

## 紀伊水道の採泥調査結果概要 Primary report of marine sediment collecting survey in Kiisuido Strait

天野敦子<sup>1\*</sup>・板木拓也<sup>1</sup>・有元 純<sup>1</sup>・鈴木克明<sup>1</sup>・清家弘治<sup>1</sup>・羽田裕貴<sup>1</sup>  
中谷是崇<sup>1</sup>・徳田悠希<sup>2</sup>・岩谷北斗<sup>3</sup>・鈴木 淳<sup>1</sup>  
AMANO Atsuko<sup>1\*</sup>, ITAKI Takuya<sup>1</sup>, ARIMOTO Jun<sup>1</sup>, SUZUKI Yoshiaki<sup>1</sup>, SEIKE Koji<sup>1</sup>,  
HANEDA Yuki<sup>1</sup>, NAKATANI Koretaka<sup>1</sup>, TOKUDA Yuki<sup>2</sup>, IWATANI Hokuto<sup>3</sup>,  
and SUZUKI Atsushi<sup>1</sup>

**Abstract:** In order to demonstrate the spatial and temporal variations of sediment properties in the Kiisuido Strait, we collected seafloor surface sediments at 29 sites by grab sampler and core sediments at 6 sites by gravity, piston and box corer in December 2021. Data of Conductivity-Temperature-Depth profiler attached to grab sampler indicated that higher temperature and salinity water from the Pacific Ocean flowed through the bottom layer, while lower from rivers and the Kitan and Naruto straits flowed in the surface. As the results, stratified structures formed by the differences of water densities. The spatial distribution of grain size in the surface sediments showed silt to silty sand in the main part of the Kiisuido Strait and coarser trends toward the northern and southern parts. The finer sediments transported by rivers deposited in the stagnant condition of the main part at the Kiisuido Strait. And the grain size became coarser due to the strong influences by tides and waves. The core sample collected by gravity corer in the offshore Wakayama showed fining to upward lithological succession. The radiocarbon dates in this core samples indicated that recovered sediments deposited during the Holocene period. Most of the two core samples collected by piston corer were flow-in sediments. The radiocarbon dates suggested that the upper layer with the core depth of 168 cm in GKC21-PC15 collected at the offshore of Yoshino River mouth preserved sedimentary record during the past 4000 years.

**Keywords:** sediment, core sampling, CT image, radiocarbon dating, Kiisuido Strait

### 要 旨

紀伊水道の時空間的な堆積物特性変化を明らかにするために、2021年12月に29地点で表層堆積物を、6地点で柱状堆積物試料を採取した。採泥時に取得した Conductivity-Temperature-Depth profiler データは、本調査海域の南東部の底層を通じて太平洋から高温、高塩分の水塊が、河川や紀淡、鳴門海峡から低温、低塩分の水塊が流入し、これら水塊の密度差によって成層構造が形成されていることを示す。紀伊水道主要部の海底表層堆積物の粒度はシルト～シルト質砂で、海峡に近くなる北部、南部では砂、砂礫へと粗粒化する。河川から供給された比較的細粒な碎屑物は停滞的な主要部で堆積し、海峡部に向かって粒度は粗粒化し、潮流や波浪の影響が強くなることを示す。和歌山沖合において重力落下式コアラーで採取した柱状試料は下層から上層にかけて粗粒化し、この試料の放射性炭素年代結果は完新世間の堆積物であることを示す。またピスト

ンコアラーで採取した2試料の大部分はフローインによる堆積物であったが、年代結果から吉野川河口沖合で採取した GKC21-PC15 の上部 168 cm は約 4,000 年間の堆積記録を保存していると考えられる。

### 1. はじめに

沿岸域の環境は海域と陸域の両者の影響を受けて複雑な物質循環過程を呈し、それによって生物の多様性や生産性が高い場所となっている。沿岸海域における堆積物特性も、陸域からの物質供給や海洋環境の影響を受けて、時空間的に大きな変化を示す。そのため、堆積物特性の変化と要因を明らかにすることによって、過去から現在にかけての物質循環や海洋環境における変化を知ることができる。

井内(1982)では瀬戸内海から紀伊水道の北部にかけて、上田・住友(2003)では徳島側を中心に紀伊水道の広範囲における底質分布を明らかにしているが、

\*Corresponding author: AMANO A., Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. E-mail: amano-a@aist.go.jp

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 公立鳥取環境大学 (Tottori University of Environmental Studies)

3 山口大学 (Yamaguchi University)

全域の底質分布や堆積過程を明らかにした研究はない。また、紀伊水道の北部に分布する中央構造線の活断層評価をするために、淡路島西方海域（水野ほか，1996）や紀淡海峡西方海域（七山ほか，1999）でボーリング掘削が行われ、完新世間の堆積物の物性変化や堆積環境変遷について明らかにしているが、紀伊水道における完新世間の環境変遷については明らかにされていない。そこで、紀伊水道の堆積物の粒度、元素、微化石などの時空間変化を把握し、現在の堆積過程や完新世間の海底環境変遷について明らかにすることを目的に、本研究は海底表層、柱状堆積物の採取調査を実施した。本報告では、調査内容と採取試料の特徴について説明する。

## 2. 調査海域

調査海域は淡路島南方の紀伊水道で、北部は鳴門海峡、紀淡海峡を通じて瀬戸内海と、南部は太平洋と連結する（第1図）。海底地形は大局的には沿岸から調査海域中央部よりもやや東寄りにかけて水深が深くなる傾向を示し、中央部付近の水深は約60 mである。また、海峡部では水深100 m以上と急激に深くなる。

## 3. 調査・分析方法

### 3.1 調査方法

本調査（GKC21）は2021年12月6～10日に第三開洋丸（海洋エンジニアリング株式会社所有）を備船して、実施された。29地点で木下式グラブ採泥器（KG）を、1地点で最大コア長5 mの重力落下式コアサンプラー（GC）を、2地点で最大コア長4 mのピストンコアサンプラーを、3地点で30 cm×30 cm×50 cmの試料容器が設置されたボックスコアラを使用して堆積物採取を行った（第1図、第1表）。GCとPCを用いた採泥では、最大コア長30 cmの柱状試料3本が採取可能なマルチプルコアラ（AS）をパイロットとして使用した。

採泥器揚収後にKG内の堆積物表面の写真を撮影した。写真撮影後にアクリルの角柱容器（有田式）や塩ビパイプを使って柱状試料を採取し、さらに微化石、元素などの分析用に表層1 cm程度をプラスチック製容器などに分取した。これら試料分取後、採泥器内に残った試料をプラスチックバケットに移し替えて試料量を確認し、目合い5 mmのメッシュが付いた桶を使用して水洗いを行い、残渣試料を採取した。試料量が少ない場合は、採取された全試料をプラスチック容器に入れて保存した。試料採取後に船上でも記載したが、実験室においても有田式試料を半裁して記載を行った。

使用したKGは超音波高度計の制御によって海底面上7

mで作動する海底カメラと底層採水器（板木，2018）、Conductivity-Temperature-Depth profiler（CTD，西田ほか，2015）、方位傾斜計（片山ほか，2018）を設置し、各測器のデータと底層水の採取を行った。

KGの全採取地点で各測器によるデータ取得を行ったが、K13ではCTDデータが取得できなかった。CTDの圧力センサーの精度は $-5^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ において0.1%、温度センサーの測定レンジは $-2^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ 、精度は $\pm 0.005^{\circ}\text{C}$ 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。溶存酸素センサーの測定レンジは0%～240%、精度は $\pm 2\%$ 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。

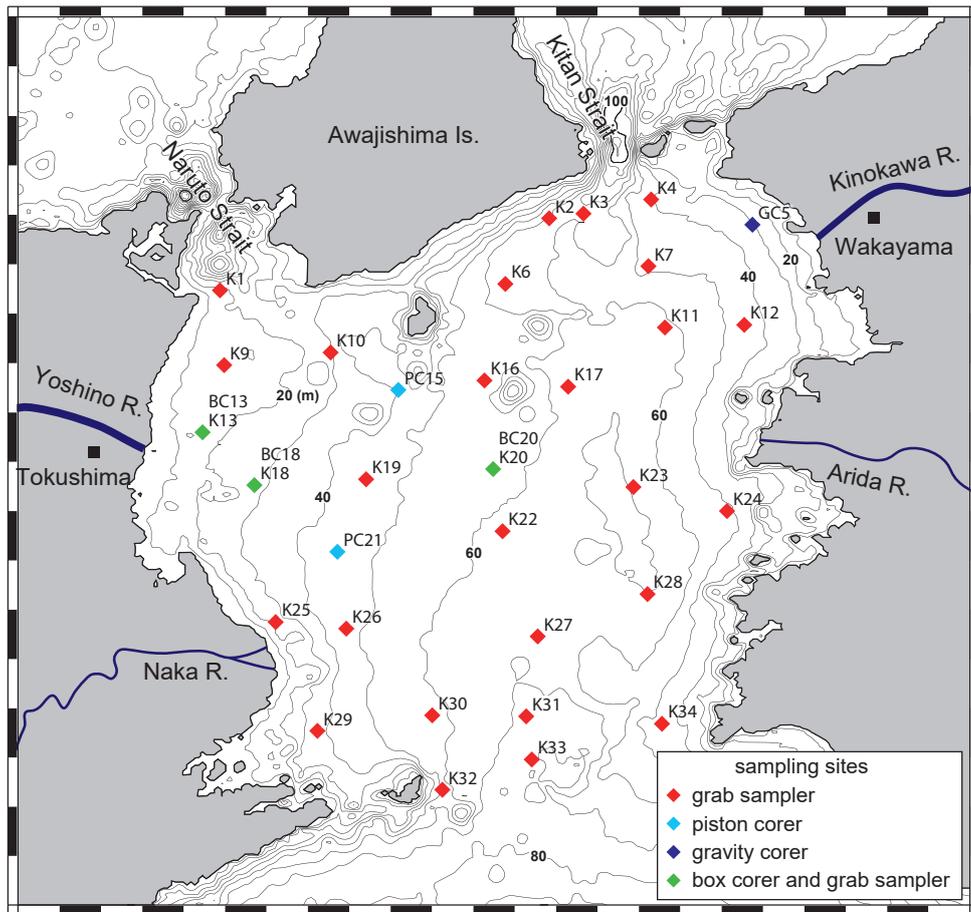
KG採泥地点中17地点で採取された底層水を容器に分取し、冷蔵保存した。保存された底層水は、実験室に持ち帰って卓上型電気伝導度式塩分計（DIGI-AUTO MODEL-5，株式会社鶴見精機）を用いて塩分計測された。

GC、PC試料は採泥器揚収後に1 m毎に分割、AS試料はそのままの状態、常温保存して実験室へ持ち帰った。実験室に持ち帰った後、X線CT画像の撮影後、半割して記載を行い、放射性炭素年代分析用試料の分取を行った。

底質が柔らかく、かつBCが重い場合、GKC21-BC18、20ではBCが想定よりも海底へ沈みこみ、採泥器内の試料箱から海底表層5 cm程度の堆積物が飛び出した状態で揚収された。そのため、まず飛び出した部分をステンレス容器に分取し、その後に試料箱を採泥器本体から取り出した。調査途中で、BCの錘を外し、ワイヤーの送り出し速度を遅く、かつ着底後の余分な送り出しをやめたところ、BC13では試料容器に収まった状態で試料が採取された。ステンレス製の角柱容器で3～12本の柱状試料を採取し、その後、残った試料を試料容器上面から10 cmを2 cm間隔で、それ以下は5 cm間隔（BC13ではすべて5 cm間隔）でスライスし、ステンレス容器に常温で保管した。実験室へ持ち帰った後、柱状試料を用いてX線CT画像の撮影と記載を行った。

### 3.2 X線CT画像

X線CT画像は産総研GSJ共同利用実験室のSupria Grande（日立製作所製）を用いて撮影した。撮影時の設定は電圧80 kV、電流120 mAで、スライス厚は0.625 mmである。得られたX線CTデータでは画像解析ソフトウェアOsiriX（Pixmeo SARL社製）を用いて処理し、試料の鉛直断面像を作成した。



第1図 調査海域と採泥地点図。

Fig. 1 Map of study area and sampling sites.

### 3.3 放射性同位炭素

GKC21-GC05の貝、ウニ化石6試料とGKC21-PC21の堆積物中有機物5試料を用いて地球科学研究所に依頼して加速器質量分析計 (Acceleration Mass Spectrometer; AMS) を用いた放射性炭素 ( $^{14}\text{C}$ ) 年代測定を行った。得られた $^{14}\text{C}$ 年代はIntcal20またはMarine20 (Reimer *et al.*, 2013) ( $\Delta\text{R} = 0$ ) をデータセットとし、Calib (Stuiver and Reimer, 1993) を用いて暦年校正を行った。

## 4. 結果

### 4.1 CTD データによる海洋環境の推定

本調査で使用したCTDの塩分は、海水試料の塩分分析値よりも0.1~0.2高いことを示す(例えば、味岡ほか, 2016; 天野ほか, 2018)。本結果のCTDと底層水の塩分を比較すると、底層水の塩分がCTDよりも0.2~0.5高い傾向を示し(第2図A, 第2表), これら結果はよい正の相関を示す(第2図B)。そのため、この結果か

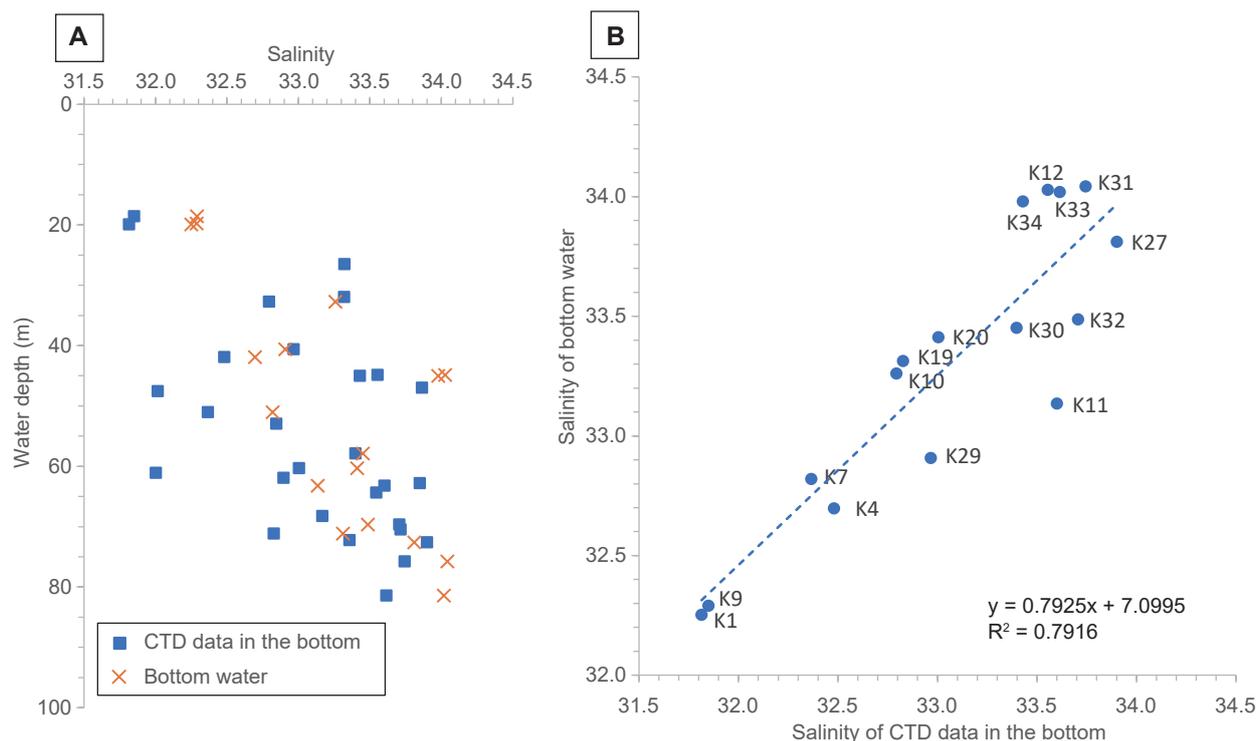
ら得られた相関式を用いてCTDの塩分を補正し、その補正值を用いて深度プロファイル、水平分布の変化について説明する。

第3図に水温、塩分、溶存酸素(DO)、濁度の鉛直プロファイルを本海域の南北、東西方向に並べて示す。第2表と第4図に各データの表層(深度2m~5m)と底層(海底面上2m~5m)の平均値を示す。大部分の水温と塩分の鉛直プロファイルは上部層では相対的に両者ともに低く、下部層で高くなる傾向を示す。一方で、太平洋に接続する南部では塩分・水温は全層がほぼ同じ値を示し、変動が小さくなる。K22とK27の水温・塩分プロファイルはそれぞれ深度10m~30m, 40m~60mでわずかに高くなる傾向を示す。表層の水温・塩分の分布は、本調査海域の南東部で高く、北東部、西部に向かって低くなる傾向を示す(第4図A, C)。底層の水温及び塩分は、調査海域大部分で表層と比較して高い。また、本調査海域においては、両者とも西部沿岸域と紀淡・鳴門海峡に向かって低くなる傾向を示す。これら水温及び塩分結果は、南東部海域の底層

第1表 採泥地点と堆積物試料の記載.

Table 1 List of sampling sites and description of collected sediment samples.

Sample No. (Cruise No.-site No.)	Sampler	Date	Location		Water depth (m)	Description
			Latitude	Longitude		
GKC21 - K1	K-grab	2021/12/10	34° 11.0084'	134° 39.6783'	19.92	Coarse sand and gravel (few sample)
GKC21 - K2	K-grab	2021/12/8	34° 13.9406'	134° 55.6957'	72.26	Olive gray coarse sand with pebble(Core depth: 0.0-12.0 cm) and sandy gravel with shell fraction(12.0-15.5 cm)
GKC21 - K3	K-grab	2021/12/8	34° 14.1316'	134° 57.3637'	61.96	Gravel (few sample)
GKC21 - K4	K-grab	2021/12/10	34° 14.7034'	135° 0.6580'	41.91	Gravel (few sample)
GKC21 - K6	K-grab	2021/12/8	34° 11.2677'	134° 53.5609'	64.39	Grayish olive silty fine sand(0.0-18.5 cm)
GKC21 - K7	K-grab	2021/12/10	34° 11.9914'	135° 0.5194'	51.04	Olive gray-graysih olive silty fine sand with shell fractions(0.0-22.0 cm)
GKC21 - K9	K-grab	2021/12/10	34° 7.9565'	134° 39.8760'	18.60	Olive black fine sand(0.0-7.5 and 12.0-17.0 cm) and laminated by very fine sand and silt(7.5-12.0 cm)
GKC21 - K10	K-grab	2021/12/10	34° 8.4699'	134° 45.0588'	32.72	Grayish olive silty very fine sand(0.0-21.0 cm)
GKC21 - K11	K-grab	2021/12/10	34° 9.4913'	135° 1.3293'	63.21	Dark olive very fine sand (0.0-4.0) and very fine sand with fine sand patches(4.0-19.0 cm)
GKC21 - K12	K-grab	2021/12/10	34° 9.5978'	135° 5.1879'	44.87	Olive gray-graysih olive silt (0.0-4.5 and 9.5-19.5 cm) and laminated layer by very fine sand and silt(4.5-9.5 cm)
GKC21 - K13	K-grab	2021/12/6	34° 5.2194'	134° 38.8330'	19.79	Grayish olive-gray silt (0.0-7.5 and 14.0-19.0 cm) and olive black clay (7.5-14.0 cm)
GKC21 - K16	K-grab	2021/12/7	34° 7.3325'	134° 52.5495'	60.33	Dark olive fine sand (0.0-7.0 cm) and grayish olive silty fine sand with black grain patches(7.0-18.5 cm)
GKC21 - K17	K-grab	2021/12/7	34° 7.0752'	134° 56.6211'	68.26	Grayish olive silty fine sand with black grain patches(0.0-18.5 cm)
GKC21 - K18	K-grab	2021/12/6	34° 3.0637'	134° 41.3514'	31.94	Grayish olive silt (0.0-15.0 cm) and silt with biocrustic medium sand patches (15.0-19.0 cm)
GKC21 - K19	K-grab	2021/12/6	34° 3.3052'	134° 46.7850'	47.00	Dark olive silty medium sand with olive black bioclastic very coarse sand (0.0-20.0 cm)
GKC21 - K20	K-grab	2021/12/6	34° 3.7164'	134° 52.9693'	61.12	Olive gray-olive black clayre silt (0.0-13.0 and 13.5-20.5 cm) and black clayre silt (13.0-13.5 cm)
GKC21 - K22	K-grab	2021/12/7	34° 1.1818'	134° 53.4257'	62.83	Dark olive silty fine sand with medium sand patches (0.0-20.1 cm)
GKC21 - K23	K-grab	2021/12/6	34° 2.9875'	134° 59.7946'	71.16	Olive gray silt (0.0-21.0 cm)
GKC21 - K24	K-grab	2021/12/7	34° 2.0038'	135° 4.3512'	52.94	Dark olive silty medium sand(0.0-5.0 cm), grayish olive silty coarse sand with pebbles (5.0-15.0 cm) and silty very coarse sand with pebbles and shell fractions(15.0-18.0 cm)
GKC21 - K25	K-grab	2021/12/7	33° 57.4693'	134° 42.3873'	26.51	Massive grayish olive fine sand (0.0-6.0 cm) and silty very fine sand with fine sand patches (6.0-20.5 cm)
GKC21 - K26	K-grab	2021/12/7	33° 57.2023'	134° 45.8248'	47.58	Dark-gray olive silty very fine sand with plant and wood fractions (0.0-20.0 cm)
GKC21 - K27	K-grab	2021/12/9	33° 56.8839'	134° 55.1404'	72.62	Olive black (0.0-9.0 cm) and grayish olive(9.0-19.0 cm) medium sand
GKC21 - K28	K-grab	2021/12/7	33° 58.6169'	135° 0.4813'	70.50	Grayish olive coarse sand with shell and wood fractions
GKC21 - K29	K-grab	2021/12/9	33° 53.0250'	134° 44.4137'	40.64	Grayish olive-olive black silty very fine sand (0.0-16.0 cm) and silty medium sand with shell fractions (16.0-20.0 cm)
GKC21 - K30	K-grab	2021/12/9	33° 53.6581'	134° 50.0079'	57.90	Olive brown-olive black well sorted coarse sand (0.0-15.5 cm)
GKC21 - K31	K-grab	2021/12/9	33° 53.6199'	134° 54.5806'	75.76	Dark olive poorly sorted coarser sand (0.0-18.0 cm)
GKC21 - K32	K-grab	2021/12/9	33° 50.6135'	134° 50.4928'	69.68	Grayish olive poorly sorted sandy gravel (0.0-11.0 cm)
GKC21 - K33	K-grab	2021/12/9	33° 51.8489'	134° 54.8461'	81.44	Dark olive silty very coarse sand (0.0-1.0 cm) and grayish olive poorly sorted sandy gravel (1.0-18.5 cm)
GKC21 - K34	K-grab	2021/12/9	33° 53.3102'	135° 1.1848'	45.01	Pebble
GKC21 - GC5	Gravity corer	2021/12/10	34° 13.6766'	135° 5.5806'	31.20	GC core:silty sand with sand layers(0.0-23.0 cm), silt (23.0-119.0 cm), sandy silt-silty sand (119.0-320.0 cm) and poorly sorted sand with shell fragments (320.0-346.0 cm), AS core: silty sand with sand layers(0.0-29.0 cm)
GKC21 - PC15	Piston corer	2021/12/7	34° 6.9457'	134° 48.3587'	50.42	PC core: silt-silty very fine sand (0.0-330.5 cm), AS core: sandy silt (0.0-22.5 cm)
GKC21 - PC21	Piston corer	2021/12/9	34° 0.3406'	134° 45.3937'	46.63	PC core: silt (0.0-306.5 cm), AS core:no sample
GKC21 - BC13	Box corer	2021/12/10	34° 5.1772'	134° 38.7782'	19.97	Grayish olive silty sand (0.0-10.0 cm) and sandy silt (10.0-32.5 cm)
GKC21 - BC18	Box corer	2021/12/7	34° 3.0077'	134° 41.3189'	32.40	Grayish olive silt (0.0-45.0 cm)
GKC21 - BC20	Box corer	2021/12/9	34° 3.7764'	134° 53.0430'	60.98	Dark-grayish olive silty sand (0.0-26.0 cm) and poorly sorted gray silty sand with shell fractions (26.0-48.0 cm)



第2図 CTDと海水試料の塩分比較。Aは水深と各塩分値の関係、Bは海水試料とCTDの塩分値の相関を示す。

Fig. 2 Comparison of salinity between CTD data and seawater samples. A: the relationship between water depth and each salinity value, B: the correlation between salinity values of seawater samples and CTD data.

付近を通じて相対的に高温・高塩分の水塊が太平洋から流入し、徳島沿岸や紀淡・鳴門海峡を通じてもたらされた低温・低塩分の水塊がその表層に分布していることを示す。紀伊水道の流動構造は、太平洋からの高塩分水が紀伊水道の東部を北上し、低塩分の水塊は西部を南下することが知られており（藤原ほか，2003；藤原，2012），これら結果と本結果はよく一致している。これらの水塊の密度差によって、本調査海域の広い範囲に成層構造が形成されている。またK22，K27では深度の増加に伴い水温及び塩分のわずかな上昇が認められる。これらの上昇が開始される深度は、これら地点よりも浅い地点で水温、塩分が急激に変化する深度とよく一致する（第3図）。このことから、表層の低温・低塩分と底層の高温・高塩分の水塊が混合して形成された水塊が、中間深度で複雑に分布していることを示唆する。

上記したように、DOは補正していないので、相対的な変動のみについて説明する。DOのプロファイルは上部層では4～5 ml/Lと相対的に高く、下部層で4 ml/L以下へと低くなり、DOが低くなる深度は水温、塩分が高くなる深度とよく一致する。また表層のDO分布はほぼ同程度の値を示すが、底層の分布は調査海域の東部から中央部で低く、西部や海峡付近で高くなる（第4

図E，F）。上記したように、太平洋から流入する高温、高塩分の水塊と河川、瀬戸内海から流入する低温、低塩分の水塊によって成層構造が形成され、これによって海面表層から下部層への酸素供給が妨げられて、下部層のDOは低くなっているといえる。

濁度の深度プロファイルは、多くの地点で上部層では2.0 FTU以下と低く、底層に近くなると顕著に増加する傾向を示すが、南部では変化が見られない。また、紀淡海峡に近いK4では海面表層では4 FTU程度で、深度25 m以深では6.0 FTU程度に高くなり、他の地点と比べて全層を通して高い傾向を示す。表層の水平変化はほとんどの地点で2 FTU以下と低く紀淡海峡周辺や西部の徳島沿岸から鳴門海峡にかけての海域で2.0～4.0 FTUとやや高い傾向を示す（第4図G）。底層の水平変化は、紀淡海峡周辺を含む北東部で高い傾向を示す（第4図E）。また、吉野川、那賀川河口沖合に位置するK19とK26では底層の濁度が周辺に比べて高い。本海域の多くの地点で上部層に比べて底層で濁度が高くなる傾向を示すことから、潮汐などによって底質が巻き上げられていることを示唆する。特に紀淡海峡周辺を含む北東部では底層の濁度が高いことは、海峡部の早い潮流速によって海底の底質が巻き上げられていることを示唆する。また、海底地形を見ると、K19，

第2表 CTD データの表層、底層における水温、塩分、補正済み塩分、溶存酸素、濁度と海水の塩分測定結果。

Table 2 List of temperature, measured and calibrated salinity, dissolved oxygen and turbidity in the surface and bottom layer from CTD data and salinity in collected bottom water.

Site No.	CTD data										Bottom water Salinity
	Surface (2-5 m)					Bottom (2-5 m above the seafloor)					
	Temperature (C°)	Salinity_measured	Salinity_calibrated	Dissolved oxygen (ml/L)	Turbidity (FTU)	Temperature (C°)	Salinity_measured	Salinity_calibrated	Dissolved oxygen (ml/L)	Turbidity (FTU)	
K1	16.45	31.73	32.24	4.53	2.05	16.48	31.81	32.31	4.55	2.19	32.25
K2	17.14	32.09	32.53	4.32	2.77	18.45	33.36	33.54	3.73	16.33	-
K3	17.36	32.22	32.63	4.28	3.22	18.12	32.90	33.17	4.13	3.97	-
K4	17.16	32.24	32.65	4.27	3.90	17.47	32.48	32.84	4.22	5.34	32.70
K6	17.36	32.31	32.70	4.27	2.19	18.75	33.54	33.69	3.55	4.01	-
K7	17.18	32.26	32.67	4.31	2.28	17.30	32.37	32.75	4.31	2.07	32.82
K9	16.00	31.59	32.13	4.66	2.13	16.29	31.85	32.34	4.56	2.60	32.29
K10	17.06	32.29	32.69	4.49	1.69	17.71	32.79	33.09	4.38	2.14	33.26
K11	17.17	32.37	32.75	4.39	1.78	18.88	33.60	33.73	3.90	5.15	33.13
K12	17.22	32.40	32.78	4.36	1.70	19.00	33.56	33.69	3.95	3.34	34.03
K13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32.29
K16	17.77	32.59	32.92	4.32	1.68	18.66	33.32	33.51	4.10	3.92	-
K17	17.85	32.61	32.94	4.33	1.77	19.23	33.87	33.94	3.65	4.50	-
K18	16.94	31.96	32.42	4.40	2.08	17.01	32.00	32.46	4.37	2.17	-
K19	17.31	32.09	32.53	4.35	1.79	18.46	32.83	33.11	4.05	4.86	33.31
K20	18.17	32.77	33.07	4.29	1.57	18.44	33.01	33.26	4.23	2.37	33.41
K22	18.16	32.90	33.18	4.36	1.38	18.56	33.17	33.39	4.27	1.95	-
K23	18.14	32.74	33.05	4.33	1.72	19.10	33.85	33.93	3.70	2.34	-
K24	18.38	33.20	33.41	4.22	1.58	18.43	33.32	33.51	4.21	2.06	-
K25	16.63	31.77	32.27	4.55	2.26	17.04	32.02	32.47	4.47	2.38	-
K26	17.15	32.22	32.63	4.47	1.72	18.12	32.84	33.13	4.31	3.29	-
K27	18.22	33.24	33.44	4.28	1.40	18.68	33.90	33.97	3.74	2.44	33.81
K28	18.12	32.92	33.19	4.31	1.43	19.44	33.72	33.82	4.00	2.31	-
K29	16.40	31.96	32.42	4.58	1.92	17.97	32.97	33.23	4.39	2.12	32.91
K30	17.39	32.63	32.96	4.48	1.51	18.46	33.40	33.57	4.23	1.66	33.45
K31	18.68	33.50	33.65	4.22	1.33	18.60	33.74	33.84	4.13	1.53	34.04
K32	17.86	32.98	33.23	4.37	1.42	18.79	33.71	33.81	4.09	1.62	33.49
K33	18.57	33.52	33.67	4.28	1.36	18.37	33.62	33.74	4.26	1.44	34.02
K34	18.59	33.49	33.64	4.20	1.65	18.36	33.43	33.59	4.27	1.62	33.98

K26は吉野川、那賀川のデルタ地形プロデルタに位置することから、河川から流出した高濁度水塊が滞留していることを示唆する。

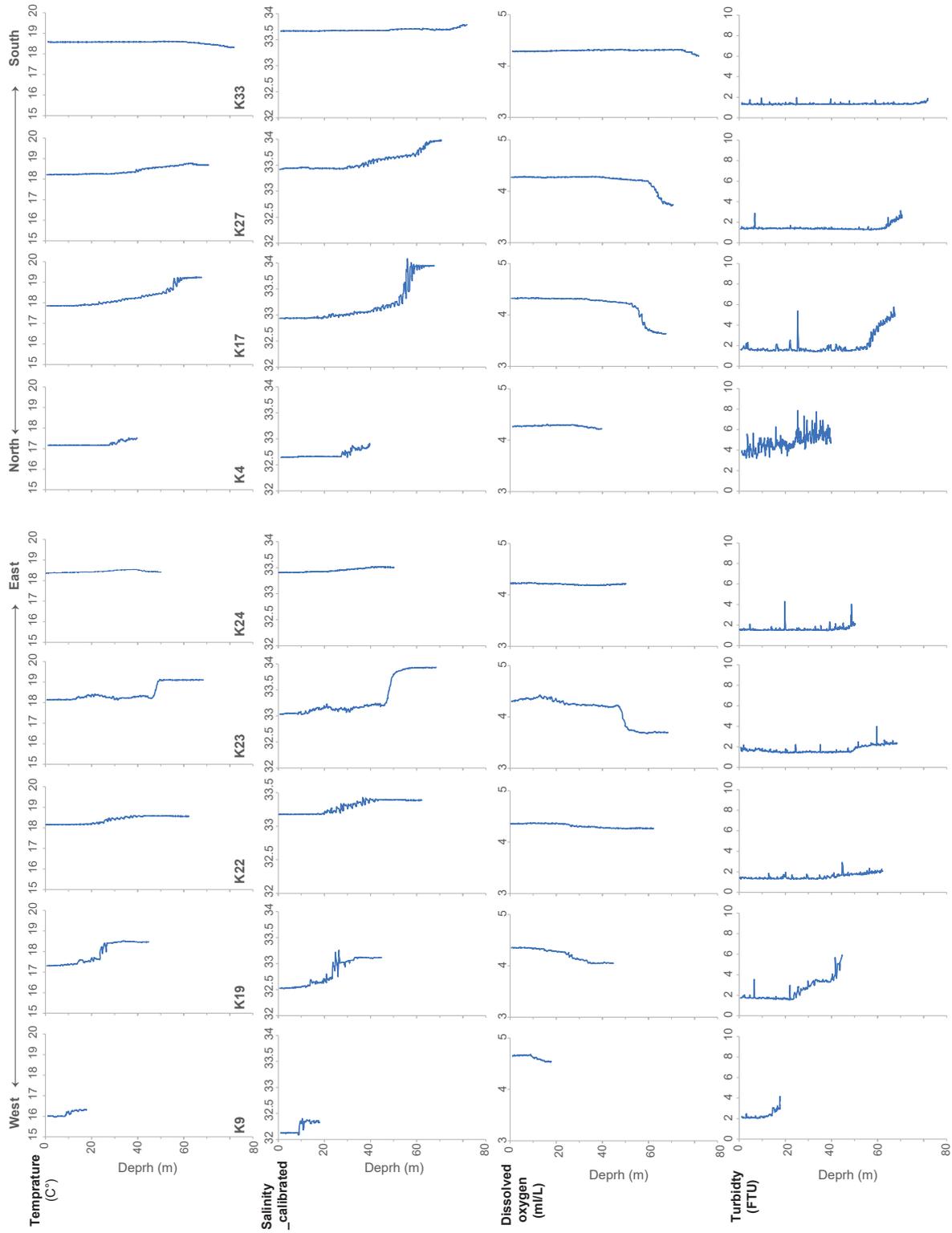
#### 4.2 海底表層堆積物の特性と分布

採取された堆積物試料の記載結果(第1表)に加えて、KGに設置された海底カメラ取得された写真の観察を基に作成した海底表層の底質分布を第5図に示す。この紀伊水道の底質は大局的には主要部にはシルト、シルト質砂が分布し、最も細粒なシルトが分布する地点は吉野川河口沖合に集中的する。また、鳴門、紀淡海峡周辺と太平洋と連結する南部では砂～礫へと粗粒化する傾向を示す。

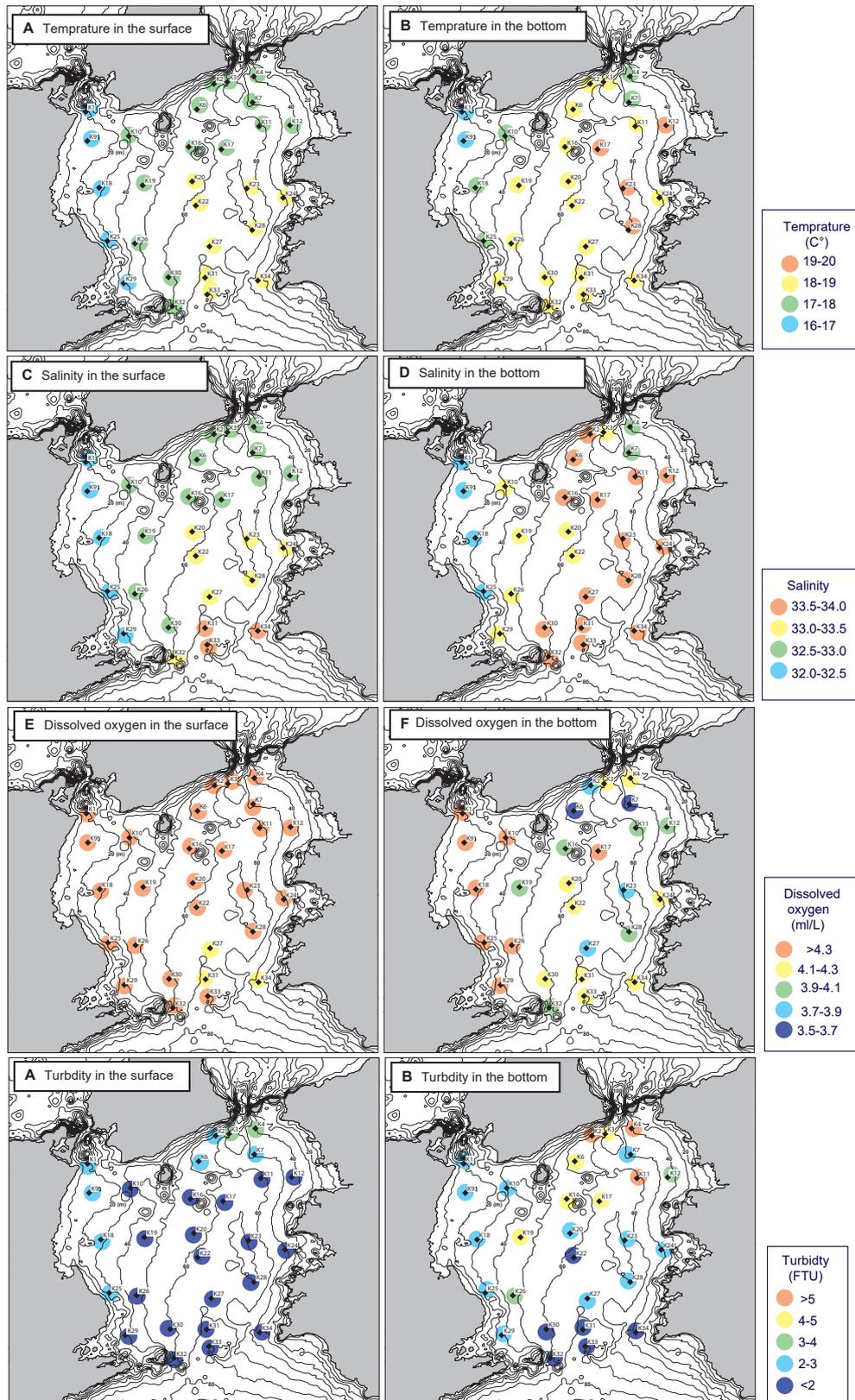
シルト～シルト質砂が分布する地点の海底写真の多

くは、濁水が映り込むまたはピントが合わないため、海底の様子が判別できない状態であった(第6図A)。この原因として、上記したように底層で濁度が高くなる、また底質が柔らかいためレーザー高度計による海底の感知が遅れた可能性が考えられる。海底が確認できる地点では、直径が数cmの巣穴などが確認される(第6図B)。シルト、シルト質砂の残渣には木片や貝片などの生物性碎屑物、ゴカイなどの生体試料、小礫が確認された。GKC21-K26の残渣は他の地点に比べ非常に多くの生物遺骸、小礫が含まれていた(第6図C)。

鳴門、紀淡海峡付近(GKC21-K1, 2, 3, 4)では砂礫～礫または露岩が分布し、巨礫または露岩上でKGが作動した(第6図D)、またはKGに大礫が挟まることによって、採取試料量は少ない傾向を示す(第1表)。

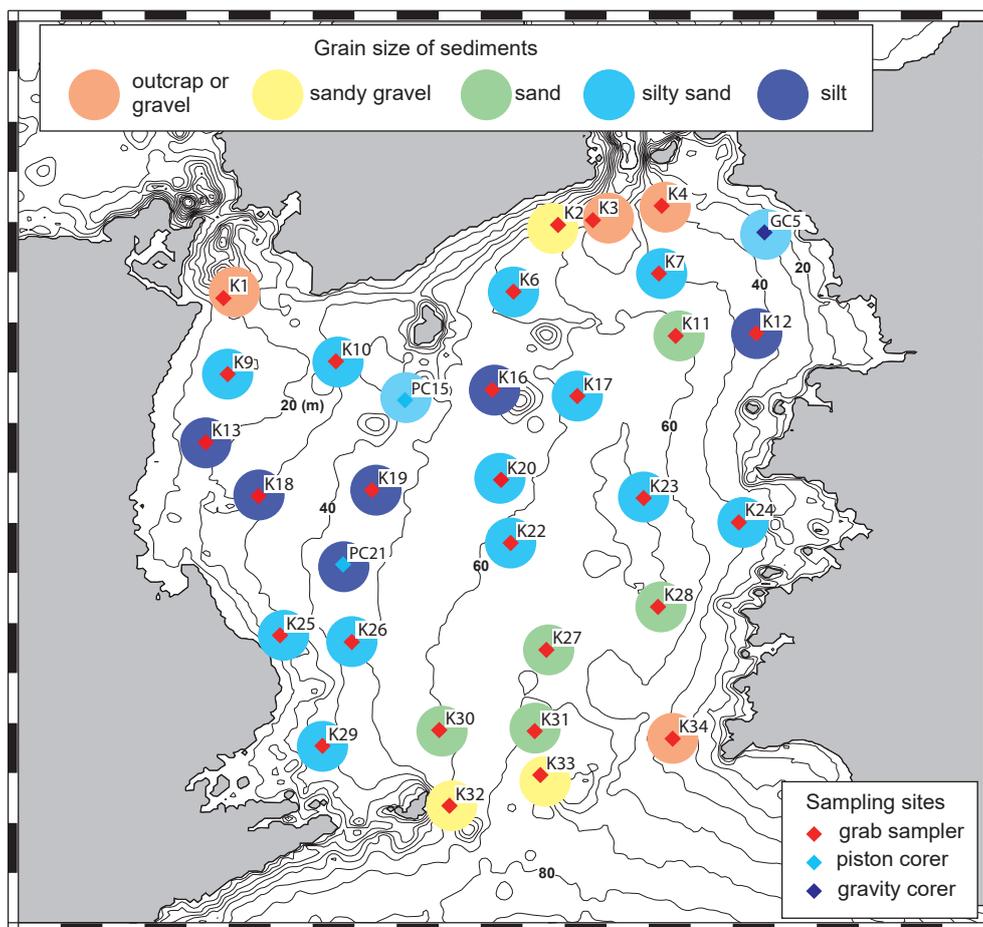


第3図 CTD データによる水温、補正済み塩分、溶解酸素、濁度のプロファイル。  
 Fig. 3 Profiles of temperature, calibrated salinity, dissolved oxygen and turbidity in CTD data.



第4図 表層、底層の水温、補正済み塩分、溶存酸素、濁度の分布。

Fig. 4 Spatial variation of temperature, calibrated salinity, dissolved oxygen and turbidity in CTD data in the surface and bottom layers.



第5図 海底表層堆積物の底質分布図。

Fig. 5 Distribution map of grain size in seafloor surface sediments.

ただし、GKC21-K2の有田式試料は0.0 cm～12.0 cmに粗粒砂、これ以深に小礫を含む砂礫が分布することを示し、他の海域と同程度量の堆積物が採取された（第6図E）。これら地点の採取試料またはGKC21-K2の残渣試料は小～大礫や貝やフジツボなどの生物性碎屑物が採取された。

紀伊水道の南部の底質は太平洋に向かって砂から礫へと粗粒化する。この海域の中央部のGKC21-K27, 31, 33は泥～礫粒子を含み、淘汰が悪い（第6図F）。一方で、比較的沿岸に近い浅い地点（GKC21-K28, K30, K32, K34）の堆積物は泥粒子を含まず、較的淘汰が良いといえる（第6図G）。

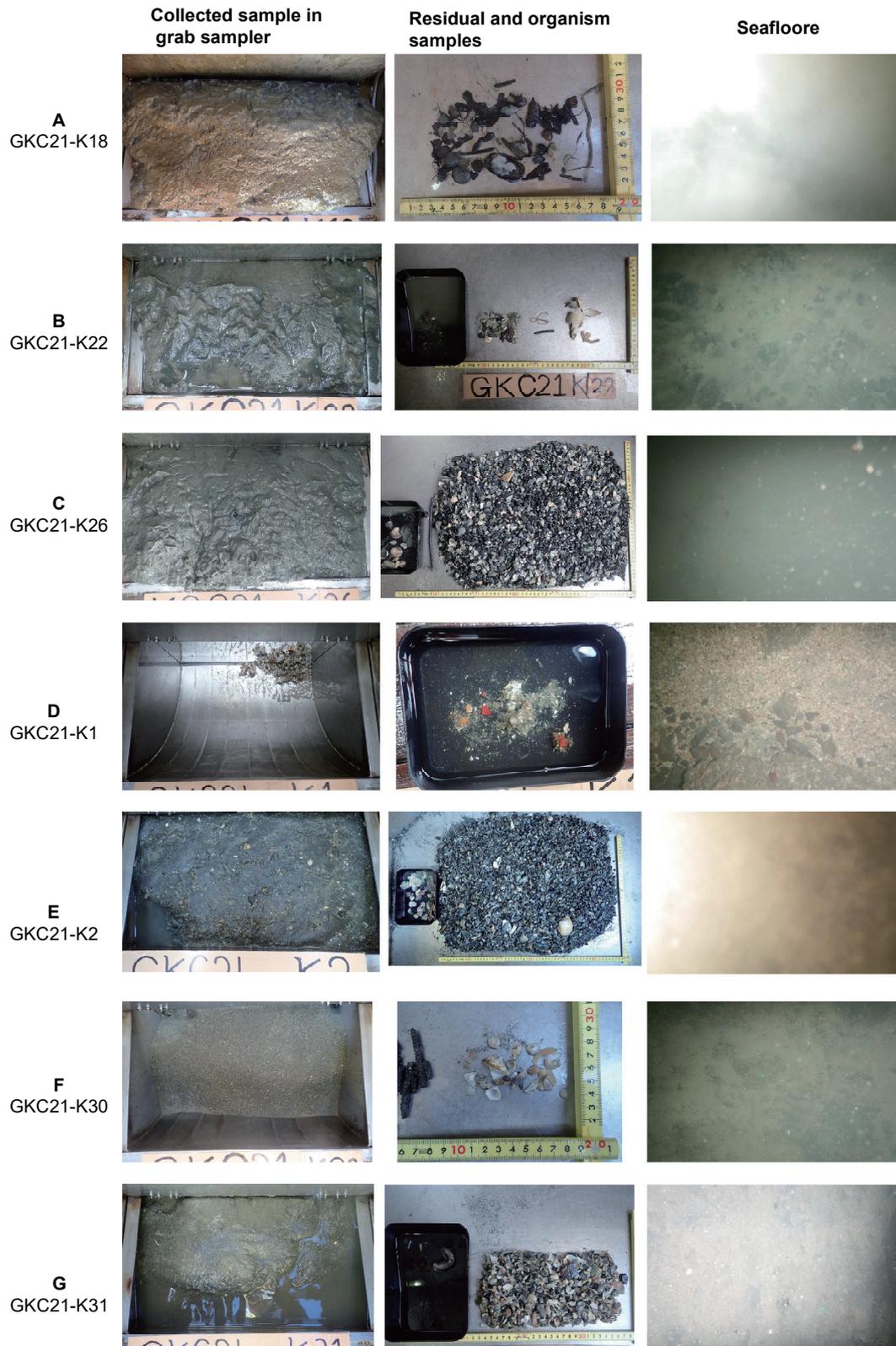
紀伊水道の主要部にはシルト～シルト質砂が分布し、北部に位置する海峡付近、南部の太平洋と連結する部分では顕著に粗粒化する。吉野川やその他の流入河川から供給される泥粒子を含む細粒な碎屑物は比較的停滞的な水理環境である紀伊水道の主要部に堆積し、海峡付近と南部海域では潮流や外洋からの波浪の影響が強くなり、砂、礫が主体となる粗粒な碎屑物

が分布している。また、南部海域において、中央部（GKC21-K27, 31, 33）に分布する堆積物は、海岸に近い地点（GKC21-K28, 30, 32, 34）に比べて、泥粒子を含むため淘汰が悪い。紀伊水道南部の海底地形は、中央付近で相対的に水深が深く、窪地地形を呈する。この窪地に位置する中央部では周辺に比べて底層の流れが弱くなり、泥粒子が堆積しやすいと考えられる。

#### 4.3 柱状堆積物試料の岩相と年代

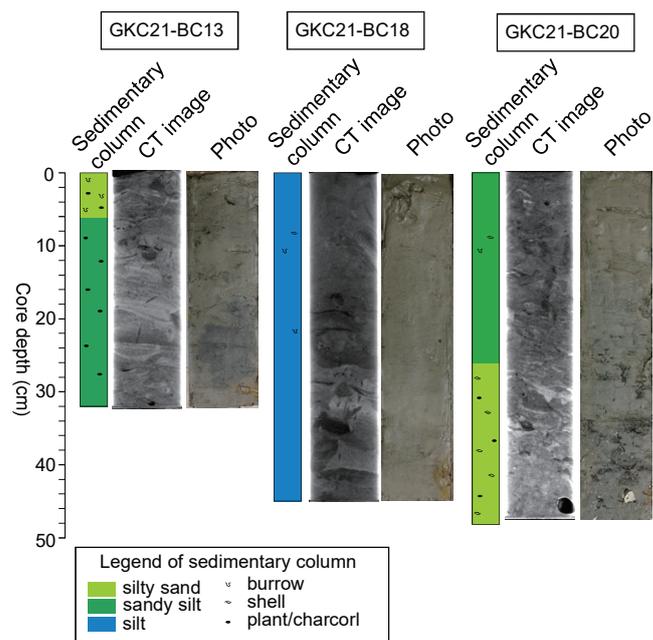
本調査ではBC, GC, PCの3種類の採泥器を用いて柱状堆積物を採取した。各試料の柱状図, X線CT画像, 写真を第7, 8図に示す。

上記したように、GKC21-BC18, 20では表層5 cm程度の堆積物が試料箱から飛び出した状態で採取されたため、飛び出した部分を容器に採取し、試料箱を採泥器から取り出して角柱容器に試料を保存した。そのため、第8図に示す柱状図, CT画像はこの角柱容器中の試料を用いて記載、測定した結果であるため、GKC21-BC18, 20では最表層堆積物の情報が欠損している。



第 6 図 木下式グラブ採泥器の採取試料と海底の写真。海底写真中の緑点間は 10 cm を示す。

Fig. 6 Collected samples by grab sampler and seafloor photographs. The distance between two green points in seafloor photograph is 10 cm.



第7図 ボックスコーラー試料の柱状図, X線CT画像, 写真.

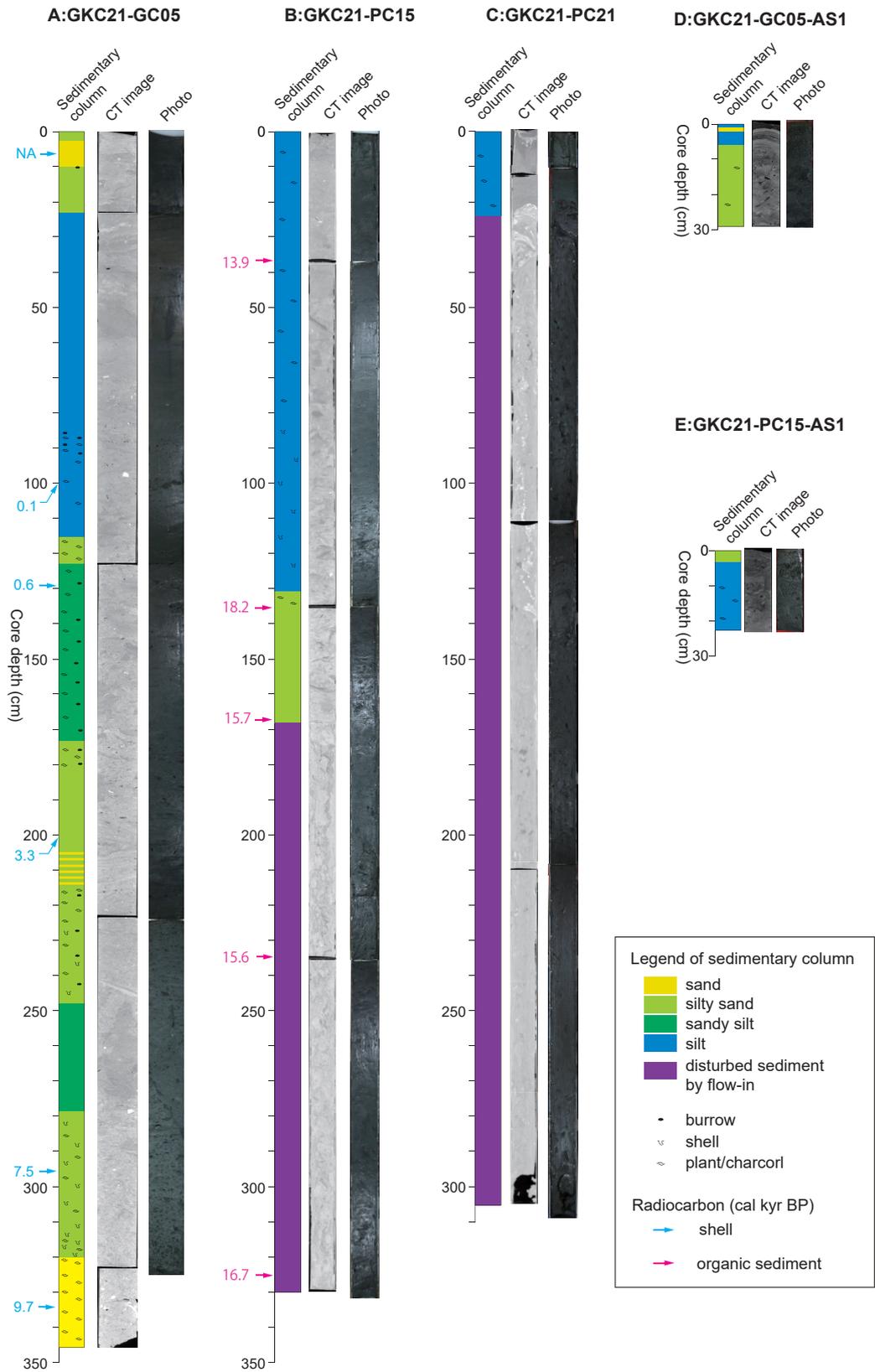
Fig. 7 Sedimentary column, x-ray CT image and photograph of samples by box corer.

GKC21-BC13, 20 はシルト質砂～砂質シルト, GKC21-BC18 はシルトで構成されている. GKC21-BC13 はコア深度 3 cm よりも上部層ではシルト質砂, 下部層では砂質シルトからなり, X線CT画像では下部層にラミナが観察される. GKC21-BC18 は他の BC 試料に比べて均質なシルトで構成され, CT画像ではコア深度 26 cm ~ 34 cm に相対的に高密度層が観察される. GKC21-BC20 はコア深度 26 cm よりも上部層はシルト質砂, 下部層は貝などの生物性碎屑物を多く含むシルト質砂からなる.

和歌山沖で採取した GKC21-GC05 の最下部層 (コア深度 320.0 cm ~ 346.0 cm) では淘汰の悪い貝殻破片を多く含む砂で, 上部に向かってシルト質砂からシルトへと細粒化し, 最上部 (0.0 cm ~ 23.0 cm) は再びシルト質砂へと粗粒化する (第8図A). GKC21-GC05 の  $^{14}\text{C}$  年代結果は最下部層で 9.7 cal kyr BP (コア深度 334.0 cm) を, 最上層では 1950 年以降 (7.0 cm) であることを示し (第3表), 完新世間全体の堆積記録を保持している可能性が高い. また, 堆積速度はコアの下部から上部に向かって速くなっていることを示唆する. またパイロットコアで採取された GKC21-GC05-AS1 の最表層 (コア深度 0.0 cm ~ 6.0 cm) では砂層が挟在するシルト層が確認される (第8図D). この最表層のシルト層は GKC21-GC05 では確認されず, 採取時の擾乱によって欠損した可能性が高い.

本調査で取得された 2 本の PC 試料の CT 画像には, 垂直方向に連続する筋状の構造が確認された (第8図

B, C). この構造は PC が十分に海底へ貫入せず, 離底時に周辺の堆積物を吸い込むフローインによって形成されたと推測され (池原, 2001), この構造が確認される GKC21-PC15 のコア深度 168.0 cm と GKC21-PC21 の 23.0 cm よりも下部層はフローインによる堆積物と推定される. GKC21-PC15 のフローイン堆積物層とその直上の 3 つの  $^{14}\text{C}$  年代結果は 15.6 ~ 16.7 cal kyr BP とよく似た値を示し, フローインによってほぼ同じ年代を示していると考えられる. また, GKC21-PC21 の大部分にフローイン構造が見られるため,  $^{14}\text{C}$  年代測定を行わなかった. 一方, コア深度 37.0 cm では 13.9 cal kyr BP, 135.0 cm では 18.2 cal kyr BP と大きく異なる値を示す. GKC21-PC15 の  $^{14}\text{C}$  年代は堆積物中の有機物を用いて測定している. 陸上高等植物由来の有機物の  $^{14}\text{C}$  年代は海洋生物由来よりも古い年代を示すため (例えば, Raymond and Baure, 2001), GKC21-PC15 の  $^{14}\text{C}$  年代結果は実際の堆積年代よりも古い値を示している可能性が高い. ただし, コア深度 37.0 cm では 13.9 cal kyr BP, 135.0 cm では 18.2 cal kyr BP と異なることから, これらコア深度間は 4,000 年程度の差があると推定できる. 今後, 貝や有孔虫などの海洋生物起源の碎屑物を拾い出し, より正確な年代を求める. GKC21-PC15-AS1 の最表層 (コア深度 0.0 cm ~ 3.0 cm) はシルト質砂で (第8図E), GKC21-PC15 の最表層では確認されない. 採取時の擾乱によって GKC21-PC15 の表層部分は欠損していると考えられる. また GKC21-PC21 ではパイロット試料は採取されていない.



第 8 図 重力落下式コアラー，ピストンコアラー試料の柱状図，X 線 CT 画像，写真。

Fig. 8 Sedimentary column, x-ray CT image and photograph of samples by gravity and piston corer.

第3表 GKC21-GC05, PC15 の放射性炭素年代結果.

Table 3 Results of radiocarbon dating in GKC21-GC05 and PC15.

sample No.	Core depth (cm)	type of material	Conventional <sup>14</sup> C age (BP)	Calibrated <sup>14</sup> C age (cal yr BP)	Laboratory number
GKC21-GC05-2-7	7	shell	103.93±0.39 pMC*		Beta-618975
GKC21-GC05-3-77	100	shell	590 ± 30	0 - 205	Beta-618976
GKC21-GC05-4-6	129	shell	1220 ± 30	506 - 730	Beta-618977
GKC21-GC05-4-78	201	shell	3590 ± 30	3165 - 3460	Beta-622170
GKC21-GC05-5-73	296	shell	7240 ± 30	7409 - 7660	Beta-618978
GKC21-GC05-CC-11	334	shell	9160 ± 30	9533 - 9890	Beta-618979
GKC21-PC15-1-37	37	organic sediment	12100 ± 40	13810 - 13950	Beta-618980
GKC21-PC15-2-98	135	organic sediment	14860 ± 40	18093 - 18270	Beta-618981
GKC21-PC15-3-32	167	organic sediment	13070 ± 40	15514 - 15816	Beta-618982
GKC21-PC15-3-100	235	organic sediment	13020 ± 40	15401 - 15757	Beta-618983
GKC21-PC15-4-95	330	organic sediment	13789 ± 43	16551 - 16938	Beta-618984

\*<sup>14</sup>C age was before 1950 AD. The value was shown in pMC(percent Modern Carbon) .

## 5. まとめ

紀伊水道の時空間的な堆積物特性変化を把握し、現在の堆積過程と完新世間の環境変遷を明らかにするために、29地点でKGを、3地点でBCを、1地点でGCを、2地点でPCを使って堆積物試料を採取した。採泥時に取得したCTDデータから、本調査海域の南東部の底層を通じて太平洋から高温・高塩分の水塊が、河川や紀淡・鳴門海峡から低温・低塩分の水塊が流入し、これら水塊の密度差から成層構造が形成されていることが明らかとなった。紀伊水道主要部の海底表層堆積物の粒度はシルト～シルト質砂で、海峡に近くなる北部、南部では砂、砂礫へと粗粒化する。河川から供給された碎屑物は比較的停滞的な主要部で堆積し、海峡部付近では潮汐や波浪の影響が強くなり、粒度は粗粒化している。和歌山沖合で採取したGKC21-GC05は大局的には下層から上層にかけて細粒化を示し、年代結果は完新世間の堆積物であることを示す。またPC試料の大部分はフローインによる堆積物であった。GKC21-PC15のコア深度0.0 cm～168.0 cmは少なくとも4,000年間の堆積記録を保存していると考えられる。

謝辞：本調査を実施するにあたり、海洋エンジニアリング株式会社・工藤倫彰氏、日本海洋計画株式会社・佐藤竜児氏、また第三開洋丸の乗船員の方々には多大なご協力を頂いた。各位に厚く感謝を申し上げます。

## 文献

- 味岡 拓・西田尚央・鈴木 淳・板木卓也 (2016) CTD観測による奄美大島周辺海域の水塊構造. 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. 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.
- 藤原建紀 (2012) 紀伊水道・豊後水道・響灘と瀬戸内海. 瀬戸内海, **64**, 4–9.
- 藤原建紀・小林志保・高志利宣 (2003) 瀬戸内海の窒素・リンの輸送と起源の現地観測. 海岸工学論文集, **50**, 951–955.
- 池原 研 (2001) 堆積物コアの見方－堆積物記載入門－. 地質ニュース, **557**, 14–25.
- 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. 平成29年度研究概要報告書－石垣・奄美大島周辺海域－, 地質調査総合センター速報 no.75, 143–146.
- 井内美郎 (1982) 瀬戸内海における表層堆積物分布. 地質学雑誌, **88**, 665–681.
- 片山 肇・味岡 拓・杉崎彩子・板木拓也 (2018) GK17-2航海における採泥中の方位傾斜測定. 平成29年度研究概要報告書－石垣・奄美大島周辺海域－, 地質調査総合センター速報 no.75, 147–151.

Raymond, P. A. and Bauer J. E. (2001) Riverine export of aged terrestrial organic matter to the North Atlantic Ocean. *Nature*, **409**, 497–500.

水野清秀・吉岡敏和・岡村 眞・松岡裕美 (1996) 淡路島南西部沿岸海域における活断層調査. 平成7年度活断層調査研究報告 No.11, 地質調査研究資料集 No. 235.

七山 太・佃 栄吉・水野清秀・石井久夫・北田奈緒子・竹村恵二 (1999) 中央構造線活断層系, 友ヶ島水道断層の完新世における活動履歴調査. 平成10年度活断層・古地震研究調査概要報告書, 地質調査所速報 no.EQ/99/3, 235–252.

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. 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.

上田幸男・住友寿明 (2003) 徳島沿岸の底質の性状. 徳島県立農林水産総合技術センター水産研究所研究報告, **2**, 3–17.