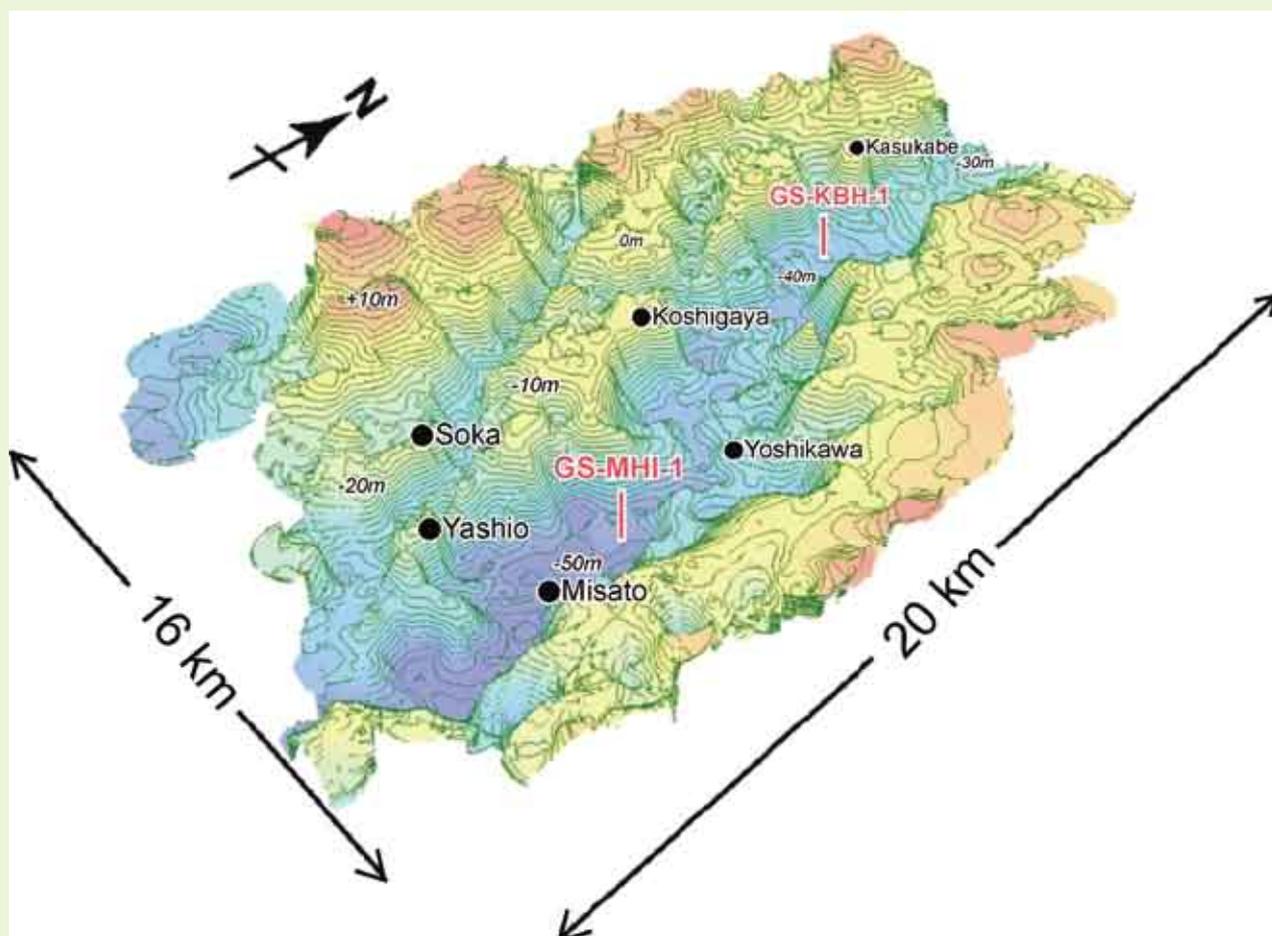


地質調査研究報告

BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Vol. 62 No. 1/2 2011



特集：大都市圏の平野地下地質・構造の総合研究
—その3：沖積層のボーリングコア解析とpH・EC特性—

巻頭言：都市地質研究の展開(その3) 木村克己	1
論文	
埼玉県三郷市彦成地区の沖積層コア(GS-MHI-1)の堆積相・珪藻化石群集組成・物性・放射性炭素年代値 中西利典・田辺 晋・木村克己・中島 礼・内山美恵子・柴田康行	3
埼玉県春日部市東備後地区に分布する沖積層の堆積相, 珪藻化石群集, 物性, 放射性炭素年代値 中西利典・田辺 晋・木村克己・中島 礼・内山美恵子・柴田康行	47
東京低地と中川低地の沖積層堆積物で作成した懸濁液の水素イオン濃度指数及び電気伝導度 内山美恵子・原未来也・竹内美緒・木村克己	85

表紙の写真

中川低地南部の沖積層の基盤地形

埼玉県東部に広がる中川低地の地下には、最終氷期の海水準低下期における河川侵食で形成された開析谷地形とその後の海水準の上昇に伴う海岸侵食地形が埋もれている。この図は自治体およびその他の公共団体から提供していただいた約 4000 本のボーリングデータについて沖積層基底深度を検討して、その結果を ArcGIS 上で逆距離加重法により補間して面モデルをもとめて描画した(中西ほか, 2007)。図の春日部から三郷まで延びる谷は、南流する古中川の谷であり、本論で紹介する GS-KBH-1, GS-MHI-1 の両コアが位置する。この開析谷の地形は、更新世最後期から現在にかけて、河川や内湾で形成された未固結の堆積物によって覆われている。引用文献・内容の詳細は本号の中西ほか(2011)を参照。

(図・文：中西利典)

Cover page

Basal topography of the Chuseki-so in the southern area of the Nakagawa Lowland.

The topography was formed due to both the incised-valleys as the results of river channel erosion related to the sea-level lowering during the Last Glacial and the coastal erosion related to the sea-level rising and high-stand. This figure was illustrated by ArcGIS based on the basal depth distribution of the Chuseki-so of about 4000 borehole log data offered from the municipality and the other associations (Nakanishi *et al.*, 2007). The Chuseki-so consists of unconsolidated beds that had been deposited in the fluvial and inner bay environments from the latest Pleistocene to Holocene. See Nakanishi *et al.* (2011) in this issue for details.

(Photograph and Caption by Toshimichi Nakanishi)

巻頭言：都市地質研究の展開（その3）

木村克己¹

Keywords: Urban geology, incised-valley fills, Chuseki-so, borehole core, Nakagawa Lowland, Tokyo Lowland

都市地質研究プロジェクトは、平野地下地質の研究手法の開発とともに、大都市圏の地質災害軽減・環境保全・土地利用に資する総合的な地質情報を提供することを目的として、平成14年度以降今日まで実施されてきた（木村, 2004）。その研究内容の概要は、平成14～17年度の第一期、平成18～21年度の第二期、平成22年度以降の第三期に分けて説明することができる。首都圏が位置する関東平野を調査対象地域とした。

第一期は、産業技術総合研究所の分野間融合課題「大都市圏の平野地下地質・構造の総合的解析と地震動予測等の応用研究」（H14）、分野重点課題「大都市圏の地質災害軽減・環境保全を目的とした地質学的総合研究」（H15-17）として研究を実施した。その際、これまで産業技術総合研究所で実施してきた環境地質・平野地下地質に関する研究をフォローして、研究戦略立ての具体化と研究体制整備、新人の育成に力を注ぎつつ、シーケンス層序学やAMS放射性炭素年代測定手法の導入など最新の研究手法を取り入れた。当時の研究予算の規模、研究体制から判断して、研究内容としては、浅層地盤の沖積層を主な調査対象として、地質学的に高精度な解析と軟弱地盤の特性が大きく影響する地震動特性評価に関する研究とを統合的に実施することを研究の中軸にした（木村, 2004, 2006）。調査は首都圏に位置し、日本の沖積層の模式地でもあった東京低地から中川低地の沖積層を主な対象とした。こうした浅層地盤の研究に加えて、それまで蓄積されてきた関東平野の陸域での高精度の調査研究を基礎に、関東平野の基盤上面の地質構造とその構造運動のモデル化と地震動特性に関する研究が先導的に実施された（高橋ほか, 2006）。

第二期（平成18年～21年）の4年間は、地質情報研究部門重点課題「関東平野の地震動特性と広域地下水流動系の解明に関する地質学的総合研究」（H18-20）、産総研政策課題「沿岸域の地質・活断層調査」（H21-H25）において研究を実施した。第二期の研究では、第一期の成果を基礎にして、沖積層の課題（浅層地盤課題）では、荒川低地域も調査地域に加え、堆積環境との関係を踏ま

えた地盤工学特性の解析、地質・物性モデルの検証データとして地震動のモニタリングの研究を開始した。そして、新たに中層地盤課題として、関東平野中央部の大宮台地及び周辺域に関する深度1kmまでの第四系を対象として、ボーリング調査とコア解析、反射法地震探査、地下水の水質と起源に関わる調査・研究を実施した。同時に、平成18年から科学技術振興調整費重要課題解決型研究「統合化地下構造データベースの構築」（代表機関：防災科学技術研究所）に参画し、防災科学技術研究所と土木研究所、地盤工学会と連携して、関東平野、新潟平野、石狩低地帯などにおける主要な地下地質情報としてボーリングデータの収集とデータベース整備を進めるとともに、ボーリングデータの処理・解析のシステム開発及び地下地質情報のWEB公開システムの開発を進めてきている（<http://www.chika-db.bosai.go.jp/>）。

今年度からは、第三期の展開として、沿岸域の地下地質に関して、地質学・物理探査・地盤工学・地震学・地下水学の統合化手法の確立と研究のとりまとめを目標に、関東平野の臨海平野部を対象に研究を進めている。

本特集号は、この都市地質研究プロジェクトのうち、首都圏東部の東京低地と中川低地に分布する沖積層に関する研究成果の報告として編集されたものであり、2004年（地調研報, vol.55, no.7/8）、2006年（地調研報, vol.57, no.9/10）に続く第三弾となる。本特集号には、沖積層の層序ボーリングコアの地質学的解析に関する研究成果2編と沖積層の堆積物のpHとECの深度変化プロファイルに関する研究成果1編が掲載されている。

都市地質研究プロジェクトにおける沖積層に関する研究では、上記に述べたように本特集号に掲載されているような地質学的な解析や化学特性の解析だけでなく、地盤工学特性、地震動特性、更にはこれらを統合した3次元の地盤モデル構築に関する研究も進めている。関東平野の沖積層の研究成果として、前2号の特集号掲載論文、単独の論文として公表されたものを文献欄に整理しておくので参照していただきたい。

最後に、本特集号では、産総研の中澤 努博士、安原

¹地質情報研究部門（Institute of Geology and Geoinformation, GSI, AIST Central7, Higashi1-1-1, Tsukuba, 305-8567, Japan）

正也博士，無記名の査読者に査読していただいた。ここに深く感謝する次第です。

文 献

- 木村克己 (2004) 巻頭言：都市地質研究の展開。地調研報, **55**, 181-182.
- 木村克己 (2006) 巻頭言：都市地質研究の展開 (その2)。地調研報, **57**, 259-260.
- 高橋雅紀・林 広樹・笠原敬司・木村尚紀 (2006) 関東平野西縁の反射法地震探査記録の地質学的解釈—とくに吉見変成岩の露出と利根川構造線の西方延長—。地質学雑誌, **112**, 35-52.
- 浅層地盤課題の公表論文リスト**
- 江藤稚雅子・石原与四郎・田辺 晋・木村克己・中山俊雄 (2008) ボーリング柱状図資料を用いたN値と岩相お3次元分布モデル—東京低地北部における沖積層の例—, 地質学雑誌, **114**, 187-199.
- 石原与四郎・木村克己・田辺 晋・中島 礼・宮地良典・堀 和明・稲崎富士・八戸昭一 (2004) 埼玉県草加市柿木地区で掘削された沖積層ボーリングコア (GS-SK-1) の堆積相・堆積物特性と放射性炭素年代。地調研報, **55**, 183-200.
- 石原与四郎・木村克己・中島 礼・宮地良典・田辺 晋・中山俊雄・斎藤文紀 (2004) 東京低地と荒川低地から得られた3本のボーリングコアの堆積相と放射性炭素年代：DKコア (江東区新砂), TNコア (舎人公園), HAコア (東綾瀬公園), 地調研報, **55**, 221-235.
- 木村克己・石原与四郎・宮地良典・中島 礼・中西利典・中山俊雄・八戸昭一 (2006) 東京低地から中川低地に分布する沖積層のシーケンス層序と層序の再検討。地質学論集, no.59, 1-18.
- 木村克己・石原与四郎 (2009) 東京低地付近の沖積層を例とした沖積層研究の新展開。地盤工学会誌, **57**, no.2, 4-7.
- 小松原純子, 中島 礼, 木村克己 (2009) 沖積層ボーリングコアGS-TKT-1 (埼玉県戸田市) の堆積相と堆積物物性。堆積学研究, **68**, 13-25.
- 小松原純子, 木村克己, 福岡詩織, 石原与四郎 (2010) 沖積層ボーリングコアGS-SSS-1 (埼玉県さいたま市) の堆積相と堆積物物性。堆積学研究, **69**, 3-15.
- 小松原純子・中島 礼・木村克己 (印刷中) 埼玉県川口

- 市在家町地区から採取された沖積層ボーリングコアの堆積物 (GS-KZK-1) の堆積相および堆積物物性。堆積学研究, **69**.
- 宮地良典・木村克己・石原与四郎・田辺 晋・中島 礼・堀 和明・中山俊雄・斎藤文紀 (2004) 東京都江戸川区小松川地区で掘削された沖積層ボーリングコア (GS-KM-1) の堆積相・堆積物物性と放射性炭素年代。地調研報, **55**, 201-219.
- 中島 礼・木村克己・宮地良典・石原与四郎・田辺 晋 (2004) 東京都江戸川区小松川と埼玉県草加市柿木において掘削した沖積層ボーリングコアから産出した貝化石群集, 地調研報, **55**, 237-269.
- 中島 礼・田辺 晋・宮地良典・石原与四郎・木村克己 (2006) 沖積層の貝化石群集変遷—埼玉県草加市と東京都江戸川区の例—。地質学論集, no.59, 19-33.
- 田中勝法・竹村貴人・木村克己 (2006) 堆積環境の変遷から見た沖積層の圧密特性。地質学論集, no.59, 191-204.
- 田辺 晋・中島 礼・中西利典・石原与四郎・宮地良典・木村克己・中山俊雄・柴田康行 (2006) 東京都葛飾区における沖積層の堆積相と堆積物物性：奥東京湾口の砂嘴堆積物の時空間分布。地調研報, **57**, 261-288.
- 田辺 晋・中島 礼・中西利典・木村克己・柴田康行 (2006) 東京都足立区本木地区から採取した沖積層ボーリングコア堆積物 (GS-AMG-1) の堆積相と放射性炭素年代, 物性。地調研報, **57**, 289-307.
- 田辺 晋・石原園子・中島 礼・宮地良典・木村克己 (2006) 東京低地中央部における沖積層の中間砂層の形成機構。地質学論集, no.59, 35-52.
- 田辺 晋・中西利典・木村克己・八戸昭一・中山俊雄 (2008) 東京低地北部から中川低地にかけての沖積層の基盤地形。地調研報, **59**, 497-508.
- 田辺 晋・石原与四郎・中島 礼 (2008) 東京低地北部における沖積層のシーケンス層序と古地理。地調研報, **59**, 509-547.
- 田辺 晋・中西利典・中島 礼・石原与四郎・内田昌男・柴田康行 (2010) 埼玉県の中川開析谷における泥質な沖積層の埋積様式。地質学雑誌, **116**, 252-269.
- 田辺 晋・中西利典・石原与四郎 (2010) 東京低地から中川低地にかけての沖積層の層序と物性：沖積層の2部層区分について。地質学雑誌, **116**, 85-98.
- 研究情報公開データベース (RIO-DB)「関東平野の地質・地盤データベース」(<http://riodb02.ibase.aist.go.jp/boringdb/>)

埼玉県三郷市彦成地区の沖積層コア (GS-MHI-1) の 堆積相・珪藻化石群集組成・物性・放射性炭素年代値

中西利典¹・田辺 晋²・木村克己^{2,*}・中島 礼²・内山美恵子³・柴田康行⁴

Toshimichi Nakanishi, Susumu Tanabe, Katsumi Kimura, Rei Nakashima, Mieko Uchiyama, Yasuyuki Shibata (2011) Sedimentary facies, diatom assemblages, physical properties and radiocarbon ages of the latest Pleistocene to Holocene incised valley fills under the southern Nakagawa Lowland, Kanto Plain, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 62 (1/2), p. 3-46, 9 figs, 4 tables, 1 plate, 1 appendix tables.

Abstract: The sedimentary facies, diatom assemblages, physical properties and AMS radiocarbon ages were determined for the core sediment (GS-MHI-1) of the latest Pleistocene to Holocene incised valley filled deposits in the southern Nakagawa Lowland, Kanto Plain, Japan. In the core sediment, we recognized seven sedimentary facies, that is, braided river channel fill, meandering river floodplain sediments, tidal-influenced channel fill, tide-influenced transgressive shallow marine sediments, upward shallowing marine sediments, tide-influenced upward shallowing marine sediments, and modern river channel fill to floodplain sediments, in ascending order. These sedimentary facies and the radiocarbon dates are correlated to the stratigraphy of the other core that was obtained at the western side of the incised valley. These lithologies are also correlated to the existing borehole log columns drilled for engineering purposes. Judging from these correlation, we identified four sedimentary systems to account for the spatio-temporal distribution of the sedimentary facies across the axis of the main incised valley in this area; braided river, meandering river, estuary, and upward-shallowing delta, in ascending order. The meandering river system indicates almost a horizontal attitude across the valley; however the estuary and delta systems have an asymmetric depositional attitude dipping eastward. The thick soft marine mud is included in these systems. This asymmetric distribution of the muddy system should be especially remarked for geological hazards under the activating urbanization area.

Keywords: incised-valley fill, diatom, sedimentary facies, physical properties, AMS radiocarbon ages, late Pleistocene to Holocene, Nakagawa Lowland

要 旨

中川低地南部の開析谷中軸で掘削した沖積層ボーリングコア試料 (GS-MHI-1) を用いて、堆積相、珪藻化石群集組成、物性、AMS放射性炭素年代値について検討した。その結果、下位から、網状河川流路、蛇行河川の氾濫原、潮汐の影響した流路、潮汐の影響した上方深海化する浅海底、上方浅海化する浅海底、河川と潮汐の影響した上方浅海化する浅海底、現世河川流路～氾濫原の合計7つの堆積相を認定した。これらの堆積相を開析谷西縁部での解析結果及び既存土質柱状図と対比することによって、下位から、網状河川、蛇行河川、エスチュア

リー、デルタの合計4つの堆積システムを開析谷の横断方向で認定した。その結果、蛇行河川システムによる地層はほぼ水平に分布するのに対して、エスチュアリーとデルタシステムによるものは非対称に分布することを推定した。この沖積層上部の軟弱な海成泥層は谷の西縁辺から中軸へと徐々に形成されたものであり、この非対称な分布は建造物の構造・工法や大規模地震による強震動、地盤沈下被害などに影響をもたらす可能性がある。

1. はじめに

埼玉県東部に広がる中川低地の地下には、最終氷期

¹韓国地質資源研究院 (Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Gajeong-dong 30, Yuseong-gu, Daejeon, 305-350 Korea)

²地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Institute of Geology and Geoinformation)

³都留文科大学 (Tsuru University, 3-8-1 Tahara, Tsuru, 402-8555 Japan)

⁴国立環境研究所 (National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki, 305-8506 Japan)

*Corresponding author: K. KIMURA, Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: k.kimura@aist.go.jp

最寒冷期までに当時の中川が下刻した開析谷がほぼ北-南方向に細長く分布している。その開析谷を埋積する河川成と海成の堆積物からなる沖積層は、三郷市付近においては厚さ50m程度であると推定されている(森川, 1962; Matsuda, 1974; Kaizuka *et al.*, 1977; Endo *et al.*, 1982; 遠藤ほか, 1983, 1988a,b, 1992; 埼玉県, 1995; 中西ほか, 2007)(第1図b)。中川低地南部の沖積層は下流部の東京低地や荒川低地のものと比較して泥がちな地層で構成されているが(Matsuda, 1974), 局所的に砂層が分布しており, 開析谷の横断方向に一樣な岩相ではない(遠藤ほか, 1992; 中西ほか, 2007)(第2図)。泥層は, 砂層よりも低密度, 高含水率, 低N値, 低地震波伝播速度であり, 同じ泥層でも海成泥層は陸成のものよりも低密度で高含水率の性質を有する(実用軟弱地盤対策技術総覧編集委員会, 1993; 地盤工学会, 2000)。このような浅層地盤の不均質性を生じさせる要因について検討することを目的として, 産業技術総合研究所地質調査総合センターの都市地質研究プロジェクト(木村, 2004, 2006)が開析谷のほぼ中軸部で層序ボーリング調査を実施した。採取したGS-MHI-1(以下MHI)コア試料の堆積相, 珪藻化石群集組成, 物性, 放射性炭素年代値を検討して, 堆積環境ごとの特徴を整理する。また, これらの解析結果を, 開析谷西縁部で掘削されたボーリングコア(GS-SK-1:以下SK)試料の解析結果(石原ほか, 2004a)及び周辺で収集した既存土質柱状図(中西ほか, 2007)と対比して, 中川低地南部の地下に伏在する開析谷の横断方向の埋積様式について考察する。

2. 中川低地の地形

関東平野のほぼ中央部の埼玉県東部に位置する中川低地は, 西方の大宮台地及び東方の下総台地に挟まれた開析谷の上に位置しており, 北方は埼玉・栃木県境を介して渡良瀬川沿いの低地に, 北西は加須低地に, 南方は東京低地へとそれぞれ連続する(堀口, 1986)。東西に分布する台地の縁辺部には縄文時代前期以降に形成された貝塚が点在して(東木, 1926; 和島ほか, 1968), 完新世中期の相対的海水準を推定する上でよい指標となっている。中川低地は北北西-南南東方向に伸びる中川水系に沿う南北40km・東西10~15kmの狭長な形状を示す。その標高は, 埼玉県東北端部の北川辺町でT.P.(Tokyo Peil:東京湾中等潮位)+15m, 幸手市でT.P.+10m, 越谷市でT.P.+5m, 八潮市でT.P.+2mと南部ほど低く, 河川勾配は1/3000程度である(第1図a)。中川水系では, 北川辺町から越谷市付近までは河畔砂丘を伴った蛇行流路がよく発達するが, 吉川市付近の中川・大落古利根川・新方川・元荒川の合流部より下流では直線的な流路となっている。一方, 現流路や流路跡付近に認められる自然堤防由来の微高地には古くからの集落が建っているの

に対して, 後背湿地には水田や新興住宅地が分布する(第1図c)。なお, この論文では埼玉県越谷市以南を中川低地南部とする。

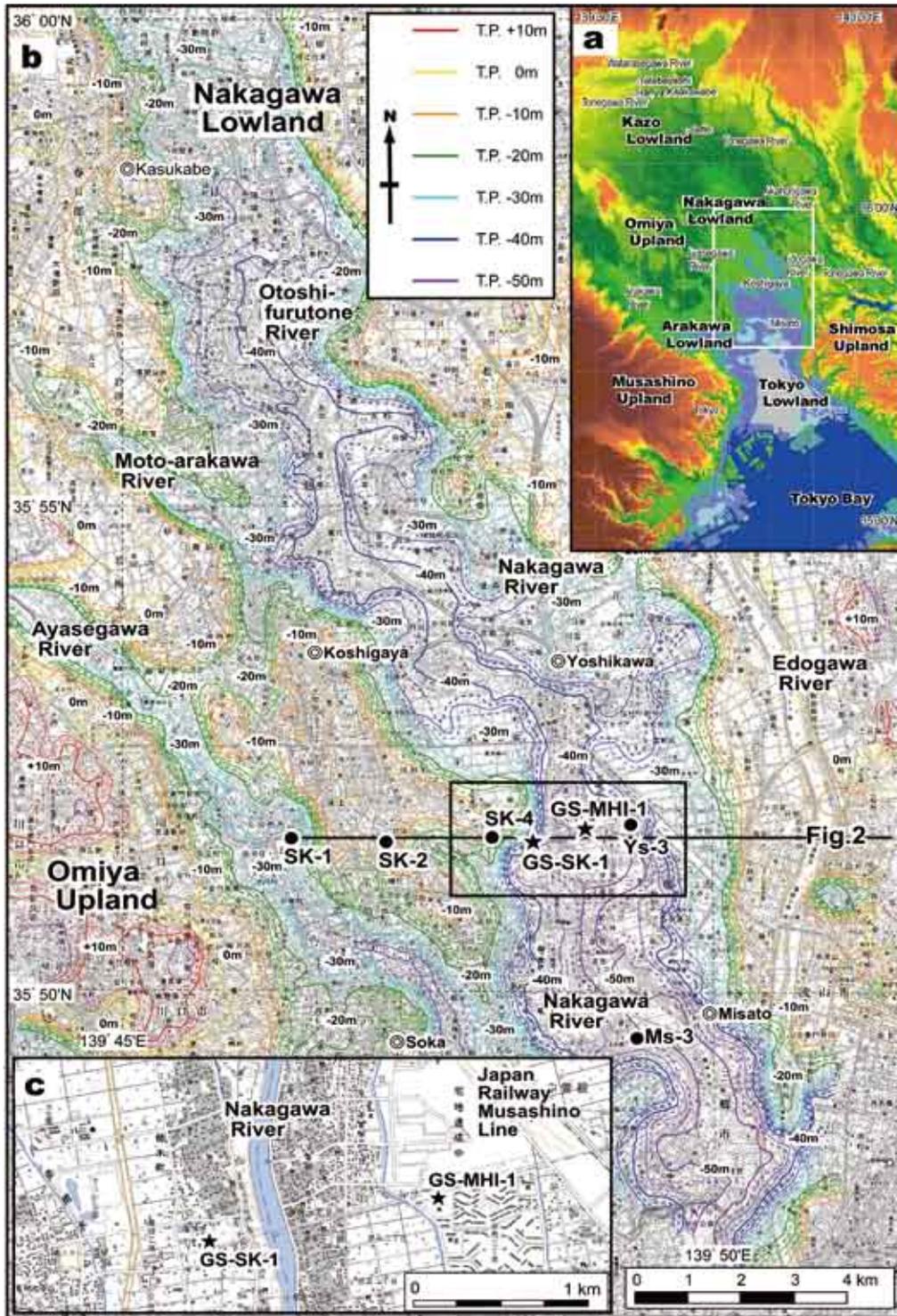
3. 中川低地の地質・地盤

中川低地南部の沖積層の分布と層序は, ボーリング調査資料に記載された岩相と標準貫入試験のN値を解釈すること(森川, 1962; Matsuda, 1974)と, 採取された堆積物を観察・分析すること(遠藤ほか, 1983, 1988a,b, 1992; 石原ほか, 2004a)によって検討されてきた。これらの研究結果と約4,000本分の標準貫入試験によって作成された既存土質柱状図を基にして, 三郷市付近における開析谷中軸部の沖積層基底礫層上面はT.P.-50m程度で, その東西にはT.P.-10~0mと-40~-30mに埋没段丘面が分布すると推定されている(中西ほか, 2007)(第1図b; 第2図)。以下に沖積層の岩相区分についての既存研究を要約する。

森川(1962)は, 官庁やボーリング調査会社などから収集した1,000本以上のボーリング資料を基にして洪積層と沖積層の層序区分を示した。沖積層は下位から, 下部砂層(砂礫), 下部粘土層, 上部砂層, 上部粘土層に区分され, それらの層厚は10m, 30m, 2~3m, 1~2m程度とそれぞれ推定された。

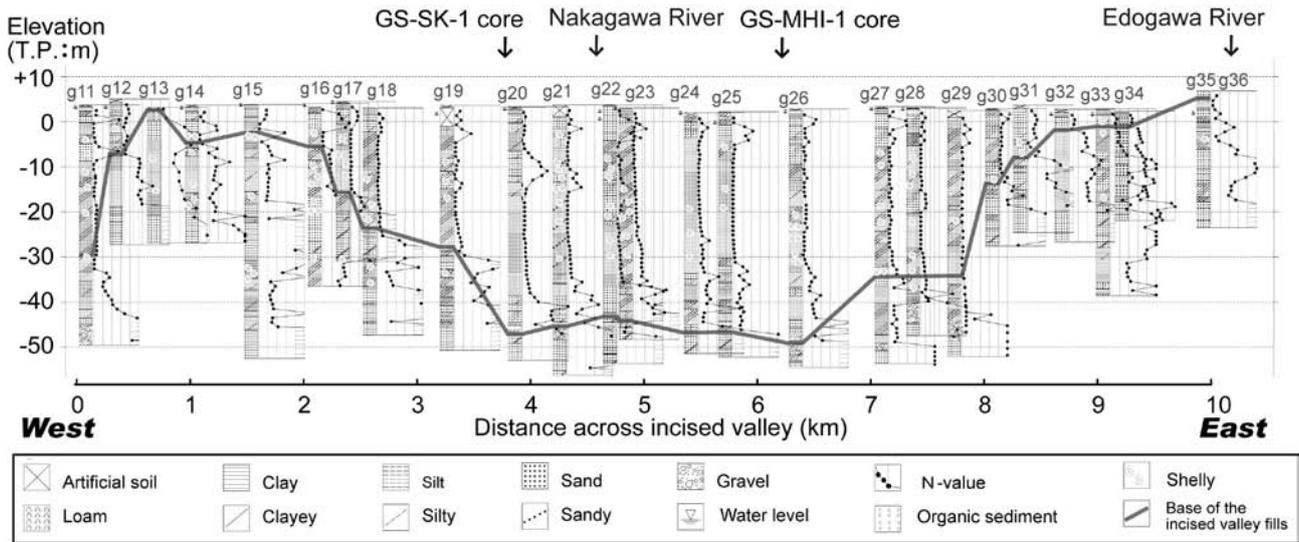
Matsuda(1974)は, JR武蔵野線付近の土質柱状図を基にして地質断面を描き, 深度60mまでの沖積層の層序を下位から, 基底礫層(Basal gravel:BG)(井関, 1956, 1975), N値20~3の下部砂泥層(Lower sand:LS, Lower clay:LC), 中間砂層(Middle sand:MS), N値2~0の上部泥層(Upper clay:UC), N値20~3の上部砂層(Upper sand:US), 最上部陸成層(Uppermost alluvium:UA)に区分した。また, それらの層厚を最大で5m, 15m, 7m, 30m, 10m, 10m程度とそれぞれ推定した。更に, 各低地の模式断面の検討を基に, 中川低地では東京低地・荒川低地と比較してMSとUSが薄く, 反対にUCとUAが良く発達することを指摘した。一方, LCとMSの層序境界は11,000~10,000年前(暦年未校正)の前期有楽町海進と後期有楽町海進との間の一時的な海水準低下によって形成されたと推定した。

Endo *et al.*(1982)や遠藤ほか(1983, 1988a)は中川・荒川低地, 鬼怒川・小貝低地, 桜川低地などで収集した約5万本のボーリング資料の解釈と, 1,000本以上のコア観察及び約100本のコアの有孔虫や花粉の分析結果を基にして, 沖積層の層序と分布を示した。中川低地の沖積層は下位からBGを基底に持つ砂泥互層の七号地層(八潮部層), 砂礫層からなる完新世基底礫層(Holocene basal gravel:HB), 泥質層の有楽町層下部(三郷部層), 砂~泥層の有楽町層上部(吉川部層)に区分された。また, Matsuda(1974)やKaizuka *et al.*(1977)の仮説を発展して,



第1図 関東平野中央部の地形(a)と中川低地南部地域の沖積層基底面分布(b)、GS-MHI-1コア掘削地点(c)。第1図aは国土地理院数値地図50mメッシュ(標高;日本Ⅱ)を使用してカシミール3Dで作成した。第1図bは中西ほか(2007)を引用して、GS-MHI-1コアと既存ボーリング(SK-1, SK-2, SK-4コア: Kosugi, 1988a, Ms-3, Ys-3コア: 遠藤ほか, 1992とGS-SK-1コア: 石原ほか, 2004)の掘削位置を示した。第1図cは国土地理院数値地図1/25,000越谷を使用した。

Fig. 1 Topography maps of central Kanto plain (a) and the incised-valley which were formed until the last glacial maximum under the southern Nakagawa Lowland (b), and locality map of the GS-MHI-1 coring site (c). The topography map (a) is illustrated by Kashmir 3D and digital map of 50 m-mesh elevation from Geographical Survey Institute (GSI). The topographic map of incised-valley (b) is after Nakanishi et al. (2007), and localities of the GS-MHI-1 and existed coring sites (SK-1, SK-2, SK-4 cores: Kosugi, 1988a, Ms-3, Ys-3 cores: Endo et al., 1992, and GS-SK-1: Ishihara et al., 2004) are indicated. The geographic map (c) is after GSI, digital map image 1/25,000, Koshigaya.



第2図 中川低地南部地域の沖積層地質断面図(中西ほか, 2007). 断面位置は第1図に示す.

Fig. 2 Geological cross section of the latest Pleistocene to Holocene incised-valley fills under the southern Nakagawa lowland after Nakanishi *et al.* (2007). See Fig. 1 for location.

七号地海進に伴う海水準上昇によって形成された七号地層は、約1万年前の寒冷化に伴う海水準低下によってその上部が侵食されたと推定した。この侵食時にHBGが形成され、その後の有楽町海進による奥東京湾の拡大によって有楽町層下部が形成されたと推定した(遠藤ほか, 1983)。

遠藤ほか(1988b, 1992)は、埼玉県草加市・三郷市・八潮市・越谷市・吉川市で収集した多数のボーリング資料を基にして、中川低地の沖積層の東西方向の横断面図を作成した。各層の古環境変化はコア観察や微化石分析などによって確認され、特に、開析谷中軸部の三郷市花和田地区ではMs-3コアを用いて層相、貝、放射性炭素年代測定、 $\delta^{13}C$ 比(遠藤ほか, 1992)、珪藻(小杉, 1992)、有孔虫(関本, 1992)、砂粒・礫組成(菱田, 1992)などの検討をしてこの地域における標準層序を構築した。Ms-3コアは下位から下総層群、七号地層、有楽町層に区分された。有楽町層下部において5,300年前(暦年未校正)以降に急激な堆積が検出されたので、この時期に急速なデルタの前進があったと推定された(遠藤ほか, 1992; 遠藤, 1996)。

石原ほか(2004a)は、埼玉県草加市柿木地区で掘削されたSKコアを用いて、堆積相、物性、放射性炭素年代値を議論した。沖積層は下位から、河川流路充填堆積物である礫層(ユニット2)、自然堤防～氾濫原堆積物の砂泥互層(ユニット3)、塩水湿地～泥質干潟で形成された泥層(ユニット4)、砂質干潟～砂州堆積物の砂層(ユニット5)、内湾堆積物の泥層(ユニット6)、河川流路～氾濫原堆積物である砂泥互層(ユニット7)に区分された。また、遠藤ほか(1988b, 1992)が内湾底堆積物

であると解釈した層準が塩水湿地～干潟堆積物(ユニット4)であることや、遠藤ほか(1992)が示したMs-3コアのHBGが河川成のクレバススプレッド堆積物や流路埋積堆積物である可能性が指摘された。

木村ほか(2006)は石原ほか(2004a,b)と宮地ほか(2004)のSKコアと東京低地で得られた3本のコアの解析結果を基にして、最大海氾濫面やラビーンメント面、堆積システムなどを解釈した。それらを根拠として七号地層と有楽町層は不整合関係ではなく、海進期の内湾ラビーンメント面で境されると推定した。

4. MHI コアの掘削と分析方法

4.1 ボーリングコアの掘削地点

MHI コアは、埼玉県三郷市彦成地区の三郷市立彦糸小学校敷地内(世界測地系: 北緯35度51分42.6秒, 東経139度51分05.6秒; T.P. +3.41m)で掘削された(第1図c)。既存土質柱状図を収集して作成されたBG上面深度分布図(第1図b)によると、MHI コア掘削地点は開析谷の中軸部～東部に相当し、沖積層基底礫層上面の標高はT.P.-40～-50m程度と推定される。また、この地点は、埼玉県(1995)では開析谷の東縁部に、遠藤ほか(1992)では谷の中軸部～東部に当たるとそれぞれ解釈されている。なお、掘削地点は昭和40年代後半に盛土によって造成されているが、1:25,000土地条件図「野田」(国土地理院, 1972)によると、自然堤防近傍の後背湿地に区分されている。なお、MHI コア掘削地点は、Ms-3コア掘削地点(遠藤ほか, 1992)の3km北方で、Ys-3コア掘削地点(遠藤ほか, 1992)の1km弱西方に位置する(第1.2図)。

4.2 掘削方法と物理検層

MHIコアの掘削とその後の物理検層は、2004年7月に中央開発株式会社により実施された。MHIコアは全長55.3mで回収率は98.1%であった。その掘削方法は、埋設管の有無を確認するために深度1mまでは手掘りをして、深度1～50mでは外径11.6cm・内径9.0cmのスリーブ内蔵単管サンプラーを用いて打撃掘削した。一方、深度50～51mでは内径7.8cmの三重管サンプラーを用い、深度51.0～55.3mでは内径6.8cmのスリーブ内蔵単管サンプラーで掘削した。各コアは、深度1～52mでは1m間隔で採取され、それ以深は地盤が締まっているので0.5m間隔とした。スリーブに詰まったコア試料は半割した硬質塩化ビニル管（VU100とVU75）に入れた状態で、三重管サンプラー試料は硬質塩化ビニル管（VU75）に密閉されて納品された。孔壁の保護には株式会社テルナイト製のイーゾードリルを使用した。

掘削後に、応用地質株式会社製のPSLog170 MODEL-3331とM3302Aを使用して、サスペンション式PS検層を1m間隔で実施した。深度13m以浅ではケーシングを抜管した後に孔壁が崩落したために、約1m離れた地点で再掘削した別孔において、深度0～9mを硬質塩化ビニル管で孔壁保護した状態で測定した。

4.3 MSCLによる γ 線密度と初磁化率の測定

産業技術総合研究所地質情報研究部門のGeotek社製Multi-Sensor Core Logger：MSCL（Gunn and Best, 1998；池原, 2000；Geotek Ltd., 2004）を用いて、 γ 線透過量と初磁化（初期帯磁）率を1cm間隔で自動測定した。 γ 線の線源は370Bqの ^{137}Ce を用いて、塩化ビニル管に入れた状態のコア試料の透過量を測定した。厚さ5.5～1.75cmの8種類のアルミ製標準試料の測定値とコア径を基にして透過量を密度に換算した。一方、初磁化率は直径12.5cmのBartington社製MS2Cループセンサーを用いて測定した。MSCLで測定した初磁化率値はコア径の違いを補正していない。なお、コア両端などで検知された異常値は、掘削時または運搬時にできた亀裂や変形に起因すると考えて、試料の観察結果と照合して測定データから削除した。

4.4 土色測定

ステンレスワイヤを用いてコア試料を半裁した後に、コア長20cm毎で写真を撮影した。その後、コニカミノルタホールディングス社製の土色計SPAD-503を使用して旭化成ホームプロダクツ株式会社製サランラップごしのCIE1976（L*, a*, b*：JIS Z 8729）表色系を5cm間隔で測定した。土色計と試料の表面とのわずかな間隔がエラーの原因となりやすいので、1地点で2回以上測定することで再現性を確認して、それらの平均値を求めた。

4.5 観察、軟X線写真撮影、はぎとり標本の作成

半裁面を観察して岩相、岩相境界の特徴、堆積構造、粒度、構成粒子の支持様式、植物と貝化石の有無、及び色調を記載した。植物片と貝殻片の相対的な含有度を1cm単位で5段階：含まないくわずかに含むく含むく多いく密集に区分した。

観察後の試料を用いて有田・中村（1981）と有田（1983）の方法で軟X線写真を撮影した。撮影用試料は、厚さ1cm、長さ25cmまたは20cm、幅6cmのアクリルケースをコア半裁面に並べて押し当てて、それらをステンレスワイヤで根切りをして採取した。このスラブ試料を増感紙と印画紙入りのカセットに載せて、管電圧50kvp、4mAで発生させた軟X線を40秒間照射して写真を撮影した。

軟X線写真撮影用試料を採取した後、はぎとり標本を以下の手順で作成した。整形したコア表面に、東邦化学工業株式会社製のグラウト剤OH-1Aを水で5～10倍に希釈した溶剤を塗布した後、裏打ち布を載せた。1時間程度待って溶剤を浸透させた後に、剥ぎ取った試料の乾燥による収縮を避けるためにプラスチック板に貼り付けた。残った試料はビニルシートで包んで保存した。

4.6 分析試料の採取

もう一方の半割コア試料を簡易的に記載した後に、後述するプラスチックキューブ試料や放射性炭素年代測定のための試料を採取した。その際に、貝形虫化石群集組成解析（中尾ほか, 2008）、間隙水分析、土質試験のための試料も採取した。コア採取時にサンプラーの上下端に当たる部分やコアの外壁付近では、コア採取時に生じたと考えられる攪乱や泥水の浸透などが確認される場合があるので、試料の含有状態に留意した。かさ密度、含水率、初磁化率、粒度の測定及び珪藻化石群集組成分析には、夏原技研製造の容積 $6.86 \pm 0.04\text{cm}^3$ （ $n=20$ ；以下の議論では誤差は標準偏差： $\pm 1\sigma$ で示す）のプラスチックキューブをコア半裁面に押し当てて、約5cm間隔で試料を採取した。残った試料は、10cm間隔で袋詰めにした。なお、砂礫層では均質な体積の確保が困難なためにキューブ試料を採取しなかったため、袋詰め試料を使用して含水量と粒度を測定した。

4.7 キューブによる密度、含水量、初磁化率、粒度の測定

先述したプラスチックキューブ試料を用いて、かさ密度、含水量、初磁化率、粒度を測定した。まず、採取直後の湿潤キューブ試料の重量を測定した後、Bartington社製MS-2Bを用いて湿潤初磁化率を測定した。次に、10cm間隔で選定したキューブ試料を60℃で2日間乾燥させて重量を測定して、乾燥かさ密度、含水率と含水比、重量初磁化率を計算した。更に、20cm間隔で選定した乾燥キューブ試料を目開き63 μm と125 μm の篩と超音波

洗浄機を使用して、泥（粘土とシルト）、極細粒砂、極細粒砂より粗い粒子の3種類に篩い分けた。泥以外の残渣の乾燥重量を測定して、重量含有率をそれぞれ求めた。なお、以下の議論では、かさ密度については湿潤かさ密度、含水量については含水率を使用する。また、2cm以上の深度幅で採取された試料を記載する場合には、その深度の中央値を用いる。

4.8 貝化石の同定

コア半裁時に確認できた0.5cm径以上の貝化石について群集解析した。試料採取時には化石を壊さないように数10g程度の塊として採取した。生息姿勢を保った貝や合弁の個体は別個に取り扱った。これらを流水及び超音波洗浄器で洗浄した後で、奥谷(2000)と中島ほか(2004, 2006)に基づいて分類して、それらの生態から地層の堆積環境を推定した。

4.9 珪藻化石群集組成解析

深度48.26～3.85mの合計16層準から採取した未乾燥なキューブ試料を、パリノ・サーヴェイ株式会社に依頼して珪藻化石群集を検討した。分析手順はおおむね柳沢(2000)に準拠して、以下の作業をおこなった。まず、湿潤試料0.2～1.5gをピーカーに採取して乾燥させ、その重量を測定した。次に、濃度15%の H_2O_2 と1規定HCl水溶液により有機物を分解、漂白して試料を泥化した後、分散剤を加えた蒸留水中に放置して、水が中性になるまで水を入れ替えた。それらの試料を乾燥させて重量を測定して、100mlの蒸留水を加えて攪拌状態にして0.3ml分をマイクロピペットで採取した。それを15×15mmのカバーガラス上に展開して静かに乾燥させ、プレウラックス封入剤でスライドガラスに貼り付けてプレパラートを作成した。油浸600倍または1,000倍で検鏡し、メカニカルステージで200個体以上の珪藻化石を同定・計数した。更に全面を精査して含有珪藻殻数を計数して、堆積物1g中の殻数を計算した。珪藻の同定と種の生態については、Hustedt(1930, 1937-1938, 1961-1966)やKammer and Lange-Bertalot(1985, 1986-1991)などに基づき、海生種、海生-汽水生種、汽水生種、汽水生-淡水生種、淡水生種に区分した。また、淡水生種の中で含有率が高い種は、Hustedt(1937-1938)に基づき流水性種、流水不定性種、止水性種、好気性種に棲息様式毎で細分した。

4.10 AMS放射性炭素年代測定

加速器質量分析(Accelerator mass spectrometry: AMS)法で堆積物に含まれる植物や貝の死滅した放射性炭素年代値を測定して、それらが含まれる地層の形成年代を推定した。同一層準から植物片と貝化石が産出する場合には、試料生成時の大気中と表層海水中の ^{14}C 濃度の差異

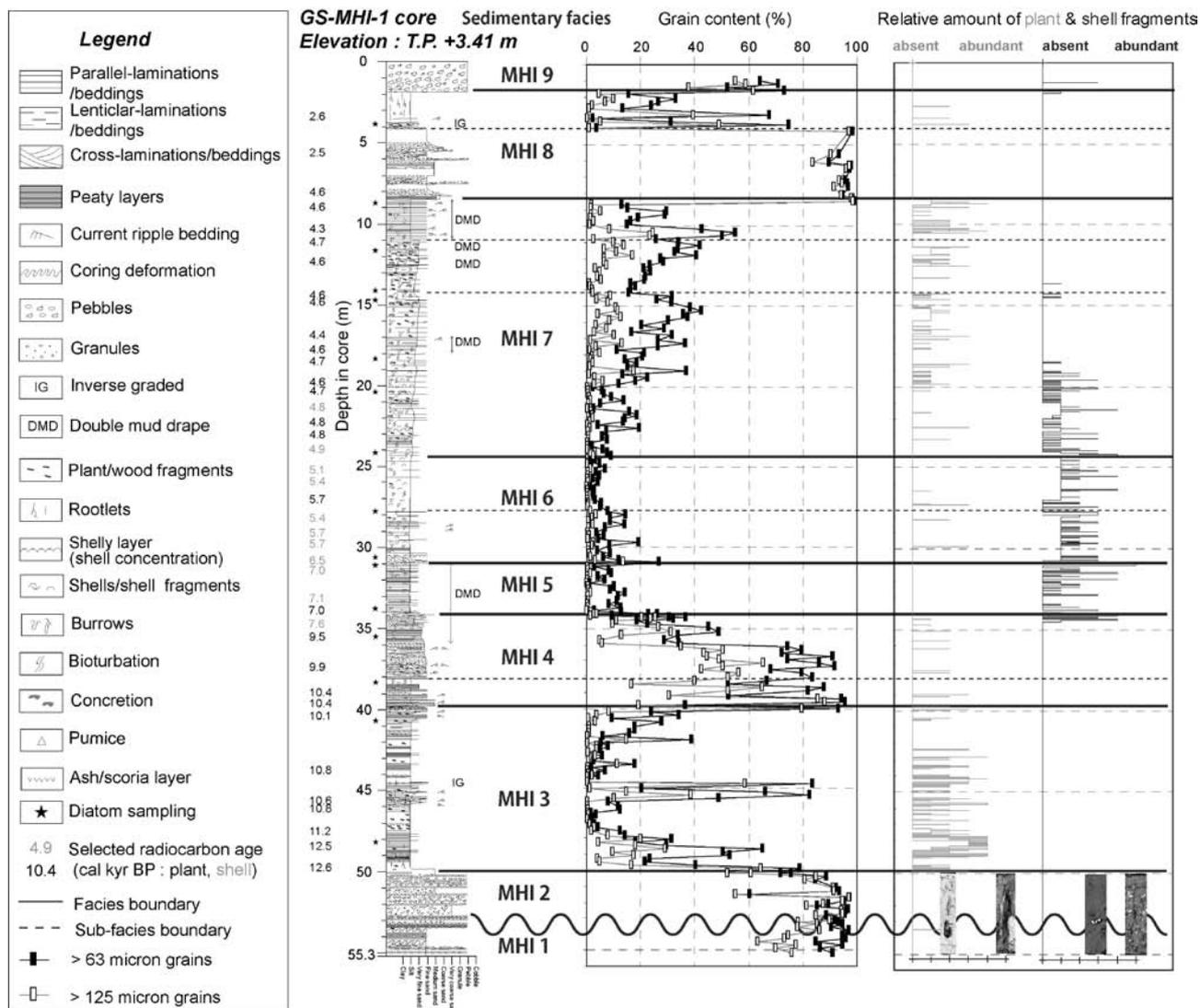
に起因した測定年代差(地域的な放射性炭素リザーバー効果:ボウマン, 1998)を検討するために両方の試料の年代値を求めた。

年代測定用試料は、コア半裁面や軟X線写真の観察の際に人為的影響が確認された層準からは選定しなかった。試料の死滅から堆積までの時間間隔が少ないと考えられる、堆積運搬時に摩耗されやすい葉や草を優先的に選定した。次に、変質や変色が少ない褐色の植物試料を優先した。なお、部位の判別ができない植物試料については単に植物片と記載した。様々な起源の植物試料を多く含んだ氾濫原堆積物では、洗浄時に細根をピンセットで除去して、碎屑性の試料のみを抽出した。上述した試料が含まれていない層準では大型の木片を選定した。一方、貝化石を採取する場合には、藤原・鎌滝(2003)が示したように現地性であると判断される生息姿勢を保った個体や合弁のものを優先した。自生の貝が含まれていない層準では、周囲に多く産出する種のうちで殻の破損や光沢の欠如がない薄い個体を選定した。

年代測定試料は名古屋大学大学院環境学研究科の北川研究室において前処理をおこなった。植物試料は1規定HClとNaOH水溶液で、貝化石は重量10%以上に相当する極微量のHCl水溶液で、それぞれ溶解して二次的な汚染を除去した。次に、化学処理後の植物片と $CaCO_3$ 試料を高真空中でガス化して、ガラスライン中で二酸化炭素以外を除去した後、水素還元法(Kitagawa *et al.*, 1993)でグラファイトを精製した。また、National Institute of Standards and TechnologyのOXII及び ^{14}C を含まないDead試料でも同様な手順でグラファイトを精製した。これらの試料の $^{13}C/^{12}C$ 比と $^{14}C/^{12}C$ 比を国立環境研究所のタンデム加速器(NIES-TERRA: Kume *et al.*, 1997; Yoneda *et al.*, 2004)で測定した。同時期に測定されたOXIIとDead試料の測定値を基にして試料調整の際の同位体分別を除去した。年代値は加速器で測定した $\delta^{13}C$ 値で補正した $^{14}C/^{12}C$ 比を基に計算して、OxCal v3.8(Bronk Ramsey, 2001; Stuiver *et al.*, 1998a, b)で暦年校正した。貝の年代値を暦年校正する際には $\Delta R = 0$ ・海洋効果100%と仮定した。以下では注釈をしない限りAD1950 = 0cal BPとした暦年で議論する。

5. MHI コアの堆積相

GS-MHI-1 コアを、第3図のように下位から順に堆積相MHI 1～9に区分した。表層(深度1.9～0.0m)に分布するMHI 9は角礫混じりの盛土である。堆積柱状図と粒度、植物と貝片の含有度を第3図に、代表的な堆積構造の写真を第4図a-pに、珪藻化石の群集組成を第5図に、それぞれ示す。なお、特徴的な珪藻化石の写真を図版1に、すべての化石の産出表を付録1に、それぞれ示す。以下に各堆積相の記載と解釈を記述する。



第3図 GS-MHI-1 コアの堆積柱状図, 放射性炭素年代値, 珪藻化石の検討層準, 堆積相区分とその解釈, 粒度組成。

Fig. 3 Sedimentary column, calibrated ^{14}C ages, sampling points for examination of diatoms, sedimentary facies and the interpretations, and clastic grain contents from the GS-MHI-1 core.

5.1 堆積相MHI 1 (深度: 55.3 ~ 53.3m)

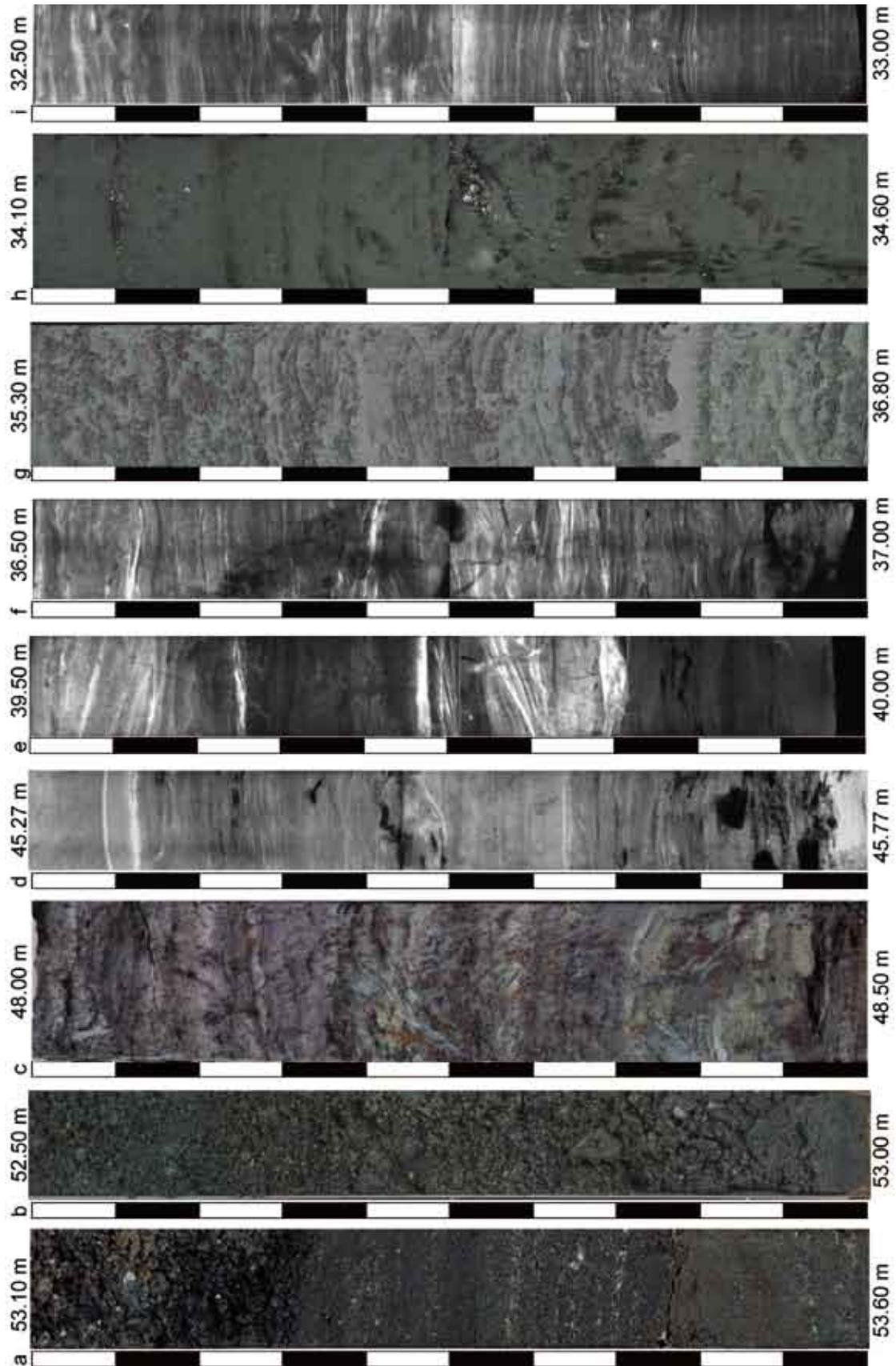
記載: MHI 1は, 軽石混じりの砂層から構成され (第4図a), その泥分含有率の平均値と誤差の1 σ 標準偏差は $8 \pm 4\%$ である (第3図)。淘汰の良い細粒砂から主に構成され, セット高が10cm以下のトラフ型斜交層理, リップル葉理, 10° 以下に傾斜する低角の平板型斜交層理がみられる。最上部の深度53.6mには, マッドクラストが点在する。珪藻化石群集の解析に適した泥質な試料がほとんど含まれていないため検討していない。上位の砂層と比較すると若干固結度が高い。

解釈: MHI 1は, SKコアの基底部分 (T.P. -56.2 ~ -48.1m) に分布するユニット1の砂層 (石原ほか, 2004a) や, Ms-3コアのT.P. -61.1 ~ -58.8mの細粒砂層 (遠藤ほか, 1992) とほぼ同一深度に分布して岩相が類似する。また,

中川低地南部では同様な砂層が広い範囲で連続して分布して, SKコアでみられたように貝化石を含む場合がある (中西ほか, 2007) ので, MHI 1は浅海堆積物であると推定される。なお, SKコアから産出した貝化石の放射性炭素年代値は同層準が中・上部更新統であることを示唆している。

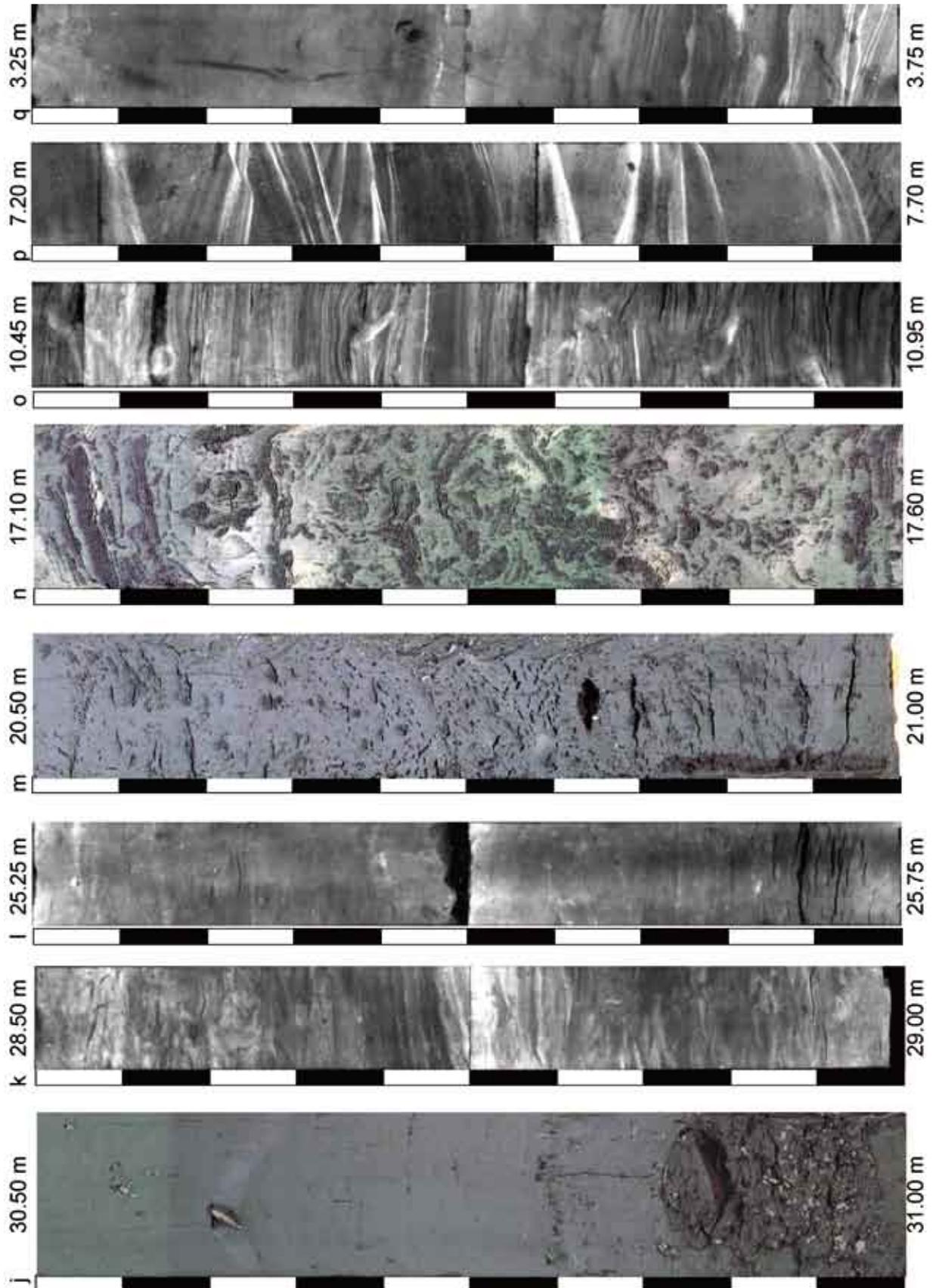
5.2 堆積相MHI 2 (深度: 53.3 ~ 50.0m)

記載: 本堆積相は, 主に層厚が20 ~ 80cmの基質支持礫層と層厚20 ~ 70cmの粒子支持礫層との互層から構成される (第4図b)。礫は直径3cm以下でよく円磨されており, 基質は極粗粒 ~ 中粒砂である。MHI 1との境界面は明瞭である (第4図a)。深度50.7m以浅は層厚が5 ~ 10cmの基質支持礫層と中粒砂を主体とする礫質砂層の



第4図 GS-MHI-1コアの掘削深度55.00～3.25mの写真と軟X線写真。スケールは5cm。(説明は、p.12に掲載.)

Fig. 4 Photographs and radiographs from the GS-MHI-1 core in the depth of 53.50 to 3.25 m. Scale bar is 5 cm. (p.12)



第4図 続き

Fig. 4 Continued.

第4図 GS-MHI-1 コアの掘削深度55.00～3.25mの写真と軟X線写真。スケールは5cm。(p.10, 11)
 (a) MHI 2/MHI 1; 低角斜交層理を持つ細粒砂層 (MHI 1) が侵食面を介して基底礫層 (MHI 2) に覆われる。(b) MHI 2; 礫質支持層と基質支持層の互層。(c) MHI 3; 植物根を含む泥炭質泥層。(d) MHI 3; 有機質シルトからカレントリップルが発達した細粒砂へと逆グレーディングする砂泥互層。(e) MHI 4/ MHI 3; 平行葉理を持つシルト層 (MHI 3) が侵食面を介して高角斜交葉理を持つ砂層 (MHI 4) に覆われる。(f) MHI 4; 二方向流を示すリップルが発達した細粒～中粒砂層。(g) MHI 4; ダブルマッドドレイブと巣穴がみられる砂質シルト層。(h) MHI 5/MHI 4; 生物擾乱痕が多い砂質シルト層 (MHI 4) が侵食面を介して貝化石を含むシルト層 (MHI 5) に覆われる。(i) MHI 5; ダブルマッドドレイブが発達したシルト層。(j) MHI 6; マメウラシマガイなどの貝殻の密集層とシルト層。(k) MHI 6; シルトと極細粒砂の互層。(l) MHI 6; 泥分含有率が高いシルト層。(m) MHI 7; 多孔質なシルト層。(n) MHI 7; 巣穴によって乱されたシルトと極細粒砂の薄層。(o) MHI 7; ダブルマッドドレイブと巣穴がみられる砂まじりシルト層。(p) MHI 8; トラフ型斜交層理が発達した中粒～粗粒砂層。(q) MHI 8; 植物根を持つシルト層からカレントリップルが発達した極細粒砂層へと逆グレーディングする砂泥互層。

Fig. 4 Photographs and radiographs from the GS-MHI-1 core in the depth of 53.50 to 3.25 m. Scale bar is 5 cm. (p.10, 11)
 (a) MHI 2/MHI 1; Low-angle cross bedded fine sand bed (MHI 1) is erosionally overlain by gravel bed (MHI 2). (b) MHI 2; Alternation of gravel- and matrix- supported conglomerate. (c) MHI 3; Peaty mud bed with rootlets. (d) MHI 3; Mud sand alternation, the humic silt inverse grades into fine to medium sand with current-ripples. (e) MHI 4/MHI 3; High-angle cross laminated sand bed (MHI 4) is erosionally overlain by parallel laminated silt bed (MHI 3). (f) MHI 4; Bi-directional current-ripple are recognized in fine to medium sand. (g) MHI 4; Double mud-drapes and burrows are recognized in sandy silt. (h) MHI 5/MHI 4; Bioturbated sandy silt bed (MHI 4) is erosionally overlain by shelly silt bed (MHI 5). (i) MHI 5; Double mud-drapes are recognized in silt bed. (j) MHI 6; Shelly such as *Ringiculina doliaris* bed and silt bed. (k) MHI 6; Alternation of silt and very fine sand layers. (l) MHI 6; High-mud-content silt bed. (m) MHI 7; Porous silt bed. (n) MHI 7; Thinly laminated or bedded mud and very fine sand layers with burrows. (o) MHI 7; Double mud-drapes and burrows are recognized in rhythmically-laminated sandy silt bed. (p) MHI 8; Trough-cross-bedding is recognized in medium to coarse sand bed. (q) MHI 8; Mud sand alternation, the rooted silt inverse grades into very fine sand with current-ripples.

互層から構成される。泥分含有率は14%程度であるが(第3図)、循環泥水起源と思われる泥が混入していたので珪藻化石を検討していない。

解釈：MHI 2の基質支持礫層は重力流、粒子支持礫層と礫質砂層はトラクションを主体とする掃流によって、それぞれ形成されたと考えられる。また、基質支持礫層と粒子支持礫層の互層は、網状河川堆積物の主要な構成要素とされている (Miall, 1977, 1992)。したがって、MHI 2は網状河川流路堆積物であると解釈される。

5.3 堆積相MHI 3 (深度：50.0～39.8m)

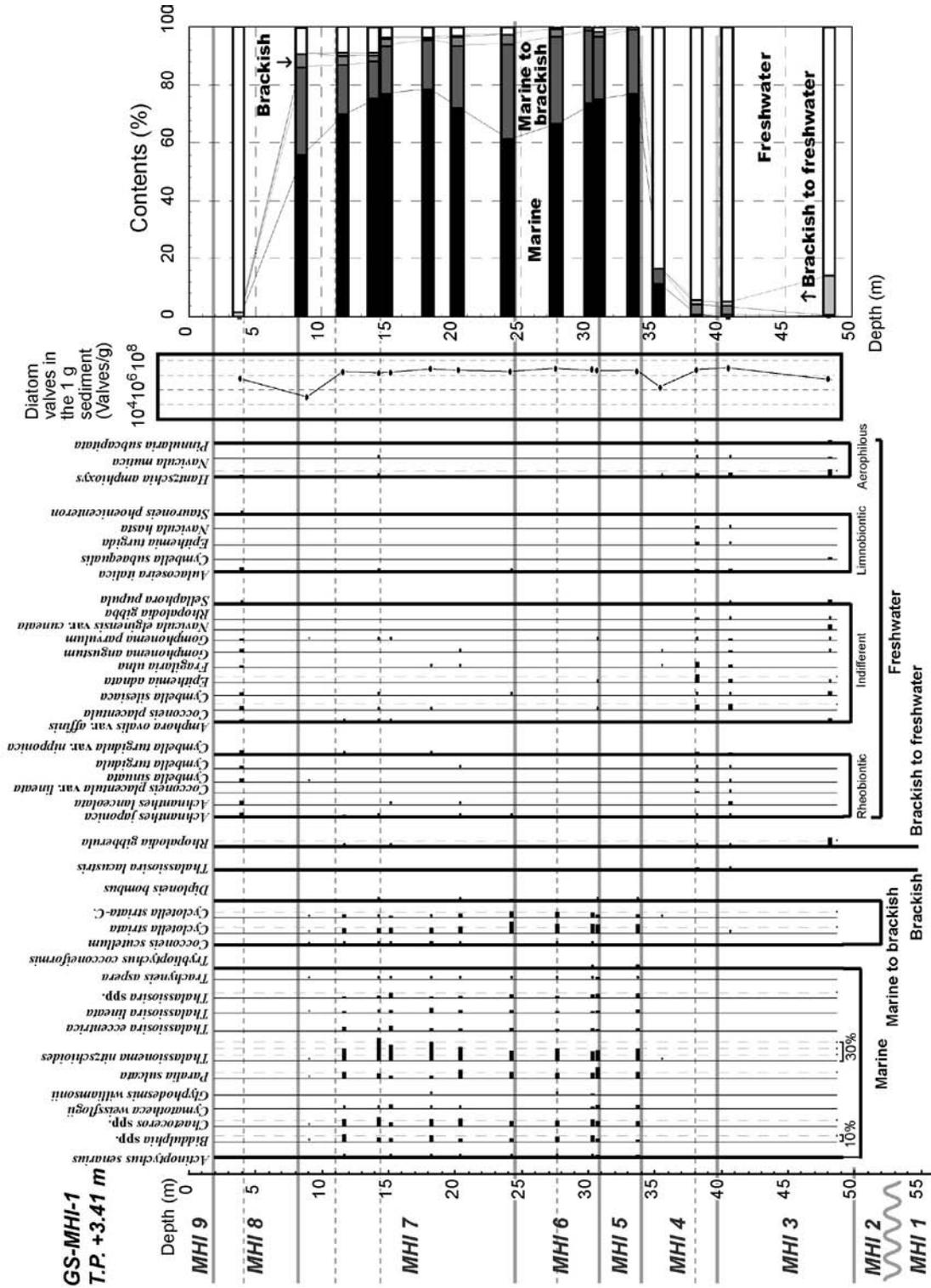
記載：MHI 3は、暗灰色のシルト層から主に構成されており、深度48.9～47.8m, 46.0～44.5m, 42.0～39.8mに極細粒～細粒砂層を挟在する。シルト層は植物根や炭化した植物片の濃集した葉理を多く含み(第4図c)、植物片の含有率は上方に向かって減少する(第3図)。一方、砂層にはセット高が1～5cmのカレントリップル葉理がみられ、第4図dの深度45.75～45.55mのようにシルト層から砂層に逆級化することがある。シルト層と砂層の泥分含有率は、それぞれ80%以上と20～40%が卓越する(第3図)。MHI3では淡水生珪藻化石が卓越する(第5図)。深度48.26mの珪藻化石は表面に溶解した痕跡が認められて半壊した殻が多いので、絶対数量が1g当たり 8.4×10^6 個程度と少ない。一方、それ以外の層準から得た試料では溶解や破壊の影響が少なく、1g当たり 3.5×10^7 個以上の化石が含まれていた(第5図)。優占種は、深度48.26 mで淡水～汽水生種の *Rhopalodia gibberula*、流水不定性種の *Navicula elginensis* var. *cuneata*、*Sellaphora pupula*、好気性種の *Hantzschia amphioxys*、深度40.70mでは流水不定性種の *Cocconeis placentula*、*Epithemia adnata*、

好気性種の *Hantzschia amphioxys* である。

解釈：MHI 3からは植物根と淡水生と陸生の珪藻化石が多く産出するので、陸水の影響が顕著な堆積環境が推定できる。また、逆級化構造は自然堤防～後背湿地における洪水堆積物に特徴的に認められる(増田・伊勢屋, 1985)。蛇行河川などの自然堤防帯では、河道や自然堤防に近いほど粗粒かつ厚層となり、反対に後背湿地側ほど細粒かつ薄層の堆積物から構成される事例が多い(増田・伊勢屋, 1985; Collinson, 1996)。MHI 3の垂直方向の泥分含有率の変化(第3図)は、このような蛇行河川の流路変更と累重を示していると考えられる。一方、深度40.7mで流水不定性種と好気性種の珪藻化石が混在して産出することは河川の影響を受けやすい氾濫原の堆積環境を示唆する。以上から、MHI 3は蛇行河川帯の堆積物であると解釈できる。なお、深度48.26mでは汽水～淡水生の *Ropalodia gibberula* が混在するので、一部は塩水の影響が及ぶ沿岸部において形成された可能性がある。

5.4 堆積相MHI 4 (深度：39.8～34.4m)

記載：MHI 4は、下部(深度39.8～38.2m)の砂泥互層と上部(深度38.2～34.4m)の上方細粒化する砂～シルト層から構成され、全体に生痕がみられる。砂泥互層の基底には第4図eのように高角斜交葉理を持つ中粒砂層がMHI 3の砂質シルト層を明瞭な侵食面を介して累重する。砂泥互層は層厚が20cm以下のシルト質な極細粒～中粒砂層と層厚30cm以下の砂質シルト層の互層から構成されており、中粒～極細粒砂層から砂質シルト層へと上方細粒化していることが多い。砂層にはカレントリップル葉理と生痕がみられる。砂質シルト層は生物擾乱を受けている。下部の砂泥互層の中粒～極細粒砂層と



第5図 GS-MHI-1 コアから産出した主要な珪藻化石群集組成。●は2%未満、+は100個体未満の試料について検出した種類をそれぞれ示す。

Fig. 5 Diatom diagram at GS-MHI-1 core showing sums of environments and only those major species of total diatom valves counted. The species >2% of total diatom valves counted are shown as ●, > 100 counts are shown as +, respectively.

砂質シルト層の泥分含有率は、それぞれ10%と50%程度である(第3図)。一方、MHI 4上部の砂~シルト層は、厚さ1cm以下のシルト薄層を挟在する細粒砂層からシルトの卓越した砂泥細互層へと上方細粒化する。砂泥細互層は層厚が1cm以下の細粒砂とマッドドレイプで構成される。MHI 4上部の泥分含有率は、下位より10%から80%へと増加するが、これは砂層に挟在もしくは砂層と互層をなすシルト層の頻度と層厚が上方増加するためである(第3図)。細粒砂層には多方向流を示すカレントリップル葉理(第4図f)がみられ、砂泥細互層にはダブルマッドドレイプや巣穴がみられ(第4図g)、上方に向かってシルト層が徐々に厚くなる。カレントリップルはセット高が3cmから1cmへと上方減少し、シルト薄層により覆われている。本堆積相上部の砂~シルト層は、部分的に生物擾乱を受けており、極粗粒砂大の円磨された軽石、木片、楕円形の生痕化石が点在する。深度38.35mでは淡水生の *Cocconeis placentula*, *Epithemia adnata* などの珪藻化石が卓越して、深度35.55mでは海生の *Thalassionema nitzschioides* がわずかに含まれる(第5図)。深度38.35mでは珪藻化石の絶対数量は1g当たり 3.5×10^7 個で、深度35.55mでは破壊や溶解のために 2.5×10^6 個であった。

解釈: MHI 4は、生痕が全層準で産出すること(Pemberton *et al.*, 1992)、2つの上方細粒化する堆積物サクセションから構成されること、多方向流を示すカレントリップル層理とダブルマッドドレイプがみられることから(Nio and Yang, 1991)、潮流の影響した河川流路などの沿岸河口部で形成されたと考えられる(Reineck and Singh, 1980)。また、深度35.55mからは珪藻化石の産出数が少なく、海生種がわずかに含まれるので(第3図)、小杉(1986)が小櫃川河口で示したような水流の強い沿岸部で形成されたと考えられる。カレントリップル層理のセット高が上方減少する特徴は、流路埋積もしくは水深の増加に伴う潮流の減衰を示唆する。カレントリップル層理を覆うシルト葉理は停潮時に堆積したと考えられ(Dalrymple, 1992)、シルト層が徐々に厚くなるのは大潮から小潮へと潮流の強さが減衰したことを示す可能性がある。後述するようにMHI 4は開析谷中軸部において厚いので、潮流の影響した流路において形成されたと考えられる。上部から海生の珪藻化石がわずかに産出するのは、海水の影響の増加を示している。流路が埋積されるのにも関わらず塩水の影響が増大するのは、堆積場の後退と深海化によると考えられる。

5.5 堆積相MHI 5 (深度: 34.4~31.0m)

記載: MHI 5は主に貝化石混じりの泥砂細互層から構成され、基底には *Crassostrea* sp. (マガキ類)の破片と円磨された中礫が含まれる(第4図h)。この基底の礫質泥層以外では、極細粒砂よりも粗い粒子をほとんど含まず、

極細粒砂からなる砂の葉理は層厚が1cm以下で疎らであるので泥分含有率が約90%である(第3図)。ほぼ全層準で楕円形~巣穴状の生痕とダブルマッドドレイプが観察される(第4図i)。深度32.2m以浅からは *Ringiculina doliaris* (Gould) (マメウラシマガイ)が産出する。深度33.75mの珪藻化石は、破壊や溶解をほとんど受けず保存状態がよく、絶対数量は1g当たり 3.5×10^7 個以上であった(第5図)。海水生種が77%、海水~汽水生種が22%、汽水生種が1%弱、淡水~汽水生種と淡水生種は検出されない。優占種は、海水生種の *Thalassionema nitzschioides*, *Cymatotheca weissflogii*, 海水~汽水生種の *Cyclotella striata* 等である。

解釈: MHI 5は、浮遊性海生珪藻化石を多産して、ダブルマッドドレイプがほぼ全層準でみられるので、潮汐の影響した浅海底で形成されたと考えられる。また、基底部では汽水域で主に棲息するマガキ類の破片が含まれ、上部では潮下帯泥底の指標種であるマメウラシマガイ(奥谷, 2000; 中島ほか, 2006)が多産するので、MHI 5は上方に向かって深海化する潮汐の影響した浅海底で形成されたと考えられる。また、日本近海の沿岸や内湾で普遍的に観察され、冬春季に多量に出現する *Thalassionema nitzschioides* (山路, 1984)が全体の19%程度、内湾指標種群とされている *Cyclotella striata* (小杉, 1988b)が15%程度それぞれ含まれるので、MHI 5が内湾底で形成されたと考えられる。

5.6 堆積相MHI 6 (深度: 31.0~24.3m)

記載: MHI 6は主に貝化石を多産するシルト層からなる。MHI 5との境界はコアの切れ目に相当する。基底部(深度31.0~30.7m)のマメウラシマガイや *Granuliterebra bathyraphe* (E. A. Smith) (イボヒメトクサ)などからなる貝殻密集層(第4図j)と、深度30.7~27.8mの層厚が1cm以下の極細粒砂薄層を頻りに挟在する泥砂細互層(第4図k)と、深度27.8~24.3mの葉理があまりみられないシルト層によって構成される(第4図l)。極細粒砂薄層を挟在する頻度が上方減少するため、泥分含有率が約80%から100%へと増加する(第3図)。MHI 6からはマメウラシマガイが多産し、*Mitrella* (*Indomitrella*) *martensi* Lischke (マルテンスマツムシ)がわずかに含まれる。深度30.95~27.85mの珪藻化石には破壊や溶解の痕跡が少なく、絶対数量は1g当たり $3.9 \sim 5.0 \times 10^7$ 個であった(第5図)。ほとんどが海水生種と海水~汽水生種で占められ、海水生種が65~80%、海水~汽水生種が20~30%、汽水生種が1~3%、淡水~汽水生種と淡水生種はほとんど検出されない。下部ほど海生種の含有率が高く、上方ほど海生~汽水生種が若干多く含まれる。優占種は、海水生種の *Thalassionema nitzschioides*, *Paralia sulcata*, *Chaetoceros* spp., 海水~汽水生種の *Cyclotella striata* 等である。

解釈：MHI 6は、全体として浮遊輸送されるシルトが卓越して（第4図）、下部ほど海生珪藻化石の含有率が多く淡水生種が少ない（第3図）ので、上方に向かって浅海化する浅海底堆積物であると解釈できる。また、潮下帯泥底でよく観察されるマメウラシマガイ（奥谷，2000；中島ほか，2006）が多産し、潮下帯砂底の指標種とされるイボヒメトクサ（奥谷，2000；中島ほか，2006）がわずかに産出するので、MHI 6は潮下帯で深で形成されたと考えられる。内湾指標種群とされている *Paralia sulcata* 及び *Cyclotella striata*（小杉，1988b）がそれぞれ10%程度含まれるので、内湾の堆積環境が推定できる。上方浅海化するにもかかわらず泥分含有率が上方増加するので、内湾底での粒度は海水準変化のみによって規制されていないと考えられる。MHI 6の形成過程の詳細については後述する。

5.7 堆積相 MHI 7（深度：24.3～8.5m）

記載：MHI 7は貝化石混じりのシルト層と極細粒～細粒砂層の細互層から主に構成される（第4図 m,n,o）。MHI 6との境界は細粒砂を含む砂層の有無で定義した。極細粒～細粒砂の薄層や葉理は産出頻度と層厚が上方に増加して、構成粒子が上方粗粒化するのに伴って、泥分含有率は上位に向かって約100%から50%に減少する。この上方粗粒化は、深度14.3m付近を境界にして極細粒砂の含有率が20%程度急減するので、二回に分けて（第3図）。植物片は上方増加するのに対して、貝片は上方減少する（第3図）。細互層はしばしば生物擾乱を強く受けて、極細粒～細粒砂の点在する砂質シルト層となっている（第4図n）。一方、深度11.2～8.5mでは、層厚が1～20mmのシルト薄層と層厚1～10mmの細粒砂薄層のリズミカルな細互層から構成され、ダブルマッドレイブがみられる（第4図o）。コンクリーションがほぼ全層準で観察される。深度22.8～22.6mと20.9～20.5mでは数mm～1cm長の空隙が特徴的にみられる（第4図m）。下部ではマメウラシマガイが多産して、上部では *Potamocorbula* sp.（ヌマコダキガイ類）が多く含まれている。深度24.15～8.65mの珪藻化石群集組成は、海水生種が50～80%、海水～汽水生種が10～40%、汽水生種が0～5%、淡水～汽水生種が1%弱、淡水生種は2～10%程度である（第5図）。上部ほど汽水や淡水の影響を受けた種が多く混在する。優占種は、海水生種の *Thalassionema nitzschioides*, *Cymatothea weissflogii*, *Chaetoceros* spp., *Paralia sulcata*, 海水～汽水生種の *Cyclotella striata* 等である。最上部の8.65m以外の層準の珪藻化石は溶解の痕跡が認められず、それらの絶対数量は1g当たり $1.2\sim 4.3 \times 10^7$ 個であった（第5図）。

解釈：MHI 7は、全体として砂の薄層ないし葉理の枚数が増加して上方粗粒化すること（第4図）、上位ほど海生の珪藻化石が減少して淡水生種が増加すること（第

3図）、マメウラシマガイなどの内湾泥底指標種が下部で多く、ヌマコダキガイ類などの潮間帯に特徴的な貝化石（中島ほか，2006）が上部で多産すること、植物片の含有度が上方に向かって増加することから、MHI 7は上方浅海化するデルタ性堆積物と解釈できる（Scruton, 1960）。また、棲息環境の悪化に対する防衛のために殻の形態が変化した休眠胞子である海生の *Chaetoceros* spp.（須藤，2006）の含有率が上部ほど高いことも淡水の影響の増大を支持する。一方、深度14.3m付近を境界にして二回の上方粗粒化が認められるので、この層準を境界として二段階の浅海化があったと考えられる。つまり、河口が前進することによって徐々に埋積が進行して浅海化したという単純な様式をとっていない可能性がある。その詳細は周辺の既存研究の結果などを合わせて後で考察する。

5.8 堆積相 MHI 8（深度：8.5～1.9m）

記載：MHI 8は下部（深度8.5～4.0m）の軽石混じり中粒～細粒砂層と上部（深度4.0～1.9m）のシルト層から構成される。砂層の基底面は非常に明瞭である。トラフ型と平板型の斜交層理が砂層中にみられ（第4図p）、そのセット高は約20cmから10cmへと上方減少する。一方、シルト層は、管状の褐鉄鉱（高師小僧）や植物根を多く含み、深度4.0～3.4mにおいて層厚が10cm以下の逆級化する極細粒砂層を数枚挟在する。逆級化する砂層にはカレントリップルがみられる（第4図q）。下部の砂層と上部のシルト層の泥分含有率は、それぞれ0～10%と70～100%である（第3図）。深度3.85mの珪藻化石は、壊れた殻は認められるが、溶解の痕跡は認められず、その絶対数量は1g当たり 9.6×10^6 個程度である（第5図）。淡水生種が卓越して、水生珪藻が95%、陸生珪藻5%と水生珪藻が圧倒的に多い。水生珪藻の流水適応性は、流水性種が全体の約40%、流水不定性種が35%程度、止水性種が15%程度、不明種が5%である。優占種は、流水性種の *Achnanthes japonica*, *Achnanthes lanceolata*, *Cymbella turgidula*, *Cymbella turgidula* var. *nipponica*, *Diatoma hyemale* var. *mesodon* である。

解釈：下部にはセット高の減少するトラフ型斜交層理砂層がみられ、上部には逆級化する砂層を含むので、MHI 8は蛇行河川流路～氾濫原における堆積物であると解釈できる（Visher, 1969；増田・伊勢屋，1985）。この点は河川中～下流部で特徴的に出現する *Achnanthes lanceolata*, *Cymbella turgidula*, *Cymbella turgidula* var. *nipponica* や *Diatoma hyemale* var. *mesodon*（安藤，1990）が含まれることから支持される。

6. MHI コアの堆積物物性

MHI コアの密度，含水，初磁化率，色調（L*，a*，

b*) を検討した。また、掘削孔でP波、S波伝播速度を、付近で収集した地質柱状図からN値をそれぞれ得た(第6図a,b)。これらの鉛直方向の値の変化は、先述した粒度(第3図)の変化とよい相関性が認められる。これらの物性値を堆積環境毎に比較するために、堆積相MHI 1~9毎で平均値と分散を第1表に整理した。主に砂礫層で構成されるMHI 2では、比較的細粒な粒子から構成される深度50.00~50.35mでしかキューブ試料を採取できなかったため、かさ密度を過小評価していると考えられる。

6.1 密度

MHIコアの深度55.20~1.05mにおいて合計913点の湿潤かさ密度値を得た。堆積相毎の湿潤かさ密度値を下位から上位に向かって大まかにみると、MHI 1からMHI 2に向けて増加、MHI 2からMHI 6に向かい減少、MHI 6からMHI 8に向けて増加、その後MHI 9に向かい減少する(第6図a)。また、泥層では 1.70g/cm^3 以下、砂層や砂礫層ではそれ以上を示す場合が多い。更に、同じ泥層でもMHI 6は、MHI 3やMHI 8上部よりも 0.2g/cm^3 程度低い値を示す傾向がある。しかし、MHI 3にみられる有機質泥層ではMHI 6と同程度の低い値を示す。

MSCLで未半裁のコアの深度55.25~1.04mにおいて合計4,554点の γ 線密度値を得た。 γ 線密度値は湿潤かさ密度値と同様な変化がみられ(第6図a)、MHI 1~8では湿潤かさ密度値 $=0.91 \times \gamma$ 線密度値 $+0.18$ の相関が $R^2=0.64$ で認められる(第7図a)。湿潤かさ密度が γ 線密度よりも若干低い値を示すのは、キューブ試料を採取する際に密度値が低下するためと推定される。また、MHI 7の空隙が多くみられる層準(深度22.9~22.2mと21.0~20.0m)では、 γ 線密度の方が湿潤かさ密度よりも明らかに低い密度値を示す。以上は、 γ 線密度は非破壊測定であるので一次的な物性値をより正確に得ることができる(池原, 2000)ことを示していると考えられる。一方、MHI 9で γ 線密度値が湿潤かさ密度値よりも低いのは、盛土は空隙が多くて、礫質な部分でしかキューブ試料を採取しなかったためと考えられる。

6.2 含水率

キューブ試料を用いて、MHIコアの深度55.15~1.05mにおいて、約10cm間隔で合計484点の含水率を得た。堆積相毎の含水率は密度と負の相関があり(第6図a)、MHI 1~8では含水率 $=55.00 \times$ 湿潤かさ密度値 $+123.2$ の関係が $R^2=0.79$ で認められ、泥層が卓越するMHI 3~7では含水率 $=54.02 \times$ 湿潤かさ密度値 $+122.2$ ($R^2=0.84$)となり相関係数が向上する(第7図b)。また、泥層は含水率が30%以上、砂層や砂礫層ではそれ以下を示す傾向がある。

6.3 初磁化率

キューブ試料を用いて、MHIコアの深度55.15~1.05mから約10cm間隔で合計464点の重量初磁化率値を得た。また、未半裁のコアを用いてMSCLで、深度55.25~1.04mにおいて、約1cm間隔で合計4,554点の単位体積当たりの初磁化率値を得た。両者には、キューブの重量初磁化率(nm^3/kg) $=0.259 \times$ MSCLによる体積初磁化率(μSI) $+51$ ($R^2=0.51$)の相関がみられる。堆積相毎の重量初磁化率は大まかにみると、MHI 1からMHI 3で $0 \sim 400\text{nm}^3/\text{kg}$ を示して、MHI 4からMHI 6で $1,500 \sim 0\text{nm}^3/\text{kg}$ の範囲で上方に向かって減少して、MHI 6からMHI 8で $0 \sim 2,300\text{nm}^3/\text{kg}$ の間で上方増加して、MHI 8からMHI 9へ上方減少する(第6図a)。初磁化率値は砂層では高く、泥層では低い値を示す。

6.4 色調

深度55.20~1.05mから約5cm間隔で合計973点の明度(L^*)と色相(緑-赤系: a^* ・青-黄系: b^*)を得た。 L^* 、 a^* 、 b^* の順で堆積相毎に比較して特徴を記載する。

堆積相毎の L^* は大まかにみると、MHI 1からMHI 2にかけて上方に向かって増加(明色化)して、MHI 2からMHI 4に向けて上方減少して、MHI 4からMHI 6下部にかけ上方増加して、MHI 6上部からMHI 7にかけ上方減少して、MHI 8からMHI 9に向かって上方減少する(第6図b)。

堆積相毎の a^* は大まかにみると、MHI 1からMHI 3上部にかけて上方に向かって増加(赤色化)して、MHI 3上部からMHI 6下部に向けて上方減少して、MHI 6下部からMHI 7にかけて上方増加して、MHI 8最上部からMHI 9にかけて上方増加する(第6図b)。

堆積相毎の b^* は大まかにみると、MHI 1からMHI 3の下部にかけて上方に向かって減少(青色化)して、MHI 3中部から上部ではやや増加して、MHI 4基底で減少した後、MHI 7最上部に向けて上方増加して、MHI 8基底で低い値を示した後、MHI 8上部に向けて増加して、MHI 9ではかなり高い値を示す(第6図b)。

6.5 S波速度とN値

MHIコア試料採取後の掘削孔と別孔とで実施したサスペンション式PS検層の結果と、彦糸中学校建造時の標準貫入試験調査のN値を、深度55.5~1.5mにおいて1m間隔でそれぞれ合計55点ずつを記載する。N値のデータはコア掘削地点の距離100m以内で得られた既存資料の中から、最も層相が類似する柱状図を選定した。しかし、深度7.5mでは岩相が一致しないので、この深度のN値は以下では検討しない。

S波速度は大まかにみると、深部の地層ほど速く浅部ほど遅い場合が多い。しかし、堆積相MHI 1は深部にあるにもかかわらずMHI 2よりも遅い。砂の含有率が高い

層準では大きな値を示し、泥質な層準では小さい傾向がある（第6図b）。

堆積相毎のN値の平均値は、MHI 1からMHI 4及びMHI 8では20以上、MHI 5からMHI 7及びMHI 9で10以下の値を示す（第1表）。MHI 4～5とMHI 8で上方に向かってN値が減少して、反対にMHI 7では増加する。S波速度で認められた深度依存性は明瞭ではない。また、砂層で高く泥層で低い値を示し、同じ泥層でもMHI 3は他の泥層よりも高い傾向がある（第6図b）。一方、MHI 7で浅い泥層のN値は特に柔らかく、4以下を示す。

7. AMS放射性炭素年代測定結果

堆積相MHI 3～8の深度49.875～3.77mから合計56個のAMS放射性炭素年代値を得た（第2表）。MHI 7からは葉や生息姿勢を保った二枚貝が多産したので、特に多くの試料の年代値を測定した。また、MHI 4～6では植物片と貝化石が同層準から産出したので、両者の年代値を測定した。これらの年代値は層序関係を考慮しながら繋いで堆積曲線（Saito, 1995; 増田, 2000）とした（第8図）。以下に堆積相毎に得た年代値を下位から順に記載する。

7.1 堆積相MHI 3

深度49.875～40.435mで $12,550 \pm 400 \sim 10,065 \pm 175$ cal BPの計9個の年代値を得た。深度45.77m以深の植物試料の年代値は、下位の層準のものほど古い年代値を示す。一方、それ以浅では年代値と層位の矛盾が検出される。特に深度44.17mの植物片は、下位の木片試料よりも500年程度古い年代値を示す。

7.2 堆積相MHI 4

深度39.87～35.67mで $10,365 \pm 145 \sim 9,525 \pm 105$ cal BPの計4個の年代値が得られた。深度39.87mと38.97mの年代値は、下位の堆積相MHI 3で得られた年代値と誤差範囲内で一致する。

7.3 堆積相MHI 5

深度34.375～31.50mで $8,460 \pm 110 \sim 7,005 \pm 155$ cal BPの計5個の年代値を得た。深度34.375～34.36mから得た年代値を比較すると、マガキ類と推定される変色した貝殻片（b082604a23）及び貝殻片（b082604a17）は、葉（b083104a20）よりもそれぞれ1,400年、550年程度古い年代値を示す。この層準より上位で得られた貝殻片は、葉の年代値と誤算範囲で一致する値が得られた。

7.4 堆積相MHI 6

深度30.965～25.50mで $6,540 \pm 110 \sim 5,145 \pm 145$ cal BPの計12個の年代値を得た。深度27.29mで採取した植物片と葉（b083104a19）の年代値は、上下の貝試料の年代

値よりも320年程度古い年代値を示す。MHI 6は浅海底堆積物であり、陸源植物は貝化石よりも浅海底から遠いので、この年代差は堆積場からの距離の差異に起因する可能性がある。その他の試料は下位ほど古い年代値を示す。これらの試料の中には棲息姿勢を保った合弁の貝化石（b082604a19, b082604a15, b082604a13）も含まれており、これらの年代値は他の貝化石の年代値と誤差範囲で一致する。

7.5 堆積相MHI 7

深度24.20～8.55mで $4,930 \pm 110 \sim 4,265 \pm 175$ cal BPの計21個の年代値を得た。深度16.925mで得た葉（b083104a10）と深度10.545mの草と植物片（b090404a03）の年代値が、上下の層準から採取した植物試料よりも350～250年若い値を示す。

7.6 堆積相MHI 8

深度5.78mの現世河川流路充填堆積物の木材と深度3.77mの氾濫原堆積物の植物片から $2,535 \pm 185$ cal BPと $2,565 \pm 215$ cal BPの年代値をそれぞれ得た。

8. 考察

8.1 堆積環境と物性値との関係

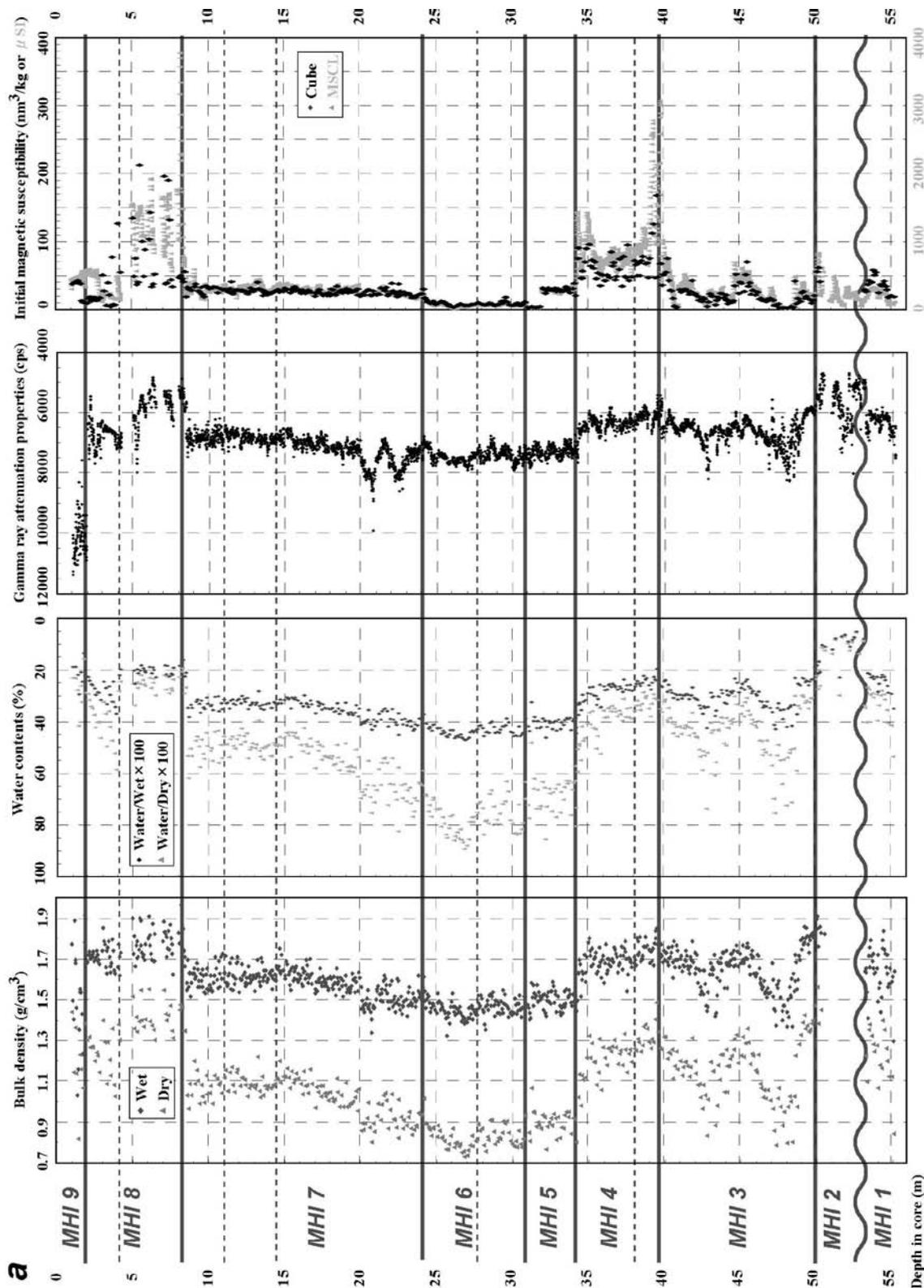
8.1.1 密度と含水率

中川低地南部の泥層は低密度かつ高含水率を示し、その傾向は淡水環境で形成された氾濫原の泥層よりも浅海成泥層で顕著である。つまり、浅海成の堆積相MHI 5～7の湿潤かさ密度は、淡水生のMHI 3及びMHI 8上部の値と比較して $0.20 \sim 0.13$ g/cm³程度低い値を示す場合が多い（第1表；第6図a）。両者の差異は、含水率では15～5%程度に相当する。以上のような淡水と海水環境での密度や含水率の相違は、桑原（1966）が示したコロイド粒子に起因した粘土鉱物の構造や、田中ほか（2006）が示した圧密効果などに起因する泥層の微視的な構造の違いによる可能性がある。

MHI 6からMHI 7下部では、湿潤かさ密度 1.50 g/cm³以下で含水率40%以下を示すものが多い。特に、深度27～26mでは湿潤かさ密度 1.47 ± 0.04 g/cm³・含水率 $45.7 \pm 1.1\%$ と特に低密度・高含水率な性質を示す。このような湿潤かさ密度 1.50 g/cm³以下かつ含水率40%以上の泥層は、東京低地ではほとんど報告されていない（宮地ほか, 2004；田中ほか, 2006a,b）。一方、MHIコア掘削地点の1.5km西方で得られたSKコアでは、低密度かつ高含水率な泥層は深度20～25mのMHI 6とほぼ同じ標高で認められている（石原ほか, 2004a）。

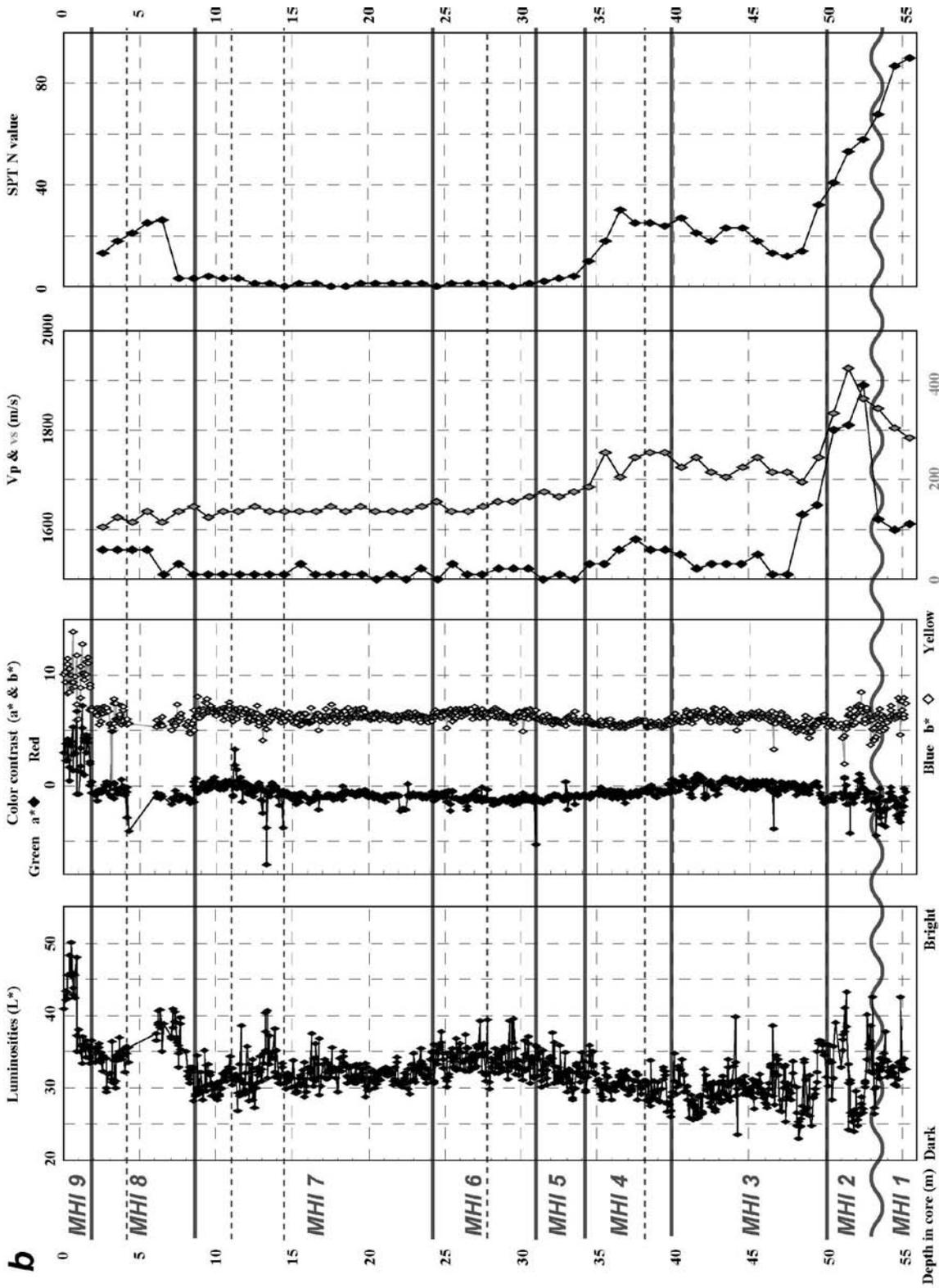
8.1.2 粒度

泥分含有率が増えるほど、密度は減少して、含水率は



第6図 GS-MHI-1コアの堆積相、密度、初磁化率、含水比・含水率、植物片と貝片の相対含有度、明度 (L^*) と色相 ($a^* \cdot b^*$)、縦波と横波伝播速度、標準貫入試験N値。

Fig.6 Sedimentary facies, gamma-ray and bulk density, initial magnetic susceptibility, wet and dry water contents, and relative amount of plant and shell fragments, luminosities and chromaticities, P wave velocity (vp) and S wave velocity (vs), and Standard Penetration Test (SPT) N value of the GS-MHI-1 core.

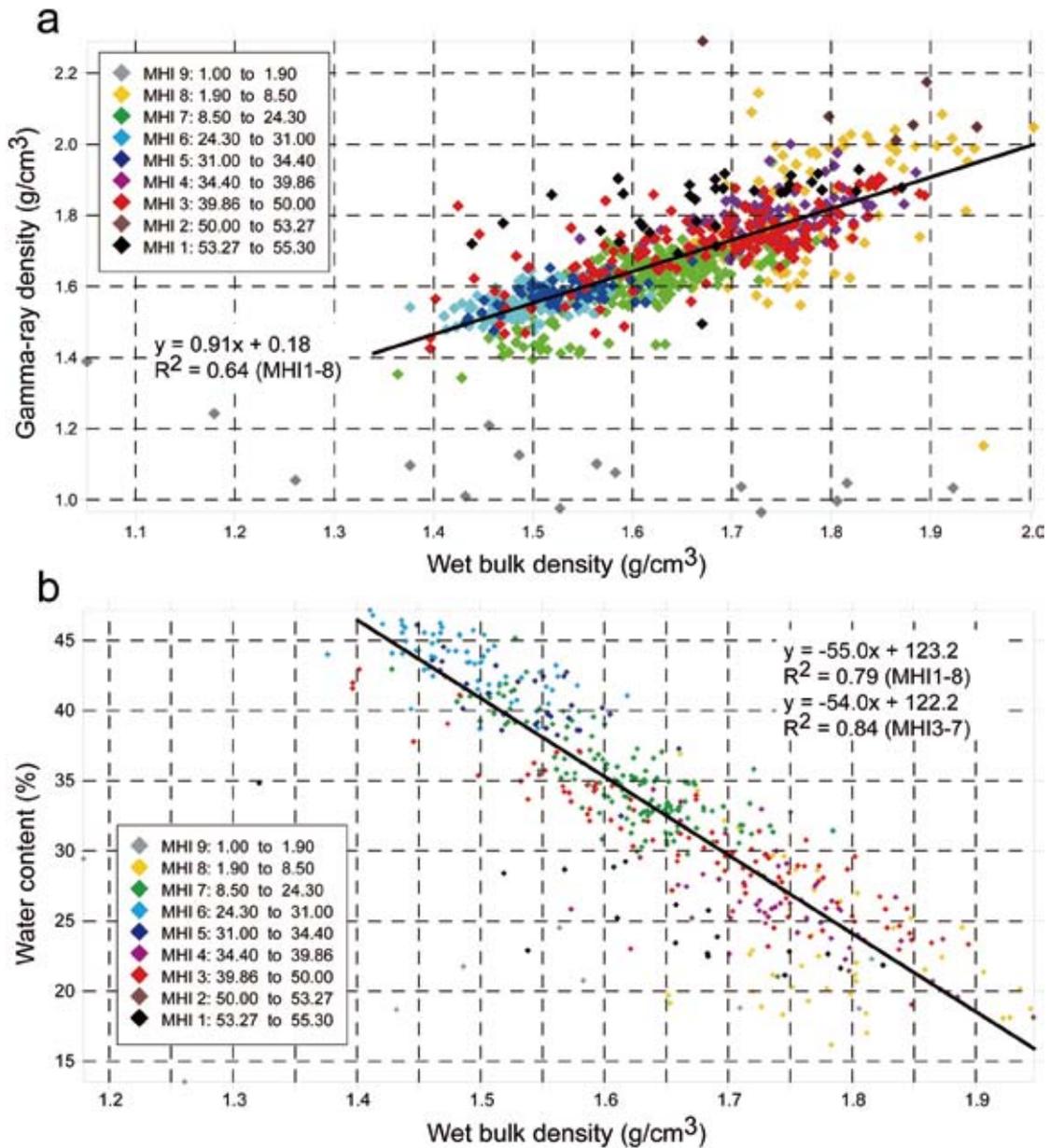


第6図 続き
Fig.6 Continued.

第1表 GS-MHI-1 コアから得た堆積物物性値 (γ線密度, 初磁化率, 湿润かさ密度, 乾燥かさ密度, 含水率・含水比, 粒度, 色, P波・S波伝搬速度, 標準貫入試験N値), 堆積相毎の平均値, 標準偏差, 誤差のパーセントを示す。cps は秒毎の計数を, v.f.s. は極細粒砂を, SPT は標準貫入試験を表す。

Table 1 Physical properties (gamma-ray density, initial magnetic susceptibility, wet and dry density, water content, grain size, color, vs and vp, and SPT-N value) obtained from the GS-MHI-1 core. Average, the standard deviation, the error percentage are indicated, in descending order, each sedimentary facies. Abbreviations are cpt = counts per seconds; v.f.s. = very fine sand; SPT = standard penetration test.

Facies	Depth (m)	Gamma-ray density (g/cm ³)		Volume initial magnetic susceptibility (μSI)		Mass initial magnetic susceptibility (mm ³ /kg)		Wet bulk density (g/cm ³)		Dry bulk density (g/cm ³)		Water /wet sample (%)		Water /dry sample (%)		Mud content (%)		V.f.s. content (%)		<v.f.s. content (%)		Luminosity L*		Red/green contrast a*		Yellow/blue contrast b*		Vp (m/s)		Vs (m/s)		SPT N value	
		MSCL	±	MSCL	±	Cube	±	Cube	±	Cube	±	Cube	±	Cube	±	Cube	±	Cube	±	Cube	±	Cube	±	Core	±	Core	±	Core	±	Hole	±	Hole	±
MHI 9	1.90-0.00	1.11		466		183		1.55		1.22		21.0		26.9		44.8		11.7		43.4		39.4		2.78		9.10		1530		150		4	
		±0.1		±45		±64.6		±0.25		±0.19		±4.4		±7.3		±23.6		±1.9		±23.7		±5.0		±1.93		±3.60		-		-		-	
		9.2%		9.7%		35.3%		16.3%		16%		21.1%		27.1%		52.7%		16.5%		54.7%		12.7%		70%		39%		-		-		-	
MHI 8	8.50-1.90	1.81		847		330		1.78		1.36		23.5		31.2		33.3		8.5		61.6		35.1		-0.59		1.92		1547		117		17.7	
		±0.18		±617		±350		±0.08		±0.12		±5.0		±9.1		±37.4		±10.3		±43.4		±2.8		±1.11		±1.69		±22		±12		±8.6	
		9.8%		72.8%		106%		4.2%		9.1%		21.2%		29.2%		112%		12.1%		70.5%		7.9%		189%		88%		1.4%		10.4%		48.8%	
MHI 7		1.62		286		119		1.61		1.05		35.2		54.7		78.7		16.6		4.7		32.1		-0.66		2.63		1511		133		1.4	
		±0.09		±65		±26.2		±0.07		±0.09		±3.4		±8.5		±12.2		±8.0		±5.3		±2.1		±0.83		±0.85		±7		±6		±1.2	
		5.3%		22.6%		22.0%		4.2%		8.6%		9.8%		15.6%		48.5%		11.2%		112%		6.4%		126%		32%		0.5%		4.6%		87.6%	
MHI 6		1.55		62		33.3		1.49		0.84		43.5		77.3		93.1		5.5		1.37		34.3		-1.06		2.93		1515		144		0.7	
		±0.04		±26		±11.3		±0.04		±0.05		±2.0		±6.2		±5.5		±3.6		±2.4		±2.0		±0.58		±0.63		±10		±11		±0.5	
		2.4%		41.5%		33.8%		2.9%		6.0%		4.6%		8.0%		5.9%		64.6%		175%		5.9%		55%		8.0%		0.6%		7.9%		68.3%	
MHI 5		1.59		239		94.8		1.53		0.92		40.6		68.6		89.7		8.5		1.8		32.5		-1.07		1.84		1503		167		3	
		±0.04		±213		±74.8		±0.05		±0.06		±2.6		±7.1		±7.5		±4.7		±5.0		±2.0		±0.40		±0.53		±6		±6		±1	
		2.7%		89.1%		78.9%		3.3%		6.9%		6.3%		10.4%		8.4%		55.6%		271%		6.0%		37%		29%		0.4%		3.5%		33.3%	
MHI 4		1.80		973		347		1.74		1.27		27.0		37.3		36.0		24.5		40.0		30.8		-0.63		1.23		1558		238		24.4	
		±0.06		±457		±188		±0.06		±0.09		±3.2		±6.1		±24.5		±10.0		±23.1		±1.7		±0.38		±0.45		±18		±22		±4.3	
		3.1%		46.9%		54.3%		3.5%		7.3%		11.7%		16.5%		68.0%		40.7%		58.4%		5.7%		61%		37%		1.1%		9.1%		17.5%	
MHI 3		1.72		267		104		1.68		1.17		30.3		44.3		76.4		13.9		9.7		30.3		-0.04		1.91		1551		218		20.1	
		±0.09		±191		±69.4		±0.11		±0.15		±4.9		±10.5		±25.2		±13.1		±17.3		±2.7		±0.69		±0.96		±49		±18		±6.4	
		5.4%		71.6%		66.5%		6.3%		13.1%		16.0%		23.8%		33.0%		94.8%		178%		9.0%		1557%		50%		3.2%		8.0%		31.9%	
MHI 2		2.04		269		215		1.87		1.48		13.7		16.4		13.8		5.4		80.8		32.9		-0.87		1.53		1833		370		50.7	
		±0.20		±171		±95.3		±0.12		±0.14		±6.2		±10.5		±10.1		±5.8		±14.2		±3.5		±1.10		±1.57		±49		±46		±8.7	
		10.0%		63.6%		44.3%		6.6%		9.7%		45.5%		52.9%		73.1%		108%		17.6%		10.6%		126%		102%		2.7%		12.4%		17.2%	
MHI 1		1.84		212		181		1.67		1.24		25.2		33.9		7.7		16.1		76.1		33.5		-1.54		2.09		1610		307		81.7	
		±0.11		±76		±57.9		±0.11		±0.13		±3.5		±6.7		±4.0		±4.5		±6.8		±1.2		±0.86		±1.37		±10		±31		±11.9	
		5.9%		35.8%		32.0%		6.8%		10.9%		14.0%		19.7%		52.4%		27.7%		8.9%		3.7%		55%		66%		0.6%		10.0%		14.6%	

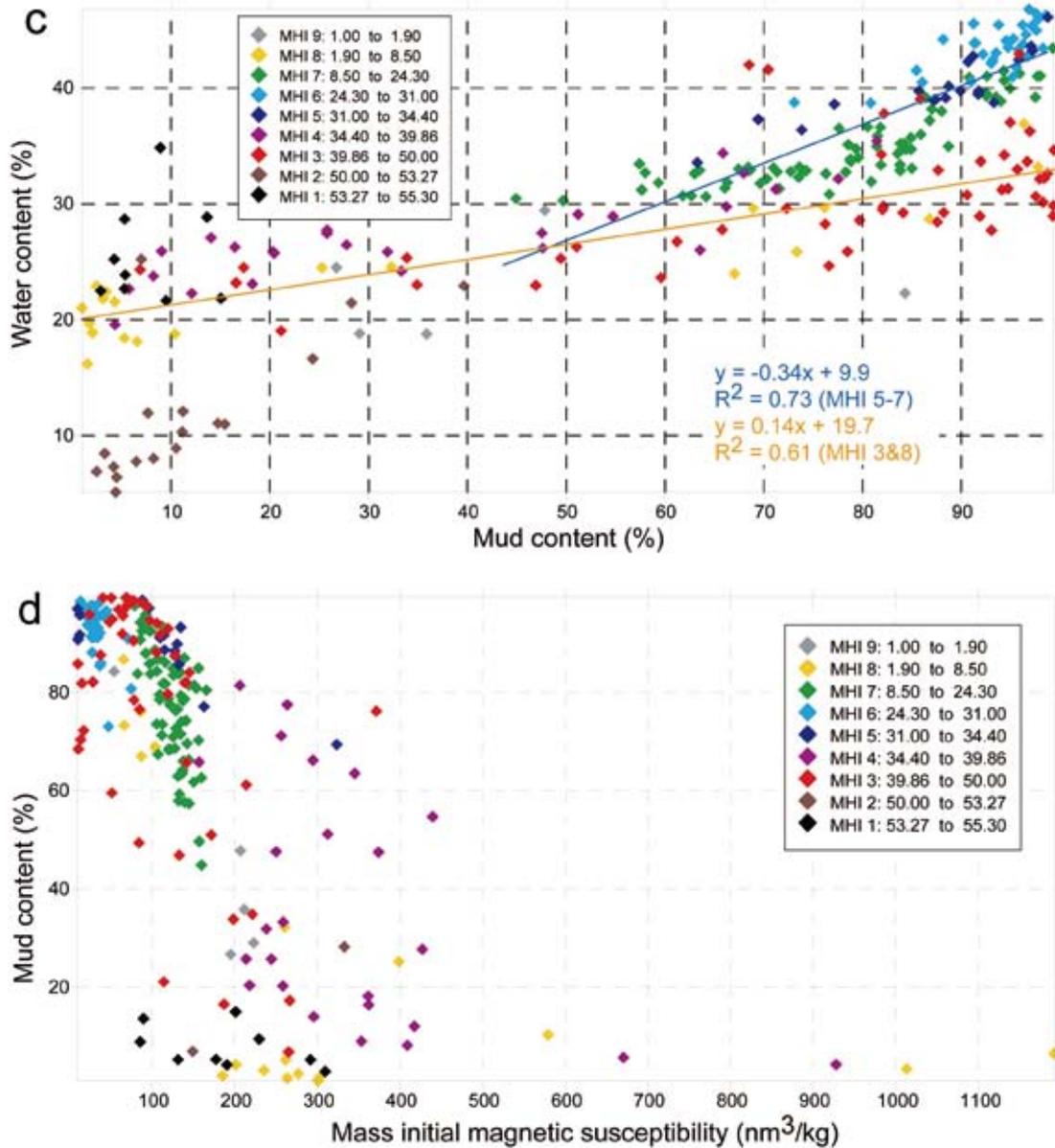


第7図 GS-MHI-1 コアから得た湿潤かさ密度と γ 線密度(a), 湿潤かさ密度と含水率(b), 泥分含有率と含水率(c), 湿潤重量初磁化率と含水率(d), 色相 a^* と b^* (e), N値と横波伝搬速度(f)の対比。

Fig. 7 Correlations of the gamma-ray density to wet bulk density (a), the wet bulk density to water content (b), the mud content to water content (c) and the wet mass initial magnetic susceptibility to water content (d), the color contrasts a^* to b^* (e) and the N-value to vs obtained from the GS-MHI-1 core.

増加する傾向がある。これらの相関は、淡水で形成された泥層と海水環境で形成されたものでは関係式が異なり、海成の堆積相MHI 5～7は、淡水成のものよりも5～10%高い含水率を示す(第7図c)。この相関は湿潤かさ密度でも認められ、海成泥層は淡水成泥層よりも $0.2\text{g}/\text{cm}^3$ 程度低い値を示す。なお、泥分含有率が70～20%の層準では測定数が少ないので、上記のような傾向は明瞭ではない。これらの相関は、東京港湾地域でも清水(1972, 1990)が有楽町層と七号地層との含砂率80～40%の堆

積物の物性値の相違として報告している。また、東京低地東北部では田辺ほか(2006a)が氾濫原-自然堤防堆積物と砂嘴縁辺堆積物及びプロデルタ-デルタフロント堆積物との間で同様の相違を指摘して、その原因は上載圧の相違が影響するとした。しかし今回、沖積層最上部に位置して上載圧の小さなMHI 8上部においても上載圧が大きいMHI 3と同様に低含水率かつ高密度な特徴を持つことが判明した。したがって、これらの泥質堆積物の物性値の差異は、田辺ほか(2006a)が指摘した上載圧の



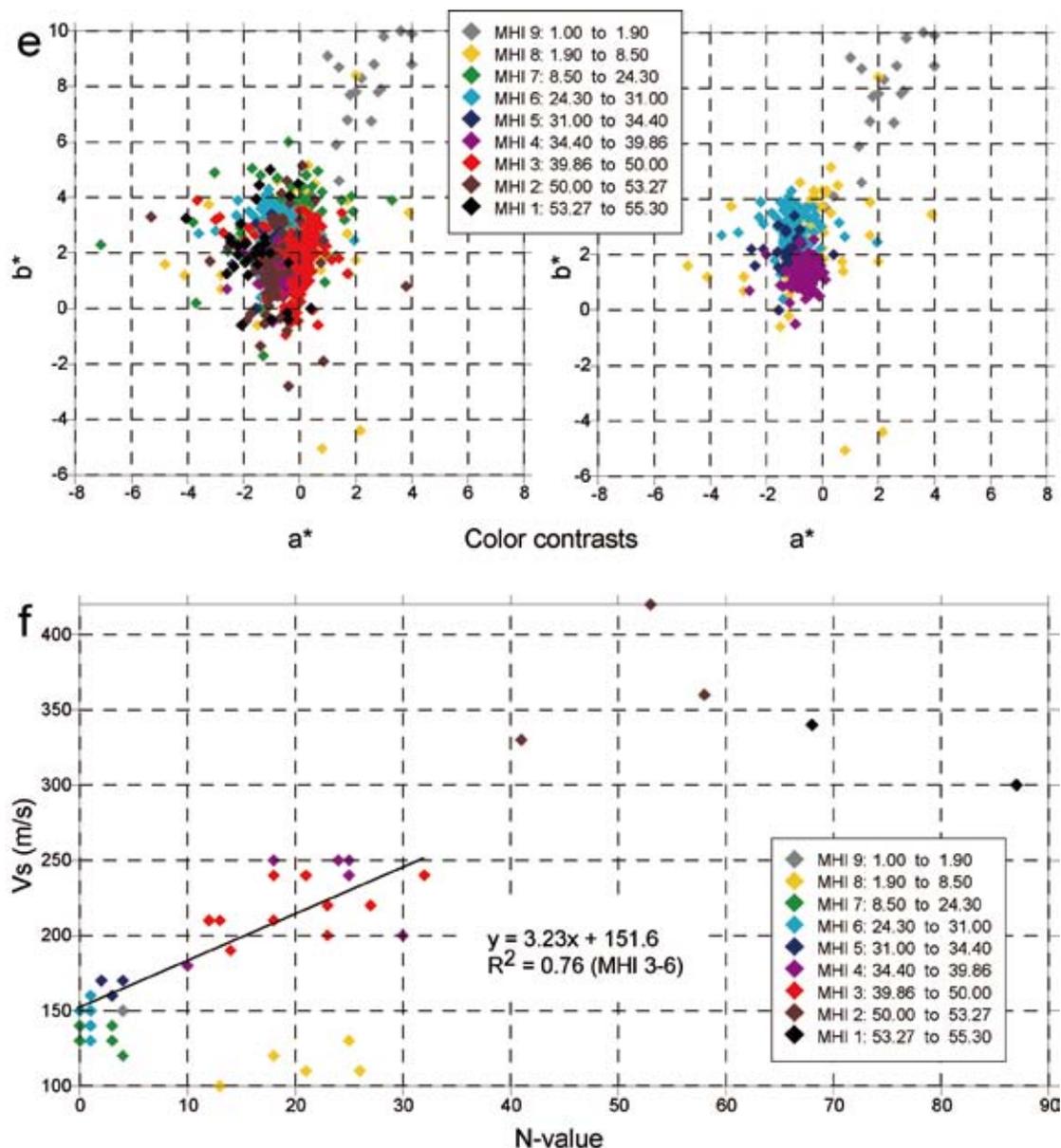
第7図 続き

Fig. 7 Continued.

相違ではなく、淡水と海水との堆積環境の相違に起因する可能性を支持する。すなわち、海水と淡水中のイオン濃度の相違が泥層の密度と含水率に大きく影響していると考えられる。一方、中川低地の泥分含有率90%以上の海成泥層は、田辺ほか(2006a)が示した東京低地東北部のものよりも5%程度含水率が高い。これらの相違は、淡水の影響を受けやすい奥内湾底では、海水の影響が大きな場所よりも軟弱な泥層が形成されやすいことを示唆している可能性がある。

共に20%未満の泥分含有率を示すMHI 1とMHI 8の下部とでは、MHI 1の方が高い含水率を示す(第7図c)。上載圧がより大きいMHI 1の砂層の方が低い密度値を示

すので、これらが自然状態の密度値であるのかが疑わしい。MHI 8は径が大きく、MHI 1は小さなサンプラーを用いて採取したという採取法の違いを反映している可能性があるが、分析に用いた砂層にはコアの半表面や軟X線写真において葉理が観察される部分が多いので堆積時の構造は攪乱されていないと推定される。このような砂層の物性値については掘削法を熟慮した上で検討すべき課題であると考えられる。なお、砂礫層からなるMHI 2はコア採取の際に間隙水を保持できないので、今回測定した含水率は地中にある状態よりも低い値を示している可能性が高い。



第7図 続き

Fig. 7 Continued.

8.1.3 初磁化率

初磁化率値は砂層と泥層ではオーダーの違った値を示すので、別個に記述する。また、最後に砂礫層の初磁化率の変化についても予察的に考察する。

主に砂層からなる堆積相MHI 4やMHI 8下部において、砂鉄の濃集層で $1000\text{nm}^3/\text{kg}$ 以上の初磁化率値が検出された。また、MHI 4では基底と最上部で明瞭な初磁化率値のピークを持ち、その中部では顕著なピークはみられないのに対して、MHI 8下部では複数のピークが連続して検出された。これらの変化パターンは、中井 (2004) が現世の利根川水系において示しているように、河川の流速変化の頻度や大きさ、供給源の相違を、強磁性鉱物の

濃集度や粒径分布の違いとして記録していると考えられる。つまり、MHI 4が潮汐の影響した流路堆積物であり、蛇行河川流路の堆積物であるMHI 8と比較して流速や供給源の変化が少ないことを反映している可能性がある。

浅海成泥層であるMHI 5~7では、極細粒砂の含有率が高い層準で初磁化率も高くなる傾向があるので (第7図d)、この粒径の強磁性鉱物の含有量や種類、粒径を反映している可能性がある。一方、MHI 5~6では同程度の泥分含有率を有するにもかかわらず低い重量初磁化率を示す試料も認められる (第7図d)。MHI 5の深度-32m付近を挟んで下位の $100\text{nm}^3/\text{kg}$ 程度からその上位の $10\text{nm}^3/\text{kg}$ 程度への急激な減少や、浅海成堆積物の細か

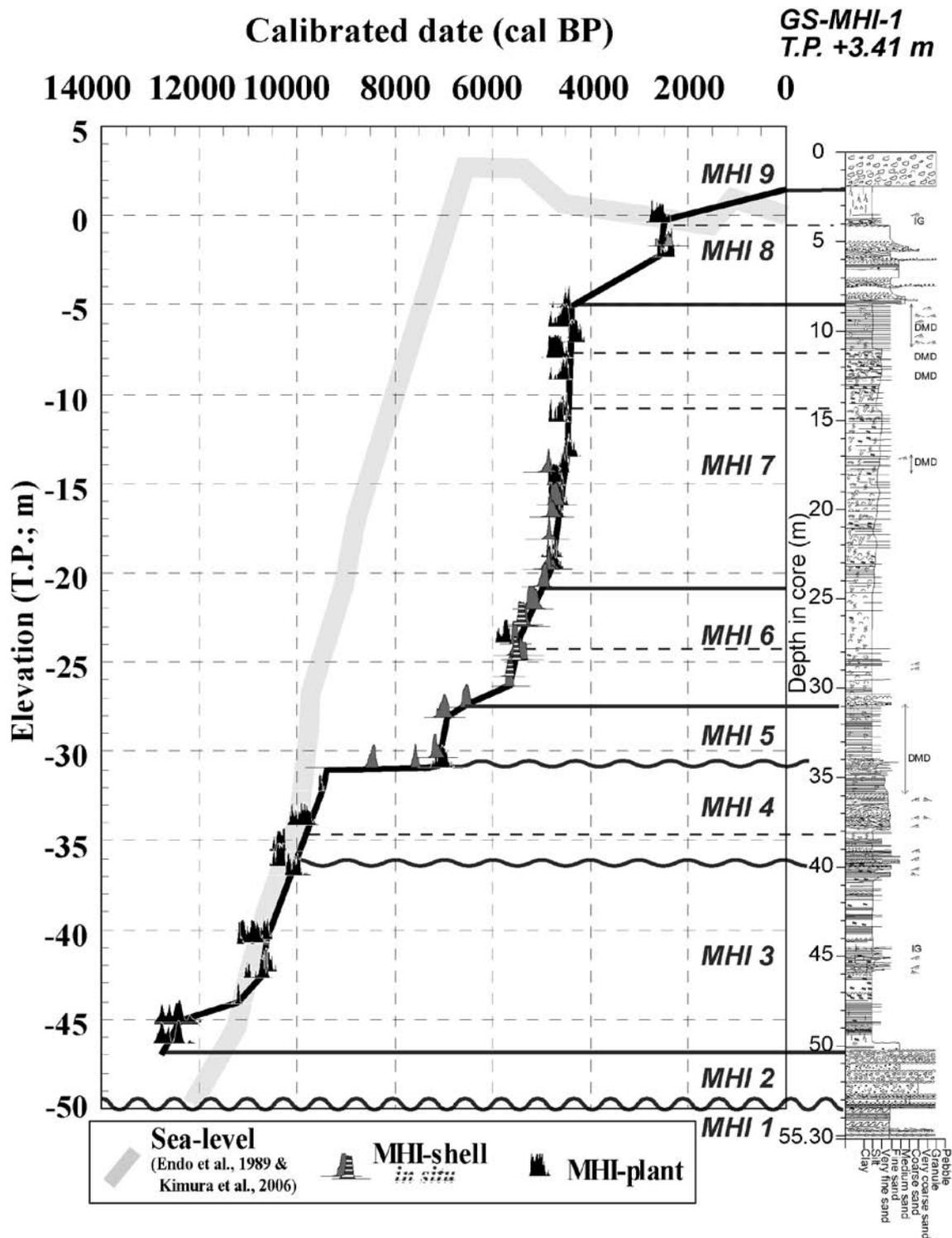
第2表 GS-MHI-1コアから得られた放射性炭素年代値。試料重量は化学処理後の値を示す。

Table 2 Summary of radiocarbon dates obtained from the GS-MHI-1 core. The weights are after chemical dissolution.

Depth in the GS-MHI-1 core		Elevation	Material	Weight (mg)	$\delta^{13}C$ (‰)	Measured ^{14}C age (yr BP) and the 68.3% probability (+/- yr)		Conventional ^{14}C age (yr BP) and the 68.3% probability (+/- yr)		Calibrated ^{14}C age (cal BP) and the 95.4% probability (+/- yr)				Laboratory code
Medium	Top					Bottom	Medium	Mean	Error	Mean	Error	Oldest	Youngest	
3.77	-	-0.36	Plant fragment	2.90	-27.0	2580	70	2550	40	2780	2350	2565	215	b083104a03
5.78	-	-2.37	Wood	2.00	-33.0	2570	60	2440	50	2350	2710	2530	180	b122004a29
8.55	8.54	-5.14	Leaves & plant fragments	2.71	-23.6	4030	50	4050	40	4810	4410	4610	200	b083104a04
9.675	9.57	-6.27	Leaves & wood fragments	2.59	-26.4	4060	90	4040	80	4850	4250	4550	300	b083104a05
10.545	10.54	-7.14	Grass & plant fragments	2.49	-24.8	3860	50	3870	60	4440	4090	4265	175	b090404a03
11.385	11.38	-7.98	Plant fragment	2.51	-28.2	4200	90	4150	90	4860	4440	4650	210	b083104a06
12.54	-	-9.13	Plant fragment	2.8	-28.0	4100	50	4050	50	4820	4410	4615	205	b083104a07
14.645	14.64	-11.24	Wood	2.36	-24.3	4050	50	4060	50	4810	4410	4610	200	b090404a04
14.935	14.9	-11.53	Plant fragment	2.91	-25.6	4110	50	4100	40	4830	4440	4635	195	b083104a09
16.925	16.92	-13.52	Leaves	2.63	-31.1	4050	50	3950	50	4530	4240	4385	145	b083104a10
17.78	-	-14.37	Plant fragment	1.96	-29.6	4130	50	4050	50	4810	4410	4610	200	b083104a11
17.78	-	-14.37	Shell fragments	8.90	0.2	4210	50	4630	50	4970	4700	4835	135	b082604a03
18.60	-	-15.19	Bark ?	2.60	-22.3	4130	50	4170	60	4840	4530	4685	155	b083104a12
19.575	19.57	-16.17	Plant fragments	2.62	-33.6	4280	50	4140	70	4840	4440	4640	200	b083104a13
19.575	19.57	-16.17	<i>Potamoecorbula</i> sp.	8.92	-4.9	4170	50	4500	50	4810	4540	4675	135	b082604a04
20.32	-	-16.91	Plant fragment	0.55	-38.2	4410	60	4190	60	4850	4540	4695	155	b082604a35
20.32	-	-16.91	<i>Potamoecorbula</i> sp.	9.13	-4.1	4220	50	4560	50	4860	4600	4730	130	b082604a05
21.53	21.52	-18.12	<i>Potamoecorbula</i> sp.	9.01	-3.6	4260	50	4610	50	4940	4690	4815	125	b082604a07
22.525	22.52	-19.12	Leaves & plant fragments	2.96	-34.2	4390	50	4240	70	4970	4570	4770	200	b083104a17
23.20	-	-19.79	<i>Potamoecorbula</i> sp.	8.36	-5.2	4250	50	4580	40	4860	4640	4750	110	b082604a08
23.24	-	-19.83	Bark	3.07	-33.8	4380	60	4230	70	4970	4530	4750	220	b083104a18
23.24	-	-19.83	Shell fragments	8.64	4.1	4150	50	4620	60	4990	4680	4835	155	b082604a27
24.20	-	-20.79	Shell fragments	8.53	-8.5	4430	50	4700	40	5040	4820	4930	110	b082604a09
25.50	-	-22.09	<i>Ringiculina dollaris</i> (Gould)	8.32	-1.3	4470	50	4860	50	5290	5000	5145	145	b082604a10
26.345	26.33	-22.94	<i>Macoma</i> cf. <i>tokyoensis</i> Makiyama (joined; <i>in situ</i>)	8.54	-10.1	4800	50	5040	50	5520	5280	5400	120	b082604a13
26.42	-	-23.01	<i>Ringiculina dollaris</i> (Gould)	9.12	1.8	4520	50	4960	50	5450	5130	5290	160	b082604a14
27.29	-	-23.88	Plant fragment & leaves	3.25	-22.7	4940	50	4980	70	5900	5590	5745	155	b083104a19
27.42	-	-24.01	Shell fragments	8.75	0.5	4740	50	5150	50	5610	5420	5515	95	b082604a28

第2表 続き
Table 2 Continued.

28.22	-	-	-24.81	<i>Ringiculina doliaris</i> (Gould)	8.20	6.0	4660	70	5160	70	5650	5330	5490	160	b082604a29
28.25	-	-	-24.84	<i>Ringiculina doliaris</i> (Gould)	9.70	5.2	4670	50	5160	40	5600	5440	5520	80	b082604a30
28.345	28.33	28.36	-24.94	<i>Macoma</i> cf. <i>tokyoensis</i> Makiyama (jointed; <i>in situ</i>)	8.53	-1.4	4760	50	5140	50	5600	5390	5495	105	b082604a15
28.345	28.33	28.36	-24.94	<i>Ringiculina doliaris</i> (Gould)	9.48	-1.9	4690	50	5070	50	5540	5300	5420	120	b082604a18
29.225	29.21	29.24	-25.82	<i>Macoma</i> cf. <i>tokyoensis</i> Makiyama (jointed; <i>in situ</i>)	9.04	-2.8	4940	50	5300	50	5740	5570	5655	85	b082604a19
29.82	-	-	-26.41	<i>Ringiculina doliaris</i> (Gould)	9.54	6.9	4790	50	5310	50	5780	5570	5675	105	b082604a31
30.965	30.95	30.98	-27.56	<i>Ringiculina doliaris</i> (Gould)	9.95	-1.0	5730	50	6120	50	6650	6430	6540	110	b082604a20
31.50	31.49	31.51	-28.09	<i>Ringiculina doliaris</i> (Gould), fragments of <i>Theora</i> cf. <i>fragilis</i> (A. Adams)	8.48	1.3	6070	50	6500	50	7160	6850	7005	155	b082604a34
33.79	33.78	33.80	-30.38	Shell fragments	9.48	-4.5	6300	60	6630	50	7260	7020	7140	120	b082604a22
34.36	-	-	-30.95	Leaves	2.93	-37.4	6340	50	6140	60	7230	6800	7015	215	b083104a20
34.375	34.35	34.40	-30.97	Shell fragments	7.21	-2.6	6740	60	7100	50	7660	7480	7570	90	b082604a17
34.375	34.35	34.40	-30.97	<i>Crassostrea</i> sp. ?	11.7	0.5	7580	60	7990	50	8570	8350	8460	110	b082604a23
35.67	-	-	-32.26	Chard wood	2.67	-32.1	8650	60	8530	60	9630	9420	9525	105	b083104a23
37.645	37.64	37.65	-34.24	Wood	3.05	-33.8	8970	60	8830	60	10200	9600	9900	300	b083104a24
38.97	-	-	-35.56	Grass	3.00	-30.4	9270	60	9180	60	10510	10210	10360	150	b083104a25
39.87	-	-	-36.46	Wood	3.50	-14.5	8850	60	9200	60	10510	10220	10365	145	b083104a26
40.435	40.40	40.47	-37.03	Fine plant fragments	3.20	-29.1	9020	70	8950	70	10240	9890	10065	175	b082604a37
43.96	-	-	-40.55	Grass & leaf	3.06	-22.4	9380	60	9430	50	11100	10400	10750	350	b090404a05
44.08	-	-	-40.67	Grass & wood	3.01	-24.8	9630	80	9640	80	11200	10690	10945	255	b083104a31
44.17	-	-	-40.76	Plant fragment	3.20	-23.8	9730	60	9750	50	11240	10870	11055	185	b083104a32
45.77	-	-	-42.36	Wood fragments	2.90	-19.4	9290	60	9380	50	10750	10400	10575	175	b090404a06
46.16	-	-	-42.75	Seeds & grass	3.36	-27.4	9520	60	9480	60	11100	10550	10825	275	b083104a34
47.61	47.60	47.62	-44.20	Leaves	2.96	-25.1	9800	60	9800	60	11340	11110	11225	115	b083104a35
48.60	-	-	-45.19	Plant fragment	3.04	-21.9	10470	60	10520	60	12900	12050	12475	425	b083104a36
49.875	-	-	-46.47	Plant fragment	2.97	-23.3	10550	60	10580	60	12950	12150	12550	400	b083104a37



第8図 GS-MHI-1コアの堆積曲線と堆積柱状図。0 cal BPはAD 1950年を示す。海水準変動曲線は遠藤ほか(1989)や木村ほか(2006)による。放射性炭素年代測定値の暦年較正はOxCal,v3.9(Bronk Ramsey, 1995, 2001; Stuiver *et al.*, 1998a,b)を用いた。試料の再堆積と地域的な放射性炭素リザーバー効果を考慮していない。

Fig. 8 Accumulation curves based on elevations and calibrated (cal) radiocarbon dates of shells or woods from the GS-MHI-1 core. BP means before present, 0 cal BP = AD 1950. Relative sea-level curve is based on Endo *et al.* (1989) and Kimura *et al.* (2006). Any reworking and regional radiocarbon reservoir effects are not taken into account.

な値の変化（第6図a）は、肉眼観察では判別が困難な泥層の相違を明示している。これらの相違は、星・亀井（2003）による更新統のラグーンないし内湾堆積物での岩石磁気学的検討によると、低温酸化されたマグネタイトや常磁性鉱物の含有率が起因していると推定されている。また、これらの相違は堆積物中の強磁性鉱物の供給源の差異や、運搬堆積時の運搬堆積過程、堆積後のパイライト化作用（Berner, 1984；兵頭, 2000）に起因しているかもしれない。また、氾濫原の泥層（MHI 3やMHI 8上部）は浅海成泥層（MHI 5～7）よりも低い含水率にもかかわらず同程度の初磁化率を有する（第6図a）。両者の相違は初磁化率と泥分含有率とでみた場合（第7図d）には顕著ではないので、この相違は土壌化に伴う走磁性細菌（鳥居・福間, 1998；鳥居, 2005）の活動の大きさを示唆する可能性がある。

網状河川流路で形成されたと考えられるMHI 2の砂礫層では、深度51.50m付近を境界にして初磁化率値が異なる。すなわち、この境界よりも上位では500～1000 μ SI程度のピークがみられるが、下位では250 μ SI程度でほぼ一定している（第6図）。なお、SKコア（石原ほか, 2004a）や東京低地東北部のGS-KNJ-1コア（田辺ほか, 2006a）、東京低地北西部のGS-AMG-1コア（田辺ほか, 2006b）の砂礫層でも同様の傾向が認められる。

8.1.4 色調

第6図や第2表で示したように堆積相毎に色調（L*, a*, b*）値が集中する領域が異なる。盛土（堆積相MHI 9）以外ではa*とb*は、それぞれ-8～4と-6～9で、値の変化は微弱であるが、第7図eのように表示すると測定値が集中する領域が堆積相毎で顕著に異なる。このような傾向は以下に記載するように、地層の酸化・還元状態を反映していると推定される。

L*値は、盛土やMHI 8などの酸化されている層準で明色を示し、逆にMHI 3の有機質泥層では暗色を示す（第6図b）。MHI 4～5の上方明色化とMHI 7の上方暗色化は、上方深海化と上方浅海化に伴う有機物の含有度の増減を反映している可能性がある。一方、MHI 2では深度51.5m付近を挟んでL*が10以上も上方増加する。この層準は基質支持であるので上下と較べて細粒で、先述したように初磁化率にも変化がみられる。なお、同様の变化は、東京都東北部で掘削されたGS-KNJ-1コアでも得られている（田辺ほか, 2006a）。これらの特徴を基にしてMHI 2の砂礫層を二分できる可能性がある。

a*値は、盛土や、MHI 3上部の褐色帯びた酸化が目立つ層準、MHI 8上部（深度2.0～3.0m）の高師小僧が多い層準、MHI 7のコンクリーションが多い層準（深度14.0～8.5m）で赤色を帯びる。逆に、MHI 6やMHI 5の浅海成泥層や、MHI 1の更新統の砂層で緑色を帯びる（第6図b）。

b*値は、盛土やMHI 6～7やMHI 1の更新統砂層で高い黄色度を示す。逆に、MHI 4の潮汐が影響した流路堆積物や、MHI 2の網状河川流路堆積物で青色度が高い（第6図b）。

8.1.5 S波速度とN値

堆積相MHI 3～6では、S波伝播速度とN値は下位ほど高い値を示し、S波速度（m/s）=3.227×N値+151.55（ $R^2=0.76$ ）の相関が認められる（第7図f）。一方、MHI 6～7のほとんどの層準ではS波速度は130～160m/sでN値が0～1を示す（第6図b）。これらの泥層ではS波速度の方がN値よりも測定感度が有意に高い。こうした軟弱な泥層の物性変化を評価するためにはN値は変化が乏しいので、簡易貫入試験やスウェーデン式貫入試験などの感度がより高い別な試験法を用いて検討するべきである。

MHI 7～8の泥層では、S波速度が140m/s以下、N値が4以下の共に低い値を示す（第6図b；第1表）。そのため、これらの層準では圧密が十分に進行していないと推定される。この推定は、極細粒砂～細粒砂の薄層を多く挟在するMHI 7の方が、砂の薄層が少なく低密度で高含水率なMHI 6よりもS波速度やN値が低いことから支持される。

現世河川充填砂層のMHI 8下部では、S波速度は低いのに対して、N値は有意に高い値を示す。

8.2 層序とAMS炭素14年代値

地層に含まれている試料の生成された年代値を高密度に測定することによって、地層が形成された時期を検討する（第8図）。一方、ボーリングコアから年代測定用試料を丁寧に選定したにもかかわらず、層序関係と矛盾にした年代値が得られた。その原因として再堆積と地域的な放射性炭素リザーバー効果の影響が考えられるので順に検討する。

8.2.1 再堆積

蛇行河川の氾濫原で主に形成されたと考えられる堆積相MHI 3では、炭化や変質の軽微なものを優先的に選定したにもかかわらず、深度48m以浅で上下の層位関係でみて最大500年程度の年代値の矛盾が検出された。これらは当時の氾濫原における植物試料の再堆積に起因すると推定される。したがって、当時の中川程度の河川規模を持つ蛇行河川の氾濫原堆積物では、500年よりも少ない誤差範囲で堆積年代を議論するためには、複数の試料を用いて丁寧に検討すべきであると考えられる。また、地層の形成後に成長した植物根の年代値を合わせて測定すれば、堆積年代を更に詳しく拘束できる可能性がある。

一方、上方浅海化する浅海底堆積物（MHI 6）の深度27.29mで採取した植物片と葉の年代値は、上下の層準から産出した貝試料の年代値よりも320年程度古い年代

値を示す。この差異は年代値の誤差範囲よりも若干大きいので、再堆積に起因する可能性がある。この層準の古水深は、堆積曲線と当時の海水準によると、海面下約26mに相当する。当時の地表で植物片や葉が生成してから、この水深に堆積するまでに320年程度かかったと推定される。MHI 6のその他の試料は下位ほど古い年代値を示す。これらの試料の中には棲息姿勢を保った合弁の貝化石 (b082604a19, b082604a15, b082604a13) も含まれており、これらの年代値は他の碎屑性の貝化石の年代値と誤差範囲で一致するので、再堆積の影響は軽微であったと推定される。

潮汐の影響した上方浅海化する浅海底堆積物 (MHI 7) では、泥砂細互層の砂質部に植物試料と貝化石が綿状に多く含まれていた (第6図a)。これらを丁寧に選定した結果、誤差範囲内ではほぼ一致する年代値を得ることができた。したがって、この層準の堆積曲線は、再堆積の影響が少ないことを示していると考えられる。

8.2.2 地域的な放射性炭素リザーバー効果

植物は大気から炭素を直接吸収しているのに対して、貝は水や有機物に吸収された炭素を間接的に取り込んでいる。一方、海洋深層水を起源とする海水は大気よりも400年程度古い放射性炭素年代値を示すが (Stuiver and Braziunas, 1993)、沿岸域では陸水や外洋水の混合が活発であるので地域的に変化に富んだ放射性炭素リザーバー効果を考慮する必要がある。こうした効果は、奥東京湾地域のような陸水の影響が大きな環境では、海水準変化に伴う地形変化の影響を強く受けていると推定される。そこで浅海底で形成された堆積相MHI 5とMHI 7の中において近接する層準で産出した植物化石と貝化石の放射性炭素年代値の差異について下位から順に検討する。なお、これらの層準では、先述したように植物化石は貝よりも運搬距離が長いので、試料生成から堆積するまでの時間が長い可能性がある。しかし、この影響については植物化石の産出数が少ないので今回は検討できない。

MHI 5基底付近で採取した葉は、同層準の貝殻片よりも550年程度若い年代値を示す。両者の試料が生成して堆積するまでの期間が同じか植物の方が長いと仮定すると、当時の奥東京湾の海水は大気よりも放射性炭素濃度が低かったと解釈できる。したがって、これらよりも上位の海生の貝化石から得た年代値は、植物試料で得たものよりも系統的に550年程度古い年代値を示す不確定性を持っている可能性がある。

一方、MHI 7の深度23.24m, 20.32m, 19.575m, 17.78mで植物片と貝殻片の年代値を比較すると、植物試料の方が85~35年若い値を示すが、大半は誤差範囲内で一致する。これらの試料は摩耗や変色などの影響が少なく、再堆積の影響は軽微であると推定されるので、この層準に相当する4,800~4,600cal BP頃の奥東京湾の海水中と

大気中との放射性炭素濃度の差異は軽微であった可能性がある。

以上の検討のみでは、奥東京湾における放射性炭素リザーバー効果を十分に把握できていない。得られた年代値を正しく評価して堆積年代を推定するためには、干潟のような再堆積の影響が軽微である堆積環境で形成された地層において、検討すべきと考えられる。

8.3 堆積相と堆積速度

AMS放射性炭素年代値を基にして堆積相ごとの堆積速度について考察する (第8図; 第3表)。また、堆積速度の変化を基にして、海水準上昇時に海岸線が陸側へと移動する際に形成された侵食面 (ラビーンメント面: Ravinement surface: Nummedal and Swift, 1987) を推定する。また、遠藤ほか (1989) と木村ほか (2006) が中川低地南部~東京低地で推定した相対的海水準変動曲線とMHIコアから得られた堆積曲線とを比較して、各堆積相が形成された当時の古水深や標高を検討する (第8図)。なお、海水準変動曲線や堆積曲線を推定するにあたって、地殻変動、地盤沈下、圧密効果は考慮されていない。以下に堆積相MHI 3~7の堆積曲線について順に考察する。

8.3.1 堆積相 MHI 3

蛇行河川の氾濫原堆積物であると考えられるMHI 3下部の深度48.60~47.61mは有機質シルト層からなり、植物片や根が多く含まれている (第4図c; 第6図)。この間の平均堆積速度は0.1cm/yrであり、MHI 3の他の層準の0.6 cm/yrと比べて小さい。この層準の堆積年代は12,950~11,110cal BPであり、水月湖で得られた寒冷期 (12,300~11,250水月湖年縞BP: Nakagawa *et al.*, 2003) とほぼ一致する。また、Ms-3及びYs-3コア (遠藤ほか, 1992) や周辺地域で収集した既存土質柱状図 (中西ほか, 2007) にもほぼ同一深度に暗褐色の腐植土や泥炭層が記載されている。これらの有機質層の分布については地質断面図を示して後述する。加えて、吉川 (1992) はYs-3コアのMHI 3下部に相当する層準において、冷温帯~亜寒帯針葉樹のツガ属やマツ属単維管束亜属などの花粉が、落葉広葉樹のコナラ亜属のものと合わせて産出することを示している。したがって、MHI 3下部に相当する層準では、新ドリラス期の寒冷化によって、降水量の減少による土砂供給量の減少、もしくは海水準上昇速度の低下により、当時の中川の氾濫原での堆積作用が停滞して沼沢地化していたと考えられる。

MHI 3は氾濫原堆積物であるにもかかわらず、その上部では木村ほか (2006) が東京低地~中川低地で得た4本のコアの蛇行河川堆積物の放射性炭素年代値から推定した相対的海水準変動曲線よりも低い標高 (海面下) で堆積したことを示す (第8図)。したがって、三郷地域

第3表 GS-MHI-1 コアの堆積曲線に基づく各堆積相の堆積年代と堆積速度。地殻変動、地盤沈下、圧密効果は考慮していない。

Table 3 Depositional age and depositional rate of each sedimentary facies of the GS-MHI-1 core, based on the accumulation curve. Any regional tectonic movements, land subsidence due to groundwater withdrawal, and sediment compaction effects are not taken into account.

Facies	Interpretation	Depth; bottom (m)	Depth; top (m)	Age;bottom (cal BP)	Age; top (cal BP)	Depositional rate (cm/yr)
MHI 9	Artificial Soil	1.9	0	-	-	-
MHI 8	Modern river channel fill to floodplain sediments	8.5	1.9	4,200	0	0.2
MHI 7	Tide-influenced upward-shallowing marine sediments	24.3	8.5	5,000	4,200	2.0
MHI 6	Upward-shallowing marine sediments	31.0	24.3	6,500	5,000	0.4
MHI 5	Tide-influenced transgressive shallow marine sediments	34.4	31.0	7,300	6,500	0.4
MHI 4	Tide-influenced channel fill	39.9	34.4	10,000	7,300	0.5
MHI 3	Meandering river floodplain sediments	50.0	39.9	12,600	10,000	0.4
MHI 2	Braided river channel fill	53.27	50.0	-	-	-
MHI 1	Middle to late Pleistocene shallow marine sediments	55.3	53.3	-	-	-

は東京低地と比較して地殻変動もしくは地盤沈下の影響が大きくて相対的に数m沈降している可能性がある。もしくは、木村ほか（2006b）が基にした蛇行河川堆積物の堆積曲線は、先述したような再堆積した植物片の年代値を基にして作成されたのかもしれない。

8.3.2 堆積相 MHI 4

潮汐の影響した流路堆積物である MHI 4 の深度 39.87～35.67m の平均堆積速度は 0.5cm/yr であり、下位の氾濫原堆積物である MHI 3 よりも堆積速度が若干大きい。堆積曲線と相対的海水準変動曲線の差異に基づく、MHI 4 の古水深は約 1～26m まで深海化したと考えられる（第8図）。以上のように MHI 4 の基底の砂層／泥層の明瞭な境界面において掘削地点付近に海水の影響が及んだと考えられる。したがって、この境界面は海水準が上昇することによって潮汐の影響する流路の基底で形成された潮汐ラビーンメント面（Tidal ravinement surface：TRS：Allen and Posamentier, 1993）であると解釈される。TRS の形成年代は約 10,000cal BP であり、この侵食面を挟んだ時間間隙は長くても数百年程度であったと推定される。なお、この TRS の形成年代は東京低地東北部で得られた値（田辺ほか、2006a,b）とほぼ一致する。

8.3.3 堆積相 MHI 5

潮汐の影響した浅海堆積物の MHI 5 は 7,300～6,500cal BP 頃に 0.4cm/yr の平均堆積速度で形成されたと考えられる。一方、MHI 5 の基底（第4図 g：T.P.-31.0m）には、断片化したマガキ類や円磨された中礫が含まれており、この境界面を挟んで極細粒砂よりも粗い粒子の含有率が 20% 程度上方減少するので、侵食作用を受けていると推定される。また、この侵食面を挟んで、巣穴やは

い回り痕などの生物擾乱痕が上位減少して、反対に葉理がよく保存されるようになる。更に、海生の珪藻化石群集の含有率が 50% 以上増加するので、堆積環境が急激に変化したと考えられる。この侵食面は海水準が上昇する際の水深の増大に伴って形成された波浪ラビーンメント面（Wave ravinement surface：WRS：Nummedal and Swift, 1987；増田，2007）であると解釈される。WRS を挟んだ深度 35.67～34.38m の堆積年代は 9,500～7,300cal BP に相当する。また、WRS の直上には堆積年代よりも 1,400 年古い値を示す変色したカキ片が含まれていた。

8.3.4 堆積相 MHI 6

上方浅海化する浅海底堆積物の MHI 6 全体の平均堆積速度は 0.4cm/yr である。深度 30m よりも上部では堆積速度が約 1cm/yr であるのに対して、それよりも下部では 0.08cm/yr 程度と極めて遅い。相対的海水準変動曲線に示されているように、MHI 6 下部は海水準が最も高い時期に相当している。したがって、6,500cal BP 頃の三郷市付近が陸域から距離が遠くなったために堆積速度が低下して、その後、5,500cal BP 頃から堆積速度が増加したと推定される（第8図）。なお、開析谷の縦断方向での地層の累重様式の変化については後述する。

8.3.5 堆積相 MHI 7

潮汐の影響した上方浅海化する浅海底堆積物の MHI 7 全体の平均堆積速度は 2.0cm/yr であるが、上方へ向かって徐々に堆積速度が増加する。第3図の上方粗粒化サクセッションの境界に相当する深度 14.30m 付近より下部の平均堆積速度は 1.3cm/yr なのに対して、上部では 5.3cm/yr となる。この堆積速度の変化は 4,500cal BP 頃に起こっているため、菊地（1979，1981）や平井（1983）

が指摘している現在の荒川水系から利根川水系への主要河川の流路変化に対応している可能性がある。

8.3.6 堆積相MHI 8

現世河川流路充填堆積物に含まれる木材と氾濫原堆積物中の植物片から2,500cal BP頃の年代値がそれぞれ得られた。これらと盛土 (MHI 9) 基底深度から計算した平均堆積速度は0.2cm/yrである。江口・村田 (1999) の検討によると、加須低地では2,000年前頃に台地上での氾濫原堆積物の形成が開始して、1,500年前頃には堆積物供給が増加したと考えられている。これらの加須低地で検知された堆積速度の変化は中川低地南部では認められず、4,000~2,500cal BP頃に流路と氾濫原が形成されたと考えられる。

8.4 MHIコアとSKコアとの対比

MHIコアで認定した堆積相と堆積年代を、SKコアの解析結果 (石原ほか, 2004a) と対比する。ここではMHIコアで認定した堆積相と区分するためにSKコアの層相ユニットをSK1~7と表記する。対比の根拠となった層相と年代値を下位から順に以下に記載する。なお、一般的な層序体系での位置づけについては、既存土質柱状図との対比を加味した上で、次節で考察する。

8.4.1 堆積相MHI 1 (T.P. -51.9~-49.9m)

淘汰の良い細粒砂から構成されるので、T.P. -56.2~-48.1mの層相SK 1の上部の砂層に対比される (第9図)。SKコアのT.P. -63.47~53.62mにはキララガイなどの浅海生の貝化石が含まれ (中島ほか, 2004)、T.P. -54.99mから産出した木材は48,350 BP (暦年校正不能) 以前の年代値を示す。

8.4.2 堆積相MHI 2 (T.P. -49.9~-46.6m)

上下方向で支持様式が変化する砂礫から構成されるので、T.P. -48.1~-45.2mの層相SK 2に対比される (第9図)。MHI 2の方がSK 2よりも分布深度が1~2m低いのは、開析谷の中央部が最終氷期最寒冷期の寒冷化に伴ってより深く下刻されたことを示唆している (第2図)。したがって、砂礫層自体の形成年代はSK 2の方が古いと推定されるが、この層準からは年代測定が可能な分量の植物片や貝化石が得られていないので検証できていない。

8.4.3 堆積相MHI 3 (T.P. -46.6~-36.5m)

有機質な泥層と逆級化する砂層との互層から構成されるので、T.P. -45.2~-35.9mの層相SK 3に対比される (第9図)。MHI 3の下部には火山灰や軽石を挟在する有機質シルト層がみられるが、SK 3では確認されていない。SK 3のT.P. -39.42mからは11,000±800cal BPの年代値が得られている。この年代値はMHI 3の同深度において

再堆積したと考えられる試料の値と調和的である。

8.4.4 堆積相MHI 4 (T.P. -36.5~-31.0m)

MHI 4のような上方細粒化する厚さ4mの細粒砂層はSKコアでは認められない。一方、MHI 4の堆積年代は約10,000~8,500cal BPを示すので、T.P. -35.9~-15.6mの泥層 (層相SK 4) に対比される (第9図)。MHI 4には貝化石は含まれず、淡水生の珪藻化石が全体の80%以上を占める (第5図)。一方、SK 4からはヤマトシジミやヌマコダキガイ類が産出するので塩水湿地から干潟で形成されたと考えられている (中島ほか, 2006)。両堆積相の層厚や堆積環境の相違は、海水準上昇に伴う開析谷の中軸部と縁辺部の埋積様式の相違に起因すると推定される。この詳細については、周辺で収集した既存土質柱状図の解釈を含めて後で考察する。

8.4.5 堆積相MHI 5 (T.P. -31.0~-27.6m)

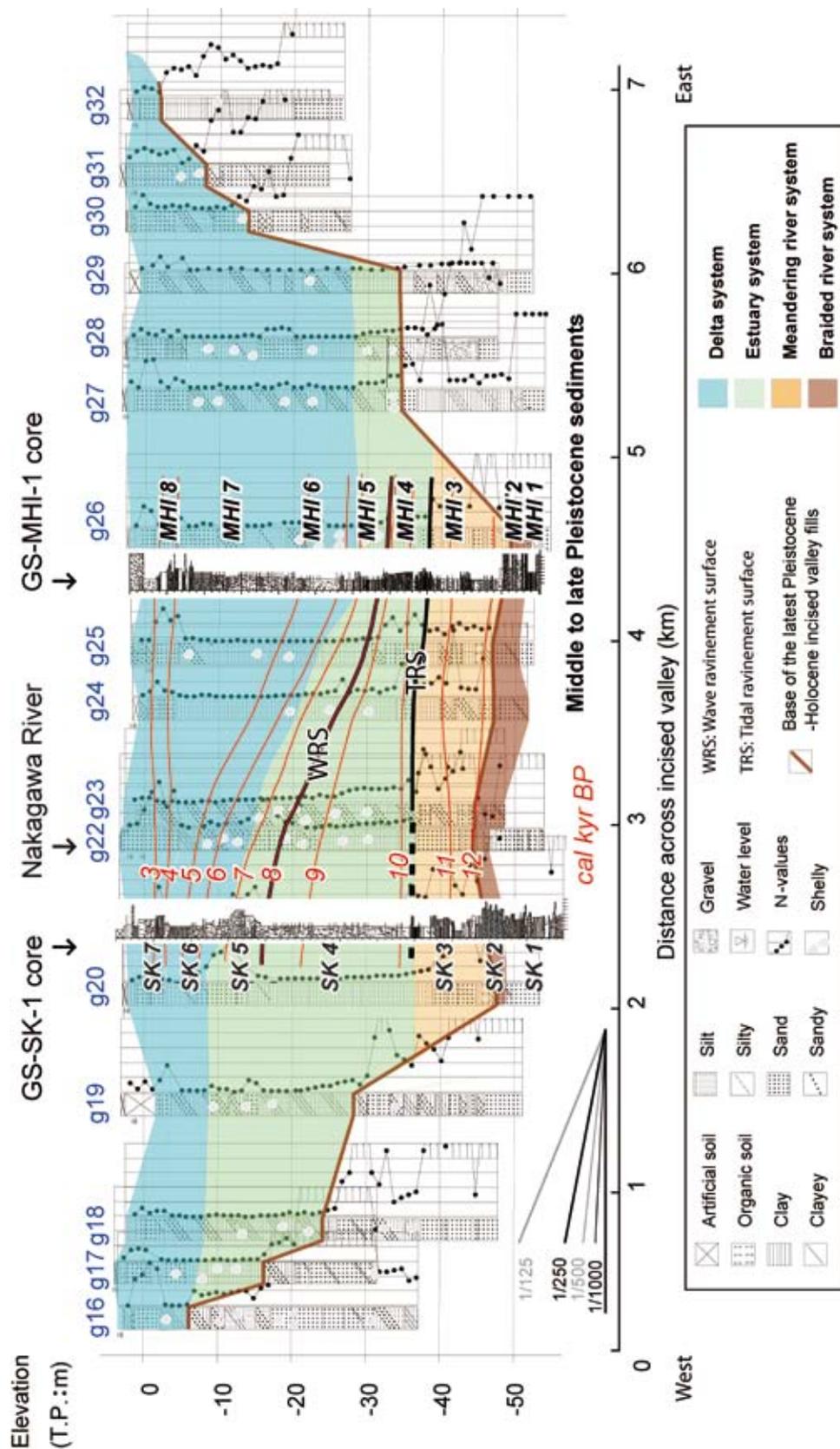
MHI 5に相当するラミナが発達した貝混じりシルト層はSKコアでは認められない。一方、MHI 5の堆積年代は層相SK 5 (T.P. -15.6~-8.3m) の貝殻混じりの砂層~砂質シルト層から得られた約8,000~6,000cal BPに相当する (第9図)。MHI 5では最下部で汽水生のマガキ類と上部では海生のマメウラシマガイを含み、海生~海生-汽水生珪藻化石が全体の90%以上を占めるのに対して、SK 5からは汽水生のマガキと海域砂底種の*Cadella delta* (Yokoyama) (クサビザラ)、*Finella purpureoapicata* (Peston) (シマモツボ)、海域砂底種の*Veremolpa micra* (Pilsbry) (ヒメカノコアサリ)、*Maetra chinensis Philippi* (バカガイ)、*Varicorbula yokoyamai* Habe (マメクチベニ)、*Ruditapes philippinarum* (Philippi) (アサリ) などの生息環境が異なる貝化石が混合して多産する (中島ほか, 2006)。両生物化石相の差異を生じさせた要因についても、周辺の既存土質柱状図の解釈を含めて後述する。

8.4.6 堆積相MHI 6 (T.P. -27.6~-20.9m)

上方に向けて極細粒砂の含有率が減少する貝混じりシルト層で構成されるので、層相SK 6 (T.P. -8.3~-2.6m) の下部に対比される (第9図)。SKコアのT.P. -6.5mからは7,100cal BP頃を示す*Dosinella angulosa* (Philippi) (ウラカガミ) が得られているが、MHI 6の堆積年代と比較すると1,000年程度古いので、SKコアの試料は再堆積の影響を受けている可能性がある。

8.4.7 堆積相MHI 7 (T.P. -20.9~-5.1m)

上方に向けて極細粒砂の含有度が増加する貝混じりシルト層で構成されるので、層相SK 6 (T.P. -8.3~-2.6m) の上部に対比される (第9図)。SKコアのT.P. -4.6~-3.2mでは4,800~4,600cal BPを示す貝化石が得られており、MHI 7の下部の年代値と調和的である。上部でコ



第9図 中川低地南部地域における開析谷中軸～西方の沖積層の堆積層の堆積システムの、既存土質柱状図は中西ほか (2007) による。位置は第1図に示す。

Fig. 9 Sedimentary systems of the middle to late Pleistocene to Holocene incised-valley fills under the southern Nakagawa lowland. The boring logs are after Nakanishi *et al.* (2007). See Fig. 1 for location.

ンクレーションやダブルマッドドレイプが多く、泥分含有率が上方に向けて減少する特徴も両コアで一致する。

8.4.8 堆積相MHI 8 (T.P. -5.1~+1.5 m)

斜交層理が発達する中粒~細粒砂層から有機質シルト層へと上方に向かって細粒化するので、層相SK 7 (T.P. -2.6~+1.3m) に対比される。SK 7から得られた植物根は約1,200cal BPを示す。MHI 8の方が2.7mも厚く、SK 7では軽石の濃集層が確認されていない。一方、上部のシルト層で高師小僧を含む特徴は両コアで一致するので、SK 7はMHI 8の中部~上部に相当すると考えられる。

8.5 中川低地南部の開析谷の堆積システム

MHI コアの沖積層は、下位から上位に向かって、網状河川堆積物 (MHI 2)、蛇行河川の氾濫原堆積物 (MHI 3)、潮流の影響した流路堆積物 (MHI 4)、上方に向かって深海化する潮汐の影響した浅海底堆積物 (MHI 5)、上方に向かって浅海化する浅海底堆積物 (MHI 6)、上方に向かって浅海化する潮汐の影響した浅海底堆積物 (MHI 7)、現世河川の流路~氾濫原堆積物 (MHI 8) から構成される。これらのうち、MHI 2からMHI 5にかけては上方に向かって内陸部から浅海底へと海水準の上昇に伴って形成されているのに対して、MHI 6からMHI 8にかけては浅海底から沖積平野へと陸化する過程で形成されている。すなわち、これらの地層は1回の海進~海退によって形成されたことを示す。

このような堆積相の累重様式は、東京低地から中川低地南部にかけて開析谷の沖積層を検討した石原ほか (2004a,b)、田辺ほか (2006a,b,c)、木村ほか (2006) などでも報告され、単数もしくは複数の堆積相の組み合わせから構成される堆積システムが認定されている。それらと今回認定した堆積相の標高と堆積年代を対比した結果、中川低地南部の沖積層を下位から網状河川、蛇行河川、エスチュアリー、デルタの合計4つの堆積システムに区分した。なお、海水準の上昇などに起因して海岸線が陸側へ移動する際に沿岸河口部で形成されたものをエスチュアリーシステムとして、逆に、海岸線が海側へと移動するように形成されたものをデルタシステムとする (Boyd *et al.*, 1992; 斎藤, 2006)。また、Dalrymple *et al.* (1992) 及び Zaitlin *et al.* (1994) の開析谷の埋積モデルを参考にした。

先述したように中川低地南部において開析谷中軸部と西縁部で得られたコアを対比すると、堆積相MHI 4~5と層相SK 4~5で地層の分布深度と堆積環境にかなりの相違が認められるものの、それ以外の層準では同年代に同環境で形成された類似した層相がほぼ同じ標高に認定できる。これらの層準ボーリングコアの対比結果を踏まえて、周辺地域で収集した既存土質柱状図g14~g34 (中西ほか, 2007) の層相、N値、色、植物と貝化石の有無

に着目して堆積システムを認定した (第4表; 第9図)。下位から順に、各堆積システムを認定した根拠となった土質柱状図の特徴を整理する。

8.5.1 網状河川システム

網状河川システムは、堆積相MHI 2と層相SK 2及び既存土質柱状図g20~26のようなN値50以上の砂礫層で構成され、T.P.-55~-40mに1/1,000程度の凹凸を持って連続して分布する (第9図)。層厚は5m以下で、礫径2~3cmの垂円礫と粗粒~極粗粒砂から構成される。既存土質柱状図には、MHI 2とSK 2で確認されたような細~中礫と粗粒~極粗粒砂質との混合度の変化は記載されていないことが多いが、柱状図g22のように礫混じり中砂と粗砂及び中砂の互層やg26のように砂礫と礫混じり砂との互層と標記されている場合がある。

この砂礫層は沖積層の基底に分布しており、Matsuda (1974) や Endo *et al.* (1982)、遠藤ほか (1983, 1988a, 1992) のBGに相当する。この砂礫層は植物や貝をほとんど含まないので詳細な形成年代は不明である。MHI コアでの検討によるとBG上面の年代は12.5 cal kyr BP以前であり、東京低地では13 cal kyr BP以前であると推定されている (石原ほか, 2004b; 木村ほか, 2006)。一方、BGの基底面は牧野内ほか (2006) によるとLGM以前に開析谷を下刻しながら形成されたと推定されている。このように網状河川堆積物は低海水準期前後の複数の時期に形成されたと推定される。開析谷西縁辺部のSK コア掘削地点から500m以内の範囲において、Inazaki (2005) がS波ランドストリーマー探査で高解像度に可視化した西方もしくは北方ほど浅い砂礫層上面の反射面は、前述したような段丘地形を反映している可能性がある。

また、BGの基底面以深には、黄褐色や緑色を帯びる場合がある暗褐色の下総層群相当層の海成層 (MHI 1やSK 1, Ms-3 コアの下総層群; 遠藤ほか, 1992) が分布するので、BGの基底面はシーケンス境界に相当する不整合面と解釈される。

8.5.2 蛇行河川システム

蛇行河川システムは、植物片を多く含んだシルト層と細粒砂層の互層 (堆積相MHI 3と層相SK 3) からなり、BGの上位のT.P.-50~-35mにほぼ水平に分布する (第9図)。柱状図g20~26でも同標高においてN値15~5程度の泥層とN値50~10程度の砂層の互層が認定できる。これらの砂層は水平方向への連続性が悪く、そうした砂層は蛇行河川流路の側方移動や流路変更の際に残存しやすいと考えられている (Miall, 1977, 1992)。また、柱状図g22のT.P.-42~-38mの中粒砂層はT.P.-42~-40mに細~中礫を含み、N値が上方に向けて減少する。前者は蛇行河川流路の基底礫を、後者は流路の側方移動に伴う上方細粒化をそれぞれ示している可能性がある。一方、

第4表 中川低地南部における沖積層の堆積システムごとの岩相、植物片と貝片の含有度、N値及び標高の対応表。

Table 4 Comparison between sedimentary systems and lithofacies, abundance of plant and shell fragments, N-value and elevation of the latest Pleistocene to Holocene incised-valley fills under the southern part of the Nakagawa Lowland.

Depositional system	Sedimentary facies	Lithofacies	Plant	Shell	N value minimum	N value maximum	T.P. (m) minimum	T.P. (m) maximum
Delta	Modern river floodplain	Mud	Abundant	Absent	0	5	+5	-30
	Modern river channel	Sand	Few	Absent	5	30		
	Tidal influenced shallow marine	Mud&sand	Common	Common	0	5		
	Shallow marine	Mud	Few	Abundant	0	5		
Estuary	Tidal influenced shallow marine	Mud	Few	Abundant	0	5	-10	-40
	Tide-influenced channel	Sand	Few	Few	10	50		
Meandering river	Meandering river floodplain	Mud	Abundant	Absent	5	15	-35	-50
	Meandering river channel	Sand	Few	Absent	10	50		
Braided river	Braided river channel	Gravel	Absent	Absent	50	?	-40	-55
?	Shallow marine	Sand&mud	Absent	Common	10	50	-45	?

これらの砂泥互層の基底付近にはMHIコアや柱状図g25やg26などのように有機質泥層が分布する場合がある。MHIコアの堆積曲線によると、12.5～10cal kyr BPに平均0.5cm/yrの速度で形成されたと考えられる。

以上の砂泥互層は、分布標高と岩相、N値を基にして、森川（1962）の下部砂層や、Matsuda（1974）のLC・LS、遠藤ほか（1983, 1988a, 1992）の七号地層（八潮部層）と対比される。また、田辺ほか（2006a）や木村ほか（2006）が示している東京低地の蛇行河川堆積物は、MHI 3のものよりも500年以上も早くより深部で形成が開始しているので、海水準の上昇に伴って堆積域が陸側へ徐々に広がる過程で残されたと解釈できる。

8.5.3 エスチュアリーシステム

エスチュアリーシステムは、上方深海化を示す貝化石や珪藻化石の群集組成がみられるT.P.-40～-10mのシルト層～砂層（堆積相MHI 4～5と層相SK 4～5）で認定できる。それらの層厚は開析谷中軸部で約10mであるのに対して開析谷西部で約30mと大きく異なるので、その上面の勾配は1/100程度である（第9図）。開析谷中軸部の柱状図g24とg25は、MHI 4のようにN値20以下のシルト質細粒砂層からMHI 5のようなN値5以下のシルト層へと上方に向けて軟弱で細粒になる。一方、開析谷西部の柱状図g19～24は、SK 4のようなN値5以下のシルト層とそれに累重するSK 5のようなN値20以下の貝混じり極粗粒砂層から構成される（第9図）。これらは分布標高と岩相、N値を基にして、森川（1962）の下部粘土層、Matsuda（1974）のMS・UCや、遠藤ほか（1983, 1988a,b, 1992）の有楽町層下部（HBGと三郷部層の一部）に対比できる。以下では、開析谷中軸部と西縁部に分けて、下位から順に上述した解釈の根拠と分布様式について考察する。

開析谷中軸部に位置するMHI 6基底のT.P.-27.6～-27.3mでは、海水の影響が顕著な泥底に主に棲息するマメウラ

シマガイが大量に認められ、この層準から上下方向に離れるほどその含有量は減少する。一方、海生種の珪藻化石はT.P.-30.34mと-14.79mで含有率が高い（第5図）。このように海水の影響が顕著な層準の解釈が一致しない原因として、化石の保存率の揺らぎの影響が考えられる。小杉（1988b）は小櫃川河口域で珪藻化石相にバラツキが見られる原因として、異地性珪藻遺骸の混入や、下位の地層からの再堆積・堆積後の流失や融解作用を推定している。MHI 5～7のように浮遊性海生珪藻が主体の化石相（第5図；付録1）は、潮汐などによって発生する湾内の流れによる流失作用が大きかったことを反映していると推定される。したがって、微小な珪藻化石よりも再堆積や融解の影響を受けにくいマメウラシマガイが多産するT.P.-27.6m付近がMHIコア掘削地点におけるエスチュアリーシステムとデルタシステムの境界であると考えられる。この解釈はMHIコアのT.P.-27.4～-24.0mで最も深い水深を示す貝形虫化石群集が得られていること（中尾ほか、2008）と調和的である。このように種類の異なる生物化石相を総合的に解釈することによって堆積環境の解釈がより洗練される。一方、柱状図g23～28ではT.P.-15～28m以深においてMHI 5とMHI 6の境界面付近でみられたようにN値が上位よりも若干増加する。これらを根拠として土質柱状図からエスチュアリー堆積物を認定した。

一方、開析谷西部では、SK 4の塩性湿地～干潟堆積物及びSK 5の砂州堆積物において上方に向けて汽水生～海水生へと塩水の影響の増加を示す貝化石群集（中島ほか、2006）が含まれており、これらの堆積年代を基にして海水準上昇に伴って潮間帯付近の堆積面を維持しながら開析谷の西壁に付加した堆積物であると考えられている（石原ほか、2004a；木村ほか2006）。柱状図g19～22のT.P.-23～-8mには、SK 5に相当する貝殻混じり砂層が連続して分布する（第9図）。このような分布形状から、上記の砂層は、埋積段丘構成層が侵食されて、潮

流や沿岸流によって運搬された沿岸漂砂であると考えられる。これはSK 5に含まれる貝化石が断片化して摩耗されているものが多い(中島ほか, 2006) ことと整合する。なお, SK 5に相当する砂層は, 遠藤ほか(1992)の地質断面図に描いているように開析谷中軸部まで連続せず, 現在の中川付近よりも西方にしか分布しない(第9図)。以上のように開析谷西縁部でSK 4~5が厚く形成された要因として, 谷の西壁における西側へ凹んだ形状(第1図)が寄与していたと考えられる。

MHIコアとSKコアで得た堆積曲線によると, エスチュアリーシステムは10~7-6.5 cal kyr BPに相当する。この基底面の堆積年代は東京低地の値(田辺ほか, 2006a; 木村ほか, 2006)とほぼ同じであるにもかかわらず, その分布標高は数m浅い。一方, 海水準が最も高い時期に相当する同層上面の堆積年代は, 東京低地北部の値(田辺ほか, 2006a,b)と調和的である。

8.5.4 デルタシステム

デルタシステムは, 内湾~汽水生の貝化石と珪藻を含むN値が0~5の海成シルト層(堆積相MHI 6~7と層相SK 6)と, 淡水生珪藻を含む上方細粒化するN値30~5の河川成の粗粒砂~シルト層(MHI 8とSK 7)で構成される(第9図)。これらはエスチュアリー堆積物上面の急勾配を覆うようにT.P.-30~+5mに分布するので, 開析谷西部と中軸部では層厚が最大で20m程度異なる(第9図)。デルタ堆積物は分布標高と岩相, N値から, 森川(1962)の下部粘土層・上部砂層・上部粘土層, Matsuda(1974)のUC・US・UAや, 遠藤ほか(1983, 1988a,b, 1992)の有楽町層下部・上部(三郷部層・吉川部層)に相当すると考えられる。このように解釈した根拠を, 開析谷中軸部の海成層, 西縁部の海成層, それらに累重する河川層の順に記述する。

開析谷中軸部の海成層は, MHI 6のようなT.P.-20m以深のシルト層の上に, MHI 7のようなT.P.-20m以浅の砂質シルト層が累重する。これらのシルト層は柱状図g24~26が示すように上方もしくは東方ほど粗くN値が高くなる(第9図)。この上方粗粒化は, MHI 6~7の珪藻や貝化石が上方に向かって淡水生種が増加することや, 植物片の含有度が上方増加して, 反対に貝片の含有度が上方減少するので, 浅海化に伴って内湾の幅や陸からの距離が減少したことを反映していると考えられる。東方へ向かっての変化については次章で考察する。一方, 海水準上昇期に埋積が進行した開析谷西部では, SK 7のようなN値の低い貝殻混じりのシルト層が, 柱状図g20~23のT.P.-15~-3mのように東方ほど厚く分布して, それらの上部では貝殻混じりの細粒砂層となる(第9図)。

同図のように浅海堆積物の形成年代は7-6.5~4.3cal kyr BPである。東京低地のデルタ堆積物は形成年代が比較的若く, より深部に分布しているので, 陸側から海側

へと堆積作用が徐々に進行したことを示唆する。

上記の海成層に累重する砂~シルト層は, MHI 8とSK 8のように貝殻を含まず, 上方に向かって細粒化する。これらの特徴は柱状図g16~32のT.P.-5m以浅でもみられ, 砂層は開析谷の中軸部で厚く縁部ほど薄い。このような分布形態は当時の流路が開析谷の中軸部の付近によく固定されていたことを反映している。また, この砂層が東京低地北部のもの(田辺ほか, 2006b)よりも数m厚いことは, 当時の利根川と荒川が大宮台地を超えて現在の中川低地側を主に流下していたことを反映している可能性がある。MHI 8の堆積年代は4.3cal kyr BPから現在である(第9図)。

8.6 中川低地南部における奥東京湾の埋積

MHIコア掘削地点付近の開析谷は, 西縁部は海水準上昇期に急激に埋積されて, 海水準安定期には谷の中軸~東部には水深25mに及ぶ堆積空間が残された(第9図)。また, 約8km下流の東京低地東部の葛飾区周辺では, 7~4cal kyr BPに湾口砂嘴が発達していたと考えられる(田辺ほか, 2006a)。このように開析谷縁部と湾口部が埋積された結果, その間に残された内湾は海水と淡水が混合する環境になったと推定される。MHIコアの解析結果を基にして, 中川低地南部の奥東京湾の堆積機構について考察する。

湾内の砂州や湾口砂嘴が未発達で海水準が十分に高い時期には, 内湾と外海との海水の交換が活発で, 潮汐の影響が顕著であったと考えられる。例えば, 完新世中期の海水準高潮期には狭長に伸びた奥東京湾の地形効果を反映して, 当時の湾奥部の潮差は, 現在の東京湾奥部の潮差(例えば晴海では2.05m)よりも増幅されて, 7m以上に増幅していたと推定されている(藤本, 1990; 上原, 1999)。以上の層準は内湾泥層にも関わらず泥砂細互層がみられる7.0~5.5cal kyr BPのMHI 6下部層に相当すると考えられる。

その後, 埋没段丘付近が埋積されて湾内の地形的な凹凸が減少して, 湾口砂嘴が成長すると, 内湾と外海との海水交換が緩慢になって, 一次的に静穏な内湾が形成される。このような変化は, MHI 6で極細粒砂礫層が上方に向かって減少することにより, 泥分含有率が上方増加する傾向に反映されている可能性がある。一方, 淡水生珪藻化石が次第に増加することや, 河口域に多く棲息する*Cyclotella striata*(小杉, 1988)がT.P.-20.74mで高含有率なことは淡水の影響が増大したことを反映していると考えられる(第5図)。更に, 中尾ほか(2008)の貝形虫化石群集組成の検討によると, 内湾中央部の指標種である*Bicornucythere bisanensis*の含有率がT.P.-24.0~-21.6mにかけて上方減少する反面, 湾奥に主に生息する*Cytheromorpha acupunctata*の含有率が上方増加することも同様の塩分濃度の変化を支持している。上述した塩分

濃度の減少のために、コロイド粒子の構造や凝結（桑原、1966）に作用して、T.P.-23.59～-22.59mにみられるような軟弱泥層（第6図a,b）が形成された可能性がある。以上の陸水の影響が顕著になる層準は5.5～5.0cal kyr BPのMHI 6上部に相当する。

その後、内湾奥部が徐々に埋め立てられて河口に近づくと、淡水の影響が増加すると考えられる。MHI 7で汽水生のヌマコダキガイ類の上方減少と植物片の上方増加すること、T.P.-14.79m以浅で海生珪藻が上方へ向かって減少して反対に淡水生種が増加すること（第1表；第3図）は、河川水の流入の増加による塩分濃度の減少を反映している。更に、T.P.-14.9m以浅で *Ishizakiella miurensis* などの後浜の指標種の貝形虫化石の含有率が上方増加すること（中尾ほか、2008）も淡水の影響の増大を支持する。これらのT.P.-20.9～-5.1mでみられるリズムミカルな葉理は潮汐の影響を強く示唆している。なお、その過程でT.P.-10.9m付近を境界にして極細粒砂の含有率が約10%減少する（第3図）。これより下位は上位と比較して、堆積速度が少なく、生物擾乱痕が多い。この境界は4.5cal kyr BP頃に相当しており、この時期に東京低地東北部のT.P.-20～-5mではサンドショール堆積物が形成されはじめると推定されている（田辺ほか、2008）。このように外洋側の流路が充填されることによって、湾央部では堆積速度が大きくなり、下部の上方粗粒化する地層を形成した可能性がある。一方、T.P.-10.9mよりも上位には、淡水生の珪藻化石が20%程度まで上方増加しており、河口に近づいたことを示唆している。このことは現在の荒川水系を主に流下していた古利根川が、現在の中川水系へ本格的に流入しはじめたこと（菊地、1979、1981；平井、1983；遠藤ほか、1988a；久保、1989；江口・村田、1999）と関連する可能性がある。この因果関係を詳しく議論するためには、荒川新扇状地や中川低地上流部、加須低地において流入の年代を高精度に検討する必要がある。

MHI 6～7の平均堆積速度は0.9cm/yrであり、上方に向けて増大する。特にT.P.-13.51～-7.13mでは5.3cm/yrと最も急激である。その原因について遠藤ほか（1992）は以下の3つの可能性：海水準変動、気候変動、上流の流路変化を挙げている。しかし、5.5～4.3cal kyr BPの奥東京湾の埋積堆積物の形成には、先述したような内湾の横断方向での堆積作用や、東京低地東北部で成長した湾口砂嘴やサンドショール堆積物による開析谷下流部での埋積作用も影響していると考えられる。

最後に、淡水の影響した内湾の堆積物は、低密度、高含水率、低横波伝播速度、低N値の性質を有する場合があるので、中川低地南部の建造物の設計や地震動の地域的な増幅を予測する際に特に留意すべきである。このような軟弱泥層では、丁寧に試料を採取して工学的な性質を慎重に検討する必要がある。

9. まとめ

埼玉県三郷市の開析谷中軸部で掘削したボーリング試料を用いて、堆積相・珪藻化石群集組成・物性・堆積年代を検討した。これらを開析谷西縁部で掘削されたコアの解析結果と対比した。また、その対比結果を周辺の既存土質柱状図に適用して開析谷の埋積様式及び海水準安定期の奥東京湾の埋積機構について考察した。要点は以下の8点である。

- 1) 中川低地南部の開析谷中軸部の沖積層は、下位から、網状河川流路堆積物・蛇行河川の氾濫原堆積物・潮汐の影響した流路埋積堆積物・潮汐の影響した上方深海化する浅海底堆積物・上方浅海化する浅海底堆積物・潮汐の影響した上方浅海化する浅海底堆積物・現世河川流路～氾濫原堆積物で構成される。
- 2) 上記の堆積物毎に密度・初磁化率・含水率・粒度・色調・P波とS波速度・N値を整理して、物性値の相関を検討した。その結果、T.P.-28～-20mの内湾成泥層は、特に低密度で高含水率な性質を持つことを示した。
- 3) 高密度なAMS炭素14年代測定値に基づいて堆積年代を推定した。その結果、ラビーンメント面や最大海氾濫面の形成期の堆積速度の減退や、4.3cal kyr BP頃のデルタの急速な埋積を定量的に評価した。
- 4) 開析谷のT.P.-47～-35mには泥層を主体とする蛇行河川成堆積物が分布している。その大半は11～10cal kyr BPに平均約1.0cm/yrの速度で形成されているが、その基底部の有機質泥層は新ドリラス期の堆積速度の停滞を示す。その原因は、碎屑物の減少もしくは海水準上昇速度の低下によると推定される。
- 5) 氾濫原堆積物と潮汐河川堆積物との境界にあたるT.P.-37m付近に潮汐ラビーンメント面が、潮汐河川堆積物と浅海底堆積物との境界のT.P.-31m付近には水深5m以深で形成された波浪ラビーンメント面がそれぞれ分布する。
- 6) T.P.-28～-5m以浅には奥東京湾を充填した潮汐の影響が強い浅海底堆積物が分布する。その埋積には内湾縁辺部の埋積や湾口砂嘴の形成が関与している可能性が高く、珪藻化石群集組成や極細粒砂の上方増加パターンに着目すると2回に細分される可能性がある。なお、4.5～4.3cal kyr BPの河川の影響が増加する層準の堆積速度は5.3cm/yrとかなり急速である。
- 7) 上記の堆積物の累重様式を開析谷西縁部で掘削されたコアの解析結果や周辺地域の既存土質柱状図と対比して、下位から順に網状河川システム・蛇行河川システム・エスチュアリーシステム・デルタシステムを認定して特徴を整理した。
- 8) 開析谷中軸部では海水準安定期において堆積速度が大きいものに対して、谷西縁辺部では海水準上昇期に

堆積作用が顕著である。このような西から東への非対称な埋積は地質構造を不均質にするので地震動の増幅や地下水流動に影響する可能性がある。

謝辞: 三郷市立彦糸中学校と同市教育委員会の皆様には、ボーリング調査を実施させていただき、同中学校建造時の標準貫入試験データを提供していただきました。AMS放射性炭素年代測定用試料の作成に当たって名古屋大学環境学研究科の北川浩之先生に大変お世話になりました。また、国立環境研究所での測定実験の際には、現東京大学大学院新領域創成科学研究科の米田 穰博士と環境研究センターの鈴木 亮氏、株式会社伯東の小林利行氏にお世話になりました。コア試料の解析の際には、産業技術総合研究所地質情報研究部門の宮地良典氏と池原 研博士にお世話になりました。中央開発株式会社の細矢卓志・橋本智雄・関田 昇・関田 実の各氏にはボーリングコア試料の採取の際に多くの便宜を困っていただきました。パリノ・サーヴェイ株式会社の堀内誠示氏には珪藻化石が稀産する層準においても詳細な分析をしていただき、産業技術総合研究所地質情報研究部門の納谷友規博士には珪藻化石群集の記載について助言をしていただきました。匿名の査読者には丁寧な指摘をしていただきました。以上の方々に篤く御礼申し上げます。なお、この研究には産業技術総合研究所の運営費交付金「大都市圏の地質災害軽減・環境保全を目的とした地質学的総合研究」(平成15~17年度)を使用した。

文 献

- Allen, G.P. and Posamentier, H.W. (1993) Sequence stratigraphy and facies model of an incised valley fill: the Gironde estuary, France. *J. Sediment. Petrol.*, **63**, 378-391.
- 安藤一男 (1990) 淡水産珪藻による環境指標種群の設定と古環境復元への応用. *東北地理*, **42**, 73-88.
- 青木 滋・柴崎達雄 (1966) 海成“沖積層”の層相と細分問題について. *第四紀研究*, **5**(3-4), 113-120.
- 有田正史 (1983) 堆積物の軟X線写真撮影法—その2—. *地質ニュース*, **350**, 46-56.
- 有田正史・中村康夫 (1981) 堆積物の軟X線写真撮影法—その1—. *地質ニュース*, **320**, 29-33.
- Berner, R. (1984) Sedimentary pyrite formation: an update. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **48**, 605-615.
- シェリダン ボウマン著・北川浩之訳 (1998) 年代測定. 大英博物館双書 古代を解き明かす3, 学芸書林, 120p.
- Boyd, R., Dalrymple, R.W. and Zaitlin, B.A. (1992) Classification of clastic coastal depositional environments. *Sediment. Geol.*, **80**, 139-150.
- Bronk Ramsey, C. (2001) Development of the radiocarbon program OxCal. *Radiocarbon* **43** (2A), 355-363.
- Collinson, J.D. (1996) Alluvial sediments. In Reading, H.G. eds., *Sedimentary environments: Processes, facies, and stratigraphic 3rd ed.*, Blackwell Sci. Publ., Oxford, 37-82.
- Colman, S.M., King, J.W., Jones, G.A., Reynolds, R.L. and Bothner, M.H. (2000) Holocene and recent sediment accumulation rates in southern Lake Michigan. *Quaternary Res.*, **19**, 1563-1580.
- Dalrymple, R.W. (1992) Tidal depositional systems. In Walker R.G. and James, N.P. eds., *Facies models: Response to sea level change*, Geological Association of Canada, Waterloo, Ontario, 195-218.
- 江口誠一・村田泰輔 (1999) 関東平野中央部加須低地における完新世の環境変遷史. *地理学評論*, **72**(4), 253-266.
- Endo K., Sekimoto, K. and Takano, T. (1982) Holocene stratigraphy and paleoenvironments in the Kanto Plain, in relation to the Jomon Transgression. *Proceedings of the Inst. Nat. Sci., Nihon Univ.* no. 17, 1-16.
- 遠藤邦彦 (1996) 沖積層をめぐる諸問題. *関東平野*, **4**, 85-94.
- 遠藤邦彦・関本勝久・高野 司・鈴木正章・平井幸弘 (1983) 関東平野の沖積層. *アーバンクボタ*, no. 21, 26-43.
- 遠藤邦彦・小杉正人・菱田 量 (1988a) 関東平野の沖積層とその基底地形. *日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要*, no. 23, 37-48.
- 遠藤邦彦・小杉正人・高野 司 (1988b) 草加市の地質. *草加市史*, 自然・考古編, 草加, 23-69.
- 遠藤邦彦・小杉正人・松下まり子・宮地直道・菱田 量・高野 司 (1989) 千葉県古流山湾周辺域における完新世の環境変遷史とその意義. *第四紀研究*, **28**(2), 61-77.
- 遠藤邦彦・印牧もところ・中井信之・森 育子・藤沢みどり・是枝若奈・小杉正人 (1992) 中川低地と三郷の地質. *三郷市史*, no. 8 (別編自然編), 三郷, 35-111.
- 藤本 潔 (1990) 日本列島における後期完新世海水準変動の再検討. *日本地理学会予稿集*, **38**, 140-141.
- 藤原 治・鎌滝孝信 (2003) ¹⁴C年代測定による堆積年代の推定における堆積学的時間平均化の重要性. *第四紀研究*, **42**(1), 27-40.
- 国土地理院 (1972) 野田. 1:25,000土地条件図.
- Geotek Ltd. (2004) GEOTEK multi sensor core logger systems (MSCL) general product overview. <http://www.geotek.co.uk/ftp/MSCLOverview.pdf>, 12p.
- Gunn, D.E. and Best, A.I. (1998) A new automated nondestructive system for high resolution multi-sensor core logging of open sediment cores. *Geo-Mar. Lett.*, **18**, 70-77.
- Hachinohe, S., Kimura, K., Nakanishi, T., Ishihara, Y. and Tanabe, S. (2006) Geological/geotechnical information system: an example of a boring database for Saitama Prefecture, Japan, and its application. *Trans. Jpn. Geomorph. Union*, **27**(3),

- 349-366.
- 羽鳥謙三・井口正男・貝塚爽平・成瀬 洋・杉村 新・戸谷 洋 (1962) 東京湾周辺における第四紀末の諸問題. 第四紀研究, **2**(2-3), 69-90.
- 平井幸弘 (1983) 関東平野中央部における沖積低地の地形発達史. 地理学評論, **56**(10), 679-694.
- 菱田 量 (1992) 砂礫からみた三郷市周辺の古環境. 三郷市史, no. 8 (別編自然編), 三郷, 365-385.
- 星 博幸・亀井春美 (2003) 陸上に露出する無層理堆積物の初磁化率 (帯磁率) による対比: 静岡県, 更新統佐浜泥部層の例. 地質学雑誌, **109**(12), 697-709.
- 堀口万吉 (1986) 埼玉県の地形と地質. 新編埼玉県史別編3 自然, 埼玉県, 5-74.
- Hutchinson, I., James, T.S., Reimer, P.J., Bornhold, B.D., Clague, J.J. (2004) Marine and limnic radiocarbon reservoir corrections for studies of late- and postglacial environments in Georgia Basin and Puget Lowland, British Columbia, Canada and Washington, USA. *Quaternary Res.*, **61**, 193-203.
- Hustedt, F. (1930) Bacillariophyta (Diatomeae). In Pascher, A. eds., *Die Süßwasser-flora Mitteleuropas*, 10, Gustav Fischer, Jena, 466p.
- Hustedt, F. (1937-38) Systematische und ökologische Untersuchungen über die Diatomeen-Flora von Java, Bali und Sumatra 1-3. *Archiv für Hydrobiologie*, **15**: 131-809 and **16**: 1-155, 274-394.
- Hustedt, F. (1961-1966), Die Kieselalgen Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. In Rabenhorst, L. eds., *Kryptogamen Flora von Deutschland, Oesterreichs und der Schweiz*, 7, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, 816p.
- 兵頭政幸 (2000) 内湾堆積物の磁性と環境. 月刊地球, **22**(3), 166-171.
- 池原 研 (2000) 深海堆積物に記録された地球環境変動—環境変動解析における試料の一次記載と非破壊連続分析の重要性—. 月刊地球, **22**(3), 206-211.
- Inazaki, T. (2005) High-resolution seismic reflection survey using Land Streamer in large urban area. Proceedings of the 18th Annual Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems (SAGEEP2005), CD-ROM, 959-970.
- 石原与四郎・木村克己・田辺 晋・中島 礼・宮地良典・堀 和明・稲崎富士・八戸昭一 (2004a) 埼玉県草加市柿木地区で掘削された沖積層ボーリングコア (GS-SK-1) の堆積相・堆積物特性と放射性炭素年代. 地質調査研究報告, **55**(7/8), 183-200.
- 石原与四郎・木村克己・中島 礼・宮地 良典・田辺 晋・中山俊雄・斎藤文紀 (2004b) 東京低地と荒川低地から得られた3本のボーリングコアの堆積相と放射性炭素年代: DKコア (江東区新砂), TNコア (舎人公園), HAコア (東綾瀬公園), 地質調査研究報告, **55**(7/8), 221-235.
- 石渡良志・山本正伸共編 (2004) *有機地球化学*. 地球化学講座4, 培風館, 290p.
- 井関弘太郎 (1956) 日本周辺の陸棚と沖積統基底面との関係について. 名古屋大学文学部研究論集 (史学), no. 14, 85-102.
- 井関弘太郎 (1975) 沖積基底礫層について. 地学雑誌, **84**(5), 1-18.
- 地盤工学会 (2000) *土質試験の方法と解説 (第1回改訂版)*. 地盤工学会, 東京, 902 pp.
- 実用軟弱地盤対策技術総覧編集委員会編 (1993) *実用軟弱地盤対策技術総覧*. 産業技術サービスセンター, 東京, 1281pp.
- 貝塚爽平・松田磐余 (1982) *首都圏の活構造・地形区分と関東地震の被害分布*. 内外地図, 東京.
- Kaizuka, S., Naruse, Y. and Matsuda, I. (1977) Recent formations and their basal topography in and around Tokyo Bay, central Japan. *Quaternary Res.*, **8**(1), 32-50.
- 菊地隆男 (1979) 関東平野中央部における後期更新世以降の古地理の変遷. 第四紀研究, **17**(4), 215-221.
- 菊地隆男 (1981) 先史時代の利根川水系とその変遷. アーバンクボタ, no. 19, 2-5.
- 木村克己 (2004) 巻頭言: 都市地質研究の展開. 地質調査研究報告, **55**(7/8), 181-182.
- 木村克己 (2006) 巻頭言: 都市地質研究の展開 (その2). 地質調査研究報告, **57**(9/10), 259-260.
- 木村克己・石原与四郎・宮地良典・中島 礼・中西利典・中山俊雄・八戸昭一 (2006) 東京低地から中川低地に分布する沖積層のシーケンス層序と層序の再検討. 地質学論集, no. 59, 1-18.
- Kitagawa, H., Masuzawa, T., Nakamura, T. and Matsumoto, E. (1993) A batch preparation method for graphite targets with low background for AMS ^{14}C measurements. *Radiocarbon*, **35**(2), 295-300.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1985) *Naviculaceae. Bibliotheca Diatomologica*, **9**, Cramer, Berlin, 230p.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1986-1991) Bacillariophyceae 1-4, In Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. and Mollenhauer, D. eds, *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, 2(1-4), Gustav Fischer Verlag, Stuttgart and New York.
- 久保純子 (1989) 東京低地における縄文海進以降の地形の変遷. 早稲田大学教養部学術研究 (地理・歴史学・社会科学編), **38**, 75-92.
- Kume, H., Shibata, Y., Tanaka, A., Yoneda, M., Kumamoto, Y., Uehiro, T. and Morita, M. (1997) The AMS facility at the National Institute for Environmental Studies (NIES), Japan. *Nucl. Instr. and Meth. B*, **123**, 31-33.
- 小杉正人 (1986) 現世干潟における珪藻遺骸の堆積・運

- 搬パターン. 地理学評論, 59(1), 37-50.
- 小杉正人 (1988a) 珪藻化石からみた草加市及びその周辺の古環境. 草加市史編纂委員会編, *草加市史*, 自然・考古編, 草加, 71-102.
- 小杉正人 (1988b) 珪藻の環境指標種群の設定と古環境復原への応用. 第四紀研究, 27(1), 1-20.
- 小杉正人 (1992) 珪藻化石からみた最終氷期以降の東京湾の変遷史. *三郷市史*, no. 8 (別編自然編), 三郷, 112-193.
- 桑原 徹 (1966) 沖積層の土質光学的性質とその意義. 第四紀研究, 5(3-4), 121-138.
- 牧野内猛・森 忍・檀原 徹・竹村恵二 (2006) 濃尾平野における第一礫層 (BG) の層位と形成年代. 地質学論集, no. 59, 129-140.
- 増田富士雄 (2000) 堆積曲線から求める堆積年代と累重速度. 月刊地球, 22(3), 191-196.
- 増田富士雄 (2007) 相対的な海面変動が支配する地層の累重と地形の形成: わが国の沖積層の解析から. 地形, 28(4), 365-379.
- 増田富士雄・伊勢屋ふじこ (1985) “逆グレーディング構造”: 自然堤防帯における氾濫原洪水堆積物の示相堆積構造. 堆積学研究會報特集号, 108-116.
- Matsuda, I. (1974) Distributions of the recent deposits and buried landforms in the Kanto Lowland, central Japan. *Geogr. Rep. Tokyo Metropolitan Univ.*, no. 9, 1-36.
- 松田磐余 (1993) 東京湾と周辺の沖積層. 貝塚爽平編, *東京湾の地形・地質と水*, 築地書館, 東京, 67-109.
- Miall, A.D. (1977) A review of the braided-river depositional environment. *Earth Sci. Rev.*, 13, 1-62.
- Miall, A.D. (1985) Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Sci. Rev.*, 22, 261-308.
- Miall, A.D. (1992) Alluvial deposits. In Walker R.G. and James, N.P. eds., *Facies Models: Response to sea level change*, Geological Association of Canada, Waterloo, Ontario, 119-139.
- 宮地良典・木村克己・石原与四郎・田辺 晋・中島 礼・堀 和明・中山俊雄・斎藤文紀 (2004) 東京都江戸川区小松川地区で掘削された沖積層ボーリングコア (GS-KM-1) の堆積相・堆積物物性と放射性炭素年代. 地質調査研究報告, 55(7/8), 201-219.
- 森川六郎 (1962) 埼玉県南平野の地盤地質. 応用地質, 3(3,4), 11-19.
- Nakagawa, T., Kitagawa, H., Yasuda, Y., Tarasov, E.P., Nishida, K., Gotanda, K., Sawai, Y. and Yangtze river civilization program members (2003) Asynchronous climate changes in the north Atrantc and Japan during the last termination. *Science*, 299, 688-691.
- 中井睦美 (2004) ジオロジストのための岩石磁気学 帯磁率・古地磁気からAMSまで. 地学団体研究会, 東京, 地学双書, no. 34, 178pp.
- 中西利典・石原与四郎・田辺 晋・木村克己・八戸昭一・稲崎富士 (2007) ボーリング柱状図資料の解釈による中川低地南部の沖積層基底図, 地質調査総合センター研究資料集, no. 454, 36pp.
- 中尾有利子・中西利典・木村克己 (2008) 中川低地南部の沖積層から産出した貝形虫化石, 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要, no. 43, 277-286.
- 中島 礼・木村克己・宮地良典・石原与四郎・田辺 晋 (2004) 東京都江戸川区小松川と埼玉県草加市柿木において掘削した沖積層ボーリングコアから産出した貝化石群集, 地質調査研究報告, 55(7/8), 237-269.
- 中島 礼・田辺 晋・宮地良典・石原与四郎・木村克己 (2006) 沖積層の貝化石群集変遷—埼玉県草加市と東京都江戸川区の例—. 地質学論集, no. 59, 19-33.
- Nio, S.D. and Yang, C.S. (1991) Diagnostic attributes of clastic tidal deposits. In Smith, D.G., Reinson, B.A. and Rahmani, R.A. eds., *Clastic tidal sedimentology*, *Canad. Soc. of Petrol. Geologists Mem.*, no. 16, 3-27.
- Nummedal, D. and Swift, D.J.P. (1987) Transgressive stratigraphy at sequence-bounding unconformities: some principles derived from Holocene and Cretaceous examples. In Nummedal, D., Pilkey, O.H. and Howard, J.D. eds., *Sea-level fluctuation and coastal evolution*, *SEPM Spec. Publ.*, no. 41, 241-260.
- 奥谷喬司 (2000) *日本近海産貝類図鑑*. 東海大学出版会, 秦野, 1173pp.
- Orton, G.J. and Reading, H.G. (1993) Variability of deltaic processes in terms of sediment supply, which particular emphasis on grain size. *Sedimentology*, 40, 475-512.
- Pemberton, S.G., MacEachern, J.A. and Frey, R.W. (1992) Trace fossil facies models: environmental and allostratigraphic significance. In Walker, R.G. and James, N.P. eds., *Facies models: Response to sea level change*, Geol. Assoc. Canada, 47-72.
- Reading, H.G. and Collinson, J.D. (1996) Clastic coasts. In Reading, H.G. eds., *Sedimentary environments: Process, facies and stratigraphy*, 3rd ed. Blackwell Science, Oxford, 154-231.
- Reineck, H.E. and Singh, I.B. (1980) *Depositional Sedimentary Environments*. Springer-Verlag, 551p.
- 埼玉県 (1995) *埼玉県表層地質図*. 埼玉県県政情報センター, さいたま.
- Saito, Y. (1995) High-resolution sequence stratigraphy of an incised-valley fill in a wave- and fluvial dominated setting: latest Pleistocene-Holocene examples from the Kanto Plain, central Japan. *Mem Geol. Soc. Japan*, 45, 76-100.
- 斎藤文紀 (2006) 沖積層研究の魅力と残された課題. 地

- 質学論集, no. 59, 205-212.
- Scruton, P.C. (1960) Delta building and the deltaic sequence. In Shepard, F.P., Phleger, F.B. and van Andel, T.H. eds., *Recent sediments: northwest Gulf of Mexico*. AAPG, 82-102.
- 関本勝久 (1992) 有孔虫化石群集からみた三郷市およびその周辺地域の古環境. *三郷市史*, no. 8 (別編自然編), 三郷, 329-364.
- 清水恵助 (1972) “沖積層”の土質工学的性質—とくに東京港地区を例として—. *地質学論集*, no. 7, 251-266.
- 清水恵助 (1990) “沖積層”の形成史からみた湖沼—東京港地区を例として—. *地質学論集*, no. 36, 119-128.
- Stuiver, M. and Braziunas, T.F. (1993) Modeling atmospheric ^{14}C influences and ^{14}C ages of marine samples to 10000 BC. *Radiocarbon* **35**, 137-189.
- Stuiver, M., Reimer, P.J., Bard, E., Beck, J.W., Burr, G.S., Hughen, K.A., Kromer, B., McCormac, F.G., van der Plicht, J. and Spurk, M. (1998a) INTCAL98 Radiocarbon age calibration 24,000 - 0 cal BP. *Radiocarbon*, **40**, 1041-1083.
- Stuiver, M., Reimer, P.J. and Braziunas, T.F. (1998b) High-precision radiocarbon age calibration for terrestrial and marine samples. *Radiocarbon* **40**, 1127-1151.
- 須藤 斎 (2006) 始新世/漸新世境界 (約3,370万年前)の渦鞭毛藻類から珪藻類への一次生産者交代事変の可能性. *藻類*, **54**, 95-97.
- 武村雅之・諸井孝文 (2002) 地質調査所データに基づく1923年関東地震の詳細震度分布 その2. 埼玉県. *日本地震工学会論文集*, **2**(2), 55-73.
- Tanabe, S., Hori, K., Saito, Y., Haruyama, S., Vu, V.P. and Kitamura, A. (2003) Song Hong (Red River) delta evolution related to millennium-scale Holocene sea-level changes. *Quaternary Sci. Rev.*, **22**, 2345-2361.
- 田辺 晋・中島 礼・中西利典・石原与四郎・宮地良典・木村克己・中山俊雄・柴田康行 (2006a) 東京都葛飾区における沖積層の堆積相と堆積物物性: 奥東京湾口の砂嘴堆積物の時空間分布. *地質調査研究報告*, **57**(9/10), 261-288.
- 田辺 晋・中島 礼・中西利典・木村克己・柴田康行 (2006b) 東京都足立区本木地区から採取した沖積層ボーリングコア堆積物 (GS-AMG-1) の堆積相と放射性炭素年代, 物性. *地質調査研究報告*, **57**(9/10), 289-307.
- 田辺 晋・石原園子・中島 礼・宮地良典・木村克己 (2006c) 東京低地中央部における沖積層の中間砂層の形成機構. *地質学論集*, no. 59, 35-52.
- 田辺 晋・石原与四郎・中島 礼・木村克己・中山俊雄 (2008) 東京低地東縁における2本のボーリングコア堆積物の堆積相と放射性炭素年代: MZコア (葛飾区水元公園), SZコア (江戸川区篠崎公園). *地質調査研究報告*, **59**(3/4), 135-149.
- 田中勝法・竹村貴人・木村克己 (2006) 堆積環境の変遷から見た沖積層の圧密特性. *地質学論集*, no. 59, 191-204.
- 東木龍七 (1926) 地形と貝塚分布により見たる關東低地の舊海岸線. *地理学評論*, **2**, 597-607, 659-678, 746-773.
- 東京都土木技術研究所 (1970) 東京都23区内の地下地質と地盤の区分について. *東京都土木技術研究所年報*, **45**, 51-62.
- 鳥居雅之・福岡浩司 (1998) 黄土層の初磁化率: レヴィュー. *第四紀研究*, **37**(1), 33-45.
- 鳥居雅之 (2005) 環境磁気学: レヴィュー. *地学雑誌*, **114**(2), 284-295.
- 上原克人 (1999) 数値モデルによる完新世中期の東京湾の古潮汐推定. *日本第四紀学会講演要旨集*, **29**, 112-113.
- 海津正倫 (1994) *沖積低地の古環境学*. 古今書院, 東京, 270p.
- Rust, B.R. and Koster, E.H. (1984) Coarse alluvial deposits. In Walker, R.G. eds., *Facies models 2nd ed.*, Geoscience Canada Reprint series 1, 53-69.
- Visher, G.S. (1965) Use of vertical profile in environmental reconstruction. *AAPG Bull.*, **49**, 41-61.
- 和島誠一・松井 健・長谷川康雄・岡本 勇・塚田 光・田中義昭・中村嘉男・小宮恒雄・黒部 隆・高橋健一・佐藤 孜 (1968) 関東平野における縄文海進の最高海水準について. *資源科学研究所彙報*, **70**, 108-129.
- 山路 勇 (1984) *日本海洋プランクトン図鑑 第3版*. 保育社, 大阪, 537pp.
- 柳沢幸夫 (2000) 珪藻類. 化石研究会(編), *化石の研究法*, 共立出版, 東京, 45-50.
- Yoneda, M., Shibata, Y., Tanaka, A., Uehiro, T., Morita, M., Uchida, M., Kobayashi, T., Kobayashi, C., Suzuki, R., Miyamoto, K., Hancock, B., Dibden, C. and Edmonds, J.S. (2004) AMS ^{14}C measurement and preparative techniques at NIES-TERRA. *Nucl. Instr. and Meth.B*, **223-224**, 116-123.
- Yokoyama, Y., Lambeck, K., de Deckker, P., Johnston, P. and Fifield, L.K. (2000) Timing of the Last Glacial Maximum from observed sea-level minima. *Nature*, **406**(17), 713-716.
- 吉川昌伸 (1992) 花粉化石からみた三郷の環境変遷. *三郷市史*, no. 8 (別編自然編), 三郷, 194-295.
- Zaitin, B.A., Dalrymple, R.W. and Boyd, R. (1994) The stratigraphic organization of incised-valley systems associated with relative sea-level change. In Dalrymple, R.W., Boyd, R. and Zaitin, B.A. eds., *Incised-valley systems: Origin and sedimentary sequences*. *SEPM Spec. Publ.*, no. 51, 45-60.

(受付: 2010年7月14日; 受理: 2010年12月27日)

- 図版1 GS-MHI-1 コアから得た珪藻化石
- 第1図 *Actinoptychus senarius* (Ehr.) Ehrenberg (深度 : 20.40 m)
- 第2図 *Chaetoceros* sp. (深度 : 20.40 m)
- 第3図 *Chaetoceros* sp. (深度 : 30.59 m)
- 第4図 *Cyclotella striata* (Kuetz.) Grunow in Cleve & Grunow (深度 : 20.40 m)
- 第5図 *Paralia sulcata* (Ehr.) Cleve (深度 : 20.40 m)
- 第6図 *Pseudopodosira kosugii* Tanimura et Sato (深度 : 20.40 m)
- 第7図 *Thalassiosira eccentrica* (Ehr.) Cleve (深度 : 20.40 m)
- 第8図 *Aulacoseira italica* (Ehr.) Simonsen (深度 : 3.85 m)
- 第9図 *Achnanthes lanceolata* (Breb.) Grunow (深度 : 3.85 m)
- 第10図 *Cocconeis scutellum* Ehrenberg (深度 : 20.40 m)
- 第11図 *Cymbella silesiaca* Bleisch (深度 : 3.85 m)
- 第12図 *Cymbella sinuata* Gregory (深度 : 3.85 m)
- 第13図 *Cymbella turgidula* Grunow (深度 : 3.85 m)
- 第14図 *Cymbella turgidula* var. *nipponica* Skvortzow (深度 : 3.85 m)
- 第15図 *Diatoma hyemale* var. *mesodon* (Ehr.) Grunow (深度 : 3.85 m)
- 第16図 *Epithemia adnata* (Kuetz.) Brebisson (深度 : 38.35 m)
- 第17図 *Fragilaria ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot (深度 : 3.85 m)
- 第18図 *Glyphodesmis williamsonii* (W.Smith) Grunow in Van Heurck (深度 : 30.59 m)
- 第19図 *Opephora martyi* Heribaud (深度 : 30.59 m)
- 第20図 *Rhopalodia musculus* (Kuetz.) O.Muller (深度 : 48.26 m)
- 第21図 *Thalassionema nitzschioides* (Grun.) Grunow (深度 : 20.40 m)
-
- Plate 1 Representative diatom fossils from GS-MHI-1 core.
- Fig. 1 *Actinoptychus senarius* (Ehr.) Ehrenberg (Depth : 20.40 m)
- Fig. 2 *Chaetoceros* sp. (Depth : 20.40 m)
- Fig. 3 *Chaetoceros* sp. (Depth : 30.59 m)
- Fig. 4 *Cyclotella striata* (Kuetz.) Grunow in Cleve & Grunow (Depth : 20.40 m)
- Fig. 5 *Paralia sulcata* (Ehr.) Cleve (Depth : 20.40 m)
- Fig. 6 *Pseudopodosira kosugii* Tanimura et Sato (Depth : 20.40 m)
- Fig. 7 *Thalassiosira eccentrica* (Ehr.) Cleve (Depth : 20.40 m)
- Fig. 8 *Aulacoseira italica* (Ehr.) Simonsen (Depth : 3.85 m)
- Fig. 9 *Achnanthes lanceolata* (Breb.) Grunow (Depth : 3.85 m)
- Fig. 10 *Cocconeis scutellum* Ehrenberg (Depth : 20.40 m)
- Fig. 11 *Cymbella silesiaca* Bleisch (Depth : 3.85 m)
- Fig. 12 *Cymbella sinuata* Gregory (Depth : 3.85 m)
- Fig. 13 *Cymbella turgidula* Grunow (Depth : 3.85 m)
- Fig. 14 *Cymbella turgidula* var. *nipponica* Skvortzow (Depth : 3.85 m)
- Fig. 15 *Diatoma hyemale* var. *mesodon* (Ehr.) Grunow (Depth : 3.85 m)
- Fig. 16 *Epithemia adnata* (Kuetz.) Brebisson (Depth : 38.35 m)
- Fig. 17 *Fragilaria ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot (Depth : 3.85 m)
- Fig. 18 *Glyphodesmis williamsonii* (W.Smith) Grunow in Van Heurck (Depth : 30.59 m)
- Fig. 19 *Opephora martyi* Heribaud (Depth : 30.59 m)
- Fig. 20 *Rhopalodia musculus* (Kuetz.) O.Muller (Depth : 48.26 m)
- Fig. 21 *Thalassionema nitzschioides* (Grun.) Grunow (Depth : 20.40 m)

付録1 GS-MHI-1コアから産出した珪藻化石リスト. Mar.を海生種・Bra.を汽水生種・Fre.を淡水生種と解釈した.

Appendix 1 List of diatom fossils in the GS-MHI-1 core in the Nakagawa Lowland. Abbreviations of indexes are Mar. = Marine diatom(s); Bra. = Brackish diatom(s); Fre. = freshwater diatom(s).

Diatoms in GS-MHI-1 core	Depth (m)																
		3.85	8.65	11.70	14.05	14.745	18.20	20.40	24.15	27.85	30.59	30.95	33.75	35.55	38.35	40.70	48.26
Species	Salinity																
<i>Actinocyclus ehrenbergii</i> Ralfs	Mar.	-	-	-	1	-	-	1	-	1	1	1	1	-	-	-	-
<i>Actinocyclus ehrenbergii</i> var. <i>tenella</i> (Breb.) Hustedt	Mar.	-	-	-	-	-	1	-	1	6	4	4	3	-	-	-	-
<i>Actinocyclus</i> spp.	Mar.	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Actinocyclus senarius</i> (Ehr.) Ehrenberg	Mar.	-	-	1	-	2	1	1	2	4	3	7	9	-	-	-	-
<i>Asteromphalus</i> spp.	Mar.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Auliscus caelatus</i> Bailly	Mar.	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aspeitia nodulifer</i> (A.Schmidt) Fryxell et Sims in Fryxell et al	Mar.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1	-	-	-	-	-
<i>Aspeitia</i> spp.	Mar.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Bacteriastrium varians</i> Lauder	Mar.	-	-	-	2	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Biddulphia</i> sp.-A	Mar.	-	-	1	-	1	1	1	-	-	2	1	-	-	-	-	-
<i>Biddulphia</i> spp.	Mar.	-	5	26	13	12	20	10	11	17	19	9	8	-	-	-	-
<i>Campylodiscus cymbelliformis</i> (A.Schmidt) Grunow ex Van Heurck	Mar.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros</i> spp.	Mar.	-	7	25	29	13	23	25	17	19	21	18	19	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus marginatus</i> Jouse	Mar.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	Mar.	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus</i> spp.	Mar.	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cymatoeca weissflogii</i> (Grun. in Van Heurck) Hendeny	Mar.	-	-	1	3	13	4	4	-	-	6	12	15	-	-	-	-
<i>Dimerogramma fulvum</i> (Greg.) Ralfs in Pritchard	Mar.	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dimerogramma hyalinum</i> Hustedt	Mar.	-	-	1	-	-	1	2	1	1	3	-	-	-	-	-	-
<i>Dimerogramma minor</i> (Greg.) Ralfs in Pritchard	Mar.	-	-	-	-	-	1	-	-	1	2	-	1	-	-	-	-
<i>Diploneis suborbicularis</i> (Greg.) Cleve	Mar.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eunotogramma laeve</i> Grunow in Van Heurck	Mar.	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Glyphodesmis williamsonii</i> (W. Smith) Grunow in Van Heurck	Mar.	-	-	-	-	-	1	-	-	1	4	-	-	-	-	-	-
<i>Grammatophora macientia</i> W. Smith	Mar.	-	-	1	-	3	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Grammatophora oceanica</i> (Ehr.) Grunow	Mar.	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Grammatophora</i> spp.	Mar.	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula directa</i> (W. Smith) Ralfs in Pritchard	Mar.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula granulata</i> Bailey	Mar.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Navicula pseudony</i> Hustedt	Mar.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula</i> spp.	Mar.	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia lanceola</i> Grunow	Mar.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ophephora marina</i> (Greg.) Petit	Mar.	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-
<i>Paralia sulcata</i> (Ehr.) Cleve	Mar.	-	2	21	15	9	8	28	22	17	17	38	25	-	-	-	-
<i>Plagiogramma appendiculatum</i> Giffen	Mar.	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Plagiogramma</i> spp.	Mar.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Planktoniella sol</i> (Wall.) Schutt	Mar.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Pleurosigma angulatum</i> (Quekett) W. Smith	Mar.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleurosigma</i> spp.	Mar.	-	-	-	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell	Mar.	-	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	Mar.	-	-	3	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Surirella fastuosa</i> (Ehr.) Kuetzing	Mar.	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	1	-	-	-	-
<i>Thalassionema nitzschoides</i> (Grun.) Grunow	Mar.	-	19	40	73	52	61	46	33	41	30	36	47	2	-	-	-
<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehr.) Cleve	Mar.	-	-	12	1	16	8	7	10	5	8	5	10	-	-	-	-
<i>Thalassiosira lineata</i> Jouse	Mar.	-	1	5	2	8	16	9	9	5	4	8	12	-	-	-	-
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i> Cleve	Mar.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira pacifica</i> Gran et Angst	Mar.	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-
<i>Thalassiosira subtilis</i> (Osten.) Gran	Mar.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira symbolophora</i> Schrader	Mar.	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-

埼玉県三郷市彦糸地区のコア解析結果 (中西ほか)

付録1 続き

Appendix 1 Continued.

<i>Thalassiosira</i> spp.	Mar.	-	-	5	7	18	5	6	11	6	11	13	17	-	-	-	-
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> Grunow	Mar.	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow	Mar.	-	-	1	-	2	1	1	-	3	2	1	3	-	-	-	-
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehr.) Cleve	Mar.	-	1	-	1	1	2	1	1	2	3	7	1	-	-	-	-
<i>Tryblioptychus cocconeiformis</i> (Cl.) Hendey	Mar.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	14	-	-	-	-
<i>Amphora arenicola</i> var. <i>oculata</i> Cleve	Mar.-Bra.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amphora wisei</i> (Salah) Simonsen	Mar.-Bra.	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amphora</i> spp.	Mar.-Bra.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg	Mar.-Bra.	-	1	4	3	3	11	3	-	2	1	-	-	-	-	-	-
<i>Cyclotella caspia</i> Grunow	Mar.-Bra.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyclotella striata</i> (Kuetz.) Grunow in Cleve & Grunow	Mar.-Bra.	-	10	16	15	19	18	22	38	32	29	29	36	-	-	1	-
<i>Cyclotella striata</i> var. <i>subsalina</i> Grunow	Mar.-Bra.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-
<i>Cyclotella striata</i> -C. <i>stylorum</i>	Mar.-Bra.	-	4	10	2	6	2	13	21	20	17	10	12	1	-	-	-
<i>Cyclotella stylorum</i> Brightwell	Mar.-Bra.	-	-	-	1	-	1	-	2	2	2	1	-	-	-	-	-
<i>Delphineis angustata</i> (Paufoeseck) Andrews	Mar.-Bra.	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Delphineis surirella</i> (Ehr.) Andrews	Mar.-Bra.	-	-	3	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Delphineis surirella</i> var. <i>australis</i> (Ehr.) Andrews	Mar.-Bra.	-	2	-	1	-	-	1	1	1	-	1	-	-	-	-	-
<i>Diploneis bombus</i> (Ehr.) Ehrenb ex Cleve	Mar.-Bra.	-	-	-	1	-	-	2	5	-	-	4	4	-	-	-	-
<i>Diploneis interrupta</i> (Kuetz.) Cleve	Mar.-Bra.	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diploneis smithii</i> (Breb ex W.Smith) Cleve	Mar.-Bra.	-	-	1	-	-	1	1	1	2	-	1	-	-	-	-	-
<i>Hantzschia marina</i> (Donk.) Grunow	Mar.-Bra.	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula alpha</i> Cleve	Mar.-Bra.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula formenterae</i> Cleve	Mar.-Bra.	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula marina</i> Ralfs	Mar.-Bra.	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula</i> spp.	Mar.-Bra.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia apiculata</i> (Greg.) Grunow	Mar.-Bra.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia coarctata</i> Grunow in Cleve & Grunow	Mar.-Bra.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia scalaris</i> (Ehr.e.p.) W.Smith	Mar.-Bra.	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia</i> spp.	Mar.-Bra.	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Achnanthes brevipes</i> Agardh	Bra.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Achnanthes delicatula</i> (Kuetzing) Grunow in Cleve & Grunow	Bra.	-	-	-	-	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Achnanthes haukiana</i> Grunow in Cleve & Grunow	Bra.	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-
<i>Amphora delphinea</i> var. <i>minor</i> Cleve	Bra.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amphora</i> spp.	Bra.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Caloneis rhombica</i> H.Kobayashi	Bra.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diploneis pseudovalis</i> Hustedt	Bra.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fragilaria subsalina</i> (Grun.) Lange-Bertalot	Bra.	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fragilaria</i> spp.	Bra.	-	-	-	-	2	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema exignum</i> Kuetzing	Bra.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema</i> spp.	Bra.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mastogloia</i> spp.	Bra.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Melosira nummuloides</i> (Dillw.) C.A.Agardh	Bra.	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia cocconeiformis</i> Grunow in Cleve & Grunow	Bra.	-	-	-	1	-	1	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-
<i>Nitzschia granulata</i> Grunow	Bra.	-	-	1	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia littoralis</i> Grunow	Bra.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Nitzschia lorenziana</i> var. <i>subtilis</i> Grunow	Bra.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Nitzschia</i> spp.	Bra.	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ophephora marysi</i> Heribaud	Bra.	-	1	-	-	-	-	1	1	2	2	3	1	-	-	1	-
<i>Pseudopodosira kosugii</i> Tanimura et Sato	Bra.	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhopalodia musculus</i> (Kuetz.) O.Muller	Bra.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

付録1 続き

Appendix 1 Continued.

<i>Thalassiosira lacustris</i> (Grun.) Hasle	Bra.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	1	-
<i>Fragilaria construens</i> fo. <i>subsalina</i> (Hust.) Hustedt	Bra.-Fre.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula capitata</i> Ehrenberg	Bra.-Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula cincta</i> (Ehr.) Ralfs	Bra.-Fre.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula veneta</i> Kuetzing	Bra.-Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kuetz.) Grunow	Bra.-Fre.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia levidensis</i> var. <i>victoriae</i> (Grun.) Cholnoky	Bra.-Fre.	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehr.) O.Muller	Bra.-Fre.	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	28
<i>Achnanthes clevei</i> Grunow	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Achnanthes convergens</i> H.Kobayasi	Fre.	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Achnanthes crenulata</i> Grunow	Fre.	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Achnanthes inflata</i> (Kuetz.) Grunow	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Achnanthes japonica</i> H.Kobayasi	Fre.	12	-	6	2	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1	-
<i>Achnanthes lanceolata</i> (Breb.) Grunow	Fre.	12	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-
<i>Achnanthes minutissima</i> Kuetzing	Fre.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Achnanthes tropica</i> Hustedt	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Amphora ovalis</i> var. <i>affinis</i> (Kuetz.) Van Heurck	Fre.	9	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	11
<i>Amphora pediculus</i> (Kuetz.) Grunow	Fre.	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grun.) Simonsen	Fre.	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehr.) Simonsen	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Simonsen	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Aulacoseira italica</i> (Ehr.) Simonsen	Fre.	15	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	5	6	-
<i>Aulacoseira italica</i> var. <i>tenissima</i> (Grun.) Simonsen	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aulacoseira italica</i> var. <i>valida</i> (Grun.) Simonsen	Fre.	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Caloneis bacillum</i> (Grun.) Cleve	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Caloneis leptosoma</i> Krammer & Lange-Bertalot	Fre.	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Caloneis</i> spp.	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-
<i>Ceratoneis arcus</i> Kuetzing	Fre.	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratoneis arcus</i> var. <i>hattoriana</i> Meister	Fre.	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratoneis arcus</i> var. <i>recta</i> (Cl.) Krasske	Fre.	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cocconeis placentula</i> (Ehr.) Cleve	Fre.	13	-	-	1	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	12	13	-
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>egyptia</i> (Ehr.) Cleve	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehr.) Cleve	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	-
<i>Cyclotella comta</i> (Ehr.) Kuetzing	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cymbella affinis</i> Kuetzing	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cymbella amphioxys</i> (Kuetz.) Cleve	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cymbella aspera</i> (Ehr.) Cleve	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Cymbella leptoceros</i> (Ehr.) Kuetzing	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Cymbella minuta</i> Hilse ex Rabh.	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Cymbella naviculiformis</i> Auerswald	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2
<i>Cymbella silesiaca</i> Bleisch	Fre.	10	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2	2	13
<i>Cymbella sinuata</i> Gregory	Fre.	12	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-
<i>Cymbella subaequalis</i> Grunow	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
<i>Cymbella tumida</i> (Breb. ex Kuetz.) Ven Heurck	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Cymbella turgidula</i> Grunow	Fre.	8	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-
<i>Cymbella turgidula</i> var. <i>nipponica</i> Skvortzow	Fre.	14	-	3	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	6	4	-
<i>Cymbella</i> spp.	Fre.	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	4
<i>Diatoma hyemale</i> var. <i>mesodon</i> (Ehr.) Grunow	Fre.	6	3	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-

埼玉県三郷市彦糸地区のコア解析結果 (中西ほか)

付録1 続き

Appendix 1 Continued.

<i>Diploneis parva</i> Cleve	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>Diploneis yatakaensis</i> Horikawa et Okuno	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Diploneis</i> spp.	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Epithemia adnata</i> (Kuetz.) Brebisson	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	19	8	1
<i>Epithemia turgida</i> (Ehr.) Kuetzing	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	1	-
<i>Epithemia turgida</i> var. <i>westermanni</i> (Ehr.) Grunow	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	3	-
<i>Epithemia</i> spp.	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	1	-	-
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehr.) Mills	Fre.	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2
<i>Eunotia formica</i> Ehrenberg	Fre.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eunotia incisa</i> W.Smith ex Gregory	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>Eunotia pectinalis</i> (Dillwyn) Rabenhorst	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Eunotia pectinalis</i> var. <i>minor</i> (Kuetz.) Rabenhorst	Fre.	2	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
<i>Eunotia pectinalis</i> var. <i>undulata</i> (Ralfs) Rabenhorst	Fre.	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Eunotia praerupta</i> Ehrenberg	Fre.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Eunotia praerupta</i> var. <i>bidens</i> (Ehrebeg) Grunow	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Eunotia</i> spp.	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	3
<i>Fragilaria bicapitata</i> A.Mayer	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Fragilaria construens</i> (Ehr.) Grunow	Fre.	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>Fragilaria construens</i> fo. <i>binodis</i> (Ehr.) Hustedt	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fragilaria construens</i> fo. <i>venter</i> (Ehr.) Hustedt	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fragilaria construens</i> var. <i>triundulata</i> Reichelt	Fre.	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Fragilaria intermedia</i> Grunow	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Fragilaria parasitica</i> (W.Smith) Grunow	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Fragilaria pinnata</i> var. <i>lanceolata</i> (Schum.) Hustedt	Fre.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	Fre.	5	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	5	12	6	-
<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kuetz.) Petersen	Fre.	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1	-	-
<i>Fragilaria virescens</i> Ralfs	Fre.	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>Fragilaria virescens</i> var. <i>capitata</i> Oestrup	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fragilaria</i> spp.	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2
<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwait.) De Toni	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kuetz.) Rabenhorst	Fre.	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema angustum</i> Agardh	Fre.	10	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	4	1
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Gomphonema clevei</i> Fricke	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kuetzing) Kuetzing	Fre.	5	1	-	1	1	-	-	-	-	1	-	-	1	3	4	-
<i>Gomphonema quadripunctatum</i> (Oestrup.) Wislouch	Fre.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-
<i>Gomphonema sumatrense</i> Fricke	Fre.	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Gomphonema</i> spp.	Fre.	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
<i>Gyrosigma scalproides</i> (Rabh.) Cleve	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Gyrosigma spencerii</i> (W.Smith) Cleve	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-
<i>Gyrosigma</i> spp.	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grunow	Fre.	6	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	8	8	23	-
<i>Hantzschia amphioxys</i> var. <i>capitata</i> O.Muller	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hantzschia vivax</i> (W.Smith) M.Prealgallo	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Melosira varians</i> Agardh	Fre.	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Meridion circulare</i> var. <i>constrictum</i> (Ralfs) Van Heurck	Fre.	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Navicula contenta</i> Grunow	Fre.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-

付録1 続き

Appendix 1 Continued.

<i>Navicula contenta</i> fo. <i>biceps</i> (Amott) Hustedt	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	
<i>Navicula decussis</i> Oestrup	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
<i>Navicula elginensis</i> (Greg.) Ralfs	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	
<i>Navicula elginensis</i> var. <i>cuneata</i> H.Kobayasi	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	
<i>Navicula elginensis</i> var. <i>neglecta</i> (Krass.) Patrick	Fre.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Navicula hasta</i> Pantosek	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	1	-	
<i>Navicula mutica</i> Kuetzing	Fre.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	5	
<i>Navicula plausibilis</i> Hustedt	Fre.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Navicula radiosa</i> Kuetzing	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
<i>Navicula reinhardtii</i> Grunow	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kuetzing	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
<i>Navicula seminulum</i> Grunow	Fre.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Navicula trivialis</i> Lange-Bertalot	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Navicula viridula</i> (Kutz.) Kuetzing	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Navicula viridula</i> var. <i>rostellata</i> (Kuetz.) Cleve	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	
<i>Navicula</i> spp.	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2
<i>Neidium ampliatum</i> (Ehr.) Krammer	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	
<i>Nitzschia brevissima</i> Grunow	Fre.	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
<i>Orthoseira rooseana</i> (Rabenhorst.) O'Meara	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
<i>Pinnularia acrosphaeria</i> W. Smith	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	
<i>Pinnularia borealis</i> var. <i>rectangularis</i> Carlson	Fre.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	
<i>Pinnularia brevicostata</i> var. <i>sumatrana</i> Hustedt	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
<i>Pinnularia gibba</i> Ehrenberg	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehr.) Cleve	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
<i>Pinnularia obscura</i> Krasske	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
<i>Pinnularia rupestris</i> Hantzsch	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	
<i>Pinnularia schroederii</i> (Hust.) Krammer	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
<i>Pinnularia stomatophora</i> (Grun.) Cleve	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	
<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	8	
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitz.) Ehrenberg	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	
<i>Pinnularia</i> spp.	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	7	
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Ag.) Lang-Bertalot	Fre.	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehr.) O. Muller	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2	2	
<i>Rhopalodia quismirgiana</i> Skvortzow	Fre.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Sellaphora americana</i> (Ehr.) Mann	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	
<i>Sellaphora laevis</i> (Kutz.) Mann	Fre.	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Sellaphora pupula</i> (Kutz.) Mereschkowsky	Fre.	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	14	
<i>Stauroneis lauenburgiana</i> fo. <i>angulata</i> Hustedt	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
<i>Stauroneis obtusa</i> Lagerst	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitz.) Ehrenberg	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	
<i>Stauroneis smithii</i> Grunow	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Surirella</i> spp.	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngb.) Kuetzing	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2	-	2	
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kuetzing	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
Marine diatoms	Mar.	0	37	147	153	159	161	150	127	143	145	163	192	2	1	0	1		
Marine-brackish diatoms	Mar.-Bra.	0	20	36	26	34	35	45	68	64	49	47	55	1	0	1	0		
Brackish diatoms	Bra.	0	3	7	4	5	1	6	7	6	2	4	2	0	5	4	0		
Brackish-freshwater diatoms	Bra.-Fre.	3	0	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	28		
Freshwater diatoms	Fre.	205	6	19	18	7	7	6	5	1	0	3	0	15	136	131	175		
Amounts of all species		208	66	211	203	206	205	208	207	214	196	217	249	18	144	138	204		

埼玉県春日部市東備後地区に分布する沖積層の 堆積相, 珪藻化石群集, 物性, 放射性炭素年代値

中西利典¹・田辺 晋²・木村克己^{2,*}・中島 礼²・内山美恵子³・柴田康行⁴

Toshimichi Nakanishi, Susumu Tanabe, Katsumi Kimura, Rei Nakashima, Mieko Uchiyama, Yasuyuki Shibata (2011) Sedimentary facies, diatom assemblages, physical properties and radiocarbon ages of the latest Pleistocene to Holocene incised valley fills under the central area of the Nakagawa Lowland, Kanto Plain, central Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 62 (1/2), p. 47-84, 10 figs, 4 tables, 1 plate, 1 appendix tables.

Abstract: Heavy collapse damage of wooden houses had been reported in some area of the Nakagawa Lowland in the eastern part of Saitama Prefecture, about 100 km distant from the hypocenter of the AD 1923 Great Kanto earthquake. To examine the geology of shallow under ground (less than 50 m depth) in the heavy damaged area, we analyzed the sedimentary facies, diatom assemblages, physical properties, and AMS radiocarbon ages in the latest Pleistocene to Holocene incised-valley sediments at the kasukabe city. On the result, we recognized seven sedimentary facies; braided river channel fills, meandering river floodplain sediments, tidal flat sediments, tide-influenced transgressive shallow marine sediments, upward-shallowing marine sediments, salt marsh sediments, and modern river channel fill to floodplain sediments, in ascending order. Muddy sediments are observed in the depth range of 0-20 m. These sediments are characterized by low-density, high-water-contents, and low-SPT-N-value. They accumulated at the rate of 0.5 mm/yr since 9,000 cal BP in the Inner Tokyo Bay. These soft sediments should be especially attended for future large earthquakes.

Keywords: muddy bay sediment, sedimentary facies, diatom, physical properties, AMS radiocarbon ages, late Pleistocene to Holocene, incised valley, Nakagawa Lowland

要 旨

埼玉県東部の中川低地一帯では、1923年の大正関東地震の際に震源から100km程度離れているにもかかわらず震度7に相当する家屋の倒壊被害が報告されている。この被害の大きい地域に分布する沖積層の特徴及びその成因を調べることを目的にして、春日部市備後東地区で掘削したボーリングコア試料(GS-KBH-1)を用いて、堆積相・珪藻化石群集組成・物性・AMS放射性炭素年代値について検討した。その結果、沖積層は下位から、網状河川流路、蛇行河川の氾濫原、干潟、潮汐の影響した上方深海化する浅海底、上方浅海化する浅海底、塩水湿地、現世河川流路～氾濫原の合計6つの堆積相が認定できる。表層～深度20m以上に分布する泥層は、9,000 cal BP～現世にかけて0.5 mm/yr程度のほぼ一定した堆積速度で徐々に形成されており、低密度・高含水率・低N値

の特徴を有する。このような軟弱な泥層は、奥東京湾から現在の低地へと移り変わる過程で形成されたものであると考えられる。こうした泥層が分布する地域でも近年では都市化が進行しているため、将来発生する大規模地震の際には強震動について留意する必要がある。

1. はじめに

埼玉県東部に分布する中川低地の中央部の地下には、最終氷期最寒冷期までの海水準低下により下刻された開析谷がほぼ北-南方向に伏在しており、その谷は河川成と海成の層厚50m以下の沖積層で充填されている(森川, 1962; Matsuda, 1974; Endo *et al.*, 1982; 遠藤ほか, 1983, 1988a,b, 1992; 埼玉県, 1995; 中西ほか, 2007) (第1図a,b)。この地域の沖積層は、中川低地南部のものと比較して泥がちでN値が低い軟弱な地層が卓越して分布

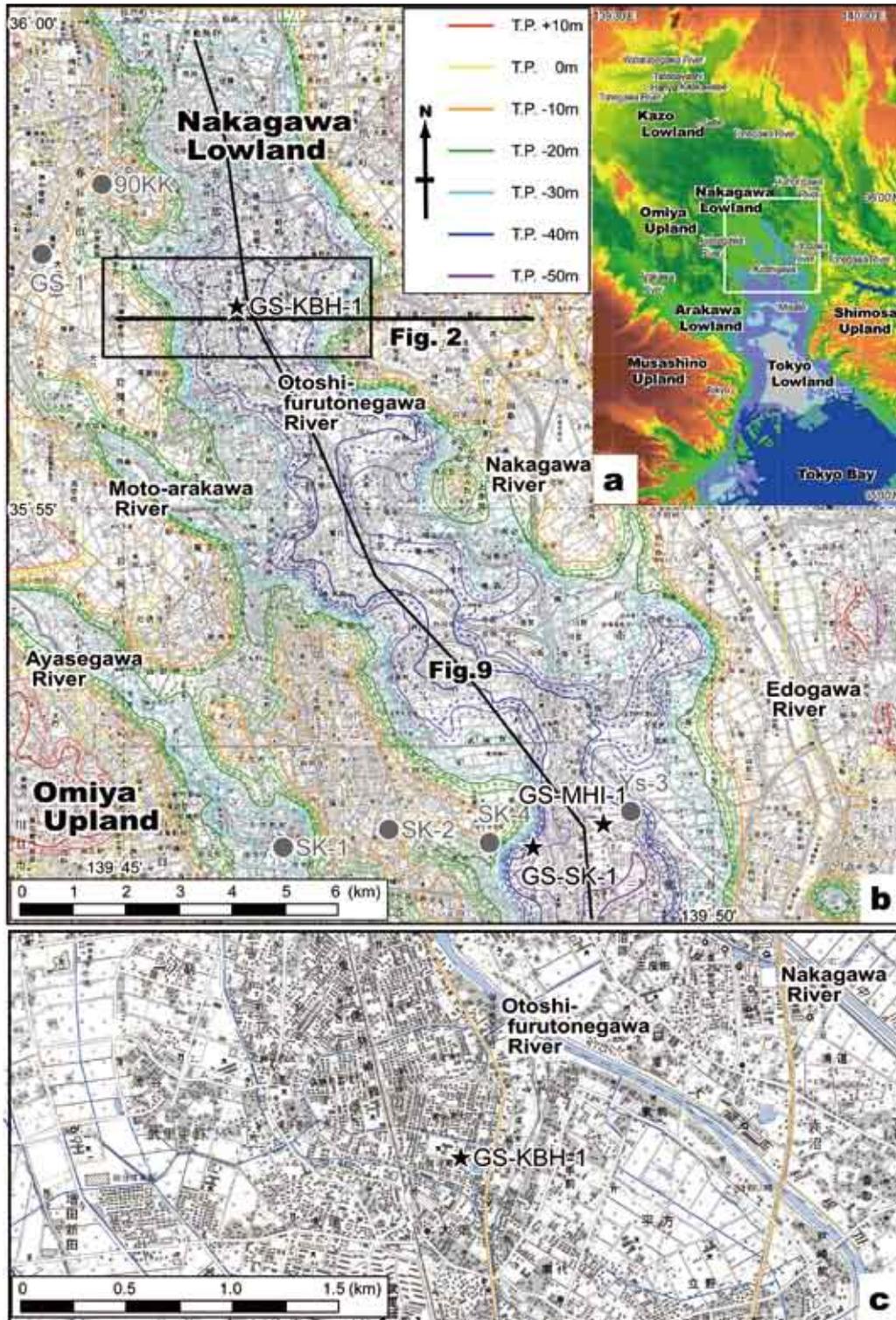
¹韓国地質資源研究院 (Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Gajeong-dong 30, Yuseong-gu, Daejeon, 305-350 Korea)

²地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Institute of Geology and Geoinformation)

³都留文科大学 (Tsuru University, 3-8-1 Tahara, Tsuru, 402-8555 Japan)

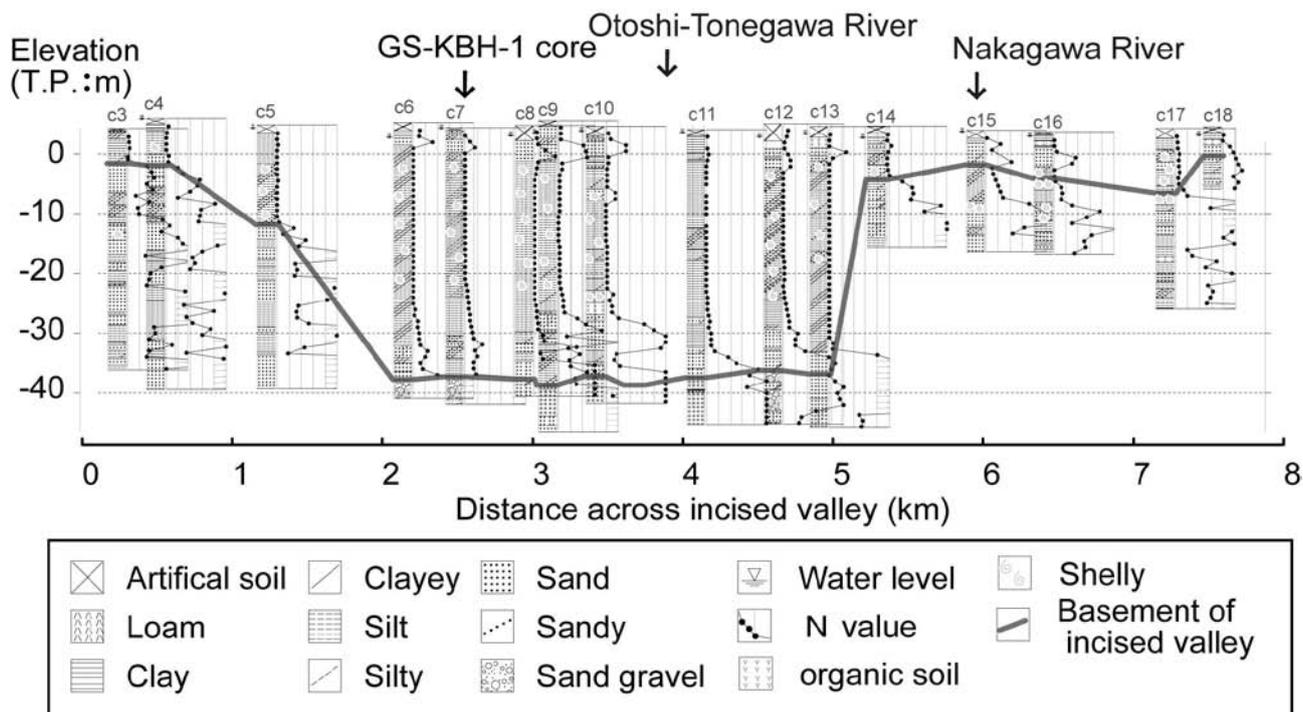
⁴国立環境研究所 (National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki, 305-8506 Japan)

*Corresponding author: K. KIMURA, Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: k.kimura@aist.go.jp



第1図 関東平野中央部の地形(a)と中川低地中部地域の沖積層基底面分布(b)、GS-KBH-1コア掘削地点(c)。第1図aは国土地理院数値地図50mメッシュ(標高;日本Ⅱ)を使用してカシミール3Dで作成した。第1図bは中西ほか(2007)を引用して、GS-KBH-1コアと既存ボーリング(GI-1コア:福田, 1962; 90KKコア:堀口, 1994; SK-1, SK-2, SK-4コア:小杉, 1988a; Ms-3, Ys-3コア:遠藤ほか, 1992とGS-SK-1コア:石原ほか, 2004a; GS-MHI-1コア:中西ほか, 2011)の掘削位置を示す。第1図cは国土地理院数値地図1/25,000越谷を使用した。

Fig. 1 Topography maps of central Kanto plain (a) and the incised-valley which were formed until the last glacial maximum under the central Nakagawa Lowland (b), and locality map of the GS-KBH-1 coring site (c). The topography map (a) is illustrated by Kashmir 3D and digital map of 50 m-mesh elevation from Geographical Survey Institute. The topographic map of incised-valley (b) is after Nakanishi *et al.* (2007), and localities of the GS-KBH-1 and existed (GS-1 core: Fukuda, 1962, 90KK core: Horiguchi, 1994, SK-1, SK-2, SK-4 cores: Kosugi, 1988a, Ys-3 cores: Endo *et al.*, 1992, GS-SK-1: Ishihara *et al.*, 2004, and GS-MHI-1 core: Nakanishi *et al.*, 2011) are indicated. The geographic map (c) is after GSI, digital map image 1/25,000, Koshigaya.



第2図 中西ほか (2007) による中川低地中部地域の沖積層地質断面図. 断面の位置は第1図に示す.

Fig. 2 Geological cross sections of the latest Pleistocene to Holocene incised-valley fills under the southern Nakagawa lowland after Nakanishi *et al.* (2007). See Fig. 1 for location.

する (遠藤ほか, 1983; 中西ほか, 2007) (第2図). また, 埼玉県春日部市付近では1923年の大正関東地震の際に震源から約100km離れているにもかかわらず, 震度7級の木造家屋の倒壊率が検出されている (角田・堀口, 1981; 武村・諸井, 2002). この地域の沖積層層序はこれまで詳しく検討されておらず, これまで産業技術総合研究所地質調査総合センターの都市地質研究プロジェクト (木村, 2004, 2006) が検討してきた地域の最北端に位置する. この地域の浅層地質の物性値とその形成要因を調べて, 将来発生する大規模地震の際の被害予測をおこなう上での基盤となる地質情報を得ることを目的にして, 層序ボーリング調査を実施した. その結果得られた堆積相・珪藻化石群集組成・堆積物物性値・放射性炭素年代値について記載して, これらを南方の三郷市で得られたボーリングコア (GS-MHI-1) での解析結果 (中西ほか, 2011) と対比する. また, 両コアの対比結果を春日部市~三郷市の地下の開析谷中軸部で収集した既存土質柱状図に照合して, 開析谷の上下流方向における堆積システムの分布とその特徴について検討する.

2. 研究史及び概要

2.1 春日部市付近の地形と水系

中川低地は関東平野のほぼ中央部の埼玉県東部に位置

しており, 西の大宮台地や加須低地及び東の下総台地に挟まれた沖積低地である. 北には埼玉・栃木県境を介して渡良瀬川沿いの低地, 南には東京低地が分布する (堀口, 1986). 中川低地はほぼ北~南方向に伸びる中川水系に沿う長さ55km・幅14kmの狭長な形状を示す. 春日部市は中川低地のほぼ中央部に位置しており, その標高はT.P.+5m程度である. また, 春日部市付近の中川水系は, 東方から順に中川・大落古利根川・新方川・元荒川によって構成されており, 蛇行河川が形成した自然堤防や河畔砂丘がよく発達する (第1図c). なお, この論文では埼玉県越谷市付近を中川低地中部, 以南を中川低地南部とする.

歴史時代の中川水系は鎌倉時代以降の人工改変や浅間山の噴火によって流路を変化させている (大熊, 1981a,b). 特にAD1654年の赤堀川開削完了以前の中川水系は現在の渡良瀬川・利根川・元荒川の流路であった (埼玉県, 1993). また, それ以前には, 群馬県館林市から埼玉県羽生市付近における既存ボーリング試料の解釈や埋没段丘上の泥炭層の暦年未校正の放射性炭素年代測定結果に基づいて, 約4,000~3,000年前以前の利根川は現在の荒川水系を流下していたと推定されている (菊地, 1979, 1981; 平井, 1983). この約4,000~3,000年前を境とする現在の荒川水系から中川水系への流路変更の影響を受けて, 加須低地では台地もしくは埋没段丘

上での氾濫原堆積物の形成が2,000年前頃に開始して、1,500年前頃には堆積物供給が増加したと考えられている(江口・村田, 1999)。

2.2 中川低地の地質地盤

これまで中川低地中部の沖積層については、既存土質柱状図に記載された土質区分と標準貫入試験のN値を解釈すること(遠藤ほか, 1983, 1988a,b, 1992)と、実際にボーリングコアを採取して分析すること(福田, 1962; 堀口, 1994; 遠藤ほか, 1992)によって、その分布と層序が検討されてきた。中川低地中部～南部の沖積層の基底面分布については約4,000本の既存土質柱状図を基にして検討され(中西ほか, 2007)、三郷市付近の沖積層の層序については中西ほか(2011)に記述されている。以下に春日部市～三郷市北部の沖積層の岩相区分を概観する。

福田(1962)は、春日部市増富地区において天然ガスのボーリングコア試料(GS-1)の解析結果を基にT.P.-26.1mを境界にして洪積層と沖積層に区分した。沖積層は青灰色の砂質粘土及び細粒～中粒砂によって主に構成され、貝や有孔虫の化石が多産して、東京下町の有楽町層に対比された。

堀口(1994)は、春日部市谷原地区においてボーリングコア試料(90KK)の解析結果を基にT.P.-29mを境界にして洪積層と沖積層に、T.P.-23.3mを境界にして七号地層と有楽町層に区分した。七号地層は下位から中粒砂層・シルト層・砂質シルト～極細粒砂層・シルト質砂～中粒砂層によって構成され、貝化石を含まず淡水生珪藻化石を多く含むとした。一方、有楽町層は下位からシルト質粘土層・シルト層・砂質シルト層で構成され、下部～中部の泥質層からは貝・カニのハサミ・有孔虫・海生珪藻の化石が産出して、上部の砂質シルト層から淡水生珪藻化石や泥炭層が認められるとした。

Endo *et al.* (1982) や遠藤ほか(1983, 1988a,b)は中川・荒川低地、鬼怒川・小貝低地、桜川低地などで収集した約5万本のボーリング資料の解釈と1,000本以上のサンプルの観察結果を基にして、沖積層の層序と分布を推定した。春日部市付近のボーリングコアの解析結果については具体的に示されていないが、下位から、沖積層基底礫層、七号地層、完新世基底礫層、有楽町層の下部層と上部層に区分した。

中西ほか(2011)は三郷市彦成地区で掘削されたボーリングコア(GS-MHI-1:以下MHI)の堆積相・珪藻化石群集・堆積物物性値・放射性炭素年代測定の実施した。沖積層は下位から、T.P.-49.8～-46.7mの礫質支持と基質支持の砂礫層の互層(網状河川流路堆積物)、T.P.-46.7～-36.5mの砂層を挟在する植物片まじり泥層(蛇行河川氾濫原堆積物)、T.P.-36.5～-31.0mの砂層から泥層へと上方細粒化する地層(潮汐の影響した流路充

填堆積物)、T.P.-31.0～-27.6mの貝殻まじり泥砂細互層(潮汐の影響した上方深海化する浅海底堆積物)、T.P.-27.6～-20.9mの貝殻まじり泥層(上方浅海化する浅海底堆積物)、T.P.-20.9～-5.1mの貝殻まじり泥砂細互層(潮汐の影響した上方浅海化する浅海底堆積物)、T.P.-5.1～+1.5mの砂層から泥層へと上方細粒化する地層(現世河川の流路～氾濫原堆積物)に区分された。そして、これらの堆積相と堆積年代の結果を谷西縁部のGS-SK-1コア(石原ほか, 2004a)や両コアの掘削地点間とその延長線上で収集した既存土質柱状図と対比して、10～4cal kyr BPにT.P.-34m以浅において最大20m以上の非対称な開析谷の埋積があったことを示した。

3. KBHコアの掘削と分析方法

3.1 ボーリングコアの掘削地点

総掘進長49.90mのGS-KBH-1コア(以下KBH)は埼玉県春日部市備後東地区の春日部市立正善小学校(世界測地系;北緯35度57分5.7秒,東経139度46分25.6秒;標高T.P.+5.36m;第1図c)において2005年6月に掘削された。掘削地点は現在人工造成がされており、1:25,000土地条件図「野田」によると自然堤防の縁辺部に分類されている(国土地理院, 1972)。また、掘削地点は既存土質柱状図資料の検討によると最終氷期最寒冷期までに形成された開析谷の中軸部に位置する(第1図b)。

3.2 掘削方法

総掘進長49.90mのKBHコアは、中央開発株式会社によって掘削され、回収率は97.0%であった。掘削方法は、埋設管の有無を確認するために深度1.3mまでは手掘りした後、深度1.30～3.00m・4.74～5.74m・20.95～41.95mでは外径8.6cm・内径7.5cmのスリーブ内蔵単管サンプラーを打撃で押し込みながら1mピッチで掘削した。一方、深度3.00～4.74mと5.74～20.95mでは化学分析や微生物分析を実施するために、内径7.5cmのシンウォール水圧式ピストンサンプラーを用いて90cmピッチで採取した。最後に、深度41.95～50.00mでは主に砂礫層で構成されているために、内径6.8cmのスリーブ内蔵単管サンプラーを用いて50cmピッチで打撃掘削した。孔壁を保護するためにイーゾドリルを使用した。なお、深度10.60～11.13m・17.92～18.30m・20.50～20.95mでは、未半割のまま化学分析や微生物分析を実施したので、これらの層準の堆積物物性値については γ 線密度値のみを議論する。

3.3 MSCLによる γ 線密度と初磁化率の測定

スリーブ内蔵単管サンプラーで採取した試料は半割した硬質塩化ビニル管に載せた状態で、シンウォール水圧式ピストンサンプラーで採取した試料はシンウォール管

に密閉した状態で、産業技術総合研究所地質情報研究部門のGeotek社製のMulti-Sensor Core Logger：MSCL（池原，2000；Geotek Ltd.，2004）を用いて、 γ 線密度と初磁化（初期帯磁）率を1cm間隔で自動測定した。370Bqの ^{137}Cs を線源とした γ 線の堆積物透過量を測定した。シンウォール管とビニル管の γ 線遮蔽効果の相違に留意して、アルミ製標準試料の測定値を基にして透過量を密度に換算した。一方、直径125mmのループセンサーで体積初磁化率を測定した。

なお、コア両端約4cm分などでは、試料採取や運搬時にできた亀裂や変形に起因すると考えられる低密度値が検出された。これらの異常値はコア試料の観察結果と照合して削除した。また、シンウォール管は初磁化率のばらつきが大きすぎるので、深度3.00～4.74mと5.74～20.95mの体積初磁化率は議論しない。そのため、本論では初磁化率値は後述するキューブ試料の湿潤重量磁化率値を主に用いる。測定点数の合計は γ 線密度が4,174点、体積初磁化率が2,651点である。

3.4 土色測定

コア試料の半裁後に長さ20cm毎に写真撮影して、コニカミノルタホールディングス社製の土色計SPAD-503を用いて旭化成株式会社製のサララップごしのCIE1976：JIS Z 8729（L*・a*・b*）表色系を深度49.85～1.35mから5cm間隔で合計866点測定した。2回以上測定して再現性を確認した。

3.5 観察・軟X線写真撮影とハギトリ試料の作成

半裁面を観察して岩相・岩相境界の特徴・堆積構造・粒度・構成粒子の支持様式・植物と貝化石の有無・色調を記載した。植物片と貝殻片の相対的な含有度を5段階：含まない<わずかに含む<含む<多い<密集に1cm単位で評価した。岩相観察後の試料を用いて軟X線写真を撮影した。撮影用試料は、厚さ1cm・長さ25cmまたは20cm・幅6cmのアクリルケースを整形したコアに押し当てて連続採取した。このスラブ試料を増感紙と印画紙入りのカセットに載せて、管電圧50kvp・4mAで発生させたX線を40秒間照射して写真撮影をした。また、スラブ試料採取後、ハギトリ試料を作成した。まず、整形したコア表面に、東邦化学工業株式会社製のグラウト剤OH-1Aを水で10～5倍に希釈した溶剤を塗布して表面を固結させた。グラウト剤の塗布と同時に、裏打ち布をコア表面に載せて乾燥後に試料を剥がし易くした。一時間程度乾燥させた後に剥ぎ取った試料をプラスチック板に貼り付けた。

3.6 分析試料の採取

もう一方の半裁試料では、簡易記載した後に、間隙水分析・貝形虫分析・土質工学試験試料を採取した後、以

下に記す分析や放射性炭素年代測定のための試料を採取した。各種分析や試験用紙料は20cm間隔で真空パックにしてそれぞれ冷蔵保存用試料した。また、貝化石が含まれている層準では後述する手順でそれらを採取した。コア先端部や孔壁付近の層準では、コア採取時に生じた攪乱などの人為的影響が確認される場合があるので、試料採取時に特に留意した。堆積物物性の測定や珪藻化石分析のために、夏原技研製造の容積 $6.86 \pm 0.04 \text{ cm}^3$ （ $n=20$ ；以下の議論では誤差は標準偏差： $\pm 1\sigma$ で示す）のプラスチックキューブを用いて、約5cm間隔で試料採取した。均質な体積の確保が困難な礫層ではキューブ試料を採取しなかった。なお、以下の議論では2cm以上の深度幅で採取された試料を記載する場合には、その深度の中心値を用いる。

3.7 キューブによる密度・含水率・初磁化率・粒度の測定

半裁したKBHコアの深度49.75～1.83mにおいて、5cm間隔で採取した合計639個のプラスチックキューブ試料を用いて、湿潤と乾燥かさ密度測定・含水率と含水比測定・初磁化率測定・粒度分析を実施した。まず、採取直後の湿潤キューブ試料の重量と初磁化率を測定した。初磁化率はBartington社製MS-2で測定して、湿潤重量磁化率を計算した。次に、60℃で2日間乾燥して、乾燥かさ密度・含水率を求めた。最後に、乾燥キューブ試料を20cm間隔で合計236個選定して、目開き63 μm と125 μm の篩と超音波洗浄機を使用して泥（粘土とシルト）と極細粒砂と極細粒砂より粗い粒径の粒子に篩い分けた。泥以外の残渣の乾燥重量を測定して、各粒径粒子の含有率を求めた。なお、キューブ試料をほとんど採取していない深度48.10～42.30mでは、袋詰め試料を用いて含水率と粒度を検討した。

3.8 貝化石の同定

コア半裁時に確認できた0.5cm大以上の貝化石を同定した。試料採取時には化石を壊さないように留意して最大100g程度の大きな塊とした。なお、生息姿勢を保った貝や合弁の個体は、年代測定用の試料にするために別個に取り扱った。超音波洗浄された貝化石は、奥谷(2000)と中島ほか(2004, 2006)に基づいて分類され、それらの生態から堆積環境を推定した。

3.9 珪藻化石群集組成解析

KBHコア試料では、堆積環境を代表する10層準の未乾燥なキューブ試料を用いて、珪藻化石群集を検討した。珪藻化石分析はパリノ・サーヴェイ株式会社に依頼して、柳沢(2000)に準拠した手順で実施した。まず、0.2～1.5gの湿潤試料をビーカーに採取して、その乾燥重量を測定した。次に、濃度15%の H_2O_2 水溶液と1規定HCl水

溶液により有機物を分解・漂白して試料の泥化した後、分散剤を加えた蒸留水中に放置して、水が中性になるまで水替えした。それらの試料を乾燥させて重量を測定して、100mlの蒸留水を加えて攪拌状態にして0.3 ml分をマイクロピペットで採取した。それを15×15mmのカバークラスの上に展開して静かに乾燥させ、封入剤（プリウラックス）でスライドガラスに貼り付けてプレパラートを作成した。油浸600倍または1,000倍で検鏡し、メカニカルステージで200個体以上の珪藻化石を同定・計数した。更に全面を精査して含有珪藻殻数を計数して、堆積物1g中の殻数を計算した。珪藻の同定と種の生態については、Hustedt (1930, 1937-1938, 1961-1966) や Kammer and Lange-Bertalot (1985, 1986, 1988, 1991a,b) などにに基づき、海生、海生-汽水生、汽水生、汽水生-淡水生、淡水生に区分した。また、含有率が高い淡水生種については、流水性、流水不定性、止水性、好気性に棲息様式毎で細分した (Hustedt, 1937-1938)。

3.10 AMS放射性炭素年代測定

加速器質量分析 (Accelerator mass spectrometry : AMS) 法で放射性炭素年代を測定して、堆積物に含まれる合計56個の植物や貝の死滅した年代値を計測して地層の形成年代を推定した。

年代測定用試料は、コア観察や軟X線写真観察の際に人為的影響が確認された層準からは選定しなかった。植物化石については、死滅から堆積までの時間間隙の少ないと推定される摩耗されやすい葉や草を優先的に選定した。次に、変質や変色が少ない褐色の植物片と現地性の植物根を優先した。反対に、破碎作用に強い大型の木材や炭化した植物片は再堆積した可能性が高いので選定しなかった。有機質な氾濫原堆積物では、洗浄時に細根をピンセットで除去して、運搬堆積した0.5mg以上の試料を抽出した。一方、貝化石は、現地性と判断される生息姿勢を保った合弁の個体を優先的に選定した。自生の化石が無い層準では、周囲に多く産出する代表的な種のうちで磨耗しやすい薄い殻を持った個体や光沢が残っているものを選定した。なお、試料生成時の大気中と表層海水中の ^{14}C 濃度の差異に起因した測定年代差を考慮するために、同一層準から植物片と貝化石が産出する場合には両方の試料の年代値を求めた。

年代測定試料は名古屋大学大学院環境学研究科において前処理した。まず、植物試料は1規定HClとNaOH水溶液で、貝化石は重量10%以上に相当する極微量のHCl水溶液で、それぞれ溶解して二次的な汚染を除去した。次に、化学処理後の植物片と CaCO_3 試料を高真空中でガス化して、ガラスライン中で二酸化炭素以外を除去した後、Kitagawa *et al.* (1993) にしたがって水素還元法でグラファイトを精製した。また、National Institute of Standards and TechnologyのOXII及び ^{14}C を含まないDead

試料でも同様な手順でグラファイトを精製した。

それらを用いて国立環境研究所のタンデム加速器 (NIES-TERRA : Yoneda *et al.*, 2004) で $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比と $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比を測定した。同時期に測定されたOXIIとDead試料の値を基にして試料調整の際の同位体分別を除去した。年代値は加速器で測定した $\delta^{13}\text{C}$ 値で補正した $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比を基に計算して、OxCal v3.8 (Bronk Ramsey, 2001 ; Stuiver *et al.*, 1998a, b) で暦年代値に較正して、個々の年代値が持つ暦年確率分布を求めた。貝の年代値を暦年較正する際には $\Delta R = 0 \cdot$ 海洋効果100%とした。以下では注釈をしない限りAD1950 = 0 cal BPの暦年で議論する。

4. KBH コアの堆積相と放射性炭素年代値

KBH コアは、岩相、岩相境界、堆積構造、粒度、粒子の支持様式、珪藻化石、貝化石の各特徴に基づき、下位より堆積相KBH 1～9に区分できる (第3図)。代表的な写真を第4図a-n, 記載に用いる泥分含有率を第3図、珪藻化石の産出頻度を第5図に、代表的な珪藻化石の写真を図版1に、それぞれ示す。なお、すべての化石の産出表を付録1に記す。

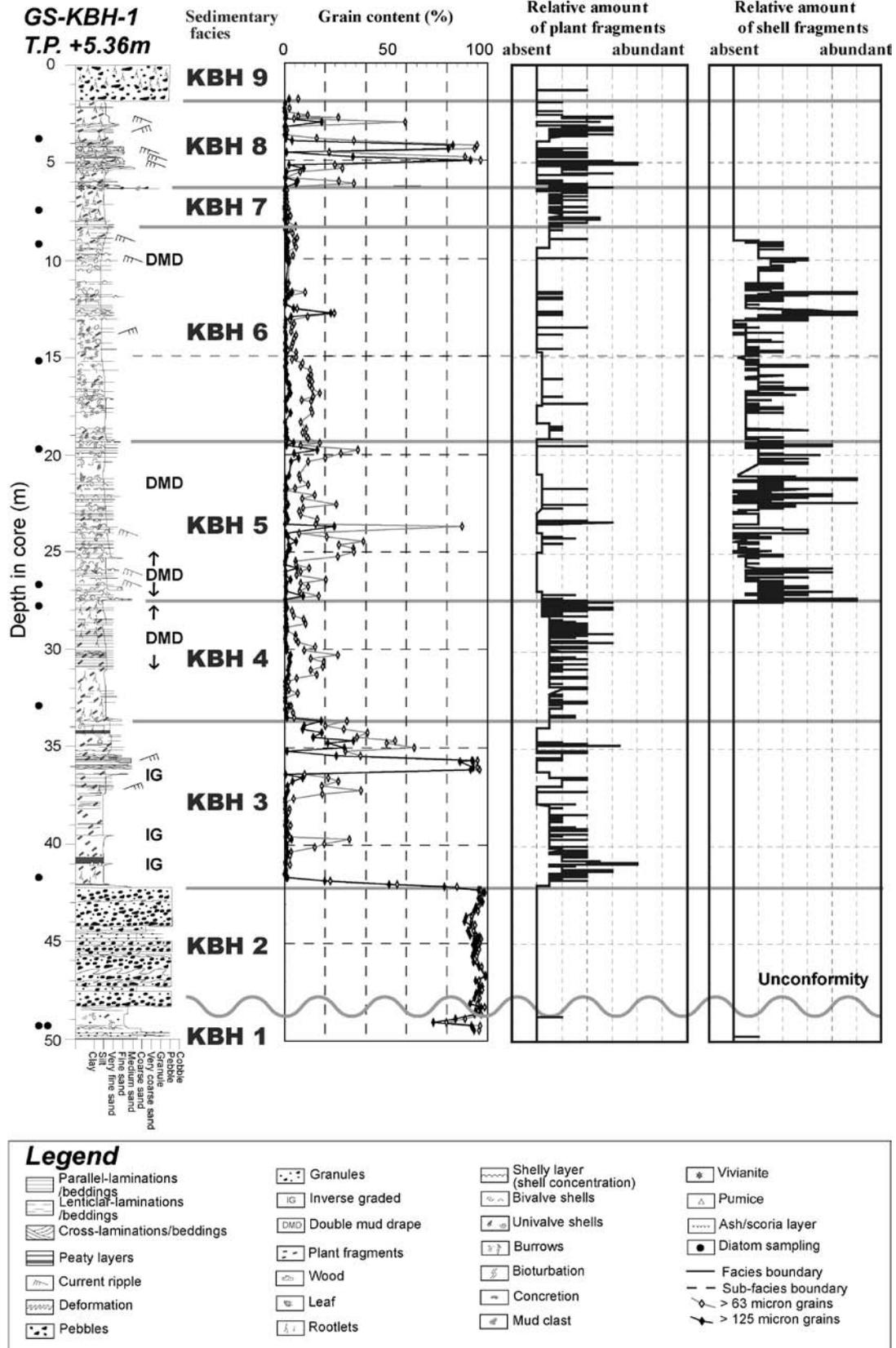
また、KBH コアの深度41.25～2.63mから合計63個のAMS放射性炭素年代値を得た (第1表, 第6図)。堆積相KBH 6からは葉や生息姿勢を保った二枚貝が多く産出したので、特に高密度に年代値を測定した。なお、KBH 1～2では測定に充分な量の試料が得られなかった。

下位から順にKBH 1～8の堆積相の特徴を記載した後それぞれにそれぞれの解釈と年代値について記述する。なお、深度1.9～0.0mのKBH 9は角礫混じりの盛土であるので記載しない。

堆積相KBH 1 (深度:49.9～48.3m; T.P.: -44.5～-42.9m)

記載: KBH 1は、緑色～緑灰色の細～中粒砂から構成され、深度49.50～49.80mでは直径2cm以下の礫混じり砂層を挟む。その泥分含有率は8%程度である (第3図)。深度48.9～49.3mでは砂層中に泥で充填された巣穴と考えられる堆積構造がみられる (第4図a)。深度49.35mと49.22mの泥質な巣穴充填物から抽出した珪藻化石の絶対数量は1g当たり 10^4 個以下であり、海生種の *Paralia sulcata* や海生～汽水生種の *Cyclotella striata* などがわずかに含まれる (第5図)。なお、深度55mまでの掘削層には多くの貝殻片が確認された。

解釈: KBH 1では巣穴がみられ、それを充填する泥質堆積物からは海生～汽水生の珪藻化石群集がわずかに認められるので、浅海底堆積物であると考えられる。後述するように上位のKBH 2は網状河川相であると考えられるので、KBH 1とKBH 2とは不整合関係にあると推定される。また、数km北西の春日部市内牧で掘削された



第3図 GS-KBH-1 コアの堆積柱状図, 放射性炭素年代値, 珪藻化石の検討層準, 堆積相区分とその解釈, 粒度組成.

Fig. 3 Sedimentary column, calibrated ^{14}C ages, sampling points for examination of diatoms, sedimentary facies and the interpretations, and grain contents from the GS-KBH-1 core.

GS-KB-1 コアではT.P.-21m付近に海洋酸素同位体ステージ7に降下したKy3テフラが挟在している(中澤・遠藤, 2000; 中澤ほか, 2003)。したがって, KBH 1は浅海成の中部更新統であると考えられる。

堆積相KBH 2(深度:48.3~42.3m;T.P.: -42.9~-36.9m)

記載: KBH 2は, 層厚が35~300cmの礫質支持層と層厚15~70cmの基質支持層の互層から構成され, 礫質支持層内では数10cm間隔で礫の含有率が変化する(第4図b)。深度48.3mでは, KBH 2の灰色砂礫層が緑灰色の細~中粒砂層からなるKBH 1の上に明瞭な境界面を介して累重する。礫は直径5cm以下で円磨されたものが多く, 基質は極粗粒~中粒砂が主体であり, 泥分含有率は4%程度である(第3図)。貝化石や植物片は含まれない。珪藻化石は検討していない。

解釈: 粒径にバラツキが多い砂礫層は重力流によって形成されやすく, 粒径が揃っている砂層や礫層はトラクションを主体とする河道で形成されやすい(Collinson, 1996)。こうした基質支持礫層と礫質支持礫層の互層は網状河川堆積物の主要な構成要素とされている(Miall, 1977, 1992)ので, KBH 2は網状河川堆積物であると考えられる。

堆積相KBH 3(深度:42.3~33.9m;T.P.: -36.9~-28.5m)

記載: KBH 3は, 植物片や植物根を多く含んだ暗灰色~灰色のシルト層を主体に構成されており(第4図c), 深度36.3~35.4mでトラフ型斜交層理がみられる上方細粒化する中粒~細粒砂層を挟在する。深度42.3mでは, KBH 3の灰褐色中粒砂層がKBH 2の灰色砂礫層の上に明瞭な境界面を介して累重する。シルト層には, 厚さ10~30cmの範囲でシルト層から砂層に逆級化する層準がある。主なシルト層と中粒砂層の泥分含有率は, それぞれ90%以上と10%以下である(第3図)。深度41.70mでは淡水生珪藻化石が卓越する(第5図)。半壊した殻が多く, 珪藻化石の絶対数量は1g当たり 10^5 個以下である(第5図)。淡水生流水不定性種の*Eunotia pectinalis*や*Fragilaria ulna*, 陸生の*Hantzschia amphioxys*が含まれる。

解釈: KBH 3からは植物根や植物片が多産して, 淡水生と陸生の珪藻化石が産出するので, 陸水の影響が顕著な堆積環境が推定できる。また, 逆級化構造は自然堤防~後背湿地における洪水堆積物に特徴的に認められる(増田・伊勢屋, 1985)。深度36.3~35.4mの上方細粒化する砂層は小規模な流路堆積物であると考えられる。淡水生流水不定性種と陸生種の珪藻化石が混在してわずかに産出する層準では, 洪水時の河川水の流入の影響が少なく, 通常時には地表の含水率が低かったと考えられる。以上から, KBH 3は蛇行河川の氾濫原における堆積物と解釈できる。

年代値: 深度41.25~34.835mで $10,420 \pm 150 \sim 8,660$

± 10 cal BPの計8個の年代値を得た。深度37.23mと36.595mの摩耗していない草本類の葉から, それぞれ $9,930 \pm 230$ cal BPと $9,960 \pm 220$ cal BPの年代値を得た。これらの草本類の葉は周辺の層準でも多く確認されているので, 現地性である可能性が高いと考えられる。一方, 深度38.445mと34.825mの植物片試料からは, 上下の層準で得られた年代値と比較して500~700年程度の新しい年代値が検出された。これらは茶色の微細な植物片からなり, 後述する根のように地層が形成された後に混入した試料である可能性がある。堆積年代の解釈からは除外する。これら以外の年代値はおおむね下位ほど古い年代値を示す。

堆積相KBH 4(深度:33.9~27.4m;T.P.: -28.5~-22.0m)

記載: KBH 4は極細粒砂の薄層を多く挟在するシルト層から構成され, 植物片が多く含まれる。基底ではマッドクラストと植物片を含んだ厚さ5cmの細粒砂層がみられ(第4図d), KBH 3上端の灰色シルト層と明瞭な境界面を介して接する。KBH 4下部の砂層やラミナの挟在が顕著ではない層準では植物根が認められる場合が多い。KBH 4上部の深度31.0m~28.8mには第4図eのようなダブルマッドレイプ(Nio and Yang, 1991)がみられる。泥分含有率は90%以上で, 極細粒砂が6%程度含まれる(第3図)。全層準を通して貝化石は含まれない。深度32.9mでは陸生~海生の珪藻化石が混合して産出するのに対して, 深度27.75mでは海生~汽水生珪藻が卓越する(第5図)。これらの珪藻化石の絶対数量は1g当たり 10^6 個程度である(第5図)。優占種は, 深度32.9mで海生の*Paralia sulcata*, 海生~汽水生の*Cyclotella striata*, 汽水~淡水生の*Rhopalodia gibberula*, 淡水生の*Epithemia adnata*, 陸生の*Hantzschia amphioxys*が含まれる。一方, 深度27.55mからは海生の*Paralia sulcata*や*Thalassionema nitzschioides*, 汽水生の*Nitzschia cocconeiformis*, *Nitzschia granulata*が産出する。

解釈: KBH 4は, 植物根が全層準で産出すること, 上部でダブルマッドレイプがみられるので, 潮汐の影響した干潟で形成されたと考えられる。長い鎖状群体を形成するために干潟などに掃きだめられやすいと澤井(2001)が報告した*Paralia sulcata*を多産し, 海生~陸生の珪藻化石を混在することも上記の解釈を支持する。KBH 4下部からは海生~陸生珪藻の混合群集がみられるのに対して, KBH 4上部では海生~汽水生種が卓越するので, 全体的にみれば海水の影響が上方へ増加したと推定される。

年代値: 深度32.70~27.66mで $9,510 \pm 40 \sim 8,070 \pm 100$ cal BPの計8個の年代値が得られた。その中で深度31.385mの根は, 上下の層準で得られた碎屑性植物片の年代値と比較して1,200年程度新しい値を示した。したがって, この根は地層が形成されてから1,200年以上経っ

て進入したと考えられる。一方、28.675mの植物片からは、上下の層準から採取された根の年代値よりも200年程度若い値が検出された。これらも地層が形成された後で進入した植物根であると考えられる。

堆積相KBH 5（深度：27.4～19.5m；T.P.：-22.0～-14.1m）

記載：KBH 5は貝化石を多く含んだシルト優勢の泥砂細互層から構成される。ほぼ全層準で円～楕円形の巣穴やその他の生物擾乱痕、ダブルマッドドレイブ、コンクリーションが観察される（第4図g, h）。KBH 5の基底部分2cmにはマッドクラストや円磨された細礫、*Crassostrea* sp.（マガキ類）や*Potamocorbula* sp.（ヌマコダキガイ類）が密集して、KBH 4上端の暗灰色シルト層と接する（第4図f）。シルト層には層厚が1cm以下の極細粒砂の葉理が発達する。泥分含有率は約80%であり、極細粒砂が14%程度含まれる（第3図）。一方、深度23.9m以浅からは*Theora* cf. *fragilis* (A. Adams)（シズクガイ）や*Ringiculina doliaris* (Gould)（マメウラシマガイ）が産出し、マメウラシマガイは上位ほど多産する。深度26.75mと19.67mの珪藻化石は、破壊や溶解がほとんど認められず、絶対数量は1g当たり 10^7 個以上である（第5図）。これらの珪藻化石は98%以上が海水～汽水生種から構成される。深度26.75mの優占種は、海水生の*Paralia sulcata*、海生～汽水生の*Cyclotella striata*等である。深度19.67mの珪藻化石は、海水生の*Chaetoceros* spp., *Cymatotheca weissflogii*, *Paralia sulcata*, *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassiosira eccentrica*, 海生～汽水生の*Cyclotella striata*などで構成される。

解釈：KBH 5は、ダブルマッドドレイブがほぼ全層準でみられ、浮遊性の海生珪藻化石を多産するので、潮汐の影響した浅海底で形成されたと考えられる。また、基底部分では主に汽水域で棲息するカキ類やヌマコダキガイ類が含まれ、上部では潮下帯泥底の指標種であるシズクガイやマメウラシマガイが多産するので、KBH 5は上方に向かって深海化する潮汐の影響した内湾泥底で形成されたと考えられる。干潟などに掃きだめられやすい*Paralia sulcata*が上方へ減少するのに対して、小杉（1988）が外洋性種とした*Thalassiosira eccentrica*が上方増加することも上方深海化を示唆している。なお、淡水生や汽水生の珪藻化石がわずかに含まれるのは、潮汐作用によって内湾水の循環が活発であったことを反映していると考えられる。

年代値：深度27.345～19.77mで $9,490 \pm 70 \sim 6,380 \pm 90$ cal BPの計15個の年代値を得た。深度27.345mから得た植物片とマガキ類の破片の年代値を比較すると800年程度植物片の方が新しい。このマガキ片は断片化して付着物もあったので死滅してから堆積するまでの期間が長いと推定される。その他の試料の年代値でも上下の年代値と比較して1,000年以内の矛盾を示すものが認めら

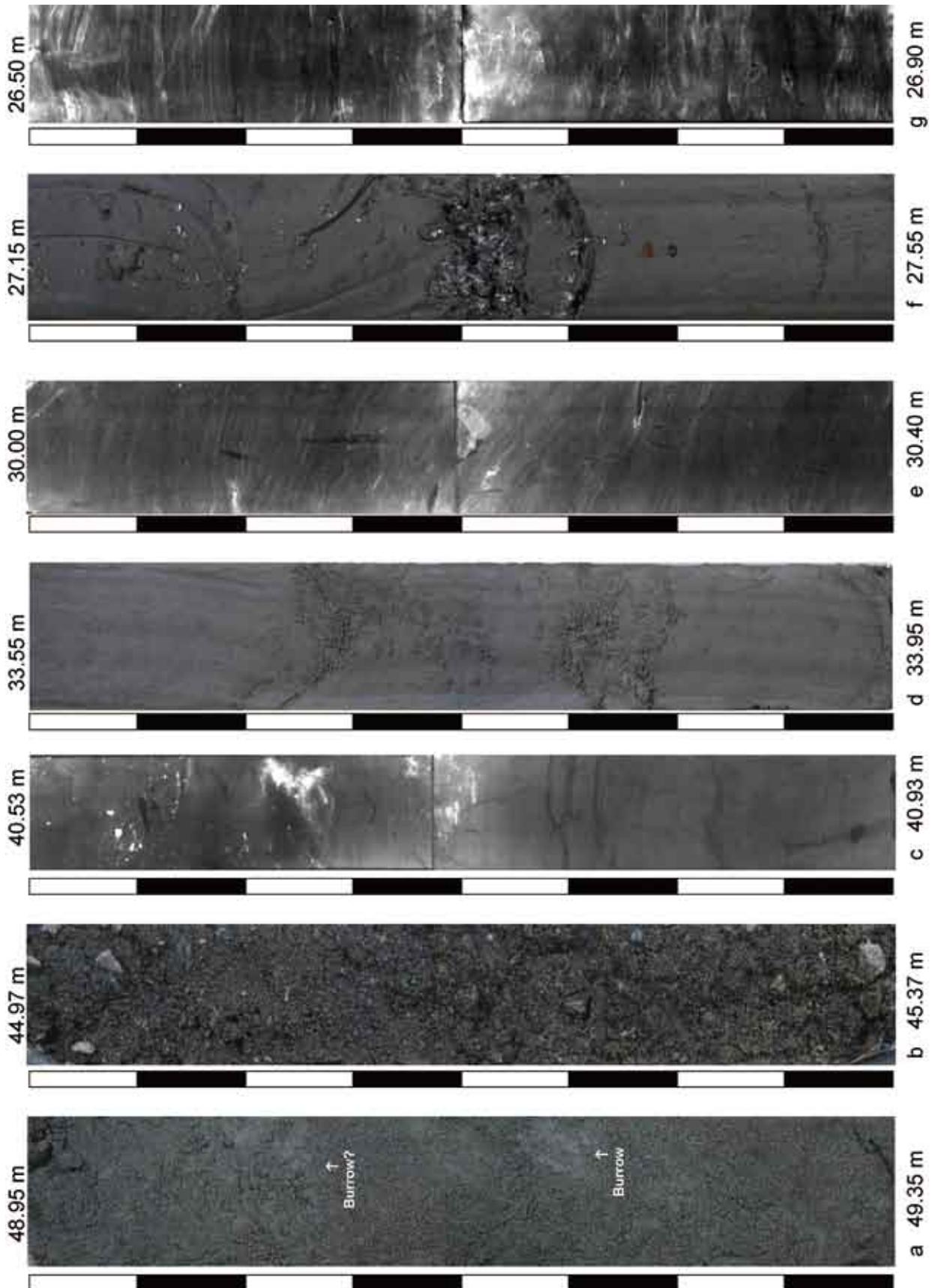
れる。すべてが碎屑性の試料を用いているので、より若い年代値が堆積年代を示すと考えられる。一方、貝化石の年代値が植物片のものよりも800～550年程度古い傾向がある。その原因については後述する。

堆積相KBH 6（深度：19.5～8.2m；T.P.：-14.1～-2.8m）

記載：KBH 6は主に生物擾乱を受けた貝殻混じりシルト層で構成される。基底にはマメウラシマガイや*Raetellops pulchellus* (Adams et Reeve)（チヨノハナガイ）などの貝化石が多産する厚さ3cmの細粒砂層がみられる。KBH 5との境界面はコアの切れ目に相当する。深度19.5～15.0mの極細粒砂を10～20%含む下部層（第4図j）と、深度15.0～8.2mの極細粒砂の含有率が5%程度の上部層（第4図k）に二分できる。ほぼ全層準でコンクリーションが、下部層ではダブルマッドドレイブが観察される。下部層ではマメウラシマガイとチヨノハナガイが多く産出して、上部層ではヌマコダキガイ類や*Assimineidae* gen. et sp. indet.（カワザンショウガイ類）がみられる。深度9m付近を挟んで下位では貝化石が含まれているが、上位では貝化石が全く含まれなくなって植物片が多く含まれる。深度15.17mの珪藻化石には破壊や溶解の痕跡が少なく絶対数量は1g当たり 10^6 個以上含まれるのに対して、深度9.18mでは破壊や溶解の影響が顕著で殻の絶対数が一桁以上低い（第5図）。深度15.17mと9.18mでは*Chaetoceros* spp., *Paralia sulcata*, *Thalassionema nitzschioides*, *Cyclotella striata*などの海水生と海水～汽水生種が95%以上を占める。深度9.18mの方が海生種の含有率が4%低く、淡水生種が1%多く含まれる。

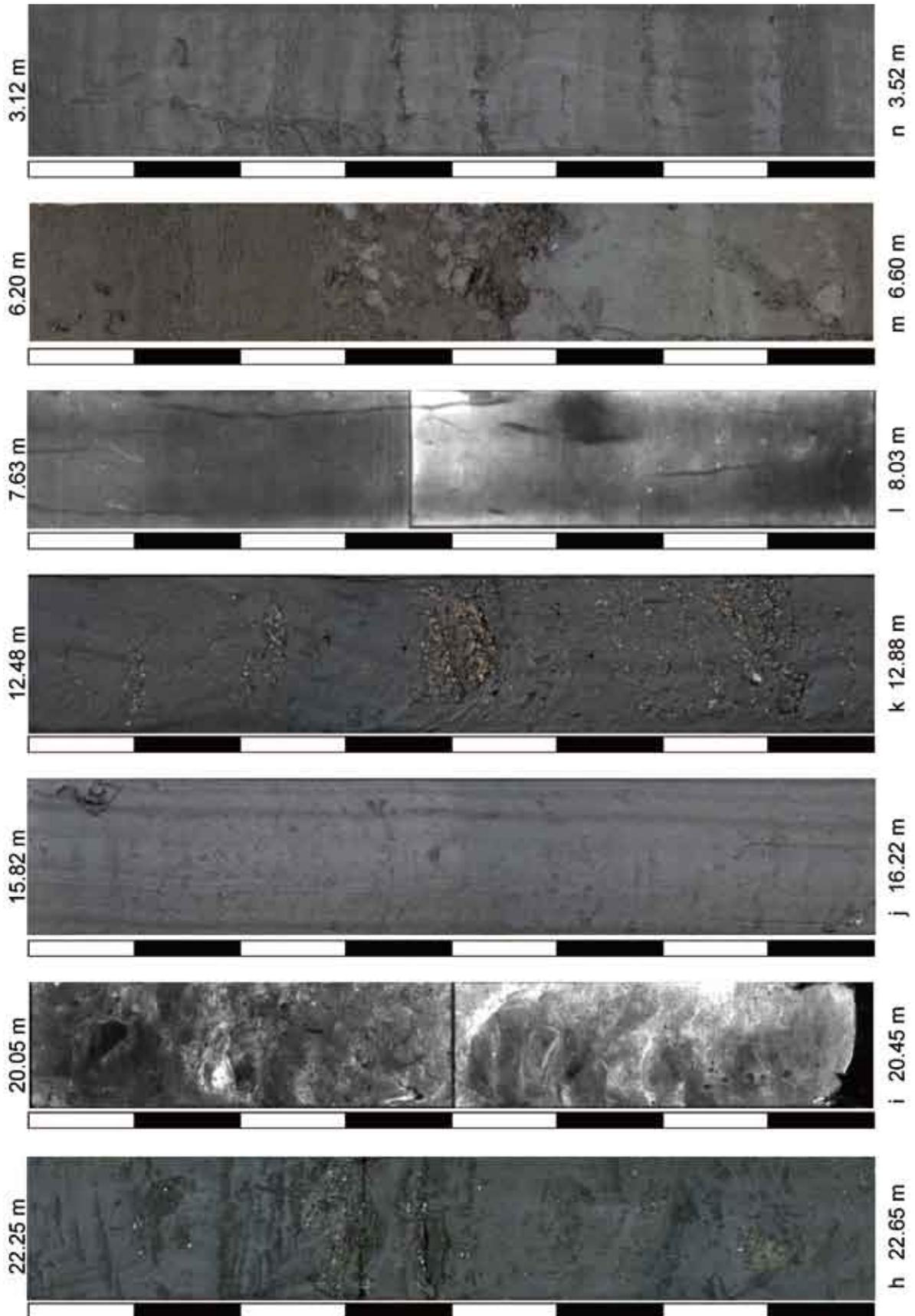
解釈：海生珪藻化石が下位ほど多く淡水生珪藻化石が上方ほど増加すること（第5図）、マメウラシマガイなどの内湾泥底指標種が下部で多くヌマコダキガイ類などの潮間帯に特徴的な貝化石が上部で多産するので、KBH 6は上方に向かって浅海化する環境で形成された浅海底堆積物と解釈できる。KBH 5と反対に*Paralia sulcata*が上部で増加することも上方浅海化を示唆している。最上部ではダブルマッドドレイブが多く観察されるので、潮汐の影響が顕著であったと推定される。

年代値：深度19.475～8.785mで $7,380 \pm 90 \sim 3,460 \pm 240$ cal BPの計23個の年代値を得た。深度19.47mの材と深度19.475mのチヨノハナガイ、深度11.67mの植物片の年代値は上下や同一層準の年代値よりも500～2,500年程度古い年代値を示す。これらは再堆積の影響が大きな試料と推定して、堆積年代の解釈からは除外した。それ以外でも100～200年程度の年代値の矛盾が検出される場合がある。植物片と貝片の年代値には系統的な差異は認められない。



第4図 GS-KBH-1 コアの写真と軟X線写真. スケールは5cm. (説明は, p.58に掲載.)

Fig. 4 Photographs and radiographs from the GS-KBH-1 core. Scale bar is 5 cm. (p.58)



第4図 続き

Fig. 4 Continued.

第4図 GS-KBH-1コアの写真と軟X線写真. スケールは5cm. (p.56, 57)

(a)KBH 1; 巣穴と葉理がみられる細～中粒砂層. (b)KBH 2; 礫質支持層から基質支持層の互層. (c)KBH 3; 植物根を含む泥炭質泥層. (d)KBH 4/ KBH 3; マッドクラストを含む厚さ5cmの細粒砂層を介して累重する泥層. (e)KBH 4; ダブルマッドドレイプが認められる泥層. (f) KBH 5/ KBH 4; 厚さ5cmの貝殻密集層を介して植物根を含む泥層 (KBH 4) が貝殻混じりの泥層 (KBH 5) に覆われる. (g) KBH 5; ダブルマッドドレイプが認められる貝殻混じりシルト層. (h)KBH 5; レンズ状葉理と生物攪乱がみられる泥層. (i) KBH 5; 堆積構造が乱された多孔質な泥層. (j) KBH 6; 堆積構造が不鮮明な泥層. (k) KBH 6; 貝殻密集層を挟む泥層. (l) KBH 7; 植物根を含む泥層. (m) KBH 8 / KBH 7; マッドクラストを含む厚さ10cmの砂質泥層を介して灰色泥層 (KBH 7) が植物片混じりの褐色泥層 (KBH 8) に覆われる. (n) KBH 8; 植物根がみられる泥・砂互層.

Fig. 4 Photographs and radiographs from the GS-KBH-1 core. Scale bar is 5 cm. (p.56, 57)

(a) KBH 1; Burrowed and laminated fine to medium sand bed. (b) KBH 2; Alternation of gravel- and matrix- supported conglomerate. (c) KBH 3; Peaty mud with rootlets. (d) KBH 4/ KBH 3; Brownish gray mud bed (KBH 3) is erosionally overlain by gray mud (KBH 4), has 5 cm-thickness fine sand bed with mud clasts at the bottom. (e) KBH 4; Double mud-drapes are recognized in silt. (f) KBH 5/KBH 4; Mud bed with rootlets (KBH 4) is overlain by shelly mud bed (KBH 5). (g) MHI 5; Double mud-drapes and shell fragments are recognized in mud bed. (h) KBH 5; Lenticular-laminations and burrows are recognized in shelly mud bed. (i) KBH 5; Low-density and high-water-content porous silt. (j) KBH 6; Homogeneous mud bed. (k) KBH 6; Shelly mud bed. (l) KBH 7; Rooted homogeneous mud bed. (m) KBH 8/ KBH 7; Gray mud bed (KBH 7) is erosionally overlain by brownish gray sandy mud (KBH 8), has 10 cm-thickness silty sand bed with mud clasts and granules at the bottom. (n) KBH 8; Rooted mud/sand alternation.

堆積相KBH 7 (深度:8.2～6.3m;T.P.: -2.8～-0.9m)

記載: KBH 7は植物片と植物根を多く含むシルト層で構成される (第4図l, 第6図a)。KBH 7の基底では、極細粒砂を5%程度含む暗灰色泥層が、KBH 6の灰色の泥層の上に累重する。泥分含有率は平均98%程度である (第3図)。深度7m付近に生物攪乱がみられる。深度7.43mの珪藻化石には破壊や溶解の痕跡が少なく絶対数量は1g当たり 10^6 個以上含まれ、海生～陸生種までが混合して産出する (第5図)。海生珪藻である *Chaetoceros* spp. が多く含まれる。

解釈: 陸域を示す植物片や植物根が多く含まれること、生物攪乱がみられること、海生～陸生種の珪藻化石が混合して産出する (第5図) ことから、KBH 7は淡水と海水が共に影響する塩水湿地で形成された堆積物であると解釈できる。この層準に10%程度含まれていた *Chaetoceros* spp. は窒素やリンなどの栄養塩の枯渇やpHが低下した場合に多く認められる休眠胞子である (須藤, 2006)。こうした珪藻が多く含まれることも上記の堆積環境を支持する。

年代値: 深度8.12～6.97mで $3,710 \pm 120 \sim 3,370 \pm 100$ cal BPの計3個の年代値を得た。下位ほど古い年代値を示す。

堆積相KBH 8 (深度:6.3～1.9m;T.P.: -0.9～+3.5m)

記載: 軽石混じりの粗粒～細粒砂層と植物片を多く含んだシルト層によってKBH 8は構成される (第3図)。KBH 8の基底は、マッドクラストや亜角礫、藍鉄鉱、植物片を含む厚さ10cm程度の細礫層が認められて、KBH 7上端の灰色シルト層と明瞭な浸食面を介して接する (第4図m)。深度5.3～4.3mの砂層にはカレントリップル層理やトラフ型と平板型の斜交層理がみられる。砂層の基底面は明瞭で、上方細粒化する場合が多い。一方、シルト層は、植物根や植物片、それらが鉄分で置換された高

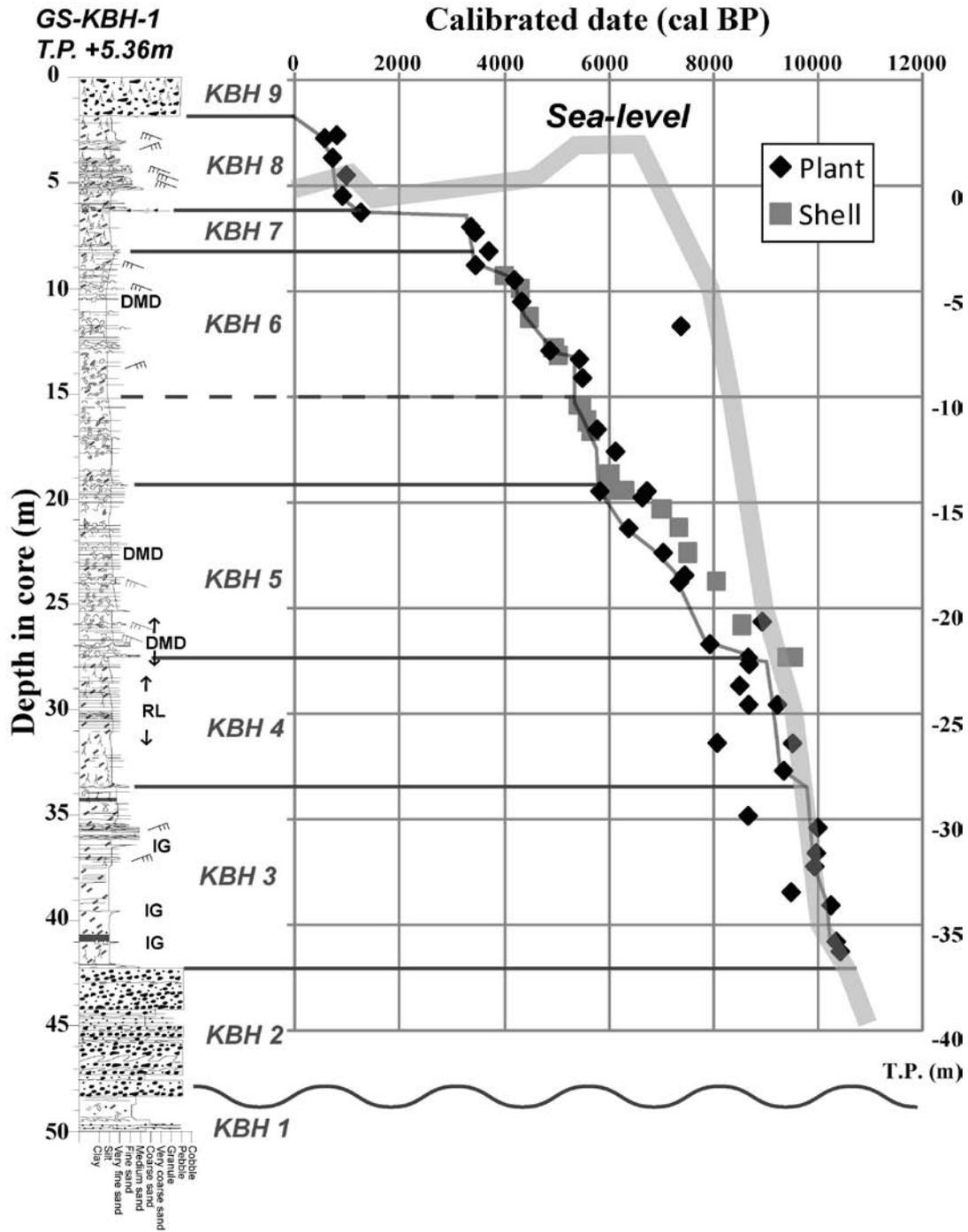
師小僧 (水野, 1996) を多く含み、薄い極細粒砂層と互層をなす場合がある (第4図n)。砂層とシルト層の泥分含有率は、それぞれ0～10%と80～100%が卓越する (第3図)。KBH 8の珪藻化石は、壊れた殻は認められるが、溶解の痕跡は認められず、その絶対数量は1g当たり 10^6 個程度である (第5図)。淡水生種が卓越して、流水性種が全体の約50%、流水不定性種が35%程度を占める。優占種は、流水性の *Achnanthes japonica*, *Cymbella sinuata*, *Cymbella turgidula*, *Fragilaria vaucheriae* などである。

解釈: KBH 8には上方細粒化する砂層がみられ、その上下には植物片を多く含むシルト層が分布するので、自然堤防帯～後背低地にかけての堆積物であると解釈できる。また、河川上流部に多く出現する *Achnanthes japonica* や、河川中～下流部で特徴的な *Cymbella turgidula* や *Fragilaria vaucheriae* など (安藤, 1990) を多く含むこともKBH 8が氾濫原堆積物であることを支持する。

年代値: 深度6.29～2.63mで $1,270 \pm 80 \sim 540 \pm 20$ cal BPの計6個の年代値を得た。深度4.525mで得た根の年代値は深度5.50mの植物片よりも150年程度古い年代値を示す。後者も根であった可能性があるため、堆積曲線を推定する際には前者の年代値を重視した。また、深度2.63mで得た茶色と黒色の植物片は、深度2.775mから採取した茶色の植物試料よりも最大400年程度古い年代値を示すので、再堆積の影響が大きな試料であると考えられる。

5. KBH コアの堆積物物性

KBH コアから得た密度、含水率・含水比、初磁化率、色調 ($L^* \cdot a^* \cdot b^*$) を記載する。また、ボーリングコア掘削地点の200m以内で得られた標準貫入試験結果のN値を対数表示した (第7図)。同図では堆積柱状図と同じ傾向になるように含水量と L^* は横軸を反転させた。



第6図 GS-KBH-1コアの堆積曲線と堆積柱状図。AD 1950年 = 0 cal BPを示す。海水準変動曲線は遠藤ほか (1989) と田辺ほか (2008) による。試料の再堆積の影響と地域的な放射性炭素リザーバー効果は考慮していない。

Fig.6 Accumulation curve based on elevations and calibrated (cal) radiocarbon dates of plant or shell samples from the GS-KBH-1 core. AD 1950 = 0 cal BP. Relative sea-level curve is based on Endo *et al.* (1989) and Tanabe *et al.* (2008). Any sedimentological age-offset (the lag between the age of sample and that of deposition) and regional radiocarbon reservoir effects are not taken into account.

第1表 GS-KBH-1コアから得られた放射性炭素年代値。試料重量は化学処理後の値を示す。

Table 1 Summary of radiocarbon dates obtained from the GS-KBH-1 core. The weights are after chemical dissolution.

Facies	Depth (m)	Gamma-ray density	Mass initial magnetic susceptibility	Wet bulk density	Dry bulk density	Water /wet sample	Water /dry sample	Mud content	Vfs. content	< v.f.s. content	Luminosity	Red/ green contrast	Yellow/ blue contrast	SPT N value	
		(g/cm ³)	(nm ² /kg)	(g/cm ³)	(g/cm ³)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	L*	a*	b*	Core
KBH 9	1.90-0.00	2.05	57.7	1.63	1.09	33.3	49.9	93.3	4.5	2.2	33.7	-0.04	2.53	-	
		±0.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
KBH 8	6.34-1.90	1.67	152.4	1.69	1.11	33.2	50.4	73.7	13.1	13.2	31.8	-0.31	3.04	7	
		±0.09	±130.0	±0.08	±0.19	±4.6	±10.2	±32.6	±14.3	±27.6	±2.3	±0.55	±1.36	±6	
KBH 7	8.20-6.34	5%	85%	5%	17%	14%	20%	44%	109%	209%	7%	177%	45%	93%	
		1.55	56.6	1.59	0.97	39.2	64.7	98.5	1.3	0.2	33.4	-0.23	2.14	2	
KBH 6	19.50-8.20	±0.03	±44.1	±0.04	±0.05	±1.9	±5.1	±0.7	±0.7	±0.1	±3.0	±0.79	±1.08	±0	
		2%	78%	2%	5%	5%	8%	0.7%	53%	49%	9%	344%	50%	-	
KBH 5	27.40-19.50	1.55	46.4	1.53	0.85	44.6	81.0	92.6	5.8	1.5	34.6	-1.22	1.79	0	
		±0.03	±28.4	±0.05	±0.07	±2.9	±8.9	±5.2	±4.2	±3.1	±2.3	±0.38	±0.61	±0	
KBH 4	33.85-27.40	2%	61%	3%	9%	7%	11%	6%	72%	205%	7%	31.2%	34%	-	
		1.57	74.4	1.54	0.90	42.2	73.4	82.9	14.2	2.9	32.6	-1.07	2.29	0	
KBH 3	42.31-33.85	±0.06	±42.9	±0.06	±0.08	±3.3	±10.1	±15.7	±12.1	±4.9	±2.0	±0.39	±0.76	±0	
		4%	58%	4%	9%	8%	14%	19%	85%	170%	6%	37%	33%	-	
KBH 2	48.26-42.31	1.64	82.6	1.66	1.08	35.2	54.5	92.4	6.1	1.5	33.1	-0.61	1.34	2.3	
		±0.05	±47.3	±0.05	±0.07	±2.3	±5.7	±7.8	±6.1	±3.1	±2.1	±0.50	±0.56	±1.7	
KBH 1	50.00-48.26	3%	57%	3%	6%	7%	10%	8%	99%	214%	6%	81%	42%	75%	
		1.74	163.9	1.71	1.17	31.2	46.0	72.0	9.7	18.2	30.6	0.00	1.73	11	
KBH 1	50.00-48.26	±0.16	±230.7	±0.09	±0.14	±5.0	±10.1	±31.5	±10.7	±30.7	±1.8	±0.45	±0.63	±8	
		9%	141%	5%	12%	16%	22%	44%	110%	168%	6%	10034%	36%	75%	
KBH 1	50.00-48.26	2.40	514.2	1.90	1.59	9.2	10.3	4.3	1.8	93.9	30.1	-1.10	1.42	64	
		±0.21	±125.4	±0.08	±0.10	±3.8	±4.9	±3.8	±4.9	±0.5	±1.8	±0.45	±0.67	±27	
KBH 1	50.00-48.26	9%	24%	4%	6%	42%	47%	90%	271%	1%	6%	41%	47%	42%	
		2.17	337.9	1.83	1.44	21.1	26.8	7.9	3.7	88.4	28.9	-1.39	2.05	-	
KBH 1	50.00-48.26	±0.14	±169.7	±0.10	±0.11	±2.1	±3.3	±2.1	±3.3	±1.1	±2.0	±0.28	±0.91	-	
		6%	50%	5%	7%	10%	12%	26%	88%	1%	7%	20%	45%	-	

また、堆積物物性値を堆積相ごとに第2表に整理した。下位から順に変化の傾向を記載する。なお、堆積相KBH 1とKBH 2では、比較的細粒な粒子で構成される層準からしかキューブ試料を採取していないので、湿潤・乾燥かさ密度を過小評価していると考えられる。

5.1 密度

今回計測された湿潤かさ密度値は1.36～2.03g/cm³の範囲である。堆積相毎の湿潤かさ密度値は、堆積相KBH 2・KBH 1・KBH 3・KBH 8・KBH 9・KBH 4・KBH 7・KBH 5・KBH 6の順に高い値を示す。この傾向は γ 線密度値でも認められ、盛土以外の層準では湿潤かさ密度値 $=1.01 \times \gamma$ 線密度値 $+0.01$ の相関が $R^2=0.64$ で認められる(第8図a)。KBH 1やKBH 3の砂層や砂礫層では γ 線密度が湿潤かさ密度よりも3g/cm³程度高い値を示す場合がある。その原因として、キューブ試料を採取する際に堆積物に亀裂が入って密度値が低下すること、礫質な部分でしかキューブ試料を採取しなかったことが推定される。

湿潤密度が1.70 g/cm³よりも低いと泥層に、逆に高いと砂層や砂礫層に区分できる(第7図)。同じ泥層でも海成のKBH 7～5は河川成のKBH 8やKBH 4～3のものよりも0.2 g/cm³程度低い密度を示す。同等の相違が三郷市の海成と河川成の泥層でも既に報告されている(中西ほか, 2011)。今回の検討によって、干潟で形成された泥層が海成と河川成のものの中間的な値を示すことが判明した。また、低密度値が検出された深度21.7～20.0mでは、軟X線写真において流動したような多孔質な構造が認められる(第4図i)。

5.2 含水率

含水率は2.9～50.5%の範囲で、堆積相KBH 2・KBH 1・KBH 3・KBH 8・KBH 9・KBH 4・KBH 7・KBH 5・KBH 6の順に低い値を示す。含水率が30%付近よりも高いと泥層、低いと砂層や砂礫層に区分できる傾向がある(第7図)。湿潤かさ密度と同様に、KBH 7～5はKBH 9やKBH 4～3の泥層よりも10%程度高い含水率を示す。こうした堆積環境毎の含水率の相違は、粒度に起因したものでないと考えられる。つまり、海成層であるKBH 5と深度-10 m以深のKBH 6は、干潟～河川層のKBH 3～4とKBH 8上部よりも、泥分含有率が同じでも含水率が10%程度低い(第8図b)。今回得られた関係式は、海成層で含水率 $=0.28 \times$ 泥分含有率 $+19.27$ ($R^2=0.63$)、干潟～河川層で含水率 $=0.16 \times$ 泥分含有率 $+19.78$ ($R^2=0.69$)を示す。干潟～河川層の相関式は、三郷市で得たMHIコアの検討結果(中西ほか, 2011)と調和的であるので、中川低地中部～南部に分布する蛇行河川堆積物は類似した特徴を有していると考えられる。一方、海成層で得られた相関式はKBHコアの傾きの方がMHIコアの

ものよりも4倍程度緩やかであった。

5.3 初磁化率

キューブ試料を用いて測定した湿潤重量初磁化率値は、堆積相KBH 2・KBH 1・KBH 3・KBH 8・KBH 4・KBH 5・KBH 9・KBH 7・KBH 6の順に高い値を示す。初磁化率値は砂礫層や砂層で高く、泥層では低い値を示す(第7図)。共に砂礫層から構成されるにもかかわらず、KBH 2の深度45m以深の層準ではそれ以浅のものよりも顕著に低い値を示す。KBH 3で500nm³/kg以上の初磁化率値のピークを示す層準は砂鉄の濃集層に相当する。

5.4 N値

KBHコア採取地点から200m以内で得られた、岩相がKBHコアと最も類似する標準貫入試験結果を示す(第7図)。なお、変化が認識しやすい対数でN値を表示し、自沈長30cm(N値=0)が0.3になるように表示した。また、相違を明示するために通常表示も併記した。堆積相毎のN値の平均値は64～0の範囲を示す。それらは堆積相KBH 2・KBH 3・KBH 7・KBH 4・KBH 6・KBH 5の順で高い値を示す。砂礫層及び砂層で高く、泥層で低い値を示す。同じ泥層でもKBH 3は上位の他の泥層よりも高い傾向がある(第7図)。KBH 2～4では、密度とは正、含水率とは負の相関が認められる。一方、KBH 5～6ではN値が0以下となり、深度7.5mでは自沈長が45cmを示す(第7図)。極細粒砂～細粒砂の薄層を多く挟在するKBH 5と、それらが少なくより低密度で高含水率なKBH 6との相違はN値では認められない。

5.5 色調

堆積相KBH 7ではL*・a*・b*共に上方増加する。また、KBH 6ではL*が上方減少するがa*とb*は上方増加するなど、堆積相と色調には相関が認められる(第7図)。L*・a*・b*の順で堆積相毎に比較して特徴を記載した後、色調が示す堆積物の特徴について以下に要約する。

堆積相毎のL*の平均値は49.6～25.1で、KBH 1・KBH 2・KBH 3・KBH 8・KBH 5・KBH 4・KBH 7・KBH 9・KBH 6の順に低い値(明色→暗色)を示す。下位もしくは粒度が粗いほど明色を示す傾向がある。

堆積相毎のa*の平均値は2.35～-3.70の範囲で、MHI 1・MHI 2・MHI 5と6・MHI 4・MHI 8・MHI 7・MHI 9・MHI 3の順に低い値(緑色→赤色)を示す。KBH 3やKBH 8で高くなり、植物片の相対含有度と正の相関が認められる。KBH 3の褐色帯びた酸化が目立つ層準や、KBH 8の高師小僧が多い層準で赤色を帯びる。逆に、KBH 6やKBH 5の浅海成泥層や、KBH 2の沖積層基底礫層やKBH 1の更新統の砂層で緑色を帯びる傾向がある(第7図)。

堆積相毎のb*の平均値は9.40～-2.40で、KBH 4・KBH

2・KBH 3・KBH 6・KBH 1・KBH 7・KBH 5・KBH 9・KBH 8の順に低い値（青色→黄色）を示す。盛土やKBH 7でやや黄色を帯びるが、それ以深では顕著な変化が認められない。KBH 3～4で上方に向かってb*値が減少する傾向やKBH 6での上方増加は、L*値とは負、a*値とは正の相関をそれぞれ示す（第7図）。

6. 考察

6.1 堆積相と堆積速度

KBHコアで根や再堆積の影響を考慮して堆積曲線を推定した。また、堆積相と堆積曲線の相関関係について考察する。更に、東京低地と中川低地南部で遠藤ほか（1989）や田辺ほか（2008）が作成した相対的海水準変動曲線と比較して、KBHコアが形成された標高を推定する（第3表）。この推定には海水準変動曲線が持つ年代と水深の幅や当時の潮位差、広域的な地殻変動及び地下水揚水による地盤沈下の影響は加味されていないので、±数mの不確定性があると考えられる。

6.1.1 堆積相KBH 3（深度：42.3～33.9m, T.P.：-36.9～-28.5m）

地層が形成された以降に進入した根と考えられる年代値を除いて、深度41.25mと29.575mの年代値から算出したKBH 3の平均堆積速度は1.1mm/yrである。堆積曲線を相対的海水準変動曲線と比較すると、ほぼ0mの古水深が推定できる。このように蛇行河川成堆積物であるKBH 3が当時の海水準とほぼ同じ標高に確認できるので、沿岸域にあった蛇行河川の堆積作用が海水準の上昇に伴って進行したと考えられる。一方、約1万年前の河川成堆積物が、東京低地や中川低地南部で描かれた相対的海水準の標高と調和的である（第6図）のは、再堆積した試料の年代値で海水準変動曲線が作成されているか、春日部地域が相対的に沈降している可能性がある。

6.1.2 堆積相KBH 4（深度：33.9～27.4m, T.P.：-28.5～-22.0m）

地層が形成された以降に進入した根の年代値を除いて、深度32.70mと27.66mの年代値に基づくKBH 4の平均堆積速度は0.8mm/yr以上であると推定される。なお、深度31.40mの植物片の年代値は上下の層準のものと比較して200年程度古い年代値を示す。干潟堆積物であるKBH 4では0～-3m程度の古水深が推定できる。KBH 4下部の植物根が多い層準と上部のダブルマッドレイプが観察される部分との堆積速度の変化は認定できなかった。

6.1.3 堆積相KBH 5（深度：27.4～19.5m, T.P.：-22.0～-14.1m）

深度27.345mと19.77mの年代値に基づくKBH 5の平均堆積速度は0.4mm/yrである。堆積曲線からは、-6～-16mの古水深が推定できる。KBH 4と同様に堆積曲線と海水準変動曲線とは上方に向かって差異が大きくなることは、堆積作用が進行しているにもかかわらず海水準の上昇に追いつかずに水深が増加したことを示していると考えられる。

6.1.4 堆積相KBH 6（深度：19.5～8.2m, T.P.：-14.1～-2.8m）

深度19.475mと9.25mの年代値から算出したKBH 6の平均堆積速度は0.6mm/yrであり、その古水深は-16～-3mであると推定できる。KBH 5と反対に堆積曲線と海水準変動曲線とは上方に向かって差異が小さくなることは、堆積作用が進行して水深が減少したことを反映している。

6.1.5 堆積相KBH 7（深度：8.2～6.3m, T.P.：-2.8～-1.1m）

KBH 7の上端と下端で採取した試料の年代値から算出した平均堆積速度は1.9mm/yr程度である。干潟堆積物であるKBH 7で解釈した堆積曲線は、-3～-1mの古水深が推定できる。干潟堆積物が当時の海水準よりも低い高度に分布するので、地下水揚水による地盤沈下や地殻変動の影響が推定される。この推定はKBH 3やKBH 4でも海水準変動曲線と比較して低い標高の堆積相が確認されていることから支持される。

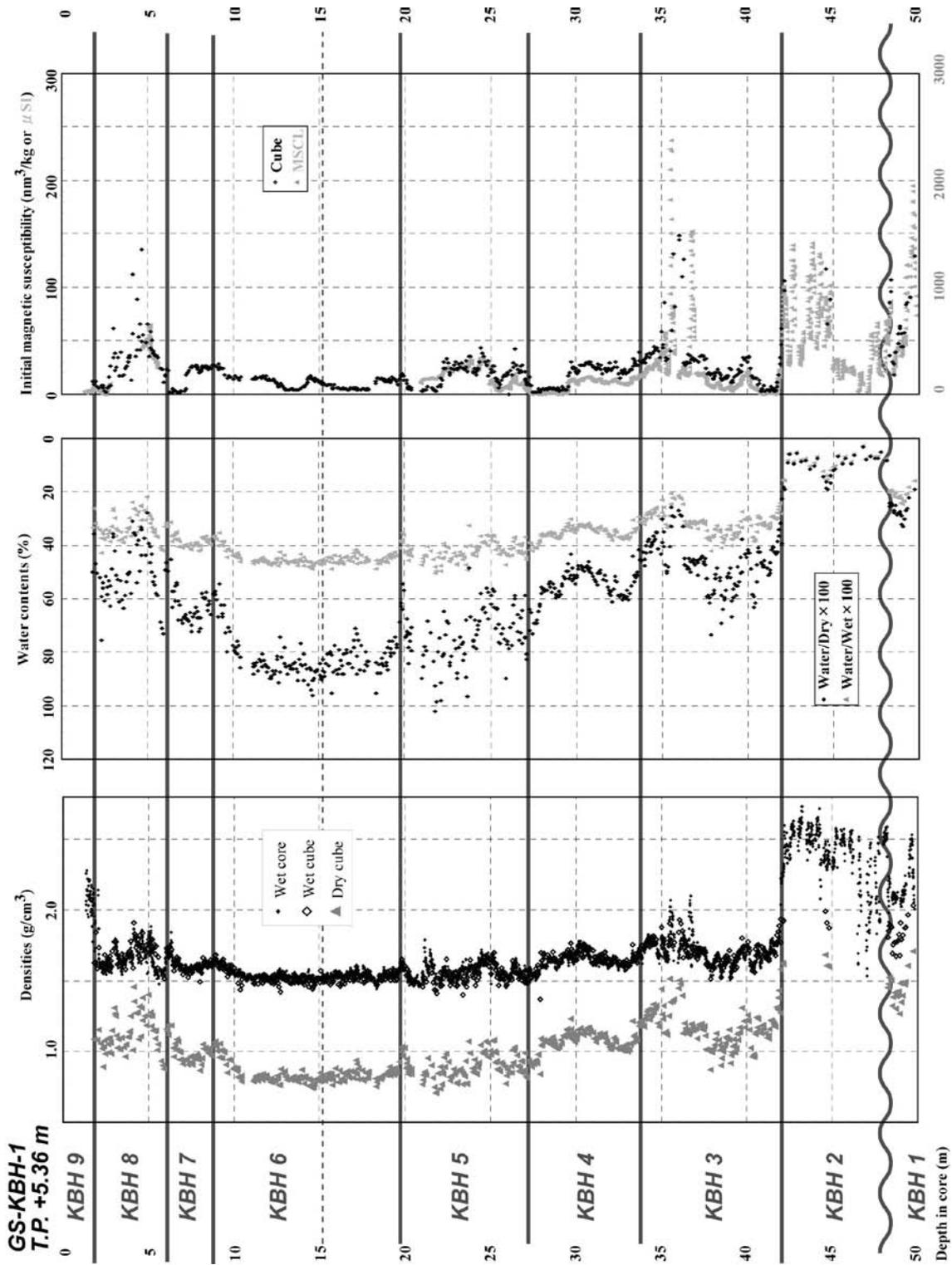
6.1.6 堆積相KBH 8（深度：6.3～1.9m, T.P.：-0.9～+3.5m）

深度6.29mと2.775mの年代値から算出したKBH 8の平均堆積速度は0.5mm/yrである。蛇行河川流路～氾濫原堆積物であるKBH 8の古水深は、-1～+3mであると推定できる。基底のT.P.-1m付近のマッドクラストを伴った浸食面（第4図m）付近では3,500～1,500cal BPの地層が欠落している。この時期は、日本各地の沿岸低地で推定されている弥生の小海退（太田・海津，1990）に相当する。

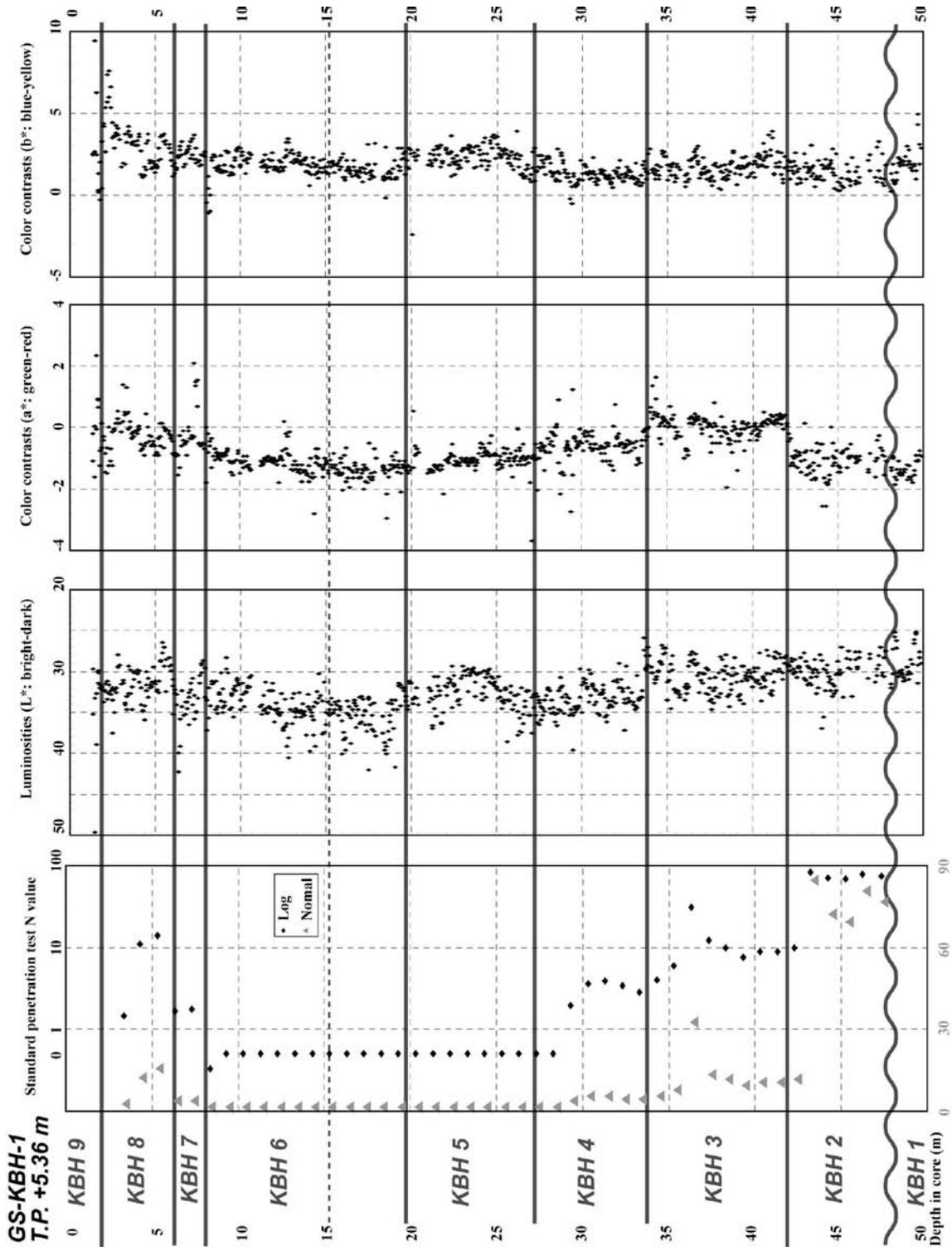
6.2 地域的な放射性炭素リザーバー効果

先述した再堆積の影響がある年代試料を除いた上で、堆積相KBH 5～6の同一層準で採取した植物片と貝化石の年代値の差異を基にして、地域的な放射性炭素リザーバー効果について予察的に検討する。

先述したようにKBH 5では再堆積の影響が顕著であるのでそれらを除くと、深度21.23m・22.39m・23.775m・27.345mに含まれる貝化石は植物片よりも950～450年



第7図 GS-KBH-1コアの堆積相区分、密度、含水比・含水率、初磁化率、標準貫入試験N値、植物片と貝片の相対含有度、明度(L*)と色相(a*・b*)、Sedimentary facies, gamma-ray and bulk densities, wet and dry water contents, initial magnetic susceptibility, Standard Penetration Test (SPT) N value, relative abundance of plant and shell fragments, luminosities and chromaticities of the GS-KBH-1 core.

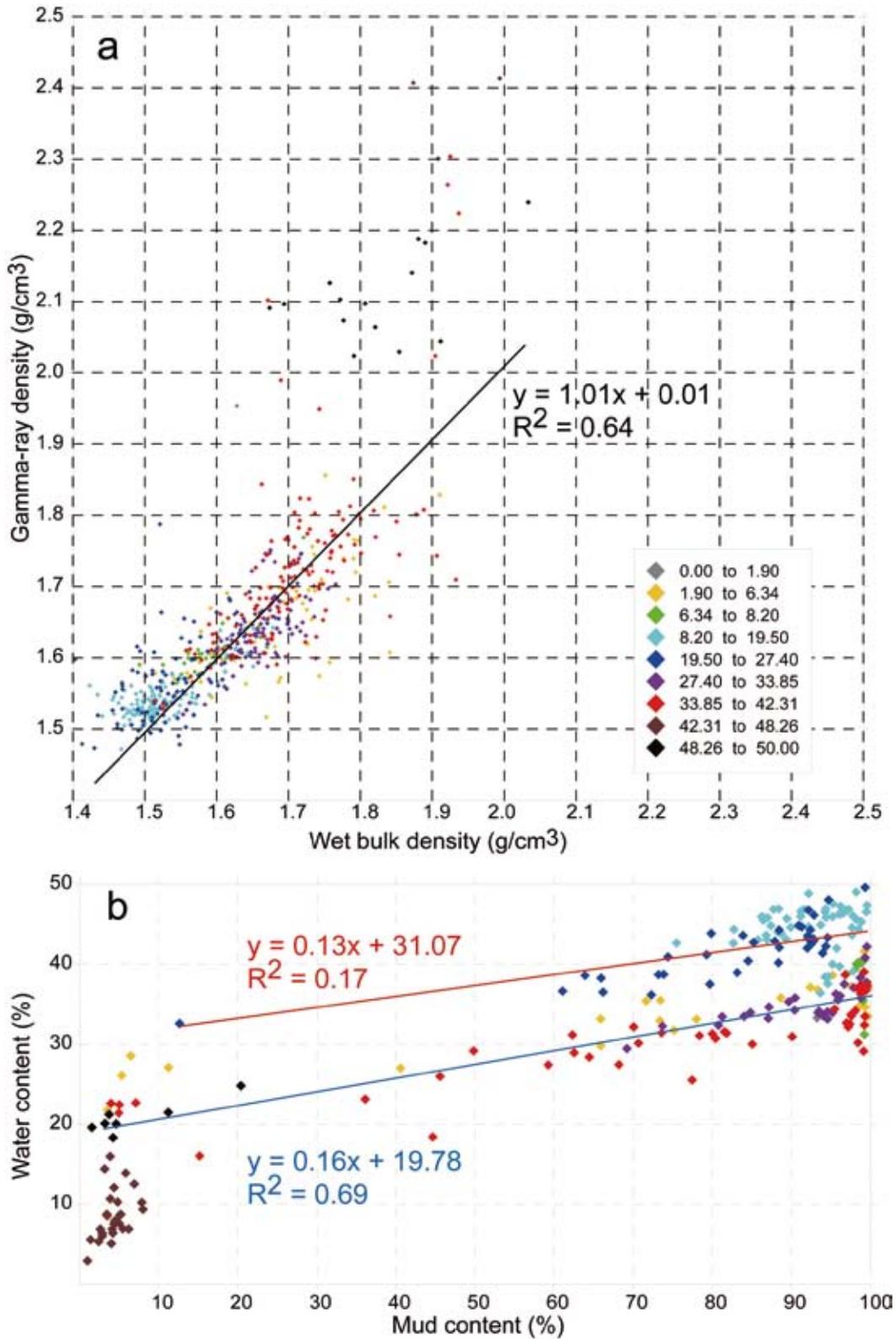


第7図 続き
Fig. 7 Continued.

第2表 GS-KBH-1 コアから得た堆積物物性値 (γ線密度, 初磁化率, 乾燥かさ密度・湿度かさ密度, 含水率・含水比, 粒度, 色, 標準貫入試験N値), 堆積相毎の平均値・標準偏差・誤差のパーセントを示す. v.f.s. は極細粒砂を, SPT は標準貫入試験を表す.

Table 2 Physical properties (gamma-ray density, initial magnetic susceptibility, wet and dry density, water content, grain size, color, and SPT-N value) obtained from the GS-KBH-1 core. Average, the standard deviation, the error percentage are indicated, in descending order, each sedimentary facies. Abbreviations are v.f.s. = very fine sand; SPT = standard penetration test.

Depth in the GS-KBH-1 core		Elevation		Material	Weight (mg)	δ ¹³ C (‰)	Measured ¹³ C age (yr BP) and the 68.3% probability (+/- yr)		Conventional ¹³ C age (yr BP) and the 68.3% probability (+/- yr)		Calibrated ¹³ C age (cal BP) and the 95.4% probability (+/- yr)				Laboratory code
Medium (m)	Top (m)	Bottom (m)	Medium (m)				Mean	Error	Mean	Error	Oldest	Youngest	Mean	Error	
2.63	-	-	2.73	Plant fragments	1.31	-24.5	900	60	910	60	700	930	810	120	b011306a10
2.775	2.76	2.79	2.585	Plant fragment	3.01	-29.9	650	40	550	30	520	640	580	60	b081205a32
3.70	-	-	1.66	Plant fragment	3.13	-30.3	900	50	810	40	670	790	730	60	b081205a32
4.525	4.52	4.53	0.835	Root (<i>in situ</i>)	5.58	-25.0	1080	40	1080	40	930	1060	990	60	b081205a33
5.50	-	-	-0.14	Plant fragment	3.42	-30.6	1100	50	1010	40	800	870	920	130	b081205a35
6.29	6.24	6.34	-0.93	Plant fragment	2.30	-29.0	1440	50	1370	40	1190	1350	1270	80	b011306a13
6.97	6.93	7.01	-1.61	Plant fragment	2.41	-29.1	3230	50	3160	50	3270	3470	3370	100	b011306a14
7.23	7.21	7.25	-1.87	Plant fragment	2.37	-29.1	3260	50	3190	40	3340	3550	3450	110	b011306a15
8.12	8.11	8.13	-2.76	Plant fragments & leaf	2.32	-32.2	3560	50	3440	40	3590	3830	3710	120	b011306a16
8.785	8.76	8.81	-3.425	Root (<i>in situ</i>)	1.10	-28.6	3290	110	3230	100	3220	3700	3460	240	b082605a03
9.25	9.23	9.27	-3.89	<i>Potamocorbula</i> sp.	6.88	-2.9	3640	50	4000	40	3890	4130	4010	120	b080505a16
9.485	9.45	9.52	-4.125	Plant fragments & leaf & wood	2.47	-29.7	3880	50	3800	40	4000	4410	4200	200	b011306a17
9.895	9.88	9.91	-4.535	<i>Potamocorbula</i> sp.	12.28	-6.5	3930	60	4230	50	4160	4450	4300	150	b080505a19
10.51	-	-	-5.15	Plant fragments	6.40	-7.2	3960	80	4250	70	4140	4550	4340	210	b080505a20
11.25	-	-	-5.89	<i>Potamocorbula</i> sp. (jointed)	13.61	-1.6	3950	50	4330	40	4340	4600	4470	130	b082605a04
11.67	11.65	11.69	-6.31	Plant fragments & wood	2.31	-27.3	6520	60	6480	50	7290	7480	7380	90	b011306a18
12.68	12.66	12.70	-7.32	<i>Potamocorbula</i> sp.	11.76	4.5	4220	50	4700	50	4820	5070	4940	130	b080505a21
12.825	12.80	12.85	-7.465	Plant fragments	2.40	-32.7	4420	50	4290	40	4730	5030	4880	150	b011306a19
13.06	13.05	13.07	-7.7	<i>Potamocorbula</i> sp.	10.39	3.2	4310	50	4770	40	4870	5210	5040	170	b080505a22
13.23	13.13	13.33	-7.87	Fine plant fragments	2.99	-24.0	4640	50	4660	50	5300	5580	5440	140	b052406a37
14.12	-	-	-8.76	Fine plant fragments	1.74	-25.1	4840	50	4840	50	5340	5660	5500	160	b052406a38
15.39	15.37	15.41	-10.03	<i>Racelllops pulchellus</i> (Adams & Reeve)	9.26	2.8	4670	50	5120	40	5330	5580	5460	120	b080505a24
15.39	15.37	15.41	-10.03	<i>Potamocorbula</i> sp.	11.53	1.9	4620	50	5060	40	5300	5530	5420	120	b080505a25
16.17	-	-	-10.81	<i>Ringiculina doliaris</i> (Gould)	11.58	-2.6	4870	50	5240	50	5480	5700	5590	110	b080505a26
16.55	16.52	16.58	-11.19	Wood fragments	1.86	-30.8	5120	60	5030	50	5660	5900	5780	120	b011306a20
16.63	-	-	-11.27	Shell fragments	9.17	3.8	4800	50	5270	50	5530	5750	5640	110	b082605a06
17.60	17.50	17.70	-12.24	Plant fragments	1.69	-30.9	5430	60	5330	50	5990	6270	6130	140	b060206a03
18.675	18.66	18.69	-13.315	<i>Ringiculina doliaris</i> (Gould)	11.00	4.0	5130	50	5600	40	5890	6120	6010	120	b080505a27
19.47	-	-	-14.11	Wood	4.26	-19.1	5830	40	5920	30	6670	6800	6730	70	b081205a16,
19.475	19.44	19.51	-14.115	<i>Racelllops pulchellus</i> (Adams & Reeve)	9.57	4.1	5410	50	5890	40	6210	6390	6300	90	b081205a17
															b080505a29



第8図 GS-KBH-1 コアから得た湿潤かさ密度とγ線密度 (a), 泥分含有率と含水率 (b) との対比。

Fig. 8 Correlations of the wet bulk density to gamma-ray density (a) and the mud content to water content (b) obtained from the GS-KBH-1 core.

第3表 GS-KBH-1 コアの堆積曲線に基づく各堆積相の堆積年代と堆積速度。地殻変動・地盤沈下・圧密効果は考慮していない。

Table 3 Depositional age and depositional rate of each sedimentary facies of the GS-KBH-1 core, based on the accumulation curve. Any regional tectonic movements, land subsidence due to groundwater withdrawal, and sediment compaction effects are not taken into account.

Facies	Interpretation	Depth (m)		Age (cal BP)		Depositional rate (cm/yr)
		Bottom	Top	Bottom	Top	
KBH 9	Artificial soil	1.9	0	-	-	-
KBH 8	Modern river channel fill to floodplain sediments	6.3	1.9	1,300	500	0.5
KBH 7	Salt marsh sediments	8.2	6.3	3,700	3,400	0.4
KBH 6	Upward-shallowing marine sediments	21.0	8.2	6,600	3,500	0.6
KBH 5	Tide-influenced transgressive shallow marine sediments	27.4	21.0	8,700	7,000	0.4
KBH 4	Tidal flat sediments	33.9	27.4	9,900	8,700	<0.8
KBH 3	Meandering river floodplain sediments	42.3	33.9	12,600	9,900	1.1
KBH 2	Braided river channel fill	48.3	42.3	-	-	-
KBH 1	Middle Pleistocene shallow marine sediments	49.9	48.3	-	-	-

古い値を示す。この差異は同層準で検討ができなかった層準でも系統的に認められ、貝化石は光沢があり再堆積の影響は植物片よりも少ないと推定される。したがって、当時の大気や地中から炭素を吸収していた植物は、水中に生息していた貝とは異なる放射性炭素循環系を持っていたことを示す可能性がある。このように内湾域の貝化石が植物片と比較して古い年代値を示すことは Hutchinson *et al.* (2004) によってアメリカ西岸地域の内湾でも示されている。また、現世の霞ヶ浦に注ぐ河川水中の懸濁有機炭素や溶存有機炭素において Nara *et al.* (2007) が古い $\Delta^{14}\text{C}$ 値を検出している。したがって、大気中よりも古い $\Delta^{14}\text{C}$ を持つ河川起源の有機炭素を貝が取り込んでいたために、貝化石は同一層準の植物片よりも古い年代値を示す可能性がある。

一方、KBH 6の深度 19.51 ~ 19.44m・16.63 ~ 16.52m・12.85 ~ 12.66m・9.52 ~ 9.23mの4層準で貝化石と植物片のセットの年代値を検討したが、上述したような顕著な差異は認められなかった。これらのセットの植物片の暦年代値から貝化石の値を引くと、150年・140年・60年・190年とそれぞれの年代値の誤差範囲程度となる。そのため、KBH 6での放射性炭素リザーバー効果は今回の方法では検知できないほど軽微であったと推定できる。

上述したように海水準上昇期に放射性炭素リザーバー効果が顕著で、海水準安定期で検知できなくなる傾向は、三郷市での結果（中西ほか，2011）と調和的である。したがって、中川低地の海水準上昇期の海生生物遺体を海洋効果100%と仮定して年代値を議論する際には500年程度の放射性炭素リザーバー効果を留意する必要があると推定される。一方、海水準安定期の内湾堆積物にはそのような効果は検出されていない。しかし、再堆積の影響が軽微であると推定される葉のような陸源性植物での検証例が少ないので、それらが含まれている可能性が高い奥東京湾湾奥地域のデルタ堆積物において今後検討を

重ねるべきである。

6.3 中川低地中部～南部の沖積層の堆積システム

KBH コアで認定した堆積相と堆積年代を、約13km 下流の開析谷中軸部の堆積相MHI 2～8（中西ほか，2011）と対比する。また、中川低地中部～南部の開析谷中軸部で得られた既存土質柱状図a9・b14・d15・e14・f23・h28（中西ほか，2007）に記載された土質・植物と貝化石の有無などの記事と標準貫入試験のN値を基にして上下流方向の埋積様式について考察する（第4表，第8図）。これらの結果、沖積層において下位から、網状河川・蛇行河川・エスチュアリー・デルタの合計4種類の堆積システムを認定した。これらは中川低地南部の開析谷横断面でも認定されており、それらは東京低地で田辺ほか（2006a,b,c）や木村ほか（2006）が報告したものと対比されている（中西ほか，2011）。上記の堆積システムを認定した根拠と地質の特徴を以下に記載して、各堆積システムの形成機構について考察する。

6.3.1 網状河川システム

堆積相KBH 2とMHI 2は、礫径2～3cmの亜円礫支持層と粗粒～極粗粒砂支持層で構成される。これらの砂礫層は中川低地中部～南部で収集した既存土質柱状図のN値50以上の砂礫層に対比でき、それらはT.P.-50～-30mに1/1,000程度の勾配を持って谷状に連続的に分布する（第9図）。これらの砂礫層は、現在の中川水系の勾配よりも二倍以上も急な網状河川システムによって形成されたと考えられる。同システムの上面の堆積年代は、KBH 2では10.4cal kyr BP以前であるのに対してMHI 2では12.6cal kyr BP以前であるので、上流側ほど遅い時期に埋積されたと考えられる。

土質柱状図に記載された砂礫層の層厚には二倍以上のばらつきがみられる。こうした層厚の差異は、当時の網

第4表 中川低地中部における沖積層の堆積システムごとの岩相、植物片と貝片の含有度、N値及び標高の対応表。

Table 4 Comparison between sedimentary systems and lithofacies, abundance of plant and shell fragments, N-value and elevation of the latest Pleistocene to Holocene incised-valley fills under the central part of the Nakagawa Lowland.

Depositional system	Sedimentary facies	Lithofacies	Plant	Shell	N value		T.P. (m)	
					minimum	maximum	minimum	maximum
Delta	Modern river floodplain	Mud	Abundant	Absent	0	5	+5	-30
	Modern river channel	Sand	Few	Absent	5	25		
	Salt marsh and shallow marine	Mud	Common	Common	0	5		
Estuary	Tidal influenced shallow marine	Mud	Few	Abundant	0	5	-25	-35
	Tidal flat	Mud	Common	Absent	0	10		
Meandering river	Meandering river floodplain	Mud	Abundant	Absent	5	15	-30	-40
	Meandering river channel	Sand	Few	Absent	10	50		
Braided river	Braided river channel	Gravel	Absent	Absent	50	50	-35	-45
?	Shallow marine	Sand&mud	Absent	Common	10	50	-40	?

状河川の瀬・淵構造や、異なる時期の氷期に形成された複数の礫層が不整合面を介して連続的に累重していることを反映していると推定される。後者の場合、土質柱状図の記載を基にして砂礫層の中に境界面を推定することは難しいので、今回は区分を一括した。一方、KBH 2の深度45m付近は基質支持であり、この層準を挟んで初磁化率値とL*が上方増加する。このような変化は、MHI 2や東京低地でも認められる(中西ほか, 2011)。したがって、これらの境界面を挟んで堆積物の供給源や運搬様式などの形成機構もしくは堆積後の続成作用が異なると推定される。砂粒組成や礫組成を検討すれば、その原因について検討できるかもしれない。

上記の砂礫層は、層相と分布深度に基づいて遠藤ほか(1983,1988a,b)のBGに相当すると考えられる。

6.3.2 蛇行河川システム

堆積相KBH 3とMHI 3は、植物片を多く含んだシルト層と逆級化構造を示すことがある細粒砂層の互層で構成される。これらは奥東京湾地域の海水準上昇期前半に当たる13～10cal kyr BPにかけて海側から陸側へと順に堆積している(第9図)。

これらの蛇行河川堆積物の上限は、柱状図d15・f23・h28ではN値が10以上の砂層の基底もしくは、柱状図a9のような泥混じり砂層の基底や、柱状図b14のような泥層内のN値の上方増加に対比されると推定される。このような層相とN値の変化は開析谷の上流部ほど少なく、柱状図e14のように明瞭な対比基準が認定できない場合もある。これらの境界面よりも下位には先述した特徴を持つ泥層と砂層が互層をなしているために、蛇行河川流路の側方移動によって氾濫原や自然堤防、河川流路の堆積環境が繰り返す堆積環境(Miall, 1992)で形成されたと解釈できる。以上のようにT.P.-48～-27mで蛇行河川システムを認定した(第9図)。その上面の勾配は1/2,000程度であり、現在の中川水系のものと同程度で

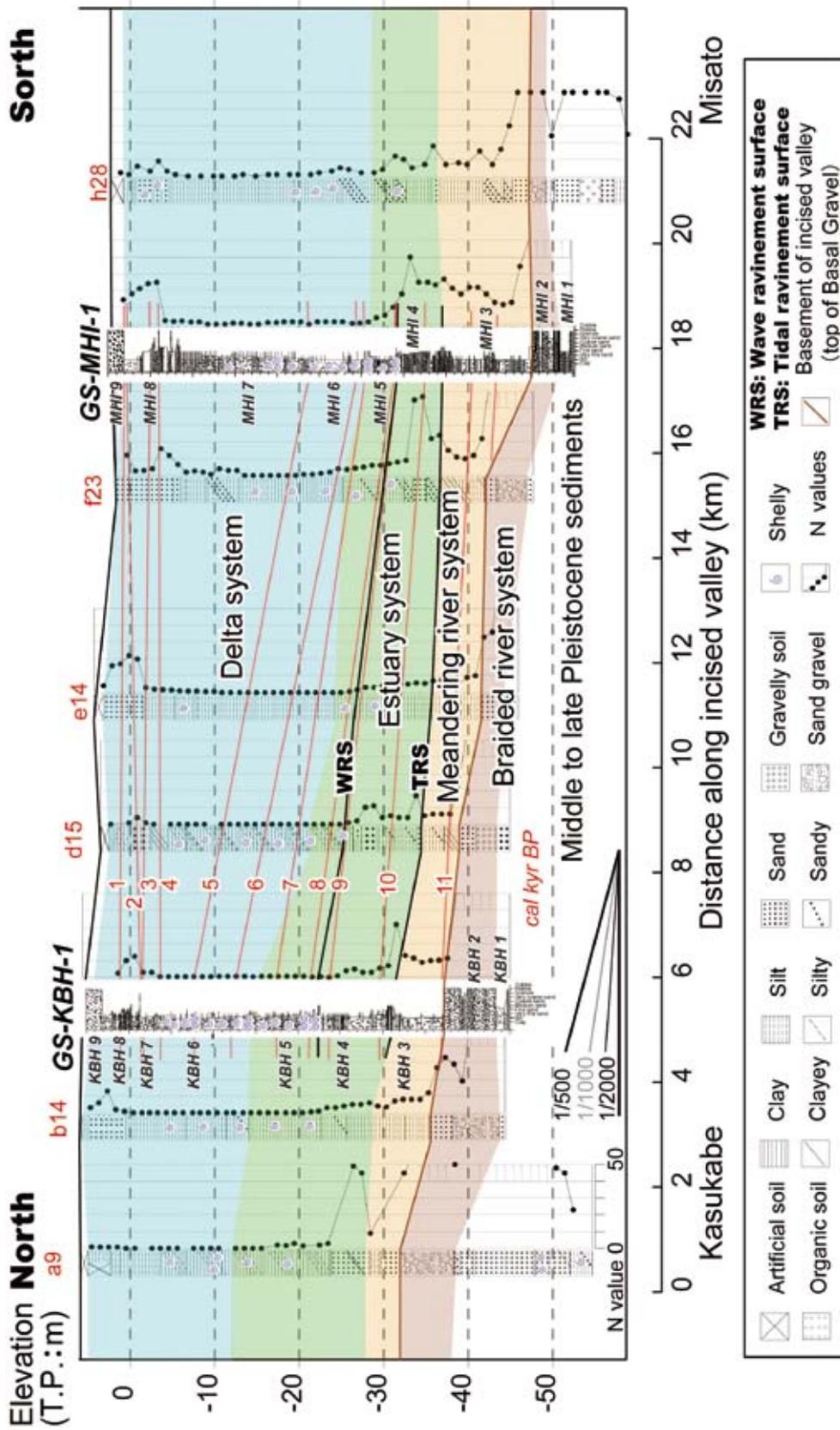
ある。

この砂泥互層は、標高分布と層相、N値に基づく遠藤ほか(1983, 1988a,b)の七号地層(八潮部層)に相当すると推定される。今回のコア試料と土質柱状図による検討では、遠藤ほか(1988b)が同層準で示している貝化石は認められなかった。

6.3.3 エスチュアリーシステム

KBH 4～5は植物片や貝化石を含んだシルト層もしくは泥砂細互層で、MHI 4～5は上方細粒化する中粒砂～シルト層でそれぞれ構成される(第9図)。これらの最上部には内湾指標種のマメウラシマガイや海生の珪藻化石である*Thalassiosira eccentrica*が多く含まれており、全体として上方深海化を示す生物化石相が認められる。KBH 4～5の堆積年代は10～9.3cal kyr BPであるのに対して、MHI 4～5は10.1～9.9cal kyr BPに形成される。このように海側から陸側へと形成されているので、これらは海水準が上昇する過程で海側から陸側へと後退するエスチュアリーシステム(Boyd *et al.*, 1992)によって形成された堆積物であると解釈できる。

干潟堆積物(KBH 4)の基底にはマッドクラストを含む厚さ5cmの砂層(第4図d)が認められる。この基底の明瞭な境界面を挟んで堆積速度が遅い時期が認定でき(第6図)、堆積曲線と海水準変動曲線は同層準が当時の海水準付近～それ以深で形成されたことを示唆する。また、境界面よりも下位のKBH 3では淡水生の珪藻化石が卓越しているのに対して、それより上位のKBH 4では海生～淡水生の珪藻化石が混在して含まれている(第5図)。したがって、この境界面は海水準の上昇によって潮上帯から潮間帯への水深の変化で形成された潮汐ラビーンメント面(Tidal ravinement surface: TRS: Allen and Posamentier, 1993)であると解釈できる。なお、当時の奥東京湾は現在の東京湾よりも深く湾入していたので、その地形効果によって潮位差は現在の3倍以上で



第9図 中川低地中部～南部地域における沖積層の堆積システム。土質柱状図は中西ほか (2007), GS-MHI-1 コアの柱状図は中西ほか (2011) による。断面の位置は第1図に示す。

Fig. 9 Sedimentary systems of the middle to late Pleistocene to Holocene incised-valley fill under the central to southern part of the Nakagawa lowland. The drilling logs are after Nakamishi *et al.* (2007), and the column of the GS-MHI-1 core is after Nakamishi *et al.* (2011). See Fig. 1 for location.

あったと推定されている (藤本, 1990; 上原, 1999).

一方, KBH 4と潮汐の影響した上方深海化する浅海底堆積物 (KBH 5) との間の明瞭な境界面にも堆積速度が遅い時期が認定できる. この境界面よりも下位のKBH 4には淡水生の珪藻化石が40%弱含まれているのに対して, それより上位のKBH 5には淡水生の珪藻化石は5%弱しか含まれていない. また, KBH 5の上部には潮下帯に主に棲息するマメウラシマガイなどが多く含まれているので, この境界面は海水準の上昇に伴って潮間帯から潮下帯への水深の変化によって形成された波浪ラビーンメント面 (Wave ravinement surface: WRS: Nummedal and Swift, 1987; 増田, 2007) であると解釈できる.

既存土質柱状図からは上述したような上方深海化や古水深の変化を示す直接的な指標は得られない. そのため, 柱状図b14のT.P.-14m以浅でKBH 6の基底面のように砂混じりになること, 柱状図f23・h28のT.P.-25m以深でMHI 5のようにN値が上方減少することを基にして, T.P.-30~-10mでエスチュアリーシステムの上面を推定した (第9図). その勾配はKBHコア掘削地点~柱状図e14において1/500であり, 蛇行河川堆積物の勾配よりも二倍程度急傾斜になる. そのため, 春日部市南部よりも内陸側のエスチュアリー堆積物の層厚は, 越谷市中部よりも海側のものと比較して二倍程度厚くなる. このことは, 奥東京湾の奥部では海水準上昇期において既に埋積作用が進行していたことを反映していると考えられる. 一方, 開析谷上流部で得られたKBH 4や柱状図b14・d15・e14のエスチュアリー堆積物下部は, 下流部のMHI 4や柱状図f23・h28よりも泥質でN値が低い. 両者の相違は, 海水準の上昇と開析谷周辺の古地形を反映していると推定される. すなわち, 上流部の埋没段丘面の標高はほとんどがT.P.-5~0mであるのに対して, 下流部ではT.P.-35~-25mのものも分布している (第1図b) ので, 下流部では海水準上昇期に相対的に広い領域が浸食された結果, そこから供給された粗粒な堆積物が当時の地層に再堆積している可能性がある.

以上のように, エスチュアリー堆積物の下部ではN値が50以下の砂層を挟在する場合があるのに対して, 上部ではN値が上方減少する貝混じり泥層から構成される (第9図). これらの特徴と分布標高により, 遠藤ほか (1983, 1988a,b) の有楽町層下部 (HBGと三郷部層) に相当すると推定される.

6.3.4 デルタシステム

KBH 6~8及びMHI 6~8は上方浅海化する浅海底~現世河川のシルト層~中粒砂層によって構成される (第9図). これらに含まれる貝化石や珪藻化石群集組成は上位に含まれているものほど淡水の影響が強いことを示唆する. 一方, KBH 6の基底面の堆積年代はT.P.-14mで7~6cal kyr BPであるのに対して, MHI 6基底面はT.P.-

27.5mで7cal kyr BP以前に形成されている. このように, 陸側ほど標高が高くて堆積年代が古いので, これらは沖合に前進するデルタシステムにより形成されたと解釈できる. KBHコアのデルタ堆積物の平均堆積速度は0.5mm/yr程度でほぼ一定しているのに対して, MHIコアではT.P.-15~-5mで4.5~4cal kyr BPに急激な堆積が認められる. 両者の相違は, 海水準上昇期に内陸側で埋積作用が進行したために, 海水準安定期にデルタ堆積物が充填する堆積空間がわずかしかなかったことを反映していると考えられる. 一方, 海水準安定期に浅海底で形成されたKBH 6は海水準上昇期のKBH 5よりも細粒である. これらの違いは, 海水準上昇期には周辺の埋没段丘などの沖積層基盤を潮汐によって浸食して生じた極細粒砂が運搬・堆積しやすいのに対して, 海水準安定期にはそうした効果が少ないことを反映していると推定される.

既存柱状図の土質区分, N値と貝化石の有無を基にして, KBH 6~7及びMHI 6~7はT.P.-30m以浅の貝殻を含むN値が0~5の泥~砂質泥層に, KBH 8及びMHI 8は上方細粒化するN値30以下の中粒砂~泥層にそれぞれ対比される (第9図). 両者の相違は貝化石もしくは砂層の有無で認定できるが, 柱状図の土質区分が曖昧な場合や記事の記載が少ない場合には判別することが困難である. 柱状図f23とh28のT.P.-30~-5mで上流部と比較してN値が若干高く砂質になることは, 先述したような中川低地中央部と南部におけるデルタ堆積物の物性の相違を反映している可能性がある.

以上の地層は分布標高・層相・N値により, 遠藤ほか (1983, 1988a,b) の有楽町層下部・上部 (三郷部層・吉川部層) に相当する.

6.4 中川低地中部の浅層地盤

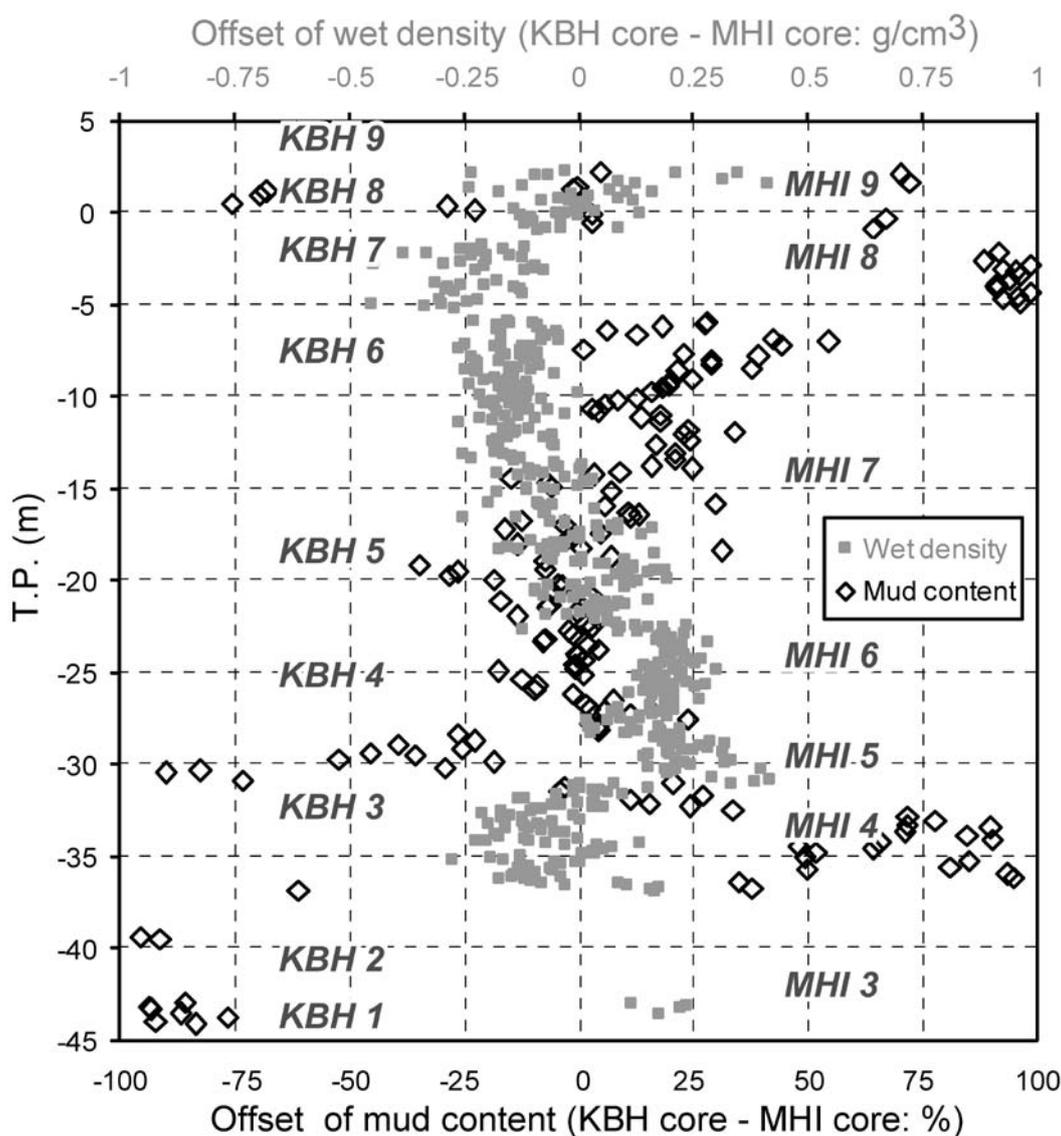
AD1923年関東地震の際に, KBHコア採取地点付近では80~30%の家屋が倒壊したのに対して, MHIコア採取地点付近では10~0.1%しか倒壊していない (武村・諸井, 2002). この地震の際には, 粘性土層などの軟弱な沖積層が厚い地域において, 硬質な更新統が卓越する台地よりも家屋の倒壊率が高い傾向があることが河角 (1951) や松田ほか (1978), 相原 (1990) などによって報告されている. 春日部地域付近は, 三郷地域よりも沖積層の層厚が薄い (第9図) ので, 両地域の地震被害の大きさの相違は沖積層の層厚だけではなく, その内部構造や物性値も反映している可能性がある. 以下では, 両地域の沖積層の内部構造や物性値を比較して, それらに相違が生じた要因について考察する.

春日部地域のT.P.-5m以浅には三郷地域でみられるような層厚3m以上の砂層の発達が悪い (第2図, 第9図). このように砂層に換わって軟弱な泥層が多く分布することが地震被害の規模に影響した可能性がある. 例えば,

東北大学理学部地質学古生物学教室 (1979) は、自然堤防堆積物の発達が悪い泥層が卓越して分布する地域において、AD1978年宮城県沖地震による家屋の倒壊率が高かったことを報告している。こうした地盤特性は、将来発生すると予想される大規模地震の際にも再現される可能性があるため、今後の地震防災を想定する上で留意する必要がある。一方、上述した地下浅部の砂層は越谷市以南において顕著に認められ (第9図)、その分布様式は人工改変以前の古利根川が越谷市付近で当時の荒川と合流していたこと (久保, 1989) を反映している可能性がある。

次に、KBHコアとMHIコアで得た湿潤かさ密度と泥

分含有率とを比較する。両コアの湿潤かさ密度値は、T.P.0 ~ -15mではKBHコアの方が 0.2g/cm^3 程度低い値を、反対にT.P.-20 ~ -32mではMHIコアの方が 0.2g/cm^3 程度低い値をそれぞれ示す (第10図)。これらの相違は、T.P.-20m以浅では泥分含有率と逆相関が認められるので、粒度を反映していると考えられる。その効果は塩水湿地堆積物 (KBH 7) と現世河川堆積物 (MHI 8) が分布するT.P.-2 ~ -5m付近で特に大きい。なお、T.P.-20 ~ -28mでは泥分含有率がほぼ等しいにもかかわらず、MHIコアの方が低い密度を示す。この相違は第8図bに示したような汽水成 (KBH 5) と海成 (MHI 6) の堆積環境の違いを反映していると考えられる。



第10図 GS-KBH-1コアとGS-MHI-1コアの湿潤かさ密度と泥分含有率の差異。GS-MHI-1コアの値は中西ほか (2011) を使用した。

Fig.10 Wet bulk density and mud content offsets of the GS-KBH-1 core to the GS-MHI-1 core. The values of the GS-MHI-1 core are after Nakanishi *et al.* (2011).

以上のようにAD1923年関東地震の際に春日部地域で被害を大きくした要因の一つとして、T.P.-20m以浅に低密度な泥層が厚く分布している点が挙げられる。この泥層は第2図のように開析谷の横断方向に連続して分布している。現世河川の流路や自然堤防起源の砂層が挟在しない場合には、第2図の柱状図c11のように地表面～T.P.-20mまでN値がほとんど0の泥層のみによって構成される。一方、KBHコアのT.P.-20～0mやMHIコアのT.P.-15～-9mでは、泥分含有率が90%以上で含水率が40%を示す軟弱な泥層が分布する。また、この層準では上方に向かってL*が減少する（暗色を帯びる）傾向は植物片が上方に向かって増加する傾向（第3図）と正の相関を示す。こうした有機物を多く含んだ軟弱な泥層を対象として地盤工学的な試験や現地での地震動のモニタリングを実施することによって、地震被害を軽減するための手法開発を進めることが今後検討すべき課題である。

7. まとめ

埼玉県春日部市の開析谷中軸部で掘削したボーリング試料を用いて、堆積相・珪藻化石群集組成・物性・堆積年代を検討した。それらの結果を周辺の既存土質柱状図及び中川低地南部での解析結果と対比して堆積システムを認定した。また、ラビーンメント面の形成機構や奥東京湾の埋積機構について考察した。以上の要点を挙げると以下の8点である。

- 1) 中川低地中部の開析谷中軸部の沖積層は、下位から、網状河川流路堆積物・蛇行河川の氾濫原堆積物・干潟堆積物・潮汐の影響した上方深海化する浅海底堆積物・潮汐の影響した上方浅海化する浅海底堆積物・塩水湿地堆積物・現世河川流路～氾濫原堆積物で構成される。
- 2) 上記の堆積物毎に密度・含水率・粒度・初磁化率・色調・N値を整理して、それらの相関を検討した。その結果、沖積層中部の海成泥層は、上下の河川成泥層と比較して、低密度・高含水率・低N値であることを示した。
- 3) 海水準上昇期の蛇行河川成堆積物と干潟堆積物は平均1mm/yr程度の堆積速度で形成され、その後の浅海成と現世河川成の堆積物は平均0.5mm/yr程度の堆積速度で形成された。また、ラビーンメント面や弥生の小海退の層準で堆積速度の減少を検知した。
- 4) 開析谷中軸部のT.P.-36.8～-29.2mには泥層を主体とする蛇行河川氾濫原～流路堆積物が分布している。それらは10.5～10cal kyr BPに平均1.1cm/yrの堆積速度で形成された。
- 5) T.P.-28.5mの蛇行河川氾濫原堆積物と干潟堆積物との境界に潮汐ラビーンメント面が、T.P.-22.0mの干潟堆

積物と浅海底堆積物との境界には波浪ラビーンメント面がそれぞれ分布する。

- 6) 沖積層中部には、奥東京湾を埋積した潮汐の影響が強い浅海底堆積物が分布する。極細粒砂の含有率は上方減少して、低密度で高含水率な性質を示しN値は0である。また、8.7～3.4cal kyr BPの浅海底堆積物の堆積速度はおおむね0.5cm/yrである。
- 7) 上記の堆積物の累重様式を開析谷下流で掘削されたコアの解析結果や周辺地域の既存土質柱状図と対比して、下位から順に網状河川システム・蛇行河川システム・エスチュアリーシステム・デルタシステムを認定した。
- 8) 春日部市付近ではT.P.-20m以浅でN値が0を示す泥層が厚く分布する。これらは泥分含有率が90%以上で低密度かつ高含水率な性質を有する。この軟弱泥層がAD1923年関東地震の際に春日部～越谷地域に震度7に相当する家屋の倒壊被害をもたらした一因である可能性がある。

謝辞：春日部市立正善小学校と同市教育委員会の皆様には、ボーリング調査を実施させていただき、同小学校建造時の標準貫入試験データを提供していただきました。AMS放射性炭素年代測定を試料作成に当たって名古屋大学環境学研究所の北川浩之先生に大変お世話になりました。また、国立環境研究所での測定実験の際には、現東京大学大学院新領域創成科学研究科の米田 穰博士と環境研究センターの鈴木 亮氏、株式会社伯東の小林利行氏にお世話になりました。ボーリング試料解析の際には、産業技術総合研究所地質情報研究部門の宮地良典氏と池原 研博士にお世話になりました。同部門の中澤 努博士には適切な査読コメントをしていただいたので、原稿を洗練することができました。中央開発株式会社の細矢卓志・竹林 剛・関田 昇・関田 実の各氏にはボーリングコア試料の採取の際に多くの便宜を図っていただきました。パリノ・サーヴェイ株式会社の堀内誠示氏には珪藻化石が稀産する層準においても詳細な分析をしていただき、名古屋大学環境学研究所の須藤 斎博士には*Chaetoceros* spp.の生態についてご教示をしていただきました。以上の方々に篤く御礼申し上げます。この研究には産業技術総合研究所の運営費交付金「大都市圏の地質災害軽減・環境保全を目的とした地質学的総合研究」（平成15～17年度）を使用した。

文 献

- 相原輝雄 (1990) 埼玉県南東部における沖積層と関東地震による家屋被害—旧出羽村付近の埋没地形と家屋被害—。地質調査研究報告, 41 (8), 455-468.
- Allen, G.P. and Posamentier, H.W. (1993) Sequence stratigraphy

- and facies model of an incised valley fill: the Gironde estuary, France. *J. Sediment. Petrol.*, **63**, 378-391.
- 安藤一男 (1990) 淡水産珪藻による環境指標種群の設定と古環境復元への応用. *東北地理*, **42**, 73-88.
- Bronk Ramsey, C. (2001) Development of the radiocarbon program OxCal. *Radiocarbon* **43**(2A), 355-363.
- Collinson, J.D. (1996) Alluvial sediments. In Reading, H.G. eds., *Sedimentary environments: Processes, facies, and stratigraph 3rd ed.*, Blackwell Sci. Publ., Oxford, 37-82.
- 江口誠一・村田泰輔 (1999) 関東平野中央部加須低地における完新世の環境変遷史. *地理学評論*, **72**(4), 253-266.
- Endo K., Sekimoto, K. and Takano, T. (1982) Holocene stratigraphy and paleoenvironments in the Kanto Plain, in relation to the Jomon Transgression. *Proceedings of the Inst. Nat. Sci., Nihon Univ.* no.17, 1-16.
- 遠藤邦彦・関本勝久・高野 司・鈴木正章・平井幸弘 (1983) 関東平野の沖積層. *アーバンクボタ*, no.21, 26-43.
- 遠藤邦彦・小杉正人・菱田 量 (1988a) 関東平野の沖積層とその基底地形. *日本大学文学部自然科学研究所研究紀要*, no.23, 37-48.
- 遠藤邦彦・小杉正人・高野 司 (1988b) 草加市の地質. *草加市史*, 自然・考古編, 草加, 23-69.
- 遠藤邦彦・小杉正人・松下まり子・宮地直道・菱田 量・高野 司 (1989) 千葉県古流山湾周辺域における完新世の環境変遷史とその意義. *第四紀研究*, **28**(2), 61-77.
- 遠藤邦彦・印牧もところ・中井信之・森 育子・藤沢みどり・是枝若奈・小杉正人 (1992) 中川低地と三郷の地質. *三郷市史*, no.8 (別編自然編), 三郷, 35-111.
- 藤本 潔 (1990) 日本列島における後期完新世海水準変動の再検討. *日本地理学会予稿集*, **38**, 140-141.
- 福田 理 (1962) 春日部層序試錐 (予報) ~抗井地質を中心として~. *地質ニュース*, **100**, 1-16.
- 国土地理院 (1972) 野田. 1:25,000 土地条件図.
- Geotek Ltd. (2004) GEOTEK multi sensor core logger systems (MSCL) general product overview. <http://www.geotek.co.uk/ftp/MSCLOverview.pdf>, 12p.
- 平井幸弘 (1983) 関東平野中央部における沖積低地の地形発達史. *地理学評論*, **56**(10), 679-694.
- 堀口万吉 (1986) 埼玉県の地形と地質. *新編埼玉県史別編3 自然*, 埼玉県, 5-74.
- 堀口万吉 (1994) 関東平野中央部地下地質の概要. *地団研専報*, **42**, 1-16.
- Hutchinson, I., James, T.S., Reimer, P.J., Bornhold, B.D., Clague, J.J. (2004) Marine and limnic radiocarbon reservoir corrections for studies of late- and postglacial environments in Georgia Basin and Puget Lowland, British Columbia, Canada and Washington, USA. *Quaternary Res.*, **61**, 193-203.
- Hustedt, F. (1930) Bacillariophyta (Diatomeae). In Pascher, A. eds., *Die Susswasser-flora Mitteleuropas*, 10, Gustav Fischer, Jena, 466p.
- Hustedt, F. (1937-1938) Systematische und ökologische Untersuchungen über die Diatomeen-Flora von Java, Bali und Sumatra 1-3. *Archiv für Hydrobiologie*, **15**: 131-809 and **16**: 1-155, 274-394.
- Hustedt, F. (1961-1966), Die Kieselalgen Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. In Rabenhorst, L. eds., *Kryptogamen Flora von Deutschland, Oesterreichs und der Schweiz*, 7, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, 816p.
- 池原 研 (2000) 深海堆積物に記録された地球環境変動—環境変動解析における試料の一次記載と非破壊連続分析の重要性—. *月刊地球*, **22**(3), 206-211.
- 井関弘太郎 (1975) 沖積基底礫層について. *地学雑誌*, **84**(5), 1-18.
- 石原与四郎・木村克己・田辺 晋・中島 礼・宮地良典・堀 和明・稲崎富士・八戸昭一 (2004) 埼玉県草加市柿木地区で掘削された沖積層ボーリングコア (GS-SK-1) の堆積相・堆積物特性と放射性炭素年代. *地質調査研究報告*, **55**(7/8), 183-200.
- 籠瀬良昭 (1972) 低湿地—その開発と変容—. *古今書院*, 東京, 316pp.
- 貝塚爽平・松田馨余 (1982) *首都圏の活構造・地形区分と関東地震の被害分布*. 内外地図, 東京.
- 菊地隆男 (1979) 関東平野中央部における後期更新世以降の古地理の変遷. *第四紀研究*, **17**(4), 215-221.
- 菊地隆男 (1981) 先史時代の利根川水系とその変遷. *アーバンクボタ*, no.19, 2-5.
- 河角 廣 (1951) 東京の震害分布と地盤に就いて. *建築雑誌*, **66**(773), 8-15.
- 菊地隆男 (1979) 関東平野中央部における後期更新世以降の古地理の変遷. *第四紀研究*, **17**(4), 215-221.
- 菊地隆男 (1981) 先史時代の利根川水系とその変遷. *アーバンクボタ*, no.19, 2-5.
- 木村克己 (2004) 巻頭言: 都市地質研究の展開. *地質調査研究報告*, **55**(7/8), 181-182.
- 木村克己 (2006) 巻頭言: 都市地質研究の展開 (その2). *地質調査研究報告*, **57**(9/10), 259-260.
- 木村克己・石原与四郎・宮地良典・中島 礼・中西利典・中山俊雄・八戸昭一 (2006) 東京低地から中川低地に分布する沖積層のシーケンス層序と層序の再検討. *地質学論集*, no.59, 1-18.
- Kitagawa, H., Masuzawa, T., Nakamura, T. and Matsumoto, E. (1993) A batch preparation method for graphite targets with low background for AMS ¹⁴C measurements.

- Radiocarbon*, **35**(2), 295-300.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1985) *Naviculaceae. Bibliotheca Diatomologica*, **9**, Cramer, Berlin, 230p.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H., (1986) Bacillariophyceae, 1 Teil: Naviculaceae, *In* Ettl, H., Gartner, G., Gerloff, J., Heynig, H., and Mollenhauer, D. eds., *Susswasserflora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer, Verlag, Stuttgart, 876p.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H., (1988) Bacillariophyceae, 2 Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae, *In* Ettl, H., Gartner, G., Gerloff, J., Heynig, H., and Mollenhauer, D. eds., *Susswasserflora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer, Verlag, Stuttgart, 610p.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H., (1991a) Bacillariophyceae, 3 Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae, *In* Ettl, H., Gartner, G., Gerloff, J., Heynig, H., and Mollenhauer, D. eds., *Susswasserflora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer, Verlag, Stuttgart, 576p.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H., (1991b) Bacillariophyceae, 4 Teil: Achnantheaceae Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolata) und *Gomphonema*, *In* Ettl, H., Gartner, G., Gerloff, J., Heynig, H., and Mollenhauer, D. eds., *Susswasserflora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer, Verlag, Stuttgart, 437p.
- 小杉正人 (1988b) 珪藻の環境指標種群の設定と古環境復原への応用. 第四紀研究, **27**(1), 1-20.
- Kjerfve, B. and Magill, K. E. (1989) Geographic and hydrodynamic characteristics of shallow coastal lagoons. *Mar. Geol.*, **88**, 181-185.
- 久保純子 (1989) 東京低地における縄文海進以降の地形の変遷. 早稲田大学教養部学術研究 (地理・歴史学・社会科学編), **38**, 75-92.
- 増田富士雄・伊勢屋ふじこ (1985) “逆グレーディング構造”: 自然堤防帯における氾濫原洪水堆積物の示相堆積構造. 堆積学研究会報特集号, 108-116.
- 増田富士雄 (2007) 相対的な海面変動が支配する地層の累重と地形の形成: わが国の沖積層の解析から. 地形, **28**(4), 365-379.
- Matsuda, I. (1974) Distributions of the recent deposits and buried landforms in the Kanto Lowland, central Japan. *Geogr. Rep. Tokyo Metropolitan Univ.*, no.9, 1-36.
- 松田磐余・和田 諭・宮野道男 (1993) 関東大地震による旧横浜市内の木造家屋全壊率と地盤の関係. 地学雑誌, **87**(5), 14-23.
- 松田磐余 (1993) 東京湾と周辺の沖積層. 貝塚爽平編, *東京湾の地形・地質と水*, 築地書館, 東京, 67-109.
- Miall, A.D. (1977) A review of the braided-river depositional environment. *Earth Sci. Rev.*, **13**, 1-62.
- Miall, A.D. (1992) Alluvial deposits. *In* Walker R.G. and James, N.P. eds., *Facies Models: Response to sea level change*, Geological Association of Canada, Waterloo, Ontario, 119-139.
- 水野篤行 (1996) 高師小僧. *新編地学事典*, 地学団体研究会編, 平凡社, 759.
- 森川六郎 (1962) 埼玉県南平野の地盤地質. 応用地質, **3**(3,4), 11-19.
- 中西利典・石原与四郎・田辺 晋・木村克己・八戸昭一・稲崎富士 (2007) ボーリング柱状図資料の解釈による中川低地南部の沖積層基底図. 地質調査総合センター研究資料集, no.454, 36pp.
- 中西利典・田辺 晋・木村克己・中島 礼・内山美恵子・柴田康行 (2011) 埼玉県三郷市彦成地区の沖積層ボーリングコア (GS-MHI-1) の堆積相・珪藻化石群集組成・物性・放射性炭素年代値. 地質調査研究報告, **62**(1/2), 3-46.
- 中島 礼・木村克己・宮地良典・石原与四郎・田辺 晋 (2004) 東京都江戸川区小松川と埼玉県草加市柿木において掘削した沖積層ボーリングコアから産出した貝化石群集. 地質調査研究報告, **55**(7/8), 237-269.
- 中島 礼・田辺 晋・宮地良典・石原与四郎・木村克己 (2006) 沖積層の貝化石群集変遷—埼玉県草加市と東京都江戸川区の例—. 地質学論集, no.59, 19-33.
- 中澤 努・遠藤秀典 (2000) 関東平野中央部「野田」「大宮」地域の更新統シーケンス層序と構造運動. 地質調査研究報告, **51**(9), 411-415.
- 中澤 努・遠藤秀典 (2002) 大宮地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 41pp.
- 中澤 努・中里裕臣・小松原琢・塚本 斉 (2003) 関東地方に分布する中期更新世指標テフラTB-8とKy3の対比の再検討. 地質調査研究報告, **54**(9/10), 341-350.
- Nara, F., Imai, A., Yoneda, M., Matsushige, K., Komatsu, K., Nagai, T., Shibata, Y. and Watanebe, T. (2007) Seasonal variation in sources of dissolved organic carbon in a lacustrine environment revealed by paired isotopic measurements ($\Delta^{14}\text{C}$ and $\delta^{13}\text{C}$). *Radiocarbon*, **49**(2), 767-773.
- Nio, S.D. and Yang, C.S. (1991) Diagnostic attributes of clastic tidal deposits. *In* Smith, D.G., Reinson, B.A. and Rahmani, R.A. eds., *Clastic tidal sedimentology*, *Canad. Soc. of Petrol. Geologists Mem.*, no.16, 3-27.
- Nummedal, D. and Swift, D.J.P. (1987) Transgressive stratigraphy at sequence-bounding unconformities: some principles derived from Holocene and Cretaceous examples. *In* Nummedal, D., Pilkey, O.H. and Howard, J.D. eds., *Sea-level fluctuation and coastal evolution*, *SEPM Spec. Publ.*, no.41, 241-260.

- 大熊 孝 (1981a) 近世初頭の河川改修と浅間山噴火の影響. アーバンクボタ, no.19, 18-31.
- 大熊 孝 (1981b) *利根川治水の変遷と水害*. 東京大学出版会, 東京, 393pp.
- 奥谷喬司 (2000) *日本近海産貝類図鑑*. 東海大学出版会, 秦野, 1173pp.
- 太田陽子・海津正倫 (1990) 日本における完新世相対的
海面変化とそれに関する問題—1980～1988における研究の展望. 第四紀研究, **29**, 31-48.
- Pemberton, S.G., MacEachern, J.A. and Frey, R.W. (1992) Trace fossil facies models: environmental and allostratigraphic significance. In Walker, R.G. and James, N.P. eds., *Facies models: Response to sea level change*, Geol. Assoc. Canada, 47-72.
- Reading, H.G. and Collinson, J.D. (1996) Clastic coasts. In Reading, H.G. eds., *Sedimentary environments: Process, facies and stratigraphy, 3rd ed.* Blackwell Science, Oxford, 154-231.
- 埼玉県 (1993) *中川水系 I 総論・II 自然*. 中川水系総合調査報告書, no.1, 680pp.
- 埼玉県 (1995) *埼玉県表層地質図*. 埼玉県県政情報センター, さいたま.
- 澤井祐紀 (2001) 珪藻類を用いた海岸古環境の復元に関する研究. 藻類, **49**, 185-191.
- Stuiver, M., Reimer, P.J., Bard, E., Beck, J.W., Burr, G.S., Hughen, K.A., Kromer, B., McCormac, F.G., van der Plicht, J. and Spurk, M. (1998a) INTCAL98 Radiocarbon age calibration 24,000 - 0 cal BP. *Radiocarbon*, **40**(3), 1041-1083.
- Stuiver, M., Reimer, P.J. and Braziunas, T.F. (1998b) High-precision radiocarbon age calibration for terrestrial and marine samples. *Radiocarbon* **40**(3), 1127-1151.
- 須藤 斎 (2006) 始新世/漸新世境界 (約3,370万年前)の渦鞭毛藻類から珪藻類への一次生産者交代事変の可能性. 藻類, **54**, 95-97.
- 武村雅之・諸井孝文 (2002) 地質調査所データに基づく1923年関東地震の詳細震度分布 その2. 埼玉県. 日本地震工学会論文集, **2**(2), 55-73.
- 田辺 晋・中島 礼・中西利典・石原与四郎・宮地良典・木村克己・中山俊雄・柴田康行 (2006a) 東京都葛飾区における沖積層の堆積相と堆積物物性: 奥東京湾口の砂嘴堆積物の時空間分布. 地質調査研究報告, **57**(9/10), 261-288.
- 田辺 晋・中島 礼・中西利典・木村克己・柴田康行 (2006b) 東京都足立区本木地区から採取した沖積層ボーリングコア堆積物 (GS-AMG-1) の堆積相と放射性炭素年代, 物性. 地質調査研究報告, **57**(9/10), 289-307.
- 田辺 晋・石原園子・中島 礼・宮地良典・木村克己 (2006c) 東京低地中央部における沖積層の中間砂層の形成機構. 地質学論集, no.59, 35-52.
- 田辺 晋・石原与四郎・中島 礼 (2008) 東京低地北部における沖積層のシーケンス層序と古地理. 地質調査研究報告, **59**(11/12), 509-547.
- 東北大学理学部地質学古生物学教室 (1979) 1978年宮城県沖地震に伴う地盤現象と災害について. 東北大地質古生物研報, no.80, 1-97.
- 角田史雄・堀口万吉 (1981) 関東地方における大地震と小地震の震度分布の比較—埼玉県を例にして—. 地質学論集, no.20, 21-45.
- 角田史雄・海野芳聖・坂本久美子 (1981) 沖積層の層厚変化と地盤の強震動との関係について. 埼玉大学教養部紀要自然科学篇, **17**, 209-238.
- 上原克人 (1999) 数値モデルによる完新世中期の東京湾の古潮汐推定. 日本第四紀学会講演要旨集, **29**, 112-113.
- 柳沢幸夫 (2000) 珪藻類. 化石研究会 (編), 化石の研究法, 共立出版, 東京, 45-50.
- Yoneda, M., Shibata, Y., Tanaka, A., Uehiro, T., Morita, M., Uchida, M., Kobayashi, T., Kobayashi, C., Suzuki, R., Miyamoto, K., Hancock, B., Dibden, C. and Edmonds, J.S. (2004) AMS ¹⁴C measurement and preparative techniques at NIES-TERRA. *Nucl. Instr. and Meth.B*, **223-224**, 116-123.

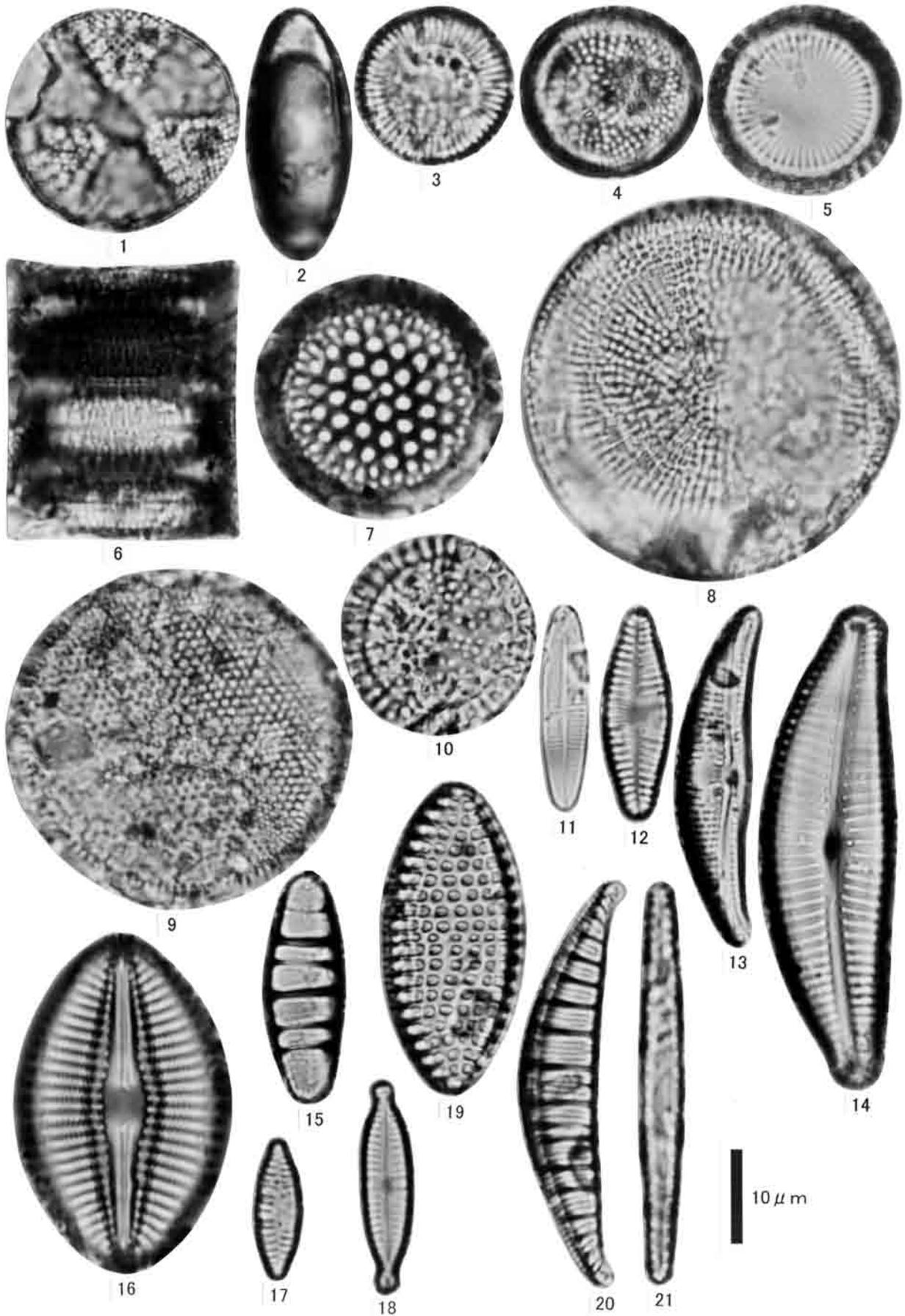
(受付: 2010年7月14日; 受理: 2010年12月27日)

図版1 GS-KBH-1コアから得た珪藻化石

- 1 *Actinoptychus senarius* (Ehr.) Ehrenberg (深度 : 26.75 m)
- 2 *Chaetoceros* spp. (深度 : 26.75 m)
- 3 *Cyclotella striata* (Kuetz.) Grunow in Cleve & Grunow (深度 : 26.75 m)
- 4 *Cymatotheca weissflogii* (Grun.in Van Hevrck) Hendey (深度 : 26.75 m)
- 5 *Paralia sulcata* (Ehr.) Cleve (深度 : 7.43 m)
- 6 *Paralia sulcata* (Ehr.) Cleve (深度 : 26.75 m)
- 7 *Thalassiosira eccentrica* (Ehr.) Cleve (深度 : 26.75 m)
- 8 *Thalassiosira lacustris* (Grun.) Hasle (深度 : 9.18 m)
- 9 *Thalassiosira lineata* Jouse (深度 : 26.75 m)
- 10 *Tryblioptychus cocconeiformis* (Cl.) Hendey (深度 : 26.75 m)
- 11 *Achnanthes japonica* H.Kobayasi (深度 : 3.77 m)
- 12 *Achnanthes lanceolata* (Breb.) Grunow (深度 : 3.77 m)
- 13 *Amphora ovalis* var. *affinis* (Kuetz.) Van Heurck (深度 : 3.77 m)
- 14 *Cymbella turgidula* Grunow (深度 : 3.77 m)
- 15 *Diatoma hyemale* var. *mesodon* (Ehr.) Grunow (深度 : 3.77 m)
- 16 *Diploneis smithii* (Breb.ex W.Smith) Cleve (深度 : 7.43 m)
- 17 *Fragilaria vaucheriae* (Kuetz.) Petersen (深度 : 3.77 m)
- 18 *Gomphonema parvulum* (Kuetzing) Kuetzing (深度 : 3.77 m)
- 19 *Nitzschia granulata* Grunow (深度 : 7.43 m)
- 20 *Rhopalodia gibberula* (Ehr.) O.Muller (深度 : 3.77 m)
- 21 *Thalassionema nitzschioides* (Grun.) Grunow (深度 : 26.75 m)

Plate 1 Representative diatom fossils from GS-KBH-1 core.

- 1 *Actinoptychus senarius* (Ehr.) Ehrenberg (Depth : 26.75 m)
- 2 *Chaetoceros* spp. (Depth : 26.75 m)
- 3 *Cyclotella striata* (Kuetz.) Grunow in Cleve & Grunow (Depth : 26.75 m)
- 4 *Cymatotheca weissflogii* (Grun.in Van Hevrck) Hendey (Depth : 26.75 m)
- 5 *Paralia sulcata* (Ehr.) Cleve (Depth : 7.43 m)
- 6 *Paralia sulcata* (Ehr.) Cleve (Depth : 26.75 m)
- 7 *Thalassiosira eccentrica* (Ehr.) Cleve (Depth : 26.75 m)
- 8 *Thalassiosira lacustris* (Grun.) Hasle (Depth : 9.18 m)
- 9 *Thalassiosira lineata* Jouse (Depth : 26.75 m)
- 10 *Tryblioptychus cocconeiformis* (Cl.) Hendey (Depth : 26.75 m)
- 11 *Achnanthes japonica* H.Kobayasi (Depth : 3.77 m)
- 12 *Achnanthes lanceolata* (Breb.) Grunow (Depth : 3.77 m)
- 13 *Amphora ovalis* var. *affinis* (Kuetz.) Van Heurck (Depth : 3.77 m)
- 14 *Cymbella turgidula* Grunow (Depth : 3.77 m)
- 15 *Diatoma hyemale* var. *mesodon* (Ehr.) Grunow (Depth : 3.77 m)
- 16 *Diploneis smithii* (Breb.ex W.Smith) Cleve (Depth : 7.43 m)
- 17 *Fragilaria vaucheriae* (Kuetz.) Petersen (Depth : 3.77 m)
- 18 *Gomphonema parvulum* (Kuetzing) Kuetzing (Depth : 3.77 m)
- 19 *Nitzschia granulata* Grunow (Depth : 7.43 m)
- 20 *Rhopalodia gibberula* (Ehr.) O.Muller (Depth : 3.77 m)
- 21 *Thalassionema nitzschioides* (Grun.) Grunow (Depth : 26.75 m)



付録1 GS-KBH-1 コアから産出した珪藻化石リスト. Mar.を海生種・Bra.を汽水生種・Fre.を淡水生種と解釈した.

Appendix 1 List of diatom fossils from the GS-KBH-1 core. Abbreviations of indexes are Mar. = Marine diatom(s); Bra. = Brackish diatom(s); Fre. = freshwater diatom(s).

Diatoms in GS-KBH-1 core	Depth (m)	3.77	7.43	9.18	15.17	19.67	26.75	27.75	32.90	41.70	49.22	49.35
Species	Salinity											
<i>Actinocyclus ehrenbergii</i> Ralfs	Mar.	-	1	-	-	1	1	-	-	-	-	-
<i>Actinocyclus ehrenbergii</i> var. <i>tenella</i> (Breb.) Hustedt	Mar.	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-
<i>Actinocyclus</i> spp.	Mar.	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Actinocyclus senarius</i> (Ehr.) Ehrenberg	Mar.	-	-	1	1	3	-	3	-	-	-	-
<i>Azpeitia nodulifer</i> (A.Schmidt) Fryxell et Sims in Fryxell et al	Mar.	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Azpeitia tabularis</i> (Grun.) Fryxell & Sim in Fryxell et al	Mar.	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Azpeitia</i> spp.	Mar.	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Biddulphia</i> spp.	Mar.	-	3	2	3	-	-	-	-	-	-	-
<i>Caloneis</i> spp.	Mar.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Campylodiscus undulatus</i> Greville	Mar.	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
<i>Campylodiscus</i> spp.	Mar.	-	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Chaetoceros</i> spp.	Mar.	-	16	2	13	13	12	3	-	-	-	-
<i>Cocconeis heteroidea</i> Hantzsch	Mar.	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Cocconeis</i> spp.	Mar.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus marginatus</i> Ehrenberg	Mar.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus</i> spp.	Mar.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cymatotheca weissflogii</i> (Grun.in Van Hevrck) Hendey	Mar.	-	-	-	2	18	12	4	1	-	-	-
<i>Dimerogramma fulvum</i> (Greg.) Ralfs in Pritchard	Mar.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dimerogramma minor</i> (Greg.) Ralfs in Pritchard	Mar.	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-
<i>Frustulia lewisiana</i> (Grev.) Do Toni	Mar.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Grammatophora macilentia</i> W.Smith	Mar.	-	3	1	-	1	-	-	-	-	1	1
<i>Grammatophora marina</i> (Lyng.) Kuetzing	Mar.	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Grammatophora oceanica</i> (Ehr.) Grunow	Mar.	-	4	-	-	1	1	-	-	-	-	-
<i>Grammatophora</i> spp.	Mar.	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Hyalodiscus</i> spp.	Mar.	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Navicula pseudony</i> Hustedt	Mar.	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula</i> spp.	Mar.	-	1	-	-	1	1	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia acuminata</i> (W.Smith) Grunow	Mar.	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia lanceolata</i> W.Smith	Mar.	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia marginulata</i> var. <i>subconstricta</i> Grunow	Mar.	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia pandriformis</i> Gregory	Mar.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt	Mar.	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia</i> spp.	Mar.	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-
<i>Ophephora marina</i> (Greg.) Petit	Mar.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Paralia sulcata</i> (Ehr.) Cleve	Mar.	-	8	95	51	23	73	89	29	3	4	2
<i>Plagiogramma appendiculatum</i> Giffen	Mar.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell	Mar.	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia</i> spp.	Mar.	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Surirella fastuosa</i> (Ehr.) Kuetzing	Mar.	-	-	-	-	1	3	3	1	-	-	-
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grun.) Grunow	Mar.	-	6	36	65	20	17	11	2	-	-	-
<i>Thalassionema nitzschioides</i> var. <i>parva</i> Heiden & Kolbe	Mar.	-	-	-	-	3	2	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehr.)Cleve	Mar.	-	3	12	3	22	9	-	4	-	-	-
<i>Thalassiosira lineata</i> Jouse	Mar.	-	-	1	1	7	2	-	3	-	-	-
<i>Thalassiosira oestrupii</i> (Osten.) Proskina-Lavrenko et Hasle	Mar.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-

埼玉県春日部市備後東地区のコア解析結果（中西ほか）

付録1 続き

Appendix 1 Continued.

<i>Thalassiosira pacifica</i> Gran et Angst	Mar.	-	1	-	1	4	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira subtilis</i> (Osten.) Gran	Mar.	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira symbolophora</i> Schrader	Mar.	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira</i> spp.	Mar.	-	3	1	2	4	2	-	-	-	-	1
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> Grunow	Mar.	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow	Mar.	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Trachysphenia australis</i> Petit in Folin & Perer	Mar.	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
<i>Trachysphenia australis</i> var. <i>rostellata</i> Hustedt	Mar.	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Tryblioptychus cocconeiformis</i> (Cl.) Hendey	Mar.	-	-	-	-	13	4	-	-	-	-	-
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg	Mar.-Bra.	-	18	-	3	2	-	1	-	-	-	-
<i>Cocconeis scutellum</i> var. <i>parva</i> (Grunow in Van Heurck) cleve	Mar.-Bra.	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Cyclotella striata</i> (Kuetz.) Grunow in Cleve & Grunow	Mar.-Bra.	-	8	33	32	22	39	4	9	-	-	1
<i>Cyclotella striata</i> -C. <i>stylorum</i>	Mar.-Bra.	-	3	24	5	11	7	8	5	-	1	-
<i>Cyclotella stylorum</i> Brightwell	Mar.-Bra.	-	-	2	3	3	8	-	-	-	-	-
<i>Delphineis surirella</i> (Ehr.) Andrews	Mar.-Bra.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Delphineis surirella</i> var. <i>australis</i> (Ehr.) Andrews	Mar.-Bra.	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diploneis bombus</i> (Ehr.) Ehrenb ex Cleve	Mar.-Bra.	-	-	-	2	1	1	-	-	-	-	-
<i>Diploneis interrupta</i> (Kuetz.) Cleve	Mar.-Bra.	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Diploneis smithii</i> (Breb.ex W.Smith) Cleve	Mar.-Bra.	-	18	1	3	2	1	8	10	-	-	-
<i>Diploneis smithii</i> var. <i>pumila</i> (Grun.) Hustedt	Mar.-Bra.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Diploneis smithii</i> var. <i>rhombica</i> Mereschkowsky	Mar.-Bra.	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-
<i>Diploneis</i> spp.	Mar.-Bra.	-	-	-	-	1	1	1	1	-	-	-
<i>Navicula alpha</i> Cleve	Mar.-Bra.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula formenterae</i> Cleve	Mar.-Bra.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Navicula marina</i> Ralfs	Mar.-Bra.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula</i> spp.	Mar.-Bra.	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Nitzschia coarctata</i> Grunow in Cleve & Grunow	Mar.-Bra.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia constricta</i> (Greg.) Grunow	Mar.-Bra.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia sigma</i> (Kuetz.) W.Smith	Mar.-Bra.	-	2	-	-	-	1	1	-	-	-	-
<i>Nitzschia</i> spp.	Mar.-Bra.	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-
<i>Achnanthes brevipes</i> Agardh	Bra.	-	3	-	-	-	-	1	3	-	-	-
<i>Achnanthes haukiana</i> Grunow in Cleve & Grunow	Bra.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Actinocyclus normanii</i> (Greg.ex Greu.) Hustedt	Bra.	-	21	-	-	2	-	-	-	-	-	-
<i>Caloneis formosa</i> (Greg.) Cleve	Bra.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Caloneis permagna</i> (Bailey) Cleve	Bra.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Caloneis</i> spp.	Bra.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diploneis pseudovalis</i> Hustedt	Bra.	-	10	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Fragilaria fasciculata</i> (Agardh) Lange-B.	Bra.	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
<i>Fragilaria subsalina</i> (Grun.) Lange-Bertalot	Bra.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Mastogloia</i> spp.	Bra.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula peregrina</i> (Ehr.) Kuetzing	Bra.	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula peregrina</i> var. <i>hankensis</i> Skvortzow	Bra.	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula yarrensii</i> Grunow	Bra.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula</i> spp.	Bra.	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Nitzschia cocconeiformis</i> Grunow in Cleve & Grunow	Bra.	-	1	-	1	1	1	19	-	-	-	-
<i>Nitzschia compressa</i> (Bailey) Boyer	Bra.	-	1	-	-	1	1	2	-	-	-	-
<i>Nitzschia constricta</i> (Kuetz.) Ralfs	Bra.	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia granulata</i> Grunow	Bra.	-	7	7	2	2	1	26	2	-	1	-
<i>Nitzschia granulata</i> var. <i>hyalinum</i> Grunow	Bra.	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia littoralis</i> Grunow	Bra.	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Nitzschia lorenziana</i> var. <i>subtilis</i> Grunow	Bra.	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-

付録1 続き

Appendix 1 Continued.

<i>Nitzschia obtusa</i> W.Smith	Bra.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Nitzschia punctata</i> (W.Smith) Grunow	Bra.	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia</i> spp.	Bra.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Opephora martyi</i> Heribaud	Bra.	-	1	-	-	3	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudopodosira kosugii</i> Tanimura et Sato	Bra.	-	4	-	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Rhopalodia musculus</i> (Kuetz.) O.Muller	Bra.	-	-	-	-	1	1	2	-	-	-	-
<i>Thalassiosira lacustris</i> (Grun.) Hasle	Bra.	-	1	1	-	-	-	1	5	-	-	-
<i>Bacillaria paradoxa</i> Gmelin	Bra.-Fre.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Fragilaria brevistriata</i> Grunow	Bra.-Fre.	1	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-
<i>Hydrosera triquetra</i> Wallich	Bra.-Fre.	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-
<i>Navicula capitata</i> Ehrenberg	Bra.-Fre.	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Navicula capitata</i> var. <i>hungarica</i> (Grun.) Ross	Bra.-Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula cincta</i> (Ehr.) Ralfs	Bra.-Fre.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kuetz.) Grunow	Bra.-Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia levidensis</i> var. <i>victoriae</i> (Grun.) Cholnoky	Bra.-Fre.	1	2	-	-	-	-	1	7	-	-	-
<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehr.) O.Muller	Bra.-Fre.	5	2	-	-	1	1	-	21	-	-	-
<i>Achnanthes crenulata</i> Grunow	Fre.	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Achnanthes inflata</i> (Kuetz.) Grunow	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Achnanthes japonica</i> H.Kobayasi	Fre.	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Achnanthes lanceolata</i> (Breb.) Grunow	Fre.	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Achnanthes minutissima</i> Kuetzing	Fre.	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Achnanthes tropica</i> Hustedt	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amphora ovalis</i> var. <i>affinis</i> (Kuetz.) Van Heurck	Fre.	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amphora</i> spp.	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anomooneis brachysira</i> (Breb.) Grunow	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aulacoseira islandica</i> (O.Mull.) Simonsen	Fre.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Aulacoseira italica</i> (Ehr.) Simonsen	Fre.	1	-	1	-	-	-	-	1	1	-	-
<i>Aulacoseira</i> spp.	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-
<i>Caloneis bacillum</i> (Grun.) Cleve	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Ceratoneis arcus</i> var. <i>hattoriana</i> Meister	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cocconeis disculus</i> (Schumann) Cleve	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cocconeis placentula</i> (Ehr.) Cleve	Fre.	6	2	-	-	-	-	-	3	-	-	-
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehr.) Cleve	Fre.	3	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-
<i>Cyclotella comta</i> (Ehr.) Kuetzing	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cymbella affinis</i> Kuetzing	Fre.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cymbella ehrenbergii</i> Kuetzing	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Cymbella heteropleura</i> (Ehrenbrg) Kuetzing	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cymbella leptoceros</i> (Ehr.) Kuetzing	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cymbella mesiana</i> Cholnoky	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cymbella minuta</i> Hilse ex Rabh.	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cymbella silesiaca</i> Bleisch	Fre.	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cymbella sinuata</i> Gregory	Fre.	9	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cymbella tumida</i> (Breb. ex Kuetz.) Ven Heurck	Fre.	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cymbella turgidula</i> Grunow	Fre.	22	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
<i>Cymbella turgidula</i> var. <i>nipponica</i> Skvortzow	Fre.	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cymbella</i> spp.	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Diatoma hyemale</i> var. <i>mesodon</i> (Ehr.) Grunow	Fre.	3	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Diploneis elliptica</i> (Kuetz.) Cleve	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve	Fre.	1	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-

埼玉県春日部市備後東地区のコア解析結果（中西ほか）

付録1 続き

Appendix 1 Continued.

<i>Diploneis parma</i> Cleve	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Epihemia adnata</i> (Kuetz.) Brebisson	Fre.	2	-	-	-	-	1	-	18	-	-	-
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehr.) Mills	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eunotia duplicoraphis</i> H.Kobayasi	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eunotia formica</i> Ehrenberg	Fre.	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Eunotia pectinalis</i> (Dillwyn) Rabenhorst	Fre.	5	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Eunotia</i> spp.	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Fragilaria construens</i> fo. <i>binodis</i> (Ehr.) Hustedt	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fragilaria construens</i> fo. <i>venter</i> (Ehr.) Hustedt	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fragilaria intermedia</i> Grunow	Fre.	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	Fre.	7	3	-	-	-	-	1	4	5	-	-
<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kuetz.) Petersen	Fre.	17	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fragilaria virescens</i> Ralfs	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Fragilaria</i> spp.	Fre.	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwait.) De Toni	Fre.	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kuetz.) Rabenhorst	Fre.	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Gomphonema angustum</i> Agardh	Fre.	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
<i>Gomphonema clevei</i> Fricke	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kuetzing) Kuetzing	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-
<i>Gomphonema quadripunctatum</i> (Oestrup.) Wislouch	Fre.	7	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema sumatrense</i> Fricke	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Gomphonema</i> spp.	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Gyrosigma scalpoides</i> (Rabh.) Cleve	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gyrosigma spencerii</i> (W.Smith) Cleve	Fre.	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Gyrosigma</i> spp.	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grunow	Fre.	4	3	-	-	-	-	-	7	7	-	-
<i>Melosira varians</i> Agardh	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
<i>Navicula contenta</i> Grunow	Fre.	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Navicula decussis</i> Oestrup	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula elginensis</i> var. <i>neglecta</i> (Krass.) Patrick	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula menisculus</i> Schumann	Fre.	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula minima</i> Grunow	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula mutica</i> Kuetzing	Fre.	2	1	-	-	-	-	-	4	4	-	-
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kuetzing	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Navicula viridula</i> (Kutz.) Kuetzing	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Navicula</i> spp.	Fre.	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Neidium ampliatum</i> (Ehr.) Krammer	Fre.	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	Fre.	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia brevissima</i> Grunow	Fre.	4	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Nitzschia debilis</i> (Arnott) Grunow	Fre.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia</i> spp.	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pinnularia borealis</i> var. <i>rectangularis</i> Carlson	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Pinnularia gibba</i> Ehrenberg	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Pinnularia microstaurum</i> (Ehr.) Cleve	Fre.	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Pinnularia nodosa</i> Ehrenberg	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Pinnularia schroederii</i> (Hust.) Krammer	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
<i>Pinnularia stomatophora</i> (Grun.) Cleve	Fre.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitz.) Ehrenberg	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-

付録1 続き

Appendix 1 Continued.

<i>Pinnularia</i> spp.	Fre.	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Ag.) Lang-Bertalot	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhopalodia quisumbirgiana</i> Skvortzow	Fre.	1	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-
<i>Sellaphora bacillum</i> (Ehr.) Mann	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sellaphora pupula</i> (Kütz.) Mereschkowsky	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stauroneis obtusa</i> Lagerst	Fre.	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitz.) Ehrenberg	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Surirella linearis</i> W.Smith	Fre.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Surirella ovata</i> var. <i>pinnata</i> (W.Smith) Hustedt	Fre.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Marine diatoms	Mar.	0	62	153	149	147	153	117	40	3	5	4
Marine-brackish diatoms	Mar.-Bra.	0	52	61	53	44	59	25	28	0	1	1
Brackish diatoms	Bra.	1	60	9	4	12	7	53	17	0	1	0
Brackish-freshwater diatoms	Bra.-Fre.	10	4	0	0	1	1	1	40	0	0	0
Freshwater diatoms	Fre.	193	23	2	0	1	2	5	76	34	0	0
Amounts of all species		204	201	225	206	205	222	201	201	37	7	5

東京低地と中川低地の沖積層堆積物で作成した 懸濁液の水素イオン濃度指数及び電気伝導度

内山美恵子¹・原未来也²・竹内美緒³・木村克己^{4,*}

Mieko Uchiyama, Mikiya Hara, Mio Takeuchi and Katsumi Kimura (2011) Electric conductivity and pH profiles of pore water extracted from the latest Pleistocene to Holocene sediments in the Tokyo and the Nakagawa Lowlands, Central Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 62 (1/2), p. 85-104, 6 figs, 3 tables.

Abstract: The latest Pleistocene to Holocene incised-valley fills (so called Chuseki-so) are distributed beneath the Tokyo and the Nakagawa Lowlands, central Japan. The Chuseki-so has been divided into the delta system, the estuary system, the meandering river system and the braded river system, in a descending order. This study has two purposes. One is to set up properly the method of chemical analysis of core sediment for evaluating the chemical features of in-situ the chuseki-so. The other is to make clear pH and electric conductivity (EC) of the Chuseki-so and the relationship between these characters and the sedimentary environment.

In the beginning, it was provided to carry out the comparative study of two typical existing techniques, that is, the official method defined by the environmental quality standards for soil declared by the Ministry of the Environment (called OM method) and the soil test build up by the Japanese Geotechnical Society (called JGS method). It turns out that the pH and EC values are influenced by shaking, filtering and drying treatments used in the OM method. The former two was adopted, because they are necessary to analyze the ionic density. On the other hand, the latter was not adopted, and instead, the test samples were treated in the wet condition of the borehole sedimentary cores.

Next, based on these two revised method, we analyzed the pH and EC characteristic of the extracts of the Chuseki-so collected from three borehole cores (GS-MHI-1, GS-KNJ-1 and GS-KM-1) in the Tokyo and the Nakagawa Lowlands, central Japan. The results are following.

1) It turns out that the depth variations of the pH and EC values present the same profiles by two different methods of chemical analysis (the OM and JGS methods), through three different cores; that is, the uppermost low value interval, the upper increasing-value interval, the middle high value interval, the lower decreasing-value interval, and the lowermost low-value interval, in descending order. The uppermost and lowermost low value intervals are characterized by pH 7 and low EC value, while the middle high value interval by alkalescence with pH 9 to 10 and high EC value.

2) The middle high value interval is, a range from above sea level -7m to -34m, correlated to the marine sedimentary environment ranging from the delta system except for the uppermost part (modern recent river sediments) to the upper part of the estuarine system. The uppermost low value interval is a range from above sea level -2m to -8m, and the lowermost low value interval ranges from above sea level -38m to -52m. Both intervals are correlated to the fresh water sedimentary environment of the uppermost part of the delta system and the meandering system. The depth range of the each interval almost reflects that of the sedimentary environments in each borehole cores.

The above-mentioned facts direct the characteristic pH and EC depth variation trend to be an effective index of the paleoenvironment of the Chuseki-so.

Keywords: pH, electric conductivity, extracts, geochemical analysis, drilling core, late Pleistocene to Holocene, Chuseki-so, Tokyo Lowland, Nakagawa Lowland

¹都留文科大学 (Tsuru University, 3-8-1, Tawara, Tsuru, Yamanashi, 402-8555, Japan)

²光技術研究部門 (Photonics Research Institute, AIST. Central 2, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, 305-8567, Japan)

³地圏資源環境研究部門 (Institute for GeoResources and Environment, GSJ, AIST. West, 16-1 Onogawa, Tsukuba, 305-8569, Japan)

⁴地質情報研究部門 (Institute of Geology and Geoinformation, GSJ, AIST. Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, 305-8567, Japan)

*Corresponding author: K. KIMURA, Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: k.kimura@aist.go.jp

要 旨

沖積層の原位置の化学的特性を得るための懸濁液作成法として、地盤工学会の土質試験法の懸濁液作成法 (JGS法) と、環境省の公定法の検液作成法 (OM法) の両方法を参照して、適切な検液作成法を得るために基礎実験をおこなった。その結果、OM法に規定されているろ過、乾燥、振とうの各処理について、pHとECともに影響を受けることが判明した。本実験では、JGS法についてはOM法のろ過処理を加え、OM法では乾燥処理と酸処理を省くという修正をした上で、両方法による分析実験を行った。分析対象とした沖積層の堆積物試料は、産総研の都市地質プロジェクトで実施された東京低地と中川低地で得られた層序ボーリングコアから採取した。採取した堆積物試料から懸濁液を作成し、そのpHとECを測定した。pHとECの深度方向の変化プロファイルは3本のコアでほぼ共通しており、上位より下位へ、最上部低値安定区間、上部遷値区間、中部高値安定区間、下部遷値区間、最下部低値安定区間の5つの区間に識別される。中性でかつ低EC値を意味する最上部と最下部の両低値安定区間は、pHとECともに同一深度範囲であり、相当する堆積物は淡水成環境の蛇行河川堆積物に限定される。一方、弱アルカリ性、高EC値を意味する中部高値安定区間は、pHに比べてECの同区間が短いがいずれもデルタシステムの海成環境の堆積物に限定されることが判明した。中部高値安定区間のpHは、フィルタリング処理の中で1～1.5低下していることを考慮すると、原位置の同pHはpH9-10である。今回得られた沖積層の海成堆積物試料の懸濁水のpHとEC、主要イオン濃度は海水と比較すると、イオン濃度が桁違いに低く、イオン組成とも違っていることから、堆積後現時点までに顕著なイオンの溶脱・移動や化学反応があったものと推定される。しかし、今回得た沖積層のpHとECの深度変化の特徴的なプロファイルは、淡水成と海成の堆積環境を識別する指標として利用できるものと期待される。

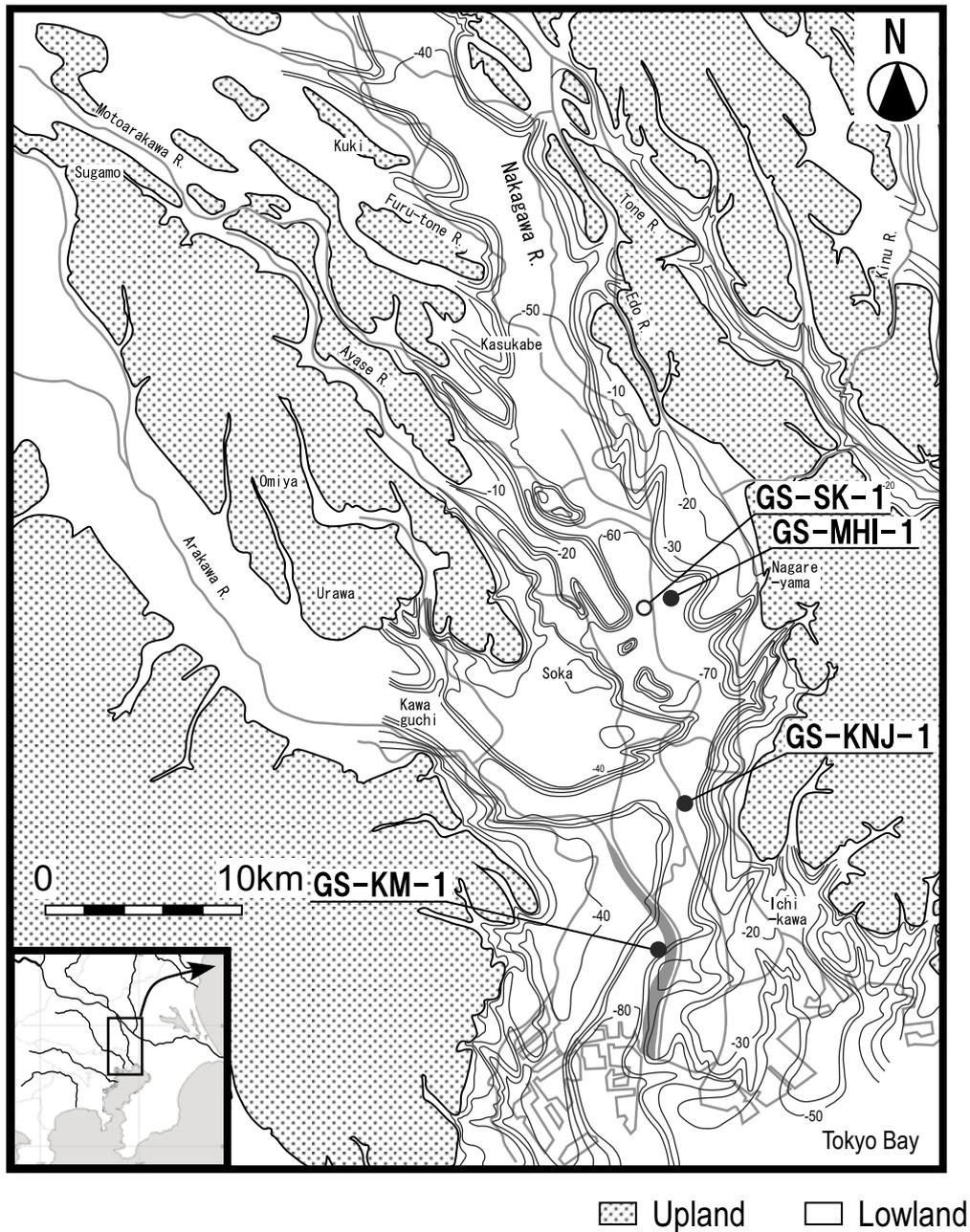
1. はじめに

東京湾岸からそれに続く河川沿いの低地部には、最終氷期最寒冷期頃までに形成された開析谷を埋積する厚い沖積層が分布している。海岸平野において、広大な平坦地の地盤をなす沖積層は人間の活動に密接した地層であることから、その地盤環境を把握することは、防災対策や都市環境整備など社会基盤整備のうえで重要である。

堆積環境の違いにより生じる第四紀粘土層の特徴を地球化学的に研究した例は、市原 (1960) 及び市原・市原 (1971) に詳しい。市原 (1960) は、露頭より得られた大阪層群の海成粘土と淡水成粘土、ボーリングコアより得られた沖積層海成粘土及び大阪湾の底泥試料の化学分

析結果を比較した。その結果、酸化状態の海成粘土では粘土層中に多量に含まれる硫化物が酸化して硫酸が生成されて堆積物の水素イオン濃度指数 (以下、pH) の値が下がること、この硫酸が粘土層中の塩基を溶脱することを示した。また、市原・市原 (1971) は、大阪層群の海成粘土及び淡水成粘土に含まれるリン・イオンとそれらの化合物について整理し、堆積物中のリン酸塩と硫化物の生成機構や、それらの風化による堆積物に与える影響を論じている。これらの論文は、以降の第四紀海成粘土を用いた地球化学的研究の礎となっている。横山・佐藤 (1987) は酸化した海成粘土に硫酸塩が生成されることに着目し、ボーリング調査で得られた海成及び淡水成の粘土を乾燥して懸濁液を作成し、懸濁液の電気伝導度 (electric conductivity; 以下、EC) を測定した。その結果、ECの値が硫酸イオン濃度と正の相関があることを示し、EC値が0.4mS/cm以下のものは淡水成、0.4～1.2mS/cmのものは汽水成、1.2mS/cm以上のものは海水成、とEC値に基づいた古環境の推定を試みた。同様の手法により古環境を推定する研究は、茨城県筑波台地のボーリングコアと露頭採取試料の例 (小荒井ほか, 1990)、東京低地の沖積層ボーリングコアの例 (小荒井ほか, 1992)、大阪湾関西国際空港のボーリングコアの例 (佐藤・横山, 1992)、愛知県知立～刈谷地域のボーリングコアの例 (森山ほか, 1996)、三重県雲出川下流低地のハンドオーガー採取試料の例 (川瀬, 2002)、濃尾平野南部地域のボーリングコアの例 (内園・森, 2004; 内園, 2007) などがある。これらの研究はいずれも炉乾燥試料 (110℃, 48時間) を用い、珪藻化石群集の解析結果と対比することにより、懸濁液のpHとECないしECだけの値を用いて簡便に地層堆積環境の推定が可能であるとしている。一方、安井ほか (2004) は、新潟平野の白根地域と加治川地域の沖積層のボーリングコアについて、炉乾燥試料で作成した懸濁液のpHとECの値を、珪藻化石群集解析とC/S比とで推定された堆積環境との比較に基づき、沖積層におけるpHとECの関係は堆積物中の塩分濃度や底層の酸化・還元状態をある程度反映しており、ECのみによって淡水・汽水・海水という堆積環境は判断できないとしている。

横山・佐藤 (1987) をはじめとする一連の研究では、試料を高温で炉乾燥させ、十分に酸化させた場合、海成と非海成でpHとECに違いが認められることを示した。しかし、一方、土壌汚染対策における環境評価、地盤の工学的評価においては、地盤の原位置における化学的特性が対象となっている。海岸平野における沖積層の多くが地下に埋没しており、堆積物は還元的状態にある。原位置の化学的特性は堆積物の堆積環境とどのような関係があり、果たして、堆積環境の指標になりうるかどうかを検討することは、土壌汚染対策の環境評価や地盤の工学的評価にも重要であると考えられる。しかし、土壌汚



第1図 分析用試料を採取した層序ボーリングコアの掘削地点。背景図は台地と低地の地形区分及び埋没谷の基底深度分布を示す。埋没谷基底深度は遠藤ほか(1988)を引用。なお、白丸のボーリングコアの分析値は参考データとした。

Fig. 1 Locality of the GS-SK-1, GS-MHI-1, GS-KNJ-1 and GS-KM-1 core sites and distribution of an incised valley under the Tokyo and the Nakagawa Lowlands (Endo *et al.*, 1988).

染対策における環境評価に用いられる環境省の公定法の溶出試験と地盤工学会の土質試験法による懸濁液作成法とは違った処理や測定条件があるため、原位置の化学特性を求め、評価するためには両方法の比較・検討が必要である。

本研究では、沖積層堆積物の原位置における化学的特性と堆積環境との関係を検討するために、まず、環境省

の公定法の溶出試験と地盤工学会の土質試験法による懸濁液作成法を比較・検討し、乾燥・振とう・ろ過などの手法がpHとECがどのような影響を与えるかについて実験を行って、適切な分析処理の内容を整理して両方法の一部を修正した。次にこの修正した両方法を使って、東京低地と中川低地で得られ、既に堆積システムや堆積環境が詳細に解明された沖積層の層序ボーリングコア試料

第1表 分析試料に用いたボーリングコアの掘削位置と仕様

Table 1 Locality data and specification of borehole cores used for chemical analysis of this study.

ボーリング名	掘削位置住所	緯度・経度 (世界測地系)	孔口標高 (T. P. m)	掘進長 (m)	コア径 (mm)	泥水材料	掘削年・月
GS-MHI-1	埼玉県三郷市彦成 3-14-4	N35° 51' 41.6" E139° 51' 05.2"	0.425	55.30	90	イーゾードリル	2004年7月
GS-SK-1	埼玉県草加市柿木 162	N35° 51' 21.1" E139° 50' 18.6"	3.73	60.00	86	ベントナイト	2003年3月
GS-KNJ-1	東京都葛飾区新宿 5	N35° 45' 49.3" E139° 51' 38.8"	0.425	70.00	86	イーゾードリル	2004年1月
GS-KM-1A	東京都江東区小松川 2-3	N35° 41' 33.4" E139° 51' 09.1"	-1.99	67.23	66 (triple;75)	ベントナイト	2003年3月
GS-KM-1C	同上	同上	-1.99	65.90	75	イーゾードリル	2003年10月

3本について、堆積物の懸濁液のpHとECを分析し、その深度変化の特徴を明らかにし、堆積環境との関係を考察した。以下、本研究の成果を記述する。

2. 調査地域の地質の概要

本研究の調査対象地域は、更新統からなる下総台地と武蔵野台地に挟まれ、東京湾に面した東京低地と、その北方に位置する中川沿いの中川低地である。本地域地下に分布する沖積層の層序は、約1万年前頃、新ドリラス期の一時的な海水準低下に伴って形成されたと考えられる不整合を境に、下位より淡水～汽水成の砂泥互層からなる七号地層と、海成粘土層を主体とする有楽町層とに2分され(青木・柴崎, 1966; 青木, 1969; 東京都土木技術研究所, 1969), 七号地層, 有楽町層の基底にはそれぞれ基底礫層(Basal Gravel: BG), 完新統基底礫層(Holocene Basal Gravel: HBG)が認定されていた(Kaizuka *et al.* 1977; Endo *et al.*, 1982; 遠藤ほか, 1983)。以来、この層序区分は最近まで踏襲されていた(東京都港湾局, 2001; 石綿, 2004)。しかし2002年以降、産業技術総合研究所の都市地質プロジェクトにおいて(木村, 2004), 層序ボーリング調査が実施され(第1図), シーケンス層序学に基づいた堆積相解析や貝化石・珪藻化石・花粉化石による古環境解析, 高密度の炭素同位体年代測定値などに基づき, 沖積層の形成過程についてこれまでと異なった提案がなされている(石原ほか, 2004; 宮地ほか, 2004; 中島ほか, 2004; 木村ほか, 2006; 中島ほか, 2006; 田辺ほか, 2006; 中西ほか, 2007; 田辺ほか, 2007)。これらの研究によると, 本地域の沖積層は海進・海退の一つのサイクルで形成された一連の堆積物であり, 下位より低海水準期堆積体の網状河川システム, 海進期堆積体の蛇行河川システム, エスチュアリーシステム, 砂嘴システム, 高海水準期堆積体のデルタシステムの5つの堆積システムに区分される。デルタシステム

はプロデルタからデルタフロント, デルタプレーンに細分される。内陸ではデルタプレーンは現世の氾濫原堆積物で構成される。これらの堆積システムのうち, 内湾環境下の海成堆積物は, エスチュアリーシステムの最上部, 砂嘴システム, その上位に重なるデルタシステムのプロデルタからデルタフロントの堆積物に相当する。一方, 網状河川システムと蛇行河川システム, そして最上部の現世の氾濫原堆積物は淡水成環境に相当する。エスチュアリーシステムの大半と最上部の氾濫原堆積物を除くデルタプレーン堆積物は汽水成環境にあたる。従来不整合とされていた七号地層と有楽町層との地層境界は, 海進期不連続面である内湾ラビーンメント面にあたりと解釈されている(木村ほか, 2006)。

本研究では堆積環境と堆積物の地球化学的特性との関係を考察するため, 地層の表記は堆積システム区分に基づく。

3. ボーリング調査とコア試料の概要

3.1 ボーリング調査

分析に用いたボーリングコアは, 東京低地のGS-KM-1(宮地ほか, 2004), 東京低地と中川低地の境界部付近のGS-KNJ-1(田辺ほか, 2006), 中川低地のGS-MHI-1(中西ほか, 2010)の3地点のボーリング調査で採取されたものである。各ボーリング調査の地点を第1図に, 仕様を第1表に示す。

ボーリング調査で用いられる泥水材料では, ベントナイトが一般に利用されている。しかし, その懸濁水のpHは10前後であり, イオン吸着性も顕著であることが知られている。そのため, 本研究で利用したボーリングコアの掘削では, 東京低地のGS-KM-1の2本のコアのうちGS-KM-1Aを除いた他では, 高分子ポリマーのイーゾードリルが用いられた(第1表)。なお, GS-KM-1Aの掘削ではベントナイトを泥水材料に用いたものである

が、ベントナイトの影響の概要を知るために分析対象として加えたものである。

3.2 トレーサー試験

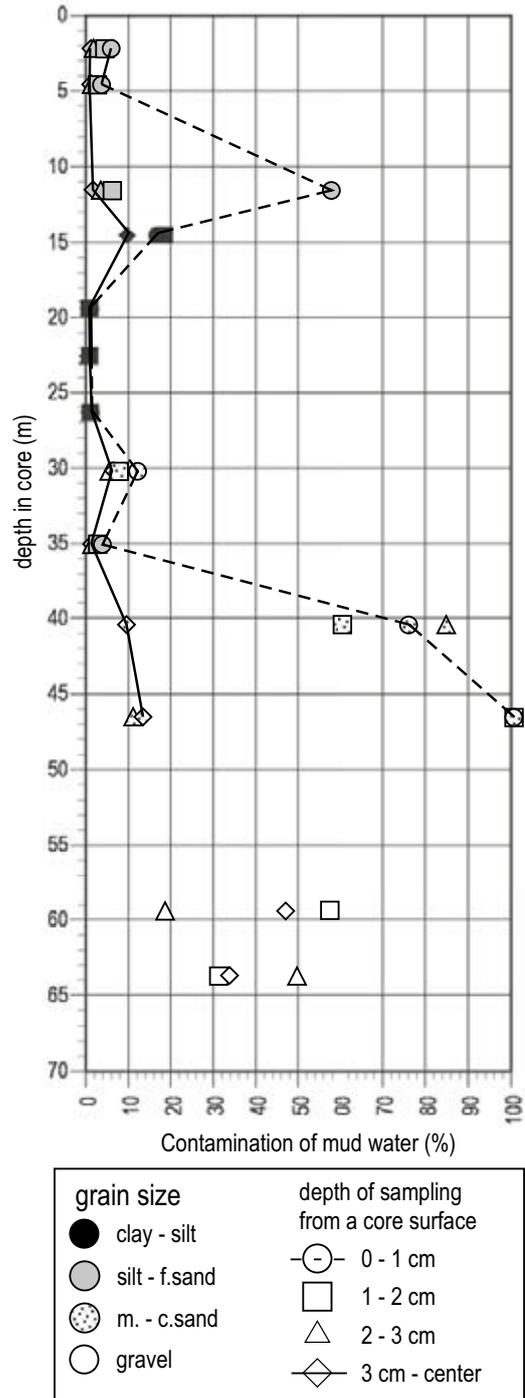
コア試料への泥水による汚染の有無を確認するために、GS-KM-1C (径75mm) においてトレーサー試験を行った。トレーサーにはナフチオ酸ナトリウム (C₁₀H₈NNaO₃S・4H₂O, Wako) を使用した。試料は、主要な堆積相から13層準選定し、コア表面を0として0～1cm, 1～2cm, 2～3cm, 3cm～中心までと同心円状に採取した。分析に用いる検液は、湿潤試料と同重量の超純水とをよく懸濁し、遠心分離後にφ0.2μmのメンブランフィルターによるろ過を経て作成し、その分析は、蛍光光度計F-2500 (HITACHI) を用いて励起波長320nm, 蛍光波長420nmの条件で実施した。測定値は、泥水に含まれるトレーサー濃度を100%として、間隙水に含まれるトレーサー濃度から泥水の混入割合を計算して、泥水による汚染率として表現した。その結果を第2図に示す。これらのうち、深度59.0m以深の砂礫層ではコアパックを使用して試料を採取しており、特に礫層では砂質部は流失している部分が多いので、得られた数値はシルト・砂試料のデータと同格に扱うことはできない。ここでは参考値として値を示した。

トレーサー試験の結果、粘土～細粒砂の試料では、コア中心部付近の泥水混入率は深度14.45mを除いてほとんど0%に近いのに対して、中～粗粒砂では5～10%前後泥水が混入している結果が得られた。またコア表面付近では、粘土～シルトは深度14.45mが16%、その他は1%、シルト～細粒砂は深度11.6mが57%、その他が3～5%、中粒～粗粒砂は深度30.25mが11%、その他が75～100%という結果が得られた。これらより全体の傾向として、泥水混入率は堆積物の粒度が細粒なほど、またコア中央部の方が低いということが確認された。

以上より、地球化学分析を行う際に用いる試料は、採取対象深度区間内において、できるだけ細粒で均質な区間を選択した。しかし、区間内がすべて砂である場合にはこの限りではないことをお断りする。また、実際の分析の際にはコア中心付近を試料として用いることとし、少なくともコア表面1cmの部分は使用しないこととした。

3.3 泥水

ボーリング調査において泥水に混ぜる材料は、モンモリロナイトを主原料とするベントナイトがよく用いられる。しかし、ベントナイトを溶かした泥水はpH10、イオンの吸着性の高さなど、コア堆積物の化学特性に影響が及ぼす恐れが高い。本研究でも、初期のボーリング調査では泥水材料にベントナイトを用いていた。その際に採取したコアは、今回対象としたコア試料5本のうち、



第2図 トレーサー濃度測定に基づくコア堆積物の泥水汚染度評価。ボーリングコアはGS-KM-1Cを利用。コア表面からの採取深度毎の堆積物試料について、泥水に含まれるトレーサー濃度を100%として泥水による汚染度を表示した。

Fig. 2 Ratio of the contamination with drilling water in a core sample. The contamination ratio is evaluated by using the tracer concentration within the drilling water. The tracer concentration is set to be 100%.

GS-SK-1及びGS-KM-1Aの2本である。実際、GS-KM-1AのpH、EC値では、深度40m、45m、52m付近の透水性の高い砂質堆積物において、周囲の細粒堆積物に比較して、有意に高い値を示すことが認められた(第5.2図参照)。そのため、以後では、ベントナイトの代わりに、高分子ポリマーのイーゾードリルを利用した。

4. 分析用試料の採取・保管・処理

地下における堆積物の賦存状況は、地下水面下の飽和帯では、堆積物は粒子間を間隙水で満たされた湿潤状態で存在する。帯水層になりうる砂層や礫層など、透水性が高く地下水が流動しやすい地層では、地下水を通じて溶存している酸素が堆積物中に供給されることもあるが、海成粘土層など透水性の低い堆積物では、酸素はほとんど供給されず還元的環境にある。原位置の堆積物の状態をできるだけ保存した状態で分析することを目的として、以下のとおり分析用試料を採取・処理した。

ボーリングコア(約1m/本)を半裁した直後に、半裁した片方のコアから分析用試料として、原則として1m、3mなどの奇数メートル区間は10cm長で、2m、4mなどの偶数メートル区間は液体クロマトグラフィー分析やその他の地球化学的分析用の試料としても利用するため、20cm長を確保した。その部位としては、汚染を排除する目的でコアの上下端に近い部分を避け、可能な限り岩相が均一で細粒な部分を選択した。

採取部位の選択後、pH・EC測定用試料として、GS-MHI-1以外のコアでは、コア作業場にてコアの芯付近を薬サジでえぐってサンプル袋に詰めた上で、冷蔵保存した。原則、採取後1両日中に検液作成・pH・EC測定を行った。

pH・EC測定用試料を採取した後、残った部位のコア堆積物は、半裁形状のまま丸ごと塩素ガスを含まないラップで包み、厚手のガスバリアー袋(エスカルフイルム、三菱ガス化学製)に脱酸素剤(エージレス、三菱ガス化学製)を同封し、真空シール処理した上で、4℃で冷蔵保管した。

GS-MHI-1ではボーリングコア作業終了後に、この真空・冷蔵保管したコア試料から試料を採取し、検液作成・pH・EC測定の処理を実施した。

5. 懸濁液・検液作成条件の検討

本研究では、堆積物試料に水を加えて作成した懸濁液を用いて実験を行った。懸濁液の作成方法で公に標準化されているものには、地盤工学会が土質試験法の一つとして定めた土懸濁液の作成法(地盤工学会基準JGS0211-2000及びJGS0212-2000;以下、JGS法と略す)と、土壤汚染の有無を評価するための公定法における検

液作成法(平成3年8月23日環境庁告示第46号;以下、OM法と略す)とがある。JGS法とOM法を比較すると大きな違いがある。前者は地盤環境の状況把握を目的にpHとECを測定するための懸濁液作成手法であり簡便であるが、イオン濃度の測定には別途ろ過処理が必要となる。後者は土壤汚染評価を行うために土試料からイオンを溶出するための振とうや酸処理を含み、自然の地盤環境条件下ではなくイオンが溶出しやすい条件を設定している。そのため、地盤環境の状況把握に利用するためには、その条件の影響を考慮しなければならない。本項では、両法の条件の違いを実際のボーリングコアの堆積物試料を使った実験により比較・検討し、本研究に適した分析法を提示する。

それぞれの検液作成方法は以下のように規定されている。

・JGS法

以下の説明は、地盤工学会基準JGS0211-2000及びJGS0212-2000に基づく。

①試料は乱した土の試料調製に従い、非乾燥法によって試料を準備する。②試料の含水比をあらかじめ測定しておく。③粒径10mm以上の土粒子をピンセットで取り除く。④試料の最大粒径が2mm以下の場合、炉乾燥換算質量として30gを1回分の目安(使用する試料の目安は粒径によりそれぞれ示されている)とし、2回分の試料を準備する。⑤試料をピーカーに入れ、試料の乾燥質量に対する水(試料中の水を含む)の質量比が5になるように水(蒸留水またはイオン交換水)を加える。質量比を5にしても懸濁液の状態にならない場合は、更に水を加える。⑥試料を攪拌棒で懸濁させ、30分以上、3時間以内静置したものを試料液とする。

・OM法

平成3年8月23日環境庁告示第46号の「土壤の汚染に係る環境基準について」の付表において、以下のように定められている。

①採取した土壌はガラス製容器又は測定の対象とする物質が吸着しない容器に収める。試験は土壌採取後直ちに行う。試験を直ちに行えない場合には、暗所に保存し、できるだけ速やかに試験を行う。②採取した土壌を風乾し、中小礫、木片等を除き、土塊、団粒を粗砕した後、非金属製の2mmの目のふるいを通り過ぎて得た土壌を十分混合する。③試料(単位g)と溶媒(純水に塩酸を加え、水素イオン濃度指数が5.8以上6.3以下となるようにしたもの)(単位ml)とを重量体積比10%の割合で混合し、かつ、その混合液が500ml以上となるようにする。④調製した試料液を常温(おおむね20℃)常圧(おおむね1気圧)で振とう機(あらかじめ振とう回数を毎分約200回に、振とう幅を4cm以上5cm以下に調整したもの)を用いて、6時間連続して振とうする。⑤①から④の操作を行って得られた試料液を10分から30分程度静置後、

毎分約3,000回転で20分間遠心分離した後の上澄み液をφ0.45μmのメンブランフィルターでろ過してろ液を取り、定量に必要な量を正確に計り取って、これを検液とする。

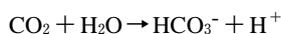
国内の規準となる両方法の検液作成における主な実験条件の違いとして、検液作成時の固相分離作業の有無、懸濁液作成における振とう作業の有無、採取試料の乾燥作業の有無をあげることができる。本研究におけるコア堆積物の検液作成方法を定める上で、この3つの異なる実験条件について、測定値への影響を評価する実験を行った。そしてその実験結果に基づいて検液作成方法を決定した。以下にその基礎実験の内容と検液作成条件について記述する。なお、第5.1と5.2項の実験には湿潤試料を用いた。

5.1 固相の分離

JGS法では検液として懸濁液を使用すると規定されている。しかし、イオン濃度などの水質を測定するには、固相を形成している微粒子は除去する必要がある。固相の分離作業による値の差異を把握するため、分離前後のpH及びEC値の測定値を比較した（第3図）。溶液Aが分離前の懸濁液、溶液Bが分離後の溶液である。試料はGS-KM-1C試料を用いた。

pHとECの深度変化は、溶液A・B共に同様の傾向を示す。しかし、pHの値は溶液Bの方が全体的に0.3～1程度酸性側に低くなっている。一方、ECについては、両液で値の差は小さく、深度17～28mにおいて溶液Bの方が最大2mS/cm高い以外は、他の深度区間では両溶液の値はほぼ同じである。

固相を分離する際の遠心分離及びろ過作業は、EC値に差がないことから溶存イオンの総量には影響しないと考えられる。しかし、pHはろ過・遠心分離した溶液Bの方がどの深度でも全体的に0.3～1程度酸性側に寄っていることから、何らかの化学反応は起こっていると考えられる。大気中での作業により溶液中で影響を受けやすい物質は、一般的に炭酸ガスがあげられる。自然状態の地下水では、遊離炭酸は大部分がCO₂の状態のまま水に溶解し、一部が分子状のH₂CO₃として、またそのごく一部が解離してHCO₃⁻イオンとH⁺イオンとして存在している（日本地下水学会、2000）。しかし、本研究ではメンブランフィルターでろ過するために真空ポンプでひいている。その際、大気中のCO₂ガスが溶解し、



の反応が促進されたことにより水素イオンが生成され、pHが低下した可能性が考えられる。

ろ過作業は水質を測定する際、回避できない作業である。ろ過によりpHの値は低くなるが、プロファイルの

変化傾向は同じであることから、本研究ではデータの質を揃えるために、JGS法もOM法と同様にろ過したものを検液とすることとした。

5.2 振とう時間

OM法に定められた振とう器による振とうは、溶質と溶媒に物理的な力を加えることによって反応を促進させることを意味する。ここでは、OM法における振とう時間の長短による堆積物からの化学物質溶出量の変化を評価する目的で、GS-KM-1C試料を用いて、振とう時間を1時間、6時間、24時間と変化させた場合のpH及びEC値の変化を比較した（第3図）。

ECに関しては、振とう時間の長短に関わらず、鉛直変化はすべて同じ傾向を示すが、その値は、振とう時間が長いほど大きくなる傾向があり、特に値の大きい深度5～35mにおいてはその傾向が明瞭に表れている。pHに関しては、振とう時間の長短による系統的な変化はあまり認められないが、振とう時間が最長のときのpHについては、EC値において明瞭な違いが認められた弱アルカリ性を示す深度10～30m区間において、他の振とう時間のpHに比べて低くなる傾向が認められる（第3図）。すなわち、振とう時間により、溶存イオンが増加し、弱アルカリ性であった場合、pHは低下する傾向があると判断できる。この結果は、前処理に振とう作業が加わらないJGS法（B液）と振とう作業を行うOM法のEC値との比較においても、高EC値の深度区間では全体的にOM法でEC値が高く、pHも若干低い値を示すことから支持される。

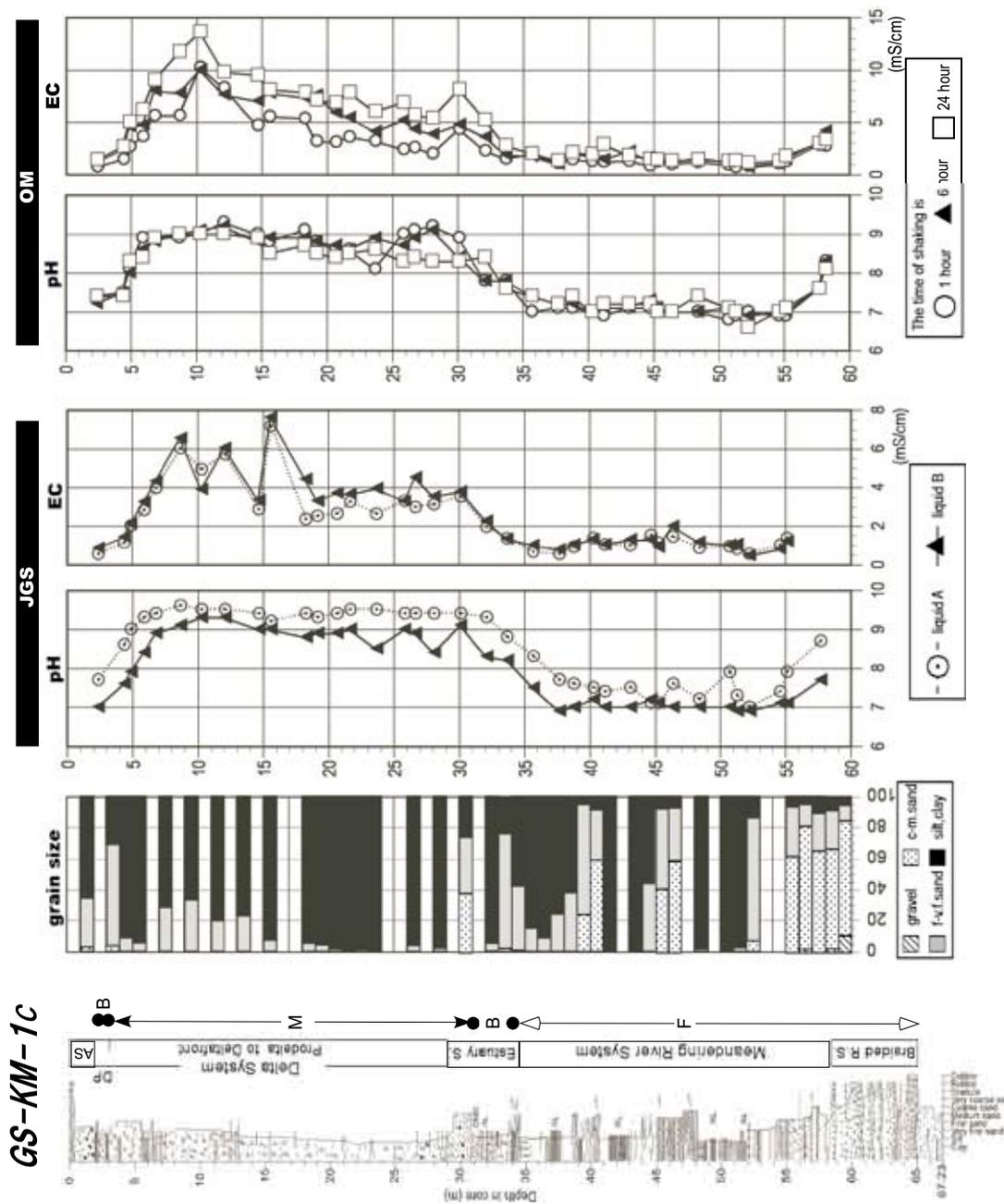
したがって、振とう時間が長いほど溶存イオンの増加やpHの低下の影響は大きくなると考えられるが、振とうする限りその影響は避けられない。本報告では、OM法で記された6時間の振とう時間を採用するが、OM法の値とJGS法の値を比較する際には、振とうによる影響を考慮するものとする。

5.3 試料の乾燥

OM法では試料を風乾するものとされているが、その内容は規定されていない。そこで、検液を作成する試料の乾湿による差がどの程度検液に影響するのかを把握する目的でGS-KNJ-1コアの試料で実験を行った（第4図）。

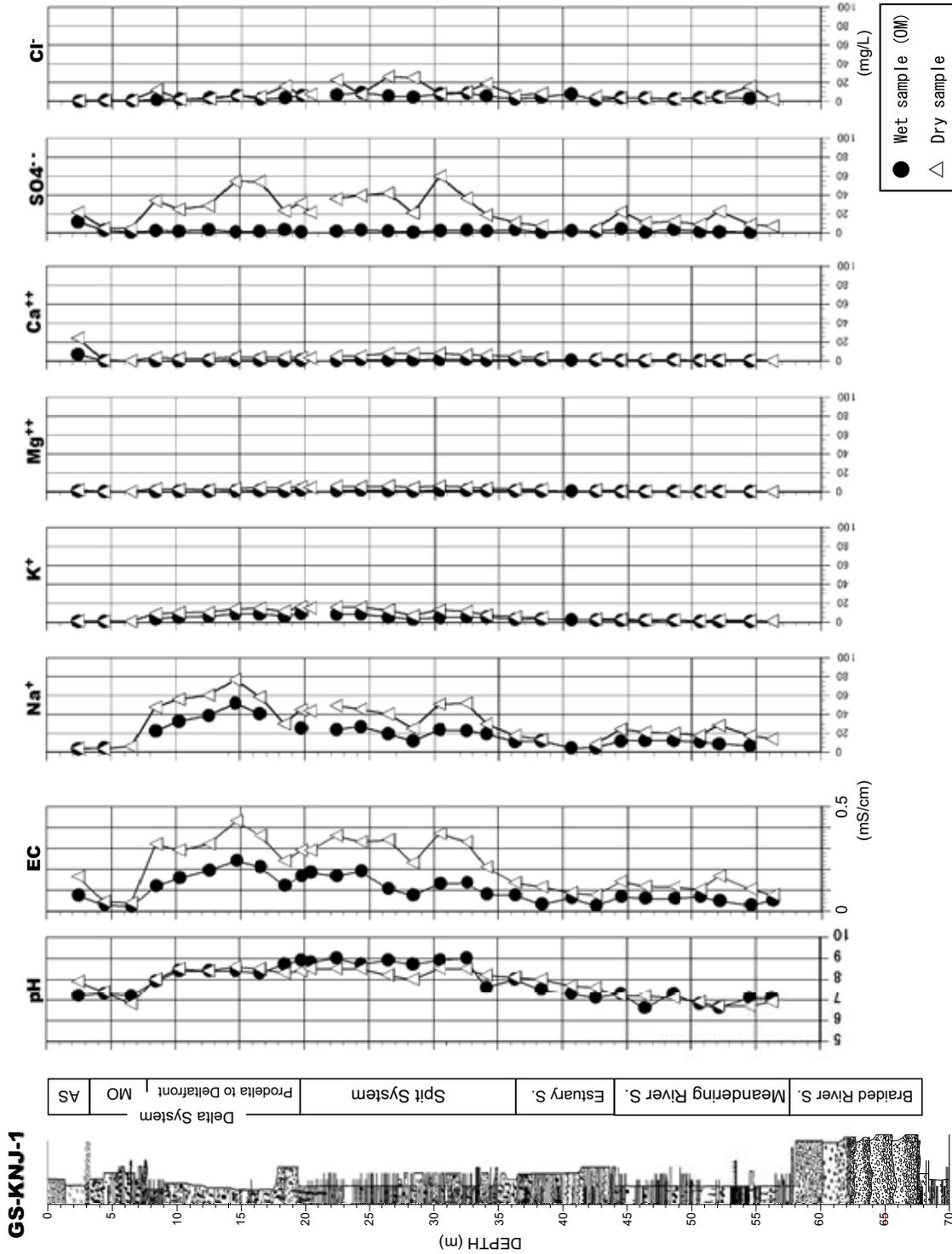
湿潤試料はボーリングコアより試料採取後速やかに処理したものを用いて、OM法により検液を作成した。乾燥試料については、湿潤試料の検液作成で用いた試料の残りを利用して、それを蒸発皿で2日間風乾した。その後、サンプル瓶に入れてデシケーター内で約1年間保管後、OM法により検液を作成した。

本実験ではpHとECを測定後、イオンクロマトグラフィ（DIONEX, IC25）にて検液中の主要イオン濃度を測定した（第4図）。ただし、OM法は振とう作業によ



第3図 懸濁液の処理方法の違いが測定値に与える影響を評価する実験結果。JGSとOMは分析方法を示す。溶液Aは懸濁液をろ過しない検液、溶液Bはろ過した検液を示す。ボーリングコアはGS-KM-1C。地質柱状図と堆積システム区分は田辺ほか(2006)を引用。AS:人工土, DP:デルタブレーン, B, M, Fの説明は第5.1図参照。

Fig. 3 Assessment experiments as for the influence that difference of processing methods of filtration and shaking time gives pH and EC values of sediment extract from GS-KM-1C core. Extract A : a sample without filtration. Extract B: a filtrated sample. Geological column and sedimentary units are after Tanabe *et al.* (2006). AS: Artificial soil, DP: Deltaplain



第4図 乾燥試料と湿潤試料懸濁液のpH、EC及びイオン濃度。ボーリングコアはGS-KNJ-1。懸濁液はOM法により作成。EC値は乾燥試料と湿潤試料間の差を示すために、混合液の希釈率で補正せずに、混合液の希釈率で表示している。地質柱状図と堆積システム区分は田辺ほか(2007)を引用。AS:人工土、MO:現世の氾濫原堆積物

Fig. 4 Values of pH, EC and ion concentration from extract of dry and wet sediment. The sediment is taken from the GS-KNJ-1 core. Geological column and sedimentary facies are after Tanabe *et al.* (2007). AS: Artificial soil, MO: Modern river sediment

り検液と空気とを攪拌させるため、主要イオンのうち HCO_3^- イオンはデータ解釈上意味をなさないと判断し、本試料での測定は行わなかった。測定結果は補正を行わず、両液ともに測定値で示した。

pHの値は乾湿両試料ともにあまり差がなく、低い値でpH7、高い値はpH8～9のアルカリ性を示す。しかし、ECの値はどの層準でも乾燥試料の方が高い値を示し、特に、深度8～35mにおいて湿潤試料が0.1～0.2mS/cmであるのに対して乾燥試料では0.2～0.4mS/cmとほぼ2倍の値を示す。検液に含まれるイオン成分に関しては、湿潤試料で高い濃度を示すのはNaイオンのみであり、ECとNaイオンのプロファイル形態がほぼ同じであることから、EC値の増減はNaイオンが支配していることが推定される。しかし乾燥試料についてはNaイオンの濃度も1.5～2.5倍程度高くなっているが、それ以上に SO_4 イオンが突出して高くなっている。こうしたイオン濃度が高い深度8～35mの区間は、砂嘴縁辺堆積物（エスチュアリーシステム）からプロデルタ～デルタフロント堆積物（デルタシステム）の海成環境（田辺ほか、2007）にする。この海成環境の深度区間で、 SO_4 イオンについて乾湿両試料で明瞭な濃度の違いが認められることから判断すると、海成の堆積物中に特徴的に含まれることが知られているパイライト態イオウ（ FeS_2 ）が風乾することにより酸化されて SO_4 イオンとして溶出する（久馬、1986）ことに起因するものと考えられる。パイライトが酸化されて SO_4 イオンが生成する場合、同時にHイオンも生成するためpHも下がる。第4図において、pHは、深度18～33mで乾燥試料の値が湿潤試料の値に比べ0.5～1程度低い値を示すことも、この区間は SO_4 イオンが多い深度と符号する。

つぎに、乾燥試料において増加した各イオンのEC値を計算することで、EC値の増減とイオン濃度の増減との関係を定量的に評価する（第2表）。第2表の乾燥－湿潤総イオンECは乾燥試料において増加したNa・K・ NH_4 ・Mg・Ca・Cl・ NO_3 ・ SO_4 の各イオン濃度から計算で求めたECの合計値を示す。各イオンの当量伝導度は半谷・小倉（1985）に示される値を、下記（1）の式に基づいて25℃の場合に換算した値を用いた。

$$\lambda_t = \lambda_{18} \{1 + 0.022(t - 18)\} \quad (1)$$

ただし、 λ ；当量伝導度、t；温度

乾燥－湿潤総イオンECが増加分の実測値ECに占める割合をみると、一部100%を超過し、50%前後にしかない試料もあるが、多くは70～90%程度を示す。したがって、乾燥試料において増加したEC値の大半は検液中のイオンの増加によるものとみなせる。その中でも、特にEC値が大きく増加している深度8.4～34.05m区間では、Naイオンが17.5～38.7%、 SO_4 イオンが21.0～57.3%を占め、この2種類のイオンがEC値の変化に大き

く寄与していることがわかる。すなわち、第4図のイオン濃度とEC値の深度変化から考察したことは、このイオン濃度から求めたECの計算値からも裏付けられたと考えられる。

以上の結果は、化学反応が乾燥試料作成過程で生じた酸化により促進されていることを示す。とりわけ、海成環境の堆積物においては、含まれるパイライト態イオウからの SO_4 イオンの溶出のためその影響が著しいことが理解できる。したがって、自然状態の地下環境を検討するには試料の乾燥処理は不適切であると考えられる。

6. 検液作成手順

以上の基礎実験をふまえて、本研究では自然状態の地下環境を保存した湿潤試料を用いることとし、原則としてJGS法は固相分離した溶液を、OM法は6時間振とうして固相分離した溶液を検液とすることとした。

6.1 検液の作成

JGS法とOH法ともに試料の含水比は、あらかじめ、つぎの手順で求めておく。すなわち、湿潤試料について、その質量を電子天秤にて測定し、その後、乾燥器内にて60℃で2日間乾燥する。そして、デシケータ内で放冷した後で再度質量を測定し、両測定質量の差の湿潤試料質量に対する割合を求めた。各測定試料の含水比を第3表に示す。貝化石や植物化石、及び粒径10mm以上の礫は、あらかじめピンセットで除去した。

6.1.1 JGS法の修正

検液の作成は、原則として第5節に示した地盤工学会が規定する方法に準拠したが、作業上の問題で一部変更した。変更した部分は、試料の量と遠心分離及びろ過を行った点である。なお、修正後のJGS法を修正JGS法と呼ぶこととする。

本研究では同じコア試料を用いて複数の実験を行うため、一つの実験で利用できる試料の量に限りがある。したがって、コア径と実験メニューに応じて、GS-SK-1は10g程度、GS-KNJ-1、GS-KTS-1、GS-KM-1A・Cは6g程度、GS-MHI-1は30g程度を使用した。

また、前述のように、OM法と条件を揃えることと、検液を水質分析に供することを目的として、JGS法の①～⑥の作業に続けて、次の⑦と⑧の作業を加えた。

⑦では、⑥の作業で得た試料液を遠沈管に移し、砂試料は3000rpmで20分間、シルト・粘土試料は5000rpmで15分間遠心分離器にかける。そして、⑧として、その上澄み液を $\phi 0.45\mu\text{m}$ のメンブランフィルターで吸引ろ過し、溶液のみ分離する。この作業で得た溶液を検液とした。

ここで、⑦における3000rpmで20分間遠心分離、⑧

東京低地と中川低地の沖積層のpH・ECプロファイル（内山ほか）

第2表 乾燥試料と湿潤試料で作成した検液のEC値の差。*1：乾燥試料と湿潤試料間のEC測定値の差。*2：乾燥試料と湿潤試料間のNaとSO₄イオンの濃度差から計算で求めたEC値。カッコ内は各イオンにおける当量伝導度。*3：乾燥試料と湿潤試料間のNa・K・NH₄・Mg・Ca・Cl・NO₃・SO₄イオン濃度差から計算で求めた総イオンEC値。*2と*3の割合は*1の測定EC値の差に占める*2と*3のそれぞれ計算で求めたEC値の割合。

Table 2 Difference of EC and ion concentration between extract of dry and wet sediment. *1 : EC value. *2: EC value obtained by calculating from density difference of Na and SO₄ ion. Parenthetic numerals are equivalent ionic conductivity of each ion. *3: Total value of EC obtained by calculating from density difference of Na, K, NH₄, Mg, Ca, Cl, NO₃ and SO₄ ions.

上端深度 (m)	*1 乾燥-湿潤 EC (mS/cm)	*2 乾燥-湿潤 NaイオンEC (50.2 μS/me)		*2 乾燥-湿潤 SO ₄ イオンEC (78.8 μS/me)		*3 乾燥-湿潤 総イオン EC	
		mS/cm	割合 (%)	mS/cm	割合 (%)	mS/cm	割合 (%)
2.4	0.09	0.002	2.1	0.017	18.5	0.077	86.0
4.4	0.016	-0.02	-10.0	0.004	25.2	0.010	63.7
8.4	0.201	0.055	27.3	0.052	25.8	0.162	80.4
10.2	0.132	0.051	38.7	0.038	28.7	0.105	79.7
12.5	0.127	0.047	37.3	0.041	32.7	0.107	84.2
14.62	0.19	0.054	28.6	0.087	46.0	0.167	87.9
16.5	0.15	0.039	25.9	0.086	57.3	0.163	108.5
18.4	0.119	0.027	22.7	0.033	27.8	0.116	97.4
22.4	0.193	0.055	28.7	0.056	29.0	0.193	100.1
24.3	0.14	0.040	28.8	0.060	42.7	0.134	95.6
26.4	0.234	0.046	19.7	0.066	28.1	0.209	89.4
28.3	0.155	0.029	18.8	0.034	21.6	0.147	94.6
30.4	0.24	0.059	24.7	0.094	39.3	0.221	92.0
32.5	0.195	0.063	32.5	0.055	28.2	0.169	86.7
34.05	0.131	0.023	17.5	0.027	21.0	0.102	77.7
36.25	0.06	0.014	23.4	0.013	20.9	0.059	98.7
38.3	0.083	0.004	4.7	0.011	12.8	0.041	49.2
42.5	0.051	0.009	17.1	0.005	9.8	0.036	70.4
44.45	0.073	0.027	37.6	0.029	39.5	0.066	90.5
46.3	0.057	0.019	33.6	0.016	28.7	0.045	79.0
48.6	0.056	0.018	31.4	0.014	24.3	0.030	53.3
50.6	0.035	0.015	42.5	0.013	35.8	0.031	87.5
52.1	0.119	0.043	36.0	0.036	29.9	0.091	76.2
54.5	0.077	0.023	30.2	0.014	17.6	0.073	95.0

におけるφ0.45μmのメンブランフィルターの使用はOM法に合わせた内容である。また、シルト・粘土試料の場合、5000rpmで遠心分離するのは、3000rpmでは粒子が十分に落ちず、フィルターが目詰まりしてろ過作業ができないためである。

6.1.2 OM法の修正条件

検液の作成は第5節に示した環境庁提示の公定法（OM法）の手順に準拠したが、以下の4点について修正した。なお、修正後のOM法を修正OM法と呼ぶこととする。

OM法では試料を風乾して検液を作成すると定められているが、本研究では基礎実験に基づき、試料の乾燥による影響を避けるために湿潤試料にて検液を作成した。また、OM法では混合液は500ml以上となるように定められているが、本研究では試料が潤沢に無いので、混合液は50～60mlしか確保できなかった。更に、OM法では静置した試料について遠心分離処理を毎分約3,000回転で20分間実施すると規定されているが、JGS法の修正条件と同じく、シルト・粘土試料の場合は5000回転で15分間遠心分離を行った。そして、最後にOM法では、

第3表 3本のボーリングコア (GS-MHI-1,GS-KNJ-1,GS-KM-1) から採取した分析試料の含水比とpH・EC値 EC値は混合液の希釈率の逆数を乗じて補正した値。JGSとOMはそれぞれ分析法を示す。詳細は本文参照のこと。

Table 3 Water content, pH and EC value of the GS-MHI-1, GS-KNJ-1 and GS-KM-1C cores. EC is presented by correction value that multiplies the reciprocal of the dilution rate of the compound liquid. JGS and OM: analysis method.

GS-MHI-1						GS-KNJ-1						GS-KM-1C					
深度 (m)	含水比	JGS pH	JGS EC (mS/cm)	OM pH	OM EC (mS/cm)	深度 (m)	含水比	JGS pH	JGS EC (mS/cm)	OM pH	OM EC (mS/cm)	深度 (m)	含水比	JGS pH	JGS EC (mS/cm)	OM pH	OM EC (mS/cm)
1.82 - 1.99	0.30	6.9	0.959			2.40 - 2.60	0.32	7.4	2.071	7.2	2.313	2.30 - 2.40	0.41	7.0	0.855	7.2	1.186
2.20 - 2.40	0.38	7.2	0.541	6.3	0.478	4.40 - 4.60	0.33	7.4	0.714	7.3	0.909	4.30 - 4.40	0.34	7.6	1.417	7.5	2.400
3.45 - 3.55	0.45	6.5	0.983			6.50 - 6.70	0.29	7.2	0.543	7.2	0.724	4.80 - 4.90	0.39	7.9	2.113	8.0	4.565
4.05 - 4.25	0.26	6.3	1.076	6.2	0.763	8.40 - 8.60	0.52	8.7	2.156	7.9	2.288	5.80 - 5.90	0.49	8.4	3.226	8.6	4.706
5.30 - 5.40	0.19	6.2	0.896			10.20 - 10.40	0.44	8.8	3.684	8.4	3.591	6.70 - 6.80	0.45	8.9	4.310	8.8	8.000
6.30 - 6.50	0.25	7.0	0.547	6.2	0.417	12.50 - 12.70	0.49	8.3	3.150	8.4	3.939	8.60 - 8.70	0.41	9.1	6.545	9.0	7.750
7.50 - 7.60	0.26	6.9	1.033			14.62 - 14.79	0.73	8.1	3.099	8.4	3.288	10.20 - 10.30	0.44	9.3	3.898	9.1	10.000
8.30 - 8.50	0.28	7.6	0.929	6.7	0.757	16.50 - 16.70	0.54	8.9	3.607	8.3	3.889	12.00 - 12.10	0.44	9.3	6.034	9.2	7.609
9.15 - 9.35	0.53	8.8	3.658			18.40 - 18.60	0.23	9.2	4.162	8.7	5.261	14.60 - 14.70	0.58	9.0	3.333	8.8	7.000
10.20 - 10.40	0.54	8.9	6.152	8.1	3.915	19.70 - 19.86	0.54	8.8	3.065	8.9	3.093	15.50 - 15.70	0.56	9.0	7.612	8.9	7.759
11.40 - 11.50	0.53	9.1	6.553			20.40 - 20.60	0.63	8.6	2.938	8.8	2.921	18.20 - 18.40	0.58	8.8	4.412	8.9	7.333
12.30 - 12.50	0.48	9.1	8.344	9.3	4.694	22.40 - 22.60	0.56	8.9	2.500	9.0	2.982	19.10 - 19.30	0.60	8.9	3.286	8.8	7.581
13.30 - 13.40	0.47	9.1	8.961			24.30 - 24.50	0.57	8.7	2.906	8.7	3.333	20.57 - 20.77	0.64	8.9	3.699	8.7	5.882
14.32 - 14.50	0.53	9.2	8.982	8.5	5.801	26.40 - 26.60	0.47	8.8	3.390	8.9	2.255	21.60 - 21.80	0.66	9.0	3.649	8.6	5.429
15.30 - 15.40	0.50	9.3	9.333			28.30 - 28.50	0.33	9.0	3.104	8.7	2.273	23.60 - 23.80	0.63	8.5	3.944	8.9	4.091
16.30 - 16.50	0.47	9.4	8.789			30.40 - 30.60	0.52	8.6	2.758	8.9	2.500	25.75 - 25.90	0.61	9.0	3.286	8.7	5.156
17.30 - 17.50	0.50	9.1	9.188	8.9	5.856	32.50 - 32.70	0.71	8.8	2.254	9.0	1.901	26.60 - 26.80	0.64	8.9	4.507	8.9	4.328
18.30 - 18.50	0.59	9.0	7.801	9.6	4.918	34.05 - 34.25	0.35	9.4	1.932	7.6	2.257	28.00 - 28.20	0.62	8.4	3.521	9.1	3.846
19.40 - 19.50	0.59	9.2	7.348			36.25 - 36.45	0.32	8.8	1.262	8.0	2.344	30.03 - 30.17	0.23	9.1	3.778	8.4	4.750
20.50 - 20.70	0.71	9.0	6.695	9.3	4.792	38.30 - 38.50	0.27	8.4	2.783	7.5	1.185	32.03 - 32.23	0.43	8.3	2.250	7.8	3.578
20.70 - 20.90	0.78	8.8	6.515			40.60 - 40.80	0.31	7.7	1.341	7.3	2.000	33.60 - 33.80	0.34	8.2	1.327	7.8	1.857
21.80 - 21.90	0.67	9.0	6.553	9.5	4.053	42.50 - 42.70	0.25	7.2	1.513	7.1	1.000	35.60 - 35.80	0.33	7.5	1.000	7.4	1.706
22.30 - 22.50	0.76	8.7	6.273	8.9	3.962	44.45 - 44.65	0.47	7.4	1.000	7.3	1.447	37.60 - 37.80	0.36	6.9	0.780	7.2	0.972
23.50 - 23.60	0.64	9.0	6.329			46.30 - 46.50	0.39	7.5	1.098	6.6	1.538	38.70 - 38.90	0.27	7.0	1.024	7.2	2.000
24.50 - 24.70	0.65	9.0	6.239	9.6	3.774	48.60 - 48.80	0.39	7.6	0.900	7.3	1.513	40.20 - 40.40	0.25	7.2	1.308	7.0	1.692
25.30 - 25.40	0.78	9.0	5.411			50.60 - 50.80	0.42	7.1	0.811	6.8	1.619	41.10 - 41.30	0.43	7.0	1.036	7.1	1.409
26.20 - 26.40	0.85	9.0	5.382	9.6	3.276	52.10 - 52.30	0.55	7.1	1.065	6.6	0.873	43.03 - 43.23	0.38	7.0	1.288	7.1	2.179
27.10 - 27.20	0.82	8.9	5.076									44.60 - 44.80	0.37	7.2	1.275	7.3	1.316
28.30 - 28.50	0.77	9.1	4.626	8.3	3.388							45.20 - 45.40	0.26	7.1	0.897	7.1	1.308
29.40 - 29.50	0.71	9.2	4.246									46.30 - 46.50	0.30	7.0	1.977	7.0	1.133
30.20 - 30.40	0.81	9.0	4.173	9.6	2.823							48.30 - 48.50	0.36	7.0	1.160	7.0	1.541
30.90 - 31.00	0.64	9.3	4.694									50.65 - 50.85	0.43	7.0	1.000	7.1	1.156
31.10 - 31.20	0.78	9.2	4.092									51.20 - 51.40	0.37	6.9	1.059	7.0	1.316
32.40 - 32.60	0.68	9.0	3.601	8.9	2.792							52.15 - 52.35	0.31	6.9	0.463	6.9	0.667
33.60 - 33.70	0.63	9.1	3.418														
34.60 - 34.80	0.46	8.8	3.157	8.5	2.035												
35.30 - 35.40	0.36	8.8	2.170														
36.20 - 36.40	0.35	8.7	1.840	7.5	1.429												
37.30 - 37.40	0.32	8.7	2.042														
38.30 - 38.50	0.34	7.6	1.418	7.1	1.000												
39.60 - 39.70	0.34	7.8	1.459														
40.50 - 40.70	0.37	7.9	1.661	7.1	1.067												
41.50 - 41.60	0.41	7.8	1.462														
42.40 - 42.60	0.53	7.7	1.157	7.2	0.856												
43.30 - 43.38	0.44	7.7	1.594														
43.60 - 43.70	0.44	7.7	1.305														
44.40 - 44.60	0.41	7.7	1.621	7.2	1.085												
45.15 - 45.25	0.35	7.8	1.415														
46.40 - 46.60	0.59	7.7	1.133	7.3	0.878												
47.40 - 47.50	0.63	7.4	0.939														
48.65 - 48.75	0.31	7.3	1.086	6.9	0.924												
49.10 - 49.20	0.30	7.2	1.093														
49.50 - 49.60	0.34	7.1	1.191	6.7	1.044												
53.70 - 53.80	0.25	7.4	0.610														
54.50 - 54.70	0.27	7.9	0.465														

土壌試料を混ぜる溶媒を純水に塩酸を加え、水素イオン濃度指数が5.8以上6.3以下となるようにして作成することと指定されているが、この溶媒では地下環境の条件を著しく変化させるものであるため、溶媒としては本研究では単に超純水を利用することとした。

6.2 検液の測定

検液はコア試料を用いて作成するため少量である。本研究では少量の検液でも測定できる機器を用いることとし、pHはtwin pHを用いてガラス電極法により、ECはtwin cond (共にHORIBA)を用いて検液作成後ただちに

測定した。また、主要なイオンの濃度では、HCO₃イオンは、硫酸滴定により求めたアルカリ度をHCO₃イオン濃度とみなして求めたが、それ以外のイオンは、検液を更に10,000rpmで遠心分離して腐植物と思われる細粒物を落とした後、イオンクロマトグラフィにて測定して求めた。

6.3 粒度分析

堆積物の基礎データとして、ふるい法による粒度分析を実施した。分析は、初めに試料の乾燥重量を測定し、分散剤としてヘキサメタリン酸ナトリウムを加え、超音

波洗浄器で分散させて、Tylerの60メッシュ（ ϕ 0.25mm）と250メッシュ（ ϕ 0.063mm）のふるいで水洗し、試料の堆積物粒子を分離した。乾燥後、各メッシュに残った堆積物試料の重量を測定して重量百分率を求めて表示した（第5.1, 5.2図）。

7. EC値の補正計算

本実験では湿潤試料を用いているため、サンプルの含水比によって検液中の間隙水の濃度が変化する。すなわち、検液を作成する際、乾燥した粒子重量を基準にその5倍（修正JGS法）ないし10倍（修正OM法）になるように検液を調整するが、検液重量は間隙水と超純水の合計重量であるため、含水比が大きい試料は検液中の間隙水の割合は大きくなり、小さい試料は割合が小さくなる。また、JGS法とOM法では粒子重量と検液重量との比が異なるため、測定値のままでは両方法による測定結果を比較することができない。

EC値は溶液中の総イオン量を示し、超純水（EC＝0mS/cm, pH5.9）を加えることにより化学反応が生じてイオンの総量は変わらない。したがって、各検液の間隙水の含水比（第3表）を計算し、溶媒に対する間隙水の希釈率を求める。希釈率はつぎの式から求められる。

$$\text{希釈率} = \text{含水比} / (\text{混合比の逆数})$$

ここで、混合比（試料の乾燥質量に対する溶媒の質量比）はJGS法では5、OM法では10である。

この希釈率の逆数をECの測定値に乘じることにより、個々の分析試料の間隙水のEC値とみなした。しかし、pHは溶液中に存在するHイオン総量の濃度を指数で示したものであるため、希釈率のみで単純にもとの間隙水のpHを推定できない。よって、本論文ではpHは測定値、ECは補正值を用いて示した（第3表）。

8. pH及びEC値

GS-MHI-1, GS-KNJ-1, GS-KM-1Cの3本のコア試料の懸濁液から抽出した検液に関するpH及びECの測定結果を第5.1, 5.2図, 第3表にそれぞれ示す。各コアのデータとしては、既存文献に基づき、岩相柱状図、堆積相・堆積システム区分を示し、今回求めた粒度組成を併記したなお、GS-KM-1コアについては、比較のため、泥水材料にベントナイトを用いたGS-KM-1Aコアの柱状図と分析値もGS-KM-1Cのデータと並べて表示した（第5.3図）。また、GS-KNJ-1コアのうち、OM法のpHとECプロファイルは、第4図の湿潤試料のpHとECプロファイルに深度56m以深の2点を加えたものに相当する。

8.1 pHの変化

pHの深度変化プロファイル及びそれとコア堆積物の堆積環境との関係は、以下のように各コア共通した特徴を示す。

GS-MHI-1：JGS法では、pHは深度2～5mでpH6～7のほぼ中性を示し、深度5～9mにおいて急にpH9まで高くなり、深度34mまではpH9前後の弱アルカリ性を示す。そして、深度34～38m間でpH9からpH8へ急に低下し、深度50mまでpH8からpH7へと緩やかに低くなりほぼ中性を示す。OM法でもほぼJGS法と同様の値の深度変化プロファイルを示すが、深度2～10mと深度35～49.5mではOM法の方が全体的にpHは低くpH6強ないしpH7付近を示している。

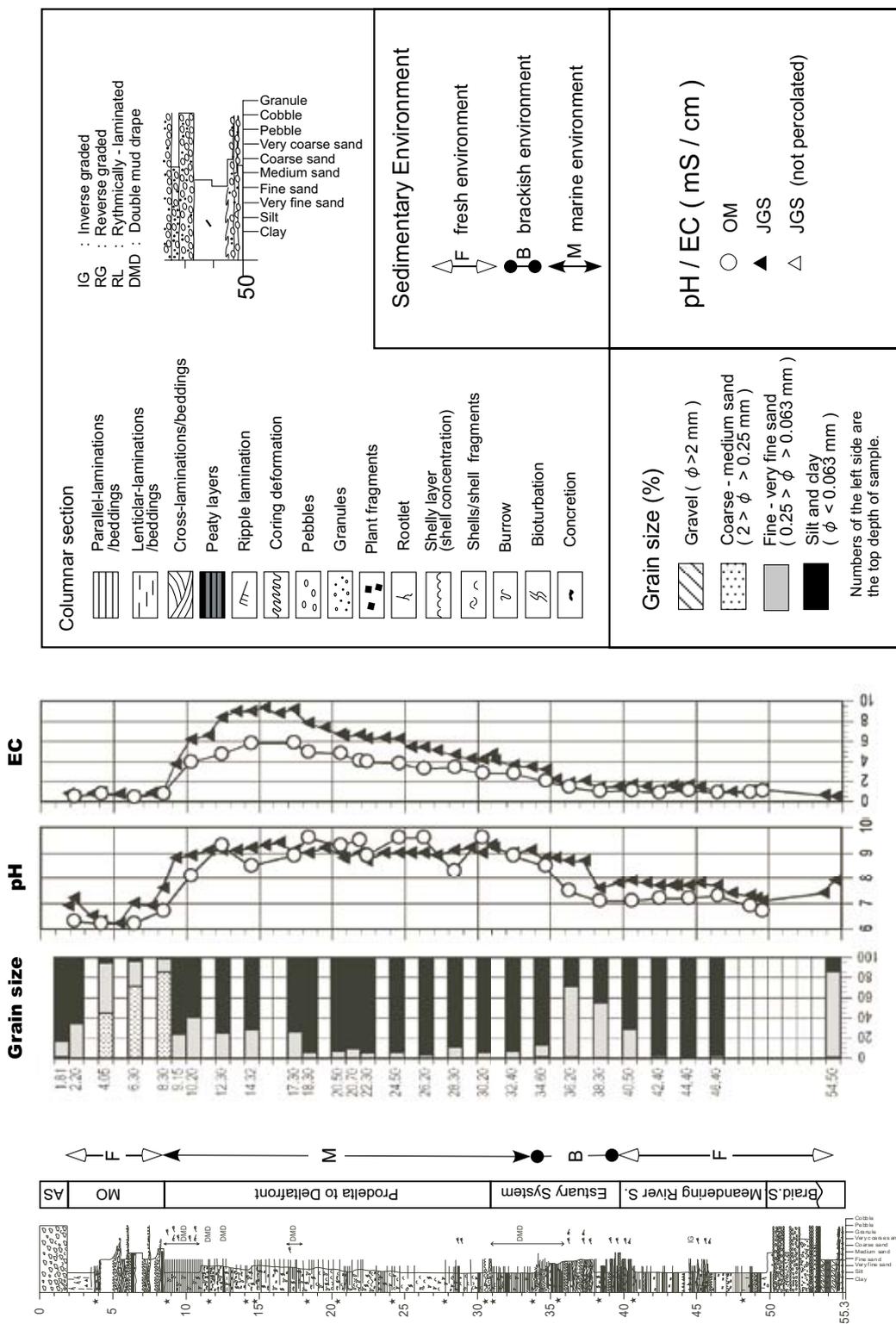
GS-KNJ-1：JGS法では、pHは深度2.5～7mでpH7付近の中性、深度7～8.5m間でpH7からpH9へ急に高くなり、深度34mまでほぼpH9の弱アルカリ性が一定する。そして、深度34mから43mにかけてpH9からpH7へ漸減、そして、再び深度43～52mでpH7強の中性を示す。OM法で得られたpHの値もJGS法と類似した深度変化を示すが、深度34～39mでJGS法のpHよりも全体に少し低い。

GS-KM-1C：JGS法では、pHは深度2～7mでpH7からpH9へと高くなり、深度7～30mではpH9の弱アルカリ性を示す。そして、深度30～38mでpH9から7へと低下し、深度38～52mにおいてpH7の中性を示す。OM法で得られたpHの値もJGS法と類似した値の深度変化を示すが、深度30～34mでJGS法のpHよりも全体に少し低いという違いがある。

以上をまとめると、3本のコアを通じて、pHの深度変化は、pH8～9程度で一定した値の弱アルカリ性を示すコア中部の区間を挟んで、それより上位・下位に向かってpHは連続的に低下し、コアの最上部・最下部の区間で約pH7で一定した値の中性を示すという深度変化を示す。ただし、GS-KM-1Cではこの最上部の中性の区間が欠如している。こうしたpHの深度変化に認められる最上部から最下部の5つの区間を最上部低値安定区間、上部遷値区間、中部高値安定区間、下部遷値区間、最下部低値安定区間と呼ぶことにする。

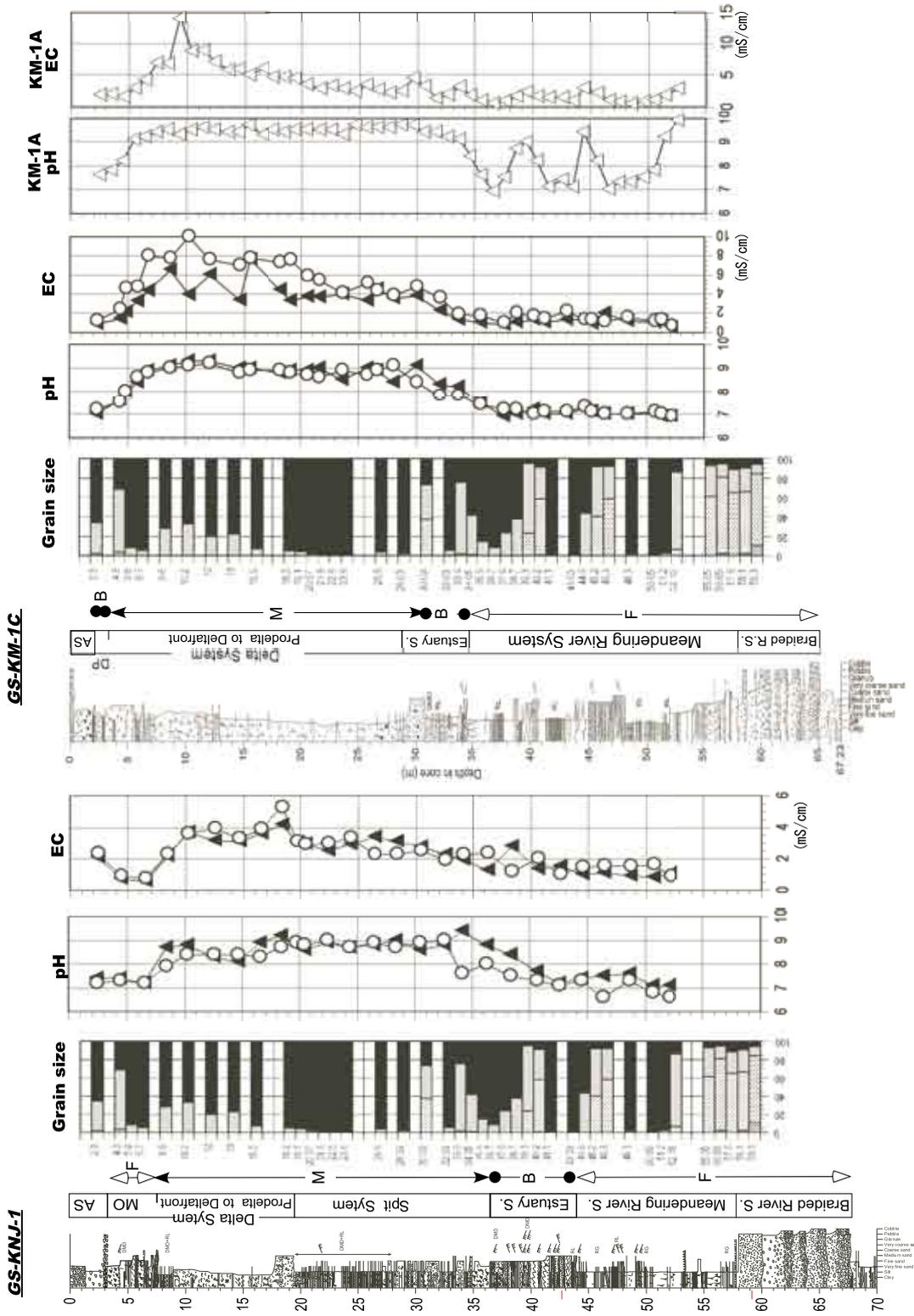
pHの深度変化プロファイルにおける各区間の深度範囲は、3本のコアで同じではない。しかし、各コアで設定された堆積システム区分や貝及び珪藻の産出、一部C14年代から得られる堆積曲線から判断された海成・汽水成・淡水成環境の区分（宮地ほか、2004；中島ほか、2006；田辺ほか、2007；中西ほか、本特集号）とを比較すると、3本のコアを通じて共通した関係が認められる。すなわち、中性を示す最上部低値安定区間は、デルタシステム最上部のデルタプレーンの蛇行河川堆積物にあたり、淡水成環境に限定される。最も海よりのサイト

GS-MHI-1



第5.1図 GS-MHI-1コアの堆積物粒度組成とpH・ECの深度変化。地質柱状図と堆積システム区分は中西ほか(本特集号)から引用。AS:人工土, MO:現世の氾濫原堆積物

Fig. 5.1 Grain size composition, pH and EC depth change profile of the GS-MHI-1 borehole core. Geological column and sedimentary facies are after Nakanishi *et al.* (this issue). AS: Artificial soil, MO: Modern river sediment



第5.2図 GS-KNJ-1とGS-KM-1コアの堆積物粒度組成とpH・ECの深度変化。GS-KNJ-1コアについては、GS-KM-1Cに加えて、ベントナイト泥水を用いて掘削されたGS-KM-1Aコアも、泥水材料の影響を示すためにその値を表示した。EC値はいずれも希釈率で測定値を補正した値。地質柱状図と堆積システム区分については、GS-KNJ-1は田辺ほか(2007)、GS-KM-1Cは田辺ほか(2006)から引用。凡例は第5.1図を参照。凡例は第5.1図を参照。AS:人工土, DP:デルタプレーン, MO:現世の氾濫原堆積物

Grain size composition, pH and EC depth change profile of the GS-KNJ-1 and GS-KM-1C borehole cores. The GS-KM-1A core was drilled with bentonite used drilling water, so that the value is assumed to be reference data. Geological column and sedimentary facies are after Tanabe *et al.* (2007) for GS-KNJ-1, after Tanabe *et al.* (2006) for GS-KM-1C.

であるGS-KM-1コアにおいてpHの同区間が存在しないことは、上記の蛇行河川堆積物が欠如していることと符号する。一方、弱アルカリ性の中部高値安定区間は海成環境の堆積物に限定される。すなわち、デルタシステムのうち海成環境を示すデルタフロントからプロデルタの堆積物、及びGS-KNJ-1ではその下位に位置する海成環境の砂嘴システム(田辺ほか, 2006)、GS-MHI-1ではエスチュアリーシステムのうち海成の最上部の堆積物(中西ほか, 2010)が相当する。そして、中性の最下部低値安定区間の大半は淡水成環境を示す蛇行河川システムに相当する。pHの変化区間である上部と下部の変化区間は淡水成と海成との堆積環境の変化する際の堆積物に相当する。

8.2 ECの変化

ECの深度変化プロファイル及びそれとコア堆積物の堆積環境との関係についても、以下のように各コア共通した特徴を示す。

GS-MHI-1 : JGS法では、ECは深度2～8mは安定して約1mS/cmを示すが、深度8～12mでは約9mS/cmまで値が高くなり、深度12～17mにおいて約9mS/cmの高EC値を示す。そして、深度17mから38mにかけて9mS/cmから2mS/cmまで低下する。それ以深では深度50mにかけて1.5mS/cm前後で一定する。OM法で得たECは、深度変化のプロファイルの形状は類似しているが、中央部の凸部の値がJGS法に比較して値が最高6mS/cm程度と低い。

GS-KNJ-1 : 本コアのECは小さな変化伴うが、JGS法とOM法とはほぼ同様の深度変化プロファイルを示す。深度2.5～4.5mで2.0から0.7mS/cmへと少し低下した後、深度6.5mにかけて1mS/cm弱の低EC値を示すが、深度6.5～10m間で約4mS/cmまで値が高くなる。そして、深度10～26.5mは約3～4mS/cmの比較的一定した高EC値を示し、深度26.5mから40mにかけて約1mS/cmまで低下した後、深度40～52mで約1mS/cmで一定した低EC値を示す。

GS-KM-1C : OM法では、ECは深度2～7mで約1mS/cmから4mS/cmへと急に高くなり、深度7～19m区間は約8mS/cmの高EC値で一定し、深度19～34mにかけて約2mS/cmへとゆるやかに低下した後、深度34～52mで約1mS/cmの一定した低EC値を示す。JGS法によるECの深度変化プロファイルの形状はOM法のそれに類似しているが、深度5mから23mの区間では、JGS法に比べて全体にECの値が低く、安定しない区間が認められる。

以上をまとめると、EC値の変化はJGS法とOM法ともに、3～9mS/cmの高い値をとる中部高値安定区間を挟んで、それより上位・下位に向かってECは低下し、最

上部・最下部では1～2mS/cmの低い値で一定する。こうした深度変化のプロファイルは、pHのプロファイルとその形状や区間境界の深度は類似している。そのため以下では、pHの場合と同様に、EC値の深度変化プロファイルとその値と値の変化の特徴に基づき、最上部低値安定区間、上部変化区間、中部高値安定区間、下部変化区間、最下部低値安定区間と呼ぶことにする。しかし、各区間の深度も異なる場合があり、プロファイルの形状に違いが認められる。主な違いは、中部高値安定区間の深度範囲がECではpHの1/2～2/3と短く、下部変化区間がその分長くなり値の変化がゆるやかであることである。

こうしたECの深度変化プロファイルは、各コアの堆積システム区分と比較すると、pHとは少し異なる対応関係が認められる。すなわち、最上部低値安定区間が、デルタシステム最上部の蛇行河川相に、最下部低値安定区間の大半が淡水成環境を示す蛇行河川システムに相当することはpHと同じ関係であるが、中部高値安定区間は海成環境の上半部だけであり、下半部は深度区間が長くなった下部変化区間に対比されるという点が異なる。

8.3 粒度組成とpH・EC

本研究で化学分析を行った堆積物試料の粒度組成のうちわけは、全93試料のうち、泥から砂質泥が72試料、泥質細砂から細砂が14試料、そして中-粗砂が7試料である。分析試料の粒度は、堆積環境との関連が強く、デルタフロント上部からデルタプレーン、プロデルタの最下部、エスチュアリーシステムの下半部から蛇行河川システムにかけては粗粒な堆積物試料が多く、一方、デルタフロント下半部からプロデルタにかけては細粒な堆積物試料が卓越する。しかし、上記に記述したpHとECの深度変化プロファイルからは、こうした粒度の違いによる影響が明瞭には認められない。

9. 考察

ボーリングコアの堆積物試料から作成した懸濁液のpH及びECの分析結果に関して、第一に、本論で用いたJGS法とOM法の二つの分析法によって生じた値の違い、第二に、分析法によらず認められる深度変化プロファイルの要因について、考察する。

9.1 懸濁液作成方法による値の差の原因

pHとECともに、JGS法とOM法の検液作成法の違いによっても、深度変化のプロファイルの形状は同じであった。しかし、その値は、特定の深度区間において両者の違いが認められ、pHに比べてECでその差は大きく、かつ幅広い深度区間で認められた。これらの違いが発生した原因の解明は、その数値を評価する上で重要であるので、以下検討する。

pHの値はJGS法とOM法との検液作成方法の違いによる値の差は、3本のコアを通じてpHの上部と下部変化区間に限定的に認められ、いずれのコアにおいてもOM法の値が低く、最大差は約1.5である。一方EC値は、両方法による値の違いが、3本のコアのうち、GS-KNJ-1コアではほぼ一致した値を示しているが、GS-KM-1コアとGS-MHI-1コアでは上部・下部の両遷値区間に加えて中部高値安定区間においても認められ、最大差は9mS/cmと大きい。しかも特異なのは、高い値を示す分析方法が、GS-KM-1コアではOM法、GS-MHI-1コアではJGS法と両コアでは異なる。

pHとECとは必ずしもその値が平行して増減するわけではない。EC値は水中に溶解している電解質の総量におおよそ相当することから、EC値の増加は溶存イオン量の増加と見なせる。一方、pHの値はHイオン濃度を指数で表示するため、総イオン濃度が直接反映するわけではなく、水素イオンが増加する傾向にあっても、その値の変化は小さい。しかも、間隙水に普遍的に含まれる炭酸塩の緩衝作用によって、その傾向は鈍化されると考えられる。こうした特性は、しかし、GS-KM-1CにおけるpHとECの深度変化プロファイルでのJGS法とOM法の値の差を説明できるが、GS-KNJ-1コアやGS-MHI-1コアについては説明ができない。そのほかの要因があるものと推定される。

本論では、JGS法とOM法との検液作成方法を両者が類似した条件になるように修正したが、その中でpHとECの値の違いをもたらしうる要因としては、攪拌程度の違いと溶媒と堆積物試料との混合比率の違いをあげることができる。攪拌程度が大きい場合、混合比率が小さい場合は粘土粒子などの堆積物に吸着している溶存イオンや化合物中の元素が溶出しやすくなると考えられる。攪拌処理では、JGS法では試料を攪拌棒で懸濁させるだけであるのに対して、OM法では6時間振とうすると定められている。OM法ではJGS法に比べて、攪拌が強いだけでなく、反応時間も桁違いに長く確保されているため、JGS法より堆積物粒子からのイオン成分が溶出されやすいものと考えられる。更に、第5.3項で検討したように、pHとECの値の違いが生じている深度区間はいずれも海成から汽水成環境であり、堆積物中には特徴的にパイライト態イオンが含まれる。OM法の6時間振とうは、パイライト態イオンを酸化し硫酸イオンを生成することが考えられる。硫酸イオンの生成は他のイオンの溶出と水素イオンの生成を促進するであろう。一方、検液の希釈度については、OM法は堆積物の乾燥試料質量に対して10倍、JGS法は5倍の超純水を加えるため、OM法ではJGS法に比較して溶質の濃度が薄い。したがって、OM法の懸濁液の方が粒子からのイオン成分が溶出しやすいものと考えられる。

以上のJGS法とOM法の攪拌程度と溶媒と堆積物試料

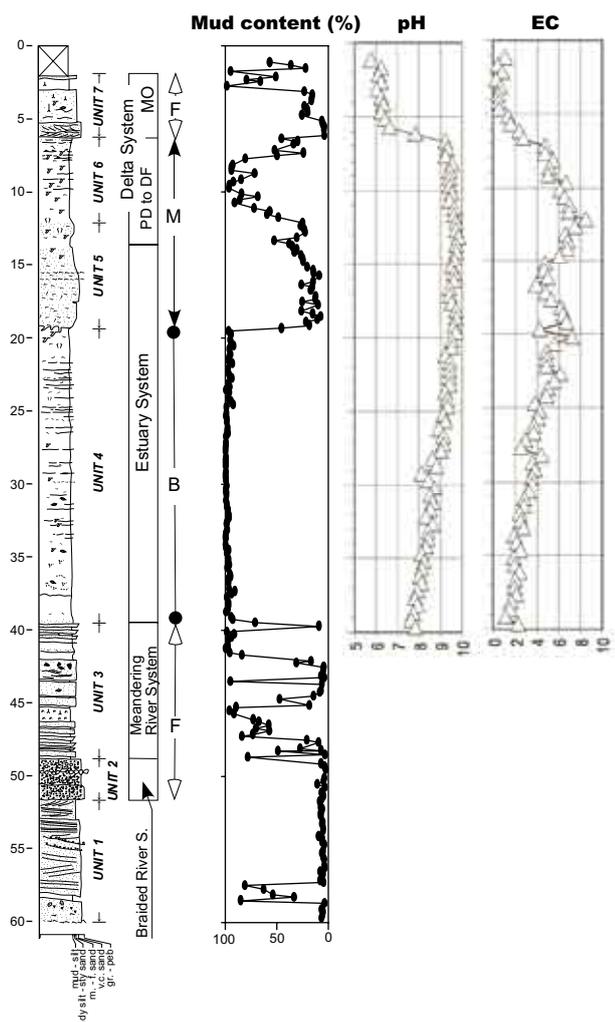
との混合比率の違い、及びECとpHの指標の違いを考慮すると、GS-KM-1CコアのECの深度変化プロファイルにおいて、JGS法よりOM法の方が高いEC値を示す原因とそのpHのプロファイルを説明することができる。一方、両方法で系統的な差がないGS-KNJ-1コア、逆にJGS法の値の方が高いGS-MHI-1コアの結果は、OM法にイオン濃度を下げる要因があったことを示唆する。可能性としては、OM法での6時間振とうにより、堆積物中で凝固している粘土粒子がより多く分散、一部は更に細かく分離し溶媒中にコロイド状に懸濁したことをあげることができる。本論で用いたJGS法とOM法ともに、懸濁液から検液を作成する際に ϕ 0.45 μ mのフィルターによるろ過処理を行ったので、検液からは2～0.45 μ mサイズの粘土粒子はろ過される。そのため、懸濁液中に粘土粒子が多量にあると、振とう後のフィルタリング処理において、これらの粘土粒子がフィルター表面の膜をなし、フィルターを通る懸濁水からイオンを吸着・ろ過する役割を果たしたことが推定される。測定試料については、粒度分析を行ったが、細粒分のうち粘土粒子の割合までは実測していない（第5.1, 5.2図）。この推定を支持する実測データは得られていないので、これ以上の検討は今後の課題としたい。

9.2 pHとECの規則的深度変化とその成因

沖積層のボーリングコア堆積物から作成した懸濁液のpHとECの深度変化プロファイルの特徴について、以下に整理する。同プロファイルは、既述したように、上位より下位へ、最上部低値安定区間、上部遷値区間、中部高値安定区間、下部遷値区間、最下部低値安定区間の5つの区間に識別される（第5.1, 5.2図）。中性でかつ低EC値を意味する最上部と最下部の両低値安定区間は、pHとECともに同一深度範囲であり、淡水成環境の蛇行河川堆積物に限定される。一方、弱アルカリ性、高EC値を意味する中部高値安定区間は、pHに比べてECの同区間が短いがいずれも海成環境の堆積物に限定され、かつECの下部変位区間のうちpHの中部高値安定区間に相当する深度では、GS-MHI-1, GS-KM-1Cでは3mS/cm、GS-KNJ-1では2mS/cm以上の高EC値を示している。また、ベントナイトの泥水材料を利用したために参考資料扱いとしたGS-SK-1コアの分析値についても、最下部の蛇行河川システムの分析値が欠けているが、それ以外の深度区間では類似したpHとECの深度変化プロファイルの形状と堆積環境との関係が認められる（第6図）。

前節で考察したように、pHとECの測定値については、処理法の違いで影響をうけることが判明した。更に、粘土粒子の割合やまだ解明されていない要因によっても左右されることが推定される。しかし、pHとECの深度変化のプロファイルの形状は、上述したように、各コアを通じて類似した特徴を示し、各コアの堆積システム・堆

GS-SK-1A



第6図 GS-SK-1コアの含泥率とpH・EC値の深度変化. 本コアのボーリング調査では掘削泥水にベントナイトを使用しているため、参考データとして掲載. EC値は希釈率で測定値を補正した値. 地質柱状図、堆積システム区分と含泥率は石原ほか(2004)を引用. 凡例は第5.1図を参照. PD to DP: プロデルタ～デルタプレーン, MO: 現世の氾濫原堆積物

Fig. 6 Mud content, pH and EC depth change profile of the GS-SK-1 core. The core was drilled with bentonite-used drilling water, so that the value is assumed to be reference data. Geological column, sedimentary facies and mud content are after Ishihara et al. (2004).

積環境の区間と深度的に密接な関係が認められる. こうした関係は、本研究の基礎実験で実施した分析結果では、24時間の振とう処理、試料の乾燥、フィルター処理をしない懸濁液を利用しても、同一の特徴的なプロファイルが得られた(第3, 4図). したがって、これらの特徴は、測定手法や堆積物の粒度、あるいは個々のコアの地域的な堆積環境や地盤環境の履歴の違いを越えた、原位置における沖積層堆積物の普遍的な化学的特性であると判断できる. 一つの有用な結論として、沖積層のコア試料

のpHとECの両深度変化の特徴的なプロファイルを得ることができれば、淡水成と海成の堆積環境を識別する指標として利用できるものと期待される. そして、沖積低地の地下に伏在する海成の沖積層堆積物は、弱アルカリ性で、高EC値を示しているということがいえる. なお、中部高値安定区間のpHは、フィルタリング処理の中で1~1.5低下していること(第3図参照)を考慮すると、原位置の同pHはpH9-10である.

つぎに、各コアに共通して認められるpHとECの深度変化の要因について考察する. なお、pHとECの測定値では、実際の地盤環境に近いJGS法の値を主とし、OM法を必要に応じて参照することとする.

こうした高いpHとECは、堆積物の堆積当時の間隙水に起因するのであろうか. 弱アルカリ性、高EC値を意味する深度区間の堆積物は、海成環境下で堆積したものであるため、堆積時の間隙水は海水に近い化学組成を有していたと推定できる. 海水は35g/Lの高いイオン濃度で、中でもNaイオンとClイオンで全体の90%近くをしめる. 一方、沖積層堆積物試料の懸濁液から得たpHとECの値は、第5.1と5.2図の分析値に示されているように、イオン濃度ははるかに低く、第4図のGS-KNJ-1コアの事例では、主要イオンのうち、直接濃度測定を行わなかったHCO₃イオンを除くと、濃度の高いイオンはNaイオンであり、Clイオン濃度は極めて低い. したがって、その変化のプロセスはさだかではないが、堆積後、地下水の流動やイオンの拡散現象にともない、大幅なイオンの溶脱・移動と化学反応があったことが考えられる. 東京低地から中川低地における沖積層の懸濁液の水質の変化は、堆積物の堆積当時の環境をそのまま保存したのではなく、堆積後の化学変化を反映したものと推定される. その化学変化のプロセスは今後の重要な課題である.

本研究では沖積層の地盤環境を知る手段の取りかかりとして、簡便な懸濁液を検液として用いた. その検液のpHとEC値は、普遍的な深度変化プロファイルを示すこと、そしてその特徴は堆積環境と密接に関係することを明らかにした. しかし、懸濁液は混合物であり、条件により様々な成分が混入しているため、原地盤の堆積物の間隙水の組成やその成因などについて、詳細に議論することは難しい. 今後はより自然の地盤環境に近い試料として間隙水を用いた研究を実施し、地盤環境を評価していく必要がある.

10. まとめと今後の課題

- 1) 沖積層の原位置の化学的特性を得るための懸濁液作成法として、地盤工学会の土質試験法の懸濁液作成法(JGS法)と、環境省の公定法の検液作成法(OM法)の両方法を参照して、適切な検液作成法を得るために行った基礎実験の結果、OM法に規定されているろ

過、乾燥、振とうの各処理によって、pHとECともに影響を受けることが判明した。本実験では、JGS法についてはOM法のろ過処理を加え、OM法では乾燥処理と酸処理を省くという修正をした上で、両方法による分析実験を行った。

- 2) 東京低地と中川低地で得られた3本の層序ボーリングコアの堆積物試料から懸濁液を作成し、そのpHとECを測定した。pHとECの深度方向の変化プロファイルは3本のコアでほぼ共通しており、上位より下位へ、最上部低値安定区間、上部遷値区間、中部高値安定区間、下部遷値区間、最下部低値安定区間の5つの区間に識別される。中性でかつ低EC値を意味する最上部と最下部の両低値安定区間は、pHとECともに同一深度範囲であり、相当する堆積物は淡水成環境に限定される。一方、弱アルカリ性、高EC値を意味する中部高値安定区間は、pHに比べてECの同区間が短いがいずれもデルタシステムの海成環境の堆積物に限定されることが判明した。中部高値安定区間のpHは、懸濁物のフィルタリング処理によって1~1.5低下していること(第3図参照)を考慮すると、原位置の同pHは9-10である。
- 3) 沖積層のコア試料のpHとECの両深度変化の特徴的なプロファイルを得ることができれば、淡水成と海成の堆積環境を識別する指標として利用できるものと期待される。
- 4) 今回得られた沖積層の海成堆積物試料の懸濁水のpHとEC、主要イオン濃度は海水と比較して、イオン濃度が桁違いに低く、イオン組成ともに違っていることから、堆積後現時点までに間隙水が表層水に置き換わり、顕著なイオンの溶脱・移動や化学反応があったものと推定される。

謝辞：本研究を行うにあたり、國本節子氏(産総研)、福田 文氏(元・産総研)には分析作業を補助していただいた。林 武司博士(秋田大学)には分析方法の指導及びデータに関する議論とアドバイスをいただいた。宮地良典氏、田辺 晋博士(産総研)、中西利典博士(元産総研、現在韓国地質資源研究所)にはコア試料採取にあたり大変お世話になった。丸茂克美博士、岡井貴司氏(産総研)には実験を実施するにあたり、様々なご協力をいただいた。石井武政博士、丸井敦尚博士、内田洋平博士(産総研)にはイオン分析を行う際の便宜を図って頂いた。査読者の安原正也博士(産総研)には粗稿に対して適切な査読意見をいただき、内容を改善することができた。ここに記し深く謝意を表します。

文 献

青木 滋(1969) 東京低地の第四紀層について。日本

地質学会第76年学術大会シンポジウム「海岸平野」資料集, 15-20.

- 青木 滋・柴崎達雄(1966) 海成“沖積層”の層相と細分問題について。第四紀研究, 5, 113-120.
- Endo, K., Sekimoto, K. and Takano, T. (1982) Holocene Stratigraphy and paleoenvironments in the Kanto Plain, in relation to the Jomon Transgression. Proceedings of the Inst. Nat. Sci., Nihon Univ., no. 17, 1-16.
- 遠藤邦彦・関本勝久・高野司・鈴木正章・平井幸弘(1983) 関東平野の沖積層。アーバンクボタ, no. 21, 26-43.
- 半谷高久・小倉紀雄(1985) 改訂2版 水質調査法。丸善株式会社, 東京, 378p.
- 市原優子(1960) 海成粘土層にみられる粘土鉱物の風化。地質学雑誌, 66, 812-819.
- 市原 実・市原優子(1971) 大阪層群の海成粘土と淡水成粘土について。竹原平一教授祈念給文集, 173-181.
- 石原与四郎・木村克己・田辺晋・中島礼・宮地良典・堀和明・稲崎富士・八戸昭一(2004) 埼玉県草加市柿木地区で掘削された沖積層ボーリングコア(GS-SK-1)の堆積相・堆積物物性と放射性炭素年代。地質調査研究報告, 55, 183-200.
- 石綿しげ子(2004) 東京湾北部沿岸域の沖積層と堆積環境。第四紀研究, 43, 297-310.
- Kaizuka, S., Naruse, Y. and Matsuda, I. (1977) Recent formations and their basal topography in and around Tokyo Bay, central Japan. Quaternary Research, 8, 32-50.
- 加村崇雄(1986) 酸性硫酸塩土壌をめぐる、強酸性土壌と鉄・イオウ細菌。アーバンクボタ, no.25, 50-51.
- 川瀬久美子(2002) 三重県雲出川下流低地における沖積層最上部の堆積環境の推定—堆積物の珪藻分析および混濁水の電気伝導度を用いて—。日本地理学会発表要旨集, 61, 138.
- 木村克己(2004) 巻頭言：都市地質研究の展開。地質調査研究報告, 55, 181-182.
- 木村克己・石原与四郎・宮地良典・中島礼・中西利典・中山俊雄・八戸昭一(2006) 東京低地から中川低地に分布する沖積層のシーケンス層序と層序の再検討。地質学論集, no.59, 1-18.
- 小荒井衛・大井信三・横山卓雄(1990) 電気伝導度法による古環境の推定—茨城県筑波台地の例。日本第四紀学会講演要旨集, no.20, 112-113.
- 小荒井衛・中山俊雄・平野義明(1992) 電気伝導度法による沖積層ボーリングの堆積環境の推定。日本第四紀学会講演要旨集, no.22, 98-99.
- 久馬一剛(1986) 東南アジアの低湿地。アーバンクボタ, no.25, 2-7.
- 宮地良典・木村克己・石原与四郎・田辺 晋・中島 礼・

- 堀 和明・中山俊雄・斎藤文紀 (2004) 東京都江戸川区小松川地区で掘削された沖積層ボーリングコア (GS-KM-1) の堆積相・堆積物物性と放射性炭素年代. 地調研報, **55**, 201-219.
- 森山昭雄・渡辺崇・水上順司 (1996) 粘土混濁水の電気伝導度測定による碧海層堆積時の古環境の変遷. 日本地理学会予稿集, no.50, 120-121.
- 中西利典・田辺晋・木村克己・中島礼・内山美恵子・柴田康行 (2011) 埼玉県三郷市彦成地区の沖積層コア (GS-MHI-1) の堆積相・珪藻化石群集組成・物性・放射性炭素年代値. 地調研報, 本特集号, 3-46.
- 中島礼・木村克己・宮地良典・石原与四郎・田辺晋 (2004) 東京都江戸川区小松川と埼玉県草加市柿木において掘削した沖積層ボーリングコアから産出した貝化石群集. 地調研報, **55**, 237-269.
- 中島礼・田辺晋・宮地良典・石原与四郎・木村克己 (2006) 沖積層ボーリングコアにみられる貝化石群集変遷—埼玉県草加市柿木と東京都江戸川区小松川の例—. 地質学論集, no.59, 19-33.
- 日本地下水学会 (2000) 地下水水質の基礎. 理工図書, 東京, 189p.
- 佐藤万寿美・横山卓雄 (1992) 粘土混濁水の電気伝導度による古環境の推定—関西国際空港ボーリング・コアの場合—. 地質学雑誌, **98**, 825-839.
- 田辺晋・石原園子・中島礼・宮地良典・木村克己 (2006) 東京低地中央部における沖積層の中間砂層の形成機構. 地質学論集, no.59, 32-52.
- 田辺晋・中島礼・石原与四郎・中西利典・宮地良典・木村克己・中山俊雄・柴田康行 (2007) 東京低地東縁における完新統砂嘴堆積物の時空間分布. 地調研報, **57**, 261-288.
- 東京都土木技術研究所 (1969) 東京都地盤地質図 (23区内) —東京都地質図集2—. 東京都土木研究所.
- 東京都港湾局 (2001) 新版 東京港地盤図. 89pp, 付図9葉.
- 内園立男 (2007) 濃尾平野ボーリングコアの粘土混濁水の電気伝導度と堆積環境の関係—沖積層の例—. 地球科学, **61**, 179-186.
- 内園立男・森勇一 (2004) 濃尾平野南部ボーリングコアの粘土混濁水の電気伝導度およびpH測定に基づく堆積環境の推定. 第四紀研究, **43**, 375-382.
- 安井賢・吉田真見子・卜部厚志 (2004) 沖積粘性土層の電気伝導度・pH値と堆積環境の比較. 日本応用地質学会研究発表会講演論文集, 29-32.
- 横山卓雄・佐藤万寿美 (1987) 粘土混濁水の電気伝導度による古環境の推定—千里丘陵東端部および琵琶湖湖底におけるボーリング・コアの場合—. 地質学雑誌, **93**, 667-679.

(受付: 2010年12月6日; 受理: 2010年12月27日)

地質調査研究報告の編集について

13 地調連覚書第 4 号
平成 13 年 4 月 1 日
平成 16 年 8 月 10 日一部改正
平成 21 年 5 月 1 日一部改正

地質調査研究報告(以下、報告という)は、産業技術総合研究所が行う「地質の調査」および関連するすべての調査研究によって得られた知見・情報を報告し、社会の利用に供するための定期出版物である。

1. 原稿の提出と受付

- (1) 投稿者は産業技術総合研究所において「地質の調査」および関連する研究を行う職員及びこれに準ずる者(元職員、フェロー等の滞在者、あるいは職員と共同で研究を行った者)とする。ただし、地質調査研究報告編集委員会(以下、編集委員会という)が依頼した場合はこの限りではない。
- (2) 原稿の書き方並びに投稿の手続きは、別に定める投稿・執筆手引による。
- (3) 原稿はすべて編集委員会(事務局:地質調査情報センター地質情報出版室)に提出する。
- (4) 編集委員会は受けとった投稿原稿の受付年月日を記録し、当該研究の担当グループリーダー及び担当ユニット長による決裁の後に原稿を保管する。ただし、投稿原稿が本覚書、又は投稿・執筆手引に明らかに反している場合には、受け付け前に理由を付して原稿を著者に返却することができる。
- (5) 編集委員会は、投稿を依頼すること、又は特集の企画を依頼することができる。

2. 原稿の審査と採否

- (1) 編集委員会は受け付けた原稿を審査し、掲載の可否、及び本覚書の6に基づいてカテゴリーを決める。
- (2) 編集委員会は、担当グループリーダー及び担当ユニット長による決裁の後に、1名以上に原稿の査読を依頼し、査読結果に基づいて原稿を審査する。掲載の可否の決定は編集委員長責任において行う。
- (3) 編集委員会は投稿原稿について、査読結果と投稿・執筆手引に基づいて、著者に修正を求めることがある。修正を求めた原稿が編集委員会に返却されるまでに3カ月以上を経過した場合は、原則として新規投稿として取り扱う。
- (4) 編集委員会は掲載不適当と認めた原稿について、その理由を明らかにした文書を著者に送りその了解を得たうえで原稿を返却する。その理由を著者が了解しないときは、編集委員会と著者の担当ユニット長が協議して、編集委員長が取り扱いを決定する。
- (5) 編集委員会は、審査終了した時点で受理年月日を記録し、地質調査情報センター長が決裁した時点で著者に通知する。
- (6) 印刷が終わった原稿は著者に返却する。

3. 論文等の掲載

論文等の掲載は、原則としてカテゴリー別に受理された順とする。ただし、特別な号又は特別な論文などについては、その趣旨に応じて掲載の順序を決める。

4. 校正

- (1) 論文、総説、短報、概報、資料・解説、研究紹介、講演要旨及び口絵の初校正は、原則として著者が行う。再校正以後は編集委員会の責任で行う。
- (2) 校正にあたっては、ミスプリント等の修正を行うが、原稿の記述内容を書き換えることはできない。

5. 別刷

著者には出版物の法人内配布マニュアルに基づいて別刷を配布する。

6. 報告記事のカテゴリーとその内容

- (1) 口絵 (Frontispiece):写真や図及びその解説文で構成される独立の報告。
- (2) 論文 (Articles):通常の学会誌で原著論文として取扱われる類の記事。頁数の制限を特に設けないので比較的豊富な

- データや多量の図表を含むものも掲載できる。
- (3) 概報 (Reports):論文に準じて、記載や暫定的あるいは予察的解釈を中心とする記事。
 - (4) 総説 (Reviews):特定のテーマに関して既存論文を体系的に紹介するもの。ただし、既存の考え方に対する批評や将来の研究方向等についての著者の見解を含まないものは、原稿の規模に関わらず、“資料・解説”とする。
 - (5) 短報 (Short Articles):速報性のある短い論文。
 - (6) 資料・解説 (Notes and Comments):各種データの紹介、時宜を得た用語(専門的な学術用語、国際的な共同研究課題、国際的な機関、及びそれらの略称など)の解説など。
 - (7) 講演要旨 (Abstracts):研究発表会、研究講演会等の講演要旨。ただし、プログラム(ちらし)に掲載されたものではなく、報告掲載用に作成したもの。
 - (8) 研究紹介 (Research News):研究課題の開始年度、中間年度及び終了年度における進捗状況等(開始年度については計画の紹介)。
 - (9) 上記のカテゴリに類さない記事を掲載する必要がある場合には、随時処理する。

7. その他の事項

- ・ この覚書については、平成13年4月1日から施行する。
- ・ この覚書については、平成16年8月10日から施行する。
- ・ この覚書については、平成21年5月1日から施行する。
- ・ この覚書を改廃しようとする場合は、「地質調査総合センター連絡会議」において協議をするものとする。

地質調査研究報告投稿・執筆手引

別表-1 地質調査研究報告原稿の構成と形式

○:必要 △:必要に応じ -:不要

カテゴリー (*1)	その内容 〔「地質調査研究報告の編集について」(13地 調連覚書第4号)で規定〕	タイトルページ			要旨 (英文及び 和文) (*6)	本 文	引用文献	図(本文 中の写真 を含む)・ 表・図版	図・表・図 版の説明 (*7)
		表題・著者 名・所属(以 上はすべて 和英併記)	キーワード (英)	柱(上部欄 外の見出し)					
(1) 口絵 Frontispiece	写真や図及びその解説文で構成される独立 の報告。	○	-	-	-	△	△	○	○
(2) 論文 Articles	通常の学会誌で原著論文として取扱われる 類の記事。頁数の制限を特に設けないので 比較的豊富なデータや多量の図表を含むも のも掲載できる。	○	○	○	○	○	○	○	○
(3) 概報 Reports	論文に準じて、記載や暫定的あるいは予察 的解釈を中心とする記事。	○	○	○	△	○	○	○	○
(4) 総説 Reviews	特定のテーマに関して既存論文を体系的に 紹介するもの。(*2)	○	○	○	○	○	○	○	○
(5) 短報 (*3) Short Articles	速報性のある短い論文。	○	○	○	-	○	○	○	○
(6) 資料・解説 Notes and Comments	各種データの紹介、時宜を得た用語(専門的 な学術用語、国際的な共同研究課題、国際 的な機関、及びそれらの略称など)の解説な ど。	○	○	○	△	○	○	○	○
(7) 講演要旨 (*4) Abstracts	研究発表会、研究講演会等の講演要旨。た だし、プログラム(ちらし)に掲載されたもの ではなく、報告掲載用に作成したもの。	○	○ (3-5 個)	-	○	-	-	-	-
(8) 研究紹介 (*5) Research News	研究課題の開始年度、中間年度及び終了年 度における進捗状況等(開始年度について は計画の紹介)。	○	○	○	△	○	○	○	○

*1 本表のカテゴリに類さない記事を掲載する必要がある場合には、随時処理する。

*2 ただし、既存の考え方に対する批評や将来の研究方向等についての著者の見解を含まないものは、原稿の規模に関わらず、“資料・解説”とする。

*3 刷り上がり原則4頁以内。1頁は本文で2,250字に相当。

*4 和文800字以内、または英文350語以内。

*5 刷り上がり2-4頁。

*6 本文が和文の時は英文要旨、本文が英文の時は英文及び和文の要旨とする。

*7 本文が和文の時は和英併記。

地質調査研究報告投稿・執筆手引

14 地調連覚書第 1 号
平成 14 年 12 月 25 日
平成 16 年 8 月 10 日一部改正
平成 19 年 8 月 7 日一部改正
平成 21 年 5 月 1 日一部改正

1. 投稿の手続

投稿者は、所定の様式の伝票（別紙様式 1）を添えてコピー 2 部を事務局（地質調査情報センター地質情報出版室）に提出する。なお、原稿のオリジナルと電子ファイルは著者が保管する。カラー印刷を希望する場合にはその部分のカラーコピーを添付する。

2. 最終原稿の提出手続

査読結果に基づいて修正された原稿を、プリントアウトしたものを添えて、電子ファイル等で事務局へ提出する。

3. 原稿の構成と形式

原稿は和文または英文とし、そのカテゴリーに応じて別表-1の構成とする。

4. 原稿の体裁

- (1) 原稿はワードプロセッサによって作成し、プリントした原稿を提出する。
- (2) プリント原稿の書式はA4判縦用紙に横書きとし、次の基準に従うものとする。
 - a. 和文の場合は、文字サイズ10ポイント・30行/頁程度とし、上下左の余白は3cm・右余白を5cm程度確保する。
 - b. 英文の場合は、文字サイズ12ポイント・25行/頁程度とし、上下左の余白は3cm・右余白を5cm程度確保する。ワードラップを行い、改行は単語の区切りでのみ行う。
- (3) 装飾文字は原則としてそのままプリントするが、正しくプリントできない場合はプリント原稿に赤で必要な指定を記入する。
- (4) 受理後の最終原稿では、特殊文字・外字・上付き及び下付き文字、ならびに字体などの指定を、本文プリントアウト原稿に赤で指定する。

生物・化石のラテン語学名や数式中の変数名などのイタリック字体 1本の下線

ゴシック(日本語)・ボールド(外国語)などの太字体 波形の下線

上付き文字・下付き文字 √・∧の指定

複雑な数式などの場合は、これに代わる分かり易い方法で指定してもよい。

また、図表挿入位置は、受理後に提出する本文プリントアウト原稿の右余白に指定する。

5. 構成要素ごとの執筆要領

(1) タイトルページ

- a. 表題: 簡潔でかつ論文の内容を十分に表現するものとする。
- b. 柱: 和文30字相当以内で表題を簡略化したものとする。
- c. 著者名: 日本語表記は姓名の順、英語表記は名姓の順とし、名は略さず表記する。英語表記では名と姓の頭文字のみを大文字とする。連名の場合、日本語では間を「・」(中黒)で、英語では「,」(カンマ)とandで繋ぐ。(英語連名表記の例) Shunso Ishihara, Carl R. Anhaeusser and Laurence J. Robb
- d. 所属: 著者名の右肩にアラビア数字を付け、脚注として記入する。所外の著者の場合には勤務先及び所在地を、元所員が在職中の研究成果を投稿する場合は、その研究時の所属部門等と現勤務先及び所在地を併記する。所員の所属の英文表記については、AIST, Geological Survey of Japan, ユニット名等の順とする。和文原稿の著者の所属等については以下の例を参考にして作成する。

¹地圏資源環境研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Institute for Geo-Resources and Environment)

²波崎第一中学校 (Hazaki First Junior High School, Hazaki, Kashima, Ibaraki, 314-0415 Japan)

³日本学術振興会特別研究員,地球科学情報研究部門 (JSPS Research Fellow, Institute of Geoscience, GSJ)

- e. キーワード: 英語の単語又は一般化した短い語句から3-10個を選定してタイトルページに記載する. キーワードの名詞は原則として単数形を用い, 名詞を伴わない形容詞(形)や前置詞の使用はさける.
- (例) 1) 対象物: rare metal, acid rain, Hishikari Mine, Nohi Rhyolite
 2) 作用・機能・現象・概念: greenhouse effect, gold mineralization, secondary enrichment zone
 3) 学問分野・手法: geochronology, paleontology, economic geology, K-Ar dating, EPMA, computer simulation
 4) 地域: Akita Prefecture, East China Sea, Northeast Pacific, California
 5) 地質時代: Holocene, Neogene, Proterozoic, Precambrian
- f. コレスポンディングオーサー: 該当者の右肩にアスタリスクをつけ, 脚注として記入する. 記入例は以下のとおり.
- (例) 所内
 *Corresponding author: A. BBBBB, Central7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: aaaaa@aist.go.jp
 所外(勤務先所在地については, 所属で表記しているため省略)
 *Corresponding author: A. BBBBB, Email: aaaaa@oooo.oo.jp

(2) 要旨

各々の記事内容のエッセンスを要領よくまとめて記載する. 「○○について研究した.」などの記述は行わない. 和文要旨は400字以内, 英文要旨は300語以内が望ましい. ただし, 論文等の本体が大規模なものである場合は, この限りではない.

(3) 本文(本文以外に関する一般則を含む)

- a. 和文原稿は, 句読点, 引用符, その他の記号も含め, 全角文字を使用する. 漢字まじり平仮名書き現代仮名使いによる. 漢字は常用漢字表に従う. ただし, 固有名詞や広く用いられている学術用語はこの限りでない. 送り仮名は, 同一原稿内では統一する. 句点には「.」, 読点には「,」を用い, 同格名詞の並記には「・」(中黒)を用いる. アルファベットは半角を用いる.
- b. 英文原稿は, カンマ「,」, ピリオド「.」, 疑問符「?」, 引用符「'」 「“」, その他の記号も含め, 半角文字を使用する. 文頭の頭文字は大文字とし, それ以外はすべて小文字とする.
- c. 数字は, 数量を表す際には原則としてアラビア数字とし, 半角文字を使用する.
- d. 単位は原則としてSI(国際単位系)を使用する.
- e. 緯度・経度の表記は, 世界測地系に基づいた数値で行う. 但し, 必要があって東京測地系(平成14年4月施行の測量法改正の前の日本測地系)での数値を示す場合は, その旨を明記する. なお, 分単位未満の桁を表示しない概数値を示す場合は, この限りではない.
- f. 外国語(ローマ字)表記の人名は, 頭文字のみを大文字とし, 第二字以後は小文字を使用する.
- g. 見出しは, ポイントシステムによる. 見出しの数字は原則として3字までとする.

(例) 1. はじめに

2. 地形

2.1 丘陵・台地

2.1.1 多摩川左岸

2.1.2 多摩川右岸

...

5. まとめ

- h. 文中での文献の引用は, 著者名と年号の併記で示す. 日本語の場合, 著者が2名の際には姓を「・」で繋ぎ, 3名以上の際には筆頭著者の姓の後に「ほか」を付ける. 外国語(ローマ字)の場合, 著者が2名の際には姓を「and」で繋ぎ, 3名以上の際には筆頭著者の姓の後に「*et al.*」(イタリック指定)を付ける. 姓と年号から引用文献の識別ができない場合は, 年号の後に小文字のアルファベットを付けて区別する. 単行本などの引用の場合には, できるだけ引用箇所のページも明記する. また著者名が紛らわしい場合は, 姓名を完記する.

(例) 関(2001)によれば, 会津盆地南西方の山地には先第三系の堆積岩が.....

倉本・中尾(2002)はこのような報告をしている.

これらの研究(角井ほか, 1998; 藤岡, 1985a, b)によると.....

Baumgartner(1995, ed., p.347-421)に示されたとおり.....

Shibata and Nozawa(1967)の年代値は.....

.....と考えられるようになった(Pessagno *et al.*, 1977).

高橋雅紀(1997)の考えに対して高橋正樹(1998)は反論した。

- i. 脚注は、著者の所属以外には原則として使用しない。

(4) 引用文献

- a. 引用文献は、本文の最後に「文献」(英文の場合は「References」)として著者名のアルファベット順に記す。筆頭著者が同じ場合は、b. に定めた規則により並べる。
- b. 筆頭著者が同じ論文は、単著論文、2名共著論文、3名以上の共著論文の順に並べる。単著論文は発表年順、2名共著論文は第2著者のアルファベット順を優先した上で発表年順に並べ、3名以上の共著論文は筆頭以外の著者名に関らず筆頭著者ごとの発表年順とする。[3名以上の文献を本文中で引用する場合、「(Pessagno *et al.*, 1977)」、「高橋ほか(1997)」などの形で表現し、第2著者以降の名前が隠れてしまうため]
- c. 外国語(ローマ字)表記では、雑誌名及び単行本のタイトルはイタリック、巻はボールド表記とし、それ以外はローマン表記とする。

(例)

秋山雅彦(1994) 炭素の地球化学的サイクルと大気・海洋の起源. 地球科学, **48**, 279-283.

秋山雅彦(1995) よみがえる分子化石-有機地質学への招待. 共立出版, 東京, 120p.

秋山雅彦・下山晃(1988) アミノ酸のラセミ化による年代測定. 地質学論集, no. 29, 129-142.

秋山雅彦・氏家良博(1976) イソロイシンのラセミ化と地質学への応用(その2)-関東地方の更新世化石を例として-. 地球科学, **30**, 186-190.

Akiyama, M., Shimoyama, A. and Ponnamparuma, C. (1982) Amino acids from the late Precambrian Thule Group, Greenland. *Origins of Life*, **12**, 215-227.

小松正幸・小山内康人・豊島剛志(1989a) 日高変成帯の温度-圧力-変形史. 月刊地球, **11**, 239-244.

Komatsu, M., Osanai, Y., Toyoshima, T. and Miyashita, S. (1989b) Evolution of the Hidaka metamorphic belt, northern Japan. In Daly, J. S., Cliff, R. A., and Yardley, B. W. D., eds., *Evolution of Metamorphic Belts* (Geol. Soc. Spec. Publ., no. 43), 487-493.

松島信幸(1973) 赤石山地の中央構造線. 杉山隆二編, 中央構造線. 東海大学出版会, 東京, 9-27.

Mitchum, R. M. Jr. (1977) Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 11: Glossary of terms used in seismic stratigraphy. In Payton, C. E., ed., *Seismic Stratigraphy-application to hydrocarbon exploration* (Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem., no. 26), 205-212.

水取支研究グループ(1993編) 地下水資源・環境論-その理論と実践-. 共立出版, 東京, 350p.

中野俊・大塚勉・足立守・原山智・吉岡敏和(1995) 5万分の1地質図幅「乗鞍岳」, 地質調査所.

Nakano, S., Otsuka, T., Adachi, M., Harayama, S. and Yoshioka, T. (1995) *Geological Sheet Map 1:50,000 "Norikuradake"*, Geol. Surv. Japan.

中野俊・大塚勉・足立守・原山智・吉岡敏和(1995) 乗鞍岳地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 139p.

Nakano, S., Otsuka, T., Adachi, M., Harayama, S. and Yoshioka, T. (1995) *Geology of the Norikuradake district*. With Geological Sheet Map at 1:50,000, Geol. Surv. Japan. 139p. (in Japanese with English abstract 4p.).

中江訓・小松原琢(2002) 西津地域の地質, I. 地形. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 1-6.

Nakae, S. and Komatsubara, T. (2002) *Geology of the Nishizu district, I. Topography*. Quadrangle Series, 1:50,000, Geol. Surv. Japan, AIST, 1-6 (in Japanese).

小川琢治(1944) 日本群島. 弘文堂, 東京, 372p.

Reading, H. G. (1986, ed.) *Sedimentary Environments and Facies. 2nd ed.*, Blackwell Sci. Publ., Oxford, 615p.

曾屋龍典(1971) 秋田駒ガ岳1970年の噴火と岩石. 地調月報, **22**, 647-653.

渡辺真人(1990) 富山県氷見・灘浦地域の第三系の新第三系の層序-とくに姿累層とその上位層との間の時間間隙について-. 地質雑, **96**, 915-936.

(5) 図・表及び図版

- a. 口絵以外の原稿の図・写真・表の類を次の3種類に分け、それぞれ番号をつける。なお、図表中の文字はローマ字・英文表記が望ましい。また、原則として折り込みの図表等は採用しない。

1) 図(Fig.) : 本文中に入れる図と写真。

- 2) 表(Table) :本文中に入れる記号・文字・罫のみからなるもの.
- 3) 図版(Plate): 独立のページとして高解像度で印刷する写真.
- b. 図等は電子媒体またはスキャナーで読みとることができる形で提出する.縮図してもよいように,文字・記号・線などの大きさと調和に留意すること.
- c. 図・表の原稿は1図ごと,1表ごとに別の用紙または別ファイルを使用し,小さいものは別のA4用紙の台紙にはる.
- d. 図・表・図版のカラー印刷は必要最小限にとどめる.
- e. 図・表・図版のプリントした原稿には,1枚ごとに鉛筆で著者名,図・表・図版の番号を略記する.同じく鉛筆で横置き指定や縮率の希望を記入することができる.
- f. 図の内容の大きさを示すには,何分の1としないで,スケールを図中に書く.
- g. 位置図・地質図などには原則として緯度・経度を入れる.緯度・経度を入れることができない場合には,方位を記入する.
- h. 地名及び図名のローマ字表記は,修正ヘボン式を用いる.ただし,長音表記を省略すること,及びmb, mm, mpをそれぞれ統一的にnb, nm, npと綴ることは差し支えない.
- i. 著作物あるいは著作物中の図を転載(一部改変も含む)する場合は,あらかじめ許諾を得て出典を明記する(許諾が必要でない場合を除く).
- (6) 図・表・図版説明文
図・表・図版の説明文(Caption)は,それぞれ別グループとし,番号順に並べる.番号表記は第1図(Fig. 1),第1表(Table 1),図版1(Plate 1)とする.和文論文では和英併記とする.
- (7) その他
- a. 難読・重要地名
原稿の末尾に,難読・重要な地名のローマ字漢字対応表をつけることができる.
(例) Azae 砦部 Mikado 神門 Nagamiyama 魚神山 Susai 周匝 Toyoma 登米 Yunotsu 温泉津

付記

- ・ この投稿・執筆手引は,平成15年1月1日から施行する.
- ・ この投稿・執筆手引は,平成16年8月10日から施行する.
- ・ この投稿・執筆手引は,平成21年5月1日から施行する.
- ・ この投稿・執筆手引を改廃しようとする場合は,編集委員会で決定し,「地質調査総合センター連絡会議」に報告するものとする.

地質調査総合センター研究資料集

- | | | |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 504 | GSJ コア松山観測点資料 | 佐藤 努・北川有一・小泉尚嗣・名取二郎・西村義章・芳賀政蔵・廣岡 知・谷川晋一 |
| 505 | GSJ コア高知市観測点資料 | 関 陽児・松本則夫・小泉尚嗣・大島雅浩・本松直幸 |
| 506 | GSJ コア室戸観測点資料 | 梅田康弘・板場智史・小泉尚嗣・佐々木勝司・堀川滋雄・吉岡正光 |
| 507 | GSJ コア阿南桑野観測点資料 | 木口 努・高橋 誠・小泉尚嗣・南澤正幸・村中英寿・香月 誠・赤澤司史・遠田 渉 |
| 508 | GSJ コア串本津荷観測点資料 | 佐藤隆司・高橋 誠・柳谷茂夫・佐久間澄夫・阿部孝男・菱 靖之・浅沼幹弘・新井文明 |
| 509 | GSJ コア本宮三越観測点資料 | 板場智史・高橋 誠・小泉尚嗣・千葉昭彦・村瀬昭彦・明石孝行 |
| 510 | GSJ コア井内浦観測点資料 | 北川有一・高橋 誠・小泉尚嗣・水落幸広・村瀬昭彦・川西 繁 |
| 511 | GSJ コア飯高赤桶観測点資料 | 重松紀生・小泉尚嗣・渡辺 寛・伊藤 努・曾出康浩・西脇 仁 |
| 512 | GSJ コア海山観測点資料 | 重松紀生・小泉尚嗣・水落幸広・村瀬昭彦・明石孝行 |
| 513 | GSJ コア豊田下山観測点資料 | 北川有一・佐藤 努・小泉尚嗣・中山伸朗・伊藤健二・鈴木悠爾 |
| 514 | 研究成果普及用資料「デスモスチルスペーパークラフト」 | 兼子尚知・犬塚則久・古谷美智明・兼子紗知 |
| 515 | 地質情報展 2009 おかやま ーワクワク発見 瀬戸の大地ー | 川畑 晶・中島和敏・大熊洋子・百目鬼洋平 |
| 516 | 日本空中磁気 DB による対地 1,500m 平滑面での磁気異常分布データの編集 | 中塚 正・大熊茂雄 |
| 518 | 地球物理データの解析処理・図化表現のためのライブラリ (3) | 中塚 正 |
| 519 | Software system for aeromagnetic data processing, grid data manipulation, and reduction and quantitative interpretation of magnetic anomaly data (2) | Tadashi Nakatsuka |
| 520 | デジタル版仙台西部の地質案内 | 高橋裕平 |
| 521 | 5 万分の 1 シームレス地質図「中部・近畿地域」 | 脇田浩二・井川敏恵・尾崎正紀編 |
| 522 | 第 8 回水文学的・地球化学的手法による地震予知研究についての日台国際ワークショップ予稿集 | 謝 正倫・小泉尚嗣・松本則夫編 |
| 523 | 揺れる日本列島 | 堀川晴央・澤田結基 |
| 526 | GSJ 第 16 回シンポジウム「20 万分の 1 地質図幅全国完備記念シンポジウム ー全国完備後の次世代シームレス地質図を目指してー」 | 地質調査総合センター編 |
| 527 | 地質情報展 2010 とやま 海・山ありて富める大地 | 川畑 晶・中島和敏・大熊洋子・百目鬼洋平 |
| 528 | 地下地質・地盤の模式柱状図モデル(暫定版)ー東京低地北部から中川低地南部地域の例ー | 木村克己, 石原与四郎, 根本達也, 康 義英 |
| 530 | 新地球化学標準試料作製のための, 北海道におけるかんらん岩の採取概要報告 | 御子柴(氏家)真澄・中川 充・新井田清信 |
| 531 | Contour maps of some useful petrological parameters on P-T plane: A case of the eruptive products of the Asama volcano on 1 September 2004 | Isoji Miyagi |

地質調査総合センターの最新出版物

200 万分の 1 地質編集図	No. 4	日本地質図第 5 版
20 万分の 1 地質図幅		伊勢・静岡及び御前崎 (第2版)・与論島及び那覇・八代及び野母崎の一部
5 万分の 1 地質図幅		村所・日比原・松本・伊良湖岬・三峰・大洲・佐賀・宇都宮・小滝・西郷・延岡
海外地球科学図		中央アジア地質図 (1:300 万)
海洋地質図	No. 68	北見大和堆表層堆積図 (1:20 万)
	No. 69	隠岐海峡表層堆積図 (1:20 万)
構造図	No. 14	全国主要活断層活動確率地図
火山地質図	No.15	樽前火山地質図 (1:3 万)
	No.16	十勝岳火山地質図 (1:3 万)
鉱物資源図	No. 7	南西諸島 (1:50 万)
特殊地質図	No. 39	千葉県清和県民の森周辺の地質図
水文環境図	No. 6	山形盆地 (1:20 万) CD-ROM
重力図	No. 27	岡山地域重力図 (ブーゲー異常)
	No. 28	高知地域重力図 (ブーゲー異常)
	S3	甲府地域重力構造図 (ブーゲー異常)
空中磁気図	No. 44	岩手火山地域高分解能空中磁気異常図
	No. 45	福井平野地域高分解能空中磁気異常図
数値地質図	G-16	20 万分の 1 日本シームレス地質図 DVD 版
	G-17	九州地質ガイド
	FR-2	燃料資源地質図「東部南海トラフ」
	GT-4	全国地熱ポテンシャルマップ
	S-1	海陸シームレス地質情報集「能登半島北部沿岸域」 DVD 版
	V-3	口永良部島火山地質データベース
	P-7	有珠火山地域地球物理総合図
	G20-1	20 万分の 1 数値地質図幅集「北海道北部」第 2 版
	G20-2	20 万分の 1 数値地質図幅集「北海道南部」第 2 版
その他		日本の熱水系アトラス
		海と陸の地球化学図

CCOP TECHNICAL BULLETIN Vol.32

地質調査研究報告編集委員会

委員長 森下祐一
副委員長 佐脇貴幸
委員 大谷竜
中江訓之
吉川敏之
長森英明
鈴木淳
片山肇
松林修
澤井祐紀
月村勝宏
川邊禎久
神宮司元治
松浦浩久

事務局

独立行政法人 産業技術総合研究所
地質調査情報センター 地質情報出版室
Tel : 029-861-3606
E-mail :bull-gsj@m.aist.go.jp

地質調査研究報告 第62巻 第1/2号
平成23年3月31日 発行

独立行政法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター
〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1
つくば中央第7

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

印刷所 前田印刷株式会社

©2011 Geological Survey of Japan, AIST
<http://www.gsj.jp/>

Bulletin of the Geological Survey of Japan Editorial Board

Chief Editor: Yuichi Morishita
Deputy Chief Editor: Takayuki Sawaki
Editors: Ryu Ohtani
Satoshi Nakae
Toshiyuki Yoshikawa
Hideaki Nagamori
Atsushi Suzuki
Hajime Katayama
Osamu Matsubayashi
Yuki Sawai
Katsuhiko Tsukimura
Yoshihisa Kawanabe
Jinguuji Motoharu
Hirohisa Matsuura

Secretariat

National Institute of Advanced Industrial
Science and Technology
Geological Survey of Japan
Geo-information Publishing Office
Tel: +81-29-861-3606
E-mail: bull-gsj@m.aist.go.jp

Bulletin of the Geological Survey of Japan
Vol.62 No.1/2 Issue March 31, 2011

National Institute of Advanced Industrial
Science and Technology
Geological Survey of Japan
AIST Tsukuba Central 7, 1-1, Higashi 1-chome,
Tsukuba, Ibaraki 305-8568 Japan

All rights reserved.

Maeda Printing Co., Ltd

©2011 Geological Survey of Japan, AIST
<http://www.gsj.jp/>

BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Vol. 62 No. 1/2 2011

CONTENTS

Integrated research on subsurface geology in urban area - Part 3 : Sediment core analysis and pH-EC properties on the latest Pleistocene to Holocene incised-valley fills -	
Preface: Urban Geology in Geological Survey of Japan, AIST -Part 3- Katsumi Kimura.....	1
Sedimentary facies, diatom assemblages, physical properties and radiocarbon ages of the latest Pleistocene to Holocene incised valley fills under the southern Nakagawa Lowland, Kanto Plain, Japan Toshimichi Nakanishi, Susumu Tanabe, Katsumi Kimura, Rei Nakashima, Mieko Uchiyama, Yasuyuki Shibata.....	3
Sedimentary facies, diatom assemblages, physical properties and radiocarbon ages of the latest Pleistocene to Holocene incised valley fills under the central area of the Nakagawa Lowland, Kanto Plain, central Japan Toshimichi Nakanishi, Susumu Tanabe, Katsumi Kimura, Rei Nakashima, Mieko Uchiyama, Yasuyuki Shibata.....	47
Electric conductivity and pH profiles of pore water extracted from the latest Pleistocene to Holocene sediments in the Tokyo and the Nakagawa Lowlands, Central Japan Mieko Uchiyama, Mikiya Hara, Mio Takeuchi and Katsumi Kimura.....	85

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

1-1, Higashi 1-chome, Tsukuba, Ibaraki, 305-8567 Japan

地 調 研 報
Bull. Geol. Surv. Japan
Vol. 62, No. 1/2, 2011