

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

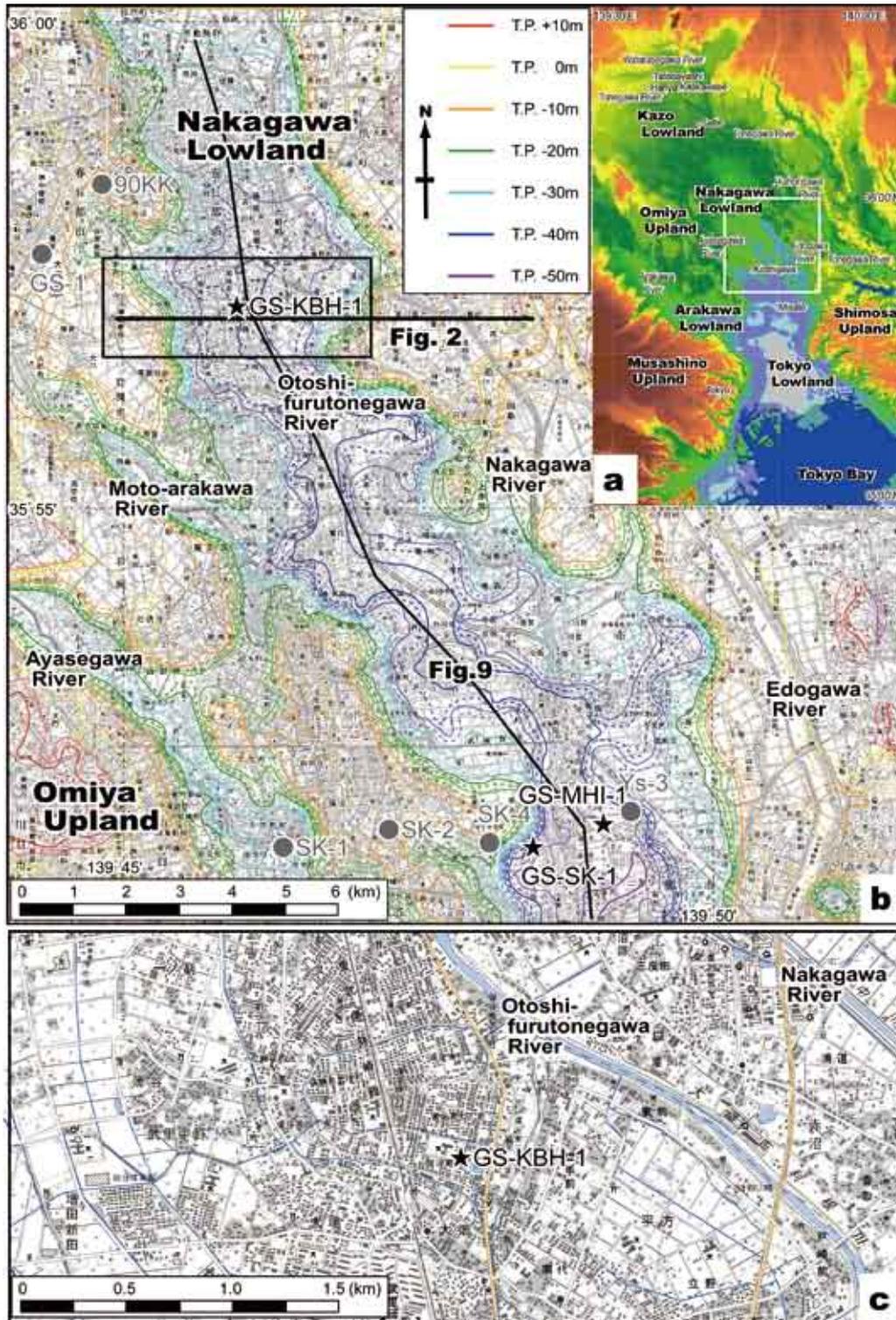
¹韓国地質資源研究院 (Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Gajeong-dong 30, Yuseong-gu, Daejeon, 305-350 Korea)

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)

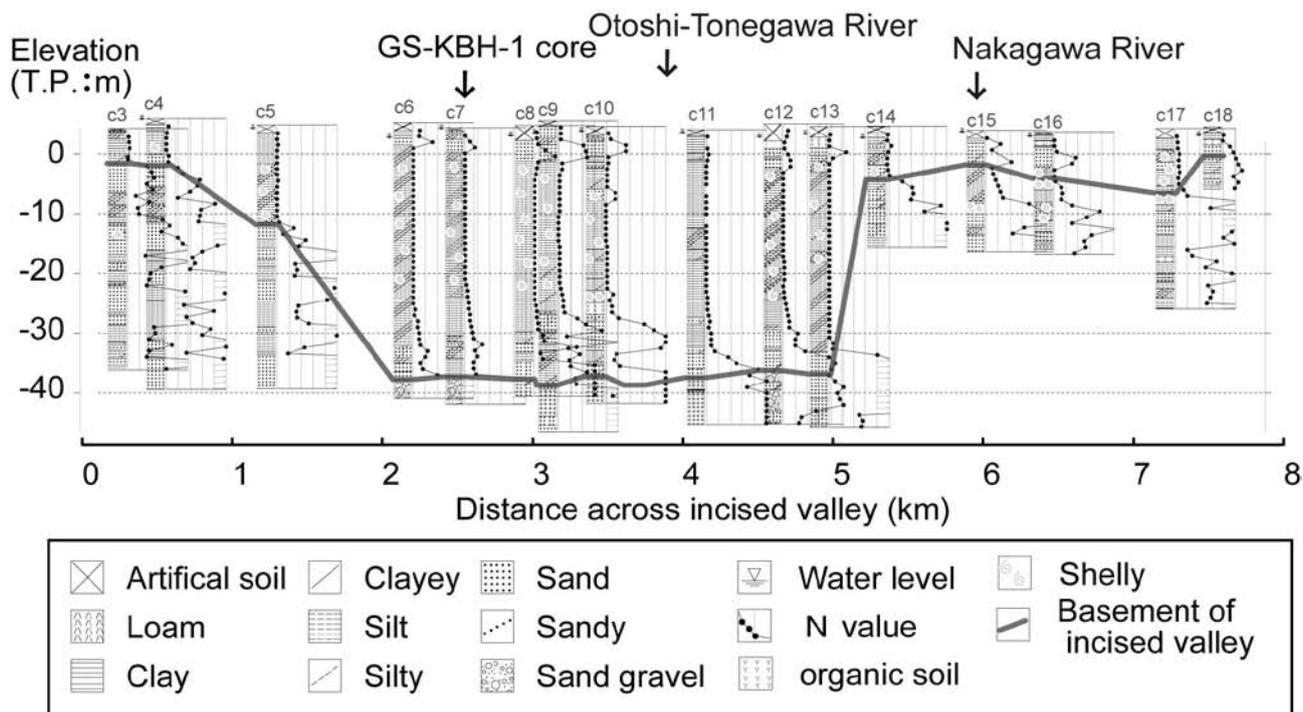
⁴国立環境研究所 (National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki, 305-8506 Japan)

*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検討を実施した。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}Ce 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。

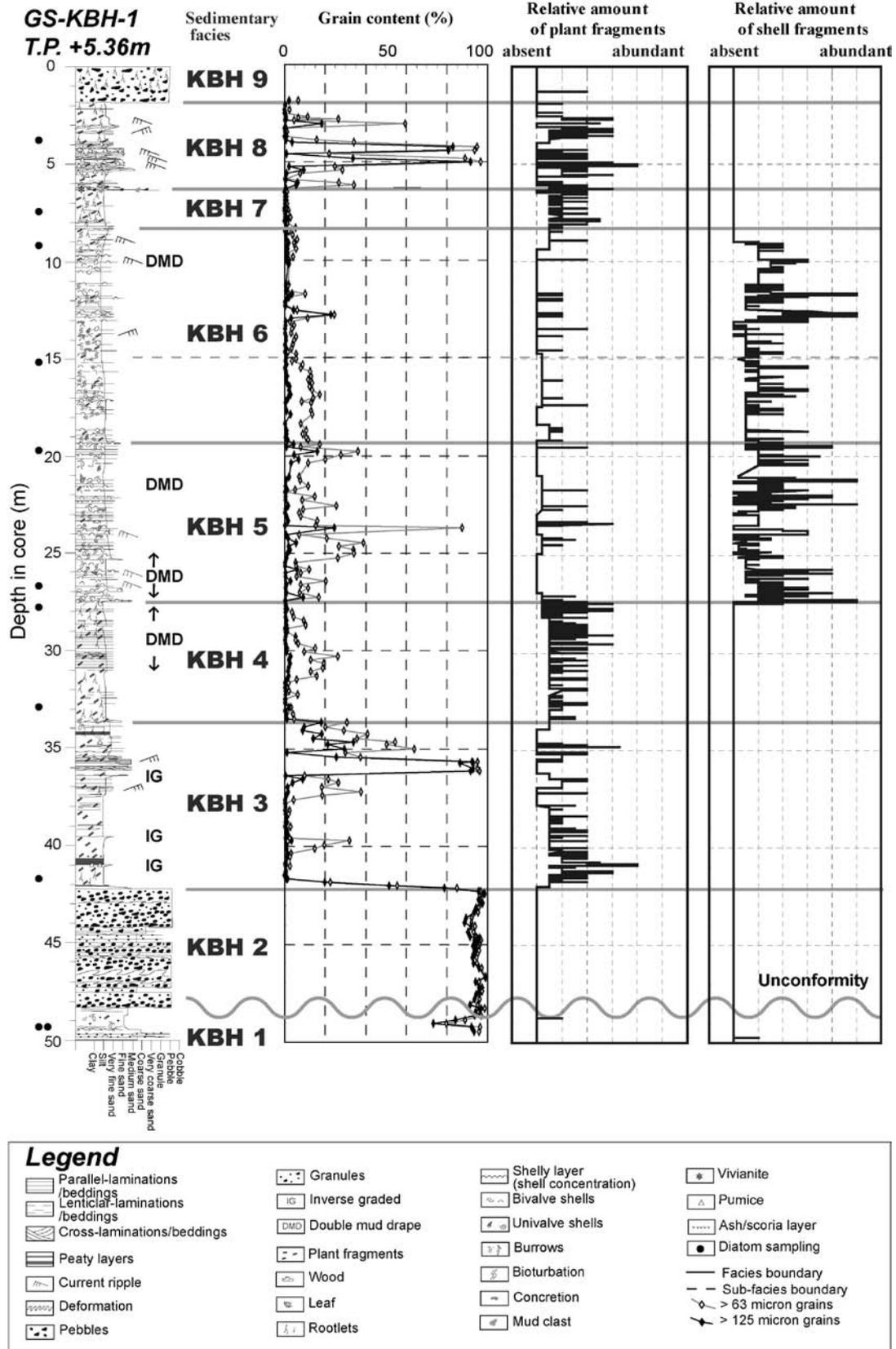
また、KBH コアの深度41.25～2.63mから合計63個のAMS放射性炭素年代値を得た (第1表, 第6図)。堆積相KBH 6からは葉や生息姿勢を保った二枚貝が多く産出したので、特に高密度に年代値を測定した。なお、KBH 1～2では測定に充分な量の試料が得られなかった。

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に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

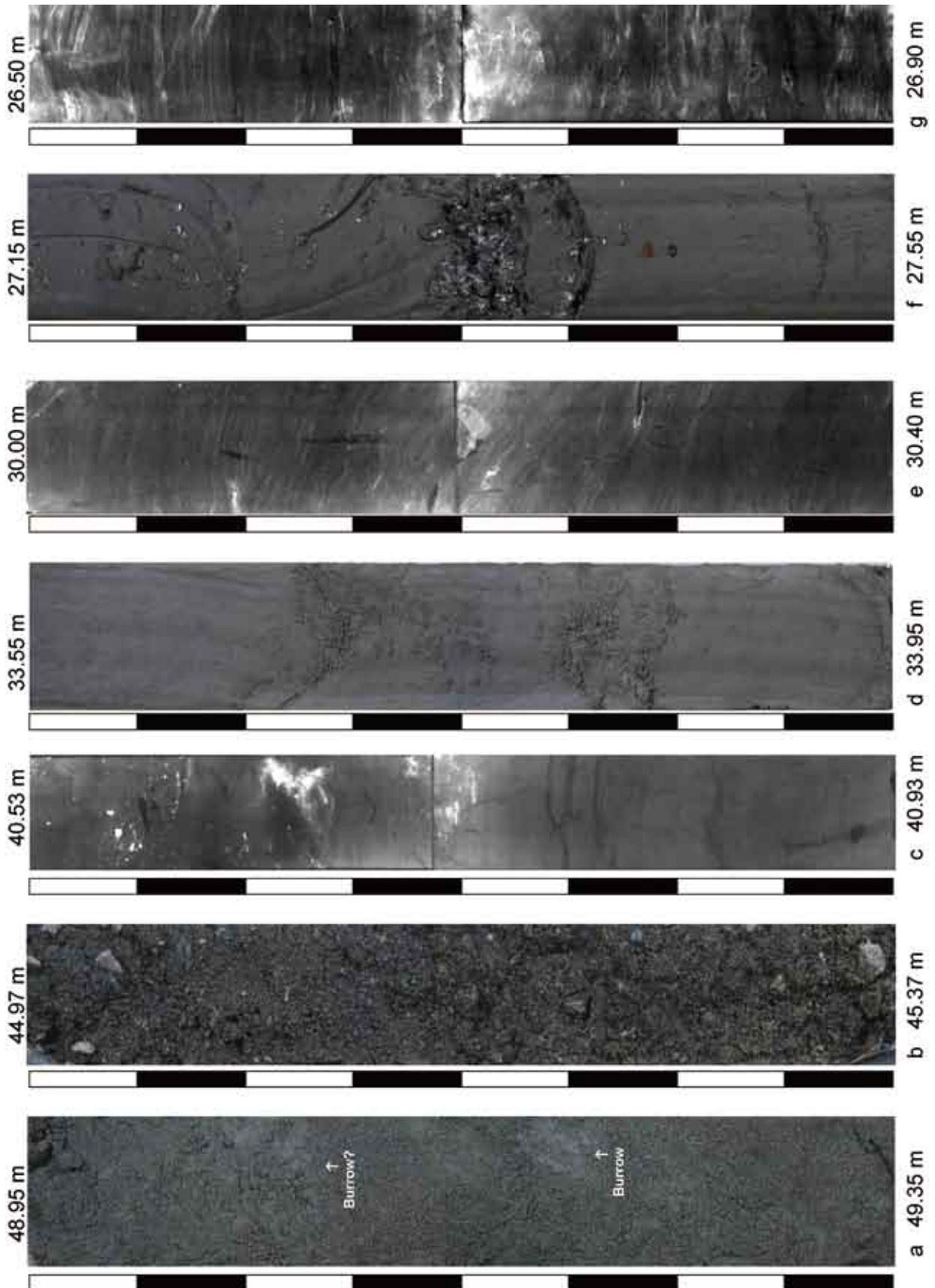
れる。すべてが碎屑性の試料を用いているので、より若い年代値が堆積年代を示すと考えられる。一方、貝化石の年代値が植物片のものよりも800～550年程度古い傾向がある。その原因については後述する。

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。

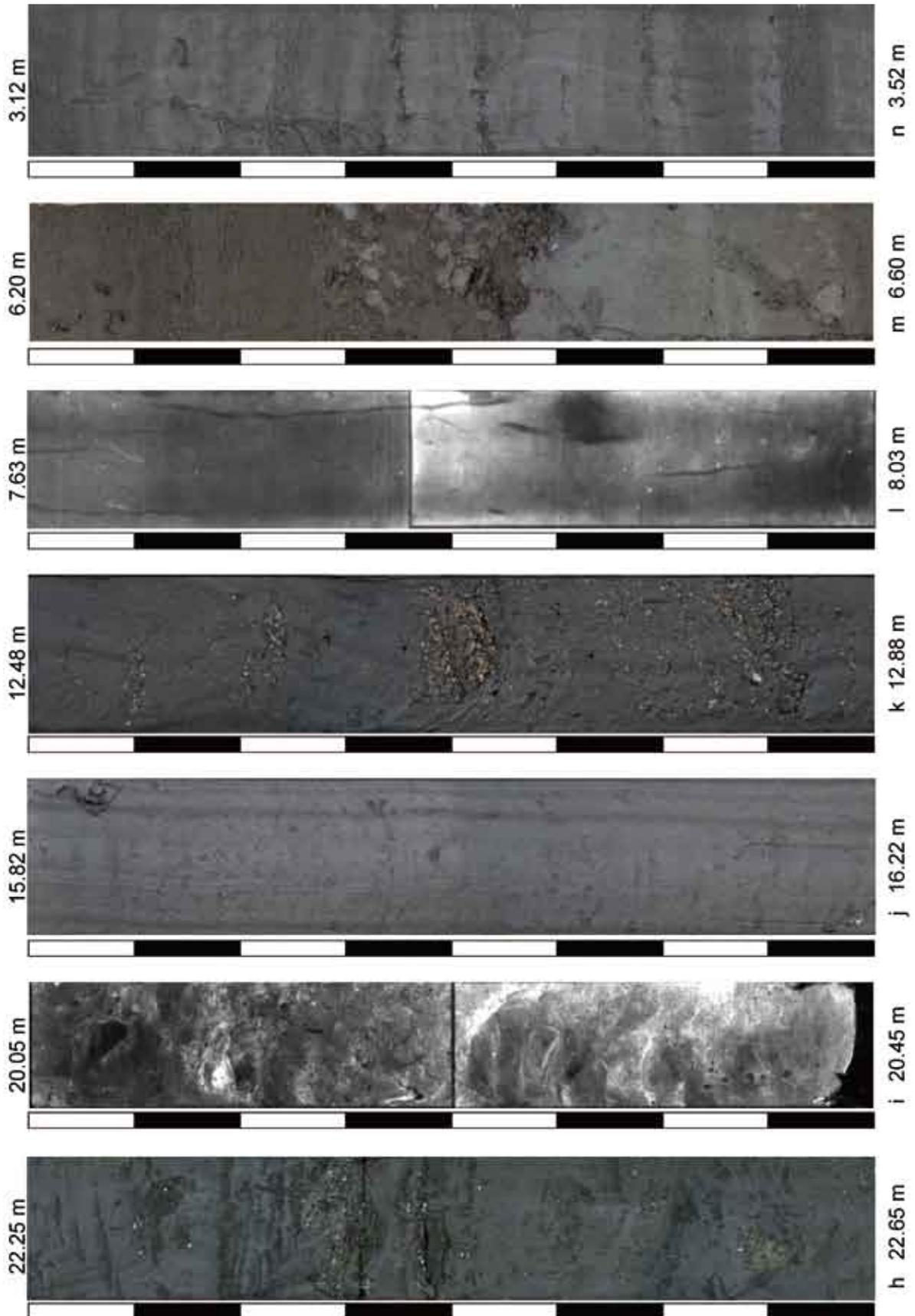
解釈：海生珪藻化石が下位ほど多く淡水生珪藻化石が上方ほど増加すること（第5図）、マメウラシマガイなどの内湾泥底指標種が下部で多くヌマコダキガイ類などの潮間帯に特徴的な貝化石が上部で多産するので、KBH 6は上方に向かって浅海化する環境で形成された浅海底堆積物と解釈できる。KBH 5と反対に*Paralia sulcata*が上部で増加することも上方浅海化を示唆している。最上部ではダブルマッドドレイブが多く観察されるので、潮汐の影響が顕著であったと推定される。

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

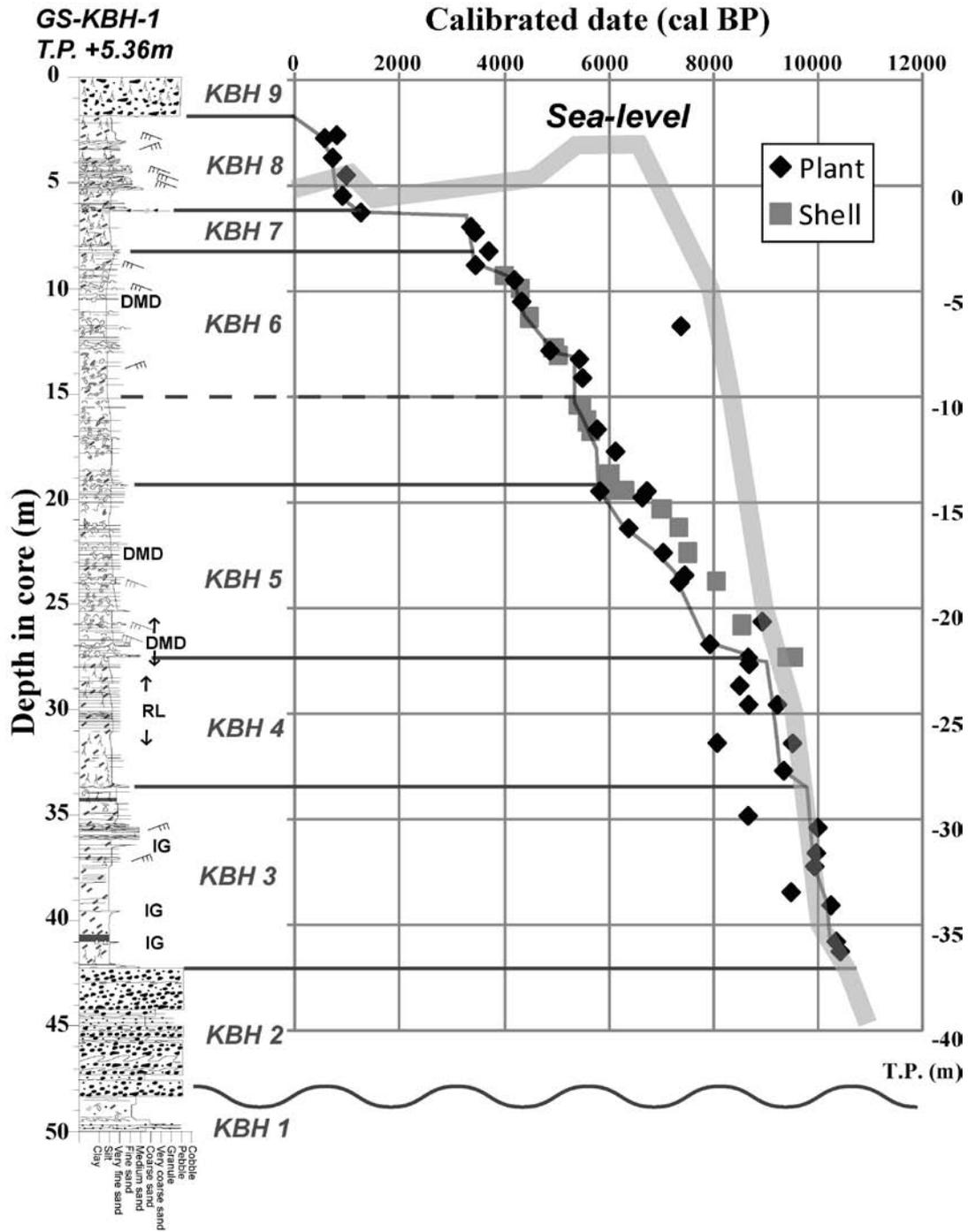
師小僧 (水野, 1996) を多く含み, 薄い極細粒砂層と互層をなす場合がある (第4図n). 砂層とシルト層の泥分含有率は, それぞれ0～10%と80～100%が卓越する (第3図). KBH 8の珪藻化石は, 壊れた殻は認められるが, 溶解の痕跡は認められず, その絶対数量は1g当たり 10^6 個程度である (第5図). 淡水生種が卓越して, 流水性種が全体の約50%, 流水不定性種が35%程度を占める. 優占種は, 流水性の *Achnanthes japonica*, *Cymbella sinuata*, *Cymbella turgidula*, *Fragilaria vaucheriae* 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)	(mm 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× γ 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×泥分含有率+19.27 ($R^2=0.63$)、干潟～河川層で含水率=0.16×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。

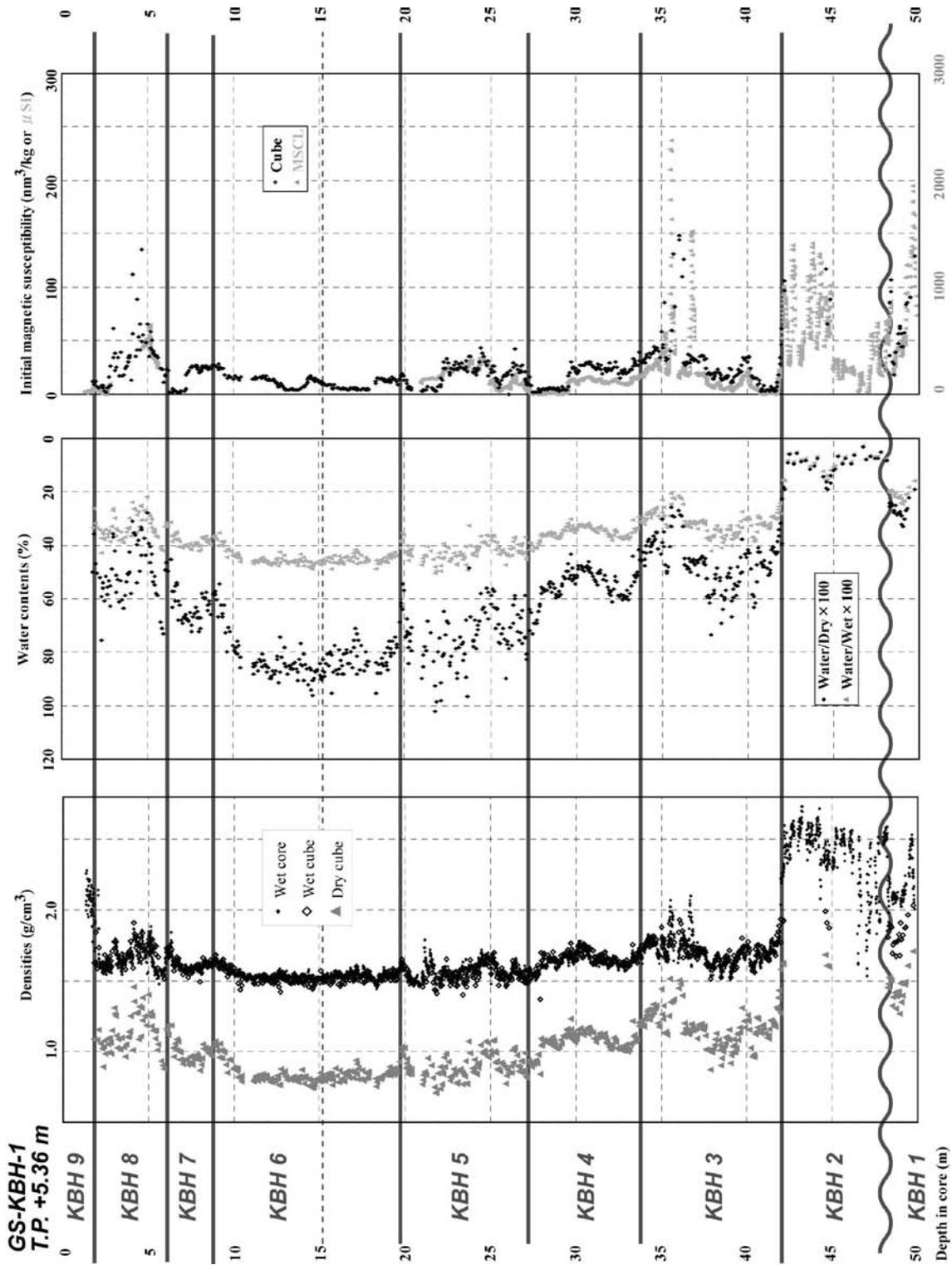
6.1.6 堆積相KBH 8（深度：6.3～1.9m, T.P.：-0.9～+3.5m）

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。

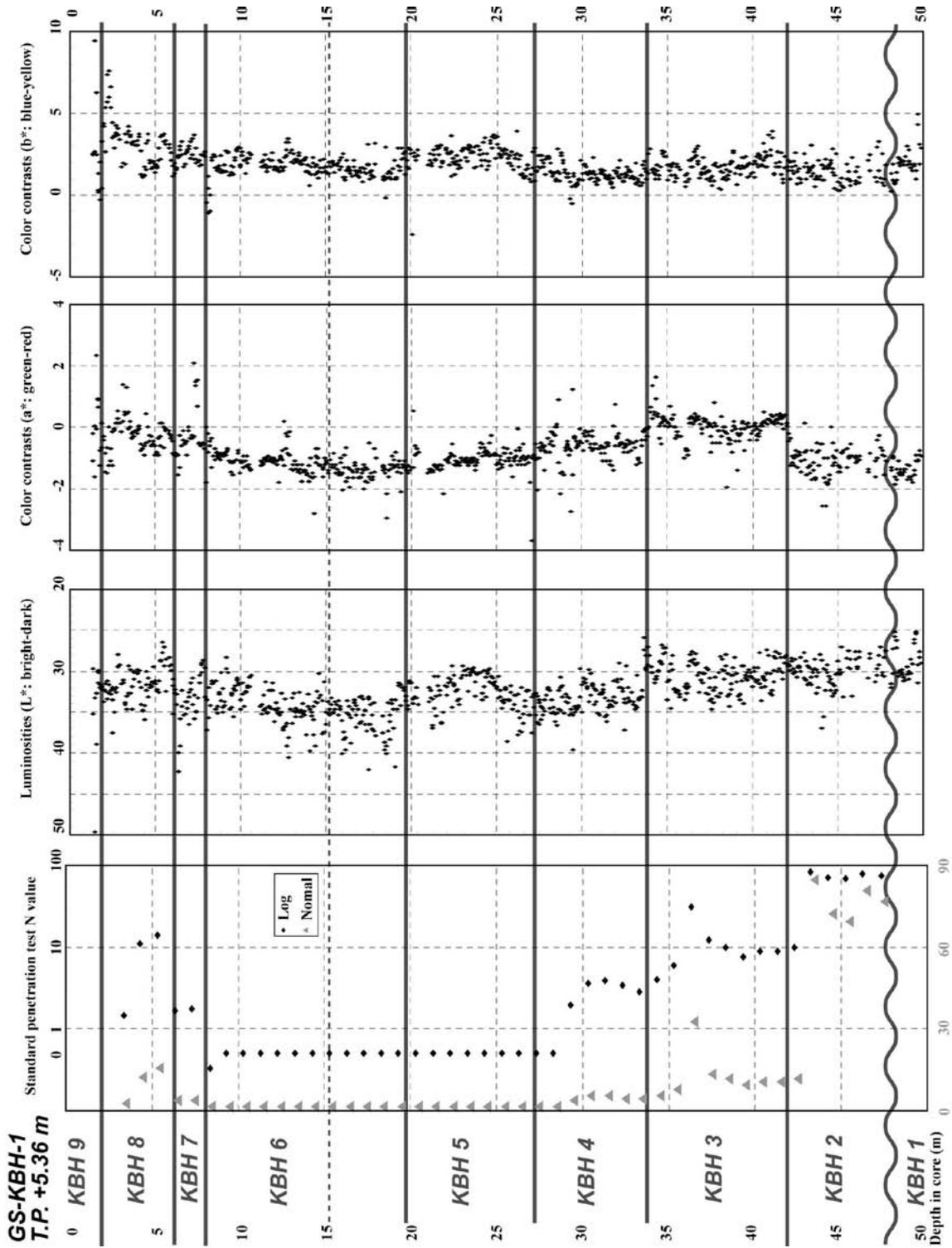
6.2 地域的な放射性炭素リザーバー効果

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.

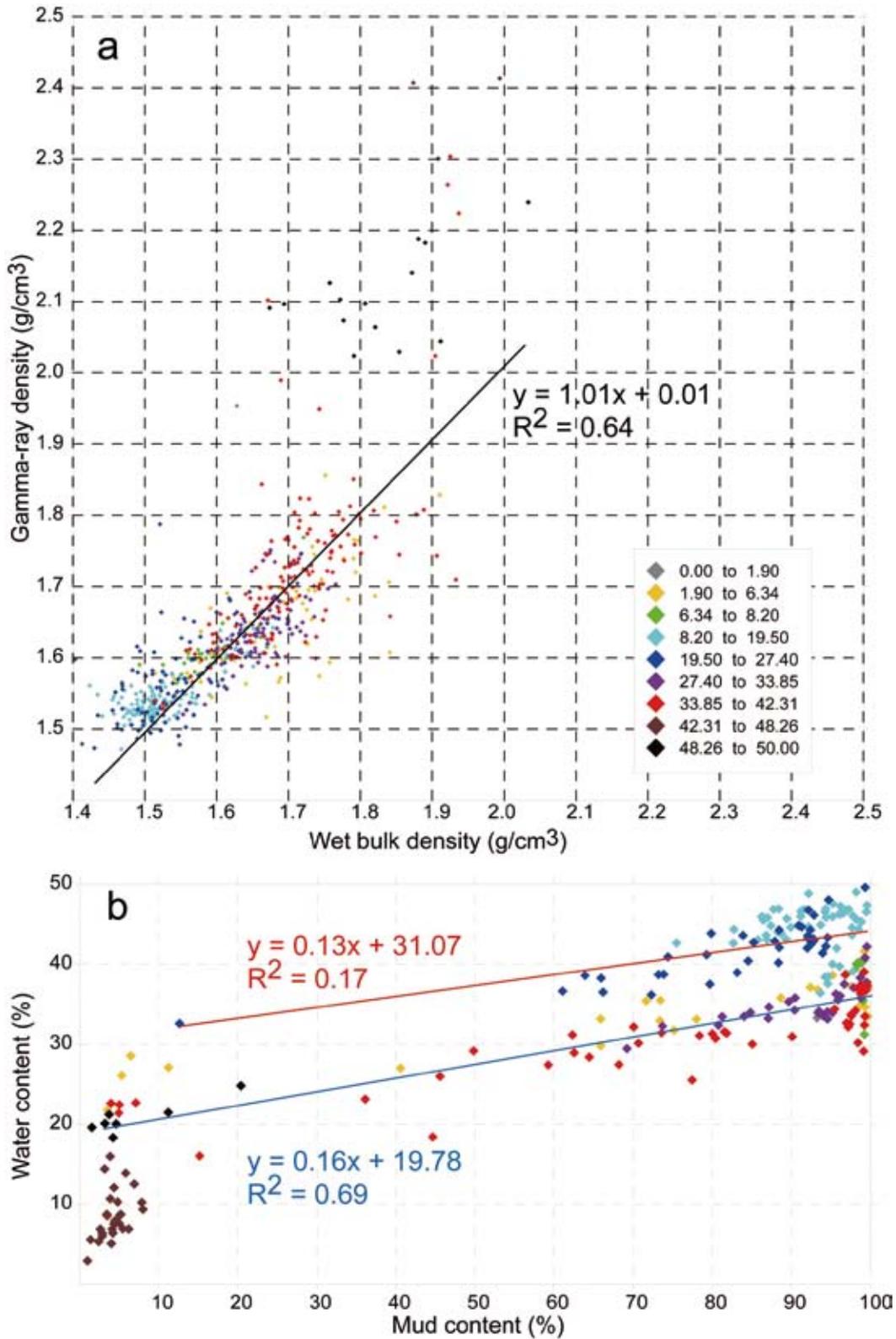


第7図 続き
Fig. 7 Continued.

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

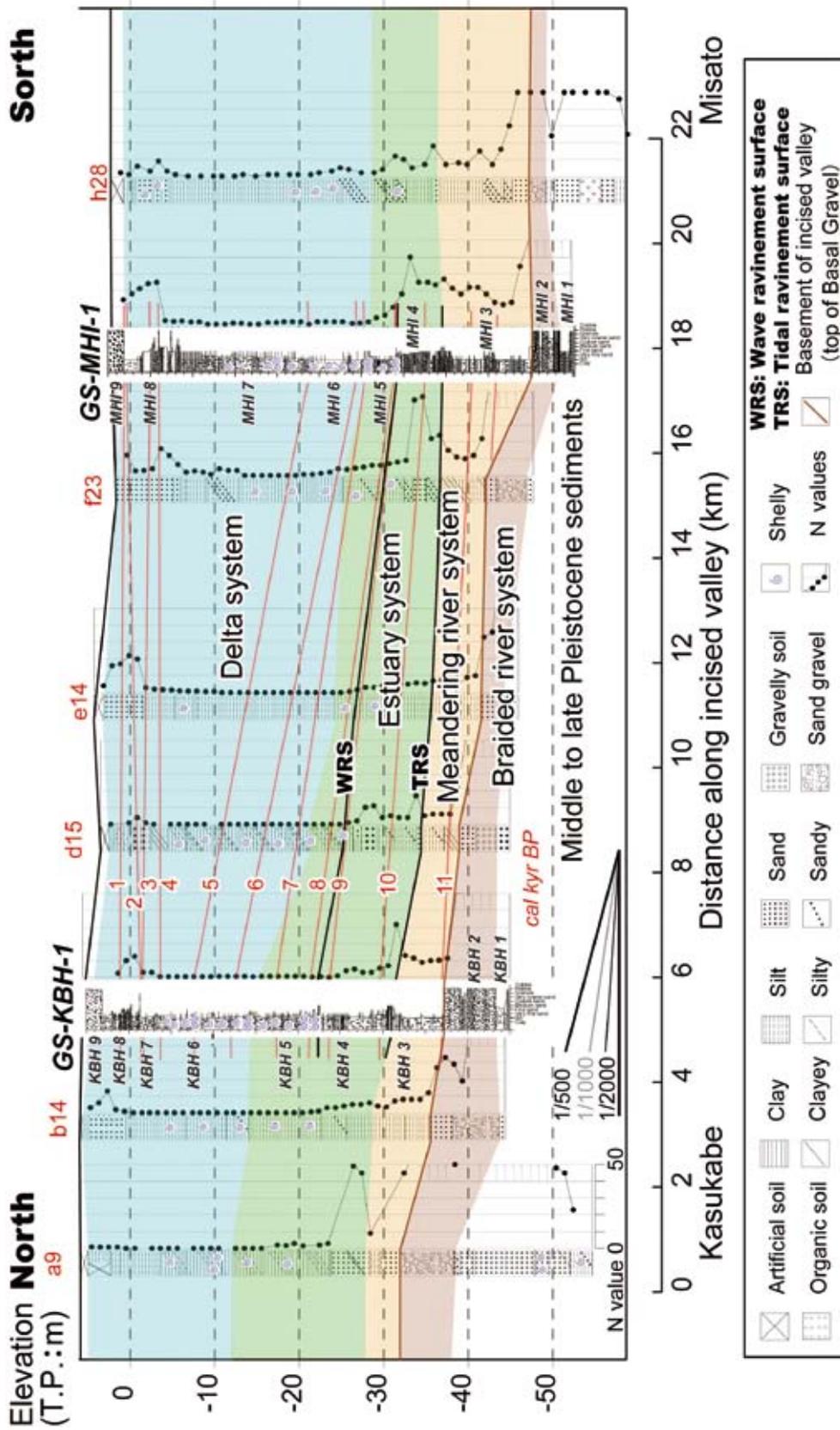
ある。

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

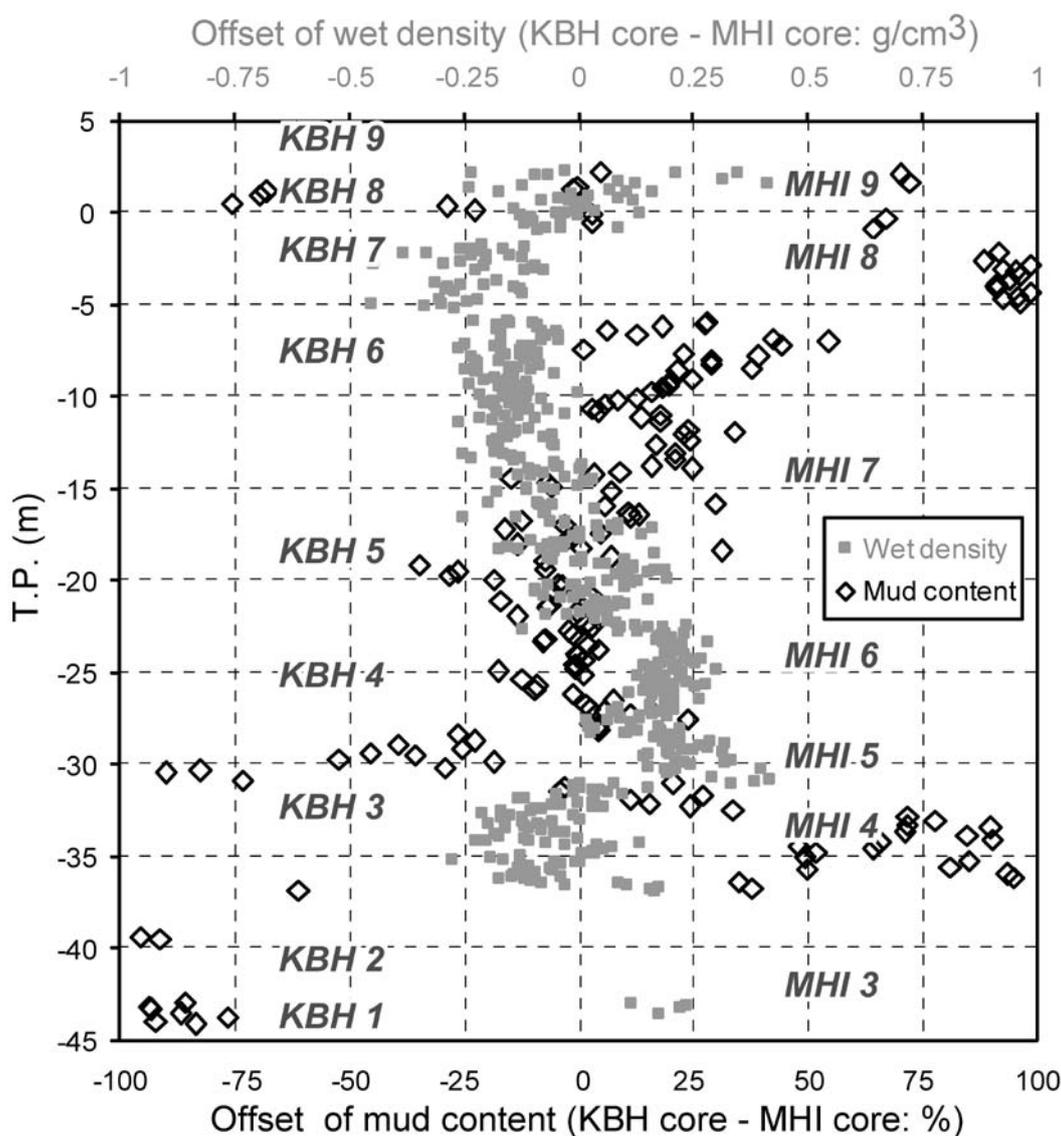
AD1923年関東地震の際に，KBHコア採取地点付近では80～30%の家屋が倒壊したのに対して，MHIコア採取地点付近では10～0.1%しか倒壊していない（武村・諸井，2002）。この地震の際には，粘性土層などの軟弱な沖積層が厚い地域において，硬質な更新統が卓越する台地よりも家屋の倒壊率が高い傾向があることが河角（1951）や松田ほか（1978），相原（1990）などによって報告されている。春日部地域付近は，三郷地域よりも沖積層の層厚が薄い（第9図）ので，両地域の地震被害の大きさの相違は沖積層の層厚だけではなく，その内部構造や物性値も反映している可能性がある。以下では，両地域の沖積層の内部構造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

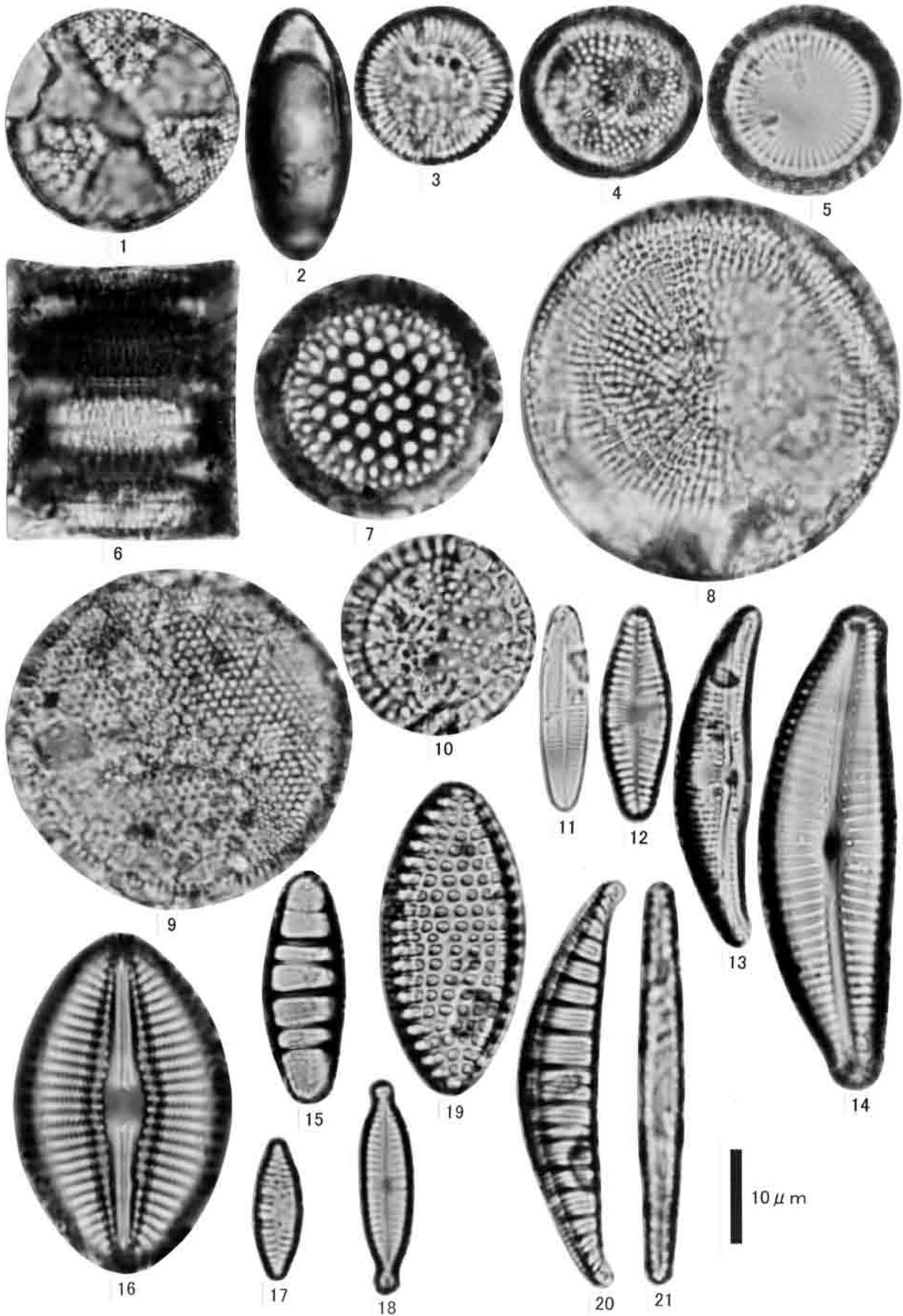
(受付: 2010年7月14日; 受理: 2010年12月27日)

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 macilenta</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 ostrupii</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>Trybliopychus 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 microstauron</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