

5. 東京の地下水

5-1 地下水とは

地下水は地層中に含まれる礫・砂の隙間や、岩盤の割れ目を主体に流れています。地下水で満たされ、水の通りが良い地層を「帯水層」、粘土層などからなる水を通しにくい地層や、岩盤を「難透水層」と呼びます。

また、難透水層が上部に存在しない帯水層を「不圧帯水層」、不圧帯水層に含まれる地下水を「不圧地下水」と呼びます。不圧地下水は、地表からの雨水浸透や井戸等での揚水によって地下水位が変動しやすい特徴があり、また、不圧地下水の流速は後に説明する被圧地下水に比べて早く、台地の崖下や丘陵の谷間から湧水となって地表に湧出します。一方、上下を難透水層に挟まれており、地下水が大気圧以上の圧力を受けている状態にある帯水層を「被圧帯水層」、被圧帯水層に含まれる地下水を「被圧地下水」と呼びます。

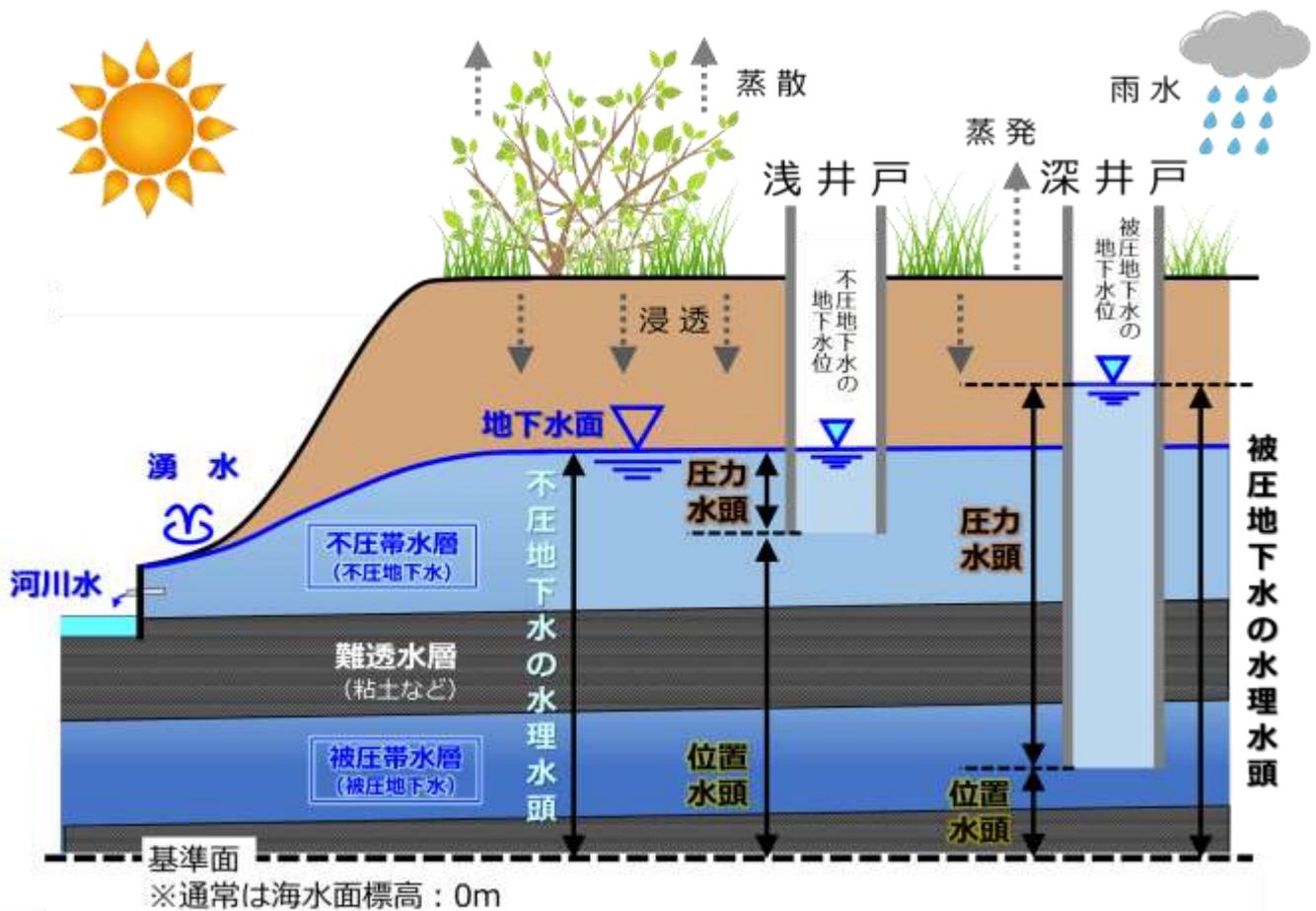


図 5-1 地下の地質構造と地下水流動の概念図

- 「地下水位」とは、井戸の中に現れる水面の位置を指し、標高 (T.P.) 又は地面からの深さ (GL マイナス) で表します。
- 「水理水頭」とは、任意の位置における水のエネルギー状態を水柱の高さに換算したもので、「位置水頭」と「圧力水頭」(及び「速度水頭」)の合計値で表します。井戸を掘った時に現れる地下水位は、その井戸の水理水頭に当たります。

本書では、「水理水頭」という表現は多くの方々になじみがないため、不圧地下水と被圧地下水いずれにおいても「地下水位」に統一して表現・記述しています。

水は「高い」ところから「低い」ところへと流れますが、この「高い」「低い」というのは単に位置だけの話ではなく、エネルギーの状態を指します。地下水のエネルギーは、「水頭」という言葉で表現され、位置水頭・圧力水頭・速度水頭に区別されます。地下水の流れる速度は極めて遅く、速度水頭は他の水頭に比べて無視できるほど小さいため、地下水のもつエネルギー（水理水頭）は、圧力水頭と位置水頭の和で表すことができます。

具体的には、図 5-1 に示すように、井戸の下端が位置水頭、井戸の下端から水面までの高さが圧力水頭に相当するので、その合算値となる井戸内の地下水位が水理水頭となります。

図 5-2 に示すように、複数地点で井戸内の地下水位を調査し、地下水位が同じ値の地点を線で結ぶと、地下水位等高線を書くことができます。地下水は、地下水位が「高い」ところから「低い」ところに向かって、地下水位等高線に直交するように流れます。

しかし、複数の井戸から地下水が揚水されているような都市域では、図 5-3 に示すように、水利用実態に応じて絶えず地下水位が変化するので、地下水の流れははととも複雑で、その実態を把握するには長期にわたる専門的な観測と研究が必要です。

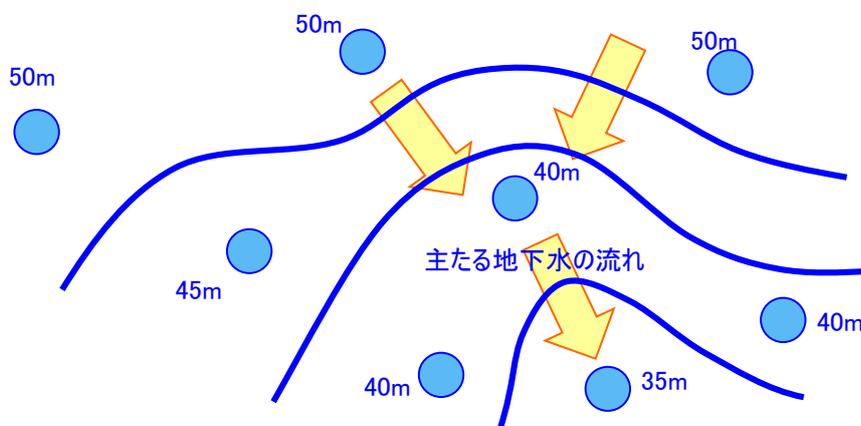


図 5-2 地下水位等高線から推定される地下水の流れ

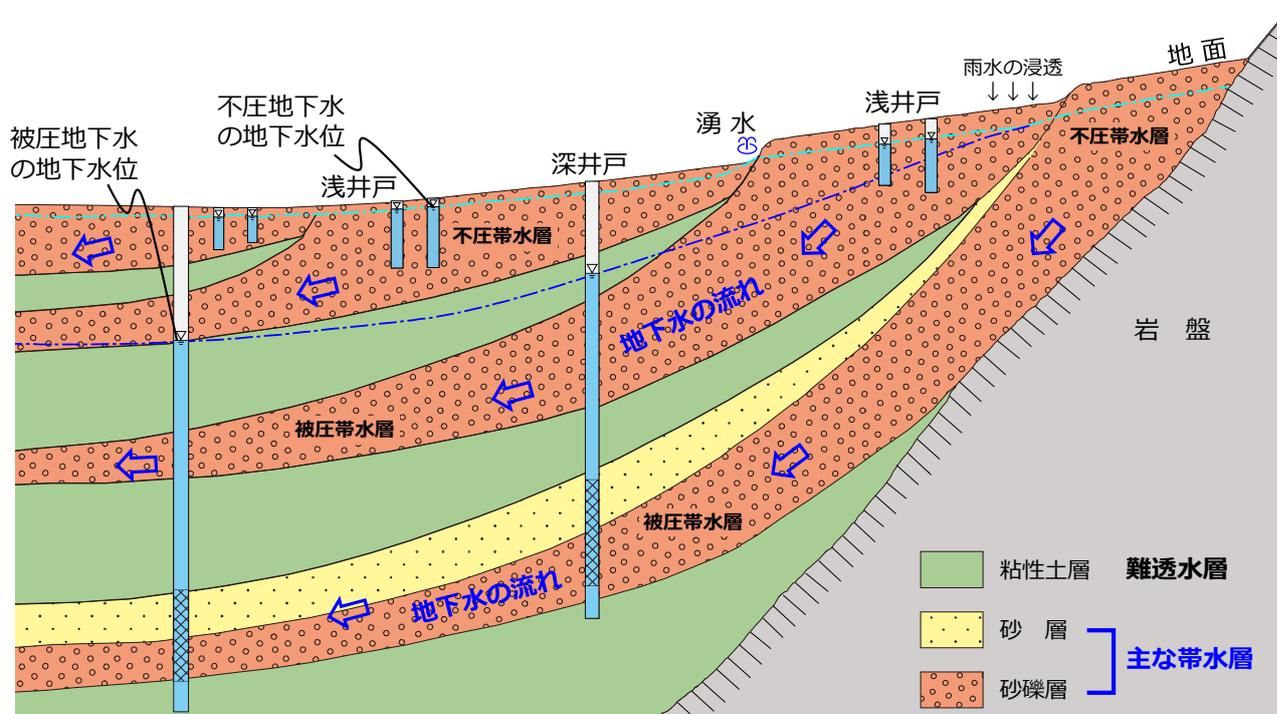


図 5-3 帯水層の地質構造と地下水流動の概念図

「日本の地下水」(1986) ^[1]をもとに作成、一部着色・加筆

5-2 東京の地下水

(1) 東京の帯水層

図 5-4 は、図 4-4 A-A' 線を深度方向に断面で表し、帯水層や難透水層を色分けしたものです。同図に示すように、東京都の地下水は、武蔵野台地の地下に分布する「武蔵野礫層」や「立川礫層」に代表される段丘砂礫層や、現河床砂礫といった不圧帯水層を流れる浅い地下水と、「上総層群」、「下総層群」、「七号地層」中に分布する難透水層によって加圧されている被圧帯水層中を流れる深い地下水に大別されます。

不圧帯水層を流れる浅い地下水では、圧力水頭が低いので、地下水位はほぼ位置水頭によって決まり、山地、丘陵地及び武蔵野台地に降った雨水は、立川礫層や武蔵野礫層などの水を通しやすい地面から地下に浸透し、帯水層の分布に沿って流動しながら、大局的には西から東方向に向かって流れていると考えられています。

一方、東京低地では、地表近くに「有楽町層」という厚い難透水層が分布しているため、地表から雨水や不圧地下水が直接的に浸透しにくいという特徴があります。

台地と低地における地下水流動系の実態を明らかにするため、東京都では、大学等と連携して、観測井の地下水位のほか、地下水の溶存物質を調べることで、地下水がどこで涵養され、どのような経路で流動し、どこに流出しているのか等の、調査研究を進めています(詳細は第 9 章にて後述)。

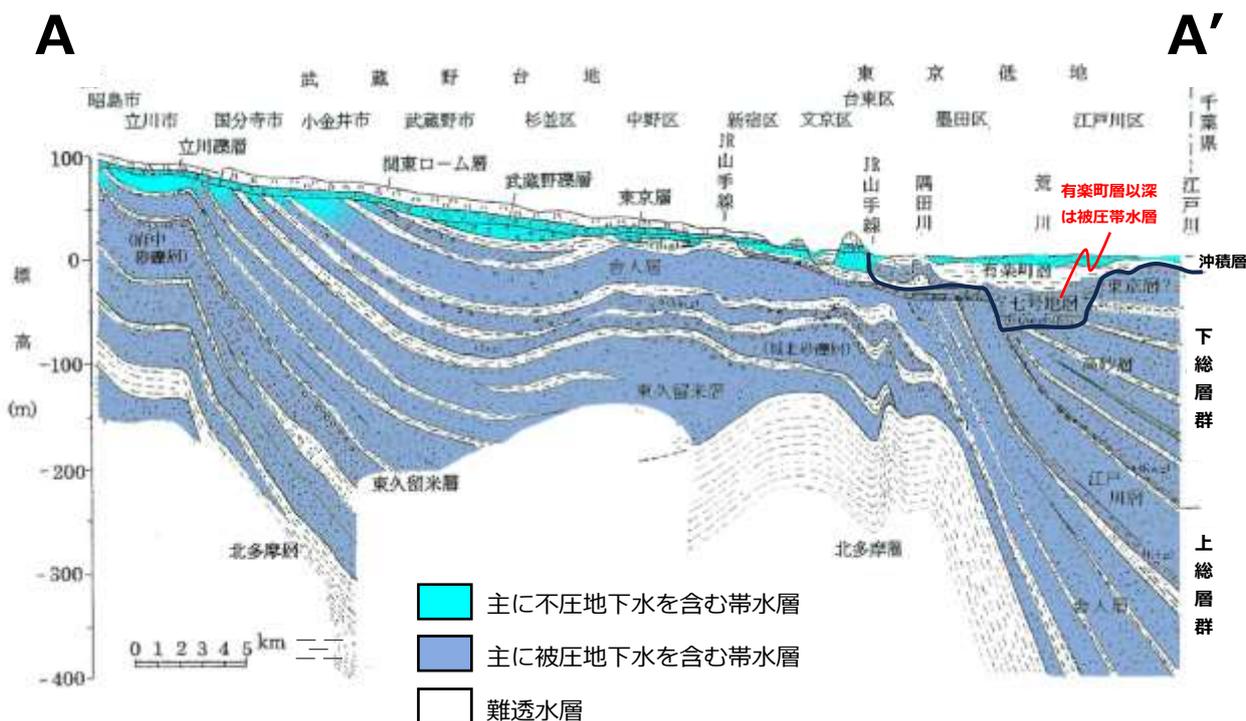


図 5-4 武蔵野台地～東京低地における帯水層区分の概念図

遠藤毅「東京における深層地下水の研究-地下水利用の今後に向けて-」(2010)^[2]より引用、一部着色・加筆

(2) 不圧帯水層における地下水の流れ

不圧帯水層を流れる地下水の一部は、段丘崖などから湧き水として湧出し河川水へと姿を変えるため、浅井戸や湧水の標高、河川水位の標高から地下水位等高線図を描くと、不圧地下水の流れを把握することができます。

図 5-2 でも説明したように、地下水は地下水位等高線と直交する向きに高い方から低い方へ流れるため、図 5-5 の地下水位等高線図から、武蔵野台地の不圧帯水層では地形に沿って西から東へと扇状に広がるように地下水が流れていると考えられます。

地下水位と地表の高さが等しい場所では、地下水が湧水として湧き出します。武蔵野台地では、昭和 30 年代半ばまでは井の頭池、善福寺池、三宝寺池など、扇状地の地形を反映した湧水群が存在していましたが、地下水位の低下により、いずれもほぼ枯渇してしまいました。現在、これらの池には被圧帯水層から汲み上げた井戸水が補給されています。

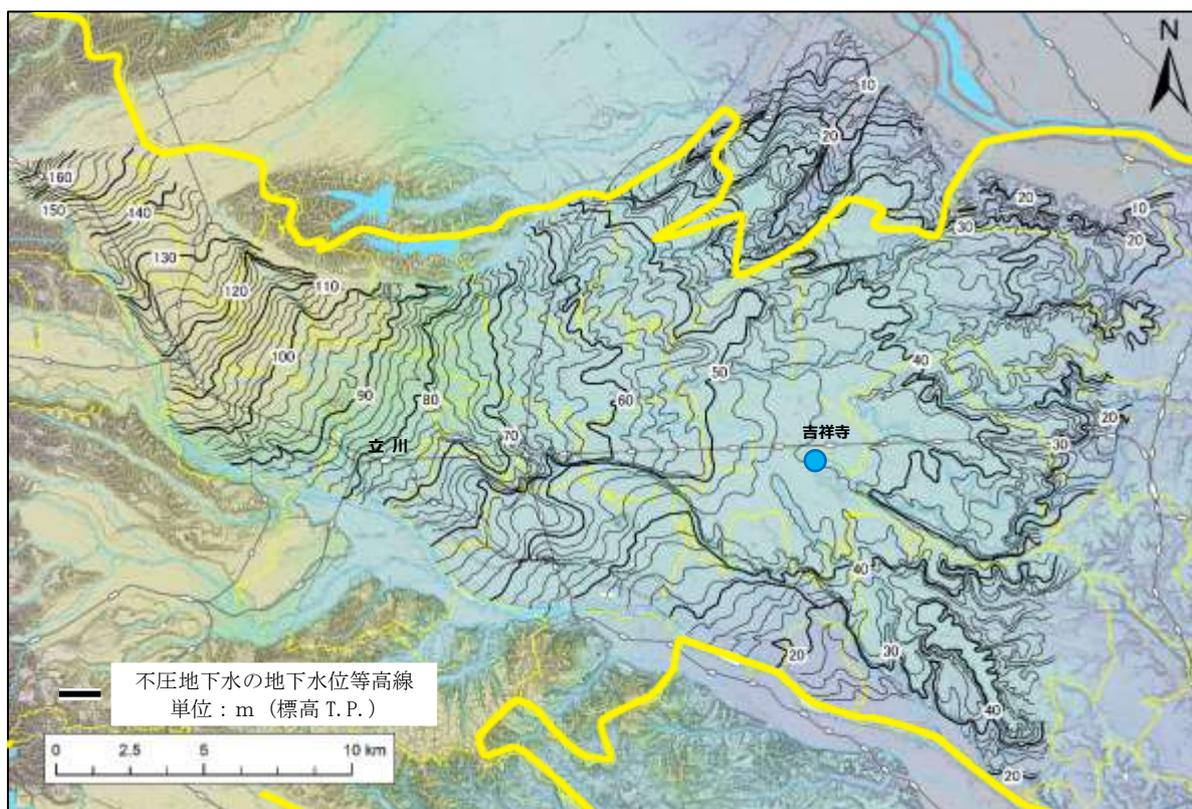


図 5-5 武蔵野台地における不圧地下水の地下水位等高線図 (S49.8 月)

市川正巳・榎根勇 「日本の水収支」(1978) ^[3] (細野義純作図の不圧地下水の地下水位等高線図)、
基盤地図情報 5m メッシュ標高データ ^[4]をもとに作成、

(3) 被圧帯水層における地下水の流れ

図 5-6 は、東京都の被圧帯水層における被圧地下水の平均的な地下水位等高線です。

本図では、図 5-5 の不圧地下水の流れとは少し異なり、全体に北東方向へと流れる様子が確認できます。これは、図 5-7 のように地層が北東側へと傾いていることや、三鷹市から練馬区にかけて谷筋があることと一致しており、武蔵野台地における被圧帯水層中の地下水は、大局的には帯水層の分布に影響を受けながら流れていると考えられます。

また、地下水の揚水等もこうした地下水の流動に影響していることが考えられます。

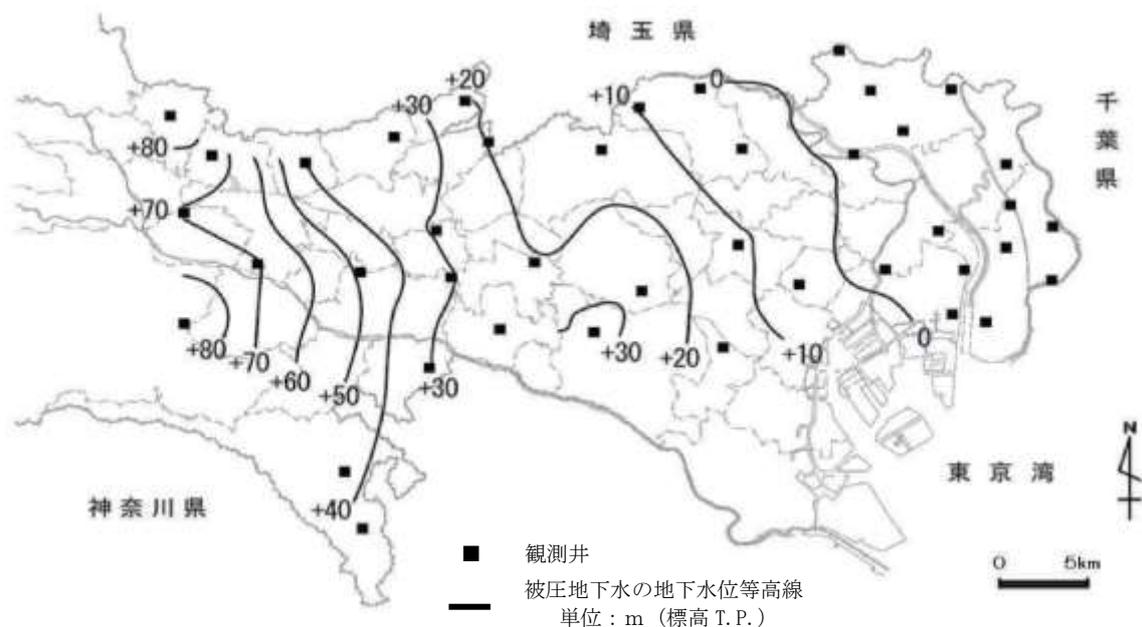


図 5-6 武蔵野台地における被圧地下水の地下水位等高線

東京都土木技術支援・人材育成センター「令和 2 年 地盤沈下調査報告書」^[5]より

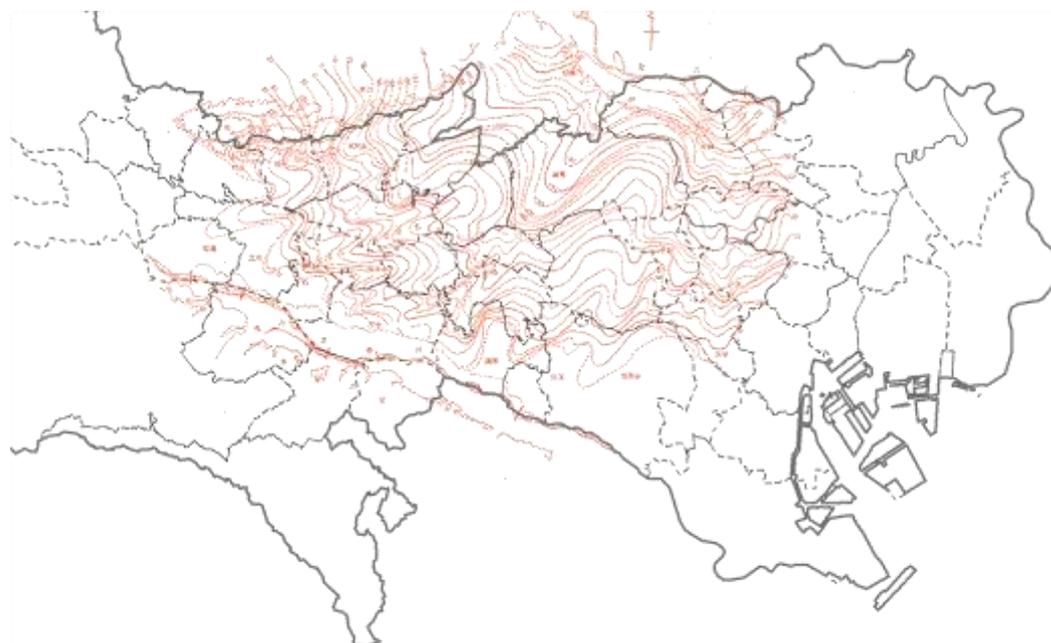


図 5-7 被圧地下水を育む地層の傾き

新藤静夫「武蔵野台地の水文地質」(1968)^[6]より (「A5 層」と呼ばれる地層の底面標高分布図を着色表示)

引用文献

- [1] 農業用地下水研究グループ「日本の地下水」編集委員会編, 「日本の地下水」, 地球社, 1986年.
- [2] 遠藤毅, 「東京における深層地下水の研究-地下水利用の今後に向けて-」, とうきゅう環境浄化財団 第3回地下水保全プロジェクトセミナー資料, 2010年.
- [3] 市川正巳・榎根勇, 「日本の水収支」, 古今書院, 1978年.
- [4] 国土交通省 国土地理院, 基盤地図情報ダウンロードサービス, <https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>.
- [5] 東京都土木技術支援・人材育成センター, 「令和2年 地盤沈下調査報告書」, <https://www.kensetsu.metro.tokyo.lg.jp/content/000053718.pdf>, 2021年.
- [6] 新藤静夫, 「武蔵野台地の水文地質 (地学雑誌 77巻4号)」, 公益財団法人 東京地学協会, 1968年.

6. 東京の湧水

湧水は、昔から人々の暮らしと密接に関係しています。野川上流部、黒目川などの湧水周辺では、縄文時代の生活の跡である遺跡が多数発掘されています。また、三鷹市の井の頭池などは、江戸時代に神田上水へと導かれ、貴重な飲料水源として利用されていました。

湧水は社寺とも関係が深く、奈良時代の天平年間に建設された調布市の深大寺は水神と関わりがあり、国分寺市の史跡国分寺は豊富な湧水の場所に建立されたといわれています。湧水そのものが信仰の対象とされる場所も、世田谷区の等々力不動尊など都内に数多くあります。

現代においても周辺の自然環境とあいまって、湧水は人々に潤いと安らぎを与え、身近な生き物にふれあえる場として、都市において貴重なオアシスとなっています。

東京都環境局では、定期的に湧水調査を行っており、その結果を「湧水マップ～東京の湧水～^[1]」として、ホームページ等で公開しています。平成 30（2018）年度に実施した調査では、608 地点（区部 201 地点、市町村 407 地点）の湧水が確認されました（表 6-1 参照）。

表 6-1 湧水地点数の確認結果一覧

	平成 20 年度 (2008)	平成 25 年度 (2013)	平成 30 年度 (2018)
区部	270 地点	235 地点	201 地点
市町村	406 地点	381 地点	407 地点
合計	676 地点	616 地点	608 地点

※湧水地点数は、区市町村の協力のもと実施した調査の結果です。
調査時期や調査時の天候などにより、地点数が変化することがあります。



図 6-1 東京都内の代表的な湧水

左：国立市 ママ下湧水群、右：東久留米市 南沢湧水群

東京の湧水は、多摩川が作った武蔵野台地や、多摩川の支川である秋川、浅川流域に多く見られます。東京の湧水は、湧水地点周辺の地形や湧出形態から、「崖線タイプ」と「谷頭タイプ」の2種類に分類することができます(図 6-2 参照)。崖線タイプは、台地縁辺部や段丘崖の下端において、粘土層や岩盤等の難透水層の上位にあたる砂礫層やローム層から地下水が湧き出すものです。複数の段丘が隣接する野川付近では、図 6-3 に示すように非常に複雑な地下水の交流関係があることも知られています。

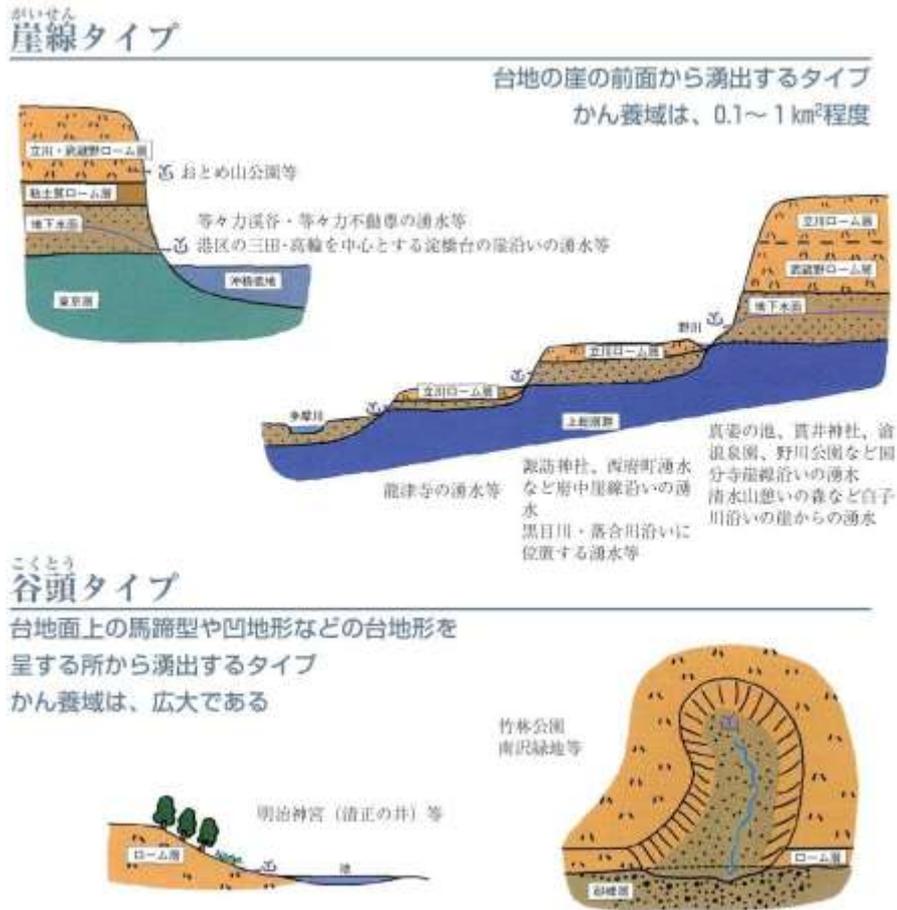
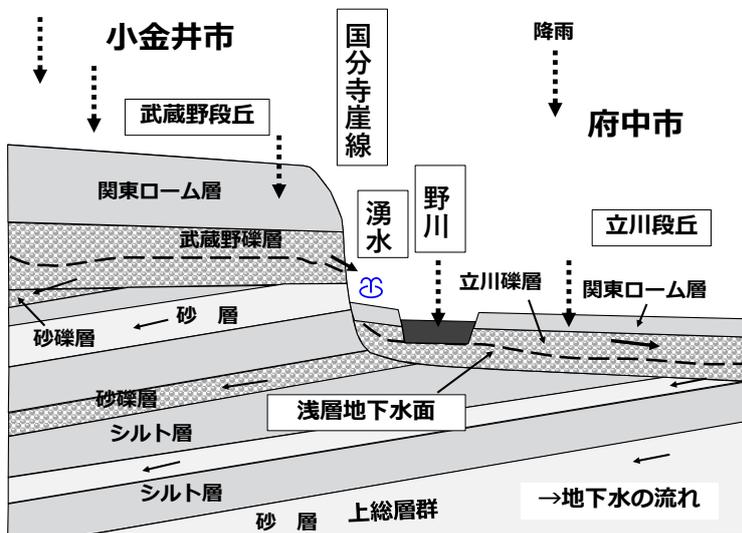


図 6-2 東京都に見られる湧水のタイプ

東京都環境局「湧水マップ～東京の湧水～」^[1]より



武蔵野段丘と立川段丘が隣り合う野川付近では、崖下から湧き出した湧水が河川水を経て、再び地下水として地下に浸透するような、複雑な流れがあることも知られています。このように、地下水は水循環において、雨水と地表水(河川水、湖沼水、海水)をつなぐ重要な役割を担っています。

図 6-3 野川付近における地質断面

川合将文・川島眞一・国分邦紀「『河川の水量確保等に関する検討』の成果と課題」(2014)^[2]を参考に作成

谷頭タイプの湧水は、練馬区の区立大泉井頭公園の池、善福寺川は杉並区の善福寺池、石神井川は練馬区の石神井池や三宝寺池、神田川は武蔵野市の井の頭池など、都内の中小河川を上流側にたどった源流で見ることができます。

これらの池は武蔵野台地上に存在し、かつては湧水量も豊富で中小河川の水量を支える重要な水源でした。井の頭池には東京市で最初のプールが造られるなど、各地域に湧水と触れ合うことのできる環境が多くありました(図 6-4 参照)。しかし、武蔵野台地を中心とし、湧水地点や湧水量の減少が目立つようになりました。その要因として地形改変や、都市化による田畑や森林の減少、構造物による地下水流動阻害など、様々な事項が考えられています。

一方で、ボランティアの方々が、ゴミ掃除、河川への生活排水防止運動に地道に取り組んだ結果、子供たちが水遊びできるまでの水辺環境となったところもあります。図 6-5 に掲載した東久留米市の落合川では、かつて源流部にゴミが山積み、生活排水の流入があったことがうかがえます。東京都では、身近な自然環境としての湧水等を保護・回復するため、区市町村と連携して湧水保全に取り組んでおり、雨水を浸透する施策の推進や、湧水等の保護及び回復に関する普及啓発を進めています。



図 6-4 井之頭恩賜公園にかつてみられた天然の地下水プール

左：当時のプールの様子。豊富な地下水を利用してため冷たかったという（出典：東京都公園協会^[3]）。

右：かつて天然プールがあった井の頭池最下流の現在の様子



図 6-5 「平成の名水百選」に選定された落合川における昔と今

左・中：かつての源流部にはゴミが山積み、生活排水が流入していた

右：湧水の流れて遊ぶ子供たちと、川面に繁茂するナガエミクリ

左・中の写真は、東久留米市郷土資料室所蔵資料^[4]

引用文献

- [1] 東京都環境局, 「湧水マップ～東京の湧水～」,
https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/water/conservation/spring_water/spring_water.html, 2018 年.
- [2] 川合将文・川島眞一・国分邦紀, 「「河川の水量確保等に関する検討」の成果と課題」, 都土木技術支援・人材育成センター年報, 2014 年.
- [3] 公益財団法人東京都公園協会 (東京グリーンアーカイブス) 所蔵資料, 東京市井の頭公園水泳場 (絵はがき), 撮影年代不明.
- [4] 東久留米市郷土資料室 所蔵資料.