

資料

2014年度の鹿児島県におけるPM2.5のイオン成分調査結果

四元 聡 美 西中須 暁 子 東小菌 卓 志
 福田 哲 也 平瀬 洋 一

1 はじめに

粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下の微小粒子状物質（以下、「PM2.5」という。）については、粒子の大きさが非常に小さいため、肺の奥深くまで入り込み、呼吸器系への影響に加え、循環器系への影響が懸念されている。

これを受けて、2009年9月にPM2.5の環境基準が設定¹⁾され、2010年3月の事務処理基準の改正²⁾により、PM2.5の測定が地方自治体に義務づけられた。

本県においては、PM2.5自動測定機を2011年度から順次整備し、2013年度までに県内6か所（県整備局）で測定を行い、併せて、PM2.5の成分分析（イオン成分）を2013年度秋季から開始している。

今回は、2014年度の調査地点におけるイオン成分分析調査の結果について報告する。

2 調査方法

2.1 調査地点

成分分析を実施した調査地点を図1に示す。



図1 調査地点

調査は、県の測定局のうち霧島局、薩摩川内局、羽島局及び出水局の4地点において行った。霧島局は県中央部に位置し、周辺に電子部品製造工業等が立地している。薩摩川内局は国道3号線沿いにあり自動車排出ガス測定局である。羽島局は県の西側に位置し、周辺は住宅地域である。出水局は県の北部に位置し、周辺は住宅地域である。

2.2 調査期間

試料採取を行った期間を表1に示す。

表1 調査期間

地点	季節	期間
霧島	春	2014年 4月24日12時～ 5月 8日12時
	夏	2014年 7月 4日12時～ 7月18日12時 (7/8～10台風による影響のため欠測)
	秋	2014年10月 7日13時～10月21日13時 (10/10～13台風による影響のため欠測)
	冬	2015年 1月 7日 0時～ 1月20日 0時
薩摩川内	春	2014年 5月 9日12時～ 5月26日12時 (5/15, 5/20～22機器不良のため欠測)
	夏	2014年 7月25日12時～ 8月 1日12時 (8/1～7台風による影響のため欠測)
	秋	2014年10月25日 0時～11月 8日 0時 (10/27, 11/1～5機器不良のため欠測)
	冬	2015年 1月24日 0時～ 2月 6日 0時
羽島	春	2014年 5月27日15時～ 6月10日15時
	夏	2014年 8月11日13時～ 8月25日13時
出水	春	2014年 6月13日12時～ 6月25日12時 (6/14～15, 6/21～22, 6/25～26機器不良のため欠測)
	夏	2014年 8月29日12時～ 9月12日12時

2. 3 試料採取

試料は、FRM-2025i (Thermo Scientific社製) を用い、吸引流量16.7L/minで24時間採取した。

また、フィルターは、φ47mm石英繊維フィルター (Pall社製) を使用した。

2. 4 分析手法

PM2.5の質量濃度は、自動測定機のデータを使用した。

イオン成分については、環境省「大気中微小粒子状物質 (PM2.5) 成分測定マニュアル」に準じて実施し、イオンクロマトグラフ法 (DIONEX社製 ICS-1600) により分析を行った。

分析項目はSO₄²⁻、NO₃⁻、Cl⁻、NH₄⁺、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺の8項目である。

3 結果及び考察

3. 1 質量濃度

成分分析を実施した各測定局のPM2.5自動測定機の月平均濃度の推移を図2に示す。

PM2.5月平均濃度は、各測定局とも5月が高く、8月が低かった。地点別では、年間を通し出水局が低く、夏季を除いて薩摩川内局が高かった。

薩摩川内局は自動車排出ガス測定局のため、自動車排ガスの影響を受けていることが考えられる。

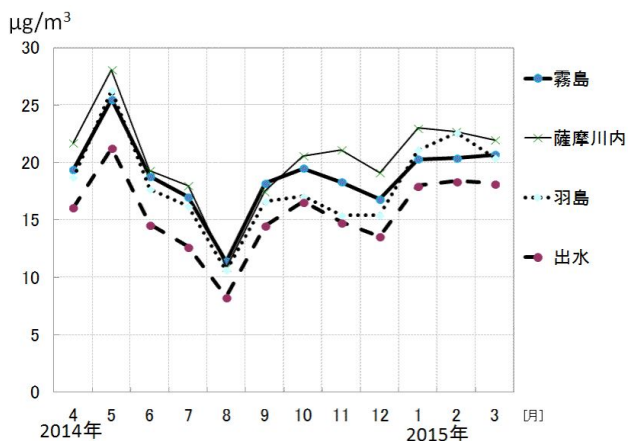


図2 PM2.5質量濃度の経月変化

3. 2 イオン成分の濃度組成

2014年度は4地点、4季延べ141日間のサンプリングを行った。質量濃度の範囲は1.8~55.6µg/m³、平均値は19.3µg/m³であった。また、質量濃度に占めるイオン成分濃度の平均割合は43.4%であった。

イオン成分分析を実施した延べ141日間の各イオンの平均組成割合を図3に示す。SO₄²⁻、NH₄⁺、NO₃⁻の3成分で

全イオンの95.8%を占めていた。特にSO₄²⁻、NH₄⁺の両イオンで90.1%を占め、4地点のPM2.5中のイオン成分は、多くが二次生成物質の硫酸アンモニウムが主成分であると考えられる。

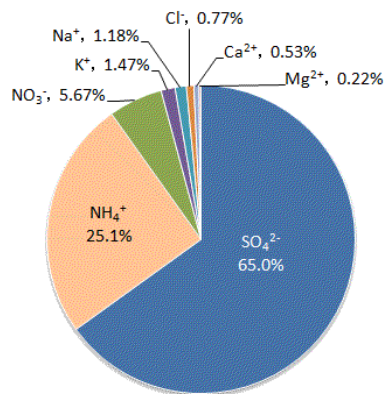


図3 イオン成分の平均組成割合

3. 3 季節変動及び地域特性

季節・地点ごとのPM2.5質量濃度及びイオン成分濃度を図4に、質量濃度に占めるイオン成分濃度の組成割合を表2に示す。

SO₄²⁻については、各地点ともいずれの季節においても、最も組成割合が高かった。地点別では、質量濃度の低い出水局で最も割合が高く42%を占めた。

NO₃⁻及びCl⁻については、冬季の霧島局及び薩摩川内局の組成割合が、各々NO₃⁻7.61%、7.18%、Cl⁻0.57%、0.90%であり、他の季節の平均値と比べNO₃⁻が約10倍、Cl⁻が約5倍多かった。要因としては、気温や湿度などで変化しやすいNO₃⁻及びCl⁻が冬季は気温が低いため、大気中で比較的安定な粒子状として存在していたと考えられる。

NH₄⁺については、各地点とも大きな季節変動は見られなかった。地点別では、出水局で組成割合が高かった。

SO₄²⁻、NO₃⁻、Cl⁻、及びNH₄⁺については、一般に二次生成粒子の寄与が多いと報告されており、出水局はこれらの4イオンが質量濃度に占める割合が61%であったことから、PM2.5の濃度に二次生成物質が関与する割合が高いことが考えられた。

K⁺及びCa²⁺について、羽島局の春季で濃度の上昇がみられた。調査期間の5月27日~6月1日は黄砂が観測されており、その影響を受けたと考えられる。

3. 4 相関係数

イオン成分の季節・地点ごとの平均値について、各々の濃度間の相関係数を表3に示す。

各季節・地点の相関係数については、季節変動、越境移流の影響の有無のほか低濃度の成分間の相関を比較しているため範囲が広いものがある。

PM2.5質量濃度とSO₄²⁻との相関係数は0.725~0.992の範囲で高い相関があった。NH₄⁺との相関係数は0.713~0.993の範囲でSO₄²⁻と同様に高い相関が見られた。また、SO₄²⁻とNH₄⁺間の相関係数は0.987~0.999の範囲で、いずれの地点、季節とも相関が高く、PM2.5が高濃度となる

要因の一つとして硫酸アンモニウムが考えられた。

羽島局の春季のPM2.5質量濃度とCa²⁺、Mg²⁺及びNO₃⁻との相関係数は、0.808~0.933の範囲で高い相関があった。また、黄砂由来成分であるCa²⁺、Mg²⁺とNO₃⁻の各々間の相関係数は0.918~0.947の範囲で高い相関があった。羽島局では、この期間に黄砂が観測されており、黄砂に含まれるカルシウムが大気中の硝酸と反応し、揮発性の低い硝酸カルシウムを形成し飛来したことが考えられた。

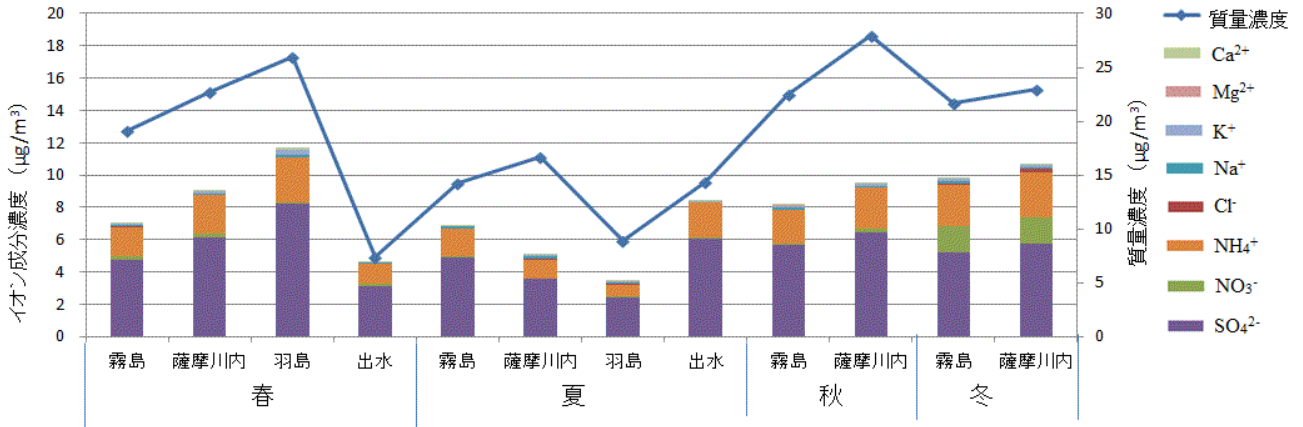


図4 各測定地点の質量濃度及びイオン成分濃度の季節変化

表2 質量濃度に占めるイオン成分濃度の組成割合

(単位：%)

季節	地点	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	その他
春	霧島	0.12	1.12	24.7	0.54	9.5	0.55	0.09	0.18	63.2
	薩摩川内	0.09	1.10	26.9	0.40	10.5	0.56	0.06	0.13	60.3
	羽島	0.03	0.36	31.7	0.51	10.6	1.14	0.18	0.50	54.9
	出水	0.08	2.01	42.4	0.38	16.9	0.62	0.07	0.22	37.3
夏	霧島	0.21	0.46	34.3	0.77	11.9	0.27	0.11	0.29	51.7
	薩摩川内	0.30	0.18	21.2	0.97	7.1	0.55	0.14	0.32	69.2
	羽島	0.29	0.45	27.3	1.48	8.2	0.29	0.17	0.38	61.4
	出水	0.03	0.22	42.3	0.28	15.0	0.46	0.06	0.17	41.5
秋	霧島	0.10	0.60	25.1	0.65	9.1	0.50	0.08	0.16	63.7
	薩摩川内	0.15	0.94	23.1	0.28	9.0	0.57	0.03	0.16	65.7
冬	霧島	0.57	7.61	24.1	0.46	11.6	0.80	0.06	0.20	54.5
	薩摩川内	0.90	7.18	24.8	0.27	12.2	0.69	0.06	0.09	53.8

表3 相関係数

		各季節・地点の相関係数								
		質量濃度	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
春季	質量濃度		-0.614~0.697	-0.507~0.830	0.725~0.992	-0.672~0.976	0.713~0.993	0.465~0.960	-0.406~0.933	-0.302~0.913
	Cl ⁻	-0.310		-0.180~0.684	-0.667~0.628	0.014~0.945	-0.659~0.690	-0.682~0.775	-0.230~0.942	-0.628~0.863
	NO ₃ ⁻	0.830	-0.118		-0.540~0.749	-0.218~0.850	-0.557~0.790	-0.454~0.926	-0.176~0.947	-0.146~0.939
	SO ₄ ²⁻	0.798	0.085	0.283		-0.480~0.941	0.987~0.999	0.267~0.900	-0.409~0.920	-0.143~0.813
羽島	Na ⁺	0.838	0.238	0.708	0.715		-0.556~0.963	-0.551~0.918	-0.007~0.956	-0.350~0.617
	NH ₄ ⁺	0.713	0.173	0.142	0.990	0.638		0.174~0.932	-0.393~0.908	-0.171~0.831
	K ⁺	0.716	0.122	0.464	0.749	0.874	0.702		-0.393~0.908	-0.171~0.831
	Mg ²⁺	0.933	-0.181	0.947	0.576	0.829	0.467	0.655		-0.330~0.918
	Ca ²⁺	0.808	-0.304	0.939	0.321	0.577	0.199	0.323	0.918	

3. 5 高濃度事例

調査期間における日平均の環境基準 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した日は、合計で13日あった。 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した日の組成割合を図5に示す。後方流跡線は、高度500m, 1500m及び3000mで96時間遡って計算した(図6)。

霧島局の2014年5月2日の質量濃度は $42.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ で県内で一番高かった。当日は高気圧に覆われて、後方流跡線(図6)では中国大陸の海岸地域からの比較的短い移流であることが分かった。

霧島局の2015年1月10日, 11日の質量濃度は $35.1\mu\text{g}/\text{m}^3$, $38.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。組成割合は、 NO_3^- と K^+ が多かった。当日は冬の気圧配置が続き、後方流跡線(図6)を見るとヨーロッパ, ロシア東部からゴビ砂漠を経由する移流があった。

薩摩川内局の2014年5月17日の質量濃度は $37.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。組成割合を見ると総イオン成分が29.7%と他の高濃度日と比べると低かった。後方流跡線(図6)を見ると上空500mの気団はゴビ砂漠から流れており、高濃度になった要因はイオン成分以外のものが多く含まれていたためと考えられる。

羽島局の5月27日~30日は黄砂が観測されている。黄砂が飛来し始めた5月27日の組成割合を見ると、総イオン成分が21.8%と低かった。その後、30日にかけて総イオン成分の割合が50.5%へ増えていた。また、各イオン成分では、総イオンの割合が増えるにつれて SO_4^{2-} は14.9

%から34.9%に、 NH_4^+ は4.0%から11.7%に増加していた。一方、黄砂飛来初日に多く見られた NO_3^- は0.6%から0.2%に、 Ca^{2+} は1.3%から0.3%に減少していた。全体的に他の高濃度日に比べ K^+ , Mg^{2+} 及び Ca^{2+} の組成割合は高かった。

4 まとめ

2014年度のPM2.5イオン成分分析の結果から、以下のことが分かった。

- 1) 2014年度のPM2.5質量濃度の経月変化については、各測定局とも春季(5月)が高く、夏季(8月)に低かった。
- 2) 質量濃度に占めるイオン成分濃度の平均割合は43.4%であった。イオン成分の中では、 SO_4^{2-} , NH_4^+ の割合が多く、硫酸アンモニウムが主成分であると考えられた。
- 3) NO_3^- 及び Cl^- は、夏季に低く、冬季に高くなる傾向を示し、温度や湿度によるガス-粒子化の大気中変化が見られた。
- 4) 質量濃度と SO_4^{2-} 及び NH_4^+ の相関係数より、PM2.5の高濃度の要因の一つとして硫酸アンモニウムが考えられた。
- 5) 春季の羽島局の黄砂飛来日については、他の高濃度日の組成割合と違い、 K^+ , Mg^{2+} 及び Ca^{2+} の割合が多く、時間経過に伴い組成の変動が見られた。

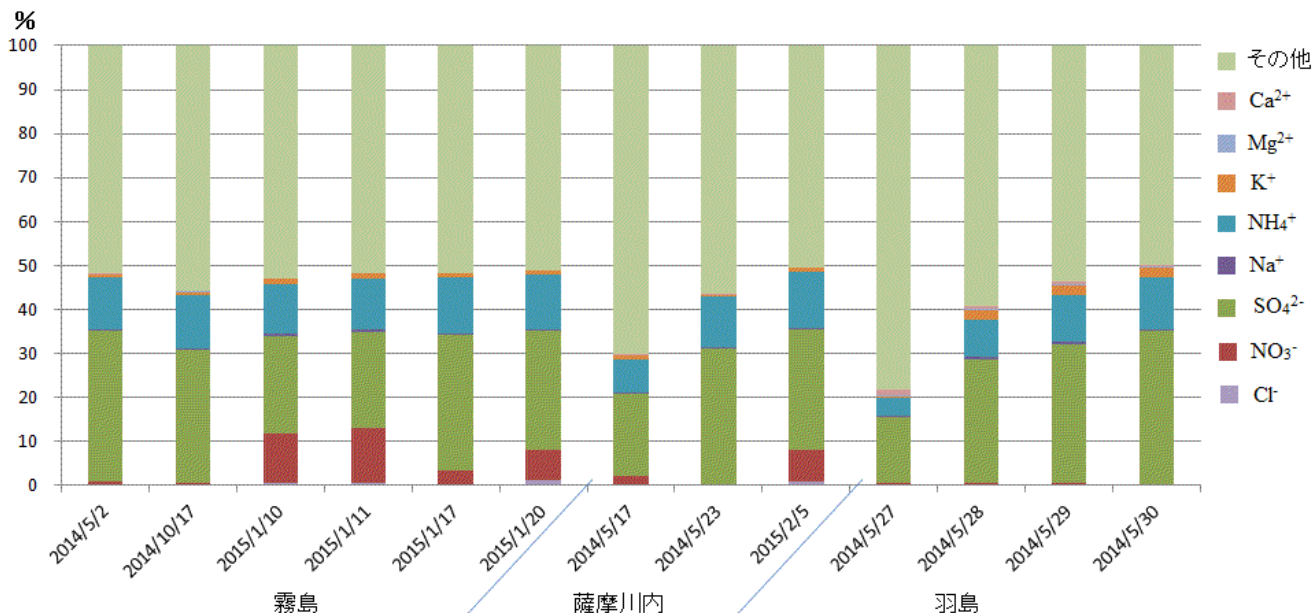


図5 高濃度日における質量濃度に占めるイオン成分の組成割合

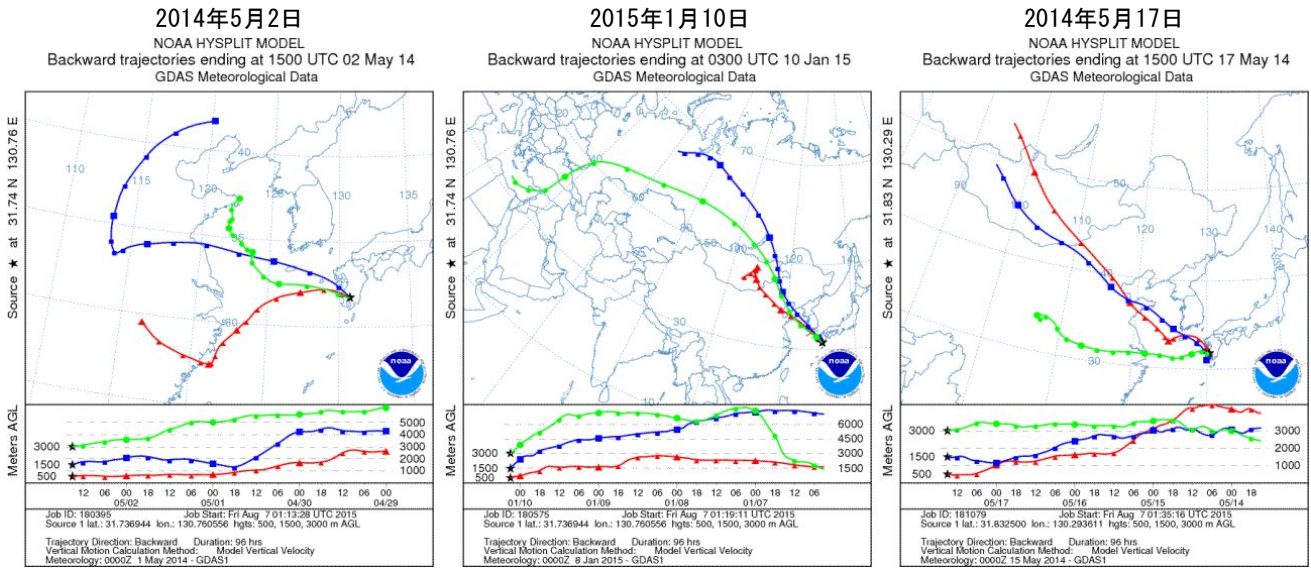


図6 後方流跡線³⁾

参考文献

- 1) 環境省水・大気環境局長通知；微小粒子状物質による大気の汚染に係る環境基準について（環水第総発第090909001号），平成21年9月9日
- 2) 環境省水・大気環境局長通知；「大気汚染防止法第22条の規定に基づく大気の汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準について」の一部改正について（環水大大発第100331001号，環水大自発第100331002号），平成22年3月31日
- 3) 米国海洋大気庁（National Oceanic and Atmospheric Administration：NOAA）；HYSPLIT Model,
<http://ready.arl.noaa.gov/hypub-bin/trajsrc.pl>