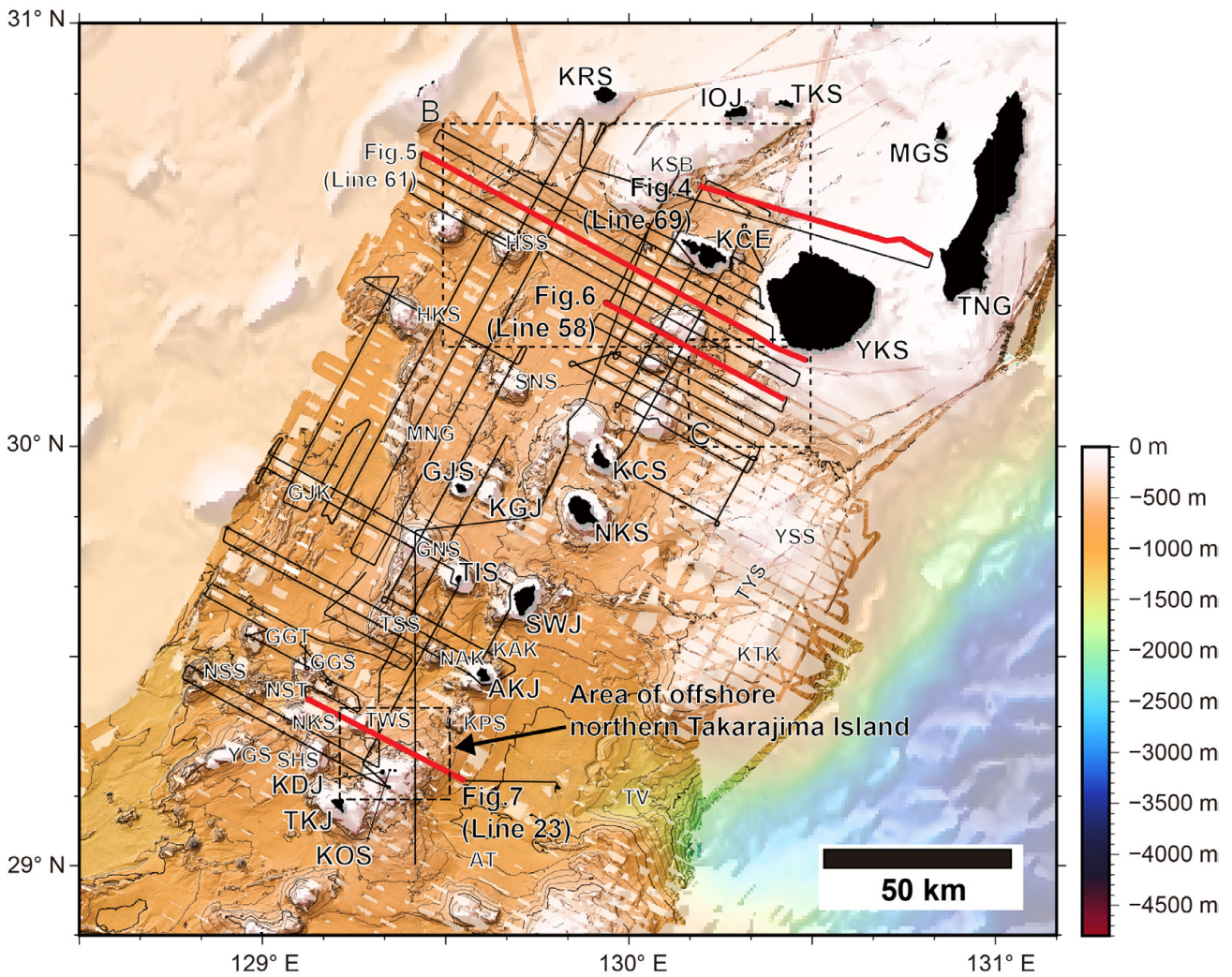
第1図 調査地域広域海底地形図。図中の等深線間隔は100 mである。オレンジ破線は火山フロントの位置を示す(例えば, Minami *et al.*, 2016; Minami *et al.*, 2021)。本海底地形図はJTOPO30グリッドデータ(一般財団法人日本水路協会海洋情報研究センター刊行)を使用した。KKS: 上甕島, NKS: 中甕島, SKS: 下甕島, KRS: 黒島, IOJ: (薩摩)硫黄島, TKS: 竹島, KCE: 口永良部島, TNG: 種子島, YKS: 屋久島, KCS: 口之島, GJS: 臥蛇島, KGJ: 小臥蛇島, NKS: 中之島, TIS: 平島, SWJ: 諏訪之瀬島, AKJ: 悪石島, KDJ: 小宝島, TKJ: 宝島, YAJ: 横当島, AOS: 奄美大島, KKI: 喜界島, KKR: 加計呂麻島, TKN: 徳之島

Fig. 1 Bathymetric map of the northern Okinawa Trough. The spacing between contour in the figure is 100 m. Dashed bold orange line indicates the position of the volcanic front (e.g. Minami *et al.*, 2016; Minami *et al.*, 2021). This seafloor bathymetric map uses JTOPO30 grid data (the Marine Information Research Center, the Japan Hydrographic Association). The abbreviations of the island bathymetric names used in the map are as follows: KKS: Kamikoshikijima Island, NKS: Nakakoshikijima Island, SKS: Shimokoshikijima Island, KRS: Kuroshima Island, IOJ: Iojima Island, TKS: Takeshima Island, KCE: Kuchino-Erabujima Island, TNG: Tanegashima Island, YKS: Yakushima Island, KCS: Kuchinoshima Island, GJS: Gajashima Island, KGJ: Kogajajima Island, NKS: Nakanoshima Island, TIS: Tairashima Island, SWJ: Suwanosejima Island, AKJ: Akusekijima Island, KDJ: Kodakarajima Island, TKJ: Takarajima Island, YAJ: Yokoatejima Island, AOS: Oshima Island, KKI: Kikaishima Island, KKR: Kakeromajima Island, TKN: Tokunoshima Island

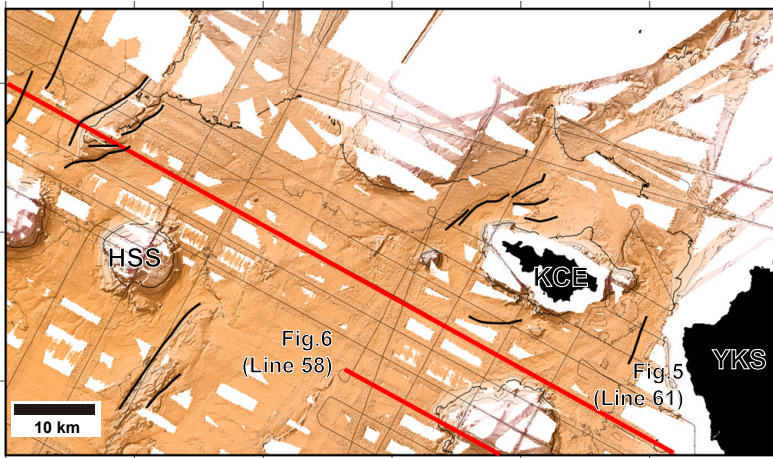
高まりなども点在する。これらの起源は海底火山や鮮新世・中新世堆積層と考えられている(第2図A)(本座ほか, 1977)。一方, 屋久島南方沖では火山フロント域と

琉球弧の一部をなす種子・屋久海脚の間に水深約500 mの平坦面が存在する。この平坦面は南へ次第に水深を増し, 悪石島南東沖で最大水深約1,000 mにおよぶ。種子・

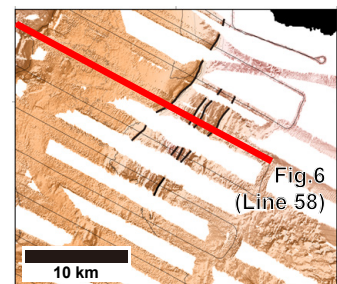
(A)



(B)



(C)



屋久海脚と呼ばれる地形的高まりは悪石島東方からトカラギャップと呼ばれる吐噶喇海底谷まで連続する(木村ほか, 1993; 松本ほか, 1996). なお, 種子・屋久海脚上には屋久新曾根及びケトウ曾根などの地形的高まりが分布する.

屋久島西方及び南方の海底地形には複数の線状構造(リニアメント)が認められる(第2図B及び第2図C). 東新曾根の北西に位置する地形的高まり部分では概ね北東-南西走向のリニアメントが地形データの取得範囲で約13 kmに渡って認められ, 北東側のデータ範囲外まで連続している可能性がある(第2図B). また, 口永良部島の北西におおよそ北東-南西走向のリニアメントが断続的に認められる(第2図B). 加えて, 屋久島南方におおよそ北北東-南南西走向のリニアメントが約15 kmに渡って認められる(第2図C). その沖側に地形の凹凸が激しい箇所が認められるが, 該当部分は水深が浅いため地形データのカバー率が低く, 詳細は不明である(第2図C).

5. SBP 探査結果

本調査では, トカラ列島を直交方向に切る西北西-東南東方向の測線を32本, トカラ列島に並行な北北東-南南西方向測線を16本, その他の測線間移動等でのデータ取得を含め合計71本の測線, 約1,855 miles (約3,435.5 km)分のデータを取得した(第2図A). 本調査では海底面下

最大約40 m程度までの地質情報を取得することができた. 2021年度の観測では海底面下の構造を最大100 m程度把握できたが(三澤ほか, 2023), 2022年度調査では発振波形を変更したことに伴い, 透過深度が減じた可能性がある.

本調査で取得したSBP断面を記載するにあたり, 三澤・鈴木(2022)及び三澤ほか(2023)と同じく層相区分に関しては池原ほか(1990)及び井上ほか(2017)に準じた. 池原ほか(1990)では海底面及び内部構造の反射パターンの組み合わせから音響的層相を8パターンに, これに井上ほか(2017)では急斜面部分に認められる海底面の反射が非常に弱いものの1パターンを加えた全9パターンの音響的層相とした. これらの音響的層相に準じてSBP断面を解釈した結果, 本調査範囲では池原ほか(1990)で区分された8つの層相のうち, 層相(Facies)1, 2, 3, 4, 7, 及び8の6パターンが認められ, その特徴について以下に示す(第3図).

層相1: 海底面での反射が強く, 内部構造は見えないものの, 海底面の起伏が激しい(第3図A).

層相2: 海底面での反射が強く, 内部構造は見えないものの, 海底面の起伏がほとんどないか平坦なもの(第3図B).

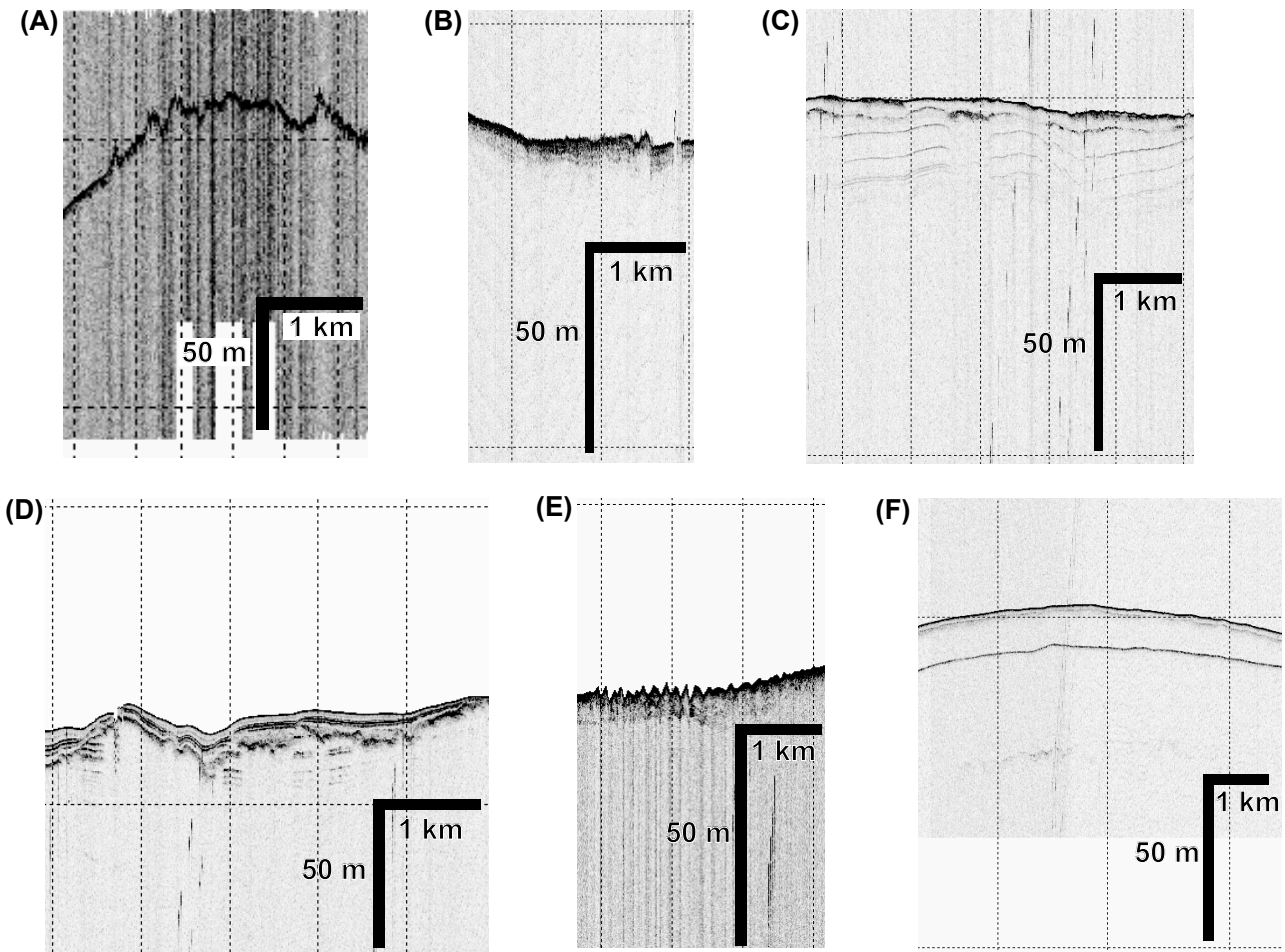
層相3: よく成層した構造を示し, 反射面の間隔が疎らなもので, 海底面は平坦なもの(第3図C).

層相4: よく成層した構造を示し, 反射面の間隔が密な

← (p. 200)

第2図 高分解能海底地形図及び探査測線図. A. 海底地形図及び調査測線. 図中の等深線間隔は500 mである. 図中の黒線が探査測線を示し, 赤線が本論中で使用した断面図の位置を示す. B. 屋久島西方海域の拡大図. C. 屋久島南方海域の拡大図. B及びC図中の黒太線はリニアメントを示す. 本海底地形図は, GK20, GB21-1, GB21-2, GB21-3, GS22, GB22-1, 及びGB22-2の各航海で取得した海底地形データを統合した150 mグリッドデータを使用した(高下ほか, 2022; 高下ほか, 2023). また, 地形図の背景にはJTOPO30グリッドデータ(一般財団法人日本水路協会海洋情報研究センター刊行)を使用した. 図中で使用した地形名称の略称は以下の通りである. KRS: 黒島, IOJ: (薩摩)硫黄島, TKS: 竹島, MGS: 馬毛島, KCE: 口永良部島, TNG: 種子島, YKS: 屋久島, KCS: 口之島, GJS: 臥蛇島, KGJ: 小臥蛇島, NKS: 中之島, TIS: 平島, SWJ: 諏訪之瀬島, AKJ: 悪石島, KOS: 小島, KDJ: 小宝島, TKJ: 宝島, KSB: 黒島堆, HSS: 東新曾根, HKS: 墓曾根, SNS: サンゴ曾根, MNG: 南墓曾根, GJK: 臥蛇海丘, YSS: 屋久新曾根, GNS: 権曾根, TYS: 種子-屋久海脚, TSS: 平島曾根, GGT: 五号曾根タコ, NAK: 西悪石海丘, KAK: 北悪石海丘, KTK: ケトウ海丘, GGS: 五号曾根, NSS: 西ノ曾根, NST: 西ノ曾根タコ, NKS: 中ノ曾根, TWS: 俵曾根, KPS: カッパ曾根, YGS: 横ガン曾根, SHS: 白浜曾根, TV: 吐噶喇海底谷, AT: 奄美トラフ.

Fig. 2 High-resolution bathymetric maps around Tokara Islands area and GS22 cruise survey lines. (A). Bathymetric map around Tokara Islands area and survey lines. The spacing between contour in the figure is 500 m. Black lines indicate SBP survey track. Red lines indicate SBP profiles in this study. (B). Close-up bathymetric map of the offshore western Yakushima Island. (C) Close-up bathymetric map of the offshore southern Yakushima Island. Black thick lines indicate the lineament in the figure (B) and (C), respectively. This seafloor bathymetric map uses 150 m grid data made by integrating the bathymetric data acquired on each of the following cruises: GK20, GB21-1, GB21-2, GB21-3, GS22, GB22-1, and GB22-2 cruises (Koge *et al.*, 2022; Koge *et al.*, 2023). JTOPO30 grid data (the Marine Information Research Center, the Japan Hydrographic Association) was used to fill the area of data gap. The abbreviations of the island and bathymetric names used in the map are as follows: KRS: Kuroshima Island, IOJ: Iojima Island, TKS: Takeshima Island, MGS: Mageshima Island, KCE: Kuchino-Erabujima Island, TNG: Tanegashima Island, YKS: Yakushima Island, KCS: Kuchinoshima Island, GJS: Gajashima Island, KGJ: Kogajajima Island, NKS: Nakanoshima Island, TIS: Tairashima Island, SWJ: Suwanosejima Island, AKJ: Akusekijima Island, KOS: Koshima Island, KDJ: Kodakarajima Island, TKJ: Takarajima Island, KSB: Kuroshima Bank, HSS: Higashi-Shin Sone, HKS: Hiki Sone, SNS: Sango Sone, MNG: Minami-Gama Sone, GJK: Gaja Knoll, YSS: Yaku-Shin-Sone, GNS: Gon Sone, TYS: Tane-Yaku Spur, TSS: Tairashima Sone, GGT: Gogosone Tako, NAK: Nishi-Akuseki Knoll, KAK: Kita-Akuseki Knoll, KTK: Keto Knoll, GGS: Gogo Sone, NSS: Nishi-no-Sone, NST: Nishinosene Tako, NKS: Naka-no-Sone, TWS: Tawara Sone, KPS: Kappa Sone, YGS: Yokogan Sone, SHS: Shirahama Sone, TV: Tokara Valley, AT: Amami Trough.



第3図 調査海域での音響的層相区分。A：層相1，B：層相2，C：層相3，D：層相4，E：層相7，F：層相8。区分は池原ほか(1990)及び井上ほか(2017)に準じた。

Fig. 3 Typical cases of each acoustic facies. A: facies 1, B: facies 2, C: facies 3, D: facies 4, E: facies 7 and F: facies 8. The acoustic facies classification is based on Ikehara *et al.* (1990) and Inoue *et al.* (2017).

もので、海底面は平坦なもの(第3図D)。

層相7：海底面あるいは反射面が小さな双曲線状を呈し、双曲線直下の内部構造は認められないことが多いが、より下位の構造がみられるもの(第3図E)。

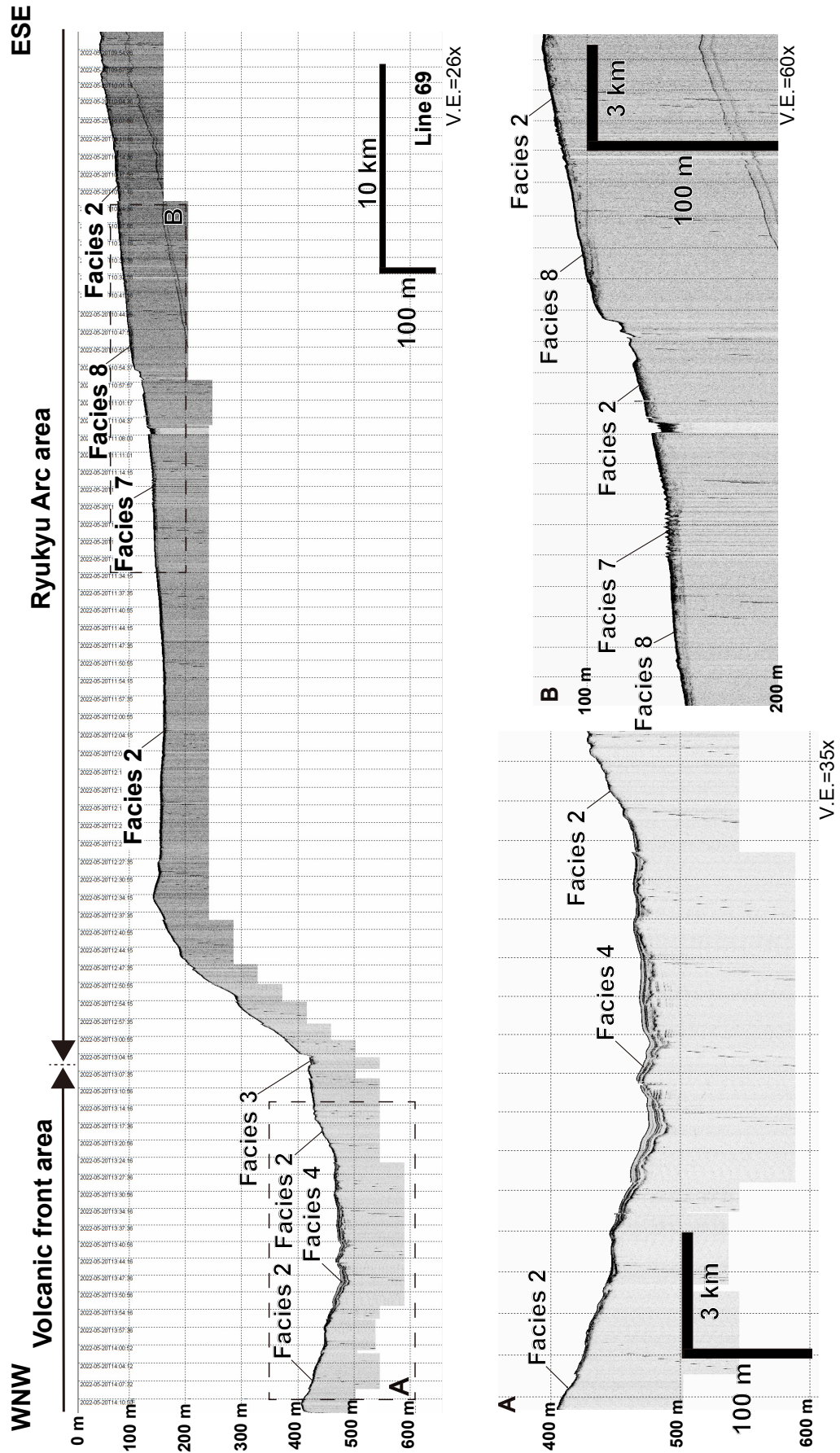
層相8：内部反射のみられない部分。その上位もしくは下位、あるいはその両方に他の層相がみられ、マウンド状・レンズ状・層状あるいは楔形の断面形態を示すもの(第3図F)。

本報告では、調査範囲を北から屋久島北方沖、屋久島西方及び南方沖、及び宝島北方沖の3区画に分けて、音響的層相の分布及び海底下浅部の地質構造にまとめる。

5.1 屋久島北方沖

屋久島北方沖では、屋久島と種子島が位置する比較的平坦で緩やかに西傾斜した陸棚が広がる。西方に向かって次第に水深を増し、口永良部島の北方で急激に水深が

深くなり、水深約500 mの平坦面を示す(第2図A及び第4図)。測線69は測線群のうち一番北側に位置する測線で、屋久島北方沖の水深500 m程度の平坦面と陸棚を通る(第4図)。平坦面では、広く層相2が認められるが、部分的に層厚最大20 m程度の層相4を示す堆積層が認められる(第4図A)。この堆積層の内部反射面は概ね水平であるが、部分的に緩やかに東傾斜を示す。測線東側にあたる屋久島の陸棚部分では主に層相2が認められるが、部分的に層相7及び層相8が認められる(第4図B)。特に、層相7が認められる箇所では、海底地形に波長が数百m程度、振幅が数m程度のサンドウエーブと考えられる堆積構造が認められる。この構造は屋久島北東方で確認される砂漣(池原, 2014)と同様に底層流によって形成されたものと考えられる。この堆積構造が認められる陸棚域では、海底面及び海底表層部での反射強度が大きく、信号が深部まで達していないため、内部構造は不明である。



第4図 測線69のSBP断面図と各エリアの拡大断面図。探査測線の位置は、第2図に示す。SBP断面中にみられる上方から下方へ続く断続的な信号はMBESとの干渉ノイズである。

Fig. 4 SBP profile of Line 69 and close-up profiles. The location of the SBP profile is shown in Figure 2. The intermittent signals moving from top to bottom during the SBP profile are interference noise with MBES.

なお、堆積層の不連続部分、つまり断層などの構造は認められない。ただし、第4図Bで示した平坦面の堆積層の一部が緩やかに東傾斜を示すため、測線西端部付近での構造運動を引き起こす断層が存在する可能性が示唆される。

5.2 屋久島西方及び南方沖

屋久島西方沖の火山フロント域では、部分的に地形的高まりが分布するが概ね水深600 m～750 m程度の平坦面を示す。屋久島南方沖の火山フロント域から琉球弧の部分では、水深600 m前後の平坦面が認められる。琉球弧の一部として種子・屋久海脚が分布し、水深150 mから250 m程度で小規模な凹凸を持った地形が部分的に認められる(第2図A及び第5図)。

屋久島西方沖及び屋久島南方沖の火山フロント域から琉球弧・種子-屋久海脚に至る地域に存在する平坦面では主に層相2が認められるが、部分的に層相3及び層相8が認められる(第5図及び第6図)。屋久島西方沖で測線群西部に位置する平坦部では層相8が認められる(第5図A及び第6図A)。

屋久島南方沖の水深600 m前後の平坦面では、概ね層相2が認められ、堆積層の内部構造が音波の透過が悪く不鮮明な箇所が多い(第5図及び第6図)。部分的に層相3が認められるが、堆積層内部の反射強度は非常に弱かった(第5図B及び第6図B)。加えて、種子-屋久海脚では部分的に層相1が認められるものの、主に層相2が認められる(第6図C)。

屋久島西方及び南方沖におけるリニアメントは諏訪之瀬島などが位置する調査海域の南部に比べて発達していない傾向にある(第5図及び第6図)。屋久島南方の火山フロント域-琉球弧間の平坦面には南北走向のリニアメントが認められ、リニアメントに沿って凹地状の谷地形が認められる(第2図B)。測線58(第6図B)では、リニアメント部分に明瞭な不連続は認められなかった。リニアメント西側では堆積層が海底面を含めて上向き凸に変形した背斜構造を示すことから活構造であることが示唆され、かつ堆積層を変形させる逆断層が背斜構造の南東側に伏在する可能性が示唆される(第6図B)。また、陸棚上で認められた凹凸地形を示す箇所では、断層は認められなかった(第6図C)。

5.3 宝島北方域

宝島・小宝島などが位置する地形的高まりの北側斜面及び俵曾根の北側斜面を通る測線23は、2021年12月9日に発生したM6.1の地震を含む群発地震の震源域の近傍を通る測線である(第7図)。俵曾根の北西側にも水深約550 mの平坦面が認められ、主に層相2が認められるが、斜面途中の平坦部などに層相3が認められる(第7図A)。また、宝島の北側斜面域と俵曾根の間に水深約

540 mの平坦面が認められる。この平坦面では主に層相2が認められるが、部分的に層相3も認められる(第7図B)。測線の北側に北東-南西走向のリニアメントが確認できる箇所もあるが、SBP断面から明瞭な断層、変形構造、及び貫入構造などは確認できなかった。本海域における群発地震の原因を解明するためには、震源域周辺より詳細な海底下浅部構造及び海底地形を把握する必要がある。

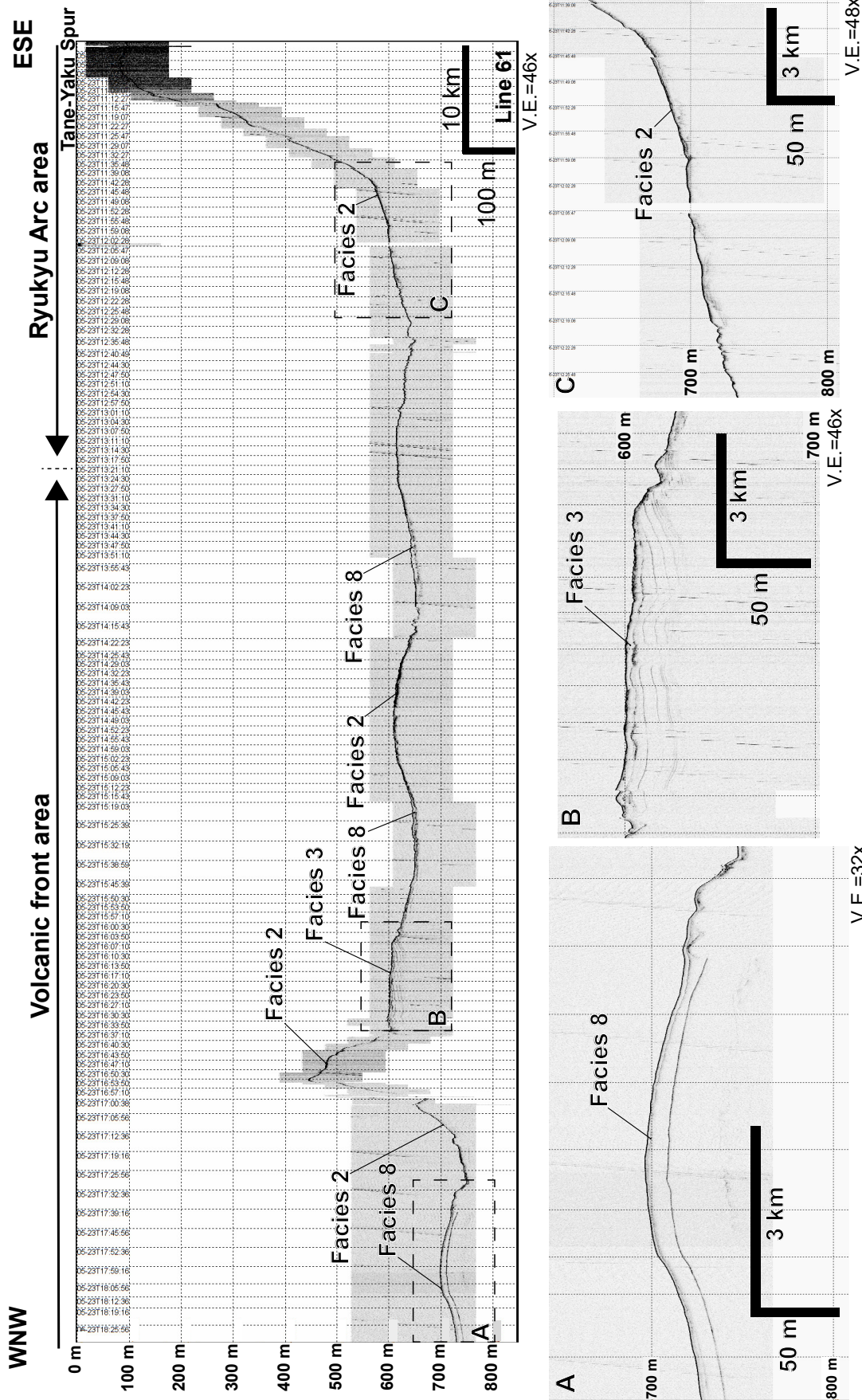
6 まとめ

神鷹丸で実施したGS22航海では、トカラ列島周辺海域及び屋久島・口永良部島周辺にて航走観測を行い、沖縄トラフ域・火山フロント域・琉球弧などの海底面下浅部に関する地質情報を取得した。今回の調査を行った火山フロント域には広く平坦面が存在し、南部に比べ海底火山に起源をもつ地形的高まりやリニアメントなどが少ない。この地域の海底面下浅部の構造は部分的に成層構造が認められるが、概ね音波の透過が悪く不鮮明であった。屋久島南方域では、火山フロント域と琉球弧の一部である種子・屋久海脚の間の平坦面に部分的に成層した堆積層が認められた。この地域の地質構造としては、海底面まで変形した背斜構造が認められ、活構造である可能性が示唆された。また、群発地震が頻発している宝島北方域を通るSBP断面からは、断層や海底面の変形などは認められなかった。

謝辞：本調査を行うにあたり、練習船神鷹丸の宮崎唯史船長をはじめとする乗組員の皆様、乗船して頂いた東京海洋大学の酒井久治博士、及び観測補助をして頂いた東京海洋大学の学生及び大学院生の皆様、東京海洋大学の関係者の皆様には大変お世話になりました。また、査読者からは本原稿の改訂にあたり、有益なコメントを頂きました。記して厚く御礼申し上げます。

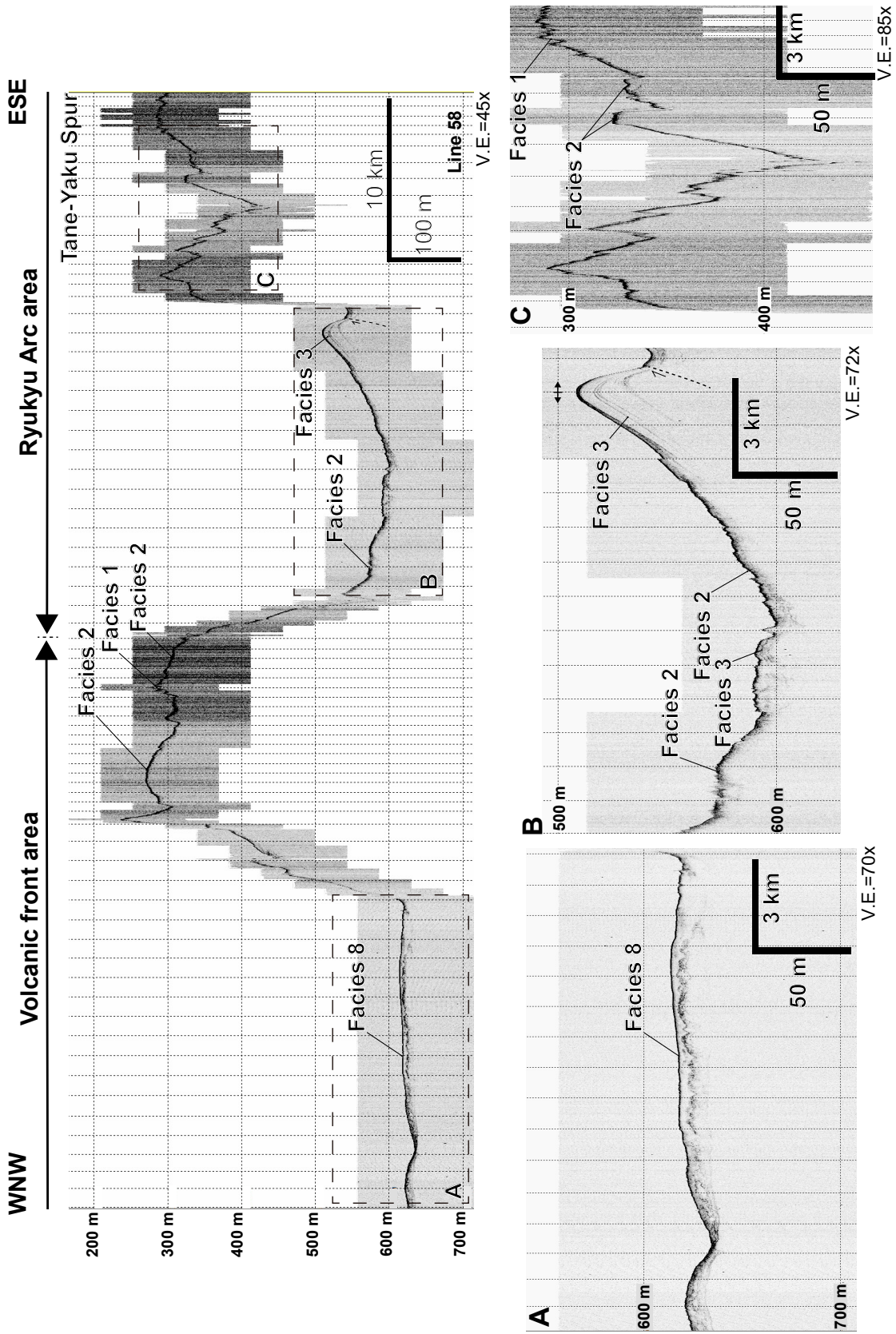
文献

- Arai, R., Kodaira, S., Takahashi, T., Miura, S. and Kaneda, Y. (2018) Seismic evidence for arc segmentation, active magmatic intrusions and syn-rift fault system in the northern Ryukyu volcanic arc. *Earth, Planets and Space*, **70**, 1–15.
- 下司信夫・石塚 治(2007)琉球弧の火山活動. 地質ニュース, no. 634, 6–9.
- 下司信夫・小林哲夫(2007)口永良部島火山地質図. 火山地質図, no. 14, 産総研地質調査総合センター, 1–11.
- 本座栄一・宮崎光旗・玉木賢策・村上文敏・石原丈実・小野寺公児・有田正史・奥田義久・湯浅真人・玉木賢策・井内美郎(1977)琉球島弧周辺広域海底地質図. 海洋地質図, no. 7, 地質調査所.
- 池原 研・佐藤幹夫・山本博文(1990)高分解能音波探



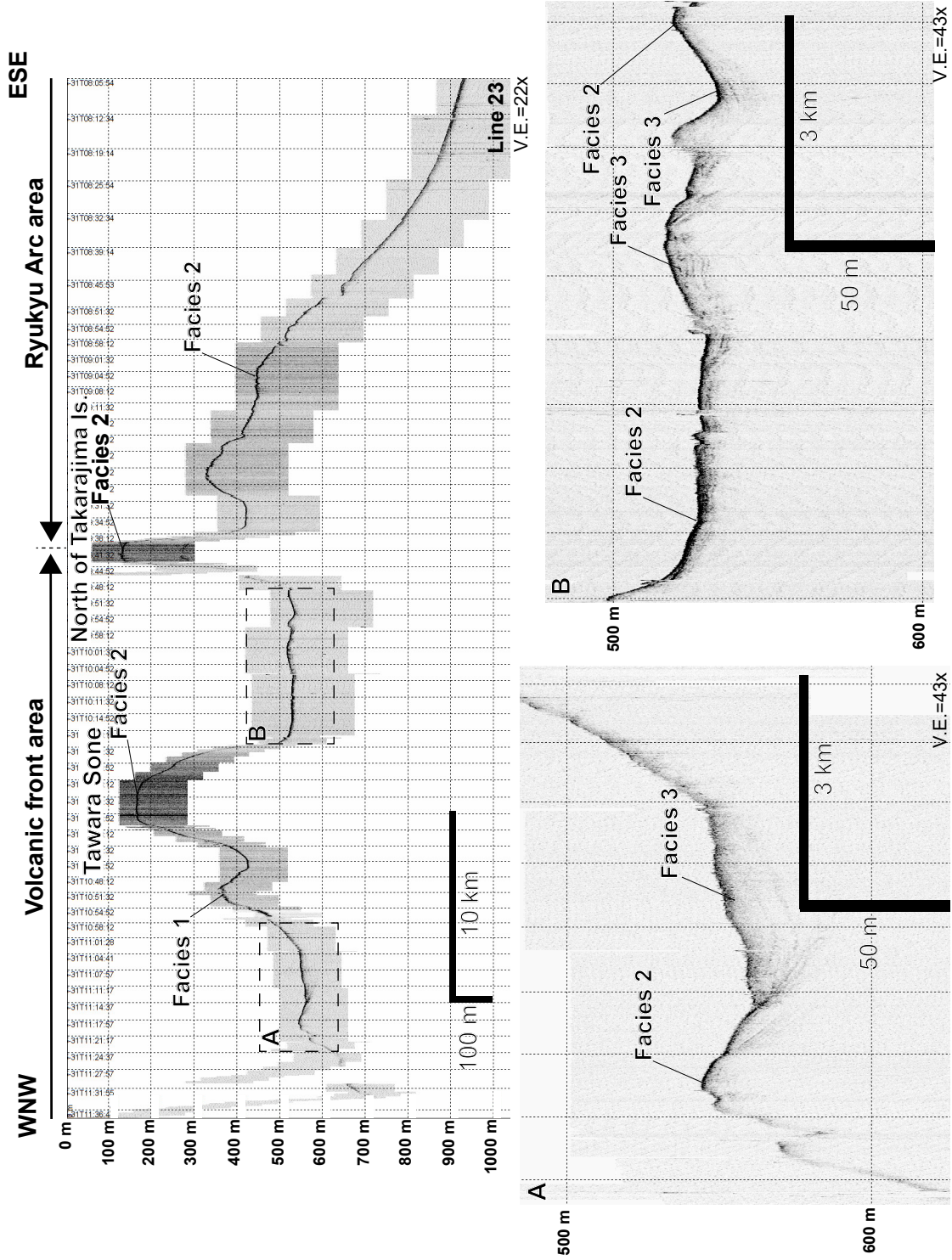
第5図 測線61のSBP断面図と各エリアの拡大断面図。探査測線の位置は、第2図に示す。SBP断面中にみられる上方から下方へ続く断続的な信号はMBESとの干渉ノイズである。

Fig. 5 SBP profile of Line 61 and close-up profiles. The location of the SBP profile is shown in Figure 2. The intermittent signals moving from top to bottom during the SBP profile are interference noise with MBES.



第6図 測線58のSBP断面図と各エリアの拡大断面図。調査測線の位置は、第2図に示す。SBP断面中にみられる上方から下方へ続く断続的な信号はMBESとの干渉ノイズである。

Fig. 6 SBP profile of Line 58 and close-up profile. The location of the SBP profile is shown in Figure 2. The intermittent signals moving from top to bottom during the SBP profile are interference noise with MBES.



第7図 測線23のSBP断面図と各エリアの拡大断面図。探査測線の位置は、第2図に示す。SBP断面中にみられる上方から下方へ続く断続的な信号はMBESとの干渉ノイズである。

Fig. 7 SBP profile of Line 23 and close-up profile. The location of the SBP profile is shown in Figure 2. The intermittent signals moving from top to bottom during the SBP profile are interference noise with MBES.

- 査記録からみた隠岐トラフの堆積作用. 地質学雑誌, **96**, 37–49.
- 池原 研 (2014) 種子島付近表層堆積図及び説明書. 海洋地質図, no. 84 (CD), 産総研地質調査総合センター.
- 井上卓彦・三澤文慶・荒井晃作 (2017) GH16航海における宮古島周辺海域のSBP記録概要. 板木拓也 (編) 「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成28年度研究概要報告書—宮古島周辺海域—, 地質調査総合センター速報, no. 72, 34–46.
- 伊藤弘志・堀内大嗣・柴田 厚・鈴木 晃・小山 薫 (2012) 日本周辺海域火山通覧 (第4版). 海洋情報部研究報告, **48**, 41–73.
- Ishibashi, J. I., Ikegami, F., Tsuji, T. and Urabe, T. (2015) Hydrothermal activity in the Okinawa Trough backarc basin: Geological background and hydrothermal mineralization. In: J. Ishibashi, K. Okino and M. Sunamura (eds.) *Subseafloor biosphere linked to hydrothermal systems*, Springer, 337–359. doi:10.1007/978-4-431-54865-2_27
- 木村政昭・松本 剛・中村俊夫・西田史朗・小野朋典・青木美澄 (1993) トカラ海峡の潜水調査: 沖縄トラフ北部東縁のテクトニクス. しんかいシンポジウム報告書, no. 9, 283–307.
- 高下裕章・佐藤太一・横山由香・佐藤悠介・三澤文慶 (2022) GB21-1及びGK20航海 (トカラ列島周辺海域) における海底地形観測. 地質調査研究報告, **73**, 197–209.
- 高下裕章・佐藤太一・鈴木克明 (2023) GB21-2, 3 トカラ列島周辺海域における海底地形観測の概要. 地質調査研究報告, **74**, 193–202.
- 小西健二 (1965) 琉球列島 (南西諸島) の構造区分. 地質学雑誌, **71**, 437–457.
- 松本 剛・木村政昭・仲村明子・青木美澄 (1996) 琉球弧のトカラギャップおよびケラマギャップにおける精密地形形態. 地学雑誌, **105**, 286–296.
- Minami, H. and Ohara, Y. (2016) Detailed morphology and bubble plumes of Daiichi-Amami Knoll in the central Ryukyu Arc. *Marine Geology*, **373**, 55–63.
- Minami, H., Ohara, Y. and Tendo, H. (2021) Volcanic and tectonic features of Shirahama Bank in the northern Ryukyu Arc: Implications for cross-arc volcanism controlled by arc-parallel extension. *Marine Geology*, 106623.
- 三澤文慶・鈴木克明 (2022) GK20航海での高分解能サブボトムプロファイラー探査に基づくトカラ列島周辺海域の海底下浅部構造. 地質調査研究報告, **73**, 235–248.
- 三澤文慶・古山精史朗・高下裕章・鈴木克明 (2023) GS21航海での高分解能サブボトムプロファイラー探査に基づくトカラ列島周辺海域の海底下浅部構造. 地質調査研究報告, **74**, 231–243.
- 中野 俊・下司信夫・小林哲夫・斎藤 眞・駒澤正夫・大熊茂雄 (2008) 20万分の1地質図幅「中之島及び宝島」. 産総研地質調査総合センター, 1 sheet.
- Nishizawa, A., Kaneda, K., Oikawa, M., Horiuchi, D., Fujioka, Y. and Okada, C. (2019) Seismic structure of rifting in the Okinawa Trough, an active backarc basin of the Ryukyu (Nansei-Shoto) Island Arc–Trench system. *Earth, Planets and Space*, **71**, 1–26.
- 岡田千明・金田謙太郎・及川光弘・堀内大嗣・藤岡ゆかり・齋藤 京 (2021) 海上保安庁が南西諸島海域で実施してきた網羅的な地殻構造調査. 海洋情報部研究報告, **59**, 64–81.
- 斎藤 眞・小笠原正継・長森英明・下司信夫・駒澤正夫 (2007) 20万分の1地質図幅「屋久島」. 産総研地質調査総合センター, 1 sheet.
- 佐藤岱生・長浜春夫 (1979) 屋久島西南部地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 47p.
- Seno, T., Stein, S. and Gripp, A.E. (1993) A model for the motion of the Philippine Sea plate consistent with NUVEL-1 and geological data. *Journal of Geophysical Research*, **98**, 17941–17948.
- 横瀬久芳・佐藤 創・藤本悠太・Mirabueno, Maira Hanna T.・小林哲夫・秋元和實・吉村 浩・森井康宏・山脇信博・石井輝秋・本座栄一 (2010) トカラ列島における中期更新世の酸性海底火山活動. 地学雑誌, **119**, 46–68.

(受付: 2024年1月19日; 受理: 2024年12月18日)