

山梨県内の地下水及び湧水中の リン及びバナジウム濃度

小林 浩 大沼正行 輿水達司*

Phosphorus and Vanadium Concentrations of
Groundwater in Yamanashi Prefecture

Hiroshi KOBAYASHI, Masayuki OHNUMA and
Satoshi KOSHIMIZU*

筆者らは、水試料に含まれる ppb レベルの元素（以下「微量元素」と記す）に着目し、その種類や濃度を明らかにすると共に、地域的特性を把握し、人為もしくは天然による環境水への影響評価を行なうことを検討している。

山梨県内の水試料については、小林ら¹⁾、深澤・小林²⁾、小林・深澤³⁾、吉澤ら⁴⁾、高橋ら^{5, 6)}、堤ら⁷⁾により主として主要イオン（陽イオン：Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, 陰イオン：Cl⁻, NO₃-N, SO₄²⁻, HCO₃⁻）や総リン、総窒素などを中心とした濃度特性が報告されている。これらのうち、飲用に用いられる地下水（以下「地下水」と記す）や、湧水について小林・深澤³⁾や高橋ら^{5, 6)}は富士山麓周辺でリン濃度の高いことを報告している。この主要な原因として小林・輿水⁸⁾は地質的要因を指摘している。リンと同様に富士山麓周辺の地下水や湧水はバナジウム濃度の高いこともすでに指摘^{9, 10)}されており、リンとバナジウムの関連性が示唆される。

そこでこの報告では主に1999年度に採水した水試料について、リンとバナジウムの濃度特性と相関性を地質的背景を考慮し検討した。

試料の調製方法及び分析方法

1) 水試料

本研究には、飲用もしくは名水などに選定されている水試料を、1999年6月～8月に採水した25地点（地下水19地点、湧水6地点）について、各水試料ごとのリンとバナジウムなどの濃度を測定した。

また、年間を通じた経時変化を観察することを目的に、富士北麓に位置し飲用に用いている深井戸（以下「観測井」と記す）と八ヶ岳南麓湧水（三分一湧水）について、1999年3月～2000年3月まで約12ヶ月間採水した。

*：山梨県環境科学研究所

2) 実験方法

(1) リン及びバナジウム分析方法

総リン（以下「リン」と記す）分析は、ペルオキシニ硫酸カリウムによる酸化分解後、モリブデン青法による比色定量を行ない、バナジウム分析は、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。なお詳細は既報^{8, 11)}に準じた。

(3) 主要陽・陰イオンの分析方法

主要成分の内、陽イオンは原子吸光光度法により、また陰イオンのCl⁻, NO₃-N, SO₄²⁻はイオンクロマトグラフ法により、またHCO₃⁻は滴定法により分析した^{12, 13)}。

結 果

1) 地下水及び湧水中の

リン及びバナジウムの濃度特性

本解析の対象とした地下水及び湧水の計25試料についてpH、電気伝導度、リン及びバナジウム濃度の概要を表1に、調査地点を図1に示した。

甲府盆地及びその周辺のリン及びバナジウム濃度の平均値（n=14）は、リン濃度が47 µg/l、バナジウム濃度が5.08 µg/l、濃度範囲はリンが1～125 µg/l、バナジウムが0.99～9.87 µg/lであった。一方、富士山麓及びその周辺の平均値（n=11）はリン濃度が139 µg/l、バナジウム濃度が50.1 µg/l、濃度範囲はリンが78～214 µg/l、バナジウムが24.5～71.0 µg/lであった。

2) 地下水及び湧水中の主要成分濃度

水試料中の主要成分濃度を表2-1及び表2-2に示した。

甲府盆地及び周辺での地下水と湧水の主要成分の平均濃度は、Na⁺, K⁺, Mg²⁺では約6 mg/l以下と小さく、Ca²⁺で19.5 mg/lあった。また、陰イオンの平均ではCl⁻

表1 水試料の概要

	甲府盆地及びその周辺 (n=14)				富士山麓周辺及びその周辺 (n=11)			
	pH	電気伝導度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	リン ($\mu\text{g}/\text{l}$)	バナジウム ($\mu\text{g}/\text{l}$)	pH	電気伝導度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	リン ($\mu\text{g}/\text{l}$)	バナジウム ($\mu\text{g}/\text{l}$)
最大値	7.8	338	125	9.87	8.1	323	214	71.0
最小値	6.9	58	1	0.99	7.4	59	78	24.5
平均値	7.5	187	47	5.08	7.8	124	139	50.1

表2-1 甲府盆地及びその周辺水試料中の主要成分の概要 (n=14)

単位: mg/l

	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3-N	HCO_3^-
最大値	7.5	4.5	3.6	32.2	11.7	37.4	7.3	137.3
最小値	3.9	0.7	1.5	3.7	0.9	0.9	0.1	39.7
平均値	6.0	2.1	3.0	19.5	6.1	19.5	2.3	77.6

表2-2 富士山麓及びその周辺水試料中の主要成分の概要 (n=11)

単位: mg/l

	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3-N	HCO_3^-
最大値	7.6	2.5	7.1	19.9	15.9	57.5	1.6	103.7
最小値	4.3	0.7	2.4	4.8	0.4	1.3	0.1	36.1
平均値	5.8	1.7	4.0	10.3	3.2	9.6	0.7	62.1

や NO_3-N は約 6 mg/l 以下と小さく、 SO_4^{2-} では 19.5 mg/l、 HCO_3^- は約 78mg/l であった。

富士山麓及び周辺での湧水、地下水の主要成分の平均濃度は、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} では約 6 mg/l 以下と小さく、 Ca^{2+} では約 10.3mg/l であった。また、陰イオンでは Cl^- や SO_4^{2-} は約 10mg/l 以下であり、 NO_3-N では 1 mg/l 以下、 HCO_3^- は約 62mg/l であった。

3) 三分一湧水及び観測井での経時変化

次に富士北麓に位置する観測井と名水百選に選定されている八ヶ岳南麓に位置する三分一湧水のバナジウムとリン濃度の経時変化を図2と図3に示した。

富士山麓に位置する観測井において、リン濃度の平均値 (n=12) は 195 $\mu\text{g}/\text{l}$ 、標準偏差は 6、バナジウム濃度の平均値は 58.1 $\mu\text{g}/\text{l}$ 、標準偏差は 1.3 であり CV% はいずれも 5% 未満であった (図2)。

一方、八ヶ岳南麓の三分一湧水では、リン濃度の平均値 (n=12) は 77 $\mu\text{g}/\text{l}$ 、標準偏差は 2、バナジウム濃度の平均値は 7.71 $\mu\text{g}/\text{l}$ 、標準偏差は 0.22 であり CV% はいずれも 5% 未満であった (図3)。

考 察

1) リン及びバナジウムの濃度特性

地下水及び湧水中のリン及びバナジウム濃度は地域性が認められる。すなわち、リン及びバナジウム濃度はともに富士山麓及び周辺の地下水や湧水に高く、甲府盆地及びその周辺の地下水や湧水での濃度は低かった。

山梨県内の地下水や湧水のリン濃度特性については、すでに報告^{3,5,6)}があるが、小林・興水⁸⁾はリン濃度の地域性の生じる主な原因を地質的要因に基づき説明した。すなわち、富士山麓周辺は玄武岩やその堆積物が多く分布し、甲府盆地や八ヶ岳周辺では花崗岩や安山岩及びその堆積物に富んでいることに大きな原因があるとして

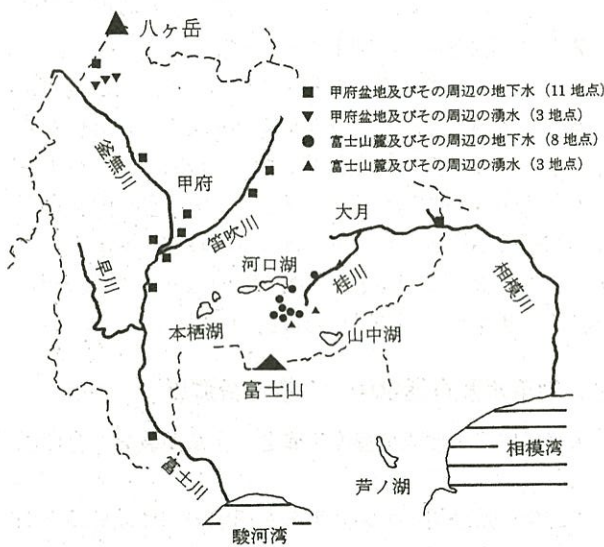


図1 調査地点の概略

いる¹⁴⁾。

一方、バナジウム濃度についてもリン濃度と同様に地域特異性が認められる。バナジウムもリンと同様に玄武岩に多く含有されるため富士山麓周辺の地下水や湧水では濃度が高く、甲府盆地やその周辺では濃度が低いことを報告してきた^{11, 15)}。

次に、水試料が胚胎する岩石との関連性をリンとバナジウムの濃度比特性からも検討した。

岩石中に含有される元素量については日本地質調査所より配布されている標準岩石に詳しい分析値が示されている¹⁶⁾。図4にリンとバナジウム含有量の関係を示した。標準岩石中のリンとバナジウムの濃度比 (P/V) は、花崗岩で2.3~17.1, 安山岩で3.0~6.9, 玄武岩で3.5~5.5である。特に山梨県鳴沢村で採取された玄武岩 (JB3) ではP/V比は3.5である¹⁶⁾。

水試料中に認められたリンとバナジウムの濃度比は、分布する岩石中の含有量に近似し、花崗岩や安山岩に富む甲府盆地側ではP/V比が高く、富士山麓側では低いことが概ね認められる。富士山麓の観測井での経時変化 (図2) から測定されたP/V比は3.3とJB3に近似している。また、八ヶ岳南麓湧水の一つである三分一湧水のP/V比は9.9であり標準岩石の安山岩もしくは花崗岩の特徴に類似している (図3)。

このように、標準岩石に認められるリン及びバナジウムの濃度特性が水試料中のこれらの濃度に概ね反映されていることが確認された。

2) リン及びバナジウムの相関性

本報告で解析対象とした水試料は、Na⁺ やCl⁻濃度は低く、またNO₃-Nの施肥などの関連性が指摘される項目の濃度も低い。また、三分一湧水や観測井での経時変化には季節的な変動が認められない。従って、解析対象とした25地点の水試料は、人為的影響が小さいと考えることができる。つまり、前項で認められたリンとバナジウムの濃度特性は、地下水や湧水が胚胎する岩石及び地質の特徴を反映しているものと考えられる。

また、リンとバナジウム濃度には正の相関関係が認められ、甲府盆地及びその周辺の地下水や湧水では0.9以上の、富士山麓及びそ

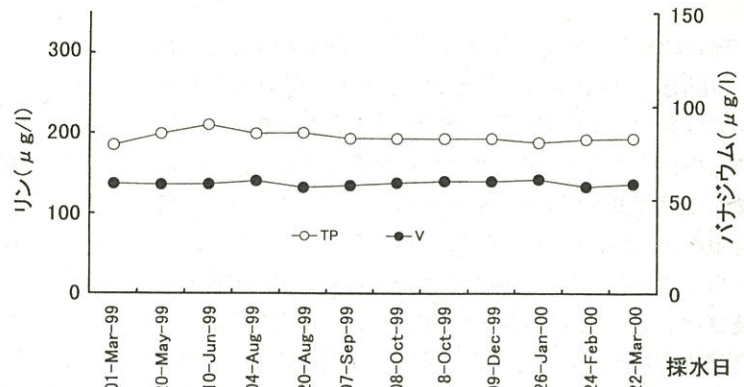


図2 観測井の経時変化

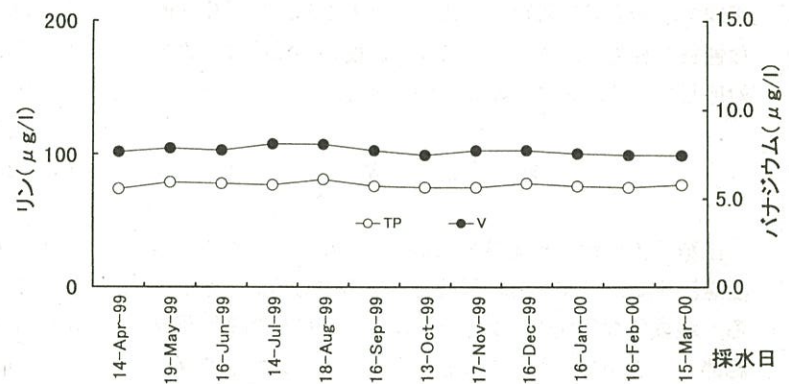


図3 三分一湧水の経時変化

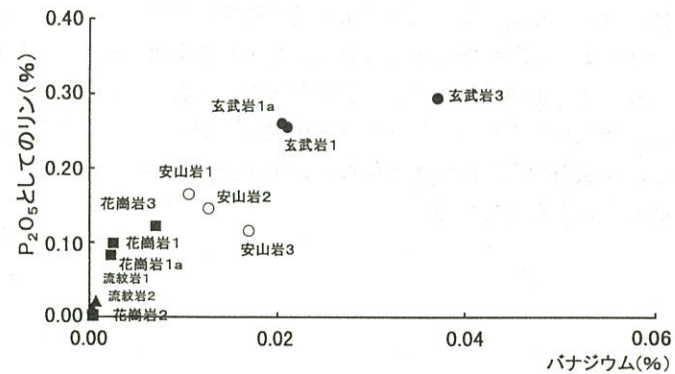


図4 標準岩石中のリンとバナジウムの関係¹⁶⁾

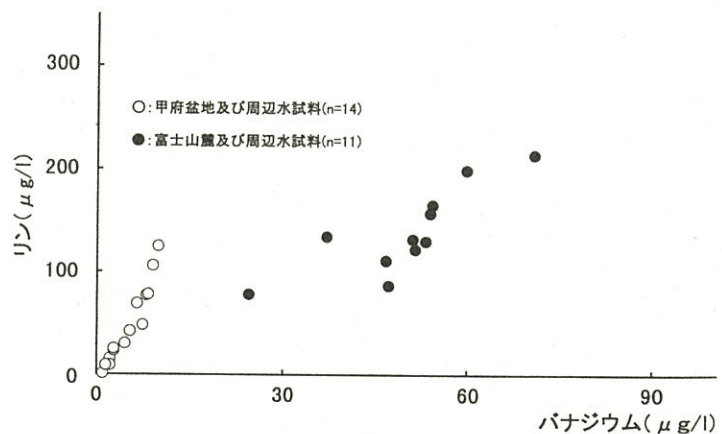


図5 リン及びバナジウムの相関

の周辺の地下水や湧水では0.8以上の相関関係が得られた(図5)。甲府盆地側の水試料と富士山麓周辺の水試料では異なった相関関係を確認することができる。前項でも指摘したように甲府盆地側の濃度比は高く、富士山麓側では濃度比が低く、岩石中のリンとバナジウムの含有量の規則性に概ね合致していることが認められた。

以上により、ここで検討した地下水及び湧水中のリン及びバナジウムは、人為的な影響より土壌岩石等からの自然負荷に起因するものと考えた方が妥当である。標準岩石などに認められるリン及びバナジウムの含有量の岩石種に応じた変動の規則性を、今回の水試料採取地域を構成する岩石類に適用して議論したところ、岩石化学的な性質の相違が、水試料中のリン濃度の地域的な相違と対応している、と考えることができる。

ま と め

山梨県内の地下水及び湧水中のリン及びバナジウム濃度を測定し、分布する地質的背景を考慮し検討したところ、地域的な特性やリンとバナジウム濃度に相関関係を認めることができた。この原因としては、地下水や湧水が通過する地質や岩石との関連性に着目し説明することが可能である。また、バナジウムなどの微量元素濃度の経時変化を観察することで、水質性状や地域特性をより詳細に把握することが可能と考えられた。今後も地下水はもとより、河川水や温泉水など、広範な地域の水質測定により、水試料中のバックグラウンド値などのデータを蓄積し、水試料の人為的影響評価などの応用面についても検討したいと考えている。

参 考 文 献

- 1) 小林規矩夫ら：山梨衛公研年報, 34, 56~61 (1990)
- 2) 深澤喜延・小林 浩：山梨衛公研年報, 38, 5~8 (1994)
- 3) 小林 浩・深澤 喜延：山梨衛公研年報, 36, 10~14 (1992)
- 4) 吉澤一家ら：山梨衛公研年報, 33, 59~62 (1989)
- 5) 高橋照美ら：山梨衛公研年報, 30, 46~49 (1986)
- 6) 高橋照美ら：山梨衛公研年報, 31, 49~54 (1987)
- 7) 堤 充紀ら：山梨衛公研年報, 34, 62~65 (1990)
- 8) 小林 浩・輿水達司：日本地下水学会誌, 41, 177~191 (1999)
- 9) 輿水達司ら：地球環境 2, 215~220 (1998)
- 10) 岡部史朗・森永豊子：日本化学会誌, 89, 284~287 (1968)
- 11) 小林 浩・輿水達司：日本地下水学会秋季講演要旨集, 74~77 (1999)
- 12) 上水試験方法・解説編[1993]. 日本水道協会, (1993)
- 13) 衛生試験法・注解[2000]：日本薬学会編(金原出版)(2000)
- 14) 山梨県地質図編纂委員会：山梨県地質誌, 山梨県, 240 (1970)
- 15) 輿水達司・小林 浩：第9回環境地質学シンポジウム論文集, 291~296 (1999)
- 16) Imai, N. et al. : Geochem. J. 29, 91~95 (1995)