

多摩川低地における沖積層の累重様式

Sediment stacking patterns of the post-MIS 2 incised-valley fill in the Tamagawa Lowland, central Japan

田辺 晋^{1*}
Susumu Tanabe^{1*}

Abstract: The post-MIS 2 incised-valley fill overlying the Basal Gravel in the Tamagawa Lowland consists of unit A (tidal flat sediments), unit B (bayhead delta sediments), unit C (delta sediments), and unit D (fluvial sediments) in ascending order, and it yields the depositional age of after 11.2 cal kyr BP (ka). The base of unit A and unit B/C boundary can be identified as the transgressive surface and maximum flooding surface (7.9-7.8 ka), respectively. The isochrons of units A and B show aggradationally retrogradational stacking pattern whereas those of units C and D show progradational stacking pattern. The unit C can be regarded as so-called “bay mud”, and it forms relatively soft ground in the Tamagawa Lowland because of its high water content.

Keywords: Tama River, Holocene, sedimentary facies, radiocarbon date, sequence stratigraphy, physical property

要 旨

多摩川低地における基底礫層の上位の沖積層は、下位よりユニット A (干潟堆積物), ユニット B (湾頭デルタ堆積物), ユニット C (デルタ堆積物), ユニット D (河川堆積物) に区分され, 11.2 cal kyr BP (ka) 以降の堆積年代を有する。ユニット A の基底は海進面, ユニット B・C 境界は最大海氾濫面 (7.9 ~ 7.8 ka) と認定され, 沖積層の同時間線は, 最大海氾濫面より下位では後退的かつ累重的, それより上位では前進的な累重様式をしめす。ユニット C は, いわゆる内湾泥層とみなせ, 含水率が高いことから, その分布域は相対的に軟弱な地盤を形成する。

1. はじめに

東京湾岸には, 東から小糸川低地や小櫃川低地, 養老川低地, 東京低地, 多摩川低地, 大岡川低地などの沖積低地が分布しており, そのうち多摩川低地は, 東京低地に次いで規模が大きい。多摩川低地は, 主に多摩川と鶴見川から供給された碎屑物によって, 最終氷期最盛期以降に形成された。多摩川は, 源流を奥秩父山塊に持ち, 138 km を流下して東京湾に注ぐ。その流域面積は 1,240 km², 流量は 37 m³/s である。一方, 鶴見川は, 源流を多摩川丘陵に持ち, 全長は 43 km, 流域面積は 235 km², 流量は 10 m³/s である。多摩川と鶴見川

を合わせた流量は, 50 m³/s にも満たず, 利根川の流量の約 6 分の 1 である。多摩川低地の表層地形は, 内陸から扇状地帯, 自然堤防帯, デルタ帯に区分され, 自然堤防帯とデルタ帯には自然堤防と氾濫原, 砂州が分布する (門村, 1961; 岡ほか, 1984)。また, 多摩川低地の地下には, 層厚が 60 m に達する沖積層が分布しており, 層序区分のほか, 古地理の復元などがおこなわれている (松田, 1973; 海津, 1977; 松島編, 1987)。

沿岸域の地質・活断層調査では, 地震動予測に資する地質情報の整備を目的として, 平成 26 年度から, 多摩川低地を含む東京湾西部地域の沖積層を対象としたボーリング柱状図データベース (田辺・石原, 2015) と基準となるボーリングコア堆積物の掘削・解析による詳細な層序 (田辺・中島, 2016) の構築をおこなってきた。そして平成 28 年度は, これらのデータを用いて, 多摩川低地における同時間地質断面図を作成し, 沖積層の累重様式を検討した。本報告では, これに沖積層の物理特性を加えた予察的な結果について述べる。

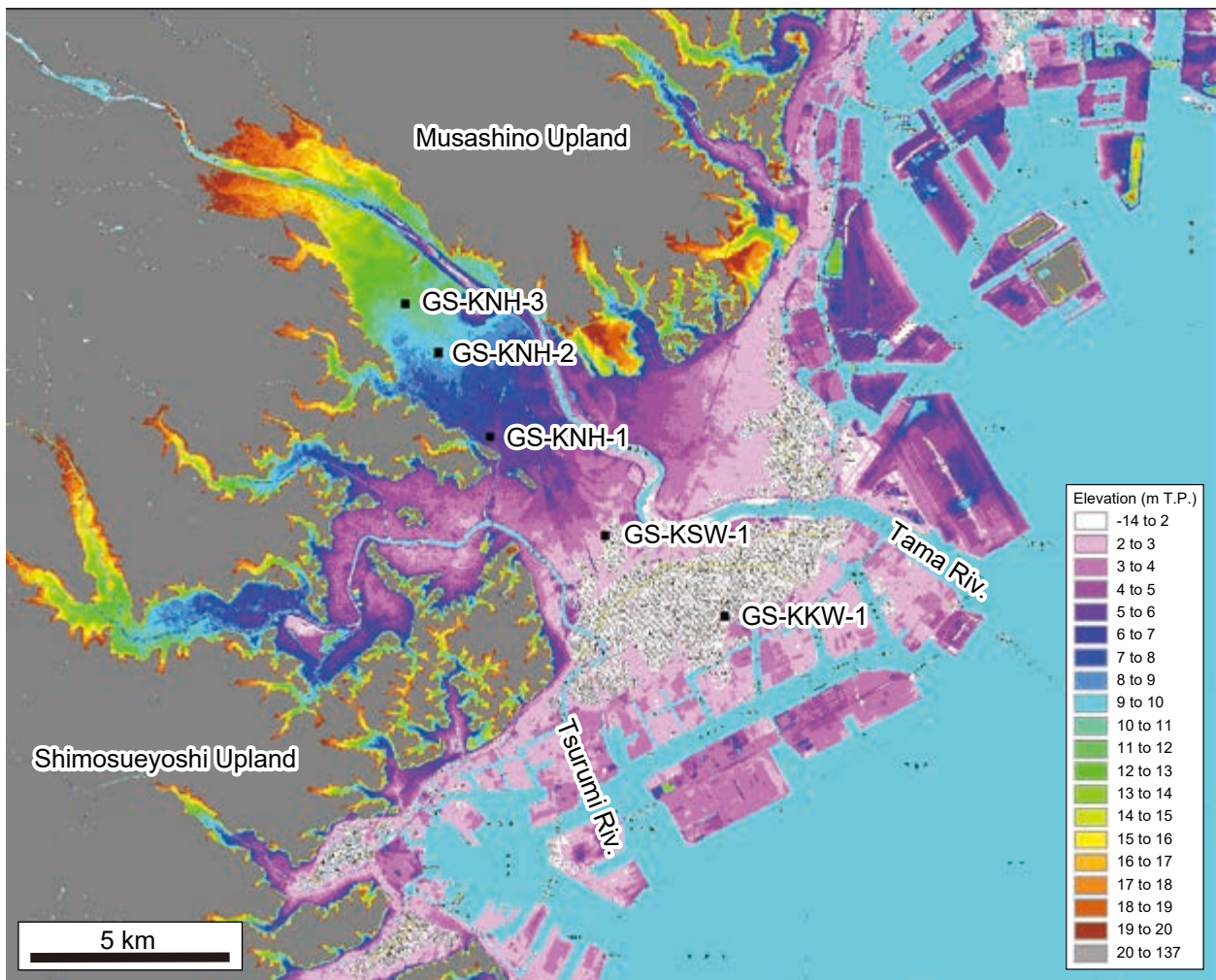
2. 研究手法

本報告では, 田辺・中島 (2016) による 5 本のボーリングコア堆積物と田辺・石原 (2015) による 11,579 本のボーリング柱状図からなるデータベースの解析結果を用いる。

5 本のコア堆積物は, 平成 26 年 11 月から平成 27 年

*Correspondence

1 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)



第1図 多摩川低地の標高分布とボーリングコア堆積物の採取地点. 田辺・中島 (2016) にもとづく.
 Fig. 1 Distribution of elevation in the Tamagawa Lowland and location of sediment cores used in this study.
 Based on Tanabe and Nakashima (2016).

9月にかけて、多摩川低地に立地する川崎市において掘削した(田辺・中島, 2016)。これらのコア堆積物は、海側のものから、GS-KKW-1 (60 m 長), GS-KSW-1 (36 m 長), GS-KNH-1 (27 m 長), GS-KNH-2 (24 m 長), GS-KNH-3 (13 m 長) とされており、標高 0.45 ~ 11.33 m の氾濫原と自然堤防、旧河道において掘削した(第1図)。コア堆積物は、スリーブ内蔵二重管サンプラーを用いて採取し、その採取率はほぼ 100 % である。コア堆積物は半裁し、岩相(粒度、粒子の支持様式、堆積構造、岩相境界の特徴)と生物化石相(貝化石と生痕化石の産状と種類、植物根の有無)に着目した記載をおこなった。コア堆積物の泥分含有率は、半裁面から採取した容積が 7 cc のキューブ試料を用いて、63 μ m の篩を用いた水洗篩分によって測定した。含水率も泥分含有率と同じ試料を用いて測定した。GS-KSW-1 の 11 層準、GS-KNH-1 の 9 層準、GS-KNH-2 の 10 層準からは、(株)パリオ・サーヴェイに依頼して珪藻化石を

抽出し、100 個体以上になるまで同定・計数した。コア堆積物から採取した 84 点の貝化石とウニ化石、植物片は、(株)加速器分析研究所に依頼して放射性炭素年代値を測定した。放射性炭素年代値は、Reimer *et al.* (2013) のデータセットと CALIB ver.7.0.4 (Stuiver *et al.*, 2016) を使用して暦年代に較正した。貝化石とウニ化石の暦年較正の際、 ΔR (汎世界的な海洋放射性炭素年代と地域的なその差) (Stuiver and Braziunas, 1993) は 0、海洋炭素は 100 % と仮定した。

ボーリング柱状図は、東京都土木技術支援・人材育成センターと東京都港湾局、川崎市環境局、横浜市の「地盤 View」のものを使用し、そのうちの 11,579 本を XML 形式のデータベースとして整備した(田辺・石原, 2015)。多摩川低地のデータについては、石原ほか(2013)の逆距離荷重 (IDW) 法を用いた補間方法によって、50 m \times 50 m \times 1 m のボクセル・モデルを作成し、岩相の平面分布を可視化した。

3. 堆積相と放射性炭素年代値

5本のコア堆積物は、GS-KKW-1とGS-KNH-3において中・上部更新統の相模層群、GS-KSW-1とGS-KNH-1、GS-KNH-2において沖積層基底礫層の上面まで採取されており、下位より、ユニットA(干潟堆積物)、ユニットB(湾頭デルタ堆積物)、ユニットC(デルタ堆積物)、ユニットD(河川堆積物)に区分される(松田, 1973; 井関, 1975; 牧野内ほか, 2001; 町田, 2008; 田辺・中島, 2016)(第2図)。以下に田辺・中島(2016)をベースに、それぞれの堆積相と放射性炭素年代値の概要を記載する。

ユニットAは、GS-KKW-1において上方細粒化する砂礫層、GS-KSW-1とGS-KNH-1、GS-KNH-2において植物根と生痕化石のみられる砂泥層から構成される。砂礫層からは、合弁のヤマトシジミのほか、マガキ、ウネナシトマヤガイなどの汽水環境をしめす貝化石が多産する。GS-KNH-1とGS-KNH-2からは*Nitzschia granulata*などの潮間帯の珪藻化石が産出する(千葉・澤井, 2014; 佐藤, 2014)。汽水環境をしめす貝化石と潮間帯の珪藻化石が産出することから、本堆積相は干潟堆積物と解釈される。本堆積相からは11.2～8.4 cal kyr BP (ka)の放射性炭素年代値が得られている。また、本堆積相は田辺・中島(2016)のユニット2, 3, 4, 5に対比される。

ユニットBは、GS-KKW-1とGS-KSW-1、GS-KNH-1において上方細粒化する砂泥層、GS-KNH-2において上方粗粒化する砂礫層から構成される。これらの砂泥層と砂礫層を構成する碎屑物の粒度は、GS-KKW-1とGS-KSW-1の細粒砂～シルトからGS-KNH-1の中粒砂～シルト、GS-KNH-2の細粒砂～粗粒砂にかけて、内陸ほど粗くなる。また砂泥層は、生物攪乱を強く受けており、GS-KKW-1とGS-KSW-1からはウラカガミなどの内湾の生息環境をしめす貝化石が産出する。GS-KSW-1からは*Paralia sulcata*などの海生と*Cyclotella striata*などの内湾生の珪藻化石、GS-KNH-1からは*Paralia sulcata*と*Fragilaria fasciculata*などの汽水生の珪藻化石が産出する(千葉・澤井, 2014)。内湾生と海生、汽水生の貝化石と珪藻化石が混在することから、本堆積相は河口のような環境において形成されたと考えられる。さらに河口のなかでも、後述するように、本堆積相は、その分布形態にもとづいて湾頭デルタ堆積物と解釈される。本堆積相からは9.7～7.8 kaの放射性炭素年代値が得られている。また、本堆積相は田辺・中島(2016)のユニット4, 6, 7に対比される。

ユニットCは、上方粗粒化する砂泥層から構成され、GS-KKW-1とGS-KSW-1に分布する。この砂泥層はシルトから細粒砂にかけて上方粗粒化する。生物攪乱を

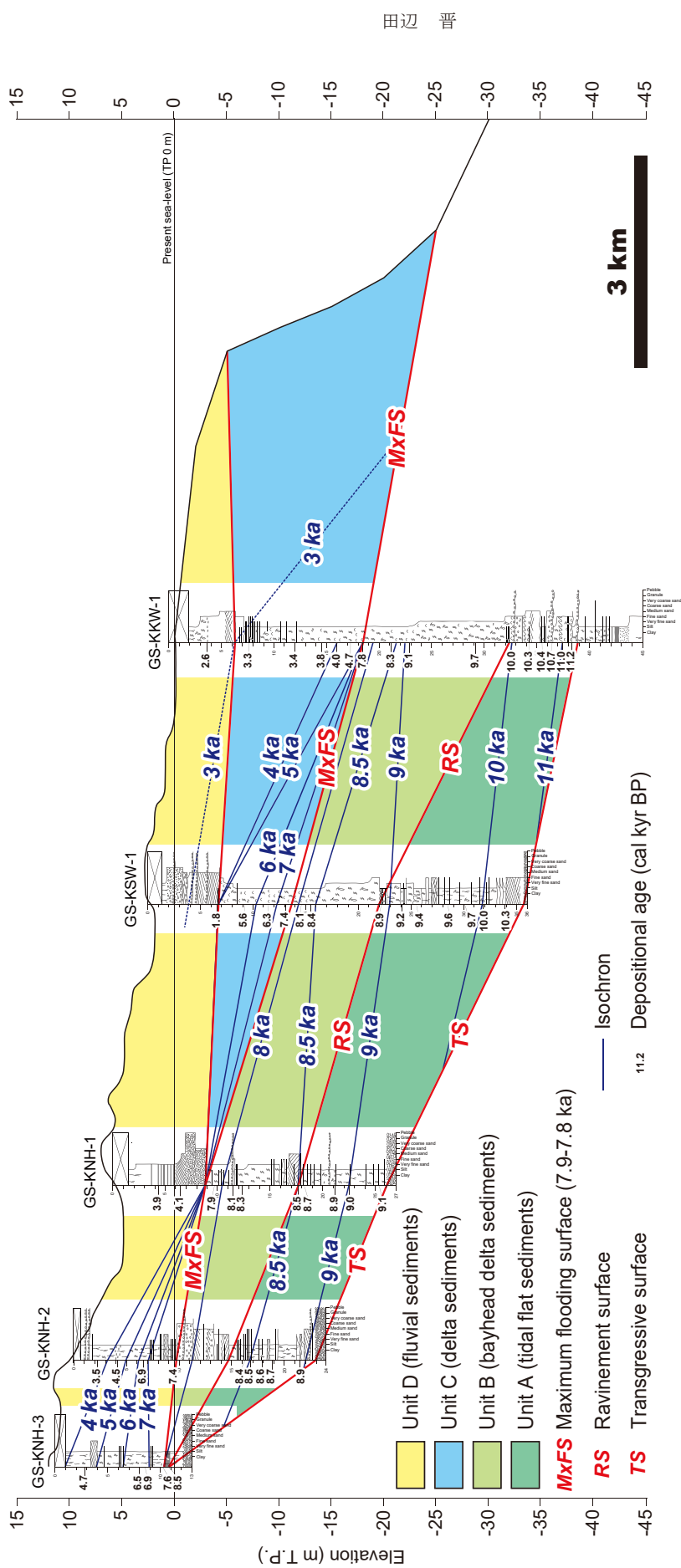
受けた本堆積相からは、ウニのほか、マキモノガイやヒメカノコアサリ、ゴイサギガイ、イヨスダレなどの内湾の生息環境をしめす貝化石が多産する。貝化石は本堆積相が内湾成であることをしめす。また本堆積相は、上位の河川堆積物へと上方浅海化することから、デルタ堆積物と解釈される。本堆積相からは7.4～3.3 kaの放射性炭素年代値が得られている。また、本堆積相は田辺・中島(2016)のユニット8に対比される。

ユニットDは、GS-KKW-1とGS-KSW-1、GS-KNH-1において上方細粒化する砂礫層、GS-KNH-2とGS-KNH-3において泥層から構成される。砂礫層は中粒砂以上の粒径を持つ碎屑物から構成される。また、泥層はシルトからなり、多くの植物根と植物片のほか、部分的に生痕化石がみられる。GS-KNH-2からは*Cymbella turgidula*などの淡水生の珪藻化石が産出する(千葉・澤井, 2014)。植物根と淡水生の珪藻化石が産出することから、本堆積相は陸成と考えられる。さらに、中粒砂以上の粒径を持つ碎屑物が構成する上方細粒化相は、掃流の影響した河川チャネルの埋積などによって形成されたと考えられる。したがって、本堆積相は河川堆積物と解釈される。本堆積相からは7.6～1.8 kaの放射性炭素年代値が得られている。また、本堆積相は田辺・中島(2016)のユニット9, 10に対比される。

4. 累重様式

多摩川低地における沖積層の同時間地質断面は、GS-KKW-1からGS-KNH-3にかけて地質断面に放射性炭素年代値による500～1,000年間隔の同時間線を描くことによって作成した(第2図)。なお、同時間線を描くにあたって、下位のものよりも古い再堆積した年代値は省いており、第2図の柱状図の左には堆積年代をしめした。

ユニットA(干潟堆積物)は、11.2 ka以降の堆積年代をしめすことから、GS-KKW-1とGS-KNH-3において中・上部更新統の相模層群、GS-KSW-1とGS-KNH-1、GS-KNH-2において海洋酸素同位体ステージ(MIS)3～2の沖積層基底礫層に不整合に累重すると考えられる(松田, 1973; 井関, 1975; 牧野内ほか, 2001; 町田, 2008; 田辺・中島, 2016)。ユニットAは、GS-KKW-1において泥層と砂礫層、GS-KSW-1とGS-KNH-2において礫層と砂層、GS-KNH-1において礫層と泥層、GS-KNH-3において色調の異なる泥層の明瞭な岩相境界を介して相模層群と沖積層基底礫層に累重する(田辺・中島, 2016)。これらの岩相境界は、河成層である沖積層基底礫層に累重する汽水・海成層の始まりであることから、初期氾濫面とすることができる(田辺ほか, 2010)。また、沖積層基底礫層は、MIS



第2図 多摩川低地における沖積層の同時期地質断面。
 Fig. 2 Chronostratigraphic cross-section of the post-LGM incised-valley fill under the Tamagawa Lowland.

2 にかけて海水準低下に伴って前進的に堆積したと考えられ、ユニット A はユニット B の湾頭デルタ堆積物にかけて上方深海化することから、ユニット A の基底は、前進する低海水準期堆積体と後退する海進期堆積体を分離する海進面として認定することができる (van Wagoner *et al.*, 1988 ; 牧野内ほか, 2001)。

ユニット B (湾頭デルタ堆積物) は、GS-KKW-1 において砂層とシルト質砂層、GS-KSW-1 と GS-KNH-1, GS-KNH-2 において泥層と砂層の明瞭な岩相境界を介してユニット A に累重する。これらの境界は、潮間帯のユニット A が潮下帯のユニット B に沈水するラビーンメント面とみなすことができる。ラビーンメント面は、海進に伴って形成されたことから、内陸にかけてその年代が新しくなる (GS-KKW-1 : 10.0 ~ 9.7 ka, GS-KSW-1 : 8.9 ~ 8.4 ka, GS-KNH-1 : 8.5 ~ 8.3 ka, GS-KNH-2 : 8.4 ~ 7.4 ka)。

ユニット B とユニット C (デルタ堆積物) の境界は、GS-KKW-1 と GS-KSW-1 において泥層中に存在し、明瞭な岩相の変化は伴わないものの、泥分含有率が漸移的に 10 % ほど低下する (田辺・中島, 2016)。ユニット B・C 境界を挟んで、下位の堆積物は上方深海化、上位の堆積物は上方浅海化することから、この境界は後退する海進期堆積体と前進する高海水準期堆積体を分離する最大海氾濫面として認定することができる (van Wagoner *et al.*, 1988)。最大海氾濫面の年代は 7.9 ~ 7.8 ka をしめす。なお、同時線は、最大海氾濫面より下位では後退的かつ累重的、それより上位では前進的な累重様式をしめす。

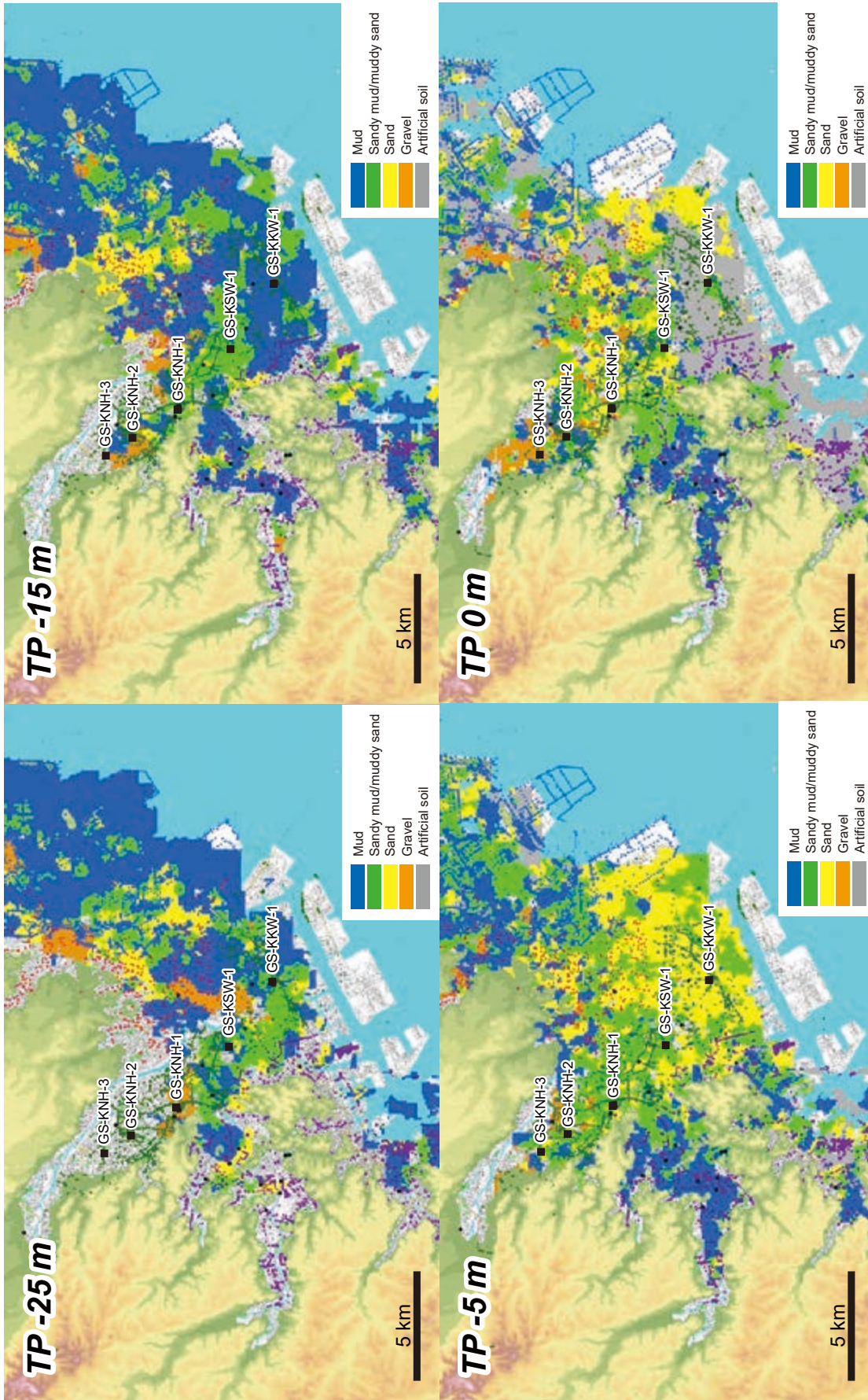
ユニット D (河川堆積物) は、GS-KNH-1 と GS-KSW-1, GS-KKW-1 において泥層と砂礫層の明瞭な岩相境界を介してユニット B もしくはユニット C に累重する。これらのコア堆積物におけるユニット D は河川チャネル堆積物とされていることから、その基底は河川侵食面とみなすことができる (田辺・中島, 2016)。この侵食面の年代は内陸ほど古く、その時間間隔が長い (GS-KNH-1 : 7.9 ~ 4.1 ka, GS-KSW-1 : 5.6 ~ 1.8 ka, GS-KKW-1 : 3.3 ~ 2.6 ka)。ユニット D は、4 ka にかけて内陸の GS-KNH-3 と GS-KNH-2 において氾濫原堆積物として垂直方向に累重し、4 ka 以降は GS-KNH-1 より海側において河川チャネル堆積物としてデルタの表層を削削しながら前進する (田辺・中島, 2016)。このような 4 ka を境としたデルタの累重様式の変化は、関東地方における完新世中期の海水準高頂 (縄文海進) の終焉と同期していると考えられる (田辺ほか, 2016)。

第 3 図は、ボーリング柱状図データベースを用いて作成した多摩川低地における岩相の平面分布をしめす。第 2 図とこの図からは、ユニット B の湾頭デルタ堆積

物が、標高 -25 m と標高 -15 m ではそれぞれ GS-KKW-1 と GS-KSW-1 において砂州状の砂泥層、標高 -5 m では GS-KNH-1 においてローブ状の砂泥層、標高 0 m では GS-KNH-2 においてローブ状の礫層として分布しているのがわかる。このユニット B は、内陸にかけて、コア堆積物でも確認されたように粒度が粗くなり、形態が砂州状からローブ状へと変化する。このような海進期の湾頭デルタ堆積物は、ローブ状の砂泥層 (潮汐の影響した浅海成堆積物) として、東京低地における荒川開析谷の沖積層にも分布する (Tanabe *et al.*, 2015)。

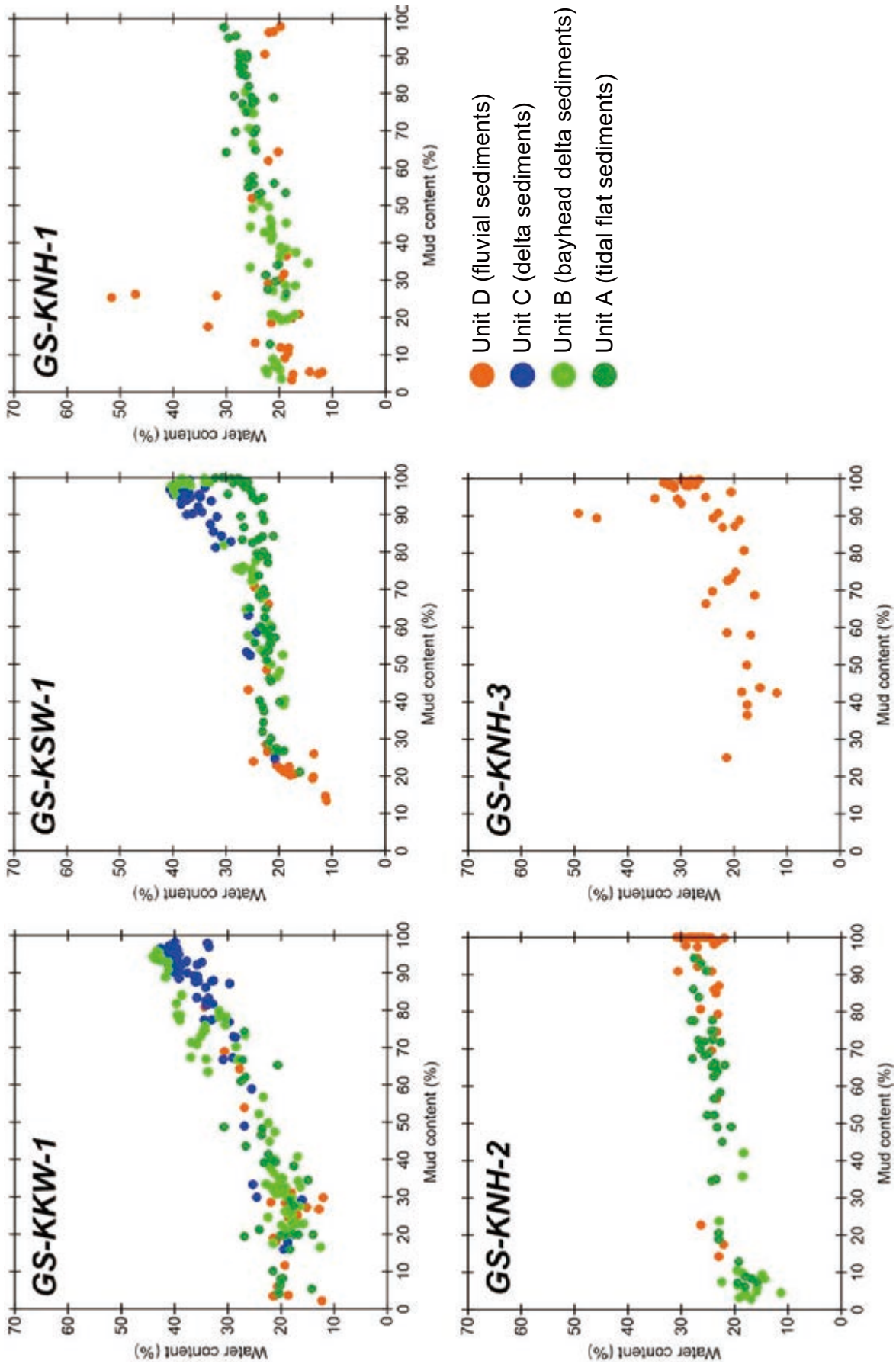
5. 物理特性

第 4 図に多摩川低地において採取した 5 本のコア堆積物の沖積層の泥分含有率と含水率の相関をしめす。ユニット A ~ D のプロットは、泥分含有率が増加すると含水率も増加し、両者が正の相関を持つことをしめす。さらに泥分含有率を x 、含水率を y とすると、ユニット A・D では $y=0.1x+20$ 、ユニット B・C では $y=0.2x+20$ の関係式がおおよそ成り立つ。ユニット A は干潟堆積物の汽水成層、ユニット B は湾頭デルタ堆積物の汽水～海水成層、ユニット C はデルタ堆積物の海水成層、ユニット D は河川堆積物の淡水成層とみなせ、多摩川低地における沖積層では、淡水・汽水成層と海水・汽水成層で泥分含有率と含水率の関係式の回帰係数が異なる。これと似た堆積環境に応じた回帰係数の違いは、東京低地の沖積層からも報告されている。東京低地では、淡水成層の回帰係数がおおよそ 0.1 であるのに対し、海水・汽水成層のそれがおおよそ 0.2 ~ 0.3 である。そして、このような違いは、堆積時の塩分濃度に依存した粘土の格子構造と粒子間隙に起因すると考えられている (田辺ほか, 2010)。つまり、淡水成層と海水・汽水成層の粘土粒子は、それぞれ平行配列構造とランダム配列構造を有し、前者は低間隙率、後者は高間隙率をしめすためである。なお、沖積層の場合、一般的に間隙率と含水率は高い相関を持つ。ユニット B・C とユニット D の回帰係数は、それぞれ東京低地における海水・汽水成層と淡水成層とほぼ同じ値をしめす。しかし、ユニット A については、汽水成層であるにも関わらず、ユニット D や東京低地における淡水成層とほぼ同じ回帰係数を有する。ユニット A は、植物根を多産し、貝化石を産出しないなど、中等潮位よりも上位の干潟堆積物の特徴を持ち、このような堆積物の場合、堆積時の塩分濃度が低く、淡水成層と類似した粘土の格子構造と物理特性をしめす可能性がある (田辺・中島, 2016)。なお、ユニット C は、いわゆる沖積層の内湾泥層とみなせ、他の堆積物と比べて含水率が高いことから、その分布域は多摩川低地における軟弱



第3図 多磨川低地における標高別の岩相の平面分布。図の範囲は、北緯 35°26'50" ~ 35°37'55", 東経 139°29'49" ~ 139°52'13"。田辺・石原 (2015) を改変。

Fig. 3 Surface distribution of lithology under the Tamagawa Lowland. Each figure extends from N35°26'50" to N35°37'55" and from E139°29'49" to E139°52'13". These figures are made from the voxel model of borehole logs. Modified after Tanabe and Ishihara (2015).



第4図 各ボーリングコア堆積物における泥分含有率と含水率の相関。
Fig. 4 Plots of mud- and water-contents of sediment cores in the Tamagawa Lowland.

地盤を形成する。

文 献

- 千葉 崇・澤井祐紀 (2014) 環境指標種群の再検討と更新. *Diatom*, **30**, 17-30.
- 井関弘太郎 (1975) 沖積層基底礫層について. 地学雑誌, **84**, 247-264.
- 石原与四郎・宮崎友紀・江藤稚佳子・福岡詩織・木村克己 (2013) 東京港湾地域のボーリング情報を用いた浅層3次元地質・地盤モデル. 地質学雑誌, **119**, 554-566.
- 門村 浩 (1961) 多摩川低地の地形. 地理科学, **1**, 16-26.
- 町田 洋 (2008) 大磯丘陵から下総台地までの第四系. 日本地質学会 (編), 日本地方地質誌3 関東地方, 朝倉書店, 299-314.
- 牧野内 猛・森 忍・檀原 徹・竹村恵二・濃尾地盤研究委員会断面WG (2001) 濃尾平野における沖積層基底礫層 (BG) および熱田層海成粘土層の年代-臨海部ボーリング・コアのテフラ分析に基づく成果-1. 地質学雑誌, **107**, 283-295.
- 松田磐余 (1973) 多摩川低地の沖積層と埋没地形. 地理学評論, **46**, 339-356.
- 松島義章編 (1987) 川崎市内沖積層の総合研究. 川崎市博物館資料収集委員会, 145 p.
- 岡 重文・菊地隆男・桂島 茂 (1984) 東京西南部地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅). 地質調査所, 148 p.
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hafflidason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S.M. and van der Plicht, J. (2013) IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, **55**, 1869-1887.
- 佐藤裕司 (2014) 珪藻分析を用いた完新世の相対的海水準変動の復元. *Diatom*, **30**, 31-40.
- Stuiver, M. and Braziunas, T.F. (1993) Modeling atmospheric ^{14}C influences and ^{14}C ages of marine samples back to 10,000 BC. *Radiocarbon*, **35**, 137-189.
- Stuiver, M., Reimer, P.J. and Reimer, R.W. (2016) CALIB 7.0.4 <http://calib.qub.ac.uk/calib/>. 2016年7月22日引用.
- 田辺 晋・石原与四郎 (2015) 多摩川低地における岩相と N 値の空間分布. 平成26年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター速報, no. 68, 73-81.
- 田辺 晋・中島 礼 (2016) 多摩川低地における沖積層ボーリングコア堆積物の岩相と生物化石相, 放射性炭素年代値. 平成27年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター速報, no.71, 109-120.
- 田辺 晋・石原与四郎・中西利典 (2010) 東京低地から中川低地にかけての沖積層の層序と物性: 沖積層の2部層区分について. 地質学雑誌, **116**, 85-98.
- Tanabe, S., Nakanishi, T., Ishihara, Y. and Nakashima, R. (2015) Millennial-scale stratigraphy of a tide-dominated incised valley during the last 14 kyr: Spatial and quantitative reconstruction in the Tokyo Lowland, central Japan. *Sedimentology*, **62**, 1837-1872.
- 田辺 晋・堀 和明・百原 新・中島 礼 (2016) 利根川低地における「弥生の小海退」の検証. 地質学雑誌, **122**, 135-153.
- 海津正倫 (1977) メッシュマップを用いた多摩川下流域の古地理の復元. 地理学評論, **50**, 596-606.
- van Wagoner, J.C., Posamentier, H.W., Mitchum, R.M., Vail, P.R., Sarg, J.F., Louit, T.S. and Hardenbol, J. (1988) An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. In: Wilgus, C.K., Hastings, B.S., Kendall, C.G.St.C., Posamentier, H.W., Ross, C.A. and van Wagoner, J.C., eds., *Sea-Level Changes: An Integrated Approach*. SEPM Spec. Publ., no.42, 39-45.