

## 9 微小粒子状物質(PM<sub>2.5</sub>)の成分分析結果

### (1) 調査の概要

#### ア 目的

微小粒子状物質には、自動車や工場などから排出される人為発生源によるものに加え、土壌、海洋、火山等の自然発生源によるものがあることから、発生源に関する知見を得るために、成分分析を実施している。

#### イ 調査地点／調査期間

##### イオン成分分析用試料サンプリング期間

###### ① 羽島局

春：平成27年4月16日0時～4月30日0時

夏：平成27年7月3日0時～7月17日0時

秋：平成27年10月1日0時～10月18日0時

冬：平成28年1月7日0時～1月21日0時

平成28年2月21日0時～2月26日0時

###### ② 霧島局

春：平成27年5月8日0時～5月22日0時

夏：平成27年7月23日0時～8月6日0時

秋：平成27年10月22日0時～11月5日0時

冬：平成28年1月23日0時～2月6日0時

##### 無機元素成分分析用試料サンプリング期間

###### ① 羽島局

春：平成27年4月16日0時～4月30日0時

夏：平成27年7月3日0時～7月7日0時

平成27年7月8日0時～7月17日0時

秋：平成27年10月1日0時～10月7日0時

平成27年10月8日0時～10月18日0時

冬：平成28年1月13日0時～1月21日0時

平成28年2月20日0時～2月26日0時

###### ② 霧島局

春：平成27年5月8日0時～5月22日0時

夏：平成27年7月23日0時～8月6日0時

秋：平成27年10月22日0時～11月1日0時

冬：平成28年1月23日0時～2月6日0時

#### ウ 調査項目

・ 質量濃度(自動測定機の結果を利用)

・ イオン成分(8項目):

〔 ナトリウムイオンNa<sup>+</sup>, アンモニウムイオンNH<sub>4</sub><sup>+</sup>, カリウムイオンK<sup>+</sup>,  
マグネシウムイオンMg<sup>2+</sup>, カルシウムイオンCa<sup>2+</sup>, 塩化物イオンCl<sup>-</sup>,  
硝酸イオンNO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 硫酸イオンSO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 〕

・ 無機元素成分(29項目)

〔 ベリリウムBe, ナトリウムNa, アルミニウムAl, カリウムK, 〕

カルシウムCa, スカンジウムSc, バナジウムV, クロムCr,  
マンガンMn, 鉄Fe, コバルトCo, ニッケルNi, 銅Cu, 亜鉛Zn,  
ヒ素As, セレンSe, ルビジウムRb, モリブデンMo,  
カドミウムCd, アンチモンSb, セシウムCs, バリウムBa,  
ランタンLa, セリウムCe, サマリウムSm, タンタルTa,  
タングステンW, 鉛Pb, トリウムTh

## (2) 調査結果

### ア 質量濃度

各地点のサンプリング期間における質量濃度の結果は表1-1, 1-2のとおりである。  
平成27年度は2地点, 延べ120日間の測定を行い, 質量濃度の範囲は4.6~42.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。日平均の環境基準値35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した日は, 調査期間中, 延べ2日のみで期間中に黄砂は観測されなかった。

羽島局は, 延べ64日間の測定で質量濃度の範囲は4.6~36.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 年平均値は17.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。また, 季節平均値は春季が22.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と高く, 日平均値においても春季の4月27日が36.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で最も高かった。

霧島局は, 延べ56日間の測定で質量濃度の範囲は6.1~42.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 年平均値は19.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。また, 季節平均値は秋季が21.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と高く, 日平均値においては, 冬季の2月1日が42.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で最も高かった。

表1-1 質量濃度 (イオン成分分析試料サンプリング期間)

(単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

地点 期間	羽島局		霧島局	
	最小 - 最大	平均	最小 - 最大	平均
春	8.1 - 36.5	22.7	10.8 - 31.5	20.3
夏	4.6 - 20.8	10.5	7.1 - 29.0	17.6
秋	11.5 - 28.6	18.3	12.3 - 33.8	21.4
冬	9.2 - 27.5	16.4	6.1 - 42.3	17.9
平均	4.6 - 36.5	17.0	6.1 - 42.3	19.3

表1-2 質量濃度 (無機元素成分分析試料サンプリング期間)

(単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

地点 期間	羽島局		霧島局	
	最小 - 最大	平均	最小 - 最大	平均
春	8.1 - 36.5	22.7	10.8 - 31.5	20.3
夏	4.6 - 20.8	10.7	7.1 - 29.0	17.6
秋	11.5 - 28.6	18.3	12.3 - 33.8	21.4
冬	9.2 - 23.0	15.1	6.1 - 42.3	17.9
平均	4.6 - 36.5	16.7	6.1 - 42.3	19.3

### イ イオン成分

各地点のサンプリング期間におけるイオン成分濃度平均値及びイオン成分濃度平均割合は, 表2-1, 表2-2のとおりである。平成27年度のイオン成分濃度の期間・地点別の平均割合は42.9%を占めていた。

主要な構成成分は硫酸イオンが26.6%と最も多く、次にアンモニウムイオンが10.8%、硝酸イオンが3.6%の順であった。

硫酸イオンについては、各季節で濃度が高く季節変動はみられなかった。アンモニウムイオンについては、季節変動はみられなかったが、硝酸イオンについては、冬季に高くなる傾向がみられた。硝酸イオンは、気温や湿度などで変化しやすい不安定なものであり、冬季は気温が低いため大気中では比較的安定な粒子状で存在していたと考えられる。

地点別にイオン成分濃度平均割合を比較してみると、羽島局と霧島局に大きな違いはなかったが、海塩由来成分であるナトリウムイオンとマグネシウムイオンは、羽島局の方が若干高かった。

質量濃度が日平均の環境基準値を超過した羽島局の4月27日及び霧島局の2月1日については、質量濃度の低い日と比べてイオン成分濃度割合が高い傾向がみられ、特に硫酸イオン及びアンモニウムイオンの濃度が高かった。

表 2-1 イオン成分濃度平均値

(単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

分析項目 期間・地点		イオン成分									その他
		計	$\text{Cl}^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Na}^+$	$\text{NH}_4^+$	$\text{K}^+$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Ca}^{2+}$	
春	羽島局	9.1	0.062	0.62	5.8	0.13	2.2	0.15	0.024	0.068	13.6
	霧島局	7.9	0.028	0.29	5.3	0.062	2.0	0.078	0.017	0.054	12.4
夏	羽島局	3.1	0.11	0.11	2.0	0.21	0.59	0.022	0.027	0.034	7.4
	霧島局	8.8	0.010	0.034	6.3	0.17	2.2	0.082	0.021	0.029	8.7
秋	羽島局	7.2	0.016	0.17	4.9	0.13	1.8	0.12	0.018	0.023	11.0
	霧島局	8.0	0.021	0.31	5.3	0.10	2.0	0.14	0.016	0.044	13.3
冬	羽島局	8.6	0.19	1.3	4.6	0.11	2.2	0.11	0.015	0.026	7.8
	霧島局	9.1	0.12	2.2	4.2	0.047	2.3	0.12	0.0088	0.037	8.8
平均		7.7	0.073	0.65	4.8	0.12	1.9	0.10	0.018	0.038	10.3

表 2-2 イオン成分割合平均値

(単位：%)

分析項目 1 期間・地点		イオン成分									その他
		計	$\text{Cl}^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Na}^+$	$\text{NH}_4^+$	$\text{K}^+$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Ca}^{2+}$	
春	羽島局	40.1	0.27	2.7	25.5	0.57	9.9	0.68	0.10	0.30	59.9
	霧島局	38.8	0.14	1.5	26.2	0.31	9.9	0.38	0.08	0.27	61.2
夏	羽島局	29.3	1.0	1.0	18.8	2.1	5.7	0.21	0.26	0.32	70.7
	霧島局	50.2	0.06	0.20	35.7	0.96	12.5	0.47	0.12	0.17	49.8
秋	羽島局	39.7	0.09	0.94	27.0	0.72	10.1	0.63	0.10	0.13	60.3
	霧島局	37.6	0.10	1.5	25.0	0.49	9.5	0.66	0.07	0.21	62.4
冬	羽島局	52.3	1.1	8.1	28.0	0.68	13.5	0.64	0.09	0.16	47.7
	霧島局	50.7	0.68	12.3	23.5	0.26	13.1	0.64	0.05	0.21	49.3
平均		42.9	0.40	3.6	26.6	0.67	10.8	0.57	0.10	0.21	57.1

## ウ 無機元素成分濃度

各地点・実施期間中における無機元素成分濃度の季節別平均値と年平均値は表3-1、表3-2のとおりである。羽島局における年平均値は高い順に、ナトリウム、カリウム、カルシウムであり、霧島局はカリウム、ナトリウム、鉄の順であった。

また、各試料の無機元素29項目の質量濃度合計の年平均値は羽島局で $0.37\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、霧島局で $0.34\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、質量濃度に占める割合はそれぞれ2.2%、1.8%であった。

各地点において高濃度で検出された上位5元素（ナトリウム、アルミニウム、カリウム、カルシウム、鉄）のうち、土壌由来成分であるアルミニウムと鉄は春季、海塩由来成分であるナトリウムは夏季、カルシウムについては秋季にそれぞれ最も高濃度で検出され、地点間での季節変動に大きな違いはなかった。また、イオン成分濃度と同様にナトリウムについては沿岸沿いに位置する羽島局において高い傾向がみられた。一方、カリウムについては質量濃度と同様に、羽島局で春季、霧島局では秋季に最も高濃度で検出され、質量濃度との相関性が高いことが考えられた。

また、質量濃度が日平均の環境基準値を超過した羽島局の4月27日及び霧島局の2月1日については、石炭燃焼飛灰に由来するとの報告がある鉛、ヒ素、セレンが高濃度で検出された。特に、霧島局の2月1日については上記3元素濃度がいずれも全試料中で最高濃度を示した。

表3-1 各無機元素成分濃度の平均値（羽島局）

（単位：質量濃度  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，無機元素成分濃度  $\text{ng}/\text{m}^3$ ，割合％）

項 目		期 間				
		春	夏	秋	冬	年平均
質量濃度		22.7	10.5	18.3	15.1	16.7
無機元素成分濃度	Be	<0.056	<0.056	<0.056	<0.056	<0.056
	Na	130	190	110	63	120
	Al	(71)	<26	(27)	<26	(35)
	K	160	22	93	57	85
	Ca	(42)	(49)	(94)	<33	(51)
	Sc	<12	<12	<12	<12	<12
	V	3.5	1.0	2.1	0.8	1.9
	Cr	(1.3)	<0.52	<0.52	<0.52	(0.55)
	Mn	5.1	0.65	2.8	1.4	2.5
	Fe	82	(15)	(36)	(22)	40
	Co	<0.065	<0.065	<0.065	<0.065	0.065
	Ni	(1.7)	<1.1	(1.2)	<1.1	<1.1
	Cu	(2.1)	<0.63	(0.87)	<0.63	(1.0)
	Zn	26	<7.1	(12)	<7.1	12
	As	1.5	0.27	0.90	0.52	0.81
	Se	1.0	0.26	0.79	0.45	0.65
	Rb	0.50	(0.056)	0.31	0.17	0.26
	Mo	0.28	(0.076)	(0.17)	(0.092)	(0.16)
	Cd	<0.27	<0.27	<0.27	<0.27	<0.27
	Sb	0.62	(0.074)	0.35	0.25	0.33
	Cs	0.065	<0.012	0.045	(0.023)	(0.036)
	Ba	1.0	<0.25	(0.53)	1.0	(0.70)
	La	0.054	<0.011	(0.028)	(0.023)	(0.029)
	Ce	0.096	(0.011)	(0.035)	(0.031)	0.044
	Sm	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016
	Ta	<0.46	<0.46	<0.46	<0.46	<0.46
	W	0.16	(0.040)	(0.073)	(0.044)	(0.081)
	Pb	8.5	0.85	4.9	4.9	4.9
	Th	(0.012)	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091
質量濃度（無機元素29項目合計）		0.54	0.33	0.41	0.21	0.37
質量濃度に占める割合		2.4	3.1	2.2	1.4	2.2

※：<は検出下限値未満，（）は検出下限値以上かつ定量下限値未満を示す。

（検出下限値及び定量下限値については装置下限値と各測定日の方法下限値の中で一番高い数値を採用。）  
 検出下限値未満のデータについては，当該検出下限値に1/2を乗じて得られた値を用い  
 平均値を算出した。

表3-2 各無機元素成分濃度の平均値（霧島局）

（単位：質量濃度  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，無機元素成分濃度  $\text{ng}/\text{m}^3$ ，割合％）

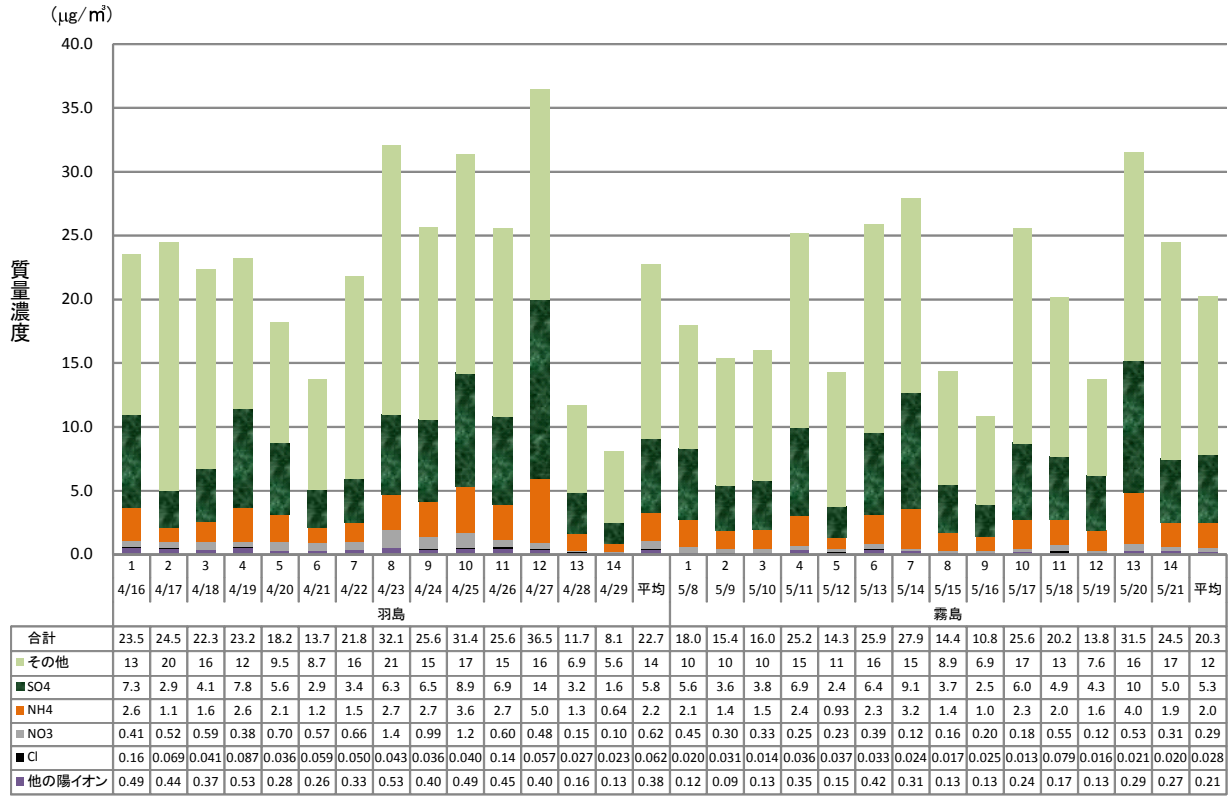
項 目		期 間				
		春	夏	秋	冬	年平均
質量濃度		20.3	17.6	21.4	17.9	19.3
無機元素成分濃度	Be	<0.056	<0.056	<0.056	<0.056	<0.056
	Na	68	130	110	43	86
	Al	(70)	(37)	(42)	<26	(41)
	K	75	93	130	95	95
	Ca	<33	<33	(42)	(40)	(34)
	Sc	<12	<12	<12	<12	<12
	V	2.5	3.9	1.9	1.3	2.4
	Cr	(0.74)	<0.52	<0.52	<0.52	<0.52
	Mn	2.9	1.3	3.5	2.4	2.5
	Fe	66	(31)	53	(34)	46
	Co	(0.21)	<0.065	<0.065	<0.065	(0.084)
	Ni	(1.2)	(1.2)	<1.1	<1.1	<1.1
	Cu	(1.3)	(1.5)	(1.3)	(1.4)	(1.4)
	Zn	(13)	(12)	(18)	(12)	(13)
	As	1.1	0.74	1.3	1.3	1.1
	Se	0.76	0.52	0.88	1.0	0.77
	Rb	0.28	0.22	0.42	0.29	0.29
	Mo	(0.21)	(0.14)	(0.23)	(0.20)	(0.19)
	Cd	<0.27	<0.27	<0.27	<0.27	<0.27
	Sb	0.40	0.35	0.50	0.55	0.45
	Cs	(0.036)	<0.012	0.062	(0.034)	(0.034)
	Ba	0.85	1.6	0.86	1.0	1.1
	La	0.037	(0.017)	(0.035)	(0.024)	(0.028)
	Ce	0.078	(0.028)	0.059	(0.032)	0.048
	Sm	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016
	Ta	<0.46	<0.46	<0.46	<0.46	<0.46
	W	0.75	0.81	0.64	0.87	0.78
	Pb	4.6	2.6	6.7	7.7	5.3
	Th	(0.091)	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
質量濃度（無機元素29項目合計）		0.34	0.37	0.43	0.26	0.34
質量濃度に占める割合		1.7	2.1	2.0	1.4	1.8

※：<は検出下限値未満，（）は検出下限値以上かつ定量下限値未満を示す。

（検出下限値及び定量下限値については装置下限値と各測定日の方法下限値の中で一番高い数値を採用。）  
 検出下限値未満のデータについては，当該検出下限値に1/2を乗じて得られた値を用い  
 平均値を算出した。

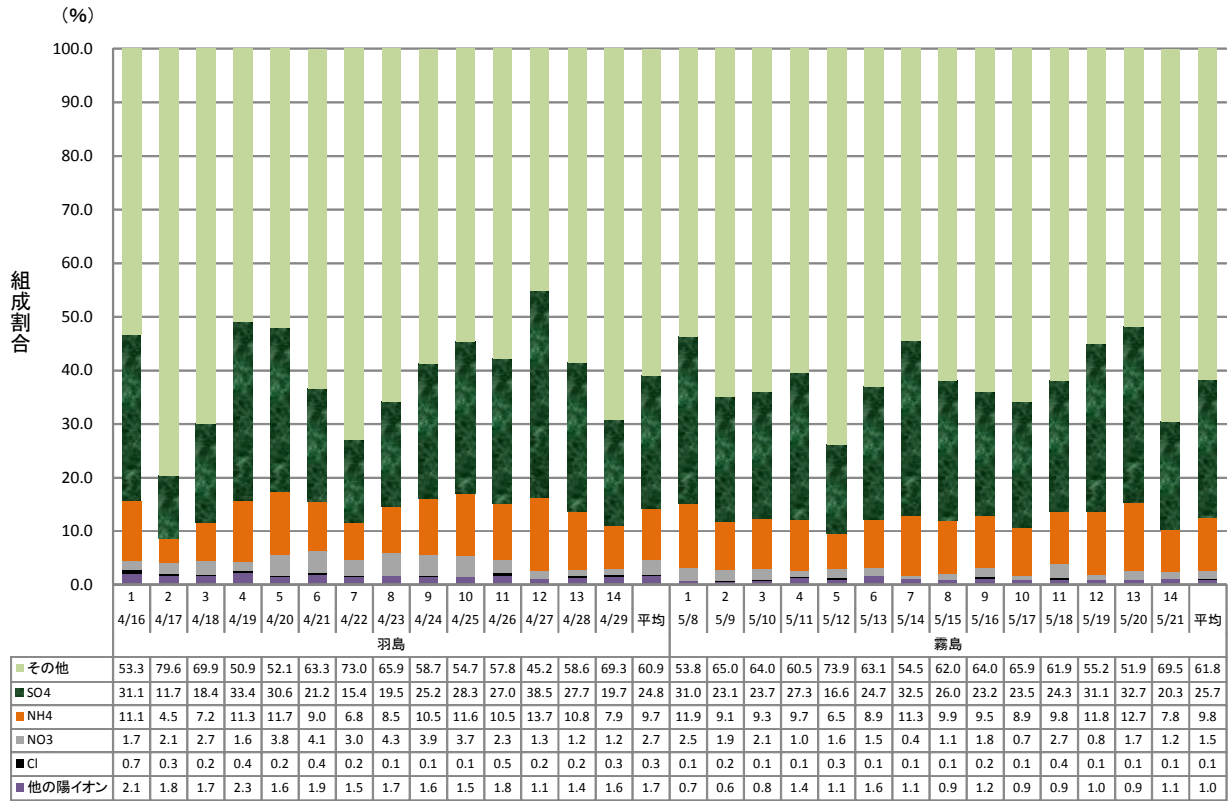
## エ まとめ

平成27年度の成分分析結果において、サンプリング期間中の質量濃度は春季及び秋季で高く、夏季及び冬季で低い結果となった。また、日平均の環境基準を超過した日は羽島局の春季と霧島局の冬季の2日間であり、該当日における硫酸イオン及びアンモニウムイオン濃度の割合が高かったことに加えて、霧島局の2月1日については石炭燃焼飛灰に由来するとの報告がある鉛、ヒ素、セレンの濃度が全試料中で最も高濃度で検出されたことから環境基準超過の要因として大陸からの移流が影響していると考えられた。



注) 他の陽イオン: Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>

図1-1 質量濃度 (春季) [羽島局, 霧島局]



注) 他の陽イオン: Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>

図1-2 成分分析結果 (春季) [羽島局, 霧島局]



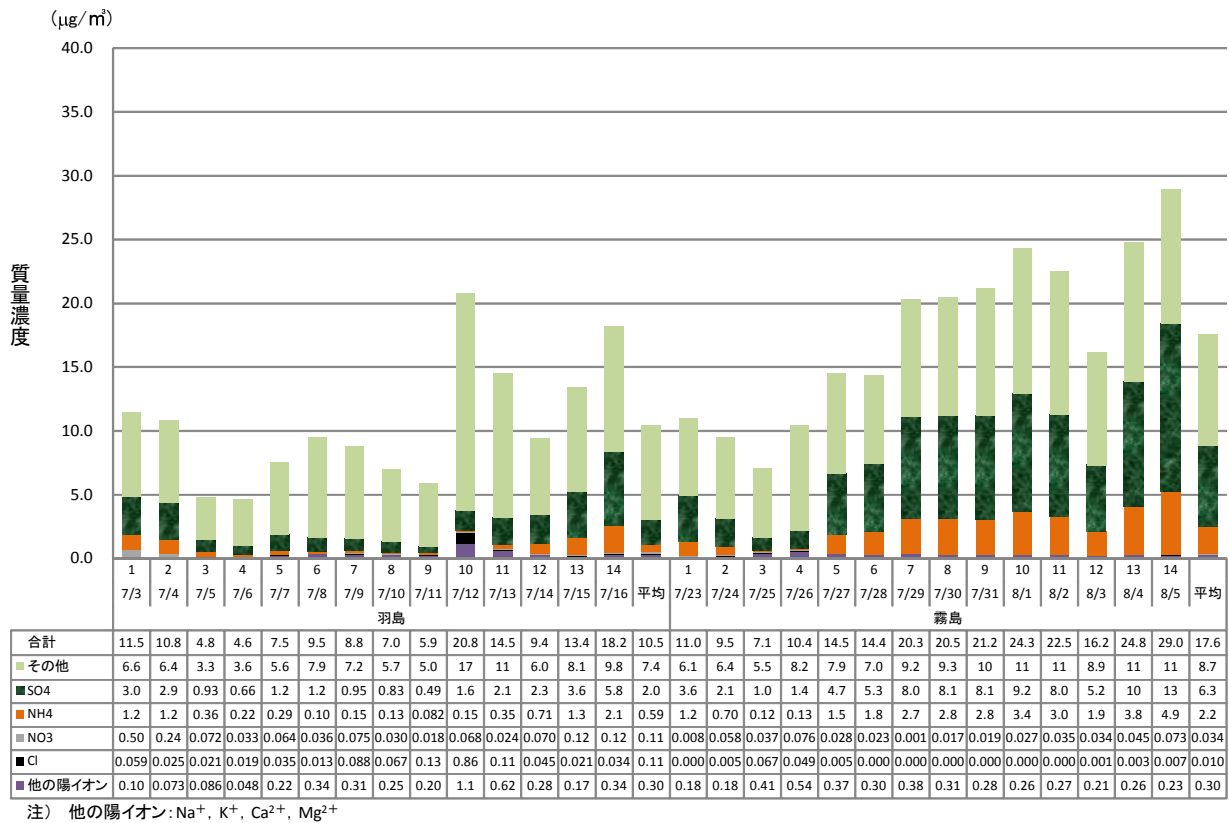


図2-1 質量濃度 (夏季) [羽島局, 霧島局]

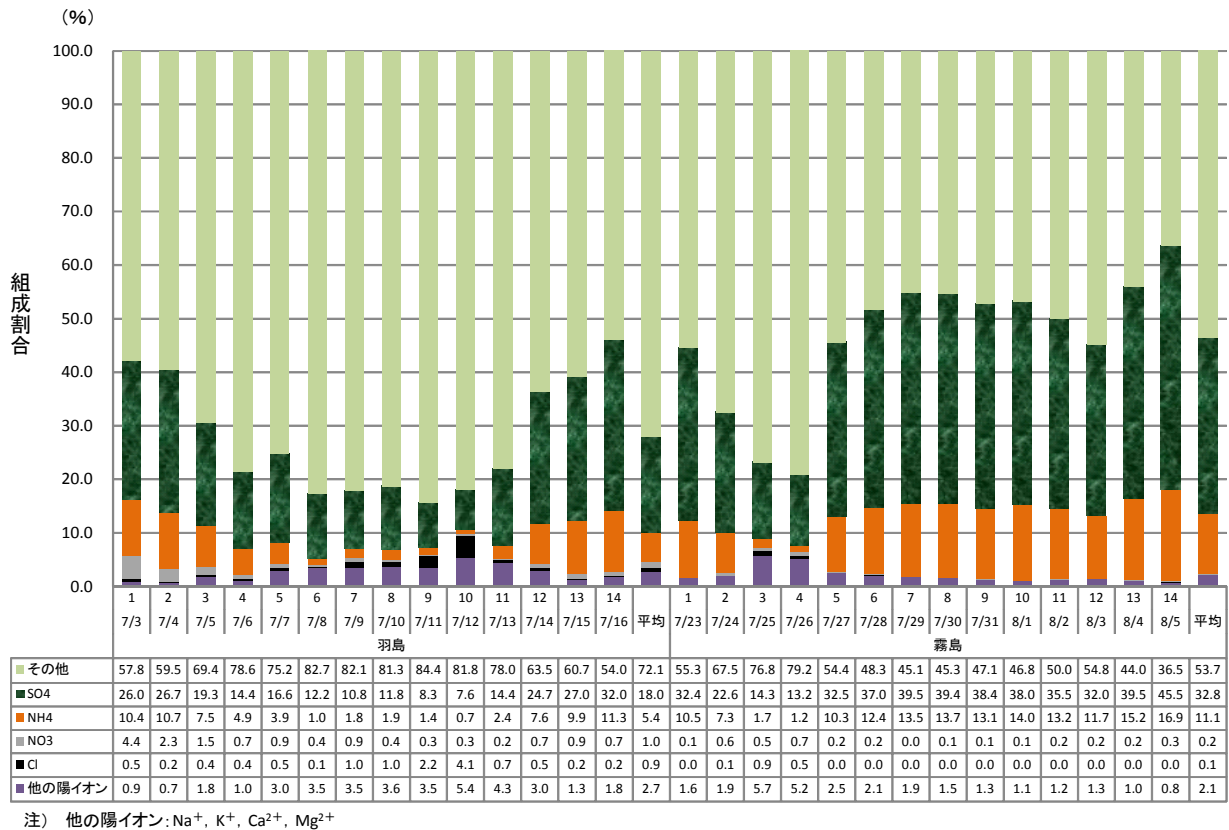
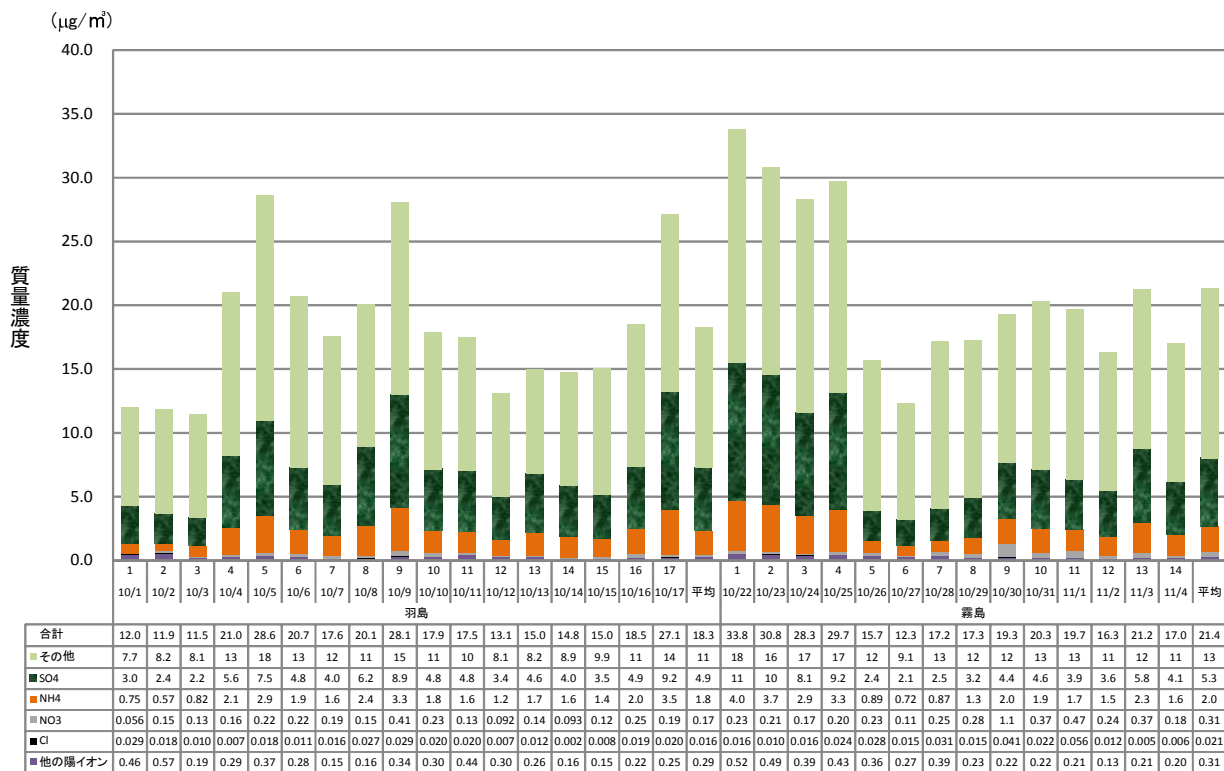
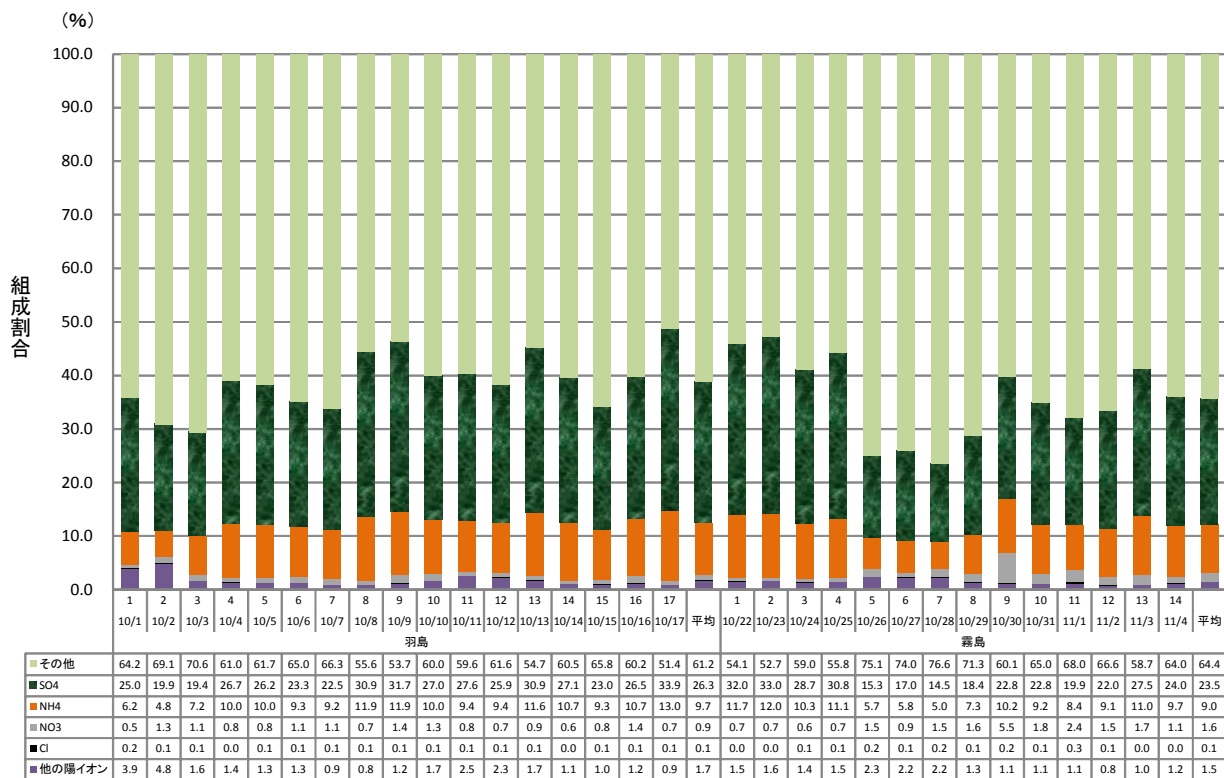


図2-2 成分分析結果 (夏季) [羽島局, 霧島局]



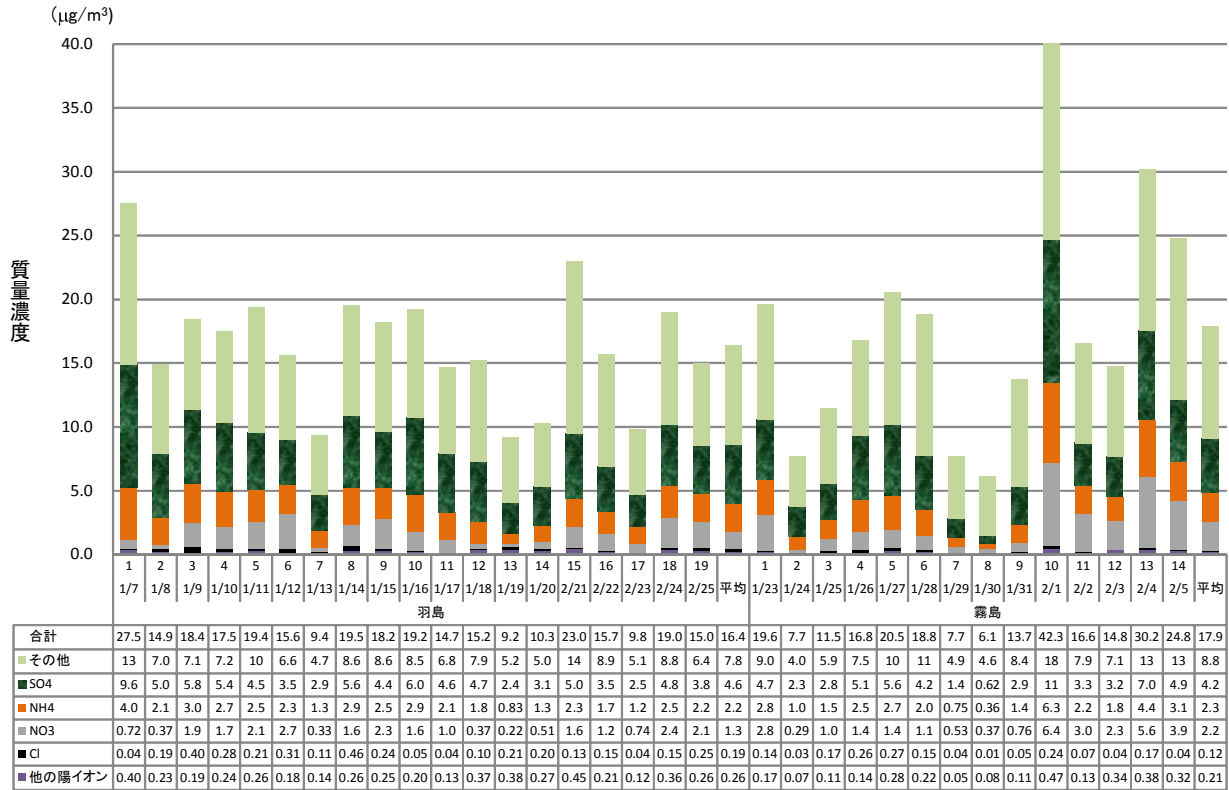
注) 他の陽イオン:Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>

図3-1 質量濃度 (秋季) [羽島局, 霧島局]



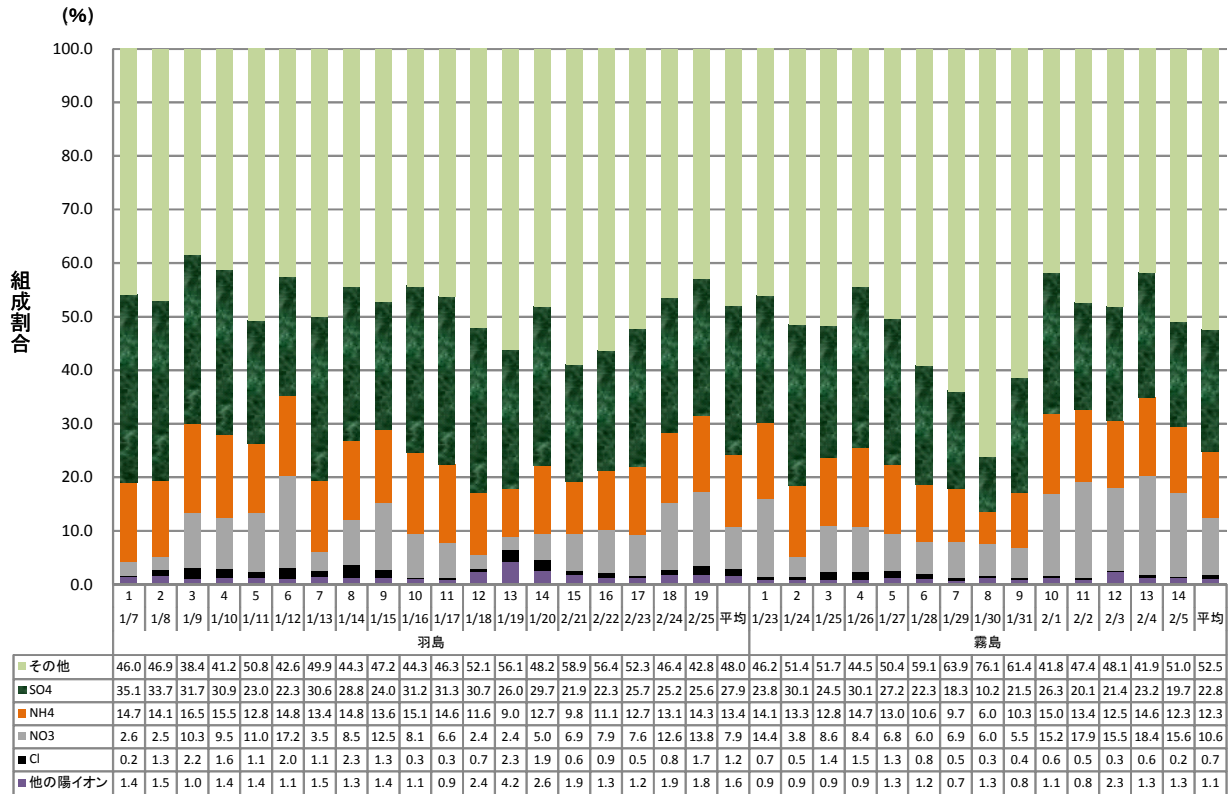
注) 他の陽イオン:Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>

図3-2 成分分析結果 (秋季) [羽島局, 霧島局]



注) 他の陽イオン: Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>

図4-1 質量濃度（冬季）[羽島局，霧島局]



注) 他の陽イオン: Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>

図4-2 成分分析結果（冬季）[羽島局，霧島局]

## (参考) 平成26年度 微小粒子状物質 (PM2.5) の成分分析結果 (無機元素成分) について

平成26年度の微小粒子状物質 (PM2.5) の無機元素成分の成分分析結果については、「平成26年度 大気・騒音調査結果」(平成28年2月発行)に掲載できなかったため今回掲載する。

### (1) 調査の概要

#### ア 目的

微小粒子状物質には、自動車や工場などから排出される人為発生源によるものに加え、土壌、海洋、火山等の自然発生源によるものがあることから、発生源に関する知見を得るために、成分分析を実施している。

#### イ 調査地点/調査期間

##### ① 霧島局

秋：平成26年10月7日13時～10月21日13時(10月10～13日台風による影響のため欠測)

冬：平成27年1月7日0時～1月21日0時

##### ② 薩摩川内局

秋：平成26年10月25日0時～11月8日0時

冬：平成27年1月24日0時～2月7日0時

#### ウ 調査項目

##### ・無機元素成分(29項目)

ベリリウムBe, ナトリウムNa, アルミニウムAl, カリウムK,  
カルシウムCa, スカンジウムSc, バナジウムV, クロムCr,  
マンガンMn, 鉄Fe, コバルトCo, ニッケルNi, 銅Cu, 亜鉛Zn,  
ヒ素As, セレンSe, ルビジウムRb, モリブデンMo,  
カドミウムCd, アンチモンSb, セシウムCs, バリウムBa,  
ランタンLa, セリウムCe, サマリウムSm, タンタルTa,  
タングステンW, 鉛Pb, トリウムTh

### (2) 調査結果

#### ア 無機元素成分濃度

各地点のサンプリング期間における各無機元素成分濃度の平均値は表4のとおりである。なお、無機元素成分分析については、平成26年度秋季から開始している。

平均値が高い順に、霧島局は秋、冬ともにナトリウム、カリウム、アルミニウムの順で、薩摩川内局は秋、冬ともにカリウム、ナトリウム、鉄の順であった。また、イオン成分と重複するカリウム、ナトリウム、カルシウムを含めても、調査実施期間中に採取された全試料における無機元素29項目の質量濃度合計の平均値は $0.45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、同期間における質量濃度平均値( $23.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )に占める割合は2.0%であった。

#### (備考)

平成26年度の無機元素成分結果は、秋季、冬季のみで四季のデータが揃っていないことなどから、結果については参考値として取り扱う。

表4 各無機元素成分濃度の平均値

(単位：質量濃度  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，無機元素成分濃度  $\text{ng}/\text{m}^3$ )

項目		霧島局		薩摩川内局	
		秋	冬	秋	冬
質量濃度		22.5	21.7	24.4	23.3
無機元素成分濃度	Be	<0.064	<0.064	<0.064	<0.064
	Na	117	166	96	75
	Al	(68)	78	39	26
	K	101	159	155	155
	Ca	(27)	(37)	36	28
	Sc	<0.47	<0.47	(2.6)	<1.4
	V	2.0	1.4	1.9	1.7
	Cr	<1.0	<1.0	(0.60)	0.67
	Mn	2.5	5.2	3.0	4.1
	Fe	46	62	52	54
	Co	<0.04	<0.04	<0.02	<0.02
	Ni	(2.7)	(1.7)	<0.8	(0.9)
	Cu	1.5	2.1	2.5	2.7
	Zn	(12)	27	25	21
	As	1.1	2.0	1.5	2.5
	Se	0.76	1.2	0.91	0.99
	Rb	0.30	0.64	0.42	0.60
	Mo	0.17	0.26	0.35	0.38
	Cd	0.13	0.29	0.25	0.32
	Sb	0.34	0.65	0.91	0.79
	Cs	0.03	0.07	0.02	0.06
	Ba	0.7	1.1	2.3	1.9
	La	<0.024	(0.03)	<0.068	<0.068
	Ce	<0.045	(0.06)	<0.15	<0.15
	Sm	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015
	Ta	<0.061	<0.061	<0.10	<0.10
	W	(0.36)	1.6	0.40	0.37
	Pb	4.6	14	14	9.9
	Th	<0.010	<0.010	<0.043	<0.043
質量濃度(無機元素29項目合計)		0.39	0.45	0.57	0.40
質量濃度に占める割合		1.7	2.0	2.6	1.7

※：<は検出下限値未満，()は検出下限値以上かつ定量下限値未満を示す。

(検出下限値及び定量下限値については装置下限値と各測定値の方法下限値の中で一番高い数値を採用。)

薩摩川内局の冬季の平均値については，一部データの欠測を除いて求めている。