

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

鈴木 克明^{1,*}・板木 拓也¹・片山 肇¹・兼子 尚知¹・山崎 誠²・
徳田 悠希³・千徳 明日香⁴

SUZUKI Yoshiaki, ITAKI Takuya, KATAYAMA Hajime, KANEKO Naotomo, YAMASAKI Makoto, TOKUDA Yuki and SENTOKU Asuka (2022) Submarine sediment distribution and its controlling factors around the Takarajima Island and the Suwanosejima Island. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 73(5/6), p. 275–299, 11 figs, 3 tables.

Abstract: As part of geological survey cruise GB21-1 around the southern area off the Tokara Islands, we conducted surface sediment sampling at 61 sites and sediment core sampling at 2 sites. Muddy sediments subjected to strong biological disturbance were found at depths of 800 m or more. Core sample analysis revealed that this biological disturbance extended to at least 2 m below the seafloor. The distribution of sandy sediments, gravel and outcrops were not necessarily limited by water depth. Rather, sediment distribution appeared to be influenced by the existence of submarine volcanoes, which can act as sources of sediment under the seafloor, in addition to sediment from islands in the region. Bedforms such as ripples, local concentrations of biological remains, and the distribution of outcrops and gravel deposits, which were frequently observed around Takarajima Island, suggest that the meandering Kuroshio Current has a marked effect on sediments in the area. To the southwest of Suwanosejima Island, muddy deposits were found below a rippled volcanic ash sand layer. Based on assessments of sediment particle size and composition, it is possible that these muddy sediments were deposited by geological event(s), such as slope failure from Suwanosejima Island.

Keywords: Tokara Islands, East China Sea, Northwest Pacific, Sedimentology, Event deposit, Bryozoa, Planktonic foraminifera, Coral

要 旨

トカラ列島南部海域において実施した海底地質調査航海GB21-1では、61地点で表層採泥、2地点で柱状試料採泥を実施した。おおむね水深800 m以上の平坦な海底には泥質堆積物が分布し、多くの地点で強い生物擾乱を受けている。コア試料分析によれば、生物擾乱の影響は少なくとも海底下約2 m程度まで見られる。砂質堆積物や礫、露頭の分布は、必ずしも浅い水深には限定されない。こうした底質分布は島嶼部に加えて海底下の堆積物供給源となりうる海底火山の存在に規制されていると思われる。宝島周辺で多く見られるリップルなどのベッドフォーム、生物遺骸の局所的な濃集、露頭や礫質堆積物の分布は、本海域で蛇行する黒潮の強い影響を示唆する。諏訪之瀬島南西方では、海底表面にリップルを呈する火山灰質砂層の下位に泥質堆積層が存在し、その粒径コン

トラストや粒子組成から、諏訪之瀬島など近傍の陸地から、例えば斜面崩壊などを起源としてイベント的に堆積した可能性がある。

1. はじめに

トカラ列島は南西諸島を北部・中部・南部に分ける地形学的境界のうち北部と中部の境界である「トカラギャップ」の周辺に位置する島嶼群の総称であり、トカラ列島の主要な島としてくちのしま なかのしま すわのせじま口之島、中之島、諏訪之瀬島、たいらじま あくせきしま こたからじま たからじま平島、悪石島、小宝島、宝島が挙げられる。

トカラ列島の島々の多くは第四紀に活動の履歴が認められる火山島である。特に口之島、中之島、諏訪之瀬島は現在でも活発な活動の記録がある活火山である(下司・石塚, 2007)。また、島嶼部の西側を中心に多数の海丘が存在しており、未報告の海底火山が数多く存在する海域でもある。近年でも、詳細な海底地形データの解析など

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

³ 鳥取環境大学 環境学部 (Faculty of Environmental Studies, Tottori University of Environmental Studies, Tottori, 689-1111, Japan)

⁴ 琉球大学理学部 (Faculty of Science, University of the Ryukyus, Okinawa, 903-0213, Japan)

* Corresponding author: SUZUKI, Y., Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: yoshiaki.suzuki@aist.go.jp

から海底火山地形が新規に報告されている(Minami *et al.*, 2014; Minami *et al.*, 2021). これらの火山, 海底火山群の活発な活動により火山起源碎屑物が海域全体にわたり供給されていると考えられる. しかしこれらの火山群からもたらされる堆積物が, 本海域においてどのように分布しているかの詳細は現在のところ明らかになっていない. 本海域における火山起源堆積物の起源ごとの分布やその時系列変化を堆積物の組成・分布解析や柱状試料の分析に基づいて解明することができれば, 本海域における火山活動をはじめとした地質災害リスクの評価に貢献することができる.

トカラ列島周辺海域の海洋, 海底環境に火山群と同様に多大な影響を与えているのが本海域付近を通過する黒潮の流路である. 黒潮は大局的には東シナ海から北上して太平洋に向かうが, トカラ列島周辺で大きく東に蛇行して太平洋側へ抜けることが知られている. トカラ列島は陸地面積こそ小さいものの周辺の海底は比較的浅くなっているため, 黒潮の蛇行時は地形的な制約に伴って流速の増加, 黒潮反流の形成, 下流側での活発な乱流の形成などの様々な現象が観測されている(例えば, Tsutsumi *et al.*, 2017). しかし, 黒潮に関連する観測, 研究は海洋表層部に着目したものが多く, トカラ列島周辺での海底付近での黒潮に伴う底層流の挙動実態や, ベッドフォーム, 堆積物の組成分布に与える影響についての詳細は分かっていない. また, 黒潮が通過してくる東シナ海においては, アジア大陸の揚子江や黄河など巨大河川群から多量の河川水や土砂, 栄養塩が供給されており, 長江希釈水と呼ばれる独特な水塊を形成している(Kim *et al.*, 2009). 黒潮の流路として東シナ海の下流側かつ近傍に位置するトカラ列島周辺海域もこうした大陸河川起源水の影響下にある可能性が高い. こうした黒潮の流路や黒潮を通じて供給される物質は黒潮そのものに加えて島嶼部や海底地形の影響を受けて複雑に分布していると考えられ, その詳細は未解明である.

「トカラギャップ」は悪石島と宝島の間に位置し, 地形的境界だけでなく, 九州本土と沖縄・奄美群島の生物分布を区切る「渡瀬線」と呼ばれる分布境界線で区別されている(Komaki and Ebach, 2021; 木村, 1996). 陸上で地形に規制されているように引かれている生物分布境界線が, 海中, 海底生態系においてどのように存在するのか, あるいは存在しないのかは本海域における生物地理学上の重要な課題である.

このように, トカラ列島周辺海域は地質学, 海洋学, 生物学など多くの面で未知の課題を多く含む海域である. 網羅的な海域地質調査による表層堆積物の採取・分析やそれに含まれる生物群集の解析, 水塊構造の直接観測といった基礎データを蓄積することで, こうした課題を解決することに大きく貢献できる.

産業技術総合研究所では, 日本周辺海域における20万

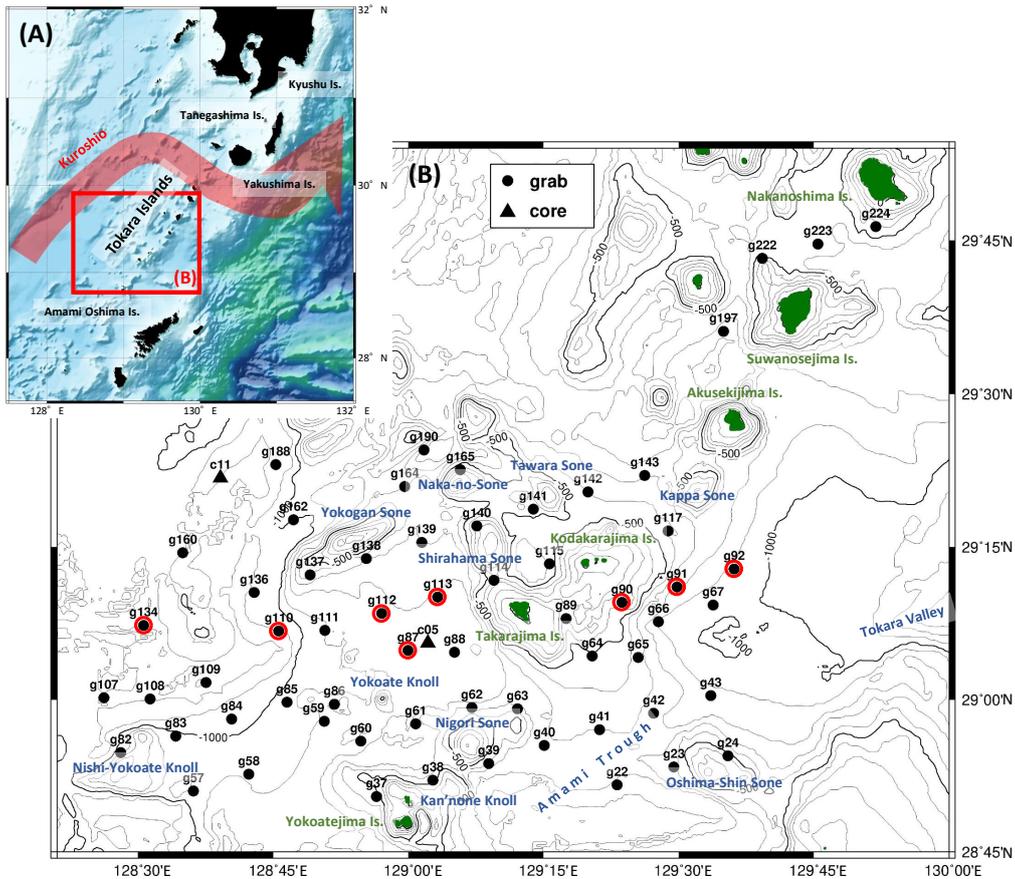
分の1海洋地質図の網羅的な作成を目的とした海域地質図プロジェクトの一環として, 2021年3月に東海大学の調査実習船「望星丸」を使用してトカラ列島周辺海域において海底地質調査航海(GB21-1)を実施した. 南西諸島において, 屋久島・種子島以北及び奄美大島以南の海域は詳細な地質調査が完了しており, 表層堆積図を含む海域地質図の出版が進んでいる(例えば, 池原, 2014; 板木, 2015). 本海域での調査を行うことで, 南西諸島での縦断的な海域地質調査が完了する. トカラ列島周辺における海域地質調査は2020~2022年度の三年間にわたり実施する予定であり, GB21-1航海はその1年目として, トカラ列島周辺海域の南部, 宝島周辺海域を主な調査対象範囲として実施された. 本論文では, GB21-1航海で採取した堆積物について主要な底質とその分布, それらを制御していると考えられる要因について主に船上記載データと生物試料の分析結果に基づいて検討を行った.

2. 調査・分析方法

2.1 表層試料採泥

トカラ列島南部に位置する宝島, ^{よこあてしま}横当島周辺及び西方海域と, 諏訪之瀬島周辺海域において, 表層堆積物の組成や分布を把握するため, 木下式グラブ採泥器(K-グラブ)による表層採泥を61地点で実施した(第1図). K-グラブには海底カメラ, ニスキン採水器, CTD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-グラブは海中下降時の動揺により着底前に誤作動する可能性がある. これを防ぐため, 超音波高度計と連動して海底上7mで解除される電磁石式の誤作動防止システム(板木, 2018)を運用した. 海底カメラは超音波高度計と連動させ, 海底面上2mで作動し, 海底面の写真を撮影する. ニスキン採水器も同様に超音波高度計と連動し, 海底面上7mで蓋が閉まるようセットした. これらの超音波高度計と連動する装置群と独立に, 降下中の水質データを連続取得するためにCTDを設置した(板木ほか, 2022). 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を設置した. 一部の地点では音速度計Midasを装着し, 水中音速度の直接観測を行った(高下ほか, 2022).

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, 採取された堆積物にプラスチック製の縦5cm, 横6cm, 高さ30cmの有田式角柱容器を貫入し, 柱状試料(以下サブコア)を採取した. 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, もう一本は実験室においてに分割(厚さ1cmのスラブ試料と, 5cmの角柱試料)した. 角柱試料は断面を整形した後, 写真撮影と肉眼記載, CT像取得に用いた. スラブ試料は軟X線写真による堆積構造解析に使用した. サブコア試料採取と並行し, 以下の試料分



第1図 (A)トカラ列島位置図。(B) GB21-1航海実施範囲におけるGrab, コア試料採取地点図。浮遊性有孔虫分析を実施した地点を赤丸で囲った。海底地形は岸本(2000)に基づく。

Fig. 1 (A)Location of the Tokara Islands. (B)Sampling points of K-grab and gravity corer on GB21-1 cruise. The analysis of planktonic foraminifera is conducted on red circled points. Sea-bottom topography is based on Kishimoto (2000).

取を試料の量に応じて行った。

- ・岩石磁気的研究用のキューブ試料を定方位で1個採取。
- ・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。
- ・採取した底質に応じて、堆積物DNA、コケムシ類、イシサンゴ類、浮遊性有孔虫、底生有孔虫、貝形虫、ウシオダニ類分析用の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。

これらの試料分取を実施した後、残った試料を底面積1815 cm²のプラスチックバケツに移し、おおよその試料体積を確認した。バケツに移した試料は5 mmメッシュを用いて水洗いし、5 mmより大きな残渣を礫、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採取した。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。

2.2 柱状試料採泥

本海域での典型的な堆積速度や堆積物組成、堆積環境の時代変化を把握するため、沖縄トラフ東縁のサイトc11と宝島西方の海盆に位置するサイトc05において大口径グラビティコアラ（バレル長5 m）を用いた柱状試料採泥を行った（第1図）。採取時に欠損するコア最上部を擾乱なく採取するため、パイロットとして簡易式マルチプルコアラ（アシュラ式採泥装置）を用いた。グラビティコアラ本体のフリーフォールは3 mに設定し、ヘッド部には方位傾斜計を装着した。

採取したグラビティコアラ試料は船上でアーカイブハーフとワーキングハーフに分割し、ワーキングハーフからは軟X線像撮影による堆積構造解析のため、厚さ1 cm、幅5 cm、長さ20 cmのスラブ試料を採取した。その後L字アングル2本を組み合わせたLLチャンネルを用いた一辺1.5 cmの角柱型試料の採取と、定容量のキューブ試料2列（岩石磁気的研究及び含水率、乾燥かさ密度測定に用いる）を採取し、残余をキューブ試料の境界にあわせて

約2.2 cm間隔で分取した。アーカイブハーフは表面を整形後、実験室内で写真撮影、肉眼記載、分光測色計コンカミノルタCM-600dを用いた1 cm間隔での色測定を行った。キューブ試料のうち1列は湿潤重量と凍結乾燥機による乾燥重量を測定し、含水率及び乾燥かさ密度を算出した。

アシュラ式採泥装置で取得した3本の表層堆積物コアのうち、1本目はアーカイブ及びCT像取得用としてホールコアのまま保管した。2本目はアーカイブハーフとワーキングハーフに分割して、ワーキングハーフからはスラブ試料採取と含水率・乾燥かさ密度測定用のキューブ試料採取を行った後、2.2 cm間隔でスライスした。アーカイブハーフは表面を整形後、グラビティコア試料と同様に実験室内での写真撮影、肉眼記載、1 cm間隔での色測定を行った。3本目は厚さ1 cmでスライスしてユニパックに保管した。ただしサイトc05ではアシュラ式採泥装置から2本のコアしか得られなかったため、1 cmスライスは実施しなかった。

コア試料は採取、半割後に自然ないし人工的な変形を受けるため、試料の長さは一定ではなく、例えばキューブ採取時に測定した「コアトップから10.0 cm」と色測定時の「コアトップから10.0 cm」は同一層準であるとは限らない。そこで各試料及びデータの取得位置について、半割試料断面に10 cm間隔で打ったピン、コアトップ及びコアボトムとの間の相対的な位置関係を記録することで、約5 mm以下の精度で対比できるようにした。スライス試料及びキューブ試料の採取位置、色データの測定位置はこれらの位置記録に基づいて写真撮影時に写り込んだスケールに投影したものをを用いた。

2.3 軟X線像及びCT像取得

グラブ試料から採取した有田式サブコア及び柱状試料から採取したスラブ試料を用いて、堆積構造を把握するため軟X線像撮影を実施した。撮影条件は電流1.5 mA、電圧40 kVとし、露光時間は20秒に設定した。

また、堆積物の内部構造を三次元的に把握するためにX線CT装置(Supria Grande, 日立製作所製, 産総研地質調査総合センター共同利用実験室)を用いたCT像撮影を実施した。CT像撮影には有田式サブコアより分割した角柱試料と、コア試料のアーカイブハーフ(グラビティコア)及びホールコアで持ち帰ったアシュラ試料を用いた。撮影条件は電流120 mA、電圧80 kV、撮影視野90 mmとした。画像再構成にあたってスライス厚を0.625 mm、マトリクス数を512×512と設定し、再構成フィルターとして軟物質用フィルター(人体・内臓観察用)を用いた。

2.4 コケムシ類分析

採泥器が船上に揚収された後、約100 ccの堆積物試料を分取し、常温保存した。採泥時及び持ち帰った50試

料の目視観察では、ほとんどの試料中にコケムシ骨格は含まれていなかった。

目視観察でコケムシ骨格が認められたg39(水深657 m)について、試料を開口0.125 mmの篩で水洗し、篩上に残った碎屑物を自然乾燥した。乾燥した試料から開口4 mmの篩で岩塊を取り除き、2.5 g以上5.0 g未満となるよう分割・秤量し、検鏡試料とした。この試料に含まれるコケムシ類の炭酸塩骨格破片を双眼実体顕微鏡下で拾い出した。コケムシ類の同定を行うとともに、コケムシ骨格の合計重量を秤量して、堆積物中のコケムシ骨格含有率を算出した。

2.5 浮遊性有孔虫分析

本海域での浮遊性有孔虫の分布の概要を把握するため、宝島周辺海域の8測点を選定して浮遊性有孔虫の群集解析を行った(第1図)。試料にはK-グラブで採取された表層堆積物の表層約1 cm部分を用いた。試料は採取後、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 °C)で十分に水洗した。その後、それぞれの残渣を濾紙上に回収し、60 °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重量を測定したうえで封筒または薬包紙に保存した。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すべ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。

2.6 サンゴ類分析

K-グラブにより採泥した全61地点中、堆積物試料が十分量あった47地点においてサンゴ分析用に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 µm、74 µm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。また、船上において各種分析用に堆積物を分取した残りの堆積物を5 mmの目合いで水洗して、その残渣からもほぼ全てのサンゴ個体を採集した。骨格試料については水洗後乾燥させ、地点ごとにチャック袋に入れ保存した。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. 堆積物採取・分析結果

3.1 表層堆積物採取結果

GB21-1調査では計61地点(水深173 ~ 1169 m)におい

てK-グラブによる表層堆積物試料の採取に成功した。取得した堆積物について、採取緯度経度、着底時の水深、残渣分類結果、サブコア試料ないしタッパー試料の肉眼観察に基づく船上記載結果を第1表に示した。また、61地点のうち57地点で海底写真の撮影に成功した。サイトg62, g87, g115, g117での投入時は海底カメラが作動せず、写真を撮影できなかった。海底写真及び方位傾斜計から得た、着底時及び海底上約2 mにおける採泥器方位（真北からの時計回り角度で表記）、写真から判別できる底質及びリップルの有無を第2表に示す。サイトg62, g83, g87ではグラブ採泥器が作動しなかったため、それぞれ2回、2回、3回の投入を行った。これら再投入を実施した地点で最後の投入により取得した採泥試料番号はそれぞれ投入回数をつけ、g62-2, g83-2, g87-3とした。グラブ不作動の原因は「採泥試料上面の蓋の跳ね戻りを防ぐため取り付けられたゴム板の弾力が強すぎ、グラブの作動を阻害した」「誤作動防止装置作動により解除される仮止め用リングが摩擦により抜けなかった」などであり、それぞれゴム板の一部を切除して弾力を弱める、リングに摩擦低減のためグリスを塗布するなどの対応を講じた。サイトg62ではグラブ不作動の原因が誤作動防止装置の不具合であった。このサイトg62では音速度計Midasを装備しての投入を実施しており、誤作動防止装置の不具合の原因としてMidasと超音波高度計（海底上7 mで誤作動防止装置を解除する設計）との干渉が懸念されたため、2回目の投入では誤作動防止装置をあらかじめ解除した状態で採泥器投入を行った。なお、他にMidasを装備した採泥を実施した4地点（g24, g107, g141, g197）ではこのような問題は発生せず、誤作動防止装置が正常に作動したため、サイトg62での誤作動防止装置の不具合は、結線の不備や高度計バッテリーの残量不足など別の原因で発生したと考えられる。g164及びg223では一回目の離底時に張力計の変化が乏しく、採泥器が作動していない可能性があったため、離底から数m巻き上げたのちに再度着底させた。これらの再投入ないし再着底を実施した地点について、採泥位置、着底時水深、方位は試料採取に成功した再投入時及び再着底時の記録を示した。

第2図には船上記載及び海底写真判読から総合的に判断、分類した主たる底質（露頭、礫質、粗粒砂質、中粒砂質、細粒砂質、泥質）を示す。加えてリップルが認められる地点には矢印でその流向を示した。底質が露頭の場合、グラブ試料で採取できるのは露頭を薄く覆っていた少量の細粒物質であることが多い。この場合は第2図に示す「主たる底質」としては海底写真判読結果（露頭）を採用した。K-グラブにより採取した試料からは、主たる底質を問わずほとんどの地点で5 mm以上の礫ないし生物遺骸を主要成分とする残渣が採取された。これら5 mm以上の残渣の主要構成物については第2図に「P」（パミス質）、「D」（暗色岩片）、「B」（生物遺骸）の文字で示

した。残渣がごく少量、あるいは全く得られなかった地点は「-」で示した。残渣が全く得られなかったのはg87-3のみである。以下に本海域における底質の分布を、露頭及び礫質堆積物、砂質堆積物、泥質堆積物に分類して記述する。

3.2 露頭及び礫質堆積物

調査海域における主たる底質として、12地点が露頭、5地点が礫質堆積物と分類された。採取水深範囲は露頭が173～1034 m、礫質堆積物323～714 mで、様々な水深に分布している。礫質堆積物及び露頭は、宝島、小宝島周辺の浅海部及び、宝島から南東の大島新曾根に連なる尾根上、南西の濁り曾根に向かう尾根上、北西の白浜曾根、中ノ曾根を経て横ガン曾根に連なる尾根上に分布する。また横当海丘南東方の地形的な高まりでも露頭が観察された。

露頭と認定された12地点のうち11地点では露頭の表面を覆う礫、砂泥、固着生物やその遺骸のみが採取され、露頭を構成する岩石試料は採取できなかったが、海底写真の観察に基づいて露頭と認定した（サイトg65の例：第3図A）。西横当海丘東方のサイトg83のみ、グラブ採泥器作動時に露頭から剥離したと見られる半固結泥岩の岩片が採取された（第3図B）。なお、泥岩の堆積年代は浮遊性有孔虫及び石灰質ナノ化石群集解析によれば0.29～0 Maに堆積したと推定される（有元・宇都宮，2022）。

礫質堆積物は宝島～小宝島周辺（サイトg64, g114, g117）及び横ガン曾根南側斜面（サイトg137, g138）から採取され、いずれも主にパミス質の礫を主要成分とする（第3図C, D）。サイトg137, g138で採取された礫の表面は暗灰色から暗褐色に変色している。サイトg64で採取された礫は暗黄褐色に変質している。またサイトg117で採取されたパミス質礫は強い変質を受けており、全体が黄土色に変色し、脆く崩れやすい。サイトg114では暗褐色に変色したパミス質礫に加えて生物遺骸が採取された。

3.3 砂質堆積物

調査海域における主たる底質として、26地点が砂質堆積物と分類された。うち5地点が極細粒～細粒砂質（水深705～932 mで採取）、15地点が中粒砂質（水深416～868 mで採取）、6地点が粗粒～極粗粒砂質（水深222～1071 m）である。砂粒子は主に火山灰、パミスないしスコリア質の火山性碎屑物、その他砂岩、泥岩や、これらがマンガン被覆を受けた岩片、サンゴ、有孔虫、翼足類などの軟体動物、海綿動物などを起源とする生物源碎屑物などから構成される。砂質堆積物を取得した地点の全てで5 mm以上の残渣が回収された。残渣はおおむねその地点の砂粒子と近い組成を持ち、灰色～灰黄色のパミス質ないし、暗褐色～黒色のスコリア、砂岩、泥岩、これらがマンガン被覆を受けた岩片（本論文ではこれら

第1表 GB21-I 航海で採取されたグラブ・コア採泥試料の採取位置, 着底時の水深, ワイヤー長, 試料容積と肉眼観察に基づき主要構成物, 5mm以上残渣として回収された生物遺骸の一覧.

Table 1 List of grab and core samples collected during the GB21-I cruise, showing position, water depth, and wire out at the landing time. Major components based on macroscopic observation, sample volume, and biological remains collected as a residue larger than 5 mm are also shown.

Site	Sampler	date (YYYY/MM/DD)	Latitude (deg-min)	Longitude (deg-min)	Depth (m)	Wire out (m)	Sample volume (L)	major component based on VCD	Organic residue
g22	K-grab	2021/3/18	28-51.5995	129-23.1519	823	838	22	scoriaceous poorly sorted coarse to fine sand (15 cm)	Organic remains
g23	K-grab	2021/3/18	28-53.3643	129-29.4443	572	579	2	scoriaceous pebbles and very coarse to medium sand	Coral, Organic remains
g24	K-grab	2021/3/18	28-54.4605	129-35.4605	473	486	13	poorly sorted scoriaceous pebbly sand and very coarse sand (11 cm)	Mollusk, Shark, Sea Urchin, Brachiopod, Coral
g37	K-grab	2021/3/10	28-50.4589	128-56.4466	543	550.9	9	scoria pebbly and bioclastic medium to coarse sand (9 cm)	Pteropod, Snail, Coral
g38	K-grab	2021/3/10	28-52.0545	129-2.7093	489	503.8	15	bioclastic very coarse to medium sand and pumice gravels (16 cm)	Pteropod, Shell, Sponge, Coral
g39	K-grab	2021/3/19	28-53.7013	129-8.9014	657	675	18	medium to fine sand with scoria gravels (15cm)	Mollusk, Crinoid, Barnacles, Brachiopod, Sponge, Coral
g40	K-grab	2021/3/19	28-55.4893	129-15.0624	702	712	18	medium to fine sand with scoria pebbles (14 cm)	Snail, Coral
g41	K-grab	2021/3/18	28-57.0398	129-21.2051	705	713	22	fine to very fine sand (16 cm)	Coral, Organic remains
g42	K-grab	2021/3/18	28-58.6501	129-27.2013	735	748	9	medium to fine sand and pumice gravels (8cm)	Mollusk, Sea Urchin, Barnacles, Brachiopod, Coral
g43	K-grab	2021/3/18	29-0.3873	129-33.5522	861	873	36	medium to coarse sand interbedded by coarse to very coarse sand (20 cm)	Mollusk, Brachiopod, Sponge, Coral
g57	K-grab	2021/3/20	28-51.0051	128-36.1302	1005	1012	0	pebbles and fine sand	Mollusk
g58	K-grab	2021/3/20	28-52.6583	128-42.2701	960	966	36	silty clay (21 cm)	
g59	K-grab	2021/3/10	28-57.8635	128-50.6561	849	853.5	36	very fine sandy silt (21 cm)	
g60	K-grab	2021/3/10	28-55.9058	128-54.7102	841	845.4	36	very fine sandy silt patched by fine sandy silt (21 cm)	
g61	K-grab	2021/3/19	28-57.61	129-0.7988	759	772	0	gravels and bioclasts	
g62-2	K-grab	2021/3/19	28-59.0953	129-12.1	746	758.5	13	medium to fine sand (9 cm)	Mollusk, Coelenterata, Barnacles, Sponges
g63	K-grab	2021/3/23	29-4.2796	129-20.3852	524	599	4	bioclastic very coarse sand and gravels	Mollusk, Fish, Barnacles, Sponge, Coral
g64	K-grab	2021/3/23	29-4.1381	129-25.4945	638	646	9	poorly sorted very coarse sandy gravels	Sponge, Coral
g65	K-grab	2021/3/23	29-7.6533	129-27.7371	896	904	4	poorly sorted very coarse sand and pumice gravels	Fish, Barnacles
g66	K-grab	2021/3/16	29-9.286	129-33.8176	943	953	36	very fine sandy silt (22 cm)	Organic remains
g67	K-grab	2021/3/16	28-54.7817	128-28.0658	942	962	31	very fine sandy silt (20 cm)	Sponge
g83-2	K-grab	2021/3/14	28-56.4046	128-34.1743	852	859	0	semi-consolidated mud(stone) and very fine sandy clay	
g84	K-grab	2021/3/20	28-58.0798	128-40.3693	958	970	36	very fine sandy clay (17cm)	Sponge
g85	K-grab	2021/3/14	28-59.7399	128-46.5112	942	952	36	silty clay (21 cm)	Pteropod, Bivalve, Sponge
g86	K-grab	2021/3/10	28-59.5391	128-51.7776	847	851.6	36	very fine sandy silt (22 cm)	Sponge
g87-3	K-grab	2021/3/9	29-4.8281	128-59.9481	883	888.1	36	silty clay (top 2cm) and fine sandy silt (22 cm)	
g88	K-grab	2021/3/19	29-4.6494	129-5.106	699	702	16	coarse to fine sand (12 cm)	Sponge, Organic remains
g89	K-grab	2021/3/23	29-9.615	129-17.4972	248	274	0	bioclastic medium to fine sand	
g90	K-grab	2021/3/23	29-9.5475	129-23.7009	353	364	7	bioclastic fine to very fine sand and gravels (6 cm)	Mollusk, Crinoid, Bryozoa, Sponge, Coral, Ragworm
g91	K-grab	2021/3/16	29-11.0639	129-29.8061	808		7	poorly sorted to fine sand (5 cm)	Brachiopod
g92	K-grab	2021/3/16	29-12.8182	129-36.1468	924	933	27	silty fine to very fine sand (17 cm)	Organic remains
g107	K-grab	2021/3/20	29-0.1751	128-26.1948	1077	1087	36	silty clay (19 cm)	
g108	K-grab	2021/3/14	29-0.0568	128-31.3265	1169	1174	36	very fine sandy silt (18 cm)	Shark
g109	K-grab	2021/3/14	29-1.682	128-37.5274	1163	1170	36	silty clay (23 cm)	Sponge
g110	K-grab	2021/3/9	29-6.741	128-45.6022	1071	1054.2	31	poorly sorted coarse sand (20.5 cm)	Shell, Sponge
g111	K-grab	2021/3/9	29-6.794	128-50.7253	915	920	31	poorly sorted coarse to fine sand (23 cm)	Shell, Sponge
g112	K-grab	2021/3/9	29-8.4644	128-57.0307	836	844	25	gravel overlapped by silty medium to fine sand (13 cm)	
g113	K-grab	2021/3/23	29-10.0701	129-3.2352	828	836	18	poorly sorted very coarse to very fine bioclastic sand (12 cm)	Sponge
g114	K-grab	2021/3/23	29-11.7201	129-9.4828	323	326	0	cemented bioclastic very coarse sand and gravels	

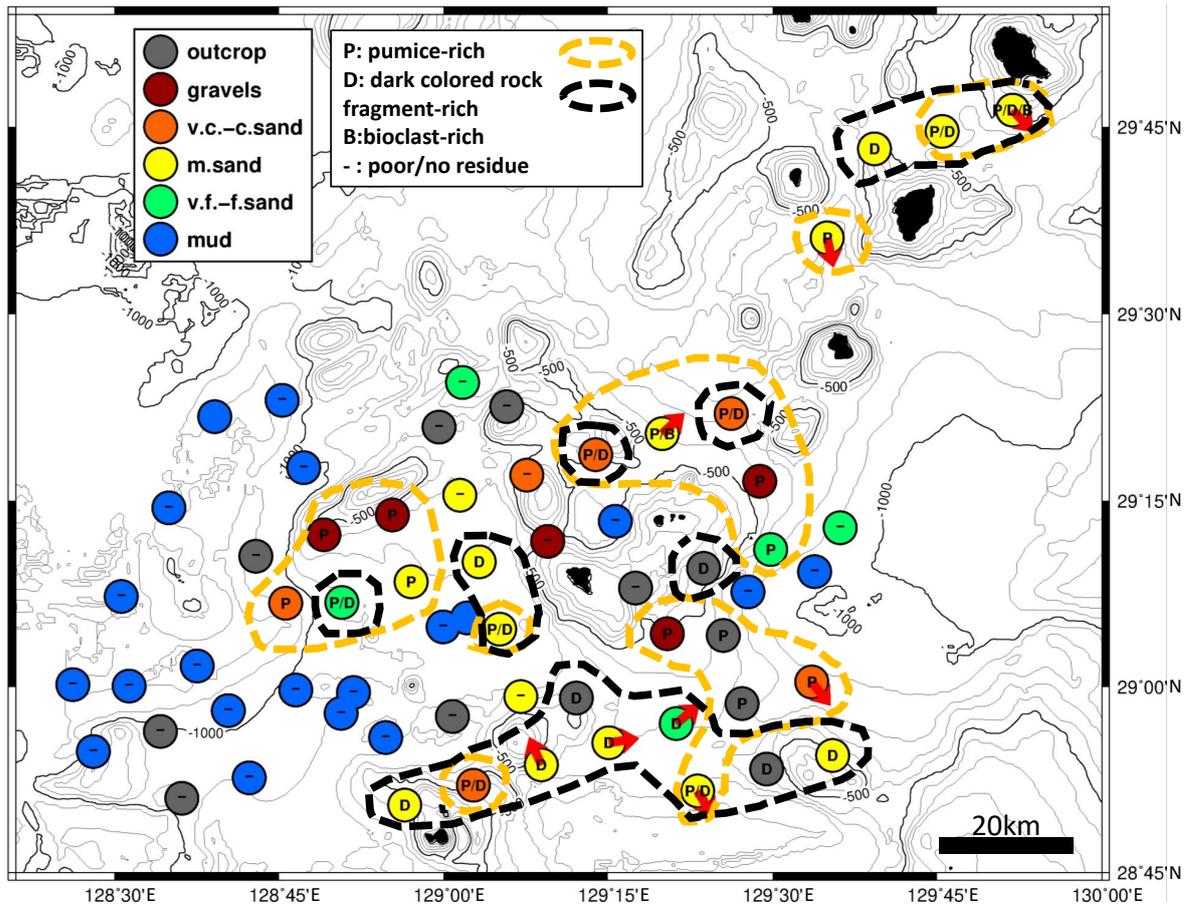
第1表 続き.
Table 1 Continued.

Site	Sampler	date (YYYY/MM/DD)	Latitude (deg-min)	Longitude (deg-min)	Depth (m)	Wire out (m)	Sample volume (L)	major component based on VCD	Organic residue
g115	K-grab	2021/3/23	29-13.3392	129-15.6489	614	630	33	very fine sandy silt (17 cm)	Organic residue
g117	K-grab	2021/3/16	29-16.5603	129-28.8117	576	612	7	gravels (deformed pumice?) and medium sand (7 cm)	Mollusk
g134	K-grab	2021/3/14	29-7.2858	128-30.6054	1151	1156	36	silty clay (21 cm)	Brachiopod, Organic remains
g136	K-grab	2021/3/17	29-10.5208	128-42.8744	1034	1040	0	pebbles	
g137	K-grab	2021/3/15	29-12.252	128-49.0771	677	685	18	bioclastic medium to fine sand and pumice gravels	Shell, Sponge
g138	K-grab	2021/3/15	29-13.8414	128-55.3223	714	722	5	poorly sorted medium to very coarse sand (6 cm)	Pteropod, Shell, Sponge
g139	K-grab	2021/3/15	29-15.4348	129-1.4751	709	715	16	bioclastic medium sand (13 cm)	Organic remains
g140	K-grab	2021/3/15	29-17.0461	129-7.5794	222	216	0	rich bioclasts, gravels and very coarse to medium sand	
g141	K-grab	2021/3/16	29-18.6921	129-13.86	475	483	15	bioclastic medium to coarse sand with scoria gravels (11 cm)	Pteropod, Shell, Barnacles, Sponge, Coral, Ragworm
g142	K-grab	2021/3/16	29-20.3808	129-19.929	583	593	36	bioclastic medium sand (20 cm)	Pteropod, Bivalve, Sea Urchin, Sponge
g143	K-grab	2021/3/16	29-21.9974	129-26.2133	669	681	5	very coarse sand and gravels (9 cm)	
g160	K-grab	2021/3/17	29-14.4154	128-34.9465	1125	1133	36	silty clay (18 cm)	
g162	K-grab	2021/3/15	29-17.652	128-47.2356	1003	1012	36	silty clay (21 cm)	
g164	K-grab	2021/3/15	29-20.9138	128-59.5821	682	693	0	medium to coarse sand	
g165	K-grab	2021/3/15	29-22.5597	129-5.7507	173	180	0	rich bioclasts, gravels and very coarse to medium sand	
g188	K-grab	2021/3/17	29-23.0617	128-45.2755	1145	1153	36	silty clay (19 cm)	
g190	K-grab	2021/3/15	29-24.4932	129-1.7208	932	935	36	silty very fine sand (18 cm)	Organic remains
g197	K-grab	2021/3/24	29-36.1061	129-34.9611	868	884	18	coarse to fine sand (depth: 0-5cm), laminated very fine sandy silt (depth: 5-9cm) and very fine sand (total length: 12 cm)	
g222	K-grab	2021/3/24	29-43.235	129-39.2688	509	541	22	bioclastic medium sand (14 cm)	Mollusk, Sea Urchin, Coelenterata, Bryozoa, Sponge
g223	K-grab	2021/3/24	29-44.631	129-45.4393	563	585	9	bioclastic medium to fine sand (9 cm)	Mollusk, Coral
g224	K-grab	2021/3/24	29-46.3369	129-51.8721	416	426	27	bioclastic coarse to medium sand (18 cm)	Mollusk, Echinodermata, Bryozoa, Sponge
c05	GC / AS	2021/3/23	29-5.5537	129-2.1562	873	870	-	silty clay patched by very fine sandy silt (ash?). Total length: 227cm + 25cm ashura	
c11	GC / AS	2021/3/17	29-21.7496	128-39.1298	1144	1142	-	silty clay. Total length: 389cm + 35cm ashura	

第2表 グラブ採泥器着底時の方位、傾斜及び海底から2m上(2m asb)での方位データと、海底写真によって認められた各地点の海底の特徴。

Table 2 Orientation, inclination and orientation data at 2m above the seafloor (2m asb) at the time of landing of K-grab. Seafloor characteristics at each point recognized by the seafloor photograph are also shown.

Station	Direction (bottom) (degree)	X-tilt (bottom) (degree)	Y-tilt (bottom) (degree)	Direction (2m asb) (degree)	characteristics of seafloor	flow direction based on ripple (degree)
g22	116.3	6	3.65	117.5	rippled bed	149.5
g23	244.2	8.33	-3.47	238.1	outcrop	
g24	30.8	-1.19	0.69	29.4	flat bed (sediment)	
g37	334.2	-1.43	2.64	347.4	flat bed (sediment)	
g38	107	-1.77	5.43	104.4	flat bed with gravels	
g39	201.1	1.93	3.08	201.6	rippled bed	336.6
g40	80.8	0.36	2.29	75.6	rippled bed	81.6
g41	262.8	-1.72	0.46	259.3	rippled bed	50.3
g42	333.6	-10.32	2.57	333.8	outcrop with gravels	
g43	170.7	4.88	-8.51	161.5	rippled bed	141.5
g57	305.8	-32.32	-0.86	293.3	outcrop	
g58	3.9	0.19	3.13	8.4	flat bed?	
g59	233.7	0.32	1.9	254.5	flat bed?	
g60	33.9	0.42	4.6	38.2	flat bed (sediment) with rich burrows	
g61	106.2	-4.43	-2.54	103.0	outcrop	
g62-2	62.2	-12.75	5.52	61.1	no photo	
g63	279.7	-0.24	4.14	274.3	outcrop covered by gravels	
g64	241.5	-8.23	6.49	264.2	gravels	
g65	16.3	5.95	2.14	28.4	outcrop	
g66	141.8	-0.45	0.72	150.6	flat bed (sediment)	
g67-2	169.2	0.52	2.54	166.4	flat bed (sediment)	
g82	256.1	0.66	1.48	263.6	flat bed (sediment) with rich burrows	
g83-2	168.8	-2.36	1.29	166.6	outcrop	
g84	246.2	0.47	4.23	244.0	flat bed (sediment) with burrows	
g85	265.4	-0.18	2.84	263.1	flat bed?	
g86	114.1	-1.69	-0.76	125.3	flat bed (sediment) with burrows	
g87-3	241.8	2.26	3.9	246.6	no photo	
g88	344.7	1.09	3.64	346.3	flat bed (sediment)	
g89	40.5	2.36	3.36	57.2	outcrop with rich organism	
g90	230.5	-7.63	3.54	225.6	outcrop(?) with sand and gravels	
g91	161.7	1.42	1.8	163.6	flat bed (sediment)	
g92	166.2	0.1	2.24	169.2	flat bed (sediment)	
g107	25.1	0.48	0.84	26.1	flat bed with burrows	
g108	135	-0.72	0.33	140.3	flat bed?	
g109	37.3	2.44	2.43	40.9	flat bed (sediment)	
g110	232.3	0.2	11.06	227.7	flat bed?	
g111	24.9	-0.08	-0.01	34.5	flat bed with burrows	
g112	298.5	-0.38	2.85	302.0	flat bed with gravels	
g113	285.9	0.96	1.28	287.5	flat bed (sediment)	
g114	66.3	1.41	3.12	61.8	gravels	
g115	60.8	1.92	-3.17	87.4	no photo	
g117	359	-2.02	4.62	356.5	no photo	
g134	66	0.86	1.87	72.0	flat bed with burrows	
g136	255.4	0.56	-6.03	252.9	outcrop	
g137	89.5	-6.35	0.15	91.4	gravels	
g138	139.9	0.94	1.2	155.8	gravels (outcrop?)	
g139	300.1	0.12	-1.52	312.2	flat bed (sediment)	
g140	245.8	1.49	2.55	250.9	flat bed with rich organism	
g141	40.5	-0.23	4.6	28.9	flat bed with gravels	
g142	277.5	0.58	8.5	277.2	rippled bed	47.2
g143	237.1	-0.65	0.87	268.6	flat bed with gravels	
g160	212.2	0.21	4.79	207.3	flat bed (sediment)	
g162	38.6	0.71	1.11	42.8	flat bed (sediment)	
g164	317.8	53.61	-11.05	315.6	outcrop	
g165	246.4	1.35	1.35	267.3	outcrop with rich organism	
g188	11.3	-0.45	2.43	341.2	flat bed with burrows	
g190	77.5	0.94	6.54	98.6	flat bed with burrows	
g197	0.9	3.28	-2.93	3.1	rippled bed	168.1
g222	340.2	1.5	0.45	325.3	flat bed (sediment)	
g223	190.3	-0.35	2.02	184.9	flat bed (sediment)	
g224	151.5	1.95	2.61	148.1	rippled bed	137.1



第2図 調査海域における主たる底質の分布. 主にサブコア試料の肉眼記載と海底写真観察に基づいて作成した. 海底写真でリップルが認められた地点ではその位置と流向を赤矢印で示した. オレンジ及び黒色の破線はそれぞれパミス質, 暗色岩片質の堆積物が認められる範囲を示す.

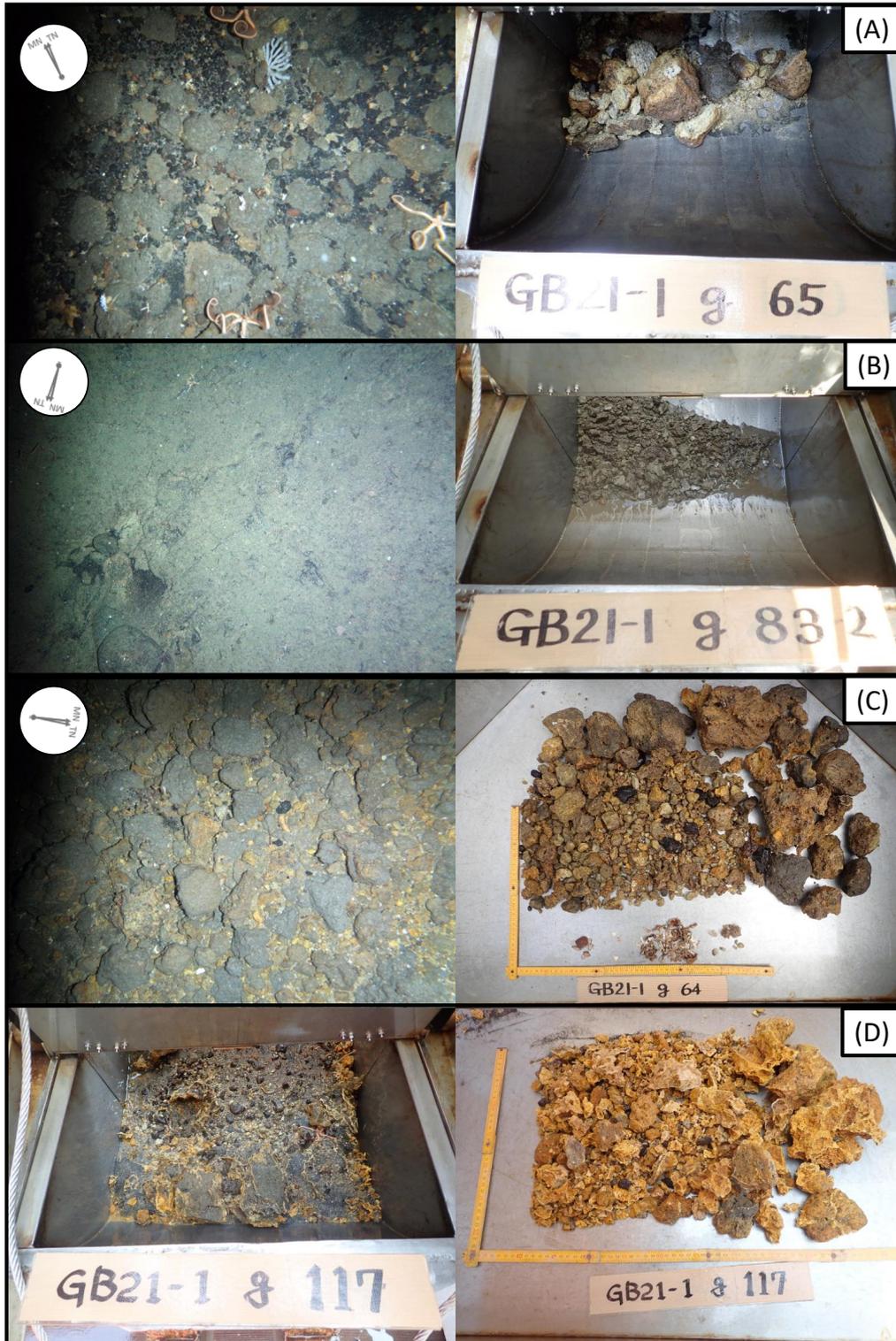
Fig. 2 The distribution of major sediment types in the survey area of GB21-1 cruise. Major sediment types are classified mainly based on the visual core description of sub-core samples and observation of seafloor photos. Red arrows and their directions indicate positions and directions of rippled beds. The orange and black dashed lines indicate the areas where pumice and dark-colored rock fragment deposits are found, respectively.

を一括して暗色岩片と呼称する), これらの中間的な組成を持つ黄土色~褐色の碎屑物と, 生物源碎屑物を主要成分とする. こうした礫種はいずれかの種類が卓越して見られることが多いが, パミス質及び暗色岩片質の礫が混合して採取された地点もある(第4図A~C). 5 mm以上の大型の生物遺骸としては海綿動物, 刺胞動物, 軟体動物, コケムシ動物, 腕足動物, 棘皮動物, 脊椎動物(サメの歯など)などが採取された. 俵曾根東方のサイトg142では, 火山性碎屑物に匹敵する量の生物遺骸(主に翼足類の殻から構成される)が得られた(第4図D). 砂質堆積物が採取された地点のうち, 濁り曾根東側斜面から大島新曾根西側斜面にかけての5地点(サイトg22, g39, g40, g41, g43), 小島島北方の1地点(サイトg142), 諏訪之瀬島周辺の2地点(サイトg197, g224)ではリップル

が観察された(第2図). リップルはその峰に対して非対称な断面形状を持っていた. リップルの形状から推測される流向(緩傾斜側から急傾斜側に向かう方位)は傾向として海域の東西で異なっており, より西側の地点(g39)では北北西, 中間的な位置(g40, g41, g142)では東北東向き, さらに東側(g22, g43, g197, g224)では南南東-南東向きの傾向を持つ.

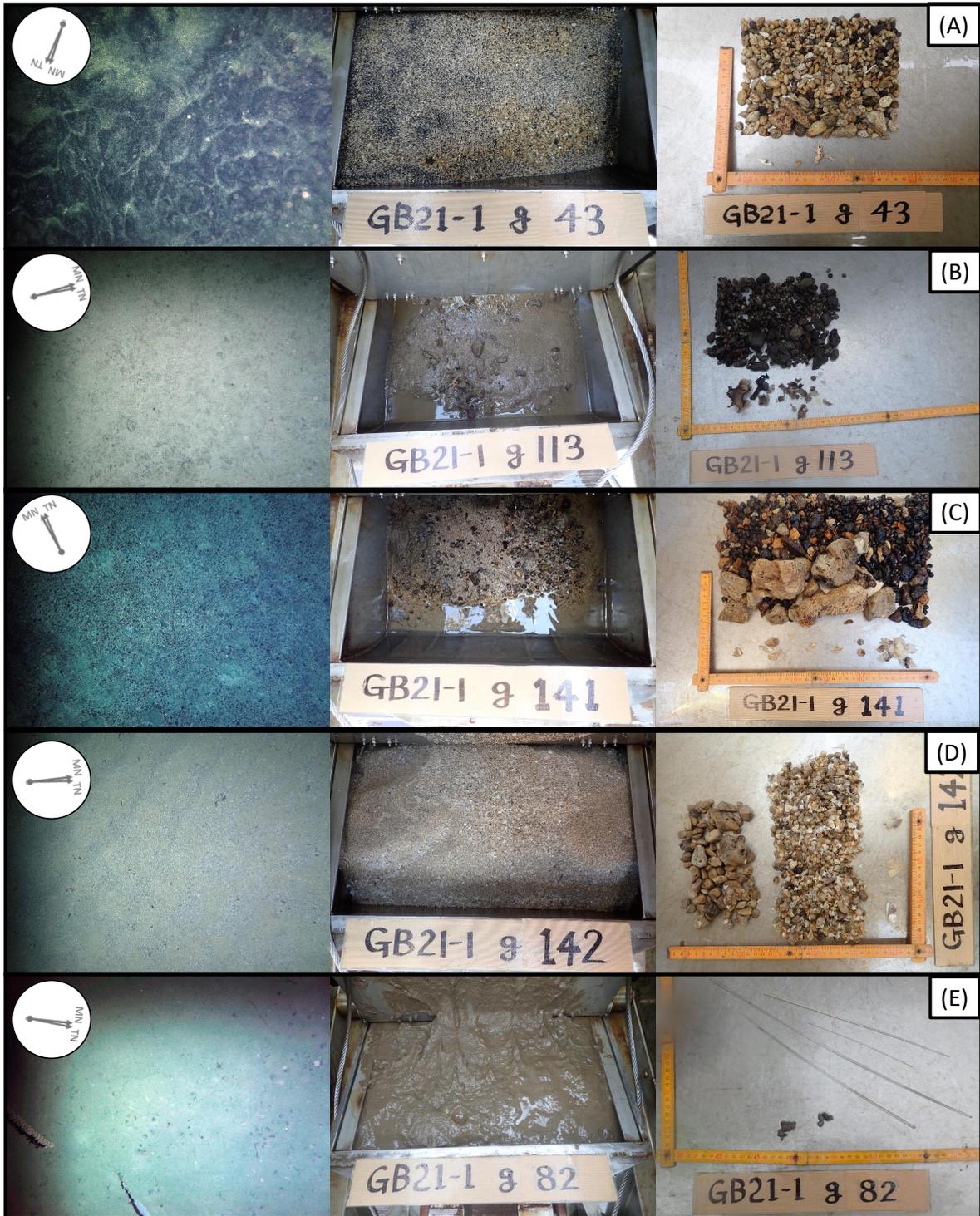
3.4 泥質堆積物

調査海域における主たる底質として, グラブ採泥を実施した地点のうち18地点が泥質堆積物と分類された. また柱状試料を採取した2地点についても泥質堆積物が採取されたため, これらを含む20地点について本節で一括して記載する. 泥質堆積物を得た20地点のうち19地



第3図 露頭、礫質堆積物と認定された地点の写真。海底写真には撮影時の方位(真北:TN, 磁北:MN)も示した。(A)(B)露頭と認定されたサイトg65, g83の海底写真及びグラブ表面写真。(C)礫質堆積物と認定されたサイトg64の海底写真及び5mmメッシュで洗浄後の残渣写真。(D)礫質堆積物と認定され、明褐色に変質したパミス質礫を主成分とするサイトg117のグラブ表面写真及び5mmメッシュで洗浄後の残渣写真。

Fig. 3 Seafloor photos, grab surfaces, and residues (>5mm) taken on the sites of outcrop and gravels. Arrows on seafloor photos indicate true north (TN) and magnetic north (MN). (A)(B) Seafloor photos and grab surfaces of site g65 and g83, classified as the outcrop. (C) A seafloor photo and residues (>5 mm) of site g64, classified as gravels. (D) Grab surface and residues (>5mm) taken on the site g117. The major component of site g117 is crushed pumice gravels with their color turning to bright brown.



第4図 砂質堆積物、泥質堆積物と認定された地点の海底写真、グラブ表面写真及び5mmメッシュで洗浄後の残渣写真。海底写真には撮影時の方位(真北:TN, 磁北:MN)も示した。(A)~(D)砂質堆積物と認定されたg43, g113, g141, g142の写真。それぞれ残渣写真に観察できるように、パミス質、暗色岩片質、パミス質と暗色岩片質の混合、生物源碎屑物を主要な粒子組成とする。(E)泥質堆積物と認定されたg82の写真。海底写真上に巣穴や底生生物が観察され、残渣として海綿骨針が採取された。

Fig. 4 Seafloor photos, grab surfaces, and residues (>5 mm) taken on the sites of sand and mud. Arrows on seafloor photos indicate true north (TN) and magnetic north (MN). (A)–(D) photos taken on sites g43, g113, g141 and g142, classified in their major sediment types as sand. Residues indicate that their major components are pumice, dark-colored rock fragments, the mixture of these two, and bioclasts. (E) photos taken on the site g82, classified in the major sediment types as mud. Burrows and benthos are found in the seafloor photo. Sponge spines are collected as residues (>5 mm).

点は、水深800 mよりも深い地点から採取された。このうち17地点は横ガン曾根、白浜曾根、宝島に囲まれた海盆から沖縄トラフに向かう平坦な海底に分布しており、2地点は奄美舟状海盆からトカラ海底谷に向かう、宝島東方の海盆の西淵部に位置する。泥質堆積物を得た地点のうち水深が800 mよりも浅かったのはグラブ採泥サイトg115 (水深614 m)のみである。ただし、水深800 m以上の採泥点であっても、その全ての堆積相が泥質堆積物というわけではなく、3-2、3-3節で記述した通り、より粗粒な物質が主たる岩相として認定された地点もある。

泥質堆積物を得られた地点の海底写真では、エビやヤギなどの底生生物や、底生生物の巣穴が複数観察された。また肉眼観察でも粒径がパッチ上に粗粒化している様子は多く観察され、CT画像、軟X線像において生痕が発達する様子が観察された(第4図E)。スミアスライドを用いた鏡下観察によれば、泥質堆積物を構成するのは主に有色鉱物、粘土鉱物、火山ガラス、有孔虫などの微生物殻であった。5 mmメッシュで篩にかけた残渣はどの地点でも採取された堆積物量に対してごく僅かであるが、パミス質ないし暗色岩片質の礫や海綿骨針が多くの地点で採取され、一部の地点では魚類の歯や耳石なども観察された(第4図E)。

本調査において、柱状試料を2地点で採取した。柱状試料採泥サイトc05は横ガン曾根、白浜曾根、宝島に囲まれた海盆に位置し、コア長227 cmのグラビティコア試料及びコア長25 cmのアシュラ試料を採取した(第5図)。このコア試料は主に粘土質シルトから構成され、深度95～102 cm、深度189～224 cmには極細粒砂質シルト層が挟在する。また最下部の深度224～227 cmは火山灰質の極細粒砂層である。それ以外にもコア全体にわたり極細粒砂のパッチを多く含む。CT像観察によれば、コア最上部から深度185 cmまでは生痕が発達する様子が観察され、それより下位では生痕の発達は弱い。深度106.5～106.8 cm及び深度108.9～110.6 cmにシルト～中粒砂サイズの火山灰層が存在する。

柱状試料採泥サイトc11は沖縄トラフ北縁部に位置し、コア長389 cmのグラビティコア試料及びコア長35 cmのアシュラ試料を採取した。このコア試料はほぼ全て火山灰や浮遊性有孔虫遺骸を含むシルト質粘土で構成されており、380～389 cmには火山灰質の極細粒砂質シルト層が見られる。極細粒砂質シルト層の上位10 cmには上方細粒化の傾向が観察できる。コア最上部から深度190 cmまでは生痕が発達する様子が見られる(第6図)。これより下位では生痕の発達は弱く、CT画像及び軟X線像では不明瞭な層状構造が観察される。また深度160.0 cm、195.5 cm、310.8 cmには火山灰質の薄層が認められる。その他肉眼では認定できなかったが周囲よりも高密度(X線透過度が低く、CT画像上では白く見える)な薄層が数枚見られた。

以上に述べた20地点の他、諏訪之瀬島南西沖のサイトg197 (主たる底質としては中粒砂質に分類)では、最表層の砂質堆積物の下位に厚さ5 cm程度の極細粒砂から泥質の堆積物が見られた。この堆積物の詳細は4.3節で検討する。

3.5 コケムシ試料分析結果

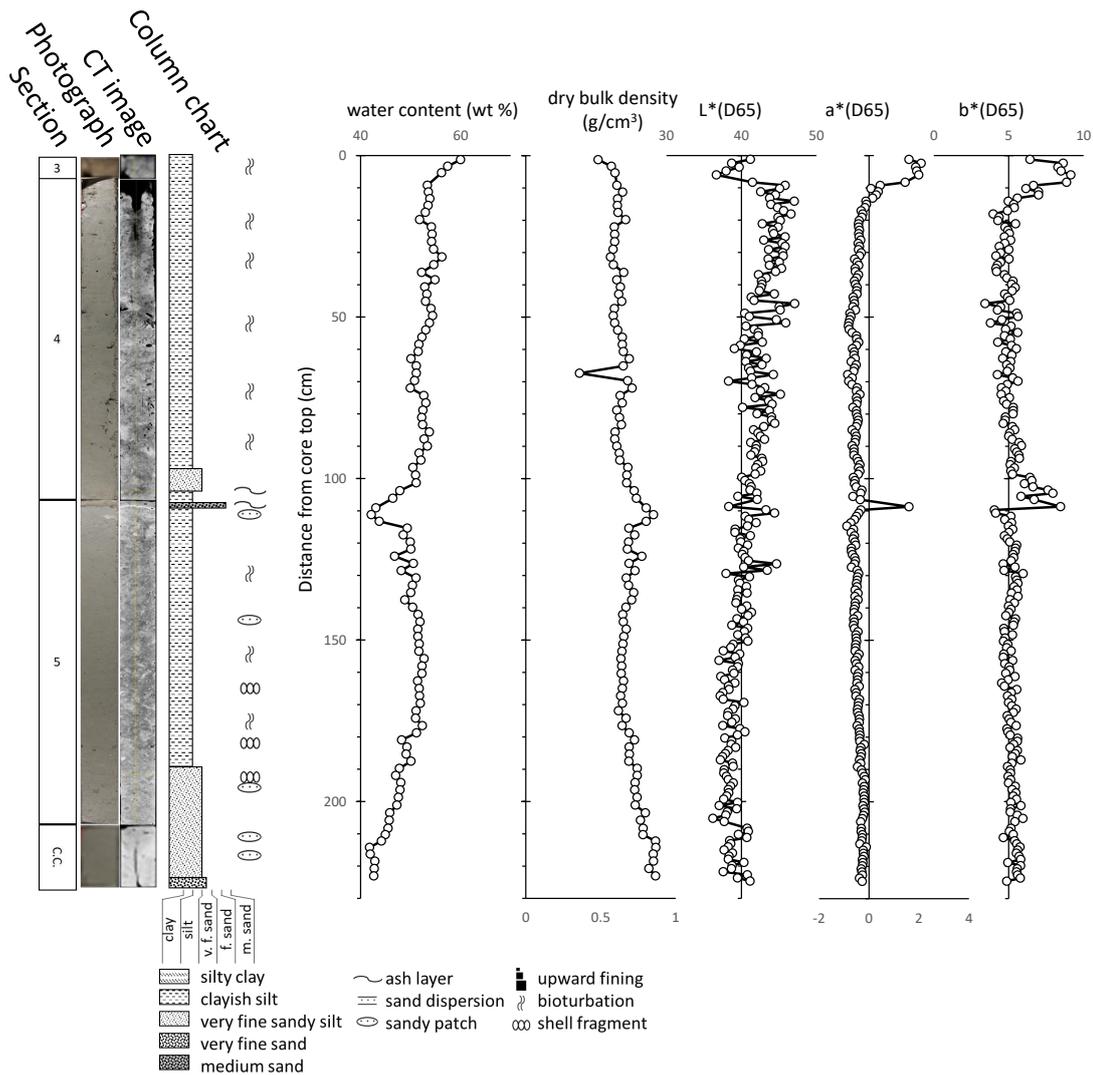
サイトg39 (中粒砂質、水深657 m)では、18属5種のコケムシ類を識別した。多くが変色・摩耗して保存の悪い状態であるため、種レベルまでの同定は困難なものが多数を占めた。コケムシ骨格が堆積物中に占める重量は、2.9%であった。また、採泥時の観察ではサイトg140 (粗粒砂質、水深222 m)とサイトg165 (露頭、水深173 m)にコケムシ骨格が豊富に含まれていたものの、試料の全体量が少なかったため、コケムシ用試料の分取、分析は実施していない。

3.6 浮遊性有孔虫分析結果

本調査海域の8試料(第7図a)から産出した浮遊性有孔虫は13属29種である。10%以上の頻度を示す種は*Globigerinita glutinata* (Egger), *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny), *Neogloboquadrina dutertrei* (d'Orbigny), *Pulleniatina obliquiloculata* (Parker and Jones), *Globigerina bulloides* d'Orbigny, *Trilobatus sacculifer* (Brady)の6種である(第7図b～g)。またこれらの種に加え、*Globigerina falconensis* Blow, *Turborotalita quinqueloba* (Natland), *Globigerinoides tenellus* Parkerと*Globoconella inflata* (d'Orbigny)が最大4～9%の頻度で産出した。本調査測点を特徴づける種として*G. glutinata*, *G. ruber*, *G. bulloides*と*N. dutertrei*の4種が挙げられ、浮遊性有孔虫が産出するすべての試料で群集の68%を占める。

3.7 イシサンゴ類分析結果

採泥を行った61地点(水深173～1169 m)のうち17地点でイシサンゴ類が採集された(第8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473～868 mであった。採集されたイシサンゴ標本を検討した結果、13科17属17種が同定された(第3表)。採集されたイシサンゴは全てが骨格遺骸であった。本調査域内において採集されたイシサンゴの種数が最も大きかった地点はサイトg38 (水深489 m)であり、10属10種が採集された。採集されたイシサンゴの個体数が最大であったのはサイトg24 (水深473 m)であり、29個体確認された。サイトg224 (水深416 m)は有光層以下の水深であるが、有藻性イシサンゴ(*Merulinidae* gen. et sp. indet)が1群体採集された。また、ヒドロサンゴ類Family *Stylasteridae* (Cnidaria: Hydrozoa: Anthoathecata: Filifera)はサイトg24, g38, g39, g42, g222から採集され、特にサイトg38では多量



第5図 グラビティコア試料c05の断面写真, CT像, 柱状図及び, 含水率, 乾燥かさ密度, 測色計で得た L*a*b*の測定値.

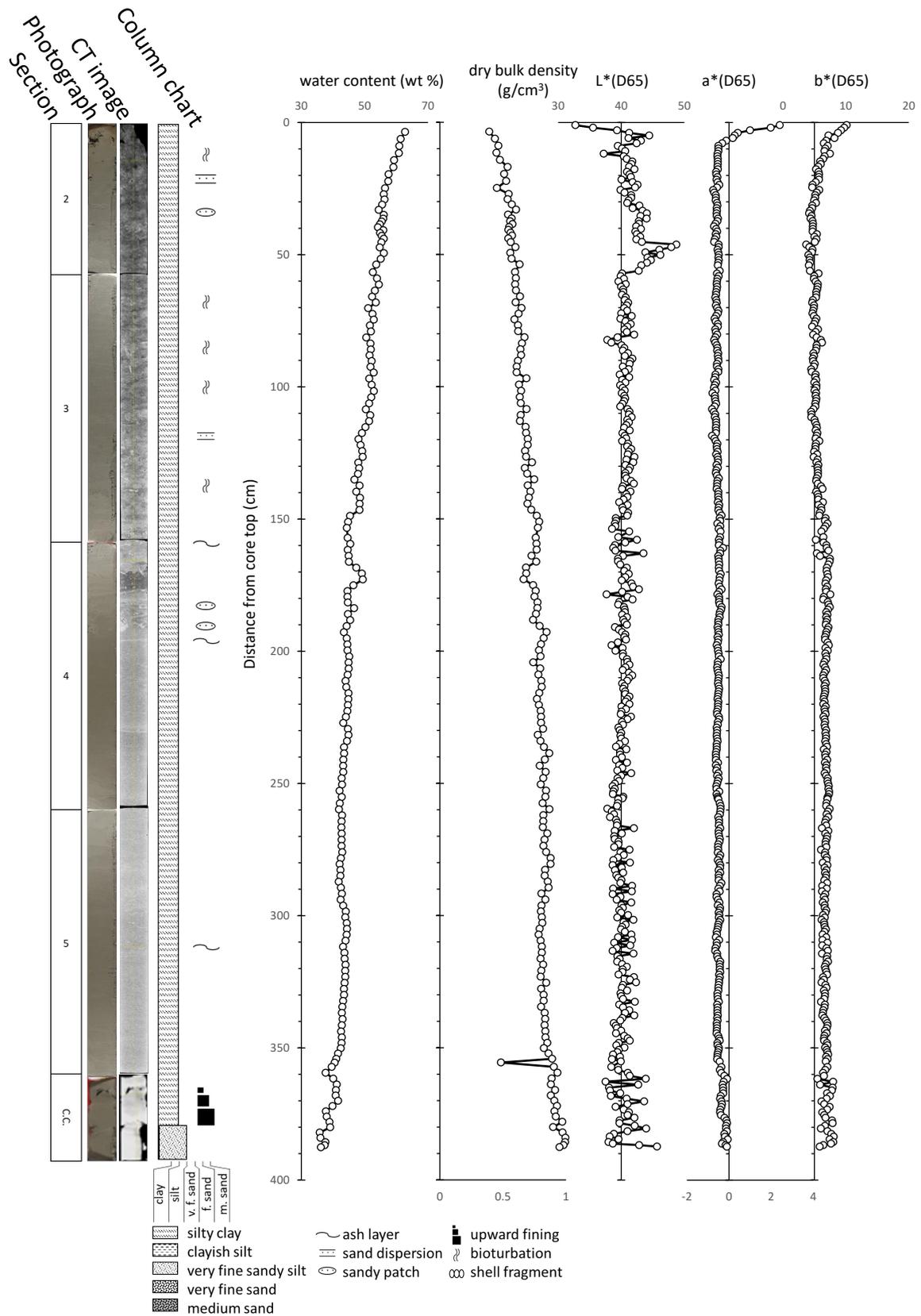
Fig. 5 Cross-sectional photograph, CT image, column chart, water content (wt%), dry bulk density (g/cm³) and L*a*b* values obtained by colorimeter CM-600d of the gravity core sample c05.

のヒドロサンゴ類が確認された。採集されたヒドロサンゴは、そのほとんどが骨格表面が赤褐色に変色していたが、g38においては保存の良い骨格も採集された。また、g114, g140, g165における海底写真では海綿動物に混じり、ヒドロサンゴが礫に固着している様子が、さらにサイトg114では海底表面にヒドロサンゴ類と思われる遺骸が大量に集積している様子が認められた。八放サンゴ類はトクササンゴ科Family Isididae (Cnidaria: Anthozoa: Octocorallia: Alcyonacea)と考えられる骨軸の一部がサイトg24, g42, g222から採集された。また、サイトg23, g24, g63, g85, g89, g107, g114, g164の各海底写真においては、生体の八放サンゴ類が認められた。サイト

g24における海底写真では2次元的な樹状形態を示す八放サンゴが3群体認められた。それらの樹状形態の平面部分はほぼ同様の方向を向いており、その平面部分と直交する直線の真北からの角度は時計回りに $328.7 \pm 4.0^\circ$ (mean \pm SE; N = 3)と、ほぼ北北西-南南東方向であった。

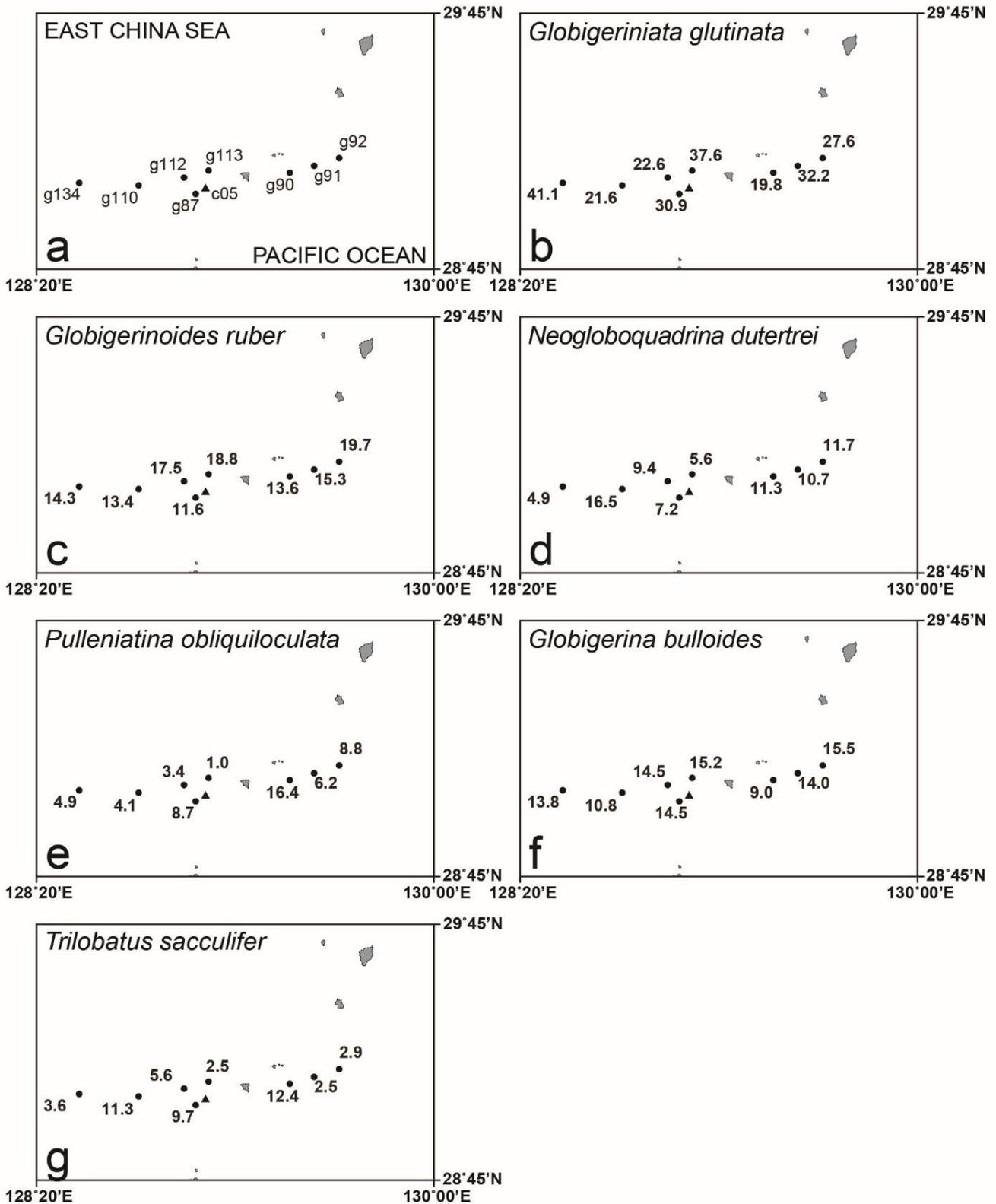
4. 議論

本章では、K-グラフで実施した表層採泥試料とその観察・分析結果の中から、本海域の底質分布を規定する主要因と考えられる、島嶼及び海底地形と黒潮の影響について考察した後、諏訪瀬島南西方で採取した特徴的な砂泥互層堆積物についてその成因を検討する。



第6図 グラビティコア試料c11の断面写真, CT像, 柱状図及び, 含水率, 乾燥かさ密度, 測色計で得たL*a*b*の測定値.

Fig. 6 Cross-sectional photograph, CT image, column chart, water content (wt%), dry bulk density (g/cm³) and L*-a*-b* values obtained by colorimeter CM-600d of the gravity core sample c11.



第7図 宝島周辺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 ~ g). b ~ gの数値は各試料中の産出頻度 (%) を示す.

Fig. 7 The distribution of six major planktic foraminifera around Takarajima Island. (a) Sampling points of K-grab. (b)-(g) Relative abundance (%) of major planktic foraminifera.

第3表 GB21-1 航海で採集されたイシサンゴ類のリスト.

Table 3 List of coral species with sampling sites

ORDER	
Family	
Species	Collection locality (St.)
SCLERACTINIA	
Meruliniidae	
gen. et sp. indet.	g224
Fungiacyathidae	
<i>Fungiacyathus (Fungiacyathus) paliferus</i> (Alcock, 1902)	g24, g222
<i>Fungiacyathus (Bathyactis) turbinolioides</i> Cairns, 1989	g22, g40, g41, g197
<i>Fungiacyathus</i> sp.	g141
Micrabaciidae	
<i>Letepsammia formosissima</i> (Moseley, 1876)	g24, g90, g141
<i>Stephanophyllia fungulus</i> Alcock, 1902	g38, g224
Anthemiphylliidae	
<i>Anthemiphyllia dentata</i> (Alcock, 1902)	g38
<i>Anthemiphyllia</i> sp.	g24
Oculinidae	
<i>Madrepora oculata</i> Linnaeus, 1758	g38, g64
<i>Madrepora</i> sp.	g43
Deltocyathidae	
<i>Deltocyathus vaughani</i> Yabe & Eguchi, 1937	g24, g38
<i>Deltocyathus heteroclitus</i> Wells, 1984	g141, g222
<i>Deltocyathus stella</i> Cairns & Zibrowius, 1997	g38
<i>Deltocyathus</i> cf. <i>taiwanicus</i> Hu, 1987	g37, g40, g64
<i>Deltocyathus</i> sp.	g24, g39, g141
Caryophylliidae	
<i>Caryophyllia (Caryophyllia)</i> sp.	g24, g42, g224
<i>Caryophyllia (Caryophyllia)</i> cf. <i>marmorea</i> Cairns, 1984	g24
<i>Conotrochus</i> ? sp.	g24
<i>Goniocorella dumosa</i> (Alcock, 1902)	g223
Turbinoliidae	
<i>Cyathotrochus pileus</i> (Alcock, 1902)	g24
<i>Deltocyathoides orientalis</i> (Duncan, 1876)	g38
<i>Idiotrochus kikutii</i> (Yabe & Eguchi, 1941)	g24, g38
Gardineriidae	
<i>Gardineria</i> ? sp.	g24
Stenocyathidae	
<i>Stenocyathus vermiformis</i> (Pourtalès, 1868)	g64
<i>Truncatoguynia irregularis</i> Cairns, 1989	g38, g222
Flabellidae	
gen. et sp. indet.	g38
<i>Flabellum (Flabellum) pavoninum</i> Lesson, 1831	g38
<i>Flabellum (Flabellum)</i> sp.	g90
<i>Flabellum (Ulocyathus)</i> sp.	g90, g224
<i>Flabellum</i> sp.	g24, g39
<i>Truncatoflabellum</i> cf. <i>vigintifarium</i> Cairns, 1999	g37
<i>Truncatoflabellum dens</i> (Alcock, 1902)	g38
<i>Truncatoflabellum</i> sp.	g39, g40
<i>Rhizotrochus</i> sp.	g43
Dendrophylliidae	
<i>Balanophyllia</i> sp.	g224

すでに海丘として認定されている海底地形に加えて、本海域において取得された航走観測データによれば、既存の海底地形データでは検出されていなかった未報告の海底火山も多数存在することが示唆されている(高下ほか, 2022)。したがって、今回主たる底質として細粒物質が採取された範囲においても、表層採泥の実施間隔(約6マイル)よりも狭い範囲で局所的に粗粒物質が分布している可能性が高い。こうした局所的な底質の分布については、サブボトムプロファイラーによる浅層地層探査の結果や海底地形データを取得する際に得られるマルチビーム音響測深の後方散乱強度など、高い連続性を持つが詳細な解釈が難しい音波探査データと、採泥試料分析をはじめとする離散的だが情報量が多く、詳細な解釈が可能な採泥データを組み合わせることで、調査海域全体について面的に解明できると考えられる。

4.2 底質分布の制御要因2：黒潮に伴う底層流

砂質堆積物の章で記述した通り、濁り曾根、奄美舟状海盆、大島新曾根にかけての海底と、諏訪之瀬島周辺、俵曾根東方の計8地点においてリップルが観察された。これらのリップルが観察される地点の水深は、g22が823 m, g39が657 m, g40が702 m, g41が705 m, g43が861 m, g142が583 m, g197が868 m, g224が416 mとなっている。この水深では潮汐の影響は考えにくく、また前述したようにリップルの形状が非対称性を持つ。従ってこれらのリップルはいずれも、潮汐によるウェーブリップルではなく、底層流により形成されたカレントリップルと考えられる。リップルが観察される地点は水深500～800 mに集中しており(第2図, 第2表)、これらの水深ではカレントリップルを形成しうる流速の底層流が存在することが示唆される。リップルが観察される地点近傍でより水深が浅い地点では、主たる底質として露頭や礫質堆積物が多く観察された。すなわち、リップルの形成水深よりも浅い地点では底層流の流速がさらに高まり、ほぼ無堆積ないし侵食作用が卓越する場となっていると考えられる。また、マルチビーム音響測深機により取得した海底地形データ(高下ほか, 2022)及びSBPによる浅層音波探査の結果(三澤・鈴木, 2022)によれば、大島新曾根の北東側斜面には東西方向約18 km, 南北方向約11 kmの範囲にわたり、波長200～300 m, 振幅1 m程度のサンドウェーブの発達認められる(第9図)。サンドウェーブの形状から推定される流向はおおむね南東から南南東で、大島新曾根北東の急斜面付近では等深線と平行であり、等深線に沿う底層流が存在することを示唆する。

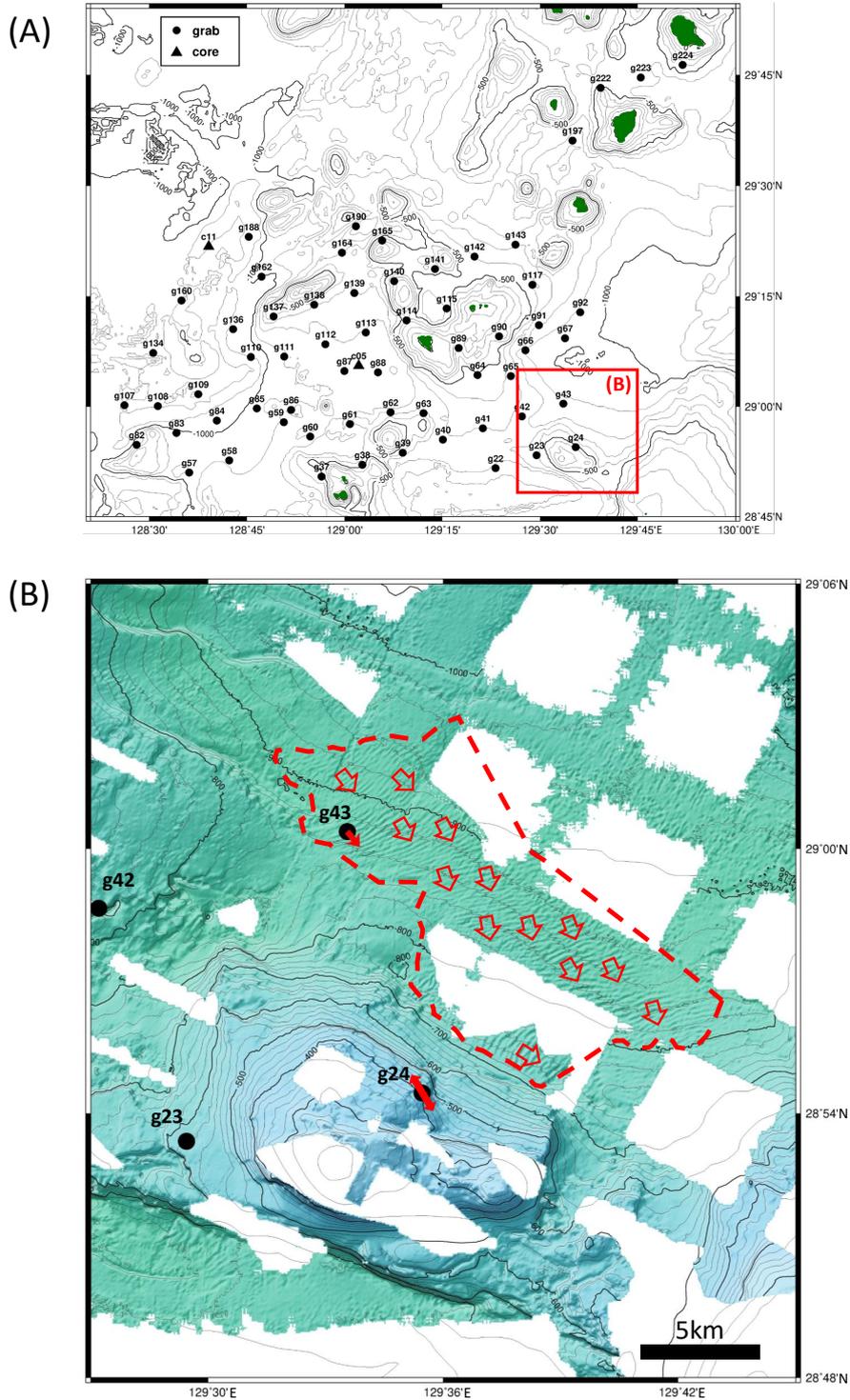
海域を北北東-南南西に縦断しているトカラ列島の一部である宝島及び周辺の高丘において、コケムシ類など生物遺骸の産状や分布などの分析結果も黒潮やそれに伴う底層流の強い影響を示唆しているため、以下に列挙する。

コケムシ類の分析を実施したg39(水深657 m)に含まれるコケムシ骨格の含有率2.9%は、この水深においては高い部類と言えるが、多くが変色・摩耗して保存の悪い状態であった。この地点ではサンゴ類もコケムシ類と同様、骨格表面が変色摩耗しており、骨格の一部が破損しているなど保存は悪かった。こうした特徴は、これらの生物遺骸が異地性または長期間海底に露出していたことを示している。これは本地点において海底面にリップルが観察されたこととも整合的である。本調査航海の採泥地点は大半が300 m以深であり、コケムシ類はこのような水深では元々少ない傾向がある。一方、水深が100～300 mで、底質が中粒砂～細礫のような地点においてもコケムシ類は検出されなかった。通常、このような環境ではコケムシ類が含まれる可能性が高いが、未検出の要因として①底層の流速が大きい、②堆積速度が大きい(堆積物供給量が多い)といったことが挙げられる。固着性・濾過食のコケムシ類は、水流が速すぎると摂食ができず、堆積物に埋められると生存不可となるためである。水深100～200 m台の採泥点はその多くが露頭ないし礫質堆積物と認定されていることから、コケムシ類の未検出は①底層の水流速度が大きいことに起因すると考えられる。

また、浮遊性有孔虫の検討を実施した試料の群集は、いずれも亜熱帯から漸移帯を特徴づける種群(Bé, 1977)によって構成されているが、黒潮を特徴づける*N. duertrei*や*P. obliquiloculata*(Xu & Oda, 1999など)が宝島東方のサイトg90, g91, g92でも多産する。この傾向は、本調査海域では太平洋側(南西諸島東側)にまで黒潮の影響がおよんでいることを示唆している。

サンゴ類はサイトg24(水深473 m)及びサイトg38(水深489 m)で多産した。とくにサイトg24の海底写真では、その海底表面に礫なども数多く認められ、平面的な樹状形態を示す生体の八放サンゴ3群体が礫上に固着している様子も認められた。それら3群体の樹状形態の平面部分は、ほぼ同様の方向を向いており、その平面部分に対する法線はほぼ北北西-南南東方向を示した。このような八放サンゴでは能動的に群体の向きを変化させることは難しいが、群体成長の中で、最も卓越する流れの方向に対して直交方向に群体の平面部分が成長することが知られている(たとえば、Grigg, 1972)。このことから、サイトg24においては、サンゴの群体成長の様子から、ある程度長期間にわたり、北北西-南南東方向に卓越する底層流(等深線流)がg24を含む地形的な高まり上に影響していると考えられる。サイトg24を含む地形的な高まりの北東側斜面下では、前述した通りサンドウェーブの形状から等深線に沿う北西から南東向きの底層流(等深線流)の存在が示唆され、海底写真で確認された八放サンゴから得られた流れの方向と整合的である。サイトg24はサンドウェーブの形成領域よりも水深が浅く、より強

GB21-1 航海における表層採泥調査結果 (鈴木ほか)



第9図 (A) 調査範囲図。 (B) 大島新曾根周辺でGB21-1航海及びGK20航海でマルチビーム音響測深機により取得された海底地形陰影図 (高下ほか, 2022)。大島新曾根北東側の斜面, 赤い破線で囲まれた領域にサンドウェーブの発達が見られる。中抜きの赤矢印はサンドウェーブの形状から推定される流向を示す。赤矢印はサイトg43で観察されたカレントリップル形態及びサイトg24の海底写真のサンゴの方向から推定される流向。

Fig. 9 (A) Index map. (B) Seafloor shaded topographic map acquired by a multibeam echo sounder during GB21-1 cruise and GK20 cruise around Oshima-Shin Sone. On the northeastern slope of Oshima-Shin Sone, surrounded by the red dotted line, Sand waves are prominent. Red open arrows indicate flow directions estimated by the form of sand waves. Red arrows indicate the flow directions estimated from the form of rippled bed observed at site g43 and from the orientation of coral observed at site g24.

い流れが生じていると推定されるが、八放サンゴにおいては、流速が0.2 m/sec程度の流れであっても、一方向流により供給されたプランクトンなどの餌を採餌可能である(Patterson, 1984)。これらのことから、サイトg24における強い底層流は、細粒な堆積物を堆積させないだけでなく、プランクトンやデトリタスなどをこの場に供給していると考えられる。そのため堆積物に脆弱なサンゴ類は、採餌のためにこの強い底層流や地形的な高まり上を活用して多数生息しており、その遺骸がサイトg24に集積している可能性がある。

採集されたイシサンゴ類の多様性が最も大きく、かつ保存のよいヒドロサンゴ類が多数採集されたg38(水深489 m)は、横当島と上ノ根海丘に挟まれた鞍部から連続する北側の谷の入り口付近に位置する。海底写真では、多数の礫が認められ、写真中央付近にイシサンゴ類の*Flabellum* sp.の骨格が認められる。この骨格は骨格に色彩が残り、摩耗などはあまり認められないため、死後あまり時間が経過していないと推測される。また採集されたヒドロサンゴ類の中にも保存の良いものが存在した。また、サイトg38で採集されたヒドロサンゴ類は全て固着性であり、生息には海底面に露出する礫や露岩などの硬底質が必要となるが、海底写真からサイトg38においては海底面に多数の露出した礫が認められ、ヒドロサンゴ類の固着基盤となりうると考えられる。採集試料においても本サイトの東に隣接するサイトg39では、海底面のリップルから、南から北に向かう底層流の存在が推定される。サイトg38においても同様の流向となるならば、地形的に狭く通路状となる鞍部に、ある程度強い流れが生じ、サンゴの成長を支えるプランクトンやデトリタスなどが供給される。また、鞍部における南から北向きの底層流を想定するならば、サイトg38地点は、鞍部全域に生息していたサンゴ類の遺骸や、サイトg38の東西にある両方の地形的高まりから鞍部に移動したサンゴ遺骸が、北向きの流れによって運搬・掃き寄せられ、谷の入り口であるサイトg38に集積した可能性も考えられる。いずれにせよ、遺骸が多数集積するためにはその供給源となる、多数の生体サンゴの生息が必須であるため、このサイトの周辺域には多くのサンゴが生息しているものと考えられる。

サイトg114では多数のヒドロサンゴ骨格が海底に堆積している様子が海底写真より認められた。このサイトg114も南側に位置する宝島と北側の白浜曾根の間に位置する地形的鞍部であり、サイトg38と同様に、この両地形的高まり上もしくは鞍部に生息する多数のヒドロサンゴ類が死後に集積している可能性が高い。

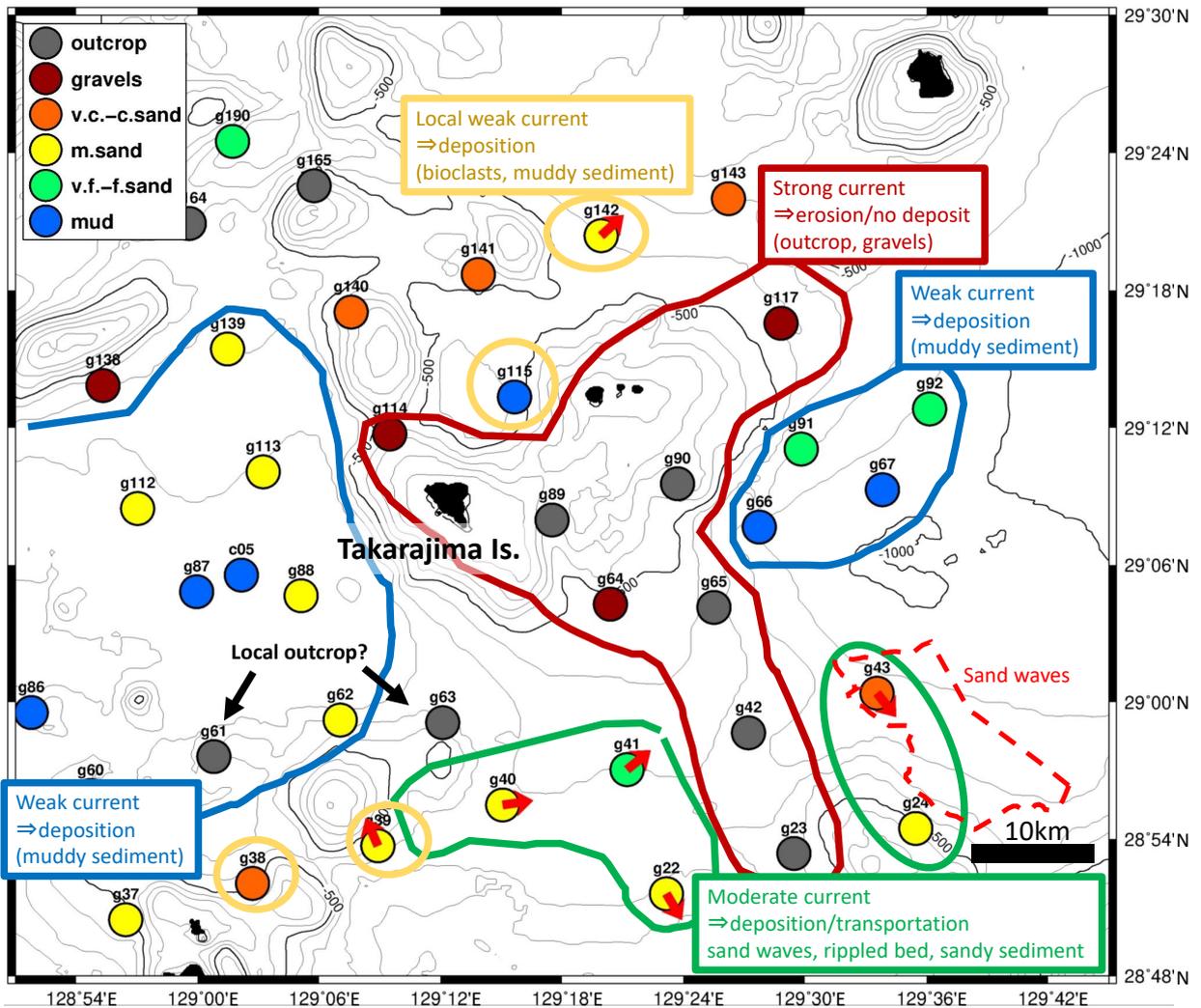
本地域においては、多くのサイトでサンゴの固着基盤となりうる露岩や礫が確認されるが、サンゴ類が多産するサイトは限定的である。このことは、この地域に生息するサンゴ類の個体数の増加や多様性の増加に底層流に

よる餌の供給が重要な役割をはたしていることを示唆する。

トカラ列島周辺では、東シナ海を北上してくる黒潮の流路が蛇行する。奄美大島近傍では沖縄トラフ側(南西諸島西側)にあった流軸が、屋久島近傍で蛇行し、太平洋側(南西諸島東側)に移動する。その中間点に位置するトカラ列島周辺海域では流軸の移動とともに、海洋表層ではトカラ列島を横断する北西から南東向きの流れが卓越することが海洋観測により知られている(日本海洋データセンター, 2021; 気象庁, 2021)。リップルやサンドウェーブから推測される流向もおおむね北西側から南東側に通過する方向を示しており、こうした観測事実と整合的である。リップルの形状から推定される流向に見られるばらつきは、底層流の流向が大局的には黒潮の流路の影響を受けつつも、島嶼部や海丘などの海底地形に制約されて、局地的には複雑に変化していることを示唆する。

また、リップルが観察された地点には、コケムシ類が多く検出された濁り曾根南方のサイトg39、火山性碎屑物に匹敵する量の生物遺骸(翼足類をはじめとする軟体動物が主)が採取された俵曾根東方のサイトg142と中之島南方のサイトg224も含まれる。こうした特徴的な堆積物組成は、底層流に伴って特定の流体力学的性質を持つ粒子(これらの地点の場合は、比較的サイズが大きく密度が低い生物源碎屑物)が移動し、狭い範囲に濃集している可能性を示唆する。また、諏訪之瀬島北方のサイトg224(水深416 m)は有光層以下の水深であるが、有藻性イシサンゴ(*Merulinidae* gen. et sp. indet.)が採集された。有藻性サンゴは体内に共生する褐虫藻が光合成を行うため、本来は日光が届く浅海域にのみ生息する。そのため、サイトg224には、有藻性イシサンゴ骨格遺骸などを含んだ浅海域の堆積物も移動し堆積していると推測される。以上のような堆積構造や堆積物組成から、黒潮を起源とする強い底層流は、堆積構造や粒径分布だけでなく、粒子組成に対しても力学的に大きな影響を与えていると考えられる。

本調査で底質情報を取得した主要範囲である宝島周辺について、ここまで述べたような堆積構造や堆積物組成は黒潮の蛇行に関連して下記のような一連の解釈ができる(第10図)。①黒潮は奄美大島北方からトカラ列島周辺海域を通過する際、北東向きから南東向きに急激に蛇行する。②このとき、南東向きに転じた黒潮流がぶつかるトカラ列島周辺の相対的に浅い水深では、底層流の流速が上昇して細粒物質は移動し、粗粒物質のみが残される堆積環境となる。③この際、流速が特定範囲の値を取ると、リップルなどの特徴的なベッドフォームが形成される(g22, g39, g40, g41, g142)。④底層流の障壁ないし影となる地点では、上流側と比べて局所的に低い流速をとり、運搬されてきた流体力学的に軽い生物遺骸や細粒



第10図 宝島周辺海域における底質、堆積構造の分布と、これらにより大局的に推定される底層流の強さ。海底写真でリップルが認められた地点ではその位置と流向を赤矢印で示した。

Fig. 10 The distribution of bottom sediment and sedimentary structures around the Takarajima Island. The strength of the bottom current estimated from these properties are also shown. Red arrows and their directions indicate positions of rippled beds and directions of bottom currents inferred from the form of the rippled beds.

物質が局所的に濃集した堆積構造を形成する (g38, g39, g115, g142)。⑤トカラ列島の稜線部では流速が最大値を取り、ほぼ無堆積の場となって露頭が卓越する底質となる (g23, g42, g64, g65, g89, g117)。⑥稜線部を通過した後、水深及び水路幅の増大とともに流速が低下する。⑦底層流の流速が低下してある値をとる範囲では、リップルやサンドウェーブなどのベッドフォームが形成される (g43 及び周辺海底地形)。⑧水深がさらに増加するとともに流速が低下し、細粒物質も堆積する環境となる (g66, g67, g91, g92)。こうした海峡部における底層流通過に伴う一連の堆積構造変化は例えば赤道太平洋のサモア水路などで直接観測が実施されている (Hollister *et al.*, 1974)。⑤に相当する無堆積ないし侵食場における底

層の流速は、サモア水路における観測では0.2～0.5 m/sec程度とされる。海面から海面下50 m程度の領域において、黒潮の大局的な流速は2～4ノット (約1～2 m/sec)程度と観測されており、流軸から南側に外れた宝島周辺海域では1ノット (約0.5 m/sec)程度である (日本海洋データセンター, 2021; 気象庁, 2021)。また、トカラ列島周辺海域で黒潮の流軸に近い口之島・中之島間の水深60 m以浅の海域では、海面から海底にわたり0.6～1 m/sec程度の流速が報告されている (小牧ほか, 2013)。トカラ列島横断時は水深が浅くなって海底面と黒潮の流軸がかなり接近し、局所的に高い流速となり得ること、一方で海底付近では海面よりも流速が低下することなどを考慮すると、宝島周辺の底質とサモア水路の底質との比

較から推測される底層流の最大流速(0.2～0.5 m/sec)は、黒潮に起因する底層流の流速としておおむね整合的な値と言える。ただし、海域により粒子の組成や密度は異なるため、本来は他地域での観測結果を単純に本海域に投影することは難しい。より正確な議論を行うためには底層における流速の直接観測などを実施する必要があるが、少なくとも黒潮の蛇行と島嶼部の通過に伴う流速の変化が本海域の堆積構造に大きく影響していることは明らかである。

GB21-1調査における採泥地点は多くが宝島周辺から西側に集中しているが、この海域は蛇行する黒潮に対して、やや流軸を外れた南側に位置している。今後調査範囲を海域東側、北側に広げ、例えば本調査において未探査の領域である悪石島、口之島、中之島周辺海域や、リップルの形状から示唆される流向の下流側に位置するトカラ海底谷上流の海盆において底質や堆積構造を調査することで、黒潮蛇行に伴う本海域特有の堆積環境とその空間分布をより詳細に解明できると考えられる。

4.3 サイトg197で得られた砂泥互層の成因

K-グラフによる採泥で得られた粒径分布は、その粒径や淘汰度において多様な特徴を示すが、鉛直方向の変化(サブコア取得範囲：最大20 cm程度)はおおむね均質(ϕ スケールで ± 1 程度：例えば、粗粒砂及び中粒砂)で、明瞭な堆積相変化は見られなかった。例外的に、諏訪之瀬島西方のサイトg197から得られたグラフ採泥試料には、サブコア試料でカバーする深度範囲内で大きな堆積相変化が認められたため詳しく記載し、成因を考察する。

サイトg197において撮影された海底写真、取得したグラフ試料から分取したサブコア試料(コア長12.3cm)の断面写真、CT像、サブコア表面のスケッチを第11図に示す。サイトg197の海底写真上ではカレントリップルが観察される。g197の最表層には、火山ガラス及び岩片主体で暗褐色の粗粒～中粒砂と、それよりもやや暗い中粒～細粒砂の互層が厚さ4.5 cmにわたり堆積する。粗粒砂層の下位には、極細粒砂質シルトで構成される黄灰色の泥質堆積物が厚さ5 cmにわたり認められる(コア深度4.5～9.0 cm)。粗粒砂層と極細粒砂質シルト層の境界は荷重痕のような構造が認められるが、この構造はサブコア試料の周縁部ではサブコア側面壁に沿っているため、有田式角柱容器を堆積物表面に押し込んだ際に引き起こされた人工的な変形であると思われる。この極細粒砂質シルト層の下部3 cm程度(コア深度6.0～9.0 cm)は、4～5 mm程度の周期性で繰り返される級化構造が認められる。極細粒砂質シルト層のさらに下位には、淘汰のよい火山灰質で暗灰黄色から暗褐色の極細粒砂層がサブコア試料の下端(コア深度12.3 cm)まで、約3.3 cm堆積する。この極細粒砂層も0.5～1 cm程度のスケールで異なる色の砂層が互層を形成している。

サイトg197の北東に位置する諏訪之瀬島は現在活発な噴火活動が継続している活火山である。とくに1957年以降は活発な活動が続いており、2020年は764回の爆発が観測されている(福岡管区気象台, 2021)。したがって、g197サブコア試料上部4.5 cm及び下部3.5 cmの砂層に多く含まれる火山ガラスは、近年の諏訪之瀬島噴火を主要起源とする可能性が高い。砂層の主要構成粒子を諏訪之瀬島起源と考えた場合、火山灰層に挟在する極細粒砂質シルト堆積物の成因として、次の2通りの仮説が考えられる。仮説①諏訪之瀬島噴火活動の停滞期に、島嶼部ないし周辺から比較的遅い速度で供給される陸起源細粒堆積物が、比較的長い時間をかけて堆積した。仮説②噴火活動により継続的に火山灰等の粗粒物質が供給される環境下において、イベント的に泥質物質が供給され、泥質な堆積相を形成した。

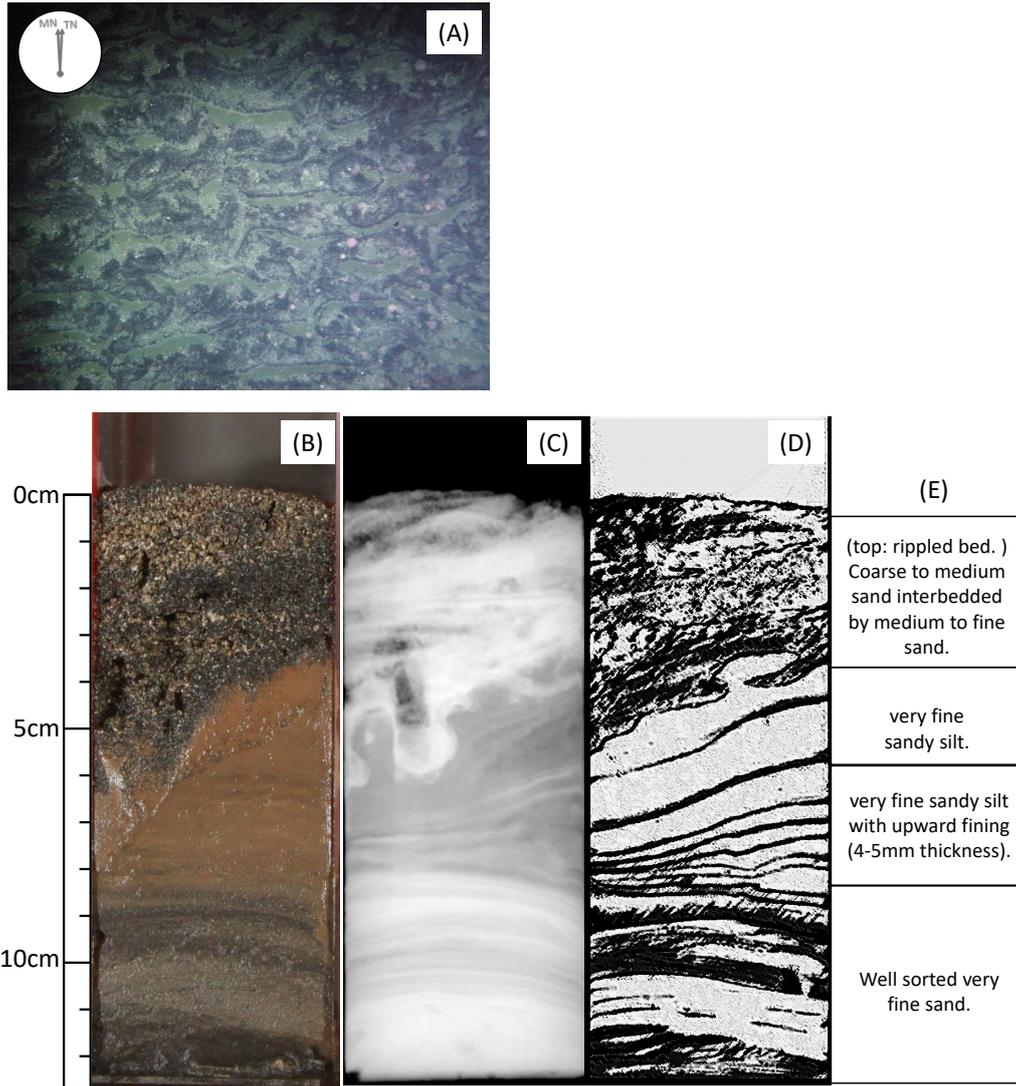
サイトg197はリップルの存在とその流向から、4-2節で主に検討した宝島周辺の各地点と同様に、蛇行する黒潮を主要因とする強い底層流の影響下にある地点と考えられる。したがって、仮説①で細粒堆積物が長時間をかけて堆積する前提となる、細粒物質がある程度の期間保持される静穏な堆積環境が安定的に存在したとは考えにくい。むしろ仮説②で述べるように、継続的に火山灰等の粗粒物質が供給される環境下においてイベント的に短時間で泥質物質が堆積し、高い堆積速度で供給され続ける火山灰等の粗粒物質によって上位を覆われることで底層流の影響から免れ、堆積物として保存された可能性が高い。リップルを形成する最表層の砂質堆積物の淘汰が良く、極細粒砂や泥などの泥質物質をほとんど含まないこともこの可能性を支持する。

今後、砂質堆積物、泥質堆積物それぞれの粒子組成や鉱物・元素組成、堆積年代を詳細に検討することで、それぞれの堆積物の主要起源を制約することができれば、この仮説を検証することができると考えられる。また、もし本堆積場における泥質堆積物が、島嶼部からの斜面崩壊や土砂流出などを起源とするイベント性堆積物であることが示されれば、本地点周辺でより長尺の堆積物コアを取得して泥質堆積物の産状を時系列で把握することで、過去のイベント堆積物や、その成因となった土砂流出現象の履歴を解明できる可能性がある。

5. まとめ

GB21-1航海では海洋地質図作成を目的としてトカラ列島周辺海域の南部において61地点での表層採泥、2地点での柱状試料採泥を実施した。本海域において泥質堆積物はそのほとんどが水深800 mより深い地点で採取された。泥質堆積物の多くには生痕が発達しており、柱状試料の分析によれば海底下約2 mまでの堆積物は強い生物擾乱を受けている。

礫質堆積物、露頭は必ずしも浅い水深のみに分布する



第11図 諏訪之瀬島南西方のサイトg197で取得された(A)海底写真と、グラブ試料より取得したサブコア試料の(B)断面写真、(C)軟X線像、(D)スケッチ及び(E)肉眼記載。

Fig. 11 (A) The sea bottom photograph acquired at site g197 southwest of the Suwanosejima Island, (B) cross-sectional photograph of sub-core sample acquired from grab sample, (C) soft X-ray image, (D) sketch and (E) visual core description.

わけではなく、宝島周辺を含む島嶼部周辺に加えて、横ガン曾根周辺や西横当海丘東側斜面など、深海底に存在する地形の高まりの付近にも分布しており、これらの地形を形作る山体や火山起源物質が粗粒物質の供給源ではないかと考えられる。本海域には未報告の海底火山地形が多数存在することが知られており、これらに付随して局所的には露頭や粗粒物質の堆積場が多数存在すると思われる。

砂質堆積物には、水深500～800mの地点でカレントリップルやサンドウェーブなどのベッドフォームが見られたほか、宝島周辺の海域を中心として、生物遺骸が濃集する地点が複数見られた。これらの構造は本海域にお

いて蛇行する黒潮に伴う底層流の影響により生じている可能性が高い。また、黒潮が蛇行して島嶼部を通過する際の流向・流速の変化に応じて場所ごとに堆積、輸送、侵食の各プロセスが卓越し、多様な底質を形成していると考えられる。本調査で主対象とした宝島周辺海域は、本海域で蛇行する黒潮の流軸からはやや南に外れた位置にあり、今後調査範囲を広げることで、黒潮蛇行に伴う底層流の影響範囲や堆積物の分布を網羅的に解明できると期待される。

諏訪之瀬島西方のサイトg197からは砂質堆積物と泥質堆積物の互層が採取され、本地点でもリップルが観察されていることから、泥質堆積物はイベント的に瞬時に堆

積したものである可能性が高い。今後粒子組成や堆積年代を詳しく検討することでこうした堆積物の成因を解明できる可能性がある。

今後はグラブ試料について粒度分析、粒子組成解析、生物群集解析などの定量分析を行い、堆積物の組成をより定量的に把握する。また柱状試料に関しては放射性炭素年代測定や火山灰層の同定を行って海域の典型的な堆積速度を把握し、表層堆積図作成のための情報を整備していく予定である。

謝辞:石塚 治氏, 山本浩万氏, 飯塚 睦氏, 池内絵里氏, 及川一真氏, 中野太賀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, 井上卓彦調査団長, 石野沙季氏, 高下裕章氏, 三澤文慶氏, 有元 純氏ほか乗船研究員の方々には採泥点選定やシップタイム調整, 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コアリング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頂いた。堆積物試料のX線CT像撮影及びデータ解析にあたり清家弘治氏, 横井久美氏にご助力をいただいた。以上の皆様に心より御礼申し上げます。

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.
- Bé, A.W.H. (1977) An ecological, zoogeographic and taxonomic review of recent planktonic foraminifera. In Ramsay, A.T.S., ed., *Oceanic Micropalaeontology*, **1**. Academic Press, London, 1–100.
- 福岡管区気象台地域火山監視・警報センター鹿児島県地方気象台(2021) 令和2年(2020年)の諏訪之瀬島の火山活動。 <https://www.jma.go.jp/> (閲覧日: 2021年12月21日)
- 下司信夫・石塚 治(2007) 琉球弧の火山活動。地質ニュース, no. 634, 6–9.
- Grigg, R. W. (1972). Orientation and Growth Form of Sea Fans. *Limnology and Oceanography*, **17**, 185–192. doi:10.4319/lo.1972.17.2.0185
- Hollister, C. D., Johnson, D. A. and Lonsdale, P. F. (1974) Current-Controlled Abyssal Sedimentation: Samoan Passage, Equatorial West Pacific. *The Journal of Geology*, **82**, 275–300. doi:10.1086/627965
- 池原 研(2014) 種子島付近表層堆積図及び説明書。海洋地質図, no. 84 (CD), 産総研地質調査総合センター。
- 板木拓也(2018) 超音波高度計によるK-グラブ採泥器の誤作動防止システム, 地質調査総合センター速報, no. 75, 143–146.
- 板木拓也(2015) 沖縄島北部周辺海域海洋地質図及び説明書, 海洋地質図, no. 85 (DVD), 産総研地質調査総合センター。
- 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.
- Kim, H.-C., Yamaguchi, H., Yoo, S., Zhu, J., Okamura, K., Kiyomoto, Y., Tanaka, K., Kim, S.-W., Park, T., Oh, I. S. and Ishizaka, J. (2009). Distribution of Changjiang Diluted Water detected by satellite chlorophyll-a and its interannual variation during 1998–2007. *Journal of Oceanography*, **65**, 129–135. doi:10.1007/s10872-009-0013-0
- 木村政昭(1996) 琉球弧の第四紀古地理。地学雑誌, **105**, 259–285.
- 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)。
- 気象庁(2021) 50 m深の流速の実況図と30日先までの予想図 https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/db/kaikyo/daily/current_HQ.html (閲覧日: 2021年9月27日)
- Komaki, S. and Ebach, M. (2021) Widespread misperception about a major East Asian biogeographic boundary exposed through bibliographic survey and biogeographic meta-analysis. *Journal of Biogeography*, **48**, 2375–2386. doi:10.1111/jbi.14210
- 小牧裕幸・山城 徹・城本一義・仁科文子・中村啓彦・広瀬直毅(2013) 海流発電適地選定のためのトカラ海峡周辺海域における黒潮調査。土木学会論文集B3(海洋開発), **69**, I_109–I_113. doi:10.2208/jscejoe.69.I_109
- 高下裕章・佐藤太一・横山由香・佐藤悠介・三澤文慶(2022) GB21-1及びGK20航海(トカラ列島周辺海域)における海底地形観測。地質調査研究報告, **73**, 197–209.
- Minami, H., Ohara, Y. and Tendo, H. (2021) Volcanic and tectonic features of Shirahama Bank in the northern Ryukyu Arc: Implications for cross-arc volcanism controlled by arc-parallel extension. *Marine Geology*, **441**, 106623. doi:10.1016/j.margeo.2021.106623
- Minami, H., Oikawa, M. and Ito, K. (2014). Newly discovered submarine volcano near the Tokara Islands. *Report of*

- Hydrographic and Oceanographic Researches*, **51**, 145–151.
- 三澤文慶・鈴木克明 (2022) GK20 航海での高分解能サブボトムプロファイラー探査に基づくトカラ列島周辺海域の海底下浅部構造. 地質調査研究報告, **73**, 235–248.
- 日本海洋データセンター (2021) 海流観測データの統計値 (水平分布) https://www.jodc.go.jp/jodcweb/index_j.html (閲覧日: 2021年9月27日)
- Patterson, M. R. (1984) Patterns of whole colony prey capture in the octocoral, *Alcyonium siderium*. *The Biological Bulletin*, **167**, 613–629.
- Tsutsumi, E., Matsuno, T., Lien, R. C., Nakamura, H., Senjyu, T. and Guo, X. (2017) Turbulent mixing within the Kuroshio in the Tokara Strait. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, **122**, 7082–7094. doi:10.1002/2017JC013049
- Xu, X. and Oda, M. (1999) Surface-water evolution of the eastern East China Sea during the last 36,000 years. *Marine Geology*, **156**(1–4), 285–304. doi:10.1016/S0025-3227(98)00183-2

(受 付 : 2021年12月21日 ; 受 理 : 2022年7月7日)

