

福岡市における PM2.5 の成分組成および発生源解析

1 はじめに

微小粒子状物質（PM2.5）は肺の奥深くまで入りやすく，喘息や気管支炎などの呼吸器系疾患や肺がんのリスクの上昇，循環器系への影響などが懸念されている．我が国では，平成 21 年 9 月に PM2.5 の環境基準が「1 年平均値が $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であり，かつ 1 日平均値（98%値）が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下」と定められた．さらに，PM2.5 への関心の高まりから，福岡市では平成 25 年 2 月より環境基準の日平均値 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えることが予想された場合，市民への情報提供を行うこととした．また，同月に環境省の「微小粒子状物質（PM2.5）に関する専門家会合」では，注意喚起のための暫定的な指針値として，日平均値 $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ が提言された．

環境省では，平成 22 年度から 3 年を目処に，PM2.5 の質量濃度を測定するため，常時監視局の整備を行うこととしており，福岡市においても平成 23 年 3 月より PM2.5 自動測定機による常時監視を開始した．同年 7 月には，「微小粒子状物質（PM2.5）の成分分析ガイドライン」¹⁾ が策定され，地域ごとの特色に応じた効果的な PM2.5 汚染対策を検討するため，地方自治体において成分分析を行うことも求められた．福岡市では，平成 23 年秋季より一般環境大気測定局である市役所測定局（以下，「市役所局」という．）において，PM2.5 の成分分析を実施している^{2,3)}．

本研究では，福岡市における 3 年間（平成 24 年度から平成 26 年度）の PM2.5 の成分分析を行い，そのデータを基に発生源の推定を行ったので，それらの結果を報告する．

2 研究方法

1) 調査地点および調査期間

調査地点である市役所局（北緯 33 度 35 分，東経 130 度 24 分）を図 1 に示す．市役所局は，福岡市の中心地である天神に位置し，周辺には多くの商業施設が立ち並び，交通の要所となっているため交通量が非常に多い．また，大陸に近く，移流の影響を受けやすいという特徴がある．

調査期間は，平成 24 年度から平成 26 年度の 3 年間，各季節 14 日間ずつ実施した（図 2）．

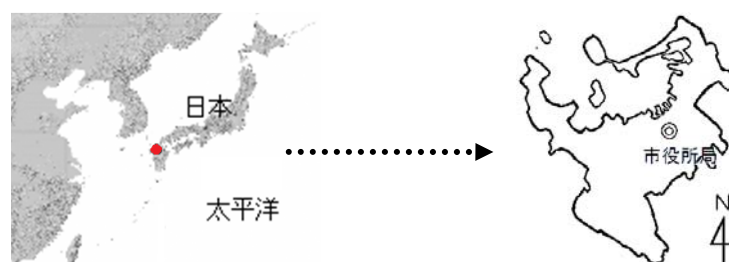


図 1 調査地点

	平成24年度	平成25年度	平成26年度
春季	H24.5.14~5.28	H25.5.8~5.22	H26.5.8~5.22
夏季	H24.7.26~8.9	H25.7.24~8.7	H26.7.30~8.13
秋季	H24.10.23~11.6	H25.10.23~11.6	H26.10.22~11.5
冬季	H25.1.24~2.7	H26.1.22~2.5	H27.1.21~2.4

図 2 調査期間

2) 試料採取および分析方法

試料採取は、FRM-2000 (Thermo Scientific 社製) 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 (Whatman 社製) および石英フィルター (Pall 社製) を使用した。

PM2.5 の質量濃度は、捕集前後に PTFE フィルターを温度 $21.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $35 \pm 5\%$ 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。

炭素成分の分析は、石英フィルターの 1cm^2 を使用し、カーボンアナライザー (Sunset Laboratory 社製: ラボモデル) で Improve プロトコルに従い分析した。測定項目は、有機炭素 (OC) および元素状炭素 (EC) の 2 項目である。

イオン成分の分析は、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 $0.45\ \mu\text{m}$ 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 社製: ICS-2100, 1600) で分析した。測定項目は、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 NH_4^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} の 8 項目である。

Si を除く無機元素成分の分析は、PTFE フィルターの $1/2$ 片をマイクロウェーブ (Perkin Elmer 社製: Multiwave) で酸分解した後、ICP-MS (Agilent 社製: 7700x) で分析した。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, Ta, W, Pb, Th の 29 項目である。Si は、捕集フィルターを蛍光 X 線分析装置 (島津製作所社製: EDX-900HS) で分析した。

3 結果および考察

1) 成分組成

各年度における PM2.5 の質量濃度 (平均値)、およびイオン成分、炭素成分、無機元素成分の成分組成 (平均値) を図 3 に示す。質量濃度は、平成 24 年度が $19.4\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、平成 25 年度が $25.0\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、平成 26 年度が $17.7\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ と違いが見られたが、成分組成は各年度とも同様の傾向であった。各年度とも、イオン成分の割合が最も大きく (質量濃度の 50% 程度)、その中でも SO_4^{2-} の割合が最も大きかった (質量濃度の 30% 程度)。次に割合が大きかったのは炭素成分であり (質量濃度の 20~30% 程度)、その中では OC が半分以上を占めていた。無機元素成分は、質量濃度の 3~5% 程度であった。

各成分の季節変動を図 4, 5 に示す。各濃度は、季節ごとの平均値を算出した。質量濃度、 NO_3^- 、 NH_4^+ は春季・冬季に高く、夏季に低い傾向であった。特に、 NO_3^- は冬季に著しく高濃度であった。 SO_4^{2-} は春季に、 Cl^- は冬季に、 Na^+ は夏季に高い傾向であった。また、OC, EC, 無機成分は夏季に低い傾向であった。

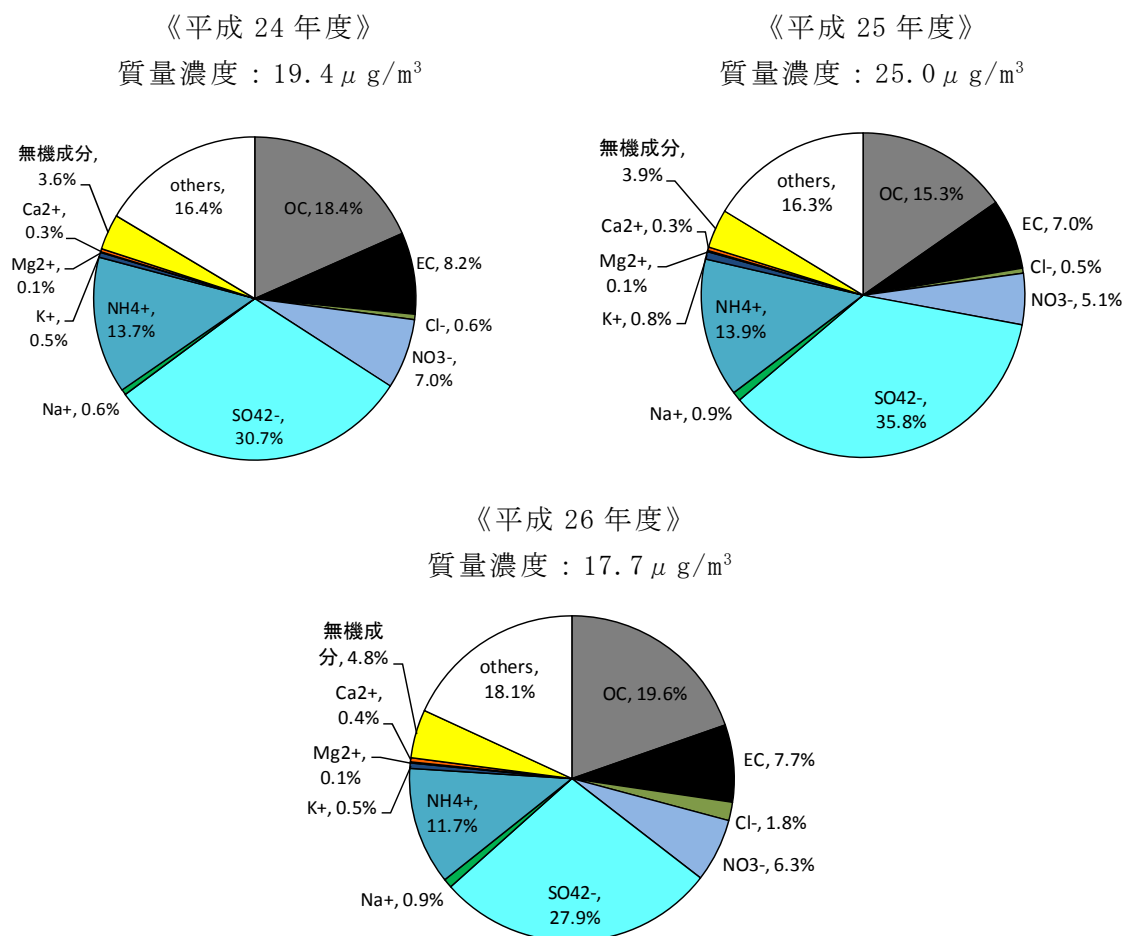


図 3 PM_{2.5} の質量濃度および成分組成

2) 発生源解析

成分分析結果を用いて、ケミカルマスバランス (CMB) 法により既知発生源の寄与を推定した (図 6)。発生源プロファイルは、環境省が行った「平成 21 年度微小粒子状物質等曝露影響実測調査」の「データ解析 (発生源寄与濃度の推計) 報告書」を用いた。環境大気中での化学反応により生成された 2 次生成粒子の寄与割合は、各年度とも 60~70% 程度と大部分を占めていた。一方、物の燃焼などによって直接排出される 1 次発生源粒子の寄与割合は、各年度とも 20% 程度であり、その中でも自動車排気と土壌粒子の寄与が大きかった。

4 まとめ

福岡市の特色に応じた効果的な PM_{2.5} 汚染対策を検討するため、福岡市における 3 年間 (平成 24 年度から平成 26 年度) の PM_{2.5} の成分分析および CMB 法による発生源の推定を行った。

成分分析の結果、各年度ともイオン成分の割合が最も大きく (質量濃度の 50% 程度)、その中でも SO₄²⁻ の割合が最も大きかった (質量濃度の 30% 程度)。また、質量濃度、NO₃⁻、NH₄⁺ は春季・冬季に高く、夏季に低い傾向であり、SO₄²⁻ は春季に高い傾向であった。

発生源解析の結果，2次生成粒子の寄与割合は，各年度とも60～70%程度と大部分を占めると推定された．一方，1次発生源粒子の寄与割合は，各年度とも20%程度であり，その中でも自動車排気と土壌粒子の寄与が大きいと推定された．

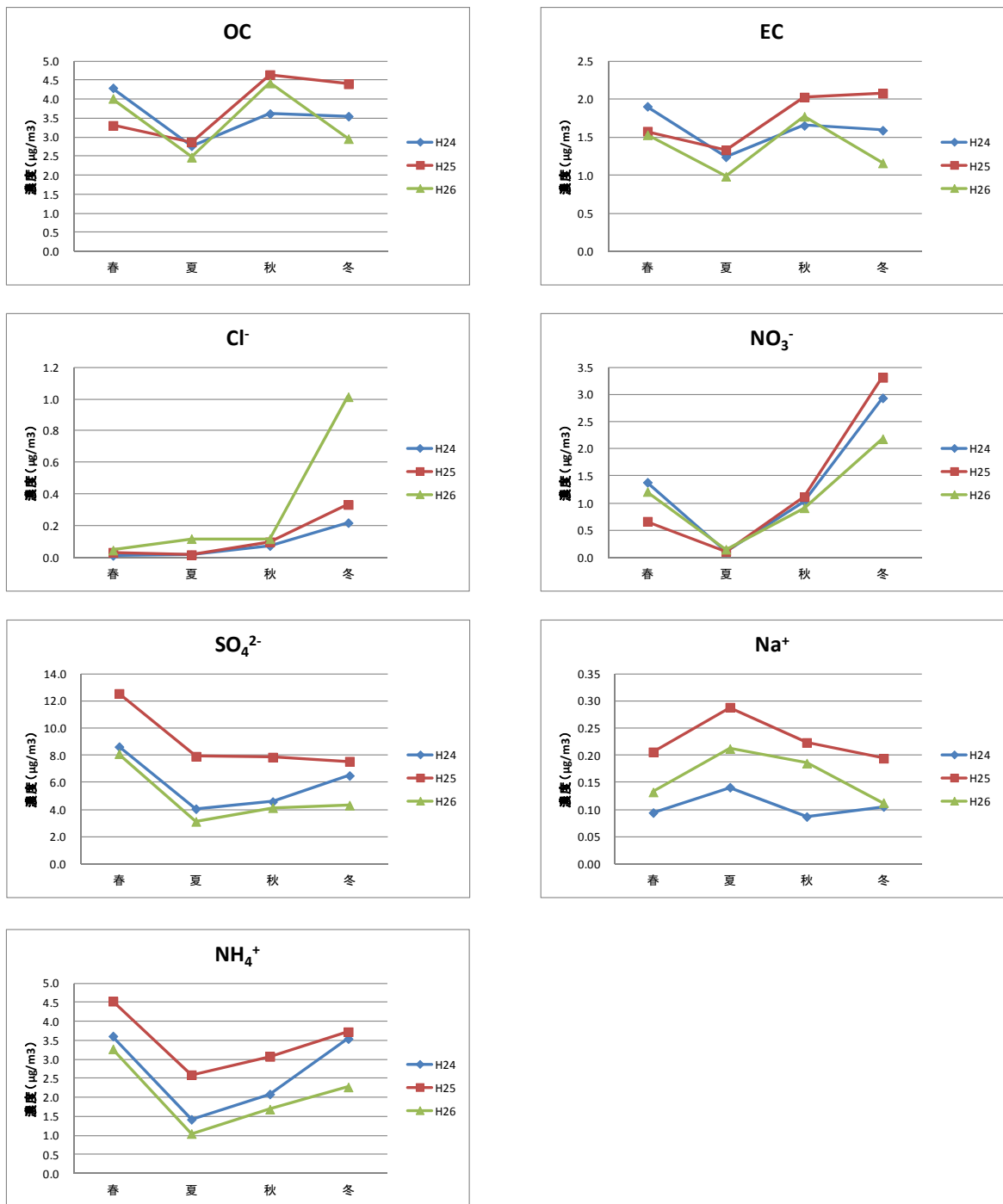


図4 PM2.5の各成分および質量濃度の季節変動(1)

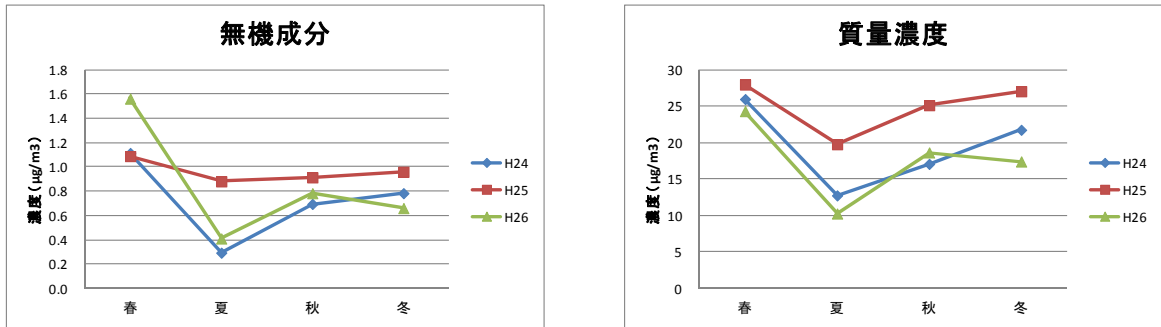


図5 PM2.5の各成分および質量濃度の季節変動(2)

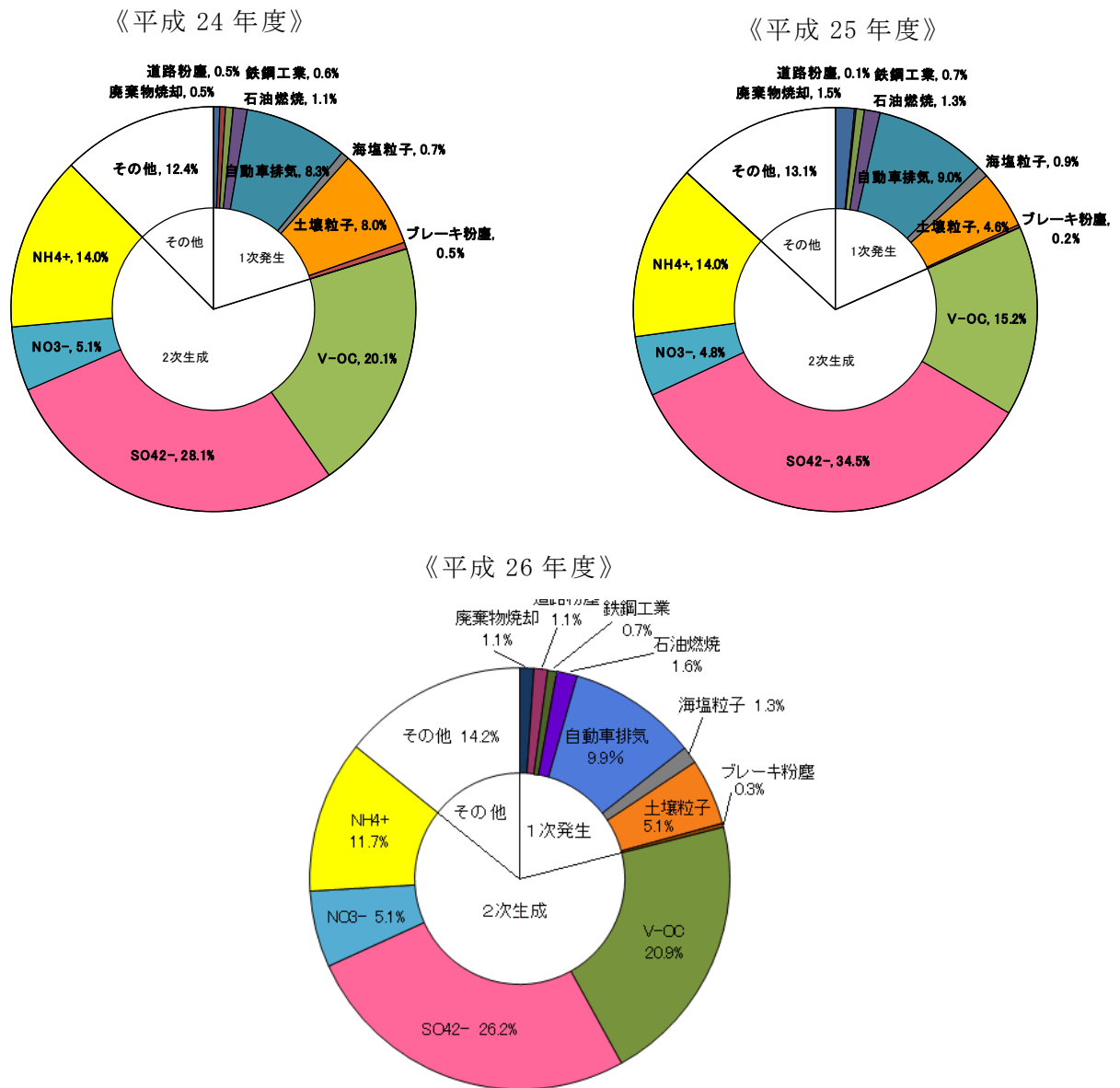


図6 PM2.5の発生源の寄与割合

参考文献

- 1) 環境省：微小粒子状物質（PM2.5）の成分分析ガイドライン，2011
- 2) 肥後隼人ほか：福岡市における PM2.5 の成分組成と発生源解析，福岡市保健環境研究所報，38，71～76，2013
- 3) 環境科学課大気担当：平成 25 年度 福岡市における PM2.5 の成分組成，福岡市保健環境研究所報，39，123～126，2014