

更なる大気環境の改善に向けて

—PM2.5 対策の現状と課題—

調査研究科 横田 久司

1 はじめに

大気中に浮遊する粒子状物質は、大きさ、成分、発生源の異なる様々な粒子の混合物である。日本では、粒径 $10\mu\text{m}$ 未満の粒子状物質を浮遊粒子状物質 (SPM) ^{ア)} として定義し、昭和 48 年に環境基準が設定されている。主な発生源である工場・事業場やディーゼル自動車に対し各種対策が実施されてきたが、特に平成 12 年からのダイオキシン類特別措置法による焼却炉規制や平成 15 年からの一都三県のディーゼル車走行規制等により、近年、SPM の大気濃度は大幅に低減してきた。

一方、1993 年に米国の「ハーバード 6 都市研究」が報告 ¹⁾ されて以降、粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の粒子状物質 (PM10) や粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下の粒子状物質 (PM2.5) の健康影響に関する研究が国際的に増加した。これらの研究の成果に基づき、米国では、1997 年に PM2.5 の環境基準が設定されている。これに対し、当時の日本においては、SPM に比べてより微小な粒子状物質の人への曝露や健康影響に関する知見はほとんどない状況であったため、環境省は、平成 11~19 年度にかけて「微小粒子状物質曝露影響調査検討会 ²⁾」を設置し、曝露、疫学、毒性学の 3 つの分野について調査研究を行ってきた。平成 19 年度からは、国内外における科学的知見を集積するなかで、「微小粒子物質健康影響評価検討会 ³⁾」が設置され、PM2.5 の健康影響に関する総合的な検討を開始したところである。

このように長期間の調査研究が必要になっている原因として、PM2.5 の成分が外国と異なる可能性があること (健康影響の評価にも影響する。)、大気中での光化学反応等による生成 (「二次生成」という。) があること、さらに、SPM と同時に PM2.5 濃度も低減傾向にあり、その結果、疫学調査対象地域間の濃度差が小さくなったことも複雑さ、困難さを増す要因の一つである。特に、ディーゼル車規制により、ディーゼル排出粒子の割合が減少し、相対的に大気濃度における二次生成の粒子の割合が増加している。

このため、今まで法や条例による規制の対象であった工場・事業場、自動車等の「事業活動その他の人の活動」⁴⁾ による排出だけでなく、低濃度になったが故に、新たな排出源等の影響も考慮する必要が生じてきた。本稿では、これまで法や条例が想定していた範囲での人の活動を「人為」と呼ぶことにし、この「人為」という言葉をキーワードに、PM2.5 を中心として、大気環境対策の現状と今後の課題について考えてみたい。

2 大気汚染は改善されたか

(1) 環境基準との比較

平成 18 年度の東京都における大気汚染物質の環境基準適合状況 ⁴⁾ をみると、浮遊粒子状物質 (SPM) は一般環境大気測定局 (以下、「一般局」) 1 局を除いて達成、二酸化硫黄 (SO_2)、一酸化炭素 (CO) は全局で達成しているが、二酸化窒素 (NO_2) は一般局全局達成したが、自動車排出ガス測定局 (以下、「自排局」) 34 局中 13 局で達成していない。光化学オキシ

ダント (Ox) ^ウについては、全局で達成していないだけでなく、年平均濃度がこの10年間ではやや上昇傾向にあり、夏季の注意報発令日数は依然として高い水準にある。また、有害大気汚染物質として、環境基準が設定されているベンゼン、トリクロロエチレン等については、全局で適合している。

環境基準を達成していないNO₂及びOxについて、共通していることは、大気中での反応等による二次生成があることである。NO₂の場合には、空気中の窒素(N₂)の燃焼によって発生源から排出される窒素酸化物(NO_x=NO+NO₂)のうち、10%程度がNO₂として排出される(「一次生成」という。)が、大部分は、対流圏の天然のオゾン(O₃)による一酸化窒素(NO)の酸化及び光化学スモッグ中での反応によるNOの酸化という二つのメカニズムで生成するとされていた⁵⁾。近年では、大型ディーゼル車への酸化触媒の装着により、一次生成のNO₂が増加する傾向にある(本発表会の木下の発表を参照されたい)。また、Oxについては、前述の天然O₃がバックグラウンドレベルで存在し、光化学スモッグ発生時には光化学反応による二次生成により注意報レベルまでの高濃度のO₃が生成する。

(2) PM2.5による大気汚染の状況

ア PM2.5とはなにか?

PM2.5は、以下に記すような種々の成分の混合物である。

- ① 単一物質ではなく、固体粒子の集合として存在し、ディーゼル排出粒子や固体粒子に吸着した有機物質、硫酸塩、硝酸塩及び水分などを含む。
- ② 一次生成の粒子の他に、排出時にはガス状であった物質が大気中で二次生成により粒子化した物質が混在する。
- ③ 二次生成粒子には、NO_xやSO₂から生成する硫酸塩、硝酸塩とともに、光化学スモッグの中でO₃との反応等を経て、揮発性有機化合物(VOC)^エから生成される有機物質も存在する。
- ④ 自然起源の土壌粉じんや海塩粒子、大陸起源の粒子(黄砂)の一部も、一次生成成分として含まれる。

微小粒子の調査結果⁶⁾から主な成分の構成割合を図1に示す。NO₂やOxと同様、光

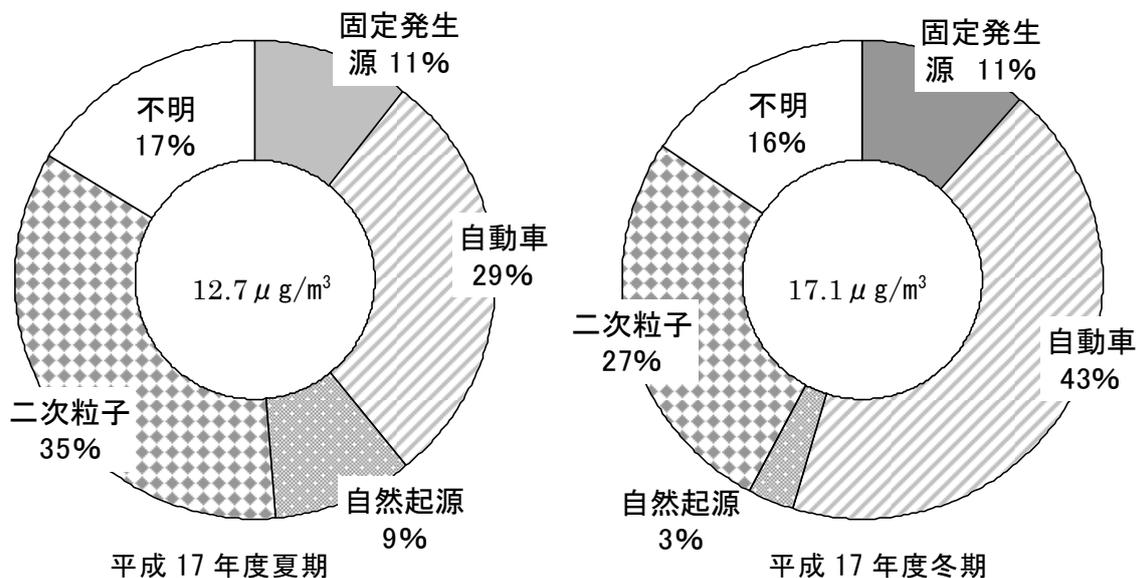


図1 微小粒子の発生源寄与割合

化学反応等により大気中で生成するPM2.5中の二次生成粒子の濃度は、紫外線強度や原料となるVOCやNOxの濃度によって異なっていることもあり、季節や地域で成分割合が変化する。

イ 大気濃度の状況

東京都では、PM2.5について、都内4ヶ所の測定局で経年的な測定を行っており、SPM同様に低減傾向にある。しかし、平成17年度の年平均濃度は18.5~23.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、米国環境基準15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ よりも大幅に高い水準にある(図2)。

(3) 排出源の対策

PM2.5の生成に直接、間接的な影響をもつ大気汚染物質も含めて、発生源対策はかなり進んできている。前述の規制の他に、平成12年度からは、排出規制と事業者の自主的取組による排出抑制を組み合わせた「ベスト・ミックス」方式により、VOCを平成22年度までに30%削減する計画が開始された。既に、平成17年度には、全国でのVOC排出量が平成12年度の約147万トンに対し、約25万トン、約20%が削減されている⁷⁾。

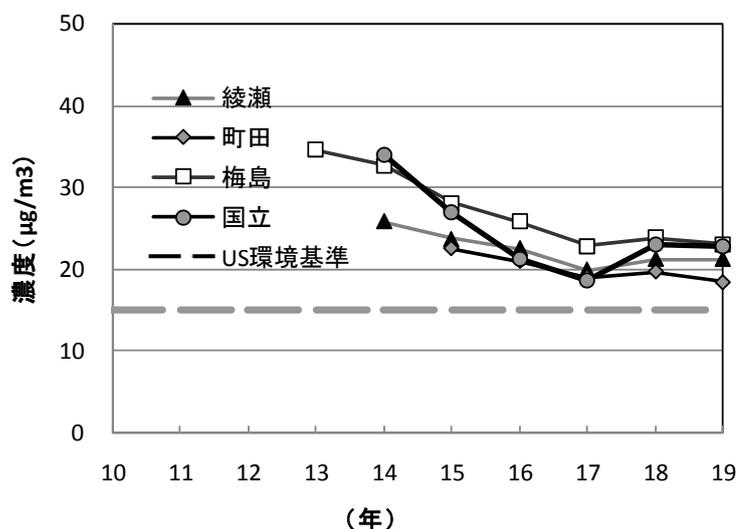


図2 PM2.5濃度の経年変化

3 人為でない(?) 大気汚染とは

PM2.5やSPMに関連する様々な大気汚染現象が研究されている。これらの現象は、直接的には前述した人為による影響ではないが、法の想定外であっただけで広い意味での人為的な影響が現れてきているといえる。

(1) スギ花粉

戦後、木材用途に植林され、成熟して花粉を盛んに飛散している。東京都は、総合的な花粉症対策を推進するため「東京都花粉症対策本部⁸⁾」を設置しており、最近、広葉樹等に代替する試みが行われている。ただし、花粉の粒径は、10~35 μm の範囲とされているので、PM2.5とは重なっていない。

(2) 越境大気汚染

最近わが国でOx濃度が増加し続け、その原因としてアジア大陸からの越境汚染の影響が考えられている。アジアでは、火力発電所・工場・自動車等による様々な大気汚染物質の排出量は経済成長に伴って急増している⁹⁾。光化学スモッグについては、今年、九州の離島などで初めての注意報が発令された。東京周辺でのOx濃度、PM2.5に対する影響は明らかではないが、影響を監視していく必要がある。

さらに、北アメリカやヨーロッパで生成されたO₃が、対流圏に上昇して半球的な輸送により日本に到達するという研究も報告されている¹⁰⁾。これは、前述の天然とされていたO₃

濃度に影響を与える可能性がある。

(3) 黄砂

黄砂は、大陸のタクラマカン砂漠やゴビ砂漠で吹き上げられた多量の砂の粒子が空中に飛揚し天空一面を覆い、徐々に降下する現象であり、日本においては3~4月に多く見られる。黄砂観測時にはSPMの濃度が大きく増加し、PM2.5の濃度も増加傾向にある²⁾。

(4) 植物由来のVOC

農作物および森林などの植物から反応性に富むVOCが排出されることはよく知られている。VOC中で、イソプレンとモノテルペンが主要な排出物質であり、イソプレンは主に落葉樹林から排出される。VOCの成分毎の光化学反応性を考えた場合に、夏場においてはイソプレンの寄与が大きくなることが報告されている¹¹⁾。

4 PM2.5対策を進めるために何が必要か

PM2.5の濃度が低減し、しかも、二次生成の粒子の相対的割合が増加している現状では、より広域的な影響や様々な排出源を考慮する必要が生じてきたといえる。すなわち、依然として人為による直接的な影響が大きいものの、法や条例の想定外であった広範囲の人為による影響も無視できなくなってきたのではないかと考えられる。このような視点から、PM2.5対策を進めるために幾つかの課題を整理してみた。

(1) 総合的な対策や研究の必要性

一次生成の成分については従来からの削減対策を進めるとともに、二次生成の原因物質の削減については大気中での反応を考慮した対策が必要であり、個別物質の対策や研究を独立的に進めるのではなく、それらを統合し、連携して進めることが必要である。

(2) 環境モニタリングの重要性

PM2.5の環境基準は設定されていないが、大気の水質の変化を適切に把握し、より早く健康への影響を判断する手段としてモニタリングは重要である。単なる環境基準の適合度だけでなく、発生源の拡がりや二次的生成も考慮した大気の水質の変化を読みとれるモニタリングが必要である。

(3) 広域的な連携

大都市東京としては、半球的なO₃の輸送問題までには踏み込めないにしても、近隣自治体だけでなく、東アジアまで含めた広域的な対応策を検討する段階に来たのかもしれない。

(4) 予防的対応の必要性

環境基準は設定されていないが、対策を進めるためには暫定的でも目標が必要である。そのためには、十分な調査研究を行い、国民的合意が可能な根拠を明らかにする必要がある。

このような状況を踏まえ、東京都では、「10年後の東京」への実行プログラム2008（平成19年12月発表）の中で、「大気環境の実態解明とPM2.5・VOC対策の確立」を掲げ、平成20年度から3ヶ年計画で、PM2.5削減対策を進めるための調査研究を実施する予定である。

用語説明

1) SPM と PM2.5 の違い

従来、大気中に漂う粒径 $10\mu\text{m}$ ($1\mu\text{m}=0.001\text{mm}$) 未満の粒子を浮遊粒子状物質 (Suspended Particulate Matter : SPM) と定義して環境基準が定められているが、その中で粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下の小さなものを微小粒子状物質 (Particulate Matter 2.5 : PM2.5) と呼んでいる。微小粒子状物質は、粒径がより小さくなることから、肺の奥深くまで入りやすい³⁾。

2) 「事業活動その他の人の活動」

環境基本法第二条第3号では、「公害」とは、「環境の保全上の支障のうち、事業活動その他の人の活動に伴って生ずる相当範囲にわたる大気汚染（中略）によって、人の健康又は生活環境に係る被害が生ずること」としている。ここでは、法の対象となる公害としての大気汚染を定義し、規制等の対策を講じる対象を明確にしている。

3) Ox と O_3 の関係

光化学スモッグが発生したとき、その主成分が O_3 で、その他の酸化性物質を含めて Ox という。

4) 揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds : VOC)

溶剤や塗料、インク等、多くの揮発性のある物質の総称である。最近、植物から発生する VOC も光化学スモッグの一因として研究が進んでいる。

参考文献等

- 1) Dockery D. W. 他、An Association between Air Pollution and Mortality in Six U.S. Cities. The New England Journal of Medicine、329(24)、1753-9 (1993)
- 2) 環境省、微小粒子状物質曝露影響調査報告書、平成19年7月(2007)
- 3) 環境省、微小粒子状物質健康影響評価検討会、平成19年5月14日第1回開催
- 4) 東京都環境局、平成18年度大気汚染状況の測定結果について、平成19年8月17日
- 5) 木村富士男他、寒候期の大都市域における NO_2 の生成要因、天気、38(5)、61-69 (1991)
- 6) 関東地方環境対策推進本部大気環境部会浮遊粒子状物質調査会議、平成17年度浮遊粒子状物質合同調査報告書 関東における大気エアロゾルのキャラクターゼーション (第23報)、平成19年3月(2007)
- 7) 環境省、第5回揮発性有機化合物 (VOC) 排出インベントリ検討会配付資料、平成19年度 VOC 排出インベントリ検討会の進め方について (案)、平成19年7月25日(2007)
- 8) 東京都花粉症対策本部ホームページ
<http://www.sangyo-rodo.metro.tokyo.jp/norin/kafun/sugikafun.html>
- 9) 国立環境研究所プレス発表資料、アジア地域における1980~2020年の大気汚染物質を算定(お知らせ) — NO_x 排出量は過去四半世紀で約3倍、更に2020年まで増加する可能性も—、平成19年10月10日(2007)
- 10) 秋元肇、大気環境問題のグローバル化とローカルな取り組み課題、JCAP 第5回成果発表会、2007.2.22-23 (2007)
- 11) 佐々木寛介他、関西地域における VOC 組成と発生源寄与の季節変動、大気環境学会誌、42(4)、219-233