

14. 武蔵野公園付近の水文環境

— 地下水の保全と活用に関する研究 —

Environment of Hydrology in Vicinity of Musashino Park

— Case Study of Preserving and Using of Groundwater —

地象部 川合将文、国分邦紀、川島眞一、小原利美、石村賢二、
長谷川治雄（現江東治水事務所）、岡田佳久、真田茂樹、
上之原一有

1. はじめに

地下水は、水温が一定、水質が清浄、水利権がない、比較的簡便な方法で得られることなどから、工業用水、ビル用水、水道用水などとして多量に使われてきた。しかし、地下水の流動速度は遅く、補給に極めて長い時間がかかる、涵養地域が限定的されているなど大きな制約がある。かつて東京の下町低地では、これらの制約を無視して地下水が多量に汲み上げられ、激しい地盤沈下が発生し大きな社会問題になった。現在、様々な揚水規制が実施された結果、地下水位は上昇し、地盤沈下は沈静化しているが、後遺症として広大なゼロメートル地帯が残されている。一方、近年地下水位の回復に伴い新たな問題が発生している。都心部の地下構造物（駅舎、地下鉄の軌道など）に想定外の浮力が働く問題、地下室への漏水の増大、古井戸から地下水が噴き出すなどの事例が出てきている。

当研究所では、このような状況を踏まえ、平成 14 年度から「地下水の保全と活用に関する研究」を立ち上げている。都市化の進展に伴い、不浸透域が拡大し、地下水への涵養は減少傾向にある。地下水への涵養を進め、地下水を保全し、地盤沈下を再発させない、という基本的視点が大切である。このような視点から、地下水位の上昇にどう対応するのか、どのような地下水の活用策があるのか、活用可能な

地域はどこか、などの調査研究を進めている。

本調査は、平成 15 年度から 3 か年の予定で建設局河川部の協力を得て進めているものである。15 年度の調査結果については、昨年の本年報の紹介編¹⁾に報告してあるので参照されたい。

2. 調査目的

渇水期などに河川維持水量の減少がみられる野川を対象に、低水流量期の流量観測などを実施し、河川計画策定の基礎データを取得する。さらに周辺域の水文地質構造、浅層地下水位等を調べ、調査地域内の水文環境を明らかにする。

3. 調査地域

今回の調査地域は図-1、2 のとおりである。北多

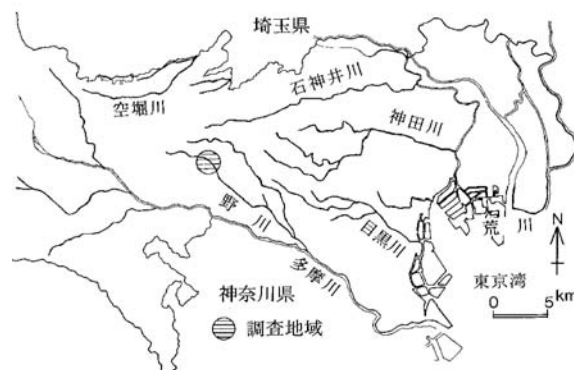


図-1 調査位置図

摩地区の南部、野川の上流域にある都立武蔵野公園（府中市多磨町3丁目他）を中心とした東西約2km、南北約2kmの地域であり、15年度の調査地域を北西及び北方向に少し広げた範囲である。

調査地域のほぼ中央を北西から南東方向に延びる急崖、有名な国分寺崖線を境に、南西から南部は標高約45～50mの立川段丘面である。一方、北から北東部は立川段丘面より15m程高い武蔵野段丘面（標高約61～68m）である。両段丘面とも地形的には平坦で、西から東に向かって次第に低くなっている。崖線下を野川が北西から南東方向に流下している。

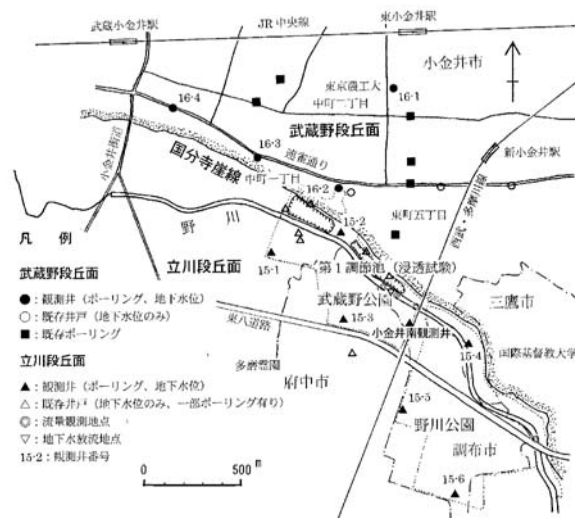


図-2 詳細位置図

4. 調査内容

調査観測項目と内容・数量は表-1 のとおりである。また、既存のボーリング地点、既存井戸、新たに設置した観測井、流量観測地点、地下水放流地点、浸透試験地等の位置関係は図-2 のとおりである。

表-1 調査観測項目と内容・数量

調査観測項目	内容及び数量
現地踏査	既設井戸調査、観測井設置箇所調査、浸透試験地調査等
観測井設置、地質調査	武蔵野礫層直下の地層の確認、武蔵野礫層の分布、観測井の設置：栗山公園内他4井、掘削延長61.85m
揚水試験、地下水放流	揚水可能量の調査、段階揚水試験、連続揚水試験等、延べ 15日間
野川の流量観測	放流効果の観測等：4点（放流地点ほか上流側1地点、下流側2地点）、各16回観測
浸透試験	第1調節地内 トレンチ 1箇所、土研式 6箇所
水質分析	放流地下水のPHの確認、貯留槽内での水質変化
浅層地下水位の観測	浅層地下水面図等の作成：民間井戸、既設観測井、新設観測井等：23地点一斉観測×2回、延64回観測
沈下観測	揚水に伴う地下水位の変化、地盤変動量の観測等：小金井南第2観測井の沈下記録の読み取り・整理
水準測量	観測井の管頭、流量観測地点の河床等の正確な標高値を求めるため3級水準測量を実施した

(1) 既存井戸調査

15年度に引き続き武蔵野段丘面上で探した。民間井戸は8箇所ほど見つかったが、標高測量及び揚水可能な井戸は3箇所のみであった。なお、立川

段丘面上には昨年度調べた民間井戸：2箇所、第1・第2調節池設置時の残存観測井：5箇所、15年度設置観測井：6箇所、小金井南地盤沈下観測所の計14箇所である。

(2) 地質調査、観測井設置

浅層部の水文環境を明らかにする上で、地下水の入れ物である帯水層の分布状態や地下水位の状況を調べるのが不可欠である。本調査地域の浅層地下水帯水層のひとつである武蔵野段丘礫層の分布形態を調べるため、4箇所（図-2：No. 16-1～16-4）で地質調査を行った。また同時に、武蔵野段丘礫層直下の地質状況を調べるため、それぞれ2m程度増掘した。その目的は、武蔵野段丘礫層中の浅層地下水がさらに深層部に浸透していく時、直下の地質状況によって差異が生ずると考えられるからである。

本調査地域の地質状況の概要は次のとおりである。代表的例として No. 16-1（小金井市中町2丁目栗山公園内）を図-3に示した。地表面から深さ6～8mまでが関東ローム層（ローム層又は粘土質ローム層）、その下位に層厚4～8mの武蔵野段丘礫層（砂礫層又は粘土質砂礫層）が分布している。さらにその下位には、場所によって異なるが、砂礫層や砂質シルト・シルト質細砂層が分布している。N値は関東ローム層で1～5程度、武蔵野礫層で30～50以上である。電気検層結果によると、武蔵野礫層は

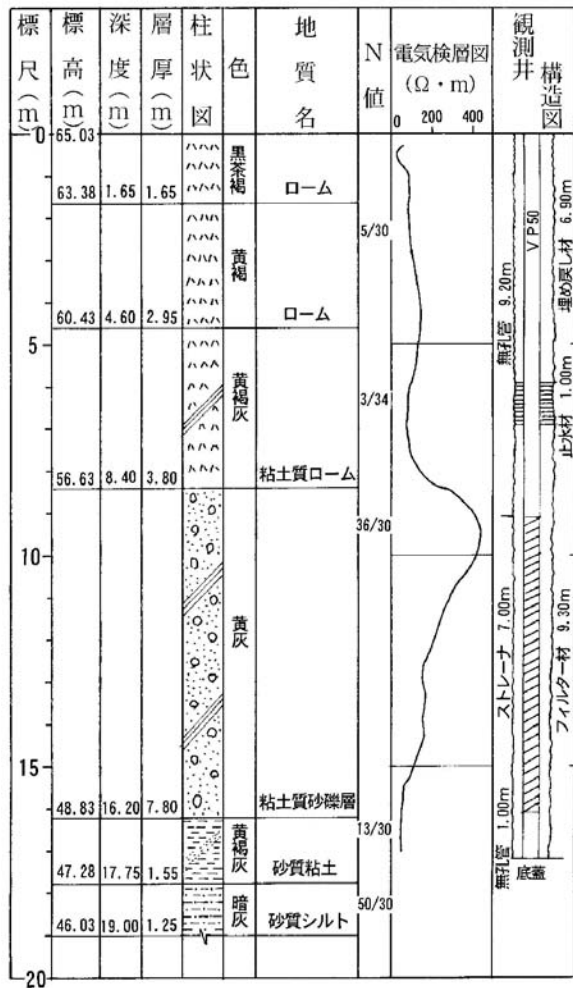


図-3 地質柱状図・観測井構造図 (No. 16-1)

透水性の良い上部と悪い下部に2分される可能性がある。

また、観測井の構造は図-3のとおりである。地質調査をしたボーリング孔を利用し、口径5cmの塩化ビニル管を挿入して観測井に仕上げた。ストレーナはそれぞれ武蔵野礫層のほぼ全体にわたるように設置した。

なお、既存資料として、当研究所の地盤情報システムに保存されているボーリングデータや仙川分水路建設時の地質調査資料等を収集した。

(3) 揚水試験、地下水放流

揚水試験は昨年度と同じ小金井南第1観測井(深さ:130m、ストレーナ:114~125m)で実施した。地下水位は管頭から深さ35m(標高T.P.13m)前後である。昨年度は限界揚水量まで汲み上げられなかったため、今年度は使用可能な最大口径のポンプを

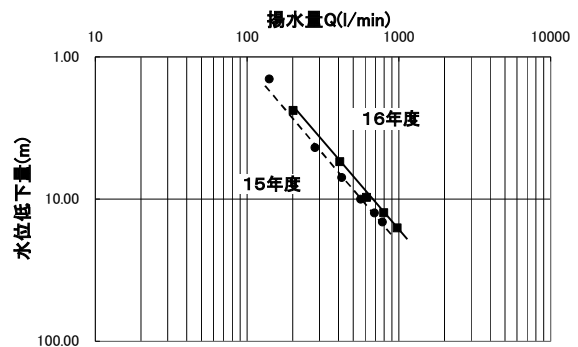


図-4 水位低下量と揚水量の関係

使用した。段階揚水試験は201、408、612、795(ほぼ昨年度の最大揚水量)、974 l/分(今回の最大揚水量)の5段階の揚水量で1回実施した。限界揚水量を調べるため、図-4に水位低下量と揚水量の関係を示したが、昨年度と同様にほぼ直線上にのることから、今年度も限界揚水量までは汲み上げられなかった。限界揚水量は974 l/分以上ということになり、本観測井はかなりの揚水能力があると考えられる。昨年度と比べ、同じ水位低下量に対して揚水量が増えているが、何らかの理由(ストレーナの開孔状況が良くなったなど)で揚水能力が高まったと考えられる。

地下水の放流は第1調節池内での浸透試験を予定していたので、送水管を野川左岸に敷設し、第1調節池放水口付近から放流した。

(4) 流量観測

地下水の放流地点は15年度とほぼ同じ位置の第1調節池放出口とし、観測地点は放出口下流15mを基点(No.1地点:0m)に、上流側にNo.0地点(-30m)、下流側にNo.2地点(二枚橋付近、135m)、No.3地点(富士見大橋付近、1235m)の計4地点を設定した。今年度は上流側のNo.0地点(-30m)に1つ観測点を設けて、第1調節池内での浸透試験の影響が野川にどう現れるか、を調べる予定であった。しかし、浸透試験の規模を縮小せざるを得ない状況が発生したことから、野川の基礎流量の観測点に変更した。16年度の流量観測の結果は表-2のとおりである。観測時期は平成17年3月2日~22日である。観測方法は昨年度と同様、広井式の回転式微流速計

表-2 流量観測結果

測定時期		トレンチ 浸透試験 前	トレンチ 浸透試験 時	最大連続 放流時	放流終了 後
測定日		05/3/2	05/3/10	05/3/17	05/3/22
揚水・放流量	(l/分)	-	-	max974	0
流量 (l/分)	No.0 地点 (-30m)	598.6	151.1	120.0	0.0
	No.1 地点 (15m)	722.5	170.7	1225.5	19.2
	No.2 地点 (135m)	617.8	196.2	1309.0*	16.6
	No.3 地点 (1235m)	2913.5	2433.7	3244.3	1833.5

* 途中の雨水排水口から流入あり。

を使用した。

観測開始時の3月2日時点で、No.0地点で約600 l/分、さらに、第1調節池放出口から約120 l/分の流入が確認できた。川底のブロックは露出していたが、昨年度より流況は良い状態であった。しかし、その後減少傾向が続き、3月22日の時点では涸れてしまった。

No.1~No.2区間の流況に注目すると、15年度は流量の減少だけが観測されたが、16年度(3月17日を除く)は増加も観測され、昨年度と異なっている。同じ渇水期の3月期であるが、周辺域の浅層地下水位のレベルの違いや降水の影響と考えられる。

(5) 浸透試験

立川礫層の浸透能力を調べるため、浸透試験を第1調節池内の地表面で6箇所、表層部(深さ約0.6m)を取り除いた状態で1箇所実施した。結果は図-5のとおりである。各測定値は時間経過と共に低下し、

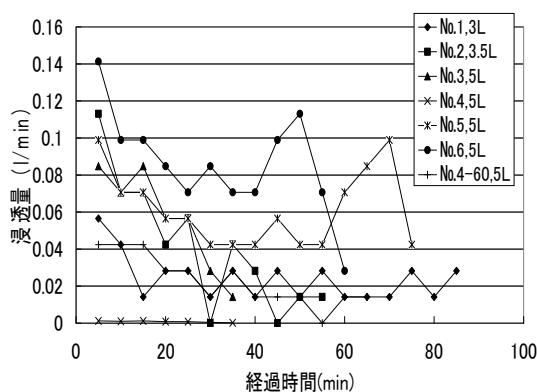


図-5 土研式浸透試験

0.02 l/分に収束する傾向が見られることから、終期浸透量は約0.02 l/分と考えられる。この値を飽和透水係数 k_0 に換算すると、 $k_0 = 1.1 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$ に相当するので、第1調節池内の立川礫層の透水性は小さいと言える。

(6) 水質分析

昨年度の水質分析の結果、放流した地下水のpH値がかなり高かったことから、今年度再調査することとした。地下水原水そのものと貯留槽に溜めて放置した状態で水質がどのように変化するかを調べた。結果は表-3、4のとおりである。地下水原水のpH値は一時的に8.6を超える場合もあるが、平均すると8.44程度である。一方、貯留放置した状態では日数が増えるに従い、僅かであるが、pH値と溶存酸素は増加することがわかった。

これらのことから、地下水原水の放流については、

表-3 地下水原水のpH値

揚水条件	測定日	測定時刻	測定値
トレンチ浸透試験時	3月9日	13:10	8.40
段階揚水試験時	3月11日	14:27	8.19
		13:09	8.15
連続揚水時	3月12日	15:50	8.01
		13:10	8.69
最大連続揚水時	3月14日	15:58	9.00
		11:38	8.53
	3月16日	11:42	8.54
		平均	

表-4 貯留放置地下水の水質

測定項目	測定値		
年月日時刻	05/3/7 9:42	05/3/12 9:17	05/3/16 9:25
採水時期	採水直後	貯留放置5日後	貯留放置9日後
気温(°C)	-	11.8	13.0
水温(°C)	14.3	10.1	5.8
外観	少々濁りあり	少々濁りあり	少々濁りあり
臭気	なし	なし	なし
伝導率(μS/cm)	214	202	221
酸化還元電位(mV)	283	295	286
pH	8.14	8.47	8.55
R-pH	7.85	8.36	8.55
溶存酸素(mg/l)	8.9	9.2	9.9

定期的な pH 値の測定が必要であろう。

(7) 地下水揚水と地盤変動

揚水試験時の地盤変動の状況を把握するため、16年度も小金井南第2観測井（深さ210m）に設置されている自記地盤沈下計の観測記録を読み取り整理した。結果は図-6のとおりである。

最大揚水による地下水位の大幅な低下時にも沈下は観測されないことから、この程度の揚水量と揚水期間では、地盤沈下に影響はない、と考えられる。

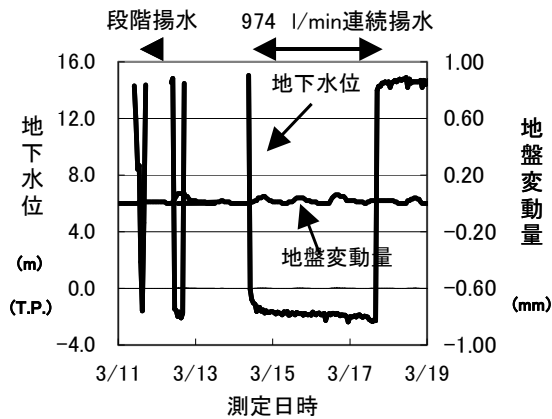


図-6 地下水位変動と地盤変動量

(8) 水準測量

武蔵野段丘面上の新しい観測井等について実施した。

5. 水文環境

(1) 浅層部の水文地質

16年度は武蔵野段丘礫層の分布状況を調べるため、4箇所地質調査を実施した。また、武蔵野礫層以深の地質状況がわかる既存データは、地盤情報システムに保存されていたものを含め6データのみであった。昨年度収集した立川段丘面上のデータ数に比べ極めて少ない状況である。

本調査地域の浅層地下水の帯水層は、国分寺崖線を境に、武蔵野段丘面上の武蔵野礫層と立川段丘面上の立川礫層に分けられる。両段丘礫層の基底面の分布状況を図-7に示した。

武蔵野礫層基底面は、本調査地域の北西部で標高

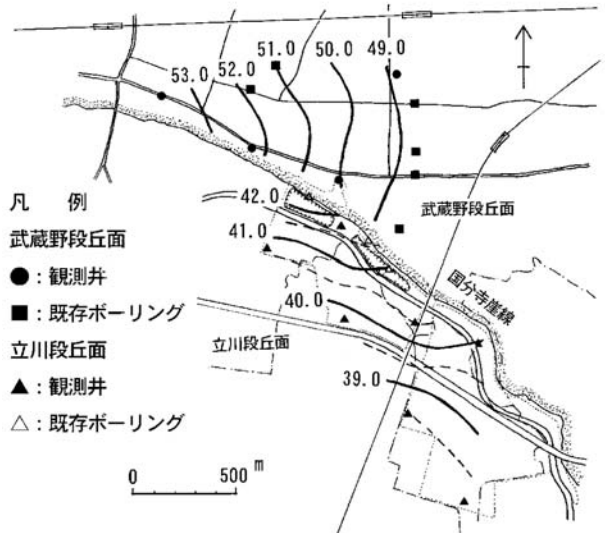


図-7 両段丘礫層基底面の分布

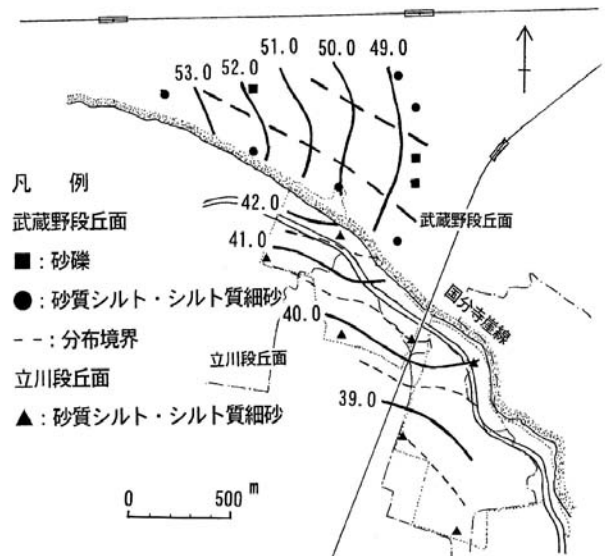


図-8 両礫層直下の地層の分布

53mを超え、東に向かって次第に低くなり、東小金井駅南で標高約49mになっている。ほぼ南北の走向を持ち、地表面の形状と調和的である。一方、立川礫層基底面は15年度調査で明らかのように本調査地域中央部で標高約42m、南に向かって次第に低くなり、南東部で標高約39m弱である。地表面の形状とは異なった分布をしている。また、国分寺崖線を挟んで、10m程度の高度差があり、本調査地域内では2つの段丘礫層は不連続である。

次に、2つの段丘礫層直下の地質状況を調べるために図-8を作成した。武蔵野段丘面では、データが

少なく、大雑把にならざるを得ないが、国分寺崖線の延びる方向にほぼ平行して、砂質シルト・シルト質細砂層の分布域、礫層の分布域、砂質シルト・シルト質細砂層の分布域に分けることができる。また、立川段丘面では、ほぼ全域砂質シルト・シルト質細砂層の分布域である。浅層地下水の水文環境を考える上で、これらの地質の分布形態も重要な要素になると考えられる。

(2) 深層部の水文地質

浅層部の水文環境を考える上で、より深部の水文地質構造がどうなっているかは重要なことである。かつて、本調査地域を含む北多摩南部地域の水文地質構造を調べたことがある。関連図面²⁾を図-9、10、11に示した。調査範囲(図-9)は府中市から三鷹市西部、調布市北部から小金井市、国分寺市東部の地域である。収集した資料は地盤沈下の観測井を設置するために実施した層序試錐データと水道水源井などの深井戸資料である。地質柱状図や電気検層曲線の特徴などから、地層対比を行った結果、各地層の分布状況(地層断面図)は図-10、11のとおりである。

立川、武蔵野の両段丘面下の最深部(概ね標高-250~-300m以深)にはシルト層(上総層群北多摩層)が分布している。その上位(標高-50~50m付近まで)には、砂層を主体とした地層(東久留米層下部、上部)が分布し、さらにシルト、砂、砂礫層の互層を主体とする地層(舎人層、段丘礫層下限まで、南西部では削剥されている)が成層構造で重なって

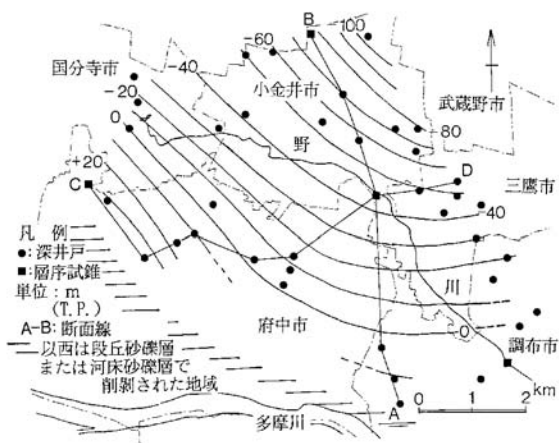


図-9 調査範囲、地層断面線、B₂層の分布

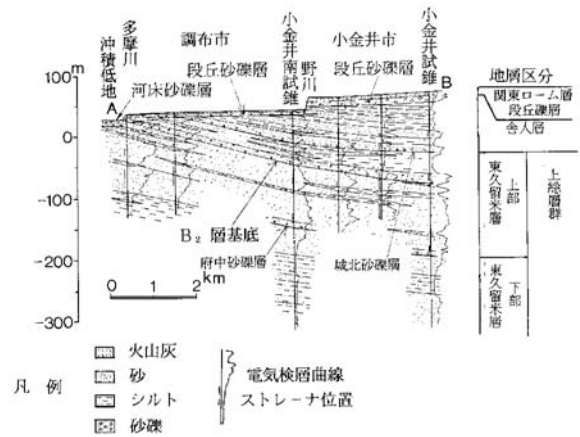


図-10 地層断面図(南北:A-B断面)

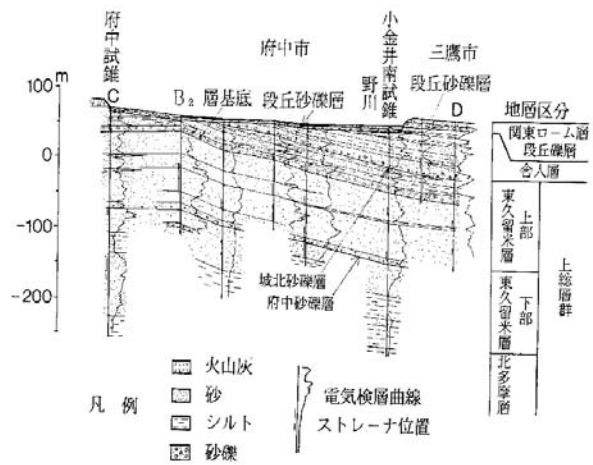


図-11 地層断面図(東西:C-D断面)

いる。そして最上部を両段丘礫層と関東ローム層が不整合に覆っている。

次に各地層の走行方向や傾斜は次のとおりである。成層構造をしている舎人層以深の地層の代表例として、東久留米層中のB₂層の分布は図-9のとおりである。走向は北西から南東方向をもち、北東方向に緩く傾斜し、単調に深くなっている。

一方、最上部の両段丘礫層と関東ローム層は、地表面の形状にほぼ合った分布をしており、下位の地層群とは不整合関係である。

(3) 浅層部と深層部の関係

(1)及び(2)で述べたように、本調査地域の浅層部と深層部の関係は一定程度わかってきた。しかし、浅層部については、礫層直下の地質状況がわかる資料は僅かであり、また、深層部の解析に使用した深

井戸資料は、地表から深さ 30m ぐらいまでの地質の記載については不十分な面があり、浅層部と深層部をつなぐ精度の高いデータはほとんどないのが現状である。

今後、詳細な水文環境を調べるためには、浅層部と深層部をつなぐ精度の高いボーリング調査や関係資料の収集が重要である。

6. 浅層地下水位の分布

15～16 年度に実施した一斉測水のデータを表-5 に示した。武蔵野段丘面上では箇所数が少ないが 7 箇所、立川段丘面上では 14 箇所、野川の河川水位を 2 箇所、測定した。測定時期はいずれも湧水期、野川の低水流量期の 3 月期である。

平成 17 年 3 月 22 日の状況を図-12 に示した。武蔵野段丘面の地下水位は標高約 55～50m で、西から東に向かって流れていると考えられる。地表面の形状と調和的である。

次に武蔵野段丘面からの湧水について考えてみる

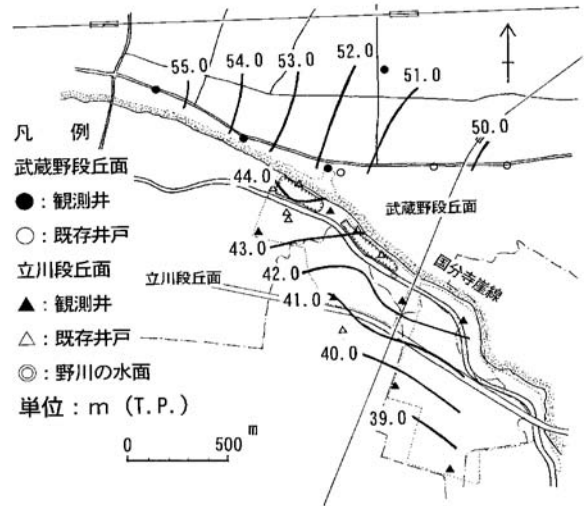


図-12 浅層地下水位の分布 (H17.3.22)

と、本調査範囲内での分布形状は、崖線に向かって地下水が集まってくるようには見えない。崖線近傍のデータがないのではっきりとは言えないが、湧水が出現しやすい分布形態とは考え難い。また、武蔵野礫層の直下に分布する地層群も北東方向に緩く傾斜しているため、それらの地層が崖線に現れていても、崖線に地下水が集まりやすいとは考え難い。

なお、旧中村美術館（小金井市中町1丁目）の湧水は、武蔵野礫層から湧出していると考えられるが、今回の調査では湧出機構の解明までには至らなかった。湧出地点のごく近傍に今回観測井（No. 16-3）を設置したので、今後継続的な観測が可能になった。

一方、立川段丘面の地下水位は標高約 44～39m 弱であり、昨年 3 月期よりも概ね 0.2～0.8m 高い状況である。分布の形状は昨年と同様で、中央部ではほぼ東西の走向であるが、南東部では北西から南東の走向に変化し、野川の流下方向と崖線の延長方向にほぼ平行になっている。地下水の流れ方向は、中央部では野川を左岸から右岸へ横断するように、また、南東部では右岸から南方向に離れる形である。

7. まとめと今後の課題

16 年度は、15 年度にできなかった武蔵野段丘面上に観測井を設置することとその水文環境の解明を追加した。一方、立川段丘面上では、15 年度に引き続

表-5 浅層地下水位と野川の河川水位

段丘面	観測点名	地盤標高 (m T.P.)	測定日			
			H16.3.10	H16.3.15	H17.3.17	H17.3.22
武蔵野面	16-1	65.03	-	-	51.52	51.44
	16-2	64.63	-	-	51.82	51.79
	16-3	62.70	-	-	53.73	53.74
	16-4	67.41	-	-	55.69	55.65
	T	62.70	-	-	49.76	49.72
	I	63.53	49.97	49.92	50.38	50.33
	W	64.41	-	-	51.40	51.33
立川面	15-1	49.95	42.69	42.73	43.56	43.48
	15-2	46.56	43.30	43.16	43.89	43.78
	15-3	48.93	40.60	40.44	41.02	40.99
	15-4	44.22	42.18	42.11	42.44	42.39
	15-5	46.98	39.13	39.10	39.39	39.38
	15-6	44.62	38.42	38.35	38.43	38.43
	3	-	43.04	42.95	43.95	43.84
	4	-	42.91	42.82	43.77	43.66
	5	-	42.88	42.81	43.63	43.63
	8	-	42.78	42.69	43.13	43.07
	9	-	42.52	42.44	42.75	42.67
	M	49.30	43.68	43.64	44.54	44.46
	K	-	40.15	40.12	40.56	40.54
	小金井南 (浅井戸)	46.78	42.36	42.30	42.56	42.49
野川の水面 (No.1地点)	-	42.53	42.46	-	-	
野川の水面 (No.2地点)	-	42.37	水涸れ	42.71	42.62	
放流状況		max774連続放流中	停止後	max974連続放流中	停止後	

き、野川の流量観測、放流地下水の水質分析、地下水の汲み上げに伴う地盤変動の観測、浸透試験などの調査を実施した。

武蔵野段丘面上に4箇所新たに観測井を設置したが、測水可能な既存井戸が少なく、全体としてまだ観測点が少ない状況である。しかし、限られた範囲内であるが、いくつかの知見が得られた。次のとおりである。

①武蔵野礫層の分布形態と浅層地下水位(渇水期)の状況が明らかになり、また、さらに下位の地層群との関係も一部明らかにすることができた。今後、浅層部と深層部をつなぐ精度の高いボーリング調査や関係資料の収集が重要である。

②国分寺崖線の湧水との関係では、データが少ないので、はっきりとは言えないが、地下水が集まり湧水として出現しやすい形状ではない。また、下位の地層群の分布状況も、地下水が崖線に集まりやすい形ではない。

③立川砂礫層との関係では、約10mの高低差があり、連続していないことがはっきりした。

立川段丘面での継続調査では、次のことが明らかになった。

④流量観測の結果、渇水期でも周辺域の浅層地下水と河川水の出入りや降水の影響が考えられ、きめ細かな観測が必要である。

⑤第1調節池内の立川礫層の透水性は小さいことが分かった。

⑥地下水の水質分析の結果、原水の放流についてはpH値の定期的な測定が必要である。

⑦地下水の汲み上げと地盤変動の関係では約1 m³/分程度の揚水量では地盤沈下に影響はない、とすることができる。

今後の課題は次のとおりである。

①武蔵野礫層、立川礫層中の浅層地下水の年間を通じた観測と豊水期を含む野川の河川流量の継続的な観測が必要である。

②武蔵野段丘面上の観測点を増やすことと浅層部と深層部をつなぐ精度の高いボーリングを実施すること。

③立川礫層及び武蔵野礫層の浸透能力や水理定数を調べる調査と関係資料の収集がさらに必要である。

④約1 m³/分程度の地下水の汲み上げは可能と判断されるが、地下水の活用目的、時期、活用量など活用策に関する調査研究などが必要である。

参 考 文 献

- 1)川合将文、国分邦紀、川島眞一、小原利美、石村賢二、長谷川治雄、岡田佳久、真田茂樹、上之原一有(2004)：多摩河川低水流量観測調査の概要、平 16. 都土木技研年報、423-428
- 2)川合将文、川島眞一、秋山浩文(1992)：北多摩地区南東部の水文地質、平 4. 都土木技研年報、213-222