

関東平野沿岸域の浅層地盤モデルとその応用

Geologic model of shallow-ground and its application in the Kanto Plain

木村克己^{1*}・竹村貴人²・関口春子³・磯前陽介²・石原与四郎⁴・花島裕樹¹
Katsumi Kimura^{1*}, Takato Takemura², Haruko Sekiguchi³, Yosuke Isomae²,
Yoshiro Ishihara⁴ and Yuki Hanashima¹

Abstract: This research has executed the 3-D geologic modeling and the evaluation of both geotechnical engineering and seismic ground motion amplification properties of the Chuseki-so in and around the Tokyo Lowland, Kanto Plain. There are two main research results in 2010 fiscal year, that is, a 80m-long borehole survey and the development of methodology for 3-D modeling. The borehole survey has got a 80-m long stratigraphic core at the site of the coastal area of Tokyo Bay. Its core has been analyzed and tested from both a geological and an engineering viewpoint. The result of the properties will be reported in the other article written by cooperative researchers. The methodology of the 3-D modeling has been developed in the following two points. The one is to control borehole data with the digital surface model of the base of the Chuseki-so, and the other is to use only N-value correlated to the maximum frequent soil division of each grid node in borehole data for calculation of a grid node.

Keywords: Kanto plain, Chuseki-so, Holocene, borehole survey, grid model, geophysical properties

要旨

本研究課題は、関東平野の臨海部に位置する東京低地、およびそれに隣接する中川低地・荒川低地下流部の浅層地盤を構成する沖積層を研究対象として、その地質学的特徴の解明、ボーリングデータベースの構築とそれらに基づく三次元地質モデリングの構築、そして、これらの地質学的研究成果を基礎に、沖積層の地盤工学的特性、沖積層を原因とする地震動増幅特性の評価研究を実施している。平成 22 年度においては、つぎの二つの研究を実施した。第一に、人工的な影響を被っていない沖積層の工学的特性を検討するために、東京低地の臨海部の埋め立て地南端にて、沖積層の基底礫層まで到達する 80m 長のオールコアのボーリング調査を実施し、コア試料の堆積相と基本的な土質特性を検討した。第二に、ボーリングデータを利用した三次元グリッドモデルの構築手法について、江藤

ほか(2008)らの手法の問題を解決するため、沖積層基底面を境界面として、沖積層とその基盤層とにボーリングデータを分離してグリッドモデルを作成し、両モデルを同面で上下に統合するとともに、N 値については、各グリッドの最頻値の土質にあたるボーリングデータの N 値だけを計算対象とするという改訂を行った。本速報では、これらの研究成果の概要を紹介する。なお、地盤工学的特性、そして地震動の増幅特性を主とする研究成果については、別途報告する(竹村ほか, 2011)。

1. はじめに

関東平野中央部に位置する東京低地、およびそれに隣接する中川低地・荒川低地下流部の浅層地盤を構成する第四系、おもに沖積層を研究対象としている。研究目的は、その地質学的特徴を最新の研究手法により高精度・高分解度で明らかにし、それを基礎に、応用

* 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, Institute of Geology and Geoinformation)

² 日本大学文理学部 (Nihon University, College of Humanities and Sciences)

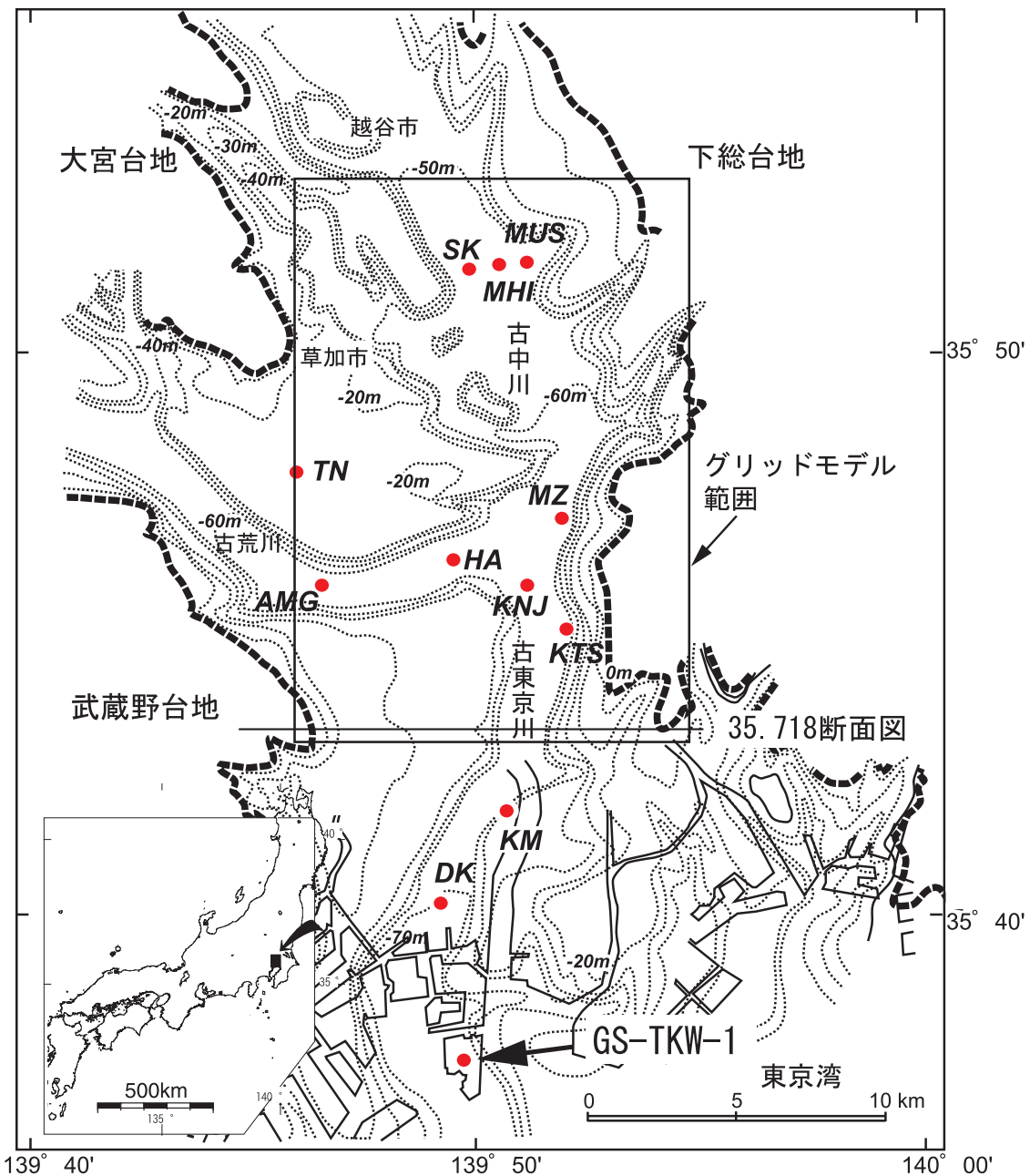
³ 京都大学防災研究所 (Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University)

⁴ 福岡大学理学部 (Department of Earth System Science, Fukuoka University)

課題として沖積層の地盤工学的特性、沖積層を原因とする地震動増幅特性の評価研究を統合的に実施することである。こうした統合的研究は、沖積層の堆積環境の違いによる地層形成が工学的特性、および地震動増幅幅の違いに反映されること、および、沖積層の成り立ちや堆積環境に関する知見やモデルにより、沖積層の地盤物性の空間分布を高精度に補間することができることを基礎に進めている。

沖積層の地質学的研究では、堆積相、年代・岩相層

序、地質・物性対比の標準、沖積層の堆積モデルの構築を目的にして、層序ボーリング調査とコア解析、原位置における PS 検層を実施してきた（石原ほか、2004a, 2004b；木村、2004；宮地ほか、2004；田辺ほか、2006b；中西ほか、2011a, 2011b ほか）。これまでに 15 地点において層序ボーリング調査（35-85m 長）、これらの地点を含む 22 地点のオールコアの観察と各種分析を実施し、それらの結果に基づく層序・堆積環境に関する論文をまとめている（第 1



第 1 図 東京低地から中川低地付近における層序ボーリングコア地点とモデル地域の位置図。
 沖積層基底等高線は遠藤ほか（1992）に基づいて編集。
 石原ほか（2004）から転載し、一部修正・追記。層序ボーリングコアは都市地質研究プロジェクトで実施したボーリング調査及びコア解析の地点を示す。

Fig.1 Location map of borehole survey for geology in the Tokyo and the Nakagawa Lowlands.

図；木村ほか，2006；木村・石原，2009；田辺ほか，2006a，2008 ほか）。これまでの研究によって，東京低地およびそれに隣接する中川低地・荒川低地下流部に分布する沖積層について，その岩相層序と堆積システム区分，およびその縦断方向での岩相層序・堆積システム境界の空間分布と1000年精度での時間変遷が明らかにされてきた。また，建築・土木事業で得られる土質ボーリング柱状図資料を自治体などの協力を得て，収集・電子化することで，15000本のボーリングデータからなるデータベースを構築した。このボーリングデータベースを利用して，沖積層基底面モデルの作成（中西ほか，2006；田辺ほか，2008），N値・土質の三次元グリッドモデルによる浅層地盤の可視化などの研究成果をあげた（田辺ほか，2006b；江藤ほか，2008；木村・石原，2009）。

地質学的な三次元グリッドモデルの構築手法は，始めに Eto et al. (2007) で報告され，続いて江藤ほか（2008）では地質学的な応用例を加えて整理された。江藤ほか（2008）による三次元グリッドモデルの構築手法は，①ボーリング柱状図の数値情報の抽出とデータベースの再構築，②土質情報の細区分と数値化，③深度方向に等間隔なデータセットの作成，④水平方向に等間隔なデータセットの作成とその重合，の手順からなる。しかし，江藤ほか（2008）の手法には，N値と土質の空間モデルを直接地震動予測などの応用課題に利用する場合において改良を要する課題があった。第一に，ボーリングデータについて，沖積層とその基盤をなす更新統とを区別せずに計算処理を実施しているため，沖積層基底面境界付近では，その上位・下位のN値と土質が区別されずに平均化された値になる傾向がある。第二に，各グリッドのN値と土質とを独立に求めているため，各グリッドのN値はその土質のN値を必ずしも反映していないことである。

一方，地震動の増幅や地盤沈下・液状化などの要因となる軟弱な沖積層の工学特性は，堆積環境やその地層形成史と密接な関係があり，本課題では，堆積環境や堆積年代が明らかになった沖積層の堆積物試料を利用して，工学的特性の発現機構やその動的特性を明らかにすることを目的として研究を進めている。その中で，田中ほか（2006）において，沖積層の粘性土の圧密特性が堆積環境の変遷に密接に関係していることを示し，圧密特性が与える影響を続成作用の物理的プロセスと化学的プロセスに区分して検討できる可能性を示すことができた。

今年度はつぎの2つの課題について研究を行った。第一に，人工的な影響を被っていない沖積層の工学的すなわち，特性を検討するために，東京低地の臨海部である埋め立て地南端に位置する若洲公園にて，層序ボーリング調査を実施し，コア試料の堆積相と基本的な土質特性を検討すること，第二に，ボーリングデータを利用した三次元グリッドモデルの構築手法について，江藤ほか（2008）らの手法の問題を解決するため，同手法の改訂を行い，それに基づいてモデルを構築すること（木村ほか，2011）である。本速報では，これらの研究成果の概要を紹介する。なお，地盤工学的特性，そして地震動の増幅特性を主とする研究成果については，別途報告する（竹村ほか，2011；関口・木村，2011）。

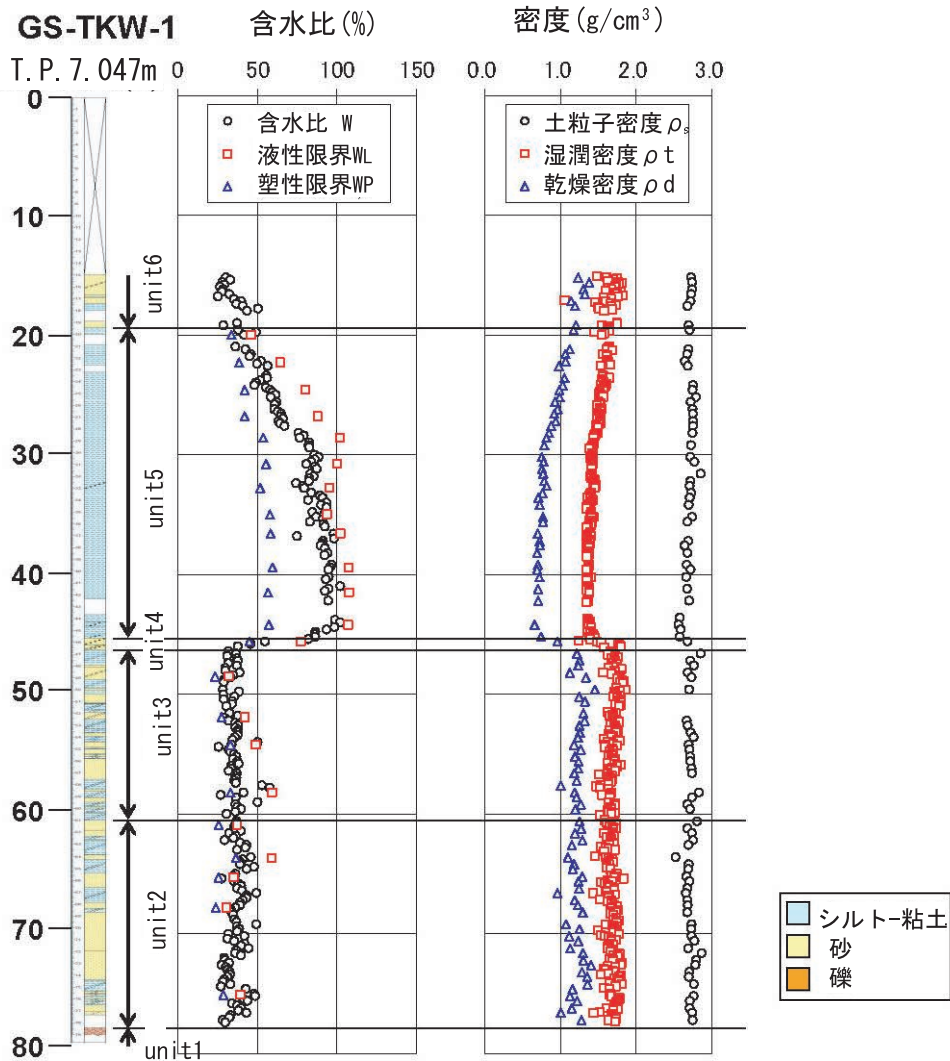
2. ボーリング調査とコア解析

2.1 ボーリング調査地点

ボーリング調査（GS-TKW-1）は，平成22年7月15日～8月20日に，東京都江東区若洲海浜公園地区内にて（第1図），79m長の掘削を行い，高品質のボーリング試料を採取した。掘削地点の孔口標高は7.047m（T.P.），緯度・経度は，北緯35度37分20.95秒，東経139度49分58.59秒である。担当業者は中央開発（株）であった。調査地点は，臨海部の埋め立てされた平坦な裸地であり，表層から深度15mまでが埋土であった。コア採取法は，ダブルコアチューブにて，深度15.0-18.0m，19.45-20.0m，43.65-77.30m，78.45-79.00m，シンウオールにて，深度18.0-19.45m，20.0-43.65mである。なお，深度0-15.0m，77.30-78.45mはノンコアである。コアの解析は日大文理学部地球システム学科の実験室にて，主に磯前が実施した。コアの解析として，コア観察，貝化石・腐植物の採取（C14年代および化石鑑定用），内部堆積構造の観察を目的とした軟X線撮影を行うとともに，土質特性として，含水比，コンシテンシー試験，土粒子・湿潤・乾燥の各密度試験を行った。第2図にコア解析の結果概要を示す。

2.2 コアの岩相層序と堆積システム

GS-TKW-1は深度15mまでの埋土をのぞくと，下位から上位へ，ユニット1～ユニット6の6つの岩相ユニットに区分できる。ユニット1は砂礫層からなる。ユニット2は砂泥互層であり，砂が卓越する。泥には腐植物が含まれる。最下部には厚さ6mほどの



第 2 図 東京都江東区の若洲海浜公園敷地にて採取したボーリングコアの岩相柱状図と土質試験結果。沖積層について、ユニット 1～ユニット 6 に区分されている。

Fig.2 Lithologic clumn of the borehole core drilled at the Wakasu coastal Park of Tokyo.

厚い砂層を挟む。ユニット 3 は砂と泥との互層であり、泥層が卓越する。泥には腐植物が含まれる。ユニット 2 からユニット 3 に向かって砂層が薄くなり、泥の割合が増加するという上方細粒化の傾向が認められる。ユニット 4 は厚さ 1m ほどの砂層でカキ礁を伴う。ユニット 5 はシルト質粘土からなる泥層であり、海成の貝殻片を頻繁に含む。深度 30m から上方に向かって粗粒化する。ユニット 6 は砂が卓越する砂泥互層である。

コアの岩相と含有化石、および上方への粒度変化の特徴に基づいて、木村ほか (2006) の沖積層の堆積システムと対比すると、ユニット 1 は沖積層基底礫層に相当する網状河川システム、ユニット 2 からユニット 3 は蛇行河川システム、ユニット 4 はエスチ

ユアリーシステム、ユニット 5 はその最下部の上方細粒化部はエスチュアリーシステム、その上位はデルタシステム (プロデルタからデルタフロント相当)、ユニット 6 はデルタシステム (デルタフロント相当) にそれぞれ対比することができる。

2.3 コアの土質特性

コアの堆積物のうち、含水比、液性限界・塑性限界、土粒子密度、湿潤・乾燥密度について土質試験を行った。なお、液性限界・塑性限界は粘性土についてだけ実施した (第 2 図)。

コアの土質特性は岩相ユニットに対応して変化する。含水比、液性限界、塑性限界および湿潤・乾燥密度は、ユニット 2～ユニット 3 ではこれらの土質特

性はほぼ一定しているが、ユニット4からユニット5最下部にかけて、含水比、液性限界、塑性限界は急増、湿潤・乾燥密度は低下する。そして、ユニット5下部の一定した区間を挟んで、ユニット5上部からユニット6にかけて、含水比、液性限界、塑性限界は漸移的に低下、湿潤・乾燥密度は増加するという明瞭な傾向を示す。ユニット4からユニット6における土質特性の垂直変化は、粒度の垂直変化と対応している。

淡水成環境のユニット2から3と海成環境のユニット5の泥層はその含水比、液性・塑性限界、乾燥密度で著しく異なる特徴を示している。特にユニット5下部のプロデルタ相当（内湾底）の泥層は、含水比が80-100%と大きくほぼ液性限界の値に匹敵し、液性指数はほぼ1を示す。同層準の泥層は圧縮性が大きく、鋭敏性も高いものと考えられる。

3. ボーリングデータを利用した3次元グリッドモデルとその構築手法の改良

3.1 三次元グリッドモデル構築手法の改訂

今回、三次元グリッドモデルに関する江藤ほか(2008)の作成手法を改訂した。本改訂手法の詳細は、木村ほか(2011)ですでに報告した。以下、その概要を紹介する。

江藤ほか(2008)では、沖積層とその基盤をなす更新統とを分けずにグリッドモデルを作成していたが、今回、沖積層基底面モデルを作成し、それを境界面として上位の沖積層と下位の基盤の更新統とをそれぞれ別々にグリッドモデルを計算して求め、そのあとで沖積層基底面モデルを介して統合することとした。このことにより、開析谷地形をなす沖積層基底面を境にした急激な土質・N値の変化をグリッドモデルでよりの確に表現できることになった。そして、江藤ほか(2008)では、N値のグリッドモデルの計算において、そのグリッドの土質にかかわらずすべての参照データのN値を対象として計算処理を行っていたが、各グリッドの最頻値となった土質に相当するN値のデータだけを対象として、グリッドのN値の計算処理が行えるように変更した。このことにより、土質とN値との相関性を個々のグリッドの値として表現できるようになった。

3.2 改訂三次元グリッドモデルの内容

今回作成した三次元グリッドモデルは、水平面内

は、東西13.2km, 94グリッド(東経139.772~139.915度)(第1図)、南北17.4km, 148グリッド(北緯35.716~35.872度)からなり、垂直方向は-70~20mまで、垂直1m間隔のグリッドから構成される。N値は0~50、土質は人工土と礫、砂、砂泥、泥、腐植土、ロームについてそれぞれ沖積層と沖積基盤にあたる更新統の土質について区分した。

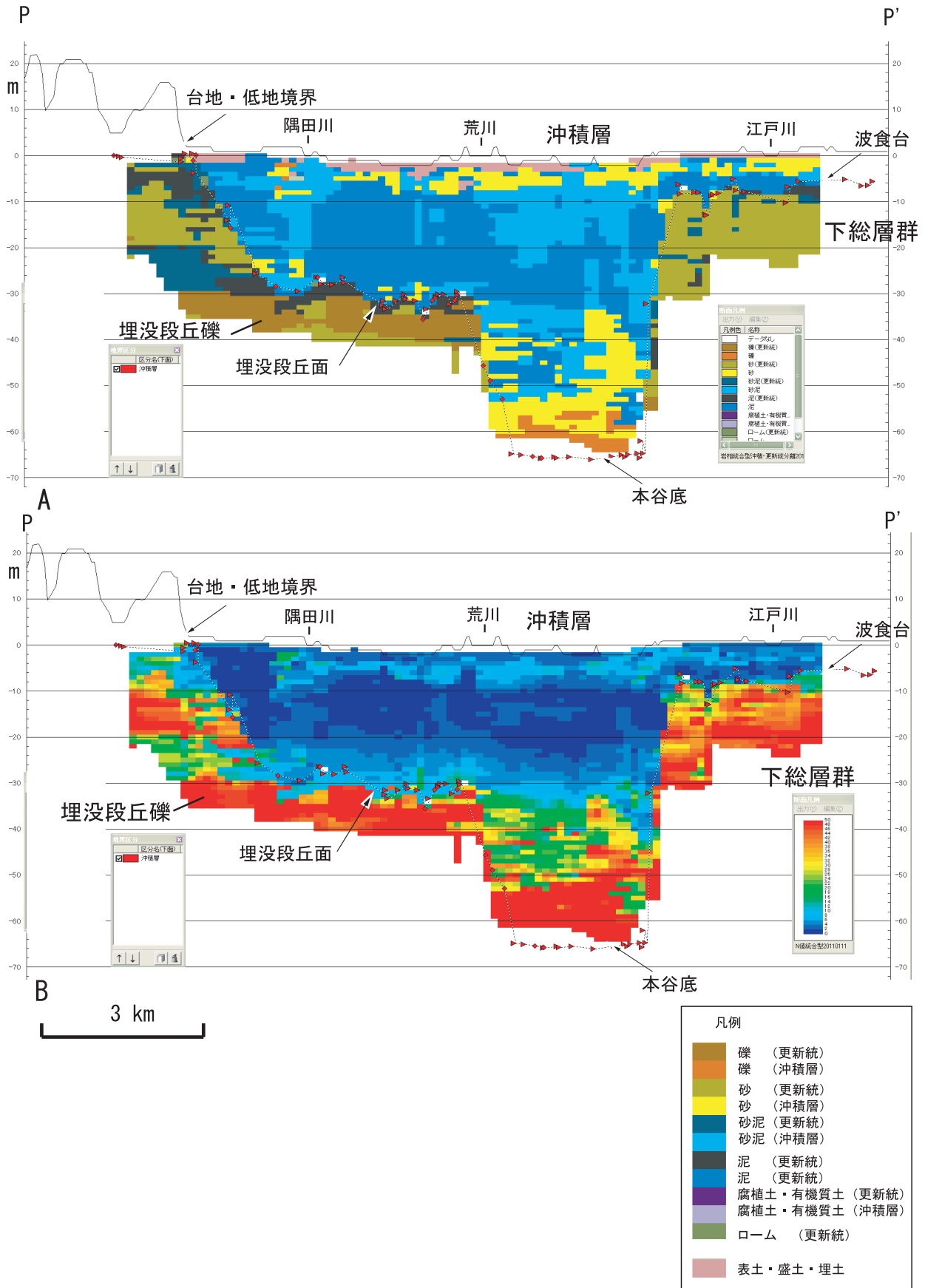
代表的な事例として、北緯35.718度に平行に沿ったN値および土質断面図と水平断面図を示す。なお、各断面図における一つのボクセルのサイズは、横約125m、縦1mである。その中央に個々のグリッドが位置する。

北緯35.718度の地質断面図(第3図; 木村ほか, 2011)

武蔵野台地の北東縁から東京低地の東端付近までを横断する。沖積層基底面は、西縁の台地と低地の境界をなす段丘崖から東方へ標高0mから-30mまで下り、埋没段丘面に相当する-30m付近の平坦面をなす。その東側は本谷底にあたる最深部が標高-65mの凹状形をなし、急斜面を経て標高-10~-6mの波食台にあたる平坦面となる。

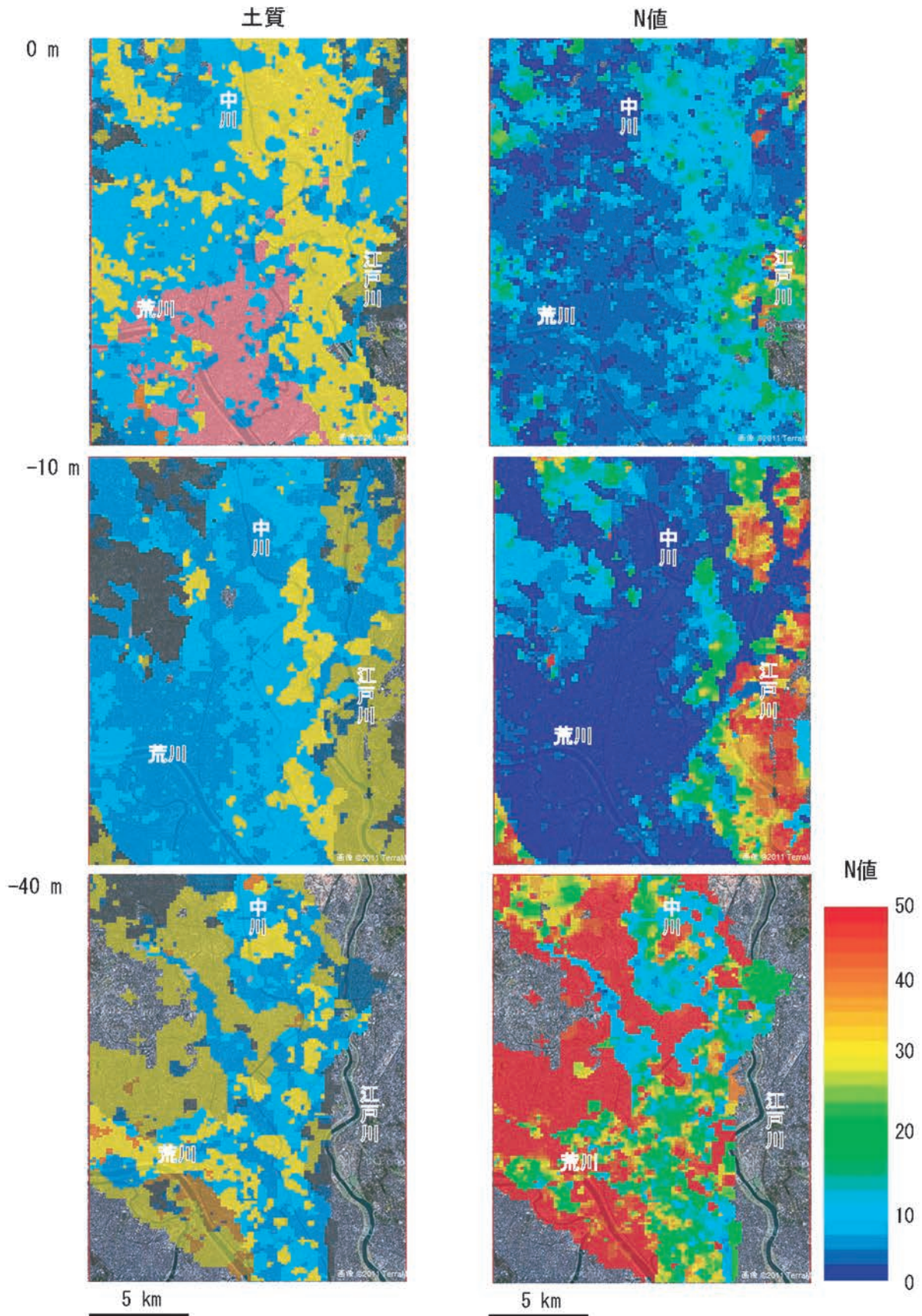
更新統は、段丘堆積物と下総層群相当層からなる。下総層群相当は、沖積層および埋没段丘・台地の基盤を構成する。断面図では、両サイドの標高-35m以浅の分布域しか表現されていない。主に砂層からなり、砂泥・泥・礫を伴い、ほぼ水平成層している。礫・砂のN値では標高-20m以浅では25~50で-20m以深では45以上を示す。埋没段丘堆積物は、下部の礫層とその上位に重なる砂と泥から構成される。その直下の下総層群は断面図では表現されていない。

沖積層は標高-32m以浅とそれ以深とでN値や土質の特性が異なる。標高-32m以浅は、海成の泥・砂泥層が卓越し、最上部に分布する砂層は河成である。N値で見ると、標高-32~-15mでは上方に向かってN値が低下し、その上位では逆に上記の砂層基底付近までN値が増加していることがわかる。これらは土質の地質断面をみると、それぞれ砂泥から泥への上方細粒化と泥→砂泥→砂への上方粗粒化に相当している。下部のN値の上方低下と上方細粒化、上部のN値の上方増加と上方粗粒化はそれぞれ海進期の深海化(エスチュアリー→プロデルタ)、海退期の浅海化(プロデルタ→デルタプレーン)に相当する(木村ほか, 2006ほか)。一方、-32m以深は、凹状の本谷底域内に分布が限られている。その基底部に基底礫層相当の



第 3 図 北緯 35.718 度に沿った地質断面図 (木村ほか, 2011).
N 値と土質のグリッドモデルから切り出した垂直断面図である。本断面図は、産総研の柱状図解析システム (産業技術総合研究所, 2010) を利用して可視化したものである。

Fig.3 Geologic vertical section of N-value and lithology along the lat. 35.718°N line in the Tokyo and the Nakagawa Lowlands. The sections are due to 3-D grid model formed based on a borehole database.



第4図 東京低地北部から中川低地南部におけるN値と土質のグリッドモデルの水平断面。
本水平断面図は産総研の三次元統合システム（試験公開中，作成者：根本達也・木村克己）を利用して作成。

Fig.4 Geologic horizontal sections of N-value and lithology in the Tokyo and the Nakagawa Lowlands.
The sections are due to 3-D grid model formed based on a borehole database.

礫、その上位に砂・砂泥・泥とが混ざり合った分布を示すが、全体に上方に泥が多くなり、N 値が低下する傾向が認められる。これらは、沖積層の堆積システムモデルと比較すると、基底礫層が網状河川システム、その上位の砂・砂泥・泥が蛇行河川システムから一部エスチュアリーシステムの堆積環境に相当する（木村ほか、2006 ほか）。

水平断面図（第 4 図；木村ほか、2011）

沖積層最上部の蛇行河川の堆積環境に相当する標高 0m、デルタシステムの内湾性の堆積環境にあたる標高 -10m、沖積層下部の蛇行河川の堆積環境に相当する標高 -40m の各水平断面図を第 3 図に示す。本図は産総研の三次元統合システム（試験公開中、作成者：根本達也・木村克己）を利用して作成した。なお、同図は Google Map の航空写真を背景図としているため、データのない場所にはそれが表示されている。

沖積層基底面およびその形状でイメージされている開析谷地形は、沖積層とその基盤をなす更新統とが区分されている土質モデルの図で表現されている。古中川と古荒川が流れる本谷が合流し、古東京川となる本谷の形状は、標高 -10m と -40m の水平断面図において明瞭に認められる。標高 -40m の水平断面図では、標高 -10m に比較して、谷幅が半分ほどと狭い。こうした沖積層分布の垂直変化は、第 2 図の断面図に表示されているように、埋没段丘面・本谷底の地形形状の反映である。標高 -10m の水平断面図では、古中川谷の右岸・左岸から合流する支流の谷地形が認められる。同図の左岸側に、南北にのびる砂体は、砂嘴をなすものと考えられている（田辺ほか、2006b）。更新統では、標高 -10m の水平断面図では、下総台地側では砂が卓越しているのに対して、大宮台地側では泥が卓越しているという違いが明瞭である。この大宮台地側で卓越する泥は、中澤・遠藤（2002）の層序と比較すると、大宮台地を北西―南東方向に分布する木下層の泥層に対比できる。標高 0m の水平断面図では南部域に人工土が広く分布している。この地域はいわゆるゼロメートル地帯にあたり、同標高はほとんど人工土の盛り土であることを反映したものである。

4. 最後に

平成 23 年に、本研究成果についてとりまとめ、高精度な地質モデル、地質形成プロセス、地震動評価に関する研究成果を公表する予定である。

文献

- Eto, C., Ishihara, Y., Tanabe, S., Kimura, K. and Nakayama, T., 2007, Three-dimensional models of lithofacies and N-values of alluvial deposits obtained using borehole logs: An example of the latest Pleistocene to Holocene incised-valley fills in northern part of the Tokyo Lowland, central Japan. *Jour. Sediment. Soc. Japan*, 64, 9-13.
- 江藤稚佳子・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.
- 石原与四郎・木村克己・中島 礼・宮地良典・田辺 晋・中山俊雄・斎藤文紀（2004a）東京低地と荒川低地から得られた 3 本のボーリングコアの堆積相と放射性炭素年代：DK コア（江東区新砂），TN コア（足立区舎人公園），HA コア（東綾瀬公園）。地調研報，55，221-235.
- 石原与四郎・木村克己・田辺 晋・中島 礼・宮地良典・堀 和明・稲崎富士・八戸昭一（2004b）埼玉県草加市柿木地区で掘削された沖積層ボーリングコア（GS-SK-1）の堆積相・堆積物物性と放射性炭素年代。地質調査研究報告，55，183-200.
- 木村克己（2004）巻頭言：都市地質研究の展開，地質調査研究報告，55，181-182.
- 木村克己（2011）ボーリングデータ処理システムの公開―国土基盤情報としてのボーリングデータの利活用を目指して―，産業技術総合研究所 TODAY，11-2.
- 木村克己・石原与四郎（2009）東京低地付近の沖積層を例とした沖積層研究の新展開，土と基礎，57，no.2，4-7.
- 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，地質学論集，no.59，1-18.
- 木村克己・石原与四郎・花島裕樹・根本達也（2011）沖積層の三次元グリッドモデルとその作成手法（概要）―東京低地北部から中川低地南部の例―，地質調査総合センター研究資料集，

- no.539, 29p.
- 宮地良典・木村克己・石原与四郎・田辺 晋・中島 礼・堀 和明・中山俊雄・斎藤文紀 (2004) 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. 地質調査研究報告, 55, 201-219.
- 中西利典・田辺 晋・木村克己・中島 礼・内山美恵子・柴田康行 (2011a) 埼玉県三郷市彦成地区の沖積層コア (GS-MHI-1) の堆積相・珪藻化石群集組成・物性・放射性炭素年代値, 地質調査研究報告, 62 (1/2), 3-46.
- 中西利典・田辺 晋・木村克己・中島 礼・内山美恵子・柴田康行 (2011b) 埼玉県春日部市東備後地区に分布する沖積層の堆積相, 珪藻化石群集, 物性, 放射性炭素年代値, 地質調査研究報告, 62 (1/2), 47-84.
- 中西利典・石原与四郎・田辺 晋・木村克己・八戸昭一・稲崎富士 (2007) ボーリング柱状図資料の解釈による中川低地南部の沖積層基底図, 地質調査総合センター研究資料集, no.454, 36p.
- 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. 産業技術総合研究所 (2010) ボーリングデータ処理システム <http://gsj3dm.muse.aist.go.jp/software/boring/index.html>
- 関口春子・田辺 晋・石原与四郎・中西利典・吉田邦一・木村克己 (2007) 中川低地～東京低地における 1923 年関東地震の広帯域地震動の再現計算, 日本地震学会 2007 年秋季大会講演予稿集, P3-064.
- 関口春子・吉田邦一・木村克己 (2011) 中川低地沖積層の S 波速度のモデリングと地震応答, 平成 22 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, 181-187.
- 竹村貴人・小田匡寛・濱本昌一郎・川本 健・赤間友哉・田井秀迪・木村克己 (2011) 埼玉県南東部における沖積層地盤の動的変形特性に関する実験的研究, 平成 22 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, 169-179.
- 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 (9/10), 261-288.
- 田辺 晋・中西利典・木村克己・八戸昭一・中山俊雄 (2008) 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, 地質調査報告, 59, 497-508.
- 田中勝法・竹村貴人・木村克己 (2006) 堆積環境の変遷から見た沖積層の圧密特性, 地質学論集, no.59, 191-204.
- 東京都土木技術研究所 (1996) 東京都 (区部) 大深度地下地盤図—東京都地質図集 6—, 東京都土木技術研究所, 66p.
- 吉田邦一・関口春子 (2007) 草加地震計アレイ観測点による 2007 年新潟県中越沖地震の観測記録—関東平野の長周期地震動—, 活断層研究センターウェブサイト: <http://unit.aist.go.jp/actfault/katsudo/jishin/niigata070716/report/yoshida/index070723.html>
- 吉田邦一・関口春子 (2008) 埼玉県草加市におけるアレイ観測による地震動記録と微動アレイ記録から求めた位相速度の比較, 物理探査学会第 118 回学術講演会, 5 月.