

武蔵野台地における表層地質条件と水環境計画への適用

Hydrogeological Condition of unconfined aquifer system
in Musashino Terrace and application to Hydro-environmental planning.

山田 啓一^{*}、石川 雅博^{**}

By Keiichi YAMADA and Masahiro ISHIKAWA

Based on 500 boring data, counter maps of upper boundary of gravel layer and lower boundary were made. From each map, this aquifer North area has deep and wide trap and South area has small pitches.

Discharge and EC are observed at 10 springs in 1991 - 1992, runoff stability defined by monthly mean discharge and mean EC values are corrected to gravel layer depth (GD).

From the relationship between discharge and EC, spring systems are divided into dilution type and multi-storage type.

These types are strongly affected by topography of lower boundary gravel layer.

Keywords: Hydro-Environment Planning; Gravel Layer Depth;
Dilution Type; Multi-Storage Type

1. はじめに

都市域での水循環は流出抑制、地下水涵養、生態系保全、アメニティ空間の創出など極めて多くの課題と深く関係している。地球規模の環境変化とその対応といった広域的問題に対してもそれぞれの地域の持つ環境調整能力を高めてゆくことは大きな意義を持つ。浅層地下水帯の流動を基本とする比較的小規模、短期の水循環はとりわけ上述の種々の現象に強く影響を与えている。循環の過程で量的制御とともに、生物層、土壌層、岩石層による物質代謝と水質浄化が期待されている。

従って水循環機能の保全、強化は都市環境計画の大きな柱の1つと考えられる。近年、有機塩素系化合物など各種の化学物質による地下水汚染が深刻化している。汚染物の拡散、流動を調査すると、特定方向への線状、筋状の広がりが見られ、地下水流動の異方性、不均質性が強調されてきた。

とりわけ武蔵野台地に代表される洪積台地では、地下水位は沖積地に比較して深く、帯水層となる砂礫層の粒度構成も場所によって大きくことなり、帯水槽の形状も起伏にとんでいる。“水みち”、“水脈”等と称される地下水流動の不均質性が指摘されている。

また、流動経路の特質を水質変化によって推定することもいくつかの条件下では可能と考えられる。

著者らはこのような観点から礫層上端面形状と粘土層の分布、地下水流動の特質を示す水質変動および流

* 正会員 工博 法政大学教授 工学部土木工学科

(〒184東京都小金井市梶野町3-7-2)

** 学生会員 法政大学大学院 工学研究科建設工学土木専攻

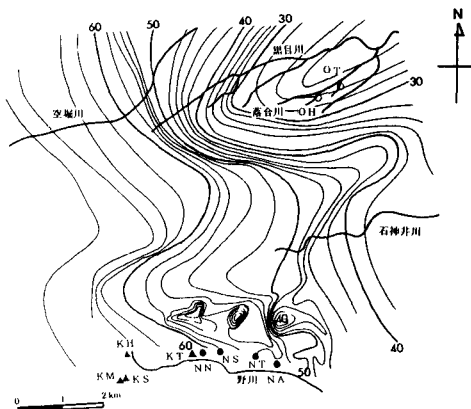
本研究は水環境計画の基礎となる表層地質条件として武蔵野礫層の上、下端面図を作成し、地下水流動との関係を解明した。

武蔵野台地は東京の都心から西方に伸びる面積約500 km²の日本を代表する洪積台地である。

武蔵野台地の地下地質は新藤によって以下のようにまとめられている。⁶⁾

- これらによって帯水層の構成と基本的な構造及び地下水面に基づく流動方向などを知ることができる。

台地部の不圧帯水層は、ローム層の下位にある武蔵野礫層であるが、その層厚は5～25mと地域差が著しく、形状も起伏にとんでいる。台地中央部の小金井、東久留米、田無、国分寺の各市域について、500本のボーリングデータを収集し、礫層下端面図(図-1)、上端面図(図-2)を作成した。



A topographic map of the study area. The map features contour lines with elevations of 40, 50, 60, and 70 meters. A river is depicted flowing from the upper right towards the lower left. Several sampling points are marked: a triangle at the river's mouth, and four circles along a road or path in the lower left. A north arrow is located in the upper right corner, and a scale bar indicating 2 km is in the lower left corner.

—166—

礫層下端面は中央部を東西に走る尾根が、1/300の勾配で東北東に傾いている。これをはさんで南と北に大きな谷を形成し、とくに黒目川沿いの谷は深く大きい。また南部には、500m間隔にすり鉢状の凹地が存在する。この図より、中央の尾根を境に不圧地下水帯は南北に大きく区分されると考えられる。

礫層上端面は東方に1/200で低下し比較的平坦で顕著な尾根は認められない。なお、黒目川筋とりわけ落合川筋には深い谷が形成されている。礫層下端面は、新藤の指摘した東京層下部上端面図と強い関係にある。なお、黒目川筋の谷は一層顕著である点が注目される。また、上端面図では、その谷筋が落合川中下流部に移行し、後述するように台地で最大の湧水帯形成している。

図-1、2より、礫層厚分布図を作成すると図-3のようになる。この地区の平均層厚は8~10mであるが、黒目、落合川筋には層厚15m以上となっている。中央尾根線と国分寺崖線に沿っては8m以下となっている。

3. 湧水流出特性と水質変動

台地中央部の国分寺崖線沿いの野川湧水群（NN，NS，NT，NA）と北部の落合川湧水群（OH，OT）において過去7年間にわたって水文、水質観測を実施してきた。これらより、湧水の変動状況を取りまとめて表1に示す。同表には、国分寺市によって測定された4湧水、日野台地の黒川公園湧水も加えてある。観測期間や間隔は一樣ではないが、月1回以上の測定値であり、変動の大様を検討できると考えた。

湧水量は降雨量とその分布に大きく影響されるが、春期には比較的安定した極小値を示す。1991年1月から92年10月の観測値をもとに月平均流量を求め、最低流量と平均流量の日を安定度Sとした。安定度Sは、各湧水の集水面積とその帯水層の水理地質特性に関係すると考えられる。

湧水の集水界地表面の流域界とは異なり、直接これを地表面形状から求めることは困難である。また、集水域は地下水の変化に応じて一定しないこともあり、その推測自体が一つの大きな目的となる。ここでは流出特性を比較検討するねらいで、以下の手順で流域界を求める。実測値による（月1回以上）月平均流量より年流出量を算定し、流出率を0.5として降水量より集水

表1 湧水変動状況

場所	記号	平均	平均	平均	平均	湧水流域界 AG km2	安定度 S	礫厚 DG m
		流量 l/s	電導度 μs/cm	pH	水温 ℃			
氷川神社	OH	127	256	6.2	16.3	1.80	0.7	24
竹林公園	OT	45	245	6.2	16.4	0.63	0.9	18
滄浪泉園	NS	7	191	6.1	16.1	0.13	0.0	7
貫井神社	NN	9	232	5.8	15.7	0.11	0.4	7
谷口家	NT	4	228	5.9	15.8	0.05	0.1	6
中村家	NA	4	217	6.1	16.3	0.06	0.1	6
黒川公園	HK	33	211	6.2	16.2	0.36	0.3	-
日立中研	KH	40	222			0.45	0.2	5
万葉園	KM	5	203			0.06	0.5	5
真姿の池	KS	11	197			0.12	0.3	5
東経大	KT	6	234			0.06	0.0	7

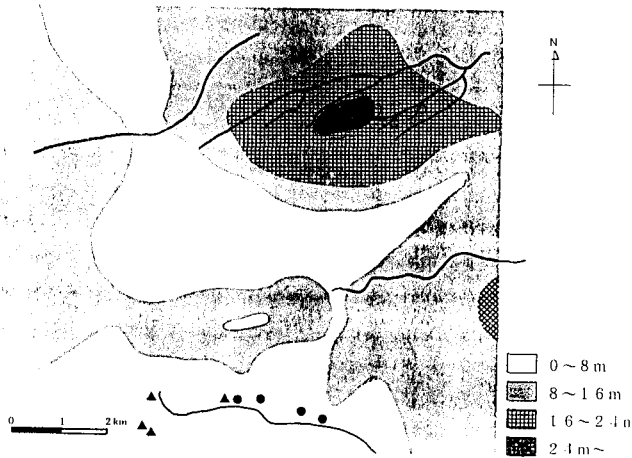


図-3 武蔵野礫層厚分布図

面積を推定する。

落合川、野川の6湧水は3年以上の長期観測値を用いてタンクモデルによる解析結果より得た集水面積とそれぞれ20%程度以下の誤差であった。その原因は月平均値の算定法や蒸発散の推定法などによると考えられるが、大きな特性を判断するには許容範囲内と考えた。

次に、図-1、図-2および地下水面図より各湧水の集水域を設定した。AGと図-1、2より各流域の平均礫層厚DGを算出し、安定度SとDGの関係を図-4に示す。OH、OTでは平均流量も安定度も極めて大きく、DGも20mを越えている。野川湧線群は、DGは5~8mで安定度は全体に小さく、特に東よりのNA、NT、NS、KTは粘土層が介在して安定度が小さくなっている。

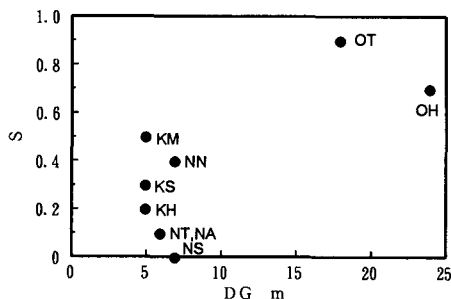


図-4 DGとSの関係

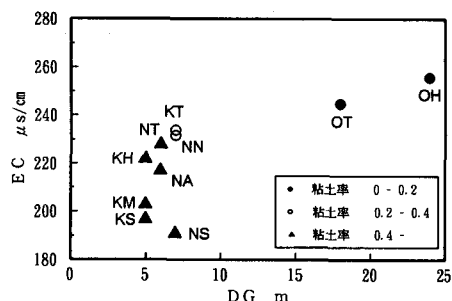


図-5 DGとECの関係

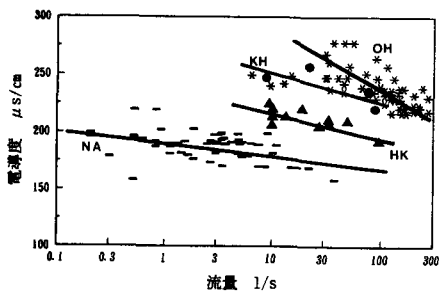


図-6 a) 流量と電導度の関係
(希釈型)

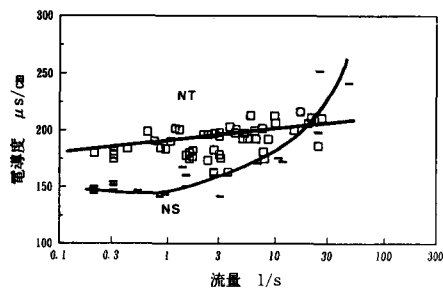


図-6 b) 流量と電導度の関係
(押し出し型)

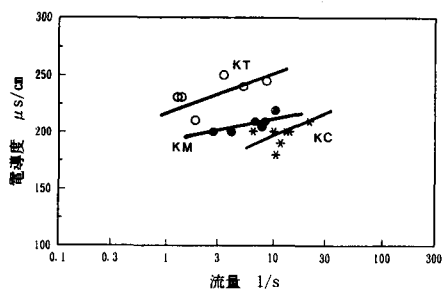


図-6 c) 流量と電導度の関係
(押し出し型)

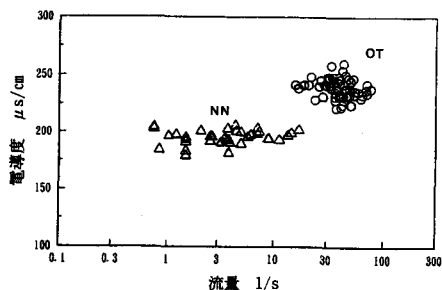


図-6 d) 流量と電導度の関係
(安定型)

電導度ECも地点毎に大きな差がみられる。ECは水中に溶出した物質の総量（ SiO_2 を除く）を示すが、これらは降水水質、地表面物質、土壤微生物と有機物、溶存酸素、粘土鉱物、岩石鉱物など極めて多様な要因によって形成される。強雨時においても、ごく短時間を除いて水位変化はゆるやかであるので、ECの形成は礫層中の岩石風化及び介在粘土層によるイオン吸着、交換に支配されると考えられる。図-5によればECの平均値は礫層厚DGに関係し、粘土率大なところでは Ca^{2+} イオン濃度が低いことから、イオン吸着、交換の影響によりECが小さくなっていると判断される。今回は、ECは 25°C を基準として用いた。

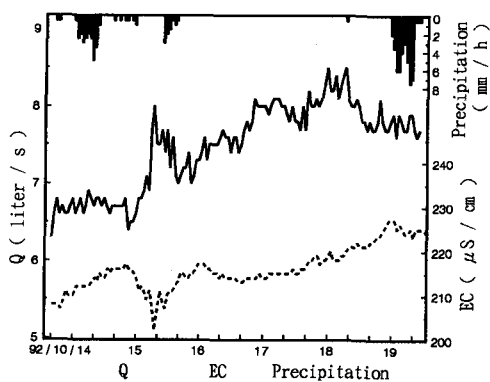


図-7 NT湧水出水記録

同一地点においても流量の変化にともないECあるいは水質濃度やその構成の変化が指摘され、水質変化から流出経路や流出機構が検討されてきた。

吉岡は、地滑り地域での渓流水の測定より、流量の増加とともに SO_4^{2-} 濃度は増加し、 HCO_3^- 濃度は減少することを示した。⁷⁾ また、多田らも造成農地における観測でほぼ同様の結果を示している。⁸⁾ なお、他のイオンは比較的安定するか、明瞭な傾向が認められない。通常 SO_4^{2-} 濃度に比べ HCO_3^- 濃度の変動幅が大きくその結果ECは流量とともに減少する。雨水に近い水質の比較的早い循環水の流出が顕著となり、基底流出成分が“希釈”されたものと解釈されている。

廣瀬は基盤岩の異なる山地流域について流量とECの関係を示し、流量の増加にともない全体としてはECは減少するが、花崗岩流域においてはECは増加する場合と減少する場合があることを指摘した。⁹⁾

さらに沖村らは傾斜地の小流域について流量増加にともない一時的にECが増加することを示し、実験により貯留水が押し出されたことを示した。¹⁰⁾

対象湧水の流量とECの関係をまとめたものが図-6である。流量増加とともにECが減少するいわゆる希釈型の湧水と、流量変化に対しECの変化が小さい安定型の湧水、流量の増加とともにECの増加する3つのタイプに大別できる。

図-7に、NT湧水の流量とECの時間変化を示す。同図によれば強雨にともなった第一ピーク時にはECは一時的に減少している。しかしその後流量の増加にともなってECも増加する傾向がはっきり認められる。降雨ピーク直後の流量ピーク時にはいずれの湧水にもECの減少がみられるが、その後はECの増加するものと減少するものに分けられる。この例では、沖村が示した押し出し、つまり流域内に貯留されたECの高い成分が流出したものと考えられる。

なお、傾斜地と異なり、台地の湧水では長期にわたって“押し出し”現象が認められることが注目される。そのメカニズムの詳細は不明であるが、図-1に示す凹地状の不透水層形状が関係すると考えられる。

一方、EC変化の極めて小さい安定型は流量の安定度も大きく、特異な流量、水質形成過程を示している。安定度Sの大きいOT、OHではそのEC変化は極めて小さい。比較的単純で大きな帯水層構造を持つためと考えられる。

4. まとめ

水環境計画の基礎資料として不圧帯水層である武蔵野礫層上、下端面図を作成し、その有効性を11点の水文、水質観測資料より検討した。得られた結論は以下の諸点である。

- ① 礫層下端面は、地下流動条件を大きく規定し、流出機構の骨格を形成するものである。
- ② 礫層厚D Gは湧水流出安定度Sの主要な支配要因となる。
- ③ E Cの平均値は礫層厚に関係し、粘土率の増加によって減少する。
- ④ 流量と電導度の関係から希釈型と押し出し型に分けられ、これらは礫層下端面形状と関係している。
- ⑤ 押し出し型では豪雨時には、2山ピークがみられる。

以上1 km²から数km²オーダーの地下水流動を支配する構造がほぼ明らかになった。

本研究をすすめるにあたって、東京都環境保全局、東久留米市、小金井市、小平市、国分寺市、小平市、田無市、日野市の関係各位より多大な協力をいただいた。

また、法政大学工学部中島氏、牧野氏には観測指導にあたっていただいた。

ここに記して謝意を表する。

【参考文献】

- 1) 山田啓一；都市河川の水循環機能の評価、水利科学、No. 181, pp1-19, 1988
- 2) 山田啓一；電導度による都市河川の自流量の推定、第14回環境問題シンポジウム講演論文集、pp13-18, 1986
- 3) 山田啓一；都市河川における水循環機能の評価、第15回環境問題シンポジウム講演論文集、pp48-53, 1987
- 4) 石川雅博；表層地質条件と地下水流動特性－武蔵野大地中北部を例として－、第47回土木学会年次講演会概要集、pp580-581, 1992
- 5) 新藤静夫；武蔵野台地の地下地質、地質雑、pp449-470, 1978
- 6) 細野義純；武蔵野台地の不圧地下水、「日本の水収支」市川他編著所収、古今君院、pp174-188, 1978
- 7) 吉岡龍馬；地すべり（4）地すべりと水－地球化学的調査（その1）、地下水学会誌第32巻、pp147-162, 1992
- 8) 多田明夫、堀野治彦、渡辺紹裕、丸山利輔；造成農地の水質変動とその特性－山林流域との比較－、水文水資源学会1992研究発表会要項集、pp122-125, 1992
- 9) 廣瀬孝；基盤岩石の異なる流域での流出と地中水の挙動について、水文水資源学会1992研究発表会要項集、pp28-31, 1992
- 10) 沖村孝、吉岡龍馬、李津；豪雨時における山腹表層内の地中水の分布と流出について、土地造成工学研究施設報告第7号、pp67-104, 1989
- 11) 東京都土木研究所；東京都総合地盤図（Ⅱ）、東京都地質図集4、1990
- 12) 環境管理センター；湧水量地下水位計測調査義務委託、1992
- 13) 小金井市；小金井市水域環境保全調査、1989
- 14) 国分寺市；湧水群等調査委託報告書、（株）水計画研究所、1988
- 15) 国分寺市；震災対策基礎調査報告書（地形、地質、地盤編）、1975