

令和5 (2023) 年度PM2.5 大気環境調査結果

大気環境部

大谷 寿一¹ 佐々木 貞幸 小池 静司¹ 平野 真弘 齋藤 由美子
(¹前保健環境センター)

1 はじめに

PM2.5は、大気中に浮遊する粒径2.5μm以下の微細な粒子である。そのため、肺の奥まで粒子が入りやすく、呼吸器系や循環器系への悪影響が懸念されている。環境基準は、環境基本法第16条において、「人の健康を保護し、及び生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準」と定義されており、PM2.5については、「年平均値が15μg/m³以下(長期基準)かつ、「日平均値(年間98%値)が35μg/m³以下(短期基準)」と規定されている。

本県においては、県内のPM2.5濃度の動向を把握するために、令和6(2024)年3月現在、一般環境大気測定局(以下「一般局」という。)11局、及び自動車排出ガス測定局(以下「自排局」という。)2局の計13局(うち2局は宇都宮市が設置)にPM2.5自動測定機を設置し、大気中のPM2.5濃度を1時間ごとに測定している。また、PM2.5が高濃度化する頻度が比較的高い真岡市役所測定局に、平成25年度から成分分析用のサンプラーを併設して、試料の採取及び成分分析を実施している。

本報告は、令和5年度に実施したPM2.5大気環境調査の結果をまとめたものである。

2 調査方法

2.1 大気環境常時監視測定

2.1.1 調査地点

栃木県における令和6(2024)年3月末時点のPM2.5自動測定機の設置地点計13局を図1に示す。なお、解析に用いた足利市久保田公園は同年3月11日付けで測定を停止した。

2.1.2 調査期間

令和5(2023)年4月1日から令和6(2024)年3月31日まで

2.1.3 調査方法

常時監視測定局のPM2.5の質量濃度(以下「PM2.5濃度(常監)」という。)の1時間値から、日平均値の年間98%値及び年平均値を算出し、県内のPM2.5濃度の動向を把握するとともに、長期基準及び短期基準と比較し、環境基準との適合状況を確認した。なお、これらの解析には、「大気環境情報システム」¹⁾のホームページ上に公表されている大気環境常時監視測定結果を用いた。

2.2 四季調査

2.2.1 調査地点

真岡市役所屋上において調査を実施した。

2.2.2 調査期間

四季調査は環境省の依頼に基づき、季節ごとに連続する2週間の統一期間のとおり実施した(春季:令和5(2023)年5月11日から5月24日、夏季:7月20日から8月2日、秋季:10月19日から11月1日、冬季:令和6(2024)年1月18日から1月31日)。なお、本稿では、令和5年度の調査結果と併せて、令和4年度分も含めた2か年分のデータについて解析を行った。令和4年度分の調査期間は前報²⁾のとおりである。

2.2.3 調査方法

四季調査は、大気中微小粒子状物質(PM2.5)成分測定マニュアル³⁾に準拠して行った。また、PM2.5の質量濃度については、環境大気常時監視マニュアルの標準測定法⁴⁾により求めた。

試料の捕集は、PTFEろ紙及び石英ろ紙をそれぞれ別のサンプラー(Thermo Scientific社製、2025i、計2台)にセットし実施した。サンプリング時間は午前10時から翌日午前10時までの24時間を1日分とし、14日間継続した。

調査項目は、PM2.5の質量濃度(以下「PM2.5濃度(四季)」という。)、イオン成分濃度、炭素成分濃度及び無機元素成分濃度とした。また、隣接する真岡市役所常時監視測定局におけるPM2.5濃度(常監)と、各成分等との関連についても検討した。解析に使用したPM2.5濃度(常監)の日平均値は、前報²⁾と同様に1時間値の平均値を用いた。



図1 栃木県内のPM2.5常時監視測定局

なお、各分析方法は、以下に示すとおりである。

- ① PM2.5 濃度 (四季) の測定にあたっては、PTFE ろ紙で捕集した試料を恒温恒湿チャンバー (東京ダイレック社製、PWS-PM2.5) 内で、温度 21.5 ± 1.5°C、相対湿度 35 ± 5% の条件で秤量した。
- ② 水溶性イオン成分は、石英ろ紙で採取した PM2.5 試料を用い、ナトリウムイオン (Na⁺)、アンモニウムイオン (NH₄⁺)、カリウムイオン (K⁺)、マグネシウムイオン (Mg²⁺)、カルシウムイオン (Ca²⁺)、塩化物イオン (Cl⁻)、硝酸イオン (NO₃⁻) 及び硫酸イオン (SO₄²⁻) の 8 成分をイオンクロマトグラフ法 (東ソー社製、IC-2010) で分析した。
- ③ 炭素成分については、石英ろ紙で採取した試料を用いた。有機炭素 (以下「OC」という。) 及び元素状炭素 (以下「EC」という。) は、サーマルオプティカル・リフレクタンス法で測定した。なお、分析プロトコルは、IMPROVE プロトコル (Sunset Laboratory 社製、CAA-202M-D) で測定した。
- ④ 無機元素成分については、PTFE ろ紙で採取した試料を用い、ナトリウム (Na)、アルミニウム (Al)、カリウム (K)、カルシウム (Ca)、スカンジウム (Sc)、チタン (Ti)、バナジウム (V)、クロム (Cr)、マンガン (Mn)、鉄 (Fe)、コバルト (Co)、ニッケル (Ni)、銅 (Cu)、亜鉛 (Zn)、ヒ素 (As)、セレン (Se)、ルビジウム (Rb)、モリブデン (Mo)、アンチモン (Sb)、セシウム (Cs)、バリウム (Ba)、ランタン (La)、セリウム (Ce)、サマリウム (Sm)、ハフニウム (Hf)、タングステン (W)、タンタル (Ta)、トリウム (Th) 及び鉛 (Pb) の 29 元素を ICP-MS 法 (Agilent 社製、7800) で分析した。

2.3 発生源寄与推定解析

2.3.1 解析地点及び期間

解析地点は「2.2.1 調査地点」に示す地点、解析期間は「2.2.2 調査期間」に示す期間とし、真岡市役所における令和 5 年度及び令和 4 年度の 2 か年分の調査結果を対象とした。

2.3.2 解析方法

解析は令和 4 年度微小粒子状物質・光化学オキシダント合同調査報告書⁵⁾に準じて行った。解析には「2.2 四季調査」の解析結果を使用し、令和 5 年度及び令和 4 年度の 2 か年分の調査結果を使用した。

解析に使用した発生源プロファイルを表 1 に示す。1 次排出の発生源として、石油燃焼、廃棄物燃焼、土壌・道路粉じん、海塩粒子、鉄鋼、ブレーキ粉じん、自動車排ガス、植物燃焼の計 8 種類をプロファイリングした。

また、表 1 のプロファイルに加え、二次生成粒子である硫酸塩、硝酸塩及び塩化物 (各塩に含まれる NH₄⁺ とカウンターイオンの式量比に基づきプロファイリングした) 並びに OC について、表 2 のとおりプロファイルに追加設定した。これらのプロファイルについても、同報告書⁵⁾において使用されている。

発生源寄与推定解析については、各四季調査における 1 日ごとの各成分濃度等を用いて行った。発生源プロファイルに含まれる化学種のうち、特徴的な成分 (Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻、Na⁺、NH₄⁺、K⁺、V、Fe、Mn、Sb、OC、EC の計 12 項目) はすべて計算対象とした。それ以外の成分については、検出下限値以上の割合が 80% 以上の場合に計算対象とした。有効分散最小二乗法によるケミカルマスバランス法 (CMB 法) で寄与率を推定し、得られた各発生源の寄与率を期間平均して各季節の寄与率を算出した。なお、ソフトウェアは、米国環境保護庁 (EPA) で公開された解析ソフトを、ExcelVBA 上に移植した『CMB8J』⁶⁾を使用した。

表 1 発生源プロファイル

	石油燃焼		廃棄物燃焼		土壌・道路粉じん		海塩粒子		鉄鋼		ブレーキ粉じん		自動車排ガス		植物燃焼	
	[mg/kg]															
Na ⁺	2.5E+03 ± 1.3E+03	5.8E+04 ± 2.9E+04	1.3E+04 ± 2.7E+03	3.0E+05 ± 1.5E+04	1.4E+04 ± 2.7E+03	7.6E+03 ± 3.9E+03	7.6E+01 ± 7.6E+00	6.6E+03 ± 1.3E+03								
NH ₄ ⁺	4.6E+04 ± 2.3E+04	1.7E+03 ± 8.5E+02	6.1E+03 ± 9.7E+02	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1.3E+04 ± 2.5E+03								
K ⁺	4.2E+02 ± 2.1E+02	4.9E+04 ± 2.5E+04	1.3E+04 ± 3.4E+03	1.1E+04 ± 1.1E+03	1.3E+04 ± 2.6E+03	3.5E+03 ± 6.4E+03	2.0E+02 ± 2.0E+01	6.3E+04 ± 1.3E+04								
Ca ²⁺	2.0E+03 ± 1.0E+03	2.9E+04 ± 1.5E+04	5.5E+04 ± 2.6E+04	1.2E+04 ± 5.9E+02	4.5E+04 ± 9.0E+03	3.2E+04 ± 8.0E-01	1.5E+03 ± 1.5E+02	4.2E+02 ± 8.3E+01								
Cl ⁻	0 ± 0	2.1E+05 ± 1.1E+05	3.4E+02 ± 1.5E+02	5.5E+05 ± 2.8E+04	3.4E+04 ± 6.8E+03	1.3E+04 ± 7.0E+02	2.0E+02 ± 2.0E+01	2.6E+04 ± 5.2E+03								
NO ₃ ⁻	6.3E+02 ± 3.2E+02	4.3E+02 ± 2.2E+02	1.9E+02 ± 1.2E+02	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 1.5E+03	0 ± 0	2.0E+03 ± 4.1E+02								
SO ₄ ²⁻	5.3E+05 ± 2.7E+05	1.1E+05 ± 5.5E+04	5.7E+02 ± 4.5E+02	7.8E+04 ± 1.6E+04	0 ± 0	4.9E+03 ± 2.5E+03	2.2E+04 ± 2.2E+03	1.6E+04 ± 3.2E+03								
OC	5.5E+04 ± 2.1E+04	2.2E+04 ± 6.2E+03	6.9E+04 ± 2.8E+04	0 ± 0	0 ± 0	8.0E+04 ± 3.1E+04	2.5E+05 ± 2.5E+04	4.1E+05 ± 8.3E+04								
EC	1.0E+02 ± 2.9E+04	2.3E+04 ± 1.6E+04	1.3E+04 ± 4.1E+03	2.8E-02 ± 2.8E-02	5.0E+03 ± 5.0E+03	1.5E+05 ± 7.6E+04	4.9E+05 ± 4.9E+04	9.7E+04 ± 1.9E+04								
Ti	2.4E+03 ± 1.2E+03	1.6E+03 ± 8.0E+02	5.1E+03 ± 5.4E+02	2.9E-02 ± 1.5E-02	1.0E+03 ± 2.0E+02	9.0E+03 ± 1.2E+01	1.5E+02 ± 1.5E+01	1.0E+01 ± 2.0E+00								
V	9.5E+01 ± 4.8E+01	1.0E+01 ± 5.0E+00	1.1E+02 ± 3.5E+01	5.8E-02 ± 1.7E-02	1.3E+02 ± 2.5E+01	5.9E+01 ± 8.4E+01	7.3E+00 ± 7.3E-01	0 ± 0								
Cr	1.6E+03 ± 8.0E+02	2.6E+02 ± 2.8E+02	1.6E+02 ± 1.8E+02	2.9E-01 ± 8.7E-02	1.6E+05 ± 1.6E+04	4.2E+02 ± 1.4E+02	1.2E+01 ± 1.2E+00	0 ± 0								
Mn	2.4E+02 ± 1.2E+02	5.8E+02 ± 2.9E+02	1.1E+03 ± 3.9E+02	5.8E-02 ± 1.7E-02	2.2E+04 ± 2.2E+03	7.2E+02 ± 1.8E+04	1.9E+01 ± 1.9E+00	1.0E+01 ± 2.0E+00								
Fe	1.3E+04 ± 6.5E+03	8.0E+03 ± 4.0E+03	5.3E+04 ± 6.4E+03	2.9E-01 ± 8.7E-02	1.6E+05 ± 1.6E+04	9.1E+04 ± 3.2E+00	9.9E+02 ± 9.9E+01	1.0E+02 ± 2.0E+01								
Co	1.6E+01 ± 8.0E+00	1.1E+01 ± 5.5E+00	2.2E+01 ± 9.5E+00	1.5E-02 ± 4.5E-03	4.4E+01 ± 4.4E+01	1.6E+01 ± 4.8E+01	1.5E+00 ± 1.5E-01	0 ± 0								
Ni	9.7E+02 ± 4.9E+02	3.9E+02 ± 2.0E+02	8.0E+01 ± 7.0E+01	1.5E-02 ± 4.5E-03	2.9E+03 ± 2.9E+03	9.6E+01 ± 2.6E+00	9.9E+00 ± 9.9E-01	0 ± 0								
Cu	7.9E+01 ± 4.0E+01	1.8E+03 ± 9.0E+02	2.7E+02 ± 1.7E+02	1.7E-02 ± 5.1E-03	3.7E+03 ± 3.7E+03	1.3E+04 ± 6.5E+02	1.1E+02 ± 1.1E+01	0 ± 0								
Zn	6.7E+02 ± 3.4E+02	1.7E+04 ± 8.5E+03	1.3E+03 ± 8.0E+02	2.9E-02 ± 8.7E-03	5.2E+04 ± 1.0E+04	3.3E+03 ± 4.4E+00	6.2E+02 ± 6.2E+01	1.0E+02 ± 2.0E+01								
As	8.4E+00 ± 4.2E+00	4.8E+01 ± 2.4E+01	1.1E+01 ± 4.2E+00	2.9E-02 ± 8.7E-03	1.0E+02 ± 1.0E+02	2.2E+01 ± 1.8E+00	3.7E+00 ± 3.7E-01	0 ± 0								
Se	6.8E+00 ± 3.4E+00	5.7E+00 ± 2.9E+00	1.4E+00 ± 5.5E-01	1.2E-01 ± 3.6E-02	5.1E+01 ± 5.1E+01	3.5E+00 ± 9.8E+00	1.7E+00 ± 1.7E-01	0 ± 0								
Rb	1.5E+00 ± 7.5E-01	1.9E+02 ± 9.5E+01	5.6E+01 ± 1.8E+01	3.5E+00 ± 1.1E+00	7.7E+01 ± 7.7E+01	2.1E+01 ± 5.9E+01	4.9E-01 ± 4.9E-02	1.0E+02 ± 2.0E+01								
Sb	1.7E+00 ± 8.5E-01	1.4E+02 ± 7.0E+01	1.3E+01 ± 7.4E+00	1.4E-02 ± 4.2E-03	9.0E+01 ± 9.0E+01	2.1E+03 ± 5.1E+00	2.0E+01 ± 2.0E+00	0 ± 0								
Ba	8.9E+01 ± 4.5E+01	4.6E+02 ± 2.3E+02	5.0E+02 ± 8.5E+01	8.6E-01 ± 2.6E-01	5.0E+02 ± 5.0E+02	1.2E+04 ± 1.4E+00	9.9E+01 ± 9.9E+00	2.5E+02 ± 5.0E+01								
La	7.9E-01 ± 4.0E-01	2.4E+00 ± 1.2E+00	3.1E+01 ± 1.1E+01	9.0E-03 ± 2.7E-03	9.8E+00 ± 9.8E+00	7.0E+00 ± 4.8E+00	3.4E-01 ± 3.4E-02	0 ± 0								

表2 二次生成粒子の発生源プロフィール

				[mg/kg]				
	二次(硫酸塩)		二次(硝酸塩)		二次(塩化物)		二次(OC)	
NH ₄ ⁺	2.7. E+05	± 2.7. E+04	2.3. E+05	± 2.3. E+04	3.4. E+05	± 3.4. E+04	0	± 0
Cl ⁻	0	± 0	0	± 0	6.6. E+05	± 6.6. E+04	0	± 0
NO ₃ ⁻	0	± 0	7.7. E+05	± 7.7. E+04	0	± 0	0	± 0
SO ₄ ²⁻	7.3. E+05	± 7.3. E+04	0	± 0	0	± 0	0	± 0
OC	0	± 0	0	± 0	0	± 0	1.0. E+06	± 1.0. E+05

3 結果及び考察

3.1 県内のPM2.5濃度の動向

栃木県における過去5年間の環境基準達成状況を表3に、令和5年度の常時監視測定局13局における欠測日を除いた有効日数、PM2.5濃度(常監)の年平均値及び日平均値の年間98%値を表4に示す。

令和5年度は、長期基準及び短期基準とも、過去4年間と同様に全局で環境基準を達成した(表3)。

表4から、一般局の年平均値は、大谷中学校(小山市)が最も高く9.8µg/m³で、黒磯保健センター(那須塩原市)が最も低く4.2µg/m³であった。その他の一般局では、雀宮中学校(宇都宮市)、県安蘇庁舎(佐野市)及び真岡市役所で比較的高めの値を示す一方、鹿沼市役所、今市小学校(日光市)、県南那須庁舎(那須烏山市)で比較的低めの値であり、年平均値が高い地点が県南部で多くみられた傾向は前報²⁾と同様であった。

また、各環境基準のうち短期基準の判断基準となる日平均値の年間98%値は、県安蘇庁舎(佐野市)が最も高く22.5µg/m³で、黒磯保健センター(那須塩原市)が最も低く13.2µg/m³であった。その他の一般局においては、年平均値と同様に、おおむね県南部で高くなる傾向が見られた。

平出(宇都宮市)及び足利市久保田公園の自排局について、それぞれ地理的位置が比較的近い雀宮中学校(宇都宮市)及び足利市役所におけるPM2.5濃度(常監)と比較した。年平均値及び日平均値の年間98%値は、宇都宮市の2地点では同程度、足利市の2地点では自排局が高い値となった。

3.2 真岡市のPM2.5濃度(常監)の動向

四季調査実施地点である真岡市について、令和元年度から令和5年度までのPM2.5濃度(常監)(月平均値)の経月変化を図2に、平成25年度から令和5年度におけるPM2.5濃度(常監)(年平均値)の経年変化を図3に示す。

図2から、令和5年度の月平均値は、5.9~10.2µg/m³となり、令和4年度(6.7~11.4µg/m³)と比較してほぼ同程度であった。月平均値の5年平均値と比較すると、8月、1月及び2月で少なく、他の月はほぼ同程度で推移した。

また、図3から、PM2.5濃度の長期的な減少傾向が継続して見られた。

表3 環境基準達成状況(令和元年度から令和5年度まで)

	長期基準		短期基準	
	一般局	自排局	一般局	自排局
R1	12/12	2/2	12/12	2/2
R2	12/12	2/2	12/12	2/2
R3	11/11	2/2	11/11	2/2
R4	11/11	2/2	11/11	2/2
R5	11/11	2/2	11/11	2/2

(達成局数/全測定局数)

表4 常時監視局の有効日数、PM2.5濃度(常監)年平均値及び日平均値の年間98%値(令和5年度)

	一般局											自排局	
	雀宮中学校 (宇都宮市)	足利市役所 (足利市)	栃木市役所 (栃木市)	県安蘇庁舎 (佐野市)	鹿沼市役所 (鹿沼市)	今市小学校 (日光市)	大谷中学校 (小山市)	真岡市役所 (真岡市)	矢板市役所 (矢板市)	黒磯保健センター (那須塩原市)	県南那須庁舎 (那須烏山市)	平出 (宇都宮市)	足利市久保田公園 (足利市)
有効日数 [日]	363	362	364	358	361	364	364	364	363	364	356	363	341
年平均値 [µg/m ³]	8.8	6.8	6.8	9.4	6.3	5.8	9.8	8.1	7.6	4.2	6.5	8.7	9.0
日平均値の 年間98%値 [µg/m ³]	19.1	16.9	16.4	22.5	16.6	15.8	20.8	18.5	17.9	13.2	15.2	19.2	21.0

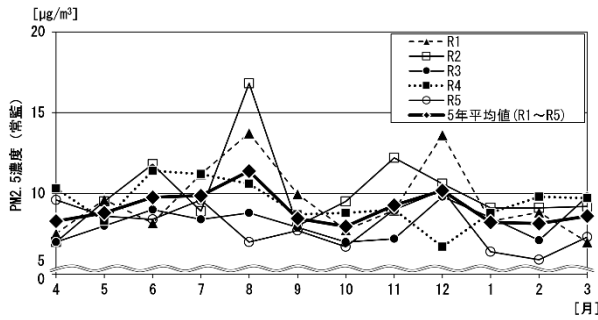


図2 真岡市役所におけるPM2.5濃度(常監)の経月変化(令和元年度から令和5年度まで)

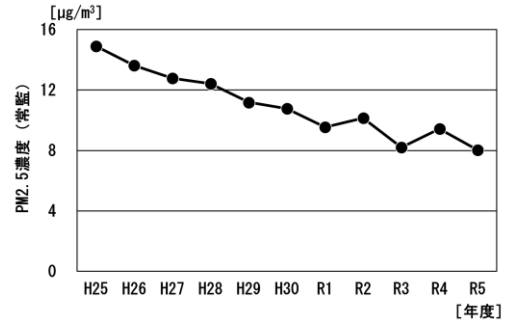


図3 真岡市役所におけるPM2.5濃度(常監)の経年変化

3.3 四季調査における調査地点のPM2.5濃度(常監)と気象概況

令和5年度及び令和4年度の真岡市における、四季調査期間中のPM2.5濃度(常監)の平均値及び各気象状況を表5に示す。

令和5年度の四季調査実施期間は、おおむね5月、7月、10月及び1月に相当する。調査期間中の各季節のPM2.5濃度(常監)の平均値は、春季で最も高く、令和4年度と比較すると春季を除き減少した。

調査期間中の気象状況を令和4年度と比較すると、夏季は合計降水量が約1/6となり、平均日射量は上昇した。

特に、調査を開始した平成25(2013)年以降の同じ季節の採取期間で比較すると、合計降水量は春季で過去2番目に多く、夏季及び秋季で過去最も少なかった。また、平均気温は秋季で過去2番目に高く、冬季で最も高かった。平均日射量は夏季及び秋季で最も高かった。

表5 四季調査期間におけるPM2.5濃度(常監)と気象概況

	令和5年度				令和4年度			
	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季
PM2.5濃度 (常監) [μg/m ³]	9.6 ± 5.4	8.2 ± 2.4	8.3 ± 3.6	6.5 ± 5.5	9.0 ± 4.9	10.7 ± 5.3	10.7 ± 6.4	8.8 ± 4.5
平均気温 [°C]	17.8 ± 3.4	27.9 ± 2.2	14.9 ± 2.1	4.7 ± 2.6	18.1 ± 2.3	27.0 ± 2.5	12.5 ± 2.1	4.0 ± 3.0
平均相対湿度 [%]	74 ± 15	72 ± 8	71 ± 8	58 ± 12	77 ± 13	80 ± 8	73 ± 7	61 ± 13
合計降水量 [mm]	95.0	9.0	3.0	31.0	68.5	55.0	10.0	26.5
平均日射量 [MJ/m ²]	17.7 ± 7.1	22.6 ± 4.2	13.1 ± 2.9	11.1 ± 3.7	16.6 ± 7.7	16.0 ± 6.6	12.7 ± 2.7	12.0 ± 3.8

3.4 四季調査結果

3.4.1 成分組成の概要

令和5年度及び令和4年度の各季節の各成分濃度を、PM2.5濃度(四季)に基づき積算した結果を図4に、同期間の各成分組成比を表6に示す。なお、炭素成分濃度は、質量濃度との関係をより正確にするために、OC濃度に有機粒子への換算係数1.6⁸⁾を乗じたものと、EC濃度との和とした。

図4から、令和5年度におけるPM2.5濃度(四季)は、春季で最も高かった。令和4年度と比較すると、冬季の水溶性イオン成分濃度が低かった。

表6から、各季節の水溶性イオン成分組成比は、令和5年度が約32~38%、令和4年度は約28~51%で推移し、令和4年度と比較すると、春季及び冬季で低かった。各季節の炭素成分の組成比は、令和5年度が約40~67%、令和4年度は約40~58%で推移し、令和4年度と比較すると、春季を除き高かった。各季節の無機元素成分の組成比は、令和5年度が約1.0~2.9%、令和4年度はほぼ1.0%前後で推移し、令和4年度と比較すると春季及び夏季で高かった。

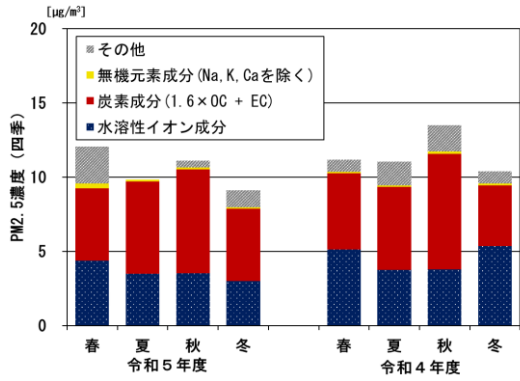


図4 季節別成分濃度 (令和5年度及び令和4年度)

表6 季節別PM2.5中の成分組成比 (令和5年度及び令和4年度)

	令和5年度				令和4年度			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
水溶性イオン成分	36.3	37.7	31.7	32.8	45.7	33.9	28.1	51.4
炭素成分 (1.6×OC+EC)	40.4	67.1	63.1	53.6	45.9	50.8	57.6	39.6
無機元素成分 (Na, K, Caを除く)	2.9	1.3	1.1	1.0	1.1	0.9	1.0	1.0
その他	20.5	0.0	4.1	12.7	7.2	14.4	13.2	8.1
合計	100.0	106.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

3.4.2 水溶性イオン成分

令和5年度及び令和4年度における、各季節のPM2.5に含まれる水溶性イオン成分濃度を図5に示す。

主成分である SO_4^{2-} 、 NO_3^- 及び NH_4^+ について見ると、 SO_4^{2-} は、春季において高かった。 NO_3^- は、令和4年度同様、夏季に減少し、冬季に増加する傾向が見られたが、 NH_4^+ は年間を通してほぼ同程度であった。

また、令和4年度と比較すると、 SO_4^{2-} は秋季で高く、 NO_3^- は夏季を除き半分程度の濃度で低かった。

3.4.3 炭素成分

令和5年度及び令和4年度における、各季節のPM2.5に含まれる炭素成分濃度を図6に示す。

OCは春季及び冬季で同程度であり、夏季及び秋季で上昇した。ECは春季及び夏季で同程度であり、秋季及び冬季で上昇した。また、令和4年度と比較すると、OC、ECとも同程度であった。

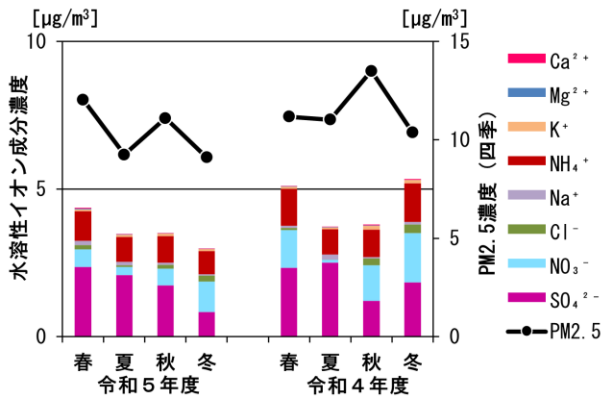


図5 季節別水溶性イオン成分濃度及びPM2.5濃度 (令和5年度及び令和4年度)

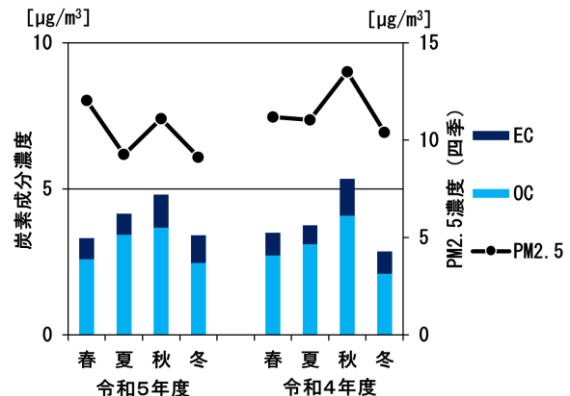


図6 季節別炭素成分濃度及びPM2.5濃度 (令和5年度及び令和4年度)

3.4.4 無機元素成分

令和5年度及び令和4年度における無機元素成分濃度から、各種指標を算出した。そのうち、石油燃焼の指標である $\text{V}/\text{Mn}^{(9)}$ 、大陸からの越境輸送の指標である $\text{Pb}/\text{Zn}^{(9)}$ 、燃料燃焼及び越境輸送両方の指標である $\text{As}/\text{V}^{(10)}$ を表7に示した。また、指標の算出に使用した元素の濃度を表8に示した。

Pb/Zn は、令和4年度と比較すると各季節で同程度であり、大きな変化はなかった。

V/Mn は、令和4年度と比較すると春季及び夏季に比べ秋季及び冬季で低くなる傾向がみられた。加えて、秋季及び冬季では、春季及び夏季に比べ V の平均濃度自体も低いため、発生源の影響が弱まったものと推察された。

As/V は、令和4年度と同様に夏季で最も低く(令和5年度:0.57、令和4年度:1.09)、冬季で最も高かった(令和5年度:2.12、令和4年度:3.17)。一般的に、 As/V が高値であると石炭燃料の影響が示唆されるが、前述のとおり、冬季については春季・夏季に比べ V の平均濃度自体が低値であり、 As の平均濃度も他の季節に比べて高くなかった。

表7 季節別無機元素成分指標値 (令和5年度及び令和4年度)

	令和5年度				令和4年度			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
V/Mn (石油燃焼)	0.15	0.28	0.06	0.05	0.14	0.22	0.07	0.08
Pb/Zn (大陸越境)	0.18	0.12	0.13	0.15	0.21	0.14	0.20	0.20
As/V (燃料燃焼及び大陸越境)	1.10	0.57	1.82	2.12	1.26	1.09	1.22	3.17

表8 季節別指標元素濃度 (令和5年度及び令和4年度)

	令和5年度				令和4年度			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
V	0.71	0.65	0.32	0.16	0.49	0.62	0.36	0.24
Mn	4.8	2.3	5.7	3.2	3.4	2.8	4.8	3.2
Pb	3.1	1.9	3.3	3.0	3.0	2.7	4.3	3.2
Zn	17	15	27	20	15	19	21	16
As	0.78	0.38	0.58	0.34	0.62	0.67	0.44	0.76

3.5 発生源寄与と推定解析

令和5年度及び令和4年度の真岡市における、各成分分析結果に基づく発生源寄与と推定解析の結果を図7に示す。

令和5年度は、各季節とも二次生成粒子の寄与(硫酸塩、硝酸塩、塩化物及びOCの寄与率の合計)が最も大きく約56~77%であり、この傾向は令和4年度と同様であった。次いで、自動車排ガスの寄与が、令和5年度で約10~18%で大きく、特に秋季に寄与が高くなる傾向が令和4年度と同様にみられた。

一方で、二次生成粒子の寄与は春季及び冬季で最も低く、平成30年度から前報まで継続してみられた秋季における二次生成粒子の寄与の低下は確認されなかった。また、令和5年度秋季の採取期間中の気象状況を、調査を開始した平成25年以降の同じ時期の採取期間と比較すると、平均気温は過去2番目に高く、平均日射量は最も高かった。そのため、例年に比べて光化学反応による大気中の二次生成が促進しやすい条件であったと考えられる。

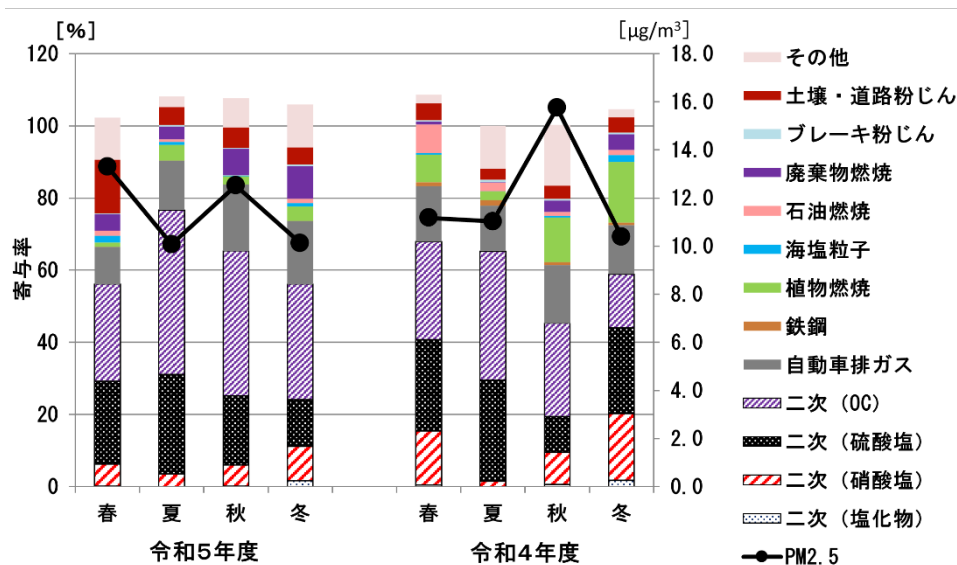


図7 季節別発生源寄与と推定解析結果及びPM2.5濃度(四季)(令和5年度及び令和4年度)

4 まとめ

- (1) 令和5年度のPM2.5濃度(常監)は、全測定局で環境基準を達成しており、年平均値は、大谷中学校(小山市)で最も高く、黒磯保健センター(那須塩原市)で最も低かった。また、おおむね県南部で高くなる傾向が見られた。
- (2) 真岡市役所において、令和5年度のPM2.5濃度(常監)月平均値経月変化は、令和4年度と同様に低い濃度で推移した。
併せて、令和5年度のPM2.5濃度(常監)年平均値も、長期的に減少傾向であることが継続して確認できた。
- (3) 四季調査において、令和5年度は水溶性イオン成分のうち SO_4^{2-} は春季で高く、 NO_3^- は令和4年度と比べ、夏季を除き半分程度の濃度で低かった。
また、炭素成分のうちOCは夏季及び秋季、ECは秋季及び冬季で上昇した。
加えて、無機元素成分指標のうち、冬季のV/Mnは低下し、As/Vは上昇したが、気象条件等により石炭燃焼発生源の影響が強まったのではなく、石油燃焼発生源の影響が弱まったことが示唆された。
- (4) 発生源寄与推定解析からは、これまでと同様に、二次生成粒子の寄与が最も大きく、次いで自動車排ガスの寄与が大きいという特徴が継続して確認された。

5 参考文献

- 1) 栃木県大気環境情報システム、<https://tochigi-taiki.jp/>
- 2) 栃木県保健環境センター年報、**28**、51-57、2023.
- 3) 環境省、大気中微小粒子状物質(PM2.5)成分測定マニュアル、令和元年5月.
- 4) 環境省、環境大気常時監視マニュアル(第6版)、平成22年3月.
- 5) 関東地方大気環境対策推進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4年度微小粒子状物質・光化学オキシダント合同調査報告書、2024.
- 6) 早狩ら、環境データ解析用表計算マクロの紹介と解析例(II)－CMB報解析マクロ－、大気環境学会誌、**36**、39-45、2001.
- 7) 平山ら、川崎市における微小粒子状物質(PM2.5)の成分組成(2013年度)、川崎市環境総合研究所年報、**41**、93-99、2014.
- 8) 環境省、微小粒子状物質(PM2.5)成分測定マニュアルに関するQ&Aの策定について(平成30年3月27日付け事務連絡).
- 9) 日置ら、松山、大阪、つくばで観測した浮遊粉じん中金属元素濃度による長距離輸送と地域汚染特性の解析、大気環境学会誌、**44**、91-101、2009.
- 10) 米持ら、2013年1月に中国北京市で採取した高濃度PM_{2.5}、PM₁の特徴、大気環境学会誌、**48**、140-144、2013.