

# 内陸工業団地規模の工場群からの大気汚染と汚染防止に対するアセスメント

(4) 中規模工業都市における合理的  
大気汚染制御

工藤市兵衛・近藤高司・佐田栄三\*・熊沢英博\*

## Development of Environmental Assessment Technique for Air Pollution from Industries Situated in Inland Area and Its Control

(4) Rational Air Pollution Control for Middle Scale Industrial Urban Area

Ichibei KUDO, Takashi KONDO, Eizo SADA\* and Hidehiro KUMAZAWA\*

内陸工業団地規模の工場群から発生する大気汚染の正確な予測手法と環境影響評価の手法の確立を目的とした一連の研究の事例研究として能褒野工業団地の大気環境へ大きな影響を与える鈴鹿地域における二酸化硫黄に関する環境基準を合理的に満足する汚染削減方式について種々検討した。

### 緒言

内陸工業団地は、沿岸部工業地帯と異なり、住宅、農耕地に近く、また環境容量も比較的小さいことが多い。したがって、より精度の高い環境調査に基づく公害対策の必要性が強調されている。環境容量の小さな内陸工業団地の合理的な大気汚染制御には、他地域からの移流による汚染の重合を把握する必要がある。著者らは前報<sup>1)</sup>において、まず能褒野工業団地の硫酸化物汚染の現況、種々な気象要素のもとでの汚染の予測、および将来の生産能力に対する汚染の予測を、観測結果と地形効果を考慮に入れた煙流の Puff モデルによる大気拡散シミュレーションに基づいて行った。つぎに、上述の点を考慮して能褒野工業団地に隣接する鈴鹿市の二酸化硫黄汚染の現況を評価し、汚染低減化対策を種々検討した<sup>2)</sup>そして、能褒野・鈴鹿両地域をアセスメントの対象とすべきことを指摘した。本研究では、能褒野工業団地を含めた鈴鹿地域の大気環境を保全するための汚染質（二酸化硫黄）排出削減対策について種々検討し合理的な削減対策を提案した。

### 1. 大気拡散シミュレーション

#### 1・1 拡散計算式

前報<sup>2,3)</sup>と同様、計算対象地域が東西17.5km, 南北17.5kmと広く、環境評価をきめ細かく行うために広い気象条

件を入力する必要がある。さらに、長期平均汚染濃度の算出を必要とするため、計算時間の関係で大気拡散式には、Plume モデルを用いた。このモデルは、煙流の濃度分布に正規分布を仮定したもので、有風時の大気拡散シミュレーションに広く利用されている。<sup>4)</sup>

Plume モデルによると、地表面 ( $z=0$ ) の汚染濃度は次式で与えられる。

$$C(x, y, 0) = \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_z U} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \exp\left(-\frac{H_e^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (1)$$

ここで、

$x$  : 風向に沿った風下距離 (m)

$y$  :  $x$  軸に直角な水平距離 (m)

$Q$  : 煙源から排出される汚染物質の量 ( $\text{Nm}^3/\text{s}$ )

$U$  : 風速 (m/s)

$H_e$  : 有効煙突高 (m)

$\sigma_y$  : 横方向拡散幅 (m)

$\sigma_z$  : 鉛直方向拡散幅 (m)

$C(x, y, 0)$  : 地点( $x, y$ )における地表の濃度( $\text{m}^3/\text{m}^3$ )

#### 1・2 拡散パラメータ

大気拡散式中で用いられる、拡散パラメータ、 $\sigma_y, \sigma_z$ には、前報<sup>2,3)</sup>では、Suttonの式を用いたが、本研究では、風速、日射量、雲量等の気象要素、大気安定度との対応が明確であり、大気安定度分類も精密であるPasquill-Giffordの線図を用いた。図1, 2は、Pasquill-

\* 京都大学工学部

Gifford の横方向拡散幅  $\sigma_y$ 、鉛直方向拡散幅  $\sigma_z$  の風下距離に対する関係を示す。図中の A~F は大気安定度分類で表 1 のように与えられる。

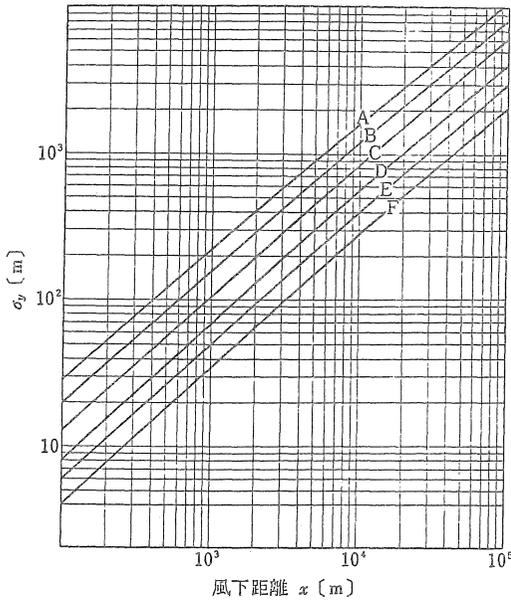


図 1 横方向拡散幅(Pasquill-Gifford)

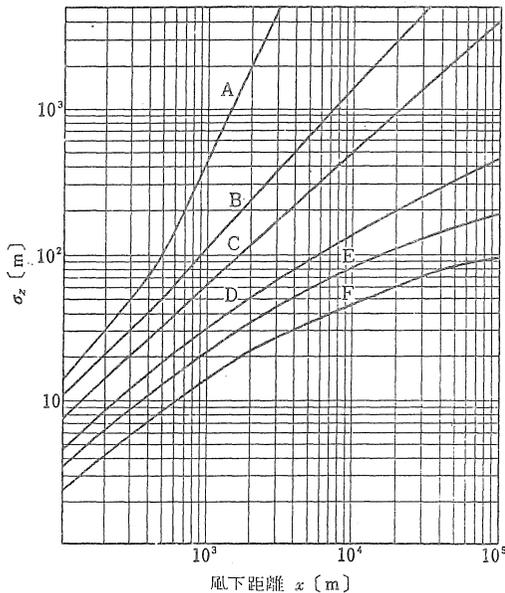


図 2 鉛直方向拡散幅(Pasquill-Gifford)

表 1 Pasquill の安定度分類

地上風速 (m/s)	日射量 (cal/cm <sup>2</sup> /h)			本 日 (8~10) 本日の夜	上 夜 (10~5) 中、下 夜 (7~5)	曇 日 (4~0)
	>50	49~25	<24			
< 2	A	A~B	B	D	—	—
2~3	A~B	B	C	D	E	F
3~4	B	B~C	C	D	D	E
4~6	C	C~D	D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D	D

ただし、A：強不安定、B：並不安定、C：弱不安定、D：中立、E：弱安定、F：並安定

### 1・3 有効煙突高

前報<sup>2,3)</sup>と同様、中小煙源を対象とした実験式である CONCAWE の式<sup>4)</sup>を用いた。それによると煙の上昇高さ  $\Delta H$  は

$$\Delta H = 0.175 \cdot Q_H^{1/2} / U^{3/4} \quad (2)$$

で与えられるので、有効煙突高はつぎの式で与えられる。

$$He = Ho + \Delta H \quad (3)$$

ここで、

Ho：煙突の実高 (m)

$\Delta H$ ：煙の上昇高さ (m)

$Q_H$ ：煙の排出熱量、 $= \rho_a Q_o c_p \Delta T$ , (cal/s)

$\rho_a$ ：排ガス密度 ( $\approx 1.225 \times 10^3 \text{ g/m}^3$ )

$Q_o$ ：総排ガス量 (Nm<sup>3</sup>/s)

$c_p$ ：排ガスの定圧比熱 ( $\approx 0.24 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ )

$\Delta T$ ：排ガス温度と気温の温度差 ( $^\circ\text{C}$ )

### 2. 大気汚染制御のための線形計画法

複数個の汚染源に対して環境基準または目標値を満足するように汚染質の排出量を合理的に割り付けるには、線形計画法を用いることができる。すなわち大気拡散シミュレーションにより汚染質排出強度と汚染質環境濃度の関係が定量化 (両者は比例している) できるので、それぞれの煙源から環境への汚染寄与濃度を基にして、線形計画法により汚染質排出削減計画を算定することができる。以下、本研究に採用した線形計画法の目的関数、制約条件、および変数の上限値について述べる。

#### 2・1 目的関数

目的関数をつぎのように設定する。各汚染煙源の二氧化硫硫黄の排出量の削減率  $r$  の総和を最小にする。式で表わすとつぎようになる。

$$R_{min} = \sum_{i=1}^n r_i = \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{q_i}{q_{oi}}\right) \quad (4)$$

ここで

$R_{min}$ ：最適目的関数値

$i$ ：煙源番号

$r_i$ ：二氧化硫硫黄排出削減率

$q_i$ ：二氧化硫硫黄排出許容量

$q_{oi}$ ：規制前の二氧化硫硫黄排出量

#### 2・2 制約条件

対象地点における各排出源からの寄与濃度に各排出源の二氧化硫硫黄排出削減率を乗じた削減濃度の総和が対象地点において基準を越える濃度に等しいか、また、それよりも大きくなるように制約式を作る。すなわち

$$Cr \geq b \quad (5)$$

ここで

C：排出源から対象地点への寄与濃度

b : 各対象地点における削減濃度 (環境基準または目標値を越えている濃度)

r : 各排出源の削減率

この場合、各排出源の削減率のとりうる値の範囲は0から1までであるが、現実にとりうる値として削減率の上限値を決めておく必要がある。

なお、線形計画法の計算には、京都大学大型計算機センターライブラリー・HILINPRS33を本研究の目的に合致するように修正したものをを用いた。

### 3. 計算結果および考察

#### 3-1 鈴鹿地域における現況解析

計算対象地域は前報<sup>2)</sup>と同様、鈴鹿市を含んだ東西17

.5km×南北17.5kmである。煙源の位置を図3に、煙源座標、煙突高さ、二酸化硫黄排出量等の煙源資料を表2に示す。鈴鹿地域における年間風配図は図4のように得られている<sup>2)</sup> 気象条件のうち、風向については16方位、風速については弱風2m/s、大気安定度については安定度分類C、C-D、D、D-E (並不安定から中立)を選んだ。

拡散シミュレーションの結果を、汚染濃度別の汚染面積として表わしたものを表3に一括記載する。表より、風向WNWのとき最も高濃度の汚染が出現していることがわかる。この場合、濃度100ppbを越す面積は、2.49km<sup>2</sup>である。しかも風向WNWは、図4から明らかのように年最多風向に一致している。したがって、特に、この風



図3 計算対象範囲と煙源位置

表2 煙源資料

煙源 番号	位置		煙突高さ [m]	排出ガス量 [Nm <sup>3</sup> /s]	SO <sub>2</sub> 排出量 [cc/s]	排ガス温度 [°C]							
	X [m]	Y [m]					1204	16225	12666	12	0.8685	591.7	350.
10101	11370.	8950.	14.	2.1650	180.6	150.	11204	16225.	12666.	12.	0.8685	591.7	350.
10102	11370.	8950.	14.	0.7283	61.1	150.	11205	16225.	12666.	14.	0.7600	583.3	420.
10103	11370.	8950.	14.	1.0925	91.7	150.	11206	16225.	12666.	12.	1.4107	422.2	250.
10104	11370.	8950.	13.	0.1706	808.3	190.	11207	16225.	12666.	27.	3.8833	1525.0	140.
10105	11370.	8950.	14.	0.5627	50.0	150.	11208	16225.	12666.	19.	6.3333	1152.8	120.
10201	7510.	11030.	45.	4.1944	6469.4	263.	11301	13100.	9536.	45.	5.4503	7727.8	240.
10202	7510.	11030.	45.	4.5278	4944.4	250.	11302	13100.	9536.	45.	2.8701	3736.1	270.
10301	11535.	8650.	25.	2.5972	2533.3	270.	11303	13100.	9536.	45.	2.0944	2727.8	250.
10302	11535.	8650.	25.	2.3333	2411.1	320.	11304	13100.	9536.	30.	1.1894	172.2	250.
10401	11160.	11320.	18.	0.1730	277.8	150.	11401	12225.	8395.	45.	1.6667	1863.9	300.
10601	6230.	10880.	24.	0.8678	722.2	235.	11402	12225.	8395.	45.	2.5100	2305.6	270.
10602	6230.	10880.	24.	0.7853	638.9	270.	11403	12225.	8395.	45.	1.6300	2705.6	280.
10603	6230.	10880.	24.	0.9227	750.0	245.	11404	12225.	8395.	26.	2.8833	2633.3	300.
10604	6230.	10880.	30.	2.1169	1719.4	190.	11701	7400.	16240.	15.	1.1901	1519.4	210.
10605	6230.	10880.	30.	2.1169	1719.4	190.	11702	7400.	16240.	15.	1.8172	1563.9	280.
10801	9686.	7525.	10.	0.2624	269.4	270.	11501	12110.	8570.	31.	0.4039	1177.8	130.
10802	9686.	7525.	10.	0.2624	269.4	270.	11502	12110.	8570.	31.	0.4039	1177.8	130.
10901	10170.	11770.	15.	0.0544	394.4	240.	11503	12110.	8570.	31.	1.6050	1683.3	280.
11001	2150.	9670.	9.	0.3000	272.2	300.	11601	11536.	8660.	45.	11.6667	4294.4	395.
11002	2150.	9670.	7.	0.2958	205.6	200.	11602	11536.	8660.	45.	1.8333	2233.3	345.
11101	12825.	8530.	50.	0.9444	2794.4	250.	11603	11536.	8660.	14.	1.2441	1150.0	250.
11102	12825.	8530.	50.	0.9444	2794.4	250.	11801	9835.	10030.	45.	3.4083	1836.1	210.
11103	12825.	8530.	15.	0.2472	261.1	254.	11802	9835.	10030.	45.	1.6972	1444.4	275.
11104	12825.	8530.	15.	0.2472	261.1	254.	11803	9835.	10030.	45.	1.8278	2408.3	230.
11105	12825.	8530.	15.	0.2472	261.1	254.	11804	9835.	10030.	12.	3.3333	966.7	300.
11106	12825.	8530.	15.	0.2472	261.1	254.	12001	9310.	13930.	8.	2.2222	663.9	220.
11107	12825.	8530.	15.	0.2472	261.1	254.	12101	11080.	4810.	10.	0.3642	472.2	250.
11108	12825.	8530.	15.	0.2472	261.1	254.	12102	11080.	4810.	9.	0.2650	344.4	290.
11109	12825.	8530.	15.	0.2472	261.1	254.	12103	11080.	4810.	10.	0.2786	297.2	250.
11110	12825.	8530.	15.	0.2472	261.1	254.	12104	11080.	4810.	15.	0.5667	611.1	370.
11111	12825.	8530.	15.	0.2472	261.1	254.	12301	6905.	12836.	13.	0.7507	913.9	200.
11112	12825.	8530.	15.	0.2472	261.1	254.	12302	6905.	12836.	25.	2.6131	2711.1	250.
11113	12825.	8530.	15.	0.2472	261.1	254.	12303	6905.	12836.	17.	0.5208	497.2	170.
11114	12825.	8530.	15.	0.2472	261.1	254.	12304	6905.	12836.	17.	0.5208	497.2	170.
11115	12825.	8530.	19.	0.1222	130.6	254.	12305	6905.	12836.	25.	2.6131	3174.4	250.
11201	16225.	12666.	25.	3.6667	3038.9	220.	12501	4120.	12766.	15.	0.2258	55.6	150.
11202	16225.	12666.	25.	3.6667	3038.9	220.	12601	3420.	13125.	20.	1.3372	625.0	270.
11203	16225.	12666.	16.	0.9583	794.4	450.	12701	3500.	11000.	10.	0.0569	172.2	300.
							12702	3500.	11000.	10.	0.0569	172.2	300.
							12801	8510.	14060.	15.	5.0278	1641.7	170.

表3 二氧化硫黄汚染面積 [Km<sup>2</sup>]

風向	風速	大気安定度	汚染濃度 [ppb]							
			10-20	20-40	40-60	60-80	80-100	100-150	150-200	200-300
E	2	C-D	18.62	23.91	8.36	3.89	2.12	1.90	0.30	0.24
NE	2	C-D	35.74	26.66	9.60	3.55	1.30	1.21	0.17	0.22
N	2	C-D	30.90	31.72	7.61	2.29	0.67	0.39	0.07	0.15
NW	2	C-D	16.65	15.63	10.92	4.59	1.54	1.06	0.07	0.11
WNW	2	C-D	9.55	6.72	5.34	4.48	2.51	1.90	0.32	0.26
W	2	C-D	9.90	15.54	4.28	2.40	2.10	1.10	0.30	0.24
SW	2	C-D	23.87	15.31	6.68	2.38	1.51	1.17	0.22	0.09
S	2	C-D	11.28	28.26	7.33	2.25	0.63	0.50	0.04	0.15
SE	2	C-D	9.97	26.92	13.19	4.61	1.62	0.71	0.04	0.09
WNW	2	B	8.91	8.12	2.33	1.13	0.52	0.38	0.10	0.06
WNW	2	C	7.26	7.34	6.79	2.77	1.24	0.91	0.19	0.13
WNW	2	C-D	9.55	6.72	5.34	4.48	2.51	1.90	0.32	0.26
WNW	2	D	14.08	7.57	4.42	3.54	2.83	2.70	0.89	0.47

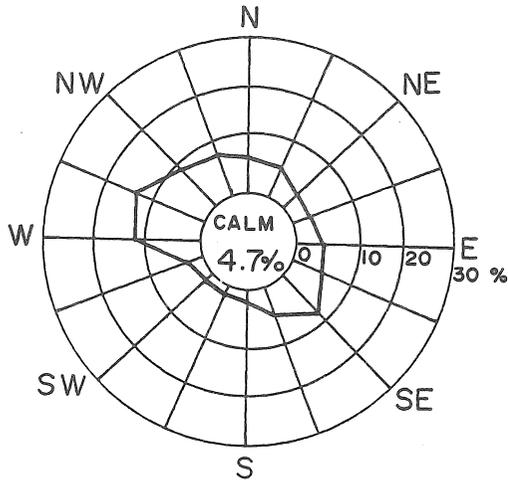


図4 年間風配図 (昭和50年度, 鈴鹿市)

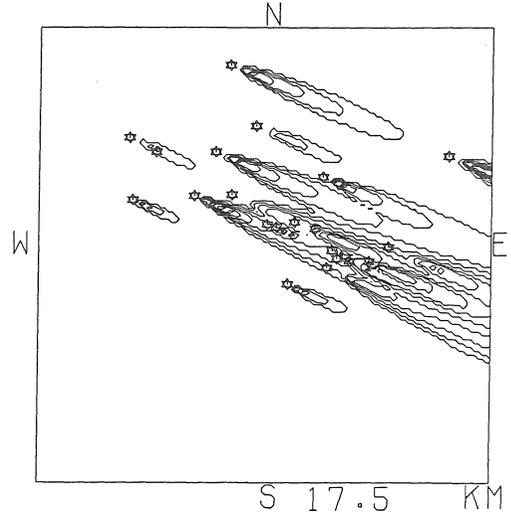


図6 代表的な汚染パターン2 (気象条件:  
風向WNW, 風速2 m/s, 安定度C-D)

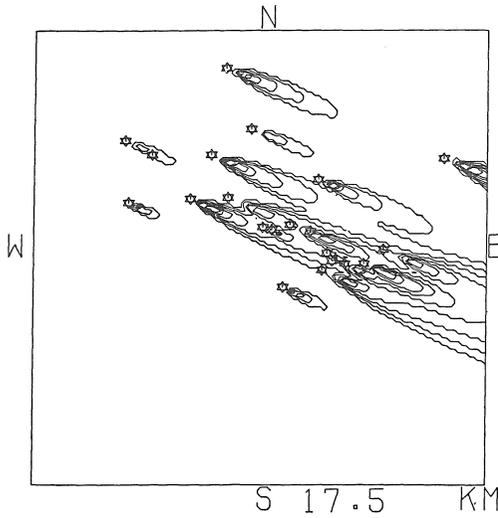


図5 代表的な汚染パターン1 (気象条件:  
風向WNN, 風速2 m/s, 安定度C)

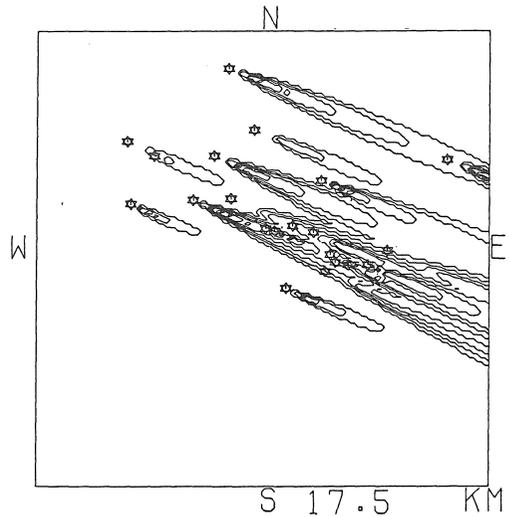


図7 代表的な汚染パターン3 (気象条件:  
風向WNW, 風速2 m/s, 安定度D)

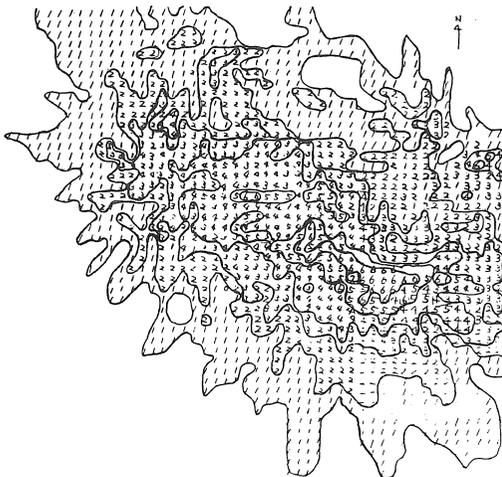


図8 年平均的汚染パターン

レベル	二酸化硫黄濃度 [ppb]
1	2.5~ 5.0
2	5.0~ 7.5
3	7.5~10.0
4	10.0~15.0
5	15.0~20.0
6	20.0~30.0
7	30.0~40.0

表4 煙源別寄与濃度および寄与率

100ppb以上の地点の座標	(17,13)	(19,12)	(21,11)	(22,11)	(23,12)
濃度 [ppb]	121	231	118	133	104
寄与煙源					
10101	1 (1%)	1 (1%)	1 (0%)	1 (1%)	
10102	3 (2%)	1 (0%)			
10103	2 (2%)	1 (0%)			
10104	80 (66%)	8 (3%)	3 (2%)	4 (3%)	
10105	3 (2%)				
10201	4 (3%)	3 (1%)	2 (2%)	5 (4%)	5 (5%)
10202	3 (2%)	2 (1%)	2 (2%)	4 (3%)	4 (4%)
10301		25 (11%)	14 (12%)	7 (5%)	
10302		23 (10%)	13 (11%)	7 (5%)	
10604					1 (1%)
10605					1 (1%)
10901	4 (3%)	2 (1%)	1 (1%)	1 (1%)	
11001	2 (2%)	1 (0%)	1 (0%)	1 (0%)	
11002	2 (1%)	1 (0%)			
11101			6 (5%)	19 (14%)	
11102			8 (7%)	18 (14%)	
11103			1 (1%)	3 (2%)	
11104				3 (2%)	
11105		9 (4%)	2 (2%)	2 (1%)	
11106			1 (1%)	2 (2%)	
11107			1 (1%)	3 (2%)	
11108		17 (7%)	3 (2%)	2 (1%)	
11109		13 (6%)	2 (2%)	2 (1%)	
11110		5 (2%)	2 (2%)	2 (1%)	
11111			2 (1%)	2 (2%)	
11112		4 (2%)	4 (3%)	1 (1%)	
11113		7 (3%)	3 (3%)	1 (1%)	
11114		8 (3%)	3 (3%)	2 (1%)	
11115		2 (1%)	1 (1%)	1 (1%)	
11301					37 (36%)
11302					22 (21%)
11303					18 (17%)
11304					1 (1%)
11401			1 (1%)		
11402			2 (1%)		
11403			2 (2%)		
11404			2 (2%)		
11501		30 (13%)	7 (6%)	6 (4%)	
11502		30 (13%)	7 (6%)	6 (4%)	
11503		23 (10%)	9 (7%)	8 (6%)	
11601				2 (2%)	3 (3%)
11602				2 (1%)	2 (2%)
11603				1 (1%)	1 (1%)
11801				2 (2%)	1 (1%)
11802				2 (1%)	1 (1%)
11803			1 (1%)	3 (2%)	2 (2%)
11804				1 (1%)	1 (1%)
12301	2 (2%)	2 (1%)	1 (1%)	1 (1%)	
12302	6 (5%)	4 (2%)	3 (3%)	3 (2%)	1 (1%)
12303	1 (1%)	1 (0%)	1 (0%)	1 (0%)	
12304	1 (1%)	1 (0%)	1 (0%)	1 (0%)	
12305	7 (6%)	5 (3%)	4 (3%)	3 (2%)	1 (1%)
汚染濃度・寄与率計	121 99%	231 98%	118 97%	133 97%	104 99%

向のとき二酸化硫黄排出削減対策を講ずる必要があり、次節で合理的な削減方法を種々検討する。図5, 6, 7は、この場合の最悪風向(WNW)のときの汚染パターンで二酸化硫黄濃度分布として示したものである。大気安定度の汚染パターンへの影響はあまりない。

つぎに、前報<sup>2)</sup>と同様の方法で、この地域の年平均濃度を算出した。この場合、風速は、年平均値3m/s、大気安定度は中立で代表した。平均濃度分布を図8に示す。これによれば、市街地において濃度は20~30ppbとなっており鈴鹿保健所による年平均濃度の実測値(昭和48年度; 19ppb, 49年度; 20ppb, 50年度; 16ppb)と近い値と言える。

3・2 鈴鹿地域における合理的削減計画

前節において、風向WNWのとき高濃度の汚染面積が

最大になることが判明したので、風向WNWについて二酸化硫黄排出削減対策を考えることにする。まず、環境基準の1時間値100ppbを越える地点と、それに寄与する煙源ならびにその寄与濃度を求めた。対象地域を25×25メッシュに区切った場合、それは表7に示す5点である。表4の第1列がそれに寄与する煙源、第2列が寄与濃度、第3列( )内が寄与率である。高濃度地点(17, 13)において煙源10104が66%寄与しているが、これは低煙突で局地的な高濃度汚染である。他の地点では、煙源10301~10302, 11501~11503の寄与が比較的大きいことがわかる。

この汚染寄与濃度をもとに、それぞれの煙源の二酸化硫黄削減率の総和を最小にするという目的関数を設定して、最適削減率を線形計画法によって求めた。表5が削

表5 規制別適正削減率表

規 制 濃 度	100ppb					90ppb				80ppb				註		
	1.00	0.9	0.8	0.7	0.6	1.00	0.9	0.8	0.7	1.00	0.9	0.8	0.7	燃 料 の 種 類	燃料中の 硫 黄 分 (%)	
対 象 となる 煙 源 数 (本)	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68			
規制メッシュ数	5	5	5	5	5	7	7	7	7	9	9	9	9			
煙源番号																
10101					0.6									0.7	A+灯	0.15
10103														0.7	A+灯	0.15
10104	0.2650	0.2658	0.2658	0.2658	0.0420	0.3750	0.3750	0.3750	0.3002	0.4592	0.4592	0.8	0.7	C	2.5	
10201					0.6	0.3632	0.3632	0.3632	0.2398	1.0	0.9	0.8	0.7	C	2.7	
10202					0.6					0.1051	0.2363	0.3675	0.7	C	2.0	
10301	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	1.0	0.9	0.8	0.7	1.0	0.9	0.8	0.7	C	2.0	
10302	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	1.0	0.9	0.8	0.7	1.0	0.9	0.8	0.7	C	2.0	
10901					0.6									0.7	C	1.94
11001					0.6									0.7	B	2.1
11002														0.1173	B	2.1
11101		0.5392	0.1458	0.1686		0.3072	0.4134	0.6506	0.3838	0.5712	0.6634	0.6506	0.5241	C	2.68	
11105				0.7	0.6			0.8	0.7			0.8	0.7	B	2.3	
11108		0.6005	0.8	0.7	0.6	0.3058	0.9	0.8	0.7	0.6935	0.9	0.8	0.7	B	2.3	
11109			0.7205	0.7	0.6		0.2160	0.8	0.7	0.7116	0.7116	0.8	0.7	B	2.3	
11110					0.6				0.7					0.7	B	2.3
11112					0.6									0.7	B	2.3
11113				0.5030	0.6				0.7					0.7	B	2.3
11114				0.7	0.6			0.5105	0.7			0.5105	0.7	B	2.3	
11115					0.6									0.7	B	2.3
11301	0.1172	0.1172	0.1172	0.1172		0.3359	0.3360	0.5043	0.3381	0.5044	0.5044	0.5043	0.4815	C	2.44	
11501	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	1.0	0.9	0.8	0.7	1.0	0.9	0.8	0.7	B	2.55	
11502	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	1.0	0.9	0.8	0.7	1.0	0.9	0.8	0.7	B	2.55	
11503	0.8783	0.9	0.8	0.7	0.6	1.0	0.9	0.8	0.7	1.0	0.9	0.8	0.8	B	1.9	
12301					0.6									B	2.0	
12302					0.6				0.1962					B	1.70	
12303					0.1586									B	1.88	
12305					0.6			0.0995	0.7	0.0995	0.0995	0.0995	0.0995	B	2.0	
総 計	5.2614	5.5374	6.0494	7.3548	12.8011	6.6873	7.1037	10.1327	9.8582	8.4333	8.9747	10.1327	15.2225			

減率の上限値を1.0~0.7(0.6)と与えたときの適正削減率表である。環境規制濃度を90ppb, 80ppbと設定したときの適正削減率も記載されている。対象地域内の68煙源のうち環境規制濃度, 100ppb, 90ppb, 80ppbに対して, 上限値1.0とすれば, それぞれ, 7, 10, 12煙源に対して削減対策することにより全地域で環境規制濃度を満足することができる。規制濃度を80ppb, 90ppb, および100ppbとした場合, 煙源 10301, 10302, 11501, 11502, 11503の削減率は上限値にまで達しており, この5煙源の高濃度汚染への寄与がきわめて大きいことを示している。表中の最下段に示す適正削減率の総和(目的関数の値)は規制濃度および削減率の上限が高いほど小さくなるが, 削減対策費が最小になる訳ではない。規制対象煙源の削減対策費の総和が最小になるような削減率の上限の最適値を探索する必要がある。そこで, ここ

では, 次善の対策であるが, 上記で問題となった5煙源に対して現実的に低硫黄燃料(硫黄分0.5%)の転換を行い, 二酸化硫黄の排出強度を下げたから他の煙源データとともに線形計画の計算を行なう。

上記の5煙源の燃料を硫黄分0.5%の重油に転換しただけで他の煙源に対しては何ら対策を講じなかったときの汚染パターンを, 参考のため図9に示した。当然, 環境基準100ppbは満足されず, 最高129ppbが算出された。5煙源の新データと他の煙源データをもとに削減率の上限を0.5として適正削減率を計算した。結果を表6に掲げる。先に問題になった5煙源は100ppb規制では何ら削減する必要はないが90ppb規制以下では再び削減の対象となる。70ppb規制においては, 68煙源中27煙源に対し, ほぼ上限値(0.5)までの削減を必要とする。

最適削減計画(規制濃度100ppb)をもとにして, 各

表6 目玉つぶし後の適正削減率

規制濃度	100ppb	90ppb	80ppb	70ppb	注	
対象となる煙突数	68本	68本	68本	68本	燃料の種類	燃料の硫黄分(%)
規制メッシュ数 煙源番号	5	7	9	11		
10101				0.5	A+灯	0.15
10103				0.5	A+灯	0.15
10104	0.2658	0.3750	0.5	0.5	C	2.5
10201		0.3632	0.5	0.5	C	2.7
10202			0.5	0.5	C	2.7
10301		0.5	0.5	0.5	A	0.5
10302		0.3274	0.5	0.5	A	0.5
10901				0.5	C	1.94
11001				0.5	B	2.1
11002				0.4301	B	2.1
11101	0.1244	0.4002	0.5	0.5	C	2.68
11102			0.1568	0.3640	C	2.68
11105	0.5	0.5	0.5	0.5	B	2.3
11108	0.5	0.5	0.5	0.5	B	2.3
11119	0.5	0.5	0.5	0.5	B	2.3
11110			0.0145	0.5	B	2.3
11112				0.5	B	2.3
11113	0.4987	0.5	0.5	0.5	B	2.3
11114	0.5	0.5	0.5	0.5	B	2.3
11105				0.5	B	2.3
11301	0.1172	0.3360	0.5	0.5	B	2.44
11302			0.0332	0.4007	B	2.44
11501			0.5	0.5	A	0.5
11502			0.5	0.5	A	0.5
11503			0.5	0.5	A	0.5
11603			0.1892	0.4211	A	0.9
12305			0.0995	0.4211	B	2.0
総計	3.0062	4.8019	7.9933	13.0372		

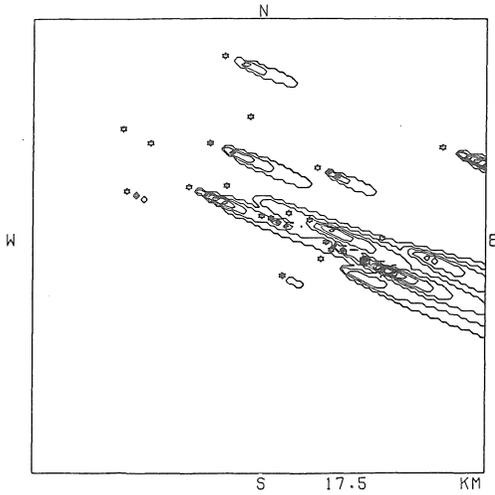


図9 L.P.で抽出された5本の煙源の燃料を硫黄分0.5%の重油に改善した後の汚染パターン（気象条件：風向WNW，風速2m/s，安定度C-D）

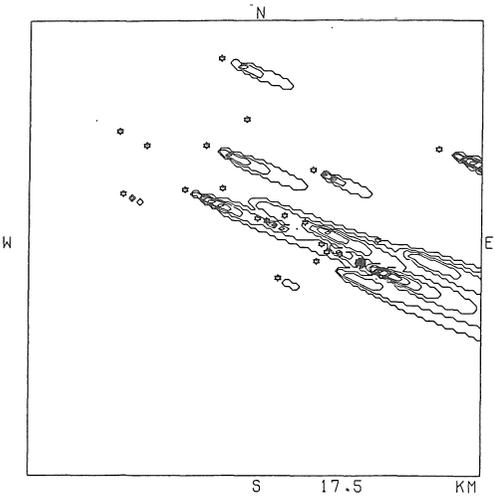


図10 二酸化硫黄排出削減対策後の汚染パターン（規制濃度100ppb，気象条件：風向WNW，風速2m/r，安定度C-D）

煙源が二酸化硫黄の排出削減対策をした場合の汚染パターンを、参考のため図10に示す。最高99ppbが算出されたが、全域で規制値100ppbを満足している。

本研究において最悪汚染の回避の対策について検討したが、長期平均濃度を基にして、同様な取扱により、汚染質排出量削減を割付けることもできる。また、目的関数を削減率の総和を最小としたが、社会経済的に十分採用可能な目的関数の開発が今後重要となろう。

#### 引用文献

- (1) 工藤市兵衛ら：愛知工業大学研究報告，No. 12，p. 77（1977）
- (2) 工藤市兵衛ら：愛知工業大学研究報告，No. 13，p. 117（1978）
- (3) 工藤市兵衛ら：愛知工業大学研究報告，No. 13，p. 127（1978）
- (4) 環境庁大気保全局大気規制課：`総量規制マニュアル、公害研究対策センター（1975）

#### 謝辞

大気汚染シミュレーションおよび線形計画の数値計算は、京都大学・大型計算機センター（FACOM M190）と名古屋大学・大型計算機センター（FACOM 230-75）で実行しました。ここで深く感謝の意を表します。