

長野県における微小粒子状物質の簡易調査結果

中込和徳¹・花岡良信¹・佐々木一敏¹・仙波道則²

県全体を地形的な観点から4ブロックに分け、PM2.5試料を、ブロック毎に3～4地点で同時採取し、濃度レベルや成分組成の地点による差異について検討した。調査期間は、春から初夏の限られた期間であったが、以下の結果を得た。PM2.5濃度は一般環境大気測定局と比較して自動車排出ガス測定局で高い傾向がみられた。PM2.5中の水溶性イオン成分組成は、いずれのブロックにおいても、概ね同様であったが、Cl⁻、Ca²⁺及びNO₃⁻についてはPM2.5濃度が高い地点ほど、含有率が高い傾向がみられた。SO₄²⁻及びNH₄⁺については、ブロック内での濃度の様性が高いことから、広域的な汚染の影響をより強く受けていることが示唆された。またPM10及びSPMに占めるPM2.5の割合は、概ね一定で、それぞれ7割及び8割前後の値であった。

キーワード：微小粒子状物質，PCI サンプラー，濃度分布，水溶性イオン成分，浮遊粒子状物質，PM10

1. はじめに

微小粒子状物質（PM2.5）については、粒径が2.5 μm以下と小さく、肺の奥深くまで入りやすいことから、健康への影響が懸念されており、平成21年9月には、新たに環境基準値が制定された。

これを受けて本県では、平成22年4月から一般環境大気測定局（一般局）4局及び自動車排出ガス測定局（自排局）1局において、自動測定機によるPM2.5の常時監視を開始した。一般局については、県全体を、地形的なまとまりを考慮して、北部、西部、東部、南部の4ブロックに区分し、各ブロックの代表局として、環境保全研究所局、松本局、佐久局及び伊那局を選定した。また自排局については、県内で浮遊粒子状物質（SPM）濃度レベルが最も高い更埴インターチェンジ局を選定した。

これら各ブロックの代表地点でPM2.5の常時監視を開始したが、各ブロック内における、PM2.5の濃度分布等については、未把握の状況であった。そこで本研究では、県内におけるPM2.5濃度分布の実態を把握し、今後の自動測定機の配置検討等に資するため、PM2.5試料を、ブロック毎に3～4地点で同時採取し、濃度レベルや成分組成の地点による差異について検討した。なお本研究では、主にPM2.5濃度の相対的な大小関係について論ずるため、試料採取等の調査方法には、以下に示す簡易的な手法を用いた。

2. 調査方法

2.1 調査ブロック及び地点

図1及び表1に示すように、県全体を、北部、西部、東部及び南部の4ブロックに区分し、各ブロック内の自排局を含む大気常時監視測定局の中から、調査地点を3～4地点選定した。ただし調査地点のうち、環境保全研究所局（環保研）、更埴インターチェンジ局（更埴IC）、松本渚交差点局（渚）、上田常磐城局（常磐城）及び岡谷インターチェンジ局（岡谷IC）については、それぞれ略称で表記した。

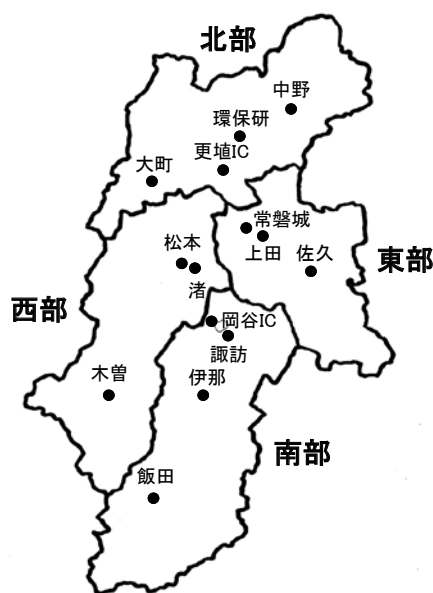


図1 調査ブロック及び地点

1 長野県環境保全研究所 大気環境部 〒380-0944 長野市安茂里米村 1978
2 長野県環境部水大気環境課 〒380-8570 長野市南長野幅下 692-2

表1 調査地点の概要と調査期間
(*はPM2.5自動測定機設置局)

調査ブロック	調査地点		調査期間 (2010年)
	局種別	局名	
北部	一般	中野 大町 環境研*	4/16(金)~ 4/28(水)
	自排	更埴IC*	
西部	一般	松本* 木曾	5/7(金)~ 5/19(水)
	自排	渚	
東部	一般	佐久* 上田	5/21(金)~ 6/2(水)
	自排	常磐城	
南部	一般	伊那* 飯田 諏訪	6/4(金)~ 6/16(水)
	自排	岡谷IC	

2.2 調査期間及び試料採取方法

表1に各ブロックの調査期間を示す。ろ紙は月曜日、水曜日及び金曜日の、原則午前10時に交換し、48時間または72時間(標準測定法¹⁾では原則24時間)の連続捕集を5回(合計12日間)実施した。試料採取装置は、分級捕集装置として、東京ダイレック社製PCIサンプラー²⁾のインパクター部を用い、粒径2.5 μm 以下、2.5~10 μm 及び10 μm 以上の3段階に分級捕集した。また吸引装置として、ジーエルサイエンス社製ポンプ(SP208LV-30L及びSP204-20L)を用い、20L/分(20 $^{\circ}\text{C}$ 、1気圧)の設定で吸引した(標準測定法¹⁾では実流量制御)。この場合、試料採取時の気温及び気圧で換算した実流量は、およそ20~22L/分の範囲であり、通常吸引圧力におけるカスケードインパクターの分級粒径算出式³⁾より、実際の分級粒径(捕集効率50%)は、2.5 μm の設定に対して、最大で0.1 μm ほど過小であり、2.4~2.5 μm であったと見積もられた。ろ紙は、PM2.5試料捕集用に、アドバンテック社製ポリフロンろ紙(PF020、直径47mm)を用い、その他の粒径については、ポール社製石英繊維ろ紙(PALLFLEX2500QAT-UP)を外径47mm、内径18mmのドーナツ状に切り抜いて使用した。

2.3 分析方法

PM2.5等の大気中濃度は、試料採取前後のろ紙重量の差から、ブランクロ紙の重量変化分を補正して求めた捕集重量を、吸引した大気の実体積で除して求めた。なお、粒径10 μm 以下の粒子であるPM10の大気中濃度は、PM2.5濃度と粒径2.5~10 μm の粒子濃度の合計とした。ろ紙の重量は、試料採取前後ともに、20 $^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度50%で(標準測定法¹⁾

では相対湿度35%)、48時間以上放置した後、ザルトリウス社製電子天秤R200D(10 μg 感量、標準測定法¹⁾では1 μg 感量)を用いて、原則3回秤量し、平均値を秤量値とした。なお3回の秤量値のバラツキ(標準偏差)は、50 μg (大気中濃度に換算して1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)未満であった。

PM2.5中の水溶性イオン成分は、各ろ紙の半分を純水20mlで15分間超音波抽出後、15分間振とう抽出し、メンブレンフィルタ(ジーエルサイエンスType25AI)でろ過後、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 NH_4^+ 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- をイオンクロマトグラフ(ダイオネクスDX-120)で測定した。なお、ろ紙は重量秤量後、水溶性イオン成分測定までの間、冷凍保存した。

3. 結果および考察

3.1 各ブロックにおけるPM2.5濃度の分布

北部ブロックについては、濃度変動パターン(図2左)はブロック内の4地点でおおむね類似していたが、濃度レベル(図2右)については、地点による差がみられ、自排局である更埴ICで高く、大町局で低い傾向がみられた。

西部ブロックについては、濃度変動パターンはブロック内3地点でおおむね類似していたが、濃度レベルについては地点差がみられ、自排局である渚で高く、木曾で低い傾向がみられた。

東部ブロックについては、濃度変動パターンはブロック内3地点でおおむね類似しており、濃度レベルについても地点差は小さかったが、自排局である常磐城でやや高めであった。なお捕集期間③のPM2.5濃度が他期間に比べて低濃度であったが、当該期間中、低気圧の通過等に伴い降水量が多い気象状況であったことが一因であると考えられた。

南部ブロックについては、濃度変動パターンはブロック内4地点で良く一致しており、濃度レベルについても地点差は見られなかった。なお捕集期間⑤のPM2.5濃度が他期間に比べて低濃度であったが、当該期間中、梅雨前線等に伴い降水量が多い気象状況であったことが一因であると考えられた。

以上のように、PM2.5濃度は一般局より自排局で高い値を示す傾向が全体的にみられ、道路端等で環境基準値(年平均値で15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下、日平均値で35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下)を超過する恐れが相対的に高いと考えられることから、自動測定機を優先的に設置することが望ましいと考えられた。

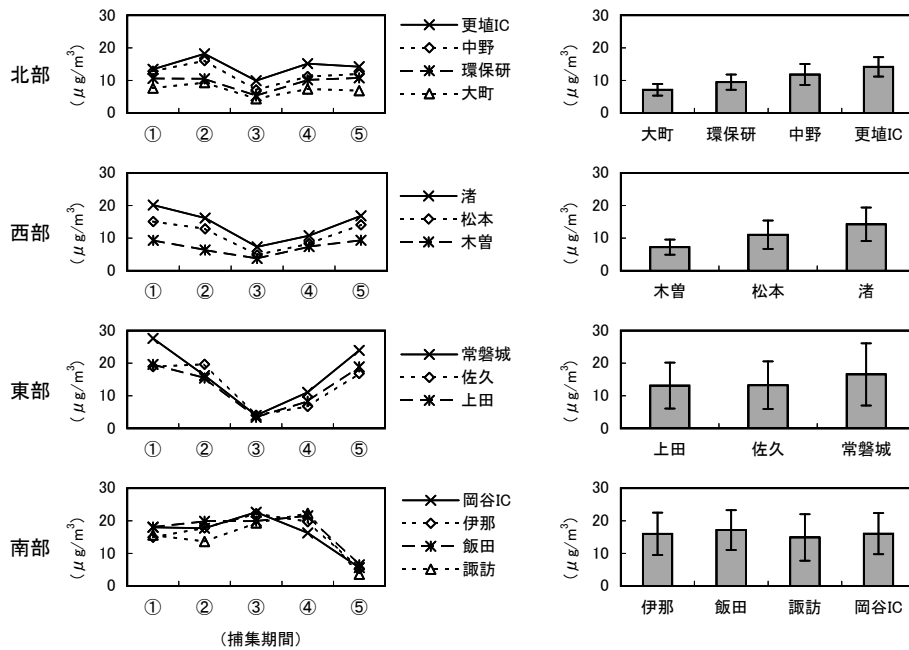


図2 PM2.5濃度の期間変動(左)と地点間の濃度レベルの比較(右)
(右図の誤差範囲は5回捕集の標準偏差を表す)

3.2 各ブロックにおけるPM2.5中水溶性イオン成分組成

PM2.5中水溶性イオンの主成分は、いずれのブロックにおいても、重量割合の大きい順に、 SO_4^{2-} (52~70%)、 NH_4^+ (21~25%)、 NO_3^- (3~18%) であり、これら3成分の合計で水溶性イオン成分総

量の90%以上を占めた。

図3に、各ブロックにおける、PM2.5中水溶性イオン成分の含有率を、PM2.5濃度とあわせて示した。全体としてみると、水溶性イオン成分はPM2.5の3~4割を占めていた。なお、含有率は各成分の5回捕集の平均濃度をPM2.5の平均濃度で除して求めた。

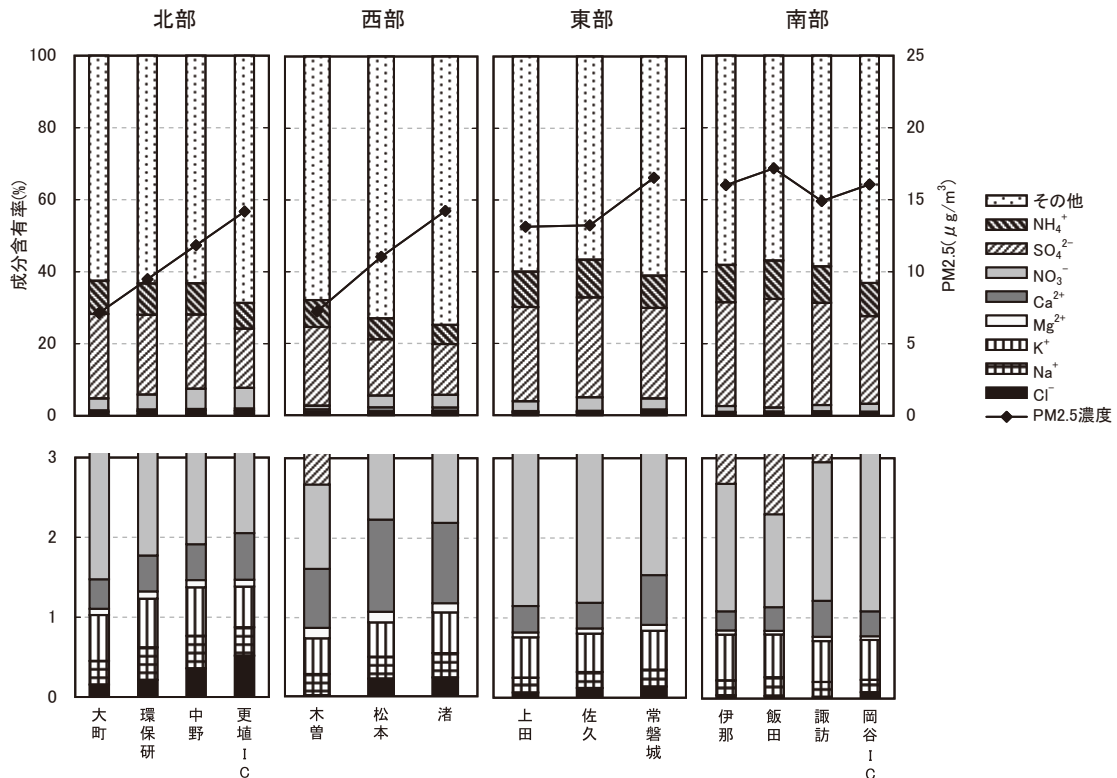


図3 PM2.5濃度と水溶性イオン成分の含有率(0~3%の範囲を下段に拡大して示す)

北部ブロックについては、各成分の含有率は4地点で概ね一致しており、ほぼ同様の成分組成であったが、詳細に見ると、 Cl^- 、 Ca^{2+} 及び NO_3^- については、PM2.5濃度が高い地点ほど、含有率が高い傾向がみられた。逆に、 SO_4^{2-} 及び NH_4^+ については、PM2.5濃度が高い地点ほど、含有率が低い傾向がみられた。

西部ブロックについては、北部ブロック同様、ブロック内3地点で成分組成が概ね一致していたが、特に松本と渚の成分組成の一致が顕著であった。PM2.5濃度が比較的高い松本及び渚と木曾を詳細に比較すると、 Cl^- 、 Ca^{2+} 及び NO_3^- については、松本及び渚の含有率が高い傾向がみられた。逆に、 SO_4^{2-} 及び NH_4^+ については、木曾の方が、含有率が高い傾向がみられた。

東部ブロック及び南部ブロックについては、PM2.5濃度及び水溶性イオン成分組成の、調査地点による顕著な差は見られなかった。

捕集期間（12日間）における成分組成の変化は比較的大きかったが、個別の捕集期間における成分組成の地点による差異は小さく、全体として、各ブロック内の成分組成は概ね類似していた。しかし詳細に見ると、 Cl^- 、 Ca^{2+} 及び NO_3^- については、PM2.5濃度が高い地点ほど、含有率が高い傾向がみられ、PM2.5濃度レベルの地点差を生じている要因との関連が示唆された。逆に、 SO_4^{2-} 及び NH_4^+ については、PM2.5濃度が高い地点ほど、含有率が低い傾向がみられたが、これは、PM2.5濃度の地点差に比較して、これらの成分濃度の地点差が小さく、ブロック内での一様性が高いためであり（図4）、このことから、広域的な汚染の影響をより強く受けていることが示唆された。

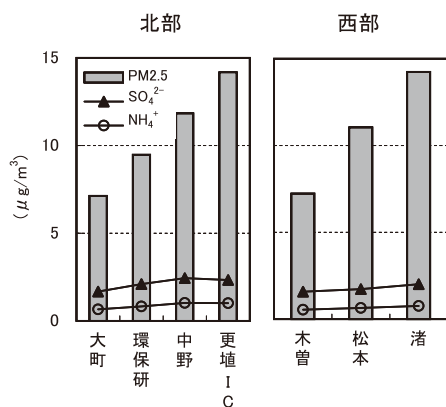


図4 北部及び西部ブロックにおけるPM2.5、 SO_4^{2-} 及び NH_4^+ 濃度の地点分布

3.3 簡易調査におけるPM10に占めるPM2.5の割合

図5に、簡易調査におけるPM10濃度とPM2.5濃度の散布図を示した。PM10に占めるPM2.5の割合は、地点及び期間によらず、概ね一定で7割前後の値（全体で0.71）であった。この値は、関東甲信静地方の自治体による浮遊粒子状物質の共同調査（関東SPM合同調査）⁴⁾のうち、本研究と同様の試料採取装置を用いた調査である、道路沿道調査（平成14年度～19年度）の結果（全体で0.72）と概ね一致した。

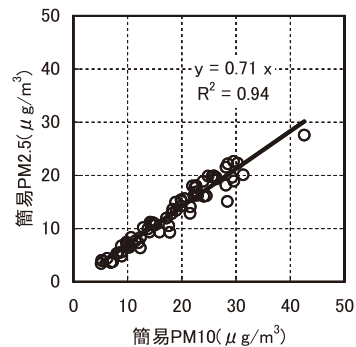


図5 簡易調査のPM10とPM2.5の散布

3.4 自動測定SPMと簡易調査PM2.5の関係

図6に、大気常時監視用自動測定機のSPM濃度と簡易調査のPM2.5濃度の散布図を示した。SPMに占めるPM2.5の割合は、地点及び期間によらず、概ね一定で8割程度の値（全体で0.77）であった。この値は、関東SPM合同調査⁴⁾道路沿道調査の結果（全体で0.69）と比較して、やや高い値であったが、同合同調査地点のうち、更埴ICにおける結果（0.79）と比較すると概ね一致した。これは、関東SPM合同調査地点のうち、沿岸部を中心とした調査地点において、夏期のSPM中PM2.5の割合が、内陸部と比較して低かったことを反映していると考えられた。

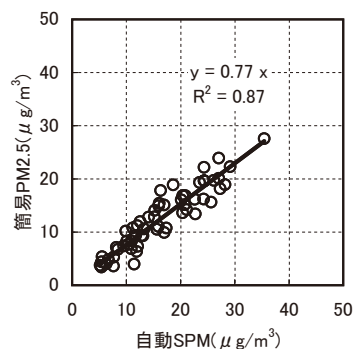


図6 自動測定SPMと簡易調査PM2.5の散布図（ただし岡谷IC及び飯田はSPM濃度測定不良のため除外）

PM10は粒径10 μm の粒子を50%カットする分級特性の粒子であるのに対して、SPMは粒径10 μm の粒子を100%カットする分級特性の粒子である。このため、SPMは粒径の小さな粒子(PM2.5)の占める割合が、PM10より原理的に大きく、本研究の結果は、このことと整合していた。なお、本研究におけるSPM自動測定機には、紀本電子工業または東亜DKK社製、ベータ線吸収方式の機器を使用した。

3.5 自動測定PM2.5と簡易調査PM2.5の関係

図7に、大気常時監視用自動測定機のPM2.5濃度と簡易調査のPM2.5濃度の散布図を示した。両者は概ね良い一致を示したが、詳細に見ると、簡易調査の方が自動測定機より、5%ほど高めの値を示した。

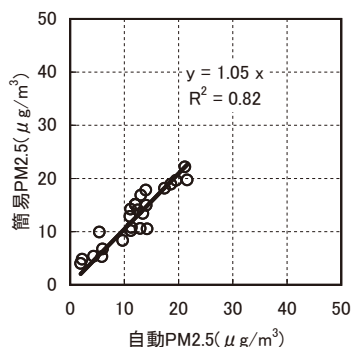


図7 自動測定PM2.5と簡易調査PM2.5の散布図

これについては、ろ紙重量秤量時の湿度条件を相対湿度50%とした場合、相対湿度35%とした場合に比較して5%ほど高い値を示すことが指摘されており⁵⁾、本研究で用いた自動測定機が相対湿度35%での重量測定法である、標準測定法¹⁾と等価な測定法である⁶⁾のに対して、簡易調査においては、ろ紙を50%に調湿して重量測定したことが主な要因として考えられた。なお、PM2.5自動測定機には、東京ダイレック社製SHARP5030(光散乱とベータ線吸収のハイブリッド方式)を使用した。

4. まとめ

長野県内におけるPM2.5濃度分布について簡易調査を実施し、以下の結果を得た。

(1) PM2.5濃度は一般局と比較して自排局で高い値を示す傾向がみられ、自動測定機の自排局への優先

的な設置が望ましいと考えられた。

(2) PM2.5中の水溶性イオン成分組成は、いずれのブロックにおいても、概ね一様であった。

(3) 詳細に見ると、 Cl^- 、 Ca^{2+} 及び NO_3^- についてはPM2.5濃度が高い地点ほど、含有率が高い傾向がみられ、PM2.5濃度レベルの地点差を生じている要因との関連が示唆された。

(4) SO_4^{2-} 及び NH_4^+ については、ブロック内での濃度の一様性が高いことから、広域的な汚染の影響をより強く受けていることが示唆された。

(5) PM10及びSPMに占めるPM2.5の割合は、地点及び期間によらず概ね一定で、それぞれ7割及び8割前後の値であった。

今回の報告では、調査期間が春から初夏に限られていたため、今後は、他の時期についても調査を実施し、年間を通したPM2.5の実態を把握する必要があると考えられる。また、PM2.5の効果的な削減対策検討のため、炭素成分や金属成分等も含めた成分調査を実施し、PM2.5の発生源別寄与割合推定に取り組む必要があると考えられる。

謝 辞

調査の実施に当たっては、各地方事務所環境課及び保健福祉事務所検査課の皆様、試料採取の実施等、多大なる御協力をいただき、心より感謝申し上げます。また、環境保全研究所におけるPM2.5自動測定については、環境省の平成20年度微小粒子状物質(PM2.5)モニタリング試行事業により設置した機器を使用させていただきました。ここに感謝の意を表します。

文 献

- 1) 環境省(2009)中央環境審議会大気環境部会微小粒子状物質測定法専門委員会報告書(平成21年7月)。
- 2) 神奈川県臨海地区大気汚染調査協議会(2001)神奈川県臨海地区大気汚染調査報告書(平成12年度)。
- 3) 東京ダイレック株式会社(2009)ロープレッシャーインパクターLP-20カタログ

- 4) 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（2009）平成 19 年度浮遊粒子状物質合同調査報告書.
- 5) 上野広行（2010）都内の PM2.5 環境の現状と発生源調査の状況について，シンポジウム「微小粒子状物質（PM2.5）の現状と今後の課題」要旨集：16-21.
- 6) 環境省，微小粒子状物質の標準測定法と等価性を有する自動測定機について：http://www.env.go.jp/air/osen/pm/parallelexam/results_b/result_b-1/01.pdf（2011 年 1 月確認）.

Simplified survey results of ambient fine particulate matter in Nagano Prefecture

Kazunori NAKAGOMI¹, Yoshinobu HANAOKA¹, Kazutoshi SASAKI¹ and Mitinori SENBA²

1 Nagano Environmental Conservation Research Institute, Atmospheric Environment Division, 1978 Komemura, Amori, Nagano 380-0944, Japan

2 Nagano Prefecture, Environment Department, Water And Air Environment Division, 692-2 Habashita, Minaminagano, Nagano 380-8570, Japan