

東京低地南部における沖積層の基盤地形

田辺 晋^{1,*}・石原 与四郎²

TANABE Susumu and ISHIHARA Yoshiro (2020) Incised-valley topography formed into the Last Glacial Maximum beneath the southern area of the Tokyo Lowland, central Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 71 (3), p. 201-213, 7 figs.

Abstract: Incised-valley topography formed into the Last Glacial Maximum (LGM) beneath the southern area of the Tokyo Lowland including the Tokyo Bay area has been clarified on the basis of 5,767 borehole logs. The incised-valley topography has been reconstructed by spatially interpolating (Kriging) the depth distribution of the base of the post-LGM incised-valley fill identified in each borehole log. The Paleo-Tokyo River Valley flows from north to south along the present Arakawa River in the Tokyo Lowland. Three buried terraces formed during the Marine Isotope Stage (MIS) 5a, MIS 3, and the early stage of the LGM occur on the left and right banks of the Paleo-Tokyo River Valley. The buried terraces on the left and right banks of the Paleo-Tokyo River Valley are dissected by the Gytoku Valley and the Paleo-Kanda River Valley, respectively. Absence of the Basal Gravel bed and the cover effect in the Gytoku and Paleo-Kanda River valleys pronounced the undulation of the incised-valley topography formed in relation to the sea-level lowering and river incision into the LGM.

Keywords: incised valley, buried terrace, interpolation, Tokyo Metropolitan, Chiba Prefecture, Late Pleistocene, Holocene

要 旨

東京湾の湾岸部を含む東京低地南部における5,767本のボーリング柱状図から、沖積層の基底深度を読み取り、クリキング法による空間補間を行うことで、沖積層の基盤地形を復元した。東京低地南部では、現在の荒川に沿って、古東京川開析谷が南北方向に縦断しており、その両岸には海洋酸素同位体ステージ(MIS) 5aとMIS 3、最終氷期最盛期(LGM)の前半に形成されたと考えられる3段の埋没段丘が分布する。古東京川開析谷の左岸と右岸の埋没段丘は、それぞれ行徳開析谷と古神田川開析谷によって開析される。行徳開析谷と古神田川開析谷の基底には沖積層基底礫層(BG)が認められず、礫による被覆効果が無かったために、LGMにかけた海水準低下に伴った河川の下刻による起伏地形が顕在化したと考えられる。

1. はじめに

沿岸河口低地における沖積層とは、最終氷期最盛期(Last Glacial Maximum: LGM)にかけた海水準低下に伴っ

て形成された開析谷が、後の海水準の上昇と安定に伴って堆積した碎屑物によって充填された地層を指す。このような沖積層は、一般的に未固結な軟弱地盤を形成しており、地震動の増幅や地盤沈下などの様々な地質災害を引き起こすことが知られている(貝塚・松田, 1982; 遠藤ほか, 2001など)。従って、その分布や形成機構の解明は社会的にも重要である。

首都圏が立地する東京低地の沖積層は、1923年の大正関東地震以降、多くの研究が行われてきた。特にその基盤(基底)地形については、復興局建築部(1929)を初めとし、羽鳥ほか(1962)、東京都土木技術研究所(1969)、Kuwano *et al.* (1971)、Matsuda (1974)、Kaizuka *et al.* (1977)、貝塚・松田(1982)、遠藤邦彦ほか(1988)、東京港地下地質研究会(2000)、東京都港湾局(2001)、石綿(2004)、田辺ほか(2008a)、角田(2014)、風岡ほか(2018)などによる研究がある。これらの研究で用いられたボーリング柱状図の数は、時代が経るに従い増加し、田辺ほか(2008a)では7,021本のボーリング柱状図を用いて沖積層の基盤地形を復元している。

従来、沖積層の基盤地形は、個々のボーリング柱状図

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)

² 福岡大学理学部 (Faculty of Science, Fukuoka University, Nanakuma 8-19-1, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan)

* Corresponding author: TANABE, S., Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: s.tanabe@aist.go.jp

から読み取った沖積層の基盤深度を地図上にプロットし、人の解釈を加えて、滑らかな等高線を描くことによって復元されてきた。しかし近年は、データ量の増加に伴い、個々のボーリング柱状図から読み取った基盤深度を電子データとして整備し、GISソフトウェアを用いた数学的な補間を行うことによって、詳細な基盤地形を復元する方法が主流となっている。

首都圏におけるボーリング柱状図は、2002年に公開された「千葉県地質環境インフォメーションバンク」(現在は「ちば情報マップ」)(千葉県環境研究センター, 2002)を皮切りに、2006年の「東京の地盤(Web版)」, 2008年の「国土地盤情報検索サイト(Kunijiban)」(土木研究所, 2008), 2013年の「埼玉県ボーリング柱状図」(埼玉県環境科学国際センター, 2013), 2014年の「東京の地盤(GIS版)」(東京都土木技術支援・人材育成センター, 2014)と、着実にオープンデータ化が進んでおり、その質・量ともに充実してきている。従って、多量のボーリング柱状図データの公開に伴う沖積層の基盤地形の電子化と詳細化は今後とも進展させる必要がある。

田辺ほか(2008a)は、東京都台東区上野以北の東京低地北部と中川低地における沖積層の基盤地形を復元した。今回、東京低地南部における沖積層の基盤地形を、5,767本のボーリング柱状図を用いて、これまでになく詳細に復元した。本論ではその結果を紹介する。

2. 地質概説

東遷以前の利根川流域では、縄文海進に伴い、現在の海岸線から約70 km内陸の栃木県栃木市藤岡町付近まで、奥東京湾と呼ばれる内湾が広がった(大山ほか, 1933; 小杉ほか, 1989など)。この奥東京湾地域の沿岸河口低地のうち、中川沿いのものは中川低地、荒川沿いのものは荒川低地、そしてこれらの河川の合流域から下流のものは東京低地と呼ばれている(貝塚, 1979)(第1図)。

現在の東京低地は、南が東京湾に面しており、その東には下総台地、西には武蔵野台地が分布する(第1図)。利根川の東遷以前、この低地には利根川と荒川、渡良瀬川などから供給された碎屑物が堆積した。現在の河川流量から見た場合、利根川の流量が290 m³/sであるのに対し、荒川のそれは30 m³/s、渡良瀬川のそれは19 m³/sしかない。従って、東京低地の沖積層の形成には、圧倒的に利根川の土砂供給の影響が大きかったことが推定できる。ちなみに現在の利根川の土砂供給量は95 kg/s (3 Mt/yr)とされる(Milliman and Farnsworth, 2011)。

5 cal kyr BP (ka)に利根川は荒川低地から中川低地に流路を変遷した(田辺ほか, 2008b)。従って、LGMには荒川低地では利根川、中川低地では渡良瀬川によって、それぞれ荒川開析谷と中川開析谷が形成され、これらの開析谷は東京低地において合流し、古東京川開析谷として現在の東京湾口にかけて流下したと考えられている(中

条, 1962; Matsuda, 1974; 菊地, 1981; 遠藤邦彦ほか, 1988; 田辺ほか, 2008aなど)。東京低地では、海洋酸素同位体ステージ(MIS) 5eからLGMにかけた海水準低下に伴って、複数の埋没段丘と開析谷が形成された(Matsuda, 1974; 遠藤秀典ほか, 1988; 東京都港湾局, 2001など)。古東京川開析谷は、東京低地では東京都江東区辰巳付近において最も深く、標高-70 mにかけて分布する(遠藤邦彦ほか, 1988; 東京都港湾局, 2001)。

古東京川開析谷を充填する沖積層は、中・上部更新統の下総層群に不整合に累重し、下部・上部沖積層に区分される(Matsuda, 1974; Kaizuka *et al.* 1977; 松田, 1993)。下部沖積層は下位より基底礫層(Basal Gravel: BG)、下部砂層(Lower Sand: LS)、下部泥層(Lower Clay: LC)、中間砂層(Middle Sand: MS)、上部沖積層は下位より上部泥層(Upper Clay: UC)、上部砂層(Upper Sand: US)、最上部陸成層(Uppermost Alluvium: UA)に細分される。遠藤(2017)などは、このような沖積層を年代に基づいて七号地層と有楽町層に二分しており、両層の境界は完新世の始まりに相当する。田辺ほか(2010)は、東京低地における沖積層を堆積システムとそれを構成する堆積相によって、下位より低海水準期の網状河川システム、海進期の蛇行河川システムとエスチュアリーシステム、海退期のデルタシステムに区分している。また、沖積層を二分する場合、物性値が大きく異なる下位の河成層と上位の海成層で区分すべきであると提唱している。

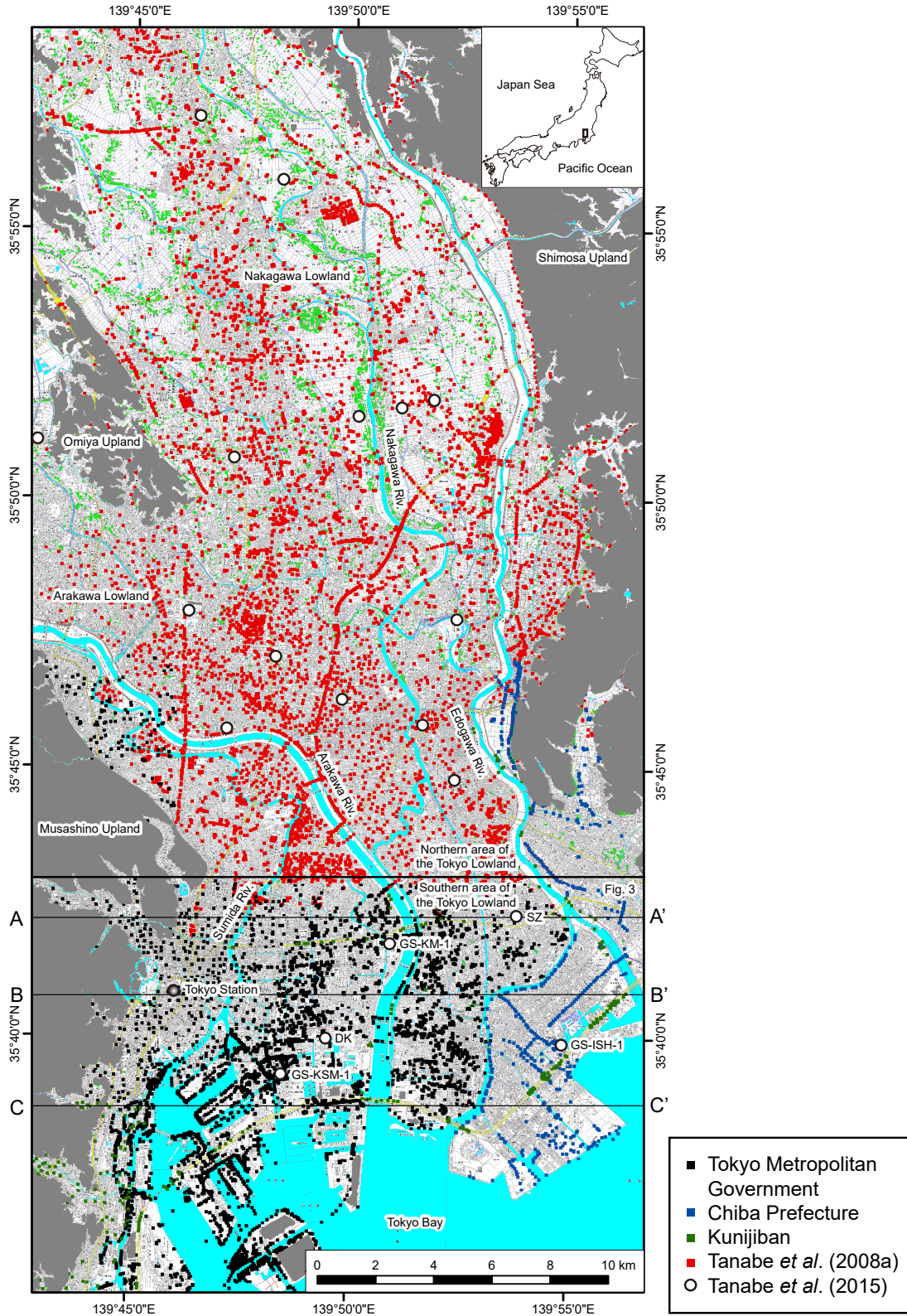
東京低地の東の下総台地と西の武蔵野台地は下総層群とその上位の段丘堆積物から構成される(岡ほか, 1984; 中澤・田辺, 2011)。関東平野における台地を構成する段丘は、一般的にMIS 5eの下末吉面、MIS 5aの武蔵野面、MIS 3の立川面に区分される(Ishihara and Sugai, 2017など)。武蔵野台地では下末吉面が標高20~30 mに分布しており、西上がりの隆起傾向を示す(小池・町田編, 2001)。

3. 研究手法

本論では、「東京の地盤(GIS版)」(東京都土木技術支援・人材育成センター, 2014)のうち4,756本、「ちば情報マップ」(千葉県環境研究センター, 2002)のうち743本、「国土地盤情報検索サイト(Kunijiban)」(土木研究所, 2008)のうち268本のボーリング柱状図を用いた(第1図)。これら計5,767本のボーリング柱状図の電子ファイルは、XML形式に統一し、石原ほか(2013)による補間方法を用いて100 m×100 m×1 mのボクセルモデルを作成した。そしてこのボクセルモデルを用いて岩相とN値の断面図を作成した。

本論では、まずこの岩相とN値の断面図における下総層群と沖積層の層序ならびに埋没段丘面と開析谷の基底面を産総研による5本の基準コア(Tanabe *et al.*, 2015)と既存研究(Matsuda, 1974; 遠藤秀典ほか, 1988; 遠藤邦

東京低地南部における沖積層の基盤地形 (田辺・石原)



第1図 ボーリング柱状図のプロット。

本論では、Tanabe *et al.* (2015)のうち、SZとGS-KM-1、DK、GS-ISH-1、GS-KSM-1の5本のボーリングコア堆積物を基準コアとして用いた。灰色は標高が10 m以上の地域を示す。

Fig. 1 Plots of borehole logs.

In this study, five sediment cores of SZ, GS-KM-1, DK, GS-ISH-1 and GS-KSM-1 (Tanabe *et al.*, 2015) were used as stratotype cores. Gray shadings represent area higher than 10 m above the Tokyo Peil datum.

彦ほか, 1988; 東京港地下地質研究会, 2000; 東京都港湾局, 2001; 石綿, 2004; 角田, 2014)に基づいて解釈した。さらに複数の断面図におけるこれらの解釈を面的に広げることによって、沖積層の基盤地形を復元した。

5,767本のボーリング柱状図のうち、沖積層が下総層群に直接累重するものは2,583本、沖積層の基底にBGもしくは沖積層の下位に埋没段丘礫層(Buried Terrace Gravel: BT)が存在するものは3,184本、そのうちBGとBTを貫入するものは2,077本あった。後述するように、沖積層が特に厚く分布する開析谷の軸部ではBGを貫入するボーリング柱状図が少ないこと、そしてBTを被覆するローム層は薄層であり、なおかつ偏在することから、本論ではBGとBTの上面を沖積層の基底と見なしている。

本論では、沖積層の基底深度とBGもしくはBTの有無、BGもしくはBTの層厚、埋没段丘面上のローム層の有無とその上面深度を手動で読み取った。そして沖積層の基底深度をArcGIS 10.6のSpatial Analystツールの内挿(クリキング)を用いて補間し、沖積層の基盤地形の面的な分布を復元した。

4. 地質断面図の解釈

第2図は東京低地南部における東西方向の岩相・N値断面図を示す。本章では、これらの3つの断面図における下総層群と沖積層の層序そして埋没段丘面と開析谷の基底面を既存研究に基づいて解釈する。

AA'断面図は東京都豊島区雑司が谷付近から千葉県船橋市本中山付近にかけたものである。本断面図の中央部には古東京川開析谷が分布する(Matsuda, 1974; 遠藤邦彦ほか, 1988; 東京都港湾局, 2001) (第2図)。本断面図の下部は、N値が40以上の礫層と砂層、砂泥層から構成され、これらの層相は側方方向への連続性が良い。それに対して上部は、N値40以下の礫層と砂泥層、泥層から構成され、特に礫層と砂泥層の側方方向への連続性は限定される。これらの下部と上部の層相は、それぞれ下総層群と沖積層の特徴を示す(Matsuda, 1974)。下総層群のうち、古東京川開析谷より西に分布するものは、礫層の側方方向の連続性で示されるように、5/1000の勾配で東に傾斜する(第2図)。またこの礫層の上位の標高-35 m付近にはMIS 3の本所埋没段丘を構成するBTが分布する(遠藤秀典ほか, 1988)。一方、古東京川開析谷より東に分布する下総層群には明瞭な礫層は存在せず、その最上部には局所的にN値5以下の泥層が分布する。古東京川開析谷を充填する沖積層は、下位よりBGとLS, LC, MS, UC, US, UAから構成され(Matsuda, 1974)、GS-KM-1の基準コアに基づく、BGは網状河川システム、LSとLCは蛇行河川システム、MSはエスチュアリーシステム、UCとUS, UAはデルタシステムに対比できる(田辺ほか, 2010)。網状河川システムはN値40、蛇行河川システムはN値20~40である。エスチュアリーシステムのN値は

下部の10から上部の0に減少、デルタシステムのN値は下部の0から上部の10に増加する(第2図)。このようなエスチュアリーシステムとデルタシステムのN値の垂直変化は、それぞれ上方細粒・粗粒化を示すと考えられる。デルタシステムを構成するN値0の内湾泥層は、開析谷のみならずSZの基準コアを含む埋没段丘面上にも広く分布する。

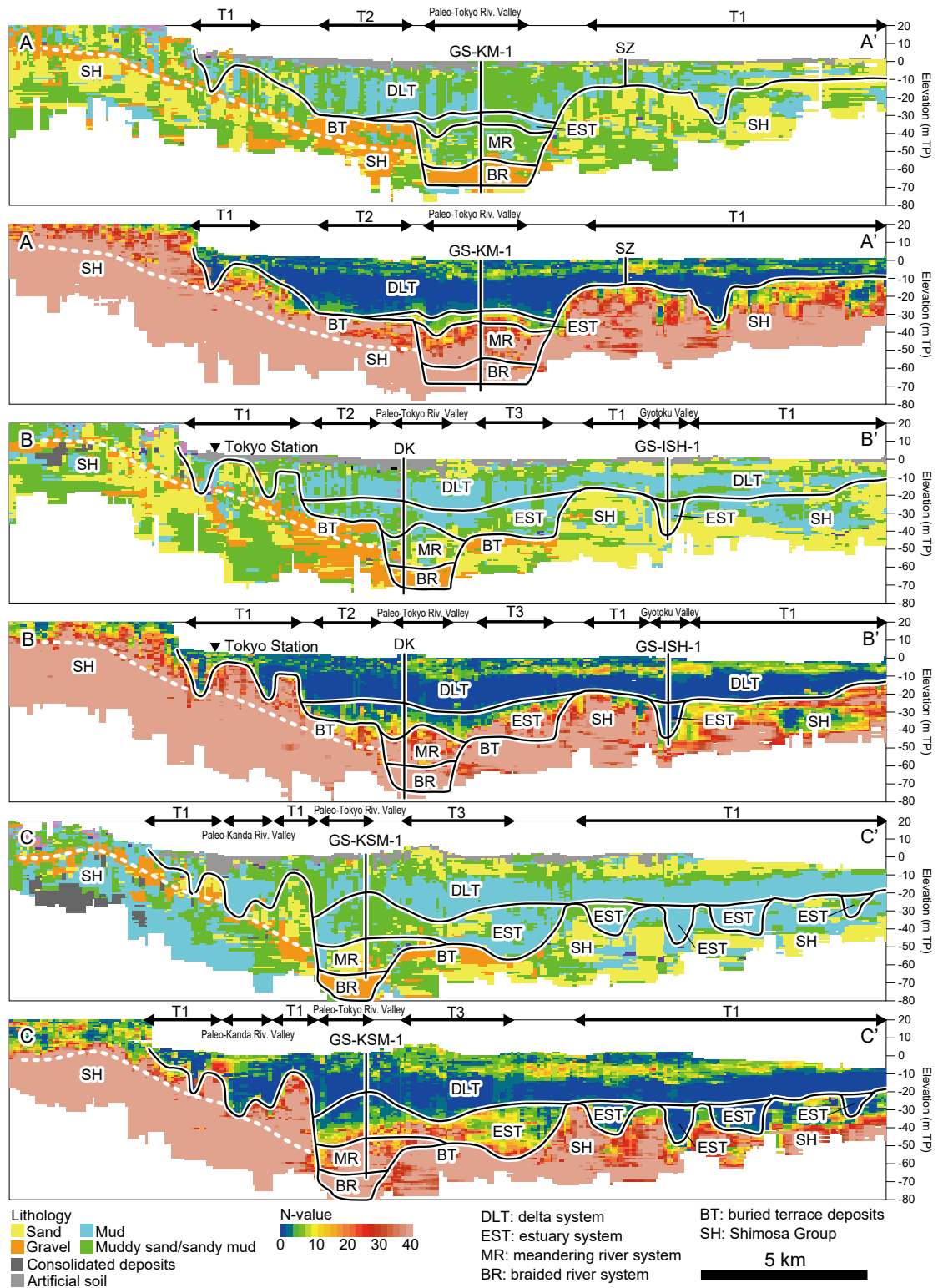
BB'断面図は東京都新宿区大京町付近から千葉縣市川市上妙典付近にかけたものである。この断面図は途中で東京駅を横切る(第2図)。BB'断面図における下総層群と沖積層の層序ならびに埋没段丘と開析谷の分布は、AA'断面と大差ない。しかし、BB'断面では古東京川開析谷の東の標高-50~-40 mにBTを伴う平坦面が存在する(東京都港湾局, 2001)。また、沖積層の蛇行河川システムには厚い砂層が存在する。この砂層はアグラデーションする河川チャネル堆積物と考えられる(Tanabe *et al.*, 2015)。さらに、エスチュアリーシステムを構成する砂泥層と泥層はAA'断面のもの比べて厚い。上方細粒化するこの層相はDKの基準コアに基づく湾口砂州堆積物と解釈される(田辺ほか, 2012)。GS-ISH-1が位置する行徳開析谷(石綿, 2004)の谷埋め堆積物は、エスチュアリーシステムの内湾泥層からなる(田辺ほか, 2012)。東京駅付近では沖積層は標高-5 mにかけて分布し、その東の小規模な開析谷は昭和通り開析谷、西のそれは丸の内開析谷と呼ばれている(角田, 2014)。

CC'断面図は東京都渋谷区恵比寿付近から千葉県浦安市日の出付近にかけたものである(第2図)。この断面図の下総層群と沖積層の層序ならびに埋没段丘と開析谷の分布はBB'断面と大差ない。ただし、古東京川開析谷の西に分布する下総層群の礫層の勾配はAA'断面やBB'断面と比べて急(9/1000)である。これは一枚の礫層の傾斜が南に向かって急になっているか、いずれも下総層群を構成する傾斜が緩い新しい時代の礫層と傾斜が急な古い時代の礫層が二枚ある可能性がある(東京港地下地質研究会, 2000)。また、古東京川開析谷の東の下総層群は、幾つかの小規模な谷によって開析されており、古東京川開析谷におけるGS-KSM-1と同じく、エスチュアリーシステムの内湾泥層によって充填されていると考えられる。

5. 埋没段丘と開析谷の分布

第3図は東京低地南部における沖積層の基盤地形を示す。この図の中央部には古東京川開析谷が南北方向に縦断し、その左岸と右岸には複数の平坦面が見られる。本論では、標高-20~0 mの平坦面をT1面、標高-40~-30 mの平坦面をT2面、標高-50~-40 mの平坦面をT3面と命名する。古東京川開析谷の左岸と右岸のT1面には行徳開析谷と古神田川開析谷がそれぞれ分布する(石綿, 2004)。そのうち古神田川開析谷は、その上流において東の昭和通り開析谷と西の丸の内開析谷に枝分かれする

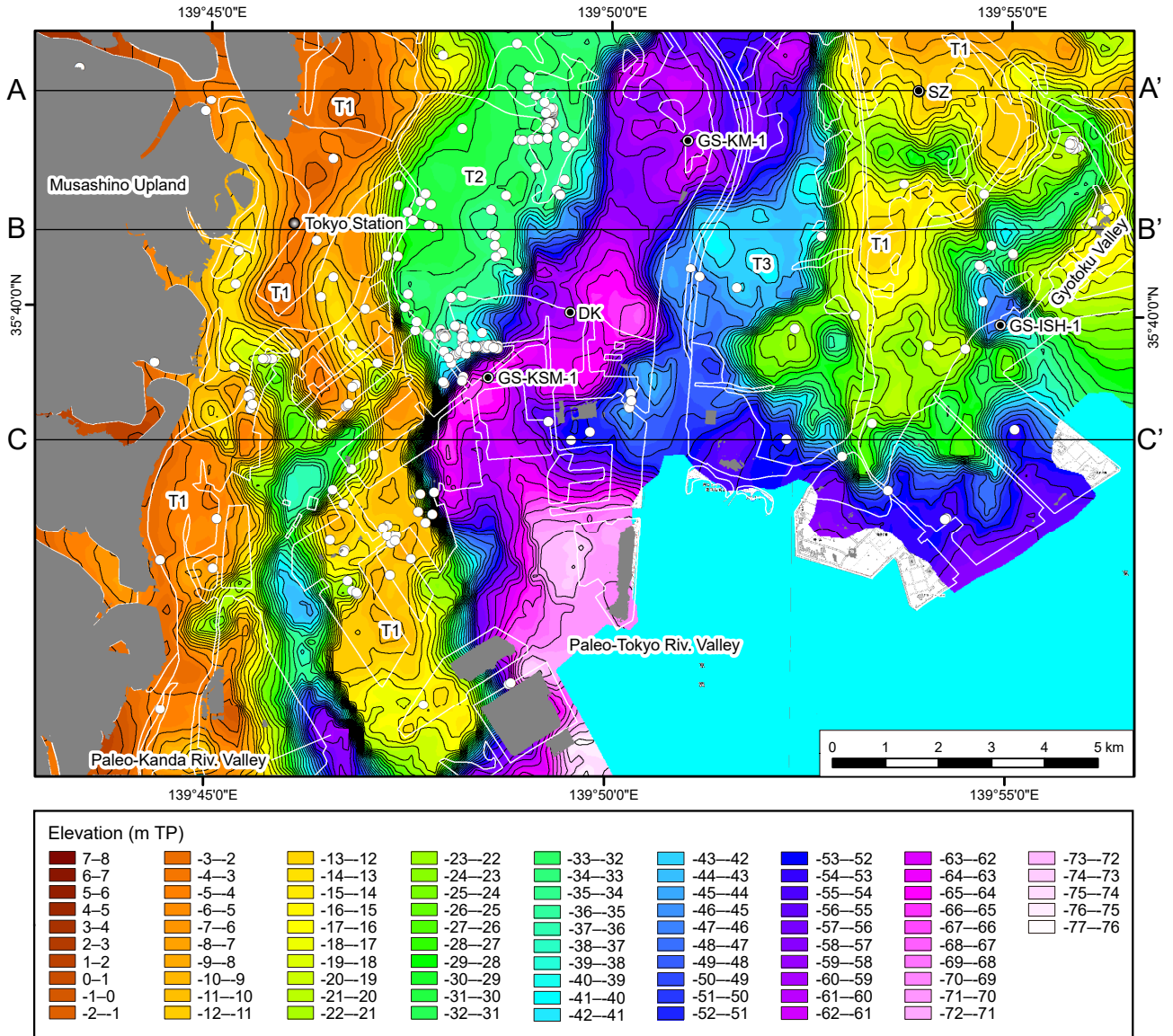
東京低地南部における沖積層の基盤地形 (田辺・石原)



第2図 岩相(上部)・N値(下部)断面図。

黒い実線は沖積層の基底と堆積システムの境界を示す。白い点線は下総層群の礫層の分布を示す。T1とT2, T3は埋没段丘面を示す。TPは東京湾平均海面(Tokyo Peil)を意味する。断面図の位置は、第1図と第3図、第4図に示す。

Fig. 2 Cross sections of lithology (upper section in each figure part) and N-value (lower section in each figure part). The black solid line indicates the base of the post-LGM incised-valley fill and the boundary of the sedimentary systems. The white dotted line indicates the gravel bed of the Shimosa Group. T1, T2, and T3 indicate buried terrace. TP shows mean sea-level at Tokyo Bay (Tokyo Peil datum). Locations of cross sections are shown in Figures 1, 3, and 4.



第3図 東京低地南部における沖積層の基盤地形。

等高線は2m間隔。白丸はローム層の分布を示す。白い実線は現在の海岸線を示す。灰色は標高が10m以上の地域を示す。

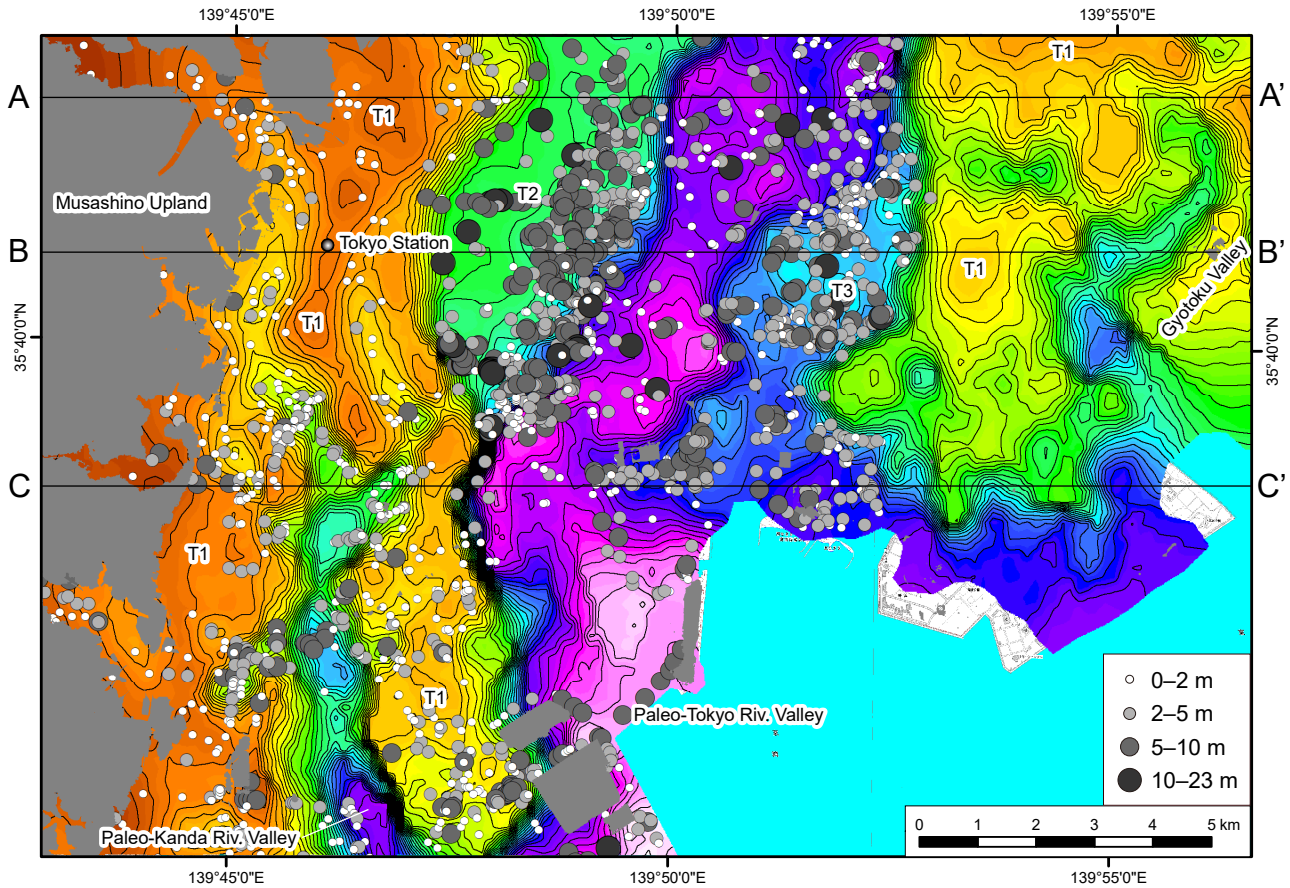
Fig. 3 Incised-valley topography formed into the LGM beneath the southern area of the Tokyo Lowland.

The contour interval is 2 m. The white circles show the distribution of loam. The white solid line indicates shoreline. Gray shadings represent area higher than 10 m above the Tokyo Peil datum.

(角田, 2014). 本調査地域において古東京川開析谷は中央防波堤外側埋立地の南東端において最も深く標高-77 mにかけて分布する。行徳開析谷は千葉県市川市塩浜において最も深く標高-56 m, 古神田川開析谷は東京都大田区東海において最も深く標高-59 mにかけて分布する。

第3図にはローム層の分布を白丸で示した。この分布によるとローム層は、T1面とT2面、T3面に分布しており、開析谷の軸部には分布しない。従来、T1面は縄文海進に伴って形成された波食台とされてきた(Matsuda, 1974; Kaizuka *et al.*, 1977; 東京都港湾局, 2001)。しか

し、東京都江東区有明では、下総層群の上面を構成するT1面にMIS 4の箱根東京テフラ(Hk-TP)(町田・新井, 2003)を含む関東ローム層が被覆する。従って、この地域におけるT1面はMIS 5aの武蔵野段丘に相当すると考えられている(東京港地下地質研究会, 2000)。また、T2面の本所埋没段丘では、BTを被覆する関東ローム層から30.0 kaの始良Tn火山灰(AT)(Smith *et al.*, 2013)が得られており、T2面はMIS 3の立川段丘に対比されている(遠藤秀典ほか, 1988)。T3面からは、これまでのところ年代値が得られていない。しかしT3面は、T2面の下位及



第4図 BGとBTの層厚分布.

基盤地形の凡例は第3図と同じ。灰色は標高が10 m以上の地域を示す。

Fig. 4 Distribution of the thickness of the BG and BT.

The legend of the incised-valley topography is same to that of Fig. 3. Gray shadings represent area higher than 10 m above the Tokyo Peil datum.

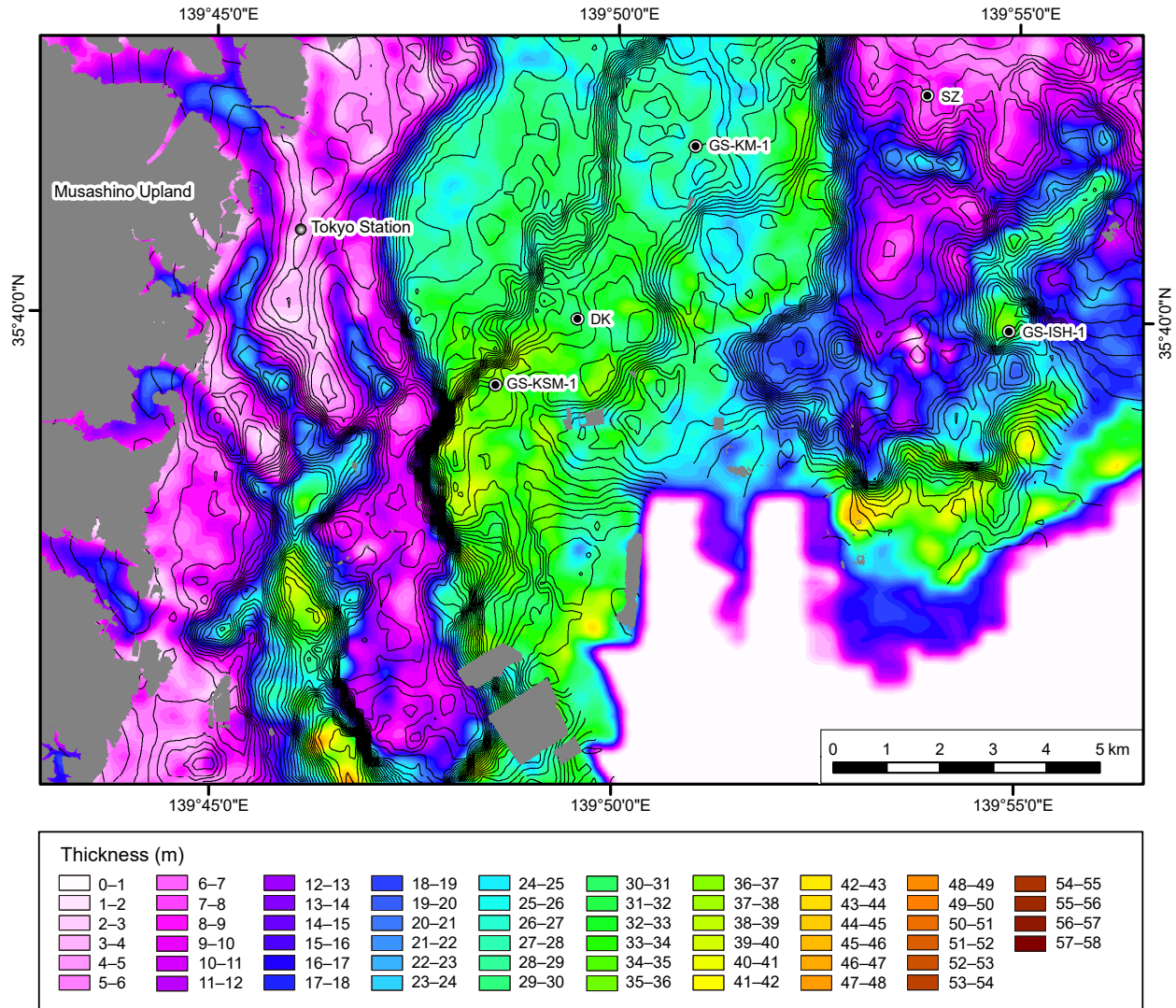
び開析谷の上位に分布することから、MIS 3とLGMの間に形成されたと考えられる。近年、オーストラリアでは、MIS 3からLGMにかけて海水準がステップ状に低下し、LGMの最大海水準低下期の直前(30.0 ~ 21.5 ka)に海水準の停滞があったことが報告されている(Yokoyama *et al.*, 2018; Ishiwa *et al.*, 2019)。従って、T3面はこのような海水準の停滞に伴って形成された可能性がある。なお、ATが被覆するT2面の下位に開析谷が分布することは、開析谷の基底部におけるBGが30.0 ka以降に形成されたことを示す。井関(1975)はBGがLGMの低海水準期に形成されたとしている。その一方で、牧野内ほか(2001)は、濃尾平野におけるBGがATの直下に分布することから、BGがMIS 3の後期からLGMにかけての海水準低下期に形成されたとしている。東京低地南部におけるBGには前者の形成モデルが適合される。

第3図はローム層が、段丘崖の縁や凹みに多く分布し、埋没段丘の平坦面には分布しないことを示す。これは埋没段丘の平坦面を被覆したローム層が縄文海進時の波浪

によって侵食されたこと意味する。東京低地南部における波食台は、所によって存在したとしても、ローム層のみを削削し、埋没段丘面の元地形を洗い出すような、軽微な侵食によって形成されたと考えられる。ちなみにT2面を被覆するローム層は、その上面(標高30 m付近)において極めて平坦な面を形成しており、10.0 ~ 9.2 kaの海水準上昇の停滞(田辺, 2019)に伴って形成されたと考えられる。

6. 礫層と軟弱泥層の層厚分布

第4図はBTもしくはBGを構成する礫層の層厚分布を示す。この図によると、T2面を構成するBTは層厚が5 ~ 10 mと厚層であるのに対し、T3面を構成するBTは2 ~ 5 mと薄層であることが分かる。また、古東京川開析谷の左岸のT1面と行徳開析谷には、BTとBGに相当する礫層が存在しない。古神田川開析谷の上流には層厚が2 m以下のBG、下流には層厚が5 ~ 10 mのBGが分布する。古東京川開析谷のBGの層厚は0 ~ 23 mとばらつく



第5図 N値5以下の泥層の層厚分布。

N値5以下の泥層の層厚はボクセルモデルに基づく。黒い実線は第3図の沖積層の基盤地形を示す。等高線は2 m間隔。灰色は標高が10 m以上の地域を示す。

Fig. 5 Distribution of the thickness of the mud with N -value < 5.

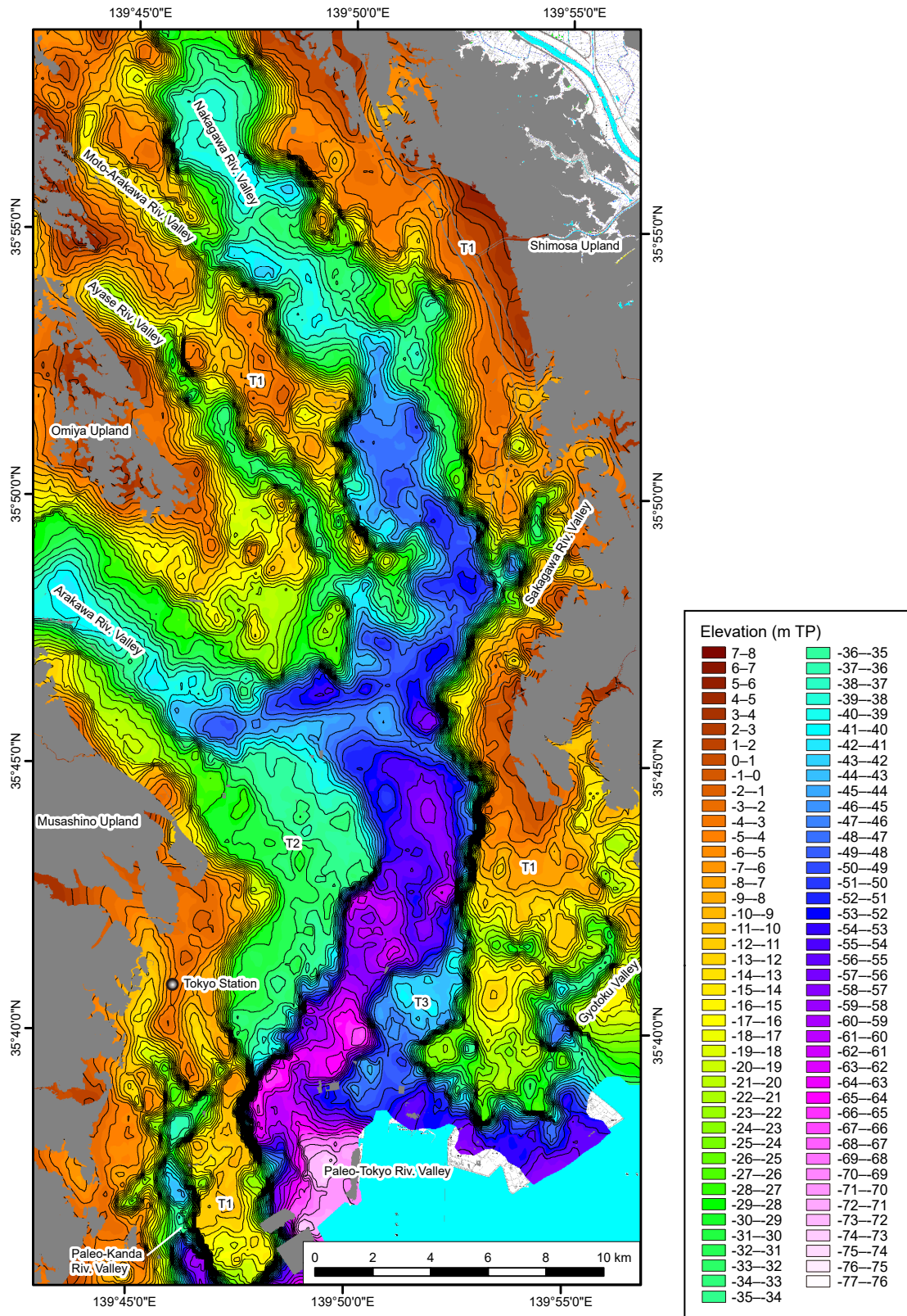
The distribution of the thickness of the mud with N -value < 5 is based on the voxel model made for this study. The black solid lines show the incised-valley topography formed into the LGM (Fig. 3). The contour interval is 2 m. Gray shadings represent area higher than 10 m above the Tokyo Peil datum.

が、ここでは沖積層が厚く分布しており、BGを貫入する十分な数のデータが得られていない。T2面を構成するBTが厚層なのは、第2図のAA'断面とBB'断面によると、MIS 3のBTと下総層群を構成する礫層が重なって分布するためである。埋没段丘を構成する礫層は、T3面を構成するBTのように、現在の利根川における河道の水深(福岡ほか, 2004)と同じ規模の2~5mの層厚を有するのが一般的であると考えられる。古東京川開析谷の左岸のT1面にBTが分布しないのは、T1面を形成した河川が礫を運搬・堆積しなかったのとT1面構成層とその下位の下総層群に礫層が含まれないためである。また、行徳開析

谷にBGが存在しないのは、その集水域に礫層が分布しないためである。古神田川開析谷の下流のBGが厚いのは、下総層群を構成する礫層が開析谷に露出することによる(第2図のCC'断面)。古神田川には、その上流におけるBGの層厚が示すように、武蔵野台地を構成する礫を侵食・運搬するような流量は無かったと考えられる。

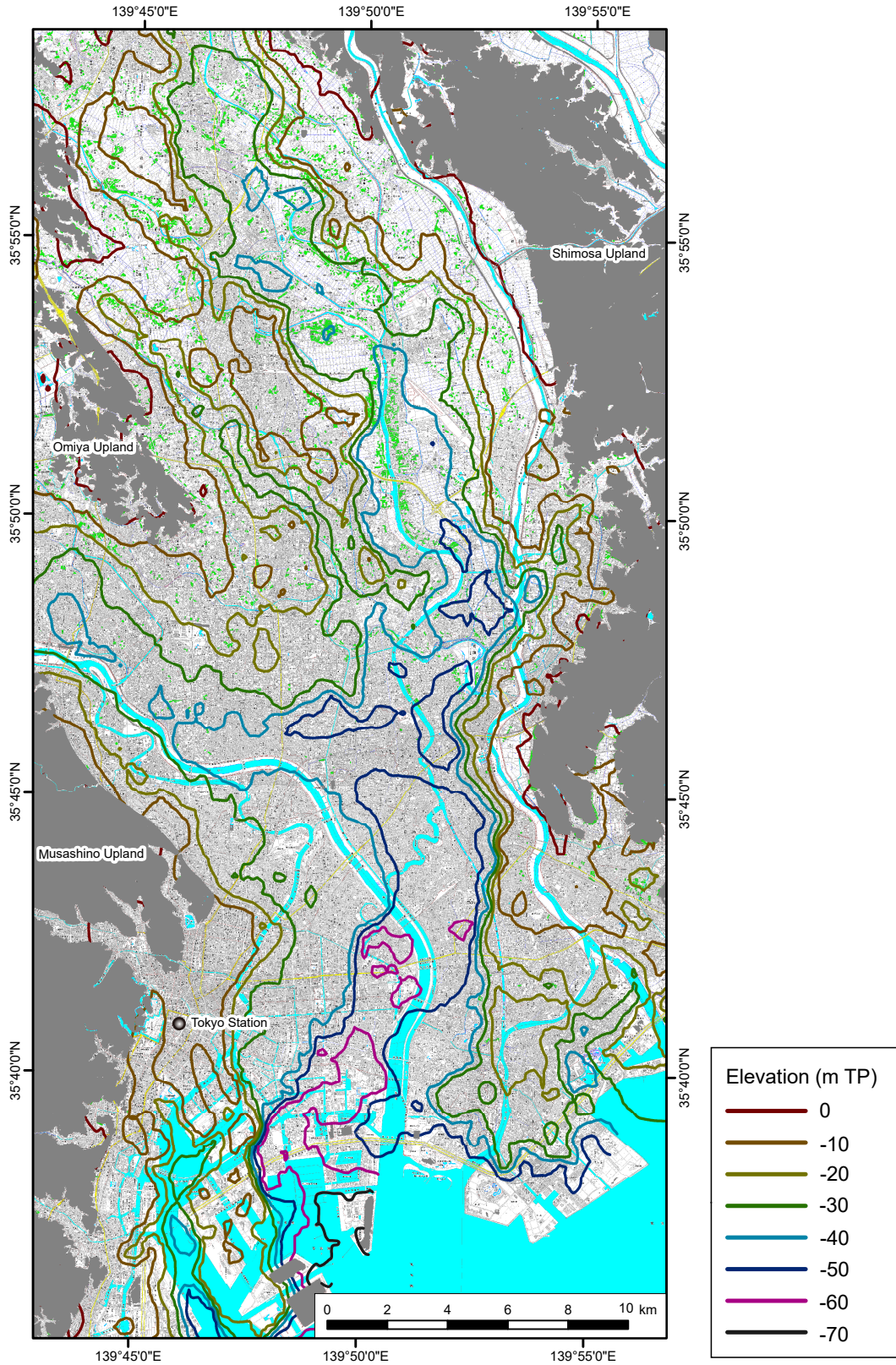
第5図は、N値5以下の軟弱泥層の層厚分布と沖積層の基盤地形の等高線を重ね合わせたものである。沖積層の開析谷では軟弱泥層が厚く分布する。これは、開析谷ではエスチュアリーならびにデルタ成の内湾泥層が谷埋め堆積物として厚く分布するためである。この図は、軟弱

東京低地南部における沖積層の基盤地形 (田辺・石原)



第6図 東京低地と中川低地における沖積層の基盤地形。
等高線は2m間隔。灰色は標高が10m以上の地域を示す。TPは東京湾平均海面(Tokyo Peil)を意味する。

Fig. 6 Incised-valley topography formed into the LGM beneath the Tokyo and Nakagawa lowlands.
The contour interval is 2 m. Gray shadings represent area higher than 10 m above the Tokyo Peil datum (TP; mean sea-level at Tokyo Bay).



第7図 東京低地と中川低地における沖積層基底面の等高線。

灰色は標高が10 m以上の地域を示す。TPは東京湾平均海面(Tokyo Peil)を意味する。

Fig. 7 The contours of incised-valley topography formed into the LGM beneath the Tokyo and Nakagawa lowlands. Gray shadings represent area higher than 10 m above the Tokyo Peil datum (TP; mean sea-level at Tokyo Bay).

泥層の層厚が、おおよそではあるが沖積層の層厚の指標になることを示す。なお、このような軟弱泥層の層厚は、地震被害や地盤沈下と強い相関を持つことが知られている(貝塚・松田, 1982; 遠藤ほか, 2001)。

7. 東京低地北部および 中川低地の基盤地形との対比

第6図は東京低地南部における沖積層の基盤地形を東京低地北部と中川低地におけるそれと対比したものである。また、第7図は第6図の10 m間隔の等高線を表したものである。第6図によると、中川開析谷の左岸と右岸にT1面と同じ深度の平坦面が確認できる。特に中川開析谷の左岸のT1面には、BTが存在せず、下総層群に部分的にローム層が被覆することが報告されており、東京低地南部におけるT1面と同じく、MIS 5aの武蔵野段丘と対比される(田辺ほか, 2014; Ishihara and Sugai, 2017)。また、中川開析谷と荒川開析谷、そして古東京川開析谷の基底にはBGが存在するが、下総台地を開析する行徳開析谷と坂川開析谷(遠藤ほか, 1989)、大宮台地を開析する元荒川開析谷と綾瀬川開析谷、武蔵野台地を開析する古神田川開析谷には、明瞭なBGは存在しない(田辺ほか, 2008a)(第6図)。これらの開析谷のうち、特に行徳開析谷と坂川開析谷、古神田川開析谷の基盤地形は、起伏に富んでおり、流路が屈曲する(第6図)。坂川開析谷と古神田川開析谷の形状は、十分な密度のボーリング柱状図から復元されており、このような起伏地形が補間による「目玉効果」では無いことを示す(田辺ほか, 2014)(第1図)。これらの起伏地形と流路の屈曲の形成にはBGによる被覆効果が無かったことが影響していると考えられる(Sklar and Dietrich, 2004)。つまり小規模な開析谷では、BGが分布しないために、河川による下刻と屈曲が、BGが分布する大規模な開析谷と比べて進行した。その結果、LGMにかけた海水準低下に伴って形成された瀬と淵(Thompson, 2018)もしくは深掘れ(福岡ほか, 2004; 高岡ほか, 2014)が顕在化したと考えられる

8. まとめ

本論では、5,767本のボーリング柱状図から沖積層の基底深度を読み取り、クリキング法による空間補間を行うことで、東京低地南部における沖積層の基盤地形を復元した。東京低地南部では、現在の荒川に沿って、南北方向に古東京川開析谷が縦断しており、その両岸にはMIS 5aとMIS 3, LGMの前半に形成されたと考えられる3段の埋没段丘が確認された。古東京川開析谷の左岸の埋没段丘は行徳開析谷、右岸の埋没段丘は古神田川開析谷などの小規模な開析谷によって開析される。このような開析谷を充填する沖積層の層厚は、N値5以下の軟弱泥層の層厚とおおよそ一致する。また、古東京川開析谷の基底には明瞭なBGが認められるが、行徳開析谷と古

神田川開析谷にはそれが認められなかった。行徳開析谷と古神田川開析谷では、古東京川開析谷のような礫による被覆効果が無かったために、LGMにかけた海水準低下に伴った河川による下刻と屈曲が進行し、瀬と淵もしくは深掘れに相当する起伏地形が顕在化したと考えられる。

謝辞 東京都と千葉県のボーリング柱状図の使用にあたって、地質情報研究部門の中澤 努氏と野々垣 進氏、ならびに東京都土木技術支援・人材育成センターと千葉県環境研究センターにお世話になりました。中澤 努氏には本論文の草稿の段階から有益なコメントを頂きました。また、編集委員である活断層・火山研究部門の松本 弾氏と査読者である再生可能エネルギー研究センターの石原武志氏には適切なご指摘を頂きました。記して謝意を表します。本研究は産総研の「都市域の地質地盤図」プロジェクトの一環として行った。

文 献

- 千葉県環境研究センター (2002) ちば情報マップ. <http://map.pref.chiba.lg.jp> (閲覧日: 2020年2月25日)。
- 中条純輔(1962) 古東京川について—音波探査による—。地球科学, **59**, 30–39。
- 土木研究所(2008) 国土地盤情報検索サイト(Kunijiban). <http://www.kunijiban.pwri.go.jp> (閲覧日: 2020年2月25日)。
- 遠藤秀典・相原輝雄・宇野沢 昭・松本英二・富樫茂子 (1988) 東京低地の本所埋没段丘及びその埋積堆積物の形成年代。第四紀研究, **26**, 401–405。
- 遠藤邦彦(2017) 日本の沖積層—未来と過去を結ぶ最新の地層—改訂版。富山房インターナショナル, 東京, 475p。
- 遠藤邦彦・小杉正人・菱田 量 (1988) 関東平野の沖積層とその基底地形。日本大学文理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・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 毅・川島眞一・川合将文(2001) 東京下町低地における“ゼロメートル地帯”展開と沈静化の歴史。応用地質, **42**, 74–87。
- 復興局建築部(1929) 東京及横浜地質調査報告。144p。
- 福岡捷次・池田 隆・田村浩敏・豊田 浩・重松 良(2004) 利根川下流部における六大深掘れ原因と低水路改修の評価。河川技術論文集, **10**, 119–124。
- 羽鳥謙三・井口正男・貝塚爽平・成瀬 洋・杉村 新・戸谷 洋(1962) 東京湾周辺における第四紀末期の諸問題。第四紀研究, **2**, 69–90。

- 井関弘太郎(1975) 沖積層基底礫層について. 地学雑誌, **84**, 1–18.
- Ishihara, T. and Sugai, T. (2017) Eustatic and regional tectonic controls on late Pleistocene paleovalley morphology in the central Kanto Plain, Japan. *Quaternary International*, **456**, 69–84.
- 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.
- Ishiwa, T., Yokoyama, Y., Okuno, J., Obrochta, S., Uehara, K., Ikehara, M. and Miyairi, Y. (2019) A sea-level plateau preceding the Marine Isotope Stage 2 minima revealed by Australian sediments. *Scientific Reports*, **9**, 6449. doi:10.1038/s41598-019-42573-4.
- 石綿しげ子(2004) 東京湾北部沿岸域の沖積層と堆積環境. 第四紀研究, **43**, 297–310.
- 貝塚爽平(1979) 東京の自然史(増補第二版). 紀伊国屋書店, 東京, 239p.
- 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図(20万分の1), 内外地図株式会社, 東京, 48p.
- 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.
- 風岡 修・小松原 純子・宮地良典・潮崎翔一・香川 淳・吉田 剛・加藤晶子・中澤 努(2018) 第5章 沖積層及び人工地層. 都市域の地質地盤図「千葉県北部地域」(説明書), 産総研地質調査総合センター, 25–34.
- 菊地隆雄(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.
- 小池一之・町田 洋編(2001) 日本の海成段丘アトラス. 東京大学出版会, 東京, 122p.
- 小杉正人・金山喜昭・張替いづみ・樋泉岳二・小池裕子(1989) 古奥東京湾周辺における縄文時代黒浜期の貝塚形成と古環境. 考古学と自然科学, **21**, 1–22.
- 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.
- 町田 洋・新井房夫(2003) 新編火山灰アトラス. 東京大学出版会, 東京, 336p.
- 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—. 地質学雑誌, **107**, 283–295.
- Matsuda, I. (1974) Distribution of the Recent Deposits and Buried Landforms in the Kanto Lowland, Central Japan. *Geographical reports of Tokyo Metropolitan University*, no. 9, 1–36.
- 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.
- Milliman, J.D. and Farnsworth, K.L. (2011) *River Discharge to the Coastal Ocean: A Global Synthesis*. Cambridge University Press, Cambridge, 384p.
- 中澤 努・田辺 晋(2011) 野田地域の地質. 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, 72p.
- 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, 148p.
- 大山 柏・宮坂光次・池上啓介(1933) 東京湾に注ぐ主要溪谷の貝塚に於ける縄紋式石器時代の編年学的研究豫報(第1編), 史前学雑誌, **3**, 1–84.
- 埼玉県環境科学国際センター (2013) 埼玉県ボーリング柱状図. <https://www.arcgis.com/apps/Viewer/index.html?appid=db719dd521424b3d941a426b7d3f6d71> (閲覧日:2020年2月25日).
- Sklar, L.S. and Dietrich, W.E. (2004) A mechanistic model for river incision into bedrock by saltating bed load. *Water Resources Research*, **40**, W06301. doi:10.1029/2003WR002496.
- Smith, V.C., Staff, R.A., Blockley, S.P.E., Bronk Rmasey, C., Nakagawa, T., Mark, D.F., Takemura, K., Danhara, T. and Suigetsu 2006 project members (2013) Identification and correlation of visible tephra in the Lake Suigetsu SG06 sedimentary archive, Japan: chronostratigraphic markers for synchronising of east Asian/west Pacific palaeoclimatic records across the last 150 ka. *Quaternary Science Reviews*, **67**, 121–137.
- 角田清美(2014) 東京都心・「日比谷の入江」の埋没地形と有楽町層. 駒澤地理, no. 50, 113–120.
- 高岡広樹・永山滋也・萱場祐一(2014) 木曾川における深掘れの実態と形成過程に関する研究. 土木学会論文集B1(水工学), **70**, I_1015–I_1020.
- 田辺 晋(2019) 東京低地と中川低地における沖積層の形成機構. 地質学雑誌, **125**, 55–72.
- 田辺 晋・中西利典・木村克己・八戸昭一・中山俊雄(2008a) 東京低地北部から中川低地にかけての沖積層の基盤地形. 地質調査研究報告, **59**, 497–508.
- 田辺 晋・石原与四郎・中島 礼(2008b) 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**, 509–547.
- 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.
- 田辺 晋・中島 礼・内田昌男・柴田康行(2012) 東京低地臨海部の沖積層にみられる湾口砂州の形成機構. 地質学雑誌, **118**, 1–19.
- 田辺 晋・石原武志・小松原 琢(2014) 沖積層の基底にみられる起伏地形: その成因の予察的解釈. 地質調査研究報告, **65**, 45–55.
- 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.
- Thompson, D.M. (2018) Pool-riffle sequences. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. doi:10.1016/B978-0-12-409548-9.11029-2.
- 東京港地下地質研究会(2000) 東京港地域の地下地質層序. 地団研専報, no. 47, 10–22.
- 東京都土木技術研究所(1969) 東京都地盤地質図(23区内)東京都地質図集2.
- 東京都土木技術支援・人材育成センター(2014) 東京の地盤(GIS版). <http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/jigyo/tech/start/03-jyohou/geo-web/00-index.html> (閲覧日: 2020年2月25日).
- 東京都港湾局(2001) 新版東京港地盤図. 89p.
- Yokoyama, Y., Esat, T.M., Thompson, W.G., Thomas, A.L., Webster, J.M., Miyairi, Y., Sawada, C., Aze, T., Matsuzaki, H., Okuno, J., Fallon, S., Braga, J., Humblet, M., Iryu, Y., Potts, D.C., Fujita, K., Suzuki, A. and Kan, H. (2018) Rapid glaciation and a two-step sea level plunge into the Last Glacial Maximum. *Nature*, **559**, 603–607.
- (受 付 : 2020年2月25日 ; 受 理 : 2020年5月29日)

