

# 道路周辺における浮遊粉じん汚染について (II)

——久喜市内、大宮栗橋線周辺における実態調査——

## Behavior of Suspended Particulates Alongside of a Road. (II)

——Measurement of Suspended Particulates Alongside of Route 36 Roadways in Kuki City, Saitama Pref.——

大気科 小川和雄 石井達三

### 要 旨

沿道における浮遊粉じんの挙動を明らかにするため、前年度に引き続き1982年11月1日から26日まで、久喜市内、県道大宮栗橋線周辺において浮遊粉じん調査を実施した。その結果、(1)浮遊粉じん濃度は道路横断風頻度が高いほど、風速が小さいほど、 $\text{NO}_2/\text{NO}_x(\%)$ が小さいほど高まる傾向がみられた。(2)浮遊粉じん濃度の日変化には交通量変動の影響がみられるが、気象条件によっても大きく変動した。(3)重金属等濃度の日変化は発生源や粒径分布のちがいにによりそれぞれ異なるパターンを示した。(4)重金属等の主として分布する粒子の大きさは  $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Ni} > \text{Zn}, \text{SO}_4^{2-} > \text{Pb}, \text{Cd}$  のとおりであった

### 1 はじめに

自動車走行に伴う浮遊粉じん、重金属等による沿道大気汚染の強度及び範囲を把握することを目的に、前年度、春日部市内国道16号周辺で実施した調査では、前報<sup>1)</sup>で報告したとおりTSP, Fe, Ni, Mn, Pb, Zn,  $\text{SO}_4^{2-}$ は道路端ほど高濃度で明らかな距離減衰を示すこと、浮遊粉じんの粒径分布は、粒径 $2\mu\text{m}$ 及び $3.9\sim 5.7\mu\text{m}$ をピークとする二山型を呈すこと等が確認された。

本稿では1982年11月に、久喜市内、県道大宮栗橋線周辺において実施した調査結果をもとに交通量、気象要因と浮遊粉じん、重金属濃度の関係、浮遊粉じんの粒径分布及び粒径別重金属濃度等について検討したのでその結果について報告する。

### 2 調査方法

#### 2・1 調査期間

1982年11月1日～11月26日

#### 2・2 調査地点

久喜市本町7丁目904-1, 同1140-1 県道大宮栗橋線周辺 (交通量25,000台/日)

### 2・3 調査内容

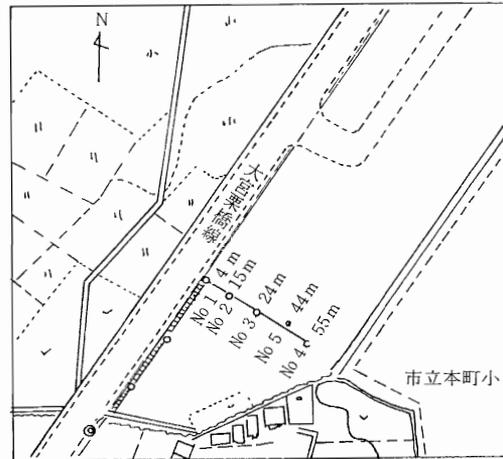


図1 調査地点略図

浮遊粉じんの採取地点を図1に示す。主風向の風下側にあたるNo1からNo4の地点にハイボリウムサンプラー及びアンダーセンサンプラーを、No1及びNo5の地点にアンダーセンハイボリウムサンプラーを設置した。いずれも石英繊維ろ紙を装着し、採取した浮遊粉じんは恒量後、秤量して一部を分析用試料とした。浮遊粉じんの採取方法は表1に示すとおりである。

分析項目は、硫酸塩及び Fe, Ni, Mn, Pb, Zn, Cd の重金属で、前者はグリセリンアルコール法<sup>2)</sup>により、後者は低温灰化後、塩酸・過酸化水素で酸抽出を行い、原子吸光度法により定量した。

### 3 調査結果及び考察

#### 3・1 調査期間中の常時監視結果

調査期間中の久喜沿道環境測定局（調査地点の南西 200m）における常時監視結果の概要を表2に示す。

表2 調査期間中の久喜沿道環境測定局常時監視結果

(日平均值)

汚染質名等 項目	CO (0.1ppm)	THC (pphm)	NMHC (pphm)	NO <sub>x</sub> (ppb)	NO <sub>2</sub> /NO <sub>x</sub> (%)	DUST (μg/m <sup>3</sup> )	WS (m/s)	WD(%)	
								直角風	横断風
平均値	11.6	233	50	134	24.8	90	1.3	48	79
標準偏差	3.9	24	18	38	3.9	61	0.5	26	18
最高値	17.8	271	80	203	33.0	204	2.5	88	100
最低値	7.0	197	25	82	19.0	17	0.7	4	42

(備考) DUSTは沿道局の南南西1kmの久喜環境局の測定結果である。

風向区分については、道路方向がSW~SSWからNE~NNEであることから、W, WNW, NW, NNWを直角風、N, NNE, SW, WSWを平行風とし、これに静穏時でも近傍の久喜一般環境測定局で直角風及び平行風に区分される場合を加えて道路横断風（以下、「横断風」という。）とした。調査期間中の横断風出現頻度は79%と極めて高く、風速は平均1.3m/sで弱風傾向にあった。

#### 3・2 浮遊粉じん濃度の変動と気象要因

道路端からの距離別浮遊粉じん濃度の測定結果を表3

表1 浮遊粉じん採取方法

機器名	項目	採取方法	吸引量 (/min)	採取高 (m)
ハイボリウムサンプラー		1日連続 10回	1.6m <sup>3</sup>	2.5
		7回/日 * 3回	1.6m <sup>3</sup>	2.5
アンダーセンサンプラー		4日連続 3回	28.3ℓ	1.8
ハイボリウム アンダーセンサンプラー		2日連続 3回	566ℓ	1.8

\* 7回/日; 9~11, 13~16, 16~19, 19~21, 21~23, 23~5, 5~8 (時)

表3 浮遊粉じん濃度測定結果

n=13, (μg/m<sup>3</sup>)

項目	道路からの距離			
	4 m	15 m	24 m	55 m
平均値	356	244	193	160
相対値(4m地点=100)	(100)	(69)	(54)	(45)
標準偏差	179	114	87	70
最高値	819	529	396	294
最低値	157	119	93	76

に示す。調査期間中の最高濃度は、道路端4m地点(以下、「4m地点」という。)で日平均值819μg/m<sup>3</sup>に達し、1982年度環境重金属調査の<sup>3)</sup>年間最高値261μg/m<sup>3</sup>(戸

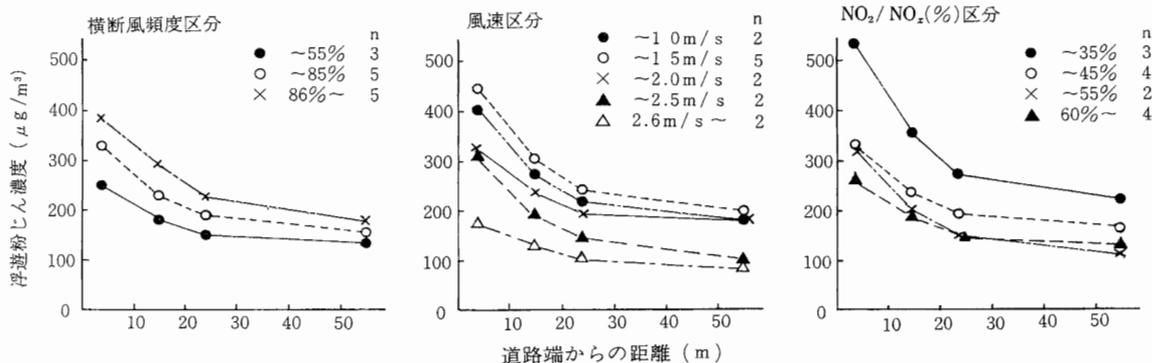


図2 気象要素の階級区分別浮遊粉じん濃度

田蔵保健所)を大きく上回った。13日間の平均値は4 m地点が356 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、最も離れた55 m地点より196 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 高かった。

浮遊粉じん濃度の変動と気象要因との関連を検討するため、風速、横断風頻度及び $\text{NO}_2/\text{NO}_x(\%)$ 区分別に浮遊粉じんの距離減衰を図2に示した。なお $\text{NO}_2/\text{NO}_x(\%)$ は、本調査が冬期で $\text{O}_3$ の濃度変動が少い時期であり、横断風頻度が極めて高いことから大気が不安定なほど $\text{NO}\rightarrow\text{NO}_2$ の反応が進む<sup>4)</sup>と考え、安定度の間接的指標として代用した。

風速階級区分では浮遊粉じん濃度が1 m/s と1.5 m/s で逆転しているが、概ね風速が大きいほど低濃度となる傾向がみられ、 $\text{NO}_2/\text{NO}_x(\%)$ 区分ではこの値が小さいほど、即ち大気が安定なほど高濃度となった。また、横断風頻度の高いほど浮遊粉じんが高濃度となる傾向は前年の結果<sup>1)</sup>と同様であった。距離減衰の大きさについてはこれらの区分によって特徴をみいだすことはできなかった。

3・3 浮遊粉じん及び重金属等濃度の日変化

11月4～5日、15～16日、24～25日の3回、時間帯別に浮遊粉じんを採取した。粉じんの採取時間帯にあわせて平均化した交通量及び大型車の小型車補正を行った換算交通量(大型車 $\times 3.85$ <sup>5)</sup>+小型車)の変動等を図3に、浮遊粉じんの3回の調査結果を図4に、さらに重金属等濃度について距離減衰を図5に、日変化を図6に、いずれも平均値で示す。また、同一時間帯の久喜沿道環境測定局及び久喜一般環境測定局の常時監視結果からDUST,  $\text{NO}_x$ , CO,  $\text{SO}_x$ の変動を同様に3日間の平均値で図7に示す。

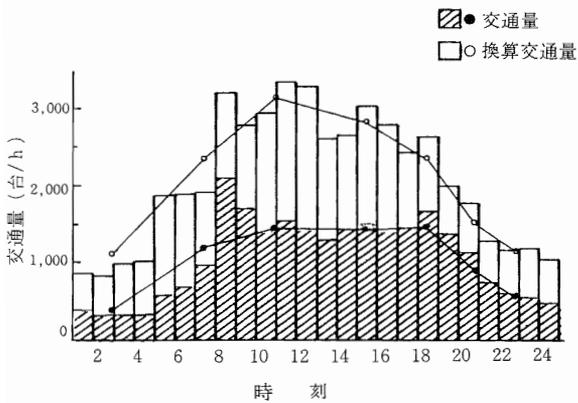


図3 交通量の日変化

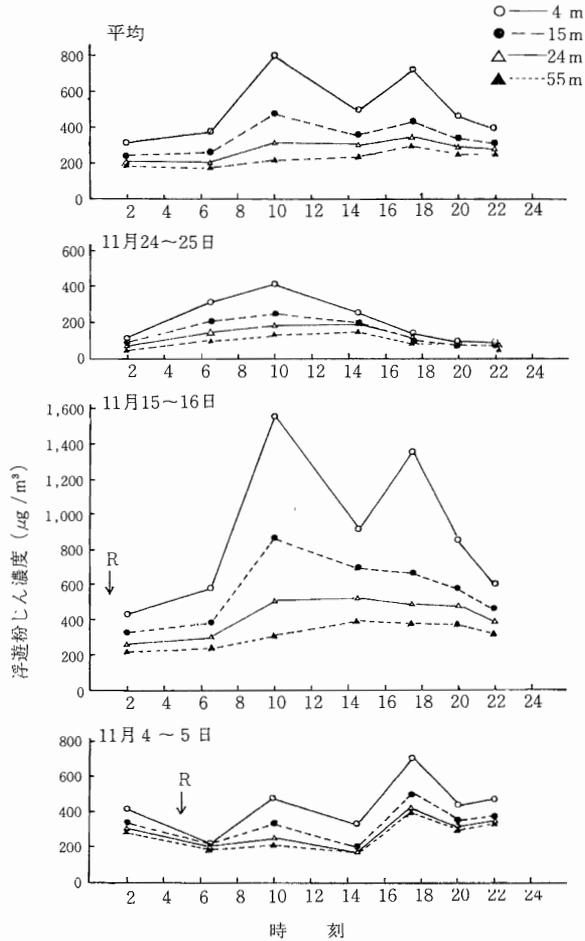


図4 浮遊粉じん濃度の日変化

(注) 図は2時から表示したが、調査は午前9時から翌日の8時迄である。(以下、図6、7も同様)

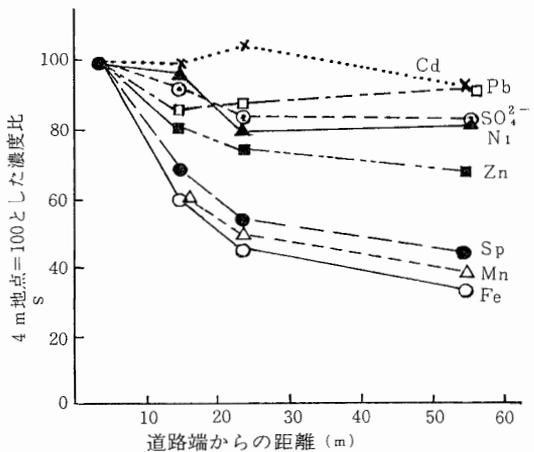


図5 重金属等濃度の距離減衰

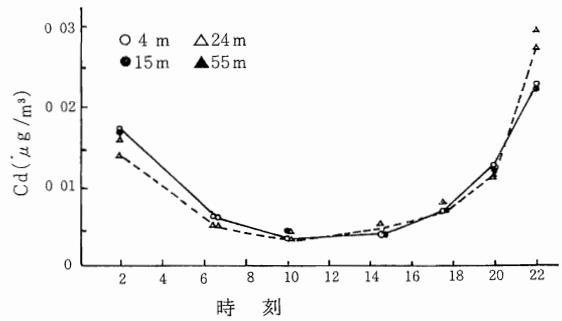
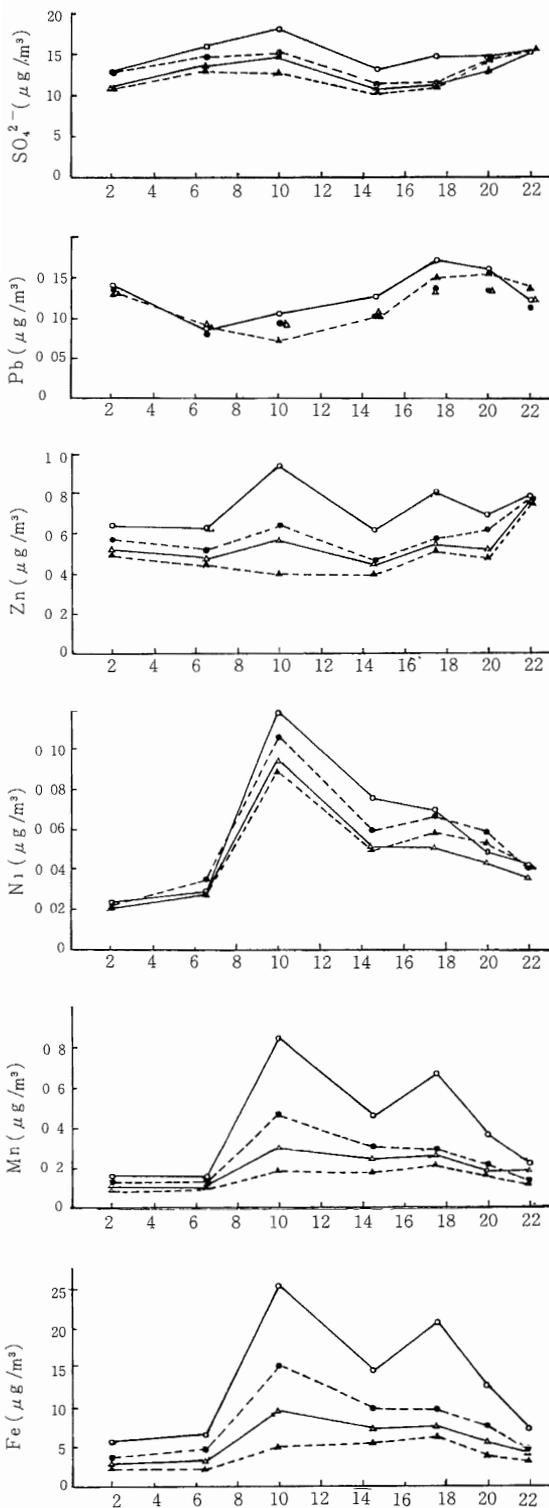


図6 重金属等濃度の日変化

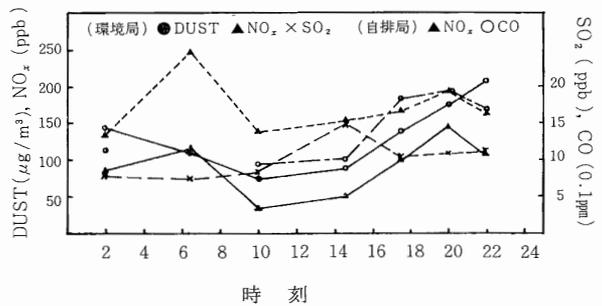


図7 時間帯別調査期間中の常時監視結果

交通量は通常朝夕にピークを持つ二山型の変動パターンを持つが、粉じん採取時間で平均化すると変動の小さい高原状を示し、換算交通量は午前10時頃をピークとした一山型のパターンとなった。

これに対し浮遊粉じんは測定日によってかなり異なる変動を示した。11月5日の早朝及び15~16日の深夜の降雨後は浮遊粉じん濃度が低下した。24日は朝からの風が午後一層強まり浮遊粉じん濃度は低かった。また、15~16日は終日くもりで風速が1 m/s以下と弱く、しかも乾燥した土壌が路肩に堆積していたため見た目にも舞い上りが多く、浮遊粉じん濃度は極めて高くなった。平均値では朝から濃度が上昇し始め、道路に近い4 m, 15m地点では9~11時, 16~19時にピークを持つ二山型の変動パターンを示した。このように沿道の浮遊粉じん濃度は、基本的には交通量の変動と類似の挙動を示すが、気象条件によっても大きな影響を受けていることが前項と同様に明らかとなった。

重金属等については、Cdを除き、道路端ほど高濃度でかつ距離減衰を示しており、自動車走行の影響が認められる。(図5) Fe, Mnは4 m地点でピークの高い二山型のパターンを呈し、浮遊粉じんやNOx, CO

(図7)と同様の変動を示している。Feが土壌の主要構成成分であり、Mnも比較的多く含まれていることを考え合せ、自動車走行による土壌の舞い上りに起因することは明らかである。NiはFe、Mnとほぼ同様な変動パターンとみることでもできるが、道路から離れた所でも9~11時のピークが高まるという、やや異質な傾向もみられた。Znは全地点が21~23時に高濃度となる傾向を示し、加えて道路に近くなるほど9~11時、16~19時の濃度が高まり、4m地点ではピークを形成した。これらの変動は後に示すようにZnがタイヤの磨耗や土壌の舞い上りによる粗大粒子と、自動車排出ガスやその他の燃焼にともなって排出される微小粒子に含まれており、これら粒子の変動の特徴が現われたことによるものと考えられる。

Pbは16時以後の夜間が高濃度となる高原状パターンを示し、交通量の多い昼間は濃度レベルこそ低かったが4m地点が55m地点を上回った。CdはDustと同様21~23時をピークとする一山型のパターンをみせ、1日中道路端からの距離による有意な濃度差はみられなかった。

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は9~11時及び21~23時にピークを持つ変動パターンを示したが、夜間は昼間にくらべ道路からの距離による濃度差が小さく、二次生成物質としての割合が大きかったものと考えられる。なお、このSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>やZn、Pb、Cdなどにみられる夜間の高濃度は、これらが後に示すとおり主として微小粒子に分布していることと、本調査が11月という極めて夜間の大気が安定する時期に行われたことによるものと考えられる。

### 3・4 浮遊粉じん濃度の推定

浮遊粉じんの濃度変化をモデル化しようとする場合、浮遊粉じんそのものの発生源が多様で、かつ、エミッションが不明なものも多く、通常広く用いられている拡散式の利用には無理が多い。そこで本稿では統計的

手法によって浮遊粉じん濃度を再現することとし、説明変数の組み合わせを変えて最小二乗法による重回帰式を作成した。

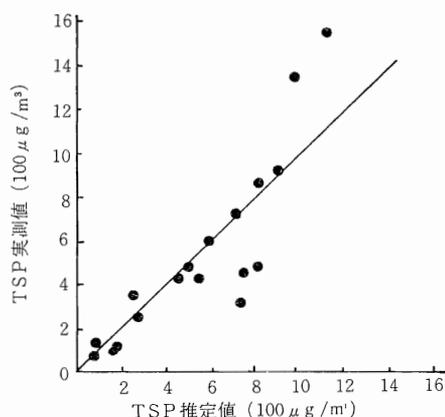


図8 浮遊粉じん濃度の実測値と推定値

最も再現性が良かったのは、説明変数に発生源因子の換算交通量、気象因子の風速と大気安定度の間接的指標と仮定したNO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>(%)の3項目を用いたもので、雨天時を除く3日間の全データを用いた結果は、4m地点で重相関係数が0.86、15m地点で0.88であった。各調査日ごとに区分した場合でも4m地点で0.90~0.96、15m地点で0.93~1.0と高い重相関係数が得られている。このことは今後各種の沿道での調査を積み重ねていくことにより道路からの土壌の舞い上りの大きさ等を類型化できれば、沿道浮遊粉じん濃度を推定することが可能となることを示唆するものと考えられる。

### 3・5 浮遊粉じんの粒径分布及び粒径別重金属等濃度

11月1~5日、15~19日、22~26日の3回、アンダーセンサンプラーを用いて採取した浮遊粉じんの粒径分布を図9に示す。

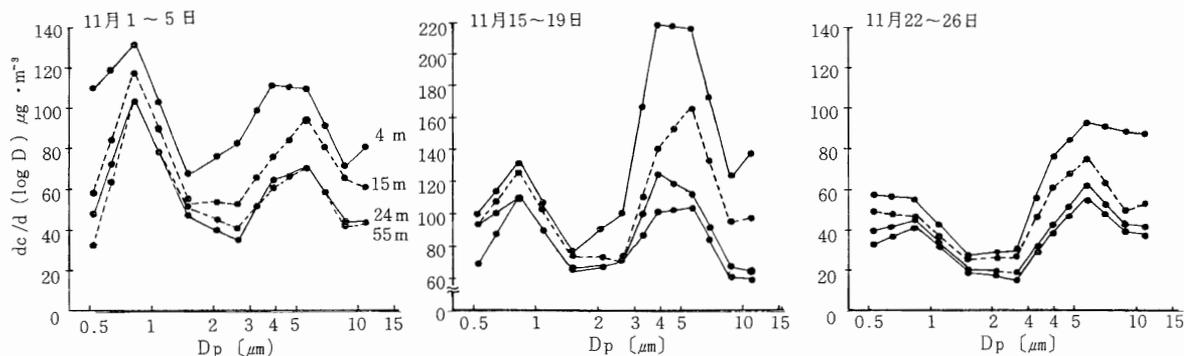


図9 浮遊粉じんの粒径分布

15～19日は降雨後、乾燥した土壌が路肩に堆積している状態で見たいにも自動車走行による舞い上りが大きく、粗大粒子のピークが高かった。22～26日は風の強い日を含んでいたため比較的低濃度となったものと考えられる。

各回とも前年度と同様  $2\mu\text{m}$  付近を谷とし  $0.85\mu\text{m}$  と  $3.9\sim 5.7\mu\text{m}$  をピークとする二山型のパターンを示した。粗大粒子と微小粒子のピーク高の相対関係は毎回変動したが、全粒径にわたって道路に近いほど浮遊粉じん濃度が高かった。

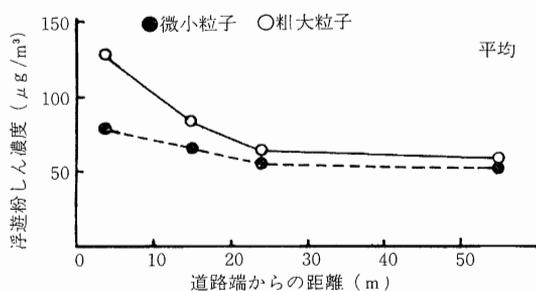
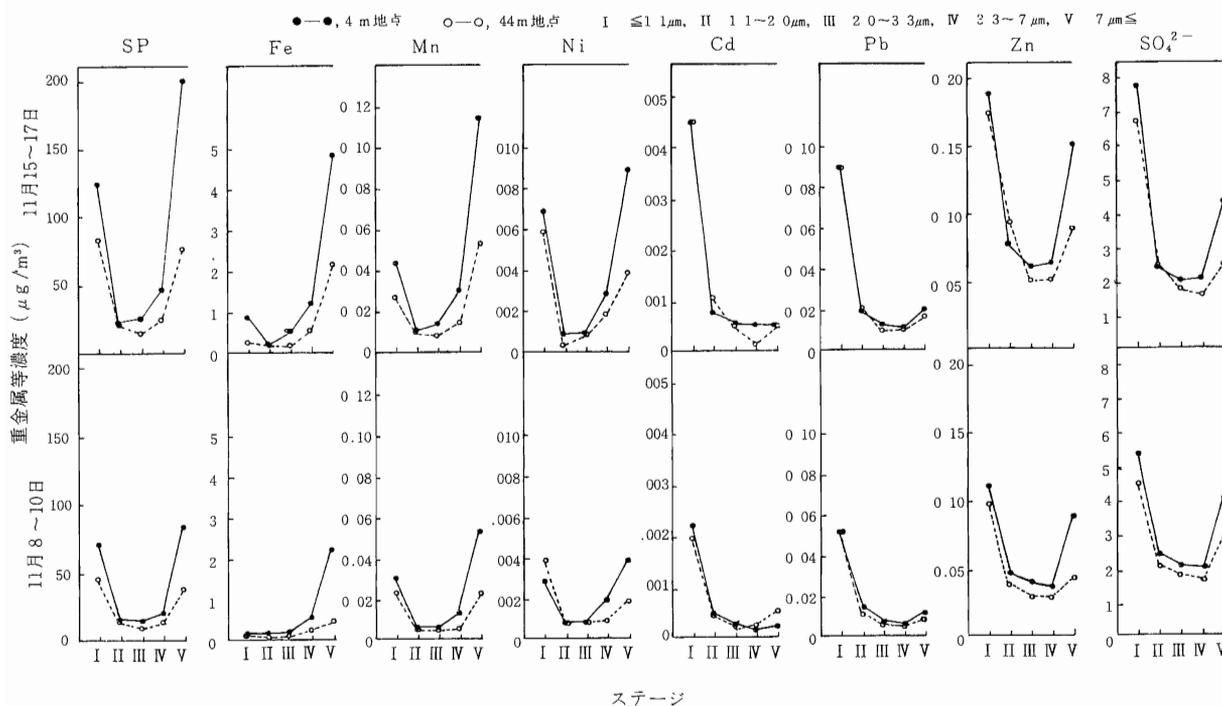


図10 粗大、微小粒子の距離減衰

アンダーセンサンプラーの5段目( $2.1\mu\text{m}$ )を境に粗大粒子と微小粒子に分割し、道路端からの距離減衰を平均値でみると、24m地点まで粗大粒子は急激に、微小粒子は緩かに減少し、以降55m地点までの減少はいずれも小さかった。ハイボリウムサンプラーによる前年度及び本年度の調査結果ともあわせ、日交通量25,000台程度の道路では、自動車走行にともなう浮遊粉じんの高濃度汚染の範囲は、平均的には20m～30mと推察される。

ここで、沿道における自動車走行の寄与を考えるため、55m地点をバックグラウンドと仮定すると、4m地点の浮遊粉じんのうち自動車走行の寄与は55m地点の浮遊粉じん濃度の上積み分となり、粗大粒子を路面からの舞い上り、微小粒子を自動車からの排出ガスと考え、平均で前者は粗大粒子中の53%、後者は微小粒子中の33%であった。全浮遊粉じんあたりの自動車走行の寄与は45%で、その内訳は舞い上りが33%と大きく、排出ガスは12%であった。

11月8～10日、15～17日にハイボリウムアンダーセンサンプラーで採取した浮遊粉じんの粒径別重金属及び  $\text{SO}_4^{2-}$  濃度を図11に示す。



ステージ

図11 粒径別重金属等濃度

各重金属,  $\text{SO}_4^{2-}$  はそれぞれ分布に特徴がみられ, 2回の調査結果では濃度レベルに差はみられるが, 分布パターンそのものは概ね変わらなかった。各重金属等は Cd, Pb を除きほとんどの粒径で 4 m 地点が 44 m 地点を上回った Fe は 4 m 地点で 62~66% が  $7\mu\text{m}$  以上の粗大粒子に分布しており, 44 m 地点との濃度差が著るしい。Mn もほぼ同様なパターンを示すが, 若干  $1.1\mu\text{m}$  以下への分布もみられた。逆に, Cb は 4 m 地点で 62~64%, Pb は 51~57% が  $1.1\mu\text{m}$  以下の微小粒子に分布しており, 調査地点間の濃度差は極めて小さかった。Ni は 4 m 地点では  $7\mu\text{m}$  以上の粒子への分布が多く, 44 m 地点では  $1.1\mu\text{m}$  以下への分布が上回った。Zn,  $\text{SO}_4^{2-}$  は 44 m 地点では  $1.1\mu\text{m}$  以下の微小粒子への分布がそれぞれ 38~40%, 34~44% と多いが, 4 m 地点では  $7\mu\text{m}$  以上の粒子への分布割合が高まる傾向がみられ, 44 m 地点との濃度差も比較的大きかった。

これらの重金属等が主として分布する粒子の大きさを較べると  $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Ni} > \text{Zn}$ ,  $\text{SO}_4^{2-} > \text{Pb}$ , Cd となり, 前年<sup>1)</sup> 度重金属等の距離減衰の比較から推定した  $\text{Fe} > \text{Ni}$ ,  $\text{Mn} > \text{Zn} > \text{Pb}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  が概ね妥当であったことが明らかとなった。

#### 4 ま と め

1982年11月1日から11月26日まで久喜市内, 県道大宮栗橋線周辺で浮遊粉じん調査を実施し, 以下の結果を得た。

- (1) 浮遊粉じん濃度の日最高値は道路端から 4 m 地点で  $819\mu\text{g}/\text{m}^3$  に達した。同地点の13日間の平均値は  $356\mu\text{g}/\text{m}^3$  で, 55 m 地点より  $196\mu\text{g}/\text{m}^3$  高かった。
- (2) 浮遊粉じん濃度は道路横断風頻度が高いほど, 風速が小さいほど,  $\text{NO}_2/\text{NO}_x(\%)$  が小さいほど高まる傾向をみせた。
- (3) 浮遊粉じん濃度の日変化には交通量変動の影響がみられるが, 気象条件によっても大きく変動した。この浮遊粉じん濃度の変動を重回帰式により再現したところ, 説明変数として換算交通量, 風速,  $\text{NO}_2/\text{NO}_x(\%)$  を用いた場合, 高い重相関係数が得られた。

(4) 重金属等濃度は Cd を除き道路端ほど高濃度であり, 自動車走行の影響がみられた。日変化のパターンは Fe, Mn が同じであったほかはそれぞれ異なり, 重金属等の起源や粒径分布のちがいに より変動するものと考えられる。

(5) 浮遊粉じんの粒径分布は前年同様,  $2\mu\text{m}$  付近を谷とし  $0.85\mu\text{m}$  及び  $3.9\sim 5.7\mu\text{m}$  付近をピークとする二山型を示し, 全粒径にわたって道路に近いほど高濃度であった。

(6) 55 m 地点をバックグラウンドと仮定すると, 4 m 地点の浮遊粉じんの自動車走行による寄与は, 粗大粒子で 53%, 微小粒子で 33% であった。

(7) 重金属等の主として分布する粒子の大きさを比較すると  $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Ni} > \text{Zn}$ ,  $\text{SO}_4^{2-} > \text{Pb}$ , Cd であった。

なお, 本調査は昭和57年度, 大気保全課「道路交通公害対策総合調査事業」のひとつとして公害センターが実施したものである。

#### 文 献

- 1) 小川和雄他：道路周辺における浮遊粉じん汚染について, 埼玉県公害センター年報, [9] 43 (1982)
- 2) 湿性大気汚染検討委員会：昭和50年度湿性大気汚染調査報告書, 環境庁大気保全局 (1976)
- 3) 「昭和57年度環境重金属調査結果」, 埼玉県公害センター (大気保全課委託) (1983)
- 4) 埼玉県環境部：「沿道地域における窒素酸化物拡散調査」 (1978)
- 5) 伊勢洋昭他：粒子状物質等汚染物質の発生源寄与に関する調査, 東京都公害研究所年報 p.46 (1981)
- 6) 石井達三：未発表, 埼玉県公害センター (1982)