

## 東京都江戸川区小松川地区で掘削された沖積層ボーリングコア (GS-KM-1)の 堆積相・堆積物物性と放射性炭素年代

宮地良典<sup>1</sup>・木村克己<sup>1</sup>・石原与四郎<sup>2</sup>・田辺 晋<sup>1</sup>・中島 礼<sup>1</sup>・堀 和明<sup>3</sup>・中山俊雄<sup>4</sup>・斎藤文紀<sup>1</sup>

Yoshinori Miyachi, Katsumi Kimura, Yoshiro Ishihara, Susumu Tanabe, Rei Nakashima, Kazuaki Hori, Toshio Nakayama and Yoshiki Saito (2004) Sedimentary facies, physical properties, and radiocarbon dates of the GS-KM-1 cores from Komatsugawa district, Tokyo Lowland, central Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 55(7/8), p.201 - 219, 10 figs., 4 tables.

**Abstract:** The latest Pleistocene to Holocene deposits, filling incised valleys carved during the last glacial age, are distributed beneath the Tokyo Lowland, Tokyo Metropolis, central Japan. The GS-KM-1 cores (GS-KM-1A, GS-KM-1B and GS-KM-1C) were drilled at a central part of the Tokyo Lowland, and sedimentary facies, AMS radiocarbon dates and physical properties of the cores were analyzed in detail for clarifying stratigraphy, sedimentary environments and the relationship between sedimentary environment and sediment properties on incised valley fills in the Tokyo Lowland. The latest Pleistocene to Holocene deposits of GS-KM-1 cores consist of fluvial to shallow marine succession as follows, in ascending order: (1) fluvial channel fills of pebble to pebbly sand, (2) flood plain, fluvial channel fills influenced by tidal current and muddy tidal flat deposits, which are characterized by alternation of sand and mud, (3) sandy tidal flat to sand shoal deposits of sand containing blackish to marine shell fragments, (5) inner bay (prodelta to delta front) deposits of massive mud intercalated by thin ripple sand and abundant burrows, and (6) fluvial channels fills to flood plain deposits in delta plain of alternation of sand and mud. The AMS radiocarbon dates of 21 numbers, covering 11,090 to 2,350 yrBP in radiometric <sup>14</sup>C ages, indicate that the incised valley fills were formed by a set of transgression and regression. Sediment properties, such as N-value, mud contents, bulk densities, magnetic susceptibility, water contents, luminosity and color contrasts tend to vary with horizon and sedimentary facies

**Keywords:** Holocene, incised-valley fill, Tokyo Lowland, sedimentary facies, physical property, radiocarbon date

### 要 旨

東京低地に位置する東京都江戸川区小松川地区で掘削した沖積層ボーリングコア(GS-KM-1)について、堆積相、AMS放射性炭素年代、堆積物物性を解析し、堆積環境、堆積相と堆積物物性との関係、層序について検討を行った。本コアは、Unit 1からUnit 9の9つの層相ユニットに区分され、そのうち、深度67.3～65.0 mのUnit 1は下総層群相当で、その上位に沖積層にあたるUnit 2からUnit 9が重なる。沖積層は堆積相・貝化石相の特徴に基づいて、下位から河川チャネル充填堆積物 (Unit 2とUnit 3)、塩水湿地・泥質干潟とそこに形成された潮汐チャネルや氾濫原の堆積物 (Unit 4とUnit 5)、砂質干潟・砂州堆積物 (Unit 6)、プロデルタ

からデルタフロントの堆積物 (Unit 7とUnit 8)、デルタプレーンの河川チャネル・氾濫原堆積物 (Unit 9)の5つの堆積相にまとめられる。21試料の放射性炭素年代値は、沖積層が11,000 yrBP以前から2,000 yrBPまで、一つの海進・海退のサイクルを示し整合的に積み重なったことを示している。層相区分と、泥分含有率・湿潤かさ密度・乾燥かさ密度・帯磁率・含水比及びN値等の堆積物物性の特徴とがよく対応していることがわかった。

### 1. はじめに

東京低地の地下には、最終氷期最盛期頃までに開析された谷を埋積する沖積層が分布する。東京低地の沖

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

<sup>2</sup>福岡大学理学部地球圏科学科 (Department of Earth system science, Faculty of Science, Fukuoka University, Jonan-ku, Fukuoka, 814-0180 Japan)

<sup>3</sup>名城大学理工学部環境創造学科 (Department of Environmental Science and Technology, Faculty of Science & Technology, Meijo University, Tempaku-ku, Nagoya, 468-8502 Japan)

<sup>4</sup>東京都土木技術研究所 (Institute of Civil Engineering of Tokyo Metropolitan Government, 1-9-15, Shinsuna, Kouto-ku, Tokyo-to, 136-0075 Japan)

積層に関して、現在も継承されている層序区分は、当初、青木・柴崎(1966)、青木(1969)、東京都土木技術研究所(1969)らによって提示された。彼らによれば、東京低地の沖積層は、淡水成・汽水成の砂泥互層からなる下部の七号地層と、海成の粘性土を主体とする上部の有楽町層とに区分され、両層は1万年前頃に形成された不整合面で境されていると考えられている。これらの地層について、Kaizuka *et al.*(1977)は更に、沖積層の基底礫層(Basal Gravel: BG)、有楽町層基底の中間砂層を識別した。また、Endo *et al.*(1982)と遠藤ほか(1983)は、有楽町層の基底礫層を認定し完新統基底礫層(Holocene Basal Gravel: HBG)と命名した。Kaizuka *et al.*(1977)の中間砂層、すなわち有楽町層の基底は貝化石を含む海成砂層であるのに対し、Endo *et al.*(1982)による HBG は河川成堆積物とされている。この HBG の提唱により、有楽町層基底の層準が従来よりもより下位の層準に変更されたことになる。清水ほか(1995)は、東京臨海部において、従来標高 -30 m であった有楽町層基底を、HBG と対比することで -50 m に変更している。堆積物物性の点では、七号地層は泥層で 5~10、砂層で 10~30 と比較的高い N 値を示す堆積物から構成されるのに対し、有楽町層は N 値が 0 に近い軟弱な堆積物から構成される(例えば、N 値の話編集委員会編、1998)と考えられることが多い。

これまで、東京低地と中川低地を含む奥東京湾(遠藤ほか、1983)地域の沖積層を対象にしたオールコアボーリング調査によって、詳細な堆積相の観察や高密度な放射性炭素年代測定を実施した例は限られていた。このような沖積層の模式層序を確立するためには、なるべく多くのコア試料の堆積相とその年代値に基づいた解析が必要である。高密度な放射性炭素年代を行った例としては、東京低地では江東区大島の D-K09801 コア(中山ほか、1999; 第 1 図 c)と臨海部の江東区枝川のコア(中山・中村、2000; 第 1 図 b)、中川低地では三郷市花和田の MS-3 コア(遠藤ほか、1992; 第 1 図 b)があげられる。これらの研究では、珪藻化石を用いた堆積環境の推定を行っている(例えば、小杉、1989)。しかし、堆積構造や堆積物の粒度の垂直変化に着目した堆積学的な検討はほとんどなされてこなかった。一方、放射性炭素年代に関してみると、採取地点に偏りがあり、いずれの研究でも不整合の真偽を明らかにする上で重要な七号地・有楽町両層境界付近の年代データが十分な精度で得られていないなどの課題が残されている。

産業技術総合研究所では、ユニット融合的共同研究「大都市圏の平野地下地質・構造の総合的解析と地震動予測等の応用研究」(平成14年度)及び分野重点課題「大都市圏の地質災害軽減・環境保全を目的とした地質学的総合研究」(平成15年度~)の研究プロジェクトの中で、東京低地と中川低地における沖積層の模式層序を

確立するために、ボーリング調査や既存のボーリングの見直しを行っている。本プロジェクトにおけるボーリング調査の特色は、オールコア試料について、(1)層相と貝化石相に基づき、堆積相・堆積システムを認定すること、(2)放射性炭素年代値を高密度に測定することで、堆積環境のダイナミックな変遷を解明すること、そして、(3)認定した堆積相と堆積物の各種物性(含水比、密度、N 値、S 波速度など)を対比し、その関係を解明することにある。そして以上の過程を経て、成因的かつ高精度な沖積層の模式層序を確立することを目的としている。本論で扱う沖積層コア(GS-KM-1)は、平成14~15年度に東京低地のほぼ中央部、東京都江戸川区小松川地区で掘削された。

本論ではGS-KM-1に認められる堆積相と放射性炭素年代に基づいて、東京低地の沖積層の堆積環境とその変遷を議論し、それらと堆積物の物性との関係を明らかにする。なお、本論文では既存研究との比較のため、同位体分別を補正していない同位体分別無補正<sup>14</sup>C年代(Radiometric <sup>14</sup>C age)(中村、2001)を用いる。

## 2. 掘削位置と東京低地の沖積層層序

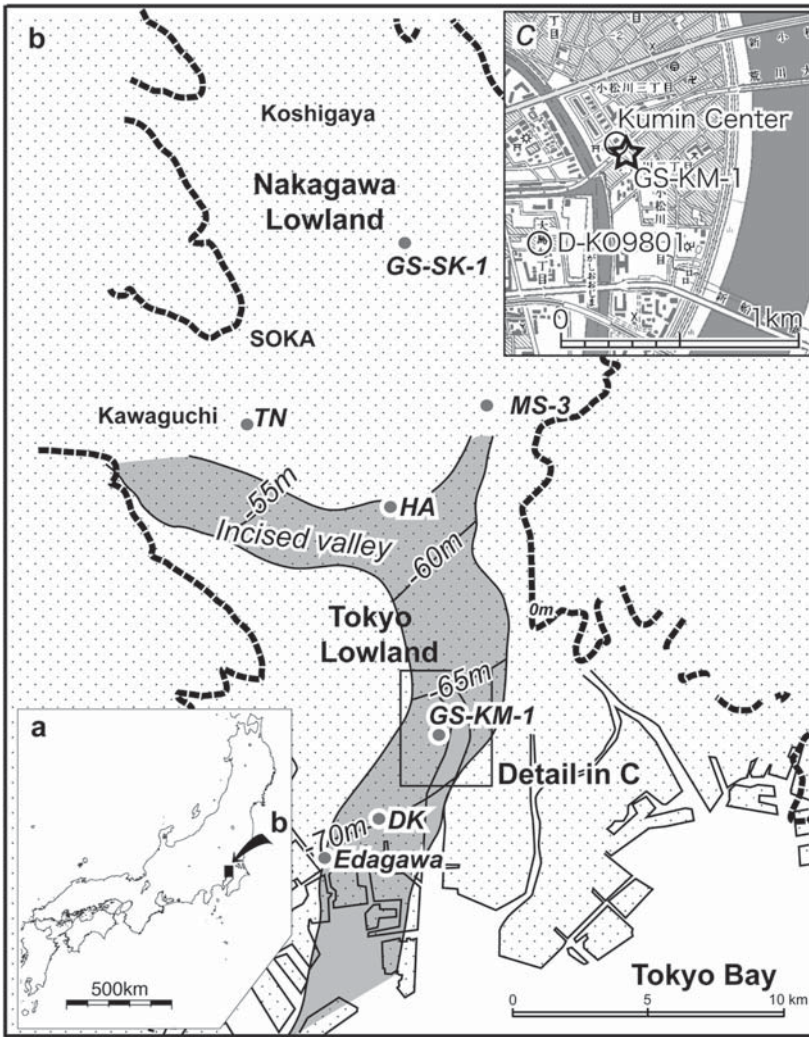
GS-KM-1 コアは、東京低地の中央部に位置する東京都江戸川区小松川2丁目3番地の東京都再開発事務所の管理地内にて掘削された(第1図)。掘削地点の位置は北緯35度41分33.4秒、東経139度51分9.1秒、標高はT.P. -1.99 m である。なお、GS-KM-1は半径約3 m以内で掘削されたGS-KM-1A、GS-KM-1B(2003年3月掘削)、及びGS-KM-1C(2003年10月掘削)の総称である。

本地点は、荒川と旧中川に挟まれたデルタプレーンに位置しており、東京都土木研究所(1996)によると、古東京川の埋没谷の中央部付近にあたる。また、この付近はいわゆるゼロメートル地帯として有名であり、明治時代以降の地下水揚水の結果、著しい地盤沈下が発生している。ボーリング地点にもっとも近い江東区亀戸7丁目の水準基標では、明治23年以降累計変動量で -428.69 cm の地盤沈下を起こしている(東京都土木技術研究所、2003)。また、江東区大島4丁目の大島地盤沈下測定井では、1950年以降216.43 cm の地盤沈下が発生し、そのうち、沖積層基底の変動量は31.5%、沖積層の変動量は68.5%と見積もられている(東京都土木技術研究所、2003)。地盤沈下前の堆積物試料の標高を求めるためにはこうした地盤沈下量の復元が必要となるが、本研究では補正を行っていない。

## 3. 掘削方法

最初にGS-KM-1A コアを掘削したが、その掘削時の





第1図 GS-KM-1とその関連するボーリングコアの掘削地点と東京・荒川低地下に伏在する埋没谷の分布(東京都土木研究所, 1996). 区民センターコアとD-K09801コア(中山ほか, 1999)は本文で詳細が記述されている。また, GS-SK-1, TN, HA, DKの各コアについては, 本特集号において別途報告されている。枝川コアとMS-3コアについては, それぞれ中山・中村(2000)と遠藤ほか(1992)で詳細が報告されている。埋没谷中の線は基底礫層の等深線を示す。

Fig. 1 Location maps (a, b, c) of the GS-KM-1 and other related borehole sites marked as closed circles, indicating distribution of an incised valley under the Tokyo and Arakawa Lowlands. The distribution of an incised valley is after Inst. of Civil Eng. of TMG (1996). Boreholes of Kumin center and D-K09801(Nakayama *et al.*, 1999) are referred as in detail in text. GS-SK-1, TN, HA, and DK cores are reported in this special issue. The Edagawa and MS-3 cores have been reported by Nakayama and Nakamura (2000) and Endo *et al.* (1992), respectively. Contour lines in the valley mean the thickness of the basal gravel.

砂層の欠損を補完するために, GS-KM-1Bコア(深度51.5~60.0 m)を採取し, 更にGS-KM-1AコアとGS-KM-1Bコアの層相対比における深度のずれを確認するためにGS-KM-1Cコア(深度0.0~65.9 m)を採取した。

各コアの採取は以下のサンプラーを用いた(第1表)。GS-KM-1Aコアは, 表層2 mについては素掘りのためコアは採取されていないが, 深度2.0~19.5 mで固定ピストン式シンウォールサンプラー, 深度19.5~59.6 mでロータリー式三重管サンプラー, 深度59.0~67.2 mで直径の細い打ち込み式のコアパックサンプラーを用いてそれぞれ採取された。GS-KM-1Bコア(深度51.5~60.0 m)ではロータリー式三重管サンプラーを用いた。GS-KM-1Cコアでは, 深度0.0~59.0 mではロータリー式三重管サンプラー, 深度59.0~65.9 mで打ち込み式のコアパックサンプラーを用いた。コア径は, シンウォールサンプラーは, 孔径75 mm, コア径約66 mm, 三重管サンプラーは孔径86 mm, コア径約75 mm, 打ち込み式コアパックは孔径66 mm, コア径50 mmである。なお, 三重管を用いると, コア先端部分が10 cm程度管に収まらないため, この部分は別に採取し密

Depth (m)	GS-KM-1A	GS-KM-1B	GS-KM-1C
	Depth(m) sampler	Depth(m) sampler	Depth(m) sampler
0.00	2.00		0.00
10.00	thin-walled		
20.00		19.53	
30.00	triple tube		triple tube
40.00			
50.00			
60.00	core pack	51.53	triple tube
67.23		60.00	
			59.00
			65.90
			core pack

第1表 GS-KM-1コア掘削のサンプラーとその深度  
Table 1 Sampler types of each borehole in the GS-KM-1

閉容器に入れて保管した。

#### 4. コアの解析手法と手順

得られたコアはすべて半裁し、半分を各種サンプリング、もう半分を記載用及び保存用とした。コアの解析は、半裁直後の記載、軟X線写真撮影、剥ぎ取り試料に基づく堆積物の記載、Multi Sensor Tracker (Geotek社製 Multi-Sensor Core Logger; 以下 MSCL と略す) による  $\gamma$  線透過率及び帯磁率の測定、デジタル土色計 (MINOLTA 社製 AD-503) による  $L^*a^*b^*$  表色系の測定、キューブ試料 (容積 7cc) の連続採取とそれを用いた各種堆積物物性の測定、放射性炭素年代値の測定である。

##### 4.1 コアの記載

最終的なコアの記載は、コア半裁直後の一次記載、半裁したコアの裸眼写真、軟X線写真、剥ぎ取り試料を元に、堆積構造、粒度、生痕、色調に注目して行った。

一次記載は、半裁直後のまだ湿潤状態のコアの表面を整形し、観察を行った。基本的に1/4縮尺でスケッチを行った。

軟X線写真撮影は、有田・中村 (1981)、有田 (1983) の方法に従い、厚さ 1.3 cm、幅 6.0 cm、長さ 25.0 cm もしくは 20.0 cm の透明アクリルケースを用いて堆積物試料を半割したコアから直接採取し、試料が乾かないうちに撮影を行った。撮影時のX線の強度条件は管電圧 40～50 kVp、電流 3～4 mA、照射時間 40 秒程度を目安とした。増感紙及び印画紙を入れた撮影ケースの上にサンプルを置いてその陰画を撮影した。

剥ぎ取り試料は、次の手順で作成した。1) 半割したコアがある程度乾いた後、グラウト剤である OH-1A (東邦化学工業株式会社) を水で約 5～10% に希釈したものを直接コア表面にかける。2) 裏打ちとして不綿布または農業用ネットをあて、数分して半固結状態にさせたあとコアから引き剥がす。3) 剥がした試料をプラスチック製段ボール板に貼り付けて乾燥させる。

##### 4.2 密度

密度は、MSCL でコアチューブを半裁する前の  $\gamma$  線透過率として、また、連続採取された 7cc のポリカーボネイトキューブに詰めて得られた試料を用いてそれぞれ求めた。以下、測定方法をそれぞれ記載する。

MSCL はコアを移動させながら、非破壊で連続的に物性値を測定する装置で、 $\gamma$  線透過率、帯磁率、半裁したコアの場合は PS 波速度、コアの半径、色調などを自動的に測定できる。今回は  $\gamma$  線透過率と帯磁率を測定した。 $\gamma$  線透過率は、線源として  $^{137}\text{Ce}$  (370Bq) を用いて、1 cm の測定間隔で 10 秒間照射し  $\gamma$  線量を測定した。各点の  $\gamma$  線透過率は cps 単位で表示される。 $\gamma$  線透

過率は密度と逆相関することが知られている。 $\gamma$  線透過率から湿潤密度への変換は、同様の条件でアルミ板を測定して得られたキャリブレーションカーブを利用した。なお、MSCL の  $\gamma$  線透過率から密度を求めるためには、水の密度補正も必要であるとされているが今回は行っていない。

キューブ試料は、コア半裁直後に約 2.3 cm 角のキューブを連続的に埋め込んでサンプリングされた。採取直後に計測された重量 (湿潤重量) と、60 °C で 48 時間乾燥させた後の重量 (乾燥重量) を測定しているの、それぞれの重量からキューブ本体の重量を引いたものをキューブ試料の体積 (7cc) で割って湿潤密度及び乾燥かさ密度を求めた。

深度 19.53 m 以浅は、それ以深よりもコアの内径が約 87% 細く  $\gamma$  線透過率が高くなるため、その分  $\gamma$  線透過率を補正した。また、深度 59.60 m 以深の礫層は、キューブを使ってサンプリングできないため、その測定値が得られていない。また、コアパックで採取したコアについては MSCL の測定値を得ていない。

##### 4.3 帯磁率

帯磁率の変化は、磁性鉱物や磁性を示す岩片の含有率を反映するといわれる。今回は MSCL とキューブ試料を用いた測定を行った。

MSCL の帯磁率測定ではコアチューブの径に適した大きさのループセンサー (125 mm 径) を用い、 $\gamma$  線透過線量と同様に 1 cm 間隔で測定した。キューブ試料の測定では、試料を 60 °C で 48 時間乾燥させた後、Bartington 社製 MS-2 型帯磁率計を用いて測定した。

なお、MSCL による帯磁率についても、帯磁率と同様にサンプラーの違いによる補正などを行った。また、深度 59.60 m 以深の礫層は、キューブを使ってサンプリングできないため、その測定値が得られていない。

##### 4.4 色調の測定

色調の測定は、デジタル土色計を用いた。半割したコアを観察後乾燥や酸化の防止と土色計が汚れるのを防ぐため、速やかに食品包装用ラップフィルム (旭化成製 サランラップ) で覆い、その上から 5 cm 間隔で  $L^*a^*b^*$  表色系による測定を行った。

##### 4.5 泥分含有率

泥分含有率は、キューブ試料を用いて 20 cm 間隔で測定した。63  $\mu\text{m}$  の篩を利用して、流水下で細粒分を洗い流し、その残渣を乾燥させた後、重量 (残渣重量) を測定し泥分含有率を求めた。

##### 4.6 含水比

含水比はキューブ試料の湿潤重量と、60 °C で 48 時間



乾燥させた後に計量した乾燥重量を用いて求めた。

#### 4.7 放射性炭素年代測定

質量加速器(AMS)による放射性炭素年代測定をBeta Analytic社(第2表: Sample code Beta 177895~177910, 183669~183673)及び核燃料サイクル機構(第2表: Sample code JNC5567~5568)に依頼した。これらの結果についてコア名、深度、試料の種類、 $\delta^{13}\text{C}$ 濃度、暦年較正年代及びサンプルコードを第2表にまとめた。

年代試料として、原則として3 mに1試料の割合で、また堆積相境界を認定するために重要と思われる層準については重点的に、合計24試料の貝化石と植物・木片を採取した。貝化石は可能な限り原地性と考えられる合弁で殻の保存状態の良い、そして極力その種の同定できるものを利用した。貝化石を含まない層準では木片や植物根を利用した。

### 5. 層相記載及び測定結果

前章にあげた検討項目ごとに詳細を述べる。

GS-KM-1A, GS-KM-B及びGS-KM-1Cコアの堆積柱状図とそれらをまとめた総合堆積柱状図を第2図に、堆積相の写真を第3図に、GS-KM-1AとGS-KM-1Cコアの堆積物物性の測定結果を第4図にそれぞれ示す。

本報告では、主に深度2.0~40.0 m、深度65.0 m以深の層相はGS-KM-1A、深度40.00~65.00 mの層相はGS-KM-1Cをもとに記述し、コアの脱落や力学試験試料採取などで欠損しているところについては他のコアで補完して記載した。補完して記載した部分については特にコア名と深度を付記した。

なお、貝化石の記載については中島ほか(2004)を参照されたい。

#### 5.1 層相

GS-KM-1コアは、下位から砂層(Unit 1)、礫層(Unit 2)、礫質砂層(Unit 3)、砂優勢砂泥互層(Unit 4)、泥優勢砂泥互層(Unit 5)、貝殻混じり砂層(Unit 6)、泥層(Unit 7)、シルト質砂泥互層(Unit 8)、砂泥互層(Unit 9)の9つの層相単元から構成されている(第2図)。このうちUnit 2~Unit 9が沖積層にあたり、Unit 2からUnit 7下部にかけて上方細粒化し、Unit 7上部からUnit 9にかけて粗粒化する傾向がある。以下に各層相単元について説明してゆく。

##### 砂層 (Unit 1)

深度: 67.3 ~ 65.0 m

記載: Unit 1は、貝化石を含む砂層から構成されている(第3図A)。砂層は、20~50 cmに成層し、上方細

粒化する中粒-粗粒砂から構成される。砂層の下面には小規模な削り込みが見られ、平板型及びトラフ型斜交層理が発達する。この砂層中からは、1 cm未満の貝殻片(トウキョウホタテが多い)が密集して産出する。深度67.0~66.0 mには、厚さ10 cm程度のシルト層がみられるほか、数cm×10 cmの細長いパッチ状のシルトが含まれることがある。

解釈: 鮮新-更新世の示準化石であるトウキョウホタテが産出することから、このユニットは沖積層の下位にある下総層群相当層の浅海性堆積物であると考えられる(中島ほか, 2004)。得られたコアはそれほど長くないこと、この周辺の下総層群の実体が明らかでないことなどから、その堆積環境の詳細は不明である。

##### 礫層 (Unit 2)

深度: 65.0 ~ 60.0 m

記載: 本ユニットは細礫-中礫サイズの礫を含む砂質礫層(第3図B)からなる。下位のUnit 1に明瞭な境界をもって累重する。礫層には4つの上方細粒化シーケンスが認められる(第2図)。シーケンス内では、最大礫径が5~6 cmから2~3 cmへと減少し、礫層の支持様式が礫質支持から基質支持へと変化することにより、上方細粒化の層相を呈する。各シーケンスの層厚は20~150 cmで、下面との粒度差は明瞭なことが多い。礫は砂岩、頁岩、チャート等の円-亜円礫が卓越する。解釈: 本ユニットは、下位の下総層群相当層(Unit 1)に侵食的に累重し、上位の蛇行河川チャネル堆積物(Unit 3)へと漸移的に変化することから、河川チャネル充填堆積物であると考えられる。

##### 礫質砂層 (Unit 3)

深度: 60.0 ~ 52.0 m

記載: 本ユニットは主として細礫-細礫混じりの中粒砂から構成される(第3図C)。本ユニットは、下位のUnit 2から漸移的に変化し、全体として上方に細粒化する。ユニット内でも、層厚が数10~100 cmで、細礫と中礫混じりの粗粒砂から細礫と細礫混じりの中粒砂へと変化する、上方細粒化シーケンスが認められる。上方細粒化シーケンスの下面は明瞭で侵食的である。本ユニットの上部の深度47.7~45.0 mでは中粒-粗粒砂から構成される急傾斜な斜交層理がみられる。

深度57.43 mの木片から、 $11,090 \pm 104$  yrBPの放射性炭素年代値が得られている。一方、深度57.35 mから産出したツメタガイの放射性炭素年代を測定したところ、 $3,087 \pm 64$  yrBPであった。貝殻片は測定試料を含む深度57.50~56.53 mのコアにだけ認められ、葉理などの堆積構造がなく全体に擾乱されている(第2表)。ツメタガイが堆積相から推定される堆積環境と異なること、測定年代が近傍の年代値より著しく新しいこと、

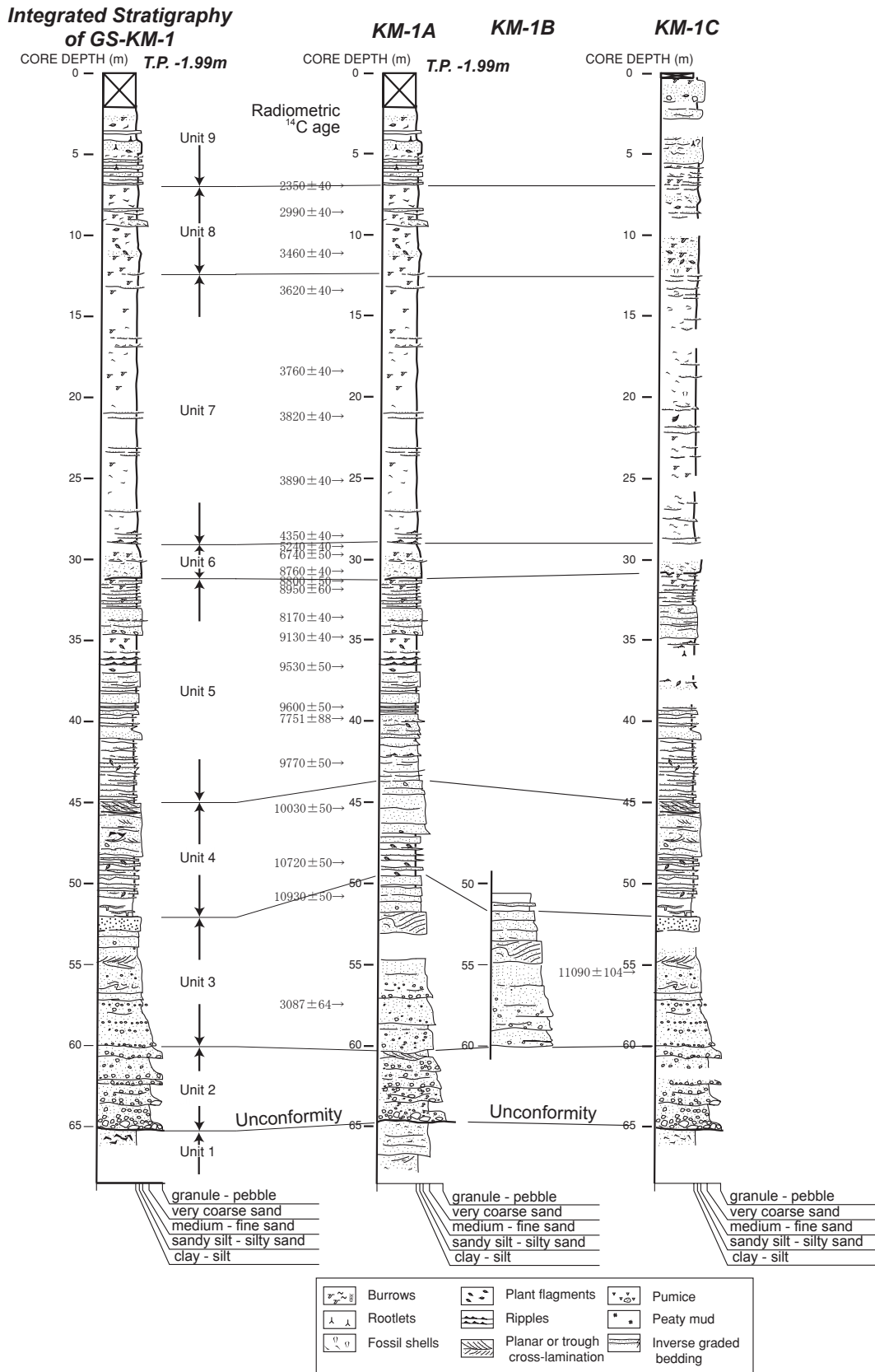
Sample number	Depth in core (m)	Calibrated depth* (m)	Elevation		Material	Species	delta <sup>13</sup> C (permil)	Radiometric <sup>14</sup> C age		Error	Conventional <sup>14</sup> C age		Error	Calibrated <sup>14</sup> C age		Sample code
			Core site (m)	Sample (m)				(yr BP)	(yr BP)		(yr BP)	(yr BP)		(young)	(mean)	
GSKM6	7.05		-1.99	-9.04	Shell	<i>Rarellaps pulchellus</i> (Adams et Reeve)	-1.8	2350	40	2396	2472	2344	40	2408	64	Beta 177895
GSKM8	8.74		-1.99	-10.73	Shell	<i>Dosinella angulosa</i> (Philippi)	-0.7	2990	40	3258	3319	3207	40	3263	56	Beta 177896
GSKM11	11.13		-1.99	-13.12	Shell	<i>Cryptomya bisoensis</i> Yokoyama	-0.6	3460	40	3821	3864	3760	40	3812	52	Beta 177897
GSKM14	13.67		-1.99	-15.66	Shell	<i>Dosinella angulosa</i> (Philippi)	-1.1	3620	40	3998	4078	3958	40	4018	60	Beta 177898
GSKM19	18.44		-1.99	-20.43	Shell	<i>Dosinella angulosa</i> (Philippi)	-3.0	3760	40	4154	4230	4100	40	4165	65	Beta 177899
GSKM22	21.12		-1.99	-23.11	Echinoderm	unknown	-0.9	3820	40	4323	4382	4246	40	4314	68	Beta 177900
GSKM26	25.05		-1.99	-27.04	Echinoderm	unknown	-1.5	3890	40	4400	4425	4349	40	4387	38	Beta 177901
GS-KM-1-2866	28.66		-1.99	-30.65	Shell	unknown	-2.8	4350	40	4920	4970	4860	40	4915	55	Beta 183669
GS-KM-1-2910	29.10		-1.99	-31.09	Shell	unknown	0.5	5240	40	6050	6110	5990	40	6050	60	Beta 183670
GSKM31	29.66		-1.99	-31.65	Shell	unknown	1.7	6740	50	7643	7673	7589	50	7631	42	Beta 177902
GS-KM-1-3088	30.88		-1.99	-32.87	Shell	<i>Potamocorbula</i> sp.	-1.9	8760	40	9810	9920	9580	40	9750	170	Beta 183671
GSKM32	31.23		-1.99	-33.22	Shell	<i>Corbicula japonica</i> Prime	-4.9	8800	50	9809	9843	9596	50	9720	124	Beta 177903
GS-KM-1-3185	31.85		-1.99	-33.84	Shell	<i>Potamocorbula</i> sp.	-1.9	8950	60	9970, 9900, 9870	10280	9810	60	10045	235	Beta 183672
GSKM35	33.66		-1.99	-35.65	Shell	<i>Potamocorbula</i> sp.	-0.7	8170	40	8996	9270	8949	40	9110	161	Beta 177904
GS-KM-1-3487	34.87		-1.99	-36.86	Plant material	---	-28.2	9130	40	10220	10240	10210	40	10225	15	Beta 183673
GSKM38	36.74		-1.99	-38.73	Wood	---	-27.5	9530	50	10731, 10714, 10698	11056	10603	50	10830	227	Beta 177905
GSKM40	39.05		-1.99	-41.04	Wood	---	-25.0	9600	50	11071, 10938, 10867	11155	10756	50	10956	200	Beta 177906
KM1A3971	39.71		-1.99	-41.70	Shell fragment	unknown	-0.6	7751	88	8151	8765	8512	88	8639	127	JNC5567
GSKM44	42.64		-1.99	-44.63	Wood	---	-27.7	9770	50	11171	11195	11158	50	11177	19	Beta 177907
GSKM48	45.35	45.46	-1.99	-47.34	Wood	---	-28.1	10030	50	9980	11337, 11317, 11302	11551	50	11257	147	Beta 177908
GSKM51	48.78	50.06	-1.99	-50.77	Wood	---	-29.9	10720	50	12813, 12718, 12666	12889	12444	50	12667	223	Beta 177909
GSKM54	50.90	54.01	-1.99	-52.89	Wood	---	-13.6	10930	50	11120	13164	13005	50	13085	80	Beta 177910
KM1C5543	55.43		-1.99	-57.42	Wood	---	-28.7	11090	104	104	13197	12976	104	13087	111	JNC5569
KM1A5735	57.35	60.00	-1.99	-59.34	Shell fragment	unknown	-1.2	3087	64	3477	3433	3290	64	3562	72	JNC5568

第2表 GS-KM-1 コアから得られた放射性炭素年代測定結果

暦年は, KM1A3971, KM1A5735 と KM1C5543 の 3 試料については CALIB 4.4 (Stuiver et al., 1998), それ以外の試料については CALIB 4.3 (Stuiver et al., 1998). によって求められた。貝試料の暦年計算において, Delta R と marine carbon はそれぞれ 0 と 100% とみなした。Calibrated depth は GS-KM-1B または GS-KM-1C から採取した試料の深度について, それに相当する GS-KM-1A の深度を示す。

Table 2 Summary of radiocarbon dates obtained from the GS-KM-1 core

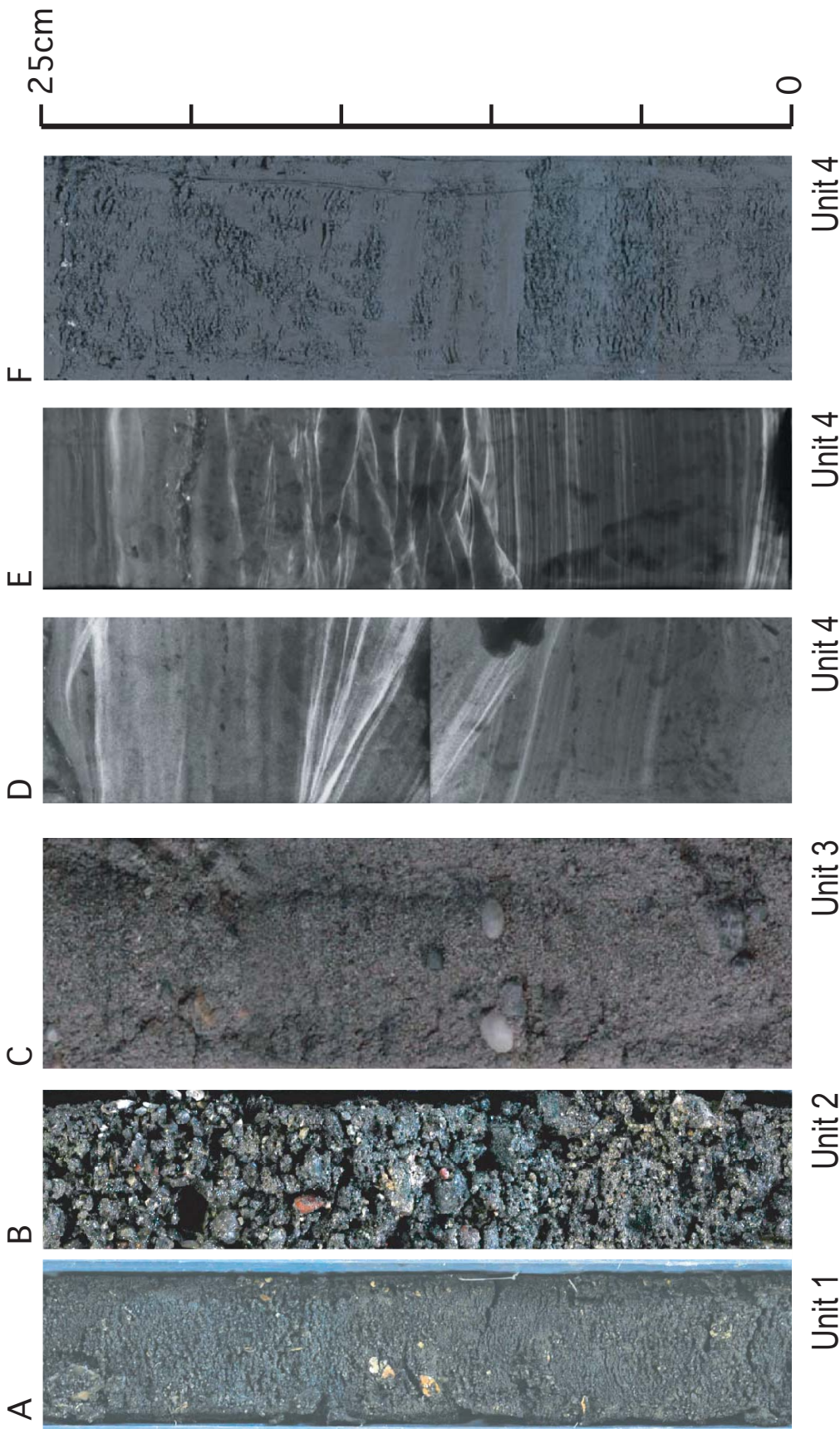
Calibrated <sup>14</sup>C ages, except for those of KM1A3971, KM1A5735, and KM1C5543, were calculated using CALIB 4.4, and other three samples using CALIB 4.3 (Stuiver et al., 1998). Delta R and marine carbon were respectively regarded as 0 and 100% for the calibration of shells. \* Calibrated depth means depth in core of GS-KM-1A core comparable to that of GS-KM-1B or GS-KM-1C from which samples were picked up.



第2図 GS-KM-1 (GS-KM-1A, 1B and 1C)コアの地質柱状図。総合柱状図はGS-KM-1A,1B及び1Cの地質柱状図に基づいて編纂された。

Fig. 2 Geological columns of cores from borehole GS-KM-1. The column indicating the integrated stratigraphy of the GS-KM-1 is compiled based on columns of GS-KM-1A, 1B and 1C. Locations are shown in Fig. 1.





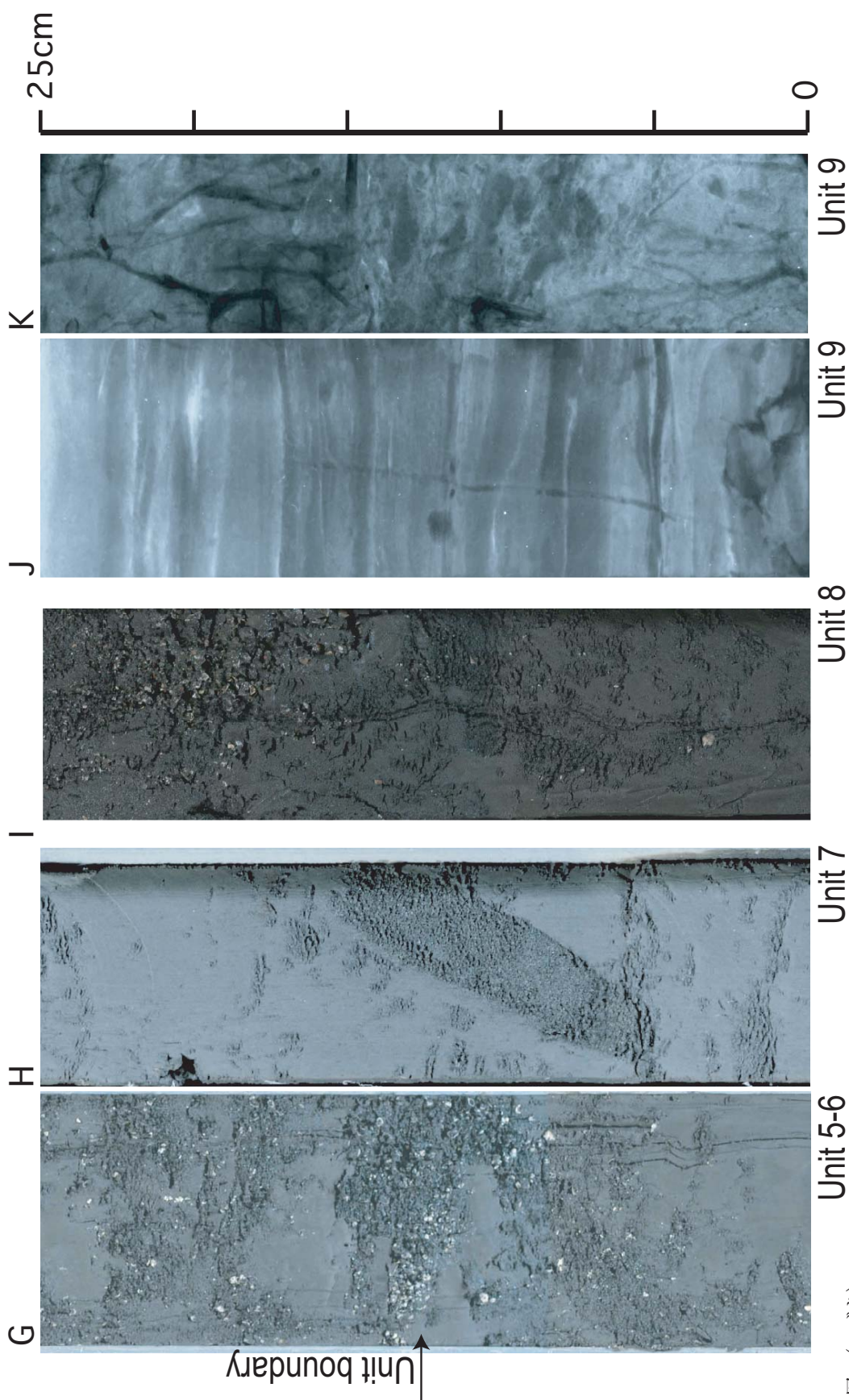
第3図 GS-KM-1 コアの堆積構造を示す写真。

A: 貝化石片を含む粗粒砂層(Unit 1; 深度 65.00 ~ 65.25 m, KM-1A). B: 中礫 (Unit 2; 深度 63.85 ~ 64.10 m, KM-1C). C: 高角斜層理が発達するハミス質砂層(Unit 3; 深度 57.03 ~ 57.28 m, KM-1A). D: トラフ型斜交層理を持つ砂層(Unit 4; 深度 51.20 ~ 51.45 m, KM-1A). E: 双方向に傾くリップル層理の見られる砂層(Unit 4; 50.00 ~ 50.25 m, KM-1A). F: リズミックな平行葉理が発達するシルト (Unit 5; 32.60 ~ 32.85 m of GS-KM-1C).

Fig. 3 Photographs of the core (A, B, F-I), stripped core sample (C) and soft-X (negative) (D, E, J, K), indicating typical sedimentary facies.

A: coarse sand with shell fragment (Unit 1; 65.00 ~ 65.25 m of GS-KM-1A). B: pebble-bearing conglomerate (Unit 2; 63.85 ~ 64.10 m of GS-KM-1C). C: high-angle cross stratified pumiceous sand with pebble (Unit 3; 57.03 ~ 57.28 m of GS-KM-1A). D: trough cross stratified sand (Unit 4; 51.20 ~ 51.45 m of GS-KM-1A). E: bi-directed ripple stratified sand (Unit 4; 50.00 ~ 50.25 m of GS-KM-1A). F: silt rhythmically interbedded with parallel lamination (Unit 5; 32.60 ~ 32.85 m of GS-KM-1C).





第3図 (つづき)

G: 砂で充填された生痕が発達する砂シルト互層(Unit 5とUnit 6の境界付近; 深度31.05～31.30 m, KM-1A). H: 上部の生痕の見える粗粒シルト(Unit 7; 13.1～13.35 m: KM-1A). I: 貝殻片混じりの細礫に削られたシルト層(Unit 8; 9.20～9.45 m, KM-1A). J: 平行葉理・リップル葉理の見えるシルトと細粒砂(Unit 9; 6.60～6.85 m, KM-1A). K: 植物根を含む淘汰の悪いシルト層(Unit 9; 深度2.40～2.65 m: KM-1A).

コアの写真: A, B, F-I, 剥ぎ取り写真: C, 軟X線写真: D, E, J, K.

Fig. 3 (continued)

G: alternation of sand and silt with sand-filled bioturbation (close to the boundary of Unit 5 and Unit 6; 31.05～31.30 m of KM-1A). H: massive coarse silt with burrow (Unit 7; 13.10～13.35 m of GS-KM-1A). I: silt scoured by granule sand with shell fragment (Unit 8; 9.20～9.45 m of GS-KM-1A). J: parallel to ripple laminated silt and fine sand (Unit 9; 6.60～6.85 m of GS-KM-1A). K: ill-sorted silt with plant roots (Unit 9; 2.40～2.65 m of GS-KM-1A).

同様の年代値を示す層準(深度約11~9 m)のコア試料には海生の貝殻片が多数含まれていることから、孔壁から落下した貝殻片が何らかの過程でコア内部に混ざったものと推定できる。したがって、本論ではこのツメタガイとその年代値を意味のあるデータとして採用していない。

解釈: 下面が侵食的で層厚が数10~100 cmの、上方細粒化する砂礫層は、蛇行河川チャンネルによくみられる堆積物である(Miall, 1992)。なお、本ユニット上部に認められた高角な斜交層理を持つ砂層は、Convolute bedding (Miall, 1992)と考えられる。

#### 砂優勢砂泥互層 (Unit 4)

深度: 52.0~45.0 m

記載: 本ユニットは砂が優勢な砂泥互層から構成される(第2図)。砂層は層厚が5~20 cmの極細粒・細粒砂から構成され、逆級化するものもみられる。砂層中には、平行葉理のほか、トラフ型斜交層理(第3図D)、そして多方向を示すリップル葉理(第3図E)が見られる。泥層は炭質物を多く含む中粒・粗粒シルトから構成される。泥層には、極細粒砂と炭質物から構成される平行葉理を多く挟在する。また、深度52.0~48.1 mでは、暗灰色と紫灰色のシルトが数cm~10数cm間隔で互層をなす。深度51.9~51.4 mのシルトには、幅数mm~1 cmの細粒砂の脈が垂直方向に伸び、1~4 cmの波長で褶曲している。深度48.1~44.8 mの砂層には、中礫、マッドクラスト、そしてトラフ型斜交層理がみられる。

深度50.90 m, 48.78 m, 45.35 mの木片からは10,930 ± 50 yrBP, 10,720 ± 50 yrBP, 10,030 ± 50 yrBPの放射性炭素年代値がそれぞれ得られている(第2表)。解釈: 本ユニットの砂層に認められる“逆グレーディング構造”は、洪水氾濫堆積物に特徴的な堆積構造であるとされている(伊勢屋・増田, 1985; 増田・伊勢屋, 1985)。また、多方向を示すリップル葉理は、複数の流向を示すので、潮流が影響していたと解釈できる。そのためこの葉理がみられる砂層は、氾濫原の小流路を充填している、潮流の影響した河川チャンネル堆積物と考えられる。したがって、本ユニットは、潮流の影響した蛇行河川チャンネルから氾濫原の堆積物と解釈できる。深度51.5 m付近の砂脈は脈自体が褶曲していることから、堆積直後に液状化し、その後の圧密などの影響で脈が褶曲したと考えられる。

#### 泥優勢砂泥互層 (Unit 5)

深度: 45.0~31.2 m

記載: 本ユニットは、泥が卓越する砂泥互層から構成される。砂層には炭質物のほか、斜交層理、マッドクラストがみられる。深度41.0~40.2 mの砂層は中粒

砂から構成され、トラフ型斜交層理がみられる。深度34.5~34.0 mの砂層には二方向流を示すリップル葉理のフォアセットが観察できる。泥層は、炭質物を多く含む粗粒・中粒シルトから構成され、しばしば平行葉理が観察できる。深度32.7 m付近にはダブルマッドドレイブが見られる(第3図F)。深度35.0 m付近には植物根が認められる。本ユニットの深度32.9 m以浅では、中・粗粒砂で充填された生痕が見られ、上部ほど生痕の密度が増す。特に深度32.5~31.2 mでは貝殻片混じりの中・粗粒砂で充填された生痕が多数見られる。

GS-KM-1Aでは深度39.8~39.5 m付近の砂層中から、汽水生種のヌマコダキガイ類や海生種のヒメコマツガイなどの貝類、ウニ、有孔虫などの1 mm程度の破片が散在する。これに対して同層準と考えられるGS-KM-1Cコアの深度39.5~39.3 mの砂層は、貝殻片をほとんど含まれず、リップル型斜交層理を持つ軽石を含む細粒砂からなる。

本ユニットからは、9試料の貝殻と木片を用いて放射性炭素年代値が得られた(第2表)。堆積年代として採用できる7試料は9,770 ± 50 yrBP~8,760 ± 40 yrBPを示す(第2図及び第2表)。一方、残りの深度39.71 mと33.66 mから採取された貝殻片の放射性炭素年代値はそれぞれ7,750 ± 90 yrBPと8,170 ± 40 yrBPで、上下の試料よりも若い年代値を示す。これら2層準の層相はGS-KM-1AとGS-KM-1Cで異なっている。GS-KM-1Cでは明瞭な葉理が発達しているのに対して、GS-KM-1Aには堆積構造が見られず、貝化石の年代が周囲より若い年代値を示すことから、GS-KM-1Aのこの層準は掘削時に乱れて、貝化石は上位の層準から混入した可能性がある。そのため、GS-KM-1Aの39.80~39.50 mに含まれる貝化石とその放射性炭素年代値は使用しない。

解釈: 本ユニットの堆積相の特徴はUnit 4と類似するが、深度43 m付近に潮汐流の影響を示すダブルマッドドレイブが見られること、そして上部において海生と汽水生の貝化石がみられることから、Unit 4と比べ、泥質干潟などより海域に近い環境の堆積物が推定される。

#### 貝殻混じり砂層 (Unit 6)

深度: 31.2~29.5 m

記載: 本ユニットは、貝化石を多く含む細粒・中粒砂層から構成される(第2図)。Unit 5の最上部からUnit 6にかけては、中粒砂で充填された生痕の頻度が増すことにより、上方粗粒化の層相を呈し、ユニット境界はややあいまいである。本研究では、貝殻混じりの砂層の下限をUnit 6の下限とする(第3図G)。

本ユニットの下部では、汽水生のヌマコダキガイ類が多産し、上方に向かって海生砂底及び砂泥底種のマ



メウラシマガイ, バカガイ, エゾマテガイ, ウラカガミガイなどが異地性の産状でみられる。

深度 30.88 m, 29.66 m, 29.10 m から採取された貝殻片は, それぞれ 8,760 ± 40 yrBP, 6,740 ± 50 yrBP, 5,240 ± 40 yrBP の放射性炭素年代値を示す(第 2 表)。解釈:本ユニットは, 下位の泥質干潟相当の Unit 5 の上に漸移関係で重なり, 上位のプロデルタの Unit 7 へと漸移すること, そして産出する貝化石が下部の汽水生種から上部の海生種へと変化することから, 泥質干潟堆積物を覆う砂質干潟もしくは砂州の堆積物であると推定する。

### 泥層 (Unit 7)

深度: 29.5 ~ 12.5 m

記載:本ユニットは, 塊状から弱い平行葉理を持つ中粒・細粒シルトから構成され, Unit 6 から漸移的に変化する(第 2 図)。深度 29.5 ~ 25.0 m 付近まではシルト中の砂粒子が減少し, そして 25.0 m 付近から 12.5 m までは砂粒子が増加することで, それぞれ上方細粒化・上方粗粒化の層相を呈する。泥分含有率も深度 25.0 m 付近で最も高くなり 100% 近くに達する(第 4 図)。本ユニットの深度 20.0 ~ 15.0 m には直径が数 cm のコンクリーションが認められ深度 13.8 m 以浅には直径 2 cm 程度の生痕が発達する(第 3 図 H)。

本ユニットからは, ウラカガミ, ゴイサギガイ, イヨスタレガイなどの内湾性の貝化石, 及びウニ化石が多産する。本ユニットから採取された 6 試料の貝化石の放射性炭素年代値は, 5,240 ± 40 ~ 3,620 ± 40 yrBP を示す(第 2 表)。

解釈:本ユニットは泥質な堆積物から構成され, Unit 8 のシルト質砂泥互層へと上方粗粒化すること, そして内湾性の貝化石が産出することから, プロデルタ堆積物(Scruton, 1960; Coleman, 1981; Reading and Collinson, 1996)と考えられる。

### シルト質砂泥互層 (Unit 8)

深度: 12.5 ~ 7.0 m

記載:本ユニットは, シルトと細粒砂の互層から構成され, 砂層が厚層化することで上方粗粒化する。シルト層には貝殻片と中粒砂で充填される生痕が多くみられる。深度 9.2 ~ 9.3 m には, 細礫や貝殻片が密集した層がみられる(第 3 図 I)。

本ユニットからは砂泥底種のヒメカノコアサリ, バカガイ, マメウラシマガイや泥底種のヒメマスオガイなどが産出する。

本ユニットから採取された 3 試料の貝化石の放射性炭素年代値は, 3,460 ± 40 ~ 2,350 ± 40 yrBP を示す(第 2 表)。

解釈:本ユニットは, Unit 7 のプロデルタ堆積物から

漸移し, 上位の Unit 9 のデルタプレーン堆積物に移り変わる。よって, デルタフロント堆積物(Scruton, 1960; Coleman, 1981; Reading and Collinson, 1996)であると解釈される。

### 砂泥互層 (Unit 9)

深度: 7.0 ~ 2.0 m

記載:本ユニットは, 細粒砂とシルトの互層から構成され, 平行葉理とリップル型斜交層理が見られる(第 3 図 J)。ユニット下部の深度 7.0 ~ 4.0 m の間は上部ほど砂層の厚さが増す傾向がある。上部の深度 2.0 ~ 4.0 m はシルトを主とし, 植物根を多く含む(第 2 図, 第 3 図 K)。

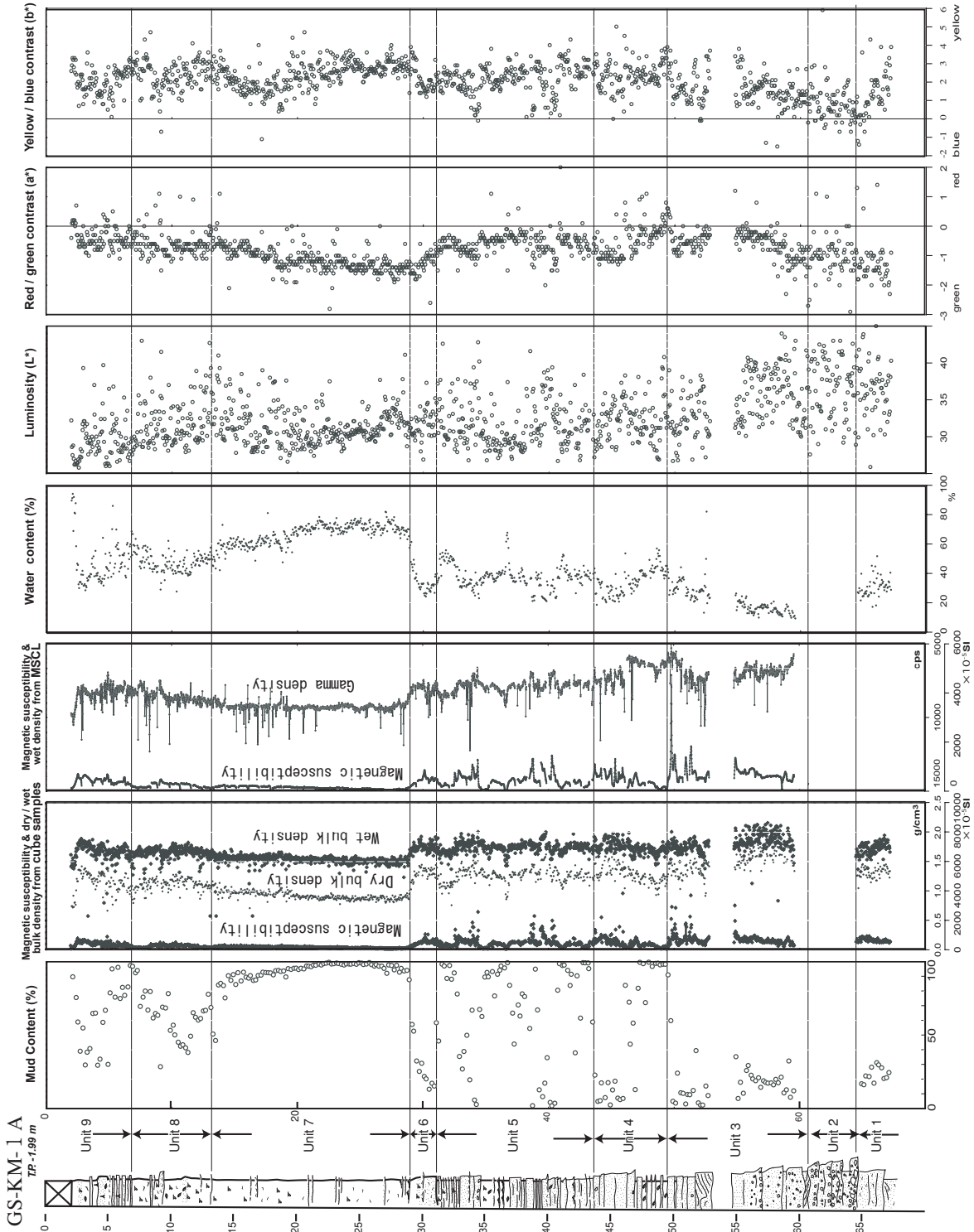
本ユニットの深度 7.0 ~ 4.0 m には, ヒメカノコアサリ, チヨノハナガイ, マメウラシマガイ, ヒメマスオガイなどが散在し, より上位の層準になるとエゾマテガイ, ハマグリ, ヒメカノコアサリなどが密集して産出する。また深度約 3.0 m の細粒砂層中には, 汽水生種であるヤマトシジミやマガキが散在的に産出する。解釈:本ユニットは, デルタの前進の結果, デルタフロント堆積物に累重したデルタプレーン堆積物(Scruton, 1960; Coleman, 1981; Reading and Collinson, 1996)であると解釈できる。本ユニットの下部からは汽水棲貝化石が産出することから干潟の堆積物, 上部には植物根がみられることから氾濫原の堆積物と推定される。

## 5.2 密度

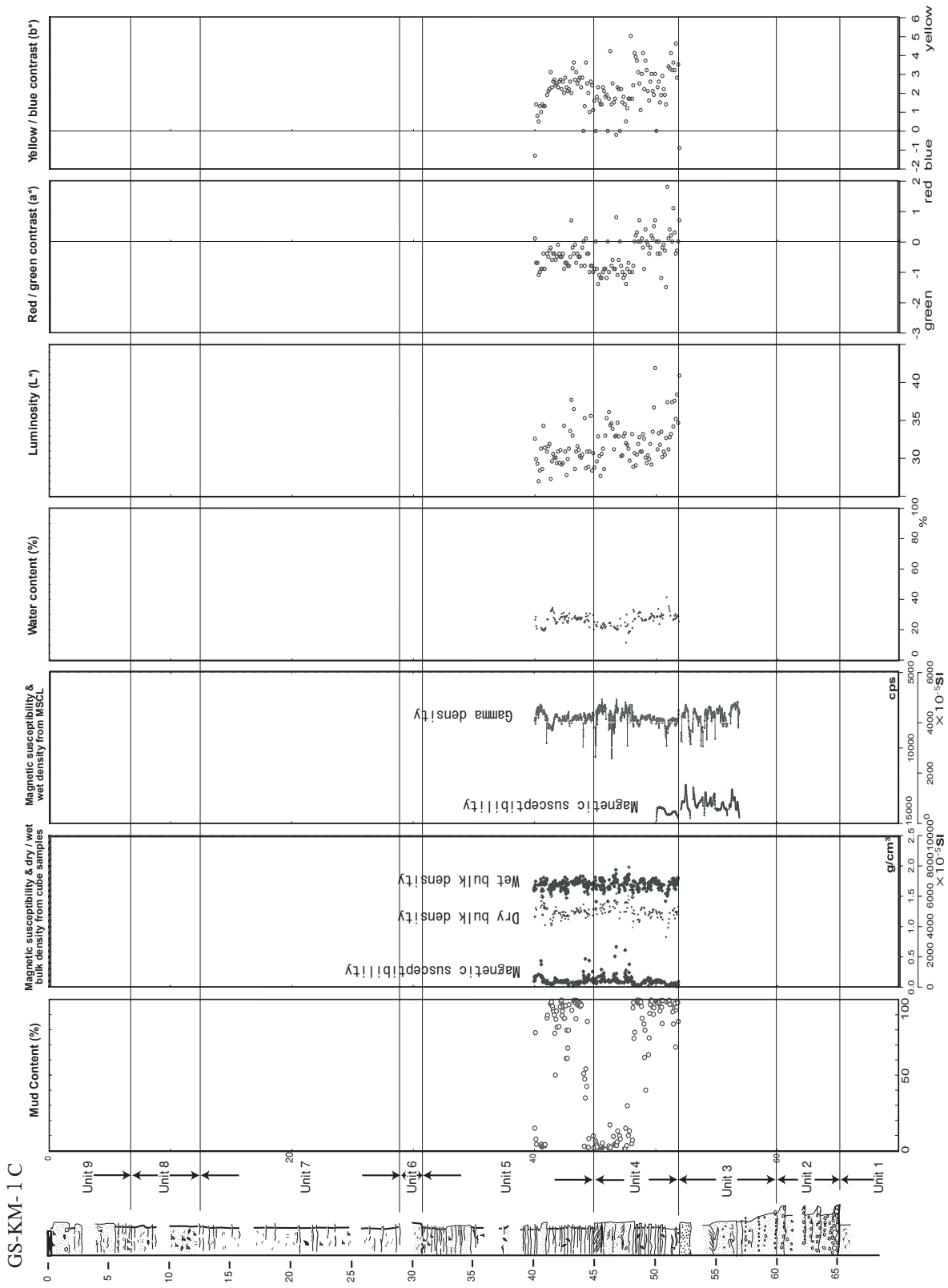
MSCL で得た  $\gamma$  線透過率とキューブ試料で得た湿潤密度とは, 深度 7.5 ~ 5.0 m 及び 52.0 ~ 49.0 m の区間を除いて, ほぼ類似した垂直変化を示す(第 4 図)。なお, 以下で述べる各深度の密度の値は, その深度付近の測定値の平均である。

密度は, 一般に砂層で高く, 泥層で低くなる傾向があり, 湿潤かさ密度(W)と乾燥かさ密度(D)とは類似した垂直変化を示す。しかし, 砂層と泥層の密度差は, 泥層が砂層に比べより大きい含水比を有することから, 乾燥かさ密度で大きくなる。Unit 3 から Unit 5 の上方細粒化に対応して, 乾燥かさ密度は低下する。一方, Unit 6 の最上部から Unit 7 の泥層にかけては, 上方細粒化に対応して密度は急激に低下し, Unit 7 の深度 28.0 ~ 24.0 m で最低の 1.4 g/cm<sup>3</sup>(W), 0.7 g/cm<sup>3</sup>(D)を示す。深度 24.0 m 以浅では上位に向かって徐々に密度が増加し 1.7 g/cm<sup>3</sup>(W), 1.1 g/cm<sup>3</sup>(D)となる。Unit 7 の密度変化は, 泥分含有率変化にもほぼ対応し, 最も密度の低い部分は泥分含有率がほぼ 100% で, 密度の増加に対応して, 泥分含有率が 70% まで低下する(第 4 図)。Unit 8 のシルト質砂泥互層から Unit 9 の砂泥互層では 1.75 ~ 1.85 g/cm<sup>3</sup>(W), 1.0 ~ 1.5 g/cm<sup>3</sup>(D)の範囲で砂泥の層相に応じて密度が変化する。





第4図 GS-KM-1A と GS-KM-1C コアの堆積物物性 (帯磁率, 乾燥さ密度, 湿潤密度, 含水比, 明度及び色相).  
 Fig. 4 Physical properties (mud content, magnetic susceptibilities, bulk densities, water contents, luminosities and color contrasts) of the GS-KM-1A and GS-KM-1C core.



第4図 (つづき)  
Fig. 4 (continued)

最上部のUnit 8～9では、キューブによる密度が上位ほど大きくなっているのに対してMSCLでは小さくなっている。これが測定の問題なのか含水比や掘削時や試料採取時の乱れによるものかは、現時点では未解決であり、今後の検討が必要である。

### 5.3 帯磁率

MSCL及びキューブ試料から得られた帯磁率は、ほぼ同じ変化傾向を示す(第4図)。密度変化と相関しており、密度が大きくなるほど、相対的に高い帯磁率を示す。深度50.1 m付近に認められる高い値は、軽石の濃集した斜交層理が見られた層準である。MSCLの帯磁率の変化に見られる規則的でパルス状の値の減衰は、コアの継ぎ目に当たる場所である。

### 5.4 色調

L\*a\*b\*表色系で計測された色調の層序的变化のうち、L\*:相対的な明度、a\*:色相(緑-赤)、b\*:色相(青-黄色)の変化はそれぞれ層相変化に関連しているのが認められる(第4図)。

L\*は値が高いほど明るいことを示す。各層準の値は暗い方で集中し帯状をなすが、明るいほうへ分散する。なお、深度40 m以深では全体に分散しており、有意な値を示していない。

Unit 5～Unit 6では泥層で暗く、砂層で明るい傾向がある。泥層からなるUnit 7では深度20～17 m付近で最も暗くなり、その下位・上位では次第に明るくなる傾向がみられる。どういう層相的特徴と関連性があるのかは不明である。Unit 8とUnit 9では層相との対応が明瞭でなくなり、全体として上部ほど暗くなる傾向がある。

a\*は正方向の値が赤、負方向の値が緑成分を示す。a\*は層相境界で値の変化傾向が変わる。全体に安定しているが、砂層で0程度、礫層や泥層で-1～-2の値を示す。Unit 1～Unit 3では、砂礫層から砂層への上方細粒化に対応して、-2から0まで緑成分が減少する傾向がある。Unit 4～Unit 6では-1から0の範囲で変化し特に層相との関係を示さない。Unit 7～Unit 9にかけては層相に関係なく緑成分が-2から0に減少する。

b\*は、Unit 2からUnit 5中部の深度40 m付近までは、上位へ次第に黄色成分が0から2まで増加する。同深度からUnit 6までは2付近の値でほぼ一定する。Unit 6とUnit 7の層相境界を越えると、急激に黄色成分が増加する。泥層からなるUnit 7内部では深度20～17 m付近で黄色成分が乏しくなり、その上位と下位で黄色成分が多くなるという傾向がみられる。Unit 8ではほぼ一定しているが、Unit 9になると急激に黄色成分が増加し、そして上方に向かって黄色成分が減少する。

### 5.5 泥分含有率

泥分含有率は、層相と良く対応したトレンドを示し、砂や砂礫層では泥分含有率が低く、泥層では高くなる(第2図)。厚い泥層からなるUnit 5では、最も細粒である深度25～22 m付近で泥分含有率が最も高く、ほぼ100%となり、上部・下部に向かって徐々に泥分含有率が低くなる。

### 5.6 含水比

キューブ試料から得られた含水比はおおよそ10～80%を示し、乾燥かさ密度と明瞭な逆相関の関係にある(第4図)。すなわち、密度の高い砂層及び礫層では含水比は40%未満であることが多く、泥層ではそれ以上の値を示す。Unit 7の泥層では深度25～22 mの最も細粒になるところまでは上方に向けて含水比が緩やかに75%付近まで上昇し、これ上位に向かって40%まで低下する。

### 5.7 N値

掘削地点の北約80 mに位置する江戸川区民センターの標準貫入試験調査資料(東京都土木研究所保有; T.P. -1.0 m, 深度60 m, 地点:第1図c)との対比を行った(第5図)。区民センターコアの深度30 m付近の砂層は、上位・下位の層相からみて、ほぼGS-KM-1のUnit 6の貝殻混じりの砂層に、その他のユニット境界に関しても上下の層相区分との対比から第5図に示したとおり対比ができる。

区民センターコアのN値は深度30 mを境にして傾向が異なる。深度30 m以浅では、深度5 mの砂層でN値10と相対的に高い値を示すが、全体では0～5と低いN値を示し、8 m以深の泥層では下方に向かって大きくなる傾向がある。一方、深度30 m以深では、N値は6から最大で50以上を示し、相対的に砂層・礫層では高く、泥層では低い値をとりながら、下方に向かって増加する傾向が認められる。

### 5.8 放射性炭素年代

本研究で採取された24点のAMS放射性炭素年代値、深度及びそれに関するデータを第2表に示す。それらの中で、深度57.35 m, 39.71 m, 33.66 mの3地点の放射性炭素年代値は、それぞれを含む層相ユニットの記載の中で記述したとおり、上位の孔壁の堆積物が掘削作業の過程で混在したと考えられることから、堆積年代として採用していない。

最終的に堆積年代として採用した放射性炭素年代値は計21点であり、標高T.P. -57.43 mから-9.05 mの区間をカバーすることができた。横軸に放射性炭素年代値、縦軸に採取した試料の標高をとりこれら21点の値をプロットした。更にそれらを結んだ堆積曲線(Saito,



1995; 増田, 1995)を第6図に示す。堆積曲線の傾きはそれぞれの堆積区間における堆積速度を示している。

堆積曲線は、本コアの沖積層が最古の11,090 yrBP (T.P. -57.43 m)から最新の2,350 yrBP (T.P. -9.05 m)まで、不整合のない連続した地層であること、及び堆積速度が異なる4つの堆積期間が存在することを示す。4つの堆積期間とは、1) Unit 3上部からUnit 5, 2) Unit 6, 3) Unit 7, そして4) Unit 8である。堆積速度は、Unit 3上部からUnit 5では、比較的急速な約10.5 m/ky, Unit 6で急激に低下して約0.6 m/kyとなり、次のUnit 7にかけては42.5 m/kyという極めて急速となり、Unit 8では急激に低下して3.7 m/kyとなる。

## 6. 考察

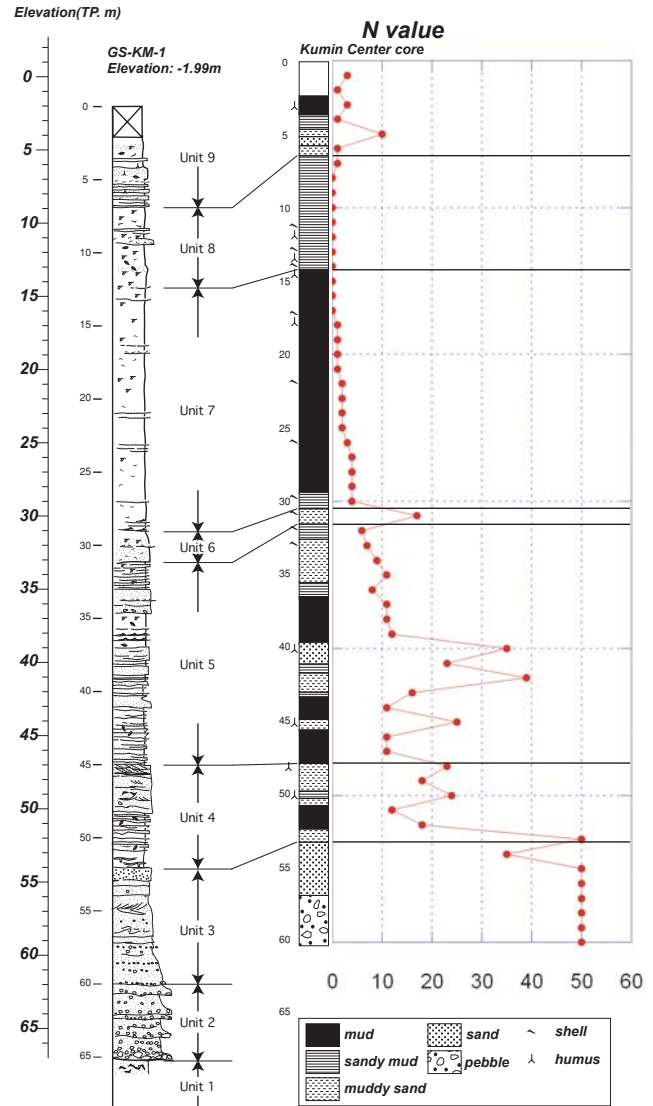
### 6-1 GS-KM-1からみた東京低地の堆積環境の変遷

GS-KM-1の沖積層の堆積相は、8つの層相ユニットの特徴に基づいて、下位から河川チャネル充填堆積物 (Unit 2とUnit 3), 塩水湿地 - 泥質干潟とそこに形成された潮汐チャネルや氾濫原の堆積物 (Unit 4とUnit 5), 砂質干潟 - 砂州堆積物 (Unit 6), 内湾 - プロデルタからデルタフロントの堆積物 (Unit 7とUnit 8), 河川チャネル - 氾濫原堆積物 (Unit 9)の5つにまとめられる。21地点で得た放射性炭素年代は、これらの堆積物が少なくとも11,090 yrBPから2,350 yrBPの間ほぼ整合的に積み重なったことを示している(第6図)。コアから復元された堆積環境の変遷史は、堆積相と放射性炭素年代に基づいて、以下のように考えられる。

- 1) 10,900 yrBP頃以前(深度65.0~52.0 m): 最終氷期に形成された開析谷を充填して、河川性のUnit 2とUnit 3が堆積する。
- 2) 10,900~8,800 yrBP(深度52.0~31.2 m): 海進に伴い、まず氾濫原と潮汐流の影響した河川チャネル堆積物がたまり (Unit 4), 続いて河口州付近の泥質干潟とそこに刻まれた潮汐チャネル充填堆積物により埋積が進む (Unit 5)。
- 3) 8,800~6,700 yrBP(深度31.2~29.5 m): 更に海進が進み、砂質干潟から局地的な地形である砂州が発達する (Unit 6)。
- 4) 6,700~2,300 yrBP(深度29.5~7.0 m): 海退に伴う堆積が進行するようになり、デルタの前進によってプロデルタからデルタフロントへと環境が変化する (Unit 7とUnit 8)。
- 5) 2,300 yrBP~(深度7.0~0.0 m): デルタの前進によって内湾が埋積され、デルタプレーンへと変化する (Unit 9)。

### 6-2 東京低地の沖積層の層序対比

本論で得たGS-KM-1コアの層相・堆積相区分と東京

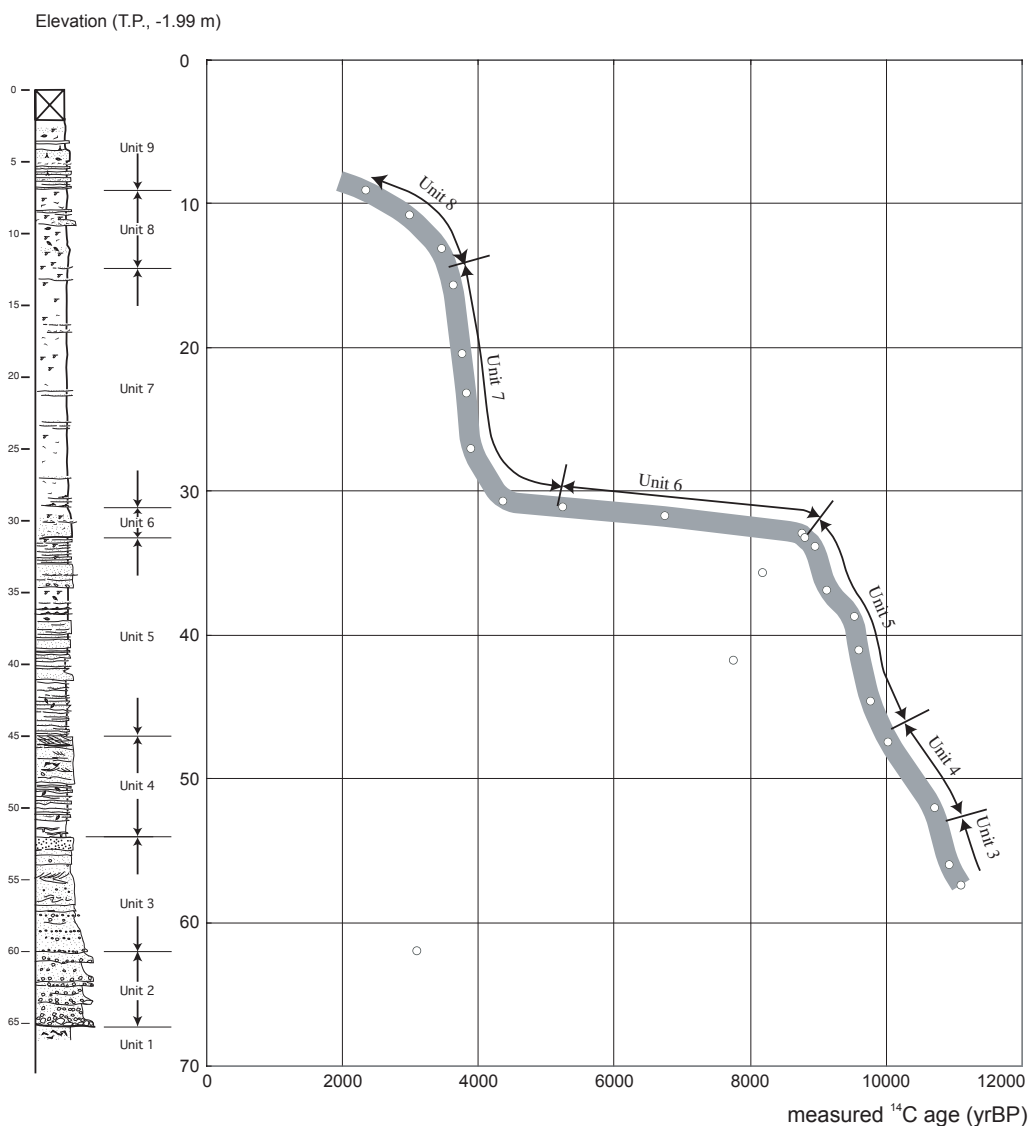


第5図 GS-KM-1 コアの地質柱状図と区民センターコアの柱状図とN値との比較。コア掘削地点は第1図参照。

Fig. 5 Geologic columns of GS-KM-1 and the Kumin Center cores. The later column contains log data of N-values. Locations of cores are shown in Fig. 1.

低地の沖積層に関する既存層序との関係について検討する。

東京低地の沖積層の層序区分については、当初、青木・柴崎(1966), 東京都土木技術研究所(1970)らによって、最初に七号地層と有楽町層とに2分された。次に、貝塚(1976), Matsuda(1974)とKaizuka *et al.*(1977)らは、沖積層の基底礫層(BG), 下部砂・泥互層(LC and LS)からなる下部沖積層と、中間砂層(MS), 上部粘土層(UC), 上部砂層(US), 最上部陸成層(UA)からなる上部沖積層とに細分した。松田(1993)によれば, Kaizuka *et al.*(1977)らの下部沖積層はほぼ七号地層に、上部沖積層は有楽町層に対比できる。そして, Endo *et al.*(1982)と遠藤ほか(1983)は、有楽町層の基底礫層を認



第6図 GS-KM-1 コアの地質柱状図と堆積曲線。

Fig. 6 Geological column and accumulation curve from the GS-KM-1 core.

定しHBGと命名した。このHBGは河川成堆積物からなる。Endo *et al.* (1982)らの定義に基づいて、清水ほか(1995)は東京臨海部において、有楽町層基底の標高を従来の -30 m から -50 m に変更している。堆積環境では、七号地層は主に河川成層・汽水成層、有楽町層は主に海成層からなり、両層の関係が約1万年前に生じた不整合関係であるとされている(青木・柴崎, 1966; Kuwano *et al.*, 1971; 東京都土木技術研究所, 1969 など)。

まず、Kaizuka *et al.* (1977)らによる東京低地の沖積層の層序区分とGS-KM-1 コアの層相区分とを対比する。層相と堆積環境から、GS-KM-1 コアの沖積層基底をなす河川性のUnit 2(礫層)がBGに、Unit 3からUnit 5が下部砂・泥互層に、Unit 6がMS、そしてUnit 7がUCに、Unit 8がUS、Unit 9がUAにそれぞれ対比で

きる。この対比によれば、GS-KM-1 コアのUnit 2からUnit 5が七号地層、Unit 6からUnit 9が有楽町層に相当することになる。しかしながら、MS相当のUnit 6の基底面は、堆積相解析の結果より、Kaizuka *et al.* (1977)らが指摘するような不整合面ではなく、上記に述べたように、8,800 ~ 6,700 yrBPにおいて、海進が進み、砂質干潟から局地的な地形である砂州が発達する環境下で堆積した砂層であることが今回判明した。

次に、Endo *et al.* (1982)、遠藤ほか(1983)、東京地学部会(1995)のHBGにあたる砂層ないし砂礫層については、その堆積環境及び堆積年代から判断すると、GS-KM-1 コアでは深度45 ~ 50 mのUnit 4の砂層のどれかにあたることになる。しかし、GS-KM-1 コアで得た高密度の放射性炭素年代測定結果は、1万年前後にお

いても連続的で急速な河川成の堆積過程を示しており(第6図), Endo *et al.* (1982)と遠藤ほか(1983)が指摘したHBGが不整合を示す有楽町層の基底礫層であるとする見解は適当ではないと考えられる。

中山ほか(1999)は江東区大島(地点:第1図cのD-K09801)において,中山・中村(2000)は江東区枝川地区(地点:第1図bのEdagawa)において,それぞれ沖積層のオールコアボーリングを実施し,層相・放射性炭素年代・珪藻分析などから,沖積層の層相と堆積環境の変遷を論じている。最後に,本コア地点に近く,南東500 mに位置する江東区大島のコア(D-K09801)との堆積相・堆積年代の比較を行う。

中山ほか(1999)によれば,D-K09801コアは埋没谷の中央部にあたり,標高T.P. -1.986 mで,地表から深度80 mまでの堆積物が採取されている。層相区分では,下部から上部へ,U8からU1の8つの層相に区分されている。D-K09801コアは小松川コアと各層相とその重なりは極めて類似しており,容易に層相ユニット区分の対比ができる。

すなわち,沖積層の基底礫層にあたるU7の砂礫層からU6の細砂層は,深度66.6~51.3 mを占めており,珪藻化石の産出はないが,その層相から本コアのUnit 2とUnit 3に相当すると考えられる。

その上位に重なるU5からU4(深度51.3~34.0 m)は砂泥互層からなり,珪藻では浮遊性淡水生群集が卓越するとともに,海生種も含むとされている。層相や堆積環境からは,本コアのUnit 4とUnit 5に相当すると考えられる。

U3(深度34.0~15.0 m)のうち,下部の細砂と砂混じりシルト(深度34.0~30.0 m)は,相対的に粗い層相と密集した貝殻片の存在から,ほぼUnit 6にあたりと考えられる。一方,U3上部のシルト混じり粘土(深度30.0~15.0 m)は,その層相と海生浮遊種の珪藻が卓越することからUnit 7に,そしてU2(深度15.0~2.7 m)はシルト・砂からなり上方へ粗粒化し最上部で細粒化すること,そして深度6.6 mまでは海生浮遊種の珪藻が卓越し,その上位からは汽水ないし淡水生主群の珪藻が卓越するようになることから,Unit 8とUnit 9にそれぞれあたると考えられる。

放射性炭素年代値でも両コアはよく対応する。すなわち,中山ほか(1999)では18試料から放射性炭素年代を得ているが,そのうち,試料番号18~12の7試料はU5とU4から採取され,それぞれ本コアで相当するUnit 4とUnit 5と同様の堆積年代を,試料番号11~4の8試料はU3の上部から採取され,本コアで相当するUnit 7と同様の堆積年代をそれぞれ示す。また,U2から採取された3試料のうち,試料番号3はほぼ本コアのUnit 8最上部の放射性炭素年代(GSKM6;第2表)に相当するが,試料番号1と2については,本コアから

は相当する層準の年代は得られていない。中山ほか(1999)によると,深度10 mの2,030 yrBPから深度3.55 mの1,590 yrBPまでは,15 m/kyという比較的早い堆積速度を示すことになる。

以上のことから,本コアによる高密度な放射性炭素年代の結果は,近傍のD-K09801コアの放射性炭素年代とよく比較できることがわかった。放射性炭素年代に関する新しい知見としては,D-K09801コアでは年代のデータがなく一見年代のギャップにみえていたUnit 6の貝殻混じりの砂層とUnit 8のシルト質砂泥互層の層準において,高密度なデータが得られたことから,その期間,極めてゆっくりとした堆積が進行していたことが示される。

### 6-3 層相と堆積物の物性

GS-KM-1はUnit 1~Unit 9に区分され,それぞれのユニットの層相と,泥分含有率,湿潤密度,乾燥かさ密度,帯磁率,含水比,明度,色相及び浄化センターコアの土質試験によるN値との対応について,密接な関係があることが判明した(第2図,第4図,第5図)。

堆積物物性と相関する層相変化は,泥から砂,あるいは砂から泥への粒度変化に対応し,それは泥分含有率の変化によく表されている(第2図)。そして,層相の上方細粒化に対応して,泥分含有率は増大し,堆積物物性でみると,湿潤・乾燥密度の低下,含水比の増加を示すことがわかった(第4図)。層相が上方へ粗粒化すると,その逆の関係が認められる。帯磁率変化は密度変化とよく相関しており,密度が大きくなるほど,相対的に高い帯磁率を示す傾向が認められる。このことから,砂サイズの粒子に磁性鉱物や磁性を示す岩片が含まれるものと推定される。

こうした全体的な層相の粒度と堆積物物性との相関性に加えて,堆積物物性は,層準による明瞭な変化傾向が認められる。すなわち,上部のUnit 7からUnit 9と下部のUnit 3からUnit 6との比較において,上部では泥分含有率と含水比・乾燥密度とは,堆積物の埋没深度に関係なく高い相関性を示すのに対して,下部では,全体に上部よりも含水比が小,密度が大であるのに加え,泥分含有率が同一であっても,試料の深度が深くなるほど,含水比の低下,乾燥密度のゆるやかな増加が認められる。こうした上部と下部の堆積物物性の違いは,Unit 6とUnit 7との間での顕著な含水比・密度変化に典型的に表現されている。下部と上部における堆積物物性の違いは,N値の垂直変化にも両層準の違いとして認められる。しかし,上部では,N値は泥分含有率や密度との相関性はまったく認められない。下部については,N値が下方に向かって増大する傾向があることから,両者に弱い相関性があるように見える。



## 7. まとめ

東京都の東京低地地下の沖積層の層序・堆積相を明らかにするため、埋没谷中央部に位置する東京都江戸川区小松川地区でオールコアボーリング調査(GS-KM-1)を実施した。得られたコア堆積物について、堆積相の観察、高密度の放射性炭素年代測定、そして、連続採取したキューブ試料とMSCL、土色計などを利用して、密度・帯磁率・含水比・泥分含有率・色調などの堆積物物性を検討した。これらの検討の結果、以下の6点が明確となった。

- 1) GS-KM-1に見られた沖積層は、8つの層相ユニットに区分され、それらは堆積相・貝化石相の特徴に基づいて、下位から河川チャネル充填堆積物(Unit 2とUnit 3)、塩水湿地・泥質干潟とそこに形成された潮汐チャネルや氾濫原の堆積物(Unit 4とUnit 5)、砂質干潟・砂州堆積物(Unit 6)、プロデルタからデルタフロントの堆積物(Unit 7とUnit 8)、デルタプレーンの河川チャネル・氾濫原堆積物(Unit 9)の5つの堆積相にまとめられる。
- 2) 合計24試料のAMS放射性炭素年代測定を実施した。それらのうち有意な年代値を示す21試料の放射性炭素年代値は、厚さ65mの沖積層が11,000 yrBP以前から2,000 yrBPまで、一つの海進・海退のサイクルを示し整合的に積み重なったことを示している。
- 3) GS-KM-1コアの8つの層相ユニットは、Kaizuka *et al.* (1977)らによる東京低地の沖積層の層序区分とよく対応しており、本論で得た層相区分とN値との関係も、従来の七号地層と有楽町層とのN値との関係(例えば、N値の話編集委員会編、1998)によく対応している。しかし、中間砂層相当のUnit 6の基底面は、Kaizuka *et al.* (1977)らが指摘するような不整合面ではなく、8,800~6,700 yrBPにおいて、海進が進み、砂質干潟から局地的な地形である砂州が発達する環境下で堆積した砂層であることが判明した。
- 4) Endo *et al.* (1982)と遠藤ほか(1983)により有楽町層基底礫層とされたHBGは、GS-KM-1コアにおいては蛇行河川から氾濫原の堆積環境を示すUnit 4中の河川成砂層の一つに相当する。本研究の結果、HBGが有楽町層の基底礫層とする説は適当ではないと判断される。
- 5) GS-KM-1コアと江戸川区大島で実施されたD-K09801(中山ほか、1999)とは層相が類似しており、堆積曲線もよく対比することができた。本コアで明らかにされた堆積環境とその変遷に関する議論は、D-K09801コアにも適用可能であり、またD-K09801コアではデータのなかった中間砂層付近の遅い堆積曲線を新たに明らかにすることができた。
- 6) GS-KM-1コアの層相区分と、泥分含有率、湿潤密

度、乾燥かさ密度、帯磁率、含水比、明度、色相及び浄化センターコアの土質試験によるN値との対応について、密接な関係があることがわかった。特に、乾燥かさ密度と含水比の堆積物物性は、泥分含有率でよく表現された層相の粒度とよい相関を示す。加えて、沖積層上部のUnit 7からUnit 9では、泥分含有率と含水比・乾燥密度とは堆積物の埋没深度に関係のない相関性を示すのに対して、Unit 3からUnit 6の沖積層下部では、全体に上部よりも含水比が小、密度が大であるのに加え、泥分含有率が同一であっても、試料の深度が深くなるほど、含水比の低下、乾燥密度のゆるやかな増加が認められる。

以上、今回GS-KM-1コアの検討によって得られた研究成果は、東京低地の沖積層の層序の確立や堆積過程の復元、堆積相と堆積物物性の関係の構築に寄与するものと期待できる。

**謝辞：**本研究を行うにあたって、東京都建設局再開発事務所には掘削用地利用の許可をいただき、掘削用地に隣接した小松川地区団地自治会のみなさまには掘削にあたって便宜を図っていただいた。山口大学の宮田雄一郎助教授にはOH-1Aを用いたボーリングコアの剥ぎ取り手法についてご教授いただいた。産業技術総合研究所の池原 研博士にはMSCLの利用の便宜を図っていただき、中澤 努博士、植木岳雪博士、内山美恵子博士、東京都立大学の大石雅之氏、明治大学の近藤玲介氏には、コア処理作業などでご協力いただいた。ボーリングは基礎地盤コンサルタンツ株式会社に担当していただいた。以上の方々にお礼申し上げます。

## 文 献

- 青木 滋(1969) 東京低地の第四紀層について。日本地質学会第76年学術大会シンポジウム「海岸平野」資料集、15-20。
- 青木 滋・柴崎達雄(1966) 海成”沖積層”の層相と細分問題について。第四紀研究、5、113-120。
- 有田正史(1983) 堆積物の軟X線撮影法—その2—。地質ニュース、no. 350、46-56。
- 有田正史・中村康夫(1981) 堆積物の軟X線撮影法—その1—。地質ニュース、no. 350、29-33。
- Coleman, J.M. (1981) *Processes of deposition and models for exploration*, 2nd ed. Burgess, 124p.
- 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・印牧もとこ・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. 三郷市史編纂委員会編, 三郷市史, 三郷市, 35-111.
- 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.
- N値の話編集委員会編著 (1998) N値の話. 理工図書, 188p.
- 伊勢屋ふじこ・増田富士雄 (1985) “逆グレーディング構造”: 洪水堆積物認定の指標. *筑波の環境研究*, no. 9, 63-69.
- 貝塚爽平 (1976) 東京の自然史. 紀伊国屋書店, 239p.
- 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.
- 小杉正人 (1989) 完新世における東京湾の海岸線の変遷. *地理評*, **62**, 359-374.
- Kuwano, Y., Shibasaki, T., and Aoki, S. (1971) Significance of buried valleys and other topographies in elucidating the Late Quaternary geohistory of Japanese coastal plains. *Quaternaria*, **14**, 217-236.
- 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.
- 増田富士雄 (1998) 高密度で測定され14C年代測定による完新統のダイナミック地層学. *地学雑*, **107**, 713-727.
- 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.
- Matsuda, I. (1974) Distribution of the Recent Deposits and Buried landforms in the Kanto Lowland, Central Japan. *Geogr. Repts. Tokyo Metropol. Univ.*, **9**, 1-36.
- 松田馨余 (1993) 第3章東京湾と周辺の沖積層. 東京湾の地形・地質と水, 貝塚爽平編, 築地書館, 67-109.
- 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.
- 中島 礼・木村克己・宮地良典・石原与四郎・田辺 晋 (2004) 東京都江戸川区小松川と埼玉県草加市柿木において掘削した沖積層ボーリングコアから産出した貝化石群集. *地調研報*, **55**, 237-269.
- 中村俊夫 (2001) 放射性炭素年代とその高精度化. 第四紀研究, **40**, 445-459.
- 中山俊雄・中村正明 (2000) 江東区枝川地区における沖積層の層相と土質特性. 平12. 都土木技研年報, 191-202.
- 中山俊雄・中村正明・松延隆志 (1999) 江東地区における沖積層の層相と速度層構造. 平11. 都土木技研年報, 179-189.
- Reading, H.G. and Collinson, J.D. (1996) Clastic coasts. In Reading, H.G. ed., *Sedimentary Environments: Process, Facies and Stratigraphy, third edition* (Blackwell Science, Oxford), 154-231.
- Saito, Y. (1995) High-resolution sequence stratigraphy of an incised-valley fill in a wave- and fluvial dominated setting: latest Pleistocene-Holocene examples from the Kanto Plain, central Japan. *Mem Geol. Soc. Japan*, no. 45, 76-100.
- Scruton, P.C. (1960) Delta building and deltaic sequence. In Shepard, F.P., Phleger, F.B. and van Andel, T.H. eds., *Recent Sediments, Northwest Gulf of Mexico* (American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, OK), 82-102.
- 清水恵助・小松幹雄・菅野耕三・下山正一 (1995) 沖積層の層序, 土と基礎, **43**, 13-16.
- Stuiver, M., Reimer, P.J., Bard, E., Beck, J.W., Burr, G.S., Hughen, K.A., Kromer, B., McCormac, F.G., v. d. Plicht, J., and Spurk, M. (1998) INTCAL98 Radiocarbon age calibration 24,000 - 0 cal BP. *Radiocarbon*, **40**, 1041-1083.
- 東京地区部会 (1995) 堆積環境が東京臨海部の地盤特性に及ぼす影響. 堆積環境が地盤特性に及ぼす影響に関するシンポジウム発表論文集, 社団法人土質工学会, 堆積環境が地盤特性に及ぼす影響に関する研究委員会, 61-83.
- 東京都土木研究所 (1969) 東京都地盤地質図(23区内) —東京都地質図集2—. 東京都土木研究所.
- 東京都土木研究所 (1996) 東京都(区部)大深度地下地盤図—東京都地質図集6—. 東京都土木研究所.
- 東京都土木研究所 (2003) 平成14年地盤沈下調査報告書. 東京都土木技術研究所, 37p.
- Vail, P.R., Audemard, F., Bowman, S.A., Eisner, P.N. and Perez-Cruz, C. (1991) The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology -an overview. In Einsele, G., Ricken, W. and Seilacher, A., eds., *Cycles and events in stratigraphy* (Springer-Verlag, Berlin), 617-659.
- Van Wagoner, J.C., Posamentier, H.W., Mitchum, R.M.Jr. (1988) An overview of the fundamental of sequence stratigraphy and key definitions. *Spec. Publ. SEPM*, no. 42, 39-45.

(受付:2004年8月25日;受理:2004年10月21日)