

東京低地の沖積層

小松原 純子¹⁾

1. 東京低地の沖積層

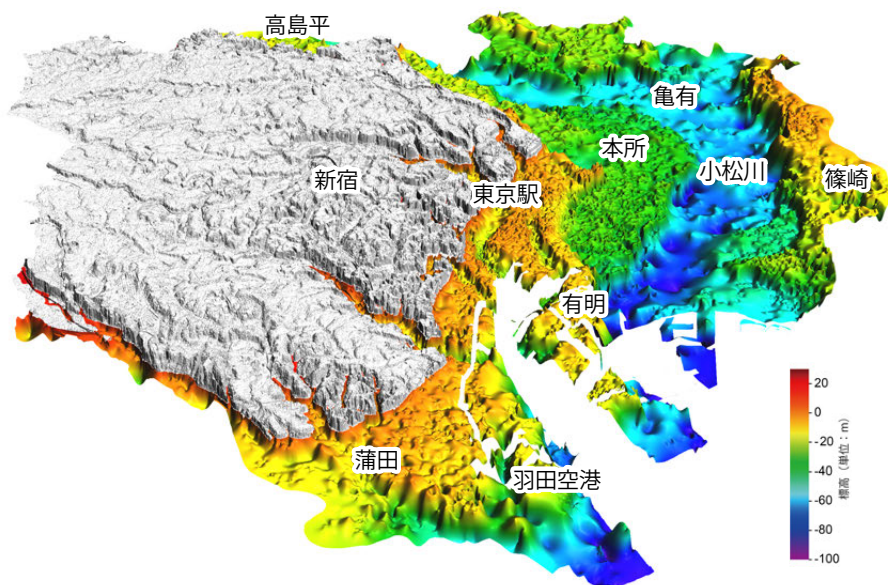
沖積層とは最終氷期以降に海面上昇に伴って堆積した一連の地層のことです(海津, 2019)。最終氷期最盛期(約2万年前)には関東では海面が現在よりも約120 m下にあり(Okuno *et al.*, 2014), 東京湾は陸地になって谷が刻まれていました。氷期が終わって海面が上昇していくと、この谷の中が入り江になり、荒川と利根川から大量の土砂が流れ込んで谷を埋め立てました。そうやってできた、地質時代で最も新しい地層が沖積層と呼ばれます。沖積層で覆われた、標高が低い平坦な土地が沖積低地です。

東京23区では主に山手線よりも東に沖積低地が広がっており、東京低地と呼ばれます。東京低地の地下には沖積層が最大80 mくらい堆積しています。1923年の大正関東地震では西側の台地に比べ低地で家屋倒壊率が明らかに高くなりました。そこで、この地域の地下に地震動を増幅させるものがあるという観点から地盤調査が行われ、日本で初めて詳細な地盤図が作られました(復興局建築部, 1929)。建築物の支持層としてはもちろん、地震動の増幅や地盤沈下の要因としても、首都圏の沖積層は注目されてきました(詳細は本号の中山(2021)を参照)。

2. 沖積層の基底標高分布

今回の3次元地質地盤図では既存ボーリングデータ約36000本を使って地表からどの深さまで沖積層が分布しているかを調べました。沖積層の基底の標高分布を表現したのが第1図です。平たい面(埋没平坦面)が何段もあり、それらは埋没波食台、埋没段丘、最終氷期最盛期の谷底面の3種類に分類されます。一番低い平坦面は標高-50~-80 mの最終氷期最盛期の谷底面です。沖積層が堆積する直前の最終氷期最盛期には、この谷の中を利根川が流れていました。ちなみに利根川は氷河期からずっと東京湾に注いでおり、現在のように銚子から太平洋に注ぐようになったのは江戸時代に人工的に付け替えられたためです(大熊, 1983)。東京低地の沖積層はこの谷底面直上で最も厚く、層序は下位から礫層(基底礫層)、砂泥互層、厚い泥層、砂泥互層と積み重なり、地表付近は埋立層や盛土層で覆われます(第2図)。この地層の積み重なりは氷河期の終わりから現在にかけて、堆積環境が網状河川~蛇行河川~エスチュアリー(河口)~デルタと変化していったことを示しています。

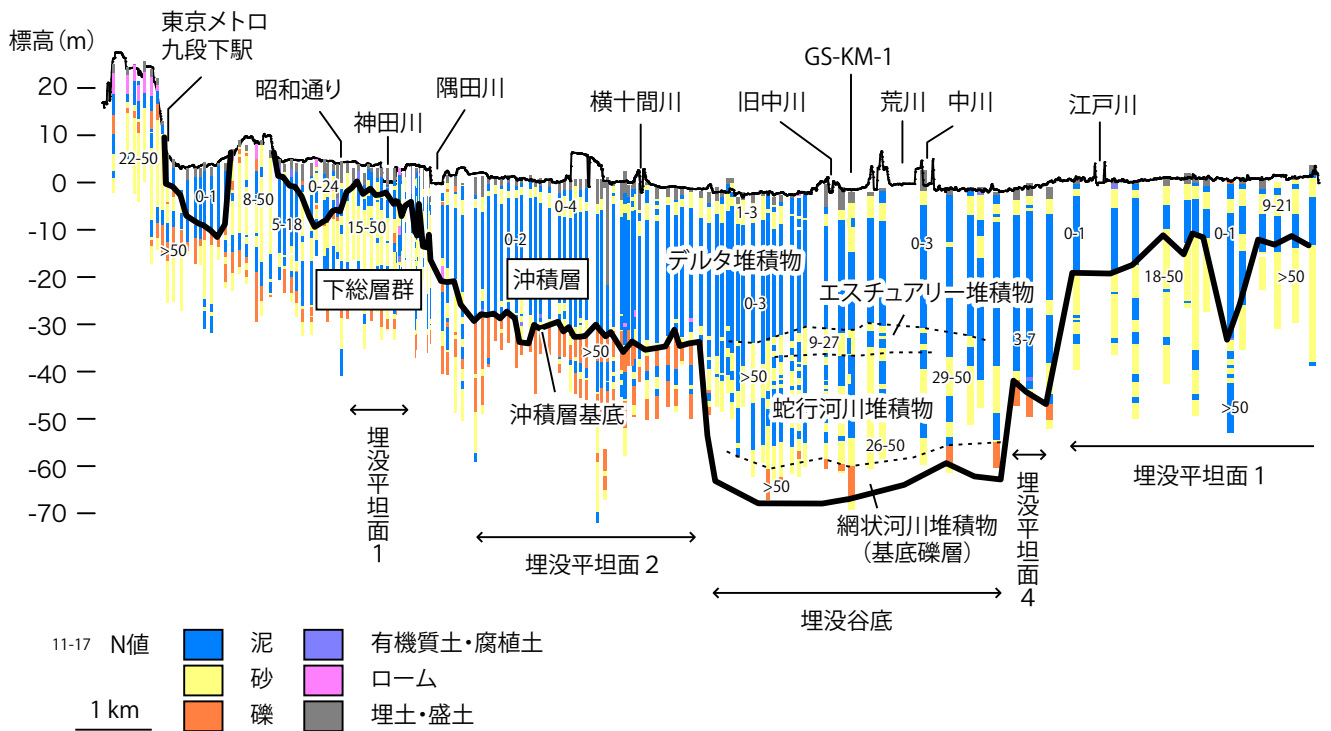
既存のボーリングデータの多くは構造物の支持基盤を調



第1図 東京都区部の沖積層の基底分布図。都市域の地質地盤図「東京都区部」(<https://gbank.gsj.jp/urbangeol/>, 閲覧日: 2021年5月21日)に加筆。

1) 産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門

キーワード: 地質地盤図, 東京低地, 沖積層, 有楽町層, 七号地層, 基底礫層, 軟弱地盤



第2図 東京低地の地下地質断面図。小松原ほか (2021) に基づく。断面図の位置は第3図を参照。図中の名称等詳細は小松原ほか (2021) を参照。

べることが目的のため、基底礫層に達したところでボーリングをやめているものがほとんどです。このため、便宜的に基底礫層の上面を使って描かれている沖積層の基底標高分布図もあります(田辺・石原, 2020 など)。今回は既存ボーリングデータを大量に扱うことができ、その中には基底礫層を貫いているボーリングデータが十分な本数あったので、基底礫層の下面を沖積層の基底として基底標高分布図を作成しました。基底礫層の厚さは東京低地の範囲内では数m~10m程度であり変化がないので、礫層の上面を使っても分布図としての印象はあまり変わりません。

東京低地では沖積層の基底に基底礫層があるのは埋没谷底だけです。基底礫層がないところでは、地層の固さが急変するところや、埋没段丘礫層の分布などを手がかりに沖積層の基底を識別します。

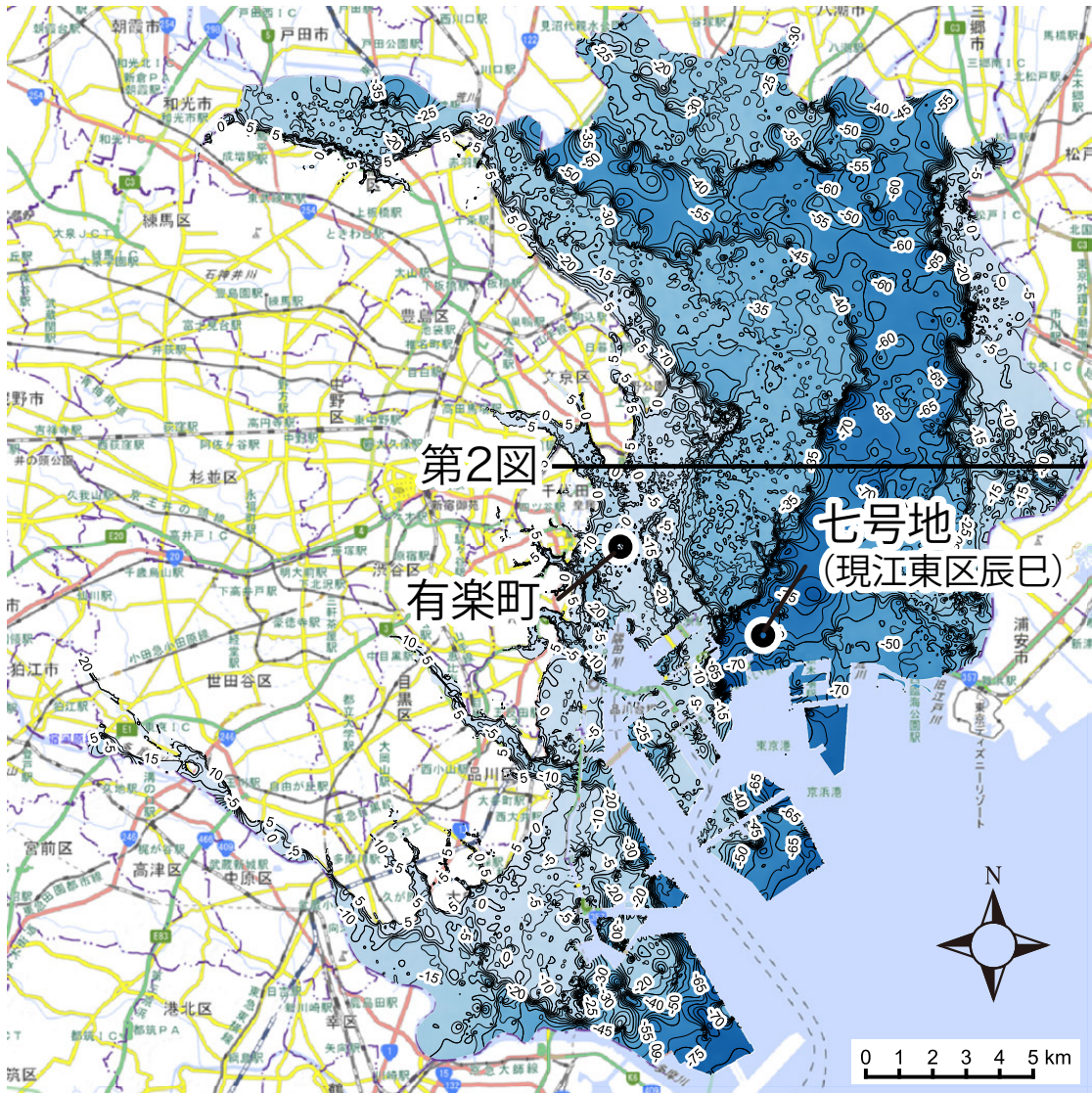
3. 有楽町層と七号地層

首都圏の沖積層は地層の特徴から上下2つに分けることができ、上部が有楽町層、下部が七号地層と呼ばれています。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、沖積低地の全域に広がっています。七号地層は有楽町層に比べるとやや固く、基底礫層とその上の砂泥互層からなる陸成層を主体とした地層で、埋

没谷の中だけを埋めています(第2図)。

有楽町層の名前の由来は現在の千代田区にある有楽町という地名です(第3図)。明治時代に東京麹町区丸の内有楽町(当時)で「沖積期」(現在の完新世にあたる)の砂質泥土から海生~淡水生の貝化石が報告されたのが、文献で確認できる「有楽町」という名称の初出になります(山川, 1909)。ただこの論文では貝化石の出る地層には名前がついていません。1931年に出版された岩波講座「第四紀」(大塚, 1931)では東京付近の「沖積統」(完新世の地層のこと)の地層として「有楽町貝層」を挙げています。これが沖積層に「有楽町」の名前が付けられた最初になりますが、この本の中では同じ地層を指すものとして「有楽町貝層」「有楽町層」「有楽町」が使われており、あまり統一されていなかったようです。その後「有楽町層」という名称が広く使われるようになり(福田, 1950; 伊田, 1956), 1959年の東京地盤図(東京地盤調査研究会, 1959)で初めて地盤図にも有楽町層の名称が使われるようになります。

一方、七号地層の名称に使われている「七号地」という地名は、東京都江東区辰巳付近の昔の地名です(第3図)。東京都の湾岸の埋立地には、おおむね埋め立ての順に1から15までの番号が振られており、その7番目に当たります(東京都港湾局, 2001)。1966年に従来の有楽町層を地層の特徴から上下に分けることが提案され(青木・柴崎,



第3図 有楽町と七号地の位置，第2図の断面図位置，および東京都区部の沖積層の基底分布．図中の数字は標高 (m) を示し，標高が低いほど青色が濃くなるよう塗色されている．基底分布は小松原ほか(2021)に基づく．背景は地理院地図を使用．

1966), 上の方を有楽町層, 下の方を七号地層と呼ぶようになり(青木, 1969; 東京都土木技術研究所, 1969). 新たに定義された七号地層の分布は東京都地盤地質図(東京都土木技術研究所, 1969)に示され, 地盤地質図を作成した東京都土木技術研究所の青木滋氏が有楽町層と七号地層の特徴についてシンポジウムの配付資料で説明しています(青木, 1969).

有楽町層と七号地層の境界をどの層準におくかについては, 沖積層の形成過程に基づいた複数の定義があります(Endo *et al.*, 1982; 田辺ほか, 2010). 既存のボーリングデータには地層に関する詳細な情報は含まれていないことが多く, 厳密な境界定義ができないため, 今回の地盤図では沖積層に対しこれらの名称を使いませんでした. ただ, 海成層を主体とする軟らかい有楽町層と, 陸成層を主体と

する少し固い七号地層というように, 大局的に把握する際には便利な名称ではありません.

4. これまでに作られてきた東京都区部の沖積基底図との違い

沖積低地に位置することの多い日本の大都市では, 既存ボーリングデータに基づいて沖積層基底図が作られてきました(山口ほか, 2006; KG-NET・関西圏地盤研究会, 2007; 広瀬ほか, 2012; 宮地ほか, 2011). その中でも東京低地は前述のように他地域に先駆けて地盤図の作成が始まり, これまでに様々な沖積層基底図が作られています. 本号の中山(2021)で述べられているように, 東京都建設局と港湾局は時代ごとの要請に応じて更新された地盤図を出版して

います(東京都土木技術研究所, 1969, 1987, 1996; 東京都港湾局, 1972, 1993, 2001). ほかに論文や書籍として出版されているものがいくつもあります(Matsuda, 1974; 遠藤ほか, 1983; 田辺・石原, 2020 など). これらは沖積層の基底の標高が2次元の地図に等高線や段彩図で表現されているものです. これに対し, 今回の地質地盤図は3次元で立体的に表現されているため, 基底の分布を地形として具体的にイメージできるようになり, また任意の測線で断面を作るなど, いろいろな表現も可能になりました. 地理院地図と重ね合わせて具体的な地点の地下がどうなっているかを見ることもでき, より身近に地下構造を感じることができるのではないかと思います. スカイツリーやビッグサイトの地下がどうなっているか, ぜひ見てみてください.

5. 沖積層=軟弱地盤とも限らない

最初に述べたように沖積層は軟弱な地層として認識されていますが, 沖積層がすべて軟弱なわけではありません. 前述の通り首都圏の沖積層でも, 下部の七号地層は上部の有楽町層に比べて比較的固いというように, 沖積層の中でも固さの違いがあります.

地層の固さを定量的に表す指標の1つとして N 値があります. 建物などを作るときにボーリング調査の一環として標準貫入試験が行われますが, その際に得られる値が N 値です. 標準貫入試験は重さ 63.5 ± 0.5 kgの重りを 76 ± 1 cmの高さからくり返し落下させ, その衝撃でボーリングロッド先端のサンプラーを地層にめり込ませる試験で, サンプラーが地層に30 cmめり込むまでに何回落としたかという回数が N 値になります. サンプラーを置いただけで30 cmめり込んでしまう軟らかい地層の N 値は0となり, 重りを50回落としても30 cmに満たない場合は N 値を >50 としてそこで終わりにします(N 値の話編集委員会, 2004).

有楽町層の主体をなす海成泥層は N 値が0~3とゆるゆるですが, 七号地層の砂泥互層は6~50とかなりばらついて下位ほど高くなり, 基底礫層では >50 です. 沖積層の基盤をなす下総層群の N 値は泥層や砂層で15~ >50 , 礫層で >50 なので, N 値だけ見ると下総層群と七号地層の固いところは区別がつかないことがあります. このように, 七号地層が分布するところ(埋没谷の軸部)では, 沖積層の基底付近はかなり固く, 沖積層の厚さ=軟弱な地層の厚さとはならないことになります.

では, 例えば地震の時に地震動を増幅させるような「軟

弱な」地層を想定したときに, その地層は沖積層のどこまでを指すのか?という疑問が出てきます. 首都圏の沖積層が調査され始めたきっかけとして地震動への影響が想定されていたことは最初に述べましたが, 地震動から見て沖積層のどこまでが「軟弱」なのかについては今後の課題です.

文 献

- 青木 滋 (1969) 東京低地の第四紀層について. シンポジウム「海岸平野」世話人会編, 海岸平野, 日本地質学会, 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.
- 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 Institute of Natural Science, Collage of Humanities and Sciences, Nihon University, Earth Sciences*, no. 17, 1-16.
- 遠藤邦彦・関本勝久・高野 司・鈴木正章・平井幸広 (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 (2004) 改訂 N 値の話. 理工図書, 東京, 231p.
- 復興局建築部 (1929) 東京及横浜地質調査報告. 復興局建築部, 144p.
- 福田 理 (1950) 有楽町層の微小古生物學的研究. 地質学雑誌, 56, 275.
- 伊田一善 (1956) 有楽町層の化石貝群集の解析. 地質調査所月報, 7, 489-498.
- 廣瀬 亘・川上源太郎・大津 直・木村克己 (2012) 石狩低地の沖積層基底面深度分布図. 地質調査研究報告, 63, 表紙.
- 風岡 修・小松原純子・宮地良典・塩崎翔一・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), 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 25-34.
- KG-NET・関西圏地盤研究会 (2007) 新関西地盤 - 大阪平野から大阪湾 -. KG-NET・関西圏地盤研究会, 296p+66P.
- 小松原純子 (2019) 九十九里平野における沖積層の堆積環境変遷と沖積層基底の分布. 海陸シームレス地質図集 S-6, 産総研地質調査総合センター.

- 小松原純子・宮地良典・野々垣 進 (2021) 第6章 沖積層. 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, 47-61.
- Matsuda, I. (1974) Distribution of the recent deposits and buried landforms in the Kanto Lowland, Central Japan. *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University*, **9**, 1-36.
- 宮地良典・卜部厚志・田辺 晋・安井 賢・稲崎富士・鴨井幸彦・中西利典 (2011) 越後平野海岸部の沖積層の地質構造. 海陸シームレス地質情報集 S-2, 産総研地質調査総合センター.
- 中山俊雄 (2021) 自治体からの3次元地質地盤図への期待. *GSJ地質ニュース*, **10**, 159-161.
- 大熊 孝 (1983) 近世初頭の河川改修と浅間山噴火の影響. *アーバンクボタ*, no. 19, 18-31.
- Okuno, J., Nakada, M., Ishii, M. and Miura, H. (2014) Vertical tectonic crustal movements along the Japanese coastlines inferred from late Quaternary and recent relative sea-level changes. *Quaternary Science Reviews*, **91**, 42-61.
- 大塚彌之助 (1931) 第四紀 岩波講座 地質学及び古生物学 礦物学及び岩石学. 岩波書店, 107p.
- 田辺 晋・石原与四郎 (2020) 東京低地南部における沖積層の基盤地形. *地質調査研究報告*, **71**, 201-213.
- 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.
- 東京地盤調査研究会 (1959) 東京地盤図. 技報堂, 東京, 23p.
- 東京都土木技術研究所 (1969) 東京都地質地盤図 (23区内) - 東京都地質図集 2 -. 東京都土木技術研究所.
- 東京都土木技術研究所 (1987) 東京低地の液状化予測. 東京都土木技術研究所, 189p.
- 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.
- 東京都港湾局 (1972) 東京湾地盤図 (1) 地質地盤図篇. 東京都港湾局.
- 東京都港湾局 (1993) 東京臨海副都心区域付近の地下地質. 東京都港湾局, 175p.
- 東京都港湾局 (2001) 新版東京港地盤図. 東京都港湾局, 89p.
- 海津正倫 (2019) 沖積低地 土地条件と自然災害リスク. 古今書院, 東京, 152p.
- 山口正秋・須貝俊彦・大上隆史・藤原 治・大森博雄 (2006) 高密度ボーリングデータ解析にもとづく濃尾平野沖積層の3次元構造. *地学雑誌*, **115**, 41-50.
- 山川戈登 (1909) 有楽町産沖積期介殻. *地質学雑誌*, **16**, 166-168.
-
- KOMATSUBARA Junko (2021) Post-LGM deposits beneath the Tokyo Lowland.
-
- (受付: 2021年6月1日)