

2014 年度における PM_{2.5} 高濃度事例について

山神 真紀子, 久恒 邦裕, 池盛 文数, 中島 寛則

Study on PM_{2.5} Episodes of Fiscal Year 2014.

Makiko Yamagami, Kunihiro Hisatsune, Fumikazu Ikemori, Hironori Nakashima

名古屋市の常時監視測定局の一般環境局において 2 局以上 PM_{2.5} の日平均値が 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた日を高濃度日とし、高濃度日における PM_{2.5} の成分分析調査を行った。2014 年度は高濃度日が 13 日間であり、2013 年度の 21 日間から大幅に減少した。2014 年度は 4, 5, 6 月に高濃度日が集中した。これらの時期と 3 月の高濃度日には、平年よりも最高気温が 5°C 前後高い場合が多く見られた。2014 年 5 月 30 日から 6 月 4 日まで、連続 6 日間にわたり PM_{2.5} 濃度が 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超え、硫酸イオン濃度は 6 日間 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える高濃度となった。瀬戸内、東海、関東のみで高濃度となった 6 月 2 日は、硫酸イオン濃度が最も高い 15.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示し、後方流跡線解析によると気塊が数日間にわたり日本上空に停滞していたことが推定された。

はじめに

名古屋市では、2014 年度において常時監視測定局で微小粒子状物質 (PM_{2.5}) を測定した 17 局 (一般環境大気測定局 10 局, 自動車排出ガス測定局 7 局) のうち、一般環境大気測定局 1 局, 自動車排出ガス測定局 2 局で PM_{2.5} の環境基準を達成した¹⁾。2011 年度に PM_{2.5} の常時監視を開始してから、環境基準を達成したのは 2014 年度が初めてである。しかし、市内の 8 割は環境基準非達成であった。

PM_{2.5} の発生源は多種多様で、生成機構も複雑であるため、自動測定機による PM_{2.5} の質量濃度測定だけでは高濃度要因はわからない。PM_{2.5} の成分分析調査は、環境省の「微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の成分分析ガイドライン²⁾」に基づき、1 季節 14 日間、4 季にわたって行われているが、この期間外に高濃度となった場合には PM_{2.5} の成分濃度データは得られない。

そこで、昨年度に引き続き、国立環境研究所と地方環境研究所との II 型共同研究「PM_{2.5} の短期的/長期的環境基準超過をもたらす汚染機構の解明」において、高濃度予測情報を共有し、環境科学調査センター 1 地点において PM_{2.5} の成分分析のためのフィルター採取を行った。実際に常時監視測定局で複数の一般局で日平均値が 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた場合を高濃度日とし、2014 年度の高濃度日における PM_{2.5} の成分分析を行ったのでその結果を報告する。

方法

1. 調査地点

名古屋市環境科学調査センター (名古屋市南区豊田) 4 階建て屋上で PM_{2.5} の採取を行った。

2. 測定項目および分析条件

測定項目および分析条件は、環境省のガイドライン²⁾に基づいて行った。PM_{2.5} 採取装置はサーモ・エレクトロン製 FRM-2000 または FRM-2025 を用いた。1 台は PTFE (ポリテトラフルオロエチレン) ろ紙をセットし、質量濃度・イオン・金属測定用に、もう 1 台は石英繊維ろ紙をセットし、炭素測定用とした。流速は 16.7 L/min で、10 時に捕集を開始し、翌 10 時までの 24 時間捕集を行った。

2.1. 質量濃度

質量濃度測定には PTFE フィルターを用いた。コンディショニングおよび秤量操作は、温度 21.5 $\pm$ 1.5°C、相対湿度 35 $\pm$ 5%で行った。秤量は感度 1 μg の天秤 (Sartorius ME5-F) を用いた。

2.2. イオン成分

イオン分析には PTFE フィルターを用いた。イオンクロマトグラフィー (DIONEX ICS-1000) により以下の成分を分析した。

陰イオン: SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NO_2^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$

陽イオン: Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}

2.3. 炭素成分

炭素分析には石英フィルターを用いた。ろ紙の加熱前処理は 350°C で 1 時間行った。熱分離光学補正法による炭素分析計 (Sunset Lab model 4L) により、有機炭素 (OC) および元素状炭素 (EC) の測定を行った。

2.4. 無機元素成分

無機元素分析には PTFE フィルターを用いた。圧力容器分解装置により酸分解し、ICP-MS (Agilent7700) により、以下の 29 元素を分析した。なお、*印は成分分析ガイドラインの実施推奨項目を表す。

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

2.5. 水溶性有機炭素

水溶性有機炭素分析には、イオン分析用に抽出したろ液の一部を用いた。全有機炭素計 (島津 TOC-V) により水溶性有機炭素 (WSOC) を測定した。また、OC 濃度から WSOC 濃度を引いた値を非水溶性有機炭素 (WISOC) 濃度とした。

3. その他

2014 年度の名古屋市内における常時監視測定局の一般局 10 局のうち、2 局以上で日平均値が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた日を高濃度日とした。PM_{2.5} の全国的な日平均値はそらまめ君速報値 (<http://soramame.taiki.go.jp/>) を用いた。後方流跡線解析には NOAA の HYSPLIT 4 を用いた。

結果及び考察

1. PM_{2.5} 高濃度日の質量濃度

2014 年度の常時監視測定局の一般局 10 局のうち、2 局以上で PM_{2.5} の日平均値が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた日と超えた局数、一般局 10 局平均の PM_{2.5} 濃度、センターで採取した PM_{2.5} 濃度を表 1 に示す。

2014 年度の高濃度日は、すべてセンターでフィルター採取することができた。表 1 に示すように、一般局で高濃度日となった日でも、センターで採取した PM_{2.5} が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えるとは限らなかった。これは常時監視測定局における日平均濃度が 0 時からの 24 時間平均であるのに対し、センターでは 10 時からの 24 時間平均となっており、採取時間のずれが主な原因であると考えられる。

2014 年度の高濃度日は計 13 日あった。特に高濃度日が 4 月～6 月に集中しており、一般局 10 局すべてで $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した日が多い。

また、2013 年度、2014 年度における PM_{2.5} 月別高濃度日の日数を表 2 に示す。2014 年度は、2013 年度の高濃度日の 21 日から大幅に日数が減少していることが

わかった。2013 年度に高濃度日が多かった 7, 8 月は、例年の夏季に比べて石炭燃焼由来の寄与が高く³⁾、越境汚染の影響が大きいことが推定されている⁴⁾。2014 年度は前年度のような夏季の高濃度は観測されなかったことが、高濃度日減少の要因の一つと言える。

表 1 一般局 10 局における高濃度日と PM_{2.5} 濃度日平均値

	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を 超えた局数	一般局平均 PM _{2.5} 濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	センター PM _{2.5} 濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
2014/4/9	3	34.4	43.5
2014/4/16	10	42.2	48.4
2014/4/17	10	56.6	47.9
2014/4/18	10	40.5	43.5
2014/5/30	10	41.1	41.6
2014/5/31	10	48.1	43.4
2014/6/1	10	39.7	36.5
2014/6/2	10	44.3	39.5
2014/6/3	7	36.0	34.1
2014/6/4	4	34.2	24.9
2015/2/12	2	32.4	22.8
2015/2/24	2	30.0	31.0
2015/3/31	2	31.9	40.0

表 2 2013 年度、2014 年度における PM_{2.5} 月別高濃度日日数

	高濃度日(日数)	
	2013年度	2014年度
4月		4
5月	1	2
6月		4
7月	3	
8月	5	
9月	1	
10月		
11月	3	
12月		
1月	2	
2月	2	2
3月	4	1
合計	21	13

2. PM_{2.5} 高濃度日の成分濃度変動

高濃度日における全国の PM_{2.5} 質量濃度の日平均値の濃度分布と後方流跡線、高濃度日を含む成分の濃度と比率の変動を高濃度事例ごとに示す。

2.1. 2014 年 4 月 9 日、16 日～18 日

4 月 9 日は関西・東海地方を中心に高濃度となった。この日の最高気温は名古屋で 23.6℃となり、平年より 4.9℃高かった。SO₄²⁻濃度は 9.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、WSOC 濃度は 4.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と高くなった。翌 10 日は瀬戸内・伊勢湾周辺で高濃度となった。この日は市内の一般局 1 地点で $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた。

4月16日から18日は中国・四国地方から関東地方までの広い範囲で高濃度となった。4月16日は中国・東海・関東地方で、17日は近畿から関東地方までの広範囲で、18日は東海地方を中心に高濃度となった。17日は最高気温が平年より6.2℃高く、最高気温が25℃を超える夏日となった。成分の全国的な傾向は16, 17日にSO₄²⁻濃度が高く、18日にNO₃⁻濃度が高くなっていった⁵⁾が、名古屋でも16日のSO₄²⁻濃度は14.2 μg/m³、

17日は13.9 μg/m³、18日のNO₃⁻濃度は3.7 μg/m³と高く、同様の傾向を示した。WSOCは16日に最も高い4.9 μg/m³となった。

2.2. 2014年5月30日~6月4日

5月26日から6月2日にかけて、全国の広い範囲で黄砂が観測され⁶⁾、名古屋では5月30日から6月1日まで黄砂が観測された。また、5月29日から6月2日まで最高気温が30℃を超える真夏日となった。全国的

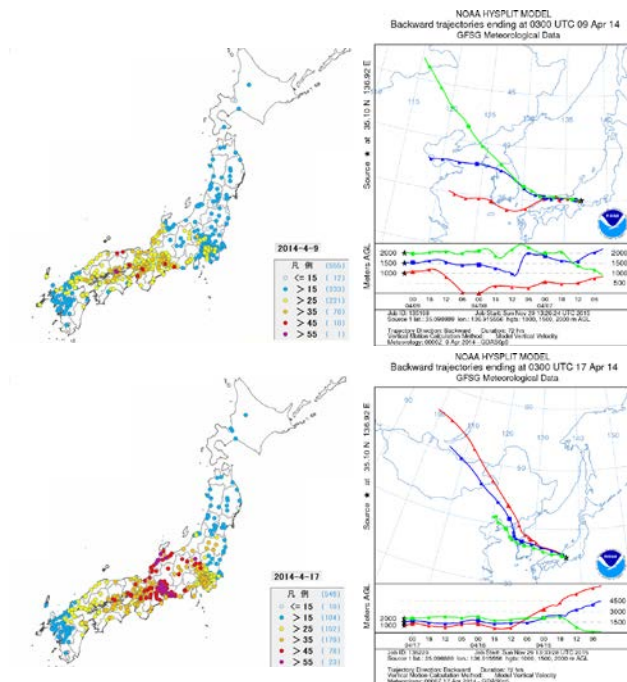


図1 2014年4月9日（上）と4月17日（下）におけるPM_{2.5}質量濃度日平均値の濃度分布と後方流跡線

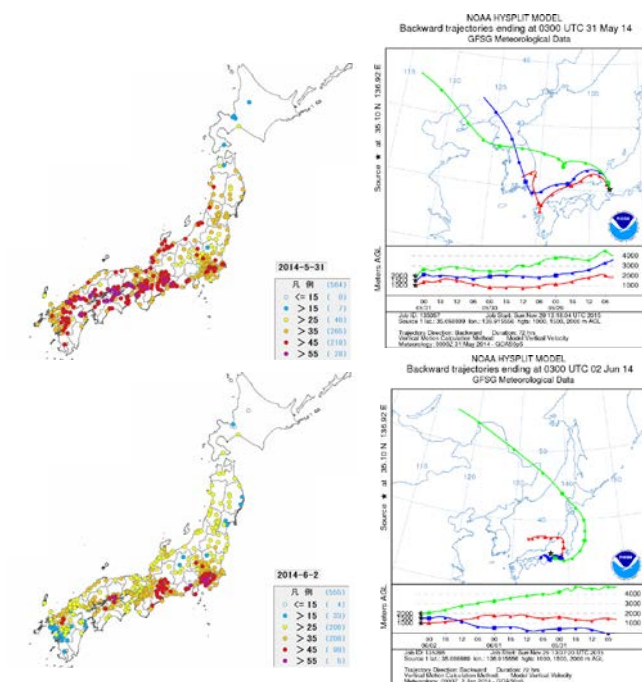


図3 2014年5月31日（上）と6月2日（下）におけるPM_{2.5}質量濃度日平均値の濃度分布と後方流跡線

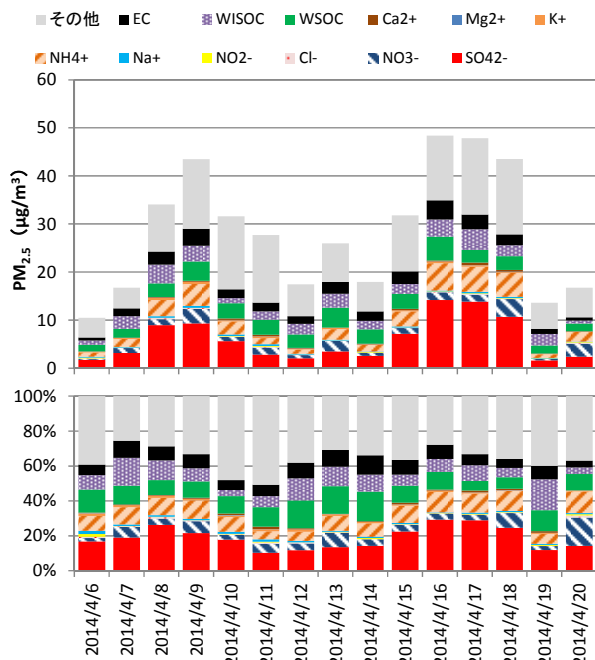


図2 2014年4月6日-20日におけるPM_{2.5}の成分濃度

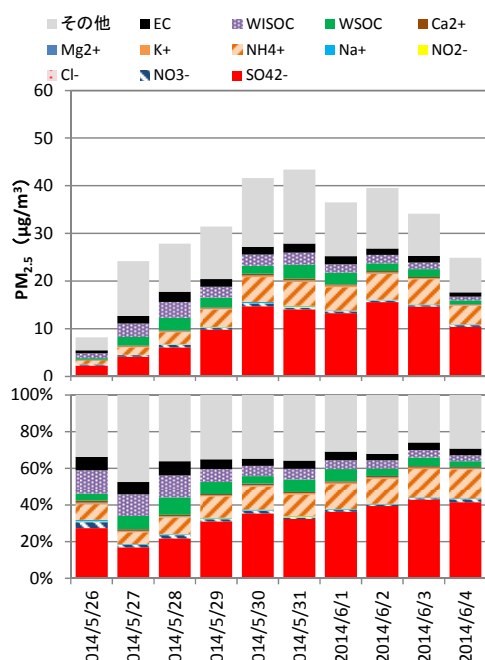


図4 2014年5月26日-6月4日におけるPM_{2.5}の成分

には SO_4^{2-} 濃度が高く、 Ca^{2+} 濃度の上昇も見られた⁷⁾。名古屋も高濃度の期間中 SO_4^{2-} の比率が最も高く、 SO_4^{2-} 濃度のピークは 6 月 2 日の 15.6 濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。6 月 2 日の後方流跡線解析では、気塊が数日間にわたり、日本上空に停滞していたことが推定される。また、土壌系の無機元素成分である Al, Ca, Ti, Fe は 31 日が濃度のピークとなった。

2.3. 2015 年 2 月 12 日, 24 日

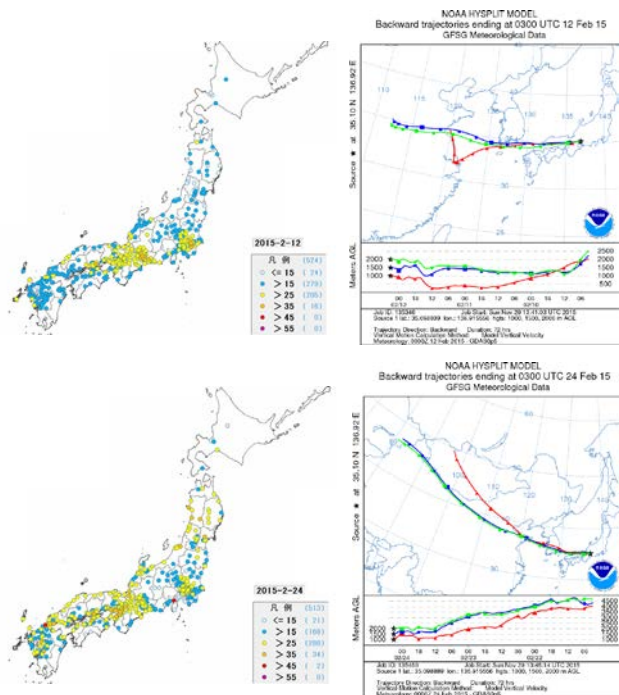


図 5 2015 年 2 月 12 日(上)と 2 月 24 日(下)における $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度日平均値の濃度分布と後方流跡線

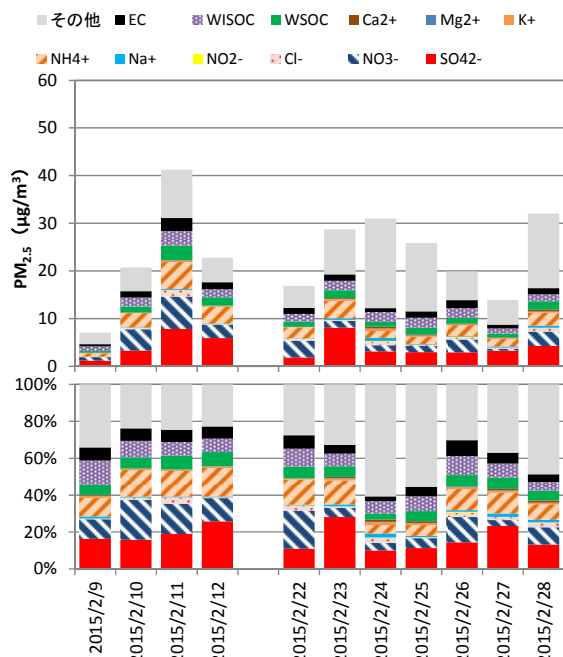


図 6 2015 年 2 月 9 日-28 日における $\text{PM}_{2.5}$ の成分濃度

2 月 12 日は関西・東海・関東地方で高濃度となった。名古屋では午後から小雨が降っていた。 NO_3^- 濃度が 6.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と高くなった。

2 月 24 日は西日本で黄砂が観測されたが、名古屋では観測されていない⁶⁾。この期間は図 6 のその他の成分が 60% を超え、土壌系の成分が高濃度となった。しかし、他の地域での土壌系の成分の濃度や変動⁸⁾とは異なるため、試料捕集地点近傍で行われた工事によって巻き上げられた土砂の混入があったと推定される。

2.3. 2015 年 3 月 31 日

3 月 31 日は全国的に高濃度となった。この日は、名古屋の最高気温が平年よりも 6.7℃ 高い 23.1℃ となった。 SO_4^{2-} 濃度は 8.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 NO_3^- 濃度は 6.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と高くなった。

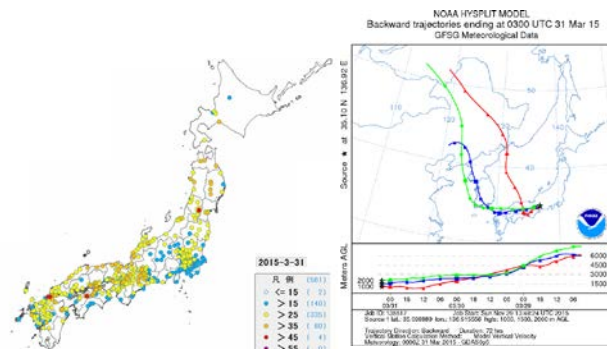


図 7 2015 年 3 月 31 日における $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度日平均値の濃度分布と後方流跡線

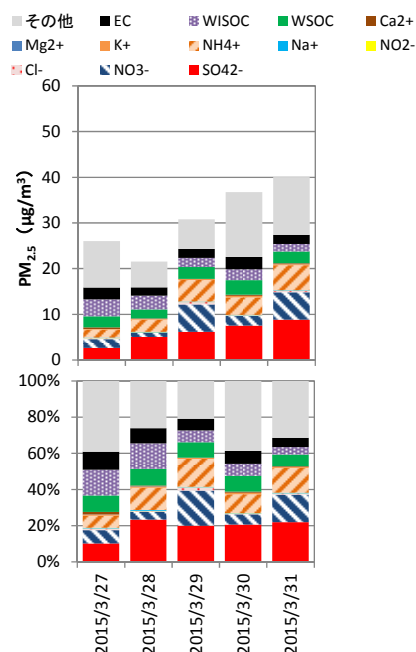


図 8 2015 年 3 月 27 日-31 日における $\text{PM}_{2.5}$ の成分濃度

ま と め

国立環境研究所と地方環境研究所とのⅡ型共同研究「PM_{2.5}の短期的/長期的環境基準超過をもたらす汚染機構の解明」において、高濃度予測情報を共有し、環境科学調査センター1 地点で PM_{2.5}の成分分析のためのフィルター採取を行った。常時監視測定局で2局以上の一般局で日平均値が 35μg/m³を超えた場合を高濃度日とし、高濃度日における PM_{2.5}の成分分析を行った。

2014 年度は高濃度日が 13 日間あり、その高濃度日は 4, 5, 6 月に集中していた。2014 年 5 月 30 日から 6 月 4 日まで、連続 6 日間にわたり PM_{2.5}濃度が 35 μg/m³を超え、硫酸イオン濃度は 6 日間 10 μg/m³を超える高濃度となった。瀬戸内、東海、関東のみで高濃度となった 6 月 2 日は、硫酸イオン濃度が最も高い 15.6 μg/m³を示し、後方流跡線解析から気塊が数日間にわたり日本上空に停滞していたことが推定された。

謝 辞

PM_{2.5}分布図は曾我稔氏と国立環境研究所作成「見え見えくん」により作成しました。

文 献

- 1) 名古屋市環境局:平成 26 年度大気汚染常時監視結果 (2015)
- 2) 環境省: 微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の成分分析ガイドライン http://www.env.go.jp/air/osen/pm/ca/110729/no_110729001b.pdf (2011)
- 3) 山神真紀子, 久恒邦裕, 池盛文数, 中島寛則: 2013 年度の PM_{2.5} 高濃度日における成分分析結果, 名古屋市環境科学調査センター年報, 3, 19-22 (2014)
- 4) 山神真紀子, 久恒邦裕, 池盛文数: 2013 年夏季に名古屋市で観測された PM_{2.5} 高濃度事例, 第 31 回エアロゾル科学・技術研究討論会要旨講演要旨集 (2014)
- 5) 橋本貴世ら:2014 年 4 月における PM_{2.5} 高濃度事例の解析, 第 56 回大気環境学会年会講演要旨集 (2015)
- 6) 気象庁:黄砂
http://www.data.jma.go.jp/gmd/env/kosahp/kosa_data_index.html
- 7) 寺本佳宏ら:2014 年 5, 6 月における PM_{2.5} 高濃度

事例の解析, 第 56 回大気環境学会年会講演要旨集 (2015)

- 8) 山神真紀子ら:2015 年 2, 3 月における PM_{2.5} 高濃度事例の解析, 第 56 回大気環境学会年会講演要旨集 (2015)