

第 36 回地質調査総合センターシンポジウム  
「3次元で解き明かす東京都区部の地下地質」  
講演要旨集

開催趣旨 .....	1
【基調講演】 東京都区部の地質地盤調査の歴史と 3次元地質地盤図への期待 .....	2
中山俊雄（東京都土木技術支援・人材育成センター）	
3次元地質モデルを用いた東京都区部の地質情報整備 .....	4
野々垣 進（産業技術総合研究所 地質情報研究部門）	
【基調講演】 前弧海盆としての関東平野と上総層群 .....	6
鈴木毅彦（東京都立大学 都市環境学部 地理学教室）	
東京都区部の台地を構成する地層の年代と層序：東京層と下総層群 .....	8
納谷友規（産業技術総合研究所 地質情報研究部門）	
東京低地の沖積層：詳細にわかった基底地形 .....	10
小松原純子（産業技術総合研究所 地質情報研究部門）	
東京都区部の地盤震動特性と地盤構造：常時微動に基づくモデル化 .....	12
長 郁夫（産業技術総合研究所 地質情報研究部門）	
先名重樹（防災科学技術研究所）	

シンポジウム講演プログラム

<https://www.gsj.jp/researches/gsj-symposium/sympo36/sympo36-2.html>

## 第 36 回地質調査総合センターシンポジウム

### 「3次元で解き明かす東京都区部の地下地質」

#### 開催趣旨

産総研地質調査総合センターは、2021年5月に東京都区部の3次元地質地盤図をウェブ公開しました。この3次元地質地盤図では、ボーリングデータに基づく地下地質モデリングによって描き出した、東京都区部の地下の地層の詳細な3次元分布形状を閲覧することができます。また、従来、東京層と呼ばれていた地層の層序を全面的に見直すことにより、軟弱な谷埋め堆積物の分布が明らかになるなど、東京都区部の地質観を大きく塗り替える研究成果が反映されています。このような3次元地質地盤図の整備は2018年に公開した「千葉県北部地域」に続いて2地域目となります。なお3次元地質地盤図は自治体との協力体制のもと整備をすすめています。「東京都区部」では東京都土木技術支援・人材育成センターに調査開始当初よりご協力をいただきました。深く感謝申し上げます。

さて、3次元地質地盤図の整備は、経済産業省の第2期知的基盤整備計画の重点化項目「ボーリングデータの一元化による詳細な地質情報の整備」によって実施されました。そのきっかけは2011年東北地方太平洋沖地震です。この地震では、首都圏でも湾岸地域を中心に液状化被害が多数発生し、地震の揺れによる建物被害も広く確認されたことから、地震被害に大きく影響を及ぼす地下浅部の地質地盤特性に高い関心が集まりました。また都市インフラ整備を効率的にすすめるうえでも地質地盤情報は極めて重要です。そこで産総研地質調査総合センターが伝統的に得意とする地質層序研究を軸に、土木・建築工事等のボーリングデータを利用して、独自のモデリング技術により都市平野部の地質図整備を推進しようというのがこの重点化項目の趣旨です。

現在、我が国では各分野でICTの導入がすすめられ、土木・建築業界でもBIM/CIMが推し進められています。また国がすすめるSociety 5.0の実現を目指して、各地でスマートシティの取り組みも行われています。持続可能な社会の実現を目指し、ICT等の技術を利用した防災・まちづくりがすすめられようとしています。そのような社会要請に地質地盤情報を提供する我々がどのように対応していくか、その姿勢が問われています。

本シンポジウムでは、東京都区部の地質層序・地質特性を概観するとともに、東京の地質地盤調査の歴史を振り返りながら、これからの都市域の地質地盤情報整備のあり方について議論します。

2022年2月25日

地質情報研究部門 情報地質研究グループ長 中澤 努

# 【基調講演】 東京都区部の地質地盤調査の歴史と 3次元地質地盤図への期待

中山俊雄（東京都土木技術支援・人材育成センター）

## History of geological map of Tokyo and expectations for the 3D geological map

Toshio NAKAYAMA

(Civil Engineering Support and Training Center, Bureau of Construction,  
Tokyo Metropolitan Government)

### はじめに

2021年に産総研から都市域の3次元地質地盤図「東京都区部」がインターネット上で公開されました。東京（区部）の地質・地盤については、明治2年の東京遷都からはじまる東京のまちづくりとともに、地質の調査が始まり、地質図や地盤図が刊行され、地下地質が徐々に明らかにされてきました。これまでの地質図・地盤図は、地質断面図と平面図から構成されていたのですが、今回、それらが3次元の地質地盤図になりました。建設業界ではBIM/CIMの導入が始まっています。対象とする構造物等の形状を3次元モデル化し、その属性情報（部材・部品）とともに、調査・計画・設計、維持管理の段階で情報を活用するというものです。この流れの中で「3次元地質地盤図」の果たす役割は大きいと思います。

ここでは、東京都区部の3次元地質図地盤図に対する期待を、これまでの東京での地盤図が作成されてきた経緯を振り返りながら考えたいと思います。

### 東京区部の地盤図の歴史

東京の地形・地質の調査研究は、ナウマンによる「江戸平野について」（1877年）や、ナウマンの後任ブラウンによる「東京近傍地質編」（1882年）が始まりといえます。その後、ブラウンの弟子であった鈴木敏（のちの地質調査所第3代目所長）による「東京地質図説明書」が1888年に刊行されています。

一方、地盤調査という視点から見ると、コンドル等による皇居地盤調査（1879～1887）があります。コンドルは江戸城吹上で地盤調査、地耐力試験を試みています。わが国での地盤調査の始まりといえます。

地質と地盤に関する2つの流れが合流する契機となるのが、1923年（大正12年）の関東地震です。帝都復興院建築局長の佐野利器は、この機会を逃しては統一的な地質調査は出来ないとし、調査を地質調査所に委嘱します。それが「東京及横浜地質調査報告」（1929年、復興局建築部）です。

戦後、都心部に高層建築物が建設されるとともに行われた地盤調査ボーリングを収集し、整理解析したのが「東京地盤図」（1959年、東京地盤調査研究会）です。これは、昭和40年代以降に各地であいついで出版された地盤図の見本となりました。東京では、東京都土木技術研究所による「東京都（23区）地盤地質図」（1969年）、「東京都総合地盤図（1）」（1977年）、「東京都総合地盤図（2）」（1990年）、「東京都（区部）大深度地下地盤図」（1996年）、港湾

局による「東京港地盤図」(1972年)、「港湾地盤図」(2001年)、建設省による「京葉臨海地盤図」(1969年)等が刊行されています。

これら地質・地盤図の作成意図は、地下地質層序を明らかにするとともに、その応用があります。東京地質図幅(1889年)の3章の応用編では、応用物料(道路砂利、レンガ、陶器材料)、地質と水脈、地質と衛生、地質と地震の関係が述べられています。「東京及び横浜質調査」(1929年)の4章の東京の地質では、帯水層、地質と地耐力が述べられています。「東京地盤図」(1959年)の4章では、構造物基盤としてみた東京地盤がまとめられています。「東京都(23区)地盤地質図」(1969年)の作成目的は、東京都の地震被害想定のための基礎資料提供でした。

このように、地質・地盤図は、地下地質層序を明らかにすることと共に、その時代の社会的ニーズに基づいて作成されてきたと言えます。

### 3次元地質地盤図への期待

東京は「自然災害で最も危険な都市ランキング」で世界一災害危険都市といわれています(2013年、スイスの再保険会社スイス・リー)。東京都では、このため様々な防災対策が行われてきました。そのうちソフト面についてみると、地震被害想定：地震動分布図、液状化危険度分布図(総務局)、地震に対する地域危険度マップ(都市整備局)、急傾斜崩壊危険地域図・洪水ハザードマップ、浸水予測図、液状化予測図(建設局)などがあります。

2015年常総水害や2018年岡山県倉敷市真備町水害では、浸水予測図は準備されていたのですが、多くの住民はこの図には無関心であったといわれています。

浸水予測図は地形標高を反映しているので、一般には理解しやすい内容ではあると思えるのですが、実際には十分に理解されていませんでした。このことを考えると、地下の地質・地盤を反映する地域危険度や液状化予測図などは、都民にとって理解するのはより難しいと思われます。その背景には、これまでの地質図・地盤図は刊行物であり、部数が限定され高価であることから、一般都民には容易に手が届かなかったことがあります。中高校の理科教育や大学での地盤工学でも、足元の地質・地盤について触れられることはなかったのではないのでしょうか？

地盤図は社会的ニーズに対応していることが必要です。災害危険都市に住む都民には防災に対する知識・備えが必要です。その第一歩は、東京の地下地質を知ることです。

3次元地質地盤図は、今回インターネット上で公開され、誰もが容易にアクセスできるようになりました。3次元地質地盤図が自治体の防災関係者だけでなく、都民にも利用されることを大いに期待にしたいと思います。

### 3次元地質モデルを用いた東京都区部の地質情報整備

野々垣 進 (産業技術総合研究所 地質情報研究部門)

#### Development of Geological Information for Central Tokyo Using Three-Dimensional Geological Model

Susumu NONOGAKI

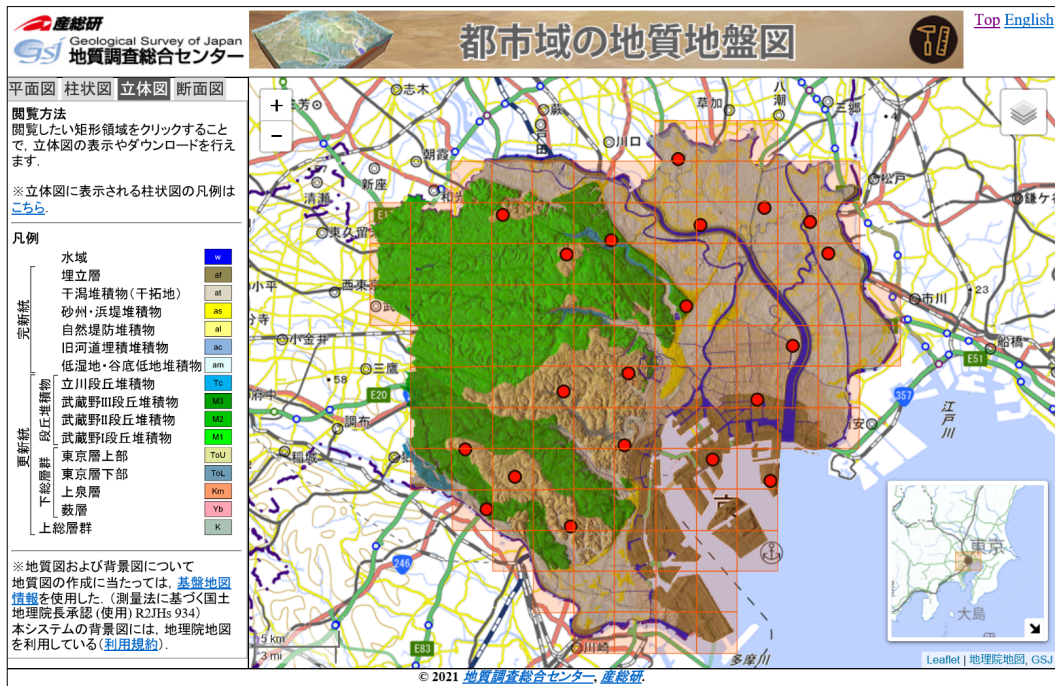
(Research Institute of Geology and Geoinformation, AIST)

地質図は地下にどのような種類の地層がどのように分布しているかを示した地図であり、災害リスク評価や地下利用などにおいて必要不可欠な地質情報のひとつである。これまで地質図は紙媒体による刊行が通例であったため、地質図上では、地層の3次元的な広がりや平面図と断面図という2次元図面の組み合わせにより表現された。このため、地質図の利用者には、2次元図面から3次元構造を読み取る能力が求められた。特に地層が比較的水平に近い角度で側方に連続する都市平野部の地質図については、断面図にのみ描かれる地層が多数存在することに加えて、断面図自体の数も限られることから、地層の広がりを正確に把握できるのは、地質学に関する高度な知識や技術をもつ研究者や技術者に限られた。

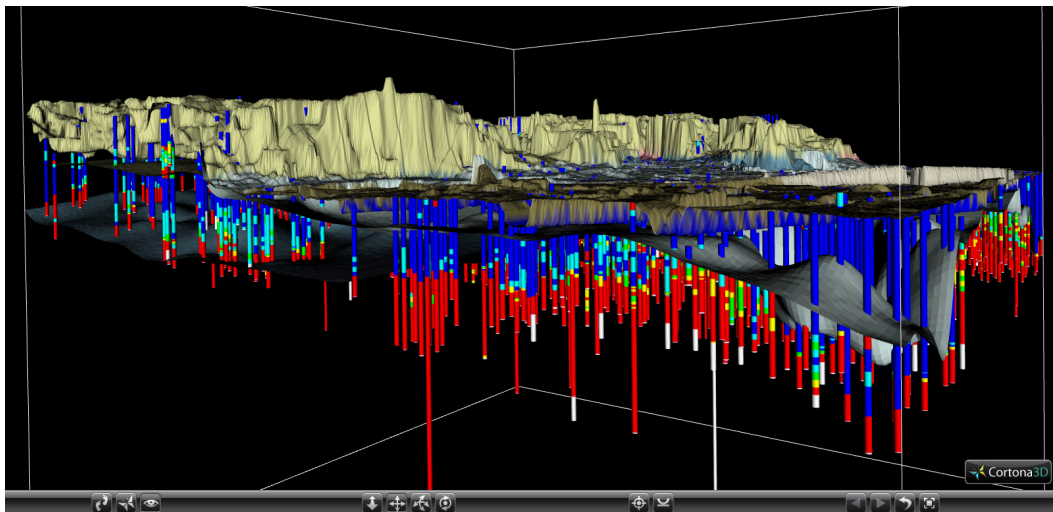
このような背景のもと、産総研地質調査総合センター（以下、GSJ）では、よりわかりやすく使いやすい地質情報整備を目指して、都市平野部を対象とした3次元地質地盤図の整備を進めている。この取り組みでは、これまでのような紙媒体による地質図の刊行は想定せず、デジタルデータによる地質図のウェブ公開を前提として、都市平野部の地下浅部における地層の分布形態を明らかにするとともに、得られた地質構造を立体的に視認できる3次元データを作成する。

3次元地質地盤図は、地形分類図と3次元地質モデルを統合した地質図である。地形分類図は、地表における地層の広がりを間接的に示すものであり、数値標高モデルや航空写真などを用いて作成する。3次元地質モデルは、地層境界面の形状を重ね合わせたサーフェスモデルであり、地下における地層の広がりを示す。このモデルは、自治体が保管する大量の土木・建築工事のボーリングデータと、GSJが要所で整備した最新の地質研究成果を含むボーリングデータの解析結果から作成する。最終的に地表・地下に関する地質情報を合わせることにより、地下数十メートルから地表までの地層の広がりを詳細に示す地質図を実現する。

2021年5月、東京都土木技術支援・人材育成センターの協力のもと、東京都区部の3次元地質地盤図の整備を完了し（納谷ほか、2021）、GSJのウェブサイト「都市域の地質地盤図」（第1図）で公開した。ウェブサイトでは、従来型の平面的な地質図に加えて、3次元地質モデルを構成する地層境界面それぞれについての等高線図を確認できる。また、GSJが整備したボーリングデータの閲覧・ダウンロードや任意の位置における地質断面図の作成、一定間隔に区切った範囲ごとの3次元地質モデルの表示などが可能である。3次元地質モデ



第1図 東京都区部の3次元地質地盤図の公開ウェブサイト  
(URL: [https://gbank.gsj.jp/urbangeol/map\\_tokyo/](https://gbank.gsj.jp/urbangeol/map_tokyo/)) .



第2図 3次元地質モデルと地層の固さで色分けしたボーリングデータの表示例.

ルの表示では、モデル作成に利用したボーリングデータを地層の種類や固さによって色分けした状態で確認できる(第2図)。本発表では、東京都区部の3次元地質地盤図の概要について紹介する。

#### 文献

納谷友規・小松原純子・野々垣 進・尾崎正紀・宮地良典・中澤 努・中里裕臣・鈴木毅彦・中山俊雄  
(2021) 都市域の地質地盤図「東京都区部」(説明書). 産総研地質調査総合センター, 82p.

# 【基調講演】 前弧海盆としての関東平野と上総層群

鈴木毅彦（東京都立大学 都市環境学部 地理学教室）

## Kanto Plain and the Kazusa Group formed in a forearc basin, central Japan

Takehiko SUZUKI

(Department of Geography, Tokyo Metropolitan University)

### はじめに

関東平野は国内最大の平野であると同時に、日本最大の人口集中地域である。その成り立ちを理解することは地形・地質に関する理学的な関心を満たすだけでなく、防災や適切な都市環境の維持にも貢献する。とくに平野部地下の地質を3次元的に把握することは、地震時における地震動や液状化の予測、過剰な揚水による地盤沈下の防止などに繋がる。関東平野の成り立ちを端的に述べるとしたら、深海域を含めたかつての海域が堆積と隆起により陸化し現在に至った、ということができる。関東平野に先立つこの海域は海溝陸側に発達する前弧海盆（水深数千 m の盆地状地形）と考えられている。前弧海盆はプレートが沈み込む海溝の陸側に形成される地形であり、日本列島周辺においては現在、日本海溝をはじめ南海トラフの陸側域に発達する。関東平野の原形はこのような前弧海盆であり、かつてのその地形は上総トラフとよばれ、海成層・陸成層を主体とする堆積物により埋積されている（貝塚ほか，2000）。

上総トラフを埋積した堆積物のうち第四紀（最近 260 万年間）に堆積したものは下位から上総層群，下総層群，段丘構成層，沖積層などである（図 1）。上総層群・下総層群の堆積期間は第四紀の大半を占め、関東平野の成り立ちを復元する上で必要な情報を多く含む。一方、それらに重なる上位の段丘構成層，沖積層の形成年代は短い。しかしながら第四紀を特徴づける気候変化とそれによる海面変動の歴史を記録しており、とくに低地地下に厚く伏在する沖積層は、地震動、液状化に深く関わり我々に身近な地質である。

### 上総層群の層序・年代・構造

上総層群の陸上における分布はほぼ関東平野の広がり一致している。また上総トラフを埋積する充填物としてその体積の半分以上を占める（図 2）。

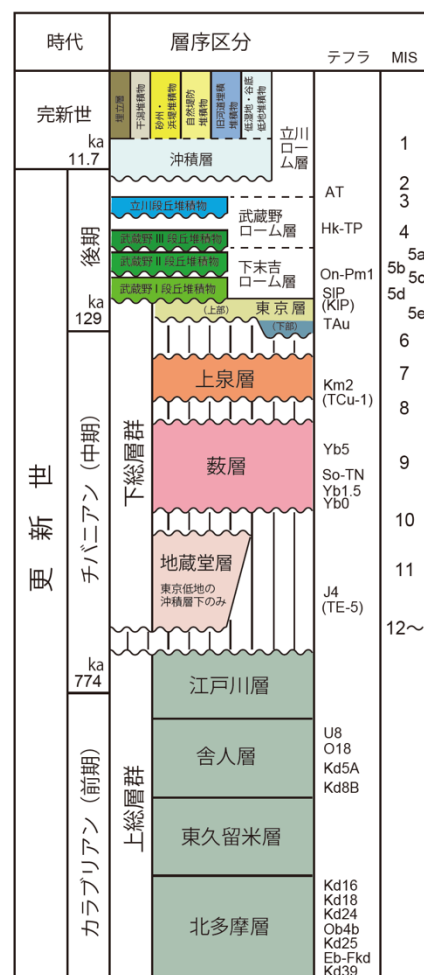


図 1 東京都区部の層序総括図。

納谷ほか（2021）より。

このことから上総層群が同平野の成立に深く関与することがわかる。その基底深度（鈴木，2000 や尾崎ほか，2019 などに基づく）によればその最深部は房総半島北部で深度 2000 m 以上，また北西-南東方向に軸をもつ船底状の形態を呈する。この形状からもかつての前弧海盆である上総トラフの存在がうかがわれる。但し九十九里沖では上総層群の基底深度が浅くなる。これは九十九里沖の背斜・ドーム構造（尾崎ほか，2019）によるもので，かつて南東に延びていた上総トラフがその後の隆起で口を閉ざされたのかもしれない。

上記のように上総層群の大まかな形はおおよそ解明されている。しかし関東平野各地での上総層群の深度と，年代・堆積環境の関係については未解明な部分が多い。上総層群には年代を知る手がかりとなるテフラ層が多く含まれ，堆積環境を復元する微化石も含まれている。これらを駆使すれば前弧海盆から平野地形への変化過程を詳細に復元することができる。講演ではその現状に言及する。日本列島をはじめ，世界各地で陸化した前弧海盆は知られているが，関東平野での研究は，陸化する前弧海盆の標準モデルを提起する潜在力をもっている。今後検討していきたい。

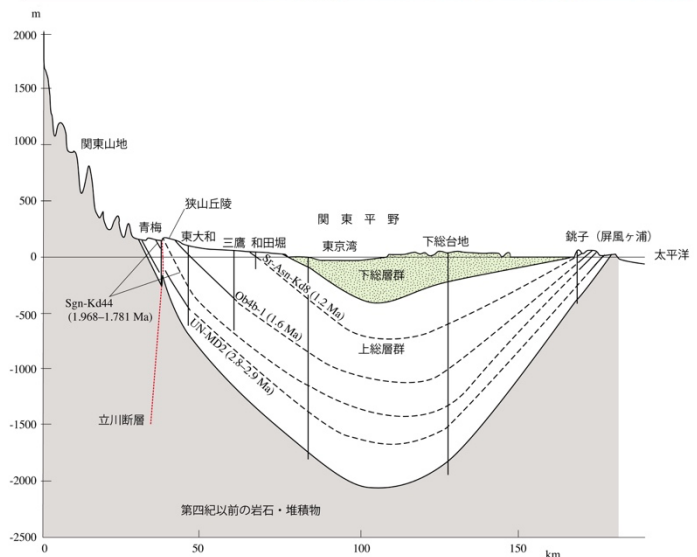
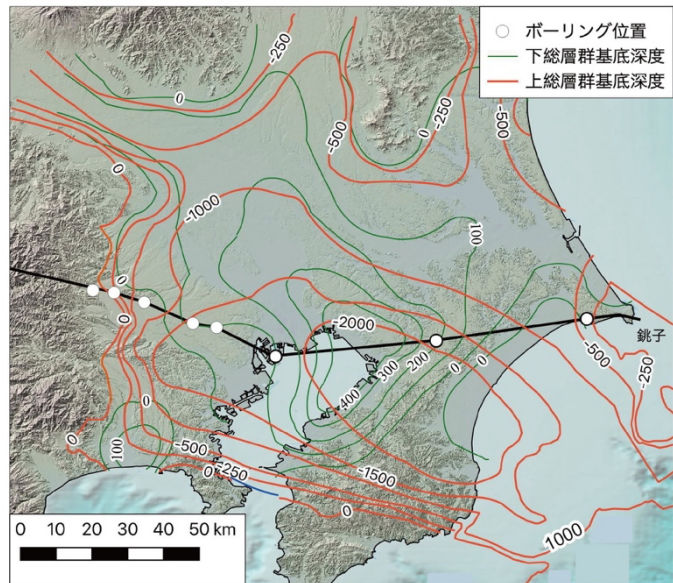


図2 上総層群・下総層群の基底深度分布（上図）

と関東平野中央部付近の東西断面（下図）。鈴木（2002），尾崎ほか（2019）などにに基づき作成。

## 文 献

- 納谷友規・小松原純子・野々垣 進・尾崎正紀・宮地良典・中澤 努・中里裕臣・鈴木毅彦・中山俊雄（2021）都市域の地質地盤図「東京都区部」（説明書）。産総研地質調査総合センター，82p.
- 貝塚爽平・小池一之・遠藤邦彦・山崎晴雄・鈴木毅彦（2000）日本の地形4 関東・伊豆小笠原。東京大学出版会，349 p.
- 尾崎正紀・古山精史朗・佐藤智之・荒井晃作（2019）房総半島東部沿岸域の20万分の1海陸地質図及び説明書（特に第四紀地殻変動について）。海陸シームレス地質情報集，房総半島東部沿岸域，海陸シームレス地質図 S-6.
- 鈴木宏芳（2002）関東平野の地下構造。防災科学技術研究所報告，63，1-19.



# 東京都区部の台地を構成する地層の年代と層序：東京層と下総層群

納谷友規（産業技術総合研究所 地質情報研究部門）

## Age and stratigraphy of Pleistocene underlying an upland of central Tokyo: the Tokyo Formation and the Shimosa Group

Tomonori NAYA

(Research Institute of Geology and Geoinformation, AIST)

東京都区部の地形を大きく分けると、台地と低地に区分することができる。このうち、低地を構成する地層は沖積層と呼ばれる。一方、台地を構成する地層は、最上部は関東ローム層や武蔵野段丘堆積物からなり、その下には主に浅海で形成された更新統（更新世に形成された地層）が分布する。この更新統は永らく“東京層”と呼ばれてきた。また、“東京層”の基底は顕著な礫層からなり、その礫層は“東京礫層”と呼ばれてきた。これまで“東京礫層”は台地の地下から低地の地下の沖積層よりも深部に連続して分布していると考えられており、“東京層”と“東京礫層”は東京都区部における高層建築物の支持地盤としても重要視されてきた。

このように書くと、東京の地下の地層分布は比較的単純のように思える。確かに、“東京礫層”が1枚の地層と考えると単純である（図1-A）。一方でこれまでも“東京層”の地層分布は複雑で、“東京礫層”と呼ばれる地層は1つではなく、異なる時代に形成された複数の礫層が混在したものではないかと考えられることもあった。しかし、“東京層”や“東京礫層”の形成された年代がよく分かっていなかったため、これらの地層を細分することは難しかった。

3次元地質地盤図の作成にあたり、産総研地質調査総合センターでは台地を構成する“東京層”の層序明らかにするボーリング調査を行った。最新の地質学的知見に基づき、各地点の“東京層”の地層の重なりや年代を検討した結果、従来“東京層”と呼ばれていた地層には、形成年代が異なる3つの地層が含まれることが分かり、これらの地層が複雑に分布することが明らかになった（図1-B）。2021年5月に公開された地質地盤図では、この新しい層序区分に基づいて地層の分布が描かれている（納谷ほか、2021）。新しい層序区分の概要（図2）は次の通りである。

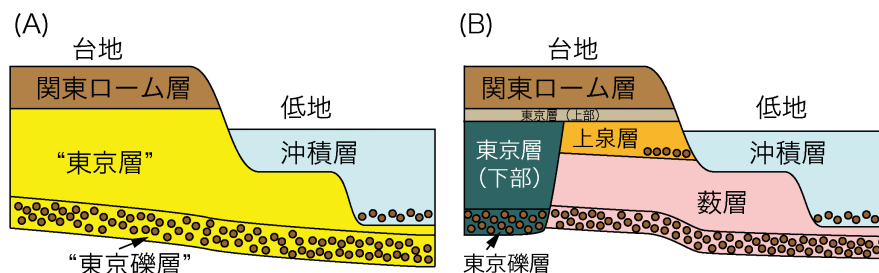


図1 東京都区部地下における地層分布の模式図  
(A) 従来考えられていた“東京層”と“東京礫層”の分

布。(B)3次元地質地盤図における層序区分と地層分布。東京礫層は東京層下部の基底礫層に限定される。従来“東京礫層”とされていた礫層の大部分は藪層の基底礫層である。

**東京層**：約12万年前に堆積し、房総半島の木下層と同時期に形成された地層。東京層の下部は世田谷埋没谷，代々木—高輪埋没谷に代表される谷埋め堆積物で，泥層を主体とする。この泥層は軟らかく軟弱地盤に似た特性を示す（中澤ほか，2019）。東京礫層は東京層下部基底の礫層に限定される。一方，東京層の上部は主に砂層からなり広く分布する。

**上泉層**：約24万年前に堆積した地層。台地の北側では基底に礫層を伴うが，南側では礫層がないため，上下の地層との区別が難しい。上泉層の基底の礫層も従来“東京礫層”とされていた。

**藪層**：約30万年前に堆積した地層。基底が顕著な礫層であることが多く，かつて“東京礫層”と呼ばれていた礫層の大部分が藪層基底の礫層に相当する。基底礫層の上位には泥層を伴うことが多いが，東京層の下部ほど軟らかくないことがほとんどである。

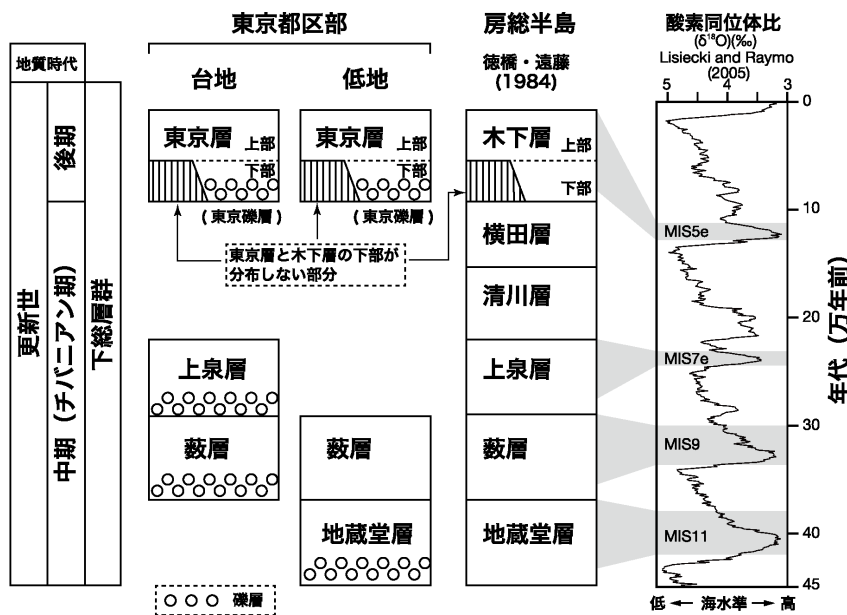


図2 東京都区部と房総半島の層序区分と年代の比較（納谷・中澤，2021）

## 文献

- 中澤 努・坂田健太郎・中里裕臣・本郷美佐緒・納谷友規・野々垣進・中山俊雄（2019）東京都世田谷区，武蔵野台地の地下に分布する世田谷層及び東京層の層序，分布形態と地盤震動特性。地質学雑誌，**125**，367–385。
- 納谷友規・小松原純子・野々垣 進・尾崎正紀・宮地良典・中澤 努・中里裕臣・鈴木毅彦・中山俊雄（2021）都市域の地質地盤図「東京都区部」（説明書）。産総研地質調査総合センター，82p。
- 納谷友規・中澤 努（2021）東京都区部の台地を構成する地層の層序 —東京層と下総層群—. GSJ 地質ニュース，**10** (7), 153–158。

# 東京低地の沖積層：詳細にわかった基底地形

小松原純子（産業技術総合研究所 地質情報研究部門）

## Post-LGM deposits beneath Tokyo Lowland: Detailed basal configurations revealed in the Urban Geological Map of Central Tokyo

Junko KOMATSUBARA

(Research Institute of Geology and Geoinformation, AIST)

東京都区部の東部は大半が東京低地に相当し、厚い沖積層に覆われている。沖積層の大部分は軟弱な地層からなるため、地震動を増幅させたり、地盤沈下の要因ともなってきた。沖積層の分布、すなわち沖積層の下に埋没している基底の地形分布を知ることは、このような地盤災害を予測するための手がかりになる。東京低地の沖積層分布についてはいくつもの地盤図が作られてきたが（中山，2021），2021年に公開された東京都区部の3次元地質地盤図（産業技術総合研究所・東京都土木技術支援・人材育成センター，2021）では、これまでで最も詳細かつ3次元で立体的に基底地形が表現されている。この地盤図に基づき、東京低地の沖積層の基底地形と、その中を埋める沖積層の層相について紹介する。

東京低地の沖積層基底地形は、もっとも深い埋没谷底，その周辺に分布する埋没平坦面1～4，埋没平坦面を刻む小規模な谷に分類できる（図1）。埋没谷底は最終氷期（約2万年前）に下刻された谷の軸に相当し，現在の荒川付近に幅3～4 kmで分布している。標高は-50～-80 m程度で2～10 mの厚い礫層に覆われている。埋没平坦面1と3は明瞭な礫層を伴わないが，埋没平坦面2と4には連続性の良い礫層を伴う。埋没平坦面1はおおむね完新世の波食台，一部はMIS 5a堆積物の残丘と推定される（Matsuda, 1974; 東京港地下地質研究会，2000）。埋没段丘面2は本所埋没段丘と呼ばれ，MIS 3に形成された河川成段丘面の立川II面に対比されている（遠藤ほか，1988）。埋没平坦面3は波食台と言われているが年代は不明（Matsuda, 1974），埋没平坦面4はMIS 3かそれ以降に形成された河川成段丘と推定される（Kaizuka et al., 1977; 田辺・石原，2020）。埋没谷底の右岸側では，武蔵野台地を刻む現在の谷地形に連続するような複数の埋没谷が埋没平坦面1を刻み，羽田空港の沖で合流して古東京川谷に注いでいる。左岸側では埋没平坦面1と3を刻む谷が千葉県側へ流下している。

埋没谷底では沖積層は50 m以上の厚さを持つが，埋没平坦面1の分布域では厚さが数mしかない。また，埋没平坦面を刻む小規模な谷のところでは局地的に厚くなるなど，東京低地の中でも沖積層の厚さはかなり異なることがわかる。さらに，沖積層がすべて軟弱であるとは限らない。東京低地を含む首都圏の沖積層は地層の特徴から上下2つに分けられ，上部が有楽町層，下部が七号地層と呼ばれている（東京都土木技術研究所，1969）。有楽町層は主に軟らかい海成の泥から構成され，最上部に砂泥互層を伴う地層で，東京低地の全域に広がっている。七号地層は有楽町層に比べると比較的固く，基底礫層とその上の砂泥互層から



# 東京都区部の地盤震動特性と地盤構造：常時微動に基づくモデル化

長 郁夫（産業技術総合研究所 地質情報研究部門）

先名重樹（防災科学技術研究所）

## Ground motion characteristics and subsurface velocity structure in the Tokyo metropolitan area: Modeling based on microtremor data

Ikuko CHO (Research Institute of Geology and Geoinformation, AIST)

Shigeki SENNA (NIED)

産業技術総合研究所（産総研）地質調査総合センターは、経済産業省の第2期知的基盤整備計画（2010–2020FY）の重点化項目「ボーリングデータの一元化による詳細な地質情報整備」の一環により、3次元（3D）地質地盤図を整備している。このプロジェクトは2011年東北地方太平洋沖地震をきっかけとして着手され、昨年までに千葉県北部と東京都区部の整備が終了した。今後は対象地域を拡大して首都圏主要部を覆う予定である。

防災科学技術研究所（防災科研）は、ほぼ同時期に、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP; 2014–2018FY）等により関東地域のリアルタイム地震被害推定用の地盤モデルを構築した（先名ほか, 2019; 防災科学技術研究所, 2021）。ここでは膨大な量の常時微動（以下、微動）観測—関東地域で面的にほぼ5 km 間隔（半径数十~400 m の大アレイ）あるいはほぼ1 km ないし2 km 間隔（半径0.6~10 m の極小アレイ）の微動アレイ観測—が実施された。微動とは、不特定多数の震動源で励起される地面の微小な揺れである。本邦では1950~60年代に金井清らの研究グループにより微動を用いる地盤評価が提唱され、実務化もされた。それ以来、「微動の工学的利用」は現在に至るまで盛んに研究されている。

我々は、防災科研による上記微動データのうち10000地点分以上および産総研が独自に実施した稠密観測データを基礎として、地盤の卓越周期を評価し、地質地盤図のコンテンツとする所存である。地盤の卓越周期とは地盤特性の1つであり、軟らかい地盤で長く固い地盤で短い。耐震設計のための地盤種別判定や地震災害軽減のための地震ゾーニング等に利用されている。微動の水平成分と鉛直成分のスペクトル比（H/V スペクトル）のピーク周期が地盤の卓越周期を表すとされている（日本建築学会, 2016）。H/V スペクトルの概形は地盤に依存し、例えば、そのピーク値は適切な地盤分類のもとで地震動増幅率と相関する（先名ほか, 2011）。地質構造と地盤構造そして地盤震動特性は互いに密接に関連しているので、3D地質地盤図を通してH/V スペクトルを見れば互いの情報を補い合うことができ、ひいては地質地盤の類型化や地震動予測に用いる地盤モデルの高度化にも寄与するはずである。

本講演では、まず、地盤を評価するための微動データの有効性を提示するために、微動探査やH/V スペクトルの見方、地盤の卓越周期との関係等を説明し、全微動データを処理して得られた関東地域全域の卓越周期分布（暫定版）を示す。地質地盤の分布と卓越周期が良く相関することが一見して分かるはずである。ただし、H/V スペクトルの解釈には諸々の注意

が必要なので（日本建築学会，2016），今後詳細な検討が必要である．ここでのポイントはそれが広域・均質・稠密（1～2 km 間隔）な実データとして得られていることの確認である．

次に，東京都区部に特化して，卓越周期と 3D 地質地盤モデルとの関係を示す．地質地盤図では，従来「東京層」と一括りにされていた地層が堆積サイクルで区分され，最新サイクルである東京層の下部の軟弱泥層が武蔵野台地下に谷状に分布することが明瞭に示されている（本シンポジウムの納谷による講演を参照）．この谷埋め泥層の分布域では地盤の卓越周期が 0.5 秒以上と長く，特に世田谷地域では 1 秒に明瞭なピークが見られる．この開析谷以外の地域では同深度に海成砂層（藪層，上泉層）が分布し，その結果，卓越周期は 0.2 秒以下となっている．このような地質構造と卓越周期の関係は定量的にも整合する（中澤ほか，2019）．

また，地質地盤図では，東京低地下の沖積層は下位より従来の七号地層に相当する網状河川堆積物，蛇行河川堆積物，有楽町層に相当するエスチュアリー堆積物，デルタ堆積物に区分され，沖積層の基底に相当する埋没地形（埋没谷底，埋没平坦面1～4）が極めて詳細に描き出されている（小松原による講演を参照）．地盤の卓越周期は沖積層が厚く分布する湾岸域の埋没谷軸部では1～2秒を中心に分布する．現在，卓越周期の空間分布とこの埋没地形の詳細な対応の確認を進めている．

時間に余裕があれば，微動データのさらなる有効性を示す例として，開析谷を横切る測線に沿う平均 S 波速度の変化や S 波速度構造の 2D 断面等を提示し，地質地盤図の「地形」の解説との対応を論じたい．すなわち，微動からは卓越周期だけでなく平均 S 波速度や条件次第で S 波速度構造の逆解析も可能である．これらと地質地盤図との関係を検討することは純粋地質学的・応用地質学的な両観点から興味深い．

3D地質地盤図の整備によって層序・堆積相が詳細に吟味され，地質地盤の類型化が首都圏主要部全体で可能となりつつある．今後はそれが微動データと結びつき都市平野部の地震ハザード予測の効率化と高精度化が加速されることを期待する．

## 文 献

- 防災科学技術研究所（2021）関東地方の浅部・深部統合地盤構造モデルの構築．防災科学技術研究所研究資料（J-SHIS 版），[https://www.jshis.bosai.go.jp/map/JSHIS2/data/DOC/Report/report\\_SDstruct2021.pdf](https://www.jshis.bosai.go.jp/map/JSHIS2/data/DOC/Report/report_SDstruct2021.pdf)
- 日本建築学会（2016）地盤震動と強震動予測：基本を学ぶための重要項目．日本建築学会，349p.
- 中澤 努・長 郁夫・坂田健太郎・中里裕臣・本郷美佐緒・納谷友規・野々垣 進・中山俊雄（2019）東京都世田谷区，武蔵野台地の地下に分布する世田谷層及び東京層の層序：分布形態と地盤震動特性．地質学雑誌，**125**，367-385.
- 先名重樹・若井 淳・藤原広行（2019）地震被害推定のための地盤モデルの構築．日本地球惑星科学連合 2019 年大会，SSS13-P23.
- 先名重樹（2011）地形・地盤分類および常時微動の H/V スペクトルを用いた地震動のスペクトル増幅率の推定．防災科学技術研究所研究資料，No. 353.

【参考 URL】

都市域の地質地盤図（3次元地質地盤図）

<https://gbank.gsj.jp/urbangeol/>

都市域の地質地盤図「東京都区部」の説明書（主に地質の解説）

<https://gbank.gsj.jp/urbangeol/ja/explanation/index.html>

GSJ 地質ニュース，特集号「東京 23 区の 3 次元地質地盤図」

（都市域の地質地盤図「東京都区部」の平易な解説）

<https://www.gsj.jp/publications/gcn/gcn10-7.html>