

## 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

三澤 文慶<sup>1,\*</sup>・鈴木 克明<sup>1</sup>

MISAWA Ayanori and SUZUKI Yoshiaki (2022) Shallow submarine structure around Tokara Islands based on the high-resolution subbottom profiler survey during the GK20 cruise. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 73 (5/6), p. 235–248, 10 figs.

**Abstract:** The GK20 cruise was conducted using the research vessel Kaiyo-Maru No.2 (Kaiyo Engineering Co., Ltd.) around the Tokara Islands area from early November to early December in 2020. In this cruise, a high-resolution subbottom profiler (SBP) survey was conducted to clarify the shallow submarine structure in the Okinawa Trough, the Volcanic front area, and the Ryukyu Arc area around the Tokara Islands. This paper reports on the shallow geological structures around the Tokara Islands as revealed by SBP profiles. In the Okinawa Trough area, the structure of well-stratified trough-fill sediments of the Okinawa Trough and the development of normal faults were confirmed. The bathymetric features of the volcanic front area can be roughly divided into islands or topographic high and flat plains. The internal structure of the islands and the topographic high was unclear, but there was a well-stratified sedimentary layer on the flat plain. On the flat surface located on the south side of the Takarajima Island, the development of the Yokoate Echelon Knoll Chains, six slanting lines organized by submarine volcanoes, was identified. In the Ryukyu Arc area, sand wave-like faces were recognized on the northern rim of the Oshima-Shin Sone. In the Amami Trough, the well-stratified sedimentary beds and the graben bounded by the normal fault were identified.

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

### 要 旨

GK20航海では、2021年3月に実施した望星丸GB21航海に先行して、2020年11月初旬から12月初旬に第二開洋丸(海洋エンジニアリング株式会社)を用いて、トカラ列島周辺海域の沖縄トラフ域・火山フロント域・琉球弧にて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、SBP探査により明らかになったトカラ列島周辺海域の海底下浅部の地質構造をまとめる。沖縄トラフ域では、よく成層したトラフ充填堆積層の構造と正断層の発達を確認した。火山フロント域では島嶼や地形的高まり部分では内部構造は不明であったが、平坦面部分では成層した堆積層の詳細な構造及び宝島南方に位置する6列の海丘群である横当雁行海丘群(仮称)の存在を確認した。琉球弧では、大島新曾根の北縁部でサンドウェーブとみられる層相を確認した。奄美舟状海盆では成層した堆積層と正断層によって区切られた凹地状の地形の発達が明らか

かになった。

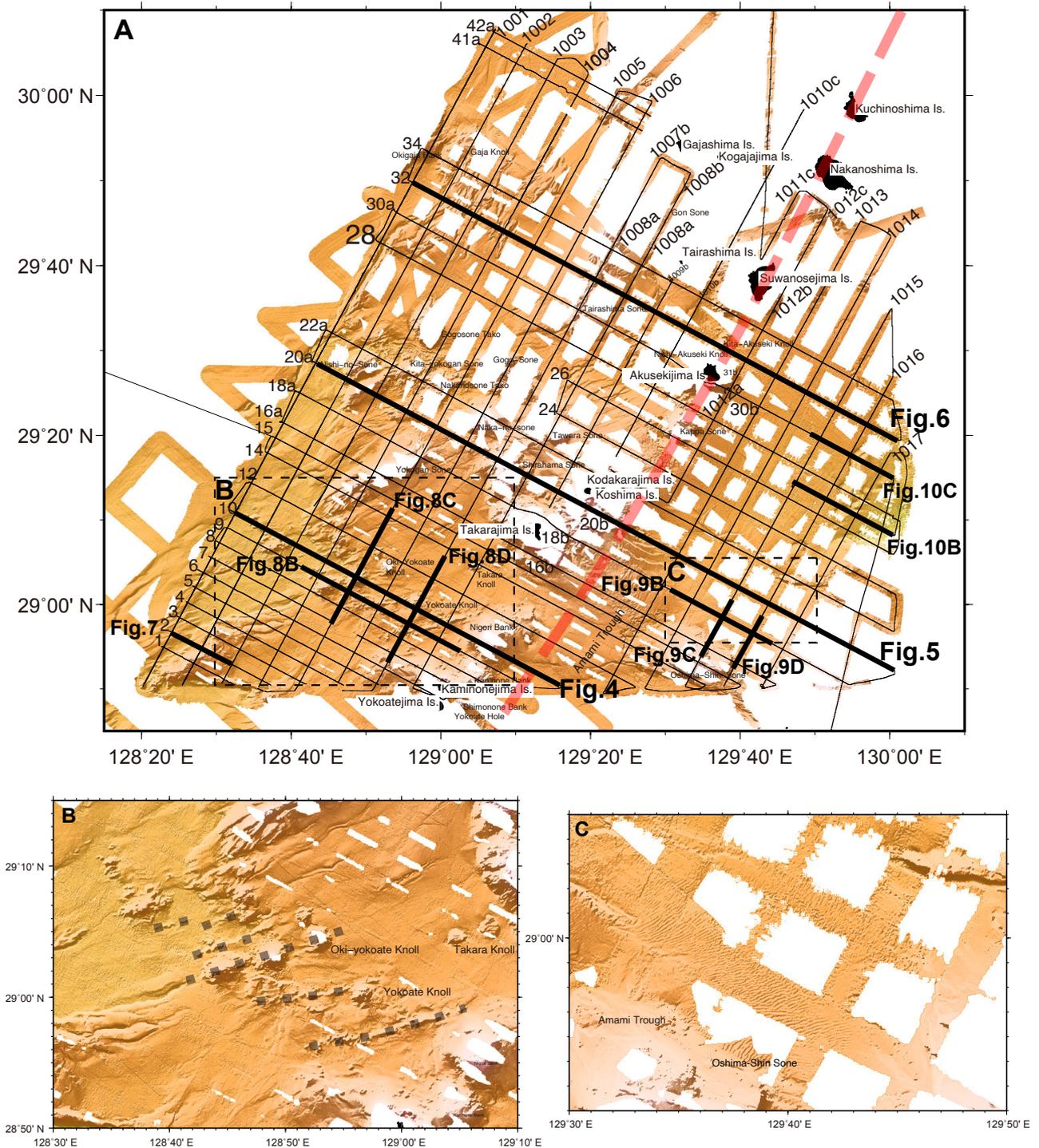
### 1. はじめに

トカラ列島は鹿児島県の九州島と奄美大島の間に島嶼が断続的に発達し、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、及び横当島が存在する(第1図)。本地域では西から東に向かい、背弧海盆である沖縄舟状海盆域(以下、沖縄トラフ域)、火山島が線上に点在する火山フロント域、屋久島・種子島から奄美大島まで連続する島弧たる琉球弧、及び南西諸島海溝側の斜面域である前弧斜面域に大きく区分される(例えば、Ishibashi *et al.*, 2015)。南西諸島海溝で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「沈み込み帯」であり、九州から台湾にかけての全長約1,200 km、最大水深約7,500 m以上におよぶ。フィリピン海プレートの沈み込みに伴って、ユーラシアプレート上には非火山性で特徴付けられる琉球弧が形成されている。琉球弧

<sup>1</sup> 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)

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





第2図 高分解能海底地形図及び探査測線図。A. 海底地形図及び探査測線図。図中の黒線が探査測線を示し、黒太線が本論中で使用した断面図の位置を示す。また、赤破線は火山フロントの位置を示す(例えば、Minami *et al.*, 2021)。B. 横断雁行海丘群周辺の拡大図、C. 大島新曾根北縁部の拡大図。本図面で使用した海底地形データは、GK20航海で取得したものにGH11航海及びGB21-1航海で取得した各データを統合した50 mグリッドデータを使用した(高下ほか, 2022)。

Fig. 2 Bathymetric maps around the Tokara Islands area. A: High-resolution bathymetric map around Tokara Islands area and GK20 cruise survey lines. Black lines indicate SBP survey track. Bold black lines indicate SBP profiles in this study. Dashed bold red line indicates the position of the volcanic front (ex. Minami *et al.*, 2021). B: Close up bathymetric map around the Yokoate Echelon Knoll Chains. C: Close up bathymetric map in northern rim of the Oshima-Shin Sone. All bathymetric maps used integrated 50 m grid data made by integrating the data acquired in the GK20 cruise with the data acquired in the GH11 and the GB21-1 cruises (Koge *et al.*, 2022).

タを用いて、トカラ列島周辺海域の海底下浅部の地質構造について速報的な結果をまとめる。

## 2. 地質概説

トカラ列島周辺海域には複数の島々が存在し、その多くが火山島である。トカラ列島に見られる海底火山は、南海トラフおよび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い形成された火山フロントの火山活動に起源がある。トカラ列島周辺海域の火山活動は、前期鮮新世(4 Ma前後)と中期更新世(0.7 Ma以降)を中心とした時期に集中しているが、火山活動は中期更新世以降まで継続していた可能性もある(横瀬ほか, 2010)。トカラ列島の火山岩類は溶岩流を主体とし、大部分は両輝石安山岩から構成されるが、カンラン石もまれに認められている(横瀬ほか, 2010)。各島々で観察される岩石も複数の種類が認められ、口之島では角閃石安山岩、中之島では角閃石デイサイト及び両輝石デイサイト、臥蛇島及び小臥蛇島では角閃石安山岩が分布している。一方、宝島・小宝島・小宝島では、中新世と推定される火山岩から構成される宝島層群が発達している(中野ほか, 2008)。

トカラ列島周辺海域の海洋地質研究に関しては、海底に点在する海底火山や構成岩類に関する研究が多い。火山フロント域から沖縄トラフにかけては無数の海底火山が存在し様々な報告がなされている(例えば、横瀬ほか, 2010, Minami *et al.*, 2021) (第2図)。本海域の海底火山には現在でも未記載の海底火山地形があり、詳細な海底地形調査により、例えば白浜曾根の北方では海底カルデラの存在が新規に報告されている(Minami *et al.*, 2014)。トカラ列島周辺海域の層序・地質構造に関しては加藤ほか(1989)で報告され、堆積層を計7層に区分し、基礎試錐To-ka-1との比較より下位の2層を島尻層群と対比可能な鮮新世の堆積層とし、上位の5層を島尻層群より新しい更新世の堆積層とした。Arai *et al.* (2018)では、沖縄トラフから火山フロント域を通る反射法地震探査結果を報告し、火山フロント域では貫入構造に伴う形成されたマウンドの存在や沖縄トラフ縁部でのリフティングに伴い無数の正断層や横ずれ断層系の存在を指摘した。

## 3. 調査概要

GK20航海は、2020年11月5日から2020年12月2日の期間において、海洋エンジニアリング株式会社所有の海洋調査船「第二開洋丸(842トン)」を使用して実施した。調査にあたっては、第二開洋丸に搭載されたサブボトムプロファイラー(Subbottom Profiler; 以下、SBP)であるKongsberg社製のTOPAS PS18を使用した。SBP探査時にはナローマルチビーム音響測深装置(Multibeam echosounder, 以下MEBS)であるEM304の同時収録を行っている。調査測線は、本海域におけるGB21-1航海以降の反射法地震探査などの航走観測用に設定された琉球弧を

直交方向に切る西北西-東南東方向及び琉球弧に平行な北北東-南南西方向の測線を用いた。特に、西北西-東南東方向の測線については採泥点が主に設定されている偶数番号の測線を優先し、奇数番号の測線の一部も探査を実施した(第2図A)。調査時の船速は8ノットを基本とし、海況に応じて前後させ、SBPデータ取得に最適な船速とした。なお、第二開洋丸にはSBPとMBESの干渉を防ぐために同期装置が搭載されているが、本装置を用いたデータ取得試験を行った結果、両装置を同期させることによりSBPの発振間隔が長くなることが明らかになった。そのため、SBP断面を構成するトレース数が少なくなることが確認されたため、本同期装置は使用しなかった。

本調査で使用したSBP装置であるTOPAS PS18は、パラメトリック方式のSBPである。この方式のSBPでは、音源から一次高周波数(Primary High Frequency; 以下、PHF)と二次低周波数(Secondary Low Frequency; 以下、SLF)の2種類の波を発生させ、この2つの波の重ね合わせることで二次的に差の成分(SLF)と和の成分(SHF)を合成することで、堆積物中により深く透過できる波長のSLFをSBPに、SHFを水中音響異常などのwater column解析に使用している(例えば、井上ほか, 2017)。今回使用したTOPAS PS18では、PHFは15-21 kHz、SLFは0.5-6 kHzの帯域を使用している。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形式に変換した。変換後のSEG-Yファイルは、Chesapeake Technology社製のSonarWiz 7を用いてデータの表示及び取りまとめを行った。

## 4. 結果

### 4.1 海底地形概要

本地域の地形は西から東に向かい、沖縄トラフ域・火山フロント域・琉球弧・前斜斜面域(例えば、Ishibashi *et al.*, 2015)に区分されているが、今回の調査では沖縄トラフ域・火山フロント域・琉球弧を対象とした(第2図A)。本調査では調査範囲西縁の沖縄トラフ域で最大水深約1,150 m、一方調査範囲東縁の奄美舟状海盆で最大水深約1,200 mの範囲を調査した。なお、GK20航海を含む本海域の海底地形調査結果の詳細に関しては、高下ほか(2022)を参照されたい。

沖縄トラフのうち、本調査では沖縄トラフ東縁部を主に調査を行っている。このエリアでは沖縄トラフと火山フロントの境界部分に地形的高まりの存在により隔られている箇所もあるが、境界部が不鮮明なエリアも存在する(第2図A)。沖縄トラフ底は概ね平坦な地形であるが、部分的に海底火山と考えられる地形的高まりが点在している。次に、沖縄トラフ東縁部から島嶼部の間の部分が火山フロント域である。火山フロント域の大部分は概ね緩やかに西傾斜もしくは東傾斜した平坦面から構成されるが、火山島からなる島嶼と海底火山と考えられる

地形的高まりが点在している(第2図A)。また、既存の海底地形データで認識されていない海底火山も多数存在することが推察される。このうち、沖横当海丘や横当海丘の周辺部にはこれまで報告の無い6列の地形的高まりの連なりが存在することが明らかになり、この連なりを横当雁行海丘群と仮称している(高下ほか, 2022)(第2図B)。なお、島嶼と琉球弧間には比較的平坦な地形からなる奄美舟状海盆が存在する(第2図C)。奄美舟状海盆のうち、大島新曾根の北縁部分では概ね北東-南西走向の細かい凹凸の繰り返し認められ、この地形はサンドウェーブと考えられる。

本海域には複数の線状構造(リニアメント)が認められる(第2図A)。調査海域北西側の沖臥蛇曾根及び臥蛇海丘の周辺部では概ね南北走向もしくは北北東-南南西走向のリニアメントが発達している。また、測線28の南側の沖縄トラフから火山フロント域の部分には、概ね北東-南西走向もしくは東北東-西南西走向のリニアメントが多数発達している。琉球弧の東側では盆地部分に部分的に概ね東西走向のリニアメントが認められる。

#### 4.2 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30本、トカラ列島に並行な北北東-南南西方向測線を21本、合計51本の測線にて観測を行い、約2,060 miles(約3,815 km)分のデータ取得を行うことができた(第2図A)。本調査では海底面下最大約100 m部分の構造に関する地質情報を取得することができた。

本調査で取得したSBP断面を記載するにあたり、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、海底面の反射パターンを3パターン、内部構造の反射パターンを3パターンに区分し、これらの組み合わせから音響的層相を8パターンに区分した。この8パターンに加えて、井上ほか(2017)で追加された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を9つ目の音響的層相として取り扱った。9パターンの音響的層相に基づきSBP断面を解釈した結果、本調査範囲では層相(Facies) 1, 2, 4, 5, 7, 及び9の6パターンが認められた。本調査で得られたSBP断面に適用した池原ほか(1990)及び井上ほか(2017)の計6パターンの音響的層相について以下にまとめ、代表的な断面を第3図に示す。

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。

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。

層相4: よく成層した構造を示し、反射面の間隔が密なもので、海底面は平坦なもの。

層相5: よく成層した構造を示し、ブロック状を呈するもので、海底面は平坦面であるが、ステップ状の地形

を呈することが多い。反射面の間隔は粗い。

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こともある。

層相9: 急斜面部分に認められる海底面の反射が弱く、内部構造も不明瞭なもの。

第4図から第6図は、調査範囲の北部・中部・南部を通る代表的な西北西-東南東方向の断面である。これらの断面を中心に、詳細な音響的層相の分布や海底下浅部の地質構造について、エリアごとにその詳細をまとめる。

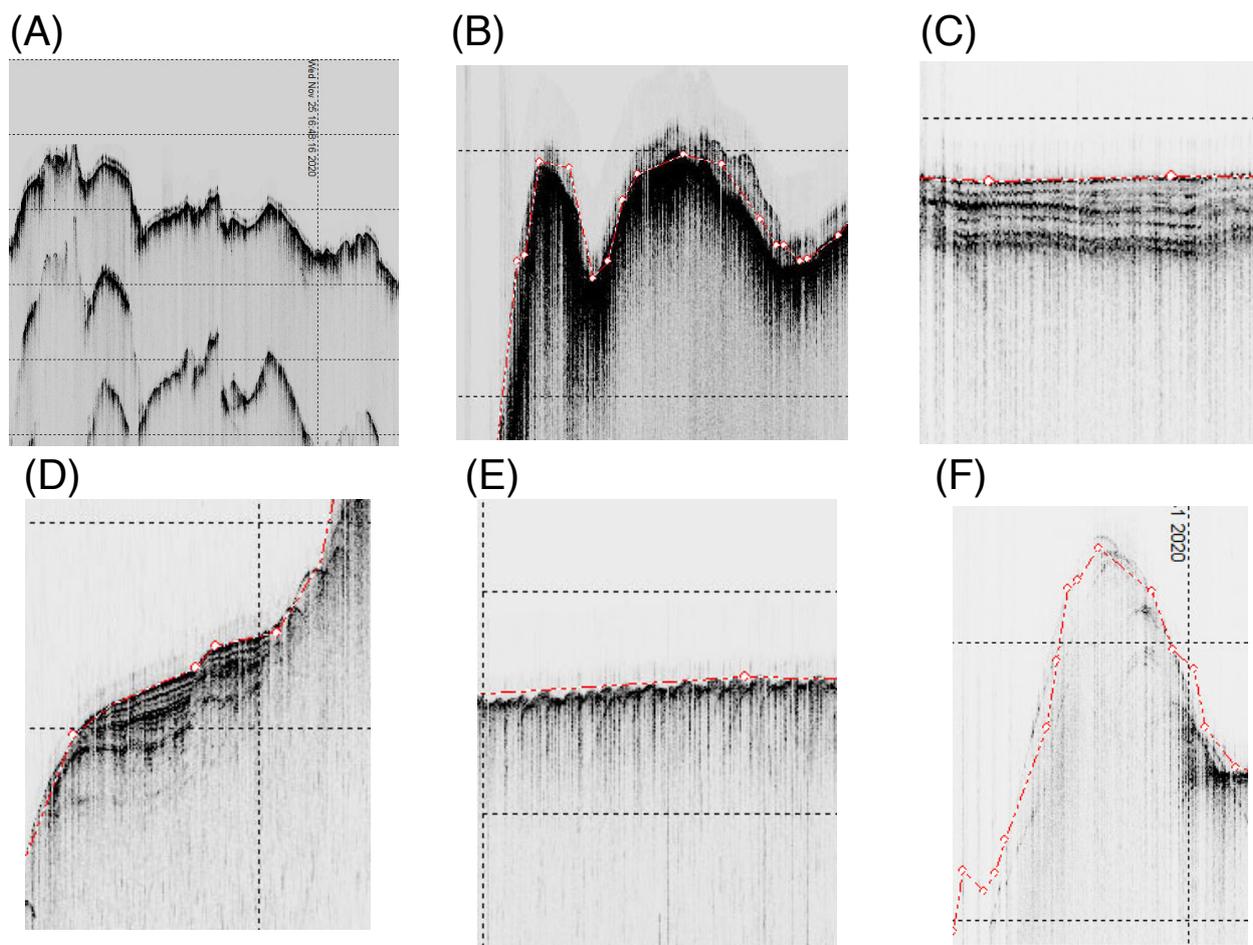
##### 4.2.1 沖縄トラフ域

沖縄トラフ底は比較的平坦な地形を示している(第2図A)。この部分では層相4の特徴的な層相が卓越する(第4図A・第5図A・第6図A)。この堆積層はトラフ充填堆積層であると考えられる。充填堆積層の東縁部には部分的に急斜面が存在し、トラフ域と火山フロント域を隔てており、この部分では層相1、層相2及び層相9が認められる。層相1及び層相2の箇所は地形的高まり部分に多く見られ、地形的高まりの地形を反映させたものである(第6図A)。層相9の箇所では急斜面により海底面が弱くなったことに起因する(第4図A・第5図A)。3つの層相はともに地形的高まりの内部構造に関しては不鮮明であった。また、調査範囲南部に位置する測線2などでは、斜面部分に層相5が認められる箇所もある(第7図)。

トラフ充填堆積層の内部反射面は、概ね海底面と平行で連続性の良い内部反射面で特徴付けられ、海底面下100 m以上の部分を捉えている箇所も存在する(例えば、第4図A)。堆積層中には部分的に明瞭な不整合面の存在も認められた(第4図A)。調査範囲の南部では、トラフ充填堆積層中に比高約100 m程度の地形的高まりが点在し、主に層相1及び層相9を示すことから、この部分は海底火山であることが推察される(第4図A)。沖縄トラフと火山フロント域の境界部分には、部分的に西落ちの正断層の発達し(第5図A)、かつ部分的に境界部分の斜面にも西落ちの正断層の存在が認められる(第7図)。また、トラフ充填堆積層内では部分的に反射面が不連続になる箇所が認められ、この部分には正断層が発達する(第5図A及び第7図)。これらの正断層は、沖縄トラフのリフティングに伴う引張応力の関与が示唆される(例えば、Lee *et al.*, 1980)。なお、これらの正断層は海底面に到達しているもしくは限りなく海底付近まで到達しているため比較的最近の断層活動が示唆されるが、その累積性などは不明である。

##### 4.2.2 火山フロント域

火山フロント域の地形は、島嶼及び海丘などの地形的高まりと平坦部から構成されている。島嶼部分では層相1もしくは層相2が卓越する(第4図・第5図・第6図)。



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4, D:層相5, E:層相7, F:層相9. 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 4, D: facies 5, E: facies 7, F: facies 9. The acoustic facies classification is based on Ikehara *et al.* (1990) and Inoue *et al.* (2017).

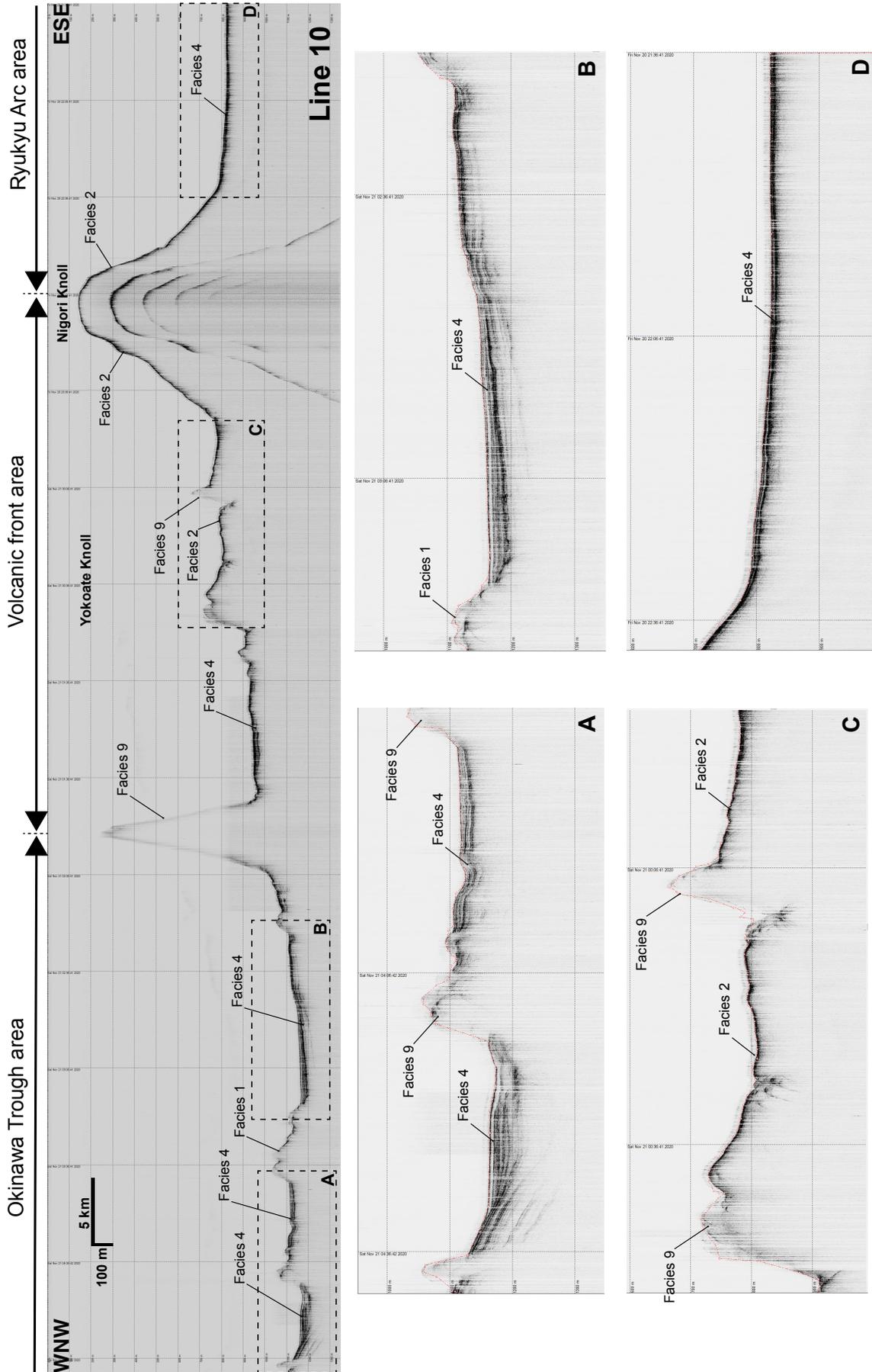
また、急斜面部分では部分的に層相9も認められる。一方、平坦部では堆積層が発達し、主に層相4が認められるが(第4図B・第6図B)、部分的に層相2が認められる箇所もある(第4図C)。加えて、地形的高まりの間に局部的に堆積層が存在し、層相4を示す(第5図B)。

島嶼及び地形的高まりの部分は層相1、層相2及び層相9が認められるため、内部構造は不明である。一方、平坦面に発達する堆積層では、海底面下最大で約100 m程度の部分を捉えている(例えば、第4図B)。平坦面を構成する堆積層は、成層した海底面に平行な連続性の良い内部反射面で特徴付けられる(例えば、第4図B及び5B)。宝島南方の平坦面のうち、横当雁行海丘群(仮称)の部分では堆積層に下部からの貫入により形成されたと考えられる急斜面からなる地形的高まりが複数認められる(第8図)。この海丘群の部分では層相2もしくは層相9が認められることから、表層での堆積層の被覆は少ない

ものと考えられる。また、平坦面を構成する堆積層では部分的に不連続になる箇所が認められ、これらの部分では正断層が存在するものと考えられる(第6図C及び第8図C)。これらの断層は火山フロント域での地下からのマグマ貫入に起因した伸張応力により形成されたものと考えられ、伊豆小笠原弧の背弧リフトでみられる断層活動と類似したものと考えられる(例えば、岡村ほか、1991)。なお、これらの断層は海底面に到達しているが、断層活動の累積性などは不明である。しかしながら、第6図Cの断層部分では比高差約60 m程度の明瞭な断層崖が残存するため、比較的最近の断層活動により形成されたものと考えられる。

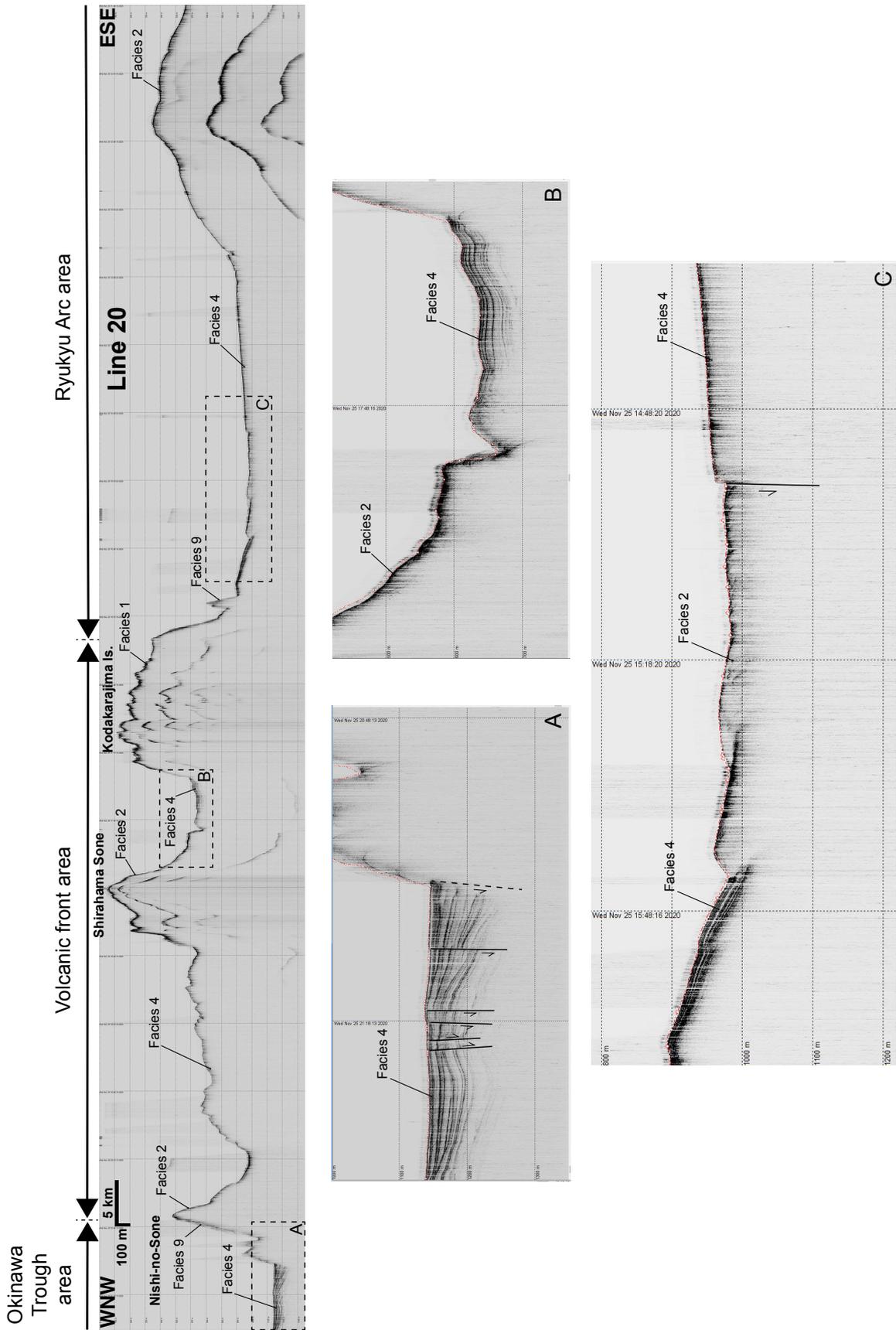
#### 4.2.3 琉球弧

琉球弧は主に島嶼東方の斜面域及び奄美舟状海盆部分を調査している。島嶼の斜面部分及び琉球弧を構成する



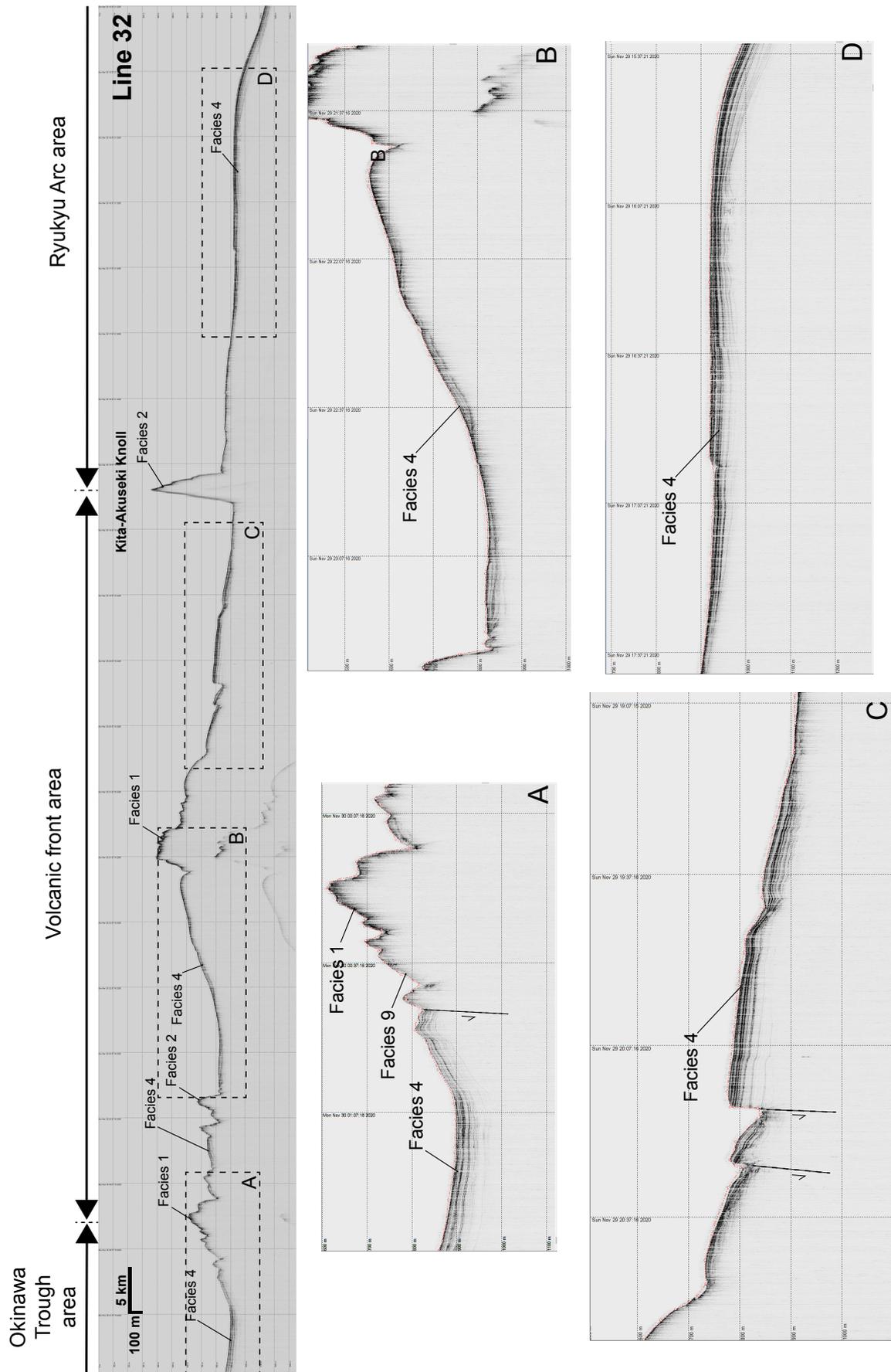
第4図 測線10のSBP断面図と各エリアの拡大断面図。探査測線の位置は、第2図Aを参照されたい。

Fig. 4 SBP profile of Line 10 and close up profiles. The location of the SBP profile is shown in Figure 2A.



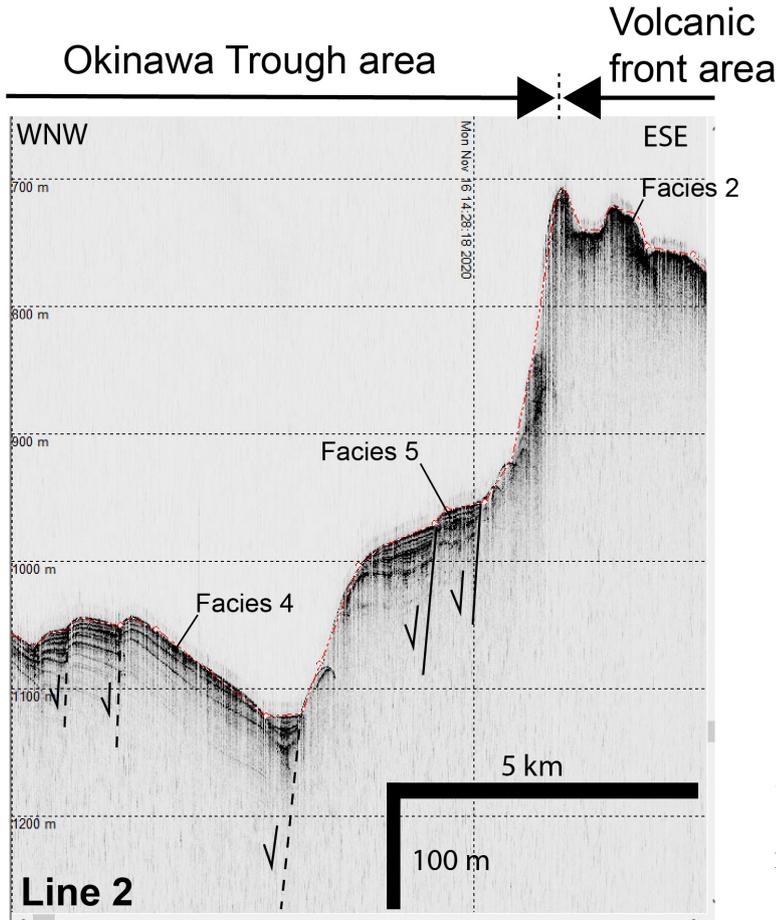
第5図 測線20abのSBP断面図と各エリアの拡大断面図。探查測線の位置は、第2図Aに示す。

Fig. 5 SBP profile of Line 20ab and close up profiles. The location of the SBP profile is shown in Figure 2A.



第6図 測線32ab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Aに示す。

Fig. 6 SBP profile of Line 32ab and close up profile. The location of the SBP profile is shown in Figure 2A.



第7図 測線2のSBP断面図。探査測線の位置は、第2図Aに示す。

Fig. 7 SBP profile of Line 2. The location of the SBP profile is shown in Figure 2A.

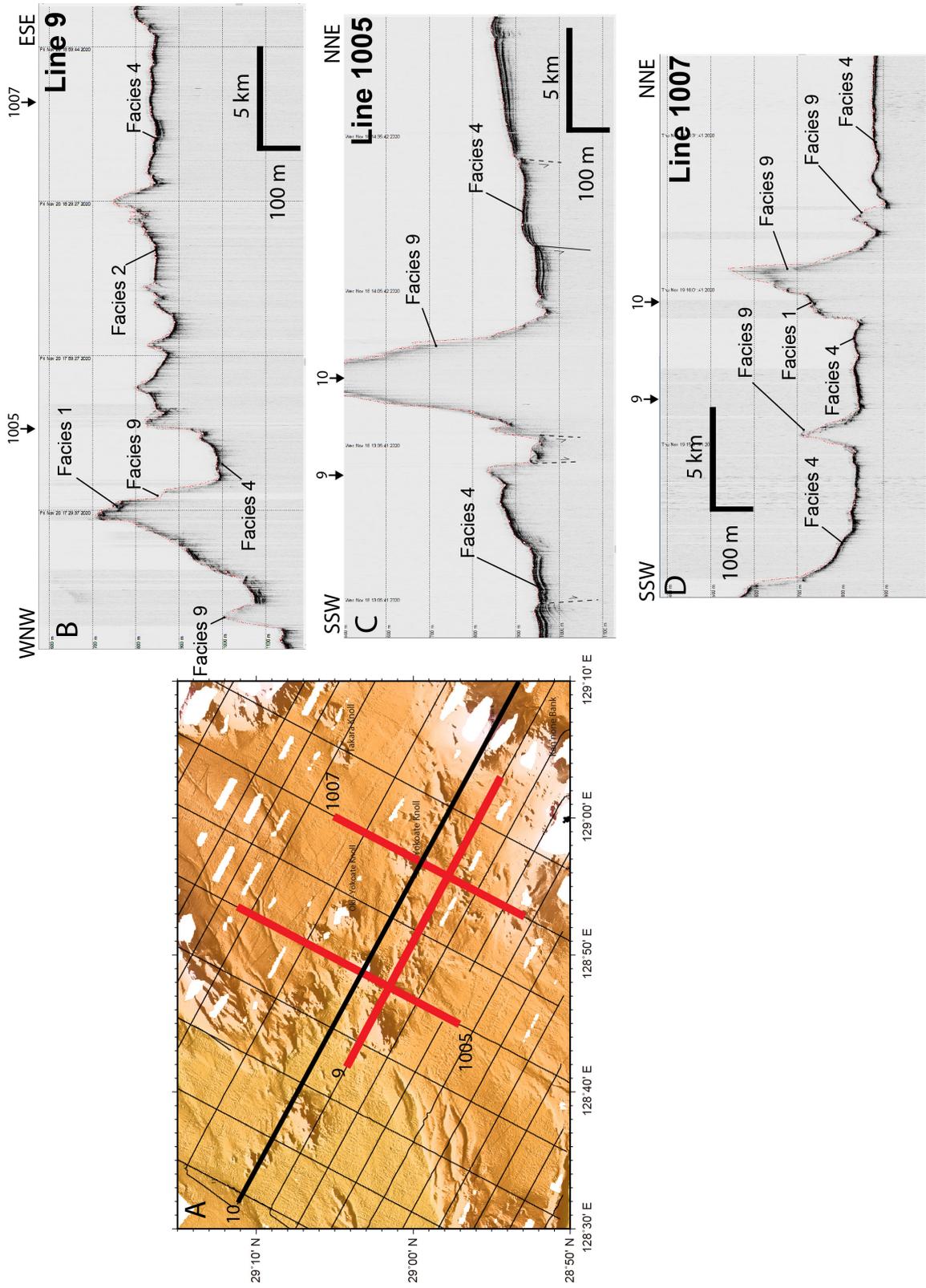
地形的高まり部分は層相1もしくは層相2が卓越する(第5図)。一方、奄美舟状海盆部分は層相4が卓越する(第5図・第6図)。大島新曾根の北縁部分には層相7が認められる(第9図)。この部分では、大島新曾根の北縁部分に東西方向に約18 km、南北方向に約11 kmの範囲で、波長200~300 mで振幅1 m程度のサンドウェーブが海底地形図で認められることから(第2図C)、この層相7の部分はサンドウェーブを捉えたものと考えられる(第9図)(鈴木ほか, 2022, 高下ほか, 2022)。サンドウェーブの周辺では海底地形上のサンドウェーブの他にも、GB21-1航海で実施された海底写真撮影においてリップルや、一定の流向の底層流において成長する八放サンゴの生態写真などが観察され、そのほとんどが北西から南東に向かう、黒潮の蛇行に伴う底層流の存在を示唆する(鈴木ほか, 2022)。

奄美舟状海盆では表層を構成する堆積層を海底面下最大で70 m程度の部分まで捉えている(第6図D)。堆積盆は、成層した海底面に平行な連続性の良い内部反射面で特徴付けられ、火山カルデラ域で見られたような地形的高まりはほぼ存在しない。堆積盆の東縁側には海底地形図上に明瞭な崖が認められ、かつ凹地状の地形が形成されている。崖の部分では堆積層の断面が海底面に露出していることが考えられる。また、この崖の麓には概ね崖

に平行な正断層が発達するため、これらの崖は断層崖と考えられる(第10図)。これらの断層崖は比高約110 m~150 mの高低差があり、比較的最近の断層活動により形成されたものと考えられる。第10図Aで認められる崖が連続して存在しているものであるなら、その全長は約13 km程度になる。今後海底地形データの空白部を埋めていくことで、この断層崖に関するより詳細な議論が可能になると期待される。

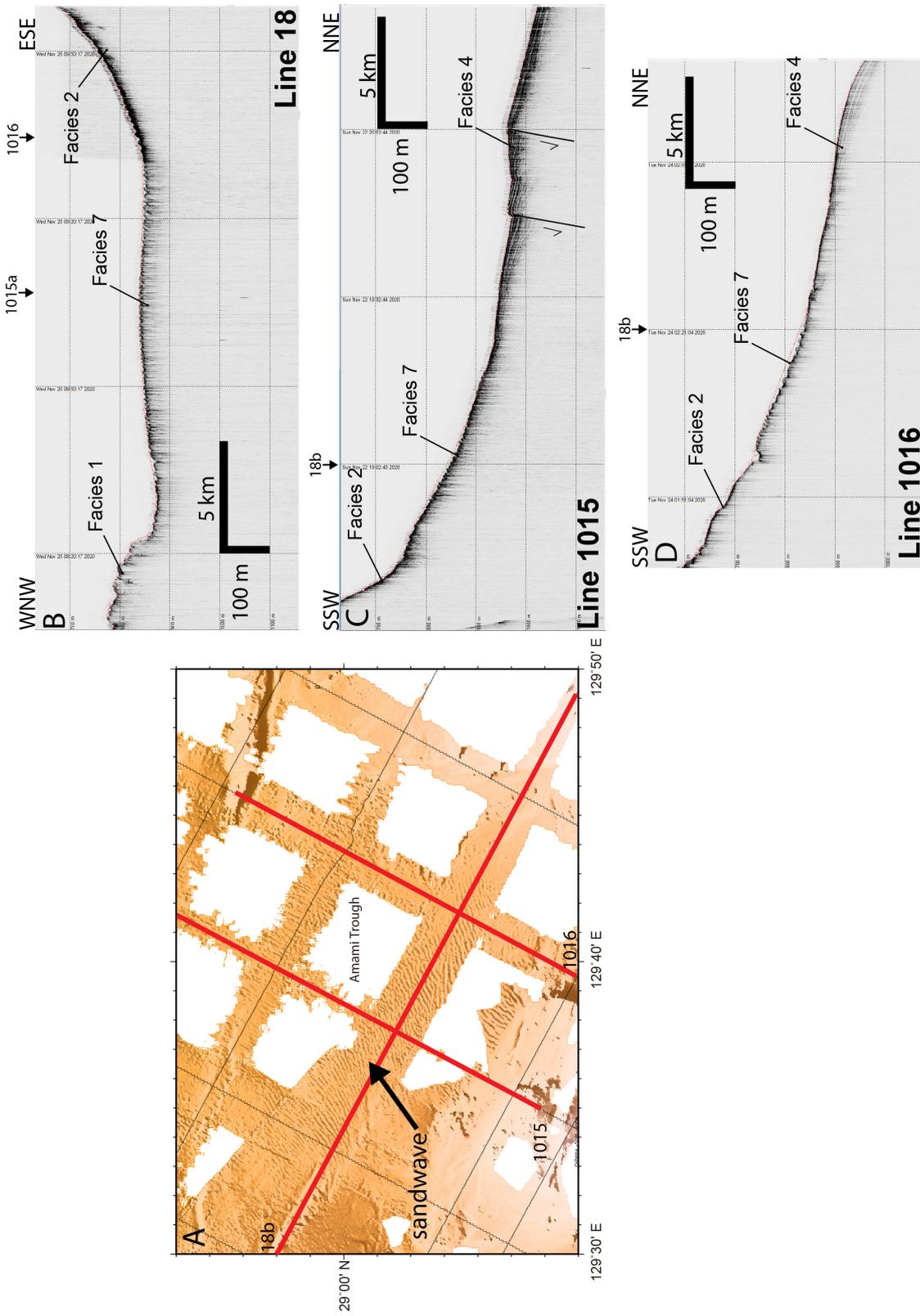
## 5. まとめ

GK20航海では、トカラ列島周辺海域の沖縄トラフ域・火山フロント域・琉球弧のエリアを対象として高分解能SBP探査を行い、本海域の海底面下浅部に関する地質情報を取得した。調査海域の西部の沖縄トラフ域では、よく成層した沖縄トラフのトラフ充填堆積層と堆積層内に発達する沖縄トラフのリフティングに伴う引張応力によって形成された正断層が認められた。火山フロント域では島嶼や地形的高まり部分では海底面の反射が強く、内部構造は不明であった。一方、平坦面部分では成層した堆積層の構造が認められ、部分的に下部からのマグマ貫入により形成されたと考えられる海底火山が点在する。なかでも、宝島南方には横貫雁行海丘群と仮称される6列からなる海丘群の存在を確認したが、山体の内部構造



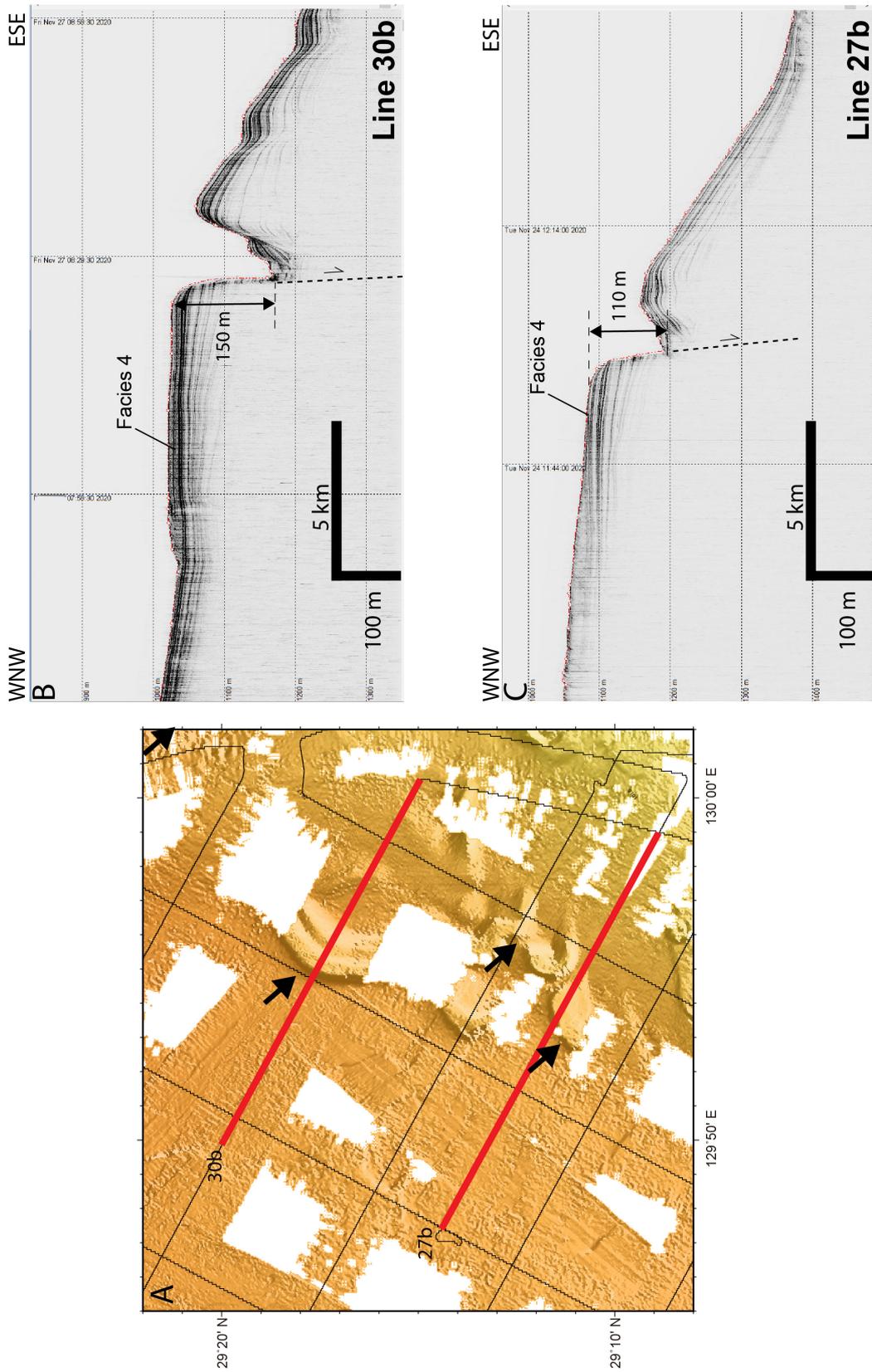
第8図 横当雁行海丘群周辺部のSBP探査断面。A: 該当エリアを拡大した海底地形図, B: 測線9のSBP断面図, C: 測線1005のSBP断面図, D: 測線1007のSBP断面図。探査測線の位置は、第2図Aと8Aに示す。

Fig. 8 SBP profiles around the Yokote Echelon Knoll Chains. A: Close up bathymetric map around the Yokote Echelon Knoll Chains. B: Close up profile of Line 9. C: Close up profile of Line 1005. D: Close up profile of Line 1007. The location of the SBP profile is shown in Figures 2A and 8A.



第9図 大島新曽根北縁部を通るSBP探査断面。A: 該当エリアを拡大した海底地形図, B: 測線18のSBP断面図, C: 測線1015のSBP断面図, D: 測線1016のSBP断面図。探査測線の位置は、第2図Aに示す。

Fig. 9 SBP profiles through the northern rim of the Oshima-Shin Sone. A: Close up bathymetric map around the northern rim of the Oshima-Shin Sone. B: Close up profile of Line 18. C: Close up profile of Line 1015. D: Close up profile of Line 1016. The location of the SBP profile is shown in Figure 2A.



第10図 奄美舟状海盆東縁部を通るSBP探査断面. A: 該当エリアを拡大した海底地形図, B: 測線30bのSBP断面図, C: 測線27bのSBP断面図. 第10図A内の矢印は海底地形図上に認められた海底崖の箇所を示している. 探査測線の位置は, 第2図Aに示す.

Fig. 10 SBP profiles through the southern rim of the Amami Trough. A: Close up bathymetric map around the southern rim of the Amami Trough. Black arrows indicate the position of the fault scarp. B: Close up profile of Line 30b. C: Close up profile of Line 27b. The location of the SBP profile is shown in Figure 2A.

までは不明だった。琉球弧のうち、大島新曾根の北縁部での斜面部分に海底面の強い反射もしくは小さな双曲線状の反射パターンが認められ、海底地形で認められるサンドウェーブに起因するものと考えられる。奄美舟状海盆では、成層した堆積層と正断層によって区切られた比高差110 m～150 mの断層崖と凹地状の地形が存在することが明らかになった。

本調査範囲のうち、調査範囲南部では海底地形が十分に取得されているため、横当雁行海丘群の存在が明らかになっている。一方、調査範囲の東部は今後も調査が継続して実施されるため、より海底地形も明らかになり、前述した断層崖や凹地状の地形の規模などの詳細も明らかになるものと期待される。

**謝辞：**本調査を行うにあたり、海洋エンジニアリング株式会社の第二開洋丸の五十嵐 泰船長をはじめとする乗組員の皆様、高橋 実氏及び蛭原 周氏をはじめとする調査員の皆様には大変お世話になりました。また、本原稿のうち、海底地形図のグリッドデータには地質情報研究部門の高下裕章博士と佐藤太一博士に、GK20航海での取得データにGH11航海及びGB21-1航海の海底地形データを追加した統合グリッドデータを整備して頂き、使用しました。以上の方々に厚く御礼申し上げます。なお、本原稿の海底地形図の作成には、ハワイ大学提供のGMT (The Generic Mapping Tools) (Wessel and Smith, 1991)を使用した。

## 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.
- 池原 研・佐藤幹夫・山本博文 (1990) 高分解能音波探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.
- 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.
- Ishibashi, J., Ikegami, F., Tsuji, T. and Urabe, T. (2015) Hydrothermal activity in the Okinawa Trough back-arc basin: Geological background and hydrothermal mineralization, in *Subseafloor Biosphere Linked to Hydrothermal Systems: TAIGA Concept*, edited by J. Ishibashi, *et al.*, pp. 337–359. doi:10.1007/978-4-431-54865-2\_27
- 加藤幸弘・小川正泰・大島章一 (1989) 沖縄トラフ、吐噶喇火山列西方海域の層序. 水路部研究報告, **25**, 123–131.
- 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.
- 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.
- Lee, C. S., Shor Jr, G. G., Bibee, L. D., Lu, R. S. and Hilde, T. W. (1980) Okinawa Trough: origin of a back-arc basin. *Marine Geology*, **35**, 219–241.
- 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., Oikawa, M. and Ito, K. (2014) Newly discovered submarine volcano near the Tokara Islands. Report of Hydrographic and Oceanographic researches (海洋情報部研究報告), no. 51, 145–151.
- 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.
- 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.
- 岡村行信・村上文敏・西村 昭 (1991) スミスリフトの第四紀後期の堆積過程と断層運動. 地学雑誌, **100**, 464–474.
- 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.
- 鈴木克明・板木拓也・片山 肇・兼子尚知・山崎 誠・徳田悠希・千徳明日香 (2022) 宝島及び諏訪之瀬島周辺海域の底質分布とその制御要因. 地質調査研究報告, **73**, 275–299.
- 横瀬久芳・佐藤 創・藤本悠太・Mirabueno, E. M.・小林哲夫・秋元和實・吉村 浩・森井康弘・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.
- Wessel, P. and Smith, W. H. F. (1991) Free software helps map and display data. *Eos Transactions of American Geophysical Union*, **72**(41), 441. doi:10.1029/90EO00319

( 受 付 : 2022年2月7日 ; 受 理 : 2022年10月18日 )