

## 9 微小粒子状物質（PM2.5）の成分分析結果

### (1) 調査の概要

#### ア 目的

微小粒子状物質（以下「PM2.5」という。）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

##### (ア) イオン成分及び炭素成分分析用試料サンプリング期間

###### a 出水局

春：平成31年4月11日0時～4月25日0時

夏：令和元年6月21日0時～6月26日0時

令和元年6月29日0時～7月8日0時

秋：令和元年9月25日0時～10月8日0時

冬：令和2年2月13日0時～2月27日0時

###### b 霧島局

春：令和元年5月9日0時～5月23日0時

夏：令和元年7月23日0時～8月5日0時

秋：令和元年10月16日0時～10月30日0時

冬：令和2年1月16日0時～1月30日0時

##### (イ) 無機元素分析用試料サンプリング期間

###### a 出水局

春：平成31年4月11日0時～4月25日0時

夏：令和元年6月21日0時～6月26日0時

令和元年6月29日0時～7月8日0時

秋：令和元年10月3日0時～10月8日0時

冬：令和2年2月13日0時～2月27日0時

###### b 霧島局

春：令和元年5月9日0時～5月23日0時

夏：令和元年7月23日0時～8月5日0時

秋：令和元年10月16日0時～10月30日0時

冬：令和2年1月16日0時～1月30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（9項目）

〔 フッ化物イオンF<sup>-</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>，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> 〕

- ・無機元素（44項目）

〔 ベリリウムBe，ナトリウムNa，マグネシウムMg，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，チタンTi，  
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，  
イットリウムY，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，  
プラセオジウムPr，ネオジウムNd，サマリウムSm，ユウロピウムEu，  
ガドリニウムGd，テルビウムTb，ジスプロシウムDy，  
ホルミウムHo，エルビウムEr，ツリウムTm，イッテルビウムYb，  
ルテチウムLu，ハフニウムHf，タンタルTa，タングステンW，鉛Pb，  
トリウムTh 〕

- ・炭素成分（2項目）

〔 有機炭素OC，元素状炭素EC 〕

## (2) 調査結果

### ア 質量濃度

各地点の成分別分析用試料サンプリング期間におけるPM<sub>2.5</sub>質量濃度の結果を表1-1及び表1-2に示す。

令和元年度は2地点，110日間の測定を行い，質量濃度の範囲は3.0～32.8μg/m<sup>3</sup>であった。

出水局においては，55日間の測定で質量濃度の範囲は3.1～29.5μg/m<sup>3</sup>であった。環境基準35μg/m<sup>3</sup>を超過した日はなく，夏季の7月7日が最も高かった。季節平均値は夏季が高かった（16.5μg/m<sup>3</sup>）。

なお，期間中黄砂は観測されなかった。

霧島局においては，55日間の測定で質量濃度の範囲は3.0～32.8μg/m<sup>3</sup>であった。環境基準35μg/m<sup>3</sup>を超過した日はなく，冬季の1月20日が最も高かった。季節平均値は冬季が高かった（12.8μg/m<sup>3</sup>）。

なお，期間中黄砂は観測されなかった。

表1-1 質量濃度季節別平均値（イオン成分及び炭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	出水局		霧島局	
	最小－最大	平均	最小－最大	平均
春	6.2－22.0	14.0	3.0－16.0	9.2
夏	3.3－29.5	16.5	5.0－11.2	8.1
秋	3.9－20.2	12.2	5.3－17.4	11.2
冬	3.1－23.5	10.9	3.5－32.8	12.8
年間	3.1－29.5	13.3	3.0－32.8	10.4

※ 出水局における夏季の7月1日のPM2.5質量濃度は欠測。

表1-2 質量濃度季節別平均値（無機元素分析試料サンプリング期間）

（単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）

地点 期間	出水局		霧島局	
	最小－最大	平均	最小－最大	平均
春	6.2－22.0	14.0	3.0－16.0	9.2
夏	3.3－29.5	16.5	5.0－11.2	8.1
秋	6.5－14.5	11.4	5.3－17.4	11.2
冬	3.1－23.5	10.9	3.5－32.8	12.8
年間	3.1－29.5	13.5	3.0－32.8	10.4

※ 出水局における夏季の7月1日のPM2.5質量濃度は欠測。

## イ イオン成分及び炭素成分濃度

各地点のサンプリング期間におけるイオン成分及び炭素成分濃度平均値並びにイオン成分及び炭素成分濃度平均割合を表2-1及び表2-2に示す。

また、サンプリング日ごとのイオン成分及び炭素成分濃度並びにイオン成分及び炭素成分濃度割合を図1-1、図2-1、図3-1及び図4-1並びに図1-2、図2-2、図3-2及び図4-2に示す。

令和元年度のPM2.5質量濃度に占めるイオン成分濃度の平均割合は出水局が42%、霧島局が44%であった。主要な構成成分は硫酸イオンで出水局が28%、霧島局が27%と最も多く、次にアンモニウムイオン（出水局が10%、霧島局が10%）、硝酸イオン（出水局が2.0%、霧島局が3.6%）の順であった。

硫酸イオン及びアンモニウムイオンについては、出水局においてPM2.5質量濃度の高かった夏季に、霧島局においてはPM2.5質量濃度の高かった冬季に濃度が高かったが、割合は両地点とも夏季が高かった。

硝酸イオンについては、両地点とも冬季に濃度及び割合が高かった。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。

また、令和元年度のPM2.5質量濃度に占める炭素成分濃度の平均割合は出水局が20%、霧島局が19%であった。

有機炭素については、出水局では秋季に、霧島局では夏季に割合が高かった。

元素状炭素については、両地点とも冬季に割合が高かった。

表 2-1 イオン成分及び炭素成分濃度季節別平均値

(単位：μg/m<sup>3</sup>)

分析項目	期間・地点	春		夏		秋		冬		平均	
		出水局	霧島局	出水局	霧島局	出水局	霧島局	出水局	霧島局	出水局	霧島局
イオン成分	F <sup>-</sup>	<0.011	<0.011	<0.011	<0.011	<0.011	<0.011	<0.011	<0.011	<0.011	<0.011
	Cl <sup>-</sup>	(0.03)	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	(0.08)	0.15	(0.04)	(0.06)
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.36	(0.10)	(0.12)	<0.06	(0.06)	(0.15)	0.52	1.21	0.27	0.38
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	3.88	2.37	5.36	2.47	3.05	3.09	2.52	3.19	3.68	2.79
	Na <sup>+</sup>	(0.060)	(0.090)	(0.060)	(0.055)	0.084	0.084	0.116	(0.053)	0.080	(0.071)
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1.52	0.859	2.05	0.867	1.03	1.04	1.01	1.51	1.40	1.07
	K <sup>+</sup>	0.048	0.031	0.041	0.041	0.035	0.046	0.064	0.056	0.047	0.044
	Mg <sup>2+</sup>	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016	(0.019)	<0.016	<0.016	<0.016
	Ca <sup>2+</sup>	<0.24	<0.24	<0.24	<0.24	<0.24	<0.24	<0.24	<0.24	<0.24	<0.24
計		6.02	3.62	7.79	3.62	4.41	4.57	4.44	6.30	5.65	4.54
炭素成分	OC	(2.6)	<1.7	(2.9)	(2.0)	(2.7)	(1.8)	(1.8)	(2.1)	(2.5)	(1.8)
	EC	0.185	0.125	0.143	0.101	0.161	0.189	0.213	0.244	0.176	0.166
	計	(2.8)	<1.7	(3.1)	(2.1)	(2.8)	(2.0)	(2.0)	(2.1)	(2.7)	(2.0)
その他		5.2	4.1	5.6	2.4	4.9	4.7	4.4	4.2	5.0	3.9

※ <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各測定日に測定した検出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。

※ 有効数字を3桁としたが，定量下限値の有効数字を2桁とし，その桁まで示している。

表 2-2 イオン成分及び炭素成分濃度平均割合

(単位：%)

分析項目	期間・地点	春		夏		秋		冬		平均	
		出水局	霧島局	出水局	霧島局	出水局	霧島局	出水局	霧島局	出水局	霧島局
イオン成分	F <sup>-</sup>	0.041	0.062	0.035	0.071	0.047	0.051	0.053	0.045	0.04	0.06
	Cl <sup>-</sup>	0.25	0.33	0.10	0.25	0.14	0.20	0.75	1.2	0.29	0.55
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.5	1.1	0.73	0.36	0.49	1.3	4.7	9.4	2.0	3.6
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	28	26	33	30	25	28	23	25	28	27
	Na <sup>+</sup>	0.43	0.98	0.36	0.67	0.69	0.75	1.1	0.41	0.6	0.68
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	11	9.3	12	11	8.5	9.3	9.3	12	10	10
	K <sup>+</sup>	0.34	0.34	0.25	0.51	0.29	0.41	0.59	0.43	0.35	0.42
	Mg <sup>2+</sup>	0.056	0.13	0.048	0.11	0.080	0.11	0.17	0.067	0.083	0.10
	Ca <sup>2+</sup>	0.85	1.3	0.72	1.5	0.98	1.1	1.1	0.93	0.89	1.1
計		43	39	47	45	36	41	41	49	42	44
炭素成分	OC	19	15	18	24	22	16	16	16	19	17
	EC	1.3	1.4	0.87	1.2	1.3	1.7	2.0	1.9	1.3	1.6
	計	20	16	19	25	23	18	19	16	20	19
その他		37	44	34	30	40	42	41	33	38	37

## ウ 無機元素濃度

各地点のサンプリング期間における無機元素濃度の季節別平均値と年平均値を表3-1及び表3-2に示す。両地点ともナトリウム、カリウム、アルミニウムの順に年平均値が高かった。また、各試料の無機元素44成分の質量濃度合計の年平均値は出水局で $0.23\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、霧島局で $0.21\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、PM2.5質量濃度に占める割合はそれぞれ1.7%、2.0%であった。

石油燃焼の指標とされるバナジウム濃度は、出水局では春季に高く、霧島局では夏季に高かった。

一方、石炭燃焼の指標とされるヒ素濃度は、両地点で秋季に高く、同じく石炭燃焼の指標とされる鉛濃度は、出水局で秋季に、霧島局で冬季に高かった。

### (3) まとめ

令和元年度の成分分析結果において、サンプリング期間中のPM2.5質量濃度は出水局では夏季に高く、霧島局では冬季に高かった。

年間を通して両地点ともPM2.5質量濃度の高かった季節に硫酸イオン及びアンモニウムイオン濃度が高かった。

石炭燃焼の指標とされるヒ素濃度は、両測定局で秋季に高く、鉛濃度は、出水局で秋季に、霧島局で冬季に高かった。

表3-1 各無機元素濃度の季節別平均値（出水局）

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

項目	期間	春	夏	秋	冬	年平均
	無機元素濃度	Be	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Na		(45)	(60)	114	89	70
Mg		<16	<16	<16	<16	<16
Al		(16)	(13)	(13)	(27)	(18)
K		42	46	51	70	53
Ca		<40	<40	<40	<40	<40
Sc		<0.021	<0.021	<0.021	<0.021	<0.021
Ti		<5	<5	<5	<5	<5
V		1.91	1.86	1.84	(0.32)	1.40
Cr		<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8
Mn		1.5	2.3	1.9	1.8	1.9
Fe		<50	<50	<50	<50	<50
Co		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Ni		<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5
Cu		<3	<3	<3	<3	<3
Zn		13.1	(9.1)	(7.8)	(5.9)	(9.1)
As		0.62	0.69	2.66	0.61	0.86
Se		<0.5	(0.6)	(0.5)	<0.5	<0.5
Rb		0.114	0.144	0.181	0.191	0.153
Y		<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06
Mo		(0.15)	(0.25)	(0.16)	(0.10)	(0.16)
Cd		0.083	0.116	0.131	0.098	0.102
Sb		(0.28)	(0.27)	(0.32)	0.50	(0.35)
Cs		(0.012)	(0.019)	(0.018)	(0.019)	(0.017)
Ba		<0.7	<0.7	<0.7	(0.7)	<0.7
La		<0.010	(0.027)	(0.016)	(0.020)	(0.018)
Ce		<0.020	(0.025)	(0.020)	(0.039)	(0.027)
Pr		<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
Nd		<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15
Sm		<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009
Eu		<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
Gd		<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009
Tb		<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Dy		<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Ho		<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Er		<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Tm		<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Yb		<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Lu		<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Hf		<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07
Ta		<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
W		<0.28	<0.28	<0.28	<0.28	<0.28
Pb		1.82	2.26	5.42	2.19	2.45
Th		<0.012	<0.012	<0.012	<0.012	<0.012
無機元素質量濃度 (無機元素44項目合計)		0.19	0.20	0.26	0.27	0.23
PM2.5質量濃度		14.0	16.5	11.4	10.9	13.5
PM2.5質量濃度に占める 無機元素濃度の割合		1.4	1.2	2.3	2.5	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各測定日に測定した検出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。

※ 無機元素濃度の有効数字を3桁としたが，定量下限値の有効数字を2桁とし，その桁まで示している。

表3-2 各無機元素濃度の季節別平均値（霧島局）

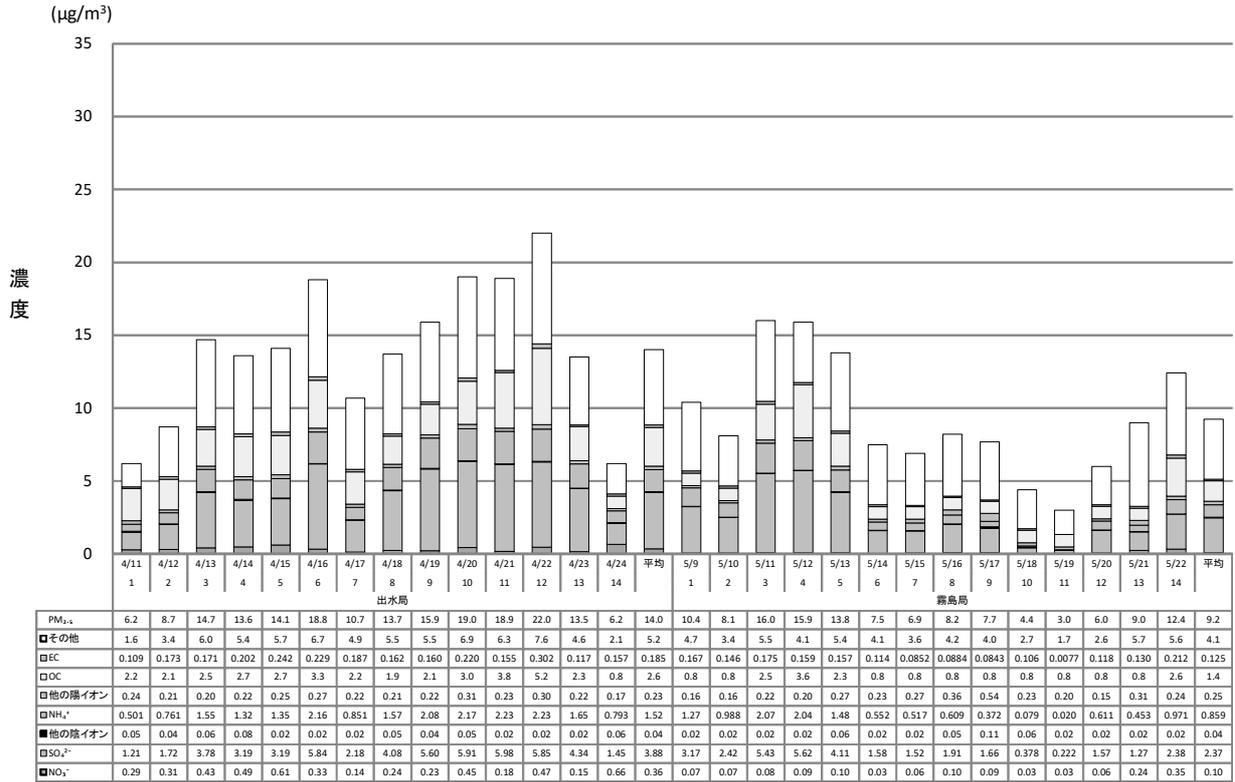
(単位：質量濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，無機元素濃度 $\text{ng}/\text{m}^3$ ，割合%)

項目	期間	春	夏	秋	冬	年平均
	無機元素濃度	Be	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Na		(48)	(59)	86	(52)	(61)
Mg		<16	<16	<16	<16	<16
Al		(17)	(15)	(18)	(20)	(17)
K		29	44	58	63	49
Ca		<40	<40	<40	<40	<40
Sc		<0.021	<0.021	<0.021	<0.021	<0.021
Ti		<5	<5	<5	<5	<5
V		1.21	1.60	1.22	(0.28)	1.07
Cr		<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8
Mn		(1.0)	<0.4	1.7	2.1	(1.3)
Fe		<50	<50	<50	<50	<50
Co		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Ni		<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5
Cu		<3	<3	<3	<3	<3
Zn		(7.3)	<2.9	(5.9)	(8.6)	(6.1)
As		0.28	0.45	0.79	0.70	0.56
Se		<0.5	<0.5	(0.6)	(0.7)	<0.5
Rb		0.085	0.089	0.146	0.198	0.130
Y		<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06
Mo		(0.09)	<0.09	(0.18)	(0.15)	(0.12)
Cd		0.045	(0.022)	0.105	0.101	0.069
Sb		<0.13	<0.13	(0.31)	(0.36)	(0.23)
Cs		(0.009)	<0.008	(0.019)	(0.021)	(0.014)
Ba		<0.7	(1.0)	<0.7	(0.8)	(0.7)
La		<0.010	<0.010	(0.015)	(0.023)	(0.014)
Ce		(0.022)	<0.020	<0.020	(0.028)	(0.020)
Pr		<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
Nd		<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15
Sm		<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009
Eu		<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
Gd		<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009
Tb		<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Dy		<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Ho		<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Er		<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Tm		<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Yb		<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Lu		<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Hf		<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07
Ta		<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
W		(0.77)	(0.47)	1.52	1.30	1.03
Pb		0.77	(0.45)	1.85	3.02	1.54
Th		<0.012	<0.012	<0.012	<0.012	<0.012
無機元素質量濃度 (無機元素44項目合計)		0.17	0.19	0.25	0.23	0.21
PM2.5質量濃度		9.2	8.1	11.2	12.8	10.4
PM2.5質量濃度に占める 無機元素濃度の割合		1.8	2.3	2.2	1.8	2.0

※ <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各測定日に測定した検出下限値の中で一番高い数値を採用。）。

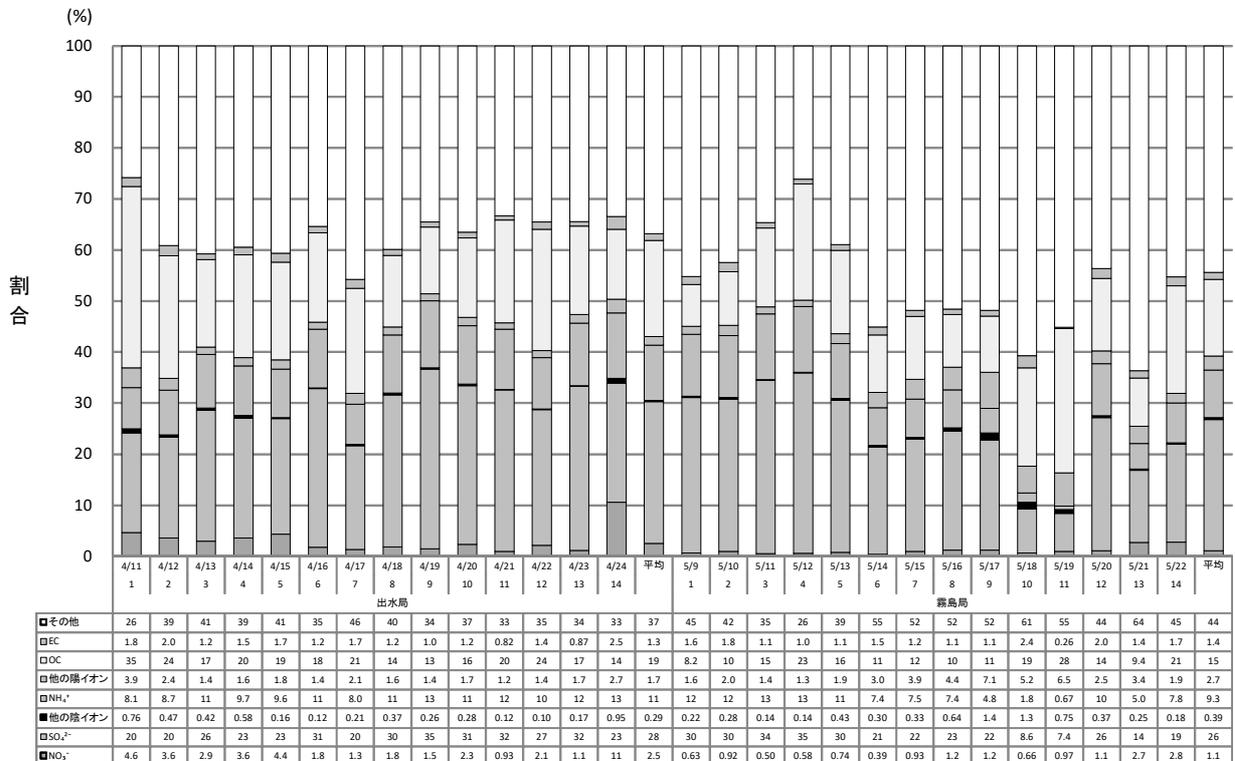
検出下限値未満のデータについては，当該検出下限値に1/2を乗じて得られた値を用い，平均値を算出した。

※ 無機元素濃度の有効数字を3桁としたが，定量下限値の有効数字を2桁とし，その桁まで示している。



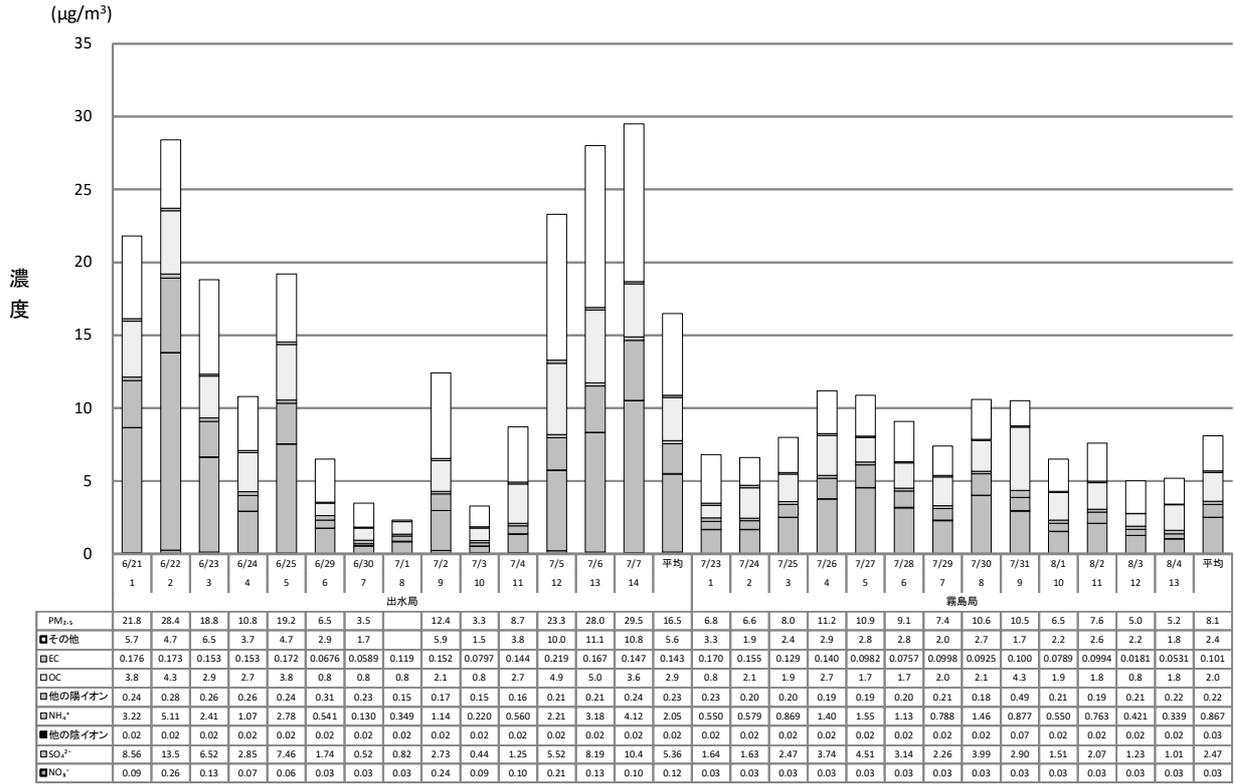
注) 他の陰イオン:F, Cl  
他の陽イオン:Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>

図1-1 イオン成分及び炭素成分濃度（春季）[出水局，霧島局]



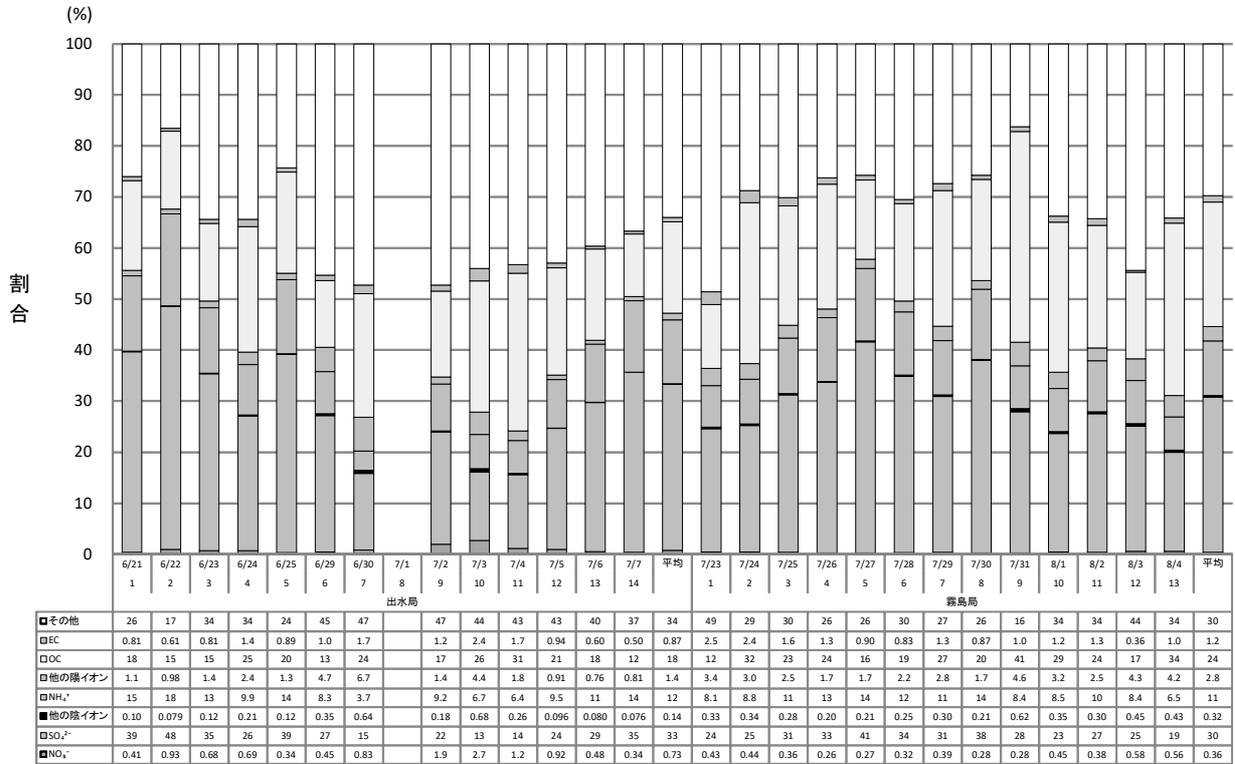
注) 他の陰イオン:F, Cl  
他の陽イオン:Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>

図1-2 イオン成分及び炭素成分濃度割合（春季）[出水局，霧島局]



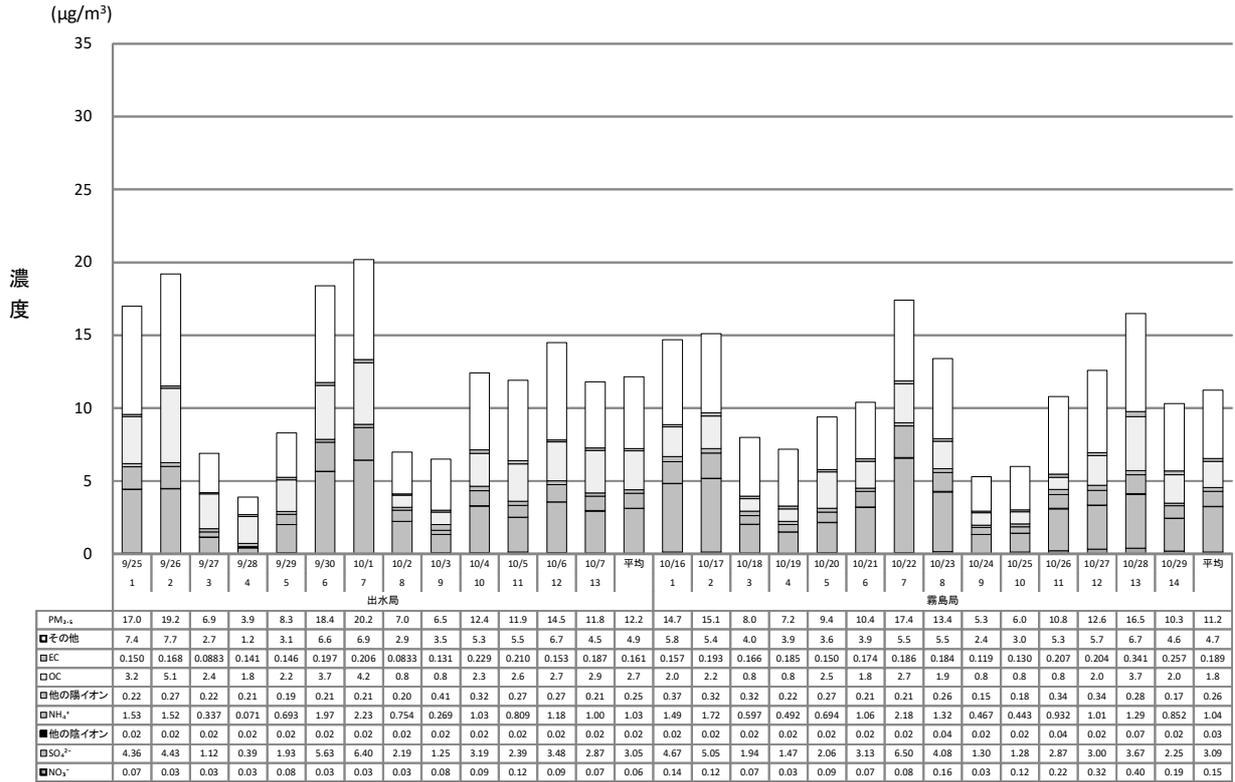
注) 他の陰イオン:F, Cl  
他の陽イオン:Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>

図2-1 イオン成分及び炭素成分濃度 (夏季) [出水局, 霧島局]



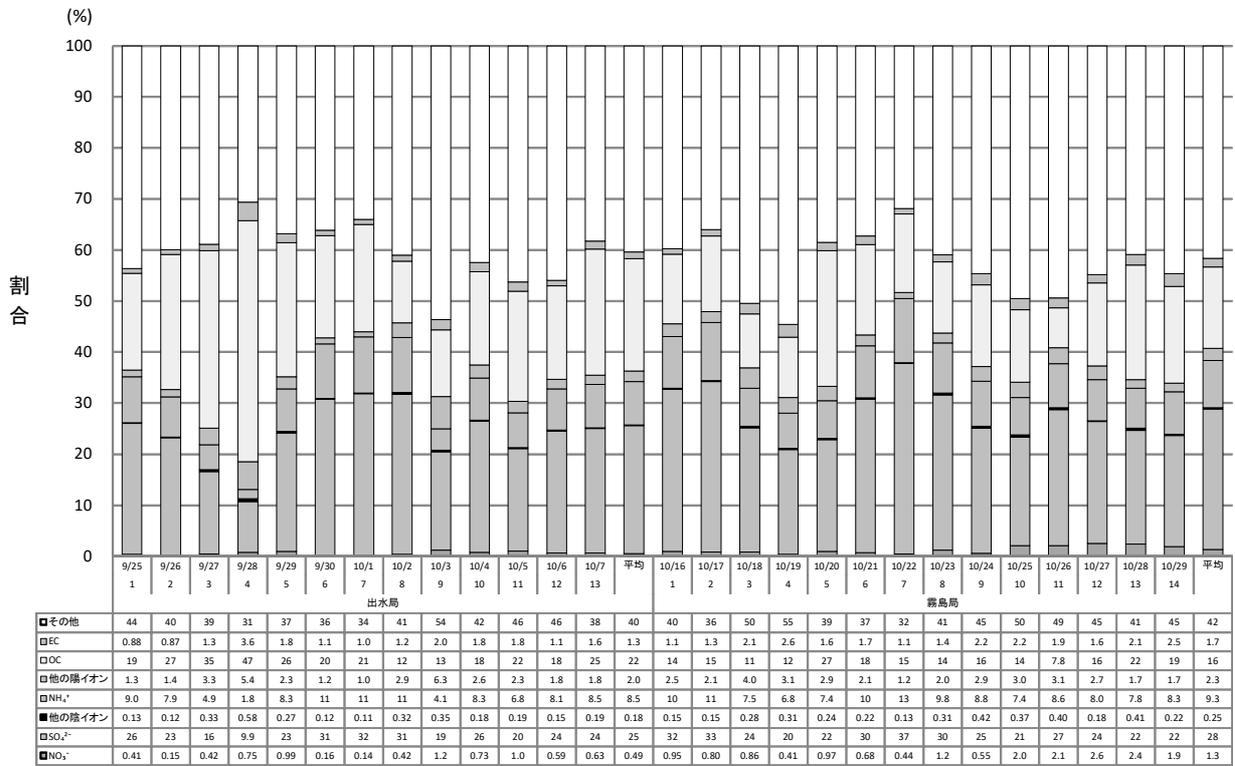
注) 他の陰イオン:F, Cl  
他の陽イオン:Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>

図2-2 イオン成分及び炭素成分濃度割合 (夏季) [出水局, 霧島局]



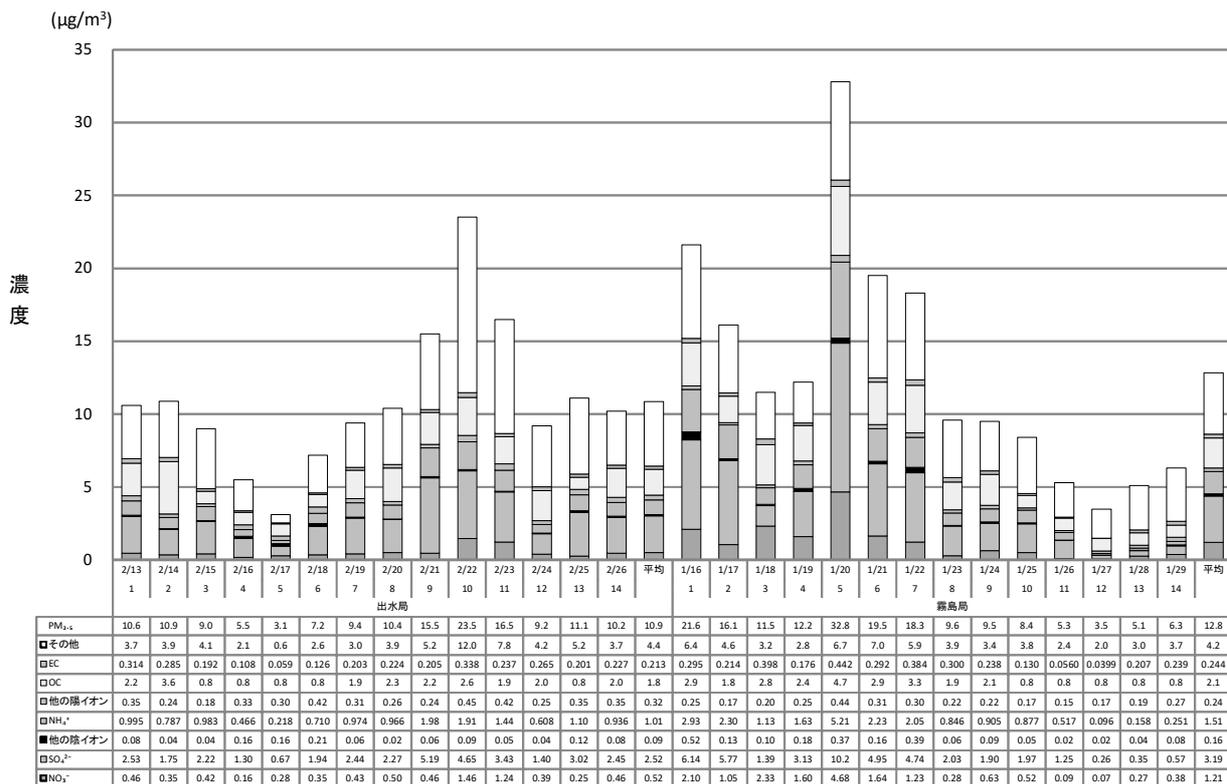
注) 他の陰イオン:F, Cl  
他の陽イオン:Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>

図3-1 イオン成分及び炭素成分濃度 (秋季) [出水管, 霧島局]



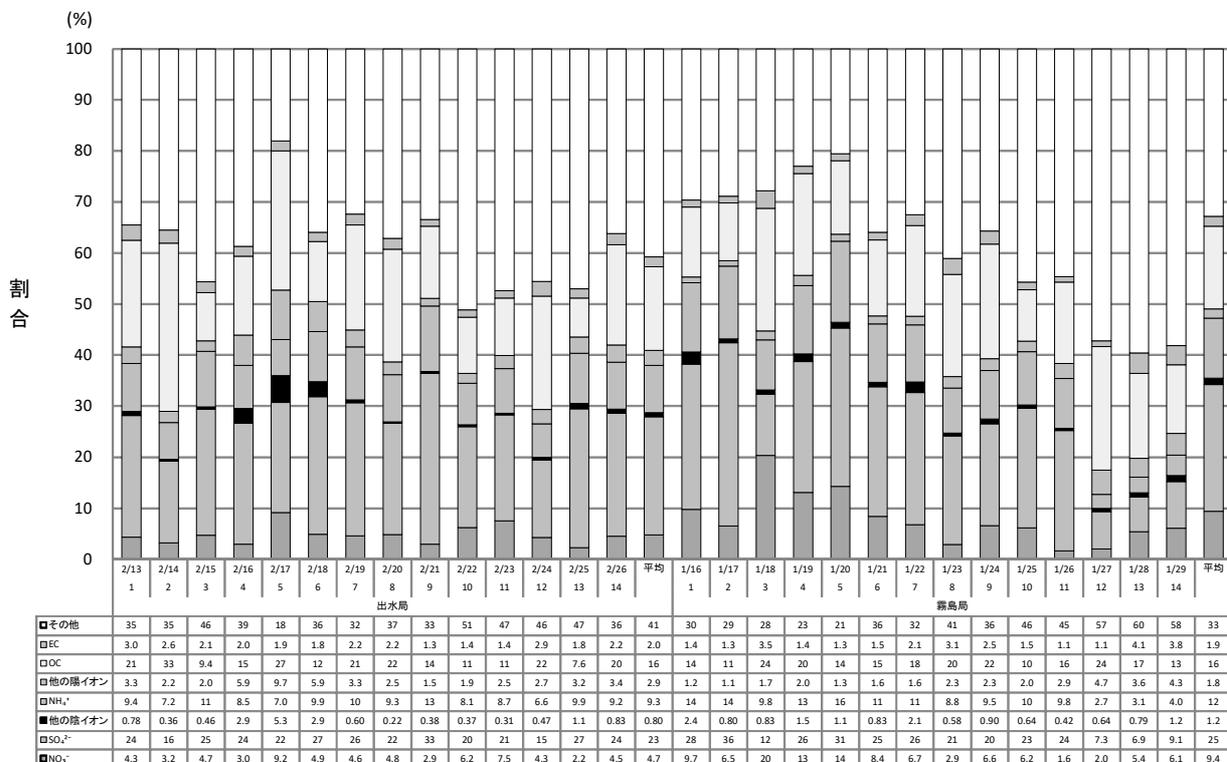
注) 他の陰イオン:F, Cl  
他の陽イオン:Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>

図3-2 イオン成分及び炭素成分濃度割合 (秋季) [出水管, 霧島局]



注) 他の陰イオン:F, Cl  
他の陰イオン:Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>

図4-1 イオン成分及び炭素成分濃度 (冬季) [出水局, 霧島局]



注) 他の陰イオン:F, Cl  
他の陰イオン:Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>

図4-2 イオン成分及び炭素成分濃度割合 (冬季) [出水局, 霧島局]