

ICP-MS による環境試料中の痕跡元素の測定

—— (3) ICP-MS による水標準試料中の痕跡元素の測定 ——

猶 原 順・山 下 栄 次

岡山理科大学技術科学研究所環境工学部門

(1994年9月30日 受理)

緒 言

誘導結合プラズマ質量分析法 (Inductively coupled plasma mass spectrometry, 以下 ICP-MS と略す) は, 高周波誘導結合プラズマをイオン化源とした質量分析法である。ICP-MS に関する文献は, 1980年の Houck と Gray の報告が最初であり, 装置の市販は1983年にカナダの SCIEX 社によってなされた^{1,2,3)}。ICP-MS による分析の特徴^{4,5,6,7)}は, (1)多くの元素について超微量レベルの分析ができる, (2)同位体比の測定ができ, 同位体希釈質量分析法への応用が可能である, (3)分析精度がよい, (4)迅速な多元素分析が可能である, (5)プラズマ中の化学種の同定ができる等があげられる。しかしながら, 測定元素と同じ分析質量である酸化物や2価のイオンなどによるスペクトル干渉が問題となっている^{6,8,9,10)}。痕跡元素測定の際に問題となるスペクトル干渉は, 測定元素の同位体の中から干渉が少ないものを選ぶことで解決でき¹¹⁾, マトリクス元素による干渉は, 試料を希釈することで低減できる¹²⁾という報告がある。

本実験は, ICP-MS による測定で問題となるスペクトル干渉が分析質量の選定で低減でき, また, マトリクス元素による干渉が希釈することで低減できたので報告する。

実験方法

1) 試薬及び試料

硝酸は有害金属測定用硝酸(関東化学)を用いた。純水はイオン交換, 蒸留の後 MILLI-Q Labo (MILLIPORE) でろ過精製したものをを用いた。

水標準試料は, National Institute Standard and Technology (以下 NIST と略す) 1643c と National Research Council (以下 NRC と略す) SLRS-2 の2種類を取り扱い法に従って用いた。NIST 1643c は, 24元素の保証値と4元素の参考値を定めている。NIST 1643c の測定には, 原液とその原液を純水で10倍及び100倍に希釈した試料を用いた。NRC SLRS-2 は, 21元素の保証値を定めている。NRC SLRS-2 の測定には, 原液とその原液を純水で10倍希釈した試料を用いた。

標準溶液は, NIST 1643c 測定用と NRC SLRS-2 測定用の2種類を調整した。NIST

Table 1 Analytical masses and standard concentrations (ng/ml) A-K for NIST 1643c

Element	Mass (amu)	Standard	Solution Concentrations
Li	7	A	20
Be	9	A	30
B	11	A	150
Na*	23	D	13
Mg*	25	E	10
Al	27	F	150
K	39	G	2300
Ca*	43	H	40
V	51	A	35
Cr	53	A	20
Mn	55	A	40
Fe	57	I	120
Co	59	A	25
Ni	61	A	70
Cu	63	A	25
Zn	66	A	80
As	75	J	100
Se	77	K	15
Rb	85	A	15
Sr	88	A	300
Mo	95	A	120
Ag	109	A	3
Cd	111	B	15
Te	125	C	3
Ba	137	A	50
Tl	205	A	10
Pb	208	A	40
Bi	209	A	15

*Concentrations in $\mu\text{g/ml}$

1643c 測定用標準溶液濃度を Table 1, NRC SLRS-2 測定用標準溶液濃度を Table 2 に示した。標準溶液の濃度は, NIST 1643c と NRC SLRS-2 で定められた保証値及び参考値を基

にしてそれぞれの元素で, 原子吸光用1000 ppm 標準溶液 (関東化学) を希釈して調整した。また標準溶液は, 標準溶液中の元素間での干渉がないようにグループ分けし, マトリクス元素については単独とした。標準溶液は硝酸を標準溶液中の硝酸濃度が0.1 M となるように添加し, 酸性化して元素を安定にした。使用した器具はすべて1 M 硝酸で24時間浸析し, 水道水, イオン交換後蒸留した水, 純水でそれぞれ洗浄した¹²⁾。

2) 装置

分析装置は ICP-MS (SPQ 6500 セイコー電子工業) を用いた。ICP-MS 分析条件は, Table 3 に示した。

Table 2 Analytical masses and standard concentrations (ng/ml) A-J for NRC SLRS-2

Element	Mass (amu)	Standard	Solution Concentrations
Na*	23	B	2
Mg*	25	C	1.7
Al	27	D	100
K*	39	E	0.8
Ca*	43	F	6
V	51	A	0.3
Cr	53	A	0.5
Mn	55	A	10
Fe	57	G	150
Co	59	A	0.07
Ni	61	A	1
Cu	63	A	3
Zn	66	A	3.5
As	75	H	1
Sr	88	A	30
Mo	95	A	0.2
Cd	111	I	0.03
Sb	125	A	0.3
Ba	137	A	15
Pb	208	A	0.15
U	209	J	0.05

*Concentrations in $\mu\text{g/ml}$

Table 3 ICP-MS operating conditions

Inductively coupled plasma RF-power	1.2 Kw
Plasma gas flow-rate	15.3 l/min
Aux gas flow-rate	16.2 l/min
Carrier gas flow-rate	0.38 l/min
Sampling depth	12 mm
Mass spectrometer pressure	4×10^{-6} torr
Accumulation	50 times
Channel width	3 channel
Repetition	1 time
Dwell time	50 ms

3) 測定方法

ICP-MS による測定は、プラズマが安定となる40分以降に行った¹³⁾。ICP-MS による分析は、水と標準溶液による2点検量線法を用いた。測定の最後に、標準溶液を再度測定し、値の時間補正を行った^{10,11,12)}。測定は3回行い、ばらつきを標準偏差として表した。測定は水、標準溶液、試料、標準溶液の順に行った。

結果及び考察

1) 水標準試料 NIST 1643c

NIST 1643c の保証値及び参考値と原液と純水で10倍に希釈した試料の測定値を Table 4 に示した。測定は Li (分析質量: 209) までの NIST 1643c で保証値として与えられた

Table 4 Mean element concentrations (ng/ml \pm δ) of undiluted samples and diluted (1+9) samples in NIST 1643c compared with certified concentrations (ng/ml \pm 2 δ)

Element	Mass (amu)	Determined concentrations		Certified concentrations
		Undiluted samples	Diluted (1+9) samples	
Li	7	14.8 \pm 0.6**	14.4 \pm 0.6	16.5 \pm 1.0
Be	9	17.4 \pm 1.1	23.1 \pm 1.3	23.2 \pm 2.2
B	11	91.8 \pm 5.3	82.1 \pm 23.2	119.0 \pm 1.4
Na*	23	13.61 \pm 0.20	13.18 \pm 0.08	12.19 \pm 0.36
Mg*	25	10.31 \pm 0.10	9.57 \pm 0.29	9.45 \pm 0.27
Al	27	127.4 \pm 1.2	112.5 \pm 3.0	114.6 \pm 5.1
K	39	2405 \pm 5	2586 \pm 44	2300***
Ca*	43	38.2 \pm 0.7	40.0 \pm 0.4	36.8 \pm 1.4
V	51	35.9 \pm 0.7	33.7 \pm 0.5	31.4 \pm 2.8
Cr	53	23.7 \pm 0.4	20.3 \pm 0.4	19.0 \pm 0.6
Mn	55	43.1 \pm 0.8	38.0 \pm 0.4	35.1 \pm 2.2
Fe	57	421.6 \pm 10.5	332.1 \pm 3.6	106.9 \pm 3.0
Co	59	28.0 \pm 0.3	25.3 \pm 0.1	23.5 \pm 0.8
Ni	61	80.2 \pm 0.7	73.0 \pm 0.8	60.6 \pm 7.3
Cu	63	21.0 \pm 0.1	20.5 \pm 1.5	22.3 \pm 2.8
Zn	66	68.5 \pm 1.0	80.4 \pm 1.4	73.9 \pm 0.9
As	75	87.8 \pm 1.4	87.9 \pm 2.6	82.1 \pm 1.2
Se	77	14.1 \pm 0.3	16.4 \pm 0.1	12.7 \pm 0.7
Rb	85	14.0 \pm 0.1	12.7 \pm 0.1	11.4 \pm 0.2
Sr	88	325.2 \pm 5.2	282.4 \pm 1.5	263.6 \pm 2.6
Mo	95	127.4 \pm 1.1	104.9 \pm 1.0	104.3 \pm 1.9
Ag	109	2.77 \pm 0.03	4.14 \pm 0.11	2.21 \pm 0.30
Cd	111	13.9 \pm 0.3	24.3 \pm 2.3	12.2 \pm 1.0
Te	125	2.3 \pm 0.1	2.5 \pm 0.2	2.7***
Ba	137	58.8 \pm 0.5	55.6 \pm 1.2	49.6 \pm 3.1
Tl	205	9.8 \pm 0.1	9.2 \pm 0.2	7.9***
Pb	208	39.4 \pm 0.8	35.5 \pm 0.2	35.3 \pm 0.9
Bi	209	15 \pm 0	14 \pm 1	12***

*Concentrations in $\mu\text{g/ml}$, **precision expressed as the standard deviation ($n=3$),

***Noncertified concentrations

24元素と参考値の3元素について行った。ICP-MSの測定値は、Na, K, Ca, V, Cr, Mn, Co, Ni, As, Se, Rb, Sr, Ag, Cd, Ba, Tl, Biで、保証値または参考値よりも高い値となった。特に、Fe(分析質量:57)は、原液と純水で10倍に希釈した試料の測定値が、いずれも保証値の3倍以上の値となった。

Fig. 1は保証値が定められた24元素について、NIST 1643cの保証値と、原液と純水で10倍に希釈した試料の測定値を比較した。その結果、希釈により保証値に近づく元素と原液のほうが保証値に近い元素に分類することができた。希釈により保証値に近づいた元素は、Be, B, Na, Mg, Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, As, Rb, Sr, Mo, Ba, Pbで

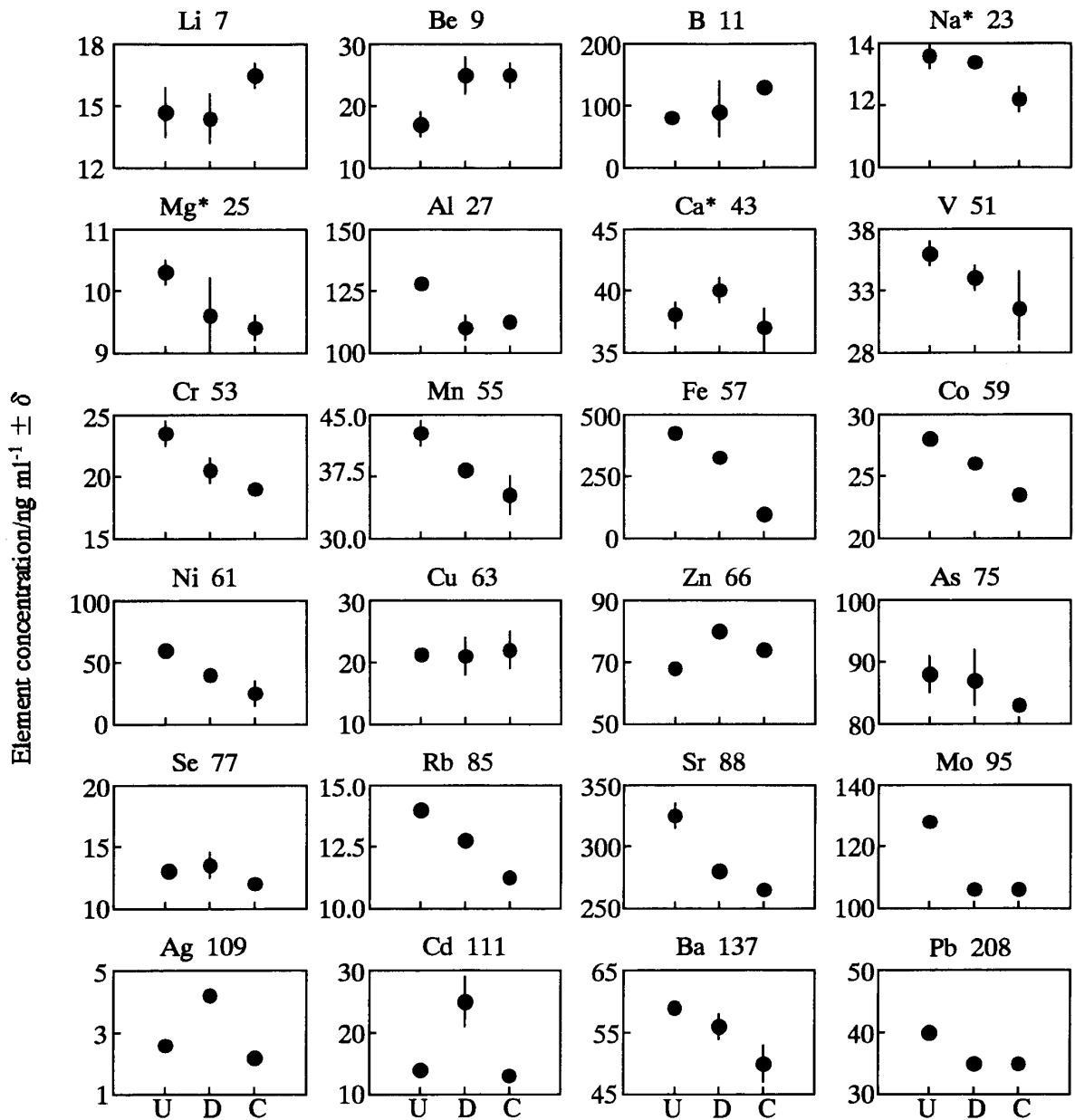


Fig. 1 Mean element concentrations (ng/ml $\pm \delta$) in NIST 1643c compared with certified concentrations (ng/ml $\pm 2\delta$), U=concentrations of undiluted samples; D=concentrations of diluted (1+9) samples; C=certified concentrations, *concentrations in $\mu\text{g/ml} \pm \delta$

あった。原液のほうが保証値に近い元素は、Li, Ca, Zn, Se, Ag, Cdであった。Mn(分析質量：55)は、保証値が 35.1 ± 2.2 ng/ml であるが、原液の測定値は 43.1 ± 0.8 ng/ml と保証値よりも高い値となった。その原液を純水で10倍に希釈した試料では 38.0 ± 0.4 ng/ml と保証値に近い値となった。同様に Co (分析質量：9)は、保証値が 23.5 ± 0.8 ng/ml で原液の測定値が 28.0 ± 0.3 ng/ml と保証値よりも高い値となったが、純水で10倍に希釈した試料では 25.3 ± 0.1 ng/ml と保証値に近づいた。Mo(分析質量：95)も保証値が 104.3 ± 1.9 ng/ml で原液の測定値が 127.4 ± 1.1 ng/ml と保証値よりもかなり高い値となったが、純水で10倍に希釈して測定すると 104.9 ± 1.0 ng/ml と保証値に近づいた。保証値に近づいた理由は、Na, Mg, K, Ca等のマトリクス元素による干渉とスペクトル元素であるKの酸化物が共存しているためである。Kは $2 \mu\text{g/ml}$ 以上あるから、MnはKOのスペクトル干渉を受け真の濃度よりも高くなったと考えられ、原液を純水で10倍に希釈することで、スペクトル干渉が低減でき保証値に近づいたと考えられる。Coも同じ分析質量にCaの酸化物が共存しているので、CaOのスペクトル干渉を受け真の濃度よりも高くなったが、純水で10倍に希釈することで、スペクトル干渉が低減でき保証値に近づいたと考えられる。Ridoutら¹²⁾は海洋標準試料であるロブスター肝臓中の痕跡元素(16元素)について、ICP-MSで測定し報告している。測定は本実験と同様に原液と純水で10倍に希釈した試料について、2点検量線法で時間補正を行っており、希釈によりマトリクス元素の影響の低減が可能であったことは、本実験の結果とよく一致した。また、逆にAg(分析質量：109)は、保証値が 2.21 ± 0.30 ng/ml であるが、原液の測定値は 2.77 ± 0.03 ng/ml と保証値に近い値となった。その原液を純水で10倍に希釈した試料では、 4.14 ± 0.11 ng/ml と保証値よりもかなり高い値となった。原液のほうが保証値に近い理由は、原液を純水で10倍に希釈して測定することで、測定値が検出限界付近であったために、測定値がばらついたのではないかと考えられる。

NIST 1643cの保証値及び参考値と純水で100倍に希釈した試料の測定値をTable 5に示した。測定値はV, Fe, As, Pbを除いて、原液と純水で10倍に希釈した試料に比べて、保証値から離れた値となった。その理由は、原液を100倍に希釈して測定することで、測定値の濃度が各元素の検出限界付近であったためと考えられる。Fe(分析質量：57)は、原液を純水で100倍に希釈することで保証値により近づいた。Feは同じ分析質量に、マトリクス元素であるKの酸化物とプラズマガスであるArの水酸化物が共存しているので、KOとArOHのスペクトル干渉を受け真の濃度よりも高くなったと考えられる。KOのスペクトル干渉は、原液を純水で希釈することで低減できたが、ArOHの干渉は希釈することでは低減できないので、Feは原液を純水で100倍に希釈した試料でも保証値の2倍以上の値となったと考えられる。Se(分析質量：77)は、原液のほうが保証値に近かった。Seは原液を純水で100倍に希釈して測定することで、測定値が検出限界付近であったために、測定値が保証値に比べて極端に小さくなった。

Table 5 Mean element concentrations (ng/ml $\pm \delta$) of undiluted samples and diluted (1+99) samples in NIST 1643c compared with certified concentrations (ng/ml $\pm 2\delta$)

Element	Mass (amu)	Detection limit	Determined concentrations	
			Diluted (1+99) samples	Certified concentrations
Li	7	0.033	22.0 \pm 0.3**	16.5 \pm 1.0
Be	9	0.025	56.0 \pm 1.5	23.2 \pm 2.2
B	11	0.0045	202.4 \pm 1.8	119.0 \pm 1.4
Na*	23	0.16	18.88 \pm 0.68	12.19 \pm 0.36
Mg*	25	0.014	9.88 \pm 0.16	9.45 \pm 0.27
Al	27	0.001	328.2 \pm 1.2	114.6 \pm 5.1
K	39	0.056	4549 \pm 68	2300***
Ca*	43	0.28	39.6 \pm 0.6	36.8 \pm 1.4
V	51	0.0028	32.7 \pm 0.1	31.4 \pm 2.8
Cr	53	0.012	13.0 \pm 1.5	19.0 \pm 0.6
Mn	55	0.0011	38.6 \pm 0.3	35.1 \pm 2.2
Fe	57	0.079	209.0 \pm 2.7	106.9 \pm 3.0
Co	59	0.00047	25.9 \pm 0.4	23.5 \pm 0.8
Ni	61	0.01	34.3 \pm 1.9	60.6 \pm 7.3
Cu	63	0.0046	30.9 \pm 3.3	22.3 \pm 2.8
Zn	66	0.0044	127.8 \pm 6.5	73.9 \pm 0.9
As	75	0.0021	85.2 \pm 2.4	82.1 \pm 1.2
Se	77	0.0031	1.7 \pm 0.2	12.7 \pm 0.7
Rb	85	0.0026	12.8 \pm 0.2	11.4 \pm 0.2
Sr	88	0.00063	325.1 \pm 5.1	263.6 \pm 2.6
Mo	95	0.0023	128.0 \pm 1.3	104.3 \pm 1.9
Ag	109	0.00076	3.10 \pm 0.19	2.21 \pm 0.30
Cd	111	0.0034	14.4 \pm 1.0	12.2 \pm 1.0
Te	125	0.018	3.1 \pm 0.8	2.7***
Ba	137	0.0046	57.7 \pm 1.6	49.6 \pm 3.1
Tl	205	0.001	6.6 \pm 1.1	7.9***
Pb	208	0.0018	35.4 \pm 1.0	35.3 \pm 0.9
Bi	209	0.0017	9 \pm 1	12***

*Concentrations in $\mu\text{g/ml}$, **precision expressed as the standard deviation ($n=3$),

***Noncertified concentrations

2) 水標準試料 NRC SLRS-2

NRC SLRS-2 の21元素の保証値と原液と純水で10倍に希釈した試料の測定値を Table 6 に示した。測定は Na (分析質量: 23) ~ U (分析質量: 238) までの NRC SLRS-2 で保証値として与えられた21元素について NIST 1643c と同様に行った。

Fig. 2 は保証値のある21元素について、NRC SLRS-2 の保証値と、原液と純水で10倍に希釈した試料の測定値を比較した。NIST 1643c と同様の分類を行った結果、希釈により保証値に近づいた元素は、Na, Mg, Ca, Cr, Mn, Co, Zn, Mo, Sb であり、原液のほうが保証値に近い元素は、Al, K, Ni, Sr, Cd, Ba, Pb, U であった。Cr (分析質量: 53) は、保証値が 0.45 ± 0.02 ng/ml であるが、原液の測定値は 0.57 ± 0.00 ng/ml と保証値よりも高い値となった。その原液を純水で10倍に希釈した試料では 0.50 ± 0.03 ng/ml と

Table 6 Mean element concentrations (ng/ml $\pm \delta$) of undiluted samples and diluted (1+9) samples in NRC SLRS-2 compared with certified concentrations (ng/ml $\pm 2\delta$)

Element	Mass (amu)	Determined concentrations		Certified concentrations
		Undiluted samples	Diluted (1+9) samples	
Na*	23	1.99 \pm 0.00**	1.93 \pm 0.06	1.86 \pm 0.11
Mg*	25	1.54 \pm 0.01	1.50 \pm 0.01	1.51 \pm 0.13
Al	27	84.6 \pm 0.7	75.0 \pm 1.0	84.4 \pm 3.4
K*	39	0.70 \pm 0.02	0.56 \pm 0.01	0.69 \pm 0.09
Ca*	43	5.44 \pm 0.13	5.50 \pm 0.03	5.70 \pm 0.13
V	51	0.29 \pm 0.00	0.29 \pm 0.01	0.25 \pm 0.06
Cr	53	0.57 \pm 0.00	0.50 \pm 0.03	0.45***
Mn	55	10.3 \pm 0.1	10.1 \pm 0.1	10.1 \pm 0.3
Fe	57	105 \pm 1	106 \pm 2	129 \pm 7
Co	59	0.099 \pm 0.001	0.064 \pm 0.004	0.063 \pm 0.012
Ni	61	1.04 \pm 0.04	0.36 \pm 0.01	1.03 \pm 0.10
Cu	63	2.73 \pm 0.02	2.72 \pm 0.06	2.76 \pm 0.17
Zn	66	3.28 \pm 0.01	3.37 \pm 0.10	3.33 \pm 0.15
As	75	0.88 \pm 0.01	0.90 \pm 0.08	0.77 \pm 0.07
Sr	88	29.2 \pm 0.1	29.4 \pm 0.3	27.3 \pm 0.4
Mo	95	0.17 \pm 0.01	0.16 \pm 0.02	0.16 \pm 0.02
Cd	111	0.025 \pm 0.001	0.006 \pm 0.001	0.028 \pm 0.004
Sb	125	0.33 \pm 0.01	0.29 \pm 0.01	0.26 \pm 0.05
Ba	137	13.6 \pm 0.0	14.2 \pm 0.4	13.8 \pm 0.3
Pb	208	0.130 \pm 0.002	0.121 \pm 0.011	0.129 \pm 0.012
U	209	0.047 \pm 0.002	0.038 \pm 0.007	0.049 \pm 0.002

*Concentrations in $\mu\text{g/ml}$, **precision expressed as the standard deviation ($n=3$),

***Noncertified concentration

保証値に近い値となった。Zn (分析質量: 66) は、保証値が 3.33 ± 0.15 ng/ml で原液の測定値が 3.28 ± 0.01 ng/ml と保証値よりも少し高い値となったが、純水で10倍に希釈した試料では 3.37 ± 0.10 ng/ml と保証値に近い値となった。保証値に近づいた理由は、NIST 1643c と同様にマトリクス元素による干渉とスペクトル干渉が、希釈により低減できたことが考えられる。Cr は同じ分析質量にCl の酸化物が共存しているので、ClO のスペクトル干渉を受け真の濃度よりも高くなった。原液を純水で10倍に希釈することで、スペクトル干渉が小さくなり保証値に近づいたと考えられる。また逆に Ni (分析質量: 61) は、保証値が 1.03 ± 0.10 ng/ml であるが、原液の測定値は 1.04 ± 0.04 ng/ml と保証値に近い値となった。その原液を純水で10倍に希釈した試料では 0.36 ± 0.01 ng/ml と保証値よりもかなり低い値となった。U (分析質量: 238) も保証値が 0.049 ± 0.002 ng/ml であるが、原液の測定値は 0.057 ± 0.002 ng/ml と保証値に近い値となったが、純水で10倍に希釈した試料では 0.038 ± 0.007 ng/ml と低い値となった。原液のほうが保証値に近い理由は、原液を純水で10倍に希釈して測定することで、測定値が検出限界付近であったために、測定値がばらついたのではないかと考えられる。

Beauchemin ら¹⁰⁾は NRC SLRS-1 中の痕跡元素 (24元素) について、本実験と同様に

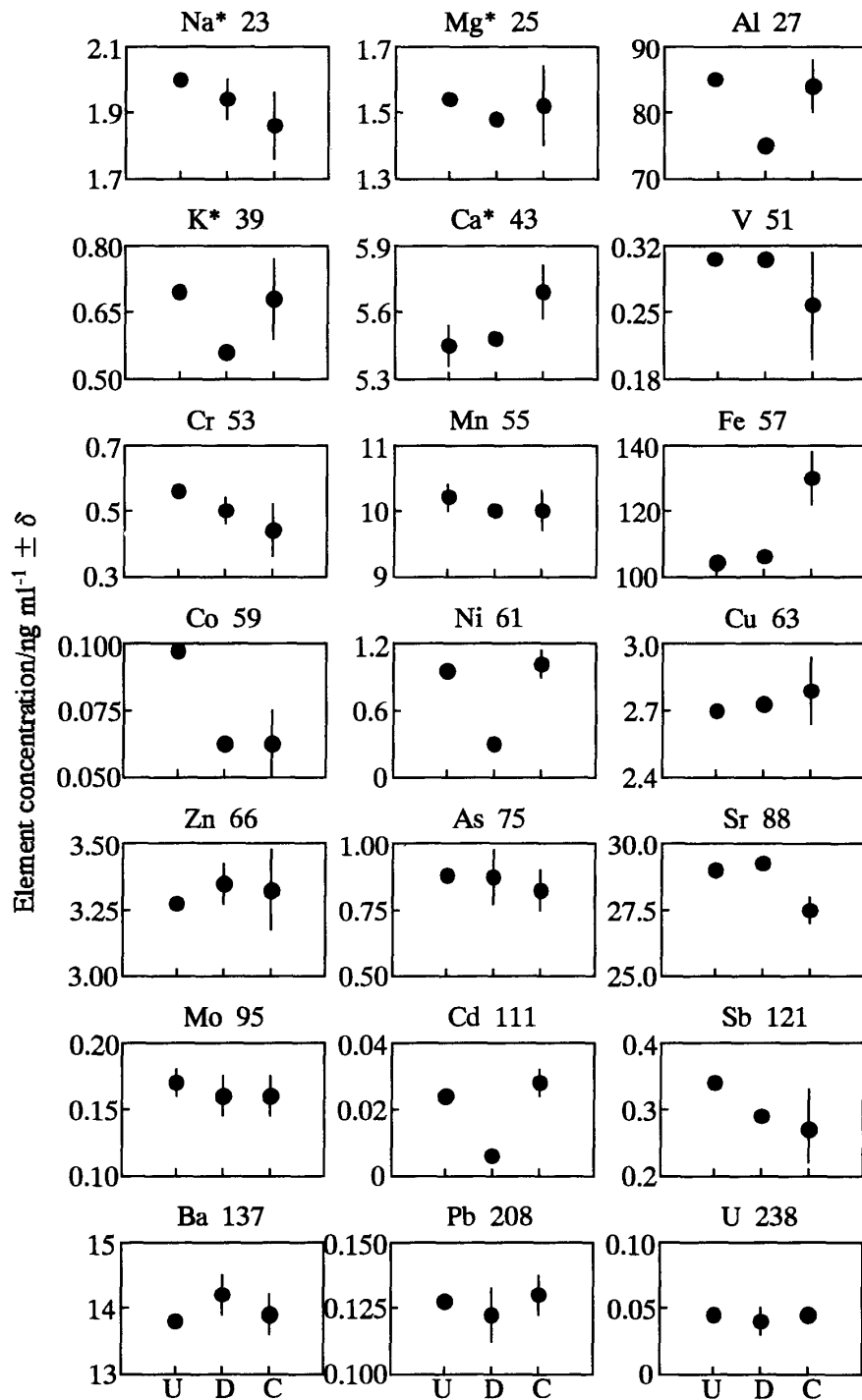


Fig. 2 Mean element concentrations (ng/ml \pm δ) in NRC SLRS-2 compared with certified concentrations (ng/ml \pm 2δ), U=concentrations of undiluted samples; D=concentrations of diluted (1+9) samples; C=certified concentrations, *concentrations in μ g/ml \pm δ

2点検量線法で時間補正を行い ICP-MS で測定を行っている。測定値が保証値に近い値であったことは、本実験の結果とよく一致した。さらに標準添加法、同位体希釈法を用いて測定を行っており、その結果はより保証値に近い値となっていたので、さらなる真に近い測定値を得るためには標準添加法、同位体希釈法で測定する必要があると考えられる。

NRC SLRS-2 は、NIST 1643c に比べて全体的に濃度が低く、純水で10倍に希釈した試料では、測定値が pg/ml となる元素が多かったため、100倍に希釈した試料の測定を行わなかった。希釈が必要かどうかについては、Total Dissolved Solids (総元素濃度、以下 TDS と略す) が1000 $\mu\text{g/ml}$ を越えるものについては、希釈が必要であるという報告¹⁴⁾がある。しかし、TDS は有機物由来の C, N, O も含んでいるために ICP-MS による正確な測定はできない。従って試料の希釈はマトリクス元素が $\mu\text{g/ml}$ 以上の濃度であり、希釈しても痕跡元素の濃度が pg/ml とならない場合に行う必要があると考えられる。

要 約

ICP-MS を用いて水標準試料 (NIST 1643c, NRC SLRS-2) 中の痕跡元素の測定を行った。測定は水と標準溶液の2点検量線法で行い、測定の最後に標準溶液を再度測定し、測定値の時間補正を行った。水標準試料の原液と純水で10倍に希釈した試料を測定し、保証値との比較を行った。NIST 1643c の測定の結果、希釈により保証値に近づいた元素は、Be, B, Na, Mg, Al, V, Cr, Mn, Co, Ni, As, Rb, Sr, Mo, Ba, Pb であった。NRC SLRS-2 の測定の結果、希釈により保証値に近づいた元素は、Na, Mg, Ca, Cr, Mn, Co, Zn, Mo, Sb であった。ICP-MS による測定で問題となるスペクトル干渉は分析質量の選定で低減でき、マトリクス元素による干渉は希釈することで低減できた。

参 考 文 献

- 1) セイコー電子工業編：SPQ 6500 ICP 質量分析装置取り扱い説明書，1-1 (1989)。
- 2) 高橋純一：ふんせき，**2**，104 (1990)。
- 3) 白石久二雄：化学と生物，**3**，167 (1992)。
- 4) 原口紘彦：「ICP 発光分析の基礎と応用」，講談社，99-105 (1986)。
- 5) 山崎慎一：ふんせき，**3**，56 (1991)。
- 6) J. W. Olesik：Anal. Chem. **63**，12A (1991)。
- 7) 高橋純一：プラズマ分光分析研究会，**8**，1 (1988)。
- 8) 河口広司：化学と工業，**44**，1-19 (1991)。
- 9) 斉藤 努：ふんせき，**8**，79 (1991)。
- 10) D. Beauchemin, J. W. McLaren, A. P. Mykytiuk and S. S. Beruman：Anal. Chem. **59**，778 (1987)。
- 11) J. K. Friel and C. S. Skinner, S. E. Jackson and H. P. Longerich：Analyst, **115**，269 (1990)。
- 12) P. S. Riout and H. R. Jones：Analyst, **113**，1383 (1988)。
- 13) 猶原 順，大西 諭，佐藤昭彦，川崎尚芳，山下栄次，石井 猛，繁 吉次：岡山理科大学紀要，**28A** (1992)。
- 14) E. J. McCurdy：Special Publication. Royal Society of Chemistry, **55**，75 (1990)。

Determination of trace elements in environmental samples by ICP-MS

(3) Determination of trace elements in water reference material by ICP-MS

Jun NAOHARA and Eiji YAMASHITA

Environmental Engineering Laboratory,

Research Institute of Technology,

Okayama University of Science,

Ridai-cho, Okayama 700, Japan

(Received September 30, 1994)

The trace elements in water reference materials (NIST 1643c and NRC SLRS-2) were determined by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). Calibration was accomplished by using blank and standard solution, and finally the standard solution was run again to allow a correction for intensity drift. The difference between the concentration of trace elements in water reference materials and the concentration of trace elements in diluted water reference materials with MILLI-Q water was compared. In NIST 1643c reference materials, the concentrations of Be, B, Na, Mg, Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, As, Rb, Sr, Mo, Ba and Pb in diluted water reference material were close to the certified concentration. In NRC SLRS-2 reference material, the concentration of Na, Mg, Ca, Cr, Mn, Co, Zn, Mo and Sb in diluted water reference material were close to the certified concentration.