

PM2.5の環境基準の設定と今後の課題について

調査研究科 上野広行

1 はじめに

環境基準とは、人の健康の保護及び生活環境の保全のうえで維持されることが望ましい基準であり、行政上の政策目標である。浮遊粒子状物質（SPM）については、ディーゼル車規制などが進められた結果、ここ数年100%達成している。しかし、平成21年9月に、新たにPM2.5の環境基準が設定された。ここでは、PM2.5の環境基準設定の経緯や東京都の状況、今後の課題等について述べる。

2 PM2.5とは

大気中には、いろいろな大きさの粒子が浮遊している。その粒径分布を測定すると、図1に示すようにふた山型になる。粗大粒子には土壌や海塩などの自然起源の粒子が多く、微小粒子には燃焼により生成するすすなどの人為起源の粒子が多い。

PM2.5は、SPMよりもより粒径の小さい粒子の集まりである。微小粒子は吸入した際、肺の奥まで到達するため健康影響がより大きいといわれており、SPMよりもより適した指標になる。

3 PM2.5の環境基準設定の経緯

PM2.5の環境基準を初めに設定したのは米国である。PM2.5が呼吸器系疾患だけでなく、循環器系疾患による死亡にも影響があるという研究結果等を基に、1997年に環境基準を設定した。日本においてもPM2.5に関しての検討が始まり、東京都においてもPM2.5のモニタリングを一部測定局で開始した。環境省においては、1999年度から微小粒子状物質の調査が継続的に行われていた。2006年以降、WHOによるPM2.5ガイドライン制定、東京大気汚染訴訟の和解、環境省の調査報告取りまとめなどが行われ、環境基準設定への機運が高まった。平成20年12月9日、環境大臣から中央環境審議会に微小粒子状物質に係る環境基準の設定について諮問がなされ、中央環境審議会大気環境部会の専門委員会による審議等を経て、平成21年9月4日答申が出され、9月9日環境基準の告示が行われた。

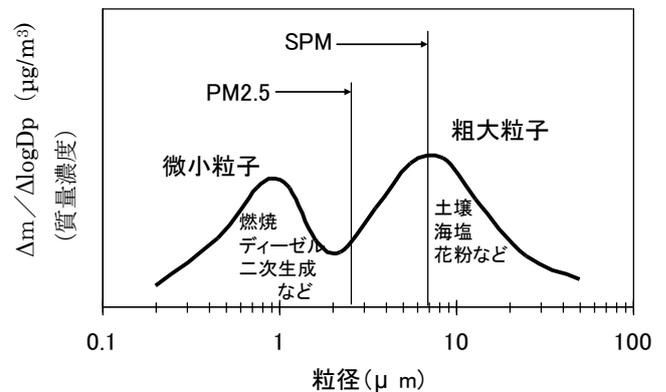


図1 大気中に浮遊している粒子の粒径分布

4 PM2.5の健康影響

PM2.5の健康影響は、吸引によって喘息などが発症するというようなものではなく、濃度が比較的高い地域において相対リスクが高くなるというものである。

PM2.5の健康影響に関する有名な疫学研究（ハーバード6都市研究）では、喫煙習慣、性別、年齢、その他のリスク要因を考慮に入れた上で、大気汚染の死亡率に及ぼす影響を評価することを目的に調査が実施された。大気汚染濃度の異なる6都市において、24～74歳の白人約8000人について1974年～1991年の間の健康状態、死亡原因を追跡調査した。その結果、最も大気汚染の高い都市の死亡率は、最も清浄な都市の1.26倍であるというものであった。さらにその後の研究によって、濃度が低くリスクの見られない都市のPM2.5の濃度は $11\sim 13\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える都市では全死亡リスクが上昇するという結論が得られた。日本においても同様の調査が行われ、循環器への影響ははっきりしなかったものの、日死亡とPM2.5との関係では呼吸器への有意な影響が認められるなど、概ね諸外国での調査結果が支持された。

基準値の提案に当たっては、日本の調査では環境濃度 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上から死亡等への影響が見られるという結果であったが、国外では $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ としていることや不確実性を考慮して、長期基準として年平均値 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ が妥当であると判断された。また、高濃度出現による短期影響の健康リスクを低減するために、日平均値 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ という短期基準も設定された。

5 PM2.5の測定方法

PM2.5の測定方法は、フィルタに粒子を採取し、その質量を天秤で秤量する方法(秤量測定法)が基準になっているが、必ずしも簡単ではない。それは、粒子の中には温度や湿度条件によって、ガス化したり粒子化したりする物質があるためである。さらに、高湿度条件では、フィルタや粒子が吸湿して測定値が大きくなるという誤差もある。そのため、採取時間は24時間、採取時のフィルタ温度は外気温 $\pm 5^\circ\text{C}$ 、秤量時の温度 $21.5\pm 1.5^\circ\text{C}$ 、湿度 $35\%\pm 5\%$ と細かく定められている。秤量測定法は大変な労力を要することから、日常のモニタリングのためには、いくつかの自動測定器が開発されている。

6 東京都における取り組みと今後の課題

東京都では一部測定局でフィルタ振動法（TEOM）によるPM2.5のモニタリングを行ってきた。その結果を図2に示すが、減少傾向にある。これは廃棄物焼却炉対策や自動車排出ガス対策によると考えられる。

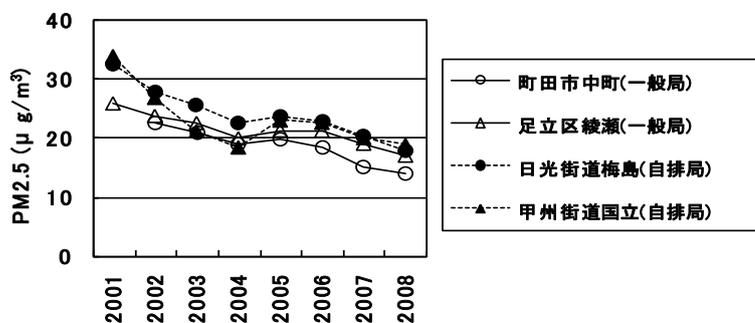


図2 フィルタ振動法によるPM2.5年平均値

平成 20 年度には都内 17 地点において基準法である秤量測定法により 4 季・各 14 日間の測定を行った。その結果を図 3 に示したが、概ね $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、環境基準値である $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を上回っている。

図 3 には、PM2.5 の成分組成も示した。濃度の高い成分は、EC (Elemental Carbon 元素状炭素)、OC (Organic Carbon 有機炭素)、 NH_4^+ (アンモニウムイオン)、 NO_3^- (硝酸イオン)、 SO_4^{2-} (硫酸イオン) である。このうちイオン成分は、粒子としては主に硝酸アンモニウム、硫酸アンモニウムとして存在している。

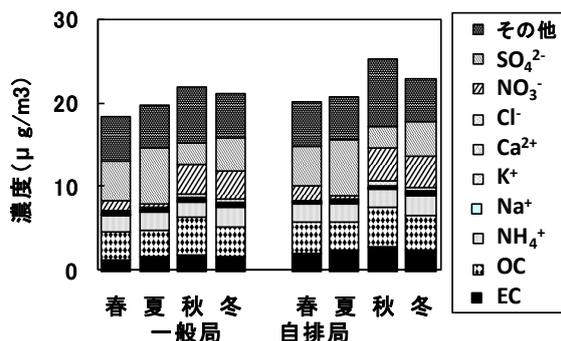


図 3 秤量測定法による PM2.5 測定結果 (各季 14 日間の平均)

EC は、ディーゼル排出微粒子の指標とされており、自排局の方が一般局より高い。OC は、ディーゼル排出微粒子や燃焼由来の粒子など、発生源から粒子として排出される粒子 (一次粒子) のほか、有機溶剤などの揮発性有機化合物が大気中で粒子化したもの (二次生成粒子) なども含まれているといわれており、その由来は必ずしも明らかになっていない。硝酸アンモニウム、硫酸アンモニウムは、大気中に排出された窒素酸化物(NO_x)、いおう酸化物 (SO_x) が酸化反応、アンモニアとの反応によって生成した二次生成粒子である。 NO_x は自動車や、ボイラ等の燃焼施設から排出される。 SO_x は石炭や重油等、硫黄を含んだ燃料を燃焼する発電所や船舶などのほか、火山等の自然起源からも排出されている。

夏季の PM2.5 は光化学オキシダント濃度が高い日が続くと濃度が高くなる傾向があり、二次生成の影響と考えられる。図 4 には、夏季の江東及び青梅における PM2.5 と SO_4^{2-} 、WSOC (水溶性有機炭素: 二次生成有機粒子の指標) を示す。青梅は江東よりも自動車のような一次粒子発生源が少ないと考えられるが、PM2.5 濃度は高く、二次生成の影響が大きいと考えられる。 SO_4^{2-} と WSOC とは挙動が似ているが、青梅の方が WSOC の割合が高く、有機粒子の方が地域的な生成があることを示唆している。

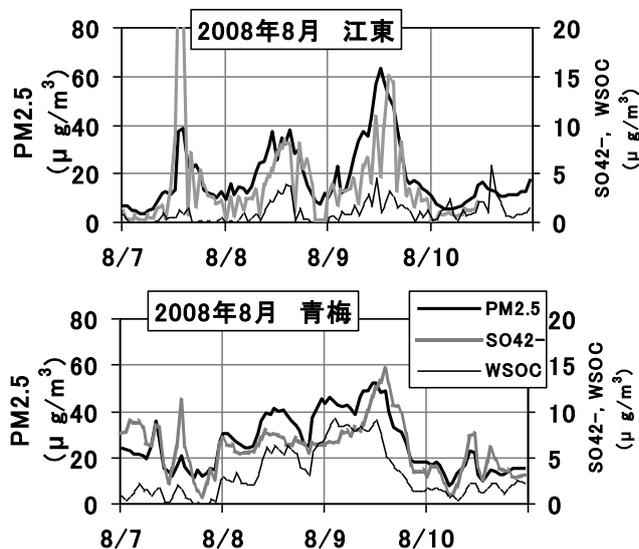


図 4 江東と青梅における夏季の PM2.5 及び成分組成の濃度変化

PM2.5 を削減するためには、優先して取り組むべき発生源を特定し削減目標を検討する必要がある。PM2.5 の発生源寄与の推定を行うひとつの方法として、レセプターモデルがある。これは、大気中の粒子は各発生源から排出された粒子の混合物と考え、大気中の粒子成分組成と、発生源から排出される粒子の成分組成とを用いて、その混合比を計算で求める方法である。この手法では、環境データとともに発生源の粒子組成が必要になるため、

発生源調査を行っている。また、環境データの変動から発生源寄与を推定する方法もあり、その解析も進めている。

削減対策効果を検討するために必要なのはシミュレーションモデルである。シミュレーションモデルとは、発生源からの原因物質の排出量を入力データとし、気象モデル、化学反応モデル等により環境濃度を計算する方法である。計算結果が実測結果と一致すれば、モデルがある程度現状を再現することになる。再現性を確認後、原因物質の排出量を減らしたデータを入力して計算することにより、対策効果が予測できる。

7 おわりに

今後のPM2.5の対策としては、ばいじんや自動車排出粒子などの一次粒子だけでなく、二次生成粒子への対応が重要である。近年は、厨房から排出される油や植物起源物質などの影響、汚染物質の広域移流の影響もあるといわれており、組成分析やモデル計算等総合的な解析を行っていく必要がある。