

【調査研究】

環境中の大気汚染物質に関する研究 (微小粒子状物質PM2.5による大気汚染)

—第8報 2大気測定局におけるPM2.5及びSPMの成分分析—

Component analysis of PM2.5 and SPM at two air pollution monitoring stations

林 隆義, 中桐未知代, 野村 茂, 小川 登, 深見武史, 中桐基晴 (大気科)
Takayoshi Hayashi, Michiyo Nakagiri, Shigeru Nomura, Noboru Ogawa,
Takeshi Fukami, Motoharu Nakagiri (Department of Atmosphere)

要 旨

平成23年度大気常時監視として微小粒子状物質 (PM2.5) の成分分析を開始した総社一般環境大気測定局及び長津自動車排出ガス測定局において、調査期間及び測定項目を拡大するとともに浮遊粒子状物質 (SPM) の成分分析も並行して行い、これらの質量濃度やイオン成分、無機成分等の地点間差を比較した。質量濃度の季節変動は、いずれの測定局においても過去の調査と異なり夏季～秋季に低下しており、夏季の大気不安定な状況が原因の一つと考えられた。長津自動車排出ガス測定局の質量濃度はともに総社一般環境大気測定局よりも高値を示したが、2測定局は同じ変動傾向を示した。イオン成分や金属成分の主要な成分の割合は2測定局でほとんど変わらず、明らかな地域差は認められなかったが、長津自動車排出ガス測定局は8月を除きCl⁻が高値を示した。同測定局の調査期間における風向は、8月は西北西が主であったのに対し、それ以外の時期は東北東～北東が主でありCl⁻の特定発生源の存在が推察されるため今後原因を調査する必要がある。

[キーワード：浮遊粒子状物質, 微小粒子状物質, 大気環境測定局, 成分分析]

[Key words : PM2.5, SPM, Monitoring Station, Component Analysis]

1. はじめに

本県では、平成21年度から環境省試行事業として、早鳥一般環境大気測定局（以下「早鳥局」という。）において微小粒子状物質（以下「PM2.5」という。）自動測定機による常時監視を開始した。また、平成22年度末に長津自動車排出ガス測定局（以下「長津局」という。）、総社一般環境大気測定局（以下「総社局」という。）及び茂平一般環境大気測定局（以下「茂平局」という。）の3測定局にPM2.5自動測定機を整備し、平成23年度から計4測定局（岡山市及び倉敷市設置分を除く。）において大気汚染防止法に基づくPM2.5常時監視と長津局及び総社局で成分分析を開始した（図1）。

本調査ではPM2.5の季節変動やその成分をより詳細に把握するため、調査期間及び測定項目を拡大するとともに浮遊粒子状物質（以下「SPM」という。）の成分分析を行い、その結果をとりまとめたので報告する。

2. 調査方法

2.1 調査地点

平成22年度はPM2.5常時監視開始前の事前調査のため、環境省の試行調査と併せて、早鳥局においてPM2.5とSPMについてマニュアル測定と自動測定機による並行測定を年5時期に分けて実施し、測定法による質量濃度の差や時期による成分変動を調査するとともに、サンプリング方法や分析に係る実施上の問題点の把握を行った²⁾。

この結果をもとに平成23年度の常時監視の成分分析は、使用可能なThermo社製PARTISOL-FRM Model 2000 PM2.5ローボリウムサンプラー（以下「PM2.5-LV」という。）が2台であること、サンプリングにかかる時間や移動の問題を考慮して、PM2.5の主要発生源のひとつとされている自動車排出ガス中のディーゼル排気粒子（DEP）等の影響と、一般住民居住地域の状況の把握等を目的として、国道2号線と瀬戸中央自動車道が交わる幹線道路沿線に設置された長津局と、大規模な事業場等がない総社市中心部の住宅地に設置された総社局の2測定局とした（図1）。

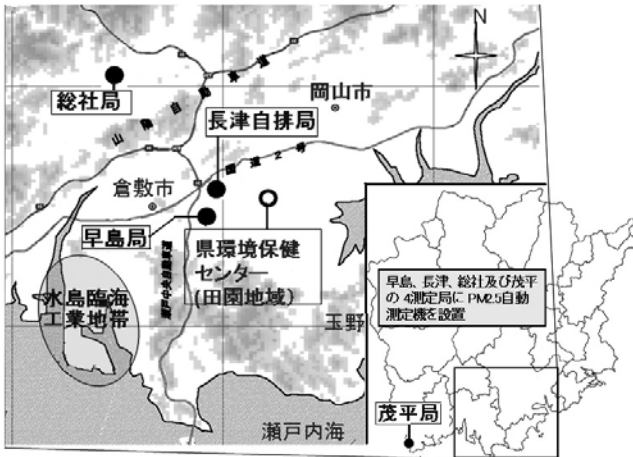


図1 調査地点

2.2 試料採取

各測定局にPM2.5-LVと新宅機械製FKS型ローボリウムエアサンプラー（以下「SPM-LV」という。）を1台ずつ設置し、常時監視計画の年4回（5月、8月、11月及び2月）に加え、過去の調査^{1) 2)}でPM2.5濃度の増加傾向が認められた秋季～冬季に調査を2回（10月及び1月）サンプリングを実施した（表1）。

PM2.5及びSPMは、いずれも石英繊維ろ紙（Pallfulex 2500QAST, 8x10inch）を直径47mmに切り抜いたものを使用した。

試料のサンプリング時間は、ろ紙の交換作業や車での移動を考慮して、長津局は午前10時～翌日午前9時、総社局は午前11時～翌日午前10時の23時間とし、各回とも月曜日から金曜日までの延べ5日間行い、PM2.5及びSPM各24検体、2測定局で合計96検体を得た。

2.3 装置及び使用条件

PM2.5の質量濃度の秤量は「環境大気常時監視マニュアル 第6版（平成22年3月）」³⁾に従って、採取試料は温度 $21.5 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $35 \pm 5\%$ の条件で24-72時間コンディショニング後、ウルトラマイクロ天秤で秤量した。サンプリング及び秤量に用いた機器等は表2のとおりである。

表1 試料採取期間

採取場所:長津局・総社局					
時期	期間	PM2.5試料数		SPM試料数	
		長津局	総社局	長津局	総社局
5月	2011/ 5/16(月) - 5/20(金)	4	4	4	4
8月	2011/ 8/ 8(月) - 8/12(金)	4	4	4	4
10月	2011/10/17(月) - 10/21(金)	4	4	4	4
11月	2011/11/28(月) - 12/ 2(金)	4	4	4	4
1月	2012/ 1/16(月) - 1/20(金)	4	4	4	4
2月	2012/ 2/14(月) - 2/18(金)	4	4	4	4
計		24	24	24	24
長津局	午前10時～翌日午前9時(23時間)				
総社局	午前11時～翌日午前10時(23時間)				

秤量後のPM2.5及びSPM採取後の石英繊維ろ紙を1/4カッターを用いて4等分し、それぞれ1/4を、「大気中微小粒子状物質（PM2.5）測定方法暫定マニュアル 改訂版」⁴⁾に従い、イオン8成分（ Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} ）、金属13成分（Mn、Cr、Ni、Be、As、Al、Fe、Zn、Cu、V、Pb、Se、Cd）、多環芳香族炭化水素類（PAHs）26成分等の分析に供し、残り1/4は -20°C で凍結保存した。

3. 結果と考察

当報告では、PM2.5の主要な成分である質量濃度、イオン成分及び金属成分等についてとりまとめた。PAHs及びその他成分については中桐らが別途報告している⁵⁾。

3.1 測定地点及び時期における質量濃度と主要成分の割合の比較

PM2.5及びSPMのマニュアル測定で得られた各々24検体の質量濃度と、同時期に測定した自動測定機の1時間値の23時間分の平均値及びその他の常時監視データを示す（表3）。

ただし、長津局のSPM自動測定機の点検のため11月29日の自動測定機によるSPMのデータは欠測とした。

各調査時期におけるPM2.5とSPMの質量濃度の変動を図2に示した。長津局はPM2.5及びSPMともに総社局を上回ったが2測定局の変動は同期しており、バックグラウンドと考えられる総社局の値に自動車排出ガスが恒常的に影響を与えているものと考えられた。しかし、総社局のPM2.5の平均値においても環境基準値である年平均 $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過しており、住宅地域においてもPM2.5が高い濃度で推移していた。

センター屋上や早島局における過去の結果^{1) 2)}では、PM2.5及びSPMともに初夏から初冬にかけて上昇し冬季に低下する一山型の傾向を示していたが、今回はこれとは異なり、長津局、総社局ともに8月から10月にかけて減少し、11月に若干上昇し1月に低下した後、2月に上昇するというW型の変動を示していた。8月にPM2.5の上昇がみ

表2 マニュアル測定の捕集条件と秤量条件

	PM2.5	SPM
捕集用 ローボリウム エアサンプラー	PM2.5捕集用 ローボリウム エアサンプラー(PM2.5-LV) Rupprecht&Patashinic製 PARTISOL-FRM Model 2000	SPM捕集用 ローボリウム エアサンプラー(SPM-LV) 新宅機械製、FKS型 10 μ m ϕ 分級装置付
ろ紙	47mm ϕ 石英繊維ろ紙 PALLFLEX製 TISSUQUARTZ 2500QAT 8"×10"から打ち抜き	同左
流量	16.7L/分	20L/分
捕集時間	1日(23時間)	同左
秤量機器	ウルトラマイクロ天秤 Sartorius製 SE-2F	同左
コンディショニング	温度21.5 \pm 1.5 $^{\circ}$ C 湿度35 \pm 5%	同左

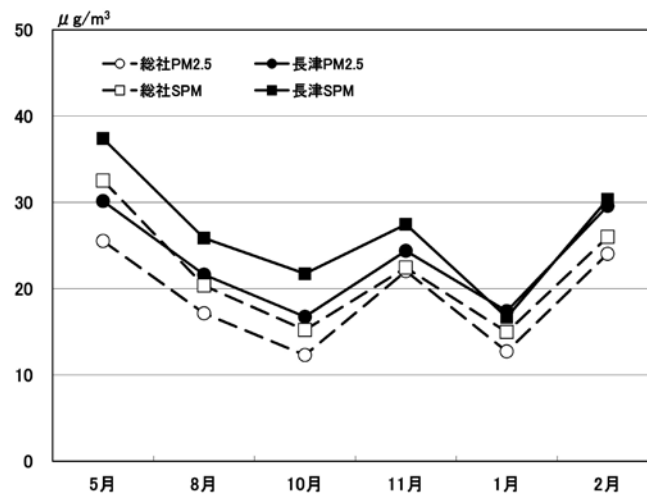


図2 PM2.5及びSPMの質量濃度(マニュアル測定)

られなかったのは、夏季における大気的不安定な状況との関連が疑われる。11月の上昇は県南部で稲刈り後のワラ焼きが行われるためと思われるが、10月の低値の原因究明については、今後のデータの蓄積が必要である。

次にPM2.5とSPMについてマニュアル測定の質量濃度の相関をみた(図3, 4)。

2測定局ともに良い相関を示し、また回帰式の傾きからSPMの8割程度をPM2.5が占めていることが確認され、SPMの挙動を捕らえることによりPM2.5の状況を一定程度推測可能と思われた。

次に、PM2.5とSPMの主要な成分である、イオン成分、金属成分及び炭素成分を含むその他成分について、調査時期別にその割合を図5, 6に示した。

2測定局ともに質量濃度の差はあるものの、調査時期にかかわらず3つの主要な成分の割合に大きな差は認められなかった。金属13成分の割合は2測定局ともにPM2.5で2%程度、SPMで4%程度とSPMの方が多かったが質量全体に占める割合は小さかった。イオン成分の割合はPM2.5の方がSPMよりも若干高いものの、平均して40%程度と粒子中の質量の多くを占めていた。また、炭素成分を

含むと考えられるその他成分の割合については2測定局で明確な差は見られなかったが、長津局は総社局に比べて自動車排出ガスの影響を強く受けると考えられることから、今後凍結保存した1/4ろ紙中の炭素成分の詳細な状況を捕らえる必要がある。

3.2 水溶性イオン成分分析結果

水溶性イオン8成分についてPM2.5及びSPMの測定局別のイオン当量比を図7及び図8に示す。

2測定局ともにPM2.5, SPMのいずれも NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} が主成分を占め、夏季に NO_3^- の当量比が低く、秋季にから冬季にかけて増加する傾向は過去の調査結果と同様であった。

SPMについては2測定局ともに Na^+ , Mg^{2+} , 及び Ca^{2+} の当量比がPM2.5の当量比よりも大きく、粗大粒子(>粒径 $2.5\mu\text{m}$)である海塩粒子の捕集によるものと推察された。

また、2測定局間の Na^+ , Mg^{2+} 及び Ca^{2+} の当量比の差は少なく、海塩粒子の影響は2測定局とも同程度と考えられた。しかし Cl^- 当量比については、PM2.5及びSPMとも長津局が高い傾向を示した。特に海塩粒子の影響が少ないと考

表3 PM2.5及びSPMの質量濃度

採取開始 月日	天気	気温 平均 ℃	湿度 平均 %	風速 平均 m/s	Ox 最大 ppb	NO 最大 ppb	NO2 最大 ppb	マニュアル測定			自動測定機					
								PM2.5 μg/m ³	SPM μg/m ³	PM2.5 /SPM	PM2.5 μg/m ³	SPM μg/m ³	PM2.5 /SPM			
総社局	5月16日	月	晴れ	21.0	48.1	1.2	90	3	20	33.0	43.7	0.755	35.5	44.3	0.801	
	5月17日	火	晴れ	18.2	58.4	1.7	73	3	12	20.4	25.5	0.800	20.3	24.5	0.829	
	5月18日	水	晴れ	20.4	42.6	1.4	90	2	17	20.3	27.0	0.749	20.5	26.6	0.769	
	5月19日	木	晴れ	21.2	58.5	1.4	95	3	19	28.4	33.9	0.839	30.3	39.1	0.775	
	5月平均				20.2	51.9	1.4	87	3	17	25.5	32.5	0.784	26.6	33.6	0.792
	8月8日	月	晴れ	30.1	65.9	1.2	68	7	14	18.4	22.6	0.814	20.1	33.2	0.605	
	8月9日	火	晴れ	31.2	60.3	1.6	45	4	13	20.3	21.9	0.926	21.2	33.0	0.641	
	8月10日	水	晴れ	31.6	54.8	1.9	56	4	14	15.7	19.8	0.792	20.5	30.0	0.684	
	8月11日	木	晴れ	30.7	60.8	1.8	53	4	11	14.2	17.1	0.830	15.7	25.0	0.629	
	8月平均				30.9	60.4	1.6	56	5	13	17.1	20.4	0.842	19.4	30.3	0.639
	10月17日	月	曇り	17.3	56.6	1.2	43	3	9	11.6	14.0	0.827	12.3	13.9	0.881	
	10月18日	火	晴れ	17.4	56.2	1.3	47	11	11	12.1	14.7	0.822	9.5	10.8	0.884	
	10月19日	水	晴れ	18.1	59.5	1.1	48	3	14	11.1	14.7	0.753	9.8	13.3	0.738	
	10月20日	木	晴れ	20.5	63.4	1.2	49	5	19	14.4	17.3	0.829	17.4	20.4	0.850	
	10月平均				18.3	58.9	1.2	47	6	13	12.3	15.2	0.809	12.2	14.6	0.838
	11月28日	月	曇り	13.1	80.7	0.9	20	43	31	34.1	35.1	0.971	35.9	43.8	0.819	
	11月29日	火	晴れ	14.8	79.4	0.7	15	69	47	38.2	39.3	0.973	42.6	49.3	0.865	
	11月30日	水	晴れ	14.5	70.1	1.4	32	8	31	12.8	12.9	0.993	14.2	17.7	0.804	
	12月1日	木	曇り	10.0	65.8	1.5	33	9	16	3.0	2.4	1.270	1.8	0.5	3.517	
	11月平均				13.1	74.0	1.1	25	32	31	22.0	22.4	0.983	23.6	27.8	0.849
	1月16日	月	曇り	4.5	60.7	1.0	32	29	27	11.8	13.9	0.847	10.7	10.3	1.040	
	1月17日	火	晴れ	4.6	59.8	1.2	38	20	32	10.0	12.7	0.787	7.4	9.0	0.827	
	1月18日	水	晴れ	7.5	58.8	0.7	31	38	36	22.4	26.2	0.856	16.8	21.7	0.773	
	1月19日	木	雨	6.5	87.9	1.3	29	23	25	6.7	7.1	0.942	4.1	3.4	1.189	
1月平均				5.8	66.8	1.1	33	28	30	12.7	15.0	0.850	9.8	11.1	0.878	
2月20日	月	晴れ	4.2	53.8	1.1	40	14	31	17.5	19.5	0.896	15.6	15.4	1.012		
2月21日	火	曇り	6.1	72.7	0.7	33	19	35	29.6	29.3	1.010	25.0	31.1	0.803		
2月22日	水	曇り	7.6	83.6	1.2	37	20	26	22.6	24.3	0.931	18.5	21.5	0.860		
2月23日	木	雨	9.3	62.6	1.7	55	15	25	26.4	30.8	0.858	25.3	31.9	0.792		
2月平均				6.8	68.2	1.2	41	17	29	24.0	26.0	0.925	21.1	25.0	0.844	
長津局	5月16日	月	晴れ	20.9	48.2	0.8	85	81	83	37.8	47.8	0.789	43.8	53.4	0.820	
	5月17日	火	晴れ	18.3	58.7	1.3	76	66	52	24.6	29.0	0.850	29.4	32.7	0.899	
	5月18日	水	晴れ	20.3	42.4	0.7	83	63	69	25.1	34.0	0.739	31.9	37.4	0.853	
	5月19日	木	晴れ	21.2	58.2	0.6	89	63	47	33.1	38.8	0.852	36.3	43.3	0.837	
	5月平均				20.2	51.9	0.8	83	68	63	30.1	37.4	0.806	35.3	41.7	0.847
	8月8日	月	晴れ	30.0	65.9	0.5	57	86	49	24.7	28.0	0.883	29.5	37.3	0.790	
	8月9日	火	晴れ	31.3	60.5	0.9	60	70	48	26.2	30.7	0.853	29.7	38.0	0.781	
	8月10日	水	晴れ	31.6	55.1	1.6	64	63	44	19.8	25.3	0.781	25.6	34.0	0.753	
	8月11日	木	晴れ	30.7	60.6	1.5	53	49	36	15.9	19.4	0.817	18.9	25.5	0.740	
	8月平均				30.9	60.5	1.2	59	67	44	21.6	25.8	0.837	25.9	33.7	0.769
	10月17日	月	曇り	17.3	57.0	0.7	49	125	42	15.5	24.7	0.629	18.2	19.7	0.926	
	10月18日	火	晴れ	17.4	56.1	0.9	54	117	55	12.3	8.1	1.526	15.1	20.9	0.724	
	10月19日	水	晴れ	18.1	59.2	0.6	61	86	38	16.6	25.2	0.659	21.9	21.8	1.003	
	10月20日	木	晴れ	20.4	63.3	0.7	59	80	53	22.5	28.9	0.778	28.8	32.2	0.895	
	10月平均				18.3	58.9	0.7	56	102	47	16.7	21.7	0.770	21.0	23.6	0.889
	11月28日	月	曇り	13.0	80.7	0.4	8	165	45	52.2	57.7	0.905	71.7	51.4	1.395	
	11月29日	火	晴れ	14.7	79.4	0.3	11	207	59	58.5	66.5	0.880	79.4	欠測	-	
	11月30日	水	晴れ	14.5	70.4	1.3	34	63	38	16.2	18.0	0.899	21.1	18.8	1.120	
	12月1日	木	曇り	10.0	65.9	1.7	34	65	39	4.7	6.6	0.709	3.9	5.9	0.660	
	11月平均				13.1	74.1	0.9	22	125	45	32.9	37.2	0.884	44.0	-	-
	1月16日	月	曇り	4.5	60.9	0.7	32	233	58	15.8	17.7	0.892	17.3	19.1	0.902	
	1月17日	火	晴れ	4.7	59.6	0.7	40	238	59	16.6	17.9	0.927	17.0	17.3	0.982	
	1月18日	水	晴れ	7.4	58.3	0.6	35	73	42	25.5	19.7	1.293	24.2	26.2	0.926	
	1月19日	木	雨	6.5	87.4	1.0	24	89	37	11.7	11.5	1.022	14.3	12.3	1.170	
1月平均				5.8	66.5	0.8	33	158	49	17.4	16.7	1.042	18.2	18.7	0.973	
2月20日	月	晴れ	4.3	53.1	0.6	41	172	61	21.2	25.8	0.821	19.5	28.7	0.679		
2月21日	火	曇り	5.9	72.3	0.5	25	143	52	40.2	44.3	0.908	25.8	49.5	0.521		
2月22日	水	曇り	7.6	82.8	1.1	38	108	41	28.5	18.8	1.515	24.9	31.9	0.780		
2月23日	木	雨	9.3	64.5	1.2	53	186	65	28.4	32.5	0.875	17.2	40.9	0.421		
2月平均				6.8	68.2	0.9	39	152	55	29.6	30.3	0.975	21.9	37.8	0.579	

※気温・湿度は岡山 ※長津は早島のOx値を参照

えられるPM2.5でCl⁻当量比が、8月を除き、顕著に総社局よりも高値を示した。

幹線道路沿道である長津局は総社局よりもNO_x濃度が高く、PM2.5中のNO₃⁻も若干高いことから、NO_xの影響によるクロロロスによりCl⁻当量比は低値を示すものと予測さ

れたが、これに反して8月以外は総社局よりも高値を示した。

8月のCl⁻については、高温により揮散して総社局との差がなくなったと推察されるが、その他の時期でCl⁻が高い原因を調べるため、長津局における各調査期間におけ

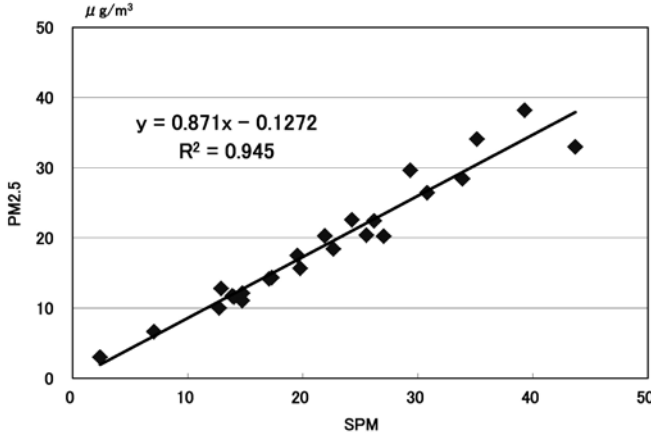


図3 総社局のSPMとPM2.5の相関（マニュアル測定）

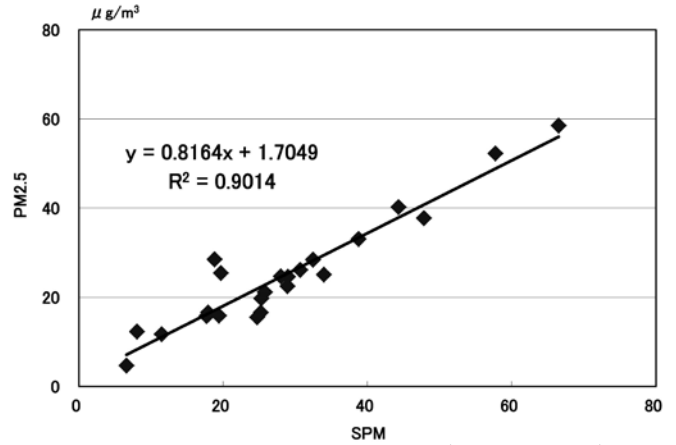


図4 長津局のSPMとPM2.5の相関（マニュアル測定）

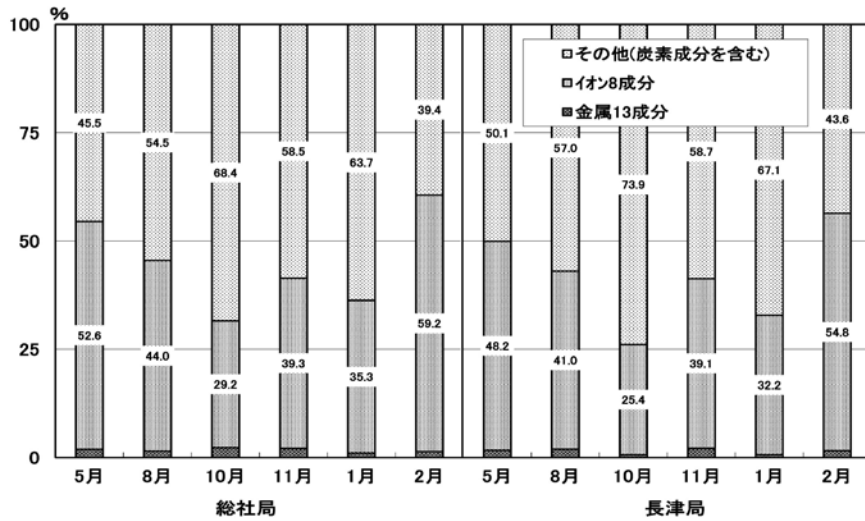


図5 PM2.5主要成分の割合

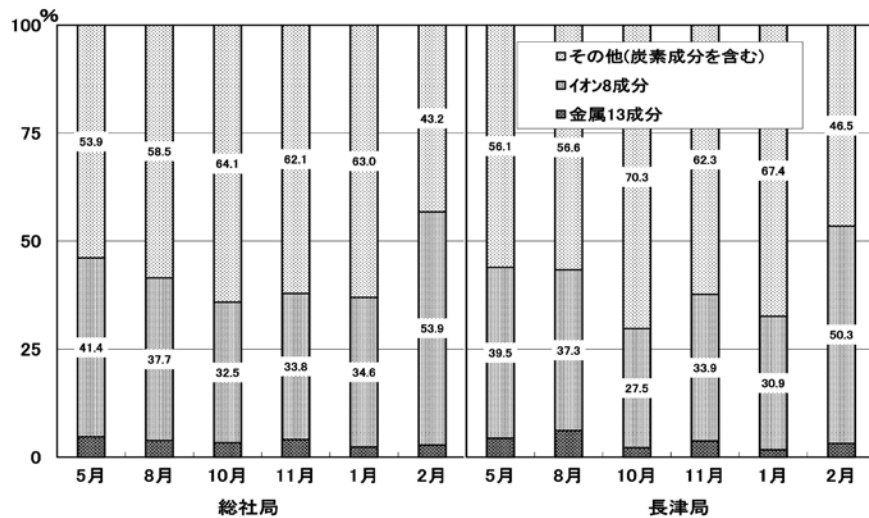


図6 SPM主要成分の割合

る風向を確認したところ、8月の主な風向は西南西であったが、それ以外の時期では、北東から東北東であった(図9)。

今後、Cl⁻が高値となる原因としてその発生源(廃棄物焼却施設等の状況)について調査する必要があると思われる。

3.3 金属成分分析結果

PM2.5及びSPMの調査時期別の金属13成分の結果を示す(図10, 11)。

金属13成分の合計濃度は、長津局が総社局よりも高い値

を示すものの、PM2.5で0.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、SPMで1.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度であり、粒子全体質量に占める割合はわずかであったが、その変動は質量濃度の変動とほぼ同期しており、Fe、Al、Znの3元素が、金属13成分の大部分を占めていた。しかし、1/4ろ紙では、捕集した粒子が低濃度の場合、ブランク値が高い元素等では定量が困難なものがあり、発生源究明のため正確に金属成分分析を測定するには、分析試料の質量を増やすかブランク値の小さいPTFEろ紙による捕集の必要性が感じられた。

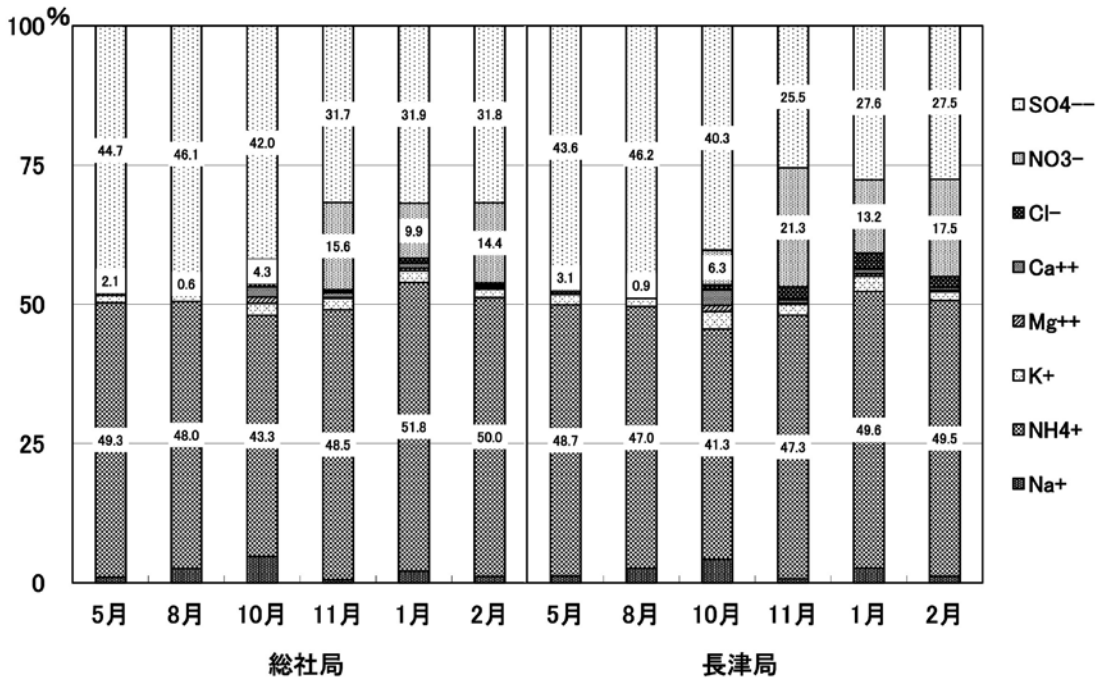


図7 PM2.5イオン当量比

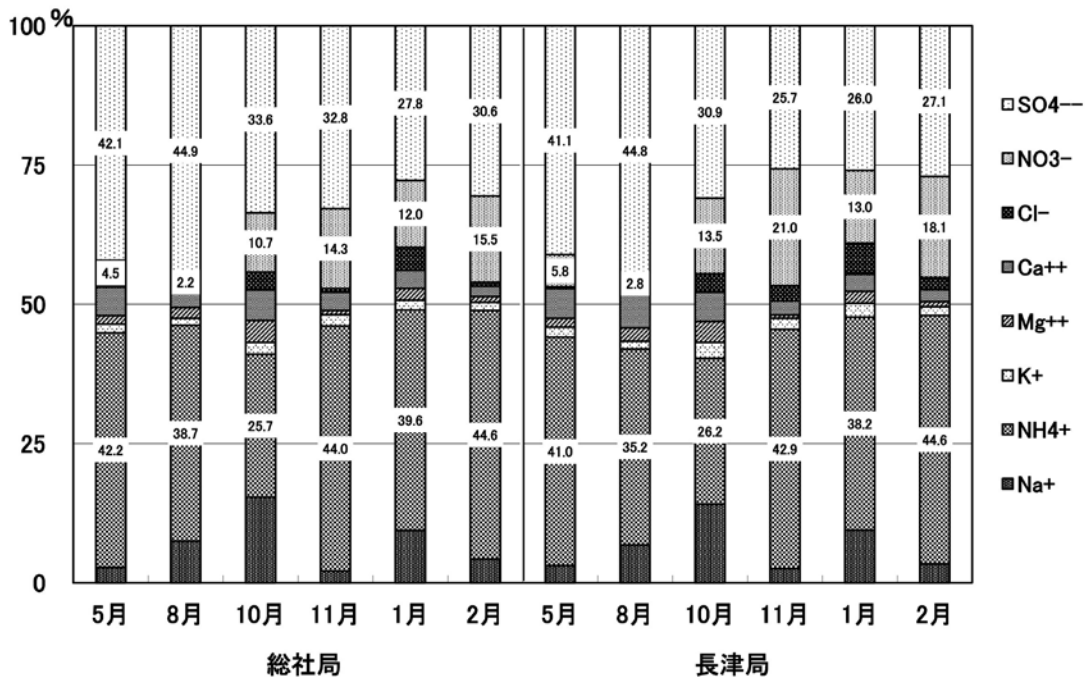


図8 SPMイオン当量比

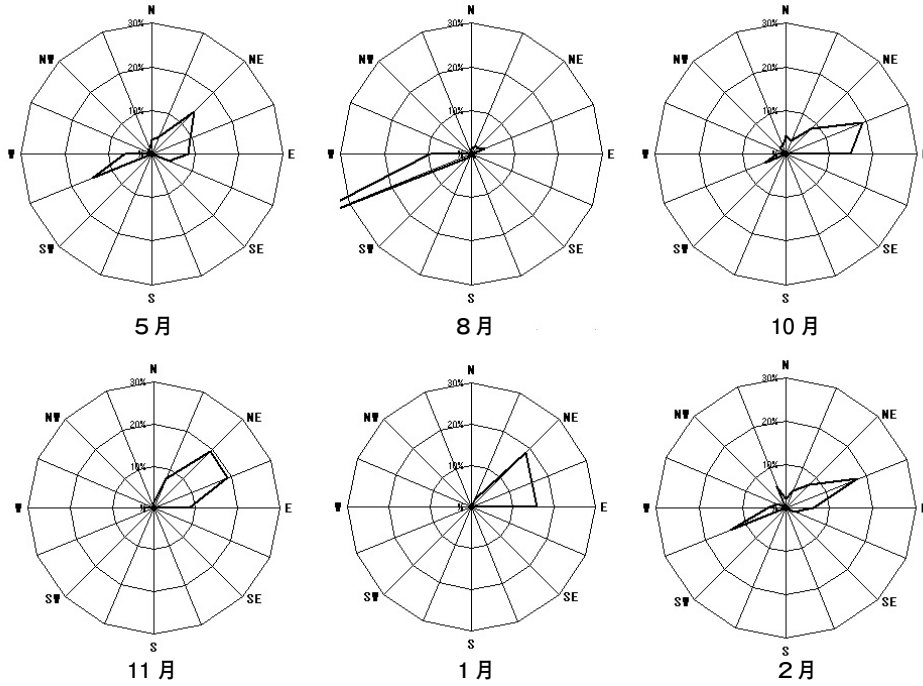


図9 調査期間における長津局の風配図

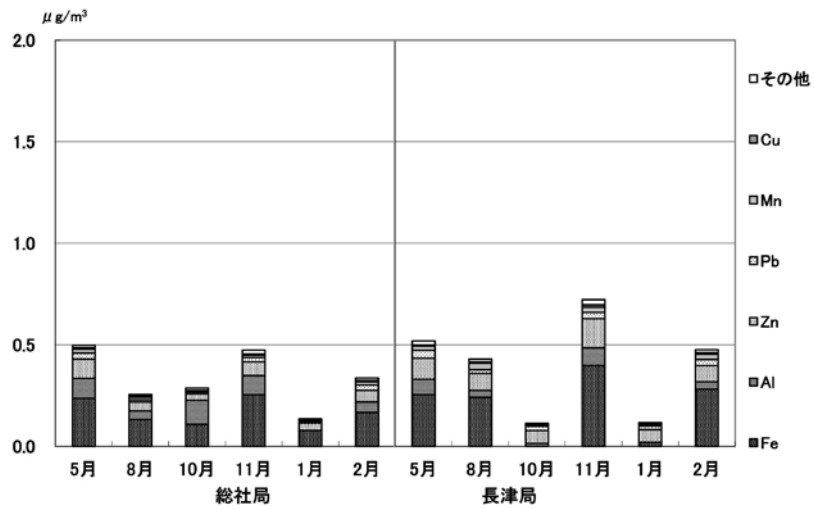


図10 PM2.5金属成分

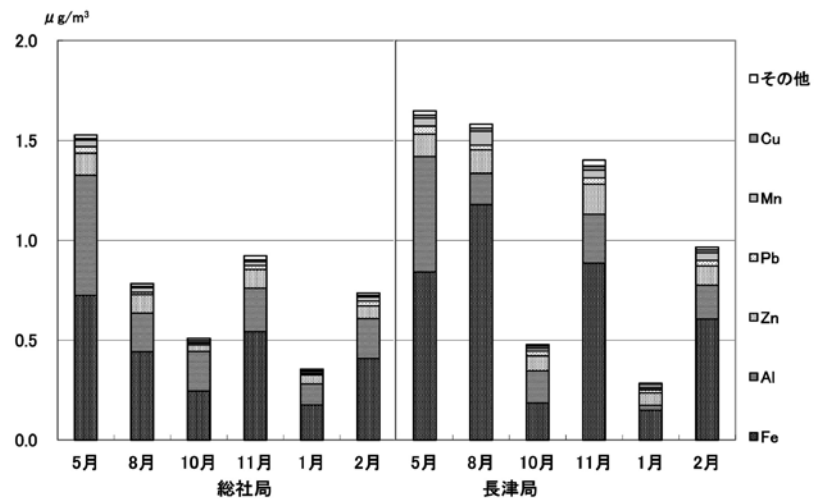


図11 SPM金属成分

4. まとめ

平成23年度、PM2.5常時監視を開始した一般環境大気測定局の総社局及び自動車排出ガス測定局の長津局において、四半期毎、年4回の常時監視成分分析に、調査研究による2回の成分分析期間を追加し、PM2.5のイオン成分、無機金属成分等の分析を実施するとともに、SPMについても同様に並行して採取分析した結果、以下のとおりであった。

- 1) 質量濃度はPM2.5、SPMともに長津局が総社局よりも常に高値を示したが、調査時期による変動傾向は同じであった。しかし、総社局のPM2.5の平均値においても環境基準値(年平均 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$)を超過しており、住居地域での高濃度の状況が確認された。
- 2) 過去のセンター屋上や早島局での調査とは異なり、夏季～秋季にPM2.5が高値を示す状況が認められなかった。これは、夏季における大気不安定な状況との関連性が疑われた。
- 3) マニュアル測定では2測定局ともPM2.5とSPMの間に良い相関が認められ、一次回帰式の傾きが0.8程度と、SPMの質量濃度の約8割がPM2.5であることが確認できた。このことから、SPMの測定によりPM2.5の状況が一定程度推測できるものと考えられた。
- 4) 2測定局における、PM2.5とSPMの主要成分(金属成分、イオン成分及びその他成分)の割合については、大きな差は認められなかった。
- 5) 2測定局ともSPMでは海塩粒子の影響が認められたが、その影響割合には2測定局間で大きな差は認められなかった。
- 6) 長津局のPM2.5では、8月を除くと Cl^- 当量比が総社局よりも高値であった。風向は8月以外は主に東北東～北東であり、今後この方向について Cl^- 当量比が高値となる原因(廃棄物焼却施設等の状況)を調査する必要があると思われる。
- 7) 金属13成分は、2測定局ともにPM2.5及びSPMの質量濃度の2.4%と少なく、Fe、Al、Znの3成分が大部分を占めていた。石英繊維ろ紙を用いた金属成分分析は、捕集粒子の質量濃度が低い場合、ブランクが高い元素等の定量が困難であった。分析試料の質量を増やしブランクの低いPTEFろ紙を使用するために、平成24年度からはPM2.5-LVは2台/1測定局体制とすることとした。

参考文献

- 1) 石井尚志, 野村 茂, 中桐未知代, 山辺真一: 環境中の大気汚染物質に関する研究(微小粒子PM2.5による大気汚染)―第5報―, 岡山県環境保健センター年報34, 7-10, 2010
- 2) 林 隆義, 中桐未知代, 野村 茂, 小川 登, 片岡敏夫, 中桐基晴: 環境中の大気汚染物質に関する研究(微小粒子PM2.5による大気汚染)―第6報―, 岡山県環境保健センター年報35, 1-7, 2011
- 3) 環境省: 環境大気常時監視マニュアル 第6版(平成22年3月)
- 4) 環境省: 大気中微小粒子状物質(PM2.5)測定方法暫定マニュアル改定版(平成19年7月)
- 5) 中桐未知代, 林 隆義, 野村 茂, 小川 登, 深見武史, 中桐基晴: 環境中の大気汚染物質に関する研究(微小粒子PM2.5による大気汚染)―第9報―, 岡山県環境保健センター年報36, 投稿中, 2012