

東京都における大気中微小粒子(PM_{2.5})と浮遊粒子状物質の週平均濃度(平成17年度*)

栗田 雅行**, 瀬戸 博**

Weekly Average Concentrations of Ambient Fine Particles (PM_{2.5}) and Suspended Particulate Matter in Tokyo, Jun. 2005 - May 2006.

Masayuki KURITA** and Hiroshi SETO**

Keywords : 大気中微小粒子 ambient fine particles (PM_{2.5}), 浮遊粒子状物質 suspended particulate matter, 週平均濃度 weekly average concentration, 粗大粒子 coarse particles

はじめに

著者らは、大気中の粒子状物質のうち、生体への悪影響がより強いとされる粒子の径が2.5 μm以下の微小粒子(いわゆるPM_{2.5})を対象とし、毎月3日間のPM_{2.5}濃度等をこれまでに報告した^{1,2)}。しかし、東京都内の粒子状物質汚染の実態は以前不明のままである。東京都福祉保健局では、平成16年度から3年間をかけて「大気汚染とぜん息発症に関する影響調査」を実施し、大気汚染によるぜん息等の医療費助成患者と粒子状物質との関連を検討している。その一環として行った粒子状物質の測定結果のうち、2004年6月から2005年5月までの分については、平成16年度分の資料として著者らが報告した³⁾。今回の報告は、既報³⁾に連続する新たな1年分のデータについて、PM_{2.5}等の週平均濃度結果を提示し、前年度の結果と比較検討した。

実験方法

1. 試料採取地点

大気中のSPMとPM_{2.5}を採取した地点は、既報³⁾と同じである。すなわち、青梅市、立川市、小平市及び大島町にあるそれぞれ西多摩保健所、多摩立川保健所、多摩小平保健所及び島しょ保健所大島出張所と、新宿区にある東京都健康安全研究センターの計5地点とした(以下、それぞれ、青梅、立川、小平、大島、新宿とする)。採取地点を図1に示す。

2. 試料採取期間

試料は、2005年5月31日から2006年5月30日までの1年間にわたり、毎週火曜日午前9時から翌週火曜日の午前9時までの1週間、5地点同時に連続採取した。2005年5月31日から6月7日までの1週間の採取試料を1とすると、地点ごとに52の試料を得た。以下では、試料の採取開始日を1週間の採取試料の名称として用いる。ただし、2006年1月3日及び3月21日は祝日のため、それぞれ1月4日と

3月20日に試料採取の終了と翌週分の採取開始を行なった。したがって、2005年12月27日及び2006年1月4日の試料の採取期間は、それぞれ8日間と6日間となり、反対に3月14日と3月20日の試料の採取期間はそれぞれ6日間と8日間となり、これら4回の結果は通常の7日間採取とならなかった。

3. 試料採取方法

試料採取方法は既報³⁾と同じである。粒子状物質を粒径の大きさから選別する機能(カット特性)として、10 μmより大きい粒子を100%除去する性能を有する慣性衝突捕集板(以下、インパクターとする)と、その下流側に位置する2.5 μmより大きい粒子、すなわち粒径が2.5-10 μmの粒子(以下、粗大粒子とする)を50%除去するためのインパクターが組み込まれたフィルターホルダー(柴田科学社製NWPS-35HS)を試料採取に用いた。さらに、定流量装置や積算流量計を内蔵した吸引ポンプ(柴田科学社製MP-Σ500)をシリコンチューブによりこのフィルターホルダーに最短距離で接続し、試料採取装置として全天候型のシェルターに入れ、毎分2.5 Lの流量で吸引して試料を採取した。試料採取用のフィルターはフッ素樹脂で補強されたグラスファイバー材質(Pall社製T60A20を東京ダイレック社が型抜きした製品)で、径の大きさが異なる2種類を用いた。すなわち、粗大粒子の採取には直径25 mmのものを

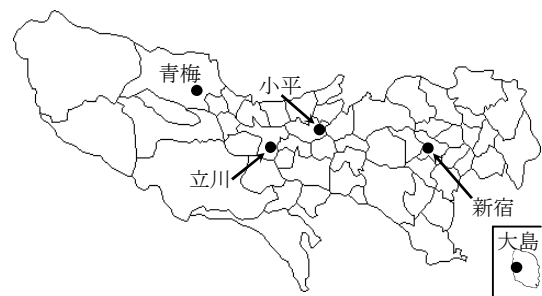


図1 東京都内における大気中粒子状物質の採取地点

* 平成16年度 東京健安研七号報, 56, 287-291, 2005

** 東京都健康安全研究センター環境保健部環境衛生研究科 169-0073 東京都新宿区百人町3-24-1

** Tokyo Metropolitan Institute of Public Health
3-24-1, Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073 Japan

2.5 μm インパクトター上に置いて、そして $\text{PM}_{2.5}$ の採取には直径 35 mm のものをその下流側に固定して使用した。

4. 質量濃度

粗大粒子のフィルターと $\text{PM}_{2.5}$ のフィルターは、1 枚ずつペトリスライド (MILLIPORE 社製 PD15047) に入れて保管し、試料採取する前と後に、20°C の恒温室内に 1 日以上置いてから上皿電子天びん (Sartorius 社製 SC2-F) で 0.1 μg の値まで秤量した。秤量時は、フィルター間の秤量誤差を極力なくすため、秤量した後の風袋値がフィルターすべてで 0 値を示すまで、秤量を繰り返して行った。また、粗大粒子と $\text{PM}_{2.5}$ の 2 種類のフィルターについて、同一ロットである未使用フィルターをそれぞれ用意し、試料採取前後のフィルターを秤量する際に併せて測定し、電子天びんに大きな狂いがないか確認した。この未使用フィルターの相対的な平均偏差 ($n=52$) は、粗大粒子と $\text{PM}_{2.5}$ ともに 0.005% 未満であり、無視できる程度であった。粗大粒子と $\text{PM}_{2.5}$ の各質量濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) は、それぞれの試料採取前後の秤量値の差を採取時の総吸引量で除して求めたのち、両者の濃度の合計値を浮遊粒子状物質 (以下、SPM とする) の濃度とした。

5. データの取扱い

上記 2 においても述べたように、週平均濃度は原則 7 日間の濃度としているが、測定の開始日または終了日が祝日のために採取期間が 6 または 8 日間となった週がそれぞれ 2 週あった。また、後述する結果にみられるように、試料採取ポンプの停止などによる欠測によって、データが得られなかった場合がある。そのため、週平均濃度の時系列変化については、採取期間の日数にかかわらず得られた濃度を示した。しかし、地点間の濃度比較においては、5 地点すべてのデータがそろって完全データ (ある週で 1 地点でも欠測がある、または採取日数が 7 日間でない場合に、その週の残りの地点のデータも除外) である 32 週について集計解析し、平均±標準偏差として表した。

結果及び考察

1. 週平均濃度の時系列変化

$\text{PM}_{2.5}$ と SPM それぞれの週平均濃度について、時系列変化を地点ごとに図 2 に示した。図中の新宿を除く 4 地点でプロットが連続していないのは、停電などによるポンプの異常停止によって欠測となったためである。

初めに、1 年間での最高値を地点ごとにみると、 $\text{PM}_{2.5}$ では、青梅が 2005 年 8 月 2 日の 33.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、立川が 2005 年 7 月 12 日の 34.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、大島が 2005 年 8 月 9 日の 27.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、小平と新宿はともに 2005 年 11 月 22 日でそれぞれ 37.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、39.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。一方、SPM では、2006 年 4 月 18 日に青梅・立川・小平で最高値を示し、それぞれ 50.8・54.4・60.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。大島と新宿では最高値でなかったが、2 番目の高値を 2006 年 4 月 18 日に

観測し、それぞれ 47.3、46.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を計測した。最高値は、大島が 2006 年 4 月 4 日に 48.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、新宿が 2005 年 11 月 22 日に 51.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。最高値を示した週が地点間で一致しなかった $\text{PM}_{2.5}$ と、地点間でほぼ一致した SPM との違いを考慮するため、SPM 濃度と $\text{PM}_{2.5}$ 濃度の差、すなわち粗大粒子の濃度に注目すると、粗大粒子では 2006 年 4 月 18 日に全地点で最高値 (青梅 28.0・立川 29.7・小平 32.7・大島 29.3・新宿 23.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) を示し、かつそれらは全地点でそのときの $\text{PM}_{2.5}$ 濃度を超える値であった。これは、大島以外の地点では、粗大粒子濃度が $\text{PM}_{2.5}$ 濃度を超えることが一度もなかった点と異なり、2006 年 4 月 18 日の週が特殊なデータであったことを示す。これとほぼ同じ季節である前年度結果の 2005 年 4 月 26 日に、全地点で粗大粒子濃度が $\text{PM}_{2.5}$ に近い値に達した理由を黄砂によるものと推測していた³⁾。加えて、気象庁が 2006 年 4 月 18 日に全国的に黄砂を観測したことを発表していることから、この粗大粒子の最高濃度は季節の特徴を反映した黄砂によるものとほぼ断定できる。

次に、1 年間の最低値あるいはそれに近い値をみると、 $\text{PM}_{2.5}$ では 2006 年 1 月 17 日に青梅 10.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (最低値から 3 番目)、立川 11.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (同 3 番目)、小平 12.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、新宿 10.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (同 5 番目)、大島 5.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ が観測された。ただし、青梅と大島は図 2 で 2005 年 12 月中旬などに最低値を示しているが、採取期間が 7 日間でないためここでは除外した。立川と新宿の最低値はともに 2005 年 10 月 4 日で、それぞれ 10.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、8.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。一方、粗大粒子では、2006 年 1 月 17 日に最低あるいはそれに近い濃度がすべての地点で観測され、青梅 3.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、立川 3.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、小平 3.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、大島 4.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、新宿 2.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった (青梅は 3 番目、大島は 2 番目に低い濃度)。2006 年 1 月 17 日に最低値あるいはそれに近い値であったのは、採取期間中の降雪によるのが一因であろう。 $\text{PM}_{2.5}$ と SPM の時系列変化は、黄砂による 2006 年 4 月 18 日を除くと、5 地点すべてにおいてほとんど平行して変動しているのが認められる。然るに、 $\text{PM}_{2.5}$ と SPM の週平均濃度の間で求めた相関係数が、青梅 0.92、立川 0.89、小平 0.91、大島 0.89、新宿 0.94 と非常に高い値であったことから支持される。加えて、地点間の変動パターンを比較してもその類似性は高く、このことは、前述した週平均濃度の最高値と最低値の時期が地点間でほぼ一致したことから裏付けられる。地点間の変動パターンに関するこの類似性は、次の 2 においてさらに検討する。

2. 地点別週平均濃度の比較

新宿を除く 4 地点ではいくつかの欠測があり (図 2)、週平均濃度の地点間比較を行うために、5 地点の完全データである 32 週についての解析結果を表 1 に示した。大島では $\text{PM}_{2.5}$ 13.5±4.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、SPM 23.0±9.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ とどちらも 5 地点のうちで最も低濃度であった。反対に高濃度であるのは小平で、 $\text{PM}_{2.5}$ 20.1±6.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、SPM 29.4±9.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

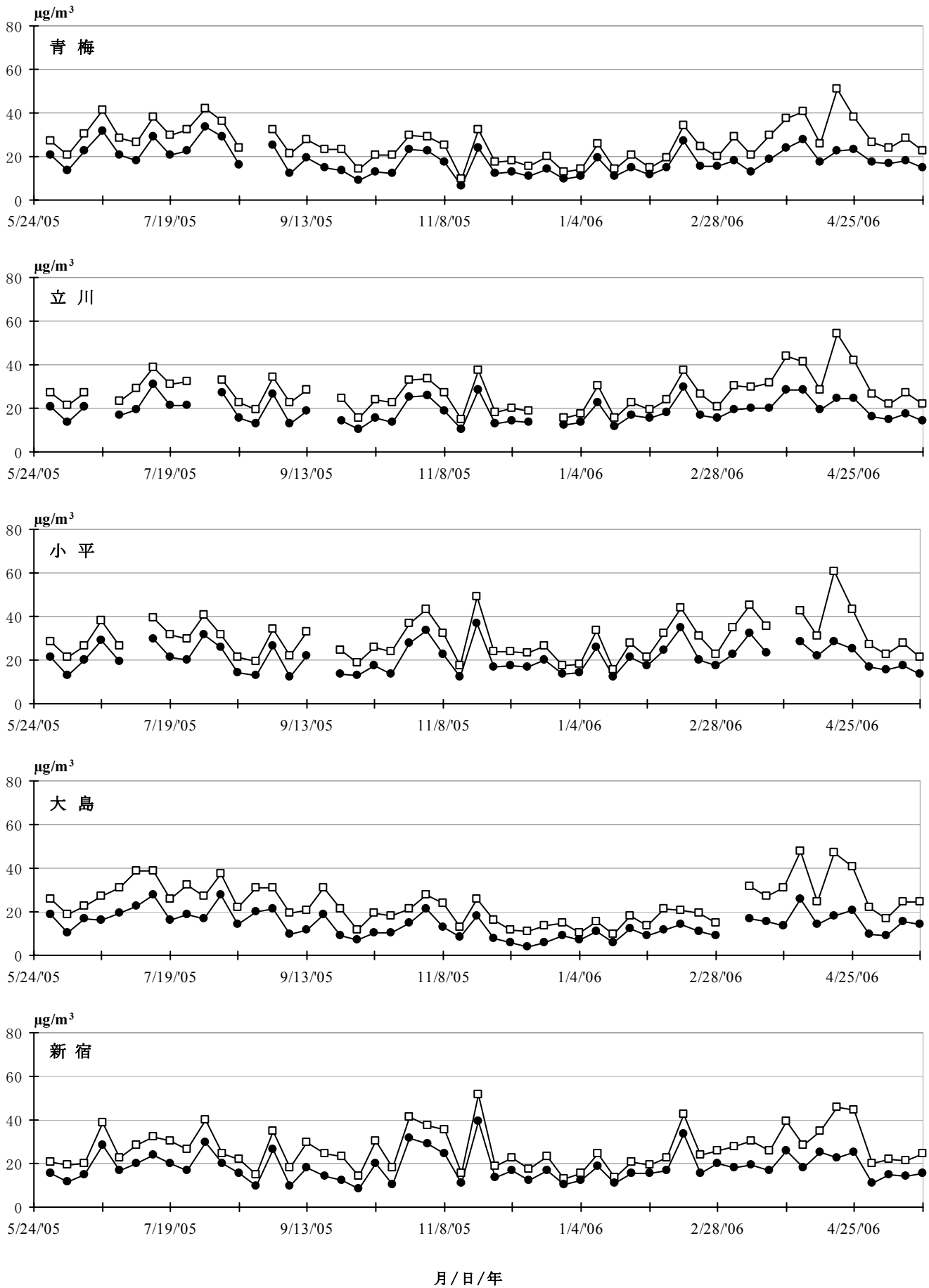


図2 東京都内5地点における2005年6月から2006年5月までのPM_{2.5}とSPMの週平均濃度の変動

—●—, PM_{2.5}; —□—, SPM.

表1 地点別の週平均濃度の要約 (n = 32)

地点	PM _{2.5}		SPM					
	平均	S.D.	最小	最大	平均	S.D.	最小	最大
青梅	17.6 ± 5.3	6.6	28.1	25.6 ± 8.2	9.7	50.8		
立川	18.5 ± 5.3	10.1	29.8	27.2 ± 8.4	15.1	54.4		
小平	20.1 ± 6.4	12.1	35.1	29.4 ± 9.5	15.4	60.9		
大島	13.5 ± 4.8	5.9	25.8	23.0 ± 9.0	9.9	48.0		
新宿	17.8 ± 6.5	8.7	33.2	26.3 ± 8.9	13.6	46.0		

であった。残る3地点は、平均値ではPM_{2.5} 18-19 μg/m³、SPM 26-27 μg/m³とすべて近い値であった。また、最小と最大は、完全データを対象としたため、上記1の結果とは異なった。これら平均値において、SPMに対するPM_{2.5}の比(PM_{2.5}/SPM比)を算出すると、大島の0.58に対し、残り4地点はすべて0.7に近く、前年度の結果と同じく大島と他の4地点では大気汚染の特性が異なることが示された。

次に、これら32データについて、地点間の相関を検出した。PM_{2.5}の相関係数表を表2に示した。大島と他の4地点との相関係数は0.55-0.86と相対的に低いが、それ以外の組合せでは0.71-0.95と比較的高かった。相関係数が低い組合せは大島と新宿で0.55、また高い組合せは、青梅と立川が0.95、立川と小平が0.94であった。一方、SPMの相関係数表を表3に示した。SPMの相関は、PM_{2.5}と同様の結果で、大島と他の4地点との相関係数は0.63-0.89と相対的に低いが、それ以外の組合せでは0.76-0.97と比較的高かった。相関係数が低い組合せは大島と新宿で0.63、また相関係数が高い組合せは、青梅と立川が0.97、立川と小平が0.96であった。これらの結果から、前述したPM_{2.5}/SPM比の結果に加え、大島は他の4地点と異なる大気汚染を反映していることが前年度と同様に示唆された。

3. 新宿地点における週平均濃度の代表値

新宿の地点だけは、1年間すべてにわたり52週のデータが得られた(図2)。ただし、祝日の関係で採取期間が6日間と8日間の場合が2回ずつあったので、これら計4週を除いた48データの解析を行なった。その結果、平均±標準偏差は、PM_{2.5} 18.6±6.9 μg/m³、SPM 27.0±9.2 μg/m³であり、表1における地点別に比較した新宿に比べ、PM_{2.5}とSPMのどちらも平均と標準偏差ともに大きくなっている。これは、2005年8月など濃度の高い時期(図2)が含まれた結果であろう。また、前年度の結果であるPM_{2.5} 19.1±6.2 μg/m³、SPM 27.9±8.2 μg/m³の数値³⁾と比較しても、どちらも年度間に有意な差は認められなかったことから、新宿における大気汚染の状況に大きな経年変化がなかったことが示唆された。

本報告は、「大気汚染とぜん息発症に関する影響調査」に基づいて行われた結果の一部である。大気中の粒子状物質測定は本報告以降も10ヶ月続くので、既存データを含む

表2 PM_{2.5}週平均濃度の相関係数表 (n = 32)

	青梅	立川	小平	大島	新宿
青梅	1				
立川	0.97	1			
小平	0.88	0.96	1		
大島	0.89	0.88	0.78	1	
新宿	0.76	0.83	0.85	0.63	1

表3 SPM週平均濃度の相関係数表 (n = 32)

	青梅	立川	小平	大島	新宿
青梅	1				
立川	0.95	1			
小平	0.82	0.94	1		
大島	0.86	0.83	0.69	1	
新宿	0.71	0.82	0.86	0.55	1

全データを得た上で、新たな解析法を用いて再検討したい。

まとめ

東京都内の5地点、青梅・立川・小平・大島・新宿において、2005年5月31日から2006年5月30日までにわたり、PM_{2.5}とSPMの週平均濃度を測定し、次の結果を得た。

- 1) PM_{2.5}の最高濃度は、青梅が2005年8月2日の33.7 μg/m³、立川が2005年7月12日の34.6 μg/m³、大島が2005年8月9日の27.6 μg/m³であり、小平と新宿はともに2005年11月22日でそれぞれ37.0 μg/m³、39.5 μg/m³であった。粗大粒子の最高濃度は、2006年4月18日に全地点で観測され、その時の濃度はPM_{2.5}濃度を超えるもので、原因は黄砂によるものと考えられた。
- 2) 最低あるいはそれに近い粗大粒子濃度が2005年1月17日にすべての地点で観測され、青梅 3.3 μg/m³、立川 3.4 μg/m³、小平 3.3 μg/m³、大島 4.0 μg/m³、新宿 2.8 μg/m³であった。これはその週の降雪が一因と考えられた。
- 3) 5地点の完全データである32週を解析した結果、大島はPM_{2.5} 13.5±4.8 μg/m³、SPM 23.0±9.0 μg/m³とどちらも5地点のうちで最も低濃度であった。反対に高濃度であるのは小平で、PM_{2.5} 20.1±6.4 μg/m³、SPM 29.4±9.5 μg/m³であった。残る3地点は、平均値ではPM_{2.5} 17-19 μg/m³、SPM 26-27 μg/m³とすべて近い値であった。PM_{2.5}/SPM比は、大島0.58に対し、残り4地点はすべて0.7に近く、大島と他の4地点では大気汚染の特性が異なることが、前年度と同様に推察された。
- 4) 地点間の相関係数は、PM_{2.5}とSPMともに大島と他の4地点との間で相対的に低いが、それ以外の組合せではそれぞれ0.71-0.95と0.76-0.97と比較的高かった。
- 5) 1年間、全52週の試料が得られた新宿では、うち48週の完全データの代表値として、PM_{2.5} 18.6±6.9 μg/m³、SPM 27.0±9.2 μg/m³が得られ、ともに前年度の数値と有意な差は認められなかった。

これらのデータは、東京都内の粒子状物質汚染の実態を

把握するための貴重な基礎資料となり得る.

謝辞 本報告は、平成 16 年度より東京都福祉保健局健康安全室環境保健課が主体で実施している「大気汚染とぜん息発症に関する影響調査」の一環として得たデータに基づいている。試料採取等にご協力いただいた環境保健課、並びに西多摩・多摩立川・多摩小平保健所及び島しょ保健所大島出張所の環境衛生監視員の方々に感謝します。

文 献

- 1) 栗田雅行, 大橋則雄, 上原眞一: 東京健安研七 年 報, **54**, 315-318, 2003.
- 2) 栗田雅行, 大橋則雄, 上原眞一: 東京健安研七 年 報, **55**, 227-233, 2004.
- 3) 栗田雅行, 瀬戸 博: 東京健安研七 年 報, **56**, 287-291, 2005.