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

小松原 純子^{1*}・木村 克己^{*}・福岡 詩織^{**}・石原 与四郎^{**}

Sedimentary facies and physical properties of the latest Pleistocene to Holocene sediment core (GS-SSS-1) in the Arakawa Lowland, Saitama City, central Japan

Junko Komatsubara^{1*}, Katsumi Kimura^{*}, Shiori Fukuoka^{**} and Yoshiro Ishihara^{**}

The stratigraphy and transitions of sedimentary environments in the latest Pleistocene to Holocene incised valley fills in the Arakawa Lowland are revealed based on sedimentary facies, physical properties and chemical elements contents in the GS-SSS-1 core, Saitama City, Saitama Prefecture.

The sedimentary successions are composed of Pleistocene Shimosa Group (Unit 1), gravelly fluvial deposits (Unit 2), sandy fluvial deposits (Unit 3), salt marsh deposits (Unit 4), inner bay to delta front deposits (Unit 5) and salt marsh to back marsh deposits (Unit 6) in ascending order. The depositional units excepting Unit 1 are the latest Pleistocene to Holocene incised valley fills, indicating a transgression (Unit 2 to the middle part of Unit 5) followed by a regression (the upper part of Unit 5 to Unit 6). In a transverse section, borehole logs correlated with the GS-SSS-1 core show that the gravelly fluvial deposits, sandy fluvial deposits and salt marsh deposits fill the narrow axis of the incised valley under the Arakawa Lowland, the inner bay deposits extend over buried terraces, and the delta front deposits and the salt marsh - back marsh deposits cover the entire lowland.

Key words: Arakawa Lowland, incised-valley fills, latest Pleistocene to Holocene, physical properties, sedimentary facies

はじめに

東京湾の奥から埼玉県東部にかけての低地の地下には、最終氷期に下刻されてできた深い谷が分布している。最終氷期以降の海水準上昇（縄文海進）に伴い、沖積層によっ

て谷が埋め立てられ、現在の荒川低地・中川低地・東京低地の平坦面が形成された。

荒川低地は上流が埼玉県熊谷市、下流が東京都北区付近までの荒川沿いに分布する、長さ 60 km、幅 5 km 程度の細長い沖積低地である（第 1 図）。荒川低地下の沖積層は大宮台地をはさんで東側に位置する中川低地に比べ、かなり砂礫質であり（松田，1993）、これは当時利根川が流入していたことによると考えられている（Matsuda, 1974；菊池，1981；遠藤ほか，1988 など）。

中川低地・東京低地の沖積層についてはこれまでに多くの模式層序ボーリング調査が行われ、多数の放射性炭素年代に基づいたシーケンス層序学的堆積モデルが提示されているが（田辺ほか，2006a, 2006b；木村ほか，2006）、荒川低地ではこのような堆積モデルは確立されていない。

荒川低地下の沖積層の堆積モデルを検討するため、埼玉

受付：2010 年 3 月 19 日 受理：2010 年 7 月 29 日

* 独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門
Institute of Geology and Geoinformation, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba, 305-8567, Japan

Tel 029-861-3512, Fax 029-861-3653

** 福岡大学理学部地球圏科学科地学分野
Department of Earth System Science, Fukuoka University,
Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan

¹ Corresponding author: Junko Komatsubara,
j.komatsubara@aist.go.jp

県戸田市でのボーリング調査（小松原ほか，2009）に引き続き，2008年11月に埼玉県さいたま市桜区宿でオールコアのボーリング掘削調査を行った．得られたコアについて堆積物の堆積相の解析，密度，含水率，帯磁率，有機炭素，窒素，硫黄含有量の測定を行った．また現位置でのPS検層を行った．本稿ではこれらの結果について報告する．

なお本研究は産業技術総合研究所地質情報研究部門の「都市地質プロジェクト」の一部として行われた．

コア採取地点の概略

GS-SSS-1は荒川左岸の旧河道内（大矢ほか，1996）で掘削した（第1図）．調査地点は埼玉県さいたま市桜区宿の荒川総合運動公園敷地内である．緯度および経度は北緯35度52分22.53秒，東経139度34分44.98秒（世界測地系），標高はT.P.+4.63mである．

荒川総合運動公園は全体が大久保条里遺跡の範囲内に含

第1図 A：荒川低地の位置．B：沖積層の基底深度，既存の標準層序ボーリング位置．沖積層の基底深度は遠藤ほか（1983）に基づく．A-A'は第6図の断面図位置．C：GS-SSS-1の掘削位置．国土地理院発行数値地図25000（地図画像）「与野」を使用．

まれる。大久保条里遺跡は奈良～平安時代の埋没水田遺構であり、運動公園の建設に伴い大規模な発掘調査が行われている(浦和市遺跡調査会, 1985, 1987, 1988, 1990)。

荒川低地の北東および南西には中～上部更新統の下総層群から構成される台地が分布している(中澤・遠藤, 2002)。調査地点から荒川沿いに 5.5 km 下流の武蔵野線沿い断面(松田, 1993, 第 1 図 B)では、沖積層の基底は標高約 -40 m とされ、沖積層は下位から基底礫層(BG)、下部泥層(LC)、下部砂層(LS)、上部泥層(UC)、上部砂層(US)、最上部陸成層(UA)に区分されている。安藤(1988)は荒川低地の沖積層について珪藻化石を分析し、Kaizuka et al. (1977)の US (=松田(1993)の US)よりも上位に海成粘土層が存在することを明らかにした。安藤(1988)によればこの海成粘土層は下流は赤羽付近から、上流は調査地点から 4.5 km 上流の JR 川越線付近まで分布している。縄文海進時の海岸線は本調査地点の約 13 km 上流の埼玉県川島町付近まで到達したことが珪藻化石から明らかにされている(安藤・方違, 1997)。

手 法

1. コア試料の掘削および PS 検層

コア試料の掘削および PS 検層は中央開発株式会社に依頼して 2008 年 11 月に行った。得られたコア試料の全長は 45.5 m、地下水位は深度 0.5 m である。掘削深度 0.0–1.0 m は埋設物確認作業のためコアを採取していない。掘削深度 1.0–45.5 m の試料は内径 70 mm の打撃式サンプラーを用いて採取した。スライムを除いたコア試料の回収率は深度 40 m までが 98%、それ以下は掘削後の膨張のため 108% となっている。

コア試料の掘削に引き続き余掘りを行い、ボーリング孔を利用してサスペンション方式で PS 検層を行った。地表から深度 46 m まで 0.5 m 間隔でデータを取得し、1 m 間隔でデータを解析した。

2. コア試料の解析

コア試料はガンマ線透過量と帯磁率を測定したのち半裁し、片側については写真撮影、記載、はぎ取り標本の採取を行った。もう片側については軟 X 線写真撮影用のスラブ試料とプラスチックキューブ試料を採取したのち、10 cm もしくは 5 cm 深度ごとに元素分析用の試料を採取した。

帯磁率とガンマ線透過量は Geotek 社製の Multi-Sensor Core Logger (以下 MSCL と略す)を用いて測定した。ガンマ線の線源は ^{137}Cs (370 Bq) で、測定は 2 cm 間隔で行い、測定時間は 10 秒とした。帯磁率は MSCL のループセンサーを用い、2 cm 間隔で測定した。

キューブ試料採取には夏原技研株式会社製のプラスチックキューブ(容積 7 cc)を用いた。キューブ試料は礫の卓

越する層準を除き半裁したコアから 5 cm おきに採取した。採取直後に重量を測定した後、乾燥機で 60℃ 48 時間乾燥させて再度重量を測定し、その差から含水率を求めた。その後目開き 63 μm の篩上で水洗後重量を測定し含泥率を求め、さらに残渣を 250 μm と 2 mm の篩でふるって砂の粒度組成を求めた。

はぎ取り試料の作製には東邦化学工業株式会社製グラウト剤 OH-1A を水で 10–20% に希釈したものを使用した。軟 X 線写真撮影用のスラブ試料採取には厚さ 1 cm、幅 6 cm、長さ 25 cm の濁川理化学工業株式会社製の透明アクリルケースを用いた。撮影時の X 線の条件は電圧 50 kV、電流 4 mA、照射時間は 10–30 秒、センサーはアールエフ株式会社のデジタル X 線センサー NAOMI を用いた。

全体でスラブ試料は 137 個、キューブ試料は 624 個(うち含泥率・粒度組成を求めるのに用いた数は 171 個)であった。

硫黄・有機炭素および窒素含有量測定には泥質堆積物 37 試料を用いた。これらは約 100 g を 80℃ の恒温乾燥機で十分乾燥させた後、めのう乳鉢でシルトサイズ以下の粉末にした。有機炭素および窒素含有量は、粉末試料をセラミックボートに 30 mg 秤量したものに 1 N 塩酸を加えて一晩放置し、無機炭素を取り除いた後、株式会社柳本製作所製 CHN コーダ MT-5 型を使用して測定した。測定限界は炭素が 0.0043 wt%、窒素が 0.0016 wt%、燃焼温度は 1000℃ である。硫黄含有量は同様に作成した粉末試料を Sn コンテナに 10–20 mg 秤量し、Thermo Electron Corporation 製元素分析装置 Flash-EA1112 を使用して測定した。測定限界は 0.005 wt%、燃焼温度は 1800℃ である。

結 果

1. 堆積相

採取したコアは最上部の盛土部分(地表から 0.7 m)を除き、推定される堆積環境から大きく 6 つのユニットに分けられる(第 2 図)。すなわち、下位からユニット 1 (更新統下総層群)、ユニット 2 (礫質河川堆積物)、ユニット 3 (砂質河川堆積物)、ユニット 4 (塩性湿地堆積物)、ユニット 5 (内湾～デルタフロント堆積物)、ユニット 6 (塩性湿地～後背湿地堆積物)である。以下、各ユニットごとに層相を記述する。第 3 図に各ユニットのコア写真・はぎ取り写真・軟 X 線写真を示した。

1.1 ユニット 1 (更新統下総層群) 深度 45.5–39.8 m

記載: 本ユニットは主に塊状無層理の泥からなる。上位の泥に比べると固結しており、灰緑色を呈する。41.2–43.4 m は極細粒砂もしくは細粒砂がパッチ状に散在する。これは生物擾乱によるものであることが軟 X 線写真で確認できる(第 3 図 A)。43.6 m 以深では有機物が散在する。

第2図 GS-SSS-1の柱状図およびユニット区分。A～Gは第3図の写真の層準。

解釈: 掘削地点の沖積層基底標高は-40mよりも浅いと考えられ(松田, 1993; 中澤・遠藤, 2002), 本ユニットはそれよりも下位に位置し, 礫質堆積物であるユニット2(後述)に侵食面をもって覆われること, 上位の泥層に比べ固結していることから, 本研究で対象としている沖積層の基盤にあたる更新統下総層群であると考えられる。

1.2 ユニット2 (礫質河川堆積物) 深度 39.8-31.5 m

記載: 本ユニットは主に礫層からなり, まれに最大層厚 50 cm の細粒砂~粗粒砂層をはさむ。礫層は径 195 cm の円礫~亜円礫と中粒~粗粒砂の基質からなり, 礫支持である(第3図B)。上下方向へ顕著な礫径の変化は見られない。礫種はチャート, 火山岩, 泥岩などである。下位のユニット1とは侵食面で接する。コア採取時の攪乱による可能性もあるが, 本ユニット中に明瞭な堆積構造は見られない。

解釈: 礫層が礫支持であること, 沖積層の基底をなし侵食面直上に厚く堆積していることから, このユニットは沖積層基底における礫質河川堆積物と考えられる。

1.3 ユニット3 (砂質河川堆積物) 深度 31.5-20.2 m

記載: 本ユニットは斜交層理の発達した中粒砂からなる下部(深度 31.5-27.8m)と, 植物片に富む泥層を主体とした上部(27.8-21.8m)に分けられる。下部は下位のユニット2から漸移し, 深度 31.5-31.0m には礫が散在する。軟X線写真では全体に斜交層理が確認できる(第3図C)。上部は全体に植物片に富み, 深度 24m 付近を境に泥層と~細粒砂層の互層から塊状の泥層へ漸移する(第3図D)。深度 28.3-28.2m には斜交層理が, 深度 25.3-25.0m および 26.2-25.8m には平行葉理が見られた。

解釈: 下部の斜交層理が発達した中粒砂層はユニット2の礫質河川堆積物から漸移すること, 水流によりベッドフォームが移動して砂が堆積する環境であることから, 砂質河川流路堆積物と考えられる。上部の泥質堆積物は植物片が供給されやすい環境であること, 斜交層理や平行葉理を伴い, 砂泥互層から塊状の泥層へ漸移することから, 氾濫原で堆積したと考えられる。

1.4 ユニット4 (塩性湿地堆積物) 深度 21.8-20.2 m

記載: 本ユニットは植物片に富む泥層からなる。深度 21.8-21.3m には泥で充填されまだらに見える生痕が見られる。21.3-20.2m には細粒~中粒砂で充填された生痕が散在し, 上位へ向かって多くなる。後者の生痕は中粒砂からなる上位のユニット4から進入してきたものも含まれていると考えられる。

解釈: 植物片に富む泥層からなり, 下位の氾濫原堆積物から連続すること, また生痕が多く, 後述のようにC/S比から海水の影響が考えられることから, 堆積環境は塩性湿地が想定される。

1.4 ユニット5 (内湾~デルタフロント堆積物) 深度 20.2-6.6 m

記載: 本ユニットは下位から生痕の発達した中粒砂層(深度 20.2-17.4m), 上方粗粒化する砂泥互層(深度 17.4-9.5m), 生痕の発達した細粒砂層(深度 9.5-6.6m)からなる。

生痕の発達した中粒砂層は塊状の中粒砂に生痕によって泥がまだらに入り込んでいる産状を示す。最下部に貝殻片を含むが, 破片が小さく種類は同定できなかった。上位へ向かって泥層のはさみが多くなり, 16m 付近でもっとも泥が卓越した後(第3図E), 上方粗粒化する。上方粗粒化する砂泥互層は極細粒砂が泥層中にラミナ状に挟まれているか, 生痕で乱されてパッチ状に散在する。上位ほど砂層の割合が高くなり, 生痕の発達した細粒砂層へ漸移する。生痕の発達した細粒砂層は泥質で植物片に富む(第3図F)。

解釈: 本ユニット下部の中粒砂層はユニット4の塩性湿地堆積物の上位, 後述の内湾堆積物の下位に位置することから, 砂質干潟もしくは砂州で堆積したと考えられる。17.4m から上位の砂泥互層は全体に生痕が発達し泥質であることから, 波浪や水流の影響の少ない内湾環境で堆積したと考えられる。16m 付近から上位に見られる上方粗粒化は泥質な内湾環境への砂の供給量が増加したことを示している。この砂の供給量の増加は, 上位に再度塩性湿地堆積物が重なることや, 本調査地点より下流に位置する標準層序ボーリング GS-TKT-1 の同層準にデルタフロント堆積物が発達していることから(小松原ほか, 2009), デルタフロントの前進によるものと考えられる。

1.5 ユニット6 (塩性湿地~後背湿地堆積物) 深度 6.6-1.0 m

記載: 本ユニットは全体に植物片が散在し, 植物根が発達する泥層からなる(第3図G)。C/S比によれば, 深度 3m を境にそれ以下では海水の進入があったことが示唆される(後述)。

解釈: 深度 3m 以深は海水の進入があり, かつ植物根が発達することから, 塩性湿地の環境で堆積したと考えられる。深度 3m 以浅は海水の影響はなく植生があり砂質堆積物の供給のほとんどないところ, すなわち後背湿地の環境と考えられる。

2. 堆積物物性

GS-SSS-1 のガンマ線透過量, 帯磁率, 含水率, 含泥率, 地震波速度(P波・S波)について, 各ユニットごとの特徴と全体の傾向について述べる。グラフは第4図に示した。

2.1 ガンマ線透過量

ガンマ線透過量は試料の厚さおよび密度が増加すると減少するため, コア径が一定であれば堆積物の密度を把握する指標として定性的に用いることができる。GS-SSS-1 のガンマ線透過量は直径 70 mm のコア試料で約 7500-13500

第3図 GS-SSS-1 のボーリングコア写真 (core), はぎ取り写真 (peel), および軟X線写真 (softex). A 深度 42.5-43.0 m, 固結した泥層 (ユニット1, 更新統下総層群). B 深度 35.5-36.0 m, 淘汰の悪い礫層 (ユニット2, 礫質河川堆積物). C 深度 28.5-29.0 m, 斜交層理の発達する中粒砂層 (ユニット3下部, 砂質河川堆積物 (流路)). 28.5-28.6 m の変形構造はコア採取時の攪乱による. D 深度 22.0-22.5 m, 塊状泥層 (ユニット3上部, 砂質河川堆積物 (氾濫原)). はぎ取り試料に見られる白い斑点は, はぎ取り剤の発泡によるもの. E 深度 16.0-16.5 m, ラミナの発達する泥層 (ユニット5中部, 内湾堆積物). F 深度 7.0-7.5 m, 生痕の発達した細粒砂層. (ユニット5上部, デルタフロント堆積物). G 深度 4.4-4.9 m, 植物根が顕著に見られる泥層 (ユニット6, 塩性湿地堆積物).

第4図 GS-SSS-1の堆積物物性値。左から粒径分布, 含水率, ガンマ線透過量, 帯磁率, S波速度およびP波速度。ガンマ線透過量は試料を保護している塩ビパイプの値を補正したものである。

cpsの値を取る。礫層からなるユニット2では値が非常にばらついているが、これはコア採取中に泥水によって基質の一部が洗い流されてしまったために、地層中にあったときの値を正しく示していないと考えられる。ユニット1でも同様にコア採取時にできた割目の部分が値の大きい深度に相当する。これらを除けばガンマ線透過量が相対的に高い部分が泥層に、低い部分が砂層に相当し、ユニット3の深度29-21mに上方細粒化傾向、ユニット5の深度1697mに上方粗粒化傾向があり、これは堆積相の観察結果とも一致する。

2.2 帯磁率

帯磁率は堆積物の粒子径および鉱物組成によって変化する。

供給される堆積物に大きな変化がなければ、粒子径の指標として用いることができる。GS-SSS-1の帯磁率は $-200 \sim 1000 \times 10^{-6}$ SIの値を取る。中粒砂からなるユニット5の下部、および礫層からなるユニット1の一部では値がばらつくが、それ以外の層準では概ね $0 \sim 600 \times 10^{-6}$ SIの範囲に収まる。ユニット1では帯磁率が負の値を取る。これは反磁性鉱物が多く含まれているためと考えられるが、原因となる鉱物は不明である。標準層序コアGS-TKT-1でも同様に下総層群中で帯磁率が負となっている(小松原ほか, 2009)。ガンマ線透過量と同様、ユニット5の深度16-7mに上方粗粒化傾向が認められたが、ガンマ線透過量で認められたユニット2の上方粗粒化は帯磁率の変化に

第5図 GS-SSS-1の堆積物中の元素分析値. 左から有機炭素含有量, 硫黄含有量, 窒素含有量, C/N比, C/S比. C/N比のグラフで海生プランクトン由来の有機物は6前後の値を取り, 淡水成堆積物では一般に15以上を示す. 詳細は本文参照. C/S比は有機炭素量が1wt%以上の試料についてのみ示す. 網掛部はBerner and Raiswell (1984)による海成層の値である.

は現れない.

2.3 含水率

含水率は概ね堆積物の粒子径と相関があるため, 含泥率と同じ変化傾向を示す. すなわち, 含水率の高い層準は含泥率の高い層準と一致する. GS-SSS-1の含水率は砂層では約20–35wt%, 泥層では約30–50wt%の値を示す. ユニット3から4にかけて含水率は下位から上位へ単調に上昇し, ユニット5の基底で低下した後, ユニット5の下部(深度20–16m)で増加, 中～上部(深度16–6.6m)で単調に減少する. ガンマ線透過量および次に述べる含泥率とよく似た傾向を示す.

2.4 含泥率および粒度組成

GS-SSS-1の含泥率は測定していないユニット2を除き

約9–100wt%の値を示し, 含水率と同じ変化傾向を示す.

粒度組成は測定していないユニット2を除きほとんどが細粒砂以下のサイズからなる. 中粒～極粗粒砂サイズの粒子はユニット3の下部およびユニット5の下部で25–80wt%含まれるが, それ以外の層準では15wt%以下である. ユニット3の基底部には細礫が含まれる.

2.5 P波・S波速度

P波・S波速度とは, 弾性波が地層中を伝わる速度のことである. GS-SSS-1では, P波速度は350–2020m/s, S波速度は90–440m/sの範囲であった. 以下深度の増加する方向へ記述する.

P波速度は地表から深度7mまで(盛り土–ユニット6)が270–1330m/sと水の伝搬速度(約1500m/s)よりも低い

値を示す。深度 7931 m (ユニット 5~3) では水の伝搬速度とほぼ同じ 1430-1640 m/s を示し、概ね深度と共に速度が増加する。ユニット 5 基底部の砂層に相当する層準 (深度 18919 m) ではその上下よりもやや高い値を示す。深度 31-40 m (ユニット 2) では 1570-2020 m/s の高い値を示し、深度 40 m より下 (ユニット 1) では再び減少し 1500 m/s 前後の値となる。

S 波速度は深度 18 m まで (盛り土-ユニット 5 中部) は 80-130 m/s の値を示し、深度と共に速度が増加する。P 波同様ユニット 5 の基底部の砂層に相当する層準で 160-190 m/s とやや高い値を示すが、それより下位では 140-150 m/s となる。深度 25927 m (ユニット 3 中部) でも 200-210 m/s と高い値を示すが対応する砂層はなく、原因はよくわからない。深度 31-40 m/s (ユニット 2) は 240-440 m/s と大きな値を示す。深度 41 m 以深 (ユニット 1) では 210-270 m/s である。

3. CNS 元素分析

海成の有機物は主に海生プランクトン起源であり、陸源の有機物は淡水生プランクトンと陸上高等植物からなる。海生プランクトンの有機炭素含有量と窒素含有量の重量比 (以下 C/N 比) は 6 前後であるが、陸上高等植物は N を含まない有機物を主体とする。このため、海成堆積物に比べ淡水成堆積物の C/N 比は高い値となり、一般に 15 以上の値を示すことが知られている (Bordovskiy, 1965 ; 中井ほか, 1982)。

また、海水中には淡水に比べて大量の硫酸イオン (SO_4^{2-}) が溶存しており、堆積物中の有機物の量に応じてパイライトの形で固定される。熱変成や強い風化作用を受けていない場合、淡水成堆積物と通常の (酸化的な) 海成堆積物を、有機炭素含有量と硫黄含有量の重量比 (以下 C/S 比) によって識別することができる (Berner, 1984, 1985 ; Berner and Raiswell, 1984 ; 狛, 1992)。Berner and Raiswell (1984) によれば有機炭素含有量が 1 wt% 以上の場合、海成堆積物の C/S 比は 2.8 ± 1.5 で、淡水成堆積物の C/S 比は 5 以上である。

ユニット 3, 4, 5, 6 の泥質堆積物について有機炭素含有量、窒素含有量、硫黄含有量を測定した結果を第 5 図に示した。有機炭素含有量は 0.587-3.506 wt%、窒素含有量は 0.055-0.20 wt%、硫黄含有量は 0.000-0.770 wt% の範囲で変動する。C/N 比は 9.0-19.6 を示す。ユニット 3 から 4 にかけての C/N 比は 19-12 で上位ほど減少し、ユニット 5 では 10 前後でほぼ一定、ユニット 6 では 12-20 で上位ほど高くなる。有機炭素含有量が 1 wt% 以上の試料について C/S 比を求めると、1.7-40.5 となり、ユニット 4 上部からユニット 6 の深度 3 m 以深までの層準で 1 点を除き 2.8 ± 1.5 の範囲に収まる。

C/N 比からは、陸源植物の相対的な割合はユニット 4 の上位へ向かって減少し、ユニット 5 では低く、ユニット 6 の上位へ向かって増加していることがわかる。C/S 比からは、ユニット 4 から海水が進入し、ユニット 6 の深度 3 m まで海水の影響があったことがわかる。

考 察

1. GS-SSS-1 掘削地点における環境変遷

最上部の盛り土部分を除いた GS-SSS-1 の堆積物は、最下部の更新統上総層群 (ユニット 1) の堆積後に不整合が形成され、その後礫質河川 (ユニット 2)、砂質河川 (ユニット 3)、塩性湿地 (ユニット 4)、内湾~デルタフロント (ユニット 5)、塩性湿地~後背湿地 (ユニット 6) と変遷する環境下で形成された (第 2 図)。

砂質河川から内湾への環境変化は C/N 比に記録された有機物の供給源の変化、および C/S 比に記録された海水成/淡水成の変化に一致しており、河川の後背湿地に海水が進入し、堆積物中の有機物に占める海生プランクトンの割合が増えたことを示している。ユニット 5 下部の中粒砂層とユニット 4 の泥層との境界 (標高-15.6 m) は生痕で攪乱されてはいるものの明瞭であり、その下位で塩性湿地だった堆積環境が上位で内湾へと変化する。この境界面は海水準の上昇に伴って内湾の海岸線で形成される軽微な侵食面、すなわち内湾ラビンメント (Nummedal and Swift, 1987) であると考えられる。同様の侵食面は、同じ荒川低地内に位置する下流の標準層序ボーリングコア GS-TKT-1 の標高-21.9 m、および GS-AMG-1 の標高-25.2 m にも認められる (小松原ほか, 2009 ; 田辺ほか, 2006b)。

ユニット 5 での細粒化の傾向は含泥率が最大となる深度 16 m まで続くと思われ、この層準で含水率およびガンマ線透過量も極大となる。この当時もともと堆積物が泥質で、堆積物の供給源から離れていたと考えられる。

その後ユニット 5 の最上部にかけてデルタフロント堆積物により谷が埋積されたが、調査地点へのデルタによる砂層の供給が止んだ後もユニット 6 の深度 3 m まで海水の影響がある。この厚さ約 3.5 m の海成~汽水成泥層は、層準および堆積物の特徴から、安藤 (1988) で報告されている「第 IV 珪藻帯 A (海成粘土層)」に対応すると考えられる。大久保条里遺跡の発掘調査でも珪藻化石に基づいて地表から深度 4 m までが淡水成堆積物、深度 4 m 以深が海成堆積物と報告されており、深度 394 m 付近の堆積年代として暦年で 7000-6000 年前という値が得られている (浦和市遺跡調査会, 1990)。また、遠藤ほか (1989) によれば関東地方の海水準は 7000-6000 年前頃に極大 (縄文海進) となる。安藤 (1988) は堆積年代からこの海成層は縄文海進末期に形成されたと考え、松田 (1993) は鳥趾状デルタのローブ

第6図 GS-SSS-1を通る荒川低地の地質断面図。上 N値断面, 下 土質断面。堆積環境の境界線はGS-SSS-1において推定された堆積環境をN値および土質のデータをもとに延長したものである。

間低地に形成されたと考えた。現時点ではこの海成層の調査地点における堆積年代が求められていないので詳細は不明だが、断面図(第6図)には鳥趾状デルタの特徴であるローブ状の砂は認められない。

この海水の影響は化学分析結果には顕著に表れるが、堆積構造や粒度分布、帯磁率などの物理測定値には明らかな影響は見られない。海水の進入による影響は水質の変化にとどまり、水理学的な影響はほとんどなかったと考えられる。その後ユニット6の上部にかけて海水の影響を受けた湿地が淡水化し、後背湿地となった。

2. 層相の空間分布

GS-SSS-1 を通り荒川低地の伸張方向に直行する測線で断面図を作成し、層相の水平方向の広がりを検討した。断面図の作成には自治体、官公庁、および研究機関等から借用した既存のボーリングデータを使用し、江藤ほか(2008)の補間方法によって作成した。使用したボーリングデータの数はいずれも200本程度である。既存のボーリングデータは産総研の掘削する層序ボーリングとは異なり、土質と地盤の硬さを示すN値のデータのみの場合が多いため、土質断面図とN値断面図をそれぞれ作成した。沖積層の基盤地形は小松原・木村(2008)に基づく。断面図の位置は第1図、断面図は第6図に示す。

調査地点付近の沖積層基底は標高-37m付近に位置し、GS-SSS-1で確認された深度とほぼ一致する。基底直下には下総層群の泥層が分布し、これはGS-SSS-1のユニット1に相当する。埋没谷のもっとも深いところの谷幅は2kmであり、その中を厚さ10m前後の基底礫層が埋めている。この礫層はユニット2、松田(1993)のBGに相当する。左岸側(東側)の大宮台地地下にはN値の低い($N < 10$)泥層(下総層群木下層、中澤・遠藤, 2002)が分布し、沖積層との識別が難しい。本研究ではN値および土質の連続性から沖積層と下総層群を区別した。

基底礫層の上にはN値のやや高い(10-20)砂層および泥層が分布し(ユニット3)、谷の軸部を埋めている。これらはユニット3の砂質河川堆積物およびユニット4の塩性湿地堆積物、また松田(1993)のLCおよびLSに相当する。この当時の河川は現在の荒川低地の半分以下の幅を持った狭い谷を流れていた。

この上位にはN値の低い(095)泥層～泥質砂層が分布し、左岸側の標高-15～-20mの埋没段丘面、および右岸側の標高-10mの埋没段丘面を覆う。この泥層はユニット5の下部～中部の内湾堆積物、および松田(1993)のUCに相当する。

その上位にN値が10-15の連続性のよい砂層が谷全体に分布する。これはユニット5の上部のデルタフロント堆積物、および松田(1993)のUSに相当する。この砂層の上

面標高は-2～-3mで、最上部は再びN値の低い泥層が低地の全体を広く覆う。これはユニット6の塩性湿地～後背湿地堆積物および松田(1993)のUAに対比される。

ま と め

埼玉県さいたま市桜区宿において掘削されたボーリングコアGS-SSS-1は更新統下総層群とそれに不整合に重なる沖積層からなる。沖積層は下位から礫質河川堆積物、砂質河川堆積物、塩性湿地堆積物、内湾～デルタフロント堆積物、塩性湿地～後背湿地堆積物から構成される。

砂質河川から内湾への環境変化は堆積相だけでなくC/N比およびC/S比の変化にも記録されている。また内湾堆積物の基底面は内湾ラビンメント面である。内湾堆積物中の深度-16mで堆積物の供給源からもっとも離れたと考えられる。デルタフロント堆積物のさらに上位に存在する海水の影響を受けた泥層は、縄文海進による高海面期に形成されたと考えられる。既存ボーリングデータによる断面図からは埋没谷の形状が復元され、礫質河川堆積物、砂質河川堆積物および塩性湿地堆積物は谷の軸部にのみ分布し、内湾～デルタフロント堆積物、塩性湿地～後背湿地堆積物は低地全体に分布することがわかった。

今後は放射性炭素同位体年代を測定し、時間軸を入れることによって既存の標準層序ボーリングとの対比を行い、荒川低地の沖積層について堆積モデルを構築していく予定である。

謝辞: GS-SSS-1の掘削にあたってはさいたま市南部都市・公園管理事務所の渡瀬源祿氏、さいたま市教育委員会の中村誠二氏、中央開発株式会社の細矢卓志氏に便宜を図っていただいた。ボーリング柱状図資料の借用にあたってはさいたま市役所、国土交通省関東地方整備局、同荒川上流河川事務所、埼玉県環境科学国際センター、大久保浄水場、防災科学技術研究所、土木研究所の方々に便宜を図っていただいた。CHNコードの使用に際しては産業技術総合研究所地質情報研究部門(当時)の外西奈津美氏に、同部門の國本節子氏には各種分析に関してお世話になった。Flash-EA1112の使用に際しては東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻の節田祐介氏にお世話になった。以上の方々に心よりお礼を申し上げます。

文 献

- 安藤一男, 1988, 埼玉県荒川低地における沖積上部砂層の上位でみられる海成粘土層. 第四紀研究, 27, 139-151.
安藤一男, 方違重治, 1997, 珪藻遺骸群集による縄文海進期の想定海岸線と貝塚分布との関係—埼玉県荒川低地上流域を例にして—. 季刊地理学, 49, 231-246.

- Berner, A., 1984, Sedimentary pyrite formation : An update. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **48**, 605-615.
- Berner, R.A., 1985, Sulphate reduction, organic matter decomposition and pyrite formation. *Philosophical Transactions Royal Society of London*, **A315**, 25-38.
- Berner, R.A. and Raiswell, R., 1984, C/S method for distinguishing freshwater from marine sedimentary rocks. *Geology*, **12**, 365-368.
- Bordovskiy, O.K., 1965, Accumulation of organic matter in bottom sediments. *Marine Geology*, **3**, 33-82.
- 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**, 61-77.
- 遠藤邦彦, 小杉正人, 高野 司, 1988, II 草加市の地質と古環境—草加市の地質. 草加市史 自然・考古編, 23-69, 草加市, 草加.
- 遠藤邦彦, 関本勝久, 高野 司, 鈴木正章, 平井幸広, 1983, 関東平野の<沖積層>. アーバンクボタ, **21**, 26-43.
- 江藤雅佳子, 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 値と岩相の 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.
- 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.
- 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, **19**, 295.
- 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. 沖積層研究の新展開, 地質学論集, no. 59, 1-18.
- 粕 武, 1992, 堆積岩の化学組成による堆積環境の研究—特に硫黄含有量による識別—. 地質調査所月報, **43**, 473-548.
- 小松原純子, 木村克己, 2008, 荒川低地の沖積層基盤地形. 日本地質学会第 115 年学術大会講演要旨 (秋田), 183-183.
- 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.
- Matsuda, I., 1974, Distribution of the recent deposits and buried landforms in the Kanto Lowland, Central Japan. *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University*, **9**, 1-36.
- 松田磐余, 1993, 第 3 章 東京湾と周辺の沖積層. 東京湾の地形・地質と水, 67-109, 築地書館株式会社, 東京.
- 中井信之, 太田友子, 藤澤 寛, 吉田正夫, 1982, 堆積物コアの炭素同位体比, C/N 比および FeS₂ 含有量からみた名古屋港周辺の古気候, 古海水準変動. 第四紀研究, **21**, 169-177.
- 中澤 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, 41p.
- Nummedal, D. and Swift, D.J.P., 1987, Transgressive stratigraphy at sequence-bounding unconformities : Some principles derived from Holocene and Cretaceous examples. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication*, no. 41, 241-260.
- 大矢雅彦, 高山 一, 久保純子, 1996, 荒川流域地形分類図. 建設省関東地方建設局荒川上流工事事務所.
- 田辺 晋, 石原園子, 中島 礼, 宮地良典, 木村克己, 2006a, 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, 2006b, 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**, 261-288.
- 浦和市遺跡調査会, 1985, 大久保条里遺跡発掘調査報告書 (第 1 次). 浦和市遺跡調査会報告書, no. 49, 56p.
- 浦和市遺跡調査会, 1987, 大久保条里遺跡発掘調査報告書 (第 2 次). 浦和市遺跡調査会報告書, no. 81, 38p.
- 浦和市遺跡調査会, 1988, 大久保条里遺跡発掘調査報告書 (第 3 次). 浦和市遺跡調査会報告書, no. 98, 40p.
- 浦和市遺跡調査会, 1990, 大久保条里遺跡発掘調査報告書 (第 4 次). 浦和市遺跡調査会報告書, no. 132, 99p.

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

小松原純子・木村克己・福岡詩織・石原与四郎, 2010, 堆積学研究, Vol. 69, No. 1, 3-15

Komatsubara, J., Kimura, K., Fukuoka, S. and Ishihara, Y. : Sedimentary facies and physical properties of the latest Pleistocene to Holocene sediment core (GS-SSS-1) in the Arakawa Lowland, Saitama City, central Japan
Jour. Sed. Soc. Japan, Vol. 69, No. 1, 3-15

埼玉県さいたま市桜区宿地区でボーリングコア GS-SSS-1 を掘削し, 堆積相・物性・元素分析結果に基づいて沖積層の堆積環境変遷を明らかにした. また既存ボーリングデータを用いて堆積相の分布を推定した.

GS-SSS-1 で観察された堆積物は7つのユニットに分けられる. ユニット1 (更新統下総層群), ユニット2 (礫質河川堆積物), ユニット3 (砂質河川堆積物), ユニット4 (塩性湿地堆積物), ユニット5 (内湾〜デルタフロント堆積物), ユニット6 (塩性湿地〜後背湿地堆積物) である. ユニット2より上位は沖積層に相当し, 一回の海進 (ユニット2-ユニット5中部) および海退 (ユニット5上部-ユニット6) を示唆する.

既存ボーリングデータに基づく断面図からは, 下位より礫質および砂質河川堆積物から塩性湿地堆積物までは埋没谷の中軸部に, 内湾堆積物から最上位の後背湿地堆積物までは埋没谷全域に分布することがわかった.