

川崎市における微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の成分組成 (2021 年度)

Chemical Characteristics Analysis of PM_{2.5} in the Ambient Air on Kawasaki City (2021)

沼田 和也 NUMATA Kazuya 小松 明弘 KOMATSU Akihiro 重水 洋平 SHIGEMIZU Yohei
菊地 美加 KIKUCHI Mika 今村 則子 IMAMURA Noriko

要旨

大気中の微小粒子状物質による汚染状況を把握するため、一般環境として田島及び高津の2地点、道路沿道として池上1地点の計3地点でPM_{2.5}のサンプリングを各季節2週間実施し、PM_{2.5}質量濃度、水溶性イオン成分、炭素成分、無機元素の分析を行った。その結果、2021年度のPM_{2.5}年平均値は田島8.7 µg/m³、高津7.8 µg/m³、池上10.2 µg/m³であった。PM_{2.5}中の水溶性イオン成分は、NO₃⁻、SO₄²⁻、NH₄⁺といった二次生成粒子成分が大半を占めていた。炭素成分は、有機炭素については一般環境と道路沿道で大きな差異がみられなかったが、元素状炭素については道路沿道で濃度が高かった。春季の池上においてSO₄²⁻が高濃度になった日がみられたが、指標元素や発生源解析の結果から石油燃焼による寄与が大きいことが推察された。

キーワード：PM_{2.5}、成分組成

Key words：PM_{2.5}, Chemical composition

1 はじめに

環境基本法では、粒径2.5 µm以下(50%カット)の大気中の微小粒子状物質(以下、PM_{2.5})の環境基準は「1年平均値15 µg/m³以下であり、かつ1日平均値35 µg/m³以下であること」と定められている。

また、PM_{2.5}の対策を推進するうえで、PM_{2.5}やその前駆物質の大気中の変化等に関する知見が十分でないことから、環境省は2011年7月に「微小粒子状物質(PM_{2.5})の成分分析ガイドライン」を、2012年4月に「大気中微小粒子状物質(PM_{2.5})成分測定マニュアル」¹⁾(以下、成分測定マニュアル)を策定し、PM_{2.5}の濃度及び成分組成の実態把握を図っている。

本市では、2003年度から粒子状物質濃度及びその成分組成の調査を実施している²⁾。2010年度までは、マルチノズルカスケードインパクターサンプラー(以下、MCIサンプラー)を用いて粒径2.5~10 µmの粗大粒子とPM_{2.5}について調査した。2011、2012年度はMCIサンプラーに加えてFRM2000サンプラー(FRM認証機)と2000Dサンプラー(FEM認証機)を併用して粒径2.5~10 µmの粗大粒子とPM_{2.5}の調査を実施した。2013年度以降は、FRM2025iサンプラー(Thermo Fisher Scientific社製)(FRM認証機)を用いて、各季節で2週間ずつPM_{2.5}のサンプリングを実施しており、2021年度も本調査を実施した。

本稿では、本市におけるPM_{2.5}の実態を把握するため、PM_{2.5}質量濃度、水溶性イオン成分、炭素成分、無機元素を分析し、さらに2020年度と2021年度の成分分析データを用いた発生源寄与率の推定を試みたので、それらの結果について報告する。

2 調査方法

2.1 調査地点

調査地点を図1に示す。一般環境の調査地点としては、田島一般環境大気測定局(以下、田島)、高津一般環境大気測定局(以下、高津)の2地点とした。道路沿道の調査地点としては、池上自動車排出ガス測定局(以下、池上)の1地点とした。



図1 調査地点

(一般環境:①田島、②高津、道路沿道:③池上)

2.2 試料採取

PM_{2.5}の捕集には、FRM2025iサンプラーを用い、各調査地点に2台ずつ設置した。捕集用フィルタには、質量濃度及び無機元素の測定用として、四ふっ化エチレン樹脂製であるPTFEフィルタ(Pall社製 Teflo)を使用した。また、水溶性イオン成分及び炭素成分の測定用として、石英繊維フィルタ(Pall社製 Pallflex 2500QAT-UP)を使用した。

2.3 調査期間

調査は、2021 年の 5 月、7 月、10 月、2022 年 1 月のそれぞれで各 2 週間、年間で計 56 回のサンプリングを実施した。調査日程は表 1 のとおりであり、10 時から翌日 10 時までの 24 時間サンプリングとした。ただし、高津は、冬季の調査期間がサンプラー設置場所建物の工事期間と重なったため、欠測とした。

表 1 2021 年度の調査日程

	春季	夏季	秋季	冬季
1 日目	5 月 13 日	7 月 22 日	10 月 21 日	1 月 20 日
2 日目	5 月 14 日	7 月 23 日	10 月 22 日	1 月 21 日
3 日目	5 月 15 日	7 月 24 日	10 月 23 日	1 月 22 日
4 日目	5 月 16 日	7 月 25 日	10 月 24 日	1 月 23 日
5 日目	5 月 17 日	7 月 26 日	10 月 25 日	1 月 24 日
6 日目	5 月 18 日	7 月 27 日	10 月 26 日	1 月 25 日
7 日目	5 月 19 日	7 月 28 日	10 月 27 日	1 月 26 日
8 日目	5 月 20 日	7 月 29 日	10 月 28 日	1 月 27 日
9 日目	5 月 21 日	7 月 30 日	10 月 29 日	1 月 28 日
10 日目	5 月 22 日	7 月 31 日	10 月 30 日	1 月 29 日
11 日目	5 月 23 日	8 月 1 日	10 月 31 日	1 月 30 日
12 日目	5 月 24 日	8 月 2 日	11 月 1 日	1 月 31 日
13 日目	5 月 25 日	8 月 3 日	11 月 2 日	2 月 1 日
14 日目	5 月 26 日	8 月 4 日	11 月 3 日	2 月 2 日

2.4 分析方法

分析は、成分測定マニュアルに準拠して実施した。

2.4.1 フィルタの秤量

PTFE フィルタは、温度 21.5 ± 1.5 °C、相対湿度 35 ± 5 % の恒温室で 24 時間以上静置して恒量とした後、METTLER TOLEDO 社製 電子天秤 XP6 を用い秤量した。なお、秤量は同条件で捕集前後に行った。また、ブランクフィルタを同時に 5 枚秤量し、捕集前後の秤量誤差を補正した。

2.4.2 水溶性イオン成分

水溶性イオン成分 8 項目 (Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+}) の分析はイオンクロマトグラフ法により行った。石英繊維フィルタを 4 等分にカットしたうちの 1 つを栓付プラスチック試験管に入れ、超純水 5 mL を加えた後、超音波抽出を 10 分間行った。その後、抽出液の全量をディスポーザブルシリリンジに取り、メンブレンフィルタ (アドバンテック社製 PTFE 0.20 μm) でろ過したろ液を分析用試料とし、イオンクロマトグラフ装置 (メトロームジャパン社製 930 コンパクト IC Flex システム) で分析した。測定条件は表 2 に示すとおりである。

表 2 イオンクロマトグラフ測定条件

	陰イオン	陽イオン
カラム	Metrosep A Supp 7-150/4.0 (150mm×4.0mm, 5 μm)	Metrosep C6-150/4.0 (150mm×4.0mm, 5 μm)
プレカラム	Metrosep A Supp 5 Guard/4.0 (5mm×4.0mm)	Metrosep C6 Guard/4.0 (5mm×4.0mm)
溶離液	3.6 mM 炭酸ナトリウム溶液	1.7 mM 硝酸 / 1.7 mM ジピコリン酸 溶液
流量	0.7 mL/min	0.9 mL/min
サンプリング グループ	20 μL	100 μL

2.4.3 炭素成分

有機炭素 (以下、OC) 及び元素炭素 (以下、EC) は、石英繊維フィルタを 1 cm^2 に打ち抜いたものを分析用試料とし、カーボンアナライザー (SUNSET Laboratory 社製 Lab Instrument Model) を用いた IMPROVE プロトコルの反射光補正により分析した。測定条件を表 3 に示す。

表 3 炭素分析の炭素フラクションと測定条件

フラクション	設定温度 (°C)	分析雰囲気
OC1	120	He
OC2	250	He
OC3	450	He
OC4	550	He
EC1	550	98%He+2%O ₂
EC2	700	98%He+2%O ₂
EC3	800	98%He+2%O ₂

2.4.4 無機元素

無機元素 30 項目 (Na、Al、K、Ca、Sc、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、As、Se、Rb、Mo、Cd、Sb、Cs、Ba、La、Ce、Sm、Hf、Ta、W、Pb、Th) は、サポートリングを取り除いた PTFE フィルタを 2 等分にカットしたうちの 1 つを分解容器に入れ、硝酸 5 mL、ふっ化水素酸 2 mL、過酸化水素水 1 mL を加え、分解容器を密閉したのちマイクロウェーブ試料分解装置 (Milestone 社製 ETHOS UP) を用いて加熱分解した。その後、試料が 1 滴程度になるまで濃縮した。濃縮操作は、同マイクロウェーブ試料分解装置を用いて行った。濃縮後、超純水で 15 mL に定容したものを分析用試料とし、高周波誘導結合プラズマ質量分析装置 (Agilent 社製 7800x) で分析した。

3 分析結果及び考察

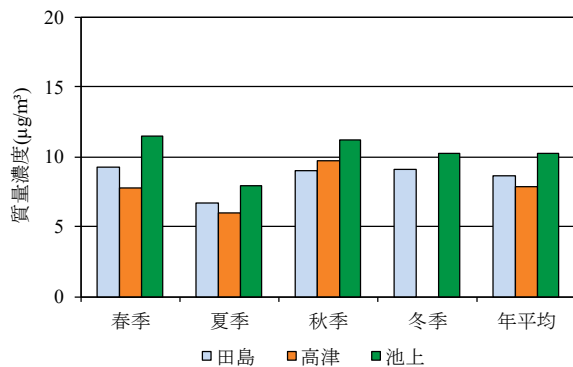
3.1 質量濃度

各調査地点における PM_{2.5} 質量濃度の年平均値を表 4 に、季節変化を図 2 に、日平均値推移を図 3 にそれ

ぞれ示す。PM_{2.5} 質量濃度の年平均値は一般環境より道路沿道で高かった。前述のとおり、高津は冬季が欠測であったが、これを除くと、平均値が最も高濃度を示した季節は、田島・池上は春季であり、高津は秋季であった。一方、平均値が最も低濃度を示したのは全ての地点で夏季であった。各季節2週間ずつの調査であることから、高濃度イベントの有無や気象状況等の影響により傾向は毎年異なる。また、日平均値の推移は図3に示すとおりであり、環境基準値の 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した日はなかった。

表4 PM_{2.5} 質量濃度の年平均値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	一般環境		道路沿道
	田島	高津	池上
質量濃度	8.7	7.8	10.2

図2 PM_{2.5} 質量濃度の季節変化

3.2 水溶性イオン成分

各調査地点における水溶性イオン成分の年平均濃度を表5に、季節変化を図4にそれぞれ示す。

PM_{2.5} 中の水溶性イオン成分は、いずれの調査地点においても NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 NH_4^+ といった二次生成粒子（大気中に放出されたガス状成分が化学反応により粒子化したもの）を構成する成分が大半を占めていた。年平均濃度については、全ての成分について田島より道路沿道である池上のほうが高い傾向であった。また、

PM_{2.5} 中の総イオン濃度については、田島、池上は冬季が最も高かった。高津は欠測の冬季を除くと、秋季が最も高かった。

陰イオンに着目すると、年平均では NO_3^- や SO_4^{2-} がそのほとんどを占めた。

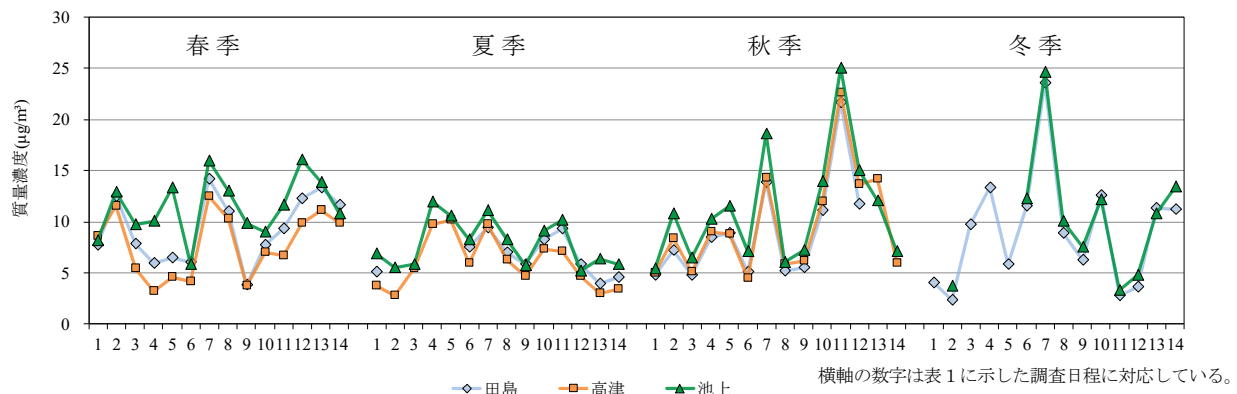
NO_3^- は冬季、秋季、春季の順で高く、夏季が最小であった。これは気温が低くなるほど NO_3^- に係る気体と粒子の平衡が粒子側に傾くためと考えられる。

一方、 SO_4^{2-} は春季、夏季、冬季の順で高く、秋季が最小であった。春季は、地域内での移流・生成に加え、大陸方面からの広域的な移流が複合的に影響していると推測される³⁾。また、夏季、秋季及び冬季においては、地点間の濃度差はほとんど見られなかったが、春季においては、池上が他の2地点と比べて高濃度であった。この要因については、3.6で言及する。

Cl^- は、冬季に高い傾向が見られたが、これは気温が高いとき粒子中にクロロロス（ナトリウムに比べて塩素の比率が少ない粒子）が発生しているためであると考えられる。大気中の HNO_3 は、 NH_3 と反応して硝酸アンモニウム塩を形成するが、温度が上がると HNO_3 と NH_3 に可逆的に変化する。このとき大気中の NaCl と HNO_3 が反応して NaNO_3 粒子を生成し、 Cl^- は HCl となり沈着除去される⁴⁾。気温が低い冬季においては、クロロロスが発生しにくいいため、他の季節よりも Cl^- 濃度が高くなったと推察される。

表5 水溶性イオン成分の年平均濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	一般環境		道路沿道
	田島	高津	池上
Cl^-	0.11	0.046	0.17
NO_3^-	1.3	0.89	1.5
SO_4^{2-}	1.6	1.5	1.9
Na^+	0.11	0.091	0.12
NH_4^+	0.90	0.70	1.0
K^+	0.061	0.050	0.097
Mg^{2+}	0.015	0.012	0.021
Ca^{2+}	0.039	0.023	0.071

図3 PM_{2.5} 質量濃度の日平均値推移

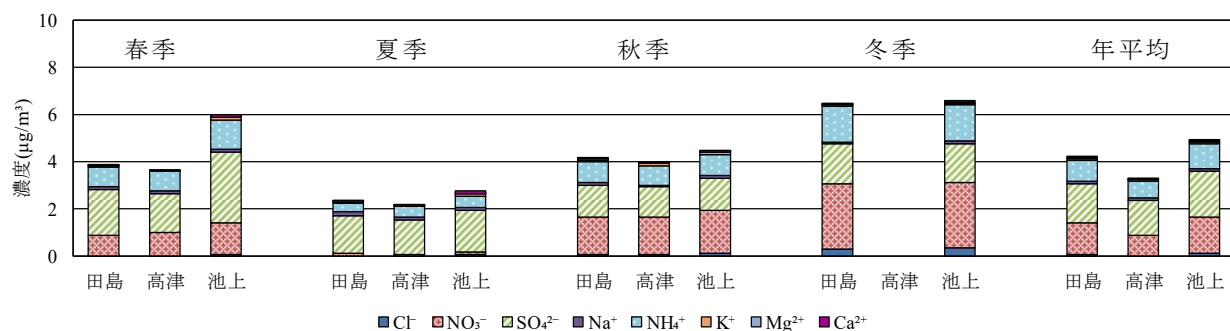


図4 水溶性イオン成分濃度の季節変化

3.3 炭素成分

各調査地点におけるOC及びECの年平均濃度を表6に、季節変化を図5にそれぞれ示す。また、各地点におけるフラクシオンごとの季節変化を図6～8に示す。

PM2.5中のOCの年平均濃度は、田島3.2 μg/m³、高津3.5 μg/m³、池上3.1 μg/m³であり、ECは、田島0.61 μg/m³、高津0.49 μg/m³、池上1.1 μg/m³であった。OCは最も内陸に位置する高津で高く、ECは道路沿道である池上で高かった。

OCの季節変化については、夏季に高く、冬季に低い傾向を示した。夏季は光化学反応により二次生成が活発になり、濃度が高くなったと考えられる。

ECの季節変化については、OCと比べると季節間の濃度変動が小さいものの、秋季に高い傾向を示した。

各炭素フラクシオンに着目すると、全季節においてOC2の濃度が最も高かった。田島、池上において、OC1は冬季、OC2は夏季、OC3、OC4、EC1は秋季に高かった。EC2、EC3については、季節変化は見られなかった。

夏季においてOC2が高かったのは、大気中の光化学反応が活発であったためと考えられる。大気中の光化学反応における最終生成物としてシュウ酸、マロン酸、コハク酸等のジカルボン酸が挙げられる。炭素数3～10のジカルボン酸はOC2にピークが現れるため、これらの物質がOC2の高濃度化に関与していると推測される⁵⁾。

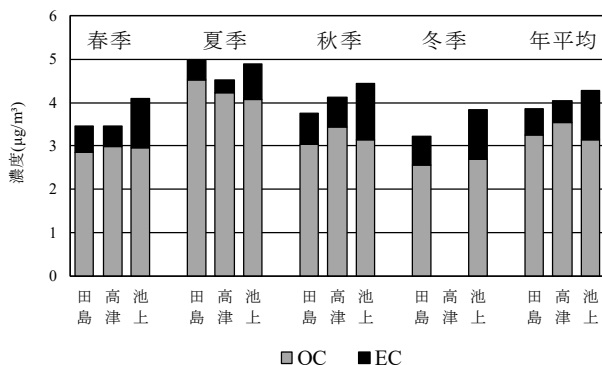


図5 炭素成分濃度の季節変化

表6 炭素成分の年平均濃度(μg/m³)

	一般環境		道路沿道
	田島	高津	池上
OC	3.2	3.5	3.1
EC	0.61	0.49	1.1

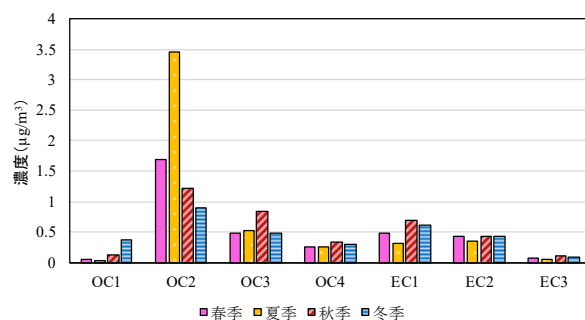


図6 田島における炭素フラクシオンの季節変化

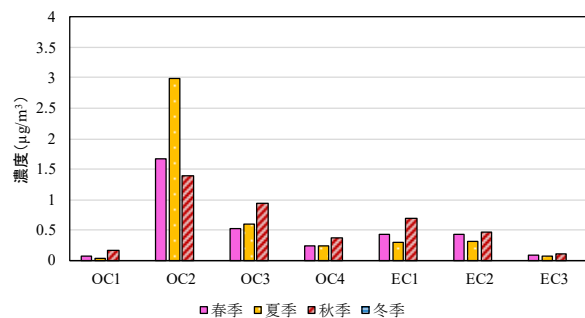


図7 高津における炭素フラクシオンの季節変化

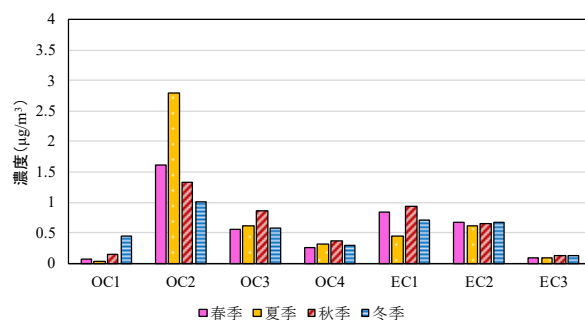


図8 池上における炭素フラクシオンの季節変化

3.4 無機元素

各調査地点における無機元素の年平均濃度を表7に示す。

表7 無機元素の年平均濃度 (ng/m³)

	一般環境		道路沿道
	田島	高津	池上
Na	110	68	100
Al	19	16	27
K	59	42	88
Ca	38	26	57
Sc	0.0083	0.0094	0.0099
Ti	3.3	2.9	3.8
V	1.4	0.62	3.0
Cr	2.9	0.98	4.2
Mn	8.2	3.1	13
Fe	200	66	210
Co	0.19	0.054	0.20
Ni	5.5	1.6	5.4
Cu	4.1	2.0	4.8
Zn	30	15	36
As	0.66	0.39	0.60
Se	0.63	0.51	1.0
Rb	0.18	0.11	0.26
Mo	2.2	0.68	3.1
Cd	0.16	0.081	0.13
Sb	0.78	0.47	0.90
Cs	0.044	0.016	0.068
Ba	1.7	2.0	4.9
La	0.082	0.055	0.13
Ce	0.11	0.078	0.16
Sm	0.0030	0.0039	0.0032
Hf	0.0082	0.0065	0.014
W	0.65	0.33	0.68
Ta	0.026	0.042	0.029
Th	0.0065	0.0092	0.0082
Pb	3.6	2.3	5.7

年平均濃度が高かったのはNa、Al、K、Ca、Fe、Znであった。Na、Kは海塩粒子に、Al、Caは土壌粒子に多く含まれており、自然発生源由来として他の元素と比べて環境中に多く存在している。Feは人為発生源由来として鉄鋼業由来の粉じん、道路粉じん等に多く含まれている元素であり、Znは沸点が低く、タイヤ粉じん、廃棄物焼却灰等に含まれている。

地点で比較したときに内陸部の高津に比べて臨海部の田島と池上で濃度が高いV、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、As、Mo、Pbは石油燃焼、鉄鋼業、廃棄物焼却等の固定発生源の影響を受けたものと推測される^{6),7)}。また、一般環境と道路沿道を比較したときに、道路沿道で濃度が高いBaはブレーキ粉じん、Al、Caは土壌

もしくは道路粉じんの影響を受けたものと思われる。

3.5 PMF法による発生源寄与率の推定

2020、2021年度のPM2.5成分分析データを用いて、PMF法(Positive Matrix Factorization法)による解析を行った。PMF法は、発生源プロファイルが必要とせず、多くのデータを統計的に処理して発生源解析を行う手法である⁸⁾。ソフトウェアは、アメリカ合衆国の環境保護庁が公開しているPMF5.0を用いた⁹⁾。

PMF法による解析を行うにあたって、異常値等を除外するために、陽イオンと陰イオンのイオン当量比が0.8~1.2を満たさないデータを除外した。

本解析に用いた成分は、指標となり得るNO₃⁻、SO₄²⁻、NH₄⁺、Na⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、OC、EC、Al、V、Cr、Mn、Fe、Cu、Zn、As、Sb、Baの19成分とした。検出下限値未満の値は、検出下限値の1/2として扱った。

発生源因子数は、発生源因子ごとに割り振られた成分割合を比較した結果、最も妥当と考えられる6種類に決め、発生源プロファイルを作成した。発生源の要素は、①自動車・バイオマス燃焼・土壌粒子、②硫酸系二次粒子、③硝酸系二次粒子、④鉄鋼業・廃棄物焼却、⑤石油燃焼、⑥海塩粒子と想定し、発生源因子ごとの各成分の寄与濃度及び因子間の成分相対比を図9、2020年度及び2021年度の各地点における各季節の発生源寄与割合を図10及び図11にそれぞれ示した。

図10及び図11から、発生源ごとの寄与割合の変動をみると、各季節における特徴として、春季及び夏季は硫酸系二次粒子、鉄鋼業・廃棄物燃焼、石油燃焼、海塩粒子が高い傾向がみられた。春季及び夏季においては、光化学二次生成が活発化することに加え、南風が卓越したことにより固定発生源からの影響を受けたために、上述の項目の割合が高くなったと考えられる。秋季は、自動車・バイオマス燃焼・土壌粒子が高くなる傾向がみられた。秋季においては、比較的大気安定しているため自動車や土壌の影響を受けやすい。また、野焼き等が増えることによりバイオマス燃焼の影響が大きくなったと考えられる。冬季は、硝酸系二次粒子が高くなる傾向が見られた。硝酸塩は粒子であるが、気温の低下によって粒子と気体の平衡が粒子側に傾くために、他の季節に比べ硝酸系二次粒子の影響が大きくなったと考えられる。

調査地点ごとの年間を通しての特徴としては、固定発生源が近傍にある田島及び池上では、高津に比べて、鉄鋼業・廃棄物焼却、石油燃焼の寄与が大きかった。また、道路沿道である池上では、他の2地点に比べて、自動車・バイオマス燃焼・土壌粒子の寄与が大きかった。



図9 発生源因子ごとの各成分の寄与濃度及び因子間の成分相対比

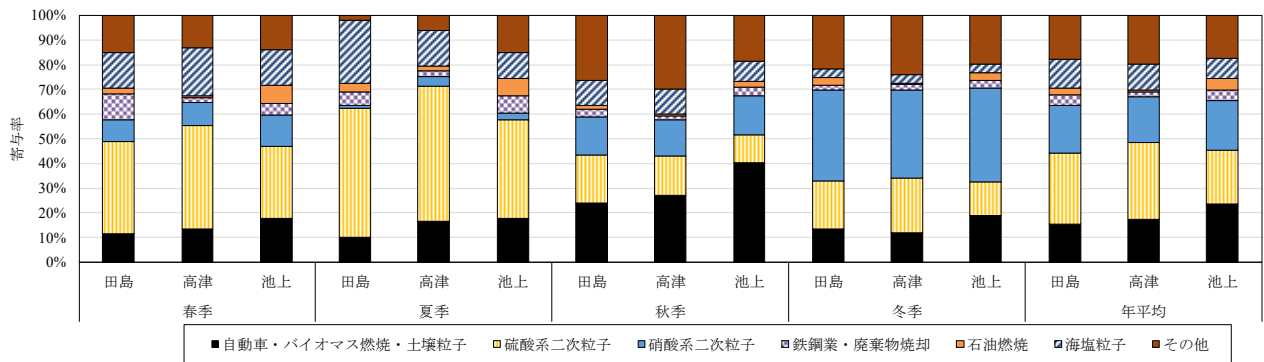


図 10 PMF 法による発生源寄与率 (2020 年度)

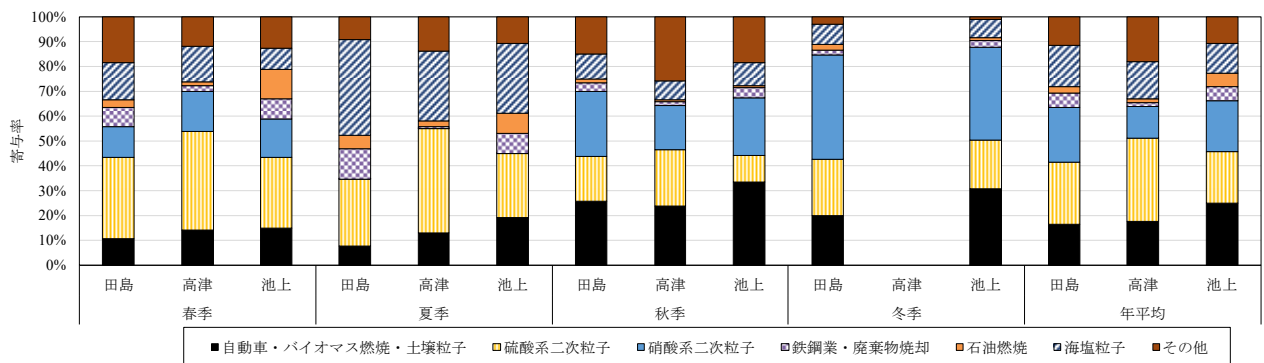


図 11 PMF 法による発生源寄与率 (2021 年度)

3.6 2021 年度春季の池上における SO_4^{2-} 高濃度要因

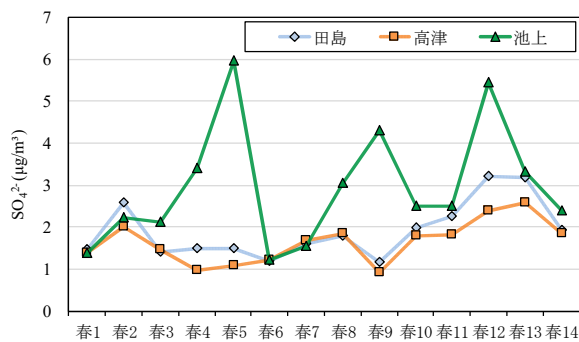
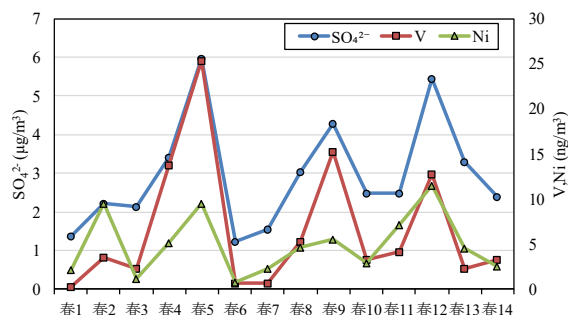
春季の各調査地点における SO_4^{2-} の経日変化を図 12 に示す。田島と高津は概ね同程度の濃度で推移しているが、池上は4日目、5日目、8日目、9日目、12日目が田島と高津と比べて高濃度であった。 SO_4^{2-} は、大陸からの越境汚染や石油燃焼、石炭燃焼等が原因で高濃度になることが知られているが、池上でのみ高濃度となったため、石油燃焼もしくは石炭燃焼が原因で生じた局所的汚染であると考えられる。石油燃焼の指標元素としては V と Ni が知られており、春季の池上について V、Ni 間に相関が見られた(相関係数 $r = 0.64$) ため、石油燃焼の寄与があったと考えられる。また、石炭燃焼の指標元素としては As、Se、Pb が知られており、春季の池上について As、Se、Pb 間に相関が見られた(相関係数 $r = 0.53 \sim 0.88$) ため、石炭燃焼の寄与もあったと推測される。

次に、春季の池上における SO_4^{2-} 濃度と各測定項目との相関を調べたところ、V が最も高く(相関係数 $r = 0.90$)、次いで Na (相関係数 $r = 0.76$)、Ni (相関係数 $r = 0.75$) であった。石炭燃焼の指標成分である As、Se、Pb については、 SO_4^{2-} との相関が低かった(相関係数 $r = 0.12 \sim 0.22$) ため、春季の池上における特異的な SO_4^{2-} 高濃度は、主に石油燃焼に由来するものと考えられる。 SO_4^{2-} と石油燃焼の指標である V、Ni の経日変

化を図 13 に、池上の主風向を加えた各調査日の測定結果を表 8 にそれぞれ示す。図 13 より SO_4^{2-} と V、Ni は似た推移をしていることが見て取れる。また、表 8 より、池上のみが高濃度になった4日目、5日目、8日目、9日目、12日目の主風向は WSW もしくは CALM (風速 0.4 m/s 以下) であり、田島の 1.5 倍以上の濃度であるため、池上の近傍における船舶もしくは固定発生源の石油燃焼による寄与が大きいことが推察された。

$\text{SO}_4^{2-}/\text{V}$ と $\text{SO}_4^{2-}/\text{As}$ の散布図を図 14 に示す。 $\text{SO}_4^{2-}/\text{V}$ が大きいと石炭燃焼、 $\text{SO}_4^{2-}/\text{As}$ が大きいと石油燃焼の寄与が大きいとされており¹⁰⁾、 SO_4^{2-} が $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の日に着目すると、4日目、5日目、8日目、9日目、12日目は $\text{SO}_4^{2-}/\text{As}$ が大きいことが見て取れた。したがって、本手法からもこれらの日において石油燃焼の影響が大きいことが推察された。13日目については田島及び高津においても SO_4^{2-} の濃度が高く、石油や石炭の燃焼による特異的な寄与は見られなかったため、広域的な現象であったと考えられる。

春季の各調査地点における PMF 法による発生源寄与濃度の推定結果を図 15 に示す。4日目、5日目、9日目、12日目は池上で石油燃焼の寄与が大きい結果となった。また、13日目は全地点で硫酸系二次粒子の寄与が同程度かつ大きいため、PMF 法による解析結果からも同様の要因が推察された。

図 12 春季の各調査地点における SO_4^{2-} の経日変化図 13 春季の池上における SO_4^{2-} 、V、Ni の経日変化表 8 春季の池上における SO_4^{2-} 、V、Ni、主風向

	SO_4^{2-} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	V (ng/m^3)	Ni (ng/m^3)	主風向
春1日目	1.4	0.25	2.2	CALM
春2日目	2.2	3.5	9.5	CALM
春3日目	2.1	2.2	1.1	SSE,S
春4日目	3.4	14	5.1	WSW
春5日目	6.0	25	9.6	WSW
春6日目	1.2	0.66	0.84	E
春7日目	1.6	0.68	2.3	CALM
春8日目	3.1	5.3	4.7	CALM
春9日目	4.3	15	5.5	WSW
春10日目	2.5	3.3	2.9	SSE,S,CALM
春11日目	2.5	4.2	7.2	CALM
春12日目	5.4	13	12	WSW
春13日目	3.3	2.3	4.5	S,CALM
春14日目	2.4	3.3	2.6	E

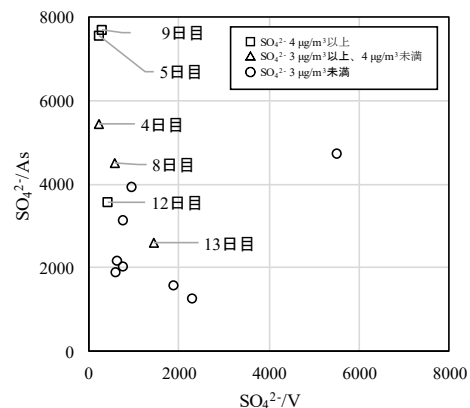
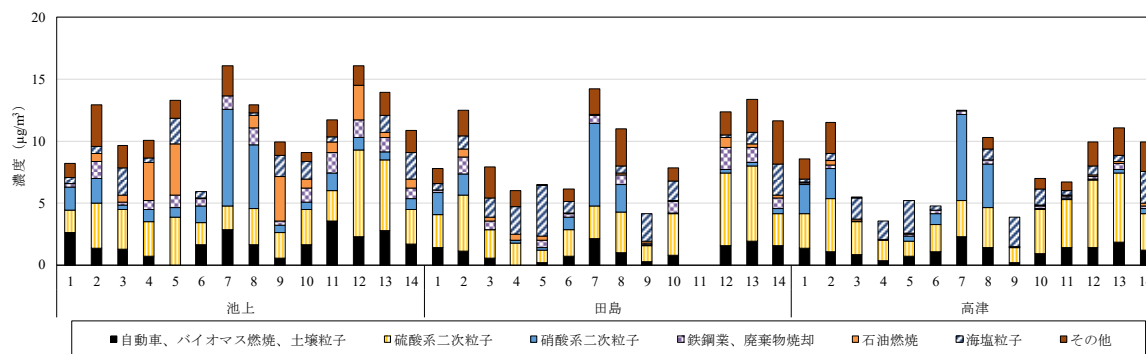
図 14 春季の池上における $\text{SO}_4^{2-}/\text{V}$ と $\text{SO}_4^{2-}/\text{As}$ の散布図

図 15 春季の各調査地点における PMF 法による発生源寄与濃度の推定結果 (2021 年度)

横軸の数字は表 1 に示した調査日程に対応している。

4 まとめ

- (1) 2021 年度における市内 3 地点の PM2.5 年平均濃度は、田島 $8.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、高津 $7.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、池上 $10.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、道路沿道である池上で濃度が高かった。
- (2) PM2.5 中の水溶性イオン成分は、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 NH_4^+ といった二次生成粒子成分が大半を占めた。春季及び夏季は SO_4^{2-} の割合が最大であり、秋季及び冬季は NO_3^- の割合が最大であった。
- (3) PM2.5 中の炭素成分は、OC は一般環境と道路沿道で大きな差異がみられなかったが、EC は道路沿道で濃度が高かった。夏季は OC2 濃度が高く、大気中の光化学反応により生成される炭素数 3～10 のジカルボン酸が関与していると考えられる。
- (4) PM2.5 中の無機元素は、Na、Al、K、Ca、Fe、Zn が

- 多く含まれていた。内陸部の高津に比べて臨海部の田島と池上で V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、As、Mo、Pb の濃度が高かった。道路沿道の池上では Al、Ca、Ba 濃度が高く、ブレーキ粉じん、土壌、道路粉じんの影響を受けたものと思われる。
- (5) 2020、2021 年度の成分分析データを用いて、PMF 法による発生源解析を行った結果、固定発生源が近傍にある田島及び池上では、高津に比べて、鉄鋼業・廃棄物焼却、石油燃焼の寄与が大きかった。また、道路沿道である池上では、他の 2 地点に比べて、自動車・バイオマス燃焼・土壌粒子の寄与が大きかった。
 - (6) 春季の池上における SO_4^{2-} 高濃度の主な要因は、 $\text{SO}_4^{2-}/\text{V}$ と $\text{SO}_4^{2-}/\text{As}$ 及び PMF 法による発生源寄与濃度推定結果から、石油燃焼による寄与が大きいことが

推察された。

文献

- 1) 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
<https://www.env.go.jp/air/osen/pm/ca/manual.html>
- 2) 鈴木隆生、山田大介、米屋由理、高橋篤、井上俊明：川崎市における粗大（PM（2.5-10））、微小粒子（PM_{2.5}）の成分組成（2003年度）、川崎市公害研究所年報、第31号、71～77（2004）
- 3) 国立研究開発法人国立環境研究所：PM_{2.5}の環境基準超過をもたらす地域的/広域的汚染機構の解明（平成28年度～平成30年度）
<https://www.nies.go.jp/kenkyu/chikanken/H28-H30.pdf>
- 4) 環境省：粒子状物質の特性について
<https://www.env.go.jp/council/former2013/07air/y078-02/mat02-1.pdf>
- 5) 池盛文数：IMPROVE法による大気粉塵およびPM_{2.5}に含まれる有機成分のサーモグラム（ジカルボン酸について）、名古屋市環境科学調査センター年報、第1号、30～32、（2013）
- 6) 溝畑朗、真室哲雄：堺における大気浮遊粒子状物質中の諸元素の発生源の同定（Ⅰ）、大気汚染学会誌、第15巻6号、225～233（1980）
- 7) 日置正、中西貞博、向井人史、村野健太郎：降水中微量金属元素濃度比と鉛同位対比による長距離輸送と地域汚染の解析、大気環境学会誌、第43巻2号、100～111（2008）
- 8) 飯島明宏：入門講座 大気モデル-第5講レセプターモデル-、大気環境学会誌、第46巻4号、A53～A60（2011）
- 9) アメリカ合衆国環境保護庁
<https://www.epa.gov/heasd/research/pmf.html>
- 10) 辻昭博：春季PM_{2.5}越境輸送の化学成分の連続観測-2014年4月中旬及び5月末の汚染事例-、京都府保健環境研究所年報、第61号、53～60、2016