

徳島平野沿岸部・沖洲地区におけるボーリング調査 Report of coring survey in the Okinosu area, coastal area of the Tokushima Plain

羽田裕貴^{1*}・中谷是崇¹・水野清秀¹・納谷友規¹・中島 礼¹
HANEDA Yuki^{1*}, NAKATANI Koretaka¹, MIZUNO Kiyohide¹, NAYA Tomonori¹
and NAKASHIMA Rei¹

Abstract: A coring survey was conducted in the southern coastal area of Tokushima Prefecture (Okinosu area), western Japan, to reveal the subsurface Quaternary stratigraphy of the Tokushima Plain. Based on lithology, and grain size, water content, fossil diatom, tephra and AMS radiocarbon analyses, the 131 m-long GS-TKS-1 core is divided into 13 sedimentary units, in ascending order. The units 2–11 consist of sandy gravel and muddy–sandy deposits, and correspond to the Kitajima Formation. The units 4 and 10, which are muddy deposits in the Kitajima Formation, yield marine–brackish diatom and shell fragments, respectively, and thus are marine sediments. On the other hand, the units 6 and 8, which mainly consist of muddy sediment, yield no marine fossil. Resultant radiocarbon ages exhibit that the units 11–12 are alluvium deposits; the unit 11 corresponds to the lowermost part of the Tokushima Formation, and the unit 12 to the upper–lower part of the formation. However, it is difficult to demarcate the boundary between the Tokushima and Kitajima formations probably in the unit 11, due to a similar gravel facies. In future studies, electrical conductivity and pollen analyses are necessary to reveal sedimentary environment and depositional age of the Kitajima Formation.

Keywords: Tokushima Plain, Kiisuido Strait, Quaternary, tephra, diatom, AMS radiocarbon dating.

要 旨

本稿では、徳島県沖洲地区で掘削した131 m長のオールコアボーリングGS-TKS-1を用いて、徳島平野沿岸部における地下第四系の層序を検討した。層相観察、粒度、含水率、珪藻化石、テフラ、放射性炭素年代測定に基づき、GS-TKS-1コアを下位から1～13の堆積ユニットに区分した。その結果、ユニット2～11は北島層に、ユニット11～12は徳島層に相当すると考えられる。ユニット4及び10は泥質堆積物からなり、それぞれ海生～汽水生珪藻化石と貝殻片の産出が認められた。そのため、これら堆積ユニットは海成層と考えられる。一方、主に泥質堆積物で構成されるユニット6及び8からは堆積環境の推定に有用な化石が産出しなかった。放射性炭素年代測定の結果から、ユニット11上位は徳島層最下部に、ユニット12は徳島層下部から上部に相当する。徳島層と北島層の境界はユニット11下部の礫層に位置すると考えられるが、岩相が類似することからその深度を決定することはできなかった。今後、花粉化石や電気伝導度分析による北島層の堆積年代と堆積環境の推定を行う必要がある。

1. はじめに

産業技術総合研究所地質調査総合センターでは、重点課題「沿岸域の地質・活断層調査」の一環として、令和2年度より紀伊水道及びその沿岸域の海域・陸域の掘削調査や地表地質調査、物理探査、ボーリングデータの収集・解析を実施している。紀伊水道北縁には、中央構造線断層帯がおおよそ東西方向に走り、その活動履歴や将来的な活動評価がなされている（地震調査研究推進本部2017）。また、沖合には南海トラフが位置し、紀伊水道は南海トラフの地震の長期的な評価対象領域に設定されている（地震調査研究推進本部2013）。そのため、紀伊水道沿岸域の地質構造や活断層の解明は、中央構造線断層帯や南海トラフで発生し得る地震とそれに伴う津波災害に対する防災・減災対策を進める上で重要である。

徳島平野は紀伊水道西岸に位置し、海岸部では南北に幅約10 km、西方へ約75 kmの奥行きを有する。平野北縁は東北東–西南西方向に走る中央構造線断層帯によって、北側の上部白亜系和泉層群と区切られる。徳島平野の地下地層は、下位から三波川変成岩類に由来する基盤岩、第四系北島層及び徳島層から構成される。最終氷期以降の沖積層とされる徳島層は、1960年

*Corresponding author: Haneda, Y., Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. E-mail: y.haneda@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)

代以降の先行研究によって層序区分, 化石, 火山灰, 堆積環境が検討されてきた(中川・須槍 1965; 横山ほか 1990; 中尾ほか 1996; 古田 1996; Kawamura 2006; 川村・西山 2019). 一方, 徳島層の下位に分布する北島層の層序や分布, 堆積環境については, それをカバーする深いボーリング資料が限られていることから, 十分に解明されていない(西山ほか 2017; 中谷ほか 2021; 佐藤・水野 2021). 北島層の層序や分布の解明は, 中央構造線断層帯の活動履歴や徳島平野の発達史を議論する上でも重要な研究項目である.

そこで本研究では, 徳島平野地下第四系の層序と地質構造を解明する目的として, 吉野川南岸の沿岸部に於て新たにボーリング調査を行い, コア試料の岩相記載, 粒度分析, 含水率測定, 珪藻化石分析, 火山灰分析, 放射性炭素年代測定を行なった.

2. 地質概説

北島層は礫質堆積物と泥層から構成される. その最上部は N 値が 50 を超える礫層で構成され, 徳島層最下部が直接累重する. 北島層には少なくとも 3 枚の海成泥層が挟在し, その深度は平野北部・東部に向かって大きくなる(西山ほか, 2012, 2017). 平野北縁の鳴門市大麻町で掘削された坂東観測井コアでは, 花粉化石, 古地磁気, 及び細粒堆積物懸濁液の電気伝導度分析が行われ, 海洋酸素同位体ステージ(MIS) 15 ないし 13 (深度 305.50 m, 289.15 m ~ 287.55 m), 11 (深度 263.98 m ~ 258.83 m), 9 (深度 238.00 m ~ 213.26 m), 5 (深度 102.45 m ~ 93.4 m) に対比される細粒堆積層から, 海成層を示唆する電気伝導度分析値が報告された(佐藤・水野, 2021). 一方, 吉野川より南部において, 徳島市中徳島町から掘削されたオールコアボーリング TK-B-1 では, TP-57 m ~ -50 m 及び -50 m ~ -43 m で, それぞれ MIS 11 及び 7 に対比される含貝殻片泥質層が報告された(中谷ほか, 2021). 吉野川北岸河口にあたる徳島市川内から勝浦川河口の徳島市津田にかけて, TP-80 m ~ -70 m と -70 m ~ -45 m 付近に層厚 10 m 程度の海成層が認められ, いずれも北ないし東に向かって深くなる(西山ほか, 2012). また, 基盤岩である三波川変成岩類と接する北島層基底も同様に, 平野の北部あるいは東部で深くなることが知られている. 徳島平野南端部では TP-90 m ~ -50 m 付近で三波川変成岩類に達するが(西山ほか, 2017), 平野北縁の鳴門市大麻町で掘削された坂東観測井コアでは, TP-500 m でも基盤岩に達しない(松本・荒井, 2021; 佐藤・水野, 2021).

徳島層は後氷期海進に関連した堆積層で, 沖積層に相当する(横山ほか, 1990; 古田, 1996; Kawamura, 2006). Kawamura (2006) は, 先行研究による化石や腐

植の放射性炭素年代を踏まえて, 徳島層を最下部, 下部, 中部, 最上部に区分した(第 2 図). 以下に, Kawamura (2006) 及び川村・西山 (2019) に従って, 徳島層の概要を述べる. なお, 年代値は暦年校正を施していない ^{14}C 年代に基づいている.

徳島層最下部は泥層を挟む層厚 12 m 未満の砂礫層で, 堆積年代は約 12 ~ 11 ka である. 北島層最上部の礫層と岩相が類似するため, 50 未満の貫入抵抗値 (N 値) によって北島層と区別される(川村・西山, 2019). また, Kawamura (2006) は, 最下部の礫層中に始良 Tn テフラに対比される火山ガラスを認め, 北島層からの二次堆積とした.

徳島層下部は, 下位よりシルト層もしくは細砂層, 海生貝類化石を含む細砂混じりシルト層, シルト薄層を挟み海生貝類化石が産出する細砂層から構成され, その層厚は約 20 m 程度, 堆積年代は約 8.2 ka ~ 7.8 ka である(Kawamura, 2006). 火山灰層が 1 枚挟まり, 直上の腐植層の放射性炭素年代から, その年代は 11,160 ~ 10,720 cal BP より古い(川村・西山, 2019).

徳島層中部は, 海生貝類化石を含むシルト・粘土層, 粗粒砂層から構成され, 層厚は約 25 m 以下, 堆積年代は約 7.8 ka ~ 3.1 ka である(Kawamura, 2006). 中部には鬼界アカホヤテフラ(K-Ah テフラ; 町田・新井 2003) に対比される火山灰層が認められている(川村・西山, 2019).

徳島層上部は海生貝類や植物遺体を含む細粒砂層で, 層厚は 13 m ~ 24 m, 堆積年代は約 3.1 ka ~ 1.6 ka である(Kawamura, 2006).

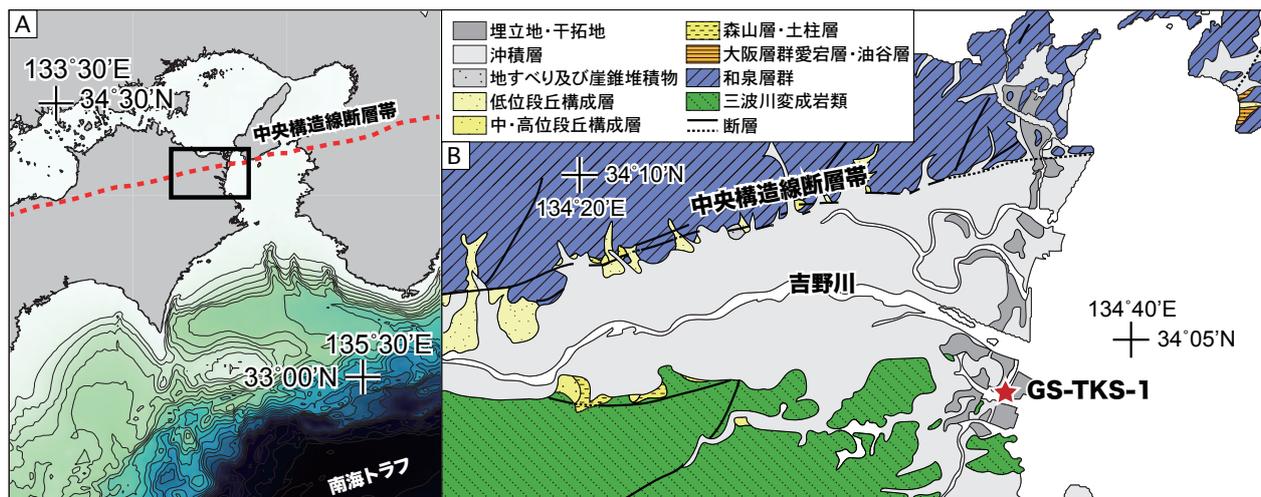
3. 調査及び分析方法

3.1 ボーリング調査の概要

オールコアボーリング(GS-TKS-1)は, 徳島県徳島市東沖洲において, (株)ニタコンサルタントにより, 2021年5月11日から6月14日にかけて掘削された. 当該地点は埋立てによる造成地で, 現在は空き地となっている. 掘削地点は北緯 34°03'23.8467", 東経 134°35'22.2098" に位置し, 孔口標高は 2.38 m である(第 1 図). 総削孔長は 131 m, コア外径は 73 mm である.

3.2 コア記載・分析

採取したコア試料は産総研に搬入後, 暗室内で OSL 年代測定用試料を採取し, CT 撮影を行なった. その後, ワイヤあるいはスパチュラを用いて半割し, 半割面の層相記載と写真撮影を行なった(第 3 図; 第 4 図). 各種分析試料は主に泥質あるいは砂質の層準から採取した. 容積 7 cm³ のプラスチック製キューブに 10 cm ~ 50 cm 間隔で採取し, 含水率, 粒度組成分析に用いた.



第1図 ボーリング掘削地点の位置と周辺の地質図。A: 調査地域周辺の地図と海底地形。海域の等水深線は水深 200 m ~ 4800 m までを 200 m おきに示した。B: 徳島平野周辺の地質分布図。20 万分の 1 日本シームレス地質図(産総研地質調査総合センター, 2018) に基づいて作成。

Fig. 1 Locality of the coring site and geological map around the Tokushima Plain. A: Map and bathymetric chart around the Tokushima Plain. B: Geological map around the Tokushima Plain based on the Seamless Digital Geological Map of Japan, 1: 200,000 (Geological Survey of Japan, AIST, 2018).

Geological age		Geological unit (Kawamura, 2006)	
Quaternary	Holocene	Tokushima F.	upper part
			middle part
			lower part
	Pleistocene	lowermost part	
		Kitajima F.	

第2図 徳島平野地下第四系の層序。Kawamura (2006) に基づいて作成。

Fig. 2 Stratigraphy beneath the Tokushima Plain, after Kawamura (2006).

珪藻化石及び花粉化石分析用のバルク試料は、深度 50 m より上位層準では 10 cm 間隔、深度 50 m より下位層準では約 50 cm 間隔で採取した。また、深度 50 m より上位層準では、バルク堆積物試料とは別に放射性炭素年代測定用の植物片と貝殻片を採取した。

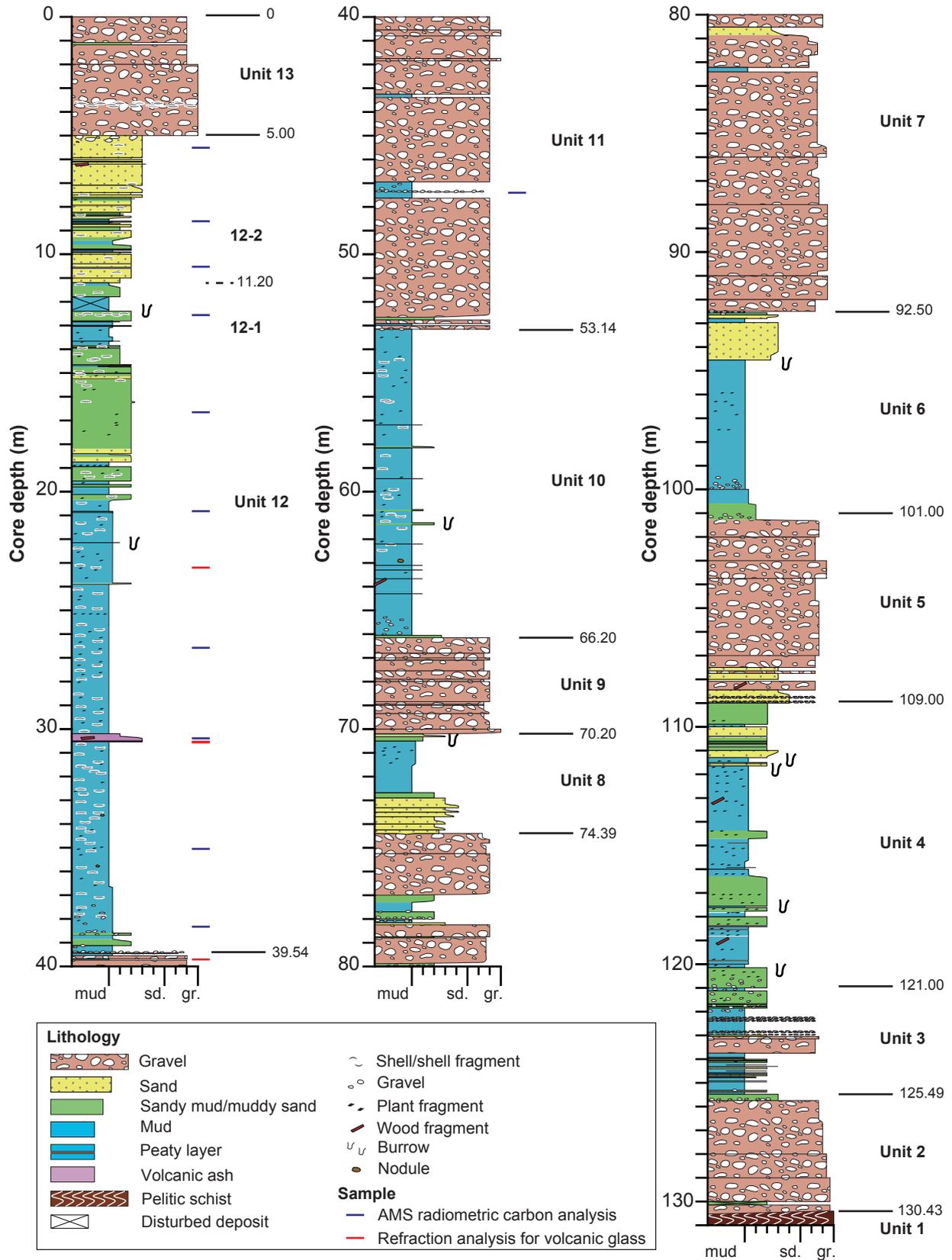
含水率及び粒度組成の測定は、176 層準について実施

した。キューブ試料は、コア試料から分取した直後に重量を測った。古地磁気・岩石磁気分析を行なった後、60°C で 2 日間乾燥させ、重量の減少比を含水率とした。含水率測定後のキューブ試料について、63 μm と 250 μm の篩を用いて水洗し、各粒度区分の質量から、含泥率と含砂率(極細粒砂~細粒砂サイズ、中粒砂サイズ以上)を算出した(第5図)。古地磁気・岩石磁気分析の詳細は本稿では示さないが、全体を通して正帯磁、1 層準で逆帯磁の結果が得られた。

珪藻化石分析は、深度 50 m より下位層準から採取した 92 試料について実施した。検鏡用のプレパラートは、分析用に分取された試料を用いて納谷ほか(2009)の手法 B (スミアスライド) に従って作成した。封入材には紫外線硬化樹脂 NOA61 (Norland Products Inc.) を用いた。検鏡は倍率 600 倍の生物顕微鏡を用いて、珪藻化石の有無と、産出が認められた場合は主要な産出分類群を記録した。

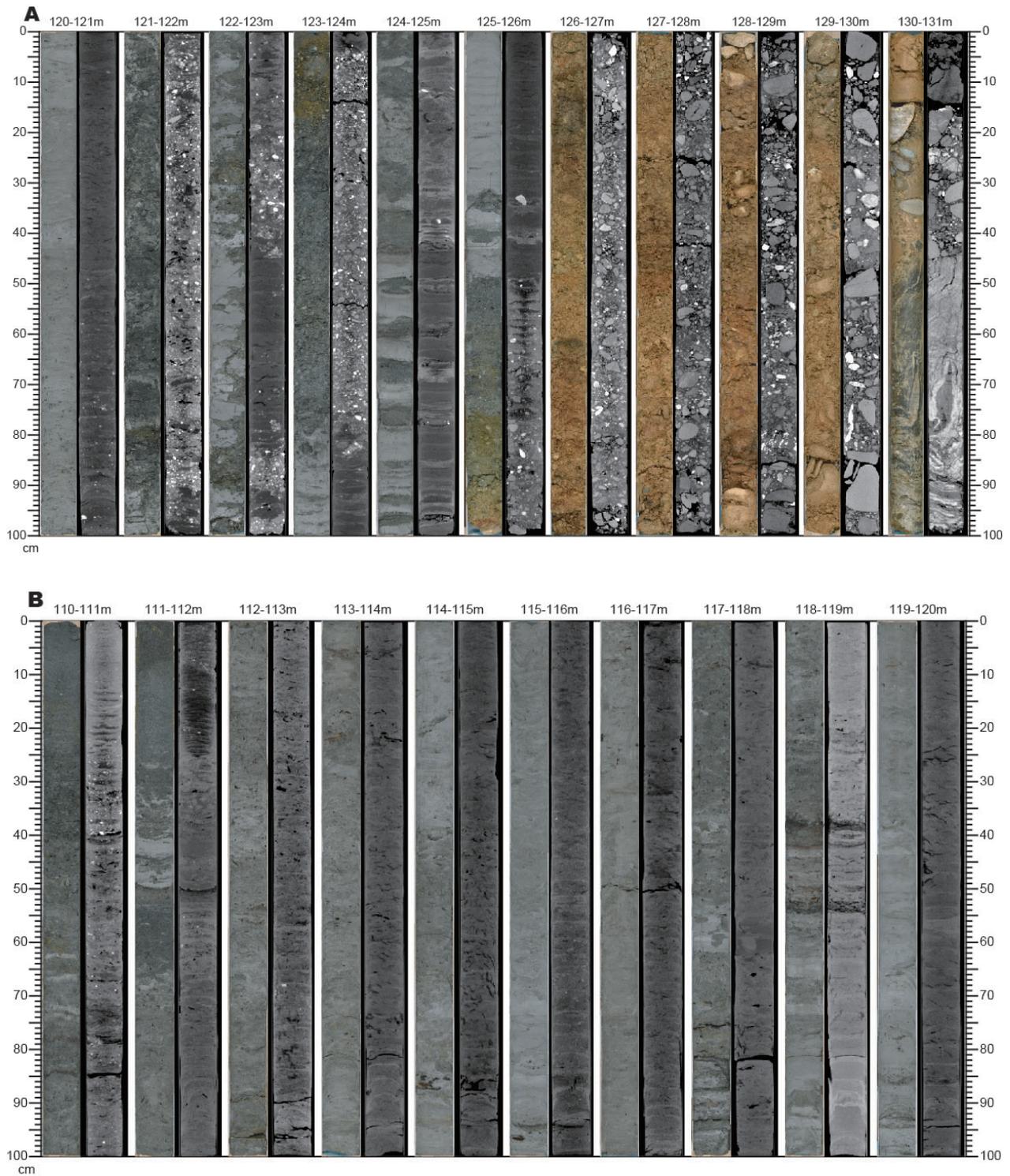
深度 47 m ~ 5 m 区間から得られた植物片試料 10 点及びバルク堆積物試料 1 点について、加速器質量分析(AMS) 法による放射性炭素年代測定を実施した。分析は(株)加速器分析研究所に依頼した。得られた ¹⁴C 年代値を、IntCal20 較正曲線(Reimer *et al.*, 2020) と OxCalv4.4 (Bronk Ramsey 2009) を用いて較正し、暦年較正年代とした(第6図; 第1表)。

深度 30.53 m ~ 30.18 m に火山ガラス濃集層を、深度 30 m より上位の泥層及び深度 39.72 m ~ 39.67 m に挟まる泥層中に火山ガラスを認めた。そこで、深度 39.70 m, 30.58 m ~ 30.55 m, 30.55 m ~ 30.54 m, 23.26 m ~

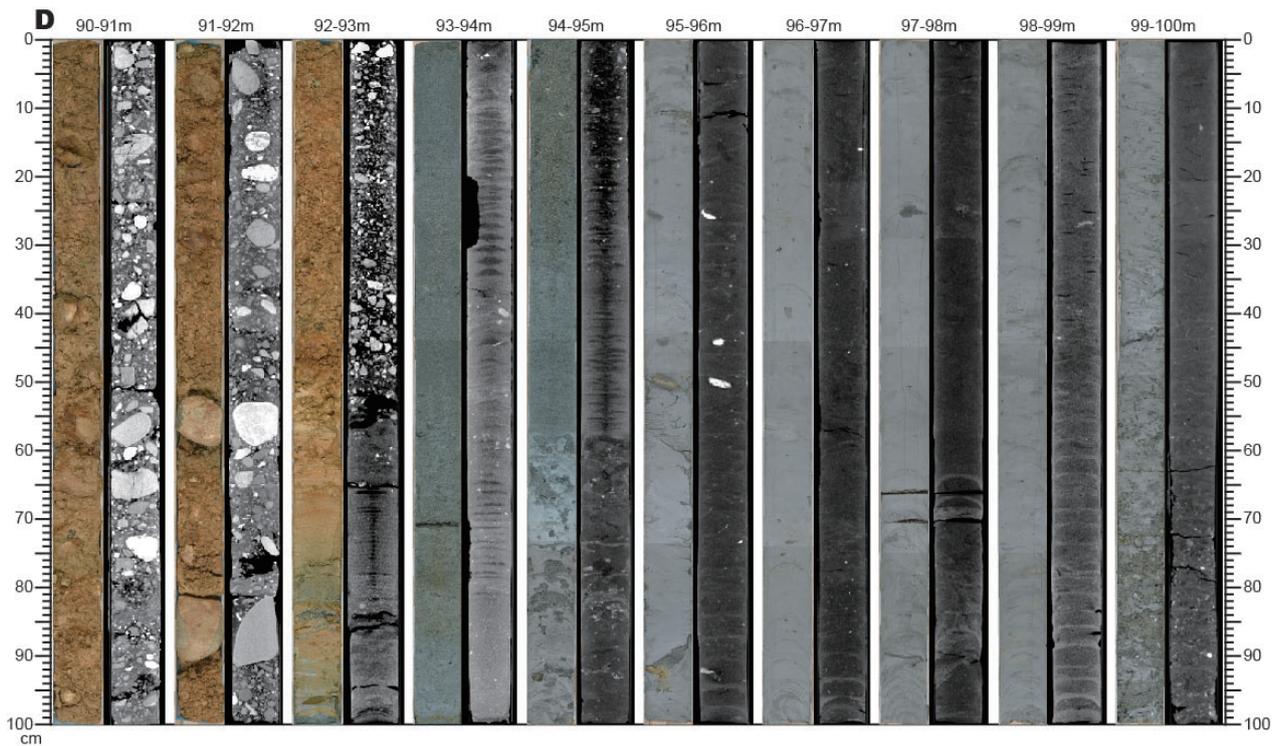
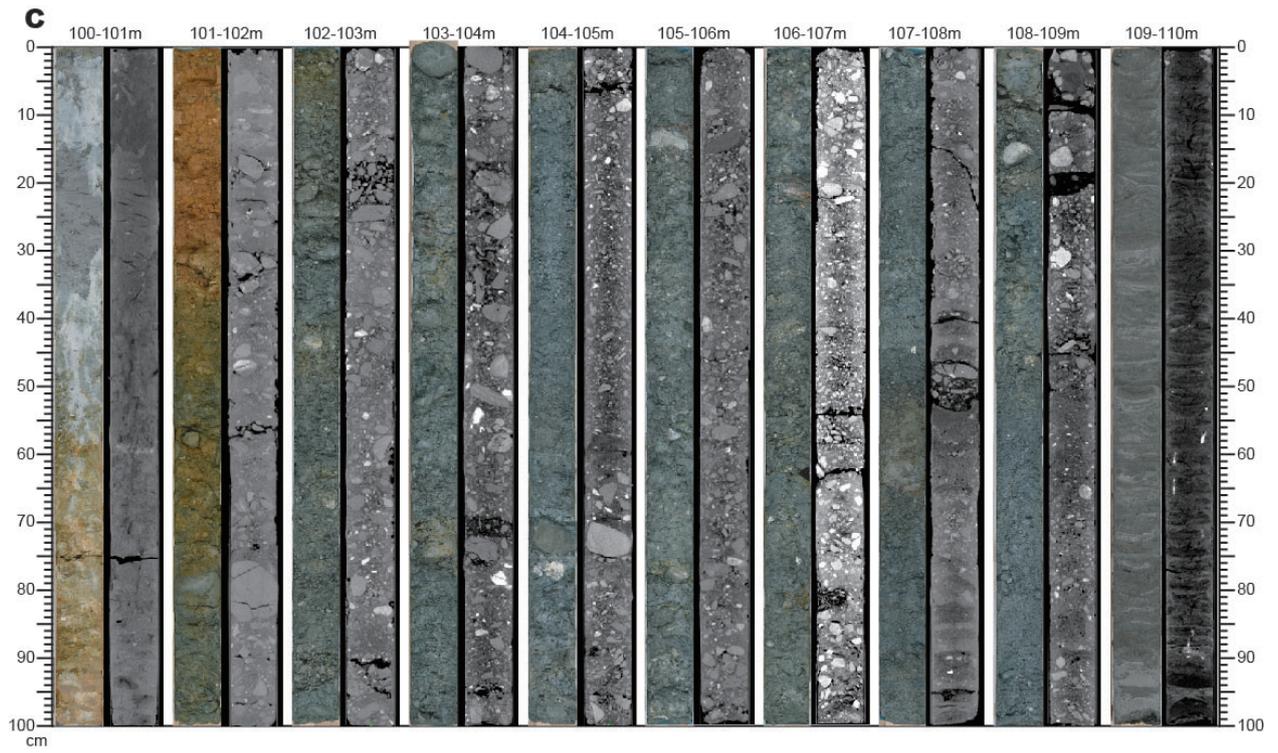


第3図 GS-TKS-1 コアの地質柱状図。黒色の実線は堆積ユニットの境界を、黒の破線は各堆積ユニット中のサブユニット境界を示す。

Fig. 3 Columnar section of the GS-TKS-1 core. Horizontal black lines and dashed lines indicate boundaries of sedimentary unit and subunit, respectively.

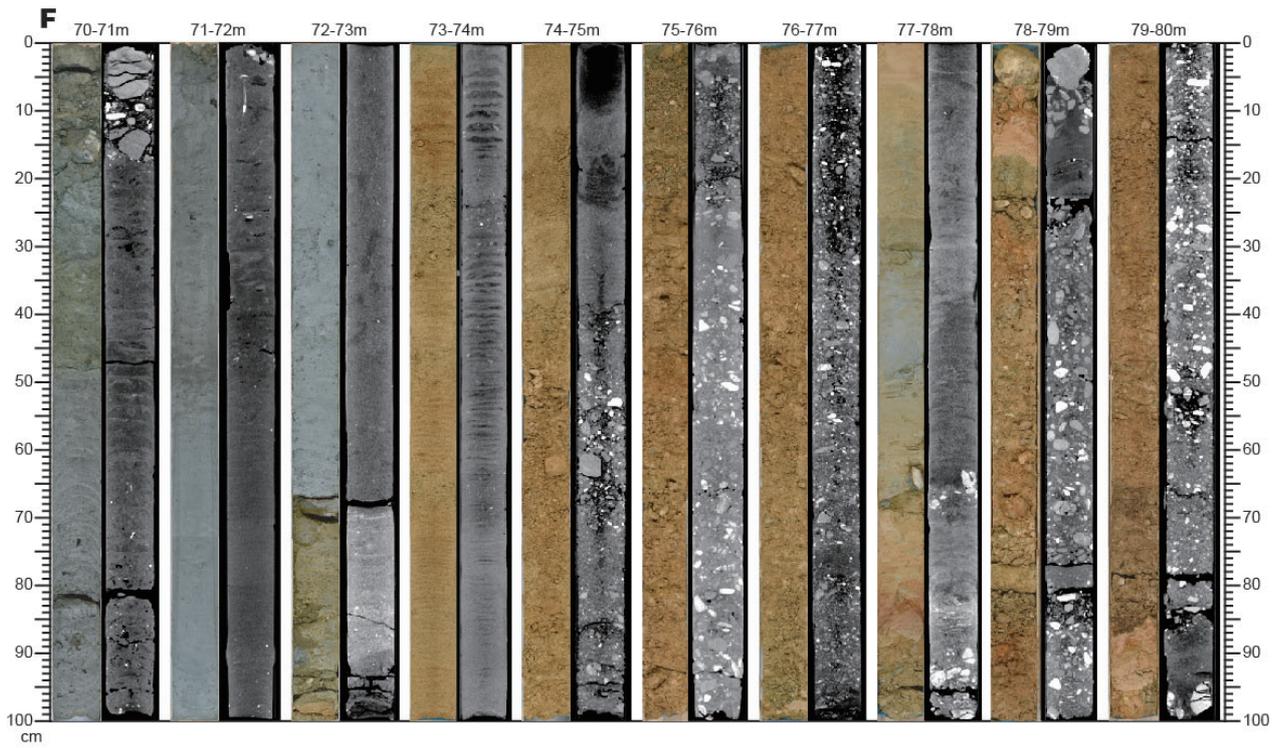
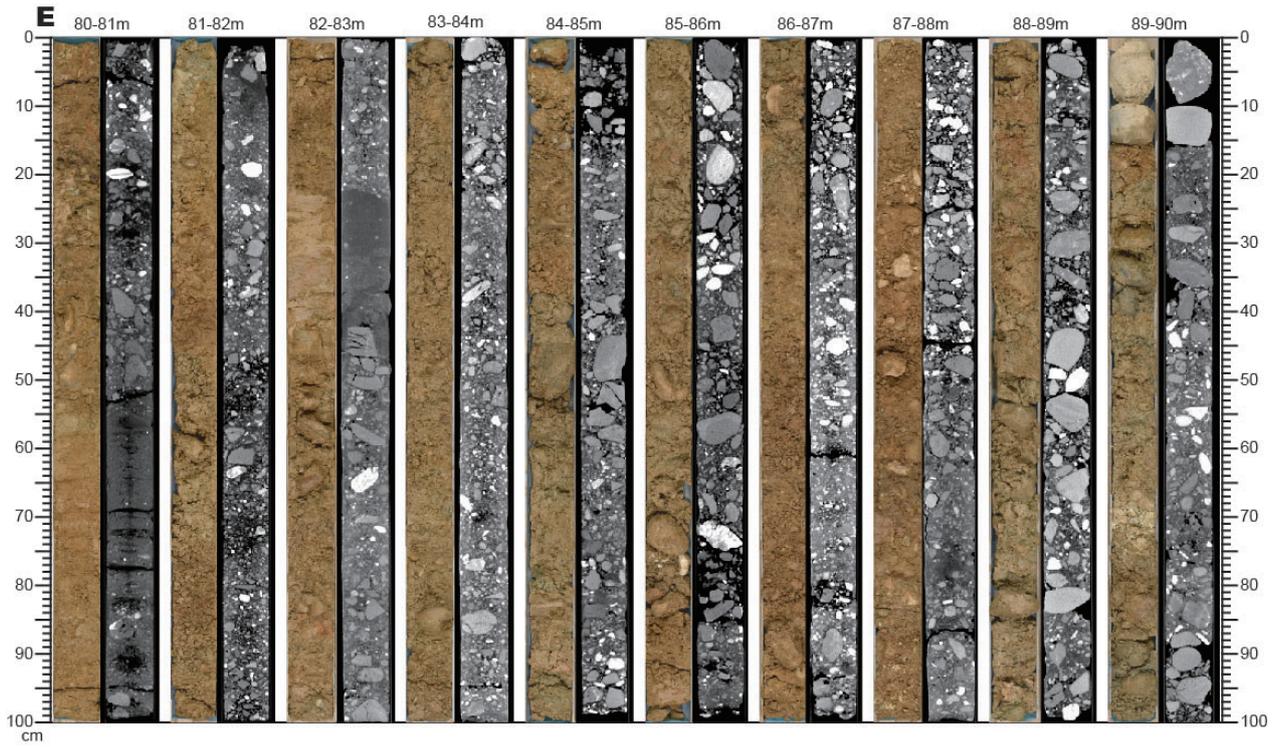


第4図 GS-TKS-1のコア写真(左)とCT画像. A: 深度131 m~120 m, B: 深度120 m~110 m, C: 深度110 m~100 m, D: 深度100 m~90 m, E: 深度90 m~80 m, F: 深度80 m~70 m, G: 深度70 m~60 m, H: 深度60 m~50 m, I: 深度50 m~40 m, J: 深度40 m~30 m, K: 深度30 m~20 m, L: 深度20 m~10 m, M: 深度10 m~0 m.
 Fig. 4 Core photographs (left) and CT images (right) of the GS-TKS-1 core. A: 131 m-120 m depth, B: 120 m-110 m depth, C: 110 m-100 m depth, D: 100 m-90 m depth, E: 90 m-80 m depth, F: 80 m-70 m depth, G: 70 m-60 m depth, H: 60 m-50 m depth, I: 50 m-40 m depth, J: 40 m-30 m depth, K: 30 m-20 m depth, L: 20 m-10 m depth, M: 10 m-0 m.

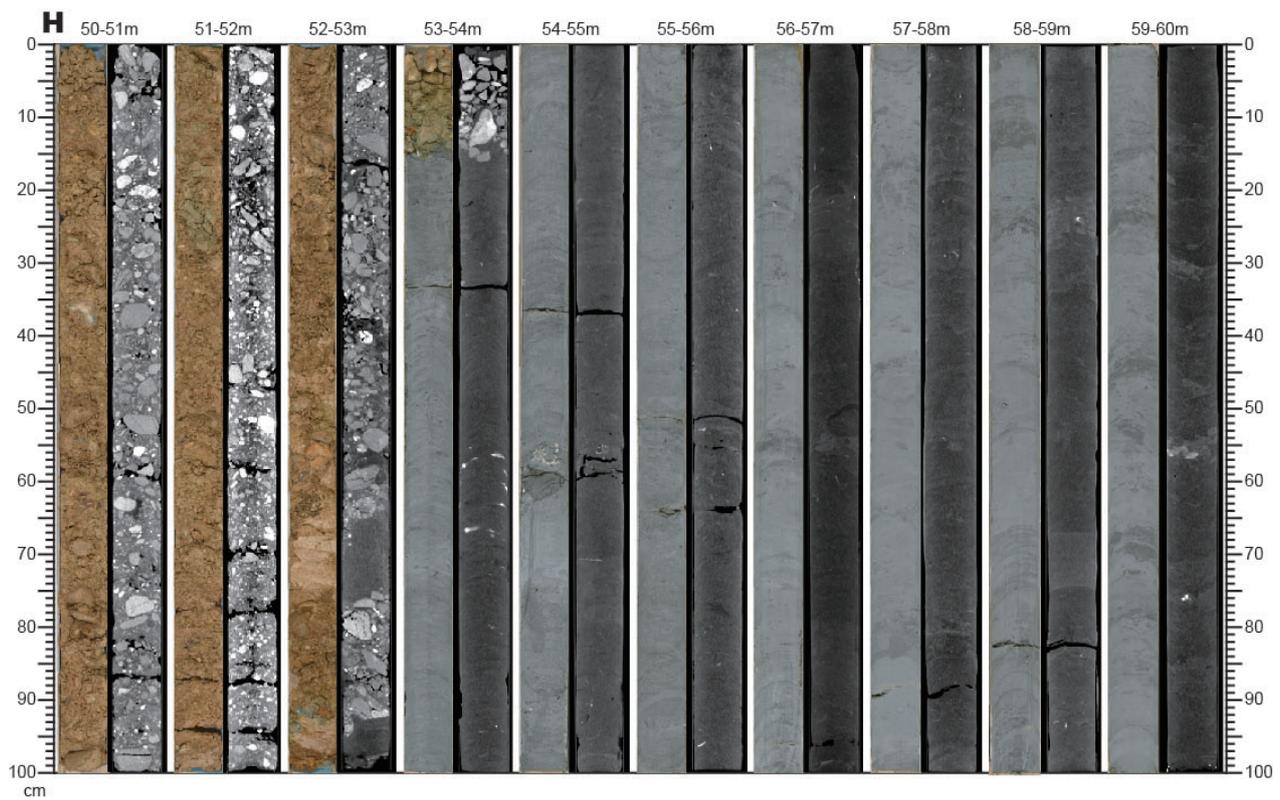
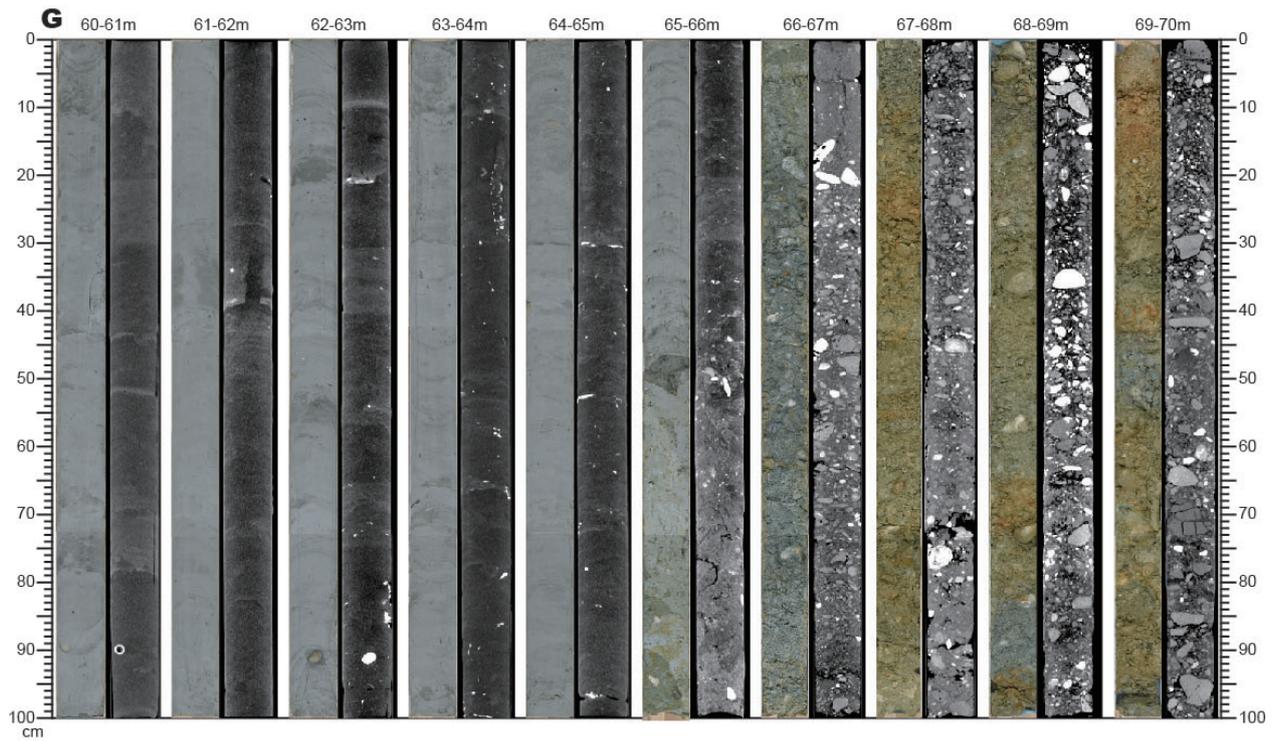


第4図 (続き).
Fig. 4 (continued).

徳島平野沿岸部・沖洲地区におけるボーリング調査

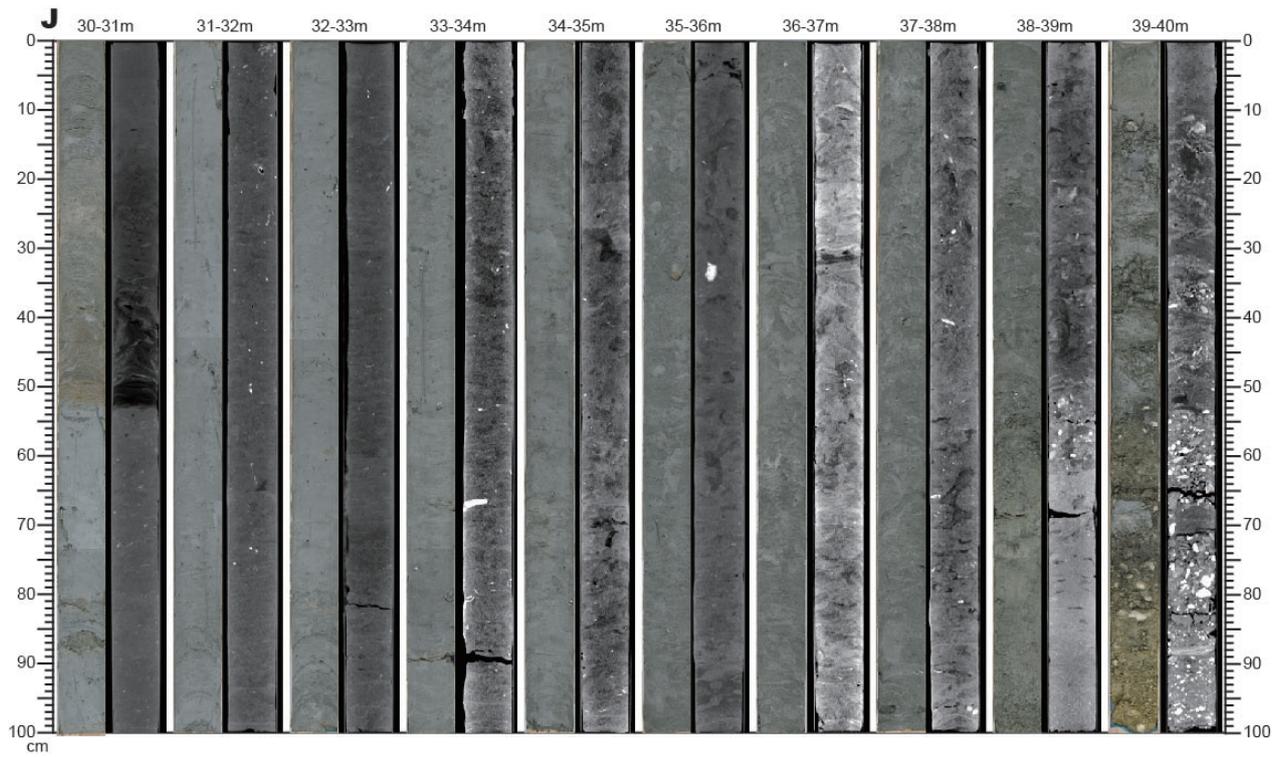
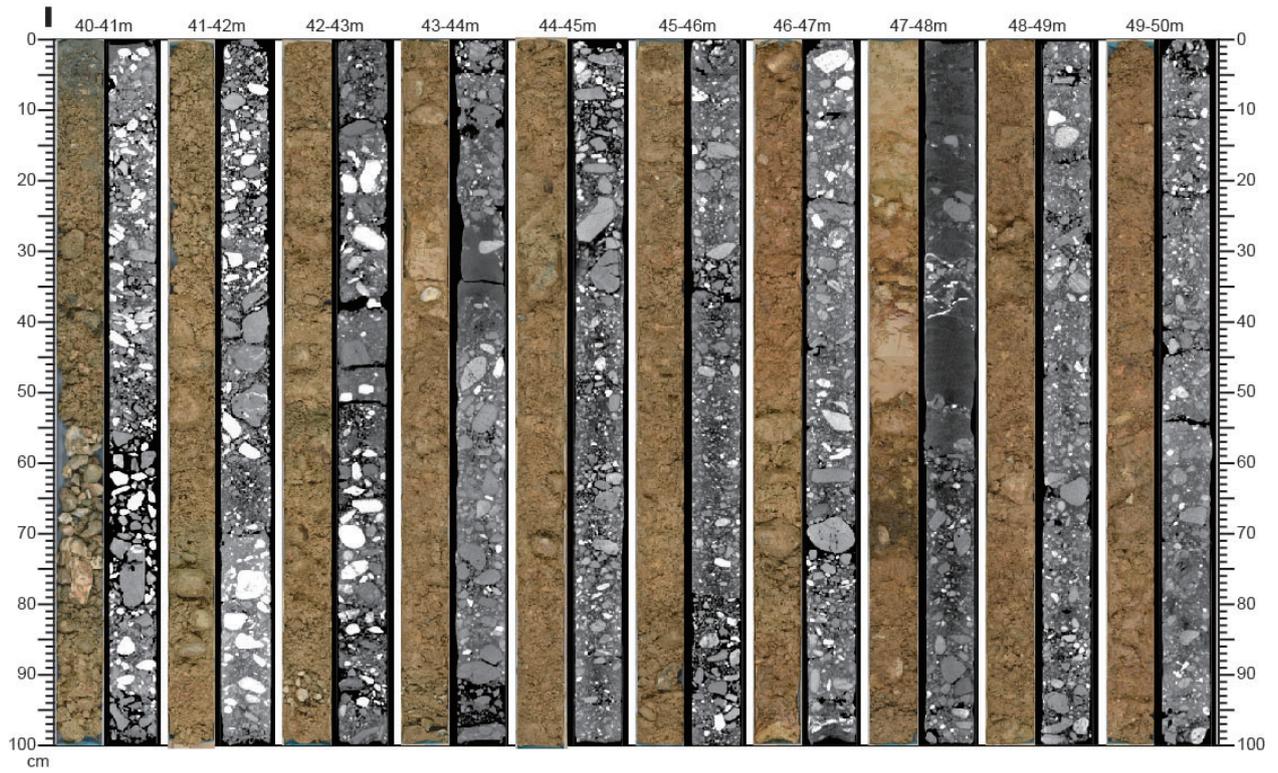


第4図 (続き).
Fig. 4 (continued).

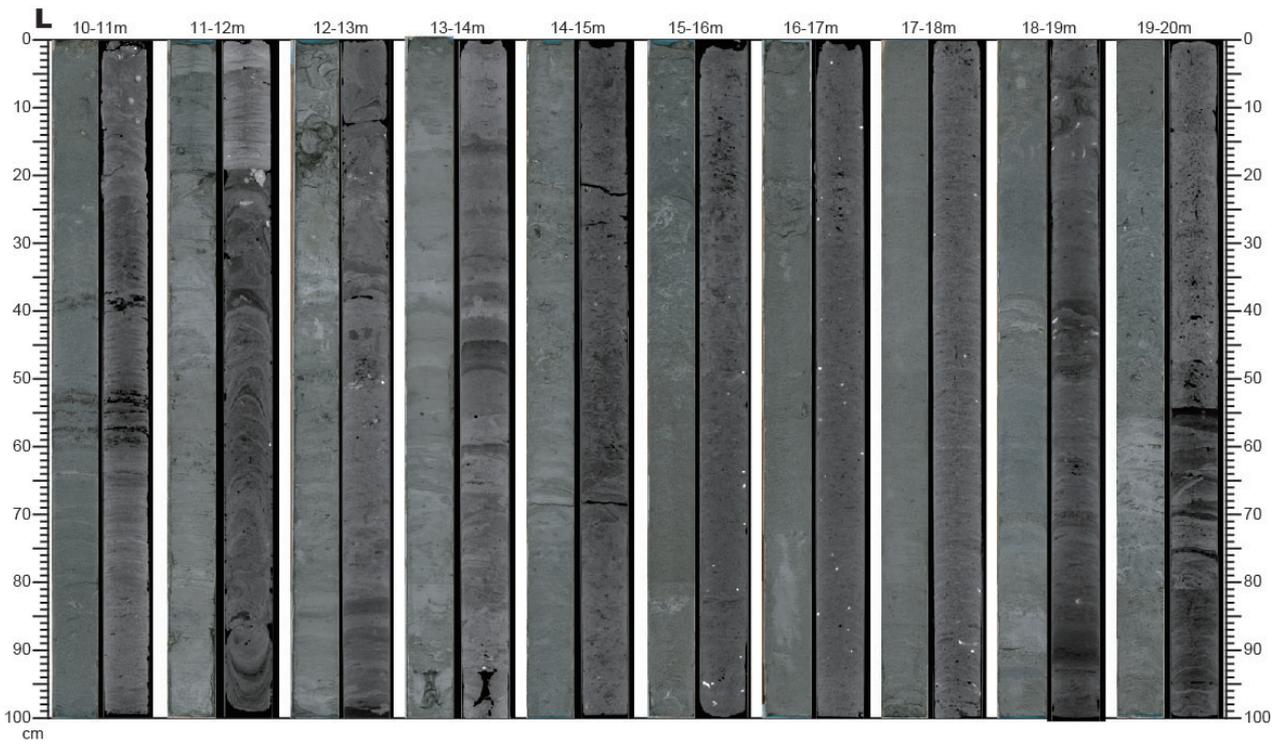
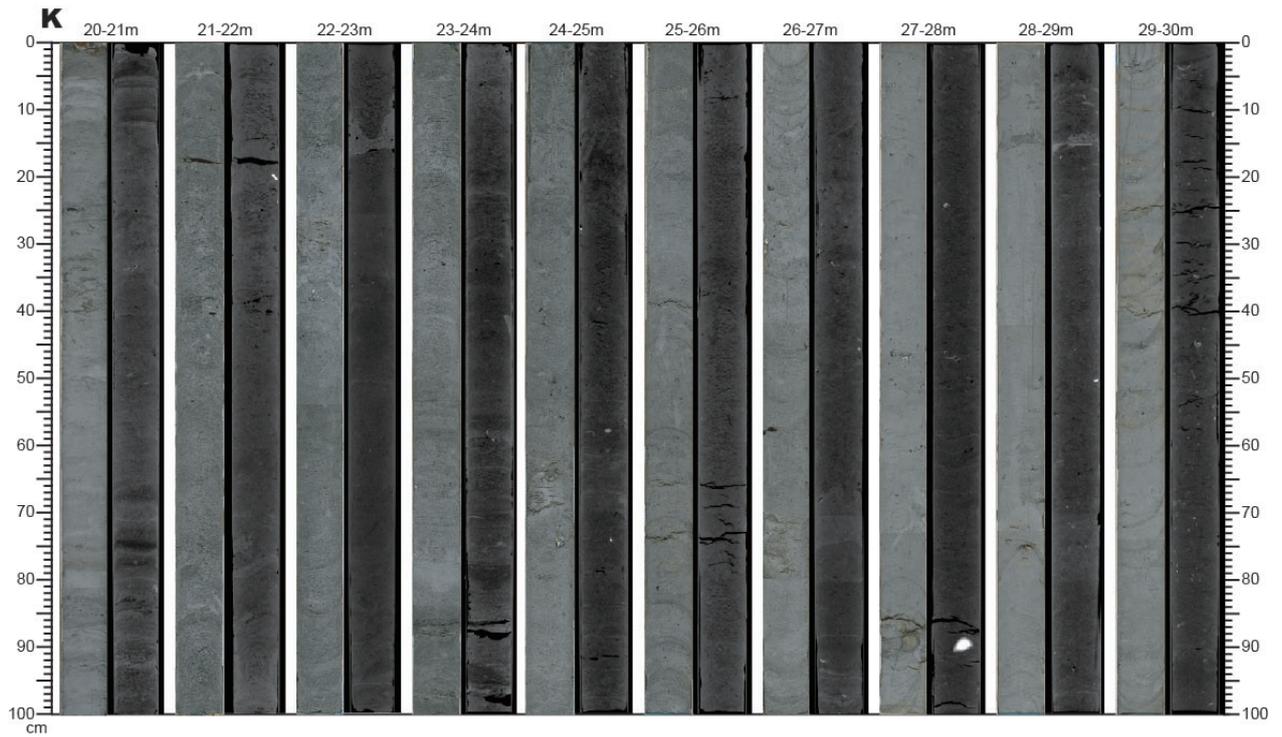


第4図 (続き).
Fig. 4 (continued).

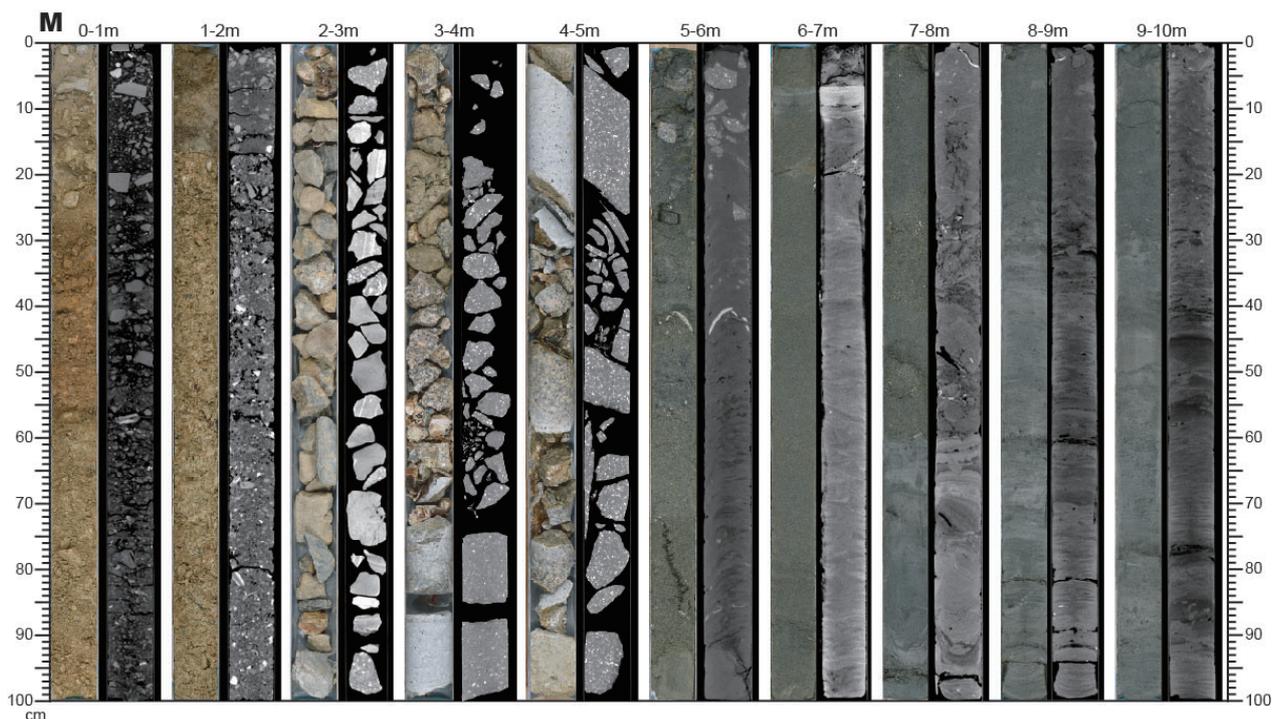
徳島平野沿岸部・沖洲地区におけるボーリング調査



第4図 (続き).
Fig. 4 (continued).



第4図 (続き) .
Fig. 4 (continued).



第4図 (続き) .
Fig. 4 (continued).

23.16 m から採取した試料に対して、超音波洗浄と 250 μm の篩による水洗を繰り返して泥粒子を除去し、60°C で数時間乾燥させた後、63 μm ~ 250 μm の粒子を分析用試料とした。これら分析用試料に含まれる火山ガラス粒子の屈折率について、MAIOT (古澤地質製) を用いて測定した。分析精度は ± 0.001 である。

4. 堆積物の記載とユニット区分

GS-TKS-1 コアは、堆積物の粒度、色調、構造、産出する化石の特徴に基づいて、下位から順にユニット 1 ~ 13 に区分される (第 3 図; 第 4 図)。以下に詳細を記述する。

ユニット 1 (深度 131.00 m ~ 130.43 m, 標高 -128.62 m ~ -128.05 m)

層相: ユニット 1 は、黒灰色と白色を呈する非常に硬質の泥質片岩からなる (第 3 図, 第 4 図 A)。上位のユニット 2 とは、見かけ 45° 程度の傾斜をもつ明瞭な境界面を介して接する。

解釈: 本ユニットは徳島平野の基盤を構成する三波川変成岩類と考えられる。

ユニット 2 (深度 130.43 m ~ 125.49 m, 標高 -128.05 m ~ -123.11 m)

層相: ユニット 2 は、細礫~中礫サイズの円~亜角礫を主体とする淘汰の悪い基質支持砂礫層からなり、基盤となる三波川変成岩類に重なる (第 3 図, 第 4 図 A)。基質支持層が卓越するが所々に礫質支持層を挟む。礫種は砂岩を主体とし、チャートと結晶片岩を含む。基質部は泥混じりの細粒砂~粗粒砂からなる。全体を通して上方細粒化し、深度 125.77 m より上位では暗褐色を呈する基質支持砂礫層から黒褐色を呈する含礫シルト質砂層に変化する。上方細粒化に伴って、色調が褐色、黄褐色、暗褐色、黒褐色に変化する。

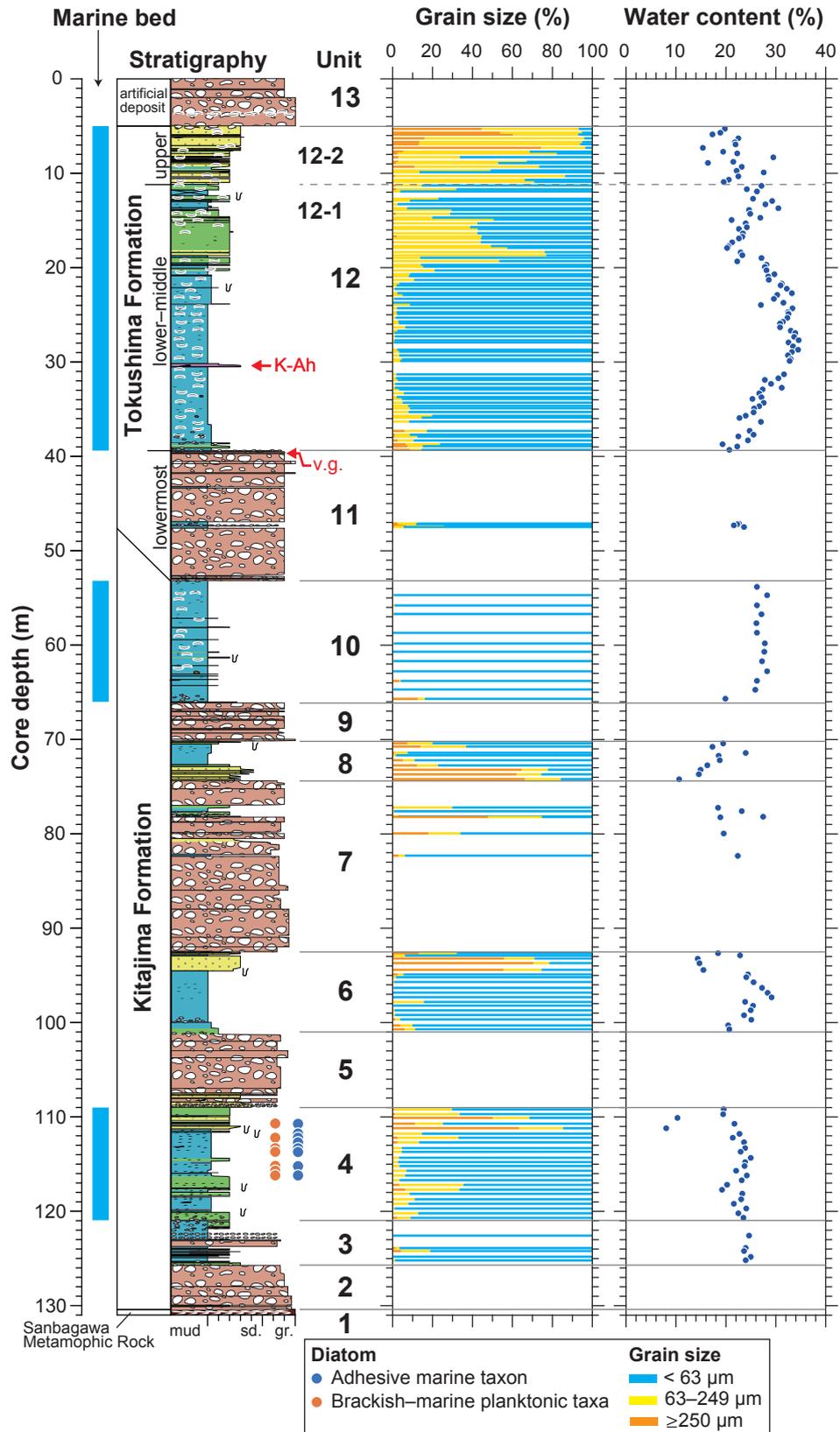
解釈: 本ユニットは、円礫を含む砂礫層からなることから、河川堆積物と考えられる。

ユニット 3 (深度 125.49 m ~ 121.00 m, 標高 -123.11 m ~ -118.62 m)

層相: ユニット 3 は、泥層・有機質砂層互層で構成される下部 (深度 125.49 m ~ 123.76 m) と礫を含む上部 (深度 123.76 m ~ 121.00 m) からなる (第 3 図, 第 4 図 A)。

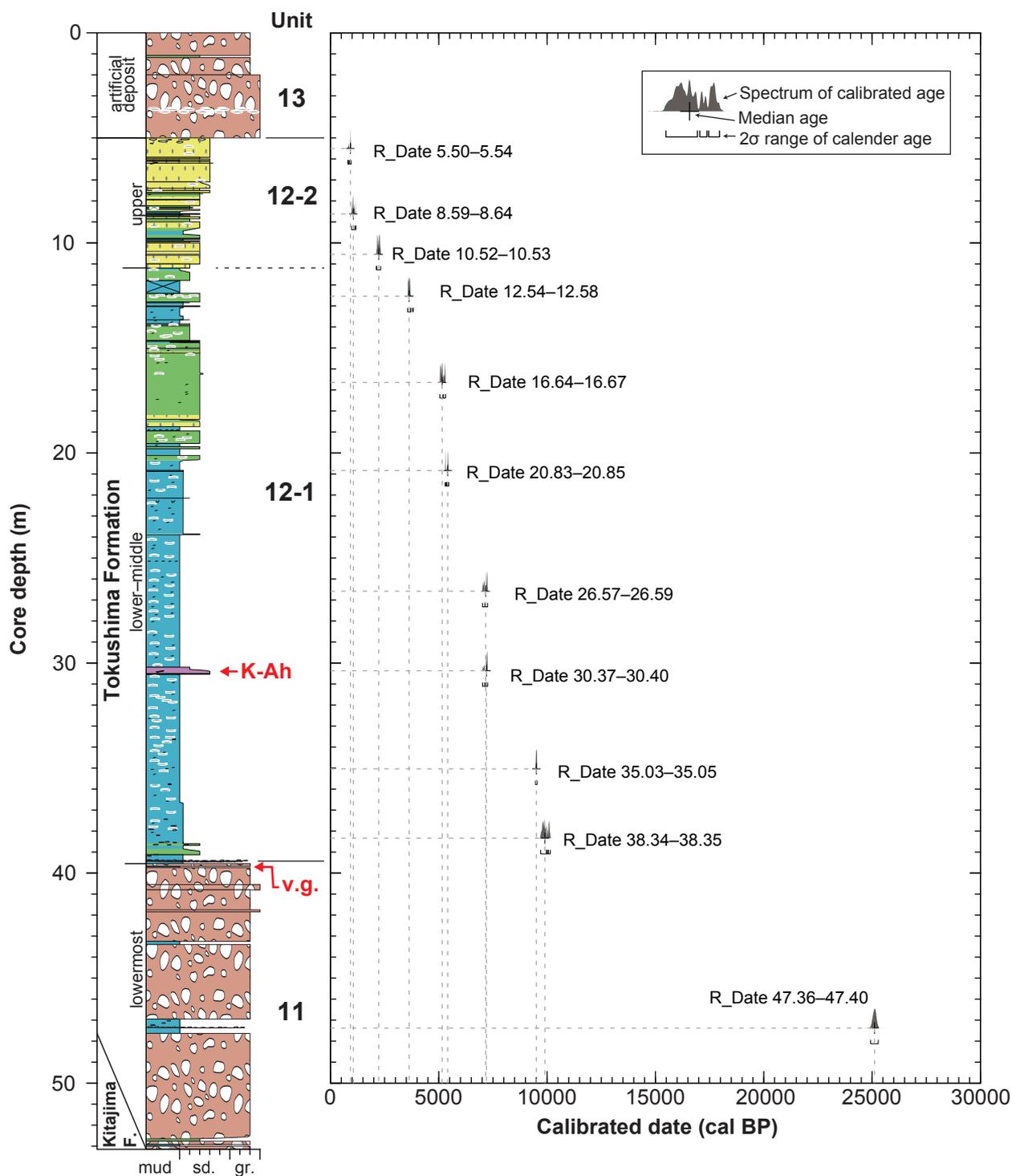
下部の泥層・有機質砂層互層は泥層を主体とし、数 cm 程度の層厚を有する極細粒砂~中粒砂の有機質砂層が挟まる。泥層は褐灰色を呈し、やや有機質である。有機質砂層は暗褐色を呈し、逆級化が認められることがある。また、砂層は稀に細礫~25 mm 径の亜円礫が含まれる。

上部は、泥混じり砂礫層~礫質砂層と塊状泥層から構



第 5 図 GS-TKS-1 コアの層序区分，粒度組成及び含水率．灰色の実線は堆積ユニットの境界を，黒の破線は各堆積ユニット中のサブユニット境界を示す．

Fig. 5 Stratigraphic division, grain size and water content of the GS-TKS-1 core. Horizontal gray lines and dashed lines indicate boundaries of sedimentary unit and subunit, respectively.



第6図 GS-TKS-1 コアのユニット11及び12の放射性炭素年代。年代測定値の詳細は第1表に示す。

Fig. 6 radiocarbon age of the sedimentary units 11 and 12 in the GS-TKS-1 core. Detailed results of the radiocarbon age analysis are shown in Table 1.

第 1 表 放射性炭素年代測定の結果. 暦年校正には IntCal20 (Reimer *et al.*, 2020) を用いた.
Table 1 Results of the radiocarbon age analysis. Dataset for calibration to calendar year is IntCal20 (Reimer *et al.*, 2020).

Site	Depth (m)	Material	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Conventional ^{14}C age (yr BP)	Calibrated ^{14}C age (yr BP)	Calibrated age (cal BP, $\sigma 2$)	Probability (%)	Lab. No.	Dataset
GS-TKS-1	5.54–5.50	Wood fragment	-29.61 ± 0.21	1080 ± 20	1003 ± 24	959–902	71.3	IAAA-211018	IntCal20
						868–822	20.6		
						812–800	3.6		
	8.64–8.59	Wood fragment	-26.95 ± 0.18	1190 ± 20	1155 ± 24	1178–1162	9.4	IAAA-211019	IntCal20
						1126–973	86.1		
	10.53–10.52	Wood fragment	-23.39 ± 0.18	2180 ± 30	2206 ± 25	2318–2144	93.6	IAAA-211020	IntCal20
						2135–2127	1.8		
	12.58–12.54	Wood fragment	-25.34 ± 0.18	3400 ± 30	3397 ± 26	3811–3806	0.5	IAAA-211021	IntCal20
						3714–3709	0.4		
						3700–3565	94.5		
	16.67–16.64	Wood fragment	-27.18 ± 0.19	4560 ± 30	4524 ± 28	5310–5213	30.9	IAAA-211022	IntCal20
						5194–5051	64.6		
	20.85–20.83	Wood fragment	-27.07 ± 0.17	4650 ± 30	4614 ± 28	5460–5377	63	IAAA-211023	IntCal20
						5353–5349	0.5		
						5331–5293	32		
	26.59–26.57	Wood fragment	-28.36 ± 0.19	6290 ± 30	6239 ± 32	7255–7153	56	IAAA-211024	IntCal20
						7125–7015	39.5		
	30.40–30.37	Wood fragment	-28.57 ± 0.16	6310 ± 30	6251 ± 31	7259–7155	72.8	IAAA-211025	IntCal20
						7120–7021	22.6		
	35.05–35.03	Wood fragment	-26.82 ± 0.20	8530 ± 40	8498 ± 36	9540–9463	95.4	IAAA-211026	IntCal20
	38.35–38.34	Wood fragment	-27.01 ± 0.16	8870 ± 40	8832 ± 36	10148–10058	21.2	IAAA-211027	IntCal20
						10045–9985	10.3		
						9965–9705	64		
	47.40–47.36	Bulk sediment	-25.52 ± 0.28	20830 ± 70	20820 ± 70	25286–24931	95.4	IAAA-220121	IntCal20

成され、基底は下位の泥層を侵食する。礫質層の基質部と泥層は褐灰色から黒灰色を呈する。礫は、円～亜円の砂岩、泥岩、チャート、石英、結晶片岩で、細礫～中礫サイズである。122.81 m～122.44 m と 122.20 m～122.00 m 層準には、礫はほとんど含まれない。泥質層の含砂率は 0.3 %～18.9 %、含水率は 23.6 %～25.0 % である (第 5 図)。

珪藻化石: 本ユニットで検討した 7 層準の試料からは、珪藻化石は産出しなかった。

解釈: 珪藻化石や貝殻の産出が認められないことから、本ユニットの堆積環境は不明である。

ユニット 4 (深度 121.00 m～109.00 m, 標高 -118.62 m～-106.62 m)

層相: ユニット 4 は、泥質堆積物で構成される下部 (深度 121.00 m～111.65 m) と、砂質堆積物で構成される上部 (深度 111.65 m～109.00 m) に分けられる (第 3 図, 第 4 図 A～C)。

下部は、褐灰色を呈する泥層と細粒砂混じり泥層からなる。全体的に生物擾乱が発達し、有機質である。深度 119.86 m, 118.55 m～118.53 m, 118.42 m～118.37 m に腐植濃集層が認められる。含砂率は 1.0 %～35.5 % の間で変動するが、中粒砂サイズ以上の砂粒子の含有率は最大 6.3 % である。含水率は 19.3 %～25.0 % で、ユニット 3 と同程度である (第 5 図)。

上部は、黒褐色から灰色を呈する砂層、泥まじり砂層、泥層から構成される。最下位は細粒砂層で、下部との境界は生物擾乱によって乱されている。細粒砂層

の上位には、明瞭な境界面を介して有機質泥層が重なる。また、その上位には細粒砂から中粒砂への逆級化砂層が 2 枚重なる。下位の逆級化砂層には、層厚 1 cm 以下の泥層が 5 枚認められる。これらの泥層は、下面の細粒砂との境界部は遷移的であるが上面の境界は明瞭である。最上部は、細粒砂薄層を挟む有機質泥層と泥まじり細粒砂層からなる。含水率は 8.1 %～21.7 %、中粒砂サイズ以上の砂粒子の含有率は最大 63.1 % である (第 5 図)。

珪藻化石: 下部で検討した 19 試料のうち、8 試料から汽水～海生浮遊性種の *Cyclotella baltica* complex (納谷ほか, 2020)、海生付着性種の *Grammatophora* spp., *Giffenia cocconeiformis*, *Tryblionella granulata*, *Tryblionella lanceola* などの産出が確認された (第 5 図)。上部では検討した 5 試料のうち 1 試料から汽水～海生浮遊性種の *Cyclotella baltica* complex, 海生付着性種の *Giffenia cocconeiformis*, *Tryblionella granulata* などの産出が確認された (第 5 図)。全体的に珪藻化石の保存状態は悪く、ほとんどの珪藻殻が破片化していた。

解釈: 本ユニットは、汽水～海生浮遊性種の珪藻化石が産出することから、内湾のような浅海域で堆積した海成層と考えられる。

ユニット 5 (深度 109.00 m～101.00 m, 標高 -106.62 m～-98.62 m) :

層相: ユニット 5 は礫質砂層で構成される下部 (深度 109.00 m～107.65 m) と泥まじり砂礫層で構成される上部 (深度 107.65 m～101.00 m) からなる (第 3 図,

第4図C).

下部の礫質砂層は、中粒砂～粗粒砂を主体として、礫を多く含む層準が不規則に挟まる。礫は、砂岩、泥岩、石英及び結晶片岩の亜円～亜角礫で構成され、最大礫径は60mmである。

上部の泥まじり砂礫層は、明瞭な境界を介して、下部の礫質砂層に重なる。礫は、砂岩、チャート、結晶片岩及び石英の亜円～亜角礫が含まれ、最大礫径は70mmである。本層は基質支持礫層で、基質部の淘汰度は下部の礫質砂層に比べて悪い。本ユニットの基質部は主に黒褐色から灰色を呈するが、最上部の深度102.00m～101.00mでは、色調が上位に向かって黒褐色、暗褐色、褐色へ変化する。色調変化に伴って礫の密度が減少し、基質に含まれる泥の割合が多くなる。

解釈：深度109.00m～107.65mの礫質砂層は、中粒砂～粗粒砂を主体として比較的淘汰が良く、礫質層を不規則に挟むことから、河川成堆積物と考えられる。深度107.65m～101.00mの泥まじり砂礫層は、基質部、礫の淘汰度が悪く、全体的に上方細粒化することから、土石流堆積物と推定される。

ユニット6 (深度101.00m～92.50m, 標高-106.62m～-90.12m) :

層相：ユニット6は、泥質堆積物で構成される下部(深度101.00m～94.57m)、砂質堆積物で構成される上部(深度94.57m～92.50m)からなる(第3図, 第4図C, D)。

下部の深度100.00m～101.00mでは、褐色を呈する砂質泥から灰褐色を呈する泥層へ級化し、部分的に灰白色を呈する。深度100.00m～99.71mでは、灰色を呈する泥層に5mm～10mm径の石英、結晶片岩礫が散在する。それより上位では灰色を呈する有機質泥層が主体となり、特に深度98.00mより上位では生物擾乱が発達する。含砂率は0.1%～15.7%の間で変動し、深度約97mで最小となる。含水率は20.5%～29.1%である(第5図)。

上部は、灰色あるいは褐色を呈し、細粒から中粒砂へ逆級化する砂層とその上位の明黄褐色を呈する泥層からなる。下位のサブユニットとの境界は明瞭であるが、生物擾乱によって上部の細粒砂～中粒砂が、下部の泥層中にパッチ状に含まれる。上位のユニット7と接する明黄褐色を呈する泥層は、5mm～25mm径のチャート、石英礫が含まれる。含砂率は5.9%～78.5%で、中粒砂サイズ以上の砂粒子の割合が多い。含水率は14.4%～22.8%であり、下部に比べてやや小さい(第5図)。

珪藻化石：本ユニットで検討した22層準の試料からは、珪藻化石は産出しなかった。

解釈：本ユニットでは珪藻化石や貝殻の産出は認めら

れないため、詳細な堆積環境は不明である。しかし、下部は塊状の泥層で構成されることから、泥の堆積が行われる静穏環境であったことが示唆される。また、上部へ向かって上方粗粒化が認められることから、陸域が堆積場に近づいたと考えられる。

ユニット7 (深度92.50m～74.39m, 標高-90.12m～-72.01m)

層相：ユニット7は、泥質砂礫層と層厚4cm～130cmの細粒堆積層からなる(第3図, 第4図D～F)。泥質砂礫層は褐色を呈し、細礫～大礫サイズの砂岩、石英、チャート、結晶片岩の円～亜角礫から構成される。全体的に上方細粒化を示し、基質支持層と礫質支持層の不規則互層を呈する。深度82.42m～82.23m, 80.85m～80.52m, 79.97m～79.88m, 78.81m～78.77m, 78.30m～77.00mに細粒堆積層が挟まる。深度82.42m～82.23mの黄褐色を呈する泥層は、下位の砂礫層との境界は不明瞭だが、上位の砂礫層に明瞭な境界を介して累重される。深度80.85m～80.52mの黄褐色を呈する粗粒～中粒砂の級化層も同様に、下位の砂礫層との境界部は漸移的だが、上位の砂礫層との境界は明瞭である。深度79.97m～79.88m, 78.81m～78.77mには黄褐色を呈し、礫を含む砂質泥層と泥質砂層を挟み、上下の境界部は明瞭である。深度78.30m～77.00mの細粒堆積層は黄褐色を呈する砂層、砂質泥層、泥層からなる。含砂率は0.6%～74.8%の間で変動し、深度77.6m付近で最小となる。含水率は18.5%～27.5%である(第5図)。

珪藻化石：深度78.30m～77.00mの細粒堆積層で検討した4層準の試料からは、珪藻化石は産出しなかった。

解釈：本ユニットは、基質支持層と礫質支持層が不規則に重なり、砂礫層中には複数の細粒堆積層が挟在することから、河川堆積物と考えられる。深度77.90m, 77.67mには細粒堆積物中に最大30mm径の亜円～亜角礫が挟まり、弱いインプリケーションを呈する。このことから、一方向流による礫の供給が行われたことが示唆される。

ユニット8 (深度74.39m～70.20m, 標高-72.01m～-67.82m)

層相：本ユニットは、砂質堆積物で構成される下部(深度74.39m～72.69m)と、泥質堆積物で構成される上部(深度72.69m～70.20m)からなる(第3図, 第4図F)。

下部は、黄褐色を呈し級化を繰り返す粗粒砂～細粒砂と褐色を呈する砂質泥層からなり、少量の細～中礫が含まれることがある。砂質泥層には、砂分の比較的多い薄層がラミナを形成する。下位のユニット7とは明瞭な境界を介して接する。含砂率は22.8%～84.1%

で、砂層では中粒砂以上の含有率が 60 % を超える。含水率は 10.6 % ~ 16.3 % で、上位に向かって増加する。

上部は、主に灰色を呈する泥層と有機質砂質泥層からなり、上方粗粒化する。深度約 71.5 m の泥層から有機質泥層の遷移部には、生物擾乱が認められる。最上部の深度 70.33 m ~ 70.20 m は、灰黄褐色を呈し、中粒砂~砂質泥へ級化する。含砂率は 1.6 % ~ 36.8 % で、深度 71.7 m で最小となる。含水率は 17.3 % ~ 24.0 % で、泥質層で比較的高い (第 5 図)。

珪藻化石: 本ユニットで検討した 9 層準の試料からは、珪藻化石は産出しなかった。

解釈: 本ユニットは、上部で生物擾乱が認められ、泥の堆積が行われる静穏環境だったと考えられる。しかし、珪藻化石の産出がないことから、現時点で堆積環境を決めることはできない。

ユニット 9 (深度 70.20 m ~ 66.20 m, 標高 -67.82 m ~ -63.82 m)

層相: 本ユニットは褐色~黒褐色を呈する泥混じり砂礫層で、細礫~50 mm 径の亜円~亜角礫を主体とする (第 3 図, 第 4 図 F, G)。基質支持礫層であり、基質部は泥分を含む細粒砂~極粗粒砂である。礫種は砂岩、石英、結晶片岩、チャートである。

解釈: 本ユニットは、全体を通して淘汰度が悪い基質支持礫層から構成される。このことから、河川堆積物と考えられる。

ユニット 10 (深度 66.20 m ~ 53.14 m, 標高 -63.82 m ~ -50.76 m)

層相: 本ユニットは主に生物擾乱の発達した灰色を呈する泥層からなる (第 3 図, 第 4 図 G, H)。最下部は円~亜円礫が混じる泥質砂~砂質泥層が下位のユニット 9 に明瞭な境界を介して重なり、その色調は灰色部を主体としてにぶい黄褐色部がパッチ状に見られる。上位に向かって砂分の含有量は減少し、深度 65 m より上位では、稀に極細粒砂の薄層を挟む塊状泥層となる。泥層には植物片やノジュールが含まれ、特に深度 62.50 m ~ 54.42 m では貝殻片が産出する。含砂率は 0.2 % ~ 16.1 % で、最下部試料である深度 65.7 m を除いて、中粒砂より粗い砂はほとんど含まれない。含水率は、19.9 % ~ 28.3 % であり、深度 65.7 m で最も低い。また、深度 56.70 m の粒度分析後の砂残渣から、石灰質底生有孔虫化石と貝形虫化石の破片が産出した。

珪藻化石: 本ユニットで検討した 28 層準の試料からは、珪藻化石は産出しなかった。

解釈: 貝殻片と底生有孔虫化石、貝形虫化石片を含み、生物擾乱が発達することから、本ユニットは海成層に認定できる。

ユニット 11 (深度 53.14 m ~ 39.54 m, 標高 -50.76 m ~ -37.16 m)

層相: 本ユニットは、褐色~黄褐色を呈する泥混じり砂礫層とそれに挟まる層厚 5 cm ~ 61 cm の細粒堆積層からなる (第 3 図, 第 4 図 H ~ J)。泥混じり砂礫層は、細礫~70 mm 径の亜円~亜角礫を主体とし、礫種は砂岩やチャートが認められた。基質支持礫層と礫質支持礫層の不規則互層を呈し、基質は泥混じりの細粒砂~粗粒砂である。下位のユニット 10 に明瞭な境界を介して重なる。深度 53.00 m ~ 52.93 m, 52.77 m ~ 52.65 m, 47.57 m ~ 46.96 m, 43.39 m ~ 43.24 m, 39.72 m ~ 39.67 m に、黄褐色~褐灰色を呈する泥~砂質泥層が挟まる。

テフラ: 深度 39.72 m ~ 39.67 m の褐灰色を呈する泥層に、少量の火山ガラスが認められた。火山ガラスは扁平型を主体とし、その屈折率は $n=1.494 \sim 1.501$ (モード: $n=1.498 \sim 1.499$) を示す (第 7 図)。

放射性炭素年代: 深度 47.40 m ~ 47.36 m から採取した泥試料から、25,286 ~ 24,931 cal BP (^{14}C 年代: 20,820 \pm 70 yr BP) の暦年校正年代値を得た (第 6 図; 第 1 表)。

解釈: 本ユニットは、全体を通して淘汰の悪い礫層から構成され、基質支持層と礫質支持層の不規則互層を呈することから、河川堆積物と考えられる。

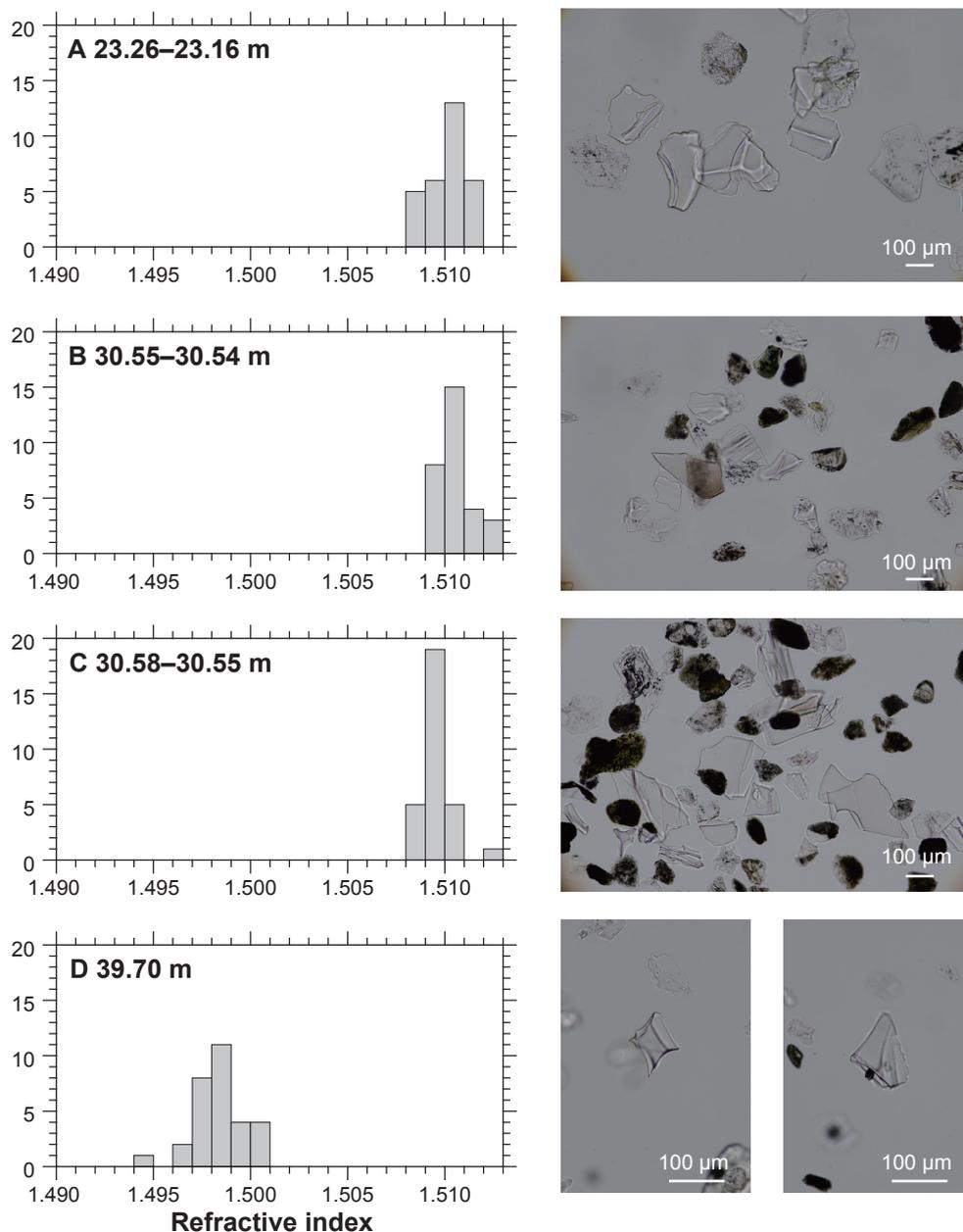
ユニット 12 (深度 39.54 m ~ 5.00 m, 標高 -37.16 m ~ -2.62 m)

層相: 本ユニットは、サブユニット 12-1 (深度 39.54 m ~ 11.20 m), 12-2 (深度 11.20 m ~ 5.00 m) に分けられ、全体的に上方粗粒化を示す (第 3 図, 第 4 図 J ~ M)。

サブユニット 12-1 は、礫混じり泥層~泥質砂層から構成される下部層 (深度 39.54 m ~ 37.40 m)、灰色を呈する塊状泥層から構成され、火山灰層を挟む中部層 (深度 37.40 m ~ 20.35 m)、泥層、泥質砂層、砂質泥層、砂混じり泥層から構成される上部層 (深度 20.35 m ~ 11.20 m) に分けることができる。本サブユニットは、全体を通して生物擾乱が発達し、炭質物、植物片、貝殻片を含む。また、泥層には極細粒砂がパッチ状に含まれることがある。下部の礫混じり泥層は、ユニット 11 の砂礫層に明瞭な境界を介して重なる。含砂率は 0.2 % ~ 77.0 % の間で変動し、深度約 28 m で砂分が最小となる (第 5 図)。

サブユニット 12-2 は、灰色を呈する細粒~中粒砂層と泥質砂~砂質泥層から構成され、貝殻片と植物片を含む。含砂率は 12.8 % ~ 96.4 % の間で変動し、深度 7.3 m より上位では、中粒砂以上の割合が 13.2 % ~ 74.4 % に増える (第 5 図)。

テフラ: 深度 30.53 m ~ 30.18 m に灰黄褐色~黄褐色を呈する中粒砂~シルトサイズの火山ガラス濃集層が認



第7図 火山ガラス屈折率(左)と偏光顕微鏡画像(右, オープンニコル)。A: 深度 23.26 m ~ 23.16 m, B: 深度 30.55 m ~ 30.54 m, C: 深度 30.58 m ~ 30.55 m, D: 深度 39.70 m。

Fig. 7 Histograms of refraction index (left) and polarization microscope images (right, open nicols) for volcanic glasses. A: 23.26 m~23.16 m depth, B: 30.55 m~30.54 m depth, C: 30.58 m~30.55 m depth, D: 39.70 m depth.

められる。屈折率は $n = 1.509 \sim 1.513$ (モード: 1.510 ~ 1.511) ないし $n = 1.508 \sim 1.512$ (モード: 1.509 ~ 1.510) を示す(第7図)。深度 30.40 m ~ 30.37 m には植物片が含まれ, 7,259 ~ 7,155 cal BP の放射性炭素年代値が得られた(第6図; 第1表)。屈折率及び放射性炭素年代から, 本テフラ層は K-Ah テフラ(町田・新井, 2003) に対比されると考えられる(7,303 ~ 7,165 cal BP, Smith *et al.*, 2013)。

放射性炭素年代: 本ユニットから産出した 10 点の植物

片から放射性炭素年代値を得た(第6図; 第1表)。本ユニットの年代幅は 10,148 ~ 800 cal BP であり, 完新世の年代区間に相当する。サブユニット 12-1 は 10,148 ~ 3,565 cal BP, サブユニット 12-2 は 2,318 ~ 800 cal BP の暦年校正年代値が得られた。

解釈: 本ユニットは, 全体を通して貝殻片を含むこと, 得られた放射性炭素年代値がいずれも完新世の年代区間に含まれることから, 海成の沖積層である。サブユニット 12-1 は深度約 28 m より上位に向かって極細粒

砂～細粒砂の割合が増加すること、掘削地点が吉野川河口近傍に位置することから、河口の前進によって上方浅海化するプロデルタからデルタフロント堆積物と推定される。

サブユニット 12-2 は、全体的に極細粒砂～細粒砂で構成され、上位に向かって中粒砂以上の割合が増加する。有機物の濃集層や層厚 1 cm ～数 cm 程度の泥層が挟まることから、より河口に近いデルタフロント堆積物と考えられる (増田・齋藤, 1995)。

ユニット 13 (深度 5.00 m ～ 0 m, 標高 -2.62 m ～ 2.38 m)

層相：本ユニットは、礫質支持礫層と基質支持砂礫層からなる (第 3 図, 第 4 図 M)。深度 5.00 m ～ 2.00 m は、角～亜角礫を主体とした礫質支持持礫層で、1 cm ～ 25 cm 径の花崗岩からなる。深度 3.56 m ～ 3.76 m には貝殻が密集する。深度 2.00 m ～ 0 m は褐灰色～明赤褐色を呈する砂礫層である。細礫～中礫サイズの円～角礫を主体とする。

解釈：GS-TKS-1 コアの掘削地点は、沖洲の埋立地である。本ユニット下部には、花崗岩礫が主体で、コア径よりも大きい礫が多数含まれる。また、本ユニット上部は、地表面まで続く淘汰の悪い砂礫層からなる。以上から、本ユニットは埋立てによる人工堆積物である。

4. GS-TKS-1 コアの層序対比

従来の徳島平野地下の層序区分と GS-TKS-1 コアの堆積ユニットの対比を行った。GS-TKS-1 コアは下位から 13 の堆積ユニットに区分することができ、ユニット 11 及び 12 からは放射性炭素年代が得られた。ユニット 11 は礫層に挟まれる泥層から 25,286 ～ 24,931 cal BP (^{14}C 年代：20,820±70 yr BP) の年代値が、ユニット 12 は 10 点の植物片から 10,148 ～ 800 cal BP (^{14}C 年代：8,832±36 ～ 1,003±24 yr BP) の年代値が得られ、それぞれ MIS 2 及び完新世に相当する。そのため、ユニット 12 は、沖積層に相当する徳島層に対比される。また、 ^{14}C 年代値から、サブユニット 12-1 (8,832±36 ～ 3,397±26 yr BP) は Kawamura (2006) の区分における徳島層下部～中部に、サブユニット 12-2 (2,206±25 ～ 1,003±24 yr BP) は徳島層上部に相当する (第 2, 5 図)。

一方、徳島層とその下位の更新統北島層との境界の層位については慎重な検討が必要である。徳島層と北島層の境界については、岩相が類似するそれぞれの砂礫層が接する。そのため、便宜上、 N 値が 50 未満の砂礫層を徳島層最下部、 N 値 50 以上の砂礫層が北島層に区別される (Kawamura 2006)。ユニット 11 からは MIS 2 を示す放射性炭素年代が得られているが、バルク堆積物試料を用いた ^{14}C 年代値は古い有機物の混入の可能

性があることから、実際の堆積年代はもっと若くなると考えられる。そのため、ユニット 12 の下限年代 (暦年校正年代：10,148 ～ 9,705 cal BP, ^{14}C 年代：8,832±36 yr BP) を考慮すると、ユニット 11 の深度約 47 m より上位の砂礫層は MIS 2 からその後の海進期の堆積物とみなすことができる。以上から、少なくともユニット 11 中の深度約 47 m より上位の礫層は沖積層の基底礫層、すなわち徳島層最下部に相当すると考えられる (Kawamura 2006; 第 2, 5, 6 図)。徳島層基底は深度約 47 m より下位の礫層の中に位置すると考えられるが、岩相によって北島層と徳島層を区別することができなかったため、その深度は不明である。

徳島層がユニット 11 上部～12 であることを踏まえると、ユニット 2～10 は北島層に相当すると考えられる。また、北島層中には海成層を含む複数の堆積サイクルが認められるが、その堆積年代や堆積環境については、花粉化石や電気伝導度分析を用いた検討が必要である。

5. まとめ

本研究では、徳島県徳島市沖洲地区から掘削したオールコアボーリング試料 GS-TKS-1 を用いて、徳島平野沿岸部における地下第四系の層序を検討した。堆積物の粒度、色調、構造、産出する化石の特徴に基づいて、GS-TKS-1 コアは下位から順にユニット 13 に区分される。沖積層 (ユニット 11～12) より下位のユニット 4 及び 10 からは、それぞれ貝殻片と海生～汽水生珪藻化石が産出したことから、海成層であると考えられる。西山ほか (2017) は、徳島平野地下に少なくとも 3 層の海成層を認めていることから、GS-TKS-1 コアの海成層はそのいずれかに対比される可能性がある。今後は微化石分析などを用いて、沖積層より下位の堆積ユニットについて堆積年代の推定や電気伝導度分析によるユニット 6 及び 8 の堆積環境推定、既存ボーリングデータ (西山ほか 2017; 中谷ほか 2021; 佐藤・水野 2021) との対比を行う。

謝辞：ボーリング調査にあたって、徳島大学の西山賢一准教授、徳島県立博物館の中尾賢一博士、徳島県県土整備部とニタコンサルタント株式会社の方々には大変お世話になった。コア観察作業は地質情報研究部門の國本節子氏に、ボーリングコアの CT 撮影は同部門の横井久美氏にご協力いただいた。記して感謝申し上げます。

文 献

- Bronk Ramsey, C. (2009) Bayesian Analysis of Radiocarbon Dates. *Radiocarbon*, **51**, 337–360.
- 古田 昇 (1996) 徳島県吉野川・鮎喰川下流域平野の沖積層の形成過程. 立命館地理学, **8**, 61–72.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2013) 南海トラフの地震活動の長期評価 (第二版). https://www.jishin.go.jp/main/chousa/kaikou_pdf/nankai_2.pdf. (2022年7月6日確認).
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2017) 中央構造線断層帯 (金剛山地東縁-由布院) の長期評価 (第二版). https://www.jishin.go.jp/main/chousa/17dec_chi_shikoku/shikoku_01_mtl.pdf (2022年7月6日確認).
- Kawamura, N. (2006) Revised Chronostratigraphy of the late Quaternary, Tokushima Plain, southwest Japan. *Journal of Geosciences, Osaka City University*, **49**, 103–117.
- 川村教一・西山賢一 (2019) 四国地方の主要臨海平野における上部更新統及び完新統の対比. 地質学雑誌, **125**, 87–105.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 新編 火山灰アトラスー 日本列島とその周辺. 東京大学出版会, 336p.
- 松本則夫・荒井 正 (編) (2021) 平成7年度地震予知地下水等観測施設及び設備工事 (その2) 報告書, 地質調査総合センター研究資料集, no. 713.
- 増田富士雄・齋藤文紀 (1995) プログラデーションによる地層の特徴とテクトニクスの説明. 月刊地球, **196**, 671–674.
- 中尾賢一・橋本寿夫・石田啓祐・寺戸恒夫・森 永宏・森江孝志・福島浩三 (1996) 吉野川平野の地下地質 —北島町地域の沖積層—. 阿波学会紀要, **42**, 1–14.
- 中川衷三・須鎗和巳 (1965) 徳島県北部海岸平野の地下地質. 徳島大学学芸紀要自然科学, **15**, 25–37.
- 中谷是崇・西山賢一・中尾賢一・佐藤善輝・羽田裕貴・鈴木克明・水野清秀・中島 礼 (2021) 徳島市中徳島町で掘削された第四系ボーリングの記載 (速報). 令和2年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター速報, **82**, 7–20.
- 納谷友規・山口正秋・水野清秀 (2009) 関東平野中央部埼玉県菖蒲町で掘削された350 m ボーリングコア (GS-SB-1) の珪藻化石産出層準と淡水成層準及び海成層準の識別. 地質調査研究報告, **60**, 245–256.
- 納谷友規・長井雅史・小村健太郎 (2020) 日高観測井の珪藻化石群集に基づく埼玉県日高台地地下における海成更新統の認定と層序対比. 地質調査研究報告, **71**, 463–472.
- 西山賢一・庄瀬智大・川村教一・磯野陽子・田村俊之 (2012) 徳島平野地下に分布する海成更新統の層序と物性 (予報). 日本応用地質学会平成24年度研究発表会講演論文集, 165–166.
- 西山賢一・丹野祥一・岡林真姫・山上陽平・中尾賢一・川村教一 (2017) ボーリング資料に基づく徳島平野の地下地質. 日本地質学会第124年学術大会講演要旨集, 135.
- Reimer, P. J., Austin, W. E. N., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Hajdas, I., Heaton, T. J., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kromer, B., Manning, S. W., Muscheler, R., Palmer, J. G., Pearson, C., van der Plicht, J., Reimer, R. W., Richards, D. A., Scott, E. M., Southon, J. R., Turney, C. S. M., Wacker, L., Adolphi, F., Büntgen, U., Capano, M., Fahrni, S. M., Fogtmann-Schulz, A., Friedrich, R., Köhler, P., Kudsk, S., Miyake, F., Olsen, J., Reinig, F., Sakamoto, M., Sookdeo, A. and Talamo, S. (2020) The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*, **62**, 725–757
- 佐藤善輝・水野清秀 (2021) 電気伝導度分析に基づく徳島平野・坂東観測井コアの海成層の認定. 令和2年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター速報, **82**, 21–27.
- 産総研地質調査総合センター (2018) 20万分の1日本シームレス地質図 V.2. <https://gbank.gsj.jp/seamless/> (閲覧日: 2022年7月29日)
- Smith, V.C., Staff, R.A., Blockley, S.P.E., Ramsey, C.B., Nakagawa, T., Mark, D.F., Takemura, K., Danhara, T. and Suigetsu 2006 Project Members (2013) Identification and correlation of visible tephras in the Lake Suigetsu SG06 sedimentary archive, Japan: chronostratigraphic markers for synchronizing of east Asian/west Pacific palaeoclimatic records across the last 150 ka. *Quaternary Science Reviews*, **67**, 121–137.
- 横山達也・松濤 聡・奥村 清 (1990) 徳島平野の沖積層の形成過程. 地学雑誌, **99**, 775–789.