

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) Preliminary reports of the Quaternary sediment core drilled in Nakatokushima-cho Tokushima City, West Japan

中谷是崇^{1*}・西山賢一²・中尾賢一³・佐藤善輝¹・羽田裕貴¹
鈴木克明¹・水野清秀¹・中島 礼¹

NAKATANI Koretaka^{1*}, NISHIYAMA Kenichi², NAKAO Kenichi³, SATO Yoshiki¹,
HANEDA Yuki¹, SUZUKI Yoshiaki¹, MIZUNO Kiyohide¹, NAKASHIMA Rei¹

Abstract: A 80 m-long borehole core (TK-B-1) drilled in the Tokushima Plain was examined. Based on the sedimentary facies, volcanic ash layers, pollen fossils and radiocarbon dates, this core was divided into the following 13 units. Unit 1 is a metamorphic rock that forms the base of the Tokushima Plain. Units 3 to 8 are Pleistocene and consist of marine and fluvial strata. Units 12-10 are considered to be Alluvium based on radiocarbon dates, and K-Ah tephra found in Unit 11. In Unit 10, we found a volcanic glass concentration derived from AT tephra, but the concentration is a possibility of rework. We intend to reveal the subsurface geological structure of the Tokushima Plain based on the database of borehole data, lithologic stratigraphy, volcanic ash stratigraphy and biostratigraphy.

Keywords: Tokushima Plain, Quaternary, Tephra, Radiocarbon, Pollen

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、令和 2 年度から重点課題「沿岸域の地質・活断層調査」(沿岸域プロジェクト)として紀伊水道沿岸域の調査を実施している。本報告は、そのうちのサブテーマである「平野域の地質調査」として徳島県徳島市の第四系ボーリングコア試料についての堆積環境、堆積年代について予察の結果を報告する。

徳島平野は中央構造線に沿って流れる吉野川が運搬した土砂により形成された沖積低地であり、徳島市中心部は低地上に立地している。徳島平野は、北縁は中央構造線北側に和泉層群からなる讃岐山脈、南縁は三波川変成岩類からなる四国山地に挟まれ、東西約 40 km, 南北約 20 km にわたって分布する(第 1 図)。

徳島平野の地下地質研究は、1960 年代から研究が始まった(中川・須鎗, 1965; 横山ほか, 1990; Kawamura, 2006; 川村・西山, 2019 など)。中川・須鎗(1965)は既存ボーリング資料より、徳島平野を形成する完新世(沖積世)の堆積物を徳島層(上部層, 下部層)、更新世(洪積世)の堆積物を北島層とした。徳島層は泥層を挟在する砂礫層からなる最下部、シルト層および細砂層で構成される下部、海生貝類化石を含む

粘土層、シルト層、粗砂層から構成される中部、海生貝類や植物遺体を含む細砂層からなる上部に区分される(Kawamura, 2006)。北島層は主に礫質堆積物からなる。この北島層は、中央構造線活断層系に隣接した徳島平野北縁の鳴門市大麻町では、地下 500 m 以深にまで分布し、岩盤に達していない(佃・佐藤, 1996)。一方、徳島市南東部の津田地区では、標高 -100 m ~ -90 m 付近で基盤の三波川変成岩類に着岩している(西山ほか, 2012)。Kawamura (2006)は、北島層は徳島層の下位に位置する N 値が 50 を超える砂礫層から構成されると定義したが、この砂礫層は上位の徳島層の基底に分布する基底礫層との層相区分が困難であることを指摘している。西山ほか(2017a)は、複数のボーリング資料に基づき、徳島平野地下に分布する北島層から、貝化石を含む海成層を複数枚見出し、北島層は徳島平野に隣接する紀伊水道~大阪湾周辺に分布する大阪層群上部に対比されることを示唆した。

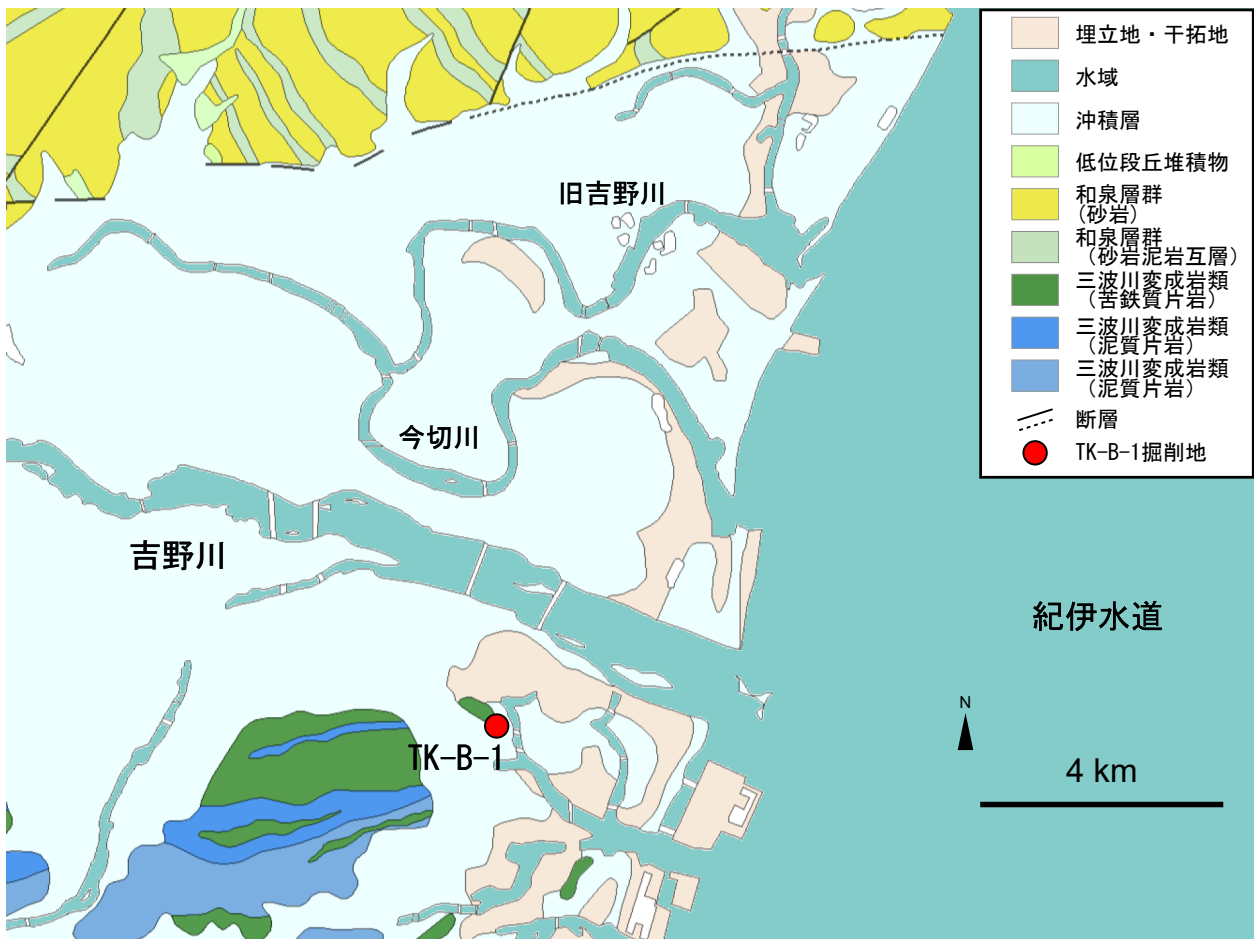
徳島平野の第四系地下地質については以上のような研究例があるが、堆積環境と詳細な堆積年代が不明であった。本研究では、徳島平野地下を形成する第四系について、堆積年代や堆積環境を明らかにするために、徳島市で掘削された完新統、更新統、基盤岩を含むボーリングコアについて詳細な層相記載、火山灰層の解析、

*Corresponding author: Nakatani, K., Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. E-mail: k.nakatani@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 徳島大学大学院社会産業理工学研究部 (Graduate School of Technology, Industrial and Social Science, Tokushima University)

3 徳島県立博物館 (Tokushima Prefectural Museum)



第1図 対象地域周辺の地質分布およびボーリング掘削地点の位置。ベースマップには20万分の1日本シームレス地質図V2（産業技術総合研究所地質調査総合センター編，2017）を用いた。

Fig. 1 Geological distribution around the study area and location of coring sites. Base map is taken from Seamless Digital Geological map of Japan (1:200,000), Geological Survey of Japan, AIST (2017).

放射性炭素 (^{14}C) 年代測定，花粉化石分析を行った。

2. 方法

ボーリングコアの概要と層相記載

コア試料はオールコアで徳島大学理工学部に保管されていたTK-B-1を使用した。TK-B-1は徳島市中徳島町（北緯 $34^{\circ}04'27.51''$ ，東経 $134^{\circ}33'34.14''$ ；孔口標高 1.92 m）（第1図）で掘削され，総掘進長は 80.00 m である。TK-B-1 は国土交通省国土技術政策研究所の委託研究「インフラ施設の液化化評価のための3次元地盤構造モデルの作成手法」によって得られた成果の一部である。掘削は（社）全国地質調査業務協会連合会・サンコーコンサルタント株式会社が実施した。

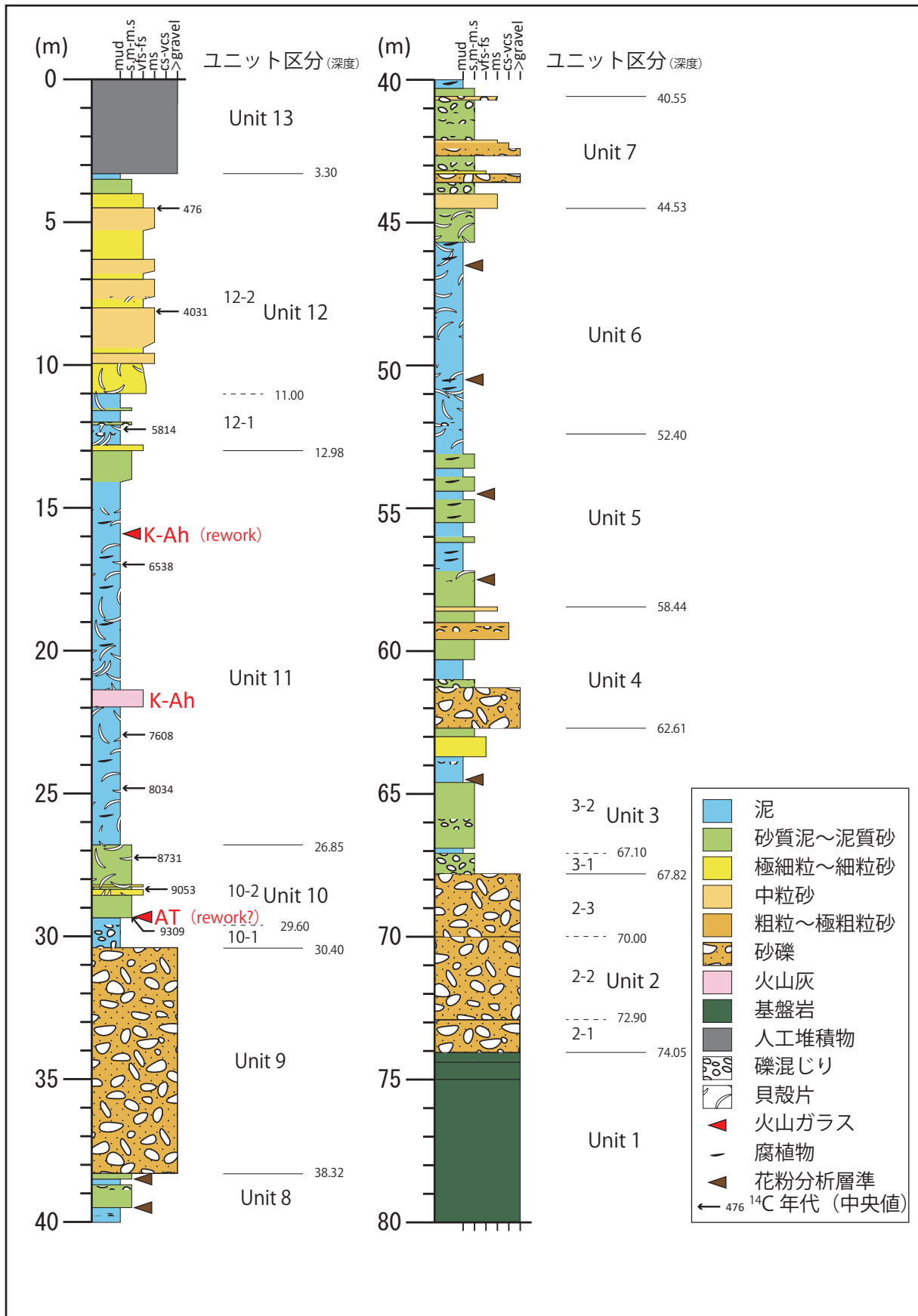
コア試料は保管先の徳島大学にて観察を行い，地質柱状図の作成（第2図），コア表面の写真撮影（第3図A～D）と，分析用試料の採取を実施した。

火山灰層分析

TK-B-1 中に含まれる火山ガラスの形状，屈折率を検討した。試料は目視で確認された火山灰層や火山ガラス濃集層，および泥質層中に含まれる火山ガラスを対象とした。試料は篩と超音波洗浄で泥粒子を取り除いた後， 60°C で乾燥させた。その後，極細粒砂～細粒砂サイズの残渣に対して偏光顕微鏡観察を行い，火山ガラスの有無を確認した。その後の屈折率分析に十分な量の火山ガラスが含まれる試料に対して，その形状分類を行った。火山ガラスの形状分類は岸・宮脇（1996）に従った。火山ガラスの屈折率は，温度変化型測定装置 MAIOT（古澤地質製）を用いて測定した。

^{14}C 年代測定

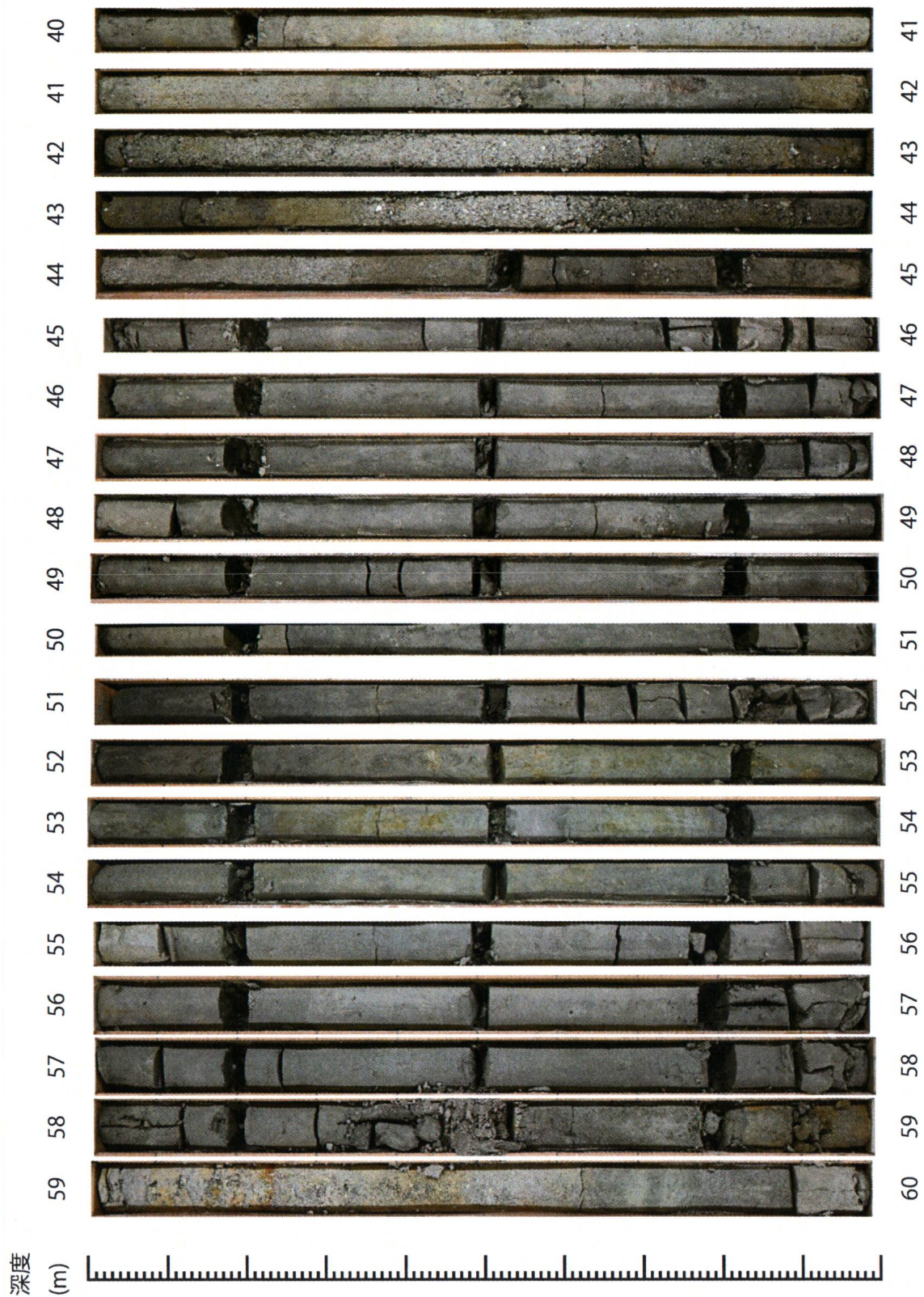
TK-B-1 の深度 29.34 m ～ 4.52 m から採取した植物片 3 試料，貝化石 5 試料，木片 1 試料について，加速器質量分析法（AMS 法）による ^{14}C 年代測定を加速器分



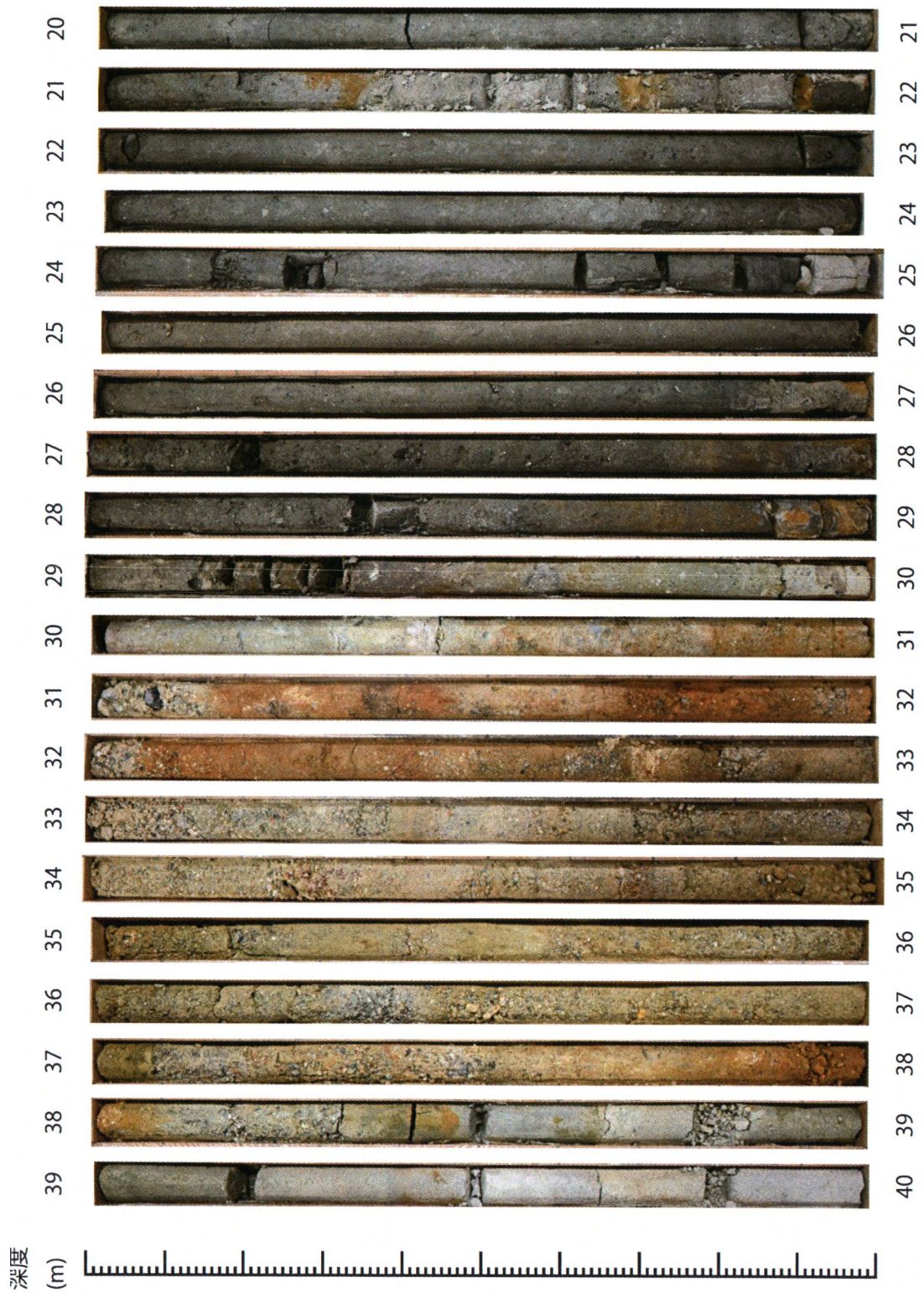
第2図 TK-B-1 コアの柱状図.
Fig. 2 Geological column of TK-B-1 core.



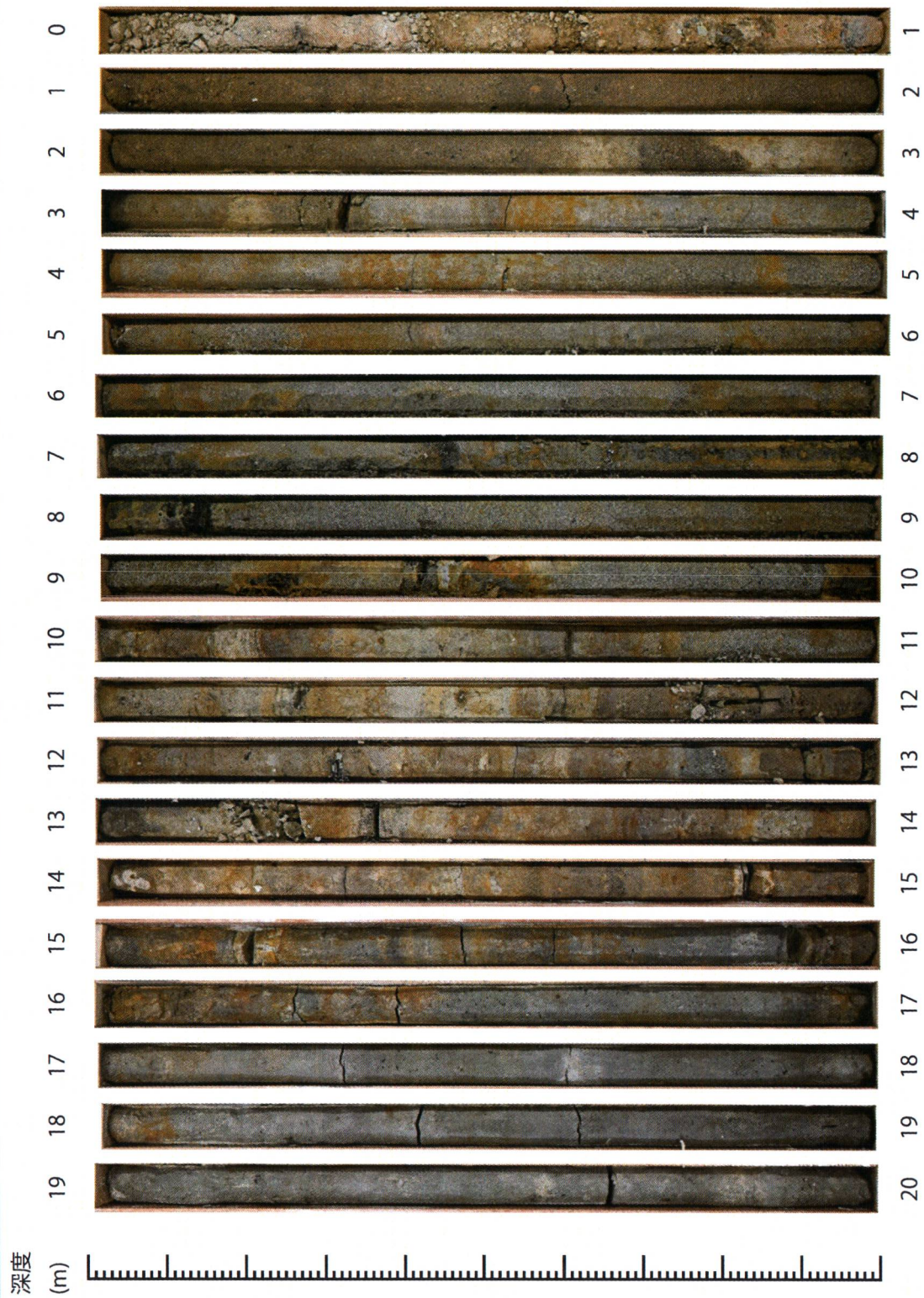
第3図A TK-B-1 コアの写真 (深度 80 m ~ 60 m).
Fig. 3A Core photograph of TK-B-1 core (Depth 80 m ~ 60 m).



第3図B TK-B-1 コアの写真 (深度 60 m ~ 40 m).
Fig. 3B Core photograph of TK-B-1 core (Depth 60 m ~ 40 m).



第3図C TK-B-1 コアの写真 (深度40 m ~ 20 m).
Fig. 3C Core photograph of TK-B-1 core (Depth 40 m ~ 20 m).



第3図D TK-B-1 コアの写真 (深度 20 m ~ 0 m).

Fig. 3D Core photograph of TK-B-1 core (Depth 20 m ~ 0 m).

析研究所に依頼して測定した。年代測定結果は、Oxcal v4.4 較正プログラム (Ramsey, 2009) を用いて暦年補正した。較正のためのデータセットには、IntCal20 (Reimer *et al.*, 2020) および Marine20 (Heaton *et al.*, 2020) を用いた。¹⁴C年代の測定結果は第1表にまとめた。

花粉化石分析

TK-B-1の深度 64.50 m ~ 38.50 m の泥質層から採取した計 7 試料について、花粉化石分析を有限会社アルプス調査所に依頼した。分析は以下の手順で実施した。水酸化カリウム処理により試料を泥化・分散させる。1 μm 振動篩で粘土鉱物を分離・除去する。大型時計皿処理により植物質を濃集する。フッ化水素酸処理により珪酸塩鉱物を分解除去する。重液(塩化亜鉛, 比重約 1.9)を用いて比重分離し、植物質を濃集する。酢酸処理を行った後、アセトリシス処理(濃硫酸:無水酢酸=1:9の混合液を加え、1分間湯煎)によりセルロースを分解・除去する。酢酸処理および水洗を行った後、分離試料をグリセリンジェリーで封入する。封入材の乾燥を防ぐため、カバーガラスの周囲をネイルエナメルで密封する。花粉化石の形態観察および同定は、生物顕微鏡 600 倍を用いて行った。

花粉化石の計数は同定された花粉・孢子化石のうち、完全形または破片の場合は半分以上残っていたものを対象とした。木本植物の花粉化石総数が 1 試料につき 200 個を越えるまで計数した。また、この過程で観察される草本植物の花粉化石およびシダ・コケ植物の孢子化石も集計した。分析結果は(第4図)にまとめた。

3. ユニット区分

TK-B-1は層相(堆積物の粒度, 色調, 固結度, および花粉化石群集)が上下で極端に異なる箇所および明瞭な侵食面で接する箇所を境界として, 下位から順にユニット 1 ~ 13 の 13 のユニットに区分される(第2図, 第3図 A ~ D)。ユニットごとに, 層相, 火山灰分析, ¹⁴C年代測定, 花粉化石の結果を記載する。

ユニット 1 (深度 80.00 m ~ 74.05 m)

層相: 非常に硬質で, 片理が発達する塩基性片岩が卓越する。所々に石英脈を挟む。深度 75.00 m ~ 74.40 m は緑灰色を呈する泥質片岩で構成される。深度 74.40 m ~ 74.05 m は黄褐色を呈する砂質片岩となる。

解釈: 徳島平野の南縁は, 三波川変成岩類からなる丘陵, 山地が分布しており, ボーリング掘削位置から西に約 300 m には, 三波川変成岩が分布する標高約 60 m の小丘が分布することから, 平野地下でも比較的浅い深度で分布すると予想される。以上のことから, ユニッ

ト 1 は基盤の三波川変成岩類と解釈される。

ユニット 2 (深度 74.05 m ~ 67.82 m)

層相: 本ユニットは主に結晶片岩の大礫と中礫を含む砂礫からなり, 3つのサブユニット(2-1, 2, 3)に細分される。サブユニット 2-1(深度 74.05 m ~ 72.90 m)は礫径が 5 mm ~ 80 mm の亜角~亜円礫を含む砂礫からなる。礫は clast-supported で含まれる。サブユニット 2-2(深度 72.90 m ~ 70.00 m)は大礫からなり, 礫径はコア径(50 mm)を超える。72.20 m で, 下位から色調が黄褐色から緑灰色に変化する。大礫間は礫径 5 mm ~ 10 mm の砂礫が充填する。サブユニット 2-3(深度 70.00 m ~ 67.82 m)は砂礫からなる。礫のサイズは中礫から大礫であり, 下位のサブユニット 2-2 に比べ基質に泥質分が多い。基質は浅黄色の泥からなる。

解釈: 礫種の多くが結晶片岩であることから, 礫の供給源は徳島平野南縁の三波川変成岩類であると考えられる。円磨された礫層を含むため, 基盤(三波川変成岩類)ではなく何らかの運搬作用を被った堆積物であると考えられるが, その堆積年代は不明である。平野下に埋没した三波川変成岩の岩盤直上に位置する礫層という特徴から, 岩盤斜面上の崖錐堆積物あるいは, 河成堆積物からなる可能性もある。

ユニット 3 (深度 67.82 m ~ 62.61 m)

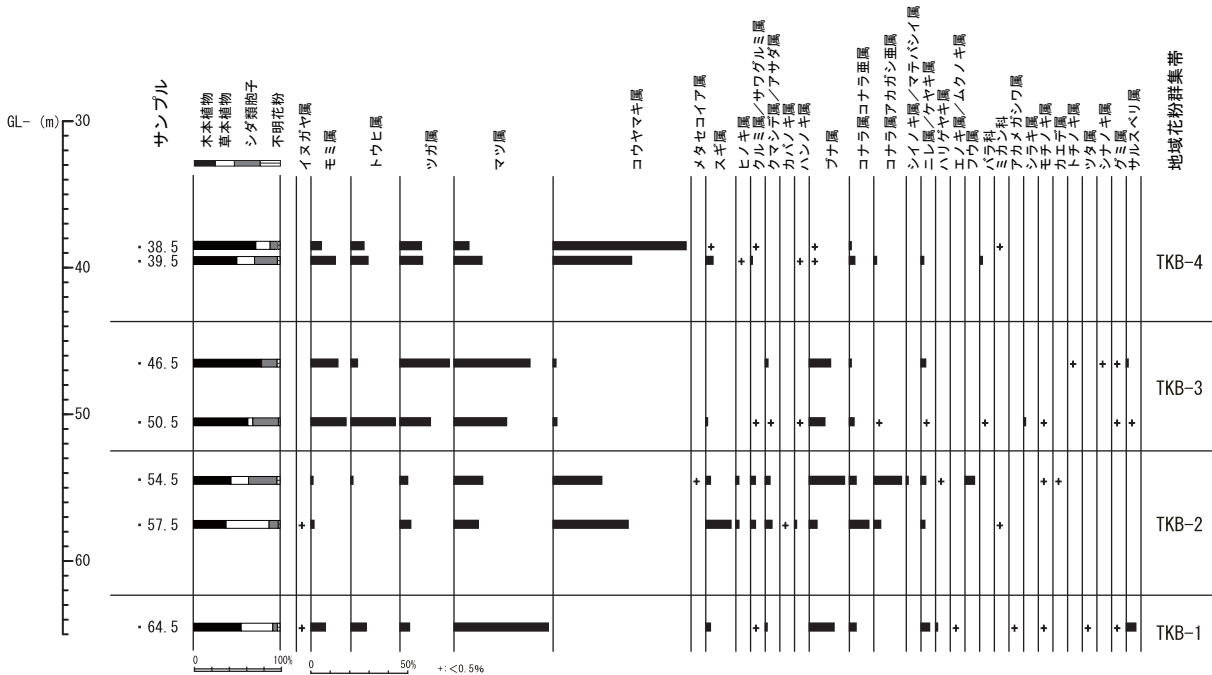
層相: 本ユニットは2つのサブユニット(3-1, 2)よりなる。サブユニット 3-1(深度 67.82 m ~ 67.10 m)は礫の混じる泥質砂からなる。礫は主に径 10 mm ~ 50 mm の亜角~亜円礫で構成され, 礫種はその多くが結晶片岩である。サブユニット 3-2(深度 67.10 m ~ 62.61 m)は灰オリーブ色を呈する礫混じりの砂質泥~泥質砂と灰あるいは灰オリーブ色を呈する礫混じりの泥からなる。深度 67.10 m ~ 66.90 m は泥, 66.90 m ~ 65.00 m は灰あるいは灰オリーブ色の泥質砂からなり, 腐植物が混じる。65.00 m ~ 63.69 m は灰オリーブ色の泥からなり, 深度 64.40 m で, 植物根を混入する。深度 63.69 m ~ 63.00 m は灰色を呈する細粒砂~中粒砂が卓越し, 砂の淘汰は良い。深度 63.00 m ~ 62.61 m は灰オリーブ色を呈する泥質砂が卓越し, 腐植物が混じる。深度 62.82 m ~ 62.61 m には径 4 mm ~ 5 mm の礫が混じる。

花粉化石分析(第4図): 深度 64.50 m を分析の対象とした。マツ属(*Pinus*)が優勢で, ブナ属(*Fagus*)およびトウヒ属(*Picea*), モミ属(*Abies*), ツガ属(*Tsuga*)がこれに次ぐ。スギ属(*Cryptomeria*)は低率であり, サルスベリ属(*Lagerstroemia*)を伴う。コウヤマキ属(*Sciadopitys*)およびアカガシ亜属(*Quercus subgen. Cyclobalanopsis*)はほとんど産出しない。

解釈: 全体に泥質で細粒な堆積物が含まれる。各サブ

第 1 表 放射性炭素年代測定結果.
Table 1 Results of radiocarbon age.

Core	Depth (m)	Material	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Conventional ^{14}C age (yrBP)	Calibrated age (2σ) (cal BP)	Probability (%)	Median (cal BP)	Lab No. / Reference
TK-B-1	4.52	plant	-26.65 ± 0.16	397 ± 22	508-436	80.4	476	IAAA-201212
TK-B-1	8.12	plant	-29.38 ± 0.16	3683 ± 25	4141-4129	1.8	4031	IAAA-201213
TK-B-1	12.31	shell	-0.44 ± 0.18	5624 ± 26	5965-5652	95.4	5814	IAAA-201214
TK-B-1	16.97	plant	-31.21 ± 0.17	5743 ± 27	6633-6451	95.4	6538	IAAA-201215
TK-B-1	22.97	shell	1.43 ± 0.21	7327 ± 30	7746-7470	95.4	7608	IAAA-201216
TK-B-1	24.83	shell	0.38 ± 0.22	7753 ± 31	8180-7897	95.4	8034	IAAA-201217
TK-B-1	27.21	shell	0.19 ± 0.21	8368 ± 31	8940-8566	95.4	8731	IAAA-201218
TK-B-1	28.35	shell	-1.49 ± 0.18	8599 ± 31	9246-8888	95.4	9053	IAAA-201219
TK-B-1	29.31-34	wood	34.91 ± 0.14	8294 ± 33	9426-9199	82.9	9309	IAAA-210210
					9179-9139	12.6		



第 4 図 花粉化石分析結果.
Fig. 4 Pollen fossil analysis result.

ユニットに所々礫を含むが、砂質分は少ない。貝殻の細片を含まず、植物根を混入することから、河川の氾濫原堆積物と考えられる。深度 65.00 m ~ 63.00 m の層序区間は、泥から細粒砂~中粒砂へと逆級化することから、河川の氾濫原上の洪水堆積物の可能性がある。

ユニット 4 (深度 62.61 m ~ 58.44 m)

層相: 本ユニットは厚い砂層、砂礫層と砂質泥~泥層の互層からなる。深度 62.61 m ~ 61.30 m には径が 5 mm ~ 30 mm の角礫~亜円礫からなる砂礫層が卓越する。礫は clast-supported である。深度 61.30 m ~ 61.00

m の泥質砂は、淘汰が悪く、径 2 mm ~ 5 mm の礫が混じる。深度 61.00 m ~ 60.36 m の泥層は灰白色を呈し、少し砂が混じる。深度 60.36 m ~ 59.64 m の泥質砂はオリーブ灰色を呈し、深度 60.77 m ~ 60.64 m で厚さ 2 cm ~ 4 cm の泥層を 2 枚狭在する。深度 59.64 m ~ 59.00 m には、灰白色を呈する極粗粒砂が卓越し、深度 59.30 m ~ 59.15 m には径 2 mm ~ 10 mm の礫を混入する。59.00 m ~ 58.60 m は砂質泥~泥質砂が卓越し、58.60 m ~ 58.44 m には中粒砂が卓越する。

解釈: 全体に砂、砂礫などの粗粒堆積物からなり、泥質層にも礫が混じることから、河川堆積物であると考

えられる。

ユニット 5 (深度 58.44 m ~ 52.40 m)

層相：主に灰色を呈する砂質泥と泥からなる。深度 58.44 m ~ 56.15 m, 56.15 m ~ 55.47 m, 55.47 m ~ 54.40 m, 54.40 m ~ 53.64 m, 53.64 m ~ 52.80 m が、それぞれ砂質泥から泥へと級化する単層として認識できる。各単層の基底部は侵食面で接し、粒度変化が明瞭である。所々に貝殻と腐植物の細片を含む。

花粉化石分析 (第 4 図)：深度 54.50 m と深度 57.50 m を分析の対象とした。コウヤマキ属 (*Sciadopitys*) が優勢で、マツ属 (*Pinus*)、スギ属 (*Cryptomeria*)、ブナ属 (*Fagus*) およびアカガシ亜属 (*Q. subgen. Cyclobalanopsis*) がこれに次ぐ。トウヒ属 (*Picea*) およびモミ属 (*Abies*) はほとんど産出しない。なお、深度 54.50 m では新第三紀型植物群のメタセコイア属 (*Metasequoia*)、ハリゲヤキ属 (*Hemiptelea*)、フウ属 (*Liquidambar*) を伴う。

解釈：所々に貝殻の細片を含んでいることから、海成泥層であると考えられる。

ユニット 6 (深度 52.40 m ~ 44.53 m)

層相：主に暗オリーブ色あるいはオリーブ灰色を呈する塊状な泥からなる。ユニット 5 との地層境界に明瞭な侵食面はなく、区別が難しいが、ユニット 5 は砂質分が多少含まれるのに対して、本ユニットは主に均質な泥からなることと、泥の色調の変化で区別される。深度 45.00 m ~ 44.53 m は灰色を呈する砂質泥～泥質砂である。深度 52.10 m ~ 52.00 m と深度 44.81 m ~ 44.71 m で径 2 mm ~ 3 mm の礫を混じる。全体に貝殻と腐植物の細片を多く含む。貝化石は海生の二枚貝が多いが、殻の保存が悪く、種属は同定できなかった。

花粉化石分析 (第 4 図)：深度 46.50 m と深度 50.50 m を分析の対象とした。マツ属 (*Pinus*)、ツガ属 (*Tsuga*)、トウヒ属 (*Picea*)、モミ属 (*Abies*) が優勢で、ブナ属 (*Fagus*) がこれらに次ぐ。コウヤマキ属 (*Sciadopitys*)、スギ属 (*Cryptomeria*)、コナラ亜属 (*Q. subgen. Lepidobalanus*)、アカガシ亜属 (*Q. subgen. Cyclobalanopsis*) は極めて低率である。サルスベリ属 (*Lagerstoemia*) をわずかに伴う。

解釈：本ユニットは全体に海生の貝殻の細片を多く含む、塊状な泥より構成されることから、海成泥層である可能性が高い。

ユニット 7 (深度 44.53 m ~ 40.55 m)

層相：主に砂礫から砂、泥質砂、砂質泥へ級化する層からなる。下位のユニット 6 と異なり、泥層中に貝殻の細片は含まれない。深度 44.53 m ~ 43.65 m は灰色を

呈する中粒砂から灰色を呈する礫混じりの泥質砂へ変化する。深度 44.53 m ~ 44.00 m は灰色を呈する中粒砂が主体で、下位 10 cm は粗粒砂も多少含まれる。深度 44.00 m ~ 43.65 m には灰色を呈する礫混じりの砂質泥～泥である。深度 43.65 m ~ 42.68 m は砂礫～泥質砂への級化がみられる。深度 43.65 m ~ 43.35 m は礫径 2 mm ~ 8 mm の砂礫、深度 43.35 m ~ 43.25 m は細粒砂、深度 43.25 m ~ 42.68 m は径 5 mm ~ 10 mm の礫混じり泥質砂からなる。深度 42.68 m ~ 42.19 m で砂礫から粗粒砂、中粒砂へと級化する。深度 42.68 m ~ 42.41 m では径 5 mm ~ 10 mm の角礫～亜円礫を含む砂礫、深度 42.41 m ~ 42.19 m で極粗粒砂から中粒砂へ変化する。深度 42.19 m ~ 40.70 m はオリーブ灰色を呈する泥質砂からなり、所々礫が混じる。深度 40.70 m ~ 40.55 m は礫が混じる中粒砂からなる。

解釈：砂礫を含み、砂礫から砂質泥へと級化を示すことから、河川成のチャンネル堆積物と考えられる。

ユニット 8 (深度 40.55 m ~ 38.32 m)

層相：泥と砂質泥の互層からなる。深度 40.20 m ~ 40.00 m の泥層には腐植物が混じる。深度 40.00 m ~ 39.49 m には灰白～灰色を呈する泥からなり、深度 39.79 m ~ 39.60 m は粗粒砂が混じる。深度 39.49 m ~ 38.32 m にはオリーブ灰色を呈する砂質泥～泥からなり、上方細粒化する。深度 38.85 m ~ 38.79 m で径 10 mm 程度の礫を混じる。

花粉化石分析 (第 4 図)：深度 38.50 m と深度 39.50 m を分析の対象とした。コウヤマキ属 (*Sciadopitys*) が極めて優勢で、マツ属 (*Pinus*)、ツガ属 (*Tsuga*)、トウヒ属 (*Picea*)、モミ属 (*Abies*) がこれに次ぐ。コナラ亜属 (*Q. subgen. Lepidobalanus*) およびアカガシ亜属 (*Q. subgen. Cyclobalanopsis*) は極めて低率で、ブナ属 (*Fagus*) はほとんど産出しない。

解釈：泥質な堆積物から構成されることから、平常時は波浪や水流の影響の小さい低エネルギー環境の堆積物と考えられるが、貝殻の細片など海成層の特徴がみられないので、現時点での海成、非海成の判断は難しい。

ユニット 9 (深度 38.32 m ~ 30.40 m)

層相：主に褐色～明黄褐色を呈する砂礫からなる。礫の粒径は 2 mm ~ 30 mm で、角～亜円礫が主体である。礫種は石英、チャート、砂岩礫からなり、少量の結晶片岩礫を含む。clast-supported と matrix-supported の互層を呈する。層厚 2 cm ~ 3 cm の砂層を不規則に狭在する。下位の泥層とは明瞭な侵食面で接する。

解釈：全体に角～亜円礫を含む砂礫から構成されることから、礫質河川成の堆積物であると推定される。掘削地点の北方 (旧吉野川の左岸約 4 km) には低位段丘

相当層が分布することから (第 1 図), 掘削地点地下にも低位段丘相当層の分布が予想される。一方, 後述するユニット 10 の ^{14}C 年代値が完新世を示していることから, その下位である本ユニットの礫層は最終氷期最盛期に形成された開析谷を埋めた沖積層の基底礫層の可能性もある。以上のことから, 本ユニットは低位段丘構成層もしくは沖積層の基底礫層に相当すると考えられる。

ユニット 10 (深度 30.40 m ~ 26.85 m)

層相: 本ユニットは 2 つのサブユニット (10-1, 2) よりなる。サブユニット 10-1 (深度 30.40 m ~ 29.40 m) は灰あるいは灰オリーブ色を呈し, 礫径 2 mm ~ 15 mm 程度の垂角~垂円礫を含む礫混じりの泥層からなる。サブユニット 10-2 (深度 29.40 m ~ 26.85 m) は, 下部は黄灰~暗オリーブ色を呈する泥, 砂質泥と細粒砂からなり, 下位のユニットとは色調が変化することで区別される。泥の部分は有機質な成分を含む。サブユニット 10-2 の上部の深度 28.00 m ~ 26.85 m は灰色を呈する泥質砂と砂質泥からなり, 貝殻の細片を多く含む。

火山灰分析: 深度 29.34 m ~ 29.31 m の有機質泥層に火山ガラスが濃集しており, 形状はバブルウォール型からなる。火山ガラスの屈折率は 1.498-1.500 であった。その特徴から, 始良 Tn テフラ (AT: 町田・新井, 2003) と対比される可能性が高い。AT テフラの降灰年代は, 30,148 ~ 29,428 cal ka BP (Smith *et al.*, 2013) である。

^{14}C 年代測定値 (第 1 表): 27.21 m の貝化石から 8,940 ~ 8,566 cal BP (中央値: 8,731 cal BP) (2σ , 以下同様), 28.35 m の貝化石から 9,246 ~ 8,888 cal BP (中央値: 9,053 cal BP), 29.34 m ~ 29.31 m の木片から 9,426 ~ 9,139 cal BP (中央値: 9,309 cal BP) の年代値が得られた。

解釈: 礫まじりの泥層であるサブユニット 10-1 は現時点での堆積環境の判断は難しい。サブユニット 10-2 の下部は有機質な泥から構成される。下位のユニット 9 が低位段丘構成層であるとする, 有機質な泥から構成されるサブユニット 10-2 の下位は段丘面離水後の土壌の可能性もある。サブユニット 10-2 上部は砂質層と泥質層の互層状になっており, 貝殻の細片を含むことから, 海成層であると考えられる。本ユニットから得られた ^{14}C 年代測定値は 9 ka ~ 8 ka 頃の年代を示す。以上のことから, 本ユニットは, 最終氷期後期から完新世までの海進期に堆積したと推定される。砂泥層からなるサブユニット 10-2 は, 沖積層の下部砂層に相当する。

ユニット 11 (深度 26.85 m ~ 12.98 m)

層相: 主に灰~灰オリーブ色を呈する塊状な泥からなる。

ユニット 10 とは砂質分の有無で区別される。岩相は全体に均質で, 深度 21.93 m ~ 21.35 m の泥層中に灰白色の火山ガラスを主体とする堆積物が含まれる。深度 14.00 m ~ 13.00 m は灰~灰オリーブ色の砂質泥に変化する。全体に貝殻と腐植物の細片を多く含み, コアの表面でマメウラシマ (*Ringicula doliaris*) およびシズクガイ (*Theora fragilis*) の貝化石が確認された。これらは内湾の水深数 m から数 10 m の泥底に生息する種であり, 松島 (1984) の完新世貝類群集の区分の内湾泥底群集, または内湾停滞域群集に含まれる。

火山灰分析: 深度 21.93 m ~ 21.35 m の灰白色の火山灰層のうち, 深度 21.72 m から採取した試料の結果を示す。火山ガラスの多くはバブルウォール型で, 褐色のガラスも少量含まれる。火山ガラスの屈折率は 1.510 -1.514 であった。その特徴から, 鬼界アカホヤテフラ (K-Ah; 町田・新井, 2003) に対比される。K-Ah テフラの降灰年代は 7,303 ~ 7,165 cal BP (Smith *et al.*, 2013) である。深度 15.90 m にも火山ガラスが濃集する層準を確認した。火山ガラスはバブルウォール型が多く含まれ, 屈折率は 1.507-1.513 であった。以上のことから, 深度 15.90 m の火山ガラスは, 深度 21.93 m ~ 21.35 m の K-Ah 起源の火山ガラスと同一であり, 再堆積したものだ判断した。

^{14}C 年代測定値 (第 1 表): 深度 16.97 m の植物片から 6,633 ~ 6,451 cal BP (中央値: 6,538 cal BP), 深度 22.97 m の貝化石から 7,746 ~ 7,470 cal BP (中央値: 7,608 cal BP), 深度 24.83 m の貝化石から 8,180 ~ 7,897 cal BP (中央値: 8,034 cal BP) の年代値が得られた。

解釈: 岩相は塊状な泥からなり, 全体に貝殻の細片を多く含むこと, 内湾泥底に生息する貝を含むことから, 内湾堆積物であると考えられる。本ユニットに採取した試料の ^{14}C 年代測定値は 8 ka ~ 6 ka 前後の年代を示す。以上のことから, 本ユニットは, 完新世の高海水準期に形成された沖積層の中部泥層にあたると思われる。

ユニット 12 (深度 12.98 m ~ 3.30 m)

層相: 本ユニットは 2 つのサブユニット (12-1, 2) に区別される。サブユニット 12-1 (12.98 m ~ 11.00 m) は主に灰オリーブあるいはオリーブ黒色を呈する泥と泥質砂の互層からなる。本ユニット最下部は灰オリーブ色を呈する層厚 15 cm の極細粒~細粒砂層である。全体に貝殻と腐植物の細片を含み, 礫も混じる。サブユニット 12-2 (深度 11.0 m ~ 3.30 m) では細粒~極細粒砂へ級化する砂層と複数枚の細粒砂から中粒砂へ逆級化する砂層からなる。深度 9.95 m ~ 9.58 m は中粒砂からなる。深度 7.70 m ~ 7.60 m では貝殻片が少量含まれ, 腐植物の細片が所々に含まれる。深度 4.50 m ~ 4.00

mは細粒砂からなる。上方に向かうにつれ泥質分が含まれるようになり4.00 m～3.50 mでは泥質砂～砂質泥からなる。3.50 m～3.30 mは灰オリーブ色を呈する泥層となる。

¹⁴C年代測定値（第1表）：深度4.52 mの植物片から508～330 cal BP（中央値：476 cal BP）、深度8.12 mの植物片で4,141～3,925 cal BP（中央値：4,031 cal BP）、深度12.31 mの貝化石から5,965～5,652 cal BP（中央値：5,814 cal BP）の年代値が得られた。

解釈：本ユニットの下位であるユニット11は海進期の堆積物であり、下位よりも粗粒な堆積物からなる。全体に砂質分から構成され、所々に貝殻の細片を含む。砂層は上方粗粒化することから、河川デルタにみられるデルタ前置層であると考えられる。3.50 m～3.30 mの泥層は、下位のデルタ前置層を覆って堆積することから、デルタ頂置層に対比される氾濫原堆積物と考えられる。本ユニットは、沖積層の上部砂層から沖積層の最上部泥層に相当すると考えられる。

ユニット13（深度3.30 m～0.00 m）

層相：泥、泥質砂、粗粒砂と淘汰の悪い亜角～亜円礫を含む砂礫層からなる。含まれる礫の径は5 mm～10 mmが多く、最大20 mm程度である。深度3.30 m～3.20 mは粗粒砂からなり、深度3.20 m～2.85 mは灰オリーブ色を呈する泥からなる。深度2.85 m～2.50 mは粗粒砂からなり、基底は水平ではなく、コア全体を通して見られない急傾斜角を持って接する。2.50 m～0.85 mは暗灰黄色の泥質砂からなり、深度0.85 m付近で砂礫層に変化する。

解釈：本ユニットは含まれる粒子の淘汰が非常に悪い。また他の層準では見られない急傾斜角を持つことから、他の層準と同様に整然的に堆積したとは考えにくい。以上のことから、このユニットは盛土あるいは埋土などの人為的な堆積物と考えられる。

4. 堆積年代について

火山灰層と¹⁴C年代測定

TK-B-1では2枚の火山灰層と、9つの¹⁴C年代値を得た。深度29.34 m～29.31 mに含まれる火山ガラスはATテフラに相当し、噴火直後に降灰したとすると、その降灰年代は30,148～29,428 cal ka BPである（Smith *et al.*, 2013）。一方、ATテフラと同層準の深度29.34 m～29.31 mの木片から9,426～9,139 cal BPの¹⁴C年代値が得られており、ATテフラの降灰年代と大きな隔たりがある。そのため、ATテフラの火山ガラスは再堆積の可能性が高い。これまで、徳島平野地下の上部更新統から、ATテフラを含む複数の火山灰層準が報告され

ている（西山ほか, 2012；西山ほか, 2017bなど）。本火山灰層は更新統/完新統境界の目安となること、堆積年代を推定するために重要な鍵層であることから、今後は他の地点から得られているATテフラとの層位学的な対比や水平分布を含め、検討する必要がある。

TK-B-1の深度21.93 m～21.35 mのK-Ahテフラは、その上下の¹⁴C年代測定結果から約7.6 ka～6.5 kaに堆積したと考えられる。K-Ahの降灰年代は7,303～7,165 cal BP（Smith *et al.*, 2013）であり、これは上下の¹⁴C年代値と整合的である。以上のことから、K-Ahテフラは噴火直後に降灰した堆積物である。深度15.90 mのK-Ah起源の火山ガラスは、その上下の¹⁴C年代値から約6.5 ka～5.8 kaに堆積したと考えられる。しかしこれは降灰年代より新しい年代であるため、火山ガラスは再堆積したと考えて差支えない。

花粉化石群集に基づく対比と堆積年代

花粉化石群集の対比に基づき、ユニットの堆積年代について考察する。近畿地方～関東地方の前期・中期更新世における花粉生層序である楡井・本郷（2018）では、*Metasequoia*（メタセコイア属）が連続的に出現し、コナラ亜属（*Q. subgen. Lepidobalanus*）も多産する層準を*Quercus-Metasequoia*超帯（Marine Isotope Stage:MIS21の下限より下位）として、花粉超帯を設定している。TK-B-1は、深度54.50 mで新第三紀型植物群に属するメタセコイア属（*Metasequoia*）、ハリゲヤキ属（*Hemiptelea*）、フウ属（*Liquidambar*）が産出したが、コナラ亜属（*Q. subgen. Lepidobalanus*）の産出率が低率である。また、他の6層準の試料からは新第三紀型植物群に属する花粉化石は産出していないことから、本研究で検討した試料の花粉化石群集が*Quercus-Metasequoia*超帯に対比される可能性は極めて低いと考えられる。さらに、全ての試料でコナラ亜属（*Q. subgen. Lepidobalanus*）の産出率が低率である。楡井・本郷（2018）は、ブナ属（*Fagus*）、コナラ亜属（*Q. subgen. Lepidobalanus*）が多産する層準を、*Fagus-Quercus*超帯（MIS21～MIS15の下限）としているが、本研究対象試料はその特徴と合致しない。以上のことから、本研究で対象とした試料の花粉化石群集は、*Cryptomeria-Fagus*超帯（MIS15～MIS11の下限；楡井・本郷, 2018）およびそれよりも上位の花粉超帯に対応すると考えられる。すなわち、TK-B-1のユニット3より上位は中期更新世のMIS15以降の堆積物である。

花粉化石群集から、木本植物花粉の分類群の組み合わせに基づき、4帯の地域花粉群集帯（TKB-1～4）を設定した。また、TK-B-1の地域花粉群集帯と大阪湾沿岸域の花粉化石を対象とした研究であるFurunani（1989）および本郷（2009）の花粉分帯との層序対比を検討し、

対比試案を提案する。しかし、これらの対比や堆積年代については火山灰分析や堆積環境解析と合わせた詳細な議論が必要であるため、あくまで対比試案であることに留意されたい。正確な堆積年代の推定については、今後の課題である。Furutani (1989) や本郷 (2009) で示されている大阪平野地下に分布する海成粘土層 (Ma1 ~ Ma13) と MIS との対比については吉川・三田村 (1999) に従った。

TKB-1 帯 (ユニット 3): マツ属 (*Pinus*) が優勢で、コウヤマキ属 (*Sciadopitys*) およびアカガシ亜属 *Q.* (subgen. *Cyclobalanopsis*) がほとんど産出しないため、P15 帯 (Furutani, 1989) や *Cyclobalanopsis-Sciadopitys* 超帯 12 亜帯の下部 (本郷, 2009) に対比される。これらの花粉分帯は Ma8 に相当し、MIS13 に対比されている。

TKB-2 帯 (ユニット 5): コウヤマキ属 (*Sciadopitys*) が優勢でアカガシ亜属 *Q.* (subgen. *Cyclobalanopsis*) が 10% 程度伴うことで特徴づけられ、P13 帯 (Furutani, 1989) や *Cyclobalanopsis-Sciadopitys* 超帯 15 亜帯 (本郷, 2009) に対比できる可能性がある。また本郷 (2009) では *Cyclobalanopsis-Sciadopitys* 超帯 15 亜帯にはフウ属 (*Liquidambar*) が極めて低率ながら産出することが示されており、TK-B-1 コアの試料深度 57.50 m でフウ属 (*Liquidambar*) が産出することと整合的である。これらの花粉分帯は Ma9 ~ Ma10 層直下の非海成層上部に相当し、MIS11 ~ MIS10 の堆積物に対比されている。また、楡井・本郷 (2018) はアカガシ亜属の多産層準を MIS11 の特徴としており、本ユニットが MIS11 に対比される相当することを支持している。

TKB-3 帯 (ユニット 6): マツ属 (*Pinus*)、ツガ属 (*Tsuga*)、トウヒ属 (*Picea*)、モミ属 (*Abies*) が優勢で、コウヤマキ属 (*Sciadopitys*)、およびアカガシ亜属 (*Q.* subgen. *Cyclobalanopsis*) がほとんど産出しないことから、P7 ~ 9 帯 (Furutani, 1989) や *Pinaceae-Cryptomeria* 超帯 19 亜帯 (本郷, 2009) に対比される。これらの花粉分帯は大阪層群の Ma11 (1) ~ Ma11 (3) およびその直上の非海成層に相当し、Ma11 (1), Ma11 (2), Ma11 (3) はそれぞれ MIS7e, MIS7c, MIS7a に対比されている。

TKB-4 帯 (ユニット 8): コウヤマキ属 (*Sciadopitys*) が極めて優勢であることから、P2 帯 (Furutani, 1989) に対比できる可能性がある。この分帯は Ma12 と Ma13 の間の非海成層に相当し、MIS4 ~ MIS2 に対比されている。

以上の花粉化石の群集解析から、徳島平野地下を形成する更新統の堆積開始は、MIS15 以降までさかのぼ

れることが示唆された。TK-B-1 では群集組成から 4 つに分帯され、それぞれ Furutani (1989) および本郷 (2009) の花粉分帯に対比される可能性がある。

5. まとめ

徳島平野で掘削されたボーリングコア (TK-B-1) は、その層相に基づき、13 のユニットに区分された (第 2 図)。ユニット 1 は基盤を構成する三波川変成岩類、ユニット 2 は堆積年代不明の崖錐性堆積物からなる。ユニット 3 ~ 8 は更新統であり、複数の海成層と河川成層からなる (現時点でのユニット 8 の堆積環境の判断はできなかった)。ユニット 9 は礫質河川成の堆積物である。ユニット 10 ~ 12 は上部更新統、および沖積層と考えられる。ユニット 10 から AT テフラ由来の火山ガラスが濃集する層準を見出したが、同層準の ^{14}C 年代値を考慮すると、再堆積と考えられる。最上部のユニット 13 は人工堆積物からなる。今後は火山灰層序や生層序などから、TK-B-1 コアの各ユニットと海洋酸素同位体ステージの対比を進め、既存ボーリングコアとの対比により、岩相の側方変化を検討する予定である。

謝辞: アルプス調査所の本郷美佐緒博士から、本コアで見られる花粉化石の特性についてご教示いただいた。深く感謝申し上げます。

文 献

- Furutani, M. (1989) Stratigraphical subdivision and pollen zonation of the Middle and Upper Pleistocene in the coastal area of Osaka Bay, Japan. *Journal of Geosciences, Osaka City University*, **32**, 91 – 121.
- Heaton, T. J., Köhler, P., Butzin, M., Bard, E., Reimer, R. W., Austin, W., Ramsey, C.B., Grootes, P. M., Hughen, K.A., Kromer, B., Adkins, J., Burke, A., Cook, M. S., Olsen, J. and Skinner, L. C. (2020), Marine20-the marine radiocarbon age calibration curve (0 – 55,000 cal BP), *Radiocarbon*, **62**, 779 – 820.
- 本郷美佐緒 (2009) 大阪堆積盆地における中部更新統の花粉尘層序と古環境変遷. *地質学雑誌*, **115**, 64 – 79.
- 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および完新統の対比. *地質学雑誌*, **125**, 87 – 105.
- 岸 清・宮脇理一郎 (1996) 新潟県柏崎平野周辺に

- おける鮮新世～更新世の褶曲形成史. 地学雑誌, **105**, 88–112.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 新編 火山灰アトラス-日本列島とその周辺. 東京大学出版会, 東京, 336p.
- 松島義章 (1984) 日本列島における後氷期の浅海性貝類群集—特に環境変化に伴うその時間・空間的変遷—. 神奈川県立博物館研究報告 (自然科学), no.15, 37–109.
- 中川衷三・須鎗和巳 (1965) 徳島県北部海岸平野の地下地質. 徳島大学学芸学部紀要, **15**, 25–37.
- 楡井 尊・本郷美佐緒 (2018) 中部日本における前期末～中期更新世の花粉生層序. 第四紀研究, **57**, 143–155.
- 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 (2017a) 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.
- 西山賢一・瀬部直之・石田啓佑・中尾賢一・辻野泰之・橋本寿夫 (2017b) 地形・地質から見た鳴門海峡の成立. 阿波学会紀要, **61**, 1–10.
- Ramsey, C. B. (2009) Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, **51**, 337–360.
- Reimer, P. J., Austin, W. E.N., Baird, 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., Freidrich, 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.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター (2017) 20 万分の 1 日本シームレス地質図 V2. <https://gbank.gsj.jp/seamless/v2.html> (閲覧日: 2021 年 4 月 1 日)
- Smith, V.C., Staff, R.A., Blockley, S.P.E., Ramsey, C.B., Nakagawa, T., Mark, D.F., Takemura, K., Danhara, T., Suigetsu 2006 Project Members (2013) Identification and correlation of visible tephra 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.
- 佃 栄吉・佐藤 努 (1996) 徳島県鳴門市板東観測井周辺の地下構造. 第 11 回地質調査所研究講演会資料, 90–93.
- 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.
- 吉川周作・三田村宗樹 (1999) 大阪平野第四系層序と深海底の酸素同位体層序との対比. 地質学雑誌, **105**, 332–340.