

(26) 水循環システムの都市化による変化

Hydrological Systems in Urbanized Area

山田 啓一

KEIICHI YAMADA*

ABSTRACT; To evaluate change of hydrologic systems due to urbanization, 16 year observed data were analysed at N-spring and S-spring. Each spring has close Cl-value but has different EC value.

Multi-layer model was derived to estimate both spring discharge and EC value. From the result of field experiments on storm water infiltration pit, spring discharge may be able to increase more than 24l/s at Koganei City by installing infiltration pits at each house and building.

KEY WORDS; hydrologic systems, urban area, spring discharge, infiltration pit, multi layer model

1. はじめに

ローム台地の水循環は、厚い浅層地下水帯と台端部の豊富な湧水によって特徴づけられる。湧水は農業用水・生活用水として古代から人間生活を支えてきた。また、昭和初期には、大小の水車が設置され動力源としても産業基盤となっていた。湧水群と産線の緑地帯は、独自の生態系をつくり、神社仏閣が建立され、文人・画人が愛し、台地と「はけ」の文化を育んできた。ローム層は垂直方向の浸透性が顕著で、雨水は浸透するか窪地に溜るかで、表面流や河谷の形成は微弱であった。この地域における都市化の進展は、洪水時の河川流出量の増加だけでなく、従来はほとんど地下に浸透していた少雨時においても雨水管によって排出され下水処理施設の負担を増している。また深度10m以上の地下構造物の建設は、地下水脈の遮断や縮小など地下水流動系に影響を与えている。

このように水循環システムの都市化による変化は、地下水位を低下させ湧水量を減少させ、平水時にも及んでいる。一方、水循環の中心となる浅層地下水は、水位の場所的・時間的変動が大きく、経年変化と都市化の影響を評価することは、観測資料の制約から困難が多い。また個々の湧水と地下水との関係は地形及び地下水面勾配が緩やかなため地下水面だけでは判断しがたい。湧水の涸渇現象もこうした特性を反映して、その現れ方は場所的にも季節的にも一定しない。台地の表層を形成するローム層のMACRO PORE的性質や粘土層の介在のどにより特定の「水みち」が形成され、湧水を中心とした水循環システムを考える場合その空間的境界を把握することが重要である。

本研究は、武蔵野台地台端部から流出する隣接した2湧水について流量と水質観測値から多層モデルにより流出特性を検討し雨水浸透法による保全策を考察した。

2. 湧水量とその経年変化

2.1 対象地域の概要と湧水量 東京都小金井市内にある対象湧水は図-1に示すように比高10mの国分寺産線に沿っている。N湧水(貫井神社)流末には1923年に開設された貫井プールがあり、1960年代でも、24時間で満水(1200m³)になった。流量になおせば14l/sとなる。S湧水(滄浪泉園)は、都立公園として住民に親まれている。表層地質は、層厚8mのローム層の下部に2mの粘土層、さらに4~5mの粒径5~20cmの砂礫層がある。湧水はこの砂礫層から浸出している。かつては上層のローム層中にも帯水していた。N、S湧水の既往の流量観測データをまとめると図-2のようであ

る。両湧水ともに降雨量の多寡により大きく変動している。観測数が少ないので経年変化を抽出することはできないが、N湧水の方が流量変動が大きいことが判る。図-3に観測日前の2ヶ月間の降水量と流量の関係を示した。同図によると、S湧水については、降水量に対する湧水量に減少傾向が認められるが、N湧水については明瞭ではない。

2.2 湧水水質と流出特性 塩素イオン濃度CIと電導度ECを図-4に示す。CIはS湧水が小さいが、ほぼ共通する値域を持っている。これに対して、ECはS湧水がはるかに小さい。すなわち、N、S湧水はECから見て異なった水系であると判断される。図-5に流量とECの関係を示した。同図によるとS湧水では流量増とともにECは大きく減少している。N湧水は逆に流量増とともにECも増大していることが認められる。ECは水中にイオンとして溶出した物質の量を反映しているが、人間活動によって増大するCIは両湧水ほぼ同程度の値を示しており、両湧水におけるECの差は、地下水の地中滞留時間や流下距離のちがいを反映したものと考えられる。またECと流量の関係が両者で異なることも、隣接した2湧水であっても異質な流出機構を持つことを暗示し興味深い。

3. 地下水と湧水の水文観測と多層モデルによる解析

3.1 水文観測 87年11月から88年の1月の3ヶ月間、図-1に示す6本の浅井戸とN、S両湧水の水位・水質・流量の隔日観測を行った。浅井戸のECとCIの関係は2章で述べた湧水の既往観測結果とほぼ一致し、CIの変動幅は両水系に共通するがECはN系とS系の井戸では大きく異なっている。湧水についても全く同様である。

3.2 多層モデルによる湧水量の推定 流量と水位を同時に推定する2段のタンクモデルを作成し、流出機構を検討した。(図-6) ECは滞留時間に関係すると考え、上段タンクには $130\mu s/cm$ 、下段タンクには $230\mu s/cm$ を与え、流出孔、浸透孔の値を試行錯誤法により、流量とECが一致するように求めた。なお、有効降雨は一率に降雨量の40%とした。図-7に推定結果を示す。流量、電導度ともに基本的傾向を捉えよい結果を得ている。N、S両湧水の流出特性の差は浸透孔によって表現され、N湧水はS湧水の4.5倍の大きさを持っている。流出解析の結果N、S両湧水の流域面積はそれぞれ $2km^2$ 、 $1km^2$ と算定された。なお、観測期間が減水期に限られているため、パラメータの物理的意味や、モデルと帯水層の関係についてはさらに検討を重ねる必要がある。

4. 下水道による雨水排水と屋根雨水浸透による水循環システムの保全

4.1 下水道による雨水排水 下水処理場への排水量から、水道使用量(汚水量)などを差し引いた水量は雨水または不明水として行政単位毎に処理面積で配分され、東京都の場合汚水、雨水ともに $38円/m^3$ の維持管理負担金を支払っている。

表-1は小金井市域における汚水量、雨水量と降水量の経年変化をまとめたものである。雨水(排水)量は年降雨量に大きく関係するが、汚水量とほぼ同量で、降雨量の40~60%を占めている。

4.2 浸透マスによる雨水浸透 小金井市では、下水道の負担軽減と湧水保全を目的に、屋根雨水を浸透させるよう行政指導を検討している。小規模で安価で維持管理の簡便なコンクリート製、側孔つきの浸透マスを試作し、注水実験を行った。透水マスについては多くの研究結果が報告されているが、設置される表層地質、地被条件によって異なるとされている。表-2に示す結果では、マスの違いもあるが武蔵野地中部に位置する当地域の浸透能力が特に優れていることが判る。なお、A地点は20年間表面を舗装され、雨水浸透による「水みち」が形成されていない市役所構内の値である。これに対して、公園内に設置されたB地点の値が極めて高いことが注目される。

4.3 屋根雨水浸透による水循環システムの保全 小金井市域(下水道普及率100%)において、屋根雨水の地下浸透の水循環機構における位置と可能性について検討する。市内の建築棟数と平均屋根面積は、それぞれ26865棟、 $100m^2$ である。市域に占める屋根面積比率は24%となる。

東京都の資料によると、都内での降雨強度 $10mm/hr$ 以下の降雨は全降雨量の80%であるとして

いる。表-1なども勘案して、次式のように年間の水収支を概算する。

$$P \text{ (降水量)} 1300\text{mm} = E \text{ (蒸発量)} 500\text{mm} + R \text{ (直接流出量)} 500\text{mm} + S \text{ (浸透量)} 300\text{mm}$$

$$G \text{ (地下浸透量)} = A \text{ (総屋根面積)} \times S = 800,000\text{m}^3$$

これを流量に換算すれば $Q = 25.6 \text{ l/s}$ となる。

この値は現在の小金井市内での湧水量の2~4倍である。注水実験の結果によれば、工費一万円程度で一般住宅の屋根雨水はほぼ地下浸透が可能である。

5. まとめ

台端部より湧出するN、S2つの湧水について16年間の流量、水質データより、都市化による変化と流出特性を検討した。また、地下水と湧水の連続観測から、ECと流量を同時に推定する多層モデルを考案し、両湧水の流出機構を考案した。ECが地下水の滞留時間に関係する指標であることが明らかになった。

ローム台地のように複雑な浅層地下水帯の構造を持つ場合には、地下水位と共にECの測定解析が重要な手掛りとなる。

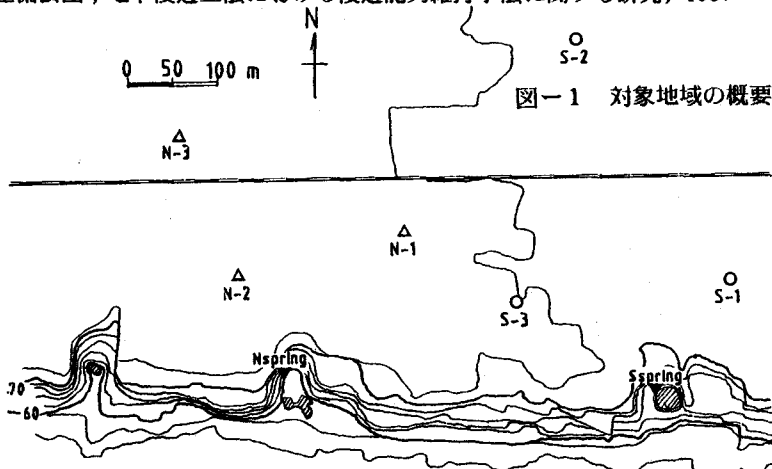
浸透マスの注水実験の結果、武蔵野台地での浸透能力の高さが示され、とりわけ常時雨水浸透による「水みち」が形成されている非被覆地域での浸透能力が大きいことが判った。安価で小型な浸透マスによる屋根雨水浸透により、湧水量は現在の2~4倍になると推定され、水循環システムの保全方向が示された。

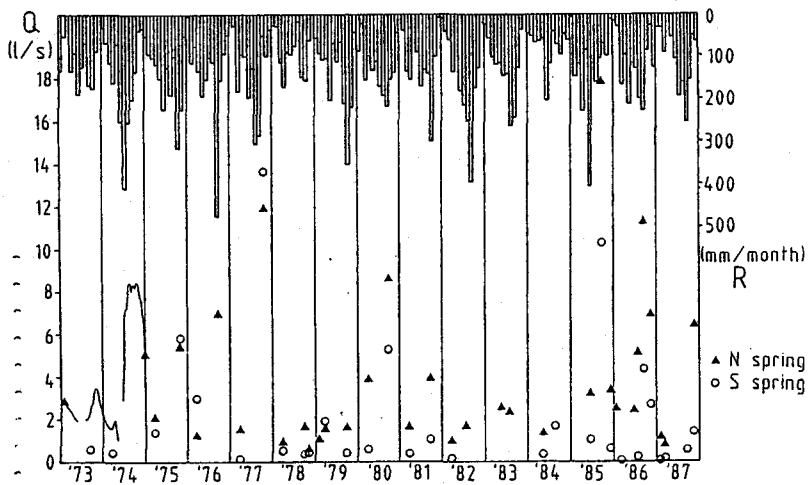
地下水帯のmacro poreや「水みち」について近年注目されてきたが、個々の水循環システムを検討する場合には特に重要である。

本地域で4本の観測井を掘り自記水位、水質観測を開始し、より詳細な検討を試みる予定である。

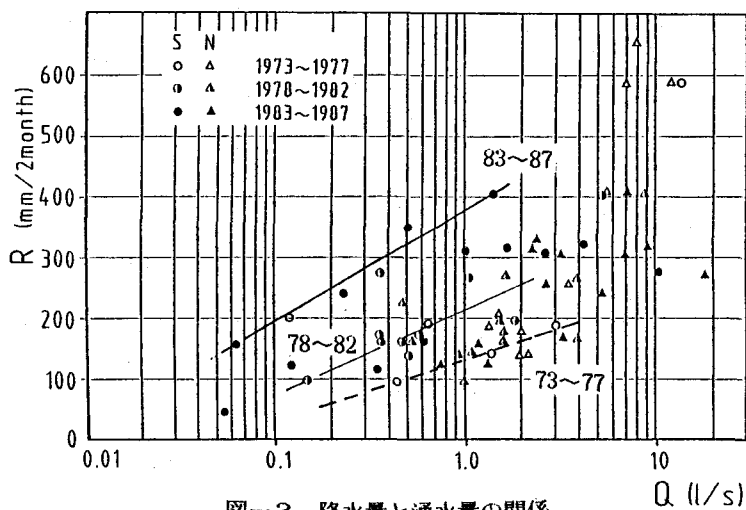
参考文献

- 1) 山田啓一；都市河川の水循環機能の評価，水利科学，No.181, pp.1-19, 1988
- 2) 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，pp.174-188, 1978
- 3) 三多摩問題調査研究会；野川流域の自然，1976
- 4) 新井正ほか；東京都の中小河川流域の湧水と河川流量・水質，1986
- 5) 環境管理センター；野川水域環境調査業務結果報告書，1986
- 6) 環境管理センター；湧水環境調査業務結果報告書，1986
- 7) 東京都環境保全局；個別住宅における雨水浸透の手引き，1987
- 8) 建設省土木研究所；浸透型流出抑制施設の浸透能力把握手段に関する調査報告，土研資料2126号，1984
- 9) 住宅都市整備公団；地下浸透工法における浸透能力維持手法に関する研究，1987





図一2 湧水量の経年変化



図一3 降水量と湧水量の関係

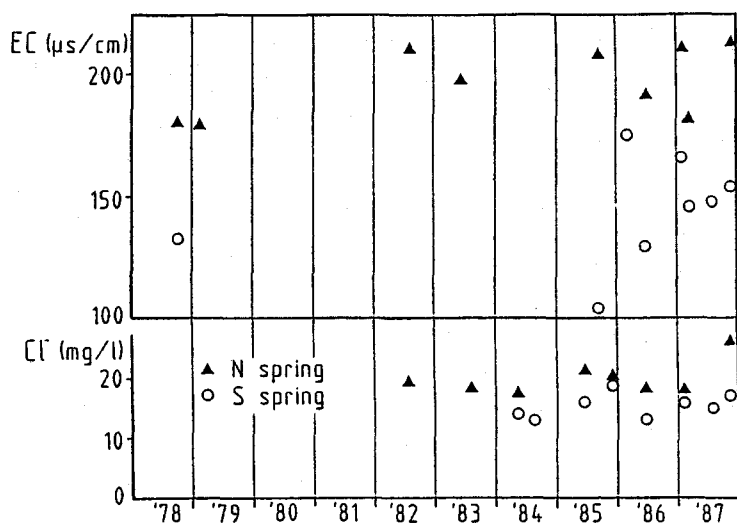


図-4 湧水の水質

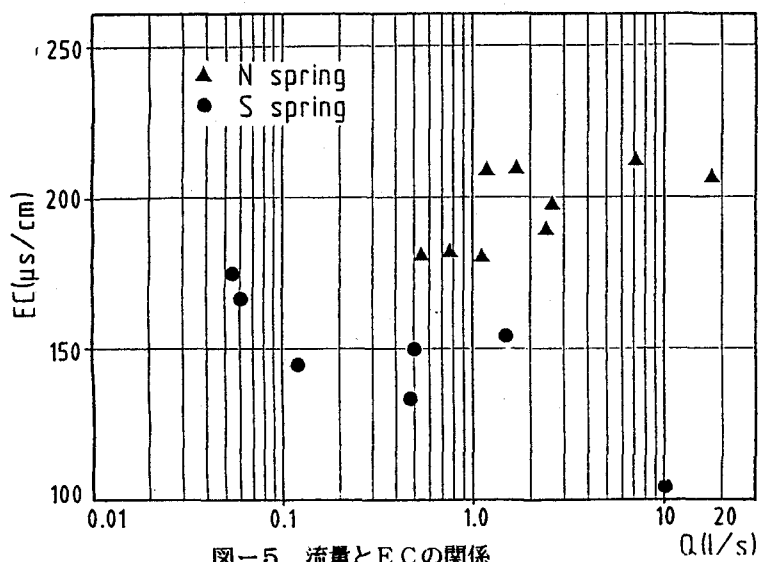


図-5 流量とECの関係

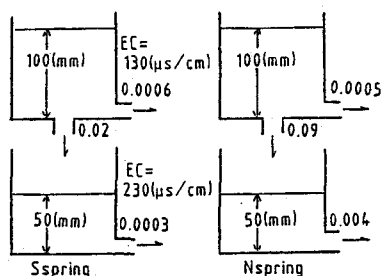


図-6 多層モデル

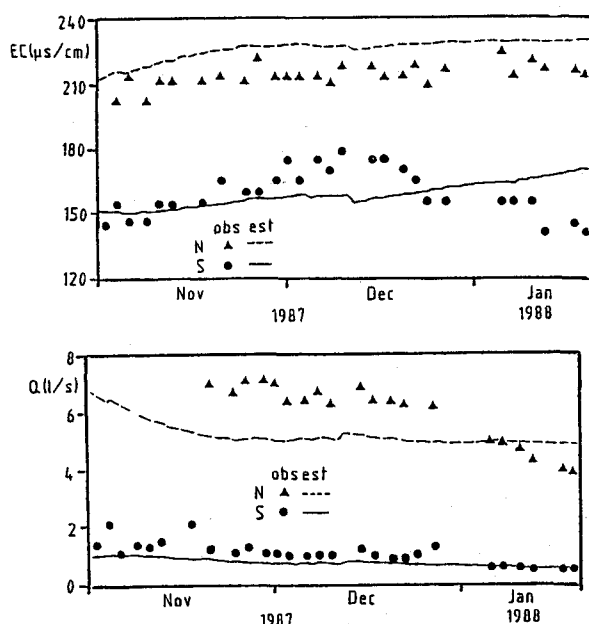


図-7 多層モデルによる解析結果

表-1 小金井市域における汚水量と雨水量

年度 (年)	降水量 (mm)	処理面積 (ha)	汚水量 ($\times 10^4$ mm)	雨水量 ($\times 10^4$ mm)	雨水/面積 (mm)
1976	1.635	482	354	363	754
1977	1.445	563	443	455	808
1978	1.071	698	601	279	400
1979	1.622	808	707	493	611
1980	1.414	940	792	676	719
1981	1.332	1047	825	577	551
1982	1.721	1047	983	617	589
1983	1.327	1047	1013	501	478

表-2 浸透マス注水実験結果

ケース	型式(mm)	底面積 $A(m^2)$	湛水深 $H(m)$	注水量 $Q(m^3/hr)$	$q = Q/A/H$
A(市役所)	丸型(360)	0.102	0.4	0.60	14.72
B(公園)	角型(300)	0.090	0.4	1.30	52.78
"	丸型(300)	0.070	0.4	1.90	46.40
建土研*	"(690)	0.374	0.6	0.47	2.10
住・都公団**	"(500)	0.196	0.2	1.20	30.62

* 文献8)による。

** 文献9)による。