

[資料]

兵庫県における PM_{2.5} 汚染の実態把握調査 (2)中坪 良平¹ 平木 隆年¹¹ 兵庫県環境研究センター 大気環境科 (〒654-0037 神戸市須磨区行平町 3-1-27)Investigation of the Actual Condition concerning PM_{2.5} Air Pollution
in Hyogo Prefecture (2)Ryouhei NAKATSUBO¹ and Takatoshi HIRAKI¹¹ Atmospheric Environmental Division, Hyogo Prefectural Institute of Environmental Sciences,
3-1-27, Yukihiro-cho, Suma-ku, Kobe, Hyogo 654-0037, Japan

兵庫県における PM_{2.5} 汚染の実態を把握することを目的とし、2007年11月から2008年10月までの1年間、芦屋、姫路および須磨において PM_{2.5} と PM_{10-2.5} の質量濃度と主要成分(炭素成分および水溶性イオン成分)の測定を行った。PM_{2.5} の平均値は、姫路が 16.9 μg/m³、須磨が 16.5 μg/m³、芦屋が 16.2 μg/m³ であった。PM_{10-2.5} の平均値は、姫路が 8.7 μg/m³、須磨が 8.4 μg/m³、芦屋が 8.0 μg/m³ であった。PM_{2.5} 中の炭素成分と水溶性イオン成分の合計値の割合は、芦屋で 82%、姫路で 77%、須磨で 81%を占め、PM_{2.5} の大半を占めていた。各成分の割合は、全地点で SO₄²⁻ の割合が最も高く、次いで有機炭素(OC)の割合が高かった。一方、PM_{10-2.5} 中の主要成分の割合は、芦屋で 47%、姫路で 43%、須磨で 46%を占め、PM_{2.5} と異なり炭素成分や水溶性イオン成分以外の割合が高かった。

はじめに

平成21年9月9日、環境省は空気動力学径が2.5 μm以下の大気中微小粒子状物質(PM_{2.5})の環境基準を告示した¹⁾。環境基準は、年平均値が15 μg/m³以下で、かつ、日平均値が35 μg/m³以下であることとされている。また、測定方法は米国の標準測定法を基本としたろ過捕集による質量濃度測定法(ろ過捕集法)、またはこの方法によって測定された質量濃度と等価な値が得られる自動測定機による方法(自動測定法)とされている。

環境基準の達成状況を把握するためには、日平均値を一年以上継続して測定する必要があるため、多くの経費と労力を必要とするろ過捕集法よりも自動測定法が有効と考えられる。既存の自動測定機については、測定誤差等の問題が指摘されてきたが^{2), 3)}、温度や湿度の影響を低減する機種や、半揮発成分を補正する機種等が開発されており、

測定精度の向上が期待される⁴⁾。現在、環境省がろ過捕集法と国内で販売されている自動測定機との並行測定試験を実施しており、速やかな試験結果の公表と、今後の自動測定法の普及が望まれる。一方、PM_{2.5}低減対策を検討する上では、質量濃度だけでなく成分濃度の把握が重要であり、そのためにはろ過捕集法によるPM_{2.5}のサンプリングが必要である。ろ過捕集法によるPM_{2.5}の質量濃度と成分濃度の測定に関する日本国内での報告例は、名古屋市での測定⁵⁾や埼玉県での測定^{6), 7)}、環境省の調査報告⁸⁾等があるが、未だ少ないのが現状である。当研究センターでは、PM_{2.5}濃度を2週間程度の平均濃度で把握することを目的としたサンプラーを製作し、2001年から当研究センター(須磨)で質量濃度のモニタリング調査を実施してきた。本サンプラーは、PM_{2.5}と同時に粒径10~2.5 μmの粗大粒子(PM_{10-2.5})を捕集することができるという特徴を有する。2003年にモニタリング地点を芦

屋に追加して2地点の並行測定を開始し、2003年から2007年における四年間のPM_{2.5}およびPM_{10-2.5}質量濃度の測定結果をとりまとめ、前報⁹⁾で報告した。2007年からは、モニタリング地点を姫路に追加して3地点とし、質量濃度の並行測定を継続するとともに、主要な成分濃度の測定を開始した。本報告では、2007年から県内3地点で実施しているPM_{2.5}およびPM_{10-2.5}の質量濃度と主要成分濃度の測定結果について報告する。

方法

1. サンプルング地点および期間

サンプルングは、芦屋市精道町（芦屋市役所分庁舎屋上、地上高約10m：以下「芦屋」）、姫路市北条（兵庫県姫路総合庁舎屋上、地上高約20m：以下「姫路」）および神戸市須磨区行平町（当センター3階ベランダ、地上高約10m：以下「須磨」）の3地点で実施した（Fig. 1）。芦屋および須磨は兵庫県南東部の阪神圏内に位置し、姫路は兵庫県南西部の都市域に位置している。3地点の近傍に目立った固定発生源はないが、3地点とも自動車NO_x・PM法の対策地域に指定されている。芦屋のサンプル

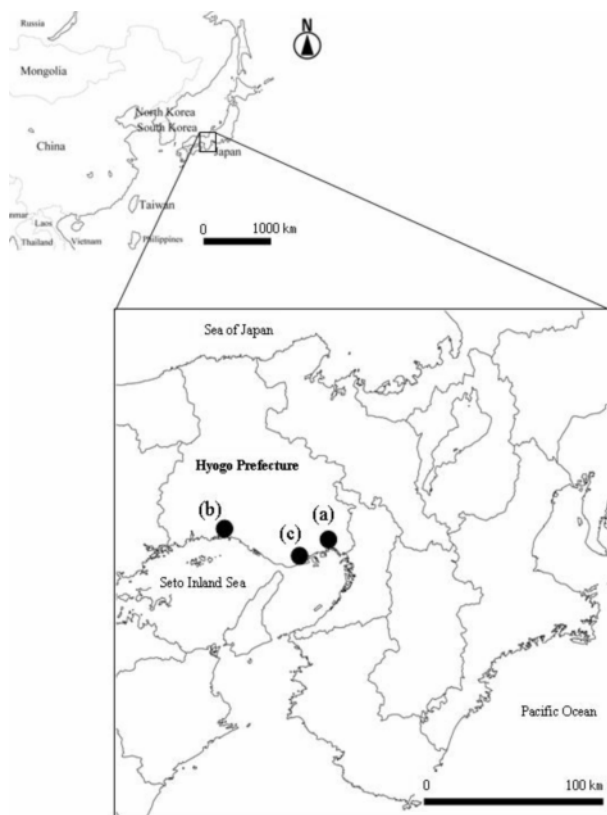


Fig.1 Location of the sampling sites. (a)Ashiya, (b)Himeji and (c)Suma, Hyogo Prefecture.

グ地点の約25m南には、国道43号とその上を高架構造で阪神高速3号神戸線が走っている。須磨のサンプルング地点の約60m西には阪神高速3号神戸線が高架構造で走り、約260m南西には国道2号が走っている。姫路のサンプルング地点近傍に交通量の多い幹線道路はない。

本報告では2007年11月から2008年10月までの1年間の結果をとりまとめた。

2. サンプルングおよび質量濃度の測定方法

PM_{2.5}のサンプルングは、前報に従い、当センターで制作したPM_{2.5}サンプラー¹⁰⁾を用いて、約2週間周期のサンプルングを連続して実施した。また、本サンプラーを用いて、PM_{2.5}と同時に粒径10～2.5 μmの粗大粒子（PM_{10-2.5}）のサンプルングも行った。SPM（粒径10 μm以下の浮遊粒子状物質）のサンプルングは、新宅機械製作所製ローボリウムサンプラー（S2型サイクロン式分粒装置付）を用いて、流速20L/minで11mmの石英繊維フィルターに捕集した。質量濃度は、前報に従って秤量法により測定した。

3. 成分濃度の測定方法

炭素成分（有機炭素（OC）および元素状炭素（EC））の測定は、Sunset Laboratory社製 OC/ECアナライザー（Dual Optical Lab Instrument Model）で熱分離・光学補正法により行った¹¹⁾。加熱プロトコルはIMPROVE（Interagency Monitoring of Protected Visual Environments）プロトコルを用いた。これは、1cm²に切り抜いたフィルター試料の断片を、ヘリウム雰囲気中で段階的に加熱し、温度が120、250、450、550まで揮発してくる炭素成分をOCとし、引続いて分析雰囲気を2%酸素と98%ヘリウムの混合気体に変化させ、温度が550、700、800で揮散する炭素成分をECとするものである。従来から用いられてきた熱分離法では試料の過熱過程でOCが熱分解により炭化しECとして測定されてしまうが、熱分離・光学補正法では、分析中に試料にレーザー光を照射し、透過光や反射光の強度を測定することによりOCの炭化分を補正することができる。本観測でのOCの熱分解補正は反射光により行った。OCの熱分離補正ではフィルターにレーザー光を照射するため、スポット状に捕集されるPM_{10-2.5}の場合、粒子に対して均一にレーザー光が照射せず、熱分解OCが正しく補正されない可能性がある。そのため、SPM

中の炭素成分からPM_{2.5}中の炭素成分を差し引いて粗大粒子 (PM_{10-2.5}) の炭素成分とした。水溶性イオン成分 (Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺) は、フィルターの4分の1 (PM_{10-2.5}捕集フィルターは2分の1) を切り取って裁断し、25mLの超純水で30分振とう抽出したものを、DIONEX社製DX-300によりイオンクロマトグラフ法で測定した。

結果および考察

1. PM_{2.5}およびPM_{10-2.5}の質量濃度

Table 1にPM_{2.5}およびPM_{10-2.5}濃度の全期間の平均値, 最大値, 最小値, 標準偏差および変動係数を地点別に示した。PM_{2.5}濃度の平均値は, 姫路が最も高く16.9 μg/m³, 次いで須磨が16.5 μg/m³, 芦屋が16.2 μg/m³となった。PM_{10-2.5}濃度の平均値も姫路が最も高く8.7 μg/m³, 次いで須磨が8.4 μg/m³, 芦屋が8.0 μg/m³となった。また, PM_{2.5}濃度の最大値は, 姫路が他の2地点に比べ特に高く変動係数も大きかったことから姫路の濃度変動が大きい可能性が示唆された。Fig.2に, PM_{2.5}およびPM_{10-2.5}濃度の2週間測定値の推移を, 地点別に示した。PM_{2.5}濃度は, いずれの地点でも大きく変動しながら推移していた。それに比べるとPM_{10-2.5}の変動は小さかった。また, PM_{2.5}とPM_{10-2.5}の変動パターンは全地点で類似していた。PM_{2.5}は, 夏季に濃度が低下する傾向がみられたが 2009年1月下旬から2月上旬にかけては全地点で濃度が低くなっていた。また, 姫路のPM_{2.5}濃度は, 11月から3月にかけて他の2地点より高くなる傾向がみられた。

PM_{2.5}濃度の平均値は, 全地点において, 環境基準の年平均値 (15 μg/m³) を超過していた。芦屋と須磨では2003年から並行してPM_{2.5}の質量濃度を測定しており⁹⁾, 今回の報告とあわせて年平均値の推移をみると, 芦屋では2003年から2007年にかけて, 19.0 μg/m³, 19.5 μg/m³, 18.0 μg/m³, 17.5 μg/m³, 16.2 μg/m³となり, 経年的に濃度低下がみられた。同じく須磨では2003年から2007年にかけて, 18.2 μg/m³, 18.4 μg/m³, 17.2 μg/m³, 17.3 μg/m³, 16.5 μg/m³となり, 経年的な濃度低下がみられた。この濃度低下は, 測定方法や平均化期間は異なるが, 環境省調査による自排局や都市部一般局における調査結果(自動測定機による4月~翌年3月までの平均値)¹²⁾と一致しており, 本研究結果は全国的な調査結果と整合していた。一方, PM_{10-2.5}濃度の平均値は, 前報の2006年の結果 (芦

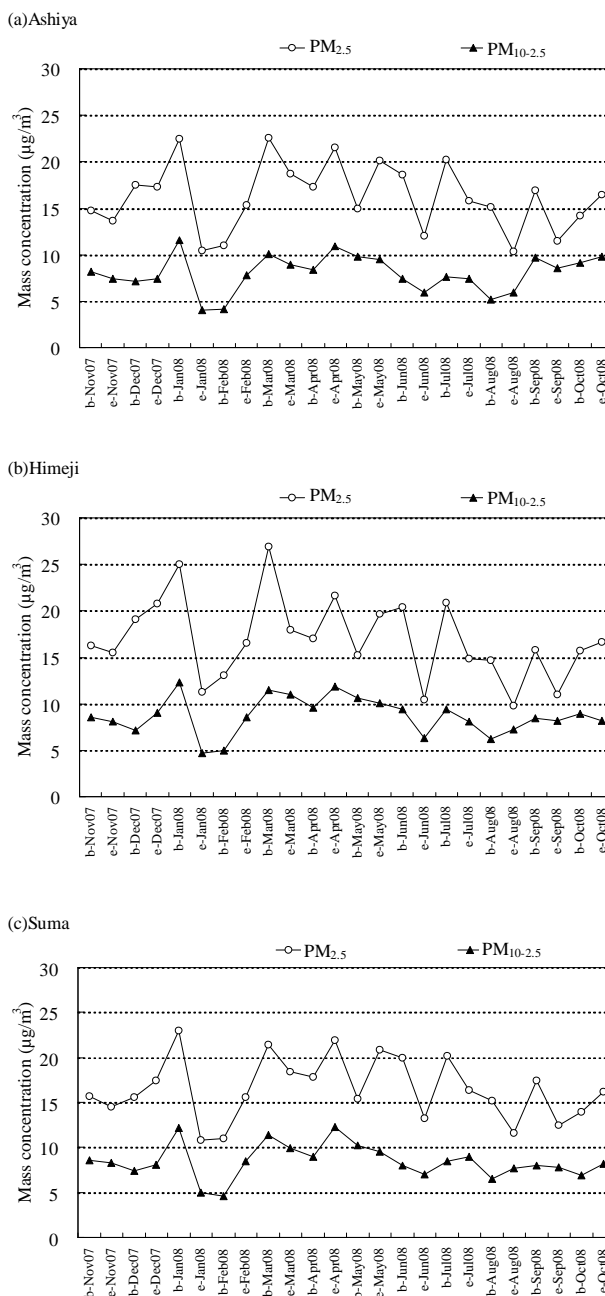


Fig.2 Trends of measured values of PM_{2.5} and PM_{10-2.5}, (a)Ashiya, (b)Himeji and (c)Suma, Hyogo Prefecture. The “b” and “e” on the horizontal axis is “begin” and “end”, respectively.

屋が9.6 μg/m³, 須磨が10.1 μg/m³) と本研究の2007年の結果 (芦屋が8.0 μg/m³, 須磨が8.4 μg/m³) を比較すると大幅な濃度低下がみられ, PM_{2.5}と異なる濃度低下の傾向を示していた。

Table 1 Annual average, maximum, minimum concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), standard deviation and coefficient of variation(%) of $\text{PM}_{2.5}$ and $\text{PM}_{10-2.5}$ at three sampling sites.

		(n=24)		
		Ashiya	Himeji	Suma
$\text{PM}_{2.5}$	Ave.	16.2	16.9	16.5
	Max.	22.5	26.9	23.0
	Min.	10.4	9.8	10.8
	S.D.	3.7	4.3	3.5
	C.V.	22.5	25.6	21.1
$\text{PM}_{10-2.5}$	Ave.	8.0	8.7	8.4
	Max.	11.5	12.3	12.2
	Min.	4.1	4.7	4.6
	S.D.	2.0	2.0	1.9
	C.V.	24.5	23.0	22.4

Table 2 Annual average, maximum, minimum concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), standard deviation and coefficient of variation(%) of constituent concentration of $\text{PM}_{2.5}$ at three sampling sites.

		(n=24)									
Site		OC	EC	Cl	NO_3^-	SO_4^{2-}	Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
Ashiya	Ave.	2.6	2.1	0.029	0.70	5.4	0.10	2.0	0.28	0.029	0.13
	Max.	4.1	3.0	0.083	2.9	9.0	0.21	3.1	0.57	0.095	0.19
	Min.	1.5	1.2	N.D.	0.048	2.2	0.065	0.98	0.15	N.D.	0.041
	S.D.	0.75	0.40	0.023	0.76	1.8	0.034	0.56	0.11	0.022	0.041
	C.V.	28.4	19.0	79.2	108.3	33.8	34.0	28.4	39.1	74.1	32.5
Himeji	Ave.	2.9	1.5	0.066	0.77	5.3	0.090	2.0	0.30	0.025	0.12
	Max.	4.4	2.2	0.30	2.80	9.1	0.16	3.1	0.67	0.11	0.21
	Min.	1.4	0.80	N.D.	0.030	2.3	0.059	1.0	0.12	N.D.	0.050
	S.D.	0.69	0.40	0.080	0.84	1.8	0.025	0.57	0.11	0.019	0.039
	C.V.	24.0	26.5	120.9	108.4	34.2	27.5	28.7	37.1	78.0	31.4
Suma	Ave.	2.6	1.9	0.026	0.54	5.7	0.12	2.0	0.29	0.027	0.13
	Max.	4.6	2.6	0.077	2.33	9.4	0.34	3.2	0.55	0.081	0.20
	Min.	1.6	1.3	N.D.	0.041	2.4	0.071	0.86	0.13	N.D.	0.056
	S.D.	0.61	0.33	0.018	0.58	1.9	0.060	0.65	0.10	0.018	0.037
	C.V.	23.0	17.0	69.4	107.5	33.8	51.8	32.3	36.4	68.3	29.7

Table 3 Annual average, maximum, minimum concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), standard deviation and coefficient of variation(%) of constituent concentration of $\text{PM}_{10-2.5}$ at three sampling sites.

		(n=24)									
Site		OC ^{a)}	EC ^{a)}	Cl	NO_3^-	SO_4^{2-}	Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
Ashiya	Ave.	0.60	0.23	0.18	1.1	0.77	0.46	0.10	0.052	0.069	0.20
	Max.	1.3	0.86	0.50	1.7	1.2	0.63	0.28	0.090	0.10	0.45
	Min.	-	-	0.037	0.44	0.37	0.24	N.D.	0.033	N.D.	0.080
	S.D.	0.38	0.24	0.12	0.36	0.20	0.11	0.060	0.013	0.022	0.088
	C.V.	64.3	102.6	67.5	32.1	25.6	23.8	61.5	24.8	31.1	43.9
Himeji	Ave.	0.72	0.24	0.17	1.0	0.76	0.40	0.10	0.061	0.069	0.19
	Max.	1.1	0.69	0.45	1.6	1.3	0.53	0.34	0.10	0.10	0.28
	Min.	0.18	-	0.037	0.46	0.42	0.17	N.D.	0.035	N.D.	0.10
	S.D.	0.26	0.19	0.11	0.33	0.21	0.10	0.071	0.015	0.022	0.052
	C.V.	35.9	76.6	66.9	32.1	28.2	24.3	71.4	24.7	31.2	26.8
Suma	Ave.	0.50	0.14	0.25	1.3	0.74	0.56	0.10	0.057	0.080	0.17
	Max.	0.99	0.77	0.50	1.9	1.1	0.95	0.27	0.086	0.12	0.28
	Min.	-	-	0.054	0.48	0.36	0.22	N.D.	0.031	N.D.	0.094
	S.D.	0.24	0.19	0.12	0.37	0.21	0.18	0.057	0.012	0.024	0.050
	C.V.	47.5	131.2	48.2	29.2	28.3	31.9	58.3	20.8	30.1	29.8

a) The value that deduced OC (or EC) concentration of $\text{PM}_{2.5}$ from OC (or EC) concentration of SPM.

2. 成分濃度の特徴

2.1 粒径による差異について

$\text{PM}_{2.5}$ および $\text{PM}_{10-2.5}$ に含まれる各成分濃度の全期間の平均値, 最大値, 最小値, 標準偏差および変動係数を地点別に, Table 2およびTable 3に示した. また, Fig.3に $\text{PM}_{2.5}$ に占める各成分の平均割合

を, Fig.4に $\text{PM}_{10-2.5}$ に占める各成分の平均割合を示した. $\text{PM}_{2.5}$ に占める炭素成分, 水溶性イオン成分の合計値の割合は, 芦屋で82%, 姫路で77%, 須磨で81%を占め, 炭素成分と水溶性イオン成分が $\text{PM}_{2.5}$ の主要成分であった. 一方, $\text{PM}_{10-2.5}$ 濃度に占める炭素成分, 水溶性イオン成分の合計値の割合は,

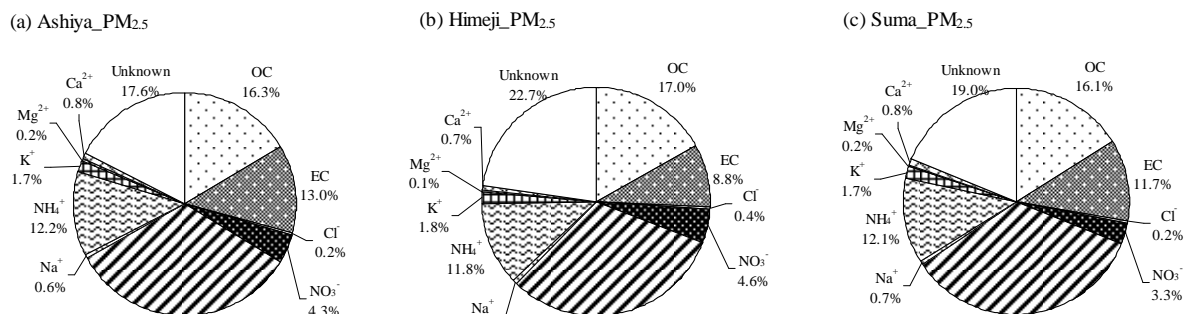


Fig.3 The ratio of a main components in PM_{2.5}, (a)Ashiya, (b)Himeji and (c)Suma.

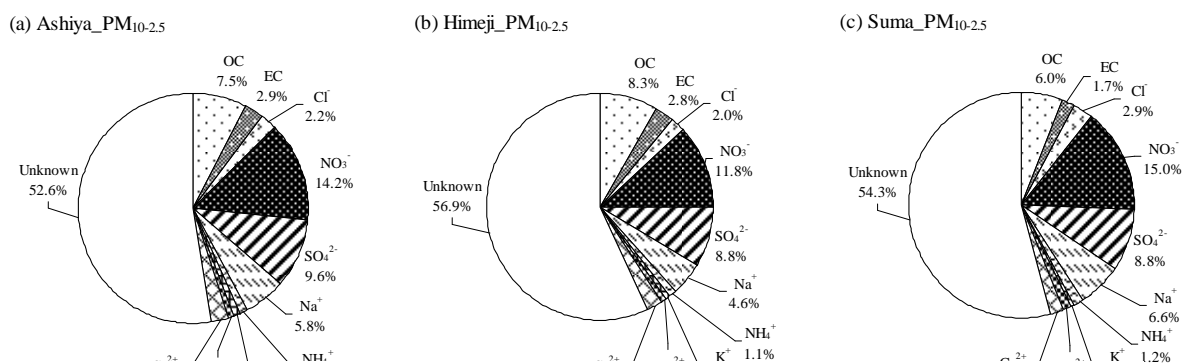


Fig.4 The ratio of a main components in PM_{10-2.5}, (a)Ashiya, (b)Himeji and (c)Suma.

芦屋で47%，姫路で43%，須磨で46%を占め，PM_{2.5}と異なって炭素成分や水溶性イオン成分以外（Fig.3, 4中のUnknown）の割合も高かった．人為起源の粒子は粒径が小さく，土壌粒子や海塩粒子などの自然起源の粒子は粒径が大きいことが知られており，本研究でもPM_{10-2.5}のUnknownには，測定対象成分以外の自然起源の粒子が多く含まれていると考えられた．成分別にみると，炭素成分はOC，ECともにPM_{10-2.5}よりPM_{2.5}中の濃度が高かったが，水溶性イオン成分についてはCl⁻，NO₃⁻，Na⁺，Ca²⁺がPM_{2.5}よりPM_{10-2.5}で高かった．大気中のCl⁻やNa⁺，Ca²⁺は海塩粒子や土壌粒子などの自然起源の粒子に多く含まれており，その影響でPM_{10-2.5}中の濃度が高くなったと考えられる．NO₃⁻は人為起源の粒子であるが，微小粒子と粗大粒子が存在していることが分かっている．

2.2 PM_{2.5}成分濃度の特徴

人為起源の粒子を多く含むPM_{2.5}について，地点や季節による成分濃度の特徴を考察した．

2.2.1 炭素成分について

Fig.5にPM_{2.5}質量濃度に占める割合が1%以上の成分について2週間平均値の推移を示した．OCの平均値は芦屋と須磨に比べ姫路が高く，PM_{2.5}に占めるOCの割合も姫路が高かった．2週間平均値の推移をみると，OCは全地点で晩秋～初冬季と春季に濃度が高くなる傾向がみられた．また，晩秋～初冬季では姫路が他地点に比べ高くなっていた．OCには化石燃料の燃焼等で直接排出される一次粒子と，揮発性有機化合物が光化学反応により粒子化して生成する二次粒子が存在している．大気境界層が安定形成される晩秋～初冬季には一次粒子の拡散が抑制されOC濃度が高くなり，光化学反応が活発になる春季には二次粒子の生成が促進されOC濃度が高くなったと考えられる．また，晩秋～初冬季に姫路のOC濃度が他地点に比べ高くなった原因としては，自然起源のOCの影響が一要因として考えられる．ノルマルアルカンや高級アルコール，脂肪酸等は，陸上高等植物の葉を起源とし，OCの一次粒子として存在している．兵庫県の森林地域は

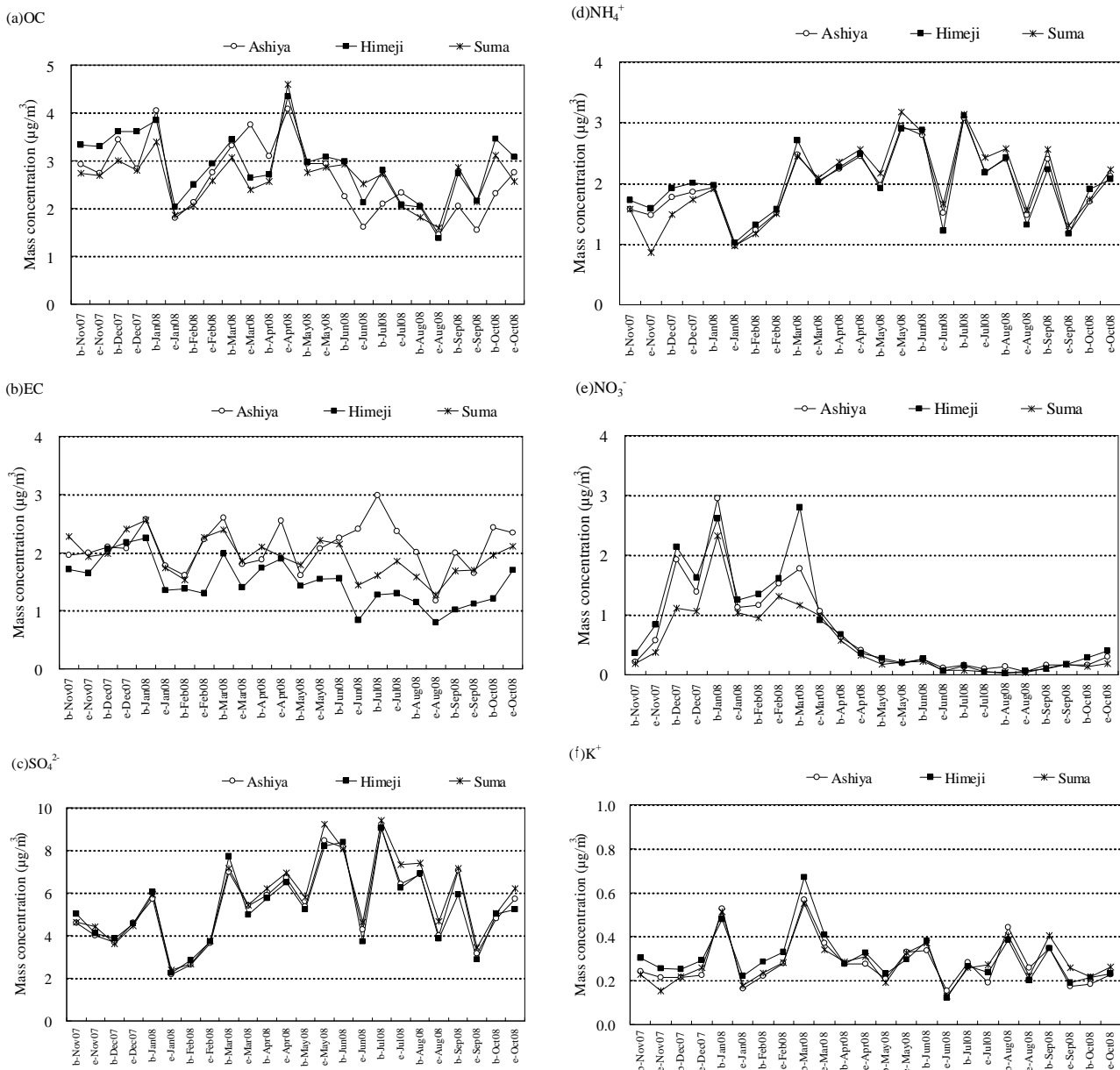


Fig.5 Trends of measured values of a components more than 1% in PM_{2.5} and PM_{10-2.5}, (a)OC, (b)EC, (c)SO₄²⁻, (d)NH₄⁺, (e)NO₃⁻ and (f)K⁺. The "b" and "e" on the horizontal axis is "begin" and "end".

県北西部に偏在しており、兵庫県の南西部に位置する姫路は、芦屋と須磨に比べ森林地域の影響を受けやすく、一次粒子が増加しやすい晩秋～初冬季にOC濃度が高くなったと考えられる。一方、ECの平均値は芦屋、須磨に比べ姫路が低く、PM_{2.5}に占めるECの割合も姫路が最も低かった。ECはディーゼル機関等燃焼由来の一次粒子とされており、姫路のサンプリング地点近傍には交通量の多い幹線道路がないためECの割合が低くなったと考えられた。また、姫路と須磨のEC濃度は、OCの一次粒子と同様に、晩秋～初冬季に濃度が高くなる傾向

がみられたが、幹線道路の北側に位置する芦屋⁹⁾では南風が卓越する初夏にも濃度増加がみられた。

2.2.2 水溶性イオン成分について

炭素成分を含めた全成分のうちSO₄²⁻の平均値が最も高く、全地点でPM_{2.5}の32～34%を占めていた。2週間平均値の推移をみると、SO₄²⁻は春季から夏季にかけて濃度が高くなる傾向がみられた。また、NH₄⁺は全地点で同程度の割合(約12%)を占め、春季から夏季にかけて濃度が高くなり、SO₄²⁻と類似の季節変化を示した。Fig.6に各地点におけるSO₄²⁻

と NH_4^+ の相関図を示した。三地点とも SO_4^{2-} と NH_4^+ の相関が非常に高く、 SO_4^{2-} と NH_4^+ が硫酸アンモニウムの化学状態で共存している可能性が示唆された。春季に SO_4^{2-} と NH_4^+ の濃度が高くなる原因としては、光化学反応が活発になるため、二次粒子である硫酸アンモニウムの生成が促進されたためと考えられる。夏季に濃度が高くなる原因としては高湿度の影響が一要因と考えられる。大気中で硫酸とアンモニアから硫酸アンモニウムが形成される際の前段階として二酸化硫黄(SO_2)から SO_4^{2-} への変換過程があり、この過程には液相反応が大きく寄与している。そのため、高湿度となる夏季に SO_2 から SO_4^{2-} への変換量が増加し、硫酸アンモニウムの形成が促進されたと考えられる。また、わずかではあるが、須磨の SO_4^{2-} 濃度が他地点に比べ夏季に高くなる傾向がみられた。これは海塩粒子にも SO_4^{2-} が存在しており、須磨は3地点で最も海に近いため、海風が卓越する夏季に SO_4^{2-} が高くなったと考えられる。米持ら⁷⁾は、2000年から埼玉県北部の一般環境において、フィルター法による $\text{PM}_{2.5}$ の観測を実施しており、1週間毎の質量濃度と主要成分の経年変化を報告している。その中では、 $\text{PM}_{2.5}$ の主要成分のうち硫酸塩の割合が最も高く、夏季には $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度の半分以上を占めると報告している。また、 $\text{PM}_{2.5}$ のイオン当量濃度比を調べ、本研究と同様に SO_4^{2-} と NH_4^+ が硫酸アンモニウムの化学状態で存在していると考察している。本研究において、芦屋、姫路および須磨の全地点で SO_4^{2-} と NH_4^+ の相関が高かったことや、埼玉県でも同様の傾向がみられたことなどから、兵庫県内だけでなく、より広範囲での硫酸アンモニウムによる汚染が示唆された。

NO_3^- は $\text{PM}_{2.5}$ の3~5%を占めており、冬季に濃度が高くなる傾向がみられた。 NO_3^- はガスと粒子の平衡が気温により左右され、気温の低い冬季に粒子側に平衡が偏るため $\text{PM}_{2.5}$ に含まれる NO_3^- の濃度が高くなったと考えられる。また、 NO_3^- は須磨の濃度が他地点に比べ低かった。須磨は芦屋ほどではないが、姫路に比べ幹線道路の影響を受けやすい。そのため、 NO_2 など自動車排ガスの影響を受けやすく NO_3^- も増加する可能性が考えられるが、今回の結果はそれに反していた。須磨の NO_3^- 濃度が最も低くなった原因については、今後も調査を継続して明らかにしていきたい。 K^+ は $\text{PM}_{2.5}$ の約2%を占め、冬季と春先に突発的に高濃度となる場合がみられたが明確な季節変化はみられなかった。その他

の水溶性イオン成分は、全て $\text{PM}_{2.5}$ 占める割合が1%未満で、 $\text{PM}_{2.5}$ の濃度変動に及ぼす影響は小さいと考えられた。

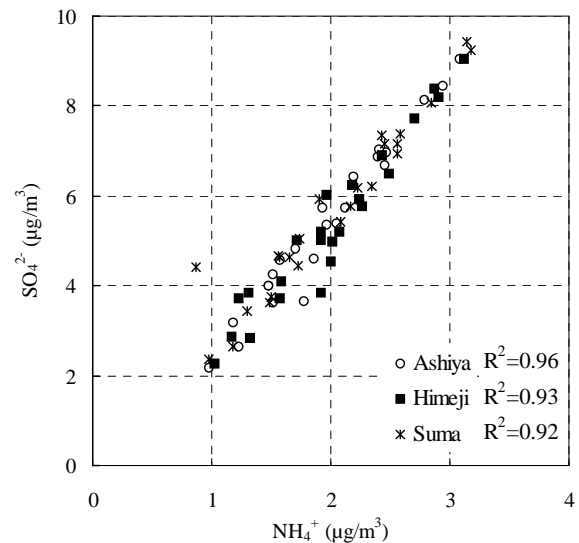


Fig.6 Correlation of all measured values of the mass concentration between SO_4^{2-} and NH_4^+ in $\text{PM}_{2.5}$.

結 論

2007年11月から2008年10月までの1年間、芦屋、姫路および須磨において、 $\text{PM}_{2.5}$ および $\text{PM}_{10-2.5}$ の質量濃度と主要成分(炭素成分および水溶性イオン成分)の測定を行い以下の結果を得た。

$\text{PM}_{2.5}$ の平均値は、姫路が $16.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、須磨が $16.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、芦屋が $16.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

$\text{PM}_{10-2.5}$ の平均値は、姫路が $8.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、須磨が $8.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、芦屋が $8.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

$\text{PM}_{2.5}$ 中の主要成分の割合は、芦屋で82%、姫路で77%、須磨で81%を占め、炭素成分と水溶性イオン成分で大半を占めていた。

$\text{PM}_{10-2.5}$ 中の主要成分の割合は、芦屋で47%、姫路で43%、須磨で46%を占め、 $\text{PM}_{2.5}$ と異なり炭素成分や水溶性イオン成分以外の割合が高かった。

炭素成分については、OCは姫路で高く自然起源の一次粒子の影響が考えられた。一方、ECは姫路で低く、周辺に交通量の多い幹線道路がないことが要因と考えられた。

$\text{PM}_{2.5}$ 中の割合は、全地点で SO_4^{2-} が最も高く、また NH_4^+ との相関が高いことから、硫酸アンモニウムによる広域的な汚染が示唆された。

文 献

- 1) 環境省:微小粒子状物質に係る環境基準について(告示)について(2009), <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=11546>
- 2) Allen,G., Sioutas,C., Koutrakis,P., Reiss,R., Lurmann,W.F., and Roberts,T.P.: Evaluation of the TEOM Method for Measurement of Ambient Particulate Mass in Urban Areas, *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 47,682-689 (1997)
- 3) Ayers,G.P., Keywood,M.D., and Gras,J.L.: TEOM vs. manual gravimetric methods for determination of PM_{2.5} aerosol mass concentrations, *Atmospheric Environment.*, 33,3717-3721 (1999)
- 4) 長谷川就一, 高橋克行, 西川雅高: PM_{2.5}濃度測定におけるアーティファクトの影響検討, 第50会大気環境学会講演要旨集, 402 (2009)
- 5) 中島寛則, 酒井哲男, 北瀬勝, 山神真紀子: 名古屋市におけるPM_{2.5}濃度の成分濃度と発生源寄与率について, 名古屋市環境科学研究所報, 32, 13-17 (2002)
- 6) 米持真一, 梅沢夏実, 磯部充久, 松本利恵, 深井順子, 城裕樹, 関根健司, 相沢和哉: マルチノズルカスケードインパクター(MCI)サンプラーを用いた近年の道路沿道と一般環境における粒子状物質(PM_{2.5}及びPM_{2.5-10})の比較, 大気環境学会誌, 44, 211-221 (2009)
- 7) 米持真一, 梅沢夏実, 松本利恵: 埼玉県北部のPM_{2.5}濃度と化学組成の5年間の観測結果, 大気環境学会誌, 42, 129-142 (2007)
- 8) 環境省:微小粒子状物質暴露影響調査報告書(2007)
- 9) 中坪良平, 吉村陽, 池澤正, 平木隆年: 兵庫県におけるPM_{2.5}汚染の実態把握調査(1), 兵庫県立健康環境科学研究所紀要 5, 117-122(2008)
- 10) 吉村陽, 小坂浩: PM_{2.5}長期モニタリングのためのサンプラーの試作, 兵庫県立健康環境科学研究所紀要, 2, 56-61 (2005)
- 11) Birch,M.E, Cary,R.A (1996) Elemental carbon-based method for monitoring occupational exposures to particulate diesel exhaust, *Aerosol Science and Technology*, 25, 221-241
- 12) 中央環境審議会:微小粒子状物質に係る環境基準の設定について(答申), 別添1 (2009)