

東京付近における不圧地下水の環境地理学的研究

— 土地分類図への新たな情報の付加による利活用の試み —

細 野 義 純*

A geographical study on the groundwater table database in Tokyo area

Yoshizumi HOSONO

要 旨

昭和26年以来、国土調査法に基づき実施してきた土地分類諸調査のうち、縮尺5万分の1土地分類基本調査は、国土地理院発行の地形図を基図とした地形分類図、表層地質図、土壤図、土地利用現況図、傾斜区分図等の図面とその解説書を作成しており、その縮尺や内容から他の土地分類諸調査の基準として機能するとともに、広域的な土地利用計画・防災計画等を図るうえでの基礎資料として活用されることを期待されるものとして位置づけられてきたものである。一方、昭和26年から今日までの間において社会環境は変化し続け、その多様化した社会の要請に応えるべき、新しい情報の付加と、高度化した手法の導入等が図られることが必要である。

5万分の1土地分類調査（都道府県分）の東京都関係分（島嶼分を除く）である「川越・青梅」・「東京西南部」・「東京西北部」・「東京東北部」・「東京東南部」の各図幅の地形分類図および表層地質図の作成作業の一部に筆者は係わってきたが^{1)~4)}、この過程で地形分類図中に地下水に関する情報として地下水面の高度を線情報により、また湧水については湧出点の位置を図中に点情報で示すこととした。別に表層地質図中には地表を覆うローム層の厚さの分布を等層厚線の形で加えることにした。

これら新規な情報を加えるための試みとして実施した基礎的作業の手順と、これらの情報の意義とその利活用に望まれる事項について述べる。

I. 序 論

ここでいう「地下水」とは、地下深部の地層中に存在し、事業用の深井戸等によって取水される「被圧地下水」ではなく、一般の民家等にある在来型のいわゆる浅井戸によって取水される「不圧地下水(自由地下水)」を対象としたものである。

不圧地下水は一般に地表付近の浅層に位置する地下水体で、水文循環の過程において、直接、降雨など自然現象の影響を受けるばかりでなく、土地利用や各種工事の影響など、人間活動とのつながりの深い一面をもっている。

しかしながら、不圧地下水は、いかにそれが地表付近の浅層に位置するものとはいえ、地層の土の間隙中に存在する水である以上、間隙の性質に大きく影響されることはもちろん、地層の成

層状況、傾斜、不圧地下水を支える基盤の形態等にも、賦存の性質が支配される筈である。

一方、不圧地下水は、その賦存する位置が浅層であるがために、古くから、生活のための水として利用されてきたものであり、地域によっては現在もお日常不可欠なものである。

水文循環の過程における、不圧地下水の移動の実態は、自然現象としての一面と、人間活動とのかかわりの深い一面とを有し、人間と地下水の関係の仕方によって、自然条件としての固有な属性の上に展開される様々な変化の様式は注目すべき課題であるといえる。

とくに、東京とその周辺各市のように、近年、急激な都市化の展開されている地域では水利用、環境保全、土木工事等の問題に関連して、複雑で高度な課題が提起されているのが現状である。

この論文では、従来から上記のような多くの課題があるにも係わらず、これまで地下水に関しては、比較的無関心で、本質的・恒久的な地域情報が不足し、開発に伴う保全計画、環境汚染の発生と浄化、紛争に伴う工事差し止め請求、など、しばしば対立の場に到って、地下水の賦存機構の科学的解釈の議論が表面に出てくるという例が多かった。このことは、地下水が目に見えない存在で、一般には分かり難いことから、その場になって争いの根拠として利用（注目）されるといった感を持つ。ここでは、従来、ともすれば多く見られた単なる既存資料の収集による寄せ集めと、その場限りの解釈ではなく、地域の水環境に関して総合的な調査活動のとりまとめを行ない、あらかじめ情報として提示する手法を試みたものである。

Ⅱ. 武蔵野台地の地形・地質と地下水の賦存について

東京の地形は「山の手」と「下町」に分けられることは良く知られている。

「山の手」はJR山の手線で認識されるように都心の台地部として狭義に解され易い面もあるが、武蔵野台地の東端の一部に位置するものである。

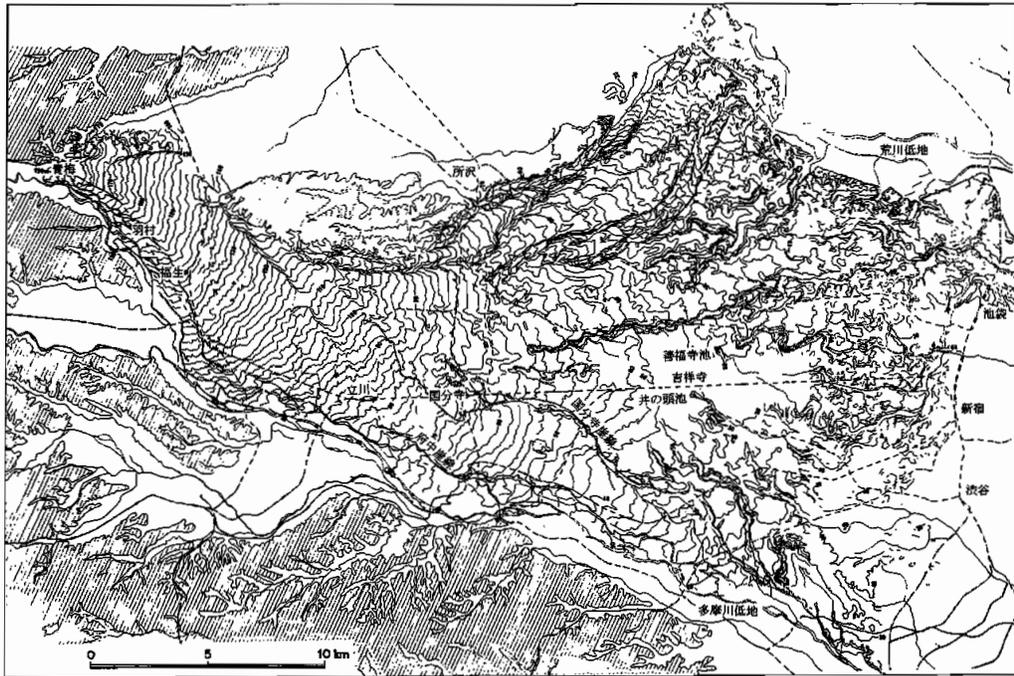
武蔵野台地は東京の西郊にひろがり、北は荒川の低地、南は多摩川の谷底低地、東は東京の下町低地に接する面積約500km²に及ぶ洪積台地である。地形の等高線を描いてみると、青梅付近を扇頂部とする扇状地性の地形が認められ、多摩川が造った大扇状地であるといえる（図-1）。

台地の東部は開析台地と化している。このような地形を造った主な小河川の谷頭部には古くから知られた湧水起源の井の頭池、善福寺池、三宝寺池などが分布し、杓子状窪地とともに、すぐれた景観を残しているが、現在では湧水は涸渇して久しく、代わりに深井戸からの補給注水によって水量が維持されている。

さらに、武蔵野台地にはいくつかの崖線があつて地形面が階段状に区切られている。これらの崖線は扇状地地形の傾斜方向に沿って放射状に分布し、古多摩川による侵食の結果と考えられている。この意味から武蔵野台地は河岸段丘の集合であると言うこともできる。

武蔵野台地の崖線の中で、立川市北部から東南方に延々20km余に及ぶ国分寺崖線はもっとも顕著なものである。この崖線を境として、高位の面が武蔵野面、低位の面が立川面と呼ばれる段丘面である。

国分寺崖線に沿う崖の部分には、多摩川がつくった河岸段丘の構成層である武蔵野礫層と、それをおおう洪積層の関東ローム層を直接観察できる場所が何カ所か存在する。このような場所



図一 武蔵野台地周辺の地形等高線図

東京都首都整備局発行、1/3000地形図中に描かれた等高線から編輯（細野原図）

の礫層の部分からは地下水が湧き出し、湧水池を形成している個所もあって、古くから「はけ」の水として親しまれてきた。

武蔵野面より一段低い立川面の段丘構成層は立川礫層で、多摩川沖積地との境にある府中崖線の部分で直接観察することができる。府中崖線の部分からも国分寺崖線と同様に地下水の湧出が確認されている部分も存在する。

これらの段丘構成層は、上述したような段丘前面崖の崖線からの観察によるほか、それぞれの段丘面下において、工事のために地下を掘削したときなどに露出することがあり、このような機会に工事現場で詳細に観察することができる。

関東ローム層は、火山噴出物である火山灰を起原とするもので、その堆積した時期の違いから、立川面上には立川ローム層が、武蔵野面上には武蔵野ローム層と立川ローム層が分布する。さらに、その上位面に相当する下末吉面には下末吉ローム層が加わることになる。立川面より下位の青柳面には、立川ロームの最上部の一部に相当する青柳ロームが分布する。

以上のように、武蔵野台地は、開析谷や河谷の沖積地、低位の段丘面などの部分を除けば、地表部分はローム層によって覆われており、地表から垂直浸透する水は、まずローム層中に土壤水分として供給されることになる。

武蔵野台地において、もっとも有力な帯水層と看做されるものは、段丘構成砂礫層であるが、これらは上記のローム層によって覆われていて、直接、雨水等に接することはない。

これら、ローム層、段丘構成砂礫層等の堆積前の地形面を詳細に知ることは難しいが、ボーリング資料等の整理によって、推定することが、ある程度可能である。

既存のボーリング資料のほか、電気探査の実施、工事現場や露頭での観察結果などを基礎にして、ローム層の厚さを示す図を作成した(図-2)⁶⁾。

当然のことながら、高位面ほどローム層は厚くなるが、各所でローム層の堆積中ないしは堆積後において古水流が存在したと思われる、層厚の薄くなった流路状の部分を窺い知ることができ。また、台地の東半部にあつてはローム層の下部に粘土層が分布する地域があつて、層相からロームが変質して粘土化したものと解される部分と、古水流による二次堆積によって形成されたと考えられる部分とがある(図-3)⁶⁾⁷⁾。

武蔵野台地の不圧地下水の賦存に関係するこれらの地質状況、すなわち、ローム層、ローム層下位の粘土層、段丘構成層、基盤岩層等のそれぞれの部分内にあつても、水理的伝導性の異なる部分もあるなど、この地域の地下水は、これらの水文地質構造に支配されて滞留し、または移動する、いわば多層構造にあるといふことができる。

Ⅲ. 武蔵野台地の帯水層と地下水面

地下水面等高線とは、いわゆる測水調査といわれる手法によって得られるもので、具体的には、あらかじめ定めた多数の観測のための井戸(多くは民家の個人所有の井戸)について、原則として同時期に、井戸内の水面の高さを実測し、TP(東京湾平均海面)に換算して、すべての結果を地図上に描き写し、等高線として表現したものである。

これまでに、過去16回の測水調査と、継続した自記記録の結果を併用し、地域の地下水の変動特性を把握してきたものである。

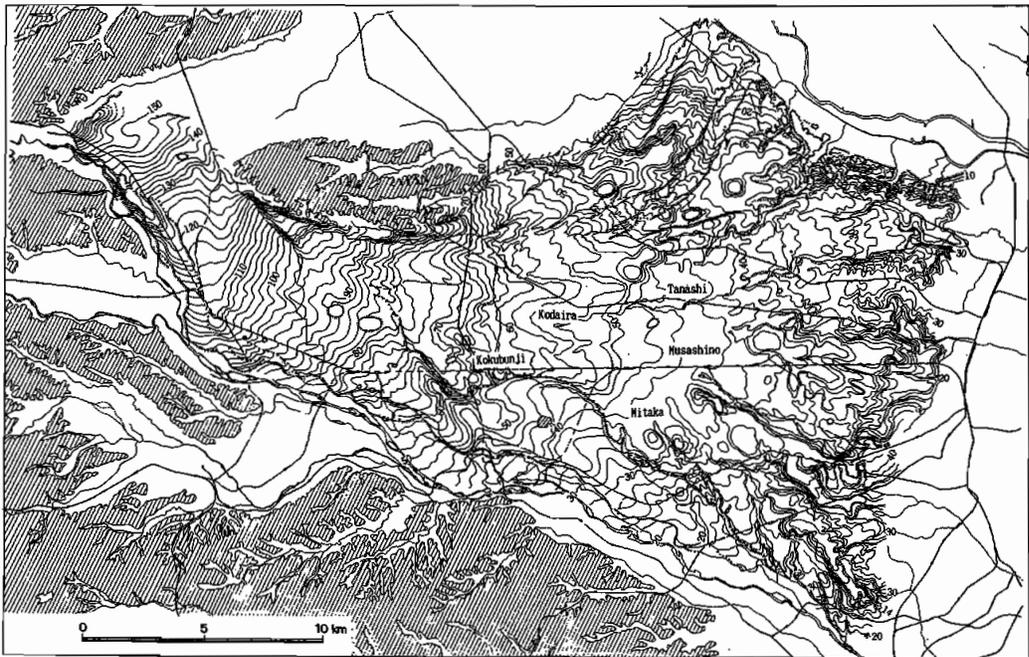
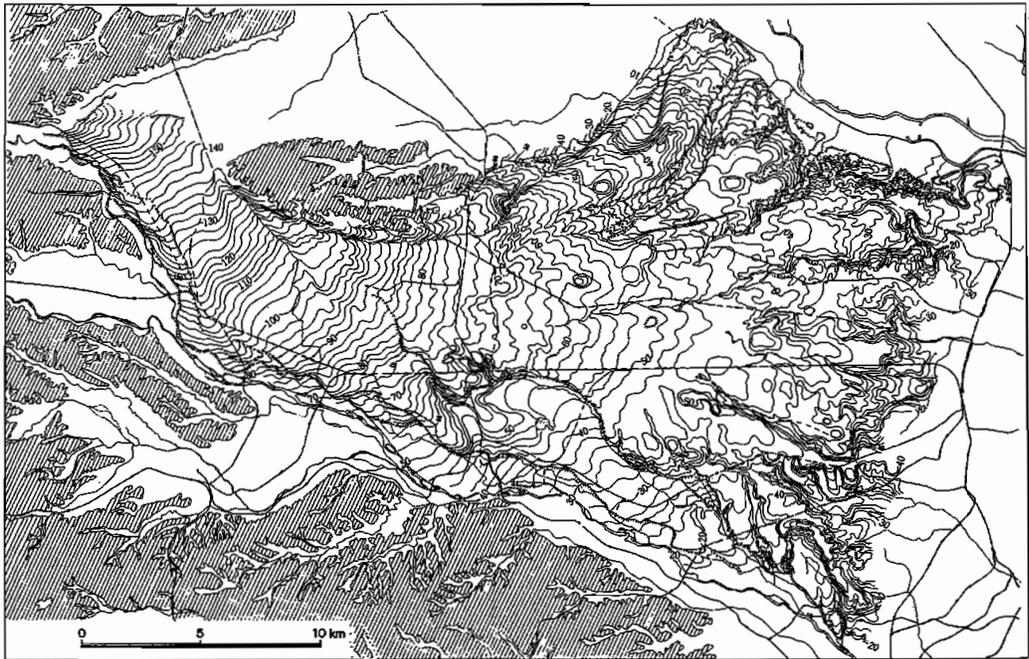
武蔵野台地における地下水面は、冬季に降水が少ないという地域の気候特性を反映して、冬～春にかけて地下水面は下降し、夏～秋にかけて上昇するという一般性を有している。ここで、地下水面の上昇した時期とは、降雨の影響のない条件のもとで、もっとも水位が高く安定している時期をいうものであり、過去30年余の実測記録からみると、おおむね8月10日前後に相当し、その前1週間程度、地下水位に影響を及ぼす降雨がないことが前提となる。このような条件にかなった例として、1968年、1972年、1974年をあげることができる。

ここでは、地下水面の上昇した時期の代表として、1974年8月の実測値に基づき作成したものと、また、逆に地下水面のもっとも下降した時期のものとして1968年2～3月の実測値に基づき作成したものを図-4(上・下)に示す⁸⁾。

一般的に言えば、自由地下水体は地表の地形に依存する部分が多く、巨視的には、地下水面の等高線は地形の等高線に類似したものとなるが、地表の凹凸に比べ、はるかに平滑である。さらに、地下水面は降雨による涵養と地下水体からの流出によって絶えず変動している。

地下水面が上昇したときの水位と、下降したときの水位の差、すなわち変動の大きさは、場所によって大きく相異なる。このことは、水文地質構造と地層の透水性等によるものと考えられる。

また、地下水面の昇降は、すべての地域について、人為的な場合を除き、一方の観測井では上昇し、他方では下降するといった例は皆無であり、相異なるのは昇降の絶対量のみであると言え



図一 4 武蔵野台地における地下水面の等高線図（細野原図）

上：地下水面の上昇した時期の例 1974年 8 月

下：地下水面の下降した時期の例 1968年 2～3 月

る。換言すれば、天気図の等圧線にみられるような気圧の谷等が横方向へ順次移動していくといった波動状の動態は認められず、地点ごとに異なった変動量の範囲で、上昇、下降といった同じ傾向のもとに上下変動を繰り返していると言うことができる。さらに、地下水面の変動の特徴として、全体的にみると、地下水面が下降する時期には、地下水面の凹凸が強調される傾向にある。すなわち、地下水谷は一層その深さを増し、地下水面の尾根あるいは嶺にあたる部分では変動の幅は相対的に小さいものとして残される。この結果、地域の地下水面が大きく下降する時期には、局所的な宙水域が出現することがある。

Ⅳ. 武蔵野台地の不圧地下水の水理特性

測水調査とあわせ、個々の地点における地層の透水性の分布を知る目的で、個別井戸についての揚水実験を実施した。結果は透水量係数 $[L^2/T]$ の形で与えられる。その結果、透水量係数の分布には3桁の差があることが判明した²¹⁾。とくに、前記の地下水面等高線図において、地下水面の谷に相当する部分では、地下水面が下降する季節には谷の形状はより強調される傾向にあること。また透水量係数の大きい値を示す部分は、このような谷の部分と一致していることである(図-5)。このことは、基盤の形状等の地質構造と、その場における堆積物の粒径等に関連して、地下における地下水の流動速度の差を示していると解される。

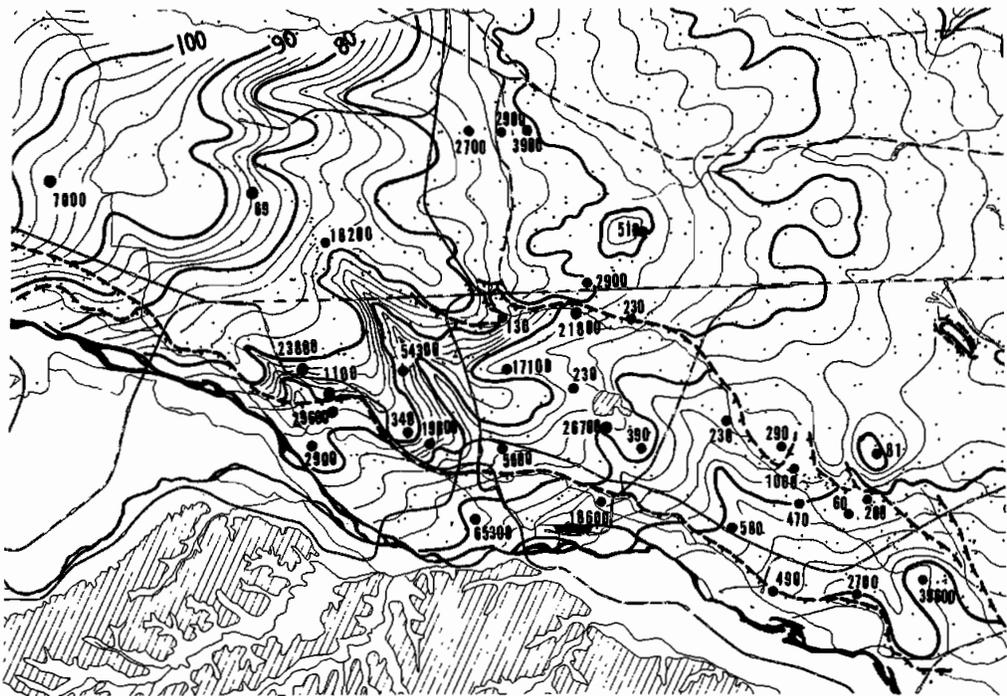


図-5 透水量係数の分布と地下水面図(武蔵野南部)
透水量係数; cm^2/min . (細野原図)

このような関係が、とくに顕著であると認められるものは、地下水面が降下したときに現れる、立川面下の福生から羽村にかけての大規模な谷状の部分で、この凹みが大いだがゆえに、武蔵野台地において地下水位の最深の部分がこの地域に存在し、その深さは24~26mに達している(羽村市羽地域)。矢嶋仁吉(1935)⁹⁾はこれを第二帯水層と記載している。

一方、青柳面以下の低位面の部分での地下水の主体は、それぞれの段丘構成礫層中に賦存するものと認められ、水位は数メートル程度以浅である。

立川面と低位段丘面との間の地下水面の関係についてみると、前述のように、立川面側のある部分では、水位が広範囲にわたって谷状に落ち込み、地下水は段丘構成礫層中には賦存せず、低位の砂礫層(いわゆる青梅砂礫層)中に賦存するものと認められる。その結果、この地域にあっては、低位面下に賦存する地下水の地下水面は、高位面下に賦存する地下水の地下水面よりも、はるかに高い位置に存在するという特異な現象を示している。このため、両者の境界部は連続せず、地中において瀑布線を形成しているか、または不連続の関係にあるものと考えられる。羽村付近の青柳面以下の低位面にみられる地下水面についてみると、北側の一部は立川面に向かって傾斜し、地下水の流動は、上位面である立川面下の地下水を涵養する状況にあるものと認められる。著名な羽村市五の神の「まいまいず井戸」は拝島面上に位置し、その水位は地表面からの深さとしてみれば8~9メートル程度のもので、拝島面の井戸としては深いものである。これは、立川面に向かう地下水面の傾斜部分に位置するため、この地点から、わずか500メートル程度北東に離れた場所の水位は、すでに25メートルを超える深い部分となっている。

また、武蔵野台地の東部にあっては、地下水面等高線は、地形、地質の条件を反映して、台地にかかる部分と多摩川および下町の各低地にかかる部分とに分けることができ、その間の地下水面は崖線によって仕切られ不連続の状態となっている。

このあたりにみられる地下水面等高線の形状をみると低位の立川面の単調な曲線群(等高線)に対し、高位の下末吉、武蔵野各面にみられる複雑に入り込んだ形状は対照的である。

地形からみると東側の低地から、古川(渋谷川)、目黒川、立会川、呑川等の開析谷が樹枝状に入り込み、発達した河谷は、起伏に富む複雑な地形を造り出しているが、その結果、台地面は細分化されている。このような地形条件を反映して、地下水面にあっても浸透域と解される大規模な連続した部分に乏しく、また、流動系に関係すると思われる顕著な地下水谷もなく、流動系の視点からみても、小規模に細分化された浅井帯が連なっているものとみることができる。

このような浅井帯の地下水は、ローム層中に帯水するもので、地下水位が浅く、かつ停滞性の強い、独立した地下水域を形成するものと認められる。

V. 不圧地下水の動態と涵養条件ならびに浅井帯と地下水域

台地の不圧地下水(自由地下水)は、大きく分けて、段丘構成層中に帯水するものと、ローム層中に帯水するものとに区分される。

“段丘構成層中に帯水する地下水”については、冬季に降水が少ないという地域の気候特性を反映して、冬~春にかけて地下水面は下降し、夏~秋にかけて上昇するという一般性を有してい

るほか、雨水の浸透が、ローム層を通過してのち帯水層に到達するという涵養条件にあるため、その時々、ローム層が保有している土湿不足（雨水を吸収することができる能力の余力分）の状況に応じて、地下水面上昇に關与する水量關係が決定されることとなるので、個々の降雨に対する応答は顯著には現われない。

一方、“ローム層中に帯水する地下水”の場合には、雨水が他の地層を経由することなく、直接帯水層の涵養に係わる關係にあることと、地下水の下降浸透を抑制する粘土質層が存在することによって、降雨に対しては鋭敏に反応し、基底となる水位もほぼ一定のレベルを維持し続ける傾向がある。両者の差は顯著である。

上述のように、ローム層中に帯水する地下水とは、ローム層下部に分布する粘土質層の存在によって、その上部に帯水したものであって、ローム層内に浅く帯水層をなし、浅井帯を形成する。したがって、利用の面からみると、量的にはローム層の透水性に支配され、単位時間当たり多量の取水は出来ないが、地表近くに地下水体が存在し、浅井戸によって生活用水が確保される好条件を備えていたことから、古くから集落の発達をみたところでもあった。現在でも“下高井戸”などといった地名が残されているが、周辺にも、上高井戸・高井戸・井草・井荻・天沼などといった浅井帯を意味する、良く知られた地名が残されている。これらの地域では、地表から地下水面までの深さ、すなわち水位は2～3m程度のもが多く、水質も良好なものであった。水量は手押しポンプによる取水程度ならば生活に支障は無かったと考えられる。

このような浅く帯水した地下水の側方への連続性は局限されるものではなく、下高井戸を中心として神田川兩岸の長さ2km、幅1.5kmの範囲において実施した悉皆調査の結果では、台地の上面から神田川の河谷底、さらに対岸の永福町一帯に至るまで、地下水面は見事に連続し、不連続を疑わさせる状態ではなく、したがって、連続した「地下水域」を形成していると言うに適したものであった。この地域に関して、かつて吉村信吉（1940-a）¹⁰⁾は「上高井戸・淀橋地下水瀑布線」と称したが、これは現在の神田川の河谷壁に相当する部分である。

この部分は武蔵野台地において地下水面の落差のもっとも大きい部分の一つである。ここでは、台地上にはローム層下部に粘土層が分布し、神田川の河谷にはこの粘土層は連続していない。また谷壁にこの粘土層が露出したり、湧水が生じたりするなどの例もない。これらの諸事実から水文地質構造の上からは地下水面は連続しているものと解したのである。

ほかに、吉村信吉（1940-b）¹¹⁾は、千歳祖師谷地下水瀑布線の呼称を与えた部分があるが、現在では明らかではない。

このような浅井帯は、「東京西南部」図幅中では杉並区下高井戸、上高井戸、松原、赤堤一帯、世田谷区弦巻、用賀、瀬田付近の高台上に指摘することができる。

「東京西北部」図幅の南端部に位置する、三鷹市中原地区では径1km程の範囲にわたって、ローム層の厚さが9mを超える武蔵野面上であるにもかかわらず、地下水面までの深さは3m未満と浅く、周辺の深さと異なることから、地下水面図の形で表現すると、著しく堆状に盛り上がった閉曲線の形で示される部分がある。吉村信吉（1939）¹²⁾は、これを仙川地下水堆と呼称した。この部分についてトレンチ、土質特性、粘土鉱物、水頭分布とその変動特性等を含む精査を行った結果^{6) 7)}この部分に関して、ローム層の下位に、N値の小さい（N≒0）灰白色粘土層と、粘土

層中に径12mmの小礫の混在が確認された。このことから、ロームの変質（粘土化）ではなく二次堆積と判断した。

このほか、武蔵野面の中心部には、地下水面の盛り上がった部分として保谷市谷戸町付近、練馬区大泉学園町、東久留米市氷川台（新座市八軒に連なる部分）、に同様な形態を示す部分が存在することが確認できる。吉村信吉は、これらのうちのあるものに、上宿地下水堆（保谷）、長久保地下水堆（練馬）の呼称を与えたが^{13) 14) 15)}、成因については明らかにしていない。

その他の浅井帯として水位1～2m程度に帯水する部分は、白子川谷頭部、田柄川河谷、三鷹市牟礼の小丘と延長部、井荻・天沼地下水堆と言われた部分などをあげることができる。このうち、井荻・天沼地下水堆については、広域に及ぶもので、地形・地質的には淀橋台に続くものであろう。

地下水面図で注目される部分の一つで、練馬区西大泉町付近に見られる、著しい段差状の部分がある。さらにその延長が直線状であることと、地表の地形と無関係であることから、その存在を地下水面図からも容易に確認できる。吉村信吉^{16) 17)}は大泉地下水瀑布線の呼称を与えたが、その成因については明らかではない。

VI. 下町低地の地下水面の表現法について

東京東北部図幅の大部分を占める下町低地の地下水は、広範囲にわたり地表面近くに帯水し、地下水面の傾斜も極めて緩く、帯水層をなす地質も細粒なものを主とすること、さらに地表面との高度差がほとんど無いことなどから、地下水面も平坦で、停滞性の強いものとなっている。台地の部分との境界は、明瞭に区分される。両者の境界は、例えば上野から北方へ、山手線の西側に沿って連続する、比高15m余りを有する顕著な一連の崖線によって仕切られる。台地上の地下水面とは、不連続の関係となっている。

台地は開析が進み、台地面の連続性に乏しく、地下水の帯水層は上野台のように集水範囲が限られる結果、側方からの涵養は限定される等、流動系は局所的なものであるとみなしうる。しかしながら、このあたりの井戸の利用は古く、台地を樹枝状に刻む小規模な谷底部分には、「一葉の井戸」などを始め、谷中や本郷周辺の寺院等には、往時の井戸が多く残されている。

下町低地の地下水面に関しては、傾斜も緩いことから、このような低地の地域にあつては、地下水面等高線による表示法は、後述するように、実用的には必ずしも適切なものとは言い得ない。

下町低地に関しての「東京東北部」図幅中の地下水面高度は、実測値からTP=2mを超える部分は、千代田区神田司町・港区芝4丁目・足立区西新井4丁目に散見し得る程度で、他はそれ以下の低い高度に位置する。一方、地下水面の低い部分では、TP=-3mに達する部分は、台東区根岸3丁目に所在する程度で、多くは、TP=2m～-2mの範囲にある。したがって、台地と同様な手法で地下水面等高線を描くとすると、比較的広域な地域であるに拘わらず、TP=0mの1本を引くことができる程度に過ぎない。

地下水面の変動の性状は、台地の部分と大きく異なって、年間を通じての周期的な変動は認め

られず、常に水位は上記の範囲に帯水し、降雨には敏感に反応するが、降雨が終了すると直ちに遞減する。この形状は河川の流出曲線（ハイドログラフ）と類似したものとなっている。

このことから、下町低地にあつては、地下水面が異常に降下し、または涸渇するといった事態は考えられないと言って良い。

水質については停滞性の強い帯水層の性状から流動が不活発であり、古くから飲用等に適するものではなく、井戸水の利用も雑用の目的に限られて使用されていたものであることは、古文書からも知ることが出来る（江戸時代から、上水「ウワミズ」と称されていた部分で利用に適さず、この下に中水「チュウミズ」が存在するとされ、さらにその下に、良質な本水「ホンミズ」の存在が知られていた）。

ここで本水とは、東京礫層の地下水を指すものと考えられ、現在でも、上質な水質を持つ優良な帯水層をなしている。東京礫層の深度は場所によって異なるが、一般に東方へ緩く傾斜しており、顕著な礫層であることから深井戸として揚水される主要な帯水層の一部として、その存在は広く知られている。

このように浅く帯水し、傾斜の緩い地下水面を有する地域の、地下水の表示方法として、実用的な見地から作成した、地表から地下水面までの落差を示した例として図-6を掲げる。この図の範囲は、隅田川と荒川（放水路）に挟まれた範囲で、墨田区・江東区の全域と、江戸川区の一部を含んでいる。土木・建設・防災等の面から有用と考えられる。

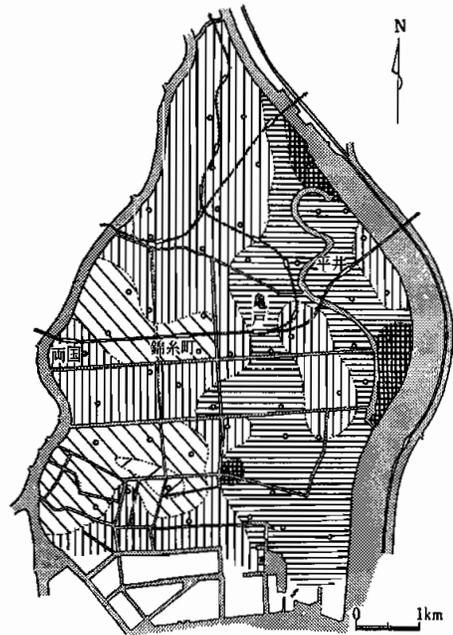
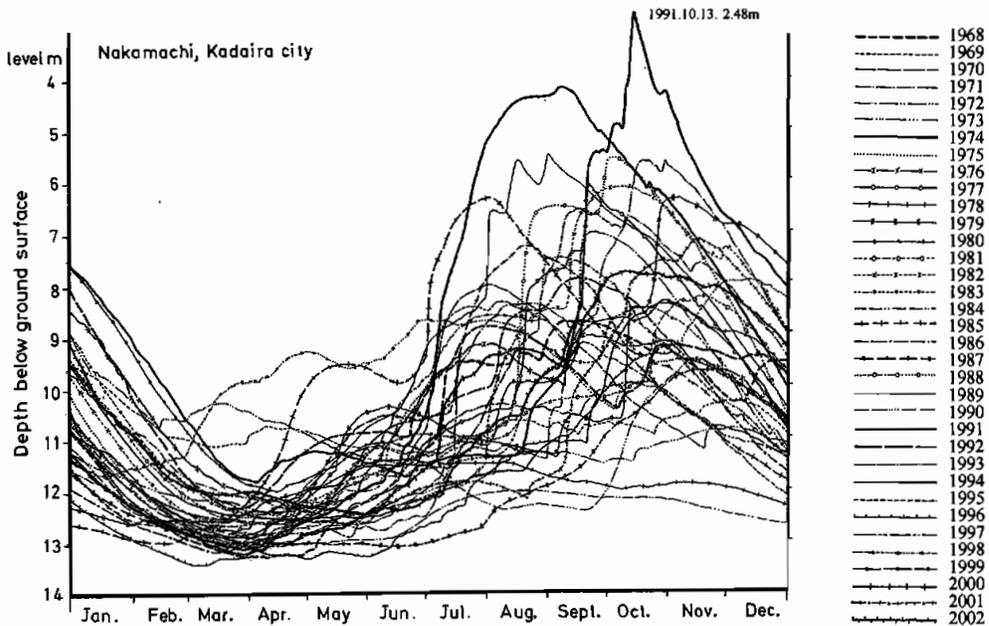


図-6 東京・江東地域における地下水位の分布を示す図（細野原図）¹⁸⁾

Ⅶ. 地下水面の長期的変動について

地下水面図を作成するための作業として行う同時期の一斉測水調査とは別に、特定の井戸に対して長期間に亘って地下水面の変化を記録する作業も、地域の地下水の変動特性を得る手段として重要である。筆者は1966年以降、当該調査地域において総数48個所のの民家所有の井戸を借用し、井戸内の水位の変動状況をフロート式自記水位計を用いて継続記録を続けてきた。その作業の一部である武蔵野礫層中の地下水の水位の変動記録の一例を図-7に掲げる。観測場所は小平市仲町にあつて武蔵野台地のほぼ中央に位置する。井戸の構造は手掘り・在来型のもので、井戸壁（井戸側）は径1m弱のヒューム管を継ぎ足す方法により仕上げられており、下部は玉石積みとなっている。既存の地質柱状図の対比によって推定される当該観測井におけるローム層と段丘



図一七 武蔵野礫層にみられる地下水位の変動記録
——小平市仲町 (1968~2002) —— (細野原図)

構成礫層の境界の深度は、ほぼ7.1m程度とみなし得る。

武蔵野台地の浅層地下水にみられる水位の変動の特徴は、春3~4月頃に水位は最も下降し、夏から秋にかけて上昇する。このことは冬に雨が少ないという当地域の気候特性に依存するもので、若干の時間差をもって地下水位に反映されているものと言えよう。夏から秋にかけての水位の上昇は梅雨以後の雨の降り方に影響を受ける部分が大きいと解される。また、関東ロームに厚く被覆された段丘構成礫層中の地下水位は、個々の降雨に対する応答は鋭敏でなく、むしろ関東ロームが下位の地下水の水位変動を平滑化する働きを有しているとみることができよう。一方、段丘構成礫層の上限は前述のようにほぼ7.1m程度のもので推定されるから、井戸内に現れる水面の位置が7.1mよりも上昇してくるならば、段丘構成礫層である武蔵野礫層は飽和状態のものとなり、ときには、一時的に被圧化される状況が出現するものと考えられよう。このような場合、圧力が開放されるのも比較的早く、井戸内水面は急上昇したあとは急降下する特性を示している。

1991年(平成3年)秋には、東京周辺において地下水に関係するいくつかの特異な現象が発生した。この年には日本のはるか南東の海上(北緯30度、東経160度付近)に太平洋高気圧が1ヶ月以上にわたって強く居座ったことにより、この高気圧の周縁を回って“雨台風”や“風台風”が次々と来週し、それがなぜか週末に重なることとなり、“週末台風”とか“ウィークエンド台風”などと呼ばれることとなった。このようにある一定の間隔を置いて、相当量の降雨がこの地域に継続的にもたらされた結果、水文環境の上からは、湿潤な状態が持続され、地下水の涵養には都合の良い状態が維持され続けたと言える。

その結果、各地で地下水位が上昇し、富士五湖の湖水位の異常上昇(+8.73m)や、武蔵野線新小平駅の地下構造物が浮力の影響を受けて浮き上がる等の被害をはじめ、各地で異常出水等の

現象が確認された。図-7においても帯水層としての武蔵野礫層が一時的に被圧帯水層と化し、井戸といった吐け口を通して水頭の急激な上昇が認められた。この観測井と新小平駅の被災現場との距離はおよそ数百メートル程度のものであった。

VIII. タンクモデルシミュレーションと確率水文について

タンクモデルは降水量から河川流量を求めるために作られた模式的なモデルであるが、地下水位の解析においてもしばしば用いられる。モデルは複数のタンクを直列に並べて構成されており、タンクの諸係数値は実測値から試行錯誤して求められる。

図-7には、日降水量の記録を描き入れる余地はないが、当然、雨量の観測データは別に用意されている。

まず、図-7に示した当該期間の地下水位の実測記録を基礎に雨量データ（府中）の日雨量を入力として、タンクモデルの形状を決定し（図-8）²²⁾、ついで府中の観測期間（41年間）のデータと大手町（中央气象台）のデータを比較し、両データの整合性の確認を行った後、大手町の観測期間である115年間について、タンクモデル（図-8）による水位計算を行い（図-9）、この結果から再現確率計算を行った。その結果を表-1に示す。

この結果から、平成3年の異常な水頭の上昇（図-7で、10/13, 2.48m）は再現確率においては、ほぼ75年程度のものとなることが判った。また、土地分類図に描き入れる地下水等高線面は1974年の実績であることから、再現確率は6.2年（6～7年に1回は出現が期待できるといった程度の水位）と計算された。実用的な情報としては適切な水準ではないかと考える。

V. 土地分類図上に新種な情報を付加することの意義とその活用について

都市化の進展に伴って地下水を取り巻く水文環境は大きく変化する。とりわけ、水利用の変化や河川の改修、道路の舗装、上下水道の導入など、社会的要因の変化は、一方では、地盤沈下の発生や水辺環境の喪失、地下水位の低下や湧水の涸渇など、生活環境からむ水循環に関して、深刻な問題を提起する。都市はこれらの多様で困難な問題を総合的に解決しなければならない。

この場合、最初に必要となるものは、各地点の地下水体の位置のポテンシャルを示す地下水面等高線図である。

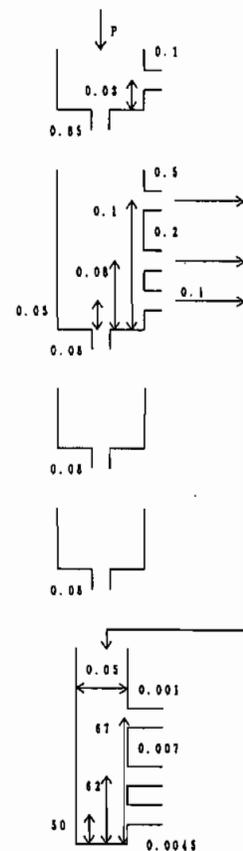
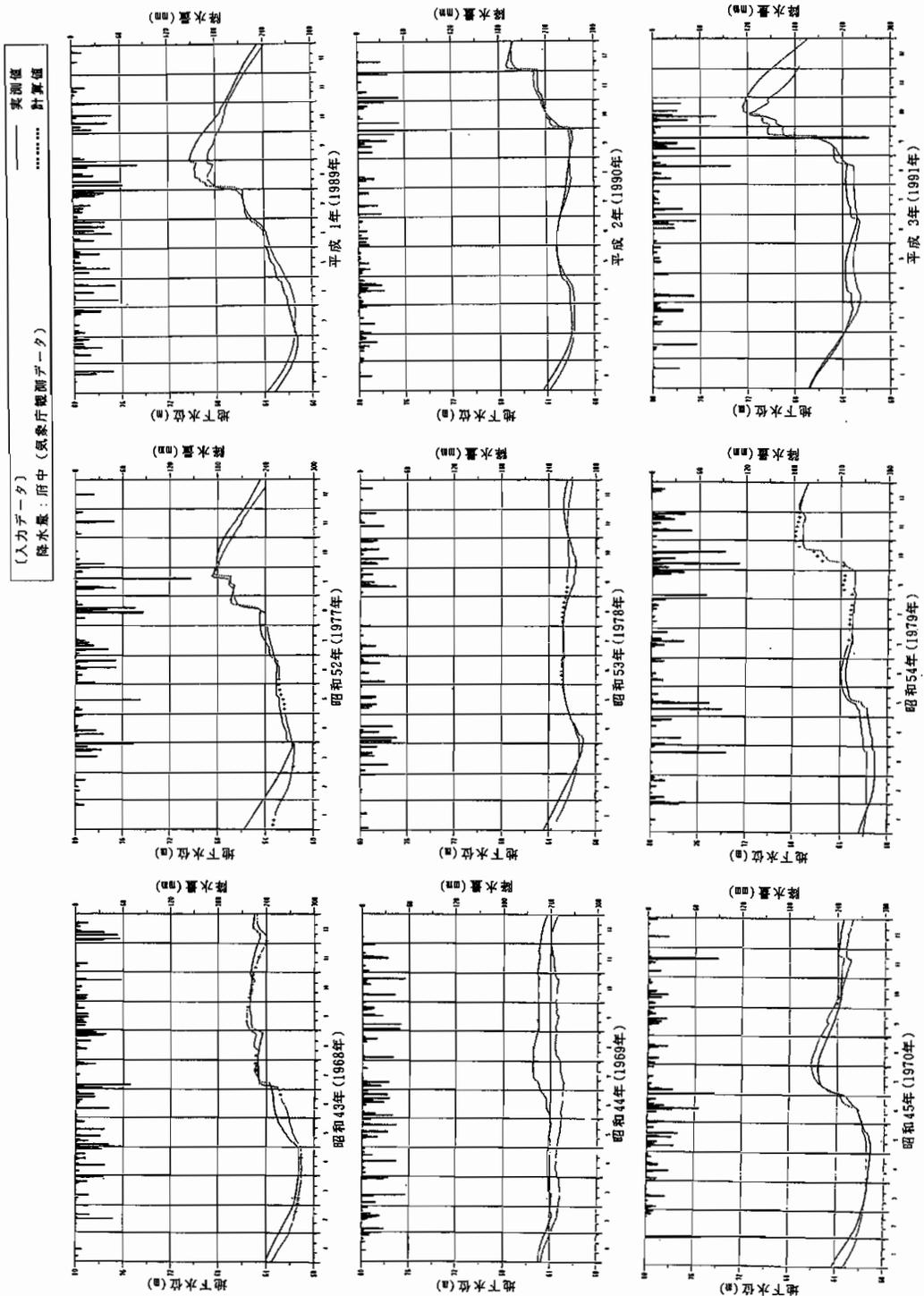


図-8 小平市仲町観測井タンクモデルの形状

計算単位：m 時間単位：日
 P：降水量
 タンク初期値
 上段：0
 最下段：67



図一 9 タンクモデルによる地下水位の計算値と実測値の比較
 (遡及する115年間分出力のうち地下水位の実測値と対比できる年間の部分例)

表-1 年最高地下水位発生確率

順位	年	月	日	地下水位 (cm)	ヘーズプロット 超過確率 (%)	岩井法 超過確率 (%)	岩井法 再現期間 (年)
1	大正10年 (1921年)	10	15	72.83	0.43	0.79	125.9
2	昭和13年 (1938年)	7	8	72.78	1.30	0.84	118.9
3	昭和16年 (1941年)	8	19	72.69	2.17	0.93	107.3
4	平成3年 (1991年)	10	21	72.36	3.04	1.34	74.5
5	明治44年 (1911年)	8	15	71.81	3.91	2.38	41.9
6	大正9年 (1920年)	10	26	71.29	4.78	3.94	25.4
7	大正14年 (1925年)	10	14	71.02	5.65	5.04	19.9
8	昭和33年 (1958年)	11	1	70.81	6.52	6.05	16.5
9	昭和41年 (1966年)	7	7	70.42	7.39	8.36	12.0
10	昭和25年 (1950年)	8	10	70.18	8.26	10.09	9.9
11	大正5年 (1916年)	11	24	70.15	9.13	10.33	9.7
12	平成1年 (1989年)	9	2	70.15	10.00	10.33	9.7
13	昭和4年 (1929年)	11	16	70.13	10.87	10.49	9.5
14	明治43年 (1910年)	10	26	69.83	11.74	13.08	7.6
15	昭和49年 (1974年)	9	14	69.52	12.61	16.21	6.2
16	昭和57年 (1982年)	10	15	69.47	13.48	16.76	6.0
17	昭和40年 (1965年)	9	22	69.40	14.35	17.55	5.7
18	昭和23年 (1948年)	9	22	69.38	15.22	17.78	5.6
19	明治11年 (1878年)	9	26	69.36	16.09	18.01	5.6
20	大正4年 (1915年)	10	31	69.27	16.96	19.08	5.2

(1) 河川と地下水 自然界にあっては、河川水と地下水とは、その位置関係に応じて相互に交流があるものとされている。河川の流が降雨の有無に拘わらず、尽きることのない不断河川として維持されているのも、地下水から河川水への継続的な涵養が続けられているからであり、また、一方では河川水が伏流する等、地域の地下水を涵養する役割もあるなど、水文循環の過程にあって、河川水と地下水の交流は、地表付近の水の移動に、重要な位置づけを持つものである。

東京の都市河川にあっては、これまで、内水氾濫に対処するため、排水能力を高める断面形の変更や直線化等が進められ、この際、コンクリート等の不透水性材料による三面張り等の施工が行われ、周辺の地下水と河川水とが人工的に絶たれた状態となった例が多い。

地下水面等高線図は、地点となる各部分の地下水面の高さを表しているものであるから、この値と、河川の河床高を照合することによって、地下水と河川水の位置関係を知ることができる。東京西郊の武蔵野台地での例を示せば、ごく限られた僅かの区間を除き、地下水面は河床高より、はるかに低い位置にあることから、地下水から河川水へ流入することは、起こり得ない状態となっている。

ここで、ごく限られた僅かの区間とは、残堀川では、中流以下の部分では地下水面と断絶された関係にあるが、上流部分の一部では、地下水によって涵養されていると考えられる部分がある。ここでは、左岸から地下水が河川に流入し、右岸からは河川水が地下水を涵養している状態にある。

仙川は小田急線より下流の部分で地下水面が河床高より高い位置にあるが、河床は三面張りとなっているので、河川の流量に寄与することは少ないものと思われる。

善福寺川は原寺分橋から下流の2 km程度の区間で河床高よりも地下水面が高い位置にある。これは、前述した淀橋台へ続く井萩・天沼地下水堆の西端部に相当する部分である。ここでは三面張りが施工されているが、珍しいことに、原寺分橋下の河床付近のコンクリートの割れ目から地下水が湧出しているのを認めることができる。ほかに、柳瀬川の上流新秋津橋付近で、地下水面が河床高を上回る区間が、1 km程度、僅かながら存在する。これ以外の、その他の地域では、いずれも、河床高が地下水面よりも高い位置にある。

以上が河川水と地下水との交流関係の実態である。

(2) 湧水と地下水 地下水面が地形面と交わる部分では湧水が生じる。

湧水もまた、環境保全の立場から積極的な保護が望まれるものであり、地域住民にとっても、最も関心の深いものの一つである。

環境庁が選出した「日本名水百選」のうち、東京都のものに関しては、国分寺崖線の崖下から湧出する「お鷹の道・真姿の池湧水群」がある。これは武蔵野台地の段丘構成層が、崖線沿いに露出した部分から湧出するもので、このあたりの情景については、小説「武蔵野夫人」に見事に描写されている。

東京西郊の湧水については、かつては、井の頭池、善福寺池、三宝寺池など、扇状地性の地形を反映した湧水群が存在したが、現在では、いずれも涸渇し、深井戸からの揚水によって、水量を保っているに過ぎない。崖線に沿う湧水については、多摩川に沿う低地の段丘崖に、湧水が存在し、羽村市の羽村橋わき、昭島市の竜津寺、日吉神社、諏訪神社、立川市の矢川緑地、国立市のママ下湧水、谷保天満宮などであり、上位の国分寺崖線沿いには、国分寺市の武蔵国分寺裏、真姿の池、日立中央研究所構内、殿ヶ谷戸公園、小金井市の東京経済大学構内、貫井神社などが挙げられる。国分寺崖線の延長部に相当する調布市深大寺わきの都立農業高校神代農場内湧水、世田谷区のみつ池湧水、世田谷区大蔵の公社大蔵団地内湧水、等々力溪谷（谷沢川）の等々力不動尊、世田谷区の喜多見不動、などを始め、ほかにも若干のものをあげることができるが、これらのうちのあるものについては、段丘構成礫層内部まで横ボーリング等を実施し圧力差を得ているものもあるので、このような場合、湧出点が真の地下水面の高さを意味しないことになるので、調査の内容によっては注意が必要である。

東京西北部図幅からは、黒目川沿い、白子川沿いの一部には湧水の残されている部分がある。

これらの湧水については、地域住民の関心も高く、環境行政の上からも、各年の湧水調査を実施する等、その保全が図られているところであり、土地分類図においても、主要な湧水について、現在における湧出状況を考慮して、その位置を湧水記号をもって正確に表示した。

「お鷹の道・真姿の池湧水群」の今後の保全に関しては、崖線の湧水が段丘構成層に帯水した不圧地下水であり、崖線を開口部とした定常流として湧出しているものであるから、影響圏に相当する後背地の部分の自然涵養が図られれば、湧水は保全し得るものと考え、保全に必要な範囲は、大きく見積もっても湧出地点から1000m程度の範囲と考えられている¹⁹⁾。この範囲に可能な限り土地保全と涵養のための施策が施されることが望まれる。

(3) 上下水道と地下水 上下水道の普及は都市の河川環境を含む水収支に関して決定的な変化をもたらしている。

すなわち、水道の普及はそれが地域外からの水の導入である限り、降水と同様に地域に新たな水の付加をもたらすことを意味する。一方、下水道の普及は雨水をも含めて地域の水を短時間に地域外に排除することを意味している。

土地分類図における、東京西北・東京西南・東京東北・東京東南 および青梅図幅の一部の範囲に相当する部分は、高度に都市化の進展した地域であり、上下水道は、ほぼ完全に整備された地域に該当するものであると言える。

このうち、北多摩地域にあっては、流域下水道方式によって下水流集が行なわれており、処理水の多くは多摩川に放流されている。

野川処理区では武蔵野、三鷹、小金井各市の一部から流集した下水を含め、多摩川幹線を経由して森ヶ崎処理センターへ導びかれ、そこで処理された水は東京湾へ放流されている。

荒川流域については、荒川右岸流域下水道が整備されている。

以上のことから、東京西郊地域での、地表付近の水の収支関係は人為により大きく改変され、または、さらに改変されつつあるものと言えよう。個別問題に対する対応は今後の重要な課題となるであろう。

(4) 災害時非常用井戸と地下水 かつて多摩川の河谷の沖積地である府中、調布付近では不圧地下水の良帯水層が存在し、透水性も良いことから、「消防井戸」（毎分 1 m^3 の取水を連続して40分間可能であり、取水時の水位降下が地表面から4.5m以内）に適合し指定されていた時期もあった²⁰⁾。現在では地下水面が低下したことから指定から外されている。

一方、現在、市区町村の事業として、災害時の消火活動用または飲料水供給用として、民有または公設の井戸を指定し、必要な整備または補助を行うなどして、維持に努め、災害時に備えている自治体がある。井戸数および施策その他の細部に関しては自治体によってまちまちである。

以上の経緯によって作成した土地分類図「1/50,000川越・青梅図幅」の地形分類図（地下水面等高線図を加えたもの）および表層地質図（関東ロームの等層厚線図）の作成例（部分）を図10に添える。

引用文献

- 1) 東京都 (1996) : 土地分類基本調査「川越・青梅」5万分の1 国土調査, 地形分類図 (角田清美、細野義純、羽島謙三) p.19~34, 表層地質図 (羽島謙三、角田清美、武井現朔、細野義純) p.35~53
- 2) 東京都 (1997) : 土地分類基本調査「東京西南部」5万分の1 国土調査, 地形分類図 (角田清美、細野義純、羽島謙三、久保純子) p.19~35, 表層地質図 (羽島謙三、細野義純、久保純子、角田清美、高野繁昭) p.36~56
- 3) 東京都 (1998) : 土地分類基本調査「東京西北部」5万分の1 国土調査, 地形分類図 (角田清美、細

- 野義純、久保純子、羽島謙三) p.23~39, 表層地質図 (羽島謙三、細野義純、久保純子、角田清美、加藤定男) p.40~59
- 4) 東京都 (1999) : 土地分類基本調査「東京東北部・東京東南部」5万分の1 国土調査, 地形分類図 (角田清美、細野義純、久保純子、羽島謙三) p.25~43, 表層地質図 (羽島謙三、久保純子、角田清美、細野義純、加藤定男) p.44~63
- 5) 細野義純 (1978) ; 武蔵野台地の不圧地下水, 「日本の水収支」, 山本荘毅教授退官記念論文集, p.174-188, 古今書院
- 6) 細野義純 (1984) ; 関東ロームの堆積環境——仙川地下水堆にみられる一事例——. 日本地質学会第91年学術大会講演要旨
- 7) 細野義純 (1984) ; いわゆる仙川地下水堆について. 日本地理学会予稿集, 25.
- 8) Y.HOSONO (1993) ; The water table in the Tokyo District, *Environmental Geology*, 21 (1-2), p.22-36.
- 9) 矢嶋仁吉 (1935) ; 武蔵野台地の地下水 (武蔵野研究 その1), 陸水学雑誌, Vol.5, p.125-136
- 10) 吉村信吉 (1940-a) ; 東京市西部上高井戸一淀橋地下水瀑布線と景観発達 ——武蔵野台地の地下水, 第10報——, 地理学評論, 16, (8), p.513~527
- 11) 吉村信吉 (1940-b) ; 武蔵野台地の地下水, 特に宙水・地下水瀑布線・地下水堆と集落発達との関係 (2). 地理教育, 32, (3), p.271~282
- 12) 吉村信吉 (1939) ; 東京市西郊仙川本村附近の地下水と集落——武蔵野台地の地下水, 第4報. 地理, 2, (4), p.525-527
- 13) 吉村信吉 (1940-a) ; 東京市西郊保谷村上宿附近の地下水堆と集落, 浅い窪地——武蔵野台地の地下水——, 第5報. 地理, 3, (1), p.82~95
- 14) 吉村信吉 (1940-b) ; 東京市西郊保谷村上宿及亦六地下水堆の地下水位及び地下水堆域の変化——武蔵野台地の地下水, 第11報——. 海と空, 20, (12), p.303~310
- 15) 吉村信吉 (1942) ; 東京市西郊大泉学園町の長久保地下水堆——武蔵野台地の地下水, 第15報——. 地理学評論, 18, (4), p.348~350
- 16) 吉村信吉 (1939-a) ; 東京市西郊大泉町の地下水瀑布線と景観発達との関係——武蔵野台地の地下水, 第2報——, 地理学評論, 15, (7), p.493~508
- 17) 吉村信吉 (1940-c) ; 武蔵野台地の地下水に対する大泉地下水瀑布線の意義, ——武蔵野台地の地下水, 第12報——, 地理学評論, 16, (10), p.673~680
- 18) 細野義純 (1974) ; 震害分布の地域的特性について, ——とくに家屋倒壊率をめぐって (完) ——, 火災, 24 (1), p.44~51
- 19) 細野義純 (1990) ; 名水を訪ねて (11) お鷹の道・真姿の池湧水群, 地下水学会誌, 32 (3), 183~190
- 20) 細野義純 (1969) ; 消防水利としての不圧水井戸の水文学的研究, 消防研究所報告, 30, p.63-74
- 21) 細野義純 (1969) ; 自由地下水における帯水層の水理定数と地下水面の関係, 日本地質学会第76年学術大会講演要旨
- 22) 細野義純 (1993) ; 1991年秋に発生した武蔵野台地における地下水位の異常上昇について, 地下水技術, Vol.35, No.4, p.11~19

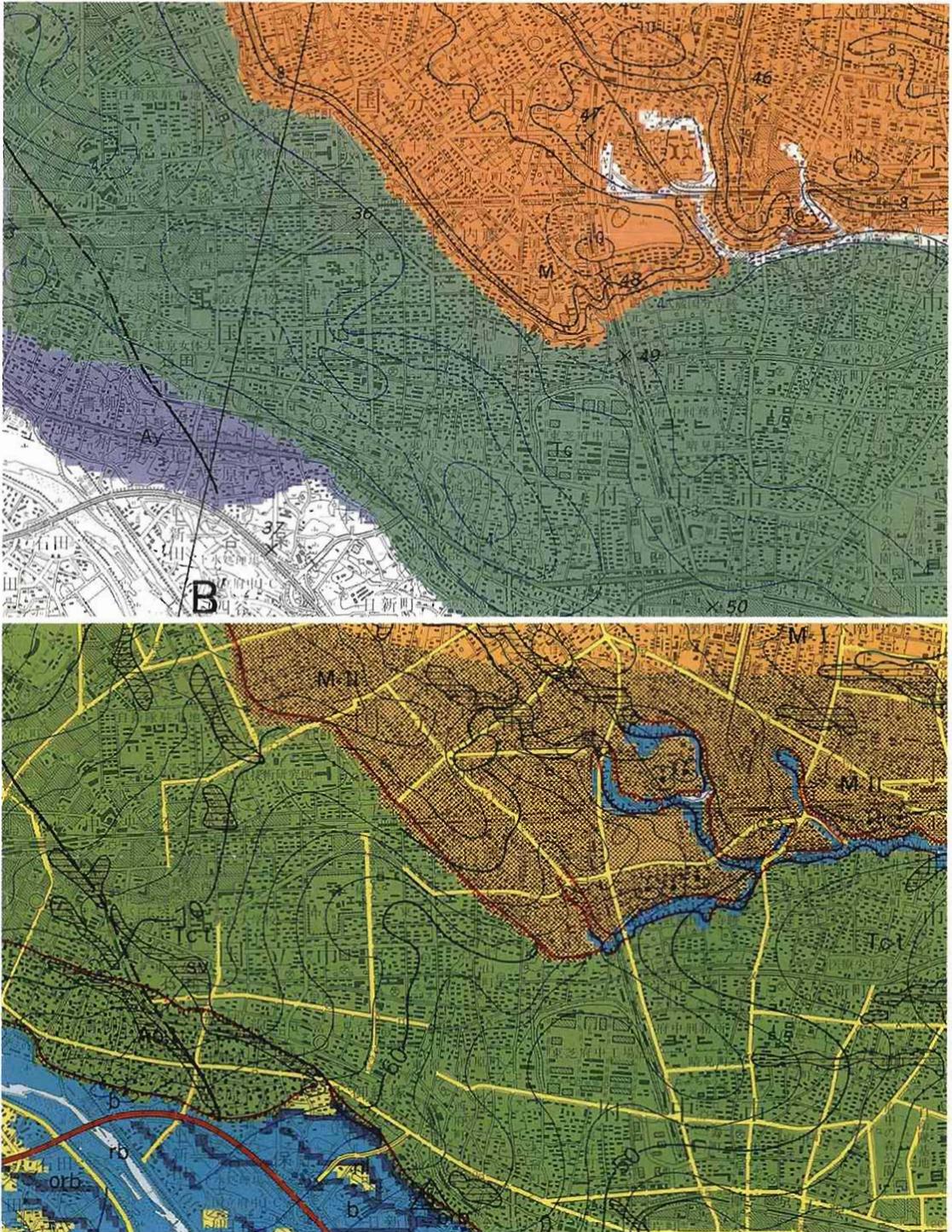


図-10 土地分類図への新たな情報の付加による事例 [1/50000川越・青梅図幅] (部分：国分寺周辺)
 上：表層地質図 (線情報は関東ローム等層厚線)
 M：武蔵野ローム層・武蔵野段丘堆積物 Tc：立川ローム層・立川段丘堆積物 A1(白地の部分)：沖積層・現河床堆積物
 下：地形分類図 (線情報は地下水面等高線)
 M I：武蔵野段丘面 I M II：武蔵野段丘面 II Tc-t：立川段丘面 Ao-t：青柳段丘面 b：後背湿地
 rb：河川敷(堤外地を含む) orb：旧河道 sv：段丘上の浅い谷

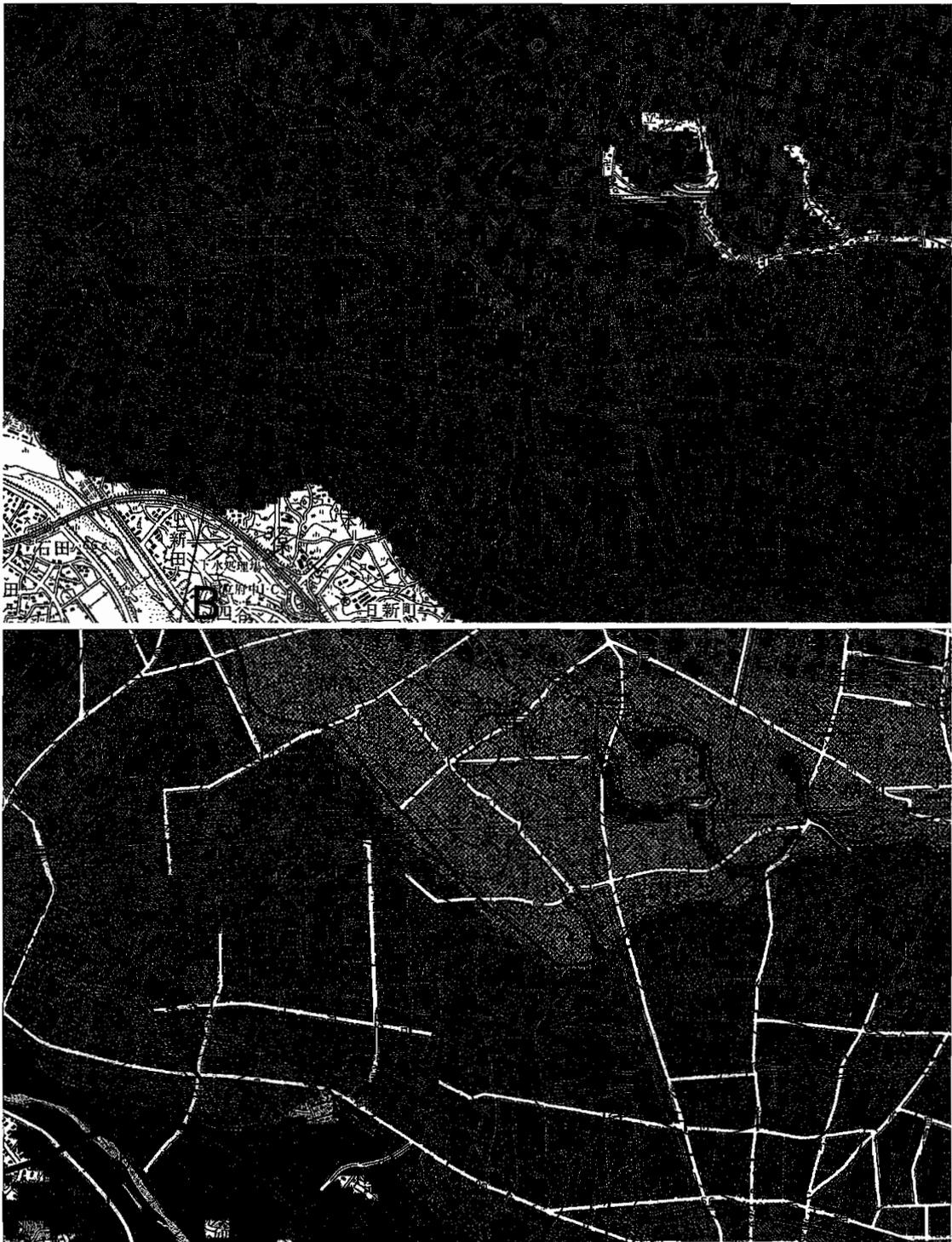


図-10 土地分類図への新たな情報の付加による事例 [1/50000川越・青梅図幅] (部分：国分寺周辺)

上：表層地質図 (線情報は関東ローム等層厚線)

M：武蔵野ローム層・武蔵野段丘堆積物 Tc：立川ローム層・立川段丘堆積物 Al(白地の部分)：沖積層・現河床堆積物

下：地形分類図 (線情報は地下水面等高線)

MI：武蔵野段丘面Ⅰ MⅡ：武蔵野段丘面Ⅱ Tc-t：立川段丘面 Ao-t：青柳段丘面 b：後背湿地

rb：河川敷 (堤外地を含む) orb：旧河道 sv：段丘上の浅い谷