９　微小粒子状物質（ＰＭ2.5）の成分分析結果

⑴　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

霧島局

ウ　調査期間

春：令和３年５月13日０時　～　５月27日０時
夏：令和３年７月22日０時　～　８月５日０時
秋：令和３年10月21日０時　～　11月４日０時
冬：令和４年１月20日０時　～　２月３日０時

エ　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^-，塩化物イオンCl^-，硝酸イオンNO_3^-，
硫酸イオンSO_4^{2-}，ナトリウムイオンNa^+，アンモニウムイオンNH_4^+，
カリウムイオンK^+，マグネシウムイオンMg^{2+}，カルシウムイオンCa^{2+}）

・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，
プラセオジムPr，ネオジム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）

⑵　調査結果

ア　質量濃度

調査期間におけるＰＭ2.5質量濃度の結果を表1に示す。

令和３年度は１地点，56日間の測定を行い，質量濃度の範囲は4.0～27.8μg/m^{3}であった。環境基準35μg/m^{3}を超過した日はなく，冬季の１月28日が最も高かった（質量濃度：27.8μg/m^3）。

なお，期間中５月25日（質量濃度：21.5μg/m^3）及び５月26日（質量濃度：23.8μg/m^3）に黄砂が，２月２日（質量濃度：26.3μg/m^3）に煙霧が観測された。

表1　質量濃度季節別平均値

（単位：μg/m^3）

期間	最小－最大	平均
春	4.1－23.8	10.5
夏	4.0－15.4	8.3
秋	6.9－18.3	11.3
冬	7.4－27.8	14.2
年　間	4.0－27.8	11.1

イ　イオン成分及び炭素成分濃度

調査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，季節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。

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/m³）

分析項目＼期間		春	夏	秋	冬
イオン成分	F^-	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
	Cl^-	ＮＤ	0.053	ＮＤ	0.080
	NO_3^-	0.102	(0.04)	0.169	2.13
	SO_4^{2-}	2.22	2.18	3.42	3.65
	Na^+	0.082	0.162	0.068	(0.067)
	NH_4^+	0.780	0.644	1.20	2.10
	K^+	0.044	(0.037)	0.0638	0.110
	Mg^{2+}	ＮＤ	ＮＤ	0.0121	(0.011)
	Ca^{2+}	ＮＤ	(0.016)	(0.029)	(0.018)
計		3.32	3.15	4.97	8.17
炭素成分	OC	2.3	1.5	(2.6)	3.13
	EC	0.154	0.106	0.254	0.315
計		2.4	1.6	(2.9)	3.45
その他		4.8	3.5	3.5	2.55

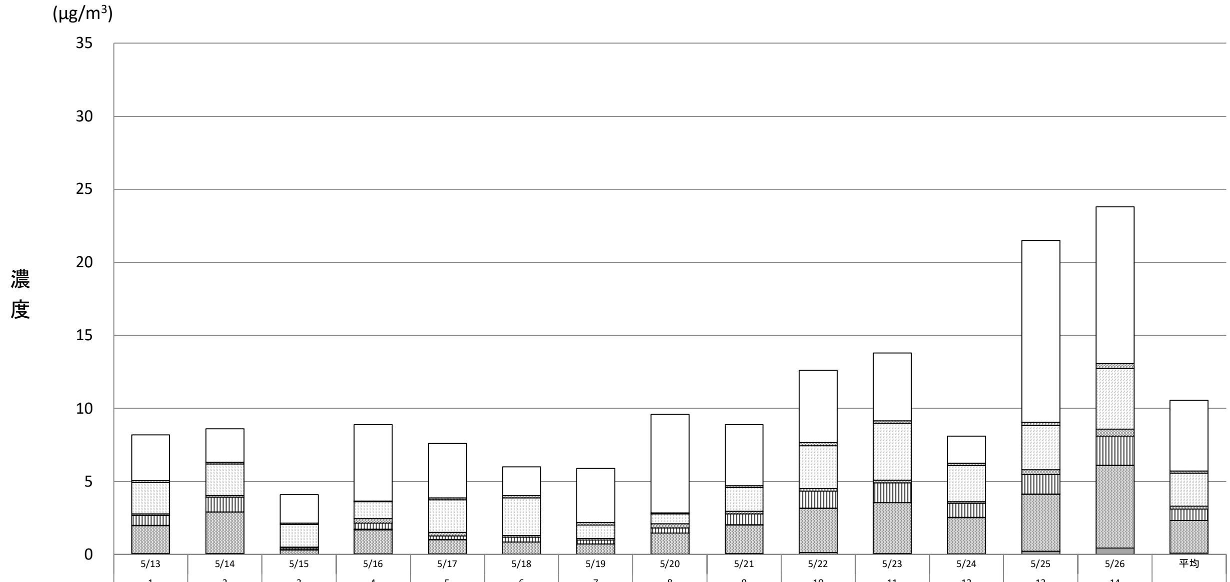
※　ＮＤは検出下限値未満，()は検出下限値以上かつ定量下限値未満を示す。検出下限値未満のデータについては，当該検出下限値に1/2を乗じて得られた値を用い，平均値を算出した。

※　定量下限値は有効数字２桁，平均値は有効数字３桁（ただし，定量下限値の有効数字２桁目までの桁数）とした。

表 2-2　イオン成分及び炭素成分濃度季節別平均割合

（単位：%）

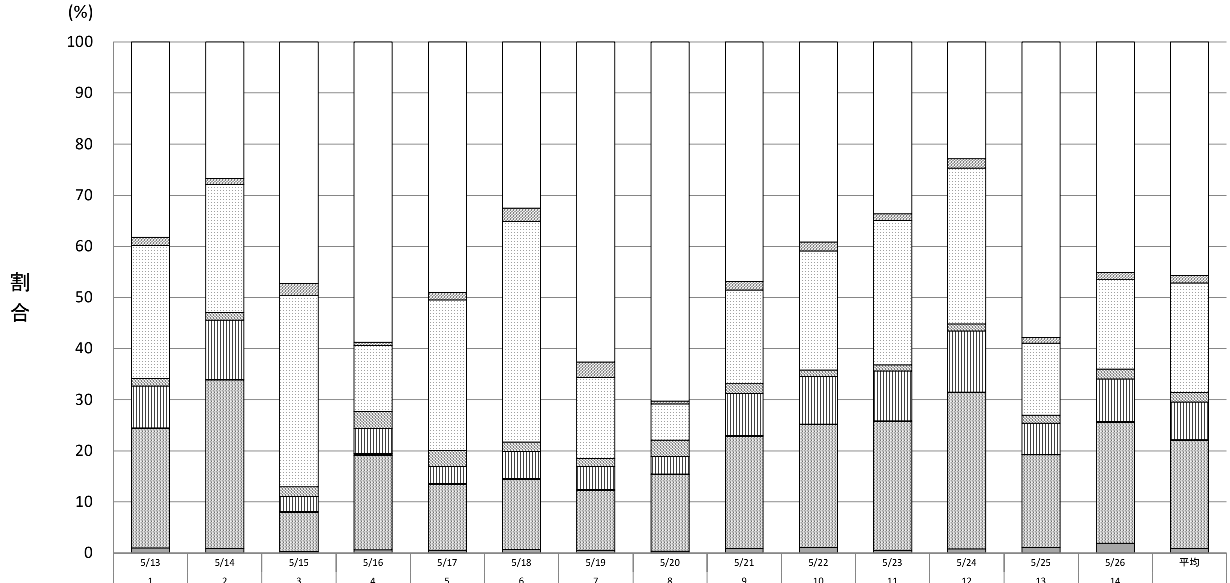
分析項目＼期間		春	夏	秋	冬
イオン成分	F^-	0.018	0.032	0.020	0.031
	Cl^-	0.11	0.99	0.13	0.56
	NO_3^-	0.97	0.65	1.5	15
	SO_4^{2-}	21	23	30	26
	Na^+	0.78	2.7	0.60	0.47
	NH_4^+	7.4	6.0	11	15
	K^+	0.41	0.47	0.56	0.78
	Mg^{2+}	0.16	0.27	0.11	0.079
	Ca^{2+}	0.54	0.22	0.25	0.12
計		31	34	44	58
炭素成分	OC	21	17	23	22
	EC	1.5	1.3	2.2	2.2
計		23	18	25	24
その他		46	47	31	18



	5/13 1	5/14 2	5/15 3	5/16 4	5/17 5	5/18 6	5/19 7	5/20 8	5/21 9	5/22 10	5/23 11	5/24 12	5/25 13	5/26 14	平均
	霧島局														
$PM_{2.5}$	8.2	8.6	4.1	8.9	7.6	6.0	5.9	9.6	8.9	12.6	13.8	8.1	21.5	23.8	10.5
□その他	3.1	2.3	1.9	5.2	3.7	1.9	3.7	6.7	4.2	4.9	4.6	1.9	12	11	4.8
▨EC	0.134	0.099	0.100	0.056	0.112	0.157	0.178	0.059	0.143	0.220	0.182	0.144	0.224	0.340	0.154
□OC	2.1	2.2	1.5	1.2	2.2	2.6	0.9	0.7	1.6	2.9	3.9	2.5	3.0	4.1	2.3
▧他の陽イオン	0.12	0.12	0.08	0.30	0.23	0.11	0.09	0.31	0.17	0.17	0.17	0.11	0.34	0.47	0.20
▥NH_4^+	0.673	0.996	0.122	0.435	0.255	0.319	0.272	0.328	0.734	1.17	1.35	0.968	1.32	1.98	0.780
■他の陰イオン	0.011	0.011	0.011	0.030	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.035	0.014
▩SO_4^{2-}	1.92	2.84	0.31	1.64	0.979	0.823	0.688	1.44	1.95	3.04	3.47	2.48	3.89	5.63	2.22
■NO_3^-	0.081	0.076	0.012	0.055	0.045	0.039	0.031	0.035	0.084	0.129	0.082	0.064	0.242	0.454	0.102

注） 他の陰イオン：F^-, Cl^-
他の陽イオン：Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}

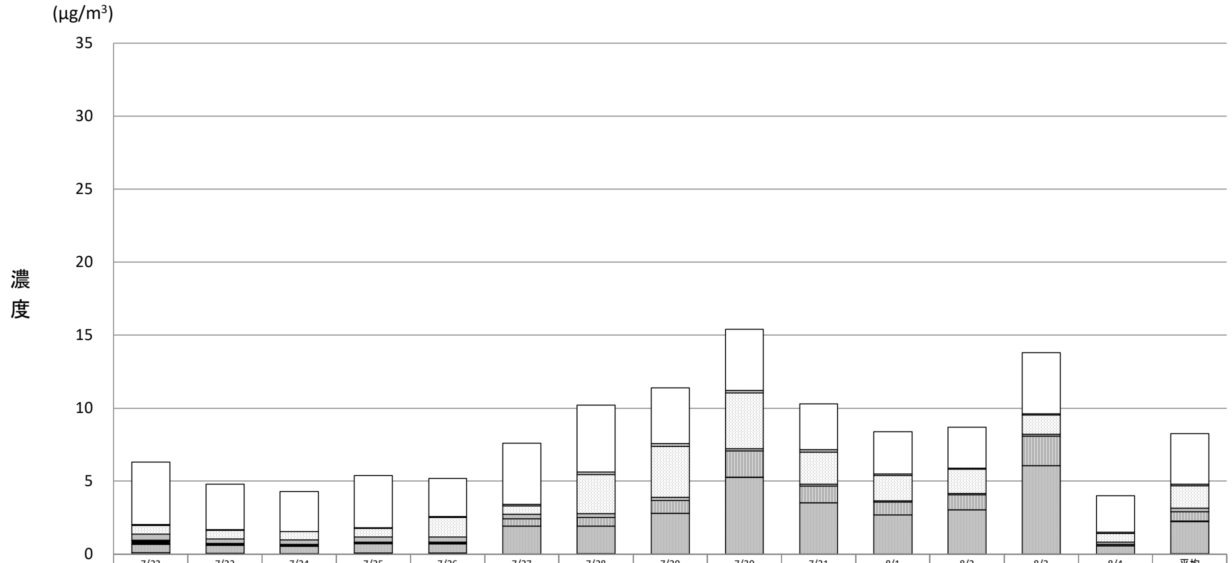
図1-1　イオン成分及び炭素成分濃度（春季）



	5/13 1	5/14 2	5/15 3	5/16 4	5/17 5	5/18 6	5/19 7	5/20 8	5/21 9	5/22 10	5/23 11	5/24 12	5/25 13	5/26 14	平均
	霧島局														
□その他	38	27	47	59	49	32	63	70	47	39	34	23	58	45	46
▨EC	1.6	1.2	2.4	0.6	1.5	2.6	3.0	0.6	1.6	1.7	1.3	1.8	1.0	1.4	1.5
□OC	26	25	37	13	29	43	16	7.0	18	23	28	30	14	17	21
▧他の陽イオン	1.5	1.4	1.8	3.4	3.0	1.8	1.6	3.2	1.9	1.3	1.2	1.4	1.6	2.0	1.9
▥NH_4^+	8.2	12	3.0	4.9	3.4	5.3	4.6	3.4	8.2	9.3	9.8	12	6.2	8.3	7.4
■他の陰イオン	0.13	0.12	0.26	0.34	0.14	0.18	0.18	0.11	0.12	0.08	0.08	0.13	0.05	0.15	0.13
▩SO_4^{2-}	23	33	7.6	18	13	14	12	15	22	24	25	31	18	24	21
■NO_3^-	0.99	0.88	0.30	0.62	0.60	0.65	0.53	0.37	0.94	1.0	0.59	0.79	1.1	1.9	0.97

注） 他の陰イオン：F^-, Cl^-
他の陽イオン：Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}

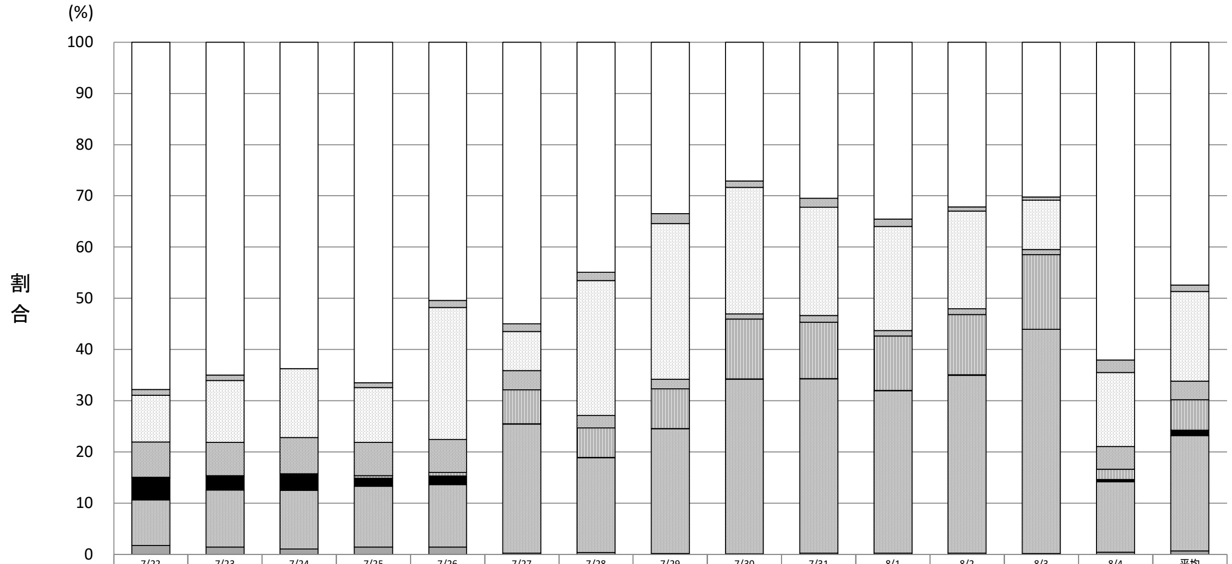
図1-2　イオン成分及び炭素成分濃度割合（春季）



	7/22	7/23	7/24	7/25	7/26	7/27	7/28	7/29	7/30	7/31	8/1	8/2	8/3	8/4	平均
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	霧島局														
$PM_{2.5}$	6.3	4.8	4.3	5.4	5.2	7.6	10.2	11.4	15.4	10.3	8.4	8.7	13.8	4.0	8.3
□その他	4.3	3.1	2.7	3.6	2.6	4.2	4.6	3.8	4.2	3.1	2.9	2.8	4.2	2.5	3.5
▨EC	0.070	0.052	0.000	0.051	0.073	0.113	0.168	0.218	0.188	0.176	0.122	0.071	0.083	0.097	0.106
□OC	0.6	0.6	0.6	0.6	1.3	0.6	2.7	3.5	3.8	2.2	1.7	1.7	1.3	0.6	1.5
▧他の陽イオン	0.43	0.31	0.31	0.35	0.33	0.29	0.24	0.22	0.15	0.14	0.09	0.10	0.14	0.18	0.23
▥NH_4^+	0.007	0.007	0.007	0.029	0.038	0.503	0.589	0.885	1.80	1.13	0.894	1.03	2.01	0.079	0.644
■他の陰イオン	0.274	0.130	0.131	0.085	0.087	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.018	0.055
▨SO_4^{2-}	0.558	0.536	0.493	0.642	0.633	1.91	1.89	2.78	5.25	3.51	2.66	3.02	6.04	0.549	2.18
▩NO_3^-	0.11	0.07	0.04	0.08	0.07	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04

注） 他の陰イオン：F^-, Cl^-
他の陽イオン：Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}

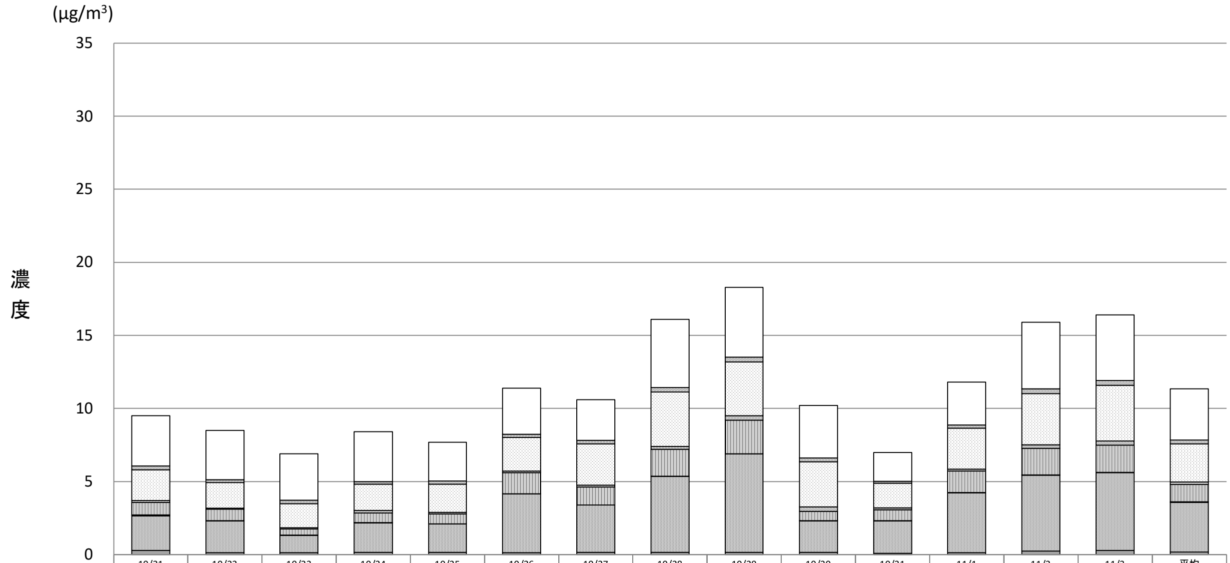
図2-1　イオン成分及び炭素成分濃度（夏季）



	7/22	7/23	7/24	7/25	7/26	7/27	7/28	7/29	7/30	7/31	8/1	8/2	8/3	8/4	平均
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	霧島局														
□その他	68	65	64	66	50	55	45	33	27	30	35	32	30	62	47
▨EC	1.1	1.1	0.0	0.94	1.4	1.5	1.6	1.9	1.2	1.7	1.4	0.82	0.60	2.4	1.3
□OC	9.2	12	13	11	26	7.6	26	30	25	21	20	19	10	14	17
▧他の陽イオン	6.9	6.5	7.1	6.5	6.4	3.8	2.4	1.9	1.0	1.3	1.1	1.1	1.0	4.4	3.7
▥NH_4^+	0.12	0.15	0.17	0.54	0.73	6.6	5.8	7.8	12	11	11	12	15	2.0	6.0
■他の陰イオン	4.4	2.7	3.1	1.6	1.7	0.08	0.06	0.05	0.04	0.06	0.07	0.07	0.04	0.44	1.0
▨SO_4^{2-}	8.9	11	11	12	12	25	19	24	34	34	32	35	44	14	23
▩NO_3^-	1.7	1.4	1.0	1.4	1.4	0.24	0.37	0.16	0.12	0.18	0.22	0.21	0.13	0.46	0.65

注） 他の陰イオン：F^-, Cl^-
他の陽イオン：Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}

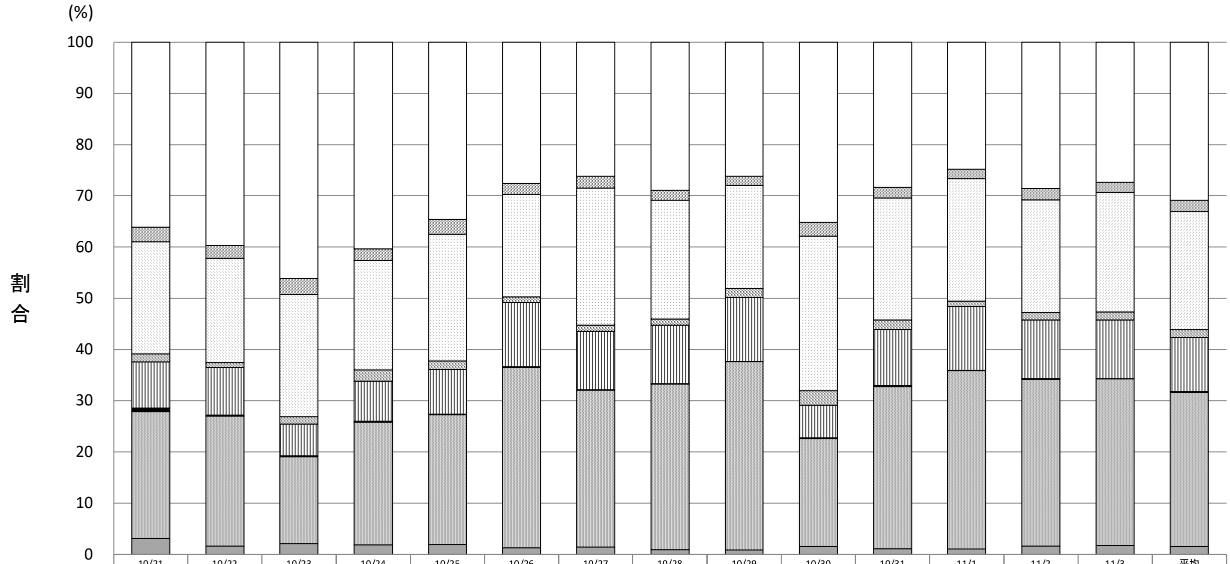
図2-2　イオン成分及び炭素成分濃度割合（夏季）



霧島局	10/21 1	10/22 2	10/23 3	10/24 4	10/25 5	10/26 6	10/27 7	10/28 8	10/29 9	10/30 10	10/31 11	11/1 12	11/2 13	11/3 14	平均
$PM_{2.5}$	9.5	8.5	6.9	8.4	7.7	11.4	10.6	16.1	18.3	10.2	7.0	11.8	15.9	16.4	11.3
□その他	3.4	3.4	3.2	3.4	2.7	3.1	2.8	4.7	4.8	3.6	2.0	2.9	4.5	4.5	3.5
▨EC	0.274	0.207	0.218	0.190	0.219	0.238	0.248	0.311	0.337	0.278	0.146	0.218	0.347	0.323	0.254
□OC	2.1	1.7	1.6	1.8	1.9	2.3	2.8	3.7	3.7	3.1	1.7	2.8	3.5	3.8	2.6
▧他の陽イオン	0.147	0.079	0.102	0.185	0.123	0.117	0.127	0.185	0.310	0.291	0.131	0.128	0.234	0.262	0.173
▥NH_4^+	0.853	0.789	0.424	0.659	0.675	1.44	1.20	1.84	2.29	0.651	0.766	1.47	1.82	1.87	1.20
■他の陰イオン	0.067	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.017
▩SO_4^{2-}	2.36	2.16	1.17	2.01	1.95	4.01	3.25	5.20	6.73	2.15	2.22	4.11	5.19	5.34	3.42
■NO_3^-	0.291	0.135	0.147	0.157	0.148	0.147	0.151	0.153	0.154	0.154	0.077	0.124	0.251	0.280	0.169

注）他の陰イオン：F^-, Cl^-
他の陽イオン：Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}

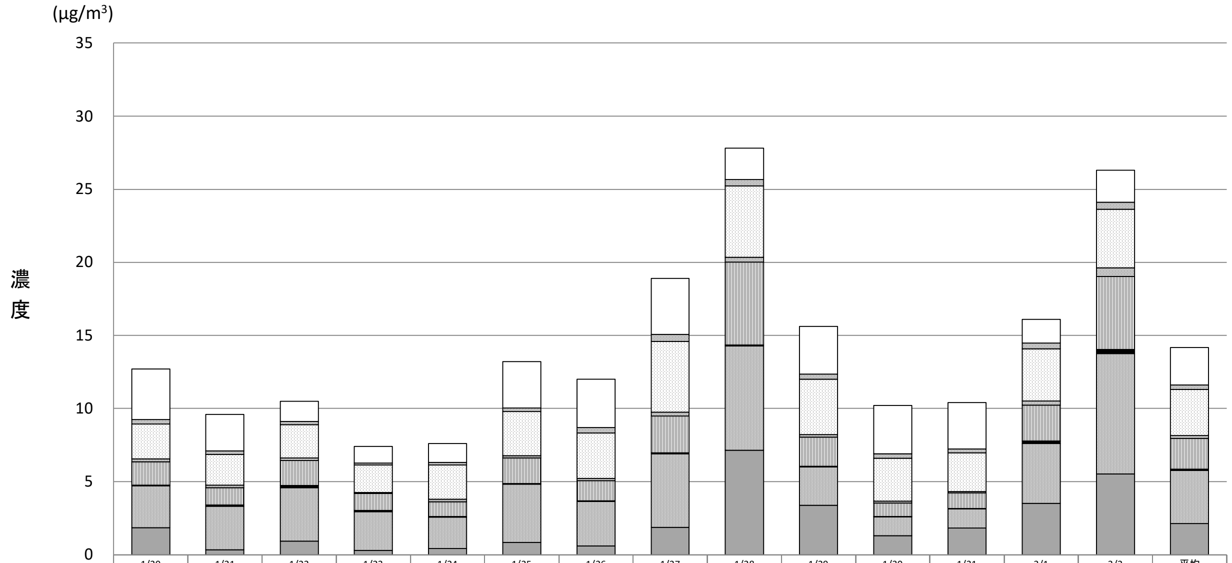
図3-1　イオン成分及び炭素成分濃度（秋季）



霧島局	10/21 1	10/22 2	10/23 3	10/24 4	10/25 5	10/26 6	10/27 7	10/28 8	10/29 9	10/30 10	10/31 11	11/1 12	11/2 13	11/3 14	平均
□その他	36	40	46	40	35	28	26	29	26	35	28	25	29	27	31
▨EC	2.9	2.4	3.2	2.3	2.8	2.1	2.3	1.9	1.8	2.7	2.1	1.8	2.2	2.0	2.2
□OC	22	20	24	21	25	20	27	23	20	30	24	24	22	23	23
▧他の陽イオン	1.5	0.93	1.5	2.2	1.6	1.0	1.2	1.2	1.7	2.8	1.9	1.1	1.5	1.6	1.5
▥NH_4^+	9.0	9.3	6.1	7.8	8.8	13	11	11	13	6.4	11	12	11	11	11
■他の陰イオン	0.70	0.15	0.19	0.16	0.17	0.12	0.12	0.082	0.072	0.13	0.19	0.11	0.083	0.080	0.15
▩SO_4^{2-}	25	25	17	24	25	35	31	32	37	21	32	35	33	33	30
■NO_3^-	3.1	1.6	2.1	1.9	1.9	1.3	1.4	0.95	0.84	1.5	1.1	1.1	1.6	1.7	1.5

注）他の陰イオン：F^-, Cl^-
他の陽イオン：Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}

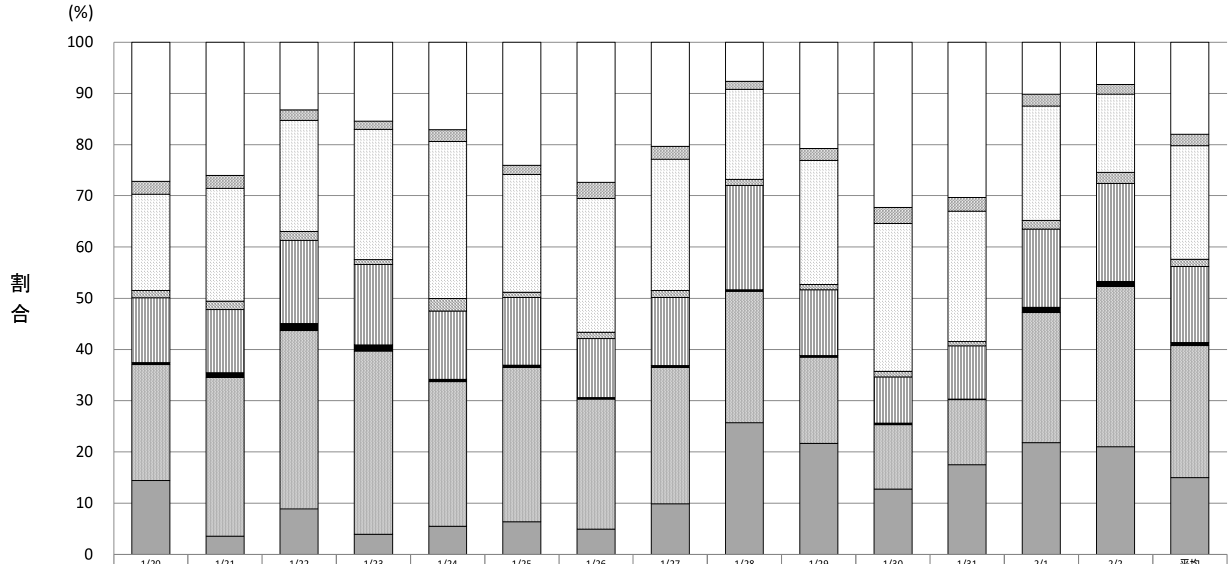
図3-2　イオン成分及び炭素成分濃度割合（秋季）



	1/20	1/21	1/22	1/23	1/24	1/25	1/26	1/27	1/28	1/29	1/30	1/31	2/1	2/2	平均
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	霧島局														
$PM_{2.5}$	12.7	9.6	10.5	7.4	7.6	13.2	12.0	18.9	27.8	15.6	10.2	10.4	16.1	26.3	14.2
□その他	3.45	2.50	1.39	1.14	1.30	3.17	3.29	3.84	2.12	3.24	3.29	3.16	1.63	2.18	2.55
▨EC	0.311	0.237	0.217	0.116	0.177	0.240	0.376	0.480	0.447	0.355	0.315	0.271	0.372	0.490	0.315
□OC	2.40	2.12	2.28	1.89	2.33	3.03	3.13	4.84	4.88	3.78	2.94	2.64	3.60	4.01	3.13
▧他の陽イオン	0.18	0.16	0.18	0.07	0.19	0.14	0.15	0.26	0.32	0.17	0.12	0.09	0.27	0.59	0.21
▥NH_4^+	1.60	1.18	1.71	1.16	1.01	1.74	1.38	2.51	5.68	1.99	0.919	1.08	2.46	5.00	2.10
■他の陰イオン	0.050	0.085	0.143	0.084	0.036	0.065	0.037	0.066	0.073	0.044	0.029	0.013	0.179	0.274	0.084
▤SO_4^{2-}	2.87	2.98	3.66	2.65	2.15	3.98	3.05	5.04	7.13	2.63	1.28	1.32	4.09	8.24	3.65
■NO_3^-	1.83	0.34	0.93	0.29	0.42	0.84	0.59	1.86	7.14	3.38	1.30	1.82	3.51	5.52	2.13

注）他の陰イオン：F^-, Cl^-
他の陽イオン：Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}

図4-1　イオン成分及び炭素成分濃度（冬季）



	1/20	1/21	1/22	1/23	1/24	1/25	1/26	1/27	1/28	1/29	1/30	1/31	2/1	2/2	平均
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	霧島局														
□その他	27	26	13	15	17	24	27	20	7.6	21	32	30	10	8.3	18
▨EC	2.5	2.5	2.1	1.6	2.3	1.8	3.1	2.5	1.6	2.3	3.1	2.6	2.3	1.9	2.2
□OC	19	22	22	26	31	23	26	26	18	24	29	25	22	15	22
▧他の陽イオン	1.4	1.6	1.7	0.91	2.4	1.0	1.3	1.4	1.1	1.1	1.2	0.88	1.7	2.2	1.5
▥NH_4^+	13	12	16	16	13	13	12	13	20	13	9.0	10	15	19	15
■他の陰イオン	0.40	0.88	1.4	1.1	0.48	0.49	0.31	0.35	0.26	0.28	0.28	0.13	1.1	1.0	0.59
▤SO_4^{2-}	23	31	35	36	28	30	25	27	26	17	13	13	25	31	26
■NO_3^-	14	3.6	8.9	3.9	5.5	6.3	4.9	9.8	26	22	13	18	22	21	15

注）他の陰イオン：F^-, Cl^-
他の陽イオン：Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}

図4-2　イオン成分及び炭素成分濃度割合（冬季）

ウ　無機元素濃度

調査期間における無機元素濃度の季節別平均値を表3に示す。

表3　各無機元素濃度の季節別平均値

項目	期間	春	夏	秋	冬
無機元素濃度（単位：ng/m^3）	Be	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
	Na	74	(67)	69	43
	Mg	(10)	ＮＤ	(10)	(7)
	Al	(36)	ＮＤ	(17)	(13)
	K	40	(35)	70	173
	Ca	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
	Sc	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
	Ti	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ	(1.2)
	V	0.56	(0.24)	0.29	0.29
	Cr	ＮＤ	ＮＤ	(0.4)	(0.27)
	Mn	1.9	ＮＤ	2.67	1.7
	Fe	(59)	ＮＤ	(65)	ＮＤ
	Co	(0.031)	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
	Ni	ＮＤ	(0.44)	ＮＤ	ＮＤ
	Cu	ＮＤ	ＮＤ	1.2	(0.8)
	Zn	(6.1)	ＮＤ	10.6	(8)
	As	0.594	0.57	0.815	1.00
	Se	0.361	(0.22)	0.528	0.556
	Rb	0.13	ＮＤ	0.184	0.20
	Y	(0.023)	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
	Mo	0.119	ＮＤ	0.24	0.18
	Cd	0.040	0.039	0.112	(0.11)
	Sb	0.225	(0.14)	0.39	(0.37)
	Cs	0.0111	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
	Ba	(0.7)	ＮＤ	ＮＤ	(1.2)
	La	0.034	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
	Ce	0.066	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
	Pr	(0.007)	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
	Nd	(0.027)	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
	Sm	(0.006)	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
	Eu	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
	Gd	(0.005)	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
	Tb	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
	Dy	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
	Ho	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
	Er	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
	Tm	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
	Yb	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
	Lu	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
	Hf	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
	Ta	ＮＤ	(0.19)	ＮＤ	ＮＤ
	W	0.86	(0.5)	0.77	0.50
	Pb	1.44	ＮＤ	2.54	3.38
	Th	(0.012)	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
無機元素質量濃度（単位：μg/m^3）		0.26	0.23	0.27	0.30

※　ＮＤ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，濃度平均値を算出した。

※　定量下限値は有効数字２桁，濃度平均値は有効数字３桁（ただし，定量下限値の有効数字２桁目までの桁数）とした。

※　無機元素質量濃度は，無機元素濃度44項目の合計を算出した。