

年始における浮遊粉じん調査について

Measurement of Suspended Particulates in the Beginning of the Year

石井 達三

要 旨

昭和59年12月31日～昭和60年1月4日の期間（以下、「年始」という。）とその前後の期間について県内4地点で浮遊粉じんの調査を行った。その結果、(1)ローボリウムサンプラーで測定した年始の浮遊粒子状物質濃度は、44～59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲にあった。(2)浮遊粉じんに含まれる金属・水溶性イオンの年始の濃度は、昭和59年12月24日～12月28日の期間（以下、「年始前」という。）と比べて低いものが多かったが、 NO_3^- は年始前と同じレベルであった。(3)年始の浮遊粉じんに対する二次粒子の推定割合は20～24%、土壌粒子の推定割合は10～18%であった。

1 はじめに

大気中の浮遊粉じんは、土壌・海塩粒子など自然界から発生するもの、工場・自動車等人間活動に伴って発生するものなどがあり、この発生源の多様性が浮遊粉じん対策を困難なものにしている。また、浮遊粉じんには各種発生源から直接粒子として発生するものだけでなく、大気中のガスから粒子に転換したものもかなりの割合で含まれており、この二次粒子の生成機構の解明も浮遊粉じん対策にとって重要である。そこで今回、浮遊粉じんの発生源、汚染機構解明の調査研究のひとつとして、人為的発生源の寄与が小さくなると考えられる年始とその前後の期間について浮遊粉じんの調査を行ったので、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、所沢（所沢保健所）、戸田（戸田・蕨保健所）、浦和（公害センター）、久喜（久喜南中学校）の4地点で行った。図1に調査地点の位置を示す。

戸田は中小規模の工場と住宅の混在する地域にあり、他の3地点は住宅地域にある。

調査期間は、年始前が昭和59年12月24日から12月28日まで、年始が昭和59年12月31日から昭和60年1月4日まで、年始後が昭和60年1月14日から1月18日ま

である。

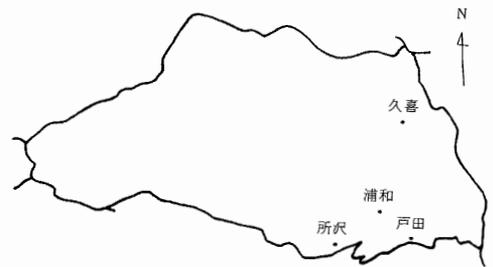


図1 調査地点

2.2 試料の採取及び分析方法

所沢、戸田及び久喜は常時監視測定局コンテナ上浦和は公害センター倉庫屋上で、アンダーセンサンプラー及びサイクロン付（10 μm カット）ローボリウムサンプラーにより石英繊維ろ紙上に浮遊粉じんを採した。アンダーセンサンプラーの段構成を変えて0.4段、バックアップホルダーを上部に置き、浮遊粉じんを粒径11 μm 以上、11 μm ～2.1 μm 、2.1 μm 以下に分別採取した。

ローボリウムサンプラーによる試料は金属（Al、Zn、Pb、Cu、Fe、Mn、Ti）を、アンダーセンサンプラーによる試料は水溶性イオン（ Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、

NH₄⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Na⁺、K⁺) を分析した。Alを除く金属はけい光X線分析法、Alはろ紙をフッ酸処理後炭酸ナトリウム溶融を行い原子吸光度法により定量した。水溶性イオンについてはろ紙を蒸留水で超音波抽出後、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻はイオンクロマトグラフ法、NH₄⁺はインドフェノール法、Ca²⁺、Mg²⁺、Na⁺、K⁺は原子吸光度法により定量した。

3 結果及び考察

3.1 調査期間中の気象

調査期間中の気象条件を表1に示す。12月24日～

表1 調査期間中の気象条件

期間	地点	風速 (m/s)	主風向	温度 (℃)	湿度 (%)
12/24)	所沢	1.4	N	0.2	59
	戸田	1.6	NNW	1.1	55
	浦和	1.9	NW	0.7	56
12/28	久喜	1.8	NW	1.1	60
12/31)	所沢	1.4	NNW	2.0	63
	戸田	1.4	NNE	2.8	61
	浦和	2.0	N	2.6	62
1/4	久喜	1.4	NW	2.9	68
1/14)	所沢	2.4	N	0.3	52
	戸田	2.5	NNW	1.3	47
	浦和	3.4	NW	0.7	48
1/18	久喜	2.7	NW	1.1	52

注) 久喜の温度・湿度は幸手監視局、
その他は調査地点の監視局のデータを用いた。

28日は強い冬型の気圧配置であり、乾燥した晴天の日が続いた。12月31日～1月2日は冬型の気圧配置が弱まり平年より暖かな晴天であった。1月3日は朝方雪がぱらつきその後冬型の気圧配置が強まった。1月14日～18日は冬型の気圧配置で乾燥した晴天が続き、14日と17日は比較的風が強かった。

3.2 年始前後の大気汚染状況

図2に浦和におけるSPM、SO₂、NO、NO₂濃度の年始前後の経日変化を示す。全体的傾向としては各汚染物質とも1月1日から5日ないし8日頃まで連続して低濃度を示した。浮遊粉じんの発生源となる人為的活動は12月31日頃にはかなり低下するものと考え、今

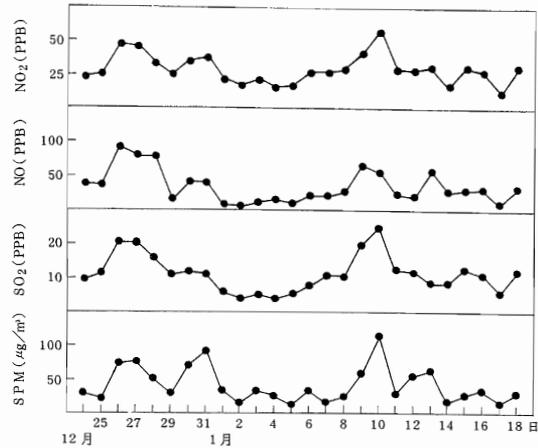


図2 SPM・SO₂・NO・NO₂濃度の経日変化

注) 公害センター監視局のデータを用いた。

回は12月31日～1月4日までを年始の調査期間として設定したが、31日の各汚染物質は低濃度とはいえずSPMは、むしろ高濃度であった。他の調査地点の汚染物質濃度も同様の傾向を示した。

3.3 浮遊粉じん濃度

表2にローボリウムサンプラーで測定した調査期間中の浮遊粒子状物質 (SPM) 濃度を示す。年始の

表2 調査期間中のSPM濃度 単位: µg/m³

期間 地点	12/24 ~12/28	12/31 ~1/4	1/14 ~1/18	月平均値	
				12月	1月
所沢	81	44	39	63	31
戸田	109	54	48	88	42
浦和	91	57	41	72	34
久喜	72	59	38	87	50

注) 月平均値は監視局のデータを用いた。所沢・浦和は光散乱法、戸田・久喜はβ線吸収法。

SPM濃度は44～59 µg/m³の範囲にあった。年始前と比較すると低濃度であるが、1月14日～18日の期間(以下、「年始後」という。)よりは濃度が高かった。常時監視局のSPM濃度の月平均値と比較すると、各地点とも年始の濃度は12月の平均濃度は下回るものの、1月の平均濃度よりは高かった。監視局のデータは自動測定器によるものでありローボリウムサンプラーの測定結果と単純に比較はできないが、今回の年始の浮遊粉じん濃度は特に低濃度であったとはいえないである

表3 調査期間中の金属濃度

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

項目	Al	Zn	Pb	Cu	Fe	Mn	Ti
12/24 所沢	0.83(2.4)	0.30(3.8)	0.14(2.8)	0.06(3.0)	0.96(2.0)	0.03(3.0)	0.07(2.3)
戸田	1.28(3.8)	0.67(4.5)	0.26(3.7)	0.09(3.0)	1.55(3.0)	0.14(1.4)	0.13(3.3)
12/28 浦和	0.94(1.9)	0.43(2.7)	0.19(3.8)	0.06(3.0)	1.18(2.1)	0.05(5.0)	0.09(2.3)
久喜	1.12(1.8)	0.45(3.0)	0.10(1.4)	0.06(2.0)	0.91(1.6)	0.05(5.0)	0.06(1.5)
12/31 所沢	0.34	0.08	0.05	0.02	0.47	0.01	0.03
戸田	0.34	0.15	0.07	0.03	0.51	0.01	0.04
1/4 浦和	0.50	0.16	0.05	0.02	0.55	0.01	0.04
久喜	0.64	0.15	0.07	0.03	0.58	0.01	0.04
1/14 所沢	1.06(3.1)	0.15(1.9)	0.08(1.6)	0.03(1.5)	1.06(2.3)	0.02(2.0)	0.08(2.7)
戸田	0.88(2.6)	0.29(1.9)	0.10(1.4)	0.12(4.0)	0.97(1.9)	0.04(4.0)	0.11(2.8)
1/18 浦和	0.94(1.9)	0.18(1.1)	0.07(1.4)	0.07(3.5)	0.78(1.4)	0.03(3.0)	0.05(1.3)
久喜	0.86(1.3)	0.28(1.9)	0.05(0.7)	0.03(1.0)	0.67(1.2)	0.03(3.0)	0.04(1.0)

注) カッコ内は正月の濃度に対する比率。

う。年始の都市域の浮遊粉じん濃度として23~29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ という測定例に比べ、今回の調査結果はやや高いレベルにあった。その原因のひとつとして、今年始の調査期間に含まれた12月31日のSPM濃度が高かったことが考えられる。

図3にアンダーセンサンプラーで測定した調査期間中の粒径別浮遊粉じん濃度を示す。年始後の粒径11 μm 以上の粗大粒子の濃度が高い点が注目されるが、これは期間中風の強い日があり乾燥した天気と相まって土壌の舞上りの影響が大きかったものと推察される。次に主として二次粒子及び人為的発生源からの一次粒子の寄与が大きいと考えられている粒径2.1 μm 以下の微小粒子に注目すると、年始は年始前よりもかなり濃度が減少していた。しかし、微小粒子の割合は年始

が65~67%で年始前の61~63%を若干上回っていた。なお、年始後は微小粒子の濃度が年始と同一レベルの一点を除いてさらに減少しているが、これはさきに述べたように風速等の気象要因によるものと考えられる。

3.4 金属濃度

ローボリウムサンプラーで測定した調査期間中の金属濃度を表3に示す。年始の金属濃度は年始前よりも大幅に低下しており、年始後と比べても濃度の低いものがほとんどであった。測定した金属のうち、溝畑の発生源データによれば、Al、Tiは主として土壌に由来しFe、Mnも土壌の寄与を無視できない。しかし、Zn、Pb、Cuは人為的発生源に由来するものとされており、これらの金属についても年始の濃度が低かったことは、年始の人為的発生源低下の影響が金属濃度については現われていたものといえる。また、地点別みると、年始前の戸田の金属濃度は各項目とも他地点より高いが、年始の濃度は年始前よりも各項目とも1/3以上減少し、他地点とほぼ同じレベルの濃度になっていた。戸田は東京の北部に隣接し周辺にも中小工場が存在しており、地域的にみて他地点よりも人為的発生源の影響が大きいものと推察される。そのため年始の人為的発生源低下の影響が他地点より大きく現われたものと考えられる。

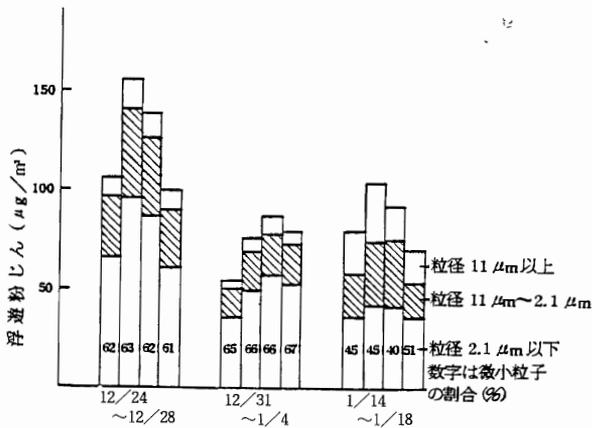


図3 調査期間中の粒径別浮遊粉じん濃度

3.5 水溶性イオン

3.5.1 水溶性イオン濃度

アンダーセンサンプラーで測定した調査期間中の水溶性イオン濃度を表4に示す。年始の濃度は年始前と比較して減少しているものが多いが、金属濃度ほど大きな減少率ではなかった。また、NO₃⁻は年始前と年始でほとんど濃度の差がみられなかった。年始後と比較するとCl⁻、NO₃⁻、NH₄⁺、K⁺は年始後の方が濃度が低く、今回の調査では、これらのイオンは年始が特に低濃度とはいえなかった。

3.5.2 水溶性イオン間の関係

表5に粒径別にイオン間の相関係数を示す。微小粒子(粒径2.1μm以下)においてはNH₄⁺-Cl⁻-K⁺間の相関係数が0.97~0.99と高かった。これらのイオンは大気中での挙動が類似しているものと思われる。粗大粒子(粒径2.1μm以上)においては微小粒子ほど高い相関を示す組合せはないが、Mg²⁺-Cl⁻、Ca²⁺-SO₄²⁻、

Ca²⁺-NH₄⁺間の相関係数が0.87と比較的高かった。

表6に水溶性イオンの当量濃度を示す。陽イオンと陰イオンの当量濃度比は、微小粒子側では年始の戸田の0.84を除いて0.95~1.00であり、陽イオンと陰イオンのバランスはとれていた。微小粒子中でのCl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻の化合物としての形は、陽イオン側ではNH₄⁺が圧倒的に多いこと、角脇の報告によれば微小領域の二次粒子はNH₄塩の形をとるとされていることから、NH₄Cl、NH₄NO₃、(NH₄)₂SO₄として存在し、残りがNH₄⁺以外のイオンと結合しているものと考えられる。粗大粒子側の陽イオンと陰イオンの当量濃度比は、0.81~1.32とややバランスがくずれており、年始が0.82~0.98と1以下なのに対し、年始後は1.08~1.32と1以上となり期間によって異なる傾向を示した。粗大粒子側では今回測定しなかった金属イオンや炭酸イオンがイオンバランスをみるうえで無視できなかったものと推察される。粗大粒子中のCl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻の化合物としての形は微小領域ほど一定した組成ではないと

表4 調査期間中の水溶性イオン濃度

単位: μg/m³

期間	地点	項目	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
12/24	所沢		6.95(2.4)	5.26(1.1)	5.80(1.4)	4.88(1.7)	1.14(1.4)	0.19(1.2)	0.66(1.5)	0.56(1.8)
		戸田	11.26(2.0)	6.37(1.0)	7.68(1.7)	7.51(2.0)	1.84(2.5)	0.22(1.2)	0.74(1.5)	0.76(1.9)
12/28	浦和		10.55(1.6)	6.28(0.9)	7.62(1.4)	6.99(1.3)	1.54(1.9)	0.22(1.4)	0.75(1.5)	0.74(1.5)
		久喜	6.59(0.9)	4.11(0.9)	6.46(1.3)	4.97(0.9)	1.26(1.5)	0.19(1.6)	0.53(1.5)	0.53(1.3)
12/31	所沢		2.88	4.78	4.28	2.92	0.80	0.16	0.45	0.31
		戸田	5.64	6.08	4.54	3.81	0.73	0.19	0.50	0.39
1/4	浦和		6.72	6.66	5.32	5.44	0.81	0.16	0.49	0.49
		久喜	7.00	4.78	5.11	5.29	0.86	0.12	0.35	0.41
1/14	所沢		2.14(0.7)	2.68(0.6)	5.00(1.2)	1.73(0.6)	1.39(1.7)	0.15(0.9)	0.53(1.2)	0.26(0.8)
		戸田	3.74(0.7)	3.63(0.6)	6.07(1.3)	3.14(0.8)	1.51(2.1)	0.17(0.9)	0.57(1.1)	0.34(0.9)
1/18	浦和		3.34(0.5)	3.43(0.5)	5.24(1.0)	2.68(0.5)	1.31(1.6)	0.17(1.1)	0.51(1.0)	0.34(0.7)
		久喜	2.45(0.4)	3.43(0.7)	6.26(1.3)	2.64(0.5)	1.28(1.5)	0.18(1.5)	0.55(1.6)	0.31(0.8)

注) カッコ内は正月の濃度に対する比率

表5 水溶性イオン間の相関

粗大粒子(粒径2.1μm以上)間

	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
Cl ⁻	-	0.83	0.55	0.73	0.65	0.87	0.42	0.81
NO ₃ ⁻	0.78	-	0.38	0.57	0.38	0.73	0.50	0.63
SO ₄ ²⁻	0.76	0.34	-	0.68	0.87	0.56	0.85	0.72
NH ₄ ⁺	0.99	0.79	0.76	-	0.87	0.53	0.51	0.60
Ca ²⁺	-0.34	-0.76	0.15	-0.38	-	0.60	0.66	0.66
Mg ²⁺	-0.27	-0.26	0.00	-0.36	0.36	-	0.51	0.78
Na ⁺	0.67	0.35	0.78	0.61	0.16	0.42	-	0.61
K ⁺	0.98	0.73	0.82	0.97	-0.27	-0.13	0.78	-

微小粒子(粒径2.1μm以下)間

n=12

表6 水溶性イオンの当量濃度 単位: neq/m³

期間	項目 地点	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Σ ⁺ /Σ ⁻
12/24	所沢	20	12	45	2	48	9	12	2	0.95
		176	73	76	268	9	7	17	12	0.96
	戸田	33	14	50	4	78	12	13	2	1.12
12/28	浦和	285	89	110	412	13	6	20	17	0.97
		34	14	51	3	66	11	12	3	0.96
	264	87	107	384	10	7	20	16	0.95	
12/31	久喜	18	7	40	1	51	9	8	2	1.09
	167	59	94	274	12	7	15	11	1.00	
1/4	所沢	9	9	34	0	33	7	10	1	0.98
		72	68	55	161	7	6	9	7	0.97
	戸田	17	10	28	1	29	7	8	1	0.84
1/14	浦和	142	88	67	211	7	9	13	9	0.84
		19	13	36	2	34	7	11	2	0.82
	171	94	75	300	7	6	10	10	0.98	
1/18	久喜	14	8	33	2	34	5	7	1	0.89
	183	69	73	292	9	4	9	10	1.00	
1/24	所沢	11	8	42	2	50	4	11	2	1.13
		49	35	62	94	19	8	12	5	0.95
	戸田	18	10	47	4	74	8	11	2	1.32
1/28	浦和	87	48	79	171	15	7	13	7	1.00
		19	9	35	2	49	6	9	2	1.08
	76	46	73	146	16	8	13	7	0.97	
1/31	久喜	11	7	47	1	51	8	12	2	1.14
	58	48	84	145	14	7	11	6	0.96	

注) 上段: 粗大粒子 (粒径2.1μm以上)
 下段: 微小粒子 (粒径2.1μm以下)
 Σ⁺/Σ⁻: (NH₄⁺+Ca²⁺+Mg²⁺+Na⁺+K⁺)neq/(Cl⁻+NO₃⁻+SO₄²⁻)neq

思われるが、陰イオンの中で最も多いSO₄²⁻は、陽イオンのかなりの部分を占めるCa²⁺と主としてCaSO₄の形で存在しているものと推察される。この形のSO₄²⁻は、セメント風化物、自動車排ガスなどからの一次粒子と考えられる。

3.6 二次粒子・土壌粒子の推定割合

ガスから粒子に変換した二次粒子の割合の推定を試みた。(1)NH₄⁺とNO₃⁻は全量、(2)SO₄²⁻は微小粒子中のもの、(3)Cl⁻は廃棄物焼却及び海塩粒子等の一次粒子の寄与も大きいと考えられることと二次粒子の微小領域での組成がNH₄塩とされていることから、NO₃⁻、SO₄²⁻と結合したNH₄⁺の残りと同量的に等しいCl⁻を二次粒子のCl⁻として、これらのNH₄⁺、NO₃⁻、SO₄²⁻、Cl⁻の和から浮遊粉じんに対する二次粒子の割

合を求めた。また、土壌粒子の割合は、浮遊粉じんのAlをすべて土壌から由来したものと仮定し、土壌中のAlの含有率を6%として求めた。その結果を表7に示す。浮遊粉じんに対する二次粒子の推定割合は、年始が20~24%であり年始前後の期間より高かった。一方、土壌粒子の推定割合は、年始後が30~45%と高く年始は10~18%と低かった。ただし、土壌粒子の割合は、ローボリウムサンプラーで採取した粒径10μm以下の浮遊粉じんに対するものである。粒径10μm以上の粒子も含めた浮遊粉じんに対する土壌粒子の推定割合は、これよりも高い割合を示すと考えるべきであろう。

表7 二次粒子・土壌粒子の推定割合 単位:

地点	二次粒子			土 壌		
	12/24 ~12/28	12/31 ~1/4	1/14 ~1/18	12/24 ~12/28	12/31 ~1/4	1/14 ~1/18
所 沢	17	21	9	17	13	45
戸 田	17	20	12	20	10	30
浦 和	18	23	11	17	15	38
久 喜	18	24	15	26	18	38

以上の結果から、年始の浮遊粉じんに対する二次粒子と土壌粒子の推定割合の和は30~42%であり、土壌粒子の割合が低く見積られているとしても、今回調査した年始の浮遊粉じんには、人為的発生源からの一次粒子の寄与がかなりあったものと推定される。

4 まとめ

今回の年始前後の浮遊粉じん調査では、次のことがわかった。

- (1) ローボリウムサンプラーで測定した年始の浮遊粉じん粒子状物質濃度は44~59μg/m³の範囲にあった。
- (2) 年始の浮遊粉じん中の微小粒子の割合は65~67%であり、年始前よりも若干高かった。
- (3) 年始の金属濃度は年始前後に比べて低濃度を示した。
- (4) 年始の水溶性イオン濃度は年始前に比べて濃度の減少したものが多かったが、NO₃⁻は年始前の濃度と同レベルであった。
- (5) 年始の浮遊粉じんに対する土壌粒子の推定割合は10~18%、二次粒子の推定割合は20~24%であった。

文 献

- 1) 神奈川県：ばいじん（浮遊粒子状物質）対策実態調査結果報告書，p.80，（1983）
- 2) 溝畑 朗，真室 哲雄：界における大気浮遊粒子状物質中の諸元素の発生源の同定（Ⅰ），大気汚染学会誌，15（5），198（1980）
- 3) 角脇 怜：都市大気中における二次粒子の挙動と生成機構，公害と対策，18（6），45（1982）
- 4) 新井 久雄ら：自動車排ガスによる道路周辺での大気汚染に関する研究（第7報），横浜市公害研究所報〔7〕，15（1982）
- 5) 角脇 怜：浮遊粉じんによる都市大気汚染にせめる自然発生源からの負荷（Ⅱ），大気汚染学会誌，14（11・12），497（1979）