

8 浮遊粉じん中の成分調査

小玉博英 落井 勅 安井 新

I 緒 言

本調査は浮遊粉じん濃度、成分濃度の現状把握とともに大気汚染を未然に防止する目的で、昭和47年度から福井坂井地区を中心に実施してきたものである。本年度は、浮遊粒子状物質、粒径分布調査に加えて酸性ミストの調査も行ったのでその結果を報告する。

II 調査方法

1. 調査地点と調査項目

調査は図-1に示す地点で実施し、調査項目は下記のとおりである。

- (1) 福井市 ……福井保健所屋上(浮遊粒子状物質、酸性ミスト、粒径分布調査、多元素分析)
- (2) 三国町 ……三国西小学校屋上(浮遊粒子状物質、酸性ミスト、粒径分布調査、多元素分析)
- (3) 鯖江市 ……神明小学校屋上(浮遊粒子状物質、酸性ミスト)
- (4) 武生市 ……武生市役所屋上(浮遊粒子状物質、多元素分析)
- (5) 敦賀市 ……文化会館屋上(浮遊粒子状物質)
- (6) 敦賀市 ……敦賀測候所屋上(多元素分析)

2. 調査期間と試料採取法

(1) 浮遊粒子状物質

下記の期間に、10 μ カット付ハイボリウムエアーサンプラー(愛知時計電機製ART-A1、紀本電子工業製HV-GM)を使用し、約24時間連続吸引し、浮遊粒子状物質を石英繊維フィルター(パールフレックス2500 QAST)上に捕集し、これを分析試料とした。

昭和54年5月14日～5月17日

昭和54年8月6日～8月9日

昭和54年11月19日～11月24日

昭和55年2月19日～2月22日

(2) 酸性ミスト

アンモニアガスを除外するため、大喜多¹⁾らが提案している1%シュウ酸処理した塩ビ管(長さ128cm、内径9mm)を採取管として用い、テフロ

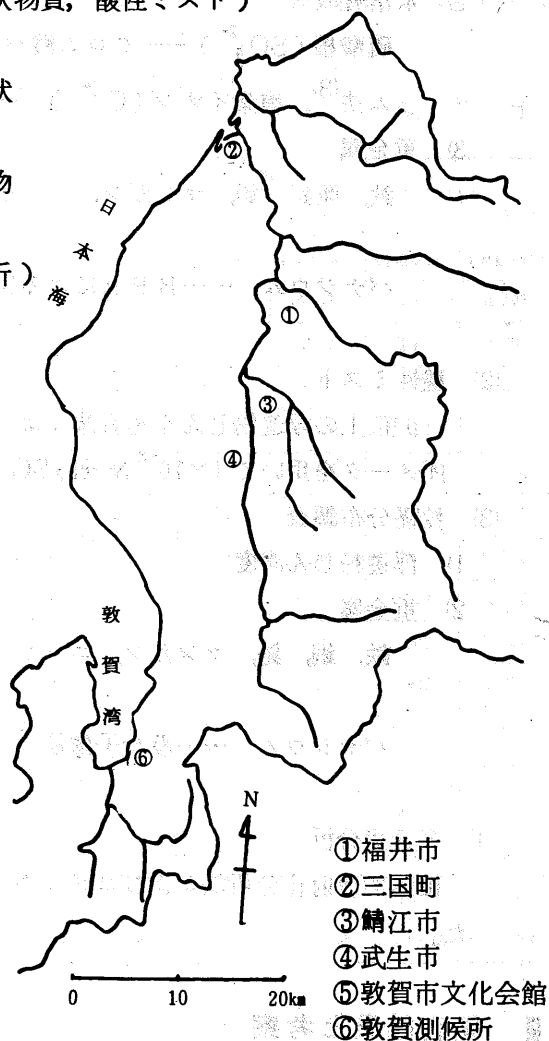


図-1 調査地点図

ン汙紙（住友電工F P-065）上に、約20ℓ/分の流量で約24時間採取した。採取期間は、浮遊粒子状物質の場合と同じである。

(3) 粒径分布調査

昭和54年5月から55年3月にかけて、月に2回ずつ、約24時間、または約48時間アンダーセンハイボリウムエアースンプラー（日本科学工業製MODEL-5630型）で連続吸引し、ステージ1（ $\geq 7\mu\text{m}$ ）、2（ $3.3\sim 7\mu\text{m}$ ）、3（ $2\sim 3.3\mu\text{m}$ ）、4（ $1.1\sim 2\mu\text{m}$ ）、5（ $\leq 1.1\mu\text{m}$ ）の5段階の動力的粒径範囲に、ガラス繊維ろ紙上に捕集した。

(4) 多元素分析

昭和54年8月27日～9月10日の14日間、10 μ カット型のサイクロン式ローボリウムエアースンプラー（新宅製 FKS型）により20ℓ/分で連続吸引し、メンブランフィルター（ミリポアRA）上に捕集した。

また、昭和54年9月25日～10月9日の14日間、10 μ カット型の多段型ローボリウムエアースンプラー（柴田製 L-20型）を用い、同様に浮遊粒子状物質を捕集した。

3. 調査項目と分析方法

(1) 浮遊粒子状物質

1) 浮遊粒子状物質濃度（T.P）

2) 水溶性成分

硫酸根（ SO_4^{2-} ）——クロム酸バリウム法²⁾。硝酸根（ NO_3^- ）——サリチル酸ナトリウム法³⁾。塩素イオン（ Cl^- ）——チオシアン酸第二水銀法⁴⁾

3) 重金属

鉄、亜鉛、鉛、マンガン、ニッケル、カドミウム……硝酸、過酸化水素水で湿式分解抽出後、原子吸光法

バナジウム……BPAによる比色法²⁾

(2) 酸性ミスト

汙紙上の浮遊粉じんを超音波により¹⁾蒸留水15ml中に抽出し、 $1\times 10^{-3}\text{N-NaOH}$ 5ml加え、pHメータを用いて $1\times 10^{-3}\text{N-H}_2\text{SO}_4$ にて滴定し、 H_2SO_4 として算出した。

(3) 粒径分布調査

1) 浮遊粉じん濃度

2) 重金属

鉄、銅、鉛、マンガン、ニッケル、カドミウム……硝酸、過酸化水素水で湿式分解抽出後、原子吸光法

バナジウム……没食子酸法⁵⁾

(4) 多元素分析

機器的放射化分析法およびエネルギー分散型ケイ光X線分析法を併用し、41元素を分析した。

■ 調査結果と考察

1. 浮遊粒子状物質 (T.P.)

(1) 調査結果の概要

昭和54年度の調査結果および調査期間中の気象条件は表-1～6のとおりである。各地点の年平均値は、浮遊粒子状物質 $23 \sim 36 \mu\text{g}/\text{m}^3$, SO_4^{2-} $4.3 \sim 5.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NO_3^- $0.4 \sim 1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Cl^- $\text{Tr} (0.1 \text{ 未満}) \sim 0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $\text{FeTr} (0.1 \text{ 未満}) \sim 0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Ni $0.004 \sim 0.014 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Zn $0.03 \sim 0.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $\text{MnTr} (0.01 \text{ 未満}) \sim 0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Pb $0.03 \sim 0.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $\text{CdTr} (0.001 \text{ 未満}) \sim 0.001 \mu\text{g}/\text{m}^3$, V $0.003 \sim 0.016 \mu\text{g}/\text{m}^3$ である。各地点の特徴的な成分は次のとおりである。福井市は全般的に他の地点よりも高い値であるがその中でもNi, Zn, Pb, Vが約1.5～2倍の値である。逆に敦賀市では、 NO_3^- , Vが他の地点の約 $\frac{1}{2}$ の値であった。他の3地点はともに同程度の値であり福井市、敦賀市の間にあった。

(2) 経年変化

昭和52年度以降実施した調査結果を図-2に示す。調査地点や調査項目が必ずしも一致していないので詳細な比較は困難であるが、変動のみられるFe, Mnを除いてほぼ横ばいの状態であった。また参考までに図-2に国設のデータ(昭和53年度, $10 \mu\text{m}$ カット装置付L.V)の値⁶⁾も記した。捕集装置、採取日数および分析法が異なるため単純に比較はできないが、おおむね工業地帯の川崎市より各成分の濃度は低く、松江市と同程度であると考えられる。ただし、重油などの燃料燃焼により発生するといわれているNi, Vの濃度は川崎市と同程度であり、今後も調査が必要だと考えられる。

表-1 昭和54年度浮遊粒子状物質成分濃度

福 井 市

測定項目 年月日	浮遊粒子状物質 T.P. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	水溶性成分			金属成分						
		SO_4^{2-} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO_3^- ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cl^- ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Zn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cd ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	V ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
54. 5.14～5.15	28	2.4	1.0	1.2	0.4	0.023	0.06	0.01	0.02	Tr	0.007
5.15～5.16	15	2.2	0.4	Tr	0.1	0.002	0.03	Tr	0.02	Tr	0.003
5.16～5.17	34	5.4	0.7	Tr	0.4	0.008	0.10	0.01	0.05	0.001	0.010
54. 8.6～8.7	35	7.5	Tr	0.3	0.5	0.022	0.07	0.01	0.05	0.001	0.012
8.7～8.8	24	4.2	0.2	0.3	0.2	0.006	0.03	Tr	0.02	Tr	0.014
8.8～8.9	31	5.2	0.2	Tr	0.3	0.011	0.09	0.01	0.05	0.001	0.013
54.11.19～11.20	16	3.0	0.7	0.2	Tr	0.006	0.05	Tr	0.04	Tr	0.005
11.20～11.21	38	5.1	0.9	1.0	0.4	0.018	0.15	0.01	0.13	0.002	0.022
11.21～11.22	57	5.6	2.8	1.3	0.3	0.013	0.16	0.06	0.10	0.003	0.024
55. 2.19～2.20	69	10.5	3.5	1.8	0.2	0.028	0.16	0.02	0.20	0.002	0.038
2.20～2.21	47	8.1	1.2	0.9	0.3	0.016	0.17	0.01	0.13	0.001	0.017
2.21～2.22	38	7.1	1.5	0.9	0.3	0.017	0.12	0.01	0.11	Tr	0.023
平均値	36	5.5	1.1	0.7	0.3	0.014	0.10	0.01	0.08	Tr	0.016
最大値	69	10.5	3.5	1.8	0.5	0.028	0.17	0.06	0.20	0.003	0.038
最小値	15	2.2	Tr	Tr	Tr	0.002	0.03	Tr	0.02	Tr	0.003
Tr(定量限界)	5	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.001未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.001未満	0.001未満

表-2 昭和54年度浮遊粒子状物質成分濃度

三 国 町

測定項目 年月日	浮遊粒子状物質 T.P ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	水溶性成分			金 属 成 分						
		SO_4^{2-} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO_3^- ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cl^- ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Zn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cd ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	V ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
54. 5.14 ~ 5.15	13	2.2	0.5	1.1	Tr	Tr	Tr	Tr	0.01	Tr	Tr
5.15 ~ 5.16	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測
5.16 ~ 5.17	15	3.7	0.4	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	0.01	Tr	Tr
54. 8.6 ~ 8.7	27	9.5	Tr	Tr	0.3	0.009	0.04	0.01	0.02	Tr	0.008
8.7 ~ 8.8	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測
8.8 ~ 8.9	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測
54.11.19 ~ 11.20	10	2.5	0.5	0.2	Tr	0.006	0.02	Tr	0.02	Tr	0.008
11.20 ~ 11.21	21	3.8	0.8	0.9	Tr	0.008	0.05	Tr	0.05	0.001	0.014
11.21 ~ 11.22	41	5.1	2.9	1.1	0.2	0.012	0.07	0.03	0.05	0.002	0.020
55. 2.19 ~ 2.20	42	8.3	2.5	0.8	0.2	0.021	0.08	0.02	0.06	0.001	0.029
2.20 ~ 2.21	19	4.9	0.5	Tr	0.1	Tr	0.03	0.01	0.03	Tr	0.002
2.21 ~ 2.22	21	5.5	1.4	0.3	Tr	0.006	0.02	Tr	0.03	Tr	0.012
平 均 値	23	5.1	1.1	0.5	Tr	0.007	0.03	Tr	0.03	Tr	0.010
最 大 値	42	9.5	2.9	1.1	0.3	0.021	0.08	0.03	0.06	0.002	0.029
最 小 値	10	2.2	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	0.01	Tr	Tr

表-3 昭和54年度浮遊粒子状物質成分濃度

敦 賀 市

測定項目 年月日	浮遊粒子状物質 T.P ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	水溶性成分			金 属 成 分						
		SO_4^{2-} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO_3^- ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cl^- ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Zn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cd ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	V ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
54. 5.14 ~ 5.15	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測
5.15 ~ 5.16	22	2.4	0.6	Tr	Tr	Tr	0.07	Tr	0.01	欠測	Tr
5.16 ~ 5.17	29	2.4	0.8	0.7	Tr	0.008	0.30	0.01	0.03	欠測	Tr
54. 8.6 ~ 8.7	30	9.4	0.1	0.4	0.1	0.005	0.11	0.01	0.04	欠測	0.005
8.7 ~ 8.8	14	1.8	Tr	Tr	Tr	Tr	0.02	Tr	0.02	Tr	0.003
8.8 ~ 8.9	23	3.9	Tr	0.3	0.2	Tr	0.04	Tr	0.02	Tr	0.003
54.11.19 ~ 11.20	15	2.9	0.2	0.2	0.1	0.011	0.03	0.01	0.04	Tr	0.003
11.20 ~ 11.21	24	3.2	0.3	0.4	0.3	0.015	0.04	0.01	0.03	0.001	Tr
11.21 ~ 11.22	25	2.7	0.8	0.5	0.2	0.011	0.09	0.02	0.06	0.002	0.004
55. 2.19 ~ 2.20	36	7.2	0.4	0.3	0.2	0.006	0.04	0.01	0.03	Tr	0.006
2.20 ~ 2.21	31	6.9	0.5	0.2	0.4	0.007	0.04	0.01	0.02	Tr	0.004
2.21 ~ 2.22	21	4.2	0.3	0.2	0.3	Tr	0.03	0.01	0.02	Tr	0.002
平 均 値	25	4.3	0.4	0.3	0.2	0.006	0.07	Tr	0.03	Tr	0.003
最 大 値	36	9.4	0.8	0.7	0.4	0.015	0.30	0.02	0.06	0.002	0.006
最 小 値	14	1.8	Tr	Tr	Tr	Tr	0.02	Tr	0.01	Tr	Tr

表-4 昭和54年度浮遊粒子状物質成分濃度

鯖江市

測定項目 年月日	浮遊粒子状物質 T.P ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	水溶性成分			金属成分						
		SO_4^{2-} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO_3^- ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cl^- ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Zn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cd ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	V ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
54. 5.14 ~ 5.15	21	2.2	0.9	1.1	0.3	0.021	0.05	0.01	0.03	0.001	0.004
5.15 ~ 5.16	15	2.1	0.6	Tr	Tr	0.003	0.03	Tr	0.03	0.001	Tr
5.16 ~ 5.17	32	4.9	1.0	Tr	0.1	0.005	0.05	0.01	0.08	0.001	0.010
54. 8. 6 ~ 8. 7	25	6.3	0.2	0.3	0.3	0.023	0.04	0.01	0.03	0.001	0.006
8. 7 ~ 8. 8	28	2.8	0.3	Tr	0.2	Tr	0.06	Tr	0.07	0.001	0.003
8. 8 ~ 8. 9	38	3.9	0.1	0.3	0.3	0.006	0.04	0.01	0.03	0.001	0.006
54.11.19 ~ 11.20	45	5.2	2.7	1.0	0.1	0.011	0.10	0.01	0.06	0.003	0.016
11.20 ~ 11.21	31	3.7	1.7	1.5	Tr	0.007	0.08	Tr	0.05	0.002	0.012
11.21 ~ 11.22	25	3.2	0.9	0.7	0.2	0.008	0.06	Tr	0.05	0.001	0.004
55. 2.19 ~ 2.20	48	8.9	3.2	1.1	0.1	0.021	0.05	0.01	0.04	0.001	0.023
2.20 ~ 2.21	37	7.7	1.5	0.7	0.3	0.016	0.06	0.01	0.04	0.001	0.014
2.21 ~ 2.22	26	5.2	1.4	0.8	0.2	0.012	0.04	0.01	0.03	Tr	0.009
平 均 値	31	4.7	1.2	0.6	0.2	0.011	0.06	Tr	0.05	0.001	0.009
最 大 値	48	8.9	3.2	1.5	0.3	0.023	0.10	0.01	0.08	0.003	0.023
最 小 値	15	2.1	0.1	Tr	Tr	Tr	0.03	Tr	0.03	Tr	Tr

表-5 昭和54年度浮遊粒子状物質成分濃度

武生市

測定項目 年月日	浮遊粒子状物質 T.P ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	水溶性成分			金属成分						
		SO_4^{2-} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO_3^- ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cl^- ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Zn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cd ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	V ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
54. 5.14 ~ 5.15	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測
5.15 ~ 5.16	13	2.5	1.1	0.5	Tr	0.004	0.02	Tr	0.02	欠測	Tr
5.16 ~ 5.17	36	4.7	1.3	Tr	Tr	0.007	0.08	0.01	0.05	欠測	0.008
54. 8. 6 ~ 8. 7	37	8.1	0.3	0.4	0.3	Tr	0.08	0.01	0.06	欠測	0.006
8. 7 ~ 8. 8	12	2.0	Tr	Tr	Tr	Tr	0.01	Tr	0.01	Tr	Tr
8. 8 ~ 8. 9	21	3.7	0.1	Tr	0.1	Tr	0.05	Tr	0.03	0.001	0.004
54.11.19 ~ 11.20	15	2.4	0.6	0.6	Tr	0.003	0.01	Tr	0.01	Tr	0.003
11.20 ~ 11.21	30	3.1	1.0	1.7	0.2	0.003	0.03	0.01	0.03	0.001	0.005
11.21 ~ 11.22	50	5.6	3.2	2.4	0.2	0.006	0.13	0.04	0.08	0.005	0.010
55. 2.19 ~ 2.20	52	8.4	3.2	1.7	0.2	0.010	0.04	0.01	0.07	0.001	0.018
2.20 ~ 2.21	39	6.9	1.3	1.6	0.3	0.008	0.04	0.01	0.04	0.001	0.015
2.21 ~ 2.22	28	5.7	2.0	1.1	Tr	Tr	0.03	0.01	0.02	Tr	0.010
平 均 値	30	4.8	1.3	0.9	0.1	0.004	0.05	Tr	0.04	0.001	0.007
最 大 値	52	8.4	3.2	2.4	0.3	0.010	0.13	0.04	0.08	0.005	0.018
最 小 値	12	2.0	Tr	Tr	Tr	Tr	0.01	Tr	0.01	Tr	Tr

表－6 測定時の気象条件

年 月 日	天 候				平均風速 (m/S)				
	福 井 地 方		敦 賀 地 方		三 国 町	福 井 市	鯖 江 市	武 生 市	敦 賀 市
	6時～18時	18時～6時	6時～18時	18時～6時					
54年 5月14日	雨 の ち 曇	雨 一 時 雷 雨	雨 時 々 晴	大雨一時 雷を伴う	3.8	2.8	3.8	2.3	3.8
5月15日	雨	雨のち時々曇	雨	雨 時 々 曇	4.1	1.9	1.5	1.6	3.3
5月16日	曇 一 時 晴	曇のち雨 一時雷雨	曇	曇 の ち 雨	2.1	1.3	1.6	1.1	1.8
5月17日	雨のち時々曇 一 時 晴	曇 時 々 晴	雨一時雷を伴う	雨	1.7	1.4	1.5	1.3	1.2
8月 6日	曇 時 々 雨	曇時々雨 一時雷伴う	曇 の ち 雨	曇 時 々 雨	2.3	1.5	1.4	1.4	2.6
8月 7日	曇	曇 一 時 晴	曇 時 々 雨	晴 一 時 曇	2.3	1.5	1.5	1.4	1.6
8月 8日	晴	快 晴	晴	快 晴	2.0	1.9	1.6	1.3	1.7
8月 9日	晴	晴	晴 一 時 曇	晴 一 時 曇	1.8	1.5	1.4	1.5	1.8
11月19日	雨あられ 一時雷伴う	雨	曇時々雨一時あ られ混じり雷を伴う	雨一時 あられ混じる	6.0	1.7	2.6	2.0	2.7
11月20日	晴 一 時 雨	晴 の ち 霧	曇時々雨のち晴	晴	2.2	1.2	0.9	0.7	1.2
11月21日	晴 朝方一時霧 のち雨	雨	晴のち曇のち雨	曇 時 々 雨	2.1	1.1	1.0	0.5	1.5
11月22日	曇 一 時 雨	雨	曇 一 時 雨	雨	1.8	0.9	1.2	0.6	2.4
11月23日	雨	雨のち曇一時晴	雨 一 時 曇	曇 時 々 晴	4.4	1.9	2.2	1.2	2.7
11月24日	晴	曇	晴	曇	2.6	1.1	1.0	0.8	1.4
55年 2月19日	曇 時 々 雨	雨	雨	曇 一 時 雨	1.8	0.9	1.0	0.6	1.3
2月20日	曇一時雨一時晴	曇のち時々雪	曇 時 々 雨	曇 一 時 雨	2.2	1.2	1.5	0.8	2.8
2月21日	曇時々晴一時雪	曇 時 々 雪	晴時々曇一時雪	曇 時 々 雪	3.1	1.8	2.4	1.6	3.9
2月22日	雪 の ち 晴	快 晴	曇時々雪一時晴	晴	1.8	1.5	1.2	0.8	2.5

(注) 天候の福井地方は、福井地方気象台、敦賀地方は敦賀測候所発表のものである。

平均風速は、それぞれ大気汚染常時監視観測局の、三国局、福井局、神明局、武生局、敦賀局におけるものである。

(3) 地点間の各成分ごとの相関および平均値

5 地点間の各成分ごとの相関および平均値の差の検定を行ったのでその結果を表－7に示す。

T.P, SO_4^{2-} , Mnは鯖江市を除いて各地点間の相関がよいといえる。鯖江市は、武生市と福井市との中間に位置するにもかかわらず、両地点との関係を示す成分は少なかった。また敦賀市は、距離が離れているためか、他の地点と相関がよい成分が少なかった。平均値では、福井市がEe, Znなどが他の地点よりも高く、敦賀市は NO_3^- , Vなどが低い値であった。

2. 酸性ミストの調査

酸性ミストの調査結果を表－8に、また硫酸根(SO_4^{2-})と酸性ミストとの比較を図－3に示す。酸性ミストの平均値では硫酸として、福井市 $0.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、三国町、鯖江市で $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、地

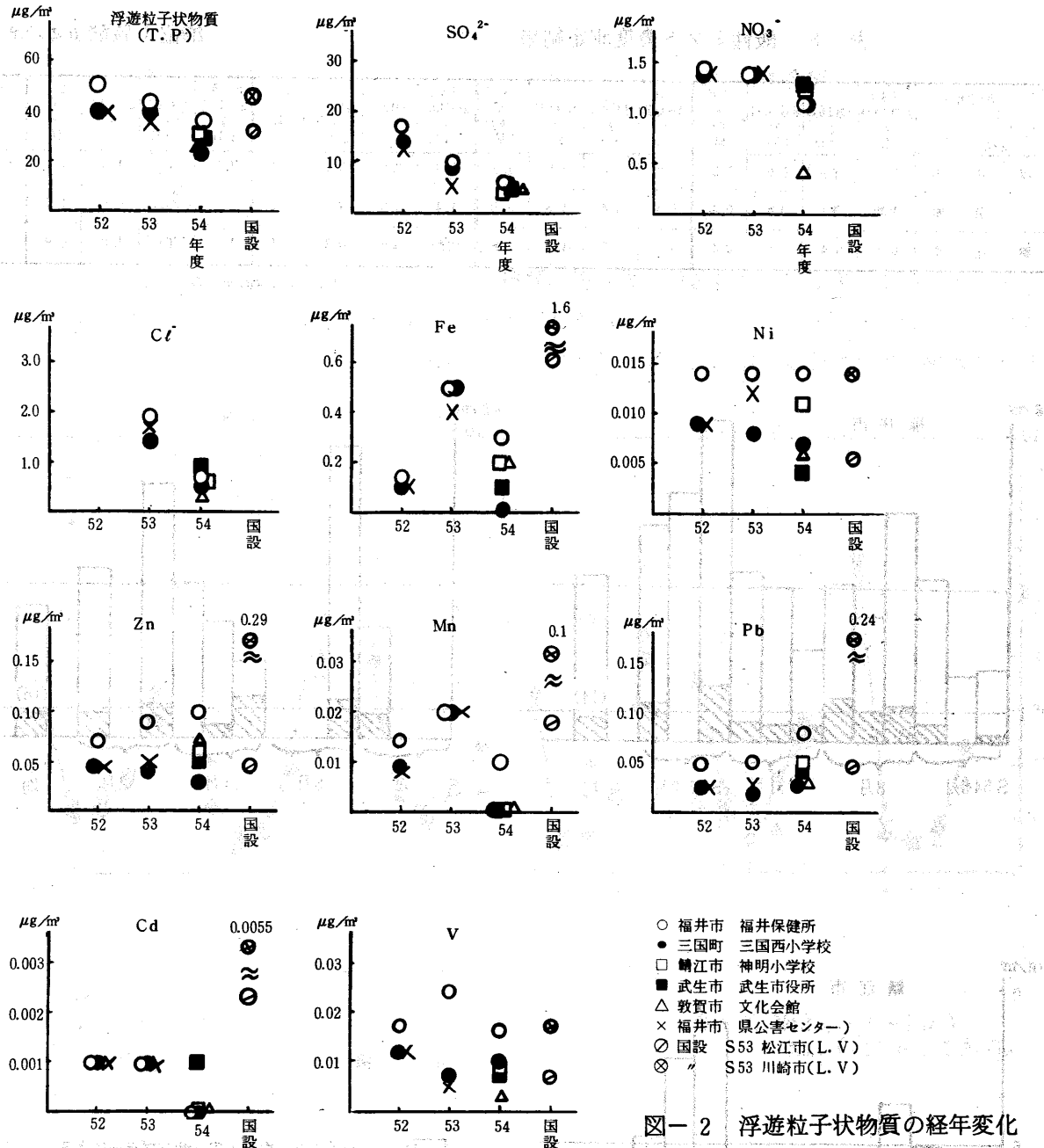


図-2 浮遊粒子状物質の経年変化

表-7 地点間の相関および平均値の差の検定

	福 井 市	三 国 町	敦 賀 市	鯖 江 市	武 生 市
福 井 市		T.P.** SO_4^{2-} *, NO_3^- *, Cl^- *, Mn*, Pb*, Cd*, V*	T.P.** SO_4^{2-} *, Mn** SO_4^{2-} *, Cd**	SO_4^{2-} *, NO_3^- *, Cl^- *, Ni**	T.P.** SO_4^{2-} *, NO_3^- *, Cl^- *, Mn**, Cd**, V*
三 国 町	Fe**, Ni** Zn**, Pb*		SO_4^{2-} *, Mn** Cd**		T.P.** SO_4^{2-} *, NO_3^- *, Cl^- *, Mn**, Cd**
敦 賀 市	T.P.** NO_3^- *, Fe* Ni**, Pb*, V*	NO_3^- *, V*		SO_4^{2-} *	T.P.** SO_4^{2-} *, NO_3^- *, Mn**, Pb*, Cd**
鯖 江 市	Zn*		NO_3^- *, Cl^- *, Pb* ⓪**		SO_4^{2-} *, Cl^- *, V*
武 生 市	Fe**, Ni* Zn*, V*		NO_3^- *, Cl^- *, ⓪**	Ni*	

注) 斜線の右上は地点間の相関がよい成分

斜線の左下は地点間の平均値の差が認められる成分

(○印は、表中左下の地点の方が右上の地点よりも大きく、無印は左下の地点の方が小さい)

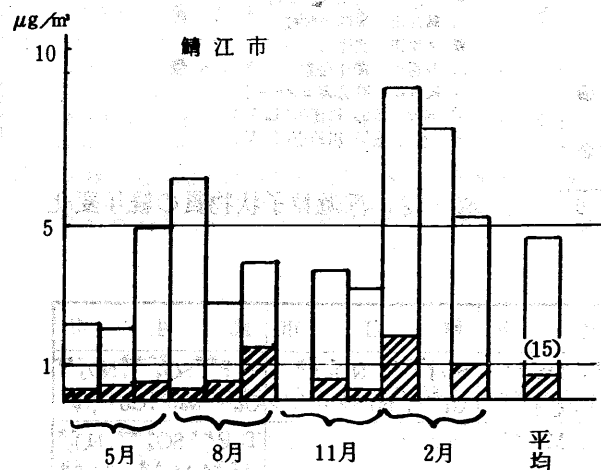
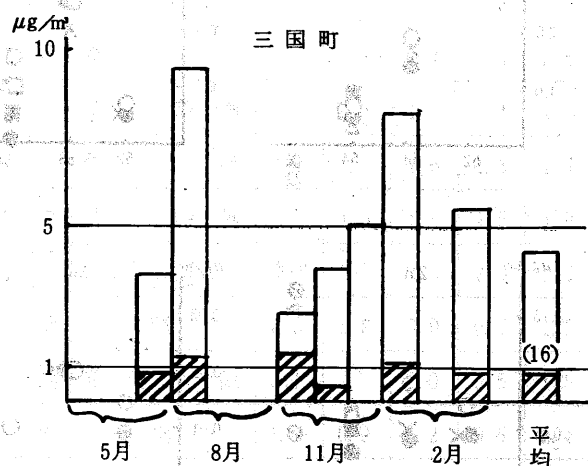
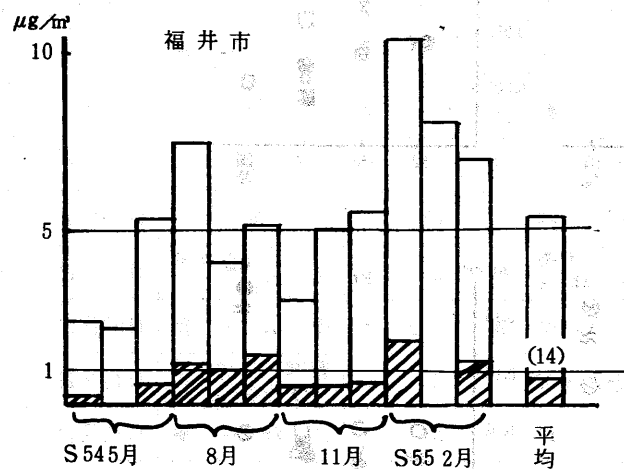
有意水準: ** 1%

* 5%

表-8 酸性ミスト濃度測定結果

単位：硫酸 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

測定年月日 測定地点	54年 5月14日 15日	5月15日 16日	5月16日 17日	5月 平均値	54年 8月6日 7日	8月7日 8日	8月8日 9日	8月 平均値	54年 11月19日 20日	11月20日 21日	11月21日 22日	11月 平均値	55年 2月19日 20日	2月20日 21日	2月21日 22日	2月 平均値	全平均値
福井市	0.3	Tr	0.6	0.3	1.2	1.0	1.5	1.2	0.6	0.6	0.7	0.6	1.9	Tr	1.3	1.1	0.8
三国町	欠測	Tr	0.8	0.4	1.3	0.4	1.3	1.0	1.4	0.5	Tr	0.6	1.1	欠測	0.8	1.0	0.7
鯖江市	0.3	0.4	0.5	0.4	0.3	0.5	1.5	0.8	欠測	0.6	0.3	0.5	1.8	Tr	1.0	0.9	0.7

Tr : $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満

凡 例

- ← ハイボリュウムエアースンプラーによる SO_4^{2-} 濃度 (SO_4^{2-})
- ← () 内の数字は $(\text{H}_2\text{SO}_4)/(\text{SO}_4^{2-}) \times 100$
- ← ローボリュウムによる酸性ミスト濃度 (H_2SO_4)

図-3 硫酸根 (SO_4^{2-}) および酸性ミスト調査結果

点間の差は認められなかった。また SO_4^{2-} に対する酸性ミストの割合も14~16%と3地点とも同程度であり差は認められなかった。酸性ミストの報告例では硫酸として $2.1 \sim 129.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ⁷⁾, 冬期 $0.43 \sim 14.67$ (平均 4.28) $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 夏期 $0.41 \sim 15.96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ⁸⁾ の値が得られている。これらの調査結果と本調査の値を比較すると酸性ミストは比較的低い濃度と考えられる。

3. 粒径分布調査

浮遊粉じんの発生源を推定したり、呼吸器系からの侵入をとおしての人体影響を知るうえで、大気浮遊粉じんの粒径分布調査は重要である。本調査は、昨年度、福井市郊外に位置する当センター屋上で実施したが、本年度は、福井市街地に位置する福井保健所屋上と、三国町三国西小学校屋上で実施した。

(1) 浮遊粉じん、重金属の粒径分布

定量限界値未満の多い鉛、カドミウムを除く5種類の重金属と浮遊粉じんの粒径分布を、各ステージ毎の重量百分率と、対数正規確率紙上にプロットした累積百分率に分けて、図-4、図-5に示す。なお、雨天と雨天以外の区別は、試料採取前日と当日の天気および福井地方気象台公表の降水量(ほ

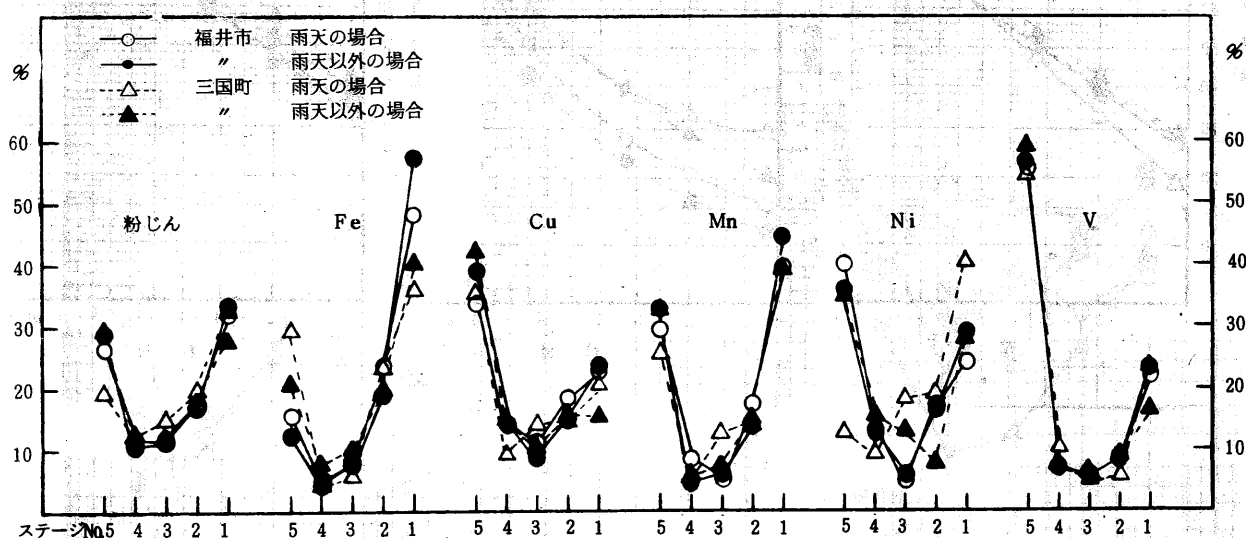


図-4 粒径分布(重量百分率)

注：ステージNo.5 ($\leq 1.1 \mu$), No.4 ($1.1 \sim 2 \mu$), No.3 ($2 \sim 3.3 \mu$), No.2 ($3.3 \sim 7 \mu$), No.1 ($\geq 7 \mu$)である。

ほ5mm前後を境に区別)を参考にして判断した。

天候による差が見られたものは、三国町における粉じんとNiで、雨天の場合は大きな粒子に、雨天以外の場合は小さな粒子に占める割合が多かった。

図-4で粒径分布を次のように区分けできるとされる。

- 1) 粒径の大きい側にかたよっているもの……Fe, Mnおよび三国町で雨天の場合のNiと粉じん
- 2) 粒径の小さい側にかたよっているもの……Cu, V, Ni(三国町で雨天の場合を除く)

一般に浮遊粉じん中の元素の中で、土壌由来の元素は粒径が大きく、燃焼由来のものは粒径が小さいといわれていることから、Fe, Mnは、ほぼ土壌由来、V, Ni(三国町の雨天の場合を除く)はほぼ燃焼出来と考えられる。

次に各成分を対数正規確率紙上へプロットした結果(図-5)より、粉じん, Cu, Mn, Ni, Vはほぼ内数正規分布を示しているが、Feは対数正規分布からのずれがみられた。

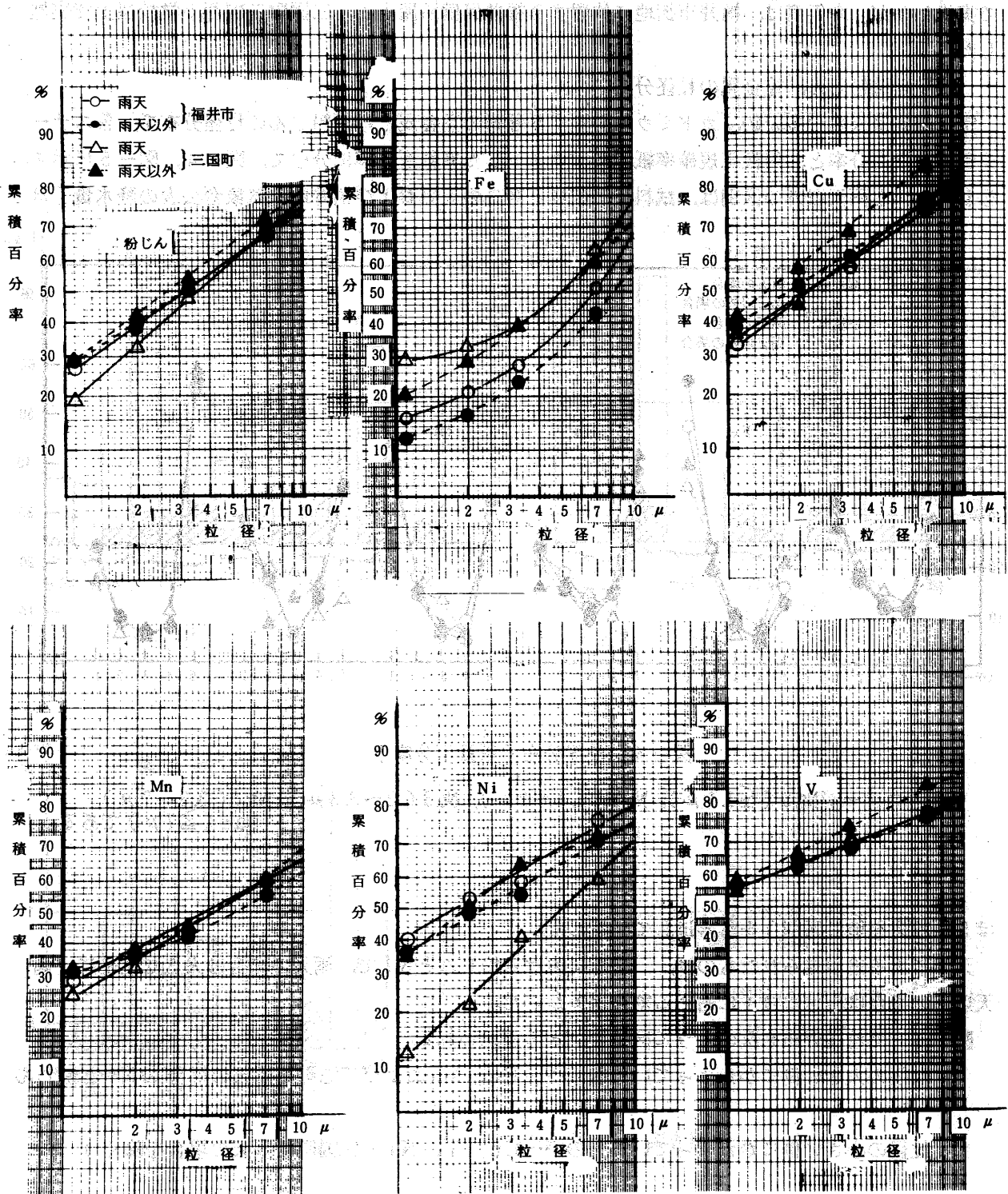


図-5 粒径分布(累積百分率)

(2) 浮遊粉じん中重金属濃度、濃縮係数

図-6 に浮遊粉じん中の重金属濃度を示す。また表-9 に鉄を基準とした濃縮係数⁹⁾を示す。

濃縮係数 = $(C_x/C_{ref})_{\text{粉じん}} / (C_x/C_{ref})_{\text{地殻}}$

(C_x/C_{ref}) は、粉じんあるいは地殻中の目的元素(x)と、主としてその発生源が土壌と考えられる対照元素(ref)の濃度比である。

ただし、地殻成分組成としては、福井保健所、三国西小学校屋上堆積物濃度²⁾を使用し、微小粒子とは、 $2\mu\text{m}$ 未満のものを示し、粗大粒子とは $2\mu\text{m}$ 以上のものを示す。

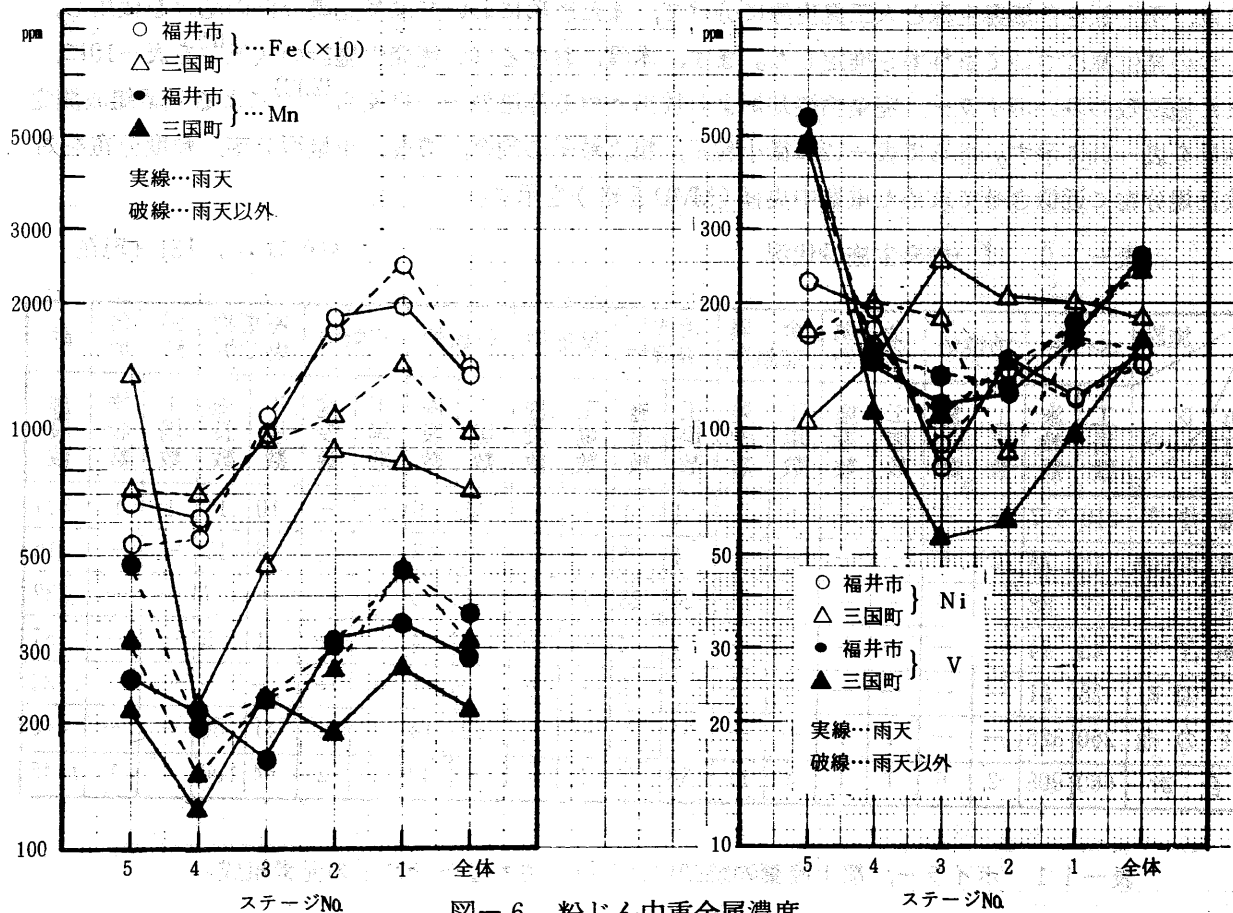


図-6 粉じん中重金属濃度

表-9 濃 縮 係 数

測定地点	成分	雨天の場合		雨天以外の場合	
		微小粒子	粗大粒子	微小粒子	粗大粒子
福井市	Ni	7.67	1.97	8.32	1.78
同上	Mn	2.71	0.96	3.68	1.27
三国町	Ni	9.33	18.67	13.18	7.11
同上	Mn	1.14	1.14	1.87	1.30

図-6 より、Fe、Mnは雨天の場合に比較して雨天以外の場合には大きな粒子径に占める割合が多くなる傾向がみられた。また鉄を基準とした濃縮係数(表-9)からMnは粗大粒子中の濃縮係数がほぼ1前後であることから、Fe、Mnは、ほとんど土壌起源であることを示していると考えられる。

粉じん中のVの濃度は、雨天の場合でも雨天以外の場合でも大差なく、土壌の舞い上がりによる影響はなく、燃焼由来であることを示している。また、福井市におけるNiは微小粒子の場合、濃縮係数で8前後、粗大粒子の場合、約2で、微小粒子中のNiは、ほぼ燃焼由来と考えられる。三国町におけるNiは、粗大粒子でも濃縮係数が大きく、計算に使用した土壌中のNi濃度(30ppm)が、十分に三国町における代表性を示していないことが考えられる。参考までに、Bowenによる平均土壌成分⁽¹⁰⁾のNiは、40ppm(10~1000ppm)である。

(3) 自然発生源からの寄与率の推定

浮遊粉じん中の各発生源よりの寄与率を求めることは、極めて重要な事と考えられる。本項においては、発生源を自然発生源と人工発生源に分けて、また次項においては多元素分析の結果を使用し、4つの発生源について寄与率を推定した。まず、本県におけるばい煙発生施設の状況⁽¹¹⁾を表-10に、また施設数の多いボイラー、廃棄物焼却炉より放出される浮遊粒子の真室ら^{12,13)}による元素組成測定結果を表-11に示す。さらに表-12に微小粒子、粗大粒子の割合、濃度、重量百分率、粒度分布を対数正規分布に近似させて求めた重量中央径(MMDと略)を示す。

表-10 ばい煙発生施設状況

昭和54年3月31日現在

市町村	施設		ボイラー		焙焼炉		金属溶解炉		金属加熱炉		焼成炉溶解炉		反応炉		乾燥炉		電気炉		廃棄物焼却炉		鉛溶炉		計
	工場数	施設数	工場数	施設数	工場数	施設数	工場数	施設数	工場数	施設数	工場数	施設数	工場数	施設数	工場数	施設数	工場数	施設数	工場数	施設数	工場数	施設数	
福井市	219	317	—	—	—	—	1	1	1	1	—	—	6	6	—	—	10	11	1	1	—	—	337
敦賀市	46	73	2	6	—	—	—	—	—	—	1	5	—	—	9	15	—	—	6	17	—	—	116
武生市	69	88	—	—	—	—	3	10	21	23	1	1	2	3	—	—	6	7	—	—	—	—	132
鯖江市	48	74	—	—	—	—	—	—	—	3	4	—	—	1	4	—	—	1	5	—	—	—	87
三国町	28	31	—	—	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33
その他	250	325	—	—	1	1	—	—	31	38	—	—	12	14	1	2	41	60	—	—	—	—	440
合計	660	908	2	6	1	1	4	11	58	73	1	1	30	42	1	2	64	100	1	1	—	—	1145

表-11 ボイラー、都市廃棄物焼却炉より排出される浮遊粒子の元素組成

施設	元素	Na	Al	S	Cl	K	Ca	Fe	V	Cr	Mn	Sc	Ni	Cu	Zn	Br	Sb	Pb
重油燃焼ボイラー	幾何平均値	1.0	0.21	9.6	0.092	0.085	0.085	0.46	9200	210	120	0.092	4900	—	400	8.5	6.9	330
	範囲	0.21 7.7	0.079 1.2	1.6 22	0.067 0.12	0.0089 0.35	0.026 0.40	0.075 2.6	2800 130000	30 950	67 240	0.015 0.47	670 46000	—	130 1400	3.0 33	0.90 31	50 2100
	データ数	13	7	13	2	3	11	13	13	13	5	6	13	—	12	7	11	2
都市廃棄物焼却炉	幾何平均値	12	0.42	13	27	20	1.1	0.61	27	850	330	0.46	—	3600	26000	820	610	17000
	範囲	8.6 14	0.11 0.91	2.3 20	20 32	9.9 27	0.47 2.4	0.22 7.3	19 58	290 19000	130 2000	0.30 0.62	— 6100	2200 34000	21000 2200	510 1200	290 1200	9700 40000
	データ数	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	—	7	7	7	7	7

注：Na, Al, S, Cl, K, Ca, Feは%で、その他はμg/gである。

表-12-1 各成分の粒度分布

福井市

成分	項目 ステージ No. (粒径 μm)	雨天の場合 n=9				雨天以外の場合 n=13				総ての場合 n=22			
		濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ * ng/m^3	重量百分率の 平均 %	MMD μm	微粒子の 割合 %	濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ * ng/m^3	重量百分率の 平均 %	MMD μm	微粒子の 割合 %	濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ * ng/m^3	重量百分率の 平均 %	MMD μm	微粒子の 割合 %
粉じん	1(≥ 7)	22.0	31.7	3.2	38.8	39.8	33.0	3.2	39.9	32.5	32.5	3.2	39.4
	2(3.3~7)	12.3	17.7			19.7	16.3			16.7	16.9		
	3(2~3.3)	8.2	11.8			13.0	10.8			11.0	11.2		
	4(1.1~2)	8.2	11.9			12.9	10.7			11.0	11.1		
	5(≤ 1.1)	18.6	26.9			35.2	29.2			28.4	28.3		
	合計	69.3	—			120.6	—			99.6	—		
鉄 Fe	1	0.45	48.6	6.9	20.6	1.00	57.0	8.3	16.3	0.78	53.8	7.5	17.9
	2	0.22	23.5			0.34	19.2			0.29	20.8		
	3	0.07	7.3			0.13	7.6			0.11	7.5		
	4	0.05	5.1			0.07	4.2			0.06	4.5		
	5	0.14	15.5			0.21	12.1			0.18	13.4		
	合計	0.93	—			1.75	—			1.41	—		
銅 Cu	1	10	22.8	2.2	47.6	16	24.3	1.8	52.2	14	23.8	2.0	50.8
	2	8	18.2			10	14.9			9	15.9		
	3	5	11.4			6	8.6			6	9.4		
	4	7	14.5			9	14.0			8	14.2		
	5	15	33.1			26	38.2			22	36.6		
	合計	45	—			67	—			59	—		
マンガン Mn	1	7	39.4	3.9	37.9	20	44.4	5.2	36.2	15	42.5	4.7	36.8
	2	3	17.4			6	13.7			5	15.1		
	3	1	5.4			3	5.8			2	5.6		
	4	2	8.3			2	4.1			2	5.7		
	5	6	29.6			14	32.1			11	31.1		
	合計	19	—			45	—			34	—		
ニッケル Ni	1	2	24.4	1.7	53.4	5	29.8	2.3	48.1	4	27.5	2.0	50.3
	2	2	17.2			3	16.2			3	16.6		
	3	1	5.0			1	6.0			1	5.6		
	4	1	13.3			2	12.0			2	12.5		
	5	4	40.1			6	36.1			5	37.8		
	合計	10	—			16	—			14	—		
バナジウム V	1	3.7	22.2	0.72	63.5	7.0	23.3	0.72	62.6	5.7	22.9	0.72	63.0
	2	1.5	8.8			2.5	8.3			2.1	8.5		
	3	0.9	5.5			1.7	5.7			1.4	5.6		
	4	1.2	7.0			1.9	6.3			1.6	6.6		
	5	9.4	56.5			16.9	56.3			14.0	56.4		
	合計	16.7	—			30.1	—			25.0	—		

*粉じん, 鉄は $\mu\text{g}/\text{m}^3$, その他は ng/m^3 である。

表-12-2 各成分の粒度分布

三 国 町

成分	項目 ステージ No. (粒径 μm)	雨天の場合 n = 12				雨天以外の場合 n = 10				総ての場合 n = 22			
		濃度 μg/m³ * ng/m³	重量百分率の 平均 %	M.M.D μm	微粒子の 割合 %	濃度 μg/m³ * ng/m³	重量百分率の 平均 %	M.M.D μm	微粒子の 割合 %	濃度 μg/m³ * ng/m³	重量百分率の 平均 %	M.M.D μm	微粒子の 割合 %
粉じん	1(≥7)	13.6	32.7	3.6	32.3	17.9	27.8	2.7	42.2	16.1	29.8	3.2	38.2
	2(3.3~7)	8.3	19.9			11.5	17.9			10.2	18.7		
	3(2~3.3)	6.3	15.2			7.9	12.2			7.2	13.4		
	4(1.1~2)	5.4	12.9			8.1	12.5			7.0	12.7		
	5(≤1.1)	8.1	19.4			19.1	29.7			14.6	25.5		
	合計	41.7	—			64.4	—			55.1	—		
鉄 Fe	1	0.09	36.6	5.0	33.7	0.24	40.4	5.0	28.9	0.18	39.0	5.0	30.7
	2	0.06	23.5			0.12	19.9			0.10	21.3		
	3	0.01	6.1			0.06	10.7			0.04	9.0		
	4	0.01	4.1			0.05	8.5			0.03	6.9		
	5	0.07	29.6			0.12	20.4			0.10	23.8		
	合計	0.24	—			0.60	—			0.45	—		
銅 Cu	1	4	25.5	2.2	45.4	3	15.6	1.5	57.8	3	19.3	1.7	53.2
	2	2	14.8			3	16.4			3	15.8		
	3	2	14.4			2	10.3			2	11.8		
	4	1	9.5			3	15.5			2	13.3		
	5	5	35.9			8	42.3			7	39.9		
	合計	15	—			18	—			17	—		
マンガン Mn	1	2	39.7	3.9	32.4	8	39.5	4.1	38.2	6	39.5	4.0	36.9
	2	1	14.4			3	15.2			2	15.0		
	3	1	13.5			1	7.1			1	8.5		
	4	Tr	6.5			1	5.1			1	5.4		
	5	2	25.9			6	33.1			4	31.5		
	合計	6	—			19	—			14	—		
ニッケル Ni	1	2	41.0	4.9	22.1	2	28.0	1.9	51.0	2	32.3	3.0	41.4
	2	1	18.6			1	7.8			1	11.4		
	3	1	18.3			1	13.3			1	15.0		
	4	Tr	9.3			1	16.0			1	13.7		
	5	1	12.8			2	35.0			2	27.7		
	合計	4	—			7	—			6	—		
バナジウム V	1	1.5	23.6	0.72	66.0	2.5	16.5	0.68	67.5	2.2	19.3	0.69	66.8
	2	0.3	5.3			1.4	9.3			0.9	7.8		
	3	0.3	5.0			1.0	6.8			0.8	6.1		
	4	0.7	11.2			1.1	7.7			1.0	9.0		
	5	3.5	54.8			8.9	59.8			7.0	57.8		
	合計	6.4	—			14.9	—			11.9	—		

*粉じん、鉄は μg/m³、その他は ng/m³である。

表-10より、福井市、三国町においては、ばい煙発生施設のうち、94%がボイラーである。また、県全体でも79%がボイラーである。さらに表-11よりわかるように、ボイラーからは、V、Niが高濃度で排出されており指標元素としてよく使用されている。これらの事と前項までの結果から、次のような仮定を設けて、前報⁽¹⁴⁾と同様に自然発生源の寄与率を計算した。

- ① 粗大粒子中のすべてのMnは自然発生源によるもので、微小粒子中のすべてのVは人為的汚染によるものである。
- ② 雨天の場合と雨天以外の場合の浮遊粉じん濃度差を、粗大粒子の場合自然発生源によるもの、微小粒子の場合、人為的汚染によるものとする。
- ③ 雨天以外の場合の浮遊粉じん成分組成は、雨天の場合の成分組成に、②のものが加わったものとする。

このような仮定を設けると次式が成立する。

粗大粒子の場合

$$S_w \times A_m + (S_f - S_w) \times A_p = S_f \times A_f \quad (1)$$

微小粒子の場合

$$S_w \times B_m + (S_f - S_w) \times B_p = S_f \times B_f \quad (2)$$

S_f : 各粒径毎の雨天以外の場合の粉じん濃度 $\mu g/m^3$

S_w : " 雨天の " $\mu g/m^3$

A_m : " 雨天の場合の粉じん中に占める Mn 濃度 ppm

A_f : " 雨天以外の " ppm

A_p : " 自然発生源による " ppm

B_m : " 雨天の場合の粉じん中に占める V 濃度 ppm

B_f : " 雨天以外の " ppm

B_p : " 人為的汚染による " ppm

式(1)、式(2)より求められた A_p は、粗大粒子の各粒径毎の自然発生源による粉じん中のMn濃度を示し、これが人為的汚染による粉じん(Mn濃度は0)によって希釈され、また B_p は、微小粒子の各粒径毎の人為的汚染による粉じん中のV濃度を示し、これが自然発生源による粉じん(V濃度は0)によって希釈されたと考えると、自然発生源の寄与率は次式のようになる。

粗大粒子の場合

$$\text{自然発生源の寄与率 (\%)} = 100 \times (\text{各粒径毎の粉じん中のMn濃度}) \div A_p$$

微小粒子の場合

$$\text{自然発生源の寄与率 (\%)} = 100 - 100 \times (\text{各粒径毎の粉じん中のV濃度}) \div B_p$$

浮遊粉じん全体の場合

$$\text{自然発生源の寄与率 (\%)} = \frac{1}{100} \sum_{n=1}^5 (\text{各粒径毎の自然発生源の寄与率}) \times (\text{各粒径毎の粉じんの重量百分率})$$

こうして求めた浮遊粉じんの自然発生源の寄与率を表-13に示す。

表-13の算出結果より、自然発生の寄与率は粗大粒子においては雨天の場合、福井市、三国町でそれぞれ67.3%、45.9%で、雨天以外の場合、80.7%、59.1%であった。微小粒子においては雨天の場合、福井市、三国町でそれぞれ2.1%、21.1%で雨天以外の場合、1.3%、10.4%であった。粉じん全体に対する自然発生源による寄与率は雨天の場合、福井市、三国町でそれぞれ42.0%、37.9%であり、雨天以外の場合49.0%、38.6%であった。この寄与率を粉じん濃度に換算すると、雨天

表-13 浮遊粉じんの自然発生源の寄与率

測定地点	ステージ番号	指標元素とその濃度 ApまたはBp (μm)	雨天の場合					雨天以外の場合				
			粒径別の自然発生源の寄与率(%)	粒径別の粉じんの重量百分率(%)	粉じん全体に対する寄与率(%)		粗大粒子は子合 た小粒の割合(%)	粒径別の自然発生源の寄与率(%)	粒径別の粉じんの重量百分率(%)	粉じん全体に対する寄与率(%)		粗大粒子は子合 た小粒の割合(%)
					粒径別	合計				粒径別	合計	
福井市	1	Mn	615	56.5	17.9	42.0	67.3	75.8	33.0	25.0	49.0	80.7
	2		284	100.0	17.7			100.0	16.3	16.3		
	3		339	48.1	11.8			67.1	10.8	7.2		
	4	V	159	6.5	11.9	0.8	2.1	4.8	10.7	0.5	0.0	1.3
	5		389	0.0	26.9	0.0		0.0	29.2	0.0		
三国町	1	Mn	1096	24.8	32.7	37.9	45.9	42.9	27.8	11.9	38.6	59.1
	2		480	39.4	19.9			56.2	17.9	10.1		
	3		220	100.0	15.2			100.0	12.2	12.2		
	4	V	233	52.8	12.9	6.8	21.1	35.1	12.5	4.4	0.0	10.4
	5		466	0.0	19.4	0.0		0.0	29.7	0.0		

の場合と雨天以外の場合にはそれぞれおよそ福井市 $30\mu\text{g}/\text{m}^3$, $60\mu\text{g}/\text{m}^3$, 三国町 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$, $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ である。

今後、本方法より算出した寄与率の検証方法あるいはまた今回使用したMn, V以外の指標元素の探索も必要と考えられる。

4. 多元素分析調査

(1) 調査結果の概要

5 試料を採取し、大阪府立放射線中央研究所の協力を得て中性子放射化分析法およびケイ光X線分析法を併用し、41元素を分析した。表-14に測定結果の一覧表を示す。また、種々の元素濃度の汚染の有無を判定したり、汚染の特徴を大局的に知るため真室らが提案している相対濃度¹⁰⁾を、図-7に示す。ここでの相対濃度は、全国152ヶ所の幾何平均値に対する比であり、下式に示される式で求められた値である。

$$C_{ri} = C_i / \bar{C}$$

C_{ri} : 相対濃度 $\bar{C}$: 幾何平均値

$$\bar{C} = n \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i^2}$$

C_i : 地点iの元素濃度測定値

相対濃度の判定基準として次のように真室らは提案している。

- ① 相対濃度 0.5 ~ 2.0 の元素は、一応特異性はないものとみなす。
- ② 相対濃度 0.5 以下の元素については、低濃度であるとみなす。
- ③ 相対濃度 2 以上の元素については、高濃度であるとみなす。

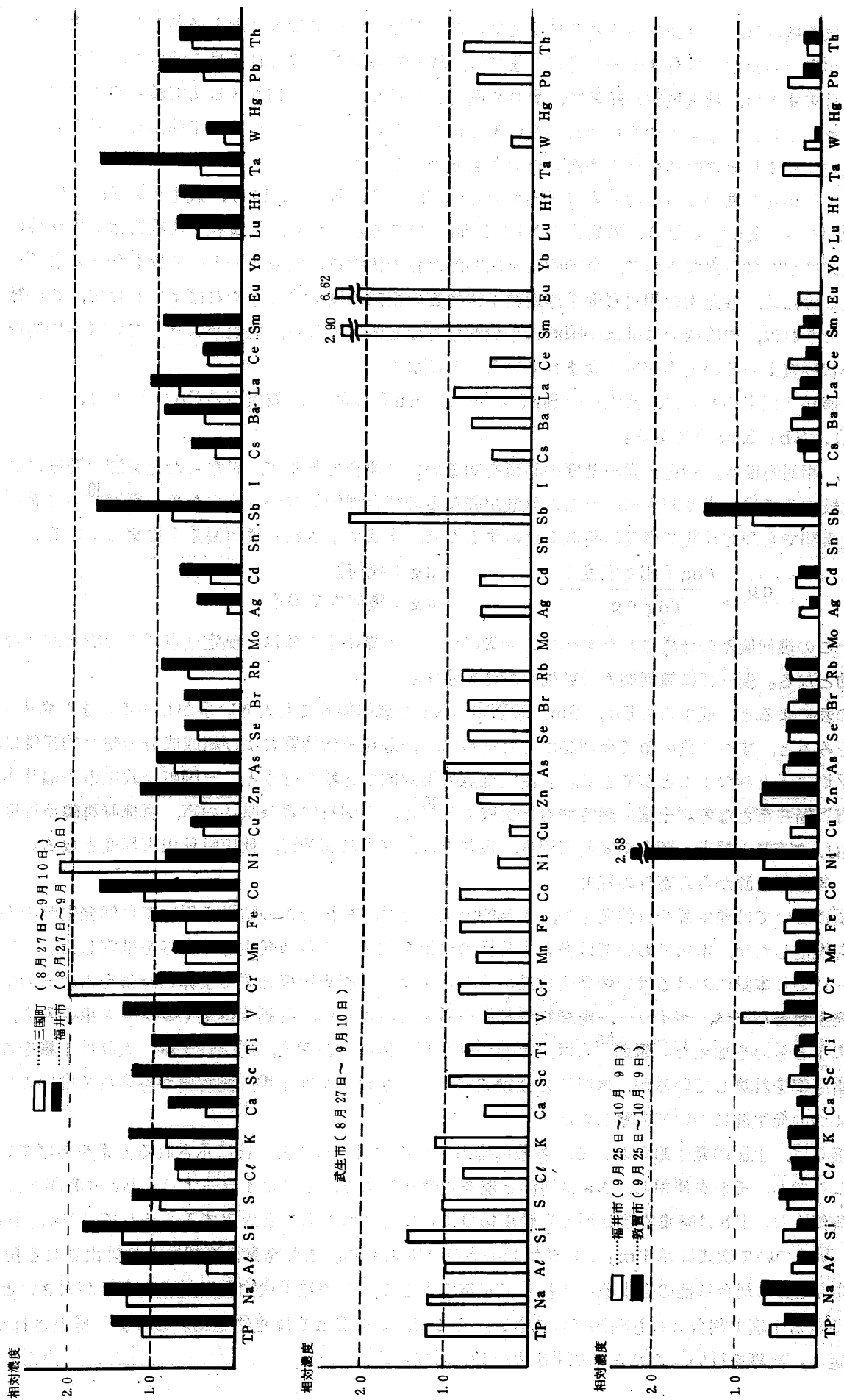


図-7 各種元素等の相対濃度図

注：T.Pとは、浮遊粒子状物質のことである。

なお気象概況は、8月28日～9月7日まで気圧の谷が短い周期で日本付近を通過したので雲の広がった日が多かったが、9月8日～9月10日までは、移動性高気圧に覆われて良く晴れた。また9月25日以降月末までは、秋雨現象が顕著で、曇りや雨の日が多く、10月上旬も8日まで曇りや雨の悪い天気が続き、9日10日ようやく秋晴れの良い天気になった。なお、9月30日夜半前から10月1日未明は台風16号が奥越東部県境付近を通過したので暴風雨となった。

図-7より相対濃度が2以上の元素は三国町のCr(2.06)、Ni(2.14)、武生市のSb(2.20)、Sm(2.90)、Eu(6.62)、敦賀市のNi(2.58)である。しかし、浮遊粒子状物質は気象条件によって濃度がかなり異なるので、全国的な平均的浮遊粒子状物質の組成成分との差異も調べる必要がある。このため、各元素の相対濃度を浮遊粒子状物質の相対濃度で除してやればよいわけで、この数値が1であれば、組成成分はほぼ全国的に平均的なものと同じになり、数値が大きくなれば平均的浮遊粒子状物質よりその元素が多く含まれていることになる。

この数値が2以上のものは、武生市のSm(2.36)、Eu(5.38)、敦賀市のCo(2.00)、Ni(7.17)、Sb(3.83)である。

次に、相対濃度は、特定元素の濃度の高低を知るのには便利であるが、異なった元素間の濃度の高低を比較するには、濃度測定値の分布の分散が異なるので合理的でない。そのため、真室⁽¹⁰⁾らは異なった元素間でも同じ尺度で濃度の高低を比較するため、次式で示される幾何偏差を提案している。

$$dg = \frac{\log(\text{相対濃度})}{\log \sigma g} \quad \begin{array}{l} dg : \text{幾何偏差} \\ \sigma g : \text{幾何標準偏差} \end{array}$$

またこの幾何偏差の分析されたすべての元素についての算術平均値は、測定地点ごとの総合的評価の一助となる。表-15に幾何偏差の算術平均値を示す。

この表によると、武生市のEu、Sm、敦賀市のNiが幾何偏差でも大きい事がわかる。また算術平均値をみると、すべて負の値で今回測定した地点は、浮遊粒子状物質および組成成分の総合的評価は、全国平均以下とみなすことができる。4測定地点の相対的な比較を行うと、三国町>武生市>福井市、敦賀市>福井市となる。全国の測定地点と比較する⁽¹⁰⁾と、三国町は青森県八戸市、京都府舞鶴市程度、武生市は、新潟県上越市、岡山県備前市程度、福井市は、富山県高岡市、秋田県秋田市程度となる。

(2) 各種発生源からの寄与の程度

前項においては発生源を自然発生源、人為的汚染に分け、粒径分布の結果を用いて自然発生源の寄与率を推定したが、本項においては多元素分析の結果を利用して各種発生源の寄与を推定した。

表-12より本県におけるばい煙発生施設のうちボイラー、廃棄物焼却炉で全体の88%を占めるので、固定発生源としては、ボイラー、廃棄物焼却炉を考えた。さらに、自動車排気(ガソリン車のみ)、海洋によるものを加えた。溝畑⁽¹⁵⁾らは、上記の発生源の他に、鉄鋼業、局所性土壌、大陸性土壌を加えて寄与率を計算しているが、本県には鉄鋼業は少く、また局所性土壌の測定値が得られてないので、上記4つの発生源について考察した。

溝畑らは、上記の発生源において、多量に排出される元素として表-16に示される元素をあげている。ここでも、それを使用し、Naは海洋と廃棄物焼却炉より、Vはボイラーより、Brは海洋と自動車排気より、Pbは廃棄物焼却炉と自動車排気より排出されたものと仮定する。そして、Na、Br、Pb、Vについて次式に示すmj(各発生源の寄与)を求める。また廃棄物焼却炉より排出される粉じん中のZnの割合は他の発生源に比較して非常に大きく、浮遊粒子状物質に対する寄与が大きいと考えられる土壌中割合よりも約90倍程大きい。そこで、このZnを廃棄物焼却炉のみより排出されたと仮定し、計算を行い、これらの結果を表-19に示す。

表-15 幾何偏差分類表

$$C_m = \sum_j m_j \cdot C_{mj}$$

 C_m : m元素の大気中濃度 (ng/m³)

 m_j : 発生源 j の大気浮遊粒子状物質への質量濃度としての寄与 (ng/m³)

 C_{mj} : 発生源 j の粒子中の m 元素の濃度割合

測定地点	三 国 町	福 井 市	武 生 市	福 井 市	敦 賀 市
測定期間	54. 8. 27 ~ 9. 10	54. 8. 27 ~ 9. 10	54. 8. 27 ~ 9. 10	54. 9. 25 ~ 10. 9	54. 9. 25 ~ 10. 9
3 以上			Eu		
2 ~ 3					
1 ~ 2			Sm		Ni
0 ~ 1	TP, Na, Si, Cr, Co Ni	TP, Na, Al, Si, S K, Sc, Ti, V, Cr Co, Zn, As, Rb, Sb La, Ta	TP, Na, Si, K, As Sb		Sb
-1 ~ 0	S, Cl, K, Sc, As Mn, Fe, Cu, Zn, As Se, Rb, Sb, La, Sm Lu, Ta, Th	Cl, Ca, Mn, Fe, Ni Cu, Se, Br, Ag, Cd I, Cs, Ba, Sm, Lu Hf, W, Pb, Th	Al, S, Cl, Ca, Sc Ti, V, Cr, Mn, Fe Co, Zn, Se, Br, Rb Ag, Cd, Cs, Ba, La Ce, Pb, Th,	V, Cr, Ni, Cu, Zn As, Sb	Na, Cl, Co, Zn, Se
-2 ~ -1	Al, Ca, V, Br, Ag Cd, I, Cs, Ba, Ce W, Pb	Ce	Ni, Cu, I, W	TP, Na, Al, Si, Cl Sc, Ti, Mn, Fe, Co Se, Br, Rb, Ag, Cd Ba, Ce, Sm, Ta, W Pb	TP, S, Ca, V, Cr Mn, Fe, As, Br, Rb Cd, Cs
-3 ~ -2				S, K, Ca, Cs, La Eu, Th	Al, Si, K, Sc, Ti Cu, Ag, I, Ba, La Ce, Sm, W, Pb, Th
-3 未満				I	
算術 平均値*	-0.602 n=36 (-0.592)	-0.028 n=37 (-0.034)	-0.117 n=35 (-0.298)	-1.504 n=36 (-1.488)	-1.689 n=34

* : 算術平均値の () 値は、全測定地点で測定値の得られた 33 元素と浮遊粒子状物質 (TP) の幾何偏差の算術平均値である。

表-16 各種発生源よりの粒子中の濃度割合

元 素	発生源 局所性土壌*	海 岸	廃棄物焼却炉	重油燃焼ボイラ	自 動 車 排 気
Na	0.013	0.31	0.12	0.010	—
Al	0.068	0.000010	0.0042	0.0021	—
K	0.016	0.011	0.20	0.00085	—
V	0.000061	—	0.000027	0.0092	—
Fe	0.039	—	0.0061	0.0046	0.014
Zn	0.00029	—	0.026	0.00040	0.0025
Br	0.0000013	0.0019	0.00083	0.0000085	0.0095
Pb	—	—	0.017	0.00033	0.046
含有量の多い元素	Al	Na	Na, K	V, Fe	Br, Pb

* 局所性土壌は、大阪におけるものである。

表－１７ 各種発生源よりの浮遊粒子状物質への寄与

測定地点	三 国 町			福井市(8/27～9/10)			武 生 市			福井市(9/25～10/9)			敦 賀 市		
発 生 源	m j ^{*2}	S p ^{*3}	寄与率(%)	m j	S p	寄与率(%)	m j	S p	寄与率(%)	m j	S p	寄与率(%)	m j	S p	寄与率(%)
海 洋	2000		4.9	1500		2.9	1600		3.6	710		3.5	1000		7.7
重油燃焼ボイラー	540		1.3	2000		3.7	740		1.6	1300		6.5	470		3.5
自動車排気	160	40.4	0.4	550	52.8	1.0	590	44.8	1.3	250	20.2	1.2	78	13.2	0.6
廃棄物焼却炉	2200		5.5	4400		8.3	2700		5.9	1600		7.8	960		7.3
“ *1	1800		—	4600		—	2500		—	2700		—	2600		—

*1：Znを指標として求めた場合

*2：各種発生源よりの大気浮遊粒子状物質への質量濃度としての寄与(ng/m^3)*3：大気中浮遊粒子状物質濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

表－17より海洋は、三国町と敦賀市、重油燃焼ボイラーは、福井市、敦賀市、自動車排気は福井市、武生市、廃棄物焼却炉は、福井市、敦賀市で寄与率が高くなっており、各地点の特徴を表わしていると考えられる。また浮遊粒子状物質への寄与率をみると4種の発生源からの合計は12.1～19.1%と考えられる。なお溝畑ら¹⁹⁾による計算結果では4種の発生源による寄与は10.5%であり、土壌起源についてのそれは31%であった。

今回行った計算では、土壌起源について計算していないので、今後土壌起源も含めて、各種発生源より排出される物質の元素組成を求めることにより、更に正確さを増すと考えられるので、今後発生源における粒子および環境大気中の粒子状物質調査によるデータの蓄積が必要と考えられる。

Ⅳ 結 語

今回の調査結果より次の知見が得られた。

1. 県内5地点の各濃度の年平均値は、浮遊粒子状物質23～36、硫酸根4.3～5.5、硝酸根0.4～1.2、塩素0.3～0.9、Fe 0.1未満～0.3、Ni 0.004～0.014、Zn 0.03～0.10、Mn 0.01未満～0.01、Pb 0.03～0.08、Cd 0.001未満～0.001、V 0.003～0.016 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。
2. 酸性ミストの調査では、硫酸濃度として年平均値で0.7～0.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、各地点の差は見られなかった。
3. 粒径分布調査より福井市、三国町における粗大粒子中の鉄およびマンガンはほとんど土壌起源であり、微小粒子中のバナジウムは燃焼由来と考えられる。

自然発生による粉じんの寄与率は、福井市で雨天の場合42.0%、雨天以外の場合49.0%、三国町で雨天の場合37.9%、雨天以外の場合38.6%と推定された。この寄与率で粉じん濃度に換算するとおおよそ福井市で雨天の場合30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、雨天以外の場合60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、三国町で雨天の場合、15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、雨天以外の場合、25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ である。

4. 多元素分析の調査では、浮遊粒子状物質および各成分の総合評価は、各地点とも全国平均以下と考えられる。しかし、成分毎にみると、武生市のSm、Eu、敦賀市のNi、Sbが全国平均を上回っており今後も調査は必要と考えられる。また、海洋、重油燃焼ボイラー、自動車排気(ガソリン車のみ)、廃棄物焼却炉による浮遊粒子状物質への寄与を算出した結果、各地点それぞれの特徴がみられた。

今後、本報告において得られた結果を加味して調査を行い各種のデータの蓄積を計り、浮遊粒子状

物質の常時監視および発生源の寄与について明らかにしていきたい。

V 謝 辞

本調査の実施にあたり、多元素分析に御協力および御指導をいただいた大阪府立放射線中央研究所 真室哲雄氏、溝畑朗氏および試料採取に御協力いただいた敦賀市環境保全課、武生市環境課をはじめとする関係各位に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 大喜田敏一他：“環境保全研究成果集（Ⅰ） 昭和51年度” P13-1
- 2) 落井勅他：本報，6， 133（1976）
- 3) “環境測定分析参考資料 第3分冊” P 366（1978） 環境庁企画調整局研究調整課編
- 4) 角皆静男：“雨水の分析”，P 94（1972），（講談社）
- 5) 山根靖弘他：衛生化学，20， 36（1974）
- 6) 昭和53年度国設大気測定結果 環境庁大気保全局大気規制課
- 7) 辻川照之他：日本公衛誌 18， 363（1971）
- 8) 山本匡利他：兵庫県公害研究所研究報告，10， 24（1978）
- 9) 杉前昭好：環境技術，6， 642（1977）
- 10) 昭和52年度環境庁委託事業 環境大気調査結果解析報告書 昭和53年3月，大阪府立放射線中央研究所編
- 11) 環境白書 昭和54年版 福井県 P 43
- 12) 真室哲雄他：大気汚染学会誌，14， 190（1979）
- 13) 同 上 14， 296（1979）
- 14) 小玉博英他：本報，8， 217（1978）
- 15) 溝畑朗他：第20回大気汚染学会講演要旨集 P 436（1979）