

## 三重県鈴鹿市南部における第四系ボーリング調査 (速報) Preliminary report of coring survey on Quaternary sediments in southern part of Suzuka City, Mie Prefecture, central Japan

佐藤善輝<sup>1\*</sup>・水野清秀<sup>1</sup>・中島 礼<sup>1</sup>  
Yoshiki Sato<sup>1\*</sup>, Kiyohide Mizuno<sup>1</sup> and Rei Nakashima<sup>1</sup>

**Abstract:** We conducted coring survey on Quaternary sediments including Holocene and late Pleistocene terraces at two sites, GS-SZK-1 and 2, in southern part of Suzuka City, Mie Prefecture, located in northern part of Ise Plain. Obtained core sediments were analyzed on sedimentary facies, diatom fossil assemblages, and tephra layers. Based on their depositional ages and environments, GS-SZK-1 and 2 cores are divided into 6 and 7 sedimentary units respectively. These sedimentary units are recognized at borehole data around coring sites. Diatom and pollen fossil assemblages suggest possibility that Unit 1-4 and 2-6 are marine sediments, tidal flat and beach deposits, during the MIS 5. These sedimentary units have approximately 11 m to 12 m vertical displacement. This suggest possibility that Suzuka-oki Fault distributes inland area of the study area. Average vertical slip rate is estimated to be 0.09 m/kyr-0.10 m/kyr.

**Keywords:** Suzuka-oki fault, Ise Plain, Quaternary, pollen fossil, diatom fossil

### 要 旨

鈴鹿沖断層の南西延長部に位置する鈴鹿市南部において、計 2 箇所 (GS-SZK-1, 2) でボーリング掘削調査を実施し、層相観察、珪藻化石分析、火山灰分析を行った。また、既存ボーリング資料とコア試料の分析結果に基づいて地層を対比した。その結果、GS-SZK-2 コアのユニット 2-6 は MIS5 期の海成層に対比される可能性が高いことが明らかになった。また、GS-SZK-1 コアのユニット 1-4 は、上位に AT が認められることから、MIS5 期の海成層に対比される可能性が示唆される。両堆積ユニットがいずれも MIS5 期の海成層であるとする、コア間で分布高度に約 11 m ~ 12 m の差異が生じる。このことは、鈴鹿沖断層が陸域に延長しており、海成層を変位させた可能性を示す。仮に両堆積ユニットが MIS5e 期海成層であると仮定すると、高度差から鉛直方向における平均変位速度はおおよそ 0.09 m/kyr ~ 0.10 m/kyr と見積もられる。

### 1. はじめに

本報告は「沿岸域の地質・活断層調査」プロジェクトのうち、サブテーマ「平野域の地質調査」として実施した「三重県鈴鹿市南部における第四系ボーリング調査」についての予察的結果を示すものである。

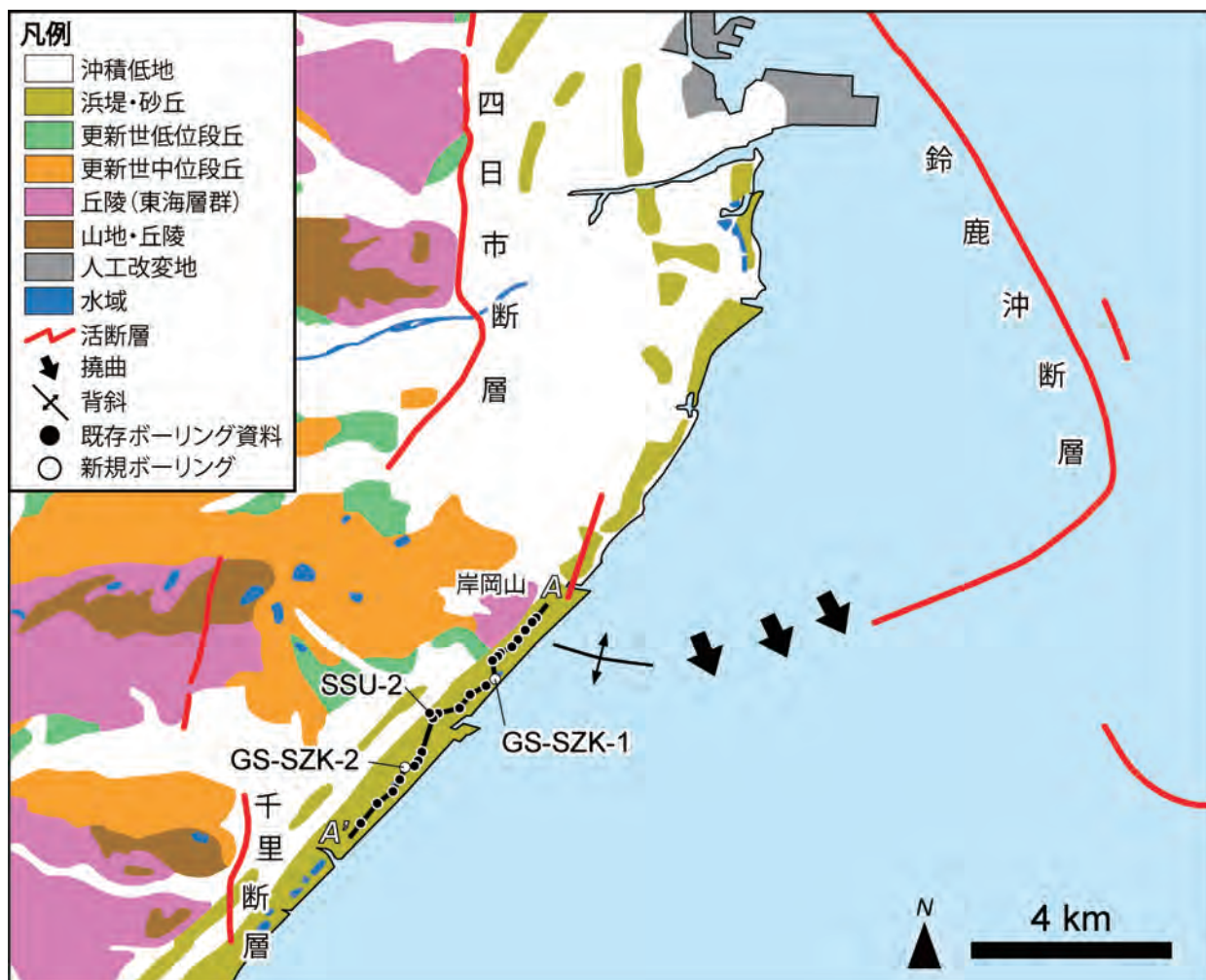
三重県鈴鹿市南部を含む伊勢平野北部周辺の活構造

については、これまで変動地形学や重力異常調査、海域の音波探査などから調査が実施されている (例えば、桑原ほか, 1972; 太田・寒川, 1984; 活断層研究会, 1991; 岩淵ほか, 2000; 池田ほか, 2002; 中田・今泉, 2002; 鈴木ほか, 2010; 岡村ほか, 2013; 今泉ほか, 2018 など)。この地域では、陸域に養老-四日市断層帯南端の四日市断層と布引山地東縁断層帯東部 (今泉ほか, 2018 の「松阪西方断層帯」に相当) 北端の千里断層とが分布しており、対象地域で両断層帯が近接する (第 1 図; 地震調査研究推進本部, 2005a, 2005b)。また、海域には鈴鹿沖断層及び白子-野間断層帯が分布する (第 1 図; 岩淵ほか, 2000; 地震調査研究推進本部, 2005c, 2005d; 岡村ほか, 2013)。

このうち鈴鹿沖断層については、桑原ほか (1972) や海上保安庁水路部 (1995), 岩淵ほか (2000), 岡村ほか (2013) が音波探査結果などに基づき断層トレースや活動度を示している。桑原 (1972) は、鈴鹿市沖に北東-南西方向で東落ちの逆断層として、鈴鹿沖断層を認定した。その後、海上保安庁水路部 (1995) や岩淵ほか (2000) は伊勢湾内で綿密な音波探査調査やボーリング調査を実施し、鈴鹿沖断層が伊勢湾内で屈曲し、北西-南東方向に伸びて四日市港断層に連続するように分布し、断層の延長が約 20 km に達する可能性を示した。また、音波探査結果から、西傾斜の高角逆断層である可能性が高いとした (岩淵ほか, 2000)。鈴鹿沖断層の隆起側 (北西側) は更新統が剝削を受け

\*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 対象地域周辺の地質分布及びボーリング調査地点の位置。地質図は産業技術総合研究所地質調査総合センター(2015)を簡略化して作成。鈴鹿沖断層南西延長の撓曲及び背斜構造は岡村ほか(2013)に基づく。

Fig. 1 Geological distribution around the study area and location of coring sites. Geological map is modified from GSJ, AIST (2015). Location of flexure and anticline southwest off the Suzuka-oki fault are based on Okamura *et al.* (2013).

ており、完新統についても層厚に差異がある可能性が示されている(岩淵ほか, 2000)。断層を挟んだ地層埋積深度差からは、鈴鹿沖断層の平均変位速度が  $0.2 \text{ m/kyr} \sim 0.4 \text{ m/kyr}$  と見積もられている(岩淵ほか, 2000)。岡村ほか(2013)は伊勢湾の沿岸部で音波探査を実施し、鈴鹿沖断層の南西延長部で上部更新統が増傾斜することから断層がさらに西側に延長する可能性があることを示した。

このように鈴鹿沖断層の位置や活動度についてはこれまで主に海域で知見が蓄積されている。一方、断層南西延長部の陸域ではデータが不足しており、トレースの連続性について十分な検討がなされていない。対象地域は養老-四日市断層帯と布引山地東縁断層帯東部との接合部にもあたっており、陸域の断層トレースについては研究者により見解が異なっている。例えば、鈴木ほか(2010)や佐藤・水野(2018)は鈴鹿市白子周辺の低位段丘面縁部以北東-南西走向のトレース

を認定している。また、池田ほか(2002)や水野ほか(2009)は岸岡山北東に北北東-南南西走向の短いトレースを示している(第1図)。鈴鹿沖断層の南西延長部の連続性については、養老-四日市断層帯や布引山地東縁断層帯東部の分布や接合部の活構造、活動度を解明するためにも重要である。

このような対象地域における活構造に関する問題点を踏まえ、鈴鹿市南部を対象として、鈴鹿沖断層の南西延長部で新たに掘削したボーリングコア試料のコア解析を行うとともに、既存ボーリング資料との層序対比を行い、鈴鹿沖断層の連続性と活動度について検討した。

## 2. 方法

鈴鹿市南部の計2地点(GS-SZK-1, 2コア)において、オールコア・ボーリング掘削調査を実施した(第

第1表 火山灰試料と対比される主要な既知テフラ試料の屈折率，主成分化学組成及び微量元素組成．主成分化学組成は合計を100%とした．FeO\*は総Fe値をFeOとして，またFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*は総FeをFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>として計算した値を示す．既知テフラの分析値は吉川・井内(1991)，Kimura *et al.*(2015)及び水野（私信）に基づく．

Table 1 Refractive index, major and minor element compositional data of glass shards taken from core samples and correlative tephra samples. Values are expressed so that total is 100%. FeO\* or Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\* means total Fe as FeO or Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Values of all known tephra are based on Yoshikawa and Inouchi(1991), Kimura *et al.*(2015) and Mizuno (private communication).

| テフラ  | 試料の深度または採取地点            | 屈折率<br>ガラス(n) | 分析手法              | 火山ガラスの化学組成       |                  |                                |                                  |      |      |      |      |                   |                  |       |             |    |    |    |    |    | 文献   |
|------|-------------------------|---------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------------------|----------------------------------|------|------|------|------|-------------------|------------------|-------|-------------|----|----|----|----|----|--|
|      |                         |               |                   | 主成分組成 (%)        |                  |                                |                                  |      |      |      |      |                   |                  |       | 微量元素組成(ppm) |    |    |    |    |    |  |
|      |                         |               |                   | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> * | FeO* | MnO  | MgO  | CaO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | 合計    | Ba          | La | Y  | Sr | Sc | V  |  |
| AT   | GS-SZK-1<br>3.73-3.75m  | 1.498-1.500   | EDX+<br>LA-ICP-MS | 78.36            | 0.14             | 12.15                          |                                  | 1.23 | 0.07 | 0.12 | 1.14 | 3.36              | 3.45             | 100   | 508         | 26 | 23 | 73 | 8  | 2  | 本研究<br><br>吉川・井内(1991)・<br>Kimura <i>et al.</i> (2015) |
|      | 琵琶湖底 BT10               | 1.498-1.501   | LA-ICP-MS         | 77.83            | 0.14             | 12.43                          |                                  | 1.26 | 0.04 | 0.13 | 1.01 | 3.96              | 3.17             | 99.97 | 488         | 23 | 23 | 69 | 7  | 2  |  |
| 南比都佐 | GS-SZK-1<br>24.73-75m   | 1.500-1.502   | EDX+<br>LA-ICP-MS | 78.11            | 0.27             | 11.60                          |                                  | 1.27 | 0.06 | 0.18 | 1.20 | 2.59              | 4.72             | 100   | 770         | 16 | 34 | 67 | 6  | 9  | 本研究<br><br>本研究<br><br>水野(私信)<br>**田村ほか(1977)           |
|      | GS-SZK-2<br>2.68m       | 1.501-1.502   | EDX+<br>LA-ICP-MS | 78.31            | 0.24             | 11.51                          |                                  | 1.24 | 0.08 | 0.16 | 1.17 | 2.62              | 4.67             | 100   | 732         | 15 | 32 | 65 | 7  | 8  |  |
|      | 甲賀市水口町<br>虫生野(BE.499**) | 1.501-1.502   | ICP-AES+<br>AAS   | -                | 0.23             | 11.05                          | 1.44                             |      | 0.03 | 0.17 | 1.53 | 2.22              | 4.45             | -     | 702         | 13 | 23 | 80 | 3  | 10 |  |

1 図)．コアは中央開発株式会社によって，主にはロータリー式ボーリング工法で，部分的に打ち込みサンプラーを用いて掘削された．掘削長はGS-SZK-1が24.75 m (22～23 mは素掘り)，GS-SZK-2が34.12 m (29～33 mは素掘り)である．各掘削地点の位置座標及び孔口標高はGPS測量により求めた．得られたコア試料は産総研で半割し，粒度，色調，含有物などの岩相記載，コア写真撮影，軟X線写真撮影を行い，微化石分析，火山灰分析及び放射性炭素 (<sup>14</sup>C) 年代測定用の試料サンプリングを行った．また，主に10 cm間隔で土色計 (KONICA MINOLTA 製 SPAD-503) による土色測定 (L\*, a\*, b\*) を行った．

コアから採取した計19試料について，珪藻化石群集の概査を行った．試料から約1 mgを分取し蒸留水を加えて懸濁液を作成した．濃度を適宜調整しながら懸濁液をカバーガラスに滴下し，ホットプレート上で乾燥させた後，ブルーラックス (和光純薬製) を用いて封入し，検鏡用スライドガラスを作成した．光学顕微鏡下で1,000倍の倍率で検鏡し，珪藻化石の産出状況について概査した．また，両コア試料中に認められた火山ガラス濃集層及び火山灰純層について，MAIOT (古澤地質製；古澤，1995，測定精度±0.001) を用いて火山ガラス粒子30粒程度の屈折率を測定した．さらに，火山ガラスの主成分化学組成分析及び微量元素組成分析を株式会社古澤地質に依頼し，それぞれエネルギー分散型X線マイクロアナライザー (EDX)，レーザーアブレーションICP質量分析装置 (LA-ICP-MS；古澤，2017) を用いて測定された．各試料の測定粒子数は15粒子程度で，第1表にはその平均値を示した．なお，比較に用いた古琵琶湖層群の火山灰層の火山ガラスの化学分析は，三菱マテリアルテクノ株式会社分析を依頼したものであり，誘導結合プラズマ発光分析法

(ICP-AES) と原子吸光分析法 (AAS) によって求められた．その分析手法と精度の詳細は，Tamura *et al.* (2008) に示されている．

また，既存ボーリングコア (SSU-2 コア) から分取した計4試料について，花粉化石分析をパリオ・サーヴェイ株式会社に依頼した．分析は以下の手順で実施した．まず試料20 gを秤量し，塩酸によるカルシウムの除去，フッ化水素酸による泥化，水酸化カリウムによる腐植酸の除去，0.25 mmの篩による篩別，重液 (臭化亜鉛，比重2.2) による有機物の分離，フッ化水素酸による鉱物質の除去，アセトリシス (無水酢酸9：濃硫酸1の混合液) 処理による植物遺体中のセルロースの分解を行い，花粉を濃集した．残渣をグリセリンで封入してプレパラートを作成し，400倍の光学顕微鏡下で出現するすべての花粉について同定・計数した．同定はErdman (1952, 1957) や Faegri and Iversen (1989)，島倉 (1973)，中村 (1980) などを参照した．

さらに，地下地質の分布形態を明らかにするため，計305本の既存ボーリング資料を収集し，ボーリング柱状図解析システム (木村，2011) を用いて解析を行った．既存ボーリング提供元の内訳は，三重県が138本，鈴鹿市が165本，土木研究所が2本である．

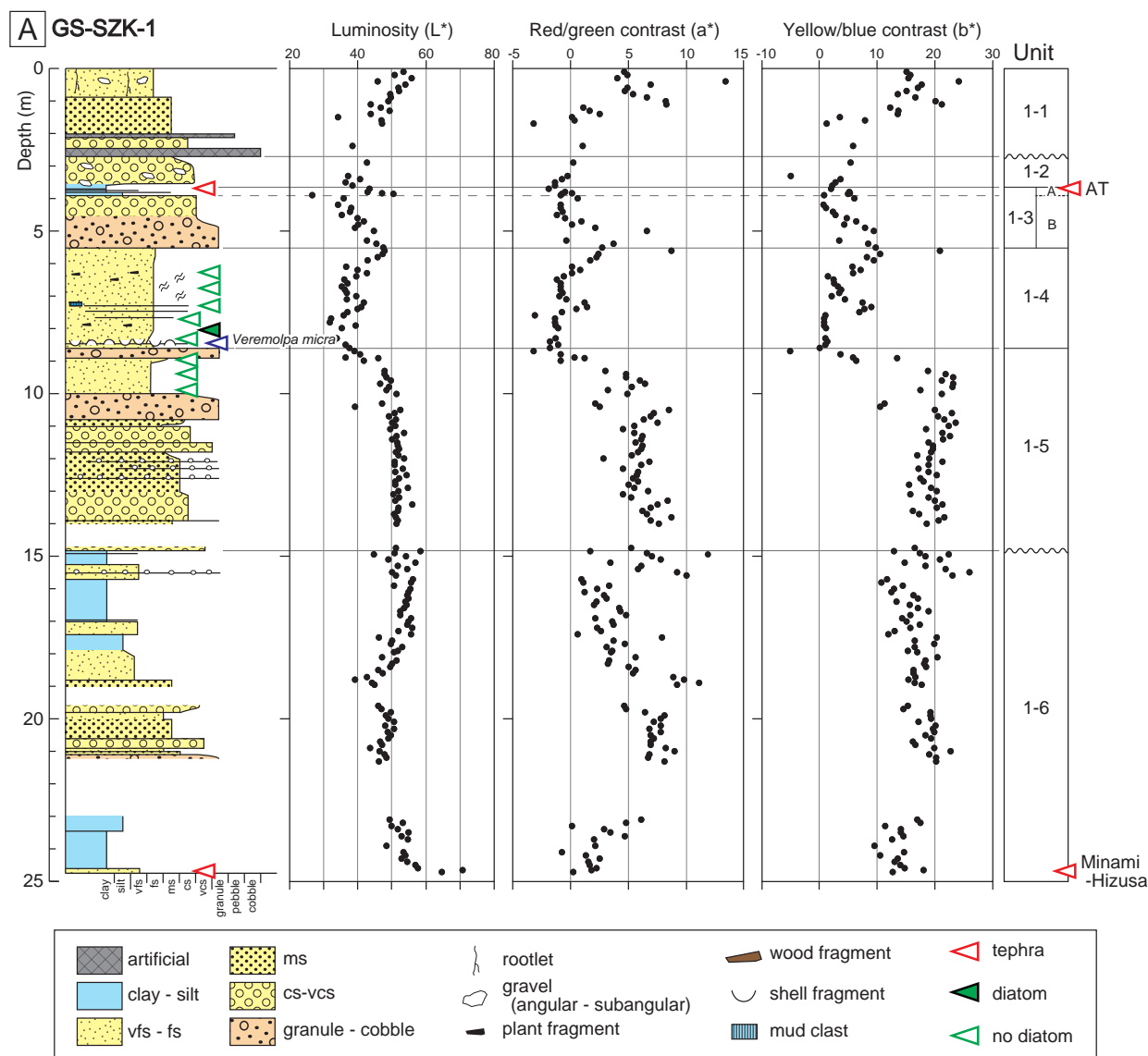
### 3. 結果

#### 1) GS-SZK-1

このコアは鈴鹿市江島公園の敷地内，北緯34°50'15.4873"，東経136°35'55.6934"で掘削された (第1図)．孔口標高は3.05 m T.P.である．本コアは計6ユニットに区分される (第2図A)．

#### ユニット1-1 (深度0.00 m～2.70 m)

層相：このユニットは淘汰の悪い角礫混じり細粒～極



第2図 ボーリング柱状図. A : GS-SZK-1, B : GS-SZK-2. 掘削地点の位置は第1図参照.

Fig. 2 Geological columnar of GS-SZK-1, 2. A: GS-SZK-1 core, B: GS-SZK-2. Location of core sites are shown in Fig. 1.

粗粒砂を主体とし、含まれる礫の礫径は5 mm ~ 10 mm 程度、最大20 mm である。深度2 m 以深は径3 cm ~ 5 cm のコンクリート片を含むシルト質粗粒砂で、ところどころブロック状となる。深度2.45 m ~ 2.70 m はコンクリートである。

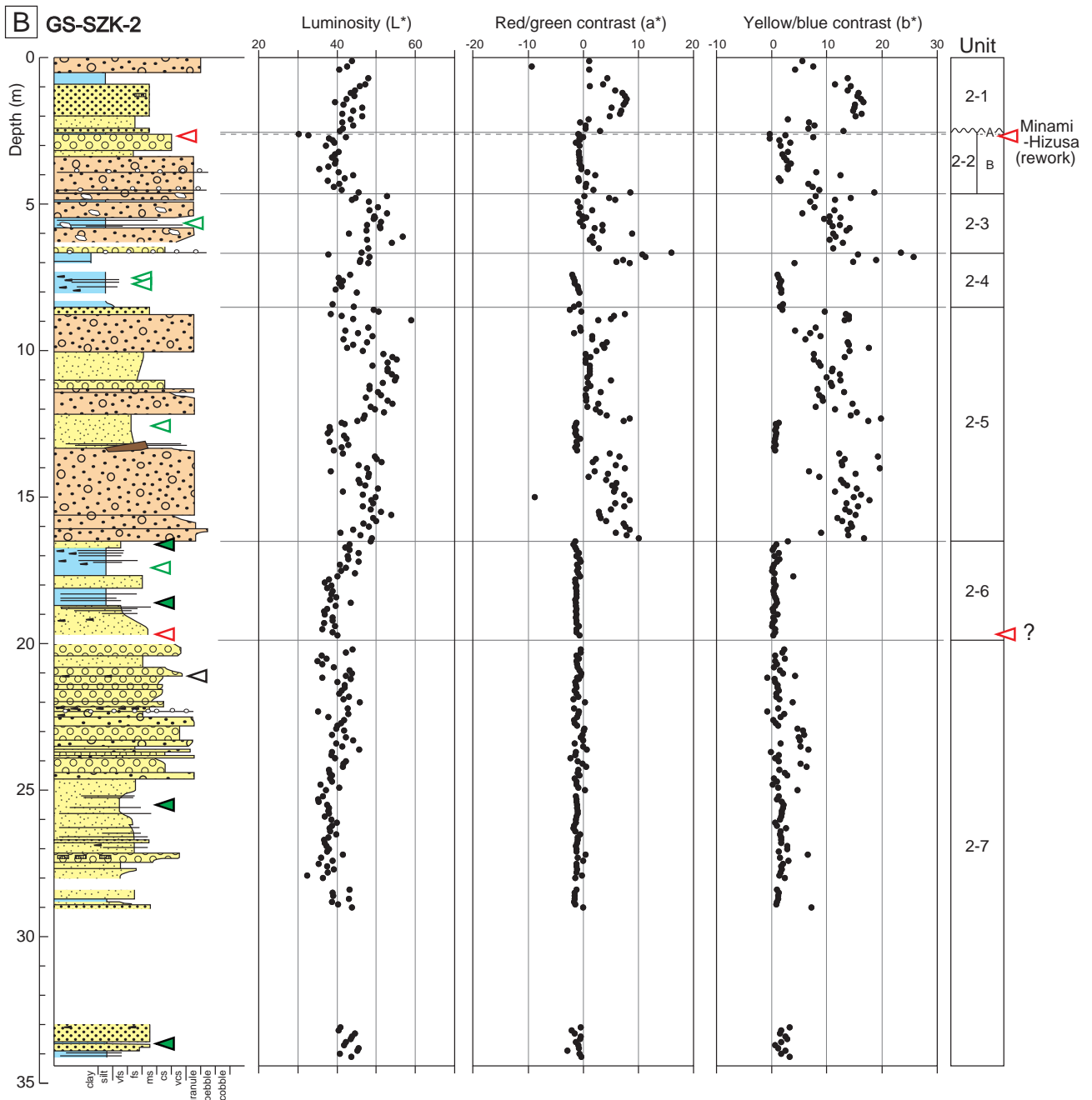
**解釈:** ユニット基底部にコンクリートを含むことから、本ユニットは人為的な客土であると考えられる。掘削地点周辺は1990年代頃まで養殖池として利用されていたことから、養殖池を埋め立てた際の埋土、及び公園造成時の客土であると推定される。

**ユニット1-2 (深度2.70 m ~ 3.72 m)**

**層相:** 全体として淘汰不良で、灰オリーブ色を呈する角礫~亜角礫混じりのシルト質中粒砂~粗粒砂を主体

とする。堆積構造は認められず、全体に擾乱を受けている。ユニット最上部の深度2.7 m ~ 3.0 m では、粗粒砂からシルト質中粒砂へと上方細粒化する。含まれる礫は径2 mm ~ 5 mm 程度で、最大径3 cm である。深度3.49 m 以深はやや泥質で、暗緑灰色を呈する角礫・極細粒砂混じりのシルトから成り、上方粗粒化する傾向を示す。ところどころに白色極細粒砂の薄層を挟む。

**解釈:** 本ユニットは淘汰が悪く角礫を含むことから、波浪の影響を受けて堆積した海浜堆積物であるとは考えにくい。掘削地点周辺がかつて養殖池として利用されていたこと、全体に堆積構造が認められないことを考慮すると、本ユニット下部(深度3.49 m 以深)が養殖池の堆積物、深度3.49 m 以浅が養殖池を埋め立てた際の埋土であると考えられる。



第2図 続き .

Fig. 2 Continued.

**ユニット 1-3 (深度 3.72 m ~ 5.51 m)**

**層相:** 本ユニットは深度 3.93 m を境界として上下2つのサブユニット (1-3A, B) に区分される。サブユニット 1-3A (深度 3.72 m ~ 3.93 m) は泥質で、主にオリブ灰色あるいは灰色を呈する均質な粘土と極細粒砂との互層から構成される。それぞれの層厚は 0.5 cm ~ 2.5 cm である。サブユニット 1-3A と上位のユニット 1-2 とは明瞭な地層境界で接する。深度 3.88 m ~ 3.93 m は腐植質で、黒色の細粒砂混じりシルトから成る。サブユニット 1-3B (深度 3.93 m ~ 5.51 m) は礫質で、

珪円礫混じりの粗粒~極粗粒砂あるいは細礫を主体とする。礫径は深度 3.8 m 以浅では 5 mm ~ 10 mm 程度、深度 3.8 m 以深では 1 cm ~ 2 cm 程度で、全体として上方細粒化する傾向を示す。クラスト・サポートとマトリックス・サポートの互層を呈する。下位のユニット 1-4 とは地層境界は明瞭である。

**火山灰:** サブユニット 1-3A 中の深度 3.73 m ~ 3.75 m には褐灰色を呈する粘土層が認められ、火山ガラスが多く含有される(第2図A)。火山ガラスの屈折率は 1.498 ~ 1.500 であった (第1表)。また、火山ガラスの主成

分化学組成は、 $\text{TiO}_2$  が 0.14 %、 $\text{FeO}^*$  (EDX では総 Fe 量を  $\text{FeO}$  として、ICP-AES では総 Fe を  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  として計算) が 1.23 %、 $\text{MgO}$  が 0.12 % とやや低く、 $\text{K}_2\text{O}$  が 3.45 % であった (第 1 表)。火山ガラスの屈折率や化学組成値は琵琶湖底コアで始良丹沢テフラ (AT: 町田・新井, 2003) に対比されている BT10 テフラの値 (吉川・井内, 1991; Kimura *et al.*, 2015) と類似しており (第 1 表)、この火山ガラスは AT (29.498 ~ 30.148 cal. ka BP; Smith *et al.*, 2013) と推定される。深度 3.73 m ~ 3.75 m を除く前後の層準からは火山ガラスがほとんど産出しないことから、この層準が AT の降灰層準である可能性が高い。

**解釈:** 本ユニット下部 (サブユニット 1-3B) は亜円礫を含む粗粒砂~細礫から構成され、クラスト・サポートとマトリックス・サポートの互層を呈することから、砂礫質な河川堆積物であると解釈される。掘削地点の西方には低位段丘が広く分布することを考慮すると、本ユニットは低位段丘構成層である可能性が高い。また、サブユニット 1-3A は腐植質な泥層を含む泥質堆積物から構成されることから、段丘面離水後の土壤の可能性が示唆される。サブユニット 1-3A 中に AT 火山灰層が認められることは、下位のサブユニット 1-3B が低位段丘構成層であるとする考えを支持する。

#### ユニット 1-4 (深度 5.51 m ~ 8.61 m)

**層相:** 本ユニットは灰オリーブ色あるいはオリーブ黒色を呈する淘汰の良い細粒砂を主体とする。深度 5.58 m ~ 5.60 m 及び深度 5.61 m ~ 5.66 m には黄褐色の粗粒砂~細礫が挟在する。深度 5.4 m ~ 5.8 m には生物擾乱が認められる。また、深度 6.3 m 付近と深度 7.3 m ~ 7.5 m には斜交葉理が認められる。深度 6.3 m ~ 6.5 m は腐植物が含まれる。深度 7.27 m には径約 3 cm の扁平な粘土礫が認められる。深度 8.4 m 以深では貝殻片混じりになり、深度 8.43 m ~ 8.49 m には貝殻片の濃集層が認められる。下位のユニット 1-5 との地層境界は不明瞭で、遷移する。

**貝化石:** 深度 8.43 m ~ 8.49 m の貝殻片濃集層は径 1 mm ~ 5 mm 程度の細破片が多く、合弁のものは認められなかった。ヒメカノコアサリ (*Veremolpa micra*) が産出した (第 2 図 A)。

**珪藻化石:** 全体として化石の保存状態が悪い。深度 6.2 m ~ 6.3 m、深度 6.7 m ~ 6.8 m、深度 7.2 m ~ 7.3 m、深度 7.7 m ~ 7.8 m、深度 8.5 m ~ 8.6 m、は珪藻化石が産出しない (第 2 図 A)。深度 8.2 m ~ 8.3 m はわずかに珪藻化石が認められ、汽水~海水生種の *Thalassiosira* 属や淡水生の *Eunotia* 属が認められた (第 2 図 A)。

**解釈:** 本ユニットは潮間帯よりも下位に生息する貝化石が産出すること、汽水~海水生珪藻の産出が認めら

れること、生物擾乱が認められることから、海成層であると考えられる。さらに、淘汰の良い砂質堆積物から構成されること、斜交葉理が発達すること、粘土礫を含むことから、沿岸砂州堆積物 (増田, 1989) であると推定される。

#### ユニット 1-5 (深度 8.61 m ~ 14.83 m)

**層相:** 本ユニットは砂礫質で、黄褐色あるいは鈍い黄色を呈する淘汰不良の細礫混じり粗粒砂~細礫と中粒砂~粗粒砂との互層から構成される。それぞれの層厚は 3 cm ~ 10 cm で、上方細粒化する。礫は亜角礫が多く、礫径は 2 mm ~ 7 mm 程度である。ユニット上部の深度 9.0 m 以浅は色調がやや暗く、暗オリーブ灰色~オリーブ黒色である。深度 9.0 m 以深では明度 ( $L^*$ ) 及び  $b^*$  の値が大きくなり、それぞれ 50 前後、15 ~ 25 前後となる。細粒な中粒砂~粗粒砂から成る層準では、一部に平行葉理または低角斜交葉理が発達する。下位のユニット 1-6 との地層境界は明瞭である。

**珪藻化石:** 全体として化石の保存状態が悪く、深度 8.9 m ~ 9.0 m、深度 9.4 m ~ 9.5 m、深度 9.9 m ~ 10.0 m は珪藻化石が産出しなかった (第 2 図 A)。

**解釈:** 淘汰が悪く亜角礫を含む砂礫質な堆積物から構成されることから、河川堆積物であると推定される。

#### ユニット 1-6 (深度 14.83 m ~ 24.75 m)

**層相:** 本ユニットは固結~半固結する砂泥互層から構成される。深度 14.83 m ~ 18.82 m 及び深度 23.00 m ~ 24.65 m (深度 21.30 m ~ 23.00 m はコア欠落) は泥分が卓越し、極細粒砂とシルト~粘土の細互層から成る。ところどころ平行葉理が認められる。深度 14.83 m ~ 18.82 m では灰オリーブ色を呈し、ところどころ明褐色~黄褐色を呈する層準が挟在する。深度 18.82 m ~ 21.30 m は粗粒で、中粒砂~細礫から構成され、全体として上方細粒化する傾向を示す。ところどころ低角斜交葉理が認められる。ユニット最下部の深度 24.65 m ~ 24.75 m は灰白色を呈する均質な火山灰質極細粒砂から成る。

**火山灰:** ユニット最下部の火山灰質極細粒砂からは火山ガラスが多く産出し、深度 24.73 m ~ 24.75 m から得られた火山ガラスの屈折率は 1.500 ~ 1.502 であった (第 1 表)。また、火山ガラスの主成分化学組成は、 $\text{K}_2\text{O}$  が 4.72 % と多く、 $\text{Na}_2\text{O}$  が 2.59 % とやや少ない。これらの特徴は古琵琶湖層群の蒲生累層から報告された南比都佐テフラ (田村ほか, 1977) に類似しており、対比される可能性が高い (第 1 表)。なお、南比都佐テフラは松山-ガウス境界直上付近の逆帯磁層準に位置付けられている (林・川辺, 1993)。

**解釈:** 本ユニットは固結~半固結する泥優勢の砂泥互

層から構成されること、古琵琶湖層群の蒲生累層に挟在する南比都佐テフラが認められることから、東海層群の亀山累層上部層（和田，1982；吉田，1984；吉田，1987；吉川・吉田，1989）であると考えられる。

## 2) GS-SZK-2

このコアは鈴鹿市鼓ヶ浦駐車場の敷地内、北緯 34° 49' 18.2447"、東経 136° 34' 57.0183" で掘削された（第 1 図）。孔口標高は 1.68 m T.P. である。本コアは計 7 ユニットの区分される（第 2 図 B）。

### ユニット 2-1（深度 0.00 m ～ 2.57 m）

**層相：**本ユニットは、褐色を呈する淘汰不良の粗粒砂～極粗粒砂混じり中粒砂を主体とする（第 2 図 B）。深度 0.52 m 以浅は淘汰不良の中礫から成る。深度 0.52 m ～ 0.95 m は東海層群起源と推定される半固結した細粒砂混じりシルト～シルト混じり細粒砂のブロックを多量に含む。深度 2 m 以深は植物片や粘土礫が混入する。下位のユニット 2-2 との地層境界は明瞭である。全体に堆積構造は認められない。

**解釈：**状掘削地点はかつて養殖池として利用されていたこと、淘汰不良で東海層群起源の堆積物をブロックに多く含むことから、本ユニットは人為的に供給された埋土であると解釈される。

### ユニット 2-2（深度 2.57 m ～ 4.65 m）

**層相：**本ユニットは深度 2.75 m を境としてサブユニット 2-2A と 2-2B に細分される（第 2 図 B）。サブユニット 2-2A は泥質で、黒色を呈する腐植質シルトと級化構造を示す細粒砂～中粒砂の薄層との互層から構成される。このサブユニット中の深度 2.68 m には灰オリーブ色の火山灰質極細粒砂が挟在する。サブユニット 2-2B は砂礫質で、マトリックス・サポートする暗オリーブ灰色の細礫～中礫を主体とし、マトリックスは中粒砂～粗粒砂から成る。淘汰は悪い。礫は亜円～亜角礫を主体とする。ところどころに層厚 10 cm 程度のシルト混じり細粒砂～極粗粒砂の薄層を挟む。下位のユニット 2-3 との地層境界は不明瞭で遷移する。

**火山灰：**深度 2.68 m から得られた火山ガラスは屈折率が 1.501 ～ 1.502 であった（第 1 表）。また、主成分化学組成は GS-SZK-1 コアの深度 24.73 m ～ 24.75 m から得られた火山ガラスの分析結果と類似する（第 1 表）。これらの特徴から、この火山ガラスの起源は南比都佐テフラであると推定される。下位の層準が東海層群よりも新期の堆積物であると推定されることから、この火山灰は周辺に分布する東海層群からの二次堆積物である可能性が高いと考えられる。

**解釈：**掘削地点周辺がかつて養殖池として利用されていたことを考慮すると、埋土層のユニット 2-1 に覆わ

れることや腐植質シルトから成ることから、サブユニット 2-2A は養殖池の表層堆積物であると考えられる。その下位のサブユニット 2-2B は淘汰不良で、亜角礫混じりの砂礫から構成されることから、礫質河川堆積物であると推定される。サブユニット 2-2B は下位に比べて色調が暗く、風化の程度が小さいことから、沖積層である可能性が高い。また、下位のユニット 2-3 と粒径が類似することから、サブユニット 2-2B の一部は下位からの洗い出しによって供給された可能性がある。

### ユニット 2-3（深度 4.65 m ～ 6.61 m）

**層相：**本ユニットは角～亜角礫を主体とする細礫～中礫から構成される。礫径は 2 mm ～ 5 mm 前後のものが多く、稀に径 1 cm ～ 3 cm の亜円礫が混じる。層厚 5 cm ～ 40 cm 程度の逆級化する砂礫層が複合する。クラスト・サポートとマトリックス・サポートの互層を呈する。深度 5.44 m ～ 5.82 m は泥優勢で、灰オリーブ色の極細粒砂混じりシルトから成り、低角斜交葉理が認められる。この層準には、ところどころ層厚 1 cm ～ 2 cm 程度の中粒砂～粗粒砂の薄層がレンズ状に挟在する。

**珪藻化石：**泥分が卓越する層準である深度 5.71 m ～ 5.72 m から試料を採取したが、珪藻化石は産出しなかった（第 2 図 B）。

**解釈：**粗粒砂～細礫から構成され、クラスト・サポートとマトリックス・サポートの互層を呈することから、砂礫質な河川堆積物であると解釈される。低位段丘構成層である可能性がある。

### ユニット 2-4（深度 6.61 m ～ 8.55 m）

**層相：**本ユニットは暗オリーブ灰色を呈する極細粒砂混じりシルト～シルト質極細粒砂から成り、全体に木片や植物片を多く含む、植物根跡が認められる。また、ところどころに層厚 5 mm ～ 10 mm の極細粒砂の薄層が挟在する。ユニット最上部の深度 6.61 m ～ 6.77 m は上位のユニット 2-3 から混入したと推定される径 2 cm ～ 3 cm（最大径 7 cm）の亜円～亜角礫が混じり、褐色を帯びる粘土から成る。下位のユニット 2-5 との地層境界は明瞭である。

**珪藻化石：**深度 7.5 m ～ 7.6 m 及び深度 7.7 m ～ 7.8 m は珪藻化石が産出しなかった（第 2 図 B）。

**解釈：**本ユニットは腐植質な泥質堆積物から構成されること、極細粒砂の薄層を挟むこと、河川堆積物と推定されるユニット 2-3 及び 2-5（後述）に挟まれることから、後背湿地堆積物である可能性が高いと考えられる。

**ユニット 2-5 (深度 8.55 m ~ 16.53 m)**

**層相:** 本ユニットは砂礫質で、淘汰不良で粗粒砂~極粗粒砂混じりの細礫と中粒砂~粗粒砂混じり細粒砂との互層から構成される。礫優勢の層準は黄褐色あるいはオリーブ黄色を呈し、クラスト・サポートとマトリックス・サポートの互層から成る。礫は径 2 mm ~ 5 mm の亜角礫を主体とし、稀に径 5 cm 以上のものを含む。砂優勢の層準は深度 10.05 m ~ 11.30 m 及び深度 12.15 m ~ 13.45 m に認められる。深度 12.15 m ~ 13.45 m はやや細粒で、暗オリーブ灰色を呈するシルト混じり細粒砂から成る。この基底部の深度 13.40 m ~ 13.43 m からは大型の木片が産出した。ユニット基底部の深度 16.10 m 以深はやや粗粒で中礫を含む。

**珪藻化石:** やや細粒な堆積物から成る深度 12.52 m ~ 12.54 m から試料を採取したが、珪藻化石は産出しなかった (第 2 図 B)。

**解釈:** 本ユニットは砂礫質であり、クラスト・サポートとマトリックス・サポートの互層を呈すること、腐植物の混入が認められることから、砂礫質な河川堆積物であると解釈される。色調が類似することから、堆積年代はユニット 2-3 と近いと推定され、低位段丘構成層である可能性が高いと考えられる。

**ユニット 2-6 (深度 16.53 m ~ 19.72 m)**

**層相:** 本ユニットは暗オリーブ灰色を呈する砂泥質な堆積物から成り、極細粒~細粒砂混じりシルトとシルト質細粒砂との細互層から構成される。シルト優勢の層準はシート状あるいはブロック状に堆積し、地層境界は生物擾乱によって乱されている。また、腐植物や炭化物が多量に混入する。深度 18.7 m 以深では細粒砂が優勢で、全体として上方に細粒化する傾向を示す。深度 19.71 m にはピンク色を帯びた極細粒砂のレンズ状薄層 (層厚約 0.5 cm) が認められ、火山ガラスが多産した。本ユニットは深度 19.72 m まで認められるが、コア欠落のため基底深度は不明である。

**火山灰:** 深度 19.71 m から得られた火山ガラスの屈折率は、バブルウォールタイプが 1.513 ~ 1.515、不定形のものが 1.519 ~ 1.524 である (第 1 表)。この結果からは阿蘇 3 (Aso-3; 130 ka ~ 133 ka, 町田・新井, 2003) あるいは琵琶湖底コアにみられる最終間氷期頃のテフラである BT29, BT33 ~ BT36 (吉川・井内, 1991) などの可能性が考えられるが、特定に至っていない。

**珪藻化石:** 本ユニットの一部では珪藻化石が産出し、深度 16.68 m ~ 16.70 m では汽水~海水生種の *Paralia sulcata*、深度 18.64 m ~ 18.66 m では *P. sulcata* 及び *Diploneis* 属が多産することが確認された (第 2 図 B)。深度 17.40 m ~ 17.42 m では珪藻化石が産出しなかった (第 2 図 B)。

**解釈:** 本ユニットは汽水~海水生珪藻が多産することから海成層であると考えられる。砂泥互層から構成されることから、潮間帯干潟堆積物である可能性が高いと考えられる。

**ユニット 2-7 (深度 20.00 m ~ 34.12 m)**

**層相:** 本ユニットは暗オリーブ灰色、オリーブ黒色あるいは緑灰色を呈する砂質堆積物から成り、全体として緩やかに上方粗粒化する (第 2 図 B)。深度 20.0 m ~ 24.6 m はやや粗粒で、細礫混じりの中粒砂~極粗粒砂から成る。この堆積物は層厚 10 cm ~ 40 cm 程度の逆級化する砂層が墨重して形成されている。含まれる礫は径 2 mm ~ 5 mm の角~亜角礫が主体である。ところどころに植物片や木片の濃集する層準が認められ、深度 21.14 m ~ 21.17 m からはセンダン (*Melia azedarach*) 及びオニグルミ (*Juglans mandshurica* subsp. *sieboldiana*) が、深度 26.84 m ~ 26.85 m からはエゴノキ (*Styrax japonica*) が産出した。深度 24.6 m 以深は上位に比べて細粒で細粒砂が優勢であり、稀に層厚 2 cm ~ 5 cm 程度の中粒砂薄層を挟む。植物片や粘土礫が混入する。また、植物根などにより堆積構造が乱れている。大部分は均質な堆積物から成るが、一部で弱いリップル葉理が発達する。深度 27.15 m ~ 27.45 m には細礫混じりで逆級化する中粒砂~極粗粒砂が挟在する。深度 28 m 以深ではややシルト分が混じる。深度 34 m 以深は半固結し、ワイヤーで切断できない。

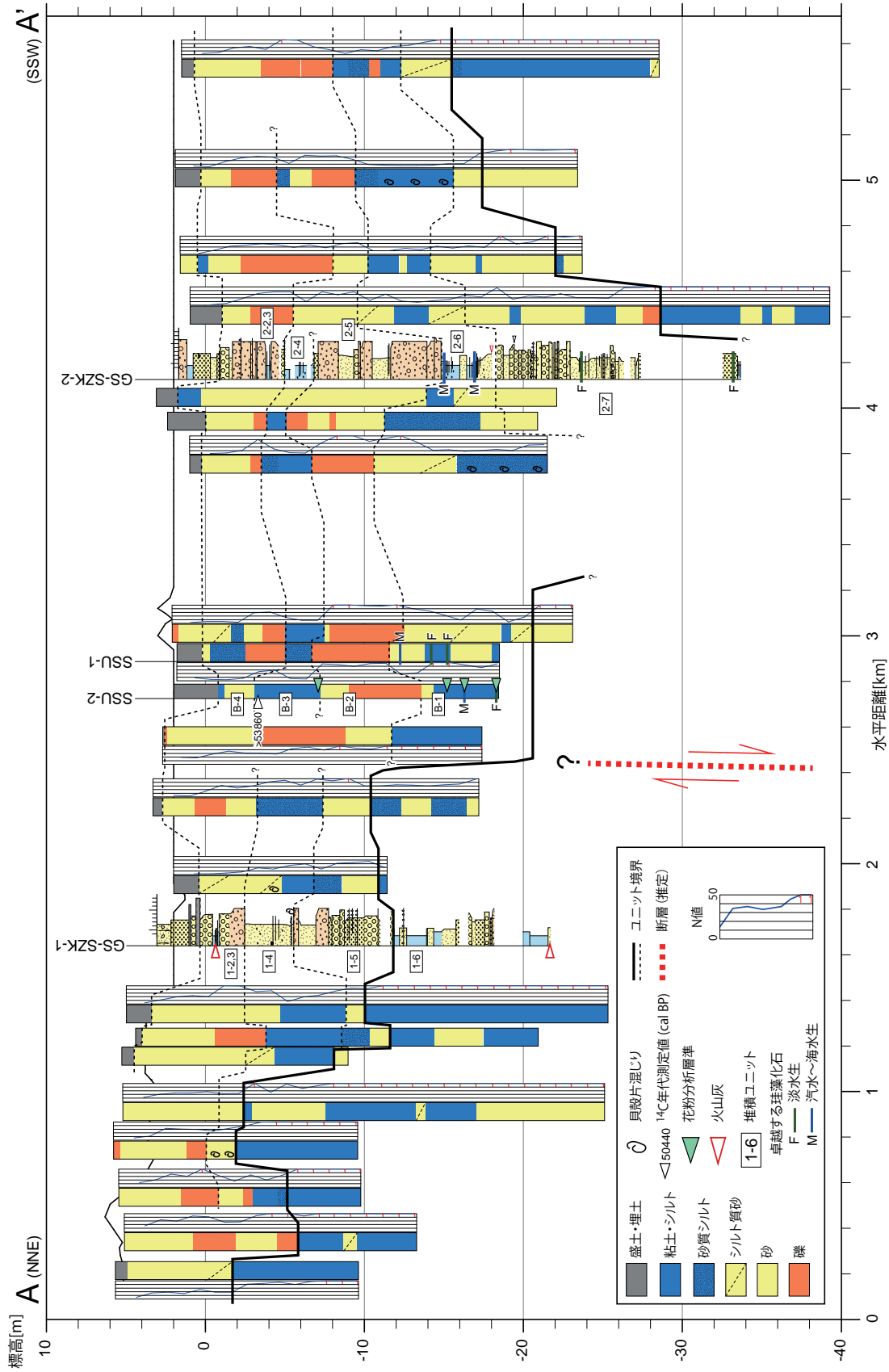
**珪藻化石:** 本ユニットでは淡水生種の産出が確認され、深度 25.43 m ~ 25.45 m では *Navicula mutica* が、深度 33.61 m ~ 33.67 m では *Pinnularia* 属が見出された (第 2 図 B)。また、深度 25.70 m ~ 25.72 m では珪藻化石が産出しなかった (第 2 図 B)。

**解釈:** 本ユニットは、淡水生珪藻が産出することから陸成層であると考えられ、深度 24.6 m 以深が蛇行河川堆積物、深度 24.6 m 以浅が河川チャネル堆積物と解釈される。オニグルミ (マンシュウグルミ) は約 120 万年前に絶滅したオオバタグルミに代わって出現した新しいタイプのクルミであることから (百原, 1993)、本ユニットは東海層群よりも新期の堆積物であることが示唆される。半固結する深度 34 m 以深は東海層群である可能性がある。

**4. 考 察**

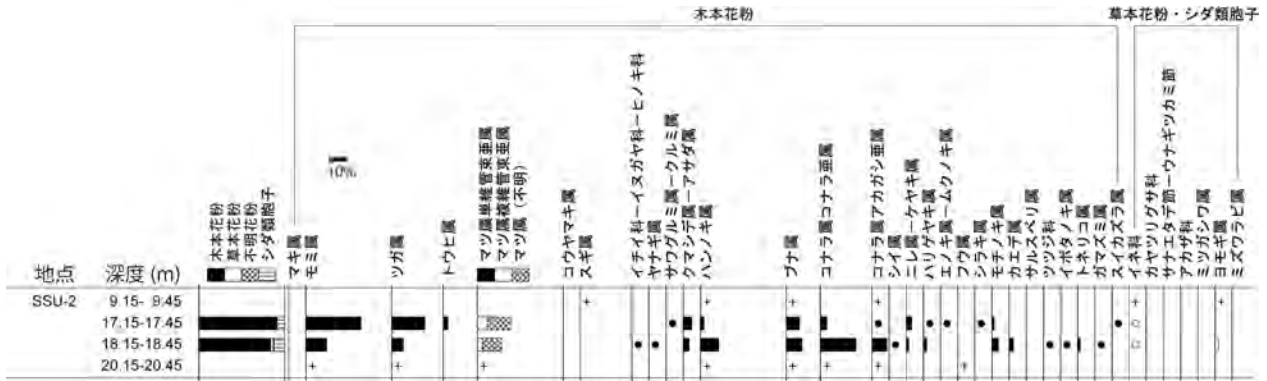
既存ボーリング資料及び GS-SZK-1, 2 コアの解析結果に基づき、海岸線に並行な測線の地質断面図を作成した (第 1 図, 第 3 図)。既存ボーリング資料の SSU-1, 2 コアの  $^{14}\text{C}$  年代測定値、珪藻分析結果は佐藤・水野 (2018) に基づく。GS-SZK-1 及び 2 コアで認められた





第3図 A-A'断面の地質断面図。測線位置は第1図に示す。GS-SZK-1, 2コアの凡例は第2図と同じ。SSU-1, 2コアの珪藻分析結果及び<sup>14</sup>C年代測定値は佐藤・水野 (2018) に基づく (それぞれ佐藤・水野 (2018) の地点 11, 10)。

Fig. 3 Geological section of A-A' line. Location of A-A' line is shown in Fig. 1. Legend of GS-SZK-1 and 2 is same as in Fig. 2. Results of diatom fossil analysis and radiocarbon ages are cited from Sato and Mizuno (2018). The SSU-1 and 2 cores correspond to the sites 11 and 10 of Sato and Mizuno (2018) respectively.



第4図 SSU-2 コアの花粉分析結果. SSU-2 コアの掘削地点は第1図に示す. 木本花粉は木本花粉総数, 草本花粉及びシダ類孢子は総数から不明花粉を除いた数をそれぞれ基数として百分率で表した. ●印及び○印は1%未満, +印は木本花粉100個未満の試料において検出された種類を示す.

Fig. 4 Pollen fossil diagram of the SSU-2 core. Location of the SSU-2 core site is shown in Fig. 1. Percentages of tree pollen, herb and ferns pollen are determined by dividing counted number by total tree pollen, and total herb and ferns pollen removed unknown pollen respectively. Black and white colored circles indicate less than 1%. Cruciform indicates that counted number is less than 100.

堆積ユニットは、地質断面図において概ね側方へ連続性よく追跡できる。

GS-SZK-1 コアのユニット1-4及び1-5は標高-2m~-10m付近に分布する砂泥層として追跡でき、少なくとも測線1.2km~2.2kmの区間に分布すると推定される(第3図)。さらに、測線0.8km付近には貝化石を含む砂質堆積物が認められ、ユニット1-4に対比される可能性がある(第3図)。ユニット1-2及び1-3は砂泥層を覆う砂礫質堆積物として識別でき、標高-2m以浅に広く分布する。ただし、両ユニットを区別することは難しい。これは泥質なユニット1-3Aが既存ボーリング資料では識別できないことによる。ユニット1-3Aは層厚が小さく地下浅部に分布することから、削剥や人工改変によって失われている可能性もある。東海層群に対比されるユニット1-6は、N値50以上の砂泥互層として識別でき、標高-2m~-11m付近を頂部として分布する(第3図)。分布高度は断面図北側ほど高くなる傾向があり、東海層群から成る岸岡山(第1図;吉田,1984)に連続すると推定される。また、東海層群が南方に高度を減ずる分布形態は、丘陵南縁に東西方向の背斜軸が存在するとする岡村ほか(2013)の考えを支持する。

GS-SZK-2 コアのユニット2-6は標高-10m~-15m付近を頂部として側方に連続的に識別でき、SSU-1,2 コアのユニットB-1(佐藤・水野,2018)に対比される(第3図)。SSU-1及び2コアでは*Tryblionella granulata*などの潮間帯干潟に特徴的な珪藻種が多産することが報告されており(佐藤・水野,2018)、層相や珪藻化石群集から推定されるユニット2-6の堆積環境(潮間帯干潟堆積物)とも整合的である。ユニット2-6頂部は北側に緩

やかに傾斜する(第3図)。その上位のユニット2-5は標高-6m~-12m付近に分布するが、測線の2.5kmや4.4km以南ではユニット2-3との境界が不明瞭となる(第3図)。ユニット2-4は測線2.7km~4.2km付近に分布が確認できる。GS-SZK-2 コアの層相からユニット2-4は後背湿地堆積物と推定されることから、河川主流路が移動したことで河川(ユニット2-5, B-2)から後背湿地環境へと変化した可能性が示唆される。ユニットB-3からは、SSU-2 コアで53,860 cal BP以上の年代測定値が得られており(佐藤・水野,2018;第3図)、低位段丘構成層中の後背湿地堆積物であるとする推論を支持する。ユニット2-7はN値50未満の砂質堆積物として測線4km付近よりも南側に分布する(第3図)。測線4.4kmよりも南側にはN値50以上の砂泥互層が分布しており、東海層群に対比されると考えられる。

SSU-2 コアのユニットB-3(深度9.15m~9.45m)とユニットB-1(深度17.15m~17.45m,18.15m~18.45m,20.15m~20.45m)について花粉分析を行った(第4図)。深度9.15m~9.45mと深度20.15m~20.45mは花粉化石の産出量が少ない。深度17.15m~17.45mと深度18.15m~18.45mは花粉化石が多産するものの、際立って多産する種類は認められず、集水域の様々な場所から花粉が集積したためと推定される。アカガシ属などの温暖な場所に生息する常緑樹と、ブナ属やコナラ属などの冷涼な場所に生息する針葉樹とが混在する(第4図)。これは各分類の古生態が現在とは異なっていることが原因であり、MIS5以前の堆積物の特徴のひとつである。また、針葉樹であるモミ属、ツガ属が多い傾向があり(第4図)、これらの種類には比較的温かい地域に分布する種類が含まれる。これら

の特徴から、SSU-2 コアのユニット B-1 は MIS5 の海進に伴うものである可能性が高い。地質断面図における地層対比を参照すると、GS-SZK-2 コアのユニット 2-6 も MIS5 期の海成層であると推定される。

他方、GS-SZK-1 コアのユニット 1-4 は沿岸砂州堆積物と推定され、その上位の低位段丘構成層を AT (29.498 ~ 30.148 cal. ka BP, Smith *et al.*, 2013) が覆うことから、MIS5 期の海成層である可能性が高い。ユニット 1-4 とユニット 2-4 (=ユニット B-3) とは分布高度が類似するものの、ユニット 2-4 (=ユニット B-3) が淡水環境で堆積したと考えられることから、両者は対比されない。従って、ユニット 1-4 とユニット 2-6 (=ユニット B-1) がいずれも MIS5 期の海成層に対比される可能性がある。この対比に基づくと、測線 2.4 km 付近で海成層の分布高度が 11 m ~ 12 m 前後食い違う。この高度差の成因として、鈴鹿沖断層が陸域に延長しており、その活動によって海成層を変位させた可能性が考えられる。両堆積ユニットの対比が正しいと仮定すると、上述した高度差からは 0.09 m/kyr ~ 0.10 m/kyr の鉛直方向の平均変位速度が算定される。この値は海域で示された平均変位速度 (0.2 m/kyr ~ 0.4 m/kyr ; 岩淵ほか, 2000) に比べて小さい。

ユニット 1-4 の堆積時期については間接的な証拠にとどまっており、今後、ユニット中に産出する貝化石の  $^{14}\text{C}$  年代測定や花粉分析などを実施し、堆積年代と地層対比を検証していく必要がある。

## 5. まとめ

鈴鹿沖断層の南西延長部に位置する鈴鹿市南部において、計 2 箇所でのボーリング掘削調査を実施し、GS-SZK-1, 2 コアを採取した。両コア試料について層相観察、珪藻化石分析、火山灰分析を行った結果、以下の知見が得られた。

GS-SZK-1 コアは計 6 の堆積ユニットに区分され、上位から順に、埋土及び客土 (ユニット 1-1)、養殖池堆積物及び埋土 (ユニット 1-2)、砂礫質河川堆積物及びそれを覆う土壌層 (ユニット 1-3)、沿岸砂州堆積物 (ユニット 1-4)、河川堆積物 (ユニット 1-5)、東海層群の亀山累層上部層 (ユニット 1-6) と解釈される。また、GS-SZK-2 コアは計 7 の堆積ユニットに区分され、上位から順に、埋土 (ユニット 2-1)、礫質河川堆積物 (ユニット 2-2)、砂礫質河川堆積物 (ユニット 2-3)、後背湿地堆積物 (ユニット 2-4)、砂礫質河川堆積物 (ユニット 2-5)、潮間帯干潟堆積物 (ユニット 2-6)、河川チャネル堆積物及び蛇行河川堆積物 (ユニット 2-7) と解釈される。既存ボーリング資料との対比から、GS-SZK-1, 2 コアの堆積ユニットは概ね側方に連続性よく追跡する

ことができる。既存ボーリング試料 (SSU-1, 2 コア) の年代測定値、珪藻化石分析、花粉分析結果に基づくと、GS-SZK-2 コアのユニット 2-6 は MIS5 期の海成層に対比される可能性が高い。GS-SZK-1 コアのユニット 1-4 は上位に AT が認められることから MIS5 期の海成層に対比される可能性がある。ユニット 1-4 及び 2-6 がいずれも MIS5 期の海成層であるとする、両ユニットは約 11 m ~ 12 m 高度差を持つことになり、鈴鹿沖断層が南西側の陸域に延長し、海成層を変位させた可能性が示唆される。この高度差に基づくと、平均変位速度は 0.09 m/kyr ~ 0.10 m/kyr と見積もられる。

謝辞：大型植物遺体の同定は千葉大学の百原 新教授にご協力頂いた。コア観察作業では地質情報研究部門の國本節子氏と高橋尚志氏（現・首都大学東京）にご協力頂いた。既存ボーリング資料の XML ファイル作成にあたっては、地質情報研究部門の和田明美氏と成島孝子氏にご協力頂いた。以上の方々に深く感謝申し上げます。

## 文 献

- Erdman, G. (1952) *Pollen morphology and plant taxonomy: Angiosperms (An introduction to palynology. I)*. Almqvist & Wiksells, 539p.
- Erdman, G. (1957) *Pollen and Spore Morphology/Plant Taxonomy: Gymnospermae, Pteridophyta, Bryophyta (Illustrations) (An Introduction to palynology. II)*. Almqvist & Wiksells, 451p.
- Faegri, K. and Iversen, J. (1989) *Textbook of Pollen Analysis*. The Blackburn Press, 328p.
- 古澤 明 (1995) 火山ガラスの屈折率測定および形態分類とその統計的な解析に基づくテフラの識別。地質学雑誌, **101**, 123-133.
- 古澤 明 (2017) レーザーアブレーション ICP 質量分析装置を用いた火山ガラスの分析による十和田カルデラ起源大不動テフラと八戸テフラの識別。地質学雑誌, **123**, 765-776.
- 林 隆夫・川辺孝幸 (1993) 古琵琶湖層群と段丘堆積層・沖積層。市原 実編, 大阪層群, 創元社, 158-168.
- 池田安隆・今泉俊文・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志 (2002) 第四紀逆断層アトラス。東京大学出版会, 260p.
- 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, 141p・USB メモリ。
- 岩淵 洋・西川 公・野田直樹・川尻智敏・中川正則・青砥澄夫・加藤 勲・安間 恵・長田 智・角谷

- 昌洋 (2000) 伊勢湾における活断層調査. 水路部研究報告, **36**, 73-96.
- 地震調査研究推進本部 (2005a) 養老-桑名-四日市断層帯の評価. 27p.
- 地震調査研究推進本部 (2005b) 布引山地東縁断層帯の長期評価. 28p.
- 地震調査研究推進本部 (2005c) 伊勢湾断層帯の評価. 26p.
- 地震調査研究推進本部 (2005d) 鈴鹿東縁断層帯の長期評価 (一部改訂). 11p.
- 活断層研究会 (1991) 「新編日本の活断層-分布図と資料」. 東京大学出版会. 437p.
- 海上保安庁 (1995) 10 万分の 1 海底地質構造図「伊勢湾」. 水路部.
- Kimura, J., Nagahashi, Y., Satoguchi, Y. and Chang, Q. (2015) Origins of felsic magmas in Japanese subduction zone: Geochemical characterization of tephra from caldera-forming eruptions <5 Ma. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **16**, 2147-2174, and supporting information.
- 木村克己 (2011) ボーリングデータ処理システムの公開. 産業技術総合研究所 TODAY, **11**, 19.
- 桑原 徹・松井和夫・吉野道彦・高田康秀 (1972) 伊勢湾と周辺地域の埋没地形と第四系-“沖積層”細分と伊勢湾の新しい沈降盆地化の問題- . 地質学論集, **7**, 61-76.
- 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]. 東海大学出版会, 336p.
- 増田富士雄 (1989) ダイナミック地層学-古東京湾域の堆積相解析から- (その 2 発展編). 応用地質, **30**, 29-40.
- 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) 20 万分の 1 地質図幅「名古屋」(第 3 版). 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 百原 新 (1993) 近畿地方とその周辺の大型植物化石相. 市原 実編, 大阪層群, 創元社, 256-270.
- 中村 純 (1980) 日本産花粉の標徴 I・II, 大阪市立自然史博物館収蔵試料目録, 第 12 集・13 集, 大阪市立博物館.
- 中田 高・今泉俊文 (2002) 「活断層詳細デジタルマップ」. 東京大学出版会. DVD-ROM 2 枚・付図 1 葉・60p.
- 岡村行信・坂本 泉・滝野義幸・横山由香・西田尚央・池原 研 (2013) 伊勢湾に分布する布引山地東縁断層帯東部海域部の位置・形状と過去の活動. 活断層・古地震研究報告, **13**, 187-232.
- 太田陽子・寒川 旭 (1984) 鈴鹿山脈東麓地域の変位地形と第四紀地殻変動. 地理学評論, **57**, 237-262.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター (2015) 20 万分の 1 日本シームレス地質図 2015 年 5 月 29 日版. 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 佐藤善輝・水野清秀 (2018) 伊勢平野北部・鈴鹿市南部における第四紀堆積物の地形・地質調査 (予報). 平成 29 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 no. 76, 11-18.
- 島倉巳三郎 (1973) 日本植物の花粉形態. 大阪市立自然科学博物館収蔵目録, 第 5 集, 60p.
- 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.
- 鈴木康弘・岡田篤正・中田 高 (2010) 1:25,000 都市圏活断層図 伊勢平野の活断層「四日市 第 2 版」「亀山」「津 第 2 版」「松阪」解説書. 国土地理院技術資料 D・1 - No.540.
- Tamura, I., Yamazaki, H. and Mizuno, K. (2008) Characteristics for the recognition of Pliocene and early Pleistocene marker tephra in central Japan. *Quaternary International*, **178**, 85-99.
- 田村幹夫・松岡長一郎・横山卓雄 (1977) 滋賀県水口町北方丘陵の古琵琶湖層群, 特に蒲生累層の層序について. 地質学雑誌, **83**, 749-762.
- 和田幸雄 (1982) 三重県亀山市周辺の奄芸層群. 地質学雑誌, **88**, 121-139.
- 吉田史郎 (1984) 四日市地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅). 地質調査所, 81p.
- 吉田史郎 (1987) 津東部地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 72p.
- 吉川周作・井内美郎 (1991) 琵琶湖高島沖ボーリングコアの火山灰層序. 地球科学, **45**, 81-100.
- 吉川周作・吉田史郎 (1989) 三重県亀山地域の東海層群火山灰層. 地質調査所月報, **40**, 6, 285-298.