

## 資料

## 広島県における微小粒子状物質の成分分析

砂田 和博, 竹本 光義, 大原 俊彦, 山本 竜治

Component Analysis of PM<sub>2.5</sub> in Hiroshima Prefecture

KAZUHIRO SUNADA, MITSUYOSHI TAKEMOTO, TOSHIHIKO OHARA and RYUJI YAMAMOTO

(Received November 10, 2017)

広島県における平成25～28年度微小粒子状物質成分分析の結果を整理した。県西部の大竹市にある大竹油見公園で年に4回、季節ごとにそれぞれ2週間測定した結果、年間平均濃度は12.9～21.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、そのうち無機元素成分が0～2%、イオン成分が40～50%を占めた。

無機成分はFe、Alが高く、次いでZnとその他の成分が同程度の濃度であった。

イオン成分の内訳は $\text{SO}_4^{2-}$ が60～70%、 $\text{NH}_4^+$ が10～20%、 $\text{NO}_3^-$ が5～15%程度であった。全国平均と比較すると、おおむね同じ傾向が示されたが、 $\text{NH}_4^+$ は約2倍の差があった。

Key words : 微小粒子状物質, PM<sub>2.5</sub>, 成分分析, イオン成分, 無機元素成分

## 緒言

微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) については、呼吸器疾患、循環器疾患及び肺がんの疾患に関して総体として健康に一定の影響を与えているとされている [1]。そのため平成21年9月に新たな環境基準 [2] が設定され、年平均15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下かつ日平均35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下という基準が設けられたが、多くの地点で未達成である。

PM<sub>2.5</sub>の対策の検討に際しては、その発生源を解明することが重要であるが、そのためにはPM<sub>2.5</sub>の成分分析を含めたモニタリングの充実、発生源ごとの排出インベントリの整備などが必要になる。また、PM<sub>2.5</sub>は大気中での生成の寄与も大きいとされており、PM<sub>2.5</sub>二次生成過程の解明も課題である。さらに最近は大陸からの越境汚染についても、その影響を把握する必要性が生じている [1]。広島県においても平成25年度よりPM<sub>2.5</sub>成分分析を開始しており、その結果を報告する。

## 材料および方法

県西部の大竹市にある大竹油見公園で年に4回、季節ごとにそれぞれ2週間、サーモサイエンティフィック社製微小粒子状物質サンプラー (FRM-2000) を用い、PM<sub>2.5</sub>を捕集した。イオン成分および無機元素成分の分析は、大気中微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) 成分測定マニユ

アル [3] に準拠した。具体的な手順を以下に示す。

## 1 イオン成分

円形の検体ろ紙をセラミックスナイフで1/2に切断し、共栓付試験管に入れ、少量のエタノールでフィルター全体を濡らし親水処理した後、純水20mlを加えた。これを超音波処理し、ディスクフィルター (PTFE, 孔径0.45 $\mu\text{m}$ ) でろ過し抽出試料とした。抽出試料をイオンクロマトグラフで測定した。測定項目は、以下の8項目である。

陽イオン :  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$

陰イオン :  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$

## 2 無機元素成分

サポートリング付PTFE製円形ろ紙は、セラミックスナイフで半分に切断し、サポートリングを切り離れた。マイクロウェーブ分解容器にろ紙を入れ、硝酸5ml、フッ化水素酸2ml、酸化水素1mlをそれぞれ加え、マイクロウェーブを用いて分解した。分解後は室温に冷却した後開放し、テフロンビーカーに分解液と洗液を移し、約170 $^{\circ}\text{C}$ のホットプレート上で加熱した。分解液が約0.1mlになるまで濃縮したところで加熱を停止し、2%硝酸を加えてさらに約50 $^{\circ}\text{C}$ のホットプレート上で約5分加温した。それを15mlに定容して検液とし、ICP-MS (Agilent7500-cx) で測定した。測定項目は、Be, Na, Al, K, Ca, Sc, Ti\*, V, Cr, Mn\*, Fe, Co\*, Ni, Cu\*, Zn, As, Se\*, Rb\*, Mo\*, Cd, Sb, Cs\*, Ba\*, La\*, Ce\*,

Sm\*, Hf\*, Ta\*, W\*, Pb\*, Th\*の31項目である(\*はガイドライン [4] に示された実施推奨項目)が, 平成25年度はAl, Fe, 平成26年度はBeが欠測となっている。

### 結果および考察

PM<sub>2.5</sub>測定結果のうち, 質量濃度は大気測定局に設置されている自動測定機の値について, イオン成分は測定した全8項目について, 無機元素成分は主要成分である Be, Al, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Se, Cd, Pbの13項目について, 中野ら [5] の方法に従い解析した。

#### 1 年間評価

図1および表1に平成25~28年度のPM<sub>2.5</sub>質量濃度の年平均値及び構成割合を图示した。調査期間に観測された年平均濃度は12.9~21.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。無機元素成分は57~287 $\text{ng}/\text{m}^3$ 。平成25年度は57 $\text{ng}/\text{m}^3$ と低い値となっているが, 主要元素であるAl, Feを測定していないことに起因すると推測される。イオン成分は5.8~10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。構成割合は無機元素成分が0~2%程度, イオン成分が40~50%程度になった。

表1 平成25~28年度のPM<sub>2.5</sub>年平均濃度及び構成割合

測定年度	濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			割合 (%)	
	無機元素	イオン成分	質量濃度	無機元素	イオン成分
平成25	0.057	10	21.5	0	48
平成26	0.20	6.8	16.4	1	41
平成27	0.21	7.8	17.6	1	44
平成28	0.29	5.8	12.9	2	45

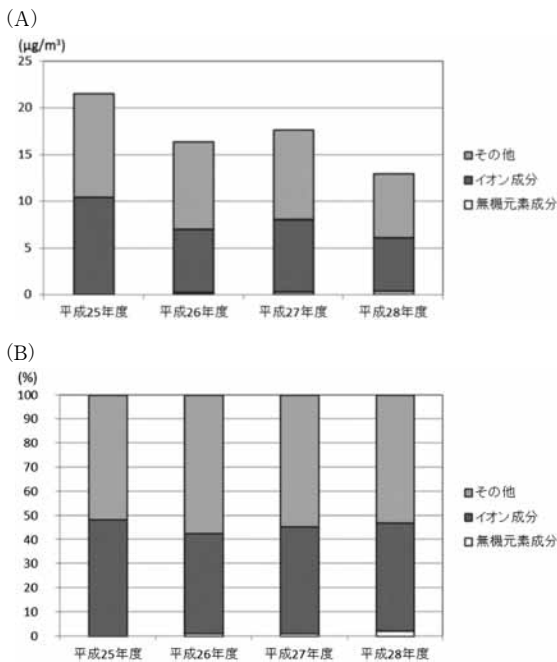


図1 広島県における平成25~28年度のPM<sub>2.5</sub>(A)年度別平均濃度及び(B)構成割合

図2に平成25~28年度の無機元素成分年平均値を图示した。無機元素成分の濃度は, Fe, Alの濃度が80 $\text{ng}/\text{m}^3$ 程度と高く, その次に高いZnが20 $\text{ng}/\text{m}^3$ 程度の濃度となっており, その他の元素を合計した濃度とほぼ同程度となっている。平成28年度はAlの濃度が180 $\text{ng}/\text{m}^3$ と例年の2倍程度を記録している。

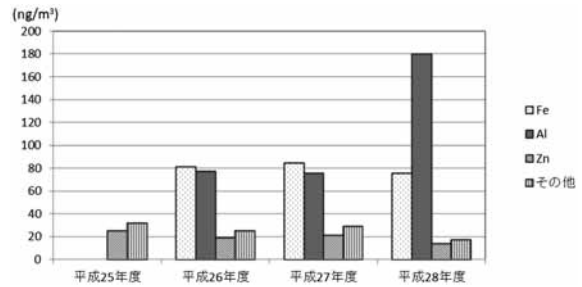


図2 広島県における平成25~28年度の無機元素成分年度別平均濃度

図3に平成25~28年度のイオン成分年平均値を图示した。イオン成分の濃度は $\text{SO}_4^{2-}$  (3.6~7.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ),  $\text{NH}_4^+$  (0.93~1.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ),  $\text{NO}_3^-$  (0.32~1.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) の順に低下した。成分の構成は $\text{SO}_4^{2-}$ が60~70%,  $\text{NH}_4^+$ が10~20%,  $\text{NO}_3^-$ が5~15%程度である。

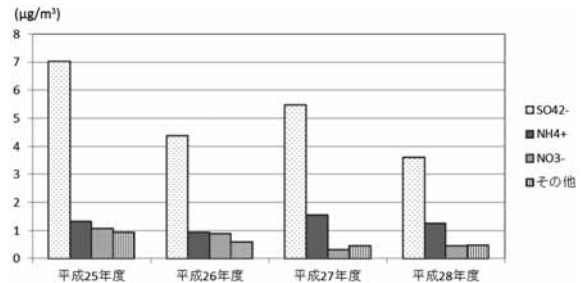


図3 広島県における平成25~28年度のイオン成分年度別平均濃度

表2に示した平成25, 26年度の全国の測定結果 [6] と比較すると,  $\text{NH}_4^+$ が濃度・成分比ともに2倍程度の差異があった。

表2 平成25, 26年度の主要成分ごとの年平均濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) および構成割合

測定年度		イオン成分				その他	質量濃度
		$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^-$	他イオン		
平成25	広島県	7.0	1.3	1.1	0.92	11	21.5
	全国平均	5.5	2.4	1.3	0.55	8.6	18.3
平成26	広島県	4.4	0.93	0.88	0.58	9.6	16.4
	全国平均	3.6	1.4	0.86	0.43	8.0	14.3

測定年度		イオン成分 (%)				その他 (%)
		$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^-$	他イオン	
平成25	広島県	33	6	5	4	52
	全国平均	30	13	7	3	47
平成26	広島県	27	6	5	4	59
	全国平均	25	10	6	3	56

## 2 季節評価

平成25～28年度において、四季毎にPM<sub>2.5</sub>質量濃度の平均濃度および構成割合を、表3と図4にまとめた。また、イオン成分はその内訳を図5に図示した。

表3 平成25～28年度の各期間のPM<sub>2.5</sub>平均濃度及び構成割合

測定季節・年度	濃度 (μg/m <sup>3</sup> )			割合 (%)		
	無機元素	イオン成分	質量濃度	無機元素	イオン成分	
春	平成25	0.055	11	23.6	0	48
	平成26	0.28	9.8	23.6	1	41
	平成27	0.30	7.0	18.3	2	38
	平成28	0.68	6.5	15.0	5	43
夏	平成25	0.066	11	24.0	0	46
	平成26	0.11	6.1	14.6	1	42
	平成27	0.23	12	24.2	1	48
	平成28	0.10	6.6	14.8	1	45
秋	平成25	0.056	8.9	18.9	0	47
	平成26	0.20	5.4	15.1	1	36
	平成27	0.19	6.5	16.4	1	40
	平成28	0.21	3.6	9.8	2	37
冬	平成25	0.050	10	19.5	0	52
	平成26	0.23	5.8	12.2	2	48
	平成27	0.13	6.1	11.6	1	53
	平成28	0.16	6.4	12.1	1	53

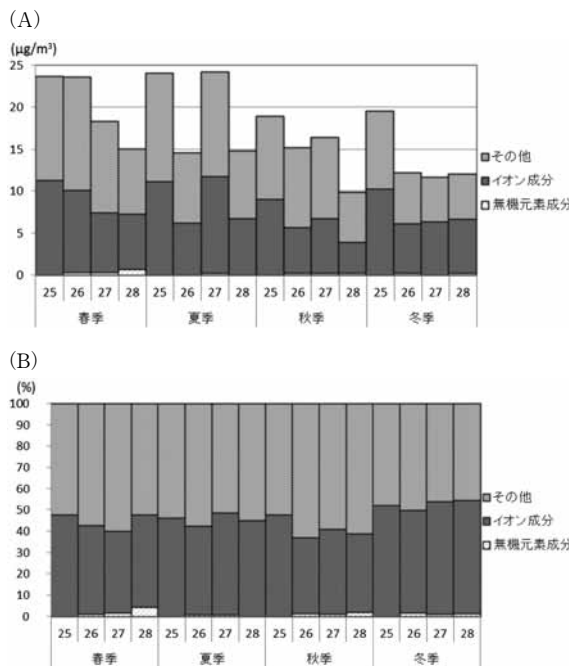


図4 広島県における季節毎のPM<sub>2.5</sub>年度別(A)平均濃度及び(B)構成割合

### (1) 春季

無機成分の濃度は低く、寄与率が一番高い平成28年度でも5%程度である。イオン成分は7～11μg/m<sup>3</sup>であり、全体の40～50%を占めている。

### (2) 夏季

無機成分の濃度は春季同様低く、数%未満である。イオン成分の濃度は6～12μg/m<sup>3</sup>の範囲であり、高濃度と

低濃度の年が交互に観測された。全体に占める割合は春季同様40～50%の範囲で安定している。

### (3) 秋季

無機成分の濃度は低く、数%未満である。イオン成分は平成25年度が高く8.9μg/m<sup>3</sup>と、全体の50%弱を占めたが、平成26年度以降は3.6～6.5μg/m<sup>3</sup>と濃度が下がり、全体における40%弱程度であった。

### (4) 冬季

無機成分の濃度は低く、数%未満である。イオン成分は平成25年度が高く(10μg/m<sup>3</sup>)、そのほかの年度はほぼ横ばいである(5.8～6.4μg/m<sup>3</sup>)。全体に占める割合では、全期間通じて50%前後で安定している。

### (5) イオン成分

全期間を通じてSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度が最も高く、次いでNH<sub>4</sub><sup>+</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>の順に高いが、秋・冬季においてNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度の方が高い場合が3例あった。

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度は春・夏季に高く、秋・冬季に低くなる傾向があるが、平成28年度はその差が以前に比べ小さくなっている。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度は冬季が最も高くなっている。NH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度は陰イオン濃度に連動して増減している。

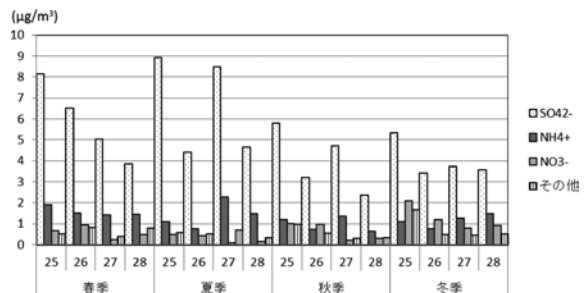


図5 広島県における主要イオン成分ごとの期間平均濃度

## まとめ

広島県における平成25～28年度PM<sub>2.5</sub>成分分析の結果を整理した。年間平均濃度は12.9～21.5μg/m<sup>3</sup>であり、そのうち無機元素成分が0～2%、イオン成分が40～50%を占めた。

平成28年度はAlの濃度が例年の2倍程度であったが、例年より高濃度な測定日が春季に数日間あったためと推測される。個別の高濃度事象に関して要因を解析することが、今後の課題である。

「その他」成分については、実際は炭素成分がそのうちの大半を占めていると推測され、全体に占める割合も50%程度と無視できない量であり、今後は炭素成分分析結果を加えた解析が必要と思われる。

平成28年度現在、広島県におけるPM<sub>2.5</sub>成分分析は県

西部の大竹市一地点のみであるが、測定地点を増やし、気象条件やその他のシミュレーション解析結果を活用することで、より精度の高い解析を実施することも将来的には必要である。

### 引用文献

- [1] 環境省. “微小粒子状物質健康影響評価検討会報告書”. 環境省. 2008-04. <http://www.env.go.jp/air/report/h20-01/>, (参照2017-11-21).
- [2] 環境省. “微小粒子状物質による大気汚染に係る環境基準について”. 環境省. 2009-09-09. <http://www.env.go.jp/kijun/taiki4.html>, (参照2017-10-11).
- [3] 環境省. “微小粒子状物質の成分分析 | 大気中微小粒子状物質(PM<sub>2.5</sub>)成分測定マニュアル”. 環境省. <http://www.env.go.jp/air/osen/pm/ca/manual.html>, (参照2017-10-12).
- [4] 環境省 水・大気環境局. “微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) の成分分析ガイドライン”. 環境省. 2011-07. [http://www.env.go.jp/air/osen/pm/ca/110729/no\\_110729001b.pdf](http://www.env.go.jp/air/osen/pm/ca/110729/no_110729001b.pdf), (参照2017-10-12).
- [5] 中野温朗, 間野遼太, 喜多真帆, 野村茂, 信森達也, 鷹野洋. “岡山県下における微小粒子状物質の成分の実態について (第3報)”. 岡山県環境保健センター年報, 2016;40:1-12
- [6] 環境省. “大気汚染状況”. 環境省. <http://www.env.go.jp/air/osen/index.html>, (参照2017-10-12).