

# 沖積層ボーリングコア GS-KSO-1 (埼玉県川越市) の堆積相と堆積物物性

## Sedimentary facies and physical/chemical properties of the latest Pleistocene to Holocene sediment core (GS-KSO-1) in the Arakawa Lowland, Kawagoe City, central Japan

小松原純子  
Junko Komatsubara

**Abstract:** The sedimentary core GS-KSO-1 is obtained as a part of the research on depositional model of the latest Pleistocene to Holocene incised-valley fills in the Arakawa Lowland, in Kawagoe City, central Japan. The stratigraphy and sedimentary environments are revealed based on sedimentary facies, CNS analysis, grain-size distribution, and radiocarbon dating.

**Keywords:** latest Pleistocene to Holocene, incised-valley fill, Saitama, Kawagoe, Arakawa Lowland, sedimentary facies, CNS analysis, radiocarbon dating

### 要旨

首都圏の沖積低地で沖積層の堆積モデルを作成するための調査の一環として、埼玉県川越市にてオールコアボーリング調査を行った。コア名は GS-KSO-1、掘削地点は川越市の川越運動公園内である。得られたコア試料について堆積相記載、炭素・窒素含有量分析、放射性年代測定を行ったのでその結果について報告する。

### 1. はじめに

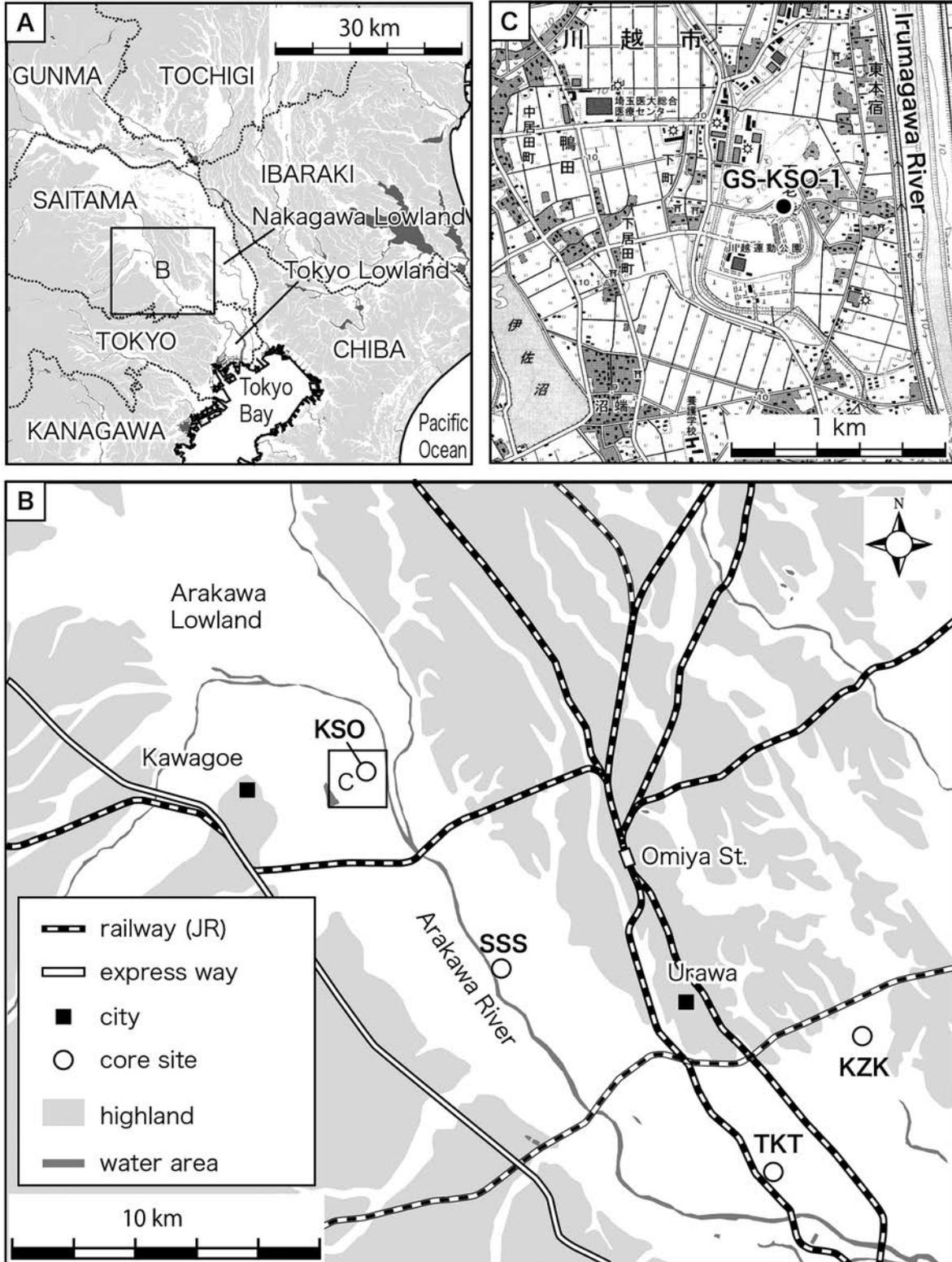
荒川低地は埼玉県熊谷市から東京都北区付近にかけての荒川ぞいに分布する沖積低地である。大宮台地を挟んで隣接する中川低地、および中川低地と荒川低地との合流点から下流にあたる東京低地については、田辺ほか (2010) などにより模式層序ボーリング調査と詳細な放射性炭素年代測定に基づいた沖積層のシーケンス層序学的モデルが提示されている。

最終氷期以降、荒川低地には利根川と荒川という二つの大規模河川が流れていたが、中川低地には当時このような河川の流入はなかった (菊地, 1981)。このように荒川低地と中川低地とは形成時の地理的・地質的条件が異なり、沖積層も荒川低地のほうがより粗粒であることが知られているが (松田, 1993)、荒

川低地では中川低地のようなシーケンス層序学的堆積モデルは確立されていない。荒川低地の沖積層堆積モデルを確立し、地理的・地質学的条件と堆積相との関係を検討するために、都市地質プロジェクトでは、平成 19 年度に埼玉県戸田市 (GS-TKT-1, 小松原ほか 2009)、20 年度にはさいたま市 (GS-SSS-1, 小松原ほか 2010a)、21 年度には川口市 (GS-KZK-1, 小松原ほか 2010b) でオールコアボーリング調査を行っている。平成 22 年度はこれまでの調査地点からさらに上流の川越市で同様のオールコアボーリング調査を行い、得られたコアについて堆積物の堆積相、含水率、有機炭素・窒素・硫黄含有量、放射性炭素年代の測定を行ったのでその結果について報告する。

### 2. コア採取地点の概略

GS-KSO-1 の掘削地点は埼玉県川越市下老袋 388-1 川越運動公園敷地内である (第 1 図)。緯度および経度は北緯 35 度 55 分 49.92 秒、東経 139 度 31 分 45.96 秒 (世界測地系)、標高は T.P.+9.77m である。掘削地点を含む荒川低地は北東側を大宮台地に、南西側を武蔵野台地に挟まれている。大宮台地および武蔵野台地は中～上部更新統の下総層群から構成され、新时期丘堆積物および新时期関東ローム層に覆われている (中澤・遠藤, 2002)。沖積層堆積時、海は埼玉県



第 1 図 A: 荒川低地の位置. B: これまで都市地質で調査したボーリングコア(一部)の位置. C: GS-KSO-1 の位置. 国土地理院発行数値地図 25000 (地図画像) と野を改変.

Fig.1 A: The Location of Arakawa Lowland. B: The Location of boring cores in previous studies. C: The Location of GS-KSO-1, revised from Digital Map 25,000 (Map Image), Yono, published by Geographic Survey Institute.

川島町付近まで進入したことが珪藻化石によって明らかにされている(安藤・方違, 1997)。これは GS-KSO-1 の掘削地点から荒川沿いに約 5km 上流にあたる。

### 3. 手法

#### 3.1 コア試料の掘削

コア試料の掘削は中央開発株式会社に依頼して 2010 年 11 月に行った。掘削深度は 40.0m である。深度 0.0-3.1m は盛り土のためコアを採取していない。深度 3.1-40.0m は外径 86mm, 内径 65mm の打ち込み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 99.3% である。

#### 3.2 コア試料の解析

コア試料は半裁し、半分の試料については写真撮影、記載、はぎ取り標本の採取を行った。残りの半分については軟 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後、10cm もしくは 5cm の深度ごとに元素分析用の試料を採取した。

キューブ試料採取には有限会社ヤキルス製のプラスチックキューブ(容積 7cc)を用いた。キューブ試料は半裁したコアから礫の多い層準を除き 5cm 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 63 $\mu$ m のふるい上で水洗後、重量を測定し含泥率を求め、さらに残渣を 250 $\mu$ m と 2mm のふるいでふるって砂の粒度組成を求めた。

はぎ取り試料の作成には東邦化学工業株式会社製グライウト剤 OH-1AX 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 1cm, 幅 6cm, 長さ 25cm の株式会社理学製の透明プラスチックケースを用いた。撮影時の X 線の条件は電圧 40kV, 電流 3mA, 照射時間は 8-20 秒, センサーはアールエフ株式会社製デジタル X 線センサー NAOMI を用いた。

全体でスラブ試料は 124 個, キューブ試料は 601 個(うち含泥率・粒度組成を求めるのに用いた数は 156 個)であった。

有機炭素・硫黄・および窒素含有量測定には泥質堆積物 26 試料を用いた。これらは約 100g を 80℃ の高温乾燥機でじゅうぶん乾燥させた後、メノウ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、粉末試料を約 300mg 秤量し、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 0.0043wt%, 窒素が 0.0016wt%, 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 10-20mg 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 0.005wt%, 燃焼温度は 1800℃ である。

年代測定は堆積物中の植物片を拾い出してイオン交換水で洗浄し、(株)地球科学研究所を通じて Beta Analytic 社に AMS での測定を依頼した。本稿で用いる年代値はすべて Intcal 04 (Reimer et al., 2004) および Talma and Vogel (1993) の計算式を用いて暦年較正した値である。

### 4. 結果

#### 4.1 堆積相

採取したコアは最上部の盛り土部分(地表から 3.1m)を除き、堆積相に基づいて大きく 10 のユニットに分けられる(第 2 図)。これを下位から順にユニット 1~10 と呼ぶ。このうち、最下位のユニット 1~2 は更新統下総層群に属する。沖積層に相当するのはユニット 3~10 である。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、第 1 表に放射性炭素年代値を示した。

##### 4.1.1 ユニット 1 (礫質河川堆積物:更新統下総層群) 深度 40.0-38.8m

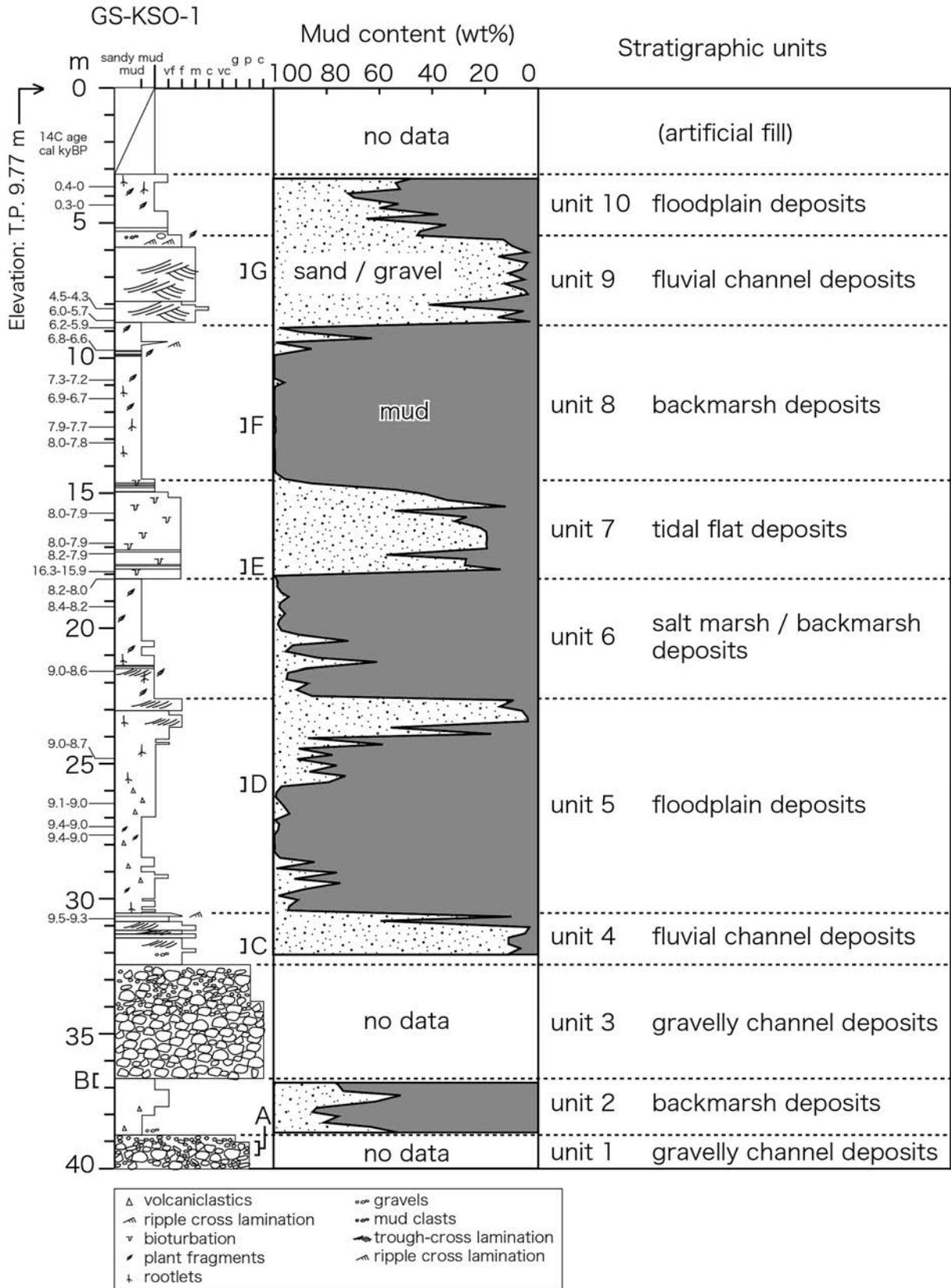
**記載:** 本ユニットは礫層からなる。最大礫径は深度 40.0-39.0m で 3.5-4.0cm 程度、深度 39.0-38.8m では 0.6-1.2cm 程度であり、礫支持である。基質は中粒砂~粗粒砂からなる。堆積構造ははっきりとしない。

**解釈:** 礫支持であること、礫径がある程度そろっており、上部で上方細粒化することから、礫質河川堆積物と考えられる。分布深度と堆積相から、本ユニットは中澤・遠藤(2002)の下総層群 C 層基底の礫層に対比できる。

##### 4.1.2 ユニット 2 (後背湿地堆積物?:更新統下総層群) 深度 38.8-36.8m

**記載:** 本ユニットは塊状で青灰色の砂質泥層~泥質極細粒砂層からなる。深度 38.8-38.5m は最大径が 6mm 程度の小礫を含む。深度 38.5-37.7m はパミス粒子が散在する。

**解釈:** 化石や堆積構造の手がかりがないので堆積環境は不明である。下位に礫質河川堆積物を伴うので、陸



第 2 図 GS-KSO-1 の柱状図と層序ユニット。A~G の文字は第 3 図の写真の層準を示す。

Fig.2 The Columnar section of GS-KSO-1 and stratigraphic units. A~G show the horizons of photographs in Fig. 3.



第 1 表 GS-KSO-1 の放射性炭素年代.

Table 1 Radiocarbon date in GS-KSO-1.

Depth (m)	Elevation (m)	Sample No.	Laboratory No.	Conventional Age (y BP, 1std. dev.)		Calibrated Age (cal BP, 2std. dev.)		Dated Material
3.72	6.05	KSO-0372	Beta-290517	230	± 40	420 - 320 210 - 270 20 - 140 0	plant	
4.23	5.54	KSO-0423	Beta-290518	150	± 40	290 - 0	plant	
8.11	1.66	KSO-0811	Beta-291589	3940	± 30	4500 - 4290	plant	
8.72	1.05	KSO-0872	Beta-290520	5140	± 40	5980 - 5970 5940 - 5880 5820 - 5730	plant	
8.95	0.82	KSO-0895	Beta-292226	5220	± 40	6170 - 6150 6110 - 6070 6060 - 6050 6020 - 5920	plant	
9.84	-0.07	KSO-0984	Beta-290521	5890	± 40	6790 - 6640	charred material	
10.87	-1.10	KSO-1087	Beta-290522	6290	± 40	7280 - 7160	plant	
11.64	-1.87	KSO-1164	Beta-290523	5930	± 40	6860 - 6660	plant	
12.67	-2.90	KSO-1267	Beta-290524	6930	± 40	7850 - 7680	plant	
13.15	-3.38	KSO-1315	Beta-290525	7060	± 40	7960 - 7830	plant	
15.80	-6.03	KSO-1580	Beta-290526	7090	± 40	7980 - 7850	charred material	
16.96	-7.19	KSO-1696	Beta-292227	7140	± 50	8020 - 7920 7900 - 7860	plant	
17.27	-7.50	KSO-1727	Beta-290527	7200	± 50	8160 - 8080 8070 - 7940	plant	
17.93	-8.16	KSO-1793	Beta-292228	13550	± 70	16250 - 15890	plant	
18.19	-8.42	KSO-1819	Beta-292229	7350	± 40	8190 - 8020	plant	
19.21	-9.44	KSO-1921	Beta-290528	7460	± 50	8380 - 8180	plant	
21.64	-11.87	KSO-2164	Beta-290529	7940	± 50	9000 - 8600	plant	
24.92	-15.15	KSO-2492	Beta-290530	8000	± 50	9020 - 8650	plant	
26.50	-16.73	KSO-2650	Beta-290531	8110	± 50	9130 - 8990	plant	
27.35	-17.58	KSO-2735	Beta-292230	7990	± 50	9400 - 9360 9320 - 9020	charred material	
27.72	-17.95	KSO-2772	Beta-292678	8260	± 50	9420 - 9080 9050 - 9040	plant	
30.88	-21.11	KSO-3088	Beta-290533	8420	± 50	9530 - 9400 9360 - 9320	plant	

上の後背湿地堆積物かもしれない。分布深度と堆積相から、本ユニットは中澤・遠藤（2002）の下総層群 C 層の礫層よりも上の層準に対比できる。

#### 4.1.3 ユニット 3（礫質河川堆積物）深度 36.8-32.3m

**記載：**本ユニットは最大径 6cm を越える礫からなる。礫は礫支持の円礫～亜角礫で、明瞭な粒径の変化は見られず、堆積構造もはっきりしない。基底部（深度 36.8-36.7）は下位のユニット 2 の青灰色砂質泥の破片からなり、中礫を含む。

**解釈：**下位を浸食していること、礫支持の礫層であること、上位に砂質河川流路堆積物や氾濫原堆積物を伴

うことから、本ユニットは礫質河川堆積物と考えられる。上位のユニット 4 から 9500 年前より若い年代値が得られていること、隣接する標準層序ボーリングコア GS-SSS-1 との対比から、本ユニットは沖積層の基底礫層に相当する。

#### 4.1.4 ユニット 4（砂質河川流路堆積物）深度 32.3-30.8m

**記載：**本ユニットは斜交層理の発達した泥質極細粒砂～中粒砂からなる。31.2-32.2m は細粒砂と中粒砂の互層からなり、最大径 2.5cm の礫を含み、一部に未固結変形が見られる（31.3-32.6m）。最上部の 10cm にはリップルが見られ、植物片を含む。

本ユニットからは 9500-9300cal yBP の年代値が得られている。

**解釈:** 礫を含み、斜交層理が発達した砂層からなること、上位に氾濫原堆積物を伴うことから、本ユニットは河川流路堆積物と考えられる。

#### 4.1.5 ユニット 5 (氾濫原堆積物) 深度 30.8-22.6m

**記載:** 本ユニットは主に塊状の泥～細粒砂からなり、植物片が散在する。30.6-30.1m, 26.5-23.7m には植物根化石が見られる。29.4-25.2m にはパミスが散在する。最上部の 23.6-22.6m は斜交層理の発達した細粒砂からなり、未固結変形が見られる (23.5-23.3m)。

本ユニットからは 9400-8700cal yBP の年代値が得られている。

**解釈:** 塊状で植物片・植物根化石が見られること、斜交層理の発達した細粒砂を伴うことから、本ユニットは氾濫原堆積物と考えられる。斜交層理の発達した細粒砂層は洪水成堆積物と考えられる。

#### 4.1.6 ユニット 6 (後背湿地～塩性湿地堆積物) 深度 22.6-18.1m

**記載:** 本ユニットは植物片が散在する塊状の泥～砂質泥からなる。21.8-20.6m には植物根化石が見られる。

本ユニットからは 9000-8000cal yBP の年代値が得られている。

**解釈:** 塊状の泥層で植物片・植物根化石を含み、砂層を挟まないことから、後背湿地堆積物と考えられる。硫黄・炭素含有量からは最上部に海水の影響があったことがわかる。このため最上部は塩性湿地堆積物と考えられる。

#### 4.1.7 ユニット 7 (潮汐低地堆積物) 深度 18.1-14.5m

**記載:** 本ユニットは主に淘汰の悪い細粒砂からなる。1-3mm 程度の厚さの泥層が全体に挟在するが、生痕で攪乱されており、層準によっては塊状になっている。上部の 14.9-14.5m は砂質泥からなり、極細粒砂層を挟む。

本ユニットからは 8200-7900cal yBP の年代値が得られている。深度 17.93m の試料からは 16000cal yBP の年代値が得られているが、これは上下の層準の値から大きく外れるため、再堆積した試料と考えられる。

**解釈:** 全体に生痕が発達し、砂層が主体で泥層の薄いはさみが多いこと、上下のユニットが後背湿地堆積物であることから、本ユニットは潮汐低地堆積物と考えられる。

#### 4.1.8 ユニット 8 (後背湿地堆積物) 深度 14.5-8.7m

**記載:** 本ユニットは植物片と植物根化石に富む塊状の泥層からなる。9.9-9.7m には植物片が濃集しラミナを形成している。9.4m 付近にはリップルを伴う極細粒砂層が見られる。

本ユニットからは 8000-5700cal yBP の年代値が得られている。

**解釈:** 植物片と植物根化石に富み塊状であることから、本ユニットは後背湿地堆積物と考えられる。

#### 4.1.9 ユニット 9 (河川流路堆積物) 深度 8.7-5.6m

**記載:** 本ユニットは淘汰が良く斜交層理の発達した中粒砂からなる。一部未固結変形の見られる層準 (8.6-8.4m, 7.2m 付近) がある。上部の 5.9-5.6m にはリップルが見られる。下位のユニット 8 とは明瞭な基底面をもって接する。本ユニットからは 4500-4300cal yBP の年代値が得られている。

**解釈:** 基底が明瞭な境界を持つこと、最上部が上方細粒化し、堆積構造も小さくなること、斜交層理が発達し淘汰の良い砂層からなることから、本ユニットは河川流路堆積物と考えられる。

#### 4.1.10 ユニット 10 (氾濫原堆積物) 深度 5.6-3.1m

**記載:** 本ユニットは下位より泥質細粒砂、砂質泥、泥、細粒砂からなる。全体に塊状で、植物片に富む。基底に直径 6cm を超える礫と泥の同時礫を伴う。上部の 3.7-3.1m には植物根化石が発達する。

本ユニットからは 400-0cal yBP の年代値が得られている。

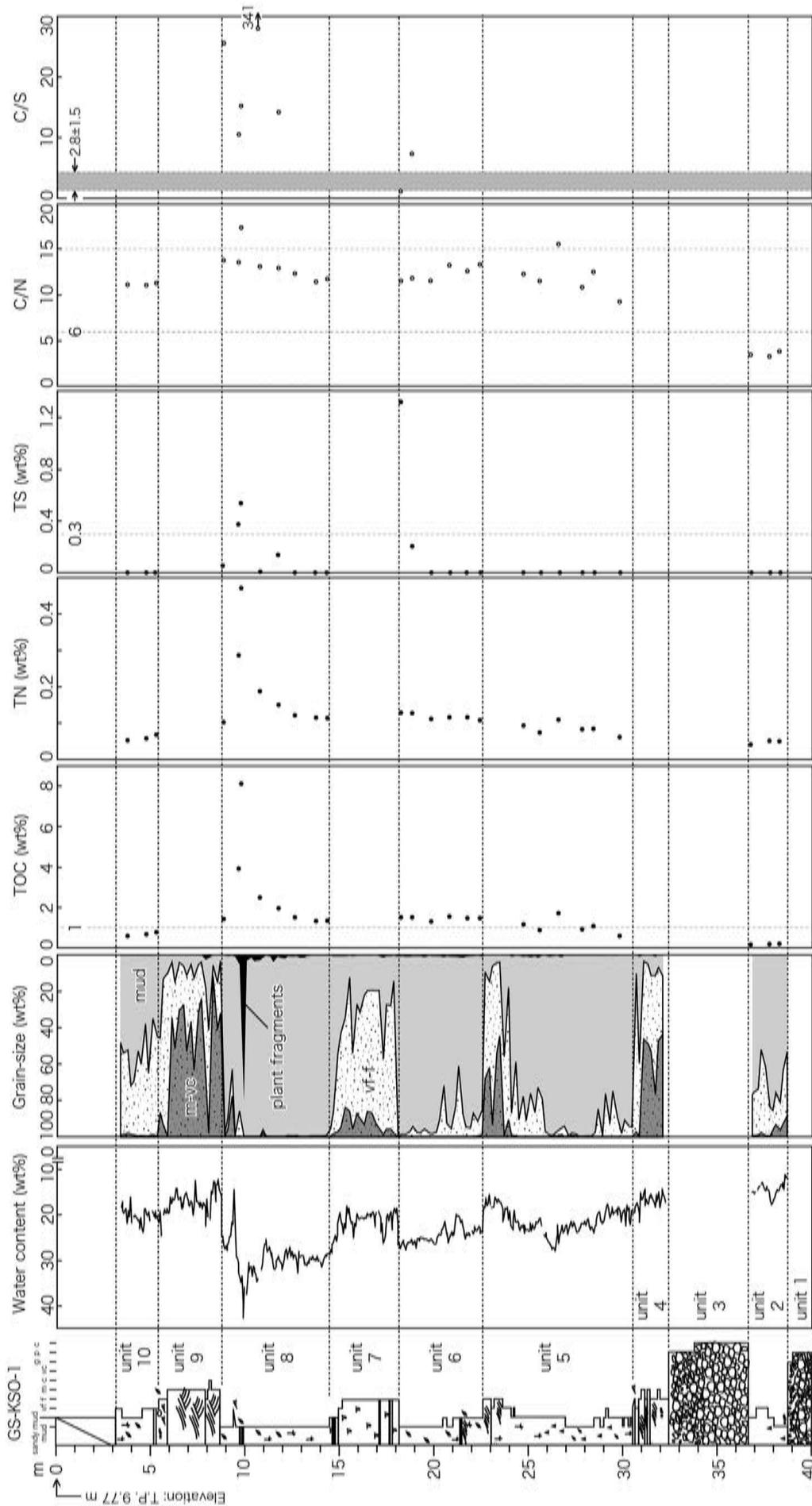
**解釈:** 植物片と植物根化石に富み塊状であること、下位に河川流路堆積物を伴うことから、本ユニットは氾濫原堆積物と考えられる。

## 4.2 堆積物物性

GS-KSO-1 の含泥率、含水率について、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。

### 4.2.1 含水率

含水率はおおむ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-KSO-1 の含水率はおおむね泥層で 20.0-35.0wt%、砂層で 15.0-20.0wt%、植物片に富むユニット 8 上部では 40.0wt% 以上の値を示す。



第 4 図 GS-KSO-1 の物性値。含水率，粒径分布，総有機炭素，窒素，硫黄含有量，C/N 比，C/S 比。ユニット区分については第 2 図を参照のこと。

Fig. 4 Physical properties of GS-KSO-1. Water content, grain-size distribution, total organic carbon, total nitrogen, total sulfur, C/N ratio and C/S ratio. See Fig. 2 for units.

#### 4.2.2 含泥率および粒度組成

GS-KSO-1 の含泥率は測定していないユニット 1・3 を除き、泥層では概ね 70.0-100.0wt%、砂層では 5.0-50.0wt% の値を示し、含水率と同じ変化傾向を示す。

粒度組成では全体では泥の割合がもっとも多く、砂粒子は極細粒～細粒砂がほとんどだが、もっとも砂質なユニット 9 では中粒砂～極粗粒砂が 50wt% 以上を占める。ユニット 8 の 9.9-9.7m には植物片が濃集している。

#### 4.2.3 CNS 元素分析

海成の有機物は主に海棲プランクトン起源であり、陸源の有機物は淡水棲プランクトンと陸上高等植物からなる。海棲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。その一方で陸上高等植物は窒素を含まない有機物を主体とするため、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 ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) が溶存しており、堆積物中の有機物の量に応じて黄鉄鉱 ( $\text{FeS}_2$ ) 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 1wt% 以上の場合、海成堆積物の C/S 比は  $2.8 \pm 1.5$  で、淡水成堆積物の C/S 比は 5 以上である。

ユニット 2 および 4~10 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。有機炭素含有量は 0.141-8.166wt%、窒素含有量は 0.041-0.466wt%、硫黄含有量は 0.000-1.313wt% の範囲で変動する。

C/N 比は 3.2-17.4 を示し、ユニット 5~10 では概ね 10-15 の間に治まる。ユニット 8 では下位から上位へ向かって徐々に高くなり、深度 9.7m で 17.4 と最も高い値を取る。ユニット 2 では C/N 比は 3.5 前後の非常に低い値を示すが、理由は不明である。

C/S 比はユニット 6 の最上部 (深度 18.2m) で 1.1 の値を示すほかは、すべて 5 以上で淡水成の値を示す。ユニット 8 上部 (深度 10.7m) では 341 と非常に高い値を示す。

#### 5. GS-KSO-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-KSO-1 の堆積物は以下のような堆積環境の変遷によって形成されたと考えられる。

河川堆積物からなる更新統下総層群 (ユニット 1・2) の上位に不整合面が形成され、不整合面上には最終氷期以降の河川堆積物 (ユニット 3・4・5) が堆積し、その後後背湿地～塩性湿地 (ユニット 6)、潮汐低地 (ユニット 7)、後背湿地 (ユニット 8)、河川 (ユニット 9・10) と変遷する環境下で沖積層が形成された。海水の浸入は 8200 年前頃、淡水化は 8000 年前頃である。4000 年前には現在の地表 (盛り土含む) から地下数 m のところまで埋積が進み、谷の埋め立てはほぼ終了していたと考えられる。

#### 6. まとめ

荒川低地の埼玉県川越市下老袋の川越運動公園において掘削されたボーリングコア GS-KSO-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。沖積層の堆積環境は下位から礫質河川、砂質河川流路、氾濫原、後背湿地、砂質干潟、後背湿地、河川流路、氾濫原と変化した。

今後は前年度までに得られている標準層序ボーリングと既存ボーリングデータを用いて三次元地質モデルを作成し、最終氷期以降現在に至るまでの低地の形成史を明らかにする予定である。

#### 謝辞

GS-KSO-1 の掘削にあたっては川越市役所公園管理事務所の方々に便宜を図っていただいた。東京大学大学院理学系研究科の戸丸仁氏には硫黄含有量の測定に関して、産業技術総合研究所地質情報研究部門の國本節子氏には粒度分析、含水率測定、元素分析に関してお世話になった。以上の方々に御礼申し上げます。

#### 文献

- 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.
- 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, 2-5.
- 小松原純子・木村克己・福岡詩織・石原与四郎, 2010, 沖積層ボーリングコア GS-SSS-1 (埼玉県さいたま市) の堆積相と堆積物物性. *堆積学研究*, 3-15.
- 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, 1, 13-25.
- 小松原純子・中島 礼・木村克己, 2010, 埼玉県川口市在家町地区から採取した芝川低地の沖積層ボーリングコア (GS-KZK-1) の堆積相および堆積物物性. *堆積学研究*, 69, 2, 73-84.
- 松田磐余, 1993, 第 3 章 東京湾と周辺の沖積層. 貝塚爽平, 東京湾の地形・地質と水, 67-109.
- 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対比, C/N 比および FeS<sub>2</sub> 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, 3, 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)*. 41.
- Talma, A.S. and Vogel, J.C., 1993, simplified approach to calibrating <sup>14</sup>C dates. *Radiocarbon*, 35 317-322.
- 田辺 晋・中西利典・中島 礼・石原与四郎・内田昌男・柴田康行, 2010, 埼玉県の中川開析谷における泥質な沖積層の埋積様式. *地質学雑誌*, 116, 5, 252-269.