

報 文

556.531.4 : 550.845 : 546.791 (521.82)

島根県東部の阿用川を中心とする水の化学的性質

——とくにウランの異常について——

石原 舜三* 望月 常一**

Chemical Characteristics of River Water in the Eastern Part of Shimane Prefecture——with special emphasis on cause of uranium anomaly——

By

Shunso ISHIHARA & Tsunekazu MOCHIZUKI

Abstract

River water of tributaries of Hii-gawa and Iinashi-gawa in the eastern part of Shimane prefecture was analyzed for P, SO_4^{2-} , and U on 127 samples. The surveyed area is composed mainly of early Tertiary granitic rocks, and Miocene andesite and its pyroclastic rocks at north. The Miocene rocks occasionally accompany nonmarine sediments in which a bedded-type uranium deposit can be locally located, as shown as an example near Mitoya. This work has been done essentially for geochemical prospecting purpose of the area. Distinct uranium anomalies known in a reconnaissance study have been also examined in detail. During the period of this study around the end of August in 1967, there was no accidental condition like heavy rain fall that would effect chemical characters of the water.

A weak anomaly, 0.18 ppb U, was detected near an edge of the Miocene rocks. Distinct anomalies of uranium along the Ayo river are due to mining operations of uraniferous and pyrite-bearing molybdenite quartz vein deposits, which are the largest source of molybdenum production in Japan. The uranium decreases downwards with a rate of 0.07 ppb/km along the Ayo river.

Small amounts of disseminated pyrite in Miocene andesitic rocks made the water a higher SO_4^{2-} content, and lowered the pH to around 6.6. In the molybdenum mines, the same chemical reaction was happened. But soon or later, alkalic water used in flotation processes for molybdenite was mixed with originally acidic water, so that river water of the mining area is now slightly alkalic and shows a higher SO_4^{2-} and U content.

Except the mining area, the water of granite region is about neutral (pH=7.0), higher in U and lower in SO_4^{2-} in comparison with that of andesite region.

要 旨

島根県東部の諸河川のうち、阿用川と山佐川の上流部を中心に、127個の河(沢)水の水質を検討した。調査範囲には花崗岩類と少量の流紋岩質火山砕屑岩類を覆う新第三紀の安山岩と同質火山砕屑岩類とが分布する。

花崗岩地域では水は一般に中性に近く、安山岩地域で

は弱酸性である。選鉱場を有する鉱山の影響をうけると、水はアルカリ性となる。

SO_4^{2-} 量の増加とpHの低下は黄鉄鉱を主とする流化鉄鉱の分解におもに起因している。

平野部の SO_4^{2-} の一部は農作の影響によるかもしれない。Uはモリブデン鉱山の影響をうける所で高い。これは含ウラン輝水鉛鉱床の開発によってUの溶脱が促進され、それが河水に混入した結果である。安山岩地域に比較すると、一般に花崗岩地域の水はUに富む。両岩石

* 鉱床部

** 技術部

の境界付近に弱異常の存在する笹谷付近は精査される必要があるであろう。

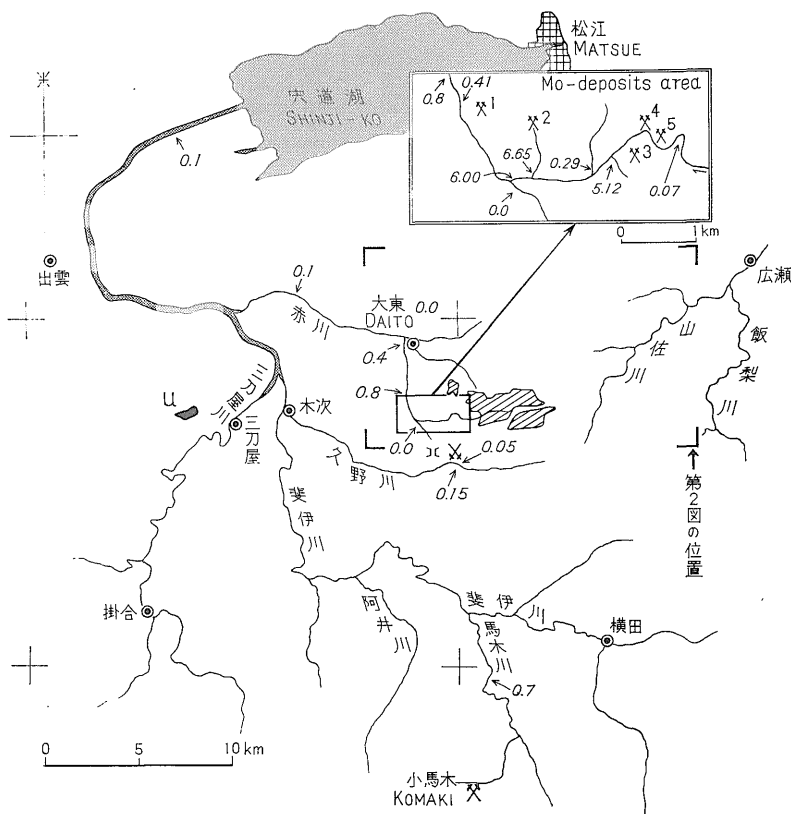
阿用川の主流は周囲の影響をほぼ忠実に反映した水質と流量とを示している。

1. 緒言

島根県東部の大東モリブデン鉱床地域の河川水にU異常値が発見され、引続く予察的な調査でその原因はモリブデン鉱床の採掘に原因していることが判明した。しかし、その異常は他地域よりも比較的 downstream にまで尾をひき、また大東地域の東部には花崗岩類を覆う中新世堆積

川上流部であって、行政的には大原郡大東町から、その東方の能義郡広瀬町山佐におよぶ地域である(第1図)。

分析元素はU, P, SO_4^{2-} であって、pH も測定した。測定にあたっては沢水 1 l をポリエチレン製試薬びんに採水し、pH を比色法、 SO_4^{2-} を硫酸バリウムによる比濁法、P をモリブデン青による比色法で現地で定量した。U については試料 500 ml をビーカーにとり、アスコルビン酸 0.1 g を加えて溶解し、硫酸(1+1)でpHを1.0~1.3に調節する。これを SO_4^{2-} 形陰イオン交換樹脂を詰めたポリエチレン製の袋(第2図)に入れ、適当



第1図 調査範囲と既存のウラン分析結果 U:三刀屋ウラン鉱床。第2図の位置は第3図の位置を意味する。

物の湾入部が存在していて(石原, 1966), 三刀屋ウラン鉱床(奥野, 1967), と大局的には同様な地質環境が認められるから、筆者らは異常の原因をさらに明確にし、加えて広域的な水による化探を実施する目的でこの調査研究を実施した。

調査期間は昭和42年8月25日~9月1日で現地8日間であった。調査範囲は斐伊川水系の支流である阿用川、清田川、赤川、飯梨川水系の支流の山佐川、および意宇

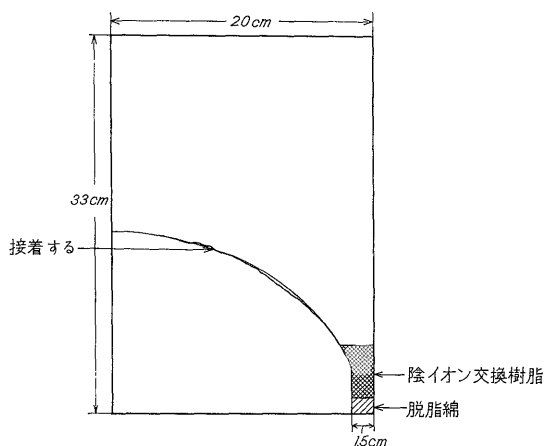
な場所につりさげたのち袋の底に小さな穴をあけてゆっくり水を流出させる。このようにしてウランを樹脂に吸着させたのち、この樹脂だけを実験室に送り、これからウランを定量した。

現地調査に際しては大東町助役山崎晃と企業課長小山寿郎の両氏がお世話下さった。ここに記して厚くお礼申し上げる。また流量測定については応用地質部尾崎次男技官に教えていただいた。

2. 既存のウラン分析結果

宍道湖および中海の堆積環境の研究(水野ほか, 1969)の一環として最初に発見された異常値は、大東西方と大東町東阿用の0.4と0.8 ppbとであって、いずれもモリブデン鉱床地域を流れる阿用川水系の河水であった。

これまでの地質調査所における化探の資料から、わが国の河川水および沢水の通常値は0.1 ppb U以下とみなしうる。同様に組織的な化探を実施している動燃事業団の結果では、たとえば OHASHI et al. (1963) は関東地方とその周辺の広域的な調査から、0.1 ppb U以上の値には何らかの説明がつけられるとし、その値以下を通常値とみなした。したがって大東地域の上記の異常値は数倍のウラン濃度を示したことになる。



第2図 ウラン吸着用簡易カラム

第1表 島根県斐伊川水系のウラン含量

試料番号	河川名	採水地点	U (ppb)
65-3	馬木川	仁多郡仁多町高尾	0.07
65-4	久野川	大原郡大東町下久野 (65-5の影響をうけない)	0.15
65-5	同上	同上, 清久南坑 Mo 鉱床を通る小沢の沢口	0.05
65-8	阿用川 (支流)	大東町火の谷の沢口	6.65
65-16	同上 (支流)	大東町奥川井, 下藪淵谷の沢口	5.12
65-19	坑内水	同上, 東山 Mo 鉱山内第一斜坑下の坑内水貯水	40.94
65-20	阿用川	同上, 清久滑平坑口の東北方約 100m	0.07
65-22	同上 (支流)	大東町東阿用, 大東鉱山車庫の横の沢水	0.41
65-24	同上	大東町川井 (大内谷からの沢水の影響をうけない)	6.00
65-25	同上	大東町奥川井, 吉床谷の沢口	0.29

分析者: 望月常一

1965 年秋に 10 個の試料が追加され、分析された (第1表と第1図)。閃ウラン鉱やウラン二次鉱物を産出した東山鉱山大延鉱床 (石原・浜地, 1961) の坑内貯水は異常に高い値 (41 ppb U) を示し、また火の谷 (大東・火の谷鉱床), 下藪淵谷 (清久鉱床), およびそれらが混入する川井付近の阿用川などは 5~7 ppb の高異常を示した。鉱山の影響のない河水は 0.1 ppb 以下であったが、下久野では 0.15 ppb を示した。これは、その上流側の構成岩類がアプライトおよび石英閃緑岩質捕獲岩を含む黒雲母花崗岩などからなり (石原, 1966), それらに含まれる微量ウラン量が多いこと (石原, 1961; 石原ほか, 1969) で説明できるであろう。

3. 各水系の化学的性質

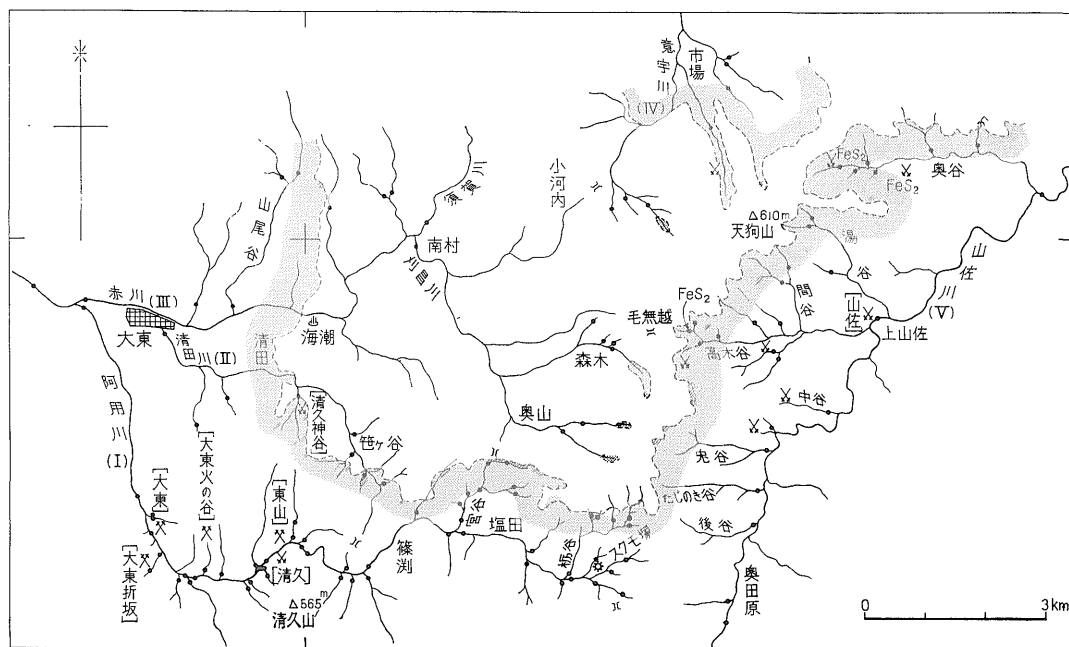
筆者らの採水地点を第3図に示す。広域的には花崗岩類とそれらを覆う新第三系との不整合面が反映されるように、大東地域の異常な河水については鉱山の影響が追跡できる形で試料を選んだ。

水の化学的性質は天候により非常に左右され、一般に

乾期では比較的安定しているが、降雨により不安定となる (HAWKES & WEBB, 1962, p. 237)。降雨は単純な河水の希釈と周囲の岩石、土壌などからの複雑な添加をもたらすが、それらが総合された河水中の溶存元素の挙動は降雨前後の自然環境と降雨量に支配され、個々の場合で非常に異なると考えられる。

ウラン鉱床地帯を中心とした望月常一の経験によると、一般に河(沢)水中のウランは降雨直後で高い値を示す。WODZICKI (1959) はニュージーランド南島北部の Lower Buller Gorge (コフィン石と方解石とを主とする白亜紀のアルコーズ礫岩中の堆積型ウラン鉱床地域) で化探を実施し、55日間の測定から乾期直後の豪雨のあとで水のウランが異常に高くなることを報告している。

筆者らの調査期間中では 8月29日午後から翌朝にかけて少量 (37.4mm 清久鉱山事務所の雨量計による。松江測候所の記録では 36.0mm) の降雨があったが、翌朝に採水した山佐川水系の試料にはその影響があらわれていない。したがって筆者らの結果には偶発的な要素は含まれなかったと推察して、以下を記述する。



第3図 分析試料の採水位置

坑内、選鉱場、尾鉱ダムなどから採水されたものは記されていない。点線に網目は花崗岩類など基盤岩石の概略の限界(石原, 1966; 1967 b)。

第2表 阿用川水系(I)の化学的性質

試料番号	採 水 地 点	pH	P (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	U (ppb)
25-02	赤川との合流点直前 田, 本, 流	7.4	t	20	0.15
26-01	大東鉱山下流, 明賀谷橋上流約60m, 田, 本, 流	7.4	t	10	0.38
26-02	大東鉱山本坑坑口, 坑内水 流	7.4	t	20	1.43
26-03	大東鉱山事務所前, 沢水+坑内水 支	8.0	t	90	2.74
26-04	大東鉱山上流, 石畑 田, 本, 流	7.4	0	10	0.36
26-05	大内谷川との合流部下, 川井 田, 本, 流	7.4	0	10	0.56
26-06	大内谷川の最下流部, 川井 田, 支, 流	7.4	0	0	0.07
26-07	大内谷川との合流点上, 川井 田, 本, 流	7.4	0	20	0.51
26-08	火の谷入口, 川井 支, 流	5.8以下	0	150以上	3.48
26-09	大東鉱山火の谷坑口, 坑内水	5.8以下	t +	150以上	1.42
26-10	寺谷入口, 奥川井 田, 支	7.0	t +	0	0.14
26-11	清久鉱山社宅(合宿)裏, 本金谷, 奥川井 田, 支	7.0	0.05	0	0.07
26-12	本金谷支流, 奥川井 田, 支	7.4	t	10	0.03
26-13	大内谷より一つ西側の小沢, 川井 田, 支	7.6	t	0	0.07
26-14	折坂谷入口, 沢水+坑内水, 川井 田, 支	8.4	t +	10	1.17
26-15	大東鉱山折坂坑坑内水	7.6	0	20	0.95
27-01	吉床谷入口, 奥川井 田, 支, 流	7.0	t	0	0.05
27-02	東山鉱山丸山5号本坑第1斜坑下坑内水	7.4	0	60	27.0
27-03	下藪淵谷との合流点の下流 田, 本, 流		0	10	0.53
27-04	下藪淵谷入口, 沢水+坑内水 支, 流	8.0	t	90	3.80
27-05	下藪淵谷中流, 尾鉱ダムの上流 支	7.4	0	50	0.05
27-06	清久西部鉱床の坑内水	7.6	0	70	11.7
27-07	清久鉱山尾鉱ダムの上澄み	8.4以上	t	120	3.67
27-08	東山鉱山丸山5号坑々口, 東山鉱山尾鉱を通る 田, 支, 流	7.6	0	20	0.36
27-09	東山鉱山尾坑ダムの上澄み(選鉱場で採水)	8.4以上	0	20	0.39
27-10	芦谷本流(南北系部分の最南端) 田, 支	7.0	0	0	0.02

島根県東部の阿用川を中心とする水の化学的性質 (石原舜三・望月常一)

試料番号	採 水 地 点	pH	P (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	U (ppb)
27-11	東山鉾山と清久滑平坑との中間 田, 本, 流	7.2	0	0	0.02
27-12	芦谷新水路口 田, 支	8.4以上	0	90	5.85
27-13	清久滑平坑対面の小沢入口 田, 支	7.0	0	10	0.00
27-14	清久滑平坑口上流 田, 本, 流	7.2	0	0	0.00
27-15	糸谷入口, 篠淵 田, 支	7.0	0	40	0.00
27-16	糸谷対面の小沢, 篠淵 田, 支	7.2	0	0	0.03
27-17	糸谷一金谷間の同方向の小沢, 篠淵 支	6.6	0	20	0.02
28-01	金谷入口, 篠淵 田, 支, 流	7.4	0	5	0.00
28-02	金谷との合流点の上流側, 篠淵 田, 本, 流	7.2	0	0	0.00
28-03	井手谷入口, 塩田 支, 流	7.0	0	0	0.00
28-04	そば谷入口, 塩田 支, 流	7.0	0	0	0.00
28-05	宮谷合流点の上流側宮谷尻橋下, 塩田 田, 本, 流	7.0	0	0	0.00
28-06	宮谷入口, 塩田 田, 支, 流	7.0	0	5	0.02
28-07	宮谷右岸の支沢 (下流側) 田, 支	7.0	0	5	0.00
28-08	宮谷右岸の支沢 (上流側) 田, 支	7.0	0	0	0.02
28-09	宮谷中流部 田, 支	7.2	0	0	0.00
28-10	宮谷左岸の支沢 (北側) 田, 支	6.8	0	0	0.00
28-11	宮谷左岸の支沢 (南側) 田, 支	6.6	0	10	0.03
28-12	宮谷上流部, 左岸の小沢 支	7.0	0	0	0.00
28-13	宮谷最上流部 支	6.8	0	0	0.03
28-14	上井手谷入口 田, 支	7.0	t	0	0.05
28-15	なんぶ谷入口 田, 支	6.8	0	0	0.03
28-16	栃谷対面の小沢入口 支	7.0	0	0	0.09
28-17	栃谷との合流点の上流側 田, 本, 流	7.0	0	0	0.00
28-18	下藪淵谷入口, 沢水+坑内水 (=27-04) 奥川井 支	7.6	t	90	4.59
28-19	下藪淵谷との合流点の下流 (再) 田, 本	7.4	0	20	0.44
28-20	下藪淵谷との合流点の上流 田, 本	7.4	0	15	0.19
29-01	栃谷入口, 塩田 田, 支, 流	7.0	0	5	0.00
29-02	栃谷右岸の小沢 (北東系) 支	6.8	t	0	0.05
29-03	栃谷右岸の小沢 (北西系) 支	6.6	t +	5	0.03
29-04	栃谷左岸の小沢 支	6.8	0	5	0.00
29-05	栃谷最上流部 支	6.8	0	0	0.00
29-06	栃谷右岸の小沢 (南北系) 支	6.8	t	0	0.00
29-07	スクモ塚北西側, さかね沢 支	6.2	0	0	0.00
29-08	スクモ塚南東側, 小沢 支	6.6	0	0	0.00
29-09	スクモ塚南東側, かないご谷 支	6.6	0	0	0.00
29-10	スクモ塚東方, 阿用川最上流部 本	6.6	0	0	0.00
29-18	スクモ塚南方, 阿用川本流 本	7.0	t	0	0.00

田: 上流に水田あり, 本: 本流の水, 支: 支流の水, 流: 流量を計算したもの。

分析者: 望月常一, 以下の表について同様。

3.1 阿用川水系 (I)

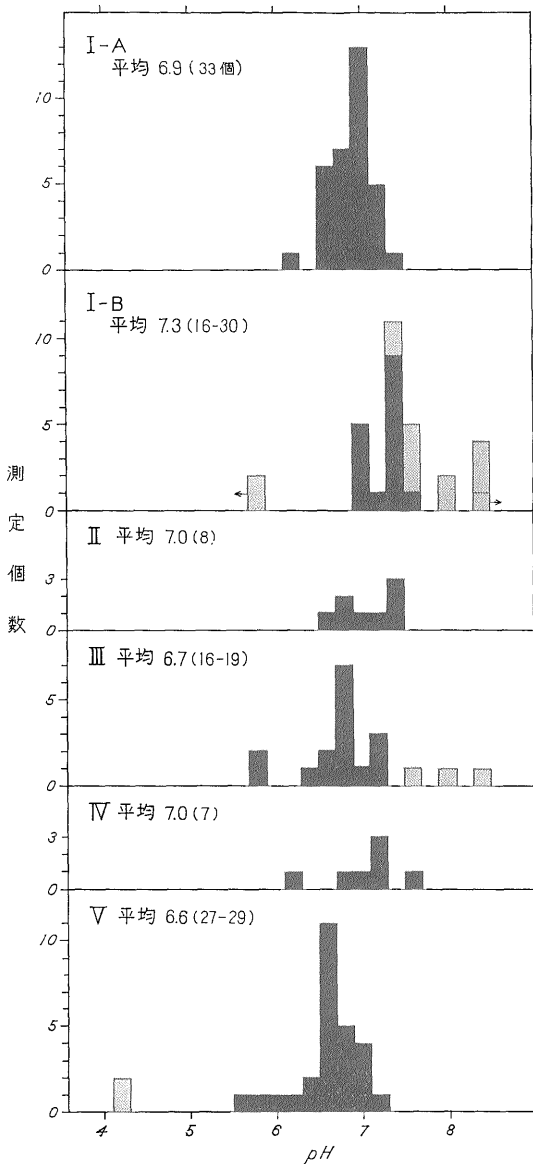
1) pH: 阿用川水系の分析個数は64個であって, その結果を第2表に示す。pHは鉾山の影響がない上流部で一般に6.6~7.4であって, 総分析数の33個を平均するとpH=6.9である(第4図)。

鉾山地帯から下流では一般にpHは7.0である。アルカリ性となる主原因は輝水鉛鉍鉍石の浮遊選鉍の過程で苛性ソーダーが加えられるためで, 選鉍尾鉍の上澄みは>8.4である。尾鉍は大東・清久・東山の各鉍山で坑内充填に使われており, また尾鉍ダムが数カ所に作られているから, 尾鉍の影響はかなり広範囲におよんでいる。

大東折坂坑の坑内水とそれが混入する折坂谷沢水と

は, 尾鉍の影響は考えられないが7.6と8.4であって, アルカリ性である。大東火の谷坑の坑内水と火の谷の入口の沢水とは<5.8で酸性である。後者の原因は火の谷鉍床が比較的黃鉄鉍に富む輝水鉛鉍一石英脈鉍床で, 清久~東山鉍床にくらべて全般に風化が進んでいることによると思われる。大東鉍床も風化が進んでいるが, その坑内水(7.4)は充填尾鉍で中和された結果と考えることができる。

鉍山地帯から下流部で坑内水や尾鉍の影響がない小沢はpH7.0~7.6(9個)で, その平均は7.2である。そして坑内水や尾鉍が直接には影響していないが, それらが間接的には混入している本流の7個を加えると, 平均



第4図 pHの頻度分布と平均値

I-A: 阿用川水系上流部, I-B: 阿用川水系下流部(鉦山の影響あり), II: 清田川水系, III: 赤川水系, IV: 意宇川水系, V: 山佐川水系。()内の最初の数値が平均個数, 後者は総分析個数。網目は一般の河水・沢水以外のもの。

値はpH 7.3と上がる。

2) P: Pは分析試料の多くで検出限界以下であり, そのうえ肥料に含まれるから, その存在量の意味を明確にしにくい。阿用川最上流部の優白質花崗岩地域の水田の影響のない部分で, やや多くの異常が認められる。

人工的に破壊された尾鉦や砒で, 風化作用が天然の状態にあるよりもはるかに進行するであろうから, それを通る水には溶存元素が多いと予想されるが, Pに関して

はとくに顕著な異常は認められない。

3) SO_4^{2-} : SO_4^{2-} は上流部では篠淵西方で南から注ぐ支流で高い。これはその上流に分布する新第三紀の諸岩石が微量の黄鉄鉱を含む中新世の凝灰角礫岩があるためと思われる。下流部で, 鉦山の影響をうける水はいずれも高く, とくに火の谷坑内水と火の谷入口の沢水は150 ppm以上で最高を示した。

大東地域の鉦床で黄鉄鉱は輝水鉛鉦について多い硫化鉦物であるから, 鉦床物質の影響をうける水は SO_4^{2-} に富むと思われる。下流部の本流の水は多少とも SO_4^{2-} を含み, これは上記の異常水が混入した結果を示している。

4) U: 上流部では, Uは0.1 ppb以上を示さない。最高は東山鉦山内の27 ppbであって, この坑内貯水は1960年秋には40.9 ppbを示したものである。鉦床物質の影響を直接にうける水では, 一般に清久・東山鉦山のものが, 大東・大東火の谷鉦山のものより高い。これはウラン鉦物が前者に多く, 後者で確認されていない(局部的に強放射性の部分があったと伝えられる)事実を反映しているのであろう。しかし火の谷鉦床の水は少なくともpHは他と異なるから, 水の化学的性質にも関係していると思われる。一般にウランはアルカリ性, 酸性で溶け易いが, ウランイオンの溶解度は酸性-酸性で高い(GARRELS, 1955)。

阿用川水系下流部には鉦山の影響をうけない沢水にも0.1 ppbをこえるものがあるが(寺谷入口0.14 ppb), 一般には0.1 ppb以下とみてよい。本流沿いのウラン含量は最高0.56 ppbであってこれは約6 km下流の赤川と合流点付近で0.15 ppbに減少している。

3.2 清田川水系(II)

この水系の分析個数は8個である(第3表)。pHは6.6~7.2で, 平均7.0であった。Pと SO_4^{2-} とは上流部でやや認められる。 SO_4^{2-} が多くPが認められない最下流部の試料(31-17)はダムにより水がやや停滞している部分である。

Uは一般に0.05 ppb以下である。0.13および0.18 ppbの2個のうち, 後者は最上流部の笹谷で基盤岩類と新第三系との境界付近の試料であるから重要である。

3.3 赤川水系(III)

この水系の分析個数は17個であって, 別に海潮温泉の自噴水2個がある(第4表)。河水のpHは5.8~8.4, 平均6.8であるが, 異常に高い最上流部の25-17はその上流で土木工事がおこなわれており半濁水であった理由から, これを除くと, 5.8~7.2 平均6.7となる。Pは一般に検出限界以下である。これに対して SO_4^{2-} は60 ppm以下の量で全般に多い。これは, この水系がお

第3表 清田川水系 (II) の化学的性質

試料番号	採水地点	pH	P (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	U (ppb)
31-01	笹谷奥, 大谷奥谷入口 本	7.2	t	10	0.05
31-02	向ヶ奥谷, 笹谷 田, 支	6.8	0	10	0.18
31-03	高巢ヶ奥谷, 笹谷 田, 支	7.0	t	5	0.00
31-04	御崎谷, 笹谷	7.2	0	0	0.02
31-05	神谷入口, 鶏ふん処理場上流側 支	7.2	0	0	0.02
31-06	なら木谷入口 支	6.6	0	0	0.13
31-07	金坂谷入口 支	6.8	0	0	0.02
31-17	清田川最下流部, 赤川との合流点近く, 田, 本	7.2	0	150	0.02

第4表 赤川水系 (III) の化学的性質

試料番号	採水地点	pH	P (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	U (ppb)
25-01	阿用川との合流点のすぐ上流側, 大東 田, 本, 流	7.0	0.05	20	0.12
25-03	阿用川との合流点の下流側 田, 本, 流	7.2	t +	20	0.05
25-04	海潮温泉, 仁井屋自噴水	7.6	t	80	0.03
25-05	" 海潮荘自噴水	8.0	t	80	0.03
25-13	森木谷最上流部右岸小沢入口 支	5.8	0	20	0.03
25-14	森木谷最上流部右岸小沢, 森木 支	5.8	0	20	0.02
25-15	森木谷最上流部 本	6.6	0	20	0.02
25-16	森木谷最上流部, 右岸小沢 支	6.8	0	20	0.00
25-17	奥山谷最上流部 (土木工事の影響あり) 田, 本	8.4	t	20	0.00
25-18	奥山谷左岸小沢入口, 奥山 支	6.8	0	20	0.00
31-08	刈昌川, 高平橋下, 大東町南村 田, 本	6.8	0	20	0.02
31-09	須賀川, 稲葉橋下 田, 支	6.8	0	20	0.00
31-10	大屋川本流, 大屋 田, 支	6.8	0	60	0.00
31-11	大屋川右岸支沢 支	7.2	0	20	0.02
31-12	福谷, 部落北端 田, 支	6.8	0	20	0.03
31-13	山尾谷入口 田, 支	6.8	t	5	0.11
31-14	山尾谷上流部 田, 支	6.6	0	0	0.03
31-15	山尾谷右岸支沢 支	6.4	0	0	0.03
31-16	反部川入口, 大東町中上 田, 支	7.2	0.1	0	0.00

第5表 意宇川水系 (IV) の化学的性質

試料番号	採水地点	pH	P (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	U (ppb)
25-06	内谷中流部, 八雲村宮内 田, 支	7.2	t	10	0.03
25-07	若松谷中流部 支	7.2	t	20	0.02
25-08	内谷右岸支沢 支	7.2	0	0	0.00
25-09	上谷中流部, 八雲村, 市場 支	6.2	0	20	0.00
25-10	飯田山谷中流部 支	6.8	t	5	0.00
25-11	深山谷中流部 支	7.0	0	20	0.00
25-12	深山谷左岸支沢 支	7.6	t	20	0.05

もに新第三系の諸岩石中を流れることに原因して、火山砕屑岩中の微量の黄鉄鉱の存在が影響していると推察される。

Uは一般に 0.1ppb 以下であるが、花崗岩地域に入った山尾谷入口で 0.11ppb を示す。

3.4 意宇川水系 (IV)

この水系の分析個数は7個である (第5表)。pH は 6.2~7.6 で平均7.0である。P は微量で著しい異常は

認められないが、SO₄²⁻ は 20ppm を最高として多くの試料に含まれている。Uは 0.1ppb をこえず、一般に低い。

3.5 山佐川水系

この水系の分析個数は29個である (第6表)。pH は一般に 5.6~7.2 であって、平均6.6 (27個) である。高木谷最上流部には旧坑が存在し硫化鉄鉱を主とする礫が認められる。その付近の沢水は 4.2 を示し、異常に低い。

第6表 山佐川水系(V)の化学的性質

試料番号	採水地点	pH	P (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	U (ppb)
29-11	奥田原, 西から注ぐ支沢入口 田, 支	6.6	t	0	0.00
29-12	たじのき谷入口 支	7.0	0	0	0.00
29-13	兎谷入口 (Mo) 支	7.0	0	5	0.00
29-14	中谷入口 (Mo) 支	6.6	0	5	0.00
29-15	荒神谷入口 (Mo) 支	6.6	0	5	0.00
29-16	後谷入口 田, 支	6.8	0	5	0.00
29-17	奥田原バス停付近 田, 本	7.0	0	0	0.00
30-01	山佐鉾山 (Mo) 下流, 橋下, 上山佐 田, 本	7.0	0	t	0.00
30-02	間谷左岸支沢入口, 高木 支	6.8	0	0	0.00
30-03	間谷上流部 田, 支	6.6	0	30	0.00
30-04	粕村奥入口 田, 支	6.6	0	20	0.00
30-05	つづら谷入口 支	6.8	0	50	0.00
30-06	ふじ谷入口 支	5.6	0	30	0.03
30-07	岩倉谷入口 (Mo) 支	5.8	0	20	0.00
30-08	小壺谷入口 支	6.2	0	80	0.00
30-09	高木谷最上流部, 硫化鉾研上 支	4.2	0	20	0.05
30-10	高木谷最上流部, 硫化鉾研下 (FeS ₂) 支	4.2	0	100	0.00
30-11	八城部落入口, 北側支沢 田, 支	6.6	0	0	0.00
30-12	八城部落入口, 南側支沢 田, 支	6.6	0	0	0.00
30-13	菅原谷右岸支沢入口, 湯谷 支	6.4	0	0	0.00
30-14	湯谷上流部 支	6.4	t +	0	0.00
30-15	湯谷上流部, 左岸支沢入口 支	7.2	0	10	0.00
30-16	小壺谷入口, 板橋 田, 支	6.8	t	20	0.00
30-17	新屋谷入口, 奥谷 田, 支	6.8	t	50	0.00
30-18	背池谷入口, 奥谷上流部 支	6.6	0	80	0.00
30-19	堀掛谷入口 支	6.6	0.5	80	0.00
30-20	上そべ谷入口 支	6.6	0	80	0.00
30-21	大谷入口 支	6.6	0	50	0.00
30-22	山佐川本流常願寺 田, 本	6.6	0	10	0.03

Pは一般に検出限界以下である。SO₄²⁻は80ppmを限度として一般的に高く、とくに各支流の上流部で新第三系に近い付近に高いものが多い。これは赤川水系でのべたと同じ理由によるものと思われる。沢水が硫化鉄鉾研を通過する前後でSO₄²⁻は20ppmから100ppmに増加して、その影響の著しいことを示している。

Uはほとんどの試料で検出できず、花崗岩地域の沢水にも認められていない。

4. 化学的性質の地域的な比較

以上の諸性質を平面的に図示すると(第5~8図)、地域的に特徴が認められる。

pHは水系別では赤川と山佐川で低く、6.6~6.7前後である。その原因は既述のように構成岩類に関係しており、両水系中でも新第三系中かその近くでpHは低い。構成岩類が基盤の花崗岩類と少量の流紋岩質火山砕屑岩(石原, 1967)からなる地域では河水は一般にpH7.0前後でほぼ中性である。

Pの異常は断片的で、一般的な傾向がつかみにくい。

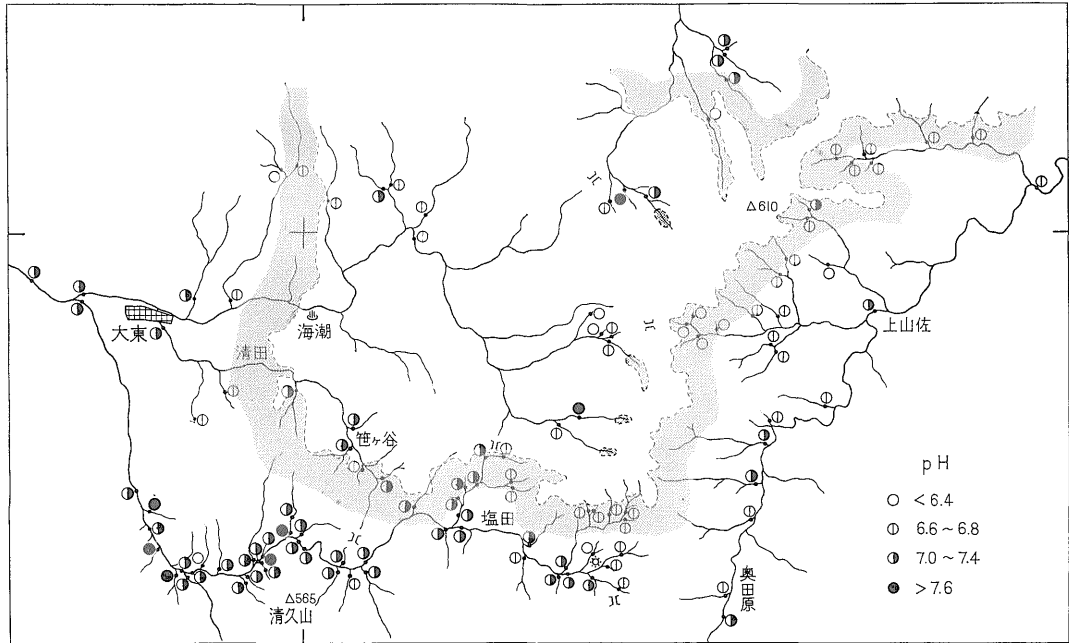
大東周辺の平坦部でやや多い傾向は農作の影響によるものかもしれない。

SO₄²⁻は既述のように新第三系の分布地域で高い。調査地域の新第三系は主として波多亜層群から構成され、これは複輝石安山岩、普通輝石英安山岩および火山砕屑岩類からなり、一部に流紋岩を含むといわれる(西山・三浦, 1963)。これらのうち火山砕屑岩類と硫化物小鉾床とがSO₄²⁻量にもっとも影響を与えたと考えられる。

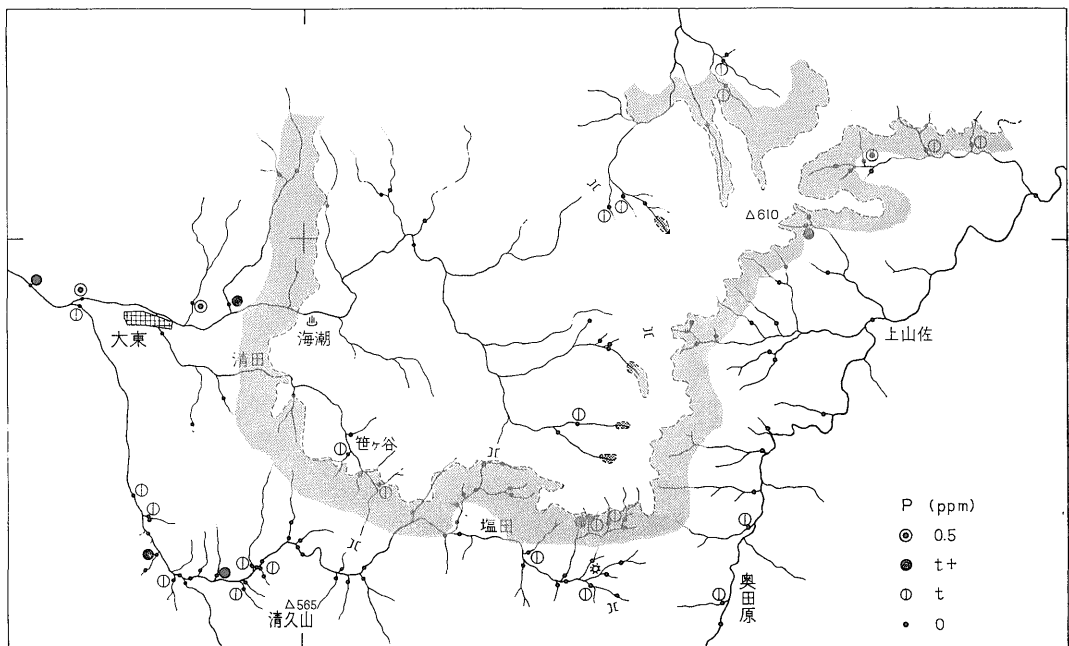
阿用川水系下流部で認められたように、SO₄²⁻は鉾床物質によっても明らかに影響をうける。また、大東周辺平坦部の異常は農作物の影響もうけているかもしれない。

調査地域のU異常のほとんどは大東の鉾床地帯に集中し、その原因が鉾山の開発によることは明瞭である。そのような影響がない部分では、Uは花崗岩類やそれに先立つ流紋岩質火山砕屑岩類の地域でやや高く、新第三系やその周辺で低い。大東と山佐地域の花崗岩地帯を比較すると、前者の方でUが多い。これはルーフに近い花崗

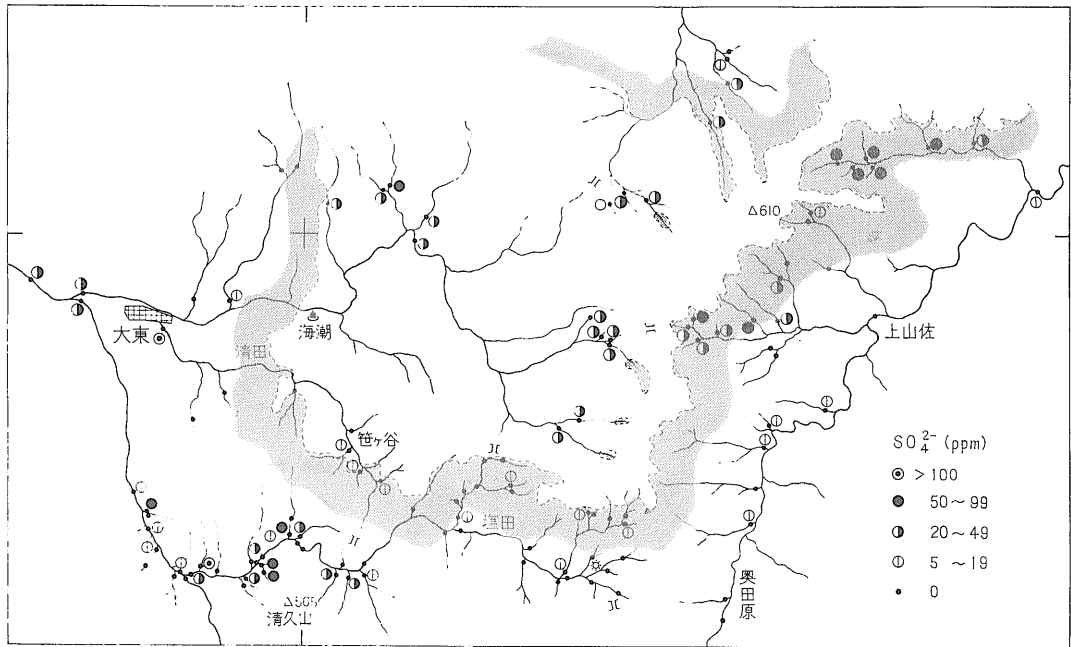
島根県東部の阿用川を中心とする水の化学的性質 (石原舜三・望月常一)



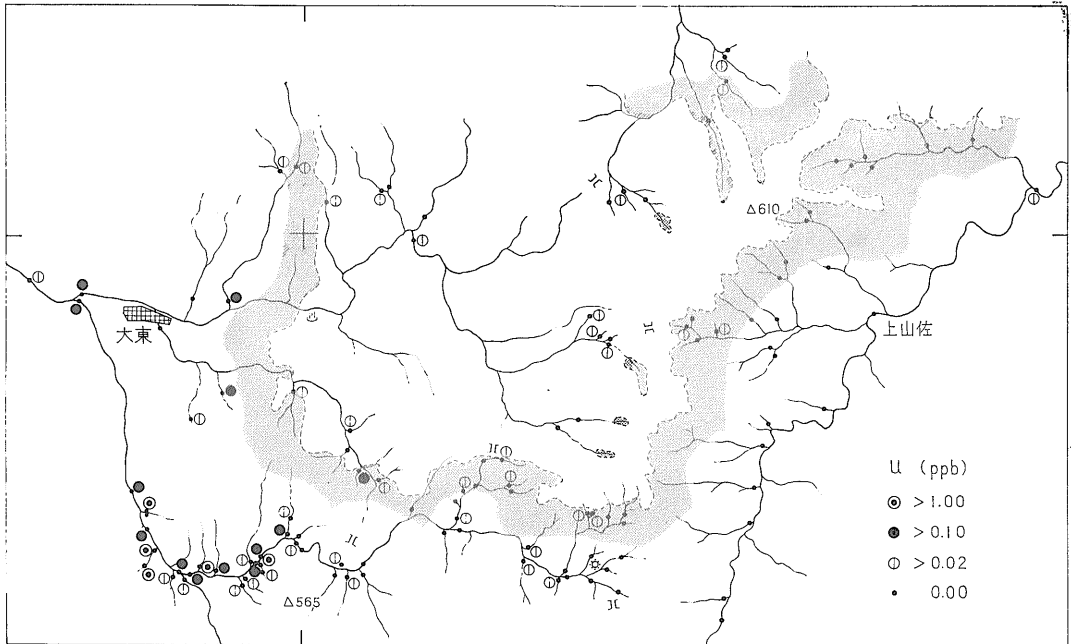
第5図 pH の地域的分布



第6図 P の地域的分布



第7図 SO₄²⁻の地域的分布



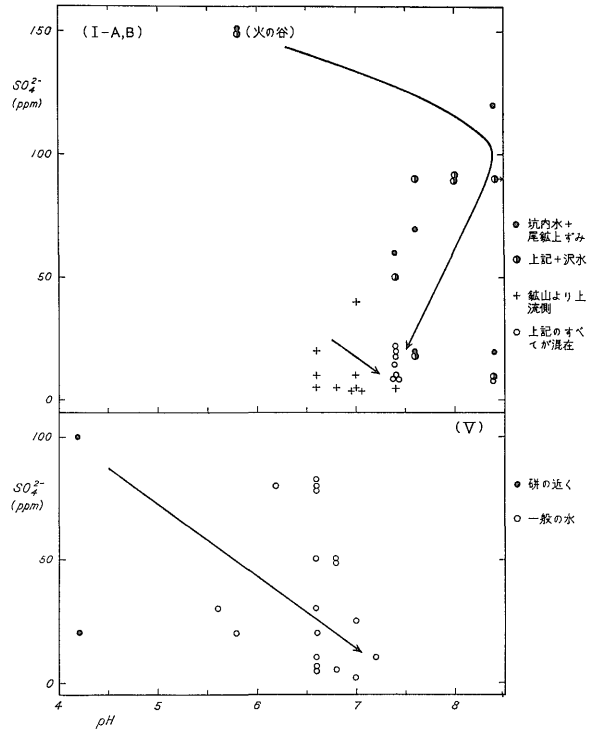
第8図 Uの地域的分布

岩類がこの地域で多く残存しており、それらの微量ウランが山佐地域のものより一般に高いことに起因していると思われる (石原ほか, 1969)。

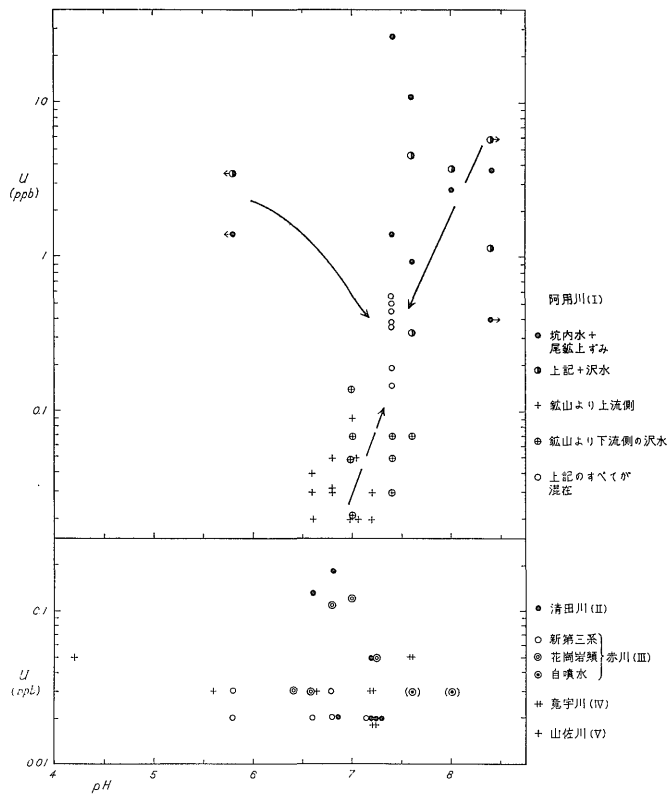
5. 化学的性質相互の関係

山佐川水系と一部の阿用川水系の低い pH と高い SO_4^{2-} 含量とは、黄鉄鉱の分解による硫酸が原因しているらしいと前にのべた。多くの阿用川水系の SO_4^{2-} 異常水はアルカリ性であるが、坑内採掘現場では山佐川におけると同様にまず硫酸酸性の坑内水が生じたであろう。選鉱過程でアルカリ性にかえられた水が最初に発生した坑内水に加えられ、現在では鉱山からの種々の水は一般にアルカリ性ほど SO_4^{2-} 量が多い。これらの関係は第9図上図の矢印で示されるであろう。これに対して、天然水は一般に酸性で SO_4^{2-} 量が多い傾向を示し (第9図下図と上図の一部)、既述の硫化鉄鉱物の分解を物語っている。

Uは阿用川水系ではアルカリ性ほど高いが (第10図上)、流れによる実際の変化は矢印で示される。鉱山の影響を受けない支流や上流部の水についても同様な傾向がやや認められる。これは花崗岩地域で一般に若干アルカリ性であること、その岩石の微量ウラン量がやや高



第9図 SO_4^{2-} と pH との関係



第10図 U と pH との関係

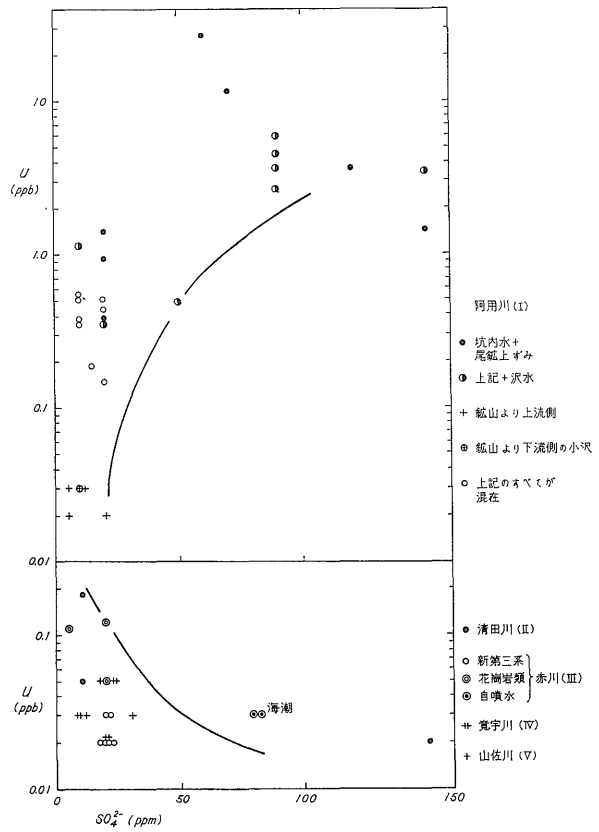
いこと、およびアルカリ性ほどUが溶け易いことに原因していると考えられる。その他の水系ではU量が少なく、一般に明瞭な関係は認められない。清田川水系では弱酸性でやや高い2個のために全体として酸性で高い傾向が認められる。地化探的な意味を含めてこの水系には今後の検討が必要である。

Uは阿用川水系の鉾山の影響をうける部分で SO_4^{2-} と正の相関を示す(第11図上図)。その他の水系では両者の関係が明確にあらわれにくい、第10図下図における分布および一般的に新第三系地域でUが低く SO_4^{2-} が高く、花崗岩地域でUが高いことから、Uは SO_4^{2-} と負の相関を示すものと思われる。

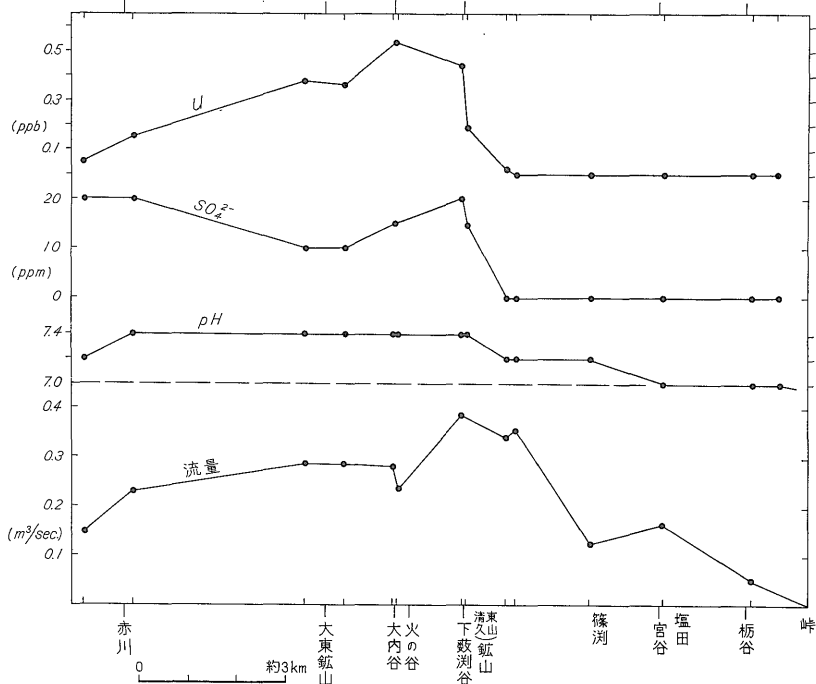
6. 阿用川本流の諸性質と流量の変化

阿用川の本流の水を追跡すると、上流から下流に次のような変化が認められる(第12図)。Uは清久、東山両鉾山の影響をうけて急激に増加し、火の谷の影響後に最高に達し、下流に向けて漸次低下する。下流部の明賀橋から川口の約3.5km間の低下率は0.07ppb/kmである。川井から約6.5km下流の赤川との合流点下流までをとっても、低下率はほぼ同様である。合流点以後の低下率はごくわずかである。

河水中のU量は供給量と川底に沈殿あるいは付着される量で決定されると思われる。明賀橋から下流



第11図 Uと SO_4^{2-} との関係



第12図 阿用川本流の諸性質の変化

ではその地質環境(均質な粗粒閃雲花崗閃緑岩が露出する)から、異常な供給量は期待しにくい。U存在量は脱落する量で決まるであろう。脱落する量を左右する化学的条件のうち、たとえば pH は一般の河水としては異常にアルカリ性であって、これはU量の低下を防ぐ働きをするものと考えられる。

SO₄²⁻ は鉱山の影響をうけて同様に異常に増加し、火の谷の影響後も増加せず漸次低下し、大東の平坦部でふたたび増加する。

pH は 7.0 前後から出発して 7.2 に上がり鉱山の影響後に 7.4 を保ち、赤川に合流して 7.2 に下がる。

阿用川の流量は一般に 0.15~0.35 m³/秒である。流量測定には少量の流量(5 cm³~2 m³/秒)に適しているといわれる広井式流速計を用いたが、阿用川は最初急流で塩田付近で山間の盆地状部を流れ、奥川井の清久・東山鉱山付近でふたたびやや急となり、大東の平坦部に注ぐために、同一条件の測定箇所を選定することが難かしい。

測定結果によると上流から流量は漸次増加し、塩田から篠淵の山間のやや平坦な部分を通った後に急激に増加する。その後流量は漸次低下する。これはかんがい用水に用いられるためであろう。大東周辺の平坦部では、扇状地にみられる伏流水となる可能性は少ないと考えられる。阿用川が赤川に合流した後に流量が低下する原因は不明であって、再測定の必要がある。

阿用川の支流や坑内水などの流量は、一般に阿用川中~下流部の流量の一桁下である(第7表)。異常な溶存元素量を含む一部の支流や坑内水はこの単位で本流の化学的性質に影響したのと考えられる。

7. 結 語

阿用川下流で認められたU異常の原因は含ウラン鉱物一輝水鉛鉱床の採掘に伴って、機械的あるいは化学的にUの溶脱が促進された鉱脈、変質帯、母岩中のUに起因し、それが下流にまでおよんだ結果と考えられる。鉱脈中のウラン鉱物(おもに閃ウラン鉱)は微量であるから、溶脱ウラン量はおもに量的に多い変質および未変質の花崗岩類からもたらされたと思われる。このような岩石中のウランは一般に溶脱しやすい。

阿用川本流中の溶存ウラン低下率は 0.07 ppb/km 以下であり、U濃度によりその低下率は異なるものと思われる。阿用川のU異常は赤川には弱く現われるが、斐伊川には現われない。溶存ウランは容易に河水から脱落し、阿用川中のシルト、懸濁物、有機物質、植物などに吸着あるいは吸収されているものと考えられる。したがって、後背地から宍道湖に溶存ウランの形で直接運び込

第7表 阿用川水系の流量

試料番号	測定地点	流量 (m ³ /sec.)	
		本流	支流
25-01	赤川	0.206	
25-03	赤川合流点下流側(下流)	0.146	
25-02	阿用川、入口	0.228	
26-01	明賀谷橋上流	0.284	
26-02	大東本坑口、坑内水		0.031
26-04	石畑	0.286	
26-05	川井、合流点下流	0.282	
26-06	同、大内谷入口		0.034
26-07	川井、合流点上流	0.235	
26-08	火の谷入口		0.037
27-01	吉床谷入口		0.031
27-03	奥川井、合流点下流	0.387	
27-04	同、下藪淵谷入口		0.015
27-08	東山鉱山坑口		0.037
27-11	東山鉱山一滑平坑間	0.340	
27-14	滑平坑上流	0.356	
28-01	金谷入口		0.064
28-02	篠淵、合流点上流	0.126	
28-03	井手谷入口		0.022
28-04	そば谷入口		0.044
28-05	宮谷尻橋下	0.163	
28-06	宮谷入口		0.057
28-17	栃谷合流点上流	0.052	
29-01	栃谷入口 (上流)		0.034

広井式流速計による。

まれるUは少ないであろう(望月・石原, 1969)。

広域的な化探の成果として、清田川水系上流部の笹谷付近に弱異常(0.18 ppb)が発見された。この付近は新第三系が基盤岩類(おもに流紋岩質火山砕屑岩類)を覆う所であるから、精査が必要である。

花崗岩地域における河(沢)水は一般に中性に近く、安山岩類地域では弱酸性であって後者は黄鉄鉱の分解により生じた硫酸の直接的な影響で酸性となった。選鉱場を有する鉱山の影響をうけるとアルカリ性になる。

SO₄²⁻ は硫化鉄鉱物の分解により主としてもたらされた。平野部では農作の影響も存在すると推察される。

(昭和42年8月調査)

文 献

- GARRELS, R. M. (1955): Some thermodynamic relations among the uranium oxides and their relation to the oxidation states of the uranium ores of the Colorado Plateaus. *Am. Min.*, vol. 40, p. 1004-1021.
- HAWKES, H. E. & WEBB, J. S. (1962) *Geochemistry in mineral exploration*. Harper & Row,

- Inc., N. Y., p. 1-415.
- 石原舜三(1961): 山陰地方の花崗岩類とこれに伴う含ウラン鉱床, 地質調報告, no. 190, p. 79-93
- 石原舜三(1966): 島根県東部の花崗岩類とモリブデン鉱床の地質的位置—本邦モリブデン鉱床の研究(1)—, 地質雑, vol. 72, p. 553-571
- 石原舜三(1967a): 島根県大東町塩田付近の「石英斑岩」について, 地質雑, vol. 73, p. 277-280
- 石原舜三(1967b): 島根県東部の火成活動史とモリブデン鉱化作用に関する諸問題—本邦モリブデン鉱床の研究(4)—, 鉱山地質, vol. 17, p. 272-283
- 石原舜三・浜地忠男(1961): 島根県清久および東山鉱山の含ウラン鉱床, 地質調報告, no. 190, p. 322-332
- 石原舜三・関根節郎・望月常一・大場きみじ(1969): 花崗岩類中のウラン・トリウム量とその地質学的な意義, 地質調報告, no. 232, p. 179-220
- 水野篤行・関根節郎・中沢次郎・高久昭子・小野寺公児, 小野美代子(1969): 宍道湖・中海底泥中のU分布, とくに沈積環境との関係(予報), 地質調報告, no. 232, p. 317-352
- 望月常一・石原舜三(1969): 宍道湖および中海への供給源としての河水の化学的性質(演旨), 地質調月報, vol. 20, no. 3
- 西山省三・三浦清(1963): 島根県地質図, 島根県水産商工部
- OHASHI, S., NOZAWA, K. & AOYAMA, Y. (1963): Geochemical prospecting of uranium deposits in sedimentary rocks in Japan. 原燃探鉱部研究報告, no. 3, p. 1-25
- 奥野孝晴(1967): 島根県中部地区三刀屋の第三系層序とウラン鉱床(演旨), 地質雑, vol. 73, p. 88
- WONZICKI, A. (1959): Geochemical prospecting for uranium in the Lower Buller Gorge, New Zealand. *New Zealand Jour. Geol. & Geophysics*. vol. 2, p. 602-612.