

表 13-4 相関行列 (LVによる浮遊粉じん 月 寒)

	SP	Al	Ca	Fe	Ti	Mn	V	Cr	Na	Mg	Pb	Zn	Cu	Ni
SP														
Al	0.90													
Ca	0.94	0.99												
Fe	0.92	0.99	0.99											
Ti	0.97	0.96	0.98	0.98										
Mn	0.92	0.98	0.99	0.99	0.98									
V	0.82	0.62	0.69	0.68	0.77	0.70								
Cr	0.75	0.78	0.80	0.81	0.81	0.80	0.75							
Na	0.87	0.94	0.92	0.91	0.90	0.90	0.64	0.81						
Mg	0.82	0.93	0.91	0.90	0.87	0.88	0.60	0.85	0.97					
Pb	0.45	0.23	0.27	0.24	0.33	0.25	0.50	-0.07	0.25	0.13				
Zn	0.43	0.46	0.47	0.46	0.48	0.47	0.62	0.51	0.60	0.55	0.44			
Cu	0.90	0.06	0.09	0.15	0.08	0.19	0.09	0.04	-0.09	-0.15	-0.06	-0.21		
Ni	0.91	0.96	0.95	0.95	0.92	0.94	0.64	0.80	0.94	0.93	0.21	0.12	0.38	

表 13-5 相関行列 (LVによる浮遊粉じん 清 田)

	SP	Al	Ca	Fe	Ti	Mn	V	Cr	Na	Mg	Pb	Zn	Cu	Ni
SP														
Al	0.75													
Ca	0.95	0.89												
Fe	0.93	0.91	0.99											
Ti	0.98	0.80	0.96	0.96										
Mn	0.95	0.87	0.98	0.99	0.98									
V	0.84	0.56	0.83	0.76	0.81	0.75								
Cr	0.76	0.73	0.81	0.78	0.78	0.77	0.83							
Na	0.94	0.79	0.95	0.93	0.97	0.95	0.86	0.84						
Mg	0.96	0.88	0.99	0.98	0.98	0.99	0.81	0.81	0.97					
Pb	0.53	0.42	0.52	0.52	0.63	0.58	0.51	0.66	0.72	0.59				
Zn	0.86	0.50	0.79	0.74	0.87	0.79	0.86	0.73	0.92	0.83	0.78			
Cu	0.08	0.38	0.05	0.14	0.39	0.14	-0.36	0.08	0.01	0.07	0.25	0.24		
Ni	0.63	0.63	0.67	0.67	0.71	0.69	0.63	0.91	0.77	0.71	0.85	0.32	0.70	

表 13-6 相関行列 (LVによる浮遊粉じん 篠 路)

	SP	Al	Ca	Fe	Ti	Mn	V	Cr	Na	Mg	Pb	Zn	Cu	Ni
SP														
Al	0.80													
Ca	0.76	0.94												
Fe	0.70	0.96	0.85											
Ti	0.75	0.96	0.89	0.97										
Mn	0.72	0.97	0.88	0.99	0.97									
V	0.57	0.91	0.86	0.95	0.93	0.95								
Cr	0.29	0.53	0.63	0.53	0.60	0.53	0.72							
Na	0.73	0.91	0.97	0.82	0.84	0.54	0.83	0.62						
Mg	0.71	0.94	0.97	0.86	0.86	0.90	0.86	0.50	0.95					
Pb	0.43	0.41	0.62	0.26	0.35	0.35	0.41	0.54	0.66	0.57				
Zn	0.69	0.65	0.77	0.54	0.68	0.53	0.56	0.73	0.73	0.60	0.55			
Cu	0.50	0.72	0.50	0.85	0.81	0.81	0.79	0.43	0.47	0.50	-0.04	0.30		
Ni	-0.20	-0.17	-0.15	-0.17	-0.10	-0.21	-0.24	-0.22	-0.29	-0.19	-0.53	-0.23	0.06	

表 14-1 土 壌 中 の 各 元 素 含 有 量

地点	項目 単位	Al %	Ca %	Fe %	Ti ppm	Mn ppm	V ppm	アスファルト %	BaP ng/g	Sc ppm	Cr ppm	Pb ppm	Zn ppm	Cu ppm	Ni ppm	Co ppm	Na %	Mg %	W ppm
手稲稲穂公園		8.3	3.7	5.4	4100	1400	160	N.D.	26	24	57	32	96	39	17	27	4.1	2.5	67
中島公園		6.8	1.7	4.2	4000	850	140	0.04	52	17	67	71	160	46	21	21	1.2	0.8	34
真駒内公園		6.6	2.2	4.4	4300	830	160	0.05	120	18	56	73	140	38	20	21	1.4	0.9	38
月寒公園		7.3	1.9	4.7	4600	940	160	0.02	54	19	53	65	110	36	19	21	1.8	0.8	37
農試公園		6.6	1.9	5.3	4400	1000	200	0.03	37	22	73	57	140	42	34	28	3.5	2.3	80
屯田西公園		8.1	3.9	5.8	4000	1500	190	N.D.	100	27	32	29	87	44	13	28	1.8	1.3	39
円山公園		7.6	1.6	4.9	4100	940	140	N.D.	97	15	40	49	140	78	20	16	1.2	0.6	27
藻南公園		8.2	0.7	4.6	3900	770	140	N.D.	5.0	17	37	25	100	36	18	20	0.9	0.7	35
月寒中央公園		7.5	3.9	4.8	3800	1100	150	N.D.	380	21	100	41	120	31	28	23	—	—	—
平均		7.4	2.4	4.9	4100	1000	160	0.02	97	20	57	49	120	43	21	23	2.0	1.2	51

表 14-2 アスファルト混合物中の各元素含有量

地点	項目 単位	Al %	Ca %	Fe %	Ti ppm	Mn ppm	V ppm	アスファルト %	BaP ng/g	Sc ppm	Cr ppm	Pb ppm	Zn ppm	Cu ppm	Ni ppm	Co ppm	Na %	Mg %	W ppm
時計台前		6.2	7.6	4.0	3100	840	140	6.0	7.0	15	66	19	79	37	44	23	1.7	1.6	27
手稲		6.4	7.0	4.4	3400	750	140	4.6	200	20	87	24	85	33	59	23	1.4	1.6	25
月寒中央		6.9	7.7	4.2	3400	720	140	5.4	31	18	100	25	79	40	46	23	1.6	1.8	36
篠路		6.8	6.4	4.0	3300	920	160	4.0	N.D.	19	53	24	70	35	29	22	1.8	1.4	38
平均		6.6	7.2	4.2	3300	810	150	5.0	60	18	77	23	78	36	45	23	1.6	1.6	32

N.D値 アスファルト 0.001 %未満  
ベンゾaピレン 5.0 ng/g未満  
欠 測

表 15 道路標示ペイント中の各元素含有量

項目(単位) ペイント種類	Cr (ppm)	Pb (ppm)	Mg (ppm)	Fe (ppm)	Al (ppm)	Ti (%)	Ca (%)
ペイント (黄)	1800	21000	6900	280	2000	N.D	30
ペイント (白)	N.D	30	5000	250	3100	2.9	27

(6) スパイクラベリング試験機による道路モデル  
浮遊粉じん

道路モデル浮遊粉じんの粒径分布, 累積濃度分布, 各元素濃度は, 図17-1~図17-3, 表16, 図18-1~図18-4に示す。

浮遊粉じんのほとんどが  $2.1\mu m$ 以上の粗大粒子側に位置し, 粒径分布も  $4\sim 6\mu m$ に山を持つ形を示した。また, 土壌由来元素といわれる Al, Ca, Fe, Mn も同じ結果であり, これらの累積濃度分布のMMDは  $6\mu m$ 付近であった。各元素の粉じん中の含有量は, Al 18.2%, Ca 53%, Fe 3.2%, Mn 610 ppmであった。

これらの結果を見ると, スパイクタイヤに係る道路粉じんの大部分は, 粒径  $2.1\mu m$ 以上粗大粒子に影響を及ぼし, Al, Ca, Fe 等の土壌由来元素が多く含有するものと判断された。

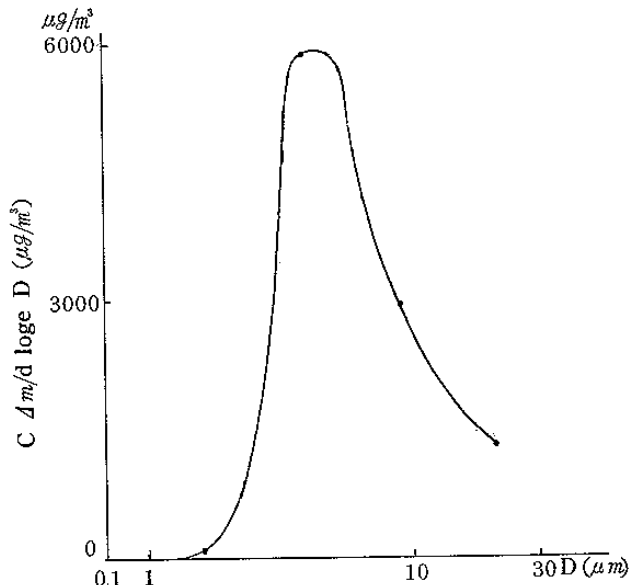


図 17-1 ラベリング試験機によるモデル浮遊粉じんの粒径分布

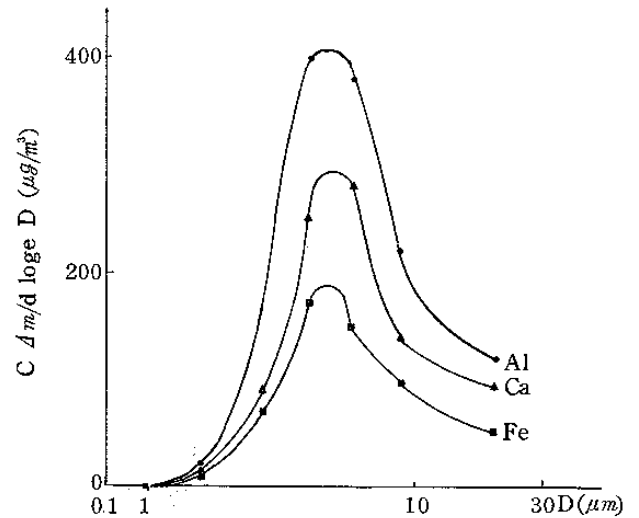


図 17-2 各元素の粒径分布

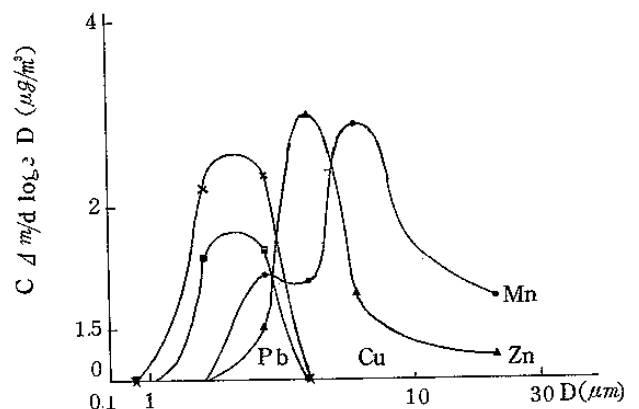


図 17-3 各元素の粒径分布

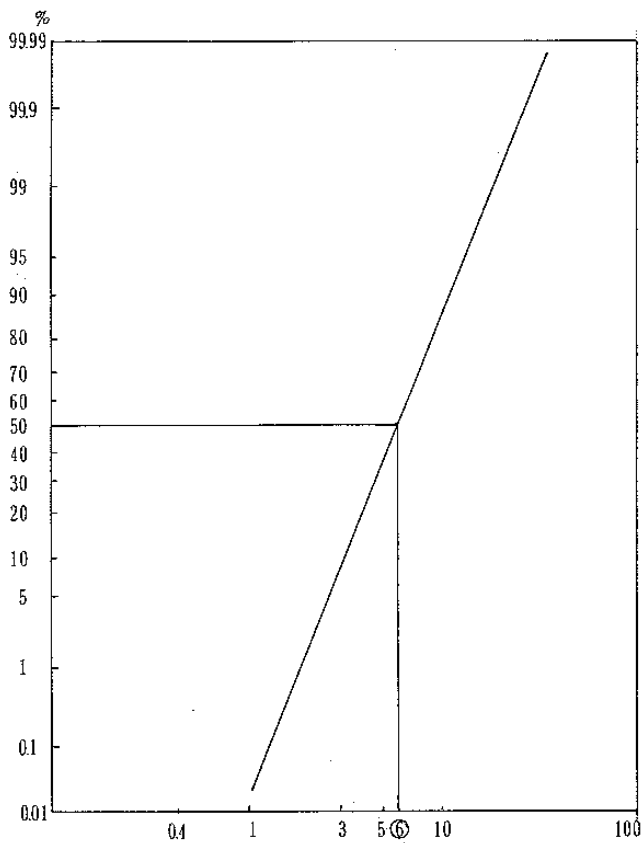


図18-1 ラベリング試験機モデル粉じんの累積濃度分布

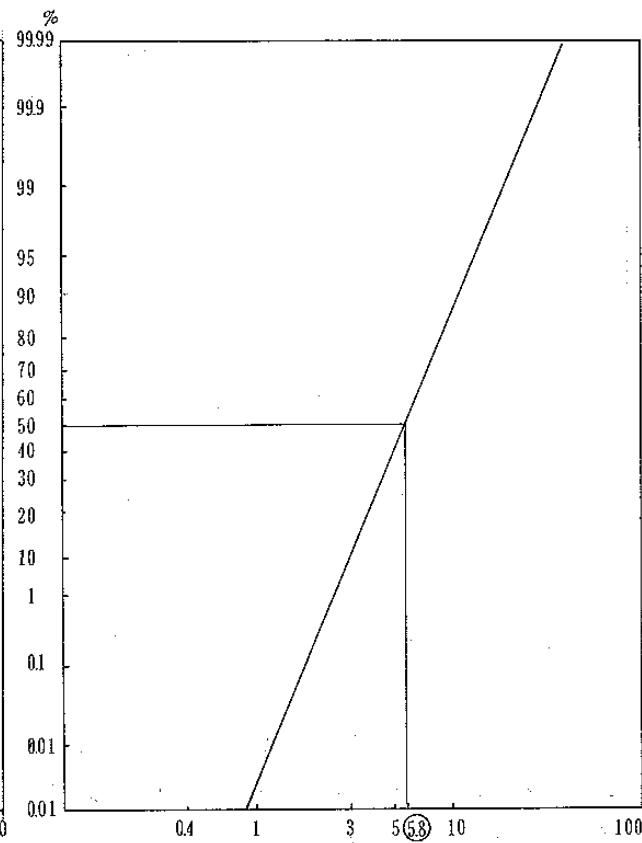


図18-2 ラベリング試験機モデル粉じん中のAl累積濃度分布

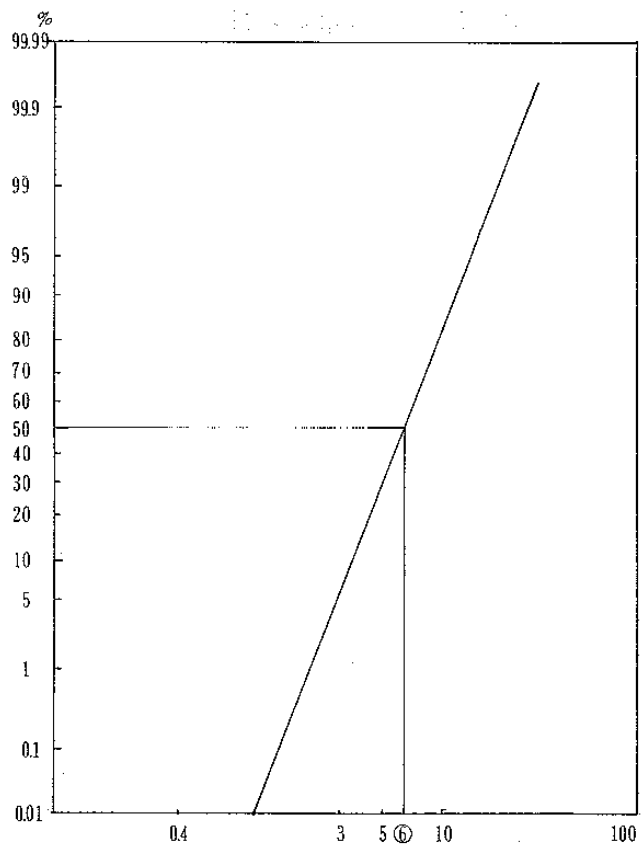


図18-3 ラベリング試験機モデル粉じん中のCa累積濃度分布

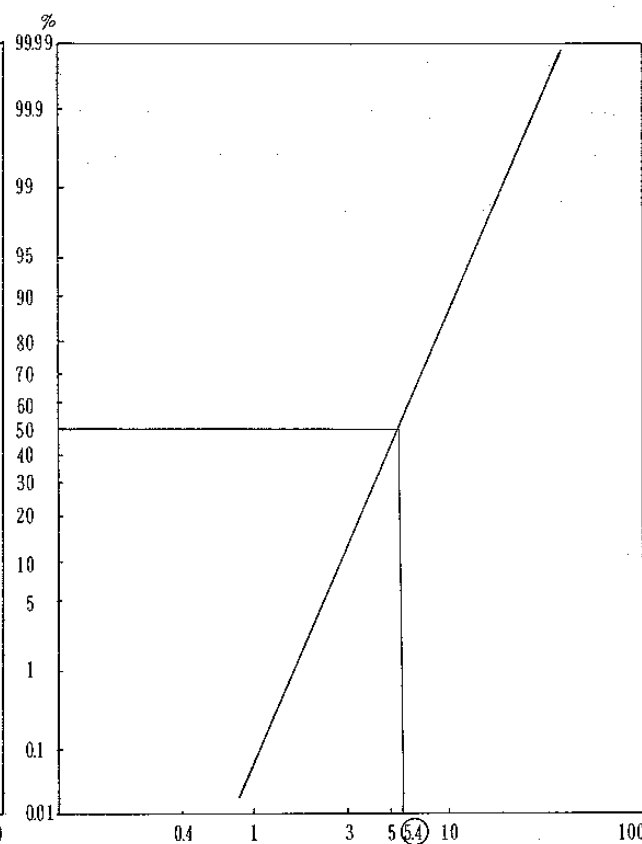


図18-4 ラベリング試験機モデル粉じん中のZn累積濃度分布

表16 スパイクラベリング試験機によるモデル浮遊粉じん濃度及び各元素濃度

粒 径 $\mu m$	SP $\mu g/m^3$	Al $\mu g/m^3$ (%)	Ca $\mu g/m^3$ (%)	Fe $\mu g/m^3$ (%)	Mn $ng/m^3$ (ppm)	Cu $ng/m^3$ (ppm)	Zn $ng/m^3$ (ppm)	Pb $ng/m^3$ (ppm)
11~ 30	1275	120(9.4)	98(7.7)	46(3.6)	910(710)	ND	240(190)	ND
7~ 11	1303	100(7.7)	63(4.8)	41(3.1)	800(610)	ND	220(170)	ND
4.7~ 7	2023	150(7.4)	110(5.4)	61(3.0)	1200(610)	ND	400(200)	ND
3.3~ 4.7	2051	160(7.8)	89(4.3)	60(2.9)	1100(540)	ND	400(200)	ND
2.1~ 3.3	873	77(8.8)	39(4.5)	33(3.8)	530(610)	660(760)	250(290)	1100(0.053)
1.1~ 2.1	42	13(3.1)	5.4(1.3)	3.3(7.9)	ND	920(2200)	ND	1500(3.6)
0.65~ 1.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
0.43~0.65	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
0.08~0.43	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2.1~ 7	6250	490(7.8)	300(4.8)	200(3.2)	3600(580)	660(110)	1300(210)	1100(0.053)
0.08~ 2.1	42	13(3.1)	5.4(1.3)	3.3(7.9)	0	920(2200)	0	1500(3.6)
0.08~ 30	7567	620(8.2)	400(5.3)	250(3.3)	4500(590)	1600(210)	1500(200)	5000(0.066)

以上の結果をまとめて考察すると、主要幹線道路端4地点と郊外1号点のHVによる浮遊粉じん濃度、LVAによる粒径分布、粒径範囲別浮遊粉じん濃度、LVによる浮遊粉じんの各時期における濃度結果の比較、図19に示したスパイクタイヤ装着率と路面の積雪状況による浮遊粉じん濃度の経日及び経期変化、過去に行った高田らの調査結果、スパイクラベリング試験機のモデル浮遊粉じんの調査結果などから、初春期、初冬期における主要幹線道路端における浮遊粉じんの大幅な増加は、スパイクタイヤをはじめとする道路粉じんの影響によるものと推察される。

さらに、これらの内容をみると粒径分布は、スパイクタイヤ等による機械的摩耗による浮遊粉じんは、 $2\mu m$ 以上の粗大粒子に影響を及ぼすこと、各元素分析結果では、浮遊粉じん濃度の増大と共に粒径 $2\mu m$ 以上の粗大粒子にAl, Ca, Fe, Ti, Mn等の土壌由来元素濃度が増大していること、浮遊粉じん中の含有濃度がアスファルト舗装中の元素含有濃度に類似していることから、

粒径 $2\mu m$ 以上の粗大粒子にスパイクタイヤをはじめとする道路粉じんが、影響を与えるものと推察される。

また、初春、初冬期におけるCrの検出は、アスファルト舗装と道路表示ペイントの影響と考えられた。

### 3-3 ベンゾaピレン (BaP)

#### (1) HVの結果

時計台、月寒、篠路の各地点の大気中BaP濃度の経月変化を図-20に示した。大気中BaP濃度は、3地点ともあまり差がみられないが、年平均値でみると月寒( $3.2ng/m^3$ )、時計台( $2.5ng/m^3$ )、篠路( $1.9ng/m^3$ )の順に高い値を示した。季節変化をみると3地点とも同様な傾向を示し、暖房期(初冬、冬期)が高く、夏期が低かった。期間別では、初冬期(11月30日~12月7日)の3地点平均値は $4.1ng/m^3$ 、以下冬期(2月1日~2月18日)が $3.2ng/m^3$ 、春期(4月10日~4月17日)が $1.9ng/m^3$ 、夏期(9月6日~9月13日)が $1.1ng/m^3$ であり、夏期に比べ暖房期のBaP

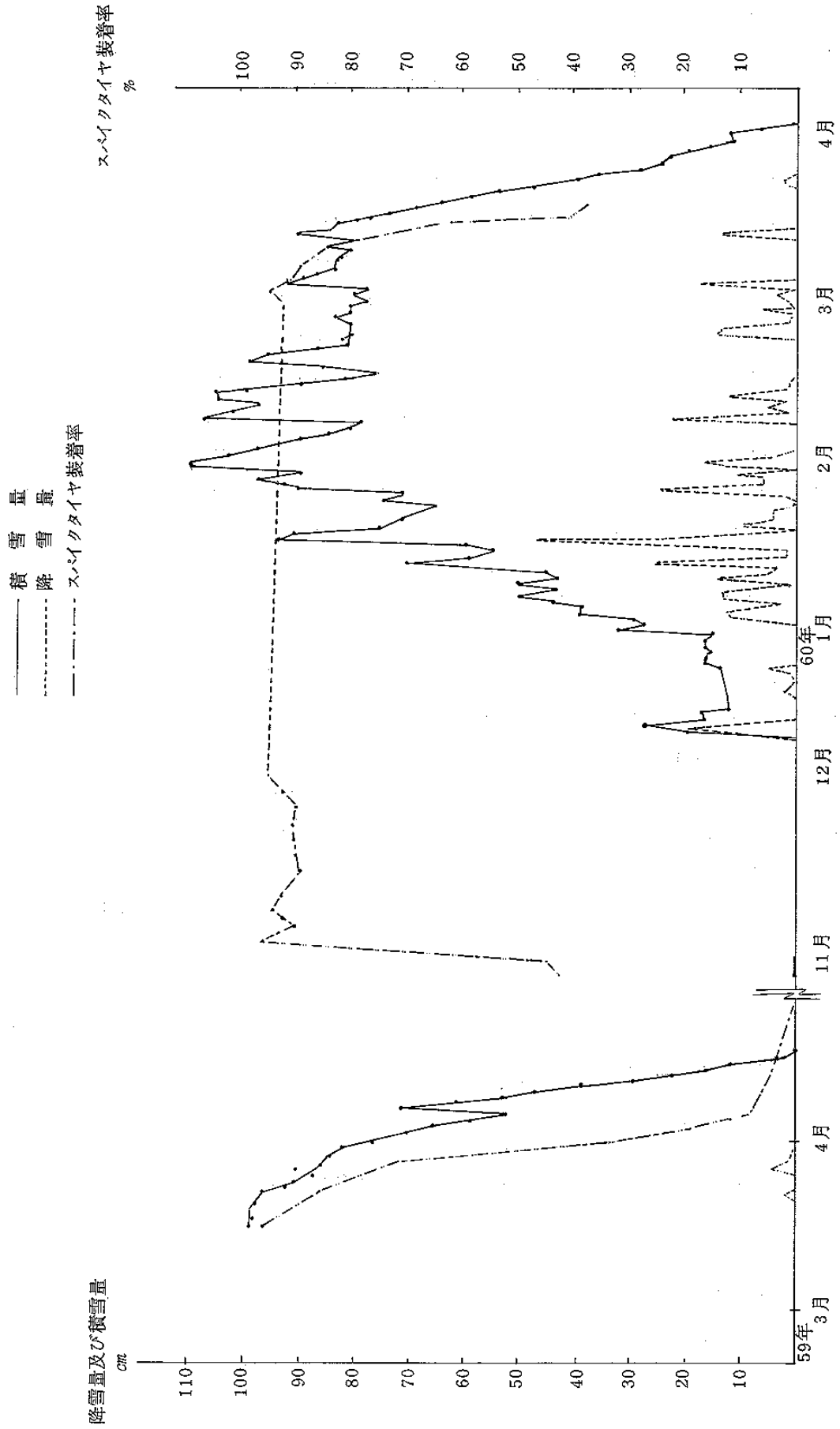


図 19 降雪量・積雪量とスパイクタイヤ装着率との関係  
積雪量・降雪量は気象台調べ

濃度は3~4倍の値を示した。

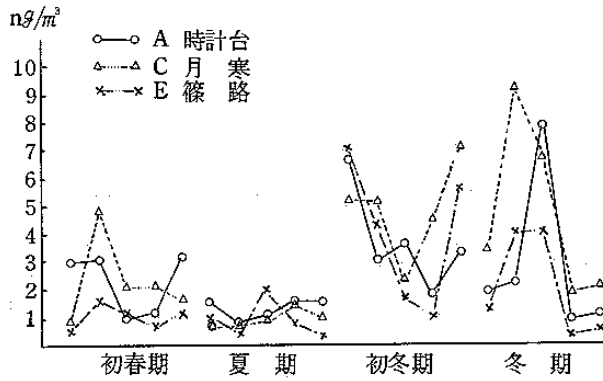


図20 HVによる浮遊粉じんのBaP濃度

(2) LVの結果

時計台、手稲、月寒、清田、篠路の各地点の大気中BaP濃度の経月変化を図-21に示した。各地点の年平均値は時計台(2.8 ng/m<sup>3</sup>), 手稲(2.3 ng/m<sup>3</sup>), 月寒(2.3 ng/m<sup>3</sup>), 篠路(1.8 ng/m<sup>3</sup>), 清田(1.6 ng/m<sup>3</sup>)の順に高い値を示した。期間別では、冬期のBaP濃度が2.8 ng/m<sup>3</sup>, 春期が0.93 ng/m<sup>3</sup>, 夏期が0.34 ng/m<sup>3</sup>となり暖房期に高く夏期に低い値を示した。暖房期の高い期間では夏期に比べて約10倍の値を示した。

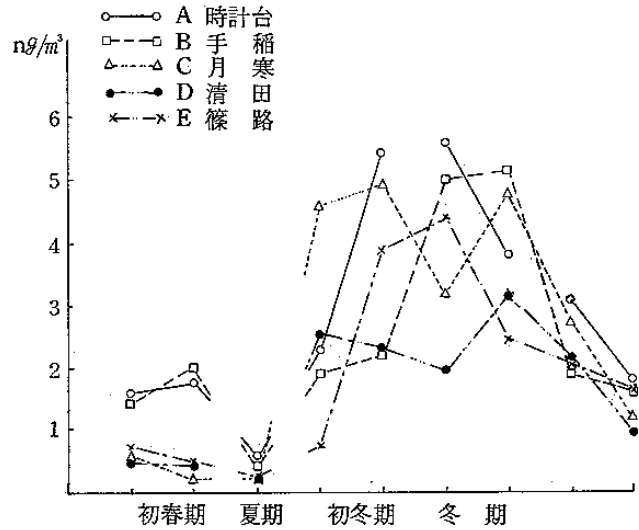


図21 LVによる浮遊粉じんのBaP濃度

(3) LVAによる粒径範囲別浮遊粉じんの結果

時計台、手稲、月寒、清田、篠路における粒径範囲別浮遊粉じんの大気中濃度は、図-22に示したとおりである。

各粒径範囲毎に見ると、各時期、各地点とも、粒径範囲Lでほとんど検出されず、粒径範囲Mで10%弱、90%以上が粒径範囲Sで占められていた。

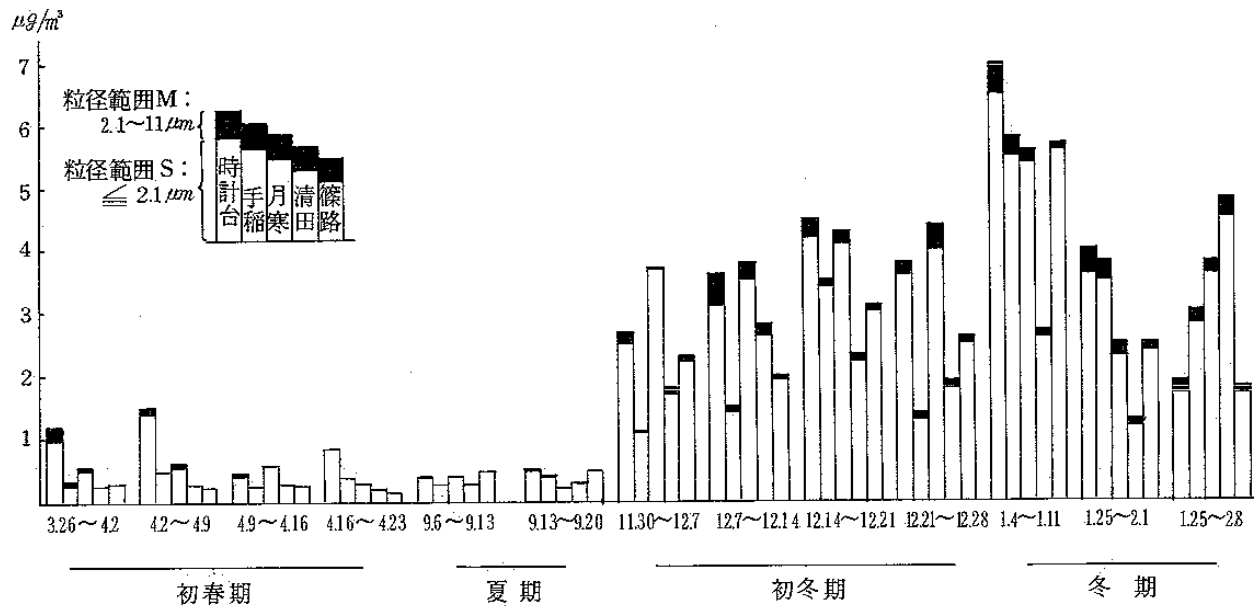


図22 粒径別浮遊粉じんのBaP濃度

また、各地点間の濃度を年平均値でみると、時計台  $25 \text{ ng/m}^3$ 、月寒  $24 \text{ ng/m}^3$ 、手稲  $17 \text{ ng/m}^3$ 、篠路  $17 \text{ ng/m}^3$ 、清田  $15 \text{ ng/m}^3$  の順であり大きな差が、みられなかった。

各時期毎に比較してみると、冬期の大気中濃度が  $3.3 \text{ ng/m}^3$  と高く、夏期  $0.37 \text{ ng/m}^3$  の 10 倍近い値であった。

以上のことから、大気中の Bap は、燃焼系由来であるため、粒径  $2 \mu\text{m}$  以下の微小粒子に大部分が存在し、暖房期である冬期に高い値を示すものと考えられる。

### 3-4 水溶性成分 ( $\text{F}^-$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Na}^+$ , $\text{Mg}^{2+}$ )

#### (1) HVによる浮遊粉じんの結果

時計台、月寒、篠路における、各時期の水溶性成分濃度は、図23-1～図23-7に示し、これらの各地点年平均濃度を表17に示した。

$\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$  の各水溶性成分の大気中濃度は、各地点で差異がなく、同傾向で変動し、地点間の相関性は、高いと判断できる。

また、これらの各水溶性成分の各時期の濃度を見ると、 $\text{F}^-$  は各時期ともほとんど差異がない。 $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$  は、おおむね初春期、初冬期、冬期、夏期の順に高い値を示した。

一方、 $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  の各水溶性成分の大気中濃度は、初冬期に時計台が  $48 \mu\text{g/m}^3$ 、 $48 \mu\text{g/m}^3$ 、月寒が  $5.1 \mu\text{g/m}^3$ 、 $6.6 \mu\text{g/m}^3$  で、冬期、夏期の10倍前後の大幅増加を示した。篠路は、若干の増加はみられたが、各時期あまり大きな変化はみられなかった。

次に浮遊粉じん、各水溶性成分の相関行列は、表18に示すとおりである。

浮遊粉じんととの相関は、 $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  の順に高く、 $\text{F}^-$  は相関がなかった。

各水溶性成分間の相関は、 $\text{Ca}^{2+}$  と  $\text{Mg}^{2+}$ 、

$\text{Na}^+$  と  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$  と  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  と  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{F}^-$  と  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  と  $\text{Cl}^-$  で相関係数 0.7 以上で高かった。

表17 浮遊粉じんの水溶性成分量の年平均値 ( $\mu\text{g/m}^3$ )

項目 地点	$\text{F}^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$
時計台	0.29	2.6	1.9	5.0	11	1.2	1.5
月寒	0.26	1.9	1.6	4.7	8.6	1.2	1.3
篠路	0.32	2.4	1.7	3.6	14	0.29	1.0

表18 浮遊粉じん濃度と各水溶性成分の相関行列

	SP	$\text{F}^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$
SP	0.16	0.55 <sup>*</sup>	0.58 <sup>*</sup>	0.79 <sup>*</sup>	0.89 <sup>*</sup>	0.90 <sup>*</sup>	0.80 <sup>*</sup>	
$\text{F}^-$		0.74 <sup>*</sup>	0.21	0.50	0.24	0.22	0.26	
$\text{Cl}^-$			0.51	0.74 <sup>*</sup>	0.53	0.50	0.59 <sup>*</sup>	
$\text{NO}_3^-$				0.77 <sup>*</sup>	0.26	0.31	0.90 <sup>*</sup>	
$\text{SO}_4^{2-}$					0.60 <sup>*</sup>	0.61 <sup>*</sup>	0.90 <sup>*</sup>	
$\text{Ca}^{2+}$						0.98 <sup>*</sup>	0.59 <sup>*</sup>	
$\text{Mg}^{2+}$							0.61 <sup>*</sup>	
$\text{Na}^+$								

\* 5%の危険率で相関あり

#### (2) LVの結果

時計台、篠路における大気中の各水溶性成分濃度は、図24-1～図24-2時計台、手稲、月寒、清田、篠路の各地点の年平均は、表19に示したとおりである。

時計台と篠路の各期間の水溶性成分濃度をみると、両地点とも  $\text{F}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  は、あまり大きな変化はなかった。

$\text{SO}_4^{2-}$  は、初春、初冬、冬期のスパイクタイヤ使用期が、夏期に較べて増加を示し、特に時計台では5倍前後の増加を示し、顕著であった。

$\text{Ca}^{2+}$  は、初春、初冬期に浮遊粉じん濃度に比例して、大幅な増加を示した。



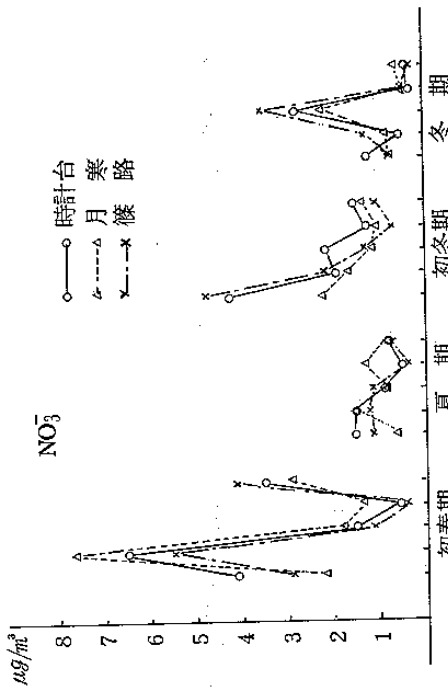


図23-2 浮遊粉じんの水溶性成分量

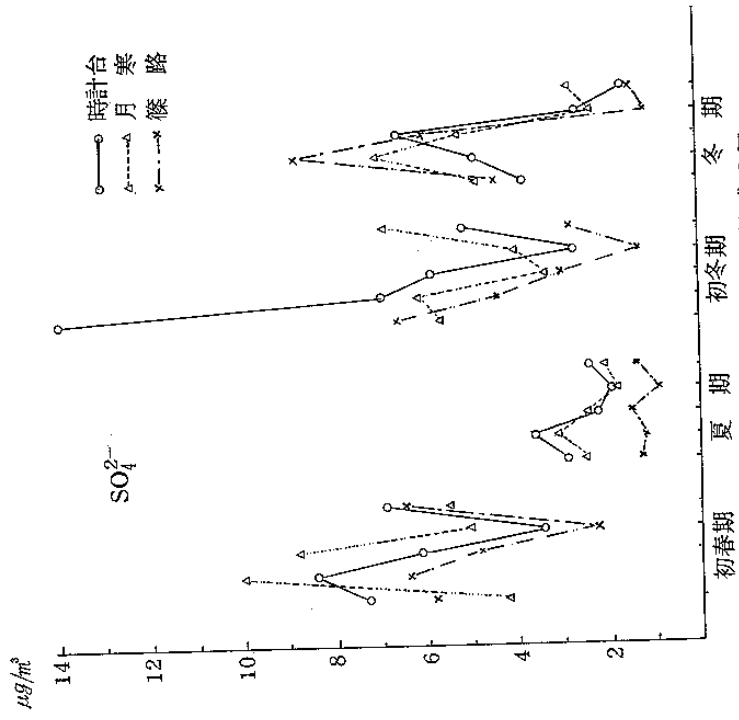


図23-4 浮遊粉じんの水溶性成分量

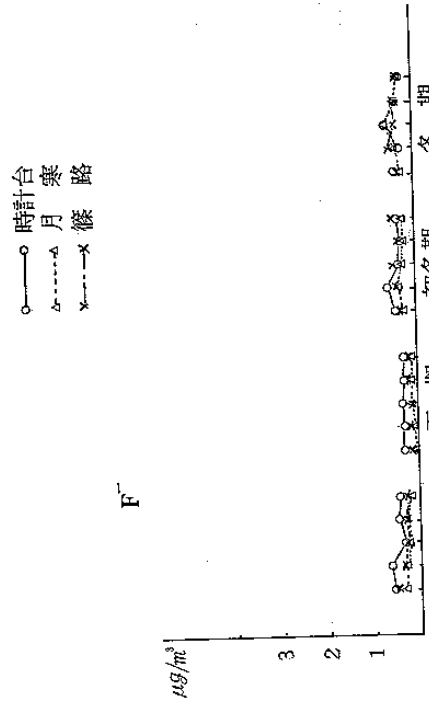


図23-1 浮遊粉じんの水溶性成分量

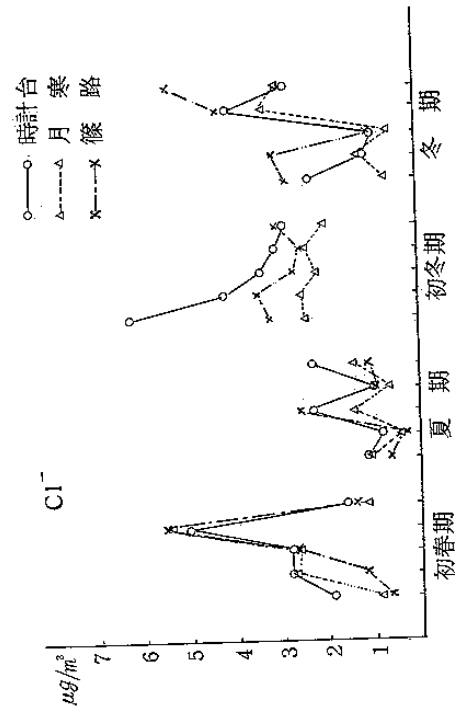


図23-3 浮遊粉じんの水溶性成分量

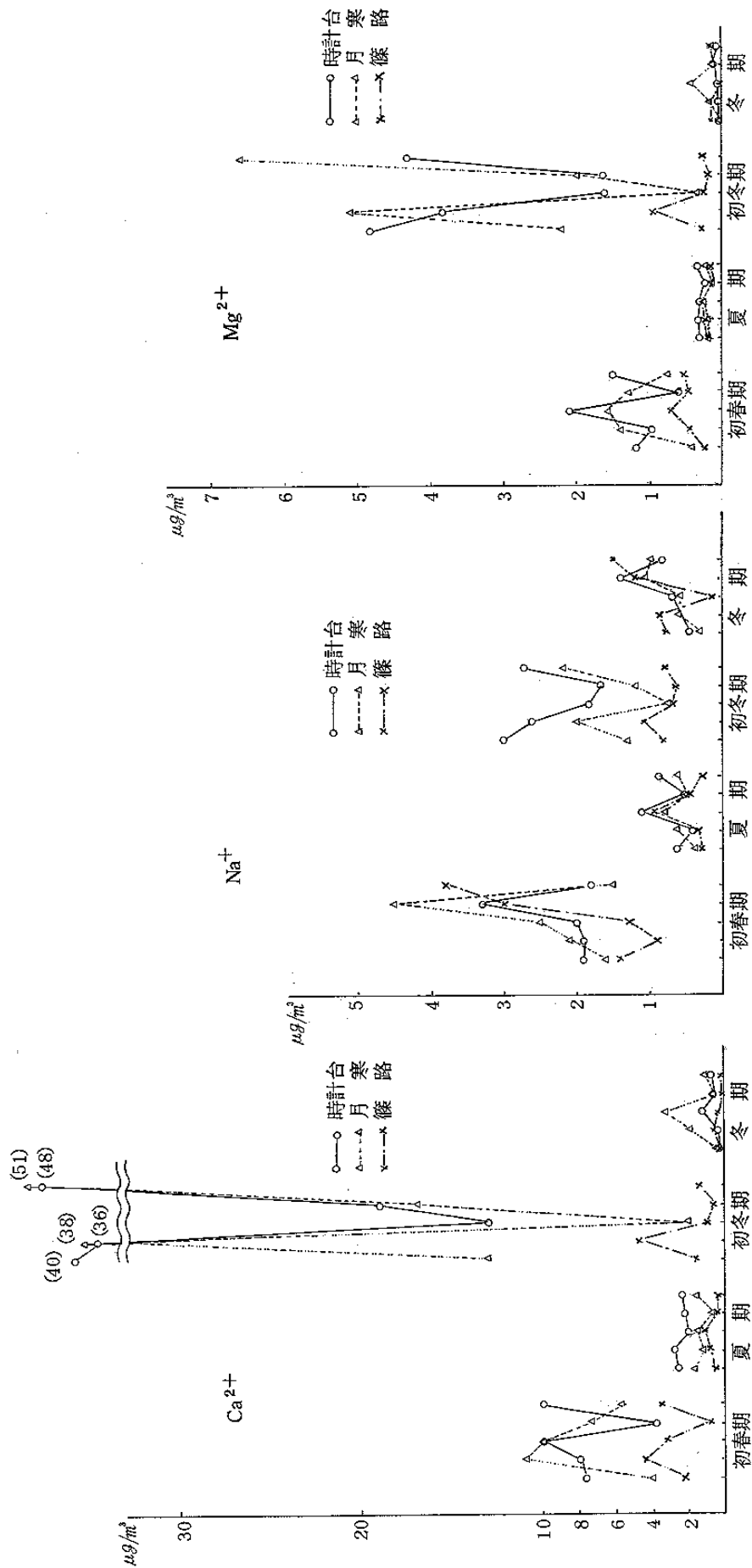


図 23-5 全浮遊粉じんの水溶性成分量

図 23-6 全浮遊粉じんの水溶性成分量

図 23-7 全浮遊粉じんの水溶性成分量

各5地点の年平均濃度により地点間の差を見ると、 $F^-$ 、 $Cl^-$ 、 $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $Na^+$ は大差がなく、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ は、主要幹線道路端4地点と郊外篠路とでは10倍、2倍の差が見られた。

HV、LVによる浮遊粉じんの結果を見ると、初冬、初春期の $Ca^{2+}$ の増加はアスファルト舗装表層部分のCa添加材が、スパイクタイヤに削られ増加したものと考えられる。また、初春、初冬、冬期におけるLVの浮遊粉じんの $SO_4^{2-}$ の増加は、燃料等の硫黄によるものとする。

表19 LVによる浮遊粉じんの溶解性成分量の年平均値 ( $\mu g/m^3$ )

項目 地点	$F^-$	$Cl^-$	$NO_3^-$	$SO_4^{2-}$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Na^+$
時計台	0.26	1.2	1.8	4.6	3.1	0.15	0.56
手稲	0.24	1.0	1.5	4.3	2.5	0.17	0.69
月寒	0.25	0.76	1.1	4.4	2.3	0.16	0.54
清田	0.18	0.80	1.2	4.7	2.5	0.14	0.48
篠路	0.18	0.61	1.3	3.3	0.29	0.087	0.58

### 3-5 主成分分析法<sup>6)7)</sup>による解析

#### (1) HVによる浮遊粉じん

時計台、月寒、篠路の初春、夏、初冬、冬期における、Al, Ca, Fe, Ti, Mn, V, Zn, Cu, Pb, Ni, Cr, Na, MgとSPの14成分による主成分分析法の、相関行列の固有値、固有ベクトル寄与率及び累積寄与率は表20、スコア散布図は図25に示す。各成分の固有値は、第1主成分 $Z_1$ が12.5、第2主成分が10となり、第2主成分までの累積寄与率が97%であり、14個の変量はほぼこの2個の主成分で指標化されたと考えられた。第1主成分は、ほとんどの固有ベクトルが正で総合的汚染量を示す因子と考えられ、第2主成分は、Cuを除いた他の因子がほとんど0に近い値であり、先に述べた浮遊粉じんと各元素間の相関関係でCuの相関がなかったことから、

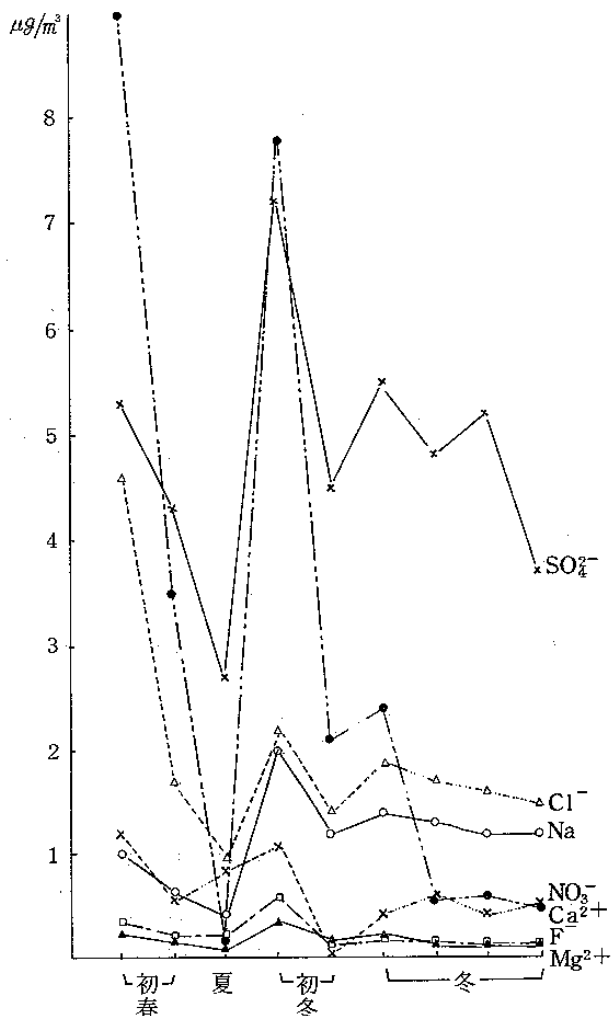


図24-1 LVによる浮遊粉じんの水溶性成分量(時計台)

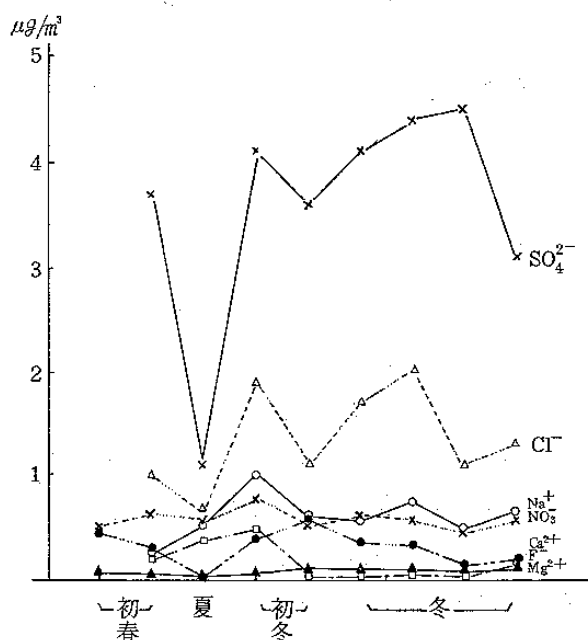


図24-2 LVによる浮遊粉じんの水溶性成分量(篠路)