

論 文

美濃地方の微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の特徴について

金森信厚, 北将大, 高島輝男

要 旨

平成 27 年度から平成 29 年度までの 3 年間に岐阜県美濃地方で実施した微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の成分分析の結果についてとりまとめた。成分分析実施期間における年度平均値は、平成 27 年度の羽島測定局では環境基準値の 15 µg/m³ を超過し、平成 28 年度、平成 29 年度では基準値を超過した測定局はなかった。

また、美濃地方の PM_{2.5} の成分のうちイオン成分、及び炭素成分については、測定局ごとに差が認められなかったが、無機成分については、測定局により一部の項目で差が認められた。

キーワード：微小粒子状物質 (PM_{2.5})、成分分析、PMF、発生源、美濃地方

1 はじめに

大気中の微小粒子状物質 (PM_{2.5}) は、粒径が 2.5 µm 以下の極めて微小な粒子であり、呼吸器系や循環器系等への健康影響が懸念されることから、平成 21 年 9 月に、大気環境基準に「1 年平均値が 15 µg/m³ 以下であり、かつ 1 日平均値が 35 µg/m³ 以下」と定められた。

また、平成 22 年 3 月には「大気汚染防止法第 22 条の規定に基づく大気汚染の状況の常時監視に関する事務処理基準」²⁾が改正され、常時監視測定局での PM_{2.5} 質量濃度の測定、及び成分分析の実施が規定された。そこで岐阜県(岐阜市を除く)では、平成 23 年度から PM_{2.5} 自動測定機を配備するとともに、平成 26 年度から常時監視測定局の中から 2 地点ずつ成分分析を実施し、県内の調査を行っている³⁾。

今回、平成 27 年度から平成 29 年度まで美濃地方で PM_{2.5} の状況調査を実施したところ、調査地点ごとに特徴が認められたので報告する。

2 方法

2.1 成分分析

2.1.1 調査地点

PM_{2.5} 質量濃度を測定している常時監視測定局の敷地内で調査した。

- ・毎年度実施した調査地点
羽島測定局 (羽島市竹鼻町 86, 以下「羽島」と表記する)
- ・平成 27 年度
各務原測定局 (各務原市蘇原中央町 2-1-2, 以下「各務原」と表記する)
- ・平成 28 年度

大垣中央測定局 (大垣市西外側町 2-49, 以下「大垣中央」と表記する)

- ・平成 29 年度

笠原測定局 (多治見市笠原町 1194-1, 以下「笠原」と表記する)

2.1.2 調査期間

調査期間は、環境省が統一採取期間として定めた年 4 季 (各季節 14 日間) に準じ、朝 10 時から翌朝 10 時までの 24 時間毎に試料を採取した。

- ・平成 27 年度

春季：5 月 7 日～5 月 20 日

夏季：7 月 22 日～8 月 4 日

秋季：10 月 21 日～11 月 3 日 (欠測：11 月 1 日)

冬季：1 月 20 日～2 月 2 日 (欠測：1 月 24 日)

- ・平成 28 年度

春季：5 月 6 日～5 月 19 日

夏季：7 月 19 日～8 月 1 日

秋季：10 月 20 日～11 月 2 日

冬季：1 月 19 日～2 月 1 日 (欠測：1 月 19 日、1 月 23 日)

- ・平成 29 年度

春季：5 月 10 日～5 月 23 日

夏季：7 月 20 日～8 月 2 日

秋季：10 月 19 日～11 月 1 日

冬季：1 月 18 日～1 月 24 日及び
1 月 29 日～2 月 4 日

2.1.3 PM_{2.5} 粒子捕集方法

1 地点あたり 2 台のシーケンシャルサンプラー (Thermo Fisher Scientific 社製 FRM-2025i) を設置し、石英繊維製フィルター (PALLFLEX 社製 2500QAT-UP)

及び、PTFE 製フィルター (PALLFLEX 社製 Teflo) を用い、流量 16.7 L/min で 24 時間捕集した。なお石英繊維製フィルターはブランク値の低減のため、事前に 450℃ で 6 時間の加熱処理を行った。

2.1.4 質量濃度測定

環境大気常時監視マニュアル²⁾に従い、捕集前後の PTFE 製フィルターを温度 21.5±1.5℃、相対湿度 35±5% に制御した恒温恒湿チャンバー (東京ダイレック社製 PWS・PM2.5SE) で 24 時間以上コンディショニングし、ウルトラミクロ天秤 (ザルトリウス社製 MSA6.6S-000DF) を用いて秤量した。

2.1.5 調査項目

大気中微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 成分測定マニュアルに従い、イオン成分、炭素成分及び無機元素成分を測定した。

イオン成分は石英繊維製フィルターを超音波処理して超純水に抽出し、フィルターカセット (HLC-DISK25 0.45 µm) でろ過してイオンクロマトグラフ (島津製作所社製 HIC-SP) により、SO₄²⁻、NO₃⁻、Cl⁻、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺及びNH₄⁺の 8 項目を測定した。

炭素成分は、石英繊維製フィルターをカーボンライザー (Sunset Laboratory 社製 Model 4L) を用いて、元素状炭素 (以下、「EC」という。) 及び有機性炭素 (以下、「OC」という。) を測定した。

無機元素成分は、PEFE 製フィルターを圧力容器分解装置 (Milestone 社製 MLS-1200Mega) で酸分解し、ICP-MS (Agilent 社製 7500ce) を用いて、Na, Al, K, Ca, Ni, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Mo, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Sm, Hf, W, Ta, Th, Pb 及び Cd の 30 項目を測定した。

2.2 大気汚染常時監視

PM_{2.5} 質量濃度の常時監視は、環境大気常時監視マニュアル²⁾に基づき実施した。なお PM_{2.5} 成分分析結果と比較するため、24 時間値は午前 10 時から翌日 10 時までの平均値とし、測定期間は平成 27 年 3 月 1 日午前 10 時から平成 30 年 3 月 1 日午前 10 時までとした。また、各季節の平均値は、春季は 3 月 1 日午前 10 時から 6 月 1 日午前 10 時までの 24 時間値の平均、夏季は 6 月 1 日午前 10 時から 9 月 1 日午前 10 時までの 24 時間値の平均、秋季は 9 月 1 日午前 10 時から 12 月 1 日午前 10 時までの 24 時間値の平均、冬季は 12 月 1 日午前 10 時から 3 月 1 日午前 10 時までの 24 時間値の平均とした。なお、20 時間未満の 24 時間値は、欠測とした。

3 結果及び考察

3.1 質量濃度

3.1.1 成分分析期間の PM_{2.5} 質量濃度

成分分析調査期間における各年度の質量濃度の平均値を表 1 に示す。大垣中央、笠原では季節によって差異はあるが年間値は概ね羽島と同レベル、各務原ではどの季節も羽島より低い傾向が認められた。また、3 年間調査した羽島での質量濃度は、平成 28 年度は平成 27 年度より 4.6 µg/m³ 低く、平成 29 年度は平成 28 年度より 0.1 µg/m³ 低かった。同様に、季節ごとに比較すると、平成 27 年度は夏季に高く、冬季に低い傾向が、平成 28 年度は春季に高く、冬季に低い傾向が、平成 29 年度は、春季に高く、秋季に低い傾向が認められた。

表1 季節別PM_{2.5}質量濃度 (単位: µg/m³)

各務原 (H27)					羽島 (H27)				
春季	夏季	秋季	冬季	年間	春季	夏季	秋季	冬季	年間
14.0	18.6	14.5	10.4	14.7	14.2	20.2	15.4	12.3	15.59
大垣中央 (H28)					羽島 (H28)				
春季	夏季	秋季	冬季	年間	春季	夏季	秋季	冬季	年間
14.3	10.8	9.8	8.0	10.86	13.3	10.7	10.5	9.2	11.01
笠原 (H29)					羽島 (H29)				
春季	夏季	秋季	冬季	年間	春季	夏季	秋季	冬季	年間
14.5	11.2	7.1	10.5	10.82	13.8	11.2	8.6	10.0	10.91

3.1.2 常時監視の PM_{2.5} 質量濃度

常時監視の PM_{2.5} 質量濃度について、季節ごとの平均値を図 1 に示す。羽島と各測定局を比較すると各季節とも、各務原では羽島より低い傾向が、大垣中央及び笠原では、羽島と同じ傾向が認められた。

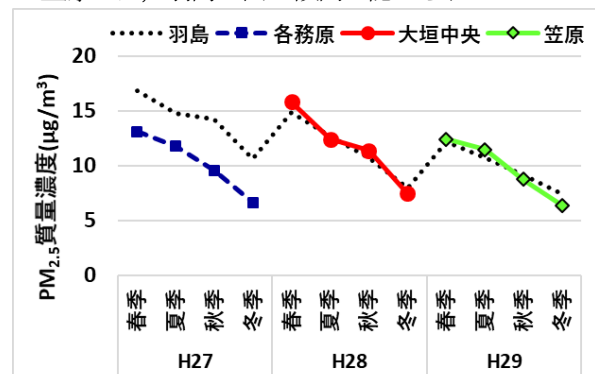


図1 各季節のPM_{2.5}質量濃度

PM_{2.5} 成分分析の実施期間は各季節 14 日間であるため、3 年間成分調査を実施した羽島において、成分分析期間の質量濃度と常時監視の質量濃度との季節ごとの平均値を図 2 に示す。その結果、平成 27 年度夏季と

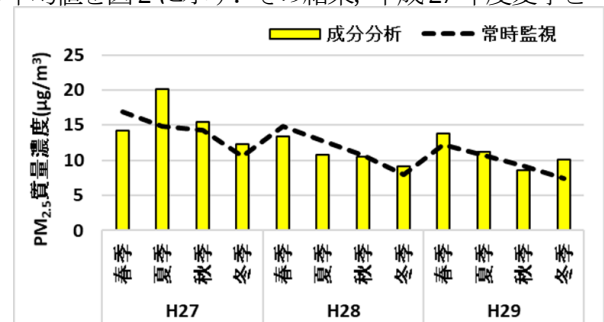


図2 成分分析期間と常時監視データの比較

表2 年度別平均濃度(羽島)

項目	質量濃度	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	OC	EC	Na	Al	K	Ca	Ti
単位	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
H27	15.6	0.115	0.648	5.16	0.112	2.01	0.1	3.92	1	97.4	31.2	105	29.4	3.05
H28	11	0.112	0.624	2.95	0.0989	1.21	0.0658	3.04	0.726	89.4	43.5	87.4	29.6	3.58
H29	10.9	0.101	0.745	3.15	0.0873	1.33	0.0744	3.01	0.776	86.5	25.2	77.9	24	3.06

項目	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Mo	Sb	Ba	Pb
単位	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
H27	2.71	0.684	6.57	61.1	1.18	2.66	24.2	1.01	1.32	0.307	0.498	0.894	1.75	6.84
H28	2.7	0.653	4.22	59.9	1.06	1.88	16.7	0.684	1.15	0.262	0.416	1.03	1.67	4.56
H29	2.74	0.827	4.92	58.8	1.11	2.29	17.5	0.721	1.34	0.264	0.562	0.797	1.51	4.86

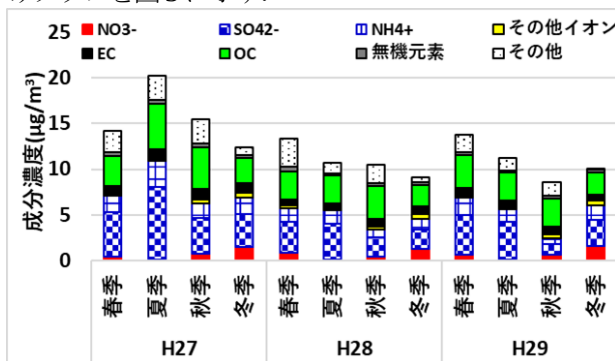
(注: 検出率90%以上の項目)

平成29年度冬季では、30%以上の差が認められたが、その他の季節での差は10%前後であり、おおむね常時監視の質量濃度から成分分析の質量濃度についての特徴を類推できるものと考えられた。

3.2 成分分析

3.2.1 羽島の成分分析結果

3年間調査を実施した羽島におけるPM_{2.5}の成分について、検出下限値以上の割合が90%以上の項目の年度別平均値を表2に、イオン成分、炭素成分、無機元素成分についての、各年度、各季節の平均値の積み上げグラフを図3に示す。

図3 各季節の主要なPM_{2.5}成分濃度(羽島)

イオン成分について季節ごとに比較すると、平成27年度は夏季が高く、秋季が低かったが、平成28年度と平成29年度は春季が高く、秋季が低かった。3年間を通じてどの季節もSO₄²⁻の割合が一番高く、夏季は全イオン成分の7割程度を占めていた。NO₃は夏季にはほとんど検出されないが、冬季には全イオン成分の2割

以上占めていた。またイオン成分の年度平均値は、平成27年度と比較して平成28年度は3.1 μg/m³、平成29年度は2.6 μg/m³低い傾向が認められた。これは、全イオン成分におけるSO₄²⁻の割合が3年間で63%から56%に低下したことが要因と推察された。

次に炭素成分について季節ごとに比較すると、3年間を通じて冬季が一番低かった。これは炭素成分の生成機構には、春季・夏季・秋季に共通する要因がある、若しくは複合的な要因があるものと推察された。また炭素成分の年度平均値は、平成28年度は平成27年度より1.1 μg/m³低かったが、平成29年度は平成28年度と同じで、質量濃度に対する炭素成分の割合が32%から35%へ微増した。

最後に無機元素成分について季節ごとに比較すると、3年間を通じて春季、秋季に高い傾向が認められた。また各年度の無機元素成分の平均濃度は、0.32 μg/m³~0.38 μg/m³でPM_{2.5}質量濃度に占める割合は2~3%だった。また、どの年度も土壌粒子や海塩粒子等の自然界に多く存在するNa, Al, K, Ca, Feが多く、この5項目で無機元素成分全体の8割を占めた。

3.2.2 各地点の特徴

3.2.2.1 各年度の平均濃度及び羽島との相関係数

羽島以外の測定局におけるPM_{2.5}中の成分濃度について、検出率が90%以上の項目の年度濃度及び、羽島との相関係数を表3に示す。

羽島と比較して濃度差が小さい場合や、強い相関が認められる項目については、共通又は同種の発生源の可能性が推察された。一方、羽島と比較して濃度差が

表3 各測定局の平均濃度及び羽島との相関係数

項目	質量濃度	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	OC	EC	Na	Al	K	Ca	Ti
濃度単位	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
各務原	濃度	14.7	0.102	0.529	4.63	0.102	1.77	0.102	3.84	1.05	84.6	30	104	20.8
	相関係数	0.953	0.349	0.908	0.965	0.837	0.96	0.875	0.932	0.792	0.837	0.952	0.896	0.712
大垣中央	濃度	10.9	0.0471	0.482	3.12	0.108	1.19	0.0677	2.97	0.703	101	49.3	89.6	33.9
	相関係数	0.952	0.862	0.962	0.969	0.919	0.938	0.849	0.946	0.869	0.963	0.999	0.951	0.871
笠原	濃度	10.8	0.124	0.533	3.09	0.0755	1.23	0.0825	2.82	0.753	79.2	34.4	92.1	18
	相関係数	0.899	0.509	0.867	0.923	0.618	0.901	0.437	0.857	0.738	0.669	0.901	0.445	0.814

項目	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Mo	Sb	Ba	Pb
濃度単位	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
各務原	濃度	1.85	0.875	5.99	57.4	0.83	4.41	42.8	0.906	0.696	0.315	0.455	1.36	7.72
	相関係数	0.964	0.521	0.487	0.769	0.899	0.657	0.607	0.923	0.466	0.841	0.473	0.77	0.829
大垣中央	濃度	2.64	0.668	4.02	59.5	0.99	2	16.4	0.68	3.39	0.301	0.389	0.789	4.66
	相関係数	0.937	0.851	0.918	0.992	0.908	0.84	0.734	0.983	0.0829	0.975	0.877	0.553	0.961
笠原	濃度	2.29	2.47	4.14	50.8	0.957	3.12	62.6	1.58	0.913	0.327	5.61	2.68	9.32
	相関係数	0.783	0.0813	0.745	0.817	0.78	0.267	0.277	0.697	0.394	0.671	-0.053	0.095	0.254

(注: 検出率90%以上の項目)

大きい場合や、相関が認められない場合は、その測定局特有の特徴を現しているものと推察された。

3.2.2.2 各務原測定局

ほとんどの項目で相関が認められたが、Cl⁻と Pb については相関が認められなかった。そこで、Pb の濃度を図 4 に示す。その結果、10 月 26 日に顕著な濃度差が認められ、Cl⁻についても Pb と同じ傾向が認められた。

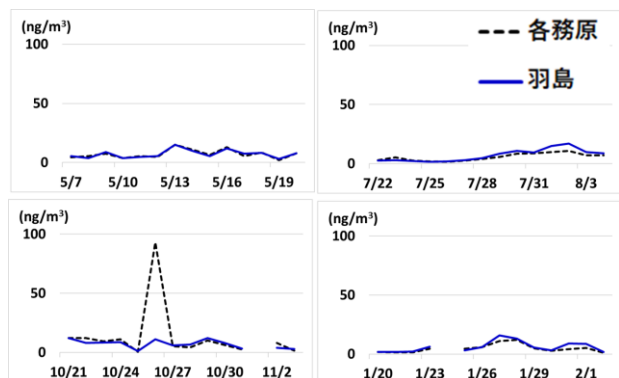


図4 Pb濃度の結果(H27)

そこで、各務原の平成 27 年 10 月 26 日午前 10 時から 10 月 27 日午前 10 時までの試料について、羽島の成分濃度との比較を表 4 に示す。その結果、SO₄²⁻、NH₄⁺、OC などの主要な成分はほぼ同じ濃度だったが、EC が羽島より 2 倍以上高く、Cl⁻、Cu、Zn、Sb、Pb が羽島より 5 倍以上高い結果を示した。要因として 10 月 27 日未明に各務原から直線距離で 3.5 km 離れた場所で家電やプラスチックが燃える火災が発生したため、家電中の金属部品やプラスチックの難燃助剤の成分が多く検出されたものと推察された。なお、両地点の 10 月 26 日のデータを除いて相関係数を比較したところ、相関が認められたため、この日の大気環境は、一過性の局所的な発生源によるものであると推察された。

表4 平成27年10月26日のPM_{2.5}の主要成分

項目	質量濃度	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	OC
単位	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³
各務原	30.6	1.8	1.1	1.9	0.26	1	0.31	9
羽島	24.9	0.21	1.2	1.6	0.11	0.76	0.32	11

項目	EC	Al	Ca	Ti	V	Mn	Fe	Ni
単位	μg/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
各務原	6.9	22	22	3.5	1.1	8.4	110	0.68
羽島	2.6	16	31	1.1	1.2	7.4	59	1.1

項目	Cu	Zn	As	Mo	Sb	Ba	Pb
単位	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
各務原	81	1000	0.61	0.57	25	6.8	93
羽島	10	96	0.64	0.33	3.3	2.1	11

3.2.2.3 大垣中央測定局

ほとんどの項目で強い相関が認められたが、Se については相関が認められなかった。そこで、Se の濃度を 1 日ごとに比較したグラフを図 5 に示す。その結果、全体に高濃度の傾向が認められ、特に濃度差が大きい日も認められた。要因を調べるため大垣中央の風向を図 6 に示す。その結果、全調査期間で W (西) が多く、

特に Se 濃度が 8 ng/m³ を超える高濃度日では、顕著に確認された。このことから、大垣中央の西に Se の発生源が存在する可能性が示唆された。

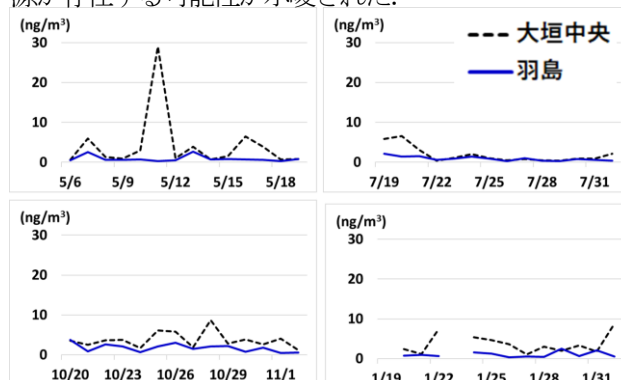


図5 Se濃度の結果(H28)

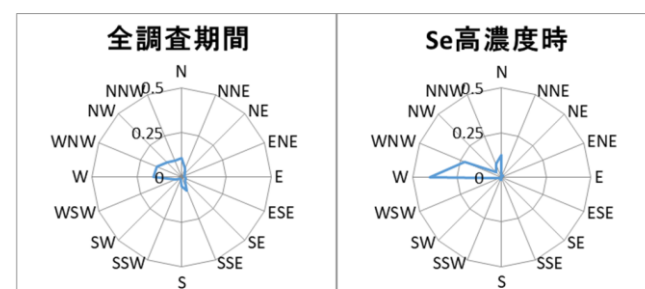


図6 通常時とSe高濃度時の風向割合の比較(大垣中央)

3.2.2.4 笠原測定局

羽島との比較では、Cr、Cu、Zn、Mo、Sb、Ba について、相関が認められなかった。そこでこの 6 成分について、曜日別平均濃度を図 7 に示す。その結果、Ba を除く成分については、全体的に高い傾向が認められた。Zn は平日に特に高く、Cu は金曜日に、Mo は月、水、金曜日に高いことから、平日を活動の中心とするこの地域特有の産業活動が発生源の 1 つであることが示唆された。一方 Cr、Sb については、どの曜日にも高いことから、笠原に定常的に存在する成分であることが示唆された。特に、Cr、Cu、Zn、Mo、Sb は塗料として使用される成分でもあることから、塗料由来の発生源である可能性が推察される。

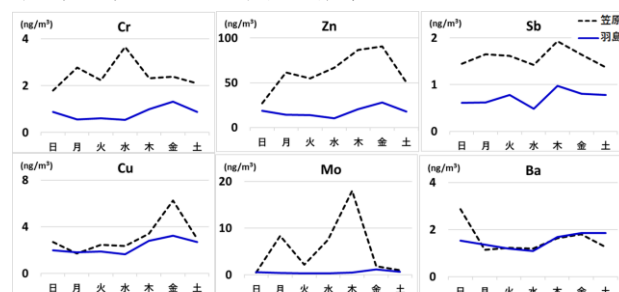


図7 相関係数が低い成分の曜日別平均値(H29)

3.3 発生源寄与解析

3.3.1 PMF (Positive Matrix Factorization) 解析

PMF (Positive Matrix Factorization) 解析は多変量解析の一種で、多数組の観測データセットをいくつかの因

子に分解し、因子寄与及び因子プロファイルを同時に導入することができる手法であり、大気エアロゾル等の発生源解析に広く活用されている⁴⁾。今回の解析では、II型共同研究第5期報告書⁵⁾を参考に、アメリカ合衆国環境保護庁 (United States Environmental Protection Agency; EPA) が開発した EPA PMF5.0 を使用した。

解析は、2.1.5により測定した成分のうち検出下限値の割合が10%未満である、イオン成分6項目 (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , Na^+ , K^+ , NH_4^+)、炭素成分2項目 (EC, OC) 及び無機元素成分19項目 (Na, Al, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Mo, Sb, Ba, Pb) のうち、重複する Na^+ , K^+ を除き、 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度を加えた26項目を解析の対象とした。また、検出下限値未満の値は、検出下限値の1/2値に置き換えた。なお、 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度及び検出下限値の割合が5%を超える NO_3^- , Cr, As, Se, Rb, Mo については、カテゴリーを“Weak”とし、その他の項目は“Strong”として解析した。各成分にかかる不確実性 (Uncertainty) を20%とし、因子数を4～12に変えて検討した。

3.3.2 成分分析結果の妥当性評価

PMF法を適用するにあたり、 $\text{PM}_{2.5}$ 中の陰イオン (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-}) の当量濃度の合計と陽イオン (Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) の当量濃度の合計との比から評価するイオンバランス法及び、次式で求める推定質量濃度と2.1.3で測定した質量濃度の比から評価するマスクロージャーモデルにより、測定結果の妥当性を図8に示す。

$$\begin{aligned} \text{推定質量濃度} = & 1.375[\text{SO}_4^{2-}] + 1.29[\text{NO}_3^-] \\ & + 2.5[\text{Na}^+] + 1.4[\text{OC}] + [\text{EC}] + 9.19[\text{Al}] \\ & + 1.40[\text{Ca}] + 1.38[\text{Fe}] + 1.67[\text{Ti}] \end{aligned}$$

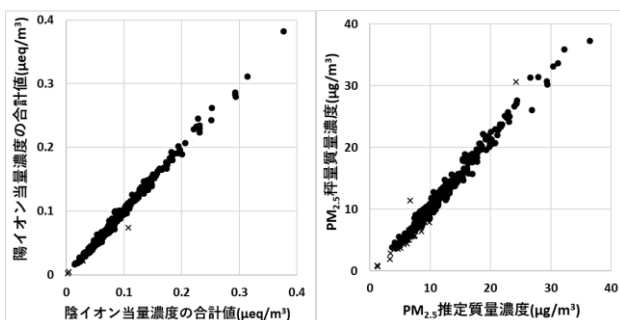


図8 測定結果の妥当性

(右:イオンバランス, 左:マスクロージャーモデル)

欠測を除く全328測定点のうち、イオンバランス法では、ほとんどの測定点が陽イオンに対する陰イオンの許容比率 (0.8～1.2) の範囲にあったが、5測定点で許容比率を外れた。次に、マスクロージャーモデルでも、同じく全328測定点のうち、多くの測定点が $\text{PM}_{2.5}$ の推定質量濃度に対する実測の質量濃度の許容比率 (0.8～1.2) の範囲にあったが、低質量の測定点を中心に

26測定点で許容比率を外れた。そのため、PMF法には、イオンバランス法及びマスクロージャーモデルともに許容比率を満たした合計301測定点を用いて解析を行った。

3.3.3 因子数の決定

3.3.1に従い因子数の検討を行った(図9)。その結果、 $Q(\text{theory})$ 値に対する $Q(\text{Robust})$ 値及び $Q(\text{Robust})$ 値の変動率 (%) を考慮し、因子数9を最適と判断した。この条件下で100回の繰り返し計算とともに、Error Estimation, Bootstrap 計算を実施し、解の安全性を確認し、最終解とした。

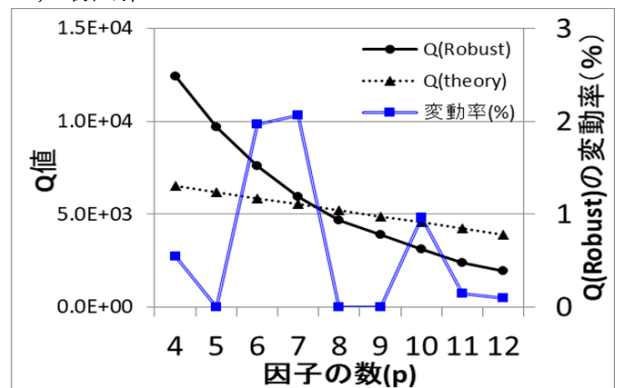


図9 因子数におけるQ値及びQ(Robust)の変動率

3.3.4 因子プロファイルの推定

最終解とした9つの因子プロファイルを図10に示す。図中第1軸の棒グラフは、成分濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) を、第2軸の◇印は、その因子に配分された成分の割合 (%) である。

$\text{PM}_{2.5}$ の発生源の推定は既報^{6～10)}を元に、それぞれの因子プロファイルに特徴的な成分から推定した。

因子1は、Al, Ti, Ca, Feなど地殻含有成分の割合が高いため土壌由来の発生源とした。

因子2は、Naの割合が高いため海塩由来の発生源とした。

因子3は SO_4^{2-} , NH_4^+ の濃度が比較的高く、重油の成分とされる V, Ni の割合が高いため重油由来の硫酸塩の発生源とした。

因子4は、 SO_4^{2-} , NH_4^+ の濃度が最も高く、石炭の成分とされる As, Pb の割合が高いため石炭由来の硫酸塩の発生源とした。

因子5は、Mn, Fe, Cu, EC の割合が高いため道路交通由来の発生源とした。

因子6は、K, OC, EC の割合が高いためバイオマス燃焼を含む廃棄物焼却由来の発生源とした。

因子7は、Cl, NO_3^- の割合が高いため硝酸塩の発生源とした。

因子8は、Zn, Cr, Pb, Sb など釉薬として使用される成分の割合が高いため窯業等製造業由来の発生源とした。

因子9はBa, Cuなど炎色剤として使用される成分の割合が高いため煙火由来の発生源とした。

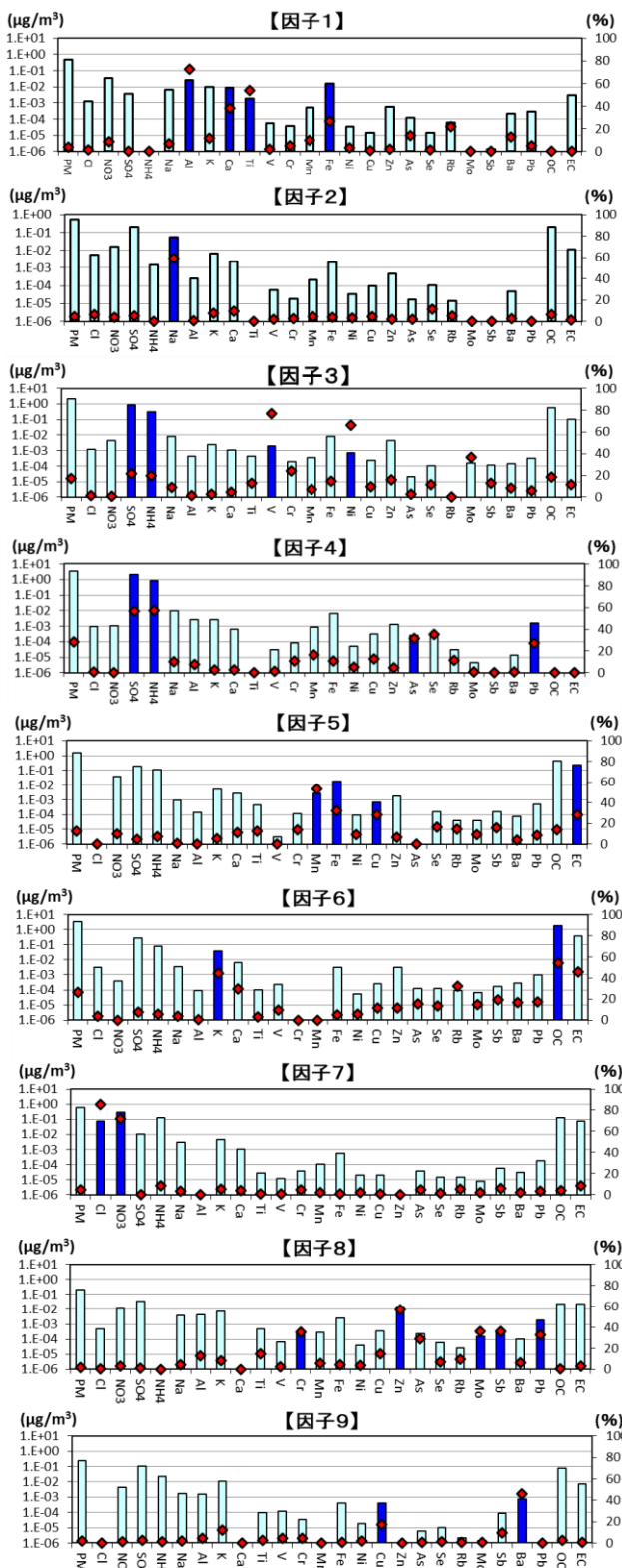


図10 因子プロファイル結果

3.3.5 発生源寄与割合の推定

次に各測定局について、発生源の寄与割合を季節ごとに平均したグラフ図11に示す。

羽島では、発生源として硫酸塩(重油・石炭)が3年間を通じ、春季・夏季・冬季に大きく寄与していることが分かった。その他、秋季ではバイオマス燃焼を

含めた焼却炉由来の発生源が、冬季では硝酸塩由来の発生源が寄与していることが分かった。

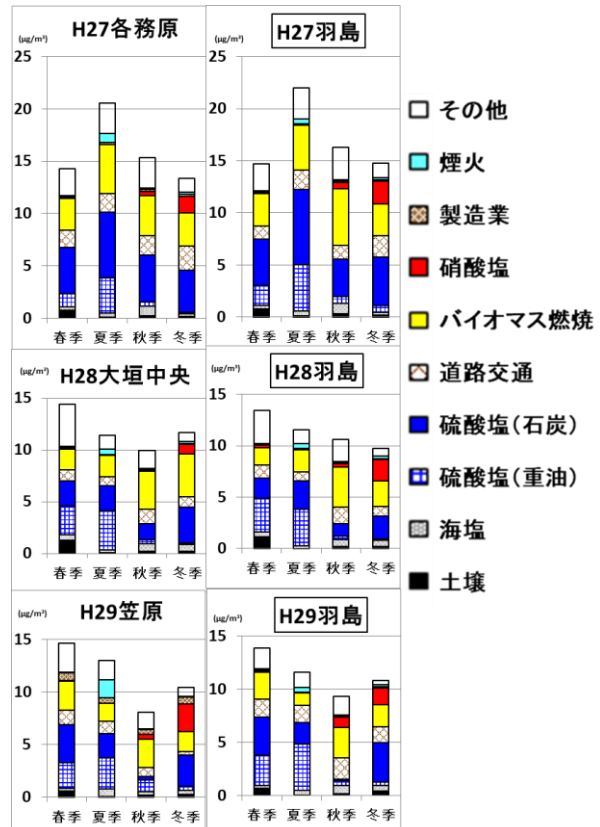


図11 各測定局の発生源寄与濃度

次に測定局の特徴を羽島と比較した。各務原では、年間を通じて重油由来の硫酸塩及び道路交通由来の発生源の割合が高く、夏季では煙火由来の発生源、秋季ではバイオマス燃焼由来の発生源、冬季では硝酸塩由来の発生源の寄与割合が高い傾向が認められた。大垣中央では、羽島と大きな違いは認められなかったが、冬季において硝酸塩由来及びバイオマス燃焼由来の発生源の寄与割合が高い傾向が認められた。笠原では、年間を通じて製造業由来の発生源の寄与が認められ、道路交通由来の発生源の寄与が高いことが認められた。また、夏季では煙火由来の発生源、冬季では硝酸塩由来の発生源の寄与割合が高い傾向が認められた。

4 まとめ

平成27年度から平成29年度までの3年間に岐阜県美濃地方で実施した微粒子状物質(PM_{2.5})の成分分析の結果、成分分析実施期間における年度平均値ではあるが、平成27年度の羽島測定局では環境基準値である15 µg/m³を超過したが、平成28年度、平成29年度では基準値を超過した測定局はなかった。イオン成分、炭素成分については、測定局ごとに大きな違いが認められなかったが、無機成分については、測定局により一部の項目で差が認められた。その成分の内訳から、産業活動など地域での特徴が認められた。

また、PMF 解析から得られた結果でも、硫酸塩（重油・石灰）由来と考えられる発生源の寄与については、測定局間に差は認められなかった。しかし、道路交通由来や窯業等製造業由来の発生源については、地域での特徴が認められた。

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（平成 20 年 4 月），2008.
- 2) 環境省水・大気環境局：環境大気常時監視マニュアル第 6 版（平成 22 年 3 月），2010.
- 3) 高島輝夫，金森信厚：PM_{2.5}成分分析結果の PMF 解析，岐阜県保健環境研究所報，24，20-24，2016.
- 4) 飯島明宏：入門講座 大気モデル第 5 講レセプターモデル，大気環境学会誌，46，(4)A53-A60，2011.
- 5) II 型共同研究事務局：PM_{2.5} の短期的/長期的環境基準超過をもたらす汚染機構の解明，195-244，2016.
- 6) 豊永悟史，出納由美子，北岡宏道，村岡俊彦：レセプターモデルを用いた熊本県における PM_{2.5} 発生源寄与の推定，大気環境学会誌，52，(5)150-165，2017.
- 7) 中坪良平，常友大資，藤原 亘，平木隆年，齋藤勝美，余田佳子，島 正之：兵庫県の 2 地点における PM_{2.5} の発生源解析，兵庫県環境研究センター紀要，4，26-32，2013.
- 8) 比嘉良作，友寄喜貴，城間朝彰，岩崎 綾，田崎盛也：沖縄県における微小粒子状物質(PM_{2.5})の発生源寄与解析，沖縄県衛生環境研究所所報，50，46-51，2016
- 9) 大内伸保，山内正信：PMF 法を用いた微小粒子状物質(PM_{2.5})の発生源寄与の推定，愛媛県立衛生環境研究所年報，18，10-17，2015
- 10) 山神真紀子，久恒邦裕，池盛文数：微小粒子状物質(PM_{2.5})の発生源寄与率の推定，名古屋市環境科学調査センター年報，1，20-25，2012

The Characteristics of Component Analysis of Fine Particulate Matter (PM_{2.5}) in Mino

Nobuatsu KANAMORI, Masahiro KITA, Teruo TAKASHIMA

*Gifu Prefectural Research Institute for Health and Environmental Sciences:
1-1, Naka-fudogaoka, Kakamigahara, Gifu 504-0838, Japan*

Summary

The results of component analysis of microparticulate matter (PM_{2.5}) conducted in the Mino region of Gifu Prefecture during the three years from 2015 to 2017 are summarized. Although it is the annual average during the component analysis implementation period, the Hashima station in 2015 exceeded the environmental standard value of 15 µg/m³, but there were no stations that exceeded 15 µg/m³ in 2016 and 2017.

In addition, there was no difference between the measurement stations for ionic and carbon components among PM_{2.5} components in the Mino region, but for inorganic components, there were differences in some items by the measurement station.

Keywords: Fine particulate matter (PM_{2.5}), component analysis, PMF, Source, Mino region