

微小粒子状物質（PM_{2.5}）成分分析調査（2022年度）

石井克巳 堀本泰秀 高橋洋平 豊田雄一郎 阿部徳子*
 (*：現君津地域振興事務所)

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伴い、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。この事務処理基準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14日間）の実施が規定されている。県では2022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。勝浦植野はバックグラウンドとして位置付けられる地点であり、測定局の移設により2021年度冬季から、従前の調査地点である勝浦小羽戸の南南西約3kmに位置する勝浦植野に地点を変更した。

2・2 調査対象期間

春季：2022年5月12日～2022年5月26日

夏季：2022年7月21日～2022年8月4日

秋季：2022年10月20日～2022年11月3日

冬季：2023年1月19日～2023年2月2日

なお、対象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、調査項目が全て揃った14日間分の検体を分析できるように採取期間を延長することとしており、2022年度は春季の富津で5月28日まで期間延長した。

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 調査項目

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：温度21.5±1.5℃、相対湿度35±5%の条件下で秤量（PTFEフィルター）
- ・成分分析：①イオン成分（Na⁺、NH₄⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻、C₂O₄²⁻）：イオンクロマトグラフ法（石英フィルター）



図1 調査地点

- ②炭素成分（元素状炭素（EC），有機炭素（OC））：熱分離・光学補正法（石英フィルター）
- ③無機元素（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*, Be, Cd（*は環境省「微小粒子状物質（PM_{2.5}）の成分分析ガイドライン」における実施推奨項目））：ICP-MS法（PTFEフィルター）
- ④レボグルコサン：GC-MS法（石英フィルター）
- ⑤水溶性有機炭素（WSOC）：TOC計による方法（石英フィルター）

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（EC, 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秋季にはそれぞれ4.3μg/m³、5.1μg/m³低くなっていたが、夏季

の濃度差はそれぞれ2.2μg/m³、1.8μg/m³とやや小さかった。市原と富津において秋季以外は市原の方が若干高めになっていた。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11.5μg/m³で、年平均値の環境基準15μg/m³を超過した季平均値はなかった。

PM_{2.5}濃度に対する主要6成分の占める割合は、冬季で8~9割、それ以外の季では夏季の富津が5割程度と低かった以外は7~8割程度であった。春季及び夏季は3地点とも硫酸イオンが最も多く20~35%を占め、2番目にOCが多く17~31%を占めていた。秋季は3地点ともOCが最も多く24~32%を占め、2番目に硫酸イオンが多く13~19%を占めていた。冬季は市原及び富津でOC、硝酸イオン及び硫酸イオンが同程度となり、それぞれの地点でOCが23%、19%、硝酸イオンが21%、19%、硫酸イオンが19%、18%を占めていた。一方、勝浦ではOCが最も多く29%を占め、2番目に硫酸イオンが多く24%を占めていた。

2021年度と比べてPM_{2.5}濃度は夏季に若干高め、冬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（Al, Ca, Ti；図3上段）の濃度については、春季及び夏季よりも秋季及び冬季の方が高く、特に富津で高かった。勝浦は年間を通して他の2地点よりも濃度が低かった。人為的発生源影響の強い4元素（Zn, V, Cr, Pb；図3下段）については、市原及び富津の濃度が、勝浦よりも高かった（秋季及び冬季の富津のCrを除く）。

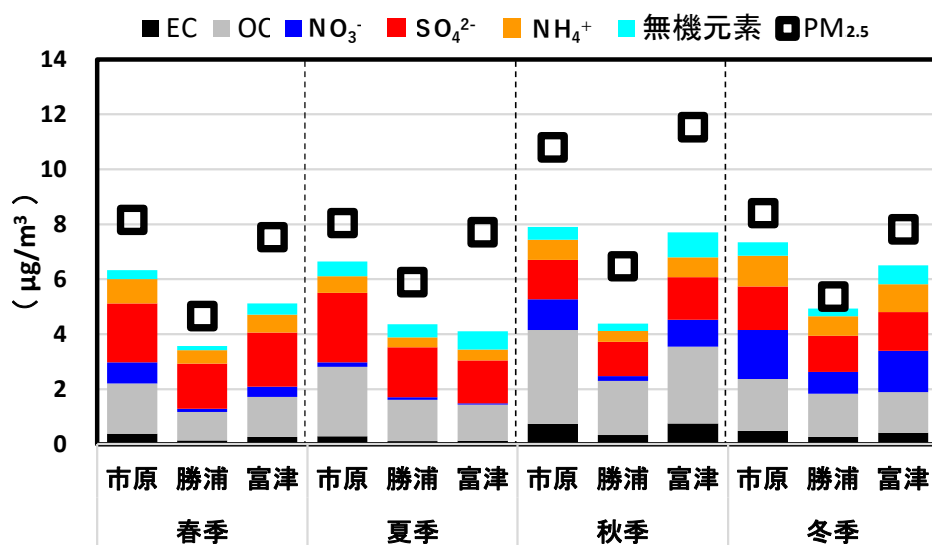


図2 PM_{2.5}及び主要6成分濃度

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4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及びシュウ酸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。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3地点で特徴的な濃度傾向は見られなかった。

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5-1、5-2に示した。また、無機元素のうちVについては特徴的な濃度経年変化が見られたので図5-2に併せて示した。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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下）を超過したケースはなかった。

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。

OCは調査対象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

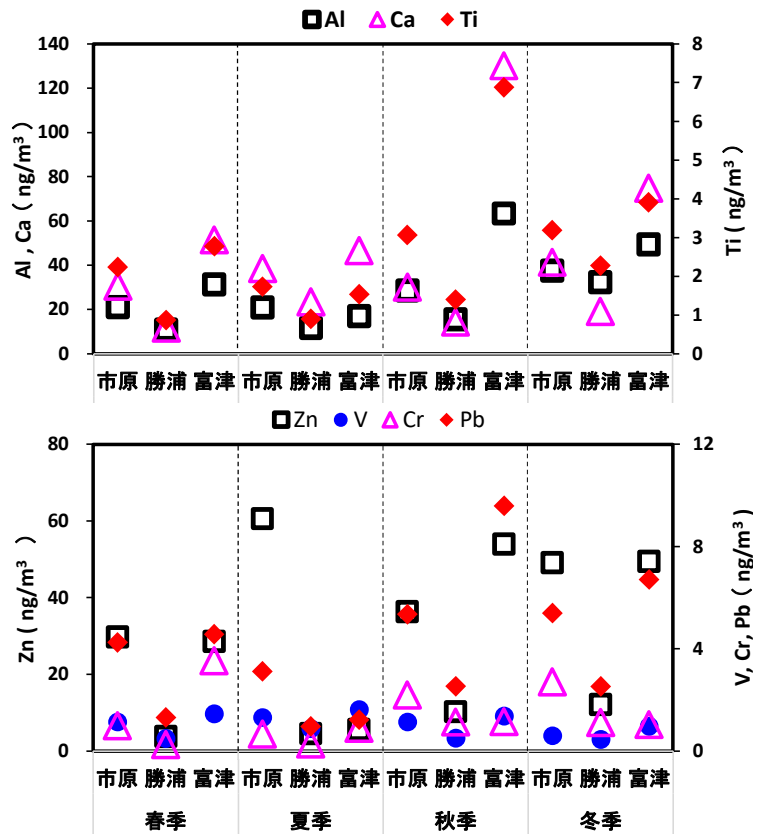


図3 主な無機元素濃度

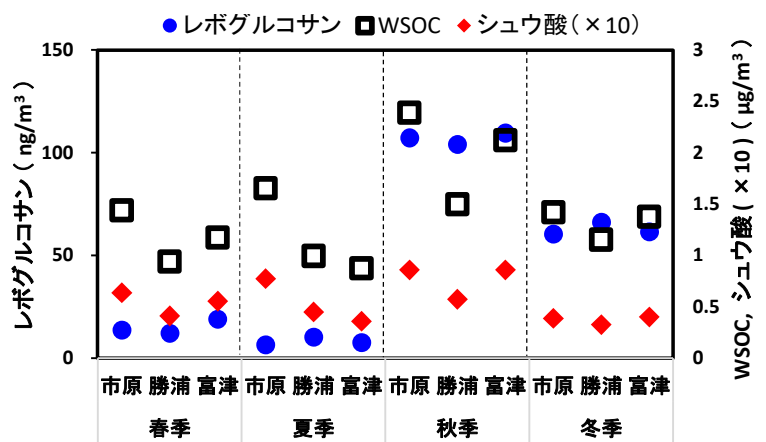


図4 有機成分濃度

影響が見られた。

無機元素は富津で濃度分布幅が大きく、外れ値が多く見られるが、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。

無機元素のうち V を抜粋すると、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た。V が指標成分となる発生源としては、石油燃焼が唯一位置付けられている（大気中微小粒子状物質（PM_{2.5}）成分測定マニュアル・無機元素測定法）。PM_{2.5} 中の V 濃度減少の原因として、2020 年 1 月からの船舶燃料中硫黄分濃度の規制強化により、灰分が少ない低硫黄 C 重油（LSC 重油）等へと燃料が切り替わり¹⁾、燃料中の V 濃度も低下した結果、船舶排ガス中の V 濃度が低下し、これが寄与したものと考えられた。また、同時期に新型コロナウイルス感染拡大が始まっており、経済活動の低下の影響を受けたことも推察された。

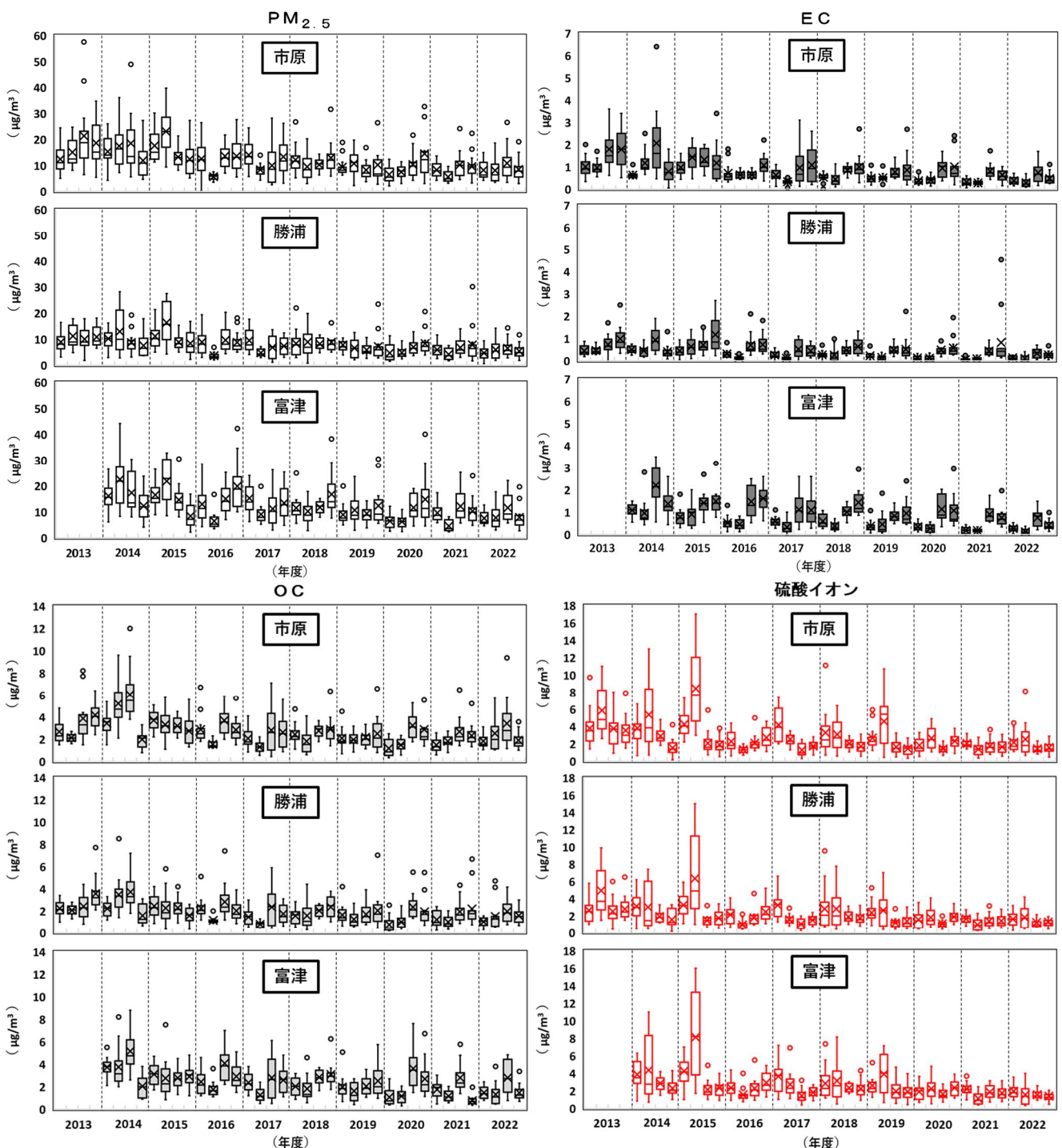


図 5-1 PM_{2.5} 及び主要成分等濃度の各季平均値の推移

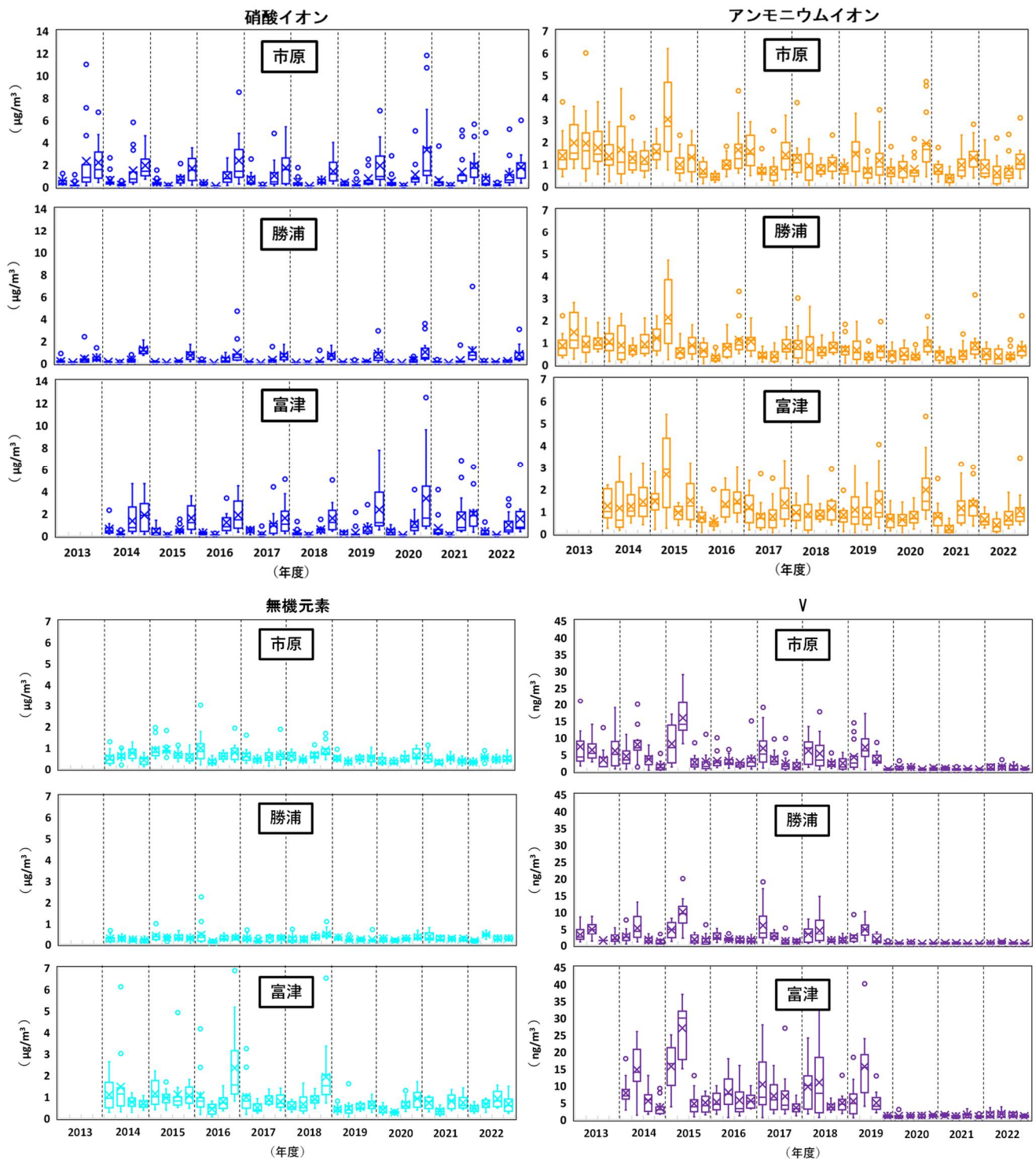


図 5-2 PM_{2.5} 及び主要成分等濃度の各季平均値の推移

引用文献

- 1) 国土交通省海事局：2020 年 SO_x 規制適合船用燃料油使用手引書, 33p, (2019)