

微小粒子状物質について

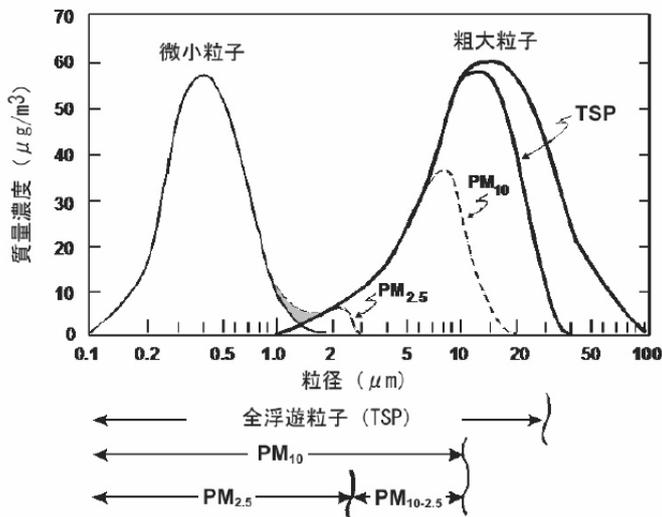
1.	PM _{2.5} （微小粒子状物質）とは	2
1.1.	粒径分布	2
1.2.	発生源と組成	2
1.3.	人の生体内での挙動	3
2.	PM _{2.5} 環境基準設定までの経緯	4
2.1.	諸外国の状況	4
2.2.	日本の状況	4
3.	環境基準	5
3.1.	告示の内容	5
3.2.	通知の内容	5
3.3.	中央環境審議会の答申で示された環境基準設定に伴う課題	5
3.4.	参考	6
4.	測定法	7
4.1.	測定方法	7
4.2.	フィルター捕集－質量法（標準測定法）	7
4.3.	自動測定機	7
5.	環境の状況	8
5.1.	PM _{2.5} 環境測定結果（経年変化）	8
5.2.	川崎市における成分分析（四季調査）の結果	8
6.	常時監視	9

1. PM_{2.5}（微小粒子状物質）とは

1.1. 粒径分布

PM_{2.5}（微小粒子状物質）とは、大気中に浮遊する粒子状物質であって、その粒径が 2.5 μm の粒子を 50% の割合で分離できる分粒装置を用いて、より粒径の大きい粒子を除去した後に採取される粒子をいう。日本では、従来から、粒子状物質に関して、10 μm 以下の粒子状物質を対象として浮遊粒子状物質（SPM：Suspended Particulate Matter）の環境基準が設定されており、その測定に当たっては、大気中に浮遊する粒子状物質から、あらかじめ粒径 10 μm を超える粒子を除去したうえで、粒径 10 μm 以下の粒子をろ過捕集により採取する方法が採られている。一方、米国では、10 μm の粒子を 50 % の割合で分離することができる分粒装置を用いて、より粒径の大きい粒子を除去した後に採取される粒子で構成される PM₁₀ に加えて、PM_{2.5} の環境基準が設定されている。PM₁₀ から PM_{2.5} を除外した粗大粒子を PM_{10-2.5} という。

図 環境大気中粒子状物質の粒径分布（PM_{2.5}・PM₁₀）（Wilson and Suh, 1997 を引用・和訳）



1.2. 発生源と組成

○発生源：人為起源と自然起源

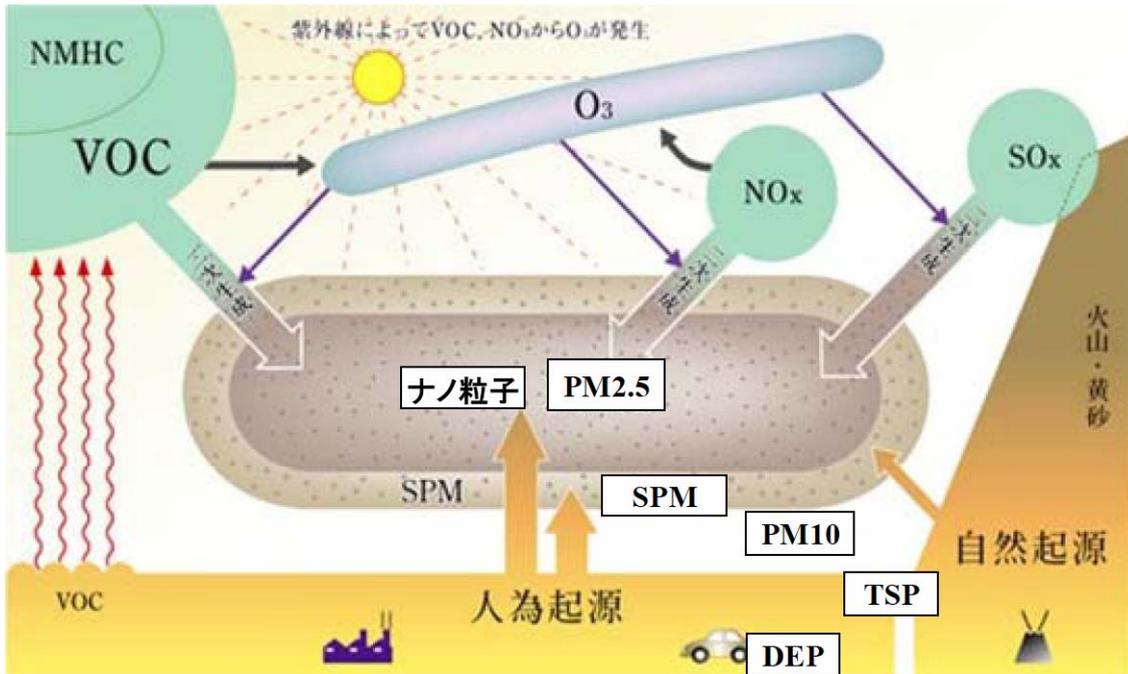
- ・人為起源： 固定発生源（工場・事業場等）
移動発生源（自動車、船舶、航空機等）
- ・自然起源： 土壌粒子、海塩粒子、火山噴煙等

○一次生成粒子（直接排出）と二次生成粒子（大気中で生成）

- ・一次生成粒子：元素状炭素及び有機炭素（主に人為的な燃焼過程で生成）
重金属類及び金属イオン（燃料・原料中の不純物や機械的作用で
できる人為起源・自然起源の粉じん）等
- ・二次生成粒子：硫酸塩（固定発生源、火山等からの SO₂ より生成）
硝酸塩（NO_x 等より生成）
アンモニウム塩（自然起源の NH₃ 等より生成）
有機炭素（人為起源・自然起源の VOC 等より生成）等

さらに、大陸からの移流分としての土壌粒子、硫酸塩等が存在する。

粒子状物質の発生源



(出典: 国立環境研究所「環境儀」)

1.3. 人の生体内での挙動

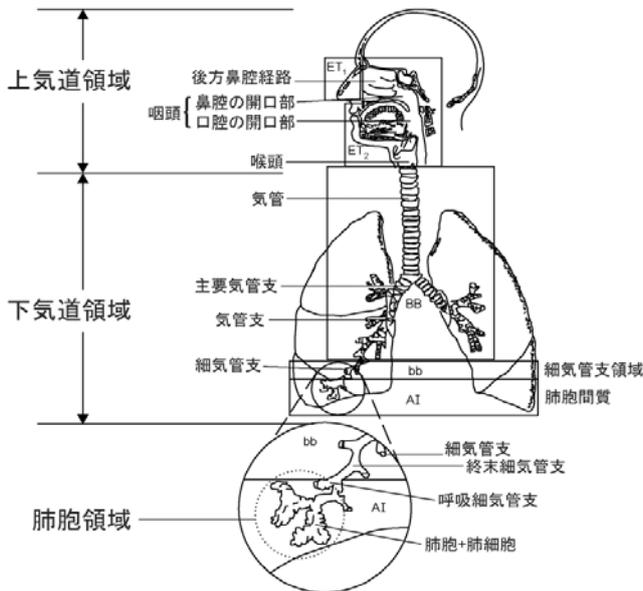
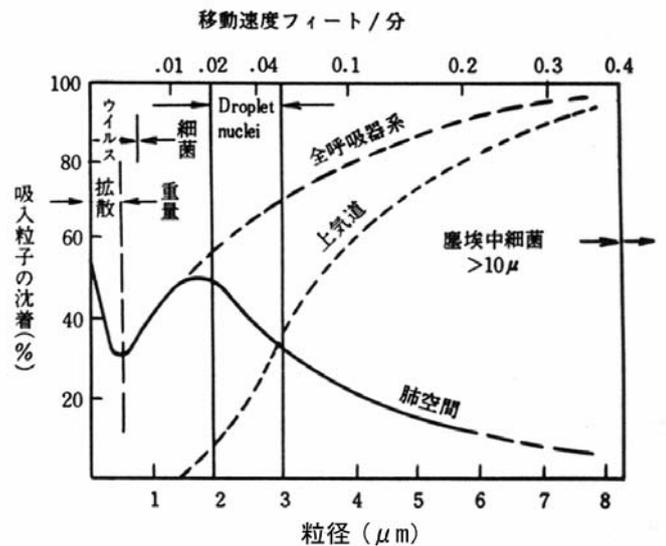


図 ヒトにおける呼吸器系の構造 (U.S.EPA,2004 を引用・改変、和訳)

粒径 $2\mu\text{m}$ より小さい吸入粒子の沈着率は 30~60%で、ほとんど肺空間（肺胞領域）に沈着する。粒径 $3\mu\text{m}$ より大きい粒子では上気道に沈着する吸入粒子が多くなり、肺空間まで達する粒子は減少する。

図 吸入粒子の粒形と呼吸器系への沈着 (Hatchi, 1961 を引用・和訳)



2. PM_{2.5} 環境基準設定までの経緯

2.1. 諸外国の状況

米国（大気環境基準）

1997年7月 PM_{2.5}基準を新たに設定
(年平均値：15 μg/m³ 日平均値：65 μg/m³)

2006年9月 PM_{2.5}基準を強化（日平均値）
(年平均値：15 μg/m³ 日平均値：35 μg/m³)

EU（限界値＝limit value）

2005年9月 欧州委員会が基準を提案

2008年4月 欧州議会及び理事会で指令案を採択

2008年6月 官報告示

年平均：25 μg/m³、達成時期：2015年1月1日

20 μg/m³、達成時期：2020年1月1日

日平均値：なし

WHO（大気質指針＝Air Quality Guidelines）

2006年10月 PM_{2.5}の大気質ガイドラインを新たに設定
(年平均値：10 μg/m³、日平均値：25 μg/m³)

※ガイドラインの目的は、世界各国を対象に情報を提供することで、公衆衛生保護に必要な大気質を確保するための対策をとることを支援することにある。一方、各国政府が目標を立てる際、国内の状況を考慮して、独自の基準を設定することを妨げるものではないとしている。

2.2. 日本の状況

- H11 「大気中微小粒子と健康に関する国際シンポ」環境庁、大気環境学会
- H11～18 微小粒子状物質曝露影響調査研究（H19.07公表）
- H12～14 ディーゼル排気微粒子リスク評価検討会
- H18～ 大気汚染に係る粒子状物質による長期曝露影響調査（H21.03報告）
- H19.05～ 微小粒子状物質健康影響評価検討会（H20.04報告）
- H19.04,5 改正NO_x・PM法案付帯決議
- H19.08 東京大気汚染訴訟和解条項
- H19.08～ 微小粒子状物質（PM_{2.5}）測定法評価検討会（H20.12報告）
- H20.06～ 微小粒子状物質リスク評価手法専門委員会（H20.11報告）
- H20.12 中央環境審議会に**環境基準設定を諮問**
微小粒子状物質環境基準専門委員会及び微小粒子状物質測定法専門委員会
を設置
- H21.07 上記委員会の報告を中央環境審議会大気部会へ報告
- H21.09.03 パブリックコメント実施結果を踏まえ部会了承、審議会答申
- H21.09.09 答申を踏まえ**環境基準告示**

3. 環境基準

3.1. 告示の内容

「微小粒子状物質による大気汚染に係る環境基準について」

(平成 21 年 9 月 9 日 平成 21 年環境省告示第 33 号)

環境基準	年平均値が $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下、かつ日平均値が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下 (米国並み)
測定方法	濾過捕集による質量濃度測定方法又はこの方法によって測定された質量濃度と等価な値が得られると認められる自動測定機による方法
適用	工業専用地域、車道その他一般公衆が通常生活していない地域又は場所については、適用しない。
達成期間	維持又は早期達成に努める

3.2. 通知の内容

「微小粒子状物質による大気汚染に係る環境基準について (通知)」

(平成 21 年 9 月 9 日付け環水大総発第 090909001 号)

- 長期基準 (年平均: $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下)
曝露濃度分布全体を平均的に低減
- 短期基準 (日平均: $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下)
高濃度領域の濃度出現を低減
結果の年間 98 パーセンタイル値で評価
- 両者の基準を達成することによって評価
- 黄砂時等の特異的現象に関し、評価の際考慮

3.3 中央環境審議会の答申で示された環境基準設定に伴う課題

- 微小粒子状物質による大気汚染の状況を的確に把握するため監視測定体制の整備を促進するとともに、微小粒子状物質が様々な成分で構成されていることを踏まえ、体系的に成分分析を行う必要がある。
- 微小粒子状物質の削減対策については、固定発生源や移動発生源に対してこれまで実施してきた粒子状物質全体の削減対策を着実に進めることがまず重要である。
- 微小粒子状物質は、発生源から直接排出される一次生成粒子のみならず、大気中の光化学反応、中和反応等によって生じる二次生成粒子で構成される。また、我が国では、都市地域のみならず人為発生源由来粒子の影響が少ないと考えられる地域においても硫酸塩や土壌粒子等の粒子が相当程度含まれており、海外からの移流分も影響していると推察されるなど、微小粒子状物質の発生源は多岐にわたり、大気中の挙動も複雑である。

このため、微小粒子状物質やその原因物質の排出状況の把握及び排出インベントリの作成、大気中の挙動や二次生成機構の解明等、科学的知見の集積について、地方公共団体、研究機関と連携を取りながら、関係事業者の協力を得つつ、実施する必要がある。その上で、大気汚染の状況を踏まえながら、より効果的な対策について検討する必要がある。

- 国内の施策に加えて、近隣諸国等との間で、大気汚染メカニズム等に係る共通理解の形成を進めつつ、汚染物質削減に係る技術協力を推進する必要がある。

3.4 参考

答申別添1「微小粒子状物質環境基準専門委員会報告」の概要

- 本専門委員会は、微小粒子状物質定量的リスク評価手法専門委員会報告、微小粒子状物質等に係る国内外の疫学その他の分野の科学的知見等を踏まえ、微小粒子状物質に関する特性や人の生体内での挙動、環境大気中濃度、健康影響に関する定性的評価、健康影響に関する定量的評価、定量的評価の検討を踏まえた環境基準の設定に当たっての指針値に関する検討、環境基準の達成状況の評価に関する調査・審議を行った。
 - 微小粒子状物質の曝露による健康影響については、疫学及び毒性学の数多くの科学的知見から、呼吸器疾患、循環器疾患及び肺がんの疾患に関して総体として人々の健康に一定の影響を与えていることが示された。その一方で、報告において、現時点の科学的知見にみられる微小粒子状物質の健康影響は、疫学知見や解析手法の充実により、初めて検出可能となった人の健康に影響を及ぼすおそれ（健康リスク）の上昇が示された。微小粒子状物質に関する疫学知見において集団として観察される健康リスクの上昇は、集団を構成する個人の個別的な因果関係を推測できるものではないが、公衆衛生の観点から低減すべきものである。
 - 微小粒子状物質の曝露による健康影響については、長期曝露による健康影響と短期曝露による健康影響の両者について示しており、これらの健康影響を踏まえ、曝露濃度分布全体を平均的に低減する意味での1年平均値に関する基準（長期基準）と高濃度領域の濃度出現を減少させる意味での1日平均値に関する基準（短期基準）を併せて設定することが妥当。
 - 現時点で収集可能な国内外の科学的知見から総合的に判断し、地域の人口集団の健康を適切に保護することを考慮して微小粒子状物質に係る環境基準設定に当たっての指針値として次のとおり提案した。

長期基準の指針値	年平均値	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	以下
短期基準の指針値	日平均値	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	以下
 - 微小粒子状物質に係る環境基準の達成状況の評価は、次の考え方を基本に行うことを提案した。
 - [1]長期基準に関する評価は、測定結果の年平均値を長期基準（年平均値）と比較する。
 - [2]短期基準に関する評価は、測定結果の1日平均値のうち年間98パーセンタイル値を代表値として選択して、これを短期基準（日平均値）と比較する。
 - 微小粒子状物質の健康影響に関しては、その閾値の有無を明らかにすることは困難であることから、今般提示した指針値等についても、研究の進歩による新しい知見をこれに反映させるべく、一定期間ごとに改めて評価、点検されるべき。
 - 今般の評価において示された様々な不確実性の減少に努めるため、死亡や死亡以外の様々なエンドポイントを対象に、感受性の高い者・脆弱性を有する者も含めた地域集団を対象とした国内知見の充実を図り、我が国における微小粒子状物質の環境大気中濃度の測定及び曝露による健康影響の現状を把握する必要がある。
- ※ なお、本専門委員会は、平成20年12月19日に中央環境審議会大気環境部会において設置され、計10回（平成21年2月4日～平成21年8月24日）にわたって審議された。

4. 測定法

4.1. 測定方法

「微小粒子状物質による大気汚染に係る環境基準について」

(平成 21 年環境省告示第 33 号)

- ろ過捕集による質量濃度測定法（以下「フィルター捕集-質量法」という。）
- フィルター捕集-質量法によって測定された質量濃度と等価な値が得られると認められる自動測定機による方法

4.2. フィルター捕集-質量法（標準測定法）

環境大気中に浮遊する粒子状物質を、導入口から一定の実流量で吸引し、分粒装置を用いて PM_{2.5} の粒子を分粒してフィルター状に捕集し、その質量濃度を測定する方法

4.3. 自動測定機

常時監視において用いる自動測定機は、標準測定法であるフィルター捕集-質量法によって測定された質量濃度と等価な値が得られ、かつ、必要とされる測定精度が確保されなければならない。フィルター捕集-質量法と自動測定機の等価性は、当分の間、環境省が中心となって実施する並行試験によって評価される。

ベータ線吸収法

低いエネルギーの β 線を物質に照射した場合、その物質の質量に比例して β 線の吸収量が増加する原理を用いた測定法。1 時間毎にろ紙上に捕集した粒子状物質に β 線を照射し、透過する β 線の強度を測定することで、質量濃度を測定する。

光散乱法

試料大気に光を照射し、その散乱光の強度を測定することにより、PM_{2.5} の質量濃度を算出する。光散乱法は質量濃度を直接測定する方法ではないため、別途測定したフィルター捕集-質量法による質量濃度測定値と光散乱法による相対濃度から換算係数（F 値）を求めて、換算補正する必要がある。

ベータ線吸収法と光散乱法のハイブリッド法

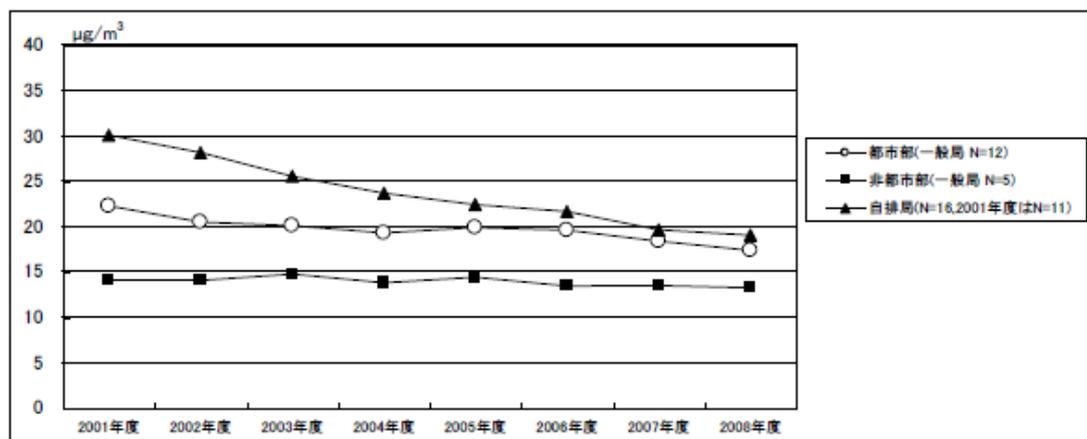
ベータ線吸収法と光散乱法を用いて大気中の PM_{2.5} を測定する。光散乱法による PM_{2.5} の測定値は、直接質量濃度を測定するものではないため、ハイブリッド法では F 値をベータ線吸収法にて測定した値に基づき算出する。

フィルター振動法（TEOM）

固有の振動数で振動している円錐状の秤量素子の先端にフィルタが取り付けられ、フィルタ上に捕集された粒子状物質の質量の増加に伴い、素子の振動周波数が減少する原理を用いた測定法。

5. 環境の状況

5.1. PM_{2.5} 環境測定結果（経年変化）



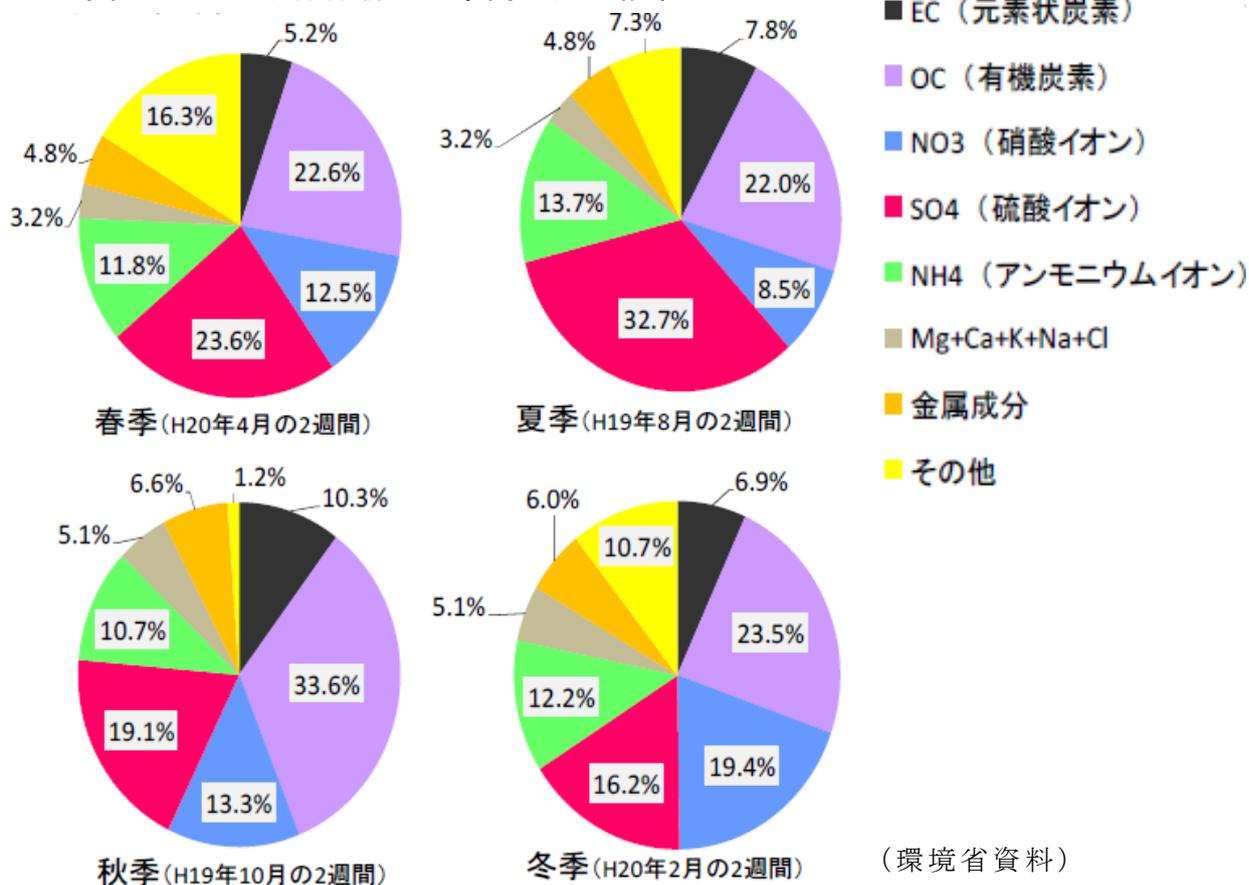
※N=調査地点数

図 PM_{2.5}(50℃加熱方式 TEOM)質量濃度の月平均値の変化

(環境省資料)

PM_{2.5} 質量濃度は自排局で経年的に顕著な濃度低下がみられ、都市部一般局では調査初期の濃度低下の後に横ばいを経て最近では再び濃度低下の傾向にあり、非都市部一般局では全体にわたって横ばいであった。

5.2. 川崎市における成分分析（四季調査）の結果



(環境省資料)

6. 常時監視

環境省では、微小粒子状物質における標準測定法と自動測定機の等価性の確認のため、第1回並行試験（冬季分）（平成21年12月～平成22年2月）と第1回並行試験（夏季分）（平成22年7月中旬～平成22年8月末）を実施し、参加した自動測定機について適合機種を判定する。（平成22年9月頃）

愛知県においてはこれまで自動測定機について、適合機種が示されてなかったため、設置をしていないが、適合機種が認定される平成22年度秋以降、次により常時監視体制を進めていく

- 国が適合と判定した機種を順次整備し、常時監視を実施する。
- 国が平成22年度秋を目途に示すガイドラインに従い、成分分析を実施する。