

2. 硫黄酸化物大規模発生源の環境濃度に及ぼす影響について (第2報)

山田克則，岡島一雄，安井 新

I 緒 言

1)

第1報において福井臨海工業地帯内にある火力発電所の1976年現在における環境濃度への影響について報告したが，その後同工業地帯内にもう一基火力発電所が建設され，1979年3月現在2基の火力発電所が操業している。環境測定の間では1977年4月から，三国局に次いで両発生源に近い高柳局の常時監視テレメータシステムへの接続があり，また同年8月から新設火力発電所の煙突を利用して高層気象データの測定が開始された。そこで1977年，1978年の2年間に収集されたデータにもとづき，今回あらためて大規模発生源としての火力発電所（既設，新設双方）の環境濃度におよぼす影響について調査したので報告する。

表-1 火力発電所の定格

	(既 設)	(新 設)
操 業 開 始 年 月 日	1972 年 9 月	1978 年 6 月
出 力	35 万KW	25 万KW
重 油 消 費 量	76,580 kg/h (メインバーナー) 3,830 kg/h (アフターバーナー)	55,220 kg/h
排 ガ ス 量 (湿 り)	1,157,000 Nm ³ /h	769,000 Nm ³ /h
排 ガ ス 温 度	138 °C	138 °C
煙 突 高	150 m	200 m

II 調査方法

1時間値への影響については第1報と同様に，電算処理により，常時監視測定局（三国，芦原，金津，丸岡，春江，坂井，高柳，鶴，計8局）における二酸化硫黄測定値が一定濃度（15 ppb，30 ppb）を越えた事例を風向別に集計し，かつ風向が両発生源（火力発電所）を見込む方角と隣接方角の場合の事例について，その出現日時と濃度を検索しプリントアウトした。次にX-Yプロッターを用いて環境濃度と風向の経時変化グラフを作成し，先にプリントアウトした事例について濃度上昇が顕著なものを抜き出した。

長時間平均値への影響については1977年，1978年それぞれの年間値において両発生源を見込む方角の風向時の濃度が占める割合を濃度の単位で算出した。

最後にこれらを補足するものとして高層気象データおよび両発生源の排出データをもとに拡散計算による環境濃度への寄与の推定を行なった。

Ⅲ 調査結果と考察

Ⅲ-1 1時間値への影響

表-2に1977年、1978年の2年間に環境濃度が15 ppbおよび30 ppbを越えた頻度を局別風向別に示した。表中丸印を付した風向が両発生源（火力発電所）を見込む方角をあらわす。この風向での頻度が全体の頻度に占める割合は15 ppb オーバーの場合約4%（8局平均、以下同じ）、30 ppb オーバーの場合約2%であった。隣接風向での頻度も含めると15 ppb オーバーの場合約13%、30 ppb オーバーの場合約4%であった。

図-1に測定局が両発生源の風下に位置し、かつ比較的明瞭な濃度上昇が見られた場合の濃度と風向の経時変化を示した。No.18以降の2重丸で番号を囲った事例は両発生源とも稼動していた時の事例であり、No.25は新設施設のみ、それ以外は既設施設のみの稼動時の事例である。これらの事例における最高濃度は新設火力発電所の操業開始前においても、開始後においても約40 ppbであった。

これらの濃度上昇の出現例は夏、春、秋季に見られ、冬季にはほとんど見られない。これは冬季の北西風（内陸方向への風）は風速が大きいこと、また日射が弱いことため大気が比較的安定となり、高煙源からの排出物の地表への到達が妨げられるためと考えられる（図2、表3）。

Ⅲ-2 長時間平均値への影響

表-4に両発生源を見込む方角の風向時の濃度が年間の平均濃度に占める割合を濃度に換算して示した。1977年は0.43 ppb（丸岡）～0.97 ppb（春江）、1978年は0.45 ppb（坂井）～0.92 ppb（春江）であり大差はなかった。従って新設火力発電所の操業開始の影響はこの結果にはあらわれていない。

ここで算出した値には自然界のバックグラウンド濃度や他の発生源の影響が含まれているので、これらを差し引くと両発生源のみの寄与は上記の値以下と考えられる。

Ⅲ-3 拡散計算

図-3に示した両発生源の硫黄酸化物排出量分布から、既設火力発電所の排出量を500 kg/h（175 Nm³/h）、新設火力発電所の排出量を200 kg/h（70 Nm³/h）に選び、排ガス量を各々1,000,000 Nm³/h、650,000 Nm³/hとして大気安定別に拡散計算を行なった結果を図-4に示した。ここで大気安定度毎の風速としては表-5に示した上層風速の集計結果を考慮し、図-4内に示した値を用いた。有効煙突高はコンケーブ式、拡散式はパスキルの拡散幅による正規分布式を用いた。この結果両発生源に起因する重合最大着地濃度は、大気安定度がA（強不安定）で約60 ppb、B（並不安定）で約30 ppb、C（弱不安定）で約20 ppb、D（中立）で約7 ppb程度になると推定される。

拡散計算結果から長時間平均値への寄与を推定するためには、濃度分布を気象条件ごとに重合しなければならず作業量が膨大である。そこで濃度分布をすべて最大着地濃度で代表させ、これに気象頻度を乗じて重合し、上限値の推定を行なった。気象頻度としては表-6に示した風向別大気安定度出現率（風向は高度185 mでの測定値）を、最大着地濃度としては図-4に示した値を用いた。この結果は表-7の小計のようになり、各風向で両発生源の風下となる地点において、長時間平均値への寄与の上限値は、ほとんどの方位で1 ppb未滿、平均0.72 ppbとなる。この計算においてA～D以外

のより安定な大気安定度については夜間の雲量または放射収支量の測定値がないため、安定度D（中立）で代表させた。

Ⅲ-2とⅢ-3で算出した長時間平均値への寄与を評価するに際しては、両発生源の影響は必ずしも1方位に限られるものではないことを考慮する必要がある。従ってこれらの値は上限値としては概算的なものである。

V ま と め

1977, 1978両年に収集されたデータをもとに、福井臨海工業地帯に位置するふたつの火力発電所の環境濃度への影響を調べたところ

1. 1時間値では新設発電所の操業開始前においても開始後においても、発生源の風下で最大約40ppbの濃度のピークが得られた。
2. 年平均濃度への影響は1977年も1978年も各観測局で1ppb未満であり、両年の間に大きな変化は見られない。
3. 拡散計算では、大気安定度が強不安定（A）の場合、両発生源の重合最大着地濃度は約60ppbになると推定される。また長時間平均値への寄与は1ppb未満と推定される。

V 結 語

第1報に引き続き、硫黄酸化物大規模発生源である火力発電所の環境濃度への影響について新しいデータをもとに調査した。第1報の1976年のデータによる調査結果と比較すると大きな変化はないが両発生源の影響が考えられる濃度上昇例としては約10ppb高い濃度が観測されている。これは新設発電所の操業開始前と開始後の双方に見られており、発生源の増加と関連づけることはできない。しかし新設発電所の影響を結論するには操業開始後まだ十分時が経っていないので、なおデータの蓄積を待つ必要があると考えられる。

- 1) 山田克則 他 : 本報, 6, 91 (1976)

表-2 風向別濃度出現頻度 (1977/1 ~ 1978/12)

(15 ppb オーバー)

	三 国	芦 原	金 津	丸 岡	春 江	坂 井	高 柳	鶉
CALM	47	75	50	68	47	29	16	8
N	463	430	514	351	467	271	88	○ 101
NNE	664	607	654	137	260	99	103	48
NE	269	322	184	57	127	48	89	13
ENE	167	110	64	39	58	38	46	14
E	272	148	54	35	92	54	60	58
ESE	509	333	150	106	194	110	113	278
SE	889	511	363	419	790	543	308	194
SSE	1,230	813	390	810	2,066	1,107	842	41
S	513	838	556	733	1,599	786	460	78
SSW	119	267	149	325	293	146	78	33
SW	135	107	74	126	127	62	30	30
WSW	268	○ 194	96	87	96	38	18	39
W	183	327	○ 205	95	115	63	50	62
WNW	367	196	188	○ 200	294	○ 132	71	136
W	295	271	122	444	○ 363	246	○ 123	120
NNW	○ 176	286	226	532	345	263	68	91
ALL	6,566	5,835	4,039	4,564	7,333	4,035	2,563	1,344

(30 ppb オーバー)

	三 国	芦 原	金 津	丸 岡	春 江	坂 井	高 柳	鶉
CALM	2	0	1	3	2	3	0	0
N	2	0	5	5	3	0	1	○ 0
NNE	6	0	14	1	3	0	1	0
NE	4	0	5	1	5	0	1	0
ENE	6	0	1	0	2	2	3	0
E	9	2	0	1	6	1	4	2
ESE	23	4	2	1	21	3	8	0
SE	44	10	10	3	89	18	23	1
SSE	31	14	10	18	272	40	68	0
S	8	2	8	24	203	49	17	1
SSW	2	2	0	18	18	5	2	0
SW	0	0	0	3	5	1	2	1
WSW	3	○ 1	0	2	2	0	0	0
W	8	4	○ 3	0	2	0	1	0
WNW	27	3	3	○ 2	4	○ 0	0	0
NW	16	3	0	0	○ 3	2	○ 6	0
NNW	○ 6	0	3	3	2	2	3	0
ALL	197	45	65	85	642	126	140	5
火力発電所 からの距離	2.4 km	5.5 km	7.8 km	14.1 km	7.8 km	9.6 km	4.5 km	7.8 km

表3 季節別大気安定度出現頻度 (1977/9 ~ 1978/8)

安 定 度	A	A~B	B	B~C	C	C~D	D, その他
春	1.5 %	3.5 %	4.4 %	2.1 %	11.4 %	4.3 %	72.8 %
夏	1.9 %	4.9 %	8.8 %	3.5 %	13.1 %	4.3 %	63.4 %
秋	0.7 %	3.5 %	4.1 %	2.5 %	7.6 %	5.2 %	76.4 %
冬	0.6 %	1.8 %	2.5 %	2.2 %	3.4 %	2.6 %	86.9 %
年	1.2 %	3.5 %	5.0 %	2.6 %	8.9 %	4.1 %	74.8 %

A (強不安定), B (並不安定), C (弱不安定), D (中立)

表4 火力発電所方角の風向時の濃度の年平均値への寄与

	三 国	芦 原	金 津	丸 岡	春 江	坂 井	高 柳	鶉
1977 年	0.64 ppb	0.45 ppb	0.51 ppb	0.43 ppb	0.97 ppb	0.48 ppb	0.51 ppb	0.63 ppb
1978 年	0.50 ppb	0.52 ppb	0.50 ppb	0.51 ppb	0.92 ppb	0.45 ppb	0.62 ppb	0.66 ppb

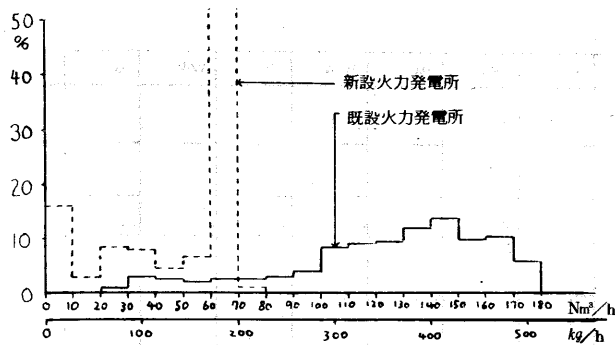


図3 硫黄酸化物排出量頻度 (1977/1~1978/12)

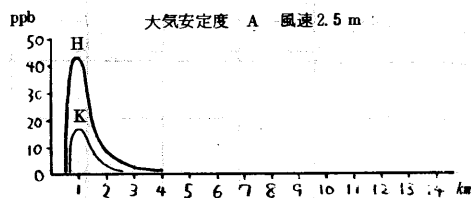
表5 大気安定度別平均風速 (1977/9~1978/8)

バスキル安定度	A	A~B	B	B~C	C	C~D	D・その他
W V	1.3 m/s	1.7 m/s	2.5 m/s	3.5 m/s	4.7 m/s	4.9 m/s	3.6 m/s
W V L	3.0 m/s	2.9 m/s	3.4 m/s	3.8 m/s	5.2 m/s	5.3 m/s	5.5 m/s
W V H	2.3 m/s	2.9 m/s	3.6 m/s	4.0 m/s	5.6 m/s	5.8 m/s	6.3 m/s

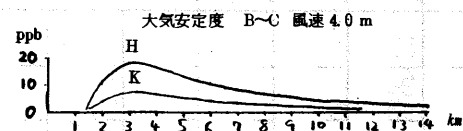
W V: 地上風速 (坂井局)

WVL: 高度 79 m での風速

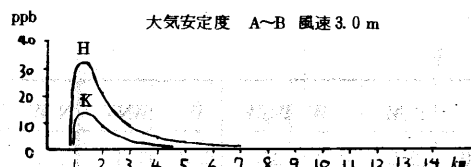
WVH: 高度 185 m での風速



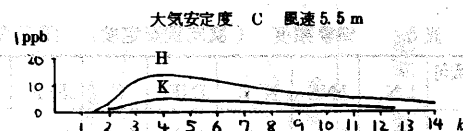
	He	Cmax	x
H	431 m	43 ppb	1 km
K	427 m	17 ppb	1 km



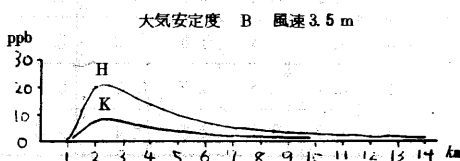
	He	Cmax	x
H	348 m	18 ppb	3 km
K	359 m	7 ppb	3 km



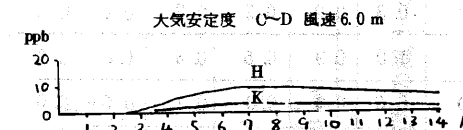
	He	Cmax	x
H	395 m	32 ppb	1.5 km
K	398 m	13 ppb	1.5 km



	He	Cmax	x
H	306 m	14 ppb	4 km
K	326 m	5 ppb	4.5 km



	He	Cmax	x
H	369 m	21 ppb	2.5 km
K	376 m	8 ppb	2.5 km



	He	Cmax	x
H	296 m	9 ppb	7.5 km
K	318 m	3 ppb	8 km

図4 拡散計算結果

H: 既設火力発電所 He: 有効煙突高

K: 新設火力発電所 Cmax: 最大着地濃度

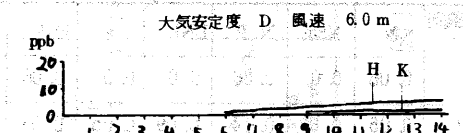
X: 最大着地濃度出現距離

SOx排出量: 500 kg/h 200 kg/h

排ガス量: 1,000,000 Nm³/h 650,000 Nm³/h

排ガス温度: 140 °C 140 °C

煙突高: 150 m 200 m



	He	Cmax	x
H	296 m	5 ppb	17 km
K	318 m	2 ppb	19 km

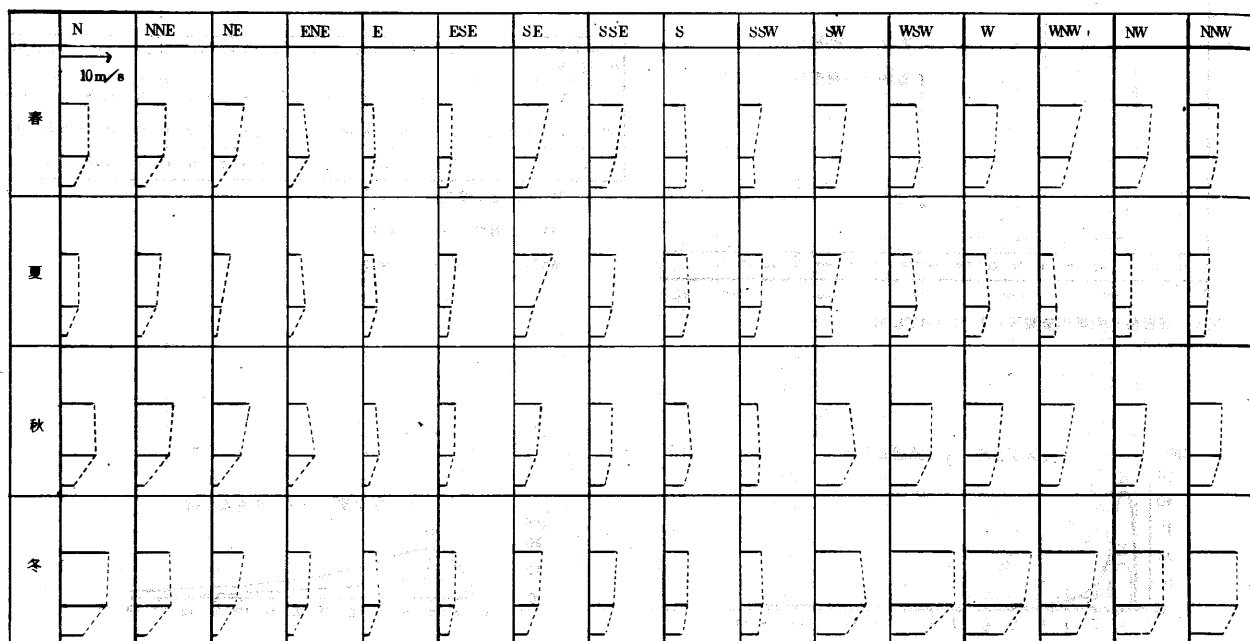


図2 高度別風向別季節別風速 (185 m, 79 m, 20 m, 1977/12 ~ 1978/11)

表6 気象頻度 (風向別安定度, 1977/9 ~ 1978/8, 単位 %)

安定度 風向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
A	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0
A~B	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.6	0.3	0.2	0.1	0.2	0.1
B	0.4	0.2	0.4	0.4	0.1	0.1	0.3	0.5	0.2	0.2	0.7	0.4	0.2	0.2	0.3	0.3
B~C	0.3	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1
C	1.0	0.9	0.5	0.3	0.0	0.2	0.7	1.1	0.4	0.3	1.0	0.8	0.5	0.2	0.3	0.8
C~D	0.6	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.2	0.8	0.2	0.1	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.3
D・その他	4.4	3.7	6.2	5.1	2.4	2.7	7.5	14.3	6.0	2.7	3.2	3.1	2.8	2.4	2.6	4.3

表7 気象頻度に最大着地濃度を乗じた値 (ppb)

安定度 風向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
A	0.06	0.0	0.06	0.0	0.0	0.06	0.06	0.0	0.0	0.0	0.12	0.12	0.0	0.06	0.06	0.0
A~B	0.05	0.09	0.14	0.09	0.05	0.09	0.09	0.09	0.05	0.05	0.27	0.14	0.09	0.05	0.09	0.05
B	0.12	0.06	0.12	0.12	0.03	0.03	0.09	0.15	0.06	0.06	0.20	0.12	0.06	0.06	0.09	0.09
B~C	0.08	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	0.03	0.08	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05	0.03	0.05	0.03
C	0.19	0.17	0.10	0.06	0.00	0.04	0.13	0.21	0.08	0.06	0.19	0.15	0.10	0.04	0.06	0.15
C~D	0.07	0.05	0.04	0.01	0.00	0.00	0.02	0.10	0.02	0.01	0.05	0.04	0.02	0.01	0.01	0.04
D・その他	0.31	0.26	0.43	0.36	0.17	0.19	0.53	1.00	0.42	0.19	0.22	0.22	0.20	0.17	0.18	0.30
小 計	(0.88)	(0.68)	(0.94)	(0.69)	(0.25)	(0.41)	(0.95)	(1.63)	(0.66)	(0.40)	(1.08)	(0.84)	(0.52)	(0.42)	(0.54)	(0.66)

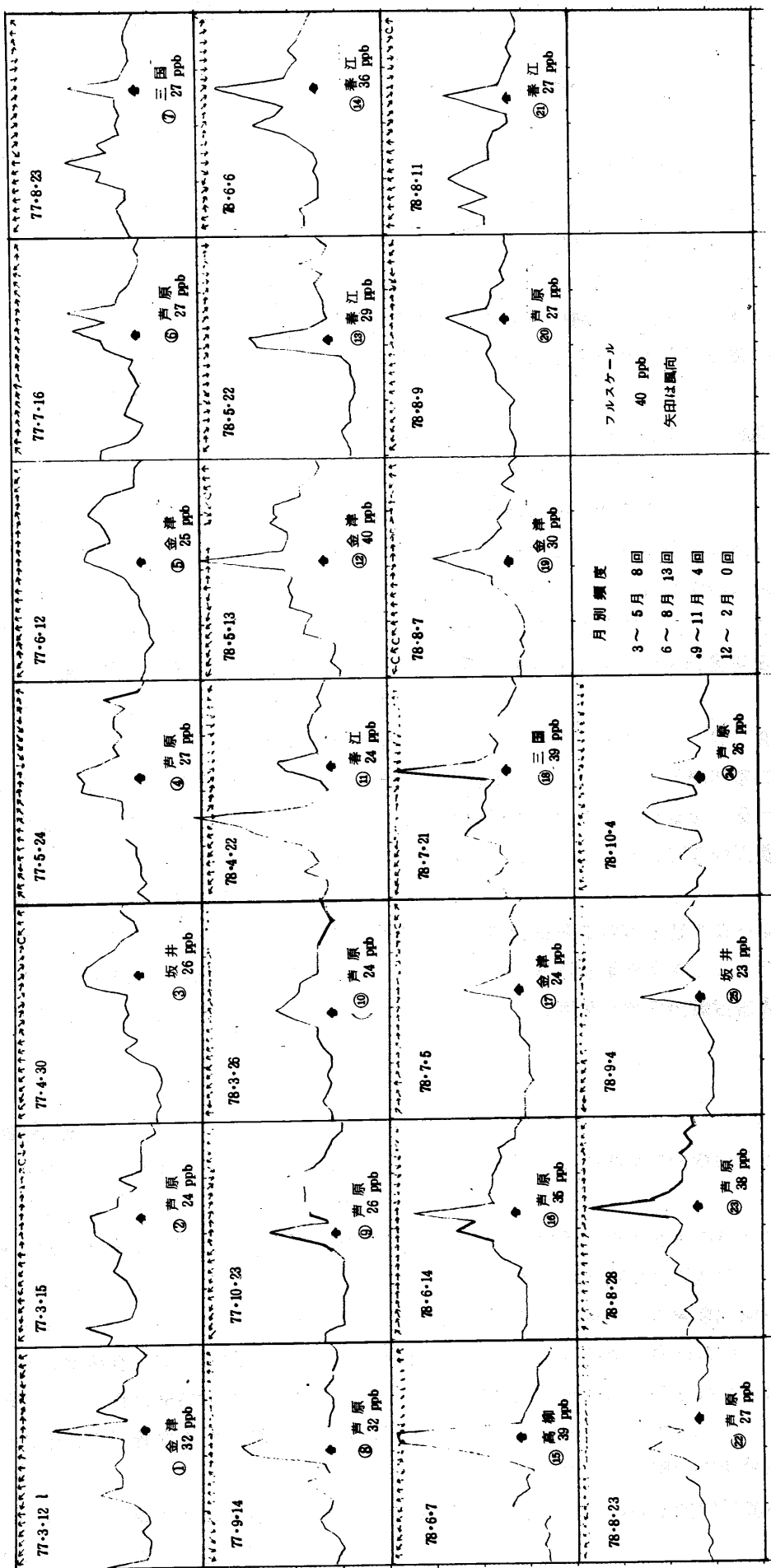


図1 火力発電所の風下でのSO₂濃度上昇例 (1977/1～1978/12)