

冬期の粒子状物質の挙動

石井 達三 水上 和子

要 旨

浮遊粉じんが高濃度になることが多い12月に、浮遊粉じんの主要成分濃度の時間変化を調査した。粒径 $2\mu\text{m}$ 以下の浮遊粉じん中の炭素成分(元素状炭素, 有機炭素)及び水溶性イオン成分(Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , NH_4^+)は、 SO_4^{2-} を除いて濃度の変動が大きかった。浮遊粉じんの高濃度時では、炭素成分の占める割合が大きかったが、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 Cl^- も10%前後の割合を占める場合があった。AI濃度から推定した大気中の土壌粒子濃度も $8\sim 100\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲で大きな濃度変動を示した。

1 はじめに

浮遊粉じんの高濃度は、大気が安定になりやすい11月から12月にかけて多く出現する¹⁾。この時期の浮遊粉じんは濃度の変動が大きく、一時間毎に測定されている常時監視局の浮遊粒子状物質は、短時間のうちに濃度が数倍に変化する場合がみられる。このような浮遊粉じんの大きな濃度変動や高濃度の原因を明らかにするためには、その成分の挙動について、一週間あるいは一日単位の平均的な濃度だけでなく、数時間単位の濃度変化を把握しておく必要がある。そこで、浮遊粉じんが高濃度になりやすい12月に、浮遊粉じんを3時間または6時間単位で捕集し、主要成分の挙動について調査したので、その結果について報告する。

2 調査方法

2・1 調査地点及び調査期間

調査は浦和(公害センター)において、昭和63年12月6日から9日21時及び12日9時から15日21時に行った。

2・2 検体の採取方法及び分析項目

浮遊粉じんの捕集には、アンダーセンハイボリウムサンプラー(柴田科学製)とステップサンプラー(日

本公害防止技術センター製)を用いた。アンダーセンハイボリウムサンプラーによる測定は、粒径 $1.1\mu\text{m}$ 分級の4段目を除き4段分級で3時間(9時から21時まで)及び6時間(21時から翌9時まで)単位で行い、バックアップフィルターに捕集した粒径 $2\mu\text{m}$ 以下の粉じんについて、水溶性イオン成分(Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , NH_4^+)及び炭素成分(元素状炭素, 有機炭素)を分析した。ステップサンプラーによる浮遊粉じんの捕集(粒径カットなし)は3時間単位で行い、AIなど15元素をPIXE法により分析した。

3 結果及び考察

3・1 調査期間中のSPM濃度及び気象条件

図1に調査期間を含む12月6日から15日にかけての

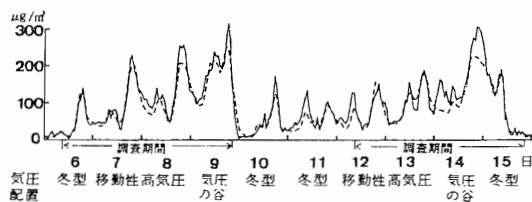


図1 SPM濃度の推移

実線：公害センター常時監視局
点線：30局の平均値

常時監視局のSPM（浮遊粒子状物質）濃度の推移を示す。調査地点の公害センターでは、7日、8日、9日及び14日から15日に $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を越えるSPMの高濃度がみられた。これらの高濃度は、同じ時間帯に県内30局の平均値も同じように高くなっているところから、局地的なものではなく、広域的な気象要因によるものと考えられる。

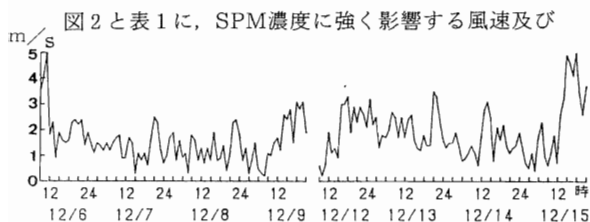


図2 調査期間中の風速
(公害センター常時監視局のデータ)

表1 館野における上空と地上の温度差 単位 $^{\circ}\text{C}$

月	日	9時	21時
12	6	-5.8	0.0
	7	-0.4	2.4
	8	2.6	0.9
	9	7.8	-1.8
12	12	-0.3	-1.2
12	13	-1.6	-2.9
12	14	0.4	4.0
12	15	0.9	-1.5

注) 温度差=900mbの気温-地上の気温
館野気象台のデータを用いた。

上空と地上温度差を示す。調査期間中は季節風の強い吹き出しはほとんどみられず、風速は全般に弱い状態であった。SPMが高濃度となった時間帯の風速は、7日、8日、及び14日から15日にかけては 1 m/s 前後と特に弱く、9日も $1 - 3 \text{ m/s}$ の範囲で比較的弱い状態であった。館野気象台における上空900mb（約1000m）と地上の温度差についてみると、SPM濃度が高かった7日、8日の21時、9日9時及び14日21時は、地上の気温よりも上空の気温が高くなっており、大気が安定していた。特に9日は、通常濃度が低下する日中に高濃度がみられたが、これは9日9時に強い逆転状態になっているところから、大気の安定な状態が日中も継続したためと推測される。

3・2 炭素成分及び水溶性イオン成分濃度の時間変化

図3に粒径 $2 \mu\text{m}$ 以下の浮遊粉じん濃度及び炭素成

分、水溶性イオン成分濃度の時間変化を示す。

調査期間中の濃度範囲は、有機炭素 $2.1 - 53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、元素炭素 $3.5 - 78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 NH_4^+ $0.63 - 26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 SO_4^{2-} $1.5 - 12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 NO_3^- $0.60 - 29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 Cl^- $0.31 - 31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、各成分とも時間帯によって濃度に違いがみられた。特に、有機炭素、元素炭素、 NH_4^+ 、 Cl^- は濃度の変動が大きく、7日及び8日の18-21時のように短時間で濃度が大きく上昇する場合があった。 NO_3^- は、7日及び8日の18-21時の濃度は比較的穏やかな上昇にとどまったが、9日及び14日に濃度の大きな上昇がみられた。 SO_4^{2-} は、6日から9日及び12日から14日にかけて濃度が徐々に上昇しており、他の成分に比べて濃度の変動が小さかった。粒径 $2 \mu\text{m}$ 以下の浮遊粉じん中の SO_4^{2-} は主に二次粒子といわれており、大気中で SO_2 から SO_4^{2-} への酸化反応を経て生成されるため、急には濃度が上昇しにくいものと推測される。このように、 SO_4^{2-} を除いて各成分とも濃度が急激に上昇する場合がみられたが、高濃度になった時間帯は浮遊粉じんも同様に高くなっており、高濃度の原因は、これらの時間帯に発生源からの排出が増加したためではなく、逆転層の形成などによって粒子状物質の拡散されにくい気象条件になったためと考えられる。

3・3 浮遊粉じん中に占める炭素成分及び水溶性イオン成分の割合

図4に、粒径 $2 \mu\text{m}$ 以下の浮遊粉じん中に占める炭素成分及び水溶性イオン成分の割合の時間変化を示す。

浮遊粉じん中に占める有機炭素の割合は、15%前後のものが多かったが、30%を越える場合もみられた。元素炭素は、20-30%の割合のものも多く、大部分の時間帯において浮遊粉じん中で最大の成分になっていた。

NH_4^+ の割合は7-10%、 SO_4^{2-} の割合は5%前後のものも多く、時間帯による違いは比較的小さかった。 NO_3^- の割合は、低いときには5%以下になっていたが、10%を大きく越える場合もあり、変動が大きかった。 Cl^- は、10%前後の割合のものが多かったが、2%前後の低い割合もみられた。このように、浮遊粉じん中に占める各成分の割合は時間帯によって変動があるが、有機炭素、元素炭素、 NH_4^+ 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- の割合を合計すると、大部分の時間帯で70%前後になっており、粒径 $2 \mu\text{m}$ 以下の浮遊粉じん中では、これらの6成分が主な構成成分と考えられる。

浮遊粉じんが高濃度になった時間帯では、有機炭素

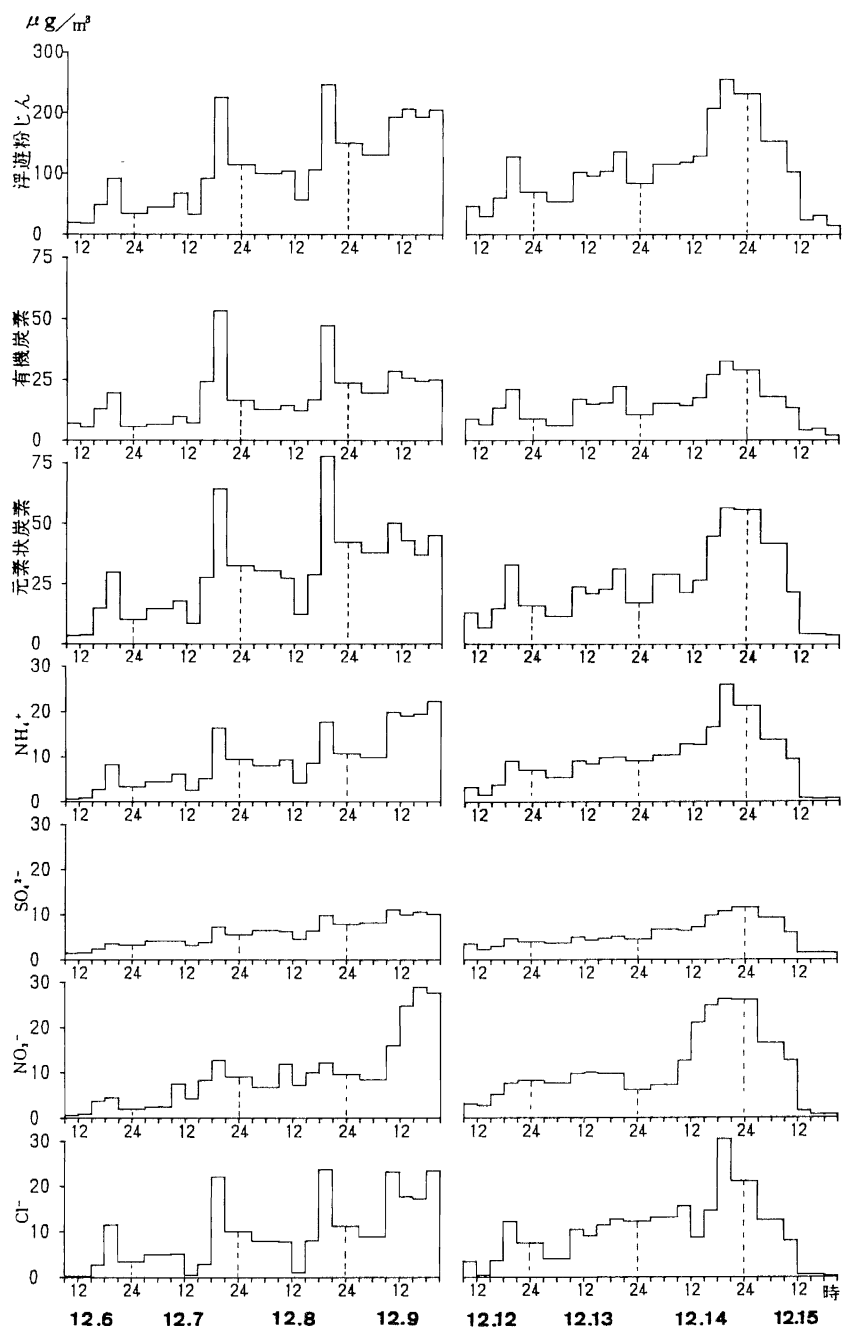


図3 粒径 $2\mu\text{m}$ 以下の浮遊粉じん濃度及び炭素、水溶性イオン濃度の時間変化

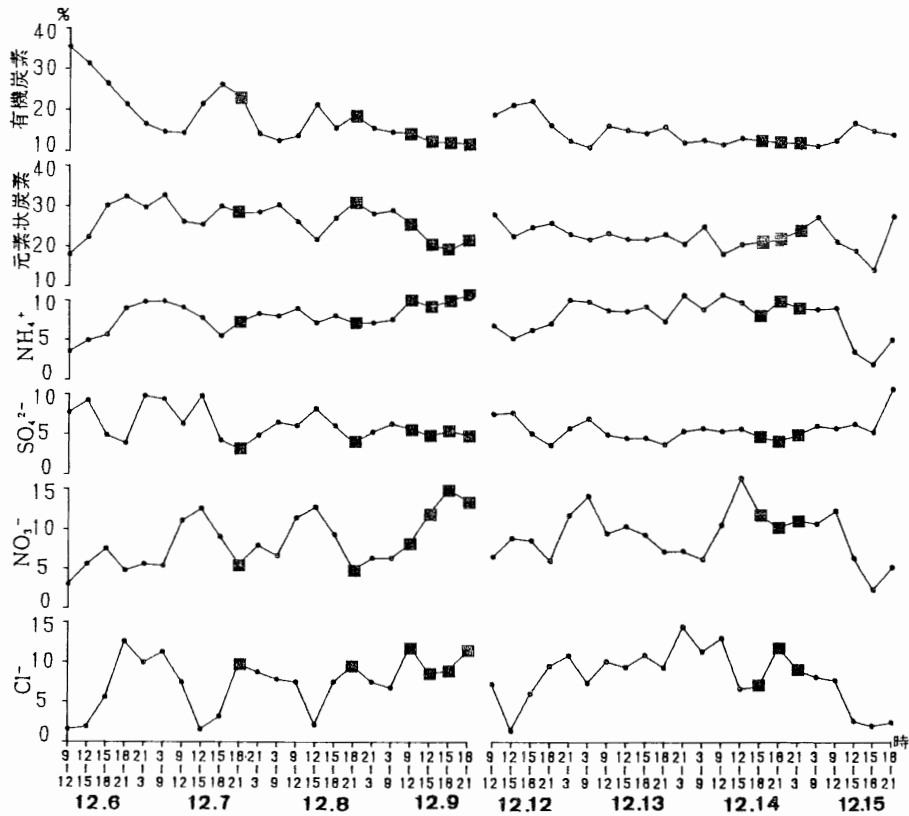


図4 粒径 $2\mu\text{m}$ 以下の浮遊粉じん中に占める炭素成分、水溶性イオン成分の割合
 注) ■は、浮遊粉じんが高濃度を示したとき

は12-24%, 元素炭素は19-32%の割合を占め、浮遊粉じんの高濃度に大きく寄与していた。特に、7日及び8日の18-21時では、有機炭素と元素炭素の合計はそれぞれ、52%, 51%に達しており、これらの時間帯における浮遊粉じんの高濃度は主に炭素系粒子の濃度が上昇したためであった。水溶性イオン成分では、浮遊粉じんの高濃度時に SO_4^{2-} の占める割合は3-5%と小さかったが、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 Cl^- は、10%前後の割合を占める場合があり、高濃度の原因成分になっていた。

3・4 土壌粒子の推定濃度

図5に、ステップサンプラーで捕集(粒径カットなし)した浮遊粉じん中のSi濃度とAl濃度の関係を示す。両者の相関係数は0.99と高く、ほぼ直線関係を示した。Si濃度とAl濃度が非常によい相関関係を示すのは、大気中のSiとAlの大部分が土壌に由来する²⁾ためと考えられる。そこで、Alの発生源を土壌のみ

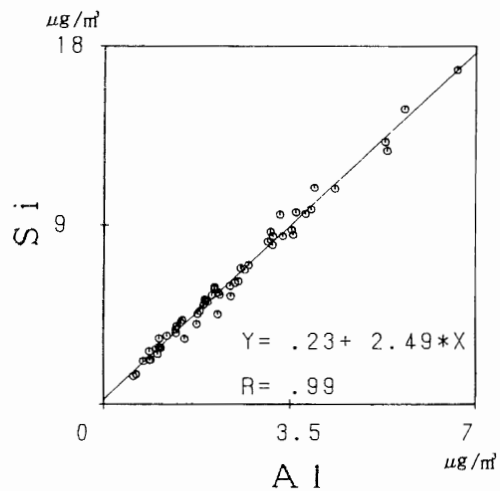


図5 Si濃度とAl濃度の関係

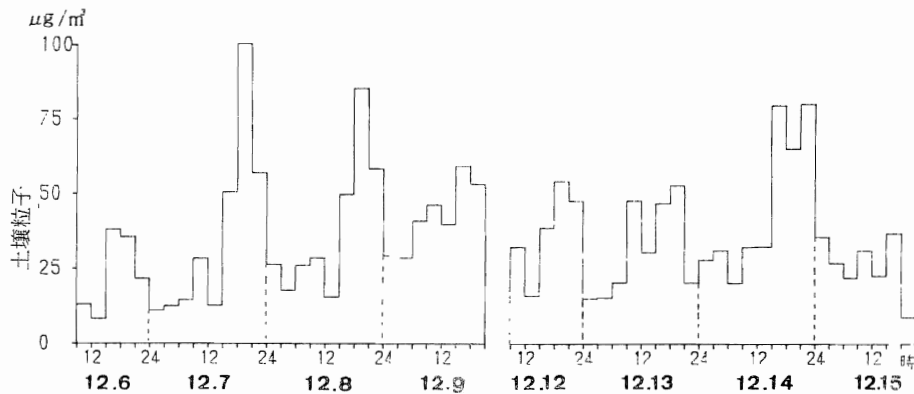


図6 土壌粒子の推定濃度

と仮定して大気における土壌粒子の推定濃度を求めた。その結果を、図6で示す。土壌粒子の推定濃度は、 $8-100\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲で大きな変動を示した。7日と8日の18-21時及び14日の15-24時の時間帯では、 $80-100\mu\text{g}/\text{m}^3$ の高濃度が推定された。これらの時間帯では、粒径 $2\mu\text{m}$ 以下の浮遊粉じんも高濃度になっているところから、土壌粒子の高濃度は、風による土壌の舞上がりやこれらの時間帯に特に強まったためではなく、粒子状物質の拡散されにくい気象状況にあったことが原因と推測される。

図7に、昭和63年12月31日から昭和64年1月3日にかけて測定したAl濃度から求めた土壌粒子の推定濃度を示す。期間中の最高濃度は $26\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、特に高い濃度はみられなかった。これは、気象要因のほか発生源要因として、自動車走行による土壌の巻き上げが年末年始時期に少なくなることが影響していたものと考えられる。図6では、気象要因の影響が大きいため明確には現れていないが、0時から6時の時間帯

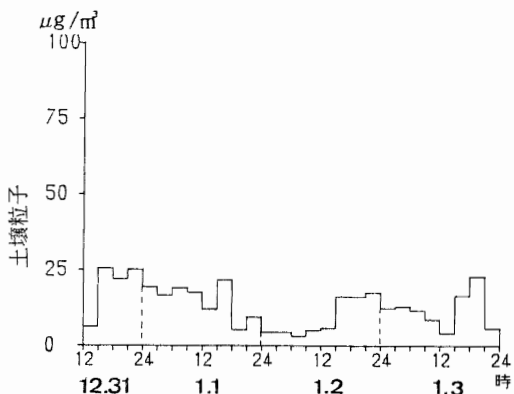


図7 年末年始時期における土壌粒子の推定濃度

の土壌粒子の推定濃度が比較的低い値になっているのは、この時間帯に自動車の走行量が低下し、土壌の巻き上げが少なくなったためと考えられる。

4 まとめ

浮遊粉じん中の主要成分の挙動を12月に調査した結果、次のことがわかった。

- (1) 粒径 $2\mu\text{m}$ 以下の浮遊粉じん中の炭素成分(有機炭素、元素炭素)及び水溶性イオン成分(Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 NH_4^+)は、 SO_4^{2-} を除いて濃度の変動が大きかった。
- (2) 炭素成分及び SO_4^{2-} を除く水溶性イオン成分は、濃度が急激に上昇する場合がみられたが、その原因は主に気象要因によるものと考えられた。
- (3) 粒径 $2\mu\text{m}$ 以下の浮遊粉じん中に占める有機炭素、元素炭素、 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 NH_4^+ の割合の合計は、大部分の時間帯で70%前後になっていた。
- (4) 粒径 $2\mu\text{m}$ 以下の浮遊粉じんが高濃度を示した時間帯では、炭素成分の占める割合が大きかったが、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 Cl^- も10%前後の割合を占める場合があった。
- (5) Al濃度から推定した大気中の土壌粒子濃度は、 $8-100\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲で大きな濃度変動を示した。

文 献

- 1) 埼玉県環境部：環境基準非達成要因調査結果報告書，1987。
- 2) 角脇恰：大気浮遊粉じん中のケイ素およびアルミニウムの粒度分布と濃度比，日本化学会誌，1977，1911-1916，1977。