

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

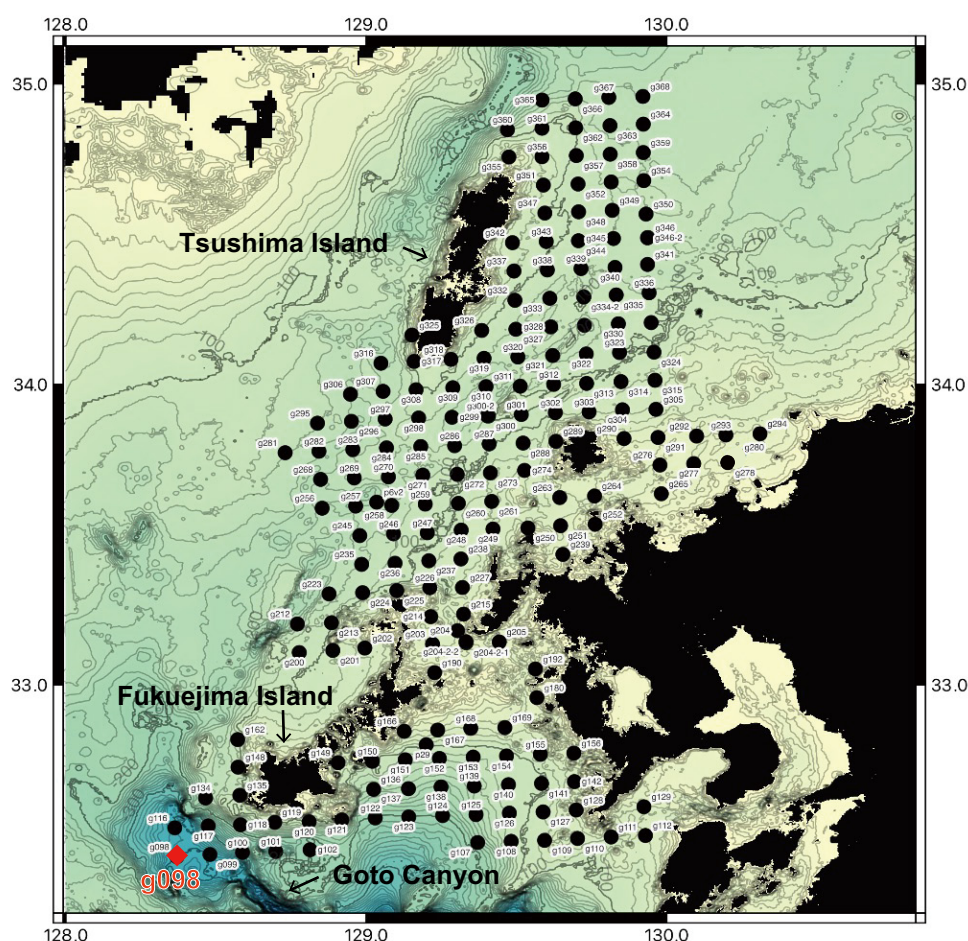
堆積プロセスや環境変動を多面的に解釈するには、現在の海洋環境に関する詳細なデータが不可欠である。地質調査総合センターでは、国土の知的基盤情報として表層堆積図を作成しており、これに際して主に使用する木下式グラフ採泥器(K-グラフ)には、濁度計搭載のCTD(電気伝導度-温度-深度プロファイラー)や底層採水器(ニ

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。

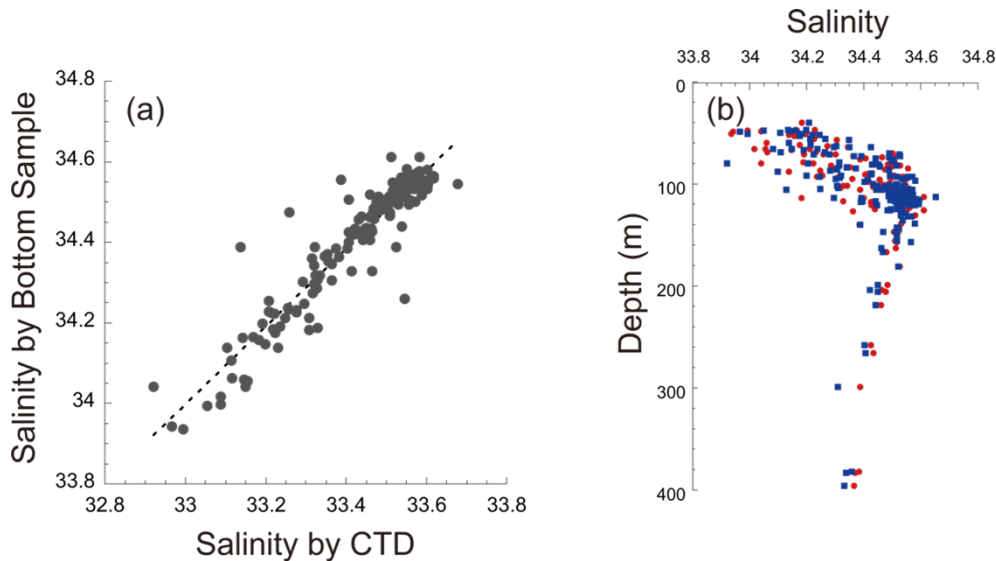
Fig. 1 Topography around the study area and sampling stations. CTD data was collected at the K-Grab sampling (KG) site (Seike *et al.*, 2025). Bathymetry data are from Kisimoto (2000).

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

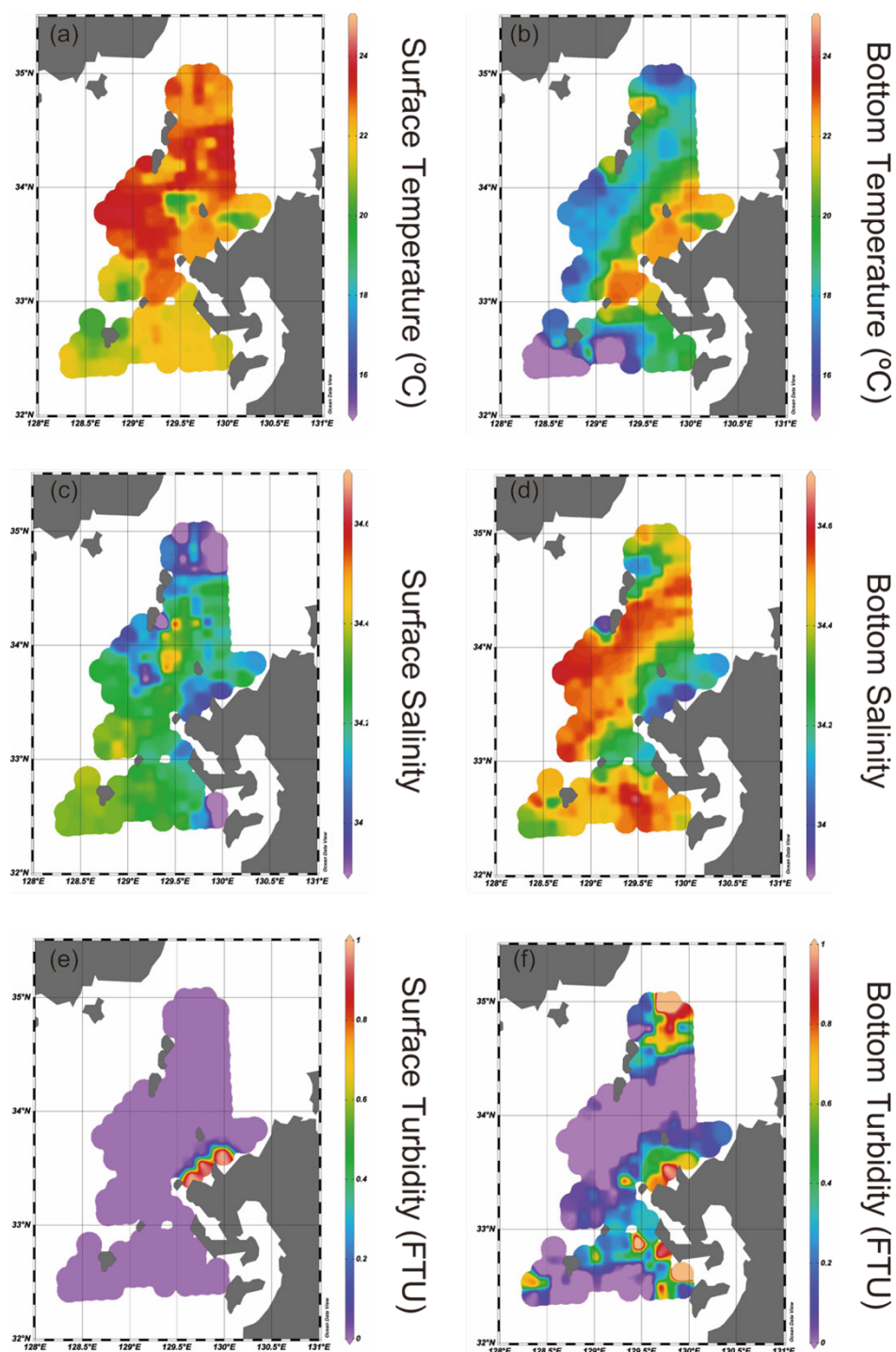
(Senjyu *et al.*, 2008)。この先行研究の観測値と本航海で得られたデータがおおむね一致することから、本航海で観測された対馬周辺の表層水は、対馬海流の表層水に分類できることが示された。

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

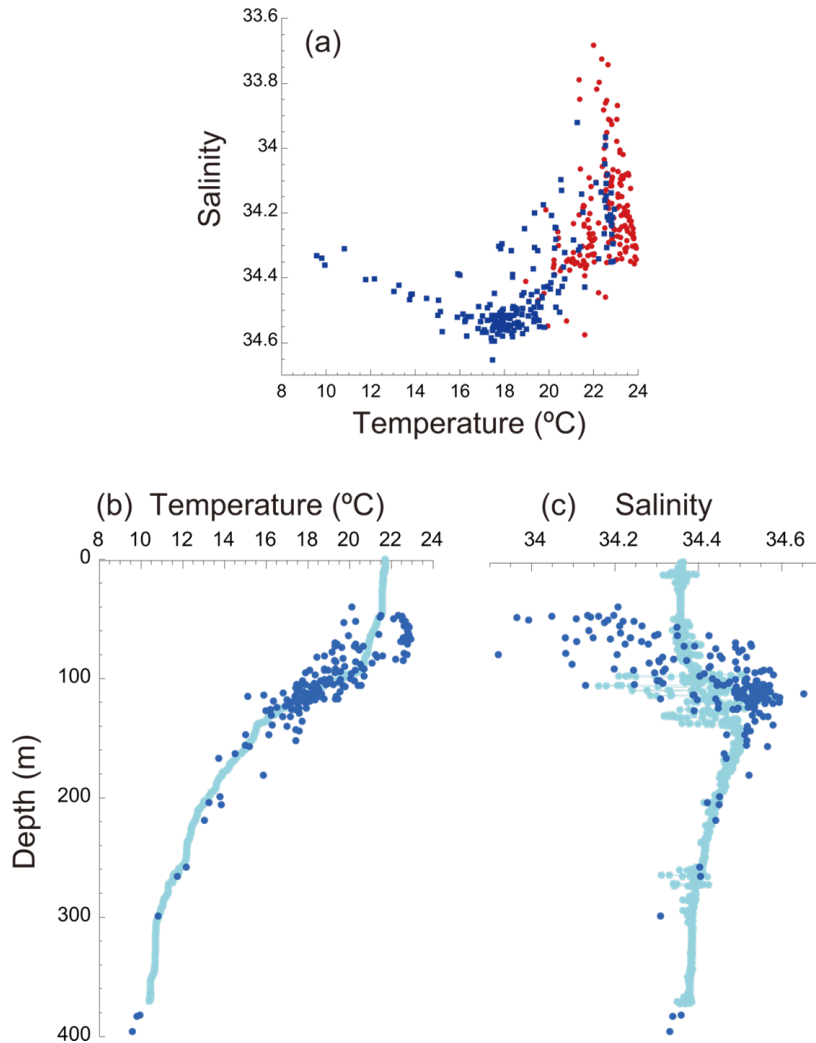
観測された底層水の水温は基本的に水深と相関があり、水深が深くなるほど低温を示す(第4図)。本調査地点の平均水深は約110 mで、多くのサイトが水温躍層の深度(次節に後述: 40–150 m)に該当するため、このような強い相関が見られたと考えられる。したがって、底層水は基本的に鉛直方向の水塊構造に依存していることが示唆される。

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)