

大気微小粒子状物質(PM2.5)中無機成分の分析

鎌滝 裕輝

要 旨

大気中の微小粒子状物質(PM2.5)は様々な成分を含んでいる。マニュアル化された手法で採取されたPM2.5の成分については公表されているデータがない。そこで、微量のPM2.5を試料として熱中性子放射化分析法(INAA法)を用いて分析した結果を報告する。今回は短寿命核種を用いて分析できる12元素について行った。

測定した12元素濃度(平均値)は、ナトリウム(Na)、カリウム(K)、カルシウム(Ca)、塩素(Cl)、マグネシウム(Mg)、アルミニウム(Al)、マンガン(Mn)、チタン(Ti)、バナジウム(V)、銅(Cu)、臭素(Br)、ヨウ素(I)の順に大きいことがわかった。

キーワード: 大気環境、PM2.5、熱中性子放射化分析法

Analysis of inorganic components for fine suspended particulate matter (PM2.5) in the atmosphere

Hiroki kamataki

Summary

The micro-particulate matter under 2.5 μm diameter (PM2.5) in the atmospheric environment consists of various ingredients. Datasets of PM2.5 components are not made public by provisional manual method of Ministry of Environmental Protection. Then, a result of analytical dataset of PM2.5 components is reported by the instrumental neutron activation analysis (INAA) method. Now, the 12 elements were analyzed by the INAA method using short life radionuclide.

The measured elements were appeared $\text{Na} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Cl} > \text{Mg} > \text{Al} > \text{Mn} > \text{Ti} > \text{V} > \text{Cu} > \text{Br} > \text{I}$ in order of concentration average level in PM2.5.

Key Word: Atmospheric Environment, PM2.5, Instrumental Neutron Activation Analysis

1 はじめに

大気環境の分野では微量化学成分の探求が行われはじめ、分析手法の比較検討¹⁾²⁾や報告³⁾⁴⁾が行われつつある。しかし、微小粒子状物質 (PM2.5) に含まれる成分については分析値の公表例がない。

そこで、熱中性子放射化分析法 (INAA 法) を用いて成分の濃度レベルを明らかにした。

2 試料及び方法

(1) 試料採取

PM2.5の捕集方法は、「大気中微小粒子状物質 (PM2.5) 質量濃度測定暫定マニュアル」⁵⁾ に従った。

環境大気中に浮遊する PM2.5は、吸引口からローボリュームエアサンプラ (米国 RP 社製 FRM2000)⁵⁾を用いて一定流量 (16.67L/min) で吸引した。PM2.5の選別は、PM10インパクトカット後に PM2.5インパクトカットを装着した2段分級方式により行い、サポートリング付き PTFE (ポリテトラフルオロエチレン) 製フィルタ上に捕集した。PM2.5の質量濃度は、ろ紙の捕集前後の重量差を吸引空気量で除して算出した。捕集期間は3~4日 (主に、月~金曜日) とした。捕集した PM2.5の質量濃度は48時間恒温恒湿槽 (温度20℃、湿度50%) に保持して恒量にし、捕集前後の重量差を算出し、その値を試料大気吸引量で除することにより求めた。本法における定量下限値は2 µg/m³であった。定量の上限は試料捕集時のフィルタ圧力損失の増大等による流量制御の維持範囲内となるように、200 µg/m³まで測定が可能である。

(2) 調査地点及び期間

採取地点は、当所屋上 (江東区) とした。測定期間は2000年11月から2001年2月と2001年6月から10月までの冬期と夏期とした⁶⁾。

(3) 試料前処理

サポートリング付きテフロンフィルタを養生用テープ上に設置し、カッター等で均等に2分の1に切断した後放射化分析用とし、もう一方は予備とした。

INAA 法用試料の作成は、PM2.5試料を捕集したろ紙1/2をポリエチレン袋に二重に封じ込んだ (図1)。このときサポートリングを切り離し分析成分のバックグラウンド値を低く押さえた。

(4) 測定方法

測定は Al, V, Mn, Cu, Ti, Na, K, Mg, Ca, Cl, Br, I の12元素

について行った。

日本原子力研究所東海研究所の原子炉 (JRR-3) で熱中性子放射化分析法 (INAA 法) を行った⁷⁾。照射孔 (PN-3) の特性は、照射領域: 重水反射体、冷却方式: N₂ガス、照射時間: 40秒、照射方式: 気送、熱中性子束: 1.9×10^{13} (n/cm²·s)、カドミウム比: 300であった。

熱中性子放射化分析法による測定は検量線法で行った。比較標準試料としては、Nies No.8: 自動車排出粒子⁸⁾及び高純度試薬から調製したものをを用いた。

検出器には Ge 半導体検出器を用いた。この分析法は検出感度が高く、定量下限は10pg (=10⁻¹¹g) 以上であった。今回測定に用いた12元素のガンマ線 (線) エネルギーの半減期及び定量 (絶対量) 可能範囲 (括弧内) は Al: 1779keV (2.241分: 0.1~100 µg)、V: 1434keV (3.75分: 0.01~5 µg)、Mn: 1811keV (2.579時間: 0.1~25 µg)、Cu: 1039keV (5.120分: 0.1~50 µg)、Ti: 320keV (5.76分: 0.1~50 µg)、Na: 1369及び2754keV (14.96時間: 1~100 µg)、K: 1525keV (12.36時間: 1~1000 µg)、Mg: 1014keV (9.462分: 1~1000 µg)、Ca: 3084keV (8.8分: 1~1000 µg)、Cl: 1643及び2167keV (37.24分: 0.1~100 µg)、Br: 666keV (17.68分: 1~1000 µg)、I: 969keV (24.99分: 1~1000 µg) である。

3 結果と考察

12元素の分析結果を表1に示す INAA 法では同時に Al, V, Mn, Cu, Ti, Na, K, Mg, Ca, Cl, Br 及び I の12元素が測定できた。

PM2.5の濃度では各期間ともに U.S.EPA の環境基準24時間平均値65 µg/m³に対しては下回っていることがわかった。

各元素同士の相関 (表2) をみると、Al, Ti, Mg, Ca が互いに高い相関を示した。

表1 PM2.5及びその成分 (INAA 法) 測定結果 (単位空気量あたりの濃度) [2000-2001]

期間	成分	PM2.5	Al	V	Mn	Cu	Ti	Na	K	Mg	Ca	Cl	Br	I
		μg/m ³	μg/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	μg/m ³	ng/m ³	ng/m ³				
11/27-12/1		22	0.06	8	40	12	5	0.27	0.68	0.12	0.06	0.06	9	4
12/4-8		27	0.25	7	52	15	60	0.82	1.01	0.43	0.54	0.30	14	4
12/25-28		15	0.27	11	31	7	50	1.13	0.42	0.42	0.44	0.16	8	3
1/1-4		9	0.11	27	22	7	7	0.55	0.66	0.10	0.05	0.06	11	2
1/4-9		13	0.74	29	39	19	62	1.58	<0.01	0.66	0.79	0.17	11	4
1/9-12		31	0.11	13	24	2	12	0.38	<0.01	0.10	0.17	0.02	5	3
1/15-19		19	0.72	15	35	11	74	1.27	1.65	0.64	0.90	0.43	7	3
2/2-5		22	0.07	15	28	13	1	0.36	<0.01	0.17	0.09	0.02	7	2
2/19-22		39	0.42	18	40	12	58	1.20	1.25	0.41	0.69	0.05	8	3
2/22-27		24	0.14	12	25	10	15	0.43	0.28	0.21	0.07	0.02	7	3
6/4-8		39	0.38	14	37	15	50	1.48	0.29	0.41	0.58	0.15	9	3
6/18-22		20	0.08	7	32	9	4	0.35	0.27	0.01	0.09	0.04	8	3
7/2-6		38	0.17	5	37	11	16	1.82	0.69	0.13	0.44	2.53	10	2
7/9-13		15	0.08	3	12	6	2	0.16	0.01	0.08	0.09	0.01	4	3
7/23-27		25	0.20	4	19	20	19	0.70	<0.01	0.09	0.35	0.03	8	3
8/6-10		20	0.01	12	16	11	1	0.50	0.21	0.11	0.08	0.05	6	2
8/20-24		17	0.25	15	26	24	34	2.24	<0.01	0.41	0.59	2.38	11	2
8/27-31		31	0.11	13	30	5	8	0.30	<0.01	0.15	0.08	0.03	8	4
9/10-14		17	0.35	15	41	21	26	0.94	1.20	0.34	0.46	0.08	10	4
9/17-20		23	0.11	6	20	4	13	0.28	0.71	0.15	0.18	0.06	11	5
10/11-15		28	0.40	7	30	23	50	0.72	0.43	0.30	0.46	0.12	13	5
定量下限値		0.2	0.02	2	2	2	1	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	1	1

注: 1 μg=10⁻⁶g, 1ng=10⁻⁹g

表2 各項目に対する相関係数

	PM2.5	Al	V	Mn	Cu	Ti	Na	K	Mg	Ca	Cl	Br	I
PM2.5	1	-0.02	-0.31	0.29	-0.03	0.13	0.14	0.09	-0.06	0.15	0.16	0.02	0.17
Al		1	0.47	0.49	0.45	0.89	0.60	0.41	0.90	0.91	0.05	0.32	0.13
V			1	0.17	0.09	0.29	0.29	0.05	0.48	0.29	-0.12	0.11	-0.25
Mn				1	0.33	0.60	0.39	0.55	0.56	0.56	0.12	0.52	0.30
Cu					1	0.41	0.54	0.03	0.43	0.52	0.29	0.51	0.10
Ti						1	0.62	0.48	0.92	0.93	0.08	0.43	0.18
Na							1	0.17	0.66	0.79	0.74	0.40	-0.34
K								1	0.41	0.46	0.01	0.27	0.21
Mg									1	0.90	0.12	0.37	0.07
Ca										1	0.31	0.38	0.02
Cl											1	0.32	-0.41
Br												1	0.45
I													1

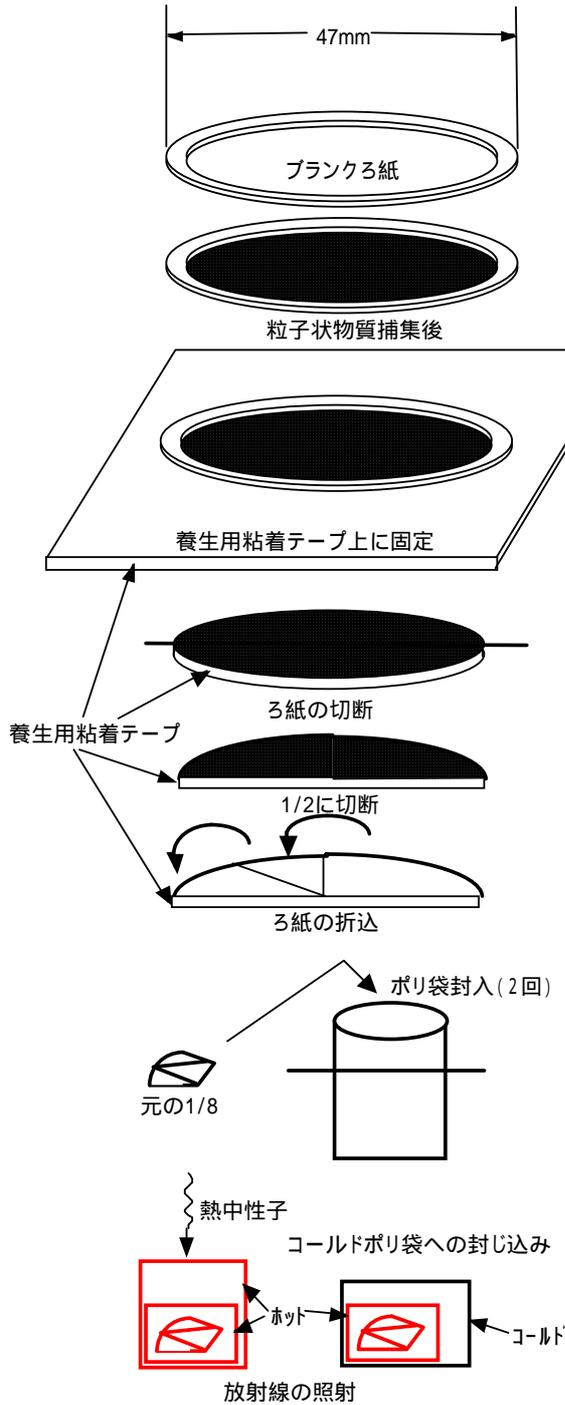


図1 放射化分析用試料の作成

4 まとめ

短寿命核種を利用した INAA 法で、12 元素の成分について分析した。同時測定できた 12 元素の濃度レベル(平均値)は、Na > K > Ca > Cl > Mg > Al > Mn > Ti > V > Cu > Br > I の順であった。

謝辞

放射化分析は日本原子力研究所東海研究所 JRR3 原子炉で行った。協力をして頂いた関係者の皆様に感謝致します。

参考文献

- 1) 東京都環境科学研究所編：浮遊粒子状物質等測定データ集、平成 13 年 3 月。
- 2) 鎌滝裕輝、棚島智恵子：大気環境中に存在する微量元素成分について(1)、東京都環境科学研究所年報 1999、pp.241-246。
- 3) 鎌滝裕輝、棚島智恵子：大気環境中に存在する微量元素成分について(2)、東京都環境科学研究所年報 2001、pp.267-272。
- 4) 一都三県公害防止協議会編：平成 9 年度関東浮遊粒子状物質合同調査結果報告書、平成 11 年 3 月。
- 5) 環境庁大気保全部企画課編：大気中微小粒子状物質 (PM2.5) 質量濃度測定方法暫定マニュアル、平成 12 年 9 月。
- 6) 鎌滝裕輝：PM2.5 の元素成分について、第 44 回大気環境学会年会講演要旨集、pp.287(2003)。
- 7) 日本原子力研究所東海研究所研究炉部編：研究炉利用ハンドブック(改訂第 2 版)、平成 11 年 3 月。
- 8) 岡本研作：環境標準試料 NIES No.8 「自動車排出粒子」について - 自動車排出粒子標準試料の調整、分析および保証値 -、環境研究、66、pp.124-133(1987)。