

PM_{2.5}成分組成（令和2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状況の常時監視に関する事務の処理基準について」¹⁾に基づき、平成23年秋季よりPM_{2.5}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2年度に実施した市役所局及び元岡局におけるPM_{2.5}質量濃度並びにPM_{2.5}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14km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2年5月13日～5月27日）
- ・ 夏季（令和2年7月23日～8月6日）
- ・ 秋季（令和2年10月22日～11月5日）
- ・ 冬季（令和3年1月21日～2月4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_{2.5}）成分測定マニュアル」²⁾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。フィルターは、サポートリング付きPTFEフィルター



図1 調査地点

（Whatman 製）及び石英フィルター（Pall 製）を使用した。

PM_{2.5}質量濃度は、捕集後にPTFEフィルターを温度21.5±1.5℃、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10mLで20分間超音波抽出し、孔径0.45μm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SO₄²⁻、NO₃⁻、Cl⁻、NH₄⁺、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺の8項目とした。

炭素成分は、石英フィルターの1cm²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_{2.5} 質量濃度と各成分

PM_{2.5} 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_{2.5} 質量濃度

PM_{2.5} 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 12.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3.7~41.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 元岡局では 11.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2.2~40.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) であった。年間最大値は夏季 (8 月 2 日) に観測され, 市役所局で 41.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 元岡局で 40.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。また, 福岡管区气象台では 8 月 2 日から 7 日にかけて煙霧が観測された。煙霧の原因としては, 西之島の噴煙が太平洋高気圧の影響で福岡まで到達したものと考えられている (<https://www.fukuoka-u.ac.jp/fukudaism/coalition/20/08/15933.html>)。

3.1.2 イオン成分

PM_{2.5} 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 5.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1.2~31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 元岡局で 5.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.82~30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) であった。

イオン成分中では SO_4^{2-} の割合が最も多く (年間平均濃度: 市役所局 3.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 元岡局 3.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 次いで NH_4^+ (年間平均濃度: 市役所局 1.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 元岡局 1.5

表 1 PM_{2.5} 質量濃度

	春季	夏季	秋季	冬季	年間
市役所局	10.7	14.6	11.9	13.6	12.7
最小値	5.3	3.7	7.8	4.9	3.7
最大値	18.4	41.1	20.0	22.7	41.1
元岡局	9.5	13.7	11.1	12.0	11.6
最小値	3.8	2.2	5.9	4.8	2.2
最大値	17.3	40.8	21.2	22.4	40.8

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

表 2 PM_{2.5} イオン成分

		春季	夏季	秋季	冬季	年間
市役所局	SO ₄ ²⁻	2.5	6.4	2.0	2.6	3.4
	NO ₃ ⁻	0.61	0.056	0.71	1.7	0.77
	Cl ⁻	0.041	0.008	0.045	0.17	0.066
	NH ₄ ⁺	1.2	1.8	0.96	1.5	1.4
	Na ⁺	0.095	0.088	0.083	0.14	0.10
	K ⁺	0.051	0.031	0.083	0.065	0.057
	Ca ²⁺	0.073	0.049	0.23	0.26	0.15
	Mg ²⁺	0.012	0.011	0.012	0.016	0.013
	合計	4.5	8.4	4.2	6.4	5.9
	最小値	1.8	1.2	2.3	2.6	1.2
	最大値	7.8	31	8.3	11	31
元岡局	SO ₄ ²⁻	2.2	5.2	2.1	2.4	3.0
	NO ₃ ⁻	0.60	0.071	0.93	1.7	0.83
	Cl ⁻	0.063	0.013	0.077	0.17	0.080
	NH ₄ ⁺	1.2	1.9	1.3	1.5	1.5
	Na ⁺	0.067	0.063	0.064	0.11	0.077
	K ⁺	0.042	0.015	0.088	0.058	0.051
	Ca ²⁺	0.021	0.016	0.038	0.063	0.034
	Mg ²⁺	0.008	0.006	0.008	0.012	0.009
	合計	4.2	7.3	4.6	6.0	5.5
	最小値	1.5	0.82	2.0	2.2	0.82
	最大値	9.1	30	9.5	12	30

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

$\mu\text{g}/\text{m}^3$) であった。 SO_4^{2-} が夏季に高くなっているのは, 前述の西之島の火山ガスである SO_2 が大気中で酸化され, 二次的に生成した硫酸塩由来によるものと考えられている (<https://www.u-ryukyu.ac.jp/news/15458/>)。

3.1.3 炭素成分

PM_{2.5}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：2.8 μg/m³（1.3～5.7 μg/m³），EC：0.72 μg/m³（0.15～1.7 μg/m³），元岡局でOC：2.1 μg/m³（0.88～5.2 μg/m³），EC：0.40 μg/m³（0.031～1.4 μg/m³）であった。

表3 PM_{2.5}炭素成分

		春季	夏季	秋季	冬季	年間
市役所局	OC	2.7	2.4	3.3	2.7	2.8
	最小値	1.6	1.3	2.0	1.3	1.3
	最大値	5.7	3.6	5.1	4.7	5.7
	EC	0.62	0.43	0.90	0.92	0.72
	最小値	0.23	0.15	0.42	0.23	0.15
	最大値	1.2	0.77	1.6	1.7	1.7
元岡局	OC	2.1	1.8	2.5	2.0	2.1
	最小値	1.0	0.88	1.4	1.1	0.88
	最大値	5.2	3.3	4.4	3.8	5.2
	EC	0.32	0.21	0.55	0.54	0.40
	最小値	0.041	0.031	0.18	0.20	0.031
	最大値	0.89	0.40	1.1	1.4	1.4

（単位：μg/m³）

3.1.4 無機元素成分

PM_{2.5}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1100 ng/m³（250～3600 ng/m³），元岡局で710 ng/m³（92～3300 ng/m³）であった。

表4 PM_{2.5}無機元素成分

		春季	夏季	秋季	冬季	年間
市役所局	Na	94	70	92	150	100
	Al	73	110	78	150	100
	Si	330	200	460	590	390
	K	73	26	110	130	85
	Ca	86	200	170	220	170
	Sc	0.015	0.010	0.018	0.50	0.14
	Ti	5.3	3.9	6.6	10	6.4
	V	1.2	0.46	0.70	0.90	0.81
	Cr	0.69	0.54	1.1	1.1	0.84
	Mn	16	42	12	10	20
	Fe	120	170	150	160	150
	Co	0.14	0.021	0.066	0.083	0.076
	Ni	0.94	0.60	1.1	1.2	0.94
	Cu	2.4	4.2	3.6	2.7	3.2
	Zn	22	53	56	49	45
	As	0.67	0.50	1.9	1.1	1.0
	Se	0.47	0.30	0.77	0.60	0.53
	Rb	0.23	0.078	0.38	0.40	0.27
	Mo	0.42	0.19	0.55	0.70	0.47
	Sb	0.49	0.50	0.74	0.80	0.63
	Cs	0.021	0.0046	0.042	0.031	0.025
	Ba	3.5	4.0	4.9	5.2	4.4
	La	0.074	0.017	0.087	0.11	0.071
	Ce	0.11	0.027	0.12	0.21	0.12
	Sm	0.0056	0.0016	0.0079	0.025	0.010
	Hf	0.0080	0.0075	0.010	0.65	0.17
	W	0.10	0.041	0.14	0.55	0.21
	Ta	0.0010	0.0026	0.0015	0.065	0.018
	Th	0.011	0.0019	0.014	0.50	0.13
	Pb	2.4	0.97	5.4	6.2	3.7
	合計	830	890	1200	1500	1100
	最小値	250	410	410	310	250
	最大値	2000	2100	2400	3600	3600

（単位：ng/m³）

	春季	夏季	秋季	冬季	年間
Na	63	58	84	140	86
Al	52	110	56	120	84
Si	280	130	270	390	270
K	54	23	100	110	72
Ca	35	200	70	76	95
Sc	0.010	0.011	0.012	0.50	0.13
Ti	3.5	3.8	4.0	6.5	4.4
V	0.72	0.31	0.57	0.64	0.56
Cr	0.45	0.20	0.74	1.0	0.61
Mn	2.0	1.1	3.8	5.0	3.0
Fe	45	30	80	110	67
Co	0.038	0.020	0.041	0.059	0.039
Ni	0.57	0.60	0.54	0.88	0.65
Cu	0.86	0.69	2.5	1.4	1.4
Zn	20	4.2	20	25	17
As	0.57	0.45	1.8	1.0	1.0
Se	0.41	0.26	0.83	0.60	0.53
Rb	0.16	0.047	0.30	0.34	0.21
Mo	0.26	0.058	0.55	0.73	0.40
Sb	0.36	0.70	0.56	0.70	0.58
Cs	0.016	0.0036	0.038	0.028	0.022
Ba	4.6	3.0	3.7	5.4	4.2
La	0.042	0.0089	0.054	0.065	0.042
Ce	0.060	0.014	0.068	0.12	0.065
Sm	0.0044	0.0013	0.0045	0.025	0.0088
Hf	0.0048	0.0075	0.0065	0.65	0.17
W	0.063	0.034	0.13	0.55	0.19
Ta	0.00093	0.0012	0.0029	0.065	0.017
Th	0.0092	0.0015	0.011	0.50	0.13
Pb	1.7	0.82	4.9	5.9	3.3
合計	570	560	700	1000	710
最小値	92	400	350	290	92
最大値	1800	1200	1600	3300	3300

元岡局

(単位:ng/m³)

3.2 PM_{2.5}成分組成

PM_{2.5}成分組成を表5に示す。年間平均でPM_{2.5}質量濃度に対する割合が高い成分は、市役所局ではSO₄²⁻が26%、OCが22%、その他成分が18%に対して、元岡局ではSO₄²⁻が26%、その他成分が25%、OCが18%であった。

表5 PM_{2.5}成分組成

		春季	夏季	秋季	冬季	年間
市役所局	SO ₄ ²⁻	23.3	43.6	17.2	18.7	26.5
	NO ₃ ⁻	5.7	0.4	6.0	12.5	6.0
	NH ₄ ⁺	11.0	12.2	8.0	10.8	10.6
	その他イオン	2.5	1.3	3.8	4.8	3.1
	OC	25.7	16.3	27.9	19.6	21.9
	EC	5.8	2.9	7.5	6.8	5.6
	無機元素	7.7	6.1	9.6	10.9	8.6
	その他	18.3	17.2	20.1	15.9	17.8
元岡局	SO ₄ ²⁻	23.6	37.7	19.0	19.7	25.7
	NO ₃ ⁻	6.3	0.5	8.4	14.3	7.2
	NH ₄ ⁺	12.6	14.2	11.4	12.7	12.8
	その他イオン	2.1	0.8	2.5	3.4	2.2
	OC	21.9	12.9	22.4	16.6	18.0
	EC	3.3	1.5	4.9	4.5	3.5
	無機元素	6.0	4.1	6.3	8.4	6.1
	その他	24.0	28.3	25.0	20.5	24.6

(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状況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 (PM2.5) 成分測定マニュアル, 2019