

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

(3) 可児工業団地

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

(3) KANI Industrial 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法と環境影響評価の手法を確立する目的の一連の研究の事例研究として、可児工業団地およびその周辺地域の将来汚染パターンを解析した。そして汚染低減対策を種々検討した。

緒 言

一連の研究の目的は、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と環境影響評価の手法を確立することにある。前報では、その事例研究として三重県能褒野工業団地をとり上げ、将来の生産能力に対する環境影響評価ならびに汚染防止対策を大気拡散シミュレーションの結果に基づいて行った。その結果、能褒野工業団地およびその周辺の環境評価を行う際、鈴鹿市内の工場群からの汚染の寄与を無視することはできない。むしろこれらの工場群からの汚染の方が支配的であることを指摘した。これは、内陸工業団地のような比較的規模の小さい汚染源からの汚染による環境影響評価を行う場合、工業団地のみを独立に考えてはならないことを示唆している。本研究で対象とした可児工業団地はまさにその例である。すなわち、この工業団地からのSO₂による周辺への汚染の程度を評価する際、工業団地北西の大煙源による汚染の重合を考慮に入れなければならない。本研究ではこの影響を移流分として考慮するのではなく、アセスメントの対象をはじめから可児工業団地と北西の大煙源を含んだ地区とした。

1. 大気拡散モデル

拡散計算式およびその式に含まれる拡散パラメータ有効煙突高の推算式には、前報¹⁾と同様、それぞれブルーム式、サットン式およびCONCAWEの式を用いた。すなわち、有風時点煙源に対するブルーム式により地表濃度Cは

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

で表わされる。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)

U: 風速 (m/s)

Q: 煙源から単位時間あたり排出される
汚染物質の量 (Nm³ / s)

H_e: 有効煙突高 (m)

σ_y: 横方向拡散幅 (m)

σ_z: 鉛直方向拡散幅 (m)

C(x, y): (x, y) 地点における地表濃度 (m³ / m³)
拡散幅 σ_y, σ_z は Sutton の式によると、風下距離 x の関係として

$$\sigma_y = \frac{C_y}{\sqrt{2}} x^{1-\frac{n}{2}} \quad (2)$$

$$\sigma_z = \frac{C_z}{\sqrt{2}} x^{1-\frac{n}{2}} \quad (3)$$

で表わされる。また有効煙突高 H_e はCONCAWEの式を用いると、つぎの式で与えられる。

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

$$H_e = H_0 + \Delta H \quad (5)$$

ここで、 H_0 ：煙突の実高 (m)、 ΔH ：煙の上昇高さ (m)、 Q_H ：煙の排出熱量、 $= \rho_a Q_0 c_p \Delta T$ (cal/s)、 ρ_a ：排ガス密度 ($\approx 1.225 \times 10^3 \text{ g/m}^3$)、 Q_0 ：総排ガス量 (Nm^3/s)、 c_p ：排ガスの定圧比熱 ($\approx 0.24 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$)、 ΔT ：排ガス温度と気温の温度差 ($^\circ\text{C}$)

2. 計算結果および考察

2.1 将来汚染予測

まず、可児工業団地と隣接した工場群から生じる将来汚染予測を行った。その際、汚染質 (SO_2) の排出量には、既設の工場および将来新設または増設が計画されている工場が最大稼動したときの値を選んだ。気象条件のうち、風向については、(i)年間頻風向(W)、および(ii)つぎに多い風向(N)、各煙源からの汚染の重合が最も大きい風向(NW) 風速については弱風 (1.6m/s)、大気安定度としては2 (弱いてい減または中立) を選んだ。

煙源位置を図1に、煙源資料(煙突高さ、 SO_2 排出量、総排出量、排ガス温)を表1に示す。拡散シミュレーションの結果を SO_2 濃度分布として図2, 3, 4に示す。計算対象域は $10\text{km} \times 10\text{km}$ 、メッシュ幅は $\Delta x = 169.5\text{m}$ 、 Δy



図1 可児工業団地周辺地域煙源位置図 (10Km×10Km)

表1 可児工業団地・周辺地域計画煙源資料

煙源番号	位置		煙突高さ [m]	排出 ガス量 [Nm ³ /S]	SO ₂ 排出量 [%]	排ガス 温度 [°C]
	X [m]	Y [m]				
10	2875.	4825.	15.	0.1010	50.6	120.
20	2875.	4825.	15.	0.0320	16.1	120.
30	2925.	5500.	10.	0.1360	67.9	120.
40	2925.	5500.	11.	0.0620	31.2	120.
50	3350.	4200.	17.	2.1440	1072.0	120.
60	3350.	4200.	17.	2.1440	1072.0	120.
70	3000.	3975.	18.	5.0240	251.2	120.
80	3000.	3975.	12.	0.7200	34.0	120.
90	3000.	4325.	10.	1.5210	760.5	120.
100	2950.	4175.	4.	0.0050	2.3	120.
110	3075.	4175.	5.	0.0020	0.8	120.
120	3025.	5825.	12.	2.0950	1047.6	120.
130	3025.	4850.	6.	0.0050	2.6	120.
140	3125.	4375.	25.	0.1440	71.8	120.
150	3100.	5050.	17.	2.1440	1071.9	120.
160	550.	6900.	70.	57.9670	28983.6	120.
170	550.	6900.	70.	0.8450	422.4	120.
180	550.	6900.	28.	6.8680	3433.8	120.
190	550.	6900.	17.	1.9400	970.0	120.
200	575.	6550.	21.	4.3240	2162.0	120.
210	575.	6550.	23.	4.2260	2113.0	120.
220	575.	6550.	21.	4.2260	2113.0	120.
230	575.	6550.	21.	3.1640	1582.0	120.
240	1075.	8025.	20.	7.4250	3712.0	120.
250	1075.	8025.	23.	4.9020	2451.0	120.
260	1075.	8025.	15.	3.6080	1804.0	120.
270	4075.	6600.	32.	1.3370	663.5	120.
280	1975.	9200.	28.	13.1140	6557.2	120.
290	1975.	9200.	17.	6.3550	3177.7	120.
300	2175.	9275.	15.	4.5400	2269.8	120.

= 102.2mである。北および北西の風するとき、最大濃度は60~80ppbである。そしてその汚染面積は北風するときの方が若干広いが、可児工業団地およびその周辺の汚染度は北西の風の時の方が高い。西風では、最大濃度は40~60ppbに低下している。いずれも1時間値 (100ppb) は満足しているが、24時間値 (40ppb) を越えている。本計算で設定した気象条件および煙源強度が24時間続くとは考えられないが、全くないとも言えない。高い汚染濃度を避けるには、気象条件に応じて工場の燃料を低いほうのに切り換えることが必要となろう。さらには、この地区にも重大汚染時の予測と効果的な汚染制御システムの開発、設置が必要となろう。

N 1.6m/s ST: 2

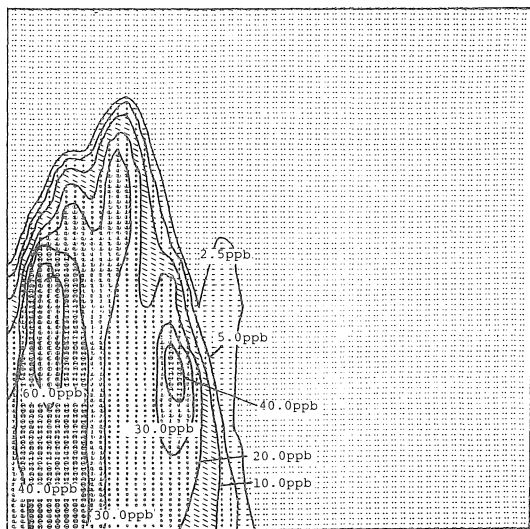


図2 拡散計算による二酸化硫黄濃度分布

W 1.6m/s ST: 2

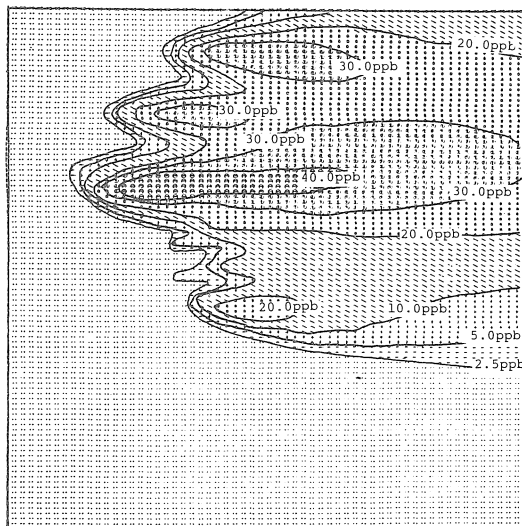


図4 拡散計算による二酸化硫黄濃度分布

NW 1.6m/s ST: 2

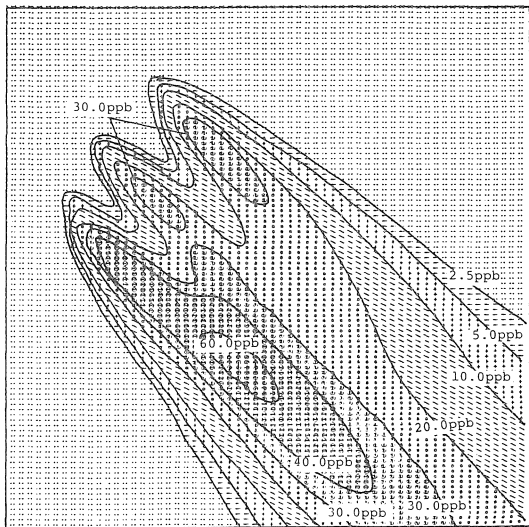


図3 拡散計算による二酸化硫黄濃度分布

NW 1.6m/s ST: 2

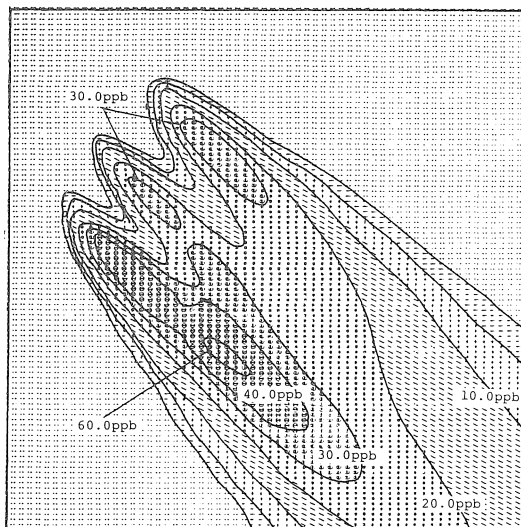


図5 拡散計算による二酸化硫黄濃度分布(対策一)

2.2 汚染低減対策

可児工業団地およびその周辺の大気環境にとって北西の風是最悪風向である。図4は1時間の平均濃度の最大値を計算したものと解することができる。図4の最高濃度は60~80ppbであり、環境基準の1時間値(100ppb)を満足している。しかし計算対象地域外からの移流分、対象地域内の把握しきれない小煙源ならびに環境余裕を残しておくことを考慮して、目標として60~80ppbの汚染は回避することが望ましい。本節では、60~80ppbの汚染域が出現しないことと問題を設定し、そのための対

策を考えた。

まず、図4の高濃度出現に対する煙源別寄与を表2に掲げる。No.160煙源はそのSO₂排出量が他より圧倒的に多いことから、高汚染に対する寄与が高いことが分る。そこで、No.160の煙源に脱硫装置を設置(脱硫率100%)したときの汚染度分布を計算した(図5)。60~80ppbの汚染面積は、計画通り脱硫装置を設置しないとき(図4)に比べ、約1/2になるが、60~80ppbの汚染域はなくなる。また、No.160のSO₂排出量は28983.6%と多いが、それでも設備費用、保守費用、廃液処理の問題を考

表2 高濃度域の煙源別寄与

Stack No.	Wind speed: 1.6 m/s Wind direction: NW ST: 2				
	(X,Y) (10,10)	(11,09)	(12,08)	(12,09)	(13,07)
10	0.0ppb	0.0ppb	0.0ppb	0.0ppb	0.0ppb
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	2.0	10.0	9.0	6.0	7.0
60	2.0	10.0	9.0	6.0	7.0
70	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
90	10.0	8.0	6.0	3.0	4.0
100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
110	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0
130	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0
140	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0
150	1.0	3.0	3.0	6.0	3.0
160	6.0	8.0	9.0	8.0	11.0
170	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0
180	9.0	8.0	7.0	7.0	6.0
190	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0
200	6.0	5.0	4.0	3.0	4.0
210	6.0	5.0	4.0	4.0	4.0
220	6.0	5.0	4.0	3.0	4.0
230	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0
240	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0
250	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0
260	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0
270	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
290	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total concentration	61.	75.	69.	61.	61.

1.6m/s ST: 2

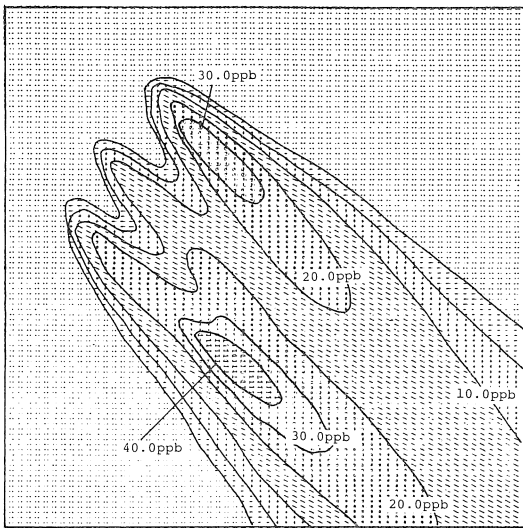


図6 拡散計算による二酸化硫黄濃度分布(対策-2)

NW 1.6m/s ST: 2

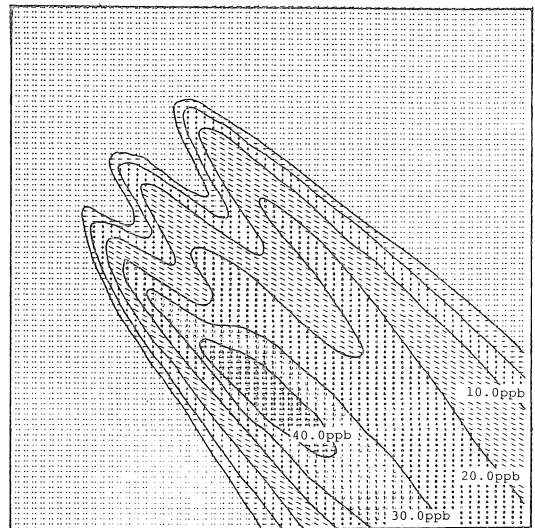


図8 拡散計算による二酸化硫黄濃度分布(対策-4)

NW 1.6m/s ST: 2

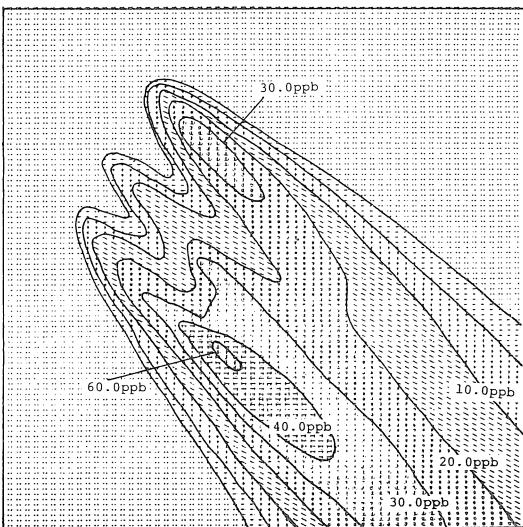


図7 拡散計算による二酸化硫黄濃度分布(対策-3)

NW 1.6m/s ST: 2

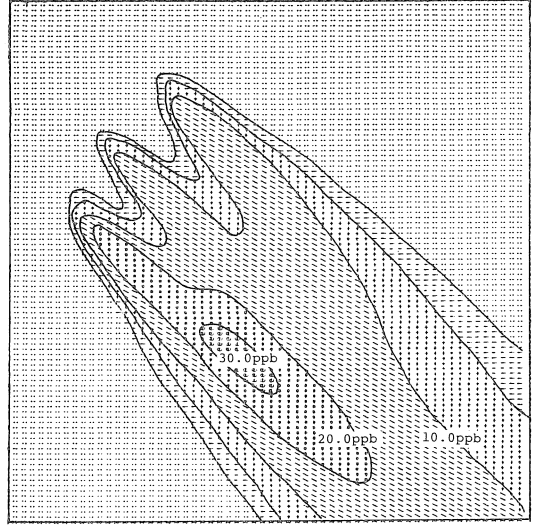


図9 拡散計算による二酸化硫黄濃度分布(対策-5)

えると、低硫黄燃料を用いる方が経済的に有利と思われる。そこで、高汚染出現に対する寄与の大きい煙源 (No. 160~ 260) に対して、SO₂排出量を $\frac{1}{2}$ に低下 (これは燃料中のいおう含有率を $\frac{1}{2}$ に低下させることに相当する) させたときの汚染パターンを計算してみた。図6はその結果である。60~80ppbはなくなっている。しかも40~60ppbの汚染域も図4の約 $\frac{1}{2}$ に減少している。きわめて有効な対策であることが判る。煙突を高くすることは問題の本質的な解決にはならないが、局地的な高汚染は避けられる。いま高汚染出現に対する寄与の高いNo. 160~ 260の煙突高を2倍にしたときの濃度分布を求めた (

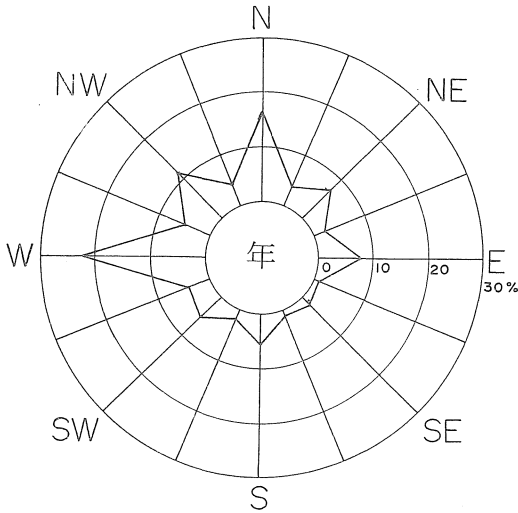


図10 可児地域年風配図

LEVEL 1: 0---0.5 ppb 5: 5.0-10. ppb
 2: 0.5-1.0 6: 10.-20.
 3: 1.0-2.5 7: 20.-30.
 4: 2.5-5.0

(10.km x 10.km)

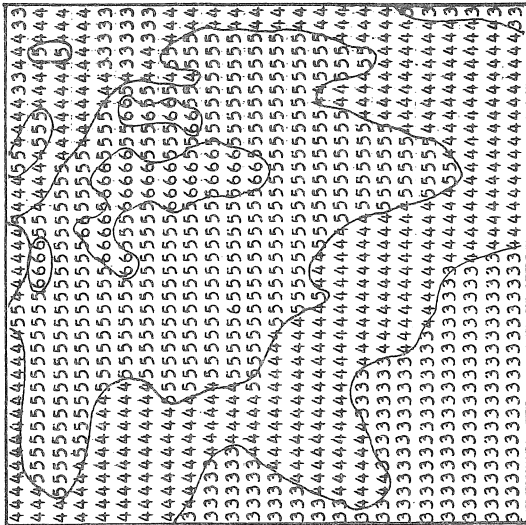


図11 可児地域年平均汚染濃度分布図

図7), 60~80ppbはわずかに現われ(汚染面積は約1/2に低下), 40~60ppbの汚染域は図4の1/2に低下している。これは前者の対策ほど有効ではない。高煙突化で60~80 ppb の汚染を消滅させるには, すべての煙突を2倍にする必要がある(図8)。

つぎに全煙源のSO₂排出量を1/2に減少させると, 汚染度はどれ程になるか計算してみた。図9に見られるように最高濃度は30~40ppbとなり, しかもその汚染面積もせまい。これは環境改善の一施策であるが, 規制しすぎの感がする。

研究対象地域の各企業が表1に与えた計画通りに操業した場合(操業率最大), 可児工業団地およびその周辺は長期平均的になどのような汚染パターンを示すか, 図10に示すような風配図(可児町可茂南消防署測定, 昭和49年11月~昭和50年10月)をもとに, 前報と同様な方法で年平均濃度を算出した(図11)。

最高汚染域は10~20ppbを示す。この値は現在の多治見, 瀬戸市内の年平均値と同一である。可児工業団地周辺はそれより1レベル下の5~10ppbで, 年平均的には良好な環境が保たれている。

引用文献

- 1) 工藤市兵衛ら: 愛知工業大学研究報告, No.12, 77-87 (1978)
- 2) 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

本論文における大気汚染シミュレーションの数値計算は名古屋大学・大型計算機センター(FACOM 230-75(M7))によりました。ここで深く感謝の意を表します。