

### 崖線湧水の流出特性と水質特性

村上, 昂 / MURAKAMI, Kou

---

(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)

59

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

5

(発行年 / Year)

2018-03-31

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00021616>

# 崖線湧水の流出特性と水質特性

## OUTFLOW CHARACTERISTICS AND WATER QUALITY CHARACTERISTICS Of SPRING WATER IN THE CLIFF LINE

村上 昂

Kou MURAKAMI

指導教員 山田啓一

法政大学大学院理工学研究科システム理工学専攻

MatrixFlow and Preferential Flow are calculated from observation of flow rate and electric conductivity, periodic observation of water quality, adjacent conductivity and water temperature of the adjacent four groups, conductivity, water temperature observation and water quality of groundwater and self- Focusing on the outflow characteristics and changes in water quality.

At the same time, we will consider changes in land use over a long period of time and the penetration effect by installing penetration facilities etc.

*Key words* : flow rate ,electric conductivity, groundwater, Penetration facility

### 1. はじめに

武蔵野台地の水循環は、厚いローム層とその下に分布する砂礫層により特徴づけられる。主として砂礫層中に帯水された地下水は窪地や崖線に沿って点在する湧水群などから地表水として流出し、これらを水源とする中小河川が台地上に発達している。

小金井市などの崖線沿いでは、多数の湧水が野川にそそいでいる。しかし、近年の都市化により、地表面の多くがアスファルトやコンクリートに舗装され、浸透面積が減少したこと、下水道設備が充実したことにより、地下に浸透する雨水が減少し、地下水位の低下や崖線湧水を水源の一部とする河川の水枯れといった水環境の悪化が懸念されている。健全な水環境の維持、回復のためには、湧水の集水範囲の自然条件や都市化の進展を考慮した水循環の実態を把握することが重要である。

10m 以上の厚い不飽和帯を持つ、地下水、湧水、流動経路においては、主に雨水が鉛直方向に浸透し、MatrixFlow となる。また地表面下のすぐ下を測方に流動する各種中間流があり、それぞれ流動経路に即した水質に形成される。湧水の水質は、これら各種流動経路を反映すると考えられる。すなわち、地中水、地下水の水分、水位、水質変化及び湧水点における流量、水質変化の長期観測により、これらの流動経路を推定することができる。また、各種中間流は、主に地表から 1m 程度のごく浅い部分の地質構造に起因するため極値性が著しい。例えば、500m ごとに点在する湧水群においても水質特性が相当に異なる。

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、流出特性および水質変化を検討する。

同時に、長期間の土地利用の変化および浸透施設等の設置による浸透効果についても検討する。

### 2. 方法

本研究の対象流域は、武蔵野台地の東京都小金井市に属する。また、当該流域の地表下には、関東ローム層と呼ばれる火山灰土が厚く堆積し、その透水性は極めて大きい。湧水群の観測地点は、貫井神社、滄浪泉園、谷口邸、美術の森の 4 地点である。それぞれの場所を図 1 に示す。また、これらの湧水は国分寺崖線湧水群の一部であり野川の水源の一つとなっている。

本研究では、それぞれ貫井神社の湧水を N 湧水、滄浪泉園の湧水を S 湧水、谷口邸の湧水を T 湧水、美術の森の湧水を A 湧水と表記する。これら 4 ヶ所の湧水がある地域は、小金井市内の中央線と野川に挟まれた標高 50~70m の地域である。また対象地域の地下水においても、図 1 示した W1~W19 の 19 地点で井戸観測する。

4 つの湧水群について流量と電導度の自記観測及び、月 2 回の水質、イオン分析を行う。加えて 19 地点の浅井戸で水位と水質測定を行う。

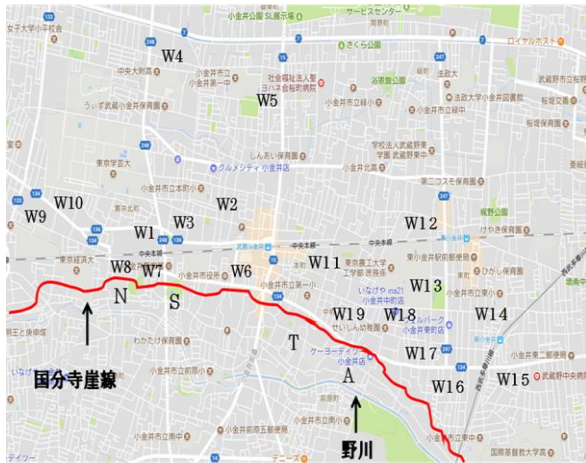


図1 観測地点地図

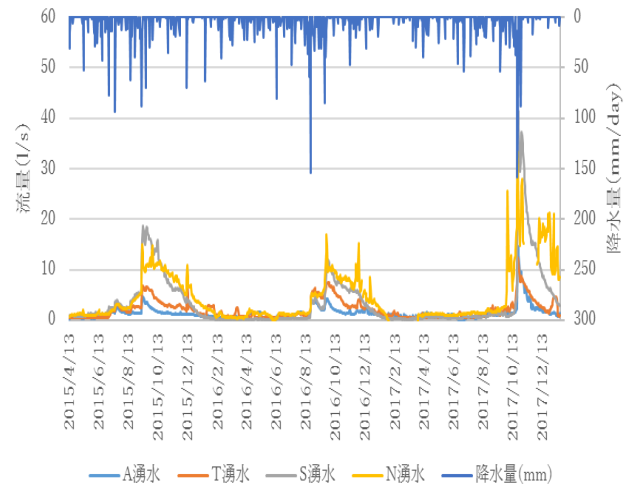


図2 湧水群の流量変化

### 3. 降雨量と流量変化

4湧水の流量の経時変化をまとめたものを図に示す。また、降雨量の影響を考察するために、府中のアメダスの日別降水量も図に乗せる。4つの湧水の流量観測は、2015年4月13日からの開始となっている。

A湧水は4湧水の中で最も流量が少ない。降雨に対する流量変化は、T湧水における経時変化の傾向と似ている。

T湧水は4湧水の中で2番目に流量が少ない。グラフを見ると、A湧水と似たような流量変化ではあるが、年により減少の仕方が緩やかな時がある。

S湧水は、台風などの短時間で大量の雨が降ると一気に流量が増え(2015年は20(l/s)前後、2017年は40(l/s)前後)、その後急速に減少する。そして4(l/s)前後になるとその後はゆっくりと減少していき、そして0.5~1(l/s)前後で減少が止まるという傾向を繰り返していることがわかる。

N湧水は、S湧水と同じく流量の少ない時期と多い時期の差がはっきりとしている。9~10月の台風による大雨以降、流量が多くなってから、流量の減少は他の湧水と比べて緩やかである。N湧水では特に降水量と流量の値が比例していることが多いことがわかる。

全体的な傾向としては、S湧水、N湧水に対してT湧水、A湧水の順に流量は多いこと、国分寺方面に近づくにつれ降雨量のピーク時に湧水の流量が増加している。また、1月中旬から5月、あるいは6月までは、4湧水全てで流量が少なく、変化も小さい時期であり、この時期は雨が降っても流量が増えていないことがわかる。そして、T湧水、A湧水はある程度流量の経時変化の傾向は似ているのに対し、N湧水とS湧水は違う経時変化をしていることがわかる。A湧水、T湧水は上に凸で、S湧水、N湧水は下に凸のような表現ができる。

### 4. 低水期と高水期の定義

4湧水3年間の自記流量自記観測をまとめると1~8月の間では4湧水ともほぼ流量は一定であり6月の梅雨期を含め降雨があるにもかかわらず流量の変化は極めて小さい。これに対しておおむね9~12月期に急激に流量が増大し、1~2か月間にわたって高い流量が続き、次第に減水し、1月当たりでは流量の少ない値になる。4湧水ともこのような年間の流量変化を繰り返している。

本研究ではこのような流量の少ない1~8月時期を低水期、流量の急増する9~12月時期を高水期と区分する。

### 5. 水質変化

定期的に湧水群から採水を行い、含有されている主要な4種類のイオン( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ )の濃度分析をする。

全体的な傾向としては、4湧水とも $\text{HCO}_3^-$ の濃度が一番高く、 $\text{Cl}^-$ の濃度が一番低い。 $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ の濃度変化は比較的安定している。

$\text{NO}_3^-$ の濃度は、降水量が多い時期に急激が上昇していく。降水量の多い時期に、少ない時期と比較すると大きく変化していることから、 $\text{NO}_3^-$ の濃度変化は雨量が関係していると思われる。

これは降水量のピーク時に、中間流出が卓越し、異なる流動経路が繁栄したためと考えられる。

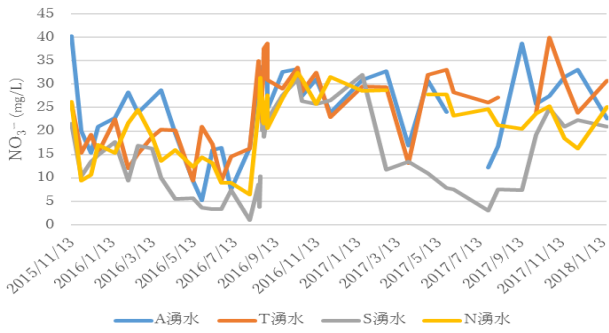


図3 湧水群のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度変化

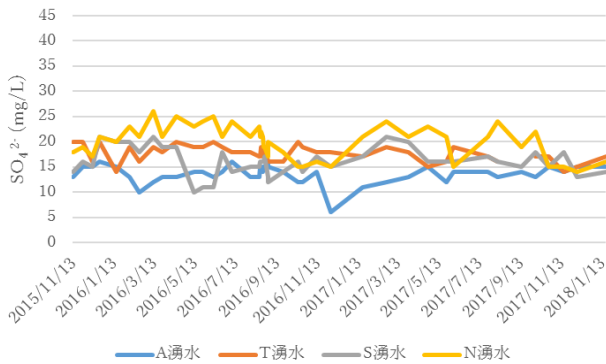


図4 湧水群のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度変化

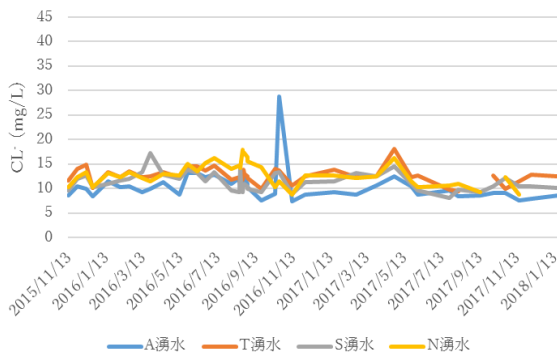


図5 湧水群のCl<sup>-</sup>濃度変化

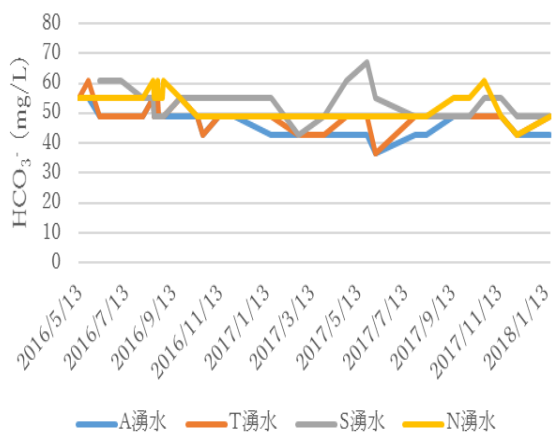


図6 湧水群のHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度変化

次に、電気伝導度の経年変化を図7に示す。湧水ごとの電気伝導度の大きさの順番は、大きい順からT湧水、N湧水、A湧水、S湧水である。

N湧水、A湧水、S湧水は、降水量の少ない時期に電気伝導度は低く、降水量が多い時期になると電気伝導度は上昇していく。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>の濃度変化と傾向が似ていることから、電気伝導度の変化にはNO<sub>3</sub><sup>-</sup>の濃度が寄与していると考えられる。

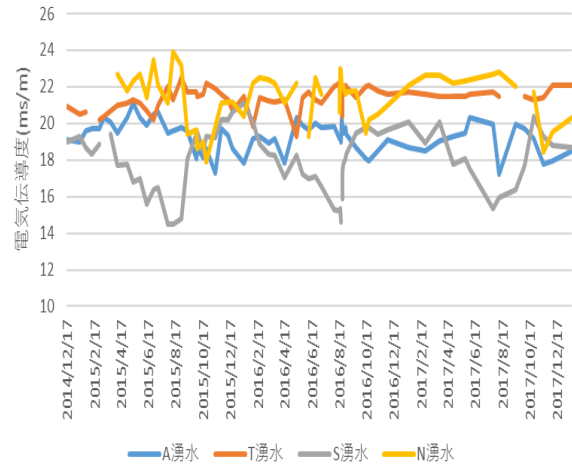


図7 湧水群の電気伝導度経年変化

## 6. 地下水の水位変化と水質変化

湧水流量の多くは地下水からの流出成分であるため、湧水流量と地下水位には深い関連性があると考えられる。そこで、観測井戸W1～W19の経年変化と湧水流量の関係について述べる。

地下水の水位は観測井戸W1～W10を2016年の6月から2017年の7月まで、W11～W19を2017年の3月から2017年の12月までの期間に月1回のペースで水位計での測定を行った。また、その際に採水を行い、4つの湧水群同様の水質測定を行う。また、W6とW9に関しては測定器具と井戸の大きさの関係上採水不可であったため水質に関しては欠測とする。

地下水位の推移は図8～図9に示す。W1～W10の地下水位の観測結果をみると最高水位を10月に記録した井戸が多く、これは4湧水の流量のピークと対応した結果となっている。同様に、W10～W19の地下水位の観測結果も、10月に最高水位を記録し、湧水群の流量と対応している。

W1～W10の観測井戸は、小金井市の北西に点在している。W11～W19の観測井戸は南東に点在している。比較すると、北西に位置している井戸の方が水位の変動幅が大きい。これは湧水群の、西に位置するN湧水とS湧水の流量の変化幅が大きいことと傾向が似ている。

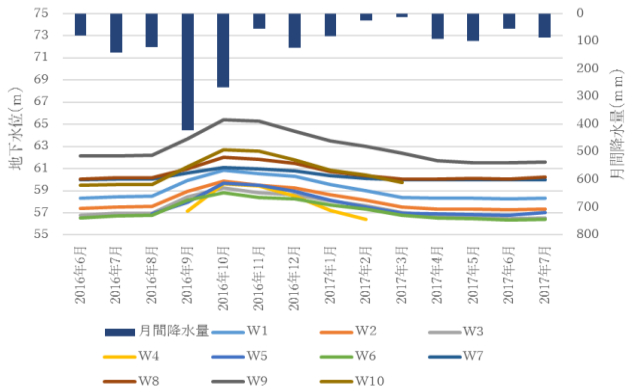


図8 W1～W10の水位変化

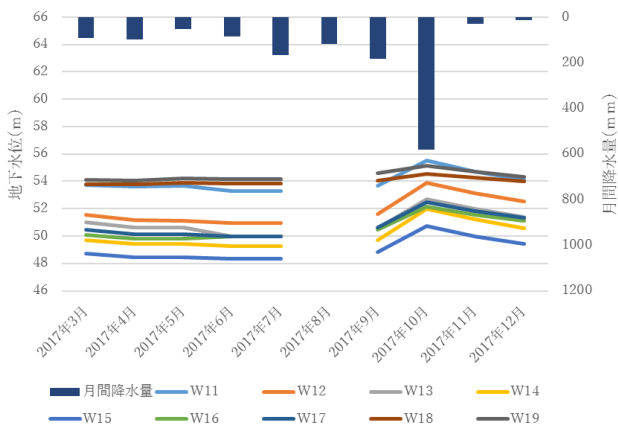


図9 W11～W19の水位変化

湧水群と同様に、イオン濃度変化において  $\text{SO}_4^{2-}$  と  $\text{Cl}^-$  は大きな変化は見られない。季節変化がみられるのは湧水と同様に  $\text{NO}_3^-$  であり各井戸で地下水位の上昇とともに増加する傾向が見られる。

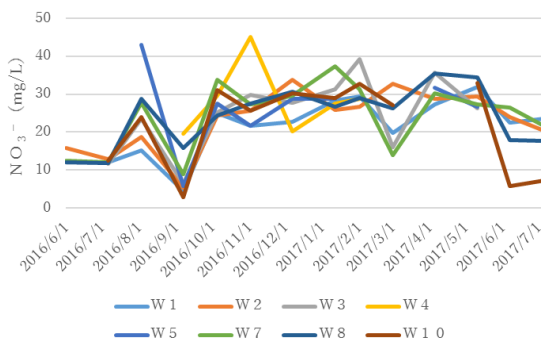


図10 地下水の  $\text{NO}_3^-$  濃度変化

## 7. 雨水浸透樹の効果検証

東京都小金井市は長期にわたり水環境の悪化の改善という観点から雨水浸透樹の設置を進めてきた。雨水浸透樹とは、住宅などの屋根などに降った雨を雨どいに經由させて浸透樹に流れ込ませて、地下へ浸透させる仕組み

をいう。2017年には、市内の住宅6割が浸透樹を設置し、設置数は7万を超える。世界的に見ても、有数の設置率を誇る。2012年～2017年の地下水位の経時変化から、雨水浸透樹の地下水涵養効果を検討する。

W1～W10の年間の平均地下水位を表1、W11～W19の年間の平均地下水位を表2に示す。降雨量の影響を考察するために、府中のアメダスの年間降水量も表に示す。2014年から2017年にかけて、18地点の観測井戸で年間の平均水位は徐々に下がっていた。この4年間は、年間降水量も減少していたため、水位が下がったと考えられる。そこで、2017年の年間降水量に近い2013年の観測記録で比較を行った。

2013年の平均水位と2017年の平均水位と比較すると、19地点全てで地下水位が上昇していた。

同様に、年間降水量に近い2012年の平均水位と2016年の平均水位を比較した。13地点で水位は上昇し、6地点で下がっていた。水位が下がった観測井戸の4地点は、市の南東側に集まっていた。

表1 W1～W10の年間平均水位変化

平均地下水位(m)	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
w1	59.18	58.78	59.58	59.33	59.24	59.18
w2	58.26	57.83	58.65	58.39	58.31	58.25
w3	57.71	57.19	58.08	57.80	57.73	57.62
w4	57.20	57.73	57.60	57.78	58.13	58.08
w5	57.77	57.27	58.29	57.40	58.35	57.48
w6	57.48	56.95	57.75	56.99	57.54	57.32
w7	60.31	60.15	60.47	60.04	60.40	60.31
w8	60.65	60.34	61.02	60.30	60.77	60.69
w9	63.46	62.70	63.99	62.58	63.48	63.08
w10	60.73	60.01	61.20	59.94	60.67	60.74
年間降水量(mm)	1696	1520	1900	1645	1609	1457

表2 W10～W19の年間平均水位変化

平均地下水位(m)	2012	2013	2014	2015	2016	2017
w11	53.83	53.86	54.53	54.41	54.42	54.01
w12	52.13	51.53	52.47	52.24	52.11	51.92
w13	51.68	51.03	51.92	51.73	51.58	51.09
w14	50.28	49.74	50.61	50.41	50.28	50.10
w15	49.19	48.79	49.50	49.42	49.21	49.05
w16	50.63	50.17	50.87	50.73	50.57	50.55
w17	51.12	50.60	51.37	51.23	51.06	50.83
w18	54.06	53.88	54.13	54.18	54.12	54.00
w19	54.47	54.20	54.55	54.59	54.55	54.41
年間降水量(mm)	1696	1520	1900	1645	1609	1457

## 8. 結論

湧水群の流量は、1月～8月にはある程度の降水量があるのにもかかわらず大きな変化が見られない9月～12月にかけては降雨に対応し急激に流量が増大する。これは4湧水に共通した年間変化であり、変化がみられない時期を低水期、降雨に対応して流量が変化する時期を高水期とした。

湧水群のイオン濃度変化は、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ は年間を通して大きな変化はみられないが、 $\text{NO}_3^-$ は、高水期に増加し、低水期には減少する傾向がみられた。

地下水については、水位は降水量や湧水群の流量と対応した結果となった。イオン変化については、多くは湧水群の変化と一致した。

東京都小金井市の雨水浸透樹事業による、地下水涵養効果を検討した。2012年から2017年にかけて、半数以上の観測井戸で、地下水位は上昇していた。

### 謝辞

本論文を作成するにあたり、指導教官の山田啓一教授から、丁寧かつ熱心なご指導を賜りました。ここに感謝の意を表します

### 参考文献

- 1) 小野毅・高見佳宏:凱旋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) 芦澤哲朗・西海和城:崖線湧水における流出特性と水質変化 2000
- 5) 久保慶記・武藤健一:崖線湧水の流出特性とその変化 2015

