

誘導結合プラズマ質量分析法による環境水及び水道水中のヒ素の定量分析

高久雄一[®], 増田公彦^{*}, 小林豊和^{**}, 島村 匡^{***}

(1994 年 6 月 21 日受理)

環境試料(河川水及び水道水)中のヒ素濃度を ICP-MS を用いて定量した。ICP-MS を用いてヒ素を分析する際には、 ^{75}As への $^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}$ の分子イオンの妨害の問題がある。高分解能型 ICP-MS を用い両者を質量を分離して測定を行う方法と、四重極型 ICP-MS で測定後、数値補正を行って定量する二つの測定法を検討した。本法の精度比較を行うために標準河川水試料を用い比較検討を行ったところ両法とも定量値は一致し、また推奨値とも良い一致が得られたので、後者の方法を用い、筑波地区周辺の河川水及び東京周辺の水道水について、ヒ素濃度の定量分析を行った。各試料中のヒ素の濃度範囲は、河川水 0.43~3.42 ng/g, 水道水 1.69 ng/g 以下であった。

1 緒 言

従来、水道水及び水道水源中のヒ素の水質環境基準は 50 $\mu\text{g/l}$ であったが、1993 年 12 月よりこの基準は 10 $\mu\text{g/l}$ に変更された¹⁾。又、ヒ素は、近年半導体材料として広く用いられており、その環境汚染を懸念し、独自の環境基準を設け各工場に排水の管理を義務づける自治体も増えている²⁾。しかしこの変更に伴い従来の公定法(水素化ヒ素分離-AAS)³⁾では分析感度の点で必ずしも十分とはいえず(5 $\mu\text{g/l}$ 以下)⁴⁾新しい高感度な分析法へのニーズがたかまりつつある。その有力な新手法として ICP-MS 法を挙げることができる。ICP-MS の標準溶液を用いた場合の ^{75}As の検出限界は 10 ng/l 以下であり、環境試料の分析を行うにあたって十分な感度を有している。しかし、同時に ^{75}As には、 $^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}$ の分子イオンの妨害が存在し、一般に用いられている四重極型 ICP-MS (以下 Q-ICP-MS) では、これらの分子イオンと ^{75}As を分離することはできず、環境水試料の分析を行う上での大きな制約となっている。一方、高分解能型 ICP-MS (以下 HR-ICP-MS) は、最高質量分解能が 10000 であり、質量分解能 8000 で分離が可能な

^{75}As と $^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}$ を分離して定量分析を行うことが可能である。しかし、測定時間が Q-ICP-MS に比べ長い、装置が高価である等の問題があり、必ずしも環境管理分析に最適の方法とは言えない。以上のことから著者らは、標準添加法を用いた HR-ICP-MS の結果と、Q-ICP-MS を用い計算により、 ^{75}As における $^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}$ の寄与分を補正し定量分析を行う方法によって得られた結果について比較検討を行った。これらの結果を基礎にして Q-ICP-MS により、河川水及び水道水中のヒ素の定量分析を行った。

2 実 験

2.1 装 置

測定に用いた ICP-MS は、Fisons Elemental 製 PQ- Ω 及び PlasmaTrace である。pH 測定に、堀場製作所製 pH メーター (Twin pH B-112) を、電気伝導度 (EC) 測定に、東亜電波製電気伝導度計 (CM-30ET) を用いた。又、試料中の各陰イオンは、横河電機製イオンクロマトグラフィー (IC-500) を用いて測定を行った。

2.2 試 薬

分析用の試薬は、多摩化学工業製超高純度分析用試薬 (Tamapure AA-100) を用い、器具洗浄用の硝酸及び塩酸は、市販の半導体用試薬を用いた。又、洗浄用アルカ

* 丸文株式会社: 136 東京都江東区南砂 3-3-4

** オルガノ株式会社: 113 東京都文京区本郷 2-38-16

*** 北里大学衛生学部: 228 神奈川県相模原市北里 1-15-1

り性溶液としては、多摩化学工業製精密洗浄用超高純度洗浄液 (TMSC) を石英二段蒸留水を用い 10 倍に希釈したものを使用した。各元素の標準溶液は、和光純薬工業製元素標準溶液試料を希釈して用いた。

2.3 容器

試薬調整及び分析試料用の容器 (100 ml 及び 250 ml) には、下記に示す方法で洗浄を行ったポリプロピレン製容器を用いた。

- ① ポリプロピレン製細口瓶を超純水でよく洗浄する。
- ② 10% 王水を満たし 1 週間放置する。
- ③ 超純水で洗浄後、超純水を満たし 3 日間放置する。
- ④ 10% TMSC 溶液を満たし 1 週間放置する。
- ⑤ 超純水で洗浄後、超純水を満たし試料容器とする。

2.4 分析試料

2.4.1 河川水試料 分析試料は、1993 年 3 月 15 日～21 日の 7 日間にわたり採水を行った。プラスチック容器で採水した後、現地で 0.45 μm のメンブランフィルターで濾過後、pH を測定しポリプロピレン製容器に入れ、実験室に持ち帰り、EC を測定し約 5°C で保存する。

2.4.2 水道水試料 分析試料は、1993 年 4 月 3 日・4 日の両日各家庭の水道の蛇口よりポリプロピレン製容器を用い直接採水を行った。採水に先立ち約 1 分間放水の後、数回の共洗いをを行い分析試料とした。実験室に持ち帰った後 pH、EC を測定し河川水試料と同様に約 5°C で保存する。

2.5 測定条件

Table 1 に、Q-ICP-MS 及び HR-ICP-MS の測定条件を示す。

3 考察

3.1 ArCl の生成量

Fig. 1 に、Q-ICP-MS での、質量数 75 における $^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}$ 分子イオン生成率を示す。 $^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}$ の生成量は試料中の ^{35}Cl の存在量に正比例して増大し、Cl 濃度が 100 mg/l の場合の $^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}$ の生成量は ^{75}As 濃度に換算して 0.4 $\mu\text{g/l}$ 相当となる。又、HR-ICP-MS においても、ほぼ同様の結果が得られた。

3.2 HR-ICP-MS による定量分析

$^{75}\text{As}^+$ と $^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}^+$ を分離するために必要な質量分解能は、7800 であり、質量分析計の分解能を 10000 に設

Table 1 ICP-MS operating conditions

ICP conditions	
HR-ICP-MS	
RF power	1.2 kW
Coolant gas flow	13.0 l/min
Auxiliary gas flow	2.1 l/min
Nebulizer gas flow	0.95 l/min
Q-ICP-MS	
RF power	1.3 kW
Coolant gas flow	14.0 l/min
Auxiliary gas flow	2.0 l/min
Nebulizer gas flow	1.05 l/min
Sample uptake rate	0.5 ml/min
HR-ICP-MS mass analyzer conditions	
Acceleration voltage	4.0 kV
Mass resolution	10000 (10% valley)
Data acquisition condition	
HR-ICP-MS	
Dwell time	160 μs
Total points per scan range	100
Number of run	3
Number of points per peak	25
Acquisition time of per sample	60 s
Q-ICP-MS	
Peak jump parameter	
Dwell time	10.24 μs
Number of points per peak	5
Acquisition time of per sample	5 s

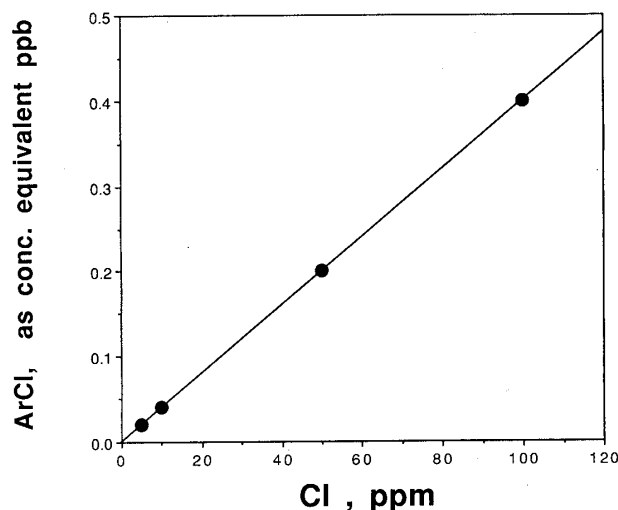


Fig. 1 Production rate of ArCl^+

定することによりこれら二つのピークを分離した状態で定量分析を行うことができる。しかし、測定感度は、低分解能時に比べて 2 けた以上低下する。そのためにヒ素の検出限界 (バックグラウンドノイズの変動の 3σ 相

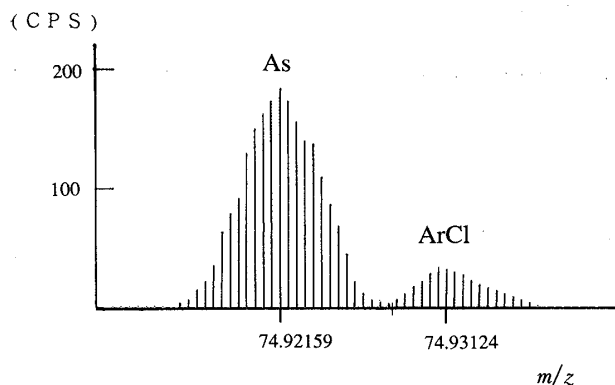


Fig. 2 Mass spectrum for $m/z = 75$ by HR-ICP-MS

当濃度)は, 低分解能時 (0.5 ng/l) に比べ約 2 けた悪くなり, 100 ng/l となる. 実試料濃度が 1 $\mu\text{g/l}$ 程度であることを考えた場合この検出限界は, 定量に十分とはいえず更に 1 けたの感度向上が必要である. しかし, この問題は試料導入に超音波ネブライザー (以下 USN) を用いることにより解決することができる. USN の使用により約 1 けたの感度向上がみられ, この場合での検出限界は 10 ng/l となり, 実試料を分析することが可能である. Fig. 2 につくば市水道水中の As のスペクトルを示す. $^{75}\text{As}^+$ と $^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}^+$ が完全に分離した状態でのスペクトルが得られ, $^{75}\text{As}^+$ は, $^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}^+$ のピークの影響を受けることなく測定を行うことができる. 又, USN の使用により約 1 けたの As の信号強度の向上が見られるものの, ArCl^+ の信号強度には変化がみられず, 結果的に妨害の寄与は約 1 けた軽減された. これは, USN では約 0°C の冷水を用い脱溶媒を行っているために, 水とともに塩素イオンが取り除かれていることに起因していると考えられる.

本法では妨害分子イオンの影響を考慮することなしに分析を行えるために, 標準添加法を用いることができる. そこで筑波地区の水道水試料を用い, 内標準補正を伴った標準添加法を用いて定量分析を行った. それぞれの試料に原子吸光用ヒ素標準試料を希釈し 0, 1, 5, 10 $\mu\text{g/l}$ ずつそれぞれ添加し, 内標準元素として ^{115}In 10 $\mu\text{g/l}$ を用い, 5 回測定を行った. 本試料中の As 濃度は, $0.63 \pm 0.03 \mu\text{g/l}$ であった.

3.3 Q-ICP-MS による定量分析

Q-ICP-MS では, 得られる質量分解能が低いために, 環境試料中では $^{75}\text{As}^+$ と $^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}^+$ が分離されず重なった一つのピークとなる. ヒ素周辺の質量スペクトルを見たときに通常, 質量数 74, 76, 78, 80 に Ar_2^+

が, 79 に Br^+ , 81 に Br^+ と Ar_2H^+ の合成ピーク, 82 に Kr^+ と BrH^+ の合成ピーク, 83 に Kr^+ , 75 に As^+ と $^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}^+$ の合成ピーク, 77 に $^{40}\text{Ar}^{37}\text{Cl}^+$ と Se^+ の合成ピークがみられる.

これらのピーク強度から下記のような補正式により $^{75}\text{As}^+$ の濃度を求めることができる.

Se が共存しない場合

$$I_{\text{As}} = I_{75} - I_{77} \times R_{\text{Cl}} \quad (1)$$

Se が共存する場合

$$I_{\text{As}} = I_{75} - (I_{77} - I_{82} \times R_{\text{Se}}) \times R_{\text{Cl}} \quad (2)$$

I_{As} : As の信号強度, I_{75} , I_{77} , I_{82} : 各質量数ごとの強度, I_{Se} : ^{77}Se の信号強度, R_{Cl} : $^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}/^{40}\text{Ar}^{37}\text{Cl}$ 比, R_{Se} : $^{77}\text{Se}/^{82}\text{Se}$ 比

通常の場合 Se の濃度は As に比べ低く無視することができ, 多くの場合式 (1) を用いて補正を行うことが可能である. しかし, 本法を用いた場合試料中の塩素濃度が非常に高い場合 (例えば海水試料), ArCl の寄与分が非常に大きくなり正確な定量値を得ることが困難となる. 試料中のヒ素濃度を 1 $\mu\text{g/l}$ と仮定した場合塩素濃度が 250 mg/l 以上のとき, ヒ素に対する ArCl の信号強度がヒ素の信号強度を超えてしまうために補正量が大きくなってしまふ. そのため本法の適用可能な範囲は, 試料中の塩素濃度が 250 mg/l 以下の領域であるといえる.

3.4 分析値の比較

HR-ICP-MS, Q-ICP-MS のそれぞれについて, 同一試料を測定しそれぞれの分析値についての比較検討を行った. 分析試料として NRCC (National Research Council Canada) 製標準河川水試料 SLRS-2 を用いた. この試料のヒ素の保証値は $0.77 \pm 0.09 \mu\text{g/l}$ である. HR-ICP-MS では標準添加法, Q-ICP-MS では補正を行った検量線法を用い, それぞれ 5 回ずつ測定を行い結果の検討を行った. その結果, 前者では, $0.81 \pm 0.02 \mu\text{g/l}$, 後者では, $0.77 \pm 0.01 \mu\text{g/l}$ の測定結果が得られ, 両者とも保証値と誤差の範囲内で一致した値が得られた.

4 結 果

4.1 河川水中のヒ素の定量

上記の補正法を用いて河川水試料についてヒ素の定量分析を行った. 各分析試料に内標準として In 10 $\mu\text{g/l}$ を加えた後, Q-ICP-MS を用いて測定を行い, 式 (1) を

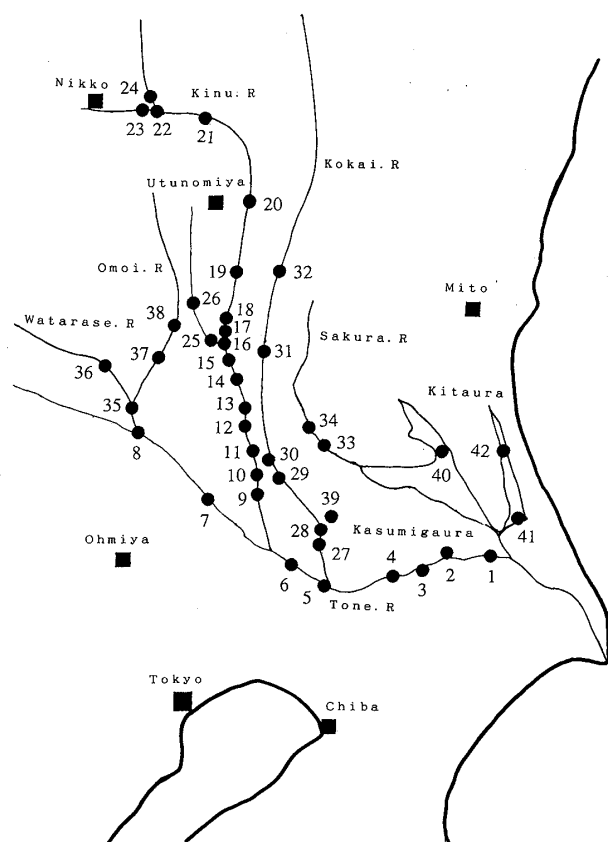


Fig. 3 Sampling points of river water

用いて補正をし定量値を求めた。筑波地区周辺の主として鬼怒川水系の河川及び湖沼での試料採集を行った。Fig. 3 に試料採集地点を、Table 2 にヒ素の分析結果及び参考値としてイオンクロマトグラフィーで得られた Cl^- , $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{SO}_4\text{-S}$ 及び EC, pH の値を示す。

各採水地点でのヒ素の濃度範囲は、 $0.43 \sim 3.42 \mu\text{g/l}$ であり、環境基準以下の値が得られた。しかし鬼怒川におけるヒ素の含有量は他の河川に比べて相対的に高い値を示している。又、Fig. 4 に示すように、ヒ素濃度と塩素濃度の間には正の相関は見られず、 $^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}$ の妨害の影響が補正により取り除かれていることを示している。

Fig. 5 に、鬼怒川におけるヒ素の濃度分布を示す。採水地点を下流から上流に向かって並べたところ鬼怒川では、宇都宮市付近で急激なヒ素濃度の増加がみられ、その後下流に行くに従ってヒ素濃度が減少していく傾向がみられる。これは鬼怒川の源流の一つである大谷川が今回の測定における最高濃度を ($3.42 \mu\text{g/l}$) を示しており、ヒ素濃度の高い河川水が塩谷町と宇都宮市の間で鬼怒川に合流し下流に行くに従って希釈され含有量が減少しているものと考えられる。又、これと同様の現象が

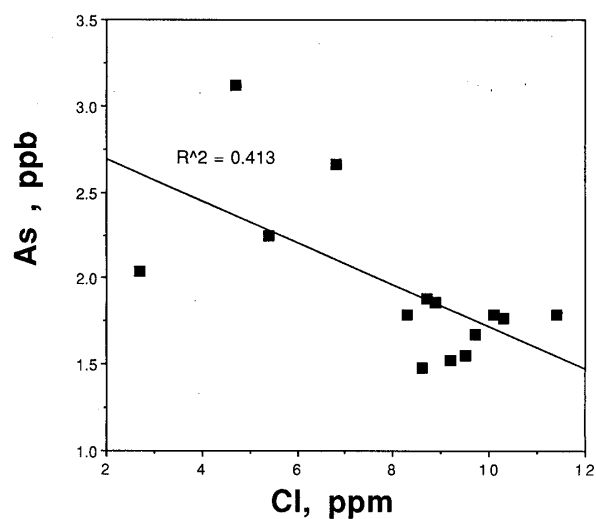


Fig. 4 Relation of arsenic to chlorine concentration

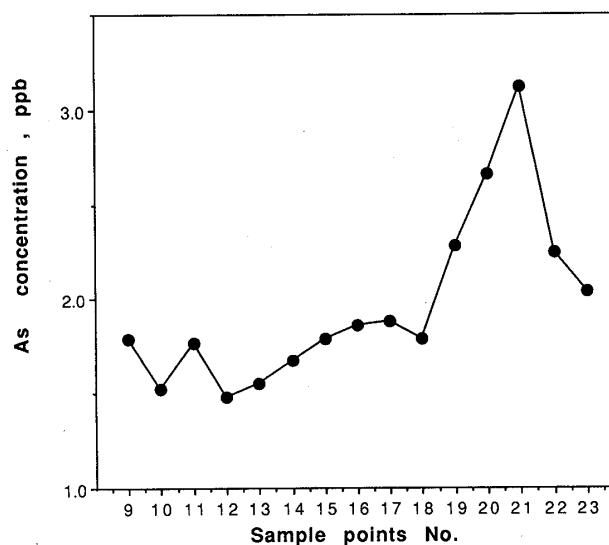


Fig. 5 Arsenic concentration of Kinu-river water

渡良瀬遊水池でもみられる。上流域（藤岡町 $2.53 \mu\text{g/l}$ ）に比べ下流域（古河市 $1.51 \mu\text{g/l}$ ）と濃度減少が見られる。更にこの地域では同様の傾向が EC ($273 \sim 225 \mu\text{S/cm}^3$), Cl^- ($29.6 \sim 17.9 \text{ mg/l}$), SO_4^{2-} ($17.0 \sim 12.7 \text{ mg/l}$) 等でも見られ遊水池における河川水の浄化作用の現れであると考えられる。

4・2 水道水中のヒ素の定量

河川水と同様の方法で東京地区周辺の水道水について

Table 2 Analytical results of river water

River	Sample points		EC/ $\mu\text{S cm}^{-1}$	pH	Cl^- , ppm	$\text{NO}_3\text{-N}$, ppm	$\text{SO}_4\text{-S}$, ppm	As, ppb
	City	Place						
1 Tone	Sahara	Suigou-ohashi	311	7.4	46.2	2.4	10.5	1.60 ± 0.01
2	Kanzaki	Kanzaki-ohashi	285	7.5	38.7	2.2	9.9	1.35 ± 0.01
3	Shintone	Jyousou-ohashi	270	7.4	30.7	2.3	10.2	1.35 ± 0.01
4	Kawachi	Nagatomi-hash	238	7.4	21.9	2.4	10.9	1.34 ± 0.01
5	Abiko	Sakae-hash	223	7.5	19.1	2.1	10.6	1.47 ± 0.01
6	Toride	Tone-ohashi	230	7.4	19.3	2.2	11.5	1.64 ± 0.01
7	Iwai	Mebuki-ohashi	254	7.3	23.6	2.4	13.7	1.53 ± 0.01
8	Koga	Tonegawa-hash	235	7.3	23.8	2.2	12.7	1.48 ± 0.01
9 Kinu	Mitsukaidou	Housui-hash	178	7.0	11.4	1.7	8.6	1.79 ± 0.01
10	Mitsukaidou	Mituma-hash	163	7.4	9.2	1.4	7.7	1.52 ± 0.01
11	Moriya	Tamadai-hash	166	7.5	10.3	1.4	8.0	1.77 ± 0.02
12	Ishige	Ishige-hash	154	7.4	8.6	1.2	7.1	1.48 ± 0.01
13	Chiyokawa	Ogata-hash	157	7.4	9.5	1.3	7.2	1.55 ± 0.01
14	Shimotsuma	Kinugawa-hash	159	7.5	9.7	1.3	7.6	1.67 ± 0.01
15	Sekijyou	Komashiro-hash	162	7.5	10.1	1.2	7.9	1.79 ± 0.01
16	Shimodate	Funadama-hash	151	7.5	8.9	1.1	6.9	1.86 ± 0.03
17	Shimodate	Kawashima-hash	141	7.8	8.7	1.1	6.8	1.88 ± 0.02
18	Shimodate	Nakajima-hash	143	7.9	8.3	1.0	6.5	1.79 ± 0.03
19	Ninomiya	Daidousen-hash	110	8.7	6.0	0.63	4.2	2.28 ± 0.15
20	Mouka	Miyaoka-hash	108	8.7	6.8	0.55	4.4	2.66 ± 0.15
21	Utsunomiya	Yanagida-hash	93	8.8	4.7	0.4	3.8	3.12 ± 0.20
22	Shioya	Kamihira-hash	120	8.4	5.4	0.89	4.2	2.25 ± 0.23
23	Shioya	Onami-hash	75	8.1	2.7	0.36	3.3	2.04 ± 0.06
24 Daiya	Imaichi	Kaishin-hash	117	7.8	4.3	0.46	5.7	3.42 ± 0.11
25 Ta	Yuuki	Shin-tagawa-hash	298	7.3	22.7	2.1	16.0	1.18 ± 0.01
26	Oyama	Funato-hash	281	7.6	17.5	2.3	17.9	1.12 ± 0.01
27 Kokai	Fujishiro	Kokaigawa-ohashi	221	7.4	16.8	2.3	8.7	0.70 ± 0.01
28	Yawahara	Yamato-hash	227	7.4	17.6	2.5	10.1	0.62 ± 0.03
29	Mitsukaidou	Fukurai-hash	222	7.4	16.3	2.2	9.3	0.73 ± 0.01
30	Shimotsuma	Iwai-hash	207	7.7	17.8	2.1	8.9	0.83 ± 0.01
31	Shimodate	Ishida-hash	199	8.5	15.8	2.0	7.4	0.58 ± 0.01
32	Mouka	Inonai-hash	167	9.1	11.8	1.4	6.2	0.49 ± 0.01
33 Sakura	Tsukuba	Ota-hash	205	7.4	19.3	1.9	9.1	0.47 ± 0.01
34	Tsukuba	Jyunmi-hash	171	7.6	18.2	1.9	8.6	0.43 ± 0.01
35 Watarase	Koga	Mikuni-hash	225	7.2	17.9	2.3	11.0	1.51 ± 0.01
36	Fujioka	Fujioka-ohashi	273	7.6	29.6	1.7	17.0	2.53 ± 0.02
37 Omoi	Oyama	Kuromoto-hash	143	8.5	10.3	3.5	4.6	0.44 ± 0.01
38	Oyama	Amito-hash	192	8.3	16.0	3.2	7.1	0.67 ± 0.01
39 Ushikunuma	Ryugasaki	Sanuki	211	9.0	21.7	1.7	7.4	0.78 ± 0.01
40 Kasumigaura	Dejima	Kasumigaura-ohashi	259	8.5	37.5	0.26	8.1	0.97 ± 0.01
41 Kitaura	Itako	Jingu-hash	405	8.4	80.9	—	8.4	1.20 ± 0.05
42	Taiyou	Kagyou-hash	243	7.8	31.5	2.2	6.5	0.54 ± 0.02

ヒ素の定量分析を行った。定量結果を Table 3 に示す。各採水地点でのヒ素の濃度範囲は、最高で $1.69 \mu\text{g/l}$ であり、河川水の場合と同様に環境基準以下の値が得られた。Fig. 6 に各試料の度数分布を示す。大多数の水道水が $0.3 \sim 0.6 \mu\text{g/l}$ の範囲内に分布している。又、同時に分析を行った 3 点の井戸水についてはすべ

て検出限界以下 ($0.1 \mu\text{g/l}$ 以下) であり、地下水中のヒ素濃度は河川水に比べ 1 けた近く低いことが予想される。

以上述べてきたように、海水のように非常に塩素イオン濃度の高い試料の場合を除いて、多くの環境水試料中のヒ素濃度を本法で用いたような補正を行うことによっ

Table 3 Analytical results of tap water

Prefecture	Sample points	EC/ $\mu\text{S cm}^{-1}$	pH	Cl ⁻ , ppm	NO ₃ -N, ppm	SO ₄ -S, ppm	As, ppb
1 Tokyo	Katsushika-ku, Nishikameari	249	7.3	34.3	2.2	12.6	0.49±0.01
	2 Edogawa-ku, Kasai	205	8.5	33.7	2.1	12.0	0.56±0.01
	3 Adachi-ku	228	8.1	33.9	2.1	12.3	0.52±0.01
	4 Nerima-ku, Asahi-cho	162	8.6	20.2	1.3	8.8	0.36±0.02
	5 Nerima-ku, Oizumi-cho (well)	205	6.7	20.4	9.5	2.6	<0.1
	6 Nerima-ku, Sakuradai	237	6.9	32.1	1.9	12.1	0.38±0.02
	7 Suginami-ku, Asagaya	219	6.9	29.0	1.7	11.0	0.36±0.01
	8 Toshima-ku, Chihaya	201	8.6	30.9	2.0	11.4	0.36±0.02
	9 Ota-ku, Shinkamata	136	7.1	7.5	1.0	4.6	0.40±0.01
	10 Arakawa-ku, Arakawa	193	8.5	27.6	1.6	9.9	0.49±0.02
	11 Kouto-ku, Minamisuna	239	6.9	34.3	2.6	13.1	0.48±0.02
	12 Setagaya-ku, Ikejiri	171	8.3	24.0	1.2	9.1	0.68±0.01
	13 Machida-shi	173	7.1	16.9	1.0	7.1	0.45±0.01
14 Saitama	Kumagaya-shi (well)	244	7.5	11.8	3.6	12.5	<0.1
	15 Omiya-shi	205	8.8	33.7	1.6	12.4	0.42±0.01
	16 Omiya-shi (well)	188	6.4	5.7	0.9	27.1	<0.1
17 Chiba	Yono-shi	251	6.7	32.5	1.6	13.9	0.41±0.01
	18 Syouwa-machi	267	6.9	33.2	1.5	11.8	0.58±0.01
	19 Narashino-shi	214	8.7	31.7	2.0	10.9	0.32±0.01
	20 Narashino-shi, Tudanuma	154	8.1	10.8	—	1.4	1.69±0.01
	21 Chiba-shi	202	8.0	28.6	1.7	9.9	0.22±0.02
	22 Nagareyama-shi	226	8.8	32.4	1.8	11.8	0.64±0.01
	23 Nagareyama-shi	221	8.8	40.6	1.8	13.6	0.82±0.01
	24 Matudo-shi	229	8.6	39.3	2.1	13.0	0.33±0.01
	25 Funabashi-shi	245	8.5	44.0	2.0	14.5	0.34±0.03
	26 Ichikawa-shi	227	8.6	32.9	2.0	12.7	0.45±0.01
27 Kanagawa	Yokohama-shi	174	7.1	10.5	1.6	8.1	0.19±0.02
	28 Kawasaki-shi	109	8.4	7.3	0.9	4.4	0.38±0.01
	29 Sagamihara-shi	128	8.5	8.7	0.9	5.4	0.28±0.02
	30 Sagamihara-shi	109	9.0	6.1	0.9	4.2	0.51±0.02
	31 Sagamihara-shi	126	8.6	8.9	0.9	6.1	0.76±0.01
	32 Atugi-shi	121	8.6	9.8	0.9	5.9	0.33±0.02
	33 Hiratuka-shi	189	7.1	14.2	1.9	6.8	0.46±0.01
	34 Isehara-shi	165	7.3	9.9	0.9	6.1	0.74±0.03
35 Ibaraki	Tukuba-shi	229	8.5	44.9	0.6	9.4	0.32±0.01
	36 Ushiku-shi	214	7.3	24.9	1.8	10.9	0.24±0.01
	37 Fujishiro-machi	218	7.1	23.9	1.7	11.0	0.20±0.03

て Q-ICP-MS で定量することが可能であり，特に事前の前処理が必要ではないことから，本法は多くの試料を短時間で処理する必要がある環境試料分析に非常に適した手法である。

本研究を行うに当たり農林水産省農業環境技術研究所の

山崎慎一，津村昭人両氏には，装置の使用を許可していただくとともに有意義な助言をいただきました。ここに深く感謝いたします。

(1993 年 6 月，第 54 回分析化学)
(討論会にて一部発表)

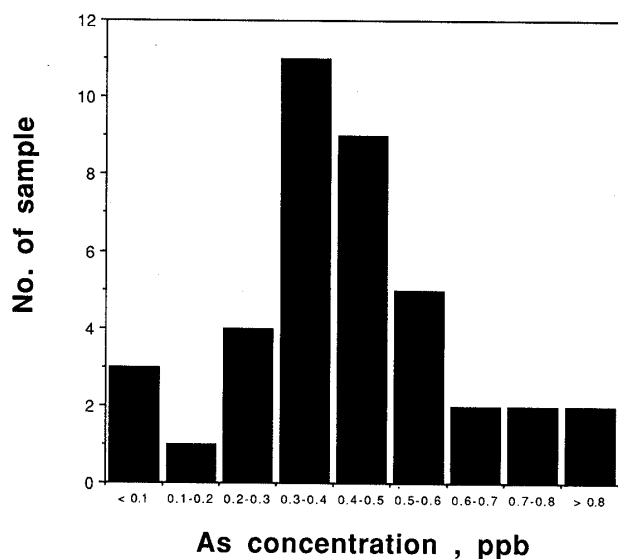


Fig. 6 Arsenic concentration of tap water

文 献

- 1) 公害対策基本法, 第 9 条.
- 2) 滋賀県条例, 琵琶湖条例.
- 3) JIS K 0101, 工業用水試験方法, p. 156 (1979).
- 4) 日本分析化学会北海道支部編: “水の分析 第 3 版”, p. 308 (1986), (化学同人).



Determination of arsenic in natural and tap waters by ICP-MS. Yuichi TAKAKU, Kimihiko MASUDA*, Toyokazu KOBAYASHI and Tadashi SHIMAMURA** (*Marubun Corporation, 3-3-4, Minamisuna, Kohto-ku, Tokyo 136; **School of Hygienic Science, Kitasato University, 1-15-1, Kitasato, Sagamihara, Kanagawa 228)

Arsenic determinations in river and tap water samples were done using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). Two methods were considered to overcome the problem of the $^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}^+$ interference on $^{75}\text{As}^+$, these were, 1) the masses of the two ion species were separated by high resolution ICP-MS, and 2) a numerical correction of $^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}^+$ on $^{75}\text{As}^+$ was done after the measurement by a quadrupole mass filter-based ICP-MS. The results of both methods on the standard reference material of river water SLRS-2 agreed well with each other and agreed with the certified value. Determinations of arsenic were performed for river water samples from the Tsukuba area and tap water samples from the Tokyo metropolitan area by the latter method. Concentration ranges of 0.43 to 3.42 ng/g for the river water and less than 1.6 ng/g for the tap water were found.

(Received June 21, 1994)

Keyword phrases

arsenic determination; ICP-MS and high resolution ICP-MS; river and tap water.