

山梨県内の地下水・湧水におけるウラン濃度

小林 浩 堀内雅人 大沼正行 輿水達司*

Determination of Uranium in the Underground Waters
and Springs from Yamanashi, Central Japan

Hiroshi KOBAYASHI, Masato HORIUCHI,
Masayuki OHNUMA and Satoshi KOSHIMIZU

キーワード：地下水, 湧水, ウラン, 甲府盆地

天然放射性元素のひとつであるウランには、化学毒性と放射線障害が知られている¹⁾。化学毒性としては腎障害が、また、放射線障害としては肺がんやリンパ腫などが指摘されている¹⁾。このことから厚生労働省では飲料水からの放射線被曝を低減化するため、1998年に水道法の水質管理目標設定項目(旧名称：監視項目)においてウランの指針値(2 $\mu\text{g}/\text{l}$ 以下)を設定し、飲料水中のウラン濃度監視の必要性を喚起した。

環境中のウランは、鉱物採取や鉱物処理に伴う排水、原子力発電所や原子力関連施設からの排水、化石燃料の燃焼に伴う排出、また、ウランを含むリン鉱石を原料としたリン酸肥料の使用により放出され、一方、岩石や海水中にも広く存在している¹⁾。

近年、分析機器の発達により水試料中の微量元素の測定が迅速に行われるようになった²⁾。例えば、児玉ら³⁾は原子力関連施設をもつ茨城県の地下水中のウラン濃度についてバックグラウンドレベルを把握する目的で調査し濃度概要を記している。また、金井⁴⁾は花崗岩の発達する福島県の温泉水や湧水についてウラン系列核種の濃度や系列核種相互の関係を明らかにするためウラン濃度を測定し、長谷川ら⁵⁾は、金井⁴⁾とほぼ同様な地域の河川水のウランなど多元素について測定し濃度レベルを報告している。

このように、水試料中のウラン濃度測定は、主に原子力発電施設のある地域において、あるいはウランを比較的高濃度に含む火成岩体である花崗岩の発達する地域において継続的な測定が行われ、濃度レベルや地域的な特徴を把握する試みがなされてきた。山梨県は原子力関連施設を持たないものの、甲府盆地一帯には花崗岩体が分布している。本報告では、山梨県を中心とした飲用地下水(以下「地下水」)や湧水中のウラン濃度の特性を把握し、水試料中ウラン濃度に影響を及ぼす要因について検討したので以下に報告する。

分 析 方 法

1. 分析対象とした水試料

水試料は、甲府盆地とその周辺の飲用に用いられている地下水と名水百選に選ばれている八ヶ岳南麓湧水を含めた20試料と、富士山麓の地下水および湧水21試料を、2000年6～7月に採水し(以下「2000年採水」と記す)、ウラン濃度を測定した。また、2000年採水地点のうち、4地点の地下水および1地点の湧水を1999年～2003年の毎年6月に採水し、ウラン濃度の推移を調査した。

2. 分析方法

ウランはICP-MS法により分析した。ウランは質量数238を測定し、内部標準はテルビウム(質量数159)を用いた。これら分析に用いた標準品はすべて市販品を用いた。なお、ICP-MS法は既報⁶⁾、上水試験方法⁷⁾および衛生試験法・注解⁸⁾に準拠した。

結果および考察

1. 試料中のウラン濃度の地域性

2000年採水時の各地点濃度概要を図1に、濃度ごとのヒストグラムを図2に示した。ウラン濃度の最大値は0.35 $\mu\text{g}/\text{l}$ 、最小値は0.01 $\mu\text{g}/\text{l}$ 未満、平均値は0.04 $\mu\text{g}/\text{l}$ ($n=41$)であった。濃度別の度数分布は0.05 $\mu\text{g}/\text{l}$ 未満の地点が34地点と全体の82.9%を占め、0.1 $\mu\text{g}/\text{l}$ を超える地点は僅かに7地点であった。また、すべての地点において指針値(2 $\mu\text{g}/\text{l}$)未満であった。

上水試験方法・解説編²⁾によれば、調査件数は明記されていないが日本の5都市における水道水の平均値は0.009 $\mu\text{g}/\text{l}$ と記され、また硬度の高い地下水の調査結果では最大で1.73 $\mu\text{g}/\text{l}$ と報告されている。児玉ら³⁾の報告によれば、茨城県の80地点を調査した地下水において、34試料において不検出であり、検出された地点

*：山梨県環境科学研究所

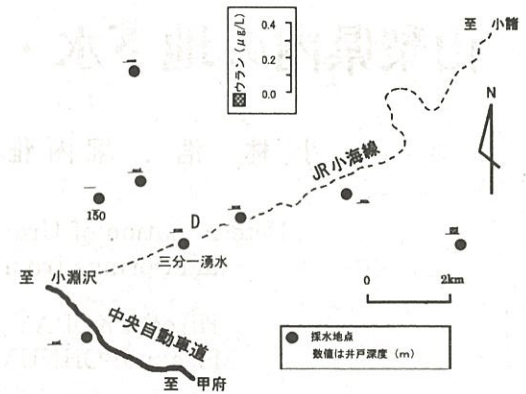
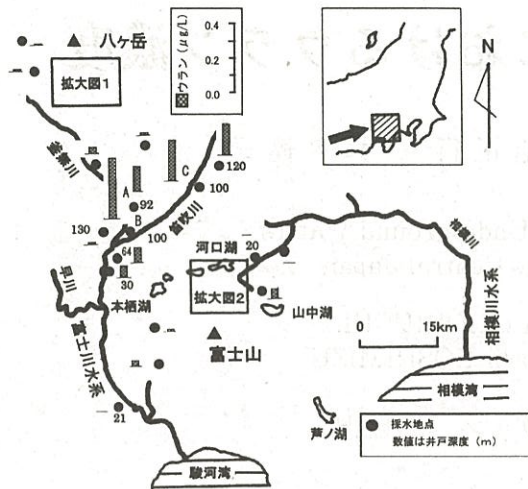


図1-1 拡大図1 ハケ岳南麓

図1 地下水及び湧水中のウラン濃度

の濃度範囲は0.002~4.57 μg/lであり、1箇所のみ原因を言及していないが指針値を超えたことが報告されている。また、長谷川ら⁵⁾は43地点の河川水の測定結果として最大値は0.19 μg/l、最小値は0.002 μg/l、平均値は0.033 μg/lであり、検出濃度の低いことを報告している。福島県内の42試料の鉱泉・温泉水等を調査した金井⁴⁾の報告によれば、最小値は0.01 μg/l未満、最大値5.54 μg/lの範囲であり、算術平均は0.29 μg/lと低濃度であり、ほとんどの地点で0.2 μg/l以下と濃度の低いことが報告されている。今回の我々の結果でも地下水や湧水での検出濃度レベルは低く、これらの報告例と大きな濃度差は認められなかった。

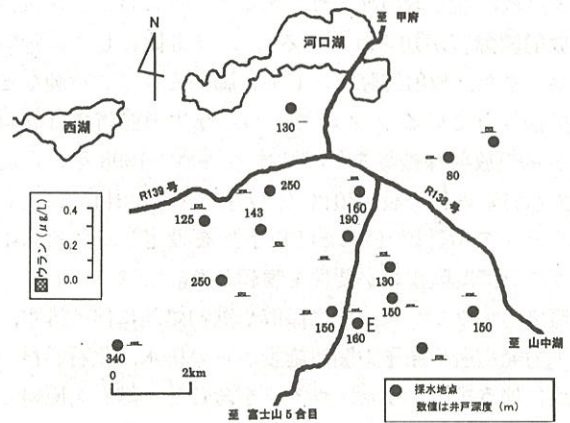


図1-2 拡大図2 富士山北麓

甲府盆地とその周辺でウランが0.1 μg/l以上検出された地下水と、ハケ岳南麓湧水(三分一湧水)および富士山麓の地下水(図1のA, B, C, 図1-1のDおよび図1-2のE地点)の濃度変化を図3に示した。これら調査地点のうち、0.1 μg/l以上検出された地点(A, B, C地点)の変動係数はいずれも10%以内と小さく、ハケ岳南麓湧水(D地点)および富士山北麓地下水(E地点)の濃度は検出下限値を僅かに超えるほぼ一定の濃度で推移していた。濃度変化が小さいことから、これら水試料のウランは水試料の涵養される岩石・地質

の影響が推定された。

先の金井⁴⁾の報告によれば、最高濃度を検出した地点の原因として地質との関連が指摘され、この地点は花崗岩に位置する湧水であり、花崗岩地帯に位置する水試料の平均値は他の地質の水試料よりやや高いことが指摘されている。そこで、今回の調査地点を甲府盆地と周辺グループおよび富士北麓グループに分け、グループごとの濃度概要を表1に示した。甲府盆地およびその周辺では0.01未満~0.35 μg/l濃度〔平均値0.06 μg/l (n=20)〕検出され、富士山麓と周辺では0.01未満~0.06 μg/l

表1 地下水及び湧水のウラン濃度、pH及び導電率の概要

		甲府盆地及びその周辺 (n=20)	富士山麓及びその周辺 (n=21)
ウラン (μg/l)	濃度範囲	0.01 未満~0.35	0.01 未満~0.06
	平均値	0.06	0.02
pH	範囲	7.02~7.44	7.12~8.30
	平均値	7.30	7.83
導電率 (mS/m)	範囲	4.3~9.9	5.9~18.1
	平均値	5.9	11.1

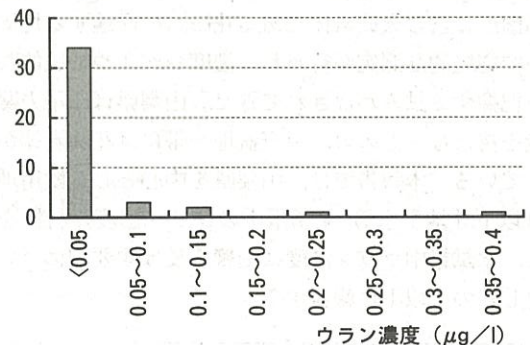


図2 ウラン濃度のヒストグラム

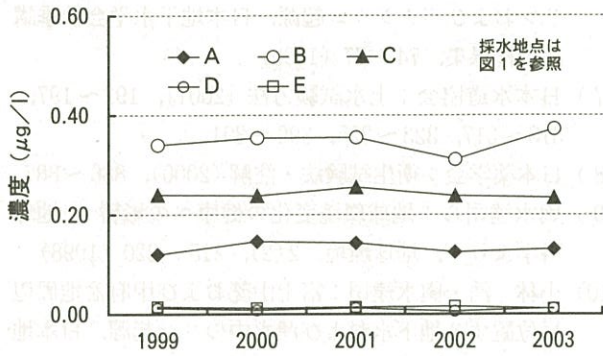


図3 採水地点ごとのウラン濃度変化

濃度〔平均値 $0.02 \mu\text{g/l}$ ($n=21$)〕検出され、甲府盆地と周辺の地下水でやや濃度が高く、八ヶ岳南麓湧水や富士山北麓の地下水や湧水では濃度の低い傾向が認められ濃度分布に地域性が認められた。

山梨県の地下水や湧水に含まれる元素のうち、バナジウム濃度やリン濃度については既に地域性が指摘されており、今回得られたウラン濃度と全く異なった濃度特性のあることが報告されている⁹⁻¹²⁾。バナジウムやリン濃度の地域性の要因として、水試料の胚胎する岩石や地質の影響が推定され、また、先にふれた金井⁴⁾の報告にも

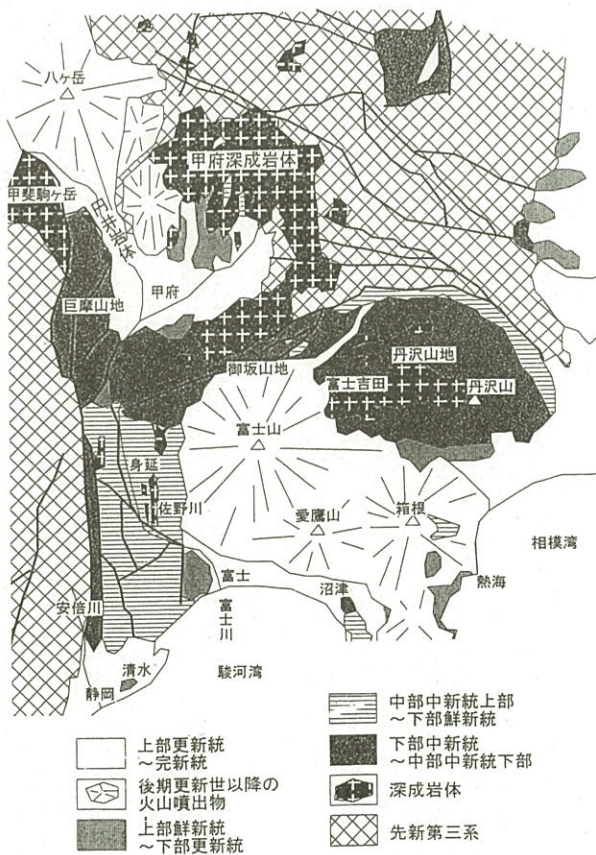


図4 南部フォッサマグナ地域の地質概略図 (山梨県地質図編纂委員会, 1970)

水試料中のウランと地質との関連が指摘されていることから、本調査地域と水試料中のウランについて岩石や地質との関連性について次項において検討した。

2. 試料中のウラン濃度と地質要因

山梨県を中心とした地質図¹³⁾を図4に示した。調査対象とした地域の地質概要は、甲府盆地北部に位置する八ヶ岳南麓では安山岩に富み、甲府盆地西北部から北部・東部には花崗岩質の貫入岩体である甲斐駒岩体や甲府岩体が分布している。一方、富士山麓は富士山の火山活動によって玄武岩質を主体とする厚い噴出物が堆積している。これらの地域に位置する地下水や湧水は、八ヶ岳南麓では安山岩の、また富士山麓では玄武岩の影響を受け、甲府盆地やその周辺では花崗岩の影響を受けているものと推定された。

これら岩石中のウラン含有量を地質調査所の Imai¹⁴⁾が報告した標準岩石のウラン含有量(図5)から推定すると、甲府盆地およびその周辺の花崗岩ではウラン含有量が高く、一方、富士山麓に代表される玄武岩および八ヶ岳南麓の安山岩ではウラン含有量は低いと考えられた。これら岩石中のウラン含有量と水試料中濃度を比較すると、水試料中濃度は涵養される岩石による自然起源の可能性が推定された。

本調査でのウラン濃度の測定が1年に1回であり、リン酸肥料の使用等人為的汚染要因とウラン濃度の関連性を検討することはできなかったが、今後はこれらの関係についてさらに検討を行いつともに、広範囲の水試料についてウラン濃度の測定を行いたいと考えている。

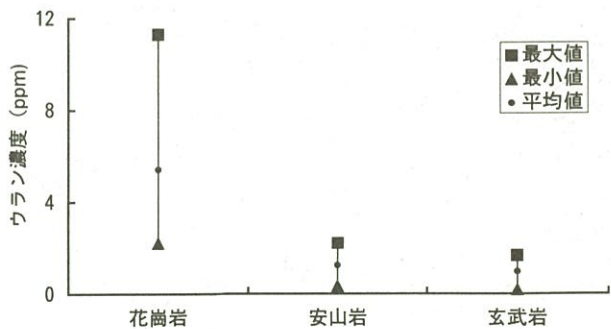


図5 標準岩石中のウラン含有量 (Imai, et al. 1995)

ま と め

1. 山梨県内の41試料の飲用地下水および湧水について2000年6~7月に採水しウラン濃度を測定した。その結果、調査対象とした水試料中濃度は、最低 $0.01 \mu\text{g/l}$ 未満、最大 $0.35 \mu\text{g/l}$ だった。いずれの試料においても厚生労働省の示した水質管理目標設定項目の指針値 ($2 \mu\text{g/l}$) 未満であり、濃度平均値は 0.04

$\mu\text{g/l}$ と低濃度だった。また、5地点の水試料について1999年～2003年の毎年6月に採水し濃度変化を観察したが濃度推移は安定していた。

2. 地下水、湧水中のウラン濃度は、富士山北麓および八ヶ岳南麓の水試料では低く、甲府盆地と周辺の水試料ではやや高かった。

参 考 文 献

- 1) 日本水道協会：上水試験方法・解説編 [2001], 443～445
- 2) 津村昭人ら：誘導結合プラズマ質量分析法による河川水の希土類元素、トリウムおよびウランの定量, RADIOISOTOPES, 40, 279～286 (1991)
- 3) 児玉弘人ら：県内地下水のウラン・トリチウム調査, 茨城公技研報, 11, 89～92 (2001)
- 4) 金井豊：福島県における温泉・湧水中の天然放射性核種, 地質調査研究報告, 53, 559～571 (2002)
- 5) 長谷川友之ら：中通りの河川水の特殊元素調査, 福島県衛公研年報, 15, 37～44 (1997)
- 6) 小林 浩・輿水達司：富士川・相模川水系におけるリンおよびバナジウム起源, 日本地下水学会秋季講演会抄録集, 74～77 (1999)
- 7) 日本水道協会：上水試験方法 [2001], 192～197, 313～317, 323～325, 390～391
- 8) 日本薬学会：衛生試験法・注解 (2000), 886～887
- 9) 輿水達司ら：地球環境変化の健康への影響 - 地球科学より -, 地球環境, 2 (2), 215～220 (1998)
- 10) 小林 浩・輿水達司：富士山麓および甲府盆地周辺に位置する地下水および湧水中のリン起源, 日本地下水学会誌, 41, 177～191 (1999)
- 11) 高橋照美ら：八ヶ岳南麓湧水群の水質, 山梨衛公研年報, 31, 49～54 (1987)
- 12) 堤 充紀ら：富士山北麓および八ヶ岳南麓水中の窒素・リン起源について (甲府盆地地下水との比較検討), 山梨衛公研年報, 34, 62～65 (1990)
- 13) 山梨県地質図編纂委員会：山梨県地質誌, 10万分の1図幅山梨県地質図および同説明書, 山梨県 (1970)
- 14) Imai N., et al. : 1994 Compilation value for GSJ reference samples, "Igneous rock series", Geochemical Journal, 29, 91～95 (1995)