

GB24 航海における CTD 観測に基づく九州西方沖の水塊構造

見邨 和英^{1,*}・清家 弘治¹・板木 拓也¹・飯塚 睦¹・鈴木 克明¹・鈴木 淳¹

MIMURA Kazuhide, SEIKE Koji, ITAKI Takuya, IIZUKA Mutsumi, SUZUKI Yoshiaki and SUZUKI Atsushi (2026) Water mass structure off the western coast of Kyushu based on CTD observations during cruise GB24. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 77 (3/4), p. 145–152, 7 figs.

Abstract: During cruise GB24 conducted from October to November 2024, physical properties of seawater were observed at 108 sites off the western coast of Kyushu by CTD profiler. The three-dimensional distributions of temperature, salinity, and dissolved oxygen indicate that surface seawater in the survey area was mainly affected by the Tsushima Warm Current, which originates from the Kuroshio Current. In deeper layers, the contributions of Subtropical Mode Water and North Pacific Intermediate Water were detected. At some sites located close to the Yatsushiro Sea and the Ariake Sea, we observed surface waters with high temperatures and low salinity, as well as bottom waters with high temperatures and low dissolved oxygen concentrations.

Keywords: CTD observation, water mass structure, western off Kyushu

要 旨

2024年10–11月にかけて実施されたGB24航海において、採泥器にCTDプロファイラーを取り付けることにより、九州西方沖の計108地点で海水の水温・塩分・溶存酸素濃度の観測を行った。調査海域の表層水は、おおむね黒潮を起源とする対馬海流の寄与を受けていると考えられ、深部では、高塩分な北太平洋亜熱帯モード水や低温の北太平洋中層水の寄与が見て取れた。閉鎖的な八代海や有明海の出口に当たる一部海域では、高温で低塩分な表層水や、高温で低溶存酸素濃度の底層水が確認された。

1. はじめに

水温・濁度といった海水の物理的な性質を調べることは、調査海域における河川水や海流等の分布を明らかにし、現在の海洋における生物活動や堆積プロセスを理解するために重要である(例えば、万田ほか, 2001; 板木ほか, 2022)。産総研地質調査総合センターでは、知的基盤情報整備の一環として表層堆積図を作成している。このための調査航海では採泥器にCTD (Conductivity Temperature Depth) プロファイラーを取り付けることにより、水塊構造や海洋環境の理解に役立てられてきた(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; 齋藤ほか, 2024; 飯塚ほか, 2025)。

2024年の10月から11月にかけて実施されたGB24航

海では、九州西方沖の139地点において、表層堆積物の採取が試みられた(清家ほか, 2026)。本航海の研究対象海域は、南から流入する対馬海流の影響を受けていると考えられる(飯塚ほか, 2025)。さらに、五島海底谷や男女海盆などの複雑な海底地形を有しており、これらが水塊の分布に影響を与えていることが考えられる(永野ほか, 1976; 桂・永野, 1976; 桜井・永野, 1976; 飯塚ほか, 2025)。また、複雑な海底地形は海洋生物の重要な生息地を形成しており、環境省が2016年に指定した「生物多様性の観点から重要度の高い海域」に選定されている(環境省, 2016)。これらのことから、本調査海域における水塊構造を明らかにすることは、当該海域での物質輸送や堆積作用の理解に加えて、生態系保全、漁業資源などを議論する上でも重要な知見を提供すると期待される。以上の背景を踏まえ、本稿ではGB24航海で取得されたCTDデータの概要を報告する。

2. 方法

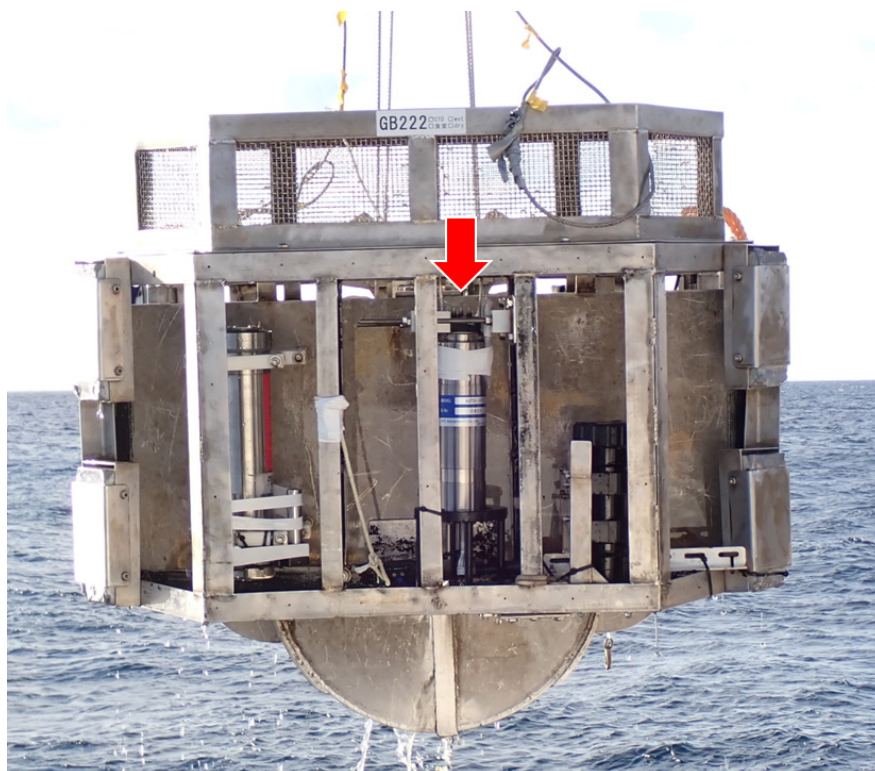
2.1 CTDプロファイラーによる観測

CTD観測には、JFE Advantech社製のRINKO-Profiler 3,000 m仕様(ASTD-3XTU)を使用した。本装置は圧力(水深)、温度、電気伝導度(塩分)に加えて、濁度・溶存酸素濃度を測定することが可能である。本装置をセンサー類が下向きになるように木下式グラブ採泥器(K-グラブ)に取り付けた(第1図)。

CTDプロファイラーを取り付けたK-グラブは、海中

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: MIMURA, K., AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: kaz-mimura@aist.go.jp



第1図 K-グラブに取り付けられたCTDプロファイラー．プロファイラーの全長は約50 cm.

Fig. 1 A CTD profiler equipped with a Kinoshita-type grab sediment sampler. The total length of the profiler is approximately 50 cm.

に投入された後、海底面上約30 mまで1.0 m/s程度の速度で降下させた。この高度にて3分間程度保持し、ワイヤーの傾角を調整した後、0.3–0.5 m/sで海底面まで降下させK-グラブを着底させた。採泥方法の詳細は清家ほか(2026)に記載されている。

CTDプロファイラーは、採泥器が船から吊り上げられ、海底面に着底して再び船上に揚収されるまで1秒間隔で連続的にデータの取得を行っている。このうち、着底時の堆積物の巻き上げ等による人為的な影響を受けていないと考えられる、海面に投入されてから着底直前までのデータを抽出し、そのサイトのプロファイルとして採用した。

2.2 底層採水による塩分測定

先行研究(板木ほか, 2022; 飯塚ほか, 2025)により、CTDによって観測された塩分は、採水によって実測された塩分とは系統的に異なる値を示す場合があることが指摘されている。そこで、底層水を採取して塩分の実測を行い、CTDで観測された塩分との比較を行った。底層水は、採泥器に取り付けられたニスキン採水器により取得した。ニスキン採水器は、K-グラブから出された錘付きの2 m長のロープに接続されており、錘が着底してロープが緩むと海底面上約2 mの海水が採取される仕組みに

なっている。

採水された底層水は、船上でプラスチックボトルへと移して常温で保管し、航海後に実験室にて塩分濃度測定を行った。塩分の測定には株式会社鶴見精機社製の卓上型電気伝導度式塩分計 DIGI-AUTO MODEL-5を使用した。

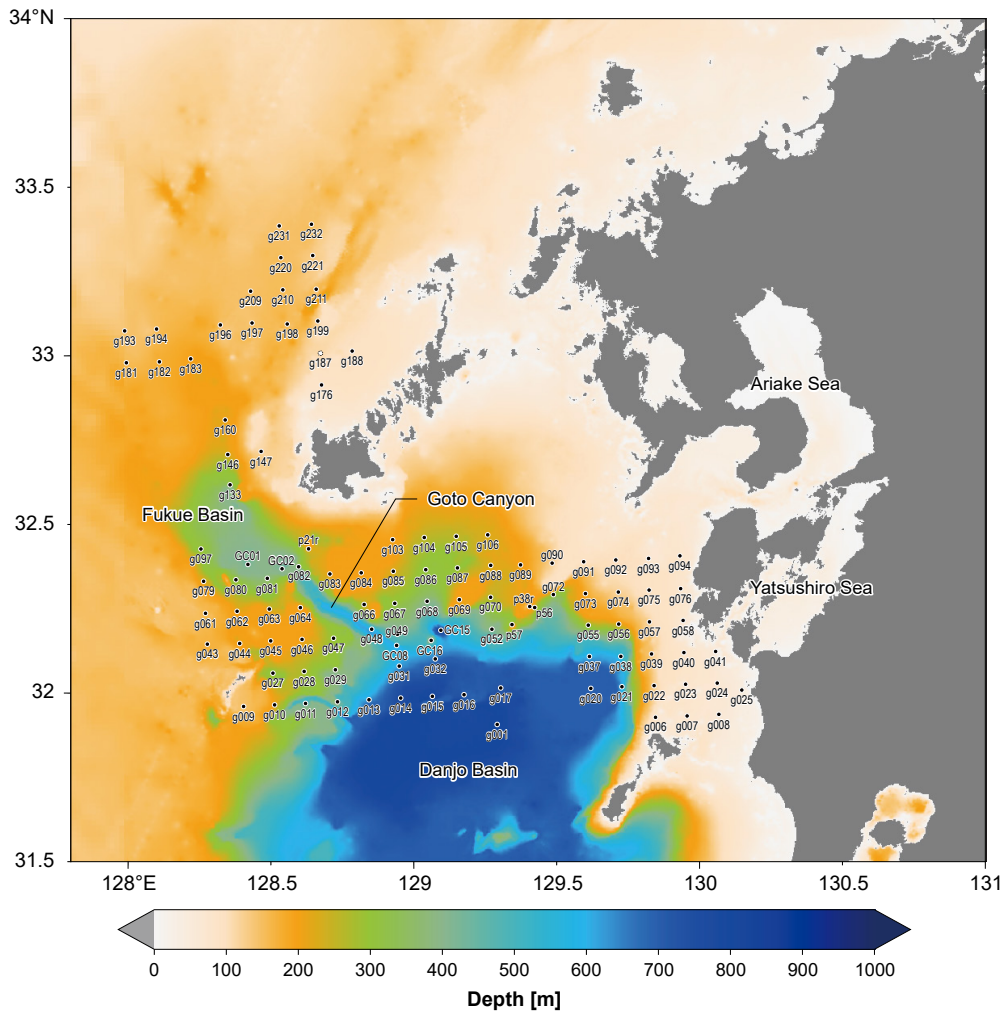
なお、高度計をトリガーとしてニスキン採水器を作動させていた11月12日以前は、意図しない高度で採水された可能性があることが判明した。そのため、塩分の比較検討には、11月13日以降に採水されたデータのみを利用した。

3. 結果と考察

3.1 検討対象地点

本研究の検討対象とした地点を第2図に示す。GB24航海では、2024年10月25日から11月22日まで計134地点にてK-グラブによる採泥が実施され、これら全ての採泥地点についてCTDによる観測が実施された。ただし、Sea & Sun Marine Tech社製のCTD 90Mによって観測された10月25日から10月29日までの26地点のデータには、濁度の異常が確認された。このため、本報告では10月31日から11月22日までに実施された観測結果について検討を行った。

また、g198, g199の2地点では、1回目の採泥で堆積



第2図 本報告で検討したCTDデータの取得地点. 地形データは岸本 (2000) 及びETOPO1 (Amante and Eakins, 2009) を使用した.

Fig. 2 A bathymetric map showing the locations where the CTD data analyzed in this report was collected. Topographic data were sourced from Kisimoto (2000) and ETOPO1 (Amante and Eakins, 2009).

物を十分回収することができなかったため、同一点にて2回採泥が試みられた。これらのサイトについてはCTDによる観測を2回行っているが、人為的な擾乱がより小さいと考えられる1回目の観測で得られたデータのみを検討の対象とした。

さらに、サイトg187ではCTDの溶存酸素濃度センサーにキャップが取り付けられたまま海中に投入されており、溶存酸素濃度が正しく測定できていないことが判明した。このため、本サイトを検討の対象外とした。以上を踏まえた計107地点を本報告での議論の対象とした。

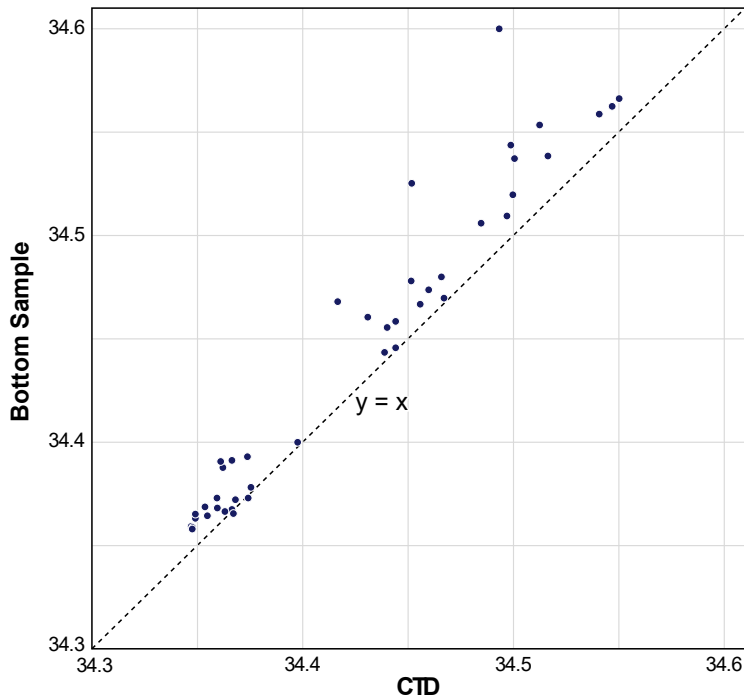
3.2 CTDデータと底層水サンプルの塩分比較

CTDで観測された塩分と、サンプリングされた底層水の実測塩分の比較を第3図に示す。本航海の塩分データは、CTDと底層水の実測でおおむね一致する傾向を示し、

先行研究 (板木ほか, 2022; 飯塚ほか, 2025) で確認されたような値の系統的なずれは確認されなかった。このことから、本報告においては、CTDの塩分の補正は実施しない。上記先行研究と本研究で傾向に違いが確認された要因として、観測に使用した機器の違いが考えられる。先行研究では観測にSea & Sun Marine Tech社製CTD 90Mを使用していたのに対し、本研究ではJFE Advantech社製RINKO-Profilerを使用した。

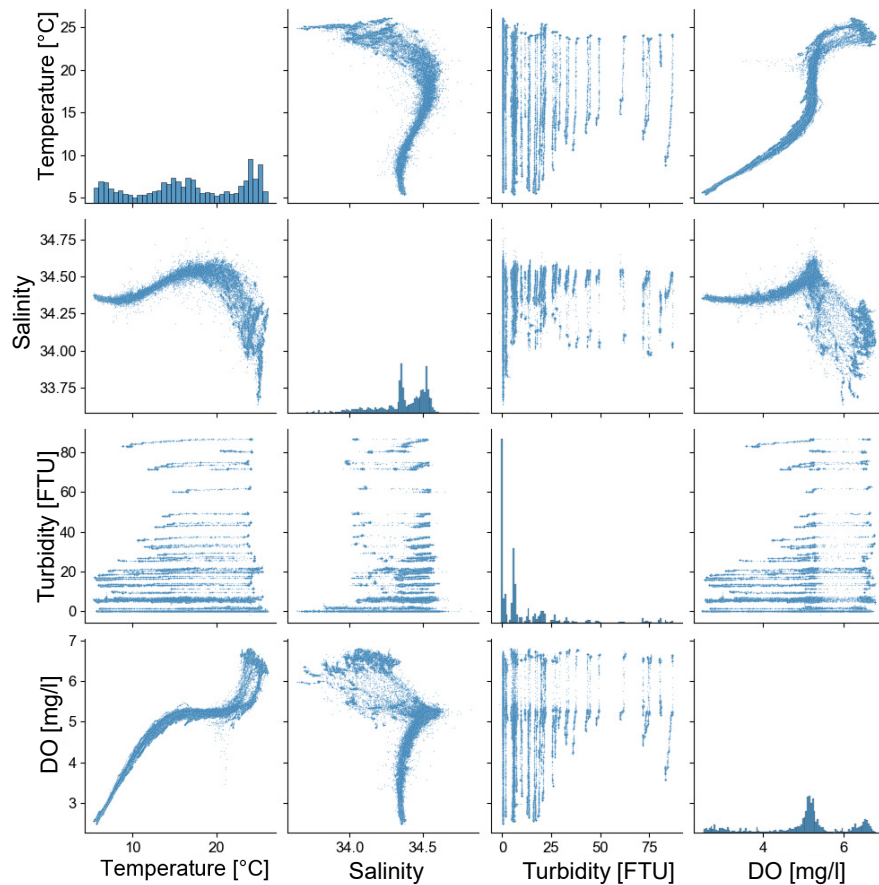
3.3 水塊の特徴付け

本航海で観測された水温・塩分・濁度・溶存酸素濃度の散布図を第4図に示す。観測値のデータ分布は、水温: 5.4–26.1 °C, 塩分: 33.6–34.8, 濁度: 0–87.2 FTU, 溶存酸素濃度: 2.5–6.8 mg/lの範囲に分布していた。また、濁度はサイトによってバリエーションが確認された一方



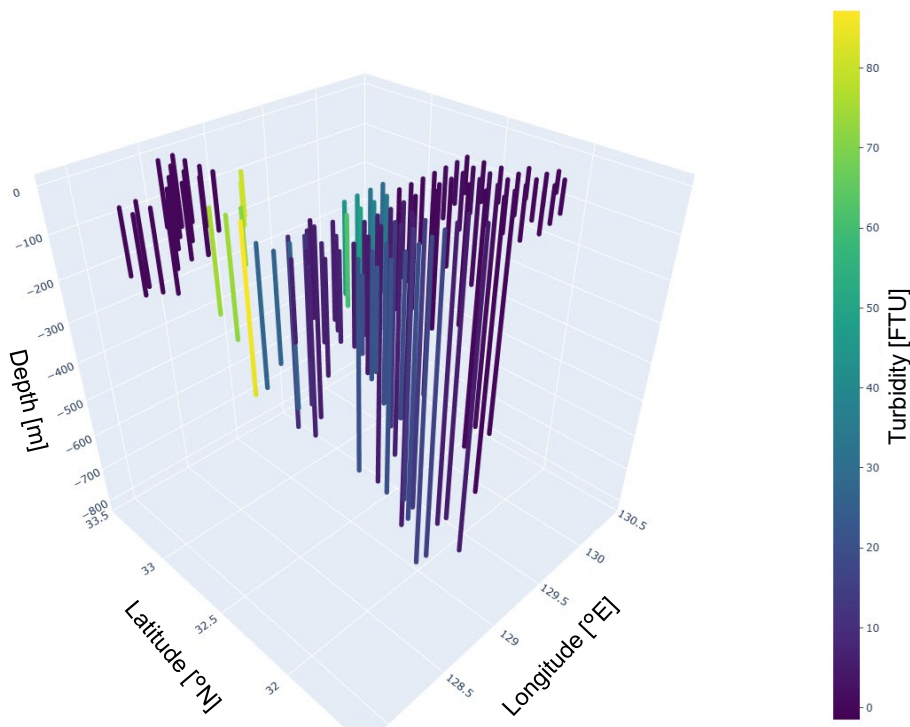
第3図 GB24航海におけるCTDで観測された塩分と実測された底層水の塩分の比較。点線は $y = x$ を表している。

Fig. 3 Comparison between salinity observed by CTD and measured from bottom water samples. The dashed line represents $y = x$.



第4図 本報告で検討したCTDデータの分布範囲。データの可視化には、PythonプログラムコードGeoMAC (Mimura and Akizawa, 2025) を利用した。対角成分は各パラメータのヒストグラムを表す。

Fig. 4 Scatter diagrams for physical properties obtained by CTD profiler. Data visualization was performed by a python program code GeoMAC (Mimura and Akizawa, 2025). Diagonal elements represent histograms of each parameter.



第5図 本航海で取得された濁度の3次元分布.

Fig. 5 Spatial distribution of turbidity obtained during GB24 cruise.

同一サイトの深度方向にはバリエーションが確認されなかった(第5図). さらに、近接する海域でCTD調査を行った飯塚ほか(2025)と比べて1オーダー高い値を示した. これらのことから、以下の議論では、正しい値が得られていない可能性がある濁度のデータを除外し、水温・塩分・溶存酸素濃度の3つのパラメータで水塊の特徴付けを行う.

上で整理したプロファイルを基に人為的に閾値を設定し、5つのクラスターに分類を行った(第6図). 第6図において水色で表されるクラスター1は、高い水温(24.1–25.8 °C)及び低い塩分(≤ 34.0), 高い溶存酸素濃度(≥ 6.0 mg/l)によって特徴付けられた. 青色で表されるクラスター2は、比較的高い水温(22.6–26.1 °C), やや高い塩分(34.0–34.3), 高い溶存酸素濃度(≥ 6.0 mg/l)で特徴付けられた. 赤色で示されたクラスター3は、塩分の極大値(34.4–34.8)で特徴付けられ、中程度の水温(12.0–24.5 °C)及び溶存酸素濃度(4.8–5.5 mg/l)を示した. 紫色で示されたクラスター4は、低い水温(5.4–10.0 °C)及び溶存酸素濃度(2.5–4.0 mg/l)で特徴付けられ、中程度の塩分(34.2–34.4)を示した. 緑色で示したクラスター5は、比較的高い水温(19.8–22.0 °C)と低い溶存酸素濃度(3.5–5.0 mg/l)で特徴付けられ、比較的高い塩分(34.2–34.6)を示した. なお、第6図において上記5つのクラスターに該当しないサンプルはグレーでプロットされている.

3.4 水塊の分布

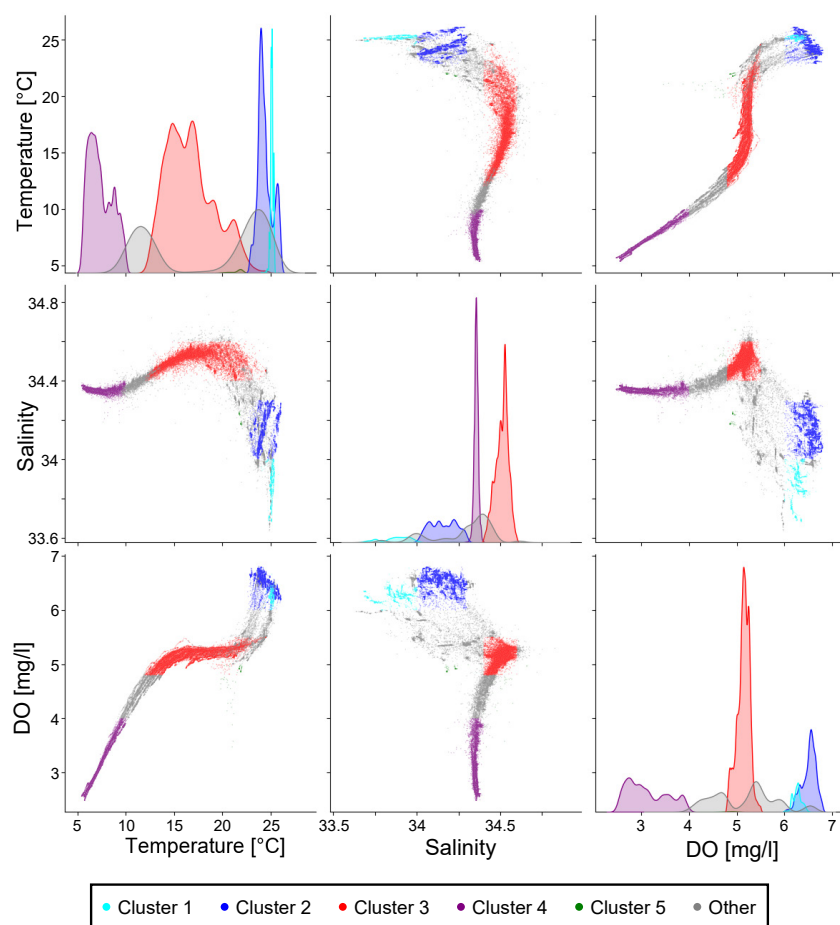
第7図は、上述した分類に基づいて水塊の分布を可視

化したものである. なお、図の(b, c)における表層水及び底層水の定義は、飯塚ほか(2025)に従い、それぞれ水深2–5 m及び海底面上1–3 mとした.

高温・低塩分で特徴付けられるクラスター1は、天草諸島沖の水深の浅い海域の表層で確認された. この海域付近にある八代海や有明海は、閉鎖性が高く外洋との海水の交換が制限されるため、河川水の流入によって低塩分の海水が発達しやすいことが知られている(只隈ほか, 2015). このため、八代海の出口に当たる同海域において高温・低塩分の海水が確認されたと考えられる. また、水深が浅いこの海域には、高塩分のモード水(クラスター3, 後述)の寄与が制限されていることが確認でき(第7図a), このことも同海域の低塩分化に寄与した可能性がある.

高温で、クラスター1と比べて高塩分なクラスター2は、本報告の調査海域の表層に広く分布していた. 本航海の調査海域は黒潮から分岐する対馬海流の影響を受ける範囲にあると考えられる. 航海が実施された10–11月の対馬海流の水温は17–24 °C, 塩分は33.5–34.5の範囲であることが報告されており(Senju *et al.*, 2008; 飯塚ほか, 2025), クラスター2の組成はおおむねこの範囲に収まる. 以上のことから、クラスター2は対馬海流の影響を受けた表層水であると考えられた.

最も高い塩分を示すクラスター3は、調査海域の水深約100–250 mの深度に広く分布していた(第7図a). 黒潮・黒潮続流の南側では、冬季に水温16–18 °C, 塩分34.5–34.9程度の水塊が形成される(Masuzawa, 1969; Suga and



第6図 CTDプロファイルに基づく水塊のクラスタリング。

Fig. 6 Five clusters of seawater identified from the CTD profile.

Hanawa, 1995). この水塊は亜熱帯循環によって北太平洋の広範囲に分布することが知られており (Oka and Qiu, 2012; Kawakami *et al.*, 2020), 北太平洋亜熱帯モード水 (Subtropical Mode Water) と呼ばれている。本研究で得られたクラスタの分布はおおむねこの組成範囲と一致することから、クラスタ3はモード水の影響を受けていることが考えられる。

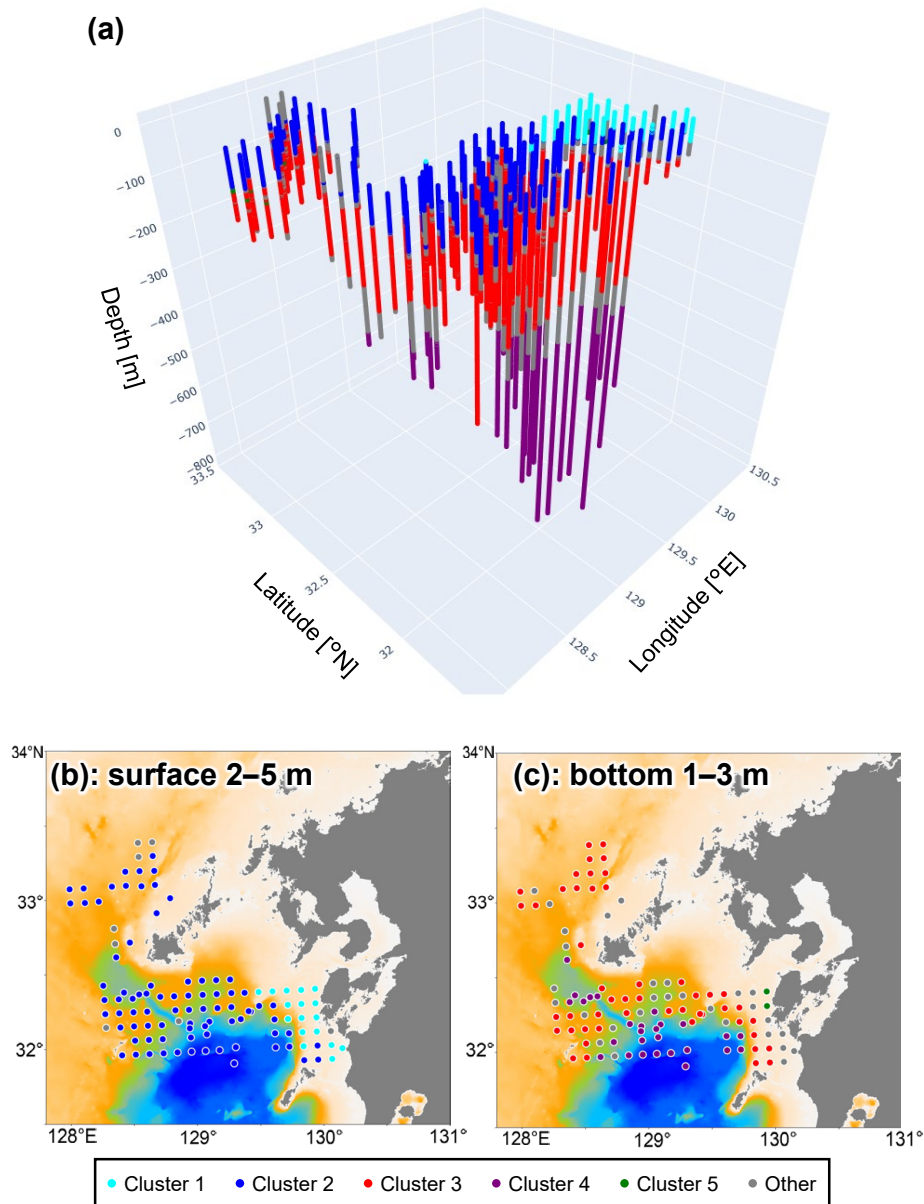
低温・低溶存酸素濃度のクラスタ4は、調査海域の水深300–800 mの深度に広く分布していた (第7図a, c)。北太平洋ではモード水の下層に、オホーツク海などを起源とする低温で比較的低塩分の海水を起源とする北太平洋中層水 (North Pacific Intermediate Water) が分布していることが知られている (Yasuda *et al.*, 1996; Yasuda, 1997)。クラスタ4はこの中層水の影響を受けていると考えられる。クラスタ4は主に男女海盆の底層に分布しているが、五島海底谷や福江海盆でも分布が確認された。このことから、北太平洋中層水が五島海底谷を經由して福江海盆へ流入している可能性が示唆された。

高温で溶存酸素濃度の低いクラスタ5は、天草諸島

沿岸の底層に限定的に分布していた (第7図c)。この海域は、八代海や有明海の出口に当たり、表層にはクラスタ1の高温で低塩分な水塊が分布している。このため、海洋が成層化しやすく、水深が浅い海域であるにもかかわらず溶存酸素濃度の低い水塊が生じたと考えられる。

4. まとめ

九州西方沖の水塊構造を把握するため、GB24航海において九州西方沖の108サイトにてCTDプロファイラーによって水温・塩分・溶存酸素濃度の観測を実施した。調査海域の表層については、閉鎖的な八代海や有明海の出口に当たる海域の表層には、高温で低塩分な水塊 (クラスタ1) が、その他海域の表層には対馬海流の影響を受けていると考えられる高温で比較的高塩分な水塊 (クラスタ2) が分布していた。また、水深約100–250 mの深度には北太平洋亜熱帯モード水の影響を受けていると考えられる水塊 (クラスタ3) が、より深部には北太平洋中層水の影響を受けていると考えられる水塊 (クラスタ4) が分布していた。また、八代海・有明海の出口



第7図 (a)第6図のクラスタリングに基づく水塊の3次元分布. (b, c)第6図のクラスタリングに基づく表層2–5 m及び底層1–3 mにおける水塊構造. 水深のカラースケールは第2図と同じ.

Fig. 7 (a) Spatial distribution of the clusters determined by Fig. 6. (b, c) Distributions of the clusters in surface and bottom seawater. The color scale for water depth is consistent with that in Fig. 2.

付近の一部サイトの底層には比較的高温であるにもかかわらず溶存酸素濃度の低い水塊 (クラスター 5) が発達していた. 本航海の調査海域は, 海盆や海底谷などの複雑な地形によってバリエーションに富む水塊が存在しており, それが同海域の豊かな生態系や漁業資源を支えている可能性が考えられた.

謝辞: 本研究の遂行にあたり, 東海大学望星丸の乗組員の皆様には, 調査船の運航や甲板作業でご支援を頂いた. 特に, 重量のある採泥器の投入・揚収を常に安全に

実施できる環境を整備していただいた. 井上卓彦調査団長をはじめとする乗船研究者の皆様には, 甲板作業等様々な面でご協力を頂いた. 乗船学生の皆様には, 甲板作業や観測記録の作成等でサポートを頂いただけでなく, ともすれば暗くなりがちなるルーティンワークを明るく盛り上げてくださった. また, CTDデータの抽出・整理には, 産業技術総合研究所齋藤直輝研究員の作成したプログラムを加筆して使用した. 以上の方々に深く感謝申し上げます.

文 献

- 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.
- Amante, C. and Eakins, B. W. (2009) ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis. NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24, National Geophysical Data Center, NOAA, doi:10.7289/V5C8276M.
- 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.
- 飯塚 睦・板木拓也・鈴木克明・片山 肇・齋藤直輝・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.
- 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.
- 環境省 (2016) 生物多様性の観点から重要度の高い海域: 沖合海底域322五島列島南部. <https://www.env.go.jp/nature/biodic/kaiyo-hozen/kaiiki/kaitei/322.html> (閲覧日: 2026年3月5日)
- 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.
- 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.
- Kawakami, Y., Kitamura, Y., Nakano, T. and Sugimoto, S. (2020) Long-term thermohaline variations in the North Pacific subtropical gyre from a repeat hydrographic section along 165°E. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, **125**, e2019JC015382.
- 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).
- 万田敦昌・磯辺篤彦・松野 健・柳 哲雄・韓 仁盛・神尾光一郎 (2001) 東シナ海における黒潮前線周辺の水塊分布および流動構造の時空間変動. 沿岸海洋研究, **39**, 57–67.
- Masuzawa, J. (1969) Subtropical mode water. *Deep-Sea Research*, **16**, 463–472.
- Mimura, K. and Akizawa, N. (2025) GeoMAC: Geochemical Mode Analysis Calculator (v1.1). Zenodo, doi:10.5281/zenodo.14676066.
- 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.
- 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.
- Oka, E. and Qiu, B. (2012) Progress of North Pacific mode water research in the past decade. *Journal of Oceanography*, **68**, 5–20.
- 齋藤直輝・鈴木克明・板木拓也・鈴木 淳 (2024) トカラ列島周辺海域におけるCTD観測および海洋大循環モデルに基づく海洋環境. 地質調査研究報告, **75**, 279–297.
- 桜井 操・永野真男 (1976) 九州西方の海底地形・地質構造. 地学雑誌, **85**, 329–341.
- 清家弘治・飯塚 睦・板木拓也・見邨和英・鈴木克明・吉岡純平・小林元樹・有元 純・桑野太輔・山崎誠 (2026) 東シナ海北東部及び男女海盆北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, **77**, 129–144.
- 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 variations of North Pacific Subtropical Mode Water in the 137°E section. *Journal of Physical Oceanography*, **25**, 1012–1017.
- 只隈章浩・幸福辰己・滝川 清・横手敏弘・奥村靖浩・小田勝也・小堀 達 (2015) 調査観測兼清掃船「海輝」「海煌」による八代海の海域環境特性の把握. 土木学会論文集B3 (海洋開発), **71**, I_491–I_496.
- Yasuda, I. (1997) The origin of the North Pacific Intermediate Water. *Journal of Geophysical Research*, **102**(C1), 893–909.
- Yasuda, I., Okuda, K. and Shimizu, Y. (1996) Distribution and modification of North Pacific Intermediate Water in the Kuroshio-Oyashio interfrontal zone. *Journal of Physical Oceanography*, **26**, 448–465.

(受 付: 2025年9月18日; 受 理: 2026年3月11日)