

巻 頭 言：鹿児島県トカラ列島周辺の海洋地質—2021 年度調査航海結果—

井上 卓彦^{1,*}・板木 拓也¹・天野 敦子¹

INOUE Takahiko, ITAKI Takuya and AMANO Atsuko (2023) Special issue on marine geology around Tokara Islands in Kagoshima prefecture: result of marine geological mapping survey cruises in Fiscal Year 2021. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 74 (5/6), p. 187-191, 1 fig and 1 table.

Keywords: Geological survey cruise, Marine geological map series 1:200,000, Tokara Islands, Kagoshima Prefecture, Island arc, Volcanic front, Seismic profiling survey, Bathymetric survey, bottom sediment, marine environment, magnetic anomaly

産業技術総合研究所では、国土の知的基盤整備の一環として、日本周辺海域において海洋地質図の整備を行っている。海洋地質図は、地質構造を反映した海底地質図、海底面の堆積物を反映した表層堆積図、海底深部の構造を反映した重磁力異常図からなる。2019年度までに日本主要四島周辺及び奄美大島から南の南西諸島周辺海域の調査を完了させ、2020年度から九州南方から奄美大島までの吐噶喇列島周辺海域(本稿では一般性を考慮し、トカラ列島と表す)の調査を開始した。トカラ列島は主要な島として北から口永良部島、口之島、中之島、諏訪之瀬島、悪石島が北東南西方向に直線上に並び、悪石島を境にわずかに西に方向を変え、小宝島、宝島、横当島が直線的に存在する。特に口之島、中之島、諏訪之瀬島は島弧域の火山フロントに位置しており、活発な活火山であることが知られている(例えば、下司・石塚, 2007)。また、トカラ列島西側の背弧域には、臥蛇島、平島などが存在し、海底にも多数の海底火山が知られており、近年の詳細な海底地形データから新たな海底火山が多く報告されている海域である(例えば、Minami *et al.*, 2021)。さらに西方には水深 1,000 m 以深の平坦面を呈する沖縄トラフ北部域が背弧海盆として広がる。本調査海域の陸域及び海域の地形名については第 1 表にまとめる。

2021年度は南部から北部トカラ列島周辺域において、東海大学の海洋調査研修船「望星丸」と東京海洋大学の練習船「神鷹丸」を用いた計 3 つの調査航海を実施した。東海大学望星丸を用いた調査航海は、2021年7月から8月(GB21-2航海)と11月(GB21-3航海)の2航海、東京海洋大学神鷹丸を用いた調査航海は10月に1航海(GS21航海)を実施した。望星丸を用いたGB21-2航海は2021年7月17日から8月2日に、GB21-3航海は2021年11月2日から26日に実施した。航走観測として、主に反射法地震探査、セシウム及び三成分磁力計を用いた磁気探査、マルチビーム音響測深器(MBES)を用いた海底地形調査

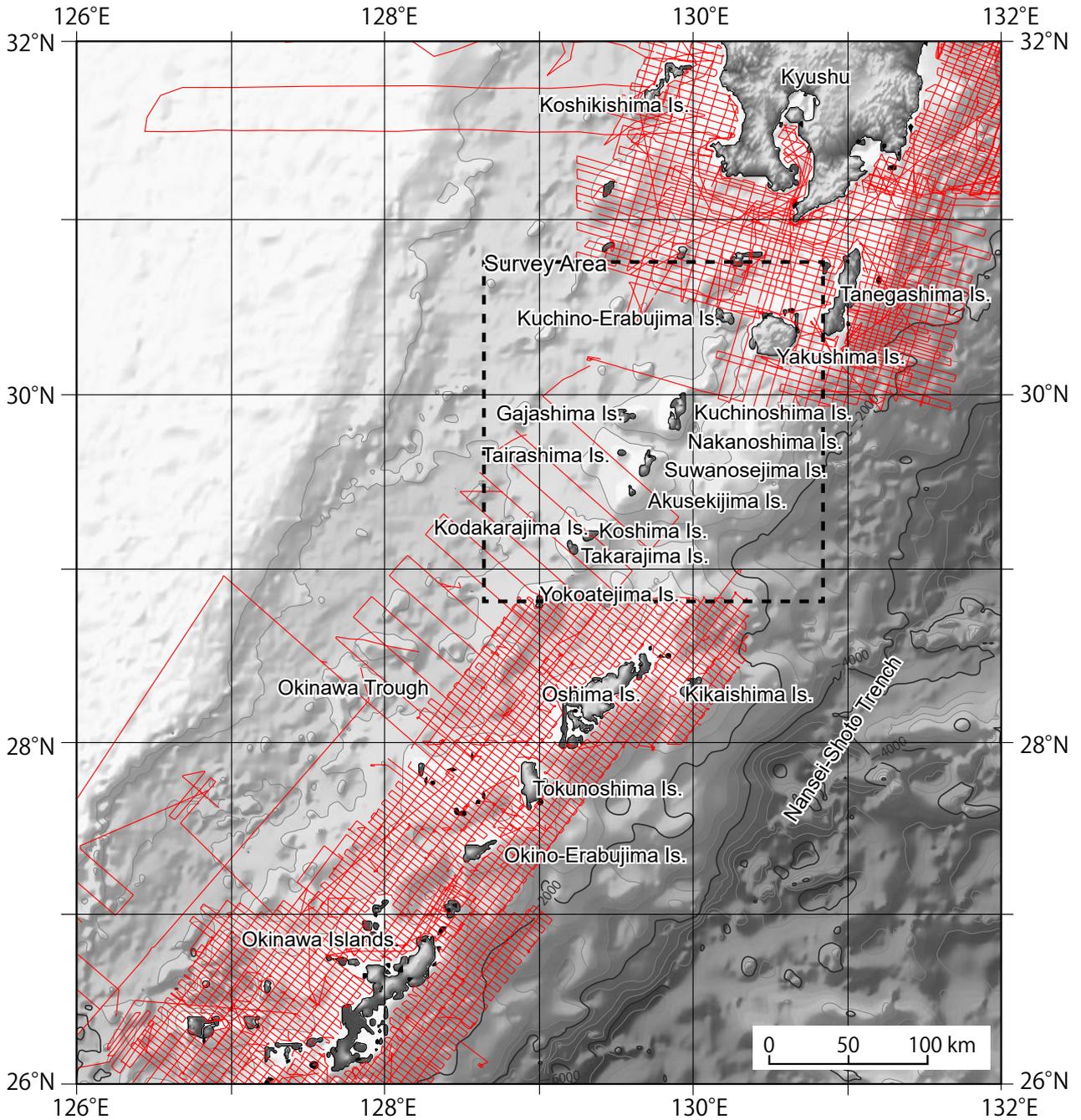
を実施し、停船観測として主にグラブ採泥器を用いた海底表層堆積物採取、ドレッジャーを用いた岩石採取、大口径グラビティコアラを用いた柱状試料採取を行った。神鷹丸を用いたGS21航海は2021年10月5日から10月23日に実施している。GS21航海では航走観測のみを実施し、反射法地震探査、セシウム及び三成分磁力計を用いた磁気探査、MBESを用いた海底地形調査とサブボトムプロファイラー(SBP)を用いた海底表層高分解能音波探査を行っている。本号ではこれらの2021年度に実施した調査航海で取得したデータについて、地質調査研究報告にまとめる。また、2020年度(2019年3月)のトカラ列島周辺海域の海洋調査(GB21-1航海)で取得した試料の分析・解析結果を含んだ報告、2018年度に石垣島周辺海域で実施した海洋地質図調査(GH18航海)で得られた海底の堆積岩の年代についての報告を含む。

本号には、カテゴリ別に論文 2 編、概報 10 編の計 12 編が収録されているが、掲載順は、カテゴリ別ではなく、海域地質図調査において基礎となるデータ及び、より古い構造を示すものから順に構成することとする。以下、個々の論文の目的や意義について簡単に紹介する。

高下ほか(2023)は、調査において取得したMBESによる高分解能海底地形調査の結果についてまとめたものである。本論文では、新たな地形データを取得し、個別の高まり(曾根)とされていたものが、沖縄トラフ縁辺に位置する連続するリッジ状の高まりの一部であることを明らかにした。またMBESデータから作成した後方散乱強度から、火山性崩壊堆積物の存在を示唆しており、トカラ列島の火山フロント部では、海底に影響を及ぼす火山活動が一般的であることを示した。海底地形は海洋地質調査の基礎となる情報で、トカラ列島周辺海域のような基礎データの少ない海域においては貴重なデータであり、今後の本海域の研究を実施する上でも大変有意義な情報となる。

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)

* Corresponding author: INOUE, T., AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: inoue-taku@aist.go.jp



第1図 調査域図

赤線は2019年度までの海洋地質図航海で実施した航走観測の航跡を、黒破線で囲まれた範囲は2020年度からのプロジェクト調査域を示す。地名は国土地理院に従った。

Fig. 1 Bathymetric map around Tokara Islands.

Red lines indicate track lines carried out in geological mapping cruises by Geological Survey of Japan before 2019 FY around Japan. Box enclosed by black broken lines indicate the study area since 2020 FY. Geographical names follow Geospatial Information Authority of Japan.

第1表 調査海域における地名の対応. 地名は国土地理院及び海上保安庁による.

Table 1 Correspondence table of geographical names in the surveyed area. Geographical names are based on Geospatial Information Authority of Japan and Japan Coast Guard.

地名	ふりがな	英語表記
悪石島	あくせきじま	Akusekijima Is.
臥蛇島	がじゃじま	Gajashima Is.
上ノ根島	かみのねじま	Kaminonejima Is.
喜界島	きかいしま	Kikaishima Is.
小宝島	こだからじま	Kodakarajima Is.
小臥蛇島	こがじゃじま	Kogajajima Is.
口永良部島	くちのえらぶじま	Kuchino-Erabujima Is.
口之島	くちのしま	Kuchinoshima Is.
中之島	なかのしま	Nakanoshima Is.
沖永良部島	おきのえらぶじま	Okino-Erabujima Is.
諏訪之瀬島	すわのせじま	Suwanosejima Is.
平島	たいらじま	Tairashima Is.
宝島	たからじま	Takarajima Is.
吐噶喇(トカラ)列島	とかられっとう	Tokara Islands
横当島	よこあてじま	Yokoatejima Is.
海域地形名	ふりがな	英語表記
奄美舟状海盆	あまみしゅうじょうかいぼん	Amami Trough
臥蛇海丘	がじゃかいきゅう	Gaja Knoll
五号曾根	ごごうそね	Gogo-Sone
権曾根	ごんそね	Gon Sone
墓曾根	ひきそね	Hiki Sone
上ノ根海丘	かんのねかいきゅう	Kan'none Knoll
南墓曾根	みなみがまそね	Minami-Gama Sone
中ノ曾根	なかのそね	Naka-no-Sone
濁り曾根	にごりそね	Nigori Sone
西横当海丘	にしよこあてかいきゅう	Nishi-Yokoate Knoll
沖臥蛇堆	おきがじゃたい	Oki-Gaja Bank
沖繩舟状海盆	おきなわしゅうじょうかいぼん	Okinawa Trough
沖横当海丘	おきよこあてかいきゅう	Oki-Yokoate Knoll
大島新曾根	おおしましんそね	Oshima-Shin Sone
白浜曾根	しらはまそね	Shirahama Sone
平島曾根	たいらしまそね	Tairashima Sone
宝海丘	たからかいきゅう	Takara Knoll
俵曾根	たわらそね	Tawara Sone
横当海丘	よこあてかいきゅう	Yokoate Knoll
横ガン曾根	よこがんそね	Yokogan Sone

佐藤・高下(2023)は、海洋地質図作成の一環として実施した曳航式磁力計による地磁気観測の結果について、磁力異常をまとめたものである。本論文では磁力計の観測値に基づき全磁力異常図を作成し、加えて前年度に取得された磁気観測結果と合わせてトカラ列島全域におよぶ磁気異常を明らかにしている。その結果、島弧の島々及び複数の海底下の地形的高まりではダイポール型磁気

異常が見られ、地形との関連から火山活動によるものと推測されている。また調査海域西側の南北方向に連続する地形的高まりは、地磁気・重力的特徴から火成活動を伴う沖繩トラフの東縁部をなす地形的境界であることが示唆されている。一方、トラフ底では海底地形を伴わないダイポール型磁気異常を観測し、海底下の火成活動であると推測している。地磁気情報は、海底面に現れない

岩体の情報や火成活動の情報を推測できるため、海域の構造発達史を論ずる上で非常に重要な情報として注目される。

石野ほか(2023)は、海洋地質図の作成の一環として実施したマルチチャンネル反射法音波探査及びドレッジ調査の結果について論じている。高密度な測線間隔の反射断面をもとに、音響層序及び断層の分布、地下構造をまとめており、トカラ列島東方、西方に分けてそれぞれの海域で音響層序、堆積盆の構造、断層の分布を検討し、断層の形成時期や構造運動について考察をしている。特に本海域では、それぞれの海域毎に断層の分布・方向に傾向が見られ、今後、このような構造的特徴に加えて音響層序による地層の面的な分布を検討することで、北部沖縄トラフとトカラ列島周辺海域の構造発達史についてより詳細な議論へ進展すると期待される。これらの情報は地質構造発達史の解明のみならず、断層の連続性などの多くの地質情報の基礎となるもので、それぞれの音響層序に対応した岩石試料が採取されており、今後の発展が期待される。

三澤ほか(2023)は、GS21航海においてSBPにより得られた海底下浅部地質構造探査の結果についてまとめたものである。SBPデータは海底表層100 m程度の地層を把握できるもので、比較的新しい堆積層や活断層の分布などを確認するために用いられる。本論文ではSBP探査により明らかになった海底下浅部の地質構造を、その特徴によりトカラ列島周辺海域をいくつかに分けている。特に、海域より断層及び海底火山の分布に差があり、断層に起因したと考えられる凹地地形や階段状の地形、島嶼の間に海底火山と思われる地形的高まりの存在が報告されている。加えてより細かい堆積構造として、サンドウェーブに起因する反射面や浸食地形に類似した海域が報告されている。

有元・宇都宮(2023)は、海底から採取された堆積岩試料について、年代決定に有効な石灰質微化石の結果を論じている。本論文では石灰質ナノ化石と浮遊性有孔虫を用いて、トカラ列島前弧側及び背弧側から得られた試料から前期更新世以降に対比される年代を得た。これらの年代情報は海底に露出している堆積岩の形成年代を制約するもので、海底地質図作成のためには大変重要なデータである。また岩相や微化石群集組成から、これらの試料の由来する地質体は前期更新世以降の北部琉球弧における火山活動やテクトニクスを背景とした堆積作用を記録している可能性が示唆されている。これらの情報は海域地質図作成に利用されるとともに、琉球弧周辺の火山活動の理解を深めることが期待される。

鈴木ほか(2023)は、表層堆積図作成のためにトカラ列島海域において取得した堆積物試料の結果についてまとめたものである。本論文で取り扱うデータは堆積物のみではなく、海底写真の情報やコケムシ類や有孔虫、サン

ゴ類といった生物群集の情報を含む。本論文では取得データから、概ね水深800 m以上の平坦な海底に強い生物擾乱を受けた泥質堆積物が分布する一方、比較的粗粒な碎屑物については、島嶼からの碎屑物供給に加えて海底火山の存在に規制されていることを指摘している。またベッドフォームや露頭、礫質堆積物の分布が黒潮の影響によるものである可能性を論じている。さらにコケムシ類、サンゴ類、浮遊性有孔虫の検討から、黒潮が堆積物に対して、流体的な影響とともに、生物群集組成などの生物学的な影響を与えている可能性を示唆している。これらの系統的な海底堆積物の分布及びその試料は海域の基礎データとして大変貴重なものである。

久保田ほか(2023)は、海底表層堆積物試料について、主成分元素及び微量元素について計24元素を定量した結果から化学組成の特徴や分布特性について検討を行っている。本調査海域の海底堆積物は、生物遺骸粒子、苦鉄質火山岩類由来の碎屑性粒子、珪長質火山岩類由来の碎屑性粒子の3つの起源物質に由来するものと考えられ、それらの寄与率には地域性があることが指摘されている。特に諏訪之瀬島の東方沖(トカラ列島中部海域)では苦鉄質火山岩由来の碎屑性粒子の寄与が大きいことを報告している。これらの情報は本海域のみならず、日本周辺海域全域の化学組成分布へ反映が期待され、海域の基礎情報として大変貴重なデータとなりうる。

長谷川ほか(2023)は、2019年度に取得された碎屑物試料を含めトカラ列島周辺海域の73地点の試料について、有孔虫群集の産状を検討している。底生有孔虫の主要種の深度分布をもとに識別した群集は、これまでに南西諸島周辺で報告されているⅡ帯ⅠV帯の4帯に対応することを報告した。しかし、南西諸島北部の本海域と南端の八重山諸島周辺海域とでは、深度帯の水深に明瞭な相違が認められ、この相違について、底生・浮遊性有孔虫に関するいくつかの指標に着目して検討した結果、トカラ列島周辺の起伏に富んだ海底地形と黒潮の強い流れによって、局所的に多様な有孔虫遺骸群集が形成される可能性が指摘された。

中野ほか(2023)は、生物地理分布境界の渡瀬線が設定されている小宝島、悪石島間における海底生物相の変化を、現生貝形虫をモデルとして検討すると共にトカラギャップ周辺海域における現生貝形虫群集構造を明らかにすることを目的としている。今回の試料から産出した貝形虫の多くは、亜熱帯域～熱帯域に生息する分類群であり、トカラ列島北部と南部周辺海域の貝形虫相を比較した結果、本海域の貝形虫相の空間分布は渡瀬線によって変化せず、黒潮の影響を受けて形成される可能性が高いことを示した。

安倍(2023)は、2021年3月及び7月に実施された航海(GB21-1, GB21-2)において採取された4地点の底質試料から、6属12種のウシオダニ類、ならびに属が不明であ

るウシオダニ類とコナダニ類1種の分布を報告している。これまでウシオダニ類における属の多様性について、その生息する底質の間隙の大きさが制限要因となることが知られていたが、本論文では、属によって底質の粒径・質より深度が分布における大きな制限要因となることが新たに示された。

及川ほか(2023)は、2021年3月のGB21-1航海において採取された32地点の底層水の水素・酸素同位体組成について検討・議論をしたものである。その結果、天水線の定数項が、沖縄トラフ東縁及び宝島北部と、宝島南部及び宝島沖東方とで異なる値を示すことを報告している。また、トカラ列島南西海域の水塊の起源・分布や混合過程が複雑であることを指摘しており、横当島—宝島周辺の水塊が水深200～600mにて一様であり、黒潮流軸周辺の鉛直混合の影響である可能性があることを指摘した。

宇都宮(2023)は2018年のGH18航海において石垣島近傍海底で採取された堆積物の石灰質ナノ化石について検討を行っている。この調査で得られた試料の石灰質ナノ化石の保存は良好であり産出頻度も高かった。この試料から得られた石灰質ナノ化石の年代指標から本試料の堆積年代は3.61～2.76Maに制約されることが報告されている。これらの情報は海洋地質図の作成に利用されるのみならず、八重山諸島周辺海域の構造発達史の解明の一助になることが期待される。

これらの研究成果は、調査日数の確保や多くの研究員・調査員の協力により実施することが出来た海域における系統的な調査に基づくもので、全てのデータが学術的にも貴重なものと言える。本報告の多くは速報的なものであり、今後堆積学・構造地質学・地球化学・古生物学等が互いに連携することで学術的に飛躍すると考えられる。これらのデータは今後、20万分の1海洋地質図として取りまとめていく予定であるが、それに加え、これらの成果を「地質調査研究報告」に集約して出版することにより、今後の地質学研究への応用や発展に寄与することを期待する。

謝辞: 本調査を行うにあたり、東海大学海洋調査研修船「望星丸」の上河内船長をはじめとする乗組員、調査員の皆様、東京海洋大学練習船「神鷹丸」の宮崎船長をはじめとする乗組員及び調査員の皆様、乗船学生の方々に大変お世話になりました。GB21-1航海において、海洋技術開発株式会社にはコンプレッサーの管理をして頂き長期間の連続調査が可能となった。また、本特集号を取りまとめるにあたり、ご承認頂くとともに、地形名の取りまとめなど様々なご協力を頂いた鈴木 淳委員長をはじめとする編集委員会・事務局の方々に厚く御礼申し上げます。

文 献

安倍 弘(2023)トカラ列島周辺海域から海洋底調査航

海GB21-1・GB21-2により採集されたウシオダニ類。地質調査研究報告, 74, 325–328.

有元 純・宇都宮正志(2023)GB21-3航海においてトカラ列島北部周辺海域で採取された堆積岩の石灰質微化石に基づく堆積年代と地質学的意義。地質調査研究報告, 74, 245–257.

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.

長谷川四郎(2023)トカラ列島周辺海域における底生有孔虫群集の概要(予報)。地質調査研究報告, 74, 301–314.

石野沙季・針金由美子・三澤文慶・井上卓彦(2023)2021年度海域地質図航海で行ったトカラ列島周辺海域の反射法音波探査及びドレッジ調査の概要。地質調査研究報告, 74, 211–230.

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マルチビーム測深器による観測の概要。地質調査研究報告, 74, 193–202.

久保田 蘭・太田充恒・立花好子・板木拓也・片山 肇・鈴木克明・間中光雄(2023)トカラ列島周辺海域(GB21-2および21-3航海)で採取された海底堆積物の化学組成。地質調査研究報告, 74, 287–300.

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*, 441, 106623.

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.

中野太賀・岩谷北斗・鈴木克明・板木拓也(2023)トカラ列島周辺海域における現生貝形虫相の空間変化。地質調査研究報告, 74, 315–324.

及川一真・宮島利宏・高柳栄子・井龍康文(2023)トカラ列島南西海域より採水した底層水の水素・酸素同位体組成。地質調査研究報告, 74, 329–336.

佐藤太一・高下裕章(2023)GB21-2, GB21-3及びGS21航海(トカラ列島周辺海域)における磁気異常観測の概要。地質調査研究報告, 74, 203–209.

鈴木克明・板木拓也・片山 肇・兼子尚知・山崎 誠・有元 純・徳田悠希・千徳明日香・清家弘治(2023)トカラ列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, 74, 259–286.

宇都宮正志(2023)GH18航海において石垣島近傍海底で採取された堆積物の石灰質ナノ化石の追加検討。地質調査研究報告, 74, 337–338.

(受 付 : 2023年12月6日 ; 受 理 : 2023年12月8日)

