

湧水点（標高）と水質との関連についての一考察

The Relationship between Spring Water Point (Altitude) and Water Quality

栢沢 龍次郎

要 約

群馬県を中心とした関東地方及び隣接県の主な湧水について、水質調査を実施し、湧水点（標高）と水質特性との関係について検討した。その結果、湧水の水質は地形・地質や滞留時間などに影響を受け、電気伝導度やCa及びSiO₂などの溶存成分は、山岳部、山麓部、平野部の湧水点（標高）と関連のあることが明らかになった。これらの数値は、高地から低地になるにしたがって大きくなる傾向を示し、他の成分より相関度の高いことがわかった。

キーワード：湧水点、標高、水質、溶存成分、相関度

はじめに

湧水や地下水・河川水の水質は、その地域の地質や地形などの自然的要因と大気汚染や生活排水などの人為的要因に由来する。また、水脈がおなじでも湧出機構（場所・地点・形態）によってその水質も変化する。

これまでの調査で、群馬県及び関東地方の湧水は、溶存成分にCa、Kなどを適当に含むCa-HCO₃タイプの軟水が多いことやその水質が地質構造によって異なることが明らかになった^{1)~4)}。

本報では、4年間にわたり調査してきたこれらの結果をもとに、山岳部、山麓部、平野部及び河口流域と、高地から低地に至る湧水点（標高）の違いと主な水質特性との関係について検討した。

方 法

1. 調査時期及び調査点

平成13年から平成17年にかけて実施した、群馬県、栃木県、埼玉県、茨城県、東京都、長野県、新潟県の山岳部から平野部及び河口流域に至る17カ所である。

2. 調査方法

水源より直接採水したものを、溶存成分はイオンクロマトグラフ法・ICP発光分光分析法及び吸光度法により測定した。

また、電気伝導度は採水した試料に端子を浸漬させる直接法（伝導率計）により測定した。

結果及び考察

表1に、各採水点の調査結果を示す。

1. 群馬県及び関東地方の地形と地質構造

群馬県は、関東地方の北西部に位置し、那須火山帯の南端部と富士火山帯とが接する付近にあり、多数の火山を有するため、火山性の岩石や噴出物などの堆積物が広範囲にわたる地質構造をもっている。県南東部に利根川と渡良瀬川に挟まれる低平地が広がり、関東平野へ連なるが、この地域を除くと、県内の約3分の2は山地や丘陵地で占められており、県北部から北西部に三国山地、北東部に足尾山地、南西部には関東山地がそれぞれ2000m級を含む山々を形成している。

表1 湧水調査結果

湧水点	標高(m)	pH	ρ	Ca	K	Mg	SiO ₂	SO ₄ ²⁻
谷川岳	620	6.8	65.1	2.5	0.3	0.5	6.0	3.1
日本水	580	8.4	370.0	9.6	0.2	17.0	30.0	14.0
赤城神社	550	6.4	135.0	8.5	1.0	2.0	38.0	0.1
尚仁沢	510	7.8	62.1	5.7	0.8	0.7	27.0	3.5
安曇野	500	6.6	52.0	10.0	0.5	0.6	8.0	15.5
箱島湧水	380	7.4	124.0	9.8	1.2	2.2	38.0	9.8
滝沢湧玉	370	7.8	145.0	9.1	1.1	2.6	51.0	3.6
皆沢の水	290	7.7	109.9	6.3	0.2	2.0	17.0	3.4
杜々の森	280	6.8	89.7	4.3	1.8	2.2	27.0	4.2
浅原観音	240	7.5	135.9	5.6	0.4	2.7	27.0	9.6
木曾三社	210	7.4	314.6	25.0	1.8	7.3	51.0	6.2
雷電様	200	7.4	112.5	12.0	0.2	2.0	18.0	2.3
出流原	60	7.4	260.3	20.0	2.0	6.2	17.0	1.3
矢大神沼	60	7.4	841.9	55.0	2.6	16.0	31.0	75.0
真塗の池	60	6.4	192.5	12.5	0.6	7.5	29.0	10.1
加波山滝	20	6.2	110.2	15.7	0.5	7.8	42.0	13.0
柴 又	5	7.6	185.5	18.5	2.1	4.7	25.0	13.8

単位： ρ ：(μ s/cm)、Ca、K、Mg、SiO₂、SO₄²⁻：(mg/l)

また、関東山地の北縁部にあたる碓氷川・鐮川流域を含む一帯、渡良瀬川が足尾山地西部から関東平野に達する地域では、丘陵が分布し、県中部の榛名・赤城山麓部を経て南東部へ連なる地域では、火山灰質の関東ローム層が下位の扇状地域や泥流堆積地を厚く覆い台地を形成している。

台地は、砂礫や泥流堆積物で形成された洪積台地・扇状地などの表層を関東ローム層が覆っている。低地では、山地を水源とする利根川や渡良瀬川などの河川流域に沿って、谷底低地、河岸段丘、低湿地帯などが分布する。上流域では、粗礫や砂が浅い深度から分布し、中下流域では基盤岩の上位に砂質土や粘性土、砂礫などが互層状に堆積している。

水源となる足尾山地、三国山地、関東山地に端を発する河川は、それぞれ栃木県、茨城県、埼玉県、東京の平野部から各河口に至る。

渡良瀬川流域は、途中鬼怒川や那珂川と合流し、丘陵地を経て、下位では低地と砂礫質の河岸段丘及びローム質の台地が広がる。

利根川流域は、中流から下流域にかけて台地から低地が続く、砂礫や泥流堆積物とその上位をローム層が覆い、低地では河川によりもたらされる土砂や浸食二次堆積土を主体としている。

また、関東山地を水源とする荒川流域では、山岳地の秩父山麓から下位に・台地が広がる。さらに中流から下流域にかけて低地が広がり、砂礫質及び泥質の沖積層を形成している⁵⁾。

このように、大小河川の水源となる山岳地、山麓地やその流域をも含む群馬県及び関東地方には、その地形や地質を反映して不圧地下水、伏流水として地表に湧出する湧水が数多く存在する。

2. 湧水の湧出機構

湧水は、山岳地2ヶ所、山麓地10ヶ所、台地2ヶ所、低地1ヶ所の17ヶ所の湧水点を調査した。

山岳地の湧水は、標高が約580m以上の側壁や岩盤の割れ目から湧出するもので、水質は溶存成分が非常に少なかったり、Mg成分を多く含有する特異性を有する^{6) 7) 8)}。

山麓地湧水は、標高が約200～500mの溶岩などの火山性噴出物及び堆積物の地層から湧出するものが多く、適当なミネラル成分を含む清楚な軟水が多い。

台地の湧水は、標高が約60mの河岸段丘や丘陵地からの滞留時間の長い伏流水が多く、溶存成分の高いものが多い。特に、Caは他の成分とくらべて多くなる傾向が見られる。また、低地の河口流域では、

自噴井の地下水で全溶存成分量とともに、硫酸イオン (SO_4^{2-}) や硝酸イオン (NO_3^-) 濃度も高い傾向にある。

3. 湧水点 (標高) と水質の特徴

湧水点 (標高) が、水源上流の山岳地 (580m以上) では、基本的に溶存成分が少ない (谷川岳)。山頂付近への降水が地下に浸透し、地層などの破碎帯周辺から湧出するものが多く、地下での滞留時間が短いためと考えられるが、むしろ湧出部の地質が水質に大きく影響されるものもある (日本水)⁴⁾。

山麓地 (200～500m) になると、湧出機構はその地域の地形や地質構造に大きく影響され、上流部の火山性噴出物及び堆積物から成る火成岩層から湧出するもの (赤城神社、箱島湧水、木曾三社神社、湧玉) や花崗岩などから成る中古生層 (尚仁沢、皆沢、浅原観音、雷電様) あるいは洞窟のある石灰岩層から湧出するものなど、その形態は幅が広い¹⁾。

しかし、山麓地湧水は、基本的に降水から地下水、湧水へと滞留時間が長く、また、地質が多孔質なため透水性が良く適度な溶存成分を含んだ良質な水質となる²⁾。

台地から低地 (60m以下) になると、滞留時間の非常に長い伏流水が河川流域の河岸段丘 (真姿の池、加波山瀧)、扇状地端 (矢大神沼) などで地表に湧出する者が多い。伏流水として長時間地中に滞留した地下水が、軽石や石灰岩、砂礫などの透水性のよい地層から地表へ湧出するが、これらの湧水は、基本的に溶存成分も多く、Ca、Mgなど特定の成分を多く有するものなど、その地域の地形や地質が影響している。

4. 湧水点 (標高) と水質特性との関係

図1・2・3・4に、湧水点 (標高) と電気伝導度、Ca濃度、 SiO_2 濃度及び硫酸イオン (SO_4^{2-}) 濃度の関係を示す。

pHは、ほとんどの湧水が6.2～7.8を示し、中性から弱アルカリ性のものが多く、湧水点 (標高) による大きな変化は見られない。しかし、日本水だけは、8.4という高い値を示し、アルカリ性に富んだ特異性を有している。

電気伝導度 (ρ) は、湧水点 (標高) が低くなるにしたがい高くなる傾向が見られる (負の相関で、 $r \approx 0.33$)。平均値は $100.2 \mu\text{s/cm}$ ($\sigma: 206.0$) で、高い地点から低い地点の間では約50～300 ($\mu\text{s/cm}$) に上昇している。特異性をもつ日本水や矢大神沼湧水は、この値も非常に大きくばらつきがある。名水と

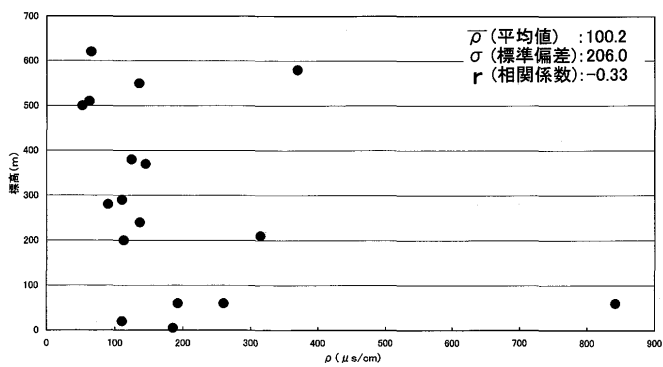


図1 湧水点（標高）と電気伝導率

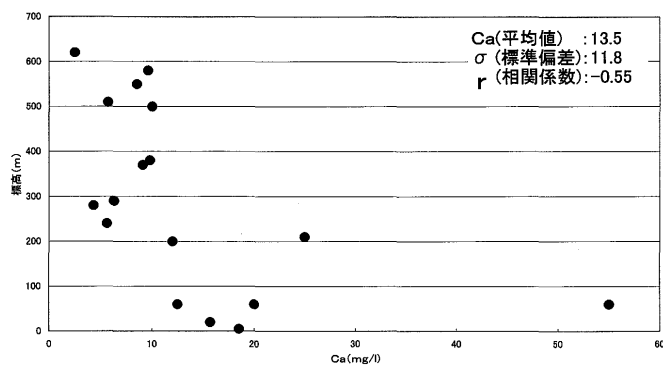


図2 湧水点（標高）とCa濃度

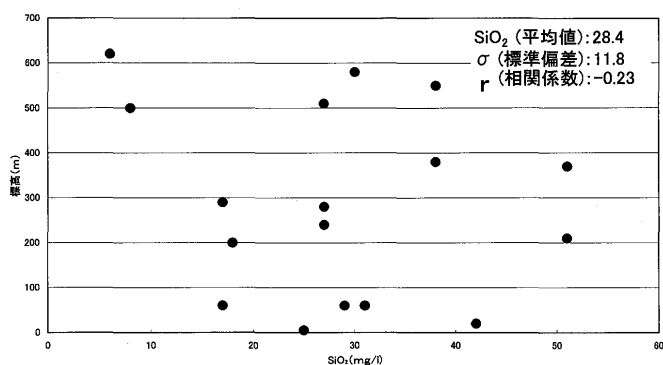


図3 湧水点（標高）とSiO₂濃度

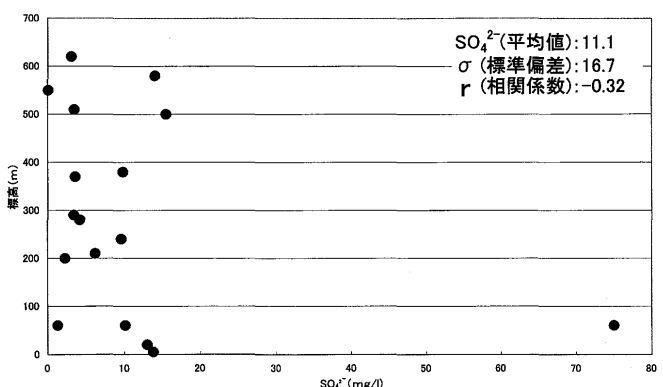


図4 湧水点（標高）とSO₄²⁻濃度

呼ばれる全国の湧水の平均値138.5 μs/cm (σ : 86.0)と比較すると⁹⁾、やや低い傾向が見られる。

Ca濃度は、湧水点（標高）が低くなるにしたがい、

高くなる傾向が顕著に見られる（負の相関で、 $r \div 0.55$ ）。平均値は13.5mg/l (σ : 11.8)で、湧水点（標高）が低くなるにしたがい高くなる。この値は、全国の湧水の平均値12.9mg/l (σ : 12.2)⁹⁾と似たような傾向を示している。

湧水の水質で、その旨味に関係するといわれている²⁾ SiO₂含有量及び硫酸イオン (SO₄²⁻) 濃度については、全体として大きな相関関係は見られない。しかし、台地や低地になると若干高くなる傾向が見られる。

SiO₂含有量の平均値は28.4mg/l (σ : 12.6)（負の相関で、 $r \div 0.23$ ）で、低地では、全国の湧水の平均値26.2mg/l (σ : 17.6)⁹⁾を上回っている。このことは、関東地方の湧水が溶岩流などの火山性堆積物や利根川、渡良瀬川などの河川流域にできた河岸段丘及び扇状地から湧出するものが多いことに起因しているものと考えられる。

硫酸イオン (SO₄²⁻) 濃度については、湧水点（標高）が60m以下の台地や低地になると、濃度が非常に高くなっている（負の相関で、 $r \div 0.32$ ）。また、湧水点（標高）の高い山麓地においても、日本水や安曇野湧水のように数値の高い地点もある。硫酸イオン (SO₄²⁻) 濃度の平均値は、11.1mg/l (σ : 16.7)で、全国の湧水の平均値9.6mg/l (σ : 9.8)⁹⁾よりも高い。しかし、全体として湧水点（標高）との大きな相関は見られない。

低地部や山麓地の一部に、このような傾向のみられる理由として、首都圏や太平洋沿岸地区で発生した大気汚染物質が雨雲中に取り込まれた降雨の影響や地域開発などによる生活用水の影響など、人為的要因が高濃度の硫酸イオン (SO₄²⁻) 増加の原因になっていると考えられる。

まとめ

群馬県及び関東近県の湧水について、湧水点（標高）の違いによる水質特性の変化及び相関の度合いを検討した結果、次のことが明らかになった。

- 1) 湧水点（標高）は、山岳地（580m以上）、山麓地（200～500m）、台地・低地（60m以下）の3地点に分類され、山麓地に属する湧水が多い。
- 2) 標高差による水質の変化は、Ca、電気伝導度 (ρ) SiO₂、硫酸イオン (SO₄²⁻) の順に多く見られる。これらの値は、高地から低地になるにしたがい高くなる傾向が見られる。
- 3) 相関度は、Ca ; ($r \div 0.55$)、電気伝導度 ; ($r \div$

0.33), SiO_2 ; ($r \doteq 0.32$), 硫酸イオン (SO_4^{2-}); ($r \doteq 0.23$) の順に, 負の相関が見られる.

- 4) 特定の湧水点において, その地点の地形や地質構造及び人為的要因により, 水質に特異性を有するもの, 或いは影響を受けたと思われる値を示すものもある.

引用文献

- 1) 栢沢龍次郎：群馬県及び近県の湧水の特性について. 桐生短期大学紀要, 13: 41-47, 2002.
- 2) 栢沢龍次郎：赤城山周辺の湧水の水質解析. 桐生短期大学紀要, 14: 1-5, 2003.
- 3) 栢沢龍次郎：水質評価に及ぼす SiO_2 濃度の影響. 桐生短期大学紀要, 15: 45-49, 2004.
- 4) 栢沢龍次郎：湧水の水質特性と地質（岩種）の関係. 桐生短期大学紀要, 16: 7-11, 2005.
- 5) 日本の地質「関東地方」編集委員会：日本の地質3：関東地方. 共立出版（東京）, 1-6, 1986.
- 6) 日本地下水学会：名水を科学する. 技報堂出版（東京）, 296-299, 1994.
- 7) 日本地下水学会：続名水を化学する. 技報堂出版（東京）, 240-245, 1999.
- 8) 山下昇：新版地球科学序説. 築地書館（東京）, 78-130, 1967.
- 9) 日本地下水学会：地下水水質の基礎. 理工図書（東京）, 296-299, 2000.

The Relationship between Spring Water Point (Altitude) and Water Quality

Ryujiro Kabasawa

Abstract

A survey of the main spring waters in Gunma, its adjacent prefectures, and other areas in the Kanto region was conducted, and the relationship between the spring water point (altitude) and the characteristics of water quality was examined. The results show that the water quality of spring water was influenced by both the geographical and geological features, and the residence time. It was also clarified that electric conductivity of the water and the dissolving elements such as Ca and SiO_2 in the water were related to the spring water point (altitude) in the mountainous regions, in the areas at the foot of the mountains, and in the areas at the plains. The electric conductivity and the volume of Ca and SiO_2 showed an increasing tendency in the waters sampled from the lower altitude points.

Keywords: Spring water point, Altitude, Water quality, Dissolving elements, Correlation level