

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

(1) SO_x汚染に対する現状把握と将来予測

工藤市兵衛・工藤はるゑ・松広 尚佳・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

(1) SO_x Pollution Estimates at Present and in Future

Ichibei KUDO, Harue KUDO, Naoyoshi MATSUHIRO, Takashi KONDO
 Eizo SADA and Hidehiro KUMAZAWA

日本のような複雑な地形に適した大気拡散モデルを工夫し、汚染の濃度分布数値計算法を確立し具体的に内陸工業団地（三重県、能褒野工業団地）のSO_x汚染の現状解析に適用し、計算法の妥当性を示した。さらに当工業団地の、将来、生産能力に対する大気汚染の影響を、提案した大気拡散モデルのシミュレーションから検討し環境の評価を試みた。

緒言

近年、工場の再配置、地域開発にともない内陸地域の工業団地が増加しつつある。内陸工業団地には、住宅、農耕地に近いこと、および環境容量が比較的小さいこともあり、公害対策の必要性が強調されている。本研究では、まず、これら工業団地規模の発生源に対して大気汚染の実態把握と汚染質の濃度分布の推定を行なおうとした。そのため、日本の様な複雑な地形に適した大気拡散モデルを工夫し、汚染質の濃度分布数値計算法を確立し、実測値が比較的多いSO_xによる汚染を取り上げ、その精度を種々検討した。今後、内陸の工業開発には計画段階で大気汚染物質の拡散状況を事前に把握・評価し環境破壊の未然防止をはかる必要があるが、その事前評価の一手段としても役立つことが考えられる。本論文では、具体的に内陸工業団地（三重県、能褒野工業団地）について、その周辺のSO_x、NO_x濃度の測定実施（名古屋通産局、昭和51年度内陸工業開発総合事前調査）に協力し、開発した大気拡散モデルによる推定と比較検討を行なった結果と、当団地の将来生産能力に対する大気汚染の影響を検討した結果を述べる。

1. 大気拡散モデルと計算法

ある煙源から放出される物質の煙源周辺の濃度分布の推

定には種々の式が提案されているが、最近、数値計算による推定法が電子計算機の大型化に伴い精度を上げてきた。既存の拡散式のほとんどが風向、風速一定ということもあって、日本の様な複雑な地形には不適當であり、事実あまり精度は良くない。

地形の変化の大きい地域では煙の蛇行も加味しなければならない。蛇行運動を伴った大気拡散には、風の空間分布を与えた解析、流線解析を行なうことが必要である。本研究では、対象地域の地形や摩擦効果を考慮して、風向、風速の空間分布を推定し、この気流の流線にそって、パプモデルを適用して汚染質の濃度分布を算出した。流線に沿ったパプモデルに基づく拡散計算の概要を明確に示すために、その手順の流れ図として第1図に示す。以下この流れ図に沿ってその内容を述べる。

1.1 気流の推算

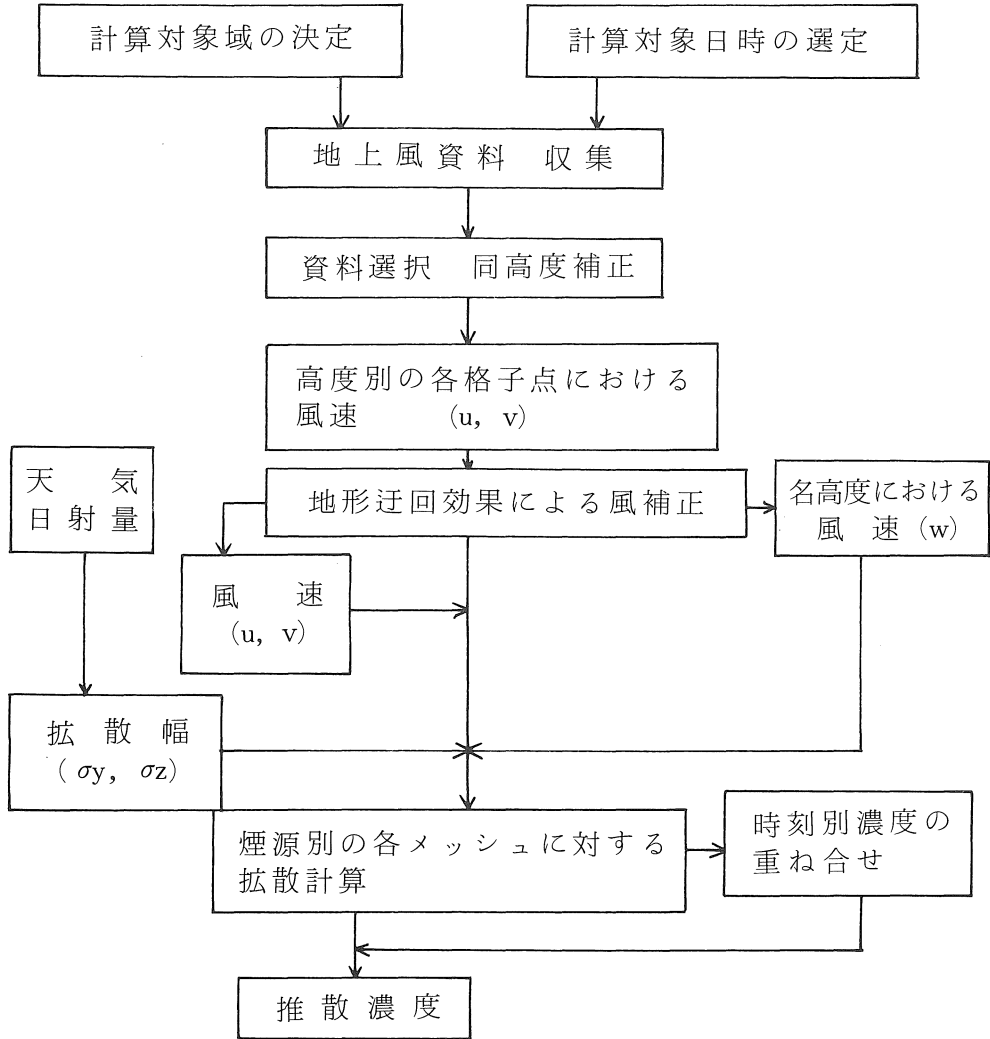
一般に、気流は非圧縮性であるとする、連続の式は

$$\operatorname{div} \vec{V} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

大気の運動は、Navier-Stokesの式によって与えられる。

$$\frac{d\vec{V}}{dt} + f\vec{V} = -\frac{1}{\rho}\operatorname{grad} p + \operatorname{grad}(\nu \operatorname{div} \vec{V}) \quad (2)$$

上式で左辺第1項は慣性項、第2項はコリオリ項であり右辺第1、2項はそれぞれ圧力項、粘性項である。式(1)、



第 1 図 拡散計算の流れ図

(2)から初期および境界条件によって未知関数が決定できれば、問題が解けたことになるが、非線型項が含まれているので完全解は得られない。主風向を計算座標軸と一致させ、大気の流れを定常の場合 ($\vec{\partial} \mathbf{V} / \partial t = 0$) で考えると、式(1), (2)は、

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \tag{3}$$

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + w \frac{\partial u}{\partial z} - fv = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu \frac{\partial u}{\partial z} \right) \tag{4}$$

$$u \frac{\partial v}{\partial x} + w \frac{\partial v}{\partial z} + fv = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu \frac{\partial v}{\partial z} \right) \tag{5}$$

となる。これらの式を前進型の差分式に変換し、表面摩擦一様な平坦地を出発点として逐次計算すれば、数値解が得られる。この際、初期値として、出発点での風の鉛

直分布と接地層での風速が必要である。接地層での風速はつぎの様に求められる。数mの接地層では容易に下方の地形や摩擦効果につり合い、又摩擦の一様な平坦地を吹きわたってきた風は、すでに地表の摩擦効果になじんでいるとすると、慣性項が無視できるため式(3), (4), (5)は次の式となる。

$$\frac{\partial w}{\partial z} = 0 \tag{6}$$

$$-fv = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu \frac{\partial u}{\partial z} \right) \tag{7}$$

$$fv = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu \frac{\partial v}{\partial z} \right) \tag{8}$$

上式はすでに Ekman や Prandtl によって解が得られているので、地衡風速が与えられれば初期値が決まる。本研究では、さらに地形による上昇、迂回効果として、風のベクトルを次の式から決定した。

$$u' = \frac{u}{\sqrt{1 + \left(\frac{\partial h}{\partial x}\right)^2}} - \frac{\left(\frac{\partial h}{\partial x}\right) \left| v \frac{\partial h}{\partial y} \right|}{\sqrt{1 + \left(\frac{\partial h}{\partial x}\right)^2} \sqrt{1 + \left(\frac{\partial h}{\partial y}\right)^2}} \quad (9)$$

$$v' = \frac{-\left(\frac{\partial h}{\partial y}\right) \left| u \frac{\partial h}{\partial x} \right|}{\sqrt{1 + \left(\frac{\partial h}{\partial x}\right)^2} \sqrt{1 + \left(\frac{\partial h}{\partial y}\right)^2}} + \frac{v}{\sqrt{1 + \left(\frac{\partial h}{\partial y}\right)^2}} \quad (10)$$

$$w' = u' \frac{\partial h}{\partial x} + v' \frac{\partial h}{\partial y} \quad (11)$$

$$u_h = u_0 \left(\frac{h}{h_0}\right)^P \quad (12)$$

ここで、 u_h は高度 h での風速、 u_0 は基準風速、 h_0 は基準風速の高度 (= 15m) である。べき数 P は、安定度と地面粗度 z_0 の関数としてつぎのように決定した。

$$P = \log \left(\frac{HR}{Z_{OR}} + \frac{SSN}{5.75} \right) \times \frac{1}{0.4343} - 0.4343 \quad (13)$$

$$Z_{OR} = Z_0/100 \quad (14)$$

$$SSN = -0.5SN + 10.0 \quad (15)$$

ここで、 (u, v) は、地形による変化前の速度成分で (u', v', w') は変化後の速度成分を表わす。 $\frac{\partial h}{\partial x}, \frac{\partial h}{\partial y}$ は地形の x, y , 方向への勾配である。

ここでは、風速の高度変化については、べき P 乗則を使用した。

ここで z_0 は地面粗度 [cm]、HR は大気境界層厚さ、SN は安定度地号である。

第 1 表に安定度番号 SN とパスキル安定度の対応を、第 2 表には、地面粗度を記載した。

第 1 表 安 定 度 番 号

SN : 安定度番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
パスキル安定度	A	A~B	B	B~C	C	C~D	D	E	F

第 2 表 地 面 粗 度

Z_0	建 物 (密)	建 物 (粗)	森 林 (密)	林 (粗)	草 地	裸 地 (グランド)	輔装道路	川
(cm)	3 0 0	2 4 0	2 0 0	1 5 0	1 0 0	8 0	7 0	1 0

第 3 表 大 気 安 定 度 分 類 表

地上10mに おける風速 (m/s)	日射量 cal/cm ²			本 雲 (8~10) 本雲の夜	夜	
	1 5 0	50~25	<25		上 層 雲 (10~5)	雲 量 中下層雲 (7~5) (4~0)
≤ 2.0	A	A~B	B	D	—	—
2.1~3.0	A~B	B	C	D	E	F
3.1~4.0	B	B~C	C	D	D	E
4.1~6.0	C	C~D	D	D	D	D
> 6.0	C	D	D	D	D	D

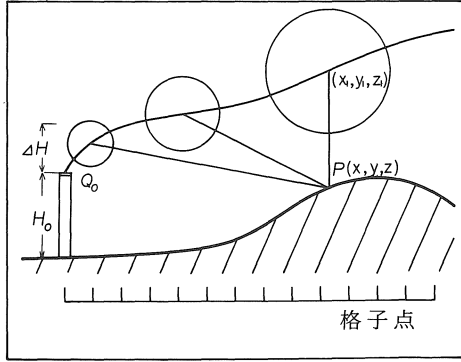
A : 最も不安定 D : 中 立 F : 最も安定

1.2 拡散計算式

(a) 大気拡散式

例えば、第 2 図に示すごとく、地形を大気安定度の効果などによって流線が与えられ一定時間持続すると仮定する。そして煙が流線上を拡がって行く段階で、それぞ

れに仮想煙源を作る。位置 $P(x, y, z)$ での濃度 S はある時間 t に、これらの仮想煙源によってもたらされる濃度を積算することによって求められる。したがって、今、気温が全層一様であると仮定すると、位置 P の濃度 S は次の式で与えられる。



第2図 拡散過程

$$S = \frac{Q}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \int_0^t \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{x_1 - x}{\sigma_x} \right)^2 \right\} \times \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{y_1 - y}{\sigma_y} \right)^2 \right\} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{z_1 - z}{\sigma_z} \right)^2 \right\} dt \quad (10)$$

ここで、Qは時間ΔT（パフ時間間隔）あたりの汚染質排出量、(x₁, y₁, z₁)は仮想煙源の位置である。

(σ_x, σ_y, σ_z)は、パフの拡散幅で本計算では、σ_x=σ_yと仮定した。

(b) 排出量の算出

流線上の仮想煙源からの排出量Q(L)は、ある時間内排出量が一定に保たれるとして

$$Q(L) = Q_0 \times \Delta T \times U_0 / U(L) \quad (11)$$

により算出した。ただし、Q₀は排出源での単位時間あたりの汚染質排出量、ΔTはパフ時間間隔であり、計算では60秒とした。U(L)は各仮想煙源での流線に沿う風速(m/s)、U₀は排出源での風速(m/s)すなわち

$$U_0 = \sqrt{u_0^2 + v_0^2 + w_0^2} \quad (12)$$

である。上式でQのみQ₁ = Q₀ΔT/2とした。

(c) 煙突有効高度

CONCAWEの式を採用した。

$$He = H_0 + \Delta h \quad (13)$$

$$\Delta h = 0.175 Q_H^{1/2} / u^{3/4} \quad (u > 0) \quad (14)$$

静穏時(u=0)には、Briggsの式

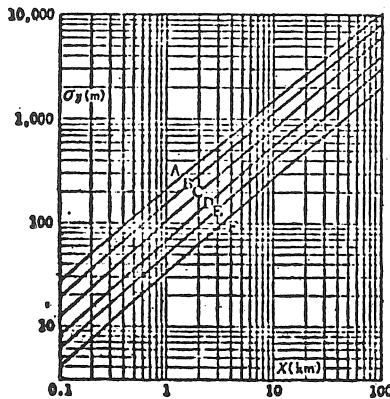
$$\Delta h = 1.4 Q_H^{1/4} (\Delta\theta / \Delta z)^{-3/8} \quad (15)$$

$$Q_H = \rho_0 Q c_p \Delta t \quad (16)$$

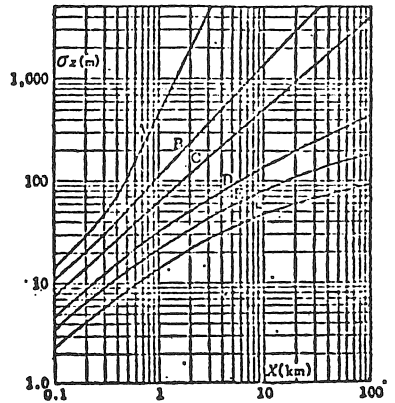
を用いた。ここで、He：煙突有効高度[m]、H₀：煙突の実高[m]、Δh：煙の上昇高さ[m]、Q_H：煙の排出熱量[cal/s]、u：風速[m/s]、Δθ/Δz：気温減率[°C/m]、ρ₀：15°Cにおける排ガス密度(≒1.225×10³)[g/m³]、Q：排ガス量[m³/s]、c_p：排ガスの定圧比熱(≒0.24)[cal/g・°C]、Δt：排ガス温度として気温の差[°C]。

(d) 拡散幅

簡単な気象要素などから拡散幅を推定する方法は、地域に固有な効果は取り入れられないので、対象地域でのトレーサー拡散実験からσ_y, σ_zを評価することが望ましい。しかし、時間、予算の制約もあるため、ここでは、パスキルの拡散幅を採用した。第3および4図は、パスキルの拡散幅σ_y, σ_zの風下距離xに対する関係を示したものである。図中の安定度は第3表のとおり地上風速、日射量、雲量などの気象要素から決定される。



第3図 パスキルの水平拡散幅 (A~Fは安定度)



第4図 パスキルの垂直拡散幅

2. 測定結果

調査対象とした能褒野工業団地は未完成であり、計画に対する既設置分の比率は敷地面積で約66%程度である。現在、大気汚染に関して、汚染源の発生量から見る限り比較的規模は小さいが、将来各種工場が進出した場合、局部的な汚染を生じる可能性がある。したがって、これらの工場が進出による大気環境の変化を把握するため、事前に団地周辺の環境汚染の現況を測定し、また、汚染の予測を行なう必要がある。この目的のために、名古屋通商産業局は、(財)日本気象協会東海本部に依頼して、昭和51年12月15~17日に、団地周辺におけるSO₂, NO_x濃度および気象データとして風向、風速、日射量などを測定した。愛知工業大学経営科工藤研究室は測定に協力した。

団地内および周辺において、第5図に示すことく、間

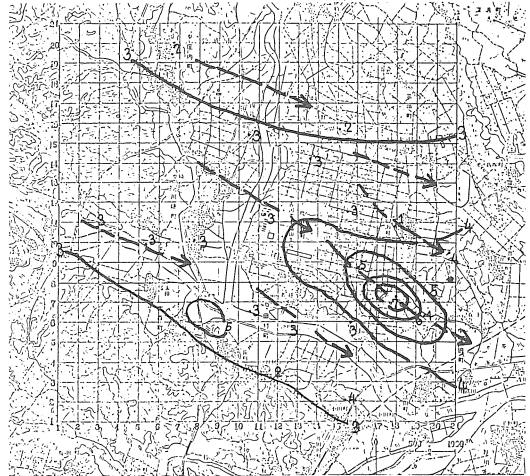
隔1 km 以内の24地点を測定点に選んだ。24ヶ所の測定点について、15日16時、16日10時および17日10時から各1時間、風向、風速、SO₂濃度、NO_x濃度を測定した。とくに第5測定地点では風向、風速、日射量を連続記録した。SO₂、NO_x濃度は各測定点で地上1.5 mに設置したハンディ・エアーサンプラーを用いて、吸引速度1.5 l/min で60分間捕集後、それぞれパラロザニン法、ザルツマン法で求めた。

24測定点におけるSO₂、NO_x濃度の測定結果を第4表に示す。第6、7、8図には、各測定回数におけるSO₂濃度分布および気流が示されている。図中、実線はSO₂濃度の等高線、破線は気流線を示す。

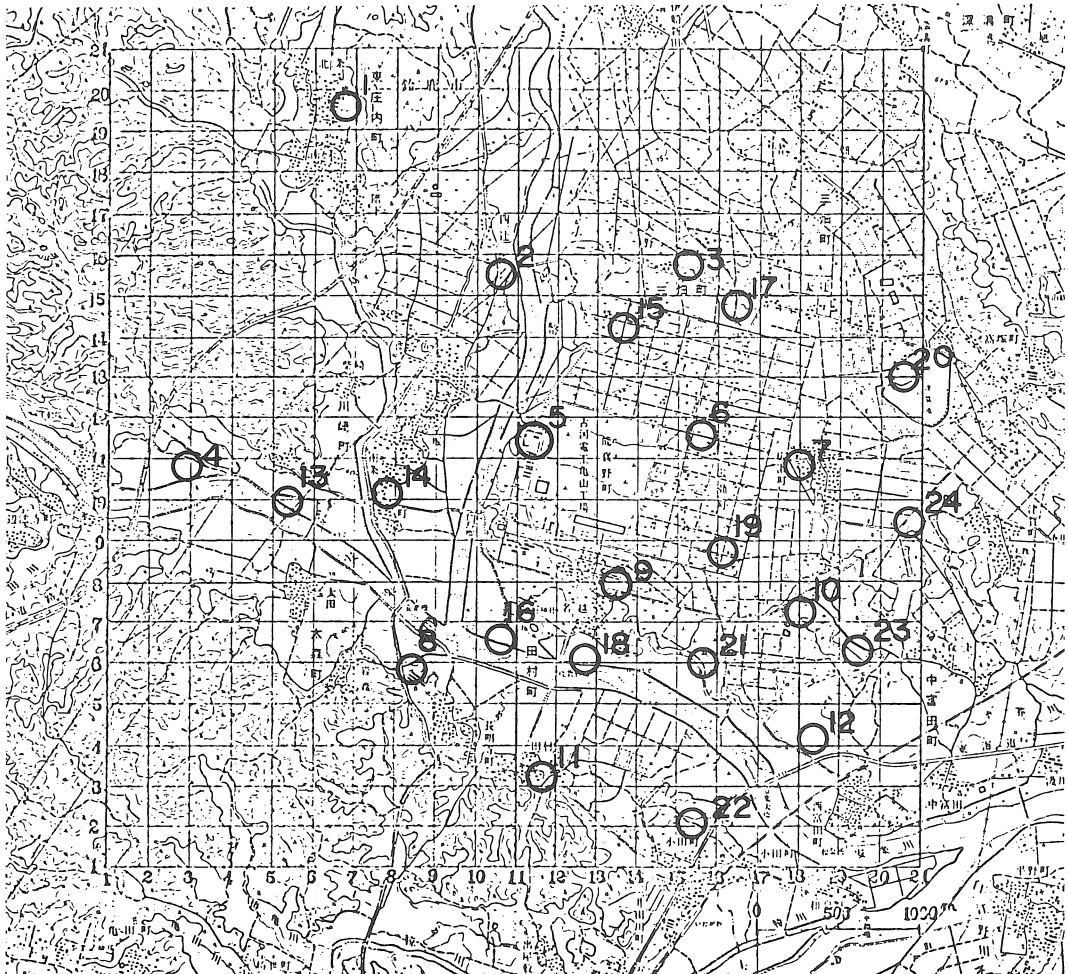
(a) SO₂濃度

第1回目、(12月15日 16~17時：第6図)

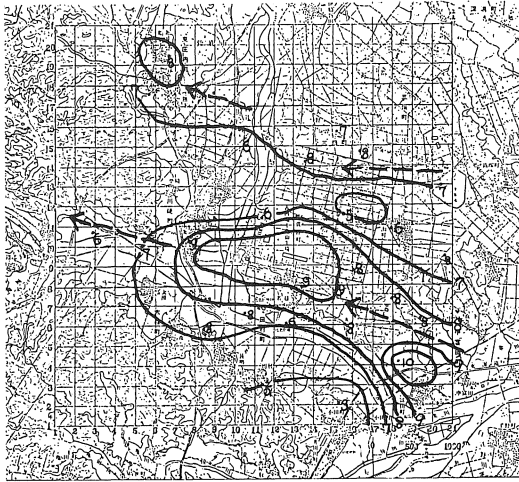
風上にほとんど煙源がないこともあって、妥当な濃度分



第6図 SO₂濃度分布図(第1回目)



第5図 能褒野工業団地周辺図

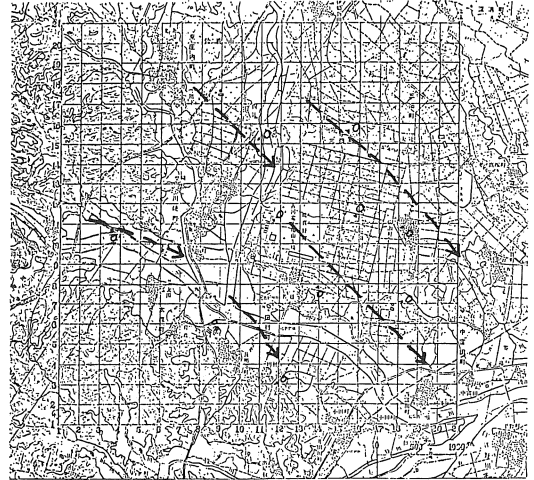


第7図 SO₂濃度分布図(第2回目)

布を与えている。この場合の最高は団地南東の第10測定点で0.007 ppmであった。(環境基準は1時間値が0.1 ppm)。

第2回目(12月16日 10~11時:第7図)

全体にSO₂濃度はやや高くなっている。測定値の最高は



第8図 SO₂濃度分布図(第3回目)

第12測定点の0.010 ppmであった。風向がESEであり、風上側の鈴鹿市にある煙源の影響が見られる。

第3回目(12月17日 10~11時:第8図)

前夜の雨と強風で吹き流された後であり、全体に濃度が低く、検出限界以下ないし、0.001 ppm程度であった。

第4表 SO₂, NO_x濃度測定結果

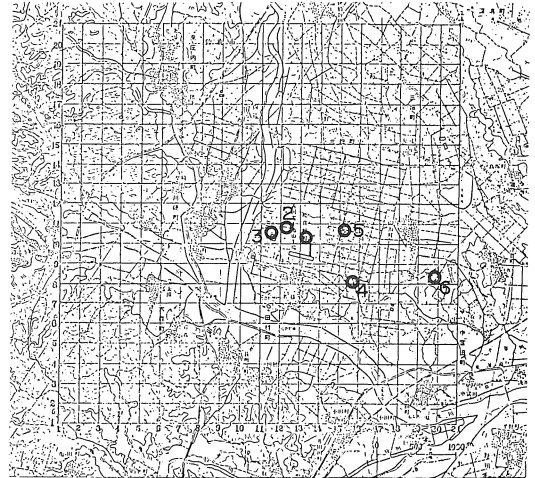
調査日時	Dec.15 16:00~17:00 J.S.T.			Dec.16 10:00~11:00 J.S.T.			Dec.17 10:00~11:00 J.S.T.		
地点番号	NO ₂ (ppm)	NO (ppm)	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)	NO (ppm)	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)	NO (ppm)	SO ₂ (ppm)
1	0.073	0.034	0.002	0.031	0.029	0.008	0.004	0.007	0.000
2	0.012	0.007	0.003	—	—	0.006	0.005	0.007	0.000
3	—	—	0.002	0.033	0.014	0.007	0.004	0.006	0.000
4	—	—	0.003	0.031	0.031	0.006	0.008	0.008	0.000
5	0.038	0.070	0.003	0.029	0.013	0.006	0.007	0.005	0.000
6	0.014	0.095	0.003	0.022	0.011	0.005	0.006	0.008	0.000
7	0.014	0.014	0.001	0.030	0.012	0.006	0.005	0.006	0.000
8	0.055	0.092	0.005	0.033	0.020	0.008	0.012	0.016	0.001
9	0.027	0.016	0.004	0.027	0.014	0.009	0.006	—	0.000
10	0.030	0.057	0.007	—	—	0.008	0.008	0.010	0.000
11	—	—	0.002	(0.003)	(0.005)	0.005	0.006	0.006	0.000
12	0.038	0.033	0.003	0.043	0.034	0.010	0.005	0.006	0.000
13	—	—	0.003	0.022	0.015	0.007	0.005	0.006	0.000
14	0.004	0.031	0.003	0.027	0.018	0.009	0.004	0.005	0.000
15	0.026	0.024	0.003	0.024	0.015	0.008	0.004	0.005	0.000
16	0.024	0.009	0.003	0.014	0.016	0.007	0.004	—	0.000
17	0.054	0.034	0.003	0.021	0.019	0.008	0.004	0.008	0.001
18	0.023	0.011	0.003	0.029	0.015	0.006	0.004	0.004	0.000
19	0.036	0.011	0.003	—	—	0.008	0.003	0.005	0.000
20	—	—	0.004	0.029	0.009	0.007	0.005	0.008	0.000
21	0.015	—	0.003	0.031	0.013	0.008	0.004	0.006	0.000
22	0.026	0.017	0.004	0.025	0.025	0.003	0.005	0.006	0.000
23	0.019	0.011	0.004	0.029	0.012	0.008	0.003	0.004	0.000
24	0.011	0.022	0.004	0.012	0.023	0.008	0.003	0.006	0.000

(b) NO_x 濃度

窒素酸化物 (NO_x) の場合には、SO₂ と異なり固定発生源よりも自動車など移動発生源の影響が強く現われる。調査対象地域内には東名阪道路および国道1号線、これらをつなぐ地方主要道路が複雑に交錯し、固定発生源とともにNO_xの濃度分布を複雑にしている。

第1回目 (12月15日:16~17時) 風上に東名阪道路があり、風速は比較的弱かったため、対象地域のNO₂濃度はやや高く、0.012~0.055ppmであった。東名阪道路に近接した第1測定点で最高値0.073ppmを記録したが、風向から考えてこの様な高濃度が現われるような地点とは考えられない。原因不明の異常値と考えるべきである。

第2回目 (12月16日:10~11時) 風上に国道1号線が存在し、この付近の第12測定点で0.043ppmを記録し



第9図 煙源位置 (現状)

第5表 有効煙突高度表 (現状解析用資料)

気象要素入力表

煙源番号	座標 (Km)		煙突高度 (m)	SO ₂ 排出量 Q (cm ³ /sec)			有効煙突高度 (m)		
	X	Y		Dec. 15	Dec. 16	Dec. 17	Dec. 15	Dec. 16	Dec. 17
				16:00 17:00	10:00 11:00	10:00 11:00	16:00 17:00	10:00 11:00	10:00 11:00
1	3.04	2.30	20	3.1	3.1	3.1	57	81	38
2	2.84	2.45	25	0.0	0.0	0.0	122	188	74
3	2.65	2.35	7	1.8	2.8	2.8	22	32	14
4	3.64	1.75	15	234.8	167.7	141.6	40	57	28
5	3.55	2.42	20	226.4	452.8	226.4	66	97	43
6	4.64	1.64	15	1.3	1.3	1.3	36	50	26

※ 排出量 Q は稼働率を掛けた実績値 ※ WD=風向 WS=風速 ST=安定度

日時	気象要素
Dec. 15	WD: WNW
16:00	WS: 1.0 m/s
17:00	ST: B
Dec. 16	WD: ESE
10:00	WS: 0.5 m/s
11:00	ST: B
Dec. 17	WD: NW
10:00	WS: 2.5 m/s
11:00	ST: B~C

たが、全体として、0.03ppm 近傍の値を示した。

第3回目 (12月17日:10~11時) 前夜の雨と強風に吹き流された後で、NO₂濃度は0.012ppm以下であった。

3. 考察

まず気象および大気の調査・測定結果および煙源調査資料を用いて測定時刻における気象条件、稼働状態で大気拡散シミュレーションを行なった。つぎに、このシミュレーション結果を実測結果と照合し、第1節で述べた大気拡散モデルの妥当性を検討したうえで、将来計画に基づいた大気汚染シミュレーションを行ない、将来の大気汚染の予測、評価を行なった。

3.1 現状評価

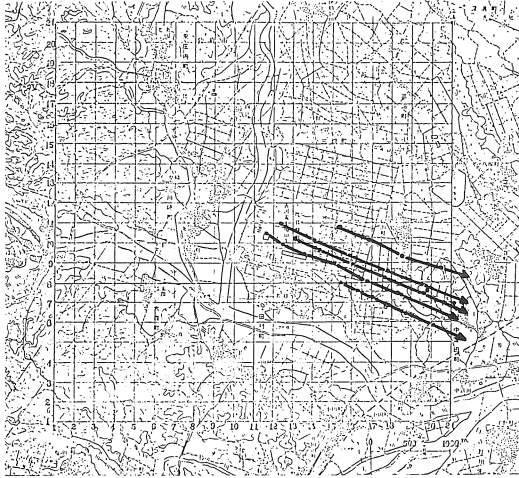
拡散計算に入力した煙源の位置を第9図に、その煙源の煙突高さ、SO₂排出量等を第5表に示した。

各煙源からの流跡線を第10, 11, 12図に示した。前に述べたように、本研究の拡散モデルは、この流跡線に沿って時間間隔 ΔT (60sec)ごとに、仮想煙源を作り、パ

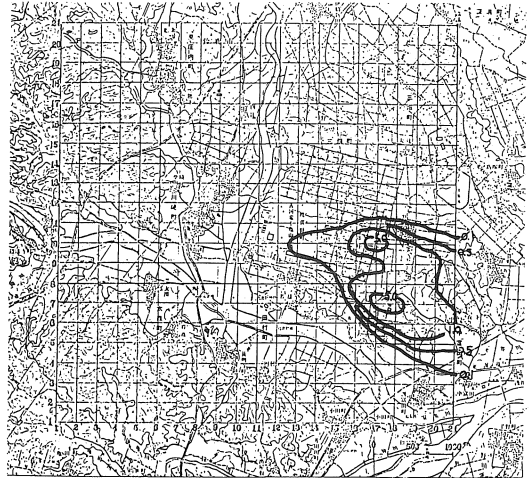
モデルに準拠して対象地域の汚染質濃度を計算するところからなっている。この流跡線の計算は濃度算出の基礎であり、高い精度が要求される。計算結果、第10, 11, 12図は、それぞれ第6, 7, 8図に示す気流の実測結果とよく合っている。また、弱風のときも、第11図に見られるように気流のう回する様子がよく出ている。

3回の測定時と同じ煙源稼働状態でSO₂濃度の計算結果を第13, 14, 15図に示す。図は数値計算における4格子点の平均値に基づいて等濃度線として表わしたものである。

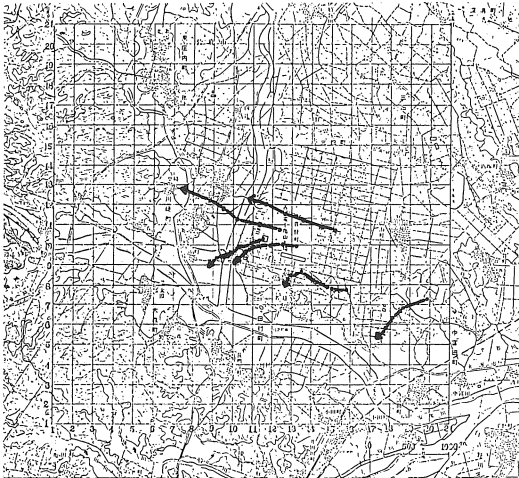
第1回目 (12月15日:16~17時:第13図) 計算結果 (第13図) は実測結果 (第6図) と似た濃度分布になっている。両図を比較すると、測定時における移流分を含むバックグラウンド値は約3ppbと評価されている。それを明瞭に示すために、計算結果が、0.1ppb以上の地点について実測値との相関をとってみた。その結果は第16図に示されるように、きわめて良好といえる。相関図のy



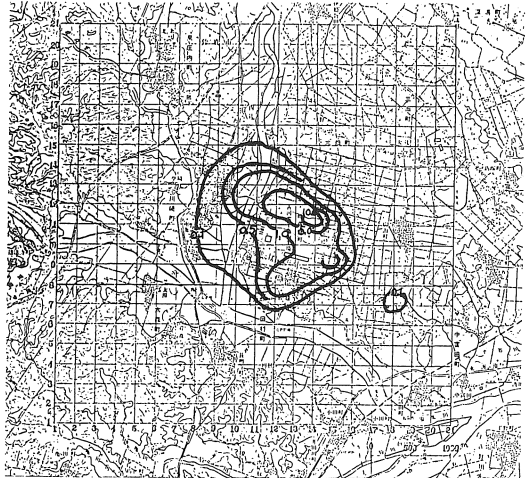
第10図 計算による流跡線図（現状1）



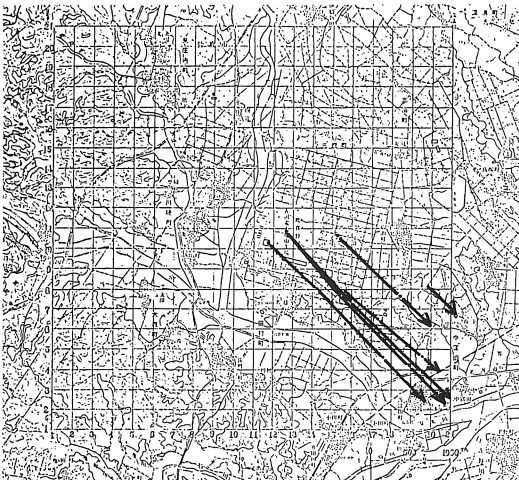
第13図 拡散計算によるSO₂濃度分布図（現状1）



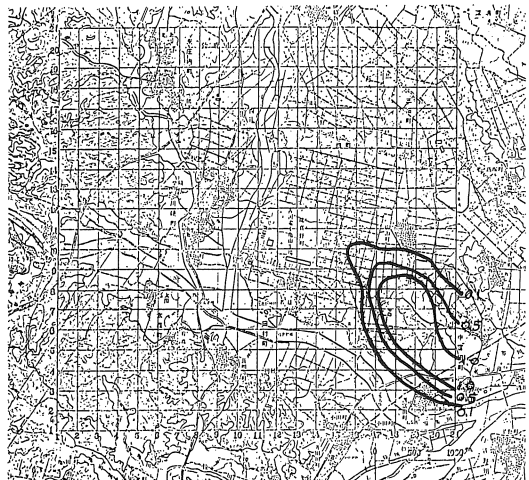
第11図 計算による流跡線図（現状2）



第14図 拡散計算によるSO₂濃度分布図（現状2）

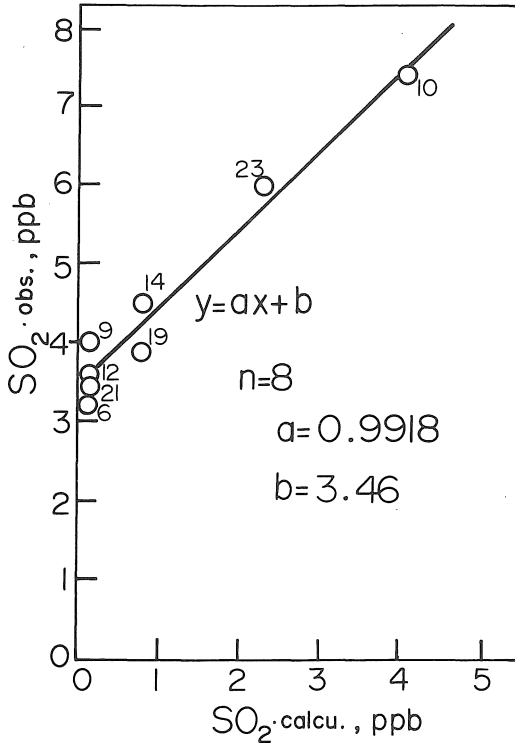


第12図 計算による流跡線図（現状3）



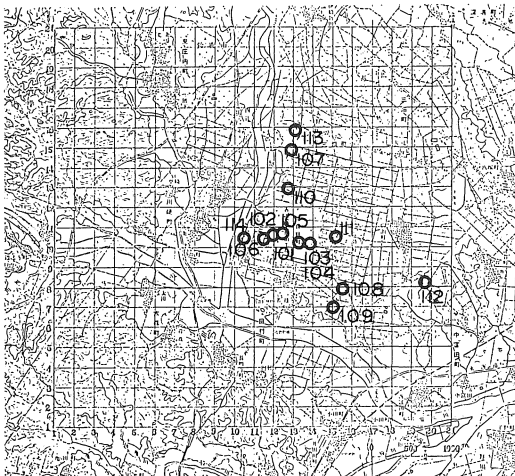
第15図 拡散計算によるSO₂濃度分布図（現状3）

切片 (b の値), 3.46 (ppb), は測定時のバックグラウンドと考えられ, 前述の評価値 3 ppb に近い。



第16図 計算値と測定値の相関

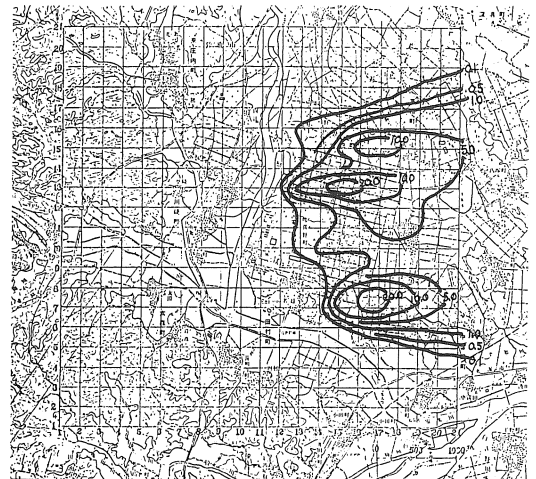
第2回目 (12月16日 10~11時:14図) 弱い東よりの風であるため, 実測値 (第7図) には鈴鹿市の煙源からの影響が含まれている。シミュレーションには鈴鹿市の煙源の寄与を入力していないので, 計算結果 (第14図) は, 実測値をかなり下まわっている。しかし実測値から移流分を含んだバックグラウンド値を差引くと, 計算結果



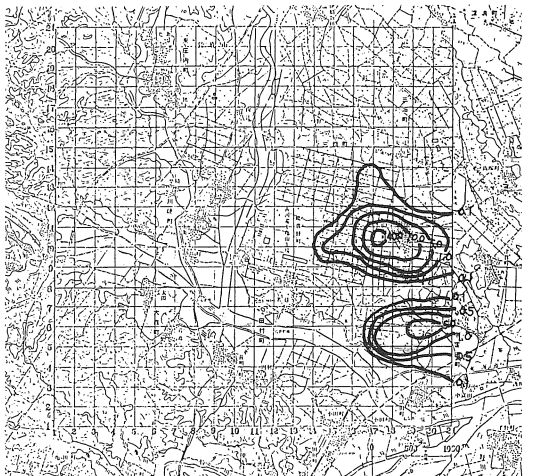
第17図 煙源位置 (将来)



第18図 拡散計算による SO₂濃度分布図 (将来 Case 1)



第19図 拡散計算による SO₂濃度分布図 (将来 Case 2)



第20図 拡散計算による SO₂濃度分布図 (将来 Case 3)

に近い分布になる。この場合移流分を含むバックグラウンド値は約6 ppb である。

第3回目(12月17日 10~11時:第15図) 全体に低濃度ではほとんど検出限界に近い濃度となっている(第8図)ことは、計算結果(第15図)にもあらわれている。

以上を総合すると、実際の風向の変動およびSO₂濃度バックグラウンド値を考慮すれば、計算結果は実測濃度分布とかなりよい精度で一致していると言える。

3.2 将来汚染予測

将来汚染の推定予測には、汚染質(SO₂)排出量が最大の場合を考えることが安全である。気象条件のうち風向、風速については(i)年間最多風向(W) および次に多い風向(WNW)、(ii)各煙源からの汚染の重合が最も大きい風向(NNW)、の微風と年間平均風速を、大気安定度としては不安定と中立を選んだ。

煙源位置を第17図に、煙突高さ、SO₂排出量、気象要素等を第6表に示した。Case 1, 2, 3 に対する拡散シミュレーションの結果をそれぞれ第18図, 19図, 20図に与えた。図は現状解析の場合と同様、250m×250mメッシュの4格子点の平均濃度に基づいて表わされている。

まずSO₂推定濃度と環境基準との関係を考察しよう。いずれのケースも250mメッシュ内の平均濃度は100ppb以下であるので1時間値は、満足している。ごく一部で、40ppbを越えているがこのような気象条件、最大排出量が24時間続くとは考えられない。しかし、入力資料は工業団地内および付近の煙源に限られているので、他地域の大煙源からの寄与による汚染の重合については考察を

加えることはできない。今後、他地域の大煙源からの移流分を含めたバックグラウンドと気象要素の関係を調査、研究する必要がある。

つぎに、第18, 19, 20図をもう少し細かく検討してみよう。全般に煙突があまり高くないので煙源近傍に高濃度があらわれやすい。第7表は高濃度域の煙源別寄与をppb単位で示したものである。表中のTotalは、位置(X, Y)のSO₂濃度に等しい。表は、煙源107~111が高濃度域の出現に大きく寄与していること、煙源110と111, 108と109からの汚染が重合しやすいことを示唆している。

つぎに高濃度域出現に大きく寄与する煙源107~111からと排出が重合すると考えられる風向、NNWに対して将来汚染のシミュレーションを行なった。この場合、第6表に示したごとく、対象煙源として、SO₂排出量の大きい煙源107~111と114を選んだ。計算結果は、第21図となり、250mメッシュ平均濃度が40ppbを越えることはない。高濃度域の煙源別寄与を第8表に記載した。ここでも、高濃度出現に煙源110が大きく寄与していることが分かる。煙源110はSO₂排出量が1306cc/secと多い割に、煙突が低い(12m)ことからきわめて当然な結果である。煙突を高くすることは問題の本質的解決にはならないが、局地的な高濃度汚染はさけられる。煙突を高くした場合、高濃度域出現への寄与がどのように低下するか今後検討するつもりである。

結 言

能褒野工業団地から排出される二酸化硫黄による周辺への汚染の程度を評価する際、他地域(四日市、鈴鹿)

第6表 有効煙突高度表 (将来予測用資料)

煙突 番号	座 標 (Km)		煙突 高度 (m)	SO ₂ 排出量	有 効 煙 突 高 度(m)			
	X	Y		Q (cm ³ /sec)				
				Case 1~4	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
101	3.04	2.30	20	25.0	83	83	45	—
102	2.76	2.40	18	13.3	61	61	35	—
103	3.20	2.30	14	4.9	47	47	27	—
104	3.20	2.30	6	0.5	55	55	30	—
105	2.85	2.45	25	36.8	122	122	63	—
106	2.65	2.35	7	13.7	22	22	13	—
107	2.94	3.50	50	2811.4	183	183	102	183
108	3.64	1.75	15	372.8	40	40	25	40
109	3.50	1.50	15	357.7	53	53	30	53
110	2.94	3.00	12	1306.7	74	74	36	74
111	3.55	2.42	20	532.0	66	66	38	66
112	4.64	1.64	15	1.3	36	36	23	—
113	3.04	3.75	11	4.6	50	50	26	—
114	2.30	2.20	20	980.0	—	—	—	89

気象要素入力表

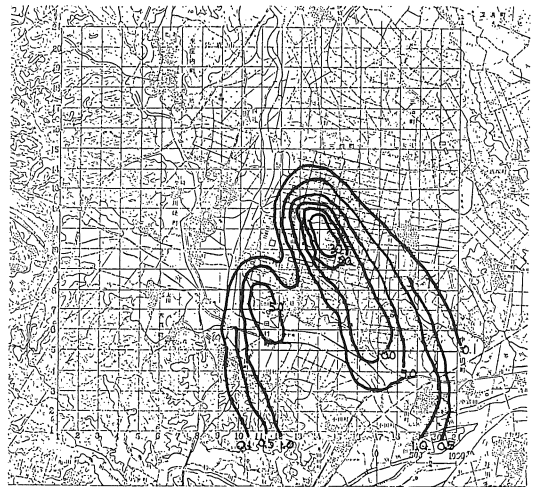
Case	気 象 要 素
1	WD: WNW
	WS: 1.0 m/s
	ST: B
2	WD: W
	WS: 1.0 m/s
	ST: B
3	WD: WNW
	WS: 3.5 m/s
	ST: D
4	WD: NNW
	WS: 1.0 m/s
	ST: B

第7表 高濃度域の煙源別寄与 (単位:ppb)

ケース	1		2		3	
メッシュ 煙源	X : 14, 15 Y : 12, 13	X : 17, 18 Y : 6, 7	X : 15, 16 Y : 12, 13	X : 17, 18 Y : 7, 8	X : 17, 18 Y : 10, 11	X : 19, 20 Y : 5, 6
101	0.0	0.0192	0.0	0.0019	0.0	0.0
102	0.0	0.0122	0.0028	0.0008	0.0	0.0
103	0.0	0.0021	0.0	0.0003	0.0	0.0
104	0.0	0.0002	0.0	0.0	0.0	0.0
105	0.0	0.0187	0.0130	0.0003	0.0	0.0
106	0.0	0.0189	0.0024	0.0009	0.0	0.0
107	0.3692	0.0002	0.0009	0.0	0.0	0.0
108	0.0	6.8029	0.0	8.3784	0.0	5.9860
109	0.0	5.3069	0.0	7.1589	0.0	1.2876
110	2.04461	0.0066	2.14878	0.0	2.14521	0.0
111	0.0	0.0032	0.0	0.0	2.83954	0.0
112	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
113	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	20.8 ppb	12.2 ppb	21.5 ppb	15.5 ppb	49.6 ppb	7.3 ppb

第8表 高濃度域の煙源別寄与(単位:ppb)

ケース	4	
メッシュ 煙源	X : 16, 17 Y : 6, 7	X = 14, 15 Y = 10, 11
107	3.764	7.711
108	9.896	.0
109	0.620	.0
110	0.029	25.348
111	2.489	0.013
114	.0	.0
Total	16.8 ppb	33.1 ppb



第21図 拡散計算によるSO₂濃度分布図(将来 Case4)

の大煙源からの移流による汚染の重合を十分に考慮しなければならない。このことは、今回の調査で、東よりの風の時工業団地およびその周辺の二酸化硫黄濃度が3~4ppbかさ上げされた実測結果からもうかがえる。今後、他地域の大煙源からの汚染濃度と気象要素の関係を実測または大気拡散シミュレーションにより推算する必要がある。能褒野工業団地の将来煙源資料に基づいた二酸化硫黄の汚染に関する大気拡散シミュレーションによれば、稼働率が最大のとき、きわめて限られた狭い地域で40ppb(24時間値)に近づく可能性がある。

しかし、計算には考慮できない風向の変動および計算

に用いたメッシュ幅が250mであることを考えると、汚染濃度40ppbに近づく可能性はさらに小さくなる。また、計算に設定した稼働率および気象要素が24時間続くことは考えられない。したがって、将来、工業団地自身からの汚染により、24時間値、40ppbを越えることはない。しかし、風向によっては、他地域の大煙源からの移流による汚染濃度のかさ上げがあることは念頭におくべきである。