

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

(5) 穴田企業団地

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

(5) ANADA Industrial Area

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

愛知県穴田企業団地から排出される汚染質による周辺への汚染の程度を、二酸化硫黄濃度および窒素酸化物濃度の実測結果と大気拡散シミュレーションの結果をもとに評価した。さらにアセスメントの対象地域を瀬戸市全域および尾張旭市まで拡大し、線形計画法に基づいた合理的な汚染制御を試みた。また瀬戸市街地の面煙源としての汚染寄与濃度を評価した。

緒言

工場の再配置，地域開発に伴って，近年増加しつつある内陸工業団地は，沿岸部工業地帯とは異なり，住宅，農耕地に近いこと，ならびに環境容量が比較的小さいことのため，公害対策の必要性が強調されている。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と題する一連の研究において，前報¹⁾では三重県能楽野工業団地の硫黄酸化物汚染の現状解析と将来生産能力に対する大気汚染の予測を，測定結果ならびに大気拡散シミュレーションをもとに行った。さらに，環境容量の小さい内陸工業団地の合理的な大気汚染対策にとって，他地域からの移流の影響を把握することの必要性を考慮して，能楽野工業団地に隣接する鈴鹿市の大気環境の評価を試みた²⁾。その結果，内陸工業団地のように比較的規模の小さい煙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指摘した。この知見をもとにして，可児工業団地の大気環境アセスメントでは，他地域からの汚染の影響を移流分として考慮するのではなく，対象をこの工業団地と北西の大煙源を含んだ地域とした³⁾。

本研究では，まず，愛知県穴田企業団地（瀬戸市穴田町）から排出される汚染質による周辺への汚染の程度を，

二酸化硫黄濃度および窒素酸化物濃度の実測結果と大気拡散シミュレーションの結果に基づき評価した。上述の一連の研究から，穴田企業団地のみをアセスメントの対象地域としたのではそれから得られる知見にも限界があると考えられるので，さらに，拡散シミュレーションの対象地域を瀬戸市全域および尾張旭市まで拡大し，線形計画法による合理的な汚染制御を試みた。また，瀬戸市街地の面煙源としての汚染寄与濃度を評価した。

1. 穴田企業団地の大気環境アセスメント

調査対象とした穴田企業団地はほぼ完成した団地であり，工場進出計画14社中10社が現在稼動中であり，4社が未着工である。稼動中の工場の面積は工業団地全敷地面積の81%を占めている。稼動中の工場は電気機械器具製造工場，PC板製造工場，紙，紙加工品工場，窯業土石製品工場，一般機械器具製造工場などである。これらの工場から排出される大気汚染物質は，ほとんどがボイラーなどエネルギー発生プロセスにおける燃焼排ガス中に含まれる硫黄酸化物および窒素酸化物であり，大気汚染防止法施行令第1条に規定されるその他の有害物質の発生源はほとんどない。したがって，硫黄酸化物，窒素酸化物に関して汚染の現況を実測把握するとともに，未着工工場の完成稼動時におけるこれら大気汚染物質の

* 京都大学工学部

工業団地および団地周辺に及ぼす影響を予測評価する必要があるものと思われる。

そこで本研究では、昭和52年12月21日に団地内および団地周辺における二酸化硫黄濃度、窒素酸化物（一酸化窒素、二酸化窒素）濃度および気象データとして濃度測定時点における風向、風速、日射量などを測定した。さらに気象データおよび団地内および周辺の煙源デー

タを用いて、電子計算機により大気拡散シミュレーションを行った。

1.1 測定方法

図1に示すごとく、穴田企業団地内および周辺において、間隔1 km 以内の24地点を二酸化硫黄濃度の測定点に選んだ。そのうちの12ヶ所を窒素酸化物の測定点に選んだ。また、気温、湿度、風向、風速などの地上気象を

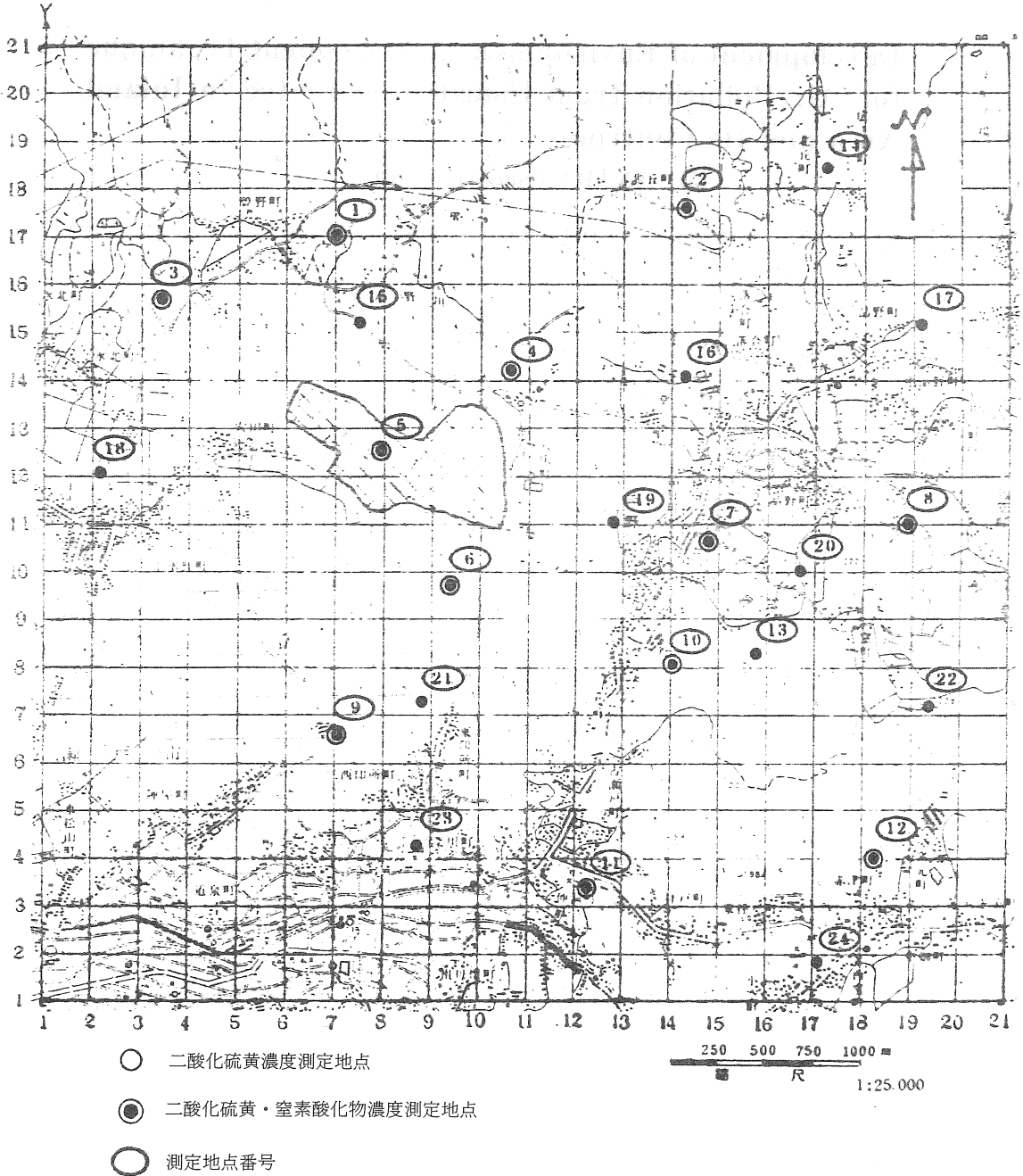


図1 調査地点配置図

団地内および団地周辺の6地点（風向、風速については12地点以上）において、二酸化硫黄および窒素酸化物濃度の測定時間に測定した。とくに、才5測定地点では、風向、風速、日射量を連続記録させた。

これらの測定点において、調査日昭和52年12月21日10時、13時、16時から各1時間の計3回、試料の採取と地上気象の測定を行った。試料採取法および分析法ならびに地上気象測定方法は前報¹⁾と同一である。

1.2 測定結果および考察

才5測定地点における地上気象の連続観測結果を表1に記載した。表2には、風の流跡線推定のための風向、風速の実測結果が示されている。これらの観測結果から各測定時を代表する気象要素を表3のように推定した。24ヶ所の測定点における二酸化硫黄濃度の測定結果を表4に、12ヶ所の測定点における一酸化窒素(NO)、二酸化窒素(NO₂)および全窒素酸化物(NO_x = NO + NO₂)の環境濃度を表5に示す。また各回の測定結果を濃度分布図として示したのが図2～図7である。

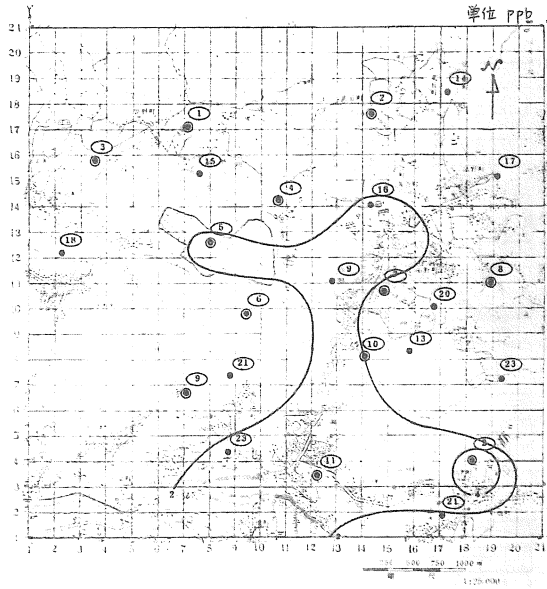


図2 二酸化硫黄濃度分布 (10:00~11:00)

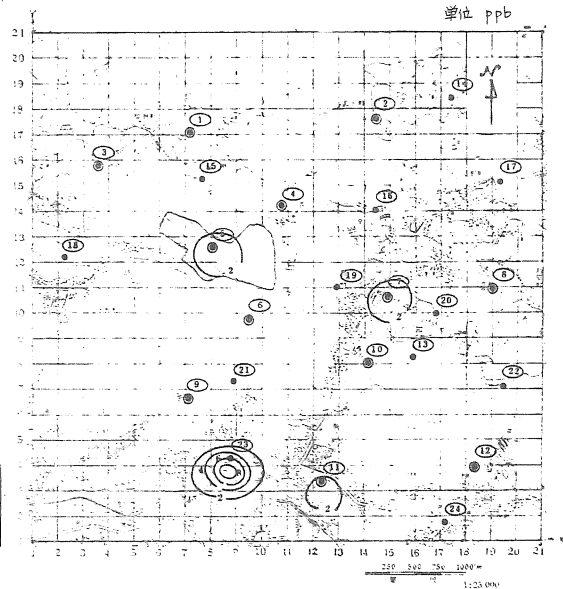


図4 二酸化硫黄濃度分布 (16:00~17:00)

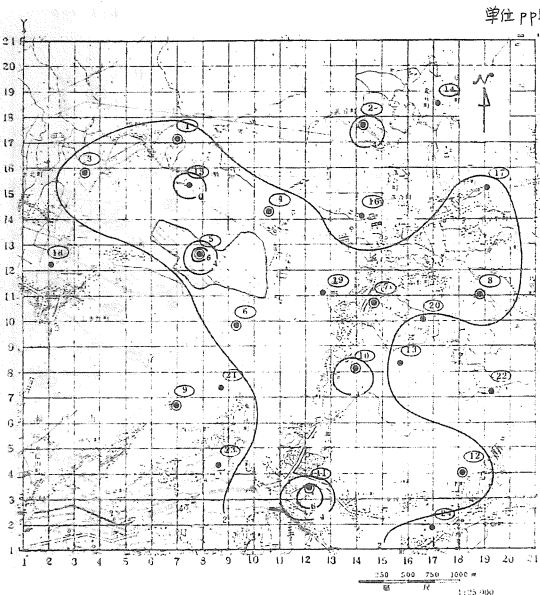


図3 二酸化硫黄濃度分布 (13:00~14:00)

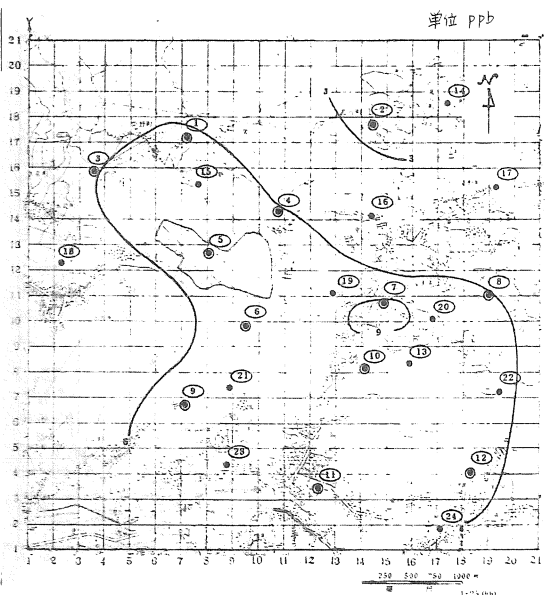


図5 a 一酸化窒素濃度分布 (10:00~11:00)

1.2.1 二酸化硫黄濃度

これらの表および図によれば、気流は10時から11時にかけて弱い西から東への風で分布は乱れているが、13時から14時にかけては、安定した西ないし北西風となっている。また16時から17時では、穴田企業団地およびNo.7の地点で西北西の気流となっているが、団地周辺地域では、北から北東の風となっている。

このような気流のもとでは、3回の測定とも異なっているが、二酸化硫黄の環境基準（1時間値：100 ppb）

と比較して、いずれの測定とも極めて低い値となっており、全測定結果の最高値でも8 ppbを示すにすぎない。したがって、濃度分布は団地を中心としてその周辺よりも高い値を与えているが、環境上問題となるような値ではない。

1.2.2 窒素酸化物濃度

窒素酸化物に関する環境基準は二酸化窒素のみに関して、しかも1時間値の日平均として0.04ppmから0.06ppmまでのゾーン内またはそれ以下が与えられている。

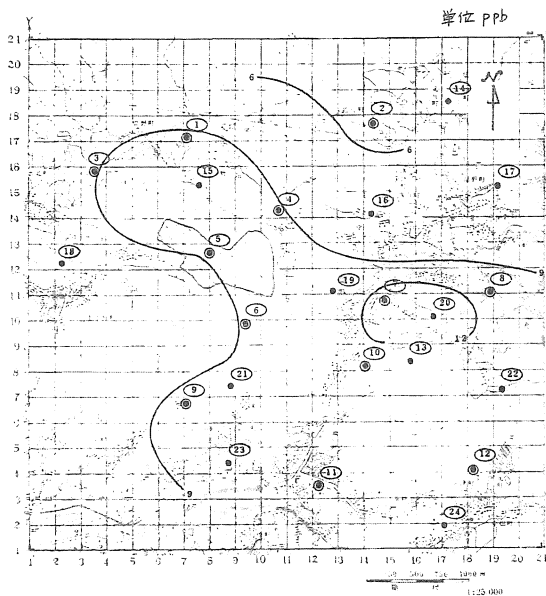


図5 b 二酸化窒素濃度分布（10：00～11：00）

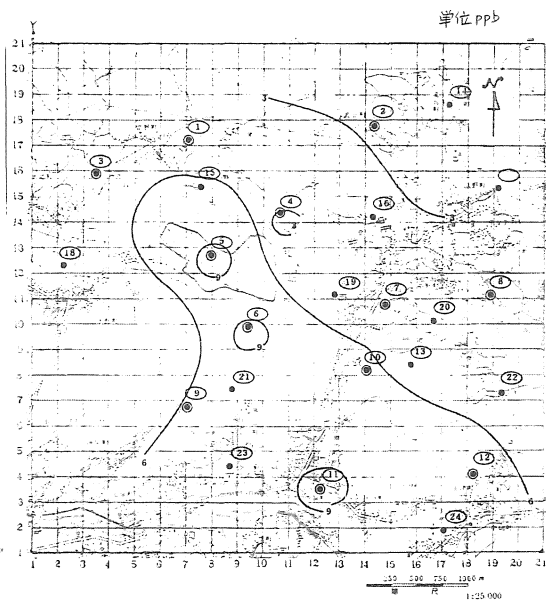


図6 a 一酸化窒素濃度分布（13：00～14：00）

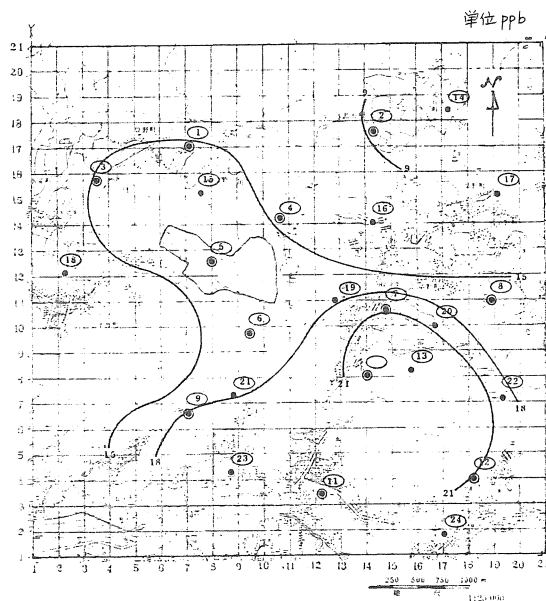


図5 c 全窒素酸化物濃度分布（10：00～11：00）

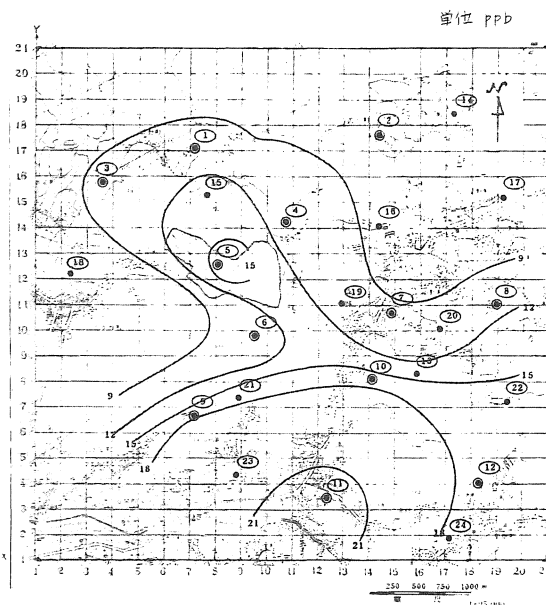


図6 b 二酸化窒素濃度分布（13：00～14：00）

今回の測定は1時間値であり、直接日平均とは比較できないが、日平均値としての環境基準をも十分に満足している。(東京都などの資料によれば、日平均値の2~3倍の値がその1時間値に対応しているとみてよい。)ここでは二酸化窒素を主体に検討する。

窒素酸化物の排出源は硫黄酸化物の排出源と比較して、固定発生源よりも自動車などの移動発生源の影響を受ける場合が多い。したがって主要道路周辺において窒素酸化物の濃度が高くなるため、一般に濃度分布図は硫黄酸

化物の場合に比べて著しく複雑となる。

10時から11時までの測定では、主要道路が交わる瀬戸市の中心部から風下方向にあたる南西部に比較的高い15ppbの濃度が出現している。一酸化窒素は比較的高い濃度の高い範囲が狭く、逆に全窒素酸化物の濃度の高い領域は幅広くなっているが、これは一酸化窒素の大気中の反応によるものと思われる。

13時から14時では瀬戸市の南部が高く、北部が低い濃度分布となっており、20ppbを越える濃度が出現してい

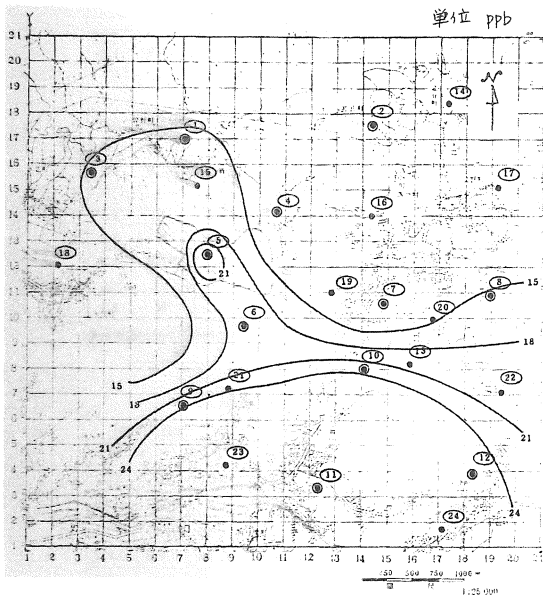


図 6 c 全窒素酸化物濃度分布 (13:00~14:00)

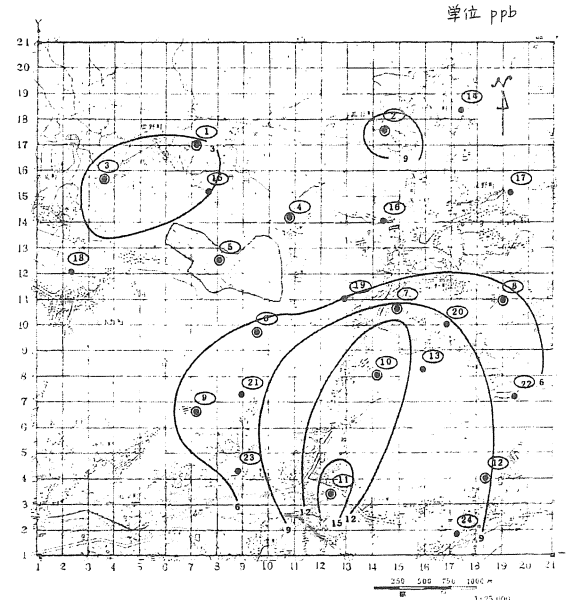


図 7 d 二酸化窒素濃度分布 (16:00~17:00)

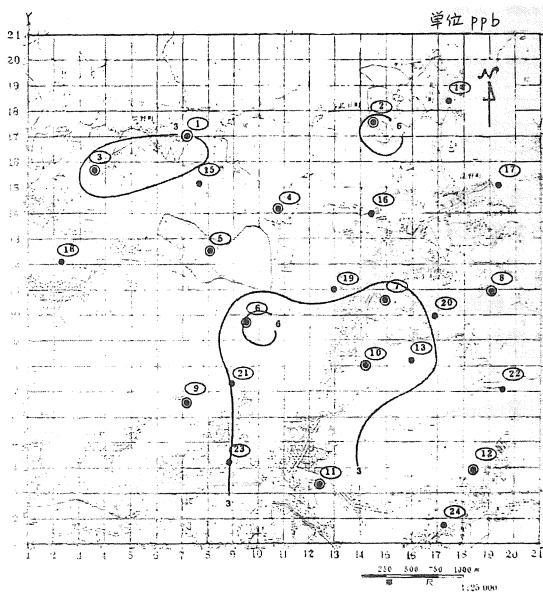


図 7 a 一酸化窒素濃度分布 (16:00~17:00)

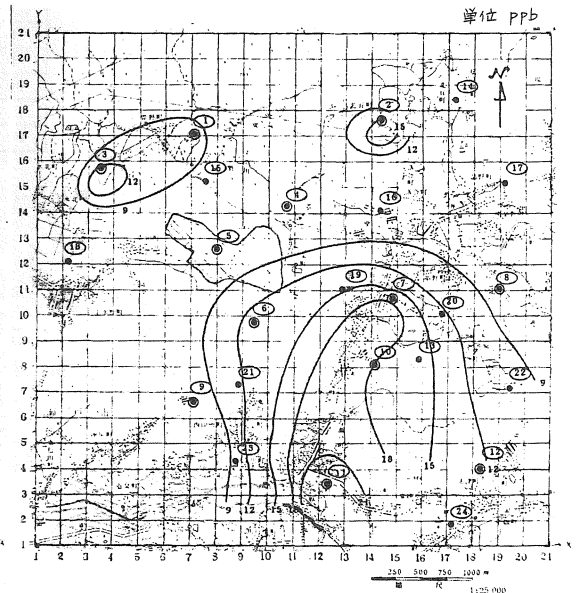


図 7 c 全窒素酸化物濃度分布 (16:00~17:00)

表1 現地調査時の気象

昭和52年12月21日 穴田地区

時刻	気温 (°C)	湿度 (%)	風向 (16方位)	風速 (m/s)	天気	雲量 (1/10)	雲形	日射量 (cal/cm ² ・h)	安定度 パスケル 分類
9	3.9	83	E	0.8		10 ⁻	Cu. St. Ac	17	B
10	5.6	69	W	1.5	晴	6	Cu Ac	22	B
11	6.3	68	W	1.5	晴	8	Cu Ac	33	A~B
12	6.6	62	WNW	1.8	晴	8	Cu Ac	20	B
13	6.7	62	W	1.5	晴	8	Cu. Sc	22	B
14	6.9	50	NW	2.0	晴	8	Cu. Sc. Ci	10	B
15	7.6	43	NNW	2.2	快晴	1	Cu	23	C
16	6.6	52	NNW	1.2	晴	2	Cu	10	B
17	4.6	45	NNW	1.8	快晴	0 ⁺	Cu	1	B
18	2.6	52	NNW	2.3	快晴	0 ⁺	Cu	0	C

表3 測定時の気象要素

回数	測定時刻	代表風向	平均風速	安定度	風向変動市
1	10:00~11:00	WNW	1.8	A~B	NW~WSW
2	13:00~14:00	W	1.8	B	NW~W
3	16:00~17:00	WNW	1.5	B	N~WNW

表4 二酸化硫黄濃度

項目 地点 番号	時間	SO ₂ (ppb)		
		10-11	13-14	16-17
1		1.06	2.65	0.42
2		0.25	4.87	0.38
3		0.31	2.84	0.05
4		0.75	3.47	0.50
5		2.54	7.34	2.59
6		0.00	2.24	0.19
7		1.75	2.79	2.14
8		0.93	2.41	1.76
9		0.00	0.32	0.10
10		2.14	5.82	0.92
11		2.44	6.21	2.30
12		4.81	3.29	0.77
13		0.51	0.00	0.13
14		0.48	0.00	0.04
15		0.71	0.00	0.00
16		2.45	0.00	0.32
17		0.16	2.46	0.09
18		0.75	0.00	0.00
19		3.50	3.14	0.51
20		0.55	0.00	0.14
21		0.41	0.00	0.00
22		0.88	1.10	0.35
23		2.57	1.76	8.03
24		1.13	0.00	0.00

る。一酸化窒素に関しては、このような分布はみられないが、全窒素酸化物では二酸化窒素よりも顕著となっている。

16時から17時までの測定では、比較的濃度の高い地域は瀬戸市南部に集中しているが、最高で17ppbと低い。一酸化窒素ではこの分布傾向は少ないが、全窒素酸化物では明確な傾向が表われている。

1.3 大気拡散シミュレーション

一連の研究の目的は、今後開発が予想されるこの種の内陸工業団地から発生する汚染の正確な予測と評価を行うための手法を確立することにあるので、汚染質の大気中での拡散過程のモデルの精度を、種々な事例研究における実測データとの比較を通して検討しておく必要があ

表2 気流調査のための風向風速測定結果

単位 (m/s)

時刻 地点	10:00~11:00		13:00~14:00		16:00~17:00	
	風向	風速	風向	風速	風向	風速
1	SSW	1.7				
2						
3			NW	1.3	NNE	2.6
4			WSW	3.3		
5	(WNW)	(1.8)	(W)	(1.8)	(WNW)	(1.5)
6						
7	NNW	1.9	NNW	2.8	WNW	1.5
8						
9	WSW	0.2	NW	0.3	NNE	—
10						
11						
12	SW	0.3				
13	W	2.6	NW	2.0	NNE	1.8
14						
15						
16	WSW	1.0	W	1.8	NNW	0.6
17	WSW	1.3	NW	0.3	NE	1.8
18	NW	2.0	WNW	1.8	NW	2.4
19						
20			NNW	1.3	N	2.1
21	N	1.6	W	2.2	N	3.6
22	W	0.5	WNW	0.7	NNW	1.2
23						
24	WSW	0.4	NW	1.7	N	2.1

(注)：1時間内約3回測定した中で各時間帯の中間の測定結果を使用、No5は表1より取った。

表5 窒素酸化物濃度測定結果

単位 [ppm]

時間 地点 番号	10:00~11:00			13:00~14:00			16:00~17:00		
	NO	NO ₂	NO _x	NO	NO ₂	NO _x	NO	NO ₂	NO _x
1	0.007	0.010	0.017	0.005	0.011	0.016	0.003	0.006	0.009
2	0.003	0.006	0.009	0.003	0.008	0.011	0.006	0.009	0.015
3	0.006	0.011	0.017	0.004	0.013	0.017	0.004	0.008	0.012
4	0.006	0.009	0.015	0.003	0.003	0.006	0.002	0.004	0.006
5	0.007	0.009	0.016	0.009	0.016	0.025	0.001	0.004	0.005
6	0.007	0.009	0.016	0.009	0.010	0.019	0.006	0.007	0.013
7	0.009	0.015	0.024	0.005	0.008	0.013	0.004	0.014	0.018
8	0.006	0.011	0.017	0.004	0.012	0.016	0.001	0.007	0.008
9	0.008	0.011	0.019	0.006	0.018	0.024	0.002	0.006	0.008
10	—	—	—	0.007	0.018	0.025	0.004	0.013	0.017
11	—	—	—	0.009	0.022	0.031	0.005	0.017	0.022
12	0.009	0.011	0.020	0.007	0.017	0.024	0.003	0.009	0.012

る。前報¹⁾では複雑な地形に適した拡散モデルとして、対象地域の地形や摩擦効果(地面粗度)を考慮した煙流のパフモデルの有効性を示した。そこで、前節に記述した硫黄酸化物濃度の実測データをもとに先に提案した煙流のパフモデルの精度を検討した上で、この煙流のパフモデルによる大気拡散シミュレーションをもとに穴田企業団地から生じる汚染の現状把握と団地の将来計画に基づいた汚染予測を行った。

煙流のパフモデルと汚染質濃度計算法についての詳細は前報¹⁾に記述したので、ここではその概要を述べることにとどめる。

まず、計算対象地域空間をメッシュに区切り、地形や地面粗度を考慮してメッシュの各点での風の x, y, z 成

分 (u, v, w) を求め、煙源からのパフの流線を算出し、流線上の仮想煙源から静穏時のパフモデル⁴⁾に基づいて拡散させる。そして各々のパフからの濃度を総和して着目地点の濃度とする。

計算対象地域は図8に示す瀬戸市穴田町を含む東西5 km, 南北5 kmとした。

1.3.1 現状評価

拡散計算に入力した煙源の位置を図8に、その煙源の煙突の高さ、現地調査時の稼働条件を表6に示す。

気流の計算の結果として測定時における風の3成分 (u, v, w) が得られる。これより煙の軌跡を煙突毎に求めることができる。3回の測定時における主要な煙源からの煙の流線を描いたものが図9～11である。計算条件下では、大気が不安定状態であるため、地形因子の影響を受けて細かい乱れが見られるが、全体的には風下方向に安定した流れを示している。計算結果を、表2と比較すると、風の流れの状態はよく再現されていることが判る。

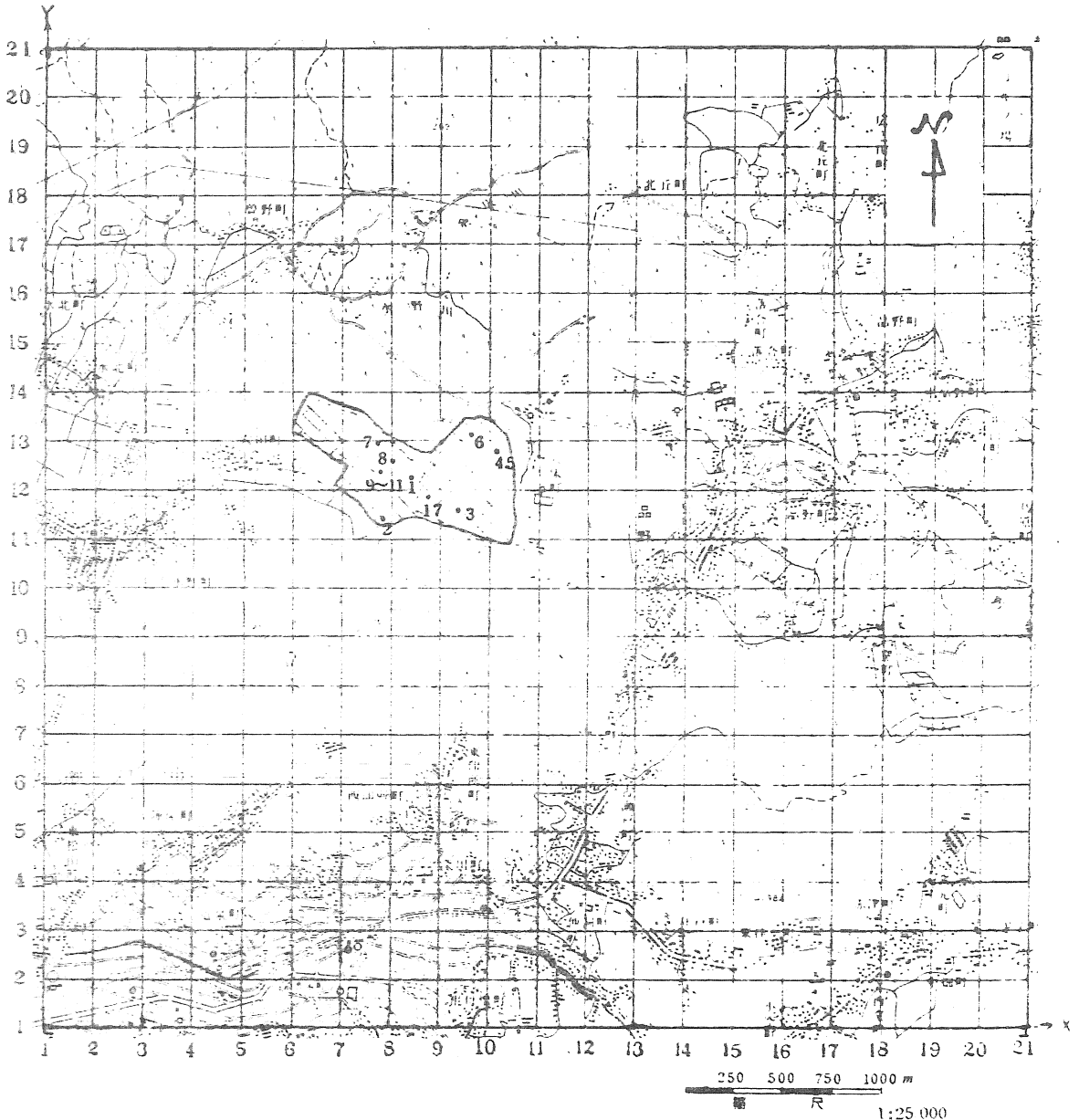


図8 計算対象範囲と煙源位置

表 6 a 現地調査時の煙源条件および気象条件

昭和52年12月21日 (穴田地区)

諸条件 番号	Ho (m)	T (°C)	Q (Nm ³ /h)	S分 (%)	10:00~11:00		13:00~14:00		16:00~17:00	
					q (t/h)	気象	q (t/h)	気象	q (t/h)	気象
1	20	190	1,912	0.77	125	—	125	—	125	—
2	25	120	31,660	0.51	—	風向	750	風向	750	風向
3	17	204	1,355	0.74	55	WNW	85	W	96	WNW
4	30	80	2,960	0.65	243	風速	183	風速	146	風速
5	10	210	365	0.65	44	1.8m/s	37	1.8m/s	35	1.5m/s
6	9	130	2,920	0.001	64 kg	安定度	65 kg	安定度	56 kg	安定度
8	2.5	450	360	0.45	8	A~B	7	B	7	B
9	6	200	130	0.002	5	—	10	—	10	—
11	6	200	40	0.002	3	—	3	—	3	—
17	9.7	170	—	0.50	—	—	—	—	34	—
18	11	170	1,507	2.70	90	—	90	—	90	—

表 6 b 現地調査時の煙源条件

昭和52年12月21日 (穴田地区)

諸条件 番号	座標 X (km)	座標 Y (km)	排出熱量 QH (cal/s)	有効煙突高度 He (m)			排出強度 p (cc/s)		
				10:00~11:00	13:00~14:00	16:00~17:00	10:00~11:00	13:00~14:00	16:00~17:00
1	1.85	2.83	27,337	39	39	41	177.1	177.1	177.1
2	1.71	2.63	271,263	84	84	92	0.0	703.8	703.8
3	2.09	2.68	20,923	33	33	36	74.9	115.7	130.7
4	2.28	2.96	15,719	44	44	46	290.6	218.9	174.6
5	2.28	2.96	5,815	19	19	20	52.6	44.3	41.9
6	2.16	3.05	27,435	28	28	30	0.0	0.0	0.0
7	1.68	3.00	40,000	34	34	37	0.0	0.0	0.0
8	1.75	2.91	12,794	15.5	15.5	17.5	6.6	5.8	5.8
9	1.69	2.86	1,965	11	11	12	0.0	0.0	0.0
10	1.69	2.86	4,657	14	14	15	0.0	0.0	0.0
11	1.69	2.86	605	9	9	9	0.0	0.0	0.0
12							0.0	0.0	0.0
13							0.0	0.0	0.0
14							0.0	0.0	0.0
15							0.0	0.0	0.0
16							0.0	0.0	0.0
17							0.0	0.0	0.0
18	-1.75	3.00	19,084	27	27	29	447.1	447.1	447.1
19			30,392	30	30	32	0.0	0.0	0.0

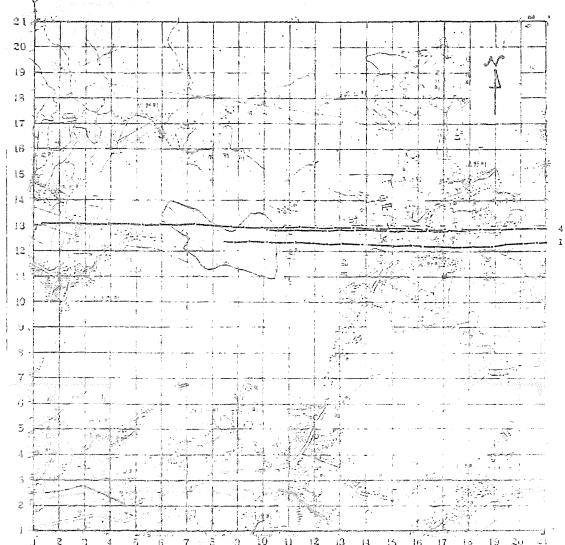


図 9 計算による流跡線 (10:00~11:00)
条件: 風向WNW, 風速1.8m/s, 安定度A~B

図10 計算による流跡線 (13:00~14:00)
条件: 風向W, 風速1.8m/s, 安定度B

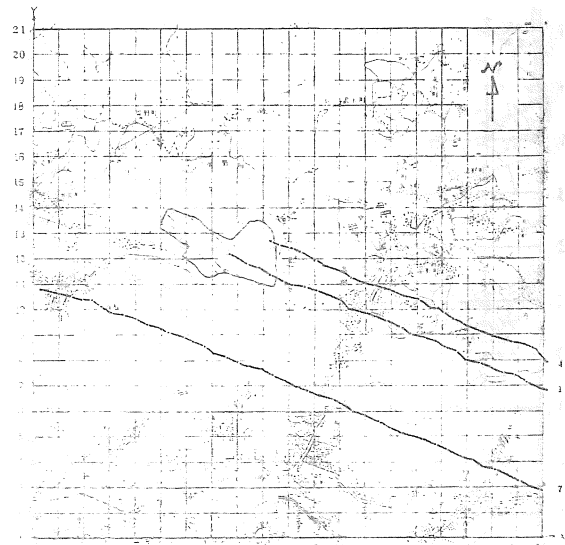


図11 計算による流跡線 (16:00~17:00)
条件: 風向WNW, 風速1.5m/s, 安定度B

現地調査時における対象煙源の稼動状況での二酸化硫黄濃度の計算結果を、濃度分布図として図12~14に与える。

計算結果によると、二酸化硫黄濃度は主要煙源の風下に1~10 ppb程度の値となっているが低いものである。ただ13~14時、16~17時の結果で一部にそれぞれ15 ppb 20 ppb以上の値が出現している。これは煙源に非常に近い地点で地形効果のため煙が直接影響を及ぼした結果と考えられる。それでも二酸化硫黄濃度に関する環境基準(1時間値:100 ppb)をはるかに下まわっている。 団

地内およびその風下地域では、実測および計算による二酸化硫黄濃度は同程度である。

1.3.2 将来汚染予測

将来汚染の推定予測には、気象要素が煙の拡散にとって悪い状況でなおかつ年間を通じて出現頻度の比較的高い条件を入力するのが妥当である。ここではつぎのような気象条件を選んだ。風向については、図15に示す昭和51年度風向別出現頻度図を参考にして北西と西、風向については弱風である 1m/s と年平均風速 2.5 m/s、大気

安定度については不安定な安定度分類BとCとした。

煙源資料および気象要素を表7に示した。二酸化硫黄排出量には煙源の稼動が最大のときの値を採用しているため、最も安全側に立った考察ができるものと思われる。

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図6, 7, 8 に与えた。

Case 1 および Case 2 では風速が 1.0 m/s と低く、大気安定度も不安定としたため、煙源から近い風下地点に 50 ppb 以上の濃度域が出現しているが、それでも環境基

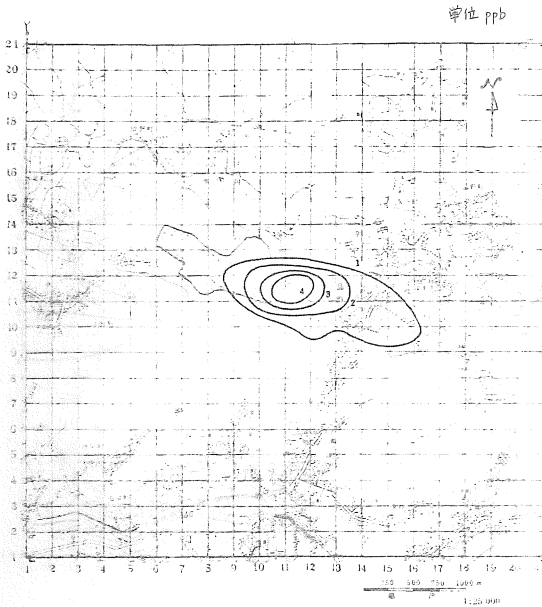


図12 二酸化硫黄濃度分布計算結果 (10:00~11:00)

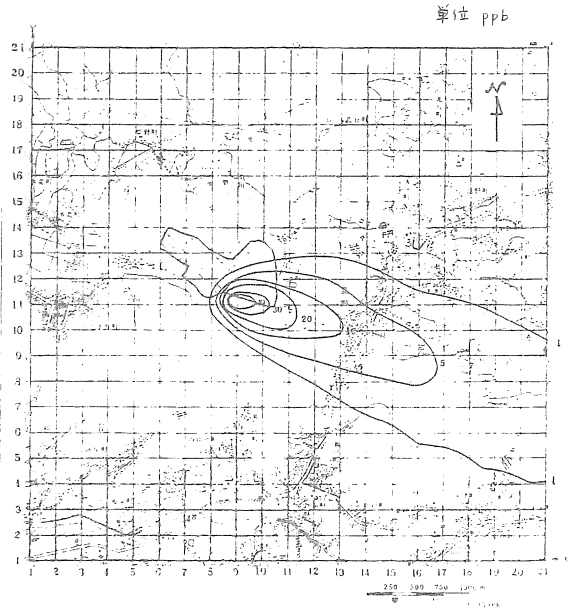


図14 二酸化硫黄濃度分布計算結果 (16:00~17:00)

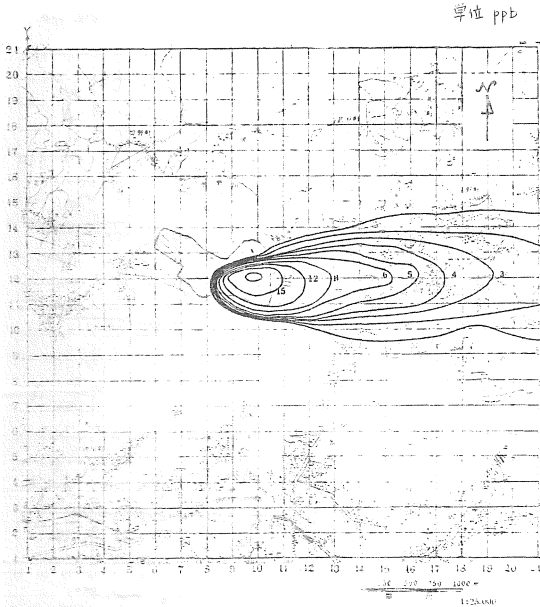


図13 二酸化硫黄濃度分布計算結果 (13:00~14:00)

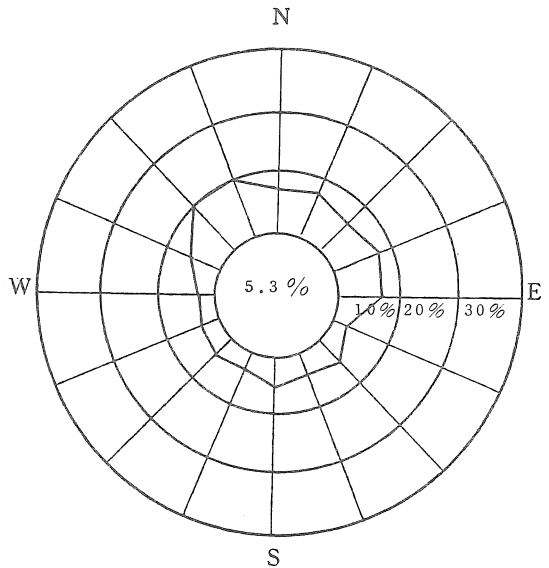


図15 風向別出現頻度図 (昭和51年度, 瀬戸)

準の1時間値(100 ppb)を十分に満足している。それに対してCase3のように風速が2.5 m/sとやや強くなると、対象地域内の最大濃度は5 ppb程度にすぎない。

将来汚染予測は最悪条件下での計算であったので、汚染源を穴田企業団地およびその近隣に限れば、これより汚染濃度は低くなると見てよい。しかし能褒野工業団地の大気環境アセスメントで指摘^{1,2)}したように、風向によっては他地域の汚染源からの移流による汚染濃度のかさ

上げが十分に考えられる。穴田企業団地の場合にも、瀬戸市街地、尾張旭市の煙源による汚染の重合を評価しておく必要がある。

2. 瀬戸地域の大気環境アセスメント

前報²⁾において、能褒野工業団地およびその周辺の環境影響評価を行う際、鈴鹿市の工場群からの汚染の寄与を無視することはできないこと、およびむしろこれらの

表7 将来予測のための煙源資料と設定気象条件

諸条件 番号	座 標		最大排出熱量 QH [cal/s]	最大SO ₂ 排出 量 q [cc/s]	煙突高 Ho (m)	有効煙突高度 He (m)		
	X(km)	Y(km)				case1	case2	case3
1	1.85	2.83	52,949	604.4	20	60	60	40
2	1.71	2.63	341,057	414.0	25	123	123	74
3	2.09	2.63	69,600	550.9	17	63	63	40
4	2.28	2.96	301,045	731.4	30	126	126	78
5	2.28	2.96	12,061	42.8	10	29	29	20
6	2.16	3.05	70,800	0.0	9	56	56	32
7	1.68	3.00	47,375	0.0	11	49	49	30
8	1.75	2.91	12,794	6.3	2.5	22	22	12
9	1.69	2.86	3,930	0.0	6	17	17	12
10	1.69	2.86	12,582	0.0	6	28	28	14
11	1.69	2.86	907	0.0	6	11	11	9
12	-	-	-	0.0	-	-	-	-
13	-	-	-	0.0	10	-	-	-
14	-	-	-	0.0	10	-	-	-
15	-	-	-	0.0	10	-	-	-
16	-	-	-	0.0	-	-	-	-
17	1.93	2.73	-	55.2	9.7	30	30	10
18	-1.75	3.00	28,620	447.1	11	41	41	26
19	-1.75	3.60	38,168	790.0	10	44	44	27

case 1
風 向 NW
風 速 1.0
安定度 B

case 2
風 向 W
風 速 1.0
安定度 B

case 3
風向向 W
風 速 2.5
安定度 C

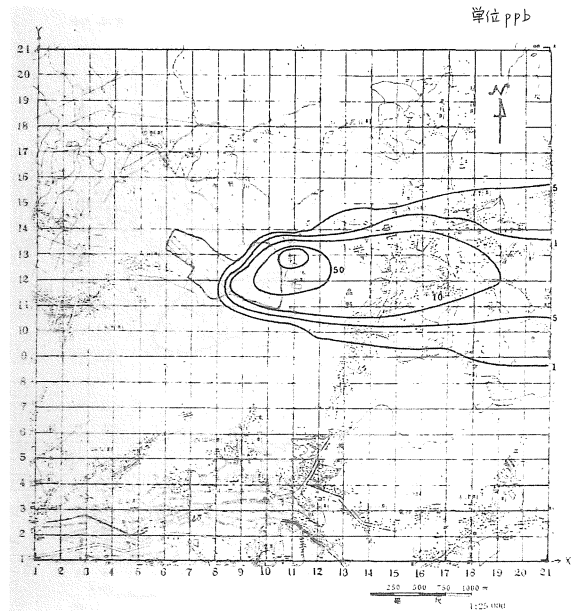


図17 二酸化硫黄濃度分布(将来予測, Case 2)

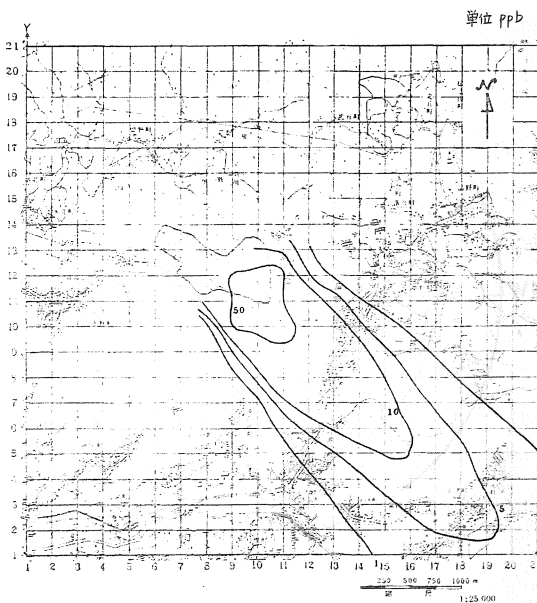


図16 二酸化硫黄濃度分布(将来予測, Case 1)

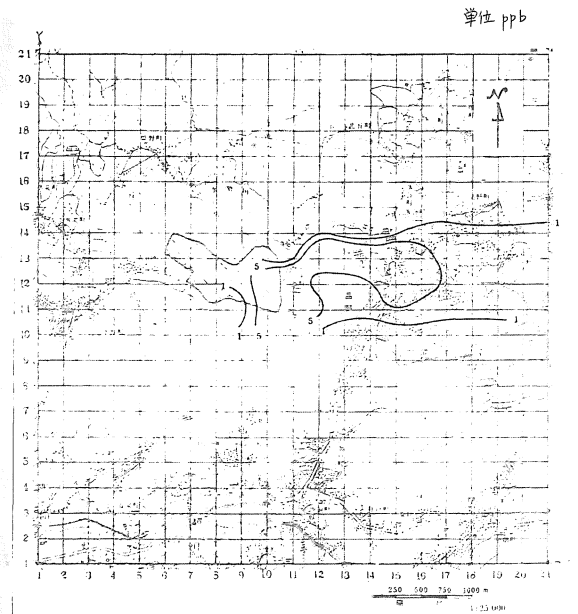


図18 二酸化硫黄濃度分布(将来, Case 3)

工場群からの汚染の方が支配的であるので、能褒野工業団地を含めた鈴鹿地域をアセスメントの対象とすべきことを指摘した。穴田企業団地の環境アセスメントについても同様の観点に立ってアセスメントの対象地域を拡大した。

対象とした地域は図19に示すように、瀬戸市および尾張旭市を含んだ東西17.5 km、南北17.5 kmである。また同図には煙源位置も示されている。煙源の位置座標 (X, Y)、煙突高さ、排ガス量、温度、二酸化硫黄排出量等の煙源資料を表8に記載した。

ここでは計算時間²⁾の関係で大気拡散式には前報³⁾と同様、Plume式⁴⁾、拡散幅にはPasquill-Giffordの線

図(近似式⁴⁾)、有効煙突高さの推算にはCONCAWEの式⁴⁾を採用した。

2.1 大気拡散シミュレーション

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の1.5 m/sと2.0 m/s、大気安定度については安定度分類C、D、E、Fを選んだ。

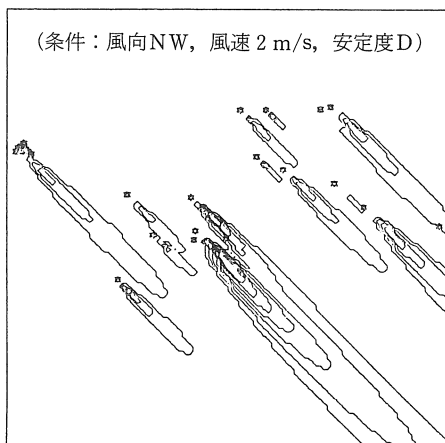
拡散シミュレーションの結果を、汚染濃度と汚染面積の関係として表わしたものを表9に掲げる。また図20、21には代表的な気象要素、風速2 m/s、風向北西および北、安定度D、としたときの計算結果が二酸化硫黄濃度分布として示されている。図中の等濃度線の番号と二酸化硫黄濃度レベルの間の関係は表10に示す通りである。



図19 計算対象範囲と煙源位置

表8 煙源資料

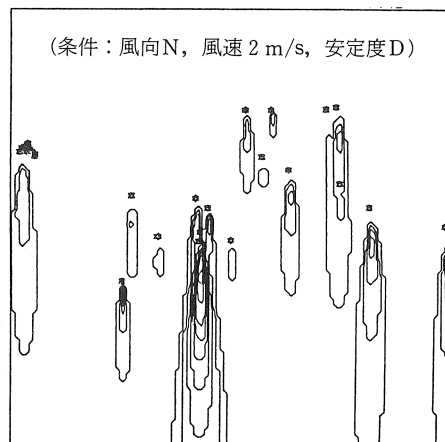
煙源番	位置座標 X(m)	位置座標 Y(m)	煙突高さ (m)	排ガス量 (Nm ³ /s)	SO ₂ 排出量 (cc/s)	排ガス温度 (C)
30101	9275	13400	18	1,032	289	300
30102	9275	13400	10	1,406	132	300
30103	9275	13400	10	1,350	160	300
30201	10975	11050	25	1,815	519	220
30202	10975	11050	25	1,815	519	180
30301	17200	8825	45	4,633	1236	90
30302	17200	8825	45	2,851	761	200
30401	13000	10500	20	0,810	111	320
30402	13000	10500	20	1,350	183	320
30501	12473	13430	25	10,083	392	120
30601	10300	13400	4	1,352	177	210
30602	10300	13400	4	1,352	177	230
30701	8700	8290	15	1,143	139	300
30702	8700	8290	15	1,143	139	300
30801	14175	9575	48	2,494	839	80
30802	14175	9575	48	3,207	1079	80
30901	12880	13525	30	3,591	1333	300
30902	12880	13525	30	3,591	1333	300
30903	12880	13525	10	0,144	38	300
30904	12880	13525	10	0,144	38	300
30905	12880	13525	10	0,144	38	300
31001	9925	11545	4	0,432	72	180
31101	7425	8250	40	4,997	1293	150
31102	7425	8250	40	3,476	899	190
31201	7475	8600	17	2,276	651	100
31202	7475	8600	30	4,729	5219	300
31301	5825	8425	10	0,974	84	270
31302	5825	8425	10	0,974	84	270
31401	7775	9550	13	4,156	430	135
31402	7775	9550	18	4,585	675	146
31403	7775	9550	18	1,122	75	56
31404	7775	9550	18	1,122	75	56
31501	4400	6665	9	0,212	58	135
31502	4400	6665	18	0,411	211	180
31503	4400	6665	18	0,411	211	180
31504	4400	6665	18	0,542	177	180
31505	4400	6665	18	0,542	177	160
31601	4775	10025	33	0,851	202	150
31602	4775	10025	33	1,291	307	150
31701	7300	9925	13	0,547	166	270
31702	7300	9925	25	1,881	572	270
31703	7300	9925	25	1,994	606	270
32001	325	11750	60	113,250	784	60
32002	925	11575	67	60,083	198	70
32003	800	11750	67	81,528	304	70
32004	600	11750	24	5,917	10	63
32005	725	11850	24	5,917	10	63
32006	950	11650	15	6,694	20	58
32007	550	11800	24	13,250	698	83
32008	425	11900	26	9,139	977	86
32009	525	11950	9	1,528	19	58
32010	650	12075	20	10,028	3	199



(条件：風向NW, 風速 2 m/s, 安定度D)

2.00 PPB 5.00 PPB 10.00 PPB 15.00 PPB 20.00 PPB
 267.171 KM² 23.984 KM² 14.122 KM² 3.309 KM² 1.535 KM²
 25.00 PPB 30.00 PPB 40.00 PPB 50.00 PPB 60.00 PPB
 0.649 KM² 0.303 KM² 0.346 KM² 0.000 KM² 0.000 KM²

図20 代表的な汚染パターン 1



(条件：風向N, 風速 2 m/s, 安定度D)

2.00 PPB 5.00 PPB 10.00 PPB 15.00 PPB 20.00 PPB
 268.512 KM² 26.860 KM² 9.386 KM² 3.655 KM² 1.189 KM²
 25.00 PPB 30.00 PPB 40.00 PPB 50.00 PPB 60.00 PPB
 0.714 KM² 0.389 KM² 0.368 KM² 0.281 KM² 0.065 KM²

図21 代表的な汚染パターン 2

表9 種々の気象条件下の二酸化硫黄汚染面積 [km²]

(風速 2 m/s.)

大気安定度	風向	汚染濃度 (ppb)							
		5-10	10-10	15-20	20-25	25-30	30-40	40-50	50-60
C-D	E	15.64	6.90	3.42	1.13	0.69	0.78	0.	0.
C-D	NE	17.43	9.58	3.18	1.08	0.69	0.78	0.28	0.
C-D	N	13.60	5.77	2.38	1.02	0.45	0.71	0.41	0.17
C-D	NW	19.94	6.90	2.68	0.89	0.54	0.69	0.	0.
C-D	W	16.99	6.62	2.61	1.25	0.63	0.56	0.	0.
C-D	S	15.83	8.15	3.63	1.84	0.84	0.52	0.17	0.
C-D	S	11.29	4.89	2.03	0.89	0.78	0.95	0.45	0.20
C-D	SE	18.62	7.63	2.29	1.13	0.50	0.61	0.07	0.
C	NW	11.59	3.35	1.41	0.74	0.35	0.45	0.11	0.
C-D	NW	19.94	6.90	2.68	0.89	0.54	0.69	0.	0.
D	NW	14.14	6.75	2.44	0.15	0.67	0.11	0.	0.
D-E	NW	14.17	6.53	3.24	1.56	0.45	0.	0.	0.

表10 汚染レベル

Curve	二酸化硫黄濃度 (ppb)
1	2
2	5
3	10
4	15
5	20
6	25
7	30
8	40
9	50
10	60

表11 適正削減率表

(気象条件：風向 S, 風速 1.5 m/s, 安定度 D)

目標濃度	4 0 ppb				3 0 ppb			
	0.8	0.7	0.6	0.5	0.8	0.7	0.6	0.5
削減率の上限	0.8	0.7	0.6	0.5	0.8	0.7	0.6	0.5
対象煙源数	22	22	22	22	22	22	22	22
対象地点数	4	4	4	4	6	6	6	6
対象煙源番号								
31101							0.3702	0.5
31102								0.5
31201								0.1624
31202	0.8	0.7	0.6	0.5	0.8	0.7	0.6	0.5
31502	0.2790	0.2790		0.2790	0.8	0.7	0.6	0.5
31503			0.2790		0.4119	0.5119	0.6	0.5
31504								0.0152
31505								0.2714
31701				0.4473	0.0415	0.4739	0.6	0.5
31702	0.4470	0.6441	0.6	0.5	0.8	0.7	0.6	0.5
31703			0.2425	0.5	0.8	0.7	0.6	0.5

最高汚染濃度は図20では40～50ppb、図21では50～60ppbである。(表9によると50～60ppbを示す汚染面積は南風の時のの方が若干広い。) いずれも環境基準の1時間値100ppbは満足しているが、1時間値の1日平均値40ppbを越えている。この煙源の排出強度および気象条件が長期間続くとは考えられないので、日平均として40ppbを越える可能性はきわめて少ない。しかし50～60ppbの汚染面積が最大になる南風において、目標濃度を40ppbおよび30ppbと置いて、各煙源に対して汚染質排出量の削減率を割り当ててみた。目的関数を各煙源の削減率の総和を最小とすることに設定し、線形計画法(L, P.)に基づいて算出した。この場合、削減率の上限には0.8, 0.7, 0.6, 0.5を採用した。表11はL, P.による適正削減率の算出結果である。削減対象煙源の抽出と削減率の割り付けが合理的に出来たものと思われる。今後、目的関数の設定にあたって社会経済的な考慮をどのように含めるかを検討する必要がある。

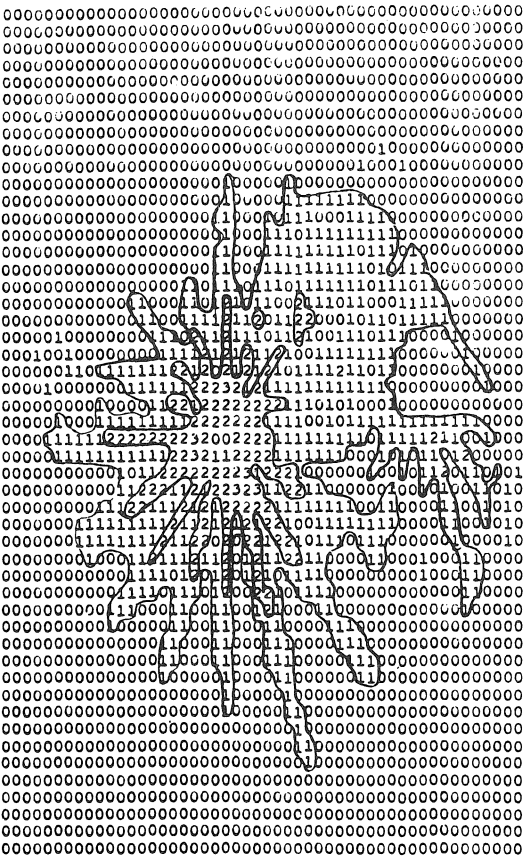


図22 年平均的汚染パターン
レベル 二酸化硫黄濃度 (ppb)
0 ~1
1 1~2
2 2~4
3 4~6

表12 瀬戸地域の年平均二酸化硫黄濃度

観測点	年平均濃度(ppb)		(観測結果— シミュレーション結果)*	1時間値の最高 の12ヶ月平均(ppb)
	観測結果	シミュレーション結果		
消防署分署	17	1.2	15.8	57.2
瀬戸市役所	18	1.2	16.8	50.8
品野支所	15	0.9	14.1	49.2
幡山支所	21	2.2	18.8	20.8
水野支所	11	1.7	9.3	36.7

* 瀬戸市面煙源からの寄与濃度と考えられる。

2.2 長期平均的汚染濃度

長期平均的な汚染パターンを図15に与えた風配図をもとに、前報²⁾と同様な方法で計算した。図22はこの結果である。計算機の出力の関係で縦が横より1.67倍拡大されている。長久手町の尾張旭市側に最高7.9ppbという濃度が出現しているが、4ppb以下の汚染地域が99%以上占めている。瀬戸市には二酸化硫黄濃度の通年観測所が5ヶ所設けられている。昭和51年度の二酸化硫黄濃度測定結果を表12に与えるが年平均値は11～21ppbである。それに対して図23に示した年平均シミュレーションの結果では、各観測地点の濃度は0.9～2.2ppbときわめて低い。また、各月の1時間値の最高の12ヶ月平均値も同表の才5例に与えられているが、これも表9および図21, 22から読み取れる濃度よりも高い。これは瀬戸市街地の拡散計算に入力できなかった中小煙源が極めて多数存在し、これによる汚染に起因していると思われる。通年観測地点における瀬戸面煙源からの寄与濃度として表12才4例の値が考えられる。年平均的に見ると、通年観測地点での二酸化硫黄濃度は、ほとんどが把握しきれない中小煙源による寄与濃度からなっているものと考えられる。

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 M 190) 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。