

Online ISSN : 2186-490X

Print ISSN : 1346-4272

地質調査研究報告

BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Vol. 76 No. 4/5 2025

特集：九州北西方沖の海洋地質調査 —2023年度調査航海結果—



 **産総研** 地質調査総合センター 

令和7年

地質調査研究報告
BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN
Vol. 76 No. 4/5 2025

表紙の写真

2023 年度九州北西方沖海洋地質調査

地質調査総合センター (GSJ) では1970年代から日本周辺海域の20万分の1海洋地質図を発行している。本特集号では沖縄トラフ北東端部調査の一環として、九州北西方沖海域で実施した反射法地震探査、海底地形調査、磁力調査、表層堆積物調査の結果について報告する。

左：航走調査前のエアガンの投入風景
右上：調査船からの対馬南方沖の漁火
右下：佐賀沖から九州と朝焼けを望む

(写真と文：井上卓彦)

Cover Photograph

Marine geological survey in the region northwest of Kyushu Island during Fiscal Year 2023

The Geological Survey of Japan (GSJ) has published the 1:200,000 Marine Geology Map Series for Japan since the 1970s. In this special issue, we report the results of seismic reflection profiling surveys, bathymetric surveys, magnetic anomaly surveys, and submarine sediment surveys conducted in the region northwest of Kyushu Island, close to the northern limit of the Okinawa Trough.

Left: Air gun deployment prior to sunset.
Top right: Fishing lights off the southern coast of Tsushima Island, as seen from the research vessel.
Bottom right: Sunrise over Kyushu Island, as seen from off Saga Prefecture.

(Photograph and Caption by INOUE Takahiko)

特集：九州北西方沖の海洋地質調査 —2023 年度調査航海結果—

巻頭言

九州北西方沖の海洋地質調査 —2023 年度調査航海結果—

井上卓彦・板木拓也・天野敦子163

概報

GS23 及び GB23 航海九州北西海域における海底地形観測の概要

高下裕章・佐藤太一・山下幹也・古山精史朗169

GS23 及び GB23 航海（九州北西方海域）における磁気異常観測の概要

佐藤太一・高下裕章・山下幹也177

反射法音波探査に基づく対馬及び五島列島周辺海域の地質構造に関する予察的検討

有元 純・石野沙季・三澤文慶・井上卓彦183

GS23 航海で取得した九州北西方海域のサブボトムプロファイラー記録

石野沙季・井上卓彦・古山精史朗207

東シナ海東北部及び日本海西部における海底堆積物採取調査の概要

清家弘治・飯塚 睦・鈴木克明・板木拓也・片山 肇・兼子尚知・石野沙季・石塚 治・喜瀬浩輝・桑野太輔・山崎 誠217

対馬周辺海域における海洋環境

飯塚 睦・板木拓也・鈴木克明・片山 肇・齋藤直輝・鈴木 淳235

九州北西沖 GB23 航海における海底岩石試料採取の概要と石灰質ナノ化石に基づく堆積岩の地質年代

有元 純・鈴木克明・石塚 治・宇都宮正志241

九州北西海域（GB23 航海）で採取された海底堆積物の化学組成

久保田 蘭・立花好子・鈴木克明・飯塚 睦・板木拓也・片山 肇・兼子尚知・石野沙季・石塚 治・喜瀬浩輝259

対馬海峡（壱岐・対馬南方）における底生有孔虫群集の産状

有元 純277

九州北西海域から GB23 航海により採集された無藻性イシサング類

徳田悠希・千徳明日香・喜瀬浩輝・長澤祥太郎・笹田真菜恵・鈴木克明・板木拓也・片山 肇・飯塚 睦・鈴木 淳285

九州北西海域から採集された花虫亜門（刺胞動物）について

喜瀬浩輝・櫛田優花・長澤祥太郎・笹田真菜恵・鈴木克明291

海洋地質調査航海 GB23 により東シナ海及び日本海において採集された魚類

玉井隆章・鈴木克明・高見宗広299

巻 頭 言：九州北西方沖の海洋地質調査 —2023 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 (2025) Special issue on marine geology in the region northwest of Kyushu Island: result of marine geological mapping survey cruises in 2023 Fiscal Year. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 76 (4/5), p. 163–167, 1 figure.

Keywords: geological survey cruise, Marine Geology 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(以下、産総研)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屋久島・種子島ら南側の南西諸島周辺海域の調査を完了させ、2023年度から沖縄トラフ北東端部に位置する九州北西沖の調査を開始した。九州北西沖海域は、日本海と東シナ海の接続部である対馬海峡を含み、水深200 m以浅の浅海部が広く分布している(永野ほか, 1976)。本海域では、1970年代以降に産業技術総合研究所(旧地質調査所)や海上保安庁水路部により調査が進められ、20万分の1海洋地質図として甕島周辺海域海底地質図(木村ほか, 1975)や対馬–五島海域表層底質図(大嶋ほか, 1975)が発行されている。一方、海上保安庁水路部は、20万分の1大陸棚の海の基本図の調査の一環として東西方向2マイル間隔とそれに交差する調査測線において、海底地形調査、反射法地震探査等の調査を実施している(例えば、桂・永野, 1976; 永野ほか, 1976)。前述のように、九州北西沖海域は20万分の1海洋地質図が発行されている海域であるものの、現在の地質図の精度で地質図の更新を行い、同一の図幅区画で海底地質図と表層堆積図を整備・発行することとした。既存地質図の大きな問題点として、海洋調査が1970年代に実施され、GNSS等の測位システムが導入前のデータであり、位置精度の問題があること、測線や採泥点が、現在、産総研で実施しているように系統的に設定されておらず、現在求められる断層の連続性の認定や堆積物分布の確度の確保が困難であることなどが挙げられる。

また本海域の対馬東方から五島列島西方には、長さ20 km以上の断層分布が推定され、地震調査研究推進本部により活動評価がなされている(地震調査委員会, 2022)。

一方で、調査データが限定的であることから、断層の全体像が把握されておらず、その活動履歴が明らかでないことなど、課題も多い状況である。一方、調査海域の南方の五島灘は、現在民間企業による浮体式洋上風力発電施設の建設や二酸化炭素回収・貯留(CCS)事業(例えば経済産業省, 2023)等、海域利用の観点で注目されている。以上のように、防災・減災への基礎情報や海域利用等の社会的要請を踏まえて、九州北西海域における系統的な地質情報の整備は重要であると言える。

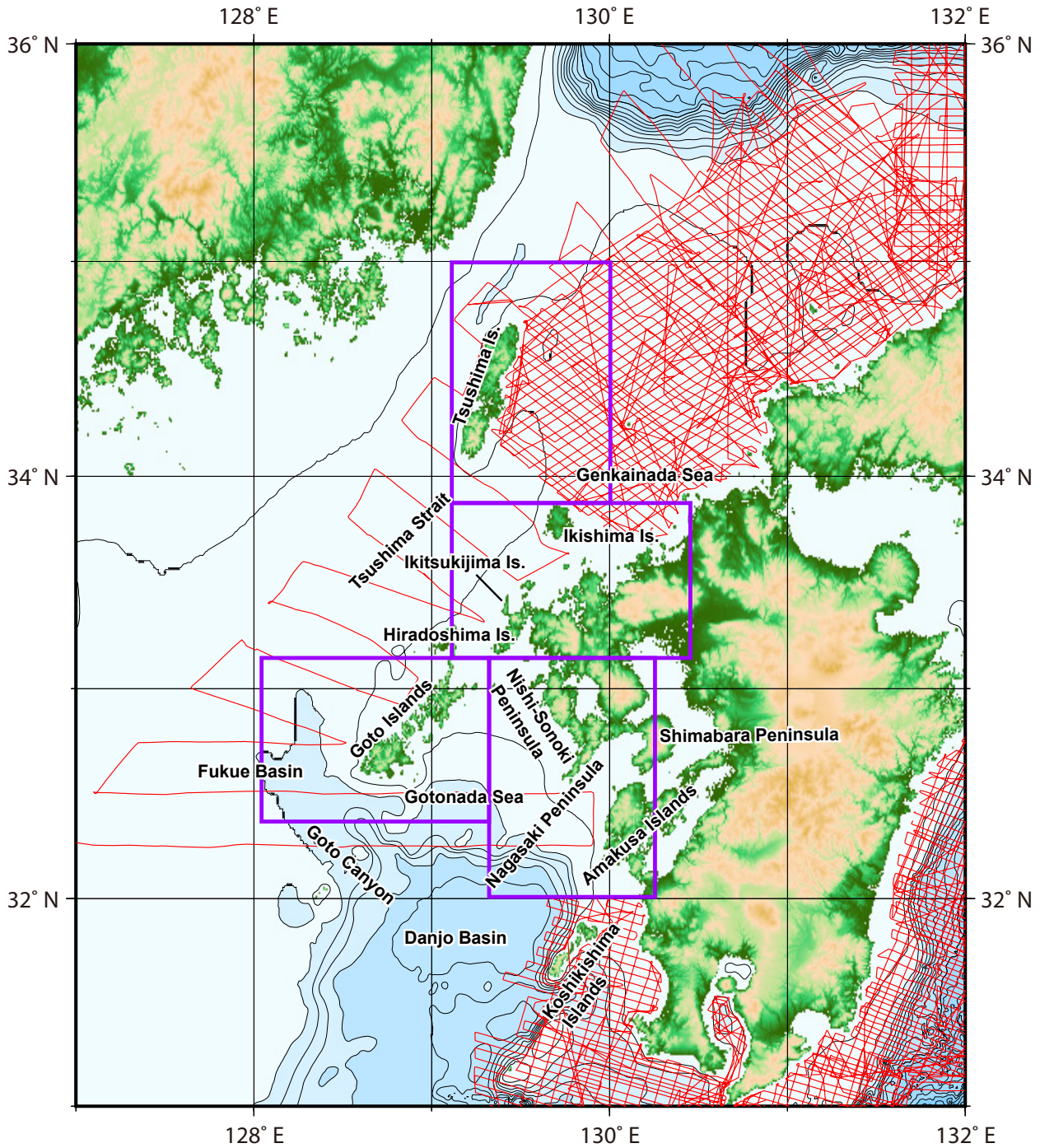
2023年度は佐賀沖の玄界灘から五島列島周辺、長崎沖までの九州北西方海域において、東京海洋大学の練習船「神鷹丸」と東海大学の海洋調査研修船「望星丸」を用いた計2つの調査航海を実施した。東京海洋大学神鷹丸を用いた調査航海(GS23航海)は2023年5月10日から5月29日、東海大学望星丸を用いた調査航海(GB23航海)は、10月19日から11月27日に実施した。GS23航海では航走観測のみを実施し、反射法地震探査、セシウム及び三成分磁力計を用いた磁気探査、MBESを用いた海底地形調査とサブボトムプロファイラー(SBP)を用いた海底表層高分解能音波探査を行った。GB23航海では、航走観測として、主に反射法地震探査、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、ドレッジー及びロックコアラーを用いた岩石採取、大口径グラビティコアラーを用いた柱状試料採取を行った。本号ではこれらの2023年度に実施した海洋地質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。

本号には概報12編が収録されており、掲載順は海洋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、個々の報告の目的や意義について簡単に紹介する。

高下ほか(2025)は、九州北西海域において海洋地質図

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。標高・水深図は海洋情報研究センター刊行JTOPO30v2から作成した。赤線は2022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、紫線で囲まれた範囲は調査海域の海洋地質図予定区画を示す。地名は国土地理院に従った。

Fig. 1 Survey area map in the region northwest of Kyushu Island. Topographic and bathymetry maps are made from JTOPO30v2 published by Marine Information Research Center, Japan Hydrographic Association. Red lines indicate track lines carried out in geological mapping cruises by Geological Survey of Japan before 2022 FY. Boxes enclosed by purple line indicate the marine geology map planned area since 2023 FY. Geographical names follow Geospatial Information Authority of Japan.

作成を目的としたマルチビーム音響測深装置(MBES)による海底地形航走観測の結果から、高解像度海底地形図を作成している。しかし、MBES測深の特性上、水深が浅い場所で取得される測深データは限定的で、広く浅海域が広がる調査海域から得られた結果では地質解釈を進めるために十分な面的データを取得するには至らず、本報告では測深データの取得方法・データ処理、処理結果の報告を行っている。取得した地形データの仕様の詳細、データ処理方法などをまとめておくことは、今後の観測を行う上で重要な情報となるだけでなく、地質図作成時の基礎情報として極めて有益であると言える。

佐藤ほか(2025)は、九州北西方海域において実施した地磁気観測を基に全磁力異常図を作成し議論している。調査海域は全域にわたり短波長から長波長の磁気異常が複雑に分布していることを報告しており、特に五島列島西方と壱岐諸島東方の海域では複雑な短波長の磁気異常が、五島列島西方から対馬南方にかけての海域には北東-南西方向に広がる長波長の正の異常が分布することを述べている。短波長の磁気異常は、周辺の島嶼部に分布する火成岩類に起因すると考えられ、一方、北東-南西に広がる正の磁気異常は、尖閣諸島周辺から五島列島周辺へ延びる正の磁気異常帯の北端部に相当すると推測している。これらの磁気異常については、調査海域の構造発達史の解明に寄与する重要な情報であると言える。

有元ほか(2025a)は、海底地質図作成の一環として、実施したマルチチャネル反射法音波探査の結果について論じている。全体として、調査海域の海底下を、島嶼部周辺で陸棚や地形の高まりをなしている音響基盤ユニットとそれを覆う堆積層ユニットに区分している。対馬南方沖から五島列島西方沖にかけては、基盤隆起帯や沈降帯の配列に伴い、おおむね北東-南西走向の横ずれ成分を含んだ巨大な高角正断層群が複数存在することを示した。また、五島列島南方においては、対馬海流の強い流れの影響を示唆する地質構造の存在を示している。五島灘海域では、成層した堆積層が特徴的で、沈降場において継続的に発達してきたことを示した。また、壱岐周辺や五島列島周辺では、局所的な音響散乱や貫入を示す構造が認められ、火成活動に関連したものである可能性を示唆している。今後、音響層序から見た構造的特徴と地層の面的な分布・広がり、採取試料から得られる形成年代を検討することで、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。さらに、これらの情報は断層の連続性などの多くの基礎情報を含んでおり、地震評価にも貢献する重要なデータと言える。

石野ほか(2025)は東京海洋大学の神鷹丸を用いた物理探査航海GS23において得られたサブボトムプロファイラー(SBP)データを基に壱岐島及び五島列島周辺海域における海底表層の音響的層相の特徴を報告している。壱岐島周辺海域は、海底面が平坦で海底下に音波が透過し

ない層相や透明層が認められ、比較的粗粒な堆積物が分布していることを示唆している。加えて、壱岐島東方の玄界灘においては複数の断層を報告している。一方、五島列島周辺では、北方沖において最終氷期最盛期の浸食面以下の粗く成層した地層が広く認められ、南西沖の五島海底谷や福江海盆のテラスや斜面においては、密に成層する地層の分布を報告している。またこの密に成層した層相を示す地層は五島海底谷や周囲の海底表層の凹凸地形が形成される過程若しくは形成される前に堆積したと示唆されている。これらの情報は、比較的新しい地質時代の堆積作用や断層活動などの情報を含んでいるため、今後、調査海域における最近数万年間の堆積作用、海水準変動、広域的な地質構造の発達史の解明に寄与することが期待される。

清家ほか(2025)は、GB23航海で得られた、198地点における表層採泥の結果について述べている。対馬海峡や五島列島北東部の海峡、及び五島列島南西部には粗粒堆積物が分布しており、特に対馬海峡においては含泥率の低い中粒砂から細礫の分布を報告している。対して、その他の海域では含泥率の高い細粒堆積物の分布を明らかにしている。また採泥試料には多くの大型ベントス生体や貝殻などの生物遺骸が含まれ、その中には灰色を呈する化石貝類も含まれていた。また、堆積物試料に含まれていた石灰質ナノプランクトン群集や浮遊性有孔虫群集に関する予察的な内容も報告されている。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。

飯塚ほか(2025)は、GB23航海において実施した、対馬南西海域の計192地点のCTD観測と底層水サンプリングの結果について報告している。調査海域は、対馬海峡周辺に位置しており、対馬海流が日本海へ流れ込む流路となっている。観測された表層水の水温と塩分から九州沿岸流と対馬海流の影響を受けていると推定している。底層水の水温は基本的に水深と相関があり、水深が深くなるにつれて低温を示すものの、五島列島南側において、五島海底谷から流入した北太平洋亜熱帯モード水と考えられる水塊や、九州沿岸域及び対馬北側において、地形や海流の影響による高濁度層と考えられる水塊が報告されている。これらの水塊構造やその流れは、碎屑物粒子の運搬・移動・堆積過程に影響を与えており、本海域の表層堆積物の分布や環境の理解のために、大変有用なものである。

有元ほか(2025b)は音響層序ユニットの岩相や地質年代を解明するため、合計4地点でロックコアラー及びドリッジャーにより取得された岩石試料を用いた検討結果を示している。壱岐島西方沖では、砂質堆積物の柱状試料及び玄武岩が採取された。一方、五島列島周辺では、南方沖で玄武岩、西方沖では砂岩、礫岩などの堆積岩と玄武岩の採取が報告されている。加えて、グラブ採泥及

びドレッジで得られた堆積岩試料について、石灰質ナノ化石の組成を検討した結果、五島灘及び対馬北方で得られた計2試料がCN15帯に対比されることが明らかとなった。これらの岩石分布情報に加えて、堆積岩の年代情報を得ることにより、海底に露出している堆積岩の形成年代を制約でき、海底地質図作成のためには大変重要なデータである。

久保田ほか(2025)は、九州北西海域で採取された海底表層堆積物186試料について23元素を定量し、化学組成の特徴や分布特性について検討を行っている。結果として、本調査海域の堆積物試料に最も多く含まれる成分はCaOで、その濃度範囲は幅広いことが明らかとなった。五島灘周辺海域の堆積物試料は18元素で高濃度を示し、平戸島-玄界灘周辺海域では特徴的に濃度が他の海域に比べて高い元素が存在する。対馬海峡では海底堆積物中の元素濃度から、生物生産が卓越すると推測されている。沿岸域の河川及び海底堆積物中の元素組成を比較することにより、現在の陸域から海洋環境への堆積物の流出は少ないことが示唆されている。一方、五島灘周辺海域では、主要元素の濃度間の相関関係から苦鉄質砕屑性粒子を起源とすることが推測されている。これらの知見は本海域のみならず、日本周辺海域全域における化学組成の分布特性を明らかにする上で重要であり、海域の基礎情報として地球化学図等への反映が期待され、大変重要なデータである。

有元(2025)は、GB23航海において採取された対馬海峡の表層堆積物中に含まれる底生有孔虫群集の産状について、予察的に検討しており、属レベルでの群集組成が、西南日本周辺における浅海帯を特徴付ける種群と調和的であることを指摘している。また群集組成や浮遊性種の存在比、そして緑色海成粘土の充填など保存状態の空間変化傾向は、海峡部周辺における海洋環境や堆積作用を反映していることが示唆されている。これらの情報は海洋環境と有孔虫の群集組成の関係を把握するための一助となり、本調査海域の海底地質情報として大変貴重なデータである。

徳田ほか(2025)は、GB23航海において木下式グラブ採泥器を用いて取得された試料から、9科23属19種に相当する687個体の無藻性イシサンゴ標本を採集し、議論を行っている。本調査では、調査海域に幅広く生息している*Peponocyathus. folliculus*について、能動的移動能力と、継続的な無性生殖能力が効率的な個体数増加に重要な役割を果たしている可能性を示唆している。このことは、豊かな海洋生物多様性を有する東シナ海において、無藻性イシサンゴの生息場の多様性の変化、及び種多様性の変化を解明するための重要な情報となりうる。

喜瀬ほか(2025)は、GB23航海で採集された花虫類について、種多様性情報を収集することを目的に分類学的研究を実施し、その成果を報告している。九州北西海域

の5地点から、無藻性イシサンゴ類を除き、4目5科5属の花虫類が同定され、ホソヤナギウミエラ属の1種は九州北西海域から初記録となった。対馬海峡や東シナ海における花虫類の分類学的研究例は限られるため、引き続き調査を進めていくことで、本海域においてさらなる初記録種、未記載種の発見につながるものが期待される。

玉井ほか(2025)は、GB23航海中の表層堆積物採取の際に、堆積物試料と共に採集された13点の魚類標本について同定を行い、佐賀県・長崎県周辺海域における初記録1種、佐賀県周辺海域における初記録1種を報告している。本論では、生息環境に関する知見を蓄積するため、取得魚種の記録に加え、採集地点における底質及び混獲情報について詳しく報告しており、今後底質と魚類の関係などを検討する上で貴重な情報となりうると考えられる。

これらの研究成果は、多くの研究員・調査員の協力により、調査日数を確保して実施が可能となった系統的な海域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・古生物学的な立場から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、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及び調査員の皆様、両航海に乗船いただいた乗船学生の方々に大変お世話になりました。GS23航海においては、サイスガジェット株式会社、GB23航海においては、海洋技術開発株式会社にコンプレッサーの管理をしていただき、長期間の連続調査が可能となりました。また、本特集号を取りまとめるにあたり、様々なご協力を頂いた地質調査研究報告編集委員会・事務局の方々に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 有元 純(2025) 対馬海峡(壱岐・対馬南方)における底生有孔虫群集の産状。地質調査研究報告, **76**, 277–283.
- 有元 純・石野沙季・三澤文慶・井上卓彦(2025a) 反射法音波探査に基づく対馬及び五島列島周辺海域の地質構造に関する予察的検討。地質調査研究報告, **76**, 183–206.
- 有元 純・鈴木克明・石塚 治・宇都宮正志(2025b) 九州北西沖GB23航海における海底岩石試料採取の概要と

- 石灰質ナノ化石に基づく堆積岩の地質年代. 地質調査研究報告, **76**, 241–257.
- 地震調査委員会(2022) 日本海南西部の海域活断層の長期評価(第一版) —九州地域・中国地域北方沖—(令和4年3月25日). https://www.jishin.go.jp/main/chousa/22mar_sw_sea_of_japan/sw_sea_of_japan_honbun.pdf (閲覧日: 2025年9月1日)
- 飯塚 睦・板木拓也・鈴木克明・片山 肇・齋藤直樹・鈴木 淳(2025) 対馬周辺海域における海洋環境. 地質調査研究報告, **76**, 235–240.
- 石野沙季・井上卓彦・古山精史朗(2025) GS23 航海で取得した九州北西方海域のサブボトムプロファイラー記録. 地質調査研究報告, **76**, 207–215.
- 桂 忠彦・永野真男(1976) 九州北西海域の海底地形と地質構造運動. 日本海洋学会誌, **32**, 139–150.
- 経済産業省(2023) CCS 政策について. https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shigen_nenryo/carbon_management/pdf/001_06_00.pdf (閲覧日: 2025年9月1日)
- 木村政昭・広島俊男・小野寺公児・水野篤行(1975) 甕島周辺海域海底地質図. 海洋地質図, no. 1, 地質調査所.
- 喜瀬浩輝・櫛田優花・長澤祥太郎・笹田真菜恵・鈴木克明(2025) 九州北西海域から採集された花虫亜門(刺胞動物)について. 地質調査研究報告, **76**, 291–298.
- 高下裕章・佐藤太一・山下幹也・古山精史朗(2025) GS23 及びGB23 航海九州北西海域における海底地形観測の概要. 地質調査研究報告, **76**, 169–176.
- 久保田 蘭・立花好子・鈴木克明・飯塚 睦・板木拓也・片山 肇・兼子尚知・石野沙季・石塚 治・喜瀬浩輝(2025) 九州北西海域(GB23 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, **76**, 259–276.
- 永野真男・桜井 操・桂 忠彦・中村啓美・北原祥二・小野寺健英(1976) 九州西岸沖の海底地質. 水路部研究報告, no. 11, 1–38.
- 大嶋和雄・湯浅真人・黒田 敬・満塩博美・小野寺公児(1975) 対馬—五島海域表層底質図. 海洋地質図, no. 2, 地質調査所.
- 佐藤太一・高下裕章・山下幹也(2025) GS23 及びGB23 航海(九州北西方海域) における磁気異常観測の概要. 地質調査研究報告, **76**, 177–182.
- 清家弘治・飯塚 睦・鈴木克明・板木拓也・片山 肇・兼子尚知・石野沙季・石塚 治・喜瀬浩輝・桑野太輔・山崎 誠(2025) 東シナ海東北部及び日本海西部における海底堆積物採取調査の概要. 地質調査研究報告, **76**, 217–233.
- 玉井隆章・鈴木克明・高見宗広(2025) 海洋地質調査航海 GB23 により東シナ海及び日本海において採集された魚類. 地質調査研究報告, **76**, 299–311.
- 徳田悠希・千徳明日香・喜瀬浩輝・長澤祥太郎・笹田真菜恵・鈴木克明・板木拓也・片山 肇・飯塚 睦・鈴木 淳(2025) 九州北西海域からGB23 航海により採集された無藻性イシサンゴ類. 地質調査研究報告, **76**, 285–289.

(受 付 : 2024 年 10 月 9 日 ; 受 理 : 2025 年 9 月 26 日)

GS23 及び GB23 航海九州北西海域における海底地形観測の概要

高下 裕章^{1,*}・佐藤 太一¹・山下 幹也¹・古山 精史朗^{1,2}

KOGE Hiroaki, SATO Taichi, YAMASHITA Mikiya and FURUYAMA Seishiro (2025) Preliminary results of bathymetric surveys undertaken northwest of Kyushu during cruises GS23 and GB23. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 76 (4/5), p. 169–176, 4 figs. and 1 table.

Abstract: Bathymetric surveys using a multibeam echo sounder (MBES) were conducted northwest of Kyushu, Japan, during cruises GS23 and GB23 to create marine geological maps. High-resolution seafloor bathymetry was obtained during these surveys, although the characteristics of the multibeam system made it difficult to cover large areas with shallow water depths during the surveys. As a result, the surveys did not yield sufficient spatial data to advance geological interpretations of the region. This report focuses on the methods used for depth data acquisition and processing, as well as the results, while omitting detailed descriptions of the seafloor topography.

Keywords: Kyushu, bathymetry, submarine volcanoes

要 旨

九州北西海域において海洋地質図作成を目的としたマルチビーム音響測深装置 (MBES) による海底地形航走観測を実施し、高解像度海底地形を作成した。ただしマルチビーム測深器の特性上、水深が浅い場所では広範囲をカバーすることが難しく、今回の調査では地質解釈を進めるために十分な面的データを取得するには至らなかった。そのため、本稿では海底地形の記載を省略し、測深データの取得方法・データ処理、処理結果の報告に留めた。

1. はじめに

GS23 及び GB23 調査航海では主として周辺海域の北緯 32 度 10 分から北緯 34 度 57 分、東経 128 度 9 分から東経 130 度 20 分、対馬、五島列島、平戸島及び島原半島周辺海域においてマルチビーム音響測深装置 (MBES) による海底地形航走観測を実施した。第 1 図 (GS23) 及び第 2 図 (GB23) に本年度調査が行われた両調査航海の全地形図を示す。

マルチビーム測深器は、その特性として水深が浅い場所ではデータが得られるスワ幅が狭くなる。今年度の地質調査航海で調査対象とした海域は五島列島以北は水深 200 m 以下、以南も五島海底谷周辺を除いて水深 700 m 程度と非常に浅く、海域をカバーする面的なデータを得ることができなかった。そのため、海底地形から海底

火山や線状構造などの海底表面地形を判別することも非常に困難であり、本報告では海底地形の記載を省略し測深データの取得方法・データ処理、処理結果の報告に留める。また、測線図も省略した。

なお、本報告以前にも九州北西海域における海底地形・地磁気・重力は 1973 年から 1974 年にかけて海上保安庁によって取得されており、例えば永野ほか (1976) や大島ほか (1980) などを参考にいただければと思う。

2. 装置及びデータ処理

昨年の調査航海及び使用した船舶・船上装置に関する内容は、GB21-2, 3 (高下ほか, 2023) で述べたものとほぼ同様であるが、今回の原稿では観測における一次データの取得に関する記録という側面があるため、前回省略した部分も含めて記載することとした。

2.1 測位航法装置

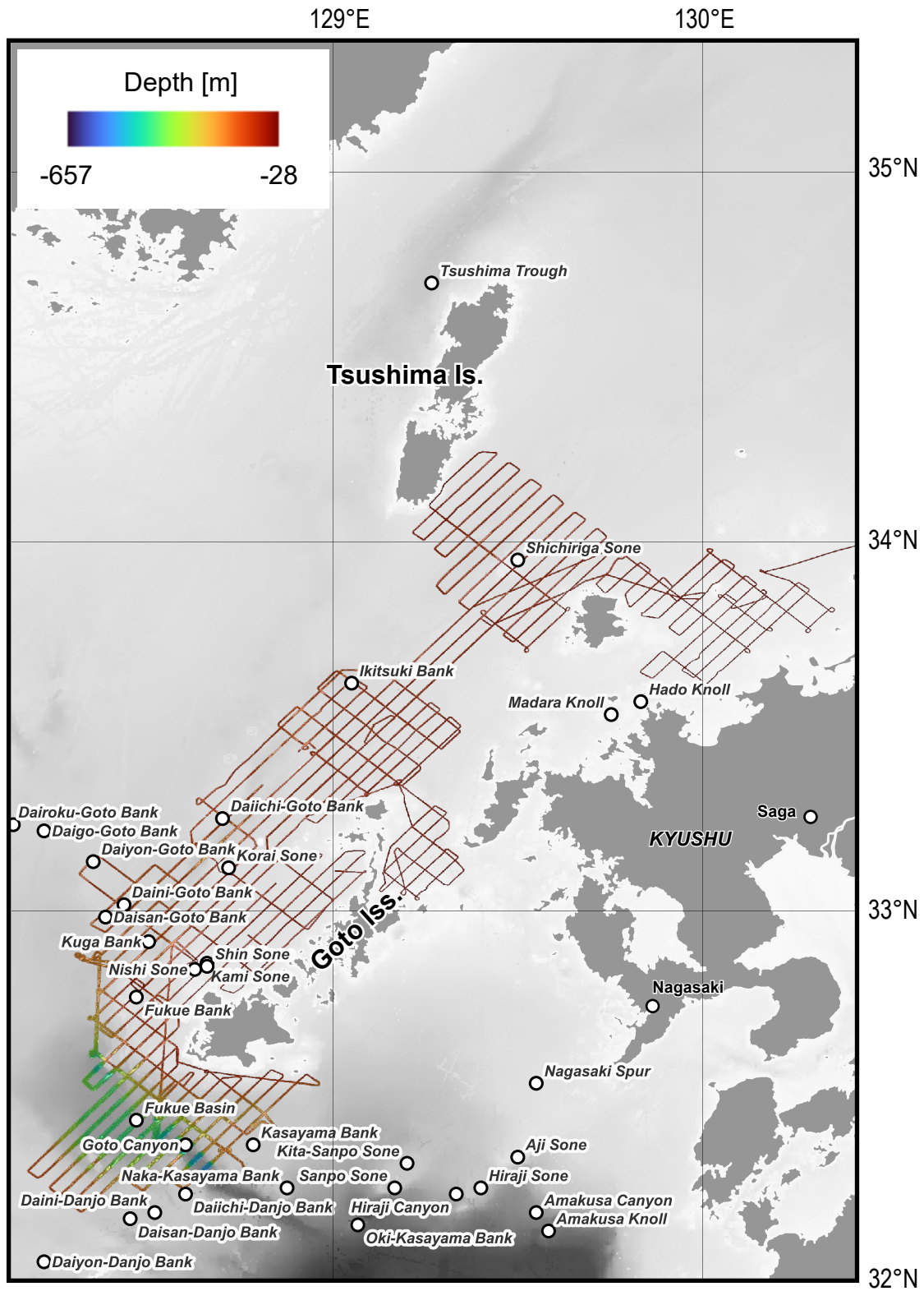
GS23 調査航海では東京海洋大学練習船「神鷹丸」を使用した。なお、船舶に搭載された音響観測機器の詳細は甘糟ほか (2017) にまとめられている。船の全長は 64.55 m、幅は 12.10 m である。測位と船体動揺データは個別に観測されており、ヘディングは MBES 専用のアンテナによる GPS コンパス機能、ロール・ピッチ・ヒープは動揺センサー IXBLUE 社製光ファイバーコンパス PHINS (Model PAA00011) により観測し、PHINS で統合される。

GB23 調査航海では東海大学所有の海洋調査研修船

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)

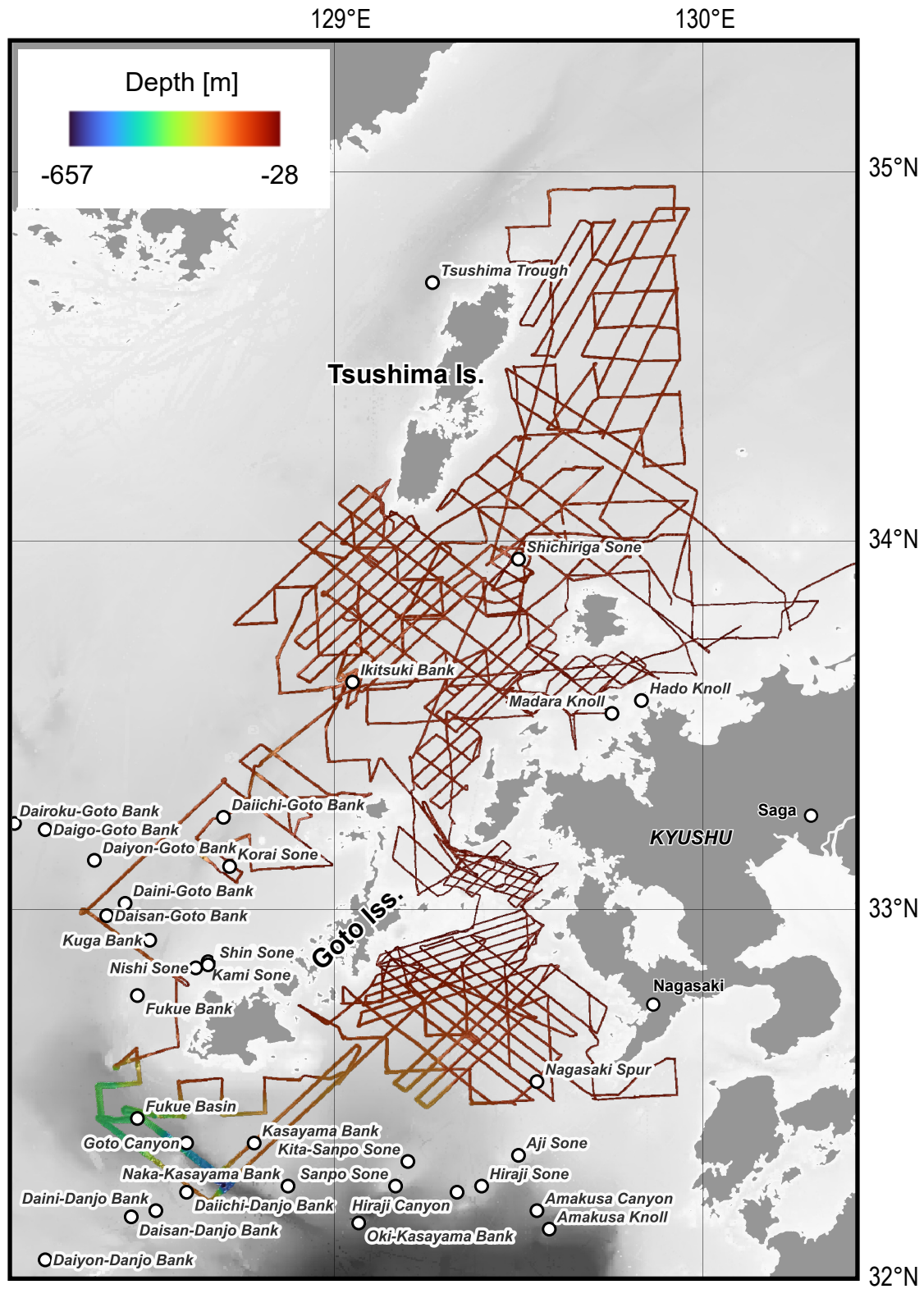
² 国立大学法人東京海洋大学 海洋資源環境学部 (Tokyo University of Marine Science and Technology, School of Marine Resources and Environment, Tokyo, 108-8477, Japan)

* Corresponding author: KOGE, H., AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: koge.h@aist.go.jp



第1図 GS23航海で取得した海底地形図。グリッド間隔は5 mである。背景にグレースケールでETOPO 2022 (NOAA National Centers for Environmental Information, 2022) による15秒統合グリッドを表示した。

Fig. 1 The cleaned bathymetry of GS23. Grid space is 5 m. In the background, ETOPO 2022 15 Arc-Second Global Relief Model (NOAA National Centers for Environmental Information, 2022) is drawn in gray scale.



第2図 GB23 航海で取得した海底地形図. グリッド間隔は 5 m である. 背景にグレースケールでETOPO 2022 (NOAA National Centers for Environmental Information, 2022) による 15 秒統合グリッドを表示した.

Fig. 2 The cleaned bathymetry of GB23. Grid space is 5 m. In the background, the ETOPO 2022 15 Arc-Second Global Relief Model (NOAA National Centers for Environmental Information, 2022) is drawn in gray scale.

第1表 GS23 及びGB23 調査航海におけるCTD、音速度及びXCTD観測一覧、音速度補正に用いたもののみを掲載する。

Table 1 The list of sound velocity observations, which applied to sound velocity correction, during the GS23 and GB23 cruise.

Cruise Name	Sample Name	DateTime(UTC)		Latitude	Longitude	Depth[m]	File Name / Sampling Site Name
GS23	XCTD01	2023/05/13	12:24:52	33°54.8928N	130°10.0456E	65	XCTD-000520230513.RAW
	XCTD02	2023/05/15	8:57:00	33°51.6323N	129°18.4667E	126	XCTD-000620230515.RAW
	XCTD03	2023/05/16	15:49:11	32°52.3728N	128°19.1590E	208	XCTD-000720230516.RAW
	XCTD04	2023/05/18	14:16:43	33°15.6213N	129°18.1932E	65	XCTD-000820230518.RAW
	XCTD05	2023/05/20	9:26:53	33°29.4202N	129°06.2730E	218	XCTD-000920230520.RAW
	XCTD06	2023/05/21	13:55:26	32°23.2672N	128°31.4752E	112	XCTD-001020230521.RAW
	XCTD07	2023/05/26	15:45:47	32°01.2825N	132°02.1762E	1137	XCTD-001120230526.RAW
GB23	XCTD08	2023/10/25	16:01:36	33°44.7428N	130°03.5083E	42	CTD202310251601.RAW
	Midas01	2023/10/27	8:48:51	33°59.3553N	129°17.2883E	110	g309
	Midas02	2023/10/27	9:50:12	33°59.5833N	129°23.9167E	129	g310
	Midas03	2023/10/28	2:14:09	34°05.7833N	129°37.2333E	117	g321
	Midas04	2023/10/28	3:13:56	34°06.1017N	129°43.9517E	106	g322
	Midas05	2023/10/30	6:33:23	33°48.1333N	129°24.5550E	104	g287
	Midas06	2023/11/01	4:31:11	33°35.850N	129°05.083E	120	g258
	Midas07	2023/11/02	4:06:03	33°56.817N	129°35.117E	370	g365
	Midas08	2023/11/02	8:09:58	33°24.817N	129°12.500E	96	g322
	XCTD09	2023/11/07	8:53:40	34°06.167N	129°58.650E	97	CTD202311190853.RAW
	Midas09	2023/11/09	4:58:07	33°52.633N	128°57.450E	377	g322

「望星丸」を使用した。船の全長は87.98 m、幅は12.80 mである。測位と船体動揺データは個別に観測されており、ヘディングはMBES専用のアンテナによるGPSコンパス機能、ロール・ピッチ・ヒープは動揺センサー MRU 5+MKIIによりそれぞれ観測され、船体動揺船首方位測定装置Seapath380-5+で統合される。

測位に関し、航海期間中 (GS23：2023年5月10日–5月29日、GB23：2023年10月19日–11月27日)において、日本の海域では準天頂測位衛星みちびきのLIS信号によるサブメートル級測位、及びみちびきの配信するSBAS信号受信で測位精度を維持している。

2.2 MBES

調査船の船底音速 (表面音速) は音響ビームを望む方向に放射するために使用される。望星丸と神鷹丸では船底から機関室に海水を汲み上げて循環しながらリアルタイムで観測できるタイムオブフライト方式のApplied Microsystems Ltd.社製Micro Xが導入され、船底における精密な音速の観測が可能となっている。一方、神鷹丸は航海中に機器同士の通信トラブルと、センサーの機器トラブルが発生し、後者に関しては調査中に改善することはできなかった。そのため、詳細は音速度観測の節で後述するが、地形処理の際に併せて表面音速データの修正を行った。

船上搭載のMBESでは望星丸は深海用のEM302 (Kongsberg社製)、神鷹丸では深海用のSeaBeam3050 (Wärtsilä ELAC Nautik社製)で観測を行った。海底地形データはそれぞれ、EM302はKongsberg社のオリジナルフォーマット (.allファイル)、SeaBeam3050はWärtsilä ELAC Nautik社のオリジナルフォーマット (.xse) で記録された。なお、両者はウォーターカラムデータも取得されている。

取得されたデータに対して、海洋測量・調査データ処

理ソフトウェアHIPS & SIPS 11.4 (CARIS社)を用いて音速度・船体動揺・船体位置データに基づく水深値の再計算とエラーデータの除去を施した。音速度観測及び表面音速度の補正に関しては次節で説明する。再計算・再処理された海底地形データはHIPS & SIPS 11.4上においてGeotiff形式で5 mグリッドで出力した (第1図、第2図)。調査海域の地理的呼称は海上保安庁のホームページ「海しる」 (海上保安庁、2024) で公開されている海底地形名レイヤに記載された地名を参照・使用した。

2.3 音速度観測及び表面音速度の補正

音速度プロファイルはXCTD観測 (XCTD-4、鶴見精機製)、及び産総研所有の音速度計 (Midas MiniSVP、Valeport社製、以下Midasと省略) により観測を実施した。航海ごとの観測回数、場所などの情報は表にまとめた (第1表)。

XCTD観測は鶴見精機のデジタルコンバータTS-MK150Nに専用のハンドランチャを接続して同社のXCTD-4プローブ (最大観測深度：1,850 m) を装着し観測を実施した。なお鶴見精機のXCTDプローブの詳細についてはMizuno and Watanabe (1998) を参照されたい。観測生データのサンプリング周波数は25 Hzであり、収録ソフトにより生データ (.RAWファイル)、全データ (.CTDファイル)、深度1 m間隔データ (.CTDファイル) に変換した3種類のデータとして出力した。なお、電気伝導度から塩分への換算、深度の計算、音速度の計算などはそれぞれの観測機器に付属のソフトウェアでの処理に従った。なおXCTD観測は曳航体 (セシウム磁力計・エアガン・ストリーマーケーブル) の投入前後の低速運行時に、風向きに応じて調査船の右舷または左舷から後方に向けてプローブを投下した。

通常Midasでの観測は試料採取と合わせて実施する。

そのため地球物理観測のみ実施したGS23航海では実施されず、GB23航海のみ観測を実施した。GB23航海では、採泥時の木下式グラブ採泥器（K-グラブ）のフレーム内部にMidasを固定し、表層採泥に伴い観測を実施した。一般的なCTDではセンサーを下部に向けた状態で固定して観測を行うが、着底時にセンサー部の破損を回避するため本観測ではMidasのセンサーをすべて上向きで固定して観測を実施した。Midasの音速度センサーはタイムオブフライト方式であり、計測範囲は1,400～1,600 m/s、分解能は0.001 m/s、精度は ± 0.02 m/sである。音速度センサー部はトランスデューサーから音響パルスを放射して反射板からトランスデューサーにまで戻すまでの時間を精密計測して音速度を求める。

Midasのセンサーは上下動に伴う変化にも高精度で応答できる。通常Midasの上げ下げ速度は巻き上げ機の性能に依存する。しかしMidas本体では発振周波数を細かく調整できるため、ほぼすべての速度に対応可能である。

例えばGB21-1航海では8 Hzで観測を行った（佐藤ほか、2020）。現在は電池消費を抑えるため、発振を1秒間隔に設定している。なお、ドレッジやピストンの巻き上げ速度が最大1 m/sであり、この設定でも1 m/sごとの速度変化に対応できるようにしてある。

圧力計のタイプはpiezo抵抗センサーであり、計測限界は600 Bar（約6,000 m）、分解能は0.001%FSR、精度は $\pm 0.05\%$ FSRである。観測に用いるセンサーは2019年4月にメーカーによる校正が行われている。Midasはオフラインで観測し内蔵メモリーにデータを蓄積、揚収後にデータを回収する。観測はスイッチコネクタを挿入することで開始され、コネクタを抜去することで終了する。機器の設定は制御用のソフトウェアDataLog Expressを用いて行った。GB23調査航海では、全ての観測において連続測定モード（Continuous Mode）を用いて2 Hzで観測を行った。圧力センサーの出力は圧力と深度から選択可能であるが、本航海では深度を選択した。

本航海では、各地点で観測された音速プロファイルの深度1 m毎の平均値を計算したものを用意し、HIPS & SIPS 11.4の音速度補正オプションのPrevious in Timeを用いて補正を行った。

GS23航海での表面音速度については、先述のとおり機器トラブルの問題で正確ではない表面音速度のもと海底地形観測が実施されていたが、SeaBeam3050の“.xse”ファイルのHIPS & SIPS 11.4での音速度補正に関してもトラブルが発生していた。具体的にはXCTD等で取得した音速度プロファイルを使用して音速度補正を行うと、海底地形がいわゆる“スマイルカーブ”となり音速度補正が正しく行われず事象が発生する。以下これを修正するための表面音速度の修正についてその具体的手順を述べる。

処理は同様にHIPS & SIPS 11.4を使用した。まず

“.xse”ファイルをHIPS & SIPS 11.4内に1つインポートする。この際プロジェクトフォルダの中に、ファイル名に応じたフォルダが作成され、ここにパラメータごとの個別ファイルが収納される。今回必要な表面音速度と音速度プロファイルに該当するファイルは、それぞれ“originalSoundVelocity”という拡張子なしのテキストファイルと、“Svp”という拡張子なしのテキストファイルとして出力されている。“originalSoundVelocity”の音速度値は音速度プロファイルから算出した値が記録されているように見え、“Svp”には手動で入力した音速度プロファイルが保存されている。（第3図A, B）

HIPS & SIPS 11.4で音速度補正を機能させるには、SeaBeam3050の制御プログラムである“Hydrostar”にて観測に適応された表面音速度に置き換える必要がある。観測時の表面音速度は“Hydrostar”のログファイルとして、multibeam(19).logというテキストファイル保存されている（第3図C）。音速度の更新のタイミングでその日時と音速度が記録される。テキストファイルを編集するため、インポートの後、HIPS & SIPS 11.4を一度終了する。次に“originalSoundVelocity”と“multibeam(19).log”をWindowsのメモ帳などのテキストエディタで開き“originalSoundVelocity”の値を“multibeam(19).log”の最も近い時刻の表面音速度値に書き換え、上書き保存する。これで1ファイル分の修正が完了する。観測したファイルごとにこの操作を繰り返せば、補正は完了する。

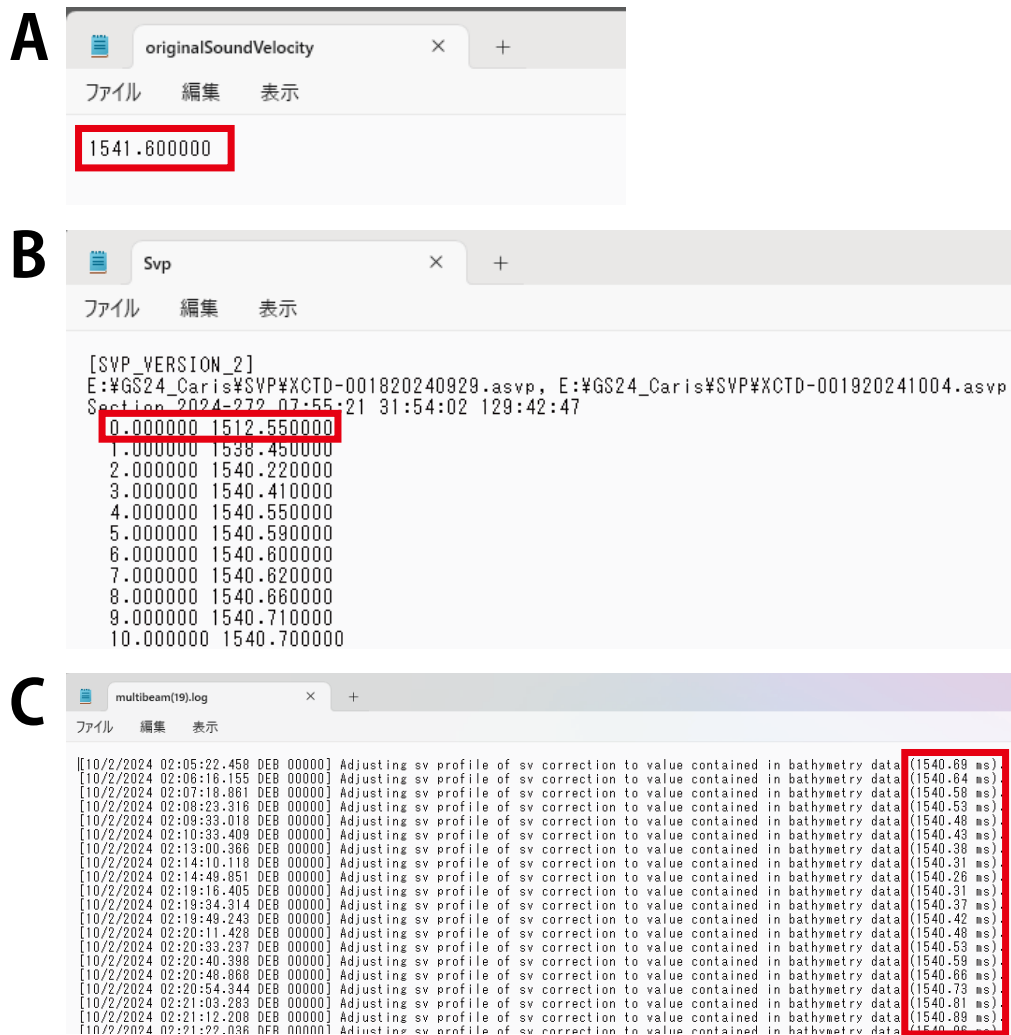
なおHIPS & SIPS 11.4ではSeabeamで観測されたデータ（例えば新青丸や2020年以前の白鳳丸）において、状況により音速補正が実施されないバグが発生する。その際、“originalSoundVelocity”と“multibeam(19).log”のデータの差が大きい場合に再現する可能性が高く、今回実施した“originalSoundVelocity”を修正することで、音速度補正が実施可能になると思われる。

2.4 データ統合

最終的に、海底地形データは両航海のデータを統合し、本海域の海底地形図を作成した（第4図）。ここでは作図にはQGIS 3.24（QGIS.org, 2024）を用いた。後方散乱データは、観測エリアが広い一方で解像度が高いデータが取得されているために計算要求スペックが高く、一括で計算することが難しい。そのため、試料採取や反射法地震探査断面など、ほかの観測項目からの必要に応じて狭いエリアごとに対応することが望ましい。

3. まとめ

GS23及びGB23調査航海では、主に九州北西海域の調査を行い、新たに高解像度の海底地形データを取得した。ただしマルチビーム測深器の特性上、水深が浅い場所では広範囲をカバーすることが難しく、今回の調査では解像を進めるために十分な面的データを取得するには至ら



第3図 HIPS & SIPSにインポート後に各フォルダ内に作成される音速度関連ファイルの内容例 (A : originalSoundVelocity 〈表面音速度〉, B : Svp 〈音速度プロファイル〉)。また, Hydrostarにより取得された表面音速度ログC : multibeam(19).logの内容例も示す。

Fig. 3 Examples of the contents of sound velocity-related files generated in each folder after import into HIPS & SIPS (A: originalSoundVelocity [surface sound velocity], B: Svp [sound velocity profile]). In addition, an example of the surface sound velocity log obtained by Hydrostar (C: multibeam(19).log) is also shown.

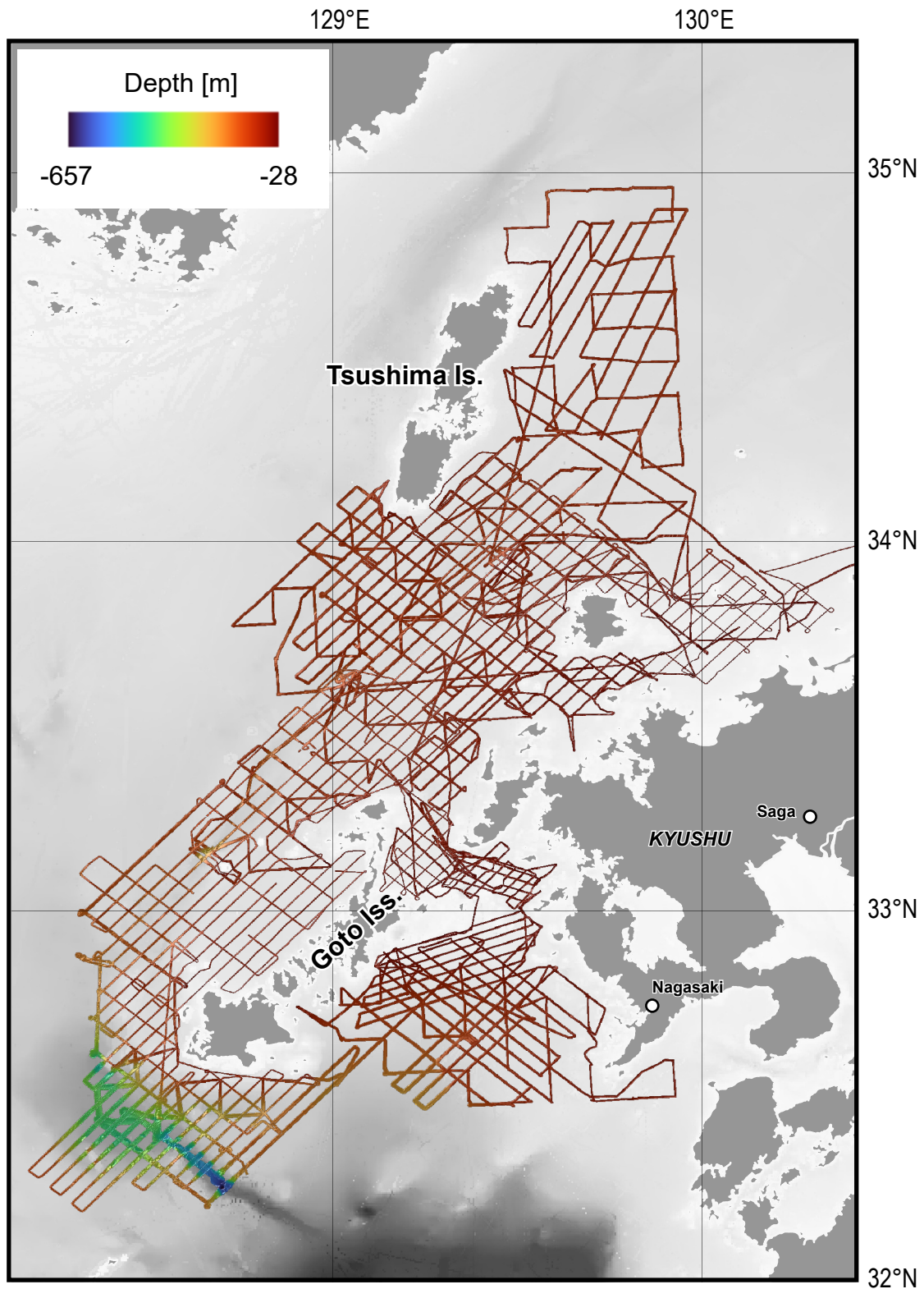
なかった。海洋地質図の作成には、海底地形が不可欠であり、特にブーゲー重力異常の計算や採取試料の解釈において重要となる。そのため現在産総研では海上保安庁と共同研究を契約し、本海域における既存データの整理・統合を進めている。

謝辞：今回の調査では、神鷹丸・望星丸の船長をはじめ、乗組員・運用士の方々、RAやアルバイトで乗船された方々、及び調査団の研究員の皆様には調査機器の運用やデータ記録に関してご尽力いただきました。望星丸における観測については、特に玉井隆章技術員の尽力に大変お世話になりました。また、査読者である石塚 治氏の

有益なコメントにより、本稿は大幅に改善されました。皆様に篤く謝意を表します。

文 献

- 甘糟和男・會川鉄太郎・酒井久治 (2017) 東京海洋大学 練習船神鷹丸に装備された水中音響機器. 水産工学, 54(1), 61–70.
- 海上保安庁 (2024) 海しる (海洋状況表示システム). <https://www.msil.go.jp/msil/htm/topwindow.html> (閲覧日: 2024年10月9日)
- 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



第4図 GB23 及びGS23 航海にて取得されたMBESデータを統合した九州北西海域の海底地形。グリッド間隔は5 mである。背景にグレースケールでETOPO 2022 (NOAA National Centers for Environmental Information, 2022) による15秒統合グリッドを表示した。

Fig. 4 Integrated bathymetry at the GS23 and GB23 cruise. The grid space is 5 m. In the background, ETOPO 2022 15 Arc-Second Global Relief Model (NOAA National Centers for Environmental Information, 2022) is drawn in gray scale.

- る観測の概要. 地質調査研究報告, **74**, 193–202.
- Mizuno, K. and Watanabe, T. (1998) Preliminary results of in-situ XCTD/CTD comparison test. *Journal of Oceanography*, **54**, 373–380.
- 永野真男・桜井 操・桂 忠彦・中村啓美・北原祥二・小野寺健英 (1976) 九州西岸沖の海底地質. 水路部研究報告, no. 11, 1–38.
- NOAA National Centers for Environmental Information (2022) ETOPO 2022 15 Arc-Second Global Relief Model. NOAA National Centers for Environmental Information. doi: 10.25921/fd45-gt74
- 大島章一・登崎隆志・小野寺健英 (1980) 西南日本周辺海域の地磁気異常. 水路部研究報告, no. 15, 33–54.
- 佐藤太一・高下裕章・佐藤雅彦 (2020) GH19 航海 (与那国島周辺海域) 及び GK19 航海における海底地形観測の概要. 井上卓彦・片山 肇編, 「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」令和 2 年度研究概要報告書—石垣島・西表島・与那国島周辺海域—, 地質調査総合センター速報, no. 80, 6–17.
- QGIS.org (2024) QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.org> (Accessed: 2024-10-9)
- (受 付 : 2024 年 10 月 9 日 ; 受 理 : 2025 年 9 月 19 日)

GS23 及び GB23 航海（九州北西方海域）における磁気異常観測の概要

佐藤 太一^{1,*}・高下 裕章¹・山下 幹也¹

SATO Taichi, KOGE Hiroaki and YAMASHITA Mikiya (2025) Preliminary results of geomagnetic surveys off northwest Kyushu during cruises GS23 and GB23. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 76 (4/5), p. 177–182, 4 figs. and 1 table.

Abstract: Geomagnetic surveys were undertaken to compile marine geophysical maps of the area off northwest Kyushu. A total magnetic anomaly map was created based on observations of the total magnetic field. The survey area contains a complex distribution of magnetic anomalies ranging from short to long wavelengths. The area west of the Goto Islands and east of Ikishima Island is marked by complex short-wavelength magnetic anomalies. In contrast, the area from west of the Goto Islands to south of Tsushima Island is characterized by a long-wavelength positive anomaly that trends northeast–southwest. Given the shallow water depth over most of the survey area, bathymetric data are insufficient to assess the seafloor topography. The short-wavelength magnetic anomalies likely reflect the occurrence of igneous rocks on the seafloor, as also observed on nearby islands. The northeast–southwest trending positive magnetic anomaly is presumed to correspond to the northern end of the belt of positive magnetic anomalies that extends from near the Senkaku Islands to the Goto Islands.

Keywords: off northwest Kyushu, Ryukyu arc, magnetic anomaly, bathymetry

要 旨

九州北西方海域において、海域地球物理図作成を目的とした地磁気観測を実施し、曳航式全磁力計の観測値に基づき全磁力異常図を作成した。調査海域は全域にわたり短波長から長波長の磁気異常が複雑に分布していることが特徴である。特に五島列島西方と壱岐諸島東方の海域では複雑な短波長の磁気異常が、五島列島西方から対馬南方にかけての海域では北東–南西方向に広がる長波長の正の異常が特徴的である。調査海域の大部分が浅海であるため海底地形データが得られておらず、表層の地形からの判断は難しいが、短波長の磁気異常については、周辺の島嶼部で見られる火成岩類が海底表層に分布しておりそれらに起因したものと考えられる。北東–南西に広がる正の磁気異常は、尖閣諸島周辺から五島列島周辺へ延びる正の磁気異常帯の北端部に相当すると推測される。

1. はじめに

GS23 及び GB23 航海では主として九州北西部海域の北緯 32 度 10 分から北緯 35 度、東経 128 度 10 分から東経 130 度 30 分の範囲、対馬、壱岐諸島及び五島列島などの周辺部において、地磁気観測を実施した。両調査航海に

おける観測の全測線を第 1 図に示す。本報告書では、2 航海での曳航型セシウム磁力計 (G-882 型, Geometrics 社製) により得られた磁力データの処理方法とその解釈についての報告を行う。結果に基づき調査海域の地殻構造等についての簡単な解釈を示す。

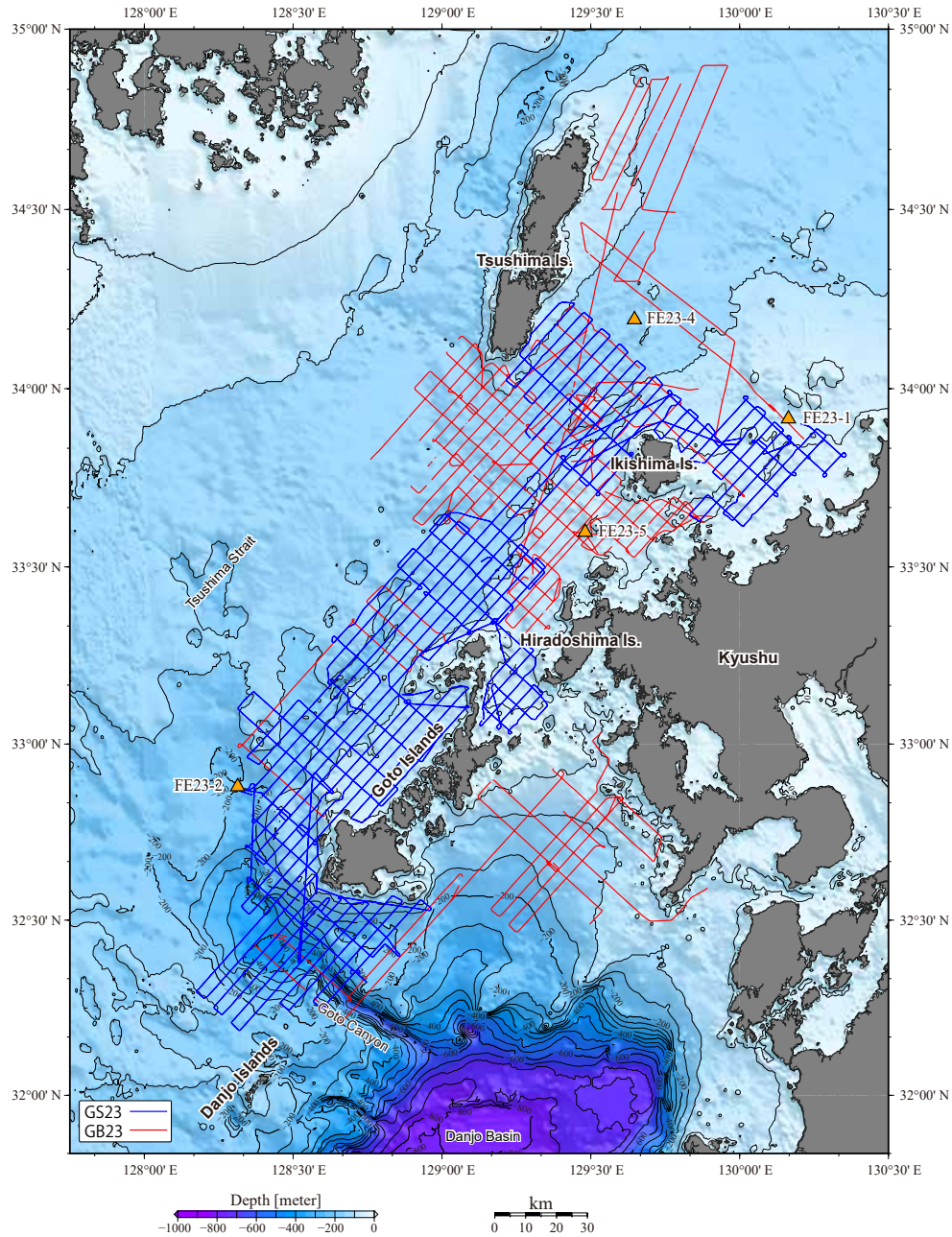
2. 装置及びデータ処理

GS23 航海 (2023 年 5 月 10 日–5 月 29 日) では東京海洋大学所有の「神鷹丸」を使用した。船の総トン数は 986 トン、全長は 64.55 m、幅は 12.10 m である。GB23 航海 (2023 年 10 月 19 日–11 月 27 日) では東海大学所有の海洋調査研修船「望星丸」を使用した。船の総トン数は 1,777 トン、全長は 87.98 m、幅は 12.80 m である。以下では各測定装置による観測状況及びそのデータ処理について記載する。

地磁気全磁力観測には産総研所有の曳航型セシウム磁力計 (G-882 型, Geometrics 社製) を使用した。本調査では船体磁気の影響を避けるために、磁力計を望星丸及び神鷹丸の船尾左舷側から約 300 m 後方に曳航し、音波探査と同時に曳航観測を行った。GPS からの正確な曳航距離は、神鷹丸では 329.95 m、望星丸では 362.11 m に相当する。データ収録は Geometrics 社のデータ収録ソフト (MagLog) を用いて実施した。MagLog にはセシウム磁力計から出力される時刻・全磁力・シグナルレベル値・

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: SATO, T., AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: taichi-sato@aist.go.jp

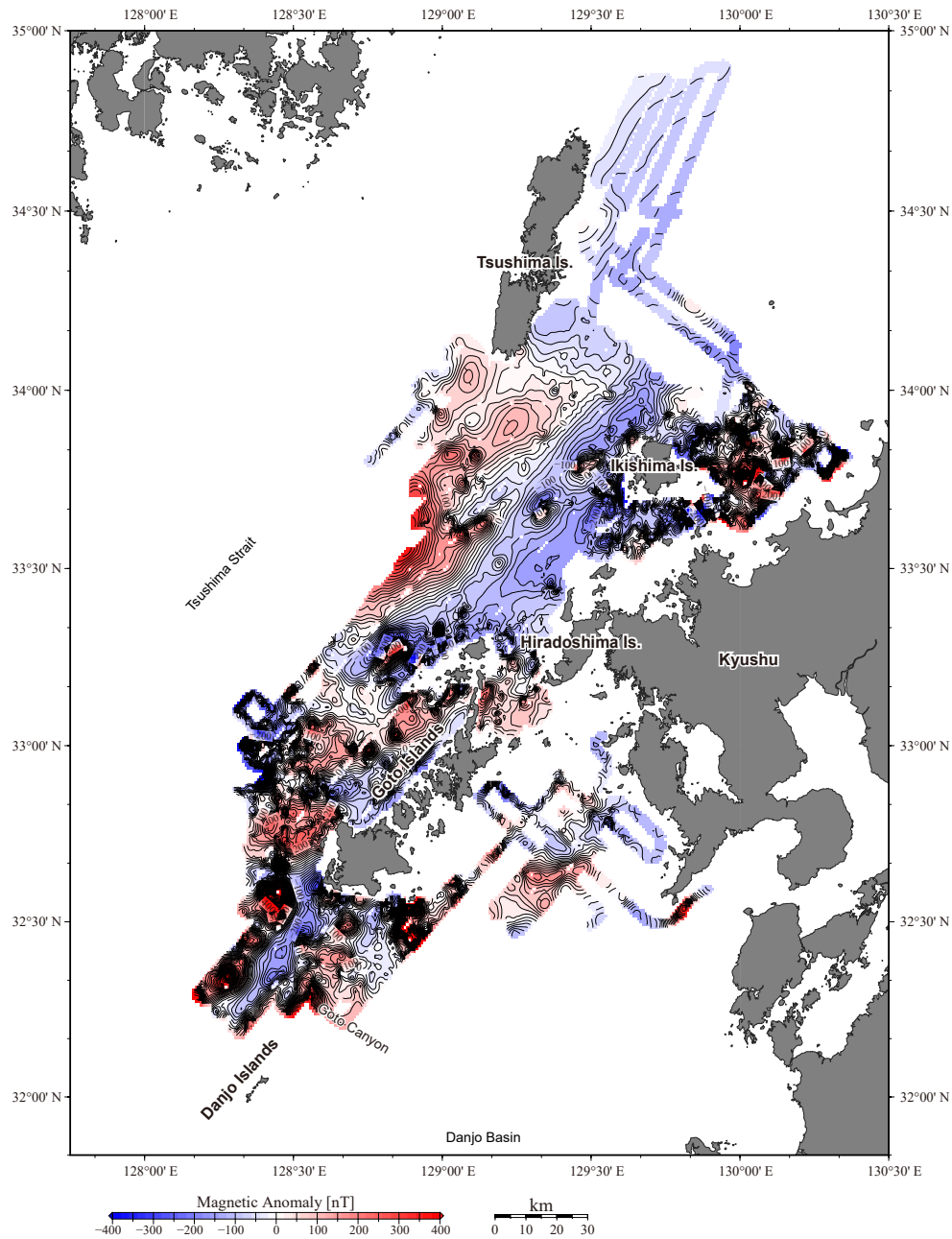


第1図 GS23及びGB23調査航海における磁気異常観測の全測線図。青線はGS23、赤線はGB23調査航海の測線を示す。オレンジ色の三角形は図内での8の字航走を実施した位置を示す。海底地形は日本海洋データセンターの500 mメッシュ水深データ (J-EGG500) を用いて作図した。

Fig. 1 Track lines of magnetic anomaly observations during the GS23 and GB23 cruises. The solid blue and red lines indicate the GS23 and GB23 survey lines, respectively. The orange triangles indicate the position of the figure-eight turns in the index map area. Seafloor bathymetry is plotted by using J-EGG 500 from Japan Oceanographic Data Center.

センサー深度データと船側のGPSデータ (NMEAフォーマット) が約0.1秒間隔で別々に取り込まれる。位置情報については、GS23航海では持ち込んだ産総研所有のGPSセンサー、GB23航海では望星丸のGPSデータからのデータをそれぞれ使用した。MagLogに取り込まれた全磁力

と位置情報データセットはGeometrics社のデータ描画ソフト (MagMap2000) を用いて結合し、緯度・経度と全磁力値の対応を行った。測定値はケーブル長補正、地磁気の日変化の補正などを経て、国際標準磁場 (IGRF 13th generation ; Alken *et al.*, 2021) を差し引くことで全磁力異



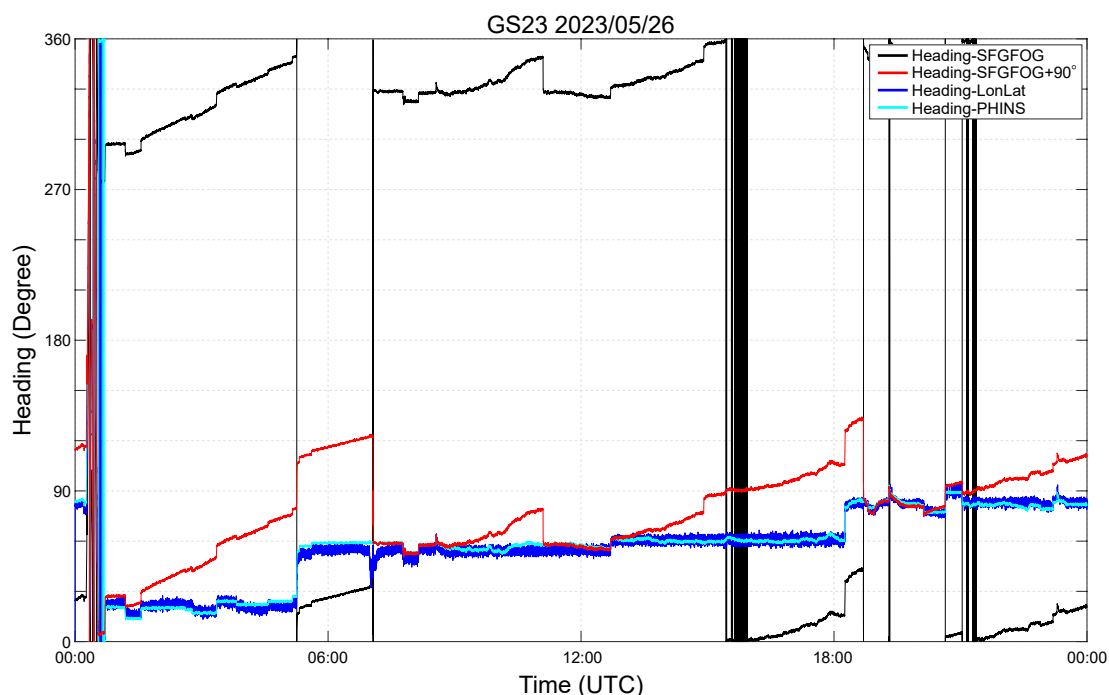
第2図 GS23 及びGB23 航海で得られた全磁力磁気異常図. グリッド間隔は0.5分とした. コンター間隔は20 nTである.

Fig. 2 Total magnetic anomaly map integrated by GS23 and GB23. The grid space was set to 0.5 nautical mile, and the contour interval is 20 nT.

常値に換算した.

続いて算出された全磁力異常に対して, 船体磁気の影響を仮定した交点コントロール補正計算 (x2sys : Wessel, 2010) を行った. GS23 航海では補正前の交点誤差の標準偏差は17.1 nTで, 補正後は17.0 nT, GB23 航海では補正前と補正後共に15.4 nTとなり大幅な改善は見られなかった. 測定値の時点で船体磁気の影響が小さかったためと考えられる. 続いて航海ごとに船体磁気を考慮した

交点コントロール補正後のデータに対して, 航海間でのオフセットを最小化するため交点コントロール補正計算を行った. 交点誤差の平均値は92.2 nT, 標準偏差は25.4 nTであった. 上記の交点コントロール補正を経て得られた2航海の全磁力異常値を統合し, GMT (Generic Mapping Tools ver. 6 ; Wessel *et al.*, 2019) のsurfaceプログラムを用いてグリッド間隔0.5分の全磁力異常グリッドデータを作成した(第2図). なおノイズと思われるスパ



第3図 GS23 航海時のヘディング値の時間変化の例.

Fig. 3 The example of heading variation during the GS23 cruise.

イク状の短波長の全磁気異常を抑えるために4 kmのメディアンフィルタを施した。

今回報告する2航海では、地磁気ベクトル観測も実施した。本報告書では結果については記載せず観測状況のみの報告とする。両航海とも産総研所有のフラックスゲート型深海三成分磁力計 (SFG-2009型, テラテクニカ社製) とGPS支援慣性航法システム (SFGFOG-20, テラテクニカ社製) を組み合わせたシステムにて収録を行った。本システムは船体動揺センサーと2つのGNSSセンサーを組み合わせたもので、ロール・ピッチ・ヘディングの精度が0.01度、内部のフィルタレートは1000 Hzとなり、産総研所有の三成分磁力計とデータを結合するため8 Hzで出力するように設定されている。センサー部はGS23航海では神鷹丸のコンパスデッキ上に、GB23航海では望星丸のブリッジデッキ後方のウインチルームの屋根部にそれぞれ設置した。加えてGS23航海ではGPS支援慣性航法システムの観測精度の確認のため、神鷹丸据え付けの光ファイバージャイロコンパス (PHINS: Model PAA00011, IXBLUE社製) による船体動揺データも同時収録した。ヘディング精度0.05度、ロールピッチ精度0.01度である。データ出力は0.1～200 Hzで行うことができる。神鷹丸では船に装備されている5 Hzの出力ポートを利用し取得した。設定変更も可能であったが、高い周波数で収録すると、運行上に使用されるほかの機器への通信に対し、位置情報の提供に遅延が生じる可能性があっ

たため、そちらを考慮して変更は実施していない。

GS23航海でのGPS支援慣性航法システム (SFGFOG) と船据え付けの光ファイバージャイロコンパスの船体姿勢データ (PHINS) の比較検討を行ったところ、SFGFOGのヘディングデータが約-90度のオフセットで観測されていることと、ドリフトがあることが明らかとなった (第3図)。GB23航海では、約+90度のオフセットで観測されているが、ドリフトは見られない (第4図)。望星丸では船据え付けの機器による船体動揺データは収録していないため、ここでは船の位置変化から算出した船のヘディングとの比較に基づく。SFGFOGヘディングの±90度のオフセットから、GS23とGB23航海でセンサーの設置の向きが逆であったと推測されるが、ドリフトの原因については今後検討が必要である。

地磁気ベクトルデータの船体磁気成分導出のために、8の字航走観測を2航海合わせて合計5回実施した。実施状況を第1表に示す。

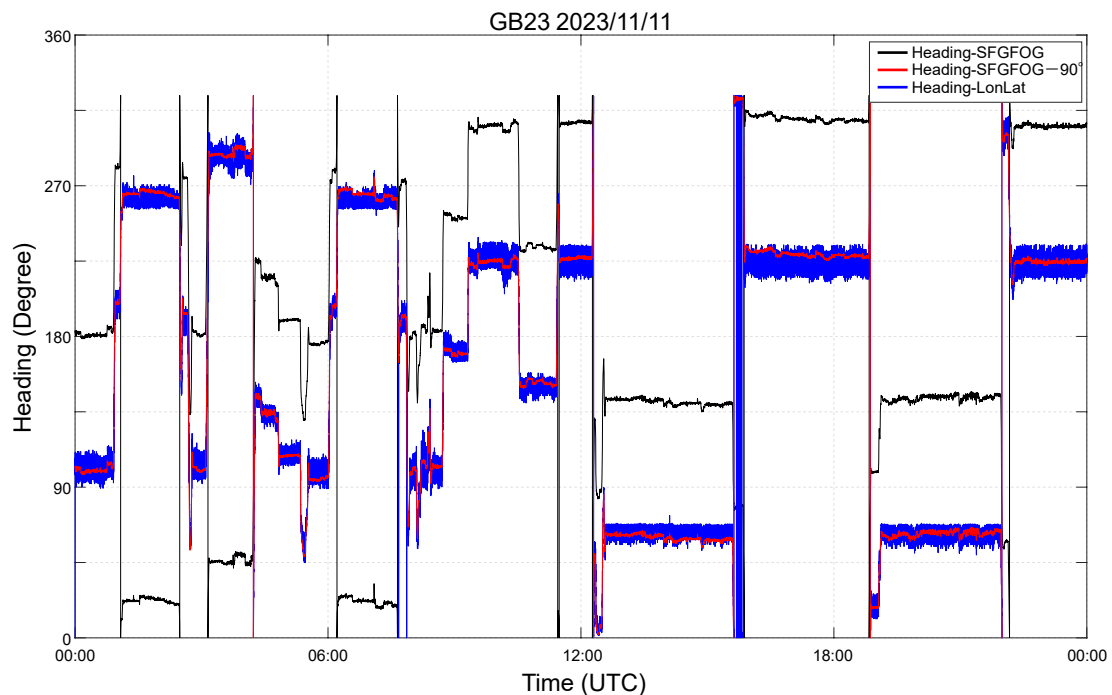
3. 結果と考察

五島列島周辺部及び壱岐諸島周辺は波長5～10 km程度の比較的短波長の磁気 (全磁力) 異常が特徴的である。磁気異常の振幅は-400～400 nTで変化している。北側を正、南側を負とするダイポール型の孤立した磁気異常や、正や負のピークが非常に複雑なパターンで密集した磁気異常が、五島列島周辺及び壱岐諸島東方の海域で顕

第1表 GS23及びGB23調査航海における8の字航走一覧.

Table 1 List of figure-eight turns during the GS23 and GB23 cruises.

Site name	Cruise	Date	Time(UT)		Position	
			Start	End	Latitude	Longitude
FE23-1	GS23	2023/5/13	3:16	3:32	33°54.95' N	130°09.84' E
FE23-2		2023/5/16	6:16	6:55	32°52.75' N	128°18.82' E
FE23-3		2023/5/26	0:17	0:31	30°59.85' N	131°22.36' E
FE23-4	GB23	2023/10/27	4:40	4:50	34°11.59' N	129°38.8' E
FE23-5		2023/11/1	7:17	7:29	33°35.84' N	129°28.87' E



第4図 GB23航海時のヘディング値の時間変化の例.

Fig. 4 The example of heading variation during the GB23 cruise.

著に見られる。一方対馬の東方及び南方では比較的長波長の磁気異常が特徴的である。磁気異常の振幅は-100～100 nTで変化しており、対馬の南方では短波長の正のピークが一部見られるものの、概してなだらかな正の磁気異常帯が北東-南西方向に広がっている。対馬の東方及び壱岐島・平戸島の西方では比較的長波長の負の異常を呈す。そのほかの特徴として、五島列島の福江島西方から南方にかかる五島海底谷周辺では、北東-南西方向に延びる正と負の磁気異常帯が挙げられる。

西南日本の全磁力異常の特徴については、大島ほか(1980)や大島(1987)に仔細に報告されており、調査海域の磁気的特徴は、広域的には台湾^{たいわんしんじ}糸道褶曲帯(尖閣諸島周辺から五島列島周辺へ北東-南西へ延びる基盤の隆

起帯)の呈す正の磁気異常帯(Hsu *et al.*, 2001)と、壱岐諸島-北九州沿岸-若狭湾に至る壱岐丹後磁気区(陸域の三郡帯-蓮華帯とおおむね一致する)の2つの磁気異常帯に起因したものと考えられる。

五島列島には、福江島をはじめ中新世中期・更新世後期の火山岩が分布している(松井・河田, 1986; 松井ほか, 1989)。五島列島西方の短波長の磁気異常域は、その一部は火山岩類と分類されているが、大部分は中新世及び第四紀の堆積層として分類されている(本座ほか, 1979)。短波長の磁気異常は比較的浅部の火山体に起因すると推察されるが、五島列島西方の短波長の磁気異常域は、堆積層とされる海底下において比較的浅部に火山体が磁化物体として分布していることを示唆している。なお、こ

の短波長磁気異常域は、台湾宍道褶曲帯の直上に位置している。五島列島西方から対馬南方にかけての比較的長波長の正の異常も台湾宍道褶曲帯に位置しているが、こちらは基盤岩による正の磁気異常帯の北端部に相当すると考えられる。壱岐諸島東方の短波長の磁気異常域については火山岩類と分類されており(本座ほか, 1979), 壱岐島南東方に位置する名島・烏帽子島は鮮新世後期の玄武岩溶岩(松井ほか, 1997), 小呂島は鮮新世のアルカリ玄武岩(久保ほか, 1993)で構成された島とされる。壱岐島も中新世後期から更新世前期にかけての火成岩が分布している(松井ほか, 1997)。これら周辺の陸域の火成岩が海域においても海底面ないし海底下に磁化物体として存在していると考えられる。

今年度の地質調査航海で得られた海底地形(高下ほか, 2025)は、水深が非常に浅いためスワス幅が狭く(五島海底谷周辺を除いて1 km程度)、海底地形から海底火山や線状構造などの海底表面地形を判別することは非常に困難である。そのため地磁気異常データに、本プロジェクトでの音波探査や岩石採取の結果を統合することで、より詳細な海底の磁化物体に関する議論が可能と考えられる。

4. まとめ

九州北西部海域において地磁気観測を実施し全磁力異常図を作成した。五島列島西方と壱岐諸島東方では、短波長の磁気異常が非常に複雑なパターンとなり分布していた。水深が浅いため、地形調査のスワス幅が狭く、海底地形データから判断するのは難しいが、海底若しくは海底下に埋没した火成岩類が磁化物体であることが推測される。五島列島西方から対馬南方にかけての比較的長波長の正の異常は、台湾宍道褶曲帯の基盤岩による正の磁気異常帯の北端部に相当すると考えられる。

謝辞: 今年度の調査航海では、望星丸・神鷹丸の船長をはじめ、乗組員・運用士の方々、乗船研究者の皆様には調査機器の運用やデータ記録に関してご尽力いただきました。神鷹丸での観測の際は、東京海洋大学の古山精史朗助教に大変お世話になりました。望星丸における観測においては、玉井隆章技術員に大変お世話になりました。査読者の地質情報基盤センターの森尻理恵氏には有用なコメントを頂き感謝申し上げます。皆様に篤く謝意を表します。

文 献

- Alken, P., Thébault, E., Beggan, C. D., Aubert, J., Baerenzung, J., Brown, W. J., Califf, S., Chulliat, A., Cox, G. A., Finlay, C. C., Fournier, A., Gillet, N., Hammer, M. D., Holschneider, M., Hulot, G., Korte, M., Lesur, V., Livermore, P. W., Lowes, F. J., Macmillan, S., Nair, M., Olsen, N., Ropp, G., Rother, M., Schnepf, N. R., Stolle, C., Toh, H., Vervelidou, F., Vigneron P. and Wardinski, I. (2021) Evaluation of candidate models for the 13th generation International Geomagnetic Reference Field. *Earth, Planets and Space*, **73**(1), 48.
- 本座栄一・玉木賢策・湯浅真人・村上文敏・上嶋正人 (1979) 日本海南部および対馬海峡周辺広域海底地質図. 海洋地質図, no. 13, 地質調査所.
- 高下裕章・佐藤太一・山下幹也・古山精史朗 (2025) GS23 及びGB23 航海九州北西海域における海底地形観測の概要. 地質調査研究報告, **76**, 169–176.
- Hsu, S.-K., Sibuet, J.-C. and Shyu, C.-T. (2001) Magnetic inversion in the East China Sea and Okinawa Trough: Tectonic implications. *Tectonophysics*, **333**(1–2), 111–122.
- 久保和也・松浦浩久・尾崎正紀・牧本 博・星住英夫・鎌田耕太郎・広島俊男 (1993) 20 万分の1 地質図幅「福岡」. 地質調査所.
- 松井和典・河田清雄 (1986) 20 万分の1 地質図幅「福江及び富江」. 地質調査所.
- 松井和典・須田芳郎・広島俊男 (1989) 20 万分の1 地質図幅「長崎 (第2版)」. 地質調査所.
- 松井和典・宇都浩三・広島俊男 (1997) 20 万分の1 地質図幅「唐津 (第2版)」. 地質調査所.
- 大島章一 (1987) 日本周辺海域の地磁気異常分布の特徴. 水路部研究報告, no. 22, 41–73.
- 大島章一・登崎隆志・小野寺 健 (1980) 西南日本周辺海域の地磁気異常. 水路部研究報告, no. 15, 33–54.
- Wessel, P. (2010) Tools for analyzing intersecting tracks: The x2sys package. *Computers & Geosciences*, **36**(3), 348–354.
- Wessel, P., Luis, J. F., Uieda, L., Scharroo, R., Wobbe, F., Smith, W. H. F. and Tian, D. (2019) The Generic Mapping Tools version 6. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **20**, 5556–5564.

(受 付 : 2024 年 10 月 9 日 ; 受 理 : 2025 年 3 月 10 日)

概報 - Report

反射法音波探査に基づく対馬及び五島列島周辺海域の地質構造に関する予察的検討

有元 純^{1,*}・石野 沙季¹・三澤 文慶¹・井上 卓彦¹

ARIMOTO Jun, ISHINO Saki, MISAWA Ayanori and INOUE Takahiko (2025) Preliminary study on geological structures in the marine area around Tsushima and Goto islands based on seismic survey data. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 76 (4/5), p. 183–206, 21 figs.

Abstract: The marine area around Tsushima and Goto islands, northwestern Kyushu, is mainly a shallow-water shelf region and is of interest in terms of disaster prevention and utilization of marine space. To compile 1:200,000 marine geology maps of the region, multichannel seismic reflection surveys with a GI gun source were conducted, and a preliminary investigation of the geological structure was undertaken. From a geophysical perspective, subsurface strata in the study area are generally divided into acoustic basement and overlying sedimentary units. The acoustic basement occurs in shelf areas as well as topographic highs around the islands. The upper surface of the acoustic basement is commonly planar as a result of erosion or is undulating as a result of folding and faulting. The area from south of Tsushima Island to west of the Goto Islands contains several large high-angle normal faults that generally strike NE–SW along zones of basement uplift and subsidence. These faults are thought to have formed local depressions through lateral displacement and influenced the distribution of sedimentary units. The influence of the Tsushima Current is observed throughout the area, including erosion of basin slopes and floors to the south of the Goto Islands, the development of channel structures and channel-fill units around submarine channels and straits, and the development of local sand waves on the seafloor. In the Gotonada Sea area, the lower part of the sedimentary units is characterized by well-stratified parallel reflective surfaces, while the upper part contains clinoform sets. The sedimentary units that fill the Gotonada sedimentary basin are inferred to have been deposited continuously in response to tectonic subsidence. Local intrusive structures, which occur mainly around the Ikishima and Goto islands, might be related to igneous activity.

Keywords: northwestern Kyushu, East China Sea, Tsushima Strait, Gotonada Sea, multi-channel seismic survey, GS23 cruise, GB23 cruise

要 旨

対馬及び五島列島周辺の九州北西海域は、大部分が陸棚上であって浅海域が卓越し、防災や海域利用の観点から注目されている。本海域において20万分の1海底地質図を作成するため、GIガンを音源とするマルチチャンネル反射法音波探査を実施し、地質構造について予察的に検討した。全体として、調査海域の海底下地質体は、音響基盤ユニットとそれを覆う堆積層ユニットに区分される。音響基盤ユニットは島嶼部周辺で陸棚や地形的高まりをなしている。その上面は多くの場合侵食されて平坦化するか、褶曲や断層によって起伏をつくり、上位の堆積層ユニットの基盤をなしている。対馬南方沖から五島列島西方沖にかけて、基盤隆起帯や沈降帯の配列に伴い、

おおむね北東–南西走向の巨大な高角正断層群が複数存在している。これらは横ずれ活動を通じて局所的な沈降帯を形成し、堆積層ユニットの分布を規制していると考えられる。また、五島列島南方における海盆斜面・海盆地の侵食や、海底谷・海峡部周辺におけるチャネル構造と充填堆積物の発達、及び海底面での局所的なサンドウェーブの発達は、海域全体として対馬海流の強い流れの影響を示唆する。五島灘海域では、堆積層ユニットの下部によく成層した平行な反射面が発達する一方、上部はクリノフォームセットにより特徴づけられることがわかった。また、五島灘堆積盆を埋積する堆積層ユニットは、沈降場において継続的に発達してきたことが示唆される。以上に加えて、壱岐周辺や五島列島周辺を中心に、局所的な音響散乱や貫入を示す構造が認められ、火成活

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: ARIMOTO, J., AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: j-arimoto@aist.go.jp

動に関連したものである可能性がある。

1. はじめに

九州北西海域は、日本海と東シナ海の接続部に位置し、水深 200 m 以浅の浅海部が卓越することで特徴付けられる(永野ほか, 1976)。本稿では、2023 年度に沖縄トラフ北端部周辺域での海域地質情報整備の一環として、対馬周辺及び五島列島周辺海域で実施された 2 つの調査航海 (GS23 航海: 2023 年 5 月 10 日–5 月 29 日, GB23 航海: 2023 年 10 月 18 日–11 月 27 日) の成果のうち、特に海底下構造を対象としたマルチチャネル反射法音波探査の概要について報告し、二次元断面の解釈に基づく地質構造について予察的に検討する。

本海域では、1970 年代以降に海上保安庁水路部 (現・海洋情報部) により、20 万分の 1 大陸棚の海の基本図 (永野ほか, 1976) や、5 万分の 1 沿岸の海の基本図 (海上保安庁水路部, 1978 ほか) の作成が行われてきた。また、工業技術院地質調査所 (現・産業技術総合研究所地質調査総合センター) による最初期の海域地質情報整備の取り組みとして、20 万分の 1 表層底質図 (大嶋ほか, 1975) や、100 万分の 1 広域海底地質図 (本座ほか, 1979) などが作成され、出版されてきた。

令和 4 年には地震調査研究推進本部により、日本海西南部の海域活断層の長期評価 (地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2022; 以下、地震調査委員会, 2022 と略記) が公表された。この中で、対馬東方から五島列島西方に相当する「西部区域」では、20 km 以上の長さが推定される計 9 つの断層が取り上げられ、活動評価がなされている。一方で、個別の断層の活動履歴が明らかでないことや、特に浅海域でデータが限定的であることから未知の活断層が存在する可能性など、課題も同時に示されている。また、本海域は、洋上風力発電や二酸化炭素回収・貯留 (CCS) 事業など、様々な海域利用の観点で注目されている (例えば佐藤, 2021; 渡部, 2022; 経済産業省, 2023)。以上のような社会的要請を踏まえて、九州北西海域における海域利用や防災・減災に資する系統的な地質情報の整備は重要であるといえる。しかしながら、本海域における既存の地質情報のほとんどは、1970 年代から 1990 年代の、四半世紀以前の調査に基づくものである。また産業技術総合研究所 (以下、産総研) が 1980 年代以降実施してきた、日本周辺海域における 20 万分の 1 海底地質図整備のための稠密調査は、本海域において未実施である。

2. 地域概説

2023 年度の調査海域は、日本海南端の対馬海峡周辺 (対馬西方を除く)、及び東シナ海北端部を含む五島列島周辺海域である (第 1 図)。以下、桂 (1992) などを参考にし、調査海域の地形、層序と地質構造についてレビューする。

2.1 地形

対馬海峡–五島列島周辺の海底地形については、海上保安庁が 1970 年代に実施した 20 万分の 1 測量 (永野ほか, 1976) によりその概要が明らかになり、その後、島嶼域沿岸部の 5 万分の 1 基本図測量によって、部分的に詳細が調べられてきた (桂, 1992)。本海域は主として水深百数十 m 以浅の陸棚、及び陸棚斜面からなり、海域南部には海盆が存在する (第 1 図)。陸棚上はおおむね平坦だが、小規模な海底谷を含む谷地形や、堆、海丘、海脚などの地形の高まりも多く見られる。

日本海南端部に位置する対馬海峡は、朝鮮半島南部と九州北部–山陰北西部に挟まれた海峡であり、北北東–南南西に伸びる対馬を境に西水道と東水道に分けられる。対馬海峡は朝鮮半島と日本海側の西南日本の両方に連なる大陸棚であるため、大部分が水深 120 m 以浅の比較的平坦な地形であるが、西水道には水深 200 m に達する対馬トラフ (舟状海盆)、海峡南方には東五島陸棚海底谷群 (後述) に連なる水深 140 m に達する海底チャネルが存在する。

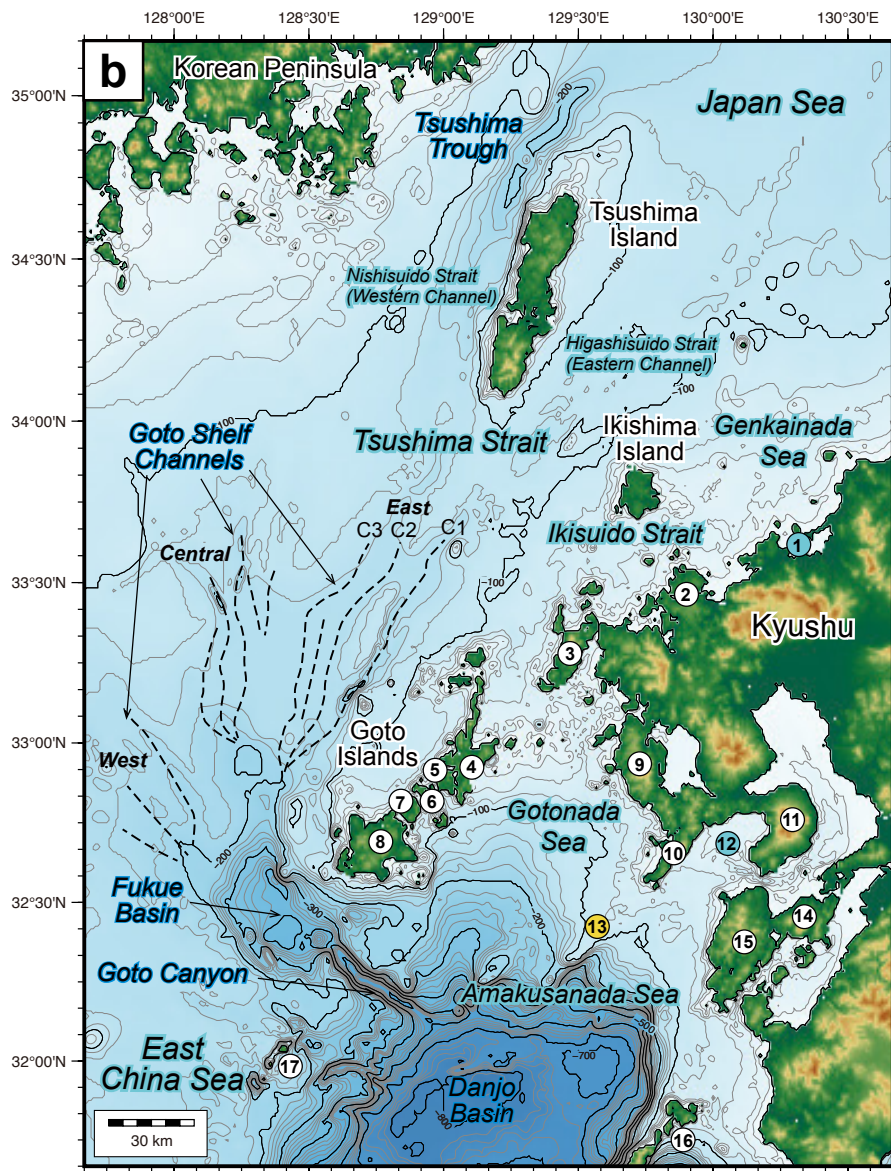
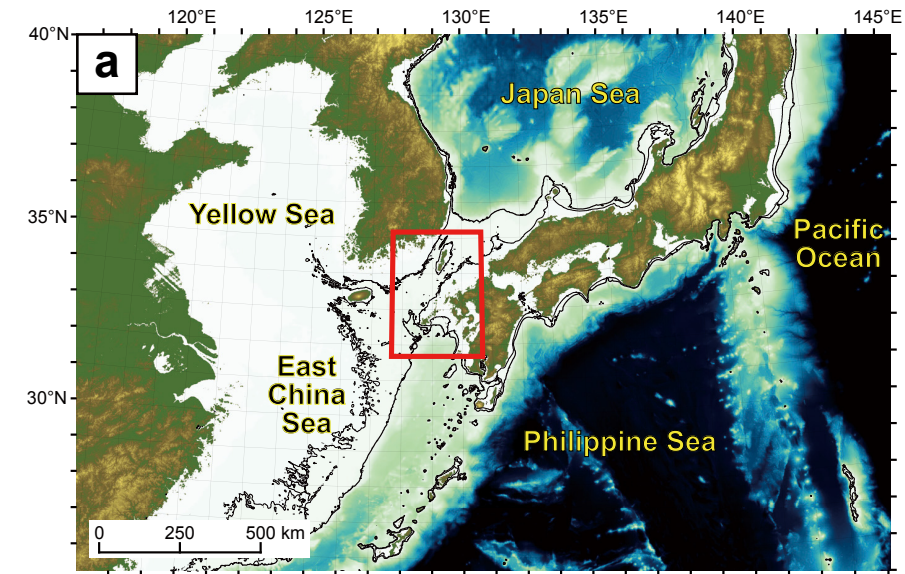
対馬海峡南部の、博多湾沖合を中心とする九州北部沖は、玄界灘とも呼ばれる沿岸海域であり、水深 100 m 以浅の陸棚が広がる (桂, 2010c)。玄界灘の南西部、東水道

(→ p. 185)

第 1 図 調査海域の広域図。 (a) 西南日本周辺の北西太平洋縁海域。赤枠は第 1 図 b の範囲を示す。 (b) 九州北西周辺海域の位置図。海域名称と顕著な海盆・海底谷の名称も併せて示す。破線は五島海底谷群 (永野ほか, 1976; 桂・永野, 1982) の谷筋を示す。海底地形データは GEBCO 2024 グリッド (GEBCO Compilation Group, 2024) を使用した。1: 博多湾, 2: 東松浦半島, 3: 平戸島, 4: 中通島, 5: 若松島, 6: 奈留島, 7: 久賀島, 8: 福江島, 9: 西彼杵半島, 10: 長崎 (野母) 半島, 11: 島原半島, 12: 橘湾, 13: 長崎 (野母) 海脚, 14–15: 天草諸島 (14: 上島, 15: 下島), 16: 甕島列島, 17: 男女群島。

Fig. 1 Broad maps of the present study area. (a) Marginal seas around southwestern Japanese Islands, in the northwestern Pacific region. A red square indicates the location of figure 1b. (b) Map around the northwestern Kyushu with names of sea areas, as well as notable topographic basins and submarine channels. Broken lines indicate channel axes of Goto Shelf Channels (Nagano *et al.*, 1976; Katsura and Nagano, 1982). Bathymetric data is based on GEBCO 2024 grid (GEBCO Compilation Group, 2024). 1: Hakata Bay, 2: Higashi-Matsuura Peninsula, 3: Hiradoshima Island, 4: Nakadorishima Island, 5: Wakamatsujima Island, 6: Narushima Island, 7: Hisakajima Island, 8: Fukuejima Island, 9: Nishi-sonogi Peninsula, 10: Nagasaki (Nomo) Peninsula, 11: Shimabara Peninsula, 12: Tachibana Bay, 13: Nagasaki (Nomo) Spur, 14–15: Amakusa Islands (14: Kamishima Island, 15: Shimoshima Island), 16: Koshikijima Islands, 17: Danjo Islands.

対馬・五島周辺海域の地質構造（有元ほか）



と九州北部の間には壱岐島がある。壱岐島東方から南方にかけての水道は壱岐水道と呼ばれる。

五島列島は、北東-南西に配列する比較的大きな5つの島(北から中通島、若松島、奈留島、久賀島、福江島)を中心とする島嶼群である。五島列島の北西には、東水道九州側から水深120-140 m以浅の平坦な陸棚が連続して広がる。さらに北西の沖合には、水深120-200 m前後の陸棚から斜面上部にかけて多数の海底谷が認められており(永野ほか, 1976; 桂・永野, 1982), 対馬南方から北東-南西の軸をもつ東五島陸棚海底谷群, 南北の軸をもつ中央五島陸棚海底谷群, 及び北西-南東の軸をもつ西五島陸棚海底谷群に分類されている。中でも本調査範囲に分布する東五島陸棚海底谷群は、3条の谷筋が東から順にC1-C3と命名され、形態や成因が詳しく検討されている(桂・永野, 1982)。また、これらの海底谷に挟まれ、その軸方向に沿うようにおおむね北東-南西に伸びる地形的高まりが複数認められており、五島堆群(第1-第6五島堆)と命名されている(永野ほか, 1976; 桂・永野, 1982)。C1-C3海底谷は北緯33度付近で収れんし、より南方の水深200 m前後で中央五島陸棚海底谷群と合流する。

五島列島南西端の福江島南西沖には、福江海盆が存在する(桂・永野, 1976)。海盆底はほぼ平坦で北西-南東に伸び、水深は400 m以上に達する(桂, 1992)。福江海盆の北縁部は五島陸棚海底谷群の収れん部となっており、南東部では東シナ海陸棚斜面を刻む五島海底谷に連続する。五島海底谷は、水深400 m付近から、南東方の男女海盆(最大水深890 m)に注ぐ、幅10 km、流路約50 kmの直線的なU字谷である(桂, 1992)。

五島列島と九州本土の西彼杵・長崎(野母)半島に囲まれた内海は、五島灘と呼ばれる。また、天草沖-甕島北部周辺の陸棚から五島列島南方の沖合にかけての海域は天草灘と呼ばれる。五島灘及び天草灘の陸棚はおおむね水深60-120 mの間で平坦部をなし、長崎(野母)半島の海域延長として南西に伸びる長崎(野母)海脚により隔てられている。

現在の対馬海峡周辺海域は、南西から北上する黒潮の分岐流が対馬海流として日本海に流入する流路となっている(桂, 2010a)。そのため、海底地形や底質に強い底層流の影響が見られ、サンドウェーブや砂堆、露岩域などが海底に広く認められる(桂, 2010a)。ただしこれらには、氷期の海水準低下期に海峡の一部が陸化した際に形成され、その後海水準の上昇により沈水した残存地形・堆積物も含まれると考えられている(茂木, 1981; 桂, 2010a)。

2.2 層序

九州北西海域周辺の海域層序・地質構造に関する知見は、主として1970年代以降の政府機関や大学などによる

組織的・集中的研究により蓄積されてきた(桂, 2010a)。また、Emery *et al.* (1969)が東シナ海における広域地質構造の枠組みと石油資源のポテンシャルを示して以降、資源探査を目的とする海域調査が盛んに行われ、一部の研究成果が公表されてきた(南, 1979; 伊藤ほか, 1992; 岩田・亀尾, 2001 ほか)。

対馬海峡付近から五島列島周辺にかけての音響層序区分と対比は、井上(1982)や桂(1992, 2010b)、伊藤ほか(1992)などに示されている。伊藤ほか(1992)は、北部九州海域の海底下に4枚の広域反射面を認定し、音響基盤(Y層)及びこれを覆う4層の堆積層(下位よりQ層, M層, L層, D層)に区分した。さらに、孔井地質情報と周辺の陸上地質、及び山陰沖の海底層序(南, 1979)との対比に基づいて、Y層は白亜系火成岩と推定され、またQ層, M層, L層, D層はそれぞれ始新統-漸新統, 漸新統-下部中新統, 下部-上部中新統, 上部中新統以上の堆積岩類に対比されている(伊藤ほか, 1992; 伊藤, 2000)。これら各層の境界は、M層基底を除いて不整合とされる(伊藤, 2000)。五島灘では、物理探査と基礎試錐「五島灘」により地質層序が明らかとなっている(Itoh *et al.*, 1999; 岩田・亀尾, 2001)。五島灘の海底下地質体は大きく4層(下位より基盤層, B層, C層, D層)に区分され、それぞれ白亜系-古第三系?の変質火山岩類と、上部始新統, 下部漸新統, 及び鮮新統-更新統の堆積岩類に対比されている(Itoh *et al.*, 1999; 岩田・亀尾, 2001)。各層の境界はC層基底を除いて不整合とされる(岩田・亀尾, 2001)。

海上保安庁(永野ほか, 1976 ほか)や地質調査所(Kimura *et al.*, 1975; 本座ほか, 1979)によるシングルチャネル探査に基づく層序区分では、海域や探査仕様により細部は異なるものの、おおむね下位より音響基盤(E層)とそれを覆う堆積層(D層, C層, B層, A層)が認定されている(井上, 1982; 桂, 1992, 2010b)。ここで、音響基盤のE層は、伊藤ほか(1992)に示される北部九州沖のL層以下、及び岩田・亀尾(2001)に示される五島灘のC層以下に相当し、中部中新統以下に対比される。そして、伊藤ほか(1992)及び岩田・亀尾(2001)のD層に相当する堆積層(D層, C層, B層, A層)は、下位よりそれぞれ上部中新統, 鮮新統, 下部更新統, 上部更新統-完新統に対比されている(井上, 1982; 桂, 2010b)。各層の境界はいずれも不整合とされる(井上, 1982)。

2.3 地質構造

九州北西周辺海域は、ユーラシア大陸とフィリピン海プレートのプレート境界部に発達した現在の背弧域に位置し、ユーラシア大陸縁辺部の新生代テクトニクスと、フィリピン海プレートの沈み込みに伴う地質現象が記録されていると考えられる(桂, 2010a)。本調査海域に特徴的な地質構造としては、対馬、五島列島、長崎半島な

どの延びの方向に一致する北北東-南南西あるいは北東-南西方向の褶曲・断層が認められる（永野ほか，1976；桂，1992）．このセンスの構造として顕著なものは，対馬トラフ東部から対馬西岸に沿って発達する断層群からなる対馬構造線，その南方延長に追跡され，第1五島堆東縁を通り南方まで連続する五島構造線，対馬と壱岐の間を走る凹地形をなす地質的不連続である壱岐構造線，及び五島列島東部海底に分布する相ノ島断層などがある（桂・永野，1976；桂，1992）．そのほかには，平戸島沖合に想定される平戸構造線や，五島海底谷，西五島陸棚谷群などの方向に一致する北西-南東方向のものがある（永野ほか，1976；桂，1992）．松本（2013）は，福岡沿岸海域の構造探査から，鮮新統-下部更新統相当以下の地層に見られる北東-南西方向の褶曲構造と，より上位の地層を切る，陸域に連続する北西-南東方向の左横ずれ活断層群の分布を明らかにした．

対馬-五島周辺海域における中部中新統以下の基盤構造は，古第三紀末期-前期中新世の日本海拡大に伴う西南日本のリフティングや，対馬-五島構造線の右横ずれ活動，中期中新世の対馬や五島列島への火成岩貫入に伴う隆起帯形成の影響を受けて発達してきたと考えられる（伊藤ほか，1992）．また，後期中新世には，フィリピン海プレートの沈み込みに伴う西南日本のインバージョンテクトニクスの影響を受け，北東-南西方向の褶曲構造の形成（南，1979；井上，1982）とともに，対馬周辺で左横ずれ運動が起こり，D層基底の不整合が形成された（伊藤ほか，1992）．第四紀の始まり前後からは，日本海南部から対馬周辺にかけて東西方向の圧縮が強まったことにより，それ以前の構造と斜交して南北方向の隆起帯が形成され（南，1979；伊藤，2000），また顕著な左横ずれの断層が発達した（松本，2013）．一方，五島灘-天草灘海域では，中新世末以降に伸長テクトニクスの影響下で，北西-南東あるいは東西方向の正断層形成に伴う堆積盆の急速な沈降が生じたことが推定されている（Itoh *et al.*, 1999；伊藤，2000）．

3. 方法

マルチチャネル反射法音波探査によるデータ取得は，計60日間の傭船期間で，2航海にわたり行われた（井上ほか，2025）．5月に実施したGS23航海では東京海洋大学の練習船「神鷹丸」（986 t）を，10-11月に実施したGB23航海では東海大学の海洋調査研修船「望星丸」（1,777 t）をそれぞれ使用した．

調査範囲として，海上保安庁海洋情報部（旧・水路部）により作成された「大陸棚の海の基本図（縮尺20万分の1）」のうち九州北西-西方沖の4区画「対馬付近」「壱岐水道」「天草灘」「五島列島」の範囲を中心に，音波探査測線を計画した．対馬や五島列島，甌島列島などの島嶼群におおむね並行する北東-南西方向の測線，及びそれに

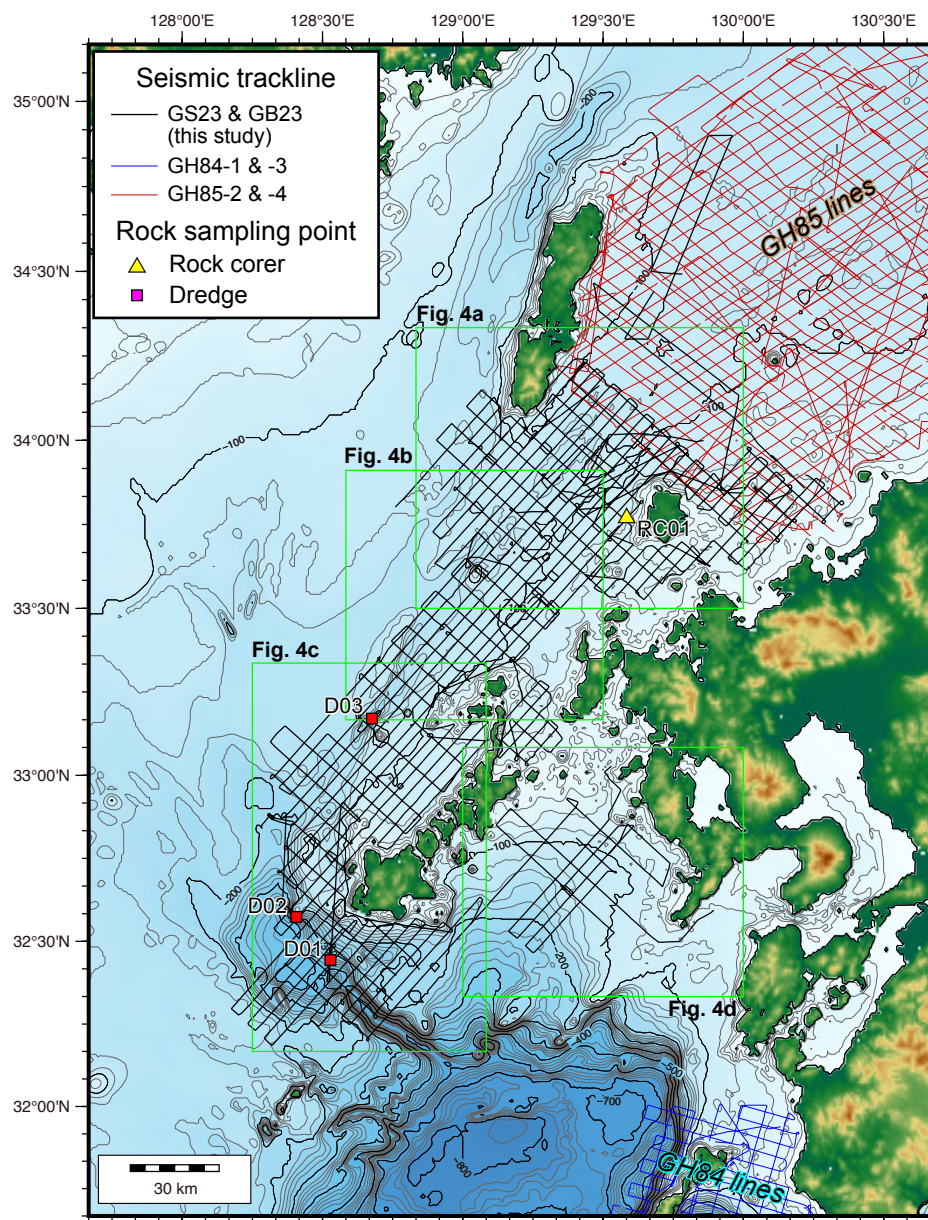
直交する北西-南東方向の測線を，それぞれ2マイル（約3.7 km）及び4マイル（約7.4 km）間隔で設定した．なお，計画測線群の一部は，公表済みの海底地質図「野間岬沖」（岡村，2022）及び「響灘」（岡村，2017）の海域と接続し，地質構造を連続的に解釈ができるように，既存測線群と一部オーバーラップさせている．

以下，GS23及びGB23航海に共通する観測仕様とデータ処理の概要を以下にまとめる．反射法音波探査の音源として，Sercel社製GIガン（GI-355型）にリデューサーを装着して，総容量150立方インチ（True GI Mode：ジェネレーター（G）容量45立方インチ，インジェクター（I）容量105立方インチ）としたものを1台，船尾から約20 m離して曳航した．GIガンの発振は6秒間隔で行い，対地船速約8ノットで航走したため，発振点間隔は約25 mである．受振部は，Geometric社製 デジタルストリーマケーブル（GeoEel Solid：チャンネル数16，チャンネル間隔12.5 m）を用いた．先頭のチャンネルは船尾から約140 m離れた位置とした．ストリーマケーブルはCNT-2探鉱機に接続し，GNSS情報を付加してSEG-D形式で収録し，収録長は5 sec，サンプリングレートは1 msecを基本とした．取得したデジタルデータは，SEG-Y形式に変換した後，Seismic Un*x（Cohen and Stockwell，2022）を用いてデータ処理を行った．データ処理を行うにあたり，共通反射点（Common Mid-point；CMP）間隔は6.25 mとし，重合数はおおむね4であった．データ処理は，ジオメトリ編集，周波数バンドパスフィルタリング（通過周波数15-500 Hz），球面発散補正によるゲイン回復，デコンボリューションフィルタリング，CMPソート，垂直動（Normal Moveout；NMO）補正，CMP重合の流れで行った．重合速度は簡易的に一定速度とし，1,600 m/sから1,800 m/sの間でパラメータテストを実施して，断面ごとに最適な表示ができるよう調整した．また，バンドパスフィルターの通過周波数は15-500 Hzとした．重合後の反射波はおおむね30-80 Hzの帯域が卓越しており，重合速度を加味するとRayleigh基準の鉛直分解能は最大でおおむね5 mとなる．

4. 反射法音波探査の結果と地質構造の予察的解釈

2023年度調査の反射法音波探査航走観測では，対馬東方沖から五島列島南方の福江海盆周辺及び東方の五島灘にかけて，測線及び測線間移動を含め合計約3,952マイル（7,319 km）にわたるデータを取得した（第2図）．航走観測機器の投入から揚収までを1回の観測とすると，GS23航海では計2回の観測を行い，航走距離の合計は約2,332マイル（4,319 km）である．また，GB23航海では計16回の観測を行い，航走距離の合計は約1,620マイル（3,000 km）である．

過去調査で取得されたデータとの比較のため，対馬南東沖（第3図a）において昭和60年度に取得されたシング



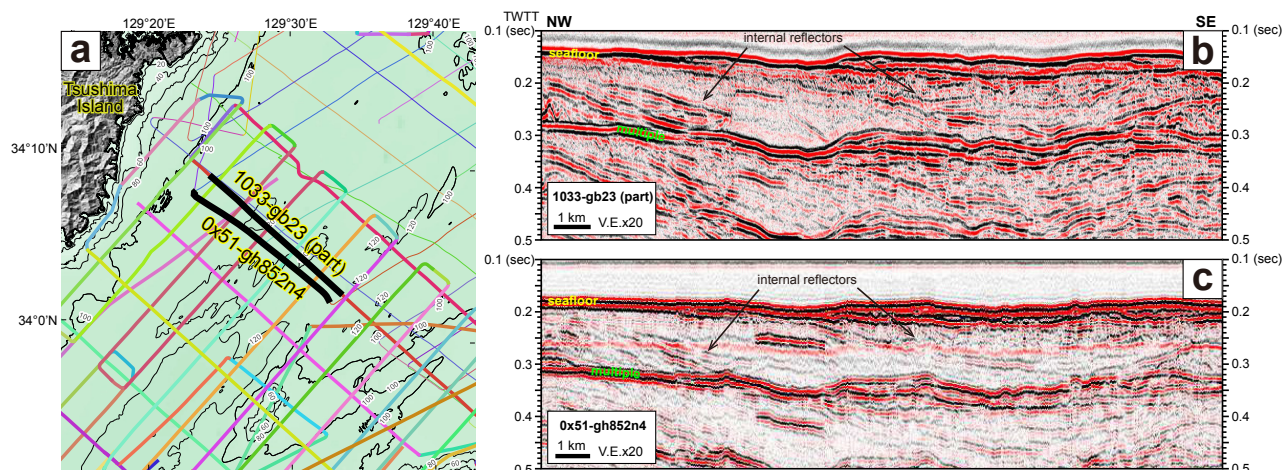
第2図 本調査の航跡図。過去調査 (GH84-1, GH84-3, GH85-2, GH85-4) の測線図, 第4図 a-d の各エリアの範囲を薄緑線で示す。及びGB23航海の岩石試料採取地点 (RC01, D01-D03) も併せて示す。

Fig. 2 Seismic tracklines of the present study. Close-up areas in figure 4a-d are indicated with light green frames. Seismic lines in the past surveys and rock sampling sites in GB23 cruise are shown together.

ルチャネル探査の断面 (第3図b) と、本調査で取得されたマルチチャネル探査の断面 (第3図c) の例を示す。これらはほぼ同一地点の断面であるが、本調査の断面では内部反射面の連続性がより認定しやすくなるなど、品質の向上が認められる (第3図b, c)。

本稿では、調査範囲を (a) 対馬海峡周辺、(b) 五島列島北方、(c) 五島列島西方-南方、及び (d) 五島灘の各エリ

アに分けて、それぞれの海域で得られた代表的な断面を紹介する (第4図)。本稿では、断面に認められる海底下地質体を、侵食不整合面及びそれに連続する広域反射面を基準として、音響基盤ユニットと堆積層ユニットの2層に区分した。広域反射面より下位で、内部構造の大部分が音響的に不透明な箇所を、音響基盤ユニットとして認定した。また、音響基盤ユニットを覆う成層した内部



第3図 対馬南東沖断面の、隣接した過去調査断面との比較。(a) 測線位置図。(b) 2023年度調査で得られた断面(測線1033-gb23)。(c) 1985年度調査で得られた断面(測線0x51-gh852n4)。

Fig. 3 Comparison of neighboring seismic sections offshore southeastern Tsushima Island. (a) Location of seismic lines. (b) A seismic section obtained in a FY2023 survey (Line 1033-gb23). (c) A seismic section obtained in a FY1985 survey (Line 0x51-gh852n4).

反射面をもつ地質体を、堆積層ユニットとして一括した、各断面(第5図-第21図)に見られる地質構造について記載し(4.1-4.4節)、音響基盤と堆積層の各ユニットの、既存の海域層序の枠組みとの対比について簡単に触れる(4.5節)。なお、各断面において、堆積層ユニットの内部に部分的に複数の不整合面が認められる場合があるが、これらの不整合面の広域性の認定及び断面間の追跡が現段階で十分ではないため、本稿では堆積層ユニット内の区分と既存調査との詳細な対比は行わない。

4.1 対馬海峡周辺

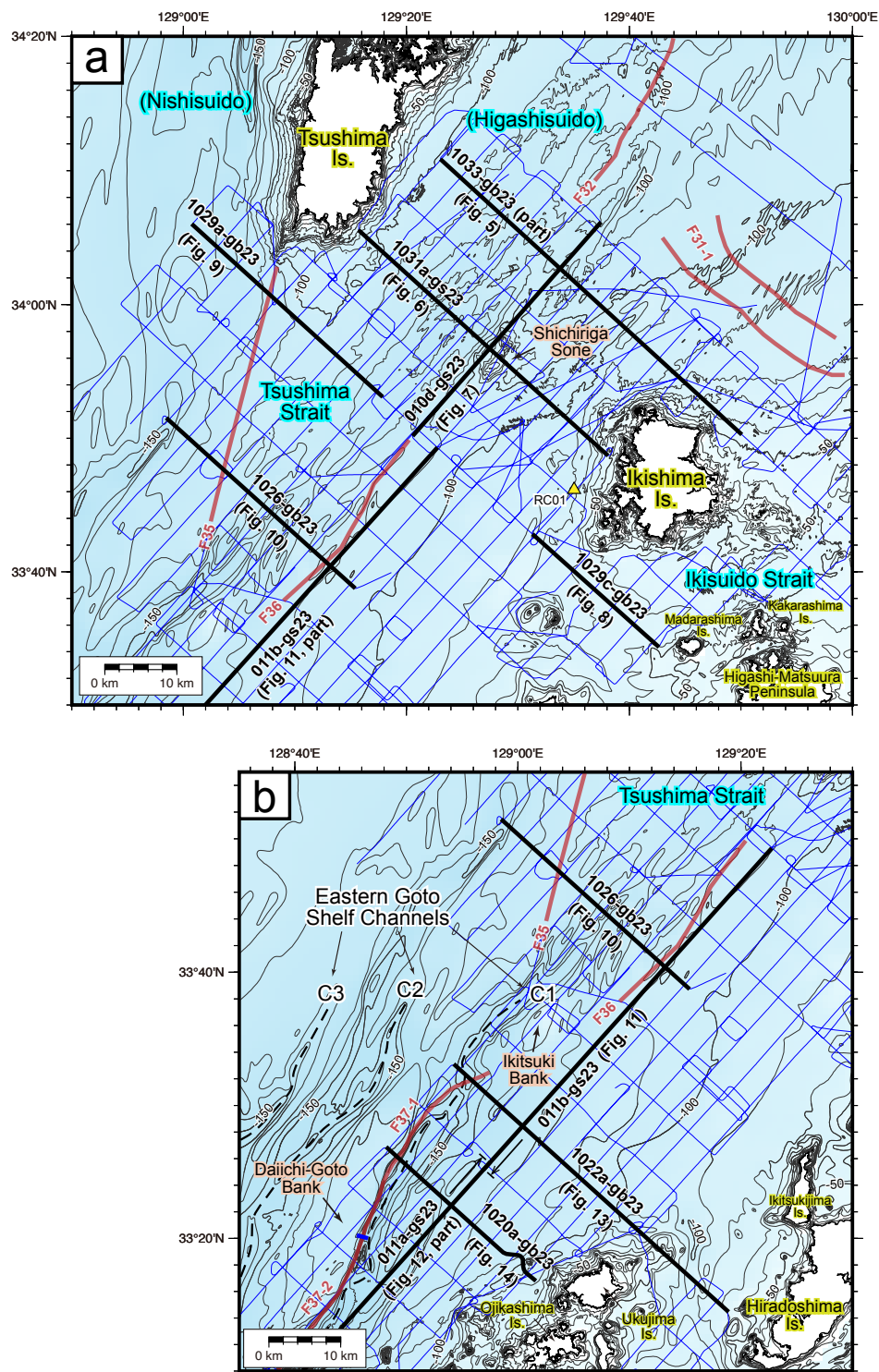
本海域では2航海にまたがり、主として対馬南方から南東にかけての対馬海峡東水道、壱岐島南方の壱岐水道から東方の博多湾沖合、及び中通島-平戸島間の海峡を含む五島列島北部周辺の、計画測線の大部分についてデータを取得した(第2図、第4図a, b)。

対馬海峡東水道の海底下に認められる音響基盤ユニットは、島嶼部縁辺で分布深度が浅く、一部海底面に露出する(第5図、第6図)。音響基盤ユニットの上面(以下、音響基盤上面;第5図、黄色線、以下同様)は見かけ上沖合に向かって傾斜しており、東水道の軸部付近では往復走時0.3秒以上深くなって、断面上で多重反射ノイズの影響により追跡できなくなる。海峡最狭部では局所的に海底に露出し、ドーム状の地形的高まり(七里ヶ曾根)をなしている(第6図、第7図)。上位の堆積層ユニットは、東水道軸部を中心とする沖合で広く音響基盤ユニットを覆い、音響基盤上面にオンラップする(第5図-第7図)。本ユニットの下限は大部分で多重反射ノイズの影響により不明であるが、七里ヶ曾根北方や西方で少なくとも約

0.2秒以上の層厚をもつ。

海峡軸に沿う北東-南西方向断面(第7図)で見られる堆積層ユニットは、比較的よく成層し連続性の良い内部反射面をもつ。下部には、波長数kmオーダーの褶曲構造が認められ、特に七里ヶ曾根の高まりの南北には、部分的に正断層による落ち込みを伴う顕著な向斜構造が見られる(第7図)。七里ヶ曾根南方では明瞭でないが、北方では向斜軸に向かって発散する(divergent; Mitchum *et al.*, 1977)内部反射面のパターンが認められる。七里ヶ曾根南西方の堆積層ユニット最上部は、約0.2秒-0.6秒程度の厚さでユニット下部及び音響基盤ユニットの一部を比較的水平に覆うが、北東方ではあまり発達せず、褶曲構造を示す堆積層ユニットの上面が海底面に侵食されている。七里ヶ曾根南西沖の堆積層の背斜部には、貫入構造の可能性がある不明瞭な構造が認められる。

一方、海峡を横切る北西-南東断面(第5図、第6図)に見られる堆積層ユニットは、概して内部反射面の連続性が悪く、直交方向に比べて内部構造はより複雑である。七里ヶ曾根東方から壱岐周辺にかけての東水道東部海底下は、音波の透過が悪いこともあり、反射面の追跡が困難である。これに対して、七里ヶ曾根西方から対馬南東沖にかけての東水道西部では、このエリアで広く追跡可能で下位層上面の侵食を伴う不整合面により、複数のユニットに細分できる可能性がある。堆積層ユニットの内部反射面は、大局的には東水道軸部に向かって傾斜しており、対馬側のユニット下部には、音響基盤上面からオフラップする内部反射面のパターンが認められる(第5図)。また、海峡軸部に分布するユニット下部には短波長の著しい変形が認められ(第5図)、七里ヶ曾根縁辺部

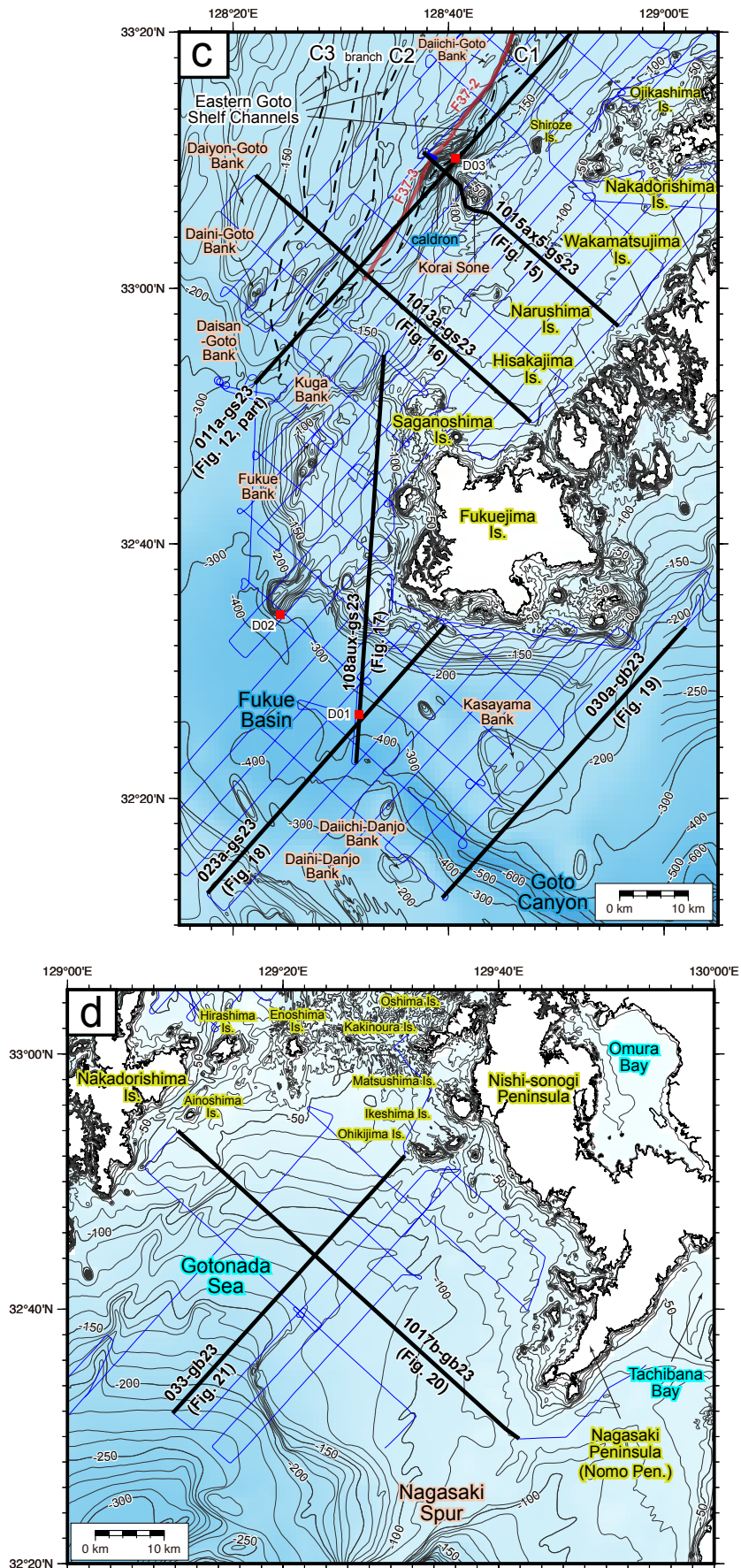


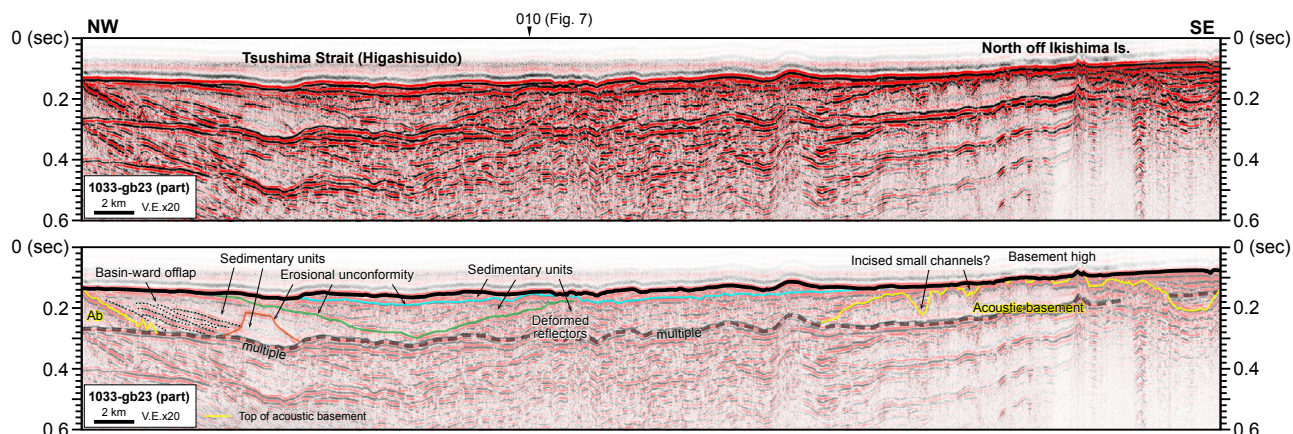
(p. 190–191)

第4図 断面図の測線位置図。(a) 対馬海峡周辺。(b) 五島列島北方。(c) 五島列島西方-南方。(d) 五島灘。等深線は日本水路協会(2009)海底地形デジタルデータM7050 Ver.1.0に基づく。東五島海底谷群のC1–C3海底谷を破線で示す(桂・永野, 1982)。地震調査委員会(2022)で評価された海域活断層の推定位置を赤線で示す。F31-1: 小呂島近海断層帯北西沖区間, F32: 対馬東水道断層, F35: 対馬南方沖断層, F36: 七里ヶ會根断層, F37-1: 第1五島堆断層帯北部区間, F37-2: 第1五島堆断層帯中部区間, F37-3: 第1五島堆断層帯南部区間。

Fig. 4 Locality maps for seismic lines. (a) Tsushima Strait area. (b) North of Goto Islands area. (c) West to south of Goto Islands area. (d) Goto-nada Sea area. Bathymetric contour lines are based on Digital Bathymetric Chart M7000, M7050 Ver.1.0 (Japan Hydrographic Association, 2009). C1–C3 channels of East Goto Shelf Channels (Katsura and Nagano, 1976) are shown with dashed lines. Red lines indicate distribution of evaluated offshore active faults (Earthquake Research Committee, 2022).

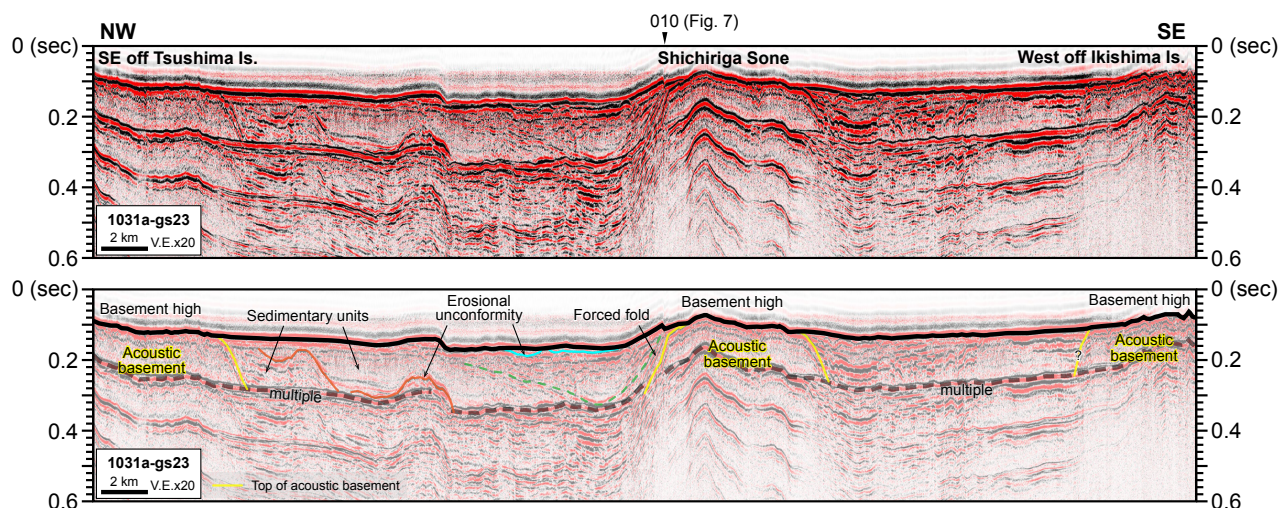
対馬・五島周辺海域の地質構造（有元ほか）





第5図 対馬沖北西-南東断面 (測線 1033-gb23 の一部). 上図が未解釈, 下図が解釈したものを示す. 音響基盤 (Acoustic basement; Ab) ユニットの上面を黄色線, その他の不整合面をそれぞれ色分けして示す (以下, 第 21 図まで同様).

Fig. 5 A NW-SE section offshore Tsushima Island (part of Line 1033-gb23). Upper and lower panels are uninterpreted and interpreted sections, respectively. Yellow and other multicolored lines represent the upper boundary of acoustic basement (Ab) unit and other unconformities, respectively (Same for the following figures 6-21 as above).



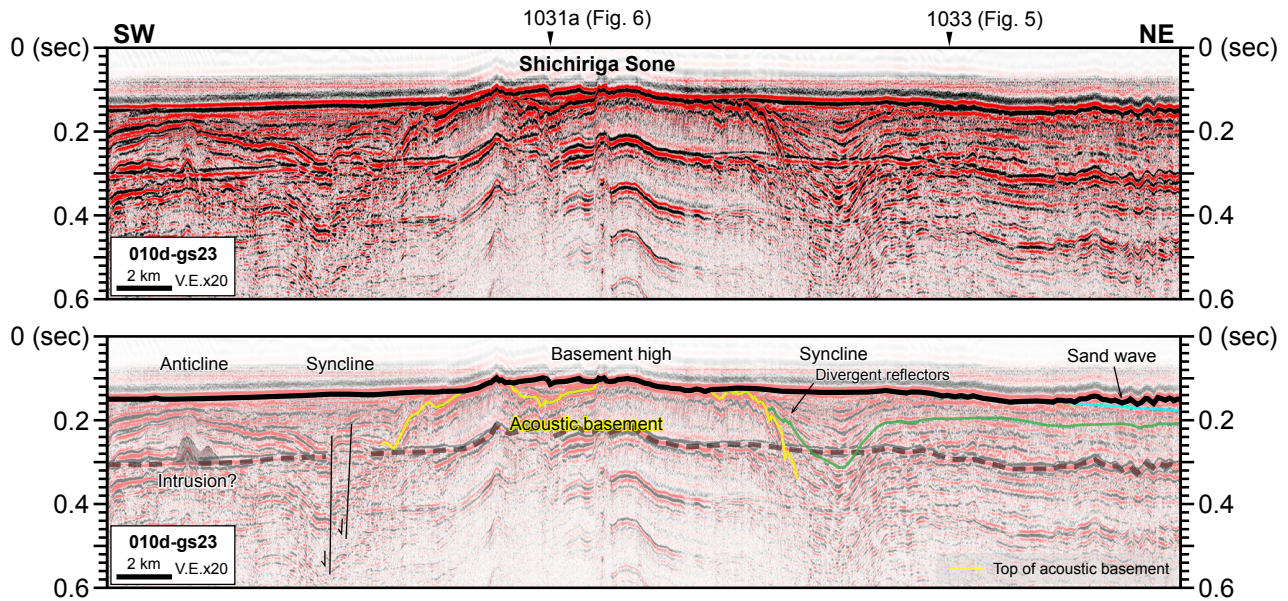
第6図 対馬-壱岐間の北西-南東断面 (測線 1031a-gs23).

Fig. 6 A NW-SE section between Tsushima and Ikishima islands (Line 1031a-gs23).

では南北と同様に基盤上面の形状に規制された著しい褶曲が認められる (第6図). 七里ヶ曾根西方には, 堆積層ユニット内部に幅 10 km 未満の凹地をなす不整合面 (第5図, 緑線) があり, それにオンラップして埋積するように斜交層理あるいは乱雑なパターンを示す内部反射面をもつ堆積層ユニット上部が分布する. 堆積層ユニット最上部には, さらにチャンネル状あるいは平坦な不整合面 (第5図, 第6図, 水色線) を境界として厚さ約 0.03 秒以下のユニットが識別されるが, 分布は沖合に限られ, 局所的である.

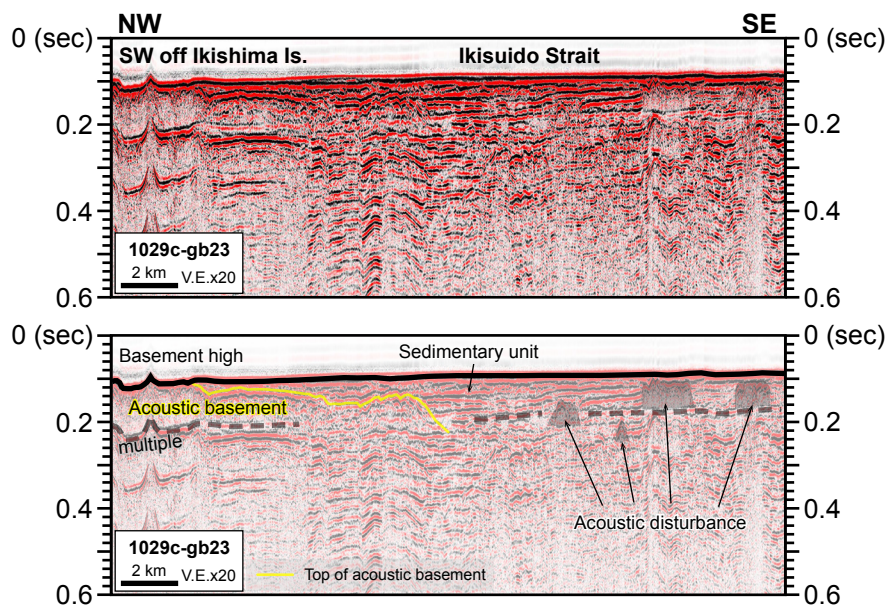
壱岐水道南部の北西-南東方向断面 (第8図) には, 壱岐島南西沖で海底面に露出する音響基盤ユニットと, それをオンラップで覆い, 水道中央部で最大約 0.12 秒以上の厚さをもつ堆積層ユニットが認められる. この断面上では, 特に南東側の東松浦半島沖合の堆積層ユニット中に, 様々な深度で局所的に音響散乱する部分が複数認められる (第8図, Acoustic disturbance). この音響散乱部は, 島嶼域周辺の音響基盤と異なり, 空間的連続性に乏しい特徴がある.

本調査では, 地震調査委員会 (2022) によって対馬海峡



第7図 対馬海峡東水道中央部の北東-南西断面（測線010d-gs23）。

Fig. 7 A NE-SW section in the central part of Higashisuido Strait (Line 010d-gs23).



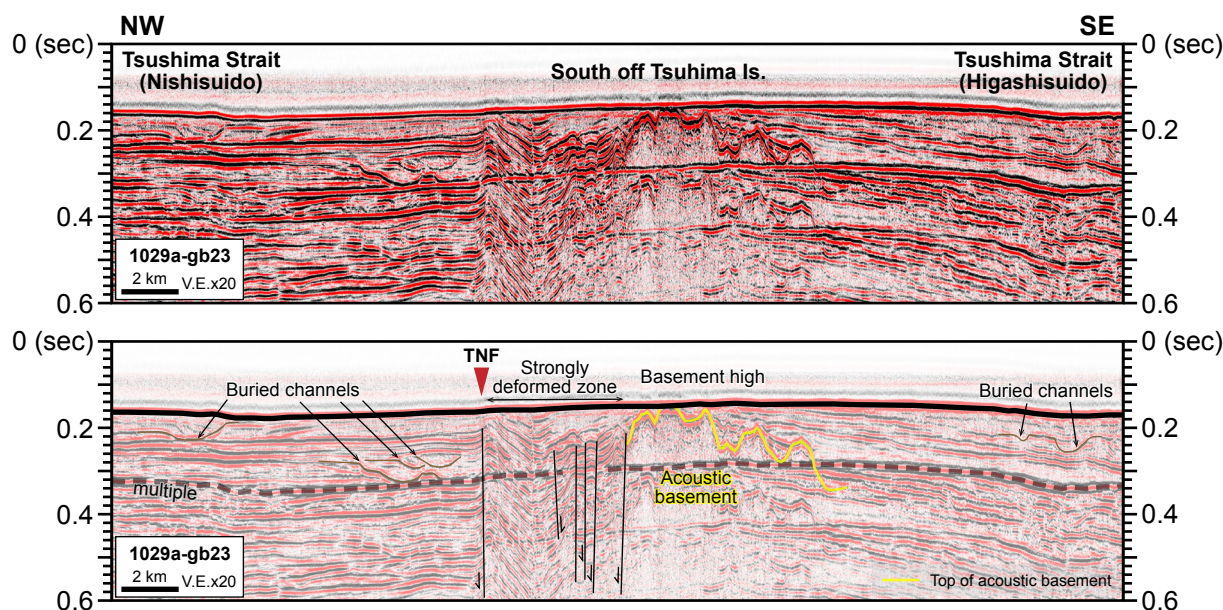
第8図 壱岐水道南部の北西-南東断面（測線1029c-gb23）。

Fig. 8 A NW-SE section across the southern part of Ikisuido Strait (Line 1029c-gb23).

周辺海域に認定・評価された海域活断層のうち、いくつかの断層に関して複数測線で地質構造を確認できた（第4図a）。例として、対馬海峡南方に分布する2条の断層である対馬南方沖断層及び七里ヶ曾根断層を横切る北西-南東方向の断面を示す（第9図、第10図）。

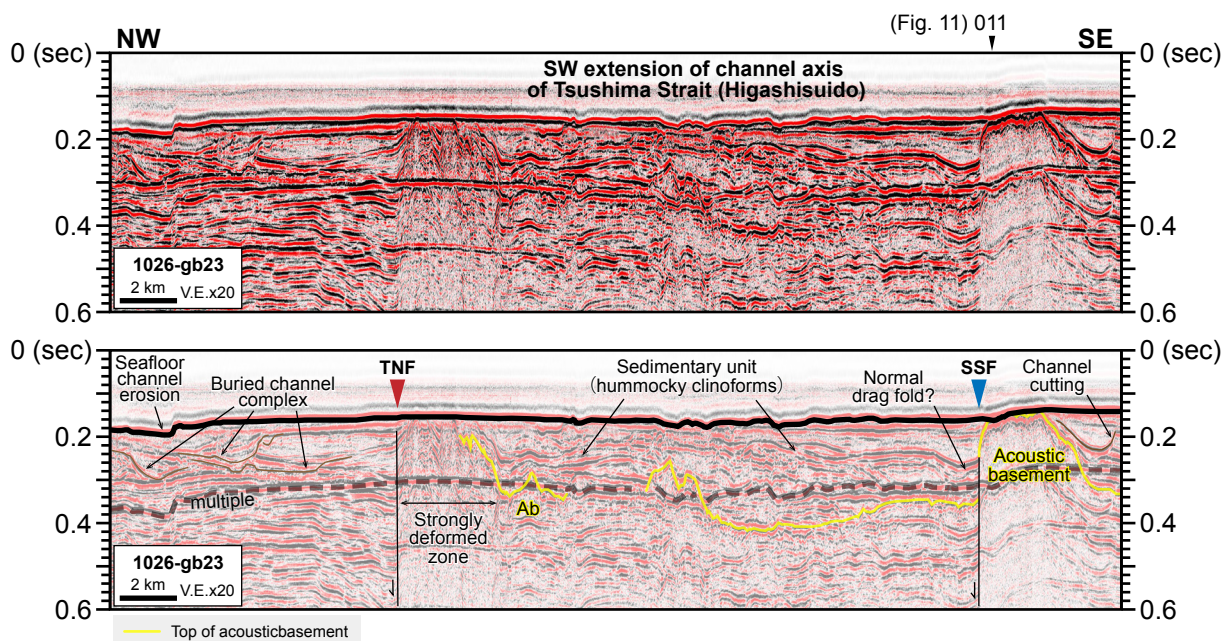
対馬南方沖の断面（第9図）では、島嶼部の延長と考えられる音響基盤の高まりと、厚いところで約0.4秒以上

の堆積層ユニットが認められる。海底面はおおむね平坦であるが基盤の高まりと整合して対馬南方で緩やかに高まりをつくっている。堆積層ユニットの内部反射面は比較的連続性が良く、基盤の高まりを軸とする長波長の背斜構造が明瞭に認められる。また、下に凸の形状で下位の反射面の侵食を伴う、幅1-2 km程度の埋積された小規模なチャネル構造が複数認められる。一方、より南方



第9図 対馬南方沖の北西-南東断面 (測線 1029a-gb23). TNF: 対馬南方沖断層 (地震調査委員会, 2022).

Fig. 9 A NW-SE section across southern offshore Tsushima Island (Line 1029a-gb23). TNF: Tshushima Nanpo Fault (Earthquake Research Committee, 2022).



第10図 対馬海峡南部の北西-南東断面 (測線 1026-gb23). TNF: 対馬南方沖断層, SSF: 七里ヶ曾根断層 (地震調査委員会, 2022).

Fig. 10 A NW-SE section across the southern part of Tsushima Strait (Line 1026-gb23). TNF: Tshushima Nanpo Fault, SSF: Shichiriga Sone Fault (Earthquake Research Committee, 2022).

の断面 (第10図) で認められる堆積層ユニットは、東水道の南方延長部で最大約0.24秒の厚さをもち、断面西側では北方と同様に約0.4秒以上の厚さをもつと考えられる。埋没チャネル構造についても同様に認められるほか、海底面にもチャネル侵食地形が認められる。断面中央部

の内部反射面はハンモック状クリノフォーム (Mitchum *et al.*, 1977) パターンを示す。

対馬南方沖の断面 (第9図) では、音響基盤ユニットの高まりの西方に、幅5 km程度の著しく褶曲変形が卓越する強変形帯 (第9図, Strongly deformed zone) を挟んで、

顕著な構造境界となる断層が認められる（第9図、TNF）。この部分が地震調査委員会（2022）の対馬南方沖断層に相当すると考えられる。強変形帯は正断層系を伴っており、深部で主断層が分岐し上方でブロック状の落ち込みを伴う密集した正断層群となる負のフラワー構造（Woodcock and Fischer, 1986）の、上端の現れである可能性がある。この解釈は対馬南東沖断層が右横ずれ断層の性質をもつとされる（地震調査委員会、2022）ことと矛盾せず、引張横ずれ応力場の影響下で活動した可能性を示唆する。基盤の高まり、及び本断層とそれに伴う強変形帯の構造は、南西に少なくとも約22 km以上追跡される（第10図）。一方、南方の断面（第10図）の南東部にも音響基盤の局所的な高まりが認められ、その西縁は北西落ちの高角正断層によって切られる。この断層は、地震調査委員会（2022）の七里ヶ曾根断層に対比されると考えられる。断層に沿った音響基盤上面の変位は、反射波の回折により見づらくなっているものの、少なくとも約0.1秒以上と見積もられる。堆積層ユニットの内部反射面は、七里ヶ曾根断層付近で下に凸の形状を示し、正断層活動に伴う引きずり褶曲を表す可能性があるが、反射面の形状だけでは周辺海域に特徴的な埋没チャネル構造との区別が付きにくく、サブボトムプロファイラーにより得られた浅層地質構造データを併用するなどして、慎重に解釈する必要がある。

4.2 五島列島北方

本海域では、主として五島列島北西に位置する第1五島堆から東方においてデータを取得した（第4図b）。本海域には東五島陸棚谷群（第4図b、C1-C3：永野ほか、1976；桂・永野、1982）の谷頭部が分布している。

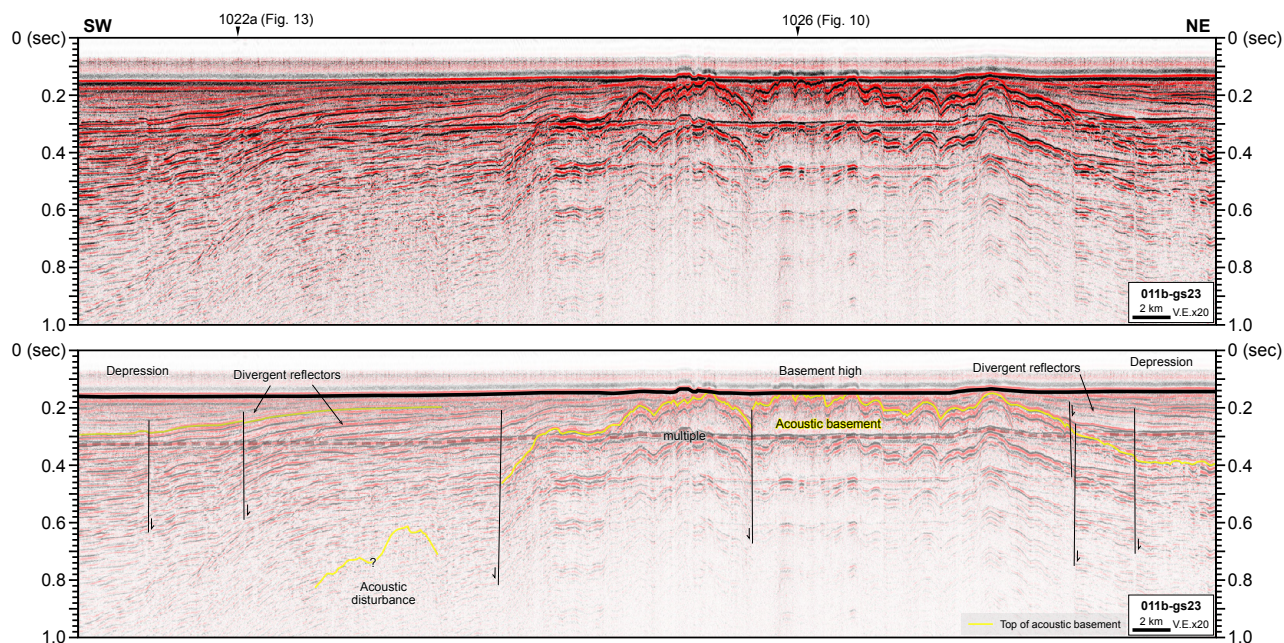
五島列島北方から西方にかけての北東-南西方向の断面を、第11図及び第12図に示す。五島列島北方（第11図の北東側）には、北東-南西方向に約30 km近くの広がりをもつ、顕著な音響基盤の高まりが認められる。これと比べて、直交する北西-南東方向の断面（第10図）では約3 km程度とかなり幅が狭く、対馬海峡の七里ヶ曾根と大まかな形状が類似する。上面は起伏に富んでいるが、頂部の一部が侵食される一方で、凹地は堆積層ユニットに埋められ、全体として平坦な海底面をなしている。音響的に不透明のため内部構造は不明瞭だが、上面の急落や上位の堆積層ユニット内部の変形などから、正断層系の発達を示唆される。

対照的に、基盤の高まりの北東及び南西には、音響基盤上面をオンラップで覆う堆積層ユニットが比較的厚く発達する（第11図）。北東方の堆積層ユニットの厚さは、約0.26秒程度が確認できる。南西方の堆積層ユニットは、南方で下限が不明となるが、五島列島北部に位置する宇久島の北西付近に向けて厚さを増して厚さ0.6秒以上に達する可能性がある（第11図の南西部）。さらに南方で

は、小値賀島の北西沖で再び音響基盤の高まりに沿って約0.2秒程度まで厚さを減じる（第12図の北東部）。内部反射面はよく成層して連続性が良く、基盤の高まりの縁辺から堆積中心に向かって発散するパターンを示す。小値賀島北西付近（第12図、測線1020aとのクロス付近）の最上部約0.1秒程度は、やや乱れた反射面のパターンを示す。

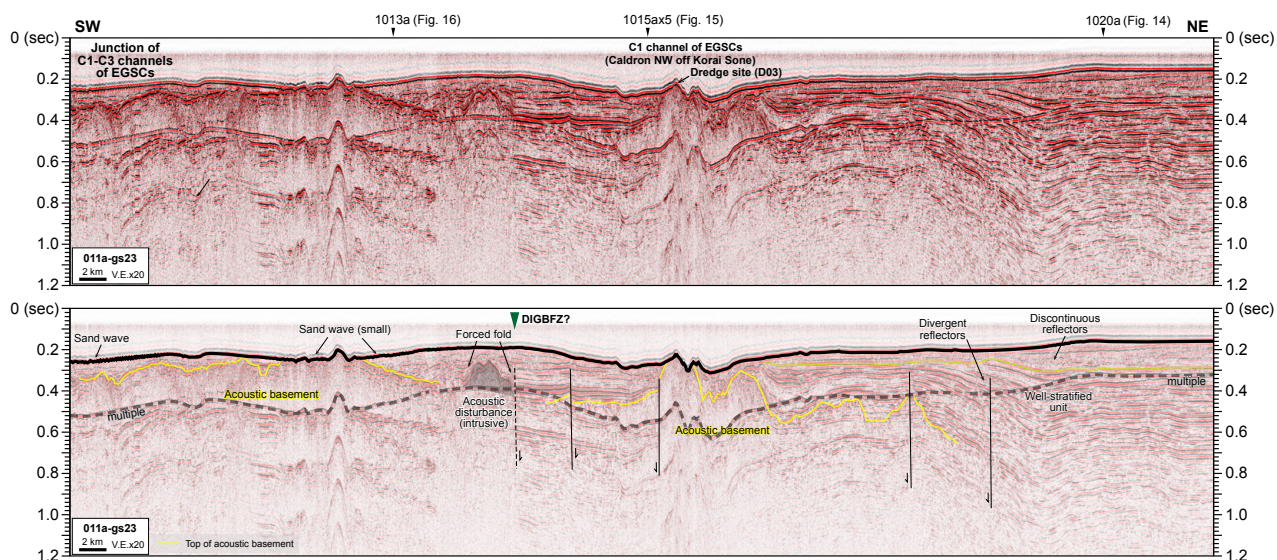
五島列島北西の堆積盆について、北西-南東方向に切る2つの断面を第13図と第14図に示す。北側の断面（第13図）は、東五島陸棚谷群C1海底谷から宇久島北方沖を横切り、平戸島西方沖に至る海底下地質構造を示す。平戸島西方沖では、上部を侵食された音響基盤ユニットが海底に露出し、北西に向かって上面深度を増して、往復走時0.25秒付近で追跡が困難になる。堆積層ユニットは、平戸島沖で音響基盤ユニットをオンラップで覆い、宇久島北方付近から北西に向けて傾斜する内部反射面を伴って厚さを増す。北西部のC1海底谷付近には、海底面に達すると見られる高角の南東落ち正断層が認められるが、その東側で堆積層ユニットの内部反射面は顕著に落ち込み、最も厚くなっていると考えられる。この正断層の西側にも、幅3 km程度の範囲に、同様の高角正断層群によるステップ状の反射面の落ち込みが認められる。同様の地質構造は、南側の断面（第14図）にも認められる。本断面では、C1海底谷西縁が比較的急崖をなしており、おおむねその直下に北側断面から連続する高角正断層によると思われる地質境界が認められる。東側の上盤は、五島列島北西の堆積盆を埋める、よく成層した堆積層ユニットであるが、C1海底谷軸部から東方に10 km程度の最上部約0.1秒には、侵食不整合面の上位に連続性の悪い反射面の卓越する部分が認められる。西側の下盤は第1五島帯の高まりをなす音響基盤ユニットであり、頂部は水深110-120 m付近で平坦に侵食されて海底に露出している。音波の透過は悪く、下限は不明であるが、著しく褶曲した内部反射面が認められる。上面は東縁の急崖部で上位の堆積層ユニットにオンラップで覆われ、反射波の回折により不明瞭だが正断層に沿って著しく落ち込んでいるものと考えられる。本断面では上面の鉛直変位量は不明である。この激しく変形した音響基盤ユニットは、北側の断面（第13図）の西端の海底下0.09秒以下に連続する。

宇久島北東方におおむね水深70 m以浅で宇久島から連続する海底地形の高まり（第13図）や、宇久島西方沖（第14図）の海底下には、成層した内部反射面がかろうじて見えるものの、局所的な音響散乱が卓越する部分が認められる。これらは山体状の形状を示し、部分的に頂部が海底に露出する。その周縁部の傾斜した上面は堆積層ユニット最上部でオンラップされるが、音響散乱部自体は側方に厚さを減じ、成層した反射面に漸移するように見える。



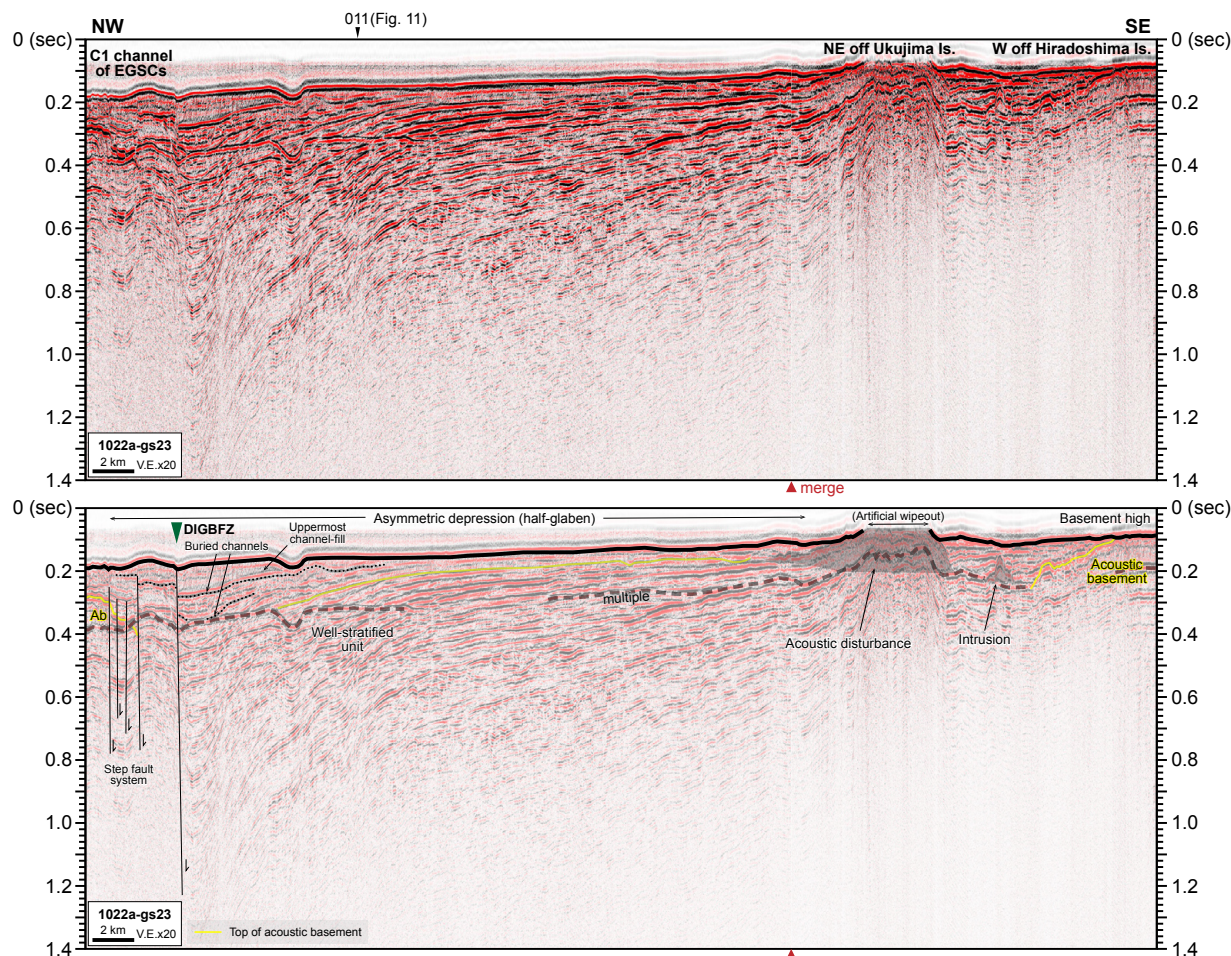
第 11 図 対馬海峡南部から五島列島北方沖にかけての北東-南西断面 (測線 011b-gs23). 断面南西端は、第 12 図の断面北東端とわずかにオーバーラップする。

Fig. 11 A NE-SW section from the southern part of Tsushima Strait to northern offshore of Goto Islands (Line 011b-gs23). The SW end of section overlaps with the NE end of that of figure 12.



第 12 図 五島列島北西沖の北東-南西断面 (測線 011a-gs23). 断面北東端は、第 11 図の断面南西端とわずかにオーバーラップする。EGSCs (East Goto Shelf Channels): 東五島海底谷群 (永野ほか, 1976; 桂・永野, 1982). DIGBFZ (Daiichi-Goto Bank Fault Zone): 第 1 五島堆断層帯 (地震調査委員会, 2022). 略語は以下第 16 図まで同様。

Fig. 12 A NE-SW section northwestern offshore of Goto Islands (Line 011a-gs23). The NE end of section overlaps with the SW end of that of figure 11. EGSCs: East Goto Shelf Channels (Nagano *et al.*, 1976; Katsura and Nagano, 1982). DIGBFZ: Daiichi-Goto Bank Fault Zone (Earthquake Research Committee, 2022). Abbreviations are the same for the following figures 13-16 as above.



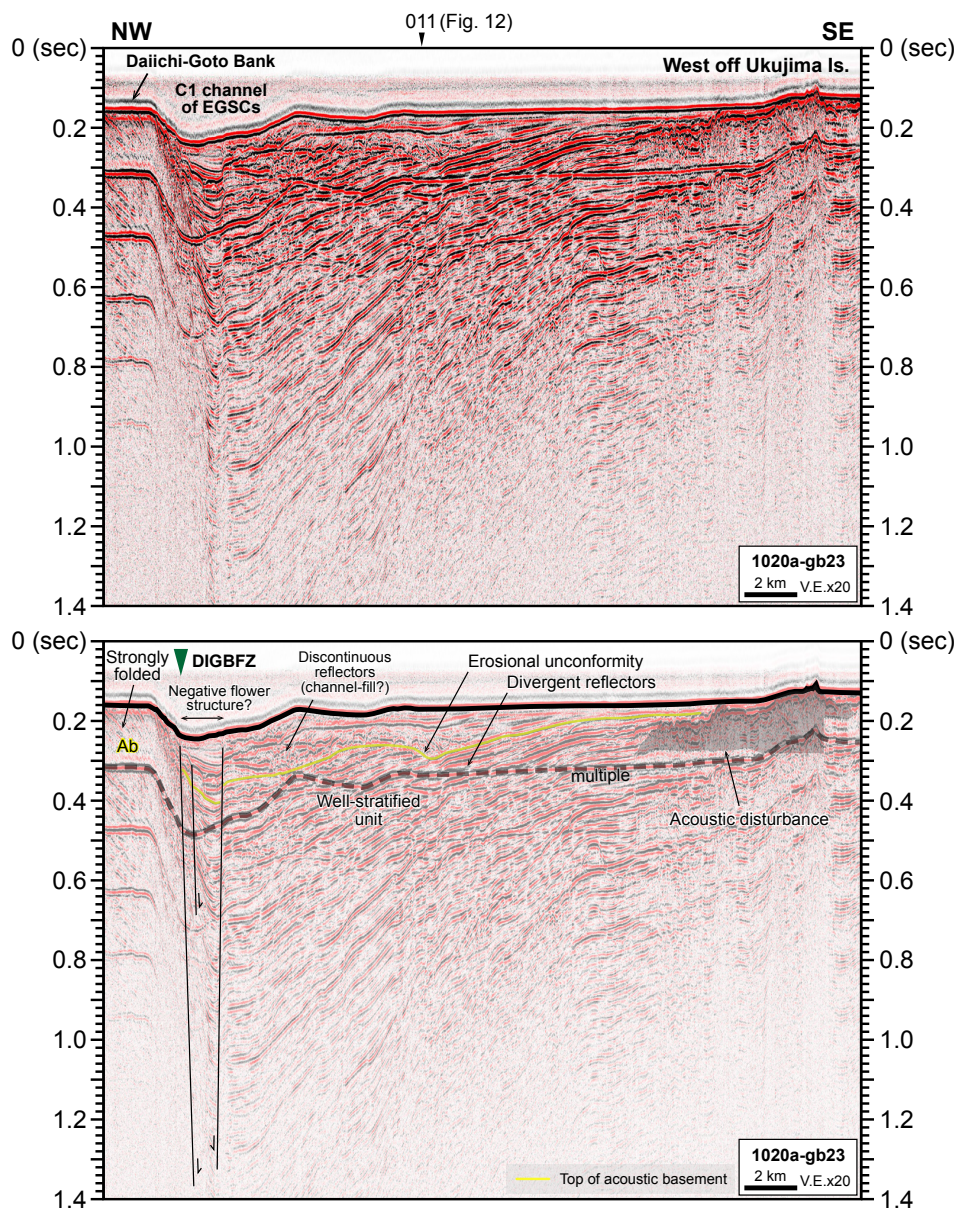
第13図 五島列島北方沖から平戸島沖合の北西-南東断面（測線1022a-gs23）．断面下方枠外の赤三角は、2回に分けて取得した断面の接合部を示す．

Fig. 13 A NW-SE section from northern offshore of Goto Islands to offshore Hiradoshima Island (Line 1020a-gs23). The red triangles under the lower ends of each panel indicate the merged position of two separate sections.

ここで、五島列島北西沖に認められる堆積盆の性質について簡単に考察する．音響基盤の上面形状と上位の堆積層ユニットの分布から考えて、本堆積盆は北東-南西方向に約40 km、北西-南東方向に20 km前後の空間的広がりを持つと推定される．長軸方向である北東-南西方向には、北側の傾斜がやや緩いものの、比較的対称な形態を示し、両縁辺部は基盤の高まりに沿うように薄くなる（第11図、第12図）．これに対して、短軸方向の北西-南東方向には著しく非対称な形態を示し（第13図、第14図）、東縁では五島列島から平戸島にかけての基盤の高まりに沿って堆積層ユニットが緩やかにせん滅する一方、西方では第1五島堆東縁のC1海底谷付近で最も厚くなり、高角正断層系に沿う基盤（褶曲の卓越するユニット）の急傾斜によって西縁を境される．すなわちこの堆積盆は、全体として北西落ちのハーフグラaben（半地溝）構造であると考えられる．地震調査委員会（2022）は、第1五島

堆の東縁を通りおおむねC1海底谷に沿う顕著な断層帯として、第1五島堆断層帯を認定している．本調査で認められたハーフグラabenの西縁をなす境界断層は、その分布域から考えて、およそ北緯33度20分以北の第1五島堆断層帯北部区間に相当すると考えられる．第1五島堆断層帯は右横ずれの性質をもつとされており、堆積盆の境界をなす正断層系（第13図、第14図）は、対馬南方沖断層のアナロジーとして、負のフラワー構造の上端の表れの可能性がある．ハーフグラabenを埋める堆積層ユニットの内部反射面は、縁辺付近で堆積中心に向かって発散するパターンにより特徴づけられ、対馬南方海域と同様の横ずれ引張応力場のもとで、第1五島堆断層帯の右横ずれ活動に伴い、継続的に沈降帯として発達してきたことを示唆している．

東五島陸棚谷群の中でもC1海底谷は、第1五島堆断層帯（五島構造線あるいは対馬-五島構造線：永野ほか、



第14図 五島列島宇久島北西沖の北西-南東断面 (測線1020a-gb23)。

Fig. 14 A NW-SE section northwestern offshore of Ukujima Island, Goto Islands (Line 1020a-gb23).

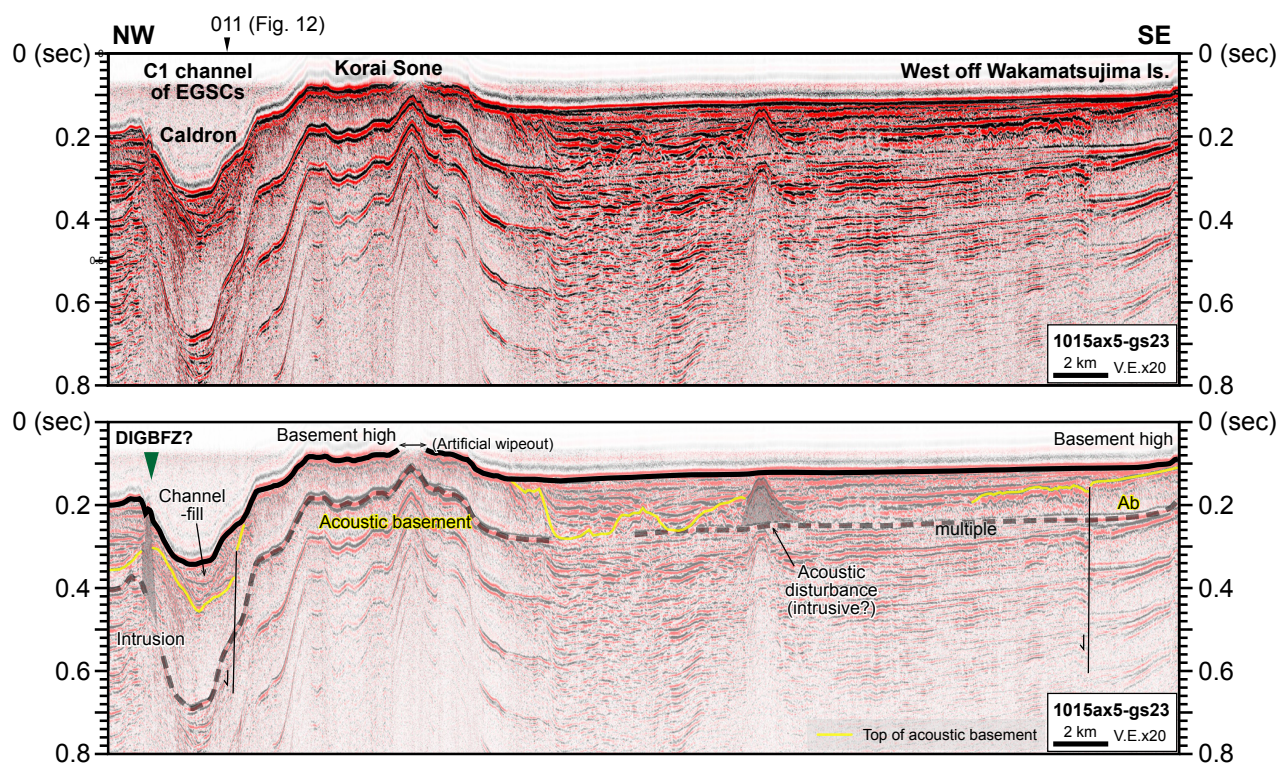
1976)に規制され、対馬海流の強い流れの影響下で発達した構造谷であることは古くから指摘されてきた(桂・永野, 1982)。本調査でも五島列島北西沖のC1海底谷下には、部分的に下位層の侵食を伴う下に凸のチャネル状構造を埋めて、堆積層ユニット最上部が分布する(第13図, 第14図)。これはおそらくチャネル充填堆積物に位置付けられると考えられるが、第1五島堆断層帯の正断層系により切られている(第13図, 第14図)。

4.3 五島列島西方-南方

本調査では、主としてGS23航海において、東経128

度20分以東の第2-第4五島堆の分布域、東五島海底海底谷群の南方収れん部、中通島から久賀島の西方のおおむね水深80-110 mに広がる陸棚、及び福江島西方の水深100-150 mに広がる平坦部をカバーする五島列島西方海域でデータを取得した(第4図c)。また、福江島南方の福江海盆の南東半部から五島海底谷上流部にかけての海域において、主として北東-南西方向のデータを密に取得することができた(第4図c)。

第12図に示す測線011の中通島北西沖以南の部分は、おおむねC1海底谷付近の軸に沿った断面を示している(第4図c)。北東方の沈降帯(ハーフグラーベン)南縁付



第15図 五島列島若松島北西沖の北西-南東断面（測線1015ax5-gs23）。

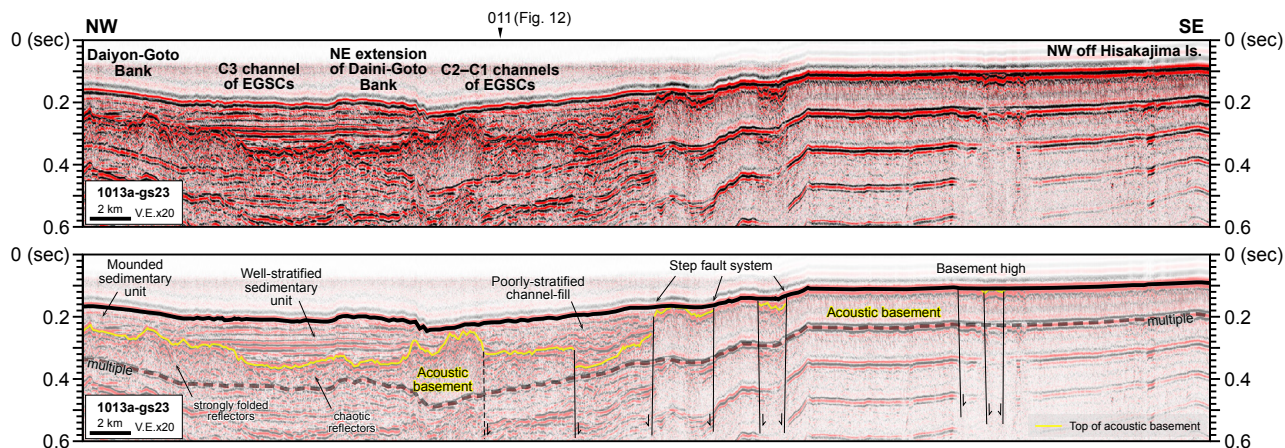
Fig. 15 A NW-SE section northwestern offshore of Wakamatsujima Island, Goto Islands (Line 1015ax5-gs23).

近から南方に、上面が凹凸に富む音響基盤ユニットが海底下約0.22-0.32秒以深に認められる（第12図）。若松島北西沖には顕著な地形的高まりである高麗曾根が存在し、その北西には対照的に水深200 mを超える海釜地形が発達する（茂木，1981）。この海釜地形の海底下では音響基盤の分布がより浅くなり、海釜中央部で斜面部海底に露出する。この部分ではGB23航海でドレッジ（D03地点）が実施され、堆積岩・火成岩が得られた（有元ほか，2025）。この北東側では音響基盤上面の起伏に合わせて、それをオンラップで覆う堆積層ユニット下部の著しい褶曲が認められる。これに対して海釜南西部以南では、音響基盤ユニットの起伏はあるものの、上位の堆積層ユニット内部に北東-南西方向の褶曲変形はほとんど認められない。五島列島北方で認められる連続性が良く成層した堆積層ユニットの内部反射面は、海釜地形の南東部海底下まではほぼ連続して認められるが、第1五島堆断層帯（南部区間）と断面が交差すると予想される奈留島北西沖以南では、連続性の悪い内部反射面が卓越する音響的層相となる。第1五島堆断層帯の構造は、断層の走向と断面（第12図）の方向に近いこともあり、また貫入構造の影響により不明瞭となっている。

若松島沖合の北西-南東方向の断面（第15図）では、第1五島堆南方延長部から海釜中央部を横切り、高麗曾根を経て列島沿岸に連続する陸棚の海底下地質構造を示

している。第1五島堆の地形的高まりをなす音響基盤ユニットは、断面北西部で成層した堆積層ユニットに覆われる。直交方向の断面（第12図）でも認められたように上面深度は比較的浅く、海釜を挟んで高麗曾根及び東方の陸棚海底下まで連続する。音響基盤ユニットの内部構造は、音波の透過が悪く、本断面ではほとんど認められない。高麗曾根以東の陸棚海底下では、堆積層ユニットが約0.14秒以下の厚さで分布し、平坦な海底面をなす。また音響基盤ユニットに伴って局所的な山体状の音響散乱部も認められるが、上位は堆積層ユニットに水平にオンラップされ、上面形状に調和的な変形は認められない。第1五島堆断層帯の分布が予想される海釜西縁には貫入構造が認められ、断層による変位は確認が困難である。

久賀島沖合の北西-南東方向の断面（第16図）では、久賀島に連続する陸棚の海底下において堆積層ユニットは欠如するか、本探査仕様で認識できない程度に薄く音響基盤ユニットを覆っていると考えられる。音響基盤上面は、高麗曾根-久賀堆間付近で正断層系により北西に落ち込んで、最大層厚約0.18秒程度の堆積層ユニットにオンラップで覆われるが、沖合にも連続的に認められる。沖合では音響基盤ユニット内部にも、強い褶曲変形や、乱雑で連続性が非常に悪い内部反射面が確認できる。堆積層ユニットの内部反射面は、北西の第4五島帯からC3海底谷を経て第2五島堆南方延長部の海底下では連続性



第 16 図 五島列島久賀島北西沖の北西-南東断面 (測線 1013a-gs23)。

Fig. 16 A NW-SE section northwestern offshore of Hisakajima Island, Goto Islands (Line 1013a-gs23).

が良いが、測線 011 とのクロス部分を含む C1 及び C2 海底谷合流部の海底下では、北東-南西方向断面 (第 12 図) で認められたものと同様の、連続性の悪い内部反射面が卓越する。

C1 海底谷付近に沿って分布する、連続性の悪い内部反射面をもつ堆積層ユニットは、基盤ユニットの上面に発達した正断層系による凹地を埋めるように発達している。これは、北方のハーフグラベン上部から海釜 (第 15 図) を経て連続的あるいは断続的に分布する、チャネル充填堆積物と解釈できる。海底面に分布するサンドウェーブ地形 (第 12 図南西部) は、局所的に強い流れの影響下にあることを示唆する。

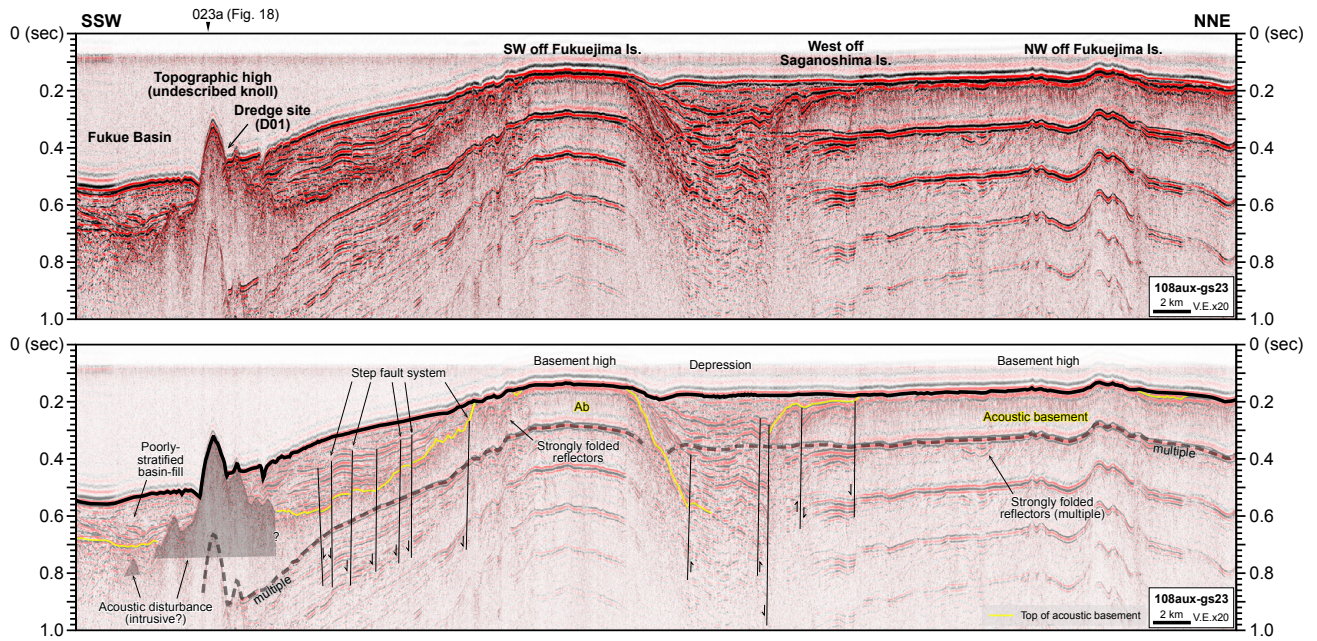
地震調査委員会 (2022) の示した第 1 五島堆断層帯の分布域は、本調査の測線 1013a 断面 (第 16 図) との交差付近が南限とみなされている (第 4 図 c)。C1 海底谷付近の海底下に東落ちの正断層系による基盤の落ち込みは認められるが、どのように連続性が追跡されるかについては、前後の断面も合わせて慎重な解釈が必要である。

福江島西方から南方にかけての断面 (第 17 図) の北側には、福江島西方の水深 100–150 m に広がる平坦部をなす、上面を平坦に侵食された著しく褶曲した音響基盤ユニットが認められる。嵯峨ノ島南西沖には、音響基盤上面を大きく変位させる断層を伴う、南北に 7 km 程度の幅をもつ局所的な沈降帯が認められる。福江海盆の北縁をなす斜面部の海底下 (第 17 図) は、福江島西方沖から連続し、海盆方向に傾斜する基盤ユニットと、それを最大 0.25 秒程度の厚さで覆う成層した堆積層ユニットにより特徴づけられる。堆積層ユニットの下部は連続性の良い内部反射面をもつ一方、上部では連続性が比較的悪い。基盤ユニット及び堆積層ユニットの下半部には、ステップ状に海盆方向に落ち込む正断層系が発達しているが、これらは堆積層ユニットの上部には達していない。

福江島南方の海盆斜面の下部には、海底地形の区分上は海丘に相当する、未記載の顕著な地形的高まりが断面上に認められる (第 17 図, 第 18 図)。この高まりの北東斜面では、GB23 航海でドレッジを実施 (地点 D01) し、岩石試料は回収されなかったものの、海底映像データを取得した (有元ほか, 2025)。この高まり及び周縁部に埋没する音響散乱部は、上面が著しく起伏に富み、局所的に貫入構造を示す。

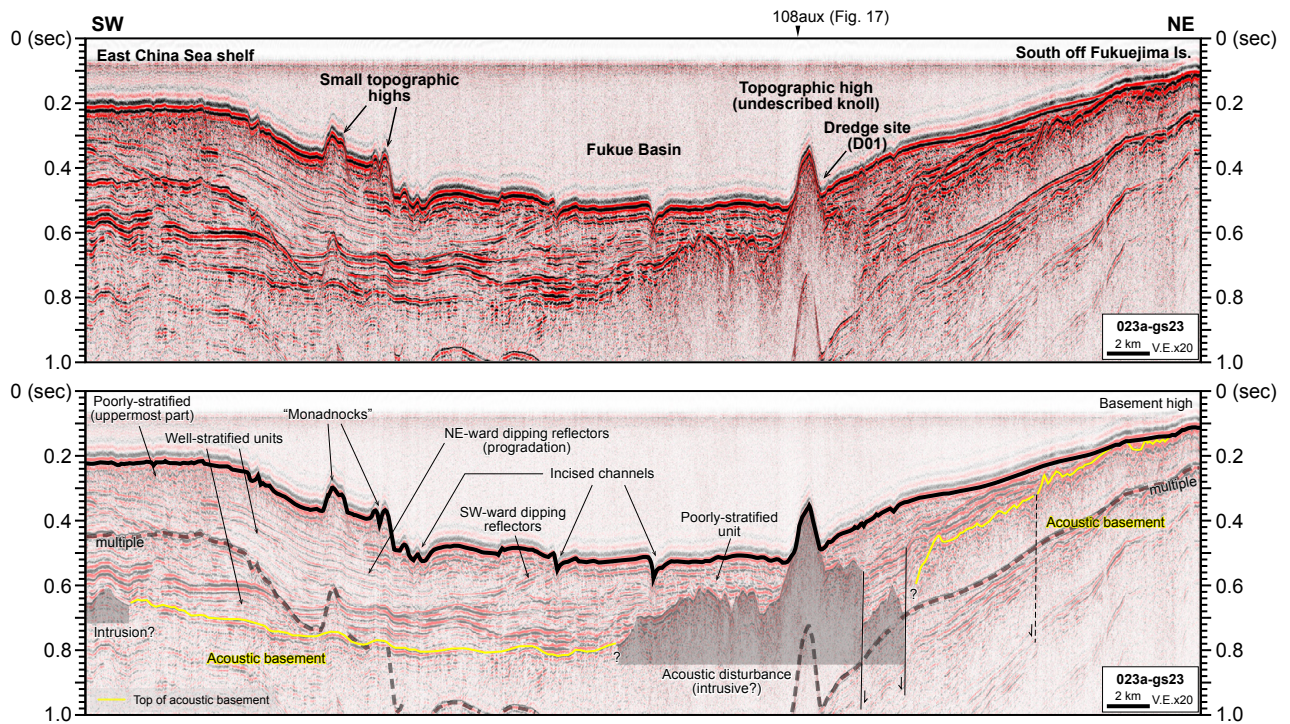
福江海盆では、北側の斜面から海盆底にかけての部分で、連続性の悪い反射面をもつ堆積層ユニットが発達する (第 17 図) が、より南西側の海盆底から東シナ海陸棚域にかけての海底下 (第 18 図の南西側) では、基盤ユニットの上面を厚さ約 0.2 秒でよく成層したユニットがほぼ水平に覆い、さらに上位にプログラデーションパターンを示す最大厚さ約 0.3 秒程度の堆積層ユニットが覆う構造が認められる。このプログラデーションを示す堆積層ユニットは東方の笠山帯付近にも認められ (第 19 図)、福江海盆から五島海底谷周辺の陸棚-斜面部に広域に分布すると予想される。福江海盆内では、プログラデーション堆積層ユニットの内部反射面の傾斜方向は、見かけ上南西方向と北東方向の 2 系統が認められる (第 18 図)。また、東シナ海陸棚上平坦面の表層付近には、乱雑な反射面が卓越する部分がある (第 18 図)。福江海盆の南西斜面にも、小規模な地形の高まりが複数存在するが、これらは断層や貫入構造を伴わず、プログラデーション堆積体ユニットの侵食による“残丘”地形であると考えられる (第 18 図, “Monadnocks”)。これらの“残丘”地形の存在に加え、海盆底に見られる複数の埋積されていない小規模な侵食谷 (第 18 図) など、福江海盆の海盆底付近には侵食地形が卓越している。

五島海底谷上流部を横切る北西-南東方向の断面 (第 19 図) には、カオティックな内部反射面の卓越により特



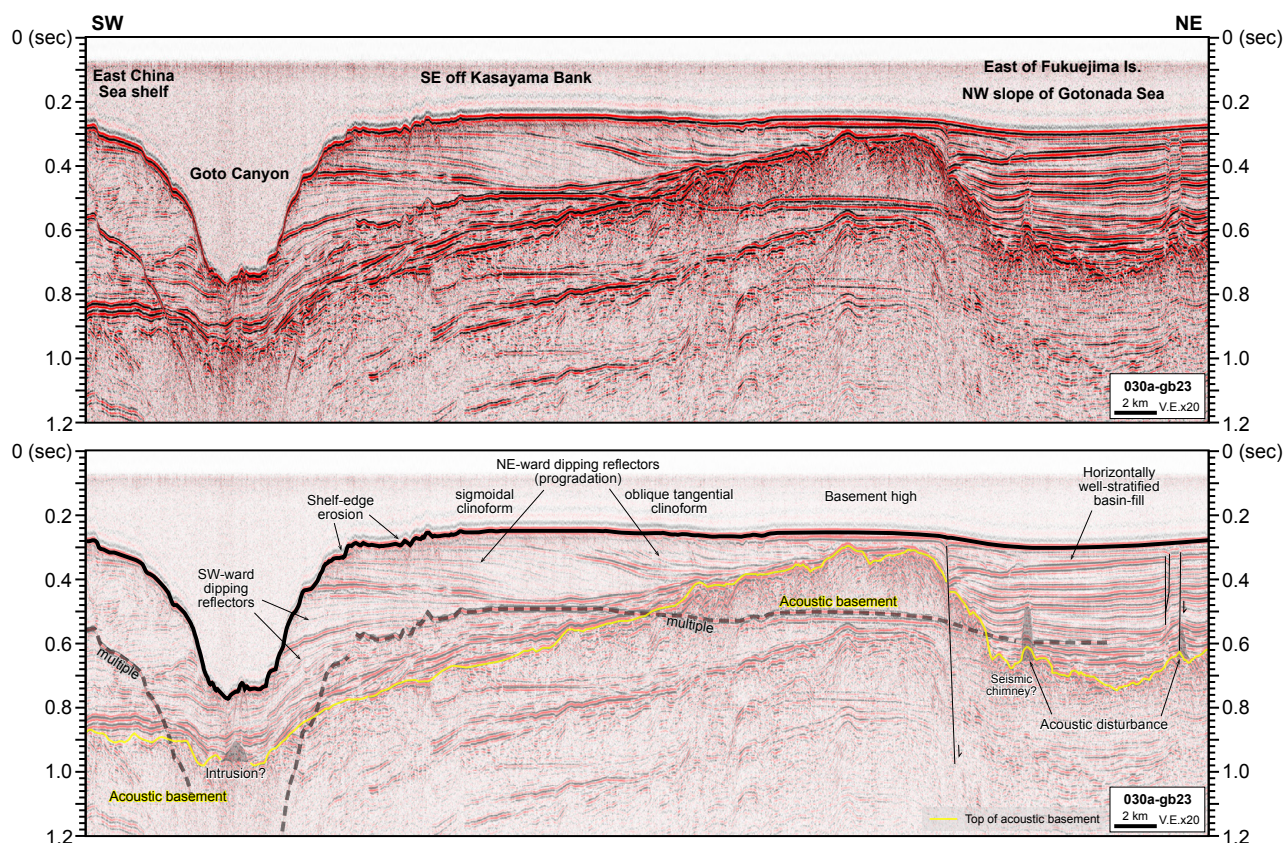
第17図 五島列島福江島西方沖の北北東-南南西断面 (測線 108aux-gs23)。

Fig. 17 A NNE-SSW section western offshore of Fukuejima Island, Goto Islands (Line 108aux-gs23).



第18図 五島列島福江島南方沖の北東-南西断面 (測線 023a-gs23)。

Fig. 18 A NE-SW section southern offshore of Fukuejima Island, Goto Islands (Line 023a-gs23).



第19図 五島列島福江島南東沖-南方沖の北東-南西断面 (測線030a-gb23)。

Fid. 19 A NE-SW section from southeastern to southern offshore of Fukuejima Island, Goto Islands (Line 030b-gs23).

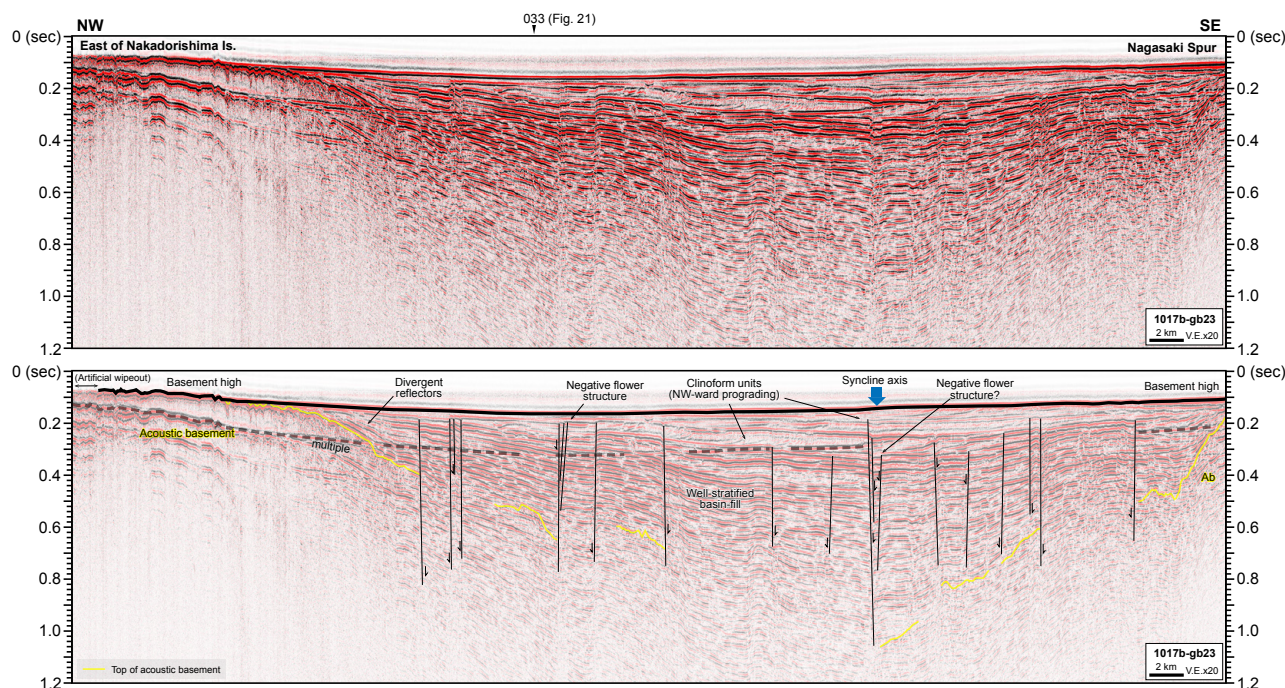
微づけられる音響基盤ユニットが連続的に認められる。音響基盤上面は、五島海底谷直下で比深約0.1秒程度の凹地をつくるが、北東方に向かって緩やかに浅くなり、福江島南東沖で顕著な高まりをなしている。堆積層ユニットは断面上で広く音響基盤ユニットを覆い、また基盤の高まりを境に内部反射面のパターンが大きく異なる。南西方はプログラデーション堆積層ユニットからなり、最大厚さ約0.6秒近くに達するが、海底谷により著しく侵食される。このプログラデーション堆積体は、福江島沖の陸棚の分布域では、海底谷壁に露出する下半部は見かけ南西傾斜である一方、上半部は見かけ北東傾斜となる。さらに上部の下部はsigmoidalクリノフォーム、上部の上部はoblique tangentialクリノフォームと異なるパターンの形状を示すなど、多様な累重パターンにより特徴づけられる。このプログラデーション堆積層ユニットは基盤にオンラップしつつせん滅し、高まり上では0.04秒程度と薄く水平に成層した堆積層ユニットが基盤を覆う。その北東方の、福江島東方沖陸棚斜面域では、北東-南西方向に水平なよく成層した堆積層ユニットが、最大厚さ0.4秒程度で発達する。また堆積層ユニット下部には、音響基盤上面から細く立ち上るような形状の局所的な音

響散乱 (第19図) が認められる。これはLuo *et al.* (2022) などに示されるseismic chimney構造や、三澤ほか(2011)のwipe-out構造の事例に類似している。

4.4 五島灘 (五島列島東方)

本海域については、GB23航海の後半で部分的に調査を行い、五島列島中通島東方沖から長崎半島周辺に至る北西-南東系測線、及び西彼杵半島沖から水深240 m以浅の陸棚斜面上部に至る北東-南西系測線のデータを得た (第4図d)。

中通島東方沖の北西-南東方向断面 (第20図) では、全体として五島灘中央に向かって音響基盤上面と堆積層の内部反射面が傾斜する、顕著な向斜構造が認められる。音響基盤上面は、中通島南東の沖合約10 km程度まで頂部を侵食されて海底面に露出し、さらに沖合約4 km程度まで、ごく薄い堆積層ユニットに覆われて海底下浅部に分布する。より沖合では上位の堆積層とともに南東方向に傾斜し、向斜軸付近では追跡が難しくなるものの、海底面から約0.92秒付近まで深度を増す。東方の長崎海脚西縁部では、海底下0.08秒付近まで再び浅くなる。堆積層ユニットの下部はよく成層して連続性の良い内部反射



第20図 五島列島中通島東方沖から長崎海脚にかけての北西-南東断面（測線 1017b-gb23）。

Fig. 20 A NW-SE section from eastern offshore of Nakadorishima Island, Goto Islands, to Nagasaki Spur (Line 1017b-gb23).

面をもち、厚さは断面上で最大0.75秒に達する。これに対して、堆積層ユニットの上部は、くさび状の外形でクリノフォームを示す内部反射面をもつ堆積体が分布域を変えながら複数セット累重する特徴的な構造を示す。クリノフォームの傾斜方向は、本断面上では北西方向である。堆積層下部には広く高角の正断層系が発達し、一部の断層は上部のクリノフォームセットの内部に達するが、海底面に達するものは認められない。堆積盆をなす向斜の翼部や軸付近には、主断層から上方で分岐する、小規模な負のフラワー構造が認められる。

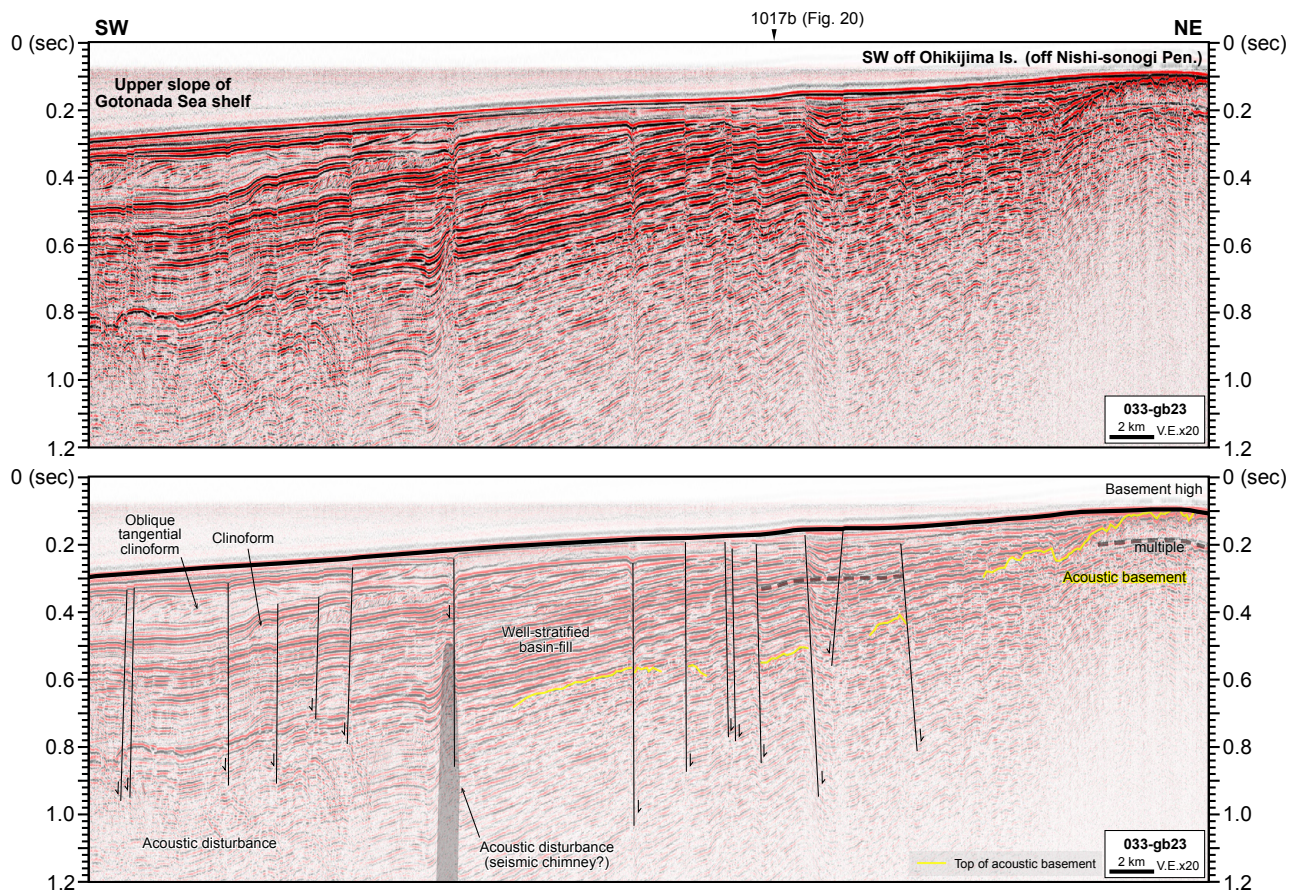
一方、北東-南西方向の断面（第21図）では、西彼杵半島沖の^{おおひきしま}大曇島沖合から五島灘陸棚斜面上部海底下に向かって、音響基盤上面及び堆積層内部反射面が一様に傾斜する同斜構造をなす。音響基盤の上面は、往復走時約0.7秒以深で追跡が困難になり、より沖合の深部では、周囲との境界面が明確でなく上に凸の形状を示す音響擾乱のパターンが認められる。本断面にも高角の正断層系が発達し、ごく一部は海底面あるいは海底面付近まで達する。断面中央より南西側沖合の海底下には、見かけ上南西方向に傾斜する内部反射面を持つクリノフォームセットが発達する。単一のクリノフォーム堆積体は、最大で厚さ0.1秒程度と見積もられる。また断面方向の水平的な広がり、10 km程度から、大きいものでは20 km以上に達すると見積もられる。クリノフォーム前縁はくさび状に薄くなり、平行に成層した反射面に連続する。これらのクリノフォームセットは正断層系に切られ、ス

トップ状に変位している。また、福江島東方沖（第19図）に認められた音響散乱と同様のseismic chimneyに類似するパターンが、本断面の断層に沿って認められる。

本稿で検討した断面はわずかであるため、詳細な堆積盆の形態や断層の分布は現状不明であるが、堆積盆はおおむね鮮新世以降のテクトニクスを反映し(Itoh *et al.*, 1999; 伊藤, 2000)、高角正断層を伴い継続的に沈降しながら発達してきたことが、堆積層ユニット内の発散する反射面のパターン（第20図、第21図）から推定される。北東-南西方向の断面に見られる同斜構造から、沈降の中心はおそらく五島灘陸棚の南方沖合にあると考えられる。

4.5 対比

本調査海域で識別された音響基盤ユニットは、井上(1982)及び桂(1992, 2010b)により総括された層序区分のE層に対比されることが考えられる。音響基盤ユニットをなす地質体の帰属については、周辺の陸上地質との連続性から海域により異なるとされており(永野ほか, 1976)、岩石試料採取(有元ほか, 2025)の結果等を考慮しつつ検討する必要がある。また、壱岐水道南部(第8図)や五島列島周辺(第13図ほか)に認められた局所的な音響散乱や貫入構造については、九州北西地域に広く認められる新第三紀後期-第四紀アルカリ火成活動(棚山, 2010)を背景とした、火山体や貫入火成岩の分布を示す可能性がある。また五島灘海底下に認められたseismic chimney



第 21 図 西彼杵半島沖合の北東-南西断面 (測線 033-gb23)。

Fig. 21 A NE-SW section western offshore of Nishi-sonogi Peninsula (Line 033-gb23).

あるいはwipe-out構造に類似する音響散乱 (第 19 図, 第 21 図) については, 低密度物質の存在を示唆する可能性がある (例えば三澤ほか, 2011)。一方, 堆積層ユニットと解釈した地質体は, 全体として伊藤 (2000) や岩田・亀尾 (2001) に示された D 層, 及び井上 (1982) 及び桂 (1992, 2010b) の A-D 層に対比されると考えられる。今後, 堆積層ユニット内部の広域不整合面を認定し, 既存の層序区分との詳細な対比を行うことにより, 九州北西海域における後期新生代の地質構造発達史の解明につながる事が期待される。

5. まとめ

対馬及び五島列島周辺の九州北西海域における, 20 万分の 1 海底地質図の作成を目的として, 2023 年度に GS23 及び GB23 の 2 航海でマルチチャンネル反射法音波探査を実施した。対馬海峡周辺, 及び五島列島周辺海域にかけて, 測線及び測線間移動の合計約 3,952 マイル (7,319 km) にわたるデータを取得した。調査海域の地質構造について予察的に検討した結果は, 以下のようにまとめられる。

- (1) 対馬海峡 (東水道) 周辺海域は, 島嶼部沿岸及び海峡軸部に分布する音響基盤ユニットと, 海峡軸部を中心に沖合で広くそれを覆う堆積層ユニットからなる。堆積層ユニットの内部反射面は北東-南西方向に連続性が良い一方, 北西-南東方向にはより複雑で短波長の構造が見られる。海峡軸部には, 音響基盤の高まりとそれに伴う堆積層下部の褶曲が見られる。壱岐水道南部には局所的な音響散乱部が認められる。
- (2) 対馬海峡南部の堆積層ユニットには, 埋没チャネルがよく発達する。また, 対馬南方沖の南西方向に 22 km 以上連続する, 強変形帯と負のフラワー構造を伴う顕著な断層や, その東方の北西落ち高角断層などは, それぞれ地震調査委員会 (2022) の対馬南方沖断層及び七里ヶ曾根断層に対比され, 横ずれ引張応力場での活動が示唆される。
- (3) 五島列島北方には, 対馬海峡南部から南西方向に約 30 km 近く伸びる顕著な隆起帯と, さらに五島列島北西沖にかけて南西方向に約 40 km 広がる沈降帯が配列する。沈降帯は北西-南東方向に非対称な褶曲をなし, 北西縁を第 1 五島堆断層帯の正断層系により境され

るハーフグラベンである。第1五島堆断層帯は負のフラワー構造を伴い、横ずれ引張応力場での発達を示唆する。第1五島堆断層帯は東五島陸棚海底谷C1海底谷に分布する堆積層ユニット最上部のチャンネル充填堆積物を変位させている。

- (4) 五島列島西方では、C1海底谷以東で堆積層ユニットがあまり発達していない。C1海底谷付近にはしばしば貫入構造が見られ、断層など構造の連続性が確認しづらい。音響基盤ユニットには正断層系が発達する一方、堆積層ユニットは五島列島北方などと異なり、変形はほとんど認められない。
- (5) C1海底谷内には、正断層系による凹地を埋める、連続性の悪い内部反射面により特徴付けられるチャンネル充填堆積物が、海釜など強侵食域を除いて広域に分布する。海底面に発達するサンドウェーブは局所的な強い流れの影響を示唆する。
- (6) 福江島西方では、頂部を侵食された基盤ユニットが広く海底面をなすか、ごく薄い堆積層ユニットに覆われるほか、部分的に断層に規制された小規模な沈降帯が見られる。音響基盤ユニットはさらに南方の福江海盆斜面下に連続し、海盆底まで追跡される。
- (7) 福江海盆には、音響基盤ユニットと、それを覆うよく成層した反射面をもつ堆積層ユニットや、内部構造が不明瞭な堆積層ユニットが分布する。また、貫入構造を示す音響散乱の卓越するユニットが地形的高まりをなす。福江海盆から五島海底谷付近にかけて、大規模なプログラデーションパターンを示す特徴的な堆積層ユニットが分布する。このユニットは海盆の縁辺部で侵食され、局所的に“残丘”地形を形成している。
- (8) 五島灘海域の海底下に分布する音響基盤上面及び堆積層ユニットは、北東-南西方向に軸を持つ大規模な向斜構造をなす。また陸棚-斜面上部海底下の反射面は、南西方向に向かって同斜構造を示し、南西沖に沈降中心が想定される。堆積層ユニットの下部はよく成層した平行な反射面により特徴づけられるが、上部は北西あるいは南西に傾斜する内部反射面をもつクリノフォームが累重する。これらの堆積層ユニットは、多数の高角の小断層群により切られているが、海底面に達する断層は陸棚上では少ない。
- (9) 本調査海域で認められた音響基盤ユニットは主として海上保安庁調査に基づくE層に対比され、堆積層ユニットはA-D層に対比される。また、壱岐水道や五島列島周辺では、火成活動に関連する可能性がある音響散乱卓越部や貫入構造などが認められた。

謝辞：本稿の地形図は、QGIS 3.28 (QGIS Development Team, 2024) 及びGMT 6 (Wessel *et al.*, 2019) を用いて作図した。GS23航海の実施に際し、宮崎唯史船長をはじめ

とする神鷹丸船員の皆様、サイスガジェット株式会社の乗船職員の皆様、東京海洋大学の野田 明教授、古山精史郎助教（現 准教授）及び乗船学生の皆様に多大なご協力をいただいた。GB23航海の実施にあたっては、上河内信義船長をはじめとする望星丸船員の皆様、玉井隆章観測技術員、海洋技術開発株式会社の乗船職員の皆様、乗船者研究者の皆様、及び乗船学生の皆様に多大なご協力を頂いた。匿名の査読者のご指摘により、本稿は改善された。以上の方々に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 有元 純・鈴木克明・石塚 治・宇都宮正志 (2025) 九州北西沖GB23航海における海底岩石試料採取の概要と石灰質ナノ化石に基づく堆積岩の地質年代。地質調査研究報告, **76**, 241–257.
- Cohen, J. K. and Stockwell, Jr. J. W. (2022) CWP/SU: Seismic Un*x Release No. 44R23: an open source software package for seismic research and processing, Center for Wave Phenomena, Colorado School of Mines.
- Emery, K. O., Hayashi, Y., Hilde, T. W. C., Kobayashi, K., Koo, J. H., Meng, C. Y., Niino, H., Osterhagen, J. H., Reynolds, L. M., Wageman, J. M., Wang, C. S. and Yang, S. J. (1969) Geological structure and some water characteristics of the East China Sea and the Yellow Sea. *CCOP Technical Bulletin*, **2**, 3–43.
- GEBSCO Compilation Group (2024) GEBSCO 2024 Grid. <https://www.gebco.net/data-products/gridded-bathymetry-data> (Accessed: 2024-08-27)
- 本座栄一・玉木賢策・湯浅真人・村上文敏・上嶋正人 (1979) 日本海南部および対馬海峡周辺広域海底地質図 (1:1,000,000)。海洋地質図, no. 13, 地質調査所。
- 井上英二 (1982) 対馬海峡をめぐる白亜系・古第三系の地質学的問題—その2—海域の地質と総括。地質ニュース, no. 340, 46–61.
- 井上卓彦・板木拓也・天野敦子 (2025) 巻頭言：九州北西方沖の海洋地質調査 —2023年度調査航海結果—。地質調査研究報告, **76**, 163–167.
- 伊藤康人 (2000) 日本海南部～九州周辺の新生代後期テクトニクス。石油技術協会誌, **65**, 48–57.
- 伊藤康人・長崎康彦・石井義朗 (1992) 北陸～山陰～北九州海域の石油地質 —山陰～北九州海域の地震探鉱による地史解釈—。石油技術協会誌, **57**, 53–58.
- Itoh, Y., Matsuoka, K. and Takemura, K. (1999) Paleogene and Plio - Pleistocene basin formation around northwestern Kyushu, Japan. *Island Arc*, **8**, 56–65.
- 岩田尊夫・亀尾浩司 (2001) 北西九州の含炭堆積盆地におけるシーケンス層序と堆積過程。石油技術協会誌, **66**, 278–291.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2022) 日本海

- 南西部の海域活断層の長期評価 (第一版) —九州地域・中国地域北方沖—. https://www.jishin.go.jp/main/chousa/22mar_sw_sea_of_japan/sw_sea_of_japan_honbun.pdf (閲覧日: 2025 年 4 月 24 日)
- 海上保安庁水路部 (1978) 5 万分の 1 沿岸の海の基本図「壱岐北部」及び同海底地形・地質調査報告. 1–31.
- 桂 忠彦 (1992) 対馬～五島列島周辺海域の海底地質. 水路部研究報告, no. 28, 55–138.
- 桂 忠彦 (2010a) 海洋地質 8.1 概説. 日本地質学会編, 日本地方地質誌 8 九州・沖縄地方, 朝倉書店, 東京, 379–385.
- 桂 忠彦 (2010b) 海洋地質 8.2 背弧海域. 日本地質学会編, 日本地方地質誌 8 九州・沖縄地方, 朝倉書店, 東京, 385–401.
- 桂 忠彦 (2010c) 海洋地質 8.4.1 玄界灘. 日本地質学会編, 日本地方地質誌 8 九州・沖縄地方, 朝倉書店, 東京, 412–415.
- 桂 忠彦・永野真男 (1976) 九州北西海域の海底地形と地質構造運動. 日本海洋学会誌, **32**, 139–150.
- 桂 忠彦・永野真男 (1982) 五島陸棚谷群の形態. 水路部研究報告, no. 17, 71–92.
- 経済産業省 (2023) CCS政策について. https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shigen_nenryo/carbon_management/pdf/001_06_00.pdf (閲覧日: 2025 年 4 月 24 日)
- Kimura, M., Hiroshima, T. and Okuda, Y. (1975) Undersea beds and geological structure. In Inoue, E., ed., *Gotonada Sea and Tsushima Strait Investigations, Northwestern Kyushu, 1972–1973*, Cruise Report, no. 2, Geological Survey of Japan, 31–34.
- Luo, D., Cai, F., Li, Q., Yan, G., Sun, Y., Li, A. and Dong, G. (2022) Geophysical evidence for submarine methane seepage on the Western slope of Okinawa Trough. *Frontiers in Earth Science*, **10**, 985597.
- 松本 弾 (2013) 福岡沿岸域 20 万分の 1 海底地質図及び同説明図. 海陸シームレス地質情報集「福岡沿岸域」, 数値地質図 S-3, 産総研地質調査総合センター.
- 南 明 (1979) 山陰・対馬沖の堆積盆地の分布と性格. 石油技術協会誌, **44**, 321–328.
- 三澤文慶・木下正高・山下幹也・佐柳敬造・三澤良文 (2011) 相模湾西部・初島沖の浅部海底下構造. *JAMSTEC Report of Research and Development*, **13**, 1–15.
- Mitchum, R. M., Vail, P. R. and Sangree, J. B. (1977) Seismic stratigraphy and global changes in sea level, part 6: stratigraphic interpretations of seismic reflection patterns in depositional sequences. In Payton, C. E., ed., *Seismic Stratigraphy — Applications to Hydrocarbon Exploration*, American Association of Petroleum Geologists, AAPG Memoir, **26**, 117–133.
- 茂木昭夫 (1981) 対馬海峡大陸棚の地形発達 — 対馬陸橋に関連して —. 第四紀研究, **20**, 243–256.
- 永野真男・桜井 操・桂 忠彦・中村啓美・北原祥二・小野寺健英 (1976) 九州西岸沖の海底地質. 水路部研究報告, no. 11, 1–38.
- 日本水路協会 (2009) 海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ, M7050 Ver. 1.0 近畿. CD 版.
- 岡村行信 (2017) 響灘海底地質図. 海洋地質図, no. 89 (CD), 産総研地質調査総合センター.
- 岡村行信 (2022) 野間岬沖海底地質図. 海洋地質図, no. 93, 産総研地質調査総合センター.
- 大嶋和雄・湯浅真人・黒田 敬・満塩博美・小野寺公児 (1975) 対馬—五島海域表層底質図 (1:200,000). 海洋地質図, no. 2, 地質調査所.
- QGIS Development Team (2024) QGIS 3.28 Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org> (Accessed: 2024-10-08)
- 柵山徹也 (2010) 新生代北部九州のテクトニクス史と火山活動史—背弧火山岩区研究における重要性—. 地学雑誌, **119**, 224–234.
- 佐藤 郁 (2021) ハイブリッドスパー型浮体式洋上風力発電 — 五島市沖における実用化と量産化について —. 日本船舶海洋工学会誌 KANRIN (咸臨), **96**, 48–53.
- 渡部克哉 (2022) 二酸化炭素貯留適地調査事業の概要と現況について. 石油技術協会誌, **87**, 117–126.
- Wessel, P., Luis, J. F., Uieda, L., Scharroo, R., Wobbe, F., Smith, W. H. F. and Tian, D. (2019) The Generic Mapping Tools Version 6. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **20**, 5556–5564.
- Woodcock, N. H. and Fischer, M. (1986) Strike-slip duplexes. *Journal of Structural Geology*, **8**, 725–735.

(受 付 : 2024 年 10 月 9 日 ; 受 理 : 2025 年 9 月 26 日)

GS23 航海で取得した九州北西方海域のサブボトムプロファイラー記録

石野 沙季^{1,*}・井上 卓彦¹・古山 精史朗^{1,2}

ISHINO Saki, INOUE Takahiko and FURUYAMA Seishiro (2025) Sub-bottom profile data off Northwest Kyushu obtained during cruise GS23. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 76 (4/5), p. 207–215, 8 figs.

Abstract: Sub-bottom profile (SBP) data around Ikishima Island and the Goto Islands were acquired during the GS23 geophysical research cruise. This paper reports the characteristics of acoustic facies observed beneath the sea surface. Overall smooth bottoms with transparent or no internal reflections are recognized off Ikishima Island, suggesting the widespread distribution of coarse sediments. An eroded, thick-bedded stratified facies is widespread north of the Goto Islands, indicating the presence of the last glacial erosional surface. To the southwest of the Goto Islands, a thin-bedded stratified facies is observed along the terrace and slopes of the Goto Submarine Canyon and Fukue Basin. This facies shows truncated intra-reflections on the slope, suggesting that the stratified facies unit was deposited before the formation of the Goto Canyon.

Keywords: sub-bottom profiler (SBP), submarine shallow structure, acoustic facies, Tsushima Strait, Goto Canyon

要 旨

物理探査航海GS23にて長崎県北西部に位置する壱岐島及び五島列島周辺海域におけるサブボトムプロファイラー (SBP) データを取得した。本稿では、SBP断面に認められる海底表層の音響的層相の特徴を報告する。壱岐島周辺海域は、海底面が平坦で海底下に音波が透過しない層相や、音響的に透明な地層が認められ、比較的粗粒な堆積物が分布していることが示唆された。五島列島北方沖では、最終氷期の浸食面より下位と考えられる、粗く成層した地層が広く認められる。五島列島南西沖においては、密に成層する地層が五島海底谷や福江海盆のテラス及び斜面に分布している。この層相を示す地層は、五島海底谷や周囲の海底表層の凹凸地形が形成される前に堆積したと考えられる。

1. はじめに

地質調査総合センターでは、2023年度より九州西方海域を対象とした海洋地質図作成のための調査航海を行っている。長崎県北西部に位置する、対馬、壱岐島、及び五島列島北部・南西部周辺海域にて物理探査データを取得するための航走観測航海を実施した (井上ほか, 2025)。航走観測の一環として、海底浅部の堆積物及び構造を高

解像で解釈するため、サブボトムプロファイラー (Sub-bottom profiler: 以下SBP) を用いた高分解能音波探査記録を取得した。本稿では、SBP記録に認められる海底浅部構造の特徴について報告する。

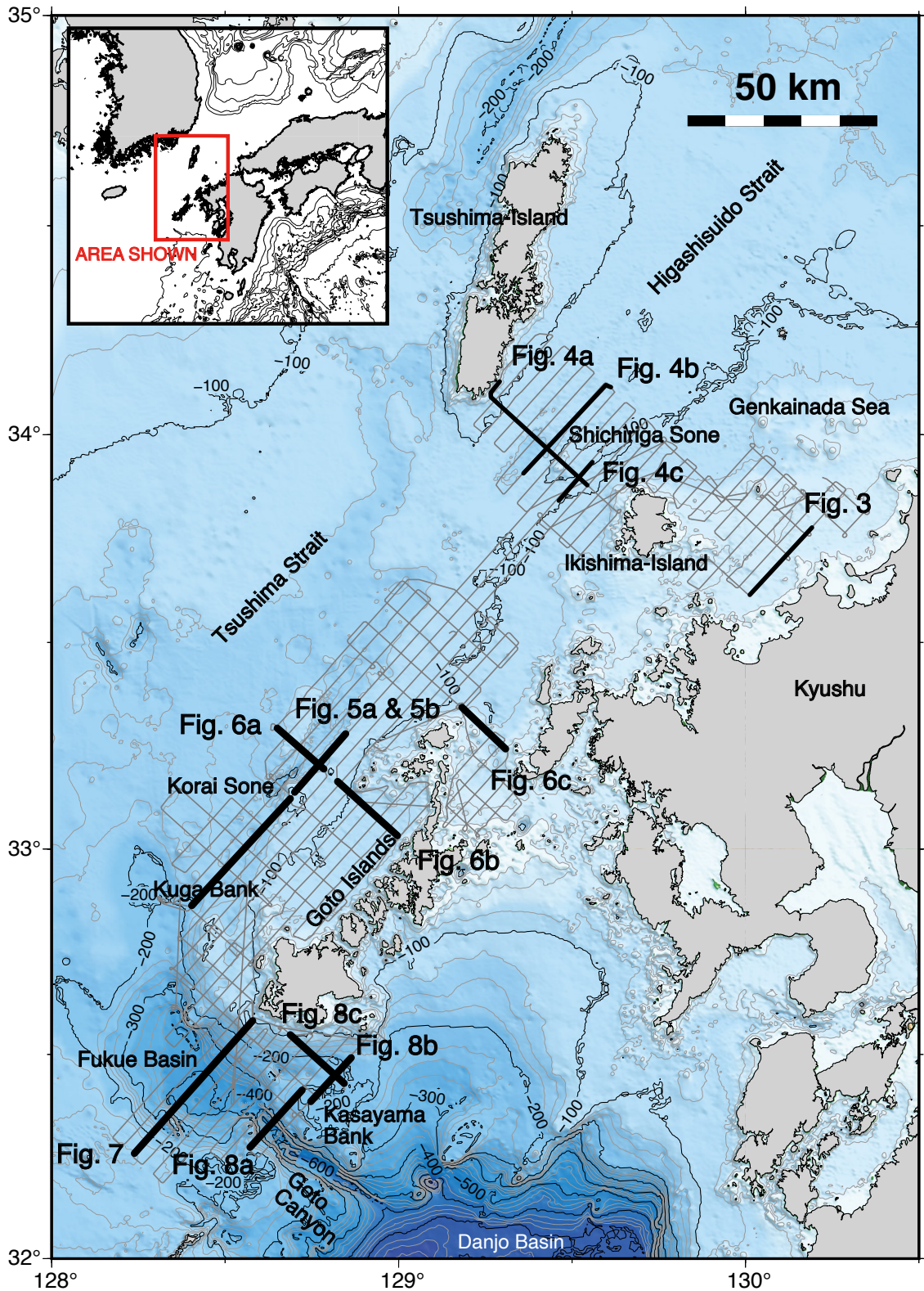
2. 地形及び地質概略

本調査は沖縄トラフ北部及び東シナ海大陸棚北東部を対象としている (第1図)。本海域は地域的に東シナ海外縁大陸棚にあたり、東シナ海大陸棚から日本海へ至る水深200 m以浅の対馬海峡上に対馬及び壱岐島が位置する。壱岐島東方は、小規模な凹凸地形を呈する水深約50 m以浅の玄界灘が広がる。玄界灘では博多湾から100 km沖にかけて警固断層帯や小呂島近海断層帯といった活断層が確認されている (松本, 2013; 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2022)。壱岐島西方の対馬との間の海底には、南西–北東方向に延びたチャンネルが存在し、対馬海峡東水道と呼ばれている。対馬海峡は、黒潮の支流が対馬暖流となって日本海へ出る流路にあたる (Ichikawa and Beardsley, 2002)。おおむね北東方向の海流が支配的であるが、東水道の西側の領域においては反流が南西方向に観測されている (Takikawa *et al.*, 2005)。対馬海峡の北部で行われた地質調査所による海底地質調査では、底質は対馬暖流によって制御された砂質堆積物からなると

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, Tokyo, 108-8477, Japan)

* Corresponding author: ISHINO, S., AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: ishino.saki@aist.go.jp



第1図 GS23 航海のSBP調査測線及び調査海域周辺の海底地形図。地形データは岸本 (2000) を使用した。
 Fig. 1 Bathymetric map with SBP survey lines of GS23 cruise. The topographic data is based on Kisimoto (2000).

報告されている (Ikehara, 1992). 本海域の堆積物は、対馬、壱岐島、及び玄界灘にかけて粗粒砂が分布し、これらの地域から南西及び北東の水深が深くなるにつれて概括的に中粒砂から細粒砂に細粒化するが、南西側ではより複雑な粒度変化が認められる (Ikehara, 1992). 対馬海峡の南部は本年度より地質調査航海にて表層海底堆積物の調査が行われている (清家ほか, 2025).

五島列島の大陸棚外縁の地形は福江海盆、五島海底谷、及び男女海盆に特徴付けられる。福江海盆は、済州島から対馬にかけて分布する複数の海底谷の収束域にある。本調査海域には、福江海盆へつながる北東-南西方向のチャンネルが五島列島の北方に発達する。このチャンネルは幅約5-10 km、水深130-150 mで、高麗曾根や久賀堆などの地形的高まりの間に発達し、全体的に蛇行した形状をなす。チャンネルに沿って右横ずれを示す長さ約73 kmの第1五島堆断層帯が確認されている (地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2022). 福江海盆の南東方向に続く五島海底谷は、沖縄トラフ北縁部に位置する男女海盆 (沖縄トラフ北縁部)に通じている。五島海底谷は、沖縄トラフ北部における最も大規模な海底谷の一つであるため、東シナ海大陸棚から沖縄トラフへの堆積物供給において重要な経路と考えられている (斎藤, 1998; Oiwan *et al.*, 2011).

3. 使用機器

東京海洋大学の練習船神鷹丸 (総トン数986トン)を用いて2023年5月に航走観測航海 (GS23航海)を行った。航走測線は南西-北東方向に2マイル間隔、北西-南東方向に4マイル間隔に設定し、SBP観測と同時にエアガンによる反射法音波探査及びマルチビーム海底測深を実施した。SBPデータの取得には神鷹丸に搭載されているTOPAS PS18 (Kongsberg社)を使用した。本SBPシステムは、海底下に高周波の音波を透過させるために、パラメトリック方式によって鋭い指向性を持った低周波を生成する方式を取る。本装置では二次波として0.5-6 kHz、ビーム幅45度のチャープ波を使用した。本システムの詳細は佐藤ほか (2011)に記載されており、本航海ではマルチビームによるノイズ混入を防ぐための発振間隔調整は行っていない点異なる。測線上をおおむね8ノットで航走しながらデータを収録した。取得した波形データは、Kongsberg社の付属ソフトウェアを用いて、ウェーブレットのパルスを補正しSN比及び分解能を向上させる、Kongsberg社の独自フィルターであるMatched フィルターを施し、独自フォーマットファイルに変換した。SonarWiz 7 (Chesapeake Technology社)を用いて断面を観察し、画像のファイル形式へ変換した。SBP断面における水深は、音速1,500 m/秒で計測した値を使用して往復走時を深度に変換した値を用いた。

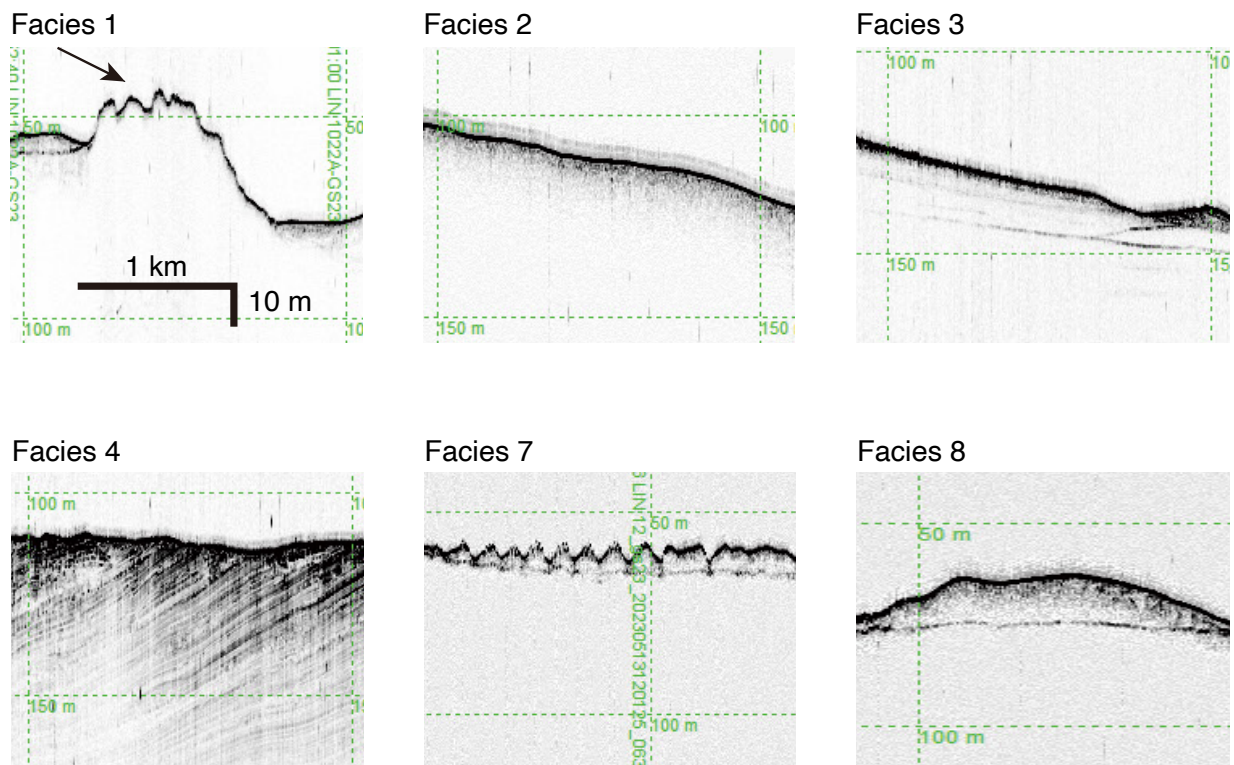
4. 結果及び議論

本調査では、博多湾沖から対馬、及び五島列島周辺などの九州北西遠洋域におけるSBPデータを取得した (第1図)。取得した測線長は合計で約2,330マイル (4,320 km)であった。SBP断面で確認された層相は、池原ほか (1990)におおむね基づき、海底面及び内部反射の特徴を用いて区分した (第2図)。但し本調査は、池原ほか (1990)で層相を区分した海域と比較すると水深が浅い範囲 (200 m以浅)に限られ、使用している観測機器も異なる。そのため、断面には海底表層の堆積物よりも音響層序的に古いと推定される地層が認識される場合があり、一部の層相では海底面ではなく地層上面の特徴を用いて区分した。以下に、本稿で区分した層相の特徴を記述する。

層相1及び層相2は海底面に強反射を呈し、海底下に音波が透過しないもののうち、海底面に凹凸が認められるものを層相1、海底面が平滑であるものを層相2とした (第2図)。層相3は、平滑な海底面を示し、海底下には弱い内部反射が粗い間隔で複数認められるものとした。層相4は、平滑及び凹凸を呈する海底面を示し、内部反射は密に成層したものと区分した。ただし、本海域では内部反射が水平なものと傾斜したものが散見されるものの、本稿では区分しない。層相7及び層相8は明瞭な下面を有する音響的な透明層を指し、そのうち海底面が凹凸を呈するものを層相7、海底面が平滑なものを層相8とした。本調査で取得した断面には、池原ほか (1990)に認められる層相1-8のうち層相5及び層相6に代表されるブロック状の層相や大規模な双曲線状の海底面の反射は認められなかった。本区分を用いて、壱岐島周辺、五島列島北方、五島列島南西方の海底表層における音響的層相の特徴を記載する。

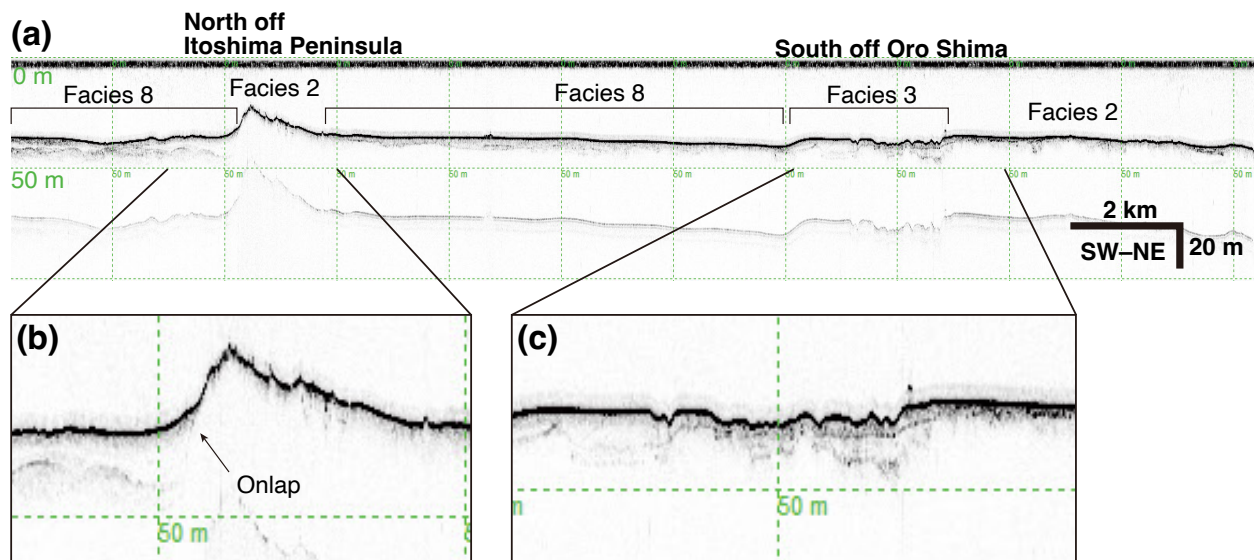
4.1 壱岐島周辺海域

本海域は、壱岐島東方の玄界灘周辺及び対馬海峡東水道を含む。取得したSBP断面の多くは、海底下に音波が透過しない、若しくは内部反射が海底下数m-10 m程度までしか認められない。壱岐島東方の玄界灘周辺は、おおむね平らな海底面で強反射を示し、層相2若しくは層相8が広く分布している (第3図)。本調査測線には、大規模な断層として小呂島近海断層帯 (地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2022)が、小規模な断層として糸島半島沖断層群 (地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2013)がそれぞれ分布しており、断層帯近傍における層相は周囲の層相と異なる (第3図b, c)。小呂島近海断層帯近傍には層相3が認められ、海底面及び内部反射は凹凸を呈する (第3図c)。糸島半島沖断層群近傍では、10 m程度の緩やかな起伏のある海底面を伴う層相2が分布し、その南西側には層相8が層相2上にオンラップしている (第3図b)。これらの断層帯による地層の変位を認



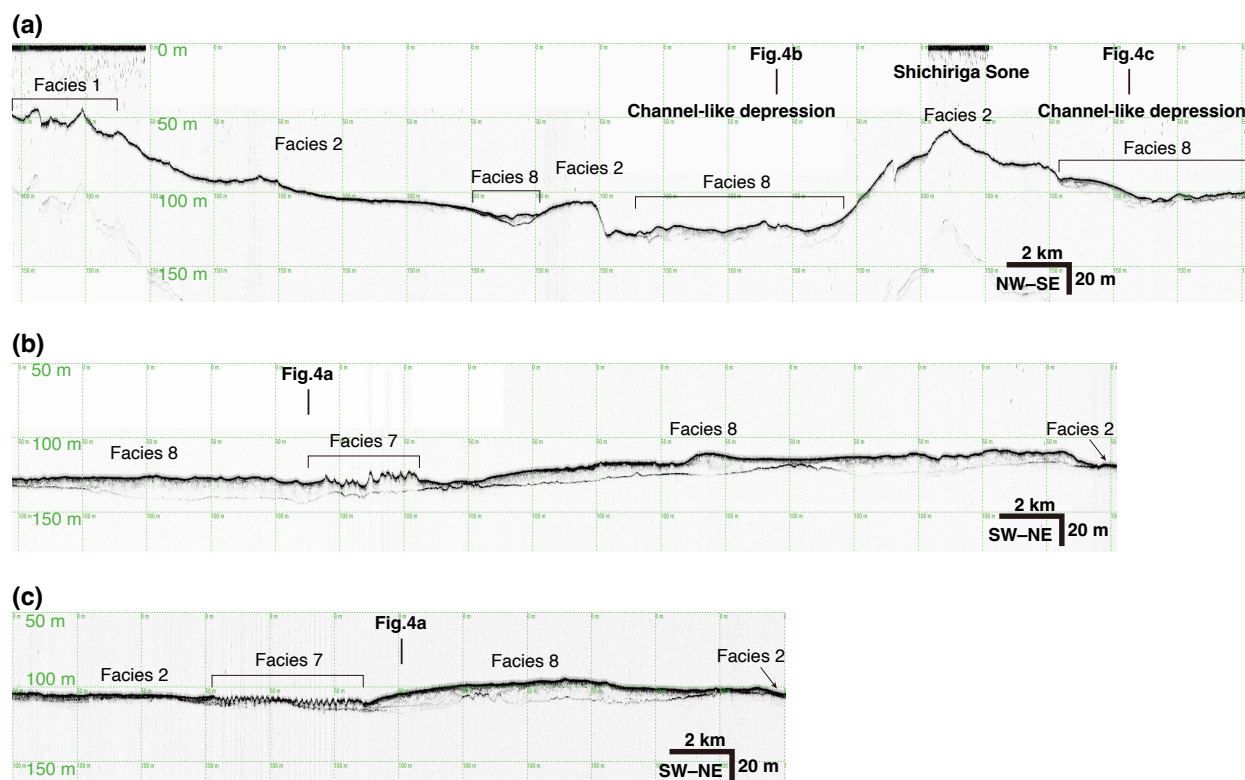
第2図 本海域で認められた各音響的層相区分の例。層相の名称及び区分手法は主に池原ほか(1990)に準じた。全ての断面はスケールが統一されている。

Fig. 2 Examples of each acoustic facies recognized in this survey. The facies name and classification method are mainly based on Ikehara *et al.* (1990). Scale is consistent across all views.



第3図 玄界灘の南西-北東方向のSBP断面。

Fig. 3 The SBP profile in Genkainada Sea.



第4図 対馬海峡東水道のSBP断面. (a) 東水道を横断する南西-北東方向の断面. (b) 及び(c) 東水道のチャネルに並行な南西-北東方向の断面.

Fig. 4 The SBP profiles in Higashisuido Strait of Tsushima Strait. (a) NW-SE profile across the Higashisuido Strait. (b) and (c) SW-NE profile parallel to the Higashisuido Strait.

定するには、SBP断面では不明瞭であるため、エアガンを用いた反射断面 (有元ほか, 2025) の観察が必要である。

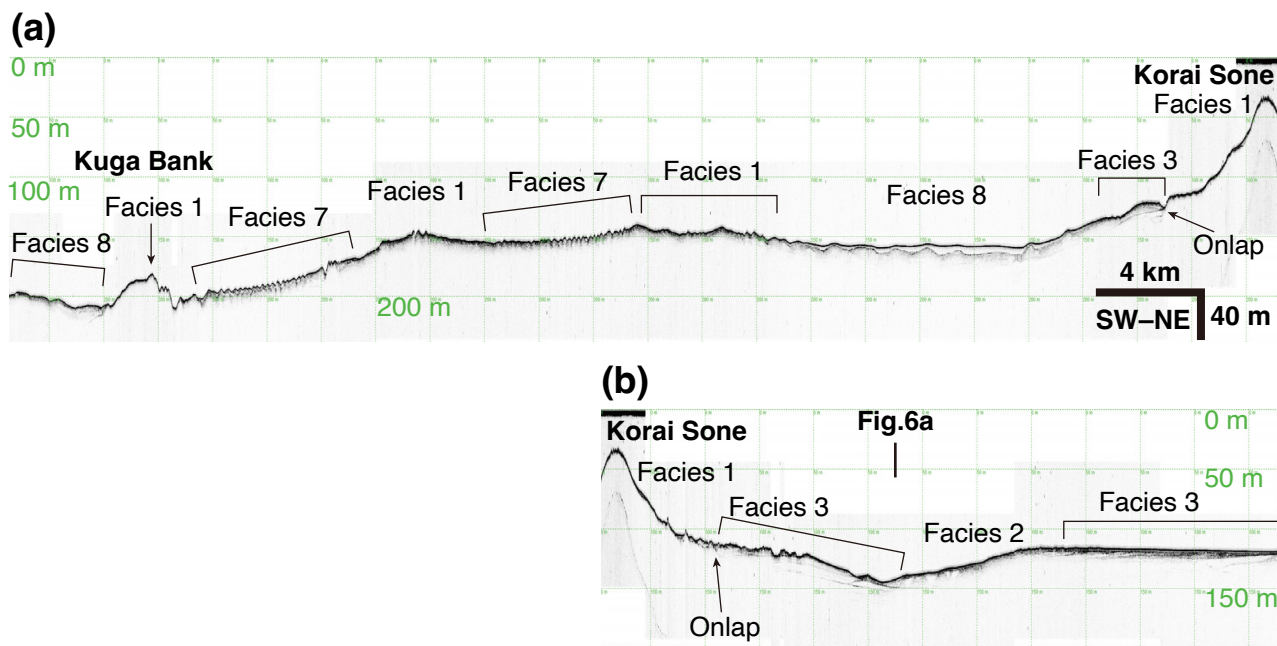
壱岐島西方の対馬海峡東水道周辺の海底表層は、おおむね平坦な海底面にて強反射が認められ、海底下に音波が透過しない層相2が広域的に分布する(第4図a-c)。対馬付近においては層相1が認められる。東水道の中央部の七里ヶ曾根の周囲には南西-北東方向に延びた凹地が存在している。この凹地は南方へ傾斜しており、大陸棚外縁部の福江海盆へ続くチャネルの上位へと接続する。この凹地内は層厚数m-20 mの透明層が埋積しており層相8を示す。凹地の傾斜面の南西部(下方)では、海底面は凹凸を呈し、内部反射が透明な層相7が認められる(第4図b, c)。海底表層堆積物の分布 (Ikehara, 1992; 清家ほか, 2025) と比較すると、本海域のSBP断面にて広く観察される層相2及び局所的に観察される層相7、層相8は、それぞれ粗粒-中粒砂及び細粒砂に対比される。対馬海峡東水道北部の海底は、北東方向の対馬暖流の影響を受ける堆積システムが発達すると考えられているが(Ikehara, 1992), 対馬海峡東水道南部において反流が南西方向に観測されていること(Takikawa *et al.*, 2005) を考慮すると、本調査で観察された層相8及び層相7は南西方向に流れる反

流の影響を受けた堆積システムで形成されたある可能性も考えられる。今後さらに南西部における調査が進むことで、堆積システムの概要が明らかになると期待される。

4.2 五島列島北方海域

本海域においても壱岐島周辺海域と同様に、海底下に音波が透過しない地層や、海底下数m-10 mまで反射面が認められる地層が多くを占めており、大別すると五島列島北方沖のチャネル周辺と平坦部で異なる音響的特徴が観察された。五島列島北方沖のチャネルにおける傾斜面から高麗曾根南方にかけて、海底面に小規模な凹凸状の強反射が認められ、内部に音波が透過しない層相1及び下位に反射面が観察できる層相7を認定した(第5図a)。チャネルの北部の傾斜が緩やかな面(高麗曾根周辺)及びチャネル底では、層厚数m-20 mの層相8が広く分布し、一部でマウンド上の高まりを呈する(第5図a東方, 第6図a)。

チャネル東方から五島列島にかけての平坦部では、海底面若しくは海底下数mに、上面は強反射であるが弱い内部反射を伴う層相3が広く認められる(第5図b及び第6図b)。層相3の地層の上面は侵食の痕跡が散見され、と



第5図 五島列島北方の海底谷に並行なSBP断面。(a)及び(b)はそれぞれ同一測線上の南部及び北部を示す。

Fig. 5 The SBP profiles parallel to the channel north of the Goto Islands. (a) and (b) show the southern and northern sections, respectively, of the same profile line..

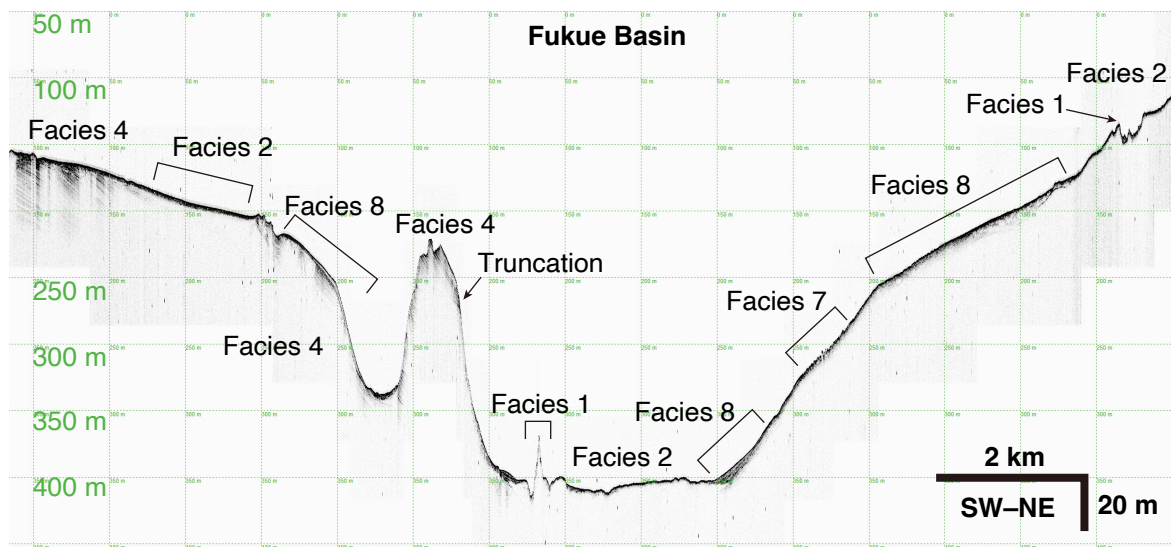
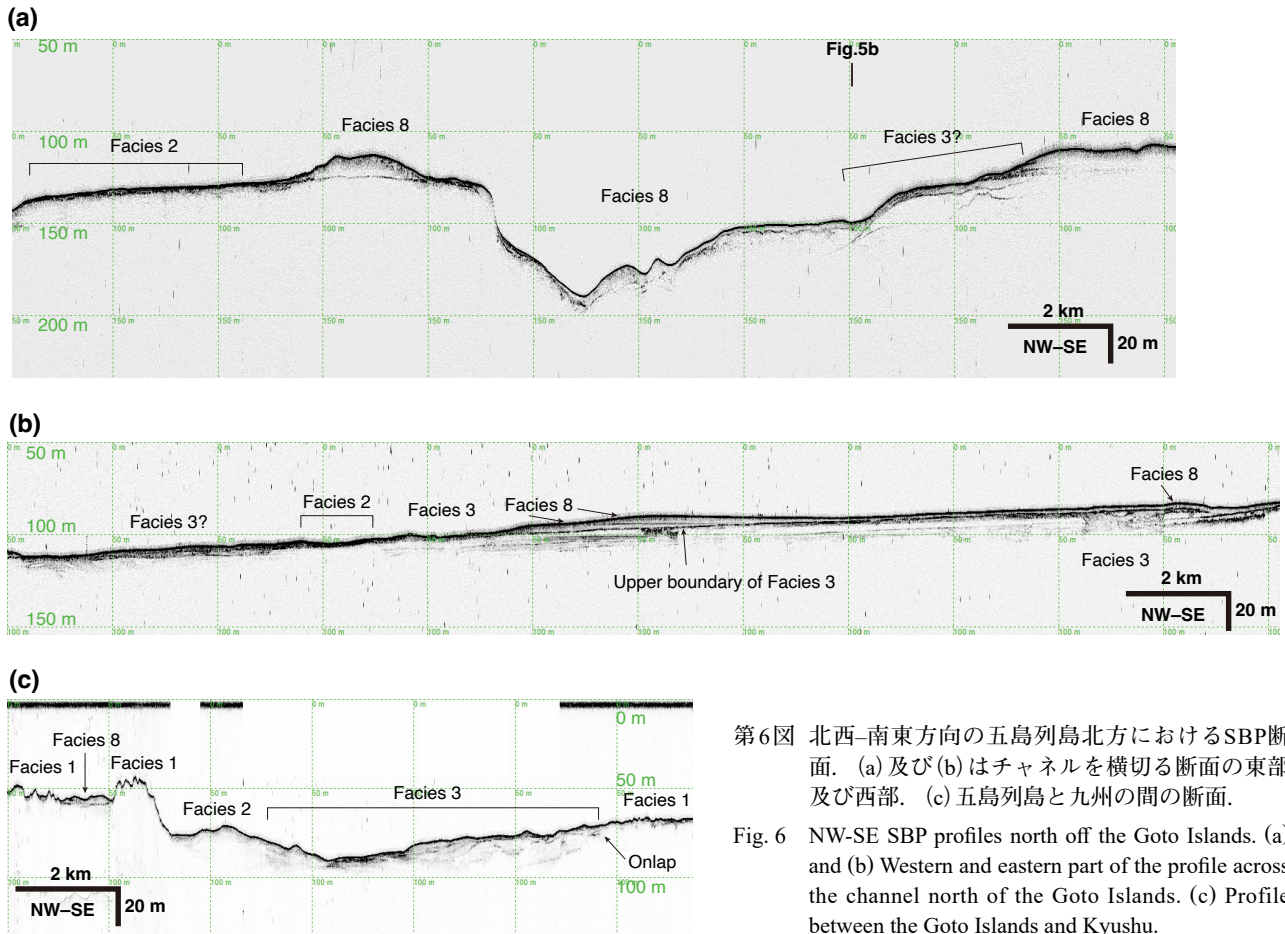
ころどころ層相8に覆われている。五島列島北部においてはチャンネル側へ層厚数mほどの層相8が2層に分かれて累重している様子が観察される(第6図b)。黄海や東シナ海では最終氷期の海水準が約120 m低下したと推定されている(斎藤, 1998)。そのため、水深80–110 mの本海域の平坦部(第5図b及び第6図b)は、最終氷期に陸化していたと推定され、層相3を示す地層は最終氷期の浸食面より下位の地層である可能性が高い。本海域の海底表層堆積物からは貝化石が発見されており(清家ほか, 2025)、この層相3からなる地層から産出していると考えられる。今後産出した化石の分析によって地層の年代を制約することが期待される。

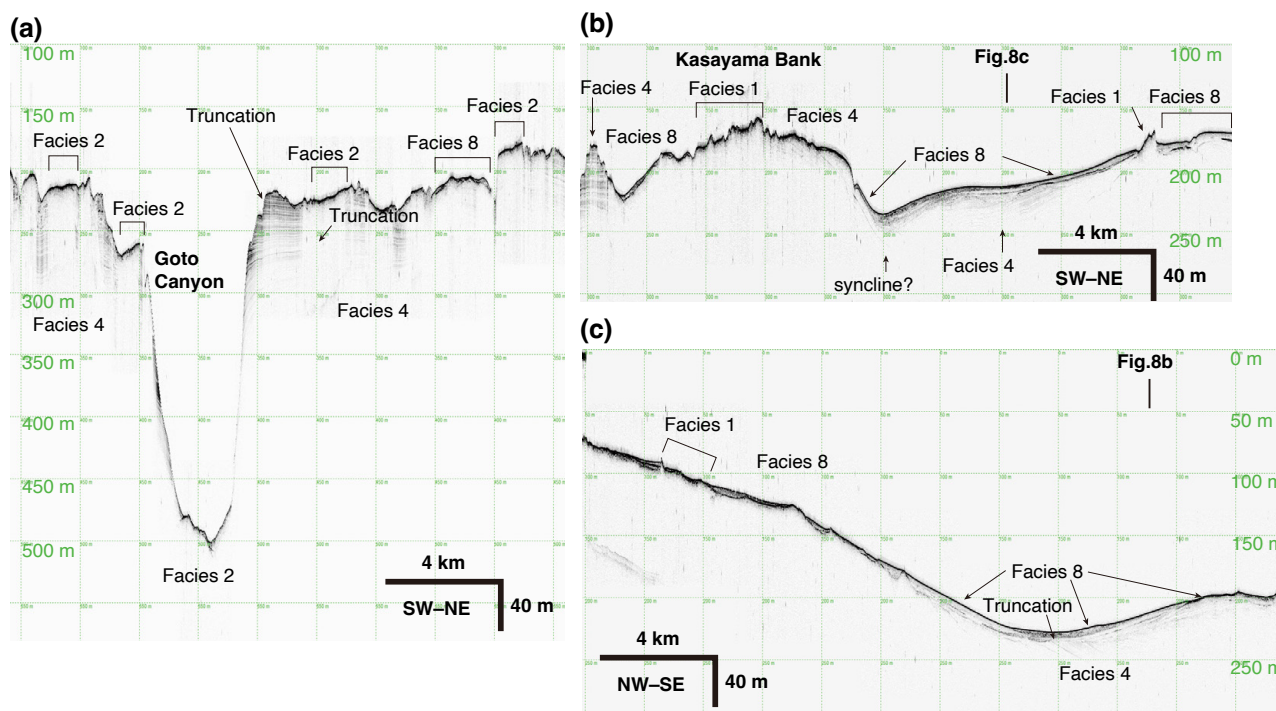
層相3は五島列島北東沖にも認められる(第6図c)。五島列島北東沖の層相3を示す地層は、層相1の間の凹地に斜行する内部反射を有した地層として認定され(第6図c)、西方に向かって地層が付加したことを示す。また、層相3を示す地層が層相1の上面にオンラップする特徴も確認でき、このような特徴は前述の五島列島北東沖(第5図a, b)における層相3からなる地層と共通している。しかし、SBP断面では海底表層部の地層の形状しか捉えることができないため、下位の地層との関係を連続的に解釈することは困難であった。層相3を示す地層の分布や下位の地層との関係は、反射法地震探査の断面を用いた解釈(有元ほか, 2025)や、採取された堆積物・岩石の分析(清家ほか, 2025)によって検討されていく予定である。

4.3 五島列島南方海域

本海域の海底表層は、福江海盆の東側斜面と西側斜面及び五島海底谷周辺とで特徴が異なる。福江海盆の東側斜面の表層は、浅海域において透過の悪い反射面を示す層相1及び層相2が広く分布し、傾斜部において層相7や層相8が認められる(第7図)。浅海域における層相1及び層相2はそれぞれ五島列島から連続する地層の露頭及び粗粒な堆積物に対比され、深部に続く層相8及び層相7は五島列島から福江海盆にかけての土石流堆積物を示唆する可能性がある。

福江海盆の西部及び五島海底谷周囲の斜面は、層相4が海底下から50 m以上の層厚で分布している(第7図及び第8図a)。この海域で分布する層相4は海底面において凹凸を呈し、密に成層する内部反射面は海底面に対してやや傾斜して接触している。そのため、層相4の上面境界部は侵食されていると考えられる。福江海盆の比較的緩やかな西側傾斜部には、層相2及び層厚数mほどの層相8が分布しており、層相4内部の連続した反射面が不明瞭になる領域が散見される。同様の特徴は、五島列島南方沖から笠山堆北方までの範囲にも認められる(第8図b, c)。笠山堆の高まりの一部では層相4が認められるが、表層の多くは層相1若しくは層相8を呈する(第8図b)。笠山堆北方の海底下に分布する層相4の内部反射は向斜様の構造を示し、変形の軸は北西–南東方向にプランジしている(第8図b, c)。層相4を示す地層の特徴(上面の侵食及び、内部反射の褶曲)から、海底下に50 m以





第8図 五島列島南方のSBP断面。(a) 五島海底谷を横切る南西-北東方向の断面。(b) 笠山堆を横切る南西-北東方向の断面。(c) 五島列島南方沖の北西-南東方向の断面。

Fig. 8 The SBP profiles south off the Goto Islands. (a) SW-NE profile across the Goto channel. (b) SW-NE profile across Kasayama Bank. (c) NW-SE profile off the southern Goto Islands.

上厚く堆積している層相4を呈する地層は、五島海底谷や周囲の海底表層の凹凸地形より前に形成されたと推察される。また、笠山堆北方には、海底表層に層厚10 mほどの層相8が層相4を覆って広く分布する(第8図b, c)。笠山堆北方の水深約200 mの凹地付近の3地点において、層相8を示す地層が層相4を示す地層を覆う(第8図)。両者は斜交して接しておりトランケーションパターンを呈する(第8図c)。福江海盆及び五島海底谷周辺は、最終氷期に東シナ海大陸棚の陸化した地域が近接していたと考えられており(Park *et al.*, 1996; Shinn *et al.*, 2007)、本海域で認められた地層は当時の堆積環境及びテクトニクスを調査する上で重要な記録を有する可能性がある。今後男女海盆周辺の調査が進むことで、五島海底谷におけるテクトニクスや堆積システム解明に寄与する海底下表層部の詳細な構造が明らかになると期待される。

5. まとめ

本稿では、GS23航海にて取得したSBPデータに基づき、九州北西方海域における海底下浅部の音響的層相の特徴についてまとめた。壱岐島周辺海域は、海底面が平坦で海底下に音波が透過しない層相や、音響的に透明な地層が認められる。五島列島北方沖には、最終氷期の浸食面より下位と考えられる、粗い間隔で成層した地層(層相3)

が広く分布している。五島列島南西沖においては、密に成層する地層(層相4)が五島海底谷や福江海盆のテラス及び斜面に認められた。本稿で区分した層相3及び層相4からなる地層は、海底表層の堆積物よりも音響層序的に古いと考えられる。今後、関連する航海(井上ほか, 2025)で取得した地球物理学的・堆積学的データの分析が進展することで、SBP断面に観察された地層が、九州北西方の地質構造発達史及び古環境研究においてどのような重要性を持つのかについて明確になると期待される。

謝辞：GS23航海では、宮崎唯史船長をはじめとする神鷹丸運航に関わった東京海洋大学の職員の方々、東京海洋大学の野田 明教授、及び乗船学生の方々に24時間体制での航走観測を支えていただき、長時間にわたる調査を実施することができました。皆様のお陰で安全に調査航海を終え、貴重な海底物理探査データを取得できたことを厚く御礼申し上げます。また、本稿の内容を向上させるにあたり、有益なご指摘とご助言をくださった査読者の松本 弾主任研究員にも深く感謝いたします。

文 献

有元 純・石野沙季・三澤文慶・井上卓彦(2025)反射法音波探査に基づく対馬及び五島列島周辺海域の地

- 質構造に関する予察的検討. 地質調査研究報告, **76**, 183–205.
- Ichikawa, H. and Beardsley, R. C. (2002) The current system in the Yellow and East China Seas. *Journal of Oceanography*, **58**, 77–92.
- Ikehara, K. (1992) Influence of surface water circulations on the sea bottom in the southern Japan Sea. *La mer*, **30**, 105–118.
- 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・板木拓也・天野敦子 (2025) 巻頭言：九州北西方沖の海洋地質調査 —2023 年度調査航海結果—. 地質調査研究報告, **76**, 163–167.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2013) 九州地域の活断層の長期評価 (第一版). https://www.jishin.go.jp/evaluation/long_term_evaluation/regional_evaluation/kyushu-detail/ (閲覧日：2024 年 10 月 9 日)
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2022) 日本海南西部の海域活断層の長期評価 (第一版) —九州地域・中国地域北方沖—. https://www.jishin.go.jp/evaluation/long_term_evaluation/offshore_active_faults/sw_sea_of_japan/ (閲覧日：2024 年 10 月 9 日)
- 岸本清行 (2000) 海陸を合わせた日本周辺のメッシュ地形データの作成：Japan250m.grd. 地質調査所研究資料集, no. 353 (CD).
- 松本 弾 (2013) 福岡県沿岸域 20 万分の 1 海底地質図説明書. 海陸シームレス地質情報集「福岡沿岸域」, 数値地質図 S-3, 産総研地質調査総合センター.
- Oiwane, H., Tonai, S., Kiyokawa, S., Nakamura, Y., Suganuma, Y. and Tokuyama, H. (2011) Geomorphological development of the Goto Submarine Canyon, northeastern East China Sea. *Marine Geology*, **288**, 49–60.
- Park, J. O., Kimura, M. and Taira, A. (1996) Late Pleistocene unconformity of the Tsushima and Korea Straits revealed by seismic reflection profiles. *Journal of Geology*, **105**, 297–305.
- 斎藤文紀 (1998) 東シナ海の堆積環境と堆積物収支. 沿岸海洋研究, **36**, 43–58.
- 佐藤智之・荒井晃作・井上卓彦 (2011) 新規に搭載されたサブボトムプロファイラー (TOPAS PS18) の特性. 荒井晃作編, 「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成 22 年度研究概要報告書—沖縄島西方沖海域—, 地質調査総合センター速報, no. 55, 35–41.
- 清家弘治・飯塚 睦・鈴木克明・板木拓也・片山 肇・兼子尚知・石野沙季・石塚 治・喜瀬浩輝・桑野太輔・山崎 誠 (2025) 東シナ海東北部及び日本海西部における海底堆積物採取調査の概要. 地質調査研究報告, **76**, 217–233.
- Shinn, Y. J., Chough, S. K., Kim, J. W. and Woo, J. (2007) Development of depositional systems in the southeastern Yellow Sea during the postglacial transgression. *Marine Geology*, **239**, 59–82.
- Takikawa, T., Yoon, J. H. and Cho, K. D. (2005) The Tsushima warm current through Tsushima Straits estimated from ferryboat ADCP data. *Journal of Physical Oceanography*, **35**, 1154–1168.

(受 付：2024 年 10 月 9 日； 受 理：2025 年 9 月 19 日)

概報 - Report

東シナ海東北部及び日本海西部における海底堆積物採取調査の概要

清家 弘治^{1, 2, 3, *}・飯塚 睦¹・鈴木 克明¹・板木 拓也¹・片山 肇¹・兼子 尚知⁴・
石野 沙季¹・石塚 治⁵・喜瀬 浩輝¹・桑野 太輔⁶・山崎 誠⁷

SEIKE Koji, IIZUKA Mutsumi, SUZUKI Yoshiaki, ITAKI Takuya, KATAYAMA Hajime, KANEKO Naotomo, ISHINO Saki, ISHIZUKA Osamu, KISE Hiroki, KUWANO Daisuke and YAMASAKI Makoto (2025) Primary report on seafloor sediment sampling in the northeastern East China Sea and western Sea of Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 76 (4/5), p. 217–233, 12 figs. and 2 tables.

Abstract: As part of the Marine Geological Map Project of the Geological Survey of Japan, the geological survey cruise GB23 was undertaken in the northeastern East China Sea and western Sea of Japan. Although the water depth over most of the survey area is <200 m, deeper areas also exist, such as the Goto Canyon (water depth: 400–600 m) and the area southwest of the Goto islands and the Danjo Basin (maximum water depth: ~800 m). Seafloor sediment was sampled at 198 sites using a Kinoshita grab sediment sampler, a vibro-corer, a rock dredger, and a rock corer. Here we report the characteristics of seafloor sediments collected using the Kinoshita grab sediment sampler. Coarse sediment with a low mud content occurs in the Tsushima Strait. Finer sediment with a high mud content occurs in other parts of the survey area. The seafloor sediments contain bioclasts such as mollusc shells and coral remains, including fossilized shells. This report also presents preliminary results on the calcareous nannoplankton and main planktic foraminifera in the seafloor sediment samples.

Keywords: East China Sea, Tsushima Strait, Northwestern Pacific, sedimentology, seafloor sediment, nannoplankton, planktonic foraminifera

要 旨

海域地質図プロジェクトの一環として、日本海西部、対馬海峡、及び東シナ海東部において海底地質調査航海 GB23 が実施された。調査海域のほとんどは水深 200 m よりも浅いが、五島列島福江島の南西部には水深 400–600 m の五島海底谷が、また五島列島の南には最深部の水深が約 800 m の男女海盆が存在する。本航海では、木下式グラブ採泥器、パイプロコアラ、ロックコアラ、ドレッジャーを用いた表層採泥・岩石採取を 198 地点で実施した。ここでは、木下式グラブ採泥器により得られた海底堆積物試料について報告する。対馬海峡においては含泥率の低い中粒砂から細礫が見られ、その他の海域では含泥率の高い細粒堆積物が分布していた。採泥試料には多くの大型ベントス生体や貝殻などの生物遺骸が含まれ、その中には灰色を呈する化石貝類も含まれていた。

また、本概報では堆積物試料に含まれていた石灰質ナノプランクトン群集や浮遊性有孔虫群集に関する予察的な内容も報告する。

1. はじめに

産業技術総合研究所では、日本周辺海域における 20 万分の 1 海洋地質図の網羅的な作成を目的とした海域地質図プロジェクトの一環として、2023 年 10 月～11 月に東海大学の調査実習船「望星丸」を使用して日本海西部、対馬海峡、及び東シナ海東部において海底地質調査航海 (GB23) を実施した。この海域の海底表層堆積物の分布に関しては 1970 年代に調査・研究され、表層底質図として出版されている (大嶋ほか, 1975)。しかしながら、これらにおいては採泥点の間隔が近年出版された他の海域のそれに比べると粗く、また柱状試料の解析や海底カメラを用いたベッドフォームの観察がなされてい

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 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 (Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, Chiba, 277-8563, Japan)

³ ニューサウスウェールズ大学キャンベラ校 (School of Science, The University of New South Wales, Canberra, 2600, Australia)

⁴ 産業技術総合研究所 地質調査総合センター地質情報基盤センター (AIST, Geological Survey of Japan, Geoinformation Service Center)

⁵ 産業技術総合研究所 地質調査総合センター活断層・火山研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Earthquake and Volcano Geology)

⁶ 京都大学大学院 人間・環境学研究院 (Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University, Kyoto, 606-8316, Japan)

⁷ 秋田大学大学院 国際資源学研究院 (Graduate School of International Resource Sciences, Akita University, Akita, 010-0852, Japan)

* Corresponding author: SEIKE, K., AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: seike-k@aist.go.jp

い。そのため、海底表層堆積物の分布状況を高精度に把握し、また堆積物の輸送・堆積メカニズムを理解するためには、採泥点を密に設定し堆積物分布を正確に把握し、海底のベッドフォームの状況や堆積構造を調べていく必要がある。日本海西部、対馬海峡、及び東シナ海北東部における海域地質調査は2023～2025年度の3年間にわたり実施される予定で、2023年度は海域北側を中心として地球物理探査、反射法音波探査、表層採泥などを対象とする航海が実施された。本概報では、2023年度に実施したGB23航海における採泥調査と取得した堆積物についての概要を報告する。

2. 調査海域

調査の対象とした海域（おおよそ北緯32.4–35.0度、東経128.3–130.3度の範囲）は、日本海西部、対馬海峡、及び東シナ海東部である（第1図）。この海域には、対馬島、壱岐島、平戸島、五島列島、天草諸島などの島に加えて、島原半島、長崎半島、西彼杵半島といった半島も見られることから、海岸線が複雑な形状となっている。対馬島と九州の間にある対馬海峡は東シナ海と日本海を、島原半島と天草諸島との間の早崎瀬戸は東シナ海と有明海をつないでいる。調査海域のほとんどは水深200 mよりも浅いが、五島列島福江島の南西部には水深400–600 mの五島海底谷が、また五島列島の南には最深部の水深が約800 mの男女海盆が存在する。

3. 堆積物の採取及び分析方法

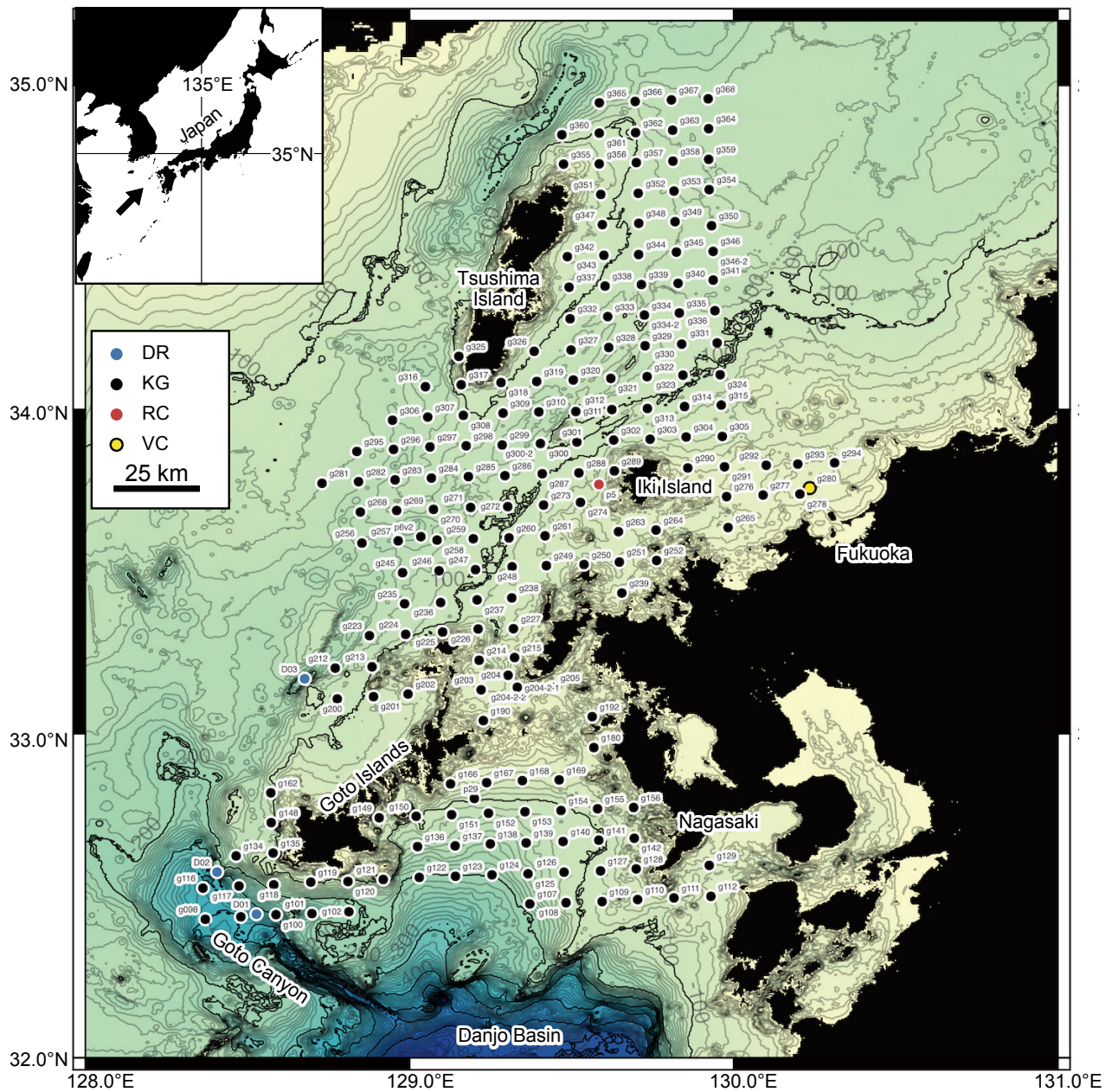
海底堆積物試料の採取は、2023年10月から11月に東海大学の調査実習船「望星丸」を使用し実施された。この航海調査では、海底表層の堆積物取得を目的とする木下式グラブ採泥器（以下、K-グラブ）に加えて、海底岩盤基質の採取を目的としてロックコアラーやドレッジャーを用いた岩石採取も実施され、またバイプロコアラーの試験運用も実施された。本航海では、K-グラブを用いた表層採泥を193地点において、バイプロコアラー及びロックコアラーを用いた柱状採泥をそれぞれ1地点で、ドレッジャーを用いた岩石採取を3地点で実施した。各調査地点の採取位置、水深を第1表に示した。本報告では、K-グラブを用いて得られた試料について解説する。なお、ドレッジャーやロックコアラーを用いた岩石採取の結果については、有元ほか(2025)で報告されている。

3.1 K-グラブを用いた堆積物採取及び環境計測

K-グラブには海底カメラ、ニスキン採水器、CTD (Conductivity Temperature Depth) センサー (CTD90M, Sea & Sun Marine Tech社製) を装備し、海底面の画像撮影、底層水の採取、水質データの連続取得を行った。K-グラブを用いることで、最大で約40 Lの海底堆積物を採取できる。海底カメラのトリガーとして、近年の地質調査航海

で利用していた水中高度計連動式の撮影システム及び誤作動防止装置（板木，2018）が不調だったため、錘とロープを利用した撮影システムを用いた。海底カメラのトリガーボックスに長さ2 mのロープを接続し、ロープ先端に取り付けた錘が着底してロープが緩むと写真撮影が行われるように設定した。海底カメラ撮影装置としてロープと錘を用いる場合、錘やロープが干渉してジョーの閉鎖を阻害し、回収率が著しく低下する場合がある。これを回避するため、錘には直径4.4 cmの鉛玉を10～12個程度テグスで連結したものを、ロープは直径3 mm程度のものを用いた。これにより、ジョー閉鎖時に錘が干渉しても、球形の錘がジョーをかわす、またはジョーがテグス部やロープを噛んで切断できるので、ジョーが正常に閉鎖し、試料回収率を向上させることができる。なお実際に一部地点では、採泥器のジョーが錘を噛んだ状態で回収されたが、充分量の堆積物試料を取得できた。また、降下・上昇中の回転や採取時の転倒といった投入中の採泥器の状態及び採取した堆積物や海底写真の方位を把握するために方位傾斜計（JFEアレック株式会社製 APC-USB model : AEM233）を設置した。一部地点では音速度計Midas (Midas MiniSVP, Valeport社製) を装着し、水中音速度の直接観測を行った（高下ほか，2025）。また一部地点ではアクションカメラをK-グラブに設置して海中・海底の水平方向の動画撮影を実施した。使用したカメラは市販のGoPro社製HERO4で、外付けバッテリーとしてAnker製Astro E1を用いた。アクションカメラにはディレイタイマー機能が備わっていないため、K-グラブに取り付けた時点から取り外すまでの動画を撮影し続ける。アクションカメラを収納する耐圧容器には水深3,000 m対応の有限会社エヌティエフ製SVH-HERO3-3000を用いた。水中ライトとして有限会社エヌティエフ製SDL-26HE-Pを用い、圧力点灯スイッチによって水深5 mで点灯するよう設定して使用した。アクションカメラを収納した耐圧容器は水平方向を撮影するように、水中ライトはその上方から伏角45度程度で照射するよう、K-グラブフレーム部にアングルやホースバンド等を用いて固定した。

K-グラブの揚収後、取得した堆積物表面の写真撮影を行った。堆積物が充分量採取された場合は、堆積物にプラスチック製の縦5 cm、横6 cm、高さ30 cmの有田式角柱容器を貫入し、柱状試料（以下、有田式サブコア）を採取した。有田式サブコアは1地点につき2本採取した。1本は保存用とし、もう1本は観察用とした。サブコア試料採取と並行し、以下の試料分取を試料の量に応じて行った。(1) 堆積物試料の採取：粒子組成分析及び地球化学分析用の試料として、表層から約2 cmをスパチュラでプラスチック容器に採取した。(2) 生物試料及び生物遺骸試料の採取：採取した底質に応じて、堆積物DNA、サンゴ類、石灰藻球、腕足類、浮遊性有孔虫、底生有孔虫、



第1図 GB23 航海の実施範囲における試料採取地点図. DR: ドレッジーサンプリング; KG: K-グラブ採泥; RC: ロックコアラーサンプリング; VC: バイプロコアラーサンプリング. 海底地形データは岸本 (2000) に基づく.

Fig. 1 Sampling points for GB23 cruise. DR: Dredge sampling; KG: K-grab sampling; RC: Rock corer sampling; VC: Vibrocorer sampling. Bathymetry data are from Kisimoto (2000).

石灰質ナノプランクトンなどの分析用試料をそれぞれスパチュラで棒瓶ないしビニール袋に採取した.

有田式サブコア及び、その他の堆積物・生物分析用試料を分取したのち、残った堆積物試料を底面積1,815 cm²のプラスチックバケットに移し、おおよその試料体積を計測した. その後5 mmメッシュを用いて水洗いし、メッシュ上に残った粗粒物を礫及び各種生物遺骸 (二枚貝,

巻貝, 翼足類, 腕足類, サンゴ類など)に可能な限り分類してビニール袋に保存した. ニスキン採水器から得た底層水は, pHの測定を行った後, 塩分濃度測定及び水素・炭素同位体測定に用いる試料をそれぞれ棒瓶, バイアル瓶に分取した. 一部地点では栄養塩及び炭酸塩飽和度測定に用いる試料を分取した.

3.2 有田式サブコアの観察

K-グラフから分取した有田式サブコアを用いて、航海終了後に海底堆積物の鉛直断面の堆積相を観察した。産総研・地質調査総合センターに設置されているX線CTスキャナー Supria Grande (日立製作所製)を用いて有田式コア試料の内部構造の画像を取得した。得られたX線CTスキャンデータは画像解析ソフトウェアOsirix MD (Pixmeo SARL社製)を用いて画像処理し、堆積物コアの鉛直断面像を作成した。

CTスキャン後、有田式サブコアの断面を目視で観察し、粒度情報や堆積構造など、コアの記載を実施した。また海底面から深さ1 cmまでの部分の堆積物を分取し、それを最表層堆積物とし、含泥率を以下の手順で測定した。最表層堆積物を乾燥させ重量を測定し、その後64 μm メッシュで水洗いし泥分を分離した。水洗い後の残留分(砂と礫)を再度乾燥させ、重量を測定した。この作業により、有田式サブコアを採取できた全ての地点における含泥率を算出した。

3.3 石灰質ナノプランクトン群集の解析

本海域における石灰質ナノプランクトンの地理分布の概略を明らかにするため、計6地点(g098, g102, g124, g245, g350, g363)の泥質堆積物を対象に、石灰質ナノプランクトンの群集解析を行った。本分析では、K-グラフで採取された表層堆積物試料の上部0–1 cmの最表層部分を使用した。採取した試料は冷蔵で持ち帰った後に実験室で処理を行い、石灰質ナノプランクトンを観察するためのスミアスライドを作成した。本検討では、1試料につき200個体の石灰質ナノプランクトンを無作為に抽出し、同定を行い、各試料の相対産出頻度を明らかにした。石灰質ナノプランクトンの観察は、簡易偏光装置を備えた生物顕微鏡(エビデント社製BX53)を用いて、油浸1,500倍で行った。

3.4 浮遊性有孔虫分析

群集組成分析用の試料はK-グラフで取得した堆積物からの分取後、船上で直ちにローズベンガル染色液を添加し冷暗所に保管した。この染色液はろ過海水で希釈した10%ホルマリン溶液に0.5 g/Lのローズベンガルを加え、四ホウ酸ナトリウムで緩衝した溶液である。

室内に持ち帰った試料を開口径63 μm の篩上で水洗いし泥質分を除去し、篩上の粒子に付着した余分なローズベンガルを除去するため、温水(約40 $^{\circ}\text{C}$)で十分に水洗いした。その後、残渣を濾紙上に回収し、60 $^{\circ}\text{C}$ で乾燥させた後、63 μm 以上の粒子については有孔虫分析用として保存した。各試料は微化石用分割器で適宜分割し、径125 μm 以上の浮遊性有孔虫について計200個体を目安に分割試料中に含まれる全ての個体を拾い出し、種の同定・計数を行ったのち各種の産出頻度(%)を算出し

た。ただし、地点g250では、63 μm 以上の浮遊性有孔虫の産出が稀であったため、分析試料の4分の1までを検鏡して産出の有無のみを確認した。種の同定はSchiebel and Hemleben (2017)とMorard *et al.* (2019)に基づいて行った。

浮遊性有孔虫殻の保存状態とサイズ分布は、群集組成用試料を用いて検討を行った。同分析のために、径63 μm 以上の浮遊性有孔虫について200個体以上となるように分割試料中に含まれる全ての個体を拾い出した。殻の保存状態は、鈴木ほか(2023)に従って、保存良好(ランクA)、保存良好だが殻表面に黄色–黄褐色の着色または少量の鉱物が付着(ランクB)、殻表面の部分的破損と殻内部の充填物の固結、殻表面の着色と鉱物粒子の付着が顕著(ランクC)、及び初生的な殻の構造を失った著しい変質(ランクD)の4段階に区分した。サイズ分布は、有孔虫殻を微化石スライド上に種同定の際に標準的に用いられる面を上側に向けて整然と配置し(Kucera and Kennett, 2002)、キーエンス社製デジタルマイクロスコープVHX-2000にカメラレンズVH-ZS100Rを装着して外形のデジタル画像を取得し、最大径と最小径を計測した。なお、サイズ分布の測定では、殻の破損が著しい個体は分析対象から除外し、おおむね個体の3分の2以上の殻が保たれているものを対象とした。

4. 表層堆積物の採取及び分析結果

GB23航海で実施した採泥調査より取得された堆積物の船上及び断面観察結果、海底写真、動画などに基づき判定した底質を第1表に示した。また、着底時のK-グラフの方位や傾斜、写真の取得状況を第2表に示した。採取した堆積物試料のうち、本概報ではK-グラフを用いて得られた堆積物試料、海底写真、及び有田式サブコアについて記述する。K-グラフによって採泥した193地点のうち、184地点において有田式コアを採取できた。なお、マイクロプラスチック試料を採取するために、2回の採泥を実施した地点がある(g300-2及びg334-2)。K-グラフ採泥が正常に作動しなかった2地点(g204-2-1及びg364)では、ほぼ同じ地点で再度採泥を試み試料を採取した。

4.1 表層堆積物の分布

K-グラフ採泥において有田式コアが採取できている地点での粒度及び含泥率の分布を、それぞれ第2図及び第3図に示す。対馬海峡や五島列島北東部の海峡、及び五島列島南西部には粗粒堆積物が分布している。またこれらの場所の含泥率は約0–20%である。そのほかの場所においては、細粒砂が多く分布しており、特に対馬島北東部や五島列島南西部及び東部、壱岐水道南の湾奥部には細粒堆積物が分布している。細粒な堆積物が分布している地点での含泥率は約30–60%である。特に、平戸島から西彼杵半島の西側で高い含泥率を示した。

第1表 GB23航海における海底堆積物試料の採取位置や海底堆積物の性状。

Table 1 Sampling positions and characteristics of the seafloor sediments collected by the GB23 cruise.

Site	Sample name	Latitude	Longitude	Water depth (m)	Sampling date (YYYYMMDD)	Sampling device	Sample volume (L)	Sediment grain size	Mud content (%)	Coarse materials remained on the sieve (no living materials)	Collected benthos (live specimen)
g008	g008	32°25.6709' N	128°22.1973' E	396	20231121	K-grab	26	Very fine grained sand	35.75	Mol, Ech, W, R	Ann
g009	g009	32°26.1238' N	128°28.7868' E	383	20231121	K-grab	40	Very fine grained sand	52.78	Mol, Ech	
g100	g100	32°26.5215' N	128°35.2885' E	299	20231120	K-grab	11	Medium grained sand	9.46	Mol, R	
g101	g101	32°26.7212' N	128°41.9322' E	258	20231120	K-grab	26	Fine grained sand	27.51	Mol, Pnt	Ann
g102	g102	32°27.0621' N	128°48.7796' E	219	20231120	K-grab	28	Fine grained sand	38.79	Mol, Bna, C, Bry, Ech, R	
g107	g107	32°28.5114' N	129°22.2522' E	181	20231119	K-grab	17	Fine grained sand	25.91	Mol, C, Ech, W, Pumice, R	Fish
g108	g108	32°28.7391' N	129°28.9565' E	93	20231119	K-grab	24	Coarse grained sand	2.59	Mol, Fossil Mol, C, Ech, R	Crs, Ann
g109	g109	32°28.9427' N	129°35.6223' E	93	20231115	K-grab	18	Coarse grained sand	2.88	Mol, Bry, Ech, R	Bat, Ann, Crs
g110	g110	32°29.3223' N	129°42.2044' E	78	20231114	K-grab	20	Coarse grained sand	2.58	Mol, Bna, C, R	
g111	g111	32°29.6234' N	129°48.9240' E	82	20231114	K-grab	20	Coarse grained sand	3.16	Mol, Fossil Mol, Bna, C, R	Ann
g112	g112	32°29.9156' N	129°55.7666' E	73	20231114	K-grab	20	Medium grained sand	3.48	Mol, Bna, Spo, Pnt, R	
g116	g116	32°31.4387' N	128°21.7651' E	382	20231121	K-grab	40	Very fine grained sand	46.83	Mol, W, Pnt, R	
g117	g117	32°31.8219' N	128°28.4369' E	266	20231121	K-grab	13	Medium grained sand	5.10	Mol, Ech	Ann
g118	g118	32°32.0444' N	128°34.8815' E	167	20231120	K-grab	13	Medium grained sand	7.44	Mol, C, Bar, Bry, Ech	Crs
g119	g119	32°32.5509' N	128°41.7315' E	115	20231120	K-grab	20	Medium grained sand	4.55	Mol, C, Bry, Ech	Crs
g120	g120	32°32.6613' N	128°48.6078' E	119	20231120	K-grab	13	Medium grained sand	10.61	Mol, Fossil Mol, C, Ech, Bry, R	
g121	g121	32°33.0358' N	128°55.1304' E	83	20231120	K-grab	<1	Outcrop	NA		
g122	g122	32°33.4207' N	129°1.8022' E	206	20231120	K-grab	40	Mud	26.75	Mol, Ech, R	
g123	g123	32°33.6282' N	129°1.8022' E	204	20231119	K-grab	35	Fine grained sand	49.11	Mol, Ech, Pnt, R	
g124	g124	32°33.8914' N	129°15.2501' E	199	20231119	K-grab	29	Very fine grained sand	41.58	Mol, W, R	
g125	g125	32°34.0850' N	129°21.9285' E	124	20231119	K-grab	17	Medium grained sand	13.83	Mol, Ech, R	
g126	g126	32°34.3938' N	129°28.5857' E	114	20231115	K-grab	28	Medium grained sand	16.95	Mol, C, Ech, R	Crs
g127	g127	32°34.6231' N	129°35.3308' E	97	20231115	K-grab	29	Medium grained sand	20.63	Mol, C, W, R	
g128	g128	32°35.0020' N	129°41.9366' E	71	20231114	K-grab	26	Coarse grained sand	3.25	Mol, Bna, C, Bry, R	Ann
g129	g129	32°35.6466' N	129°55.4600' E	70	20231114	K-grab	40	Fine grained sand	38.19	Mol, R	
g134	g134	32°37.3972' N	128°27.9078' E	157	20231121	K-grab	<1	Gravel	NA		
g135	g135	32°37.9361' N	128°34.7490' E	105	20231121	K-grab	6	Gravel	NA	Mol, Bar, Spo, Rhodolith, R	Mol
g136	g136	32°39.1315' N	129°14.7937' E	147	20231119	K-grab	28	Fine grained sand	37.63	Mol, Fossil Mol, R	
g137	g137	32°39.2660' N	129°8.4341' E	163	20231119	K-grab	35	Fine grained sand	43.41	Mol, Bna, Ech, W, Pumice, R	Bat, Crs, Ann
g138	g138	32°39.6149' N	129°14.9477' E	156	20231116	K-grab	24	Medium grained sand	22.31	Mol, Fossil Mol, Bna, C, Bry, Bar, W	
g139	g139	32°39.8043' N	129°21.5739' E	139	20231116	K-grab	28	Medium grained sand	32.02	Mol, Fossil Mol, Ech, R	Ann
g140	g140	32°40.0683' N	129°28.4065' E	113	20231115	K-grab	29	Medium grained sand	16.03	Mol, C, Ech, R	Crs
g141	g141	32°40.3114' N	129°35.0125' E	106	20231115	K-grab	31	Fine grained sand	38.71	Mol, C, R	
g142	g142	32°40.6718' N	129°41.5827' E	74	20231114	K-grab	20	Medium grained sand	9.68	Mol, Pnt, W, Pla, R	Bat, Ann
g148	g148	32°43.5636' N	128°34.3957' E	126	20231121	K-grab	22	Very coarse grained sand	1.08	Mol, Fossil Mol, Bna, C, Bry, Bar, R	Ann
g149	g149	32°44.4572' N	128°54.3786' E	81	20231119	K-grab	2	Very coarse grained sand	NA	Mol, C, Bry, Bar, R	
g150	g150	32°44.7319' N	129°1.2264' E	108	20231116	K-grab	18	Medium grained sand	32.37	Mol, Bar, Ech, R	Crs
g151	g151	32°45.0320' N	129°7.7882' E	121	20231116	K-grab	40	Very fine grained sand	54.17	Mol, Fossil Mol, Bar, R	
g152	g152	32°45.3046' N	129°14.6142' E	126	20231116	K-grab	40	Fine grained sand	50.34	Mol, Fossil Mol, R	
g153	g153	32°45.5742' N	129°21.3618' E	115	20231116	K-grab	24	Medium grained sand	30.44	Mol, Bry, Ech, R	Crs
g154	g154	32°45.8026' N	129°28.0210' E	105	20231115	K-grab	20	Fine grained sand	30.49	Mol, C, R	
g155	g155	32°46.1282' N	129°34.7877' E	85	20231115	K-grab	22	Medium grained sand	15.19	Mol, C, Ech, R	Crs
g156	g156	32°46.3598' N	129°41.4615' E	73	20231114	K-grab	40	Very fine grained sand	46.40	Mol, W, Pla, R	
g162	g162	32°49.0757' N	128°34.3239' E	112	20231121	K-grab	17	Coarse grained sand	1.53	Mol, C, Bry, Ech	Crs
g166	g166	32°50.7257' N	129°7.5900' E	63	20231116	K-grab	11	Fine grained sand	18.30	Mol, Bar, Ech, R	Crs
g167	g167	32°50.9639' N	129°14.2619' E	75	20231116	K-grab	13	Fine grained sand	15.78	Mol, W, Fish bone, Ech	Crs
g168	g168	32°51.3345' N	129°20.8764' E	76	20231116	K-grab	15	Fine grained sand	17.75	Mol, Bry, Ech, R	Crs
g169	g169	32°51.4714' N	129°27.6860' E	64	20231115	K-grab	13	Medium grained sand	5.64	Mol, C, Ech, R	
g180	g180	32°57.4504' N	129°34.1000' E	47	20231115	K-grab	28	Very coarse grained sand	3.41	Mol, C, Bry, Bar	

第 1 表 続き.
Table 1 Continued.

Site	Sample name	Latitude	Longitude	Water depth (m)	Sampling date (YYYYMMDD)	Sampling device	Sample volume (L)	Sediment grain size	Mud content (%)	Coarse materials remained on the sieve (no living materials)	Collected benthos (live specimen)
g190	g190	33°2.4491' N	129°13.6581' E	67	20231102	K-grab	4	Gravel	NA	Mol, Bar, R	Crs, C
g192	g192	33°3.1805' N	129°33.7937' E	48.6	20231115	K-grab	28	Fine grained sand	32.39	Mol, Bry, Ech, R	
g200	g200	33°6.4563' N	128°46.6266' E	111	20231122	K-grab	18	Fine grained sand	29.28	Mol, Fossil Mol, C, Ech, W, Pla, Bar, Bry, R	Crs
g201	g201	33°6.8815' N	128°53.3291' E	93	20231122	K-grab	15	Fine grained sand	25.71	Mol, Ech	Crs
g202	g202	33°7.3602' N	128°59.7180' E	73	20231122	K-grab	13	Fine grained sand	28.99	Mol, Fossil Mol, Ech, Pla, R	Crs
g203	g203	33°8.1410' N	129°13.2405' E	64	20231102	K-grab	17	Medium grained sand	2.10	Mol, Fish bone, R	Crs, Ann, Mol
g204	g204	33°10.8279' N	129°18.2322' E	71	20231102	K-grab	<1	Very coarse grained sand	NA		
g204-2-1	g204-2-1	33°8.4255' N	129°18.4255' E	66	20231102	K-grab	<1		NA		
g204-2	g204-2	33°8.6200' N	129°19.9351' E	66	20231102	K-grab	15	Very coarse grained sand	0.17	Mol, C, Bry, Bar, R	C
g205	g205	33°8.5695' N	129°26.5709' E	62	20231102	K-grab	15	Medium grained sand	16.83	Mol	Str, Crs, Sea pen, Ann, Scu
g212	g212	33°12.1669' N	128°46.2401' E	147	20231122	K-grab	13	Medium grained sand	10.72	Mol, Fossil Mol, C, R	
g213	g213	33°12.4072' N	128°53.0689' E	105	20231122	K-grab	13	Medium grained sand	17.25	Mol, C, Ech, Pmt, R	Bst, Crs
g214	g214	33°13.6116' N	129°12.8720' E	64	20231102	K-grab	18	Coarse grained sand	1.10	Mol, Bn, C, Bry, Bar, R	Sam, Heart urchin, Crs
g215	g215	33°14.1197' N	129°19.4391' E	56	20231102	K-grab	13	Very coarse grained sand	0.48	Mol, C, Bry, Bar, R	Bst, Crs, Mol
g223	g223	33°18.1689' N	128°52.5768' E	123	20231122	K-grab	20	Fine grained sand	40.98	Mol, C, Bar, Ech, R	Bst
g224	g224	33°18.4126' N	128°59.2770' E	112	20231122	K-grab	13	Fine grained sand	19.30	Mol, C, Bar, Ech, R	
g225	g225	33°18.8334' N	129°6.1134' E	92	20231122	K-grab	17	Medium grained sand	4.01	Mol, Bn, Ech, Spo, R	
g226	g226	33°19.4038' N	129°12.6889' E	57	20231102	K-grab	7	Very coarse grained sand	2.29	Mol, C, Bar, Ech, R	C
g227	g227	33°19.4559' N	129°19.2167' E	81	20231110	K-grab	13	Medium grained sand	3.11	Mol, C, Bry, Bar, R	Bst, Crs, Mol, Ann
g235	g235	33°24.0757' N	128°59.0816' E	119	20231110	K-grab	26	Medium grained sand	11.03	Mol, Bn, C, Ech, R	Bst, Crs
g236	g236	33°24.2974' N	129°5.7538' E	107	20231110	K-grab	6	Medium grained sand	16.24	Mol, Bn, C, Bar, R	Crs
g237	g237	33°24.7981' N	129°12.4962' E	95	20231102	K-grab	15	Medium grained sand	19.24	Mol, R	Sam, Str
g238	g238	33°25.1546' N	129°18.9152' E	86	20231102	K-grab	28	Medium grained sand	3.40	Mol, C, R	Bst
g239	g239	33°26.0639' N	129°39.2800' E	48	20231030	K-grab	40	Fine grained sand	58.95	Mol, R, Pmt, Pla	Crs, Ann
g245	g245	33°29.8251' N	128°58.7043' E	144	20231110	K-grab	24	Fine grained sand	43.50	Mol, C, Bry, Ech, R	Crs
g246	g246	33°30.1715' N	129°5.4567' E	118	20231101	K-grab	15	Medium grained sand	20.43	Mol, Bn, C, Bar, R	Bst, Mol, Ann
g247	g247	33°30.3818' N	129°12.1994' E	107	20231101	K-grab	13	Medium grained sand	20.17	Mol, C, R	Str, Mol, Ann
g248	g248	33°30.9205' N	129°18.9673' E	94	20231101	K-grab	9	Medium grained sand	9.57	Mol, C, R	
g249	g249	33°31.1285' N	129°25.3218' E	84	20231101	K-grab	13	Fine grained sand	14.43	Mol, Bn, C, R	Bst
g250	g250	33°31.1395' N	129°32.2822' E	69	20231101	K-grab	4	Coarse grained sand	1.85	Mol, C, Bar, R	Crs
g251	g251	33°31.7937' N	129°38.8242' E	69	20231030	K-grab	40	Very fine grained sand	43.81	Mol, C, R	Crs, Ann, Fish
g252	g252	33°32.0863' N	129°45.7185' E	51	20231030	K-grab	26	Fine grained sand	20.42	Mol, R, Pla	Crs, Ann
g256	g256	33°35.2994' N	128°51.1925' E	136	20231110	K-grab	17	Fine grained sand	8.97	Mol, C, Spo, Pla, R	Crs, Str
g257	g257	33°35.7234' N	128°57.8907' E	152	20231110	K-grab	18	Medium grained sand	17.49	Mol, C, Bry, Ech, W, R	Crs, Scu, Sam, Ann
g258	g258	33°35.8559' N	129°5.0843' E	119	20231101	K-grab	13	Medium grained sand	9.92	Mol, Bn, C, R	Crs
g259	g259	33°36.1095' N	129°11.7906' E	110	20231101	K-grab	15	Medium grained sand	10.18	Mol, Bn, R	Bst, Crs, Mol, Ann
g260	g260	33°36.2594' N	129°18.4001' E	101	20231101	K-grab	15	Medium grained sand	6.67	Mol, C	Bst, Sum, Str, Mol, Ann
g261	g261	33°36.6485' N	129°25.0743' E	91	20231101	K-grab	15	Medium grained sand	6.37	Mol, C, R	Bst, Sum, Crs, Ann
g263	g263	33°37.4184' N	129°38.6561' E	66	20231030	K-grab	18	Medium grained sand	29.21	Mol, C	Scu
g264	g264	33°37.7745' N	129°45.6023' E	60	20231030	K-grab	28	Medium grained sand	6.21	Mol, Bry, R	Bst, Scu, Heart urchin
g265	g265	33°38.1796' N	129°58.9399' E	49	20231029	K-grab	28	Medium grained sand	18.56	Mol, R	Str, Ann, Fish
g268	g268	33°41.0485' N	128°50.8847' E	143	20231110	K-grab	22	Coarse grained sand	3.19	Mol, Bn, C, Bry, R	Bst, Str, Sum
g269	g269	33°41.3360' N	128°57.6052' E	118	20231109	K-grab	15	Medium grained sand	4.96	Mol, Bn, C, Bry, Ech, R	Crs
g270	g270	33°41.5447' N	129°4.4248' E	125	20231109	K-grab	13	Medium grained sand	13.42	Mol, Bn, C, Ech, Spo	Crs
g271	g271	33°41.8964' N	129°11.2978' E	117	20231031	K-grab	18	Medium grained sand	5.56	Mol, C, Bry, Pla, R	Crs
g272	g272	33°42.0554' N	129°18.1701' E	104	20231101	K-grab	17	Medium grained sand	3.33	Mol, Bn, C, Bry	Crs, Ann, Eggs of squid
g273	g273	33°42.3488' N	129°24.7998' E	96	20231101	K-grab	13	Medium grained sand	4.21	Mol, C, Bry, R	Bst, Sum, Ann
g274	g274	33°42.8390' N	129°31.6224' E	86	20231030	K-grab	6	Coarse grained sand	5.21	Mol, C, Bry, Bar, R	Crs
g276	g276	33°43.9119' N	129°58.6631' E	52	20231123	K-grab	13	Coarse grained sand	3.27	Mol, Fossil Mol, Bar, Bry	Scu
g277	g277	33°44.1997' N	130°5.4134' E	53	20231123	K-grab	17	Medium grained sand	7.28	Mol, Fossil Mol, Ech, R	Crs

GB23 航海における表層採泥調査結果（清家ほか）

第2表 GB23 航海におけるK-グラブ採取時の採泥器の方位と傾斜，及び写真撮影状況.

Table 2 Sampling information (orientation and inclination of the grab sampler and seafloor photographs for the GB23 cruise).

Site	Orientation at bottom (degree)	X-tilt (degree)	Y-tilt (degree)	Orientation 2 m above sea bottom (degree)	Seafloor photo
g098	151.3	-0.1	2.3	127.7	Invisible
g099	166.2	2.4	4.7	167.0	Invisible
g100	337.0	-0.9	0.0	346.9	Slightly observable
g101	329.4	0.2	3.8	338.2	Invisible
g102	221.4	0.5	0.8	241.0	Observable
g107	240.3	-0.5	1.6	242.3	Slightly observable
g108	95.7	1.2	1.9	91.7	Observable
g109	307.5	-0.4	3.2	310.1	Slightly observable
g110	52.2	0.3	2.0	39.0	Invisible
g111	90.1	2.5	2.1	72.0	Invisible
g112	191.5	0.3	1.8	205.5	Invisible
g116	334.4	1.0	0.9	337.6	Invisible
g117	174.2	-1.3	2.9	195.4	Invisible
g118	358.4	0.2	-1.3	9.3	Observable
g119	345.6	0.5	-0.4	335.5	Slightly observable
g120	282.5	-1.3	-0.1	279.6	Invisible
g121	330.5	18.3	11.6	344.8	Observable
g122	123.5	0.7	1.8	123.3	Slightly observable
g123	106.6	0.5	2.7	127.9	Invisible
g124	114.4	3.4	2.4	110.5	Observable
g125	259.8	-0.2	1.8	269.9	Slightly observable
g126	244.7	2.9	3.8	279.6	Invisible
g127	81.2	-1.4	3.1	84.3	Invisible
g128	37.7	0.3	-0.7	48.0	Invisible
g129	151.8	0.1	3.6	113.8	Invisible
g134	81.1	-2.4	2.5	103.8	Observable
g135	233.6	5.1	0.9	235.4	Observable
g136	4.4	-1.9	3.3	323.8	Invisible
g137	123.2	-3.2	-1.7	113.3	Invisible
g138	24.8	0.8	1.9	39.9	Invisible
g139	17.1	-1.7	0.1	14.5	Invisible
g140	279.0	0.4	1.6	323.5	Invisible
g141	289.2	1.9	6.0	297.9	Invisible
g142	248.6	2.5	0.2	237.9	Invisible
g148	312.4	-0.7	2.7	309.9	Observable
g149	355.4	-4.1	1.6	347.0	Invisible
g150	82.9	-0.4	1.9	101.0	Invisible
g151	35.8	2.0	5.4	54.3	Invisible
g152	33.3	-2.0	-2.4	27.8	Invisible
g153	147.0	0.5	2.0	175.3	Invisible
g154	72.8	-1.0	3.1	82.1	Invisible
g155	85.5	0.6	2.7	100.3	Invisible
g156	240.1	0.9	2.9	254.6	Invisible
g162	91.9	-5.2	1.8	74.2	Observable
g166	239.9	-1.5	1.3	214.7	Invisible
g167	231.5	0.1	2.3	268.4	Invisible
g168	153.0	1.2	-0.1	127.6	Invisible
g169	95.7	-0.1	-0.1	110.1	Invisible
g180	307.5	-1.5	0.3	354.4	Invisible
g190	68.4	-6.0	6.6	350.3	Invisible
g192	291.3	-0.5	1.1	327.6	Invisible
g200	4.5	-1.1	0.8	31.3	Invisible
g201	17.6	-0.5	1.0	40.3	Invisible
g202	313.4	-2.1	-1.2	329.5	Invisible
g203	192.2	1.7	-1.5	176.1	Invisible
g204	113.5	0.5	-1.1	99.0	Slightly observable
g204-2-1	140.0	-2.9	0.7	227.8	Slightly observable
g204-2-2	181.9	0.2	-1.5	186.2	Slightly observable
g205	7.5	0.1	3.2	358.4	Invisible
g212	33.7	-0.6	-0.3	23.8	Invisible
g213	324.9	2.5	0.9	319.0	Invisible
g214	33.4	1.5	0.6	336.7	Slightly observable
g215	111.5	-4.0	-1.8	37.5	Slightly observable
g223	35.0	0.7	1.7	65.2	Invisible
g224	61.8	-0.5	2.1	99.6	Invisible
g225	113.5	-1.9	-2.8	120.2	Observable
g226	256.1	1.3	-2.7	243.6	Observable
g227	25.9	0.2	-2.1	21.4	Invisible
g235	147.3	-0.1	1.8	172.6	Slightly observable

第2表 続き.

Table 2 Continued.

Site	Orientation at bottom (degree)	X-tilt (degree)	Y-tilt (degree)	Orientation 2 m above sea bottom (degree)	Seafloor photo
g236	345.2	-0.4	1.1	359.4	Invisible
g237	201.0	0.8	1.8	202.0	Invisible
g238	321.9	-0.4	1.0	321.8	Invisible
g239	52.9	0.2	0.5	47.7	Invisible
g245	91.5	-1.2	2.5	110.9	Invisible
g246	22.8	-0.1	2.8	6.6	Invisible
g247	252.8	-0.7	1.6	276.0	Invisible
g248	227.3	1.2	-9.7	169.4	Invisible
g249	102.7	1.6	-0.6	130.2	Invisible
g250	258.0	-0.2	-1.5	269.7	Invisible
g251	271.2	1.7	1.6	278.6	Invisible
g252	350.5	6.4	3.9	6.5	Invisible
g256	42.2	-0.8	-1.1	61.5	Slightly observable
g257	77.4	-1.9	1.3	65.0	Slightly observable
g258	314.4	0.6	3.1	325.2	Invisible
g259	301.4	0.4	4.4	298.0	Invisible
g260	44.5	-1.1	-2.9	53.5	Invisible
g261	104.1	-0.2	0.8	90.3	Invisible
g263	343.7	2.7	1.9	346.4	Invisible
g264	69.0	0.3	2.5	47.3	Invisible
g265	NA	NA	NA	NA	Invisible
g268	180.7	-0.6	0.3	189.1	Observable
g269	190.1	1.3	1.1	206.9	Observable
g270	201.6	0.1	4.6	195.5	Slightly observable
g271	204.3	-3.4	-0.1	207.7	Slightly observable
g272	272.0	-0.3	0.5	270.2	Invisible
g273	261.4	-0.2	4.0	245.4	Slightly observable
g274	192.8	-2.5	-6.0	197.6	Invisible
g276	318.4	0.1	2.0	311.9	Slightly observable
g277	295.7	2.3	0.4	309.1	Invisible
g278	295.9	0.6	1.8	308.0	Slightly observable
g281	211.1	1.0	0.7	235.4	Observable
g282	164.2	1.2	1.9	184.5	Observable
g283	136.1	-0.2	1.5	147.3	Observable
g284	216.5	-1.4	1.4	214.2	Observable
g285	34.5	1.0	4.0	55.4	Slightly observable
g286	86.1	-1.8	3.2	97.0	Slightly observable
g287	171.5	-1.7	0.1	169.6	Slightly observable
g288	5.9	1.6	11.9	342.8	Slightly observable
g289	NA	NA	NA	NA	Slightly observable
g290	NA	NA	NA	NA	Invisible
g291	314.0	-3.7	-0.4	319.5	Invisible
g292	344.2	-9.1	4.1	347.3	Slightly observable
g293	307.7	-0.5	0.9	307.1	Invisible
g294	84.0	0.7	2.0	104.0	Invisible
g295	210.6	-1.2	1.5	241.4	Observable
g296	263.1	-1.0	-1.0	275.4	Observable
g297	255.1	-1.6	-0.9	282.9	Observable
g298	319.2	0.4	1.3	344.3	Observable
g299	351.3	1.4	-3.3	12.6	Slightly observable
g300	80.1	1.2	4.4	81.9	Observable
g300-2	85.2	0.5	8.7	82.1	Observable
g301	NA	NA	NA	NA	Observable
g302	NA	NA	NA	NA	Slightly observable
g303	NA	NA	NA	NA	Slightly observable
g304	NA	NA	NA	NA	Invisible
g305	214.3	1.3	1.6	210.4	Invisible
g306	190.8	-0.1	1.1	193.4	Slightly observable
g307	121.3	1.2	0.6	157.2	Slightly observable
g308	190.4	0.9	-0.7	207.7	Slightly observable
g309	33.9	5.2	8.3	9.4	Observable
g310	118.1	-1.7	2.0	87.4	Observable
g311	NA	NA	NA	NA	Observable
g312	NA	NA	NA	NA	Observable
g313	NA	NA	NA	NA	Slightly observable
g314	NA	NA	NA	NA	Slightly observable
g315	94.6	1.9	3.6	100.4	Slightly observable
g316	206.8	-0.1	1.1	130.9	Invisible
g317	138.8	-5.1	-10.9	115.7	Invisible
g318	106.8	-2.9	10.4	44.7	Invisible

第2表 続き.
Table 2 Continued.

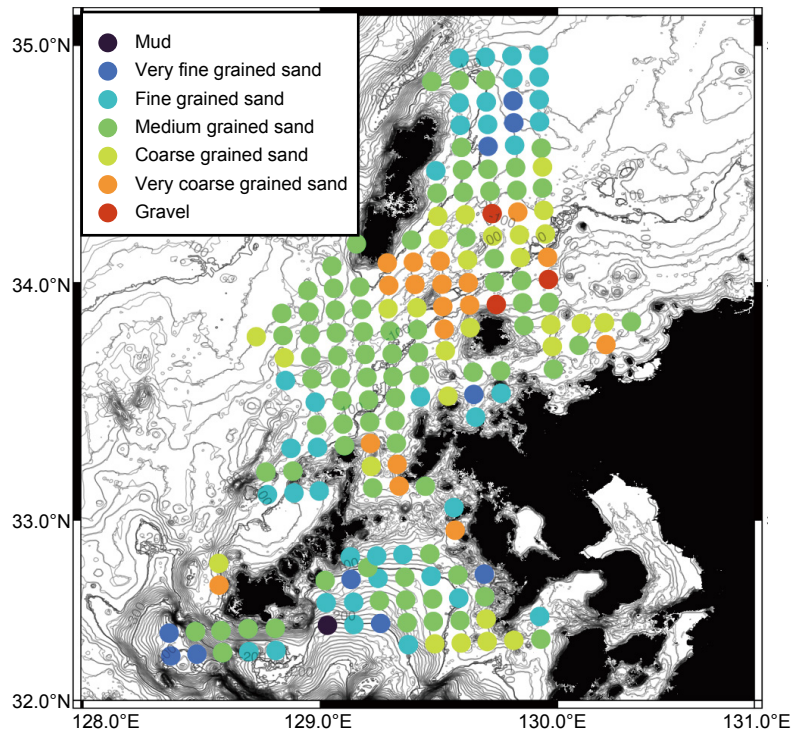
Site	Orientation at bottom (degree)	X-tilt (degree)	Y-tilt (degree)	Orientation 2 m above sea bottom (degree)	Seafloor photo
g319	41.3	2.1	11.5	14.6	Observable
g320	126.4	-3.5	-3.5	132.0	Observable
g321	NA	NA	NA	NA	Observable
g322	NA	NA	NA	NA	Observable
g323	NA	NA	NA	NA	Slightly observable
g324	NA	NA	NA	NA	Slightly observable
g325	257.0	-0.5	-0.1	288.1	Observable
g326	58.3	-0.6	2.2	55.0	Invisible
g327	3.8	-2.3	0.0	24.1	Observable
g328	240.3	0.2	-0.5	268.7	Observable
g329	31.1	0.7	3.0	25.1	Observable
g330	195.1	0.9	2.3	192.1	Observable
g331	303.6	-1.8	2.2	292.4	Slightly observable
g332	254.1	0.7	3.1	208.1	Invisible
g333	201.9	-1.1	0.3	198.4	Observable
g334	215.0	0.1	-3.6	222.5	Observable
g334-2	218.2	-1.4	-1.5	253.5	Observable
g335	347.5	0.0	1.3	348.8	Observable
g336	138.0	-1.6	0.1	118.9	Slightly observable
g337	79.3	1.3	1.7	83.9	Invisible
g338	285.4	1.7	3.1	322.1	Slightly observable
g339	119.7	1.0	-0.4	124.8	Slightly observable
g340	194.4	-0.9	1.0	225.0	Slightly observable
g341	48.6	-0.4	2.6	14.8	Slightly observable
g342	23.6	2.7	2.2	37.1	Invisible
g343	347.7	0.3	0.4	1.1	Invisible
g344	87.6	1.3	1.2	88.8	Observable
g345	86.6	0.4	1.2	85.2	Slightly observable
g346	213.3	-0.4	0.8	237.0	Observable
g346-2	141.3	-2.4	0.4	161.3	Invisible
g347	315.9	-1.4	6.0	307.6	Invisible
g348	93.4	0.6	1.1	127.5	Invisible
g349	165.5	-0.5	3.7	162.8	Invisible
g350	12.1	0.1	2.0	12.1	Invisible
g351	171.9	-1.4	6.0	182.3	Invisible
g352	100.7	1.0	0.2	94.5	Invisible
g353	56.7	-0.4	1.3	69.6	Invisible
g354	61.8	1.7	0.0	78.2	Invisible
g355	161.4	0.0	-1.5	250.8	Invisible
g356	50.9	0.0	1.2	72.7	Invisible
g357	193.0	0.3	2.0	184.7	Invisible
g358	208.1	-0.4	2.9	217.1	Invisible
g359	30.5	1.1	2.0	52.6	Invisible
g360	315.3	-0.6	2.4	318.3	Invisible
g361	225.7	-0.3	1.2	245.3	Invisible
g362	339.7	0.0	1.3	353.8	Invisible
g363	310.5	-0.9	1.0	334.7	Invisible
g364	124.9	-1.1	4.4	153.2	Invisible
g365	221.2	1.0	1.2	228.0	Invisible
g366	140.2	-0.9	2.8	170.6	Invisible
g367	17.9	0.0	3.0	12.2	Invisible
g368	231.2	0.3	1.7	238.6	Invisible
p29	259.7	0.0	1.8	291.4	Invisible
p6v2	210.5	12.1	7.3	214.0	Observable

本調査で得られた表層堆積物に見られる特徴的な堆積相、泥質砂、淘汰の良い中粒砂、及び粗粒なものについて、通常写真とX線CT像を第4図に示す。

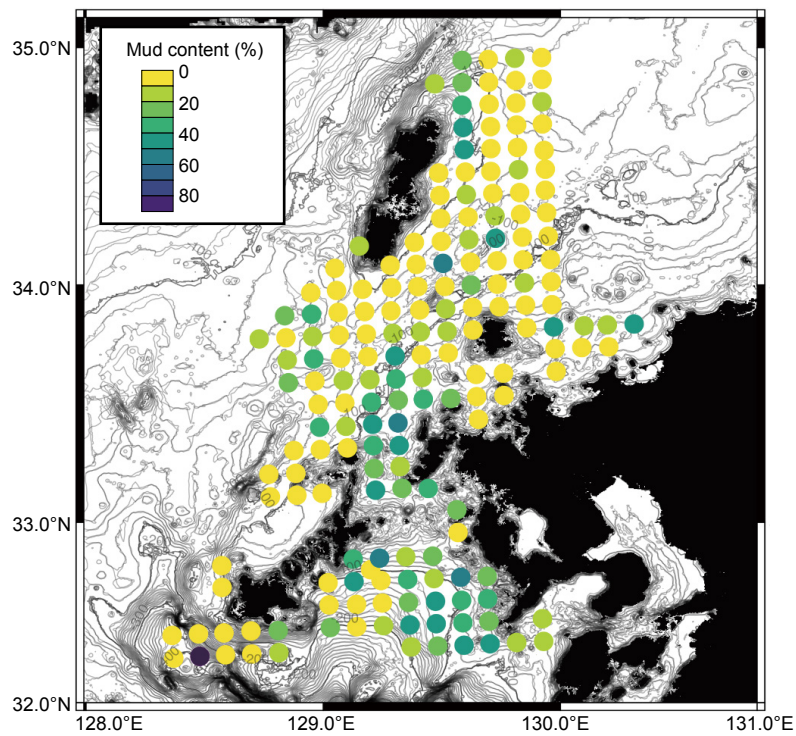
4.2 海底写真

K-グラフ採泥を実施した193地点のうち、44地点において海底高さ約2 mから撮影された良好な海底面写真を得た。また、43地点においては、海中の懸濁物により不明瞭ながら、海底面の状態が観察可能な写真を得た。残

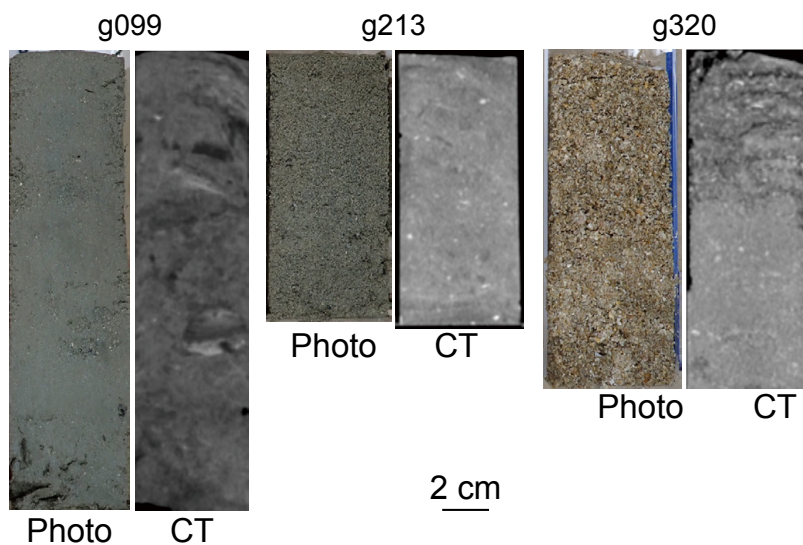
り106地点においては、海底面から高さ2 mからの画像には懸濁物によりカメラと海底の間が遮られ、海底面を観察できる写真は得られなかった(第5図)。写真の取得状況を第6図に示す。懸濁物が少ない地点は対馬海峡や五島列島南西部など潮流が速いと考えられる場所、かつ含泥率が低い場所に多いことがわかる。写真の取得状況は定性的な情報ではあるが、海底堆積物の再移動—泥やシルトなどの細粒堆積物の再懸濁や移動状況を判断するための材料に活用できる可能性がある。



第2図 調査海域における底質の粒度分布. 有田式サブコアの観察結果に基づく.
Fig. 2 Grain size distribution in the survey area based on the sub-core observation.

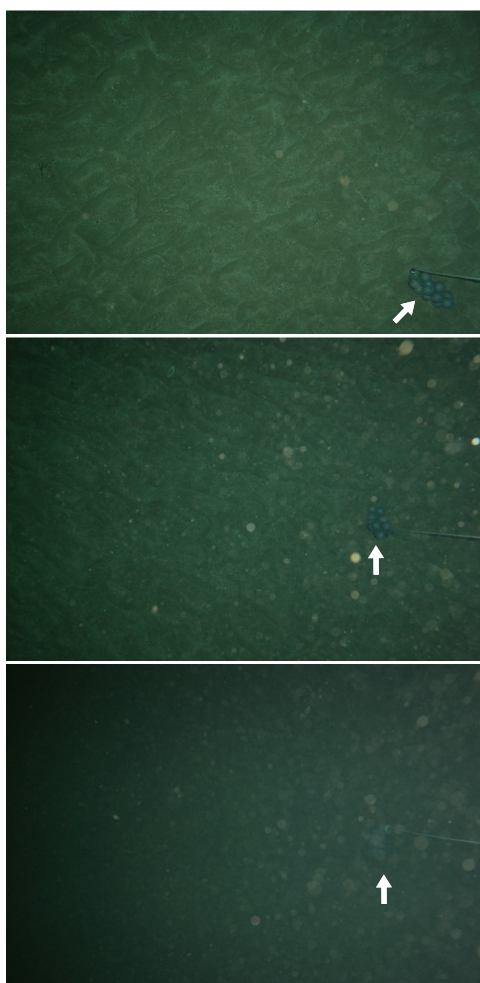


第3図 調査海域における底質の含泥率分布. 有田式サブコアの分析結果に基づく.
Fig. 3 Mud content distribution in the survey area based on the sub-core analysis.



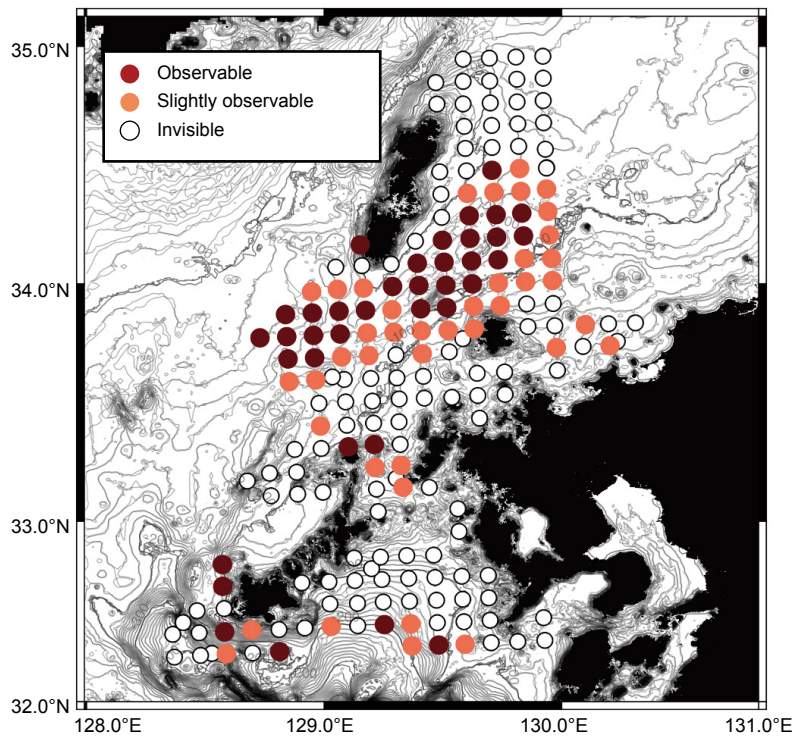
第4図 有田式サブコアの通常写真とX線CT像. (左) 泥質な地点 (g099) におけるサブコア. (中央) 淘汰の良い中粒砂が見られる地点 (g213) におけるサブコア. (右) 粗粒な地点 (g320) におけるサブコア.

Fig. 4 Representative photos and X-ray CT images from a muddy site (g099), well sorted medium-grain sand site (g213), and a coarser site (g320).



第5図 海底写真. (上) 海底面のベッドフォームがはっきりと観察できる例 (g311 地点). (中) 懸濁物によりやや不明瞭だが、海底面のベッドフォームが観察できる例 (g308 地点). (下) 懸濁物が多く、海底が観察できない地点 (g249 地点). 各写真に映り込んでいる鉛玉 (矢印) の直径は4.4 cm.

Fig. 5 Representative seafloor photos for well-observable site (g311), slightly observable site (g308), and unobservable site due to suspended particles (g249). The weight ball (arrow) seen on the right-bottom of each photo is 4.4 cm in diameter.



第6図 調査海域における海底写真の取得状況。

Fig. 6 A map showing seafloor photograph situation.

4.3 K-グラブで採取された生物遺骸及び大型ベントス

K-グラブ試料を5 mmメッシュで振り分けした残渣には、二枚貝類、腕足類、サンゴ類などの硬組織の生物遺骸、バイオクラストが多数含まれる。各地点で採取された生物遺骸について第1表に示す。本航海では特徴的に、現世の生物遺骸に加えて、灰色を呈する貝化石サンプルも採取された(第7図)。年代測定を実施していないためそれらの詳細な形成年代は不明であるが、現生種も含まれているため最終氷期あるいは最終間氷期に由来するものと考えられる。貝化石サンプルが得られた地点を第8図に示す。陸域近くあるいは対馬海峡北東部に多く分布していることがわかる。

K-グラブ試料には海底に生息するベントス生体も含まれている。採取されたベントスのうち、顕著なものを第1表に示す。採集された魚類については玉井ほか(2025)を、底生有孔虫については有元(2025)を、花虫亜門(刺胞動物)については喜瀬ほか(2025)を、無藻性イシサンゴ類については徳田ほか(2025)を、それぞれ参照されたい。

4.4 石灰質ナノプランクトン群集解析結果

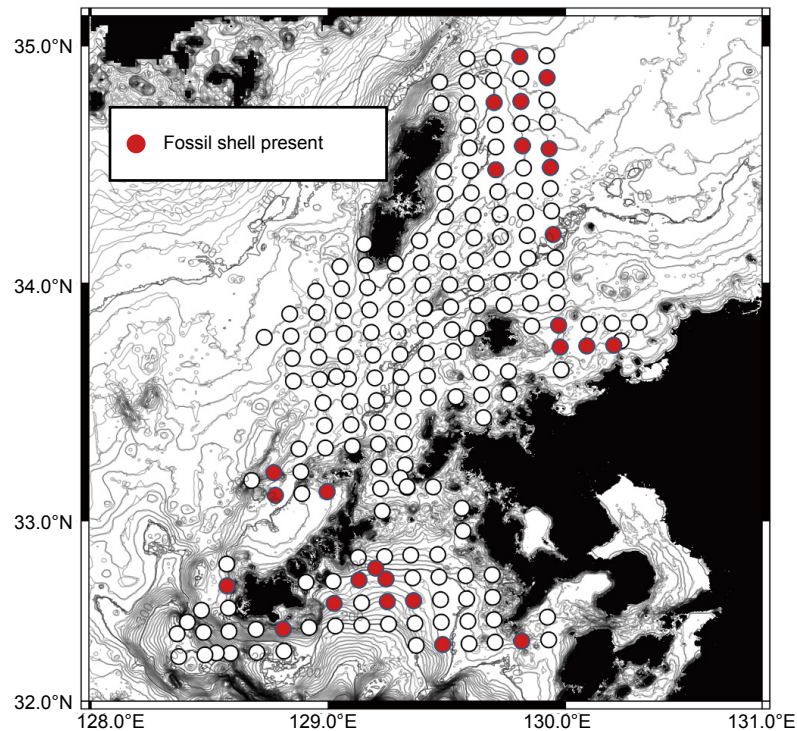
検討した6試料からは、少なくとも11属16種以上の石灰質ナノプランクトンが認定された。分析を行った全ての試料において、保存状態はおおむね良好であり、豊富な石灰質ナノプランクトンの遺骸が含まれて



第7図 化石貝殻試料。

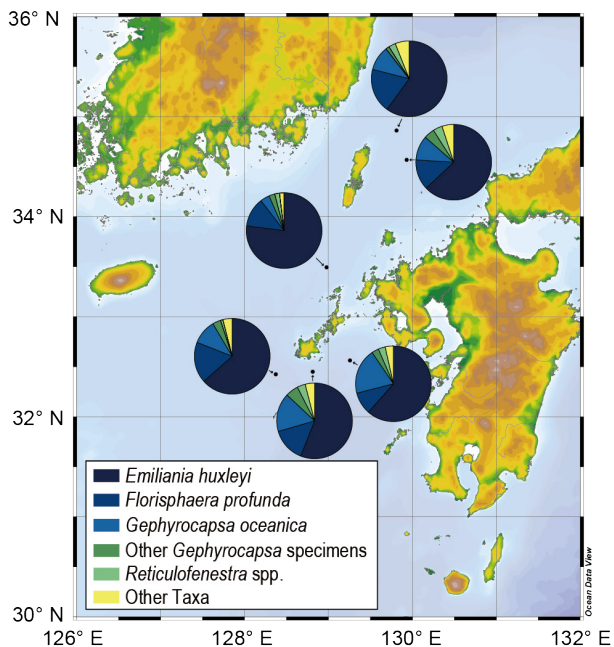
Fig. 7 Fossilized molluscan shells.

いた(第9図)。石灰質ナノプランクトンの遺骸群集のうち、*Emiliania huxleyi*は全ての地点において多産し、その相対産出頻度は56–77 %であった(第9図)。次いで多産した分類群は、*Gephyrocapsa oceanica*と*Florisphaera profunda*であり、それぞれ、4–20 %、9.5–19 %の産出頻度を占めていた。*Gephyrocapsa*属は*G. oceanica*以外にも*Gephyrocapsa muelleri*, *Gephyrocapsa caribbeanica*, 小型の*Gephyrocapsa*属(<3 μm)の産出が認められたが、その



第8図 調査海域における化石貝殻試料の取得状況。

Fig. 8 A map showing fossilized molluscan shell distribution.



第9図 本海域における主要な石灰質ナノプランクトンの分布。

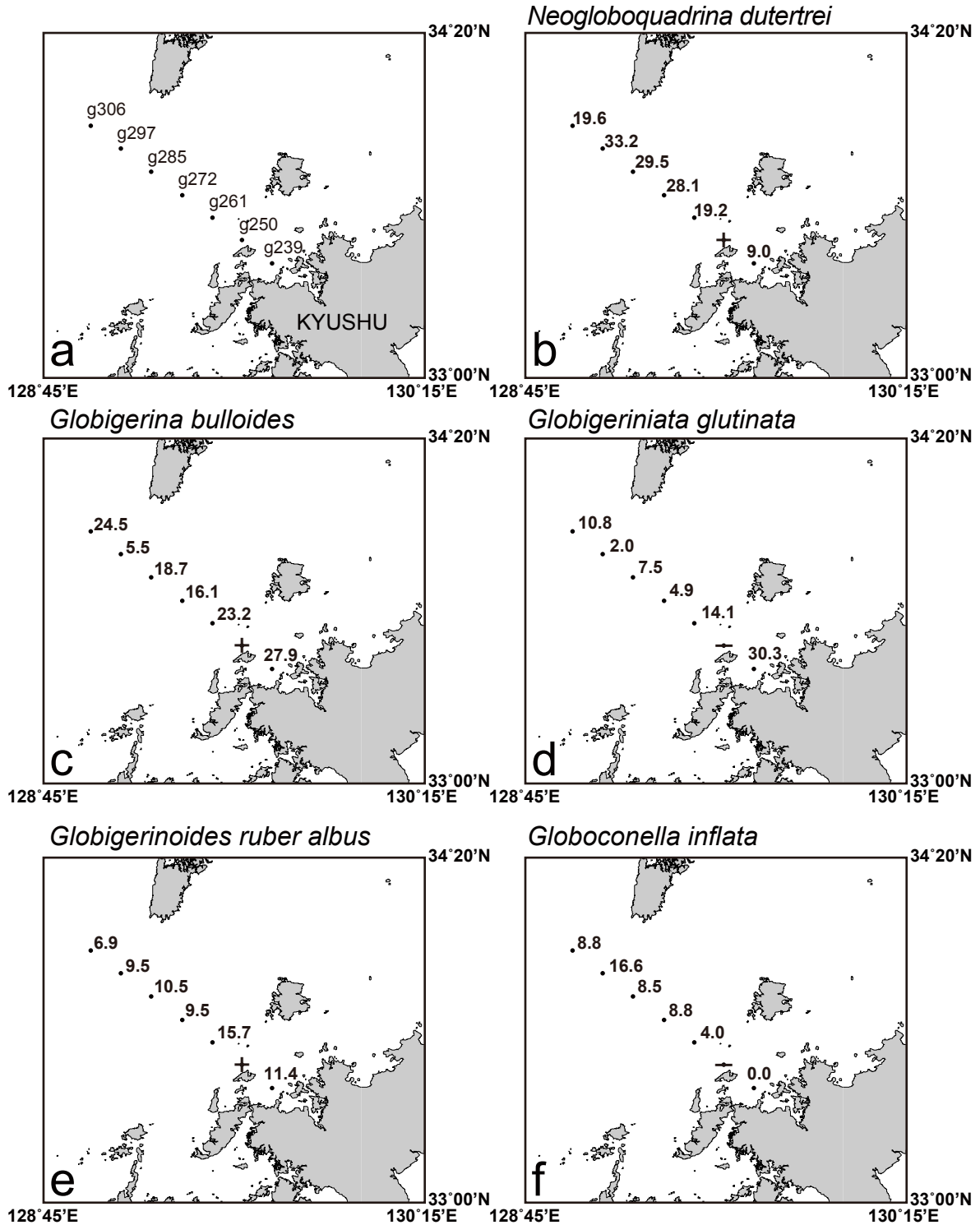
Fig. 9 The distribution of major calcareous nannoplankton in this area.

産出頻度は全て5%未満であった。また、*Reticulofenestra* 属についても、検討した全ての地点で産出が認められたが、その産出頻度は1-4%であった。一方、*Calcidiscus* 属、*Discosphaera* 属、*Helicosphaera* 属、*Oolithotus* 属、*Syracosphaera* 属、*Umbilicosphaera* 属については、ほぼ全ての試料で産出が認められたものの、その産出頻度はそれぞれ3%未満と非常に小さい値であった。

4.5 浮遊性有孔虫分析結果

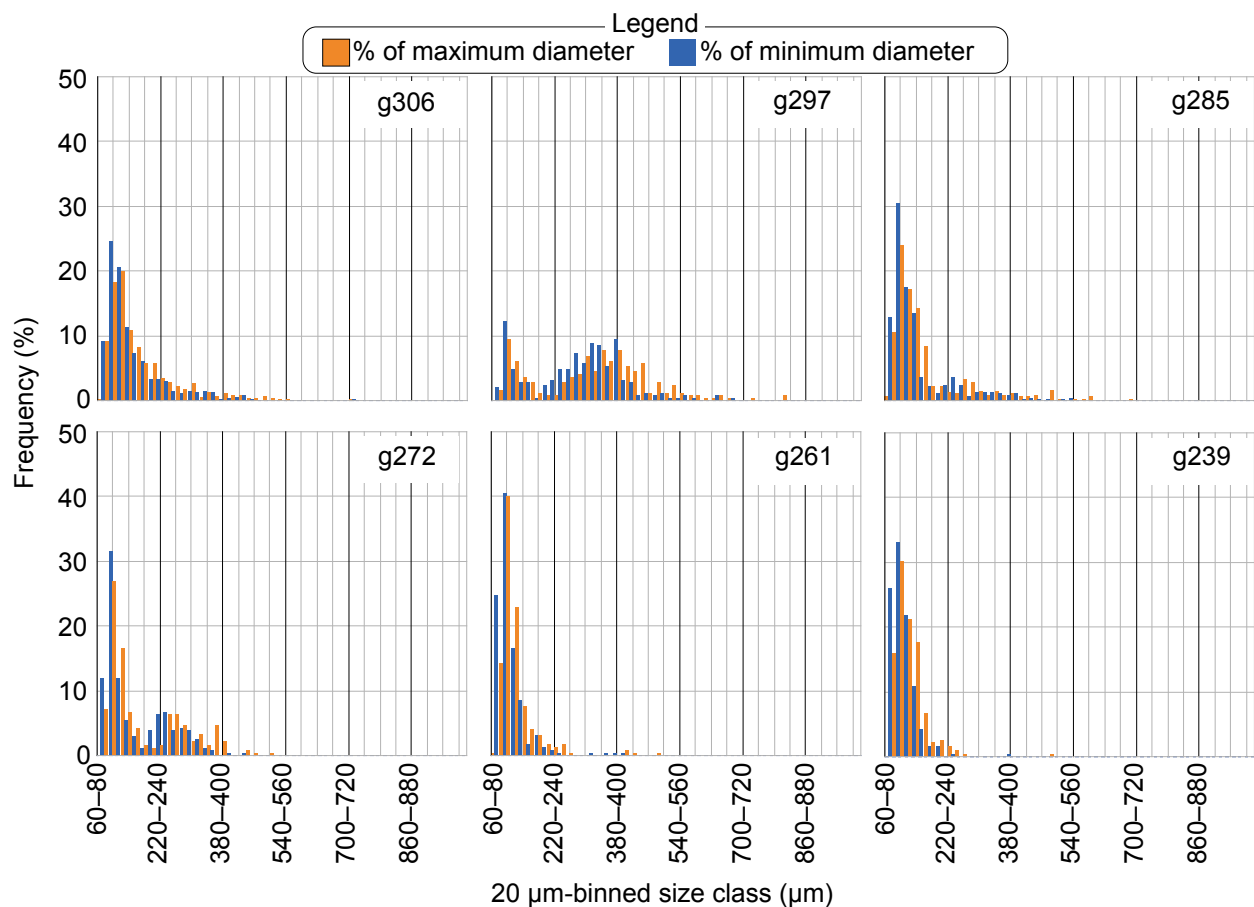
本調査海域の7試料(第10図a)から産出した径125 μm 以上の浮遊性有孔虫は13属21種である。高い産出頻度を示す種は*Neogloboquadrina dutertrei* (d'Orbigny), *Globigerina bulloides* d'Orbigny, *Globigerinita glutinata* (Egger), *Globigerinoides ruber albus* (Morard et al.) 及び *Globoconella inflata* (d'Orbigny)の5種である(第10図b-f)。またこれらの種に加え、*Pulleniatina obliquiloculata* (Parker and Jones), *Globigerinoides elongatus* (d'Orbigny), *Turborotalita quinqueloba* (Natland), 及び *Trilobatus sacculifer* (Brady)が5%以上の頻度で産出した。本調査測点を特徴づける種として*N. dutertrei*, *G. bulloides*, *G. glutinata*, *G. ruber albus*, 及び*G. inflata*の5種が挙げられ、浮遊性有孔虫が産出する全ての試料で群集の74%を占める。

浮遊性有孔虫群集分析に供した試料のうち、産出の稀な地点g250の試料を除いた6試料について、63 μm 以上



第10図 調査海域における表層堆積物のうち浮遊性有孔虫分析実施地点(a)と浮遊性有孔虫の相対頻度分布(b-f)。b-fの数値は各試料中の産出頻度(%)を示す。図中の+は地点g250での浮遊性有孔虫種の産出を、-は無産出を表す。

Fig. 10 The distributions of five major planktic foraminifera in the study area. (a) Sampling points of K-grab. (b)-(f) Relative abundance (%) of major planktic foraminifera. In the diagram at site g250, "+" represents the presence of planktic foraminiferal species and "-" represents barren of the species.



第11図 浮遊性有孔虫殻サイズ(最大径・最小径)計測結果の20 μm ビンヒストグラム。それぞれ横軸は20 μm 刻みのサイズ階級 (μm)、縦軸はそれらが各地点の全計測個体数に占める割合 (%)を表す。

Fig. 11 Histograms with 20 μm -bin showing results for planktic foraminiferal size analysis regarding both maximum and minimum diameters. Horizontal and vertical axes indicate 20 μm -binned size class (μm) and its frequency (%), respectively.

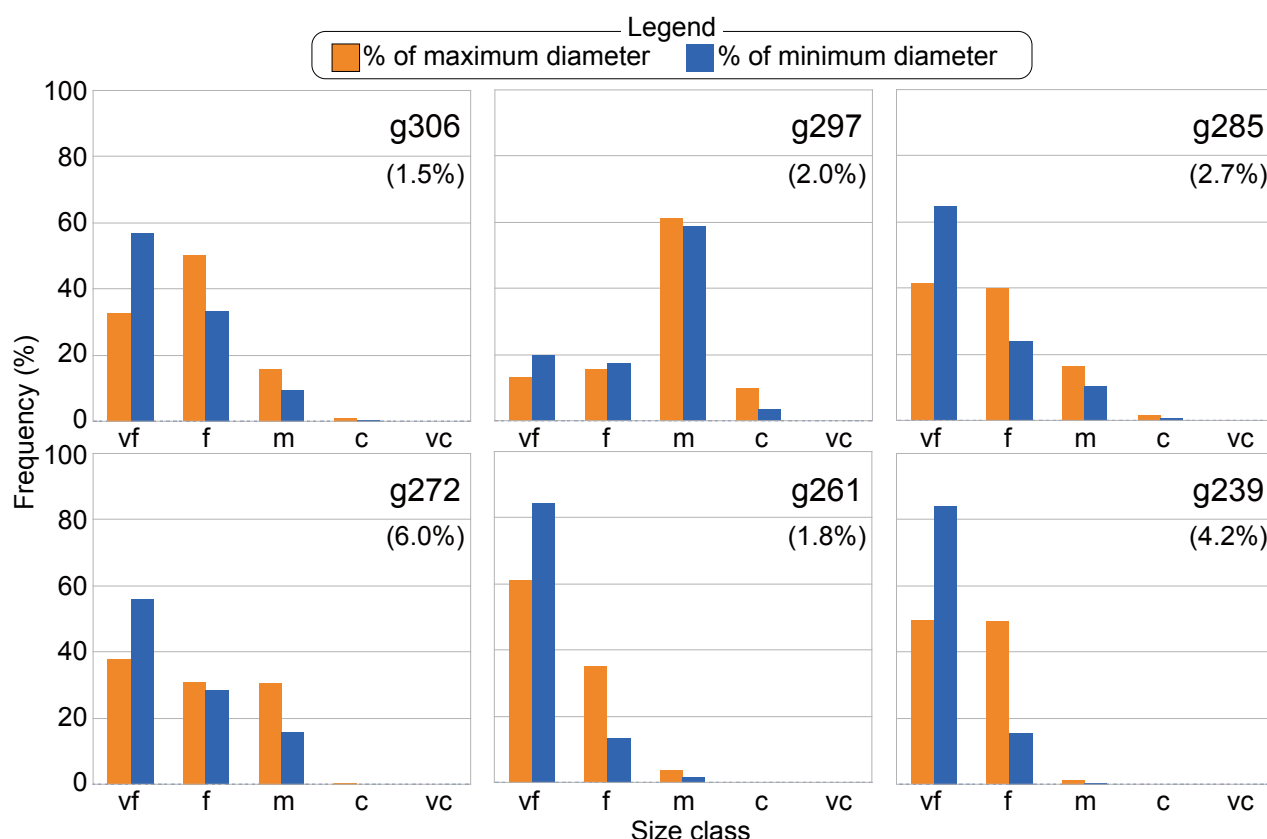
の浮遊性有孔虫殻のサイズ分布を分析した。それぞれの地点について20 μm 刻みのサイズ階級及び砂の粒度区分を基準としたヒストグラムを作成した(第11図、第12図)。分析した6試料とも、基本的に最大径と最小径の最頻値がそれぞれ100–140 μm と80–100 μm であり、地点g297を除けば、極細粒砂サイズないし細粒砂サイズの個体が高い割合を占める。地点g297とg272のヒストグラムは双峰性の傾向を示し、その傾向は特に地点g297で顕著である(第11図)。地点g297では、中粒砂サイズの有孔虫殻の割合が突出し、構成粒子中の約6割を占める(第12図)。

浮遊性有孔虫殻の保存状態は、6試料とも基本的に良好で、ランクA個体の含有率が高く、ランクBとランクCの占める割合は、1.5–6.0 %であった(第12図)。なお、本研究で検討した全ての地点でランクDの個体は認められなかった。

5. まとめ

本概報では、2023年度に東シナ海東北部及び日本海西部において実施したGB23航海における採泥調査と取得した堆積物サンプルについての概要を報告した。2024年度に九州北西海域を対象に実施されたGB24航海のデータを合わせることで、より広範囲で海底堆積物の分布や性状が理解されることが期待される。

謝辞：東海大学の佐藤 陽氏、柴尾創士氏、武田大海氏、東北大学の小田洸人氏、石垣暁正氏、秋田大学の平山恵見氏、総合研究大学院大学の山崎友莉氏、琵琶湖博物館の林 竜馬氏、公立鳥取環境大学の笹田真菜恵氏、琉球大学の長澤祥太郎氏には良質な海底堆積物試料の採取にあたり多大なご協力をいただいた。東海大学の玉井隆章技術員、産業技術総合研究所の井上卓彦調査団長ほか乗



第 12 図 浮遊性有孔虫殻サイズ(最大径・最小径)計測結果の砂粒度区分階級ヒストグラム。それぞれ横軸は砂粒度区分に従った階級 (vf: very fine, f: fine, m: medium, c: coarse, vc: very coarse), 縦軸はそれらが各地点の全計測個体数に占める割合 (%) を表す。図中の括弧内の数値は、分析個体中に占める保存状態ランク B と C の割合 (%) を表す。

Fig. 12 Histograms with sand grain-size division-based class showing results for planktic foraminiferal size analysis regarding both maximum and minimum diameters. Horizontal and vertical axes indicate sand grain-size division-based size class (μm) and its frequency (%), respectively. The figures in brackets in the diagram represent the frequency (%) of preservation status Ranks B and C in the analyzed specimens.

船研究員の方々には採泥点選定やシブタイム調整、コアリング作業など様々な面でご協力いただき、採泥調査を効率的に遂行することができた。東海大学坂本研究室の乗船学生の方々には観測記録や採泥作業の実施において多くの助力を頂いた。東海大学望星丸の上河内信義船長をはじめとする乗組員の皆様、航海工学科航海学専攻の実習生の方々には調査船の運航及び採泥器投入・揚収をはじめとした甲板作業を安全かつ効率的に実施していただいた。堆積物試料のX線CT像撮影及び堆積物試料の測定にあたり、産業技術総合研究所の横井久美氏にご助力をいただいた。産業技術総合研究所の松本 弾氏には、原稿の査読をしていただいた。編集担当である産業技術総合研究所の東郷洋子氏には注意深く原稿を読んでいただき、本概報を改善することができた。以上の皆様に心より御礼申し上げます。

文 献

- 有元 純 (2025) 対馬海峡 (杓岐・対馬南方) における底生有孔虫群集の産状。地質調査研究報告, **76**, 277–283.
- 有元 純・鈴木克明・石塚 治・宇都宮正志 (2025) 九州北西沖GB23航海における海底岩石試料採取の概要と石灰質ナノ化石に基づく堆積岩の地質年代。地質調査研究報告, **76**, 241–257.
- 板木拓也 (2018) 超音波高度計によるK-グラフ採泥器の誤作動防止システム。板木拓也編, 「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成 29 年度研究概要報告書—石垣島・奄美大島周辺海域—, 地質調査総合センター速報, no. 75, 143–146.
- 喜瀬浩輝・櫛田優花・長澤祥太郎・笹田真菜恵・鈴木克明 (2025) 九州北西海域から採集された花虫亜門 (刺胞動物) について。地質調査研究報告, **76**, 291–298.

- 岸本清行 (2000) 海陸を合わせた日本周辺のメッシュ地形データの作成：japan250m.grd. 地質調査所研究資料集, no. 353.
- 高下裕章・佐藤太一・山下幹也・古山精史朗 (2025) GS23 及びGB23 航海九州北西海域における海底地形観測の概要. 地質調査研究報告, **76**, 169–176.
- Kucera, M. and Kennett, J. P. (2002) Causes and consequences of a middle Pleistocene origin of the modern planktonic foraminifer *Neoglobobulimina pachyderma* sinistral. *Geology*, **30**, 539–542.
- Morard, R., Füllberg, A., Brummer, G.-J. A., Greco, M., Jonkers, L., Wizemann, A., Weiner, A. K. M., Darling, K., Siccha, M., Ledevin, R., Kitazato, H., de Garidel-Thoron, T., de Vargas, C. and Kucera, M. (2019) Genetic and morphological divergence in the warm-water planktonic foraminifera genus *Globigerinoides*. *PLoS ONE*, **14**, e0225246.
- 大嶋和雄・湯浅真人・黒田 敬・満塩博美・小野寺公児 (1975) 対馬–五島海域表層底質図. 海洋地質図, no. 2, 地質調査所.
- Schiebel, R. and Hemleben, C. (2017) *Planktic Foraminifers in the Modern Ocean: Ecology, Biogeochemistry, and Application*. Springer, Berlin, Heidelberg, 375p.
- 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.
- 玉井隆章・鈴木克明・高見宗広 (2025) 海洋地質調査航海GB23により東シナ海及び日本海において採集された魚類. 地質調査研究報告, **76**, 299–311.
- 徳田悠希・千徳明日香・喜瀬浩輝・長澤祥太郎・笹田真菜恵・鈴木克明・板木拓也・片山 肇・飯塚 睦・鈴木 淳 (2025) 九州北西海域からGB23 航海により採集された無藻性イシサンゴ類. 地質調査研究報告, **76**, 285–289.
- (受 付：2024年10月9日； 受 理：2025年6月19日)

対馬周辺海域における海洋環境

飯塚 睦^{1,*}・板木 拓也¹・鈴木 克明¹・片山 肇¹・齋藤 直輝¹・鈴木 淳¹

IIZUKA Mutsumi, ITAKI Takuya, SUZUKI Yoshiaki, KATAYAMA Hajime, SAITO Naoki and SUZUKI Atsushi (2025) Oceanographic environment of the Tsushima Island. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 76 (4/5), p. 235–240, 4 figs.

Abstract: CTD (Conductivity-Temperature-Depth profiler) observations and bottom water sampling were conducted at 192 sites in the waters surrounding the Tsushima Island during cruise GB23 from October to November in 2023. The survey area is located around the Tsushima Strait, through which the Tsushima Warm Current flows into the Sea of Japan. The observed sea surface water temperature ranged from 18.9 to 23.9 °C and salinity ranged from 33.7 to 34.6, suggesting the influence of both the Kyushu Coastal Current and the Tsushima Warm Current. The bottom water temperature generally decreased with increasing depth. In the deeper layers south of the Goto Islands, we observed a water mass thought to be North Pacific Subtropical Mode Water, which flowed to this region from the Goto Canyon. A high-turbidity layer was detected in the coastal waters off Kyushu and north of Tsushima Island, likely influenced by the local topography and ocean currents.

Keywords: East China Sea, Tsushima Strait, Japan Sea, Northwest Pacific, oceanography

要 旨

GB23航海の調査(2023年10月26日から11月23日)において、対馬南西海域の計192地点でCTD観測と底層水サンプリングを実施した。調査海域は、対馬海峡周辺に位置しており、対馬海流が日本海へ流れ込む流路となっている。観測された表層水の水温は18.9–23.9 °C、塩分は33.7–34.6の範囲にあり、九州沿岸流と対馬海流の影響を受けていることが推察された。底層水の水温は基本的に水深と相関しており、水深が深くなるにつれて低温を示した。五島列島南側の底層では、五島海底谷から流入した北太平洋亜熱帯モード水と考えられる水塊が観測された。また、九州沿岸域及び対馬北側では、地形や海流の影響により発生したと考えられる高濁度層が確認された。

1. はじめに

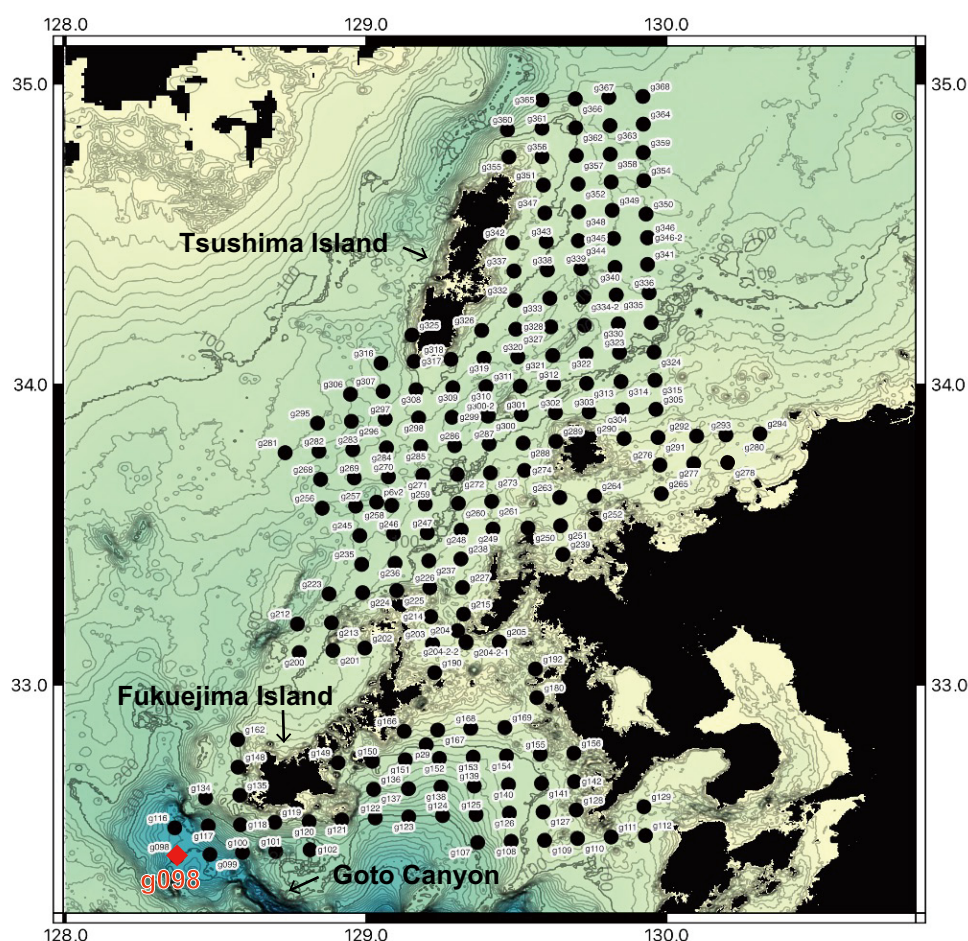
堆積プロセスや環境変動を多面的に解釈するには、現在の海洋環境に関する詳細なデータが不可欠である。地質調査総合センターでは、国土の知的基盤情報として表層堆積図を作成しており、これに際して主に使用する木下式グラフ採泥器(K-グラフ)には、濁度計搭載のCTD(電気伝導度-温度-深度プロファイラー)や底層採水器(ニ

スキン採水器)を装着している。濁度計搭載のCTDでは、水柱の水温、塩分、濁度のデータが取得され、採水器で得られた海水試料からは塩分の測定が行われている。この方法により、表層堆積物を採取すると同時に、さまざまな環境データを取得している(西田ほか, 2015; 味岡ほか, 2016; 天野ほか, 2018; 片山ほか, 2020; 板木ほか, 2022)。

東海大学の望星丸を用いて実施されたGB23航海の調査(2023年10月26日から11月23日)では、対馬海峡周辺海域の計192地点(水深40–396 m)で表層採泥が行われた(第1図, 清家ほか, 2025)。対馬海峡は、九州地方と対馬(長崎県)をつなぐ平均水深100 m程度の比較的浅い海峡であり、対馬を境に東水道と西水道に分かれている。本調査海域である東水道では、東シナ海を北上してきた黒潮を主な起源とする対馬海流が日本海に流入する入り口となっている。対馬海流は、水深の浅い対馬海峡や陸棚地形の影響で、おおよそ200 m程度の厚さに抑えられており、対馬海峡における対馬海流の流動は、当該海域における底質分布や生物相にも影響すると考えられる。また、五島列島福江島の南西部には最深部の水深が約800 mの男女海盆までつながる水深400–600 mの五島海底谷があり、陸棚から深海にかけての物質輸送や堆積作用に重要な役割を果たしていると考えられる。

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: IIZUKA, M., AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: m.iizuka@aist.go.jp



第1図 GB23航海の実施範囲におけるCTDデータの採取地点図 (清家ほか, 2025)。海底地形データは岸本 (2000)に基づく。

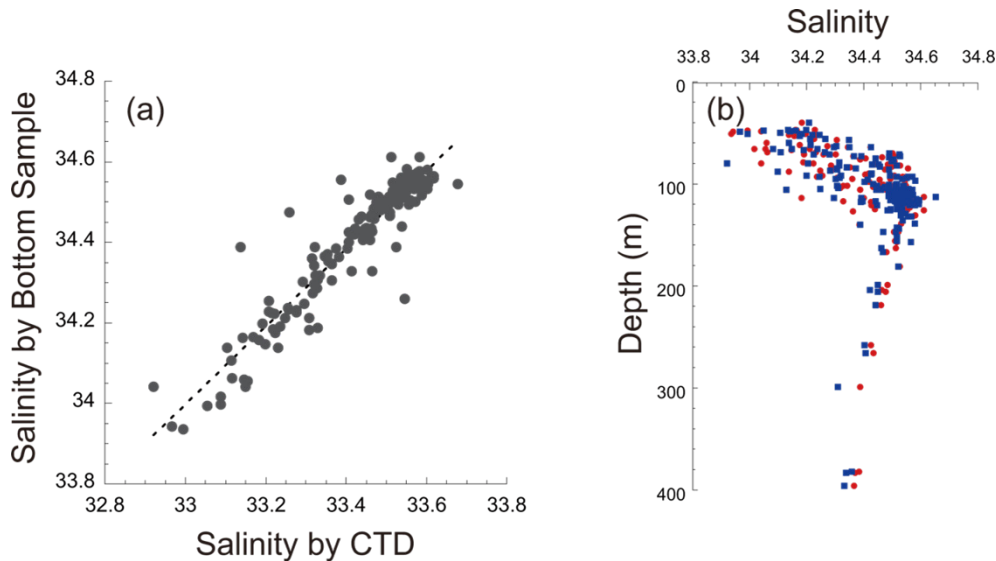
Fig. 1 Topography around the study area and sampling stations. CTD data was collected at the K-Grab sampling (KG) site (Seike *et al.*, 2025). Bathymetry data are from Kisimoto (2000).

そこで本稿では、表層堆積物の性状を明らかにするための基礎情報として、GB23航海におけるCTD及び底層採水で観測された海洋環境の概要について報告する。

2. 方法

CTD観測には、Sea & Sun Marine Tech社製CTD 90Mを使用した。本装置は圧力 (水深)、温度、電気伝導度 (塩分) のセンサーのほか、オプションとして濁度センサーが付属している。圧力センサーの精度は $-5\sim 35^{\circ}\text{C}$ において0.1%, 温度センサーの測定レンジは $-2\sim 35^{\circ}\text{C}$ 、精度は $\pm 0.005^{\circ}\text{C}$ 、電気伝導度センサーの精度は $\pm 0.001\text{ mS/cm}$ である。濁度センサーは光源波長880 nm、測定レンジは0–25 FTUである。これらのセンサーを搭載したCTDは、センサー類が下向きになるようにK-グラフに取り付け、採泥中に0.2秒間隔の連続モードで観測を行った。K-グラフは投入後、線速1.0 m/s程度で下降させ、海底面上30 m前後で一旦停止させてワイヤー傾角を調整した後、線

速0.3–0.5 m/s程度で着底させた。投入から着底までの間、極端に流速が高い地点を除き、船の位置は投入点から約0.2 kmの円内を維持するよう操船した。測定データのうち、着底時の懸濁の影響を受けないようにするため、投入後水面から海底までの下降中のデータを採用した。なお、表層水は、一時的な降水などの影響を受けにくい水深2–5 mの平均値とし、また底層水は、着底時の濁度の影響を受けず、後述するニスキン採水器の作動位置付近に当たる海底面上1–3 mの平均値として第1表にまとめた。K-グラフに設置したニスキン採水器は、海底カメラ撮影用に連結された2 m長のロープの先端に取り付けた錘を介して海底面上約2 mで作動するように設定されており (清家ほか, 2025)、採取された海底直上水からは、塩分測定用の試料が採水された。塩分測定用試料は、採水後プラスチック瓶で常温保存され、実験室に持ち帰って卓上型電気伝導度式塩分計 (DIGI-AUTO MODEL-5, 株式会社鶴見精機) を用いて計測された。



第2図 底層のCTD塩分とニスキンボトル採水試料の実測塩分の関係 (a), 及び補正CTD塩分 (青) と実測塩分 (赤) の深度分布 (b).

Fig. 2 Relationship between CTD salinity and measured salinity from Niskin bottle sampling in the bottom layer (a), and depth distribution of corrected CTD salinity (blue) and measured salinity (red) (b).

3. 結果と考察

3.1 CTD塩分の補正

CTDの塩分センサーは、実際の塩分値と系統的に異なる値を示すことがあり、海水の実測値と比較して補正を行う必要がある。そのため、海底直上水の実測塩分を、底層で測定されたCTDの塩分（海底面から1–3 mの範囲での平均）と比較し、補正を実施した。底層のCTD塩分と実測塩分の関係を第2図aに示し、以下の補正式を導出した。なお、St. g245, g256, g268では、試料採取時に雨水が混入した可能性があるため、これらのサイトの実測塩分データは除外した。両者の相関係数は $r=0.94$ であり、強い相関が見られた(第2図)。

$$\text{補正CTD塩分} = 0.9671 \times \text{CTD塩分} + 2.0829$$

3.2 表層水

CTDで観測された表層水は、水温が18.9–23.9 °C、塩分が33.7–34.6の範囲であり、地域ごとに特徴的な傾向が示された。対馬周辺域では、海水温が23.0 °C前後、塩分は34.0程度であった(第3図a, c; 第4図a)。一方で、五島列島周辺域では、これよりも低温・高塩分水（水温約21.0 °C、塩分約34.2）が分布していた。

対馬海流の流量や水温などには季節性があり、本航海が行われた10–11月には、表層の水温と塩分の分布は地域ごとに変化を示し、水温は17.0–24.0 °C、塩分は33.5–34.5の範囲であることが現地観測から示されている

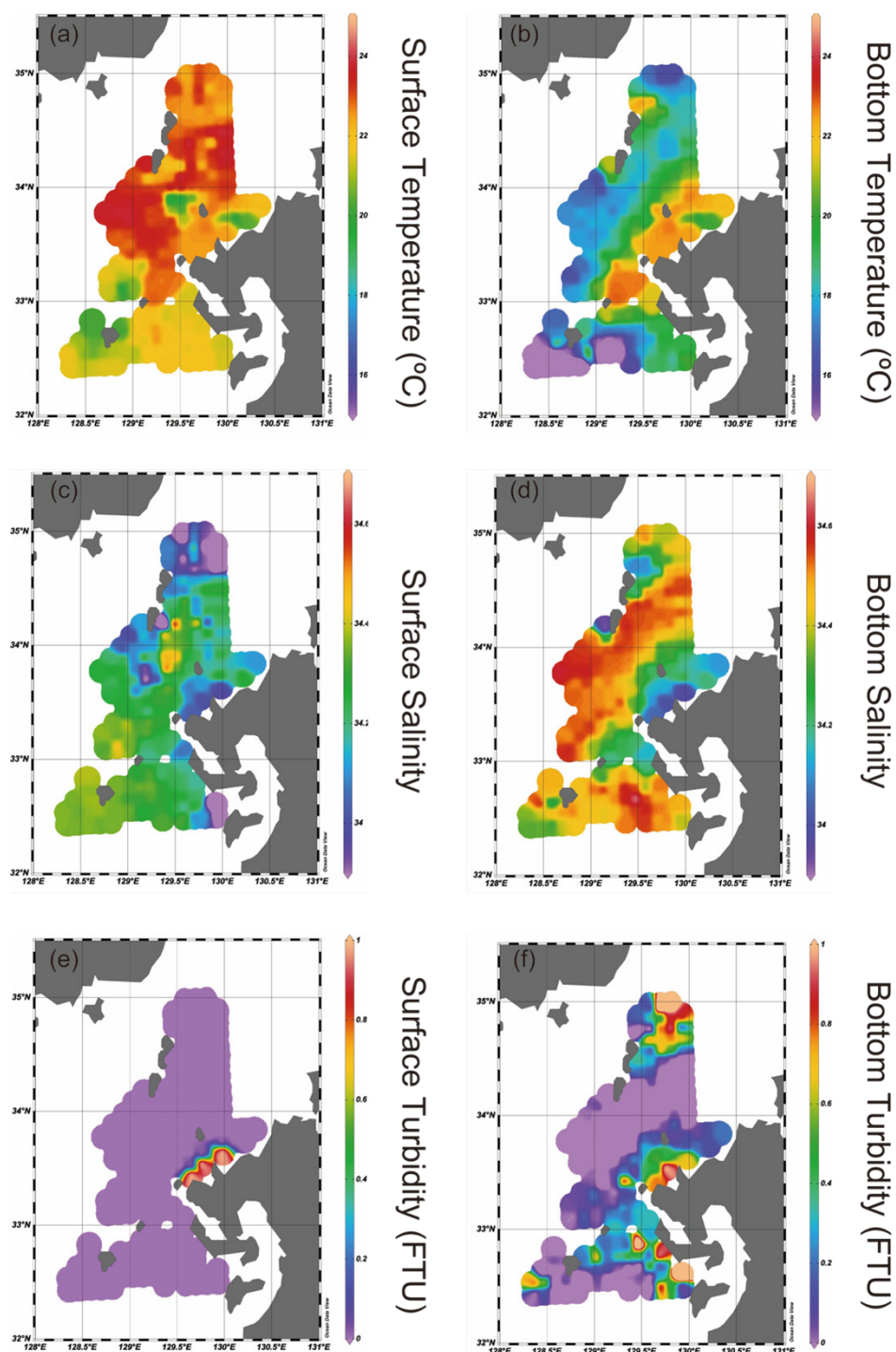
(Senjyu *et al.*, 2008)。この先行研究の観測値と本航海で得られたデータがおおむね一致することから、本航海で観測された対馬周辺の表層水は、対馬海流の表層水に分類できることが示された。

さらに、長崎沿岸域では、低温・高塩分の沿岸水が流れていることが知られており (Senjyu *et al.*, 2008)、五島列島周辺域で観測された低温・高塩分水は、対馬海流の影響が少ないこの沿岸水であると推察される。

3.3 底層水

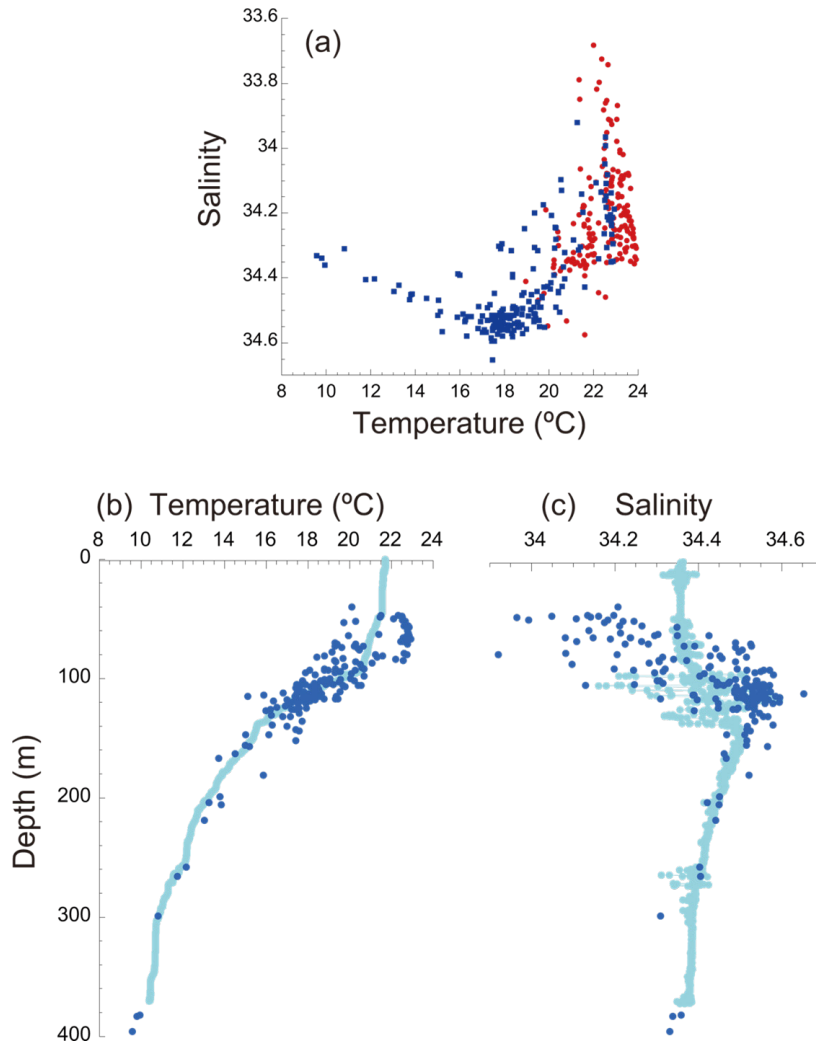
観測された底層水の水温は基本的に水深と相関があり、水深が深くなるほど低温を示す(第4図)。本調査地点の平均水深は約110 mで、多くのサイトが水温躍層の深度(次節に後述: 40–150 m)に該当するため、このような強い相関が見られたと考えられる。したがって、底層水は基本的に鉛直方向の水塊構造に依存していることが示唆される。

一方で、一部地域では水温17.0 °C以下・塩分34.3–34.6の水塊が確認された(第4図a)。この水塊は水深150 m以深で観測され、特に五島の南側の地点で顕著であった(第3図b, d)。これらの地域は、男女海盆と五島海底谷によって地形的なつながりがあり、男女海盆を介して北太平洋亜熱帯モード水や北太平洋中深層水が流入していると考えられる。観測された水温と塩分の値は、北太平洋亜熱帯モード水の観測値(例えばSuga and Hanawa, 1995)と一致しており、基本的に北太平洋亜熱帯モード水の影響を受けている可能性が高い。



第3図 表層及び底層の水温(a, b), 塩分(c, d), 濁度(e, f)の分布 (Ocean Data Viewにより作図).

Fig. 3 A map showing distribution of surface and bottom sea temperature (a, b), salinity (c, d) and turbidity (e, f), respectively. Figure was created by Ocean Data View.



第4図 表層水（赤）と底層水（青）の補正CTD塩分を用いたT-Sダイアグラム(a)．底層水の水温，補正CTD塩分の深度プロット（水色線は，St. g098の水柱プロファイル）．

Fig. 4 Temperature and corrected CTD salinity profiles of surface (red) and bottom water (blue). Depth profiles of bottom water temperature and corrected CTD salinity, with the light blue line representing the water column profile at St. g098.

3.4 鉛直水塊分布

観測点で最も深い水深（369 m）のSt. g098において取得された水柱の鉛直プロファイルと、各点で観測されたCTDの水温と塩分のデータを第4図b, cにプロットした．St. g098では、水深約40–150 m付近で水温の低下と塩分の上昇が示された．この傾向は他のサイトの鉛直プロファイルとも一致しており、この地域の水温躍層が40–150 m付近に存在することが示唆される．この海域では季節によって水塊の成層状態が変化することが知られており、夏には水深20 m付近に強い水温躍層が形成され、秋になるにつれてその深度が徐々に深くなり、冬には成層が弱まることが報告されている (Senjyu *et al.*, 2008)．本研究で観測された温度躍層の結果は、このような知見と整合的であり、秋に水温躍層が深くなり始めていることを示唆する．

水深150 m以深では、水温は緩やかに低下していることが確認された．上述した北太平洋亜熱帯モード水は鉛直方向に一樣な水塊であるため、150 m以深は北太平洋亜熱帯モード水の影響を受けていることが考えられる．

また、水深100 m付近では、塩分データに不連続性が確認され、この現象は、混合の影響を受けた結果であると考えられる．

3.5 濁度

本調査では、長崎沿岸域及び対馬北側で底層水の濁度が高いことが確認された(第3図f)．長崎沿岸域で観測された高濁度層は、沿岸域の地形的な要因を受けている可能性が高い．また、対馬北側では、対馬海峡の西水道から迂回する海流や渦が存在することがわかっている (Takikawa *et al.*, 2005 ; Guo *et al.*, 2006)．したがって、対馬北側の高濁度層は、これらの海流の影響を受けている可能性がある．

4. まとめ

2023年10月26日から11月23日に実施されたGB23航海の調査では、木下式グラブ採泥器に設置されたCTDと採水器を使用し、対馬海峡周辺海域の計192地点で水温、塩分、濁度の計測が行われた．観測の結果、表層水は対

馬海流及び沿岸流の影響を受けていることが示唆された。底層水は主に鉛直方向の水塊構造に依存していたが、五島列島南側では水深が深く、五島海底谷から流入した北太平洋亜熱帯モード水と考えられる水塊が認められた。また、九州沿岸域及び対馬北側の底層では、地形や海流の影響によるものだと考えられる高濁度層が確認された。これらの結果から、対馬海流の流路と地形が当該海域の水塊構造や物質輸送に重要な役割を果たしていることが示唆された。

謝辞：産業技術総合研究所の井上卓彦調査団長をはじめ、乗船研究員の方々には、シップタイムの調整等、多方面で多大な協力をいただいたおかげで、採泥調査をスムーズに進行することができた。また、東海大学坂本研究室の乗船学生には、観測記録の作成や採水作業において、実務面で多くの支援を受けた。加えて、東海大学望星丸の乗組員及び航海工学科航海学専攻の実習生には、船の運航から甲板作業に至るまで、特にCTD採水器を取り付けた採泥器の投入と揚収に関して、安全かつ的確に作業を遂行していただいた。以上の皆様のご尽力に深く感謝申し上げます。

文 献

- 味岡 拓・西田尚央・鈴木 淳・板木拓也 (2016) CTD 観測による奄美大島周辺海域の水塊構造。板木拓也編, 「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成 27 年度研究概要報告書—奄美大島周辺海域—, 地質調査総合センター速報, no. 70, 80–87.
- 天野敦子・杉崎彩子・鈴木 淳・味岡 拓・板木拓也・片山 肇 (2018) CTD 観測による奄美大島西方海域の海洋環境。板木拓也編, 「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成 29 年度研究概要報告書—石垣島・奄美大島周辺海域—, 地質調査総合センター速報, no. 75, 97–105.
- Guo, X., Miyazawa, Y. and Yamagata, T. (2006) The Kuroshio onshore intrusion along the shelf break of the East China Sea: The origin of the Tsushima Warm Current. *Journal of Physical Oceanography*, **36**(12), 2205–2231.
- 板木拓也・鈴木克明・池内絵里・及川一真・片山 肇・飯塚 睦・鈴木 淳・高柳栄子 (2022) 宝島及び諏訪之瀬島周辺海域における海洋環境。地質調査研究報告, **73**, 301–311.
- 片山 肇・板木拓也・鈴木 淳・藤岡 大・西尾拓哉 (2020) GK19 航海で観測された石垣島・西表島・与那国島周辺海域の海洋環境。井上卓彦編, 「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」令和元年度研究概要報告書—石垣島・西表島・与那国島周辺海域—, 地質調査総合センター速報, no. 80, 87–93.
- 岸本清行 (2000) 海陸を合わせた日本周辺のメッシュ地形データの作成: Japan250m.grd. 地質調査所研究資料集, no. 353 (CD).
- 西田尚央・片山 肇・板木拓也・鈴木 淳・松崎賢史 (2015) GK14 航海におけるCTD観測。板木拓也編, 「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成 26 年度研究概要報告書—奄美大島、徳之島、沖永良部島周辺海域—, 地質調査総合センター速報, no. 67, 82–88.
- 清家弘治・飯塚 睦・鈴木克明・板木拓也・片山 肇・兼子尚知・石野沙季・石塚 治・喜瀬浩輝・桑野太輔・山崎 誠 (2025) 東シナ海東北部及び日本海西部における海底堆積物採取調査の概要。地質調査研究報告, **76**, 217–233.
- Senjyu, T., Matsui, S. and Han, I.-S. (2008) Hydrographic conditions in the Tsushima Strait revisited. *Journal of Oceanography*, **64**, 171–183.
- Suga, T. and Hanawa, K. (1995) Interannual variation of North Pacific subtropical mode water in the 137°E section. *Journal of Physical Oceanography*, **25**, 1012–1017.
- Takikawa, T., Yoon, J.-H. and Cho, K.-D. (2005) The Tsushima Warm Current through Tsushima Straits estimated from ferryboat ADCP data. *Journal of Physical Oceanography*, **35**(6), 1154–1168.

(受 付 : 2024 年 10 月 9 日 ; 受 理 : 2025 年 7 月 29 日)

九州北西沖 GB23 航海における海底岩石試料採取の概要と 石灰質ナノ化石に基づく堆積岩の地質年代

有元 純^{1,*}・鈴木 克明¹・石塚 治²・宇都宮 正志¹

ARIMOTO Jun, SUZUKI Yoshiaki, ISHIZUKA Osamu and UTSUNOMIYA Masayuki (2025) Seafloor rock sampling during cruise GB23 offshore of Northwest Kyushu and the geological age of sedimentary rocks based on calcareous nannofossils. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 76 (4/5), p. 241–257, 14 figs. and 4 tables.

Abstract: During cruise GB23 off Northwest Kyushu, rock samples were collected using a rock corer and dredge at four sites to determine the lithology and geological ages of the acoustic stratigraphic units. At one site off the west coast of Ikishima Island, samples of columnar sandy sediment and basalt were collected by rock corer. Dredge operations, together with the seafloor observations by underwater camera, were conducted at three sites around the Goto Islands. Basalt was collected at one site to the south of the islands, and sedimentary rocks (e.g., sandstone and conglomerate) and basalt were collected at one site to the west. We examined the calcareous nannofossils in the sedimentary rock samples obtained by grab and dredge sampling. As a result, two samples obtained from the Gotonada Sea and north of Tsushima Island are correlated to the CN15 biozone.

Keywords: Northwest Kyushu, Tsushima Island, Ikishima Island, Goto Islands, Goto Nada, GB23 cruise, rock corer, dredge, calcareous nannofossil

要 旨

九州北西海域で実施されたGB23航海において、音響層序ユニットの岩相や地質年代を解明するため、合計4地点でロックコアラー及びドレッジャーを用いた岩石試料採取を行った。壱岐島西方沖の1地点では、ロックコアラーにより砂質堆積物の柱状試料及び玄武岩が採取された。五島列島周辺の3地点ではドレッジ及び水中カメラによる海底観察が実施され、南方沖の1地点では玄武岩、西方沖の1地点では砂岩、礫岩などの堆積岩と玄武岩が採取された。また、Grab採泥及びドレッジで得られた堆積岩試料について、石灰質ナノ化石を検討した結果、五島灘及び対馬北方で得られた計2試料がCN15帯に対比されることが明らかとなった。

1. はじめに

九州北西海域（壱岐・対馬及び五島列島周辺海域）の海底地質図作成を目的として2023年度に産業技術総合研究所が実施したGS23及びGB23航海では、反射法音波探査により複数の音響層序ユニットが認定された（有元ほ

か、2025）。その岩相や地質年代を解明するため、GB23航海においてロックコアラー及びドレッジャーを用いた試料採取を行った。本稿では、試料採取地点、オペレーション及び採取された岩石試料の概要について記載する。また、同時に実施されたGrab採泥で得られた堆積岩試料について、微化石年代の検討結果を報告する。

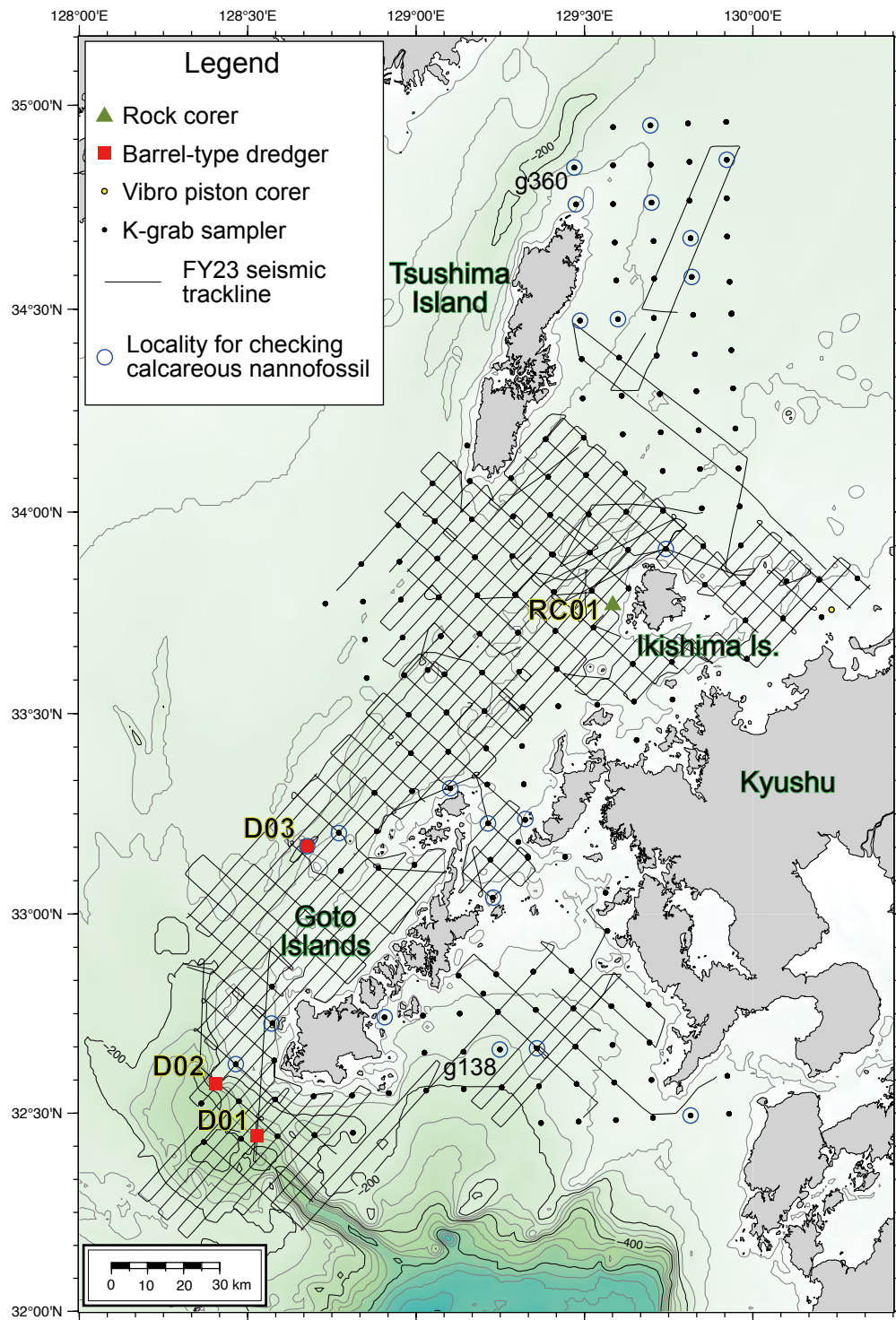
2. 試料採取地点とオペレーションの概要

東海大学望星丸を用いて実施されたGB23航海では、日中に停船観測として193地点で木下式Grab採泥器（以下、KGrab）による表層採泥を実施した（第1図；清家ほか、2025）。これに加えて、壱岐島西方沖の1地点においてコア長2 mの重力式柱状採泥器であるロックコアラー（第2図）、及び五島列島周辺の計3地点において円筒型チェーンバッグ式ドレッジャー（第3図）による岩石試料採取をそれぞれ実施した（第1図、第1表）。ドレッジの際には深海用耐圧容器に封入した水中カメラ（GoPro；GoPro, Inc, San Mateo, CA）及び水中ライトを用いて、海底観察も同時に実施した。以下、各地点における試料採取の概要について記述する。

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）

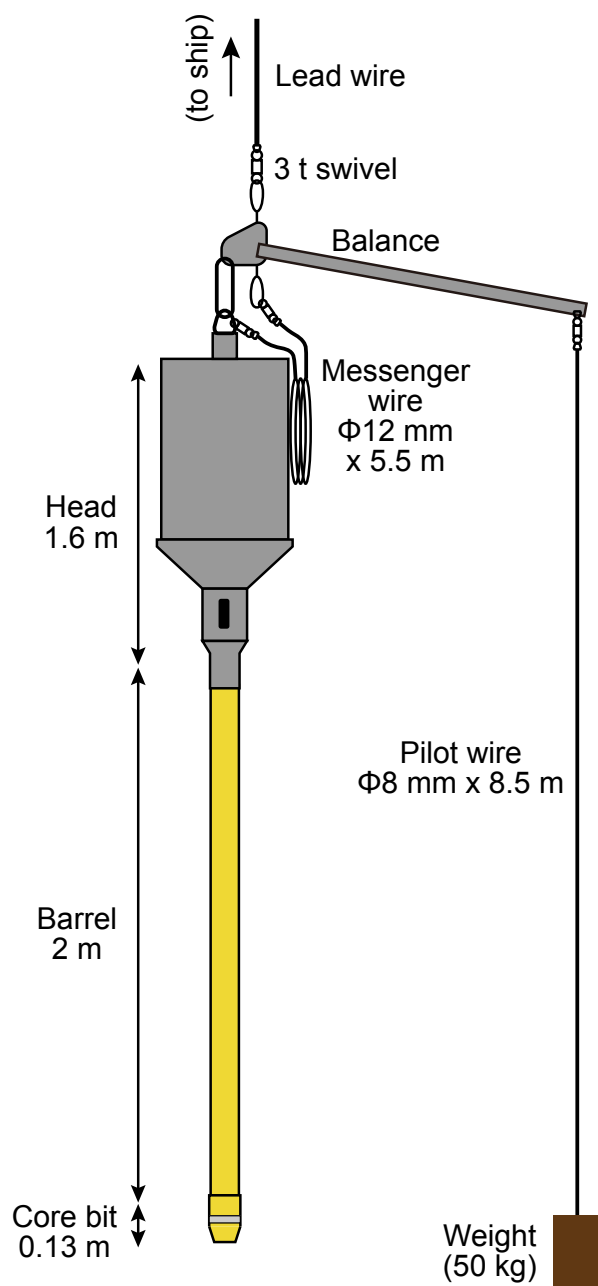
² 産業技術総合研究所 地質調査総合センター活断層・火山研究部門（AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Earthquake and Volcano Geology）

* Corresponding author: ARIMOTO, J., AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: j-arimoto@aist.go.jp



第1図 GB23航海の試料採取点位置図。石灰質ナノ化石の検討地点もあわせて示す。グラブ採泥及びバイブロピストンコアリング実施点の位置情報は清家ほか(2025)に従う。

Fig. 1 Sampling locality map during GB23 cruise. Sample localities for examining calcareous nannofossil are also shown. Grab and vibro piston core sampling sites are based on Seike *et al.* (2025).



第2図 GB23航海で使用したロックコアラーシステムの構成図。

Fig. 2 Configuration of the rock corer system used in GB23 cruise.

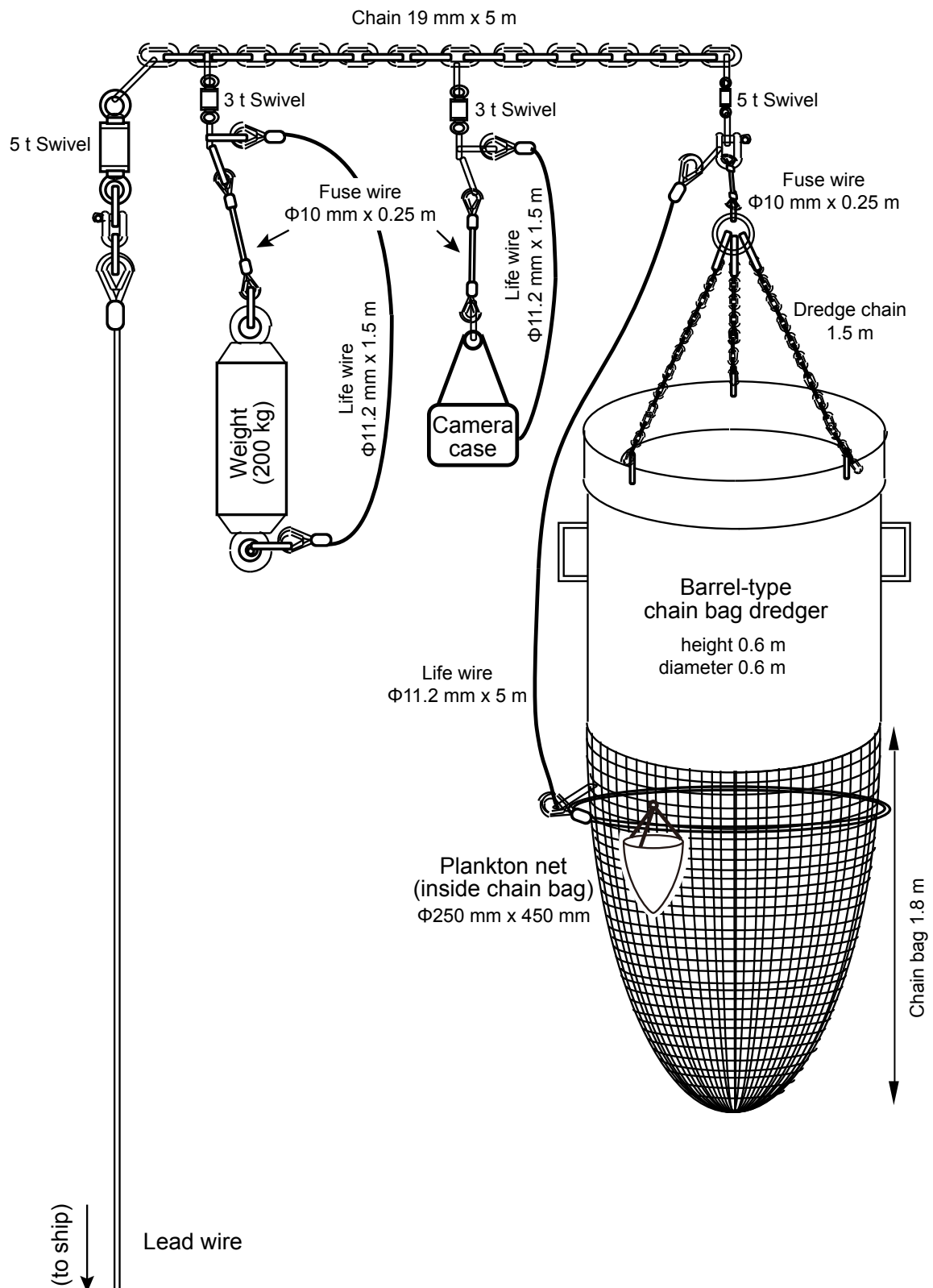
2.1 RC01 (壱岐島西方沖)

地点RC01 (北緯33度46.1581分, 東経129度35.0402分) は, 壱岐島南西部の沖合約6.5 kmに位置する, 水深84 mの地点である(第1図, 第4図a)。本地点付近では, 事前実施された音波探査により, 音響基盤の地質体が海底面に部分的に露出していることが予想された。音響基盤の上面は起伏に富み, 内部構造については, エアガン

断面上では音響散乱のため, また3.5 kHzサブボトムプロファイラー (SBP) 断面上では音波が透過しないため不明である(第4図b, c)。本地点では海底面の傾斜が比較的小さいため, ロックコアラーによる試料採取を実施した。その結果, バレル下部からビット上部を充填する約40 cm厚の砂質堆積物 (GB23-RC01_sed) と, 変形したコアビット最下部に食い込むような形で長径約7 cmの玄武岩角礫 (GB23-RC01_rock; 重量192 g) が得られた(第5図, 第6図, 第2表)。GB23-RC01_sed試料は, 珪長質碎屑性の中粒砂を主体とする一方, 二枚貝やフジツボ, コケムシの破片などの石灰質生砕物を顕著に含み, 全体として淘汰が悪い。大型の石灰質生物遺骸は破片化が著しく, 特に二枚貝殻は離弁化して生息姿勢を保っていないものが多数を占める。初生的な堆積構造は生物擾乱により失われている可能性がある。定性的な観察では, 下位ほど石灰質生砕物の割合が増加し, 特にコアキャッチャー (CC) セクションには最大径3 cm程度の二枚貝殻破片が多く含まれる(第6図b)。GB23-RC01_rock試料は, 産状から恐らく現地性であり, 海底下に伏在する岩体の上面に由来すると考えられる。すなわち, RC01地点の音響基盤をなす地質体は玄武岩であり, 音波探査断面では識別が困難なごく薄い砂質堆積物が部分的に玄武岩体を被覆して海底面をなしているものと解釈される。なお, 近接する壱岐島南西部の陸上には, 更新統郷ノ浦層群に属するアルカリ玄武岩が広く分布している(壱岐団体研究会, 1973; 佐野, 1995)。GB23-RC01_rock試料がこのようなアルカリ玄武岩と一連のものかどうか, 薄片観察, 化学組成分析や年代測定を通じて検証する必要がある。

2.2 D01 (五島列島南方沖)

地点D01は, 五島列島南部の福江島南南西沖合約20 kmの, 福江海盆北側斜面下部の小規模な地形的高まりに位置する(第1図, 第7図a)。この地形的高まりは, 底部の長径が約2 km程度, 基部水深をおおむね350 mとして比高は約100 mであり, 五島列島周辺に分布する堆や海丘群(永野ほか, 1976)に比肩しうる規模であるが, 正式な海底地形名は与えられていない。エアガン音波探査断面上(第7図b)では, 本地形は往復走時~0.2 sec程度の層厚をもつ堆積層ユニットに周囲を覆われる音響基盤の高まりであることが明らかになっており, この高まりの北側斜面を対象としてドレッジを実施した。斜面下部の着底地点 (北緯32度26.6115分, 東経128度31.6795分, 水深317 m) から南西方向に曳航, 停船の後ワイヤーを巻き上げ, 斜面中腹の地点 (北緯32度26.5608分, 東経128度31.6057分, 水深291 m) で離底した。この間の水中カメラ映像記録では, 海底に大礫-巨礫サイズの垂角礫若しくは垂円礫が多数分布しているのが確認された(第8図a, b, d)。露頭そのものは明確には確認できなかったが, これらの礫は周辺かあるいは斜面上方の露頭に由来する



第3図 GB23 航海で使したドレッジシステムの構成図.
Fig. 3 Configuration of the dredge system used in GB23 cruise.

第1表 GB23航海の岩石採取地点.
Table 1 Description of rock sampling sites during GB23 cruise.

Site	Sample ID	Date	Time (JST)*	Latitude	Longitude	Water Depth (m)	Wire out (m)	Sampler	Locality	Sample	Max. tension (t)
RC01	RC01	2023/10/29	16:19:44 – 17:46:34	33° 46.1581' N	129° 35.0402' E	84	77	Rock corer	Off the west of Iikishima Island	Sand; basalt (CC)	0.7
D01	D01	2023/11/20	15:34:46 – 16:33:50	32° 26.6115' N	128° 31.6795' E	317	349	Chain bag dredger	Off the south of Goto Islands; south of Fukuejima Island	Sand (plankton net)	2.4
D02	D02	2023/11/21	13:19:00 – 14:29:18	32° 26.5608' N	128° 31.6057' E	291	298	Chain bag dredger	Off the south of Goto Islands; southwest of Fukuejima Island	Basalt; sand (plankton net)	2.2
D03	D03	2023/11/22	15:18:55 – 17:05:20	33° 10.1881' N	128° 40.5947' E	243	249	Chain bag dredger	Off the northwest of Goto Islands; west of Ojikashima Island	Basalt; sandstone; carbonate rock; sand (plankton net)	1.7
			off bottom 33° 9.7777' N	128° 40.7658' E	169	175					

*From start to end of operation.

崖錐堆積物であることが想定される。またこれらの礫表面には付着性の底生生物が映像で多数認められる(第8図c)。オペレーション中に複数回のワイヤー張力の急増があったものの、本地点では岩石試料が得られず、ドレッジャー内に取り付けたプランクトンネットにより海底表層の未固結砂のみが回収された(第2表)。

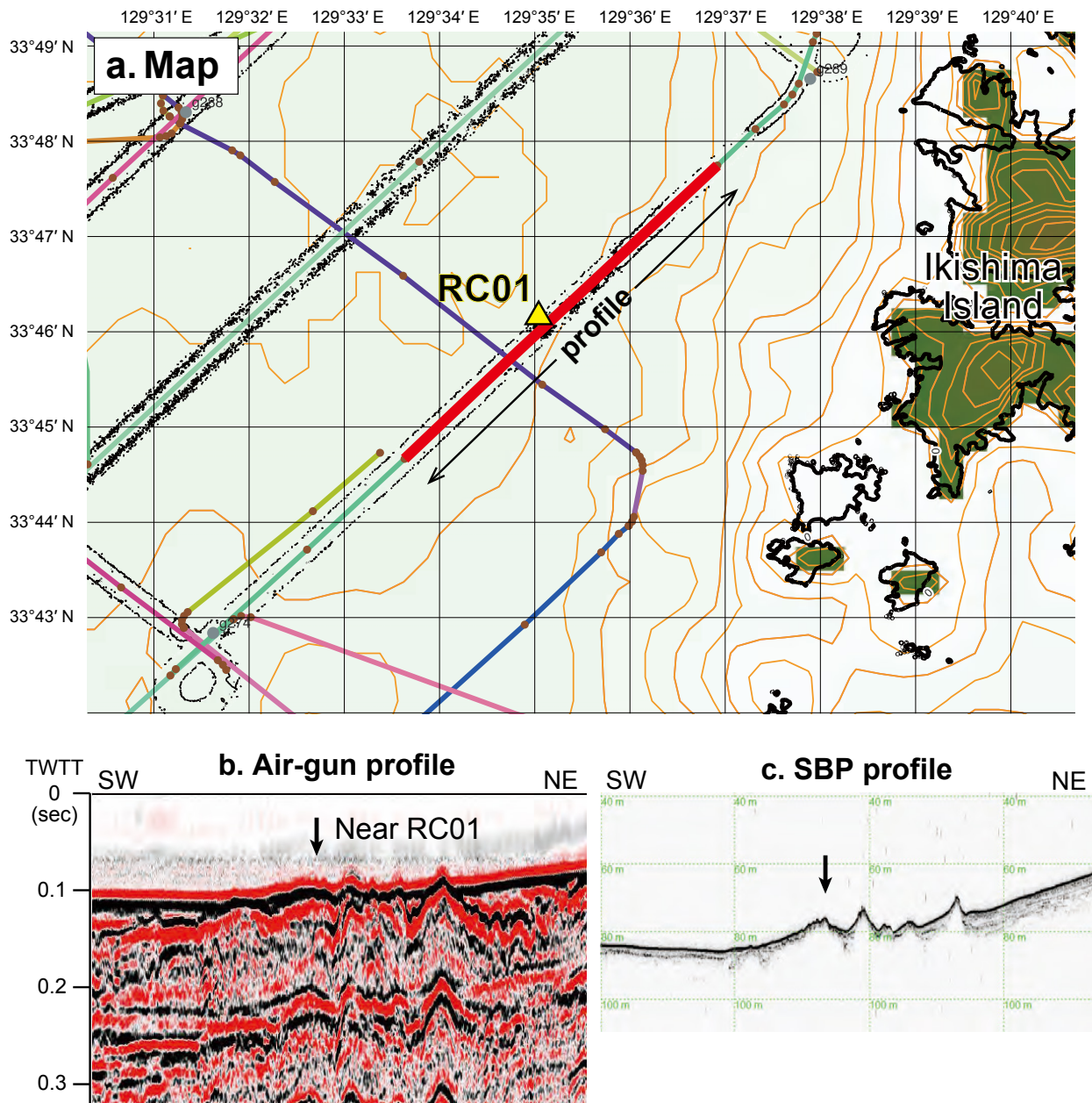
2.3 D02 (五島列島南方沖)

地点D02は、五島列島福江島の南西沖合約22 kmに位置し、福江島西方沖に広がる頂部水深100–150 mの台地状地形から福江海盆に向けて南西方向に張り出す海脚状の地形的高まりに位置する(第1図, 第9図a)。本地点付近を北西–南東方向に横切るエアガン音波探査断面上(第9図b)では、音響基盤の地質体が広く斜面部に露出していることが期待される。この地形的高まりの東側斜面急傾斜部を対象としてドレッジを実施した。斜面中腹の着底地点(北緯32度34.4074分, 東経128度24.3817分, 水深298 m)から北東方向に曳航と停船及びワイヤー巻き上げを繰り返し、傾斜がやや緩やかになったと判断した地点(北緯32度34.5565分, 東経128度24.5404分, 水深221 m)で離底した。この間の水中カメラ映像記録の観察によると、着底直後の海底面はウニなどの底生生物遺骸が多数散乱する淘汰の悪い砂質堆積物に覆われていたが(第10図a)、徐々に地点D01と同様の大礫–巨礫が出現し、斜面上方では多数分布している様子が認められた(第10図b–d)。これらの礫表面には地点D01同様、多数の底生生物の付着が認められた(第10図b, d)。一方で、礫の円磨度は地点D01のものより全体として低く、角礫若しくは垂角礫が中心であった。カメラ映像の観察結果から、本地点には崖錐堆積物及びその末端部が分布すると解釈され、露頭は明瞭には確認できなかったが、現地性に近い礫の分布域であることが推察される。

本地点では、ドレッジャー本体では岩石試料が回収されなかったものの、プランクトンネットに最大径4.5 cmの玄武岩(総重量75 g)と未固結砂が得られた(第11図, 第2表)。試料GB23-D02-R01は中礫サイズの玄武岩垂角礫であり、白色鉱物の細脈がみられる。試料GB23-D02-R02は恐らく同質の玄武岩片であり、穿孔貝による穿孔痕がみられる。得られた試料数が少なく、またその産状から、これらが近傍の露頭に由来するかどうか、あるいはカメラ観察で認められた大礫–巨礫と同一の岩石かどうかは不明である。

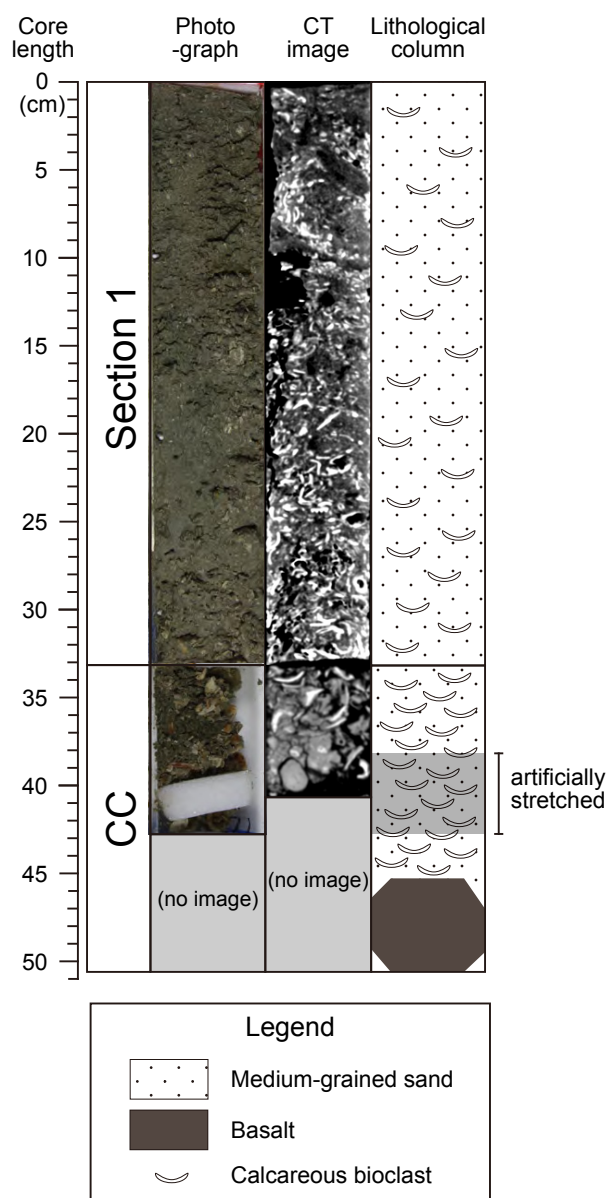
2.4 D03 (五島列島西方沖)

地点D03は、五島列島北部の小値賀島西方沖約19 km, あるいは仲通島北西沖約41 kmの、北東–南西方向に伸びる狭長な凹地(最大水深約250–260 m)の東側斜面に位置する(第1図, 第12図a)。本地点の南西約7 kmには、高麗曾根と呼ばれる地形的高まり(基部水深90–100



第4図 (a) 地点RC01の位置図及び音波探査航跡図. 等深線はGEBCO 2024グリッド (GEBCO Compilation Group, 2024) に従う. 第7, 9, 12図も同様. (b) エアガン音源による地点RC01付近の音波探査断面図. 測線位置は(a)に赤太線で示す. (c) (b)と同一測線上における, 3.5 kHz SBP音源による地点RC01付近の音波探査断面図.

Fig. 4 (a) Locality map of RC01 point and tracklines for seismic survey. Depth contour lines are based on GEBCO 2024 grid (GEBCO Compilation Group, 2024) (figures 7, 9 and 12 are the same). (b) Air-gun seismic profile near the RC01 site. The position of trackline is indicated by the red bold line in (a). (c) 3.5 kHz SBP profile near the RC01 site on the same trackline as (b).



第5図 RC01地点で得られた堆積物及び岩石試料の柱状図。CC (Core Catcher)セクションは第2図のCore bit部分、Section 1は第2図のBarrel部分に相当する。

Fig. 5 Lithological column of the RC01 sediment and rock samples. The CC (Core Catcher) section and Section 1 correspond to the "Core bit" and "Barrel" parts in figure 2, respectively.

m, 比高約90 m)があり、比較的平坦な陸棚地形の広がる五島列島西方海域において、高麗曾根と北西に隣接する凹地は顕著な地形的コントラストをなしている。本地点付近を北東-南西方向に横切るエアガン音波探査断面上 (第12図b) から、凹地東側のやや北西に張り出した斜面部に音響基盤の地質体が露出していることが期待され、これを対象としてドレッジを実施した。斜面下方の緩傾

斜地点 (北緯33度10.1881分, 東経128度40.5947分, 水深243 m) にドレッジャーが着底した後、南東方向に曳航と停船、ワイヤー巻き上げを繰り返し、急傾斜部を経て再び傾斜が緩やかになった地点 (北緯33度9.7777分, 東経128度40.7658分, 水深169 m) で離底した。水中カメラ映像記録の観察によると、着底位置付近の緩傾斜部の海底面はリップルの発達する砂質堆積物に覆われており、岩石礫はほとんどみられなかった (第13図a)。曳航開始からしばらくは砂の巻き上げ等の影響で海底の様子が判別しづらいが、急傾斜部に差し掛かったとみられるあたりから、露頭とおぼしき海底面が現れ、中礫-大礫サイズの亜角礫若しくは角礫の分布が多数認められた (第13図b-d)。水中カメラ映像では、露頭あるいは礫の表面に付着した多数の底生生物 (第13図c, d) のほかに、魚類が他地点に比べて多く観察された (第13図a)。

本地点では、玄武岩、砂岩、礫岩等、総重量34 kg程度の岩石試料が回収された (第14図a, b, 第2表)。また、軟体動物殻、ソフトコーラル、コブコケムシ群体などが岩石試料の他に混獲された (第14図b)。採取された砂岩は、斜交葉理の発達するもの (D03-R02, D03-R07; 第14図e, f, o, p)、塊状アルコース質のもの (D03-R03, D03-R05; 第14図g, h, k, l)、保存の悪い軟体動物化石を含むもの (D03-R08; 第14図q, r) など様々であるが、いずれもよく固結している。なかでも最大の砂岩試料 (D03-R02; 第14図e, f) はやや角張った形状を示し、現地性に近いものと推察される。水中カメラ映像の情報と総合すると、ドレッジコースの露岩域をなす地質体はこれらの砂岩試料のような堆積岩類である可能性が高い。近傍の五島列島陸域には、下部-中部中新統の非海成堆積岩類からなる五島層群 (植田, 1961; Kiyokawa *et al.*, 2022) が広く分布していることが知られている。積極的な対比の根拠には乏しいものの、今回得られた砂岩試料は五島層群相当の堆積岩類の海域における分布を示唆すると思われる。一方、玄武岩試料 (D03-R01; 第14図c, d) については、円磨されてはいるがサイズ・重量が大きいことから、近傍の斜面上方に由来すると思われる。本地点に近い上五島地域の小値賀島・宇久島には、鮮新統あるいは更新統の安山岩質・玄武岩質火山岩類が分布しており (松井, 1989)、D03-R01試料はこれらの火山岩類と一連のものである可能性があるが、今後検証の必要がある。礫岩試料 (D03-R04及びD03-R06; 第14図i, j, m, n) は、円礫から亜角礫まで様々な円磨度の砂岩、泥岩、変質火山岩類などの中礫を含む。基質支持であり、礫に配列はみられない。基質は石灰質でよく固結し、二枚貝破片など生物遺骸を含んでいる。これらの礫岩の帰属する地質体については不明である。

3. 石灰質ナノ化石による堆積年代

Kグラフにより採取された半固結あるいは固結した堆



第6図 RC01地点で得られたコアキャッチャー試料の写真。(a) ビット先端の開口部を閉塞した玄武岩試料 (GB23-RC01_rock)。(b) コアキャッチャーセクションを充填した石灰質生碎物に富む砂質堆積物試料 (GB23-RC01-CC)。バレルの外径は8.5 cm。(c) GB23-RC01_rock試料写真。

Fig. 6 The RC01 samples in the core catcher section. (a) Angular basalt sample (GB23-RC01_rock) being clogged the bit opening. (b) Sandy sediment with rich calcareous bioclastic materials (GB23-RC01-CC) filling the core catcher section. Diameter of the barrel is 8.5 cm. (c) Sample photo of GB23-RC01_rock.

積岩礫試料を対象として、その形成年代を明らかにするため、21地点から得られた計29試料を選定し、さらに地点D03のドレッジ試料2試料を合わせて、計31試料について石灰質ナノ化石の検討を行った(第1図、第3表)。試料処理等の手法は、有元・宇都宮(2022, 2023)に従った。

検討の結果、4試料(g138, g215C, g360, g366)で石灰質ナノ化石の産出が認められたが、試料g215C及びg366については再現性不良のため検討から除外した(第3表)。五島灘で得られた試料g138、及び対馬北方沖で得られた試料g360については、*Emiliania huxleyi*の産出及び*Pseudoemiliania lacunosa*の非産出から、Okada and Bukry (1980)のCN15帯に対比され、Geologic Time Scale 2020 (Raffi *et al.*, 2020)に従って、形成年代は0.29 Ma以降に制約される(第4表)。

謝辞：GB23航海乗船研究者の皆様と、東海大学望星丸の上河内信義船長をはじめとする乗組員の皆様には、試料採取に際しご尽力いただいた。産業技術総合研究所の清家弘治主任研究員及び飯塚 睦研究員には、試料及び採泥点情報の提供に関してご協力いただいた。石野沙季研究員には、試料処理作業にご協力いただいた。柱状試料のX線CT像撮影にあたり、横井久美氏にご尽力いただいた。匿名の査読者の有益な指摘により、本稿は改善された。以上の方々に深く感謝申し上げます。

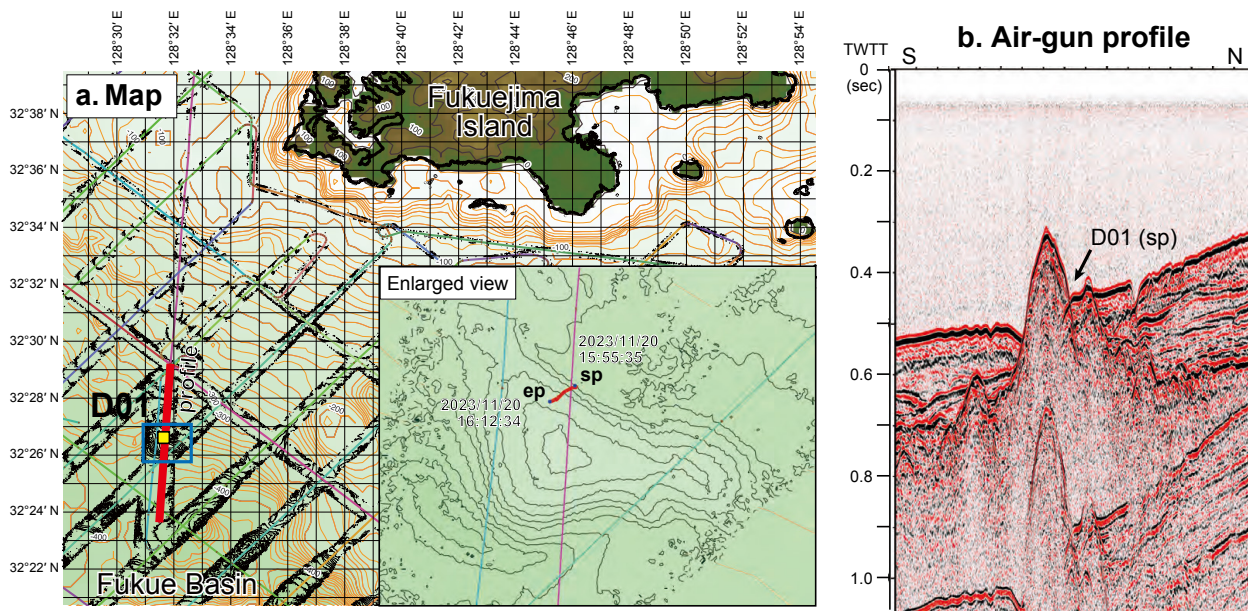
文 献

- 有元 純・宇都宮正志(2022) GB21-1航海においてトカラ列島周辺海域で採取された堆積物および堆積岩の石灰質微化石に基づく年代推定。地質調査研究報告, **73**, 267–274。
- 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。
- 有元 純・石野沙季・三澤文慶・井上卓彦(2025)九州北西海域における音響層序と地質構造の予察的検討。地質調査研究報告, **76**, 183–205。
- GEBCO Compilation Group (2024) GEBCO 2024 Grid. <https://www.gebco.net/data-products/gridded-bathymetry-data> (Accessed: 2024-08-27)
- 壱岐団体研究会(1973)壱岐島の地質：とくに中新統壱岐層群について。地質学論集, no. 9, 69–81。
- Kiyokawa, S., Yasunaga, M., Hasegawa, T., Yamamoto, A., Kaneko, D., Ikebata, Y., Hasebe, N., Tsutsumi, Y., Takehara, M. and Horie, K. (2022) Stratigraphic reconstruction of the lower–middle Miocene Goto Group, Nagasaki Prefecture, Japan. *Island Arc*, **31**, e12456。
- 松井和典(1989)20万分の1地質図幅「長崎」。地質調査所。

第2表 採取試料のリスト.

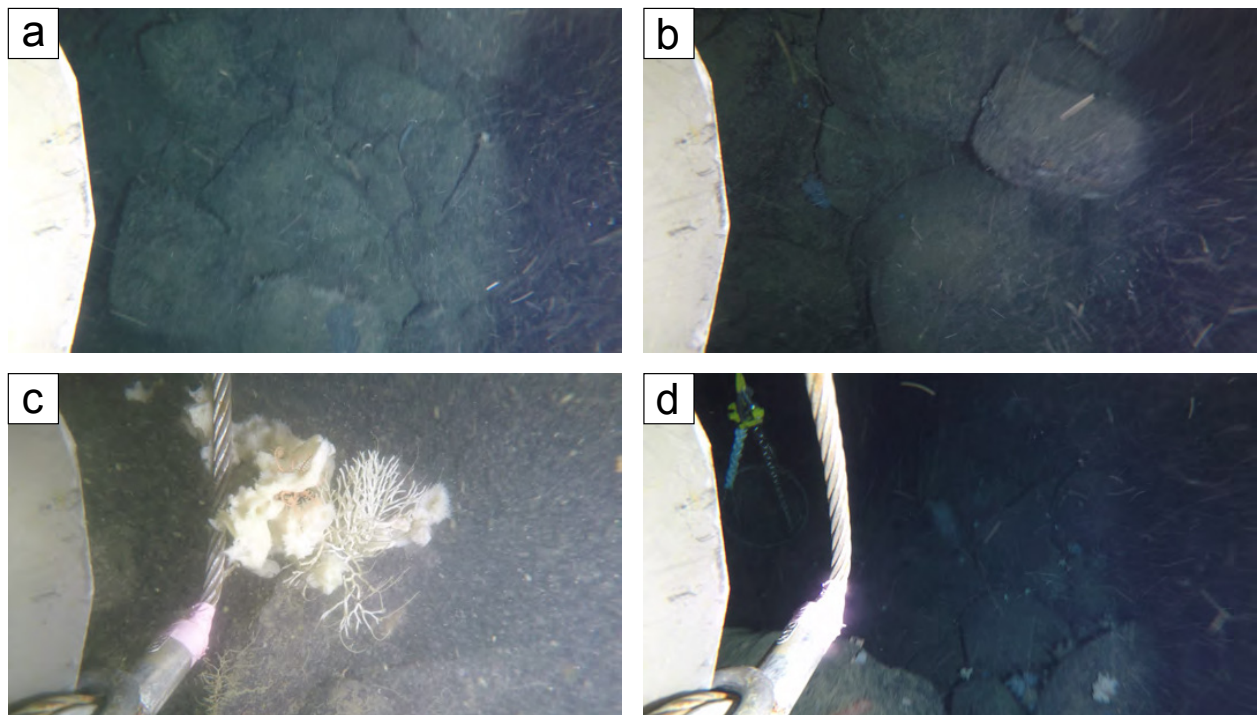
Table 2 List of samples and their brief description.

GB23-RC01 Oct 29 2023									
Sample No.	Rock type	Shape	Size X (cm)	Size Y (cm)	Size Z (cm)	Weight(kg)	Colour	Mn coating	Remarks
RC01_sed	Unconsolidated sand	Core	(N.D.)	(N.D.)	(N.D.)	(N.D.)	Brown	No	~40 cm in thickness, medium-grained, poorly sorted, with rich bioclastics
RC01_rock	Olivine basalt	Angular	(N.D.)	(N.D.)	(N.D.)	0.192	Black	No	
GB23-D01 Nov 20 2023									
Sample No.	Rock type	Shape	Size X (cm)	Size Y (cm)	Size Z (cm)	Weight(kg)	Colour	Mn coating	Remarks
D01_Net	Unconsolidated sand	(N.D.)	(N.D.)	(N.D.)	(N.D.)	(N.D.)	Brown	No	Collected in a plankton net
GB23-D02 Nov 21 2023									
Sample No.	Rock type	Shape	Size X (cm)	Size Y (cm)	Size Z (cm)	Weight(kg)	Colour	Mn coating	Remarks
D02-R01	Basalt	Subangular	4.5	4.5	3	0.072	Black	No	Aphyric
D02-R02	Basalt	Angular	2.8	1.6	0.9	0.003	Black	Film	Aphyric
D02_Net	Unconsolidated sand	(N.D.)	(N.D.)	(N.D.)	(N.D.)	(N.D.)	Brown	No	Collected in a plankton net
GB23-D03 Nov 22 2023									
Sample No.	Rock type	Shape	Size X (cm)	Size Y (cm)	Size Z (cm)	Weight(kg)	Colour	Mn coating	Remarks
D03-R01	Basalt	Subrounded	43	20	18	23	Black	No	Aphyric, plagioclase & pyroxene clots, plagioclase xenocrysts?
D03-R02	Sandstone	Subangular	21	20	17	9.5	Dark gray	No	Fine-grained, flaser ripple-like cross lamina, well consolidated
D03-R03	Sandstone	Subrounded	12	11	8	0.3	Pale gray	No	Medium-grained, well sorted, arkosic?
D03-R04	Conglomerate	Angular	13	11	7	0.4	Grayish white	No	Matrix-supported, matrix well cemented with calcareous material, polymictic
D03-R05	Sandstone	Subangular	8	5	4.5	0.15	Pale gray	No	Fine-grained, arkosic?
D03-R06	Conglomerate	Angular	8	8	4	0.1	Grayish white	No	Matrix-supported, matrix well cemented with calcareous material, polymictic
D03-R07	Sandstone	Angular	9	4.5	2	0.08	Dark gray	No	Very fine- to fine-grained, flaser ripple-like cross lamina, well consolidated
D03-R08	Sandstone	Angular	5	3.5	3	0.034	Yellowish brown	No	Fine- to medium-grained, with a poorly preserved molluscan fossil
D03_Net	Unconsolidated sand	(N.D.)	(N.D.)	(N.D.)	(N.D.)	(N.D.)	Brown	No	Collected in a plankton net



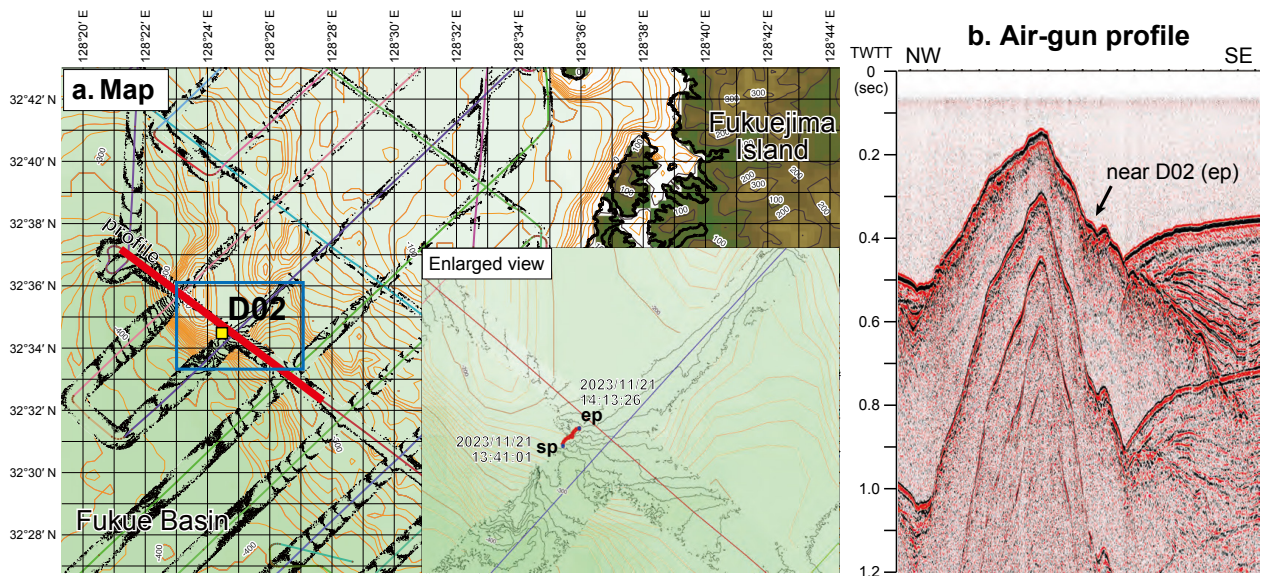
第7図 (a) 地点D01の位置図及び音波探査航跡図. 拡大図中のspとepはそれぞれ着底時と離底時の位置を示す. (b) エアガン音源による地点D01付近の音波探査断面図. 測線位置は(a)に赤太線で示す.

Fig. 7 (a) Locality map of the D01 site and tracklines for seismic survey. "sp" and "ep" in the enlarged map represent the locations of on-bottom and off-bottom events, respectively. (b) Air-gun seismic profile near the D01 site. The position of trackline is indicated by the red bold line in (a).



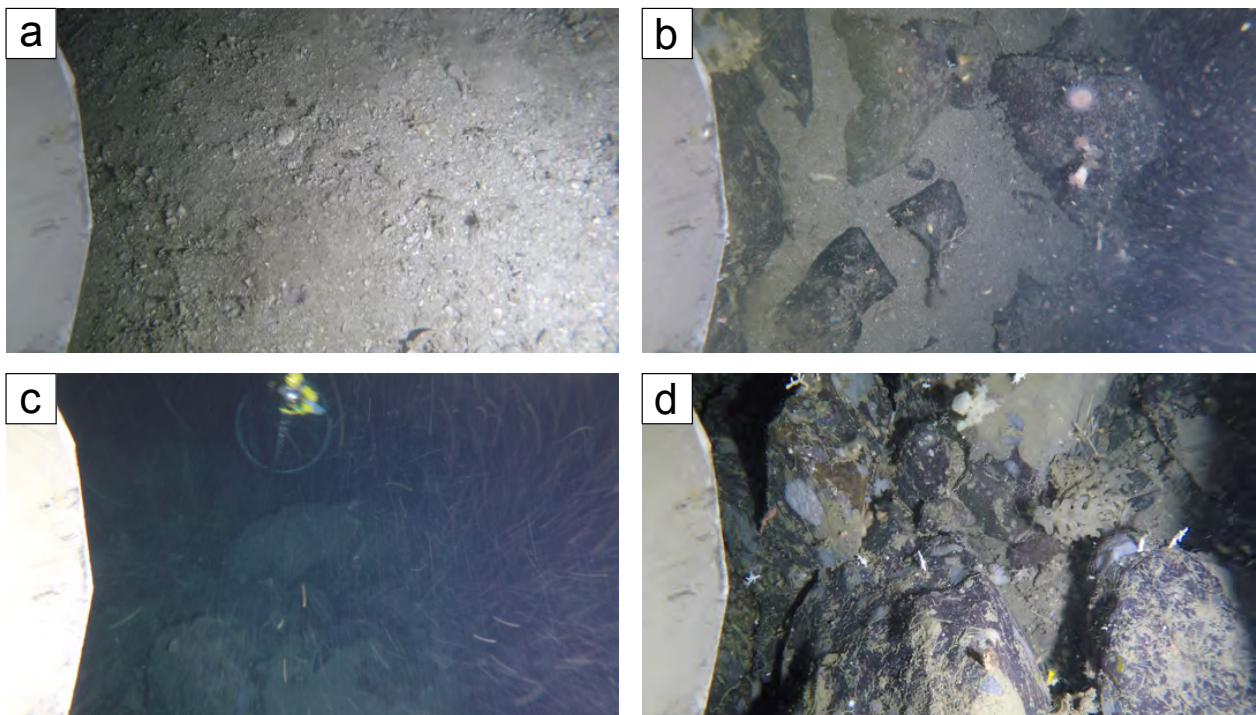
第8図 地点D01海底の代表的な水中カメラキャプチャー画像. (a) 着底から7分41秒. (b) 着底から9分43秒. (c) 着底から12分31秒. (d) 着底から13分19秒. 画像内ドレッジの直径は約60 cm.

Fig. 8 Representative seafloor images at the D01 site obtained by underwater camera. (a) 7'41" after on-bottom. (b) 9'43" after on-bottom. (c) 12'31" after on-bottom. (d) 13'19" after on-bottom. Diameter of the dredger in the image is ~60 cm.



第9図 (a) 地点D02の位置図及び音波探査航跡図。拡大図中のspとepはそれぞれ着底時と離底時の位置を示す。(b) エアガン音源による地点D02付近の音波探査断面図。測線位置は(a)に赤太線で示す。

Fig. 9 (a) Locality map of the D02 site and tracklines for seismic survey. "sp" and "ep" in the enlarged map represent the locations of on-bottom and off-bottom events, respectively. (b) Air-gun seismic profile near the D02 site. The position of trackline is indicated by the red bold line in (a).



第10図 地点D02海底の代表的な水中カメラキャプチャー画像。(a) 着底から9分53秒。(b) 着底から15分30秒。(c) 着底から18分15秒。(d) 着底から19分36秒。画像内ドレッジの直径は約60 cm。

Fig. 10 Representative seafloor images at the D02 site obtained by underwater camera. (a) 9'53" after on-bottom. (b) 15'30" after on-bottom. (c) 18'15" after on-bottom. (d) 19'36" after on-bottom. Diameter of the dredger in the image is ~60 cm.



第11図 地点D02で採取された岩石試料. (a) GB23-D02-R01. (b) GB23-D02-R01の切断面. (c) GB23-D02-R02.

Fig. 11 Rock samples collected at the D02 site. (a) GB23-D02-R01. (b) Slab sections of GB23-D02-R01. (c) GB23-D02-R02.

永野真男・桜井 操・桂 忠彦・中村啓美・北原祥二・小野寺健英 (1976) 九州西岸沖の海底地質. 水路部研究報告, no. 11, 1–38.

Okada, H. and Bukry, D. (1980) Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973; 1975). *Marine Micropaleontology*, **5**, 321–325.

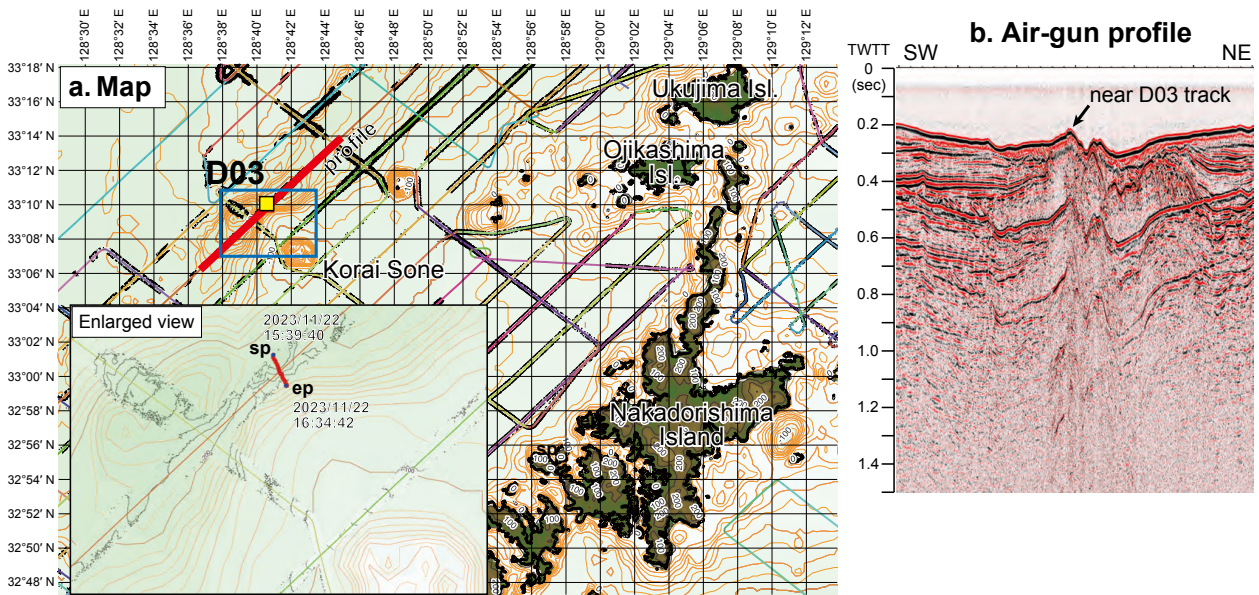
Raffi, I., Wade, B. S., Pälike, H., Beu, A. G., Cooper, R., Crundwell, M. P., Krijgsman, W., Moore, T., Raine, I., Sardella, R. and Vernyhorova, Y. V. (2020) The Neogene Period. In Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M. D. and Ogg, G. M., eds., *Geologic Time Scale 2020*, Elsevier, 1141–1215.

佐野貴司 (1995) 壱岐火山群の地質：主にK-Ar年代に基づく溶岩流層序. 火山, **40**, 329–347.

清家弘治・飯塚 睦・鈴木克明・板木拓也・片山 肇・兼子尚知・石野沙季・石塚 治・喜瀬浩輝・桑野太輔・山崎 誠 (2025) 東シナ海東北部及び日本海西部における海底堆積物採取調査の概要. 地質調査研究報告, **76**, 217–233.

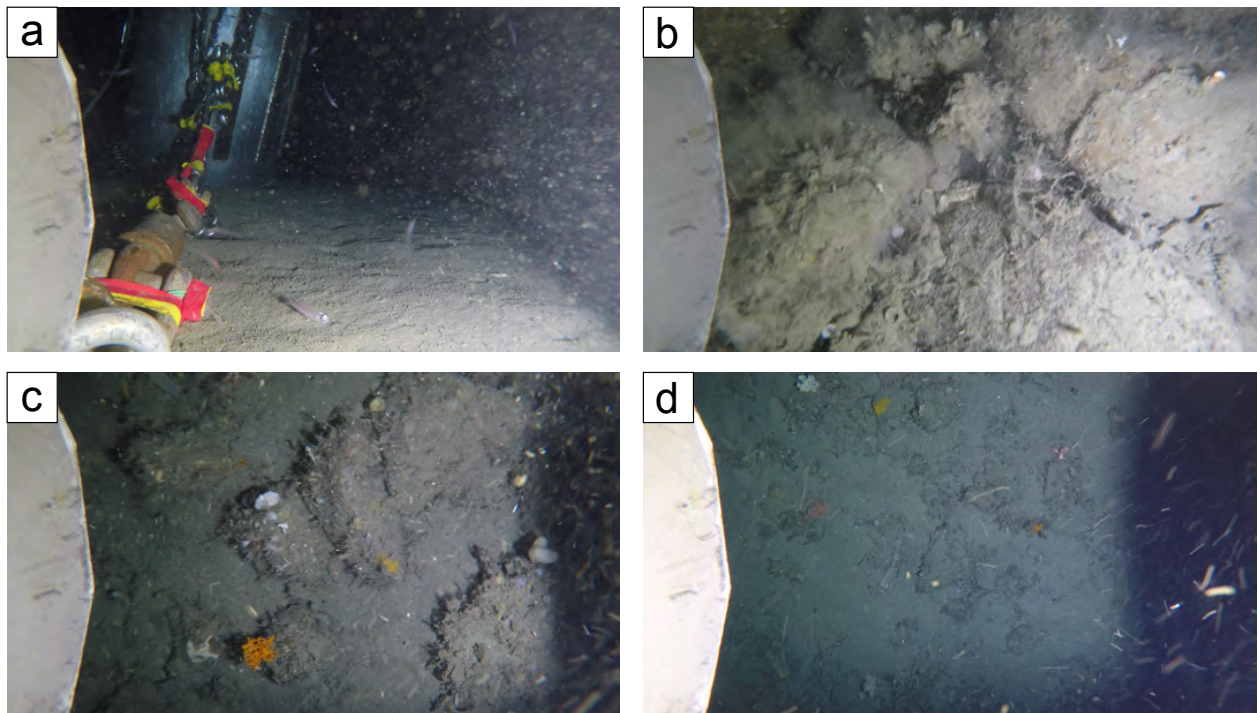
植田芳郎 (1961) 五島層群の研究. 九州大学理学部研究報告. 地質学之部, **5**, 51–60.

(受 付 : 2024年10月9日 ; 受 理 : 2025年9月19日)



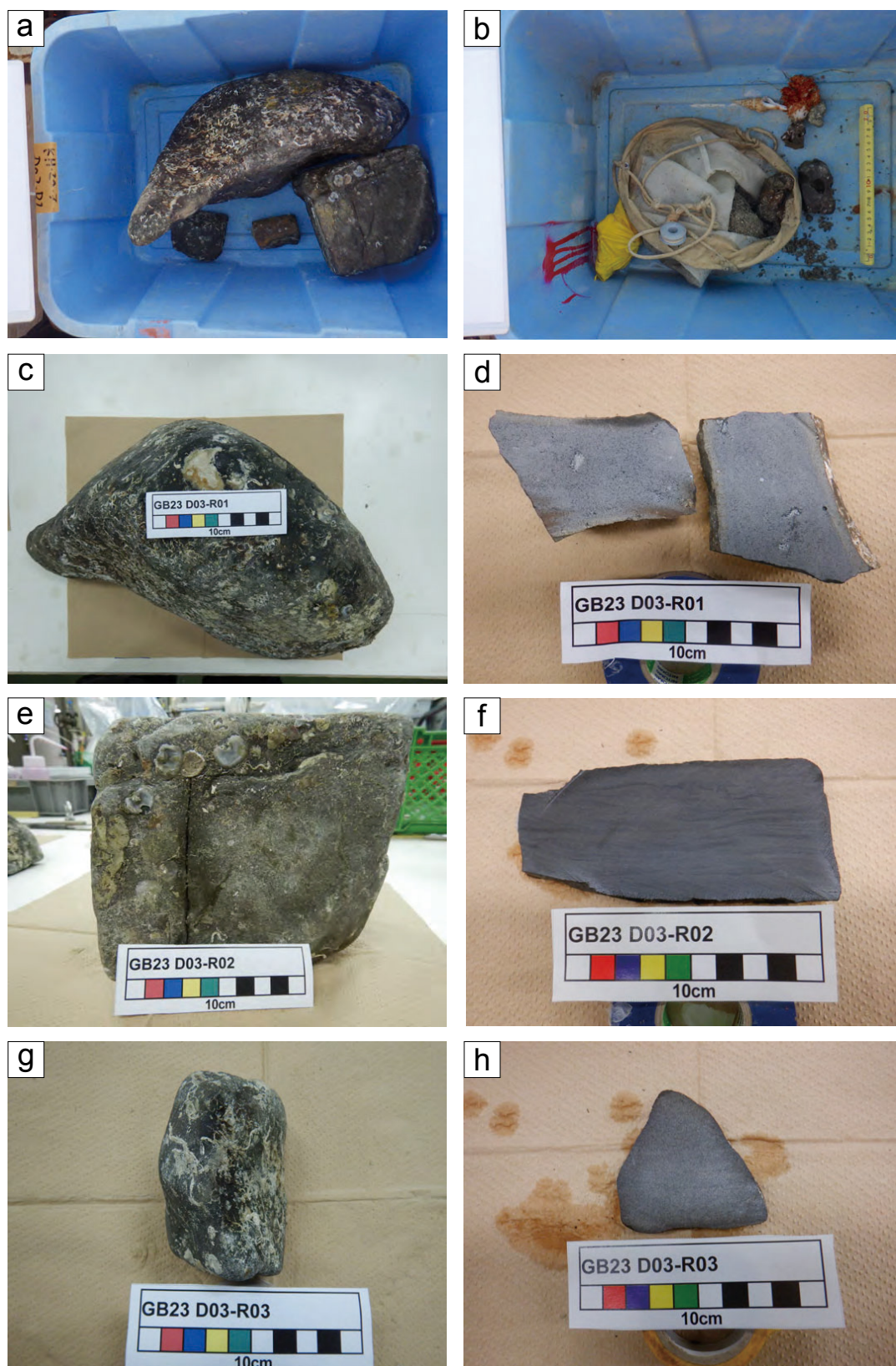
第12図 (a) 地点D03の位置図及び音波探査航跡図。拡大図中のspとepはそれぞれ着底時と離底時の位置を示す。(b) エアガン音源による地点D03付近の音波探査断面図。測線位置は(a)に赤太線で示す。

Fig. 12 (a) Locality map of the D02 site and tracklines for seismic survey. "sp" and "ep" in the enlarged map represent the locations of on-bottom and off-bottom events, respectively. (b) Air-gun seismic profile near the D03 site. The position of trackline is indicated by the red bold line in (a).



第13図 地点D03海底の代表的な水中カメラキャプチャー画像。(a) 着底から4分10秒。(b) 着底から52分4秒。(c) 着底から52分18秒。(d) 着底から53分4秒。

Fig. 13 Representative seafloor images at the D03 site obtained by underwater camera. (a) 4'10" after on-bottom. (b) 52'4" after on-bottom. (c) 52'18" after on-bottom. (d) 53'4" after on-bottom.



第14図 地点D03で採取された岩石試料。(a), (b)試料の船上写真。(c) (d) GB23-D03-R01 及びその切断面。(e) (f) GB23-D03-R02 及びその切断面。(g) (h) GB23-D03-R03 及びその切断面。

Fig. 14 Rock samples collected at the D03 site. (a), (b) Shipboard sample photographs. (c) (d) GB23-D02-R01 and its slab sections. (e) (f) GB23-D03-R02 and its slab section. (g) (h) GB23-D02-R03 and its slab section.

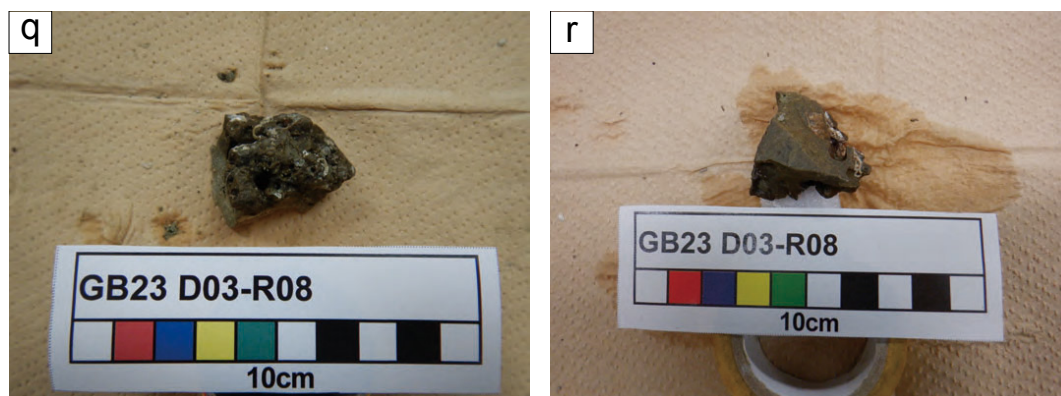


第14図続き

地点D03で採取された岩石試料。(i) (j) GB23-D03-R04 及びその切断面。(k) (l) GB23-D03-R05 及びその切断面。(m) (n) GB23-D03-R06 及びその切断面。(o) (p) GB23-D03-R07 及びその切断面。

Fig. 14 Continued

Rock samples collected at the D03 site. (i) (j) GB23-D03-R04 and its slab section. (k) (l) GB23-D03-R05 and its slab section. (m) (n) GB23-D03-R06 and its slab section. (o) (p) GB23-D03-R07 and its slab section.



第 14 図続き 地点 D03 で採取された岩石試料. (q) (r) GB23-D03-R08 及びその切断面.

Fig. 14 Continued Rock samples collected at the D03 site. (q) (r) GB23-D03-R08 and its slab section.

第 3 表 石灰質ナノ化石の検討試料リスト.

Table 3 List of samples which were examined for calcareous nannofossils.

Cruise	Sample	Simplified lithology	Calcareous nannofossil	Remarks
GB23	g111A	Muddy concretion	Barren	
GB23	g111B	Sandstone	Barren	
GB23	g134B	Sandstone	Barren	
GB23	g138	Sandy mudstone	Present	CN15
GB23	g139	Sandstone	Barren	
GB23	g148A	Lapillistone/lapilli tuff	Barren	
GB23	g148B	Sandstone	Barren	
GB23	g149A	Carbonate-cemented sandstone with bioclast	Barren	
GB23	g149B	Sandstone	Barren	
GB23	g149C	Sandstone?	Barren	
GB23	g190A	Sandstone	Barren	
GB23	g212B	Carbonate-cemented sandstone	Barren	
GB23	g212C	Sandstone	Barren	
GB23	g214A	Sandy mudstone	Barren	
GB23	g214B	Sandy mudstone	Barren	
GB23	g215A	Sandstone	Barren	
GB23	g215C	Sandstone	?	Poor reproducibility
GB23	g250B	Carbonate-cemented sandstone with bioclast	Barren	
GB23	g303D	Sandstone	Barren	
GB23	g342	Mudstone	Barren	
GB23	g343	Sandstone	Barren	
GB23	g349	Bioclast-rich muddy concretion	Barren	
GB23	g353	Bioclast-rich muddy concretion	Barren	
GB23	g355C	Sandy mudstone	Barren	
GB23	g355D	Sandy mudstone	Barren	
GB23	g357	Mudstone	Barren	
GB23	g360	Mudstone	Present	CN15
GB23	g364	Bioclast-rich muddy concretion	Barren	
GB23	g366	Sandy mudstone	?	Poor reproducibility
GB23	D03-R02	Sandstone	Barren	
GB23	D03-R06	Conglomerate	Barren	Carbonate matrix

第4表 堆積岩試料から産出した石灰質ナノ化石. 産出頻度は次のように示す; A: abundant (多産), C: common (普通), F: Few (少産). 保存状態は次のように示す; G: good (良好), M: moderate (中程度), P: poor (悪い). 産出状況は次のように示す; +: 産出が確認された種, r: 再堆積と判断される種.

Table 4 Distribution chart of calcareous nannofossils identified from the present study materials. Abundance; A: abundant, C: common, F: few. Preservation; G: good, M: moderate, P: poor. +: present; r: rework.

Sample ID	g138	g360
Abundance	A	F
Preservation	G	M
<i>Braarudosphaera bigelowii</i> (Gran & Braarud) Deflandre		+
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray and Blackman)	+	
<i>C. macintyreii</i> (Bukry and Bramlette)		
<i>Coccolithus</i> spp.	+	+
<i>Discoaster</i> spp.		
<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann)	+	+
<i>Gephyrocapsa</i> spp.small (<4 μ m)	+	+
<i>Gephyrocapsa oceanica</i> Kamptner	+	+
<i>Gephyrocapsa parallela</i> Hay and Beaudry		
<i>Gephyrocapsa</i> spp. (4-5.5 μ m)		
<i>Gephyrocapsa</i> spp.large (>5.5 μ m)		
<i>Helicosphaera carteri</i> (Wallich)	+	+
<i>Helicosphaera inversa</i> (Gartner)		
<i>Helicosphaera sellii</i> (Bukry and Bramlette)		
<i>Pseudoemiliana lacunosa</i> (Kamptner)		
<i>Syracosphaera</i> sp.	+	
Small placolith (<2 μ m)		
<i>Reticulofenestra asanoi</i> Sato and Takayama		
<i>Reticulofenestra</i> cf. <i>asanoi</i>		
<i>Reticulofenestra</i> spp. (<7 μ m)	+	+
<i>Reticulofenestra pseudoumbilicus</i> Gartner (>7 μ m)		
<i>Sphenolithus</i> spp.		
<i>Umbilicosphaera</i> spp.	+	
CN zone (Okada and Bukry, 1980)	CN15	CN15

九州北西海域（GB23 航海）で採取された海底堆積物の化学組成

久保田 蘭^{1,*}・立花 好子¹・鈴木 克明¹・飯塚 睦¹・板木 拓也¹・
片山 肇¹・兼子 尚知²・石野 沙季¹・石塚 治³・喜瀬 浩輝¹

KUBOTA Ran, TACHIBANA Yoshiko, SUZUKI Yoshiaki, IIZUKA Mutsumi, ITAKI Takuya, KATAYAMA Hajime, KANEKO Naotomo, ISHINO Saki, ISHIZUKA Osamu and KISE Hiroki (2025) Chemical composition of marine surface sediments in the area offshore from northwestern Kyushu, Japan (Cruise GB23). *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 76 (4/5), p. 259–276, 4 figs. and 5 tables.

Abstract: We determined the concentrations of 23 elements in 186 marine surface sediment samples collected in the area offshore from northwestern Kyushu, and report the chemical composition data and spatial trends. CaO is the most abundant element in the samples, with a wide concentration range of 2.63–50.2 wt%. The study area is divided into three regions (the Gotonada Sea area, the area around the Hiradoshima-Genkainada Sea, and the Tsushima Strait) with distinct chemical compositions. The samples from the Gotonada Sea area have high concentrations of 18 elements and low concentrations of K₂O, CaO, Rb, Sr, and Ba. The relationships among the major elements concentrations in samples from this area differ from those in samples from the other two areas. These results suggest that the Gotonada Sea samples received a large contribution of mafic clastic material. The concentrations of K₂O, Rb, and Ba in the samples from the Hiradoshima-Genkainada Sea are higher than those in samples from the other two areas, indicating that some of the Genkainada Sea samples contain terrigenous particles. Samples from the Tsushima Strait have high concentrations of CaO and Sr, and differ from river sediments in Tsushima due to the dilution effect of the CaO component of biogenic debris particles (carbonate minerals). A comparison of the elemental compositions of river and marine sediments in the coastal zone suggests a low rate of sediment discharge from the present-day terrestrial environment to the marine environment.

Keywords: simultaneous multi-element analysis, clastic material, bioclast, mafic rock, felsic rock, transportation of sediments from the land to the sea, dilution by bioclast

要 旨

九州北西海域で採取された海底表層堆積物186試料について23元素を定量した結果を示し、化学組成の特徴や分布特性について報告する。本調査海域の堆積物試料に最も多く含まれる成分はCaOで、その濃度範囲は2.63–50.2 wt%と幅広い。本調査海域を五島列島周辺（北部を除く）及び五島灘周辺海域、平戸島・壱岐島周辺及び玄界灘周辺海域、五島列島北部から対馬北部に至る対馬海峡の3つに区分すると、海域ごとの元素組成特性が明らかになった。五島灘周辺海域の堆積物試料はK₂O, CaO, Rb, Sr, Baを除く18元素で高濃度を示すとともに、主要元素の濃度間の関係において他の2海域とは明らかに異なる分布を示した。この結果より五島灘周辺海域の堆積物の起源は苦鉄質火山岩由来の碎屑粒子の寄与が大

きいことが推測された。平戸島–玄界灘周辺海域はK₂O, Rb, Ba濃度が他の海域に比べて高く、玄界灘周辺で採取した一部の試料には陸源粒子の影響が考えられた。対馬海峡では海底堆積物中のCaO及びSrの濃度が高く、生物遺骸粒子（炭酸塩鉱物）のCaO成分による希釈効果により、対馬の河川堆積物の化学組成との共通性は見られなかった。沿岸域の河川及び海底堆積物中の元素組成の比較より、現在の陸域から海洋環境への堆積物の流出は少ないと考えられた。

1. はじめに

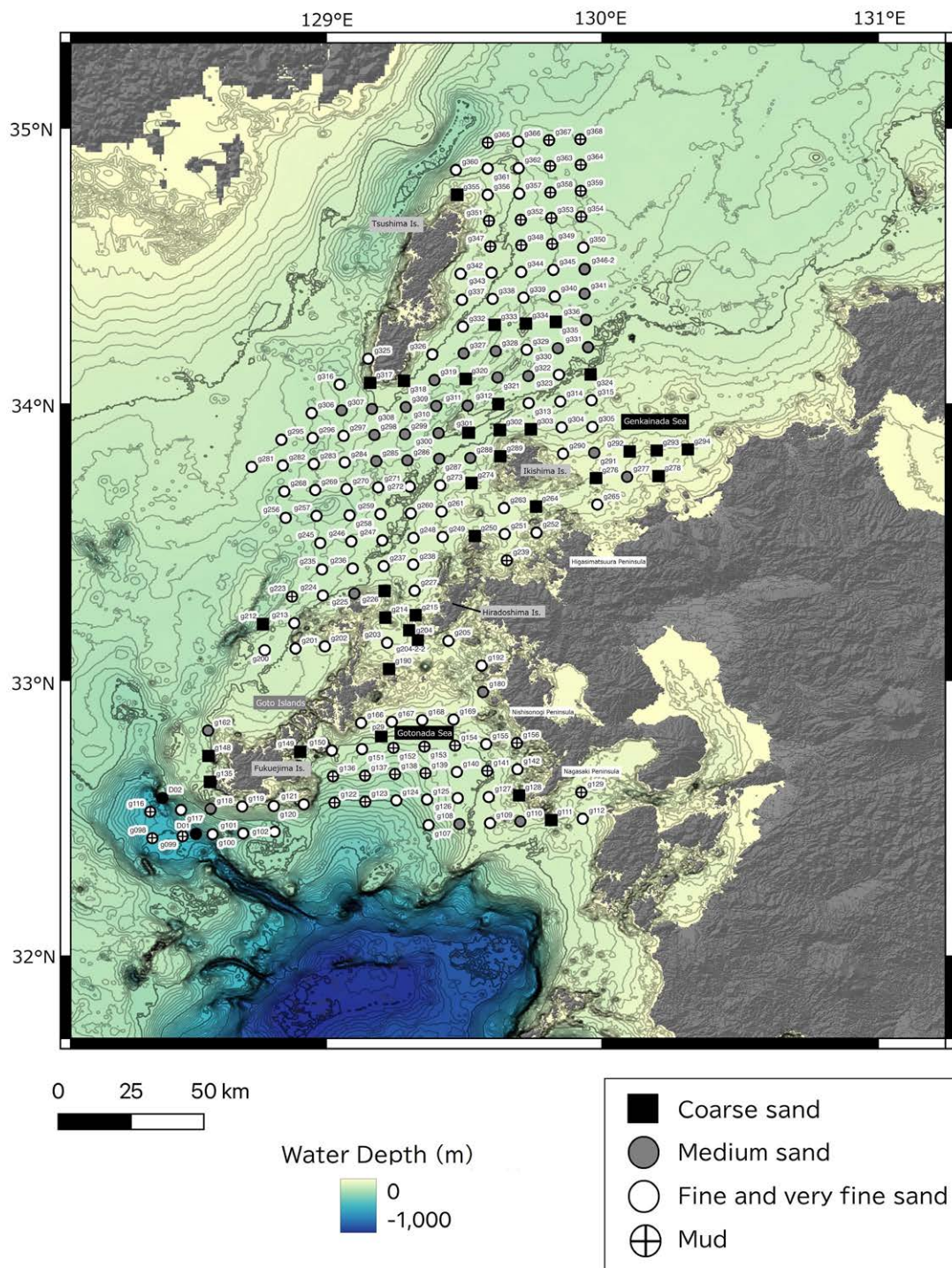
筆者らは、「本邦沿岸海域底質地球化学図」の作成に関する基礎的研究を継続しており、平成20年度より沖縄島周辺海域の海底表層堆積物の化学分析を行っている（寺島ほか、2009；太田ほか、2010, 2011, 2013, 2016,

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 産業技術総合研究所 地質調査総合センター地質情報基盤センター（AIST, Geological Survey of Japan, Geoinformation Service Center）

³ 産業技術総合研究所 地質調査総合センター活断層・火山研究部門（AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Earthquake and Volcano Geology）

* Corresponding author: KUBOTA, R., AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: ran-kubota@aist.go.jp



第1図 GB23航海における九州北海域での表層堆積物試料の採取地点及び粒度別分布図。地形の等水深線は100 m間隔。海底地形図は岸本(2000)に基づく。黒丸で示したドレッジ試料(D01, D02)の化学組成データは得られなかった。

Fig. 1 Sampling locations and particle size distribution map of marine surface sediments in the northwestern offshore area of Kyushu, Japan (GB23 Cruise). Topographic isobaths are at 100 m intervals. Submarine topographic map is based on Kisimoto (2000). The samples indicated by black circles are dredged samples (D01, D02), and no chemical composition data was obtained.

2017, 2019; 久保田ほか, 2019, 2022, 2023, 2024). GB23 航海では, 九州北西海域の 196 地点で木下式グラブ採泥器 (K-グラブ採泥器) により海底表層堆積物が採取され, このうち 186 地点の試料 (第 1 図) について 53 元素の化学分析を行った. 本概要報告では, GB23 航海で採取された海洋堆積物中の主成分元素 (Na_2O , MgO , Al_2O_3 , P_2O_5 , K_2O , CaO , TiO_2 , MnO , Total (T-) Fe_2O_3 (全鉄量を Fe_2O_3 に換算したもの)) といくつかの微量元素 (Li, Be, Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Ba, Pb) を分析した結果と化学組成の特徴について報告する.

2. 方法

2.1 研究対象海域

GB23 航海における調査海域は, 対馬北東海域から対馬海峡東水道を経て, 五島灘を含む五島列島周辺海域に至る九州北西海域である (清家ほか, 2025). 北方に対馬海盆, 南方には男女海盆が存在するが, 本調査海域の海底地形は大陸棚, 大陸斜面を主とし 200 m 以浅の平坦な部分が多い. 五島列島沖で黒潮から分岐した対馬海流は, 対馬海峡を通して日本海に流入しており, 対馬近傍で流速が増大する. 対馬海峡周辺の表層底質は, 海水流動の影響を大きく受けて移動・運搬・再堆積を繰り返していると考えられている (桂, 1992). また, 過去の海面低下及び上昇といった海水準変動により形成された堆積物が分布している場所も多く, 本調査海域の底質は過去の海水準変動と現在の海水流動の影響を大きく受けているとされる (大嶋ほか, 1982; 桂, 1992; Ohta *et al.*, 2022). 近接する陸域の地質に関しては, Ohta (2018b) 及び Ohta *et al.* (2022) に詳しく記載がある.

2.2 試料処理及び分析方法

K-グラブ採泥器で採取された試料のうち, 表層部 0–3 cm を適量分取した. 礫質の堆積物試料については, 可能な限り付随する細粒の堆積物を分取した. 試料を室温で乾燥した後, 石川式めく粉砕機で約 80 メッシュ (約 180 μm) 以下に粉砕して分析試料とした. 粉砕した試料 0.1 g を硝酸 3 ml, 過塩素酸 2 ml, フッ化水素酸 5 ml の混酸を用いて, 120 $^{\circ}\text{C}$ で 2 時間加熱して分解後, さらに 145 $^{\circ}\text{C}$ で 1 時間加熱分解を行った. その後, 200 $^{\circ}\text{C}$ 以下で蒸発乾固した後, 7 M 硝酸 5 ml を加えて加温溶解し, 超純水で希釈して試料溶液 (100 ml) とした. 各種成分の測定では, 主成分元素 (Na_2O , MgO , Al_2O_3 , P_2O_5 , K_2O , CaO , TiO_2 , MnO , Total (T-) Fe_2O_3) と Sr, Ba を ICP 発光分光分析計 (Thermo Fisher Science iCap-6300) で, そのほかの微量元素 (Li, Be, Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Y, Pb) は ICP 質量分析計 (Agilent 7900) を用いて測定した. 分析結果を第 1 表及び第 2 表にまとめた. なお測定誤差については Ohta (2018a) に報告がある. 今回は

海塩の除去を行っていないため, 海塩の影響を最も受ける Na_2O は参考値として示している.

3. 結果と考察

3.1 GB23 航海で採取された表層堆積物の元素濃度の特徴

第 1 表に堆積物に含まれる単位質量あたりの主成分元素濃度, 第 2 表に微量元素濃度を示した. 元素濃度は CaO (2.63–50.2 wt%), Al_2O_3 (0.734–13.3 wt%), T- Fe_2O_3 (0.284–7.13 wt%) が高く, 次いで MgO (0.461–4.39 wt%), K_2O (0.156–2.79 wt%) の順に高い濃度範囲を示す. 第 1 表での太字表記の数字は, 試料中に最も多く含まれる元素の濃度を示し, CaO 含有量が最多となる試料が大部分である. CaO 濃度より Al_2O_3 濃度が高い試料は 14 試料にとどまる. 本海域で採取された試料は, 粒度や採取深度にかかわらず, 炭酸塩骨格や殻から構成される生物遺骸破屑片を含むものが多く, それを反映した結果となった. 微量元素では, Sr (142–2,709 mg/kg), Ba (31.4–648 mg/kg) の濃度が高く, 他の微量元素は全ての試料で 100 mg/kg 以下を示した.

第 3 表に粒度別試料 (粗粒砂, 中粒砂, 細粒砂, 泥質) の各元素濃度の中央値を示し, 粒度別分布図を第 1 図に示した. 粒度区分は船上記載データに基づく. どの粒度でも最高濃度を示す成分は CaO であり, 表層堆積物に占める生物遺骸粒子 (炭酸塩鉱物) が多いことを反映している. 粒度が細くなるにつれ CaO , Sr の濃度は減少し, その他の元素の濃度は増加する傾向にあり, 明確なトレンドが認められる. これは細粒化に伴って生物遺骸粒子より地殻起源粒子の割合が増加することを示している (寺島ほか, 2009). 生成環境によっては炭酸塩鉱物に多く含まれる MgO であるが, CaO や Sr とは濃集挙動が異なるため, 本調査海域においては地殻起源の MgO が卓越すると思われる.

各元素の濃度分布は海域ごとに特徴づけられるため, 本調査海域を 3 つに区分した. 海域別の元素濃度平均値を第 4 表に示し, 海域区分を第 2 図に示す. 五島列島周辺 (北部を除く) 及び五島灘周辺海域 (図中: 赤丸), 平戸島・壱岐島周辺及び玄界灘周辺海域 (図中: 青丸), 五島列島北部から対馬北部に至る対馬海峡 (図中: 白丸) の 3 海域の特徴について以下に述べる. なお, 第 4 表に過去同一海域で採取された試料 (GH85-1 及び GC05-1 航海) の元素濃度平均値を併記する.

本調査海域の水深はおおむね 200 m 以浅であるが, 五島灘周辺海域 (赤丸) の南部 (g98–g102, g116, g117, g122, g123) のみ 200 m 以深である. 試料中最も多く含まれる成分が Al_2O_3 であるのは 14 試料に限られるが, そのうち 12 試料は五島灘周辺海域で採取されたものである (g108–g112, g125–g128, g140, g142, g156). また, 各元素濃度を海域別に比較すると, ほとんどの元素 (K_2O ,

第1表 GB23 航海で採取された九州北西海域表層堆積物の主成分元素の分析結果.

Table 1 Major element composition of marine surface sediments in the northwestern offshore area of Kyushu, Japan (GB23 Cruise).

Location no.	Latitude	Longitude	W. D.	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	T-Fe ₂ O ₃
	deg-min	deg-min	m	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%
g98	32-25.6769 N	128-22.1973 E	396	1.33	1.09	3.41	0.091	0.716	12.7	0.106	0.030	2.10
g99	32-26.1238 N	128-28.7868 E	383	3.05	1.70	6.47	0.117	1.29	23.5	0.299	0.041	2.46
g100	32-26.5215 N	128-35.2885 E	299	2.07	1.28	6.28	0.108	1.79	15.8	0.218	0.049	2.13
g101	32-26.7212 N	128-41.9322 E	258	2.30	1.90	5.67	0.108	1.28	25.0	0.296	0.039	3.18
g102	32-27.0621 N	128-48.7796 E	219	2.45	2.01	6.39	0.109	1.56	21.3	0.258	0.033	3.27
g107	32-28.5114 N	129-22.2522 E	181	3.39	2.36	12.1	0.126	1.62	13.6	0.512	0.070	5.03
g108	32-28.7391 N	129-28.9565 E	112	2.75	1.92	11.3	0.112	1.87	7.80	0.392	0.102	4.31
g109	32-28.9427 N	129-35.6223 E	93	3.34	2.57	13.3	0.096	1.75	8.34	0.538	0.086	4.78
g110	32-29.3223 N	129-42.2044 E	78	3.13	2.78	12.2	0.082	1.67	4.83	0.625	0.112	5.52
g111	32-29.6234 N	129-48.9240 E	82	1.17	1.59	5.75	0.082	0.759	2.69	0.328	0.061	4.31
g112	32-29.9156 N	129-55.7666 E	73	1.95	2.25	9.04	0.072	1.14	5.04	0.240	0.056	4.94
g116	32-31.4387 N	128-21.7651 E	382	1.89	1.37	3.96	0.104	0.745	19.5	0.121	0.032	2.08
g117	32-31.8219 N	128-28.4369 E	266	0.918	0.920	1.78	0.079	0.487	10.9	0.071	0.023	1.46
g118	32-32.0444 N	128-34.8815 E	167	1.59	1.75	3.55	0.116	0.927	26.9	0.083	0.028	1.34
g119	32-32.5509 N	128-41.7315 E	115	1.71	2.34	2.50	0.133	0.592	34.5	0.087	0.031	1.22
g120	32-32.6613 N	128-48.6078 E	119	1.77	3.46	3.74	0.163	0.734	33.8	0.230	0.029	3.95
g122	32-33.4207 N	129-1.8022 E	206	3.65	2.18	8.55	0.142	1.37	18.6	0.393	0.042	3.29
g123	32-33.6282 N	129-8.4914 E	204	3.33	2.06	9.53	0.114	1.52	16.1	0.414	0.048	4.28
g124	32-33.8914 N	129-15.2501 E	199	3.24	2.24	10.9	0.130	1.61	15.3	0.488	0.060	5.07
g125	32-34.0850 N	129-21.9285 E	124	2.99	2.29	11.8	0.106	1.65	11.3	0.370	0.065	4.63
g126	32-34.3918 N	129-28.5857 E	114	3.17	2.78	12.6	0.112	1.56	12.1	0.555	0.087	5.60
g127	32-34.6231 N	129-35.3308 E	97	3.18	3.01	12.6	0.105	1.58	10.9	0.564	0.087	5.79
g128	32-35.0020 N	129-41.9366 E	71	2.46	1.98	7.93	0.078	0.988	7.31	0.324	0.062	3.78
g129	32-35.6466 N	129-55.4600 E	70	3.23	2.84	9.92	0.165	1.36	15.6	0.442	0.064	4.78
g135	32-37.9361 N	128-34.7490 E	105	1.53	1.87	4.01	0.102	0.798	31.1	0.198	0.044	1.59
g136	32-39.1315 N	129-1.4793 E	147	2.29	2.42	5.34	0.132	1.03	27.1	0.255	0.028	3.44
g137	32-39.2660 N	129-8.4341 E	163	3.11	2.34	9.14	0.125	1.57	17.3	0.397	0.041	4.62
g138	32-39.6149 N	129-14.9477 E	156	2.63	2.90	8.61	0.113	1.73	17.5	0.383	0.044	7.13
g139	32-39.8043 N	129-21.5739 E	139	3.14	2.60	10.7	0.119	1.59	15.5	0.451	0.060	5.42
g140	32-40.0683 N	129-28.4065 E	113	3.16	3.21	12.5	0.121	1.48	10.1	0.610	0.092	6.10
g141	32-40.3114 N	129-35.0125 E	106	3.17	2.52	10.6	0.108	1.51	10.9	0.486	0.060	4.66
g142	32-40.6718 N	129-41.5827 E	74	3.00	1.84	9.92	0.053	1.32	5.71	0.340	0.048	3.30
g148	32-43.5636 N	128-34.3957 E	126	2.53	4.39	9.77	0.333	1.03	21.6	0.872	0.107	6.05
g149	32-44.4572 N	128-54.3786 E	81	1.00	1.53	1.92	0.114	0.401	32.8	0.078	0.015	0.981
g150	32-44.7319 N	129-1.2264 E	108	2.15	2.06	5.00	0.121	0.858	25.2	0.251	0.026	2.12
g151	32-45.0320 N	129-7.7882 E	121	2.56	2.32	7.55	0.139	1.29	24.8	0.307	0.034	3.12
g152	32-45.3046 N	129-14.6142 E	126	2.88	2.40	8.45	0.121	1.45	18.8	0.360	0.039	3.78
g153	32-45.5742 N	129-21.3618 E	115	2.47	1.54	8.31	0.074	1.77	12.3	0.300	0.031	2.84
g154	32-45.8026 N	129-28.0210 E	105	2.59	1.74	8.37	0.084	1.56	10.1	0.348	0.035	3.02
g155	32-46.1282 N	129-34.7877 E	85	2.70	1.52	8.23	0.061	1.57	9.43	0.242	0.025	2.68
g156	32-46.3598 N	129-41.4615 E	73	3.21	2.72	10.8	0.135	1.69	10.6	0.437	0.045	4.49
g162	32-49.0757 N	128-34.3239 E	112	1.13	2.01	1.59	0.134	0.447	40.3	0.056	0.071	1.15
g166	32-50.7257 N	129-7.5900 E	63	1.98	2.15	3.28	0.164	0.654	34.5	0.173	0.019	1.25
g167	32-50.9639 N	129-14.2619 E	75	2.31	2.66	2.93	0.169	0.577	39.2	0.125	0.018	1.22
g168	32-51.3345 N	129-20.8764 E	76	2.40	2.41	3.84	0.147	0.835	34.0	0.137	0.020	1.44
g169	32-51.4714 N	129-27.6860 E	64	2.13	1.78	6.11	0.099	1.57	16.3	0.206	0.028	2.17
g180	32-57.4504 N	129-34.1000 E	47	1.38	1.70	2.40	0.155	0.483	31.8	0.115	0.019	1.35
g190	33-2.4491 N	129-13.6581 E	67	1.33	1.74	0.73	0.087	0.156	50.9	0.028	0.014	0.284
g192	33-3.1805 N	129-33.7937 E	49	2.25	2.47	4.46	0.178	0.806	33.1	0.192	0.021	1.60
g200	33-6.4563 N	128-46.6266 E	111	2.30	2.00	4.68	0.107	1.15	28.7	0.179	0.019	1.74
g201	33-6.8815 N	128-53.3291 E	93	2.31	1.61	5.84	0.094	1.53	19.2	0.220	0.022	1.86
g202	33-7.3602 N	128-59.7180 E	73	1.90	2.25	3.14	0.150	0.562	35.8	0.201	0.018	1.70
g203	33-8.1410 N	129-13.2405 E	64	1.67	1.17	4.10	0.078	1.19	14.0	0.153	0.026	1.23
g204	33-10.8279 N	129-18.2322 E	71	1.45	2.04	2.63	0.113	0.346	40.9	0.108	0.038	1.29
g204-2-2	33-8.6200 N	129-19.9351 E	66	1.24	1.75	3.55	0.123	0.503	34.7	0.148	0.048	1.86
g205	33-8.5695 N	129-26.5709 E	62	2.14	2.35	4.02	0.143	0.756	33.0	0.158	0.021	1.45
g212	33-12.1669 N	128-46.2401 E	147	1.60	1.15	4.31	0.081	1.39	20.1	0.316	0.031	1.83
g213	33-12.4072 N	128-53.0689 E	105	1.97	2.33	3.10	0.123	0.817	35.4	0.121	0.017	1.57
g214	33-13.6116 N	129-12.8720 E	64	1.17	1.19	2.66	0.098	0.693	27.9	0.104	0.026	0.987
g215	33-14.1197 N	129-19.4391 E	56	1.17	1.84	3.60	0.087	0.529	33.9	0.098	0.038	1.43
g223	33-18.1689 N	128-52.5768 E	123	2.22	1.79	4.96	0.105	1.19	28.1	0.215	0.022	1.96
g224	33-18.4126 N	128-59.2770 E	112	2.07	1.98	4.16	0.111	1.09	29.0	0.169	0.019	1.64
g225	33-18.8334 N	129-6.1134 E	92	1.45	1.07	3.93	0.092	1.01	15.8	0.158	0.018	1.49
g226	33-19.4038 N	129-12.6889 E	57	1.11	1.35	1.76	0.092	0.480	30.0	0.212	0.027	1.06
g227	33-19.4559 N	129-19.2167 E	81	1.80	1.48	5.17	0.090	1.35	14.4	0.216	0.023	2.03

九州北西海域で採取された海底表層堆積物の化学組成（久保田ほか）

第1表 続き.
Table 1 Continued.

Location no.	Latitude deg-min	Longitude deg-min	W. D. m	Na ₂ O wt%	MgO wt%	Al ₂ O ₃ wt%	P ₂ O ₅ wt%	K ₂ O wt%	CaO wt%	TiO ₂ wt%	MnO wt%	T-Fe ₂ O ₃ wt%
g235	33-24.0757 N	128-59.0816 E	119	1.75	1.40	4.58	0.084	1.48	22.6	0.157	0.019	1.78
g236	33-24.2974 N	129-5.7538 E	107	1.67	1.55	4.23	0.091	1.20	25.7	0.145	0.022	1.96
g237	33-24.7981 N	129-12.4962 E	95	2.09	1.90	5.48	0.105	1.36	23.0	0.227	0.025	2.36
g238	33-25.1546 N	129-18.9152 E	86	2.18	1.44	7.13	0.070	2.01	12.0	0.208	0.026	1.99
g239	33-26.0639 N	129-39.2800 E	48	2.30	2.54	6.00	0.158	0.938	29.0	0.399	0.026	2.73
g245	33-29.8251 N	128-58.7043 E	144	2.10	1.71	4.80	0.098	1.19	27.6	0.196	0.022	1.82
g246	33-30.1715 N	129-5.4567 E	118	1.96	1.68	4.37	0.094	1.14	28.9	0.181	0.019	1.81
g247	33-30.3818 N	129-12.1994 E	107	2.26	1.74	5.80	0.090	1.48	21.8	0.203	0.023	1.99
g248	33-30.9205 N	129-18.9673 E	94	2.04	1.32	6.22	0.055	2.11	12.5	0.163	0.022	2.07
g249	33-31.1285 N	129-25.3218 E	84	1.99	1.52	6.21	0.078	1.75	16.0	0.224	0.023	1.98
g250	33-31.3395 N	129-32.2822 E	69	1.38	1.77	3.06	0.144	0.781	32.3	0.228	0.023	1.89
g251	33-31.7937 N	129-38.8242 E	69	2.45	2.17	5.95	0.131	1.17	25.3	0.332	0.025	2.42
g252	33-32.0863 N	129-45.7185 E	51	2.24	2.07	5.49	0.114	1.39	25.9	0.220	0.022	1.90
g256	33-35.2994 N	128-51.1925 E	136	2.02	1.30	5.32	0.082	1.68	20.1	0.137	0.021	1.54
g257	33-35.7234 N	128-57.8907 E	152	1.80	1.61	4.22	0.101	1.29	29.8	0.154	0.020	1.65
g258	33-35.8559 N	129-5.0843 E	119	1.82	1.44	3.52	0.078	1.14	29.2	0.094	0.016	1.37
g259	33-36.1095 N	129-11.7906 E	110	2.20	1.39	5.49	0.071	1.70	19.8	0.131	0.019	1.68
g260	33-36.2594 N	129-18.4001 E	101	2.21	1.30	6.75	0.060	2.11	13.5	0.163	0.020	1.96
g261	33-36.6485 N	129-25.0743 E	91	1.92	1.37	6.32	0.052	2.11	12.6	0.191	0.029	2.17
g263	33-37.4184 N	129-38.6561 E	66	2.37	2.07	5.15	0.117	1.16	28.2	0.232	0.022	1.76
g264	33-37.7245 N	129-45.6023 E	60	1.66	0.794	6.15	0.055	2.64	9.70	0.138	0.017	1.19
g265	33-38.1796 N	129-58.9399 E	49	2.37	1.70	7.65	0.076	2.05	14.0	0.269	0.030	2.35
g268	33-41.0485 N	128-50.8847 E	143	1.64	1.25	4.54	0.088	1.49	23.3	0.140	0.024	1.41
g269	33-41.3360 N	128-57.6052 E	118	1.57	1.29	3.75	0.115	1.23	28.5	0.123	0.020	1.38
g270	33-41.5447 N	129-4.4248 E	125	1.93	1.51	4.36	0.079	1.29	25.9	0.146	0.020	1.50
g271	33-41.8964 N	129-11.2978 E	117	1.88	1.53	4.55	0.083	1.42	24.2	0.125	0.020	1.59
g272	33-42.0554 N	129-18.1701 E	104	2.09	1.18	5.72	0.063	1.85	15.3	0.100	0.019	1.39
g273	33-42.3488 N	129-24.7998 E	96	2.02	1.09	6.50	0.064	2.12	11.4	0.116	0.023	1.71
g274	33-42.8390 N	129-31.6224 E	86	1.39	1.91	1.92	0.145	0.618	38.2	0.077	0.016	1.29
g276	33-43.9119 N	129-58.6631 E	52	1.33	0.886	4.94	0.047	2.28	14.7	0.066	0.011	1.04
g277	33-44.1997 N	130-5.4134 E	53	1.73	1.19	6.35	0.046	2.32	11.7	0.214	0.022	1.73
g278	33-44.3828 N	130-12.2345 E	40	1.52	0.674	5.21	0.039	2.79	6.78	0.091	0.022	1.41
g281	33-46.3716 N	128-43.8046 E	116	1.31	0.848	2.66	0.055	1.10	28.1	0.047	0.015	0.899
g282	33-46.6722 N	128-50.5605 E	121	1.71	0.814	4.93	0.052	1.92	15.6	0.079	0.019	1.07
g283	33-46.9975 N	128-57.3195 E	120	1.59	1.42	3.78	0.087	1.20	28.2	0.118	0.019	1.44
g284	33-47.3444 N	129-4.0473 E	114	1.62	1.27	4.05	0.085	1.24	24.8	0.128	0.021	1.48
g285	33-47.6098 N	129-10.8942 E	120	1.93	1.46	3.94	0.098	1.22	29.7	0.082	0.025	1.12
g286	33-47.7787 N	129-17.6488 E	120	1.97	1.31	5.33	0.071	1.73	20.3	0.130	0.028	1.35
g287	33-48.1419 N	129-24.5528 E	103	1.87	0.828	6.12	0.064	2.29	12.7	0.071	0.023	1.11
g288	33-48.3051 N	129-31.3361 E	94	1.61	1.37	3.78	0.090	1.43	27.4	0.088	0.016	1.24
g289	33-48.6562 N	129-37.8937 E	56	1.15	1.95	1.61	0.122	0.57	39.8	0.078	0.018	0.688
g290	33-49.2064 N	129-51.4912 E	52	1.82	1.81	4.48	0.107	1.35	25.5	0.236	0.021	1.62
g291	33-49.4274 N	129-58.2803 E	51	1.06	0.497	4.79	0.025	2.57	3.21	0.074	0.010	0.902
g292	33-49.7025 N	130-5.9962 E	48	1.18	0.484	5.63	0.038	2.68	5.86	0.054	0.011	0.952
g293	33-49.9275 N	130-11.8438 E	47	1.26	0.461	6.00	0.034	2.69	2.63	0.069	0.011	1.17
g294	33-50.1583 N	130-18.6472 E	50	2.37	1.58	8.09	0.076	2.38	12.9	0.233	0.026	2.17
g295	33-52.2694 N	128-50.2533 E	118	1.64	1.09	3.75	0.063	1.35	26.4	0.074	0.020	1.19
g296	33-52.6446 N	128-57.0443 E	132	1.95	1.36	4.34	0.079	1.45	25.8	0.113	0.021	1.39
g297	33-53.1073 N	129-3.7768 E	118	1.62	1.01	4.30	0.098	1.52	22.4	0.080	0.020	1.33
g298	33-53.3110 N	129-10.4759 E	106	1.36	1.36	2.56	0.109	0.873	35.0	0.058	0.026	1.23
g299	33-53.4630 N	129-17.1349 E	125	1.87	0.936	5.15	0.067	1.86	21.8	0.049	0.031	0.874
g300	33-53.7103 N	129-24.4145 E	106	1.52	1.00	4.93	0.066	1.83	19.2	0.096	0.044	1.04
g301	33-54.0102 N	129-30.9745 E	105	1.36	0.830	4.77	0.063	2.02	19.9	0.049	0.041	0.744
g302	33-54.3769 N	129-37.7693 E	90	1.13	0.616	4.74	0.047	1.91	11.4	0.048	0.023	0.742
g303	33-54.5265 N	129-44.5085 E	87	1.34	1.11	3.68	0.084	1.28	23.3	0.209	0.038	1.21
g304	33-54.9464 N	129-51.1805 E	82	2.19	1.62	6.31	0.082	1.90	17.4	0.224	0.025	2.42
g305	33-55.0481 N	129-57.8709 E	80	2.05	1.58	5.91	0.076	1.96	18.3	0.153	0.021	2.38
g306	33-58.0533 N	128-56.8452 E	132	2.21	1.20	5.46	0.069	1.83	18.6	0.127	0.020	1.47
g307	33-58.6356 N	129-3.3629 E	126	1.75	0.709	5.46	0.081	2.14	13.7	0.051	0.015	1.01
g308	33-58.9509 N	129-9.9560 E	110	1.34	1.29	2.49	0.099	0.744	32.8	0.067	0.023	1.16
g309	33-59.3602 N	129-17.2973 E	116	1.17	1.74	1.81	0.097	0.551	40.9	0.042	0.073	0.690
g310	33-59.5902 N	129-23.9277 E	129	1.22	0.986	4.04	0.062	1.65	23.2	0.048	0.051	0.803
g311	33-59.6593 N	129-30.7612 E	100	1.66	0.933	5.05	0.063	1.77	19.4	0.057	0.029	0.795
g312	34-0.0242 N	129-37.4334 E	103	1.53	0.669	5.54	0.051	2.29	12.7	0.158	0.029	0.863
g313	34-0.2227 N	129-44.0193 E	102	1.66	1.18	5.09	0.075	1.84	19.2	0.126	0.024	1.50
g314	34-0.5717 N	129-50.8932 E	92	1.93	1.17	6.12	0.064	2.22	14.2	0.124	0.017	1.47

第1表 続き.

Table 1 Continued.

Location no.	Latitude deg-min	Longitude deg-min	W. D. m	Na ₂ O wt%	MgO wt%	Al ₂ O ₃ wt%	P ₂ O ₅ wt%	K ₂ O wt%	CaO wt%	TiO ₂ wt%	MnO wt%	T-Fe ₂ O ₃ wt%
g315	34-0.8516 N	129-57.6832 E	85	1.83	1.13	6.34	0.071	2.36	14.0	0.133	0.016	1.54
g316	34-4.2500 N	129-2.9372 E	131	1.90	1.60	4.34	0.092	1.44	26.6	0.097	0.019	1.46
g317	34-4.6065 N	129-9.5552 E	71	1.38	2.11	1.31	0.094	0.294	44.6	0.065	0.019	0.665
g318	34-5.0225 N	129-16.9315 E	102	0.861	1.72	1.28	0.097	0.318	43.3	0.045	0.045	0.909
g319	34-5.2266 N	129-23.5348 E	113	1.30	1.43	3.37	0.083	1.30	30.3	0.063	0.063	0.871
g320	34-5.4891 N	129-30.2986 E	121	1.28	0.760	4.62	0.060	1.84	21.1	0.046	0.021	0.702
g321	34-5.7970 N	129-37.2375 E	117	1.75	1.52	2.98	0.091	1.07	33.7	0.058	0.040	0.943
g322	34-6.1068 N	129-43.9573 E	106	1.77	1.04	4.99	0.083	1.98	20.5	0.061	0.018	1.19
g323	34-6.3831 N	129-50.5928 E	100	1.86	1.21	5.22	0.071	2.00	22.0	0.076	0.014	1.31
g324	34-6.4667 N	129-57.4794 E	98	1.53	1.40	3.50	0.097	1.24	29.1	0.096	0.017	1.28
g325	34-9.8701 N	129-9.1205 E	80	1.59	2.05	4.67	0.115	1.08	27.4	0.232	0.032	2.64
g326	34-10.8070 N	129-23.0623 E	106	1.55	1.67	3.21	0.102	0.890	31.0	0.121	0.026	1.63
g327	34-11.0367 N	129-29.8847 E	119	1.29	1.31	2.80	0.087	1.05	34.2	0.044	0.039	0.876
g328	34-11.5139 N	129-36.8555 E	107	1.54	1.41	3.25	0.081	1.18	32.5	0.046	0.024	0.863
g329	34-11.8299 N	129-43.5814 E	115	1.70	1.57	3.22	0.088	1.09	32.5	0.073	0.022	1.14
g330	34-12.1299 N	129-50.3651 E	111	1.63	1.47	3.21	0.081	1.11	31.9	0.061	0.020	1.08
g331	34-12.3620 N	129-56.9158 E	106	1.60	1.86	2.91	0.102	0.857	35.7	0.085	0.019	1.34
g332	34-16.8244 N	129-29.7041 E	107	1.50	1.89	2.54	0.102	0.761	38.4	0.087	0.033	1.79
g333	34-17.2272 N	129-36.6619 E	115	1.48	1.73	2.31	0.094	0.711	39.6	0.079	0.026	1.18
g334	34-17.4989 N	129-43.4511 E	102	1.56	1.73	2.09	0.090	0.581	40.7	0.065	0.034	1.01
g335	34-17.8981 N	129-49.9341 E	114	1.69	1.39	3.35	0.083	1.27	31.3	0.046	0.022	0.979
g336	34-18.3202 N	129-56.4991 E	117	1.77	1.78	2.82	0.083	0.904	34.9	0.074	0.021	1.35
g337	34-22.6695 N	129-29.5139 E	93	1.64	2.37	3.00	0.096	0.958	35.7	0.123	0.023	3.83
g338	34-22.8757 N	129-36.1761 E	107	1.57	1.76	2.53	0.081	0.751	37.6	0.092	0.020	1.79
g339	34-23.1583 N	129-42.9013 E	111	1.72	1.72	2.54	0.090	0.710	38.3	0.084	0.020	1.45
g340	34-23.3894 N	129-49.6897 E	116	1.55	1.62	2.69	0.083	0.855	35.9	0.078	0.018	1.38
g341	34-23.9837 N	129-56.1845 E	117	1.50	1.92	2.30	0.098	0.793	39.1	0.080	0.018	1.57
g342	34-28.3296 N	129-29.2108 E	92	2.08	2.09	5.70	0.099	1.42	24.4	0.248	0.025	3.27
g343	34-28.5697 N	129-35.9588 E	101	1.88	1.77	4.49	0.112	1.11	30.2	0.182	0.024	2.30
g344	34-28.7187 N	129-42.3904 E	105	1.84	1.80	3.91	0.095	1.00	33.9	0.154	0.024	2.17
g345	34-29.1703 N	129-49.3856 E	113	1.75	1.73	3.40	0.092	0.967	34.9	0.129	0.020	1.91
g346	34-29.2977 N	129-56.1787 E	113	1.58	1.82	2.78	0.093	0.713	38.8	0.106	0.019	1.48
g347	34-34.2488 N	129-35.6785 E	93	2.04	2.04	5.67	0.097	1.50	25.4	0.238	0.024	3.88
g348	34-34.4983 N	129-42.4114 E	103	1.99	1.92	5.02	0.104	1.30	28.1	0.224	0.025	3.49
g349	34-34.7899 N	129-49.1323 E	109	1.99	1.73	4.54	0.090	1.09	30.6	0.180	0.026	2.41
g350	34-34.0444 N	129-55.8875 E	112	1.93	1.77	3.92	0.093	1.05	33.4	0.159	0.022	2.04
g351	34-39.8376 N	129-35.3880 E	88	2.56	1.88	6.32	0.094	1.53	22.9	0.261	0.029	2.60
g352	34-40.0533 N	129-42.3083 E	106	1.78	1.72	4.85	0.112	1.22	30.3	0.225	0.029	3.02
g353	34-40.4600 N	129-48.9322 E	110	1.95	1.47	5.06	0.085	1.26	25.3	0.208	0.027	2.41
g354	34-40.7321 N	129-55.4378 E	116	1.96	1.60	5.32	0.091	1.38	24.9	0.213	0.027	2.48
g355	34-45.4507 N	129-28.4974 E	66	1.23	2.25	1.80	0.109	0.408	43.3	0.086	0.030	1.04
g356	34-45.4964 N	129-35.1059 E	79	2.03	2.09	4.58	0.109	1.23	28.2	0.185	0.025	2.21
g357	34-45.7361 N	129-41.9631 E	104	1.83	1.99	5.50	0.095	1.51	26.2	0.248	0.028	4.22
g358	34-46.0082 N	129-48.7363 E	117	1.87	1.72	4.94	0.118	1.26	26.5	0.219	0.026	2.78
g359	34-46.3386 N	129-55.3446 E	118	2.32	1.54	7.15	0.078	1.85	16.9	0.274	0.026	2.58
g360	34-50.8853 N	129-28.1972 E	114	1.91	2.10	5.55	0.101	1.72	23.4	0.220	0.034	4.46
g361	34-51.1920 N	129-35.1132 E	95	1.61	2.22	2.84	0.098	0.868	36.3	0.092	0.029	1.92
g362	34-51.2791 N	129-41.8313 E	102	1.96	1.89	5.69	0.104	1.72	22.5	0.236	0.026	3.73
g363	34-51.7279 N	129-48.6895 E	121	2.12	1.61	6.87	0.124	1.92	15.4	0.285	0.030	3.12
g364	34-52.0072 N	129-55.3447 E	125	1.73	1.41	5.43	0.074	1.58	18.4	0.228	0.023	2.67
g365	34-56.8086 N	129-35.1223 E	140	2.43	1.82	6.84	0.103	1.68	22.2	0.281	0.034	2.81
g366	34-57.0521 N	129-41.7449 E	114	1.85	1.87	5.37	0.094	1.54	25.4	0.195	0.027	3.18
g367	34-57.3475 N	129-48.4565 E	127	2.08	1.58	6.16	0.109	1.72	19.5	0.272	0.030	3.08
g368	34-57.5481 N	129-55.2570 E	130	1.67	1.08	5.31	0.084	1.63	13.1	0.191	0.019	2.03
p29	32-48.0384 N	129-11.9877 E	97	2.02	2.27	4.80	0.172	1.04	31.2	0.255	0.028	3.22

※ Bold type indicates the concentration of the richest element in each sample.

CaO, Rb, Sr, Baを除く)の濃度が五島灘海域において最も高く、Al₂O₃高濃度試料(8 wt%以上)、Fe₂O₃高濃度試料(4 wt%以上)は五島灘海域に集中して分布している。男女海盆方向に水深が深くなる地点(g107, g122-g124, g137, g138)では特にAl₂O₃, TiO₂, Fe₂O₃, Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Yの濃度が高く、深部へ堆積物が輸送され溜まっている可能性が考えられた。また、五島灘海域においては陸地から離れた地点で細粒砂と泥質の試料

が多い。

平戸島-玄界灘周辺海域(青丸)の試料採取地点の多くは水深70 m以浅であり、平戸島南西部及び壱岐島西部(g180, g190, g192, g204, g205, g215, g226, g250, g274, g289)で採取した試料は30 wt%以上の高CaO濃度を示す。また、K₂O, Rb, Ba濃度が他の2海域に比べて高く、2 wt%以上の高K₂O濃度を示す試料のほとんど(g307を除く19試料; g238, g248, g260, g261, g264,

九州北西海域で採取された海底表層堆積物の化学組成（久保田ほか）

第2表 GB23航海で採取された九州北西海域表層堆積物の微量元素の分析結果.

Table 2 Trace element composition of marine surface sediments in the northwestern offshore area of Kyushu, Japan (GB23 Cruise).

Location no.	W. D. m	Li mg/kg	Be mg/kg	Sc mg/kg	V mg/kg	Cr mg/kg	Co mg/kg	Ni mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Rb mg/kg	Sr mg/kg	Y mg/kg	Ba mg/kg	Pb mg/kg
g98	396	15	0.6	3.5	27	25	4.8	14	6.6	45	30	437	8.5	100	7.9
g99	383	23	0.8	5.9	39	36	5.6	19	12	57	47	885	11	223	13
g100	299	15	0.9	3.6	26	23	4.7	11	5.1	41	57	732	10	348	13
g101	258	21	1.0	6.0	34	34	6.4	18	7.4	67	48	1042	12	195	12
g102	219	25	1.1	5.7	33	36	5.6	18	8.6	62	53	970	12	240	13
g107	181	42	1.2	12	84	47	12	23	14	96	62	607	15	286	20
g108	112	35	1.1	9.4	61	27	8.7	14	5.8	56	60	490	11	390	19
g109	93	36	1.2	14	80	36	11	15	6.2	72	57	574	14	375	18
g110	78	30	1.1	15	93	39	11	15	5.5	76	49	451	15	362	15
g111	82	28	0.6	9.8	86	30	9.0	13	5.6	62	31	142	10	124	12
g112	73	41	1.2	9.5	52	37	9.4	18	5.0	65	42	310	8.9	185	16
g116	382	19	0.6	4.4	31	28	5.0	17	9.4	50	30	708	9.0	104	9.6
g117	266	8.4	0.4	1.9	16	18	3.2	7.1	2.8	31	18	502	8.5	63	4.1
g118	167	9.5	0.5	2.8	20	18	3.2	9.6	3.7	31	32	1361	9.3	181	9.6
g119	115	9.7	0.4	2.3	15	13	2.9	7.8	3.6	29	19	1838	8.9	113	7.2
g120	119	19	0.6	5.1	28	36	7.1	21	4.6	61	22	1644	10.1	89	13.9
g122	206	37	1.1	8.6	49	50	6.4	26	14	72	51	835	14	203	14
g123	204	36	1.3	8.9	53	44	7.3	22	11	81	55	594	13	227	15
g124	199	38	1.3	10	64	43	8.3	21	11	83	54	591	13	249	16
g125	124	29	1.1	9.4	64	30	8.5	16	6.7	64	48	599	10	329	14
g126	114	41	1.4	11	76	49	11	19	8.4	77	49	609	13	292	15
g127	97	41	1.3	12	76	56	12	21	8.4	77	49	582	13	284	16
g128	71	21	0.7	7.5	58	44	8.2	16	5.3	40	26	483	8.2	184	9.7
g129	70	40	1.4	9.0	54	47	8.7	24	11	72	48	891	16	214	18
g135	105	10	0.5	4.3	33	17	3.7	8.1	5.0	35	28	1731	11	169	11
g136	147	25	0.9	5.7	30	35	4.5	17	8.6	54	35	1248	12	129	11
g137	163	38	1.3	9.5	52	54	7.5	25	12	78	57	675	14	210	14
g138	156	34	1.4	9.5	54	47	8.7	21	9.4	85	59	727	12	178	14
g139	139	39	1.2	9.6	61	39	8.6	19	9.7	74	49	670	12	245	15
g140	113	37	1.2	14	97	48	13	23	11	83	46	535	13	278	15
g141	106	39	1.2	9.3	53	53	8.4	25	8.8	62	47	522	12	243	14
g142	74	40	1.0	7.5	40	38	7.6	17	5.3	45	41	369	8.5	257	15
g148	126	13	0.9	11	89	52	17	43	11	74	33	1213	22	312	17
g149	81	9.3	0.2	2.4	15	11	2.0	9.3	3.4	14	15	1792	6.4	79	7.0
g150	108	23	0.6	5.8	30	25	4.3	13	7.3	41	33	1282	11	151	12
g151	121	30	0.9	8.3	45	55	6.4	25	12	64	52	1132	14	190	14
g152	126	32	1.0	8.5	47	53	6.9	23	10	64	53	815	13	214	14
g153	115	24	0.8	4.9	32	31	4.7	13	5.5	39	51	571	8.7	273	11
g154	105	29	0.9	6.7	41	49	6.4	22	7.8	51	56	470	10	241	13
g155	85	26	0.7	4.4	27	35	5.2	14	5.4	39	50	441	7.8	236	12
g156	73	40	1.3	10	65	95	9.0	37	14	76	63	524	14	246	16
g162	112	8.9	0.2	0.7	14	10	3.2	10	1.9	27	12	1929	11	86	6.7
g166	63	13	0.3	3.0	22	19	2.8	6.6	4.7	25	23	1883	9.0	113	7.0
g167	75	15	0.3	2.8	18	19	2.9	8.2	5.2	28	21	1985	9.2	83	7.5
g168	76	17	0.4	3.1	20	22	3.2	9.9	5.3	31	31	1676	9.8	124	8.3
g169	64	22	0.7	3.2	20	22	4.2	8.1	4.0	31	45	844	7.9	252	11
g180	47	11	0.2	1.3	14	17	2.4	5.9	2.0	20	15	1669	6.5	78	6.5
g190	67	4.5	-	0.02	6.5	7.5	0.8	1.8	1.9	9.3	3.7	2710	2.7	31	3.4
g192	49	19	0.4	3.6	24	31	3.3	11	6.3	33	28	1733	10	125	9.4
g200	111	17	0.6	3.1	20	23	3.2	11	6.5	39	39	1345	9.9	204	10
g201	93	17	0.7	3.5	22	22	3.6	10	4.8	33	49	981	8.2	294	12
g202	73	14	0.3	2.9	18	17	3.1	7.9	5.1	31	16	1814	8.2	101	8.2
g203	64	13	0.3	1.8	13	16	2.7	4.1	1.8	19	32	760	6.8	235	7.7
g204	71	8.0	0.1	3.2	29	19	3.4	5.3	3.6	17	8.7	2171	5.5	76	6.5
g204-2-2	66	11	0.3	4.7	33	29	4.4	8.6	3.5	23	16	1901	7.9	100	7.1
g205	62	14	0.3	3.4	23	26	3.3	7.1	5.0	25	23	1771	8.1	130	8.5
g212	147	12	0.4	2.7	26	18	3.3	6.8	3.4	27	40	920	7.2	276	8.4
g213	105	13	0.3	2.0	13	17	2.4	7.3	4.0	31	24	1724	7.5	138	7.8
g214	64	9.3	0.2	0.8	11	8.9	2.1	3.0	1.7	13	17	1411	5.7	145	5.6
g215	56	8.9	0.1	3.9	28	18	4.0	4.8	3.9	17	14	1753	5.6	119	6.5
g223	123	17	0.6	3.5	23	25	3.6	12	7.0	42	39	1261	9.3	195	11
g224	112	15	0.4	2.4	17	19	2.9	8.2	4.6	32	33	1427	8.1	193	9.9
g225	92	12	0.3	2.0	16	17	2.7	4.8	2.7	27	31	836	7.1	211	8.0
g226	57	7.4	0.1	1.4	15	10	2.3	2.5	1.6	17	12	1676	3.6	96	4.9
g227	81	17	0.6	3.3	25	25	4.2	7.5	3.1	29	43	775	7.6	252	11

第2表 続き.
Table 2 Continued.

Location no.	W. D. m	Li mg/kg	Be mg/kg	Sc mg/kg	V mg/kg	Cr mg/kg	Co mg/kg	Ni mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Rb mg/kg	Sr mg/kg	Y mg/kg	Ba mg/kg	Pb mg/kg
g235	119	13	0.4	2.4	17	20	2.9	7.3	3.5	30	42	976	7.7	265	10
g236	107	15	0.4	2.9	18	21	3.3	8.3	5.0	33	38	1148	7.9	205	9.6
g237	95	19	0.6	3.9	25	26	4.1	9.8	4.8	40	42	1125	8.8	230	12
g238	86	19	0.7	4.1	26	25	4.4	8.0	3.4	35	66	673	8.6	349	15
g239	48	24	0.5	7.0	47	52	6.1	18	10	52	35	1496	13	156	15
g245	144	17	0.6	3.5	23	24	3.7	12	6.8	44	41	1129	9.8	204	11
g246	118	16	0.5	3.1	21	23	3.4	10	5.9	38	39	1260	9.6	205	11
g247	107	20	0.6	3.5	23	24	3.9	9.6	5.1	38	50	1004	9.4	254	12
g248	94	17	0.7	3.2	17	20	3.2	7.6	3.5	29	54	627	5.9	394	13
g249	84	17	0.7	3.9	23	22	3.8	9.2	4.4	30	49	815	7.0	310	13
g250	69	9	0.3	4.8	36	23	4.0	6.9	4.3	25	22	1688	7.2	157	9.5
g251	69	24	0.7	5.8	33	35	4.6	14	8.0	41	37	1227	11	202	12
g252	51	22	0.7	4.6	25	27	3.9	11	5.2	34	44	1347	9.8	259	12
g256	136	13	0.8	3.1	18	20	3.0	8.2	3.8	34	56	878	8.6	333	11
g257	152	13	0.6	3.3	18	19	2.9	9.0	4.8	36	42	1252	8.5	233	10
g258	119	12	0.5	2.5	14	15	2.3	7.3	3.7	27	35	1265	7.4	212	9.0
g259	110	19	0.8	2.7	16	20	2.7	7.5	3.7	31	49	897	7.7	308	10
g260	101	21	0.9	3.0	18	19	3.0	7.1	3.1	33	60	680	6.9	368	11.8
g261	91	20	0.8	3.1	17	20	3.1	7.6	2.7	27	54	653	6.2	378	12
g263	66	21	0.6	4.0	23	24	3.4	10	6.3	30	34	1432	8.1	204	10
g264	60	17	0.5	2.4	18	19	2.5	7.0	3.2	20	71	569	4.4	540	14
g265	49	26	0.8	5.2	30	41	4.7	12.3	5.5	37	59	771	8.9	389	16
g268	143	11	0.6	2.5	16	17	2.6	6.2	3.0	28	45	1018	7.7	300	10
g269	118	10	0.5	2.5	15	15	2.5	6.3	3.4	30	40	1300	7.1	242	8.8
g270	125	13	0.6	2.8	16	17	2.6	7.2	3.9	31	41	1208	8.1	240	8.6
g271	117	15	0.6	2.5	15	16	2.6	6.6	2.8	30	39	1115	7.2	258	8.9
g272	104	17	0.7	2.2	13	15	2.4	5.6	2.4	25	50	761	6.0	338	10
g273	96	18	0.7	2.5	15	17	2.7	6.1	2.5	24	55	589	5.9	386	11
g274	86	9.6	0.3	1.8	11	12	1.6	4.5	2.9	19	17	1902	5.2	103	7.6
g276	52	16	0.4	1.4	9.0	12	1.5	4.1	1.9	14	55	770	2.9	463	11
g277	53	22	0.7	3.1	18	17	2.7	6.8	2.8	24	59	588	5.1	484	13
g278	40	14	0.5	1.2	12	11	1.9	4.5	3.6	14	64	421	2.0	649	13
g281	116	6.8	0.4	1.1	6.5	7.2	1.5	3.4	1.9	17	31	1272	4.0	239	7.8
g282	121	9.0	0.6	1.6	9.1	10	1.7	3.9	2.6	21	53	741	4.8	435	12
g283	120	11	0.6	2.2	15	16	2.7	6.5	3.4	30	38	1306	8.2	216	8.9
g284	114	12	0.6	2.4	15	15	2.7	6.0	2.6	28	36	1117	7.0	235	9.4
g285	120	13	0.5	1.7	11	12	2.1	5.8	2.8	23	31	1346	8.2	227	8.1
g286	120	14	0.6	2.5	15	14	2.4	5.7	2.3	22	42	958	8.2	325	9.4
g287	103	12	0.5	1.5	11	12	1.8	5.0	1.7	15	52	667	5.2	440	10
g288	94	12	0.4	1.6	13	13	1.9	5.8	2.8	21	37	1271	5.2	284	9.6
g289	56	7.2	0.2	1.2	11	10	1.5	3.7	3.0	19	17	2203	5.9	113	7.6
g290	52	18	0.6	3.7	22	22	3.2	7.3	3.4	27	39	1462	7.5	240	11
g291	51	15	0.4	1.1	9.5	11	1.5	4.1	1.7	11	60	222	2.3	545	11
g292	48	13	0.4	1.0	10	11	1.2	3.2	2.0	12	65	362	2.3	586	12
g293	47	15	0.5	1.4	13	12	1.4	3.2	1.9	12	67	212	2.8	578	11
g294	50	30	0.9	4.7	27	28	4.4	11	6.2	39	73	709	8.2	406	18
g295	118	9.3	0.6	1.8	10	11	2.0	5.2	2.9	23	41	1190	4.9	288	9.7
g296	132	12	0.6	2.6	14	16	2.5	6.7	3.5	28	44	1137	8.3	305	11
g297	118	11	0.6	1.6	13	16	2.7	5.2	2.2	27	46	997	7.2	317	9.1
g298	106	8.6	0.4	1.7	15	13	2.7	6.3	2.6	24	25	1568	7.6	177	8.6
g299	125	11	0.5	1.3	10	12	2.2	4.3	1.8	17	50	1034	7.1	352	9.4
g300	106	9.5	0.4	1.9	15	17	2.7	6.1	1.9	15	45	920	6.8	364	9.6
g301	105	9.8	0.4	1.2	12	9.8	2.2	6.0	1.9	14	55	940	5.7	407	11
g302	90	10	0.4	1.1	11	6.7	1.5	4.2	2.0	9.0	43	596	3.3	413	7.9
g303	87	11	0.3	2.5	20	11	2.5	4.6	2.8	20	33	1354	6.0	246	7.6
g304	82	22	0.8	3.8	27	27	4.2	9.6	5.0	36	52	887	7.5	384	13
g305	80	18	0.8	3.2	19	22	3.6	8.9	4.1	30	55	905	6.6	330	13
g306	132	13	0.8	2.6	16	16	2.8	6.8	4.0	28	57	858	7.0	373	12
g307	126	7.7	0.6	1.6	8.7	13	1.6	2.9	2.5	18	64	672	7.1	474	13
g308	110	8.6	0.4	1.7	12	14	2.8	5.8	2.3	26	23	1427	9.1	148	7.5
g309	116	7.9	0.3	1.3	13	10	3.2	8.6	2.5	17	17	1750	6.9	106	8.5
g310	129	7.9	0.3	1.1	12	7.7	2.6	6.7	2.1	14	41	1071	5.4	344	9.9
g311	100	9.5	0.5	1.8	12	10	2.2	4.6	1.8	14	49	1009	6.1	349	9.1
g312	103	10	0.4	1.7	15	11	2.1	5.7	2.2	13	61	646	12	419	11
g313	102	13	0.6	2.6	18	16	2.7	6.3	2.5	23	50	918	6.1	350	11
g314	92	16	0.6	2.7	18	17	2.8	7.0	3.6	26	66	730	6.6	443	13

九州北西海域で採取された海底表層堆積物の化学組成（久保田ほか）

第2表 続き.

Table 2 Continued.

Location no.	W. D. m	Li mg/kg	Be mg/kg	Sc mg/kg	V mg/kg	Cr mg/kg	Co mg/kg	Ni mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Rb mg/kg	Sr mg/kg	Y mg/kg	Ba mg/kg	Pb mg/kg
g315	85	17	0.6	2.6	18	17	2.6	7.6	4.4	30	67	747	5.1	540	13
g316	131	14	0.6	2.6	16	19	3.2	7.8	3.7	38	49	1208	8.5	263	11
g317	71	7.3	0.2	1.5	13	12	1.9	5.1	2.4	18	12	2546	6.2	57	5.9
g318	102	8.1	0.3	1.6	15	9.6	3.4	8.4	3.2	22	12	1973	7.7	61	10
g319	113	9.0	0.4	1.6	16	12	3.6	10	3.4	22	38	1372	7.1	262	12
g320	121	7.5	0.4	1.0	9.3	8.1	1.8	4.3	1.5	13	46	1028	5.9	366	8.3
g321	117	8.4	0.3	1.6	14	11	2.8	7.0	3.3	20	29	1525	5.9	194	11
g322	106	11	0.5	1.6	14	13	2.5	5.8	2.1	20	55	988	6.0	384	12
g323	100	14	0.6	2.0	13	13	2.4	6.0	3.3	23	55	1097	5.2	431	11
g324	98	14	0.5	2.2	14	14	2.5	7.1	3.4	23	36	1284	6.1	230	9.1
g325	80	21	0.9	4.0	28	26	5.2	12	4.8	49	42	1496	8.9	169	9.7
g326	106	12	0.6	2.3	18	15	4.1	8.4	3.1	29	29	1434	8.3	163	10
g327	119	8.3	0.4	1.3	14	12	2.7	7.9	2.6	20	30	1531	7.6	203	11
g328	107	9.0	0.4	1.3	11	10	2.2	5.8	2.5	18	32	1468	6.3	245	8.7
g329	115	9.6	0.5	1.6	11	12	2.2	5.8	2.3	20	28	1514	6.3	211	8.0
g330	111	8.4	0.4	1.7	11	12	2.2	5.7	2.6	22	30	1468	6.6	217	9.3
g331	106	12	0.5	2.2	13	14	2.7	7.5	3.6	24	25	1544	6.9	151	8.7
g332	107	13	0.5	2.4	18	17	4.0	9.6	3.9	33	25	1663	7.5	122	10
g333	115	9.9	0.4	1.9	15	15	3.1	7.7	3.7	33	24	1725	8.0	132	10
g334	102	10	0.4	1.8	13	14	2.9	7.5	3.9	25	20	1731	7.1	93	8.5
g335	114	11	0.4	1.4	9.4	11	2.0	5.1	2.2	18	33	1412	6.3	266	8.8
g336	117	12	0.4	2.0	12	13	2.7	6.7	3.4	24	25	1544	6.0	152	8.5
g337	93	20	0.9	3.5	20	27	6.5	13	4.9	60	36	1555	7.4	89	10
g338	107	12	0.4	2.4	14	17	3.3	8.4	4.0	34	26	1528	6.9	108	8.4
g339	111	12	0.5	2.2	14	19	2.9	8.4	4.5	31	25	1609	7.5	109	8.3
g340	116	14	0.5	2.1	14	16	2.8	7.7	4.3	30	28	1557	6.8	138	7.8
g341	117	12	0.5	1.8	12	14	2.7	7.4	3.8	27	24	1790	6.4	117	8.1
g342	92	30	1.3	4.5	29	32	5.1	15	6.8	58	52	975	9.6	205	10
g343	101	19	0.9	3.3	22	23	4.0	12	5.9	40	37	1155	8.1	165	9.2
g344	105	19	0.7	3.6	22	23	4.2	13	6.9	42	37	1311	7.9	155	9.7
g345	113	17	0.7	2.8	18	20	3.5	10	5.0	37	33	1389	7.7	146	8.5
g346-2	113	14	0.6	2.9	18	19	3.3	9.8	5.5	34	28	1632	7.6	104	8.5
g347	93	28	1.3	5.4	33	35	6.3	17	7.5	60	61	1021	10	202	13
g348	103	24	1.1	4.8	29	34	5.7	16	8.6	58	52	1060	9.6	162	11
g349	109	22	0.9	3.9	25	27	4.6	13	7.5	46	44	1191	9.0	162	11
g350	112	20	0.9	3.6	22	24	3.9	12	6.7	41	40	1308	8.6	159	9.7
g351	88	29	1.3	5.7	36	36	6.1	20	9.2	54	65	1003	11	241	14
g352	106	27	1.2	4.4	28	30	5.4	16	7.2	49	49	1082	12	171	13
g353	110	21	0.9	4.2	27	27	4.7	13	6.9	44	47	944	8.9	182	11
g354	116	23	1.1	4.3	27	28	4.8	14	6.8	47	51	941	9.4	225	12
g355	66	10	0.3	2.3	19	14	2.9	7.6	3.9	22	18	2484	7.9	67	9.7
g356	79	21	0.9	3.8	25	25	4.9	12	5.5	50	50	1456	9.9	200	12
g357	104	27	1.3	5.5	38	39	6.2	17	7.4	64	65	1083	11	203	14
g358	117	21	1.0	4.6	30	32	5.5	14	7.2	53	52	1027	9.4	195	13
g359	118	25	1.3	5.1	32	33	5.4	15	7.5	50	68	656	10	312	14
g360	114	24	1.1	4.7	33	31	6.9	14	5.8	58	63	1125	10.0	219	15
g361	95	14	0.6	2.6	16	18	3.8	7.9	4.3	39	32	1941	8.9	129	10
g362	102	26	1.3	4.3	30	31	5.6	13	5.5	56	61	1021	10.0	242	12
g363	121	24	1.4	5.5	38	38	6.5	17	6.8	56	74	616	12	335	15
g364	125	22	1.1	4.3	28	31	5.1	14	6.7	50	58	706	9.1	277	12
g365	140	30	1.4	6.0	39	38	7.2	19	10	61	72	940	12	273	16
g366	114	23	1.1	4.4	28	29	5.4	14	6.5	55	58	1098	9.3	235	13
g367	127	24	1.2	5.0	33	34	5.9	16	7.6	52	65	725	11	269	15
g368	130	20	0.9	3.8	24	25	4.1	12	5.9	39	57	506	7.7	291	12
p29	97	22	0.7	4.9	29	29	4.6	14	7.4	45	34	1431	9.9	129	11

g265, g273, g276-g278, g287, g291-g294, g301, g312, g314, g315)が玄界灘海域に存在している。粒度分布をみると、泥質及び中粒砂は少なく、粗粒砂及び細粒砂が多い。五島灘周辺海域及び平戸島-玄界灘周辺海域における元素濃度分布は、GH85-1及びGC05-1航海で採取した海底堆積物の測定結果（今井ほか，2010；Ohta *et al.*,

2022)と調和的である(第4表)。

対馬海峡の海底堆積物（白丸）は、他の海域に比べてCaO及びSrの濃度が高い。特に対馬南東部（g298, g307, g308, g317-g319, g321, g326-g341, g343-g346）に高CaO濃度試料（30 wt%以上）が多く存在する。一方で、対馬北東部で採取された試料（g347-g368）は、以南の対馬

第3表 GB23航海で採取された海底表層堆積物の粒度別化学組成の中央値。

Table 3 Median elemental concentrations by particle size.

Elements		Coarse sand	Medium sand	Fine and very fine sand	Mud
		n=34	n=31	n=89	n=32
Na ₂ O	wt %	1.34	1.60	1.96	2.31
MgO	wt %	1.58	1.41	1.72	1.80
Al ₂ O ₃	wt %	3.55	3.78	4.80	6.39
P ₂ O ₅	wt %	0.087	0.087	0.094	0.109
K ₂ O	wt %	0.781	1.22	1.35	1.48
CaO	wt %	30.0	27.4	25.0	19.1
TiO ₂	wt %	0.086	0.074	0.163	0.277
MnO	wt %	0.026	0.025	0.022	0.030
T-Fe ₂ O ₃	wt %	1.06	1.16	1.81	3.02
Li	mg/kg	10.2	10.9	17.1	25.0
Be	mg/kg	0.399	0.448	0.640	1.11
Sc	mg/kg	1.79	1.70	3.14	5.57
V	mg/kg	14.9	13.5	20.0	34.8
Cr	mg/kg	12.0	13.2	21.9	35.3
Co	mg/kg	2.26	2.67	3.32	5.98
Ni	mg/kg	5.26	6.30	8.41	17.1
Cu	mg/kg	3.18	2.59	4.64	8.58
Zn	mg/kg	18.0	21.9	32.7	54.0
Rb	mg/kg	25.7	32.2	42.2	51.6
Sr	mg/kg	1412	1346	1115	825
Y	mg/kg	5.97	6.89	8.17	11.4
Ba	mg/kg	145	227	239	214
Pb	mg/kg	9.14	9.39	10.6	13.5

海峡試料に比べCaO濃度が低く、Al₂O₃、TiO₂、Fe₂O₃などの濃度が高い傾向にあり、ほとんどが泥質である。

3.2 GB23航海海域周辺の陸域堆積物の元素濃度との関係

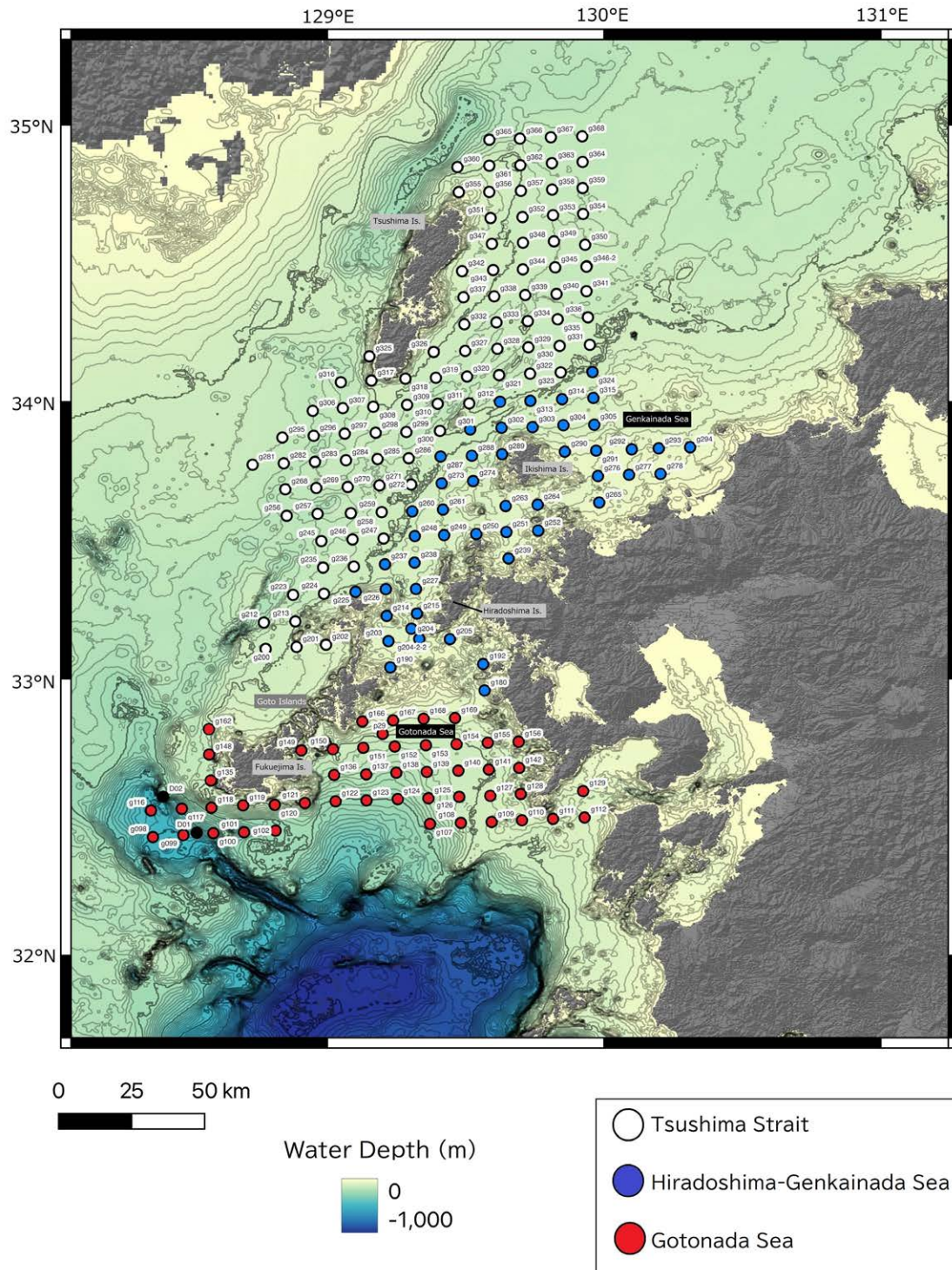
本調査海域周辺の陸域で採取した河川堆積物中の元素広域分布については、今井ほか(2004, 2010)やOhta (2018b)及びOhta *et al.* (2022)に報告がある。以下、河川堆積物の試料名は今井ほか(2010)、Ohta (2018b)に従う。九州北西部の沿岸域はK₂O濃度が高く、陸域と海域における分布の連続性が示唆されている(今井ほか, 2010)。本研究においても、特に玄界灘周辺海域で採取した試料(g265, g276-g278, g290-g294)はK₂O, Rb, Ba濃度が高く、近接する陸域に分布する非アルカリ性珪長質火山岩の影響が考えられる。

このように陸域と海域における元素分布の連続性が示唆されるデータがある一方で、連続性が見出せないケースが多々ある。長崎半島(4001)、西彼杵半島南部(7001, 7002, 7003, 7007)の河川堆積物にはCuが豊富に含まれ、特に長崎半島の試料はMgO, Al₂O₃, MnO, Cr, Ni, Zn

の濃度が非常に高い(今井ほか, 2010)。しかし、長崎半島及び西彼杵半島の近傍地で採取された海底堆積物において、これら元素濃度が高い傾向が見られるのは一部(g129, g156)にとどまる。また、五島灘海域の西方、五島列島近傍で採取した海底堆積物(g119, g120, g135, g149, g166)と、近接する陸域の河川堆積物(Fke08-11, Hs01-03, Nk01)との比較において、元素組成の共通性は認められなかった。五島灘海域は他海域に比べ試料中の元素濃度が高く(第4表)、陸域から海域への堆積物の流出が予想されたが、その可能性は低い。対馬の古第三紀-新第三紀堆積物由来の河川堆積物(Ts01-23)は、Li, Be, K₂O, Rbを豊富に含む(Ohta, 2018b)。しかし、対馬海峡周辺の海底堆積物には生物遺骸粒子に由来するCaOやSrが多く含まれ、他の元素は比較的低濃度を示した(第3表)。苦鉄質火山岩や火砕岩の露頭がある平戸島(Hr01-09)はAl₂O₃、TiO₂、T-Fe₂O₃、V、Znなどの濃度が高く、変成岩類が広く分布する西彼杵半島北部(7005, 7006)ではCrやNiに富むなど、地域ごとに河川堆積物中の元素組成には特徴がある。ただ、平戸島・西彼杵半島近傍の海底堆積物においても生物遺骸粒子の寄与が大きく

第4表 GB23 航海で採取された九州北西海域表層堆積物における元素濃度の海域別平均。
Table 4 Average elemental concentration and water depth by sea area.

Sea area	(n)	W. D.	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	T-Fe ₂ O ₃					
		m										wt%	wt%	wt%	wt%	wt%
Gotonada Sea	This Study	47	143	2.47	7.51	0.119	1.24	18.5	0.324	0.049	3.51					
	previous study * (GC05-1)	12	-	2.49	8.27	0.104	1.21	12.0	0.394	0.055	3.82					
Hiradoshima-Genkainada Sea	This Study	48	73	1.71	4.88	0.087	1.56	21.0	0.156	0.023	1.54					
	previous studies * (GH85-2, GC05-1)	28	-	1.52	4.15	0.082	1.26	18.2	0.133	0.021	1.38					
Tsushima Strait	91	112	1.77	1.58	4.20	0.091	1.27	28.0	0.136	0.025	1.79					
All the samples	186	110	1.93	1.70	5.21	0.097	1.34	23.77	0.189	0.031	2.16					
Sea area	(n)	Li	Be	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Ba	Pb	
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Gotonada Sea	This Study	47	26.5	0.88	7.19	45.9	36.3	6.92	17.4	7.55	56.0	41.9	901	11.3	209	12.7
	previous study * (GC05-1)	12	40.17	0.99	9.04	54.3	45.9	8.38	17.8	8.51	55.0	41.3	639	11.39	218	15.7
Hiradoshima-Genkainada Sea	This Study	48	15.4	0.50	2.80	19.3	19.2	2.92	6.91	3.54	24.1	42.6	1097	6.42	304	10.5
	previous studies * (GH85-2, GC05-1)	28	15.6	0.49	2.80	20.4	23.4	3.08	11.0	4.46	21.3	43.1	1041	5.91	259	11.1
Tsushima Strait	91	15.1	0.67	2.82	18.8	19.5	3.50	9.18	4.43	33.8	41.2	1250	7.99	225	10.3	
All the samples	186	18.1	0.68	3.92	25.8	23.7	4.21	10.7	4.99	36.9	41.8	1122	8.43	241	11.0	
※Gotonada Sea: g98-g102, g107-g112, g116-g120, g122-g129, g135-g142, g148-g156, g162, g166-g169, p29,																
Hiradoshima-Genkainada Sea: g180, g190, g192, g203-g205, g214, g215, g225-g227, g237-g239, g248-g252, g260, g261, g263-g265, g273, g274, g276-g278, g287-g294, g301-g305, g312-g315, g324,																
Tsushima Strait: g200-g202, g212, g213, g223, g224, g235, g236, g245-g247, g256-g259, g268-g272, g281-g286, g295-g300, g306-g311, g316-g323, g325-g368,																
Bold letters indicate the highest concentration of each element.																
* Imai <i>et al.</i> (2010), Ohta <i>et al.</i> (2022)																



第2図 九州北西海域 (GB23 航海) の表層堆積物試料の海域区分。地形の等水深線は 100 m 間隔。海底地形図は岸本 (2000) に基づく。黒丸で示したドレッジ試料 (D01, D02) の化学組成データは得られなかった。

Fig. 2 Area division of marine surface sediments in the northwestern offshore area of Kyushu, Japan (GB23 Cruise). Topographic isobaths are at 100 m intervals. Submarine topographic map is based on Kisimoto (2000). The samples indicated by black circles are dredged samples (D01, D02), and no chemical composition data was obtained.

CaO濃度が高いため、他元素が希薄化しており、元素濃度分布の陸海連続性は確認できない。壱岐島 (Iki01-07) は、平戸島と同じく苦鉄質火山岩由来の河川堆積物が多く、 TiO_2 、 $\text{T-Fe}_2\text{O}_3$ 等のほかCr, Ni, Znに富むとの報告がある。一方で、周辺の海底堆積物中のCaO濃度は比較的低いためCaO成分による希釈効果が弱く、沿岸海底堆積物に対する陸源物質の影響を見ることができると考えられた。しかし、島近傍で採取された海底堆積物 (g263, g264, g274, g276, g288-290, g302-304) において河川堆積物と同様の傾向は確認できない。また、対馬南部地域に散在するZn-Pb鉱床の影響を受けて、河川堆積物Ts04及びTs05はZn, Pbに富むとされるが、近傍海域で採取されたg317, g318, g325, g326でZn, Pbは高濃度を示さない(第2表)。

これらの結果から、河川堆積物が沿岸海底堆積物に与える影響の範囲は小さいと考えられる。また、周辺の陸域には大きな河川が少なく、河川から玄界灘、五島灘、対馬海峡の北部地域への土砂流入量はほとんどない (Ohta *et al.*, 2022) ことから、現在の陸域から海洋環境への堆積物の流出、すなわち元素の移行の割合は少ないと推測される。

3.3 九州北西海域 (GB23航海) における水深及び元素濃度間の関係

第5表に、水深データを含む測定値間の相関係数を示した。本調査海域の水深は大部分が200 m以浅であり変化に乏しいため、水深と各元素濃度の間には有意な相関関係は認められなかった ($-0.6 < r < 0.6$)。最も相関係数が高いのはCaO-Sr (0.96)である。これら2成分とMgOは生物遺骸粒子 (炭酸塩鉱物) の主成分であり、珊瑚類・貝類・石灰藻類の成長に伴って同様に濃集すると考えられるが、MgOと他2成分の濃度間の相関係数はCaO-MgO (0.22), MgO-Sr (0.25)と低かった。第3図 (a) (b) はCaO, MgO, Srの濃度の関係を海域別で示したものである。第3図 (b) よりCaO-MgO間の相関関係は見いだせない。特に五島灘周辺海域の試料 (赤丸) は、ばらつきが大きく、CaO低濃度かつMgO高濃度側に分布することが確かめられる。このようなCaO低濃度かつMgO高濃度試料は、トカラ列島中部海域 (GB21-2及び21-3航海) やトカラ列島北東及び南東海域 (GB22-1及び22-2航海) 等にも存在し、 K_2O , Rb, Baに乏しく Al_2O_3 , TiO_2 , $\text{T-Fe}_2\text{O}_3$, Sc, Cr, Co, Ni, Cuの濃度が高いという同一の特徴を有する (久保田ほか, 2023, 2024)。この結果に加え、MgOの濃集挙動がCaO, Srと大きく異なることと、 Al_2O_3 -MgO濃度間の関係 (第4図 (e)) においても五島灘周辺海域試料のみが緩やかな正の相関関係にあることを踏まえると、五島灘周辺海域の海底堆積物の起源には苦鉄質火山岩由来の碎屑粒子の寄与が大きいと考えられる。苦鉄質碎屑粒子の影響はMgO-T- Fe_2O_3 濃度間及びT- Fe_2O_3 - TiO_2 濃度間

の関係からも確認することができる (第3図 (c) 及び(d))。全試料の分析値から導出される相関係数はMgO-T- Fe_2O_3 (0.69), T- Fe_2O_3 - TiO_2 (0.88)と高い値を示すが、五島灘周辺海域試料に限るとその決定係数 R^2 はどちらも0.9を超える。つまり、五島灘周辺海域試料では図中の回帰直線への当てはまりがよく、より鮮明に苦鉄質碎屑粒子の寄与が大きいことが示された。

第3図 (e) は TiO_2 濃度と K_2O 濃度の関係を示し、過去の航海報告書 (太田ほか, 2017; 久保田ほか, 2023, 2024) と同様に、① TiO_2 , K_2O 共に低濃度、②高濃度 TiO_2 ・低濃度 K_2O 、③低濃度 TiO_2 ・高濃度 K_2O の3つのパターンに分けられた。①のCaO, Srに富む生物遺骸粒子を起源とするグループは各海域の試料が混在しているが、②のT- Fe_2O_3 やMgOなどに富む苦鉄質火山岩類由来の碎屑性粒子を起源とするグループ (赤丸の範囲) はほとんどが五島灘周辺海域試料である。また、起源を③ K_2O などに富む珪長質火山岩類由来の碎屑性粒子とする青丸の範囲には、玄界灘周辺海域試料 (g265, g276-g278, g290-g294, g305, g314, g315) が含まれ、平戸島周辺試料は①グループに分類された。

第4図に、 Al_2O_3 濃度とCaO, T- Fe_2O_3 , K_2O , Rb, MgO濃度の関係を海域別で示した。 Al_2O_3 濃度とCaO濃度間の相関係数 r は-0.74であり (第5表)、負の相関関係にあることから、 Al_2O_3 を主とする碎屑性粒子とCaOを主成分とする生物遺骸粒子の単純な混合関係を示していると考えられる。第4図 (a) より緩やかな負の相関関係が確認できるが、CaO低濃度域でばらつきが大きい。五島灘海域試料は他と傾向が異なり、低濃度CaO・高濃度 Al_2O_3 を示すものが多い。一方で、黒破線で示す回帰直線より Al_2O_3 濃度が低い方にずれる試料は玄界灘周辺海域試料が多い。太田ほか (2010) は Al_2O_3 -CaO濃度間の関係において両成分が低濃度にずれる試料について、陸源物質の寄与が大きい可能性を示唆している。これは、本研究において玄界灘沿岸域は陸域と海域における元素分布の連続性が確かめられたことと調和的である。 Al_2O_3 -T- Fe_2O_3 濃度間の相関係数は0.80と高いが (第5表)、関係図 (第4図 (b)) を見ると海域によって異なる。第3図 (e) で②苦鉄質火山岩由来の碎屑性粒子を起源とするグループに分類された五島灘試料は、第4図 (b) において Al_2O_3 ・T- Fe_2O_3 高濃度域に分布する。珪長質碎屑粒子若しくは生物遺骸粒子の影響が大きいと考えられる他2海域について低濃度域にプロットされる。回帰直線の傾きは0.41で、GB21-2及び21-3やGB22-1及び22-2航海などトカラ列島周辺の海底堆積物 (傾き0.42) と近似している (久保田ほか, 2023, 2024)。ただトカラ列島周辺海域に見られるようなFe高濃度 (10 ~ 25 wt%) を含む試料は、本調査海域では存在しない。第4図 (c) に示す Al_2O_3 - K_2O 濃度間の相関係数は0.55と高くない。これは、異なる岩石由来の碎屑性粒子が近傍に堆積する場合は Al_2O_3 - K_2O 濃度

第 5 表 GB23 航海で採取された九州北西海域表層堆積物の各測定値間の相関係数.

Table 5 Correlation coefficient matrix for studied sediments (n = 186).

	Depth	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	T-Fe ₂ O ₃	Li	Be	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Ba
Na ₂ O	0.18																						
MgO	-0.03	0.57																					
Al ₂ O ₃	0.07	0.85	0.37																				
P ₂ O ₅	0.08	0.08	0.78	0.07																			
K ₂ O	-0.07	0.27	-0.40	0.55	-0.50																		
CaO	-0.08	-0.42	0.21	-0.74	0.36	-0.77																	
TiO ₂	0.09	0.80	0.68	0.84	0.48	0.15	-0.44																
MnO	0.14	0.49	0.53	0.63	0.32	-0.01	-0.28	0.71															
T-Fe ₂ O ₃	0.15	0.74	0.69	0.80	0.38	0.14	-0.42	0.88	0.66														
Li	0.09	0.84	0.53	0.85	0.19	0.29	-0.52	0.80	0.50	0.87													
Be	0.23	0.73	0.40	0.76	0.13	0.40	-0.48	0.70	0.42	0.83	0.86												
Sc	0.14	0.81	0.69	0.86	0.38	0.11	-0.44	0.93	0.75	0.92	0.86	0.74											
V	0.13	0.73	0.67	0.82	0.41	0.07	-0.43	0.93	0.80	0.90	0.80	0.68	0.98										
Cr	0.14	0.79	0.66	0.74	0.43	0.11	-0.37	0.84	0.49	0.85	0.86	0.76	0.86	0.81									
Co	0.17	0.71	0.73	0.78	0.47	0.04	-0.37	0.92	0.79	0.94	0.79	0.74	0.94	0.95	0.83								
Ni	0.28	0.74	0.71	0.67	0.55	0.02	-0.26	0.83	0.58	0.84	0.79	0.75	0.83	0.80	0.92	0.87							
Cu	0.34	0.77	0.65	0.61	0.51	0.00	-0.18	0.77	0.42	0.76	0.80	0.73	0.78	0.74	0.88	0.75	0.91						
Zn	0.32	0.78	0.70	0.72	0.43	0.06	-0.29	0.84	0.58	0.93	0.87	0.86	0.89	0.85	0.87	0.89	0.89	0.88					
Rb	0.07	0.46	-0.20	0.65	-0.33	0.90	-0.73	0.33	0.06	0.37	0.52	0.68	0.32	0.26	0.38	0.27	0.30	0.32	0.37				
Sr	-0.21	-0.43	0.25	-0.72	0.39	-0.77	0.96	-0.42	-0.24	-0.44	-0.55	-0.57	-0.43	-0.40	-0.39	-0.37	-0.31	-0.26	-0.36	-0.78			
Y	0.29	0.72	0.74	0.60	0.65	-0.09	-0.14	0.82	0.63	0.76	0.67	0.67	0.80	0.79	0.79	0.83	0.86	0.81	0.85	0.20	-0.18		
Ba	-0.13	0.13	-0.49	0.44	-0.52	0.95	-0.73	0.05	0.00	-0.02	0.10	0.18	0.00	-0.01	-0.07	-0.06	-0.13	-0.17	-0.13	0.77	-0.69	-0.22	
Pb	0.06	0.72	0.35	0.84	0.11	0.57	-0.60	0.71	0.51	0.72	0.79	0.79	0.74	0.69	0.69	0.72	0.68	0.64	0.71	0.74	-0.61	0.60	0.44

Bold type indicates that the correlation coefficient is larger than 0.6 or smaller than -0.6.

間の相関係数は小さくなるとの寺島ほか(2009)の報告と調和的な結果であり、図より海域により異なる回帰直線にあることが確認できる。Al₂O₃-Rb濃度間の関係図(第4図(d))においても同様の傾向が示された。

4. まとめ

九州北西海域の五島列島、平戸島、壱岐島及び対馬周辺で採取した海底表層堆積物186試料について53元素の化学分析を行い、主成分元素及び微量元素23元素の化学組成の特徴や分布特性について検討した。本調査海域で採取した試料の主な構成成分はCaO, Al₂O₃, T-Fe₂O₃であり、生物遺骸破片(炭酸塩鉱物)を含む試料が多い。ただCaOの濃度範囲は2.63–50.2 wt%と幅広い。本調査海域を五島列島周辺(北部を除く)及び五島灘周辺海域、平戸島・壱岐島周辺及び玄界灘周辺海域、五島列島北部から対馬北部に至る対馬海峡の3つに区分すると、各海域の元素分布特性に明らかな違いが見られた。五島灘周辺海域の堆積物試料はK₂O, CaO, Rb, Sr, Baを除く18元素で高濃度を示した。海流の影響をあまり受けず、南部に位置する男女海盆へ堆積物が輸送されている可能性が考えられた。平戸島–玄界灘周辺海域の試料の多くは、水深70 m以浅で採取され、特に玄界灘周辺の試料は珪長質岩に多く含まれるK₂O, Rb, Baの元素濃度が他に比べて高い。対馬海峡の海底堆積物はCaO及びSrの濃度が高く、海流や海底環境の関係で生物生産が卓越すると推測された。陸域で採取した河川堆積物との関係を海域別に検証すると、多くの沿岸域において河川堆積物が海底堆積物に与える影響の範囲は小さいことが確かめられた。例外として、現在の陸域環境を反映していると示唆されたのは玄界灘周辺海域である。この海域の堆積物中のTiO₂濃度とK₂O濃度の関係から珪長質破屑粒子を起源とすることが示され、近傍陸域に分布する非アルカリ性珪長質火山岩の影響が考えられた。対馬海峡周辺海域の堆積物については生物遺骸粒子由来のCaO成分による希釈効果と対馬海流の強い流れの影響が大きいため、元素挙動から起源を検証することは難しく今後詳細な検討が必要である。一方、五島灘周辺海域試料は、主要元素の濃度間の相関関係において他の2海域とは明らかに異なる分布を示した。

謝辞：GB23航海において試料採取にご尽力いただいた乗船研究者及び学生の皆様、並びに調査の実施にご尽力いただいた望星丸乗組員の皆様に深く感謝いたします。また、査読者の山岡香子主任研究員には多くの有益な助言を頂きました。厚く御礼を申し上げ、謝意を表明します。

文 献

今井 登・寺島 滋・太田充恒・御子柴真澄・岡井貴司・

立花好子・富樫茂子・松久幸敬・金井 豊・上岡晃(2004)日本の地球化学図。産総研地質調査総合センター, 209p.

今井 登・寺島 滋・太田充恒・御子柴真澄・岡井貴司・立花好子・池原 研・片山 肇・野田 篤・富樫茂子・松久幸敬・金井 登・上岡 晃(2010)海と陸の地球化学図。産総研地質調査総合センター, 207p.

桂 忠彦(1992)対馬～五島列島周辺海域の海底地質。水路部研究報告, no. 28, 55–138.

岸本清行(2000)海陸を合わせた日本周辺のメッシュ地形データの作成:japan250m.grd。地質調査所研究資料集, no. 353.

久保田 蘭・太田充恒・今井 登・立花好子・板木拓也・片山 肇・杉崎彩子・岡井貴司(2019)奄美大島西方海域(GK17-2航海)で採取された海底表層堆積物の化学組成。井上卓彦編,「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成30年度研究概要報告書—宮古島・石垣島・西表島周辺海域—, 地質調査総合センター速報, no. 77, 153–161.

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(2022)トカラ列島周辺海域(GB21-1航海)で採取された海底表層堆積物の化学組成。地質調査研究報告, 73, 337–347.

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)で採取された海底表層堆積物の化学組成。地質調査研究報告, 74, 287–300.

久保田 蘭・立花好子・板木拓也・片山 肇・鈴木克明・間中光雄(2024)トカラ列島周辺海域(GB22-1および22-2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, 75, 265–278.

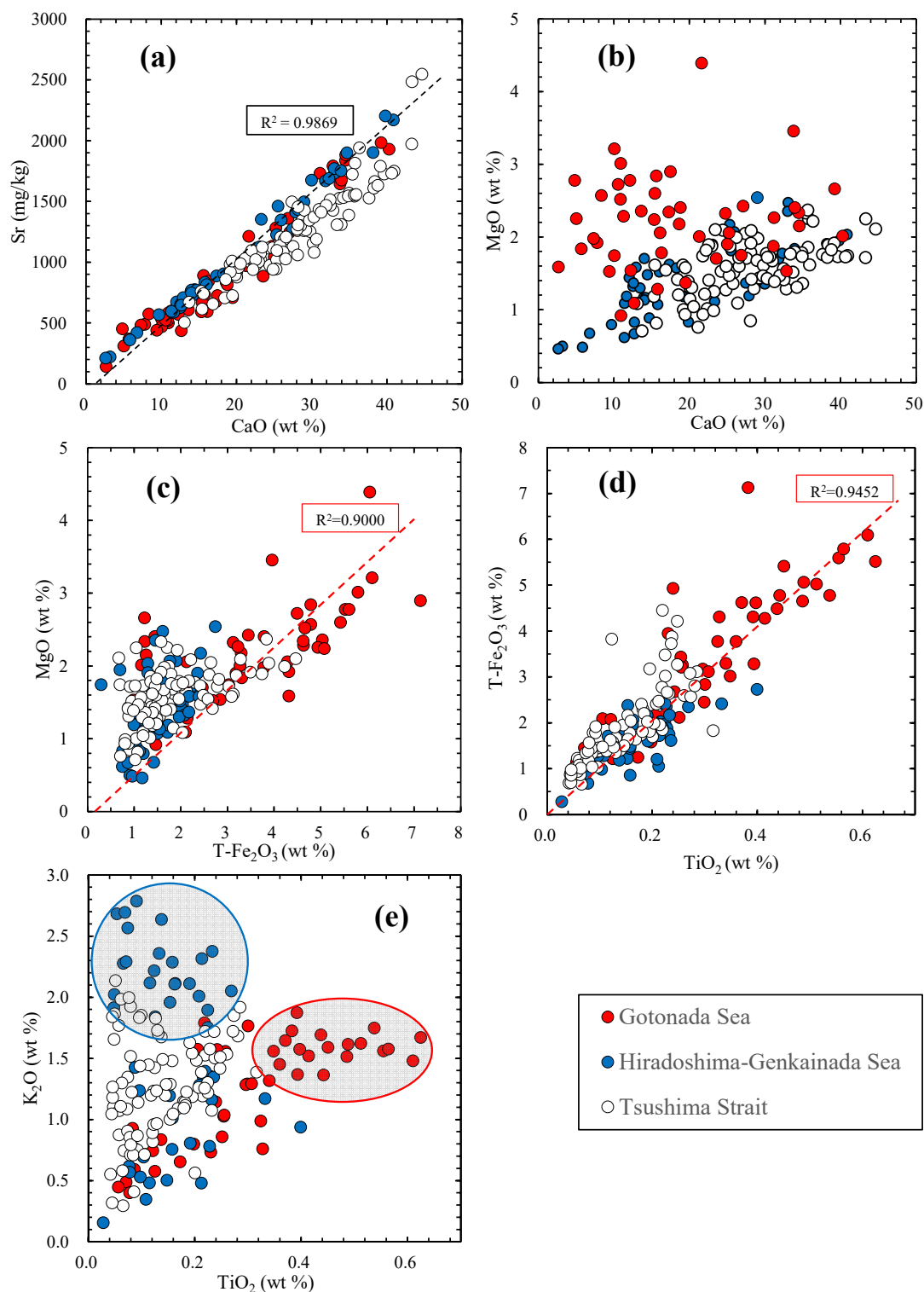
大嶋和雄・井上英二・小野寺公児・湯浅真人・黒田 敬(1982)対馬—五島周辺海域の堆積物。地質調査所月報, 33, 321–350.

Ohta, A. (2018a) Evaluation of straightforward and rapid multi-element analyses of stream sediments for geochemical mapping in the remote islands of Japan — Seto Inland Sea region—. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, 69, 1–30.

Ohta, A. (2018b) Geochemical mapping of remote islands around Kyushu, Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, 69, 233–263.

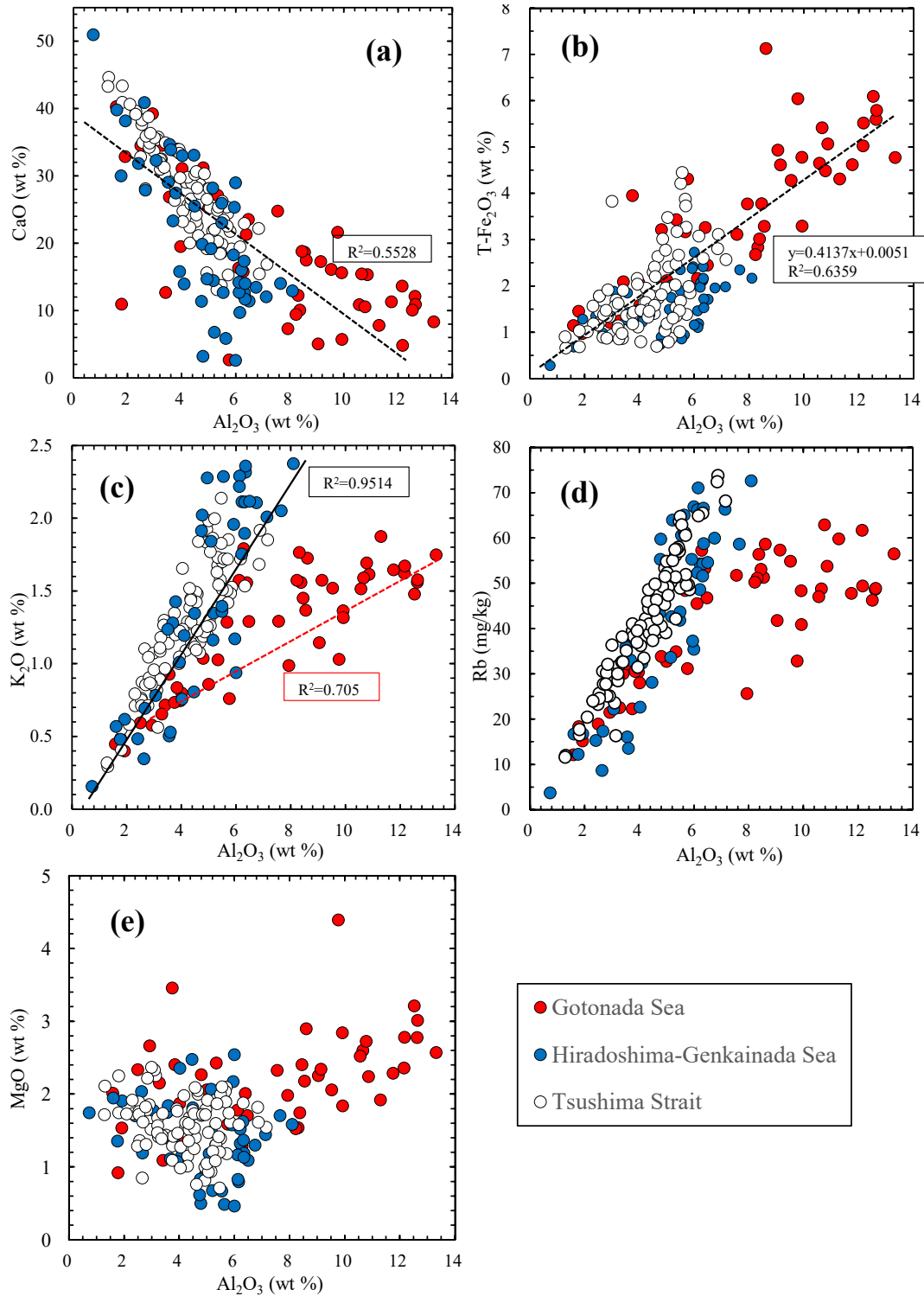
太田充恒・寺島 滋・今井 登・立花好子・板木拓也・荒井晃作・片山 肇・池原 研(2010)沖縄島西方海域の海底表層堆積物の化学組成。荒井晃作編,「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成21年度研究概要報告書—沖縄島北西方沖海域—, 地質調査総合センター速報, no. 51, 103–115.

太田充恒・今井 登・立花好子・板木拓也・荒井晃作・



第3図 GB23航海で採取された九州北西海域の表層堆積物中のCaO-Sr, CaO-MgO, T-Fe₂O₃-MgO, TiO₂-T-Fe₂O₃, TiO₂-K₂O濃度間の関係(海域別)。(a)図中の黒実線は全試料における相関関係を示す。(c)(d)赤破線は五島灘周辺海域で採取された試料における相関関係を示す。(e)赤丸は高濃度TiO₂・低濃度K₂O, 青丸は低濃度TiO₂・高濃度K₂Oを示すグループを示す。

Fig. 3 The relationship between elemental concentrations in marine sediments across different marine regions ((a) CaO-Sr, (b) CaO-MgO (c) T-Fe₂O₃-MgO, (d) TiO₂-T-Fe₂O₃, (e) TiO₂-K₂O). (a) The black broken line shows the correlation line for all samples. (c) (d) The red broken line shows the correlation line for Gotonada samples. (e) The red circle indicates the range of high Ti and low K concentrations, and the blue circle indicates the range of low Ti and high K, respectively.



第4図 GB23航海で採取された九州北西海域の表層堆積物中の Al_2O_3 - CaO 、 Al_2O_3 - $\text{T-Fe}_2\text{O}_3$ 、 Al_2O_3 - K_2O 、 Al_2O_3 - Rb 、 Al_2O_3 - MgO 濃度間の関係（海域別）。（a）図中の破線は全試料における相関関係を示す。（c）図中の赤破線は五島灘周辺海域試料、黒実線は平戸島-玄界灘及び対馬海峡周辺海域試料における相関関係をそれぞれ示す。

Fig. 4. The relationship between elemental concentrations for studied sediments ((a) Al_2O_3 - CaO , (b) Al_2O_3 - $\text{T-Fe}_2\text{O}_3$, (c) Al_2O_3 - K_2O , (d) Al_2O_3 - Rb , (e) Al_2O_3 - MgO). (a) The broken line shows the correlation line for all samples. (c) The red broken line shows the correlation line for Gotonada samples and the black solid lines show the correlation lines for all samples except Gotonada samples, respectively.

- 片山 肇・池原 研 (2011) 沖縄島周辺海域の海底表層堆積物の化学組成. 荒井晃作編, 「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成22年度研究概要報告書—沖縄島西方沖海域—, 地質調査総合センター速報, no. 55, 124–136.
- 太田充恒・今井 登・立花好子・天野敦子・板木拓也・荒井晃作・池原 研・岡井貴司 (2013) 沖永良部島周辺海域の海底表層堆積物の化学組成. 荒井晃作編, 「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成24年度研究概要報告書—沖永良部島周辺海域—, 地質調査総合センター速報, no. 61, 99–107.
- 太田充恒・今井 登・立花好子・天野敦子・板木拓也・片山 肇・岡井貴司 (2016) 沖永良部島—徳之島北西海域 (GK14 航海) で採取された海底表層堆積物の化学組成. 板木拓也編, 「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成27年度研究概要報告書—奄美大島周辺海域—, 地質調査総合センター速報, no. 70, 88–98.
- 太田充恒・今井 登・立花好子・板木拓也・片山 肇・天野敦子・岡井貴司 (2017) 奄美大島, 徳之島, 喜界島周辺海域 (GK15-2 航海) で採取された海底表層堆積物の化学組成. 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—奄美大島周辺海域—, 地質調査総合センター速報, no. 72, 64–81.
- 太田充恒・久保田 蘭・今井 登・立花好子・板木拓也・片山 肇・杉崎彩子・岡井貴司 (2019) 宮古島, 石垣島, 西表島周辺海域 (GK18-1 航海) で採取された海底表層堆積物の化学組成. 井上卓彦編, 「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成30年度研究概要報告書—宮古島・石垣島・西表島周辺海域—, 地質調査総合センター速報, no. 77, 94–107.
- Ohta, A., Imai, N., Tachibana, Y. and Ikehara, K. (2022) Application of spatial distribution patterns of multi-elements in geochemical maps for provenance and transfer process of marine sediments in Kyushu, western Japan. *Geological Society, London, Special Publications*, **505**, 241–270.
- 清家弘治・飯塚 睦・鈴木克明・板木拓也・片山 肇・兼子尚知・石野沙季・石塚 治・喜瀬浩輝・桑野太輔・山崎 誠 (2025) 東シナ海東北部及び日本海西部における海底堆積物採取調査の概要. 地質調査研究報告, **76**, 217–233.
- 寺島 滋・板木拓也・片山 肇・池原 研・今井 登・太田充恒 (2009) 沖縄南東海域の表層堆積物等の化学組成. 荒井晃作編, 「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成20年度研究概要報告書—沖縄島東方沖海域—, 地質調査総合センター速報, no. 46, 99–106.

(受 付 : 2024 年 10 月 9 日 ; 受 理 : 2025 年 7 月 28 日)

対馬海峡（壱岐・対馬南方）における底生有孔虫群集の産状

有元 純^{1,*}

ARIMOTO Jun (2025) Preliminary report on the occurrence of benthic foraminifera in the area south of Ikishima and Tsushima islands, Tsushima Strait. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 76 (4/5), p. 277–283, 3 figs. and 1 table.

Abstract: Benthic foraminifera in surface sediments of the Tsushima Strait, collected during the GB23 cruise, were subjected to a preliminary examination. Benthic foraminiferal assemblage compositions at multiple sites are consistent with those of shallow-water (sublittoral) bathymetric zones around southwestern Japan. Spatial variations in the assemblage composition, planktonic-to-total foraminiferal ratio, and preservation (e.g., filled by green marine clay) might reflect the ambient environment and sedimentary processes in the region of the strait.

Keywords: benthic foraminifera, northwestern Kyushu, Japan Sea, East China Sea, Tsushima Strait, recent, Holocene

要 旨

GB23航海において採取された対馬海峡の表層堆積物中に含まれる底生有孔虫群集について、予察的にその産状を検討した。属レベルでの群集組成は、西南日本周辺における浅海帯を特徴付ける種群と調和的である。群集組成や浮遊性種の存在比、そして緑色海成粘土の充填など保存状態の空間変化は、海峡部周辺における海洋環境や堆積作用を反映していると考えられる。

1. はじめに

底生有孔虫は汽水域から深海まで現在の海洋に広く分布する単細胞真核生物であり、水深・水温・塩分・底質・溶存酸素等の物理・化学的要素や、餌・共生生物等の生物的要素といった様々な環境要素に依存して、顕著な棲み分けを行うことが知られている(秋元・長谷川, 1989)。例えば日本周辺海域では、現生底生有孔虫遺骸群集の検討から、水塊構造に対応する複数の群集帯と水深の関係が検討されてきた(秋元・長谷川, 1989; Inoue, 1989)。一方で、表層堆積物における有孔虫遺骸群集の分布は、その場の生体群集組成に加え、底層流による堆積物再移動や、殻を構成する物質の特性に応じた選択的濃集・破壊プロセス等の影響もを受けていると考えられる(Murray, 1991; Hayward *et al.*, 1999)。

以上をふまえ、海洋環境や堆積作用の代替指標としての可能性を探る目的で群集組成の研究を実施するため、

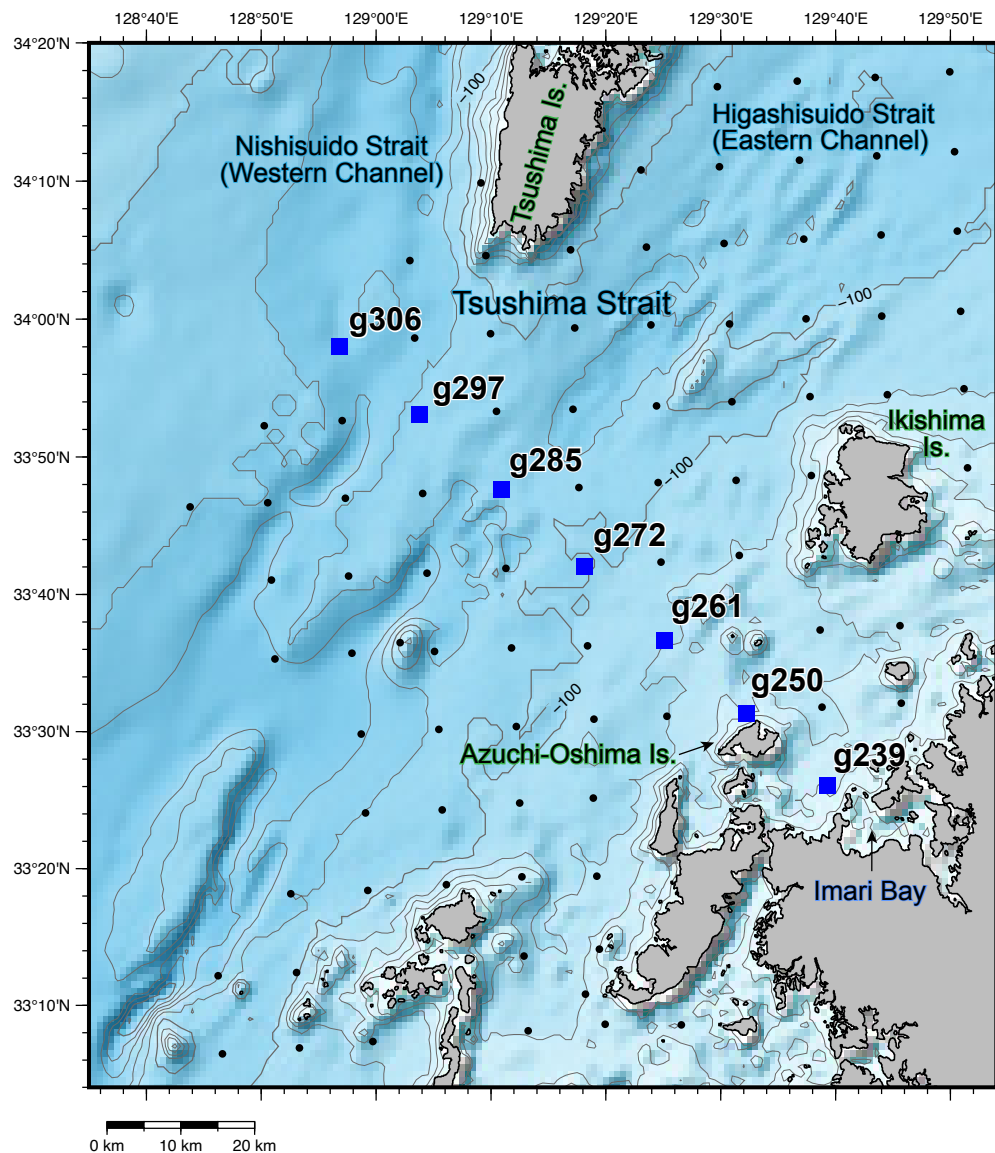
2023年度に九州北西海域において産業技術総合研究所により実施された海洋地質図航海(井上ほか, 2025)で得られた、表層採泥試料中の底生有孔虫遺骸の検討を行った。本稿では、堆積物中の存在量や、殻構造・材質の異なる(石灰質、膠着質など)種群の構成比、また浮遊性種の存在比などについて、対馬海峡における予察的な検討結果を報告する。

2. 試料と方法

2023年10月から11月にかけて東海大学望星丸を用いて実施されたGB23航海では、日本海南部から東シナ海北部に至る九州北西海域の20万分の1表層堆積図作成を目的として、木下式グラブ採泥器(Kグラブ)を用いて海底表層堆積物の採取が行われた(清家ほか, 2025)。底生有孔虫群集検討用試料は、全てのKグラブ採泥実施点のうち十分量の未固結堆積物が回収された188地点において分取された。本研究ではこのうち予察的検討地点として、壱岐及び対馬南方の対馬海峡において北西-南東方向に配列する7地点(g239, g250, g261, g279, g285, g297, g306)を選定し、試料処理と分析を行った(第1図; 第1表)。地点g239(水深48 m)は検討地点のうち最も南東の伊万里湾湾口部付近に位置し、泥質の堆積物が得られた。その他の6地点については生砕物を顕著に含む砂質堆積物が得られたが、特に的山大島の北部沿岸に位置する地点g250(水深69 m)の堆積物は比較的粗粒であった。地点g250から対馬南方に向かって、北西方向に水深

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: ARIMOTO, J., AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: j-arimoto@aist.go.jp



第1図 GB23航海における底生有孔虫群集検討用試料採取地点 (黒点) と、本研究で検討した地点 (青四角)。
地形データはGEBCO 2024グリッド (GEBCO Compilation Group, 2024) にもとづく。

Fig. 1 Sampling locality for benthic foraminiferal study during GB23 cruise (black dot: all, blue square: this study).
Bathymetric data are based on GEBCO 2024 grid (GEBCO Compilation Group, 2024).

が大きくなる傾向にあり，特に地点g285と地点g306（それぞれ水深120 m及び132 m）はそれぞれ対馬海峡東水道及び西水道の中軸部あるいはその南方延長に位置している。

堆積物表層0–2 cmの部分から採取された試料について，船上処理として有孔虫生体染色のため，40 %エタノール水溶液（取り扱いの容易な保存液としてウォッカを使用；Schönfeld and Mendes, 2021）にローズベンガルを1 g/Lとなるよう添加したものを試料と同体積程度加え，優しく攪拌した後に冷蔵保管した。室内処理については，大井ほか(2009)や長谷川(2023)を参考とし，以下のよう

に行った。10 mL前後の湿潤試料を，目開き63 μm の篩上で常温あるいは40 $^{\circ}\text{C}$ 以下の水道水を用いて洗浄した。その際に，篩を通過した泥サイズの粒子を含む洗浄水を回収し，よく攪拌した後にその100分の1量を取って乾燥させ，残留した泥サイズ粒子の重量 (W_{tm}) を計測した。篩上に残った砂・礫サイズの粒子は，有孔虫殻に付着した余分なローズベンガルを可能な限り除去し，生体部の染色を確認しやすくするため，繰り返し洗浄した。検討試料の推計乾燥重量 (W_{test}) は，砂・礫サイズ残渣の乾燥重量 (W_{ts}) と泥サイズ粒子の重量 (W_{tm}) をもとに，以下のように算出された(第1表)：

第1表 検討試料中の有孔虫産出状況の概要。各地点の位置情報、水深、検討試料の乾燥重量 (g)、底生有孔虫数 (#/g)、膠着質、磁器質石灰質、ガラス質石灰質殻の存在比 (%), 全有孔虫に占める浮遊性種の存在比 (%), 底生有孔虫に占める生体の存在比 (%), 及び海成緑色粘土に充填された底生有孔虫個体の、充填されていない個体に対する存在比を示す。緯度経度と水深の情報は清家ほか (2025) に従う。

Table 1 General outline of occurrence of foraminifera in examined samples; locality; water depth (m); dry bulk sediment weight (g); benthic foraminiferal number (BFN; #/g); relative abundance of agglutinated, porcelaneous and hyaline calcareous benthic foraminiferal tests (%); planktic over total foraminifera (P/T) ratio (%); living over total benthic foraminifera (L/B) ratio (%); relative abundance of GMC-filled benthic foraminifera specimens over non-filled ones. Sample locality and water depth are based on Seike *et al.* (2025).

Site	Latitude	Longitude	W.D. (m)	Dry bulk sediment (g)	BFN (#/g)	Agglutinated (%)	Porcelaneous (%)	Hyaline (%)	P/T ratio (%)	L/B ratio (%)	GMC-filled/ non-filled BF ratio
g239	33° 26.0639'	129° 39.2800'	48	7.0	3344	14.6	14.0	71.4	9.5	0.5	0.07
g250	33° 31.3395'	129° 32.2822'	69	14.0	257	22.9	5.7	71.4	1.8	5.4	0.07
g261	33° 36.6485'	129° 25.0743'	91	13.5	453	16.8	6.7	76.5	11.9	0.4	0.29
g272	33° 42.0554'	129° 18.1701'	104	10.4	861	20.7	7.2	72.1	27.0	1.0	0.52
g285	33° 47.6098'	129° 10.8942'	120	7.1	1007	18.4	8.5	73.1	45.6	0.4	0.26
g297	33° 53.1073'	129° 3.7768'	118	8.3	462	25.9	5.9	68.2	23.2	0.4	0.70
g306	33° 58.0533'	128° 56.8452'	132	8.0	1477	20.5	10.4	69.1	45.3	0.4	0.20

$$W_{\text{test}} = W_{\text{sg}} + (W_{\text{tm}} * 100)$$

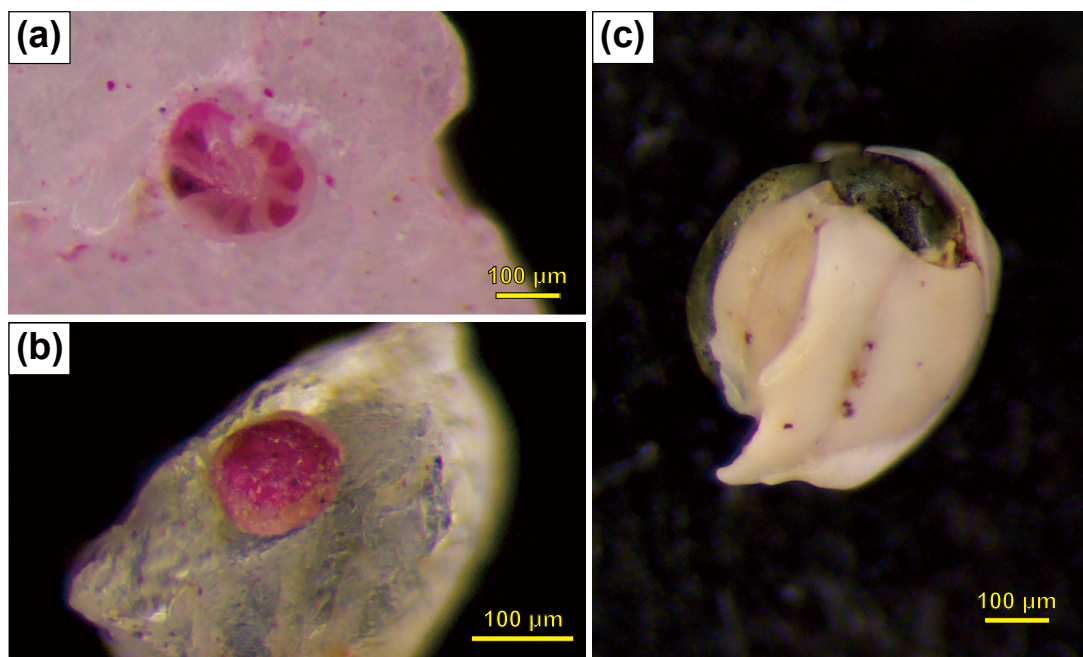
乾燥試料のうち粒径125–2000 μm の残渣について、分割器を用いて適宜分割し、破片化の著しくない個体を対象として200–400個体程度の底生有孔虫殻を拾い出した。このうち充填物のないものについて、個体数とそれが含まれていた画分（分割数）、及び試料の推計乾燥重量から、単位乾燥重量 (1 g) あたりの個体数（以下、底生有孔虫数；Benthic foraminifera number；BFN）を算出した。また底生有孔虫殻を拾い出す際に、浮遊性有孔虫殻も同時に計数し、全有孔虫殻に占める浮遊性種の割合（Planktic/total foraminifera ratio：P/T比）を算出した。全底生有孔虫殻に占めるローズベンガル染色個体の割合をL/B比（Living/total BF ratio）として算出した。ローズベンガル染色された個体（第2図a, b）は、採取された時点でタンパク質が完全に分解されていない遺骸を含む可能性がある（Bernhard, 1988）が、本研究では便宜的に「生体」と表現する。一方、拾い出した底生有孔虫殻には、緑色海成粘土（green marine clay；吉村, 2003；Rubio and López-Pérez, 2024）に内部が充填された個体（第2図c）が認められた。これらは充填物のない個体とは別個に計数し、充填物のない個体に対する存在比（GMC-filled/non-filled BF ratio）を算出した。

3. 結果

粒径125–2000 μm の底生有孔虫殻の産出状況について、代表的なパラメータの概要を第3図に示す。底生有孔虫数（BFN；第3図a）は、地点g239で $\sim 3.3 \times 10^3$ 個体/gと特に大きく、その他の地点では $\sim 2.6 \times 10^2$ 個体/g（地点g250）から $\sim 1.4 \times 10^3$ 個体/g（地点g306）までばらつきを示す。いずれの試料も、充填物のない個体の中に保存状態が比較的良いもの（破損がほぼなく、石灰質殻は透明～

半透明）と、良くないもの（部分的に破損し、石灰質殻は不透明）が様々な程度で混在している。破片化や摩耗、橙色の着色、黒色鉱物粒子の付着などが著しい個体は、拾い出しと計数からは除いたが、地点g261から北西の地点で比較的多く認められた。底生有孔虫群集に占める膠着質（Agglutinated）、磁器質石灰質（Porcelaneous）及びガラス質石灰質（Hyaline）の殻をもつ種群の存在率（第3図b）はそれぞれおおむね20 %前後、10 %程度かそれ以下、及び70 %前後であり、地点間の大きなばらつきは認められない。全有孔虫に占める浮遊性有孔虫の産出頻度（P/T比；第3図c）は、最も小さい地点g250で2 %, 最も大きい地点g285で46 %と大きくばらつく。P/T比はおおむね南東から北西の海峡部に向かって、水深の増加に伴って増加する傾向を示す。L/B比は、ほとんどの検討地点で群集の1 %を下回ったが、地点g250のみ例外的に5 %の値を示した（第1表）。生体個体の中には、生碎物や岩片に付着した状態のものが認められた（第2図a, b）。一方、海成緑色粘土に充填された個体の、充填されていない個体に対する存在比率（GMC-filled/non-filled BF ratio：第3図c）は、0.1 以下から0.7付近まで地点間で大きくばらつくものの、P/T比と同様に北西の海峡部付近で大きい値を取る傾向が見られ、特に大きい地点g272及びg297では0.5を超えた。

底生有孔虫群集組成については、科あるいは属レベル（一部は種レベル）までの概略のみ記述する。全ての検討地点に共通して、膠着質有孔虫は*Textularia*属あるいは*Spiroplectinella*属を主とし、*Gaudryina*属、*Sahulina*属などを伴う。磁器質石灰質有孔虫は、Hauerinidae科（*Quinqueloculina*属、*Miliolinella*属など）の個体が大部分であり、水深100 m以浅の地点では*Spiroloculina*属及び*Cornuspira*属をわずかに伴う。ガラス質石灰質有孔虫に



第2図 ローズベンガル染色された底生有孔虫個体 (a, b) 及び海成緑色粘土に充填された個体 (c) の例。スケールバーは100 µm。(a) Cibicididae科のガラス質石灰質個体。軟体動物殻に付着している。地点g250。(b) Trochamminidae科の膠着質個体。岩片に付着している。地点g250。(c) Hauerinidae科の磁器質石灰質個体。部分的に破片化し、房室内を充填して固結した海成緑色粘土が露出している。地点g297。

Fig. 2 Examples of benthic foraminifera specimens which are stained with rose bengal (a, b) and filled with green marine clay (GMC) (c). Scale bars are 100 µm. (a) Hyaline calcareous specimen of Cibicididae attached to a molluscan shell fragment. Site g250. (b) Agglutinated specimen of Trochamminidae attached to a lithic fragment. Site g250. (c) Porcelaneous calcareous specimen of Hauerinidae, being partially (naturally) fragmented to expose internal molds of GMC. Site g297.

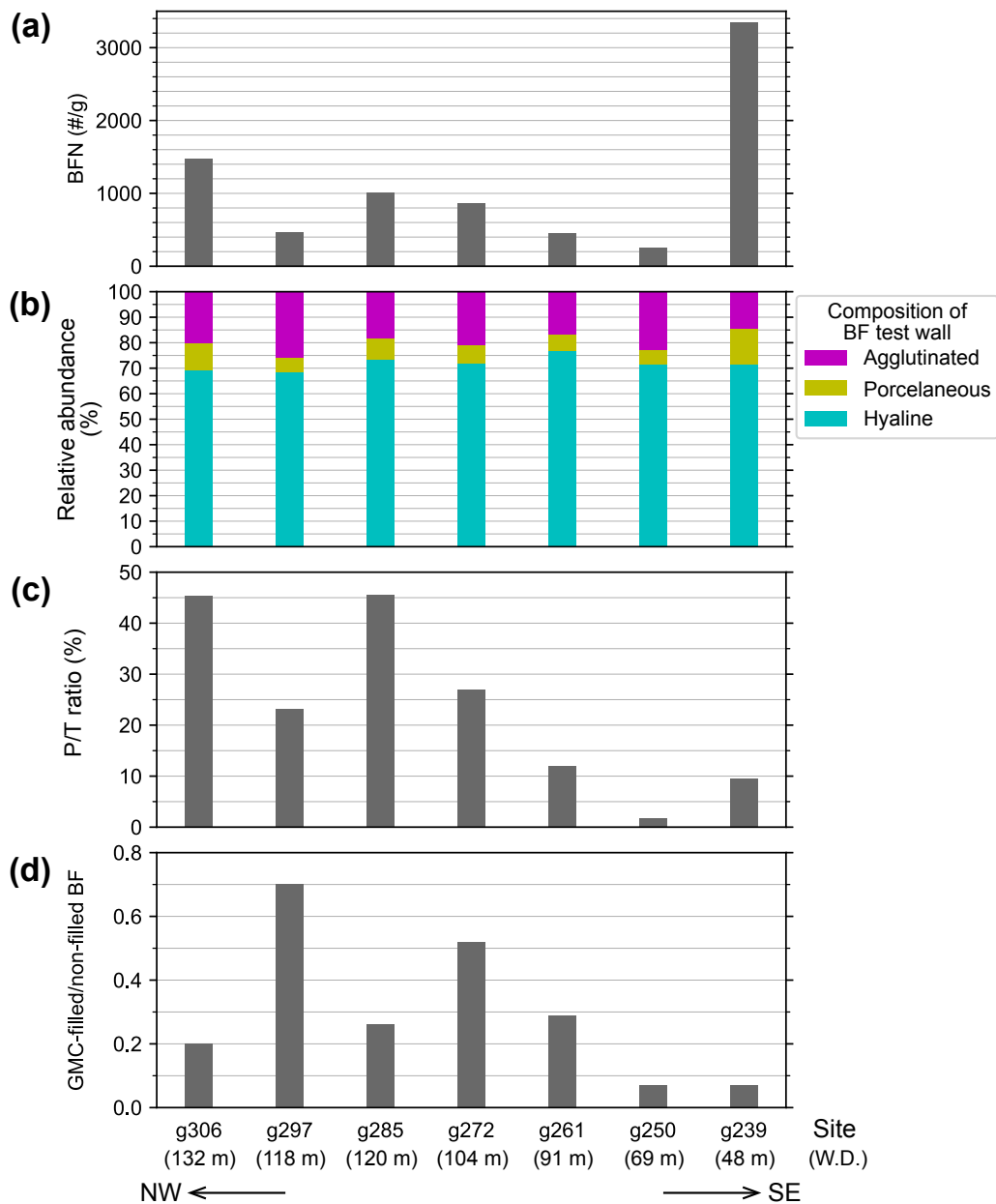
については、Cibicididae科(主に*Cibicides*属、*Cibicidoides*属及び*Heterolepa*属)が全地点に目立って含まれる。その他には、*Elphidium*属、Rosalinidae科(*Rosalina*属及び*Gavelinopsis*属)、*Bolivina*属、*Hanzawaia nipponica* Asanoなどが、頻度にばらつきはあるもののほとんどの地点で有意に認められる。Rosalinidae科は水深100 m以浅の地点g239及びg261で比較的多く産出する。*Bolivina*属は水深100 m前後の地点g261及びg272で多い。*Elphidium*属は地点g261から北西の沖合地点で比較的多い傾向にあり、水深100 m以深の地点g285及びg297で特に多産する。その他、*Astrononion*属は地点g239で、*Eponides*属及び*Amphistegina*属は地点g250でそれぞれ有意に産出するが、その他の地点では非常に少ないか産出しない。*Globocassidulina*属は地点g272及びg285で、*Pararotalia*属は地点g297で突出して多く産出する。その他、地点g250では付着性有孔虫である*Miniacina miniacea* (Pallas)の破片が認められたが、基質から分離した状態で1個体を識別するのが困難であるため、定量的な計数からは除いた。

緑色海成粘土に充填された底生有孔虫個体は、全地点

において、充填されていない群集に対して種数・個体数共に少ない。各地点の充填がない群集における主要タクサは、充填された群集においてもおおむね主要タクサとなっている。一方で、地点g261から沖合では、緑色海成粘土に充填された膠着質及び磁器質石灰質有孔虫の存在率は、充填されていないその場の群集と比較して前者は低く、後者は高い傾向を示した。また磁器質石灰質種群と*Elphidium*属は、地点g272及びg297において、緑色海成粘土に充填された個体がそうでない個体の産出数と同等かそれより多く産出した。*Pararotalia*属についても充填のない群集組成の傾向と異なり、地点g297以外にもg250、g261、g272、g285に広く目立って産出した。

粒径2000 µm以上の粒子については、定量的な計数を行っていないが、生碎物や岩片の礫に付着したCibicididae科、Trochamminidae科及び膠着質の*Placopsilina*属がわずかに認められた。殻長自体が2000 µmを超える底生有孔虫個体は、硬質の殻を作らないものや不明種を含む膠着質殻の破片がわずかに産出した他は認められなかった。

対馬海峡の底生有孔虫群集（有元）



第3図 検討試料中の有孔虫産出状況の概要. 図中各パネル内において、北西（左）から南東（右）に調査地点を並べ、括弧内に水深を併記している. (a) 乾燥堆積物単位重量あたりの底生有孔虫個体数 (Benthic foraminiferal number : BFN: #/g). (b) 底生有孔虫に占める膠着質 (Agglutinated), 磁器質石灰質 (Porcelaneous) 及びガラス質石灰質 (Hyaline) の殻をもつ個体の存在比 (%). 積み上げ棒グラフで示してある. (c) 全有孔虫個体に占める浮遊性種の割合 (P/T ratio : %). (d) 海成緑色粘土に充填された底生有孔虫個体の、充填されていない個体に対する存在比 (GMC-filled/non-filled BF ratio).

Fig. 3 General outline of occurrence of foraminifera in examined samples. Bar plots in each panel indicate analyzed data values for each site ordered from NW (left) to SE (right). Water depths (W.D.) together with each site name are given in parentheses. (a) Benthic foraminiferal number (BFN) per 1 g of dry bulk sediment. (b) Relative abundance of agglutinated, porcelainous and hyaline calcareous tests in benthic foraminiferal assemblages. (c) Relative abundance of planktic taxa in total foraminifera (P/T ratio). (d) Relative abundance of GMC-filled benthic foraminifera specimens over non-filled ones.

4. 考察

有孔虫について検討した地点のうち、地点g239で特に底生有孔虫数が高い値を示した(第3図a)のは、底質の種類などに代表される堆積環境を反映している可能性がある。地点g239は伊万里湾湾口部に近く、やや陸側に入り込んだ位置にある(第1図)。そのため、地点g239の水利環境や栄養環境は、海峡とその周縁部に位置し外海に面する他地点と大きく異なる可能性があるが、これらは底生有孔虫の生産量及び群集組成に影響し得る。検討地点における底生有孔虫群集について、膠着質、磁器質及びガラス質石灰質殻の構成比(第3図b)は一般的な陸棚の群集の特徴に整合的であり(Murray, 1991)、この指標からは検討地点間の差異を見出すことができなかった。一方、予察的に見出された群集組成は、Cibicididae科やElphidium属、Pararotalia属、*H. nipponica*など、秋元・長谷川(1989)の日本海あるいは西南日本沖における浅海帯を特徴付ける種群と調和的である。今後、検討地点を増やすとともに種レベルの同定を進めて群集組成の定量的解析を行い、南西諸島や日本海南部の先行研究(例えばInoue, 1989など)と比較して、九州北西海域における底生有孔虫群集と水塊構造や堆積環境との対応を明らかにすることで、(古)水深指標等の海洋環境代替指標開発へとつながると期待される。

P/T比は一般に陸棚上から炭酸塩補償深度以浅の漸深海帯にかけて水深と正の相関があり(Hayward *et al.*, 1999; Tapia *et al.*, 2022)、外洋水の影響の強さの指標となることが知られる。本研究での検討地点で得られたP/T比(第3図c)は、陸棚環境で一般的な値の範囲(0–50%; Hayward *et al.*, 1999, 2010)に整合的である。さらにP/T比が対馬海峡東西水道につながる谷筋にあたる地点(g285及びg306; 第1図)で特に高い値を示すことから、本研究海域におけるP/T比は、底生有孔虫群集組成とは独立に、両水道を通過する海流の影響の代替指標となる可能性がある。

緑色海成粘土は、逆風化プロセス(Mackenzie and Kump, 1995)により海洋環境で生成される、鉄・カリウムに富むある種の自生鉱物の総称である(Robert, 2008; Rubio and López-Pérez, 2024)。中でも続成の程度により化学組成の異なる2種であるverdine及びglauconite(海緑石)は、堆積物–水境界付近の酸化的環境で生成され、現世の陸棚上に様々な形状の堆積粒子として広く分布することが知られる(Rubio and López-Pérez, 2024)。緑色海成粘土粒子の濃集は、地質学的には海進期あるいは海退期における堆積速度の低下を示唆する(Rubio and López-Pérez, 2024)ほか、海底地形や流速など堆積場のローカルな環境にも影響を受けるとされる(Robert, 2008)。本研究では、特に対馬海峡付近において底生有孔虫殻が海成緑色粘土のリザーバーとなっていることが確認され

た。これらの有孔虫殻の保存状態は概して悪く(例えば第2図c)、緑色海成粘土の形成が少なくとも 10^3 年以上の時間スケールで起こるとされる(Robert, 2008; Giresse, 2022)こととも整合的である。海峡付近でGMC-filled/non-filled比が大きいことは、対馬海流の日本海への流入が活発化した10–8 ka (Oba *et al.*, 1991)以降に、底層流による細粒物質の選択的除去などにより一部の底生有孔虫殻が埋没を免れ、堆積物表層混合層に長期間滞留してきたことを反映しているのかもしれない。その際に、各地点の充填されていない群集に対して、充填された膠着質個体の割合は少なく、逆に磁器質個体は多いという観察結果は、殻組成別にみた際のそれぞれのタクサの堆積物中における保存ポテンシャルの違いを反映している可能性がある。さらに、海峡部地点間のGMC-filled/non-filled比のばらつきは、海底地形や海流の流速分布等を背景とした堆積場の違いによる可能性がある。これについては、群集組成やPararotalia属など特異な産出傾向を示す要素の分布に着目することにより、海成緑色粘土充填個体の堆積粒子としての起源や集積プロセスをより詳細に明らかにできる可能性がある。以上より、北西九州沖に分布する緑色海成粘土に充填された底生有孔虫殻は、完新世の時間スケールで堆積場を特徴付ける重要な要素と位置付けられ、群集解析や年代測定等から得られる情報と組み合わせることにより、広域堆積作用・物質循環の解明への手掛かりになると期待される。

5. まとめ

九州北西海域における海洋環境や堆積作用の代替指標としての可能性を探る目的で、壱岐・対馬南方の対馬海峡に位置する水深48–132 mの7地点において、GB23航海で採取された表層堆積物中の底生有孔虫遺骸群集を検討した。ローズベンガル染色により認定された生体の存在比は低く、最大の地点でも5%であった。群集内における膠着質、磁器質石灰質及びガラス質石灰質殻の存在比は地点間で大きな違いがなかった一方、属レベル以上の群集組成は特に石灰質種に関して地点間でバリエーションが認められた。予察的ではあるものの、属レベルでの群集組成は、西南日本周辺における浅海帯を特徴付ける種群と調和的であり、今後検討地点を増やして種レベルの群集解析を進めることにより、対馬海峡周辺海域における底生有孔虫群集組成と海洋環境との系統的な対応付けが可能になると見込まれる。また、P/T比や、緑色海成粘土に充填された個体の存在比などのパラメータも沿岸から外洋にかけてバリエーションを示し、これらは海峡部周辺において堆積場を特徴付ける代替指標としての可能性を示唆する。

謝辞：産業技術総合研究所の鈴木克明研究員をはじめとするGB23航海乗船研究者の皆様と、東海大学望星丸の

上河内信義船長をはじめとする乗組員の皆様には、試料採取に際しご尽力いただいた。清家弘治主任研究員及び飯塚 睦研究員には、試料及び採泥点情報の提供に関してご協力いただいた。東北大学総合学術博物館の長谷川四郎博士には、底生有孔虫の分類・同定に関してご指導をいただいた。また、本稿の査読を通じて有益なご指摘をいただいた。以上の方々に深く感謝申し上げます。

文 献

- 秋元和實・長谷川四郎 (1989) 日本近海における現生底生有孔虫の深度分布：古水深尺度の確立に向けて。地質学論集, no. 32, 229–240.
- Bernhard, J. M. (1988) Postmortem vital staining in benthic foraminifera: Duration and importance in population and distributional studies. *Journal of Foraminiferal Research*, **18**, 143–146.
- GEBCO Compilation Group (2024) GEBCO 2024 Grid. <https://www.gebco.net/data-products/gridded-bathymetry-data> (Accessed: 2024-08-27)
- Giresse, P. (2022) Quaternary glauconitization on Gulf of Guinea, glauconite factory: overview of and new data on tropical Atlantic continental shelves and deep slopes. *Minerals*, **12**, 908.
- 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.
- Hayward, B. W., Grenfell, H. R., Reid, C. M. and Hayward, K. A. (1999) Recent New Zealand shallow-water benthic foraminifera: Taxonomy, ecologic distribution, biogeography, and use in paleoenvironmental assessment. *Institute of Geological and Nuclear Sciences Monograph 21 (New Zealand Geological Survey Paleontological Bulletin 75)*, 258p.
- Hayward, B. W., Grenfell, H. R., Sabaa, A. T., Neil, H. L. and Buzas, M. A. (2010) Recent New Zealand deep-water benthic foraminifera: taxonomy, ecologic distribution, biogeography, and use in paleoenvironmental assessment. *GNS Science Monograph 26 (New Zealand Geological Survey Paleontological Bulletin 77)*, 363p.
- 井上卓彦・板木拓也・天野敦子 (2025) 巻頭言：九州北西方沖の海洋地質調査 —2023年度調査航海結果—。地質調査研究報告, **76**, 163–167.
- Inoue, Y. (1989) Northwest Pacific foraminifera as paleoenvironmental indicators. *Science Reports of the Institute of Geoscience, University of Tsukuba, Section B, Geological Sciences*, **10**, 57–162.
- Mackenzie, F. T. and Kump, L. R. (1995) Reverse weathering, clay mineral formation, and oceanic element cycles. *Science*, **270**, 586–587.
- Murray, J. W. (1991) *Ecology and Paleoecology of Benthic Foraminifera*. Longman Scientific and Technical, Avon, 397p.
- Oba, T., Kato, M., Kitazato, H., Koizumi, I., Omura, A., Sakai, T. and Takayama, T. (1991) Paleoenvironmental changes in the Japan Sea during the last 85,000 years. *Paleoceanography*, **6**(4), 499–518.
- 大井剛志・小柳満佐子・長谷川四郎 (2009) 沖縄本島周辺海域の底生有孔虫群集（予報）。荒井晃作編，「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成20年度研究概要報告書—沖縄島東方沖海域—，地質調査総合センター速報, no. 46, 138–144.
- Robert, C. M. (2008) *Global Sedimentology of the Ocean: An Interplay between Geodynamics and Paleoenvironment*. Elsevier, 496p.
- Rubio, B. and López-Pérez, A. E. (2024) Exploring the genesis of glaucony and verdine facies for paleoenvironmental interpretation: A review. *Sedimentary Geology*, **461**, 106579.
- Schönfeld, J. and Mendes, I. (2021) Environmental triggers of faunal changes revealed by benthic foraminiferal monitoring. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **253**, 107313.
- 清家弘治・飯塚 睦・鈴木克明・板木拓也・片山 肇・兼子尚知・石野沙季・石塚 治・喜瀬浩輝・桑野太輔・山崎 誠 (2025) 東シナ海東北部及び日本海西部における海底堆積物採取調査の概要。地質調査研究報告, **76**, 217–233.
- Tapia, R., Le, S., Ho, S. L., Bassetti, M.-A., Lin, I.-T., Lin, H.-L., Chang, Y.-P., Jiann, K.-T., Wang, P.-L., Lin, J.-K., Babonneau, N., Ratzov, G., Hsu, S.-K. and Su, C.-C. (2022) Planktic-benthic foraminifera ratio (%P) as a tool for the reconstruction of paleobathymetry and geohazard: A case study from Taiwan. *Marine Geology*, **453**, 106922.
- 吉村尚久 (2003) 続成作用と粘土鉱物。粘土科学, **42** (3), 167–173.

（ 受 付：2024年10月9日； 受 理：2025年9月2日 ）

九州北西海域から GB23 航海により採集された無藻性イシサンゴ類

徳田 悠希^{1,*}・千徳 明日香²・喜瀬 浩輝³・長澤 祥太郎²・笹田 真菜恵¹・
鈴木 克明³・板木 拓也³・片山 肇³・飯塚 睦³・鈴木 淳³

TOKUDA Yuki, SENTOKU Asuka, KISE Hiroki, NAGASAWA Shotaro, SASADA Manae, SUZUKI Yoshiaki, ITAKI Takuya, KATAYAMA Hajime, IIZUKA Mutsumi and SUZUKI Atsushi (2025) Diversity of azooxanthellate scleractinian corals collected from northwest of Kyushu during cruise GB23. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 76 (4/5), p. 285–289, 1 figure and 1 table.

Abstract: The East China Sea is rich in marine biodiversity, although the azooxanthellate scleractinian coral fauna has yet to be characterized in this region. To address this limitation, azooxanthellate scleractinian corals were collected northwest of Kyushu using a Kinoshita-type grab sampler during marine geological survey cruise GB23. A total of 687 azooxanthellate scleractinian specimens were collected, representing 23 genera and 19 species. *Peponocyathus folliculus* specimens were obtained from 79 of the 163 sampling sites. This infaunal species exhibits automobility and undergoes transverse division (asexual reproduction) during the anthocaulus and anthocyathus stages. This indicates that asexual reproduction and automobility play an important role in increasing the population size of azooxanthellate solitary corals in soft-substrate environments.

Keywords: Scleractinia, solitary coral, asexual reproduction, transverse division

要 旨

東シナ海における無藻性イシサンゴの多様性に関する包括的研究は、これまでほとんど行われていない。本研究では、GB23 航海において木下式グラブ採泥器で採集した標本に基づき、九州北西海域の無藻性イシサンゴの多様性を評価した。その結果、計687点のイシサンゴ標本が得られ、9科23属19種に同定された。本結果は、南西諸島から東シナ海北部に向けて無藻性イシサンゴの多様性が減少する傾向を示唆する。また、軟底質上では無性生殖を行う単体性イシサンゴが群集の主要構成要素であった。中でも*Peponocyathus folliculus*の採集地点数が最多で(全163地点中79地点)、同種の高い無性生殖能力と能動的移動能力が軟底質における個体群拡大に寄与している可能性が高い。

である。日本周辺海域においても浅海域から深海域にかけて多様な無藻性イシサンゴ類が生息している(例えば, Cairns, 1994; 板木ほか, 2009; 鈴木ほか, 2010, 2011, 2013, 2015, 2016; 徳田ほか, 2018, 2019, 2020; 鈴木ほか, 2022, 2023, 2024)。しかし、九州北西海域における無藻性イシサンゴ類の多様性に関する詳細な研究はこれまで行われていない。特に対馬海峡は日本海へ海水が流入する最も大きな海峡であり、最終氷期最寒冷期に閉鎖された日本海の生態系が現在へ向けて回復する際にも、この経路を通り東シナ海から日本海に生物が流入するため、現在の日本海の底生生物の多様性を考える上で非常に重要な地域である(例えば, Gallagher *et al.*, 2015)。本研究ではGB23航海で採集された九州北西海域における無藻性イシサンゴ類の多様性と分布についてその概要を報告する。

1. はじめに

刺胞動物門花虫亜門六放サンゴ綱イシサンゴ目は1698種からなり(Cairns, 2007; Hoeksema and Cairns, 2024), その中の約半数は褐虫藻と共生しない無藻性イシサンゴ

2. 試料の採集方法

全てのイシサンゴ類は、GB23航海において木下式グラブ採泥器により採泥を実施した全198地点中、堆積物試料が十分量あった163地点においてサンゴ分析用に

¹ 公立鳥取環境大学 環境学部 (Faculty of Environmental Studies, Tottori University of Environmental Studies, Tottori, 689-1111, Japan)

² 琉球大学 理学部 (Faculty of Science, University of the Ryukyus, Okinawa, 903-0213, Japan)

³ 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: TOKUDA, Y., Email: tokuda35@gmail.com

500 cc程度の堆積物を採取し常温保存した後、持ち帰った。その後、実験室において採取した堆積物を4 mm, 2 mm, 500 μ m, 74 μ mの各目合いの篩を用いて順次水洗し残渣中から全てのサンゴ類を採取した。採取されたイシサンゴ類については、その全てについて双眼実体顕微鏡を用いて種の同定を行った。

3. 結果と考察

検討した163地点（水深40–396 m）のうち119地点で687個体の無藻性イシサンゴ類が採集された（第1図）。本調査域における、イシサンゴ類（Cnidaria : Anthozoa : Hexacorallia : Scleractinia）の採集深度は40–299 mであった。採集されたイシサンゴ標本を検討した結果、9科23属19種が同定された（第1表）。無藻性イシサンゴの属の多様性については、対馬の南東部及び平戸島と宇久島の間の志々岐灘で高かった。特に、本調査域内において採集されたイシサンゴの属数が最も大きい地点はサイトg226（宇久島西方、水深57 m）であり7属が認められた。サイトg226は底質にレキを含み、自由生活性サンゴだけでなく、レキに*Balanophyllia* sp. 及び*Caryophyllia* sp.など固着性の単体サンゴが認められた。このことが当サイトでの多様性が高い一つの要因であると考えられる。また、サイトg300（七里ヶ曾根南西方、水深106 m）においては6属が認められサイトg226に次いで高い多様性を示したが、当サイトで採集されたサンゴは全て自由生活性かつ脱石灰を伴う無性生殖を行う無藻性単体サンゴであった。当サイトは対馬海峡東水道のほぼ中央部にある七里ヶ曾根南西方に位置し、この地域では対馬海流の速度が最も大きく北東方に向かって次第に弱まる（茂木, 1981）。また、七里ヶ曾根周辺には砂州やサンドウェーブが発達するが、サイトg300付近においてそれらは認められない（茂木, 1981）。以上のことから、当サイトは十分な海流が流れ込むが、堆積速度は小さいと考えられる。そのため、エサとなる有機物は流入するが堆積物への埋没の危険性が小さい、軟底質に生息する自由生活性イシサンゴに適した生息場が形成されている可能性が高い。

当地域で採集されたイシサンゴにおいて、その主体をなすのは*Fungiacyathus* (*Fungiacyathus*) *paliferus* (Alcock, 1902), *Peponocyathus orientalis* (Duncan, 1876), *Peponocyathus folliculus* (Pourtalès, 1868), *Idiotrochus kikutii* (Yabe and Eguchi, 1941) の4種であった（第1表）。これらのサンゴは全て脱石灰による無性生殖を行う単体サンゴであった。軟底質上に生息する単体サンゴにおいて無性生殖を行うものが群集の主体となることは、Sentoku and Tokuda (2021)においても報告されており、軟底質での適応に重要であると考えられる。特に*P. folliculus*はイシサンゴが採集された119地点のうち、79地点から採集された。骨格の脱石灰を行うことで骨格とそこに付随する軟体部を分割し無性生殖（分裂）を

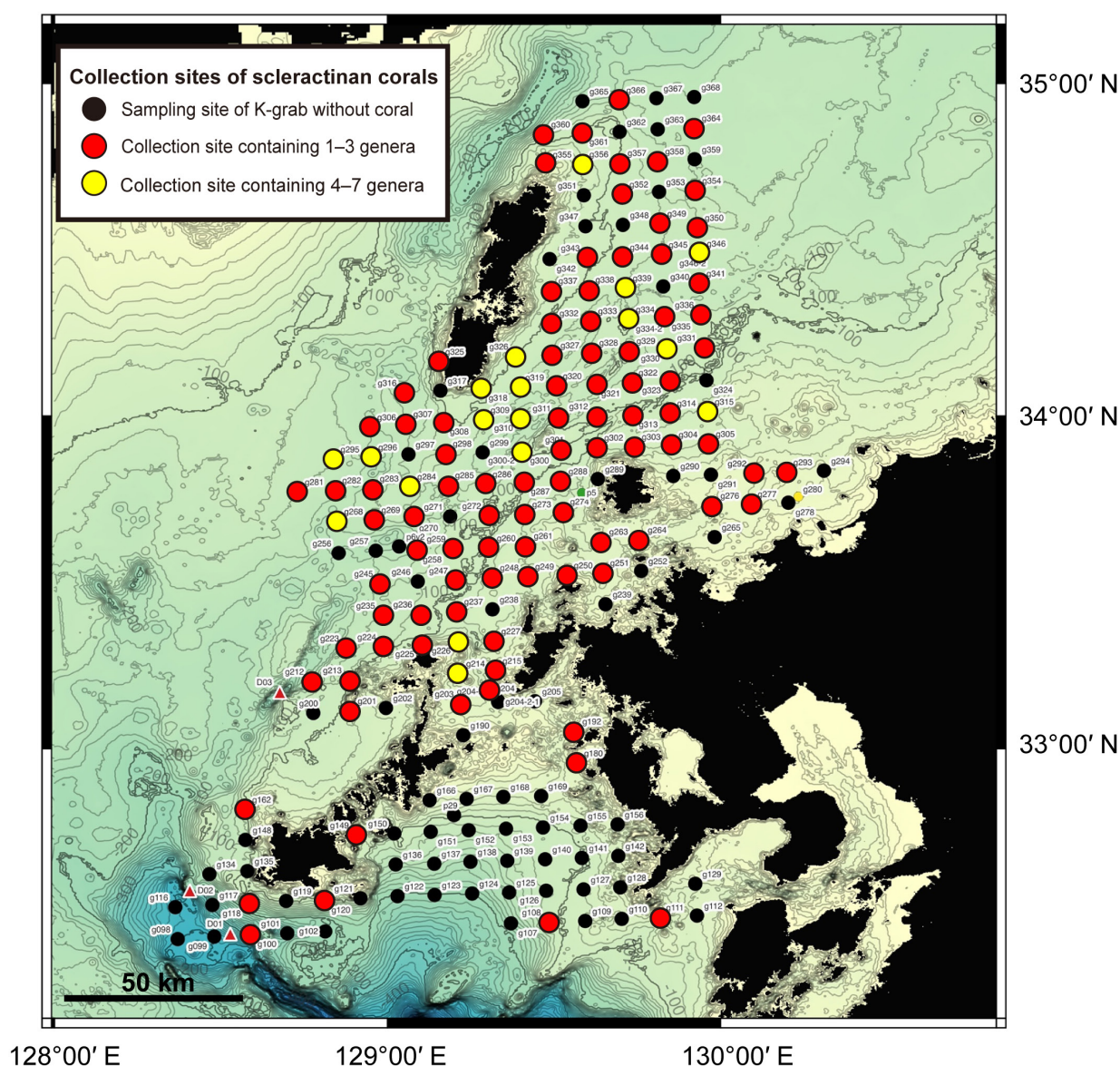
行うイシサンゴにおいて、有性生殖に由来する個体を*Anthocaulus*, *Anthocaulus*が分裂することで形成された無性生殖由来の個体を*Anthocyathus*という。*P. folliculus*は有性生殖由来の*Anthocaulus*個体が脱石灰による無性生殖である横分裂を行って*Anthocyathus*個体を形成し、さらに*Anthocyathus*個体が横分裂を繰り返すことが知られる（Cairns, 1989 ; Stolarski, 1992）。*Anthocaulus*個体だけでなく*Anthocyathus*個体が無性生殖することは個体数の増加に大きく寄与する（Cairns, 1989）。さらに、*Peponocyathus*属は砂泥中に内生生活することが知られ、堆積物に埋積されても自ら海底面に移動し脱出することが可能である（Sentoku *et al.*, 2016）。一方で、同様に能動的移動能力を有する*P. orientalis*は22地点のみから採集され*P. folliculus*に比較しその採集地点は少なかった。*Peponocyathus orientalis*は*P. folliculus*と同様に無性生殖を行う単体サンゴであるが、*P. folliculus*と異なり有性生殖に由来する*Anthocaulus*個体のみ横分裂による無性生殖を行う（Sentoku *et al.*, 2022）。以上のことから、*P. folliculus*が当海域において幅広く生息できる理由として、能動的移動能力を有することだけでなく、*Anthocyathus*個体における継続的な無性生殖能力により個体数を効率的に増加させることが重要であると考えられる。

これまで、南西諸島における無藻性イシサンゴの多様性については、宮古島・石垣島周辺海域（GK19航海）において16科41属（徳田ほか, 2020）、奄美大島周辺海域（GK17-2航海）において13科36属（徳田ほか, 2018）、トカラ列島周辺海域（GB21-2, GB21-3）において11科25属（鈴木ほか, 2023）が報告されている。本研究では9科23属が認められたが、これらのことは南西諸島の南方から北方さらには東シナ海にかけて、無藻性イシサンゴの多様性が減少していることを示唆する。東シナ海では南西諸島に比較し水深が浅いことが、イシサンゴの生息場の多様性の減少につながり、結果的に種多様性の減少に影響を与えていると考えられる。今後、黒潮及び対馬海流流域の無藻性イシサンゴの多様性の変化について、その原因を詳細に解明する必要がある。

謝辞：試料の採取にあたっては、望星丸の船長はじめとする乗組員の方々、GB23航海乗船研究者及び学生の皆様に多大な協力を頂いた。また、図の作成に関し、清家弘治博士（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）に協力を頂いた。記してここに深く感謝致します。

文 献

- Cairns, S. D. (1989) Asexual reproduction in solitary Scleractinia. *Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium, Australia*, **2**, 641–646.
- Cairns, S. D. (1994) Scleractinia of the temperate North



第1図 GB23 航海で無藻性イシサンゴ類が採集されたサイト。海底地形データは岸本 (2000) に基づく。

Fig. 1 Map of the survey area of GB23 cruise with localities where azooxanthellate scleractinian corals were collected. Bathymetry data are from Kisimoto (2000).

Pacific. *Smithsonian Contributions to Zoology*, no. 557, 1–150.

Cairns, S. D. (2007) Deep-water corals: an overview with special reference to diversity and distribution of deep-water scleractinian corals. *Bulletin of Marine Science*, **81**, 311–322.

Gallagher, S. J., Kitamura, A., Iryu, Y., Itaki, T., Koizumi, I. and Hoiles, P. W. (2015) The Pliocene to recent history of the Kuroshio and Tsushima Currents: a multi-proxy approach. *Progress in Earth and Planetary Science*, **2**, 17.

Hoeksema, B. W. and Cairns, S. D. (2024) *World List of Scleractinia* (online). <https://www.marinespecies.org/scleractinia> (Accessed: 2024-08-01)

板本拓也・荒井晃作・鈴木 淳・兼子尚知 (2009) 沖縄島東方海域から採取されたサンゴ類. 荒井晃作編, 「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成20年度研究概要報告書—沖縄島東方沖海域—, 地質調査総合センター速報, no. 46, 153–157.

岸本清行 (2000) 海陸を合わせた日本周辺のメッシュ地形データの作成: japan250m.grd. 地質調査所研究資料集, no. 353.

第 1 表 GB23 航海で採集された無藻性イシサンゴ類のリスト.

Table 1 Azooxanthellate scleractinian coral species list with sampling localities.

ORDER		
Family		
Species		Sampling locality (St.)
SCLERACTINIA		
Fungiacyathidae		
<i>Fungiacyathus</i> (<i>Fungiacyathus</i>) <i>paliferus</i> (Alcock, 1902)		g108, g111, g118, g120, g162, g212, g223, g224, g235, g236, g237, g247, g248, g249, g256, g260, g268, g272, g273, g274, g281, g282, g283, g284, g285, g286, g295, g296, g298, g300, g307, g309, g310, g313, g315, g318, g319, g321, g322, g325, g326, g327, g330, g331, g332, g333, g334, g336, g337, g338, g339, g356, g360, g366, g213, g312, g316, g329
<i>Fungiacyathus</i> sp.		
Micrabaciidae		
<i>Letpsammia formosissima</i> (Moseley, 1876)		g268, g269, g281, g284, g295, g301, g306, g308, g309, g319, g326, g334, g346
<i>Stephanophyllia neglecta</i> Boschma, 1923		g118
Rhizangiidae		
<i>Culicia stellata</i> Dana, 1846		g204, g214
<i>Oulangia</i> sp.		g214
Deltocyathidae		
<i>Deltocyathus</i> sp.		g303
Caryophylliidae		
<i>Caryophyllia</i> (<i>Caryophyllia</i>) sp.		g226, g318
<i>Heterocyathus</i> sp.		g223, g235, g236, g245
<i>Premocyathus dentiformis</i> (Alcock, 1902)		g272, g286, g295, g296, g300, g310, g319
<i>Premocyathus</i> sp.		g356
<i>Aulocyathus</i> sp.		g360
<i>Paracyathus</i> sp.		g215
Turbinoliidae		
<i>Peponocyathus orientalis</i> (Duncan, 1876)		g108, g111, g212, g223, g225, g248, g256, g261, g263, g268, g269, g273, g274, g277, g282, g295, g300, g304, g305, g309, g313, g314, g315, g322, g323, g326, g337, g339, g341, g344, g345, g346, g349, g350, g352, g354, g356, g357, g366
<i>Peponocyathus folliculus</i> (Pourtalès, 1868)		g100, g108, g118, g120, g192, g201, g214, g224, g225, g226, g227, g235, g245, g249, g250, g252, g259, g264, g268, g269, g270, g274, g276, g281, g282, g283, g284, g285, g286, g287, g288, g292, g293, g295, g296, g298, g300, g302, g303, g308, g309, g310, g312, g313, g315, g316, g318, g319, g320, g321, g322, g323, g325, g326, g327, g328, g329, g330, g331, g332, g333, g334, g335, g336, g337, g341, g343, g344, g345, g346, g352, g354, g355, g356, g357, g358, g360, g361, g366
<i>Idiotrochus kikutii</i> (Yabe & Eguchi, 1941)		g214, g226, g286, g300, g309, g310, g311, g312, g318, g319, g320, g321, g322, g326, g327, g330, g332, g333, g334
<i>Notocyathus conicus</i> (Alcock, 1902)		g248, g313, g329, g330
<i>Peponocyathus</i> sp.		g356
<i>Thrypticotrochus petterdi</i> (Dennant, 1906)		g247, g258, g323
Guyniidae		
<i>Truncatoguynia irregularis</i> Cairns, 1989		g318
<i>Guynia annulata</i> Duncan, 1872		g339
Flabellidae		
<i>Flabellum</i> sp.		g250, g274, g284, g356
<i>Flabellum</i> (<i>Flabellum</i>) sp.		g333
<i>Flabellum</i> (<i>Ulocyathus</i>) sp.		g120, g251, g272, g296, g309, g322, g327
<i>Truncatoflabellum spheniscus</i> (Dana, 1846)		g214, g226
<i>Truncatoflabellum phoenix</i> Cairns, 1995		g300
<i>Truncatoflabellum candeanum</i> (Milne Edwards & Haime, 1848)		g111, g224
<i>Truncatoflabellum gardineri</i> Cairns in Cairns & Keller, 1993		g339, g350
<i>Truncatoflabellum</i> sp.		g149, g180, g203, g204, g214, g215, g226, g246, g250, g300, g304, g310, g311, g315, g319, g364
Dendrophylliidae		
<i>Balanophyllia</i> sp.		g226, g355
<i>Endopachys grayi</i> Milne Edwards & Haime, 1848		g284, g300
<i>Eguchipsammia gaditana</i> (Duncan, 1873)		g226, g318
<i>Dendrophyllia</i> sp.		g268

- 茂木昭夫 (1981) 対馬海峡大陸棚の地形発達 —対馬陸橋に関連して—. 第四紀研究, **20**, 243–256.
- Sentoku, A. and Tokuda, Y. (2021) New records of azooxanthellate scleractinian corals (Cnidaria: Anthozoa) from Sagami Bay and Suruga Bay, Japan. *Zoological Science*, **39**, 52–61.
- Sentoku, A., Tokuda, Y. and Ezaki, Y. (2016) Burrowing hard corals occurring on the sea floor since 80 million years ago. *Scientific Reports*, **6**, 24355. doi: 10.1038/srep24355
- Sentoku, A., Shimizu, K., Naka, T. and Tokuda, Y. (2022) Dimorphic life cycle through transverse division in burrowing hard coral *Deltocyathoides orientalis*. *Scientific Reports*, **12**, 9359. doi: 10.1038/s41598-022-13347-2
- Stolarski, J. (1992) Transverse division in a Miocene scleractinian coral. *Acta Palaeontologica Polonica*, **36**, 413–426.
- 鈴木 淳・板木拓也・兼子尚知・片山 肇・荒井晃作 (2010) 沖縄島西方海域から GH09 航海により採取されたサンゴ類. 荒井晃作編, 「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成 21 年度研究概要報告書—沖縄西方沖海域—, 地質調査総合センター速報, no. 51, 159–162.
- 鈴木 淳・板木拓也・兼子尚知・片山 肇・荒井晃作 (2011) 沖縄本島南西方海域から GH10 航海により採取されたサンゴ類. 荒井晃作編, 「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成 22 年度研究概要報告書—沖縄西方沖海域—, 地質調査総合センター速報, no. 55, 181–184.
- 鈴木 淳・天野敦子・板木拓也・荒井晃作 (2013) 沖永良部島周辺海域から GK12 航海により採取されたサンゴ類. 荒井晃作編, 「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成 25 年度研究概要報告書—徳之島周辺海域—, 地質調査総合センター速報, no. 61, 128–132.
- 鈴木 淳・板木拓也・片山 肇・兼子尚知 (2015) 伊平屋島, 沖永良部及び徳之島周辺海域から GK14 航海により採取されたサンゴ類. 板木拓也編, 「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成 26 年度研究概要報告書—奄美大島, 徳之島, 沖永良部周辺海域—, 地質調査総合センター速報, no. 67, 101–104.
- 鈴木 淳・板木拓也・片山 肇・兼子尚知 (2016) 奄美大島及び徳之島周辺海域から GK15-2 航海により採取されたサンゴ類. 板木拓也編, 「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成 27 年度研究概要報告書—奄美大島周辺海域—, 地質調査総合センター速報, no. 70, 116–122.
- 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.
- 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.
- 鈴木克明・板木拓也・片山 肇・兼子尚知・針金由美子・齋藤直輝・岩谷北斗・松井浩紀・石塚 治・山崎 誠・有元 純・徳田悠希・千徳明日香・池内絵里・井口亮・鈴木 淳・清家弘治 (2024) トカラ列島西方海域及び屋久島南方海域の底質分布とその制御要因. 地質調査研究報告, **75**, 223–248.
- 徳田悠希・鈴木 淳・兼子尚知・板木拓也・杉崎彩子・片山 肇・山本浩万・西田尚央・味岡 拓 (2018) 奄美大島周辺海域から GK17-2 航海により採集されたサンゴ類. 板木拓也編, 「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成 29 年度研究概要報告書—石垣島・奄美大島周辺海域—, 地質調査総合センター速報, no. 75, 121–124.
- 徳田悠希・千徳明日香・同前万由子・板木拓也・片山 肇・味岡 拓・杉崎彩子・鈴木 淳 (2019) 宮古島・石垣島周辺海域から GK18-1 航海により採集されたサンゴ類. 井上卓彦編, 「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」平成 30 年度研究概要報告書—宮古島・石垣島・西表島周辺海域—, 地質調査総合センター速報, no. 77, 129–131.
- 徳田悠希・同前万由子・千徳明日香・板木拓也・兼子尚知・片山 肇・山本浩万・杉崎彩子・鈴木 淳 (2020) 宮古島・石垣島・与那国島周辺海域から GK19 航海により採集されたイシサンゴ類. 井上卓彦編, 「沖縄周辺海域の海洋地質学的研究」令和元年度研究概要報告書—石垣島・西表島・与那国島周辺海域—, 地質調査総合センター速報, no. 80, 123–125.

(受 付 : 2024 年 10 月 9 日 ; 受 理 : 2025 年 4 月 25 日)

九州北西海域から採集された花虫亜門（刺胞動物）について

喜瀬 浩輝^{1,*}・櫛田 優花^{1,2}・長澤 祥太郎³・笹田 真菜恵⁴・鈴木 克明¹

KISE Hiroki, KUSHIDA Yuka, NAGASAWA Syotaro, SASADA Manae and SUZUKI Yoshiaki (2025) Specimens of the subphylum Anthozoa collected off the coast of northwest Kyushu, Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 76 (4/5), p. 291–298, 6 figs. and 1 table.

Abstract: There have been few taxonomic studies of Anthozoa in the Tsushima Strait and the East China Sea. Accordingly, we undertook a taxonomic survey to gather information on the diversity of Anthozoa collected during the GB23 cruise in 2023. As a result, five genera across four orders and five families were identified from five sites off the coast of northwest Kyushu, with a putative species recorded for the first time in this region. It is expected that further surveys will lead to the discovery of other first recorded species and undescribed species.

Keywords: Anthozoa, phylogeny, diversity, Hexacorallia, Octocorallia

要 旨

対馬海峡や東シナ海における花虫類の分類学的研究例は限られる。そこで本研究では、2023年のGB23航海で採集された花虫類について、種多様性情報を収集することを目的に分類学的研究を行った。その結果、九州北西海域の5地点から4目5科5属（ホソヤナギウミエラ属、ヤナギウミエラ属、ウミイチゴ属、ホソトゲヤギ属、ツノサンゴ属、イソギンチャク目）の花虫類が同定され、ホソヤナギウミエラ属の1種は九州北西海域から初記録となった。引き続き調査を進めていくことで、本海域においてさらなる初記録種、未記載種の発見につながることを期待される。

1. はじめに

花虫亜門（Anthozoa）は、刺胞動物門に含まれる海洋底生動物の総称であり、八放サンゴ綱（Octocorallia）と六放サンゴ綱（Hexacorallia）に大別される。日本周辺海域における花虫類の種多様性に関する研究は比較的多く実施されてきた。しかし、対馬海峡や東シナ海での研究例は太平洋側に比べて少なく、八放サンゴ類では、Nutting (1912) や Tixier-Durivault and Prevorsek (1959), van Ofwegen (2005), Matsumoto and van Ofwegen (2015) らによる分類学的研究に限られる。六放サンゴ類においても、

研究が盛んに行われているイシサンゴ目（Scleractinia）を除き、対馬海峡や東シナ海における分類学的知見は乏しい（例えば、Reimer and Fujii, 2017）。本研究は、産業技術総合研究所が海域地質図プロジェクトの一環として2023年度より九州北西海域で実施している海底地質調査で採集された花虫類（イシサンゴ類を除く）を対象にその種多様性情報を収集することを目的とした。

2. 材料と方法

2.1 標本採集及び形態同定

花虫類の採集は、東海大学所有の望星丸によるGB23航海において実施した。本航海では木下式グラブ採泥器（K-グラブ）を用いて189地点での海底表層堆積物採取を実施した（清家ほか, 2025）。このとき混獲された花虫類をピンセットで取り出し、船上で99.5 %エタノールにより固定・常温保存した。採集された標本の一部は、実体顕微鏡を用いて分類形質を観察し、分類群の同定を試みた。

2.2 DNA抽出・PCR (Polymerase Chain Reaction)

採集された標本の組織の一部を切り出し、遺伝子解析に用いた。組織片からのDNA抽出は、DNeasy Blood & Tissue Kit (Qiagen, Hilden, Germany)を用いた。抽出の操作は、キットの手順書に従った。六放サンゴ類について

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 立正大学 地球環境科学部 (Faculty of Geo-Environmental Science, Rissho University, Saitama, 360-0194, Japan)

³ 琉球大学大学院 理工学研究科 (Graduate School of Engineering and Science, University of the Ryukyus, Okinawa, 903-0213, Japan)

⁴ 公立鳥取環境大学大学院 環境経営研究科 (Graduate School of Environmental Science and Business Administration, Public University Corporation Tottori University of Environmental Studies, Tottori, 689-1111, Japan)

* Corresponding author: KISE, H., AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: h.kise@aist.go.jp

第1表 GB23 航海で採集された花虫類リスト．緯度，経度，水深は清家ほか (2025) に基づく．

Table 1 List of anthozoan specimens collected from the GB23 cruise.

Species	Specimen number	Site	Latitude (N)	Longitude (E)	Depth (m)	Date
<i>Scytalium</i> sp.	G265_OCTO	g265	33.63633	129.98233	49	29-Oct-23
<i>Virgularia</i> sp.	G260_OCTO	g260	33.60432	129.30667	101	1-Nov-23
<i>Eleutherobia</i> sp.	G355_OCTO	g355	34.75751	129.47496	66	3-Nov-23
<i>Acanthogorgia</i> sp.	G190_OCTO	g190	33.04082	129.22764	67	2-Nov-23
<i>Antipathes</i> sp.	G355_HEXA	g355	34.75751	129.47496	66	3-Nov-23
<i>Actiniaria</i> sp. 1	G260_HEXA	g260	33.60432	129.30667	101	1-Nov-23
<i>Actiniaria</i> sp. 2	G360_HEXA	g360	34.84809	129.46995	66	3-Nov-23

はミトコンドリアのタンパク質コード遺伝子であるシトクロームcオキシダーゼサブユニットI (COI) 領域を，八放サンゴ類についてはミトコンドリアのMutS DNA mismatch修復タンパク質 (MutS) 領域をそれぞれPCR法により増幅した．使用したプライマーは，LCO1490及びHCO2198 (COI領域：Folmer *et al.*, 1994)，ND42599F及びMut3458R (MutS領域：France and Hoover, 2002；Sánchez *et al.*, 2003) であった．温度条件はSánchez *et al.* (2003) に従った．PCR産物は，ExoSAP-IT (Affymetrix, Santa Clara, CA, USA) を用いて精製後，シーケンサー ABI 3130xl (Thermo Fisher Scientific, MA, USA) で塩基配列を決定した．

2.3 分子系統解析

取得した塩基配列は，Geneious Prime 2024.0.5 (<https://www.geneious.com>) を用いてアセンブルし，FASTAファイルとして配列情報をまとめた．配列情報は，国際塩基配列データベース (GenBank) に対してBLAST (Basic Local Alignment Search Tool) 検索を行い，塩基配列の相同性の高い近縁種の推定を行った．BLAST検索により近縁と考えられた配列をデータベースから取得し，最尤法を用いて分子系統樹を作成し，分子系統学的位置を調べ，帰属分類群の推定を行った．最尤法は，RAxML (Stamatakis, 2014) を用い，各配列に対してGTRGAMMAオプションを当てはめ，1000回のブートストラップサンプリングで系統樹推定を行った．

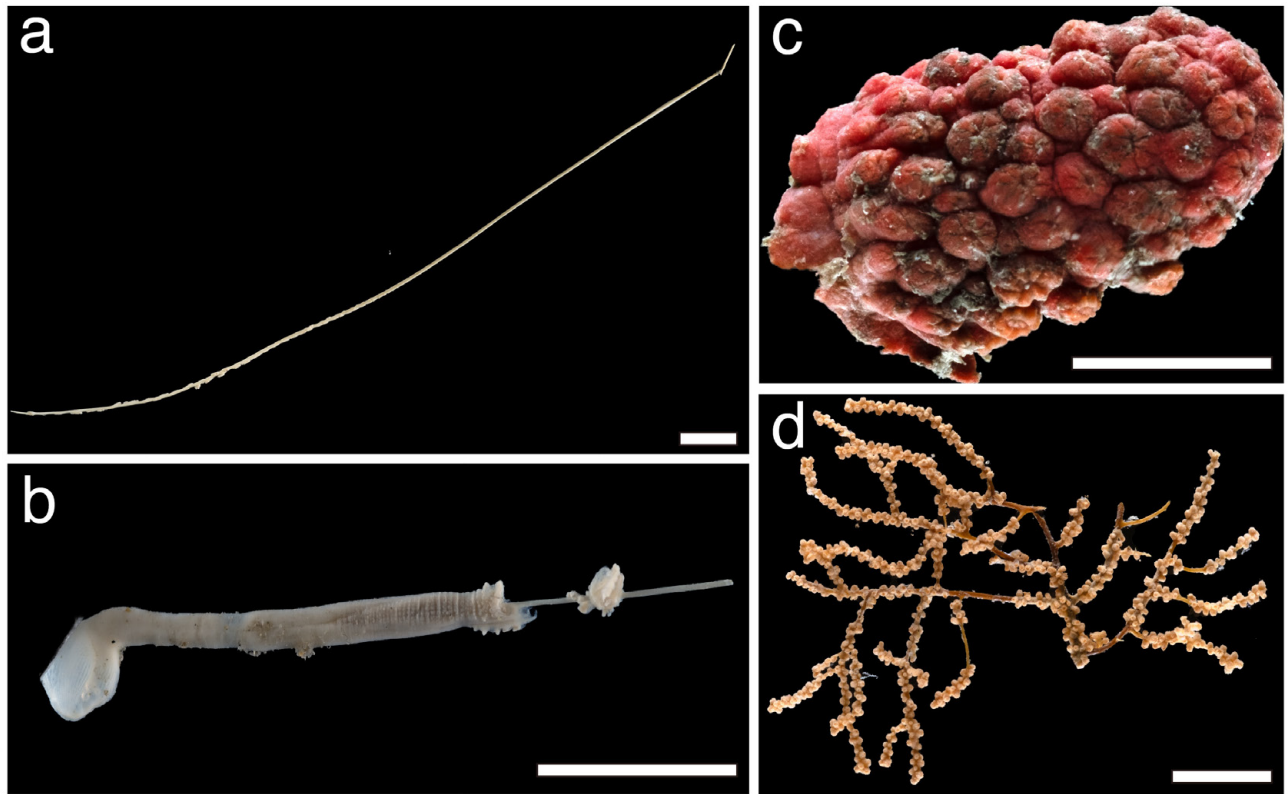
3. 結果と考察

九州北西海域における5地点から4目5科6属の花虫類が採集された (第1表)．

八放サンゴ綱においては，*Scytalium* sp. ホソヤナギウミエラ属の1種 (G265_OCTO：第1図a)，*Virgularia* sp. ヤナギウミエラ属の1種 (G260_OCTO：第1図b)，*Eleutherobia* sp. ウミイチゴ属の1種 (G355_OCTO：第1図c)，*Acanthogorgia*

sp. ホソトゲヤギ属の1種 (G190_OCTO：第1図d) が採集され，それぞれの塩基配列が得られた．これら標本について，分子系統解析を行った結果，G265_OCTOは*Scytalium* sp. 1 sensu Kushida and Reimer (2019) (GenBank Accession number: MK133363) と共に単系統としてまとまり (第2図)，G260_OCTOは*Virgularia* sp. 7 sensu Kushida *et al.* (2018) (GenBank Accession number: MK133422) と単系統を形成した (第3図)．*Scytalium* sp. 1は日本では，これまでに奄美大島のみ発見されており，九州北西海域からは初報告となった (Kushida and Reimer, 2019)．またG190_OCTOについては，*Acanthogorgia radians* (Kükenthal & Gorzawsky, 1908) (GenBank Accession number: HQ694698) と単系統を形成した (第4図)．本種は，相模湾をタイプ産地とする種であるが，韓国沿岸域からの報告例もあることから (Rho and Song, 1976)，東シナ海に広く分布すると思われる．

六放サンゴ綱においては，*Antipathes* sp. ツノサンゴ属の1種 (G355_HEXA：第5図)，*Actiniaria* sp. イソギンチャク目の2種 (G260_HEXA及びG360_HEXA：第5図b, c) が採集され，塩基配列が得られた．これらの標本について，分子系統解析を行った結果，G355_HEXAは*Antipathes atlantica* Gray, 1857 (GenBank Accession number: KF054454)，*Antipathes furcata* Gray, 1857 (GenBank Accession number: HM060615)，*Antipathes densa* Silberfeld, 1909 (GenBank Accession number: KF054453) と単系統を形成した (第6図)．*Antipathes* sp.は，遺伝的に*A. atlantica* 及び*A. furcata*と近縁であったが，両種は大西洋産の種であることから，*Antipathes* sp.とは別種と考えられる．*A. densa*は，北太平洋に広く分布しており，東シナ海においては済州島から記録されている．本調査で採集された*Antipathes* sp.は群体の一部のみ取れていたため，形態学的特徴を十分に精査することはできなかったが，*Antipathes* sp.と*A. densa*は遺伝的に異なっていたため，別種であると考えられる．イソギンチャク目2種 (G260_



第1図 GB23航海で採集された八放サンゴ類. a: *Scytalium* sp., b: *Virgularia* sp., c: *Eleutheroobia* sp., d: *Acanthogorgia* sp. スケールバーは1 cm.

Fig. 1 Images of Octocorallia specimens collected during the GB23 cruise. a: *Scytalium* sp., b: *Virgularia* sp., c: *Eleutheroobia* sp., d: *Acanthogorgia* sp. Scale bars: 1 cm.

HEXA及び G360_HEXA)は、埋在性であり、体壁は砂粒等で覆われていたことから、Edwardsiidaeムシモドキギンチャク科であることが考えられたが、種同定のための精査が十分にできなかったことから、目レベルの同定に留めた。

本研究により、これまで調査が不十分であった九州北西海域の花虫相の一端を明らかにすることができた。産総研の海域地質図プロジェクトでは約10 km間隔で網羅的な表層採泥を実施するため、今後の調査においても引き続き混獲された生物群集の調査を進めていくことで、本海域において、さらなる初記録種、未記載種の発見につながることが期待される。

謝辞：板木拓也氏、片山 肇氏（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）をはじめとするGB23航海乗船研究者及び学生の皆様には、試料採取にご尽力いただいた。また、試料採取に際しご尽力いただいた望星丸の船長及び乗組員の方々に深く感謝する。

文 献

Folmer, O., Black, M., Hoch, W., Lutz, R. and Vrijenhoek, R.

(1994) DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, **3**, 294–299.

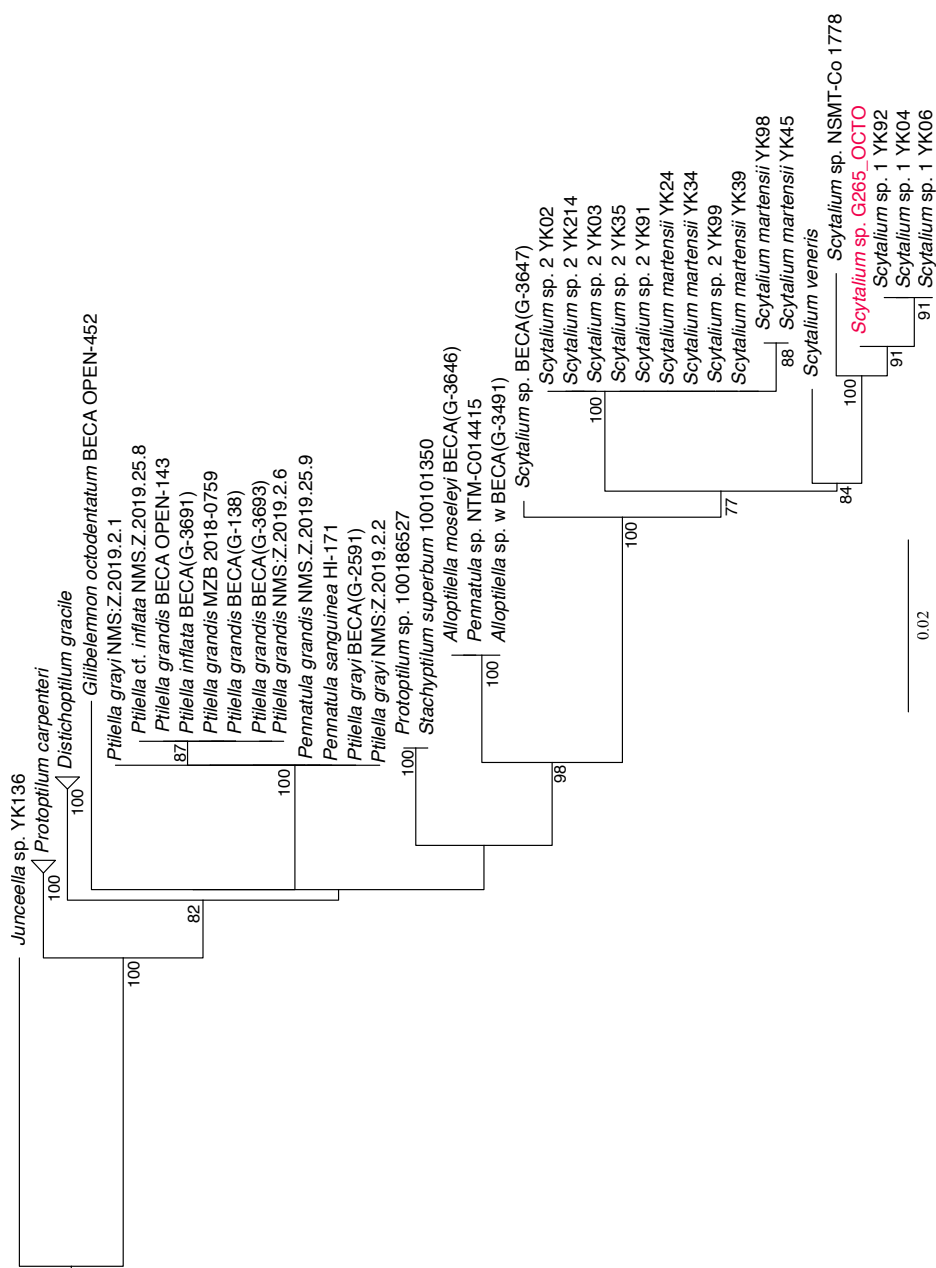
France, S. C. and Hoover, L. L. (2002) DNA sequences of the mitochondrial COI gene have low levels of divergence among deep-sea octocorals (Cnidaria: Anthozoa). *Hydrobiologia*, **471**, 149–155.

Kushida, Y. and Reimer, J. D. (2019) Molecular phylogeny and diversity of sea pens (Cnidaria: Octocorallia: Pennatulacea) with a focus on shallow water species of the northwestern Pacific Ocean. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **131**, 233–244.

Matsumoto, A. K. and van Ofwegen, L. P. (2015) Melithaeidae of Japan (Octocorallia, Alcyonacea) re-examined with descriptions of 11 new species. *ZooKeys*, no. 522, 1–127.

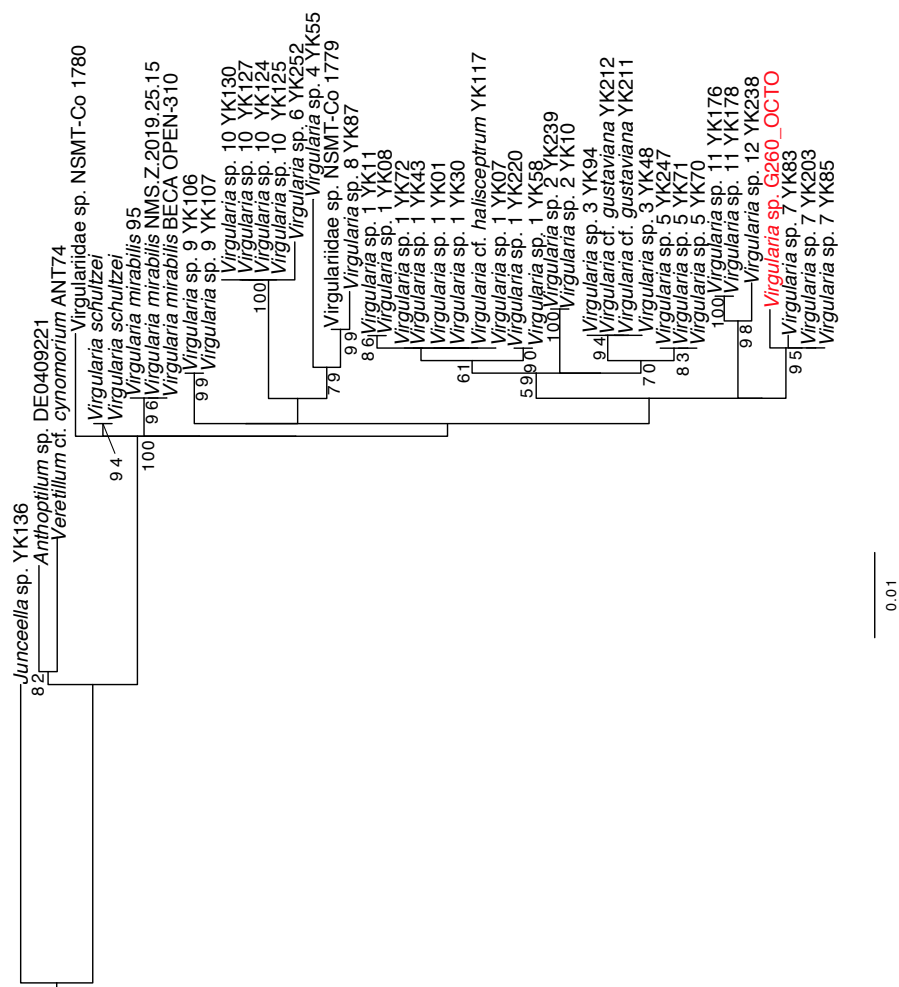
Nutting, C. C. (1912) Descriptions of the Alcyonaria collected by the U.S. Fisheries steamer "Albatross," mainly in Japanese waters, during 1906. *Proceedings of the U.S. National Museum*, **43**, 1–104.

Reimer, J. D. and Fujii, T. (2017) Zoantharia (Cnidaria:



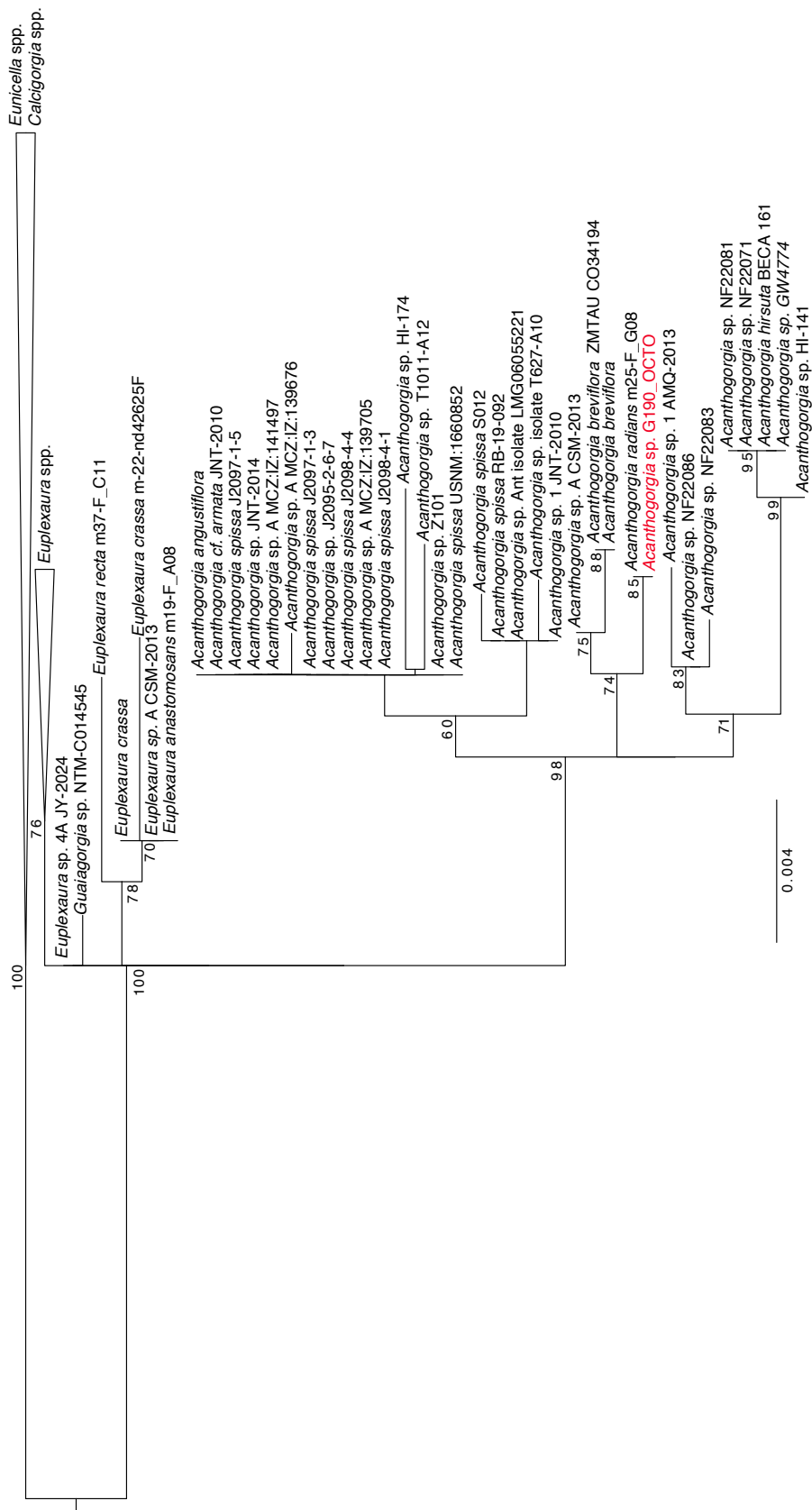
第2図 G265_OCTOについて作成した、ミトコンドリアMutS領域に基づく最尤法による分子系統樹のノードにある値は、ブートストラップ法による樹形の信頼性を表す(50%以上の値のみを示す)。GB23で採集した標本は、赤字で示す。

Fig. 2 Maximum likelihood (ML) tree based on the MutS region for G265_OCTO. Numbers on nodes represent ML bootstrap values ($> 50\%$ are shown). The specimen collected by GB23 is shown in red.



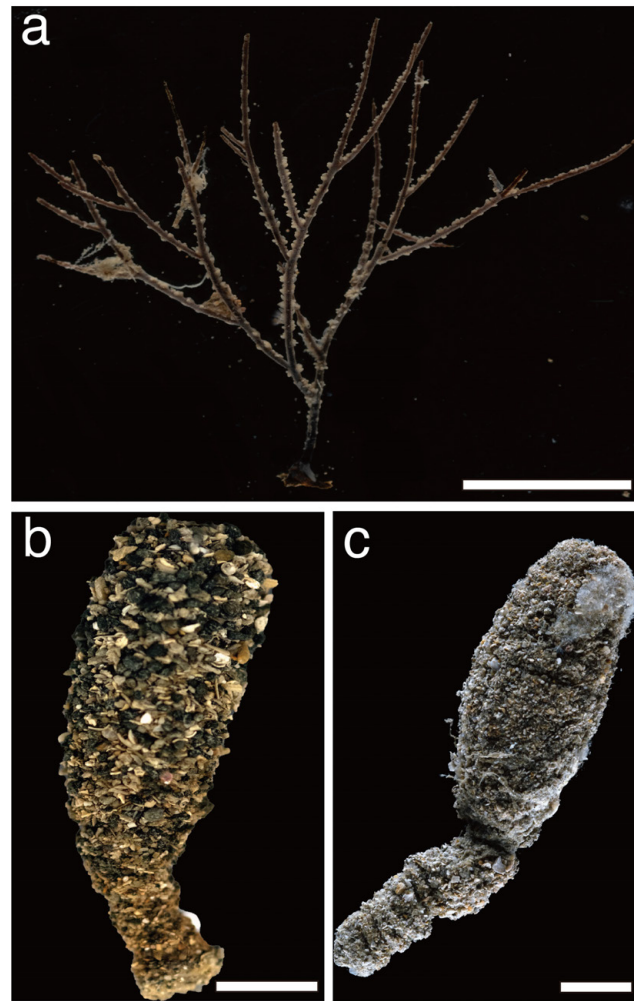
第3図 G260_OCTOについて作成した、ミトコンドリアMutS領域に基づく最尤法による分子系統樹。分子系統樹のノードにある値は、ブートストラップ法による樹形の信頼性を表す（50 %以上の値のみを示す）。GB23で採集した標本は、赤字で示す。

Fig. 3 Maximum likelihood (ML) tree based on the MutS region for G260_OCTO. Numbers on nodes represent ML bootstrap values (> 50 % are shown). The specimen collected by GB23 is shown in red.



第4図 G190_OCTOについて作成した，ミトコンドリアMutS領域に基づく最尤法による分子系統樹．分子系統樹のノードにある値は，ブートストラップ法による樹形の信頼性を表す（50 %以上の値のみを示す）．GB23で採集した標本は，赤字で示す．

Fig. 4 Maximum likelihood (ML) tree based on the MutS region for G190_OCTO. Numbers on nodes represent ML bootstrap values (> 50 % are shown). The specimen collected by GB23 is shown in red.



第5図 GB23航海で採集された六放サンゴ類. a: *Antipathes* sp., b: *Actinaria* sp. 1, c: *Actinaria* sp. 2. スケールバーは1 cm.

Fig. 5 Images of Hexacorallia specimens collected during the GB23 cruise. a: *Antipathes* sp., b: *Actinaria* sp. 1, c: *Actinaria* sp. 2. Scale bars: 1 cm.

Anthozoa: Hexacorallia) diversity research in Japan: Current state and future trends. In Motokawa, M., Kajihara, H., eds., *Species Diversity of Animals in Japan*, Diversity and Commonality in Animals, Springer, Tokyo.

Rho, B. J. and Song, J. I. (1976) A study on the classification of the Korean Anthozoa 1. Gorgonacea and Pennatulacea. *Journal of Korean Research Institute for Better Living*, **17**, 71–92.

Sánchez, J. A., McFadden, C. S., France, S. C. and Lasker, H. R. (2003) Molecular phylogenetic analyses of shallow-water Caribbean octocorals. *Marine Biology*, **142**, 975–987.

清家弘治・飯塚 睦・鈴木克明・板木拓也・片山 肇・兼子尚知・石野沙季・石塚 治・喜瀬浩輝・桑野太輔・山崎 誠 (2025) 東シナ海東北部及び日本海西部における海底堆積物採取調査の概要. 地質調査研究報

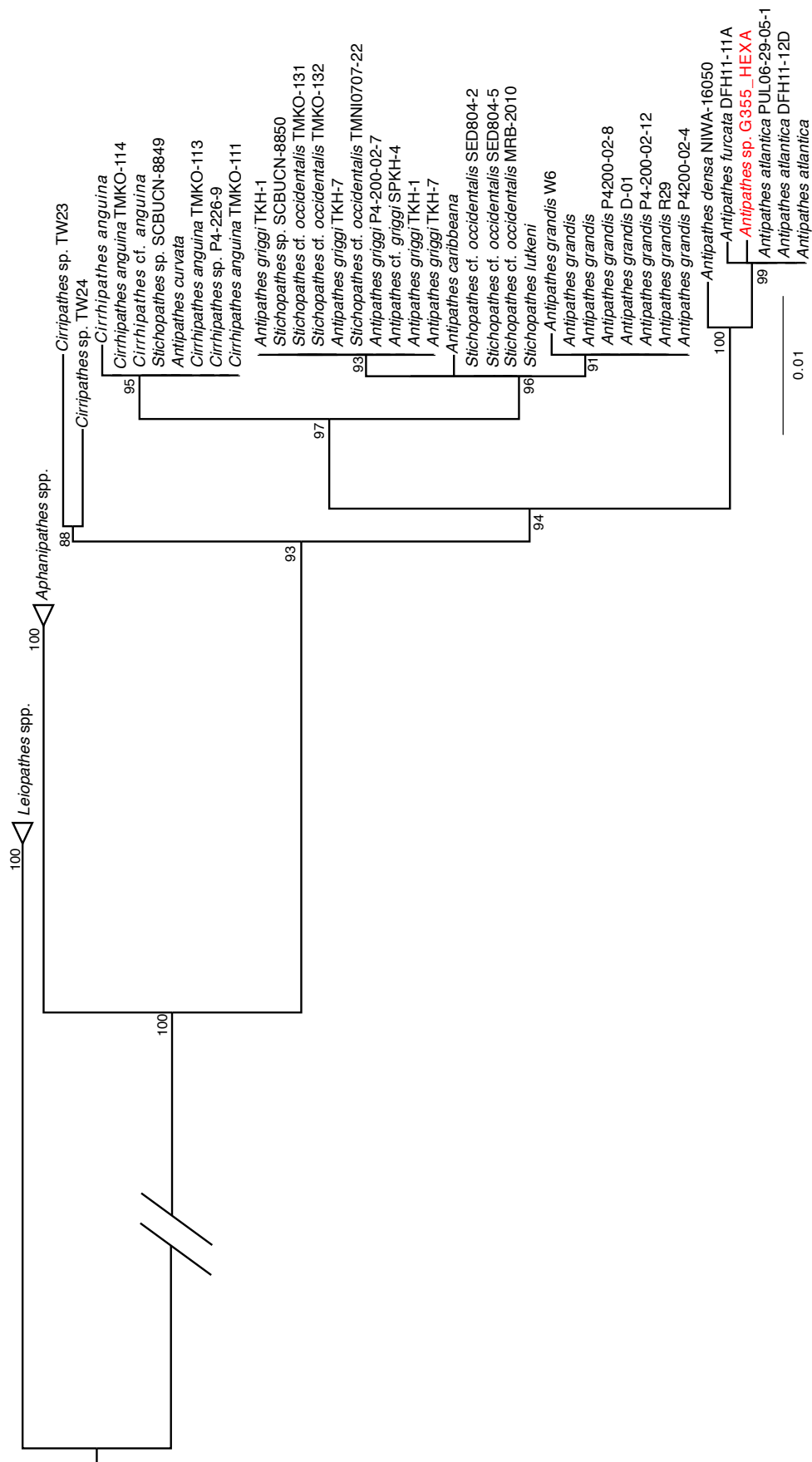
告, **76**, 217–233.

Stamatakis, A. (2014) RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. *Bioinformatics*, **30**(9), 1312–1313.

Tixier-Durivault, A. and Prevorsek, M. (1959) Revision de la famille des Nephtheidae. I. Le genre *Spongodes* Lesson, 1831. *Memoires du Museum National d'Histoire Naturelle*, **20**, 1–148.

van Ofwegen, L. P. (2005) A new genus of nephtheid soft corals (Octocorallia: Alcyonacea: Nephtheidae) from the Indo-Pacific. *Zoologische Mededelingen*, **79-4**, 1–236.

(受 付 : 2024年10月9日 ; 受 理 : 2025年6月19日)



第6図 G355_HEX Aについて作成した、ミトコンドリアCOI領域に基づく最尤法による分子系統樹。分子系統樹のノードにある値は、ブートストラップ法による樹形の信頼性を表す(50%以上の値のみを示す)。

Fig. 6 Maximum likelihood (ML) tree based on the COI region for G355_HEX A. Numbers on nodes represent ML bootstrap values (> 50 % are shown). The specimen collected by GB23 is shown in red.

海洋地質調査航海 GB23 により東シナ海及び日本海において採集された魚類

玉井 隆章^{1,*}・鈴木 克明²・高見 宗広³

TAMAI Takaaki, SUZUKI Yoshiaki and TAKAMI Munehiro (2025) Fish specimens collected from the East China Sea and Japan Sea during a marine geological mapping survey of cruise GB23. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 76 (4/5), p. 299–311, 5 figs.

Abstract: Fish specimens were collected during surface sediment sampling as part of a marine geological mapping survey of cruise GB23 in the East China Sea and Japan Sea, northwest of Kyushu, Japan. The specimens are assigned to 7 families and 10 species: *Apterichtus* sp., *Scolecenchelys aoki*, Ophichthidae gen. sp. broken specimen, *Bregmaceros anchovia* (3 specimens), Carapidae gen. sp., *Stalix immaculata*, *Champsodon snyderi* (2 specimens), *Priolepis winterbottomi*, Gobiidae gen. sp., and *Samaris* sp. Of these, *B. anchovia* represents the first record from the waters around Saga and Nagasaki prefectures, and *P. winterbottomi* represents the first record from the waters around Fukuoka and Saga prefectures. In this paper, we report the occurrence of each species and information on the bottom sediment and bycatch at the collection sites to advance our knowledge of the habitat of the fish species.

Keywords: fish, ichthyofauna, Japan Sea, East China Sea

要 旨

九州北西部の東シナ海及び日本海において実施された海洋地質調査航海GB23の表層堆積物調査にて、堆積物と共に魚類が採集された。これらの魚類は、7科10種（ゴマウミヘビ属未同定種*Apterichtus* sp., ミサキウナギ*Scolecenchelys aoki*, ウミヘビ科未同定破損個体Ophichthidae gen. sp., ヒトスジサイウオ*Bregmaceros anchovia* 3個体, カクレウオ科未同定種Carapidae gen. sp., ヒメアゴアマダイ*Stalix immaculata*, ワニギス*Champsodon snyderi* 2個体, サクライレズミハゼ*Priolepis winterbottomi*, ハゼ科未同定種Gobiidae gen. sp., ハタタテガレイ属未同定種*Samaris* sp.)に同定された。これらのうち、ヒトスジサイウオは佐賀県及び長崎県近海における初記録であり、サクライレズミハゼは福岡県及び佐賀県近海における初記録であった。本稿では、出現魚種の記録に加え、生息環境に関する知見蓄積の一助として、採集地点の底質などの情報を併せて報告する。

1. はじめに

九州島の北西海域は、西部に東シナ海を、北部に日本海を擁し、数多くの島嶼、半島、湾やリアス式海岸などの複雑な沿岸環境、及び対馬暖流や黄海冷水など複数の

水塊があることから、豊かな漁場が形成され、多様な魚種が水揚げされることが知られている（道津, 1989; 安藤, 2014; 長崎県水産部, 2023, 2024）。九州北西の東シナ海及び日本海西南部の魚類相については、以下のように既往の知見が多数ある。福岡県については、日比野ほか(2025)により既往文献が網羅され、それらの誤同定についても訂正され、769種が目録にて報告されている。佐賀県については、力丸(1996)により佐賀県水産振興センターの標本、未公表記録及び魚市場・漁協での見聞をもとに県内の魚類について整理され、313種が目録にて報告されている。長崎県では道津(1989)により、県内の魚類相について既往資料が整理され、809種が報告されている（ただし目録は無い）。その他に対馬や野母崎など各地先や沖合海域での出現魚類についての報告が多数ある（道津・富山, 1967; 新井・阿部, 1970; 山村, 1971; 夏莉・道津, 1973; 道津・中村, 1976; 道津, 1977; 深川ほか, 2003; 山口ほか, 2005; 田和・竹垣, 2009; 古橋ほか, 2010; 門脇ほか, 2015; 竹内ほか, 2015; 鶴留ほか, 2021など）。熊本県については、九州大学天草臨海実験所周辺にて601種（菊池編, 1970）、上天草市松島町合津周辺にて160種（Tomiya, 1972）、御所浦島周辺にて192種（鶴飼ほか, 2006, 2010）が報告されている。鹿児島県については、薩摩半島沿岸にて1,294

¹ 東海大学静岡カレッジオフィス船舶管理担当 (Office for Shizuoka College, Tokai University, Orido, Shimizu, Shizuoka, 424-8610, Japan)

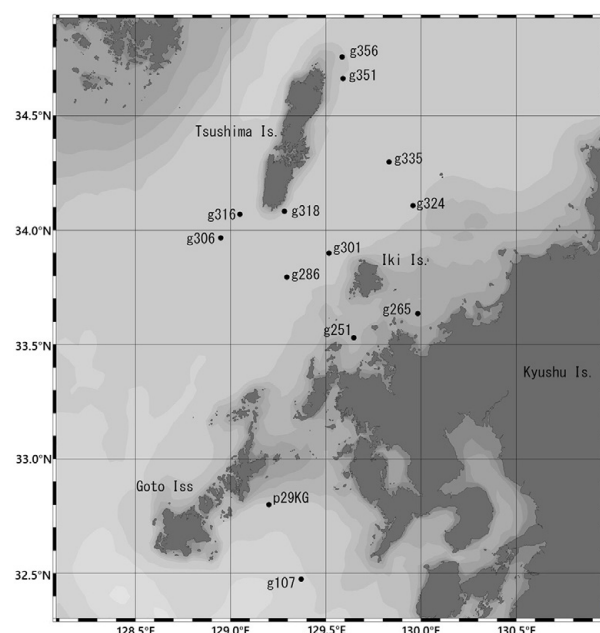
² 産業技術総合研究所 地質調査総合センター地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)

³ 東海大学海洋学部水産学科 (Department of Fisheries, School of Marine Science and Technology, Tokai University, Orido, Shimizu, Shizuoka, 424-8610, Japan)

* Corresponding author: TAMAI, T. Email: tamai@tokai.ac.jp

種 (岩坪ほか編, 2022), 東シナ海側の大陸棚斜面にて 115 種 (Ozawa, 1983; 福井ほか, 2015) が報告されている。東シナ海の沖合海域については, 魚類相に関する研究ではないものの, 水産資源の管理に資する基礎的な生物学的知見が蓄積されており, 隣接する黄海とあわせて 445 種が報告されている (水産庁西海区水産研究所, 1986; 山田ほか, 2007)。日本海については, 日本海全域を対象とした魚類目録が多数あり (Lindberg and Legeza, 1959; 河野ほか, 2011b, 2014; Shinohara *et al.*, 2014 など), その他に山口県油谷湾の魚類に関する生態的研究内での出現種リストにて 269 種 (森, 1995), 山口県日本海産魚類目録にて 870 種 (河野ほか, 2011a), 証拠標本及び画像に基づく山口県日本海産魚類目録にて 767 種 (園山ほか, 2020), 山口県響灘の漁獲物組成にて 374 種 (土井ほか, 2015a, 2015b) が報告されている。以上のように多数の知見がある海域ではあるが, 近年においても, 南方系魚種などの初記録が多数報告されている (田城ほか, 2017; 吉川ほか, 2017; 和田ほか, 2019; 伊藤, 2020; 中島田ほか, 2020; 中島田・日比野, 2020, 2022; 長野・日比野, 2023 など)。西田ほか (2005) は, 福岡県沿岸の南方系魚種の増加と魚類相の変化について, 海水温上昇による影響と考察し, 温暖化の継続調査の必要性を挙げ, 魚類相が調査時の指標として有効であることを述べている。河野ほか (2014) は, 日本海における魚種増加について, 調査精度の向上, 調査努力量の増加及び亜熱帯・熱帯性魚種の出現増加を要因として挙げた。しかしながら, 河野ほか (2014) と西田ほか (2005) などの一部の既往の魚類相データについては, 標本や写真などの不足により, 分布情報の再検証ができない問題が指摘され, 証拠標本に基づく記録や正確なデータに基づく再検証が必要とされている (田城ほか, 2015, 2017)。

2023 年 10 月 19 日から 11 月 27 日にかけて, 産業技術総合研究所地質情報研究部門により, 九州北西方海域における海洋地質調査航海 (GB23; 以下 GB23 航海) が行われた。GB23 航海は, 海洋地質図の整備を目的とし, 重磁力異常図, 表層堆積図, 海底地質図作成のために, 航走観測と停船観測を実施した。このうち, 表層堆積図作成のために行われた木下式グラブ採泥器の調査 (清家ほか, 2025) によって, 13 個体の魚類が表層堆積物と共に混獲された。グラブ採泥器は, 採泥面積が 0.5 m^2 以下 (木下式グラブで 0.16 m^2) であり, 底曳網などの曳網漁具による漁獲やソリネットなどの観測機材でのネットサンプリングに比べ採集努力量として著しく小さいため, 表層堆積物採集時に魚類が採れることは少ない。先述した九州北西方海域における魚類相や魚種の出現報告は, 漁業により水揚げされたもの, 生物採集用のネットサンプリングによるもの, 個人による釣りやタモ網などによって採集されたものであり, 本海域における採泥器による魚類記



第 1 図 GB23 航海において魚類が採集された地点。

Fig. 1 Sites of collection of fish specimens during GB23 cruise.

録の報告はこれまでに無い。

GB23 航海で採集された魚類には, 県初記録となる種やこれまでに生息環境が知られていない種が含まれており, 各魚種の分布や生息環境の考察をする上で重要な知見が得られたため, 本報では採集された魚類全種について, 標徴となる形態の記載や既往分布知見と併せて採集された底質等の情報を報告する。

2. 材料と方法

GB23 航海 (使用船舶: 東海大学所属海洋調査研修船望星丸) にて木下式グラブ採泥器による表層堆積物調査が実施された 189 地点のうち, 第 1 図に示した 13 地点において混獲された魚類を試料とした。採集された魚類は, 採集後, 可能な範囲で生時あるいは生鮮時の状態を撮影した後, 冷凍して持ち帰り, 研究室にて解凍後, 本村編 (2009) に準拠して標本の作製, 撮影, 及び固定を行った。標本は, 北九州市立自然史・歴史博物館 (KMNH) に登録・保管した。本文中に明記したものを除き, 標本の計数, 計測は中坊編 (2013) に, 標準和名, 学名及び科の掲載順は本村 (2024) に従った。計測はノギスを用いて 0.1 mm 単位で行った。標準体長は体長または SL で, ウミヘビ科及びカクレウオ科の大きさは全長または TL で示し, 必要に応じて頭長などの大きさを併記した。ウミヘビ科の脊椎骨数は, 軟エックス線写真を撮影し, 計数した。採集地点の底質及び魚類以外の混獲物については, 清家ほか (2025) を引用した。

3. 結果と考察

採集された13個体の魚類は、7科7属10種(未同定4種及び破損による未同定1種を含む)に識別された。以下に各種の標本登録番号、標本の大きさ、採集日、採集地点、緯度経度、水深、底質、混獲物について記し、東シナ海及び日本海での既知記録や同定理由など、必要なコメントを加えた。なお、混獲物については生体の表記がないものは遺骸を示す。

ウミヘビ科 Ophichthidae

1. ゴマウミヘビ属未同定種 *Apterichtus* sp.

KMNH VR 100637 (第2図a・b), 全長203.5 mm, 頭長12.0 mm, 2023年11月3日, g356, 34°45.4964'N, 129°35.1059'E, 79 m, 細粒砂(第4図a), 貝類, サンゴ類, コケムシ類, 翼足類, 短尾類生体, 植物片。

本標本の計測方法はMcCosker and Hibino (2015)に従った。

本標本は、体が伸長し円筒形で両端が尖る、すべての鰭を欠く、肛門前長が尾部よりやや短い、吻が比較的鈍い垂円錐形で腹面が平坦、前鼻孔が管状、後鼻孔が口腔外に開く、前鰓蓋管孔数が3、上側頭管孔数が5、鰓孔が腹側に開き、前方へ収束し峡部が狭い、歯が円錐形で単列であること(McCosker and Hibino, 2015)から、ゴマウミヘビ属*Apterichtus* Duméril 1806に同定された。また、全長が頭長の16.96倍及び体高の63.59倍、上眼窩管孔数が1+4、上眼窩管の分枝数が0、前鰓蓋管孔数が3、上側頭管孔数が5、肛門前側線孔数が68であることが日本産ゴマウミヘビ属のなかでゴマウミヘビ*A. moseri* (Jordan and Snyder, 1901)のみに一致するが、肛門前脊椎骨数が68 (vs. 63–67)、総脊椎骨数が160 (vs. 141–145)であることがゴマウミヘビと一致せず(Jordan and Snyder, 1901; Machida and Ohta, 1993; McCosker and Hibino, 2015; Hibino *et al.*, 2016; Hibino, 2018; Ho *et al.*, 2018)、日本未記録種か未記載種であると考えられた。今後、別途詳細を報告予定である。

ゴマウミヘビ属*Apterichtus*は、砂中に潜り、海底上に顔や吻端のみを露出している状態が、ダイバーにより観察されている(McCosker and Hibino, 2015)。本標本は、既往知見と同様の砂底(細粒砂)の地点から採集された。

2. ミサキウナギ *Scolecenchelys aoki* (Jordan and Snyder, 1901)

KMNH VR 100638 (第2図c・d), 全長91.1 mm, 頭長9.2 mm, 2023年10月31日, g316, 34°4.2500'N, 129°2.9372'E, 131 m, 中粒砂(第4図b), 貝類, 腕足類, サンゴ類, 翼足類, ウニ類, クモヒトデ類生体, イソギンチャク類生体, カイメン類生体。

本標本は、体が伸長し、背鰭及び臀鰭が低い、尾鰭を有する、背鰭起部が肛門より後方に位置し、背鰭起部と肛門中央間の水平距離が頭長の38%, 尾部長が全長の54.3%, 吻が尖る、吻の腹面に縦溝があり前鼻孔の基部前縁を越えて伸びる、鼻孔が上唇の縁にある、眼後方の下眼窩管孔数が3、口裂の後端が眼の後縁を超える、下顎が上顎より短い、上顎歯と鋤骨歯が円錐形で尖り単列に並ぶ、肛門前側線孔数が56、脊椎骨数が134、背鰭前方脊椎骨数が59、肛門前脊椎骨数が55であることから、ミサキウナギ*Scolecenchelys aoki* (Jordan and Snyder, 1901)に同定された(Hibino *et al.*, 2012; Hibino and Kimura, 2016)。

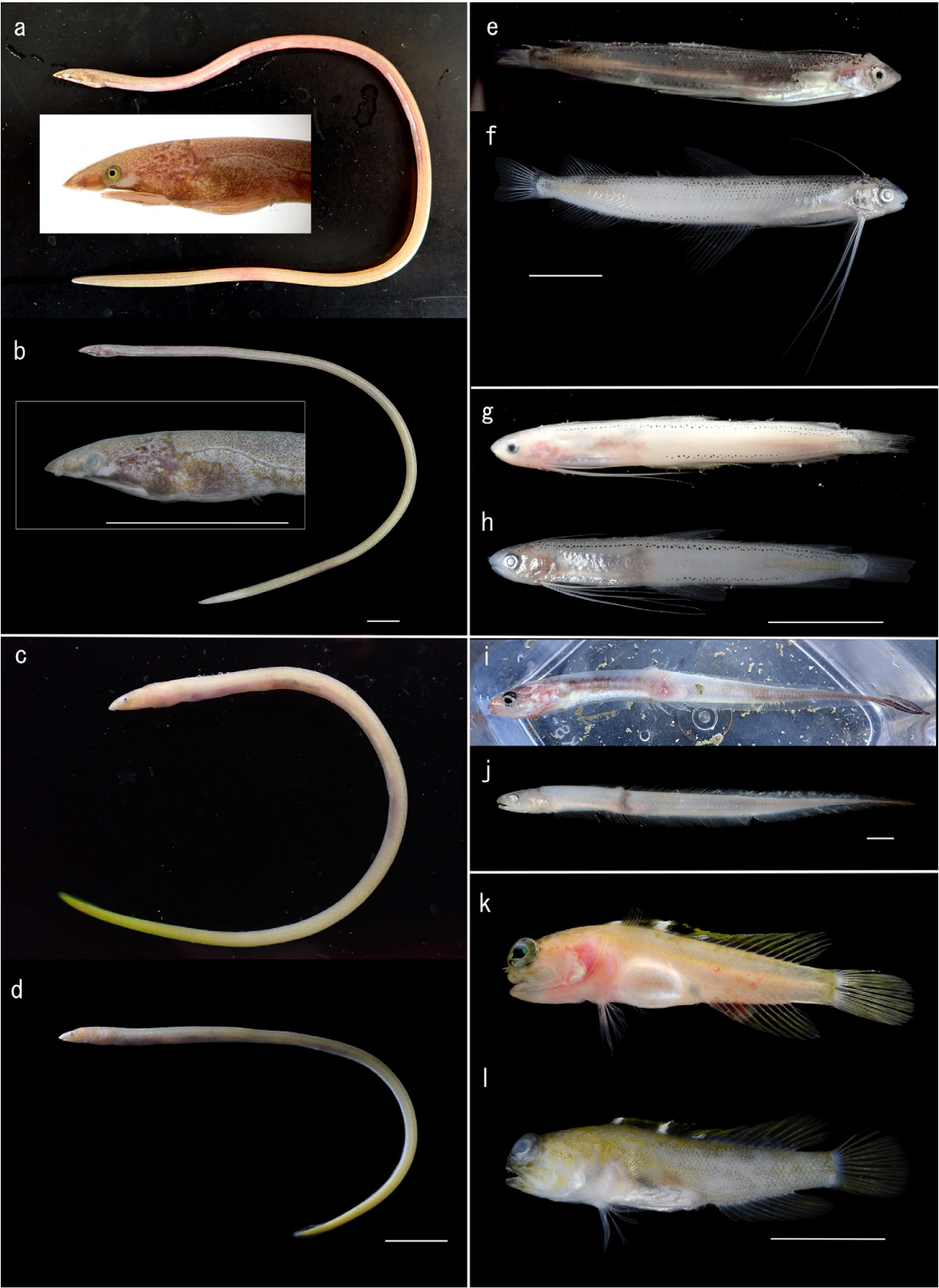
本種は、GB23航海調査海域の周辺では長崎県(Hibino *et al.*, 2012; 河野ほか, 2014)、福岡県(河野ほか, 2014)、山口県(Hibino and Kimura, 2016; 園山ほか, 2020)から報告されている。なお、本種と同属のミミズアナゴ*S. gymnota* (Bleeker, 1857)が、長崎県(河野ほか, 2014)、福岡県(福岡県高等学校生物研究部会編, 1974; 西田ほか, 2004, 2005; 河野ほか, 2011b)、熊本県(菊池編, 1970)及び山口県(河野ほか, 2011a, 2011b)から報告されている。日比野ほか(2013)は、波戸岡(1993)以前に報告されているミミズアナゴの記録についてはミサキウナギの可能性が高く、日本国内のミミズアナゴの記録を沖縄のみとし、日比野ほか(2025)は福岡県からのミミズアナゴの既知の記録をミサキウナギの記録とみなしている。そのため、熊本県(菊池編, 1970)、長崎県(河野ほか, 2014)及び山口県(河野ほか, 2011a, 2011b)の記録についてもミサキウナギの記録と考えられる。なお、日比野ほか(2025)は、キタノウミヘビ*Muraenichthys borealis* Machida and Shiogaki, 1990が*S. aoki*の新参異名であることから、福岡県からのキタノウミヘビの記録についてもミサキウナギの記録とみなしている。

本種は、沿岸の砂泥底域に生息することが知られている(波戸岡, 2013)。本標本は、既往知見同様の砂底(中粒砂)の地点から採集された。

3. ウミヘビ科未同定破損個体 Ophichthidae gen. sp. broken specimen

KMNH VR 100639, 全長95.6+ mm(頭部破損), 2023年11月9日, g306, 33°58.0533'N, 128°56.8452'E, 132 m, 中粒砂(第4図c), 貝類, 腕足類, サンゴ類, コケムシ類, 翼足類, フジツボ類, カイメン類, 短尾類生体, スナモグリ類生体, 多毛類生体, カイメン類生体。

本標本は、体が細長く伸長し、腹鰭を欠く、背鰭及び臀鰭が低い、尾鰭を有すること、採集時の尾部体色がKMNH VR 100638同様に黄色であったことなどからミサキウナギの可能性が考えられたが、重要な同定形質のある頭部を欠損していたため、ウミヘビ科にとどめた。



サイウオ科 Bregmacerotidae

4. ヒトスジサイウオ *Bregmaceros anchovia* Ho, Endo and Lee, 2020

KMNH VR 100640, 体長40.0 mm, 2023年11月16日, p29KG, 32°48.0384'N, 129°11.9877'E, 97 m, 中粒砂 (第4図d), 礫, 貝類, 腕足類, サンゴ類, フジツボ類, 短尾類, 木炭.

KMNH VR 100641 (第2図e・f), 体長44.9 mm, 2023年11月19日, g107, 32°28.5114'N, 129°22.2522'E, 181 m, 細粒砂 (第4図e), 軽石, 貝類, サンゴ類, 翼足類, ウニ類, 短尾類, 木炭.

KMNH VR 100642 (第2図g・h), 体長29.2 mm, 2023年10月30日, g251, 33°31.7937'N, 129°38.8242'E, 69 m, 極細粒砂 (第4図f), 貝類, 腕足類, サンゴ類, 翼足類, ウニ類, クモヒトデ類生体, イソギンチャク類生体, カイメン類生体.

これら3標本は, 吻が尖る, 頭部と腹部の腹面に色素を欠く, 臀鰭基底上部に黒点が列を成す, 尾鰭基底に黒色横帯があることなどからヒトスジサイウオ*Bregmaceros anchovia* Ho, Endo and Lee, 2020に同定された (Ho *et al.*, 2020).

3標本のうち, KMNH VR 100640 及びKMNH VR 100641 は長崎県近海から, KMNH VR 100642は佐賀県近海から採集された. 本種は, 日本国内では土佐湾, 鹿児島県内之浦湾, 鹿児島県笠沙沖東シナ海及び山口県三島沖日本海から報告されている (Ho *et al.*, 2020; 小枝ほか編, 2020). したがって, 本報告が本種の佐賀県及び長崎県近海からの初記録となる.

(← p. 302)

第2図 GB23航海で採集された魚類 (1/2). a・b: ゴマウミヘビ属未同定種*Apterichthys* sp. (KMNH VR 100637, 203.5 mm TL), c・d: ミサキウナギ*Scolecenchelys aoki* (KMNH VR 100638, 91.1 mm TL), e・f: ヒトスジサイウオ*Bregmaceros anchovia* (KMNH VR 100641, 44.9 mm SL), g・h: ヒトスジサイウオ*Bregmaceros anchovia* (KMNH VR 100642, 29.2 mm SL), i・j: カクレウオ科未同定種Carapidae gen. sp. (KMNH VR 100643, 158.2 mm TL), k・l: ヒメアゴアマダイ*Stalix immaculata* (KMNH VR 100644, 26.8 mm SL). a・c・e・g・iは生鮮時, kは生時, b・d・f・h・j・lは解凍後の標本. スケールバーは10 mm.

Fig. 2 Fish specimens collected during GB23 cruise (1/2). a and b: *Apterichthys* sp. (KMNH VR 100637, 203.5 mm TL), c and d: *Scolecenchelys aoki* (KMNH VR 100638, 91.1 mm TL), e and f: *Bregmaceros anchovia* (KMNH VR 100641, 44.9 mm SL), g and h: *Bregmaceros anchovia* (KMNH VR 100642, 29.2 mm SL), i and j: Carapidae gen. sp. (KMNH VR 100643, 158.2 mm TL), k and l: *Stalix immaculata* (KMNH VR 100644, 26.8 mm SL). a, c, e, g and i are fresh, k is live, b, d, f, h, j and l are thawed specimens. Scale bars = 10 mm.

Ho *et al.* (2020)は, 定置網, 底曳網や中層トロールなど様々な漁法で漁獲された標本を用い, 生息水深の範囲を10–120 mと報告している. KMNH VR 100641は, 採集地点の水深が181 mであり, 既往の採集記録よりも深い水深の海底上から採集された.

カクレウオ科 Carapidae

5. カクレウオ科未同定種 Carapidae gen. sp.

KMNH VR 100643 (第2図i・j), 全長158.2 mm, 頭長20.4 mm, 2023年11月5日, g335, 34°17.8981'N, 129°49.9341'E, 114 m, 極粗粒砂 (第4図g), 貝類, 腕足類, サンゴ類, コケムシ類, 翼足類, クモヒトデ類生体, 多毛類生体, ハナギンチャク類棲管.

本標本は, 両顎に犬歯を有し櫛状歯を欠く, 鰓蓋上部に棘を有する, 肛門が胸鰭基部直下に開く, 腹鰭を欠くことなどからクマノカクレウオ*Echiodon anchipterus* Williams, 1984と考えられたが (藍澤・土井内, 2013a), クマノカクレウオ属*Echiodon*の標徴である浮袋の形態など (Williams, 1984; Markle and Olney, 1990; Nielsen *et al.*, 1999)を観察できていないためカクレウオ科未同定種にとどめた. 今後, 詳細な形態観察を行い, 別途報告予定である.

アゴアマダイ科 Opistognathidae

6. ヒメアゴアマダイ *Stalix immaculata* Xu and Zhan, 1980

KMNH VR 100644 (第2図k・l), 体長26.8 mm, 2023年10月28日, g324, 34°6.4667'N, 129°57.4794'E, 98 m, 極粗粒砂 (第4図h), 貝類, 腕足類, コケムシ類, クモヒトデ類生体, 短尾類生体, 多毛類生体.

本標本は, 背鰭棘が二叉する, 目立つ斑紋が頭部になく, 黒斑が背鰭棘条部に2個ある, 背鰭以外の鰭に斑紋や縞模様がないことなどから, ヒメアゴアマダイ*Stalix immaculata* Xu and Zhan, 1980に同定された (Xu *et al.*, 1980; Smith-Vaniz, 1989; Shinohara, 2006).

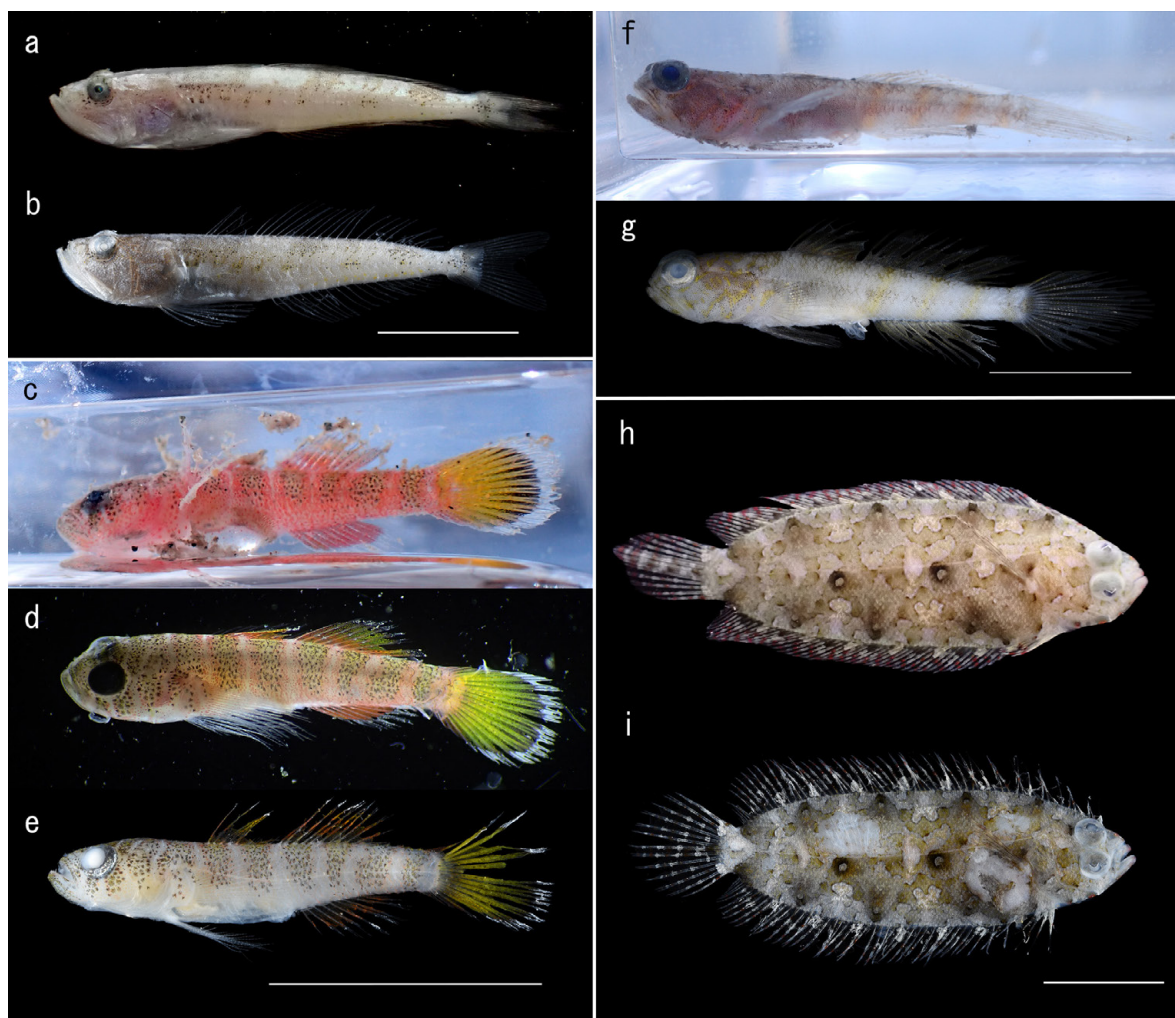
本種は, GB23航海調査海域の周辺では長崎県五島列島近海 (Smith-Vaniz, 1989) 及び山口県下関市角島西沖 (園山ほか, 2020) から報告されている.

アゴアマダイ科は礫が散乱するような海底の巣穴の中で生活し (Smith-Vaniz, 1989), 本種は砂礫底あるいは砂底 (Shinohara, 2006; 藍澤・土井内, 2013b) に生息することが知られている. 本標本は, 既往知見と同様の砂底 (極粗粒砂) の地点から採集された.

ワニギス科 Champsodontidae

7. ワニギス *Champsodon snyderi* Franz, 1910

KMNH VR 100645, 体長29.8 mm, 2023年10月26日, g318, 34°5.0225'N, 129°16.9315'E, 102 m, 極粗粒砂 (第5図a), 石, 貝類, サンゴ類, コケムシ類.



第3図 GB23航海で採集された魚類 (2/2). a・b: ワニギス *Champsodon snyderi* (KMNH VR 100646, 26.1 mm SL), c・d・e: サクライレズミハゼ *Priolepis winterbottomi* (KMNH VR 100647, 13.1 mm SL), f・g: ハゼ科未同定種 *Gobiidae* gen. sp. (KMNH VR 100648, 25.3 mm SL), h・i: ハタタテガレイ属未同定種 *Samaris* sp. (KMNH VR 100649, 31.4 mm SL). a・d・hは生鮮時, c・fは生時 (cは180度回転させたもの), b・e・g・iは解凍後の標本. スケールバーは10 mm.

Fig. 3 Fish specimens collected during GB23 cruise (2/2). a and b: *Champsodon snyderi* (KMNH VR 100646, 26.1 mm SL), c, d and e: *Priolepis winterbottomi* (KMNH VR 100647, 13.1 mm SL), f and g: *Gobiidae* gen. sp. (KMNH VR 100648, 25.3 mm SL), h and i: *Samaris* sp. (KMNH VR 100649, 31.4 mm SL). a, d and h are fresh, c and f are live (c is rotated 180 degrees), b, e, g and i are thawed specimens. Scale bars = 10 mm.

KMNH VR 100646 (第3図a・b), 体長26.1 mm, 2023年10月31日, g286, 33° 47.7787'N, 129° 17.6488'E, 120 m, 中粒砂 (第5図b), 貝類, サング類, コケムシ類, 翼足類, フジツボ類, クモヒトデ類生体, カイメン類生体.

採集された2標本は, 前上顎骨先端付近に凹みがある, 下枝鰓耙数が10, 下顎腹面に鱗を欠く, 腹部に鱗を欠く, 体側横列孔器周辺に鱗を欠くことなどからワニギス *Champsodon snyderi* Franz, 1910に同定された (波戸岡・萩原, 2013).

本種は, 日本海及び東シナ海沿岸及び東シナ海・黄海の大陸棚域に広く生息しており (山田ほか, 2007; 波戸岡・

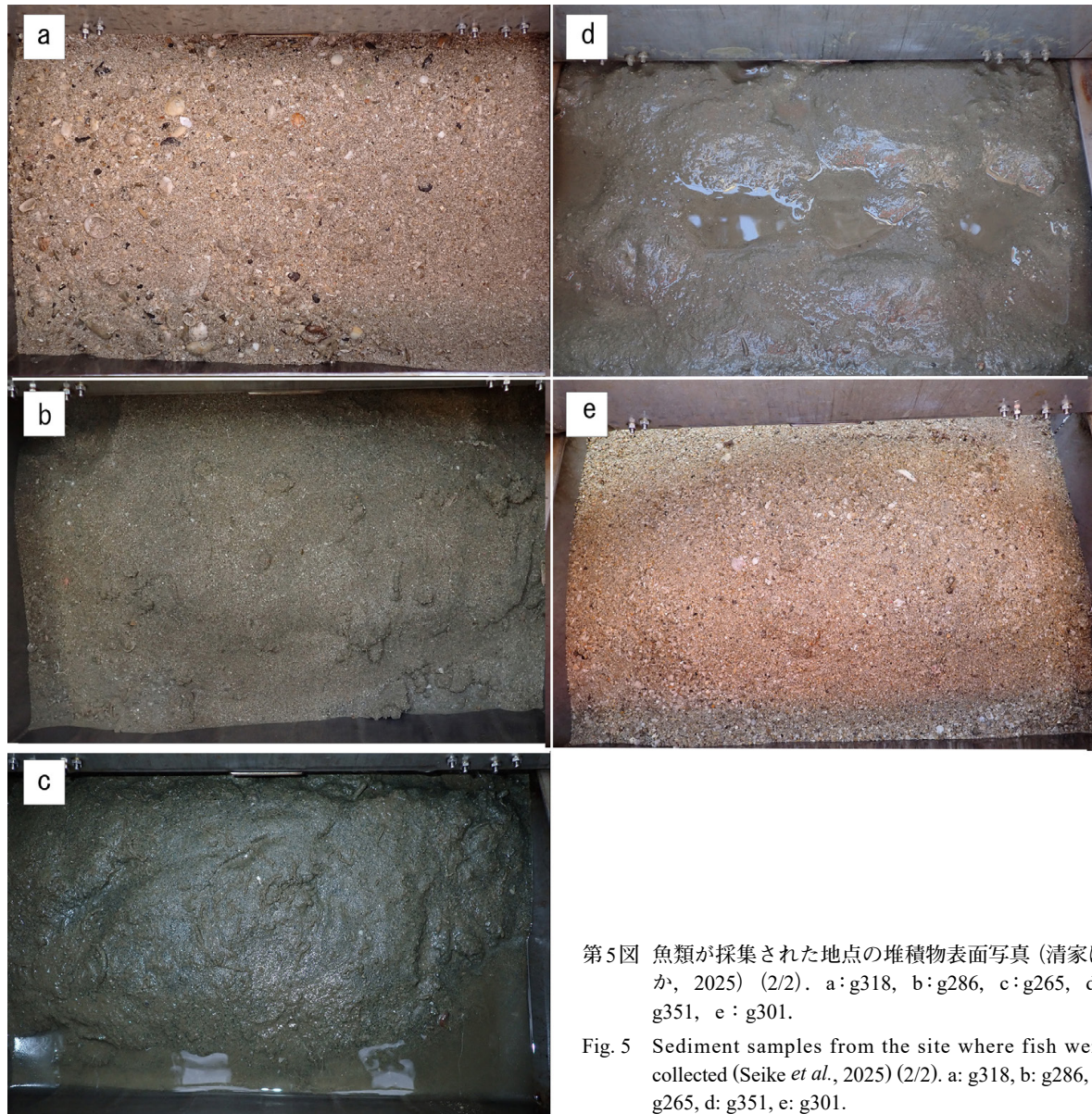
萩原, 2013), GB23航海調査海域の周辺では韓国済州島 (Kim *et al.*, 2009), 山口県 (森, 1995; 河野ほか, 2011a, 2011b, 2014; 土井ほか, 2015a; 園山ほか, 2020), 福岡県 (福岡市教育委員会編, 1957; 福岡県高等学校生物研究部会編, 1974など), 長崎県 (道津・富山, 1967; 古橋ほか, 2010), 熊本県 (鶴飼ほか, 2006), 鹿児島県 (Ozawa, 1983; 岩坪ほか編, 2022) などから報告されている.

本種は, 底生性であるとされているが, 夜になると魚類を摂餌するために海底を離れ鉛直移動することが示唆されている (Morohashi and Sasaki, 2003). 今回採集され



第4図 魚類が採集された地点の堆積物表面写真（清家ほか，2025）（1/2）． a：g356， b：g316， c：g306， d：p29KG， e：g107， f：g251， g：g335， h：g324．

Fig. 4 Sediment samples from the site where fish were collected (Seike *et al.*, 2025) (1/2). a: g356, b: g316, c: g306, d: p29KG, e: g107, f: g251, g: g335, h: g324.



第5図 魚類が採集された地点の堆積物表面写真（清家ほか, 2025）(2/2). a: g318, b: g286, c: g265, d: g351, e: g301.

Fig. 5 Sediment samples from the site where fish were collected (Seike *et al.*, 2025) (2/2). a: g318, b: g286, c: g265, d: g351, e: g301.

た2標本は、日中に採集されたため、砂底上にいたところを採集されたと考えられる。今回の2標本が採集された2地点は底質の粒径が異なっていた。本種は、東シナ海沖合海域では広範囲に分布していることから(山田ほか, 2007), 様々な底質環境に生息していると推察される。

ハゼ科 Gobiidae

8. サクライレズミハゼ *Priolepis winterbottomi* Nogawa and Endo, 2007

KMNH VR 100647 (第3図c・d・e), 体長13.1 mm, 2023年10月29日, g265, 33°38.1796'N, 129°58.9399'E, 49 m, 中粒砂(第5図c), 貝類, ヒトデ類生体, ウミケムシ類生体。

本標本は、頭部背面に鱗を有する, 両眼間隔域が広く横列孔器を有する, 眼下部から頬部に横列孔器があ

る, 第一鰓弓の鰓耙が細長く小歯状の突起を欠く, 体がやや薄い赤色(生時)で黒色横帯を6本有する, 尾部側面の第2背鰭起部下から尾鰭基底にかけて5本の白色横線がある, 腹鰭の後端は深く切れ込む, 尾鰭に暗色斑を欠く, 縦列鱗数がおおよそ28(一部破損により鱗鞘を計数), 第2背鰭が1棘9軟条であることから, サクライレズミハゼに同定された(Nogawa and Endo, 2007; 明仁ほか, 2013; 藤原ほか, 2020)。両眼間隔域の横列孔器は, 確認しづらく前縁に1対で総数おおよそ5, 中央に1対で総数おおよそ9であり, Nogawa and Endo (2007) が記載した前縁総数8, 中央総数12より少なかった。これは, 本標本が, これまでに報告されているサクライレズミハゼのなかで, 最も小さい個体(本標本 体長13.1 mm; Nogawa and Endo, 2007 体長27.1–31.9 mm; 藤原ほか, 2020 体長29.7 mm; 園山ほか, 2020 体長28.7 mm)であること

から、形成途中と判断した。Nogawa and Endo (2007) は本種の不對鰭の色が赤色であることを標徴としたが、不對鰭の色は藤原ほか (2020) で種内変異がある可能性が示唆され、状態の良い追加標本が必要とされている。本標本は採集直後生きており、不對鰭の色は次の通りであった。第2背鰭は基底近くが赤色で、縁辺に近づくにつれ緑がかった黄色になり、縁辺が白色で縁取られる。臀鰭は、基底から縁辺近くまで赤色で、縁辺が白色で縁取られる。尾鰭は、基底が赤色で、基底から縁辺近くまでが緑がかった黄色、縁辺が白色で縁取られる。これら不對鰭の色は、Nogawa and Endo (2007) 及び藤原ほか (2020) の記載と異なっていた。これらの相違は、グラブ採泥器による採集で各鰭の状態が良好であったことが要因として考えられるが、本標本が既知の標本よりも小さな個体であるため、成長に伴い不對鰭の色が変化する可能性も考えられる。今後、様々な大きさの良好な状態の標本による検討が必要である。

本標本は、福岡県及び佐賀県の県境沖の地点から採集された。本種は、土佐湾、長崎県橘湾及び山口県日本海からのみ知られている (Nogawa and Endo, 2007; 藤原ほか, 2020; 園山ほか, 2020)。したがって、本報告が本種の福岡県及び佐賀県近海からの初記録となる。

本種は、本標本が中粒砂の地点から採集されたこと、土佐湾では底曳網により漁獲されていること (Nogawa and Endo, 2007) から、底曳網が操業できるような砂泥底に生息すると考えられる。

9. ハゼ科未同定種 *Gobiidae* gen. sp.

KMNH VR 100648 (第3図f・g), 体長25.3 mm, 2023年11月3日, g351, 34°39.8376'N, 129°35.388'E, 88 m, 細粒砂 (第5図d), 礫, 貝類, 異尾類生体, 木片。

本標本は、体に側線を欠く、腹鰭が胸鰭直下に位置し1棘5軟条で吸盤状、背鰭が2基、臀鰭棘数が1であることなどからハゼ科 (中坊編, 2013) に同定された。また、背鰭前方鱗数が9、縦列鱗数がおおよそ32 (一部破損により鱗鞘を計数)、第一背鰭が6棘、第二背鰭が1棘11軟条、臀鰭が1棘10軟条、胸鰭軟条数が左体側17・右体側18、頭部感覚管の開孔を欠く、眼下から頬部にかけて5本の横列孔器を有する、体側鱗が円鱗などの特徴が日本産の既知種に該当せず、未記録種あるいは未記載種と考えられた。本標本と同様のハゼ科魚類については、ふじのくに地球環境史ミュージアムの渋川浩一博士により研究が進められている (渋川私信)。

ペロガレイ科 *Samaridae*

10. ハタタテガレイ属未同定種 *Samaris* sp.

KMNH VR 100649 (第3図h・i), 体長31.4 mm, 2023年10月28日, g301, 33°54.0102'N, 129°30.9745'E, 105 m, 極粗粒砂 (第5図e), 礫, 貝類, 腕足類, サンゴ類, コ

ケムシ類, ユムシ類生体。

本標本は、両眼が右体側にある、無眼側に側線と胸鰭を欠く、尾柄部の背縁と腹縁にそれぞれ4本の棘がある、胸鰭が4軟条、腹鰭が5軟条、尾鰭中央の12軟条が分枝すること (尼岡, 2016; Obata *et al.*, 2023) からトゲハタタテガレイ *Samaris spinea* Mihara and Amaoka 2004 と考えられるが、近似種の *Samaris chesterfieldensis* Mihara and Amaoka 2004 との詳細な比較ができていないため、ハタタテガレイ属未同定種にとどめた。比較検討後、別途詳細を報告予定である。

GB23 航海の表層堆積物調査により7科10種の魚類が採集された。これら10種は、すでに九州北西海域から分布記録のある3種 (ミサキウナギ, ワニギス, ヒメアゴアマダイ), 県初記録となる2種 (ヒトスジサイウオは佐賀県及び長崎県近海から、サクライレズミハゼは福岡県及び佐賀県近海から初記録), 未同定が3種 (ウミヘビ科, カクレウオ科及びハタタテガレイ属未同定種), 日本未記録あるいは未記載と考えられる2種 (ゴマウミヘビ属及びハゼ科未同定種) が含まれていた。いずれも小型個体や細長い種であったことから、底曳網などの漁業では目合いから抜けてしまうようなものが採集できたものと考えられた。ベントスを対象としたネットサンプリングでは、細かな目合いを使用するため小型個体も採集されるが、曳網などにより体表が擦れ、形態の破損が生じることがある。一方、今回のサクライレズミハゼについては良好な状態で採集されたため、既往の知見とは異なる体色が観察された。グラブ採泥器では生きたまま採集することができれば、良好な状態での形態観察が可能であり、新たな形態的知見の蓄積につながると考えられる。

今回採集された魚種のうち、ヒトスジサイウオを除く種は、底生性の種や分類群であったが、グラブ採泥器により表層堆積物と共に採集できたため、各種の生息環境としての底質に関する知見が得られた。ヒメアゴアマダイ及びミサキウナギについては既往知見と同様の底質であったものの詳細な区分での底質情報を報告でき、ワニギスについては多様な底質に生息することが推察され、サクライレズミハゼについては砂泥底の環境に生息することが推測された。底生魚にとって底質は重要な生息環境であり、ハゼ科では種によって特定の粒径の底質に選好して生息することが知られている (北野, 2009; Inui *et al.*, 2018)。今回のように魚種と共に採集された底質情報を蓄積し、底質の選好性が明らかになれば、海洋地質図のように面的な表層堆積物の情報とあわせることで、その海域での生息範囲の推定にも役立つと考えられる。

GB23 航海において、魚類が採集された採泥地点は189地点中13地点で、全体の1割以下であった。また、2021年から2022年に行われたトカラ列島周辺海域における

海洋地質調査航海の表層堆積物調査では、採集水深が GB23 航海より深いものの、実施した 257 地点すべてで魚類が採集されなかった(鈴木ほか, 2022, 2023, 2024)。Grab 採泥器による魚類の採集は、頻度として非常に少ない。しかしながら、少ない機会でも得られたものにおいても、今回のように分布から形態、生態に至る様々な面の重要な情報が得られるため、今後の海洋地質調査の際も、表層堆積物採取時に混獲された魚類について記録を蓄積していくことが肝要である。

謝辞: 本研究の機会を与えてくださった GB23 航海の井上卓彦団長をはじめとする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の方々、試料採取に際しご尽力いただいた上河内信義船長をはじめとする望星丸乗組員の方々及び乗船研究者の方々に厚く御礼申し上げます。本概報をまとめるにあたり、北九州市立自然史・歴史博物館の日比野友亮博士にはゴマウミヘビ属の文献、福岡県海域の県境及び福岡県の魚類相に関する文献などについてご教示いただき、標本の保管・登録をご対応いただきました。産業技術総合研究所の清家弘治博士には採集地点の底質及び混獲物に関する情報を提供して頂きました。産業技術総合研究所の喜瀬浩輝博士には混獲物のハナギンチャク類の棲管についてご教示いただきました。ふじのくに地球環境史ミュージアムの渋川浩一博士にはハゼ科魚類についてご教示いただきました。犬塚敦己氏をはじめとする東海大学海洋学部水産学科高見研究室の学生諸氏には軟エックス線写真撮影及び標本作業などでご協力いただきました。国立研究開発法人水産研究・教育機構の田和篤史博士には九州周辺の魚類相に関する文献についてご教示いただきました。東海大学静岡カレッジオフィス船舶管理担当の野陳朋樹課長には本報告の発表についてご快諾いただきました。匿名の査読者には原稿について有益なご指摘をいただきました。ここに記して謝意を表します。

文 献

- 藍澤正宏・土井内 龍 (2013a) カクレウオ科. 中坊徹次編, 日本産 魚類検索 全種の同定 第三版, 東海大学出版会, 神奈川, 525–528, 1880–1881.
- 藍澤正宏・土井内 龍 (2013b) アゴアマダイ科. 中坊徹次編, 日本産 魚類検索 全種の同定 第三版, 東海大学出版会, 神奈川, 815–818, 1976.
- 明仁・坂本勝一・池田祐二・藍澤正宏 (2013) ハゼ亜目. 中坊徹次編, 日本産 魚類検索 全種の同定 第三版, 東海大学出版会, 神奈川, 1347–1608, 2109–2211.
- 尼岡邦夫 (2016) 日本産ヒラメ・カレイ類. 東海大学出版部, 神奈川, 229p.
- 安藤朗彦 (2014) 玄界灘における対馬暖流の流動変化が漁場形成に及ぼす影響に関する研究. 福岡県水産海洋技術センター研究報告, no. 24, 65–97.
- 新井良一・阿部宗明 (1970) 対馬の海産魚類. 国立科学博物館専報, no. 3, 83–100.
- 土井啓行・久志本鉄平・園山貴之・石橋敏章・酒井治己 (2015a) 山口県響灘における小型底びき網の漁獲物. 水産大学校研究報告, **63**, 111–125.
- 土井啓行・久志本鉄平・園山貴之・石橋敏章・西川真澄・酒井治己 (2015b) 山口県響灘における小型定置網の漁獲物. 水産大学校研究報告, **63**, 127–143.
- 道津善衛 (1977) 対馬の魚類補記. 長崎生物学会編, 壱岐の生物—対馬との対比—, 長崎生物学会, 長崎, 311.
- 道津善衛 (1989) 長崎県の海産魚. 長崎生物学会編, 長崎県の生物, 長崎生物学会, 長崎, 121–128.
- 道津善衛・中村又市 (1976) 対馬の魚類. 長崎生物学会編, 対馬の生物, 長崎生物学会, 長崎, 265–287.
- 道津善衛・富山一郎 (1967) 西海国立公園の海産魚類. 長崎大学水産学部研究報告, no. 23, 1–42.
- 藤原恭司・高山真由美・本村浩之 (2020) 長崎県から得られた九州初記録のサクライレズミハゼ *Priolepis winterbottomi*. *Ichthy, Natural History of Fishes of Japan*, **1**, 15–18.
- 深川元太郎・吉田隆男・道津喜衛 (2003) 富江町倭寇漁港山崎地区で採集された水生動物とハゼ科魚類特記. 長崎生物学会誌, no. 56, 45–52.
- 福井美乃・松沼瑞樹・本村浩之 (2015) 鹿児島県黒島沖の大陸斜面域から得られた底生魚類およびギンザメ科アカギンザメ *Hydrolagus mitsukurii* の記録. *Nature of Kagoshima*, **41**, 177–186.
- 福岡県高等学校生物研究部会編 (1974) 福岡県生物誌脊椎動物編. 福岡県高等学校生物研究部会, 福岡, 76p.
- 福岡市教育委員会編 (1957) 博多湾及びその周辺の魚類—福岡市及び近郊生物誌I—. 福岡市教育委員会, 福岡, 35p.
- 古橋直樹・椿 賢太・森井康広・橋本 惇 (2010) 長崎南西方大陸斜面域の底生魚類群集. 長崎大学水産学部研究報告, no. 91, 17–33.
- 波戸岡清峰 (1993) ウミヘビ科. 中坊徹次編, 日本産 魚類検索 全種の同定, 東海大学出版会, 東京, 177–184, 1251–1253.
- 波戸岡清峰 (2013) ウミヘビ科. 中坊徹次編, 日本産 魚類検索 全種の同定 第三版, 東海大学出版会, 神奈川, 266–277, 1794–1802.
- 波戸岡清峰・萩原清司 (2013) ワニギス科. 中坊徹次編, 日本産 魚類検索 全種の同定 第三版, 東海大学出版会, 神奈川, 1272–1273, 2094.
- Hibino, Y. (2018) A new species of *Apterichthys* (Actinopterygii:

- Anguilliformes: Ophichthidae) from Tori-shima Island, southern Japan with notes on characters of supraorbital canal. *Species Diversity*, **23**, 219–223.
- Hibino, Y. and Kimura, S. (2016) Revision of the *Scolecenchelys gymnota* species group with descriptions of two new species (Anguilliformes: Ophichthidae: Myrophinae). *Ichthyological Research*, **63**, 1–22.
- Hibino, Y., Kimura, S., Hoshino, K., Hatooka, K. and McCosker, J. E. (2012) Validity of *Scolecenchelys aoki*, with a redescription of *Scolecenchelys gymnota* (Anguilliformes: Ophichthidae). *Ichthyological Research*, **59**, 179–188.
- 日比野友亮・木村清志・波戸岡清峰 (2013) 鹿児島県喜界島から得られた日本初記録のウミヘビ科フトミミズアナゴ (新称) *Scolecenchelys laticauda*. 魚類学雑誌, **60**, 35–41.
- Hibino, Y., McCosker, J. E. and Kimura, S. (2016) A new species of *Apterichtus* (Anguilliformes: Ophichthidae) from the Marquesas Islands. *Zootaxa*, **4117**, 146–150.
- 日比野友亮・中島 淳・乾 隆帝・鬼倉徳雄・安武由矢 (2025) 文献に基づく福岡県産魚類の目録, および標本に基づく種同定の訂正. 北九州市立自然史・歴史博物館研究報告A類 (自然史), **23**, 1–93.
- Ho, H.-C., Hibino, Y. and Huang, J.-F. (2018) Note on rare snake eels (Anguilliformes: Ophichthidae) and additional data on three *Neenchelys* recently described from Taiwan. *Zootaxa*, **4454**, 200–214.
- Ho, H.-C., Endo, H., Lee, C.-L. and Chu, T.-W. (2020) *Bregmaceros anchovia* sp. nov., a new codlet species from the western Pacific Ocean (Gadiformes: Bregmacerotidae). *Zootaxa*, **4801**, 559–569.
- Inui, R., Koyama, A. and Akamatsu, Y. (2018) Abiotic and biotic factors influence the habitat use of four species of *Gymnogobius* (Gobiidae) in riverine estuaries in the Seto Inland Sea. *Ichthyological Research*, **65**, 1–11.
- 伊藤柚貴 (2020) 長崎県対馬から得られた日本における2個体目のアジ科魚類ヨコヅナマルコバン. *Nature of Kagoshima*, **46**, 355–356.
- 岩坪洗樹・伊東正英・山田守彦・本村浩之編 (2022) 薩摩半島沿岸の魚類. 一般社団法人鹿児島水圏生物博物館・鹿児島大学総合研究博物館, 鹿児島, 329p.
- Jordan, D. S. and Snyder, J. O. (1901) A review of the apodal fishes or eels of Japan, with descriptions of nineteen new species. *Proceedings of the United States National Museum*, **23**, 837–890.
- 門脇慧史・山口陽介・長田信人 (2015) 佐世保市黒島の定置網に入網した魚類. 長崎生物学会誌, no. 76, 57–61.
- 河野光久・土井啓行・堀 成夫 (2011a) 山口県日本海産魚類目録. 山口県水産研究センター研究報告, no. 9, 29–64.
- 河野光久・土井啓行・堀 成夫 (2011b) 日本海産魚類目録 (予報). 山口県水産研究センター研究報告, no. 9, 65–94.
- 河野光久・三宅博哉・星野 昇・伊藤欣吾・山中智之・甲本亮太・忠鉢孝明・安澤 弥・池田 怜・大慶則之・木下仁徳・児玉昇治・手賀太郎・山崎 淳・森俊朗・長濱達章・大谷徹也・山田英明・村山達朗・安藤朗彦・甲斐修也・土井啓行・杉山秀樹・飯田新二・船木信一 (2014) 日本海産魚類目録. 山口県水産研究センター研究報告, no. 11, 1–30.
- 菊池泰二編 (1970) 天草臨海実験所近海の生物相 第8集 魚類. 九州大学理学部天草臨海実験所, 熊本, 52p.
- Kim, B.-J.; Kim, I.-S., Nakaya, K., Yabe, M., Choi, Y. and Imamura, H. (2009) Checklist of the fishes from Jeju Island, Korea. *Bulletin of Fisheries Sciences, Hokkaido University*, **59**, 7–36.
- 北野 忠 (2009) 東海地方における河口干潟の底質環境とウキゴリ属魚類の生息状況との関わり. 東海大学紀要. 教養学部, **40**, 411–413.
- 小枝圭太・畑 晴陵・山田彦彦・本村浩之編 (2020) 大隅市場魚類図鑑. 鹿児島大学総合研究博物館, 鹿児島, 633p.
- Lindberg, G. U. and Legeza, M. I. (1959) *Fishes of the Sea of Japan and the Adjacent Areas of the Sea of Okhotsk and the Yellow Sea, Part 1: Amphioxii Petromyzones Myxini Elasmobranchii Holocephali*. Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, Moscow, 208p. (in Russian)
- Machida, Y. and Ohta, S. (1993) Second specimen of Snake-eel, *Apterichtus moseri* (Ophichthinae Ophichthidae). *Japanese Journal of Ichthyology*, **40**, 103–106.
- Markle, D. F. and Olney, J. E. (1990) Systematics of the pearlfishes (Pisces: Carapidae). *Bulletin of Marine Science*, **47**, 269–410.
- McCosker, J. E. and Hibino, Y. (2015) A review of the finless snake eels of the genus *Apterichtus* (Anguilliformes: Ophichthidae), with the description of five new species. *Zootaxa*, **3941**, 49–78.
- Morohashi, Y. and Sasaki, K. (2003) Intensive cannibalism and feeding on bregmacerotids in *Champsodon snyderi* (Champsodontidae): evidence for pelagic predation. *Ichthyological Research*, **50**, 387–390.
- 本村浩之編 (2009) 魚類標本の作製と管理マニュアル. 鹿児島大学総合研究博物館, 鹿児島, 70p.
- 本村浩之 (2024) 日本産魚類全種目録. これまでに記録された日本産魚類全種の現在の標準和名と学名, Online ver. 25, <https://www.museum.kagoshima-u.ac.jp/staff/motomura/jaf.html> (閲覧日: 2024年6月29日)

- 森 慶一郎 (1995) 山口県油谷湾における魚類の生態学的研究. 中央水産研究所研究報告, no. 7, 277–388.
- 長野 光・日比野友亮 (2023) 福岡県におけるテンジクスズメダイの記録. ニッチェ・ライフ, **11**, 46–47.
- 長崎県水産部 (2023) 水産物の宝庫 長崎 水産県ながさきハンドブック. 長崎県水産部, 長崎, 15p.
- 長崎県水産部 (2024) 長崎県水産業の概要. 長崎県水産部, 長崎, 60p.
- 中坊徹次編 (2013) 日本産 魚類検索 全種の同定 第三版. 東海大学出版会, 神奈川, 2428p.
- 中島田正希・日比野友亮 (2020) 玄界灘より得られた福岡県初記録のカタバシイワシ(ニシン目:ニシン科). *Nature of Kagoshima*, **47**, 117–119.
- 中島田正希・日比野友亮 (2022) 福岡県玄界灘より得られたスミツキザメおよびハナザメ(メジロザメ科). *Ichthy, Natural History of Fishes of Japan*, **18**, 11–18.
- 中島田正希・藤田晴大・和田英敏 (2020) 長崎県初記録のミナベヒメジ *Parupeneus biaculeatus*. *Ichthy, Natural History of Fishes of Japan*, **5**, 11–15.
- 夏苺 豊・道津善衛 (1973) 潜水調査による長崎県野母崎沿岸の魚類景観. 長崎県生物学会誌, no. 5, 75–79.
- Nielsen, J. G., Cohen, D. M., Markle, D. F. and Robins, C. R. (1999) *FAO species catalogue. Vol. 18. Ophidiiform fishes of the world (order Ophidiiformes)*. An annotated and illustrated catalogue of pearlfishes, cusk-eels, brotulas and other ophidiiform fishes known to date, FAO Fisheries Synopsis, no. 125, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 178p.
- 西田高志・松永 敦・西田知美・佐島圭一郎・中園明信 (2004) 宗像郡津屋崎町沿岸魚類目録. 九州大学大学院農学研究院学芸雑誌, **59**, 113–136.
- 西田高志・中園明信・及川 信・松井誠一 (2005) 近年の海水温上昇による筑前海沿岸魚類相の変化. 九州大学大学院農学研究院学芸雑誌, **60**, 187–201.
- Nogawa, Y. and Endo, H. (2007) A new species of the genus *Priolepis* (Perciformes: Gobiidae) from Tosa Bay, Japan. *Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series A, Supplement 1*, 153–161.
- Obata, K., Kawai, T. and Shinohara, G. (2023) A rare flatfish, *Samaris spinea* (Teleostei: Pleuronectiformes: Samaridae) from the Ogasawara Islands, Japan, with notes on its distribution, taxonomy and sexual dimorphism. *Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series A*, **49**, 179–189.
- Ozawa, T. (1983) Studies on the bottom fishes of continental slope off Makurazaki, southern Japan – I – faunal composition and variation of abundance –. *Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography*, **44**, 9–16.
- 力丸喬之 (1996) 玄海海域の魚類. 「佐賀県の生物」編集委員会編, 佐賀県の生物, 日本生物教育会佐賀大会, 佐賀, 163–178.
- 清家弘治・飯塚 睦・鈴木克明・板木拓也・片山 肇・兼子尚知・石野沙季・石塚 治・喜瀬浩輝・桑野太輔・山崎 誠 (2025) 東シナ海東北部及び日本海西部における海底堆積物採取調査の概要. 地質調査研究報告, **76**, 217–233.
- Shinohara, G. (2006) A rare jawfish, *Stalix immaculatus* (Perciformes: Opistognathidae) from Sagami Bay, Japan. *Memoirs of the National Science Museum*, no. 41, 335–339.
- Shinohara, G., Nakae, M., Ueda, Y., Kojima, S. and Matsuura, K. (2014) Annotated checklist of deep-sea fishes of the Sea of Japan. *National Museum of Nature and Science Monographs*, no. 44, 225–291.
- 園山貴之・荻本啓介・堀 成夫・内田喜隆・河野光久 (2020) 証拠標本および画像に基づく山口県日本海産魚類目録. 鹿児島大学総合研究博物館研究報告, no. 11, 1–152.
- Smith-Vaniz, W. F. (1989) Revision of the jawfish genus *Stalix* (Opistognathidae), with description of four new species. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, **141**, 375–407.
- 水産庁西海区水産研究所 (1986) 東シナ海・黄海のさかな. 水産庁西海区水産研究所, 長崎, 501p.
- 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.
- 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.
- 鈴木克明・板木拓也・片山 肇・兼子尚知・針金由美子・齋藤直輝・岩谷北斗・松井浩紀・石塚 治・山崎 誠・有元 純・徳田悠希・千徳明日香・池内絵里・井口 亮・鈴木 淳・清家弘治 (2024) トカラ列島西方海域及び屋久島南方海域の底質分布とその制御要因. 地質調査研究報告, **75**, 223–248.
- 竹内直子・瀬能 宏・清野聡子 (2015) 対馬の魚類相～1948–2015年の調査から～. 日本生物地理学会会報, **70**, 1–11.
- 田城文人・小倉良仁・甲斐嘉晃 (2015) ガンゾウビラメ属魚類5種の若狭湾からの記録および日本海における分布域の再検討. 日本生物地理学会会報, **70**, 43–53.
- 田城文人・鈴木啓太・上野陽一郎・船越裕紀・池口新一朗・宮津エネルギー研究所水族館・甲斐嘉晃 (2017)

- 近年日本海南西部海域で得られた魚類に関する生物地理学的・分類学的新知見—再現性を担保した日本海産魚類相の解明に向けた取り組み—。タクサ, no. 42, 22–40.
- 田和篤史・竹垣 毅 (2009) 長崎県野母崎沿岸の浅海魚類相。長崎大学水産学部研究報告, no. 90, 9–18.
- Tomiyama, I. (1972) List of the fishes preserved in the Aitsu Marine Biological Station, Kumamoto University, with notes on some interesting species and descriptions of two new species. *Publications from the Amakusa Marine Biological Laboratory, Kyushu University*, **3**, 1–21.
- 鶴留 司・百武可奈子・川久保晶博 (2021) 平戸市生月町の定置網に入網した魚。長崎生物学会誌, no. 89, 25–32.
- 鶴飼宏明・長井雄一・友田玉洋 (2006) 八代海および御所浦町周辺海域の海産魚類報告。御所浦白亜紀資料館報, no. 7, 19–22.
- 鶴飼宏明・長井雄一・友田玉洋 (2010) 御所浦町周辺海域および八代海の海産魚類報告 (その2)。御所浦白亜紀資料館報, no. 11, 17–21.
- 和田英敏・三木涼平・上城拓也・本村浩之 (2019) 熊本県天草市近海から得られた熊本県初記録を含む魚類。熊本野生生物研究会誌, no. 9, 17–24.
- Williams, J. T. (1984) Studies on *Echinodon* (Pisces: Carapidae), with descriptions of two new Indo-Pacific species. *Copeia*, **1984**, 410–422.
- Xu, C., Deng, S., Xiong, G. and Zhan, H. (1980) Two new fishes from East China Sea. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, **11**, 179–187 (in Chinese with English summary).
- 山田梅芳・時村宗春・堀川博史・中坊徹次 (2007) 東シナ海・黄海の魚類誌。東海大学出版会, 神奈川, 1262p.
- 山口陽介・橋口克伸・久野千香子 (2005) 男女群島 (男島) の潜水調査で見られた魚種。長崎生物学会誌, no. 60, 28–32.
- 山村和久 (1971) 男女群島女島海域の海中景観と魚類。長崎生物学会誌, no. 2, 13–17.
- 吉川 茜・岡本 誠・甲斐嘉晃 (2017) ツマリニギスの日本海南部, 渥美半島沖, および東シナ海北部における記録。魚類学雑誌, **65**, 85–89.

(受 付 : 2024 年 10 月 9 日 ; 受 理 : 2025 年 9 月 19 日)

地質調査総合センター研究資料集

- | | | |
|-----|--|---|
| 761 | 大規模火砕噴火推移時系列データ集 その3 | 池上 郁彦・長田 美里・河野 裕希・
米谷 珠萌・宝田 晋治 |
| 762 | 産総研綾川千疋観測点の地質概要とコア資料 | 木口 努・板場 智史・松本 則夫・
山本 和広・長谷 和則・須永 崇之 |
| 763 | 産総研佐伯蒲江観測点の地質概要とコア資料 | 木口 努・北川 有一・落 唯史・
松本 則夫・長谷 和則・猪狩 一晟 |
| 764 | 焼岳火山の火口位置データおよび完新世噴火イベント集 | 及川 輝樹・宝田 晋治 |
| 765 | 日本の火山ガスの化学・同位体組成 (1991-2024) | 篠原 宏志・齋藤 元治・関 香織・
風早 康平・風早 竜之介・森田 雅
明・萬年 一剛 |
| 766 | 樽前火山及び磐梯火山の火口位置データ及び完新世噴火イベント集 | 古川 竜太・山元 孝広・宝田 晋治・
及川 輝樹 |
| 767 | 機械学習に基づく地震信号分類器と観測点アソシエーション手法 | 寒河江 皓大・矢部 優・内出 崇
彦 |
| 768 | 南硫黄島の全岩主成分化学組成と岩脈分布 | 中野 俊 |
| 769 | 「浜坂地域の地質 (5 万分の 1 地質図幅)」で用いる火山碎屑岩の区分体系 | 工藤 崇 |
| 770 | 航空レーザ測深測量による伊豆大島沿岸域の海底地形データ | 及川 輝樹・石塚 治・古川 竜太・
川辺 禎久・佐々木 寿・加藤(成
毛)志乃・小澤 弘典・栗本 享有 |
| 771 | 微動解析コード BIDO | 長 郁夫 |

地質調査総合センターの最新出版物

5 万分の 1 地質図幅	高見山 門 大河原 米子 (第 2 版)
20 万分の 1 地質図幅	広尾 (第 2 版修正版)
海洋地質図	No. 95 熊野灘海底地質図
火山地質図	No. 24 御嶽火山地質図 No. 23 秋田焼山火山地質図
海陸シームレス地質図	S-8 海陸シームレス地質情報集「伊勢湾・三河湾沿岸域」
水文環境図	No. 15 「大井川下流域」
重力図 (ブーゲー異常)	No. 36 甲府ー静岡地域重力図
土壌評価図	E-10 表層土壌評価基本図 ～中国地方～
特殊地質図	Sr. 41 栃木県シームレス地質図 (第 2 版)
その他	東・東南アジア磁気異常図 改訂版 (第 3 版) 中部地方の地球化学図

Preliminary report on the occurrence of benthic foraminifera in the area south of Ikishima and Tsushima islands, Tsushima Strait

ARIMOTO Jun277

Diversity of azooxanthellate scleractinian corals collected from northwest of Kyushu during cruise GB23

TOKUDA Yuki, SENTOKU Asuka, KISE Hiroki, NAGASAWA Shotaro, SASADA Manae, SUZUKI Yoshiaki, ITAKI Takuya, KATAYAMA Hajime, IIZUKA Mutsumi and SUZUKI Atsushi..... 285

Specimens of the subphylum Anthozoa collected off the coast of northwest Kyushu, Japan

KISE Hiroki, KUSHIDA Yuka, NAGASAWA Syotaro, SASADA Manae and SUZUKI Yoshiaki.....291

Fish specimens collected from the East China Sea and Japan Sea during a marine geological mapping survey of cruise GB23

TAMAI Takaaki, SUZUKI Yoshiaki and TAKAMI Munehiro 299

地質調査研究報告編集委員会

委員長	鈴木 淳
副委員長	宮城 磯 治
委員	東郷 洋 子
	丸山 正
	藤井 孝 志
	斎藤 健 志
	湊 翔 平
	大谷 竜 明
	長森 英 明
	天野 敦 子
	伊藤 剛
	羽地 俊 樹

Bulletin of the Geological Survey of Japan Editorial Board

Chief Editor: SUZUKI Atsushi
Deputy Chief Editor: MIYAGI Isoji
Editors: TOGO Yoko
MARUYAMA Tadashi
FUJII Takashi
SAITO Takeshi
MINATO Shohei
OHTANI Ryu
NAGAMORI Hideaki
AMANO Atsuko
ITO Tuyoshi
HAJI Toshiki

事務局

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター
地質情報基盤センター 出版室
<https://www.gsj.jp/inquiries.html>

Secretariat Office

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
Geological Survey of Japan
Geoinformation Service Center Publication Office
<https://www.gsj.jp/en/>

地質調査研究報告 第76巻 第4/5号
令和7年10月29日 発行

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター

〒305-8567
茨城県つくば市東1-1-1 中央事業所7群

Bulletin of the Geological Survey of Japan
Vol. 76 No. 4/5 Issue October 29, 2025

Geological Survey of Japan, AIST

AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi,
Tsukuba, Ibaraki 305-8567 Japan

BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Vol. 76 No. 4/5 2025

CONTENTS

Special issue on marine geology in the region northwest of Kyushu Island: result of marine geological mapping survey cruises in 2023

Special issue on marine geology in the region northwest of Kyushu Island: result of marine geological mapping survey cruises in 2023 Fiscal Year

INOUE Takahiko, ITAKI Takuya and AMANO Atsuko163

Preliminary results of bathymetric surveys undertaken northwest of Kyushu during cruises GS23 and GB23

KOGE Hiroaki, SATO Taichi, YAMASHITA Mikiya and FURUYAMA Seishiro 169

Preliminary results of geomagnetic surveys off northwest Kyushu during cruises GS23 and GB23

SATO Taichi, KOGE Hiroaki and YAMASHITA Mikiya 177

Preliminary study on geological structures in the marine area around Tsushima and Goto islands based on seismic survey data

ARIMOTO Jun, ISHINO Saki, MISAWA Ayanori and INOUE Takahiko 183

Sub-bottom profile data off Northwest Kyushu obtained during cruise GS23

ISHINO Saki, INOUE Takahiko and FURUYAMA Seishiro 207

Primary report on seafloor sediment sampling in the northeastern East China Sea and western Sea of Japan

SEIKE Koji, IIZUKA Mutsumi, SUZUKI Yoshiaki, ITAKI Takuya, KATAYAMA Hajime, KANEKO Naotomo, ISHINO Saki, ISHIZUKA Osamu, KISE Hiroki, KUWANO Daisuke and YAMASAKI Makoto217

Oceanographic environment of the Tsushima Island

IIZUKA Mutsumi, ITAKI Takuya, SUZUKI Yoshiaki, KATAYAMA Hajime, SAITO Naoki and SUZUKI Atsushi235

Seafloor rock sampling during cruise GB23 offshore of Northwest Kyushu and the geological age of sedimentary rocks based on calcareous nannofossils

ARIMOTO Jun, SUZUKI Yoshiaki, ISHIZUKA Osamu and UTSUNOMIYA Masayuki 241

Chemical composition of marine surface sediments in the area offshore from northwestern Kyushu, Japan (Cruise GB23)

KUBOTA Ran, TACHIBANA Yoshiko, SUZUKI Yoshiaki, IIZUKA Mutsumi, ITAKI Takuya, KATAYAMA Hajime, KANEKO Naotomo, ISHINO Saki, ISHIZUKA Osamu and KISE Hiroki259

continued on inside back cover