

1. はじめに

武蔵野台地は、関東ローム層で覆われた洪積台地で、ローム層の下は、武蔵野砂礫層が広く分布している。武蔵野台地には、台地内より発している中小河川がいくつかあり、それらは武蔵野砂礫層中の不圧地下水からの湧水を集めて流れるものである。本稿でとりあげた黒目川、落合川もそうした中小河川の一つである。このような不圧地下水からの湧水は、現在でも東久留市では上水道の水源として使用しており、生活の中で重要な役割をはたしている。従来より武蔵野台地は水に乏しく、古くからの集落は、台地面の崖線にそって存在する崖下泉や、不圧地下水からの湧水を溜めた池の付近に発達した。続いて、玉川上水が開削されたり削井技術が進歩したことなどにより、台地面上でも飲用水を得ることができるようになり、各所に集落が形成され武蔵野台地の開発が進められた。一方これら集落の家々では、家庭下水を排出する先がなく、そのため、いわゆる“逆さ井戸”（吸い込み槽）と称するものを設けて、ローム層中へ浸透処理する方法が一般に用いられてきた。これは、武蔵野台地での水循環を特長づける大きな要素であり、その様子は図-3に模式的に示すようである。

近年、都市域の拡大により黒目川流域は急速に市街化が進んでいる。それに伴って、吸い込み槽から不圧地下水中に混入してきている家庭下水の量も増加してきている。また、雨水排水溝や下水溝を通して河川に排出されてくる家庭下水の量も増加しており、河川の汚濁が著しい。本稿では、都市化によつてもたらされた不圧地下水の水質への影響を、吸い込み槽からの家庭下水の混入による一次的な影響と、汚濁された河川がもたらす二次的な影響とを地質構造を踏まえながら述べるものである。

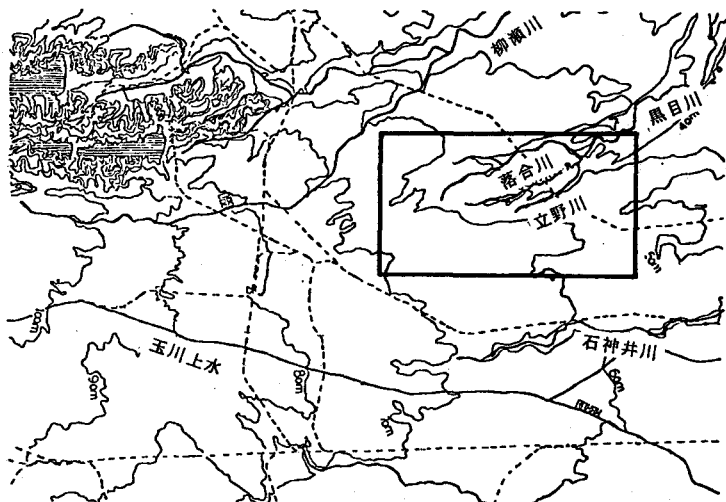


図-1 研究対象流域（武蔵野台地西部）

2. 対象流域の概要

対象とした流域は、荒川水系新河岸川支川黒目川の上流部である。黒目川は、小平市小平霊園付近にその源を発し、流域内各所に湧出する不圧地下水を集めて、途中落合川と合流して東北東に流れる河川である。

図-1は武蔵野台地の西部地区を示したものであり、図中で四角く囲った区域が、対象とした黒目川流域である。図-2は、黒目川流域部を拡大して示したものである。対象流

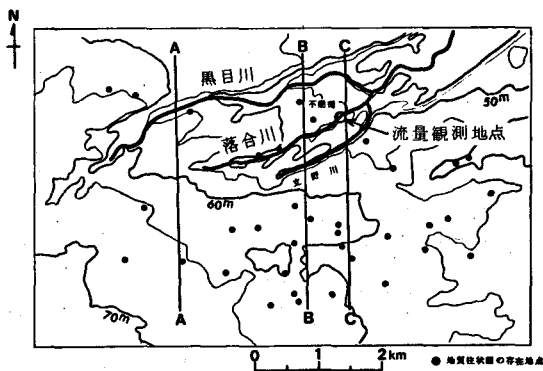


図-2 研究対象流域概要

域は東久留米市がそのほとんどを占めている。図-2中で●黒点はボーリング地点を示したものである。

武蔵野台地の地質構造の基本的な形態を概観すると、地表から5m~10m前後の厚さでローム層が覆い、その下位に10m前後の厚さで砂礫層が連なり、さらにその下に砂、シルト、粘土の互層よりなる海成の東京層上部が広がっている。この東京層上部が難透水層を形成し、その上の砂礫層およびローム層に不圧地下水が存在する。

黒目川流域は、古多摩川の乱川支川の一つであつたと考えられ、不圧地下水の滯水層を形成している武蔵野砂礫層は、ボーリング資料などより東北東に約1/200前後の勾配をもっている。地形勾配もほぼこれと同様であり、河川は砂礫層の傾斜方向に流れている。黒目川、落合川、立野川の上流部を踏査すると、河道に沿って砂礫層の露頭が、各所で観察され、河道の勾配と砂礫層の勾配とが同程度であることがわかる。砂礫層の露頭部からは、不圧地下水の湧出が観察される。尚、砂礫層の透水係数は、筆者の試算と他の資料などより推定して、 $10^{-1} \sim 10^{-2}$ のオーダーの値であろうと考えられる。

図-4は、図-2中に示されているA-A, B-B, C-Cの位置での地質構造の状態を模式的に示した地質断面図である。図-4は、図-2中に示されているボーリング地点での地質柱状図を参考にして、筆者が作成したものである。

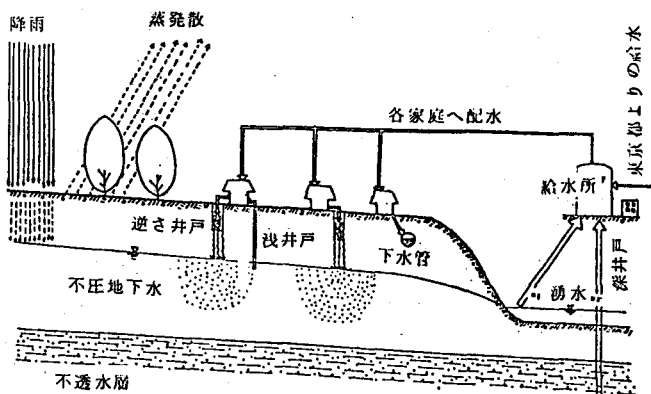


図-3 武蔵野台地における水循環機構の概念図

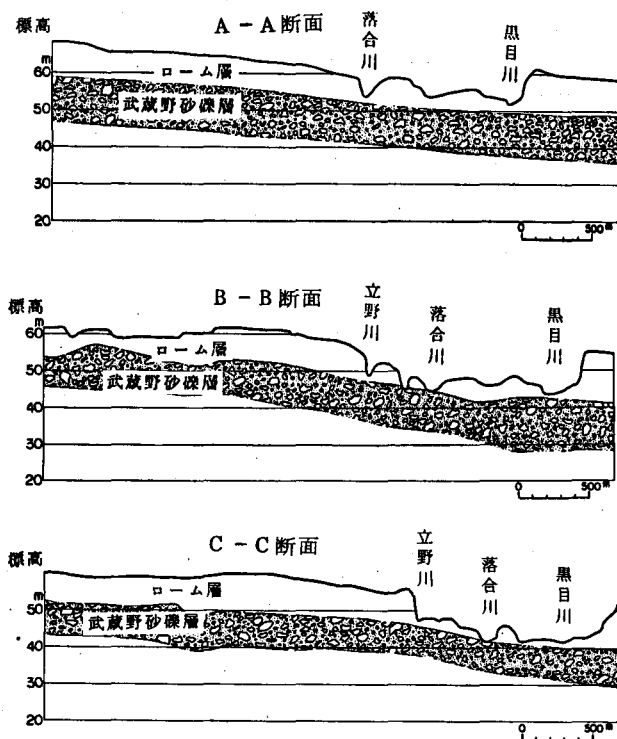


図-4 地質構造断面図

3. 落合川の河川水質

(1) 電気伝導度計による測定

上述のように、黒目川、落合川、立野川の三河川は各所に砂礫層の露頭が観察され、本来ならば湧水が流下している清流のはずである。しかしながら、流域内の都市化による影響を受け、家庭下水の流入量が増加し、河川の水質汚濁が著しい。そこで、家庭下水の流入による河川の水質汚濁状況の把握と、流域内の踏査を目的として、電気伝導度計を用いて、落合川の河道に沿って河川水、湧水、流入してくる家庭下水の電気伝導度の測定を行つた。電気伝導度計は、取り扱いが簡単で、持ち運びができ、電気伝導度が直接に水質汚濁の指標にはなり得ないが、相対的な汚濁の程度を知るのには便利である。

測定は、落合川の最上流部より始めて、下流へ約1.5 Km下つた比沙間橋までの区間で行つた。図-5

は、各測定地点と各測定値を示したもので、図-6は、各測定値を路離を横軸にとつて図化したものである。測定日時は1977年、6月17日午後2時から3時の時間帯で行つた。図-5, 6より、湧水の電気伝導度は、ほぼ一定値(200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 前後)であることがわかる。他の場所においても同じ様な測定結果であつた。これに対して、河川水の電気伝導度は、流入下水の影響を強く反映していることがわかる。流入下水の電気伝導度も測定場所によつて異なつた値(300~400 $\mu\text{S}/\text{cm}$)を示した。

図-7は、河川水と流入下水量の電気伝導度を一昼夜にわたつて測定した結果を示したものである。測定地点は、図-5に示した様に、河川水は水川神社裏手の比沙聞橋、流入下水は、▲4の下水溝でそれぞれ行つた。測定日は6月17日~18日。同日及び前日には降雨はなかつた。

図-7によれば、流入下水の電気伝導度は一日のうちでも大きく変化しており、午前8時~10時頃と、午後5時以降に高い値を示している。下水の電気伝導度の変動パターンは生活リズムを考え合せれば、ほぼ常識的な結果であろう。河川水の電気伝導度も、ピーク時間に若干のずれはあるものの、ほぼ下水の変動状態に追随するように変化していることが認められる。

一方、雨水の電気伝導度は約20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、人的影響が無いと考えられる丘陵地でのローム層中の不圧地下水で約50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であつた。これらの値に比較して、武蔵野台地での不圧地下水からの湧水の電気伝導度は非常に高い値である。これは、先に述べた吸い込み槽からローム層中へ長透排水された家庭下水の不圧地下水中への混入によるものであると考えられる。

(2) Cl^- , Na^+ , K^+ イオンによる水質測定

電気伝導度計での測定結果に現われた生活リズムを反映した水質の変動を更に詳しく調べることに、河川水に占める下水量と湧水量を把握することを目的に、再び、河川水と流入下水の水質調査と河川水の流量調査を一昼夜にわたつて行つた。測定日時は、1977年6月29日~30日にかけて行い、同日及び前日に降雨はなかつた。測定地点は、河川水のサンプリングと河川流量の測定を黒目川と落合川の合流地点より、

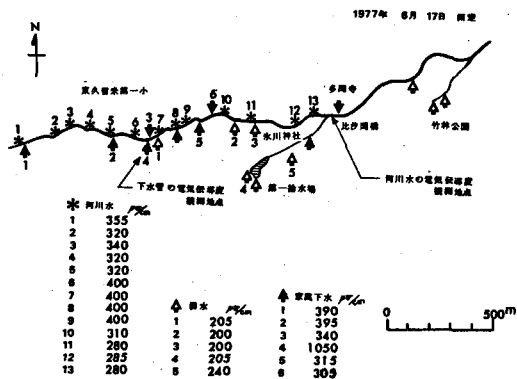


図-5 落合川における電気伝導度の測定(測定値及び場所)

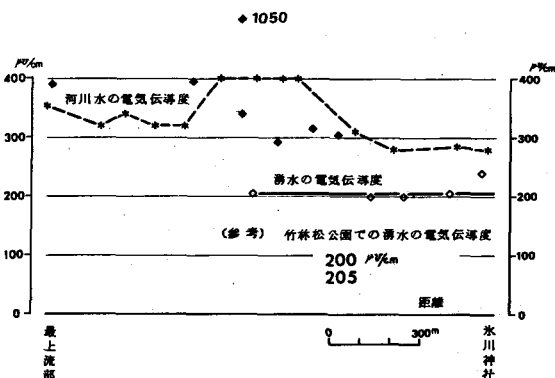


図-6 落合川における電気伝導度の測定(河道に沿つて)

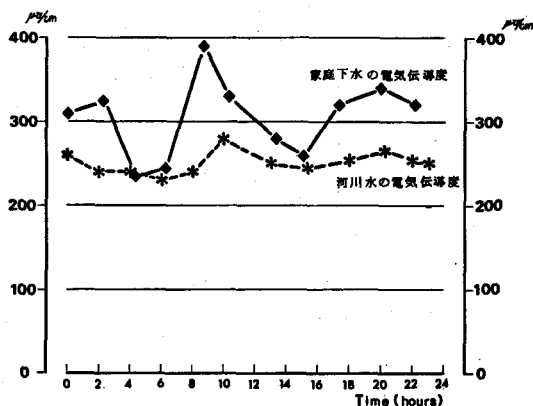


図-7 落合川における電気伝導度の測定(一昼夜測定)

約700m上流の不動橋地点(図-2参照)で行った。流入下水のサンプリングは、電気伝導度測定地点と同じ▲4地点の下水溝で行った。水質調査項目は比較的生活に関連している示標であるとして、塩素イオン(Cl^-)、ナトリウムイオン(Na^+)、カリウムイオン(K^+)の三項目を選定した。測定方法は塩素イオン濃度は硝酸第二水銀法、ナトリウム及びカリウムイオンは炎光光度計を用いて測定した。尚、水質試験にあたっては筑波大学大学院(当時)塩原明彦氏の協力を得て行なった。流量測定には広井式流速計を用いた。河川水、下水のサンプリングと流量測定はほぼ同時刻に、2時間間隔で行った。河川水質測定地点と下水水質測定地点とは約2.5Kmの隔りがある。

図-8は下水水質の一日の変動、図-9は河川水質の一日の変動、図-10は河川流量の一日の変動の結果を示したものである。下水の水質変動を見ると、電気伝導度計による測定結果と同じ様に日常の生活リズムの影響が顕著に表われている。河川水の水質変動が下水の水質変動ほど顕著でないのは、河道に沿って他の地点からの下水流によつて平滑化されたり湧水の流入によつて希釈されるためと考えられる。河川流量の変動にも生活リズムの影響は著しく表われており、その変動は下水水質の変動と一致している。

下水の水質変動結果より午前4時~6時の間で各水質濃度が最も低く、塩素イオン濃度においては、湧水の塩素イオン濃度と同程度である。この時間帯においては、家庭下水の流入は極めて少ないと考えられる。河川流量変動結果においても午前4時~6時までが一日の最低流量を示している。従つて、この時の流量が、ほぼ落合川の基底流量(不圧地下水からの湧水が占める分)であろうと考えられる。基底流量は一日を通してほぼ一定していると考えられる。従つて、図-10の流量測定結果より見てこの時点での不圧地下水からの湧水量は約300ℓ/秒であると推定される。又、家庭下水の流入量は、ピーク時で約130ℓ/秒であつたと考えられる。

流域内の都市化に伴つて家庭下水の流入量は増加の傾向にあり、反面、台地面の開発により降雨のローム管中への浸透量は減少し、湧水量も年々減少の傾向にある。その結果、河川の水質は増々悪化することにな

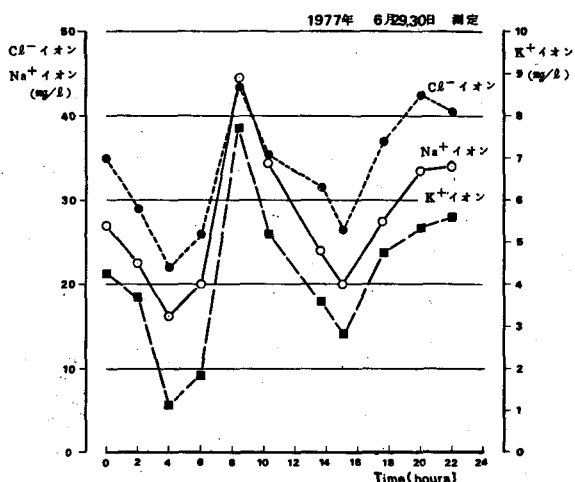


図-8 落合川への流入下水水質変化

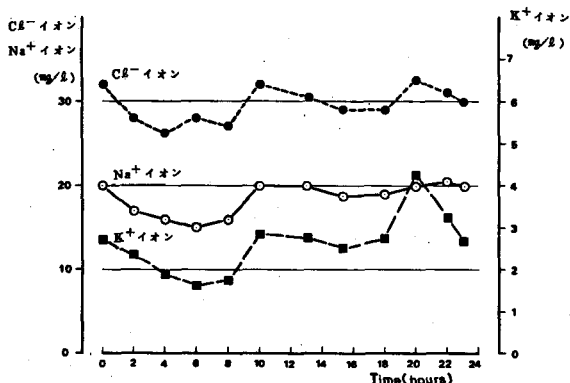


図-9 落合川水質日変化

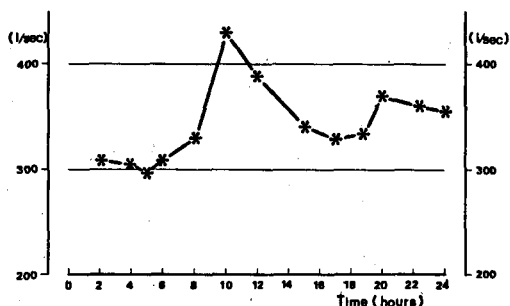


図-10 落合川流量日変化

る。河川水質の悪化は又、不圧地下水の水質へも影響を及ぼしている。表-1 昭和10年、矢嶋による不圧地下水水質調査結果

4. 流域内不圧地下水水質への都市化の影響

図-3に示されているように、武蔵野台地では家庭下水の処理方法として、吸い込み槽からのローム層中への浸透処理方式が一般的に行われている。黒目川流域内においても相当数の家庭が吸い込み槽方式を用いている。その結果、浸透した下水が不圧地下水に混入してきていることは明らかである。

図-11は不圧地下水の塩素イオン濃度の分布を示したもので昭和46年に、田無保健所が実施した東久留米市の飲料用浅井戸の水質調査資料に基づいて筆者が作成したものである。図-12, 13, 14も同資料に基づいて作成したものである。図-11によれば、昭和46年当時で塩素イオン濃度は約20～30 mg/ℓの範囲で分布していたことがわかる。参考として、表-1に昭和10年に矢嶋仁吉が武蔵野台地の地下水調査を実施した際の不圧地下水の塩素イオン濃度の試験結果を示した。昭和10年当時も吸い込み槽を用いて家庭下水を処理していたであろうが、表-1の値を見る限りでは、不圧地下水の塩素イオン濃度は、ほぼ雨水の塩素イオン濃度(1～3 mg/ℓ)に等しい。昭和10年当時の値と比較して、昭和46年での不圧地下水の塩素イオン濃度はかなり高い。不圧地下水の水質は、一年を通して、降雨期、渇水期によつて変化すると考えられるし、年間降雨量も年によつて異なり、渇水年、豊水年によつても不圧地下水の水質は変化するであろう。しかしながら、図-11に示された塩素イオン濃度は明らかに人的な影響によるものであり、流域内の人口増加に比例して変化してきている。

更に図-11を注視すると、塩素イオン濃度の分布状況に特長的な傾向が見い出せる。即ち、下流側にゆくにつれて濃度が高くなつてきている。図-12はアンモニア性窒素、図-13は亜硝酸性窒素の検出状況をプロットしたものである。図-12, 13についても同様のことがいえ、下流側に検出件数が多いことがわかる。しかしながら、下流側の方が人口密度が高く家庭下水の浸透の影響を受けやすいという事実はなく、むしろ上流側の方が人口密度は高いほどであった。

この原因として、河川水による影響が考えられる。即ち、図-4に示されている地質構造図を見てわかる様に三河川は砂礫層に接する様に流れており、事実、河川沿いには各所で砂礫層の露頭が観察される。更に、砂礫層は、河川の流れと同方向に傾斜しており地下水の流れは

番	探水場所	水面迄の深さ m	Cl ⁻ mg/l	備考
1	小平村小川	12.0	1.5	井戸
2	三ヶ島村内手	1.5	2.5	井戸
3	村山村旗敷	0.5	18.7	井戸
4	狭山池	—	0.2	池
5	三ヶ島村	—	0.9	湧泉
6	東京天文台前	—	0	湧泉
7	砂川村九番	9.5	1.4	井戸
8	長岡村下師岡	9.0	1.3	井戸
9	國生村	26.0	0.5	井戸

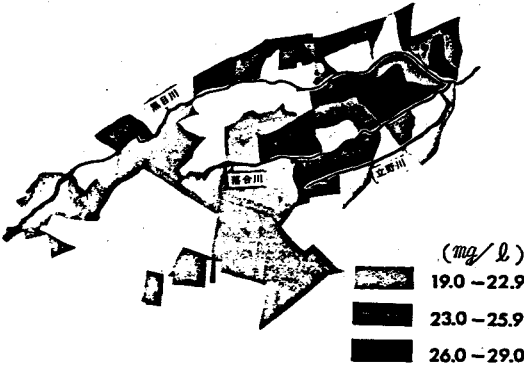


図-11 下圧地下水Cl⁻イオン濃度分布

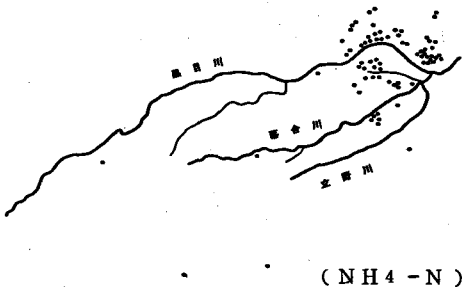


図-12 不圧地下水アンモニア性窒素検出状況



図-13 不圧地下水亜硝酸性窒素検出状況

東北東に向つていると考えられる。従つて、これらのことより、家庭下水の直接的な流入によつて汚濁された河川水が、河床の砂礫層を通じて不圧地下水と混合しているのではないかと考えられる。特に地下水位の低下する渇水期には、河川水の混入は十分に考えられる。



図-14 不圧地下水大腸菌検出状況

5. まとめ

以上、武蔵野台地黒目川流域を対象に、都市化による不圧地下水の水質への影響について検討してきた。都市化による影響は著しいものがあり、吸い込み槽からの不圧地下水中への家庭下水の混入量は今や無視できない量になっている。更に河川への家庭下水の排出量も増加してきており、河川水質の汚濁が進行してきている。このことが再び不圧地下水の水質に影響を及ぼす原因となつている。

尚、定量的な検討については参考文献(4)を参照されたい。

謝辞： 本研究を遂行するにあつて、貴重な資料を提供いただき、格別の御好意を賜りました自治省消防研究所細野義純氏に心より感謝いたします。また研究の意図を御理解いただき心よく資料を提供して下さいました東久留米市水道局の方々にお礼申し上げます。本研究において、最後まで御協力をいただきました、東京大学生産技術研究所虫明功臣助教授ならびに東京大学工学部高橋 裕教授、安藤義久助手に感謝の意を表します。

参考文献と資料

- 1) 自治省消防研究所技術資料、第1～3号
- 2) 矢嶋仁吉：武蔵野台地の地下水、陸上水雑誌 Vol 5
- 3) 平田重夫：本郷台・白山における不圧地下水の涵養機構、地理学評論、44-1、1971
- 4) 水谷、虫明：武蔵野台地における水循環機構に関する研究、第25回水理講演会論文集、1981
- 5) 新藤静夫：武蔵野台地の地下地質、地学雑誌 Vol 78、No. 7
- 6) 矢嶋仁吉：武蔵野の地質構造、陸上水雑誌 Vol 5