

地 質 的 に 見 た 東 京 の 地 盤

小 野 寺 透*

序

東京の旧市内を中心とする地区の地質についての知識は、近年格段の進歩をした。それは土木・建築事業の基礎調査の問題が急速に増加したことと、それを土質力学的に解決するための裏づけとしての地質的研究が真摯に行われて来たからである。此処にそれらの研究結果の一部を、地形と地史の記載は資源科学研究所に従い、沖積層については深田地質研究所の結果によって、述べることにする。此の地区については露頭による一般の地質調査とは異なり多数のボーリング資料の検証を必要とするもので資料の増加により逐次修正されなければならない。

1. 地 形

東京の地形は、いわゆる“山手”と“下町”に相当する西部の台地と東部の低地に区分される。

台地は狭山丘陵に引続き従来地形・地質学的に武蔵野段丘と呼ばれて来た武蔵野台地の1部で、赤土に覆われた標高20～40m（略旧市内で）のものである。

低地は、台地を浸蝕した谷に堆積した沖積層からなり、荒川、江戸川にそって広く分布する外、上記の台地の中に樹枝状にはいりこんでいる、赤土を欠く。荒川ぞいでは標高0～5mで、台地との境は15m前後の崖になっている。台地の中にはいりこんだ部分では、谷が浅くなって、此の境の高さの差は、ごく僅かな所である。

台地と低地の中間には、多摩川に沿って、立川、青柳の両段丘があって、前者は赤土の上半部によって覆われ、登戸附近から下流では存在が不明となる。下町の低地でも沖積層の下に埋れた平坦面があるが、之が両段近とどんな関係になるのかは明らかでない。

武蔵野台地として1つのエレメントに考えられていた東京の台地は、近年の研究で淀橋面、豊島面、本郷面の3エレメントに分けられている。

地質の項で述べる東京累層の堆積によって生じた海岸平野が隆起し、浸蝕され、河原に砂礫や粘土が堆積したが、その後にも再び地盤の隆起が起って、2段の段丘が形成された。これらの段丘が豊島面と本郷面であって、浸蝕からとり残された東京累層から成る少々高い台地が淀橋面である。

図-1には豊島面と本郷面とを一括して淀橋面と区分したが、前二者の中本郷面は赤羽・王子・駒込・本郷・上野の台地で代表される他、神田川の両岸にも分布する。

2. 地 質

東京都の東部地方を構成する地質とその年代及び、模式的な地質断面図を一覧表にして 図-2 に示した。図-1は表における地質分布を示すものである。此の地質分布は、地質の生成史をたどることによって理解される。

(1) 地 史

第三紀層の生成

鮮新世の末期（約100万年前）の関東地方には 図-2 の変遷の欄の1から2に移ってゆくような海岸線があって、海は東南に向って次第に深くなってゆき、東京附近では相当の深度に達していた。此の海の沖合では火山灰質の泥が主にたまり、時々砂や火山灰がたまることもあった程度である（つまり主として細粒の堆積物である）が海岸に近づくとも砂礫が多く、たまるようになっていた。こうして堆積したのが三浦層群の上部の地層である。

次に更新世の初期（約60万年前）には、海岸は3のように、東京の現在の海岸附近まで東によって来たうえ、三浦半島と房総半島の南部は陸続きの半島になり、その地方に堆積していた三浦層群は地上に表われてしまった。その間の地方は開いた湾の様な形の窪みとなり、そこには三浦層群の上に、砂礫を主体とする成田層群の下部が生成されはじめた。

古東京湾の生成

更新世の前期（約40万年前）になると（図-2の4）、東南側の房総半島の大部分が隆起して大きな半島になり、その間に浅い古東京湾が残されて、成田層群下部の砂礫の堆積が続いていた。

更新世の中期（約2万年前）になっても（図-2の5）、此の形に大きな変化は起らなかったが、全体に海が浅くなってきた（つまり堆積物は粗粒になってきた）。此処に堆積した地層が成田層群の中部の東京累層である。湾の奥にあたる東京の西部から、川崎・鶴見方面にかけては水の動きが鈍いので泥がたまっていたが、それから東北の沖に向うと沿岸流に流されて砂や礫が主に堆積する

* 理学博士 建設省土木研究所 地質化学部長



NII-Electronic Library Service

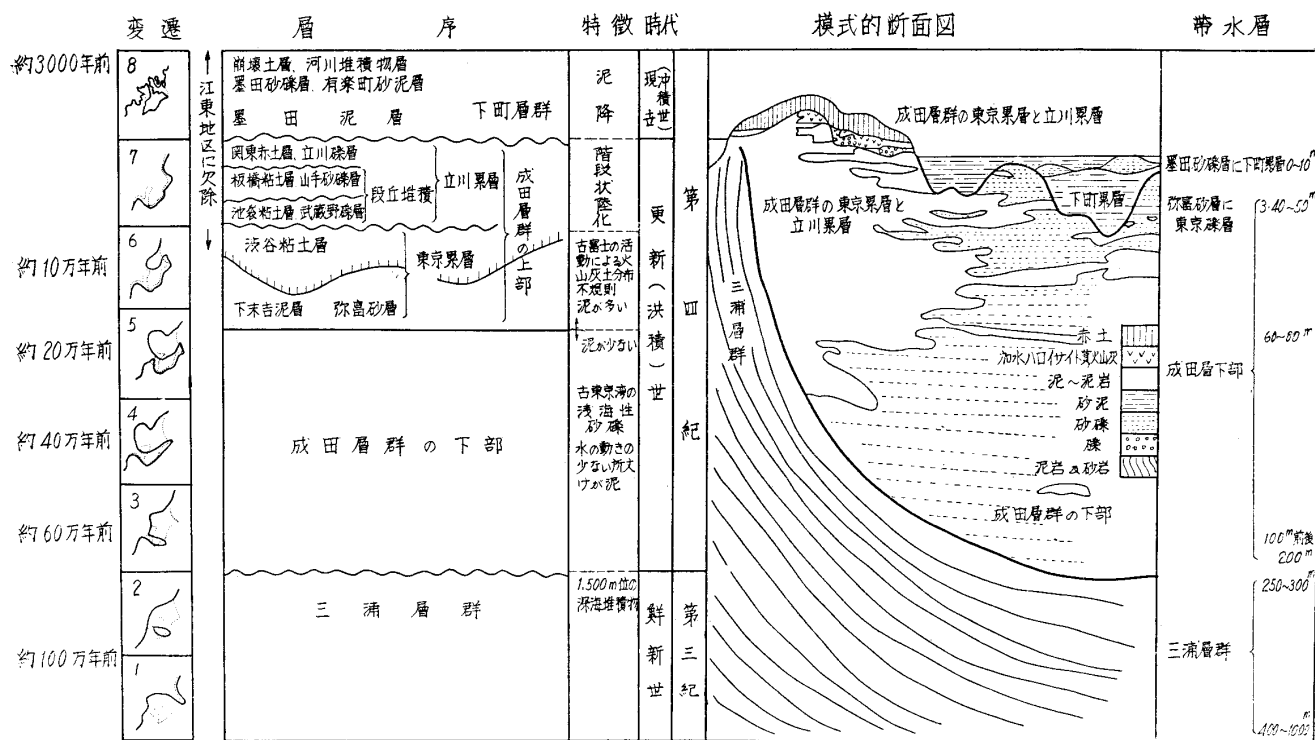


図-2 東京地域地質状態一覧図

の湿地には古富士山の活動による火山灰が泥と混ってたり、加水ハロイサイト化していった。

此の頃、再び地盤が隆起した（東京附近で5m前後）ので、前の河原に堆積していた砂礫は**武蔵野砂礫層**となり、その上位に少し堆積していた加水ハロイサイト質粘土層は**池袋粘土層**になり両層で地形の項に述べた豊島面を形成した。此の隆起は、東京附近を通る南北方向を軸として、たわむ様に起ったので、多摩川系の河川は、現在の多摩川の方に進む主流の外に、東南に流れる荒川に向って東北に向う支流を出していた。此等の河川に沿って、前と同じようなことが行われた後に、再び地盤の隆起が起り（15m前後）、旧の河谷の堆積物が**山手砂礫層**と**板橋粘土層**として残され地形の項で述べた本郷面が形成される一方、現在の多摩川や荒川ぞいに谷が刻みこまれるようになった。

これは約1万年前のことであろうが、やがて富士火山の初期の活動による微細な浮石質の火山灰が降りはじめ、階段状に刻みこまれた台地一帯を被う様に関東赤土層が出来ていった。その間に東京附近で50m以上に及ぶ大隆起が起って、成田層群の上部に属する上述の諸地層の中に深い谷が刻みこまれて**立川累層**の生成を終った。

これらの谷の中で、砂町から亀戸を経て中川沿いに北上してから小菅附近で西と東北に分岐する荒川・利根川系のものが最も大きく、これに多数の支谷が樹枝状になっている。西側では寺島から金杉に向う支谷と、越中島から不忍池に通ずるものとの間に、更に2つの谷が見ら

れ、又東側には亀戸から奥戸の方に出るらしいものがある等である。

此の利根川系の大きな谷の西方には、芝浦から丸の内を経て神田川の谷に連なる余り大きくない谷があり、更に南方には多摩川系のかかなり大きな谷が出来ていた。

東京湾の生成

更新世が終って、現世になると（約3000年前）途端に東京附近を中心にして、50mに余る求心状の沈降が起り、東京湾の湾口部では断層も伴われ、先に述べた谷に沿って海水が進入して来て、現在の東京湾の2倍程の奥行を持った溺れ谷状の海が出来上った（図-2の8）。この湾底には、周囲の河川から運び込まれる土砂が急速に堆積しはじめ、**下町累層**の生成が始まったが、これは特に荒川・利根川系の谷で急速に進んでいった。幅も深さも、かなりあった此の系統の溺れ谷の部分では、始めは一樣に泥が堆積し、湾湾部や陸岸に近い部分以外には貝などの生物も少く、有機物もほとんど含まれていなかったか、埋積が進むにつれて、貝などが一面に繁殖するようになった。此の様にできたのが**墨田泥層**であるが、やがて水深が10m前後になると粗粒の物質も運び込まれるようになり、**墨田砂礫層**が堆積した。しかし、その分布は水流に支配されるので一樣ではなく、全体として礫は上流側ないし陸岸に近い部分に多く、礫層の厚さも厚くなる傾向を示している。

荒川・利根川系の溺れ谷に対して、神田川の延長にあたる丸の内の溺れ谷では、深さもそれ程ではなかったの

で、終始貝などの生物遺骸や有機物に富む砂泥が堆積した。之が**有楽町層**である。これと利根川系の谷の間や、浅草・下谷付近、本田・金町方面などには海面すれすれの浅い水域が広がっていたが、やがて総てが埋め尽されて現在の状態になったのである。

以上のような地史の結果として現在の東京を中心とする地区の地質ができたのである。

(2) 地 質

地史で述べたところから明らかなように、東京の山手では、更新世の成田層群の上部の立川累層と中部の東京累層の最上部が分布し、下町ではこれらが欠除している、東京累層の中に刻みこまれた谷を埋めて、現世の下町累層が東京累層の下部の上に直接かきかっている。

次にこれらの地層の性質について下位から順に説明する。

三浦層群の上部

多摩川沿岸の等々力付近では地上に露出しているが、ここから東南に向って急に深くなり、江東地区では地下180~200m以下の深部にしか見られない。此の層の厚さは1300m以上に達する。よく固結した凝灰質シルト岩を主体とし、これに固結度の低い砂岩ないし砂や火山灰の層が断続してはさまれている。江東地区では、地下400m以下の深部に砂の発達が顕著な部分が2層あって、それぞれ天然ガスを含む地下水層になっている。又地下250~300mのあたりにも砂礫層がよく発達している。

成用層群の下部

三浦層群との正確な境界はまだ明らかではないが、地下200m前後から40~60mにかけて砂礫層が続き、泥層が不規則な形ではさまれているようである。砂礫層の中での砂と礫との分布の様相も複雑で、広範囲にわたって連続する礫層は存在しないようであるが、ただ隅田川よりの江東地区の西部地区の地下30~50mの間にはかなり顕著な礫層が広がっている。

東京累層

東京東部の成田層群の中、荒川放水路ぞいで地下60m前後、隅田川よりで40mから上位には泥岩の発達した顕著な部分があり、東京累層と呼ばれている。

東京累層の中での泥層と砂礫層の関係は複雑で、水平方向に急激に変わりあうことが多いが、中にはかなり長く連続する泥層も認められる。これは、この層が古東京湾の湾奥部に堆積した**下末吉泥層**(横浜にある)と湾口に近い部分に堆積した**弥富砂層**(房総半島にある)との交錯部だからである。

東京累層は下町では待乳山のように、ごく局部的に地表に露出しているが、山手の台地では、台地の末端の崖の基部にかなり良く露出していて、田端貝層などの名称が与えられている。

東京累層の中の泥岩(あるいは泥層)は火山灰質で、一般には細砂を斑点状に含むシルトであるが、時には非常に固い細い中粒シルト岩(土丹)や凝灰質粗粒シルト岩(砂盤)になっていることもある。又時にはかなり軟弱な泥も見られるが、こうした層が2m以上の厚さになることは殆ど無い。

山手台地のうち標高40~25mの比較的高い部分(淀橋面)では東京累層の上部に白色~暗灰色の粘土層があって**渋谷粘土層**と呼ばれている。厚さは5m内外で、所によっては欠除している。渋谷粘土層は加水ハロイサイト系である点、下位の東京累層中の粘土のモンモリロナイト系のものを含むことと区別される。東京累層の砂も一般にはかなりよくしまっているが、時にはかなり脆弱なこともある。

立川累層

淀橋面より一段低い台地(豊島面・本郷面)において**渋谷粘土層**を欠く**東京累層**の上に不整合に重なる砂礫層及び粘土層が立川累層と呼ばれるものである。

地史の項で述べた様に、渋谷粘土層の堆積後、5~10mの隆起がおこって、古東京湾はほとんど無くなり、多摩川系の河川は東南と東北に向って分流しながら、古東京湾の海岸平野に谷を刻みこみ砂礫を堆積した。渋谷粘土層の堆積当時から引続いて降っていた古富士火山の火山灰は、流水で運び去られながらも低地に堆積して、**渋谷粘土層**同様に加水ハロイサイト質の粘土層になったが、この様なことが中間に5m前後の隆起の時期をはさんで再び行われたので、類似の2つの堆積層が出来上った、これが**“武蔵野礫層と池袋粘土層”(豊島面)**、**“山手礫層と板橋粘土層”(本郷面)**の2つである。したがって前者の分布する台地は後者のものよりも5m程高くなっている。砂礫層の厚さも**武蔵野礫層**が5~10mであるのに対して、**山手礫層**は5m以内である。又板橋粘土層を板橋ベントナイト層と呼ぶ向きもあるが、此の粘土が加水ハロイサイトであることから、これは適当でない。

関東赤土層

東京の岩手では立川累層の砂礫層や粘土層の堆積物の上に、古富士火山の噴出物の橄欖石、輝石に富む火山灰や浮石が積した。赤土層は厚さ5~10mで下部に10~20cmの東京浮石層をはさんでいる。赤土層中の粘土分はアロフェンであり、浮石層中には橄欖石は極めて少ない。

下町累層

東京累層、立川累層からなる台地に刻みこまれた谷に堆積した、最大厚さ50mに達する、主にシルトからなる地層が下町累層と呼ばれるもので、東部地区では**墨田泥層**、台地寄りでは**有楽町泥層**と呼ばれ、**墨田泥層**の上部にある粗堆積物を**墨田堆積層**という。

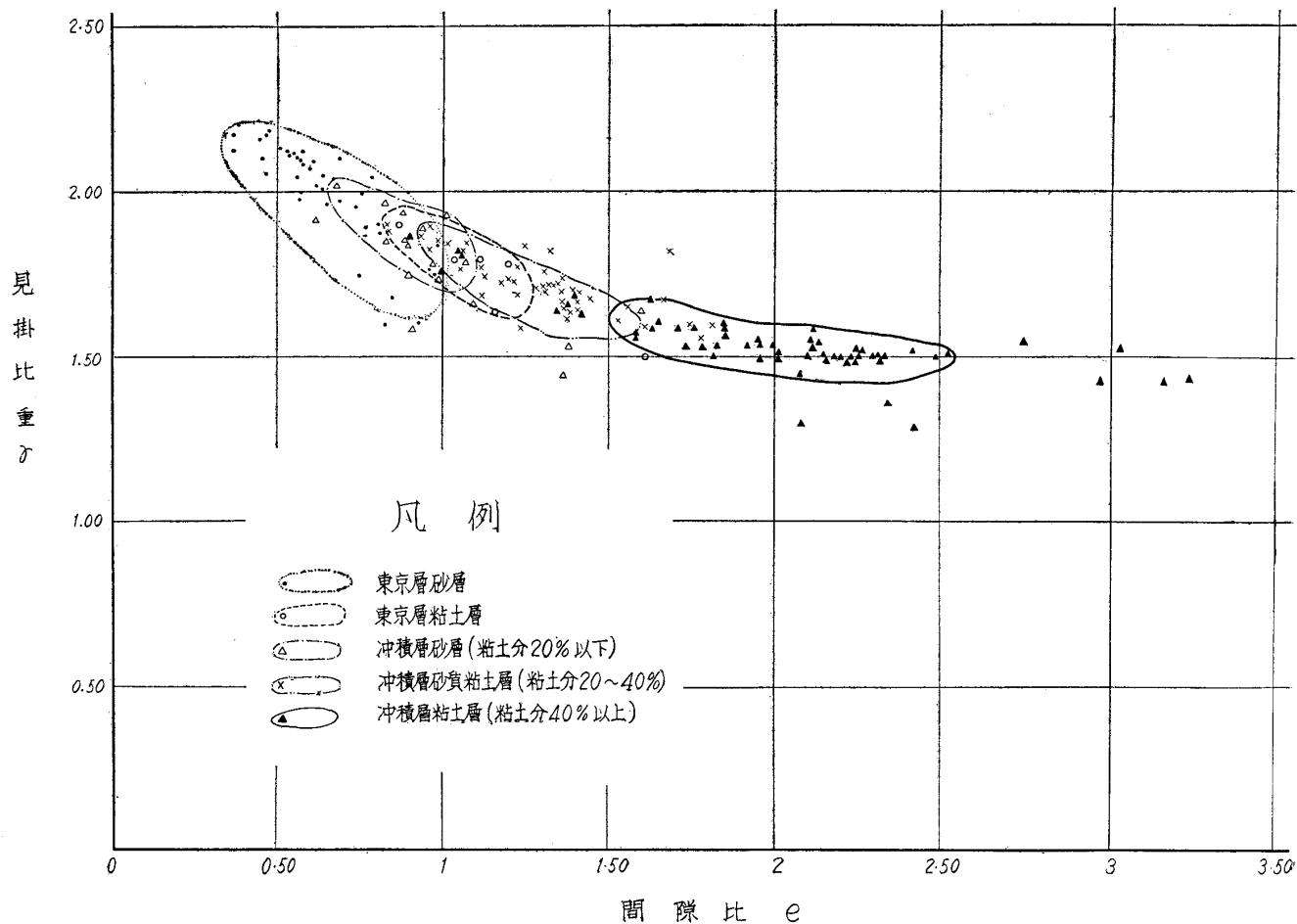


図-3 見掛け比重と間隙比との相関図表

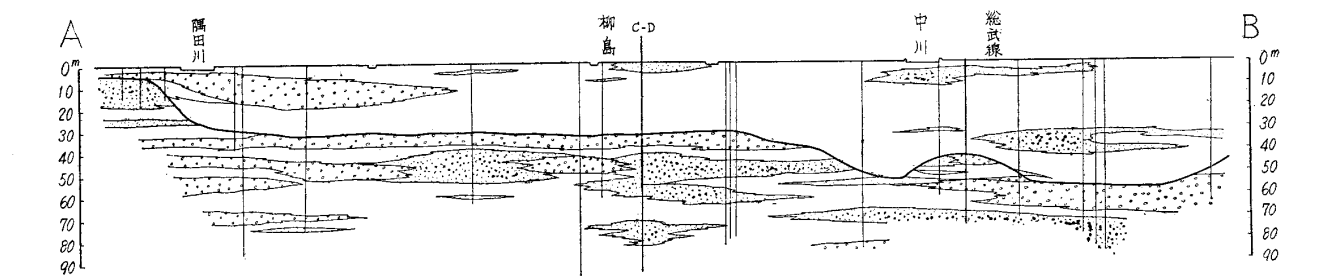


図-4(1)

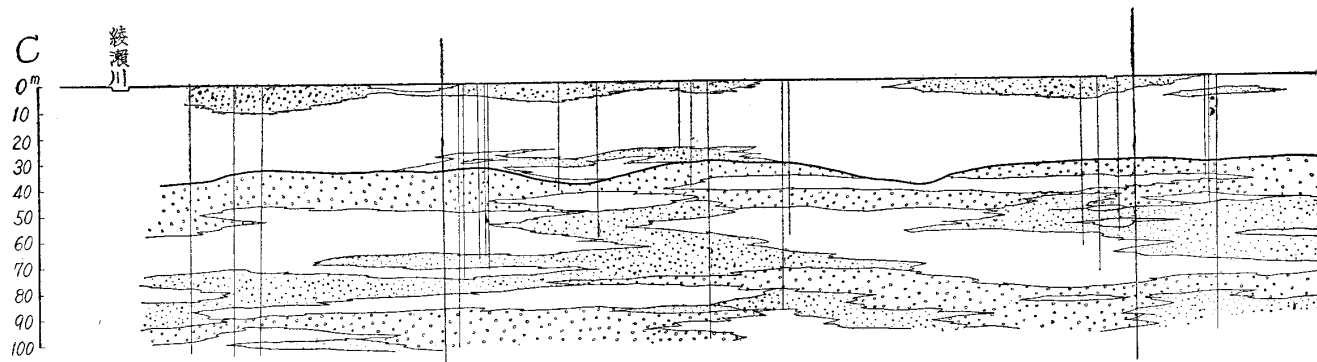


図-5(2)

下町累層は、下町だけでなく、台地に刻まれた谷にそって細長く入りこんでいる。そのような所では崩壊土層が複雑に堆積したり、基底にうすい礫層があって、之が東京累層の礫層に直接重なっている例が知られている。

下町累層の下部は灰～青灰～緑灰色で、小形の貝化石を含み、稀には局部的に泥質の砂層になっていることもある。江東地区の北部、千住から西、北の地方では下部にも貝化石を多量に含むことがある。上部には、何処も多量の貝化石が含まれており、最上部の厚さ10m内外の部分は有機質に富むため、暗灰～黒灰色を呈することが多い。

この最上部層は砂礫層に変っていることも多く（墨田砂礫層）、その厚さは2～3で、地下5m前後に分布するのが普通であるが、時には10mに達することもあり、また中間に泥層をはさんで2層に分れることもある。墨田砂礫層の厚さの大きい部分は、昔の荒川・利根川系の諸河川が河口から海へ流入する水の通路が、河口の堆積の進行につれて前進した経路にそって、線状に配列している。その下流部では砂が主体であるが、上流部では礫もかなり多くなる。

下町累層の上部の地層、殊に泥層は非常に軟弱で、しばしば流動性に富む、いわゆるヘドロになっている。地下20m前後よりも下部の泥は、これよりもしまってくる。又これらの地層の直下に、東京累層の泥層がある時には、両者が混同されていることも少くない。また土質の点からも例えば見掛け比重から見ても図-3（深田地質研究所による）の様にははっきり区別出来るものも出来ないものもある。下町累層を構成する砂泥の大部分は、東京累層から浸蝕運搬されて再堆積したものであるから、両

層の境界の決定に困難な場合が少くない。一般には東京累層より固結度が低いことによって、下町累層を区別できるが、東京累層中にも稀には下町累層と大差ない軟弱な地層も見られるので、その決定は単なるボーリングの柱状図からは不可能で、含有化石その他による地質学的な総合判定を必要とする。この様にして判定した下町累層と東京累層の境界を図-1に等深線で示した。図-4は主な地質断面を示す。両累層の境界面は地史の項で述べた荒川・利根川系諸河川の樹枝状旧河谷を示すものに外ならない。此の河谷の側壁は所によっては非常に急峻であった。図から見られる下町累層の厚い地帯と、地盤沈下の激しい区域とはよく一致しているが、下町累層およびその下部の東京累層共決して一様でないこともを忘れてはならない。

(3) 江東地区の帯水層

東京の江東地区で利用されている地下水の帯水層は前項で述べた砂礫層に外ならない。次に此の地区にある帯水層の性質を下方にあるものから順次に述べる。

地下400～1,000mの三浦層群の中に厚い帯水層が2層あって、天然ガスを含んでいる。この帯水層を構成する三浦層群上部の砂礫は、厚さにも岩質にも変化が多いうえ、一般には細粒砂層なので、あまり大きな採水量は期待できず、6～8吋管によるガスリフトで1本当たり300m³/日以下が揚水されているがこの帯水層の水には塩分その他の溶解物が多く含まれ、工業用水としては適当なものではない。

地下250～300mの三浦層群の上部にも砂礫層の発達した部分があるが、江東地区内には此の層から揚水している井戸が少なく、帯水層としての性質は明らかでない。江東地区周縁の各地には、この帯水層から揚水している井戸が若干あるようで、いずれも天然ガスを含まず、水質も下位のものよりは単純のようであるが、なお一般に塩分に富んでいる。大部分の井戸が小規模であるが葛飾区亀有にこの深度から比較的良好の水が6～12時の井戸で合計12,000m³/日も揚水され、これと同様な比較的良好の井戸が、江戸川区東小松川や荒川区南千住にも見ら

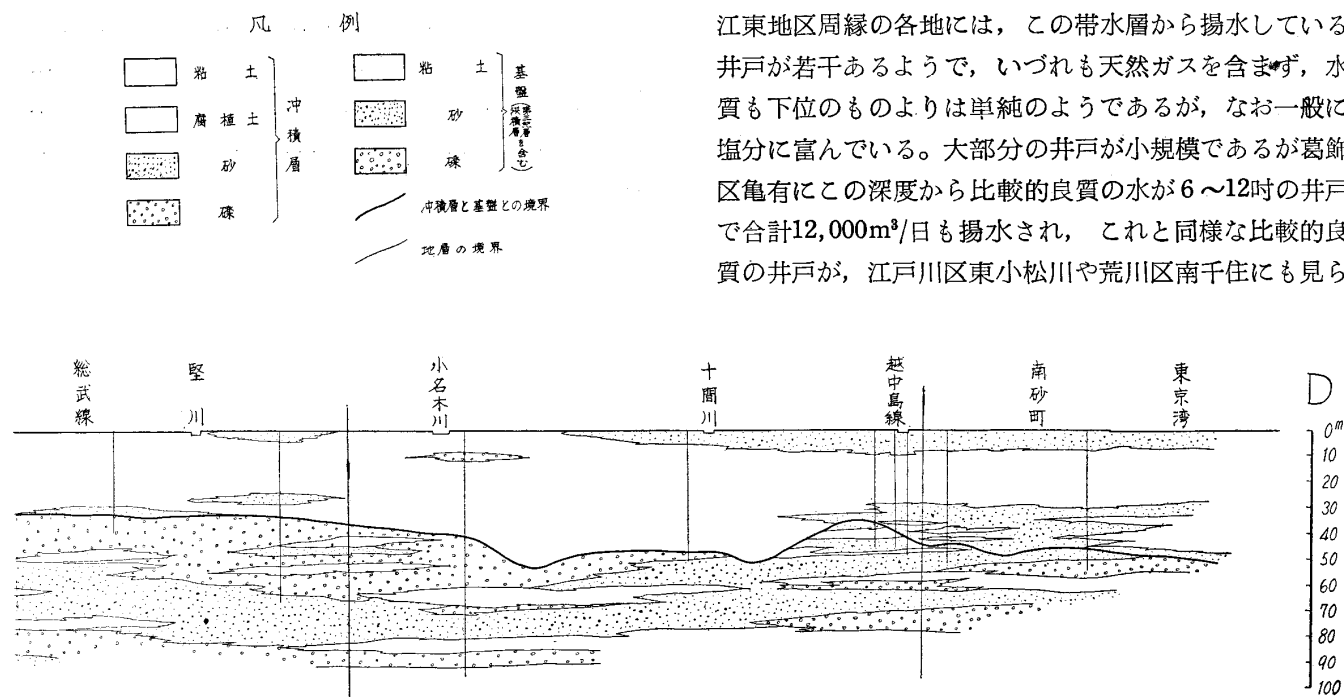


図-4(2)

報 文・論 文

れる。

地下 200m から 50～40m までの間には成田層群下部の厚い砂礫層が発達していて、全般的に帯水している。本層の最上部に近く、厚さ 5～20m の青緑色の粗砂および砂礫層があり、この上面は地表下 30～40m 内外の深度で大体平坦な面を形成している。此の層は本地域の重要な帯水層で、江東地区の深井戸の大部分はこの層に第 1 段のストレーナーを設けている。

又成田層群下部の砂層および砂礫層は、地表下 60～80cm 付近と 100m 前後にも存在し、それぞれ第 2 帯水層、第 3 帯水層となっている。江東地区とその周縁地区で 500m³/日以上 の揚水能力を持つ深井戸は大部分、上述の第 1、第 2、第 3 帯水層の水を揚水している。これらの帯水層の水平・垂直の拡がり、それぞれの成因に基づき（地史の項参照）、極めて多様であることは地質断面図に示される通りである。

上述の帯水層は東京累層の下末吉泥層ないし下町累層の墨田泥層の不透水層で上を覆われているため、被圧地下水層となっている。個々の井戸の揚水能力は区々であるが 1本の井戸で 2,000m³/日をこえるものはごく僅かである。井戸の密度、それぞれの揚水量に応じて、地区内の地点共、かなりの水位降下をおこしている。（各地点における地下水位は、それぞれの井戸の使用目的に従って時々刻々複雑な変化をしている）

東京累層が比較的地下浅いところまで発達している地域では、弥富砂層の中から揚水していることもあるが、この層だけから 500m³/日以上 の揚水を行っている井戸はほとんどなく、この量以上の揚水能力を持つものは下位の帯水層とあわせて揚水しているものである。

下町累層の中では最上部の墨田砂礫層が帯水層になっているだけで、その厚さが大きくないので、井戸の数こそ少ないが、全体の揚水量はごく限られたものでしかなく、地表からの汚染も受け易い。ただ河川の近くで、この砂層の厚さが大きくて、地表まで続いているような

所では、河川からの滲透水を多量にとれることもあろう。

(4) 地下水の供給源

各地層別の地下水の供給源は、その地質の生いたちに示されている。

すなわち、三浦層群の堆積した時の拡がり、東南方向に広く分布しているが、その後幾多の地殻変動によって、江東地区では地下 250m 以下にある層の連続部が東京近郊においては地表に露出している程、皺曲、断層をうけている。したがって、此の層群の中に部分的に含まれている帯水砂礫層の拡がり、は全く不明であるから、その補給源も明らかでない。おそらく地質的弱線にそって補給されるものであろう。

成田層群下部から東京累層迄が堆積した地質時代には、広くて浅い古東京湾は、東北に向って拡がり、部分的の違ひはあっても、主に砂礫が堆積した。この砂礫はあるものは断続しながら他の砂礫層に続き、あるものは次第に砂や泥の層にうつりかわっている。これに従って、それら砂礫層中に含まれている地下水も、あるものは連続性がよく、他のものはそれ程連続性がよくないが、全体としては古東京湾に砂礫を供給した方向に広く拡がっている。上下面を不透水性地層で限られている地下水は、帯水層の拡がりの範囲の遠方から補給されてきている。従って、長年月の間には、旧多摩川系・旧荒川系・旧利根川系の上流部の気象や水文資料に、間接的な影響を受けることはあっても、現在の東京付近又は荒川上流付近の気象や流量が直接に、これら成田層群下部、東京累層中の地下水量を支配することは考えられない。

之に反して墨田砂礫層は、地質発達経過から明らかのように、往昔の荒川、利根川系の河川にそうた堆積物であるから、これにそって補給される水は、これら河川流域の気象条件にかなり左右されるであろうし、又浅層にあるために地区内での排水、降雨等によって直接影響されている。

(33.9.8)