

島根大学松江キャンパスにおける完新世の古環境 —第22次発掘調査研究報告—

川原範子^{1#}・入月俊明^{2,3,4*}・会下和宏³・瀬戸浩二⁴・齋藤文紀^{4,5}・
香月興太⁴・田中智久^{1§}・David L. Dettman^{4,6}

Holocene paleoenvironment in the Matsue Campus of Shimane University, Matsue, Japan —Report of the 22nd archaeological excavation—

Noriko Kawahara^{1#}, Toshiaki Irizuki^{2,3,4*}, Kazuhiro Ege³, Koji Seto⁴,
Yoshiki Saito^{4,5}, Kota Katsuki⁴, Tomohisa Tanaka^{1§}, David L. Dettman^{4,6}

Abstract: The 22nd archaeological excavation in the Matsue Campus of Shimane University, Matsue, Japan, was conducted in preparation for the construction of the Next Generation Tatara Co-Creation Centre. Analyses of grain size, total organic carbon (TOC), total nitrogen (TN), and total sulfur (TS) contents, and microfossils were made in this study. The results are described as follows. The study sequence was divided into seven sedimentary layers: 4c, 4b, 4a, 3b, 3a, 2, and 1, in ascending order. The Kikai-Akahoya (K-Ah) tephra was intercalated into a horizon at an altitude

¹ 島根大学大学院自然科学研究科・Graduate School of Natural Science and Technology, Shimane University, 1060 Nishikawatsu-cho, Matsue 690-8504, Japan

現: 基礎地盤コンサルタンツ株式会社関東支社地質技術部・Geology Engineering Dept. Kanto Branch, Kiso-Jiban Consultants Co., Ltd., 3-22-6 Toyo, Koto-ku, Tokyo 135-0016, Japan

§ 現: 応用地質株式会社・Oyo Corporation, 2-61-5 Toro-cho, Kita-ku, Saitama 331-8688, Japan

² 島根大学総合理工学部・Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University, 1060 Nishikawatsu-cho, Matsue 690-8504, Japan

³ 島根大学総合博物館・Shimane University Museum, 1060 Nishikawatsu-cho, Matsue 690-8504, Japan

⁴ 島根大学エスチュアリー研究センター・Estuary Research Center, Shimane University, 1060 Nishikawatsu-cho, Matsue 690-8504, Japan

⁵ 産業技術総合研究所地質調査総合センター・Geological Survey of Japan, AIST, Tsukuba 305-8567, Japan

⁶ アリゾナ大学・Department of Geosciences, University of Arizona, Tucson, AZ 85721, USA

* Corresponding Author

受付日: 2022年5月12日, 受理日: 2022年6月28日, WEB掲載日: 2022年9月6日

of -2.5 m in the southern subarea and -2.6 m in the northern subarea. A Si layer composed of pale greenish gray very fine-grained silt was interpreted as a flood event layer aged at approximately 7000–6800 cal. yr BP and traceable in other locations of the campus. The paleoenvironment of the 4c layer was a mud bottom of slightly oxidative innermost part of a paleo-bay of Lake Shinji, dated at approximately 7900 cal. yr BP. The local environment then changed into a closed bay at approximately 7500 cal. yr BP. Salinity decreased at the horizon of the boundary between the 4c and 4b layer (*ca.* 6400–6200 cal. yr BP) and the paleoenvironment evolved into the easternmost part of closed brackish paleo-Shinji Lake. The paleoenvironmental setting of the 4a (intertidal sand bar), 3 (supratidal sand bar with reeds), 2 (freshwater marsh), and 1 (rice field) layers observed here confirm the sequence reported by the previous studies.

Key words: Shimane University Campus Site, CNS elemental analysis, grain size analysis, K-Ah, Holocene

はじめに

島根大学の松江キャンパスは、宍道湖北東部の松江平野北縁に位置している(図1)。松江平野は、朝酌川の下流で沖積作用によって形成された小規模な低地であり(林, 1991), 地下には, “古宍道湾”あるいは“古宍道湖”(例えば, 徳岡ほか, 1990; 高安, 2019)下で堆積した軟弱な完新統中海層(三位, 1962)の泥層が分布している。中海層は本調査地点の東に位置する中海湖底から, 西の宍道湖湖底, さらに出雲平野地下へと連続している(中村・徳岡, 1996; 高安・出雲古代景観復元チーム, 1998; 山田・高安, 2006; 中村, 2006)。中海層の泥層中には, 内湾～汽水生の貝化石が認められ, 下部には鬼界-アカホヤ(K-Ah)火山灰層が挟在している(中村ほか, 1996; 中村, 2006)。

島根大学では1994年度に埋蔵文化財調査研究センターが発足し, 松江キャンパス構内における構造物建設工事に先立って発掘調査が継続して行われ, これまでに第21次発掘調査まで行われてきた。その結果, 地下の完新統の層序が明らかにされ, K-Ah火山灰層はキャンパス北部の標高-0.1 mから南部の標高-3.5 mの範囲で認められている(例えば, 会下, 1999b)。また, 縄文時代早期末～近代における一定の考古学的成果が得られ, 大規模な低湿地遺跡である島根大学構内遺跡として認識されている。

今回, 2019～2020年度にかけて, 島根大学松江キャンパス構内の島根大学ミュージアム跡地とその周辺に島根大学次世代たたら協創センターが建設されることになった。そこで, 第22次発掘調査として, 2019年に近現代盛土重機掘削および掘り下げ工事

が行われた。その結果, 完新世の堆積物が広く露出し, 考古学的調査や年代測定が行われ, 会下(2020)により, 年代測定結果などについての速報がなされた。そこで, 本研究では, 同じ地点で採取された堆積物の粒度分析, CNS元素分析, および微化石分析の結果に基づいて, 堆積環境を復元すること, およびこれまでに行われた研究結果と対比することにより, 時間・空間的な変化を復元することを目的とした。

試料と方法

試料採取

調査地域は, 島根大学松江キャンパス構内の総合理工学部2号館の東側に位置し, 島根大学次世代たたら協創センター(2020年12月25日完成)の建設場所である(図1.3)。今回の第22次発掘調査では, 調査区域の南半分(南区)と北半分(北区)に分けてそれぞれ発掘調査が行われた(図1.3, 2)。

南区(図2.1, 2.3)では, 2019年5月27日から近現代盛土重機掘削が開始され, 掘削作業終了後, 2019年7月9日に図2.1, 2.3のa地点の壁面において, 露頭柱状図を作成後, 金属ヘラを用いて標高-1.38～-1.07 mの露頭から10 cm間隔で厚さ1 cmの4試料(下位よりSUS-4～1)を採取した(表1)。また, 図2.1, 2.3のb地点の底面において, 標高-1.47～-4.62 mまで, ランスサンプラーによる5回の掘削により柱状堆積物を採取し, 半割後に記載と柱状図作成を行い, 金属ヘラを用いて約10 cm間隔で厚さ2 cmの32試料(下位よりSUS-36～5)を採取した(図3, 表1)。ピートサンプラーによる

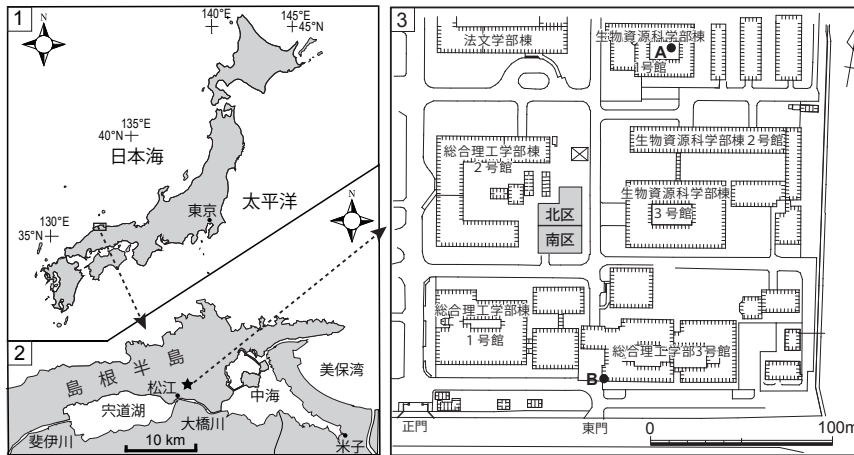


図1 調査区域の位置図。1, 2, インデックスマップ。3, 島根大学松江キャンパス南東部の地図と第22次発掘調査区(北区, 南区)。図1.3のA, Bはそれぞれ第5次発掘調査区(榎田, 1999)と第2次発掘調査区(中村, 1999)の柱状図作成および分析試料採取地点。

Fig. 1 Location maps of the study area. 1, 2, Index maps. 3, Map showing the 22nd archaeological excavation research area in the southeastern part of the Matsue Campus of Shimane University (northern and southern subareas). A and B in Fig. 1.3 are the study site of Umeda (1999) in the 5th archaeological excavation research area and that of Nakamura (1999) in the 2nd research area.

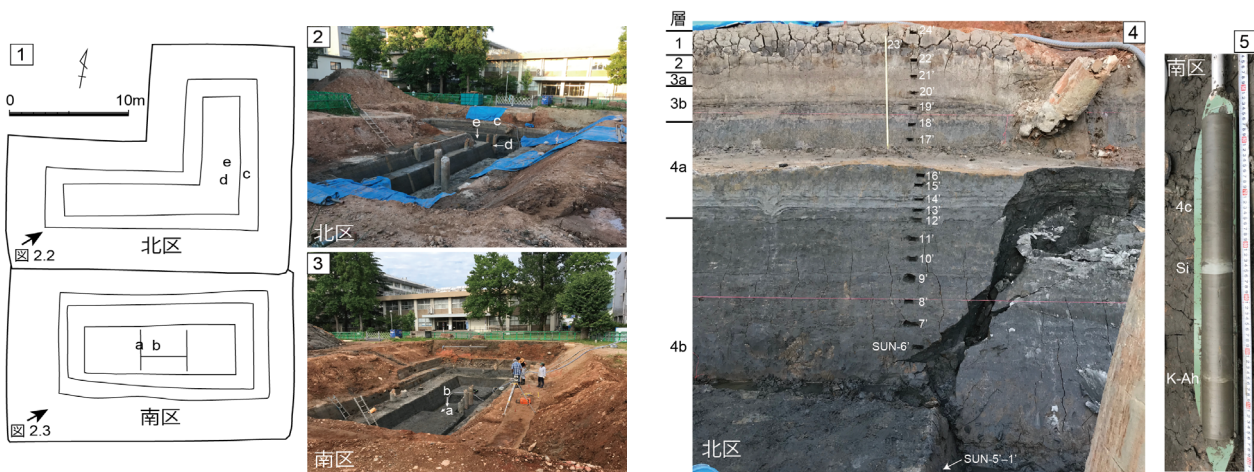


図2 調査区の詳細。1, 調査区の地図。a～eは柱状図作成および試料採取地点。2, 北区の写真(2019年8月26日撮影, 写真左側が北側)。c～eは柱状図作成および試料採取地点。3, 南区の写真(7月9日撮影, 写真左側が北側)。a, bは柱状図作成および試料採取地点。4, 図2.1, 2.2のc地点における層相と試料採取層準。5, 南区のb地点(図2.1, 2.3)でピートサンプラーにより採取された第4c層の一部。SiとK-AhはそれぞれSi層とK-Ah火山灰層を示す。

Fig. 2 Details of the study area. 1, Location map. a-e show the study sites where the columnar sections were drawn and samples were collected. 2, A photograph showing the northern subarea on August 26, 2019 (north is left). c-e show the study sites. 3, A photograph showing the southern subarea on July 9, 2019 (north is left). a, b show the study sites. 4, Sedimentary layers with sample horizons at site c in the northern subarea (Fig. 2.1, 2.2). 5, A part of the 4c layer excavated at the site b in the southern subarea (Fig. 2.1, 2.3) using a peat sampler. Si and K-Ah indicate a Si layer and the K-Ah tephra, respectively.

火山灰層などの確認も行われた。

北区(図 2.1, 2.2)では, 2019 年 7 月 12 日から近現代盛土重機掘削が開始され, 掘削作業の終了後, 2019 年 8 月 26 日に図 2.1, 2.2 の c, d 地点の壁面において, 露頭柱状図を作成後, 標高 -1.339 ~ 1.331 m の層準から, 金属ヘラを用いて約 10 cm 間隔で厚さ 2 ~ 3 cm の 24 試料(下位より SUN-1' ~ 24')を採取した(図 2.4)。また, 8 月 27 日に図 2.1, 2.2 の e 地点の底面において, 標高 -0.864 ~ -2.684 m まで, ランスサンプラーによる 2 回の掘削により柱状堆積物を採取し, 半割後に記載と柱状図作成を行い, 金属ヘラを用いて約 10 cm 間隔で厚さ 2 cm の 20 試料(下位より SUN-20 ~ 1)を採取した(図 3, 表 1)。南区と同様に, ピートサンプラーによる火山灰層などの確認も行われた。

分析およびデータ解析方法

微化石分析

凍結乾燥させた試料のうち約 5 ~ 13 g を電子天秤で秤量し, 250 メッシュの篩(篩の目: 63 μm)上で水洗し, 泥分を完全に除去した。その後, 40°C の恒温乾燥器内で 2 日程度十分に乾燥させ, 乾燥重量を測定し含泥率を算出した。微化石を抽出するため, 残渣を 115 メッシュ(篩の目: 125 μm)の篩に通し, 115 メッシュの篩に残った試料を用いて, 双眼実体顕微鏡下で微化石(有孔虫化石)の抽出を行い, 群集スライドに糊付けし, 同定作業を行った。

粒度分析

堆積物の粒径を計測する粒度分析に関しては, 凍結乾燥試料からの適量(0.03 ~ 0.04 g)を分取し, ラボランスチロール棒瓶に入れ, 6% の過酸化水素水(1.5 ~ 2.0 ml)を加え, 気泡が出なくなるまで, 5 ~ 7 日間ドラフト内に放置した。気泡が出なくなったのち, 島根大学総合理工学部地球科学科所有のレーザー回折式粒度分析装置(島津製作所製, SALD-3000S)を用いて粒度分析を行った。手順は中山・草野(1998)に従った。また, Folk and Ward(1957)による中央粒径, 平均粒径, 淘汰度, 歪度, および尖度を算出し, 評価項目に従った。

CNS 元素分析

堆積物中の全有機炭素(TOC), 全窒素(TN), および全イオウ(TS)の含有率(wt%)を計測する CNS 元素分析に関しては, 凍結乾燥試料を約 3 g 分取し, メノウ乳鉢で粉碎し, 約 9.5 ~ 11 mg を秤量して銀コンテナに入れた。無機炭素を取り除くために, 1 N の HCl を添加後, 110 °C で加熱乾燥さ

せた。さらに, 錫コンテナで試料を包み, 丸めて分析用試料とした。測定には, 島根大学エスチュアリー研究センター所有の CNS 元素分析計(Thermo ELECTRON CORPORATION 製, Flash EA 1112)を使用した。標準試料には BBOT(2,5-Bis-(5-tert-butyl-benzoxazol-2-yl)-thiophen)を用いた。また, 堆積環境を推定するため, TOC と TS の重量パーセントの比(C/S 比)を算出した。さらに, 堆積物中の有機物の起源を推定するため, TOC と TN の重量パーセントの比(C/N 比)を算出した。

結果

分析層準の地層

これまでの調査結果から, 島根大学構内遺跡, すなわち松江キャンパスの地下には下位より, 第 4e, 4d, 4c, 4b, 4a 層, 第 3b, 3a 層, 第 2c, 2b, 2a 層, および第 1 層が確認されている(会下, 1999a, b)。しかしながら, 必ずしも調査地区を通じて, これらの層の定義は同じではない。本研究においては, 分析を行った地層区分に関して, 基本的に上記研究資料および会下(2020)に従い, 下位より以下のように定義した(図 2.4, 2.5, 3)。なお, 標高については柱状図を作成した地点のデータを使用したため, 会下(2020)とは 10 cm 前後の差がある。

第 4c 層(南区 a 地点: 標高 -4.7 ~ -1.93 m, 北区 c 地点: 標高 -2.7 ~ -1.83 m)は塊状の暗緑灰色シルトからなる。上位の第 4b 層とは漸関関係にあり, 暗緑灰色から暗灰色に変化した層準を境界とした。南区では最下部から標高 -4.0 m 付近までは保存不良で種属不明の貝化石を多く含む。南区では標高約 -2.5 m, 北区では標高 -2.59 m に層厚 1 cm の淡黄灰色の火山灰層(図 2.5)を挟在する。南区の極細粒砂からシルトの級化した層からなるこの火山灰層に関して, 会下(2020)では(株)京都フィッシュン・トラックに分析を依頼した結果, 極細粒砂の粒径の砂粒は石英と長石の軽鉱物を主体とし, 主に不透明鉱物の重鉱物, それに 3 ~ 4% の火山ガラスからなる。珪長質肉薄透明な扁平型のバブルウォール型の火山ガラスを主体とし, 火山ガラスの屈折率の最頻値が 1.512(範囲 1.510-1.517 の同グループの平均値も同じ値)を示すことから, 鬼界アカホヤ(K-Ah)火山灰(7165-7303 cal. yr BP; Smith et al., 2013)に対比された(町田・新井, 2003)。また, 南区では標高 -2.3 ~ -2.4 m, 北区では標高 -2.2 ~ -2.3 m に層厚約 2 cm の淡緑灰色極細粒シルト層(Si 層)が挟

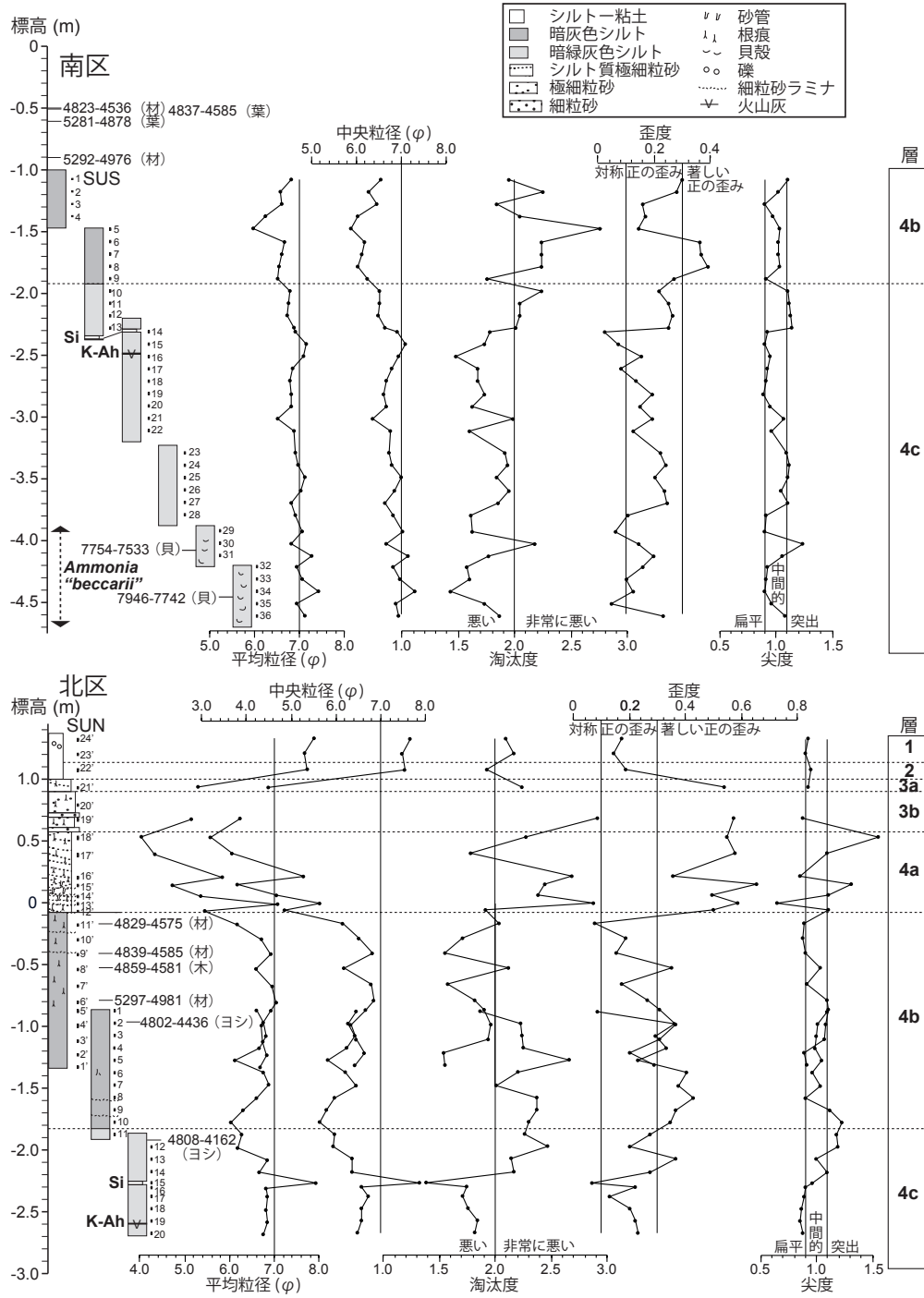


図 3 調査区における柱状図, 年代, 試料採取層準, および粒度分析結果の垂直変化. 年代は会下 (2020) に基づいた暦年代 (cal. yr BP, 2 σ ; 表 2) で, 括弧内は年代試料を示す. 淘汰度, 歪度, 尖度の評価は Folk and Ward (1957) に基づく. Si と K-Ah はそれぞれ, Si 層と K-Ah 火山灰層を示す.

Fig. 3 Columnar sections with sample horizons and age data, and vertical profiles of the results of grain size analysis. Age data is calibrated year BP (cal. yr BP, 2 σ ; Table 2) based on Ege (2020) and materials for dating are shown in parentheses. Calculation and evaluation of sorting, skewness, and kurtosis indices are based on Folk and Ward (1957). Si and K-Ah indicate a Si layer and the K-Ah tephra, respectively.

表1 本研究試料の各種データ(層, 層準, 試料重量, 含泥率, 粒度分析結果, CNS分析, 微化石分析結果). A. b. は底生有孔虫種の *Ammonia "beccarii" form 1*.

Table 1 Data list for this study's samples (lithological facies, sample horizon, sample weight, mud content, results of grain size analysis, and results of CNS elemental analysis, and microfossil analysis). A. b. means *Ammonia "beccarii" form 1* (benthic Foraminifera).

| 試料 | 層 | 標高 (m) | | 乾燥重量 (g) | 水洗後の 乾燥重量 (g) | 含泥率 (%) | 平均粒径 (φ) | 中央粒径 (φ) | 淘汰度 | 歪度 | 尖度 | TOC (wt%) | TN (wt%) | TS (wt%) | TOC/TS | TOC/TN | A. b. |
|---------|----|--------|--------|-------------|---------------------|------------|-------------|-------------|------|------|------|--------------|-------------|----------|--------|--------|-------|
| | | 上限 | 下限 | | | | | | | | | | | | | | |
| SUS-1 | 4b | -1.07 | -1.08 | 10.04 | 0.78 | 92.19 | 6.82 | 6.55 | 1.94 | 0.30 | 1.11 | 2.67 | 0.14 | 2.11 | 1.26 | 18.92 | |
| SUS-2 | 4b | -1.17 | -1.18 | 12.04 | 1.58 | 86.86 | 6.59 | 6.27 | 2.25 | 0.28 | 1.03 | 2.23 | 0.13 | 1.84 | 1.21 | 17.37 | |
| SUS-3 | 4b | -1.27 | -1.28 | 12.60 | 2.33 | 81.52 | 6.61 | 6.46 | 1.84 | 0.16 | 0.90 | 2.55 | 0.14 | 1.93 | 1.32 | 17.62 | |
| SUS-4 | 4b | -1.37 | -1.38 | 12.07 | 1.18 | 90.25 | 6.25 | 6.05 | 2.05 | 0.17 | 0.97 | 2.60 | 0.15 | 2.03 | 1.28 | 17.67 | |
| SUS-5 | 4b | -1.47 | -1.49 | 12.02 | 0.69 | 94.25 | 5.99 | 5.89 | 2.75 | 0.14 | 1.03 | 3.35 | 0.18 | 2.23 | 1.50 | 19.03 | |
| SUS-6 | 4b | -1.57 | -1.59 | 12.05 | 1.14 | 90.52 | 6.66 | 6.17 | 2.24 | 0.36 | 1.02 | 2.67 | 0.15 | 2.08 | 1.29 | 18.06 | |
| SUS-7 | 4b | -1.67 | -1.69 | 12.06 | 3.04 | 74.80 | 6.62 | 6.14 | 2.24 | 0.36 | 1.03 | 1.75 | 0.12 | 1.78 | 0.98 | 15.21 | |
| SUS-8 | 4b | -1.77 | -1.79 | 12.04 | 2.93 | 75.64 | 6.54 | 6.02 | 2.23 | 0.39 | 1.04 | 1.67 | 0.11 | 1.58 | 1.06 | 15.83 | |
| SUS-9 | 4b | -1.87 | -1.89 | 12.01 | 1.46 | 87.81 | 6.53 | 6.23 | 1.75 | 0.27 | 0.92 | 2.54 | 0.13 | 2.24 | 1.13 | 19.30 | |
| SUS-10 | 4c | -1.97 | -1.99 | 12.01 | 0.61 | 94.94 | 6.79 | 6.51 | 2.23 | 0.22 | 1.11 | 1.61 | 0.11 | 2.42 | 0.66 | 14.12 | |
| SUS-11 | 4c | -2.07 | -2.09 | 12.01 | 0.62 | 94.86 | 6.77 | 6.53 | 2.04 | 0.25 | 1.12 | 1.87 | 0.12 | 2.60 | 0.72 | 15.42 | |
| SUS-12 | 4c | -2.17 | -2.19 | 12.01 | 0.39 | 96.78 | 6.74 | 6.49 | 2.05 | 0.27 | 1.13 | 1.94 | 0.13 | 2.66 | 0.73 | 15.44 | |
| SUS-13 | 4c | -2.27 | -2.29 | 12.01 | 0.61 | 94.91 | 6.87 | 6.63 | 2.01 | 0.25 | 1.14 | 1.90 | 0.13 | 2.61 | 0.73 | 14.66 | |
| SUS-14 | 4c | -2.3 | -2.32 | 12.01 | 0.38 | 96.85 | 6.92 | 6.90 | 1.78 | 0.02 | 0.92 | 1.58 | 0.13 | 2.46 | 0.64 | 12.16 | |
| SUS-15 | 4c | -2.4 | -2.42 | 12.00 | 0.36 | 96.97 | 7.15 | 7.09 | 1.73 | 0.07 | 0.91 | 1.65 | 0.13 | 2.47 | 0.67 | 13.05 | |
| SUS-16 | 4c | -2.5 | -2.52 | 12.01 | 0.25 | 97.90 | 7.08 | 6.95 | 1.48 | 0.15 | 0.95 | 2.07 | 0.14 | 2.47 | 0.84 | 15.29 | |
| SUS-17 | 4c | -2.6 | -2.62 | 12.01 | 0.37 | 96.89 | 6.86 | 6.79 | 1.67 | 0.08 | 0.92 | 2.08 | 0.13 | 2.56 | 0.81 | 15.70 | |
| SUS-18 | 4c | -2.7 | -2.72 | 12.00 | 0.39 | 96.73 | 6.78 | 6.66 | 1.67 | 0.13 | 0.91 | 1.82 | 0.12 | 2.33 | 0.78 | 14.62 | |
| SUS-19 | 4c | -2.8 | -2.82 | 12.01 | 0.40 | 96.63 | 6.82 | 6.62 | 1.73 | 0.19 | 0.89 | 1.65 | 0.12 | 2.29 | 0.72 | 13.66 | |
| SUS-20 | 4c | -2.9 | -2.92 | 12.01 | 0.31 | 97.40 | 6.81 | 6.67 | 1.62 | 0.15 | 0.94 | 1.69 | 0.13 | 2.40 | 0.70 | 13.24 | |
| SUS-21 | 4c | -3 | -3.02 | 12.00 | 0.92 | 92.33 | 6.52 | 6.37 | 1.98 | 0.19 | 1.07 | 1.61 | 0.12 | 2.27 | 0.71 | 13.45 | |
| SUS-22 | 4c | -3.1 | -3.12 | 12.00 | 0.21 | 98.28 | 6.88 | 6.77 | 1.60 | 0.12 | 0.96 | 1.26 | 0.10 | 2.48 | 0.51 | 12.09 | |
| SUS-23 | 4c | -3.28 | -3.3 | 12.00 | 0.57 | 95.26 | 6.90 | 6.74 | 1.91 | 0.22 | 1.10 | 2.11 | 0.15 | 2.39 | 0.88 | 14.28 | |
| SUS-24 | 4c | -3.38 | -3.4 | 12.00 | 0.41 | 96.55 | 6.98 | 6.79 | 1.94 | 0.24 | 1.11 | 2.00 | 0.13 | 2.31 | 0.87 | 14.87 | |
| SUS-25 | 4c | -3.48 | -3.5 | 12.00 | 0.29 | 97.57 | 7.12 | 6.99 | 1.84 | 0.20 | 1.10 | 1.87 | 0.14 | 2.45 | 0.76 | 13.59 | |
| SUS-26 | 4c | -3.58 | -3.6 | 12.01 | 0.23 | 98.07 | 7.03 | 6.85 | 1.96 | 0.23 | 1.04 | 1.68 | 0.12 | 2.29 | 0.73 | 13.71 | |
| SUS-27 | 4c | -3.68 | -3.7 | 12.00 | 0.24 | 97.97 | 6.83 | 6.65 | 1.85 | 0.24 | 1.10 | 1.54 | 0.11 | 2.27 | 0.68 | 13.98 | |
| SUS-28 | 4c | -3.78 | -3.8 | 12.01 | 0.34 | 97.18 | 6.92 | 6.83 | 1.61 | 0.11 | 0.91 | 1.56 | 0.11 | 2.26 | 0.69 | 14.06 | |
| SUS-29 | 4c | -3.91 | -3.93 | 12.01 | 0.47 | 96.08 | 7.08 | 7.04 | 1.62 | 0.06 | 0.90 | 1.39 | 0.10 | 2.31 | 0.60 | 13.99 | 3 |
| SUS-30 | 4c | -4.01 | -4.03 | 12.00 | 0.29 | 97.58 | 6.83 | 6.68 | 2.18 | 0.14 | 1.24 | 1.44 | 0.10 | 2.25 | 0.64 | 14.09 | 10 |
| SUS-31 | 4c | -4.11 | -4.13 | 12.00 | 0.26 | 97.80 | 7.28 | 7.15 | 1.77 | 0.20 | 1.06 | 1.54 | 0.10 | 2.31 | 0.67 | 14.91 | 12 |
| SUS-32 | 4c | -4.2 | -4.22 | 12.00 | 0.19 | 98.38 | 6.94 | 6.81 | 1.58 | 0.16 | 0.93 | 1.53 | 0.10 | 2.28 | 0.67 | 15.19 | 12 |
| SUS-33 | 4c | -4.3 | -4.32 | 12.00 | 0.32 | 97.36 | 7.07 | 6.98 | 1.60 | 0.10 | 0.91 | 1.56 | 0.11 | 2.29 | 0.68 | 14.86 | 47 |
| SUS-34 | 4c | -4.4 | -4.42 | 12.00 | 0.33 | 97.28 | 7.41 | 7.31 | 1.43 | 0.12 | 0.91 | 1.46 | 0.10 | 1.66 | 0.88 | 14.31 | 215 |
| SUS-35 | 4c | -4.5 | -4.52 | 12.01 | 0.27 | 97.78 | 6.93 | 6.88 | 1.73 | 0.05 | 0.96 | 1.38 | 0.10 | 1.07 | 1.28 | 14.36 | 39 |
| SUS-36 | 4c | -4.6 | -4.62 | 12.93 | 0.40 | 96.90 | 7.11 | 6.94 | 1.87 | 0.23 | 1.08 | 1.50 | 0.10 | 1.28 | 1.17 | 15.16 | 17 |
| SUN-1' | 4b | -1.319 | -1.339 | 12.01 | 0.88 | 92.65 | 6.68 | 6.43 | 1.56 | 0.29 | 0.92 | 3.16 | 0.18 | 2.43 | 1.30 | 17.23 | |
| SUN-2' | 4b | -1.219 | -1.239 | 12.07 | 0.93 | 92.29 | 6.82 | 6.65 | 1.54 | 0.20 | 0.89 | 2.89 | 0.18 | 2.31 | 1.25 | 16.36 | |
| SUN-3' | 4b | -1.109 | -1.129 | 12.05 | 1.10 | 90.85 | 6.73 | 6.47 | 1.94 | 0.31 | 1.07 | 2.90 | 0.17 | 2.40 | 1.21 | 16.90 | |
| SUN-4' | 4b | -0.979 | -1.009 | 12.03 | 1.83 | 84.75 | 6.69 | 6.35 | 1.96 | 0.36 | 1.08 | 2.39 | 0.14 | 2.07 | 1.16 | 17.21 | |
| SUN-5' | 4b | -0.864 | -0.889 | 12.03 | 1.27 | 89.42 | 6.92 | 6.66 | 1.90 | 0.31 | 1.10 | 2.44 | 0.15 | 2.28 | 1.07 | 16.72 | |
| SUN-6' | 4b | -0.794 | -0.814 | 12.05 | 1.77 | 85.29 | 7.03 | 6.85 | 1.82 | 0.26 | 1.10 | 2.44 | 0.16 | 2.30 | 1.06 | 15.28 | |
| SUN-7' | 4b | -0.664 | -0.684 | 12.02 | 1.85 | 84.64 | 6.94 | 6.80 | 1.58 | 0.17 | 0.92 | 3.12 | 0.19 | 2.42 | 1.29 | 16.77 | |
| SUN-8' | 4b | -0.529 | -0.549 | 12.03 | 2.08 | 82.68 | 6.57 | 6.19 | 2.12 | 0.35 | 1.04 | 2.27 | 0.14 | 1.83 | 1.24 | 16.06 | |
| SUN-9' | 4b | -0.409 | -0.429 | 12.02 | 1.62 | 86.53 | 6.93 | 6.81 | 1.56 | 0.15 | 0.90 | 3.06 | 0.19 | 2.39 | 1.28 | 16.40 | |
| SUN-10' | 4b | -0.289 | -0.309 | 12.01 | 2.49 | 79.26 | 6.69 | 6.53 | 1.71 | 0.19 | 0.88 | 2.27 | 0.15 | 1.93 | 1.18 | 14.83 | |
| SUN-11' | 4b | -0.169 | -0.189 | 12.07 | 3.55 | 70.56 | 6.16 | 6.16 | 2.03 | 0.08 | 0.89 | 2.01 | 0.13 | 1.66 | 1.21 | 15.12 | |
| SUN-12' | 4a | -0.059 | -0.074 | 12.00 | 4.47 | 62.75 | 5.42 | 4.87 | 1.92 | 0.50 | 1.10 | 1.36 | 0.09 | 1.26 | 1.08 | 15.03 | |
| SUN-13' | 4a | 0.001 | -0.019 | 12.02 | 4.62 | 61.54 | 7.06 | 5.64 | 2.88 | 0.59 | 0.65 | 1.28 | 0.09 | 1.23 | 1.04 | 14.17 | |
| SUN-14' | 4a | 0.061 | 0.041 | 12.01 | 6.81 | 43.31 | 5.33 | 4.69 | 2.38 | 0.49 | 1.10 | 0.66 | 0.06 | 0.86 | 0.77 | 10.66 | |
| SUN-15' | 4a | 0.151 | 0.131 | 12.01 | 8.54 | 28.85 | 4.70 | 3.80 | 2.45 | 0.65 | 1.31 | 0.61 | 0.06 | 0.73 | 0.83 | 10.96 | |
| SUN-16' | 4a | 0.216 | 0.191 | 12.01 | 7.97 | 33.62 | 5.83 | 5.30 | 2.69 | 0.36 | 0.86 | 0.74 | 0.06 | 0.82 | 0.91 | 11.91 | |
| SUN-17' | 4a | 0.401 | 0.371 | 12.02 | 9.34 | 22.31 | 4.32 | 3.68 | 1.78 | 0.58 | 1.09 | 0.65 | 0.06 | 0.65 | 1.01 | 11.76 | |
| SUN-18' | 4a | 0.541 | 0.511 | 12.02 | 9.80 | 18.47 | 4.01 | 3.21 | 2.28 | 0.55 | 1.55 | 0.53 | 0.06 | 0.59 | 0.89 | 9.37 | |
| SUN-19' | 3b | 0.686 | 0.661 | 12.01 | 8.30 | 30.92 | 5.13 | 3.85 | 2.91 | 0.57 | 0.87 | 0.63 | 0.06 | 0.08 | 0.78 | 10.73 | |
| SUN-20' | 3b | 0.801 | 0.781 | 12.01 | 5.29 | 55.95 | | | | | | 0.64 | 0.06 | 0.07 | 9.09 | 10.67 | |
| SUN-21' | 3a | 0.941 | 0.921 | 12.01 | 5.28 | 55.98 | 5.28 | 4.50 | 2.24 | 0.54 | 0.92 | 0.61 | 0.06 | 0.02 | 38.73 | 10.37 | |
| SUN-22' | 2 | 1.086 | 1.061 | 12.02 | 0.89 | 92.63 | 7.74 | 7.55 | 1.93 | 0.19 | 0.95 | 1.25 | 0.09 | 0.04 | 33.03 | 14.73 | |
| SUN-23' | 1 | 1.211 | 1.191 | 12.00 | 1.14 | 90.50 | 7.66 | 7.47 | 2.17 | 0.14 | 0.90 | 2.19 | 0.20 | 0.02 | 109.88 | 11.17 | |
| SUN-24' | 1 | 1.331 | 1.306 | 12.01 | 1.87 | 84.42 | 7.89 | 7.65 | 2.09 | 0.17 | 0.92 | 2.11 | 0.19 | 0.03 | 83.57 | 10.95 | |
| SUN-1 | 4b | -0.864 | -0.884 | 7.02 | 0.52 | 92.59 | 6.60 | 6.46 | 1.87 | 0.08 | 1.10 | 2.24 | 0.13 | 1.98 | 1.13 | 17.23 | |
| SUN-2 | 4b | -0.964 | -0.984 | 7.01 | 0.84 | 88.08 | 6.77 | 6.27 | 2.23 | 0.36 | 1.01 | 2.64 | 0.15 | 2.01 | 1.32 | 18.19 | |
| SUN-3 | 4b | -1.064 | -1.084 | 7.01 | 0.59 | 91.52 | 6.82 | 6.43 | 2.24 | 0.29 | 1.00 | 2.50 | 0.14 | 2.04 | 1.23 | 17.29 | |
| SUN-4 | 4b | -1.164 | -1.184 | 7.02 | 1.07 | 84.81 | 6.68 | 6.24 | 2.25 | 0.33 | 0.98 | 2.27 | 0.14 | 1.82 | 1.25 | 15.75 | |
| SUN-5 | 4b | -1.264 | -1.284 | 7.04 | 0.59 | 91.61 | 6.13 | 5.84 | 2.66 | 0.23 | 1.04 | 3.08 | 0.18 | 2.20 | 1.40 | 16.81 | |
| SUN-6 | 4b | -1.364 | -1.384 | 7.01 | 0.52 | 92.62 | 6.77 | 6.23 | 2.20 | 0.40 | 0.96 | 3.15 | 0.18 | 2.10 | 1.50 | 17.94 | |
| SUN-7 | 4b | -1.464 | -1.484 | 7.01 | 0.57 | 91.82 | 6.87 | 6.46 | 2.01 | 0.38 | 1.03 | 2.91 | 0.17 | 2.12 | 1.37 | 17.59 | |
| SUN-8 | 4b | -1.564 | -1.584 | 7.01 | 1.95 | 72.11 | 6.62 | 5.97 | 2.37 | 0.43 | 0.90 | 2.35 | 0.13 | 1.78 | 1.32 | 17.90 | |
| SUN-9 | 4b | -1.664 | -1.684 | 7.06 | 1.52 | 78.48 | 6.32 | 5.79 | 2.37 | 0.37 | 1.11 | 1.90 | 0.12 | 1.79 | 1.06 | 15.95 | |
| SUN-10 | 4b | -1.764 | -1.784 | 7.02 | 1.12 | 84.08 | 6.03 | 5.64 | 2.30 | 0.34 | 1.23 | 1.93 | 0.12 | 1.97 | 0.98 | 15.87 | |
| SUN-11 | 4c | -1.864 | -1.884 | 7.03 | 1.07 | 84.73 | 6.27 | 5.97 | 2.26 | 0.27 | 1.17 | 1.64 | 0.12 | 2.33 | 0.70 | 14.00 | |
| SUN-12 | 4c | -1.964 | -1.984 | 7.02 | 0.43 | 93.87 | 6.18 | 5.94 | 2.46 | 0.20 | 1.20 | 1.67 | 0.11 | 2.53 | 0.66 | 14.58 | |
| SUN-13 | 4c | -2.064 | -2.084 | | | | | | | | | | | | | | |

在する (図 2.5).

第 4b 層 (南区 a 地点: 標高 -1.93 ~ -0.4 m, 北区 b および c 地点: 標高 -1.83 ~ -0.1 m) は塊状の暗灰色~オリーブ黒色シルトからなる。保存不良のヤマトシジミ (*Corbicula japonica*) の遺骸が見られる。北区の下部と上部に薄い細粒砂層が挟在し、中部から上部に向けてヨシの根痕を密に含むようになる。

第 4a 層 (北区 b 地点: 標高 -0.1 ~ 0.57 m) は灰色シルト質細粒砂からなり、下部では斜交葉理やマッドレイプを伴うウェブリップルが発達している。黒色極細粒~細粒砂の薄層も認められる。北区 c 地点付近では標高 0.2 m に動物の足跡のような荷重痕が認められた。

第 3b 層 (北区 b 地点: 標高 0.57 ~ 0.9 m) は黄褐色極細粒砂からなり、細粒砂層が挟在する。海綿骨針が若干認められた。ヨシの根痕も引き続き、多く含まれる。

第 3a 層 (北区 b 地点: 標高 0.9 ~ 1.0 m) は黒褐色極細砂~シルトである。ヨシの根痕も含まれる。

第 2 層 (北区 b 地点: 標高 1.0 ~ 1.15 m) は黒色および灰色粘土からなる。北区では古墳終末期の須恵器が、南区では、奈良時代の須恵器が出土している (会下, 2020)

第 1 層 (北区 b 地点: 標高 1.15 m 以上) はしまった暗灰黄色粘土で、北区では陶磁器と須恵器、南区では須恵器及び石錘が出土した (会下, 2020)。

微化石分析

採取し水洗処理を行った 80 試料中、南区の最下部から得られた 8 試料 (SUS-29 ~ 36) から石灰質底生有孔虫種である *Ammonia "beccarii" forma 1* のみが産出した (表 1)。なお、いくつかの異なる形態を持つシャジクモ類の卵胞子化石も少なくとも南区では試料 SUS-28 から上位、北区では試料 SUN-14 から上位の試料に層準によっては非常に多くの個体が確認され、また、断続的に認められたが、本研究では、種の同定や定量的分析は行っていない。

粒度分析

南区

第 4c 層 (27 試料: SUS-36 ~ 10) では、平均粒径と中央粒径が、それぞれ、6.52 ~ 7.41 ϕ (平均 6.94 ϕ) と 6.37 ~ 7.31 ϕ (平均 6.80 ϕ) で、細粒シルト~極細粒シルトの境界付近で安定した値を示したが、上部の Si 層付近から上位に向け粗粒化した。淘汰度は 1.43 ~ 2.23 (平均 1.80) で、一部を除いて“悪

い”の範囲であったが、上位に向け変動し、Si 層付近から非常に悪くなった。歪度は 0.02 ~ 0.27 (平均 0.16) で、大部分が“正 (粗い方) の歪み”であり、淘汰度と類似した変化を示した。尖度は 0.89 ~ 1.24 (平均 1.01) で、一部を除いて“中間的”の範囲におおよそ収まり安定していた (図 3, 表 1)。

第 4b 層 (9 試料: SUS-1 ~ 9) では、平均粒径と中央粒径が、それぞれ 5.99 ~ 6.82 ϕ (平均 6.51 ϕ) と 5.89 ~ 6.55 ϕ (平均 6.20 ϕ) となり、第 4c 層と比較して粗粒化したが、ほぼ細粒シルトの範囲であった。淘汰度は 1.75 ~ 2.75 (平均 2.14) で、“悪い~非常に悪い”の範囲であり、第 4c 層よりも全体的に値が増加した。歪度は 0.14 ~ 0.39 (平均 0.27) で、下部では“著しい正の歪み”上部では“正の歪み”の範囲であった。尖度は 0.90 ~ 1.11 (平均 1.00) で、“中間的”の範囲に収まり、変化が少なかった (図 3, 表 1)。

北区

第 4c 層 (10 試料: SUN-11 ~ 20) では、Si 層からの 1 試料 (SUN-15) を除くと、平均粒径と中央粒径は、それぞれ 6.18 ~ 6.85 ϕ (平均 6.67 ϕ) と 5.94 ~ 6.73 ϕ (平均 6.40 ϕ) で、ほぼ細粒シルトの範囲であったが、南区と同様に Si 層を境に上位へ向けやや粗粒化した。淘汰度は 1.71 ~ 2.46 (平均 1.99) で、Si 層を境に下位では“悪い”，上位では値が増加し、“非常に悪い”の範囲へと変化した。歪度は 0.13 ~ 0.37 (平均 0.23) で、おおよそ“正の歪み”の範囲で、淘汰度と類似した変化を示した。尖度は 0.85 ~ 1.20 (平均 0.98) で、“扁平~突出”で、淘汰度や歪度と同様な変化を示した。なお、Si 層は、平均粒径、中央粒径、淘汰度、歪度、尖度がそれぞれ 7.93 ϕ , 7.87 ϕ , 1.38, 0.07, 0.96 で、淘汰度は悪いが、ほぼ対称で中間的な分布を示す極細粒シルトであった (図 3, 表 1)。

第 4b 層 (21 試料: SUN-10 ~ 1, SUN-1' ~ 11') では、平均粒径と中央粒径は、それぞれ 6.03 ~ 7.03 ϕ (平均 6.65 ϕ) と 5.64 ~ 6.85 ϕ (平均 6.34 ϕ) で、おおよそ細粒シルトの範囲であったが、第 4c 層と第 4b 層との境界付近で粗粒化のピークを迎えたのち、中部へ向け細粒化し、中部から上部へ向け再び粗粒化した。淘汰度は分析試料が重複した層準で若干差が認められたが、1.54 ~ 2.66 (平均 2.01) で、第 4c 層に引き続いて下部で“非常に悪い”，上部で“悪い”の範囲へと変化した。歪度は 0.08 ~ 0.43 (平均 0.28) と広く、“ほぼ対称~著しい正の歪み”の範囲で、淘汰度と同様な変化を示した。尖度は 0.88

～1.23 (平均 1.01) で、一部を除き“中間的”の範囲でおおよそ安定していた(図3, 表1).

第4a層(7試料:SUN-12'～18')では、平均粒径と中央粒径は、第4b層との境界で急激に増加し、それぞれ4.01～7.06 φ(平均5.24 φ)と3.21～5.64 φ(平均4.46 φ)で、一部は極細粒砂であったが、おおよそ極細粒シルトの範囲を示し、変動を伴い上位へ向け粗粒化した。淘汰度も急激に増加し、1.78～2.88(平均2.34)で、一部を除き、“非常に悪い”の範囲であった。歪度は0.36～0.65(平均0.53)で、“著しい正の歪み”の範囲で、淘汰度と同様の変化を示した。尖度は0.65～1.55(平均1.10)と変動が激しかった(図3, 表1).

第3b層(1試料:SUN-19')では、平均粒径、中央粒径、淘汰度、歪度、尖度がそれぞれ5.13 φ, 3.85 φ, 2.91, 0.57, 0.87で、淘汰度は非常に悪く、“著しく正の歪み”をもち、“扁平”な分布を示すシルト質極細粒砂であった(図3, 表1).

第3a層(1試料:SUN-21')では、第3b層と比較して、やや細粒化し、平均粒径、中央粒径、淘汰度、歪度、尖度がそれぞれ5.28 φ, 4.50 φ, 2.24, 0.54, 0.92で、淘汰度は非常に悪く、“著しく正の歪み”をもち、“中間的”な分布を示す粗粒シルトに変化した(図3, 表1).

第2層(1試料:SUN-22')では、さらに細粒化し、平均粒径、中央粒径、淘汰度、歪度、尖度がそれぞれ7.74 φ, 7.55 φ, 1.93, 0.19, 0.95で、淘汰度は悪く、“正の歪み”をもち、“中間的”な分布を示す極細粒シルトに変化した(図3, 表1).

第1層(2試料:SUN-23', 24')では、平均粒径、中央粒径、淘汰度、歪度、尖度がそれぞれ7.66と7.89 φ, 7.47と7.65 φ, 2.17と2.09, 0.14と0.17, 0.90と0.92で、淘汰度は非常に悪く、“正の歪み”をもち、“中間的”な分布を示す極細粒シルトで、第2層のそれらとの違いは少なかった(図3, 表1).

CNS 元素分析

南区

第4c層(27試料:SUS-36～10)では、TOCとTN含有率は、それぞれ1.26～2.11 wt%(平均1.68 wt%)と0.10～0.15 wt%(平均0.12 wt%)の範囲で、同様の变化を示し、貝化石が認められる下部では安定した低い値を示すが、その上位でやや増加し、上部では若干の変動はあるものの安定していた。TS含有率は、1.07～2.66 wt%(平均2.28 wt%)の範囲で、最下部で低い値を示すが、急激に増加し、第4c層

を通じてほぼ一定か、上位に向け微増であった。C/S比とC/N比は、それぞれ0.51～1.28(平均0.76)と12.09～15.70(平均14.23)の範囲で、前者は最下部で相対的に高く、急激に減少したのち0.7付近で一定の値を示し、後者は15付近で一定の値を示した(図4, 5, 表1).

第4b層(9試料:SUS-9～1)では、TOCとTN含有率は、それぞれ1.67～3.35 wt%(平均2.45 wt%)と0.11～0.18 wt%(平均0.14 wt%)の範囲で、上位へ向け急激に増加した。TS含有率は1.58～2.24 wt%(平均1.98 wt%)の範囲で、第4c層との境界付近で急激に減少した(図4, 表1)。C/S比とC/N比は、それぞれ0.98～1.50(平均1.23)と15.21～19.30(平均17.67)の範囲で、いずれも第4c層との境界で急激に増加した(図4, 5, 表1).

TOCとTSのプロット図(図5)では、第4c層が最下部の3試料(SUS-36～34)とそれより上位の試料(SUS-33～10)、および第4b層の試料(SUS-9～1)に明瞭に区別された。また、TOCとTNのプロット図(図5)でも第4c層と第4b層との間で違いが認められた。

北区

第4c層(10試料:SUN-20～11)では、Si層からの試料SUN-15を除くと、TOCとTN含有率は、それぞれ1.64～2.22 wt%(平均1.88 wt%)と0.11～0.15 wt%(平均0.13 wt%)、の範囲であった(図4, 表1)。TS含有率は2.33～2.77 wt%(平均2.62 wt%)の範囲で、上部で減少した。C/S比とC/N比は、それぞれ0.61～1.06(平均0.72)と12.71～15.88(平均14.07)の範囲で、いずれもSi層の試料を除くと安定していた(図4, 5, 表1)。Si層から採取した試料SUN-15のTOC, TN, TS含有率、C/N比およびC/S比は、それぞれ0.87 wt%, 0.10 wt%, 2.53 wt%, 8.82, 0.34であった(図4, 表1).

第4b層(21試料:SUN-1～10, SUN-1'～11')では、TOCとTN含有率は、それぞれ1.90～3.16 wt%(平均2.57 wt%)と0.12～0.19 wt%(平均0.15 wt%)の範囲で、お互い類似した変化を示し、最下部から中部へ向け増加したのち、上部で再び減少した。TS含有率は1.66～2.43 wt%(平均2.09 wt%)の範囲で、第4c層との境界付近で急減したのち、変動を伴うが、2.0 wt%前後を示し、上部で再び減少した(図4, 表1)。C/S比とC/N比は、それぞれ0.98～1.50(平均1.23)と14.83～18.19(平均16.64)の範囲で、お互い類似した変化を示し、第4c層との境界で急増したのち、上位へ向けゆるく減少した

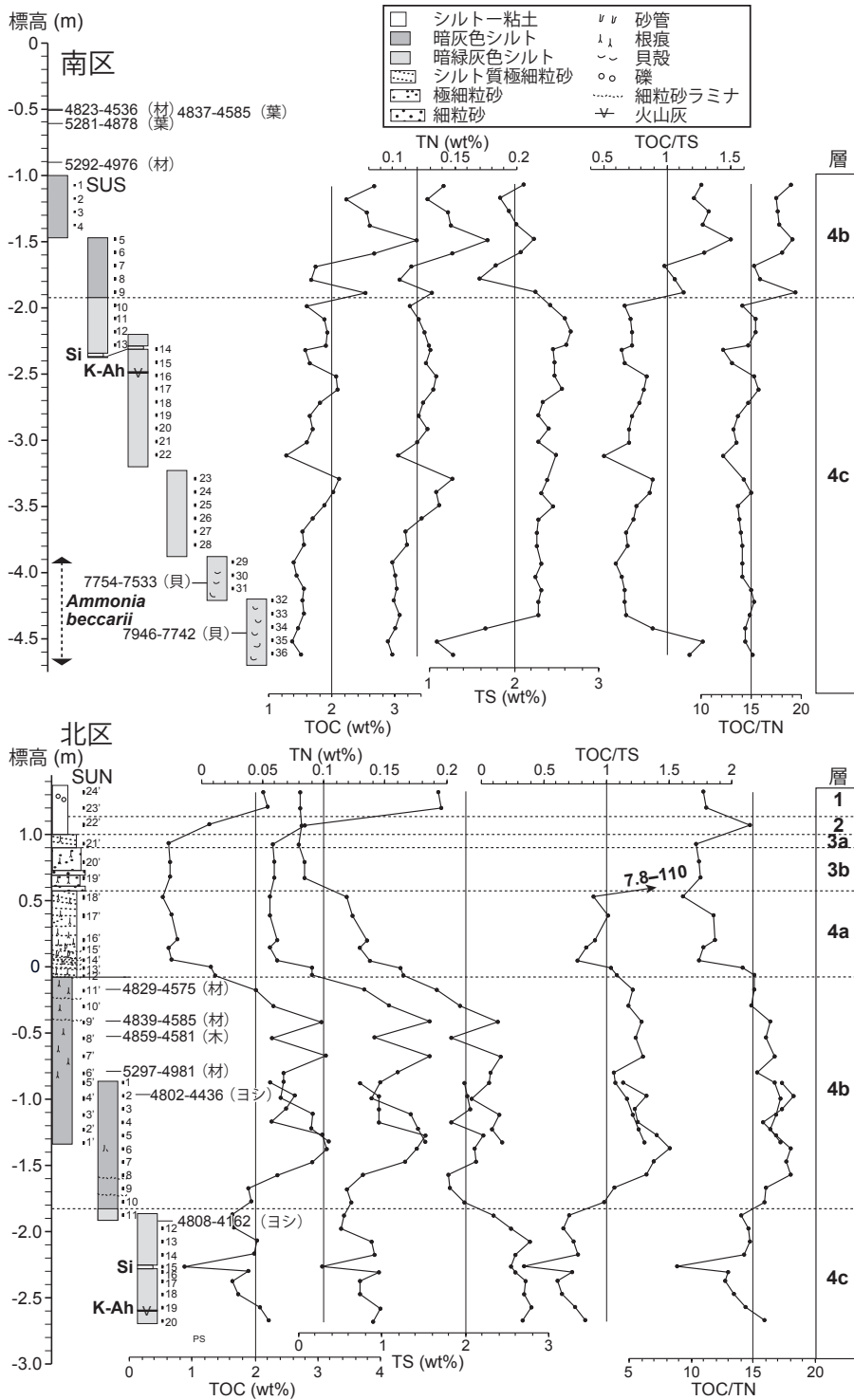


図 4 調査区における柱状図，年代，試料採取層準，および CNS 元素分析結果の垂直変化。年代は会下 (2020) に基づいた暦年代 (cal. yr BP, 2σ; 表 2) で，括弧内は年代試料を示す。Si と K-Ah はそれぞれ，Si 層と K-Ah 火山灰層を示す。

Fig. 4 Columnar sections with sample horizons and age data, and vertical profiles of the results of CNS elemental analysis. Age data is calibrated year BP (cal. yr BP, 2σ) based on Ege (2020) and materials for dating are shown in parentheses. Si and K-Ah indicate a Si layer and the K-Ah tephra, respectively.

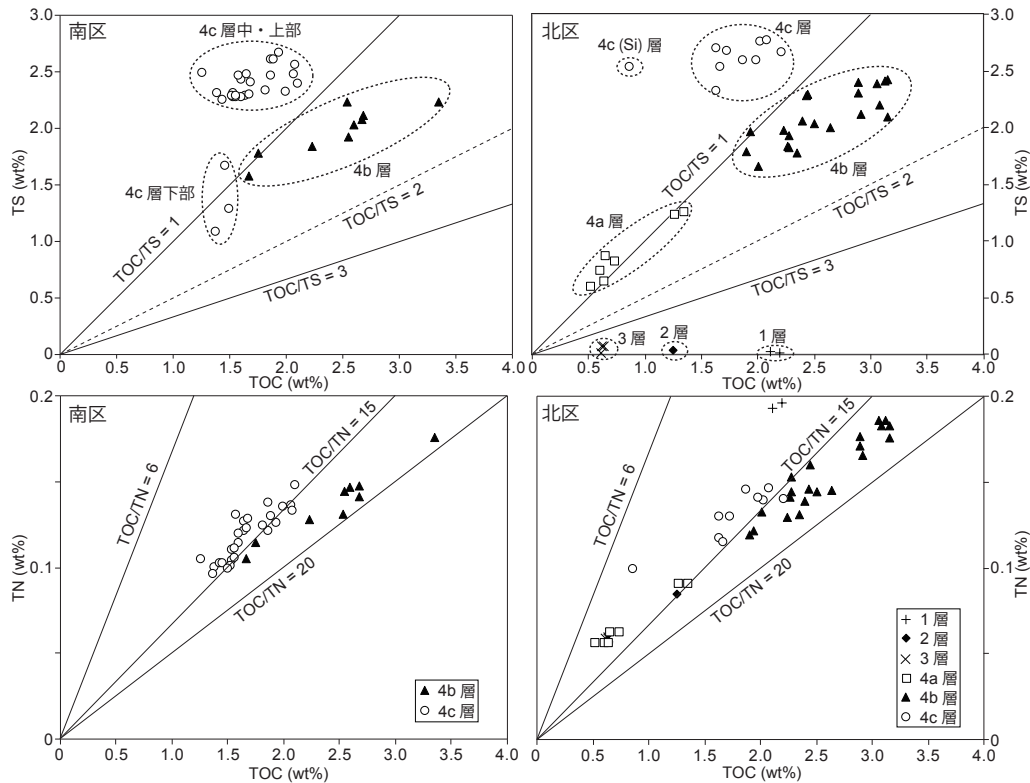


図5 全有機炭素含有率 (TOC, wt%) と全イオウ含有率 (TS, wt%) および全有機炭素含有率 (TOC, wt%) と全窒素含有率 (TN, wt%) との関係。

Fig. 5 Relationship between total organic carbon content (TOC, wt%) and total sulfur content (TS, wt%), and total organic carbon content (TOC, wt%) and total nitrogen content (TN, wt%).

(図4, 5, 表1)。

第4a層 (7試料: SUN-12' ~ 18') では、TOC と TN 含有率は、それぞれ 0.53 ~ 1.36 wt% (平均 0.83 wt%) と 0.06 ~ 0.09 wt% (平均 0.07 wt%) の範囲を示し、第4b層上部から引き続いて急減したのち、低い値で安定した (図4, 表1)。TS 含有率は 0.59 ~ 1.26 wt% (平均 0.88) の範囲で、同様に第4b層上部から引き続いて上位へ向け減少した (図4, 表1)。C/S 比と C/N 比は、それぞれ 0.77 ~ 1.08 (平均 0.93) と 9.37 ~ 15.03 (平均 11.98) の範囲で、いずれも最下部付近で急減した (図4, 5, 表1)。

第3b層 (2試料: SUN-19' と 20') では、TOC と TN 含有率は、各試料でそれぞれ 0.63 と 0.64 wt%, 0.06 と 0.06 wt% で、第4a層と同様の低い値を示した (図4, 表1)。TS 含有率は、各試料でそれぞれ 0.08 と 0.07 wt% と 0 に近い値を示した。C/S 比と C/N 比は、各試料でそれぞれ 7.82 と 9.09, 10.73 と 10.67 で、前者は第3b層で急激に増加した (図4, 5, 表1)。

第3a層 (1試料: SUN-21') では、TOC と TN 含

有率は、それぞれ 0.61 と 0.06 wt% で、いずれも下位の層から引き続いて低い値を示した。TS 含有率は 0.02 wt% で、第3b層のそれより低く、ほぼ 0 であった (図4, 表1)。C/S 比と C/N 比は、それぞれ 38.73 と 10.37 で、前者は高い値を示した (図4, 5, 表1)。

第2層 (1試料: SUN-22') では、TOC と TN 含有率は、それぞれ 1.25 と 0.09 wt% であり、第3a層と比較して若干高い値を示した。TS 含有率は 0.04 wt% で、引き続きほぼ 0 の値を示した (図4, 表1)。C/S 比と C/N 比は、それぞれ 33.03 と 14.73 で、前者は高い値を示した (図4, 5, 表1)。

第1層 (2試料: SUN-23' と 24') では、TOC と TN 含有率は、各試料でそれぞれ 2.19 と 2.11 wt%, 0.20 と 0.19 wt% で、いずれも再びこの層で急激に増加した。TS 含有率は、各試料で 0.02 と 0.03 wt% であり、ほぼ 0 に近い値を維持していた (図4, 表1)。C/S 比と C/N 比は、各試料でそれぞれ 109.88 と 83.57, 11.17 と 10.95 で、前者は極めて高い値を示した (図4, 5, 表1)。

表 2 放射性炭素年代測定結果. 暦年代の上段は 1 σ , 下段は 2 σ を示す. 会下 (2020) をもとに作成.

Table 2 ^{14}C age from the study area. Calibrated ages in the upper and lower rows show values with $\pm 1\sigma$ and $\pm 2\sigma$, respectively. Based on Ege (2020).

| 番号 | 番号 | 標高 (m) | 試料 | 区域 | 層 | $\delta^{13}\text{C}$ | ^{14}C age BP | cal BC | | cal BP | |
|-------|----------|-------------------|---------|----|----|-----------------------|------------------------|-----------|-----------|--------|--|
| | | | | | | | | *cal AD | 平均 | | |
| EGE-1 | AA114228 | -0.5 | 材 | 南区 | 4b | -30.2 | 4140 \pm 35 | 2864–2632 | 4813–4581 | 4697 | |
| | | | | | | | | 2874–2587 | 4823–4536 | 4679.5 | |
| YS-11 | AA114233 | -0.51 | 葉 | 南区 | 4b | -29.3 | 4180 \pm 35 | 2880–2696 | 4829–4645 | 4737 | |
| | | | | | | | | 2888–2636 | 4837–4585 | 4711 | |
| YS-12 | AA114234 | -0.61 | 葉 | 南区 | 4b | -30.9 | 4440 \pm 35 | 3321–3018 | 5270–4967 | 5118.5 | |
| | | | | | | | | 3332–2929 | 5281–4878 | 5079.5 | |
| EGE-2 | AA114229 | -0.9 | 材 | 南区 | 4b | -27.5 | 4480 \pm 35 | 3331–3093 | 5280–5042 | 5161 | |
| | | | | | | | | 3343–3027 | 5292–4976 | 5134 | |
| YS-9 | AA114240 | -4.06– -4.21 | 貝 | 南区 | 4c | -1.6 | 7160 \pm 55 | 5725–5626 | 7674–7575 | 7624.5 | |
| | | 5805–5584 | | | | | | 7754–7533 | 7643.5 | | |
| YS-10 | AA114241 | -4.425– -4.435 | 貝 | 南区 | 4c | -1.8 | 7390 \pm 45 | 5965–5859 | 7914–7808 | 7861 | |
| | | 5997–5793 | | | | | | 7946–7742 | 7844 | | |
| EGE-4 | AA114230 | -0.17 | 材 (炭化) | 北区 | 4b | -26.5 | 4160 \pm 35 | 2871–2676 | 4820–4625 | 4722.5 | |
| EGE-5 | AA114231 | -0.41 | 材 (炭化) | 北区 | 4b | -26.9 | 4180 \pm 35 | 2880–2626 | 4829–4575 | 4702 | |
| YS-6 | AA114238 | -0.52 | 木片 | 北区 | 4b | -30.6 | 4210 \pm 50 | 2881–2697 | 4830–4646 | 4738 | |
| | | | | | | | | 2890–2636 | 4839–4585 | 4712 | |
| EGE-6 | AA114232 | -0.79 | 材 (炭化) | 北区 | 4b | -28.0 | 4490 \pm 35 | 2898–2698 | 4847–4647 | 4747 | |
| | | | | | | | | 2910–2632 | 4859–4581 | 4720 | |
| YS-7 | AA114239 | -0.97 | ヨシ or 枝 | 北区 | 4b | -30.6 | 4070 \pm 35 | 3333–3100 | 5282–5049 | 5165.5 | |
| | | | | | | | | 3348–3032 | 5297–4981 | 5139 | |
| YS-1 | AA114235 | -1.52 | 葉 | 北区 | 4b | -27.1 | 1420 \pm 35 | 2834–2497 | 4783–4446 | 4614.5 | |
| | | | | | | | | 2853–2487 | 4802–4436 | 4619 | |
| YS-4 | AA114236 | -1.72 | 木片 | 北区 | 4b | -27.1 | 2920 \pm 35 | 611–654* | 1339–1296 | 1317.5 | |
| | | | | | | | | 578–665* | 1372–1258 | 1315 | |
| YS-5 | AA114237 | -1.92 | ヨシ | 北区 | 4c | -30.7 | 3980 \pm 80 | 1192–1052 | 3141–3001 | 3071 | |
| | | | | | | | | 1217–1013 | 3166–2962 | 3064 | |
| | | | | | | | | 2620–2347 | 4570–4296 | 4433 | |
| | | | | | | | | 2859–2213 | 4808–4162 | 4485 | |

TOC と TS のプロット図 (図 5) では, 各層が明瞭に区別され, TOC と TN 含有率のプロット図 (図 5) では第 4c 層, 第 4b 層, および第 1 層はグループを形成していたが, 第 4a, 3, 2 層については重複していた.

考 察

本調査区における古環境の変化

本研究の CNS 元素分析により測定された TOC 含有率は, 調査地に生息していた生物が生産した有機物量, 他からもたらされた有機物の負荷量, それらの分解量, および堆積物の堆積速度に関連して変化する (三瓶ほか, 1997; 入月・瀬戸, 2004). 一方, イオウは水中の硫酸イオン, 有機物, 硫酸還元バクテリア, 鉄イオンの存在により形成された黄鉄鉱の形態で堆積物中に保存される. そのため, TS 含有率は, 特に水塊中に含まれる硫酸イオン濃度 (塩分), 堆積速度, および鉄イオン濃度に左右される (三瓶ほか, 1997; 入月・瀬戸, 2004). C/S 比は酸化還元程度をある程度議論することが可能で, 3 前後では通常の酸化的な海域, 1 前後では還元的な汽水

から内湾であるとされる (Berner and Raiswell, 1984; 三瓶ほか, 1997; Sampei et al., 1997). また, C/N 比は有機物の起源を反映しており (中井ほか, 1982; 三瓶ほか, 1997), 5 ~ 6 程度であれば有機物の起源は海洋性プランクトン (Bordowskiy, 1965a, b), 15 ~ 20 より大きければ陸上高等植物あるいは維管束水生植物であるとされる (Bordowskiy, 1965b; Sampei and Matsumoto, 2001). 本研究では, このような指標と堆積相, 粒度分析結果, 微化石分析結果を総合して古環境を復元する.

また, 会下 (2020) は, 本研究地点で得られた AMS 法による放射性炭素年代測定値を速報として報告した. 表 2 はその年代値である. なお, 分析はアリゾナ大学において行われ, 暦年補正に関しては, OxCal v4.3.2 (Bronk Ramsey, 2017), IntCal 13 & Marine 13 (Reimer et al., 2013) に基づき算出し, ローカルリザーバーは不明であるため考慮していない. これらの値のうち, 異常値とされた 2 試料とヨシの根の可能性が高い 2 試料を用いた年代値を除き, K-Ah 火山灰層の年代 (7165–7303 cal. yr BP, 2 σ ; Smith et al., 2013) を入れた堆積曲線を作成した (図 6). 南区と北区の両調査区において, 第 4c 層

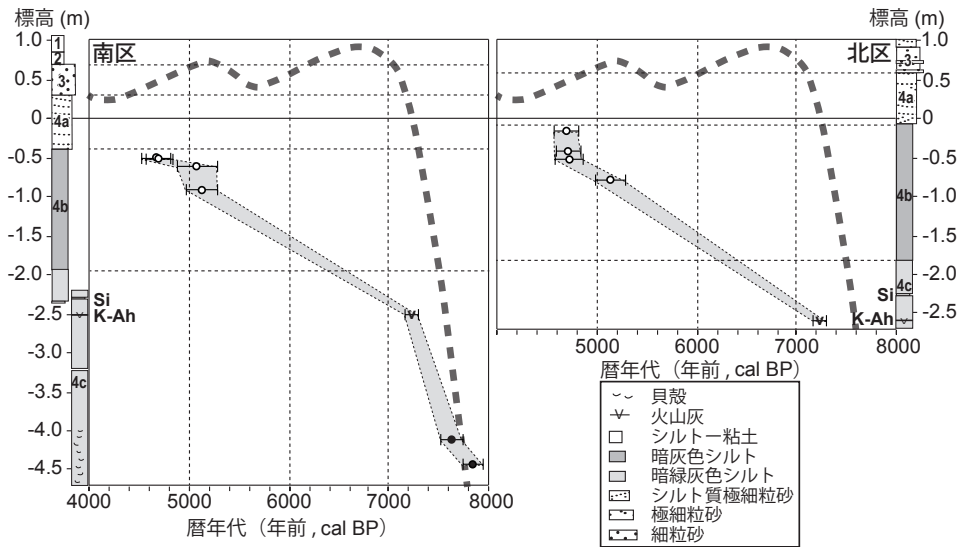


図6 本研究の年代モデルと高安 (2019) の相対的海水準変動曲線 (太い破線)。柱状図の中の番号は層を示す。白丸は植物遺骸 (材あるいは葉)、黒丸は貝殻による放射性炭素年代測定の暦年代 (会下, 2020; 表 2) を示す。v は K-Ah 層の年代値 (Smith et al., 2013) を示す。エラーバーはそれぞれの年代値の 2σ の範囲である。Si と K-Ah はそれぞれ、Si 層と K-Ah 火山灰層を示す。

Fig. 6 Age model of this study and relative sea-level curve from Takayasu (2019) (thick dashed line). Numerals in the columnar sections show the sedimentary layers. Open and filled circles show the mean calibrated ages of plant fragments (wood or leaf) and those of shells, respectively (Ege, 2020; Table 2). v indicates the calibrated age of the K-Ah tephra (Smith et al., 2013). All error bars show the ranges of 2σ . Si and K-Ah indicate a Si layer and the K-Ah tephra, respectively.

の K-Ah 火山灰層から第 4b 層上部との区間で年代データがないため、この区間の年代には不確実性が残るといった問題点はある。また、松江市を含む出雲地域における最新の相対的海水準変動曲線 (高安, 2019) を加えて、当時の古水深を復元した。以下では、この年代モデルと相対的海水準変動曲線に基づき、各層の古環境の時系列変化を復元した。

第 4c 層の古環境

南区では、第 4c 層下部にあたる標高 -3.91 ~ -4.62 m の層準のみから石灰質底生有孔虫の *A. "beccarii"* forma 1 が産出し、特に、標高 -4.4 ~ -4.42 m の試料 SUS-34 から最も多くの個体が産出した (表 1, 図 3)。この種は汽水湖の宍道湖東部や中海西部 (Nomura and Seto, 1992; 瀬戸ほか, 2000) や、河口・塩水沼・感潮クリークなどの淡水の影響を受け、海岸線の背後に位置する湾奥部の環境に適応している (小杉ほか, 1991)。さらに、この *A. "beccarii"* が産出する区間の最下部 (試料 SUS-36 ~ 34) では、それより上位の第 4c 層の層準よりも TS 含有率が低く、また、C/S 比が高いこと (図 4, 5) から、相対

的にやや酸化的で汽水性の内湾奥泥底環境が示唆される。標高 -4.425 ~ -4.435 m から得られた貝殻の較正暦年代は 7946~7742 cal. yr BP (2σ , 平均 7844 cal. yr BP) で、その上位の標高 -4.06 ~ -4.21 m から得られた貝殻の較正暦年代は 7754~7533 cal. yr BP (2σ , 平均 7644 cal. yr BP) である (表 2, 図 6)。調査地域におけるローカルリザーバー効果は不明であり、正確な年代は不明であるが、約 7900 年前は、水循環の良い古宍道湾の湾奥で、約 7600 年前まではこのような状況が続いたと推定される。高安 (2019) の相対的海水準変動曲線に基づく、当時は 0 から数十 cm 程度の潮間帯の水深となる (図 6)。しかしながら、第 4c 層は塊状泥で構成されているため、潮間帯よりも深い環境であったと推定される。このように、年代値にリザーバー効果の問題は残るが、海水準の上昇は高安 (2019) の見積もりよりも、もう少し古くなる可能性がある。

その後、有孔虫が産出しなくなる層準 (標高約 -3.8 m, 約 7500 年前) からシャジクモ類の卵胞子が産出し始め、また、TOC や TN 含有率が増加し、C/S 比が 1 より低く、TS 含有率が 2 wt% 以上と高

くなっていること (図 4, 5), C/N 比も 14 前後と高いことから, 還元的で陸上高等植物あるいは維管束水生植物起源の有機物が豊富に供給される汽水性の閉鎖的内湾奥泥底へと変化した. このような環境は少なくとも南区と北区で K-Ah 火山灰層の降下層準 (標高約 -2.5 ~ -2.6 m, 7165-7303 cal. yr BP) でも続き, 図 6 に基づくと, 当時の古水深は 2.5 ~ 3 m と推定される. 両調査区に認められる Si 層 (標高 -2.2 ~ -2.4 m) は上下のシルトに比べて細かい極細粒シルトで, TOC や TN 含有率も低いことから, 洪水性堆積物であると考えられる. この Si 層は過去の発掘調査でも認められており (会下, 1999a の白色シルト層, 会下, 1999b の灰色シルト層), 少なくとも松江キャンパスにおけるイベント堆積物である. また, 本調査地点の北方約 250 m に位置する第 1 次発掘調査地点では, K-Ah 火山灰層の上位に基盤の松江層玄武岩由来の斜交層理を伴う粗粒砂層があり, これは河川からの洪水堆積物と解釈されている (会下, 1997). Si 層の年代は, 図 6 より約 6800 ~ 7000 年前と推定される. このイベント堆積物の上位から本研究の両調査区で粒度の粗粒化, 淘汰度の悪化, 歪度の増加 (粗い方への歪み) が認められることから (図 3), 頻繁に河川水の影響を受け, 粗粒堆積物が流入する環境に変化した可能性が高い. 図 6 に基づくと, この約 7000 年前が古水深のピークと推定され, 約 3 m に達する.

第 4c 層と第 4b 層の境界付近 (約 6200 ~ 6500 年前) では, TOC や TN 含有率の変化は少ないが, TS 含有率は減少した (図 4). これは堆積場が酸化的になったか, 塩分が低下したことを示唆していると考えられる. C/N 比が増加して陸上高等植物あるいは維管束水生植物起源の有機物の寄与率が高くなっていること, 上記の河川からの影響が強くなったことを考慮すると, 後者の塩分低下によると推定される.

第 4b 層の古環境

第 4b 層から地層の色調が暗緑灰色から暗灰色に変化した, これは, TOC や TN 含有率の増加, すなわち, 堆積物中の有機物量の増加に起因すると推定される. また, TS 含有率は第 4b 層と第 4c 層の境界で低くなったのも多少の増減はあるものの低いままで, C/N 比がさらに増加し 18 前後となったことから (図 4, 5), 陸上高等植物あるいは維管束水生植物起源の有機物を供給する河川の影響がさらに強くなり, 塩分がそれまでよりも低い閉鎖的な内湾奥から汽水湖 (古穴道湖) に変化したと推定される. この層準から汽水生のヤマトシジミの化石が産

出することも調和的である. 古水深はそれまでの約 3 m から第 4b 層最上部の層準では 50 cm 前後まで減少した (図 6). この時期の TOC や TN 含有率 (図 4) に着目すると, やや大きな変動が認められることから, 汎世界的な気候変動 (例えば, ボンドイベント: Bond et al., 1997) に関連した湖内の生物生産性の増減に起因するかもしれないが, 堆積速度に関する解像度が低いため, 推測の域を出ない.

第 4b 層の上部, 北区の標高 -0.4 m 付近から上位へ向け, TOC, TN, TS 含有率が全て急激に減少した (図 4). 同時に粒度も粗粒化し, 淘汰度もさらに悪くなり, 歪度の増加 (粗い方への歪み) も認められたことから (図 3), TOC, TN, TS 含有率の減少は, 粗粒堆積物の供給量の増加に関連した堆積物による希釈効果であると推定される. これは, 徐々に海退が始まり, 沿岸や河川からの砂質堆積物が堆積しやすい環境に変化したことを反映している. この層準の直前の年代は, 図 6 に基づくと, 4600 年前前後に相当する.

第 4a 層の古環境

今回北区の試料しか分析を行っていないが, 第 4a 層ではさらに粒度が粗くなり (図 3), それに伴って TOC, TN, TS 含有率が共に急減した (図 4). この層は従来の研究で, 斜交葉理の方向から北西から南東へと形成された砂州堆積物と推定されている (会下, 1999b など). 本研究でも同様な斜交葉理が認められた. TS 含有率が第 4a 層最下部で 1.26 wt%, 最上部で 0.59 wt% と認められたので, 塩水の影響はまだ残っていたと推定された. さらに, 第 4a 層はマッドレイプを伴うウェーブリップをもつことから, 従来の研究結果と同様, 汽水湖の沿岸水面下 ~ 潮間帯で, 沿岸流により発達した砂州堆積物であると推定される. 当時の海面は高安 (2019) に基づくと, 現在より数十 cm 程度高く (図 6), 第 4b 層の標高が本研究では約 -0.4 ~ 0.6 m であることから, 潮間帯であったことを支持する. また, 北区の第 4c 層上部の標高 -1.92 m と第 4b 層の標高 -0.97 m から得られたヨシの年代がそれぞれ, 4808-4162 cal. yr BP (2 σ , 平均 4485 cal. yr BP) と 4802-4436 cal. yr BP (2 σ , 平均 4619 cal. yr BP) を示し (表 2), 約 4500 年前に相当する標高 -0.4 m よりも上位の層中にも根痕が多く認められるようになることから, すでに第 4a 層堆積時には沿岸にヨシがはえるヨシ原が広がっていたと推定される.

第 3b, 3a 層の古環境

第 3b 層は細 ~ 中粒砂を挟むシルト質極細粒砂で

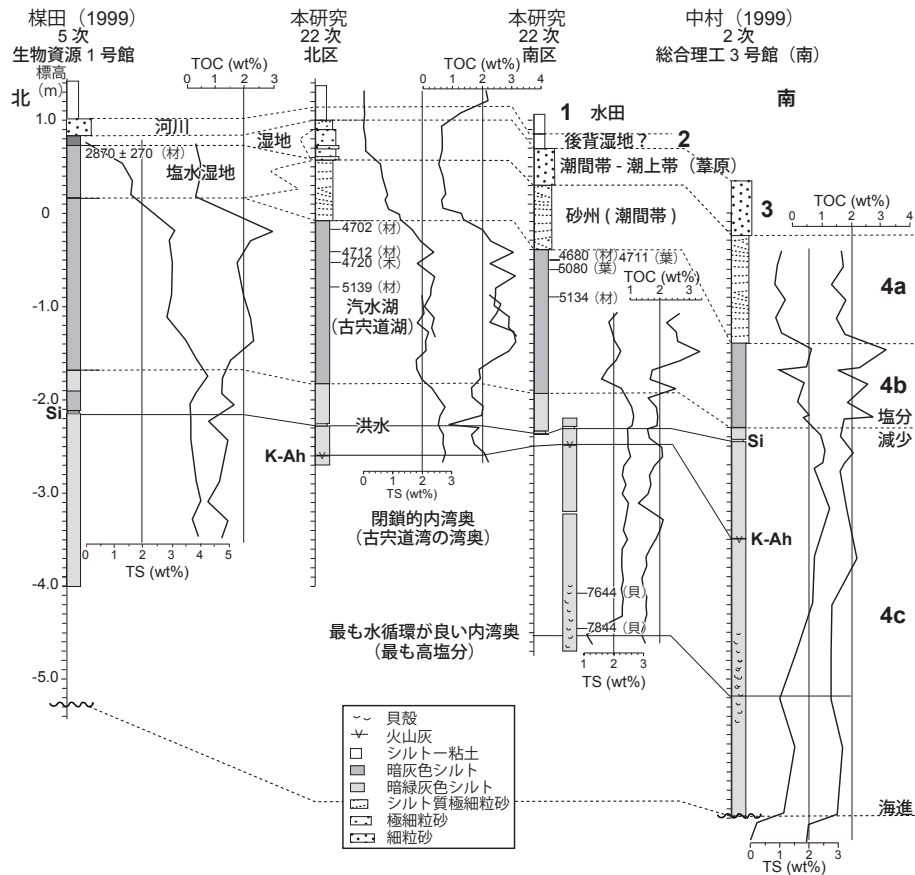


図7 本研究と周辺の調査区における TOC と TS 含有率の時間空間的対比. 第5次発掘調査区と第2次発掘調査区とのデータはそれぞれ、楳田(1999)と中村(1999)による. 第5次発掘調査区第4a層上部の年代値は同位体分別未補正の値(^{14}C yr BP)である(会下, 1999a). 第22次発掘調査区(本研究)の年代値は暦年較正を行った平均値(cal. yr BP, 2σ)である(会下, 2020; 表2). SiとK-Ahはそれぞれ、Si層とK-Ah火山灰層を示す.

Fig. 7 Spatiotemporal changes of TOC and TS contents in the excavation sites of the present and previous studies. TOC and TS data at the 5th excavation site was from Umeda (1999) and those at the 8th excavation site from Nakamura (1999). Age data of the upper part of the 4a layer at the 5th is ^{14}C year BP (^{14}C yr BP) (Ege, 1999a). Age data at the 22nd excavation sites (this study) are calibrated ^{14}C age (cal. yr BP, 2σ ; Ege, 2020). Si and K-Ah indicate a Si layer and the K-Ah tephra, respectively.

構成される(図3). 砂質堆積物であるにも関わらず、TS含有率は0.07~0.08 wt%と微量ながら認められ、海綿骨針も認められたことから(図4)、まだ、若干塩分の影響が残る陸上の潮上帯の砂州堆積物であると推定され、会下(2020)の解釈と同様である. 一方、第3a層はやや風化した粗粒シルトから構成され、イオン成分は風化により容易に溶脱するので、確定することはできないが、TS含有率が0.02 wt%とほぼ0であり、塩水の影響はなく、ヨシの生えた湿地と推定される.

第2,1層の古環境

これらの層は極細粒シルトからなり(図3)、TS

がほぼ0を示し(図4)、いずれの層からもシャジクモ類の卵胞子が認められたことから、少なくとも淡水の影響のある湿地のような場所であったと推定される. 会下(2020)では第2層は古墳時代末から奈良時代に形成され、第1層は近代の水田耕作土とされており、当時は水田に車軸藻類が生えていた可能性が挙げられる.

従来の松江キャンパスにおける研究結果との比較

これまでの発掘調査では、多くの地点でCNSあるいはCN元素分析が行われた(中村ほか, 1997; 中村, 1998, 1999; 楳田, 1999; 三瓶, 2000, 2005;

渡辺ほか, 2002; 中村, 2006). これらのうち, ここでは全てのデータが対比可能な, 本調査地点の北に位置し, 現在, 生物資源科学部 1 号館がある区域 (図 1.3) で行われた第 5 次調査結果 (椋田, 1999) と現在, 総合理工学部 3 号館がある南側 (図 1.3) で行われた第 2 次調査結果 (中村, 1999; 中村, 2006) とを比較した (図 7). 第 5 次調査区では K-Ah 火山灰層は確認されなかったが, 一番南の第 2 次調査区では最も深い標高約 -3.4 m に挟在する (中村, 1999). また, その上位の洪水層 (Si 層) はいずれの地点でも標高 -2.0 ~ -2.5 m で認められ, 対比可能であることがわかった. CNS 元素分析結果についても, 各地点で類似した垂直変化を示し, これらも対比可能であった. ただし, 第 2 次調査区の東隣に位置する第 8 次調査区 (会下, 1999a) と第 5 次調査区 (会下, 1999b) における第 4a 層から産出した木材を試料とした放射性炭素年代測定値は, 測定法も異なり, 暦年較正されていないが, 3000 年前前後である. これらの年代値, 特に第 8 次調査区の第 4a 層では, 最下部の年代が 2650 ± 170 yr BP ($\delta^{13}\text{C}$ 補正), 最上部の年代が 3040 ± 150 yr BP ($\delta^{13}\text{C}$ 未補正) と年代値が逆転しており (会下, 1999a), 再検討の必要がある. また, 第 4a 層の砂州は北西から南東へと発達したことが明らかになっており (会下, 1999b), 場所により年代に差が生じる可能性が高いが, 本研究の年代モデルでは約 4500 年以降に発達したと推定される. 上記のように, 第 4a 層の形成年代に問題は残るが, この年代は完新世中期のノースグリッピアン期と後期のメガラヤン期の境界である 4200 年前の寒冷イベント (4.2 kyr event; deMenocal, 2001) を含む可能性が高い. しかしながら, 本研究地域の北に位置する第 5 次調査区における花粉分析結果 (渡辺, 1999) によると, 第 4a 層中で, 花粉の群集組成に大きな変化が見られないなど, この寒冷イベントによる堆積環境の変化については今後の検討課題である.

周辺の研究結果との比較

本研究地域は, 穴道湖の湾奥に位置している. 穴道湖全域の古地理や環境に関する研究はこれまでに多く行われてきた (水野ほか, 1972; 大西・松井, 1980; 徳岡ほか, 1990; 中村・徳岡, 1996; 中村ほか, 1996; 中村, 2006; 山田・高安, 2006; 高安, 2019 など). 山田・高安 (2006) によると, 約 9200 年前には穴道湖に海水が入り, 約 8000 年前に外洋の大社湾からの海水が古穴道湾の湾奥まで影響

を与え, 最も高塩分になったとされる. これは, 本研究の第 4c 層下部における約 7900 年前に最も酸化的な環境となり, *A. "beccarii"* などが生息していた層準と一致する. また, 約 7500 年前には斐伊川が運んだ大量の堆積物が現在の出雲平野域に堆積し, 扇状地性三角州が形成され始めたこと, および古穴道湾の湾口部に砂州や砂丘が形成されたことにより, “原穴道湖” が形成され始めたとされる (高安, 2019). これは, 本研究では有孔虫が産出しなくなった第 4c 層中部 (標高 -3.9 m) 付近に相当し, 閉鎖性が強まり始めた結果, TOC, TN, TS 含有率の増加につながった. また, その後, 引き続き砂州の発達や扇状地性三角州の発達により, 約 6000 年前に閉鎖的な汽水湖 (古穴道湖) が形成され, 約 4000 年前に閉鎖的になったと考えられている (山田・高安, 2006). 本研究地域では, 第 4c 層から第 4b 層への塩分低下が古穴道湖の成立に対比され, 約 4000 年前については, 第 4a 層の砂州堆積物の形成時期に相当することになる.

このように, 従来の多くの研究結果により復元された穴道湖の歴史と調和的で, さらに, 補強する結果となった.

結 論

本研究では, 島根大学校内遺跡 (島根大学松江キャンパス) で行われた第 22 次発掘調査区 (北区, 南区) において標高約 -4.6 m から地表までの堆積層の記載と, 採取された堆積物試料を用いて, 微化石分析, 粒度分析, および CNS 元素分析を行った結果, 以下のような結論を得た.

1. 堆積層は下位より第 4c, 4b, 4a, 3b, 3a, 2, 1 層に区分された.
2. 鬼界 - アカホヤ (K-Ah) 火山灰層は標高約 -2.5 m (南区), 標高約 -2.6 m (北区) の第 4c 層に挟在し, その上位に淡緑灰色極細粒シルト (Si 層) が挟在し, Si 層は少なくとも構内遺跡内で広く認められる約 7000 ~ 6800 年前の洪水堆積物であると推定された.
3. 第 4c 層の堆積環境は約 7900 年前に古穴道湾の湾奥に位置する最も酸化的な泥底環境で, 約 7500 年前から閉鎖的になり, 古水深のピークは約 7000 年前の約 3 m と推定された.
4. 第 4c 層と第 4b 層との境界付近の約 6400 ~ 6200 年前から塩分が減少し, 閉鎖的な汽水湖である古穴道湖奥の泥底環境になった.

5. 第4a層は既存研究どおり、約4000年前後の完新世中期と後期の境界付近に形成された汽水影響下の潮間帯の砂州堆積物である。
6. 第3層から第1層までについては、既存研究の結果を支持する（第3b層は陸上の砂州堆積物、第3a層はヨシ原、第2層は淡水影響下の湿地、第1層は水田）。

謝 辞

本研究は川原の修士論文の一部をもとに再構成したものである。粒度分析に関しては、島根大学総合理工学部地球科学科の酒井哲弥教授に便宜をはかっていただいた。車軸藻類の卵胞子化石については、港湾空港技術研究所の小室隆博士にご助言をいただいた。島根大学総合理工学研究科の佐々木聡史氏には試料採取や分析に関して補助していただいた。島根大学総合博物館の田中浩子氏には調査に協力していただいた。火山灰層の分析は(株)京都フィッシュトラックに依頼した。2名の匿名査読者および編集委員長には有益なご助言をしていただいた。本研究には、日本学術振興会の科学研究費補助金基盤研究(C)19K04057(代表:入月俊明)および基盤研究(A)21H04521(代表:齋藤文紀)の一部を用いた。

以上の方々に厚くお礼を申し上げます。

引用文献

Berner, R.A. and Raiswell, R. (1984) C/S method for distinguishing fresh water from marine sedimentary rock. *Geology*, 12: 365–368.

Bond, G., Showers, W., Cheseby, M., Lotti, R., Almasi, P., deMenocal, P., Priore, P., Cullen, H., Hajdas, I. and Bonani, G. (1997) A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates. *Science*, 278: 1257–1266.

Bordowskiy, O.K. (1965a) Source of organic matter in marine basins. *Mar. Geol.*, 3: 5–31.

Bordowskiy, O.K. (1965b) Accumulation of organic matter in bottom sediments. *Mar. Geol.*, 3: 33–82.

Bronk Ramsey, C. (2017) Methods for summarizing radiocarbon datasets. *Radiocarbon*, 59(2): 1809–1833.

deMenocal, P.B. (2001) Cultural responses to climate change during the Late Holocene. *Science*, 292: 667–673.

会下和宏編(1997) 島根大学構内遺跡第1次調査(橋縄手地区1) 島根大学埋蔵文化財調査研究報告 第1冊, 島根大学埋蔵文化財調査研究センター, 137p.

会下和宏編(1999a) 島根大学構内遺跡第5・9次調査(京田地区1・諸田地区4) 島根大学埋蔵文化財調査研究報告 第4冊, 島根大学埋蔵文化財調査研究センター, 92p.

会下和宏編(1999b) 島根大学構内遺跡第2・4・8次調査(諸田地区1・2・3) 島根大学埋蔵文化財調査研究報告 第5冊, 島根大学埋蔵文化財調査研究センター, 104p.

会下和宏(2020) (2) 島根大学構内遺跡第22次発掘調査(諸田地区5). 「島根大学研究・学術情報機構総合博物館年報 平成29・30・31(令和元)年度」 pp. 38–43. 島根大学総合博物館.

Folk, R.L. and Ward, W.C. (1957) Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Jour. Sediment. Petrol.*, 27: 3–26.

林 正久(1991) 松江周辺の沖積平野の地形発達. *地理科学*, 46: 55–74.

入月俊明・瀬戸浩二(2004) 中期更新世の古浜名湾における古環境の時間的・空間的変化 — 貝形虫化石群集と全有機炭素・全窒素・全イオウ分析結果 —. *地質学雑誌*, 110: 309–324.

小杉正人・片岡久子・長谷川四郎(1991) 内湾域における有孔虫の環境指標種群の設定とその古環境復元への適用. *化石*, 50: 37–55.

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, 336p.

三位秀夫(1962) 山陰団研の概報. 第四紀, 3: 47–48.

水野篤行・大嶋和雄・中尾征三・野口寧世・正岡栄治(1972) 中海・宍道湖の形成過程とその問題点. *地質学論集*, 7: 113–124.

中井信之・太田友子・藤澤 寛・吉田正夫(1982) 堆積物コアの炭素同位体比, C/N比およびFe₂S含有量からみた名古屋港周辺の古気候, 古海水準変動. *第四紀研究*, 21: 169–177.

中村唯史(1998) 1 島根大学構内遺跡第3次調査(深町地区)の地質的検討. 会下和宏編「島根大学構内遺跡第3次調査(深町地区1)」島根大学埋蔵文化財調査研究報告 第2冊, pp. 45–55. 島根大学埋蔵文化財調査研究センター.

中村唯史(1999) 1 島根大学構内遺跡の地質層序と古環境. 会下和宏編「島根大学構内遺跡第2・4・

- 8 次調査 (諸田地区 1・2・3) 島根大学埋蔵文化財調査研究報告 第 5 冊, pp. 62–73. 島根大学埋蔵文化財調査研究センター.
- 中村唯史 (2006) 山陰中部地域における完新世の海面変化と古地理変遷. 第四紀研究, 45: 407–420.
- 中村唯史・徳岡隆夫 (1996) 宍道湖ボーリング SB1 から発見されたアカホヤ火山灰と完新世の古地理変遷についての再検討. 島根大学地球資源環境学研究報告, 15: 35–40.
- 中村唯史・徳岡隆夫・大西郁夫・三瓶良和・高安克己・竹広文明・会下和宏・西尾克己・渡辺正巳 (1996) 島根半島東部の完新世環境変遷と低湿地遺跡. *Laguna* (汽水域研究), 3: 3–11.
- 中村唯史・徳岡隆夫・三瓶良和・中山勝博 (1997) 2 地質学的検討からみた橋縄手地区の古環境. 会下和宏編「島根大学構内遺跡第 1 次調査 (橋縄手地区 1)」島根大学埋蔵文化財調査研究報告 第 1 冊, pp. 122–129. 島根大学埋蔵文化財調査研究センター.
- 中山勝博・草野高志 (1998) レーザー回折式粒度分析装置の使用方法与分析結果の特徴. 島根大学地球資源環境学研究報告, 17: 49–56.
- Nomura, R. and Seto, K. (1992) Benthic foraminifera from brackish Lake Nakaumi, San-in district, southwestern Honshu, Japan. In: Centenary of Japanese Micropaleontology, (eds.) Ishizaki, K. and Saito, T., pp. 227–240. Terra Scientific Publishing Company, Tokyo.
- 大西郁夫・松井整司 (1980) 島根県東部の第四系. 日本地質学会第 87 年総会・年会見学旅行案内書 第 1 班, 32p.
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Ramsey, B.C., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hafliadason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T.J., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Turney, C.S.M. and van der Plicht, J. (2013) IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 55: 1869–1887.
- 三瓶良和 (2000) 2 島根大学構内遺跡第 10 次調査に伴う全窒素・全有機炭素・全水素・全イオウ分析. 会下和宏編「島根大学構内遺跡第 10 次調査 (橋本地区 3)」島根大学埋蔵文化財調査研究報告 第 6 冊, pp. 50–54. 島根大学埋蔵文化財調査研究センター.
- 三瓶良和 (2005) 2 島根大学構内遺跡試掘 13-1 区における CNS 分析結果と堆積環境の考察. 会下和宏編「島根大学構内遺跡第 12. 13 次調査 (京田地区 2・3)」島根大学埋蔵文化財調査研究報告 第 8 冊, pp. 49–52. 島根大学埋蔵文化財調査研究センター.
- Sampei, Y. and Matsumoto, E. (2001) C/N ratios in a sediment core from Nakaumi lagoon, southwest Japan —usefulness as an organic source indicator—. *Geochem. Jour.*, 35: 189–205.
- 三瓶良和・倉門由紀子・清水 紋・高安克己・石田 聖 (1997) サロマ湖・網走湖底質の有機炭素・窒素・イオウ濃度. *Res. Org. Geochem.*, 12: 51–60.
- Sampei, Y., Matsumoto, E., Kamei, T. and Tokuoka, T. (1997) Sulfur and organic carbon relationship in sediments from coastal brackish lakes in the Shimane peninsula district, southwest Japan. *Geochem. Jour.*, 31: 245–262.
- 瀬戸浩二・真先 修・田中邦昌・高安勝己 (2000) 宍道湖における底生有孔虫群集. 島根大学地球資源環境学研究報告, 19: 65–76.
- Smith, V.C., Staff, R.A., Blockley, S.P.E., Bronk Ramsey, C., 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. *Quatern. Sci. Rev.*, 67: 121–137.
- 高安克己 (2019) 8. 中海・宍道湖・出雲平野の形成. 松江市史編集委員会編「松江市史 史料編 1 自然環境」pp. 22, 215–219. 松江市.
- 高安克己・出雲古代景観復元チーム (1998) コア SJ96 の概要と宍道湖の古環境変遷. *Laguna* (汽水域研究), 5: 1–13.
- 徳岡隆夫・大西郁夫・高安克己・三梨 昇 (1990) 中海・宍道湖の地史と環境変化. *地質学論集*, 36: 15–34.
- 椋田禎久 (1999) 第 5 章 島根大学構内遺跡 (京田・諸田地区) の古環境. 会下和宏「島根大学構内遺跡第 5・9 次調査 (京田地区 1・諸田地区 4)」島根大学埋蔵文化財調査研究報告 第 4 冊, pp. 47–54. 島根大学埋蔵文化財調査研究センター.
- 渡辺正巳 (1999) 2 島根大学構内遺跡第 5 次調査 (京田地区 1) の花粉分析. 会下和宏編「島根大学構

内遺跡第5・9次調査（京田地区1・諸田地区4）」
島根大学埋蔵文化財調査研究報告 第4冊, pp.
55-62, 島根大学埋蔵文化財調査研究センター.

渡辺正巳・三瓶良和・沢井祐紀（2002）1 島根大学
構内遺跡第11次調査（橋縄手地区2）における
自然科学分析. 会下和宏編「島根大学構内遺跡第
11次調査（橋縄手地区2）」島根大学埋蔵文化財
調査研究報告 第7冊, pp. 94-108, 島根大学埋
蔵文化財調査研究センター.

山田和芳・高安克己（2006）出雲平野-宍道湖地域
における完新世の古環境変動 - ボーリングコア
解析による検討 - . 第四紀研究, 45: 391-405.