

湧水長期流動解析による雨水浸透柵の涵養効果の検証

AIHARA, Jun / 藍原, 惇

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

60

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

4

(発行年 / Year)

2019-03-31

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00022060>

湧水長期流動解析による雨水浸透柵の涵養効果の検証

Verification of recharge effect of stormwater infiltration inlet by long-term spring flow analysis

藍原 惇

Jun AIHARA

指導教員 滝沢 誠

法政大学大学院理工学研究科システム理工学専攻修士課程

It is dotted with many springs on Musasino terrace spreading in the west of Tokyo. There springs and groundwater system are a part of water circulation. In this research, four springs and surrounding wells of Musashino terrace were investigated. In order to clarify those charge mechanisms and an outflow mechanism, the relation of discharge, water quality, and groundwater run off system was researched. Also, Verify the recharge effect of stormwater infiltration inlet

Key Words : springs, mechanism, stormwater infiltration inlet,

1. はじめに

近年の都市化に伴いアスファルトやコンクリートの舗装面が増え、下水施設も充実したことから、降雨後に地下に浸透する雨水の量が減少し、地下水の減少や湧水や河川の水枯れといった水循環の悪化が指摘されている。これを受け、雨水浸透事業として雨水浸透柵の設置が全国各地で奨励されているがその地下水への涵養効果の実証的な記録はない。

そこで、地下水位や湧水量、水質などの継続的なモニタリングにより水循環の実態把握を行い、都市化による土地利用の変化と水収支バランスに配慮した効果的な地下水涵養施策を模索する。

研究の対象地域である洪積台地の崖線湧水は、地表面下の10数メートルに地下水面を持つ浅層地下水態からの流出水を大半とする。

地表面から地下水面までの不飽和帯はローム層、粘土層、砂礫層等から成り、鉛直方向の MatrixFlow と鉛直ないし横方向の Preferential Flow とが卓越する場でもある。

特に物質輸送の観点から Preferential Flow の役割が極めて大きいことが指摘されている。

しかし、これらの詳細な実態はほとんど未解明であり、ライシメーターなどの実験装置による限られた測定値、あるいは丘陵斜面の観測値等しかない。

近年、台地を含む小起伏の流域内での地層線紀行の解明と関連して、改めて水量・水質の統合的な解析が進められている。

そこで、本研究は隣接した4つの崖線湧水群について、流

量と電導度の自記観測および水質の定期観測、加えて流域の土中水分、伝導度、水温観測および地下水の水質と自記水位観測等から MatrixFlow と Preferential Flow に注目して水循環の実態把握を行う。

また、それら流動解析により、各湧水個別の集水範囲を特定し、長期間の土地利用と地下水位、湧水流量の経年変化から雨水浸透柵の涵養効果について検討する。

2. 方法

主な、観測としては崖線沿いの4つの湧水地点と、小金井市全域に所在する計19箇所の井戸で現地調査を行い、湧水では流量と水深の高さ、井戸では地下から地表面までの水位の高さを計測する。さらに、各地点において採水を行い、イオン濃度、ph、電気伝導度などの水質項目を測定することでデータ化し様々な視点から継続的にみた水環境を解明する。

図1に観測地点の地図を示す。W-1~19とかかれた地点が井戸、N,S,T,Aで書かれた地点が湧水である。



図1 井戸及び湧水の所在地

3. 流出特性

次に過去5年間の4湧水の流量の経時変化を示したグラフを図2として以下に示す。

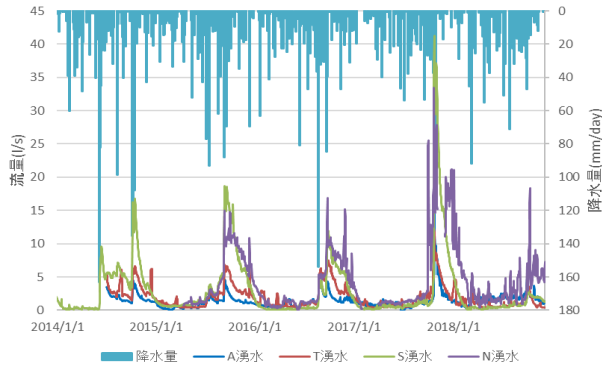


図2 湧水の流量と降雨量の関係

図2より、一定量のまとまった降雨量が観測されるとそれに応じてそれぞれの湧水も流量が増加することがわかる。

しかし、4つの湧水は小金井市に位置しそれほど距離に関しては大差ないが、流量変化には違いがみられる。

A, T 湧水は共に流量が少なく変化の様子も似ているのに対し、S, N 湧水はピーク時にはA, T 湧水の流量の2倍以上となり流量の減衰期の変化にも違いが見える。特にN 湧水の減水期間には降雨量が少ない時にも流出に小さなピークがみられるなど降雨流出のレスポンスが非常によくなっている。このように同じ降雨における流量の変化にはそれぞれ特徴がみられる。

本研究では、9月から10月の大雨が降ることによる流量の大きな増加時期を高水期、2月から8月あたりの降雨量が少なく流量もわずかで安定している時期を低水期と定義した。

図3に硝酸濃度の変化を示す。低水期から高水期への移行変わりの時期にかけて硝酸濃度にも変化が見られ、流量の増加とともに流動経路に変化があることが推定された。

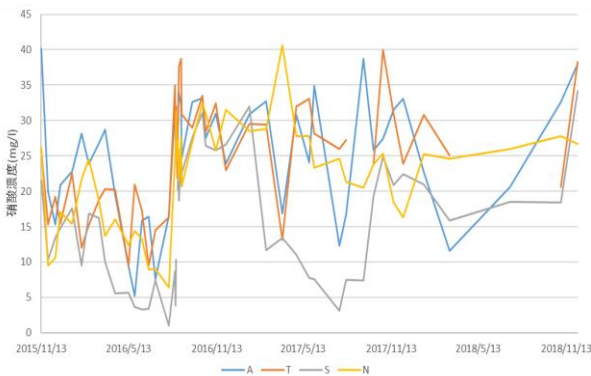


図3 4湧水の硝酸濃度の推移

次にA 湧水の流量と周辺井戸の地下水位の関係を図4、観測井戸計19か所の年間の井戸水位と降水量の関係を示すグラフを図5、土中水分量と降水量の関係を図6に示す。

湧水流量と周辺井戸の水位はそれぞれ相関関係にあった。

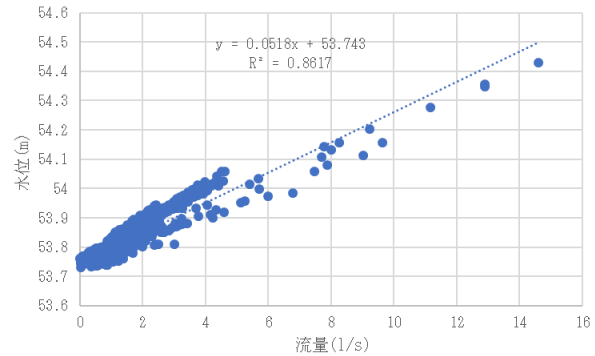


図4 A 湧水流量と地下水位の関係

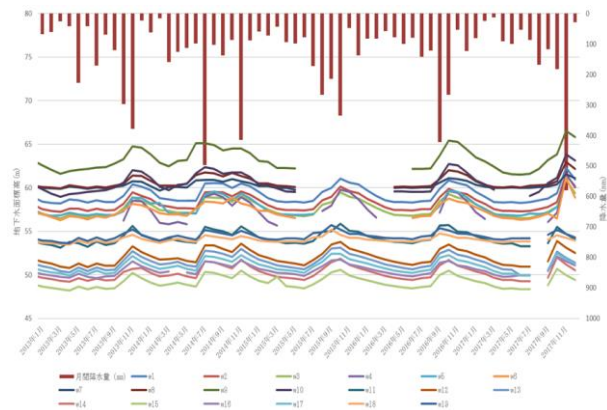


図5 小金井市の地下水位と降水量の変化

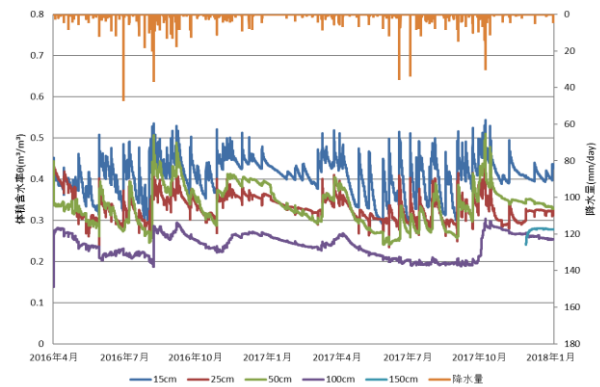


図6 土中水分量と降水量の関係

年間を通して地下水変動図を見た場合、降雨がないにも係わらず水位が一方的に上昇傾向にあるケースが時々見られる。この原因を土壌帯の存在にあると考え次の通り整理した。

関東ローム層が厚く堆積する武蔵野台地の地下水を対象とする場合、土壌保留水分が地下水に及ぼす影響が長

期にわたるので、考える水位の前の降雨期間を何日間に取りかて降雨と水位の相関係数が異なってくると考えられる。よってそれに伴い最適降雨期間を求めることにした。

ここでは対象日 15 日前,45 日前,75 日前,105 日前,135 日前,165 日前までと累積降雨期間を長くとしていきその累積降雨期間雨量と水位の一時直線回帰を行うことにより整理した。

それを図 7 に示す。図 7 より累積降雨期間を長くするに従い相関係数が最も高かったのは w1~w17 で 105 日~135 日,w18~w20 で 45 日であり,その相関係数は全井戸で 0.8 以上の強い相関であった。

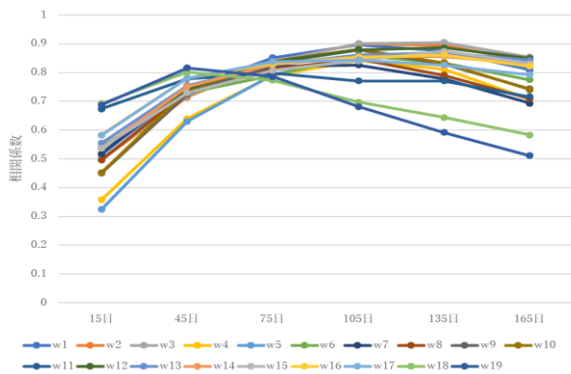


図 7 最適降雨期間の推定

4. タンクモデルによる流出解析

これらのデータをもとに,A,T,S,N 湧水のタンクモデル法を用いた流量解析を行った。その結果を図 8~11 に示す。また,推定された集水面積を表 1 に示す。

A,T 湧水は降雨の少ない時期でも多少の流量の変動がみられるがこれは第 1 タンクの流出孔高をやや低くし流出係数をやや大きくすることによって第 1 タンクからの流出で再現した。

S 湧水の特徴である降雨のあまりない時期の増減の少ない流量は第 1 タンクの流出孔を高くし流出を少なくして第 2 タンクへの浸透を多くさせ流量に時間的遅れを生じさせることによって再現を試みたが, 1 つのタンクモデルでは流量変動の再現が困難だった。N 湧水も 1 つのタンクモデルによる再現は困難であり低水期,高水期に合わせたタンクモデルが必要である。これにより S,N 湧水は高水期, 低水期によって集水面積の変化が推定された。

表 1 集水面積

A	0.42(km ²)
T	0.31(km ²)
S	0.34~0.51(km ²)
N	0.3~0.77(km ²)

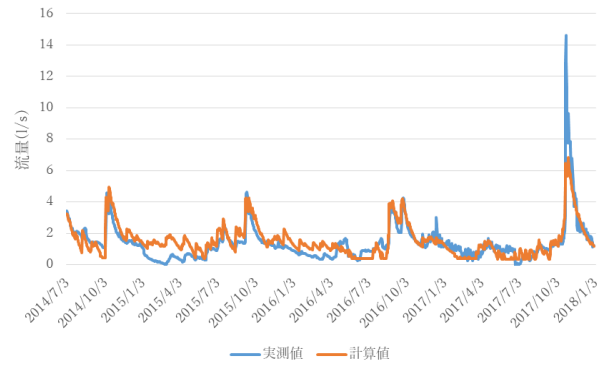


図 8 A 湧水の実測値と計算値

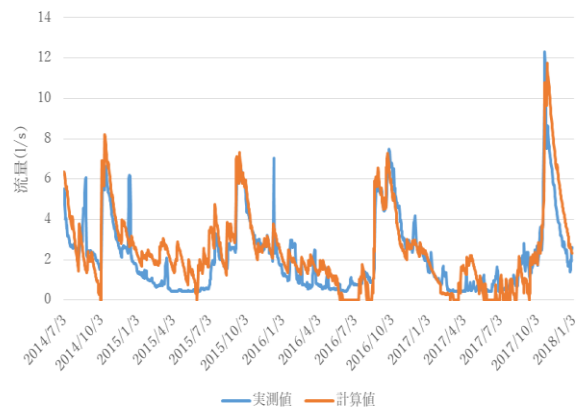


図 9 T 湧水の実測値と計算値

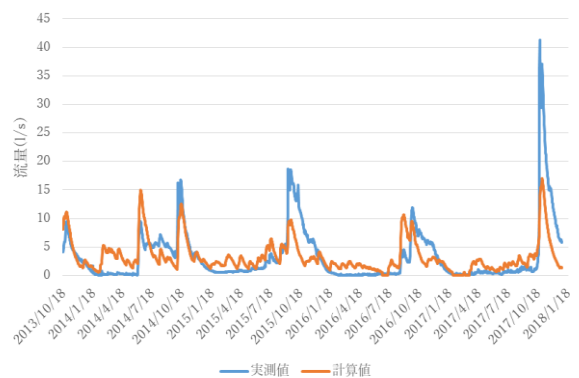


図 10 S 湧水の実測値と計算値

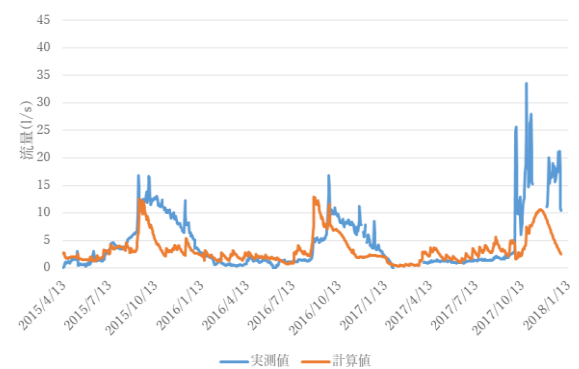


図 11 N 湧水の実測値と計算値

5. 雨水浸透柵の涵養効果

小金井市において浸透柵事業が始まった平成元年には宅地面積が76.5%、農作地が20%となっている。

設置数が7万を超えた現在は都市化が進み、農作地は約11%まで減少している。小金井市の面積が11.3km²より、浸透面積は約9%減少にあたる1.02km²減少したことになる。

小金井市内の雨水浸透柵を設置している住宅は平成30年3月の時点で16914軒である。1軒あたりの浸透柵による浸透面積は92.5~100 m²と仮定すると、雨水浸透柵による増加した浸透面積は1.46~1.58km²となる。

都市化による農作地の減少(1.02km²)よりも浸透柵による浸透面積の増加(1.46~1.58km²)が大きいため、市内全体としては、約30年間で0.44~0.56 km²の浸透面積が増えている。これは市の浸透面積として4~5%増加したことになる。

そこで、タンクモデルによる流出解析と過去の観測データから各湧水において、1990年から2018年までの連続的データを推定し、流量の増減を検証した。

年間有効降雨量と年平均流量の関係は、流域の条件が一定で有効降雨にすべて寄与すると仮定した場合、両者は各湧水において直線関係にあるにあると考えられている。

年間有効降雨量とA湧水の関係を示したものが図12である。各湧水は年平均流量を1990年から2000年は前期、2001年から2018年までは後期とした

図12より、前期と後期では各湧水ともに傾きは減少しており、僅かながらではあるが、有効降雨に対する流量が増加の傾向がみられる。

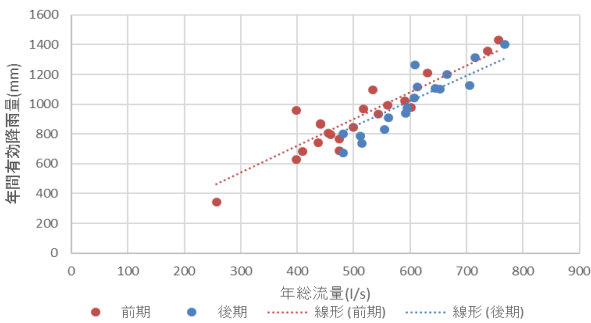


図12 A湧水における年間有効降雨量と年総流量の関係

また、地下水と最適降雨期間を考慮した降水量との相関関係を図13に示す。図13よりこれらは年々増加傾向にあった。これは有効降雨の地下水への浸透において損失が少なくなったことを意味しており、必ずしも浸透柵の効果であると考えすることはできないが、雨水の多少が地下水位の高低に強く影響するようになったことを示唆している。

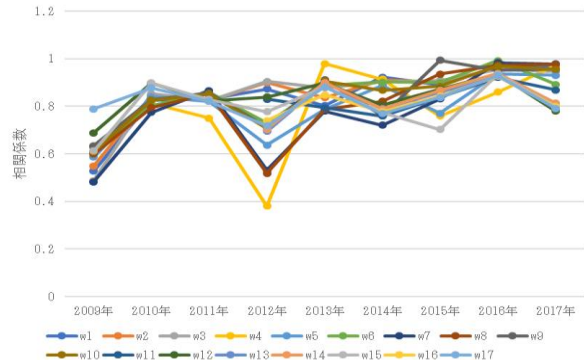


図13 最適降雨期間における相関係数の経年変化

6. 結論

湧水群の流量は、1月から8月にはある程度の降水量があっても変化が少なく9月から12月にかけては降雨に対応して急激に流量が増加する。これは4年間に共通した年間変化である。しかし、A、T湧水では流量が少なく年間を通して変化が小さいことや、N湧水の減水期間では降雨量が少ない時にも流出に小さなピークがみられることなど、小流域帯においてもそれぞれの湧水で変化はさまざまであった。

MatrixFlowとPreferential Flowに考慮し、タンクモデルによる流出解析を行ったが、S、Nにおいてピーク時からの遞減期における再現が出来ず、S、Nにおいて低水期から高水期にかけての集水範囲の増減があることが推定された。

湧水の長期流動解析によって、雨水浸透柵の涵養効果を検証した。都市化により浸透域が減少したにもかかわらず有効降雨に対する流量の増加がみられるなど涵養効果を示唆するデータがみられた。

しかし、湧水流量に対しては地形地質条件や上水路など降水量以外の複雑な要因が関係する。これらを踏まえたより多数地点での井戸及び土中水分計測による正確な集水範囲の特定が今後の課題である。

参考文献

- 1)小野毅・高見佳宏: 崖線湧水における水質変動と流出特性(2002)
- 2)佐藤秀和・和田浩之: 湧水と観測井の水質変化について(1996)
- 3)石川聡史・木村昭夫: 武蔵野台地崖線湧水における流出特性と水質変化(1999)
- 4)山田啓一・保坂正弘・高野佳昭・鈴木啓介: 崖線湧水群と河川の水環境(2006)

小金井環境市民会議ホームページ

<http://koganei-kankyo.org/index.htm>

気象庁 過去の気象データ検索

<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>