

吉田局における微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の 経年変化と特徴

奥寺優行 大橋泰浩

Interannual variations and Characteristics of
Fine Particulate Matter (PM_{2.5}) in Yoshida station

Masayuki OKUDERA, Yasuhiro OHASHI

キーワード：PM_{2.5}、吉田局、成分分析、発生源寄与、経年変化

微小粒子状物質（以下「PM_{2.5}」）とは、空気動力学径が 2.5 μm 以下の粒子状物質の総称であり、粒子の大きさが非常に小さいことから、肺の奥深くまで到達しやすく、喘息や気管支炎などの呼吸器系疾患への影響等が懸念されている。平成 21 年 9 月には環境省により環境基準が定められるとともに、平成 22 年 3 月には事務処理基準¹⁾が改正され、都道府県等は PM_{2.5} の常時監視体制を整備し、PM_{2.5} の質量濃度（以下「PM_{2.5}濃度」）の常時監視と成分分析を実施することが定められた。

本県では、事務処理基準に基づき常時監視体制を整備し、平成 22 年度から甲府富士見局において自動測定機による PM_{2.5} 濃度の常時監視を開始した。その後、段階的に自動測定機を増設するなど常時監視体制の強化を図り、令和 3 年度末時点では図 1 に示した 9 地点（一般環境大気測定局 7 地点、自動車排ガス測定局 2 地点）において PM_{2.5} 濃度の常時監視を実施している。

平成 25 年度からは、PM_{2.5} 濃度の常時監視を行っている一般環境大気測定局のうち毎年度 2 地点において成分分析を開始した。調査地点のうち 1 地点は固定点（甲府富士見局）とし、もう 1 地点はその他の測定局の中から 1 地点を選定して実施している。

なお、令和元年度からは甲府市の中核市移行に伴う権限移譲により、当該市域における PM_{2.5} の常時監視および成分分析の事務が同市に移譲された。

本稿では、吉田局における PM_{2.5} の常時監視結果と成分分析結果を解析することにより得られた、同局における PM_{2.5} の動態や成分組成、濃度上昇時の発生源の特徴および高濃度時の状況について報告する。

調査方法

1 調査地点

図 1 に示した吉田局において調査を実施した。吉田局

は、山梨県の南東部に位置する富士吉田市にある県の出先機関（富士吉田合同庁舎）の駐車場に設置されている。測定局の標高は約 800 m と高く、富士山の北側斜面に位置し、北側を御坂山地、北東側を道志山地の山々に囲まれている。

測定局周辺は、主に住宅地で大規模な固定発生源はない。測定局の西側約 400 m の位置に一般国道 137 号が、南東側約 800 m の位置に一般国道 139 号が通っており、平日 24 時間の交通量はそれぞれ約 8,400 台と約 12,000 台である⁴⁾。

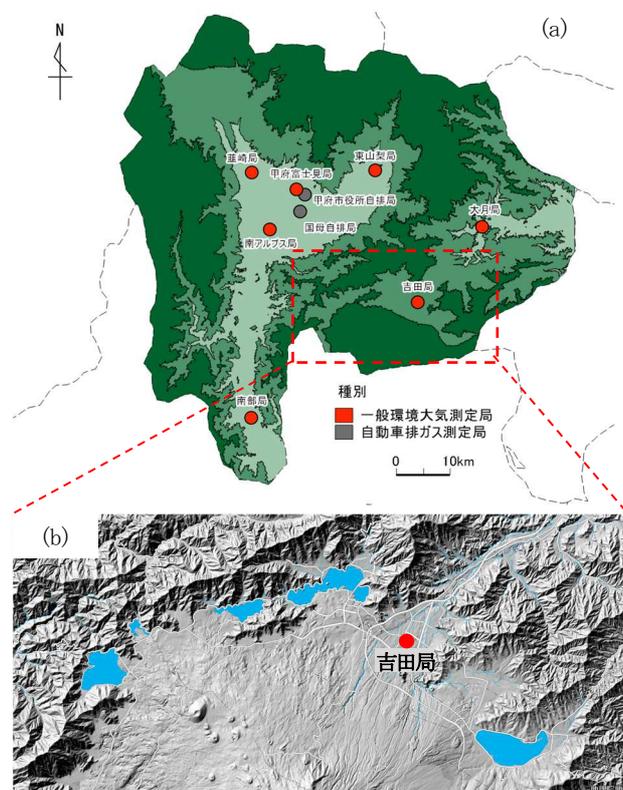


図 1 山梨県内の PM_{2.5} の測定地点（令和 3 年度末時点）
(b)は地理院地図 Vector（国土地理）により作成

2 PM_{2.5}濃度測定（自動測定データ）

吉田局に設置した PM_{2.5} 自動測定機 (PM-712, 紀本電子工業 (株)) を用いて、PM_{2.5} 濃度の常時監視を開始した平成 26 年 7 月から令和 3 年度末までの測定データ（確定値）を用いて PM_{2.5} 濃度の解析を行った。

PM_{2.5} 濃度の測定データのうち、正時から正時まで（例えば 1 時から 2 時まで）の 1 時間に測定されたものを「1 時間値」とした。また、1 時間値のうち 1 時から 24 時までの 24 時間平均値を「日平均値」、日平均値のうち月の初日から末日までの 1 か月分の平均値を「月平均値」、日平均値のうち 4 月 1 日から 3 月末日までの 1 年間分の平均値を「年平均値」とした。ただし、成分分析により得られた PM_{2.5} 濃度の日平均値と比較を行う場合には、成分分析の試料採取時間に合わせて、10 時から翌 10 時までの 24 時間平均値を「日平均値」とした。

なお、1 時間値の欠測が 4 時間を超えた場合の日平均値は欠測とした。また、日平均値が PM_{2.5} の環境基準のうち、短期基準（日平均値 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を上回った日を「高濃度日」とした。

3 成分分析

PM_{2.5} の成分分析は、環境省が定める「微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の成分分析ガイドライン」²⁾（以下「ガイドライン」）および「大気中微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 成分測定マニュアル」³⁾（以下「マニュアル」）に従って実施したほか、次のとおり実施した。

(1) 調査期間

表 1 のとおり、平成 27 年度、平成 30 年度および令和 3 年度の春夏秋冬において、季節ごとに 2 週間（14 日間）の期間実施した。

表 1 各年度の調査期間

	平成 27 年度	平成 30 年度	令和 3 年度
春季	5. 7～5. 21	5. 9～5. 23	5. 13～5. 27
夏季	7. 22～8. 5	7. 19～8. 2	7. 22～8. 5
秋季	10. 21～11. 4	10. 18～11. 1	10. 21～11. 4
冬季	1. 20～2. 3	1. 17～1. 31	1. 20～2. 3

(2) 試料採取

試料の採取は、各調査期間の測定日ごとに 10 時から翌 10 時までの 24 時間実施した。調査地点に 2 台の捕集装置を設置し、表 2 の条件により捕集を行った。試料は、収納容器とアルミフィルム製の保存袋に入れ、分析時まで密封状態で冷凍保存した。

表 2 試料採取条件

調査項目	捕集方法		フィルタ	
	捕集装置	捕集流量	材質	サイズ
質量濃度	FRM2025i (Thermo Scientific)	16. 7 L/min	PTFE (Teflo, PALL)	φ 47mm
無機元素成分			石英繊維 (2500QAT- UP, PALL)	
イオン成分				
炭素成分				

(3) 調査項目と分析方法

採取した試料は、マニュアルに従い表 3 のとおり PM_{2.5} の質量濃度、イオン成分、無機元素成分および炭素成分の測定又は分析を行った。

表 3 調査項目と分析方法

調査項目	分析方法
質量濃度	標準測定法
イオン成分 (※1)	イオンクロマトグラフ法
無機元素成分 (※2)	ICP 質量分析法
炭素成分 (OC, EC※3)	サーマルオプティカル・リフレク タンズ法 (IMPROVE プロトコル)
水溶性有機炭素 (WSOC)	TOC 法

※1 Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺

※2 Na, Al, Si, 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

※3 有機炭素 (OC)、元素炭素 (EC)

4 発生源寄与解析

発生源寄与濃度は、平成 27 年度、平成 30 年度および令和 3 年度の成分分析結果を用いて、米国 EPA（環境保護庁）が提供する解析用ソフトウェア (EPA-CMB8. 2) により算出した。計算には、測定日ごとの測定値を用い、その誤差は一律測定値の 20%とした。ただし、検出下限値未満の測定値については測定値を 0 とし、その成分の検出下限値を誤差とした。発生源プロファイルは、令和 2 年度微小粒子状物質合同調査報告書⁵⁾に記載の発生源データを用了。これは、東京都微小粒子状物質検討会議報告書⁶⁾の発生源データ「20 項目×8 発生源」に、硫酸アンモニウム [(NH₄)₂SO₄] (SO₄²⁻:72. 7%、NH₄⁺:27. 3%)、硝酸アンモニウム [NH₄NO₃] (NO₃⁻:77. 5%、NH₄⁺:22. 5%)、塩化アンモニウム [NH₄Cl] (Cl⁻:66. 3%、NH₄⁺:33. 7%) を加えた「20 項目×11 発生源」のデータである。

計算に使用する成分は、Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Ca²⁺, Al, Sc, V, Cr, Mn, Fe, Zn, As, Se, Sb, La, OC, EC の 20 項目とした。なお、イオン成分と無機元素成分とで重複している元素 (Na, K, Ca) については、イオン成分の結果を計算に用いた。有機エアロゾル (二次 (OC)) については、OC の測定値から CMB 計算により算出された一次粒子に由来する OC の値を減じた後に、有機エアロ

ゾルへの換算係数 (1.6) を乗じて算出した。また、標準測定法により測定した PM_{2.5} 濃度と CMB 計算により推定された各発生源の寄与濃度の合計との差を「その他」とした。

なお、CMB 計算に使用する成分のうち 1 つでも欠測した項目がある測定日は CMB 計算の対象外とした。同様に、CMB 計算が収束せず、結果が得られない測定日も“結果無し”とし平均値の計算には含まなかった。

結果と考察

1 PM_{2.5} 濃度測定結果 (自動測定データ)

(1) 年平均値の推移および高濃度日の発生状況



図2 年平均値および高濃度日数の推移 (全国の測定局については R2 年度まで)

吉田局で PM_{2.5} 濃度の常時監視を開始した平成 26 年度から令和 3 年度までの PM_{2.5} 濃度の年平均値および短期基準を超えた日 (以下「高濃度日」) 数を図 2 に示した。また、比較のため有効な測定データが得られた全国の測定局の平均値⁷⁾もあわせて図示した。なお、全国平均値については、令和 3 年度のデータが公表されていないことから令和 2 年度までとした。

吉田局では、測定開始以降 PM_{2.5} の環境基準を達成しており、年平均値は 7.0 µg/m³ 前後の横ばいで推移している。なお、平成 26 年度は 7 月から測定を開始したことによる季節的な偏りのために年平均値が低値 (5.5 µg/m³) となっている。全国一般局の年平均値と比較すると、吉田局の値は非常に低く、かつ経年変化の傾向も異なっていた。また、吉田局で観測された高濃度日は令和 2 年度の 1 日間のみで、全国と比べて非常に少なかった。

吉田局は周辺に発生源が少ないことに加えて、標高が約 800 m と高く、周囲を富士山や標高 1,500 m 前後の山地に囲まれているため、山地で隔てられた他の地域からの粒子状物質の移流の影響を受けにくい地形であることも要因と推察される。

(2) 月平均値および高濃度日の季節変化

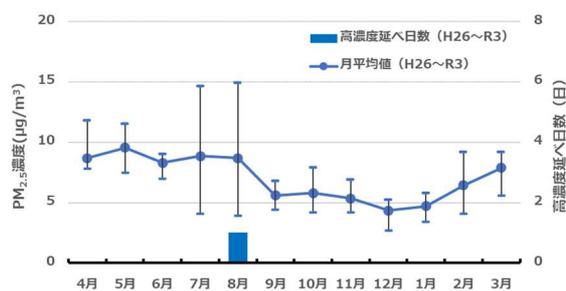


図3 月平均値および高濃度日数 (月平均値は H26 度から R3 度までの平均値)

PM_{2.5} 濃度の季節変化を確認するため、月平均値 (平成 26 年度から令和 3 年度までの平均値) および高濃度日の延べ日数を図 3 に示した。

月平均値には、春季や夏季に相対的に高くなる季節変化がみられたほか、7 月や 8 月はその変動が相対的に大きい特徴がみられた。また、月平均値の最高は令和 2 年 8 月の 14.9 µg/m³ で、同年 8 月には高濃度日も観測されている。7 月および 8 月は、月平均値と月毎の平均日射量との間に高い正の相関 (相関係数 7 月:0.99、8 月:0.80) が、月毎の合計降水量との間に中程度の負の相関 (相関係数 7 月:-0.66、8 月:-0.61) がみられたことから、日射量の増加による二次生成粒子の増加や降水量の増加による湿性沈着量の増加が PM_{2.5} 濃度に影響したものと考えられる。

(3) 日平均値の出現状況

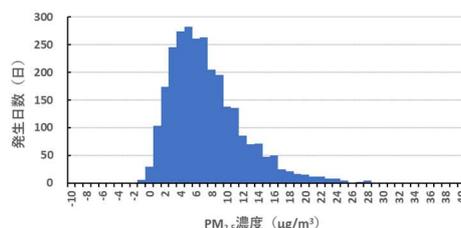
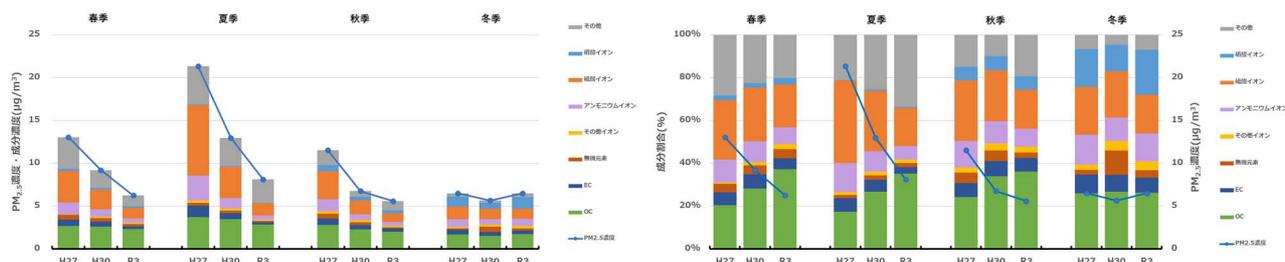


図4 日平均値のヒストグラム (N=2,770)

令和 3 年度末までに測定した日平均値のうち欠測日を除く 2,770 データのヒストグラムを図 4 に示した。日平均値の最高値は、令和 2 年 8 月 8 日に観測された 38.6 µg/m³ で 35 µg/m³ を超えた日はこの 1 日間 (全データの 0.04%) のみであった。そのほか、25 µg/m³ を超え 35 µg/m³ 以下の日数は 9 日間 (同 0.3%) で、主に夏季に観測されたが 4 月に観測された事例もあった。また、15 µg/m³ を超え 25 µg/m³ 以下の日数は 171 日間 (同 6.2%) で、月平均値の傾向と同様に春季や夏季に観測されることが多く、秋季や冬季にはほとんど観測されなかった。

図5 調査期間ごとのPM_{2.5}の平均成分組成 (左：平均濃度、右：平均割合)

2 成分分析結果

図5に調査期間ごとのPM_{2.5}の平均成分組成を示した。調査日ごとのPM_{2.5}濃度(標準法)および各成分濃度の調査期間中の平均を期間平均濃度としたほか、PM_{2.5}の期間平均濃度に占める各成分の期間平均濃度の割合を期間平均割合とした。また、PM_{2.5}の期間平均濃度と各成分の期間平均濃度の合計値との差をその他とした。各成分の期間平均濃度を算出する際に、検出下限値未満の測定値は0として計算した。なお、無機元素成分の測定値が全て欠測であった平成30年5月18日の測定値は、期間平均濃度の算出には用いなかった。

(1) PM_{2.5}の成分組成

成分組成の期間平均割合は、ほとんどの期間で硫酸イオン(18~39%)又はOC(17~37%)が最も高く、特に、PM_{2.5}の平均濃度が高い期間で硫酸イオンの割合が高くなる特徴がみられた。これら2成分の合計がPM_{2.5}期間平均濃度の44~55%(平均52%)で半数近くを占めていた。そのほかにも、アンモニウムイオン(6~14%)やEC(3~9%)の割合も比較的高かったほか、秋季や冬季には硝酸イオン(秋季:6~7%、冬季:12~21%)の割合の増加がみられ、冬季にはOCに次いで2番目に割合が高い期間もあった。前述の2成分にこれら3成分を加えた5成分が吉田局のPM_{2.5}の主要な成分(以下「主要成分」)で、その合計がPM_{2.5}期間平均濃度の63~89%(平均76%)を占めていた。一方、その他のイオン成分や無機元素成分は、合計でもPM_{2.5}期間平均濃度の3~16%(平均6%)で、平成30年度冬季を除けば10%未満であった。

(2) PM_{2.5}主要成分の季節変化

主要成分の季節変化についてみていくと、硫酸イオンの期間平均濃度は夏季が4.4 µg/m³、冬季が1.3 µg/m³で、夏季に高い季節変化がみられた。一方、硝酸イオンの期間平均濃度は夏季が0.1 µg/m³、冬季が1.1 µg/m³で、硫酸イオンとは逆に冬季に高い季節変化がみられた。

硫酸イオンと硝酸イオンの当量濃度の合計とアンモニウムイオンの当量濃度との関係が1:1の直線関係であったことから(図6)、硫酸イオンおよび硝酸イオンは

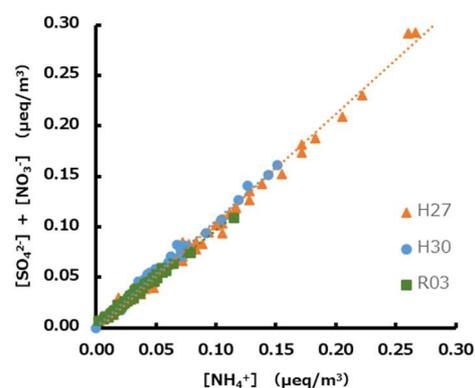


図6 硝酸イオン、硫酸イオンおよびアンモニウムイオンの当量濃度の相関

二次生成粒子である硫酸アンモニウムおよび硝酸アンモニウムが主な起源であると考えられる。

硫酸アンモニウムは、前駆物質であるSO₂の濃度や日射量によってその量が変化すると報告⁸⁾もあることから、日射量が多く光化学反応が活発になる夏季に濃度が高かったと考えられる。一方、硝酸アンモニウムは、ガス状の前駆物質(HNO₃、NH₃)と粒子状物質の間で可逆的に変化しており、温度が上がるとガス状物質になる⁹⁾ことから、気温の高い夏季にはその濃度が低下したものと考えられる。同様に、アンモニウムイオンは、硫酸アンモニウムや硝酸アンモニウムがその起源であると考えられることから、硫酸イオンと硝酸イオンの合計濃度と連動してその濃度が変化しているものと考えられる。

OCやECについても、OCの期間平均濃度は夏季が3.3 µg/m³、冬季が1.6 µg/m³で、ECは夏季が0.8 µg/m³、冬季が0.5 µg/m³と、夏季に高く、冬季に低い季節変化がみられた。また、OCの期間平均濃度は、PM_{2.5}期間平均濃度とともに減少していたが、PM_{2.5}と比べると減少の割合が小さかったことからPM_{2.5}に占める割合は相対的に増加していた。接地逆転層の発生しやすい冬季は、大気汚染物質の拡散が抑制されるため、地表付近で排出された大気汚染物質の濃度が増加しやすくなるが⁹⁾、自動車排ガスの指標成分とされるEC³⁾濃度の増加は認められず期間平均割合の増加もわずかであった。

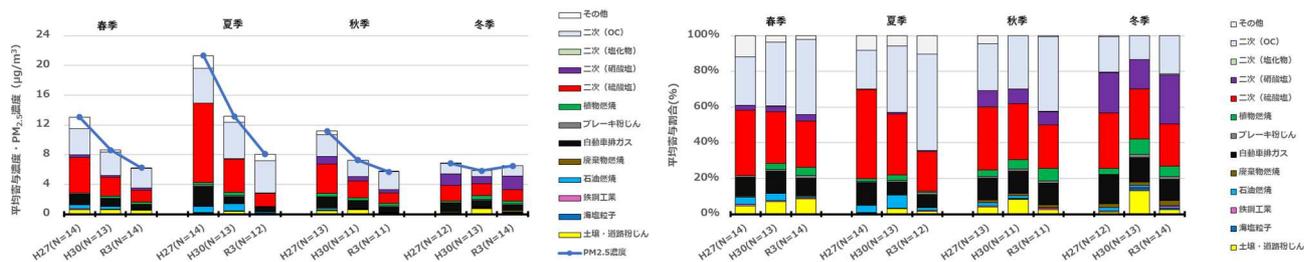


図7 調査期間ごとの平均発生源組成 (左：平均寄与濃度、右：平均寄与割合)

3 発生源寄与解析結果

効果的な $PM_{2.5}$ の発生源対策を講じるにはその発生源の寄与割合等を把握することが重要であることから、成分分析結果を用いてCMB法により調査期間ごとの平均発生源組成を推定した(図7)。なお、平成30年度春季に成分分析結果が欠測した日が1日間あったほか、CMB計算のエラーにより計算結果が得られない日が夏季に3日間、秋季に7日間、冬季に3日間あった。

(1) 発生源組成と季節変化

ほとんどの調査期間において、一次粒子からの寄与割合は20%から30%ほど、二次生成粒子からの寄与割合は70%前後で、いずれの期間も一次粒子に比べて二次生成粒子からの寄与割合が高かった。

二次生成粒子の発生源は、春季や夏季はそのほとんどが二次(硫酸塩)および二次(OC)であったが、秋季には二次(硝酸塩)の寄与濃度が増加し、冬季にはこれら3発生源の寄与濃度がほぼ同程度であった。二次(硫酸塩)および二次(OC)の寄与濃度の季節毎の平均はそれぞれ、夏季が $5.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ および $4.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、冬季が $1.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ および $1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、夏季に寄与濃度が高くなる季節変化がみられたほか、単独で $PM_{2.5}$ 濃度の半数を占める期間もみられた。一方、二次(硝酸塩)の寄与濃度の季節毎の平均は、春季が $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、夏季が $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ とわずかであったが、秋季は $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、冬季は $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と寄与濃度が増加し、特に冬季には二次(OC)や二次(硫酸塩)よりも寄与濃度が高くなる期間もみられた。

一次粒子の発生源は、二次生成粒子と比べて多岐に渡っているが、中でも自動車排ガスからの寄与濃度が最も高かったほか、土壌・道路粉じん、植物燃焼および石油燃焼からの寄与も一次粒子の中では比較的高い期間がみられた。自動車排ガスの寄与濃度の全調査期間の平均は $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、 $PM_{2.5}$ 濃度と連動して高くなる傾向がみられ、明確な季節変化はみられなかった。土壌・道路粉じんの寄与濃度の全調査期間の平均は $0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、春季に比較的高い期間が多かったが概ね一定であった。植物燃焼についても、CMB計算では寄与が算出されない期間や寄与濃度が極端に低い期間があったものの、概ね $0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 前後の期間が多く見られた。甲府盆地内の東山梨

局では、秋季や冬季に植物燃焼からの寄与濃度が増加する季節変化がみられる¹⁰⁾が、吉田局では同様の季節変化はみられなかった。石油燃焼の寄与濃度の季節毎の平均は、秋季や冬季は $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ とわずかであったが、春季には $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、夏季には $0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ とやや高かったほか、夏季には $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と自動車排ガスと同程度となる期間もみられた。

吉田局における令和3年度の寄与濃度と令和2年度の関東甲信静地域の内陸部の平均的な寄与濃度⁵⁾とを比較すると、各発生源の季節変化は概ね同様であったが、吉田局では二次(OC)は秋季ではなく夏季に最も高かったほか、鉄鋼工業やプレーキ粉じんの寄与濃度に季節変化はみられなかった。また、同様の季節変化がみられた発生源についても、寄与が高い季節においては関東甲信静地域の内陸部に比べて吉田局の寄与濃度の方が低く、主要な発生源である夏季の二次(硫酸塩)や冬季の二次(硝酸塩)、秋季や冬季の自動車排ガスの寄与濃度は5割から6割程と特に低かった。一方、夏季の石油燃焼の寄与濃度については関東甲信静地域の内陸部よりも4割程度高かった。

(2) 発生源寄与の経年変化

一次粒子および二次生成粒子の寄与濃度はいずれも、 $PM_{2.5}$ 濃度の低い冬季を除いて低下していた。各発生源については、二次(硫酸塩)の寄与濃度が冬季を除いて大幅に低下していたほか、自動車排ガスの寄与濃度もいずれの季節でも低下していたが、その程度は二次(硫酸塩)に比べるとわずかであった。一方、二次(OC)の寄与濃度は春季を除いて横ばいで、令和3年度には冬季以外の季節で二次(硫酸塩)を超えて最も寄与割合の高い成分となっていた。二次(硝酸塩)や土壌・道路粉じん、植物燃焼の寄与濃度は、経年低下がみられた季節もあったが、その差はわずかで明確な経年変化はみられなかった。季節ごとに14日間の調査期間のため、必ずしもその季節の $PM_{2.5}$ の状況を代表できていない場合も考えられることから今後も注視していく必要があるが、本県の中西部地域にある東山梨局においても二次(硫酸塩)や自動車排ガスの寄与濃度の低下や、二次(OC)と二次(硫酸塩)の寄与割合の逆転がみられている¹⁰⁾。

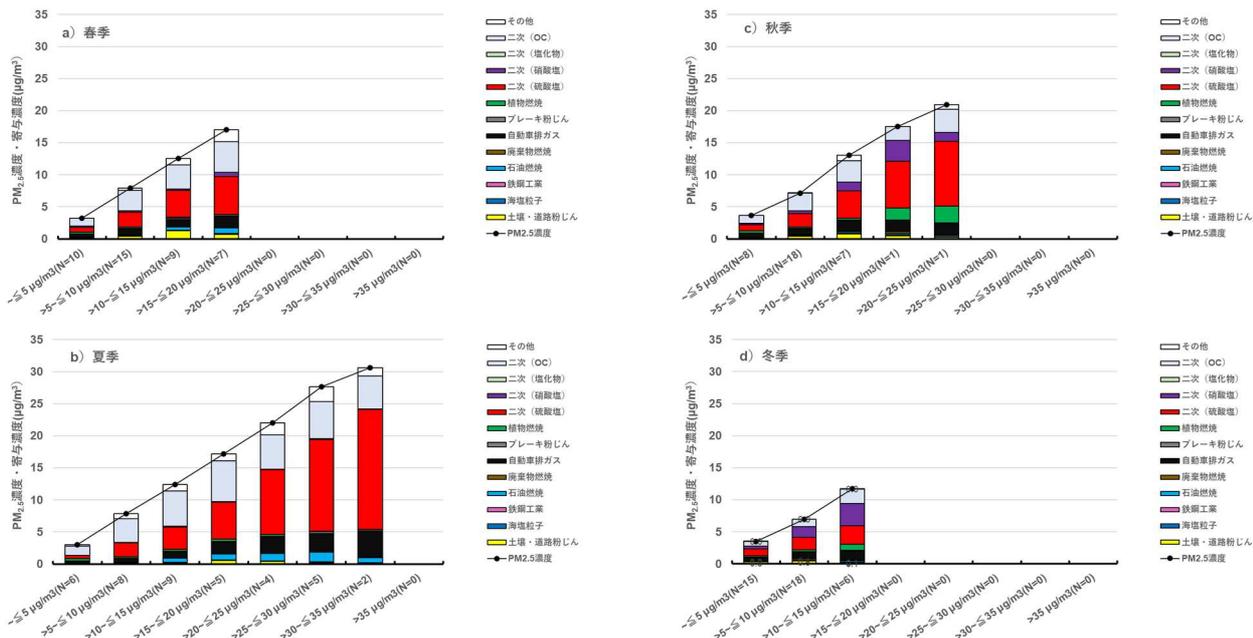


図8 PM_{2.5}濃度区分別の平均寄与濃度 ((a) 春季、(b) 夏季、(c) 秋季、(d) 冬季)

表4 季節ごとのPM_{2.5}濃度(日平均値)と発生源寄与濃度(日平均値)との相関係数

	二次(硫酸塩)	二次(OC)	二次(硝酸塩)	自動車排ガス	石油燃焼	植物燃焼	土壌・道路粉じん
春季	0.92	0.83	0.32	0.81	0.79	-0.42	0.43
夏季	0.93	0.54	0.16	0.89	0.58	-0.25	0.19
秋季	0.89	0.64	0.68	0.79	0.75	0.42	0.31
冬季	0.78	0.78	0.86	0.77	0.45	0.40	-0.06

(3) PM_{2.5}濃度上昇時における発生源寄与

PM_{2.5}濃度の上昇時にどのような発生源が影響しているかを確認するため、各測定日をPM_{2.5}濃度(5 μg/m³ごと)によりに区分した上で、区分毎の平均寄与濃度を図8に示した。あわせて、PM_{2.5}濃度(日平均値)と発生源寄与濃度(日平均値)との相関係数を表4に示した。

二次(硫酸塩)はいずれの季節もPM_{2.5}濃度との間に高い正の相関(0.78~0.93)がみられ、冬季を除いてPM_{2.5}が高濃度の区分ほどその寄与割合が増加していたことから、冬季以外の季節ではPM_{2.5}濃度上昇時の主な発生源と考えられる。自動車排ガスも、いずれの季節もPM_{2.5}濃度との間に高い正の相関(0.77~0.89)がみられ、季節に依らずPM_{2.5}濃度増加に寄与していたが、PM_{2.5}が高濃度の区分における寄与割合はほぼ一定または減少していた。二次(OC)についても、季節に依らずPM_{2.5}濃度との間に中程度から高い正の相関(0.54~0.83)がみられたことからいずれの季節もPM_{2.5}濃度増加に寄与していたが、冬季以外の季節ではPM_{2.5}が高濃度の区分ほどその寄与割合は減少していた。春季や夏季には、石油燃焼からの寄与がみられ、PM_{2.5}濃度との間にも中程度から高い正の相関(春季:0.79、夏季:0.58)がみられたほか、寄与濃度はごくわずかではあるが鉄鋼工業との間にも高い正の

相関(春季:0.83、夏季:0.84)がみられた。吉田局周辺には大規模な固定発生源が無く石油燃焼の寄与濃度が春季や夏季にのみ増加することや、関東甲信静地域では石油燃焼や鉄鋼工業からの寄与濃度は内陸に比べて沿岸で高く、特に石油燃焼からの寄与濃度は季節に依らず内陸と沿岸で3倍以上の差があるとの報告⁵⁾もあることから、春季や夏季には沿岸部からの移流によってPM_{2.5}濃度が上昇している可能性が示唆された。一方、秋季や冬季には二次(硝酸塩)とPM_{2.5}濃度との間に中程度から高い正の相関(秋季:0.68、冬季:0.86)がみられたほか、冬季にはPM_{2.5}が高濃度の区分ほどその寄与割合が増加していたことから、二次(硝酸塩)は特に冬季においてPM_{2.5}濃度上昇時の主な発生源と考えられる。植物燃焼は、春季や夏季にはPM_{2.5}濃度との間に正の相関はみられなかった(春季:-0.42、夏季:-0.25)が、秋季や冬季には中程度の相関(秋季:0.42、冬季:0.40)がみられたことから、秋季や冬季にはPM_{2.5}濃度増加に寄与していた。また、秋季には、PM_{2.5}濃度が15 μg/m³を超える区分ではそれ以下の区分に比べて植物燃焼の寄与割合が大きく増加していた。土壌・道路粉じんは、春季には中程度の正の相関(0.43)が見られたがその他の季節では相関が低く、春季を除いてPM_{2.5}濃度増加への寄与はほとん

どみられなかった。

以上から、吉田局では冬季を除いて二次（硫酸塩）がPM_{2.5}濃度上昇時に寄与している主な発生源であったほか、自動車排ガスや二次（OC）も季節に依らずPM_{2.5}濃度に寄与していた。また、石油燃焼からの寄与濃度の季節変化や関東甲信静地域における石油燃焼の寄与濃度の地理的分布から、春季や夏季には沿岸部からの移流によってPM_{2.5}濃度が上昇している可能性が示唆された。加えて、秋季や冬季には、これらの発生源に加えて二次（硝酸塩）や植物燃焼もPM_{2.5}濃度増加に寄与しており、特に冬季には二次（硫酸塩）よりも二次（硝酸塩）がPM_{2.5}濃度増加に寄与していた。一方、土壌・道路粉じんについては、春季を除いてPM_{2.5}濃度増加への寄与はほとんどみられなかった。

4 高濃度事例解析（令和2年8月8日の事例）

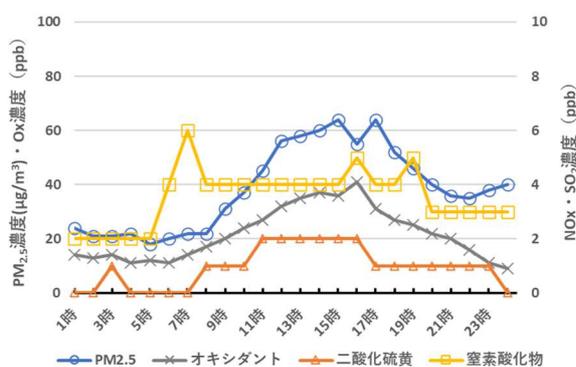


図9 令和2年8月8日における吉田局の大気汚染物質の経時変化

日平均値の状況で記載したとおり、吉田局においてPM_{2.5}の短期基準を超過した日は、令和2年8月8日の1事例のみであったことから、この日について詳細に解析を行った。なお、PM_{2.5}濃度の1時間値については、その精度が保証されておらず、今回の解析では経時変化等を把握するうえでの参考として使用した。

吉田局の8月8日におけるPM_{2.5}濃度の日平均値は38.6 µg/m³であり、その経時変化は図9のとおりであった。PM_{2.5}濃度の1時間値は、深夜から早朝までは20 µg/m³前後であったが、8時頃から昼過ぎにかけて60 µg/m³前後まで上昇し、その状態が17時頃まで続いた。その後、夜のはじめ頃から低下し始め21時頃には40 µg/m³前後となり、やや高い状態が夜遅くから翌日まで続いた。

また、8月8日は、山梨県内においてPM_{2.5}濃度を測定している測定局6局（令和2年8月時点）のうち、吉田局も含めた4局において短期基準（日平均値35 µg/m³以下）を超過するPM_{2.5}が観測されたほか、他の2局でも短期基準（35 µg/m³）に近いPM_{2.5}濃度が観測された。

同年8月は、本県だけでなく全国各地においても高濃事例が多数発生しており⁷⁾、8月8日12時の時点における全国のPM_{2.5}濃度の状況を見ると、関東甲信、東海、近畿を中心として、PM_{2.5}濃度が50 µg/m³を超える地点が複数みられた（図10）。

8月上旬に観測された全国的なPM_{2.5}濃度の上昇事例について、関連物質（SPM、二酸化硫黄）や気象状況との相関から、小笠原諸島の西之島からの噴煙による影響が報告されている¹¹⁾。

吉田局においても、PM_{2.5}濃度（日平均値）と二酸化硫黄濃度（日平均値）との変動が概ね連動しており（図11）、上記報告と類似の状況であったことから、同様に西之島の火山噴煙による越境汚染の影響によってPM_{2.5}濃度が短期基準を超過したものと考えられる。

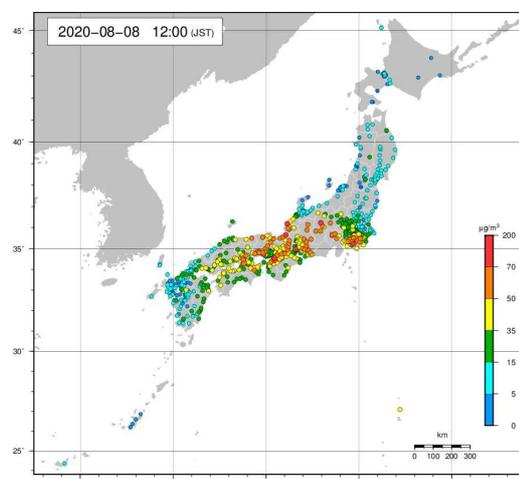


図10 令和2年8月8日12時における全国のPM_{2.5}濃度分布状況（そらまめ君ギャラリー¹²⁾）

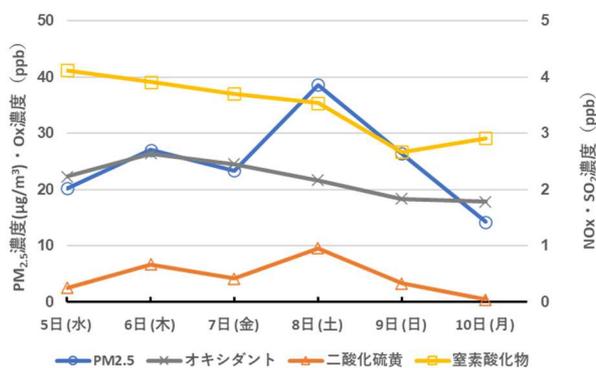


図11 吉田局における大気汚染物質日平均値の推移（令和4年8月5日から8月10日）

まとめ

吉田局における PM_{2.5} の経年変化と濃度上昇時の特徴について、常時監視データと成分分析データを用いて解析を実施し、次の事項を明らかとした。

- (1) PM_{2.5} の常時監視結果から、吉田局の年平均値は横ばいで、全国の一般局の年平均値の推移とは異なる傾向であった。この理由として、吉田局では周辺に発生源が少ないことに加えて、移流の影響を受けにくい地形であることも年平均が低く全国の一般局の傾向と異なる要因であると推察された。また、7月や8月は月平均値の変化が大きかったが、日射量や降水量との関係から主に二次生成や湿性沈着量の増減が影響していると考えられた。
- (2) 成分分析結果から PM_{2.5} の主要な成分は、硫酸イオン、OC、アンモニウムイオン、EC および硝酸イオンで、これらの成分が PM_{2.5} 濃度（期間平均値）の6割から9割程を占めていた。硝酸イオンを除く主要成分は夏季に増加する季節変化がみられたが、一方、硝酸イオンは冬季に高くなる明確な季節変化がみられた。
- (3) 発生源寄与と解析の結果から PM_{2.5} の主要な発生源は二次（OC）、二次（硫酸塩）および自動車排ガスで、冬季には二次（硝酸塩）の寄与も高かった。その他にも、寄与濃度は少ないが石油燃焼や土壌・道路粉じん、植物燃焼からの寄与が増加する期間もみられた。関東甲信静地域の内陸部と直近の結果について比較すると、各発生源の季節変化は概ね類似していたが寄与濃度は全体に低かった。
- (4) PM_{2.5} 濃度と各発生源寄与濃度との相関や PM_{2.5} 濃度上昇時の発生源寄与割合の変化から、冬季を除いて二次（硫酸塩）が PM_{2.5} 濃度増加の主な発生源であったほか、自動車排ガスや二次（OC）も季節に依らず寄与していた。また、秋季や冬季には、二次（硝酸塩）や植物燃焼も PM_{2.5} 濃度増加に寄与しており、特に冬季には二次（硫酸塩）よりも二次（硝酸塩）が PM_{2.5} 濃度増加に寄与していた。
- (5) 短期基準を超過する PM_{2.5} 濃度が観測された令和2年8月8日の事例について解析を行い、本県でも小笠原諸島の西之島からの噴煙による越境汚染により PM_{2.5} 濃度が上昇し、吉田局では短期基準を超えたものと考えられる。

参考文献

- 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（平成28年9月改正）
- 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（平成23年7月）
- 3) 環境省：大気中微小粒子状物質（PM_{2.5}）成分測定マニュアル（令和元年5月改訂）
- 4) 山梨県：平成27年度全国道路・街路交通情勢調査一般交通量調査結果（平成29年6月）
- 5) 関東地方大気環境対策連絡会微小粒子状物質・光化学オキシダント調査会議：令和2年度微小粒子状物質合同調査報告書 関東甲信静における PM_{2.5} のキャラクターゼーション（第13報）（令和2年度調査結果）（令和4年3月）
- 6) 東京都微小粒子状物質検討会：東京都微小粒子状物質検討会報告書（平成23年7月）
- 7) 環境省：令和2年度大気汚染状況 [https://www.env.go.jp/air/osen/]（最終検索日：2022年11月3日）
- 8) 東京都福祉保健局：大気汚染物質と健康影響に関する調査研究報告書—基礎的実験的研究—（平成28年度から令和元年度まで）（令和2年3月）
- 9) 環境省：微小粒子状物質に係る環境基準の設定について（答申）（平成21年9月）
- 10) 奥寺優行、大橋泰浩：東山梨局における微小粒状物質（PM_{2.5}）の経年変化と特徴について、山梨県衛生環境研究所年報, **64**, 47-54 (2020)
- 11) 中込和徳ら：2020年8月上旬の PM_{2.5} 広域高濃度事象における長野県内の汚染状況, 全国環境研会誌, **Vol. 46**, 22-27 (2021)
- 12) 国立環境研究所：そらまめ君ギャラリー [https://tenbou.nies.go.jp/gis/realtime/sorama.me.html]（最終検索日：2022年11月3日）