

# PM<sub>2.5</sub> 成分組成（令和 3 年度）

環境科学課 大気担当

## 1 はじめに

福岡市では、平成 22 年 3 月 31 日に改正された「大気汚染防止法第 22 条の規定に基づく大気汚染の常時監視に関する事務の処理基準について」<sup>1)</sup>に基づき、平成 23 年秋季より PM<sub>2.5</sub> の成分測定を市役所測定局（以下、「市役所局」とする。）で開始した。地域特性の把握のため、平成 25 年度からは元岡測定局（以下、「元岡局」とする。）を追加し、成分測定を行っている。

本報告では、令和 3 年度に実施した市役所局及び元岡局における PM<sub>2.5</sub> 質量濃度並びに PM<sub>2.5</sub> の主要成分であるイオン成分、炭素成分及び無機元素成分の測定結果について述べる。

## 2 方法

### 2.1 調査地点及び調査期間

調査地点である大気常時監視測定局の市役所局（北緯 33 度 35 分，東経 130 度 24 分）及び元岡局（北緯 33 度 35 分，東経 130 度 15 分）を図 1 に示す。市役所局は、本市の中心地である天神に位置する一般環境大気測定局である。用途区分は商業地域であり、周辺には多くの商業施設が立ち並ぶとともに、交通の要所となっているため、交通量は非常に多い。元岡局は、市役所局から西に約 14 km の場所に位置する一般環境大気測定局である。用途区分は市街化調整区域であり、周辺には住宅と田畑があり、付近の道路の交通量はさほど多くない。

調査は、以下の期間の午前 10 時から翌日の午前 9 時までとし、毎日実施した。

- ・ 春季（令和 3 年 5 月 13 日～5 月 27 日）
- ・ 夏季（令和 3 年 7 月 22 日～8 月 5 日）
- ・ 秋季（令和 3 年 10 月 21 日～11 月 4 日）
- ・ 冬季（令和 4 年 1 月 20 日～2 月 3 日）

### 2.2 試料採取及び測定方法

試料採取及び測定方法は、「大気中微小粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>）成分測定マニュアル」<sup>2)</sup>に従った。

試料採取は、すべての地点でローボリウムエアサンプラー（Thermo scientific 製：FRM2000）を用いて行った。

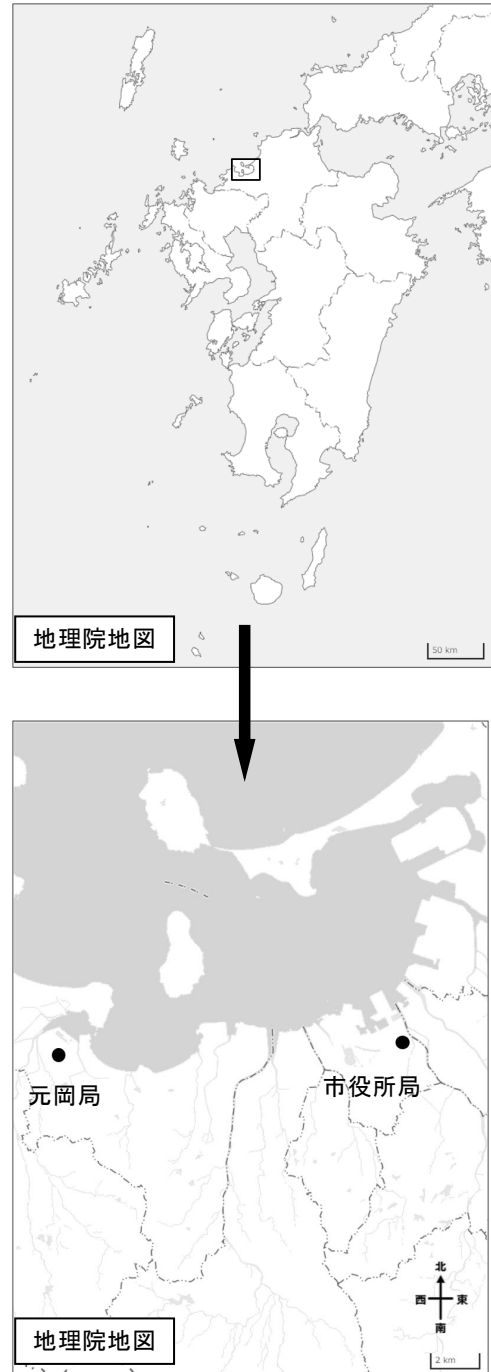


図 1 調査地点

フィルターは、サポートリング付き PTFE フィルター（Whatman 製）及び石英フィルター（Pall 製）を使用した。

PM<sub>2.5</sub> 質量濃度は、捕集前後に PTFE フィルターを温度 21.5±1.5°C、相対湿度 35±5% の室内で 24 時間以上静置したものを秤量し、捕集前後の差によって求めた。

イオン成分は、石英フィルターの 1/4 片を超純水 10 mL で 20 分間超音波抽出し、孔径 0.45 μm の PTFE ディスクフィルターでろ過後、イオンクロマトグラフ（Dionex 製：ICS-1100, 2100）で測定した。測定項目は SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> の 8 項目とした。

炭素成分は、石英フィルターの 1 cm<sup>2</sup> を使用し、カーボンアナライザー（Sunset Laboratory 製：ラボモデル）で IMPROVE プロトコルに従い測定した。測定項目は OC1, OC2, OC3, OC4, EC1, EC2, EC3, OCPyro とした。有機炭素（OC）は OC = OC1 + OC2 + OC3 + OC4 + OCPyro、元素炭素（EC）は EC = EC1 + EC2 + EC3 - OCPyro で算出した。

Si を除く無機元素成分は、PTFE フィルターの 1/2 片をマイクロウェーブ（Perkin Elmer 製：Multiwave（春季）、Anton Paar 製：Multiwave Pro（夏季・秋季・冬季））で酸分解した後、ICP-MS（Thermo scientific 製：iCAP RQ）で測定した。測定項目は、Na, Al, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Mo, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Sm, Hf, W, Ta, Th, Pb の 29 項目とした。Si は、捕集フィルターを蛍光 X 線分析装置（BRUKER 製：S2 RANGER）で測定した。

### 3 結果

#### 3.1 PM<sub>2.5</sub> 質量濃度と各成分

PM<sub>2.5</sub> 質量濃度、イオン成分、炭素成分及び無機元素成分の測定結果について、各季節及び年間の平均濃度を算出した。なお、イオン成分、炭素成分及び無機元素成分の濃度算出にあたり、検出下限値未満については検出下限値の 1/2 の値を使用した。

##### 3.1.1 PM<sub>2.5</sub> 質量濃度

PM<sub>2.5</sub> 質量濃度の測定結果を表 1 に示す。年間平均濃度（濃度範囲）は、市役所局では 11.2 μg/m<sup>3</sup>（2.9～34.8 μg/m<sup>3</sup>）、元岡局では 10.9 μg/m<sup>3</sup>（2.4～32.9 μg/m<sup>3</sup>）であった。

表 1 PM<sub>2.5</sub> 質量濃度

	春季	夏季	秋季	冬季	年間
市役所局	10.3	8.8	11.8	14.0	11.2
最小値	2.9	4.5	4.5	4.6	2.9
最大値	20.2	15.6	20.8	34.8	34.8
元岡局	9.9	8.2	12.1	13.5	10.9
最小値	2.4	4.1	4.6	3.4	2.4
最大値	24.5	15.2	21.1	32.9	32.9

（単位：μg/m<sup>3</sup>）

##### 3.1.2 イオン成分

PM<sub>2.5</sub> イオン成分の測定結果を表 2 に示す。各イオン成分合計の年間平均濃度（濃度範囲）は、市役所局で 5.1 μg/m<sup>3</sup>（1.1～25 μg/m<sup>3</sup>）、元岡局で 5.1 μg/m<sup>3</sup>（1.6～20 μg/m<sup>3</sup>）であった。

イオン成分中では SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> の割合が最も多く（年間平均濃度：市役所局 2.5 μg/m<sup>3</sup>、元岡局 2.4 μg/m<sup>3</sup>）、次いで NH<sub>4</sub><sup>+</sup>（年間平均濃度：市役所局 1.3 μg/m<sup>3</sup>、元岡局 1.4 μg/m<sup>3</sup>）であった。

表 2 PM<sub>2.5</sub> イオン成分

	春季	夏季	秋季	冬季	年間	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2.0	2.1	2.8	3.1	2.5	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.46	0.077	0.59	2.9	1.0	
Cl <sup>-</sup>	0.021	0.015	0.030	0.11	0.043	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.89	0.86	1.3	2.3	1.3	
Na <sup>+</sup>	0.075	0.086	0.070	0.089	0.080	
市役所局	K <sup>+</sup>	0.053	0.023	0.077	0.10	0.064
Ca <sup>2+</sup>	0.097	0.047	0.084	0.040	0.067	
Mg <sup>2+</sup>	0.011	0.008	0.007	0.012	0.010	
合計	3.6	3.2	5.0	8.7	5.1	
最小値	0.9	1.1	1.5	1.8	0.9	
最大値	6.8	7.7	9.9	25	25	
元岡局	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.9	2.3	2.6	2.7	2.4
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.84	0.082	0.77	2.5	1.1	
Cl <sup>-</sup>	0.055	0.036	0.069	0.15	0.078	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1.1	1.0	1.4	2.1	1.4	
Na <sup>+</sup>	0.067	0.083	0.057	0.080	0.072	
K <sup>+</sup>	0.066	0.029	0.068	0.092	0.064	
Ca <sup>2+</sup>	0.041	0.027	0.025	0.022	0.029	
Mg <sup>2+</sup>	0.005	0.005	0.007	0.010	0.007	
合計	4.1	3.6	5.0	7.7	5.1	
最小値	0.9	1.0	1.6	1.7	0.9	
最大値	9.0	9.3	9.1	20	20	

（単位：μg/m<sup>3</sup>）

3.1.3 無機元素成分

PM<sub>2.5</sub>無機元素成分の測定結果を表4に示す。年間平均

濃度（濃度範囲）は、市役所局で 640 ng/m<sup>3</sup>（110～5200 ng/m<sup>3</sup>），元岡局で 520 ng/m<sup>3</sup>（95～6700 ng/m<sup>3</sup>）であった。

表4 PM<sub>2.5</sub>無機元素成分

	春季	夏季	秋季	冬季	年間		春季	夏季	秋季	冬季	年間
Na	81	98	69	78	81	Na	76	78	65	75	73
Al	83	26	52	49	53	Al	94	34	41	33	50
Si	460	65	220	150	220	Si	420	45	180	130	200
K	98	40	94	120	87	K	100	40	85	100	82
Ca	120	51	60	42	69	Ca	40	22	37	28	32
Sc	0.019	0.0044	0.0078	0.0071	0.0097	Sc	0.021	0.0028	0.0060	0.0055	0.087
Ti	5.8	1.8	3.5	3.2	3.6	Ti	5.2	1.4	2.9	2.4	3.0
V	1.1	0.69	0.46	0.57	0.70	V	0.95	0.58	0.42	0.45	0.60
Cr	0.78	0.45	0.89	1.1	0.79	Cr	0.64	1.5	1.6	1.5	1.3
Mn	6.6	2.0	4.5	4.9	4.5	Mn	3.2	1.0	3.4	2.7	2.6
Fe	130	43	76	68	78	Fe	82	30	63	45	55
Co	0.069	0.041	0.031	0.043	0.046	Co	0.054	0.039	0.034	0.038	0.041
Ni	1.2	0.93	0.70	0.82	0.92	Ni	0.96	0.95	0.94	0.90	0.94
Cu	1.6	1.2	1.9	2.8	1.9	Cu	2.8	0.97	1.6	1.8	1.8
Zn	20	12	17	22	18	Zn	11	7.7	18	20	14
As	1.1	0.34	0.89	1.7	1.0	As	1.0	0.34	0.96	1.4	0.93
Se	0.58	0.35	0.60	0.75	0.57	Se	0.56	0.34	0.60	0.71	0.55
Rb	0.29	0.11	0.27	0.33	0.25	Rb	0.29	0.082	0.22	0.26	0.21
Mo	0.39	0.33	0.41	0.50	0.41	Mo	0.33	0.29	0.47	0.69	0.44
Sb	0.58	0.33	0.63	0.80	0.58	Sb	0.37	0.73	0.76	0.83	0.67
Cs	0.034	0.011	0.032	0.039	0.029	Cs	0.031	0.0084	0.028	0.034	0.025
Ba	5.3	5.3	4.8	3.4	4.7	Ba	4.3	4.7	4.8	7.0	5.2
La	0.072	0.023	0.052	0.057	0.051	La	0.063	0.020	0.044	0.044	0.043
Ce	0.11	0.030	0.061	0.061	0.066	Ce	0.11	0.023	0.045	0.043	0.055
Sm	0.0069	0.0019	0.0031	0.0031	0.0037	Sm	0.0081	0.0015	0.0026	0.025	0.0037
Hf	0.0088	0.0048	0.0081	0.0068	0.0071	Hf	0.0099	0.0036	0.0064	0.0039	0.0060
W	0.15	0.26	0.19	0.15	0.19	W	0.13	0.21	0.17	0.11	0.16
Ta	0.0035	0.0015	0.0020	0.0006	0.0019	Ta	0.0015	0.0013	0.0004	0.0005	0.0009
Th	0.014	0.0030	0.0073	0.0062	0.0077	Th	0.017	0.0024	0.0065	0.0050	0.0076
Pb	4.6	1.8	4.1	6.4	4.3	Pb	4.3	1.3	4.1	5.6	3.8
合計	1000	350	610	560	640	合計	860	270	510	460	520
最小値	130	110	230	180	110	最小値	110	95	270	130	95
最大値	5200	870	1200	1100	5200	最大値	6700	630	840	1100	6700

(単位: ng/m<sup>3</sup>)

### 3.1.4 炭素成分

PM<sub>2.5</sub>炭素成分の測定結果を表3に示す。年間平均濃度（濃度範囲）は、市役所局でOC：2.8μg/m<sup>3</sup>（1.4～4.9μg/m<sup>3</sup>）、EC：0.78μg/m<sup>3</sup>（0.12～2.4μg/m<sup>3</sup>）、元岡局でOC：2.3μg/m<sup>3</sup>（0.81～4.6μg/m<sup>3</sup>）、EC：0.52μg/m<sup>3</sup>（0.024～2.0μg/m<sup>3</sup>）であった。

表3 PM<sub>2.5</sub>炭素成分

		春季	夏季	秋季	冬季	年間
市役所局	OC	2.7	2.8	3.3	2.7	2.9
	最小値	1.5	1.9	1.6	1.4	1.4
	最大値	4.1	3.5	4.9	4.9	4.9
	EC	0.81	0.70	0.70	0.91	0.78
	最小値	0.15	0.13	0.26	0.25	0.13
	最大値	1.3	1.5	1.2	2.4	2.4
元岡局	OC	2.2	2.3	2.6	2.1	2.3
	最小値	0.97	1.9	1.4	0.81	0.81
	最大値	4.6	3.0	4.4	3.7	4.6
	EC	0.42	0.28	0.63	0.76	0.52
	最小値	0.024	0.13	0.21	0.19	0.024
	最大値	1.0	0.42	1.2	2.0	2.0

（単位：μg/m<sup>3</sup>）

### 3.2 PM<sub>2.5</sub>成分組成

PM<sub>2.5</sub>成分組成を表5に示す。年間平均でPM<sub>2.5</sub>質量濃度に対する割合が高い成分は、市役所局ではSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が22%、OCが25%、元岡局ではSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が22%、OCが21%であった。

表5 PM<sub>2.5</sub>成分組成

		春季	夏季	秋季	冬季	年間	
市役所局	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	19	24	24	22	22	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4.4	0.88	5.0	21	9.0	
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	8.6	9.7	11	16	12	
	その他イオン	2.5	2.0	2.3	2.5	2.3	
	OC	26	31	28	20	25	
	EC	7.9	8.0	5.9	6.5	7.0	
	無機元素	9.9	4.0	5.1	4.0	5.7	
	その他	22	20	19	8.1	16	
	元岡局	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	19	28	21	20	22
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	8.5	1.0	6.4	19	9.7
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		11	12	11	15	13	
その他イオン		2.4	2.2	1.9	2.7	2.3	
OC		22	28	22	16	21	
EC		4.3	3.4	5.2	5.7	4.8	
無機元素		8.7	3.3	4.2	3.4	4.8	
その他		24	21	28	18	23	

（単位：%）

### 文献

- 1) 環境省：大気汚染防止法第22条の規定に基づく大気の汚染の常時監視に関する事務の処理基準について、2010
- 2) 環境省：大気中微小粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>）成分測定マニュアル、2019