

鈴鹿市南部における第四系ボーリングコア試料の¹⁴C年代測定と花粉分析 (速報)

Preliminary report of radiocarbon ages and pollen fossil analysis of Quaternary sediments in southern part of Suzuka City, Mie Prefecture, central Japan

佐藤善輝^{1*}・興津昌宏²・田中義文²

SATO Yoshiki^{1*}, OKITSU Masahiro² and TANAKA Norifumi²

Abstract: Radiocarbon dating and pollen fossil analyses were carried out on two core samples, GS-SZK-1 and 2, drilled in southern part of Suzuka City, Mie Prefecture, central Japan to clarify the depositional environments and ages. The radiocarbon ages indicate that the units above the Unit 1-4 of GS-SZK-1 are likely to be Holocene deposit, while the Unit 1-5 is fluvial sediments during the Marine Oxygen Isotope Stage [MIS] 2. The radiocarbon ages and pollen fossil assemblage suggest that the Units 2-3 to 2-7 are Pleistocene. Abundance of *Lagerstroemia* indicates that the Unit 2-6 is MIS5 marine deposit. The results suggest that the comparison between the GS-SZK-1 and 2 cores in the previous work should be modified, and that there is no vertical displacement between them in Pleistocene, especially MIS5 marine deposit. This shows the possibility that the Suzuka-oki Fault, which located in the Ise Bay, does not extend into the land toward southwest.

Keywords: Ise Plain, Quaternary, pollen fossil, radiocarbon age, Suzuka-oki Fault

要 旨

鈴鹿市南部の計2箇所掘削されたボーリングコア試料(GS-SZK-1, 2)について、放射性炭素年代測定および花粉化石分析を行い、堆積環境と堆積年代について検討した。得られた年代測定値から、GS-SZK-1 コアは少なくともユニット1-4がMIS1の海成層であり、ユニット1-5はMIS2の河川堆積物である可能性が高い。また、GS-SZK-2 コアはユニット2-3が更新統で、サルスベリ属などの温暖な気候に特徴的な花粉化石を多産することからユニット2-5および2-6がMIS5の堆積物に対比される。この結果は、昨年度のGS-SZK-1・2 コア間の地層対比に誤りがあることを示しており、両コア間に地層の上下変位は認められない。このことは、対象地域東側の海域に存在する鈴鹿沖断層の南西側延長は陸域までは到達していない可能性が高いことを示唆する。

1. はじめに

本報告では、「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の第四系ボーリングコア試料の放射性炭素(¹⁴C)年代測定並びに花粉化石分析の結果

果について予察的に報告する。

鈴鹿市南部周辺では、陸域に養老一四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北端の千里断層、海域に鈴鹿沖断層が分布する(第1図;岩淵ほか, 2000;岡村ほか, 2013など)。このうち、鈴鹿沖断層南西側の陸域延長部については資料が不足しており、本断層の連続性に関する検討が進んでいなかった。

このような問題点を踏まえ、活構造分布の議論に資する資料を拡充することを目的として、著者らはこれまで鈴鹿市南部における第四系地下地質分布に関する調査を実施してきた(佐藤・水野, 2018;佐藤ほか, 2019)。佐藤ほか(2019)は計2箇所(GS-SZK-1, 2)でボーリング掘削調査を実施し、両コアに海洋酸素同位体ステージ(以下、MIS)5の海成層が含まれる可能性を指摘した。しかしながら、佐藤ほか(2019)では年代資料が十分に得られておらず、堆積年代に関する議論は不十分であった。そこで、両コアについて¹⁴C年代測定および花粉化石分析を実施したところ、佐藤ほか(2019)の解釈に誤りがあることが明らかになったので、本稿で報告する。

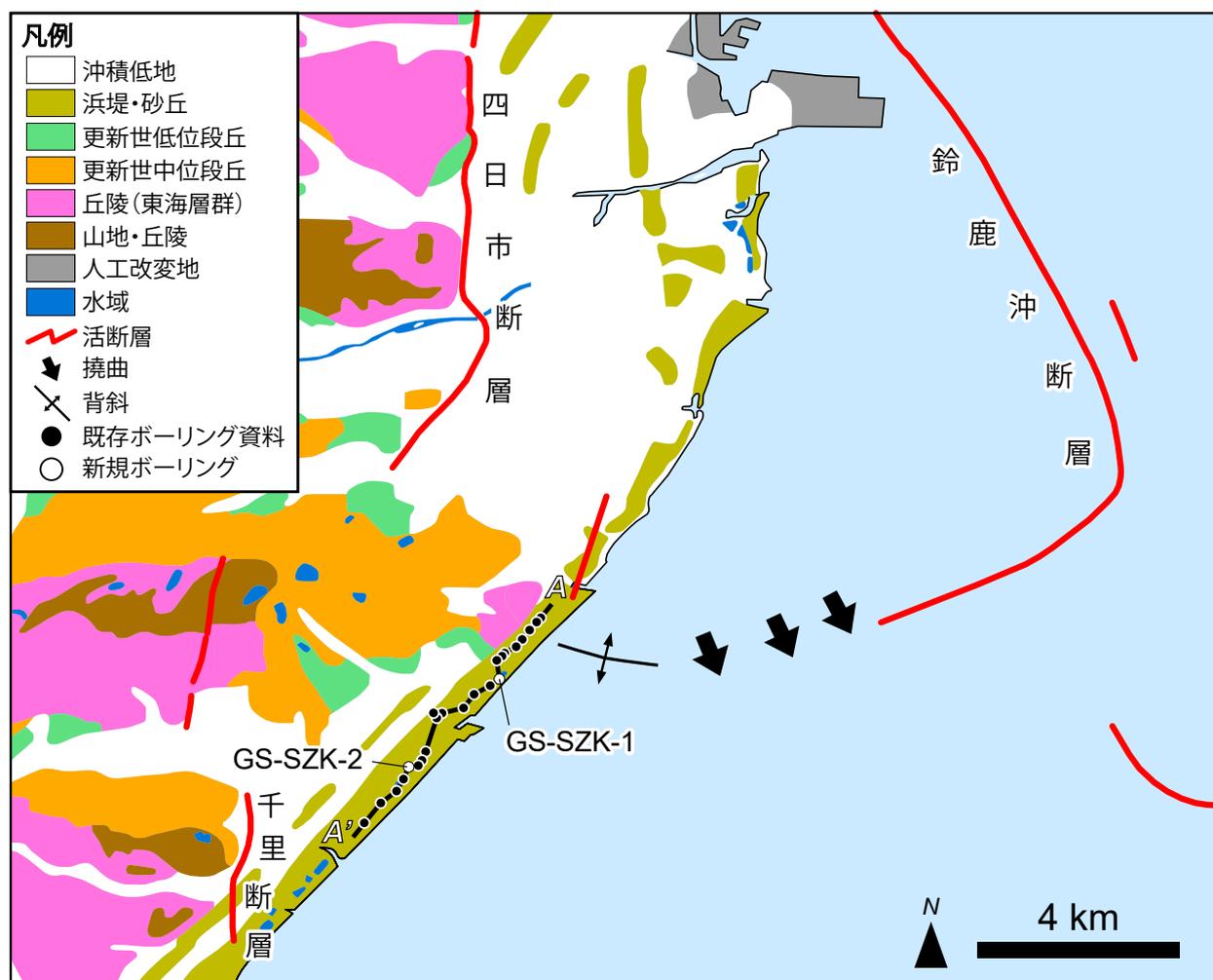
2. 試 料

GS-SZK-1 コアは鈴鹿市江島公園(北緯34°50'

*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)

2 パリノ・サーヴェイ株式会社 (PALYNOSURVEY Co. Ltd)



第1図 対象地域周辺の地質概況および地質断面図測線位置。地質分布は20万分の1日本シームレス地質図（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。

Fig. 1 Geological map around the study area and location of geological section. Geological map is modified from GSJ, AIST (2015).

15.4873", 東経 136° 35' 55.6934" ; 孔口標高 3.05 m) で掘削された(第1図)。掘削深度は24.75 mである。佐藤ほか(2019)は層相と火山灰分析結果からユニット1-1～1-6の計6ユニットに区分し、それぞれユニット1-1(深度0.00 m～2.70 m)が盛土, ユニット1-2(深度2.70 m～3.72 m)が埋土, ユニット1-3(深度3.72 m～5.51 m)が始良丹沢テフラ(AT; 29,498～30,148 cal BP, Smith *et al.*, 2013)以前に堆積した低位段丘構成層, ユニット1-4(深度5.51 m～8.61 m)がMIS5期の沿岸砂州堆積物, ユニット1-5(深度8.61 m～14.83 m)がMIS6以前の河川堆積物, ユニット1-6(深度14.83 m～24.75 m)が東海層群と解釈した。

GS-SZK-2 コアは鈴鹿市鼓ヶ浦駐車場(北緯 34° 49' 18.2447", 東経 136° 34' 57.0183" ; 孔口標高 1.68 m) で掘削された(第1図)。掘削深度は34.12 mである。層相からユニット2-1～2-7の計7ユニットに区分し、それぞれユニット2-1(深度0.00 m～2.57 m)が埋土,

ユニット2-2(深度2.57 m～4.65 m)が湖沼(養殖池)堆積物と完新世の河川堆積物, ユニット2-3～5(深度4.65 m～16.53 m)が低位段丘構成層, ユニット2-6(深度16.53 m～19.72 m)がMIS5期の潮間帯干潟堆積物, ユニット2-7(深度20.00 m～34.12 m)が東海層群と解釈した。

3. 方法

GS-SZK-1 および2 コアからそれぞれ3点の年代測定試料を採取し, 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実施した。年代測定結果はCALIB 7.1 (Stuiver *et al.*, 2019)を用いて行い, 暦年較正のためのデータセットとして陸域試料にはIntCal13.14c (Reimer *et al.*, 2013)を, 海域試料(貝化石)にはMarine13.14c (Reimer *et al.*, 2013)を使用した。

また, GS-SZK-1 および2 コアからプラスチック製

第 1 表 放射性炭素年代測定値一覧.
Table 1 List of radiocarbon ages.

Site	Depth (m)	Material	δ13C (‰)	Conventional age (yrBP)	Calibrated age (cal BP)	Probability %	Median Probability (cal BP)	Dataset
GS-SZK-1	3.89-3.92	plant fragments	-26.34 ± 0.21	190 ± 20	0 - 20	18.6	178	IntCal13
					144 - 215	60.0		
					267 - 289	21.4		
GS-SZK-2	6.49	plant fragments	-9.64 ± 0.29	1910 ± 20	1819 - 1896	100.0	1857	IntCal13
	8.42-8.47	shell	-0.53 ± 0.24	2520 ± 20	2117 - 2286	100.0	2197	Marine13
	3.10-3.20	plant fragments	-27.09 ± 0.25	Modern				
	7.40-7.48	wood fragments	-28.13 ± 0.21	>54010				
	13.38-13.43	wood fragments	-26.85 ± 0.21	>54010				

キューブを用いてそれぞれ 4, 11 点の試料を分取し、花粉化石分析に用いた。各試料から 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。残渣をグリセリンゼリー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同定・計数した。同定は現生標本、Erdman (1952, 1957), Faegri and Iversen (1989), 島倉 (1973), 中村 (1980), 藤木・小澤 (2007) などを参照した。

4. 結果

1) ¹⁴C 年代測定 (第 1 表)

GS-SZK-1 コアでは、深度 3.89 m ~ 3.92 m の植物片から 0 ~ 289 cal BP (2σ, 以下同様)、深度 6.49 m の植物片から 1,819 ~ 1,896 cal BP、深度 8.42 m ~ 8.47 m の貝化石から 2,117 ~ 2,286 cal BP の年代測定値が得られた (第 2 図 A, 第 1 表)。

GS-SZK-2 コアでは、深度 3.10 m ~ 3.20 m の植物片が modern を示し、深度 7.40 m ~ 7.48 m および深度 13.38 m ~ 13.43 m から採取した木片は測定限界よりも古い年代測定値 (54,010 cal BP よりも前) を示した (第 2 図 B, 第 1 表)。

2) 花粉化石分析

GS-SZK-1

深度 15.25 m ~ 15.27 m, 深度 16.70 m ~ 16.72 m, 深度 17.70 m ~ 17.72 m および深度 24.20 m ~ 24.22 m の試料について分析を実施したが、いずれの試料からも花粉化石が検出されなかった (第 2 図 A)。

GS-SZK-2

花粉化石は、最上位の 1 点 (深度 5.72 m ~ 5.74 m) を除くすべての試料から検出された。花粉化石群集の

傾向は組成が連続して変化しギャップはみられないものの、花粉組成より大きく上部・中部・下部の 3 つの花粉帯にわけることができる (第 2 図 B)。

花粉帯上部 (深度 7.54 m ~ 7.56 m から深度 8.40 m ~ 8.42 m) は木本花粉が多く、スギ属 *Cryptomeria*, ハンノキ属 *Alnus*, コナラ亜属 *Lepidobalanus* が多くみられる。草本花粉は少ない。

花粉帯中部 (深度 12.50 m ~ 12.52 m から深度 19.38 m ~ 19.40 m) は木本花粉が多く、サルスベリ属 *Lagerstroemia*, ブナ属 *Fagus*, ハンノキ属 *Alnus*, マツ属 *Pinus* などが産出する。木本花粉のうち、ハリゲヤキ属 *Hemiptelea*, フウ属 *Liquidambar*, サルスベリ属は消滅種である。草本花粉はほとんど産出しない。深度 17.42 m ~ 17.44 m 以浅の 3 点は有機物の分析残渣が下位に比べてやや多く、モミ属 *Abies*, ツガ属 *Tsuga*, マツ属などの針葉樹花粉が多い。

花粉帯下部 (深度 25.45 m ~ 25.47 m から深度 34.61 m ~ 34.67 m) は木本花粉が多く、スギ属とコナラ亜属がやや多い特徴を示し、これらに加えてモミ属, マツ属, ハンノキ属, ニレ属 *Ulmaceae*—ケヤキ属 *Zelkova* などを含む。また、消滅種であるハリゲヤキ属, フウ属, サルスベリ属も少量ではあるが産出する。草本花粉ではイネ科 *Oryza* やカヤツリグサ科 *Cyperaceae* などを含むが、いずれも低率である。水生シダ植物であるミズワラビ属 *Ceratopteris* の胞子が産出する。

5. 考察

1) GS-SZK-1 コアの堆積時期

佐藤ほか(2019)はユニット 1-3 中の深度 3.73 m ~ 3.75 m に AT テフラが挟在することから、これよりも上位のユニット 1-2 および 1-1 を盛土・埋土を含む沖積層と解釈した。しかしながら、本研究でユニット 1-4 中の深度 6.49 m や深度 8.47 m から得られた年代測定値は、少なくともユニット 1-4 以浅が MIS5e の海成層ではなく、MIS1 の海成層であることを示している。従って、ユニット 1-3 最上部で見いだされた AT テフラは再堆積したも

のである可能性が高い。ユニット1-3は、砂礫を主体とする下部（深度3.92 m～5.51 m）とシルトを主体とする上部（深度3.93 m以浅）に細分され（佐藤ほか，2019），ユニット1-3上部は基底部に黒色を呈する腐植質シルトを伴っている。このコアの掘削地点がかつて養殖池として利用されていたことや上述した年代測定値を考慮すると，ユニット1-3上部は養殖池の堆積物とそれを覆う埋土層と考えるのが妥当である。ユニット1-4が沖積層の一部と推定されることから，ユニット1-5はMIS6ではなく，少なくともMIS5よりも新しい海退期～最終氷期（MIS2）の河川堆積物である可能性が高い。

2) GS-SZK-2 コアの堆積環境・堆積時期

佐藤ほか（2019）はGS-SZK-2 コアのユニット2-2以浅を埋土を含む沖積層と解釈した。本研究で得られた¹⁴C年代測定値からユニット2-2が沖積層，ユニット2-4および2-5が更新統であることを示唆する。また，ユニット2-4以深の花粉化石組成は，温暖な場所に生育する樹木（アカガシ亜属やサルスベリ属など），冷涼な場所に生育する落葉樹（ブナ属やコナラ亜属など），針葉樹（マツ属やモミ属，ツガ属など）が混在しており，最終間氷期よりも古い堆積物の特徴（那須，1991）と一致する。従って，¹⁴C年代測定値と花粉化石分析結果は佐藤ほか（2019）の解釈と調和的であるといえる。

次に，各花粉帯の組成から堆積環境や堆積年代について考察する。花粉帯下部は佐藤ほか（2019）のユニット2-7に相当し，水生シダ植物を含み，スギ属，ハンノキ属，コナラ亜属などの河畔や湿地に飼育する木本類や水生シダ植物のミズワラビ属を産出する。これらの特徴から，花粉帯下部（ユニット2-7）は河口付近の沼沢地で堆積したと推定される。本花粉帯は，消滅種であるサルスベリ属やハリゲヤキ属，フウ属が産出する。なかでも，温暖な気候を示唆するサルスベリ属は，現在の本州の自然植生では存在しないものの，MIS5では多産する事例が多く報告されている（例えば，水野ほか，2004；Hayashi *et al.*, 2010 など）。上位の花粉帯中部が海成層と推定されること（後述）を考慮すると，花粉帯下部はMIS6からMIS5にかけての堆積物である可能性がある。なお，フウ属は本州各地でMIS13～MIS15頃を境としてほとんどみられなくなることが報告されており（楡井・本郷，2018 など），東海層群などの古い地層から再堆積したと推定される。

花粉帯中部はユニット2-5および2-6（佐藤ほか，2019）に相当し，サルスベリ属が多く産出することで特徴づけられる。サルスベリ属のほかには，ブナ属，ハンノキ属などの花粉が産出するが，際だって多い種類は認められない。これは，集水域が広く，様々な場

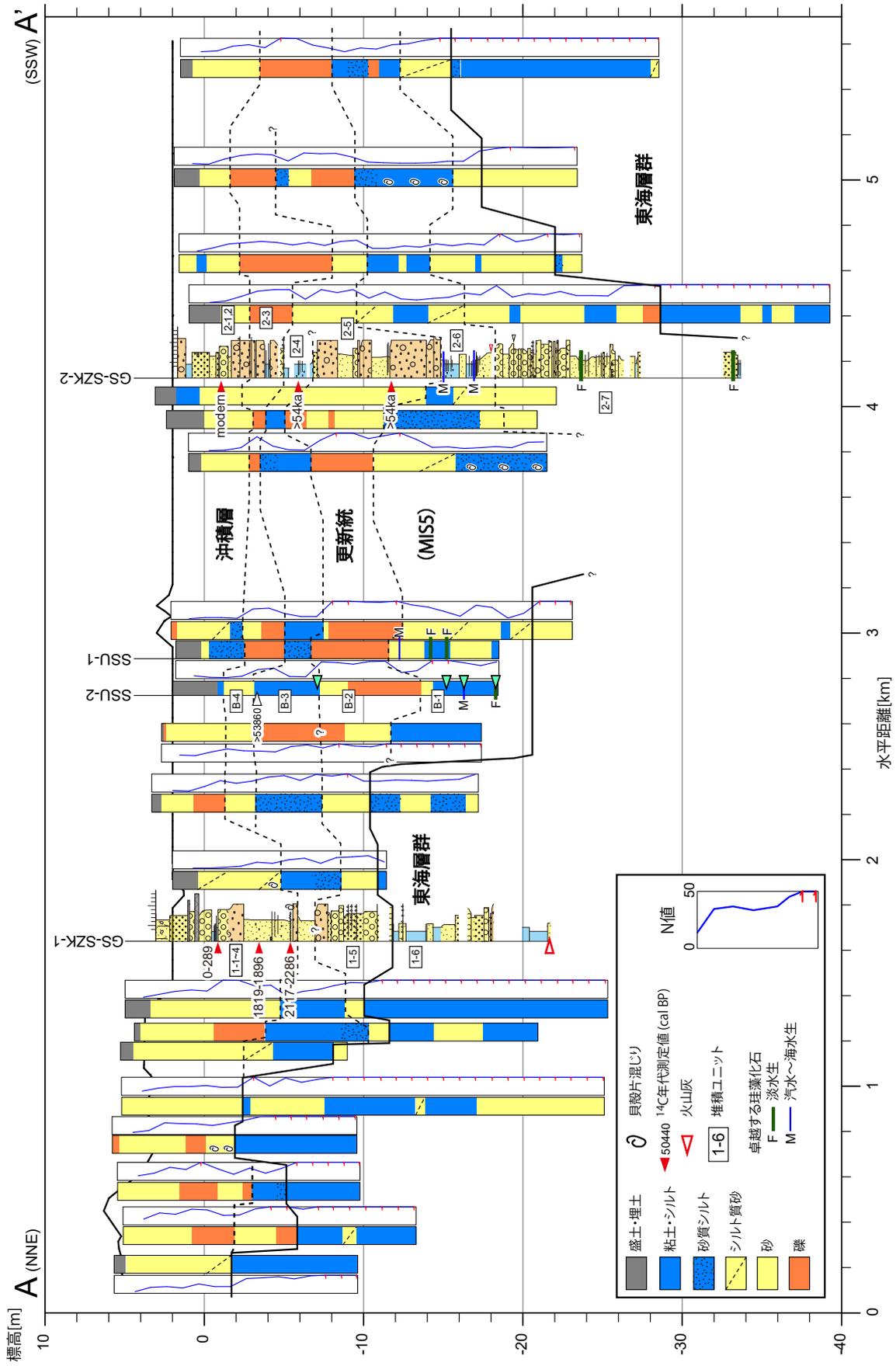
所から花粉化石が流されて堆積した可能性を示唆する。また，深度12.50 m～12.52 m，深度16.65 m～16.68 mおよび深度17.42 m～17.44 mではマツ属，モミ属，ツガ属などの針葉樹のマツ科花粉が多い。マツ科の花粉は風媒花で生産量が多く，かつスポロポレニンの含有量が高く風化に強いいため，相対的に堆積物中に残りやすい。また，マツ属花粉は浮遊しやすく水の動きに敏感であり，沖合ほどその割合が高くなるとされる（松下，1981 など）。従って，花粉化石が陸域から海域に流されて堆積した結果，マツ科の割合が相対的に高くなった可能性が考えられる。佐藤ほか（2019）はユニット2-6で*Paralia sulcata*などの汽水～海水生珪藻が多産することを報告しており，この推論と調和的である。これらの特徴から，花粉帯中部に相当するユニット2-6はMIS5の海成層である可能性が極めて高いと考えられる。ユニット2-5は海成層を覆う砂礫層であることから，MIS5以降に堆積した粗粒なデルタ堆積物または海浜堆積物と推定される。

花粉帯上部はユニット2-4（佐藤ほか，2019）に相当する。スギ属，ハンノキ属などの湿地を好む木本類が多産することから，海水の影響が及ばない淡水域になったと推定される。下位の花粉帯中部がMIS5の海成層であるとする，この層位は少なくともMIS5d以降の海退期に堆積したと考えられる。

3) 地下地質分布

ここまでの議論から，佐藤ほか（2019）の示したGS-SZK-1，2 コアの地層対比に誤りがあったことが明らかになった。佐藤ほか（2019）は，GS-SZK-1 コアのユニット1-4とGS-SZK-2 コアのユニット2-6をともにMIS5の海成層と解釈し，これが約11 m～12 mの高度差を持つことから両地点間に活断層が存在する可能性を指摘した。しかしながら，GS-SZK-1 コアのユニット1-4はMIS1の海成層と考えられることから，両ユニットは対比されない。

前節までの堆積環境・堆積時期の解釈を踏まえて，佐藤ほか（2019）の地質断面図の解釈を修正した（第3図）。GS-SZK-2 コアのユニット2-6は，貝化石や汽水～海水生珪藻の産出（佐藤・水野，2018）から測線中央部のSSU-2 コアのユニットB-1まで連続的に追跡できる。この地層は，GS-SZK-1 コアのユニット1-6を含む東海層群にアバットするように分布する。これよりも上位は，GS-SZK-2 コアのユニット2-5および2-3に対比される2層の砂礫層とユニット2-4に対比される1層の砂泥層から成り，側方に比較的良好に連続する。GS-SZK-1 コアのユニット1-5のうち，深度10 mより下位の粗粒な層準がユニット2-5の砂礫層に，上位のやや細粒な層準がユニット2-4に対比される可能性がある。



第3図 A-A' 測線における地質断面図。測線位置は第1図に示す。

Fig. 3 Geological section along the A-A' line. Location of the section is shown in Fig. 1.

これらの地層のうち、上位の砂礫層はGS-SZK-1 コアの約600 m 南西側で連続性が不明瞭になるものの、下位の2層準についてはさらに北東側に連続し、GS-SZK-1 コアよりも約600 m 北東側で東海層群にアバットする。沖積層の基底は標高-2 m 前後に位置し平坦面を成しているが、GS-SZK-1 コア周辺では標高-5 m 前後とやや深くなっている。

上述の地下地質分布の解釈からはMIS5海成層を含む更新統に顕著な上下変位は認められない。このため、GS-SZK-1, 2 コア間に活構造が存在しているとは考えにくく、鈴鹿沖断層は陸側に延長しない可能性が高い。地質断面図（第3図）からは、MIS5海成層が南端部で標高約-8 m, GS-SZK-2 コアで標高約-15 m（ユニット2-6の頂部）、SSU-2で標高約-13.5 mに位置しており、緩やかに北側に傾斜することが読み取れる。三重県（2005）は本研究の対象地域の約3 km 西を北端とする南北約10 km の測線において反射法地震探査を実施し、東海層群相当層と第四紀層が北傾斜することを示している。本研究で確認されたMIS5海成層の分布傾向は、三重県（2005）の示した大局的な地下地質構造と調和的であるといえる。

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), 147p.
- Fægri, K. and Iversen, J. (1989) Textbook of Pollen Analysis. *The Blackburn Press*, 328p.
- 藤木利之・小澤智生（2007）琉球列島産植物花粉図鑑。アクアコーラル企画，155p.
- Hayashi, R., Takahara, H., Yoshikawa, S., Inouchi, Y. (2010) Orbital-scale vegetation variability during MIS 6, 5, 4, and 3 based on a pollen record from the Takashima-oki core in Lake Biwa, western Japan. *日本花粉学会誌*, **56**, 5–12.
- 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。
- 松下まり子（1981）播磨灘表層堆積物の花粉分析－花粉組成と現存植生の比較－。第四紀研究，**20**，89–100。
- 三重県（2005）平成16年度地震関係基礎調査交付金伊勢平野に関する地下構造調査成果報告書。 <https://www.hp1039.jishin.go.jp/kozo/Mie9frm.htm>。（閲覧日：2020年6月18日）
- 水野清秀・須貝俊彦・八戸昭一・仲里裕臣・杉山雄一・石山達也・中澤 努・松島紘子・細矢卓志（2004）ボーリング調査から推定される深谷断層南東部の地質構造と活動性。活断層・古地震研究報告，**4**，69–83。
- 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・13集，大阪市立博物館。
- 那須孝悌（1991）ナウマンゾウをめぐる古環境。亀井節夫編「日本の長鼻類化石」築地書館，170–179。
- 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。
- 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。
- 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., Hafflison, 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 calBP. *Radiocarbon*, **55**, 1869–1887.
- 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。
- 佐藤善輝・水野清秀・中島 礼（2019）三重県鈴鹿市南部における第四系ボーリング調査（速報）。平成30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.79，95–106。
- 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。
- 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.

Stuiver, M., Reimer, P.J., and Reimer, R.W. (2019) CALIB 7.1 [WWW program] at <http://calib.org/calib/>. (閲覧日：2020年4月24日)