

宝島及び諏訪之瀬島周辺海域における海洋環境

板木 拓也^{1,*}・鈴木 克明¹・池内 絵里¹・及川 一真²・
片山 肇¹・飯塚 睦^{1,3}・鈴木 淳¹・高柳 栄子²

ITAKI Takuya, SUZUKI Yoshiaki, IKEUCHI Eri, OIKAWA Kazuma, KATAYAMA Hajime, IIZUKA Mutsumi, SUZUKI Atsushi and TAKAYANAGI Hideko (2022) Oceanographic environments around Takarajima Island and Suwanosejima Island. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 73(5/6), p. 301-311, 8 figs and 1 table.

Abstract: CTD observations and bottom water samplings were conducted at a total of 61 sites in the waters surrounding the Tokara Islands during GB21-1 cruise (February 28 to March 30, 2021). The survey area is located in the pathway where the Kuroshio Current flows out from the East China Sea to the Philippine Sea, and is divided into the Kuroshio water, North Pacific Subtropical Mode Water, North Pacific Intermediate Water, and North Pacific Deep Water from the surface to the bottom. The surface layer around Yokoatejima Island is characterized by low temperature and high salinity, which is thought to be the effect of vertical mixing caused by topographic high. Off the east coast of Takarajima Island, a high turbidity layer with several tens of meters thick is observed near the seafloor, which is thought to be caused by sediment suspension due to currents on the seafloor.

Keywords: Tokara Strait, Kuroshio Current, North Pacific Subtropical Mode Water, North Pacific Intermediate Water, North Pacific Deep Water

要 旨

GB21-1航海(2021年2月28日～3月30日)において、トカラ列島周辺海域の計61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、黒潮が東シナ海からフィリピン海に流出する流路に位置しており、表層から底層にかけて、黒潮水、北太平洋亜熱帯モード水、北太平洋中層水、北太平洋深層水に区分される。横当島周辺の表層は低温・高塩分で特徴付けられ、これは地形の高まりによる鉛直混合の影響と考えられる。宝島東方沖では、海底付近に厚さ数十メートルの高濁度層が観測されており、海底面上の流れによる懸濁作用によるものと考えられる。

1. はじめに

堆積作用や環境変動など、海域の地質情報を多角的に解釈するためには現在の海洋環境に関する詳細な情報が必要である。地質調査総合センターが知的基盤情報のひとつとして整備している表層堆積図の作成に当たっては、木下式グラフ採泥器(K-グラフ)にCTD(Conductivity-

Temperature-Depth profiler)と底層採水器(ニスキン採水器)を設置し、表層堆積物の採取と同時に各種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)。CTDからは、水柱の水温、塩分、溶存酸素、濁度のデータが取得され、また採水器で採取された海水試料からは塩分とpHが測定されている。

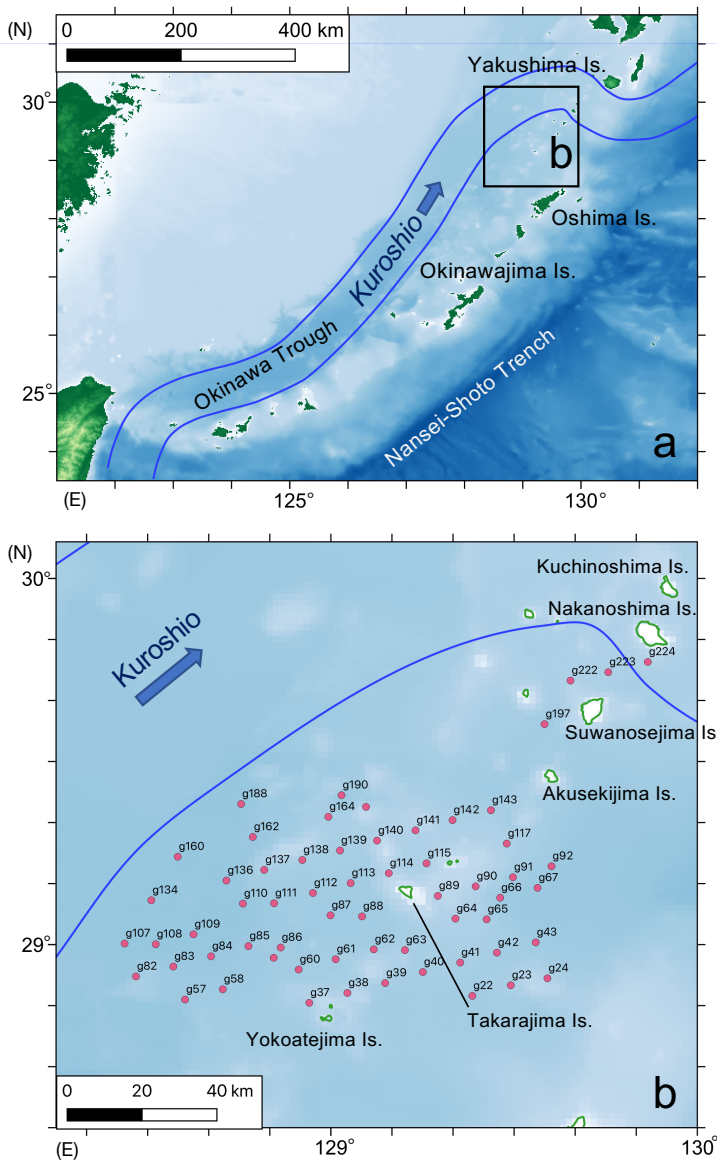
東海大学の望星丸を用いて実施されたGB21-1航海(2021年2月28日～3月30日)では、トカラ列島周辺海域の計61地点(水深173～1,169 m)で表層採泥が行われた(第1図, 鈴木ほか, 投稿中)。トカラ海峡は、北部琉球弧のトカラ列島付近で東シナ海とフィリピン海を繋ぐ水深690 mの海峡であり、東シナ海を北上してきた黒潮がフィリピン海に抜ける主要な流路となっている。トカラ海峡の黒潮流軸は、北緯29°30'～30°30'付近を通過する(Nakamura *et al.*, 2003)。その際、島嶼や岩礁に当たって湧昇が起り、表層に栄養塩が供給されることで、この海域の高い生産性に寄与している(Hasegawa *et al.*, 2021)。このようなトカラ海峡における黒潮の流動は、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。

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 東北大学 大学院理学研究科(Graduate School of Science, Tohoku University, Aobayama, Sendai 980-8578 Japan)

³ 北海道大学 低温科学研究所(Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Kita-19, Nishi-8, Kita-ku, Sapporo 060-0819, Japan)

* Corresponding author: ITAKI, T., Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: t-itaki@aist.go.jp



第1図 調査海域周辺の地形と主な海流 (a) 及び採泥点 (b)
海底地形は岸本 (2000) に基づく。

Fig. 1 Topography and main currents around the study area (a) and sampling stations (b).
Sea-bottom topography is based on Kishimoto (2000).

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、GB21-1航海において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及び溶存酸素のセンサーが付属している。圧力センサーの精度は-5~35℃において0.1%、温度センサーの測定レンジは-2~35℃、精度は±0.005℃である。濁度センサーは光源波長880nm、測定レンジは0~25FTUである。溶存酸素センサーの測定レンジは0~240%、精度は±2%である。ただし溶存酸素については校正を行っていないため、測定値は参考扱いとし、変化の傾向のみ議論する。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1.0m/s程度で下降させ、海底面上30m前後で一旦停止させてワイヤー傾角を調整した後、線速0.5m/s程度で着底させた。投入から着底までの間、船の位置は投入点から約0.2kmの円内を維持するよう操船したが、St. g117では東向きの流れが強く、投入から着底の間に約1.3km流された。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2~5m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の5~7mの平均値の値として第1表にまとめた。

K-グラフに設置したニスキン採水器は、超音波距離計により海底面上7mで作動するように設定されており(板

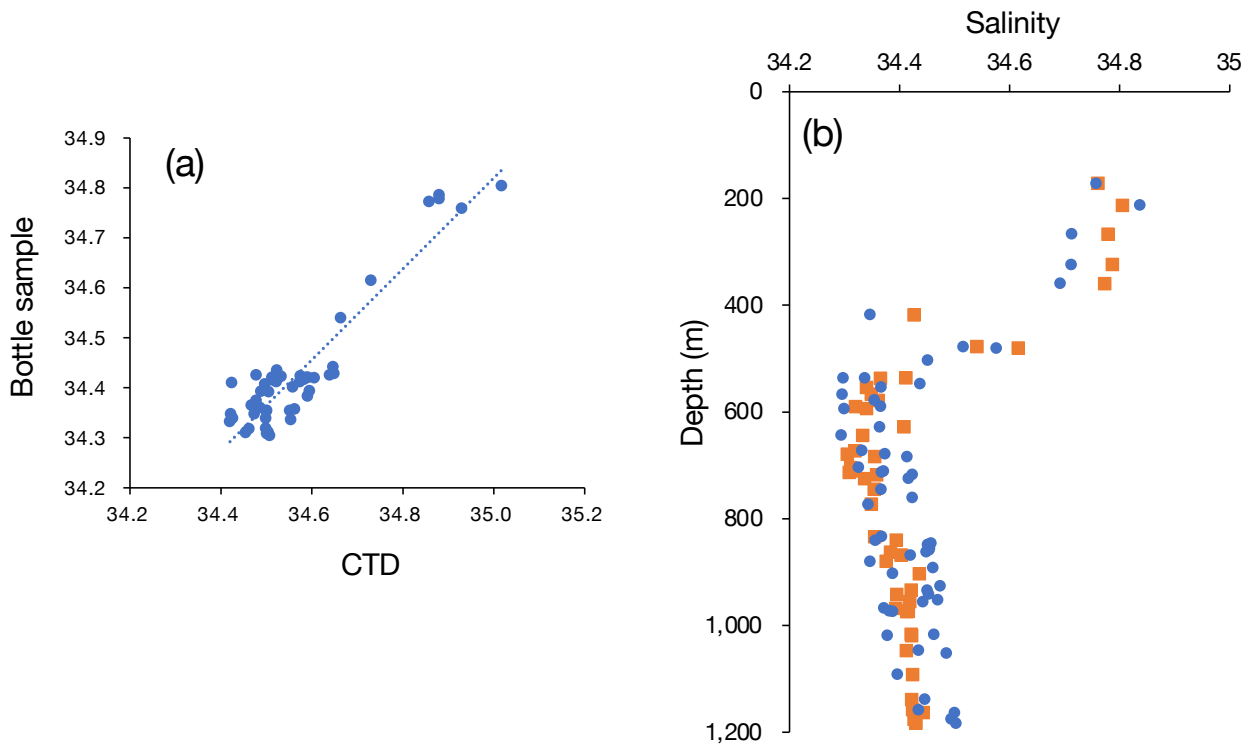
第1表 CTDで取得された表層(水深2~5 mの平均)と底層(海底面上5~7 mの平均)の水温(Temp)、塩分(未補正: Sal_raw, 補正済み: Sal_cal)、濁度(Turb)、溶存酸素(DO)、及び採水器で採取した海底直上水(海底面上7m)の実測塩分(Salinity)とpH。採取日時及び位置、水深はグラブ着底時のものを示した。

Table 1 List showing water temperature (Temp), salinity (uncorrect: Sal_raw, correct: Sal_cal), turbidity (Turb), and dissolved oxygen (DO) in the surface layer (averaged over 2-5 m depth from the sea-surface) and bottom layer (averaged over 5-7 m above the seafloor) acquired by CTD profiler, and measured salinity (Salinity) and pH values of the seawater above the seafloor (7 m above the seafloor) collected by the water sampler. Time, location, and water depth when the grab sampler reached to the seafloor are shown.

Site	Date	JST	Lat (N)	Long (E)	Depth (m)	CTD surface (2-5 m below seafloor)				CTD bottom (5-7 m above seafloor)				Bottle sample			
						Temp (°C)	Sal raw	Sal cal	Turb (FTU)	DO (ml/L)	Temp (°C)	Sal raw	Sal cal	Turb (FTU)	DO (ml/L)	Salinity	pH
g22	2021/3/18	13:37:06	28.860	129.386	823	22.92	34.85	34.69	1.45	4.45	5.82	34.50	34.37	1.23	2.35	34.355	7.625
g23	2021/3/18	17:08:13	28.889	129.491	572	23.02	34.84	34.68	1.47	4.49	9.40	34.49	34.35	1.17	3.18	34.361	7.780
g24	2021/3/18	8:15:51	28.908	129.591	473	22.01	34.88	34.72	1.90	4.50	14.50	34.73	34.58	1.15	3.96	34.615	7.830
g37	2021/3/10	10:00:06	28.841	128.941	543	20.69	34.98	34.80	1.30	4.47	10.68	34.58	34.44	1.01	3.38		
g38	2021/3/10	8:35:07	28.868	129.045	489	20.53	35.01	34.83	1.43	4.50	11.32	34.59	34.45	1.02	3.49		
g39	2021/3/19	9:06:22	28.895	129.148	657	22.82	34.83	34.67	1.70	4.45	6.97	34.46	34.33	1.17	2.63	34.319	7.675
g40	2021/3/19	7:44:27	28.925	129.251	702	21.57	34.87	34.71	1.73	4.64	6.21	34.50	34.37	1.21	2.46	34.312	7.595
g41	2021/3/18	12:13:55	28.951	129.353	705	22.41	34.84	34.67	1.43	4.50	6.04	34.50	34.37	1.23	2.40	34.309	7.640
g42	2021/3/18	10:54:06	28.978	129.453	735	21.53	34.88	34.71	2.32	4.54	5.93	34.50	34.37	1.19	2.36	34.354	7.600
g43	2021/3/18	9:34:37	29.006	129.559	861	21.63	34.88	34.71	1.73	4.57	3.85	34.56	34.42	1.30	1.90	34.403	7.680
g57	2021/3/20	14:06:03	28.850	128.602	1005	23.03	34.81	34.65	1.49	4.58	4.83	34.51	34.38	1.20	2.14	34.422	7.550
g58	2021/3/20	12:35:36	28.878	128.705	960	22.82	34.82	34.65	1.76	4.50	4.86	34.52	34.38	1.22	2.15	34.416	7.555
g59	2021/3/10	12:50:00	28.964	128.844	849	20.81	34.98	34.81	1.73	4.44	5.23	34.60	34.45	1.02	2.14		
g60	2021/3/10	11:27:03	28.932	128.912	841	20.69	34.97	34.79	6.22	4.58	5.25	34.59	34.45	1.02	2.14		
g61	2021/3/19	10:51:38	28.960	129.013	759	22.93	34.83	34.67	1.69	4.47	6.09	34.47	34.34	1.18	2.41	34.348	7.640
g62	2021/3/9	17:20:28	28.987	129.117	746	20.76	34.97	34.80	3.61	4.62	6.15	34.56	34.42	1.02	2.35		
g63	2021/3/19	16:37:46	28.985	129.202	587	22.03	34.85	34.68	2.83	4.60	8.79	34.43	34.30	1.19	3.11	34.339	7.800
g64	2021/3/23	11:04:37	29.071	129.340	524	22.44	34.80	34.64	1.54	4.54	10.36	34.47	34.34	1.27	3.41	34.365	7.850
g65	2021/3/23	9:54:29	29.069	129.425	638	22.45	34.80	34.64	1.57	4.50	7.38	34.42	34.29	1.27	2.73	34.333	7.760
g66	2021/3/23	8:33:36	29.128	129.462	896	22.45	34.81	34.65	1.60	4.46	3.63	34.52	34.39	1.33	1.89	34.436	7.510
g67	2021/3/16	16:09:55	29.155	129.564	943	21.76	34.93	34.76	1.35	4.58	3.74	34.58	34.44	1.77	1.87	34.418	7.535
g82	2021/3/20	15:46:36	28.913	128.468	942	22.94	34.80	34.64	1.73	4.51	4.91	34.51	34.37	1.19	2.17	34.393	7.555
g83	2021/3/14	16:05:10	28.940	128.570	852	22.98	34.86	34.70	1.67	4.41	5.07	34.59	34.45	1.09	2.16	34.384	7.720
g84	2021/3/20	11:03:30	28.968	128.673	958	23.03	34.83	34.67	1.66	4.44	4.84	34.52	34.39	1.20	2.15	34.413	7.360
g85	2021/3/14	8:05:07	28.996	128.775	942	21.81	34.93	34.76	2.20	4.45	4.89	34.61	34.47	1.08	2.09		7.765
g86	2021/3/10	14:02:47	28.992	128.863	847	20.80	34.98	34.80	1.55	4.46	5.20	34.60	34.45	1.02	2.14		
g87	2021/3/9	14:59:41	29.080	128.999	883	20.81	34.99	34.81	1.11	4.51	5.10	34.60	34.46	1.02	2.11		
g88	2021/3/19	15:08:31	29.077	129.085	699	23.02	34.84	34.68	1.77	4.41	6.69	34.45	34.33	1.20	2.54	34.311	7.655
g89	2021/3/23	12:07:30	29.133	129.292	248	22.53	34.82	34.66	1.42	4.47	19.17	34.88	34.71	1.28	4.26	34.779	8.050
g90	2021/3/23	7:24:23	29.159	129.395	353	22.42	34.83	34.67	1.62	4.47	17.02	34.86	34.69	1.27	4.07	34.773	8.040
g91	2021/3/16	14:54:37	29.184	129.497	808											34.323	7.480
g92	2021/3/16	17:56:16	29.214	129.602	924	21.80	34.89	34.72	1.57	4.59	3.55	34.59	34.45	1.58	1.85	34.421	7.530
g107	2021/3/20	17:17:30	29.003	128.437	1077	22.92	34.78	34.62	1.81	4.49	4.46	34.53	34.40	1.20	2.11	34.424	7.595
g108	2021/3/14	13:37:42	29.001	128.522	1169	23.00	34.86	34.70	1.46	4.34	4.34	34.65	34.50	1.08	2.05	34.429	7.705
g109	2021/3/14	9:53:00	29.028	128.625	1163	21.91	34.91	34.74	1.34	4.42	4.40	34.64	34.49	1.09	2.05	34.426	7.290
g110	2021/3/9	8:40:09	29.112	128.760	1071	21.15	34.95	34.77	1.36	4.45	4.72	34.63	34.48	1.01	2.03		
g111	2021/3/9	10:12:59	29.113	128.845	915	21.30	34.95	34.77	1.57	4.40	5.02	34.62	34.47	1.03	2.09		

第1表 続き.
Table 1 Continued.

Site	Date	JST	Lat (N)	Long (E)	Depth (m)	CTD surface (2-5 m below seasurface)				CTD bottom (5-7 m above seafloor)				Bottle sample			
						Temp (°C)	Sal raw	Sal cal	Turb (FTU)	DO (ml/L)	Temp (°C)	Sal raw	Sal cal	Turb (FTU)	DO (ml/L)	Salinity	pH
g112	2021/3/9	11:49:22	29.141	128.951	836	21.46	34.91	34.74	1.93	4.42	5.24	34.60	34.46	1.03	2.13		
g113	2021/3/23	15:42:18	29.168	129.054	828	22.40	34.82	34.66	2.27	4.55	5.30	34.49	34.36	1.28	2.24	34.393	
g114	2021/3/23	14:28:09	29.195	129.158	323	22.39	34.82	34.66	1.67	4.52	18.49	34.88	34.71	1.27	4.18	34.786	8.040
g115	2021/3/23	13:16:51	29.222	129.261	614	22.47	34.79	34.63	1.58	4.61	11.40	34.50	34.36	1.29	3.60	34.408	7.575
g117	2021/3/16	13:37:58	29.276	129.480	576	21.69	34.92	34.74	1.52	4.53	9.60	34.50	34.37	1.11	3.23	34.340	7.730
g134	2021/3/14	11:47:14	29.121	128.510	1151	22.95	34.88	34.71	1.51	4.38	4.33	34.65	34.50	1.10	2.04	34.443	7.310
g136	2021/3/17	11:46:50	29.175	128.715	1034	22.97	34.89	34.72	1.59	4.39	4.70	34.57	34.43	1.14	2.10	34.412	7.465
g137	2021/3/15	16:21:41	29.204	128.818	677	22.99	34.89	34.72	2.06	4.44	6.19	34.55	34.41	1.16	2.42	34.355	7.575
g138	2021/3/15	14:49:55	29.231	128.922	714	22.31	34.94	34.76	1.65	4.43	6.28	34.55	34.42	1.12	2.42	34.336	7.880
g139	2021/3/15	13:24:09	29.257	129.025	709	21.23	35.00	34.82	1.34	4.54	6.25	34.56	34.42	1.11	2.40	34.358	7.945
g140	2021/3/15	12:05:41	29.284	129.126	222	21.43	35.05	34.87	1.62	4.59	19.00	35.02	34.84	1.12	4.03	34.805	8.315
g141	2021/3/16	8:57:22	29.312	129.231	475	21.64	34.93	34.76	1.45	4.49	12.78	34.66	34.52	1.13	3.71	34.540	7.850
g142	2021/3/16	10:11:47	29.340	129.332	583	21.67	34.93	34.76	1.69	4.54	9.36	34.50	34.37	1.13	3.18	34.320	7.845
g143	2021/3/16	11:25:57	29.367	129.437	669	22.12	34.93	34.76	1.45	4.47	6.74	34.51	34.37	1.13	2.52	34.305	7.710
g160	2021/3/17	13:39:24	29.240	128.582	1125	22.83	34.83	34.67	1.63	4.40	4.51	34.59	34.45	1.15	2.07	34.422	7.560
g162	2021/3/15	17:52:10	29.294	128.787	1003	23.08	34.88	34.72	1.27	4.41	4.62	34.61	34.46	1.14	2.08	34.421	7.205
g164	2021/3/15	8:40:52	29.349	128.993	682											34.351	7.905
g165	2021/3/15	11:01:14	29.376	129.096	173	21.72	34.96	34.78	1.19	4.56	20.24	34.93	34.76	1.11	4.24	34.760	8.240
g188	2021/3/17	18:00:23	29.384	128.755	1145	23.18	34.85	34.69	1.48	4.41	4.49	34.57	34.43	1.15	2.07	34.424	7.570
g190	2021/3/15	9:56:00	29.408	129.029	932	21.70	34.94	34.77	1.67	4.44	5.35	34.59	34.45	1.13	2.20	34.395	7.785
g197	2021/3/24	8:16:44	29.602	129.583	868	22.52	34.73	34.57	1.56	4.48	5.22	34.48	34.35	1.38	2.22	34.376	7.595
g222	2021/3/24	9:49:23	29.721	129.654	509	22.57	34.72	34.57	1.49	4.48	9.01	34.42	34.30	1.32	3.14	34.411	7.895
g223	2021/3/24	11:35:04	29.744	129.757	563	22.67	34.73	34.58	1.65	4.50	8.73	34.42	34.30	1.37	3.02	34.348	7.850
g224	2021/3/24	12:46:22	29.772	129.865	416	22.60	34.75	34.59	1.62	4.55	10.55	34.48	34.35	1.31	3.37	34.426	7.860



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 (橙) 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 (orange) (b).

木, 2018), 採取された海底直上水からは, pHと塩分が測定された. pHは, 温度変化や大気二酸化炭素との交換反応によって容易に変化するため, pHメーター2機を用いて採水直後に速やかに測定した. 測定に用いたのは, 堀場製作所 (HORIBA) 製のコンパクトpHメーター (LAQUAtwin pH-33B) である. 両pHメーターは, pH標準溶液3種類 (pH=4.01, 6.86, 9.18; 富士フイルム和光純薬株式会社製) によって, 2点または3点校正を定期的に行い (少なくとも1回/日), 測定値の確認をした. IAPSO標準溶液 (pH=7.41) の繰り返し測定による本pHの測定の確度・精度は 7.41 ± 0.02 であった. 各地点の海水のpHは, pHメーター2機を用いてそれぞれ3回ずつ繰り返し測定した結果 (全6データ) の平均値とした. また, 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.

3. 結果と考察

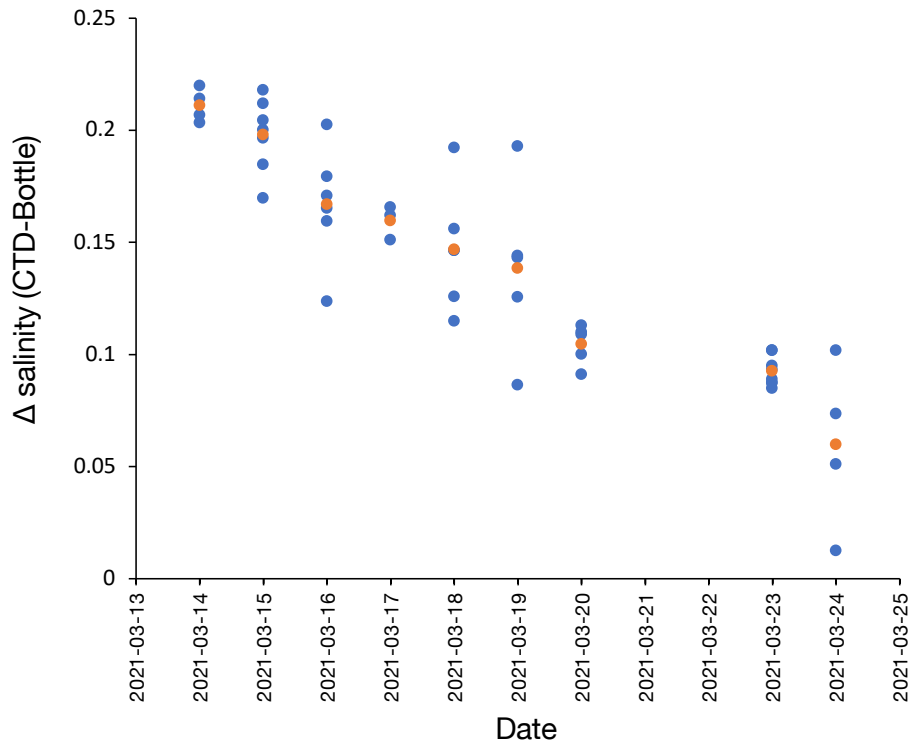
3.1 CTD塩分の補正

CTDの塩分センサーは, 実際の塩分とは系統的に異な

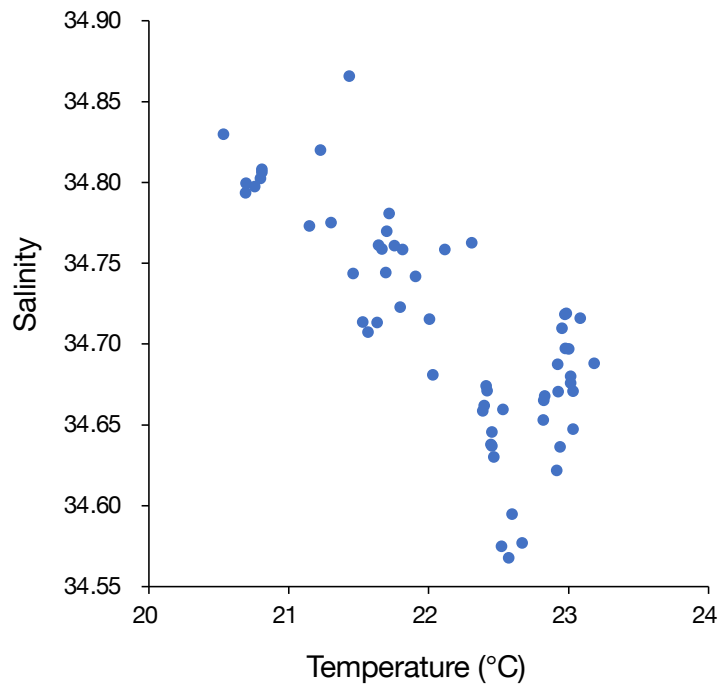
る値を示す場合があり, 海水の測定値と比較して補正する必要がある. そのために, 海底直上水の実測塩分を底層のCTD塩分 (海底面上5~7mの平均) と比較して補正することとした. 観測を開始した当初の3月9~10日の採水は, 採水器のベント (空気穴) に不具合があったため正常な採水が出来ず, データからは除外した. その上で底層のCTD塩分と実測塩分の関係 (第2図a) から以下の補正式を構築した. なお, 両者の相関係数は $r=0.93$ であった.

$$\text{補正CTD塩分} = 0.9096 \times \text{CTD塩分} + 2.9852$$

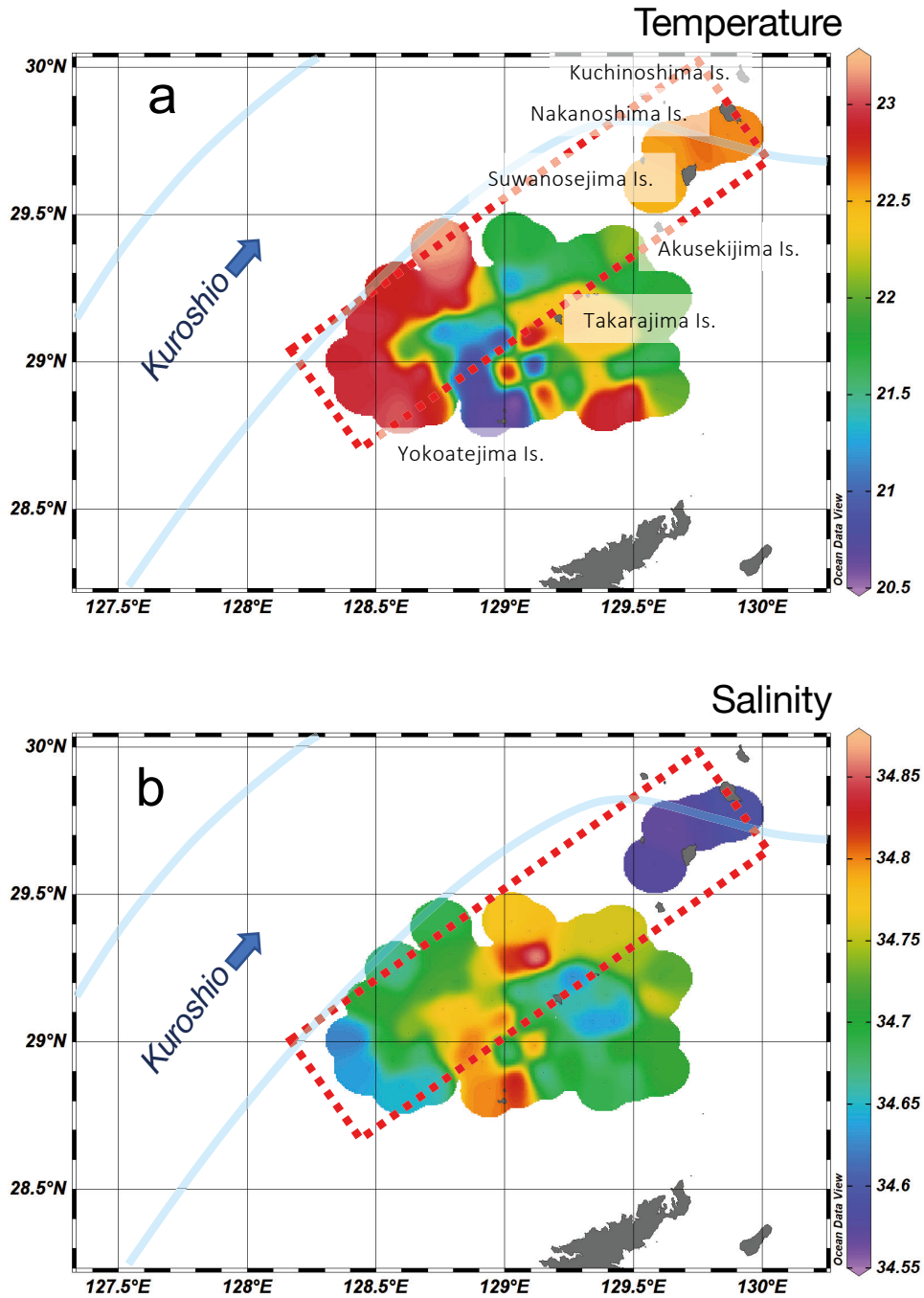
ところで, 底層のCTD塩分は, 実測塩分と比べると約0.1の幅でプロットが分散している (第2図a, b; CTD塩分と実測塩分の差の標準偏差は0.05). 水深500m以深における底層水の実測塩分値は比較的安定していることから, この分散はCTD塩分センサーの精度に ± 0.05 程度の誤差があることを示している. そこでCTD塩分と実測塩分値との差を時系列で比較すると, その差が1日当たり平均約0.02で低下する傾向が認められた (第3図). CTD塩分センサーの電気伝導度セルは, 長期間の観測で



第3図 CTD塩分と実測塩分値との差 (Δ salinity CTD-Bottle)の時系列変化 (青)と日毎の平均 (橙)
 Fig. 3 Time series (blue) and daily average (orange) of the difference between CTD salinity and measured salinity (Δ salinity CTD-Bottle).

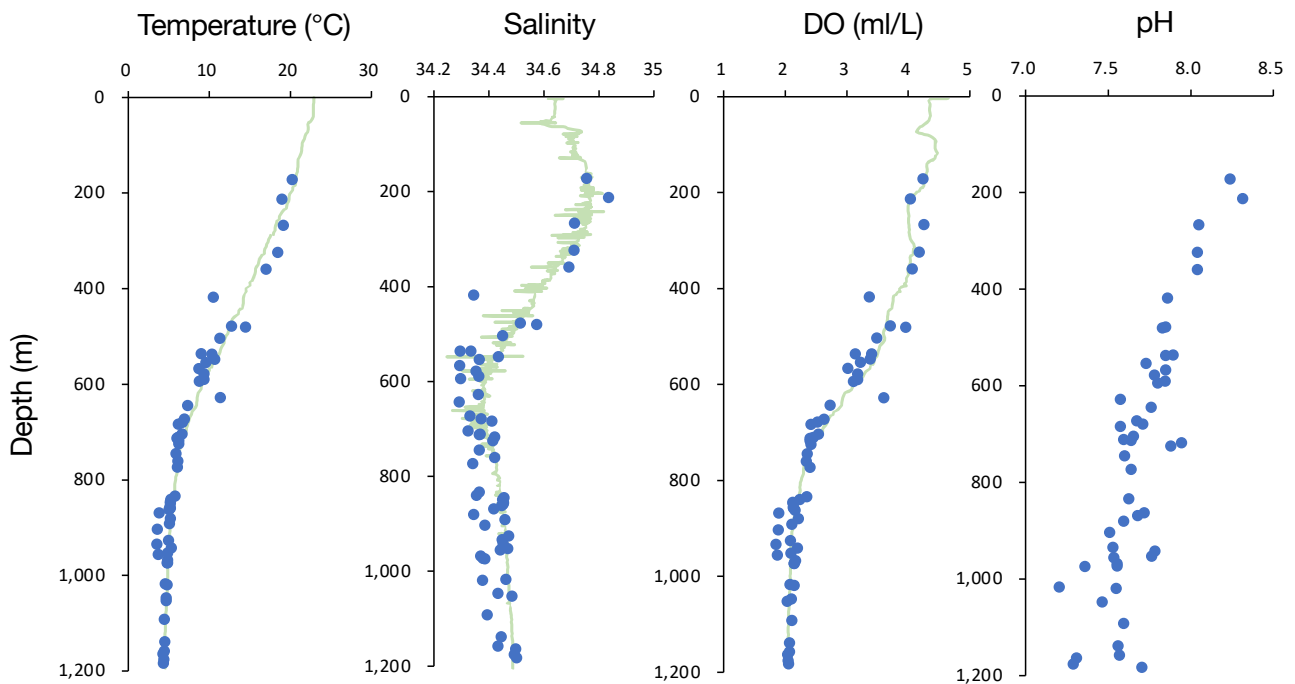


第4図 CTDで観測された表層水 (2 ~ 5 mの平均)のT-Sダイアグラム
 Fig. 4 A T-S diagram of surface water (averaged over 2-5 m below the sea-surface) observed by CTD.



第5図 表層の水温 (a) 及び塩分 (b) の分布 (破線の四角枠は、第7図で選択されたエリアを示す) (Ocean Data Viewにより作図)

Fig. 5 A map showing distribution of sea-surface temperature (a) and salinity (b) (dashed square box indicates the area selected in Fig. 7). Figure was created by Ocean Data View.



第6図 底層水の水温、塩分、溶存酸素 (DO)、pHの深度プロット (薄緑線は、St. g108の水柱プロファイル)

Fig. 6 Depth plots of bottom water temperature, salinity, dissolved oxygen (DO), and pH (light green line indicates the water column profile at St. g108).

電氣的流動から発生する石灰質などで被膜されることがある。上述のデータの分散の原因として、このような塩分センサーの汚れによる電気伝導度の減少が考えられ、測定精度に影響を及ぼした可能性がある。より正確な数値を得るために観測日毎の補正式を構築することも可能ではあるが、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は、±0.05でも十分な精度であるので、本報告では日毎の再補正は行わないものとする。

3.2 表層水

CTDで観測された表層水は、水温が20.5～23.2℃、塩分が34.57～34.87の範囲であり、両者は逆相関 ($r = -0.76$)する傾向が認められる (第4図)。

高温・低塩分水は、沖縄舟状海盆と諏訪之瀬島～中之島付近に認められ、特に諏訪之瀬島～中之島付近の塩分は、調査海域で最も低い値を示した (第5図b)。東シナ海の陸棚縁辺を北上してきた黒潮は、揚子江の影響を受けて塩分が低く、これがトカラ海峡の諏訪之瀬島付近から太平洋に流出する黒潮の流路をとるために塩分が低くなっていることと調和的である。

一方、低温・高塩分水は、横当島周辺に分布する (第5図a, b)。Hasegawa *et al.* (2021)によれば、黒潮がトカラ海峡を通過する際に、島や岩礁などの急峻な地形の高まりによって乱流が引き起こされ、下層から栄養塩の豊富

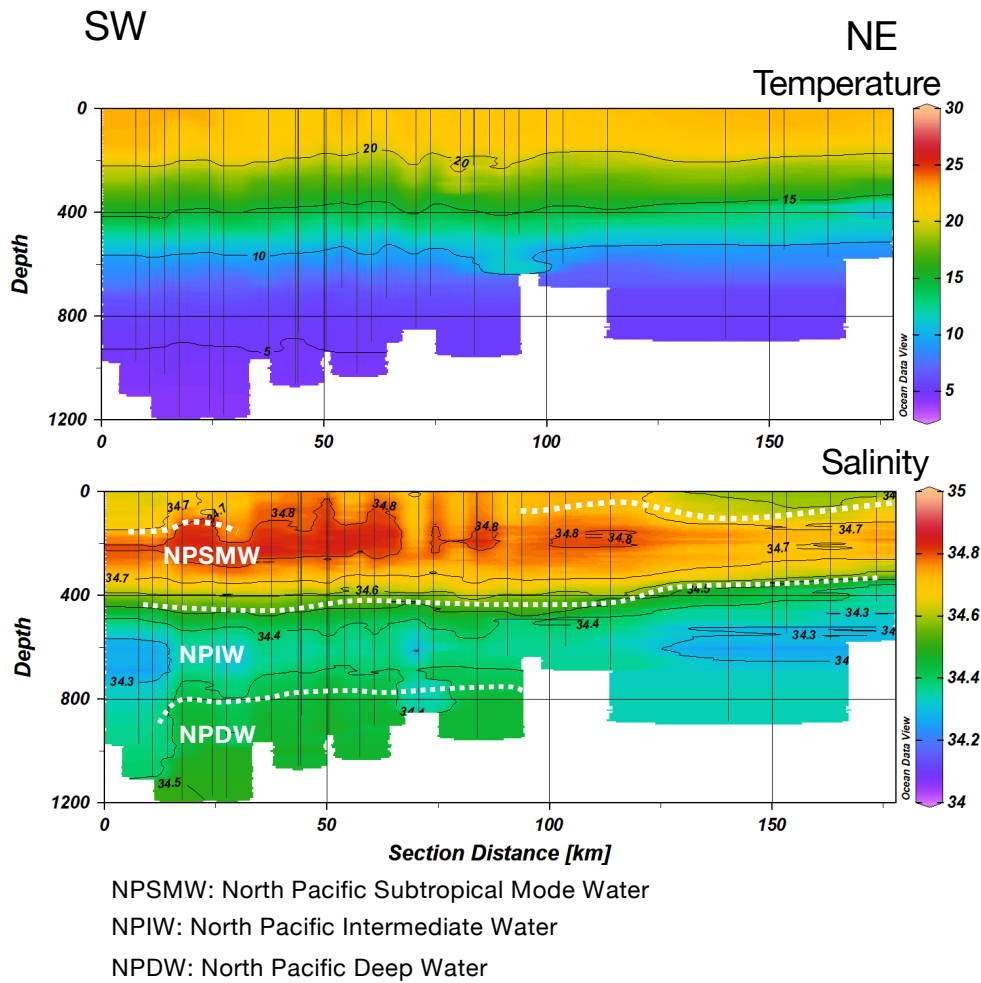
な水塊が表層に供給される。今回観測された低温・高塩分の表層水は、このような下層との混合によるものと考えられる。

3.3 底層水

海底の生物や堆積作用に関係すると考えられる底層の海洋環境として、各採泥点における底層水の水温、塩分、溶存酸素、及びpHの深度プロットを第6図に示す。このうち、水温、塩分、溶存酸素については、今回の観測点で最深 (1,169 m) のSt. g108において取得された水柱の鉛直プロファイルと同時に示す。173 m以深の底層水の値は、水柱のプロファイルと概ね同じ傾向を示しており、基本的に鉛直方向の水塊構造に依存していることがわかる。これらの鉛直分布の特徴から、調査海域における3つの水塊、すなわち北太平洋亜熱帯モード水、北太平洋中層水、北太平洋深層水を区分することが出来る。

北太平洋亜熱帯モード水 (下限350～500 m) : 水温15℃以上、塩分34.5以上の高温、高塩分で特徴付けられ、溶存酸素とpHがそれぞれ4 ml/L以上、8以上を示す。この水塊は、北西太平洋亜熱帯循環域における冬季混合で形成されたものが起源とされている (例えば、Suga and Hanawa, 1995)。

北太平洋中層水 (上限350～500 m, 下限800～900 m) : 水温は、水深200 m付近の20℃から深度とともに低下し、



第7図 沖縄舟状海盆東縁部～中之島周辺 (第5図の四角枠内)における水温と塩分の横断面 (Ocean Data Viewにより作図。横軸は、第5図四角枠の長径の距離としてプロット)

Fig. 7 Cross section of water temperature and salinity around the eastern edge of the Okinawa Trough to Nakanoshima Island (area of inside the square box in Fig. 5). Figure was created by Ocean Data View. The horizontal axis is plotted as the distance of the major axis of the rectangle in Figure 5.

水深800 m以深で約5℃となる。溶存酸素とpHも同様に、それぞれ2.5 ml/L以下、7.6付近にまで低下する。この間で塩分が34.4を下回る塩分極小層で特徴付けられている。この水塊は、北太平洋中層水と呼ばれ、オホーツク海において海氷形成の際に排出された高密度水(ブライン)が北太平洋中層に移入したものが起源とされている(例えば、Talley, 1993)。

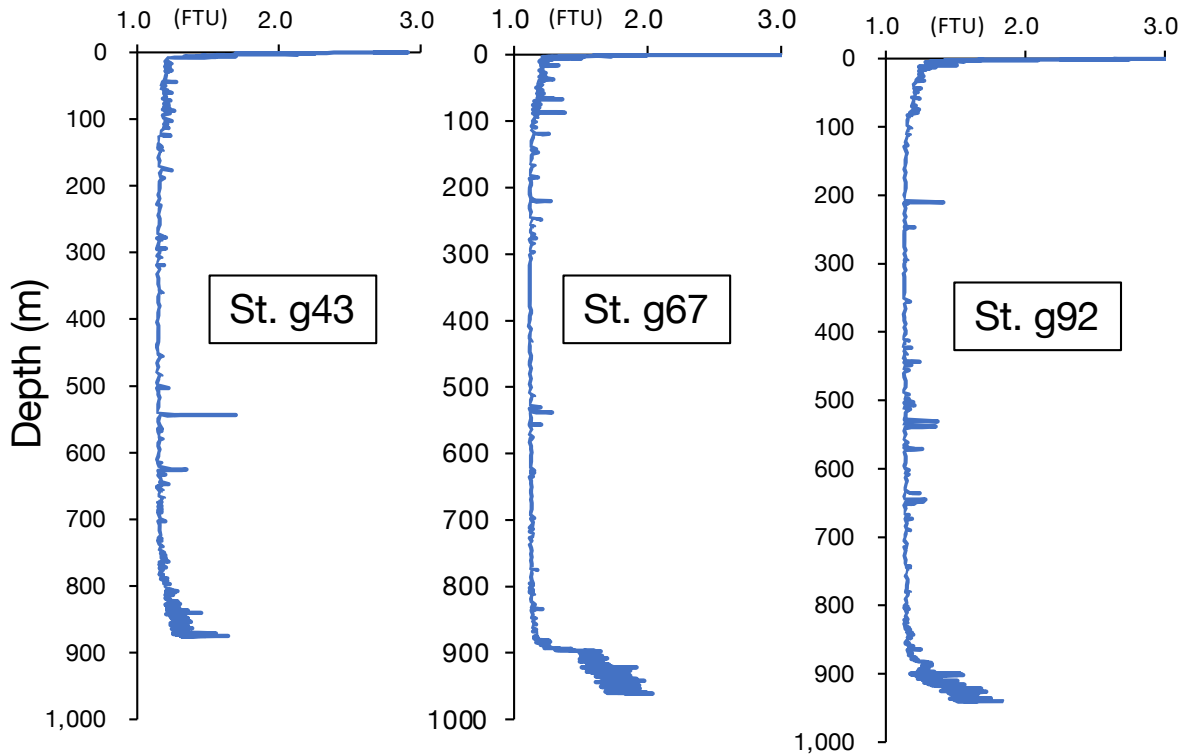
北太平洋深層水 (上限800～900 m)：水温5℃付近、塩分34.4付近の様な水塊で特徴付けられる。溶存酸素は、2～2.5 ml/Lと比較的に低く、pHは多くが7.6を下回る値を示す。この水塊は、北太平洋深層水と呼ばれ、北大西洋深層水(North Atlantic Deep Water, NADW)を起源とする古い水塊のため、二酸化炭素を多く含む。その結果としてpHは低くなり、沖縄海域では炭酸塩鉱物のアラレ石

の補償深度は、この水塊の上限深度である水深800 m付近に相当している(鈴木ほか, 2010)。

3.4 鉛直水塊分布

CTDで得られた水温と塩分の鉛直プロファイルについて、沖縄舟状海盆東縁部から中之島周辺までの南西～北東方向(第5図の四角枠内)の横断面を第7図に示す。この断面は、表層水の高温・低塩分水と低温・高塩分水を横断するように設定している。

この図からは、沖縄舟状海盆東縁と諏訪瀬島～中之島周辺の表層に認められる高温・低塩分域では、北太平洋中層水の塩分極小層が明瞭に認められるのに対し、横当島周辺の低温・高塩分域では、塩分極小層の厚さは薄くなり、また北太平洋亜熱帯モード水が厚く分布する傾向



第8図 宝島東方沖 (St. g43, g67, g92) における濁度の鉛直分布
 Fig. 8 Vertical turbidity profiles off the east of Takarajima Island (St. g43, g67, g92).

がある。後者のような水塊構造は、前述の地形的高まりによる鉛直混合の影響と考えられる。

3.5 濁度

調査海域における水柱の濁度は、多くの場合、表層付近はプランクトンの繁殖で比較的に高い値を示す以外は懸濁物が低いことで特徴付けられる。しかし、宝島東方沖のSt. g43, g67, g92では、海底付近にも厚さ数十mの高濁度層が認められる(第8図)。これは、海底の流れによる堆積物の懸濁によるものと考えられる。

4. まとめ

トカラ列島周辺海域で実施されたGB21-1航海(2021年2月28日～3月30日)では、木下式 grabs 採泥器に設置されたCTD及び採水器により計61地点で水温、塩分、溶存酸素、濁度、底層水pHの計測が行われた。観測の結果、当該海域の表層は、黒潮の影響を受けていることが確認され、横当島周辺では周囲より水深が浅くなることによって生じたと考えられる鉛直混合の影響で表層に低温・高塩分で特徴付けられる水塊が認められた。また、173～1,169 mの海底は、北太平洋亜熱帯モード水(下限350～500 m)、北太平洋中層水(上限350～500 m, 下限800～900 m)、北太平洋深層水(上限800～900 m)で

区分される。宝島東方沖では、海底付近の流れによるものと考えられる厚さ数十mの高濁度層が認められた。

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.
- 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.
- Hasegawa, D., Matsuno, T., Tsutsumi, E., Senjyu, T., Endoh, T., Tanaka, T., Yoshie, N., Nakamura, H., Nishina, A., Kobari, T., Nagai, T. and XGuo, X. (2021) How a small reef in the Kuroshio cultivates the ocean. *Geophysical Research Letters*. doi: 10.1029/2020GL092063
- 板木拓也(2018) 超音波高度計によるK-grabs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.
- 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).
- Nakamura, H., Ichikawa, H., Nishina, A. and Lie, H.-J. (2003) Kuroshio path meander between the continental slope and the Tokara Strait in the East China Sea. *Journal of Geophysical Research*, **108**(C11), 3360. doi: 10.1029/2002JC001450
- 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.
- Suga, T. and Hanawa, K. (1995) Interannual variation of North Pacific subtropical mode water in the 137E section. *Journal of Physical Oceanography*, **25**, 1012–1017.
- 鈴木 淳・牛江裕行・新免浩太郎・天野敦子・兼子尚知・板木拓也・片山 肇・稲村明彦・安原正也・吉永弓子・村山昌平・宇佐美哲之 (2010) 沖縄本島西方海域GH09における海水の地球化学的分析. 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—沖縄北西方海域—。地質調査総合センター速報, no. 51, 76–85.
- 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.
- Talley, L.D. (1993) Distribution and formation of North Pacific intermediate water. *Journal of Physical Oceanography*, **23**, 517–537.

(受 付 : 2022年2月10日 ; 受 理 : 2022年11月11日)

