

西三河平野南西部, 油ヶ淵低地におけるボーリング調査 Reports of coring survey in Aburagafuchi Lowland, southwestern part of Nishimikawa Plain, central Japan

阿部朋弥^{1*}・中島 礼¹・納谷友規¹

Tomoya Abe^{1*}, Rei Nakashima¹ and Tomonori Naya¹

Abstract: A coring survey (GS-HKN-1), 80 m-long, was performed in Aburagafuchi Lowland, southwestern part of Nishimikawa Plain, Aichi Prefecture, central Japan, for the purpose of understanding the stratigraphy of Pleistocene to Holocene. We divided the core into 12 units on the basis of sedimentary facies. Unit 12 is interpreted as alluvial deposits based on conventional radiocarbon age and subdivided into the lower part (marine sand), the middle part (marine sandy mud) and the upper part (fluvial sandy mud to gravelly sand). Unit 1-11 are mainly composed of fluvial sandy-gravelly deposit in the lower part and marine muddy deposit in the upper part. Unit 1-11 include more than 5 marine deposit based on sedimentary facies and diatom assemblage. The depositional ages of Unit 2-5 probably compared to the Marine isotope stages (MIS) 17-21 inferred from pollen assemblages. In the future, paleomagnetic and tephrochronological analysis tephrochronology are needed in order to decide depositional ages of each unit.

Keywords: Nishimikawa Plain, Aburagafuchi Lowland, Takahama Fault, Pleistocene, drilling survey, diatom analysis, pollen analysis

要 旨

西三河平野南西部の油ヶ淵低地において, 完新統から更新統の掘削深度 80 m のオールコアボーリング (GS-HKN-1) を実施した。得られたコア試料表層の埋立層を除く部分を, 層相にもとづき, 下位からユニット 1 ~ 12 に区分した。ユニット 12 は, 放射性炭素年代から沖積層と判断され, 下部の海成砂層, 中部の海成の砂質泥層, 上部の河成の砂質泥層~細礫層からなる。更新統のユニット 1 ~ 11 は, 下部の河成の砂~砂礫層と上部の海成もしくは河成の泥層からおもに構成され, 層相や珪藻化石群集などから海進・海退に伴う堆積サイクルが 5 回以上記録されていると考えられる。ユニット 2 ~ 5 は, 花粉化石群集から海洋酸素同位体ステージ 17 ~ 21 に対比される可能性がある。今後, 古地磁気測定や火山灰編年を進め, 各ユニットと海洋酸素同位体ステージとの対比を進める。

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, 平成 29 年度より, 伊勢湾・三河湾沿岸域の陸域・海域のボーリング調査や物理探査, 地表地質調査, ボーリ

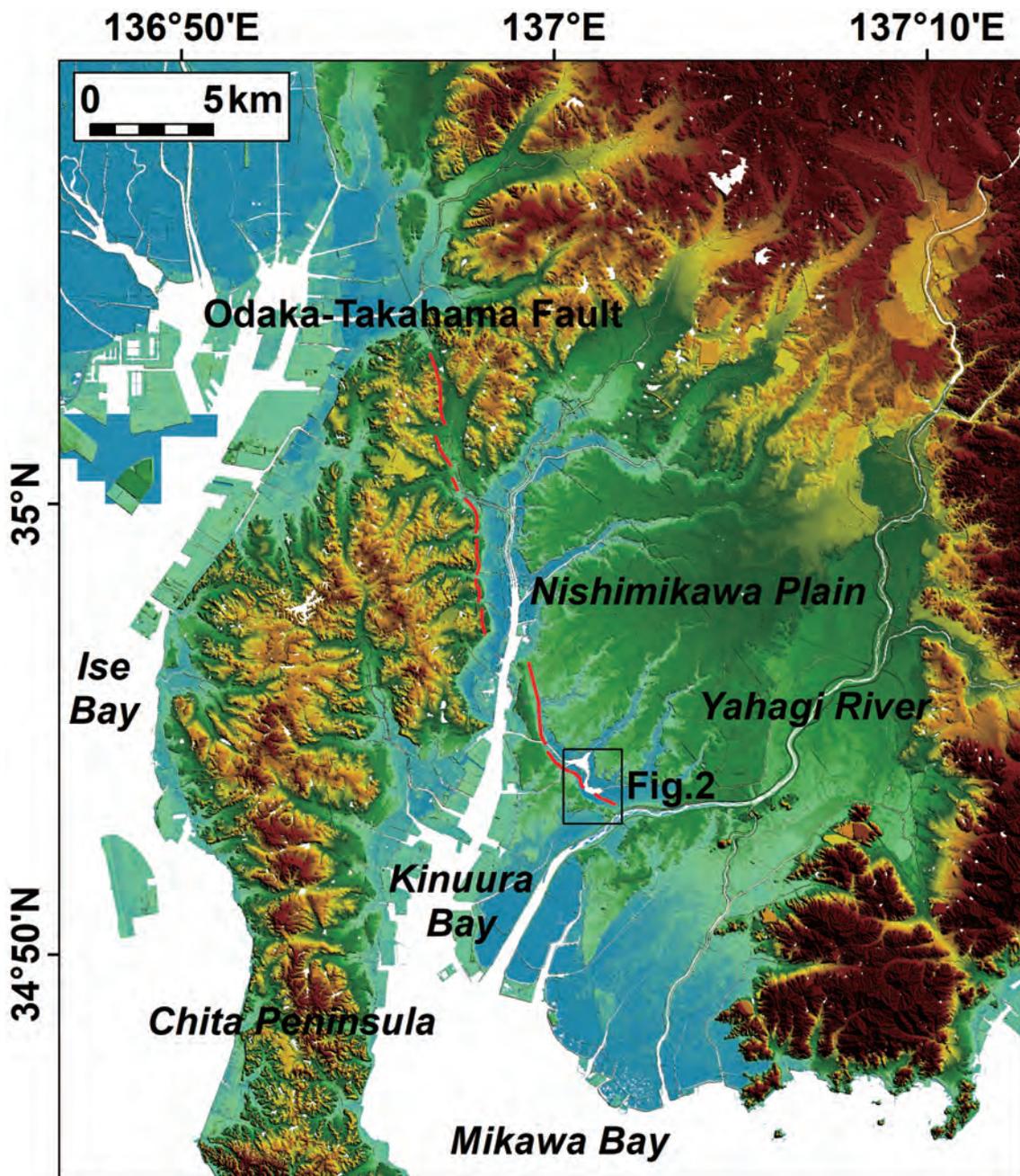
ングデータの収集・解析などを進めている。伊勢湾・三河湾の沿岸部は, 1854 年安政東海地震や 1944 年昭和東南海地震など, 南海トラフ沿いで繰り返し発生する海溝型巨大地震にともなう地震や津波の被害を受けてきた地域である。また, 1891 年濃尾地震や 1945 年三河地震などの直下型地震による地震被害も繰り返し発生してきた。本地域の地質構造や活構造の特徴を明らかにすることは, このような地震災害に対する防災・減災対策を進めていく上で重要である。

愛知県内の沿岸部には, 伊勢湾の北側に濃尾平野, 三河湾の東側に東三河平野 (豊橋平野), 三河湾の北側に西三河平野 (岡崎平野) が分布する。このうち, 本研究が対象とした西三河平野は, 矢作川と境川が運搬した土砂により形成された東西約 20 km, 南北約 40 km の平野であり, その分布域は北北東-南南西方向に伸びる (第 1 図)。

西三河平野の地形は, 更新世に形成された段丘と, 更新世末期~完新世に形成された沖積低地から構成される。その地形面は, 空中写真判読や地表踏査などに基つき, 高位から, 藤岡面^{みよし}, 三好面^{こうも}, 拳母面^{へきかい}, 越戸面^{こしど}, 沖積面の 6 段に区分され (町田ほか, 1962; 森山, 1994), 大局的には, 地形面の標高は北北東から南南西に向かって低くなり, 三河湾や衣浦湾の海底面に連続する。平野の中央部と南西部に分布する碧海面の形成

*Correspondence

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)



第1図 対象地域の標高段彩図と大高一高浜断層の位置。

基図には、国土地理院の基盤地図情報（数値標高モデル）5 m メッシュを用いた。大高一高浜断層の位置は、牧本ほか（2004）と水野ほか（2009）に基づく。

Fig. 1 Elevation map of study area and location of Odaka-Takahama Fault.

Elevation data is based on 5 m grid data set provided by the Geospatial Information Authority of Japan. Location of the fault is referred to Makimoto *et al.* (2004) and Mizuno *et al.* (2009).

年代は、地形面の対比や構成層に含まれる火山灰の対比・編年などから、後期更新世の最終間氷期と推定されている（森山，1994；森山ほか，1997；牧野内ほか，2011）。一方で、平野の北東部に分布する三好面と挙母面の形成年代はこれまでに明らかになっていない。

西三河平野の地表や地下には、沖積層，更新統，鮮新統，中新統，基盤岩（領家帯の変成岩や花崗岩など）

が分布している（愛知県，2003；牧本ほか，2004；牧野内ほか，2011）。鮮新統は、東海層群と呼ばれ、平野の大部分では地下に埋没しているが、平野北東部の一部や衣浦湾を挟んで西側に位置する知多半島では、地表に広く露出している（町田ほか，1962；吉田・尾崎，1986；近藤・木村，1987；牧野内ほか，2011）。更新統は、下位より三好層，挙母層，碧海層，越戸層に区分

第1表 西三河平野の層序対比. 牧野内ほか (2011) より作成.

Table 1 Stratigraphic correlation of Nishimikawa Plain. The table is based on Makinouchi *et al.* (2011).

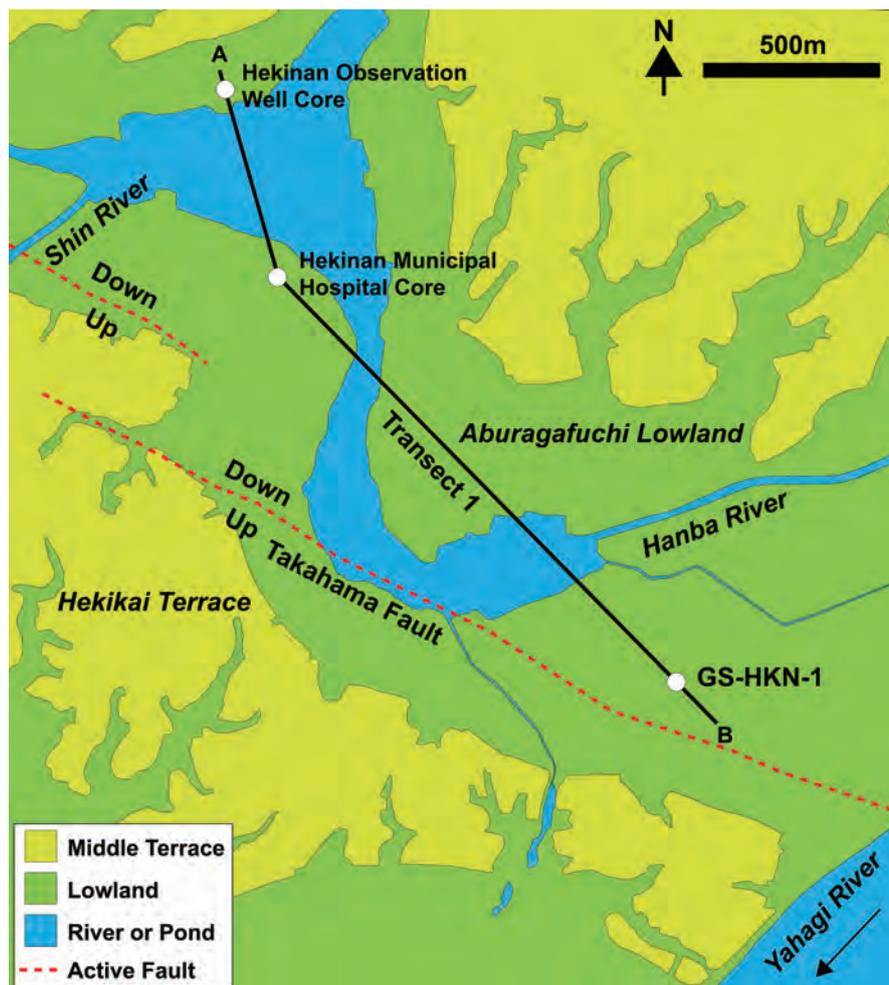
Geologic Age		Moriyama (1994) Moriyama <i>et al.</i> (1997) (Maximum thickness in m)	Makinouchi (2005) Makinouchi <i>et al.</i> (2011) This study (Maximum thickness in m)
Holocene		Alluvium (30)	Alluvium (30)
Pleistocene	Late Pleistocene		
	Middle Pleistocene	Hekikai Formation	Upper part (36) Middle part (15) Lower part (30) Basal gravel (15)
		Aburagafuchi Formation	Upper part (30) Basal gravel
Early Pleistocene			
Pliocene		Tokai Group	Tokai Group
Miocene			
Pre-Neogene		Basement rocks	Basement rocks

される (町田ほか, 1962; 森山, 1994; 牧野内ほか, 2011). 沖積層は, これらの段丘が河川によって開析されることで形成された低地沿いの地下に分布している (森山, 1994; 牧野内ほか, 2011). なお, 碧海層の地質年代区分は, 上部更新統のみとする区分 (牧野内, 2005; 牧野内ほか, 2011), 及び上部更新統だけではなく中部更新統まで含むという区分 (森山, 1994; 森山ほか, 1997) があるが (第1表), 本研究では, 暫定的に前者の区分を用いる. 碧海層の堆積年代は, 鬼界カルデラを噴出源とする約 95 ka に降下した火山灰である鬼界葛原テフラ (K-Tz) (町田・新井, 2003) が碧海層の海成泥層の最上部付近にクリプトテフラとして含まれていること (森山ほか, 1997), 及び濃尾平野の熱田層の堆積年代を参考として, 120 ka ~ 70 ka (海洋酸素同位体ステージ (以下 MIS) 5e ~ 5a) と推定された (牧野内ほか, 2011). しかし, 碧海面上の赤色土壌中にも K-Tz に由来する β -Qz や火山ガラスが含まれることが報告されており (牧野内ほか, 2003), 碧海層の堆積年代や碧海面の離水年代の推定には課題が残る.

牧野内ほか (2011) は, 油ヶ淵低地北部の碧南地盤沈下観測所で掘削された深度 98.5 m のオールコアボーリングの柱状図 (位置は第2図参照) から, 標高 -10 m

までが沖積層, 標高 -10 m ~ -30 m が碧海層, 標高 -30 m ~ -97.5 m が挙母層, 標高 -97.5 m ~ -98.5 m の半固結のシルト層を東海層群と解釈した (第3図). 牧野内ほか (2011) が挙母層とした地層については, 森 (1984) によって, 珪藻化石から複数の海成層の存在が指摘され, 一部は濃尾平野の海部累層に対比される可能性が示唆された. また, 森山ほか (1997) は, 油ヶ淵低地中部の碧南市民病院で掘削された深度 65 m のボーリングコア (位置は第2図参照) のコア試料中の珪藻化石を分析し, 森 (1984) と同様に碧海層よりも下位の更新統に複数の海成層が存在することを報告している (第3図). 以上のように, 西三河平野南西部の地下において, 碧海層より下位の層準の更新統については, 複数の海成層の存在から, 海水準変動に対応した複数の堆積サイクルが示唆されるが, その堆積年代や海洋酸素同位体ステージとの対比はこれまでに検討されていない.

本研究では, 上述した課題を踏まえ, 西三河平野南西部の油ヶ淵低地地下の更新統について, 堆積年代や海洋酸素同位体ステージとの対比を明らかにするために, 掘削深度 80 m のオールコアボーリングを実施し, コアの詳細な層相観察や放射性炭素年代測定, 花粉分析, 珪藻分析を実施した.



第2図 GS-HKN-1 コアの掘削位置と地形面区分.

高浜断層の位置は、今泉ほか編 (2018) に基づく。既存コアの位置は、牧野内ほか (2011) と森山ほか (1997) に基づく。

Fig. 2 Drilling site of GS-HKN-1 core and geomorphological classification map.

Location of the fault is referred to Imaizumi *et al.* (2018). Drilling sites of previous cores are based on Makinouchi *et al.* (2011) and Moriyama *et al.* (1997).

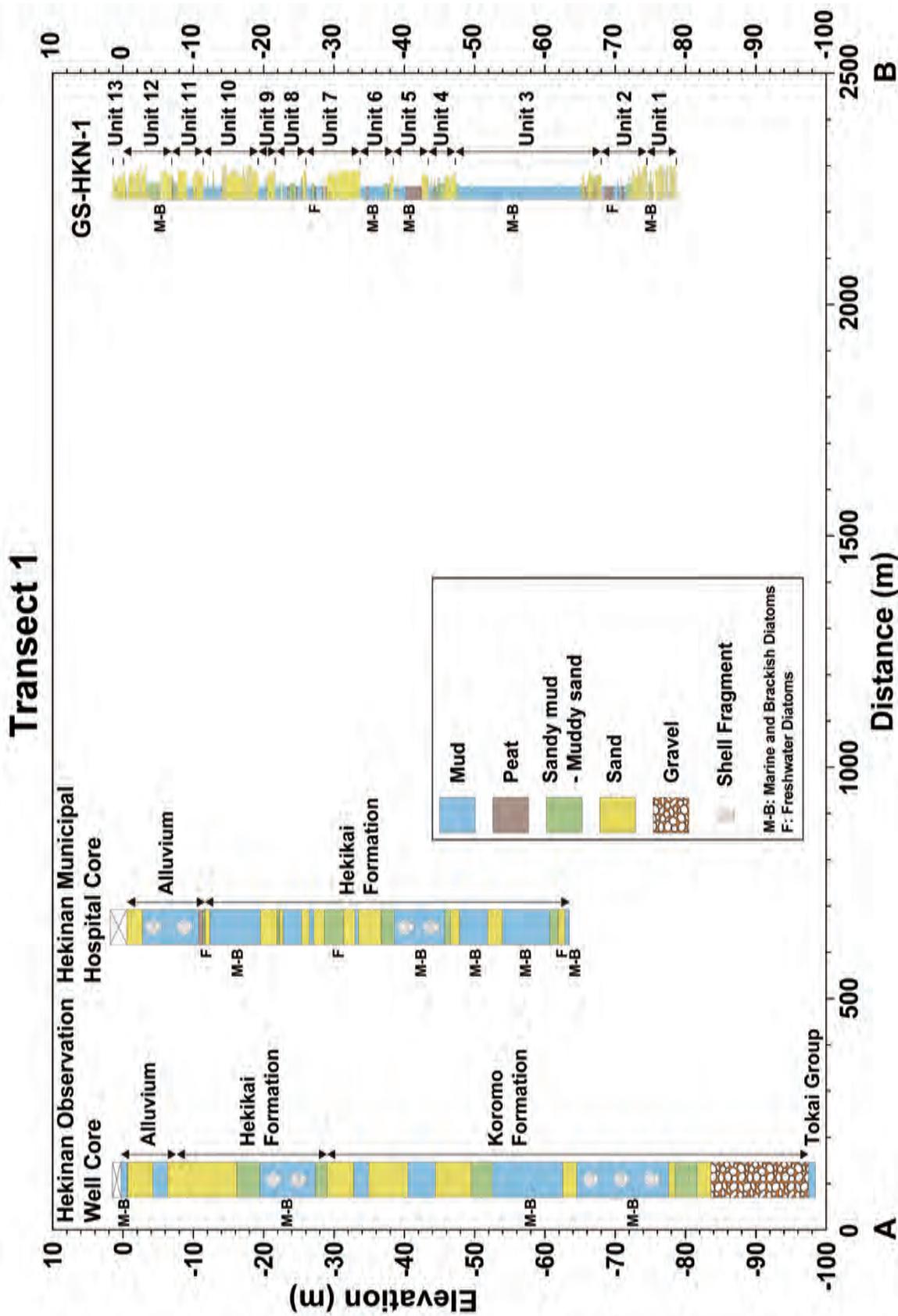
2. 調査及び分析方法

2.1 ボーリング調査の概要

ボーリング調査を行った油ヶ淵低地は、中位段丘（碧海面）の開析谷に分布し、油ヶ淵の周辺に広がる標高 0～4 m の沖積低地である（第2図）。現在、油ヶ淵は、はんば半場川などの小河川が流入しており、碧海面を人工的に開削することで形成された高浜川と新川を通して、衣浦湾に流出している。油ヶ淵は、古地図などの歴史史料に基づく、17世紀初頭までは、三河湾の一部の入江であった（安城市歴史博物館、2014）。1605年の矢作新川の開削によって、南東側の河口に土砂が堆積し、入江が砂州によって閉塞されることで、汽水湖となった（安城市歴史博物館、2014）。その後、河川による土砂の堆積や新田開発などの土地改変によって、油ヶ淵は現在の形となった（安城市歴史博物館、2014）。掘削

地点は、油ヶ淵低地の南東部に位置しており（第2図）、北側には油ヶ淵があり、西-南側には標高 7～10 m の中位段丘面（碧海面）が分布し、東側には矢作川が北東から南西方向に流れている。

オールコアボーリング（GS-HKN-1）は、愛知県碧南市縄手町の畑地（緯度：34°53'27.4"，経度：137°1'27.8"，孔口標高：1.38 m）で、2018年2月14日～3月19日にかけて深度 80 m まで掘削された。ボーリングコアは、ロータリー式ボーリング工法と打ち込みサンプラーで掘削され、コアの採取と収納はスリーブ内蔵二重管サンプラー（ダブルコアチューブ）と一重管サンプラーを用いた。採取コア径は 65 mm である。採取したコア試料は、実験室でワイヤーまたはコアカッターを用いて半割し、半割面の詳細な層相記載と写真撮影を行った。



第3図 測線1の地質断面図。

測線の位置は、第2図に示す。既存コアの柱状図と層序は、牧野内ほか(2011)と森山ほか(1997)に基づく。

Fig. 3 Geologic section of Transect 1.

Location of Transect 1 is shown in Fig. 2. Geologic column of previous cores is based on Makinouchi *et al.* (2011) and Moriyama *et al.* (1997).

第2表 放射性炭素年代測定結果.

Table 2 List of radiocarbon ages.

Depth (m)	Material	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Conventional ^{14}C age (yr BP)	Calibrated age (2 σ) cal BP	Lab. No. / Reference
3.34-3.35	wood fragment	-27.01 \pm 0.38	730 \pm 20	690-660	IAAA-180062
6.50-6.55	shell fragment	2.26 \pm 0.39	7250 \pm 30	7792-7635	IAAA-180063
8.37-8.40	plant fragment	-29.35 \pm 0.48	47740 \pm 580	N/A	IAAA-180721
9.56-9.59	wood fragment	-25.69 \pm 0.35	> 53810	N/A	IAAA-180064
11.75-11.76	wood fragment	-26.83 \pm 0.27	> 53950	N/A	IAAA-180065
12.07	wood fragment	-26.33 \pm 0.31	> 53880	N/A	IAAA-180066

第3表 花粉分析結果.

Table 3 Pollen analysis result.

Unit	11	10	9	8	7	6	5	4	3								2			
Top (m)	8.50	15.40	20.82	23.17	26.11	28.87	36.57	41.60	43.25	45.35	49.30	51.48	53.30	57.57	59.85	62.45	65.25	67.05	69.85	72.33
Bottom (m)	8.60	15.45	20.87	23.22	26.16	28.92	36.62	41.65	43.30	45.40	49.35	51.53	53.35	57.62	59.90	62.50	65.30	67.10	69.90	72.38
Sediment type	mud	p.mud	mud	mud	p.mud	mud	mud	p.mud	p.mud	mud	p.mud	p.mud	p.mud	p.mud						
<i>Pinus</i> (%)	17.4	9.3	11.5	17.7	12.3	6.0	36.6	53.6	44.9	4.7	22.7	49.3	44.9	74.2	24.3	6.5	7.1	17.4	18.8	0.0
<i>Cryptomeria</i> (%)	0.0	0.0	6.0	25.4	0.0	17.0	0.0	1.3	0.0	2.4	0.0	0.9	0.9	0.0	1.9	2.6	4.2	1.4	0.8	0.0
<i>Alnus</i> (%)	0.9	26.3	30.7	24.1	63.4	46.4	0.8	2.6	3.0	45.7	4.8	4.7	5.6	0.9	5.2	9.5	8.5	7.0	37.6	17.6
<i>Fagus</i> (%)	67.0	1.6	29.8	10.8	15.4	11.9	50.2	12.9	12.8	11.8	29.7	19.1	19.7	14.3	31.9	36.2	12.3	45.5	5.3	4.8
<i>Quercus</i> subgen. <i>Lepidobalanus</i> (%)	1.3	3.2	6.4	0.9	1.8	0.9	2.7	14.6	26.9	12.6	10.9	7.9	13.7	5.1	27.1	31.0	52.4	18.3	28.6	66.7
<i>Quercus</i> subgen. <i>Cyclobalanopsis</i> (%)	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	1.7	0.0	18.3	2.3	3.4	1.4	2.9	4.3	0.9	0.9	0.8	1.9
<i>Ulmus-Zelkova</i> (%)	7.1	39.7	4.6	9.5	1.3	5.1	1.9	0.9	0.0	1.6	2.2	3.3	4.3	1.4	0.0	2.6	1.9	1.4	2.3	1.0
Others (%)	6.3	19.0	11.5	12.1	6.2	12.8	7.8	12.4	10.7	21.3	11.4	12.6	7.7	2.8	6.7	7.3	12.7	8.5	6.0	8.1

2.2 放射性炭素年代測定

コア試料から採取した植物片と貝化石など計6点について、加速器質量分析法 (AMS法) による放射性炭素年代測定を加速器分析研究所に依頼して測定した。年代測定結果は、Oxcal v4.3.2 (Ramsey, 2017) を用いて暦年較正した。較正のためのデータセットには、IntCal13 及び Marine13 (Reimer *et al.*, 2013) を用いた。放射性炭素年代の測定結果は、第2表にまとめた。

2.3 微化石分析

堆積物に含まれる珪藻化石と花粉化石を分析した。珪藻化石分析は、43試料を処理し、うち24試料から珪藻化石が産出し、珪藻化石群集から推定される堆積環境について検討した。花粉化石分析は、パリノ・サーヴェイ株式会社に分析を依頼し、試料処理をした23試料のうち20試料から花粉化石が産出した。今回は、堆積物中から産出した花粉化石のうち木本化石についてのみ検討した。花粉化石の分析結果は、第3表にまとめた。

3. コア記載とユニット区分

ユニット区分は、層相の上下が侵食面などの明瞭な境界であり、中粒砂層～細礫層などの粗粒な堆積物から泥層～砂質泥層などの細粒な堆積物へと、上位に向かって粒径が小さくなる堆積物を一つの層相ユニットと解釈した(第4図, 第5図A～D)。各ユニットごとに、層相、珪藻化石群集、花粉化石群集を以下に記載する。

3.1 ユニット1

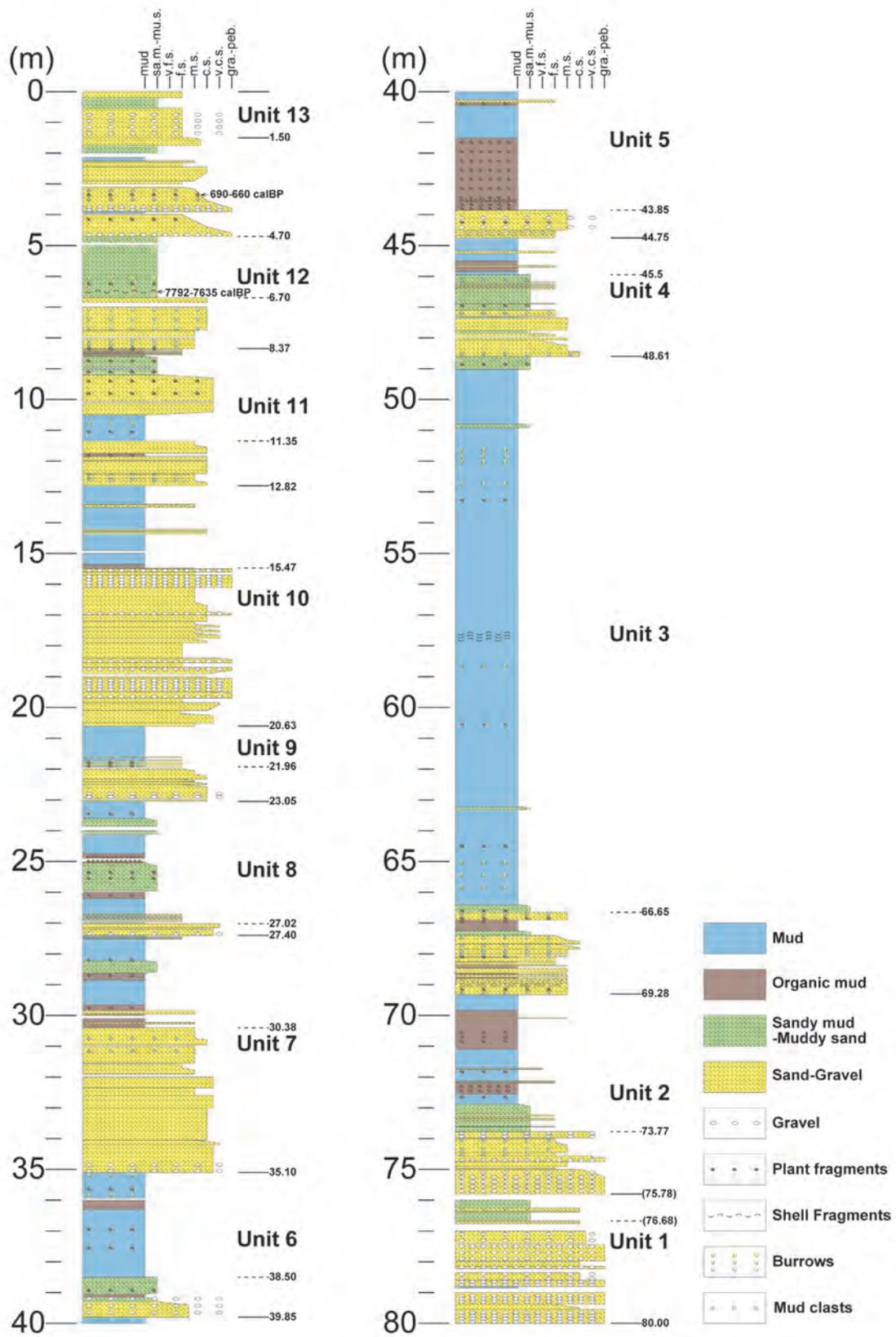
深度: 80.0 m (孔底) ~ 75.78 m

層相: 下部(深度80.0 m ~ 76.68 m) と上部(深度76.68 m ~ 75.78 m) に分けられる(第4図, 第5図A)。下部は、最大径2 cm ~ 5 cmの垂角～垂円礫からなる礫層を主体とし、細粒砂～粗粒砂層を挟む。深度79.53 m ~ 78.38 mの細粒砂～粗粒砂層は上方細粒化を呈する。砂～砂礫層の堆積構造は明瞭でなく、礫層は礫支持である。上部は、全体的に生物擾乱が発達する巢穴化石を含む砂質泥層を主体とし、薄い粗粒砂層を挟む。

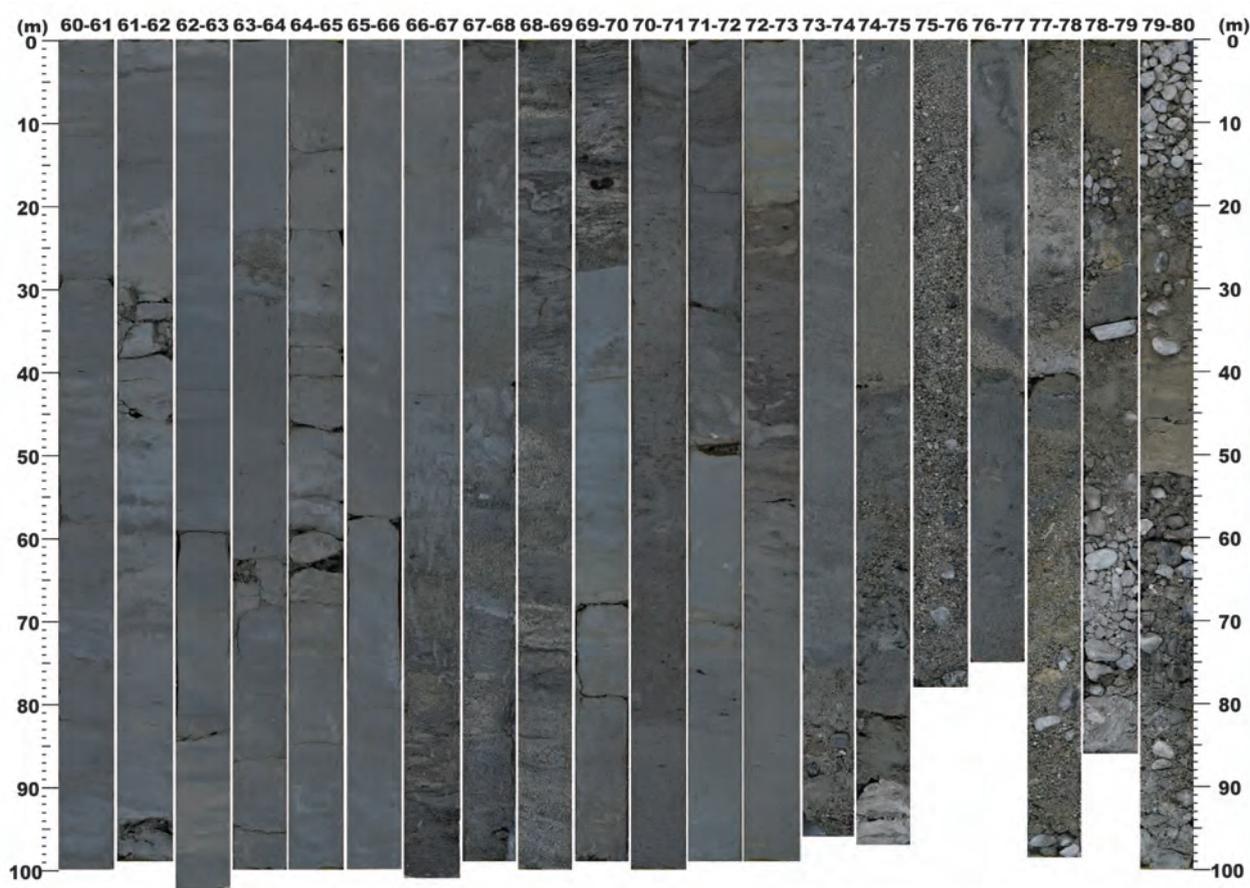
珪藻化石: 上部の深度76.52 m ~ 76.50 mの砂質泥層からは浮遊性海～汽水生種である *Cyclotella* cf. *litoralis* や *Actinocyclus* sp. が多く産出した。淡水生種である *Aulacoseira* spp. も少し含まれる。浅海生の化石珪藻である *Lanceinis rectilatus* (Naya, 2010) が産出する。

花粉化石: 花粉化石は分析していない。

層相の解釈: 下部の砂～砂礫層は、礫は垂角～垂円礫を主体とすること、砂層は一部で上方細粒化すること、泥質分をほとんど含まないことから、チャンネル堆積物と考えられる。上部は、全体的に泥質であり、生物擾乱が発達し、巢穴化石や海水～汽水生種の珪藻化石が含まれることから内湾やラグーンの堆積物と考えられる。上部が内湾～ラグーンの堆積物と解釈されることを考慮すると、下部の砂～砂礫層はそれに近い堆積環境として、河川成のチャンネル堆積物と考えられる。



第4図 GS-HKN-1 コアの柱状図。
Fig. 4 Geological column of GS-HKN-1 core.



第5図A GS-HKN-1 コアの写真 (深度 60 m ~ 80 m).

Fig. 5A Core photographs of GS-HKN-1 core (Depth 60 m-80 m).

3.2 ユニット2

深度：75.78 m ~ 69.28 m

層相：下部（深度 75.78 m ~ 73.77 m）と上部（深度 73.77 m ~ 69.28 m）に分けられる（第4図, 第5図A）。下部は、最大径 1.5 cm ~ 3 cm の亜角～亜円礫からなる礫層と礫混じりの粗粒砂～極粗粒砂層を主体とし、細粒砂～中粒砂層を挟む。砂～砂礫層はしばしば細礫～粗粒砂、中粒砂～細粒砂に上方細粒化する。細粒砂～中粒砂層は泥の偽礫を含む。上部の深度 73.77 m ~ 72.88 m は薄い細粒砂層を挟む砂質泥層で、上位の泥層に漸移的に連続する。上部の深度 72.88 m ~ 69.28 m は植物片を含む泥層～有機質泥層で、極細粒砂～中粒砂の薄層を挟む。

珪藻化石：上部の深度 70.80 m ~ 70.75 m の有機質泥層からは、付着性淡水生種である *Pinnularia* spp. や *Eunotia* sp. などが少し産出した。

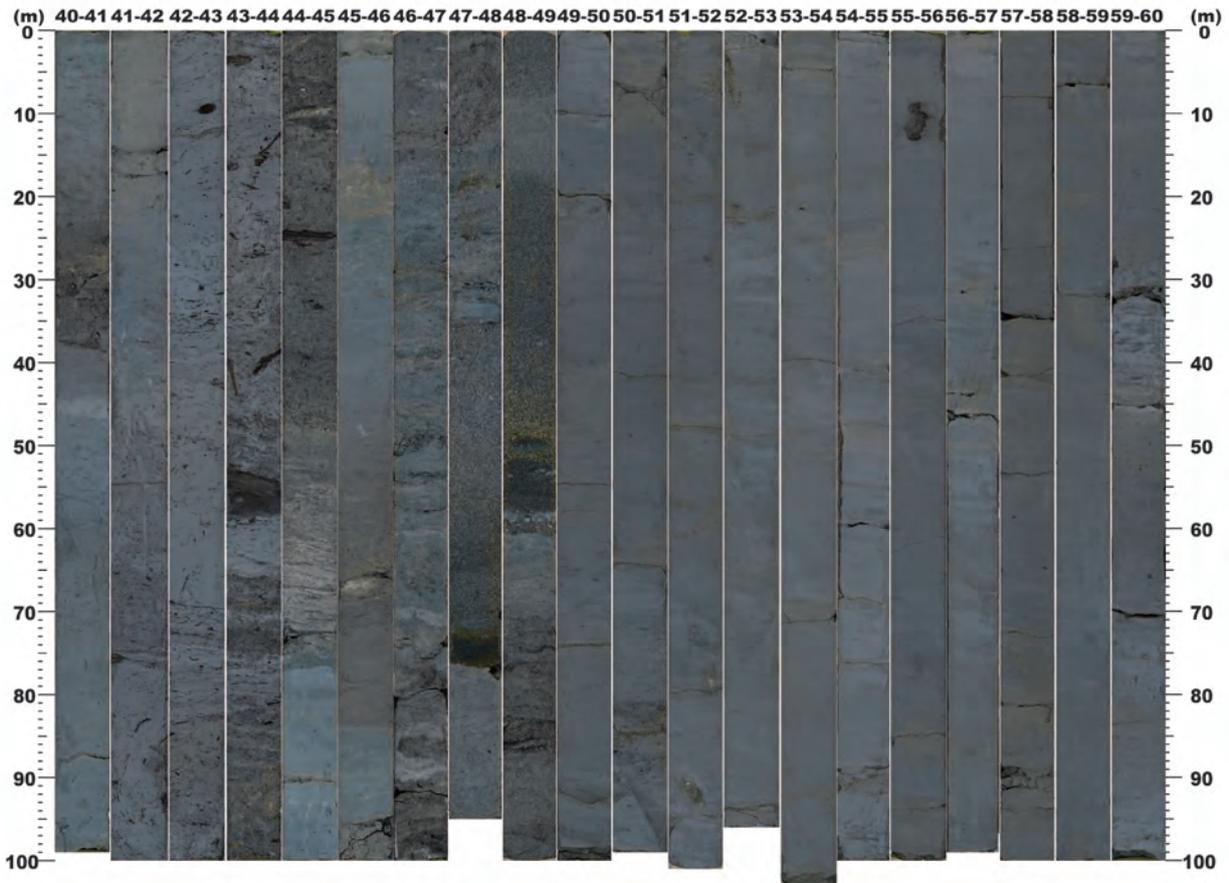
花粉化石：上部の有機質泥層（深度 72.38 m ~ 72.33 m, 69.90 m ~ 69.85 m）では、コナラ亜属 (*Quercus* subgen. *Lepidobalanus*) が 28.6 ~ 66.7 %, ハンノキ属 (*Alnus*) が 17.6 ~ 37.6 % と多産し、深度 69.90 m ~ 69.85 m ではマツ属 (*Pinus*) も 18.8 % と多産する。

層相の解釈：下部の砂～砂礫層は、礫層は亜角～亜円礫を主体とすること、一部で上方細粒化すること、泥の偽礫を含むことから、河川成のチャンネル堆積物と考えられる。上部の泥層～砂質泥層は、淡水生種の珪藻化石が産出すること、植物片を多く含み有機質であること、また、下位の河川成のチャンネル堆積物に近い堆積環境として、後背湿地堆積物と考えられる。

3.3 ユニット3

深度：69.28 m ~ 48.61 m

層相：下部（深度 69.28 m ~ 66.65 m）と上部（深度 66.65 m ~ 48.61 m）に分けられる（第4図, 第5図A～B）。下部は細粒砂～粗粒砂層を主体とし、有機質泥層や砂質泥層～泥質砂層を挟む。下部の深度 69.28 m ~ 68.80 m の中粒砂層は、平行～斜交葉理が観察され、植物片や泥の偽礫を含む。下部の細粒砂～粗粒砂層は、しばしば上方細粒化し、泥の偽礫や植物片を含む。下部の有機質泥層は、植物片を含む。上部は、全体的に生物擾乱が発達する泥層を主体とし、巣穴化石を多く含み、極細粒砂がパッチ状に挟まれる。深度 57.83 m ~ 57.43 m に 1 mm ~ 3 mm の貝殻片が濃集する。深度 48.61 m



第5図B GS-HKN-1 コアの写真（深度40 m～60 m）.
Fig. 5B Core photographs of GS-HKN-1 core (Depth 40 m-60 m).

～49.01 m, 50.80 m～50.93 m, 63.23 m～63.32 m, 66.40 m～66.65 m は生物擾乱が強く砂質泥層，最上部では泥層から砂質泥層に漸移的に変化する。

珪藻化石：下部の深度67.10 m～67.05 mの有機質泥層からは付着性淡水生種である *Cymbella* spp. や *Luticola* spp., *Gomphonema* spp. などが産出した。深度65.30 m～65.25 mの泥層からは，浮遊性海～汽水生種である *Cyclotella* cf. *litoralis* や *Actinocyclus* sp., 淡水生種である *Aulacoseira granulata* が産出した。深度49.35 m～49.30 m, 51.53 m～51.48 m, 53.35 m～53.30 m, 57.62 m～57.57 m, 59.90 m～59.85 m, 62.50 m～62.45 m は，浮遊性海～汽水生種である *Cyclotella* cf. *litoralis* が多くみられ，浮遊性海生種の *Paralia sulcata* も多くの試料で産出した。浅海生の化石珪藻である *Lancineis rectilatus* は，49.35 m～49.30 m, 51.53 m～51.48 m, 53.35 m～53.30 m, 59.90 m～59.85 m, 62.50 m～62.45 m の試料から産出した。

花粉化石：下部の有機質泥層（深度67.10 m～67.05 m）では，ブナ属 (*Fagus*) が45.5%，コナラ亜属 (*Quercus* subgen. *Lepidobalanus*) が18.3%，マツ属 (*Pinus*) が17.4%と多産する。上部の泥層（深度49.35 m～30 m,

51.53 m～51.48 m, 53.35 m～53.30 m, 57.62 m～57.57 m, 59.90 m～59.85 m, 62.50 m～62.45 m）では，コナラ亜属が5.1～52.4%で大局的には上位に向かって減少し，ブナ属は12.3～31.9%で多産し，マツ属は，下部の有機質泥層～泥層（深度62.50 m～62.45 m, 65.30 m～65.25 m）では6.5～7.1%と多くないが，それより上位の泥層（深度49.35 m～30 m, 51.53 m～51.48 m, 53.35 m～53.30 m, 57.62 m～57.57 m, 59.90 m～59.85 m,）では22.8～74.1%と多産する，アカガシ亜属 (*Quercus* subgen. *Cyclobanopsis*) は，泥層の最上部（深度49.35 m～30 m）で18.3%と多産する。

層相の解釈：下部の砂層は，一部に平行～斜交葉理が観察され，植物片や泥の偽礫を含む。砂層は，淡水生種の珪藻化石や植物片を含む有機質泥層が挟む。以上から，下部は河川成の氾濫原堆積物で，砂層は自然堤防堆積物やチャンネル堆積物，泥層は後背湿地堆積物と考えられる。上部の泥層は，全体的に生物擾乱が発達し，巣穴化石や貝殻片，海水～汽水生種の珪藻化石を含むことから，内湾の堆積物と考えられる。また，上部の泥層は，下部では淡水生種の珪藻化石が含まれるが，中部～上部では含まれないことから，上位に向かっ

て海進が進み、堆積環境が変化したことが示唆される。さらに、上部の泥層の最上部では砂質泥層に漸移することから、浅海化した可能性が考えられる。

3.4 ユニット4

深度：48.61 m～44.75 m

層相：下部（深度48.61 m～45.50 m）と上部（深度45.50 m～44.75 m）に分けられる（第4図、第5図B）。下部は、細粒砂～粗粒砂層と砂質泥層を主体とする。砂層は、しばしば泥の偽礫を含み、上方細粒化する。砂質泥層は、しばしば植物片や泥の偽礫を含み、細粒砂の薄層や腐食層を挟む。上部は、泥層～有機質泥層を主体とし、薄い細粒砂層を挟む。

珪藻化石：上部の深度45.40 m～45.35 m、45.85 m～45.80 mの泥層を分析したが、珪藻化石は産出しなかった。

花粉化石：上部の泥層（深度45.40 m～35 m）では、ハンノキ属 (*Alnus*) が45.7 %、コナラ亜属 (*Quercus* subgen. *Lepidobalanus*) が12.6 %、ブナ属 (*Fagus*) が11.8 %、と多産する。

層相の解釈：下部の砂層は、泥の偽礫を含み、上方細粒化が観察されることから、河川成のチャンネル堆積物や自然堤防堆積物と考えられる。下部の砂質泥層は、泥の偽礫や植物片を含み、薄い細粒砂層や腐食層を挟むことから、後背湿地堆積物と考えられる。上部の泥層～有機質泥層は、珪藻化石が産出せず、詳細な堆積環境は不明だが、泥層や有機質泥層が卓越することから、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、海成・非海成の判断は現段階では難しい。

3.5 ユニット5

深度：44.75 m～39.85 m

層相：下部（深度44.75 m～43.85 m）と上部（深度43.85 m～39.85 m）に分けられる（第4図、第5図B～C）。下部は、細粒砂～中粒砂層からなる。深度44.75 m～44.50 mの細粒砂層には斜交葉理が観察され、深度44.50 m～43.85 mの中粒砂層は最大径5 mmの亜角～亜円礫と植物片を含む。上部は、深度43.85 m～41.50 mの植物片を多く含む有機質泥層から深度41.50 m～39.85 mの泥層に漸移的に変化する。

珪藻化石：深度41.65 m～41.60 m、42.60 m～42.55 m、43.30 m～43.25 mの有機質泥層からは、浮遊性海～汽水生種である *Cyclotella* cf. *litoralis*、附着性海～汽水性種である *Tryblionella granulata*、*T. compressa*、*Giffenia cocconeiformis*などが産出し、浅海生の珪藻化石である *Lancineis rectilatus*も産出した。

花粉化石：上部の有機質泥層では、マツ属 (*Pinus*) が

45.0～53.6 %、コナラ亜属 (*Quercus* subgen. *Lepidobalanus*) が14.6～26.9 %、ブナ属 (*Fagus*) が12.8～12.9 %と多産する。

層相の解釈：下部の砂層は、斜交葉理が観察されることや、亜角～亜円礫や植物片を含むことから、河川成のチャンネル堆積物や自然堤防の堆積物と考えられる。上部は、泥層～有機質泥層が卓越することや浮遊性種に加え附着性海水～汽水生種の珪藻化石が産出することから内湾や干潟の堆積物と考えられる。また、植物片を多く含む有機質泥層から、上位の植物片を含まない泥層には漸移的に変化することから、植生が繁茂もしくは河川から植物片が多く供給される水深が浅い環境から、海進に伴って内湾環境へ変化したと考えられる。

3.6 ユニット6

深度：39.85 m～35.10 m

層相：下部（深度39.85 m～38.50 m）と上部（深度38.50 m～35.10 m）に分けられる（第4図、第5図C）。下部は、全体的に淘汰が悪く、下位から、最大径5 mmの亜角～亜円礫を含む中粒～粗粒砂層、その上位は最大径5 mmの亜角～亜角礫を含む砂質泥層、有機質泥層、植物片を含む砂質泥層が漸移的に連続する。上部は、全体的に生物擾乱が強く、植物片や巣穴化石を含む泥層と有機質泥層からなる。

珪藻化石：上部の深度35.55 m～35.50 m、36.62 m～36.57 m、37.95 m～37.90 mの泥層からは、破片が多く産出は悪いが、浮遊性海～汽水生種である *Cyclotella* cf. *litoralis*、附着性海～汽水性種である *Tryblionella granulata*、*Giffenia cocconeiformis*などが確認された。

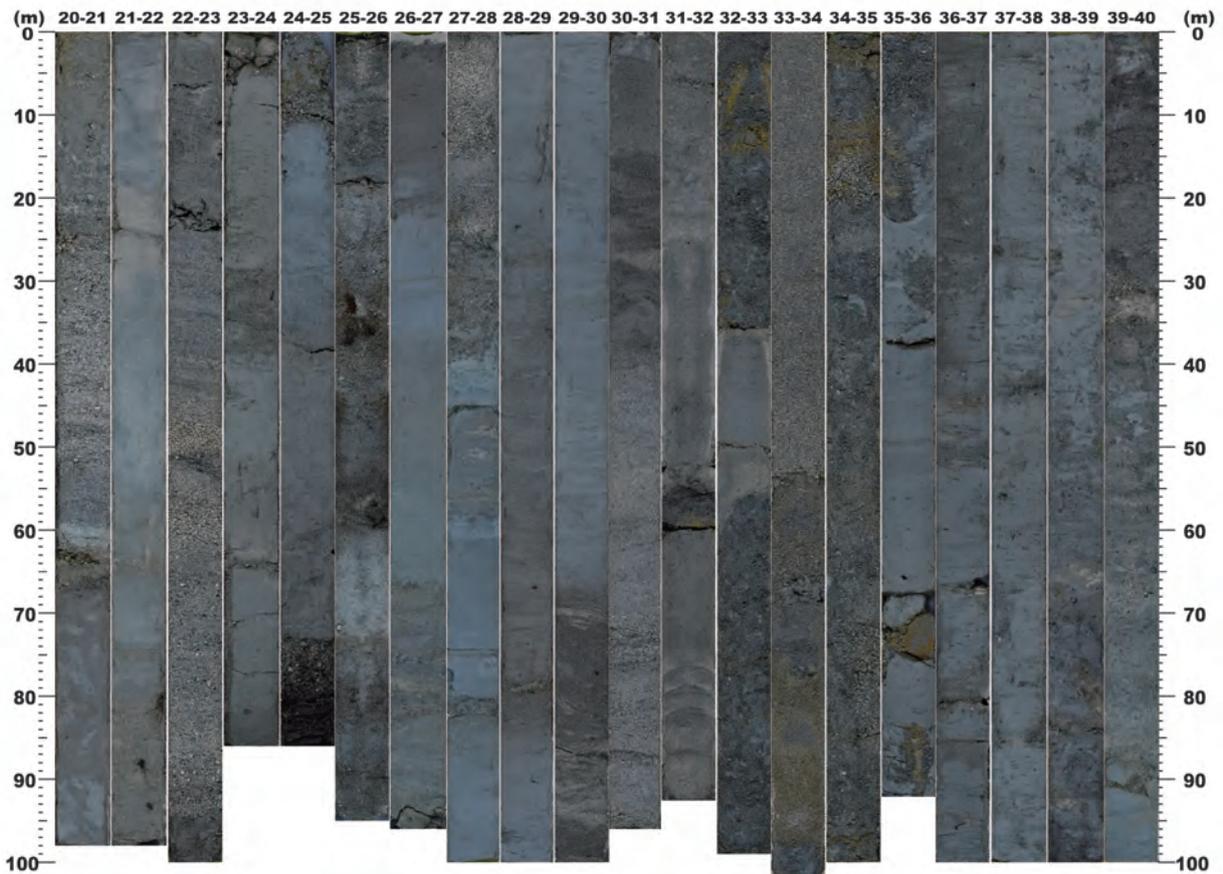
花粉化石：上部の泥層（深度36.62 m～36.57 m）では、ブナ属 (*Fagus*) が50.2 %、マツ属 (*Pinus*) が36.6 %と多産する。

層相の解釈：下部の砂層と砂質泥層は亜角～亜円礫を含むことから河川成のチャンネル堆積物、その上位の有機質泥層と砂質泥層は植物を含むことから、後背湿地堆積物と考えられる。上部の泥層と有機質泥層は、全体的に生物擾乱が発達し、巣穴化石や浮遊性及び附着性の海水～汽水生珪藻化石を含むことから、内湾や干潟堆積物と考えられる。

3.7 ユニット7

深度：35.10 m～27.40 m

層相：下部（深度35.10 m～30.38 m）と上部（深度30.38 m～27.40 m）に分けられる（第4図、第5図C）。下部は、中粒～粗粒砂層を主体とする。下部の砂層は一部で上方細粒化し、最大径5 mmの亜角～亜円礫や泥の偽礫を含む。上部は、植物片を含む有機質泥層と泥



第5図C GS-HKN-1 コアの写真 (深度 20 m ~ 40 m).

Fig. 5C Core photographs of GS-HKN-1 core (Depth 20 m-40 m).

層を主体とし，下位の有機質泥層は中粒砂の薄層を挟み，泥層から砂質泥層に漸移的に変化し，その上位は泥層に漸移する。

珪藻化石：上部の深度 28.92 m ~ 28.87 m の泥層からはほとんど珪藻は産出しなかったが，附着性淡水生種の *Cymbella* sp. や *Epithemia* sp. の欠片が観察された。

花粉化石：上部の泥層 (28.92 m ~ 28.87 m) では，ハンノキ属 (*Alnus*) が 46.4 %，スギ属 (*Cryptomeria*) が 17.0 %，ブナ属 (*Fagus*) が 11.9 % と多産する。

層相の解釈：下部の砂層は，一部で上方細粒化し，亜角～亜円礫や泥の偽礫を含むことから，チャンネル堆積物と考えられる。上部の有機質泥層と泥層，砂質泥層は，植物片を含み，淡水生種の珪藻化石が産出することから，後背湿地堆積物と考えられる。

3.8 ユニット 8

深度：27.40 m ~ 23.05 m

層相：下部 (深度 27.40 m ~ 27.02 m) と上部 (深度 27.02 m ~ 23.05 m) に分けられる (第 4 図，第 5 図 C)。

下部は，中粒～極粗粒砂層からなる。基底部の粗粒砂～極粗粒砂層は最大径 5 mm の亜角～亜円礫を含む。

上部は，泥層と有機質泥層を主体とする。上部の深度 26.96 m ~ 26.70 m は泥層と細粒砂層の砂泥互層で，深度 25.95 m ~ 25.02 m は植物片を含む砂質泥層であり，上位の植物片が濃集する有機質泥層及び泥層に漸移する。

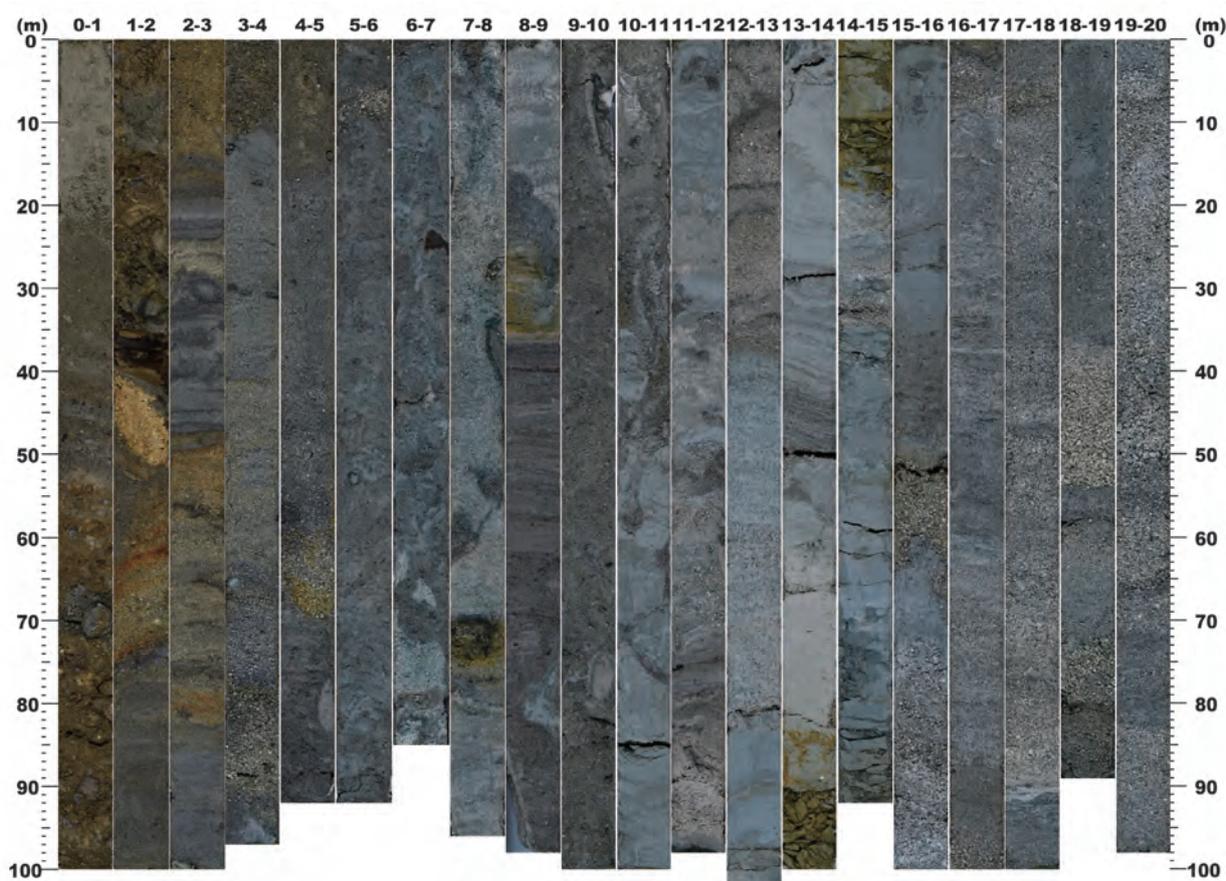
珪藻化石：珪藻化石は産出しなかった。

花粉化石：上部の有機質泥層 (深度 26.16 m ~ 26.11 m) では，ハンノキ属 (*Alnus*) が 63.4 %，マツ属 (*Pinus*) が 12.3 %，ブナ属 (*Fagus*) が 11.9 % と多産する。上部の泥層 (深度 23.22 m ~ 23.17 m) では，スギ属 (*Cryptomeria*) が 25.4 %，ハンノキ属が 24.1 %，マツ属が 17.7 %，ブナ属が 10.8 % と多産する。

層相の解釈：下部の中粒～極粗粒砂層は，亜角～亜円礫の礫を含むことから，河川成のチャンネル堆積物と考えられる。上部は，泥層と有機質泥層が卓越することや，植物片を多く含むことら，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，詳細な堆積環境は不明である。

3.9 ユニット 9

深度：23.05 m ~ 20.63 m



第5図D GS-HKN-1 コアの写真 (深度0 m ~ 20 m).

Fig. 5D Core photographs of GS-HKN-1 core (Depth 0 m-20 m).

層相：下部（深度 23.05 m ~ 21.96 m）と上部（深度 21.96 m ~ 20.63 m）に分けられる（第4図, 第5図C）。下部は、細粒砂～粗粒砂層を主体とする。基底部の粗粒砂層は最大径 5 mm の亜角～亜円礫を含み、上方細粒化する。その粗粒砂層より上位の細粒砂～粗粒砂層も上方細粒化する。上部は、泥層を主体とし、細粒砂層の薄層を挟み、植物片を含む。

珪藻化石：深度 21.20 m ~ 21.15 m, 20.87 m ~ 20.82 m の泥層を分析したが、珪藻化石は産出しなかった。

花粉化石：上部の泥層（深度 20.87 m ~ 20.82 m）では、ハンノキ属 (*Alnus*) が 30.7%, ブナ属 (*Fagus*) が 29.8%, マツ属 (*Pinus*) が 11.5% と多産する。

層相の解釈：下部の砂層は、亜角～亜円礫を含み、上方細粒化することから、河川成のチャンネル堆積物と考えられる。上部は、泥層が卓越し、植物片を含むことから、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、詳細な堆積環境は不明である。

3.10 ユニット 10

深度：20.63 m ~ 12.82 m

層相：下部（深度 20.63 m ~ 15.47 m）と上部（深度 15.47 m ~ 12.82 m）に分けられる（第4図, 第5図C～D）。下部は、最大径 0.5 cm ~ 1 cm の亜角～亜円礫からなる礫層と中粒砂～極粗粒砂層を主体とする。砂層～砂礫層は、しばしば上方細粒化もしくは上方粗粒化する。上部は、泥層を主体とし、細粒砂～中粒砂層の薄層を挟む。特に、深度 13.42 m ~ 13.50 m の細粒砂層は、基底部に明瞭な侵食面が観察され、斜交葉理が発達する。

珪藻化石：深度 15.45 m ~ 15.40 m, 15.39 m ~ 15.36 m の有機質泥層, 深度 15.20 m ~ 15.15 m, 15.14 m ~ 15.12 m, 14.77 m ~ 14.72 m, 13.80 m ~ 13.75 m, 12.90 m ~ 12.80 m の泥層を分析したが、全ての試料から珪藻化石は産出しなかった。

花粉化石：上部の泥層（深度 15.45 m ~ 15.40 m）では、ニレーケヤキ属 (*Ulmus-Zelkova*) が 39.7%, ハンノキ属 (*Alnus*) が 26.3% と多産する。深度 14.77 m ~ 14.72 m の泥層では花粉化石が全く産出しなかった。深度 13.80 m ~ 13.75 m の泥層では、花粉化石はほとんど産出しなかった。

層相の解釈：下部の砂～砂礫層は、礫は亜角～亜円礫を主体とすること、砂層はしばしば上方細粒化や上方

粗粒化することから，チャネルや自然堤防の堆積物と考えられる。上部の泥層は，泥層が卓越することから，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，詳細な堆積環境は不明である。上部の泥層中に挟まれる深度 13.42 m～13.50 m の細粒砂層は，基底部に明瞭な侵食面が見られ，斜交葉理が発達することから，洪水やストーム，津波などの発生に伴うイベント層と解釈される。

3.11 ユニット 11

深度：12.82 m～8.37 m

層相：下部（深度 12.82 m～11.75 m）と上部（深度 11.75 m～8.37 m）に分けられる（第 4 図，第 5 図 D）。下部は，中粒砂～粗粒砂層を主体とし，深度 11.85 m～11.75 m に植物片を含む有機質泥層を挟む，基底部の中粒砂～粗粒砂層は平行葉理が発達し，泥の偽礫を含む。上部は，下位から，泥層，粗粒砂～極粗粒砂層，砂質泥層，泥層と細粒砂層の薄層の砂泥互層と漸移的に変化する。深度 11.35 m～10.50 m の泥層は，生物擾乱が全体的に発達し，巣穴化石と植物片を含む。深度 10.50 m～9.20 m の粗粒砂～極粗粒砂層と深度 9.20 m～8.62 m の砂質泥層は，生物擾乱が全体的に発達し，巣穴化石と植物片を含み，硫化物が析出する。深度 8.62 m～8.37 m の砂泥互層は硫化物が析出する。

珪藻化石：深度 11.20 m～11.10 m，10.70 m～10.60 m の泥層，及び深度 8.90 m～8.80 m の砂質泥層を分析したが，全ての試料から珪藻化石は産出しなかった。

花粉化石：上部の泥層（深度 8.60 m～8.50 m）では，ブナ属 (*Fagus*) が 67.0%，マツ属 (*Pinus*) が 17.4% と多産する。深度 10.90 m～10.80 m の泥層では花粉化石がほとんど産出しなかった。

放射性炭素年代：深度 12.07 m，深度 11.75 m～76 m，深度 9.56 m～9.59 m で採取した木片の放射性炭素年代 (Conventional Radiocarbon Age) は，それぞれ >53,880 BP，>53,950 BP，>53,810 BP で，試料中の ^{14}C 濃度はほぼバックグラウンドと同じレベルの測定値である。深度 8.37 m～8.40 m で採取した植物片の採取した放射性炭素年代は， $47,740 \pm 580$ BP で，較正年代が較正プログラム (OxCal v4.3.2) の暦年較正曲線で較正可能な範囲を超える古い年代値であった。以上のことから，これらの層準は沖積層ではなく，更新統と推定される。

層相の解釈：下部の中粒～粗粒砂層は，基底部で平行葉理が発達し，泥の偽礫を含むことから河川成のチャネル堆積物と考えられる。下部の泥層は，全体的に有機質で植物片を含むことから，後背湿地堆積物と考えられる。上部の泥層や砂層，砂質泥層は，海成層の特徴の一つである硫化物の析出が全体的に観察され，巣穴化石を含むことから，海水～汽水域の堆積物の可能

性が高い。上部の最上部の細粒砂層と泥層の砂泥互層は，硫化物の析出から海成層と考えられ，潮間帯の堆積物の可能性がある。

3.12 ユニット 12

深度：8.37 m～1.50 m

層相：下部（深度 8.37 m～6.70 m）と中部（深度 6.70 m～4.70 m），上部（深度 4.70 m～1.50 m）に分けられる（第 4 図，第 5 図 D）。下部は，全体的に生物擾乱が発達し，巣穴化石を含み，硫化物が析出する中粒～粗粒砂層である。中部は，全体的に生物擾乱が発達し，巣穴化石や貝殻片，植物片を含み，硫化物が析出する砂質泥層である。上部は，細粒層～礫層を主体とし，植物片や泥の偽礫を含み，泥層の薄層を挟む。上部の砂～砂礫層は，深度 4.70 m～4.00 m と深度 3.90 m～3.11 m で，最大径 0.5 cm の礫層から細粒砂層に上方細粒化する。

珪藻化石：下部の深度 7.60 m～7.50 m の粗粒砂層と深度 6.50 m～4.00 m の砂質泥層から海水生種が，深度 5.60 m～5.50 m の砂質泥層からは，産出は極めて悪いが，*Paralia sulcata*，*Tryblionella granulata* などの海水～汽水生種が確認された。

花粉化石：花粉化石は分析していない。

放射性炭素年代：深度 6.50 m～6.55 m で採取した貝殻片の暦年較正年代 (Calibrated Age) は 7,792～7,635 cal BP (2 σ) であった。深度 3.34 m～3.35 m で採取した木片の暦年較正年代は 690～660 cal BP (2 σ) であった。

層相の解釈：下部の中粒～粗粒砂層は，全体的に生物擾乱が発達し，海水生の珪藻化石と巣穴化石を含み，硫化物が析出することから海成層と考えられる。中部の砂質泥層は，全体的に生物擾乱が発達し，海水～汽水種の珪藻化石と巣穴化石，貝殻片を含み，硫化物が析出することから海成層と考えられる。上部の細粒砂層～砂礫層は植物片や泥の偽礫を含み，上方細粒化も観察されることから，河川成のチャネル堆積物や自然堤防堆積物と考えられる。放射性炭素年代値を参考にすると，中部の砂質泥層は，縄文海進にともなう海成層，上部はその後の海退に伴う河成層と考えられる。

3.13 ユニット 13

深度：1.50 m～0 m

層相：深度 1.50 m～0.53 m は礫径 0.2 cm～5 cm の角礫を含む淘汰が悪い細粒砂層，深度 0.53 m～0.20 m は淘汰が悪い砂質泥層～泥質砂層，最上部の深度 0.20 m～0 m は空隙率が高く，淘汰の悪い細粒砂層からなる（第 4 図，第 5 図 D）。

層相の解釈：掘削地点は，江戸時代以前は内湾の一部であり，江戸時代以降に土地改良が行われた。土地改

良後は、水田として利用され、その後埋め立てられ、現在畑地として利用されている。これらの土地改良と土地利用の歴史も考慮すると、下部の細粒砂層は、含まれる礫径の幅が大きく、角礫を主体とし、淘汰が悪いことから埋土と考えられる。上部の砂質泥層～泥質砂層と細粒砂層は淘汰が悪いことや、現在の土地利用を考慮すると、耕作土と考えられる。

4. 微化石群集の垂直変化

4.1 花粉化石群集

花粉化石群集の全体的な特徴（第6図）をみると、ブナ属（*Fagus*）やマツ属（*Pinus*）の産出割合が下位から上位にわたって高いことがわかる。ほかの属での垂直変化をみると、下位のユニット2～5においてコナラ属コナラ亜属（*Quercus* subgen. *Lepidobalanus*）とコナラ属アカガシ亜属（*Quercus* subgen. *Cyclobanopsis*）、それより上位ではハンノキ属（*Alnus*）の産出が特徴的である。楡井・本郷（2018）によれば、コナラ亜属の多産とメタセコイア属（*Metasequoia*）が産しないという特徴は、近畿～関東の中部日本では、MIS17～21の特徴とされ、*Fagus-Quercus* 超帯として設定されている。一方で、楡井・本郷（2018）ではアカガシ亜属の多産層準を MIS11 の特徴としている。ユニット3には比較的アカガシ亜属が含まれ、ユニット最上部ではアカガシ亜属が18.3%と多産する。このユニットが MIS11 に相当するかどうかは明確ではないが、ユニット3とその上下ユニットにおけるコナラ亜属の多産状況を考慮すると、コナラ亜属が多産するユニット2～5は MIS17～21 に含まれる可能性が高い。

4.2 珪藻化石群集

ユニット1, 3, 5, 6, 11の各上部の泥質堆積物からは海水～汽水種の珪藻化石が産出した（第6図）。ユニット2とユニット7の上部の泥層からは淡水種の珪藻化石が産出した。ユニット12の下部の砂層と中部の砂質泥層からは海水～汽水種の珪藻化石が産出した。浅海の化石珪藻の *Lancineis rectilatus* (Naya, 2010) はユニット1, 3, 5の各上部の泥質堆積物から産出し、それより上部では産出しなかった。化石珪藻 *Lancineis rectilatus* は絶滅種で、関東平野における産出は1.45～0.7 Ma (MIS17) の浅海成層に限定されることから、層序指標として有効である (Naya, in press)。この珪藻は濃尾平野地下の海部1累層からも産出が報告されているほか (Mori, 1986)、西三河平野の地下 (森, 1984)、豊橋市地下の渥美層群 (森, 1995) から報告されており、伊勢湾や三河湾周辺の更新統にも広く分布していると考えられる。しかし、海部1累層は MIS11 に対比され

ることから (Sugai et al., 2016)、関東平野と濃尾平野では本種の産出年代に違いがあり、関東平野における産出範囲をそのまま濃尾平野には適用できないことが指摘されている (Naya, in press)。現時点では、濃尾平野や西三河平野における本種の産出範囲や年代はよく分かっていないが、絶滅種であること、伊勢湾や三河湾周辺の更新統にも広く分布すること、コアの下部からのみ産出することから、この地域でも本種の産出が層序指標となる可能性がある。

5. まとめ

西三河平野油ヶ淵低地において掘削したオールコアボーリング (GS-HKN-1) は、その層相に基づき、下位から13のユニットに区分された（第4図）。最上部のユニット13は人工の埋土、その下位のユニット12は放射性炭素年代値から沖積層と考えられる。それより下位のユニット1～11は更新統であり、それぞれ上方細粒化の層相変化がみられた。このうちユニット1, 3, 5, 6, 11は、海進・海退に伴う堆積サイクルによって形成されたと考えられる。現在のところ、沖積層以外の各ユニットの堆積年代については、年代を示唆する堆積物が認められないため議論が難しいが、花粉化石群集からユニット2～5の上部の泥層は MIS17～21 に対比される可能性がある。今後、古地磁気測定や火山灰分析などから、GS-HKN-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、既存のボーリングコアとの地層対比によって、各ユニットの側方への連続性を検討する予定である。

謝辞：ボーリング調査に際して、土地所有者や耕作者、鷺塚町内会、碧南市経済環境部農業水産課に多大な便宜を図って頂いた。ボーリング作業は、中央開発株式会社によって実施された。コア処理作業と珪藻化石のプレパラート作成では地質情報研究部門の國本節子氏にご協力頂いた。地形分類図の作成にあたっては、地質情報研究部門の大井信三氏から作成方法をご教示頂いたアナグリフ画像を用いた。以上の方々に深く感謝申し上げます。

文 献

- 愛知県（2003）平成14年度地震関係基礎調査交付金三河地域堆積平野地下構造調査報告書，38p。
安城市歴史博物館（2014）安城市歴史博物館特別展「龍燈の湖」－油ヶ淵の過去・現在・そして未来へ－，73p。
今泉俊文・宮内崇裕・堤 浩之・中田 高（2018）活

- 断層詳細デジタルマップ 新編. 東京大学出版会, 154p.
- 近藤善教・木村一郎 (1987) 師崎地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 94p.
- 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. 東海大学出版会, 336p.
- 町田 貞・太田陽子・田中真吾・白井哲之 (1962) 矢作川下流域の地形発達史. 地理学評論, **35**, 505-524.
- 牧本 博・山田直利・水野清秀・高田 亮・駒澤正夫・須藤定久 (2004) 豊橋及び伊良湖岬 (20 万分の 1 地質図幅). 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 牧野内猛 (2005) 第 1 章 地形と地質. 新編安城市史 11 資料編 自然, 2-92.
- 牧野内猛・加藤麻衣・大石康雄・塚本将康・武邑圭司・大島 武・杉浦 武 (2011) 愛知県安城市の地下地質. 地質学雑誌, **117**, 79-94.
- 牧野内猛・壇原 徹・山下 透・加藤麻衣・大石康雄・塚本将康・武邑圭司 (2003) 安城市の碧海台地 (海成中位段丘) 上に発達する赤色土壌のテフラ分析. 名城大学総合研究所総合学術研究論文集, **2**, 71-77.
- 水野清秀・小松原琢・脇田浩二・竹内圭史・西岡芳晴・渡辺 寧・駒澤正夫 (2009) 名古屋 (20 万分の 1 地質図幅). 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 森 忍 (1984) 愛知県碧南市地下における更新統のケイソウ群集. 瑞浪化石博物館研究報告, **11**, 93-99.
- Mori, S. (1986) Diatom assemblages and Late Quaternary environmental changes in the Nobi Plain, central Japan. *The Journal of Earth Sciences Nagoya University*, **34**, 109-138.
- 森 忍 (1995) 豊橋市牟呂町地下の更新統渥美層群と珪藻化石. 名古屋大学古川総合研究資料館報告, **11**, 1-6.
- 森山昭雄 (1994) 西三河平野, 碧海層の堆積構造と海水準変動. 地理学評論, **67A**, 723-744.
- 森山昭雄・橋爪 厚・石原 秀 (1997) 化石ケイソウ群集による碧海層の堆積環境の変遷と油ヶ渚断層による変位. 愛知教育大学研究報告 (自然科学編), **46**, 61-69.
- Naya, T. (2010) *Lancineis rectilatus* sp. nov., a new fossil species from Pleistocene sediments in Japan. *Diatom Research*, **25**, 111-124.
- Naya, T. (in press) Stratigraphic distribution and biostratigraphic utility of the fossil diatom *Lancineis rectilatus* in the central Kanto Plain, central Japan. *Quaternary International*, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.11.002>.
- 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.
- Ramsey, C. B. (2009) Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, **51**, 337-360.
- Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Ramsey, C. B., Buck, C. E., Cheng, H., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Halldison, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T., Hoffmann, D. L., Hogg, A., Hughen, K. A., Kaiser, K., Kromer, B., Manning, S. W., Niu, M., Reimer, R., Richards, D. A., Scott, E. M., Southon, J. R., Staff, R. A., Turney, C. and Plicht, J. (2013) INTCAL13 and MARINE13 radiocarbon age calibration curves 0-50000 years cal BP. *Radiocarbon*, **55**, 1869-1887.
- Sugai, K., Sato, T., Mizuno, K., Sugiyama, Y. (2016) Magnitudes of sea-level falls at lowstands of the past 900,000 years inferred from gravels underlying the Nobi Plain, central Japan. *Quaternary International*, **397**, 422-435.
- 吉田史郎・尾崎正紀 (1986) 半田地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 98p.