

八ヶ岳南麓地域の地下水, 湧水, 河川水中の バナジウム, ルビジウム及びストロンチウム濃度

小林 浩 堀内雅人 大沼正行 輿水達司*

Concentration of Vanadium, Rubidium and Strontium in the Ground and
River Waters at the Southern Foot of Mt.Yatsugatake, Central Japan

Hiroshi KOBAYASHI, Masato HORIUCHI, Masayuki OHNUMA and
Satoshi KOSHIMIZU*

山梨県北西部に位置するの八ヶ岳南麓地域には湧水が点在し, その一部は飲料水としても利用されている。またこれら湧水は「八ヶ岳南麓湧水群」として名水百選にも選定され, 多くの人々に親しまれている。近年では, 民家やペンション, 観光施設などが作られ, 「リゾート」として県内外から多数の観光客が訪れている。

八ヶ岳南麓の湧水については多くの報告があり, 水質特性^{1)~3)}や水質年代⁴⁾, 湧水や地下水の涵養機構⁵⁾などが報告されている。しかし, これら湧水中に含まれる微量元素や濃度特性についての報告は少ない。筆者らは水中に含まれるバナジウム(以下「V」と記す), ルビジウム(以下「Rb」と記す)やストロンチウム(以下「Sr」と記す)などの微量元素について地域性や濃度特性を検討し, 濃度特性から水試料の成因を検討している。これら元素のうちVは, 地質との関連性が指摘され, 特に南部フォッサマグナ地域での濃度分布の極端な違いが指摘される元素のひとつである。またSrは半導体関連製品に広く使用され, し尿との関連性⁶⁾も指摘されている。Rbはし尿との関連が指摘される元素⁶⁾のひとつである。

さらに, この地域には多目的ダムの大門ダムがあり, 水道水源としても利用されている。このダムには主に3つの河川(大門川, 中津沢川, 久曾川)が流入しているが上流部での人為的活動がダム水に与える影響が危惧されている。そこで本報告では, 八ヶ岳南麓湧水や地下水(以下ここでは「八ヶ岳南麓湧水群」と表現した)と河川水中の元素濃度特性を比較・検討した。

試験方法

1. 試料及び試薬

本解析に用いた試料のうち, 河川水は1999年9月～

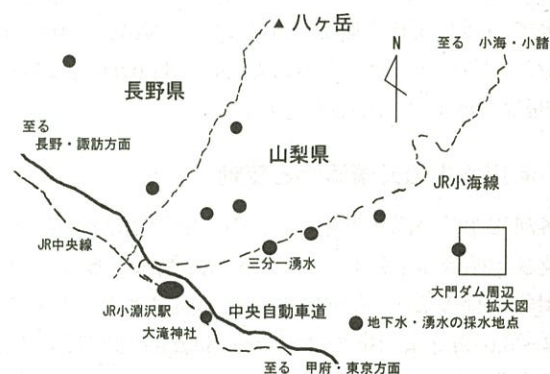


図1 a 調査地点の概要

2001年3月までの期間, ダム流入河川である大門川, 中津沢川, 久曾川について毎月1回採水した。また, 八ヶ岳南麓湧水群10ヶ所について2000年6, 7月に, またその1つであ

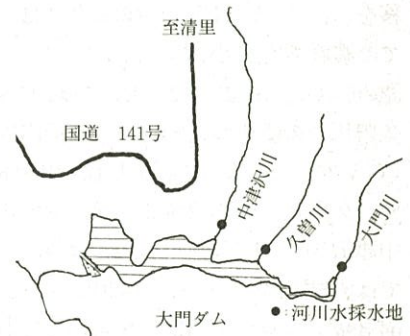


図1 b 大門ダム周辺拡大図

る三分一湧水については経月変化を観察するために, 1999年4月～2001年1月まで毎月1回採水した。調査地点の概要を図1に示した。

各試料はポリエチレン容器に採水し実験室に搬入した。ICP-MS測定用試料は, 0.45 μ mのメンブランフィルター(Millipore社製)でろ過し, 100mlあたり超高純度硝酸(関東化学(株)製)を0.15ml加え, ポリスチレン容器に保存し速やかに分析に供した。

標準液は, 和光純薬(株)社製金属標準液を用い, この溶液を精製水により段階的に希釈した。精製水はMilli-Q(Millipore社製)により精製した超純水を用いた。

* : 山梨県環境科学研究所

2. V, Rb, Sr の分析方法

分析には Hewlett Packard 社製結合誘導プラズマ質量分析計 HP4500 (オートサンプラー付き) を用いた。また、各元素の測定質量数は V では 51, Rb では 85, Sr では 88 である。また内部標準としてイットリウム (89) を用い補正した。

結 果

1. 八ヶ岳南麓湧水群での濃度特性

八ヶ岳南麓湧水群 10ヶ所での V, Rb, Sr の濃度は、V では 2.89~10.0 $\mu\text{g/l}$, Rb では 2.11~4.84 $\mu\text{g/l}$, Sr では 26.1~78.6 $\mu\text{g/l}$ であった (表 1)。また、三分一湧水での経月変化を図 2 に示した。V 濃度平均は 7.63 $\mu\text{g/l}$ であり、Rb は 3.76 $\mu\text{g/l}$, Sr は 44.6 $\mu\text{g/l}$ であり、CV% は 10% 以下と小さかった。

2. 河川水中の元素濃度と変動

各河川水及び湧水群中の V, Rb, Sr の濃度範囲、平均値及び標準偏差を表 1 に、経月変化を図 3~5 に示した。河川水では V が 0.72~4.46 $\mu\text{g/l}$ 測定された。Rb では 1.32~6.07 $\mu\text{g/l}$, Sr では 40.2~283 $\mu\text{g/l}$ 測定された。経月変化は、V では大門川、中津沢川での 2000 年 6 月と 9 月に濃度の減少が認められたが、おおむね一定の濃度推移を示していた。Rb 濃度の変化では、大門川や中津沢川での濃度変化は小さいが、久曾川での変化の大きいことが認められた。Sr 濃度では Rb 濃度と同様な傾向が認められ、久曾川での変化が大きかった。各河川での濃度の変動係数 (CV%) は、V では大門川が 19.7%, 中津沢川で 19.2%, 久曾川では 21.2% であった。Rb では大門川が 10.6%, 中津沢川で 11.7%, 久曾川では 36.7% であった。また、Sr では大門川が 12.0%, 中津沢川で 29.0%, 久曾川では 54.3% であった。さらに、久曾川では Rb と Sr 濃度での季節変化において、冬季の濃度上昇が認められた。

表 1 河川水・湧水群中の濃度概要

		V ($\mu\text{g/l}$)	Rb ($\mu\text{g/l}$)	Sr ($\mu\text{g/l}$)
大門川	濃度範囲	1.29~3.45	1.79±2.78	40.2~65.5
	平均値±偏差	2.71±0.53	2.22±0.23	55.2±6.64
中津沢川	濃度範囲	1.84~4.46	3.97~6.07	69.0~17.6
	平均値±偏差	3.76±0.72	4.64±0.54	86.6±25.1
久曾川	濃度範囲	0.72~1.64	1.32~4.91	50.2~28.3
	平均値±偏差	0.99±0.21	2.96±1.09	139.6±75.8
八ヶ岳南麓湧水群 (10ヶ所)	濃度範囲	2.89~10.0	2.11~4.84	26.1~78.6
	平均値±偏差	7.34±2.50	3.45±0.83	40.3±15.5
三分一湧水	濃度範囲	7.10~8.08	3.53~4.02	41.8~46.7
	平均値±偏差	7.63±0.28	3.76±0.12	44.6±1.40

3. 河川水・湧水中の Rb/Sr 濃度比と V に対する濃度比

河川水、湧水中の Rb と Sr の濃度比と、V 濃度に対する濃度比を表 2 に示した。

Rb と Sr の濃度比は、河川水では 0.024~0.056 であり、八ヶ岳南麓湧水群での 0.091 より低かった。一方、河川水での V に対する Rb 濃度比は 0.860~2.962 であり、八ヶ岳南麓湧水群の 0.572 より大きかった。V 濃度に対する Sr 濃度比では 21.25~147.7 であり八ヶ岳南麓湧水群の 7.073 より大きな濃度比であった。Sr の V に対する濃度比は Rb の場合と同様な傾向が認められ、大門川、中津沢川、久曾川の順に濃度比が大きくなった。

考 察

1. 河川水及び湧水群における V 濃度特性

水中の V 濃度は工場排水などにより影響を受けるとの指摘^{7~9)}もあるが、八ヶ岳を含む甲府盆地や富士山麓周辺の地下水等の調査から、V 濃度の地域性が検討され、その原因としてこれら地下水や湧水の胚胎する地質化学的影響が指摘されるようになった^{10~12)}。八ヶ岳南麓湧水群の水試料中に認められた V 濃度は、この地域に卓越する地質化学的な特徴、すなわち安山岩¹³⁾に含まれる V 含有量¹⁴⁾を反映している。

さらに、河川水や八ヶ岳南麓湧水群の 1 つである三分一湧水での経月変化をみると、三分一湧水での V 濃度の変化はたいへん小さく (図 2)、河川水中の V 濃度も 2 試料を除き濃度変化は小さかった (図 3)。なお、この 2 試料は採水前日に多量の降雨があり、採水前日 2 日間に、2000 年 6 月は 53mm、また 2000 年 9 月には 151mm の雨量が記録されている¹⁵⁾。大門川や中津沢川は集水面積が広く、降雨の希釈により水中の濃度が低下したものと考えられた。八ヶ岳南麓の湧水や地下水について垣内・丸井ら⁴⁾は水中トリチウム濃度の試験により、地下水の涵養期間を報告している。また高橋ら¹⁾は水試料に含まれる主要なイオン (Na⁺や K⁺, Cl⁻など) から、これら地下水や湧水が安定した濃度推移を示していることを指

表 2 河川水・湧水群中の Rb/Sr の濃度比と V に対する濃度比

		Rb/Sr	Rb/V	Sr/V	
大門川	範囲	0.035~0.050	0.664~1.597	15.72~40.57	
	平均値	0.041	0.860	21.25	
中津沢川	範囲	0.026~0.073	0.931~2.981	16.18~46.58	
	平均値	0.056	1.328	24.27	
久曾川	範囲	0.009~0.037	1.459~4.510	62.06~307.1	
	平均値	0.024	2.962	147.7	
		範囲	0.062~0.156	0.233~1.354	2.891~21.99
		平均値	0.091	0.572	7.03

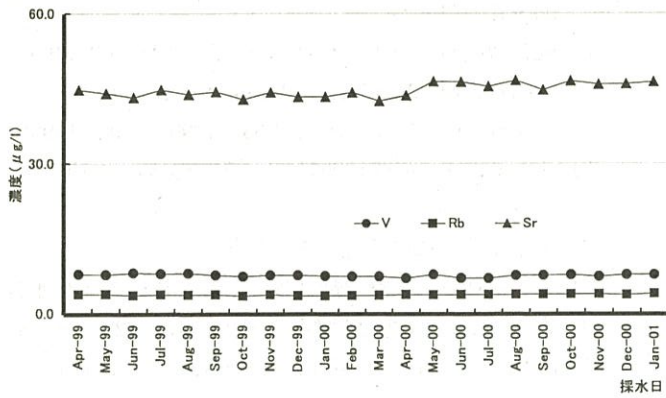


図2 三分一湧水中の V,Rb,Sr の経月変化

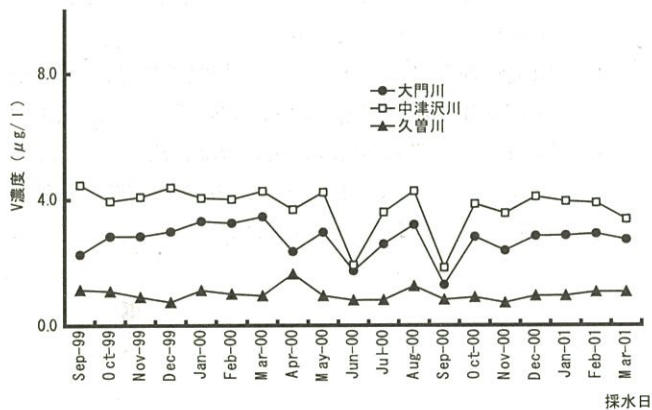


図3 河川水中の V 濃度の経月変化

摘している。これらの報告や我々の結果も踏まえ、八ヶ岳南麓で涵養される地下水は胚胎する地質化学的特長を反映し、かつ濃度レベルは安定しているものと考えられた。さらに河川水中の V 濃度においてもおおむね一定の濃度推移を示すことが示唆された。

2. 河川水及び湧水中の Rb 及び Sr 濃度特性

河川水中の Rb の濃度範囲は八ヶ岳南麓湧水群の濃度に対して平均値で約 60%~130% の濃度である。一方 Sr では大門川での濃度平均値が八ヶ岳南麓湧水群に近似した値であるが、他の 2 河川は 2.1 倍および 3.5 倍高濃度である (表 1)。

Rb と Sr の濃度比は八ヶ岳南麓湧水群の 0.091 に対して、河川での濃度比は 0.024~0.056 である (表 2)。この濃度比の原因として、Rb 濃度では河川水と八ヶ岳南麓湧水群中の水試料に大きな隔たりはないが、河川水中の Sr が何らかの要因により影響を受け濃度が増加し、濃度比が小さくなったと考えられた。

Rb や Sr の起源は地下水や湧水など、地質との関連や降雨などの影響、また人為的活動にともなう影響が推定されるが、八ヶ岳南麓に位置するこの地域は、八ヶ岳の影響により安山岩が卓越¹³⁾ 岩石中には Rb や Sr が含まれているため¹⁴⁾、地質との濃度関連を考慮する必要

がある。そこで水中微量元素のひとつである V 濃度を基に、この元素との濃度比から河川水中の Rb や Sr の多寡を検討した。

3. 河川水中 Rb 及び Sr の V に対する濃度比と季節変動

Rb や Sr と共に測定した V 濃度を基に濃度比を比較するとさらに大きな隔りがある。河川水中の Rb や Sr が地下水や湧水からのみ由来すると推定すると、濃度比はほぼ同程度になるものと推定される。しかし、平均値での大門川の Rb/V 濃度比は八ヶ岳南麓湧水群の約 1.5 倍あるが中津沢川や久曾川での濃度比は 2.3 倍~5.1 倍と大きい。さらに Sr/V の濃度比は大門川で約 3 倍であるが中津沢川では約 3.4 倍、久曾川では 20 倍以上と大きい。八ヶ岳南麓湧水群における Rb/V, Sr/V 濃度比と各河川水中の濃度比を比較すると、各河川水中の濃度比は明らかに高く (表 2)、含有濃度も明らかに高い (表 1)。

調査対象とした 3 河川のうち久曾川において、Rb と Sr 濃度は冬季に明らかな濃度上昇が認められたが、大門川や中津沢川では明らかな季節変動は認められなかった (図 4, 5)。Rb や Sr の起源としては、下水処理による水中濃度の影響の指摘⁴⁾ もあるが、ここで認められた変動が上流域の人為的活動に基づくものか

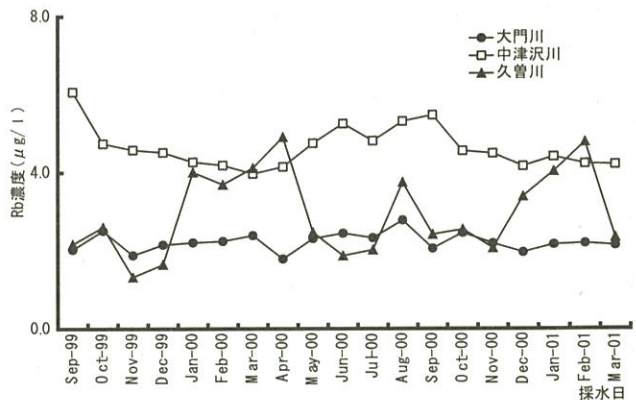


図4 河川水中の Rb 濃度の経月変化

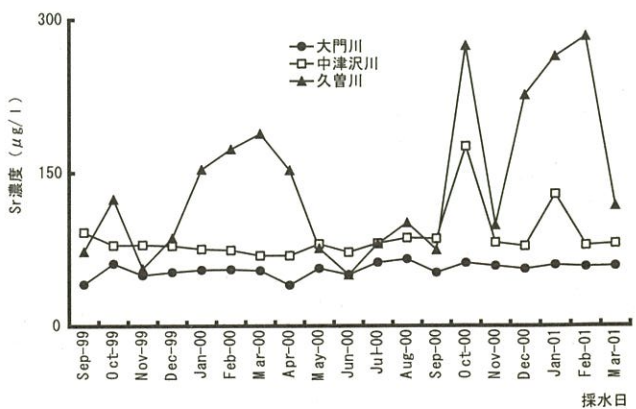


図5 河川水中の Sr 濃度の経月変化

どうかは今後の検討課題である。さらに継続的な調査や解析により詳細な変動理由を検討したいと考えている。

ま と め

以上の結果をまとめると

- 1) ハヶ岳南麓地域を中心とした地下水や湧水及び河川水中の V 濃度は安定した濃度推移を示した。
- 2) ハヶ岳南麓湧水中の Rb や Sr は安定した濃度推移を示したが、河川水中の Rb や Sr には濃度変化がみとめられた。
- 3) 久曾川では Rb や Sr に季節的な濃度変化が確認できた。濃度変化には同様な挙動が確認され、元素起源の共通性が示唆されるがその起源の特定には至らなかった。

参 考 文 献

- 1) 高橋 照美ら：山梨衛公研年報, 30, 46~49 (1986)
- 2) 高橋 照美ら：山梨衛公研年報, 31, 49~54 (1987)
- 3) 堤 充紀ら：山梨衛公研年報, 34, 62~65 (1990)
- 4) 垣内正久・丸井敦尚：ハイドロロジー, 24, 93~106 (1994)
- 5) 丸井敦尚ら：ハイドロロジー, 23, 91~103 (1993)
- 6) Pascale M. Nirel and Roger Revaclier : Environ. Sci. Technol., 33, 1996~2000 (1999)
- 7) 衛生試験法・注解[2000]: 日本薬学会編 (金原出版) (2000)
- 8) 上水試験方法[1993]. 日本水道協会 (1993)
- 9) 上水試験方法・解説編[1993]. 日本水道協会 (1993)
- 10) 興水 達司ら：地球環境, 2 (2), 215~220. (1998)
- 11) Sakai, Y. et al. : Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 216 (2), 203~212. (1997)
- 12) 小林 浩・興水 達司：日本地下水学会秋季講演会講演要旨. 74~77 (1999)
- 13) 山梨県地質図編纂委員会：山梨県地質誌, 10 万分の 1 図幅山梨県地質図及び同説明書, 山梨県. (1970)
- 14) Imai, N., Terashima, S., Itoh, S. and Ando, A. : Geochemical Journal , 29, 91~95. (1995)
- 15) 気象月報：気象庁 (1999,2000)