

福岡市東部ヒ素汚染地区における 地下水と地質との関係について

木村 哲久¹・松原 英隆¹・大石 義也²
福本 洋一³・岡崎 章⁴

The relationship between the arsenium in a grand water and
which in a stratum at an east region of Fukuoka City

Norihisa KIMURA, Hidetaka MATSUBARA, Yoshiya OHISHI,
Youichi HUKUMOTO and Akira OKAZAKI

要 旨

平成8年2月に福岡市東部のA地区において、地下水ヒ素汚染が明らかとなり原因究明調査を行った。この調査の中で、深さ90mのボーリングを行い、得られた地下水試料および地質試料についてヒ素等の分析を行った結果、非常に高濃度(最高440mg/kg)のヒ素を含有し、しかもヒ素が非常に溶出しやすい地層が存在することがわかった。ヒ素による地下水汚染の原因は、人為的要因についても調査を行ったが、これについては全ての要因が否定されたため、地質由来によるものの結論に達した¹⁾。

Key Words: ヒ素 arsenium, 地下水 grand water, 地質試料 geological sample
溶出 elution

I はじめに

平成8年2月福岡市東部の地下水概況調査において、ヒ素濃度が水道の水質基準値(0.01mg/L)を越える井戸水があることが判明した。そこで、その井戸の周辺の井戸を調査したところ、A地区の井戸水の多くに水質基準値を超えるヒ素が含まれていることが明らかとなった。

福岡市環境保全部は、学識経験者を含む地下水汚染対策検討委員会を設置し、人為的要因および自然的要因の両面から原因究明調査を行った。この調査において、A地区周辺には工場等の人為汚染源がみられなかったことから自然由来の可能性が高いと考え、深さ90mのボーリングを行った。そして、採取された地下水および地質試料を用い、地下水中のヒ素濃度および地質試料中のヒ

素含有量ならびに地質試料からのヒ素の溶出量等の分析を行ったので結果を報告する。

II 実験方法

1. 周辺井戸調査

ヒ素に汚染された井戸の判明により周辺15地点について、井戸水中のヒ素、pHおよびCl⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺(以下イオン成分と略す)の項目について分析した。分析についてヒ素は水素化物発生装置付設-ICP発光分析装置(日本ジャーレル・アッシュ/IRIS-AP)で、HCO₃⁻はTOC分析装置(島津/TOC-500)を用いた無機炭素分析法で、その他のイオン成分はイオンクロマトグラフ(日本ダイオネクス/DX-AQ)で測定した。

2. ボーリング調査

ボーリング調査は、5m単位で掘削し地質試料と地下水の採取を交互に繰り返して深さ90mまで行った。

1) 地下水水質調査

地下水の採水は、地質試料を抜き取った後に底から5m上部にバッカーで蓋をして、その隙間に浸出してきた

1. 福岡市衛生試験所 理化学課
2. 福岡市環境局 水質課
3. 福岡市環境局 水質課
(現所属:福岡市中央区役所 衛生課)
4. 福岡市環境局水質課
(現所属:福岡市東区役所 保護第1課)

地下水を抜き取って行った。得られた地下水は、ヒ素、pH、イオン成分について分析した。

2) 地質試料中のヒ素含有量試験

ボーリング調査で得られた地質試料のヒ素の含有量試験を行った。分析方法は昭和63年9月環境庁水質保全局「底質調査方法」に準拠した。

岩石を粉末にした試料2gを200mlのビーカーに分取し硝酸15ml、硫酸(1+1)15mlを加え加熱(250℃)した。液量が半分になったところで、更に硝酸10mlを加え、二酸化窒素の褐色ガスが発生しなくなるまでこの操作を繰り返した。その後、ろ過(ワットマンGF/C)し、これを再度200mlのビーカーに移し、加熱して硫酸の白煙を十分に発生させた。放冷後、水を加えて塩類を加熱溶解させ100mlに定容してヒ素の分析をした。

3) 地質試料からのヒ素の溶出試験

ボーリング調査で得られた地質試料について、ヒ素の溶出試験を行った。分析方法は平成3年8月環境庁水質保全局「土壌環境基準」に準拠した。

岩石を粉末にした試料3gを50mlの遠心管に分取し、精製水30mlを加え6時間振とうした。遠心分離(3000rpm, 20min)の後、ろ過(メンブランフィルター, 0.45μm)してヒ素の分析をした。

III 結果及び考察

1. 人為的要因調査

人為的要因として、工場・事業場の排水、散布された農薬、廃棄物埋立処分場について調査検討したがこれらの影響は認められなかった。

2. 周辺井戸調査

表1にヒ素汚染地区の井戸水のヒ素濃度を示す。採取された15件の井戸水の内13件からヒ素が検出され、その内9件が基準値を超過した。pHは一般の地下水と比べると高いものが多かった。図1にヒ素汚染地区の井戸水のトリリニアードイアグラムを示す。この地区の全ての井戸水は、イオン成分の比率が似ていることから同じ帯水層の地下水を利用しているものと考えられる。

3. ボーリング調査

1) 岩相および透水係数

図3にボーリング調査における岩相および透水係数を示す。岩相は、40m付近の滑石片岩を境にして上層部が蛇紋岩、下層部が珪質片岩であった。また、40m付

表1 井戸水中のヒ素濃度

No	pH	As (mg/L)
1	7.3	0.027
2	8.1	0.013
3	7.9	0.033
4	7.7	0.020
5	7.0	0.017
6	6.9	<0.001
7	8.0	0.014
8	7.2	0.002
9	7.2	<0.001
10	7.7	0.024
11	7.8	0.002
12	7.8	0.003
13	8.0	0.10
14	8.2	0.016
15	8.0	0.006

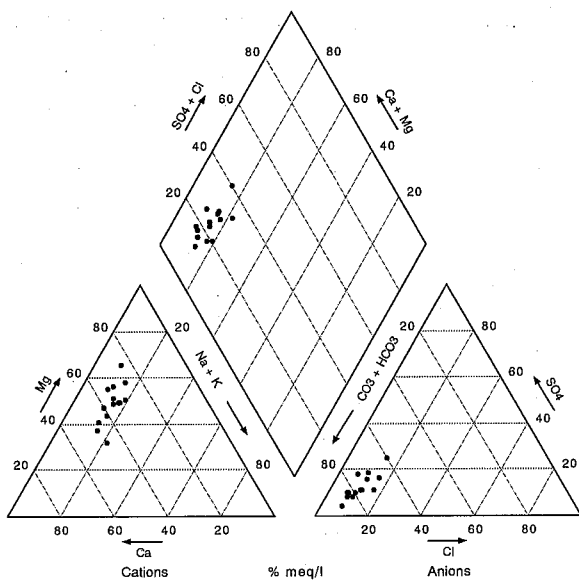


図1 井戸水のトリリニアードイアグラム

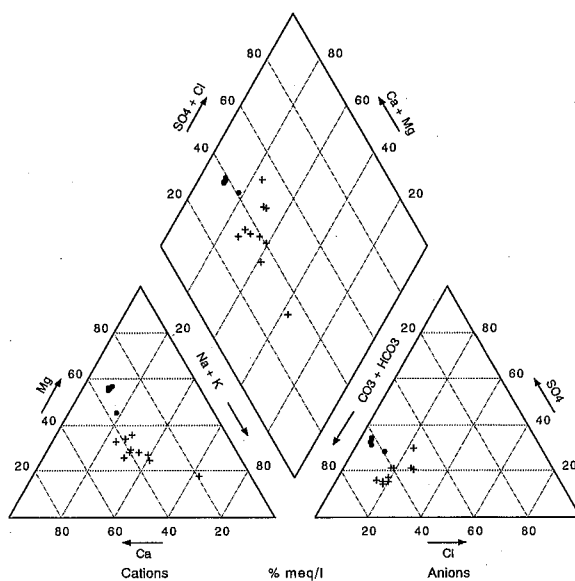


図2 ボーリング地下水のトリリニアードイアグラム

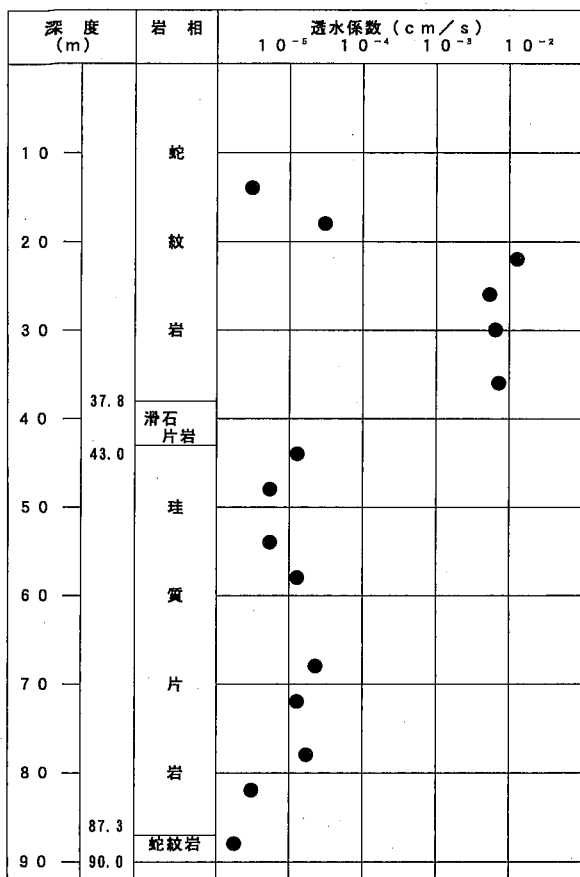


図3 ボーリング調査における岩相および透水係数

近は割れ目の多い破碎帯であることから機器をボーリング孔内へ入れ込むと回収できなくなる恐れがあったため、この部分での地下水の採水および透水係数の測定を行うことができなかった。しかし、この部分は破碎帯であることから透水係数は深さ20mから35m付近と同等もしくはそれ以上と推測された。40m以深は透水係数が非常に小さくなることから井戸水の多くは、深さ20mから40m付近の地下水を利用しているものと推察された。

2) 地下水水質調査

表2にボーリング地下水のヒ素濃度を示す。ヒ素濃度は、36.4m以浅に基準値より高いものが多く、43.5m以深に基準値より低いものが多かった。pHは全て8.0以上であった。図2にボーリング地下水のトリリニアードイヤグラムを示す。ヒ素汚染地区の井戸水とボーリング地下水のトリリニアードイヤグラムを見てみると36.4m以浅の地下水(●印)の $Ca^{2+}+Mg^{2+}+K^{+}+Na^{+}$ の比率はほぼ同じであった。しかし、43.5m以深の地下水(+印)は相対的に $K^{+}+Na^{+}$ の量が多く井戸水とは異なったパターンを示した。ここで36.4m以浅のボーリング地下水の HCO_3^- が井戸水に比較して相対的に少ないのは、ボーリング地下水の採水の際、細いチューブでかなり強く吸引し通常の井戸水の採水方法と異なり炭

酸が揮散したためと考えられる。以上のことから、ヒ素汚染地区の井戸水の多くの部分は43.5mより浅い地下水を利用していることが明らかとなった。

表2 ボーリング地下水中のヒ素濃度

深度(m)	pH	As(mg/L)
18.3~20.5	8.2	0.017
23.0~25.2	8.2	0.016
25.8~28.0	8.2	0.015
29.2~31.3	8.4	0.018
34.2~36.4	8.8	0.029
43.5~46.6	9.2	0.002
46.5~51.0	9.0	0.006
51.0~56.0	8.8	0.001
55.5~60.0	8.5	0.002
62.0~65.0	8.3	0.001
66.0~70.0	8.8	0.018
70.0~74.6	8.8	0.002
75.0~80.0	8.8	0.006
80.0~85.0	8.9	0.025
85.0~90.0	8.3	0.012

3) 地質試料中のヒ素の含有量および地質試料からのヒ素溶出量

表3に地質試料中のヒ素含有量および地質試料からのヒ素の溶出量を示す。一般に地殻中のヒ素含有量は、 2 mg/kg^2 程度存在することが知られているが、今回調査した深さ42.9mを境とする上層部の地層からは、それを大きく上回るヒ素を検出した。特に深さ39.7mから42.1mの約2.5mの幅に $81\sim440\text{ mg/kg}$ の多量のヒ素を含有する地層が存在した。また、岩石を粉末にした地質試料で溶出試験を行うと、この幅の地層から高濃度のヒ素を溶出した。中でも深さ40.7mの地質試料からは 7.9 mg/L のヒ素が溶出し、この値は基準値の790倍であった。これは、地質試料中に含まれるヒ素の18% (溶出率) が溶出したことになる。他の低濃度のヒ素を含む地質試料からのヒ素の溶出率が1%以下のものが多いことから考えると、この40.7m付近は高濃度のヒ素を含み、かつ高い溶出率を示す非常に特異的な地層であることがわかった。

4. 井戸水の利用方法

A地区の井戸水の利用方法を考えると、まず高濃度のヒ素を含む深さ39.7mから42.1mの地下水は避けなければならない。一方、42.1m以深の地下水はヒ素濃度が低いと考えられるが、透水係数が 10^{-5} cm/sec 以下であるため水量の確保が困難であり井戸水としての利用価値はあまりないと思われる。したがって、39.7m以浅の地下水の利用が考えられるが、この地層も平均的地

質を上回るヒ素を含有し、得られた井戸水が基準値を超えるヒ素を含む恐れがあり利用に際しては注意が必要である。

IV ま と め

ボーリング調査によって得られた地質試料の分析結果から、深さ 39.7 m から 42.1 m の間に高濃度のしかも非常に溶出しやすいヒ素を含む地層が存在することが明らかとなった。地質の透水係数より A 地区の井戸は、深さ 20 m ~ 40 m の地下水が井戸水として利用されていると考えられるが、このような地層の地下水はヒ素に汚染されている可能性が大きいと推察された。地下水のヒ素汚染の原因は、人為的要素が認められないことから地質由来によるものとの結論に達した。

表 3 地質試料中のヒ素の含有量と溶出量試験結果

深 度 (m)	pH	As含有量 (mg/kg)	As溶出量 (mg/L)	As溶出率 (%)
8.0	7.4	41	0.004	0.1
14.1	7.6	15	0.007	0.5
24.9	7.8	29	0.009	0.3
29.9	7.8	20	0.001	0.1
30.9	9.0	35	0.005	0.1
31.2	8.2	20	<0.001	0
31.7	9.2	57	0.020	0.4
32.8	9.0	15	0.002	0.1
33.8	9.1	14	0.003	0.2
34.9	9.1	20	0.008	0.4
35.5	8.5	77	0.040	0.5
36.5	8.0	13	0.003	0.2
37.0	9.0	1	<0.001	0
37.6	9.3	10	0.016	1.6
38.1	9.6	24	0.052	2.2
38.6	9.4	3	0.002	0.7
38.8	9.4	2	<0.001	0
39.3	8.9	12	0.008	0.7
39.7	8.1	180	0.62	3.4
40.1	9.3	140	0.15	1.8
40.7	8.5	440	7.9	18
41.1	9.3	140	1.4	10
41.6	8.7	81	1.1	14
42.1	9.1	260	2.2	8.5
42.7	9.3	16	0.14	8.8
42.9	9.5	8	0.016	2.1
43.8	9.4	2	0.001	1.1
44.9	9.3	1	<0.001	0
46.7	9.4	8	0.005	0.7
46.9	9.3	21	0.031	1.5
50.1	9.6	4	0.005	1.1
54.5	9.5	3	<0.001	0
60.2	8.1	4	<0.001	0
68.3	9.4	4	<0.001	0
69.4	9.5	1	<0.001	0
83.0	9.5	7	0.016	2.3
88.1	9.6	11	0.002	0.2

資 料

- 1) 福岡市地下水汚染対策検討委員会：福岡市地下水砒素汚染原因究明等調査報告書，福岡市，1996
- 2) 日本水道協会：上水試験方法解説編，1993