

微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 成分分析調査 (2023 年度)

豊田雄一郎 石井克巳 堀本泰秀 高橋洋平 押尾秀

1 調査目的

2009 年 9 月に微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の環境基準が設定されたことにより、2010 年 3 月に大気汚染防止法の常時監視に関する事務処理基準が改正され、地方公共団体による PM_{2.5} の常時監視が義務付けられた。この常時監視には自動測定機による質量濃度の測定に加え、地域の実情に応じた効果的な対策を進める目的で成分調査 (四季ごと、各季 2 週間) の実施が規定されている。千葉県では 2023 年度も引き続き 3 地点で成分分析調査を実施した。

2 調査方法

2・1 調査地点

図 1 に示した市原岩崎西、勝浦植野、富津下飯野の 3 地点で試料採取を行った。勝浦はバックグラウンドとして位置付けられる地点であるが、測定局の移設に伴って 2021 年度冬季より勝浦小羽戸から南南西約 3 km に位置している勝浦植野に変更された。

2・2 調査期間

春季：2023 年 5 月 11 日～2023 年 5 月 25 日

夏季：2023 年 7 月 20 日～2023 年 8 月 3 日

秋季：2023 年 10 月 19 日～2023 年 11 月 2 日

冬季：2024 年 1 月 18 日～2024 年 2 月 1 日

なお、調査期間中に試料採取装置の不具合等による欠測が発生した場合は、採取期間を延長して対象項目が全て揃って 14 日間分の検体を分析できるようにした。期間延長したのは以下のとおり。

春季：勝浦 2023 年 5 月 26 日まで

冬季：勝浦 2024 年 2 月 2 日まで

冬季：富津 2024 年 2 月 3 日まで

2・3 調査方法

2・3・1 試料採取

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」に準拠し、以下の条件で実施した。

- ・試料採取装置：FRM2025i 各地点 2 台
- ・使用フィルター：PTFE 及び石英
- ・試料採取時間：24 時間採取 (10 時開始)

2・3・2 質量濃度及び成分分析

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」に準拠し、以下の条件で実施した。

- ・質量濃度：PTFE フィルター：温度 $21.5 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $35 \pm 5\%$ の条件下で秤量



図 1 調査地点

- ・成分分析：①イオン成分（石英フィルター）：イオンクロマトグラフ法
- ②炭素成分（石英フィルター）：熱分離・光学補正法
- ③無機元素（PTFE フィルター）：ICP-MS 法
- ④レボグルコサン（石英フィルター）：GC-MS 法
- ⑤水溶性有機炭素（WSOC）成分（石英フィルター）：TOC 計による方法

3 調査結果

3・1 PM_{2.5} 及び主要 6 成分濃度

図 2 に PM_{2.5} 及び主要 6 成分（元素状炭素（EC）、有機炭素（OC）、硝酸イオン、硫酸イオン、アンモニウムイオン、無機元素）の四季ごとの平均値を示した。なお、無機元素については「微小粒子状物質（PM_{2.5}）成分分析ガイドライン」に示された 30 種の元素のうち Si を除いた 29 種の元素の合計値で示した。

PM_{2.5} 濃度は勝浦が最も低く、市原、富津との濃度差が最大となった冬季にはそれぞれ 3.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、4.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 低くなっていたが、夏季の濃

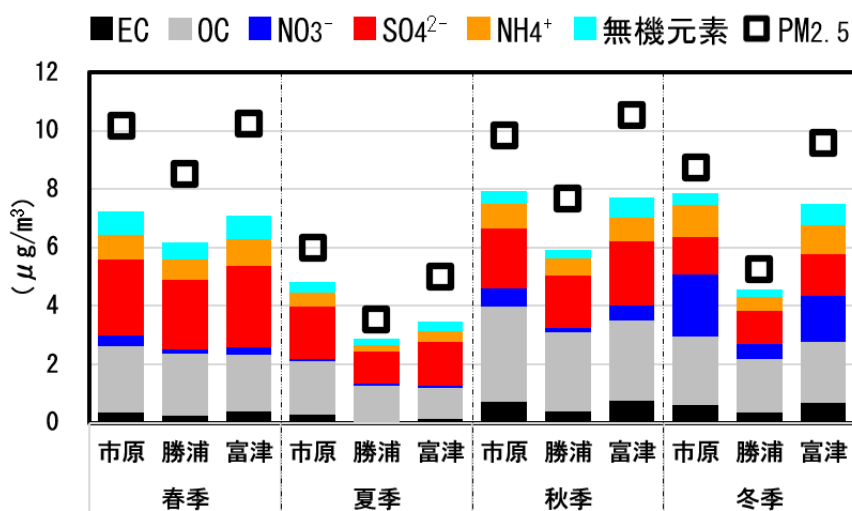


図 2 PM_{2.5} 及び主要 6 成分濃度

度差はそれぞれ 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ とやや小さかった。市原と富津において春季はほぼ等しく、夏季は市原の方が若干高く、秋季と冬季は富津の方が高くなっていた。年間を通じて最も濃度が高かったのは秋季の富津における 10.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、年平均値の環境基準 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した季平均値はなかった。

成分量としては、PM_{2.5} 濃度に対して主要 6 成分が冬季で 7～9 割程度、それ以外の季では 7～8 割程度を占めた。春季は 3 地点とも硫酸イオンが最も多く 25～28% を占め、2 番目に OC が多く 19～25% を占めていた。夏季は市原で硫酸イオンと OC がいずれも 30% で同程度に多く、勝浦では OC が 36% で最も多く、富津では硫酸イオンが 30% で最も多かった。秋季は 3 地点とも OC が最も多く 26～35% を占め、2 番目に硫酸イオンが多く 21～24% を占めていた。冬季は 3 地点とも OC が最も多く 22～35% を占め、2 番目に市原及び富津で硝酸イオンが多く 24% 及び 16% を占め、勝浦では硫酸イオンが多く 21% を占めた。2022 年度と比べて PM_{2.5} 濃度は春季に高めであり、夏季に若干低めであった。

3・2 主な無機元素の濃度

主な無機元素として 7 成分（Al、Ca、Ti、Zn、V、Cr、Pb）の四季ごとの平均値を図 3 に示した。土壌系の影響の強い 3 元素（図 3 左）の濃度については、春季が他の季節に比べて高い値を示し、人為的発生源影響の強い 4 元素（図 3 右）については、市原及び富津が、全ての項目及び季節において勝浦よりも濃度が高い傾向が見られた。また、PM_{2.5} 質量濃度に対する Al、Ca、Ti の成分濃度比を図 4 に示した。全ての地点で Al、Ca、Ti の濃度比が 5 月 22 日及び 23 日に増加傾向にある。同日は東京で黄砂が観測されていることから¹⁾、黄砂が県内にも飛来し、土壌成分由来の Al、Ca、Ti の濃度比が高い値を示したと考えられる。

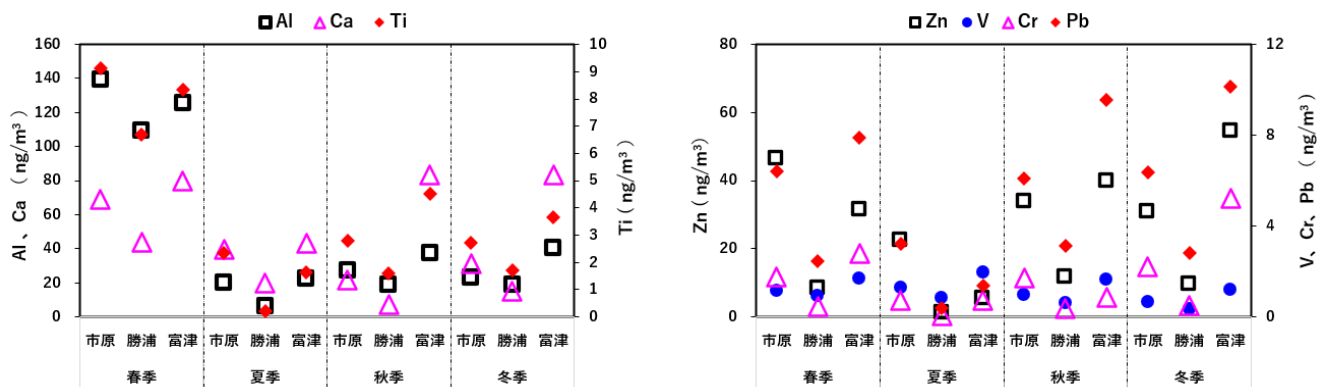


図3 無機元素濃度

3・3 有機成分の濃度

レボグルコサン、WSOC、シュウ酸（シュウ酸イオンとして分析）の3つの有機成分の四季ごとの平均値を図5に示した。レボグルコサン濃度は秋季及び冬季が高く、春季及び夏季は低かった。WSOC濃度は秋季がやや高いがその他の季節間で大きな変動はなかった。シュウ酸は春季及び秋季が高く、夏季及び冬季は低かった。勝浦は市原及び富津よりもWSOCとシュウ酸濃度は低めの傾向だが、レボグルコサン濃度は秋季及び冬季で他の2地点より高い値を示した。

3・4 PM_{2.5}及び成分濃度の経年変化

PM_{2.5}、主要6成分の濃度について、2013年度からの各季の濃度分布の推移を箱ひげ図を用いて図6-1~3に示した。また、無機元素のVについては特徴的な濃度経年変化が見られたので図6-3に合わせて示した。箱ひげ図において、外れ値は四分位範囲の1.5倍を超えた範囲を特異ポイントとして表示し、四分位数計算は中央値を含めた計算（包括的な中央値）によった。なお、富津は測定を開始した2014年度からのデータを示した。また、主要6成分のうち無機元素についてはICP-MS法での測定を開始した2014年度からのデータを示した。

PM_{2.5}濃度の季節変動は明確ではないが、平均値は経年的に漸減する傾向が続いていた。近年は最大値及び変動幅も小さくなる傾向が見られ、2021年度以降は日平均値の環境基準35 µg/m³を超過したケースはなかった。

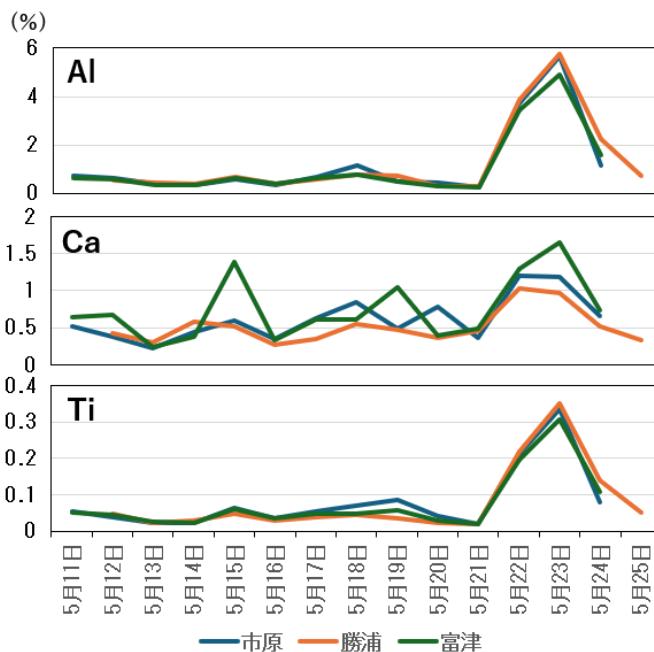


図4 Al、Ca、Ti と PM_{2.5} 質量濃度の比

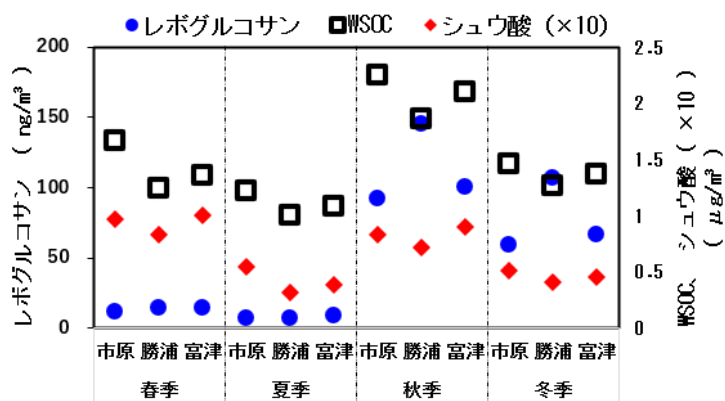


図5 有機成分濃度

主要 6 成分のうち、EC 及び硫酸イオンは平均値、最大値ともに減少傾向であり、外れ値が時折出現することがあるが 1 季内の濃度分布幅は小さくなる傾向が見られた。また、硫酸イオンは夏季に濃度が高くなるサイクルが見られた。

OC は期間の前半は平均値、最大値ともに微減傾向であるが、近年は横ばいで 1 季内の濃度分布幅や外れ値に明確な変化は見られなかった。

硝酸イオンは、経年的に春季及び夏季の濃度が低く、秋季及び冬季に濃度が高くなるサイクルが見られた。年度の平均値は横ばいの傾向が継続し、特に市原及び富津では秋季及び冬季の濃度分布幅が大きく外れ値も多く見られた。

アンモニウムイオンは硫酸イオンと硝酸イオンの主たるカウンターイオンであり、硝酸イオンよりも価数が大きく量も多い硫酸イオンの影響を強く受けた変動を示す傾向があるが、冬季は硝酸イオンの濃度上昇の影響が見られた。

無機元素は富津で濃度分布幅が大きく外れ値も多く見られるが、全体としては明確な変動傾向はなく、ここ数年は全般的に低い濃度が継続していた。なお、2023 年度の春季に若干の上昇が見られるが、これは黄砂等による土壌由来無機元素成分の増加が理由と考えられた。

無機元素のうち V を抜粋してみると、2019 年度冬季から 3 地点で明らかに濃度が減少し、1 季内の濃度分布幅が小さくなる傾向が見られ、2023 年度も引続き同様の傾向が見られた。V は「大気中微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 成分測定マニュアル」において指標成分としては、石油燃焼が発生源として唯一位置づけられており、2020 年 1 月からの船舶燃料中硫黄分濃度の規制強化があったことから、これに伴う重油燃料中 V の濃度低下の影響を受けたと考えられた。

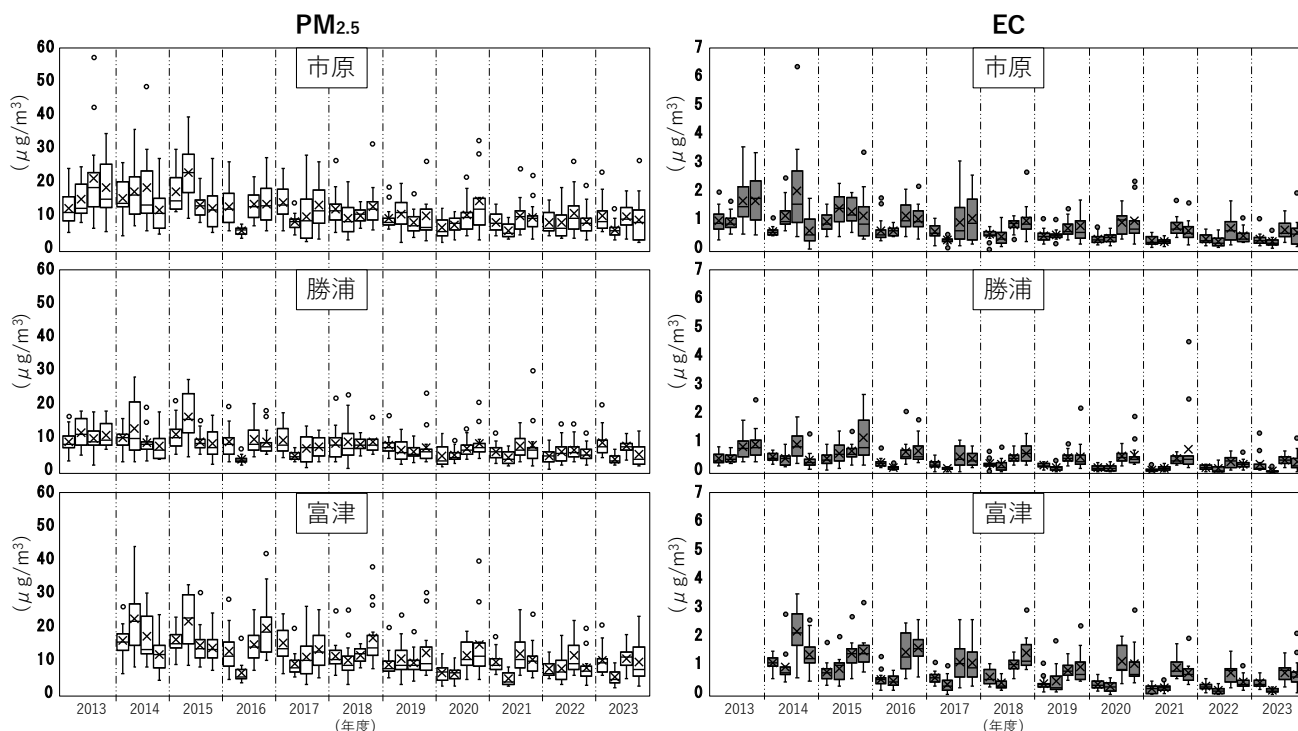


図 6-1 PM_{2.5} 及び主要成分等濃度の推移

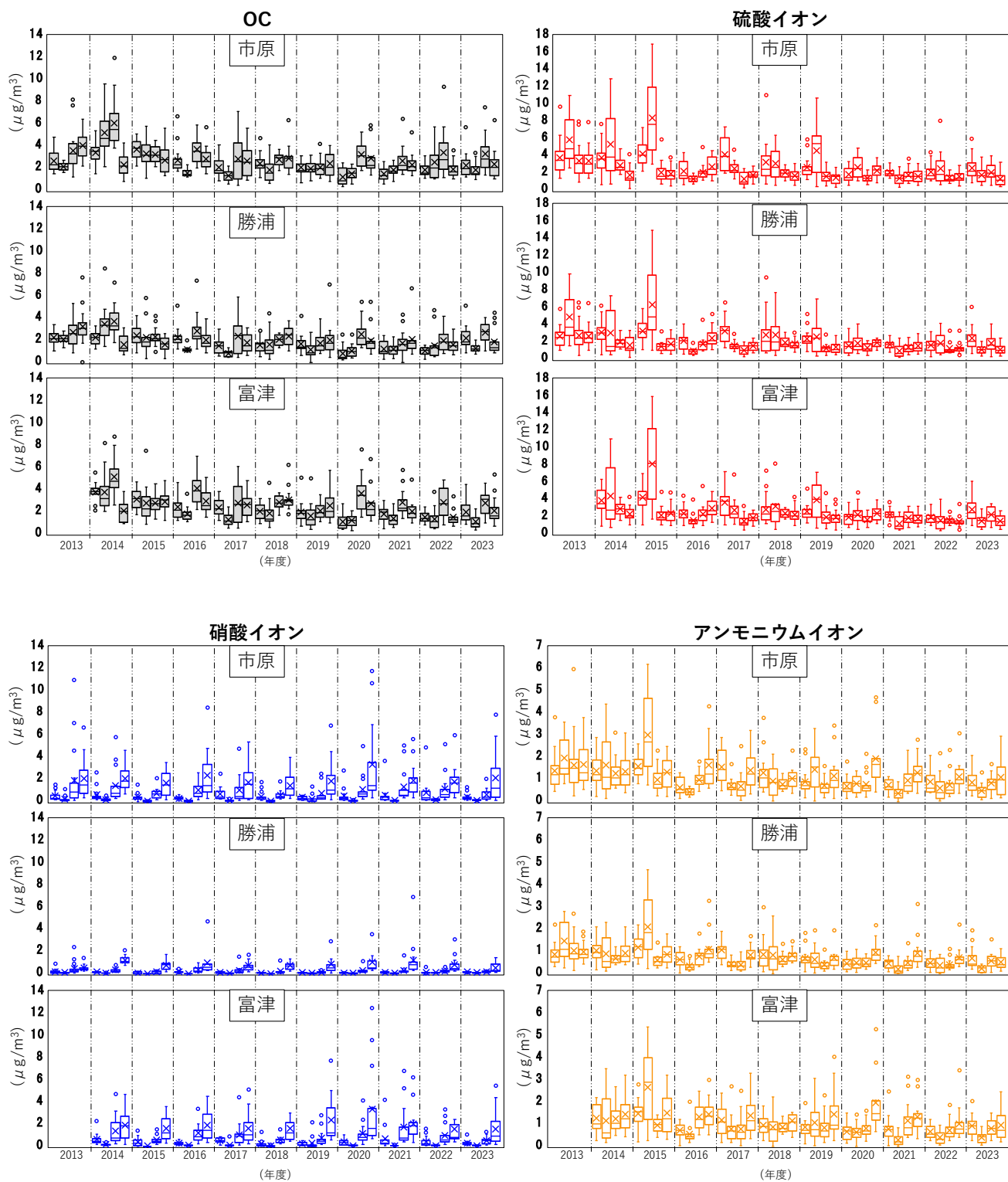


図6-2 $PM_{2.5}$ 及び主要成分等濃度の推移

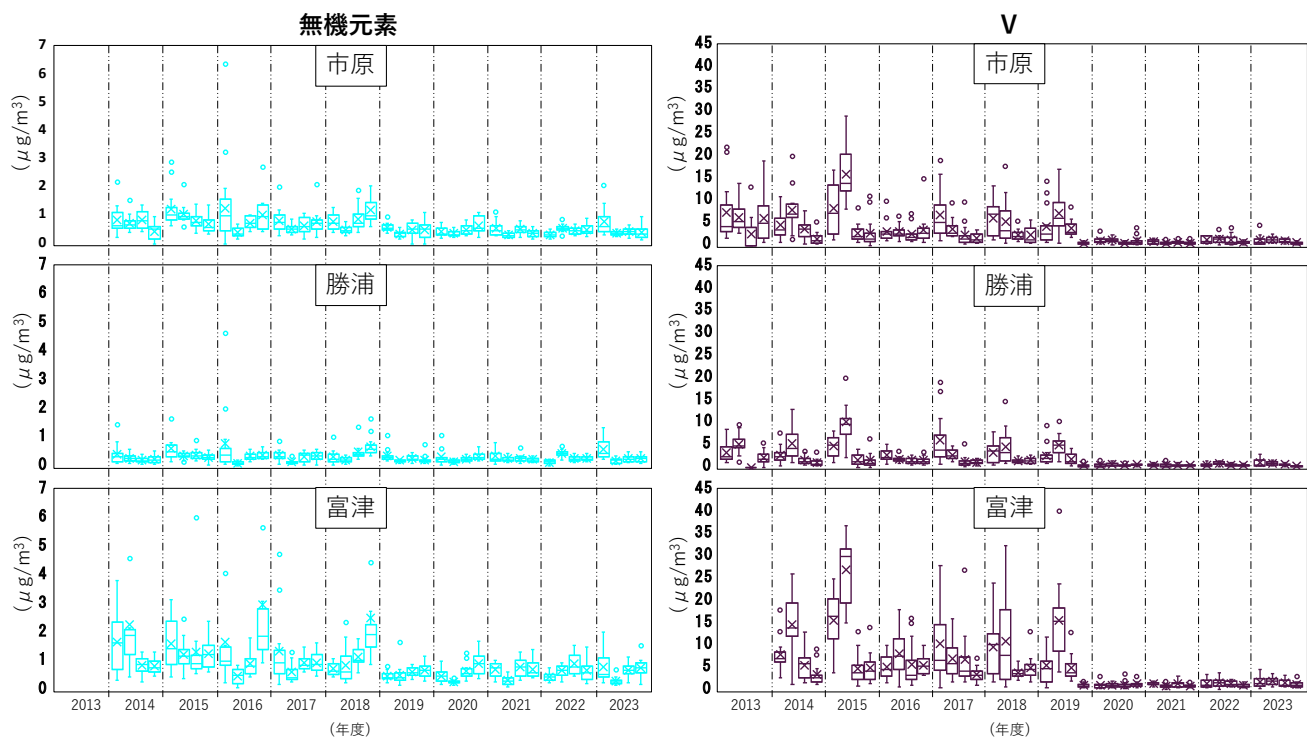


図 6－3 PM_{2.5} 及び主要成分等濃度の推移

参考資料

1) 気象庁：2023 年黄砂観測日および観測地点の表。

https://www.data.jma.go.jp/env/kosahp/kosa_table_2023.html(2024 年 11 月時点)。