

Ⅶ 報 文

道路近傍における浮遊粉じん等の実態について（Ⅱ報）

吉田 昇¹⁾ 杉本俊比古²⁾
藤島 直司 穴倉 正一

1 はじめに

近年、東北・北海道の都市部を中心としてスパイクタイヤによる浮遊粉じんが生活環境の悪化・地域住民の健康被害への憂慮など社会問題としてとりあげられている。

秋田県でも、昭和58年11月に「スパイクタイヤ使用自粛指導要綱」を制定し、この問題にとりくんでいる。

当センターでは昭和57年度からその実態の把握に努め、その結果夏期および冬期における浮遊粉じん等の挙動をあきらかにすることができたが、本県は積雪地帯であり、冬期における浮遊粉じん等の挙動は、太平洋岸に位置する仙台市等と比較して大いに異なるものと考えられるので、58年度は積雪等の影響をみるため冬期間さらに詳しく調査し、その変動をみてみた。

また浮粉じんの拡散状況をみるため、距離減衰についても調査した。

2 調査方法

(1) 調査地点の概要

調査地点は図－1の4地点で、概要は表－1のとおりである。

表－1 調査地点の概要

No.	調 査 地 点 名	舗 装 状 況	車 線 数	路 線 名	交 通 量(台/24h)
1	土崎自動車排出ガス測定局舎	アスファルト	2	国道7号	26,000
2	八橋・環境技術センター前	アスファルト	2	国道7号	34,000
3	中通自動車排出ガス測定局舎	アスファルト	5	秋田停車場	44,000
4	茨島自動車排出ガス測定局舎	コンクリート アスファルト	2	国道7号	23,000

1) 現：秋田保健所 2) 現：環境保全課

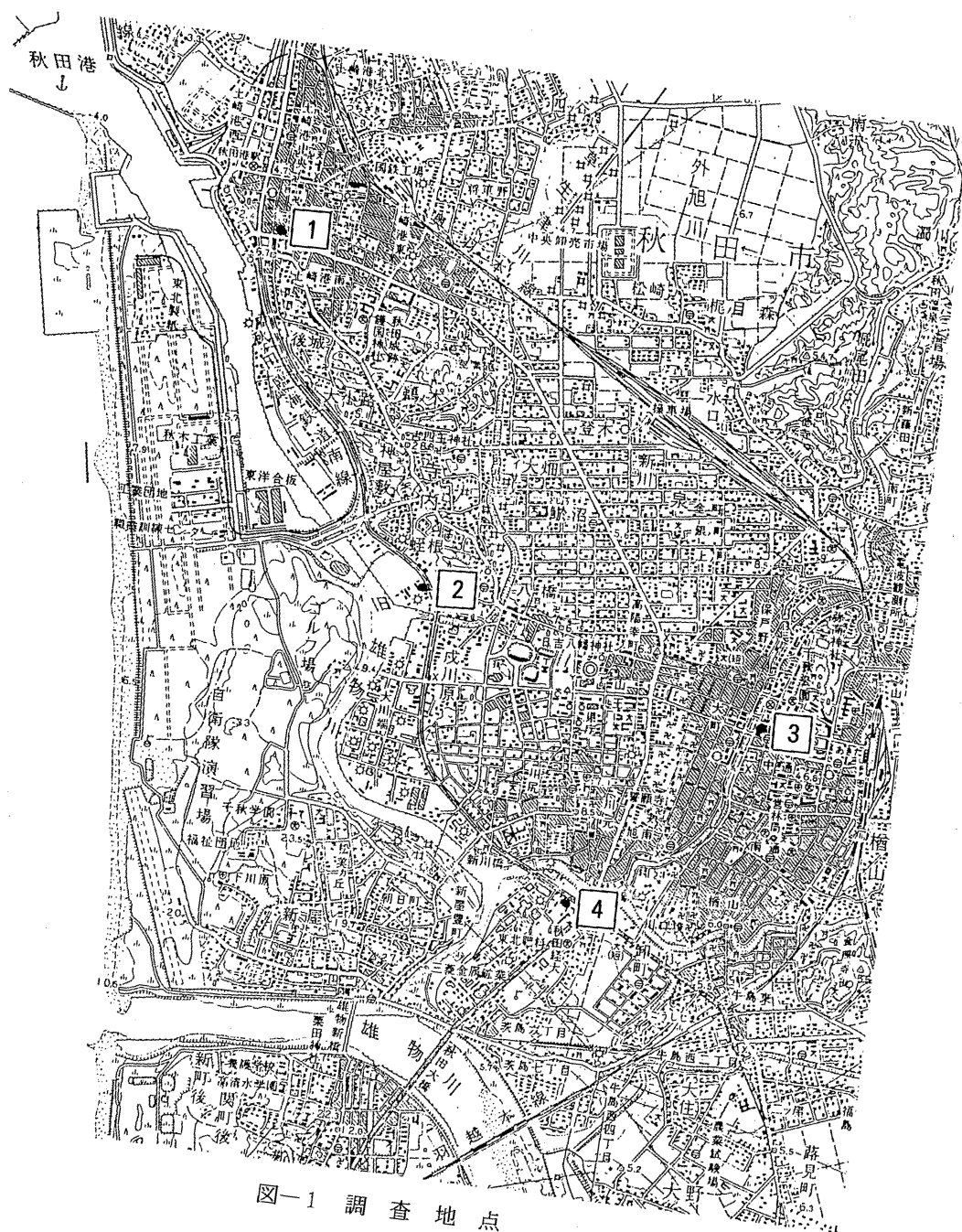


図-1 調査地点

(2) 調査時期および調査内容

調査時期は昭和58年9、11、12月59年1、3月で調査内容は表-2のとおりである。

表一 2 調 査 内 容

調 査 項 目	使 用 機 器	分 析 項 目
浮遊粉じん	ハイボリウムエアサンプラー (ろ紙・石英繊維2500QAST)	浮遊粉じん濃度・灰化減量、ベンゼン抽出物質量、金属成分濃度 (Fe、Mn、Al、Ca、V、Ni、Ti、Cr)
	アンダーセンエアサンプラー	浮遊粉じんの粒度分布
浮遊粒子状物質	ローボリウムエアサンプラー (ろ紙・ハイボルと同じ)	浮遊粒子状物質濃度、ベンゼン抽出物質量
道路堆積物	——	粒径分布・ベンゼン抽出物質量、金属成分濃度

(3) 分析方法

① 灰化減量

ハイボリウムろ紙の一定量を低温灰化装置により灰化し、前後の秤量値から求めた。

② ベンゼン抽出物質

浮遊粉じんおよび浮遊粒子状物質についてはろ紙を細切して超音波抽出法によりおこなった。道路堆積物はソックスレー抽出法によりおこなった。

③ 金属成分

ハイボリウムろ紙については灰化後硝酸過酸化水素法により分解し、道路堆積物は硝酸・塩酸・過塩素酸分解し、原子吸光光度法で定量した。

3 調査結果

(1) 浮遊粉じんの経月変化

道路端 4 地点における浮遊粉じん濃度の測定結果は表一 3 および図一 2 のとおりである。

八橋の 1 月は吸引流量が少なすぎたため欠測とした。

表一 3 浮遊・粉じんの道路端濃度

</

注) () 内は最低・最高値

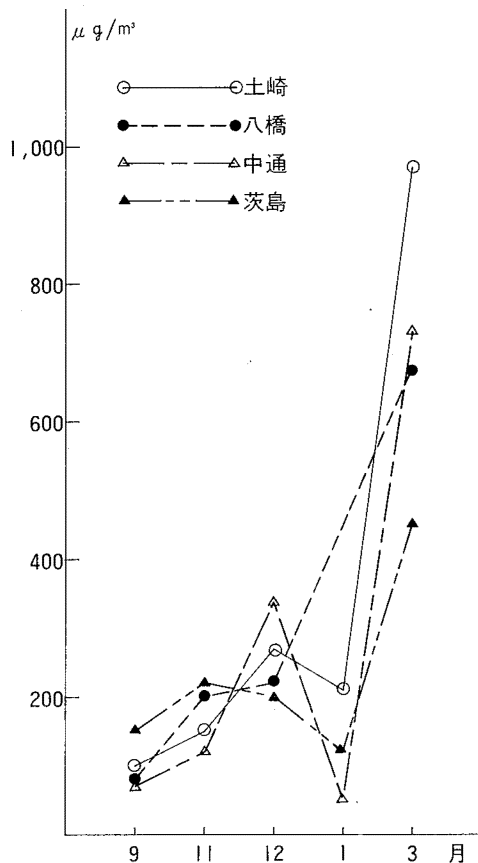


図-2 浮遊粉じんの経月変化

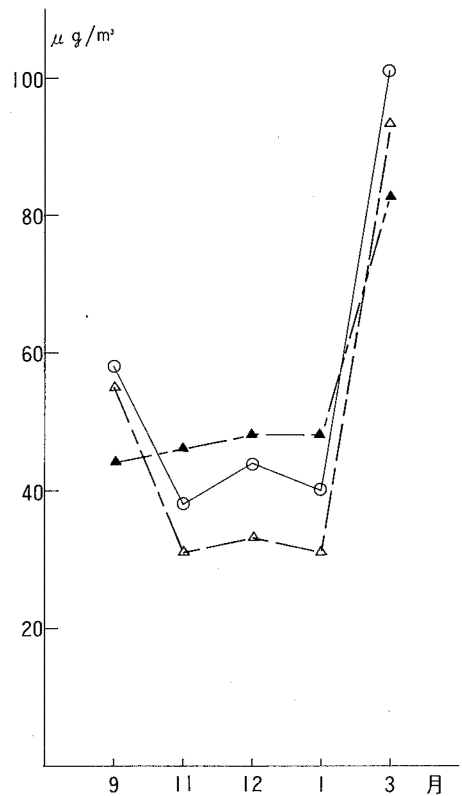


図-3 浮遊粒子状物質の経月変化

4地点の平均でみると9月 $103 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、11月 $179 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、12月 $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、1月 $127 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、3月 $696 \mu\text{g}/\text{m}^3$ となっており、スパイクタイヤを装着しはじめる11月から浮遊粉じん濃度は高くなり12月は9月の約2.5倍となるが、1月は積雪および路面の湿潤により浮遊粉じん濃度は減少する。

3月になり路面の乾燥とともに浮遊粉じん濃度は顕著に増加し、9月の約7倍に達する。

2月も気象および路面の状況から1月と変わらないものと考えられる。

茨島が他と比べて変動がすくないが、これは測定点が交差点に面していて、三方がアスファルト、一方がコンクリート舗装で、最も影響を受ける路面がコンクリート舗装であるためと考えられる。

(2) 浮遊粒子状物質の経月変化

浮遊粒子状物質については表-4および図-3のとおりである。

表一 4 浮遊粒子状物質の道路端濃度

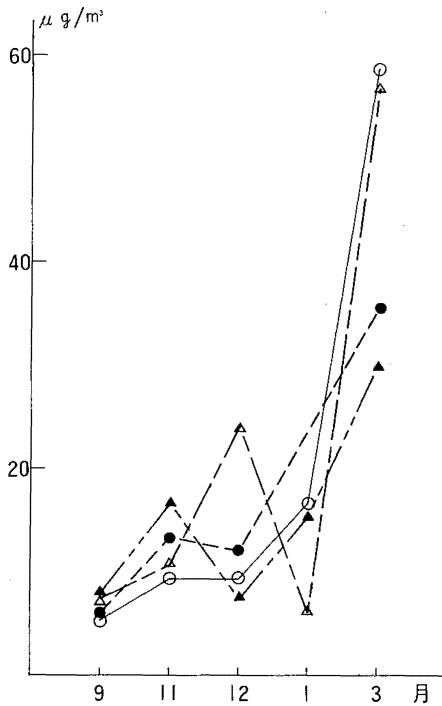
		(μg/m³)				
年月 地点名		58/ 9	58/11	58/12	59/ 1	59/ 3
土 崎		58	39	44	41	102
中 通		57	32	34	32	94
茨 島		45	47	49	49	84

浮遊粒子状物質濃度は3地点平均でみると9月53μg/m³、11月39μg/m³、12月42μg/m³、1月41μg/m³、3月93μg/m³となっており、3月でも他の月と比べて約2倍の増加にとどまっております。浮遊粉じんと比べて変動は少なく、また冬期間における変動もほとんどみられない。

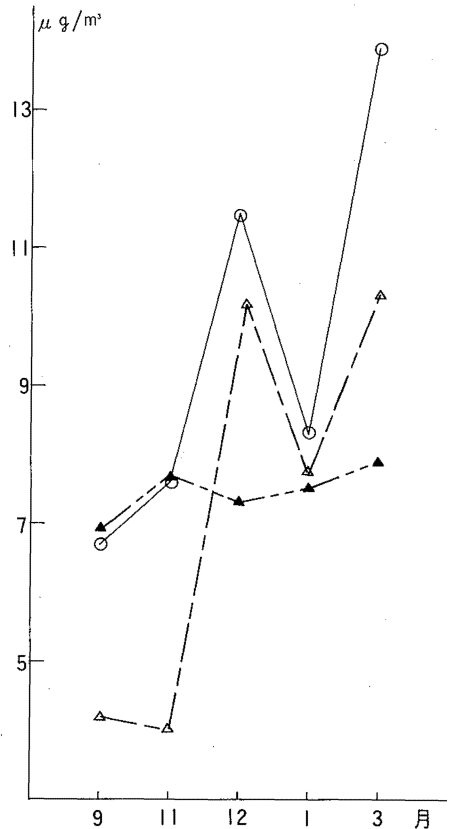
ここでも、茨島は土崎・中通と比べて変動はやや小さい。

(3) ベンゼン抽出物質の経月変化

道路端4地点のベンゼン抽出物質の経月変化は表一5、図一4のとおりである。



図一4-1 SP中ベンゼン抽出物質
経月変化



図一4-2 SPM中ベンゼン抽出物質
経月変化

表一五 浮遊粉じん(S P)および浮遊粒子状物質(S P M)中のベンゼン抽出物質質量

調査 地点	粉じん の区分	58 / 9		58 / 11		58 / 12		59 / 1		59 / 3	
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%
土崎	SP	5.7 (4.7~6.4)	6.1 (4.6~8.3)	10.5 (8.4~11.9)	6.9 (6.4~7.8)	9.3 (4.6~19.8)	6.2 (4.7~9.1)	17.4 (5.0~35.2)	9.3 (6.4~12.6)	59.3 (33.3~89.7)	6.4 (6.3~6.6)
	SPM	6.7	11.5	7.6	19.5	11.5	25.4	8.2	20.2	13.9	13.5
八橋	SP	5.9 (2.7~7.3)	6.1 (4.0~7.6)	13.9 (10.1~18.1)	7.2 (6.3~8.0)	12.5 (7.3~18.2)	6.5 (4.6~12.2)	—	—	35.8 (12.3~86.0)	5.9 (4.5~6.8)
	SPM	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
中通	SP	6.3 (3.9~9.2)	8.6 (5.5~12.6)	11.6 (8.1~14.1)	8.6 (7.1~9.7)	24.7 (4.6~54.0)	7.7 (6.3~11.2)	6.0 (3.3~9.5)	12.5 (11.7~13.0)	56.8 (4.8~112.3)	7.4 (6.3~8.3)
	SPM	4.3	9.7	4.0	18.2	10.2	22.3	7.7	24.1	10.4	11.1
茨島	SP	8.3 (5.2~10.3)	5.2 (3.4~8.5)	17.1 (12.7~21.3)	7.5 (6.5~8.1)	8.3 (5.1~14.0)	5.4 (3.0~10.2)	10.1 (3.9~18.5)	10.1 (4.6~14.3)	30.5 (6.5~51.9)	6.7 (6.2~7.3)
	SPM	6.8	11.8	7.7	16.4	7.3	9.6	7.6	15.6	7.9	9.3

注) () 内は最低・最高値

浮遊粉じん中のベンゼン抽出物質濃度は、先に述べた粉じん濃度同様茨島の3月が、他地点と比べて増加率は少ないが全般の変動をみるため4地点の平均でみると9月 $7\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、11、12、1月平均 $13\mu\text{g}/\text{m}^3$ と約2倍に増加し3月は $46\mu\text{g}/\text{m}^3$ と約6.5倍に増加している。

11月から1月までの変動については浮遊粉じんのようなはっきりとした傾向はみられないものの、おおむね浮遊粉じんに似た挙動を示している。

粉じん中に占める重量濃度(wt%)でみると、粉じん量の多い12、3月は低く粉じん量の少ない11、1月は高い値を示している。

これは第I報から粉じん量に占める割合が低い、粒径の小さい粒子にベンゼン抽出物質濃度が高いことから、粉じん量が増加すると相対的に希釈されるためと考えられる。

このことは、浮遊粉じんと浮遊粒子状物質のベンゼン抽出物質を重量濃度でみるとあきらかに浮遊粒子状物質中に占める割合が高いことからとも言える。

浮遊粒子状物質中のベンゼン抽出物質濃度をみると、土崎、中通はスパイクヌイヤ装着期に高い値を示し、12月と3月はほぼ同程度で1月は減少している。

茨島はここでも特異のパターンを示し、スパイクタイヤの装着・非装着にかかわらずほとんど変動はみられない。

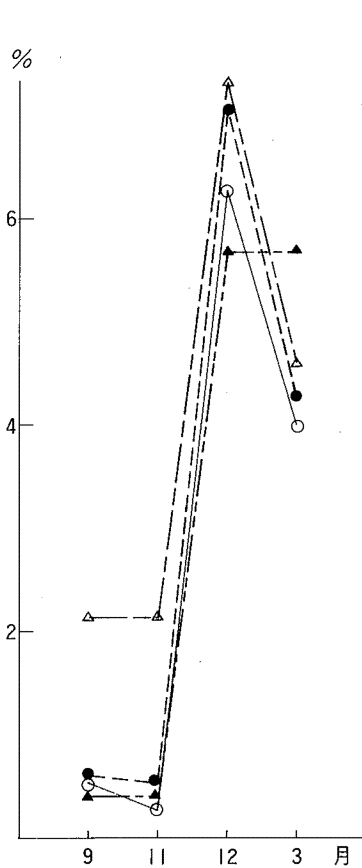
茨島は、浮遊粒子状物質濃度は高いが、浮遊粒子状物質中のベンゼン抽出物質濃度(wt%)は低いことから道路粉じん以外の浮遊粒子状物質濃度が高いといえる。

道路堆積物中のベンゼン抽出物質濃度は表一六、図一五のとおりである。

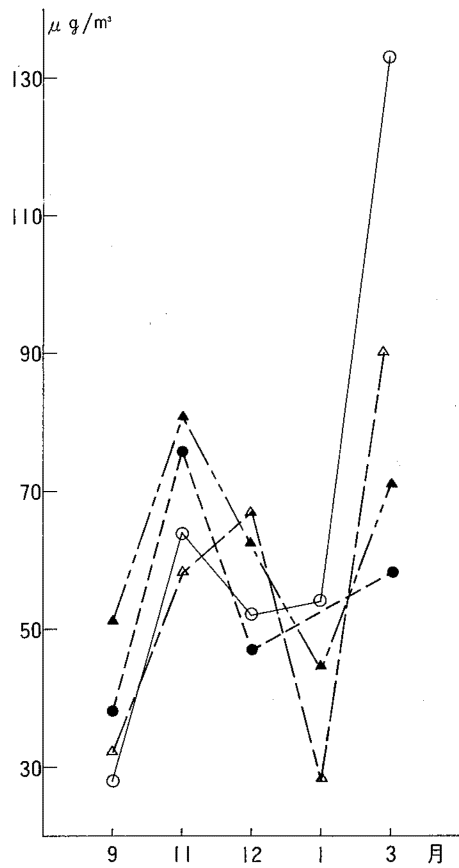
表一六 道路堆積物中のベンゼン抽出物質濃度

(wt : %)

年月 地点名	58 / 9	58 / 11	58 / 12	59 / 3
土 崎	0.5	0.3	6.2	4.0
八 橋	0.6	0.5	7.0	4.1
中 通	2.9	2.1	7.1	4.5
茨 島	0.5	0.5	5.6	5.6



図一五 道路堆積物ベンゼン抽出物質



図一六 灰化減量経月変化

12月が最も高い値を示しており路面が湿潤状態でわだち掘がされやすいということを裏づけている。

1月は積雪のため試料の採取ができなかった。

3月は、茨島を除いては飛散されやすい粒径の小さい物質に濃度が高いことと、土壌の影響により濃度は減少している。

(4) 灰化減量の経月変化

低温灰化による浮遊粉じんの灰化減量は表一七、図一六のとおりである。

表一 7 浮遊粉じん中の灰化減量

区分	58 / 9		58 / 11		58 / 12		59 / 1		59 / 3	
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%
土 崎	28 (26~41)	38 (25~61)	63 (51~72)	39 (32~41)	52 (29~91)	34 (17~58)	54 (21~86)	33 (16~53)	133 (90~192)	15 (13~18)
八 橋	38 (32~43)	42 (34~52)	76 (46~117)	38 (35~41)	46 (35~63)	27 (16~57)	—	—	58 (33~109)	15 (11~18)
中通	32 (22~45)	43 (31~58)	58 (43~69)	43 (39~46)	67 (29~121)	32 (15~71)	28 (12~36)	59 (42~73)	90 (21~118)	17 (9~30)
茨 島	51 (40~64)	37 (30~45)	81 (61~93)	35 (30~38)	63 (28~131)	27 (17~36)	44 (22~71)	47 (24~70)	71 (29~107)	19 (13~29)

注) () 内は最低・最高値

灰化減量はアスファルト成分指標としてのベンゼン抽出物質を含む総有機性物質質量であるのでその挙動は全般的にはベンゼン抽出物質と似た挙動を示し、後述のように相関係数は0.82と高いが、個々にみると八橋、茨島は11月が3月より高い値を示し、3月も9月と比べて1.5倍の増加に留まるなど、変動は少ない。

また中通を除いた3地点で11月が9、12、1月よりも高い値を示している。

灰化減量の粉じん量に対する割合は、前述のベンゼン抽出物質同様、粉じん濃度が増加すると減少する。

(5) 金属成分の経月変化

金属成分としてはアスファルト舗装材成分であるFe、Mn、Al、Ca、V、Ni、Tiを、またペイント材成分としてCrについて分析した。

浮遊粉じん中の金属成分については表一 8 および図一 7 のとおりである。

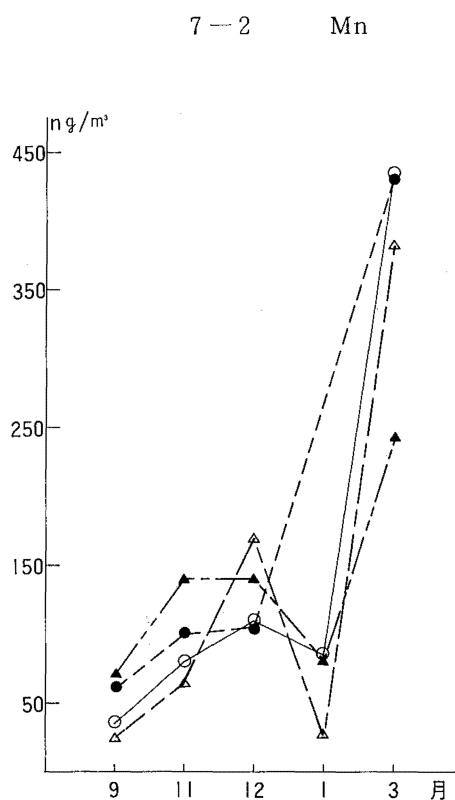
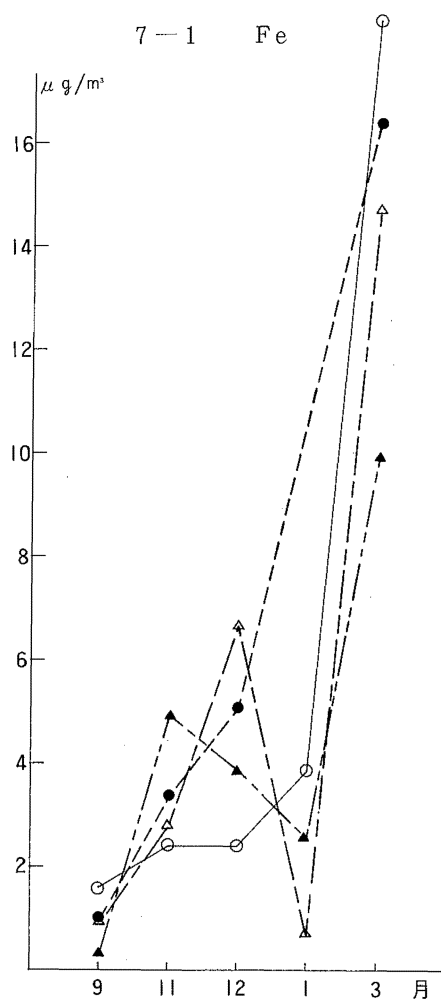
表一 8 浮遊粉じん中の金属成分濃度

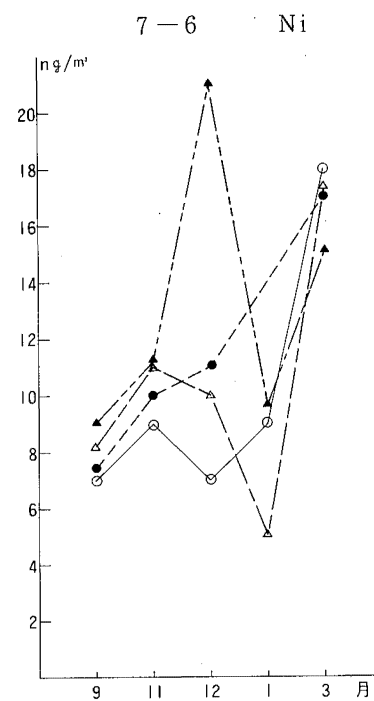
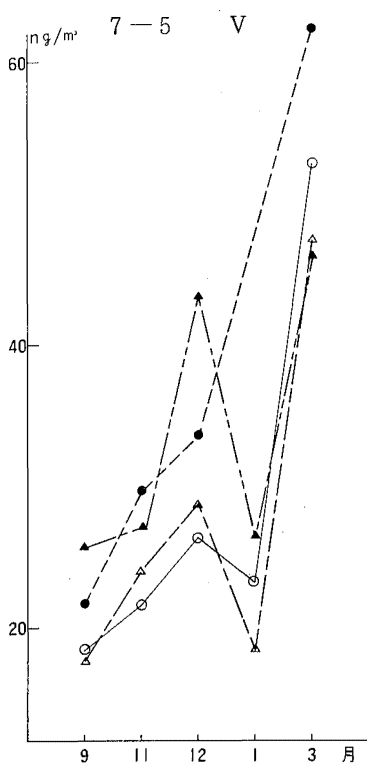
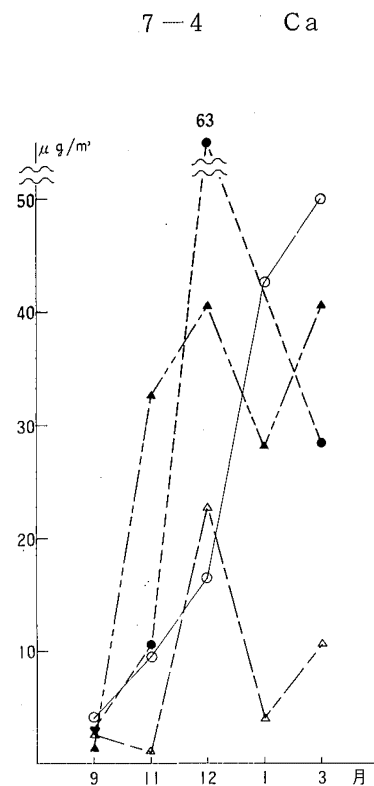
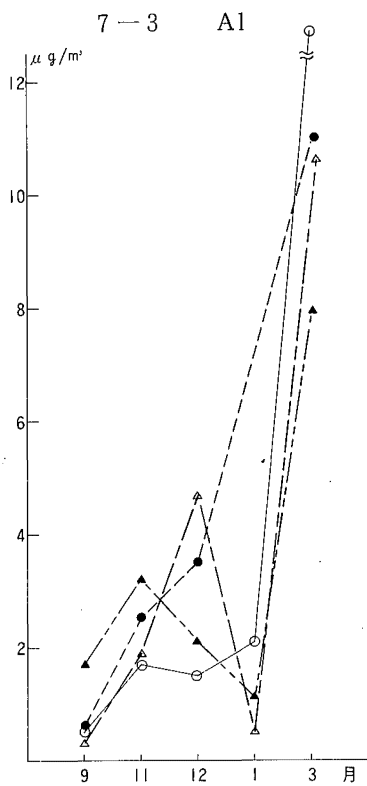
(ng/m^3)

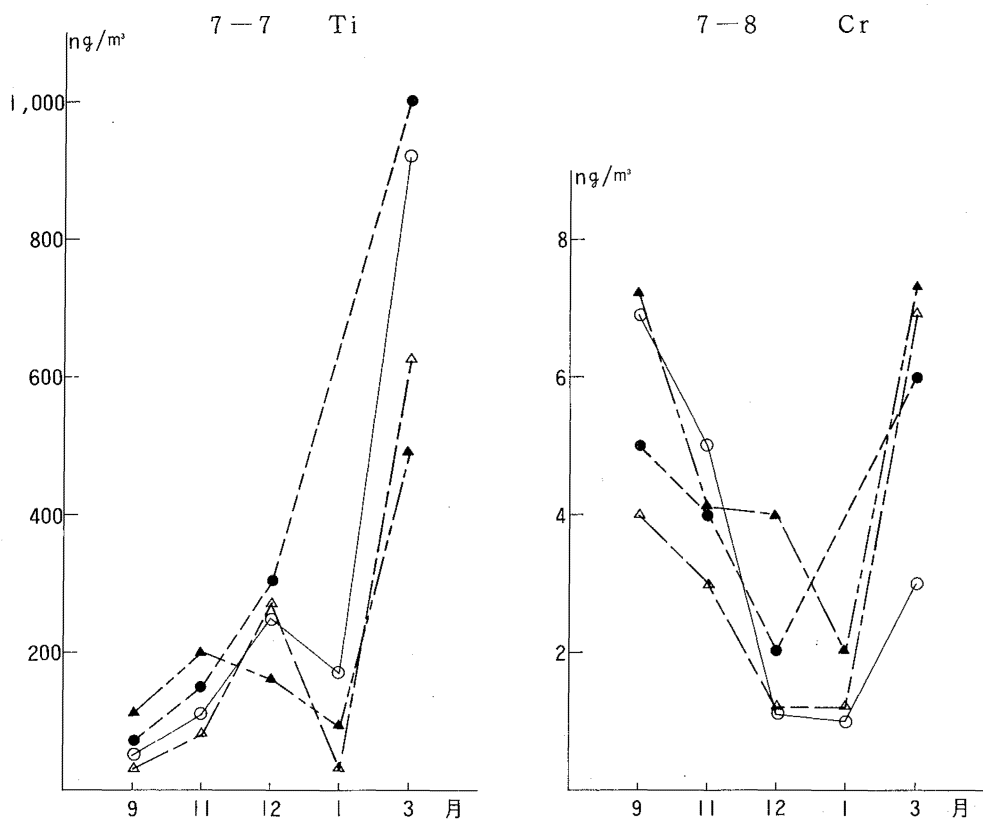
地 点	年 月	Fe	Mn	Ni	Ca	Cr	Ti	Al	V
土 崎	9	1,500	34	7	3,500	7	46	500	8
	11	2,500	76	9	9,600	5	97	1,900	12
	12	2,400	112	7	16,400	1	252	1,500	18
	1	3,800	86	9	42,300	1	166	2,200	14
	3	18,600	434	18	49,900	3	929	13,900	51
八 橋	9	900	62	7	3,300	5	46	700	12
	11	3,200	97	10	9,600	4	147	2,500	22
	12	5,000	119	11	63,600	2	300	3,500	27
	1	—	—	—	—	—	—	—	—
	3	16,600	430	17	28,600	6	995	10,900	63

中 通	9	100	26	8	3,300	4	52	500	8
	11	2,800	66	11	1,300	3	85	1,900	15
	12	6,800	169	10	23,100	1	280	4,700	21
	1	800	26	5	4,300	1	30	500	8
	3	14,800	380	17	10,700	7	622	10,600	44
茨 島	9	300	66	9	3,600	7	105	1,800	17
	11	5,100	137	11	32,600	4	202	3,300	19
	12	3,800	137	21	40,600	4	159	2,100	40
	1	2,300	76	9	27,800	2	78	1,100	18
	3	10,000	238	15	40,700	7	500	7,900	43

図一7 浮遊粉じんの金属成分







Fe、Mn、Ca、Ni、Al、V、Tiの7成分については9月より高い値を示しておりスパイクタイヤによる影響がみられる。

また、Mn、Al、V、Tiの4成分については、11、12月と増加し1月は一旦減少して3月に顕著に増加するという浮遊粉じんと良く似た挙動をしめしている。

Crについてはペイントのはく離による高濃度はみられなかった。

道路堆積物中の金属成分については表-9のとおりである。

表-9 道路堆積物中の金属成分濃度

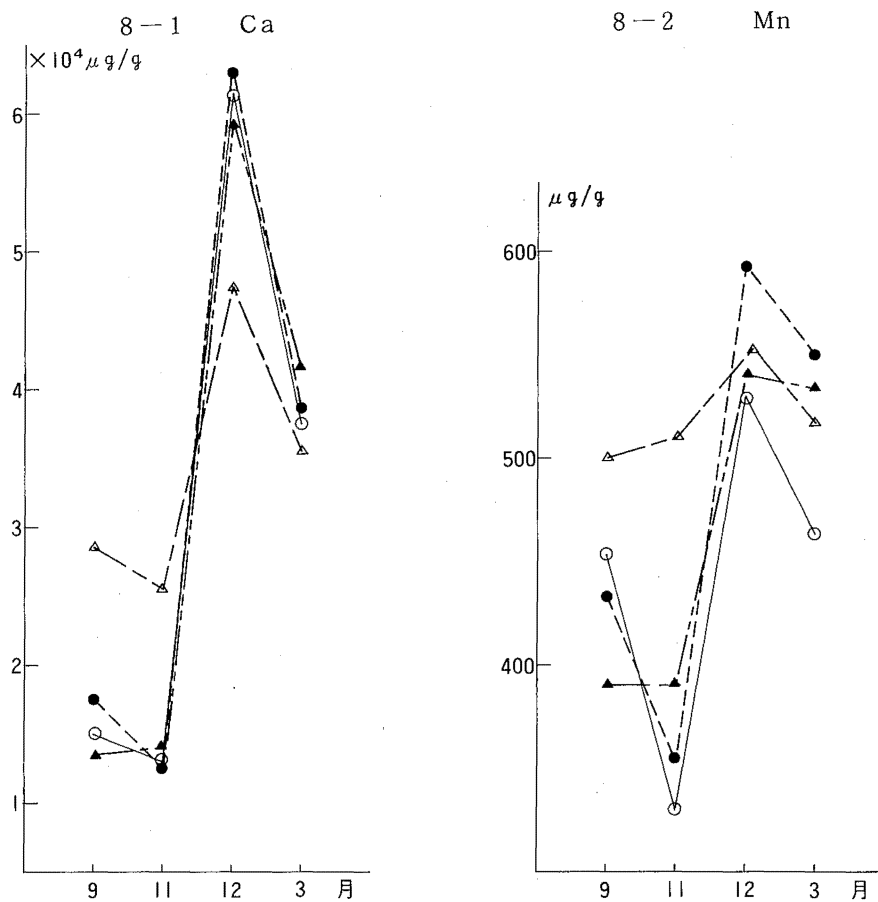
($\mu\text{g/g}$)

地 点	年 月	Fe	Mn	Ni	Ca	Al	V	Cr	Ti
土 崎	9 月	35,000	450	14	15,100	17,100	64	28	1,800
	11	27,200	330	7	13,200	17,200	46	14	1,400
	12	23,600	530	12	61,700	17,400	63	11	2,600
	3	26,700	460	9	37,100	18,100	58	13	5,700
八 橋	9	32,000	430	13	17,600	17,600	53	25	610
	11	20,900	350	8	12,600	17,500	42	14	300
	12	26,500	590	15	62,300	18,400	80	16	3,600
	3	26,900	550	10	38,300	20,200	78	16	6,500

中 通	9	37,400	500	28	28,800	20,500	71	30	1,500
	11	33,500	510	27	25,400	26,200	60	37	990
	12	24,800	550	13	48,200	16,500	61	9	3,300
	3	27,500	520	14	35,700	18,000	67	15	5,500
茨 島	9	26,200	390	11	13,800	17,100	47	20	150
	11	26,700	390	7	14,100	16,800	51	9	450
	12	26,500	540	11	59,600	17,500	81	14	3,300
	3	29,500	530	11	40,800	20,500	83	13	7,000

Ca、Mnについてはスパイクタイヤ装着期の12、3月が高くアスファルト舗装材からの影響がみられるが、他のFe、Al、V、Niについては季節による濃度変化はみられない。

Ca、Mnの経月変化を図一8に示す。



図一8 道路堆積物金属成分

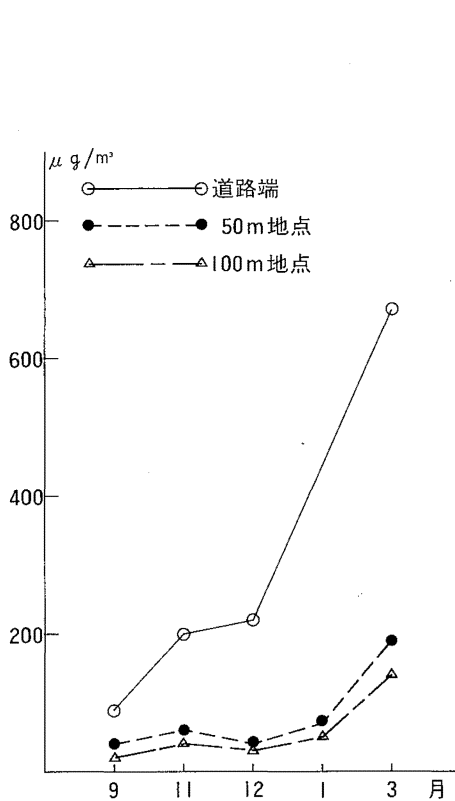
(6) 浮遊粉じんの距離減衰

これについては表一10および図一9のとおりである。場所は八橋の当センター前でおこなった。

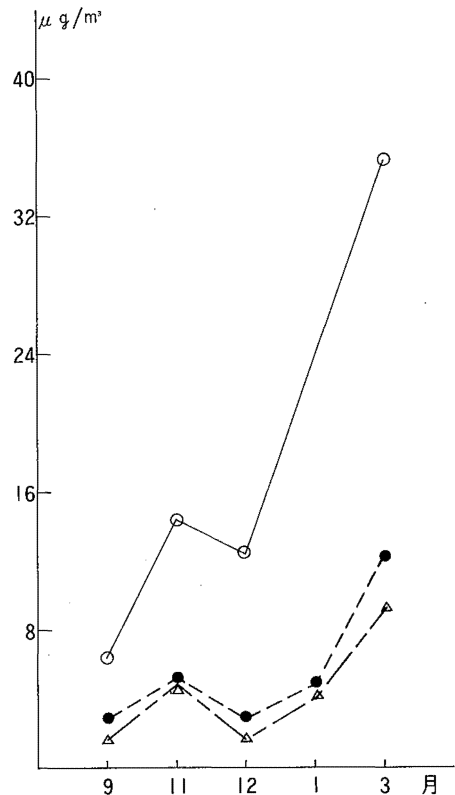
表一10 浮遊粉じん濃度の距離減衰状況

区 分	58 / 9	58 / 11	58 / 12	59 / 1	59 / 3
道 路 端	94 (68~127)	197 (231~285)	220 (60~361)	—	675 (189~1665)
50m地点	40 (29~51)	60 (51~72)	49 (25~65)	72 (24~170)	198 (54~437)
100m地点	38 (26~47)	52 (42~63)	46 (24~58)	63 (24~141)	147 (49~326)

注) () 内は最低・最高値



図一9 浮遊粉じんの距離減衰 (八橋)



図一10 ベンゼン抽出物質距離減衰

道路粉じんの距離減衰は比較的大きく道路端から50m地点では $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{4}$ に減少するが、50m地点と100m地点の比較では20%の減衰にとどまっている。

(7) ベンゼン抽出物質の距離減衰

前述の浮遊粉じん捕手ろ紙を用いてベンゼン抽出物質についても調査した。

結果は表一11および図一10のとおりである。

表一11 ベンゼン抽出物質量の距離減衰状況

(μg/m³)

区 分	58 / 9	58 / 11	58 / 12	59 / 1	59 / 3
道 路 端	5.9 (2.73~7.33)	13.9 (10.1~18.1)	12.5 (7.34~18.2)	—	35.8 (12.3~86.0)
50m地点	1.9 (1.12~2.33)	4.8 (3.53~6.35)	2.2 (1.89~2.82)	4.7 (1.8~11.6)	12.8 (4.3~29.0)
100m地点	1.8 (1.62~2.04)	4.6 (3.56~5.58)	1.9 (1.71~2.12)	4.1 (1.4~10.1)	9.0 (2.6~20.7)

注) () 内は最低・最高値

道路端と50m地点の比較では12月の1/2を除いて約1/3に減衰している。

50m地点と100m地点の比較では約20%の減衰にとどまっており、浮遊粉じんと似た挙動を示している。ただし浮遊粉じんが顕著に増加する3月は、ベンゼン抽出物質は粒子径の小さい物質に濃度が高いため、浮遊粉じんより減衰率はやや低い。

4 考 察

(1)浮遊粉じん

浮遊粉じんは9月と比較して11、12月と順次増加し、1月は一旦減少し3月は約7倍と顕著に増加する。1月に減少するのは明らかに積雪による影響と考えられ、3月の高濃度は、1、2月に削られたアスコンが積雪のため道路堆積物となり、これが乾燥して飛散したものが合わさるためと考えられる。

また、以下(3)~(5)に述べる浮遊粉じん中の各種成分濃度の調査から、粉じん量の増加は主にアスコンに由来することがわかる。

これらのことから本県におけるスパイクタイヤによる道路粉じんの問題は3月が主であるといえる。

参考として他都市における浮遊粉じん濃度を表一12にあげる。

交通量、気象、サンプラーの設置位置等により値が変動するので、厳密な比較はできないが、おおよその状況を把握することができる。地点は市街地に位置し最も交通量の多いところとした。

表一12 浮遊粉じんの各都市の比較

(μg/m³)

都 市	地 点	調査年度	10 月	11 月	12 月	1 月	3 月
秋 田	中 通	S 58年度	76 ¹⁾	135	343	48	737
札 幌	豊 平	S 57年度	256	—	1010	—	—
新 潟	市役所	S 58年度	64	52	160	39	130 ²⁾
仙 台	通 町	S 58年度	177	—	—	1220	1750

注) 1) 58年9月のデータ

2) 58年3月のデータ

札幌、仙台ではスパイクタイヤ装着期に高い値を示し、特に仙台では粉じん量の多い3月と比較しても秋田の約2.5倍、1月の粉じん量では約25倍の高い値を示している。このことから仙台はスパイクタイヤ装着期間常時高濃度の粉じんが飛散している飛散型であり、秋田は積雪により道路に堆積していく堆積型であるといえる。

新潟は全般に秋田より低い値であるが、1月に一旦減少するという秋田と似た挙動を示している。

また札幌と仙台を降下ばいじんでみると、札幌は11、12月と高く、1、2月は減少し3月に増加するという変動を示し、仙台は2月をピークとして12月から3月まで高い値を示している。

1月における積雪路面率は札幌80%以上、秋田40%、新潟20%、仙台10%以下とされており、道路粉じんはこれと密接な関連を示している。

道路粉じんの距離減衰については、50m地点で $\frac{1}{3}$ ～ $\frac{1}{4}$ に減衰し、距離減衰は大きく、道路粉じんの問題は道路近傍に限られるといえる。これは第Ⅰ報から道路粉じんの粒子分布は直径 $11\mu\text{m}$ 以上の大粒子の占める割合が高いことから裏付けられる。

以上のことから秋田市においては3月に速やかに道路堆積物を除去することにより道路粉じんの発生はかなり抑えられるものと考えられる。

また、道路粉じんの防止のためには、必要がなくなった場合には速やかにタイヤ交換するなどの運転者の協力も必要である。

(2) 浮遊粒子状物質

浮遊粒子状物質濃度は、3月も他の月の2倍の増加に留まるなど、浮遊粉じんと比べて変動が少ないが、これは前述したように道路粉じんは粒径 $11\mu\text{m}$ 以上の大粒子の占める割合が高いためであり、道路粉じんからの寄与は低い。先と同様に他都市の状況を表-13にあげる。

表-13 浮遊粒子状物質の各都市の比較

都 市	地 点	調査年度	10 月	11 月	12 月	1 月	3 月
秋 田	中 通	S58年度	57 ¹⁾	32	34	32	94
札 幌	豊 平	S57年度	48	—	185	—	—
新 潟	市役所	S58年度	26	27	37	31	45
仙 台	通 町	S58年度	39	—	—	74	133

注) 1) 58年9月のデータ

秋田と比較して札幌、仙台は高い値を示し新潟は低い値を示しているが、その差は浮遊粉じんよりも少ない。

環境基準は浮遊粒子状物質について定められており1日平均値が $0.10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下かつ1時間値が $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下となっている。

札幌と仙台での β 線吸収式粉じん計による環境基準超過日は、札幌では11月に3日、12月に10日、2月に0日、3月に2日、仙台では11月に0日、12月に5日、1月に7日、2月に7日、3月に19日となっている。いずれもスパイクタイヤ非装着期の10月は超過日は0日となっており、このこと

から、スパイクタイヤが原因とみられる。

ローボリュームによる値と環境基準超過日との値には一次式による関連があると言われ、これにより試算してみると秋田市においても3月の主要道路近傍においては環境基準を超える日が数日出現していることになる。

(3) ベンゼン抽出物質および灰化減量

どちらもアスコン中のアスファルト量を指標としているため高い相関を示しており、分析精度等の面からアスコン中のアスファルト量についてはベンゼン抽出物質に代表させることができると考えられる。

(4) 金属成分

浮遊粉じん中の金属成分についてはFe、Mn、Ca、Ni、Al、V、Tiの7成分がスパイクタイヤ装着期高い値を示し、スパイクタイヤによる影響がみられ、特にFe、Al、Mn、V、Tiの5成分については浮遊粉じんと似た挙動を示した。

他都市においてもFe、Mn、Ca、Al、Tiの5元素は装着期高い値を示し、スパイクタイヤによる影響があるという報告がある。なお、NiとVについては結果はわかれている。

(5) 各成分間の相関

これについては表-14に示す。

表-14 各成分間の相関

	SP	◎抽出	灰化減量	Fe	Mn	Ca	Ni	Al	V	Ti
SP		0.97	0.80	0.98	0.98	0.42	0.72	0.97	0.87	0.96
◎抽出			0.82	0.95	0.93	0.36	0.67	0.85	0.78	0.88
灰化減量				0.75	0.74	0.41	0.67	0.78	0.63	0.67
Fe					0.99	0.50	0.75	0.99	0.90	0.90
Mn						0.42	0.77	0.98	0.93	0.98
Ca							0.52	0.44	0.53	0.47
Ni								0.74	0.88	0.71
Al									0.89	0.96
V										0.92
Ti										

浮遊粉じんとベンゼン抽出物質、Fe、Mn、Al、V、Tiの7成分間では互いに高い相関を示しておりこれらは道路粉じんと密接な関連があることがわかる。

Niも上記7成分間よりは低いが比較的良い相関を示している。

Caも上記7成分と高い相関を示すという報告があるか、今回の調査では相関係数0.4～0.5と低く、これについては今後の検討課題としたい。

参 考 文 献

- 1 北海道公害防止研究所報第10号 P 48 (1983)
- 2 宮城県；自動車用タイヤによる粉じん等調査報告書 (1984)
- 3 新潟県公害研究所；道路粉じんによる大気汚染実態調査報告書 (1984)
- 4 湯山芳夫：公害と対策20—12 (1984) P 16
- 5 小笠原義章：公害と対策20—12 (1984) P 38
- 6 秋田県土木部道路課、昭和58年道路交通センサス (1984)