

## [研究報告]

# 大気中金属成分の 分析法に関する研究

## Studies of metallic analysis in atmospheric aerosol samples

泉川 泰三<sup>\*</sup>, 根津 豊彦<sup>\*</sup>, 大歳 恒彦<sup>\*</sup>

Yasumi IZUMIKAWA, Toyohiko NEZU and Tsunehiko OTOSHI

## 1. はじめに

大気中のガス状物質、浮遊ふんじん及び粒子径10ミクロン以下の浮遊粒子状物質 (SPM) 等の採取測定網として、環境庁により、国設大気測定網 (NASN) が設けられている。

NASNにおける浮遊ふんじん及びSPMの分析について、金属・イオン成分については、当センターが分析を行っており、既に20余年を経過している<sup>1)</sup>。

その経過と共に、分析法も推移し、金属分析に関しては、発光分析法により、Be, V, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Cd, Pbが分析され、第1回目の分棟結果が報告されて以来、原子吸光法に変更され、その後、SPMの測定所が開設されるに伴い、放射化分析及び蛍光X線分析法が採用され、SPM中の30元素あまりが、分析されるに至っている。

放射化分析は、多元素同時分析法として非常にすぐれた方法であるが、現在分析に必要な研究用原子炉が限られており、施設の老朽化も進んでいるため、将来的には、放射化分析法と同等の感度及び多元素同時分析を行うことができる分析法の開発が必要となってきた。

近年、放射化分析法と同等の感度を有する多元素同時分析法として、ICP-質量分析法 (ICP-MS) が開発され、分析実績も年々増加している。

本報告は、現在行っている原子吸光法及び放射化分析法の精度等に関し、再確認すると共に、ICP-MSの感度等を確認し、最終的には、浮遊ふんじん及びSPM試料への分析への適用の有無又、経済性の面での適用の有無を確認することを、目的として、基礎データを得たので、以下に報告する。

## 2. 既分析法の精度等の確認

## 2.1 浮遊ふんじん中の金属分析

NASNにおける浮遊ふんじんの分析は一定の前処理の後、原子吸光法を用いて、分析を行っている。

浮遊ふんじんは、ハイボリュームエアサンプラーにより石灰繊維フィルター上に採取され、分析に供される。

図-1に前処理・抽出の概略手順を示す。

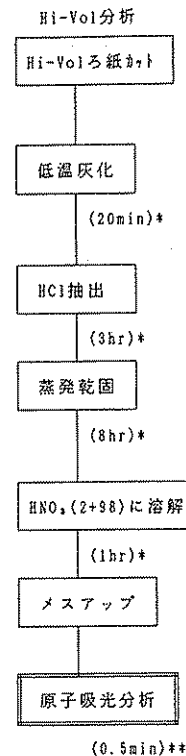


図-1 前処理・抽出操作フローシート  
(注: \*印: 1試料あたりの必要時間数  
\*\*印: 1元素あたりの必要時間 )

※財 日本環境衛生センター東日本支局環境科学部  
Department of Environ. Science, East Branch, Japan  
Environmental Sanitation Center

分析項目は、Co, Cd, Pb, Cn, Zn, Mn, Ni, Fe, V の9項目である。表-1に、都市大気標準物質である Standard Reference Material 1648 (NIST) の分析結果を示す (以下 SRM 1648)。

表-1 標準試料分析結果 (原子吸光分析)

単位: ppm

試料番号	Co	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn	Ni	Fe	V
1	19.0	54.9	6240	560	4460	763	80.4	35000	161
2	13.7	53.7	6320	557	4450	770	82.2	35200	139
3	13.8	54.7	6290	539	4630	748	84.0	35400	160
4	16.4	54.7	6040	546	4450	789	74.6	33800	147
5	12.9	54.0	5960	555	4410	747	80.5	32800	125
平均値	15.2	54.4	6170	551	4480	763	80.3	34400	146
変動計数 (%)	15	0.87	2.3	1.4	1.7	2.0	3.9	2.7	9.2
保証値	18*	75±7	6550±80	609±27	4760±140	860*	82±3	39100±100	140±3
平均/保証	0.84	0.73	0.94	0.91	0.94	0.89	0.98	0.88	1.04
吸光/放射	0.94	-	-	0.90	1.0	0.96	-	0.91	1.12

(注) \*印: 参考値

5回にわたり、NASNで行われている分析法により SRM 1648 の分析を行った結果、Co, Vを除けば、各元素とも変動係数が小さく精度よく抽出・分析されている。Co, Vについては、濃度が検出限界付近であるため、多少精度が悪くなったと考えられる。

また、各元素の平均値と保証値 (参考値を含む) とを比較すると、ほとんどの元素がその比は0.9付近であり効率よく抽出されたことを示している。Cdについては、多少低めの数値となっている。

同じ試料について行った放射化分析法の結果 (後述) との比較についても、各平均値の比は、ほとんどの元素で1付近となり良く一致している。

## 2.2 SPM中の金属等の分析

SPMはローボリュームエアサンプラにより、メンブランフィルター上に採取され、分析に供される。図-2に分析法の概略を示す。

分析項目は、Al, Naをはじめ28元素である。表-2

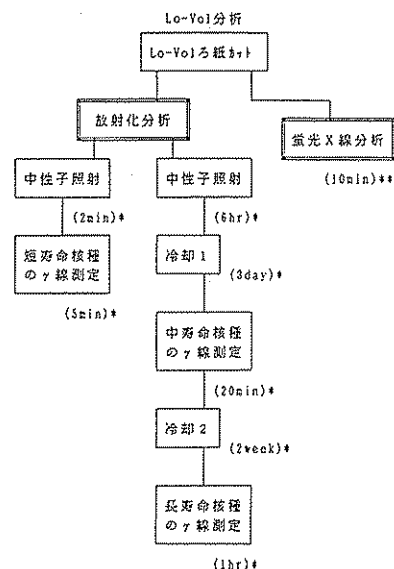


図-2 SPMの分析法の概略  
(注: \* 1試料あたりの必要時間数,  
\*\* 1元素あたりの必要時間数)

表一 2 標準試料分析結果 (放射化分析) ( ) 内は計数誤差 (%) 単位: DPM

核種	分 析 値										平均値	変動係数	保証値 (* 参考値)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				11
A 1	3500(2)	3800(2)	3500(2)	3500(2)	3400(2)	3300(1)	3400(1)	3300(1)	3800(1)	3500(1)	3600(1)	3500(1)	5.4	34200±1100
B r	470(5)	490(4)	480(6)	520(3)	470(7)	450(3)	520(3)	520(3)	500(3)	500(3)	500(3)	490	4.5	* 590
C 1	7900(7)	7200(5)	7500(4)	6600(8)	7000(4)	4500(5)	5700(5)	4200(4)	5300(5)	5800(5)	5600(4)	6100	20	* 4500
C u	590(13)	420(10)	530(6)	850(11)	610(14)	600(28)	440(28)	610(18)	650(17)	600(19)	590(18)	610	18	609±27
M n	820(2)	860(8)	790(8)	840(8)	820(7)	710(1)	700(1)	720(1)	780(1)	750(1)	780(1)	790	5.9	* 860
T 1	4500(4)	4100(6)	4300(5)	4400(5)	5100(6)	3900(8)	4000(8)	4100(7)	4300(6)	4100(7)	3800(8)	4200	8.6	* 4000
V	190(4)	140(4)	140(2)	130(2)	120(3)	120(3)	130(2)	120(3)	140(2)	140(2)	140(2)	130	7.0	140±3
A s	100(4)	110(3)	100(4)	110(4)	150(3)	120(1)	140(1)	120(1)	150(1)	130(1)	110(1)	120	17	115±10
E u	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	—	* 0.8
K	10000(40)	10000(35)	<10000	<8000	10000(48)	10000(8)	12000(7)	12000(7)	9600(7)	9200(8)	11000(7)	10000	10	10500±100
L a	28(10)	26(9)	29(8)	28(10)	44(6)	34(5)	37(4)	38(4)	38(4)	33(5)	37(5)	34	18	* 42
N a	3700(7)	4300(3)	3900(4)	3800(4)	5300(3)	4200(1)	4800(1)	4500(1)	5000(1)	4500(1)	4200(1)	4400	11	4250±20
S b	45(3)	47(3)	47(3)	50(3)	68(3)	36(2)	46(1)	42(1)	55(1)	46(2)	38(2)	47	19	* 45
S m	3.4(3)	3.6(3)	3.8(3)	4.0(3)	5.3(2)	4.6(2)	5.3(1)	6.0(1)	4.6(1)	3.6(2)	4.2(2)	4.4	18	* 4.4
W	<6	<6	<7	8.4(37)	9.9(37)	4.9(26)	9.3(14)	4.6(26)	5.3(25)	4.4(31)	5.4(23)	6.5	35	* 4.8
A g	7.4(43)	9.9(27)	8.1(39)	<6	12(23)	9.2(45)	<10	<10	<10	19(22)	6.8(45)	10	40	* 6
B a	750(17)	730(15)	680(19)	660(16)	770(13)	790(25)	970(16)	750(23)	430(47)	580(19)	710(16)	710	18	* 737
C e	49(7)	44(7)	52(7)	54(6)	54(6)	53(10)	55(9)	47(11)	46(13)	37(11)	62(7)	50	14	* 55
C o	12(16)	13(13)	16(12)	12(13)	18(11)	17(16)	23(10)	19(13)	16(17)	12(19)	15(13)	16	19	* 18
C r	360(2)	320(2)	380(2)	340(2)	360(2)	350(4)	410(3)	360(3)	350(4)	310(4)	370(3)	360	8.3	403±12
C s	<1	2.1(28)	2.2(28)	2.1(25)	<1	2.6(37)	2.5(29)	2.9(30)	<2	<2	<2	2.4	13	* 3
F e	38000(4)	33000(4)	39000(4)	52000(4)	36000(4)	39000(6)	37000(5)	43000(5)	43000(5)	36000(5)	37000(4)	38000	8.9	39100±100
H f	3.4(18)	3.4(15)	3.7(15)	3.1(16)	3.7(14)	4.1(20)	3.7(18)	3.7(20)	4.1(20)	2.7(28)	4.1(14)	3.6	12	* 4.4
N i	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	—	82±3
S c	5.8(3)	5.5(3)	6.4(3)	5.7(3)	6.5(3)	5.5(4)	6.9(3)	6.8(3)	6.6(3)	6.6(3)	5.8(3)	6.1	8.5	* 7
S e	44(10)	20(19)	29(16)	33(12)	38(10)	36(18)	38(18)	38(16)	49(14)	41(23)	32(14)	36	21	27±1
T h	5.9(5)	4.7(6)	5.8(6)	5.0(6)	5.8(5)	10(8)	9.4(7)	13(6)	10(6)	6.2(9)	7.9(6)	7.6	34	* 7.4
Z n	4200(3)	4100(3)	4800(3)	4200(3)	4800(3)	4700(3)	4500(3)	4500(3)	4100(4)	3400(3)	4500(3)	4300	9.3	4760±140

(注) 変動係数 (%)

に前述のSRM 1648を放射化分析法により分析した結果を示す。

通常行っている放射化分析について、都市大気の標準試料を用いて11回にわたり分析を行った結果、いくつかの元素を除き、満足のゆくデータが得られた。

主要元素としてのAl, Cl, Ti, K, Na, Fe, Znは、ピークの明確化さを示す計数誤差が小さく、非常にシャープなピークを示し、平均値の変動係数も10%以内にとどまり、放射化分析における精度も十分な結果となった(但し、Clについては、分析中の揮散等により、精度が悪くなっていると考えられる。)

また、Br, Mn, V, As, La, Sb, Sm, Cr, Sc, Thも計数誤差が小さく、シャープなピークを示し、十分検出が可能な元素となっている。

その他、Cn, W, Ba, Ce, Co, Hf, Seは前述の元素に比べると計数誤差が大きく、ピークがブロードになっている。これは濃度的に検出限界近くにあり、シャープなピークが得られないためと考えられるが、検出するには十分なピークであり問題はない。

最後に、Eu, Ag, Cs, Niは濃度的に検出限界以下のものであり検出できるほど明確なピークが得られていない。

特に、Niは感度が悪いため蛍光X線分析によることが多い。

以上のように、いくつかの元素を除けば、都市大気試料の分析を行うことは可能であり、この程度の濃度範囲にある元素の分析には、十分対応できると考えられる。

### 3. ICP-MSの分析法の検討

ICP-MSの概略については、他の文献等<sup>4),5),6),7)</sup>にゆずるとして、本報告では、ICP-MSの大気試料への導入の基礎データを採取することを目的として、以下の実験を行った。

ICP-MSの大気試料等の環境試料への適用例はほとんどなく、その適用の有無の判断は十分に行われていない。

ここでは、セイコー電子工業㈱の御厚意により、SPQ 8000型のICP-MS装置を使用し、約30元素について検量線の作成及び試料の分解・抽出のために使用する酸・純水中に含まれる元素の分析を行った。

#### 3.1 標準溶液の分析及び検量線の作成

標準溶液として、Al, Ba, Ce, Cr, Cs, Cu, Dy, Eu, La, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Rb, Sb, Sc, Sm, Sn, Ta, Th, Ti, V, W, Znについては2.5, 5.0, 7.

5, 10 ppbの濃度に、Coについては0.25, 0.50, 0.75, 1.0 ppbの濃度に調整した混合液を作成し、ICP-MS分析を行った。

結果は、図3-1~3-7に示すように、良好な検量線が作成できた。

但し、Naについては、純水等にNaが多く含まれているため、濃度ゼロでのカウント数が高く、試料濃度を適切な濃度に設定する必要がある。

#### 3.2 純水・塩酸等中の元素分析

純水については、Naが、硝酸・塩酸については、Na, Mg, Al, Znがそれぞれ1 ppbを上回る濃度が検出されている。

塩酸試料については塩化物(ClO, ClOH等)のピークとV, Crのピークが重なるためにこの2元素の分析は行えなかった。

表-3に純水、硝酸、塩酸中に含まれる各元素の濃度を示した。

#### 3.3 ICP-MSの適用上の問題点

① 現在行われているSPMの多元素同時分析法である放射化分析(INAA)における分析項目は：

Ag, Al, As, Ba, Br, Ca, Ce, Cl, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Hf, K, La, Lu, Mn, Na, Sb, Sc, Se, Sm, Th, Ti, V, W, Znの28元素であるのに対し、今回行ったICP-MSの分析では、

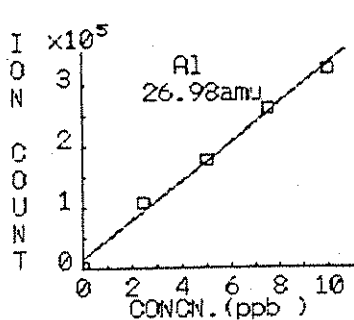
Al, Ba, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Eu, La, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Rb, Sb, Sc, Sm, Sn, Ta, Th, Ti, V, W, Znの26元素である。

このうち前述したように塩酸試料では塩化物の影響でV, Crの分析が不可能となり、又、Clも定量できなくなる。

又、<sup>40</sup>Ca, <sup>39</sup>Kは、ICPの発光プラズマに使用する<sup>40</sup>Arと質量数が重なる関係上、検出できないのが現状である。

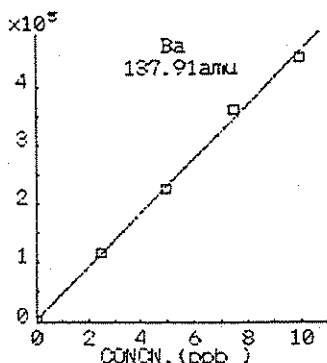
このように、INAAで行っていた元素のうち、分析不可能な元素の取扱いについてはどのように対処したらよいか、又、本来、必要とされる元素の判断についても改めて考慮する必要がある。

② ICP-MSにおける、各元素の検出感度については、純水、塩酸、硝酸の検出濃度を見る限り、元素によっては0.001 ppbまで検出できるものも存在するが、大気試料ではLu, Hfのように溶液濃度に換算(フィルター1枚を25 mlメスアップとする)すると0.01 ppb程度のものから、Na, Fe, K, Caのように200 ppb程度のものまでかなりの濃度範囲をも



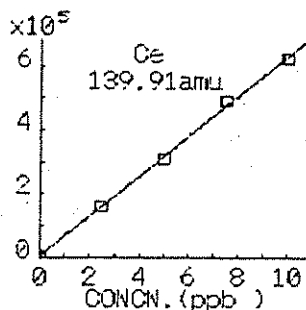
$x = ay + b$   
 $a = 0.00003095$   
 $b = -0.39428498$   
 $r = 0.99578$   
 $DL = 3.314 \text{ ppt}$

濃度 (ppb)	強度
0.00	61
2.50	108712
7.50	260085
5.00	177779
10.00	324884



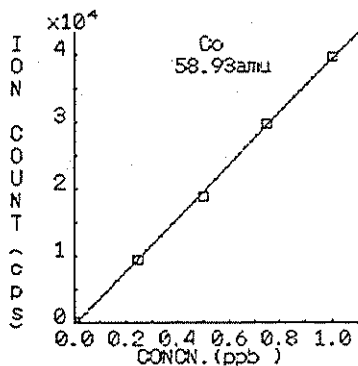
$x = ay + b$   
 $a = 0.00002179$   
 $b = -0.04229484$   
 $r = 0.99835$   
 $DL = 0.911 \text{ ppt}$

濃度 (ppb)	イオン強度
0.00	17
2.50	117684
7.50	362813
5.00	227338
10.00	449265



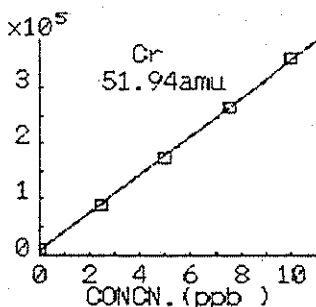
$x = ay + b$   
 $a = 0.00001574$   
 $b = 0.00935047$   
 $r = 0.99913$   
 $DL = 0.364 \text{ ppt}$

濃度 (ppb)	強度
0.00	4
2.50	158259
7.50	492762
5.00	308782
10.00	625522



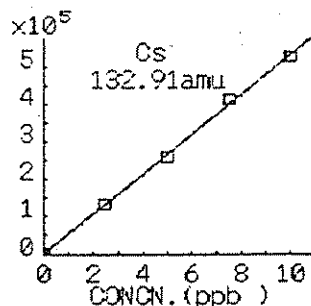
$x = ay + b$   
 $a = 0.00002521$   
 $b = 0.01144190$   
 $r = 0.99953$   
 $DL = 0.510 \text{ ppt}$

濃度 (ppb)	イオン強度
0.00	30
0.25	9245
0.75	29569
0.50	18646
1.00	39399



$x = ay + b$   
 $a = 0.00002910$   
 $b = -0.18275770$   
 $r = 0.99962$   
 $DL = 2.188 \text{ ppt}$

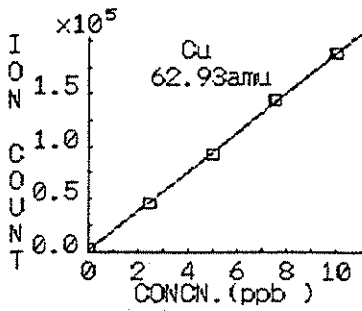
濃度 (ppb)	強度
0.00	10343
2.50	90168
7.50	265342
5.00	172657
10.00	351967



$x = ay + b$   
 $a = 0.00001875$   
 $b = 0.01459541$   
 $r = 0.99901$   
 $DL = 0.496 \text{ ppt}$

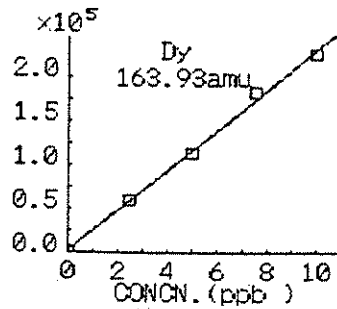
濃度 (ppb)	強度
0.00	9
2.50	132515
7.50	414372
5.00	258226
10.00	524523

図-3 Al, Ba, Ce, Co, Cr, Cs の検量線 (ICP-MS 法)



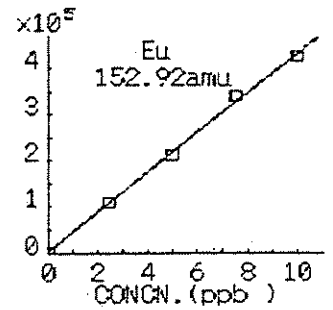
$x = ay+b$   
 $a = 0.00005383$   
 $b = -0.02934531$   
 $r = 0.99954$   
 $DL = 1.192 \text{ ppt}$

濃度 (ppb)	強度
0.00	2055
2.50	45546
7.50	142952
5.00	91229
10.00	185337



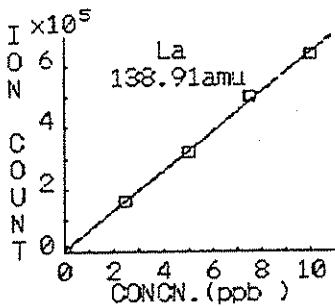
$x = ay+b$   
 $a = 0.00004372$   
 $b = -0.04044104$   
 $r = 0.99824$   
 $DL = 1.261 \text{ ppt}$

濃度 (ppb)	強度
0.00	7
2.50	59119
7.50	180965
5.00	112356
10.00	223983



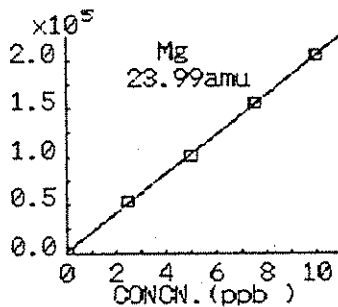
$x = ay+b$   
 $a = 0.00002282$   
 $b = -0.00025410$   
 $r = 0.99888$   
 $DL = 0.072 \text{ ppt}$

濃度 (ppb)	強度
0.00	3
2.50	110316
7.50	341726
5.00	212633
10.00	430765



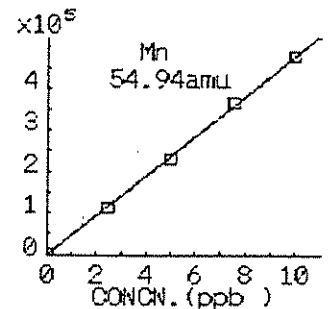
$x = ay+b$   
 $a = 0.00001552$   
 $b = -0.01594184$   
 $r = 0.99922$   
 $DL = 0.472 \text{ ppt}$

濃度 (ppb)	強度
0.00	4
2.50	162304
7.50	500695
5.00	318054
10.00	635031



$x = ay+b$   
 $a = 0.00004887$   
 $b = -0.01706883$   
 $r = 0.99981$   
 $DL = 0.866 \text{ ppt}$

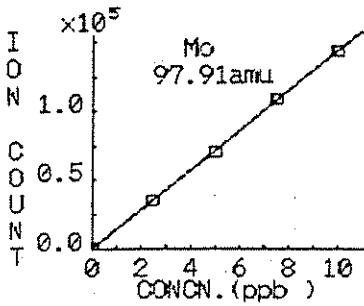
濃度 (ppb)	強度
0.00	52
2.50	52802
7.50	155594
5.00	100512
10.00	204328



$x = ay+b$   
 $a = 0.00002075$   
 $b = 0.07364526$   
 $r = 0.99949$   
 $DL = 1.173 \text{ ppt}$

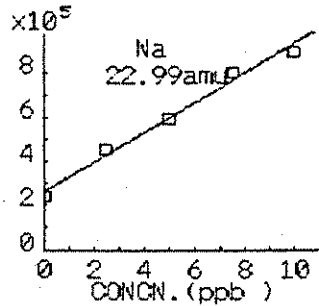
濃度 (ppb)	強度
0.00	1170
2.50	112838
7.50	365613
5.00	230752
10.00	476463

図-4 Cu, Dy, Eu, La, Ms, Mn の検量線 (ICP-MS 法)



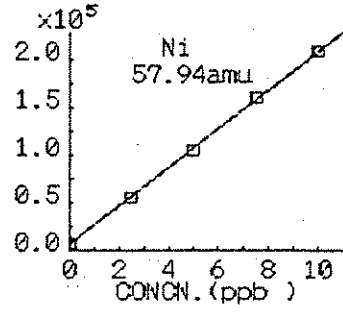
$x = ay+b$   
 $a = 0.00007015$   
 $b = 0.03894039$   
 $r = 0.99985$   
 $DL = 1.568 \text{ ppt}$

濃度 (ppb)	強度
0.00	7
2.50	34199
7.50	107815
5.00	70248
10.00	141332



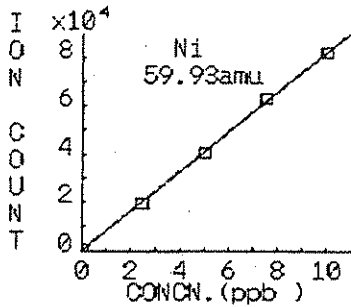
$x = ay+b$   
 $a = 0.00001490$   
 $b = -3.93002536$   
 $r = 0.99255$   
 $DL = 7.260 \text{ ppt}$

濃度 (ppb)	強度
0.00	241411
2.50	457742
7.50	804113
5.00	598473
10.00	894622



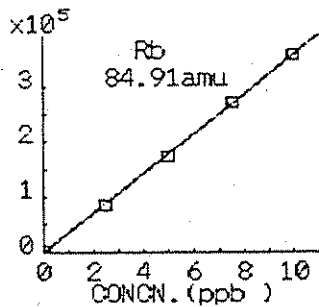
$x = ay+b$   
 $a = 0.00004909$   
 $b = -0.25409673$   
 $r = 0.99972$   
 $DL = 3.351 \text{ ppt}$

濃度 (ppb)	強度
0.00	6777
2.50	54616
7.50	160293
5.00	105033
10.00	208432



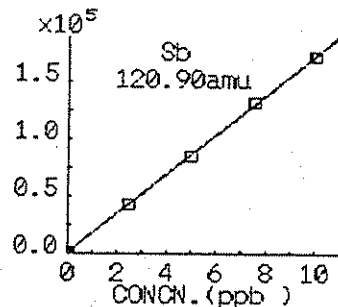
$x = ay+b$   
 $a = 0.00012092$   
 $b = 0.05297578$   
 $r = 0.99973$   
 $DL = 2.401 \text{ ppt}$

濃度 (ppb)	強度
0.00	11
2.50	19558
7.50	62694
5.00	40533
10.00	81759



$x = ay+b$   
 $a = 0.00002767$   
 $b = 0.06747285$   
 $r = 0.99976$   
 $DL = 1.296 \text{ ppt}$

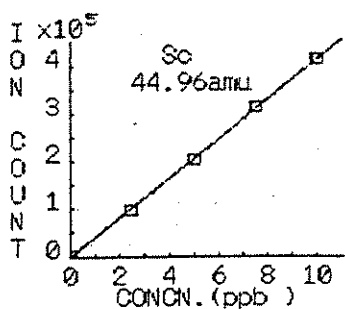
濃度 (ppb)	強度
0.00	16
2.50	85514
7.50	272710
5.00	175185
10.00	358023



$x = ay+b$   
 $a = 0.00005729$   
 $b = 0.02481516$   
 $r = 0.99966$   
 $DL = 1.131 \text{ ppt}$

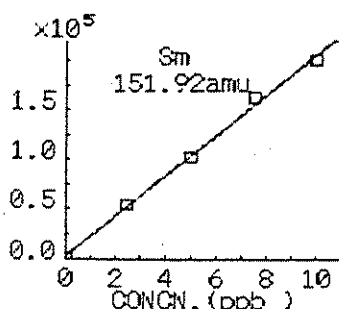
濃度 (ppb)	強度
0.00	6
2.50	42844
7.50	133338
5.00	85208
10.00	172782

図-5 Mo, Na, Ni, Rb, Sb の検量線 (ICP-MS 法)



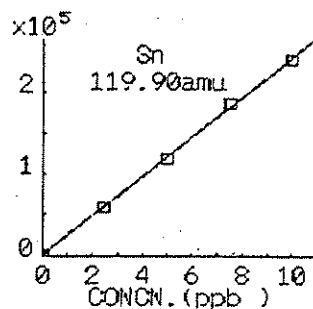
$x = ay + b$   
 $a = 0.00002395$   
 $b = 0.06167547$   
 $r = 0.99982$   
 $DL = 1.153 \text{ ppt}$

濃度 (ppb)	強度
0.00	623
2.50	97909
7.50	313594
5.00	204307
10.00	414502



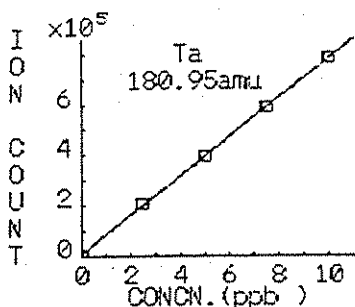
$x = ay + b$   
 $a = 0.00004895$   
 $b = -0.06657663$   
 $r = 0.99814$   
 $DL = 1.713 \text{ ppt}$

濃度 (ppb)	強度
0.00	3
2.50	53405
7.50	162259
5.00	101847
10.00	199970



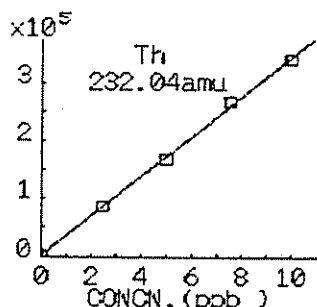
$x = ay + b$   
 $a = 0.00004081$   
 $b = 0.02174819$   
 $r = 0.99943$   
 $DL = 0.894 \text{ ppt}$

濃度 (ppb)	強度
0.00	18
2.50	60132
7.50	188565
5.00	119478
10.00	241761



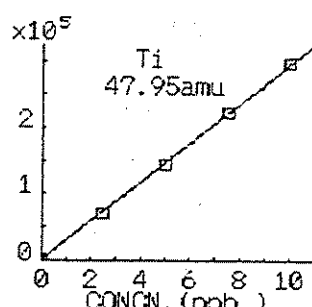
$x = ay + b$   
 $a = 0.00001277$   
 $b = -0.04621133$   
 $r = 0.99995$   
 $DL = 0.729 \text{ ppt}$

濃度 (ppb)	強度
0.00	3
2.50	203444
7.50	589311
5.00	396952
10.00	785573



$x = ay + b$   
 $a = 0.00002906$   
 $b = -0.01612131$   
 $r = 0.99937$   
 $DL = 0.649 \text{ ppt}$

濃度 (ppb)	強度
0.00	5
2.50	87373
7.50	266402
5.00	169236
10.00	340141

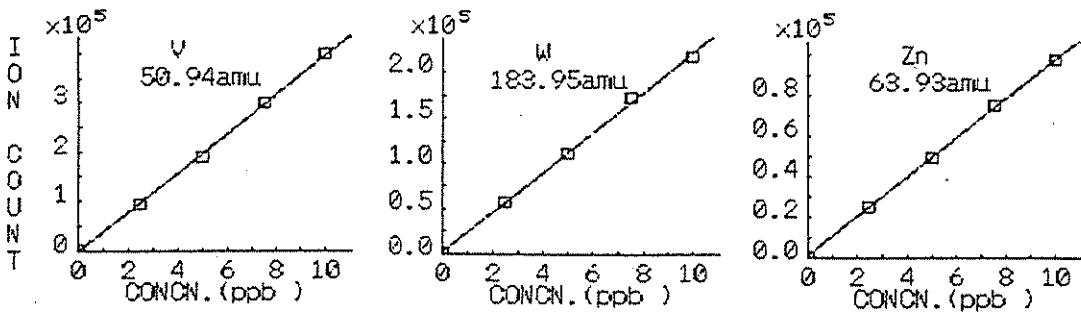


$x = ay + b$   
 $a = 0.00003380$   
 $b = 0.02235152$   
 $r = 0.99974$   
 $DL = 0.825 \text{ ppt}$

濃度 (ppb)	強度
0.00	2452
2.50	70802
7.50	222787
5.00	144218
10.00	296097

図-6 Sc, Sm, Sn, Ta, Th, Tiの検量線 (ICP-MS法)





x = ay+b  
 a = 0.00002518  
 b = 0.07707528  
 r = 0.99954  
 DL = 1.322 ppt

x = ay+b  
 a = 0.00004521  
 b = -0.04132827  
 r = 0.99893  
 DL = 1.297 ppt

x = ay+b  
 a = 0.00010246  
 b = -0.04632666  
 r = 0.99985  
 DL = 2.067 ppt

濃度 (ppb)	強度	濃度 (ppb)	強度	濃度 (ppb)	強度
0.00	1755	0.00	11	0.00	402
2.50	94186	2.50	56284	2.50	24756
7.50	297113	7.50	173252	7.50	74762
5.00	188288	5.00	110566	5.00	48983
10.00	396326	10.00	217414	10.00	97367

図-7 V, W, Znの検量線 (ICP-MS法)

表-3 ICP-MS法による純水、硫酸、塩酸試料中のブランク値測定結果

[ 試料名 : 濃度 (ppb) ]									
元素名 質量	Na 23	Mg 24	Al 27	Ti 48	V 51	Cr 52	Mn 55	Ni 58	
water	2.06	0.585	0.076	0.020	0.003	0.062	0.024	0.043	
HNO3blk	5.50	1.71	4.01	0.370	0.013	0.064	0.104	0.087	
HCl-blk	9.99	2.17	4.13	0.323	-	-	0.253	0.159	
元素名 質量	Ni 58	Co 59	Cu 63	Zn 64	Rb 85	Sn 120	Sb 121	Cs 133	
water	0.040	0.001	0.077	0.234	0.003	0.001	0.001	-0.000	
HNO3blk	0.090	0.010	0.357	4.16	0.039	0.088	0.006	0.001	
HCl-blk	0.164	0.003	0.497	1.49	0.050	0.332	0.012	0.001	
元素名 質量	Ba 138	La 139	Ce 140	Sm 152	Eu 153	Dy 164	Ta 181	W 184	
water	0.008	0.007	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	0.000	
HNO3blk	0.189	0.039	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.005	
HCl-blk	0.113	0.040	0.002	-0.000	0.000	0.000	-0.000	-0.000	
元素名 質量	Th 232	Mo 98	Sc 45						
water	-0.000	0.001	0.012						
HNO3blk	0.002	0.004	0.027						
HCl-blk	0.000	0.004	0.016						

って存在し、これらを同時に分析し得るか又、同一元素でも場所、季節により変動がありこれらの測定条件の検討が必要である。

- ③ また、放射化分析は、多元素同時分析であるとともに、非破壊で分析を行えることができ、汚染をかなり低くおさえることが可能である。

一方、ICP-MSでは、分析試料を溶液ベースにする必要上、分解・抽出等の前処理が必要であり、種々の溶液を使用するためこれらからの汚染をまぬがれることは不可能であり、これらの前処理法の検討とあわせて多成分を同時に分析できるような前処理法の検討が必要となる。

#### 4. まとめ

NASNにおける浮遊ふんじん及びSPMの金属等の分析に用いている原子吸光法及び放射化分析法について、都市大気標準物質を用いて、精度等の再確認を行った結果、両者とも十分満足のゆくデータを得ることができ、大気試料の金属等の分析には、十分対応できるものと確認できた。

一方、ICP-MSについては、所定の濃度範囲において各元素とも良好な検量線を得ることができ、又、純水等の分析より検出感度についても、十分、大気試料に対応できるものと推察された。

しかし、検討を開始してから日も浅いことから実用化に際しては次のような検討が、さらに必要と考えられる。

すなわち、ICP-MSで行った分析項目と放射化分析での項目とに、多少のずれもあり、又、Ca, K, V, Cr等のように分析上検出不可能な元素も存在するため、これらの元素の取扱いについての検討が必要である。

又、大気試料は、各元素が非常に広い濃度範囲にわたって存在しているため、それらを同時に分析することが可

能なのか、濃度範囲によって分類するために複数の操作が必要なかの検討を要する。

最後に、放射化分析が非破壊分析であり、汚染を低くおさえられるのに対し、試料を溶液化する必要のあるICP-MSでは、種々の溶液からの汚染が生じ、バックグラウンド値の増加なども考慮する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 財団法人日本環境衛生センター：国設大気測定網 (NAS-N) 浮遊ふんじん及び浮遊粒子状物質分析結果報告書 (昭和 年～平成 3年)
- 2) R. R. Greenberg: Trace element characterization of NBS urban particulate matter Standard reference material by INAA ANALYTICAL CHEMISTRY. Vol.51, No.12, October 1979.
- 3) 岡本研作：環境分析用標準試料. 科学と工業 第43巻第5号 (1990)
- 4) 大森良久：最近の微量元素分析の動向, 島津ICP発光分光セミナー講演要旨集.
- 5) 杉前昭好：大気汚染学会誌, 14, 386 (1979).
- 6) 野尻幸宏, 原口紘燕, 不破敬一郎：日本科学会誌, 48 (1981)
- 7) A. L. Gray and A. R. Date, Inductively Coupled Plasma Source Mass Spectrometry Using Continuum Flow Ion Extraction. The Analyst. 108. 1033-1050.

#### 謝 辞

本報告は、当センター研究奨励金 (平成3年度) の公布によって行われたものである。