

水道水中のウラン

1 ウランについて

(1) ウランの発見

ウランは、1789年にドイツ・ベルリンの薬剤師、マルティン・ハインリヒ・クラプロートによってピッチブレンド（瀝青ウラン鉱）から精製され、当時発見されたばかりの天王星（Uranus）にちなんでドイツ語でUran、ラテン語でUraniumと命名された。しかし、ウランが放射能を持っていることは、それから100年後の1896年にフランスのアンリ・ベクレルによって発見されるのを待たなければならなかった¹⁾。放射能の強さを表わす単位として一般的であったCi（キュリー）に替わって、現在使用されているSI単位のBq（ベクレル）は、このアンリ・ベクレルの名前に由来している（ $1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$ ）。

(2) 存在と用途

太陽系における地球誕生の時から、ウランは地球上に広範囲に常在する自然の放射性元素であり、主な放射性同位元素は存在量が多い順にウラン-238（同位体存在比、半減期、及び比放射能：99.28%、45.1億年、12.4 Bq/mg）、ウラン-235（同：0.72%、7.1億年、80 Bq/mg）、ウラン-234（同：0.0057%、24.7万年、231,000 Bq/mg）である²⁾。これらの放射性同位元素は図1に示したように自然の放射性壊変系列に含まれており、一つはウラン-238から始まりウラン-234を経由して安定な鉛-206になるウラン系列であり、もう一つはウラン-235から始まって安定な鉛-207になるアクチニウム系列である。通常ウラン-238に対する

ウラン-235の存在比率を人工的に3~5%に上昇させた（すなわち、ウラン-235の濃度を4~7倍程度上げた）濃縮ウランは、原子力発電等原子炉の核燃料として利用されている。

ウランを含む鉱物が多い。前述のピッチブレンド（ U_3O_8 ）と閃ウラン鉱（ UO_2 ）が主なウラン鉱ではあるが、他にリン灰ウラン鉱（リン酸ウラニルカルシウム、 $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）、カルノー石（バナジン酸ウラニルカリウム、 $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ）も採掘対象になっている。世界の主なウラン鉱床は、オーストラリア、USA、カナダ、ガボン、コンゴ、南アフリカ、ロシア、中国等にある。世界の推定埋蔵資源量は約300万トンで最近の年間生産量は約4万トンであり、ほとんどが核燃料として使用されている¹⁾。日本国内では岡山県苫田郡の人形峠鉱床が1955年に、岐阜県土岐市の東濃鉱床が1962年に発見されたが、埋蔵量が少ないために開発はされなかった。

なお、劣化ウランは天然ウラン鉱を原子炉や核兵器に使用するために濃縮する際の副産物である。すなわち、核分裂性の高いウラン-235の大部分が濃縮過程で除去されるために、残された“劣化した”ウランは核分裂性の低いウラン-238が多く、放射性は通常のウランに比べて約40%弱くなったものである。しかし、劣化ウランは化学的には有毒な高密度の超硬金属であり、主に航空機・車両等の重心微調整用の重り（マスバランス）、医療用放射線機器等の遮蔽及び軍事用途（戦車の砲弾や装甲材）等を使用され、環境汚染の一因になっていることも

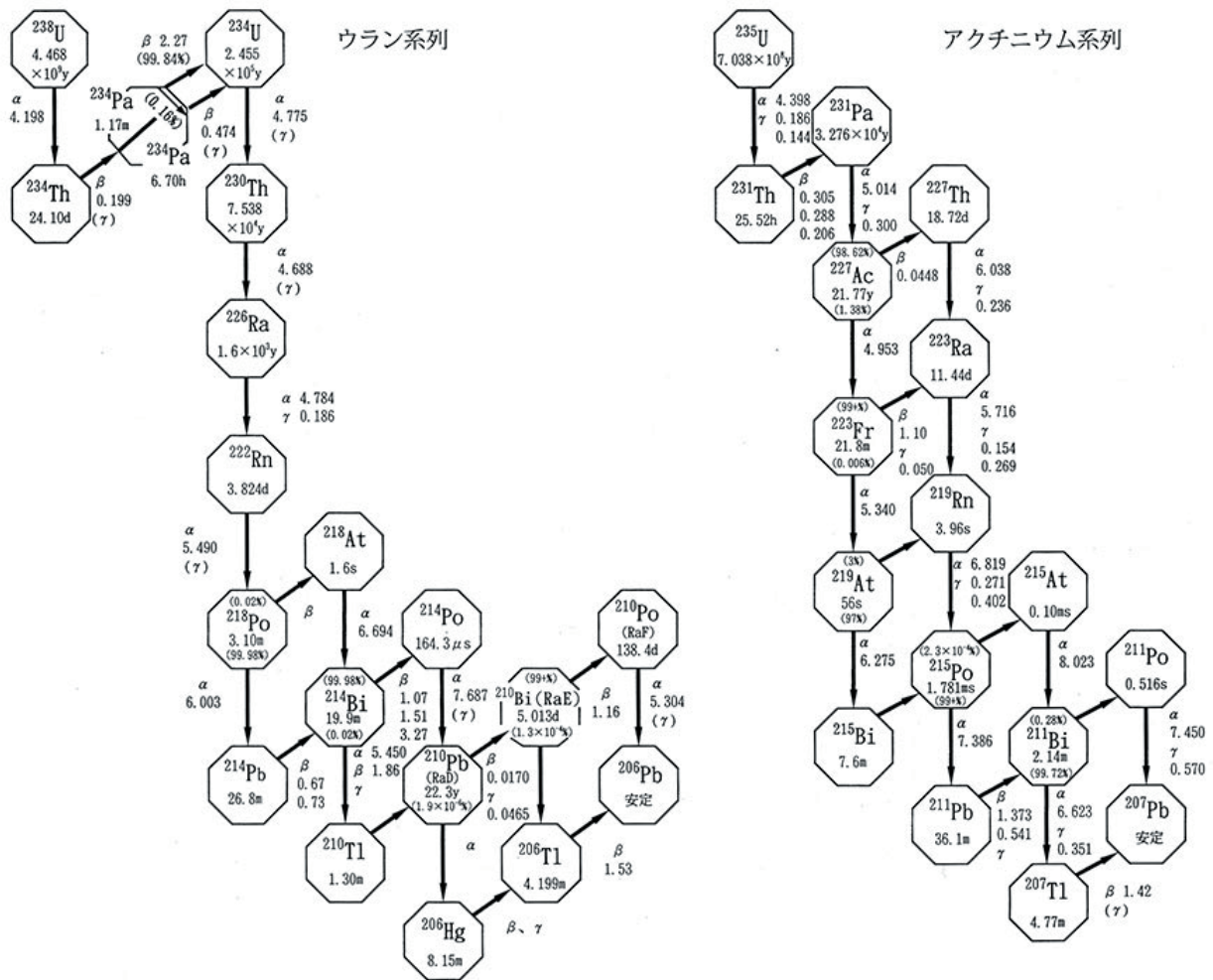


図 1

懸念されている²⁾。このほか、極わずかではあるがガラスや陶磁器の着色用にも使用され、淡い黄色や淡い緑色を放つ俗に言うウランガラス等として愛好されてもいる。

一般環境中にもウランは広く分布している。UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation: 国連放射線影響科学委員会) の 1977 年報告によれば、岩石中ウラン-238 の含有量は表 1 に示したように火成岩の酸性岩 (花崗岩) で最も高く 4.8 mg/kg、次いで堆積岩の頁岩で 3.6 mg/kg、最も低かったのは火成岩の超塩基性岩 (かんらん岩) の 0.03 mg/kg であった。UNSCEAR はさらに一般土壌中のウラン-238 濃度にも言及しており、世界の平均は 2.1 mg/kg で典型的な含有量は 0.9 ~ 4.2 mg/kg の範囲にあるとした。アメリカの Standard Methods 20th Edition³⁾ は、ウランの地殻の平均含有量は 2.3 ppm、土壌では 1.8 ppm で、飲料水の

平均濃度は 2.7 $\mu\text{g/L}$ (放射能濃度は、ウラン 1 μg あたりの放射能をウラン-238 とウラン-234 の放射平衡を考慮した 0.0248 Bq/ μg であるとして換算した 67 mBq/L) としている。

富樫らによると、日本の上部地殻の平均組成におけるウラン濃度は 2.32 ppm⁴⁾ と、アメリカとほぼ同濃度である。環境試料のうち、吉田らによる土地利用形態 (畑、水田、森林等) 別にみた土壌中ウラン濃度については、表層土壌 (n=77) の平均として 2.27 ppm⁵⁾ と、アメリカよりは少し高い値が報告されている。その他の環境試料では、海水中濃度約 3 $\mu\text{g/L}$ 、河川水 0.0281 \pm 0.033 $\mu\text{g/L}$ 、湖沼水 0.0237 \pm 0.0301 $\mu\text{g/L}$ 、雨水 0.00065 $\mu\text{g/L}$ 等が報告されている⁵⁾。また、人体中では、血液 0.5 ppb (約 0.00048 $\mu\text{g/L}$)、骨 0.2 ~ 70 ppb、体組織 1 ~ 3 ppb とされている¹⁾。

(3) 化学的性質

ウランは銀白色の金属で沸点 3,813 $^{\circ}\text{C}$ 、融

表1 岩石中の放射能濃度*

岩石の種類	ウラン-238 (mg/kg)
火成岩	
酸性岩(花崗岩)	4.8
中性岩(閃緑岩)	1.9
塩基性岩(玄武岩)	0.9
超塩基性岩(かんらん岩)	0.03
堆積岩	
石灰岩	2.2
炭質岩	2.1
砂岩	1.5
頁岩	3.6

* UNSCEAR (1977)

pCi/g値をウラン-238の比放射能12.4 Bq/mgより換算

点 1, 132 °C、比重 19.0 (20 °C) で、常温の水やアルカリには不溶であるが、ほとんどの酸には溶ける。ハロゲン元素と反応し、高温で水素、窒素と反応する。自然界での原子価は +2、+3、+4、+5、+6 価で、6 価が最も安定で次に 4 価が安定である。4 価の酸化ウラン (UO₂) は水やアルカリに難溶性であるが、容易に酸化されて 6 価に変わり、6 価はウラニルイオン (UO₂²⁺) として水やアルカリに溶解性が高い。主な化合物は、八酸化ウラン (U₃O₈) (UO₂・2UO₃ の組成に相当するので 4 価ウランと 6 価ウランの酸化物であり最も安定、緑がかった黒色の結晶又は粉末、融点 1, 450 °C、用途:陶磁器の黒色うわ薬)、二酸化ウラン (UO₂) (安定な酸化物、黒ないし褐色の結晶又は粉末、融点 2, 865 °C、用途:原子炉燃料)、二ウラン酸ナトリウム (Na₂U₂O₇) (俗にウラン黄ともいう、黄緑ないし金色の板状晶、用途:ガラスの着色剤)、硝酸ウラニル (UO₂(NO₃)₂) (通常六水塩、黄色の柱状又は板状晶、黄緑色の強い蛍光を示す、融点 60.2 °C、用途:ウランの精錬や分析用試薬)、酢酸ウラニル (UO₂(CH₃COO)₂) (通常二水塩、黄色結晶、蛍光を発生し摩擦ルミネッセンスも見られる、用途:電子顕微鏡用染色試薬)、六フッ化ウラン (UF₆) (無色ないし白色の潮解性の結晶、融点 56 °C、用途:ウラン-235 の濃縮) 等である。水溶液中では、U³⁺ は赤紫色、U⁴⁺ は緑色、UO₂²⁺ は黄色を呈するが、黄色 (UO₂²⁺ の形) が一般的である。また、水中で UO₂²⁺ が炭酸イオンと結合すると安定な錯イオン UO₂(CO₃)₃⁴⁻ を形成する。

2 ウランに関する WHO の飲料水水質ガイドライン

ウランに関する WHO (World Health Organization: 世界保健機関) のガイドラインを振り返ってみると、1958 年と 1963 年の WHO 飲料水国際基準 (WHO International Standards for Drinking-water) には記載がない。1971 年の WHO 飲料水国際基準では、飲料水中のウランは管理が必要であるが、仮の基準を定めるには情報が不十分であったとした。

1984 年に出版された飲料水水質ガイドライン 第 1 版 (Guidelines for drinking-water quality, first edition) では、飲料水の日常的なスクリーニングのための総アルファ線及び総ベータ線の平均放射能濃度を、各々 0.1 Bq/L 以下及び 1Bq/L 以下として勧告したが、ウランに対する特別な記載はなかった。1993 年の第 2 版では、預託実効線量 (放射性核種の摂取後、生涯に亘る総実効被ばく線量) の参照レベルは一年間の飲料水の消費 (体重 60kg の成人、2 L/日) で 0.1 mSv とし、この 0.1 mSv に相当する飲料水中のウラン濃度はウラン-234 もウラン-238 も同じ 4 Bq/L とした。この他、同様にウランと同じ自然放射性核種である図 1 中のトリウム-232、ラジウム-228、鉛-210 もそれぞれ、0.1 Bq/L、1 Bq/L、0.1 Bq/L とした。したがって、第 1 版に示された飲料水中の放射性物質のスクリーニング値は、第 2 版で示された参照レベル (0.1 mSv) をたとえ 1 種類の放射性物質だけを摂取したとしても超過してしまうことになる。しかしながら、実際にはウラン等の自然放射性物質が通常は総放射能中のごく僅かな部分を占めているに過ぎないことから、それ程大きな矛盾を生じるとは考えられていない。そこで、第 2 版においても第 1 版と同様な飲料水中の放射性物質のスクリーニング値のみが勧告され、ウランについてのガイドライン値は定められなかった。

飲料水中のウランについて具体的な値が定められたのは 1998 年の第 2 版の補遺版からで、健康の観点からガイドライン値として 0.002 mg/L (暫定) が設定された。暫定的なガイドライン値としたのは、ウラン濃度の高い地域における浄水処理の困難さを考慮したためであった。

最新の第 3 版 (2004 年) ⁶⁾ でも飲料水中の放射性物質のスクリーニング値を定めている

が、ICRP (International Commission on Radiological Protection : 国際放射線防護委員会) 等の最新情報を基に総アルファ線及び総ベータ線の平均放射能濃度を各々 0.5 Bq/L 以下及び 1 Bq/L 以下とし、総アルファ線の値に関しては従来の 0.1 Bq/L から 0.5 Bq/L に引き上げられた。また、預託実効線量の参照レベル (0.1 mSv) に相当する飲料水中のウラン濃度についてもウラン-234、ウラン-238 とも従来の 4 Bq/L から 10 Bq/L に引き上げられた。その上で、これらの放射線学的観点とは異なった化学的性状によって、ウランのガイドライン値として 0.015 mg/L (暫定) と従来 (0.002 mg/L) の 7.5 倍も高い値が勧告された。

ウランのガイドライン値が暫定的であるのは、第 2 版補遺版と同様に小さな水道供給者では浄水技術が未熟なことや、ウランの毒性や疾病との関係が不明確であることによると説明されている。また、WHO はその調査結果から「一般的には飲料水中のウラン濃度は 0.001 mg/L 未満であるが、私的に供給されている水道では 0.7 mg/L という高濃度の測定結果が得られたこともある。」としている。TDI (Tolerable Daily Intake : 耐容一日摂取量) については、第 2 版補遺版と第 3 版は同じ毒性データを採用している。すなわち、硝酸ウラン六水和物を溶かした飲料水を 91 日間雄のラットに飲ませた結果腎障害が認められ、LOAEL (Lowest-Observed-Adverse-Effect Level : 最小作用量) の 0.06 mg/kg/日、及び不確実係数 100 (種内差 10 及び種間差 10) から計算された TDI は 0.0006 mg/kg/日であった。しかし、ガイドライン値算出にあたって、飲料水を 60 kg の成人が 1 日 2L 消費する条件は同じであったが、第 2 版補遺版では飲料水の寄与を TDI の 10 % としたのに対して第 3 版ではほとんどの地域では飲料水以外からのウラン摂取量は低いとして飲料水の寄与を 80 % としたため、第 3 版の最新ガイドライン値は前述したように従来の 7.5 倍の 0.015 mg/L (暫定) に設定された。

なお、ウランのヒト体内での挙動については、「摂取後、ウランは血流中に急激に出現し、……。血流からの排除は速く、ウランは次に腎臓や骨格に蓄積する。骨格はウランの蓄積の主要な部位で

あり、ウランイオンは、(骨の結晶の) ハイドロキシアパタイト化合物中のカルシウムに取って代わる。いったん骨格の中で平衡に達すると、ウランは尿中や糞便中に排泄される。」〔WHO 飲料水水質ガイドライン (第 2 版) - 第 2 巻 健康クライテリアと関連情報 (日本語版) - 〕から抜粋〕と記載されており、「通常の 1 日の摂取の状況下ウランの半減期は 180 - 360 日と見積もられていた」(同) としている。

3 ウランと水道法

(1) ウランは水質管理目標設定項目

ウランが、初めて日本の水道法の中に規定されたのは平成 10 年 6 月 1 日付生衛発第 928 号で、監視項目として当時の WHO のガイドライン値 (1998 年第 2 版補遺版) 0.002 mg/L (暫定) を指針値として設定した。現行水道法 (平成 15 年 5 月 30 日付厚生労働省令第 101 号) では、水質基準 (50 項目) を補完する水質管理目標設定項目 (27 項目) の一つとして「ウラン及びその化合物」が設定されている。ウランの発ガン性に関するデータは不十分として、WHO と同じ腎毒性に基づいた WHO と同一の TDI 0.0006 mg/kg/日を採用した。ただ、日本においては TDI の算出に際し WHO の従来の値をそのまま採用し、飲料水の寄与率を 10 % (WHO 2004 年改定では 80%)、50 kg のヒトが 1 日 2L 飲む (WHO 2004 年改定と同一) と仮定して、ウランの量に関して目標値は 0.002 mg/L (暫定) と、従来の WHO 目標値と同一の低いものとなっており、現在もこの暫定目標値が有効である。なお、このウランの暫定目標値は、アメリカの Standard Methods 20th Edition を用いて同様に換算すると放射能濃度は 50 mBq/L となる。

(2) ウランの分析法

種々の環境試料についてのウランの分析法は文部科学省の示す放射能測定法シリーズウラン分析法⁷⁾が詳しい。水試料に限定すれば、前処理法は、CyDTA (トランス-1,2-シクロヘキサジアン四酢酸) 共存下で chelex-100 等のキレート樹脂に捕集するキレート樹脂法、キレート樹脂捕集後 TBP (リン酸三ブチル) のキシレン希釈溶液で抽出するキレ

ート樹脂・TBP抽出法、及び水酸化鉄(Ⅲ)共沈・TBP法を推奨している。また、測定法は、アルセナゾⅢによってウランを6価のまま発色(吸収極大波長:655 nm)させる、又は砂状金属亜鉛で6価を4価に還元した後アルセナゾⅢによって発色(吸収極大波長:665 nm)させる吸光光度法、ウランを酢酸エチルに抽出して蒸発乾固後溶融体を作って紫外線照射による蛍光強度を測定する蛍光光度法、ステンレス鋼製電着板と白金電極によってウランを電着させた後のα線スペクトロメトリー法、ろ過処理と必要に応じた希釈操作のみで測定するICP-MS(誘導結合プラズマ質量分析計)法を推奨している。これらの分析法別の分析目標レベルをみると、感度の低い吸光光度法で1 μg/g、感度の高いICP-MS法で0.002 μg/gとしている。

一方、水道法では厚生労働省健康局水道課長通知(平成15年10月10日健水発第1010001号)によって、ICP-MS法と固相抽出-ICP(誘導結合プラズマ発光分析計)法を指示している。前者は硝酸添加後加熱処理のみで直接ICP-MSにて測定し、後者はICPがICP-MSに比べて元素分析の感度が劣るために、イミノ二酢酸キレート樹脂を充填したディスク若しくはミニカラムで捕集して濃縮後ICPにて測定するものである。定量下限値は、ICP-MS法で0.0001 mg/L、固相抽出-ICP法で0.0002 mg/Lとしている。

(3) ウランの浄水処理

厚生労働省生活環境審議会水道部会水質管理専門委員会(平成10年3月23日)に示された資料⁸⁾は以下のものであった。

- ① 浄水場における急速ろ過:ウラン(0.01~0.06 μg/L)含有原水の浄水場のうち、凝集沈殿急速ろ過プロセスの8浄水場の浄水中からは不検出
- ② 浄水場における緩速ろ過:1浄水場において、原水中ウラン(総ウラン0.09 μg/L、溶解性ウラン0.03 μg/L)のうち、懸濁性ウランは除去されたが、溶解性ウランは除去されなかった。
- ③ ジャーテストにおける除去:

調製試料(総ウラン 約1 μg/L
溶解性ウラン 約0.7 μg/L)

- ↓ PAC(ポリ塩化アルミニウム、JIS K1475-1978で規格化)にて凝集処理
- ↓ 1 μmガラスフィルターにてろ過処理

懸濁性ウラン完全除去、溶解性ウラン95%以上除去

調製試料(総ウラン 約0.16 μg/L
溶解性ウラン 約0.1 μg/L)

- ↓ PACにて凝集処理

懸濁性ウラン 0.01 μg/L以下
溶解性ウラン 0.01 μg/L以下

したがって、ウランは浄水場の緩速ろ過*では懸濁性ウランは除去されるが、溶解性ウランは除去されない。しかし、実験室において凝集処理にPACを使用したジャーテストでは、懸濁性ウランは完全に除去され、溶解性ウランも95%以上除去される。また、実際の浄水場の急速ろ過**では、浄水中からはウランは検出されないことが確認されている。

* 緩速ろ過法:1日4~5 mの遅い速度でろ過し、そのときの砂層表面の砂層内部に増殖した藻類や細菌等の生物によって作られた粘質の膜(生物ろ過膜)によって水中の不純物を除去する方法。ろ材が(有効径0.3 mm~0.45 mmの砂を70~90 cmの厚さに敷き込んだ)砂である緩速砂ろ過が主である。〔水道用語辞典第二版、p.146、(社)日本水道協会発行、東京、2003より抜粋〕

** 急速ろ過法:原水中の懸濁物質を化学薬品である凝集剤を用いてまず凝集沈殿処理し、残りの濁質を1日120~150 mの速い速度の急速ろ過池でろ過し、除去する方法。急速ろ過池は、有効径0.45 mm~0.7 mmの砂を60~70 cmの厚さに敷き込んだ急速ろ過砂ろ過池が主である。〔同、p.185〕

4 愛知県における水道原水中ウラン濃度

愛知県衛生研究所には、2001年7月末に健康危機管理備品としてICP-MS装置が整備された。そこで、水道水中のウラン濃度の実態把握を目的にICP-MSを用いて県内で水道原水として使用される地下水(36ヶ所、調査期間:2002~2004年度)、河川水(15ヶ所、調査期間:2002~2003

年度)について定量下限値(ブランク値の 10σ) $0.0001\mu\text{g/L}$ で測定した(ICP-MSによる元素分析の詳細については技術情報⁹⁾参照)。測定結果を表2に示し、測定地点別の地下水中ウラン濃度を図2に、水系別の河川水中ウラン濃度を図3に示した。

地下水のウラン濃度の範囲は $0.0004\sim 0.292\mu\text{g/L}$ で、幾何平均値は $0.0087\mu\text{g/L}$ (中央値は $0.0096\mu\text{g/L}$ 、 $n=36$)であった。図2に示した尾張部と三河部の区切りからも明らかであるが、尾張部の地下水の幾何平均値が $0.0121\mu\text{g/L}$ ($n=26$)であったのに対して、三河部の地下水の幾何平均値は $0.0037\mu\text{g/L}$ ($n=10$)であり、尾張部の方が地下水のウラン濃度が高い傾向にあった。ウラン濃度の最高値 $0.292\mu\text{g/L}$ は一宮市内で検出されたもので、暫定目標値の $1/10$ を超えていた。表3に示した2004年度の全国的な水質管理目標設定項目調査結果¹⁰⁾では、原水に地下水を使用している水源582ヶ所のうち56ヶ所(9.6%)の水源においてウラン濃度が暫定目標値の $1/10$ を超

えたことが示されているが、当所の調査では目標値の $1/10$ を超過した水源は2.8%($1/36$)と、全国的に見ると愛知県で水道原水に用いられている地下水のウラン濃度は低いものであった。

河川水のウラン濃度の範囲は $0.0038\sim 0.246\mu\text{g/L}$ で、幾何平均値は $0.0166\mu\text{g/L}$ (中央値は $0.0195\mu\text{g/L}$ 、 $n=15$)であった。主な水系別にみると、木曾川の幾何平均値は $0.0222\mu\text{g/L}$ ($n=2$)、矢作川は $0.0364\mu\text{g/L}$ ($n=5$)、豊川は $0.0058\mu\text{g/L}$ ($n=5$)であり、最高値は矢作川の支流である木瀬川の上流部で検出されたもので、暫定目標値の $1/10$ を超えていた。この水源地域は地表まで花崗岩が露出しており、花崗岩地帯の表流水であることが高ウラン濃度の原因として推測された。水系別では、矢作川水系が他の水系に比べて高い傾向にあった。なお、全国の状況を示した表3には、原水に表流水を使用している水源436ヶ所のうち24ヶ所(5.5%)の水源においてウラン濃度が暫定目標値の $1/10$ を超えたことが示されているが、当所の調査では目標値の $1/10$

表2 愛知県における水道原水中ウラン濃度

愛知県(原水)	全体	水源種別	
		地下水* ¹	河川水* ²
測定地点数	51	36	15
最小値 ($\mu\text{g/L}$)	0.0004	0.0004	0.0038
最大値 ($\mu\text{g/L}$)	0.292	0.292	0.246
中央値 ($\mu\text{g/L}$)	0.0112	0.0096	0.0195
幾何平均値 ($\mu\text{g/L}$)	0.0105	0.0087	0.0166
暫定目標値の $1/10$ を超えた測定地点数	2	1	1
暫定目標値を超えた測定地点数	0	0	0

*1:2002—2004年度愛知県衛生研究所測定

*2:2002—2003年度愛知県衛生研究所測定

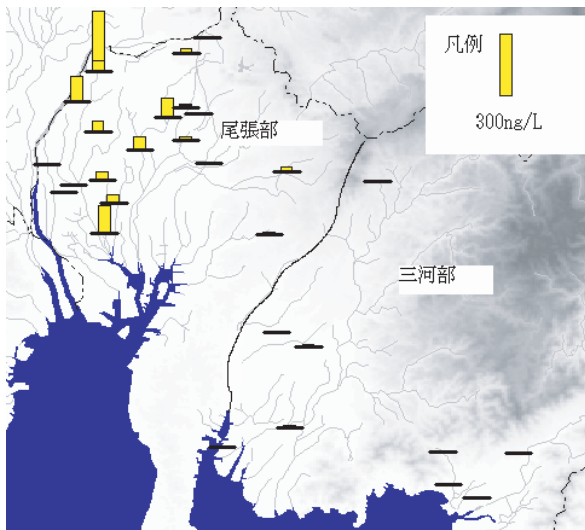


図2 愛知県の水道原水(地下水)ウラン濃度

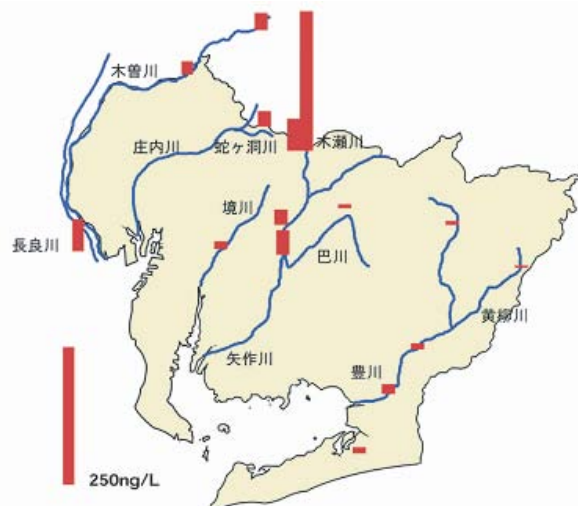


図3 愛知県の水道原水(河川水)ウラン濃度

表3 2004年度水質管理目標設定項目等基準化検討調査におけるウラン濃度

全国（原水）	全体	水源種別			
		地下水	表流水	ダム、湖沼水	その他
測定地点数	1142	582	436	123	1
暫定目標値の1/10を超えた測定地点数	92	56	24	12	0
暫定目標値を超えた測定地点数	6	4	1	1	0
最大値 ($\mu\text{g/L}$)	11	—	—	—	—

全国（浄水）	全体	水源種別			
		地下水	表流水	ダム、湖沼水	その他
測定地点数	849	437	300	88	24
暫定目標値の1/10を超えた測定地点数	32	29	1	1	1
暫定目標値を超えた測定地点数	0	0	0	0	0
最大値 ($\mu\text{g/L}$)	0.2	—	—	—	—

(財)水道技術研究センターのまとめ

愛知県の原水16地点、浄水1地点のデータも含まれているが、いずれも暫定目標値の1/10以下であった

を超過した水源は6.7%(1/15)と、ほぼ全国的なレベルであった。

水道水全体で見ると、愛知県の水道原水中ウラン濃度は最大値でも0.292 $\mu\text{g/L}$ であり、表3の全国調査の原水の最大値11 $\mu\text{g/L}$ の約1/40であった。ウランは水道原水中に含まれていたとしても上に記したように浄水過程での除去が比較的容易である。実際、表2の愛知県の原水調査でウランが暫定目標値の1/10を超えて検出された地点は地下水及び河川水を合わせた原水の3.9%(2/51)であったのに対し、ほぼ同時期に当所で実施した依頼検査結果では、原水(9か所、延べ13検体、但し、表2の原水調査で暫定目標値の1/10超のウランが検出された2か所は含まれていない)、及び浄水(18給水栓、延べ31検体)から暫定目標値の1/10を超えてウランが検出されたものは全く存在しなかった。一方、表3に示す全国調査では、ウランが暫定目標値の1/10を超えて検出された地点は原水の8.1%(92/1142)に対して浄水では3.8%(32/849)、暫定目標値を超えた地点は原水の0.5%(6/1142)に対して浄水では0%(0/849)であった。したがって、愛知県及び全国調査の結果から、水道原水に含まれるウランの除去に関する浄水効果が確認されたのみでなく、愛知県内の水道水中のウラン濃度は原水についても浄水についても全国より低い傾向にあることが判明した。なお、愛知県の水道原水中ウラン濃度は、地下水の帯水層や河川水の流域環境等主に地質に起因した濃度を示していると推測されたが、詳細な考察は今後の課題である。

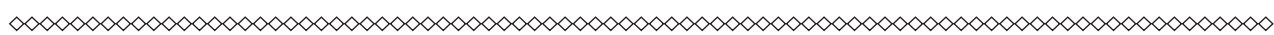
5 最後に

最近の調査では、東アジア起源の風成塵(いわゆる黄砂)を主要母材とする大東諸島の赤土中ウラン-238濃度が先に紹介した表層土壌ウラン濃度の2倍以上高い5.2 mg/kg(64 Bq/kg)であったという報告¹¹⁾や、日本全国から採取した農耕地土壌の調査においてリン酸肥料施肥により水田土壌の方が一般森林土壌よりウラン濃度が高い傾向にあるとの報告¹²⁾もある。また、昨年来話題になっているフェロシルトも原料のチタン鉱石由来のウランを含んでおり、埋め戻し材として環境中に放置されればウラン汚染と全く無縁ではないとも考えられる。顕在化しつつある劣化ウランによる汚染(被ばく)への懸念をおいても、チタン鉱石廃棄物、リン酸肥料、それに人工トロン温泉などにも使用されるモナズ石等、人為的により身近な生活環境中に存在するようになった自然放射性物質(Naturally Occurring Radioactive Materials: NORM)についても、化学毒性を持つウランという観点からも注意を払う必要があると考えられる。したがって、今後も水道水中のウラン濃度の測定は、県内の水道水の安全管理上のみならず、核物質汚染事故等の健康危機事例発生に備えるためにも重要であると考えている。

参考文献

- 1) John Emsley 著、山崎 昶 訳:元素の百科事典、pp.73-82、丸善、東京、2003
- 2) IAEA:特集 劣化ウラン http://www.iaea.org/NewsCenter/Features/DU/du_qaa.shtml#q1、2003

- 3) AOHA(American Public Health Association), AWWA(American Water Works Association), WEF(Water Environment Federation) : 3500-Uranium, p.3-103, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition, 1998
- 4) Togashi, S., Imai, N., Okuyama-Kusunose, Y., Tanaka, T., Okai, T., Koma, T. and Murata, Y. : Young upper crustal chemical composition of the orogenic Japan Arc, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, vol. 1, Paper No.2000GC000083, 2000
(<http://gcubed.magnet.fsu.edu>)
- 5) 村松康行、吉田聡 : ICP-MS を用いた環境試料中の Pu, U, Th の分析、*Radioisotopes*, 48, 472-487, 1999
- 6) WHO : WHO 飲料水水質ガイドライン (第3版) http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3/en/、2004
- 7) 文部科学省 : 放射能測定法シリーズ 14 ウラン分析法 (2訂) 平成14年改訂、pp.10-48、(財)日本分析センター、千葉、2002
- 8) 厚生労働省 : 第4回生活環境審議会水道部会水質管理専門委員会 (平成10年3月23日) 資料、<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/kijun/dl/moku02.pdf>、1998
- 9) 大沼章子 : 新水道法と ICP-MS による多元素一斉分析、*愛知県衛生研究所技術情報*、27 (3)、7-12、2003
- 10) (財)水道技術研究センター : 2004年度水質管理目標設定項目等基準化検討調査、http://www.jwrc-net.or.jp/suishitsu/sokutei/asp/wq_top.asp
- 11) 古川雅秀、赤田尚史、床次眞司 : 大東諸島の自然放射線レベルとその地質学的解釈、*Radioisotopes*、54、213-224、2005
- 12) 田上恵子、内田滋夫 : U/Th 比を用いたリン鉱石原料のリン酸肥料施用による農耕地土壌中ウラン増加割合の推定、*Radioisotopes*、55、71-78、2006
- (文責 生活科学部 大沼章子)



愛知衛研技術情報 第30巻第1号 平成18(2006)年6月21日
照会・連絡先 愛知県衛生研究所
〒462-8576 名古屋市北区辻町字流7番6号
愛知県衛生研究所のホームページ [【http://www.pref.aichi.jp/eiseiken】](http://www.pref.aichi.jp/eiseiken)

所 長 室 : 052-910-5604	毒性部・毒性病理科 : 052-910-5654
次 長 : 052-910-5683	毒性部・毒性化学科 : 052-910-5664
研 究 監 : 052-910-5684	化学部・生活化学科 : 052-910-5638
総 務 課 : 052-910-5618	化学部・環境化学科 : 052-910-5639
企画情報部 : 052-910-5619	化学部・薬品化学科 : 052-910-5629
微生物部・細菌 : 052-910-5669	生活科学部・水質科 : 052-910-5643
微生物部・ウイルス : 052-910-5674	生活科学部・環境物理科 : 052-910-5644
FAX : 052-913-3641	