

**日中都市間連携協力事業
川崎市-瀋陽市 PM2.5 共同研究**

川崎市における PM2.5 実態把握調査報告書

川崎市環境総合研究所

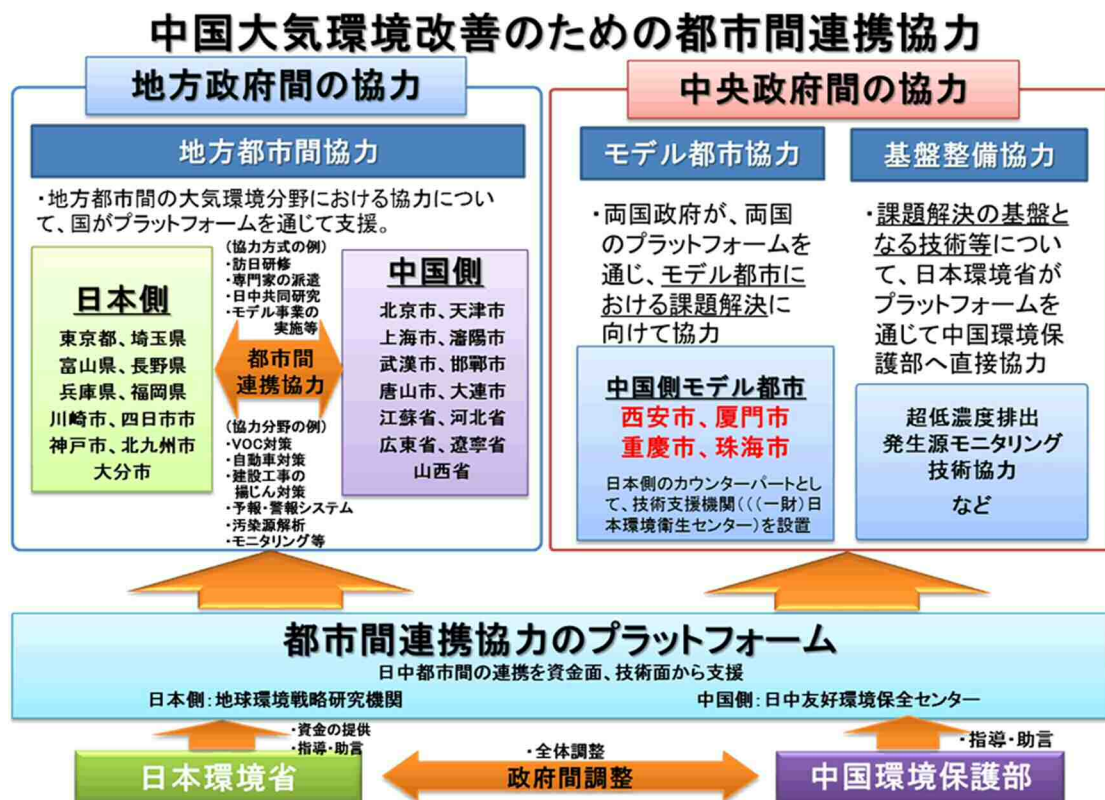
2019 年 3 月

目次

1	はじめに	2
2	調査方法	
2.1	調査地点	3
2.2	調査期間	3
2.3	調査項目	4
2.4	分析方法	4
2.5	特記事項	7
3	成分分析結果	
3.1	質量濃度	8
3.2	水溶性イオン成分	9
3.3	炭素成分	11
3.4	無機元素	12
3.5	レボグルコサン	14
3.6	PM2.5 中の各種成分の濃度と割合	14
4	発生源解析結果	
4.1	条件設定	16
4.2	発生源解析結果	17
5	結論	
5.1	成分分析結果	21
5.2	発生源解析結果	21
6	まとめ	
6.1	2017 年度調査結果のまとめ	22
6.2	共同研究の結果に基づく今後の取組	22
6.3	共同研究の成果・まとめ	23
7	参考資料	
7.1	季節ごとの成分濃度	24
7.2	同一試料の比較研究結果	26
7.3	これまでの措置・取組	30
7.4	日本のばいじん及び NO _x の排出基準	47
7.5	川崎市のばいじんの排出基準	50
7.6	自動車対策	53
7.7	川崎市における同一試料の分析結果（詳細）	55

1 はじめに

環境省では、2014 年度から中国大気環境改善のための協力事業として、既存の日中友好都市等の良好な交流協力関係等を基礎とし、両都市間の大気汚染対策分野での交流協力を更に一歩進めていくことを目的として、都市間連携協力事業を行っている。



川崎市は、1981 年に瀋陽市と友好関係を提携し、環境・経済・文化など、様々な分野で交流を深めており、環境の分野では 1997 年に「環境技術交流に関する協定書」を締結して、瀋陽市環境保護局職員を中心に環境技術研修生を受け入れている。

このような友好関係・交流協力関係を基盤として、両市は 2014 年度から環境省の都市間連携協力事業に参画し、大気環境の改善に資するための研修や情報交換、協議等を行った。これらの取組を踏まえて 2016 年度からは、瀋陽市の喫緊の課題である微小粒子状物質（PM2.5）の改善と川崎市の PM2.5 研究の推進を目指して、PM2.5 共同研究を開始した。

PM2.5 共同研究では、実態把握調査解析として、両市において PM2.5 サンプリング及び成分分析を行い、その結果を用いて発生源解析を行うことで発生源寄与率を推計し、推測される主要な汚染要因に効果的な対策を検討して、瀋陽市では新たな管理政策を打ち出すことができた。

この共同研究により「発生源解析技術を習得したため、これまで国の研究所に PM2.5 の発生源解析を依頼していたが、瀋陽市自身で発生源解析を実施できるようになった。また、この共同研究によりこれまでの管理政策の有効性の検証及び新たな管理政策を打ち出すことができ、これらの政策の成果もあり、瀋陽市の大気の優良日数は 2014 年の 191 日から 2018 年の 285 日と大幅に改善

された。」との報告を瀋陽市から受けている。

PM2.5 共同研究の結果については、両市それぞれの結果を「PM2.5 実態把握調査報告書」にまとめるとともに、両市の調査結果を比較し、共同研究の成果等をまとめた「合同報告書」を作成した。この報告書は、川崎市における PM2.5 実態把握調査の結果をまとめたものである。

2 調査方法

川崎市の調査は、一般環境として田島一般環境大気測定局と高津一般環境大気測定局、道路沿道として池上自動車排出ガス測定局の計 3 地点で PM2.5 を捕集し、調査項目については、質量濃度、イオン成分、炭素成分、水溶性有機炭素成分、無機元素、レボグルコサンとし、これらの成分分析結果をとりまとめ、更にこれらの結果を用いて発生源寄与率の推定を実施した。

2.1 調査地点

調査地点は、次の 3 地点とした。これらの地点を図 1 に示す。

- ・ 田島（田島一般環境大気測定局）
- ・ 高津（高津一般環境大気測定局）
- ・ 池上（池上自動車排出ガス測定局）

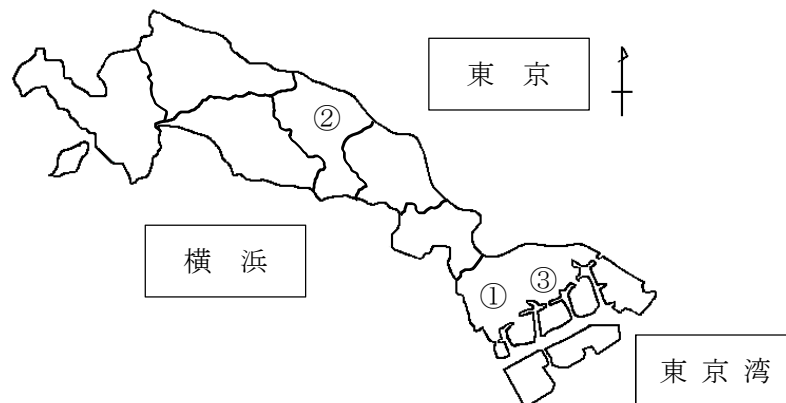


図 1 調査地点（①：田島、②：高津、③：池上）

2.2 調査期間

調査は、2017 年度春夏秋冬の各季節において、2 週間による捕集を行った。調査期間の詳細を表 1 に示す。捕集時間は午前 10 時～翌日午前 10 時の 24 時間とし、それぞれを期間 1～期間 14 とした。

表 1 調査期間

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

2.3 調査項目

質量濃度、イオン成分、炭素成分（水溶性有機炭素成分（WSOC）含む）、無機元素、レボグルコサン

2.4 分析方法

2.4.1 捕集

捕集装置：Thermo Fisher Scientific 社製 FRM2025i（1 地点に 2 台）

フィルタ：PTFE フィルタ（Pall 社製 Teflo）…質量濃度、無機元素

石英繊維フィルタ（Pall 社製 Pallflex 2500QAT-UP）…イオン成分、炭素成分、WSOC、レボグルコサン

流量及び捕集時間：16.7 L/min × 24 時間

積算流量：24 m³

2.4.2 質量濃度

質量濃度は、METTLER TOLEDO 社製 電子天秤 XP6 を用い、フィルタの重量を測定した。調査には PTFE フィルタを用いた。

フィルタは、測定前に、温度 21.5±1.5℃、相対湿度 35±5%の恒温恒湿室に 24 時間以上静置し恒量化した。そして、試料捕集後のフィルタの重量から試料捕集前のフィルタの重量を差

し引くことにより、捕集した粒子の質量を求め、積算流量で除して質量濃度を求めた。

2.4.3 イオン成分

分析は、DIONEX 社製 イオンクロマトグラフ ICS-2100/1600 を用い、水溶性イオン 8 項目 (Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+}) を測定した。調査には石英繊維フィルタを用いた。

抽出は、石英繊維フィルタ 1/2 試料を栓付プラスチック試験管に入れ、超純水 10mL を加えた後、超音波抽出を 10 分間行った。その後、抽出液をディスポーザブルシリレンジに取り、メンブレンフィルター（アドバンテック社製 PTFE 0.20 μm ）で粒子状物質を除去したものを分析用試料とし、イオンクロマトグラフで測定を行った。測定条件は、表 2 のとおりである。

表 2 イオンクロマトグラフの測定条件

	陰イオン (ICS-2100)	陽イオン (ICS-1600)
カラム	IonPac AS20 4×250mm	IonPac CS16 5×250 mm
溶離液	15-50 mmol/L 水酸化カリウム	30 mmol/L メタンスルホン酸
流量	1.0 mL/min	1.0 mL/min
サプレッサー電流	130 mA	90 mA
試料注入量	25 μL	25 μL

2.4.4 炭素成分

分析は、SUNSET LABORATORY 社製 カーボンエアロゾル分析装置 Lab Instrument Model を用いた熱分離光学補正法により、有機炭素 (OC)、元素炭素 (EC) を測定した。調査には石英繊維フィルタを用いた。

測定方法は、装置の石英スプーンに石英繊維フィルタ 1 cm^2 試料を入れ、OC と EC を He 気流中で段階的な昇温と O_2 の有無で選択的に酸化させ、光学補正により OC と EC の定量値の補正を行った。測定条件は IMPROVE 法とした。詳細は、表 3 のとおりである。

また、analytikjena 社製 全有機体炭素計 multi N/C 3100 を用いて、水溶性有機炭素 (WSOC) を測定した。

測定試料は、水溶性イオン成分と同時に調製し、抽出液のうち約 8 mL を分取し、2 mol/L 塩酸を 50 μL 添加し、全有機体炭素計で NPOC 法により測定を行った。

表3 カーボンエアロゾル分析装置の測定条件

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

2.4.5 無機元素

分析は、Agilent Technology 社製 ICP 質量分析装置 7700x を用い、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) を測定した。調査には PTFE フィルタを用いた。

前処理は、PTFE フィルタ 1/2 試料 (サポートリングは切り離した) を分解容器に入れ硝酸 2.5mL、フッ化水素酸 1 mL、過酸化水素水 0.5mL 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 (analytikjena 社製 TOPwave) を用いて加熱分解した。試料が分解されていることを確認し、分解容器ごとホットプレートで加熱し、試料が 1 滴程度になるまで蒸発させた。その後、2%硝酸で 15 mL (春季のみ 20 mL) に定容したものを分析用試料とし、ICP 質量分析装置 (アジレント・テクノロジー社製 Agilent 7700x) で測定を行った。また、測定においては、元素ごとに He によるコリジョン (Na、Al、K、Sc、Ti、V、Cr、Mn、Co、Ni、Cu、Zn、Rb、Mo、Cd、Sb、Cs、Ba、La、Ce、Sm、Hf、Ta、W、Pb、Th) もしくは H₂ (Ca、Fe、As、Se) によるリアクションにより、定量を妨害する分子イオンを除去した。

2.4.6 レボグルコサン

分析は、日本電子製ガスクロマトグラフ質量分析計 JMS-Q1050GC を用い、植物を構成するセルロース熱分解物であるレボグルコサンを測定した。調査には石英繊維フィルタを用いた。

抽出は、石英繊維フィルタ 1/4 試料を栓付試験管に入れ、ジクロロメタン/メタノール (2 : 1) 5 ml 及び内標準物質 ¹³C レボグルコサンを加えた後、15 分間の超音波抽出を行った。その後、遠心分離を 3000rpm で 10 分間行い、抽出液の上澄 1 mL を栓付試験管に分取し、窒素気流下で試料を乾固させた。これにピリジン 10 µL、N,O-ビス (トリメチルシリル) トリフルオロアセトアミド + 1 % トリクロロメチルシラン 50 µL、ジクロロメタン/ヘキサン (1 : 1) 140 µL を加え、70°C で 2 時間加熱する誘導体化処理を行った。誘導体化終了後、ジクロロメタン/ヘキサン (1 : 1) 200 µL を加えたものを分析用試料とし、ガスクロマトグラフ質量分析計により測定を行った。測定条件は表 4 のとおりである。

表4 ガスクロマトグラフ質量分析計の測定条件

項目	測定条件
注入口温度	270℃
カラム	Rtx-5MS (0.25mm×60m×0.25 μm)
昇温条件	60℃(1min)－10℃/min－200℃－5℃/min－ 300℃(10min)
イオン源温度	230℃
イオン化法及び電圧	電子イオン化法 70eV
分析方法	Scan 法
定量イオン	217
定性イオン	204、333

2.5 特記事項

2.5.1 欠測状況

捕集装置 FRM2025i の不具合により、以下の分析成分と期間で欠測が発生した。

フィルターの種類	分析成分	欠測期間
PTFE フィルタ	・ PM2.5 濃度 ・ 無機元素	池上の 5/14 (春季 5)
石英繊維フィルタ	・ イオン成分 ・ 炭素成分 (WSOC 含む) ・ レボグルコサン	田島の 10/28～30 (秋季 10～12) 池上の 1/30 (冬季 13)、1/31 (冬季 14)

2.5.2 光化学スモッグ注意報発令状況

光化学スモッグ注意報は、調査期間中においては発令されなかった。

2.5.3 黄砂観測状況

気象庁ホームページによると、調査期間中に川崎市周辺での黄砂の観測はされなかった。

なお、国内で黄砂が観測されたのは 2017 年の 5/6～8 と 2018 年 3/28～29 であり、前者は主に西日本、後者は主に北海道で観測されており、関東圏では観測されなかった。

2.5.4 調査期間の気象状況

気象庁ホームページを参照し、表 5 にまとめた。

表5 調査期間の気象状況

季節	調査期間	気象状況
春季	5/10～23	調査期間の前半は曇りや雨の日もあったが、中盤からは移動性高気圧に覆われて晴れが多く、20日付近には各地で真夏日となった。また、平均気温は高く、日照時間も多かった。
夏季	7/20～8/2	梅雨明けは早かったが（7/6頃）、7月下旬は梅雨前線が北陸地方から東北地方付近に停滞し、更に湿った気流の影響で曇りや雨の日が多く、日照時間は少なめで気温も低かった。また、大気の状態も不安定で雷雨となる場所もあった。
秋季	10/19～11/1	10/22（秋4）に台風21号、10/29（秋11）に台風22号が関東に接近し、激しい風雨を受けた。降水量も非常に多く、10月下旬の東太平洋側は、平年比の748%となった。平均気温は平年並だったが、日照時間は少なかった。
冬季	1/18～31	調査期間前半は晴れたが、1/22（冬5）～23（冬6）にかけて大雪となり、その後1/25（冬8）～27（冬10）にかけて非常に強い寒気が入り込んで東京都などでは日最低気温の記録を更新した。平均気温は低かったが、降水量及び日照時間は平年並だった。

3 成分分析結果

3.1 質量濃度

調査期間中のフィルタ捕集によるPM_{2.5}質量濃度の各季節及び年平均値を表6と図3に、濃度推移を図2に示す（図中の空欄は欠測及び検出下限値未満、平均値を算出する際は、検出下限値未満の値は検出下限値の1/2とした、以下同じ）。平均値が最も高濃度を示した季節は、田島、高津、池上の全地点で春季であった。最も低濃度を示した季節は、田島、高津、池上の全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、気象状況等の影響により濃度の傾向は毎年異なる。なお、35 µg/m³を超える濃度を示した日は、どの地点においても存在せず、全地点で最も高濃度となったのは、池上春11（5/20）の33.7 µg/m³であった。昨年度に引き続き、今年も35 µg/m³を超過した日はなかった。

表6 PM_{2.5}質量濃度の各季節及び年平均値（単位：µg/m³）

	春季	夏季	秋季	冬季	年平均値
田島	15.5	7.8	8.7	11.2	10.8
高津	14.0	6.9	9.8	12.0	10.7
池上	19.6	9.7	11.2	13.2	13.3
平均	16.4	8.1	9.9	12.1	11.6

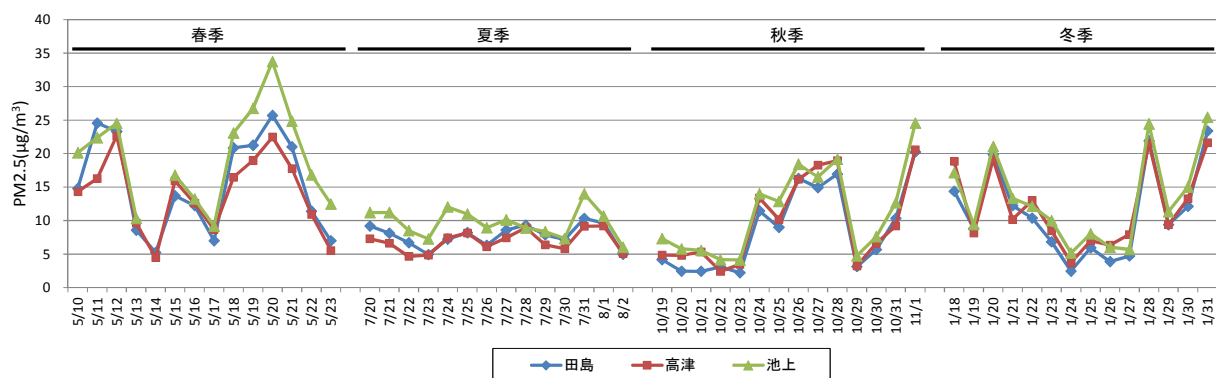


図2 PM2.5の濃度推移

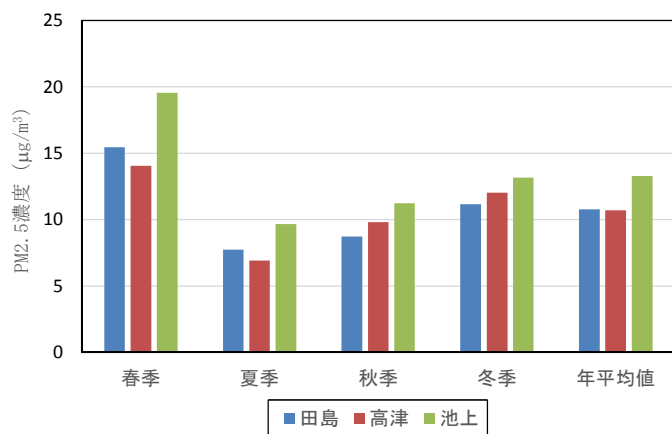


図3 PM2.5の各季節及び年平均値

3.2 水溶性イオン成分

3.2.1 季節及び年平均値

図4にイオン成分の各季節及び年平均値、図5にイオン成分の年平均値を比較したものを示す。イオン成分の平均濃度はいずれの地点においても、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 NH_4^+ といった二次生成粒子の成分が大半を占めており、総年平均値では池上が最も高かった。図4で近傍の調査地点である一般局の田島と自排局の池上との違いをみると、 NO_3^- 年平均濃度は田島 $1.43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、池上 $1.57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 SO_4^{2-} 年平均濃度は田島 $2.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、池上 $2.81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、池上では SO_4^{2-} に比べ NO_3^- の増加割合が大きかった(NO_3^- 10%増、 SO_4^{2-} 1.4%増)。また、本市のPM2.5中のイオン成分は、3地点とも SO_4^{2-} が最も高く、次いで NO_3^- 、 NH_4^+ と続いた。

なお、夏季及び秋季のイオン濃度が大きく低下していたが、表5に示したとおり、夏季は低温と日照量の少なさにより SO_4^{2-} の二次生成が低下したと考えられ、秋季は台風の2度の接近といった、気象要因によるものと考えられる。

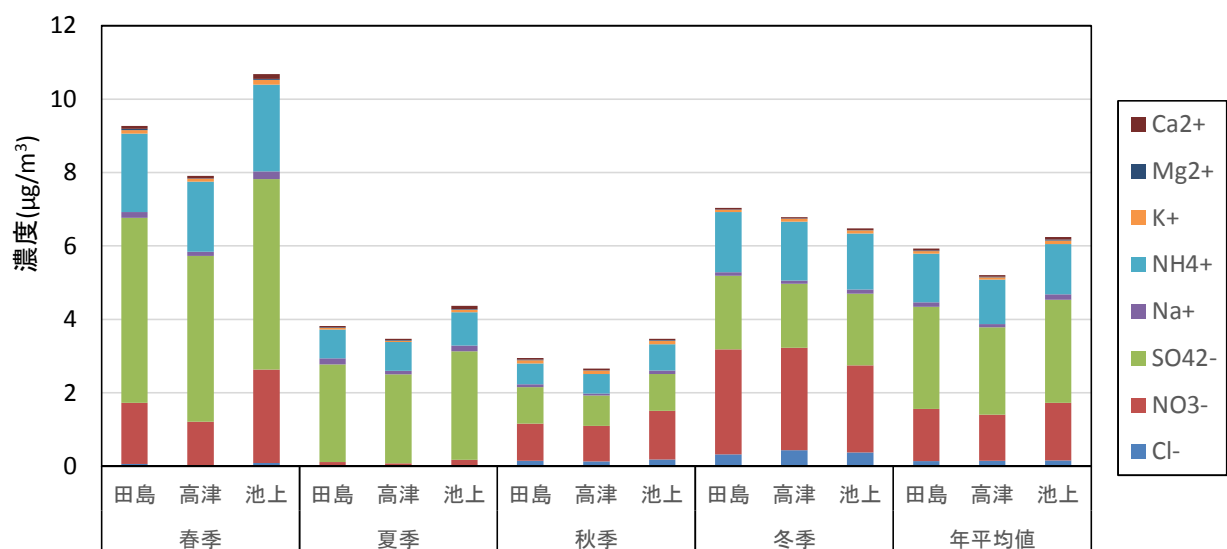


図4 イオン成分の各季節及び年平均値

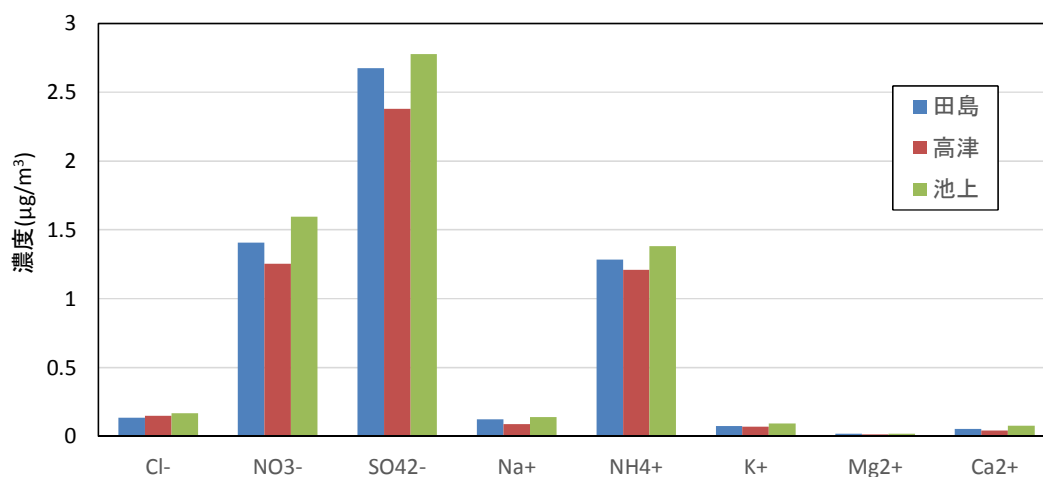


図5 イオン成分の年平均値の比較

3.2.2 イオン当量比

図6に各季節及び年平均イオン当量比を示す。いずれの地点・季節においても、イオン当量比は、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 NH_4^+ が大半を占め、陰イオンと陽イオンの比はほぼ 1:1 であった。陽イオンの大半はどの季節でも NH_4^+ が占めていたが、陰イオンは夏季に SO_4^{2-} が 47～49%と大半を占めており、他の3季節では SO_4^{2-} 及び NO_3^- が大半を占めていた。特に、冬季では田島と高津では NO_3^- のほうが SO_4^{2-} よりも高い割合を示した (NO_3^- : 田島 23%、高津 24%、池上 21% SO_4^{2-} : 田島 21%、高津 19%、池上 22%)。 NO_3^- は、大半が NH_4NO_3 として存在するが、高温になると揮発し、低温になると粒子化するため、気温が高い夏季では低く、気温が低い冬季では高くなったと思われる。

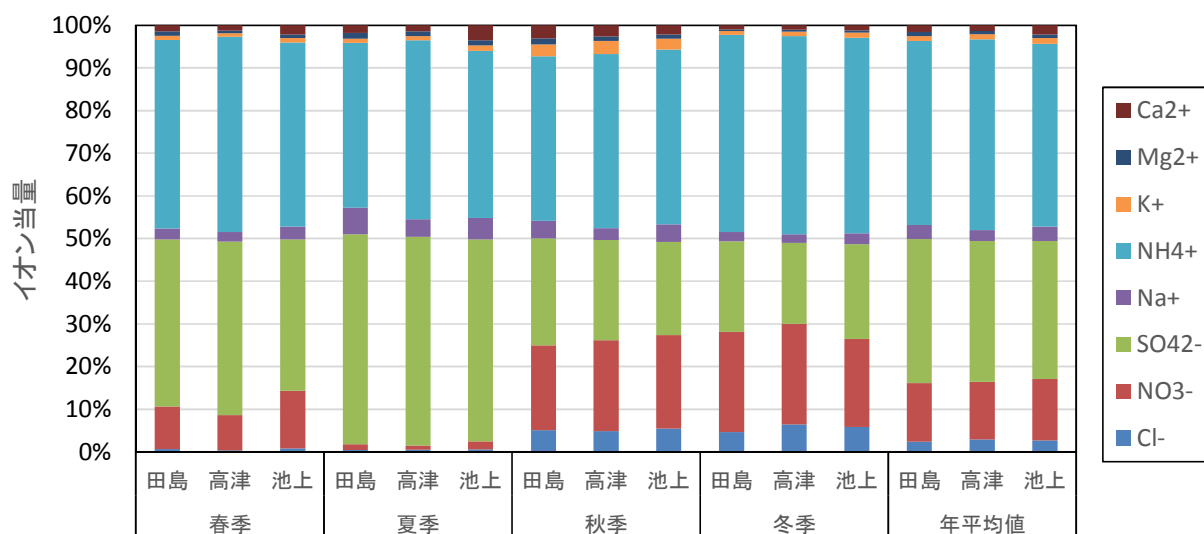


図6 イオン当量比の各季節及び年平均値

3.3 炭素成分

3.3.1 炭素成分中の OC と EC の平均濃度と割合

図7に炭素成分中の OC と EC の平均濃度と割合を示す。地点間の差をみると、OC は一般環境と道路沿道の差はみられず、季節ごとの差も明確にはみられなかった。一方で、EC は全ての季節で道路沿道の池上で高い傾向がみられ、移動発生源の影響を受けたと考えられる。

OC と EC の割合をみると、全地点の全季節で OC が EC より高い割合を占めていた。EC の占める割合は一般環境で 10%（夏季の高津）～23%（春季の田島）であり、道路沿道では 29%（夏季）～39%（秋季）であった。

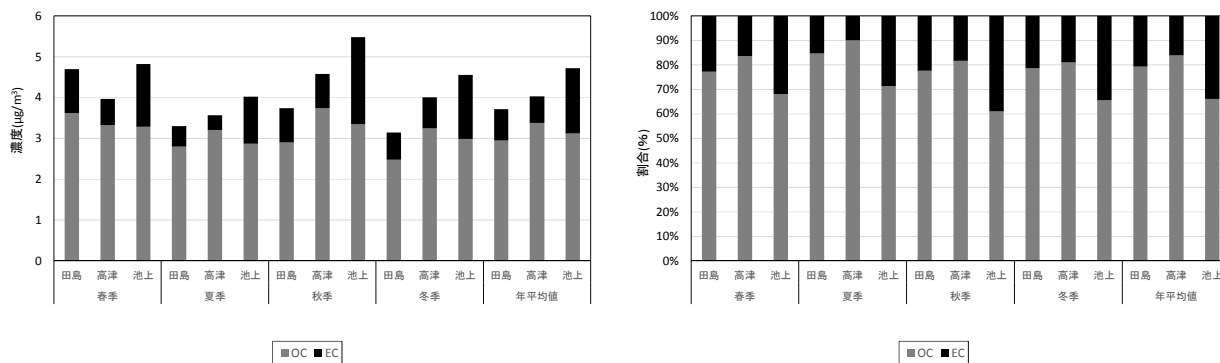


図7 炭素成分中の OC と EC の平均濃度（左）と割合（右）

3.3.2 OC 中の WSOC と WIOC の平均濃度と割合

図8に OC 中の WSOC と WIOC の平均濃度と割合を示す。WSOC と WIOC の濃度をみると、全地点で春季、秋季、冬季に WSOC 濃度が高く、夏季に WIOC が高くなった。WSOC の占める割合をみると、春季、秋季、冬季では 50%（冬季の高津）～80%（春季の高津）であるのに対し、夏季では 36%（田島）～43%（池上）と半分以下であった。WIOC は、半揮発性成分を含

んでいるため、気温が低くなる冬季において WIOC の粒子化する傾向にあるが、今年度は、夏季において光化学スモッグ注意報が発令されず、気温も低く、オキシダントの濃度が低かったことなどから、二次有機粒子の生成が少なかったため、WSOC の量が少なくなり、OC のうち WIOC の占める割合が上昇したと考えられる。

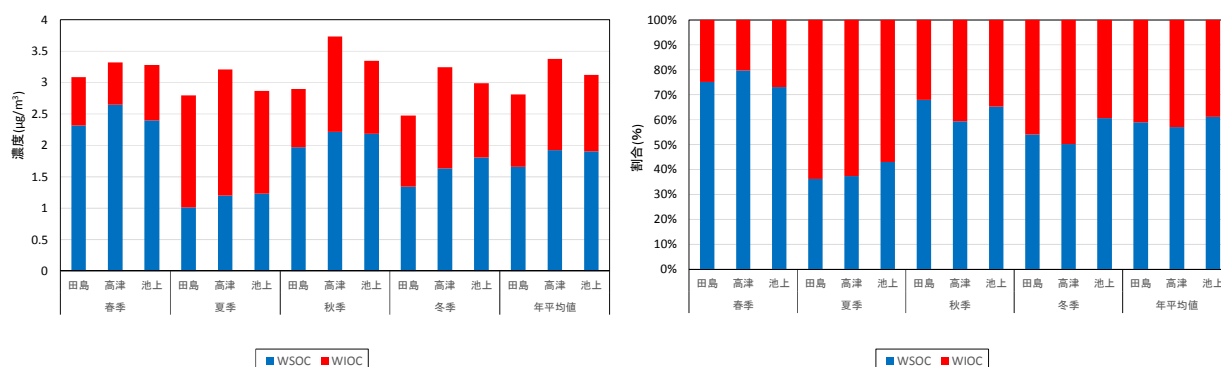


図8 OC中のWSOCとWIOCの平均濃度(左)と割合(右)

3.4 無機元素

図9に無機元素の季節及び年平均値を示す。無機元素の中で高い濃度を示したのは、Na、Al、K、Ca、Feといった自然発生源由来の成分であった。また、海塩粒子の指標となるNa、池上近隣に発生源があるCa、重油燃焼の指標となるV、Ni、鉄鋼業の指標となるMn、Feは、臨海部の田島や池上で春季に最も高い濃度を示した。これらの成分は、南風が卓越する夏季に濃度が高くなる傾向を示すが、2017年度では夏季に気象の影響を受けて濃度があまり増加しない傾向がみられた。更に、ブレーキ粉じんの指標となるCu、Sbは自排局の池上で高い濃度を示した。同じくブレーキ粉じんの指標であるBaは、一般局の高津で最も高い濃度を示したが、これは5/15(春6)の突発的な高濃度の影響を受けたためで、この影響を除くとCu、Sbと同様に池上で高かった。Sc、Sm、Hf、Ta、Thは、濃度が非常に低く、試料の大半が検出下限値未満であったため、図9から省いた。

なお、図9では動向がみえない無機元素もあるため、発生源の指標となるような主要な成分について、図10で季節及び年平均値を示した。

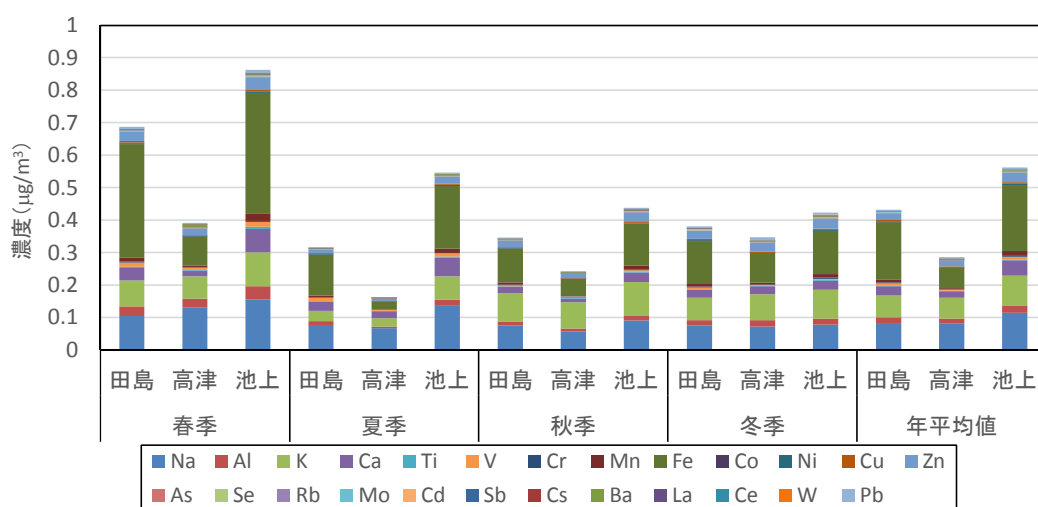
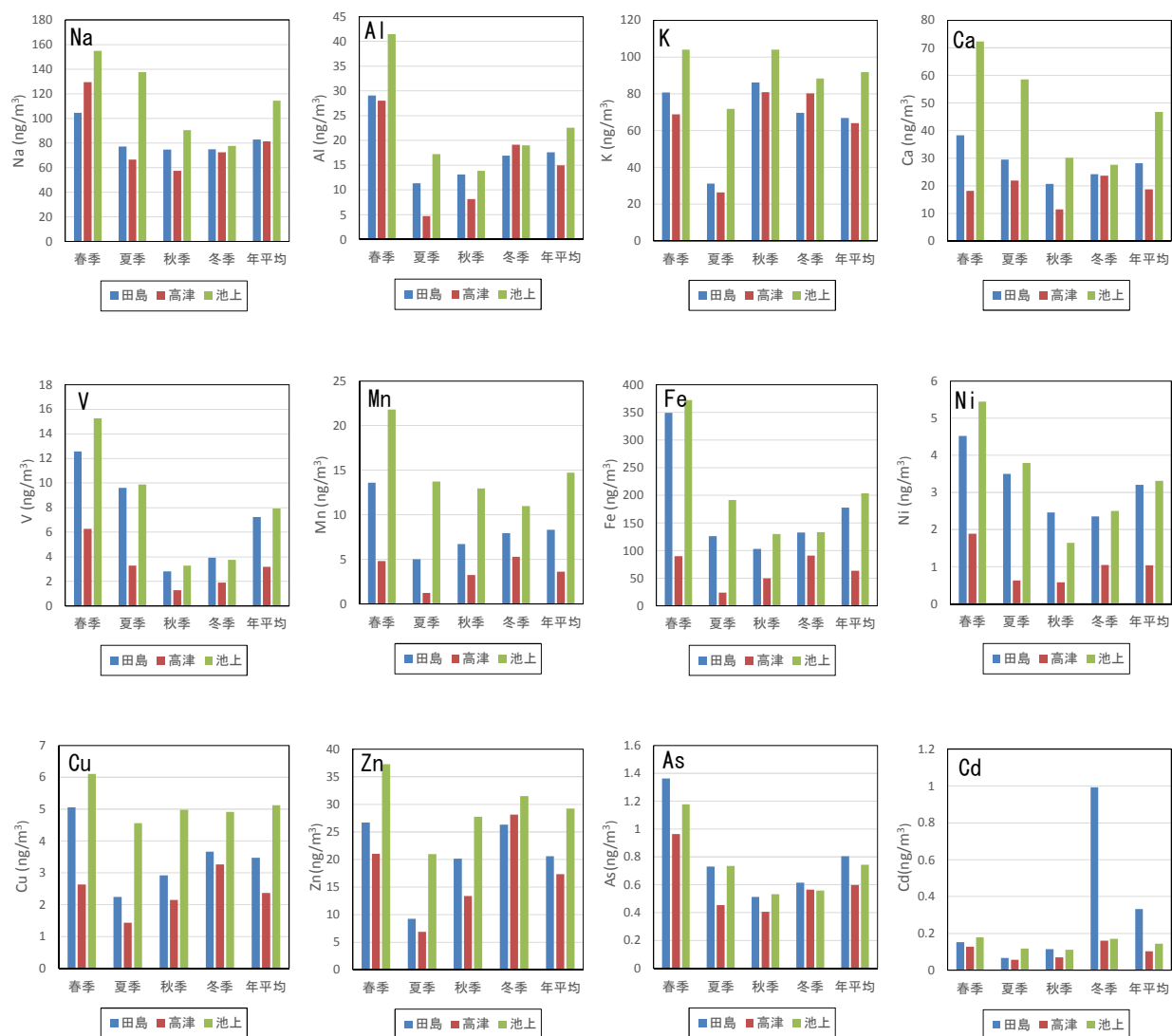


図9 無機元素の各季節及び年平均值



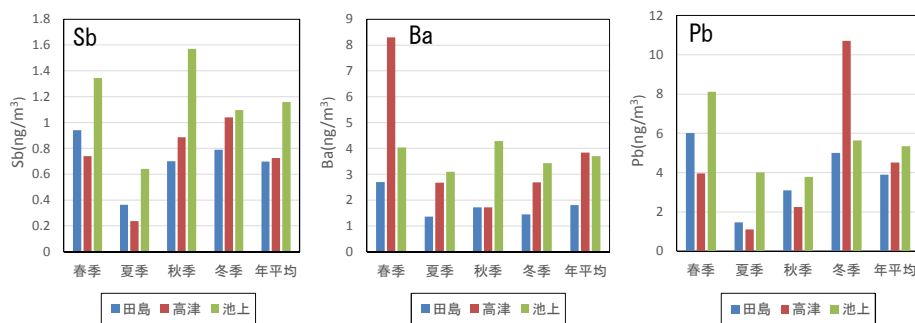


図 10 主要な無機元素の各季節及び年平均値

3.5 レボグルコサン

図 11 に季節及び年平均値を示す。レボグルコサンは植物を構成するセルロースが熱分解した際に生成するため、野焼き等をはじめとするバイオマス燃焼の指標とされている。従って、自動車による影響はないと想定されるため、一般局である田島及び高津において測定を行った。

季節平均値をみると、春季及び夏季は非常に低く、秋季及び冬季で高い傾向を示した。また、全ての季節において、高津でやや高い傾向を示した。春季及び夏季で濃度が低い理由としては、気温が高いために揮発しやすい、オキシダント派生物の OH ラジカルにより分解される、野焼きが少ないことが考えられる。秋季から冬季にかけて濃度が高い理由としては、関東圏で野焼きが広く行われる時期であること及び田島と高津における濃度が同程度であることから、広域的なバイオマス燃焼の影響を受けたことが考えられる。

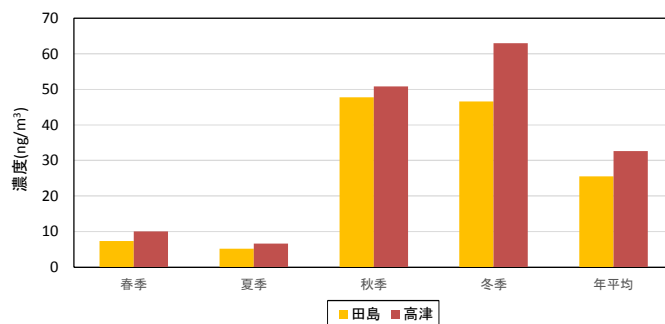


図 11 レボグルコサンの季節及び年平均値

3.6 PM2.5 中の各種成分の濃度と割合

図 12 に、PM2.5 中の各種成分の濃度の季節及び年平均値、図 13 に各種成分の割合の季節及び年平均値を示す。また、本市の年間の傾向を示すため、図 14 に 3 地点の各種成分の濃度の年平均値を円グラフで示した。

炭素成分をみると、EC、OC を合わせた炭素成分の濃度では、各季節で $3.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (夏季の田島) $\sim 5.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (秋季の池上) の範囲であり、割合では、25% (春季の池上) $\sim 51\%$ (夏季の高津) と高い割合を示していた。年平均値では、濃度では $3.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (田島) $\sim 4.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (池

上) の範囲であり、割合では、33% (田島) ～38% (高津) と PM2.5 の約 1/3 を占めていた。

二次生成粒子 (主な構成成分である NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 NH_4^+ の合計) の濃度では、 $2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (秋季の高津) ～ $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (春季の池上) であり、割合では、24% (秋季の高津) ～58% (冬季の田島) と高い割合を占めていた。年平均値では、濃度では $4.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (高津) ～ $5.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (池上) の範囲であり、割合では、43% (池上) ～50% (田島) と PM2.5 の約 1/2 を占めていた。

炭素成分と二次生成粒子は、それぞれ PM2.5 成分の高い割合を占めていたが、両者を合わせた年平均の割合は、79% (池上) ～83% (田島) であり、これらの削減が PM2.5 の低減につながると考えられる。

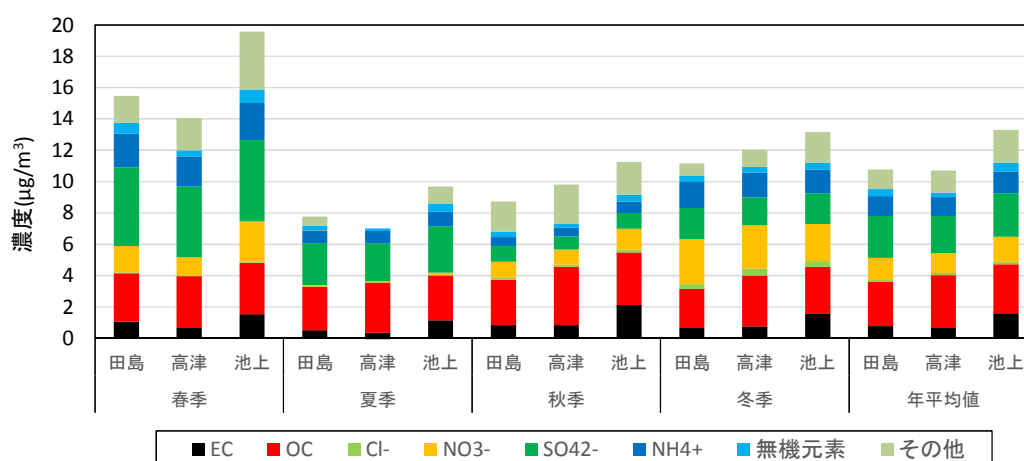


図 12 PM2.5 中の各種成分の濃度の季節及び年平均値

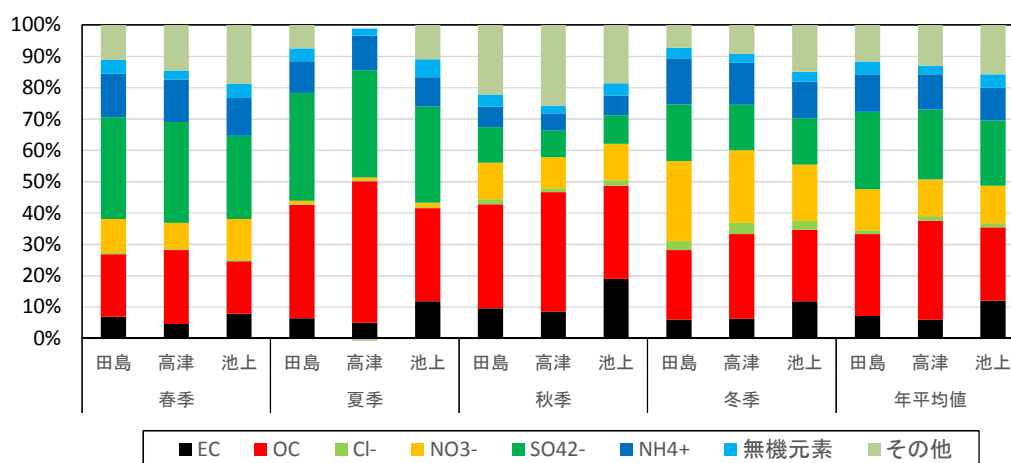


図 13 各種成分の季節及び年平均の割合

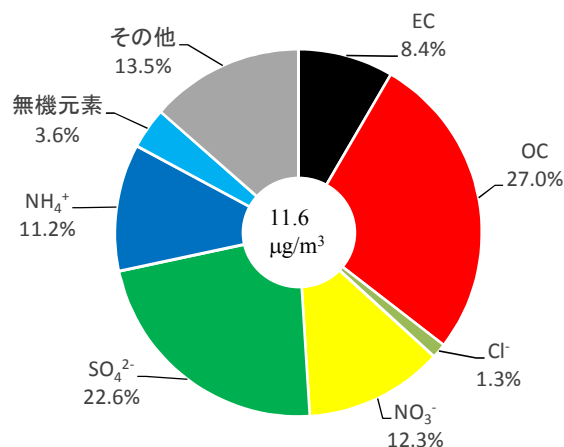


図 14 川崎市の各種成分の年平均値の割合

4 発生源解析結果

4.1 条件設定

4.1.1 解析に使用する成分と試料の決定

Positive Matrix Factorization (PMF) 5.0 を用いて発生源解析を行った。最初に、PMF 解析に使用する成分を決定した。主として、発生源の指標となる成分を選択し、重みづけは以下の通りとした。

Strong: 分析数に対する検出下限値以下の割合が 2%以下

Weak: 分析数に対する検出下限値以下の割合が 2～30%

また、Na⁺と Na など重複する成分については、原則として検出下限値以下の割合が少ないほうを使用し、解析結果が良くない成分については入れ替えて解析を実施した。解析に使用した成分と重みづけを表 7 に示す (計 25 成分)。また、検出下限値未満の濃度は、検出下限値の 1/2 として扱った。

表 7 PMF 解析に使用した成分とその重みづけ

重みづけ	成分
Strong	NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NH ₄ ⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺ , OC, EC, V, Mn, Fe, Cu, As, Se, Sb, Ba, Pb
Weak	PM2.5 (Total Variable) , Na ⁺ , Al, Ti, Ni, Zn, Mo, Cd

また、解析に使用したデータは、欠測データを省き、更にイオン当量比で陽イオンと陰イオンの比が 40～60%の範囲から外れたものを省き、160 試料を用いた。

4.1.2 Q 値による発生源数及び Extra Modeling Uncertainty の決定

次に、Extra Modeling Uncertainty (以下、「EMU」と略。)を 1, 5, 10, 15%に振り、発

生源の因子数を5～10個に振り、試行回数20回とし、算出されたQ値の推移と、Q Theory
 $(Q\ Theory = (成分数 \times データ数) - 発生源数 \times (成分数 + データ数))$ の推移を比較し、その
 交点から因子数と EMU を推測した (図 15 左)。また、試行回数 20 回それぞれの Q 値の相対
 標準偏差 (%) を求め、その値が低いほど Q 値が安定し、堅牢な解析結果と判断できるので、
 相対標準偏差も参考にした (図 15 右)。

図 15 左の Q 値の推移をみると、EMU が 10% の時に因子数 7 個で Q Theory と交差しており、
 EMU10% で因子数 6～8 個が候補と考えられた。また、図 15 右の因子数ごとの Q 値の相対
 標準偏差をみると、EMU10% では因子数 6～8 個の中では 7 個が最も低くなっていた。このこと
 から、EMU 10% で因子数 7 個として解析を進めた。

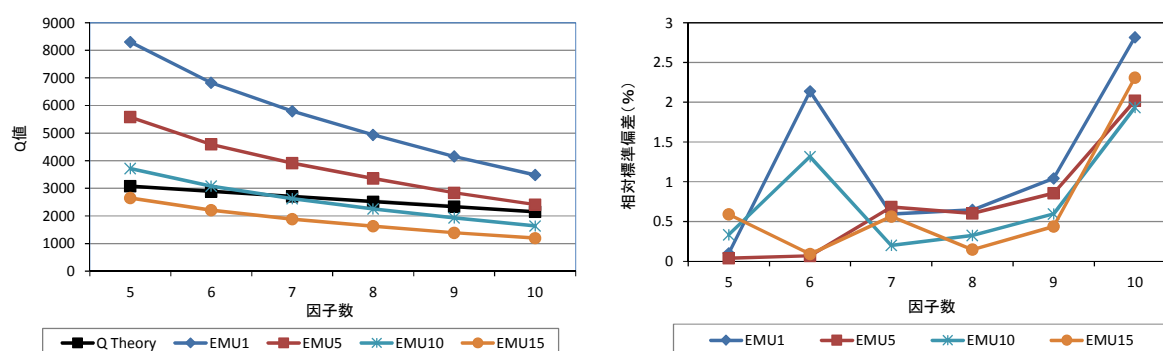


図 15 Q 値と Q Theory の推移 (左) 及び Q 値の相対標準偏差の推移 (右)

4.2 発生源解析結果

4.2.1 発生源プロフィール及び寄与率

EMU10%、因子数 7 個で PMF 解析を複数回行い、Q 値の検証及び PMF5.0 に付属している
 Bootstrap 法の検証で最も良好だった解析結果の因子プロフィール (% of species sum) (表
 8) を使い、指標物質を参考に発生源をあてはめ、発生源寄与濃度及び寄与率算出用の発生
 源プロフィール (conc. of species) を作成した (表 9)。更に、解析結果を基に発生源寄
 与濃度 (図 16) 及び寄与率 (図 17 及び表 10) を算出した。

また、川崎市の 1 年間の傾向を示すため、3 地点の各発生源寄与率の年平均値を円グラフ
 にして図 18 に示した。

表 8 PMF 解析により得られた発生源プロファイル (% of species sum)

	自動車排気 +ブレーキ粉 塵	石油燃焼	鉄鋼工業 +土壌粒 子	廃棄物焼 却+石炭 燃焼	バイオマス 燃焼+有 機粒子	硫酸系二 次粒子+ 海塩粒子	硝酸系二 次粒子
PM2.5	8.36	4.08	3.65	17.29	21.82	25.13	19.67
NO ₃ ⁻	2.41	0	0.74	0	11.87	3.43	81.55
SO ₄ ²⁻	0	7.34	0	24.97	0	57.73	9.96
Na ⁺	5.67	3.53	13.95	11.30	0	54.93	10.62
NH ₄ ⁺	0.27	0	0	18.85	2.12	37.94	40.82
K ⁺	0	0.16	20.56	23.78	45.11	4.93	5.46
Mg ²⁺	4.30	5.05	12.04	10.70	14.52	53.41	0
Ca ²⁺	0.20	7.73	21.57	0	33.75	33.71	3.04
OC	16.11	0	0	16.98	40.67	24.99	1.26
EC	35.07	12.22	7.63	7.37	34.23	0	3.47
Al	0	0.00	87.46	6.05	6.50	0	0
Ti	27.55	9.93	25.43	12.23	3.03	10.90	10.94
V	0.00	70.19	4.76	3.52	0	21.53	0
Mn	10.24	31.40	43.98	3.24	2.47	1.56	7.12
Fe	14.16	35.79	43.08	0	3.36	1.73	1.88
Ni	1.77	61.84	29.99	0	1.16	5.24	0
Cu	43.09	16.46	13.32	13.27	0	5.80	8.04
Zn	10.32	5.68	29.18	33.92	0	1.22	19.68
As	1.52	16.34	13.92	46.05	11.87	5.25	5.04
Se	0	0	31.24	29.70	20.85	1.25	16.96
Mo	8.19	61.47	0	0	0.00	0	30.34
Cd	4.05	0	30.92	41.72	6.99	0	16.33
Sb	33.26	5.73	10.78	29.32	6.13	0	14.78
Ba	69.03	0.00	9.95	10.47	2.38	8.17	0
Pb	4.79	1.09	44.61	29.90	3.83	1.97	13.81

は発生源の同定に用いた指標物質を示す

表 9 PMF 解析により得られた発生源プロファイル (conc. of species)

	自動車排気 +ブレーキ粉 塵	石油燃焼	鉄鋼工業 +土壌粒 子	廃棄物焼 却+石炭 燃焼	バイオマス 燃焼+有 機粒子	硫酸系二 次粒子+ 海塩粒子	硝酸系二 次粒子
PM2.5	0.95167	0.46462	0.41612	1.9694	2.4847	2.8619	2.2396
NO ₃ ⁻	0.034067	0	0.01051	0	0.16813	0.048575	1.1548
SO ₄ ²⁻	0	0.18809	0	0.63985	1.49E-08	1.4793	0.25525
Na ⁺	0.0044976	0.002801	0.011069	0.008961	0	0.043578	0.008421
NH ₄ ⁺	0.0034518	0	0	0.2401	0.026981	0.48313	0.5198
K ⁺	0	0.000112	0.014382	0.016638	0.031559	0.003447	0.003816
Mg ²⁺	0.00061187	0.000719	0.001715	0.001524	0.002068	0.007608	0
Ca ²⁺	9.8885E-05	0.00387	0.010801	0	0.016895	0.016878	0.001522
OC	0.49698	0	0	0.52403	1.2549	0.77098	0.038841
EC	0.30368	0.10578	0.066077	0.063815	0.29637	0	0.030086
Al	0	0	0.009725	0.000672	0.000723	0	0
Ti	0.00063539	0.000229	0.000587	0.000282	7E-05	0.000252	0.000252
V	0	0.004168	0.000283	0.000209	0	0.001279	0
Mn	0.00073546	0.002255	0.003159	0.000233	0.000177	0.000112	0.000511
Fe	0.017896	0.045243	0.054454	0	0.004246	0.00219	0.002377
Ni	3.7673E-05	0.001319	0.00064	0	2.48E-05	0.000112	0
Cu	0.0014562	0.000556	0.00045	0.000449	0	0.000196	0.000272
Zn	0.0019822	0.001092	0.005608	0.006519	0	0.000234	0.003782
As	9.832E-06	0.000105	8.98E-05	0.000297	7.66E-05	3.38E-05	3.25E-05
Se	0	0	0.000203	0.000193	0.000135	8.13E-06	0.00011
Mo	0.00007862	0.00059	0	0	0	0	0.000291
Cd	4.3036E-06	0	3.29E-05	4.43E-05	7.43E-06	0	1.74E-05
Sb	0.00023819	4.1E-05	7.72E-05	0.00021	4.39E-05	0	0.000106
Ba	0.0016344	0	0.000236	0.000248	5.62E-05	0.000193	0
Pb	0.00018431	4.2E-05	0.001716	0.00115	0.000147	7.57E-05	0.000531

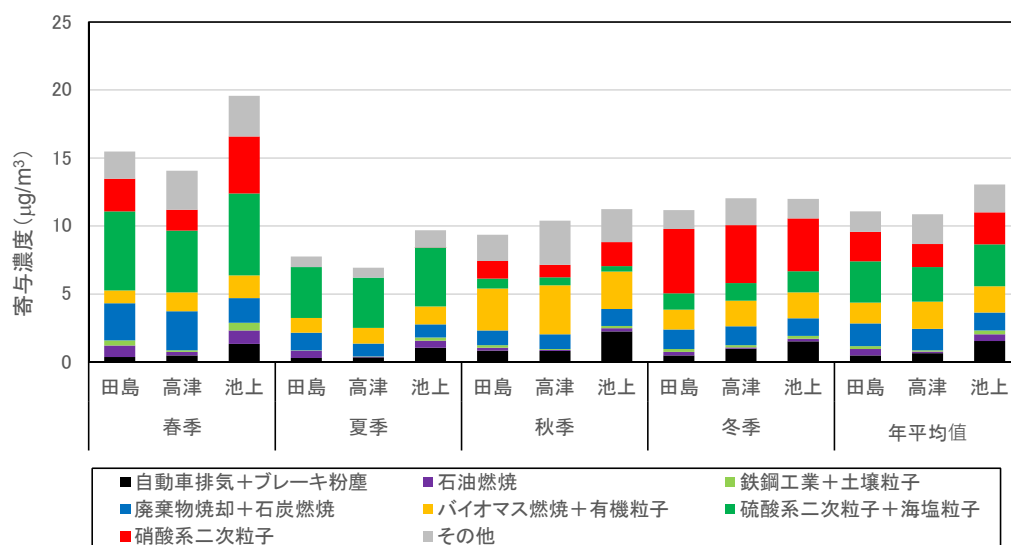


図 16 PM2.5 の平均寄与濃度 (PMF 法)

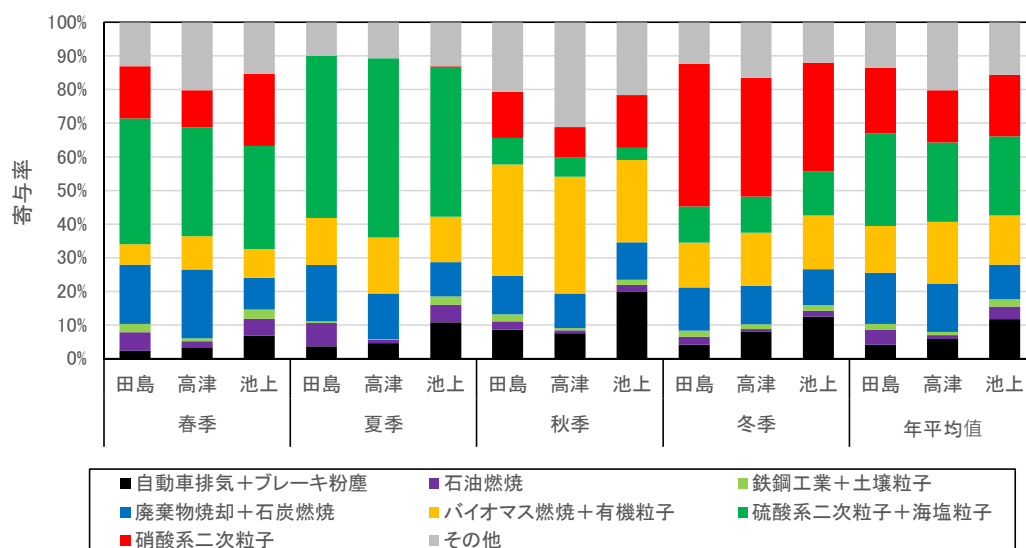


図 17 PM2.5 の平均寄与率 (PMF 法)

表 10 PM2.5 の平均寄与率 (PMF 法) (単位: %)

	春季			夏季			秋季			冬季			年平均值		
	田島	高津	池上	田島	高津	池上	田島	高津	池上	田島	高津	池上	田島	高津	池上
自動車排気+プレーキ粉塵	2.4	3.4	6.8	3.6	4.7	10.8	9.3	8.0	19.9	4.2	8.0	11.4	4.2	6.0	11.5
石油燃焼	5.5	1.8	5.0	7.0	0.9	5.3	2.6	0.8	2.1	2.4	0.7	1.6	4.5	1.2	3.6
鉄鋼工業+土壌粒子	2.4	0.9	2.8	0.5	0.2	2.5	2.2	0.7	1.5	1.8	1.5	1.5	1.9	0.9	2.2
廃棄物焼却+石炭燃焼	17.7	20.4	9.4	16.7	13.6	10.1	12.3	10.9	11.2	12.9	11.4	9.8	15.6	14.7	10.0
バイオマス燃焼+有機粒子	6.0	9.9	8.6	14.0	16.6	13.5	35.4	36.8	24.4	13.3	15.8	14.5	14.3	18.6	14.4
硫酸系二次粒子+海塩粒子	37.4	32.4	30.7	48.2	53.4	44.6	8.5	6.0	3.5	10.8	10.7	11.9	28.1	24.0	23.1
硝酸系二次粒子	15.6	11.0	21.4	0	0	0.2	14.6	9.5	15.7	42.3	35.3	29.5	20.1	15.8	17.9
その他	13.0	20.2	15.3	9.9	10.6	13.1	15.2	27.2	21.6	12.4	16.5	19.8	11.3	19.0	17.3

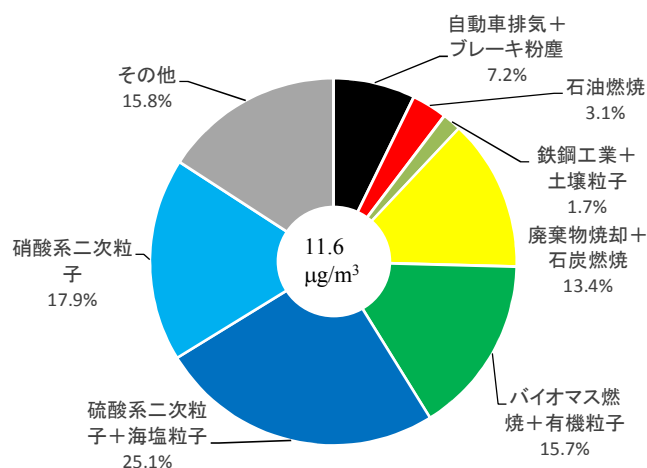


図 18 川崎市の各発生源寄与率の年平均値の割合

図 16、17 及び表 10 から、発生源ごとの寄与率の変動を確認した。

自動車排気+ブレーキ粉塵は、道路沿道の池上で高く、特に秋季と冬季に高い寄与を示した。1 年を通して、寄与率は 2.4（春季の田島）～20%（秋季の池上）の範囲であった。石油燃焼では、春季と夏季に臨海部の田島と池上で高い寄与を示した。1 年を通して、0.74%（冬季の高津）～7.0%（夏季の田島）の範囲であった。

鉄鋼業+土壌粒子は、臨海部の田島と池上で高い傾向がみられ、特に南風の卓越する春季と夏季に高くなる傾向がみられた。廃棄物焼却+石炭燃焼は、季節ごとに寄与濃度が高い地点が変わり、寄与率も 9.4%（春季池上）～20%（春季高津）と固定発生源の中では高い寄与を示した。

バイオマス燃焼+有機粒子は、秋季に高い寄与を示した。秋季は、表 5 に示した気象の影響で PM2.5 濃度が例年より低下していたが、その中でも寄与濃度としては $2.8 \sim 3.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、寄与率としては 24～37%と高い割合を示していた。秋季は、農作物残渣の野焼きが増加する時期であり、その寄与を示したものと推測される。硫酸系二次粒子+海塩粒子では、主に硫酸系二次粒子と考えられるが、春季と夏季の寄与が高く、秋季と冬季の寄与が低くなった。夏季の寄与濃度でみると、 $3.7 \sim 4.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、2016 年度の $1.0 \sim 2.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ より高いが、2015 年度の $10 \sim 12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と比べて 1/2 以下であった。2016 年度及び 2017 年度では、気象等の影響によって光化学反応が低く二次生成の硫酸イオンが減少したため、2015 年度よりも夏季の硫酸系二次粒子の寄与が大きく低下し、それが市内全測定局の PM2.5 環境基準達成の一因になったと推測される。硝酸系二次粒子の寄与は、夏季に低く冬季に高くなったが、この理由は 3.2.2 イオン当量比で記述したとおりである。

(参考) 今回の発生源推定に用いた指標成分

NO_3^- : 硝酸系二次粒子 SO_4^{2-} : 硫酸系二次粒子 Na^+ : 海塩粒子

NH₄⁺: 硝酸系及び硫酸系二次粒子 K⁺: バイオマス燃焼 Mg²⁺: 海塩粒子

OC: 有機粒子 EC: 自動車排気 Al: 土壌粒子 V: 石油燃焼 Mn: 鉄鋼工業

Fe: 鉄鋼工業 Ni: 石油燃焼 Cu: ブレーキ粉塵 As: 廃棄物焼却、石炭燃焼 Cd: 廃棄物
焼却、石炭燃焼 Sb: ブレーキ粉塵及び廃棄物焼却 Ba: ブレーキ粉塵

※これらの成分は絶対の指標ではなく、目安であることを申し添える。

5 結論

5.1 成分分析結果

市内3地点においてPM2.5の成分分析調査を実施した結果を基に、川崎市の2017年度の各季節における環境実態を解析した。

フィルタ捕集によるPM2.5質量濃度の年平均値は田島10.8 µg/m³、高津10.7 µg/m³、池上13.3 µg/m³であり、全地点で環境基準である15 µg/m³を下回った（なお、環境基準の評価は自動測定機により実施するため、参考として示している）。最も高濃度となったのは3地点とも春季であり、最も低濃度となったのは3地点とも夏季であった。

イオン成分は、二次生成粒子の代表的な成分であるNO₃⁻、SO₄²⁻、NH₄⁺が大半を占めており、PM2.5の約半分（43%～50%）を占めていた。

炭素成分では、OCは、季節ごとの差は少なく、ほぼ同程度の濃度であった。調査地点で比較すると、高津でやや高い傾向が見られたが、顕著なものではなかった。ECは秋季に濃度が高く夏季に濃度が低い傾向を示し、自排局である池上で高い濃度を示した。また、WSOCは、春季に高く夏季に低い傾向を示し、全ての地点でほぼ同様の推移を示した。OCからWSOCを差し引いたWIOCは、夏季に高い傾向を示し、高津で高い濃度であった。炭素成分は、PM2.5の約1/3（33～38%）を占めていた。

無機元素は、自然発生源に由来するNa、Al、K、Ca、Feが高い濃度を示した。南風が卓越する時期に、臨海部の田島や池上で濃度が増加する成分は、海塩粒子に多く含まれる成分と、臨海部の工業地帯に発生源がある成分になるが、2017年度では夏季に気象の影響を受けて濃度があまり増加しない傾向が見られた。海塩粒子の指標となるNa、池上近隣に発生源があるCa、重油燃焼の指標となるV、Ni、鉄鋼業の指標となるMn、Feは、春季に最も高い濃度を示した。また、ブレーキ粉じん（じん）の指標となるCu、Sbは自排局の池上で高い濃度を示した。同じくブレーキ粉じん（じん）の指標であるBaは、一般局の高津で最も高い濃度を示したが、これは5/15（春6）の突発的な高濃度の影響を受けたためで、この影響を除くとCu、Sbと同様に池上で高かった。

レボグルコサンは、田島及び高津とも春季及び夏季で低く、秋季及び冬季で高い傾向にあった。2地点とも濃度は同程度であったが、季節ごとの平均値及び年平均値をみると、全て高津の方が高かった。

5.2 発生源解析結果

市内3地点においてPM2.5の成分分析調査を実施した結果を基に、PMF法による発生源解析

を実施した。

発生源は、7種類に分離できた。自動車排気+ブレーキ粉塵は、主成分は自動車排気と思われるがどちらも自動車の影響を強く受けるため、同じ因子になったと考えられる。これは、秋季及び冬季に高い寄与率を示し、特に秋季の自排局の池上で20%と高い寄与率を示した。石油燃焼と鉄鋼業+土壌粒子は、1年を通して寄与が低かった。しかしながら、廃棄物焼却+石炭燃焼は、最大で春季の高津で20%と高い寄与率を示していた。

バイオマス燃焼+有機粒子は、春季に低く、秋季に高い寄与率を示した。主に、野焼きと二次有機粒子によるものと考えられるが、秋季の寄与率は24~37%と高く、特に秋季はバイオマス燃焼の指標となるレボグルコサンの濃度にも示されるように、野焼きの寄与が大きいと考えられる。硫酸系二次粒子+海塩粒子は、主に硫酸系二次粒子と思われるが、春季と夏季で高い寄与率を示した。硝酸系二次粒子は、冬季に高い寄与を示していた。

6 まとめ

6.1 2017年度調査結果のまとめ

2017年度の川崎市内のPM_{2.5}成分分析の結果、PM_{2.5}濃度の年平均値は3地点とも環境基準の年平均値15 µg/m³を下回っていた。季節ごとのPM_{2.5}濃度をみると、夏季の濃度が最も低く、次いで秋季の濃度が低かった。成分をみると、夏季では硫酸イオン濃度が低く、冬季と同程度の濃度であった。この要因としては、夏季の調査期間中は表5に示したように、曇りや雨の日が多く、日照時間も少なめで気温も低かったことから、オキシダント濃度も高くならず、二次生成による硫酸イオンの生成が進まなかったためと推察される。また、秋季では、調査期間中に台風が2回も関東地方に接近した影響によると思われる。

川崎市では、2017年度ではPM_{2.5}の常時監視測定局は一般環境大気測定局は8局、自動車排出ガス測定局は6局(8/1に市役所前測定局が追加)あるが、全測定局で環境基準を達成した。環境基準達成の要因として、1年間全てではなく各季節2週間の調査期間に限定されるが、発生源解析の結果では自動車排気の寄与率が低下し、一般局の田島と高津では4~6%、自排局の池上でも12%となっており、固定発生源の寄与も廃棄物焼却+石炭燃焼を除いて低いことから、これまでの公害対策が一定の効果を示したと考えられる。また、上記に示したように夏季と秋季に気象上の要因で、PM_{2.5}濃度が低下したこともあげられる。

更なるPM_{2.5}の低減には、発生源解析の結果では7種の発生源のうち、二次生成粒子(硫酸系二次粒子(+海塩粒子)+硝酸系二次粒子)の寄与率が40~48%と高く、バイオマス燃焼+有機粒子は農作物残渣の野焼きが頻繁に行われる秋季に寄与率が24~37%と大きく増加していたため、これらの削減について検討の余地があると思われる。

6.2 共同研究の結果に基づく今後の取組

川崎市と瀋陽市における2017年度のPM_{2.5}共同研究から、川崎市では全測定局で環境基準を達成した理由について、石油燃焼や鉄鋼工業などの固定発生源、自動車排気の移動発生源の寄与

が低く、これまでの固定発生源対策、移動発生源対策が効果を示したものと考えられた。また、夏季及び秋季の気象状況の影響を受けて減少した可能性が高いこともわかった。

今後も継続して環境基準を達成するには、1年を通して寄与が高い二次生成粒子や、秋季に寄与が高くなる野焼き等をはじめとするバイオマス燃焼の低減が必要になると思われる。そのために、国等の動向に注視すると共に、二次生成粒子の低減に関する情報収集を進め、効果的な対策について検討する必要があると思われる。

6.3 共同研究の成果・まとめ

川崎市と瀋陽市における2017年度のPM_{2.5}共同研究から、川崎市では、二次生成粒子の寄与が固定発生源や移動発生源の寄与に比べて大きく、今後は二次生成粒子の低減が課題になると考えられる。また、秋季に寄与が高くなるバイオマス燃焼についても、検討の余地があると思われる。

7 参考資料

7.1 季節ごとの成分濃度（有効数字2桁）

※「-」は70%以上（14試料中10試料以上）が検出下限値未満もしくは欠測であることを示す。

7.1.1 田島

(μg/m ³)	PM2.5	イオン成分								炭素成分			
		Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	OC	WSOC	WIOC	EC
春季	15.5	0.064	1.7	5.0	0.16	2.1	0.097	0.033	0.079	3.1	2.3	0.77	0.77
夏季	7.8	-	0.092	2.7	0.16	0.79	0.043	0.018	0.041	2.8	1.0	1.8	0.50
秋季	8.7	0.15	1.0	0.99	0.079	0.57	0.089	0.014	0.050	2.9	2.0	0.93	0.84
冬季	11.2	0.32	2.9	2.0	0.096	1.6	0.068	0.0094	0.038	2.5	1.3	1.1	0.67
年平均	10.8	0.14	1.4	2.8	0.13	1.3	0.073	0.019	0.052	2.8	1.6	1.2	0.69

(ng/m ³)	無機元素														
	Na	Al	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As
春季	100	29	81	38	-	3.9	13	2.5	14	350	0.084	4.5	5.1	27	1.4
夏季	77	11	31	29	-	1.2	9.6	2.5	5.0	130	0.067	3.5	2.2	9.2	0.73
秋季	75	13	86	21	0.0086	1.7	2.8	1.8	6.7	100	0.12	2.5	2.9	20	0.51
冬季	75	17	70	24	0.011	2.1	3.9	3.3	7.9	130	0.059	2.4	3.7	26	0.61
年平均	83	18	67	28	0.010	2.2	7.2	2.5	8.3	180	0.083	3.2	3.5	21	0.80

(ng/m ³)	無機元素														
	Se	Rb	Mo	Cd	Sb	Cs	Ba	La	Ce	Sm	Hf	Ta	W	Pb	Th
春季	1.1	0.25	3.1	0.15	0.94	0.052	2.7	0.087	0.099	-	-	-	0.49	6.0	-
夏季	0.32	0.048	2.5	0.067	0.36	-	1.4	0.029	0.035	-	-	-	0.17	1.5	-
秋季	0.73	0.16	1.7	0.11	0.70	0.021	1.7	0.066	0.094	-	-	-	0.22	3.1	-
冬季	0.76	0.23	2.6	0.99	0.79	0.049	1.4	0.072	0.12	-	-	-	0.27	5.0	-
年平均	0.71	0.17	2.4	0.33	0.70	0.032	1.8	0.064	0.087	-	-	-	0.29	3.9	-

7.1.2 高津

(μg/m ³)	PM2.5	イオン成分								炭素成分			
		Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	OC	WSOC	WIOC	EC
春季	14.0	0.028	1.2	4.5	0.12	1.9	0.070	0.018	0.057	3.3	2.6	0.67	0.65
夏季	6.9	-	0.064	2.4	0.098	0.78	0.037	0.014	0.030	3.2	1.2	2.0	0.35
秋季	9.8	0.13	0.97	0.83	0.046	0.54	0.092	0.0091	0.038	3.7	2.2	1.5	0.84
冬季	12.0	0.44	2.79	1.8	0.087	1.6	0.075	0.011	0.040	3.2	1.6	1.6	0.76
年平均	10.7	0.15	1.25	2.4	0.088	1.2	0.068	0.013	0.041	3.4	1.9	1.5	0.65

(ng/m ³)	無機元素														
	Na	Al	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As
春季	130	28	69	18	–	3.7	6.3	0.66	4.8	90	0.070	1.9	2.6	21	0.96
夏季	66	–	26	22	–	0.82	3.3	0.33	1.2	24	–	0.63	1.4	6.9	0.45
秋季	57	8.1	81	11	–	5.2	1.3	0.50	3.2	50	0.063	0.58	2.2	13	0.41
冬季	72	19	80	24	–	2.7	1.9	1.4	5.3	91	0.052	1.0	3.3	28	0.57
年平均	81	15	64	19	–	3.1	3.2	0.71	3.6	64	0.049	1.0	2.4	17	0.60

(ng/m ³)	無機元素														
	Se	Rb	Mo	Cd	Sb	Cs	Ba	La	Ce	Sm	Hf	Ta	W	Pb	Th
春季	0.95	0.20	0.65	0.13	0.74	0.025	8.3	0.062	0.12	–	–	–	0.36	4.0	–
夏季	0.28	0.038	0.20	0.057	0.24	–	2.7	0.023	0.027	–	–	–	0.088	1.1	–
秋季	0.57	0.16	0.57	0.071	0.89	0.013	1.7	0.030	0.055	–	–	–	0.10	2.2	–
冬季	0.77	0.24	0.96	0.16	1.0	0.028	2.7	0.051	0.11	–	–	–	0.17	11	–
年平均	0.64	0.16	0.60	0.10	0.73	0.018	3.8	0.041	0.079	–	–	–	0.18	4.5	–

7.1.3 池上

(μg/m ³)	PM2.5	イオン成分								炭素成分			
		Cl [–]	NO ₃ [–]	SO ₄ ^{2–}	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	OC	WSOC	WIOC	EC
春季	19.6	0.087	2.56	5.2	0.21	2.4	0.12	0.034	0.13	3.3	2.4	0.88	1.5
夏季	9.7	–	0.15	3.0	0.15	0.92	0.068	0.019	0.091	2.9	1.2	1.6	1.2
秋季	11.2	0.19	1.3	1.0	0.092	0.72	0.096	0.012	0.042	3.3	2.2	1.2	2.1
冬季	13.2	0.38	2.4	2.0	0.11	1.5	0.087	0.012	0.043	3.0	1.8	1.2	1.6
年平均	13.3	0.16	1.6	2.8	0.14	1.4	0.093	0.013	0.077	3.1	1.9	1.2	1.6

(ng/m ³)	無機元素														
	Na	Al	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As
春季	150	41	100	72	–	6.6	15	3.1	22	370	0.10	5.5	6.1	37	1.2
夏季	140	17	72	59	–	2.3	9.9	1.9	14	190	0.11	3.8	4.6	21	0.74
秋季	90	14	100	30	–	3.2	3.3	2.2	13	130	0.058	1.6	5.0	28	0.53
冬季	78	19	88	28	–	3.0	3.8	3.1	11	130	0.078	2.5	4.9	31	0.56
年平均	110	23	92	47	–	3.7	7.9	2.6	15	200	0.087	3.3	5.1	29	0.74

(ng/m ³)	無機元素														
	Se	Rb	Mo	Cd	Sb	Cs	Ba	La	Ce	Sm	Hf	Ta	W	Pb	Th
春季	1.3	0.38	4.1	0.18	1.3	0.072	4.0	0.10	0.15	–	–	–	1.3	8.1	–
夏季	0.68	0.18	1.7	0.12	0.64	0.033	3.1	0.052	0.068	–	–	–	0.16	4.0	–
秋季	0.73	0.18	2.1	0.11	1.6	0.017	4.3	0.084	0.16	–	0.0088	–	0.24	3.8	–
冬季	0.81	0.25	2.8	0.17	1.1	0.050	3.4	0.078	0.17	–	–	–	2.3	5.6	–
年平均	0.87	0.24	2.7	0.14	1.2	0.043	3.7	0.078	0.14	–	–	–	1.0	5.3	–

7.1.4 レボグルコサン

(ng/m ³)	田島	高津
春季	7.4	10
夏季	5.1	6.6
秋季	48	51
冬季	47	63
年平均	26	33

7.2 同一試料の比較研究結果（詳細については 7.7 を参照）

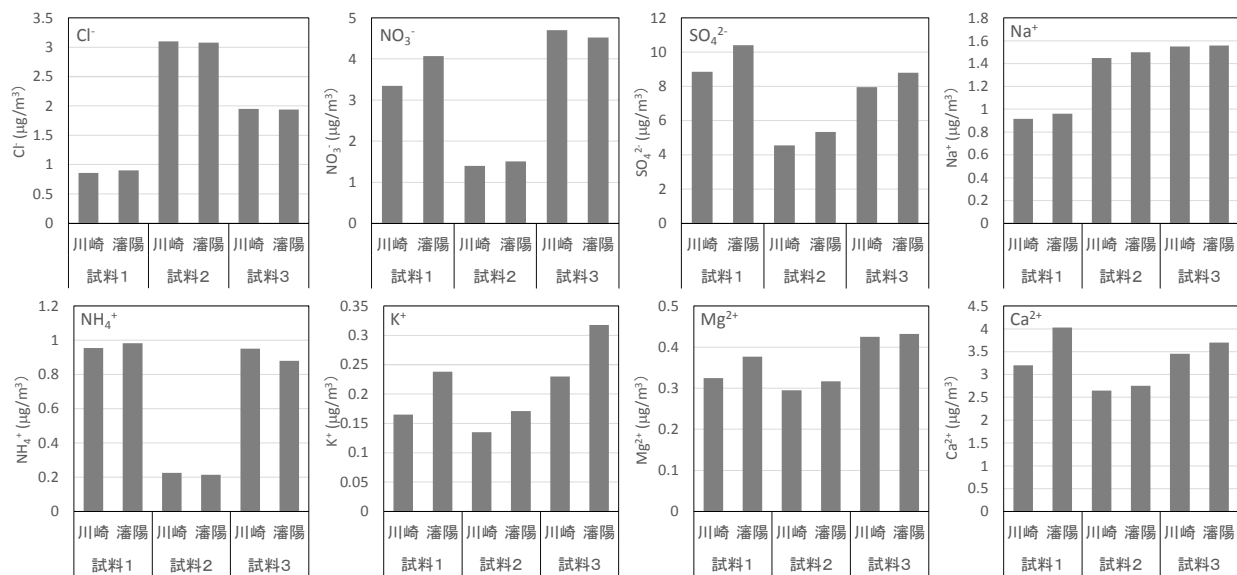
7.2.1 イオン成分

（１）川崎市のイオン成分の分析結果

（単位μg/m³、有効数字 3 桁）

	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
試料 1 (TFH26-02)	0.859	3.38	8.86	0.912	0.958	0.163	0.326	3.22
試料 2 (TFH26-03)	3.07	1.43	4.54	1.43	0.229	0.136	0.298	2.66
試料 3 (TFH26-04)	1.96	4.67	7.96	1.51	0.949	0.233	0.425	3.45

(2) 川崎市と瀋陽市との比較結果



●イオン成分については、川崎市と瀋陽市の分析結果がよく一致していた。

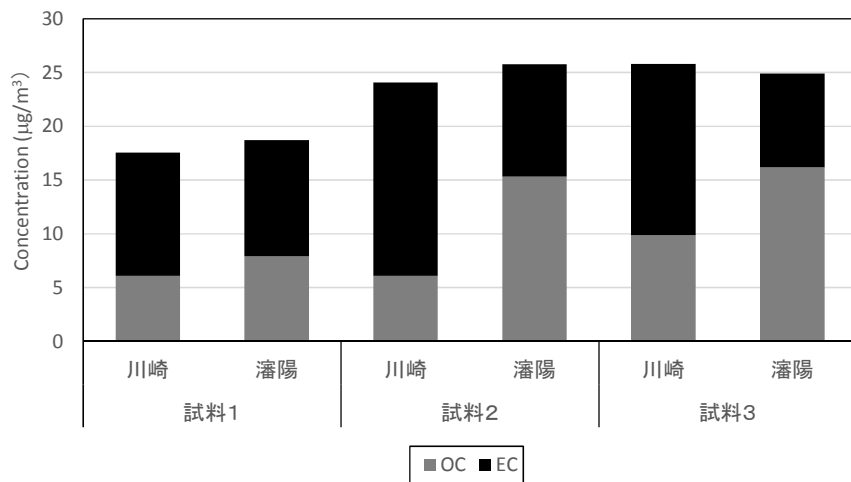
7.2.2 炭素成分

(1) 川崎市の炭素成分の分析結果

(単位 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、有効数字3桁)

	OC	EC
試料1 (TFH26-02)	6.09	11.5
試料2 (TFH26-03)	6.49	18.0
試料3 (TFH26-04)	9.87	15.9

(2) 川崎市と瀋陽市との比較結果



- TC (Total Carbon: OC+EC) は、川崎市と瀋陽市でよく一致していた。
- OC は、試料 1 はよく一致したが、試料 2 と 3 は瀋陽市が川崎市より高い値を示した。
- EC は、試料 1 はよく一致したが、試料 2 と 3 は川崎市が瀋陽市より高い値を示した。

7.2.3 無機元素

(1) 川崎市の無機元素成分の分析結果

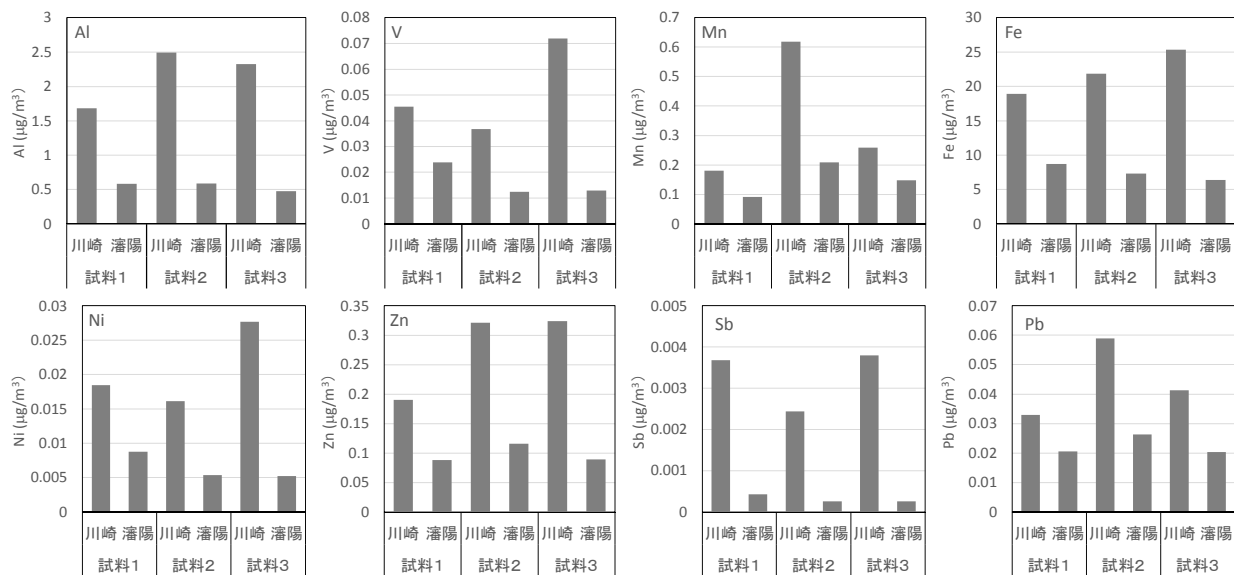
(単位 ng/m³、有効数字 3 桁)

	Na	Al	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn
試料 1 (56664-H29-04)	1,160	1,680	449	5,660	0.503	124	45.5	30.7	180
試料 2 (56664-H29-05)	2,400	2,490	570	7,390	0.625	192	36.7	38.5	618
試料 3 (56664-H29-06)	2,280	2,330	712	6,650	0.590	170	71.9	35.6	259

Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Mo	Sb
18,900	0.915	18.4	19.9	190	2.81	3.61	2.12	7.00	3.68
21,800	1.37	16.1	18.7	321	1.97	2.51	2.93	8.56	2.44
25,300	1.23	27.7	25.7	324	2.81	3.76	2.77	7.20	3.8

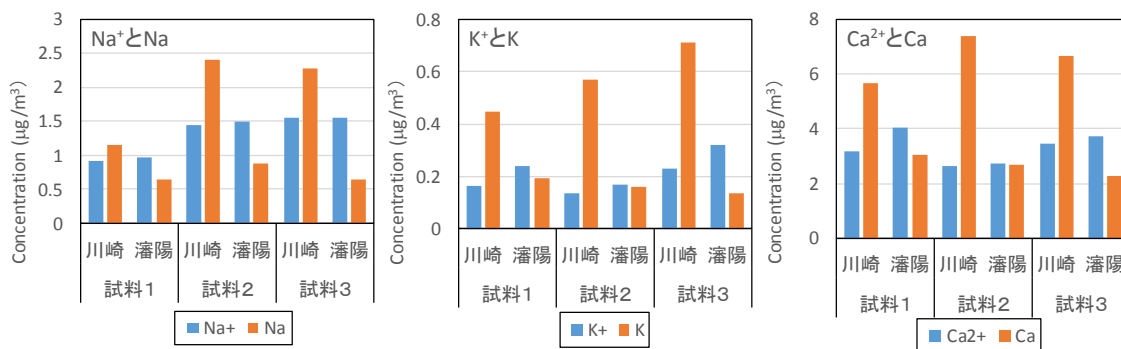
Cs	Ba	La	Ce	Sm	Hf	Ta	W	Pb	Th
0.516	26.6	1.30	1.98	0.195	0.363	0.0584	2.01	32.9	0.259
7.51	34.2	1.56	2.66	0.261	0.178	0.0467	1.36	58.9	0.408
0.581	39.5	3.14	2.57	0.230	0.184	0.0379	1.75	41.4	0.316

(2) 川崎市と瀋陽市との比較結果（主な無機元素）



●無機元素の分析結果は、全体的に川崎市の方が瀋陽市よりも高い値を示した。

7.2.4 イオン成分と無機元素の比較



●川崎市は、同一成分では無機元素のほうがイオン成分よりも高い値を示した。

●瀋陽市は、同一成分ではイオン成分のほうが無機元素よりも高い値を示した。

7.3 これまでの措置・取組

7.3.1 川崎市の公害対策の概要

【創成期】

京浜工業地帯の中核として繁栄していた川崎の工場は、太平洋戦争末期の本土空襲により壊滅状態となったが、朝鮮戦争を契機とし、戦前からの鉄鋼・機械工業の再生・復興に加え、発電所の建設、石油コンビナートの形成が進む中で、これらの工場群から排出されるばい煙や汚水は、複合して広範囲にわたり被害を与えることになった。1950年頃から大気汚染に関する市民の苦情が現れはじめ、高度成長期に入ると公害苦情件数も飛躍的に増加した。こうした状況から、従来の特定の加害工場と周辺被害住民との関係だけでは律しきれない公害問題を生じ、国や自治体もこれに積極的に対応せざるをえないような状況になった。1951年には、神奈川県が「事業場公害防止条例」を制定し、工場に対する規制を開始した。

川崎市では、高度成長期に産業公害が激化していく中で、1960年10月には、公害防止条例制定の運動が起こり、市議会に条例制定直接請求書が提出された。直接請求の条例案は、臨時市議会で否決されるが、12月には、市提案による「川崎市公害防止条例（旧条例）」を公布・施行した。しかしながら、排出規制は伴わず、公害防止対策としては不十分なものであった。1965年の大師測定局のSO₂の年平均値は0.110 ppm（0℃, 1 atmで314 µg/m³）であり、大気汚染は依然として激しかった。1970年には、川崎区の大師、田島地区は公害病認定地区に指定され、1972年には、東海道線以東の全域が指定地区になった。本市における公害病とは、「慢性気管支炎」、「気管支ぜんそく」、「ぜんそく性気管支炎」、「肺気腫」であり、いずれも大気汚染による閉塞性呼吸器疾患である。

【産業型公害への対応】

国においても1962年に「ばい煙の排出の規制等に関する法律」を制定するなど諸法令の整備を行った。1967年に典型6公害を包括した公害対策基本法を制定し、大気汚染に係る環境基準を設定したが、環境の保全に関して経済の発展との健全な調和を図るという経済調和条項が含まれており、公害問題を長期化、深刻化させる一因となった。翌1968年に大気汚染防止法を制定し、排出基準を定め、地方自治体の横出し規制を容認した。更に1970年の改正で、これらの法令から経済調和条項を全て削除した。

また、川崎市を含む京浜工業地帯では、1970年前後から市民活動による公害反対運動が顕在化し、「川崎市から公害をなくす会」、「京浜に青空を取り戻す会」といった公害反対運動の住民運動の組織が結成され、陳情が繰り返された。それに応じて周辺自治体では公害対策が進み、企業に対して公害防止のため、ばいじんや硫黄酸化物をはじめとする汚染物質の排出抑制を強く要請した。それに対し、企業も地域住民ないし自治体あってこそその企業と考え、地域社会への協力や理解を願うと同時に公害対策に真剣に取り組み、法条例以上の汚染物質排出抑制に自主的に取り組みはじめた。1964年に横浜市が初めて行った、企業の自主的な公害防止対策を求めた自治体と企業との公害防止協定の締結も広まってきた。

本市では、1970年に硫黄酸化物排出量が10m³N/h以上の大手工場等37社（39工場）と「大気

汚染防止に関する協定」を締結し、更に1972年に硫黄酸化物排出量が $5\text{m}^3\text{N/h}$ 以上 $10\text{m}^3\text{N/h}$ 未満の工場等の大手8社（8工場）と「大気汚染防止に関する覚書」を締結し、発生源対策を強化した。また、1970年に神奈川県、横浜市、川崎市による三者協議会（扇島連絡協議会）が、製鉄業大手の日本鋼管（現JFE）と京浜製鉄所の扇島移転に伴う「公害防止協定」を締結し、硫黄酸化物の排出量の大幅な低減を図った。

1972年3月に「川崎市公害防止条例」が公布された。これは、大気汚染防止法に抵触しない手法で深刻な大気汚染問題を克服するため、「環境目標値」を掲げるとともに、全国に先駆けて「総量規制方式」を導入した。これは、市民の健康の保護と生活環境の保全に必要な「環境目標値」を定め、次にこの目標値を維持するための市域の汚染負荷量を勘案して、地区ごとに許容排出量を設定し、この地区別許容量が維持されるように工場等から排出される大気汚染物質の排出量を定めたものである。総量規制方式の対象は、当初は硫黄酸化物と浮遊粒子状物質であったが、1978年に窒素酸化物も対象に加えた。また、有機化合物も規制対象に追加し、設備基準を規定した（排出基準はなし）。

総量規制については国も追随し、1974年に硫黄酸化物、1981年に窒素酸化物を総量規制の対象とした。その結果、1979年に、 SO_2 濃度が市内全局で環境目標値（＝国の環境基準値 日平均値 0.04 ppm （ 0°C , 1 atm で $114\text{ }\mu\text{g/m}^3$ ））を達成した。

【都市生活型公害への対応】

1970年代後半に入ると、これまでの工場・事業場を主な発生源とするいわゆる産業公害については、国、自治体による諸法令の整備、規制などの制定により、かなりの改善が見られた。一方、社会経済の発展、生活水準の向上に伴い、都市への人口集中、自動車交通量の増大等が顕著となり、生活騒音、生活排水、合成洗剤問題、自動車排出ガスなど、都市・生活型公害が顕在化した。また、有害化学物質による地下水汚染が社会的な問題として取り上げられた。

自動車対策としては、国は1992年に自動車（ディーゼル車及びバスやトラックのガソリン車）から排出される窒素酸化物による大気汚染の防止を目的として「自動車 NO_x 法」を制定し、更に2001年に粒子状物質も発がん性などの健康影響が懸念されることから削減対象に追加し、「自動車 NO_x ・PM法」に改正した。本法により、排ガスの基準値に満たない車は、川崎市などの対象地域内での登録が出来なくなった。しかしながら、排ガスの基準値に満たない車でも対象地域内での運行は可能なことから、2003年に東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県で公害対策の条例を改正し、排ガスの基準値に満たない車の運行を禁止する「ディーゼル車運行規制」を実施した。これらの法令と事業者の基準を満たした車への買い換えや排ガス処理装置の追加といった対応により、自動車公害は大きく低減され、川崎市を含む首都圏での NO_2 やSPMの環境基準達成がほぼ常態化した。

【総合域環境行政への対応】

1980年代後半に入ると、全国的にも都市・生活型公害問題、先端技術産業の進展に伴う化学物質による環境汚染問題が大きくクローズアップされるようになり、そのうち自動車対策に関して

は、1992年9月には「川崎市自動車公害防止計画」を策定し、自動車公害の改善に向けた本格的な施策の展開を図った。

1992年6月にブラジルのリオデジャネイロで「環境と開発に関する国連会議(地球サミット)」が開催され、アジェンダ21(環境と開発に関するリオ宣言の諸原則を実行するための行動計画)など多くの国際的合意が得られた。我が国においても、1993年11月に「公害対策基本法」を廃止し環境政策の基本理念等、新たな枠組みを示す「環境基本法」が制定された。市では、1992年12月には、市民の健康を保護し、安全な生活環境を確保することを政策理念とした「川崎市環境基本条例」を制定・公布し、総合的環境行政の制度づくりに向けた取組を推進し、それに基づいて1994年2月に環境行政の基本方針となる「川崎市環境基本計画」を策定し、「人と環境が共生する都市・かわさき」の実現をめざし、諸施策を推進することにした。

更に、1999年12月に、現行の条例である「川崎市公害防止等生活環境の保全に関する条例」を施行した。これは、「川崎市環境基本条例」の政策理念である市民の健康を保護し、安全な生活環境を確保する分野を担うための政策実施条例で、地域の環境管理に一義的に責任を持つものとして施行された。これは、従来の硫黄酸化物、ばいじん、窒素酸化物、有機化合物等の規制に加え、化学物質の適正管理、温室効果ガスの排出抑制など現代の環境対策を含むとともに、事業場における環境負荷の低減のための自主管理を促す手法も整備した。

また、国はオキシダント及び浮遊粒子状物質(粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の大気中の粒子;SPM)の低減を目的として、2008年に揮発性有機化合物(VOC)の排出規制及び事業者の自主的取組を組み合わせた対策を開始し、工場等の固定発生源からのVOC排出量を、2010年度までに2000年度比で3割程度抑制することを目指したが、最終的には4割程度の抑制になった。

更に、国は、粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下の微小粒子状物質(PM_{2.5})対策として、2009年に環境基準値を設定した。

企業も、2000年代に経団連や経済同友会などの複数の財界団体が「企業の社会的責任(CSR)」の意味合いと重要性を提起してから、環境対策として法条例を遵守するだけでなく、CSRを果たすための一環として地域社会への自主的な貢献を行ったり、地域住民にリスクコミュニケーションを通じて生産活動や環境対策の情報を周知するなどして、自主的な地域住民等への貢献や環境対策を推し進めるところも増えてきた。本市でもその活動を後押ししている。

※本章は、公害防止条例の研究(人見剛、横田覚、海老名富夫 編著)の「4 川崎市における公害行政と組織の変遷」(P219~223)を基に、一部加筆修正を加えたものである。

表 11 国、神奈川県、本市における公害対策の概要

年度	主体	法令の名称	概要
1951	神奈川県	神奈川県事業場公害防止条例	・排出規制は伴わない
1960	川崎市	川崎市公害防止条例	・排出規制は伴わない
1962	国	ばい煙の排出の規制等に関する法律	・ばい煙発生施設と認められるものは限定的で、排出基準は大きい値

			であった。
1964	神奈川県	公害の防止に関する条例	・ 国の法律に上乗せで規制（上乗せ条例の始まり）
1967	国	公害対策基本法	・ 典型 6 公害を包括 ・ 大気汚染に係る環境基準を設定 ・ 経済発展との調和条項が残る
1968	国	大気汚染防止法	・ 固定発生源及び移動発生源の排出基準を設定 ・ 自治体の横出し規制を容認 ・ 以後、自治体の条例は、法律の補完化が進む
1970	国	改正公害対策基本法、改正大気汚染防止法など公害関係 14 法が可決成立	・ 経済発展との調和条項を削除 ・ 公害防止事業費の事業者負担を定める。 ・ 都道府県は、地域の実情に応じて国の排出基準よりも厳しい排出基準設定が可能
1970	川崎市	大手工場等 37 社（39 工場）と大気汚染防止に関する協定を締結	・ 硫黄酸化物排出量が、 $10\text{m}^3\text{N/h}$ 以上の大手工場等が対象 ・ 大気汚染防止計画の策定、大気汚染緊急時の対応、燃料使用量、その硫黄含有量などの報告等
1972	川崎市	新たな川崎市公害防止条例を制定	・ 硫黄酸化物の総量規制を導入（1974 年適用）
1972	川崎市	大手 8 社（8 工場）と大気汚染防止に関する覚書を交換	・ 硫黄酸化物排出量が、 $5\text{m}^3\text{N/h}$ 以上 $10\text{m}^3\text{N/h}$ 未満の工場等が対象 ・ 内容は、公害防止協定とほぼ同一
1974	国	大気汚染防止法改正	・ 硫黄酸化物の総量規制を導入
1978	川崎市	川崎市公害防止条例改正	・ 窒素酸化物の総量規制を導入
1981	国	大気汚染防止法改正	・ 窒素酸化物の総量規制を導入
1992	国	自動車 NO _x 法	・ 自動車からの窒素酸化物の排出量削減について対象地域に対する総量規制を導入し、排ガスの基準値に満たない車の登録不可
1999	川崎市	川崎市公害汚染防止等生活環境の保全に関する条例	・ 粒子状物質の排出量削減について、二次生成粒子を考慮した包括的総

			量削減方式を導入
2001	国	自動車 NOx・PM 法	・自動車 NOx 法に、粒子状物質の排出量削減も導入
2003	東京都等 1 都 3 県	ディーゼル車運行規制	・自動車排ガスの基準値に満たないトラック、バスのディーゼル車の運行を禁止
2008	国	環境基本法改正	・揮発性有機化合物の排出抑制対策の実施
2009	国	大気汚染防止法改正	・PM2.5 の環境基準値を規定

7.3.2 川崎市の公害対策の概要

7.3.2.1 粒子状物質（ばいじん、SPM、PM2.5）

7.3.2.1.1 川崎市内の粒子状物質（降下ばいじん、SPM、PM2.5）の濃度推移

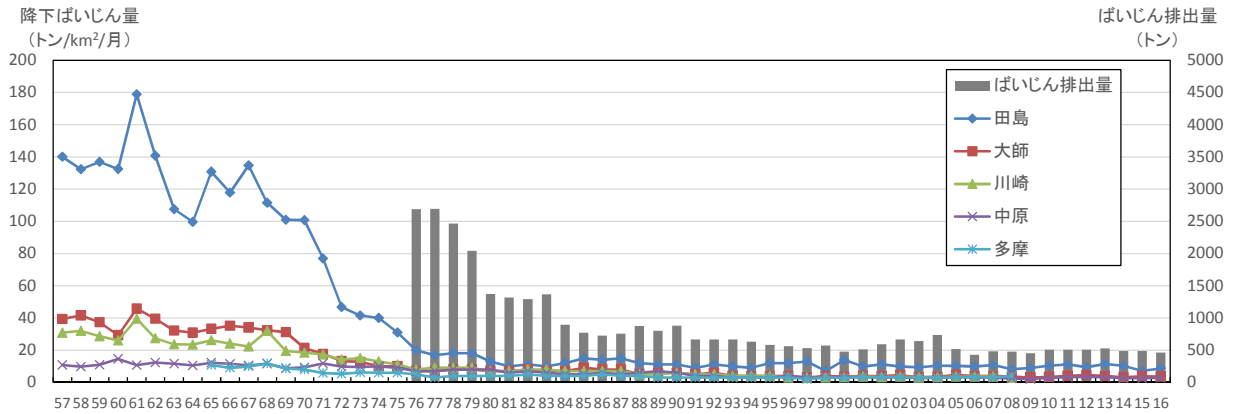


図 19 降下ばいじん量（1957 年～2016 年）とばいじん排出量（1976 年～2016 年）の経年推移

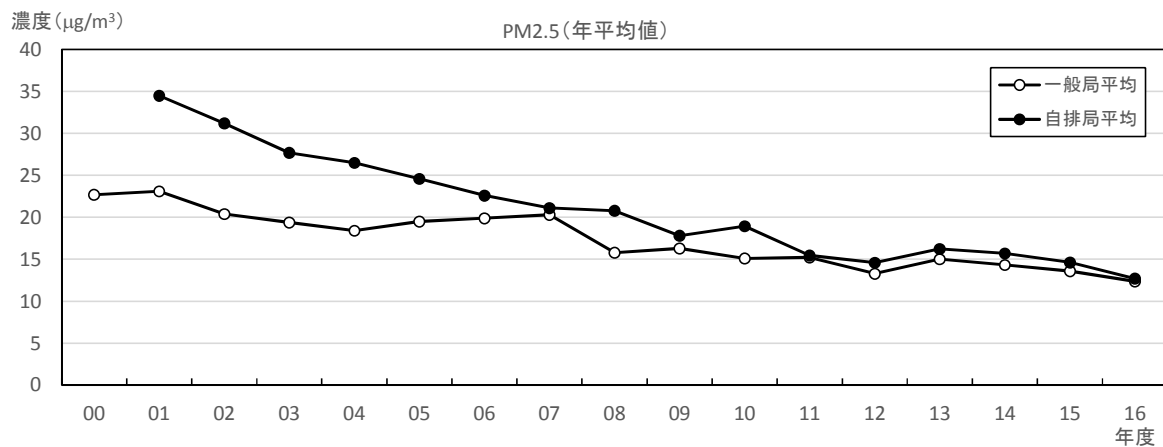


図 20 PM2.5 の年平均値の推移

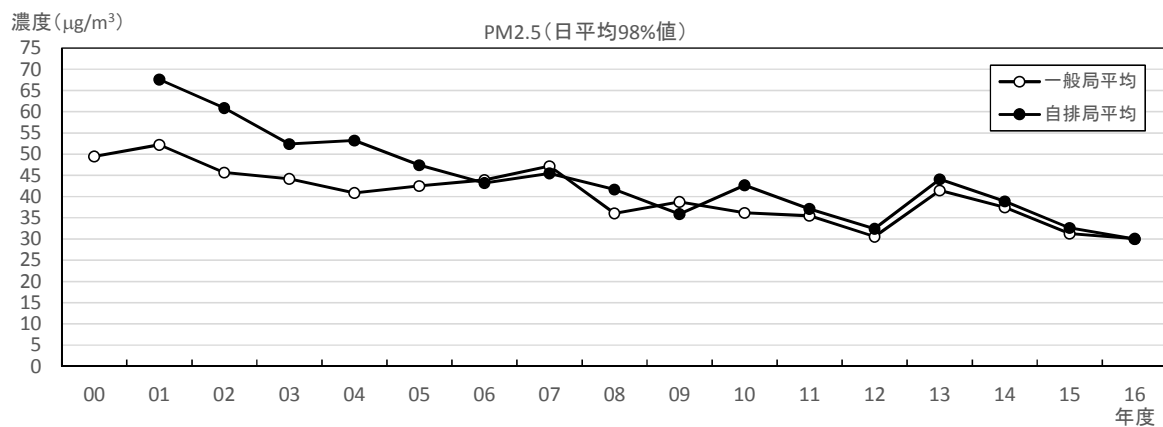


図 21 PM2.5 の日平均 98%値の推移

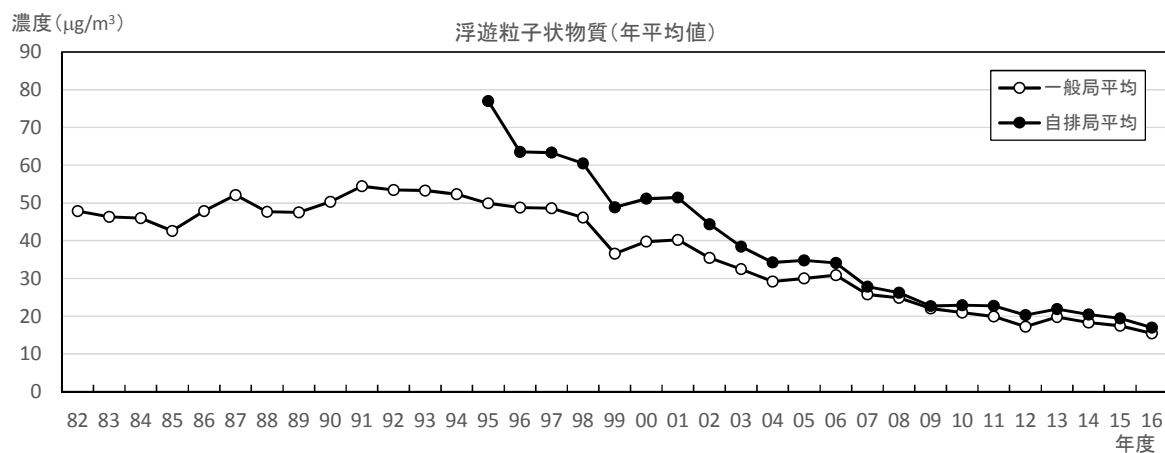


図 22 浮遊粒子状物質 (SPM) の年平均値の推移

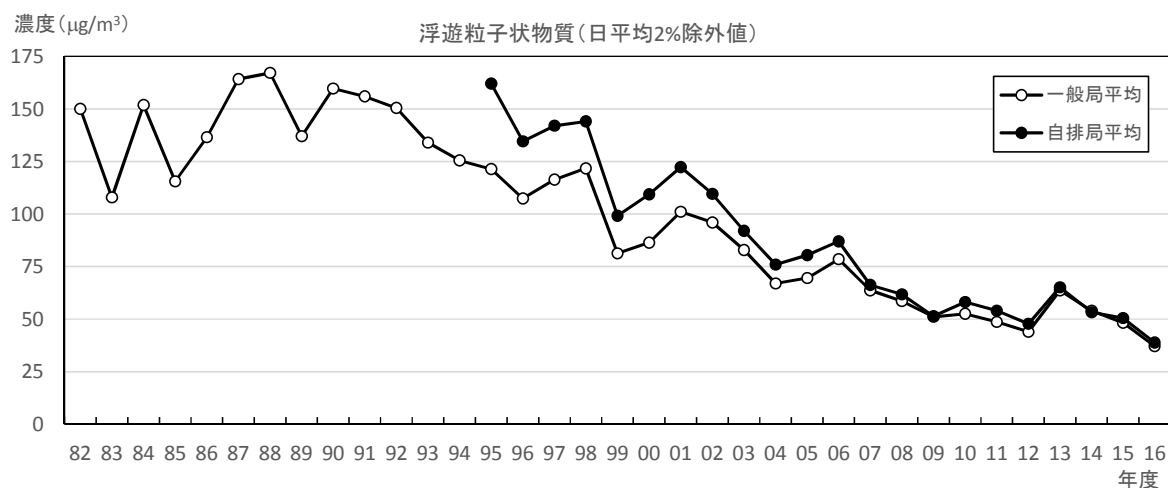


図 23 浮遊粒子状物質 (SPM) の日平均値の 2%除外値の推移

7.3.2.1.2 現在の環境基準

	種類	基準値
PM2.5	年平均値	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下
	日平均値	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下
SPM	長期基準	1 時間値の 1 日平均値が 0.10mg/m ³ 以下
	短期基準	1 時間値が 0.20mg/m ³ 以下

7.3.2.1.3 現在の排出基準 (ばいじん)

(1) 国

- ・ ばいじんの排出基準は、濃度規制方式であり、施設の種類及び規模ごとに定められている。硫黄酸化物の排出基準と同様、一般排出基準と特別排出基準（9 地域指定）とがある。

- ・また、ばいじんの排出基準は、温度零度・圧力 1 気圧の状態に換算した排出ガス 1m³ 中のばいじんの量として定められているが、排出ガスを空気で薄めて排出することによって排出基準に適合させることを防ぐために、次式に表される標準酸素濃度補正方式が取り入れられている。

$$C = \{(21 - O_n) / (21 - O_s)\} \times C_s$$

C : ばいじんの量 (g)

O_n : 施設ごとに定める標準酸素濃度 O_n (%)

O_s : 排出ガス中の酸素濃度 (20% を超える場合は、20% とする)

C_s : JISZ8808 に定める方法により測定されたばいじんの量 (g)

- ・排出基準値一覧は 7.4 を参照

(2) 川崎市

ア ばいじん対策

- ・7.5 ア～オを参照

イ 粒子状物質対策 (包括的総量削減規制)

- ・7.5 カを参照

(3) 自動車対策

- ・7.6 を参照

7.3.2.2 硫黄酸化物

7.3.2.2.1 硫黄酸化物の濃度推移

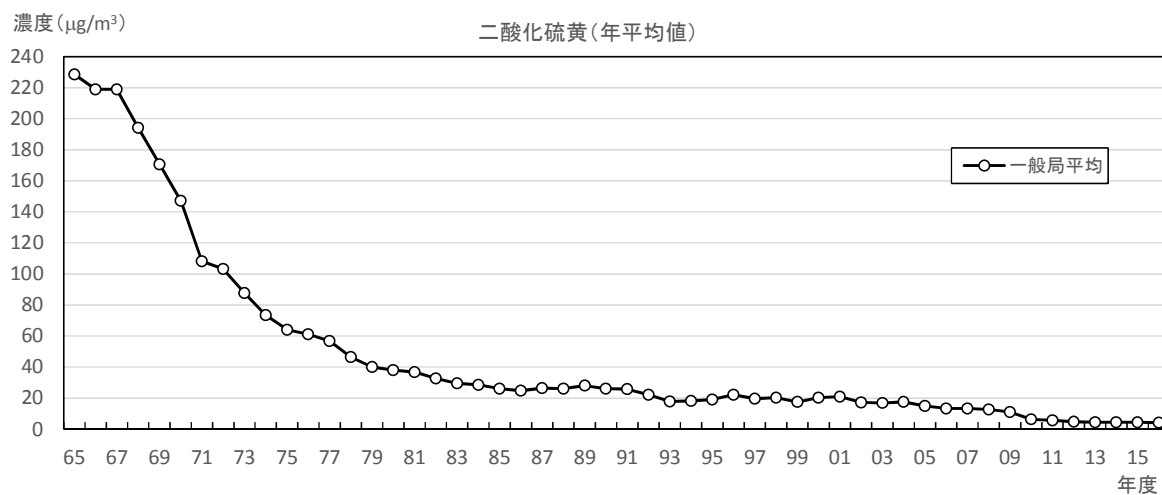


図 24 二酸化硫黄 (SO₂) の年平均値の経年推移 (1 気圧、0°C 換算)

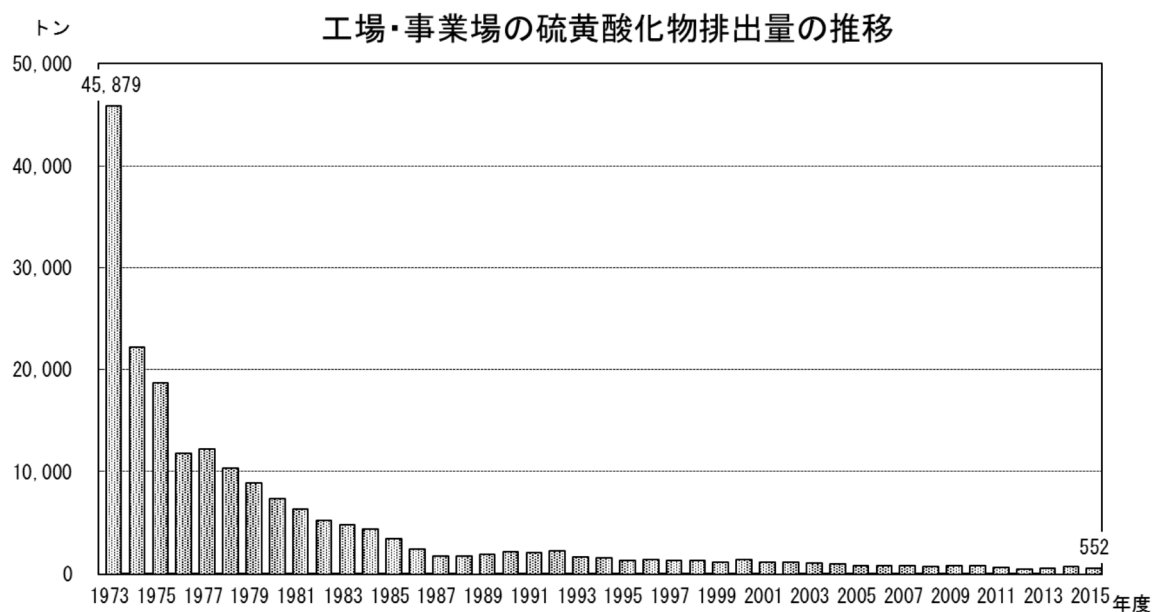


図 25 工場・事業場の硫黄酸化物の排出量の推移

7.3.2.2.2 現在の環境基準

	種類	基準値
SO ₂	長期基準	1 時間値の 1 日平均値 0.04 ppm (0℃、1atm で 114 μg/m ³) 以下
	短期基準	1 時間値が 0.1 ppm (0℃、1atm で 286 μg/m ³) 以下

7.3.2.2.3 現在の排出基準

(1) 国

ア 量規制 (K 値規制)

$$q = K \times 10^{-3} H e^2$$

q : 硫黄酸化物の許容排出量 (単位 ; 温度零度・圧力 1 気圧の状態に換算した m³ 毎時)

K : 地域別に定める定数

H e : 補正された排出口の高さ (煙突実高 + 煙上昇高)

- ・ K 値は地域の区分ごとに異なり、数字が小さくなればなるほど規制が厳しい。硫黄酸化物の排出基準は全国に適用される一般排出基準と、汚染が著しいか又は著しくなるおそれがある地域で、新設される施設に限って適用される特別排出基準とがある。

イ 総量規制

(ア) 工場・事業場が集積しており、施設ごとの排出規制 (K 値規制) のみによっては環境基準の達成が困難と考えられる一定地域を国が指定し (現在 24 地域)、当該都道府県の知事は、地域全体での排出許容総量を算出し、総量削減計画を作成する。総量規制基準の基本式は、使用する原燃料が増大するに応じて、排出の許容量が低減するような規制式で表さ

れる。(原燃料使用量方式)

$$Q = a \cdot W^b$$

Q : 排出許容量 (単位 ; 温度零度・圧力 1 気圧の状態に換算した m^3 毎時)

W : 特定工場等における全ばい煙発生施設の使用原燃料の量 (重油換算、KL (キロリットル 毎時))

a : 削減目標量が達成されるように都道府県知事が定める定数

b : 0.80 以上 1.0 未満で、都道府県知事が定める定数

(イ) また、新設された特定工場等及び増設のあった特定工場等に対しては、一般の総量規制基準より厳しい特別の総量規制基準が適用できる。

$$Q = a \cdot W^b + r \cdot a \{ (W + W_i)^b - W^b \}$$

W_i : 都道府県知事が定める日以後に特定工場等に新設又は増設される全ばい煙発生施設において使用される原燃料の量

r : 0.3 以上 0.7 以下の範囲内で定める定数

表 12 川崎市 (横浜市、横須賀市) の係数

	a	b	r
川崎区及び幸区	1.5	0.865	0.5
上記以外の区	2.5	0.865	0.8

・従って川崎市では、以下の計算式が適用される。

$$\text{川崎区及び幸区 : } Q = 1.5W^{0.865} + 0.5 \{ (W + W_i)^{0.865} - W^{0.865} \}$$

$$\text{それ以外の区域 : } Q = 2.5W^{0.865} + 0.8 \{ (W + W_i)^{0.865} - W^{0.865} \}$$

(ウ) さらに、総量規制基準の対象外となる小規模な工場等については、燃料使用基準 (工場単位の基準) が定められており、重油その他の石油系燃料について、硫黄分を都道府県知事が定める。

(2) 川崎市 (条例)

ア 地区ごとの対策目標量

表 13 地区及び対策目標量

地区	目標量
川崎区 (大師及び田島)	1,990 トン / 年以下
川崎区 (大師及び田島を除く) 及び幸区	20 トン / 年以下
それ以外の地区	40 トン / 年以下

イ 事業所における許容限度

表 14 排出基準

区分	施設の燃料使用量	基準値 (1 cal=4.184 J で計算)
新設	年 4.2×10^{10} kJ 以上	10 ⁵ kJ 当たりの硫黄酸化物排出量が 4.8g 以下 (10 トン/年を超えないこと)
	年 4.2×10^{10} kJ 未満	10 ⁵ kJ 当たりの硫黄酸化物排出量が 9.1g 以下 (2 トン/年を超えないこと)
既設	年 21×10^{10} kJ 以上	10 ⁵ kJ 当たりの硫黄酸化物排出量が 8g 以下
	年 21×10^{10} kJ 未満	10 ⁵ kJ 当たりの硫黄酸化物排出量が 14g 以下 (17 トン/年を超えないこと)

※新設は、1976 年 1 月 1 日以後に設置された指定事業所

7.3.2.3 窒素酸化物

7.3.2.3.1 川崎市内の窒素酸化物 (NO₂、NO_x) の濃度推移

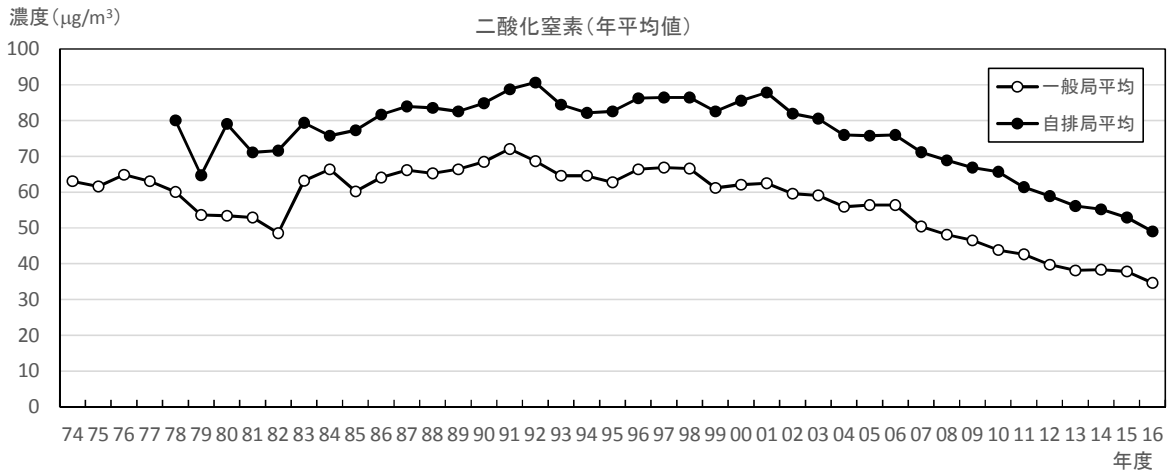


図 26 二酸化窒素 (NO₂) の年平均値の推移 (1 気圧、0℃換算)

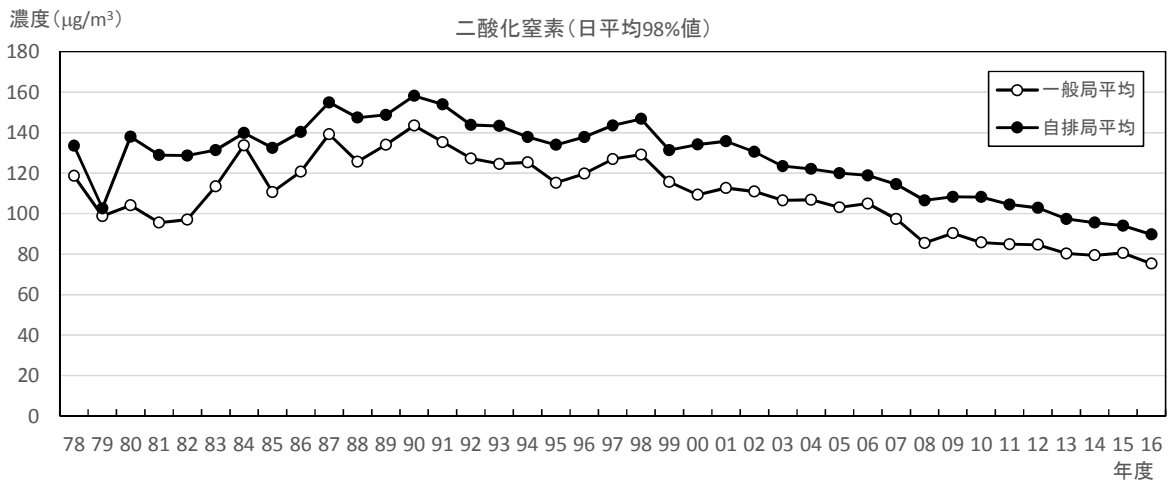


図 27 二酸化窒素 (NO₂) の日平均値の 98%値の推移 (1 気圧、0℃換算)

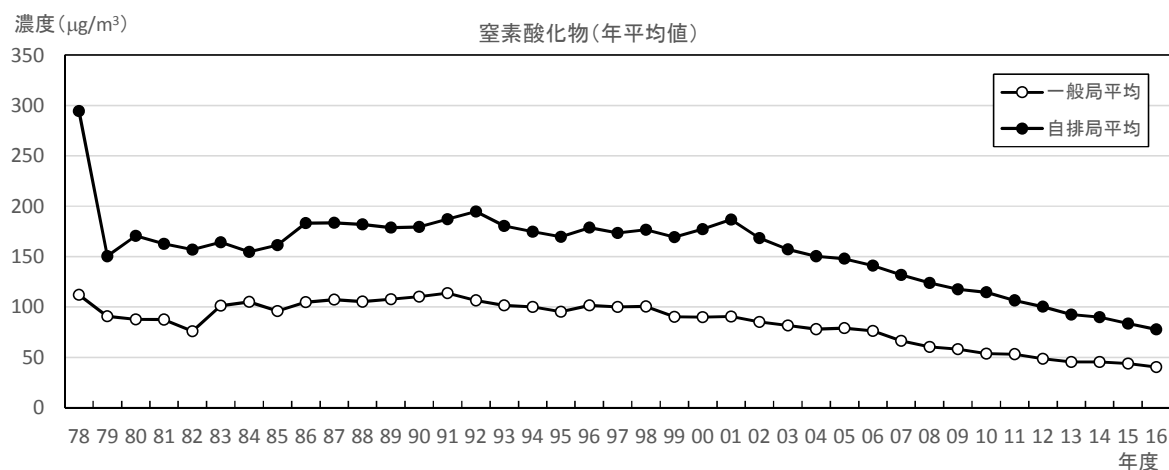


図 28 窒素酸化物 (NO_x) の年平均値の推移 (1 気圧、0℃換算)

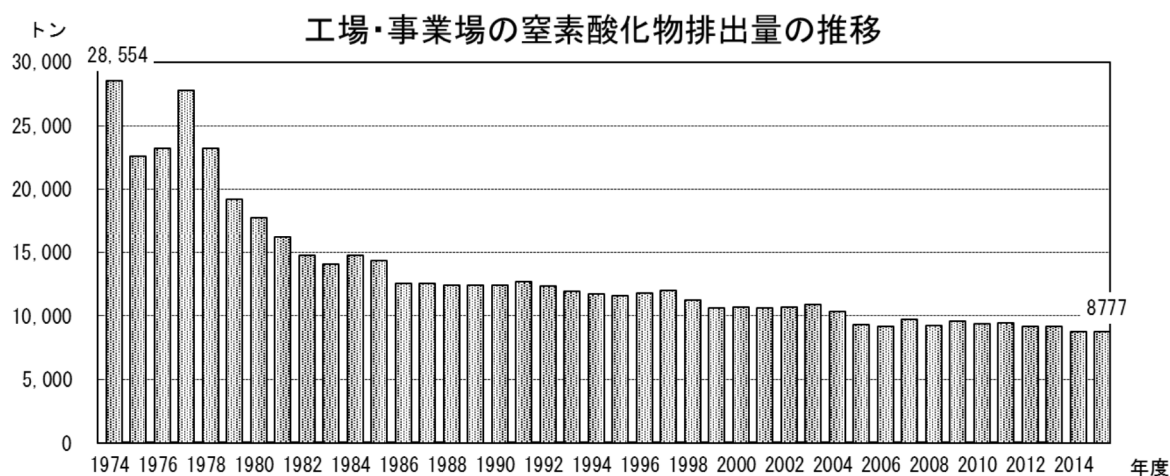


図 29 工場・事業場の窒素酸化物の排出量の推移

7.3.2.3.2 現在の環境基準

	種類	基準値
NO ₂	長期基準	1 時間値の 1 日平均値 0.04～0.06ppm (0℃、1atm で 82.1～123 μg/m ³) のゾーン内またはそれ以下

7.3.2.3.3 現在の排出基準

(1) 国

ア 濃度規制

・7.4 を参照

イ 総量規制

窒素酸化物に係る総量規制地域は、東京都特別区等、大阪府大阪市等、神奈川県横浜市、川崎市等の3地域が指定されている。窒素酸化物に係る総量規制基準も、硫黄酸化物に係る総量規制基準と同様に、総量削減計画に基づいて都道府県知事が定めることとなっており、設定方式は、特定工場等ごとに、「(ア) 原燃料の使用量」又は「(イ) 施設係数と排出ガス量」を基礎として定めている。

(ア) $Q = a \cdot w^b$ (神奈川県(川崎市及び横浜市)はこちらを採用)

Q：排出が許容される窒素酸化物の量 (Nm³/h)

a：削減目標量を確保するための定数

b：0.80～1.0の範囲内で知事が定める定数

W：特定工場等における原燃料使用量を換算した重油の量

(イ) $Q = k \{ \Sigma (C \times V) \}^1$

Q：排出が許容される窒素酸化物の量 (Nm³/h)

k：削減目標量を確保するための削減定数

C：施設ごとに定める施設係数

W：施設の排出ガス量 (万 Nm³/h)

また、新たに設置された特定工場等または増設のあった特定工場等に係る特別の総量規制基準は、上式に準じて定めることとなっている。

以上の結果、川崎市では排出する窒素酸化物の量の許容限度が、以下の式で定められている。

$$Q = 1.37W^{0.95} + 0.96 \{ (W + W_i)^{0.95} - W^{0.95} \}$$

W：特定工場等における全ばい煙発生施設の使用原燃料の量(重油換算、KL(キロリットル毎時))

W_i：知事が定める日以後に特定工場等に新設又は増設される全ばい煙発生施設において使用される原燃料の量

(2) 川崎市(条例)

ア 地区ごとの対策目標量

表 15 地区及び対策目標量

地区	目標量
川崎市内全域	9,330 トン/年以下

イ 事業所における許容限度

(ア) 新設事業所の場合(2000年12月20日以降に設置された排煙発生施設を有する事業所)

① 日規制基準

排出区分	a 燃焼の場合 (b, c, d を除く)	b ガラス溶融炉	c セメント焼成炉	d 廃棄物焼却炉
許容限度	使用熱量 10^5kJ 当たり 3.8g 以下	使用熱量 10^5kJ 当たり 44g 以下	使用熱量 10^5kJ 当たり 23g 以下	焼却量 1 トン当たり 640g 以下

備考1 「日規制基準」とは、排出区分（この表に掲げる排出区分をいう。以下このページにおいて同じ。）ごとに指定事業所が1日に排出を許容される窒素酸化物の量をいう。

備考2 廃棄物焼却炉の場合にあつては、焼却能力が1時間当たり5,000キログラム以上の施設に限る。

② 年規制基準

次の式により算出された量とする。

$$Q = \sum Q_i$$

備考1 「年規制基準」とは、指定事業所が1年間に排出を許容される窒素酸化物の量（単位 トン／年）をいう。

備考2 Q とは排出区分ごとの窒素酸化物の量の合計値で、指定事業所が1年間に排出を許容される窒素酸化物の量（単位 トン／年）をいう。

備考3 Q_i とは、次の式により算出された排出区分ごとの窒素酸化物の量（単位 トン／年）をいう。

$$Q_i = \alpha \times \beta \times H$$

α : α とは、次の排出区分ごとの使用熱量（単位 10^{10}kJ ）又は焼却量（廃棄物焼却炉の場合に限る。単位 トン）当たりの窒素酸化物の量（単位 トン）に係る係数。

β : β とは、次の排出区分ごとの係数。

係数	a 燃焼の場合 (b, c, d を除く)	b ガラス溶融炉	c セメント焼成炉	d 廃棄物焼却炉
α	0.463	3.60	2.39	0.0008
β	0.7	0.9	0.9	0.9

H :排煙発生施設が稼動した日から起算して1年間におけるすべての排煙発生施設の排出区分ごとの年間使用熱量（単位 $10^{10}\text{kJ}/\text{年}$ 。）又は年間の焼却量（単位 トン／年。）

(イ) 新設以外（既設）の事業所の場合

① 日規制基準

排出区分	a 燃焼の場合 (b, c, d を除く)	b ガラス熔融炉	c セメント焼成炉	d 廃棄物焼却炉
1974 年 10 月 25 日以前に設置	使用熱量 10^5kJ 当たり 6.3g 以下	使用熱量 10^5kJ 当たり 44g 以下	使用熱量 10^5kJ 当たり 23g 以下	焼却量 1 トン当たり 800g 以下
1974 年 10 月 26 日～1980 年 12 月 31 日までに設置	使用熱量 10^5kJ 当たり 4.5g 以下			
1981 年 1 月 1 日～2000 年 12 月 19 日までに設置	使用熱量 10^5kJ 当たり 3.8g 以下			

② 年規制基準

次の式により算出された量とする。

$$Q = \sum Q_i$$

備考 1 Q とは、排出区分ごとの窒素酸化物の量の合計値で、指定事業所が 1 年間に排出を許容される窒素酸化物の量（単位 トン／年）をいう。

備考 2 Q_i とは、次の式により算出された排出区分ごとの窒素酸化物の量（単位 トン／年）をいう。

$$Q_i = \alpha \times H_0 + \alpha \times \beta \times H_i$$

α : α とは、次の排出区分ごとの使用熱量（単位 10^{10}kJ ）又は焼却量（廃棄物焼却炉の場合に限る。単位 トン）当たりの窒素酸化物の量（単位 トン）に係る係数。

H_0 : 1989 年から 1999 年までの各年におけるすべての排煙発生施設の排出区分ごとの年間使用熱量又は年間の焼却量の実績が最大である年の年間使用熱量又は年間の焼却量。

β : β とは、排出区分ごとの係数。

係数	a 燃焼の場合 (b, c, d を除く)	b ガラス熔融炉	c セメント焼成炉	d 廃棄物焼却炉
α	0.463	3.60	2.39	0.0008
β	0.7	0.9	0.9	0.9

H_i : 2000 年 12 月 20 日以後に設置又は構造の変更を行った排煙発生施設について、当該排煙発生施設の排出区分ごとの年間使用熱量又は年間の焼却量。

(3) 自動車対策

・ 7.6 を参照

7.3.2.4 炭化水素

7.3.2.4.1 川崎市内の非メタン炭化水素の濃度推移

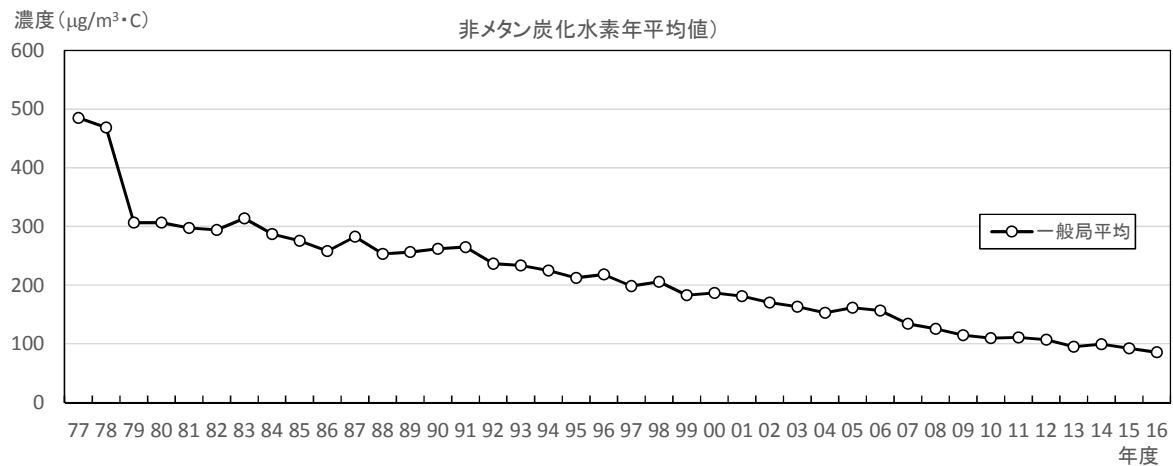


図 30 非メタン炭化水素（NMHC）の年平均値の推移（1 気圧、0°C換算）

7.3.2.4.2 現在の排出基準

（1）国（法的規制と自主的取組のベストミックス）

揮発性有機化合物排出施設	規模要件	排出基準	
揮発性有機化合物を溶剤として使用する化学製品の製造の用に供する乾燥施設	送風機の送風能力が $3,000\text{m}^3/\text{時}$ 以上のもの	600ppmC	
塗装施設（吹付塗装に限る。）	排風機の排風能力が $100,000\text{m}^3/\text{時}$ 以上のもの	自動車の製造の用に供するもの	既設 700ppmC 新設 400ppmC
塗装の用に供する乾燥施設（吹付塗装及び電着塗装に係るものを除く。）	送風機の送風能力が $10,000\text{m}^3/\text{時}$ 以上のもの	木材・木製品（家具を含む。）の製造の用に供するもの	1,000ppmC
		その他のもの	600ppmC
印刷回路用銅張積層板、粘着テープ・粘着シート、はく離紙又は包装材料（合成樹脂を積層するものに限る。）の製造に係る接着の用に供する乾燥施設	送風機の送風能力が $5,000\text{m}^3/\text{時}$ 以上のもの	1,400ppmC	
接着の用に供する乾燥施設（前項に掲げるもの及び木材・木製品（家具を含む。）の製造の用に供するものを除く。）	送風機の送風能力が $15,000\text{m}^3/\text{時}$ 以上のもの	1,400ppmC	
印刷の用に供する乾燥施設（オフセット輪転印刷に係るものに限る。）	送風機の送風能力が $7,000\text{m}^3/\text{時}$ 以上のもの	400ppmC	
印刷の用に供する乾燥施設（グラビア印刷に係るものに限る。）	送風機の送風能力が $27,000\text{m}^3/\text{時}$ 以上のもの	700ppmC	
工業製品の洗浄施設（乾燥施設を含む。）	洗浄剤が空気に接する面の面積が 5m^2 以上のもの	400ppmC	

ガソリン、原油、ナフサその他の温度 37.8℃において蒸気圧が 20 キロパスカルを超える揮発性有機化合物の貯蔵タンク(密閉式及び浮屋根式(内部浮屋根式を含む。))のものを除く。)	1,000kL 以上のもの (ただし、既設の貯蔵タンクは、容量が 2,000kL 以上のものについて排出基準を適用する。)	60,000ppmC
--	--	------------

- ・法的規制の対象外の事業者に対しては、自主的 VOC 削減の取組を推進する。

(2) 川崎市

ア 設備基準：アクリロニトリル製造の反応施設、石油関係等の業種の貯蔵施設、出荷施設及び給油施設に対して規定

対象施設	設備基準
アクリロニトリル製造施設	炭化水素系物質の排出防止装置を設置すること。
貯蔵施設	貯蔵施設の屋根の構造を浮屋根とするか、又はこれと同等以上の炭化水素系物質の排出防止効果を有する装置を設置すること。
出荷施設	炭化水素系物質の排出口における濃度が 8 容量パーセント以下である排出防止装置又は炭化水素系物質の除去率が温度 20 度において 80 パーセント以上である排出防止装置を設置すること。
給油施設	通気管において蒸気返還方式接続設備を設置すること

イ 排出基準：前項の施設以外の指定施設に係る炭化水素系特定物質の濃度の許容限度

炭化水素系特定物質の種類	ベンゼン	トルエン	キシレン	トリクロロエチレン
濃度の許容限度	10 ppm	100 ppm	150 ppm	50 ppm
炭化水素系特定物質の種類	テトラクロロエチレン	ジクロロメタン	ホルムアルデヒド	フェノール
濃度の許容限度	50 ppm	50 ppm	5 ppm	5 ppm

7.3.2.5 オキシダント及び一酸化炭素 (CO)

7.3.2.5.1 川崎市内のオキシダント及び CO の濃度推移

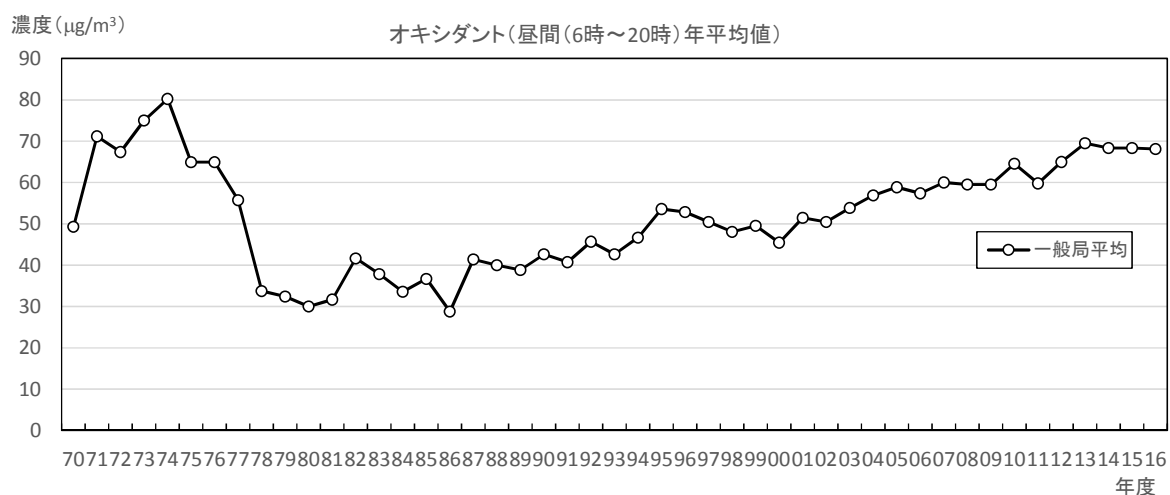


図 31 オキシダントの年平均値の推移 (1 気圧、0°C換算)

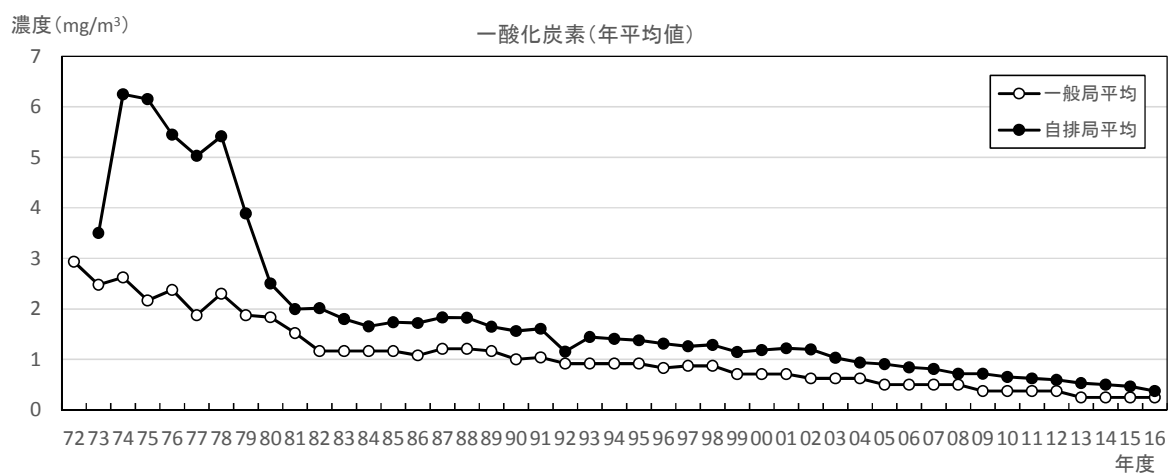


図 32 一酸化炭素 (CO) の年平均値の推移 (1 気圧、0°C換算)

7.4 日本のばいじん及び NOx の排出基準

	施設種類	規模	新設基準値			
			On (%)	ばいじん ($\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)		NOx (ppm)
				一般	特別	
ボイラー	ガス専焼ボイラー	4 万 m^3N 以上	5	0.05	0.03	60～100
		4 万 m^3N 未満	5	0.1	0.05	130～150
	重油専焼及びガス液体混 焼ボイラー	20 万 m^3N 以上	4	0.05	0.04	130～150
		4～20 万 m^3N	4	0.15	0.05	150
		1～4 万 m^3N	4	0.25	0.15	150
		1 万 m^3N 未満	4(注)	0.3	0.15	180
	黒液燃焼ボイラー	20 万 m^3N 以上		0.15	0.1	

		4～20 万 m ³ N		0.25	0.15	
		4 万 m ³ N 未満		0.3	0.15	
	石炭燃焼ボイラー	20 万 m ³ N 以上	6	0.1	0.05	200～250
		4～20 万 m ³ N	6	0.2	0.1	250～320
		4 万 m ³ N 未満	6	0.3	0.15	250～350
	触媒再生塔附属ボイラー		4	0.2	0.15	
	その他のボイラー	4 万 m ³ N 以上	6(注)	0.3	0.15	
		4 万 m ³ N 未満	6(注)	0.3	0.2	
ガス発生炉及び加熱炉	ガス発生炉		7	0.05	0.03	150
	加熱炉		7	0.1	0.03	150
焙焼炉焼結炉か焼炉	焙焼炉	4 万 m ³ N 以上		0.1	0.05	220
		4 万 m ³ N 未満		0.15	0.1	
	フェロマンガ製造用焼結炉			0.2	0.1	220
	その他の焼結炉			0.15	0.1	220
	か焼炉	4 万 m ³ N 以上		0.2	0.1	200
		4 万 m ³ N 未満		0.25	0.15	
溶鉱炉転炉平炉	溶鉱炉のうち高炉			0.05	0.03	100
	その他の溶鉱炉			0.15	0.08	100
	転炉			0.1	0.08	
	平炉	4 万 m ³ N 以上		0.1	0.05	
		4 万 m ³ N 未満		0.2	0.1	
金属溶解炉	金属溶解炉	4 万 m ³ N 以上		0.1	0.05	180
		4 万 m ³ N 未満		0.2	0.1	
金属加熱炉	金属加熱炉	4 万 m ³ N 以上	11(注)	0.1	0.08	100～180
		4 万 m ³ N 未満	11(注)	0.2	0.1	150～180
石油加熱炉	石油加熱炉	4 万 m ³ N 以上	6	0.1	0.05	100
		4 万 m ³ N 未満	6	0.15	0.08	130～180
触媒再生塔、燃焼炉	触媒再生塔		6	0.2	0.15	250
	硫黄回収燃焼炉		8	0.1	0.05	250
窯業用焼成炉、溶融炉	石灰焼成炉のうち土中釜		15	0.4	0.2	250
	その他の石灰焼成炉		15	0.3	0.15	250
	セメントの製造用焼成炉		10	0.1	0.05	250～350
	耐火レンガ等の製造用焼成炉	4 万 m ³ N 以上	18	0.1	0.05	400
		4 万 m ³ N 未満	18	0.2	0.1	
	その他の焼成炉	4 万 m ³ N 以上	15(注)	0.15	0.08	180
		4 万 m ³ N 未満	15(注)	0.25	0.15	
	板ガラス又はガラス繊維製	4 万 m ³ N 以上	15	0.1	0.05	360

	品製造用溶融炉	4 万 m ³ N 未満	15	0.15	0.08	
	光学ガラス、電気ガラス又はフリットの製造用溶融炉	4 万 m ³ N 以上	16	0.1	0.05	800
		4 万 m ³ N 未満	16	0.15	0.08	
	その他の溶融炉	4 万 m ³ N 以上	15	0.1	0.05	180～450
		4 万 m ³ N 未満	15	0.2	0.1	
反応炉及び直火炉	反応炉及び直火炉	4 万 m ³ N 以上	6(注)	0.15	0.08	180
		4 万 m ³ N 未満	6(注)	0.2	0.1	
乾燥炉	骨材乾燥炉		16	0.5	0.2	230
	その他の乾燥炉	4 万 m ³ N 以上	16	0.15	0.08	230
		4 万 m ³ N 未満	16	0.2	0.1	
電気炉	合金鉄(珪素含有率が 40% 以上)製造用電気炉			0.2	0.1	
	合金鉄(珪素含有率 40% 未満)及びカーバイト製造用電気炉			0.15	0.08	
	その他の電気炉			0.1	0.05	
廃棄物焼却炉	廃棄物焼却炉	4t 以上	12	0.04	0.04	250～700
		2～4t	12	0.08	0.08	
		2t 未満	12	0.15	0.15	
銅、鉛、亜鉛用各種炉	銅、鉛又は亜鉛の精錬用焙焼炉	4 万 m ³ N 以上		0.1	0.05	220
		4 万 m ³ N 未満		0.15	0.08	
	銅、鉛又は亜鉛の精錬用焼結炉			0.15	0.1	220
	銅、鉛又は亜鉛の精錬用溶鋳炉			0.15	0.08	100～450
	銅、鉛又は亜鉛の精錬用転炉			0.15	0.08	
	銅、鉛又は亜鉛の精錬用溶解炉	4 万 m ³ N 以上		0.1	0.05	180～330
		4 万 m ³ N 未満		0.2	0.1	
	銅、鉛又は亜鉛の精錬用乾燥炉	4 万 m ³ N 以上		0.15	0.08	180
		4 万 m ³ N 未満		0.2	0.1	
活性炭製造用反応炉	活性炭製造用反応炉		6	0.3	0.15	180
アルミニウム用電解炉	アルミニウム精錬用電解炉		0.05	0.03		
燐鉱石処理施設	リン等製造用焼成炉		15	0.15	0.08	180
	リン等製造用溶解炉			0.2	0.1	600
トリポリリン酸ナトリウム製造用施設	トリポリリン酸ナトリウム製造用乾燥炉		16	0.1	0.05	180
	トリポリリン酸ナトリウム製造用焼成炉		15	0.15	0.08	180
鉛の2次精錬用溶解炉	鉛の2次精錬用溶解炉	4 万 m ³ N 以上		0.1	0.05	180

		4 万 m ³ N 未満		0.2	0.1	
鉛蓄電池製造用溶解炉	鉛蓄電池製造用溶解炉	4 万 m ³ N 以上		0.1	0.05	180
		4 万 m ³ N 未満		0.15	0.08	
鉛系顔料製造用施設	鉛系顔料製造用溶解炉	4 万 m ³ N 以上		0.1	0.05	180
		4 万 m ³ N 未満		0.15	0.08	
	鉛系顔料製造用反射炉			0.1	0.05	180
	鉛系顔料製造用反応炉		6	0.05	0.03	180
コークス炉	コークス炉		7	0.15	0.1	170
ガスタービン	ガスタービン		16	0.05	0.04	70
ディーゼル機関	ディーゼル機関		13	0.1	0.08	950～ 1200
ガス機関	ガス機関		0	0.05	0.04	600
ガソリン機関	ガソリン機関		0	0.05	0.04	600

(注)この規定の運用については当分の間、 $O_n=O_s$ とし、酸素濃度補正を行わない。

7.5 川崎市のばいじんの排出基準

ア 廃棄物焼却炉に係る排出基準

- ・廃棄物焼却炉から排出されるばいじんの量の許容限度は、次の式により算出された量とする。

$$Q_i = C_i \times V$$

Q_i : 排出を許容される 1 時間あたりのばいじんの量 (単位 g/h)

C_i : 施設の規模と設置年月日に応じて、0.04～0.25 の係数を代入する。施設が古く規模が小さいものほど大きく、新しく大きいものほど小さくなる。

V : 次の式により換算された乾き排出ガスの量 (単位 m³N/h)

$$V = (21 - O_i) / 9 \times V_i$$

O_i : 廃棄物焼却炉を定格能力で運転する場合における乾き排出ガス中の酸素濃度 (単位 : 体積百分率)

V_i : 廃棄物焼却炉を定格能力で運転する場合における乾き排出ガスの量 (単位 m³N/h)

- ・廃棄物焼却炉から排出されるばいじんの量の算出方法は、次に定めるところによる。

$$Q = C \times V_c \times V / V_c$$

Q : 廃棄物焼却炉から算出されるばいじんの量 (単位 g/h)

C : 次の式により算出されたばいじんの濃度 (単位 g/m³N)

$$C = 9 / (21 - O_s) \times C_s$$

O_s : 規格 K0301 に定める連続分析法により測定された乾き排出ガス中の酸素濃度の採取時間における平均濃度 (単位 : 体積百分率)。20%を超える場合は 20%とする。

C_s : 規格 Z8808 に定める方法により測定された乾き排出ガス中のばいじんの濃度 (単位 g/m³N)。

V_c : 次の式により算出された乾き排出ガスの量 (単位 m³N/h)。 V_c が V を超える場合は、 $V/V_c=1$ とする。

$$V_c = (21 - O_s) / 9 \times V_s$$

Vs：規格 Z8808 に定める方法により算出された乾き排出ガスの量（単位 m³N/h）

イ 廃棄物焼却炉に係る設備基準

施設の規模(1 時間当たりの焼却能力)	設備基準
200kg 未満	1 空気取入口及び煙突の先端以外に廃棄物焼却炉内と外気が接することなく、燃焼室において発生するガス(以下「燃焼ガス」という。)の温度が 800 度以上の状態で廃棄物を焼却できること。 2 燃焼に必要な量の空気の通風が良好なものであること。 3 外気と遮断された状態で、定量ずつ廃棄物を燃焼室に投入できる設備を設置すること注 6)。 4 炉内温度計及びこれの記録装置を設置すること注 7)。 5 燃焼ガスの温度を保つために必要な助燃装置を設置すること。
200kg 以上	1 空気取入口及び煙突の先端以外に廃棄物焼却炉内と外気が接することなく、燃焼ガスの温度が 800 度以上の状態で廃棄物を焼却できること。 2 燃焼に必要な量の空気を調整できる設備を設置すること。 3 外気と遮断された状態で、定量ずつ廃棄物を燃焼室に投入できる設備注 8)を設置すること注 9)。 4 炉内温度計、集じん装置入口温度計、酸素濃度計及び一酸化炭素濃度計並びにこれらの記録装置を設置すること。 5 燃焼ガスの温度を保つために必要な助燃装置を設置すること。

ウ 廃棄物焼却炉に係る排出ガスの処理設備の備えるべき設備の基準

施設の規模	設備基準
1 時間当たりの焼却能力が 50 キログラム以上であって、1 日の焼却能力が 2 トン未満の廃棄物焼却炉	遠心力集じん装置もしくは洗浄集じん装置又はこれらと同等以上の機能を有する集じん装置を設置すること。
1 日の焼却能力が 2 トン以上の廃棄物焼却炉	遠心力集じん装置及びろ過集じん装置の併用またはこれらと同等以上の機能を有する集じん装置を設置すること。

エ 廃棄物焼却炉以外の排煙発生施設の備えるべき設備の基準

- ・施設の規模と種類に応じて、電気集じん機、遠心力集じん装置、洗浄集じん装置などの集じん装置を設置する。

オ 廃棄物焼却炉以外の排煙発生施設から排出されるばいじん量の算出法

$$Q = C_s \times V_s$$

Q：排煙発生施設から排出されるばいじんの量（単位 g/h）。

Cs：規格 Z8808 に定める方法により測定された乾き排出ガス中のばいじんの濃度（単位：g/m³N）。

Vs：規格 Z8808 に定める方法により算出された乾き排出ガスの量（単位 m³N/h）。

カ 粒子状物質の包括的総量削減規制

浮遊粒子状物質（SPM）は、粒子として放出される工場や自動車からのばいじん、粉じん、

ディーゼル排気粒子（一次粒子）や放出時はガス状の硫黄酸化物、窒素酸化物、塩化水素などが大気中での光化学反応などにより粒子化したもの（二次粒子）から構成されている。SPMは、このように種々の汚染物質を包含した複合的な大気汚染物質であるため、本市では一次粒子と二次粒子の生成抑制のため、新たな SPM 対策として SPM の原因物質であるばいじん、硫黄酸化物、窒素酸化物、塩化水素を対象に包括的総量削減規制（いわゆるバスケット規制）を導入した。

- ・規制対象：1 年間における粒子状物質排出量（トン／年）の規制
- ・規制対象：年間使用熱量が 16×10^{10} KJ 以上の工場・事業場
- ・粒子状物質の排出量＝ばいじん排出量（一次粒子）＋ $x \times$ 硫黄酸化物排出量＋ $y \times$ 窒素酸化物排出量＋ $z \times$ 塩化水素排出量（二次粒子）

x 、 y 、 z ：それぞれ粒子状物質への換算係数（ $x=0.197$ 、 $y=0.094$ 、 $z=0.892$ を適用）

○粒子状物質対策に二次粒子対策を適用したこと、更に企業が得意な対策を選択できる（例えば、窒素酸化物対策が得意な業者は窒素酸化物対策、ばいじん対策と硫黄酸化物対策が得意な業者はその両方）のが特徴。特に、二次粒子対策を考慮した発生源対策は、現時点の国内では本規制しかない。

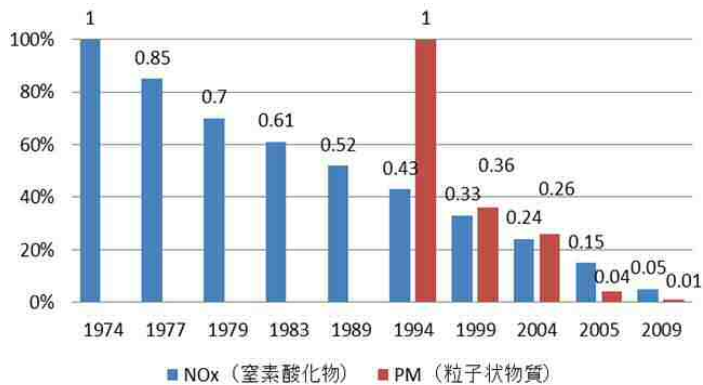
7.6 自動車対策

ア 単体規制

- ・新車登録をする場合、基準を満たす排気ガス性能を持つ車両のみとする規制手法で、「自動車排出ガス規制」による規制がこれにあたる。現在の基準は以下のとおり。

種別		現行規制				次期規制				備考
		試験モード	成分	規制年	規制値	試験モード	成分	規制年	規制値	
ガソリン・LPG車	乗用車	JC08モード (g/km)	CO	2005年	1.92(1.15)	WLTC (g/km)	CO	2018年	2.03(1.15)	
			NMHC		0.08(0.05)		NMHC		0.16(0.10)	
			NOx		0.08(0.05)		NOx		0.08(0.05)	
			PM		0.007(0.005)		PM		0.007(0.005)	
	軽自動車	JC08モード (g/km)	CO	2007年	6.67(4.02)	WLTC (g/km)	CO	2019年	7.06(4.02)	
			NMHC		0.08(0.05)		NMHC		0.16(0.10)	
			NOx		0.08(0.05)		NOx		0.08(0.05)	
			PM		0.007(0.005)		PM		0.007(0.005)	
	軽量車 (gvw≦1.7t)	JC08モード (g/km)	CO	2005年	1.92(1.15)	WLTC (g/km)	CO	2018年	2.03(1.15)	
			NMHC		0.08(0.05)		NMHC		0.16(0.10)	
			NOx		0.08(0.05)		NOx		0.08(0.05)	
			PM		0.007(0.005)		PM		0.007(0.005)	
	中量車 (1.7<gvw≦3.5t)	JC08モード (g/km)	CO	2005年	4.08(2.55)	WLTC (g/km)	CO	2019年	4.48(2.55)	
			NMHC		0.08(0.05)		NMHC		0.23(0.15)	
			NOx		0.10(0.07)		NOx		0.11(0.07)	
			PM		0.009(0.005)		PM		0.009(0.007)	
	重量車 (3.5t<gvw)	JE05モード (g/km)	CO	2005年	21.3(16.0)		CO			次期規制 については未定
			NMHC		0.31(0.23)		NMHC			
			NOx		0.9(0.7)		NOx			
			PM		0.013(0.010)		PM			
ディーゼル車	乗用車	JC08モード (g/km)	CO	2009年	0.84(0.63)	WLTC (g/km)	CO	2018年	2.03(0.63)	
			NMHC		0.032(0.024)		NMHC		0.037(0.024)	
			NOx		0.11(0.08)		NOx		0.23(0.15)	
			PM		0.007(0.005)		PM		0.007(0.005)	
	軽量車 (gvw≦1.7t)	JC08モード (g/km)	CO	2009年	0.84(0.63)	WLTC (g/km)	CO	2018年	2.03(0.63)	
			NMHC		0.032(0.024)		NMHC		0.037(0.024)	
			NOx		0.11(0.08)		NOx		0.23(0.15)	
			PM		0.007(0.005)		PM		0.007(0.005)	
	中量車 (1.7t<gvw≦3.5t)	JC08モード (g/km)	CO	2009年	0.84(0.63)	WLTC (g/km)	CO	2019年	4.48(0.63)	
			NMHC		0.032(0.024)		NMHC		0.037(0.024)	
			NOx		0.20(0.15)		NOx		0.36(0.24)	
			PM		0.009(0.007)		PM		0.009(0.007)	
	重量車 (3.5t<gvw)	JE05モード (g/km)	CO	2009年	2.95(2.22)	WHTC及び WHSC (g/km)	CO	2016年	2.95(2.22)	
			NMHC		0.23(0.17)		NMHC		0.23(0.17)	
			NOx		0.9(0.7)		NOx		0.7(0.4)	
			PM		0.013(0.010)		PM		0.013(0.010)	
CO:一酸化炭素、HC:炭化水素、NMHC:非メタン炭化水素、NOx:窒素酸化物、PM:粒子状物質 規制値 1.92 (1.15) とは、1台あたり上限値 1.92、型式あたりの平均値 1.15 を示す。										

・削減率は、以下の推移を示している。



イ 車種規制

自動車から排出される NOx や PM の汚染により、環境基準の達成が困難と考えられる地域を指定し、その地域内で排気ガス濃度が基準を満たしていない車両の新規、移転及び継続登録をさせないことにより、基準を満たさない車両を排除する規制手法で、「自動車 NOx・PM 法」による規制がこれにあたる。本市も指定地域に該当する。

種別		ガソリン車・LPG 車		ディーゼル車	
		成分	規制値	成分	規制値
乗用車及び特殊自動車		NOx	—	NOx	0.48 g/km
		PM	—	PM	0.055 g/km
トラック・バス	1.7トン以下	NOx	0.48 g/km	NOx	0.48 g/km
		PM	—	PM	0.055 g/km
	1.7トン超2.5トン以下	NOx	0.63 g/km	NOx	0.63 g/km
		PM	—	PM	0.06 g/km
	2.5トン超3.5トン以下	NOx	5.9 g/kWh	NOx	5.9 g/kWh
		PM	—	PM	0.175 g/kWh
	3.5トン超	NOx	5.9 g/kWh	NOx	5.9 g/kWh
		PM	—	PM	0.49 g/kWh

ウ 運行規制

車種、用途、燃料種、排ガス性能その他について用件を定めて車両の運行を制限し、排ガス性能の劣る車両の流入阻止や渋滞緩和を図り、沿道の大気汚染を防止する規制手法。首都圏の1都3県（東京都、埼玉県、千葉県、神奈川県）の各地方自治体の条例によるディーゼル車運行規制がこれにあたる。2003年10月1日に施行され、浮遊粒子状物質（SPM）の環境基準達成に、著しい効果をあげたとされている。

- ・施行時は、国の長期規制の排出基準と同じ値。2008年4月1日に東京都と埼玉県で新短期規制に合わせて規制強化。
- ・基準に適合しない商用ディーゼル自動車（トラック、バス等）は、対象地域内の運行不可。（粒

子状物質減少装置（DPF、酸化触媒）を装着すれば、運行可能）

7.7 川崎市における同一試料の分析結果（詳細）

7.7.1 試料採取日

第1回 7月 7日（金） 11：30 ～ 7月10日（月） 11：30

第2回 7月10日（月） 12：00 ～ 7月13日（木） 11：30

第3回 7月14日（金） 17：00 ～ 7月18日（火） 8：35

7.7.2 試料採取地点

日本環境衛生センター本館屋上(地上15m)

所在地：川崎市川崎区四谷上町 10-6

7.7.3 採取方法

（1）採取機器(写真1参照)

HV-1000F（柴田科学製、PTFE フィルター採取に使用）

HV-700F（柴田科学製、石英フィルター採取に使用）

（2）吸引流量

700 L/min

（3）使用フィルター

PTEF フィルター 堀場製作所製 TFH-01

石英繊維製フィルター Pallflex 2500 QAT-UP

（4）捕集面積

$17.5 \times 22.9 \text{ cm} = 405 \text{ cm}^2$

（5）捕集粉じん量

表 16 各フィルターの捕集粉じん量

	PTFE	石英
第1回	ID:TFH26-02, 293 mg	ID:56664-H29-04, 281 mg
第2回	ID:TFH26-03, 324 mg	ID:56664-H29-05, 340 mg
第3回	ID:TFH26-04, 454 mg	ID:56664-H29-06, 447 mg

表 17 吸引量と大気濃度（参考）

	PTFE 吸引量 m ³ (大気濃度 µg/m ³)	石英 吸引量 m ³ (大気濃度 µg/m ³)
第1回	3016 (97)	3017 (93)
第2回	3004 (108)	3004 (113)

第 3 回	3675 (124)	3676 (122)
-------	------------	------------

(1) イオン成分

ア 試料

第 1 回～ 3 回の石英繊維フィルター (Pallflex 2500 QAT-UP) を直径 9 mm (面積 0.636 cm²) のポンチで打ち抜いたもの：各 2 個。

イ 分析結果

(単位μg/m³、有効数字 3 桁)

	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
第 1 回	0.859	3.38	8.86	0.912	0.958	0.163	0.326	3.22
第 2 回	3.07	1.43	4.54	1.43	0.229	0.136	0.298	2.66
第 3 回	1.96	4.67	7.96	1.51	0.949	0.233	0.425	3.45

ウ バラつき確認のための各試料の分析結果 (単位μg/m³、有効数字 3 桁)

		Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
第 1 回	試料 1	0.856	3.33	8.83	0.909	0.963	0.160	0.319	3.13
	試料 2	0.861	3.44	8.89	0.915	0.954	0.166	0.333	3.31
第 2 回	試料 1	2.96	1.41	4.51	1.35	0.224	0.128	0.292	2.63
	試料 2	3.19	1.45	4.57	1.51	0.234	0.144	0.305	2.69
第 3 回	試料 1	2.02	4.68	8.02	1.57	0.945	0.244	0.420	3.52
	試料 2	1.90	4.66	7.90	1.45	0.953	0.222	0.430	3.39

(2) 炭素成分

ア 試料

第 1 回～ 3 回の石英繊維製フィルター Pallflex 2500 QAT-UP を 1cm×1cm (面積 1.0 cm²) のポンチで打ち抜いたもの：各 2 個。

イ 分析結果 (単位μg/m³、有効数字 3 桁)

	OC	EC
第 1 回	6.09	11.5
第 2 回	6.49	18.0
第 3 回	9.87	15.9

ウ バラつき確認のための各試料の分析結果 (単位μg/m³、有効数字 3 桁)

		OC	EC
第 1 回	試料 1	5.70	9.91

	試料 2	6.49	13.0
第 2 回	試料 1	5.57	18.9
	試料 2	6.63	17.0
第 3 回	試料 1	9.56	16.6
	試料 2	10.2	15.3

(3) 無機元素成分

ア 試料調製

第 1 回～3 回の PTEF フィルター（堀場製作所製 TFH-01）を、セラミック包丁で 1cm×1cm（面積 1.0 cm²）に切り抜いたもの：各 2 個。

イ 分析結果（単位 ng/m³、有効数字 3 桁）

	Na	Al	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn
第 1 回	1,160	1,680	449	5,660	0.503	124	45.5	30.7	180
第 2 回	2,400	2,490	570	7,390	0.625	192	36.7	38.5	618
第 3 回	2,280	2,330	712	6,650	0.590	170	71.9	35.6	259

Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Mo	Sb
18,900	0.915	18.4	19.9	190	2.81	3.61	2.12	7.00	3.68
21,800	1.37	16.1	18.7	321	1.97	2.51	2.93	8.56	2.44
25,300	1.23	27.7	25.7	324	2.81	3.76	2.77	7.20	3.8

Cs	Ba	La	Ce	Sm	Hf	Ta	W	Pb	Th
0.516	26.6	1.30	1.98	0.195	0.363	0.0584	2.01	32.9	0.259
7.51	34.2	1.56	2.66	0.261	0.178	0.0467	1.36	58.9	0.408
0.581	39.5	3.14	2.57	0.230	0.184	0.0379	1.75	41.4	0.316

ウ バラつき確認のための各試料の分析結果（単位 ng/m³、有効数字 3 桁）

		Na	Al	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn
第 1 回	試料 1	1,150	1,680	447	5,750	0.501	123	44.9	29.5	183
	試料 2	1,170	1,690	451	5,570	0.505	124	46.1	31.9	177
第 2 回	試料 1	2,370	2,510	576	7,490	0.630	194	36.6	38.3	623
	試料 2	2,420	2,480	564	7,300	0.621	190	36.9	38.8	614
第 3 回	試料 1	2,350	2,360	734	6,870	0.594	176	74.8	33.8	263
	試料 2	2,210	2,290	691	6,420	0.585	164	69.0	37.5	254

	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Mo	Sb
試料 1	19,100	0.916	18.6	20.0	187	2.74	3.55	2.11	7.11	3.54
試料 2	18,800	0.915	18.2	19.9	194	2.88	3.68	2.13	6.89	3.83
試料 1	22,000	1.41	15.4	18.6	328	1.99	2.52	2.91	8.55	2.57
試料 2	21,700	1.34	16.8	18.7	315	1.95	2.50	2.94	8.57	2.31
試料 1	26,300	1.23	27.8	26.5	343	2.97	3.92	2.86	7.39	4.00
試料 2	24,400	1.23	27.6	24.9	305	2.70	3.61	2.67	7.01	3.59

	Cs	Ba	La	Ce	Sm	Hf	Ta	W	Pb	Th
試料 1	0.513	27.1	1.27	1.90	0.184	0.393	0.0457	2.19	32.8	0.252
試料 2	0.519	26.1	1.34	2.05	0.207	0.333	0.0711	1.82	33.1	0.265
試料 1	7.56	34.9	1.49	2.50	0.253	0.168	0.0452	1.39	58.9	0.367
試料 2	7.47	33.6	1.64	2.82	0.269	0.188	0.0482	1.33	59.0	0.448
試料 1	0.589	41.3	3.22	2.58	0.228	0.188	0.0383	1.89	42.8	0.314
試料 2	0.574	37.6	3.06	2.57	0.233	0.181	0.0374	1.61	39.9	0.319