

4. 発生源の現状

4.1 工場・事業場

4.1.1 工場アンケート調査

柳州市の工場・事業場（以下工場と略する）からの大気汚染物質の排出状況を調査するため、1993年の煤煙発生施設の稼働状況ならびに1994年の稼働計画について、主要150工場にアンケート調査を実施した。

150工場の調査票を回収した。有効回収工場146の内訳は表 4.1.1のとおりであり、業種別では紡績工業（18）、食品（14）、機械工業（12）、電気機械・機器（11）と比較的高いが、26業種に幅広く分布している。

表 4.1.1 業種別調査票回収工場数内訳

業種分類	回答数	割合(%)
食品製造	14	9.6
飲料製造	1	0.7
煙草加工	1	0.7
紡績工業	18	12.3
皮革・毛皮製品	1	0.7
木材・竹等の加工	3	2.1
家具製造	1	0.7
製紙・紙製品	5	3.4
電力・蒸気等の生産	2	1.4
化学工業	10	6.8
医薬工業	2	1.4
化学繊維工業	1	0.7
ゴム製品	4	2.7
建材・非金属鉱製品	10	6.8
鉄金属の精錬圧延	3	2.1
非鉄金属の精錬圧延	10	6.8
金属製品	2	1.4
機械工業	12	8.2
交通運輸設備	8	5.5
電気機械・機器	11	7.5
交通運輸・郵便通信業	4	2.7
商業・流通・倉庫業等	4	2.7
不動産・公共事業等	6	4.1
衛生・体育・福祉事業	10	6.8
教育・文化・放送事業	3	2.1
合計	146	100.

4.1.2 工場排ガス測定調査

工場排ガス測定調査は34 工場の45 施設について実施した。施設の種類及び測定結果の概要は次のとおりである。

(1) 測定対象施設の概要

測定対象施設は、ボイラー 31 施設、加熱炉、精製炉（辛白炉）、焼結炉などの工業炉が14施設である。

ボイラーの形式は、沸騰炉 16 施設で半分以上を占め他は鎖床炉、微粉炭炉、固定炉等である。また、排ガス処理では除塵装置のみで、大規模ボイラーの殆どが水膜除塵器、小規模のボイラーはサイクロンを設置している。

(2) 測定結果

1) 煤塵濃度と排出量

煤塵濃度は、 $0.004 \sim 4.0 \text{ g/m}^3\text{N}$ （平均 $0.65 \text{ g/m}^3\text{N}$ ）であり、施設及び燃料の種類等によって大きな差がみられた。一方、煤塵排出量は $0.09 \sim 506 \text{ kg/H}$ （平均 38 kg/h ）であった。

2) SO_2 、 NO_x 濃度

SO_2 濃度はボイラーで130~5300 ppmと高く、平均でも 2200 ppmであり、ついで硫酸製造装置が高く660~1,410 ppmであった。その他の施設では290~26ppmと低かった。

NO_x 濃度は過剰空気比燃焼のために400~6ppmと低い値であった。

表 4.1.2 SO_2 、 NO_x 濃度

(ppm)

施設名	SO_2	NO_x
ボイラー	130~5300	15~400
加熱炉	10~ 131	6~ 19
精製炉（辛白炉）	63~ 294	8~ 18
焼結炉	92~ 580	44~ 88
硫酸製造装置	660~1410	8~ 21
焼成炉（水泥）	89~ 132	192~330
焼成炉（煉瓦）	409	12
キュボラ	53	13
ガラス溶解炉	77	156
電気炉（電石炉）	26	6

3) T-HC 濃度

T-HC濃度は、 $0 \sim 490 \text{ ppm}$ （平均 31 ppm ）であり、施設及び排ガス温度等によって大きな差がみられた。

4) CO_2 濃度

CO_2 濃度は、ボイラーで $2.0 \sim 14.6 \%$ （平均 6.4% ）、焼成炉（水泥）16.

7 ~ 20%以上 (CO₂計の最大目盛は 20%)、その他の施設で 0.6 ~ 6.5 % であった。

5) O₂濃度

O₂濃度は、2.9 ~ 20.2 % (平均 14.5 %) と、全般に高い濃度を示している。

6) CO濃度

CO濃度は、0 ~ 7,210 ppm (平均 465 ppm) であり、比較的濃度の高い施設は焼結炉、キューボラ等であった。

7) 粒径分布中位径

粒径分布中位径は、0.9 ~ 5.0 μm (平均 3.3 μm) となっている。

4.1.3 熱効率測定調査

(1) 調査結果の概要

熱効率調査は、主要工場 22 施設の内、ボイラーが 19 施設、焼成炉 (水泥) 2 施設、加熱炉 1 施設について実施した。

調査の結果、ボイラーの熱効率は 46.9 % ~ 69.4 % であり、発電所のボイラーの熱効率は 90.3 %、加熱炉の熱効率は 48.5 % であった。

4.1.4 燃料及び燃焼灰分析

(1) 燃料分析

柳州市で使用している主要燃料、将来使用予定の燃料などの成分分析を行うために工場の 20 試料、民生その他 15 試料で合計 52 試料について分析を行った。

燃料種類別では固体燃料 45 種類、液体燃料 7 種類となっている。

分析を行なった固体燃料 52 試料のうち、柳州市で最も多く使用されている合山炭分析値は次のような値であった。

炭素 : 23 ~ 65 %	揮発分 : 10 ~ 17.4 %
水素 : 1.5 ~ 3.4 %	固定炭素 : 23.3 ~ 62.8 %
酸素 : 1.2 ~ 4.3 %	発熱量 : 1,911 ~ 5,678 kcal/kg
窒素 : 0.42 ~ 0.86 %	
硫黄 : 4.1 ~ 10.6 %	
全水分 : 2 ~ 10.6 %	
灰分 : 20.1 ~ 63.4 %	

この結果から合山炭の品位は褐炭と瀝青炭との中位程度で燃料比 (固定炭素 / 揮発分) は平均で 3.36 であった。

通常、微粉炭燃焼では燃料比 2 以下のものを用いるが合山炭のように 3 以上では燃焼性が悪く、完全燃焼を図るために工夫が必要となる。

石炭の燃焼性は着火性、燃焼速度の大小が重要な因子であり、一般に低炭化度の低い石炭は着火温度が低く、燃焼速度が大きい。

石炭は着火性（着火温度）は次式で求める事ができる。

$$\text{着火性}(Ta) = H.V - (81 \times F.C) / V.M + M \quad \text{kcal/kg}$$

この式を用いて大同炭、河南炭、貴州炭、平頂山炭、合山炭の着火性を求めると大同炭 59 ~ 87、河南炭 63、貴州炭 56、平頂山炭 41、合山炭 18 kcal/kg であった。

着火性は 69 以上は早く、45 以下は遅いと言われており合山炭は中国炭のなかでも極端に遅いことが分かる。

合山炭の硫黄分は予想を上回ってかなり高い値となっている。今回の調査は経年的に採集、分析を行なったものではないのでこの様な分析値を利用することは問題があるが他の石炭に比べて高いレベルにある。

選炭の効果を判断するための因子として石炭中の形態別硫黄組成がある。合山炭の形態別硫黄組成は全硫黄の 70 % を有機硫黄がしめ黄鉄鉱（パイライト）は 13 % しか含有していない。

通常、選炭で除去できるのは黄鉄鉱であることから合山炭については化学処理か微生物法以外に除去法は期待できない。

以上のような調査結果から化学処理や微生物法はコストがかかるため合山炭を選炭することは実用的でないことが分かった。

弗素の含有量は硫黄と同様に合山炭が高い値を示している。

合山炭以外では貴州炭が比較的硫黄分が高い値を示し、液体燃料の重油、軽油が低い値を示している。

(2) 燃焼灰分析

燃焼灰の分析は燃焼効率を求めるために 37 工場について試料を採集して C, H, S, 水分について行なった。

対象とした施設は殆どがボイラーで、分析結果によると未燃炭素分が 0.88 ~ 46.0 % でかなり多いのがある。ボイラー形式では鎖床炉、沸騰炉が多い傾向にある。

以上のことから全般に燃焼管理が十分に行われていないため燃焼灰中の未燃分が多いことが分かった。

石炭種類による未燃炭素分の差異は認められなかった。

未燃灰中の硫黄分は当然のことながら未燃分の多い灰中も多くなっている。

4.1.5 生産工程調査

排煙脱硫などの排ガス処理以外の固定発生源対策として生産工程の合理化がある。

生産工程の合理化は燃原料原単位の向上を目的とするものであるが、本調査の目的が大気汚染対策であることから、原料面よりも、燃料を含む用役消費量（エネルギー原単位）に注目して調査を行った。

柳州市には約 500 の工場があるが、市環境保護局は燃料消費量の観点から 15 工場を主要発生源と定めている。本調査では 15 工場の中で生産工程の合理化による削減効果が比較的大きいと考えられる以下の 7 工場について調査し、結果を表 4.1.3 にまとめた。

表 4.1.3 生産工程調査結果

工場名	調査結果
柳州化肥廠	硝酸、硝安設備を除く全ての設備の電力消費量が先進設備の約 2 倍以上で、特にアンモニア、尿素設備はそれぞれ、13 倍、7 倍となっている。また、アンモニア設備の石炭消費量は先進設備よりも 37% 多い。
東風化工廠	カルシウムカーバイドと苛性ソーダの生産設備が最もエネルギー多消費型である。ポリ塩化ビニル樹脂設備は電力・スチーム消費とも先進設備より多く、とりわけスチームは先進設備の 4 倍となっている。なお、現在の隔膜法苛性ソーダ設備をイオン交換膜法に転換する計画がある。
柳州電廠	新設備の発電効率は約 38% で、現在日本で稼動している発電設備の平均発電効率とほぼ等しい。
市水泥廠	乾式セメント設備の電力使用原単位は先進設備と同程度以下であり、十分先進的である。
味精廠	グルタミン酸ソーダ設備は、先進設備とは厳密に比較できないが、原料及びエネルギー原単位とも改善されている。
有色冶煉公司	電気亜鉛設備の電力消費は先進設備よりも 4% 程度多い。
亜鉛廠	既存設備の電力消費は先進設備と同程度であるが、移転後の新設備は先進設備よりも省エネタイプとなる。

4.1.6 処理施設調査

市環境保護局の資料から、19 工場、民生発生源 4 の合計 23 工場・事業場について調査を実施した。

調査により得られた、排ガス対策に関する問題点を整理すると以下ようになる。

- ① SO₂ の除去対策はほとんど実施されていない。
- ② 空気過剰で燃焼しているため、排ガス量が多く、熱効率が低くなっている。
- ③ 水膜除塵器の排水は、沈殿槽での固形物の分離が不十分である。
- ④ 蒸気配管の最適保温厚さの選定と施工が悪くメンテナンスも不十分である。

4.1.7 アンケート調査結果

調査表を回収した146工場について集計を行った。

(1) 施設種類別施設数

煤煙発生施設の種類別施設数は表 4.1.4のとおりであり、1994年には352施設が稼働しており、ボイラーが183、工業炉が169とほぼ同じ割合である。ボイラーでは鎖床排炉(41)、往復排炉(37)、固定排炉(36)、沸騰炉(36)が多く、ボイラー全体の82%を占めている。工業炉では粉碎機(セメント原料)(16)、精製炉(Zn)(14)、ホ-粉(12)、退化炉(11)が比較的多いが、多くの種類の施設が稼働している。

表 4.1.4 煤煙発生施設数内訳

ボイラー	施設数
固定排炉	36
往復排炉	37
鎖床排炉	41
沸騰炉	36
循環炉	5
微粉炭炉	10
ガス炉	3
微粉・ガス炉	1
黒液排炉	1
その他	13
小計	183

ボイラー	183
工業炉	169
合計	352

工業炉	施設数	工業炉	施設数
ガス発生炉	2	焼成炉(珪礬)	7
コークス炉(鉄鋼)	3	焼成炉(陶磁器)	3
焼結炉(鉄鋼)	3	焼成炉(白雲石)	1
高炉(鉄鋼)	3	焼成炉(珪礬原料)	5
転炉(鉄鋼)	3	電気炉(Fe)	3
加熱炉(鉄鋼)	6	電気炉(Sn)	1
熱風炉	1	電気炉(電石)	4
焙焼炉(Zn)	2	加熱炉(鉄鋼以外)	9
焙焼炉(Sn)	3	鍛造炉	3
焙焼炉(立德粉)	1	焼鈍炉	11
溶解炉(玻璃)	4	乾燥炉(水泥原料)	4
溶解炉(Zn)	4	乾燥炉(化肥原料)	2
溶解炉(Al)	2	乾燥炉(砂型)	3
溶解炉(Cu)	1	乾燥炉(Zn粉)	1
キューボラ(Fe)	12	乾燥炉(鍍金)	1
精製炉(Zn)	14	乾燥炉(珪礬製品)	1
精製炉(Sn)	3	乾燥炉(珪礬原材料)	1
反射炉(Sn)	1	乾燥炉(塗装)	1
反射炉(鍛造用)	3	乾燥炉(金属製品)	3
焼成炉(水泥)	7	硫酸製造施設	2
焼成炉(石灰)	3	熔接機	1
焼成炉(煉瓦)	5	粉碎機(水泥原料)	16
		小計	169

(2) 燃料使用量

燃料種類別の年間燃料使用量を計算すると表 4.1.5 のようになり、一般炭が150万t、無煙炭が9.5万t、コークスが44万t、重油が3.5万tとなっている。

また、一般炭の産地別の年間使用量は表 4.1.6 のとおりで、合山炭が40万t (27%)、貴州・山西・河南炭が32万t (21%)、山西炭が29万t (19%) となっている。

表 4.1.5 燃料使用量 (年間)

燃料種類	年間使用量
一般炭	1,504,936
無煙炭	94,788
コークス	441,280
木材	73
蔗渣	42,000
重油	35,501
軽油	700
黒液	253,943
コークス炉ガス	610,810
高炉ガス	571,385
液化石油ガス	0
電気	191

単位 固体燃料：t/年

液体燃料：t/年

気体燃料：1000 Nm³/年

電 気：1000 kWh

表 4.1.6 一般炭の産地別使用量 (年間)

一般炭産地	(t/年)	
	年間使用量	割合(%)
合山	400,685	26.6
合山・貴州	1,980	0.1
区内炭(合山以外)	69,773	4.6
区内炭(合山以外)・貴州	1,441	0.1
区内炭(合山以外)・貴州・湖南	11,455	0.8
区内炭(合山以外)・湖南	4,349	0.3
区内炭(合山以外)・その他	27,331	1.8
貴州	19,012	1.3
貴州・山西	23,798	1.6
貴州・山西・河南	318,459	21.2
貴州・河南	2,791	0.2
貴州・雲南	2,909	0.2
山西	290,930	19.3
山西・河南	9,657	0.6
山西・湖南	185,040	12.3
河南	95,192	6.3
湖南	4,712	0.3
その他	1,116	0.1
不明	34,308	2.3
合 計	1,504,936	100.

(3) 排ガス処理装置

排ガス処理装置の設置状況は表 4.1.7のように施設の大部分は除塵装置であり、その主なものは旋回式（28%）、水膜（24%）、濾過式（13%）の順になっている。

表 4.1.7 排ガス処理装置設置割合

施設種類	設置数	割合 (%)
旋回式	62	28.1
旋回式+水膜	3	1.4
旋回式+沖缶水膜	1	0.5
旋回式+水沫	2	0.9
旋回式+濾過床	3	1.4
多管旋回式	2	0.9
多管旋回式+水膜	1	0.5
水膜	53	24.0
水膜+ベンチュリー	7	3.2
水膜+竹杆	2	0.9
沖缶水膜	2	0.9
濾過式	29	13.1
ベンチュリー	3	1.4
電気除塵	19	8.6
電気除塵+石灰水噴淋	1	0.5
電気除+酸洗両転両吸	2	0.9
重力	4	1.8
水沫	4	1.8
沈降室	2	0.9
沈降室+水浴	1	0.5
沖式沈降	1	0.5
水磨	0	0.
水浴	1	0.5
多管式旋流板	1	0.5
補集器	3	1.4
旋回式儲存器	1	0.5
干法	6	2.7
湿法	3	1.4
安裝式除塵器	1	0.5
安裝烟気浄化器	1	0.5
合計	221	100.7

(4) 煙突高さ

煙突の高さ分布は表4.1.8のとおりであり、高さ30m未満の煙突が全体の56%、50m未満が91%を占めている。

表 4.1.8 煙突高さ分布

高さ (m)	本数	割合 (%)
~10	29	8.7
~20	88	26.3
~30	70	21.0
~40	73	21.9
~50	45	13.5
~60	10	3.0
~70	8	2.4
~80	2	0.6
~90	5	1.5
~110	2	0.6
~120	1	0.3
210~220	1	0.3
合計	334	100.

4.1.8 大気汚染物質排出量の算出

大気汚染物質の排出量を算定するために、燃料中の硫黄分、硫黄酸化物、煤塵、窒素酸化物の排出係数、排ガス処理効率を以下のように設定した。排出量の算出手順は図 4.1.1のとおりである。なお、排出量の算定に際して、硫黄酸化物はSO₂換算、窒素酸化物はNO₂換算とした。

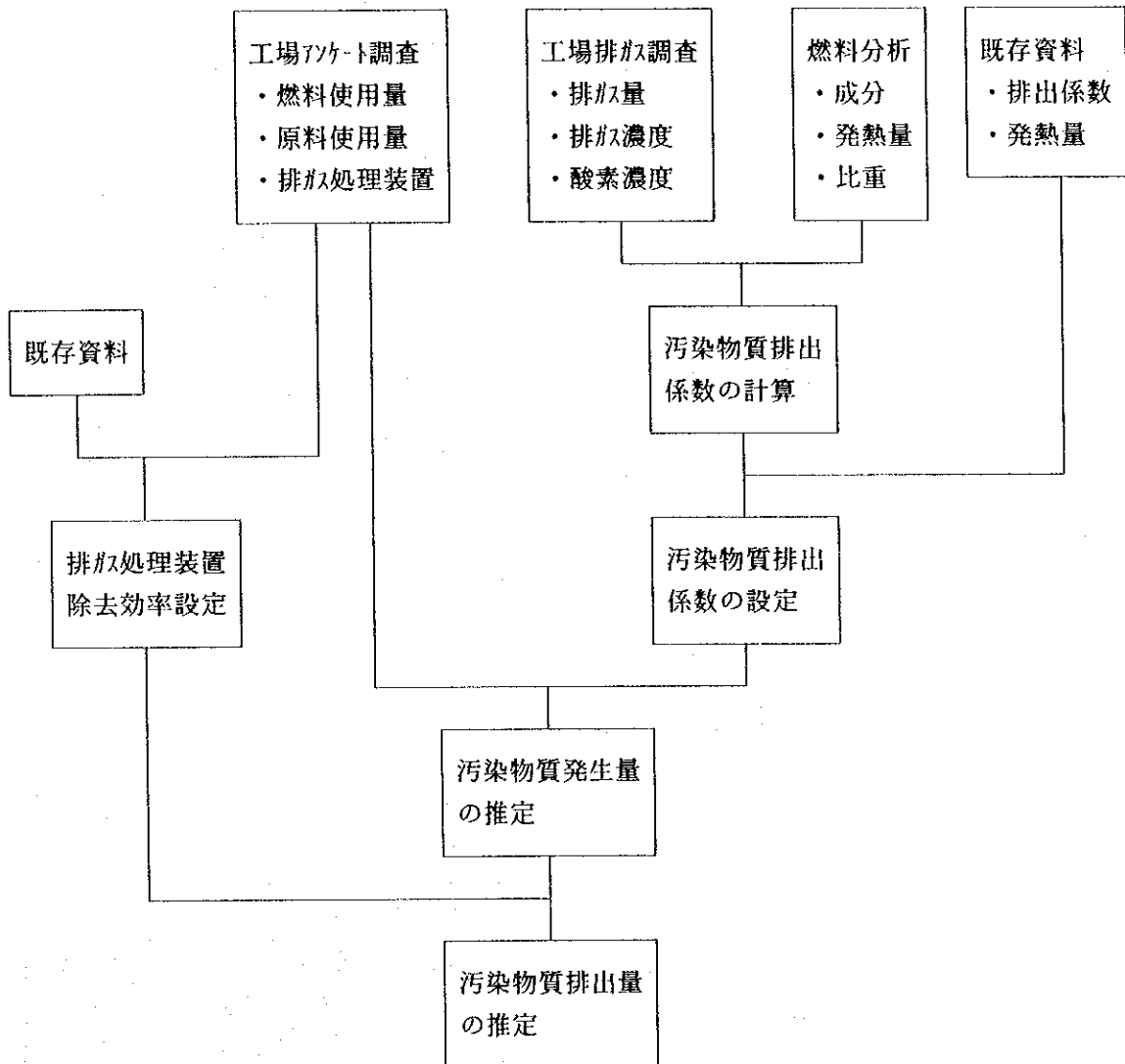


図 4.1.1 大気汚染物質排出量算出流図（工場・事業場）

(1) 硫酸化物の排出係数

1) 燃料中の硫黄分

煤煙発生施設から排出される硫酸化物の排出量を算定するために、燃料分析結果と問巻調査結果を基に表4.1.9のように燃料中の硫黄分を設定した。

表 4.1.9 燃料中の硫黄分（硫酸化物排出量計算用）

燃料種類	硫黄分(%)	設定根拠(注)	
一般炭	合山	6.31	燃(合山)
	合山・区内	5.87	燃(宜山・貴州)
	柳江	7.08	ア
	米賓	6.31	燃(合山)
	宜山	5.87	燃(宜山・貴州)
	宜山・貴州・湖南	4.67	燃(広西・湖南)
	区内	6.31	燃(合山)
	区内・区内	6.31	燃(合山)
	区内・六盤水	5.87	燃(宜山・貴州)
	区内・貴州	5.87	燃(宜山・貴州)
	区内・湖南	4.67	燃(広西・湖南)
	区内・区外	4.67	燃(広西・湖南)
	六枝	4.76	燃(貴州)
	貴州	4.76	燃(貴州)
	貴州・大同	3.16	燃(貴州・大同)
	貴州・大同・平頂山	2.41	燃(貴州・大同・河南)
	貴州・山西・平頂山	2.22	燃(貴州)・間・燃(河南)
	貴州・平頂山	2.83	燃(貴州、河南)
	貴州・雲南	4.13	燃(貴州)・間
	大同	1.56	燃(大同)
	大同・平頂山	1.18	燃(大同、平頂山)
	大同・晋城・焦炭	1.01	燃(大同)・間・燃(焦炭)
	晋城	1.0	ア
	紅茂	2.5	ア
	山西	1.0	ア
	山西・湖南	1.25	ア
	平頂山	0.79	燃(平頂山)
	宝来	1.5	ア
	河南	0.47	ア
	湖南	1.5	ア
	区外	1.37	ア
	その他	3.5	ア
	その他・その他	3.5	ア
無煙炭	湖南	0.6	ア
	大同	0.6	ア
	晋城	0.6	ア
	馬田	0.6	ア
	湖南・晋城	0.6	ア
	山西	0.44	燃(山西)
晋城・その他	0.6	ア	
コークス	0.47	燃(コークス)	
コークス粉	0.47	燃(コークス)	
木材	0.28		
蔗渣	0.1	アメリカ	
重油	2.0	日本	
軽油	0.4		
コークスがガス	2.33 kg/1000m ³	日本	
高炉ガス	0.	アメリカ	
液化石油ガス	0.	アメリカ	

注 燃：燃料分析

ア：アンケート調査

柳州電廠の硫黄分は合山炭は4.03%、西山炭は0.68%とした。

2) 排出係数

硫酸化物の排出係数は、燃・原料中の硫黄分とその使用量、排ガスの実測結果、アメリカの環境保護庁の値を用いて設定した。なお、燃・原料の使用量から排出量を計算する場合は、固体の燃料については、その中の硫黄分の87.5%が、液体と気体の燃料についてはその中の硫黄分がすべて、また固体の原料についてはその70%が硫酸化物として大気中に排出されるものと仮定した。設定した硫酸化物の施設別の排出係数（排ガス処理前）は表4.1.10のとおりである。なお、柳州電廠の硫黄分は合山炭は4.03%、西山炭は0.68%と設定した。

表 4.1.10 煤煙発生施設別の硫酸化物排出係数（排ガス処理前）
（排出量はSO₂換算）

計算区分	施設種類	排出係数	原単位	設定根拠	
燃料	黒液排炉	0.09 kg/m ³	燃料使用量	JICA、排ガス実測値、燃料使用量	
	焼成炉（水泥）	2.75 kg/t	燃料使用量	測	
	焼成炉（石灰）	10S kg/t	燃料使用量	アメリカ	
	焼成炉（煉瓦）	3.6S kg/T	生産量	アメリカ	
	焼成炉（陶磁器）	3.6S kg/T	生産量	焼成炉（煉瓦）	
	その他のボイラー 工業炉	固体燃料	17.5S kg/t	燃料使用量	アメリカ
		液体燃料	20S kg/t	燃料使用量	
気体燃料		20S kg/m ³	燃料使用量		
原料	コークス炉（鉄鋼）	2.0 kg/t	焦炭使用量	アメリカ	
	電気炉（電石）	0.00096 kg/KVA	電力使用量	測	
	その他工業炉	14S kg/t	原料使用量		
燃・原料 （一括）	硫酸製造施設（Zn）	20.26 kg/t	原料使用量	ア	
	焙焼炉（Zn）（硫酸製造施設なし）	378.01 kg/t	原料使用量	ア	
	焙焼炉（Zn）（硫酸製造施設あり）	20.26 kg/t	原料使用量	硫酸製造施設	
	焙焼炉（立德粉）	15.89 kg/t	無煙炭使用量	ア	

S：硫黄分（%）

ア：アンケート調査

測：JICA排ガス調査

(2) 煤塵の排出係数

煤塵については原則としてJICA調査団の排ガス測定結果から平均排出係数を設定した。それ以外の施設についてはアンケート調査結果またはアメリカと日本の既存の排出係数を用いた。設定した煤塵の排出係数（排ガス処理前）を表4.1.11に示す。

(3) 窒素酸化物の排出係数

窒素酸化物については回収したアンケート調査票には測定結果が記載されてい

表 4.1.11 煤塵発生施設別の煤塵排出係数 (排ガス処理前)

施設種類	施設名	排出係数	原単位	設定根拠	
ボイラー	固定排灰 往復排灰 鎖床排灰	42.25 kg/t	燃料使用量	測	
	沸騰炉 循環炉	5.80A kg/t	燃料使用量、灰分	測	
	微粉炭炉	20kw	24.72 kg/t	燃料使用量	測
		その他	5.80A kg/t	燃料使用量、灰分	測
	ガス炉	0.114 kg/1000m ³	燃料使用量	アメリカ	
	微粉・ガス炉	微粉	5.80A kg/t	燃料使用量、灰分	微粉炭炉
		ガス	0.114 kg/1000m ³	燃料使用量	アメリカ
	黒液排灰	14.89 kg/t	燃料使用量	ア	
	その他	石炭	42.25 kg/t	燃料使用量	測
		木材	4.4 kg/t	燃料使用量	アメリカ
		蔗渣	2.88 kg/t	燃料使用量	アメリカ
		重油	0.56 kg/t	燃料使用量	アメリカ
		軽油	0.284 kg/t	燃料使用量	アメリカ
	工業炉	ガス発生炉	0		
コークス炉 (鉄鋼)		0.29 kg/t	コークス使用量	アメリカ	
焼結炉 (鉄鋼)		-		ア	
高炉 (鉄鋼)		0			
転炉 (鉄鋼)		-		ア	
加熱炉 (鉄鋼)			1.61 kg/t	重油使用量	測
			0.056 kg/1000Nm ³	高炉ガス使用量	アメリカ
熱風炉		2.67 kg/t	燃料使用量	測	
焙焼炉 (Zn)		-		ア	
焙焼炉 (Sn)		-		ア	
焙焼炉 (立德粉)		-		ア	
溶解炉 (玻璃)		1.08 kg/t	燃料使用量	測	
溶解炉 (Zn)		-		ア	
溶解炉 (Al)		0.95 kg/t	原料使用量	アメリカ	
溶解炉 (Cu)		11 kg/t	原料使用量	アメリカ	
キューボラ (Fe)		19.67 kg/t	燃料使用量	ア	
精製炉 (Zn)		-		ア	
精製炉 (Sn)		-		ア	
反射炉 (Sn)		-		ア	
反射炉 (鍛造用)		20.9 kg/t	燃料使用量	加熱炉	
焼成炉 (水泥)		216.6 kg/t	燃料使用量	測	
焼成炉 (石灰)		170 kg/T	生産量	アメリカ	
焼成炉 (煉瓦)		4.82 kg/t	燃料使用量	測	
焼成炉 (珪礬)		20.9 kg/t	燃料使用量	加熱炉	
焼成炉 (陶磁器)		4.82 kg/t	燃料使用量	焼成炉 (煉瓦)	
焼成炉 (白雲石)		170 kg/T	生産量	焼成炉 (石灰)	
焼成炉 (珪礬原料)		8 kg/t	原料使用量	アメリカ	
電気炉 (Fe)		5 kg/T	生産量	アメリカ	
電気炉 (Sn)		-		反射炉 (Sn)	
電気炉 (電石)		-		測	
加熱炉 (鉄鋼以外)		石炭	20.9 kg/t	燃料使用量	測
		重油	0.56 kg/t	燃料使用量	ア (その他)
鍛造炉		石炭	20.9 kg/t	燃料使用量	加熱炉
		重油	0.56 kg/t	燃料使用量	鍋炉 (その他)
焼鈍炉		20.9 kg/t	燃料使用量	加熱炉	
乾燥炉 (水泥原料)		-		ア	
乾燥炉 (化肥原料)		2.9 kg/t	原料使用量	アメリカ	
乾燥炉 (砂型)		20.9 kg/t	燃料使用量	加熱炉	
乾燥炉 (Zn粉)		-		ア	
乾燥炉 (鍍金)		0		(電気)	
乾燥炉 (珪礬製品)		20.9 kg/t	燃料使用量	加熱炉	
乾燥炉 (珪礬原材料)		20.9 kg/t	燃料使用量	加熱炉	
乾燥炉 (塗装)		0		(液化石油ガス)	
乾燥炉 (金属製品)		20.9 kg/t	燃料使用量	加熱炉	
硫酸製造施設		-		焙焼炉 (Zn)	
塔接機		20.9 kg/t	燃料使用量	加熱炉	
粉砕機 (水泥原料)		-		ア	

A : 灰分 (%)
 ア : アンケート調査
 測 : JICA排ガス調査

表 4.1.12 煤煙発生施設別窒素酸化物排出係数
(NO₂換算)

施設種類	燃料種類	排出係数	原単位	根拠	
ボイラー	固定排灰 往復排灰 鎖床排灰	一般炭	2.49 kg/t	燃料使用量、窒素分	実測値
	沸騰炉 循環炉		3.58N kg/t	燃料使用量、窒素分	実測値
	微粉炉	20t/kWh その他	6.88 kg/t	燃料使用量	実測値
	ガス炉		3.58N kg/t	燃料使用量、窒素分	実測値
	ガス炉	ガス	970.5 g/10 ⁶ m ³	熱量	アメリカ、天然ガス
	微粉・ガス炉	微粉	3.58N kg/t	燃料使用量、窒素分	実測値
		ガス	970.5 kg/10 ⁶ m ³	熱量	アメリカ、天然ガス
	黒液排灰	黒液	5.39 kg/10 ⁸ kcal	熱量	日本
	その他	一般炭	2.49 kg/t	燃料使用量、窒素分	実測値
		木材	0.34 kg/t	燃料使用量	アメリカ
		蔗渣	0.6 kg/t	燃料使用量	アメリカ
		重油	7.23 kg/t	燃料使用量	アメリカ
		軽油	2.84 kg/t	燃料使用量	アメリカ
	工業炉	ガス発生炉		0	
コークス炉 (鉄鋼)		ガス	140.4 kg/10 ⁸ kcal	熱量	日本
焼結炉 (鉄鋼)		コークス・高炉ガス	0.625 kg/t	原料使用量	日本
高炉 (鉄鋼)			0		
転炉 (鉄鋼)			0.0392 kg/T	原料使用量	日本
加熱炉 (鉄鋼)		重油	48.49 kg/10 ⁸ kcal	熱量	日本
		ガス	25.28 kg/10 ⁸ kcal	熱量	日本
		高炉ガス	3.48 kg/10 ⁸ kcal	熱量	日本
熱風炉			2.01 kg/t	燃料使用量	実測値
焙焼炉 (Zn)			0.416 g/t/T(硫酸)	生産量	日本
焙焼炉 (Sn)			0.79 kg/t	燃料使用量	キューボラ
焙焼炉 (立德粉)			0.79 kg/t	燃料使用量	キューボラ
溶解炉 (玻璃)			5.47 kg/t	燃料使用量	実測値
溶解炉 (Zn)			0.79 kg/t	燃料使用量	キューボラ
溶解炉 (Al)		コークス	0.79 kg/t	燃料使用量	キューボラ
		重油	26.6 kg/10 ⁸ kcal	熱量	日本
溶解炉 (Cu)		重油	26.6 kg/10 ⁸ kcal	熱量	溶解炉 (Al)
キューボラ (Fe)		コークス	0.79 kg/t	燃料使用量	実測値
精製炉 (Zn)			0.74 kg/t	燃料使用量	実測値
精製炉 (Sn)			0.74 kg/t	燃料使用量	精製炉 (Zn)
反射炉 (Sn)			0.74 kg/t	燃料使用量	精製炉 (Zn)
反射炉 (鋳造用)			0.74 kg/t	燃料使用量	精製炉 (Zn)
焼成炉 (水坭)			7.36 kg/t	燃料使用量	実測値
焼成炉 (石灰)			30.75 kg/10 ⁸ kcal	熱量	日本
焼成炉 (煉瓦)			1.20 kg/t	燃料使用量	実測値
焼成炉 (珪礬)		一般炭	1.20 kg/t	燃料使用量	焼成炉 (煉瓦)
		重油	28.14 kg/10 ⁸ kcal	熱量	日本 (焼成炉 (煉瓦))
焼成炉 (陶磁器)		一般炭	1.20 kg/t	燃料使用量	焼成炉 (煉瓦)
焼成炉 (白雲石)		コークス	1.20 kg/t	燃料使用量	焼成炉 (煉瓦)
焼成炉 (珪礬原料)		一般炭	1.20 kg/t	燃料使用量	焼成炉 (煉瓦)
		重油	28.14 kg/10 ⁸ kcal	熱量	日本 (焼成炉 (煉瓦))
電気炉 (Fe)		電気	0.16 kg/T	生産量	アメリカ
電気炉 (Sn)		電気	0.16 kg/T	生産量	電気炉 (Fe)
電気炉 (塩石)		電気	1.55 kg/10 ⁴ kWh	熱量	実測値
加熱炉 (鉄鋼以外)		石炭	2.29 kg/t	燃料使用量	実測値
		重油	40.25 kg/10 ⁸ kcal	熱量	日本 (鋼材熱処理炉)
鍛造炉		石炭	2.29 kg/t	燃料使用量	加熱炉 (鉄鋼以外)
		重油	40.25 kg/10 ⁸ kcal	燃料使用量	日本 (鋼材熱処理炉)
焼鈍炉		石炭	2.29 kg/t	燃料使用量	加熱炉 (鉄鋼以外)
乾燥炉 (水坭原料)		石炭	32.3 kg/10 ⁸ kcal	熱量	日本
乾燥炉 (化肥原料)			32.3 kg/10 ⁸ kcal	熱量	乾燥炉 (水坭原料)
乾燥炉 (砂型)			32.3 kg/10 ⁸ kcal	熱量	乾燥炉 (水坭原料)
乾燥炉 (Zn粉)			32.3 kg/10 ⁸ kcal	熱量	乾燥炉 (水坭原料)
乾燥炉 (鍍金)		電気	5.10 kg/10 ⁸ kcal	熱量	日本 (都市ガス)
乾燥炉 (珪礬製品)			32.3 kg/10 ⁸ kcal	熱量	乾燥炉 (水坭原料)
乾燥炉 (珪礬原材料)			32.3 kg/10 ⁸ kcal	熱量	乾燥炉 (水坭原料)
乾燥炉 (塗装)		液化石油ガス	5.10 kg/10 ⁸ kcal	熱量	日本 (都市ガス)
乾燥炉 (金属製品)			32.3 kg/10 ⁸ kcal	熱量	乾燥炉 (水坭原料)
硫酸製造施設			0.416 kg/T(硫酸)	生産量	日本
熔接機			2.29 kg/t	燃料使用量	加熱炉 (鉄鋼以外)
粉砕機 (水坭原料)		0			

注 N : 燃料中の窒素分 (%)

いため、JICA調査団の実測結果とアメリカ及び日本の既存資料を用いて表4.1.12のように排出係数を設定した。

(4) 排ガス処理装置の効率の設定

アンケート調査結果を基に処理装置別の硫黄酸化物と媒塵の除去率を表 4.1.13のように設定した。

表 4.1.13 排ガス処理装置除去効率（排出量計算用）

施設種類	除去率 (%)	
	硫黄酸化物	媒塵
旋回式	0	68.4
旋回式+水膜	10	90.
旋回式+沖付水膜	10	90.
旋回式+水沫	15	90.
旋回式+濾過床	0	88.7
多管旋回式	0	85.5
多管旋回式+水膜	10	90.2
水膜	10	80.0
水膜+ベンチュリー	10	95.
水膜+竹杆	10	80.0
沖付水膜	10	90.
濾過式	0	95.0
ベンチュリー	0	90.0
電気除塵	0	95.
電気除塵+石灰水噴淋	94	98.9
電気除+酸洗両転両吸	99	98.
重力	0	66.4
水沫	15	90.3
沈降室	0	66.4
沈降室+水浴	10	90.9
沖式沈降	0	66.4
水磨	10	52.5
水浴	10	90.3
多管式旋流板	0	66.4
捕集器	0	0.
旋回式儲存器	0	68.4
干法	0	95.0
湿法	0	50.0
安裝式除塵器	0	85.7
安裝烟気浄化器	0	85.7

(5) 大気汚染物質排出量

1) 施設別排出量

1994年の146工場からの硫黄酸化物の施設別排出量を表 4.1.14に示す。大気中に排出される硫黄酸化物の発生量（排気処理前の排出量）は全部で7.5万t、排出量は6.9万tとなっている。排出量の内訳は、ボイラーが5.8万t、工業炉が1.1万tと、ボイラーが全体の84%を占めている。また個別施設では沸騰炉が2.7万t、微粉炭炉が1.6万tと、それぞれ全体の40%、23%と、この2施設で全体の62%を占めている。

表 4.1.14 施設別硫黄酸化物排出量

施設種類	硫黄酸化物排出量			t/年		
	発生量	処理量	排出量	除去率 (%)	排出量割合 (%)	
ボイラー	固定排気	811	3	808	0.4	1.2
	往復排気	3,414	78	3,336	2.3	4.8
	鎖床排気	3,353	186	3,167	5.6	4.6
	沸騰炉	30,300	2,884	27,417	9.5	39.6
	循環炉	4,559	413	4,147	9.0	6.0
	微粉炭炉	16,315	554	15,761	3.4	22.8
	ガス炉	2,379	0	2,379	0.	3.4
	微粉・ガス炉	1,245	125	1,121	10.0	1.6
	黒液排気	23	0	23	0.	0.0
	その他	197	9	188	4.7	0.3
	小計	62,598	4,252	58,346	6.8	84.3
工業炉	ガス発生炉	91	0	91	0.	0.1
	コークス炉 (鉄鋼)	1,095	0	1,095	0.	1.6
	焼結炉 (鉄鋼)	2,405	0	2,405	0.	3.5
	高炉 (鉄鋼)	0	0	0	0.	0.
	転炉 (鉄鋼)	295	0	295	0.	0.4
	加熱炉 (鉄鋼)	1,367	0	1,367	0.	2.0
	熱風炉	29	0	29	0.	0.
	焙焼炉 (Zn)	766	521	244	68.1	0.4
	焙焼炉 (Sn)	391	0	391	0.	0.6
	焙焼炉 (立德粉)	116	12	105	10.0	0.2
	溶解炉 (玻璃)	1,347	0	1,347	0.	1.9
	溶解炉 (Zn)	517	0	517	0.	0.7
	溶解炉 (Al)	14	0	14	0.	0.0
	溶解炉 (Cu)	0	0	0	0.	0.0
	キューボラ (Fe)	73	0	73	0.0	0.1
	精製炉 (Zn)	632	0	632	0.0	0.9
	精製炉 (Sn)	20	1	19	5.7	0.0
	反射炉 (Sn)	94	0	94	0.	0.1
	反射炉 (鍛造用)	4	0	4	4.7	0.0
	焼成炉 (水坭)	895	1	894	0.1	1.3
	焼成炉 (石灰)	336	0	336	0.	0.5
	焼成炉 (煉瓦)	67	0	67	0.	0.1
	焼成炉 (珪礬)	154	0	154	0.	0.2
	焼成炉 (陶磁器)	4	0	4	0.	0.0
	焼成炉 (白雲石)	48	0	48	0.	0.1
	焼成炉 (珪礬原料)	32	0	32	0.	0.0
	電気炉 (Fe)	0	0	0	0.	0.
	電気炉 (Sn)	0	0	0	0.	0.
	電気炉 (電石)	34	0	34	0.	0.0
	加熱炉 (鉄鋼以外)	74	0	74	0.	0.1
	鍛造炉	18	0	18	0.	0.0
	焼鈍炉	121	1	119	1.1	0.2
	乾燥炉 (水坭原料)	78	3	75	4.0	0.1
	乾燥炉 (化肥原料)	30	0	30	0.	0.0
	乾燥炉 (砂型)	200	0	200	0.	0.3
	乾燥炉 (Zn粉)	5	0	4	10.0	0.0
	乾燥炉 (鍍金)	0	0	0	0.	0.
	乾燥炉 (珪礬製品)	5	0	5	0.	0.0
	乾燥炉 (珪礬原材料)	4	0	4	0.	0.0
	乾燥炉 (塗装)	0	0	0	0.	0.
	乾燥炉 (金属製品)	24	0	24	0.	0.0
硫酸製造施設	1,195	1,183	12	99.0	0.0	
溶接機	0	0	0	0.	0.	
粉碎機 (水坭原料)	0	0	0	0.	0.	
小計	12,582	1,723	10,858	13.7	15.7	
合計	75,180	6,975	69,205	7.9	100.	

また媒塵排出量の施設別内訳は表4.1.15のとおりである。媒塵の年間発生量は16万t、その83%が排ガス処理装置で除去され、2.8万tが大気中に排出される。排出量の内訳は、ボイラーが1.7万t、工業炉が1.1万tと、ボイラーが全体の61%を占めている。個別施設では微粉炭炉が6.7千t、沸騰炉が6.3千t、転炉が4.3千tと、それぞれ全体の24%、23%、16%を占めており、この3施設で全体の63%を占めている。

表 4.1.15 施設別媒塵排出量

施設種類	媒塵排出量			t/年		
	発生量	処理量	排出量	除去率 (%)	排出量割合 (%)	
ボイラー	固定排炉	557	193	364	34.6	1.3
	往復排炉	2,238	1,564	674	69.9	2.4
	鎖床排炉	2,874	2,071	803	72.1	2.9
	沸騰炉	50,191	43,850	6,341	87.4	23.0
	循環炉	6,727	5,653	1,075	84.0	3.9
	微粉炭炉	38,981	32,309	6,673	82.9	24.2
	ガス炉	58	0	58	0.0	0.2
	微粉炭・ガス炉	2,010	1,608	402	80.0	1.5
	黒液排炉	3,781	3,403	378	90.0	1.4
	その他	138	84	55	60.6	0.2
	小計	107,557	90,734	16,822	84.4	61.0
	工業炉	ガス発生炉	0	0	0	0.0
コークス炉(鉄鋼)		167	0	167	0.0	0.6
焼結炉(鉄鋼)		3,775	3,586	189	95.0	0.7
高炉(鉄鋼)		0	0	0	0.0	0.0
転炉(鉄鋼)		8,550	4,275	4,275	50.0	15.5
加熱炉(鉄鋼)		55	0	55	0.0	0.2
熱風炉		6	6	0	95.0	0.0
焙焼炉(Zn)		88	63	26	71.0	0.1
焙焼炉(Sn)		0	0	0	95.0	0.0
焙焼炉(立德粉)		970	776	194	80.0	0.7
溶解炉(玻璃)		29	19	10	66.3	0.0
溶解炉(Zn)		339	264	75	78.0	0.3
溶解炉(Al)		3	0	3	0.0	0.0
溶解炉(Cu)		1	0	1	0.0	0.0
キューボラ(Fe)		175	6	169	3.5	0.6
精製炉(Zn)		2,311	1,907	404	82.5	1.5
精製炉(Sn)		0	0	0	93.8	0.0
反射炉(Sn)		1	1	0	95.0	0.0
反射炉(銀適用)		3	1	2	38.1	0.0
焼成炉(水泥石)		28,192	26,451	1,741	93.8	6.3
焼成炉(石灰)		2,391	899	1,492	37.6	5.4
焼成炉(煉瓦)		26	0	26	0.0	0.1
焼成炉(珪礬)		131	0	131	0.0	0.5
焼成炉(陶磁器)		6	0	6	0.0	0.0
焼成炉(白雲石)		342	325	17	95.0	0.1
焼成炉(珪礬原料)		18	0	18	0.0	0.1
電気炉(Fe)		183	17	166	9.5	0.6
電気炉(Sn)		1	1	0	95.0	0.0
電気炉(電石)		323	0	323	0.0	1.2
加熱炉(鉄鋼以外)		790	0	790	0.0	2.9
鍛造炉		527	358	169	68.0	0.6
焼鈍炉		57	5	51	9.6	0.2
乾燥炉(水泥石原料)		899	828	72	92.0	0.3
乾燥炉(化肥原料)		16	5	11	30.9	0.0
乾燥炉(砂型)		43	0	43	0.0	0.2
乾燥炉(Zn粉)		82	66	16	80.0	0.1
乾燥炉(鍍金)		0	0	0	0.0	0.0
乾燥炉(珪礬製品)		5	0	5	0.0	0.0
乾燥炉(珪礬原料)		4	0	4	0.0	0.0
乾燥炉(塗装)		0	0	0	0.0	0.0
乾燥炉(金属製品)		19	0	19	0.0	0.1
硫酸製造施設	138	135	3	98.0	0.0	
熔接機	0	0	0	0.0	0.0	
粉砕機(水泥石原料)	1,572	1,493	79	95.0	0.3	
小計	52,239	41,488	10,751	79.4	39.0	
合計	159,795	132,222	27,573	82.7	100.0	

また、施設別の窒素酸化物排出量は表 4.1.16のとおりである。窒素酸化物は年間8.0千t排出され、ボイラーが4.1千t、工業炉が3.9千tと、全体の51%、49%を占めている。個別施設では、焼成炉（水泥）と微粉炭炉が 2.4千t（30%）、沸騰炉が1.1千t（14%）となっている。

表 4.1.16 施設別窒素酸化物排出量

施設種類		窒素酸化物排出量	
		排出量	割合 (%)
ボイラー	固定排気	26.9	0.3
	往復排気	107.9	1.4
	鍋床排気	138.6	1.7
	沸騰炉	1134.9	14.2
	循環炉	77.0	1.0
	微粉炭炉	2365.3	29.6
	ガス炉	186.2	2.3
	微粉炭・ガス炉	31.7	0.4
	黒液排気	34.1	0.4
	その他	7.8	0.1
	小計	4110.4	51.4
工業炉	ガス発生炉	0.0	0.0
	コークス（鉄鋼）	558.0	7.0
	焼結炉（鉄鋼）	384.4	4.8
	高炉（鉄鋼）	0.0	0.0
	転炉（鉄鋼）	23.6	0.3
	加熱炉（鉄鋼）	179.6	2.2
	熱風炉	4.8	0.1
	焙焼炉（Zn）	9.1	0.1
	焙焼炉（Sn）	0.4	0.0
	焙焼炉（立德粉）	5.8	0.1
	溶解炉（玻璃）	144.6	1.8
	溶解炉（Zn）	31.6	0.4
	溶解炉（Al）	1.2	0.0
	溶解炉（Cu）	1.1	0.0
	キューボラ（Fe）	7.0	0.1
	精製炉（Zn）	28.7	0.4
	精製炉（Sn）	0.8	0.0
	反射炉（Sn）	4.0	0.0
	反射炉（鍛造用）	0.1	0.0
	焼成炉（水泥）	2396.0	30.0
	焼成炉（石灰）	23.5	0.3
	焼成炉（煉瓦）	6.5	0.1
	焼成炉（珪礬）	8.7	0.1
	焼成炉（陶磁器）	1.6	0.0
	焼成炉（白雲石）	4.5	0.1
	焼成炉（珪礬原料）	3.2	0.0
	電気炉（Fe）	1.7	0.0
	電気炉（Sn）	0.6	0.0
	電気炉（電石）	5.6	0.1
	加熱炉（鉄鋼以外）	7.6	0.1
	鍛造炉	2.9	0.0
	焼鈍炉	6.2	0.1
	乾燥炉（水泥原料）	4.5	0.1
	乾燥炉（化肥原料）	0.3	0.0
	乾燥炉（砂型）	2.3	0.0
	乾燥炉（Zn粉）	0.3	0.0
	乾燥炉（鍍金）	0.0	0.0
	乾燥炉（珪礬製品）	0.5	0.0
	乾燥炉（珪礬原材料）	0.3	0.0
	乾燥炉（塗装）	0.0	0.0
	乾燥炉（金属製品）	1.6	0.0
硫酸製造施設	20.4	0.3	
熔接機	0.0	0.0	
粉碎機（水泥原料）	0.0	0.0	
小計	3883.7	48.6	
合計	7994.1	100	

2) 業種別排出量

業種別の硫黄酸化物、煤塵、窒素酸化物の排出量は表 4.1.17のとおりである。硫黄酸化物については、電力・蒸気等の生産業が1.4万t、紡績工業が1.3万t、化学工業が0.9万t、鉄金属の精練圧延が0.9万tと、それぞれ全体の21%、19%、13%、13%を占めている。

また、煤塵については、鉄金属の精練圧延が5.4千t、化学工業が3.9千t、電力・蒸気等の生産が3.7千t、製紙・紙製品業が3.6千t、紡績工業が3.3千tと、それぞれ全体の20%、14%、13%、13%、12%を占めている。

窒素酸化物については、建材・非金属鉱製品業が2.5千t、電力・蒸気等の生産業が2.1千t、鉄金属の精練圧延業が1.4千tと、それぞれ全体の32%、26%、17%を占めている。

表 4.1.17 業種別汚染物質年間排出量

業 種	硫黄酸化物		煤塵		窒素酸化物	
	排出量	割合(%)	排出量	割合(%)	排出量	割合(%)
食品製造	3,363	4.9	753	2.7	226	2.8
飲料製造	549	0.8	39	0.1	21	0.3
煙草加工	1,301	1.9	396	1.4	21	0.3
紡績工業	13,316	19.2	3,328	12.1	241	3.0
皮革・毛皮製品	61	0.1	7	0.0	2	0.0
木材・竹等の加工	4,662	6.7	726	2.6	76	0.9
家具製造	9	0.0	5	0.0	0	0.0
製紙・紙製品	2,886	4.2	3,618	13.1	292	3.7
電力・蒸気等の生産	14,289	20.6	3,747	13.6	2,067	25.9
化学工業	9,106	13.2	3,923	14.2	732	9.2
医薬工業	979	1.4	169	0.6	25	0.3
化学繊維工業	80	0.1	17	0.1	3	0.0
ゴム製品	627	0.9	142	0.5	29	0.4
建材・非金属鉱製品	2,535	3.7	2,002	7.3	2,541	31.8
鉄金属の精練圧延	8,880	12.8	5,432	19.7	1,392	17.4
非鉄金属の精練圧延	3,303	4.8	1,088	3.9	134	1.7
金属製品	164	0.2	161	0.6	13	0.2
機械工業	915	1.3	257	0.9	36	0.5
交通運輸設備	371	0.5	420	1.5	47	0.6
電気機械・機器	806	1.2	957	3.5	55	0.7
交通運輸・郵便通信業	70	0.1	73	0.3	8	0.1
商業・流通・倉庫業等	110	0.2	51	0.2	9	0.1
不動産・公共事業等	182	0.3	45	0.2	6	0.1
衛生・体育・福祉事業	539	0.8	178	0.6	16	0.2
教育・文化・放送事業	103	0.1	40	0.1	3	0.0
合 計	69,205	100.0	27,573	100.0	7,994	100.0

3) 大気汚染物質排出量分布

工場・事業場からの硫黄酸化物、煤塵、窒素酸化物の年間排出量分布を図4.1.2～4.1.4に示す。

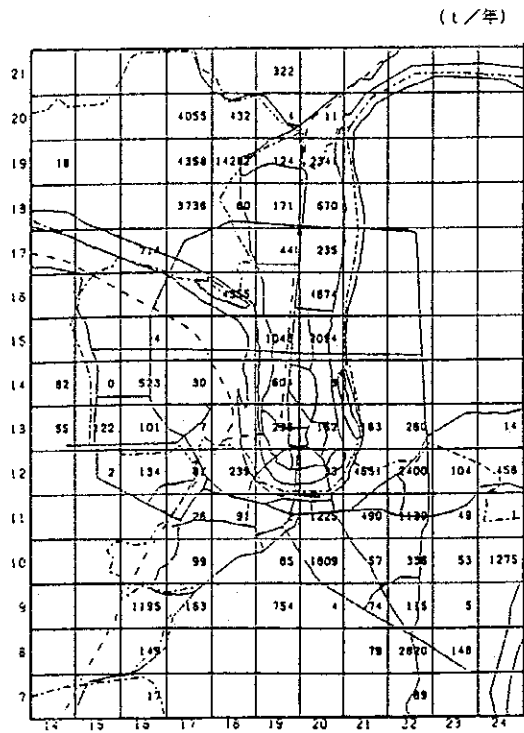


图 4.1.2 硫酸盐化物排出量分布 (工場・事業場) (1994年)

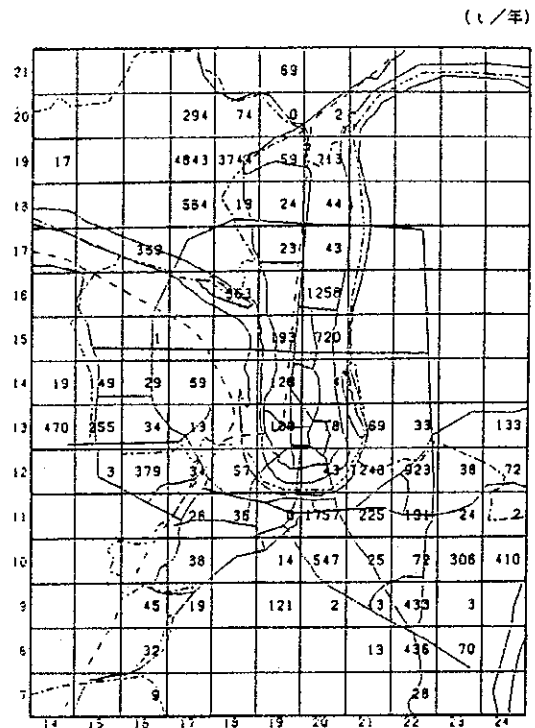


图 4.1.3 煤塵排出量分布 (工場・事業場) (1994年)

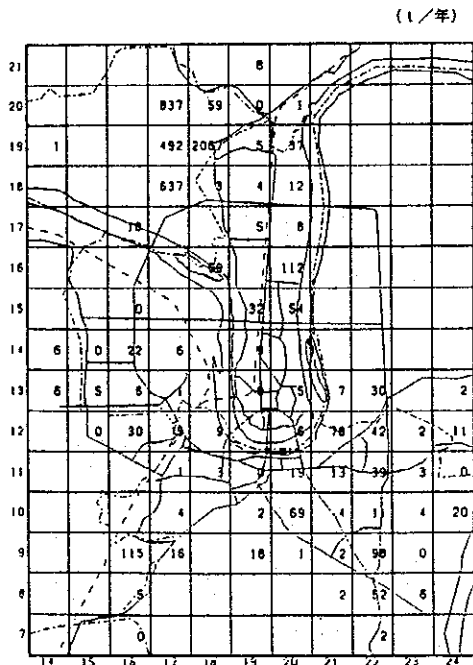


图 4.1.4 硝酸盐化物排出量分布 (工場・事業場) (1994年)

(6) 前回調査結果との比較

今回調査結果と前回（1990年）調査結果（*）を比較した。

* 城市大気汚染総量制御典型范例

主要燃料の使用量と硫黄酸化物、煤塵の排出量の比較を表 4.1.18に示す。対象工場数は今回調査は前回調査よりも23%程度少ない。

1) 燃料使用量

燃料使用量については、石炭の使用量が減少しているが、1990年の石炭使用量にはコークス炉用の原料炭が含まれていると思われる。今、コークス炉用の原料炭の使用量576,600tを入れると1994年の石炭使用量は1990年の1.32倍となる。したがって、今回、146工場を対象地域の工場の燃料使用量のほとんど全体を把握しているものと考えられる。

2) 大気汚染物質排出量

大気汚染物質の排出量を比較すると、硫黄酸化物は1990年と比べて1994年は31%増加している。一方、煤塵は12%減少している。表 4.1.19は1994年と1990年の排気処理装置の設置数を比較したものであり、この表から知られるように、1990年と比べて、1994年は煤塵処理効率の低い旋回式系が減少し、処理効率の高い、水膜系、濾過式、電気除塵が増加した結果、煤塵の排出量が減少したものと考えられる。

表 4.1.18 燃料使用量と大気汚染物質排出量の比較（1990年と1994年）

対象年	1994年 (A)	1990年 (B)	A/B	
対象工場数	146	190	0.77	
施設数	352	456	0.77	
燃料使用量	石炭	1,599,724	1,642,966	0.97
	コークス	441,280	324,331	1.36
	重油	35,501	32,102	1.11
	軽油	700	10	70.0
	気体	118,220	91,131	1.30
排出量	硫黄酸化物	69,205	52,883	1.31
	煤塵	27,573	31,201	0.88
	窒素酸化物	7,994	—	—
処理装置設置施設数	221	264	0.84	

注 1990年の石炭使用量にはコークス炉用の原料炭を含むと推定される

単位 石炭、コークス、油：t

気体：万m³

排出量：t

表 4.1.19 主要排気処理装置の台数比較（1990年と1994年）

	1990年	1994年	94/90
旋回式系	164	74	0.45
水膜系	54	69	1.28
濾過式	16	29	1.81
電気除塵	2	22	11.0
ベンチュリー	13	10	0.77

注 重複あり

4.1.9 排出基準の達成状況

排出基準の達成状況は煙突の排ガスを実際に測定して判定すべきであるが、ここでは年間の排出量、排ガス量、稼働時間をもとに時間当たり排出量、または排出濃度を計算して排出基準の遵守状況を判定した。

(1) 硫黄酸化物

硫黄酸化物の排出基準は発電所、冶金、化学工業に対して煙突の高さ別に設定されている。排出基準を越えると予想される煙突は表 4.1.20のとおり全部で10本、内訳は発電所が1、冶金が3、化学工業が6であり、排出基準を越えて排出される硫黄酸化物の年間量は発電所が 9.4千t、冶金業が 2.1千t、化学工業が 6.9千t、合計で1.8万tと工場・事業場年間総排出量6.9万tの26%を占めている。現状は二酸化硫黄の環境基準を越えている地点があり、排出基準を守ると同時に、排出基準を厳しくする必要があろう。しかし、排出基準だけでは環境基準は達成されない可能性がある。

表 4.1.20 排出基準を越えていると予想される煙突（硫黄酸化物）（1994年）

業種	施設内訳	超過排出量 (t/年)
発電所	微粉炭炉 (1.2万kw 3基)	9,383
冶金	ガス炉 2基、微粉・ガス炉 1基	2,077
	循環炉 1基	
	焼結炉 2基	
化学	沸騰炉 1基	6,897
	沸騰炉 1基	
	沸騰炉 4基	
	沸騰炉 2基、循環炉 1基	
	鎖床排炉 2基	
	焼成炉 (石灰) 1基	
合 計		18,357

(2) 煤塵

煤塵について、排出基準を越えると予想される施設について概算した結果を表 4.1.21に示す。1994年に排出基準を越えて排出される煤塵量は鍋炉が12.1千t、工業炉が9.0千t、その総量は21.1千tであり、煤塵の総排出量の27.6千tの77%が排出基準を越えて排出されている。換言すると、現在排出基準を越えていると予想される施設がすべて、排出基準限度の排出量しか出さないとすると、煤塵は6.5千tしか排出されないことになる。従って、排出基準が満たされれば、環境基準は達成される可能性がある。

表 4.1.21 排出基準を越えて排出されていると予想され煤塵量 (1994年)

t/年

	基準超過施設	超過排出量 (A)	総排出量 (B)	A/B
ボイラー	163	12,095	16,822	0.72
工業炉	76	9,012	10,751	0.84
合計	239	21,107	27,573	0.77

超過排出量の排出源を処理装置の有無でまとめたのが表4.1.22である。処理装置の無い施設のほとんどが排出基準を越えて煤塵を排出しており、処理装置がある施設でも、処理後の排出量の約70%が排出基準を越えて排出されたものであり、煤塵については現状では排出基準がほとんど守られていない可能性がある。

表 4.1.22 超過排出量と処理装置 (1994年)

		処 理 装 置		計
		有	無	
ボイラー	超過量(A)	9,852	2,244	12,096
	排出量(B)	14,372	2,451	16,823
	A/B	0.69	0.92	0.72
工業炉	超過量(A)	5,870	3,143	9,013
	排出量(B)	7,019	3,732	10,751
	A/B	0.84	0.84	0.84
合計	超過量(A)	15,722	5,387	21,109
	排出量(B)	21,391	6,183	27,574
	A/B	0.73	0.87	0.77

(3) 窒素酸化物

窒素酸化物については化学工業に排出基準が設定されているが、アンケート調査の施設、煙突には排出基準に違反すると予想されるものはない。

4.2 自動車

自動車に係る排出量は、柳州市区内の道路網、交通量、市内走行速度、排出係数を基に算定されるが、交通量及び走行速度については16の主要道路を抽出し、実態調査を行った。

(1) 汚染物質排出量の算定方法

汚染物質排出量は図4.2.1に示す方法で計算した。

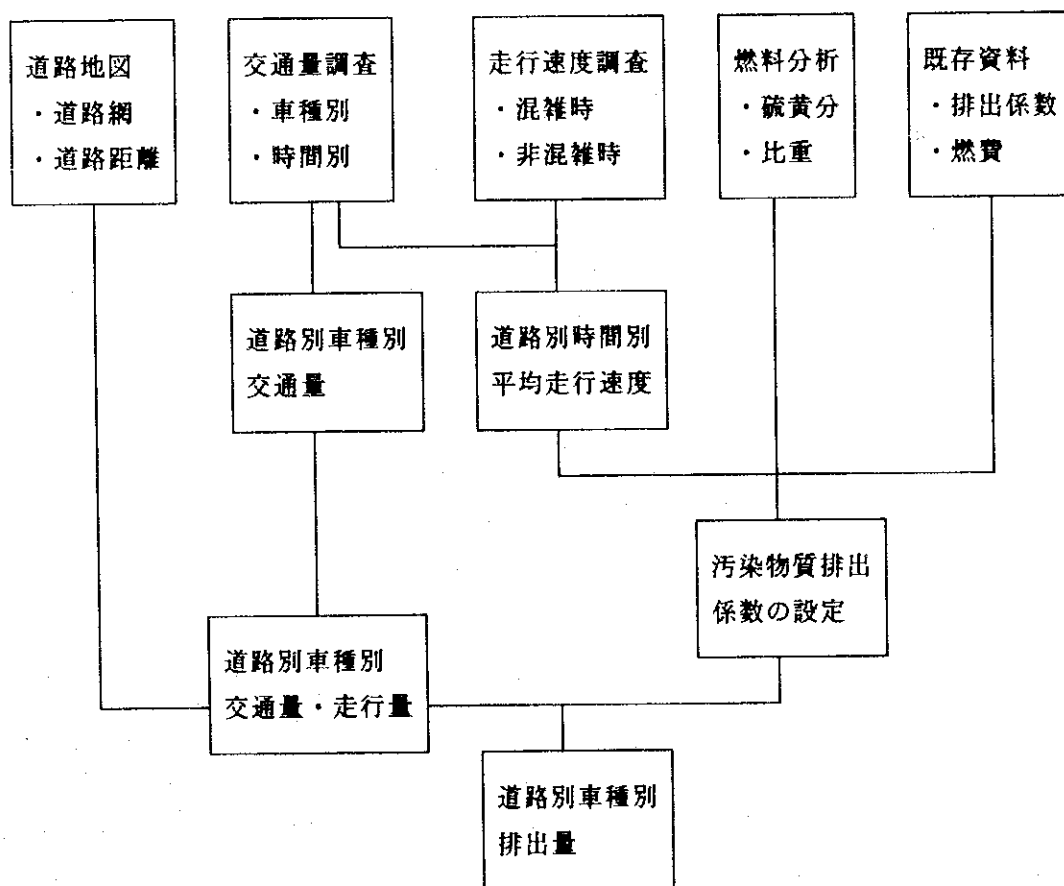
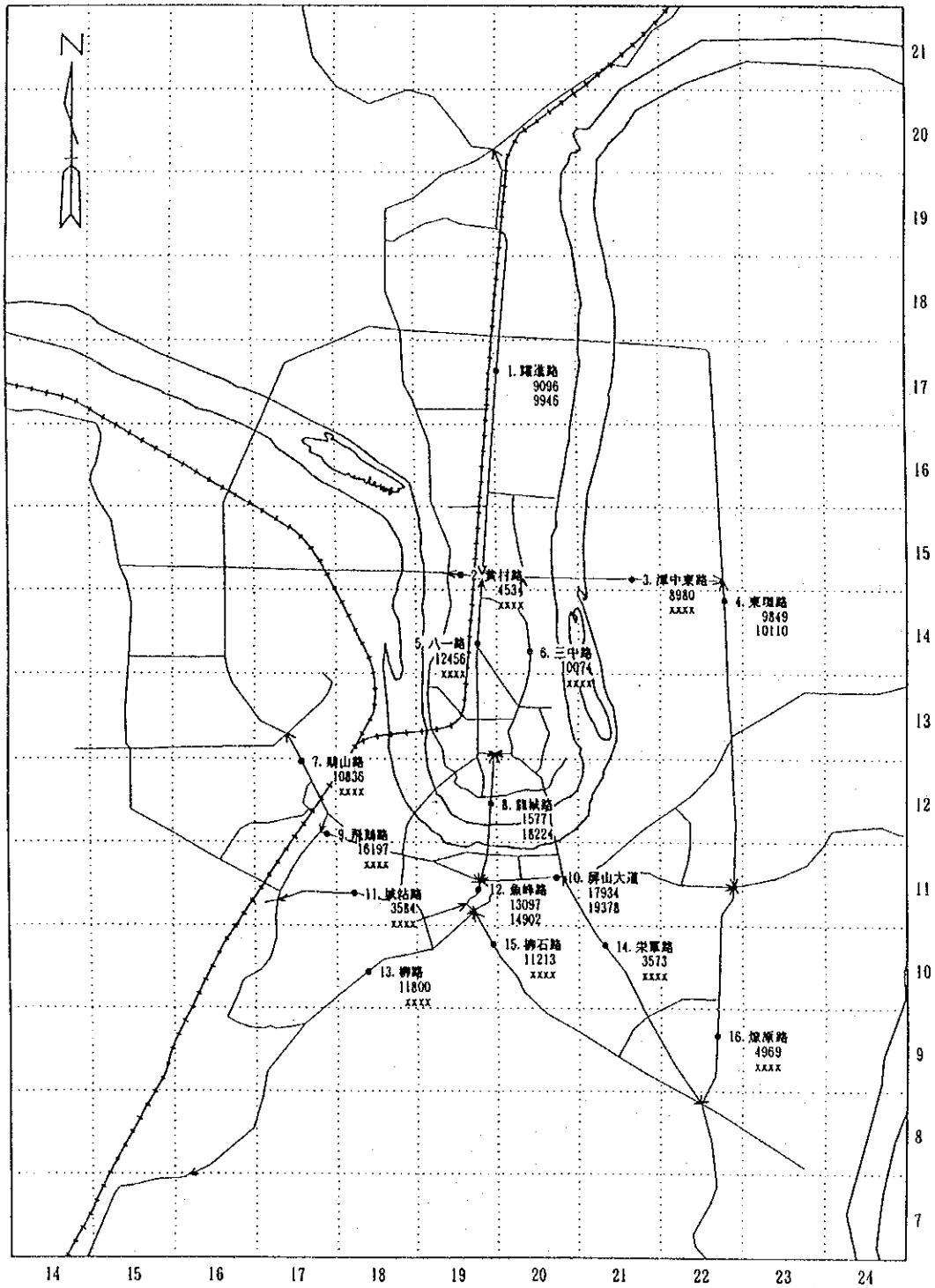


図 4.2.1 大気汚染物質排出量推定フロー図

交通量調査を行った16の道路網について図4.2.2に示す。

これらの道路について、交通量、走行速度、排出係数を求め、大気汚染物質の年間排出量を推計した。対象汚染物質は炭化水素（HC）、一酸化炭素（CO）、硫黄酸化物（SOx）、窒素酸化物（NOx）とした。



平日交通量（モータサイクルを除く）

上段：16時間

下段：24時間

図4.2.2 対象道路網

(2) 走行量と平均車速

交通量調査結果をもとに、算出した自動車の年間走行距離は表4.2.1のとおりである。また、走行速度調査から設定した道路別時間別平均走行速度（平日）を表4.2.2に示す。

表 4.2.1 道路別年間走行距離

	道路	距離 (m)	年間走行距離 (百万km)
1	躍進路	5,212	40.1
2	黄村路	421	1.6
3	潭中東路	2,942	15.6
4	東環路	3,651	21.3
5	八一路	2,298	26.2
6	三中路	2,412	21.9
7	鵝山路	1,322	15.1
8	龍城路	1,543	22.9
9	飛鵝路	2,076	34.5
10	屏山大道	3,138	52.6
11	城站路	2,496	9.5
12	魚峰路	472	6.2
13	柳邕路	5,067	64.1
14	榮軍路	3,226	10.8
15	柳石路	3,716	44.5
16	燎原路	2,703	8.0
	合計	42,695	394.9

表 4.2.2 道路別時間別平均走行速度（平日）

道路		km/時				
		時間帯				
		1 ~ 7	8 ~ 13	14	15 ~ 19	20 ~ 24
1	躍進路					
2	黄村路					
5	八一路					
6	三中路	30	20	20	20	20
7	鵝山路					
8	龍城路					
11	城站路					
14	榮軍路					
3	潭中東路					
4	東環路					
9	飛鵝路					
10	屏山大道	35	20	35	20	35
12	魚峰路					
13	柳邕路					
15	柳石路					
16	燎原路					

(3) 排出係数

日本とアメリカの未規制車の排出係数を用いて柳州市の自動車の大気汚染物質の排出係数を設定した。

車種別の平均車速別の排出係数は表4.2.3のとおりである。

表 4.2.3 自動車の車種別平均車速別の排出係数

車種	項目	平均車速 (km/h)					
		15	20	25	30	35	40
乗用車	HC	3.258	2.514	2.089	1.842	1.647	1.505
	CO	24.946	18.325	14.660	12.414	10.759	9.577
	NOx	2.730	2.700	2.790	2.940	3.120	3.330
	SOx	0.035	0.031	0.028	0.026	0.025	0.024
大型客車	HC	15.989	12.526	9.947	8.032	6.632	5.526
	CO	211.018	167.143	135.804	112.821	95.062	82.527
	NOx	7.243	7.402	7.641	7.880	8.118	8.278
小型客車	HC	2.496	1.926	1.601	1.411	1.262	1.153
	CO	24.560	18.042	14.434	12.222	10.592	9.428
	NOx	3.094	3.060	3.162	3.332	3.536	3.774
	SOx	0.041	0.036	0.034	0.032	0.030	0.029
大型貨物車	HC	9.812	7.837	6.351	5.231	4.404	3.735
	CO	116.925	92.847	75.513	62.773	53.002	46.020
	NOx	12.254	11.496	10.971	10.575	10.308	10.066
	SOx	0.424	0.385	0.363	0.347	0.336	0.327
小型貨物車	HC	2.146	1.663	1.384	1.220	1.091	0.996
	CO	20.730	15.248	12.205	10.332	8.953	7.966
	NOx	2.776	2.729	2.799	2.928	3.089	3.281
	SOx	0.059	0.053	0.049	0.047	0.045	0.043
モータサイクル	HC	18.513	14.157	11.781	10.296	9.207	8.415
	CO	31.790	24.480	20.230	17.680	15.810	14.280
	NOx	0.079	0.074	0.073	0.074	0.077	0.080
	SOx	0.015	0.014	0.013	0.012	0.011	0.011

(4) 車種別排出量

車種別の自動車の年間排出量は表4.2.4のとおりであり、年間排出量は炭化水素 (HC) が3.4千t、一酸化炭素 (CO) が1.2万t、窒素酸化物 (NOx) が1千t、硫黄酸化物 (SOx) が30tである。

表4.2.4 車種別排出量 (1994年)

項目							t/年
	乗用車	小型客車	大型客車	小型貨物車	大型貨物車	モータサイクル	合計
HC	112.8	83.7	145.8	44.2	329.1	2688.0	3403.6
CO	811.0	775.4	1956.0	400.4	3915.0	4641.4	12499.1
NOx	133.5	143.1	92.5	78.8	557.7	15.7	1021.2
SOx	1.4	1.6	1.5	1.5	18.5	2.8	27.3

4.3 民生

(1) 既存調査資料の整理

1990年の柳州市区の民生調査（家庭と飲食店）では、家庭等からの燃料使用状況について表4.3.1のとおりの結果が得られている。ここでは、調査総人口が557千人、年間使用量は成型炭が20.2万t、液化石油ガスが3千tとなっている。

表 4.3.1 1990年民生調査結果

対象人口 (人)		燃料使用量(t/年)	
		成型炭	液化石油ガス
557,337	家庭	144,511	3,031
	飲食店	57,866	87
	合計	202,377	3,068

また、同調査によれば、民生からの大気汚染物質の排出量は表4.3.2のとおりで、成型炭からの年間排出量は、硫黄酸化物が1.1万t、煤塵が8.5百tとなっている。

表 4.3.2 民生からの大気汚染物質の排出量（1990年）

t/年

燃料種類	硫黄酸化物	煤塵
成型炭	11,333	845
液化石油ガス	0	0

注. 成型炭

硫黄分：3.5%、そのうち80%が硫黄酸化物として排出される

煤塵排出係数：4.18kg/t

(2) 基準年(1994年)における燃料使用量及び汚染物質排出量の算定

1994年の民生の燃料使用量を人口の伸率等を用いて予測した。1990年の調査地域の1994年の民生の状況は、人口が630千人、家庭と飲食店を併せた年間燃料消費量は成型炭が20.1万t、都市ガスが1700万m³、液化石油ガスが7.2千t（表4.3.3）となる。

表 4.3.3 民生燃料使用量 (1994年)

対象人口 (千人)		燃 料 使 用 量		
		成型炭	都市ガス	液化石油ガス
630	家庭	136,293	1,696	7,097
	飲食店	64,516	0	87
	合 計	200,809	1,696	7,184

使用量 成型炭、液化石油ガス：t/年
都市ガス：万m³/年

今、民生燃料の排出係数を表4.3.4のように設定すると、1994年の民生からの年間総排出量は硫酸化物が7.7千t、煤塵が8.4百t、窒素酸化物が5.6百tとなる（表4.3.5）。

表 4.3.4 民生の大気汚染物質排出係数

燃料種類	硫酸化物	煤塵	窒素酸化物	単位
成型炭	38.4	4.18	2.66	kg/t
都市ガス	0	0	0.429	kg/10 ³ m ³
液化石油ガス	0	0	2.01	kg/t

注：成型炭

硫黄分は2.4%（燃料分析結果（1.3%）と90年（3.5%）の平均値）

煤塵は90年の係数、

窒素酸化物はボイラーの係数より設定

都市ガス、液化石油ガス

アメリカの係数より設定

表 4.3.5 民生からの大気汚染物質排出量 (1994年)

燃料種類	t/年		
	硫酸化物	煤塵	窒素酸化物
家庭	5,234	570	384
飲食店	2,477	270	172
合計	7,711	840	556

また、家庭と飲食店からの硫酸化物の年間排出量分布は図4.3.1～4.3.2のとおりである。

(t/年)

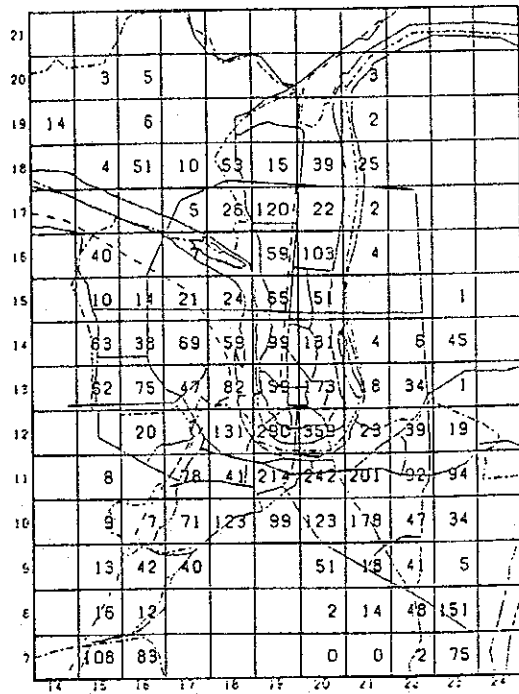


图 4.3.1 硫酸化物排出量分布 (家庭) (1994年)

(t/年)

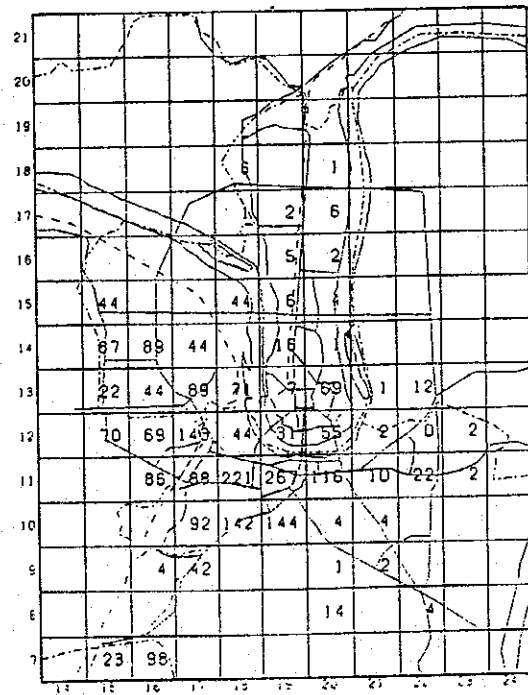


图 4.3.2 硫酸化物排出量分布 (饮食店) (1994年)

4.4 排出量のまとめ

現況（1994年）の発生源別年間排出量を表4.4.1に示す。硫黄酸化物の総排出量は7.7万t、煤塵は2.8万t、窒素酸化物は9.6千tとなっている。発生源別では、硫黄酸化物についてはは工場・事業場が全体の90%、民生が10%を占めており、自動車の寄与は僅かである。煤塵については工場・事業場が97%、民生が3%となっている。また、窒素酸化物については、工場・事業場が84%、自動車が11%、民生が6%となっており、工場・事業場の占める割合が大きい。

表4.4.1 発生源別汚染物質年間排出量（1994年）

発生源	t/年		
	硫黄酸化物	煤塵	窒素酸化物
工場・事業場	69,205(90%)	27,573(97%)	7,994(84%)
民生	7,711(10%)	840(3%)	556(6%)
小計	76,916(100%)	28,413	8,550(89.3%)
自動車	27(0.04%)	—	1,021(10.7%)
合計	76,943	28,413	9,571

発生源全体の硫黄酸化物、煤塵、窒素酸化物の排出量分布図は図4.4.1～4.4.3のとおりである。

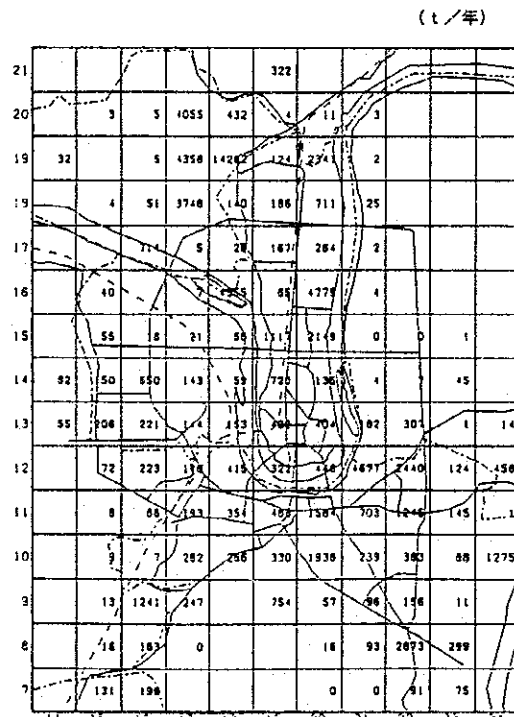


図4.4.1 硫黄酸化物排出量分布（全発生源）（1994年）

(t/年)

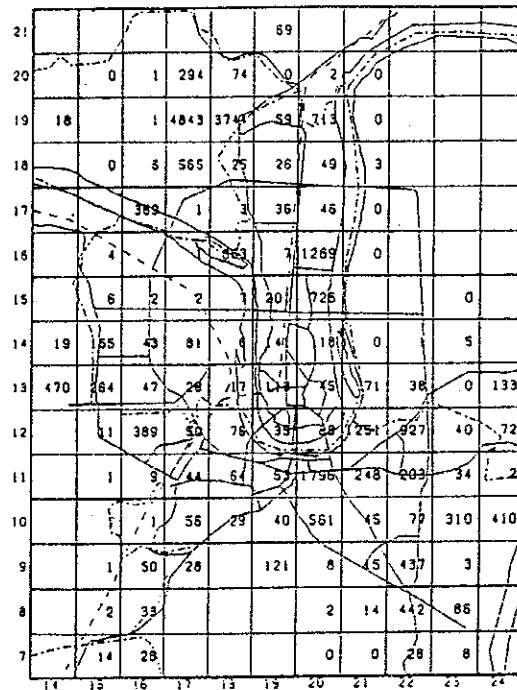


图 4.4.2 煤炭排放量分布 (全发生源) (1994年)

(t/年)

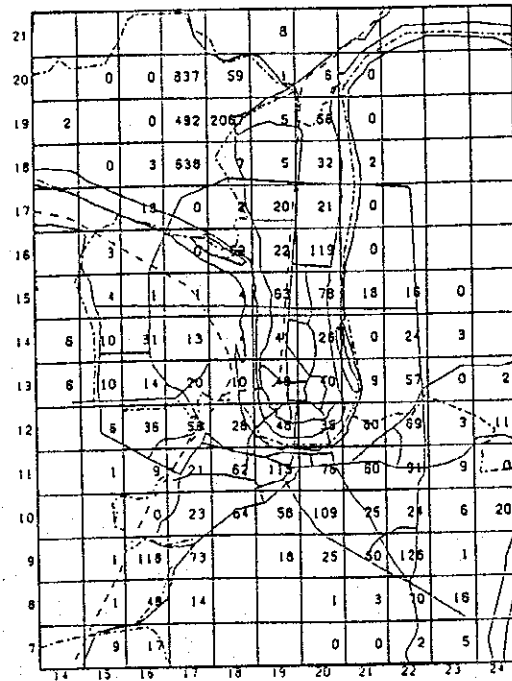


图 4.4.3 二氧化硫排放量分布 (全发生源) (1994年)

5. 大気汚染構造の解析

5.1 長期平均濃度シミュレーション

長期平均濃度予測モデルでは、発生源や気象調査で作成した煙源条件及び気象条件を拡散モデルに適用する形式に規格化した上、汚染物質の移流、生成等の大気現象を説明する計算モデルにより、年平均や季節・時間帯レベルの環境濃度を予測し、実測値データとの整合性を検討する。

また、対象とされた測定局やメッシュ濃度の予測結果から発生源種類別寄与濃度状況等の確認を行い、環境基準の達成に必要な情報や知見の蓄積等を図る。

図 5.1.1は、長期平均濃度予測モデルの作成フローである。本解析では、「窒素酸化物総量規制マニュアル」（環境庁大気保全局編－以下「マニュアル」という。）等に準拠してシミュレーション計算を実施した。

5.1.1 基本条件の設定

(1) 拡散モデルの予測対象

モデル作成の評価項目は、以下のとおりである。

- ①対象汚染物質 …… 二酸化硫黄（SO₂）、浮遊粒子状物質（SPM）
- ②対象測定地点 …… 現地調査地点（SO₂：10局、SPM：5局）
- ③対象発生源 …… 工場・事業場、自動車、家庭、飲食店
- ④評価対象濃度 …… 調査期間平均値

(2) 地域環境濃度の計算対象

現状および将来年度における地域の計算条件は、次のとおり。

- ①計算対象地域 …… 柳州市の市街地を中心とした約11Km×15Kmの範囲。
- ②メッシュ区分 …… 500mメッシュを原則とする。
- ③計算地点 …… 現地調査地点およびメッシュ中央点
- ④対象発生源及び対象汚染物質は、(1)と同様。
- ⑤出力項目 …… 年平均値、発生源別寄与濃度、寄与率

(3) 期・時間帯区分の設定

表 5.1.1 期・時間帯区分

季節	対象月	時間帯 総日数	午前	午後	夜間	深夜
			7～11時 (5)	12～17時 (6)	18～23時 (6)	24～6時 (7)
夏	6～8	92	460	552	552	644
秋	9～11	91	455	546	546	637
冬	12～2	90	450	540	540	630
春	3～5	92	460	552	552	644

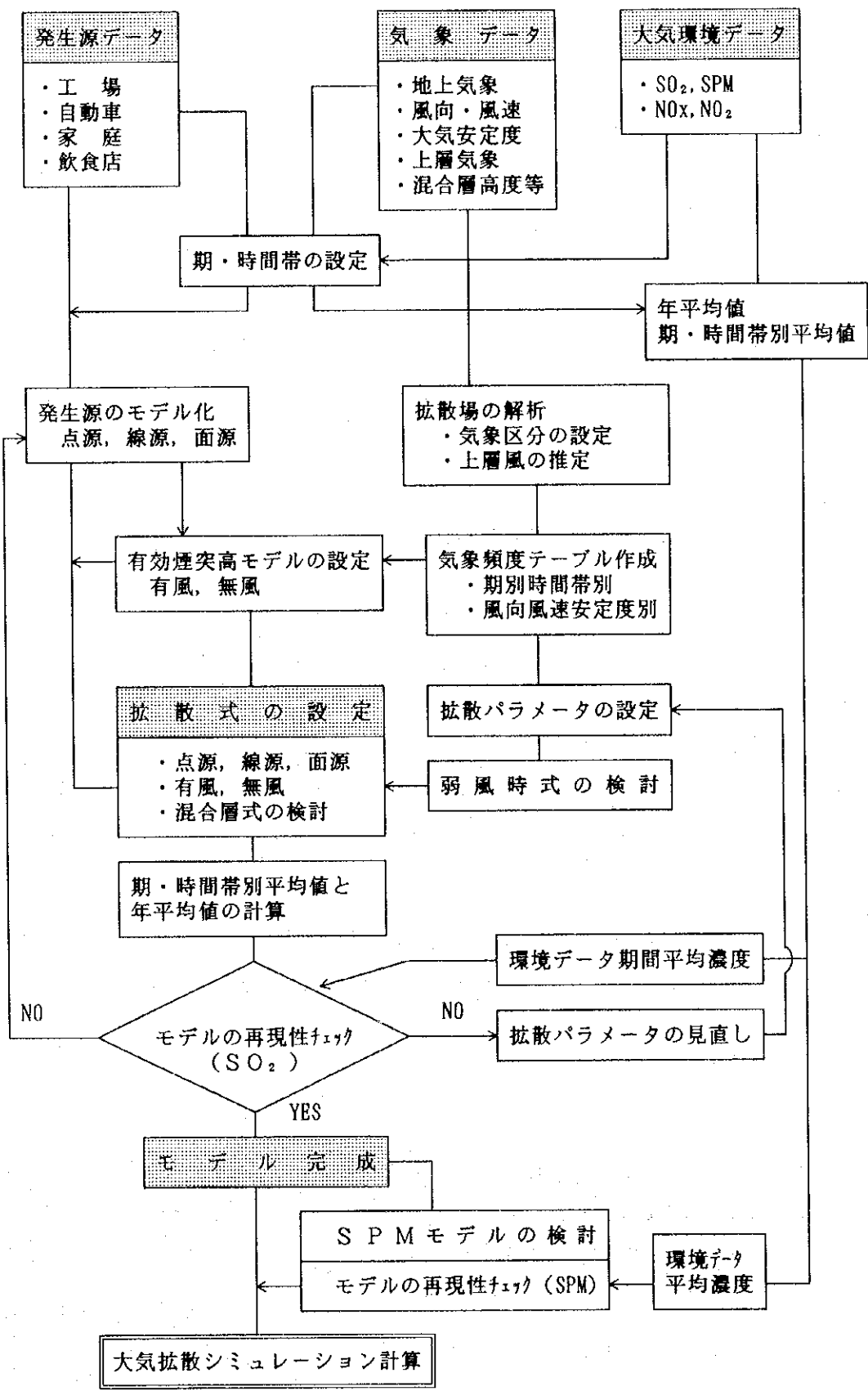


図 5.1.1 シミュレーションモデルの作成フロー

5.1.2 発生源モデル

(1) 発生源のモデル化

ばい煙発生施設、自動車、家庭、飲食店を発生源の形態や入手データの内容等に関して検討後、点煙源、線煙源又は面煙源の3種類にモデル化した。

表 5.1.2 発生源の種類とモデル化の形態

種類 \ 形態	点煙源	線煙源	面煙源
ばい煙発生施設	○ (主要煙源)	—	
自動車	—	○ (幹線道路)	
家庭	—	—	○ (全施設)
飲食店	—	—	○ (全施設)

注) 面煙源は原則として1 kmメッシュを単位とする。

(2) 発生源モデル別排出量

発生源モデル毎に、煙源数と排出量を整理したものを以下に示す。

表 5.1.3 発生源モデル別排出量 (1994年) 単位: t/年

種類 \ 項目	煙源数	SO _x	NO _x	P M
工場(下層)	169[81]	5658(7)	244(3)	7094(25)
工場(中層)	120[78]	49245(64)	3358(35)	16145(57)
工場(上層)	11[8]	14302(19)	4392(46)	4334(15)
自動車	103	27(0)	1011(11)	0(0)
家庭	98	5234(7)	361(4)	570(2)
飲食店	54	2477(3)	161(2)	270(1)
計	555[167]	76943(100)	9527(100)	28412(100)

注) 四捨五入の関係で、末数に誤差がある。

[]内は、工場数。()内は、割合%。

工場の下層、中層、上層の定義は、気象モデルで説明。

5.1.3 気象モデル

(1) 気象区分

気象区分は、次のとおりとする。

- ① 風向は、16方位及び無風とする。
- ② 風速は、無風及び弱風を含めて8区分。
- ③ 大気安定度は、Pasquill安定度階級分類。

表 5.1.4 気象モデルの概略

風 向	有風時 16 方位及びカーム
風 速 8 区分	<ul style="list-style-type: none"> ・風速区分 0~0.4, 0.5~0.9, 1.0~1.9, 2.0~2.9, 3.0~3.9, 4.0~5.9, 6.0~7.9, 8.0m/s 以上 ・代表風速は各階級での平均風速とする。
安定度 区 分	A~B BC~C CD~D D E~G (強不安定) (不安定) (昼の中立) (夜の中立) (安定)

(2) 拡散場の高度区分と気象ブロック

拡散計算に用いる気象条件の地域性及び高度による気象条件の違いを考慮するため、拡散場の高度区分と気象ブロックを次のようにモデル化した。

1) 高度区分

各発生源の排出高度等を考慮して、以下のように区分して設定する。

表 5.1.5 高度区分と対象発生源

高度区分	対 象 発 生 源
上 層	実高70m以上の煙突
中 層	実高30m以上で、70m未満の煙突
下 層	上記未満の低煙突、家庭、飲食店
地 上	自動車

2) 気象ブロックと代表風

気象ブロックは、大気汚染測定局の風向・風速データによるクラスター分析の結果や風の類似性についての既存知見、発生源の把握範囲、地形等を考慮して設定。

各気象ブロックの代表風は、クラスター分析の結果のほか発生源の状況、現状濃度の再現性等を考慮して代表測定局の風を用いた。

気象ブロック及び代表気象局に関する設定状況を、図 5.1.2に示す。

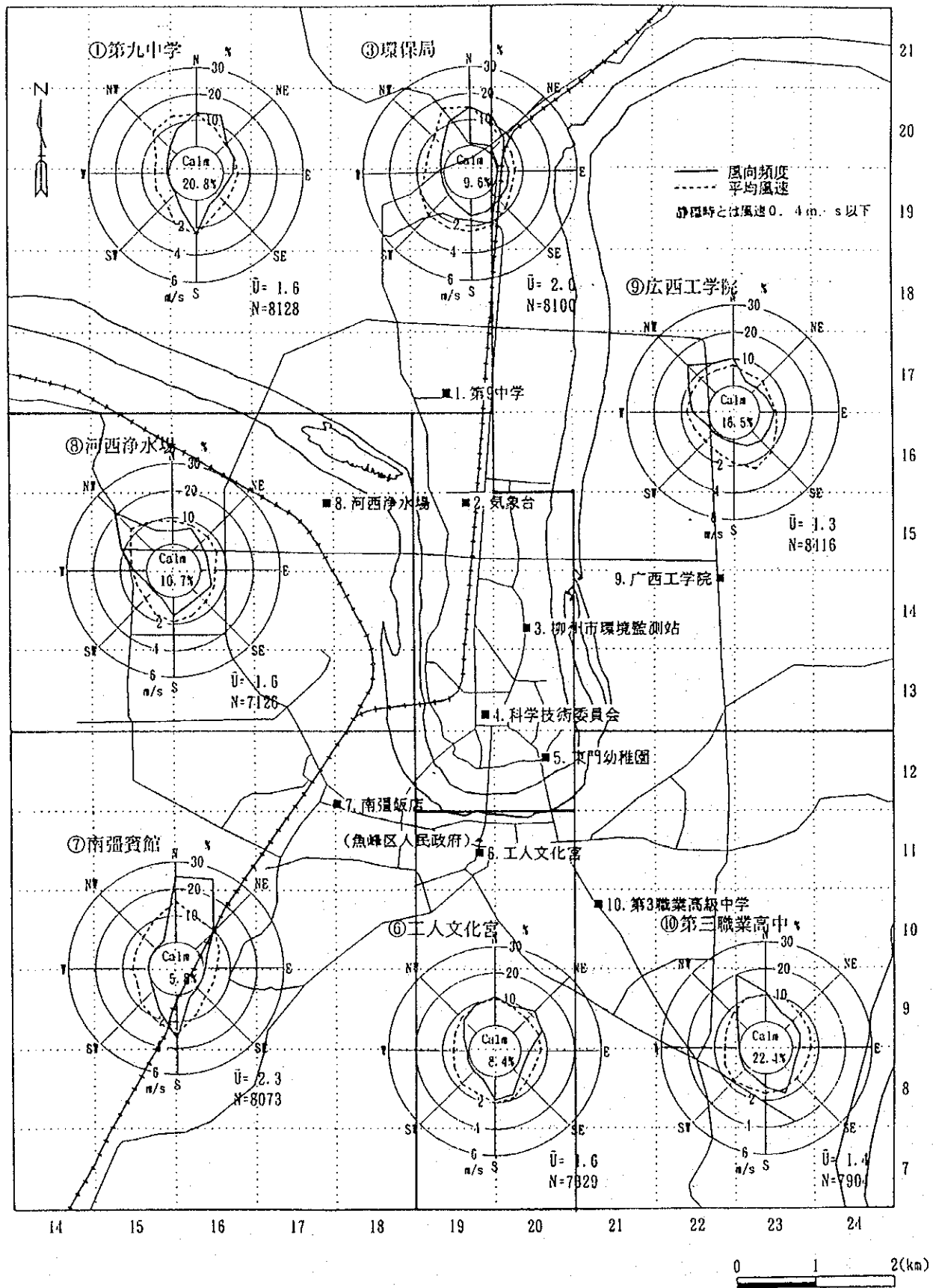


図 5.1.2 氣象代表局一覽及び氣象ブロック区分

表 5.1.6 気象代表局一覧及び気象ブロック区分

区 域 概 要	代表気象（下層）		気象代表地域	備 考
	ブロックNO	代表気象局名称		
市 内	1	第九中学	柳北地区	地上、中層及び上層は、下層の気象データを基に、P（べき）乗則による風速補正を適用。
	2	广西工学院	河東地区	
	3	河西浄水場	河西地区	
	4	環保局	市中心区	
	5	南疆飯店	西南地区	
	6	工人文化宮	柳南地区	
	7	第3職業高級中	柳石地区	
域 外	-	煙源の位置に応じて気象ブロックを延長		

(3) 上空及び地上風速の推計

a. 上空風速

拡散計算に用いる代表風速は、次式により補正する。

$$U = U_s (Z / Z_s)^P$$

- U : 高度Zにおける風速推定値
- U_s : 高度Z_sにおける風速
- Z : 推定風速高度
- Z_s : 風速測定地点高度(10m)
- P : べき指数

安定度 パラメータ	A, B, BC, C	CD, D	E- G
P 値	0.41	0.45	0.62

上層気象観測調査より、作成

ここでは、中層の代表高度Zを75mとし、上層の高度を150mとして推計。

b. 地上風速

近傍の自動車煙源はべき乗則により地表付近(2.0m)での風速に修正して代表風速とする。

$$U_z = U_{2.0} (2.0 / z)^P$$

z : 風速測定高度
U_z : zでの風速

安定度 パラメータ	A- B	BC-C	CD-D	D	E- G
P 値	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30

マニュアルを参考

5.1.4 有効煙突高モデル

発生源モデルの形態に応じて、有効煙突高を推計した。

(1) 点煙源有効煙突高式

有効煙突高を、

$$H_0 = H_0 + \Delta H \text{ として、} \Delta H \text{ を推計。}$$

a. 有風時 —— CONCAWE式

$$\Delta H = 0.175 \cdot Q_H^{1/2} \cdot u^{-3/4}$$

Q_H : 排出ガス熱量 (cal/s)

$$= \rho \cdot Q \cdot C_p \cdot \Delta t$$

ρ : $1.293 \times 10^3 \text{ g/m}^3$ (0°Cにおける排出ガス密度)

Q : 単位時間当たりの排出ガス量 (Nm³/s)

C_p : 0.24 (定圧比熱) (cal/°K/g)

Δt : T_g (排ガス温度) - 15 (°C)

u : 煙突頭頂部の風速 (m/s)

b. 無風時 —— 無風時Briggs式

$$\Delta H = 1.4 \cdot Q_H^{1/4} \cdot (d\theta/dz)^{-3/8}$$

時間帯	午前	午後	夜	深夜
$d\theta/dz$	0.0075	0.005	0.010	0.010

注) $d\theta/dz$ は、
温位傾度 (°C/m)

(2) 有効煙突高さの設定

表 5.1.7 有効煙突高さ推計モデル

発生源	有効煙突高さ	備考
工場・事業場 ばい煙発生施設	有風時はCONCAWE式 無風時はBriggs式	・点煙源
家庭・飲食店	建物高さを考慮して設定 (20~30m)	・面煙源
自動車 主要幹線道路	道路構造・沿道状況を考慮して設定 有風時: 5m 無風時: 10m	・線煙源
域外 工場・事業場	有風時はCONCAWE式 無風時はBriggs式	・点煙源

5.1.5 拡散モデル

拡散モデルでは、類型化・規格化された煙源条件（発生源モデル）と気象条件（気象モデル）を用いて、排出ガスの上昇高さの推定結果（有効煙突高さモデル）を基に拡散予測計算を行った。

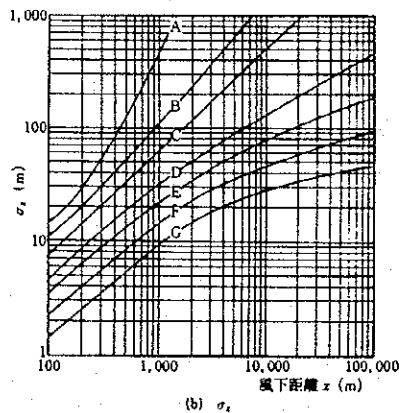
(1) 拡散式の適用

拡散式及び拡散パラメータは、以下の条件で設定した。

表 5.1.8 拡散式及び拡散パラメータ

煙源形態	風速条件	拡散式	拡散パラメータ
・点煙源	・有風時 ・無風時	正規型ブルーム式 (長期平均型式) 無風時のパフ式	・P-G線図 ・Turner線図
・線煙源 (幹線道路)	・有風時 ・無風時	積分ブルーム式 積分簡易パフ式	・P-G線図 ・Turner線図
・面煙源	・有風時 ・無風時	積分ブルーム式 積分簡易パフ式	・P-G線図 ・Turner線図

注) 拡散係数としての数値は、P-G (Pasquill-Gifford) 図の近似関数を適用。また、市街地では、地面粗度を検討する。



$$\sigma_z(x) = \gamma_z \cdot x^{\alpha_z}$$

安定度	α_z	γ_z	風下距離 (m)
A	1.122	0.0800	0~ 300
	1.514	0.60855	300~ 500
	2.109	0.000212	500~
B	0.964	0.1272	0~ 500
	1.094	0.0570	500~
C	0.918	0.1068	0~
D	0.826	0.1046	0~ 1,000
	0.632	0.400	1,000~10,000
	0.555	0.811	10,000~
E	0.788	0.0928	0~ 1,000
	0.565	0.433	1,000~10,000
	0.415	1.732	10,000~
F	0.784	0.0621	0~ 1,000
	0.526	0.370	1,000~10,000
	0.323	2.41	10,000~
G	0.794	0.0373	0~ 1,000
	0.637	0.1105	1,000~ 2,000
	0.431	0.529	2,000~10,000
	0.222	3.62	10,000~

図 5.1.3 風下距離の関数表示による P-G 線図

(2) 拡散計算式

a. 点煙源拡散式

① 有風時 ($u > 0.4\text{m/s}$) : プルーム式

$$C(R, z) = \frac{Q_p}{\sqrt{2\pi} \cdot \pi/8 \cdot R \sigma_z u} \cdot [F]$$

$$[F] = \exp\left\{-\frac{(z - \text{He})^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z + \text{He})^2}{2\sigma_z^2}\right\}$$

- $C(R, z)$: 計算点(R, z)の濃度
 R : 点煙源と計算点の水平距離 (m)
 z : 計算点の z 座標 (m) (高さ方向)
 Q_p : 点煙源強度 (Nm^3/s)
 u : 風速 (m/s)
 He : 有効煙突高 (m)
 σ_z : 距離 R での鉛直方向拡散パラメータ (m)

② 無風時 ($u \leq 0.4\text{m/s}$) : 無風パフ式

$$C(R, z) = \frac{Q_p}{(2\pi)^{3/2} \gamma} \cdot \left\{ \frac{1}{R^2 + \alpha^2/\gamma^2(z - \text{He})^2} + \frac{1}{R^2 + \alpha^2/\gamma^2(z + \text{He})^2} \right\}$$

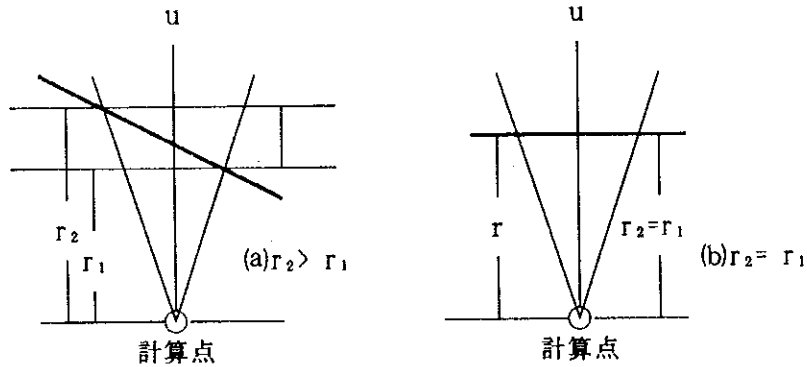
- R : 点煙源と計算点の水平距離 (m)
 z : 計算点の z 座標 (m) (高さ方向)
 Q_p : 点煙源強度 (Nm^3/s)
 He : 有効煙突高 (m)
 α : 水平方向の拡散パラメータ (m/s) $\sigma_y = \alpha \cdot t$
 γ : 鉛直方向の拡散パラメータ (m/s) $\sigma_z = \gamma \cdot t$

b. 線煙源拡散式

① 有風時 ($u > 0.4\text{m/s}$) : 積分型プルーム式

$$C = \int_{r_1}^{r_2} \frac{Q_L}{\sqrt{2\pi} \cdot \pi/8 \cdot r \sigma_z(r) u} \cdot \left[\exp\left\{-\frac{(z - \text{He})^2}{2\sigma_z(r)^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z + \text{He})^2}{2\sigma_z(r)^2}\right\} \right] \cdot dr$$

- r_1, r_2 : 風向一方位内の線煙源範囲
- r : 計算地点までの距離 (m)
- Q_L : 線煙源強度 (Nm³/ms)
- He : 有効煙突高 (m)
- σ_z : 鉛直方向の拡散パラメータ (m)



② 無風時 ($u \leq 0.4 \text{ m/s}$) : 積分型簡易パフ式

$$C = \int_{r_1}^{r_2} \frac{Q_L}{(2\pi)^{3/2} \gamma} \left(\frac{1}{r^2 + b_1^2} + \frac{1}{r^2 + b_2^2} \right) dr$$

$$b_1 = \frac{\alpha}{\gamma} (z - He) \quad b_2 = \frac{\alpha}{\gamma} (z + He)$$

r_1, r_2 : 線源の範囲

c. 面煙源拡散計算式

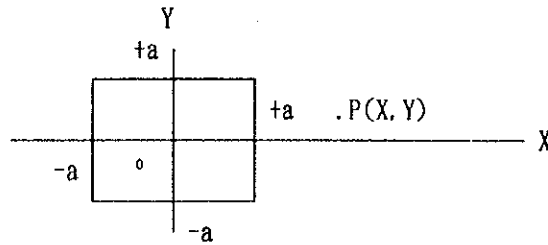
① 有風時 ($u > 0.4 \text{ m/s}$)

有風時の点源式を一辺の長さが $2a$ の正方面源について積分する式を適用。

$$C = \frac{Q_A}{\sqrt{2\pi} u} \int_{x-a}^{x+a} \frac{2a}{(\pi/8\xi + 2a) \sigma_z(\xi)} \cdot [F] d\xi$$

$$[F] = \exp \left\{ -\frac{(z - He)^2}{2\sigma_z(\xi)^2} \right\} + \exp \left\{ -\frac{(z + He)^2}{2\sigma_z(\xi)^2} \right\}$$

- ξ : 面煙源と計算点の水平距離 (m)
- z : 計算点の z 座標 (m) (高さ方向)
- Q_A : 面煙源強度 (Nm³/m²s)
- He : 有効煙突高 (m)



② 無風時 ($u \leq 0.4 \text{ m/s}$)

無風時の点源式を、一辺の長さが $2a$ の正方面源と同一面積をもつ円面源に適用するとして導いた式を適用。

$$C = \frac{Q_A}{(2\pi)^{3/2} \gamma} \int_0^{a'} \int_0^{2\pi} \left(\frac{1}{R'^2 + b_1} + \frac{1}{R'^2 + b_2} \right) r \cdot dr \cdot d\theta$$

$$a' = \frac{2a}{\sqrt{\pi}}$$

$$R' = (r^2 + R^2 - 2rR \cos \theta)^{1/2}$$

$$b_1 = \frac{\alpha}{\gamma} (z - H_e) \quad b_2 = \frac{\alpha}{\gamma} (z + H_e)$$

(3) 重合計算

前述のモデルにより季節別・時間帯別の気象条件ごとに算出された計算濃度を、出現確率を考慮して合成することにより、時間帯別平均、期別平均、年平均等の重合濃度を算出する。算出式は次のとおりである。

a. 期別・時間帯別濃度

$$C = \sum_{k,j,i} C(D_i, V_j, a_k) \cdot f(D_i, V_j, a_k) + \sum C(a_k) \cdot f(a_k)$$

$C(D_i, V_j, a_k)$: 風向 D_i , 風速 V_j , 安定度 a_k における 1 時間濃度

$f(D_i, V_j, a_k)$: 風向 D_i , 風速 V_j , 安定度 a_k の出現確率

$C(a_k)$: 無風時の安定度 a_k における 1 時間濃度

$f(a_k)$: 無風時の安定度 a_k の出現確率

b. 年平均濃度

$$C = \sum C_n \cdot r_n$$

C_n : n (期・時間帯) 平均値

C : 年平均値

r_n : n (期・時間帯) の年間に対する時間比率

5.1.6 拡散パラメータ

(1) 拡散パラメータ一覧表

表5.1.9 に、モデルに適用したパラメータを示す。

表 5.1.9 拡散パラメータ

拡散場	安定 度区分	夏 期				秋 期			
		午前	午後	夜間	深夜	午前	午後	夜間	深夜
「地上」 「下層」 ブロック	強不安定	AB	A	AB	—	B	AB	AB	—
	不安定	B	B	B	—	C	BC	C	—
	昼の中立	CD	CD	CD	—	D	CD	CD	—
	夜の中立	D	CD	D	D	D	D	D	DE
	安定	—	—	D	DE	—	—	DE	EF
「中層」 ブロック	強不安定	B	B	BC	—	B	BC	BC	—
	不安定	BC	B	C	—	C	BC	CD	—
	昼の中立	D	CD	D	—	D	CD	D	—
	夜の中立	D	D	D	D	D	D	D	D
	安定	—	—	D	DE	—	—	D	DE
「上層」 ブロック	強不安定	BC	BC	BC	—	BC	BC	BC	—
	不安定	C	C	C	—	CD	C	CD	—
	昼の中立	D	D	D	—	D	D	D	—
	夜の中立	D	D	D	D	D	D	D	D
	安定	—	—	D	DE	—	—	D	DE

注₁)上記の各パラメータは、P-Gチャート(拡散係数)と対応。

注₂)—の部分は出現が無いが、極めて少ないため連続値を適用。

注₃)表中の「地上」ブロックのパラメータは、地上及び下層へ適用。

注₄)次頁も同様。

また、建物が密集している市街地域への拡散パラメータとして、「P-G-S」チャート(Pasquill-Gifford-Smith Chart)を適用した。地面粗度(Z₀)は、300 cmとして F.B.Smith の地面粗度(Z₀=100cm)を1.1倍して補正後、適用した。

表 5.1.9 拡散パラメータ (続き)

拡散場	安定 度区分	時間 区分	冬 期				春 期			
			午前	午後	夜間	深夜	午前	午後	夜間	深夜
「地上」 「下層」 ブロック	強不安定		B	B	B	—	AB	AB	AB	—
	不安定		C	C	CD	—	BC	B	B	—
	昼の中立		D	D	D	—	CD	CD	CD	—
		夜の中立		D	D	D	DE	D	D	D
	安定		—	—	DE	EF	—	—	D	E
「中層」 ブロック	強不安定		BC	BC	BC	—	BC	B	BC	—
	不安定		CD	C	CD	—	C	C	C	—
	昼の中立		D	D	D	—	D	CD	D	—
		夜の中立		DE	D	D	DE	D	D	D
	安定		—	—	DE	DE	—	—	DE	DE
「上層」 ブロック	強不安定		BC	BC	BC	—	BC	BC	BC	—
	不安定		CD	C	CD	—	C	C	C	—
	昼の中立		D	D	D	—	D	D	D	—
		夜の中立		D	D	D	D	D	D	D
	安定		—	—	DE	DE	—	—	DE	DE

(2) 初期拡散幅

ばい煙発生施設の煙突から排出される煙や、自動車の排気管から放出される排気ガスは、実際は、煙突周辺の大気の状態や道路の構造などの理由により中心（設定した有効高さ）から様々な偏りをもって排出されている。

初期拡散幅として、発生源種類に応じた初期値を以下のように設定した。

表 5.1.10 初期拡散幅の設定

発生源	点 源	面 源	線 源
工場・事業場	—		
自動車（幹線道路）			1/2 道路幅員
家庭、飲食店	—	5 m	—

5.1.7 SPMに係る二次生成モデル

SO_x, NO_xから二次生成粒子として寄与するSPM濃度を推計するため、疑似1次指数式を拡散モデルに組み込むことにより適用する。

(1) 二次粒子生成モデル

1) 二次生成推計式

$$\begin{aligned} [SO_4^{2-}] &= [SO_x] \cdot A_s \{1 - \alpha \cdot \exp(-K_{i,s}t)\} \\ [NO_3^-] &= [NO_x] \cdot A_N \{1 - \beta \cdot \exp(-K_{i,N}t)\} \times Pk_{NO_x} \end{aligned}$$

A_s : SO_xからSO₄²⁻への換算係数 4.29
 A_N : NO_xからNO₃⁻への換算係数 2.76
 K_{i,s} : SO_xからSO₄²⁻への変換率
 K_{i,N} : NO_xからNO₃⁻への変換率
 α, β : SO_x及びNO_xの初期比率 (α=0.95, β=1.0)
 Pk_{NO_x} : 粒子状物質存在率
 (NO₃⁻のガスへの昇華率を差し引いた係数)

2) パラメータ

① 変換率 (K_{i,s}, K_{i,N})

大気安定度 変換率	A~C	CD~D		E~G
	全日	昼間	夜間	全日
K _{i,s} (%h ⁻¹)	5.0	4.0	2.0	1.0
K _{i,N} (%h ⁻¹)	6.5	4.8	3.2	2.0

注) 日本国内の調査事例等から、設定した。

② 粒子状物質存在率 (Pk_{NO_x})

期	時間帯	午前	午後	夜	深夜
春	期	0.8	0.7	0.8	0.9
夏	期	0.5	0.4	0.6	0.7
秋	期	0.8	0.7	0.8	0.9
冬	期	0.8	0.7	0.8	0.9

③ 初期比率

上記式のようにSO_xの場合、SO₄²⁻の初期比率を5%とした。

(2) 化合物重量換算

更に、上記の二次粒子をアンモニア化合物と考えた場合の重量換算値として、以下の補正係数を適用。

- (a) SO₄²⁻ ⇨ (NH₄)₂SO₄ (132/96)=1.375
 (b) NO₃⁻ ⇨ NH₄NO₃ (80/62)=1.290
 (c) Cl⁻ ⇨ NH₄Cl (53.5/35.5)=1.507

(3) 自然界寄与粒子の推計

土壌粒子及びその他の自然起源粒子の影響は、発生源としての扱いが難しいことから、最近では、概ね実測値を使用することが適当と考えられている。

特に土壌系粒子の場合、自動車からの巻き上げや粉じん発生施設の影響のほか、火山・乾燥土壌の巻き上げ等多くの発生源影響が考えられる。

日本国内の事例では、土壌粒子の構成割合はSPM濃度の15～20%が平均的であると言われているが、「総報告」の柳州市エアロゾルの化学的特性ではTSP中の土壌影響を34.28%、粒径2.5μm未満では18.94%と評価している。従って、両者の平均値26.6%を、測定局毎の土壌影響濃度影響として評価した。

5.1.8 拡散計算モデルの整合性

シミュレーション・モデルでは、汚染物質濃度と発生源との関係を的確に表現することが求められる。具体的にはモデル化された発生源や気象条件、拡散計算式、拡散パラメータ等の設定手法を確認することであるが、作成したモデルが現状年において環境濃度の実測値を適切に再現できるか否かを検証することによって、妥当性に関する評価が行われる。なお、評価方法は、「マニュアル」に準拠した。

(1) SO₂、SPMモデルの年平均値の再現性

表 5.1.11 SO₂モデルの評価

項目	関係式	評価局数	相関係数 (R)	変動係数 (S'/Y)	a ₀ (BG)	評価
全域	$Y = 0.948X + 25.7$	10	0.935	0.093	16.8	A

注) 濃度の単位は、μg/m³
 X：計算値 Y：実測値
 a₀は、(Σ実測値 - Σ計算値) / nである。

表 5.1.12 SPMモデルの評価

項目	関係式	評価局数	相関係数 (R)	変動係数 (S'/Y)	a ₀ (BG)	評価
全域	$Y = 0.580X + 59.0$	5	0.375	0.075	11.5	A

注) 濃度の単位は、μg/m³
 X：計算値 Y：実測値
 a₀は、(Σ実測値 - Σ計算値) / nである。

SO₂のモデルでは、実測値と計算値の年平均値における再現性は、概ね確保されており、「マニュアル」に基づく評価でもSO₂は「A」で高い水準での再現性が得られた。また、期別・時間帯別でも、それに近い結果となっている。SPMモデルの評価をみると、土壌影響を見込んだことから「A」で、比較的良好な結果となっている。

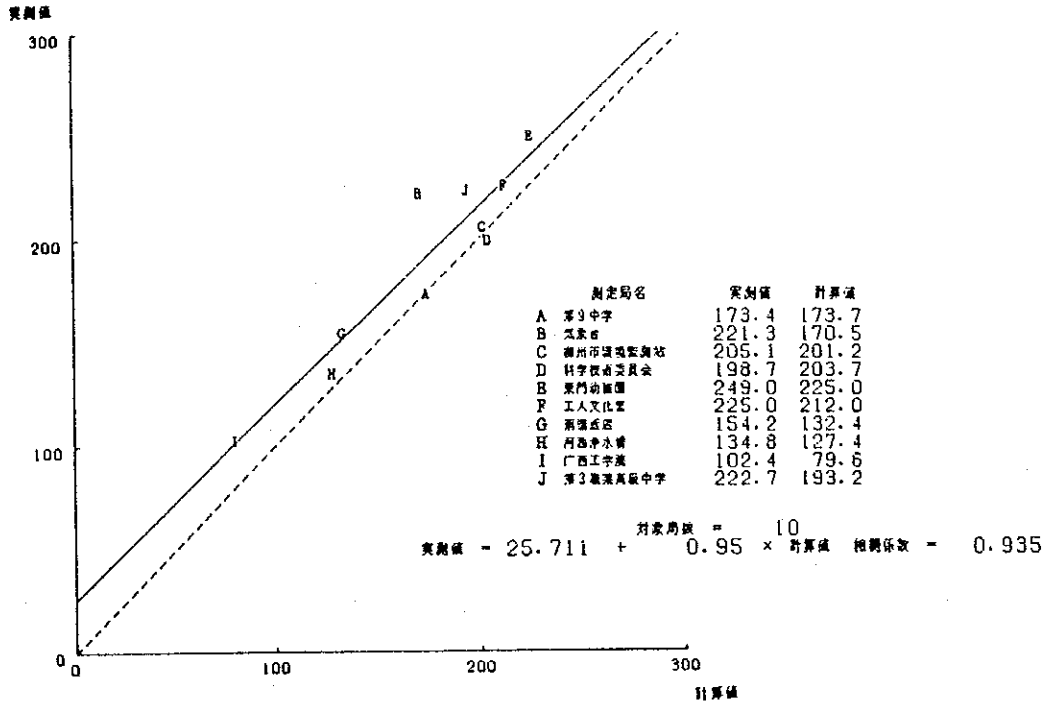


図 5.1.4 SO₂モデルの整合性 年間全日 (単位: μg/m³)

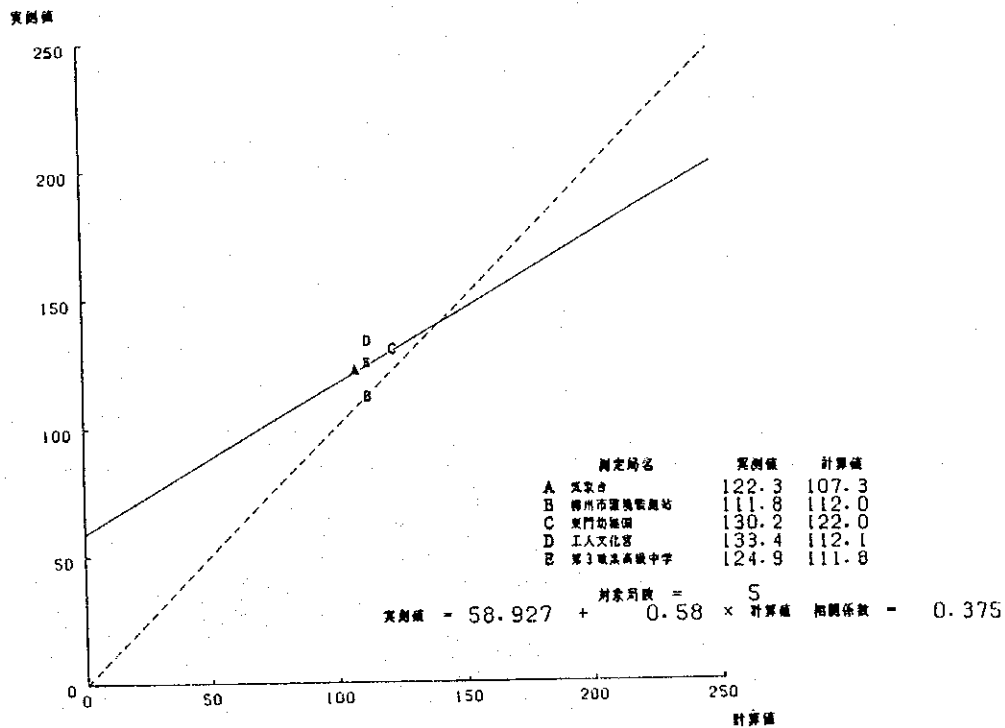


図 5.1.5 SPMモデルの整合性 年間全日 (単位: μg/m³)

(2) バックグラウンド濃度

実測濃度と計算濃度の差をバックグラウンド濃度と定義すると、これは、

- ①発生源モデルの誤差（ばい煙発生施設の情報誤差、未把握発生源）
- ②気象・拡散式の誤差（長時間滞留や吹き戻し など）
- ③自然界影響

等によるUnknown(未把握)濃度と考えることができる。

ここで取り扱うバックグラウンド濃度は、具体的には測定局における実測値と計算値の差の平均 (a_0) として表現されているものであり、

- ①SO₂ の場合、 $a_0 = 16.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- ②SPMの場合、 $a_0 = 11.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

であった。

(3) 期別・時間帯別評価

表 5.1.13 に、SO₂ モデルの期別・時間帯別の評価結果を示す。

表 5.1.13 SO₂ モデルの評価（期別・時間帯別）—「科技委」除外ケース

項目	関係式	評価局数	相関係数 (R)	変動係数 (S'/Y)	a ₀ (BG)	評価
日平均値	夏期 Y = 0.448X + 103	9	0.608	0.240	15.5	B
	秋期 Y = 0.855X + 65.3	10	0.853	0.135	40.2	A
	冬期 Y = 1.046X + 5.1	10	0.865	0.200	13.2	A
	春期 Y = 1.127X - 25.1	10	0.803	0.241	-1.7	*B
通年平均値	午前 Y = 0.968X + 24.0	10	0.948	0.094	17.1	A
	午後 Y = 0.683X + 78.8	10	0.722	0.191	33.6	A
	夜間 Y = 1.066X + 2.8	10	0.869	0.142	14.6	A
	深夜 Y = 1.000X + 5.1	10	0.883	0.142	5.0	A
年間平均値	Y = 0.948X + 25.7	10	0.935	0.093	16.8	A

注) X : 計算値 Y : 実測値

切片 (Y₀) 及び a₀ の単位は $\mu\text{g}/\text{m}^3$ である。

a₀ は、 $(\sum \text{実測値} - \sum \text{計算値})$ をサンプル数 (n) で除したものであり、発生源算定誤差や計算モデル誤差及び自然界影響等が考えられる。

(*) は、参考評価。

[参考] 判定条件

計算値と実測値の整合性を判定するための判定条件については、以下に掲げる6つの個々の条件をベースとして、これらの個々の条件を組み合わせることにより、Aランク、Bランク及びCランクの3つの精度ランクの判定条件を用意する。

表1 計算値と実測値の整合性に係る個別条件

① $a_0 \leq 1/3 [(Y - BG) + BG]$ ② $a_0 \leq 2/5 [(Y - BG) + BG]$ ③ 回帰直線の傾きが0.8から1.2の範囲内でできるだけ1に近く、かつ、相関係数が少なくとも0.71以上であり、可能な限り0.8以上であること。 ④ $S' / Y \leq 1/5$ ⑤ $S' / Y \leq 1/4$ ⑥ $S' / Y \leq 1/3$
Y : 測定局についての実測値の平均値 X : 測定局について計算値の平均値 $a_0 := Y - X$ BG : バックグラウンド値等 $s' / Y : X + a_0$ からの変動係数

表2 計算値と実測値の整合性に係る精度ランク

(i) Aランクの条件 ①と③と⑤、又は①と④の条件を満足すること。 なお、①と④の条件を満足する場合であっても回帰直線の傾きは、できるだけ1に近い。 (ii) Bランクの条件 ②と⑥を満足すること。 (iii) Cランクの条件 ②と⑥を満足すること。
--

(注) Bランク、Cランクの条件についても、回帰直線の傾きはできるだけ1に近いことが望ましい。

表3 評価期間ごとの判定条件

		季(期)区分	
		各季(期)	年
時間帯区分	各時間帯	C	B
	H	B	A

(注) これらの判定条件によって整合性の評価を行う際、対象測定局数のうち10～15%の測定局数内で特に異常な測定値を示したものにつき、整合性の評価の対象から除外することは、ここで利用したシミュレーション・モデルの性質上ある程度止むを得ない。

5.1.9 現状環境濃度の予測

前述の拡散モデルを適用して、地域内の測定局及びメッシュ代表地点を対象に拡散計算を行い、その結果を次のように整理した。

(1) 測定局における発生源種類別及び項目別平均濃度

図5.1.6は、市内の各測定局について、発生源種類毎の寄与濃度をプロットし、地点毎の汚染状況を調べたものである。

1) SO₂濃度の発生源種類別寄与状況

①「工場・事業場」は、ばい煙発生施設からの寄与で、

排出高さにより下層（低煙突）、中層（中煙突）、上層（高煙突）に区分。

②「自動車」は、幹線道路からの寄与濃度。

③「家庭」、「飲食店」は、それぞれ群小の発生源影響。

である。

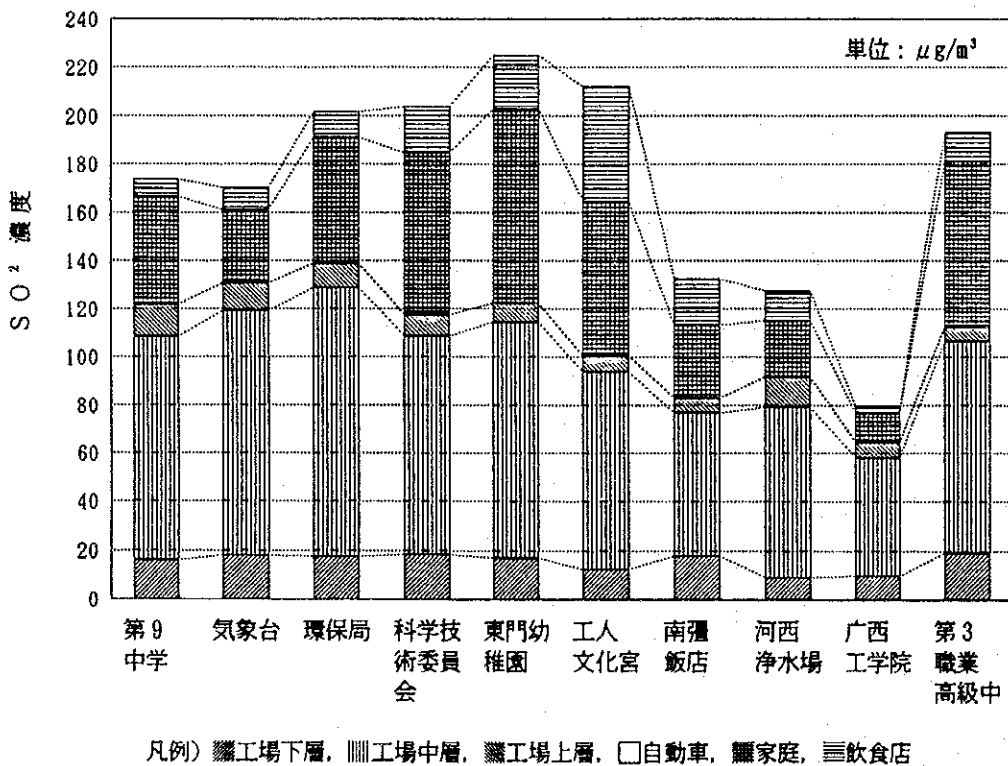


図 5.1.6 各測定局の発生源別濃度 (SO₂)

表5.1.14は、各測定局におけるSO₂濃度を、発生源種類別寄与濃度及び寄与率として一覧表に整理したものである。表中の「計算値」は、拡散モデルで予測した発生源毎の寄与濃度の重合値を表しており、単位は $\mu\text{g}/\text{m}^3$ である。

また、()内の数値は、実測値に対する寄与率(%)である。

表 5.1.14 測定局の発生源別寄与濃度 (SO₂)

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$, () 内は%

測定局	項目	実測値	計算値	工場・ 下層	工場・ 中層	工場・ 上層	自動車	家庭	飲食店
第9中学		173.4	173.7(100)	16.1(9)	92.4(53)	13.1(8)	0.2(0)	44.7(26)	7.2(4)
气象台		221.3	170.5(77)	18.1(8)	101.2(46)	11.5(5)	0.2(0)	30.2(14)	9.2(4)
環保局		205.1	201.2(98)	17.6(9)	110.5(54)	10.1(5)	0.2(0)	52.2(25)	10.6(5)
科技委		198.7	203.7(103)	18.4(9)	90.2(45)	8.7(4)	0.3(0)	66.9(34)	19.2(10)
東門幼稚園		249.0	225.0(90)	17.0(7)	97.5(39)	7.7(3)	0.2(0)	80.3(32)	22.3(9)
工人文化宮		225.0	212.0(94)	12.5(6)	81.6(36)	6.4(3)	0.4(0)	63.8(28)	47.2(21)
南疆飯店		154.2	132.4(86)	18.1(12)	58.7(38)	6.3(4)	0.2(0)	29.8(19)	19.3(12)
河西浄水場		134.8	127.4(95)	9.3(7)	69.9(52)	12.6(9)	0.1(0)	23.2(17)	12.3(9)
广西工学院		102.4	79.6(78)	9.8(10)	48.3(47)	6.3(6)	0.2(0)	11.9(12)	3.1(3)
第3職高中		222.7	193.2(87)	19.1(9)	87.5(39)	5.8(3)	0.2(0)	68.6(31)	12.0(5)

注) 「実測値」は、実際に測定されたSO₂濃度。
「計算値」は、発生源毎の計算値の合計。

2) SPM濃度の発生源種類別寄与状況

表5.1.15は、各測定局におけるSPM濃度を、発生源種類別寄与濃度及び寄与率として一覧表に整理したものである。表中の「計算値」は、拡散モデルで予測した発生源毎の寄与濃度の重合値を表している。

表 5.1.15 測定局の発生源別寄与濃度 (SPM)

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$, () 内は%

測定局	項目	実測値	計算値	工場・ 事業場	その他 (家庭他)	二次生成 粒子	土壌粒子
气象台		122.3	107.3(88)	44.1(36)	4.3(4)	26.4(22)	32.5(27)
環保局		111.8	112.0(100)	45.7(41)	6.8(6)	29.8(27)	29.7(27)
東門幼稚園		130.2	122.0(94)	44.3(34)	11.2(9)	31.9(24)	34.6(27)
工人文化宮		133.4	112.1(84)	34.2(26)	12.1(9)	30.3(23)	35.5(27)
第3職高中		124.9	111.8(90)	41.5(33)	8.8(7)	28.4(23)	33.2(27)

注) 「実測値」は、測定されたSPM濃度。「計算値」は、発生源毎の計算値の合計。

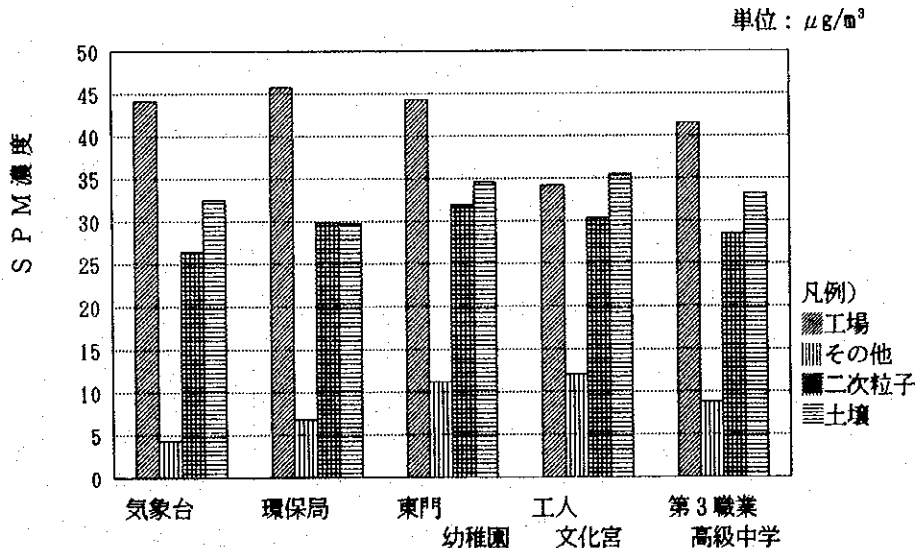


図 5.1.7 各測定局の発生源別濃度 (SPM)

(2) メッシュ計算濃度のランク別分布

SO₂ 合計濃度 (SO₂ のバックグラウンド濃度 16.8 μg/m³を加えて推計) を、ランク別にスクリーントーン (濃淡図) で表したものを図 5.1.8に示す。

また、表5.1.16は、500mメッシュ毎のSO₂ 濃度をランク別の出現状況として整理したものである。

表 5.1.16 SO₂ 年平均値濃度のランク別メッシュ数

項目 \ ランク			SO ₂ 年平均濃度のランク (μg/m ³)				
			60以下	60 ~80	80~100	100以上	計
メッシュ数			80	104	104	372	660
構成率 (%)			12.1	15.8	15.8	56.4	100.0
地域別	城中区域	①	0	0	0	16	16
	柳北区域	②	0	0	0	20	20
	魚峰区域	③	27	40	38	59	164
	柳南区域	④	0	30	17	81	128
	羊角山区域	⑤	53	7	0	0	60
	黄村区域	⑥	0	0	0	12	12
	白露区域	⑦	0	10	20	58	88
	河西区域	⑧	0	12	11	21	44
	柳東区域	⑨	0	5	18	105	128

同様に、SPM合計濃度 (バックグラウンド濃度 11.5 μg/m³を加えて推計) のスクリーントーン図を図 5.1.9に、また、ランク別の出現状況として整理したものを以下に示す。ここでのSPM年平均濃度ランクは、6.3 の環境目標値 (後述) を参考にしている。

表 5.1.17 SPM年平均値濃度のランク別メッシュ数

項目 \ ランク			SPM年平均濃度のランク (μg/m ³)				
			55以下	55 ~74	74 ~92	92 以上	計
メッシュ数			0	114	222	324	660
構成率 (%)			0.0	17.3	33.6	49.1	100.0
地域別	城中区域	①	0	0	0	16	16
	柳北区域	②	0	0	0	20	20
	魚峰区域	③	0	43	61	60	164
	柳南区域	④	0	0	41	87	128
	羊角山区域	⑤	0	59	1	0	60
	黄村区域	⑥	0	0	0	12	12
	白露区域	⑦	0	6	56	26	88
	河西区域	⑧	0	3	24	17	44
	柳東区域	⑨	0	3	39	86	128

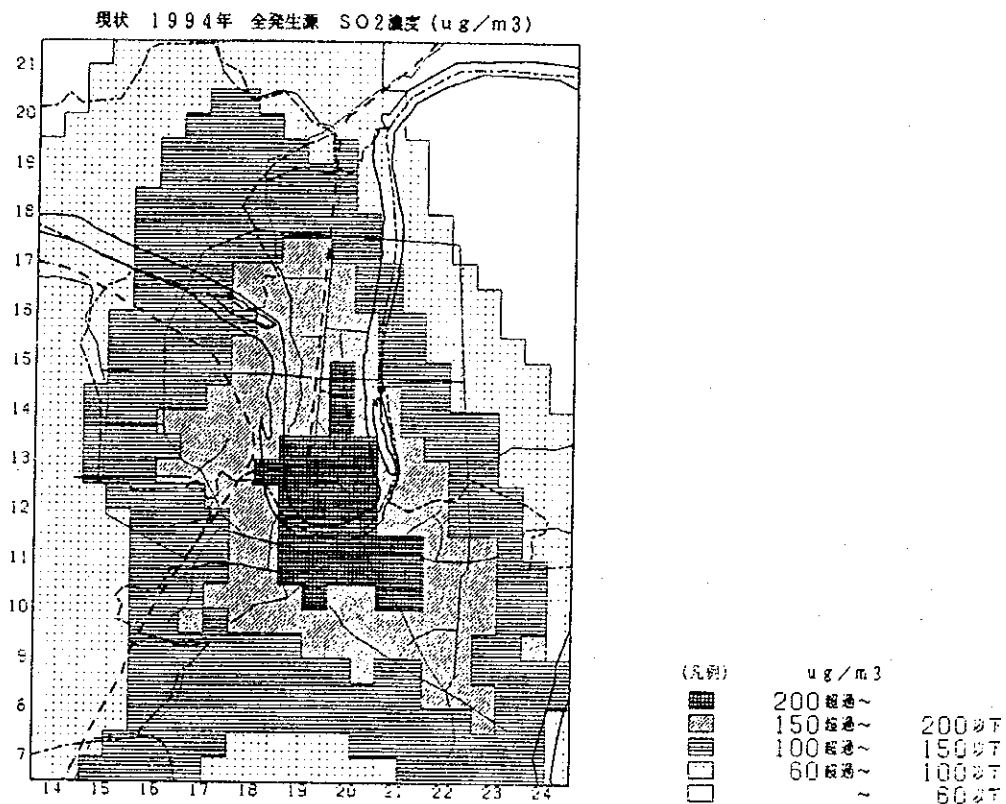


図 5.1.8 SO₂メッシュ濃度図 年間平均 (単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

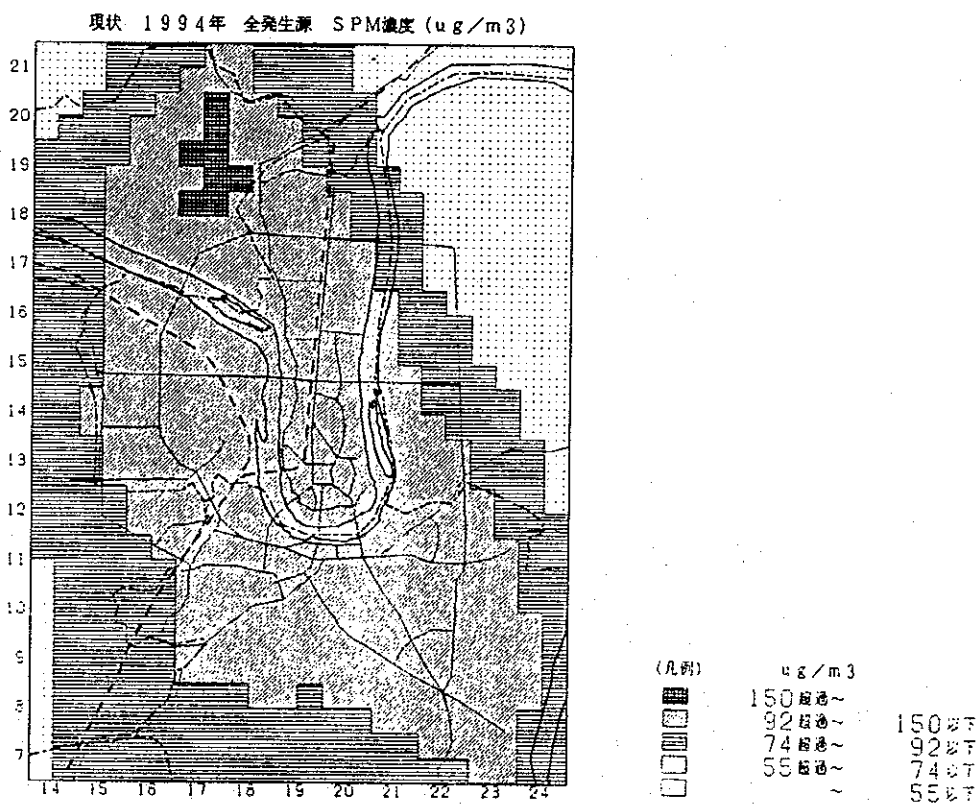


図 5.1.9 SPMメッシュ濃度図 年間平均 (単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.2 短時間高濃度シミュレーション

柳州市で観測された高濃度日について、パイバル、低層ゾンデによる高層気象観測期間を対象にSO₂に係る短時間シミュレーションモデルとして気象の場の推定モデルとしてMASCONモデル、及び濃度推定モデルとして差分型拡散モデルを作成した。

'94年11月の高層気象観測期間ではSO₂の任意時3級基準である0.7mg/m³を超えた値が連日測定された。そのなかで、特に高濃度が測定された12日から14日の3日間をシミュレーションの対象日とした。実際の計算は初期条件の影響を避けるため前日の10日から行った。

シミュレーション結果を3日間の時刻別の平均濃度の観測値と計算値の比較として図5.2.1に示す。また、観測値と計算値の3時間毎の平均値の散布図を図5.2.2に示す。図5.2.1をみると午前中の濃度ピークは観測値では8時頃から濃度上昇が始まり地点により10時から11時にピークとなるが、シミュレーションでは6時頃から濃度上昇が始まり地点により8時から11時にピークとなるなどの誤差がみられるが、午前と午後の2山型のピークをよくシミュレートしているものと考えられる。

シミュレーション誤差の要因としては、

①毎時の高層観測がされていないため、大規模工場の発生源に対する風の誤差が大きい。

②この期間の発生活動を平均値として入力している。

の2点が主な要因と考えられる。これらを考慮に入れると推定結果は比較的实际値とあっており、本モデルで短時間高濃度をシミュレートできていると考えられる。

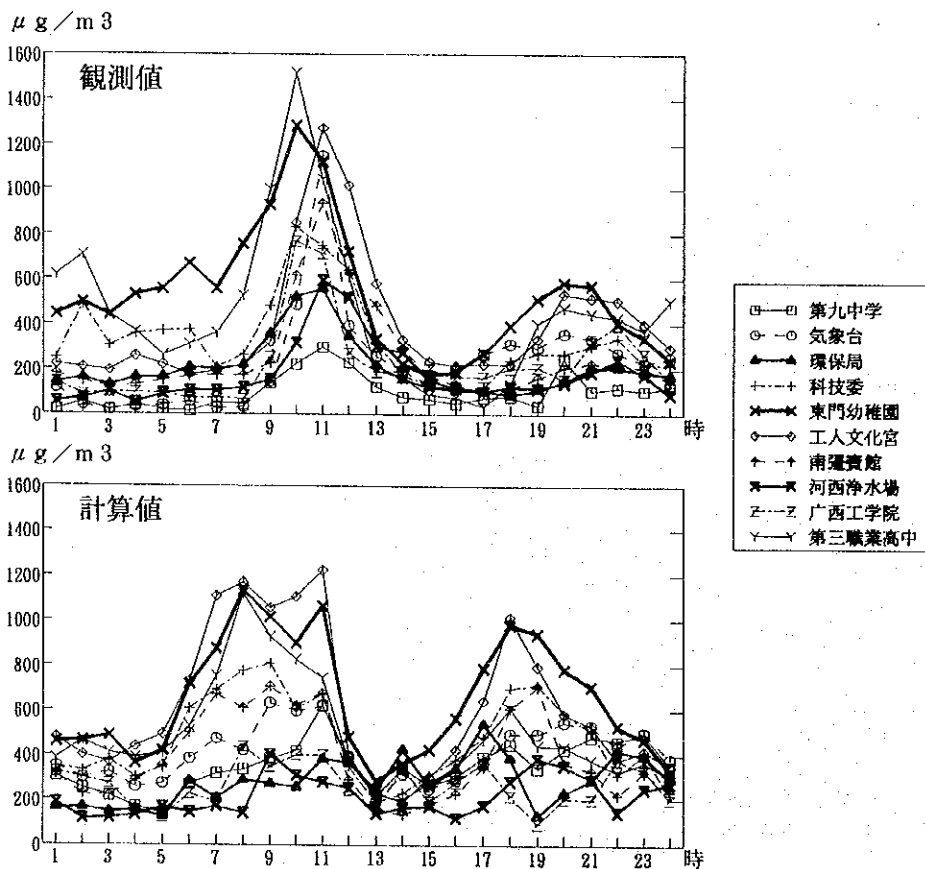


図5.2.1 SO₂期間平均の観測値と計算値の時刻別の比較

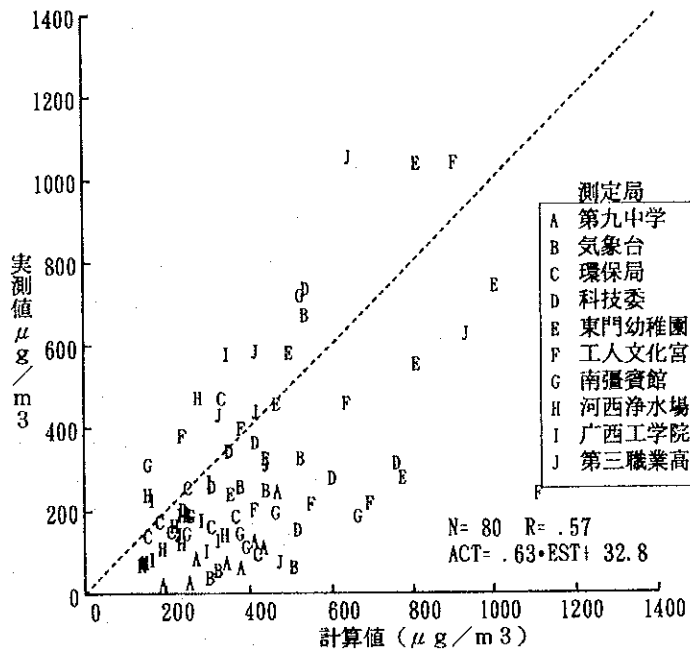


図5. 2. 2 観測値と計算値の平均値の比較 秋期高濃度日

表5.2.1は、発生源別の寄与率を示す。寄与率の時間帯別の変動は小さい。濃度に最も大きく寄与しているのは工場・事業場の煙突実高さ70m未満の煙突であり59~80%の寄与率となっている。年平均値モデルとの比較でみると(表5.1.14参照)70m未満の煙突の寄与は42~62%であるため高濃度時の低煙源をもつ工場・事業場が高濃度の要因となっている。民生源の寄与は高濃度時では3~30%であるが年平均値では15~49%となっており高濃度時の民生の寄与は年平均における寄与よりも小さい。

表 5.2.1 秋期高濃度時における煙源種別の寄与率 (%)

測定局	時 種	午前			午後			夜間			深夜			全日		
		大煙	中煙	小煙	大煙	中煙	小煙	大煙	中煙	小煙	大煙	中煙	小煙	大煙	中煙	小煙
第九中学		16.7	82.0	1.3	19.0	75.6	5.3	17.3	77.0	5.7	20.2	78.5	1.3	18.3	78.2	3.5
气象台		14.4	82.1	3.5	15.0	77.6	7.4	13.8	77.7	8.6	16.4	80.6	3.0	14.9	79.6	5.5
環保局		24.5	74.5	1.0	27.0	69.2	3.8	23.5	72.0	4.5	25.8	73.2	1.0	25.4	71.8	2.8
科技委		13.7	80.0	6.3	14.1	72.8	13.1	11.0	74.6	14.4	17.1	77.5	5.4	14.0	76.7	9.3
東門幼稚園		12.6	78.1	9.2	16.9	72.8	10.3	8.5	79.3	12.2	15.5	77.6	6.8	13.3	77.1	9.6
工人文化宮		10.9	60.1	29.1	11.9	57.5	30.6	8.0	52.6	39.4	12.3	64.7	23.0	10.8	59.2	30.0
南疆賓館		10.1	73.6	16.3	9.9	64.7	25.4	10.3	58.5	31.2	13.8	72.7	13.5	11.0	68.5	20.5
河西浄水場		19.0	77.3	3.7	14.0	71.4	14.6	13.7	67.1	19.2	20.7	75.3	4.0	16.8	73.1	10.1
广西工学院		21.4	76.2	2.4	24.0	71.7	4.3	23.2	71.6	5.2	21.2	77.6	1.2	22.3	74.6	3.0
第三職業高中		16.4	78.7	4.9	20.0	76.5	3.6	19.3	77.3	3.4	24.3	72.3	3.5	19.7	76.3	4.0

注. 大煙: 工場・事業場のうち煙突実高さ70m以上の発生源
 中煙: 工場・事業場のうち大煙を除く発生源
 小煙: 大煙、中煙以外の発生源

図5.2.3は3日間の12時頃の地上付近濃度のシミュレーション結果をスクリーントーンで表現したものである。風速も3メッシュ間隔で矢印としてあわせて示してある。

12日の日中は南寄りの風で市内北部の広い地域で高濃度をもたらし、13日の日中は東寄りの風となり西部地域にも高濃度をもたらし、14日の日中は弱い北寄りの風で市内南部に高濃度をもたらす。時間帯における卓越風がないためか、このように高濃度は各方面で出現する。

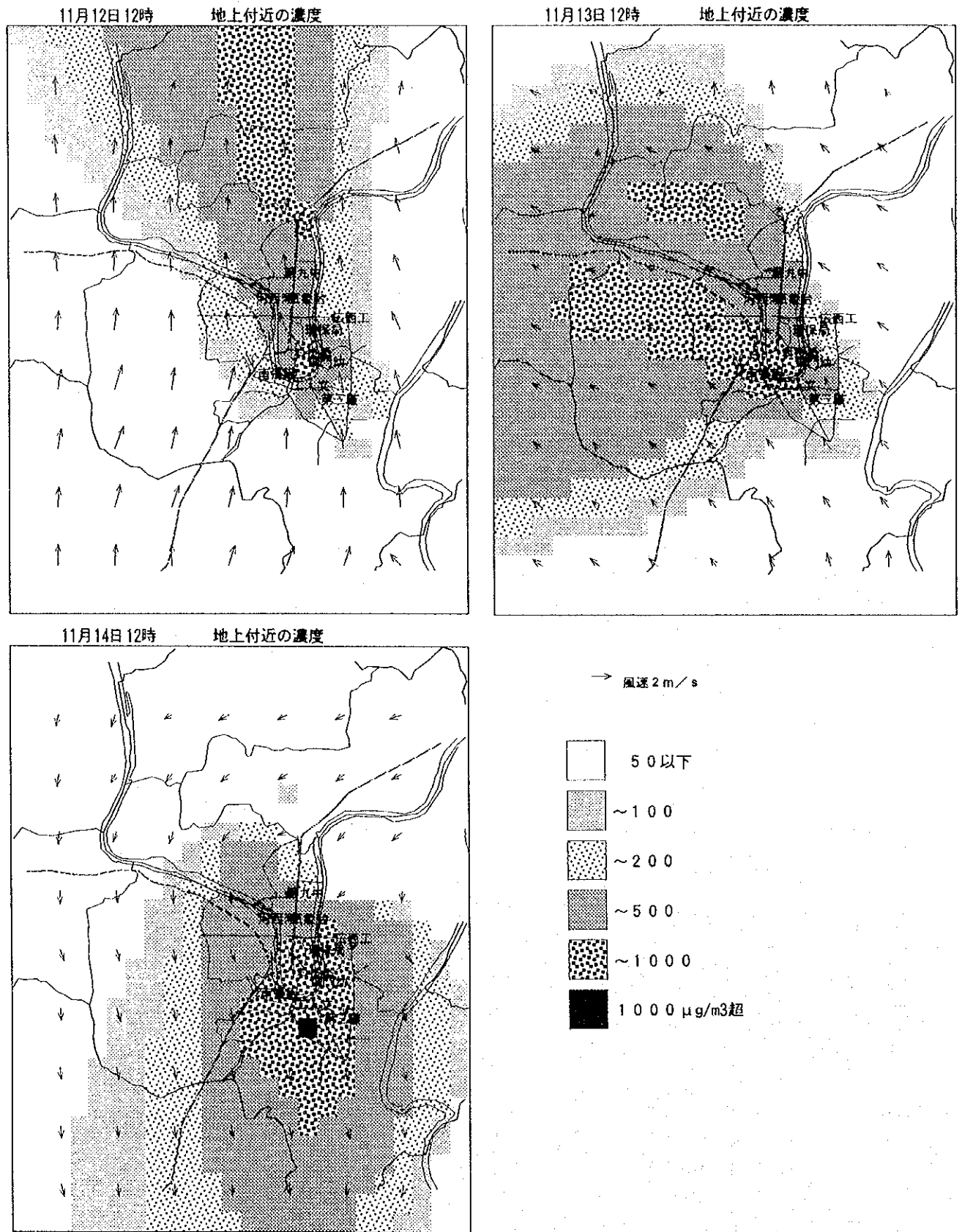


図5. 2. 3 秋期高濃度のシミュレーション結果マップ

5.3 大気汚染の構造

5.3.1 地域の概況と大気汚染の認識

(1) 地上風系と汚染物質の輸送

市の中心部をU字型に流れる柳江と複雑な山に囲まれた盆地状の地形であることから風の動きも複雑であるが、市内に設置された風向・風速測定器による既存の観測結果からは以下の特徴が指摘される。

- ①風速の日変化パターンは顕著で、朝晩が低く日中が強い。最大値は昼の11～14時頃で、最小値は、早朝に現れている。
- ②北系の風が柳州市内を通過する場合は、市内中心部で混合され風速が弱まり、南方向に移流するため、輸送される汚染物質も市内の中心部や南部地域で高い濃度を示すことが多い。

(2) 大気環境濃度の特徴

1987～1989年の15日間連続測定による平均濃度を利用して作成したSO₂とTSP濃度の地域分布から判断すると、次のようなことが判る。

(a)柳州市の冬期の汚染分布は、

- ①発電所を中心とした柳北工業区の高濃度地域
- ②河北の市街地から躍進路工業区、河南部の市街地にかけての地域
- ③栄軍路、柳石路工業区の地域

に分類される。また、これらの汚染地域の範囲は、気象条件によって同一グループ化したり、南北に分化する変動がみられる。

(b)SO₂とTSPの汚染分布は、ほぼ同様の汚染パターン型を示しており、両者の主要発生源が基本的に同じであることを示している。

以上のような、汚染分布パターンを特徴づける原因として、

- ・工場や群小等の発生源の位置により分布が決定づけられている。また、市内の発生源が集中して分布していること、排出高さが低いこと等が挙げられる。
- ・年間を通じて南北風が卓越しており、冬期に北風が多いことや東西方向の風系が少ないことなどにより、南北風の軸上に高濃度の出現が見られる。
- ・柳州市の地形条件、特に、鞍山を中心とする山々が障壁になり、且つ、その両側が平原であることなどの理由から、北部の工業区や市街地で排出された汚染塊が南へ輸送されたあと移流や拡散が妨げられて南部地域に高濃度域が形成される。

等々が考えられる。

5.3.2 長期平均濃度の特徴

(1) 環境基準との比較

現状の大気汚染測定局及びメッシュ中心点におけるSO₂、SPMの年平均値を環境基準と比較する。

ここで、測定局については、自動測定の時常監視システムにより環境データの測定が行われており、環境基準との比較は、第3章で説明したとおりである。

SO₂の2級基準（年平均値）は、全ての局で超過しており、日平均値との比較では、各測定局で10～80%の超過がみられる。また、SPMでは2級基準（日平均値）に対して全局で超過しているが、平均的にみて調査日数の30%程度が2級基準（日平均値）を満足していない。

また、メッシュについては、表5.1.16～17に示されるように、3級の環境基準を超過するメッシュは、SO₂、SPMでそれぞれ約56%、49%、2級基準は、約88%、100%で超過していることが判った。

(2) 発生源種別濃度分布

SO₂濃度の計算値について、以下の区分に基づく各々の汚染物質毎の発生源種別寄与濃度をコンター表示した。対象は、①工場・事業場、②自動車、③家庭、④飲食店の各発生源である。図5.3.1(1)～図5.3.1(4)にSO₂の発生源別寄与濃度図を示す。

また、SO₂の計算値について、以下の区分に基づく各々の発生源種別寄与割合を調べた。

表 5.3.1 メッシュにおけるSO₂年平均濃度ランク別発生源別寄与割合

SO ₂ 濃度ランク		発生源種別寄与割合 (%)					
		工場・事業場			自動車	家庭	飲食店
		下層	中層	上層			
0～60μg/m ³ 以下		9.1	60.3	12.0	0.3	12.4	6.0
60～80		8.7	56.8	11.7	0.2	14.7	8.0
80～100		10.0	55.1	9.5	0.2	16.1	9.1
100以上		10.9	50.0	6.1	0.1	21.7	11.2
計		10.2	53.1	8.2	0.2	18.6	9.7
SO _x 排出量 (計74,943)	t/年 (%)	5658 (7)	49245 (64)	14302 (19)	26 (0)	5234 (7)	2477 (3)

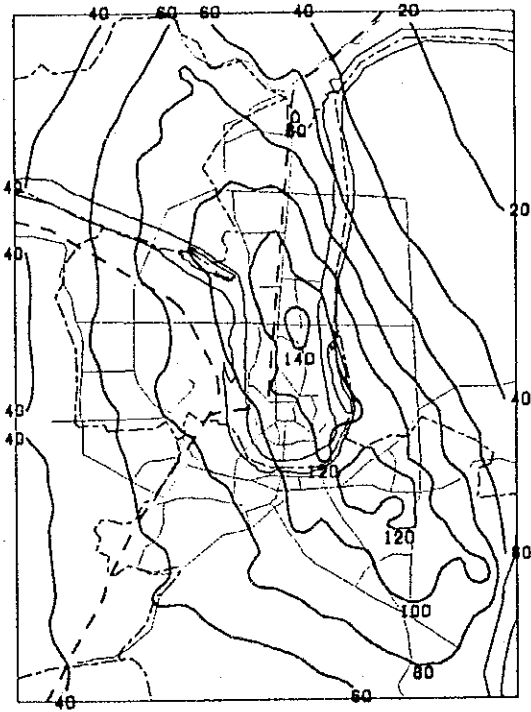


図 5.3.1(1) SO₂等濃度線図（工場・事業場） 現状 1994年
 （単位：μg/m³）

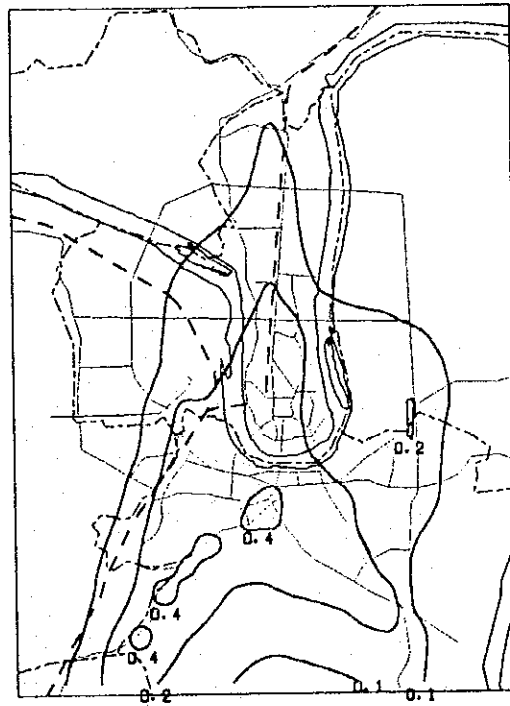


図 5.3.1(2) SO₂等濃度線図（自動車） 現状 1994年
 （単位：μg/m³）

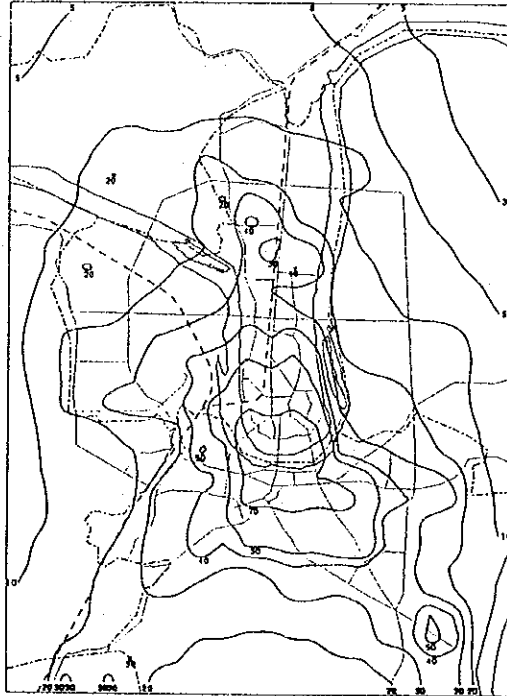


図 5.3.1(3) SO₂等濃度線図(家庭) 現状 1994年

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

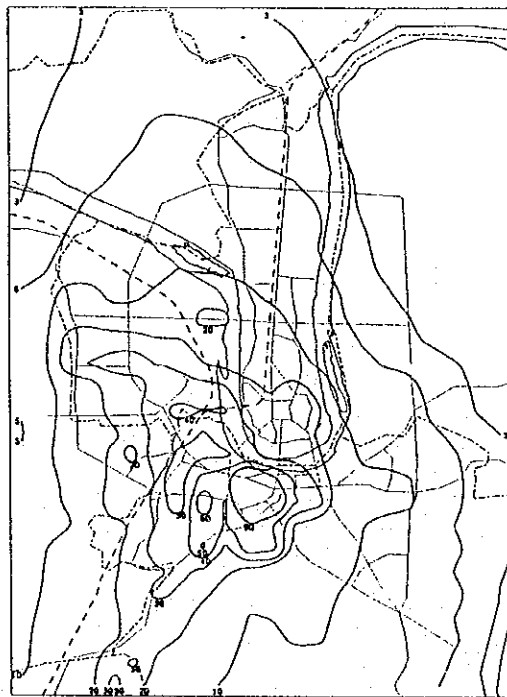


図 5.3.1(4) SO₂等濃度線図(飲食店) 現状 1994年

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

図 5.3.2 発生源種類別
排出量割合 (%)

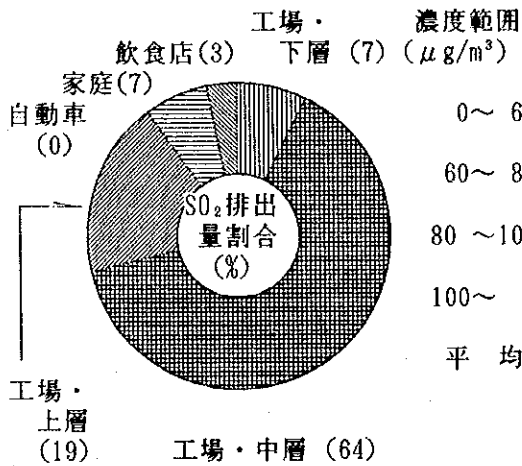
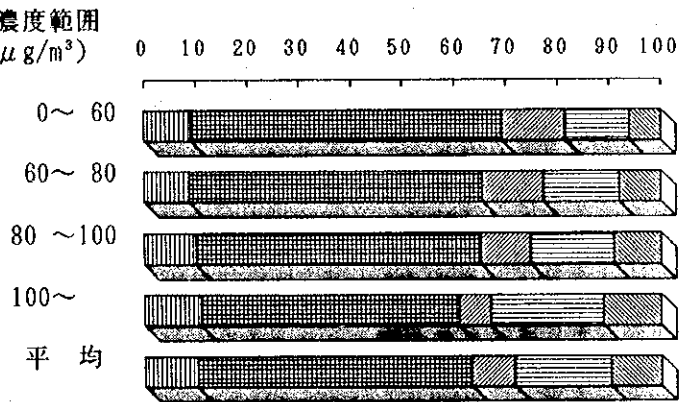


図 5.3.3 発生源種類別
濃度寄与割合 (%)



凡例：▨工場下層 ▩工場中層 ▧工場上層 ▣自動車 ≡家庭 ≡飲食店

計算対象とした発生源のうち、SO_x 排出量では工場・事業場が90%以上を占めており、地域内で最も大きな発生源であるが、地上におけるSO₂ 濃度（着地濃度）では72%と、相対的に家庭や飲食店など地表面付近の発生源からの影響が大きくなっていることが判る。

また、工場・事業場の中では、中層（煙突高30~70m）に存在する煙突からの影響が排出量で約64%、着地濃度で約53%と最も高くなっている。

そのほか、家庭や飲食店などの着地濃度も併せて約28%と、3割近い影響割合を示しており、排出量が約10%であることを考慮すると、地上付近の住環境へ与える影響が極めて大きいことが判った。

6. 将来濃度予測と汚染物質排出量の削減の必要性

6.1 予測条件と汚染物質排出量

中国はここ数年来、計画経済から市場経済への移行を進めており、高い経済成長率を達成してきた。そのため、急速な経済成長によるインフレーションの進行等により、将来の発生源を精度良く予測することは難しくなっている。本調査では、以下に示す考え方で将来発生源を予測した。

6.1.1 工場・事業場

柳州市の企業総生産は1989年から1993年の間に年率18.5%で増加している（1.2.3参照）。一方、柳州全市の製造業の生産用石炭使用量は1988年から1993年に年率5.9%で増加している（表6.1.1）。近年の生産額と石炭使用量との関係から推計すると、全工場の燃料消費量の伸率は総生産の伸率の最大半分程度と考えられる（弾性率）。

一般的に、大気汚染物質の排出量は燃料の使用量、或は、生産量と密接に関係があると想定されるので、施設計画またはその予測が無い場合は、燃料の使用量、或は、生産量の伸率を基に将来発生源を予測するのが妥当と考える。

表6.1.1によれば、柳州市全市の業種別の生産用石炭使用量の経年変化をみると、業種別では鉄金属の精錬圧延、非鉄金属の精錬圧延、建材・非金属鉱製品、塑料製品が高い伸率を示している一方、食品・飲料・煙草、紡績が負の成長を示している。

また、工場問巻調査、立入り調査で得られた工場の将来計画（予測）によると、10年間に概ね2倍前後の生産量、施設規模の拡大を考えている。

以下に今回の発生源の予測の基本的な考え方を示す。

(1) 予測方法

1) 既設工場

- ・主要国营工場：柳州鉄鋼集団と柳州電廠はそれぞれの将来計画値を用いる。
- ・その他工場：業種毎に伸率を設定する。
- ・事業場：飯店、病院等は人口の伸率による。

2) 新設工場

新設工場は陽和開発地区および河東開発区に立地するものとする。ただし現時点では計画内容が不明なことから、大気汚染の比較的少ない産業が立地するものと想定される場合には予測の対象としない。

3) 工場移転

移転計画が決定された工場は移転するものとする（7章参照）。

表 6.1.1 柳州市全市の製造業生産用石炭消費量の経年変化

(単位：千t)

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	伸率(%)
食品、飲料、煙草	124	87	82	97	95	70	-10.8
飼料製造	n. a	1	1	1	2	n. a	n. a
紡績工業	184	186	103	128	140	145	-4.7
縫製業	0	0	0	0	0	0	n. a
皮革・毛皮製品	1	1	1	1	1	1	n. a
木材・竹等の加工	46	45	41	41	44	44	-1.0
家具製造	4	3	2	0	0	2	-16.1
製紙・紙製品	79	85	82	89	83	90	2.5
印刷業	n. a	0	0	0	0	0	n. a
文教体育用品製造	n. a	0	0	0	0	n. a	n. a
工芸美術品製造	2	3	4	3	6	n. a	n. a
電力・蒸気等の生産	237	334	173	259	292	199	-3.4
石油加工業	n. a	0	0	0	0	n. a	n. a
コークス、煤気・煤製品	n. a	0	0	0	0	n. a	n. a
化学工業	294	310	343	359	428	452	9.0
医薬工業	19	13	13	0	15	17	-2.1
化学繊維工業	n. a	0	n. a	1	n. a	1	n. a
ゴム製品	7	7	7	7	8	10	8.1
塑料製品	1	1	1	0	2	5	38.5
建材・非金属鉱製品	239	377	387	360	424	432	12.6
鉄金属の精練圧延	311	332	567	632	683	642	15.6
非鉄金属の精練圧延	72	77	123	125	149	156	16.7
金属製品	4	6	7	6	5	8	15.7
機械、電気、電子	35	44	36	26	49	68	14.2
その他	n. a	0	0	1	0	0	n. a
合計	1,759	1,910	1,970	2,150	2,425	2,342	5.9

出展：柳州市統計年鑑各年版および柳州経済統計年鑑1994年版

(2) 予測伸率

発生源の1994年から2000年、2005年にかけての伸率は、石炭使用量・人口の伸率、工場での聞き取り調査結果を基に、各業種の競争力、将来性も考慮して、柳州市と協議して、表6.1.2のように設定した。

表 6.1.2 業種別発生源の伸び

業種分類	2005年/1994年	2000年/1994年	年平均伸率(%)
食品製造	1.8	1.38	5.5
飲料製造	2.0	1.46	6.5
煙草加工	1.5	1.24	3.7
紡績工業	1.5	1.24	3.7
皮革・毛皮製品	1.5	1.24	3.7
木材・竹等の加工	1.8	1.38	5.5
家具製造	1.5	1.24	3.7
製紙・紙製品	2.0	1.46	6.5
電力・蒸気等の生産	40万kWh	40万kWh	-
化学工業	2.0	1.46	6.5
医薬工業	2.0	1.46	6.5
化学繊維工業	2.3	1.58	7.9
Rubber製品	2.0	1.46	6.5
建材・非金属鉱製品	2.5	1.65	8.7
鉄金属の精錬圧延	2.5	1.65	8.7
非鉄金属の精錬圧延	2.5	1.65	8.7
金属製品	2.0	1.46	6.5
機械工業	2.5	1.65	8.7
交通運輸設備	2.5	1.65	8.7
電気機械・機器	2.0	1.46	6.5
交通運輸・郵便通信業	2.0	1.46	6.5
商業・流通・倉庫業等	2.0	1.46	6.5
不動産・公共事業等	1.5	1.24	3.7
衛生・体育・福祉事業	1.5	1.24	3.7
教育・文化・放送事業	1.5	1.24	3.7

この表の伸率で2005年の石炭（一般炭と無煙炭）の使用量を予測すると表 6.1.3のようになり、石炭使用量の伸率は 7.1%/年と、柳州全市の生産用石炭使用量の1989年から1993年にかけての伸率5.9%/年と比べて約1%高いが、ほぼ妥当な値と考えられる。なお、柳州電廠の硫黄分は計画値の3.4%と設定した。

表 6.1.3 石炭（一般炭と無煙炭）の使用量の予測

	1994年	2005年	伸率/年
石炭使用量 (t/年)	1,599,724	3,403,986	7.1%

6.1.2 自動車

柳州市の自動車登録台数の推移は表 6.1.4のとおりであり、近年モータサイクルの増加が著しい。

表 6.1.4 自動車登録台数の経年変化（柳州市）

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	93/86	年伸率	05/94
小型客車	1765	2192	2492	4589	4710	6495	7401	7490	4.24	23.0%	9.75
大型客車	515	631	678	726	758	760	765	766	1.49	5.9%	1.88
小型貨物車	979	1939	2756	3181	3469	3602	3641	3846	3.93	21.6%	8.60
大型貨物車	5171	6516	7198	7281	7320	7632	8053	8084	1.56	6.6%	2.02
モータサイクル	4909	5594	6083	8987	9987	13061	13643	27833	5.67	28.1%	15.24

出典：柳州市

客車の将来交通量については、柳州市城鎮体系計画（1993年）に検討されており、今回はそれを基に予測した。また貨物車について道路貨物輸送量の伸びから予測した。将来予測に用いた伸率は表 6.1.5のとおりである。

表 6.1.5 車種別交通量の伸び

車種	2005/1994	2000/1994	年平均伸率(%)
乗用車	2.0	1.46	6.5
小型客車	2.5	1.65	8.7
大型客車	4.0	2.13	13.4
小型貨物車	2.0	1.46	6.5
大型貨物車	2.0	1.46	6.5
モータサイクル	3.0	1.82	10.5

なお、この伸率で2005年の車種別年間走行距離を計算すると表 6.1.6のようになり、2000年、2005年の年間総走行距離はそれぞれ 685百万km、1,100百万kmで、1994年の1.73倍、2.78倍になると推定される。

表 6.1.6 車種別年間走行距離

車種	2000年		2005年	
	走行距離 (10 ⁶ km)	割合 (%)	走行距離 (10 ⁶ km)	割合 (%)
乗用車	70.2	10.0	96.1	8.8
小型客車	20.4	2.9	30.9	2.8
大型客車	97.5	13.9	183.0	16.7
小型貨物車	73.8	10.5	101.1	9.2
大型貨物車	41.2	5.9	56.5	5.1
モータサイクル	382.1	54.5	629.8	57.4
合計	685.1	100.	1097.4	100.

6.1.3 民生

1990年調査地域について、1994年の燃料使用量をもとに、2000年と2005年の燃料使用量と大気汚染物質排出量を市区別人口の伸率を用いて予測した。なお、都市ガスについては、第Ⅰ・Ⅱ期の計画 3.2万戸の家庭に完全供給されると想定した。燃料使用量の予測結果は表6.1.7のとおりであり、2000年と2005年の成型炭の使用量はそれぞれ23万t、27万tとなっている。

表 6.1.7 民生の燃料使用量の将来予測結果

年	人口 (千人)	成型炭 (t/年)	都市ガス (万m ³ /年)	液化石油ガス (t/年)
2000年	749	229,384	2,886	8,404
2005年	866	269,414	2,886	9,585

6.1.4 将来排出量

上述の発生源の予測方法を基に発生源種類別の2005年の大気汚染物質の排出量を予測した結果を表6.1.8に示す。2000年の総排出量は硫黄酸化物が13.7万 t、煤塵が3.6万 t、窒素酸化物が1.8万 tとなる。また、2005年の排出量は硫黄酸化物が17.1万 t、煤塵が5.2万 t、窒素酸化物が2.3万 tとなる。

表 6.1.8(1) 発生源別将来排出量 (2000年)

発生源	t/年		
	硫黄酸化物	煤塵	窒素酸化物
工場・事業場	128,161(94%)	35,363(97%)	15,233(87%)
民生	8,808(6%)	959(3%)	639(4%)
小計	136,969(100%)	36,322	15,872(91.8%)
自動車	42(0.03%)	—	1,610(9.2%)
合計	137,011	36,322	17,482

表 6.1.8(2) 発生源別将来排出量 (2005年)

発生源	t/年		
	硫黄酸化物	煤塵	窒素酸化物
工場・事業場	160,476(94%)	51,073(98%)	19,918(86%)
民生	10,345(6%)	1,126(2%)	748(3%)
小計	170,821(100%)	52,199	20,666(89.6%)
自動車	61(0.04%)	—	2,391(10.4%)
合計	170,882	52,199	23,057

また1994年と2000年、2005年の総排出量の比較は表6.1.9のとおりであり、2000年の総排出量は1994年と比較して、硫黄酸化物が1.8倍、煤塵が1.3倍、窒素酸化物が1.8倍となる。2005年の総排出量は1994年と比較して、硫黄酸化物が2.2倍、煤塵が1.8倍、窒素酸化物が2.4倍となり、窒素酸化物の伸びが一番大きい。

表 6.1.9 1994年と2000年、2005年の排出量比較

	t/年		
	1994年	2000年	2005年
硫黄酸化物	76,943	137,011(1.78)	170,882(2.22)
煤塵	28,412	36,322(1.28)	52,199(1.84)
窒素酸化物	9,571	17,482(1.83)	23,057(2.41)

() 内は1994年からの伸率

6.2 将来環境濃度予測

将来（2005年）のSO₂環境濃度を以下の方法により推計し、無対策将来（現行の趨勢型で推移した場合の推計値で、SO₂に係る新たな工場・事業場対策や民生発生源対策等を考慮していない。以下、「単純将来」という。）における環境濃度予測と影響の評価を行った。

6.2.1 将来予測の方法

(1) 概 略

対象地域内の測定局及びメッシュ中心点を対象として拡散モデルを利用した予測計算を行った。予測方法は、第5章のシミュレーションモデルに、6.1で推計した将来排出量を適用して、2005年におけるSO₂等環境濃度を計算するものである。

1)環境濃度の予測条件

将来予測計算の対象項目は、以下のとおりである。

- ①対象汚染物質…………… SO₂ , SPM
- ②計算対象地域…………… 柳州市の市街地を中心とした約11Km×15Kmの範囲。
- ③計算地点 …………… 現地調査地点およびメッシュ（500m）の中央点。
- ④対象発生源 …………… 工場・事業場, 自動車, 家庭, 飲食店
- ⑤評価対象濃度…………… 調査期間平均値
- ⑥解析の内容 …………… 年平均値, 発生源別寄与濃度, 寄与率
 - ・発生源種別寄与状況
 - ・地域汚染分布

2)環境濃度の予測方法

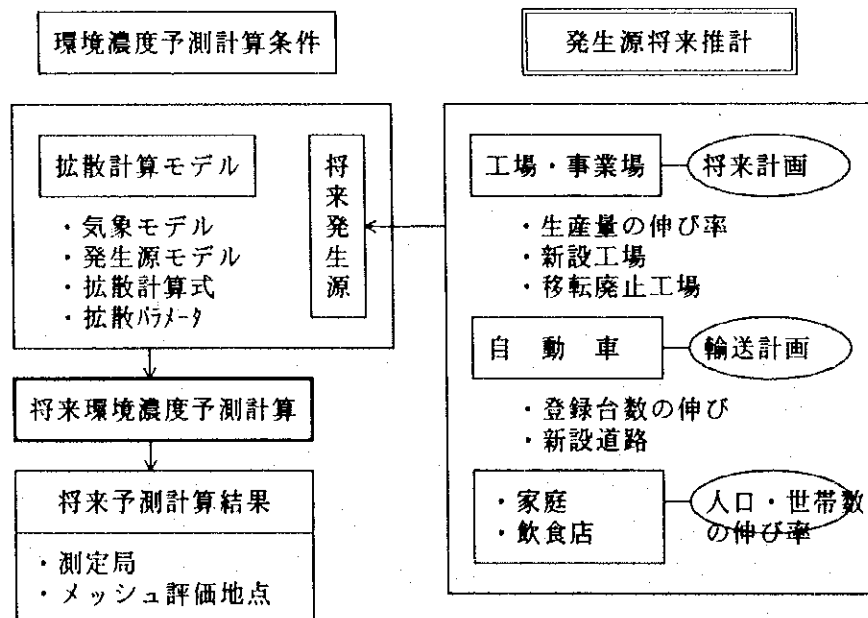


図 6.2.1 将来環境濃度予測方法

(2) バックグランド濃度の推計

1) バックグランド濃度の整理

バックグランド濃度は、①発生源モデルの誤差、②気象・拡散式の誤差、③自然界影響等による未把握濃度として定義されているが、現状については、測定局における実測値と計算値の差（SO₂の場合、A₀=16.8μg/m³）として表現されているが、将来は発生源からの排出量の伸びがバックグランド濃度にも反映されると仮定して、これを基に以下の方法により推計した。なお、SPMについても同様にして求めた。

2) バックグランド濃度（a）の推計

現状の未計算部分（a₀）から、自然界分（b₀）を差引き、残りを人為起源の影響濃度と考え、地域内の総排出量比（将来／現状）を利用して以下のように推計した。

$$\text{バックグランド濃度 (a)} = (a_0 - b_0) \times R + b_0$$

ここで、 a₀ : 現状のバックグランド濃度

b₀ : 自然界濃度（「マニュアル」等から設定）

SO₂ : 6 μg/m³, SPM : 4 μg/m³

R : (将来排出量の合計) / (現状排出量の合計)

表 6.2.1 将来のバックグランド濃度の設定

物質	現状バックグランド濃度 (μg/m ³)		汚染物質排出量 (t/年)		将来のバックグランド濃度 (μg/m ³)
	計	うち自然界	現状	将来 (対現状比)	
SO ₂	16.8	6.0	76,943	170,882(2.221)	30.0
SPM	11.5	4.0	28,412	52,199(1.837)	17.8

① SO₂ : 30.0 μg/m³

② SPM : 17.8 μg/m³ となる。

将来の環境濃度予測では、まず、工場・事業場や民生及び自動車に係る対策を考慮しない場合の単純将来における環境濃度予測を実施し、発生源種類別の寄与濃度の推計や環境基準との比較による将来汚染状況の確認等を行った。

6.2.2 単純将来環境濃度

(1) 測定局における発生源種類別平均濃度

各測定局毎のSO₂等濃度を示す。表中の予測濃度は、将来の発生源活動に係る情報に基づき推計された排出量を、現況で確立した拡散モデルに適用して発生源ごとに影響濃度を予測したものである。

表 6.2.2 測定局の発生源別寄与濃度 (SO₂)

単位: μg/m³, () 内は%

項目 測定局	計算値 ①	計算値②	工場・ 下層	工場・ 中層	工場・ 上層	自動車	家庭	飲食店
第9中学	254.4	259.1(102)	27.9(11)	115.9(46)	40.8(16)	0.4(0)	64.3(25)	9.9(4)
气象台	330.8	248.6(75)	30.7(9)	128.2(39)	34.3(10)	0.5(0)	42.2(13)	12.7(4)
環保局	293.0	290.5(99)	32.6(11)	143.4(49)	27.0(9)	0.5(0)	72.8(25)	14.2(5)
科技委	277.4	290.1(105)	33.5(12)	123.9(45)	23.0(8)	0.7(0)	83.4(30)	25.6(9)
東門幼稚園	349.9	313.2(90)	31.2(9)	134.2(38)	20.2(6)	0.4(0)	98.1(28)	29.1(8)
工人文化宮	317.8	299.9(94)	23.8(7)	112.8(36)	17.3(5)	1.0(0)	81.8(26)	63.3(20)
南疆飯店	226.1	193.2(85)	31.9(14)	76.3(34)	19.7(9)	0.5(0)	38.9(17)	26.0(11)
河西浄水場	193.0	184.7(96)	17.4(9)	80.1(41)	39.2(20)	0.3(0)	31.2(16)	16.6(9)
广西工学院	156.3	121.6(78)	18.8(12)	63.8(41)	17.9(11)	0.4(0)	16.5(11)	4.2(3)
第3職高中	323.3	277.3(86)	35.5(11)	118.9(37)	15.4(5)	0.5(0)	90.9(28)	16.1(5)

注) 「計算値①」は、PM₁₀(a₀)を含む(現状の補正係数を適用)。
「計算値②」は、(a₀)を含まない値。

表 6.2.3 測定局の発生源別寄与濃度 (SPM)

単位: μg/m³, () 内は%

項目 測定局	計算値 ①	計算値②	工場・ 事業場	その他 (家庭他)	二次生成 粒 子	土壌粒子
气象台	170.6	146.3(86)	70.0(41)	6.0(4)	37.8(22)	32.5(19)
環保局	149.7	153.6(103)	71.1(48)	9.5(6)	43.2(29)	29.7(20)
東門幼稚園	174.3	162.6(93)	68.8(39)	13.8(8)	45.3(26)	34.6(20)
工人文化宮	184.0	148.2(81)	53.3(29)	15.8(9)	43.6(24)	35.5(19)
第3職高中	168.3	147.6(88)	61.3(36)	11.7(7)	41.4(25)	33.2(20)

注) 「計算値①」は、PM₁₀(a₀)を含む(現状の補正係数を適用)。
「計算値②」は、(a₀)を含まない値。

(2) メッシュ計算結果のランク別濃度分布

SO₂、SPMのメッシュ別計算濃度値をランク別に整理し、その分布状況をスクリーントーンで、図 6.2.2~図 6.2.3に表示した。

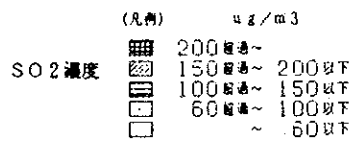
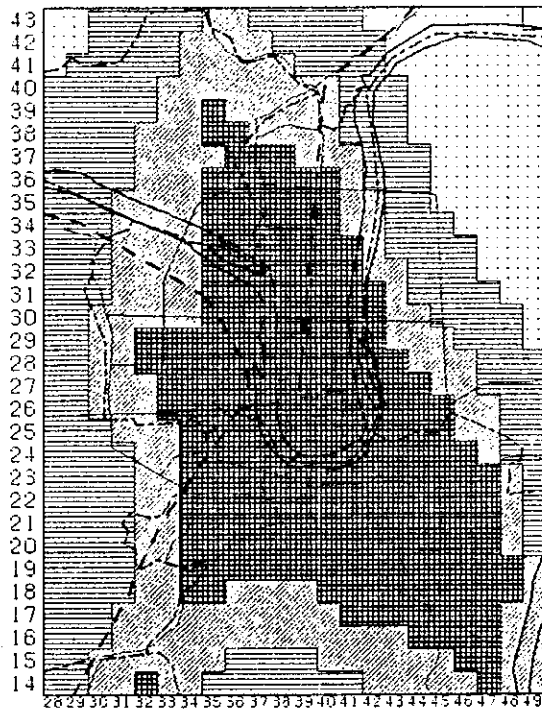


図 6.2.2 SO₂メッシュ濃度図 単純将来 (2005年)

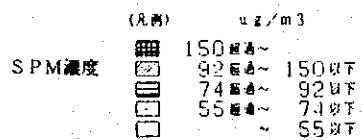
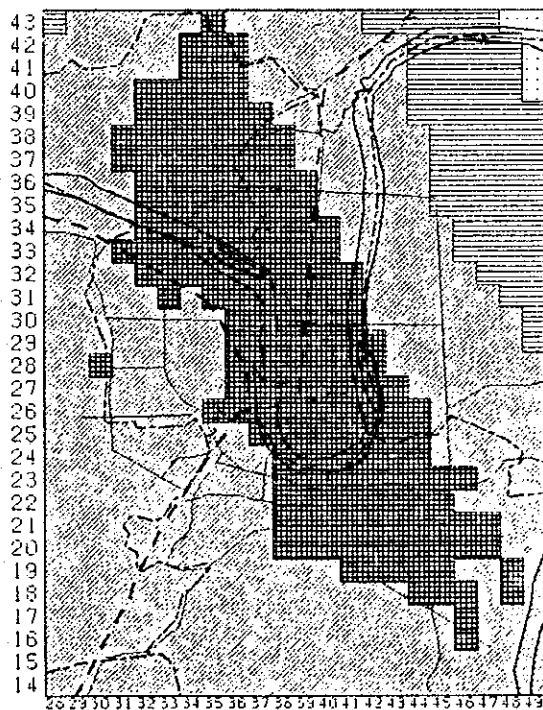


図 6.2.3 SPMメッシュ濃度図 単純将来 (2005年)

(3) 環境基準との比較

将来、2005年におけるSO₂環境濃度の予測値を、地域毎のSO₂濃度ランク別に整理したものを表 6.2.4に示す。

各測定局及びメッシュ中心点におけるSO₂の将来予測について、年平均値を推計して環境基準と比較した結果では、測定局の場合、表 6.2.2に示されるとおり多くの測定局で超過がみられた。また、メッシュでは、表 6.2.4のとおりで2級基準超過の地点は99%以上で、3級基準では、88%以上が超過であった。

表 6.2.4 SO₂年平均濃度のランク別メッシュ数(単純将来)

項目				SO ₂ 年平均濃度のランク (μg/m ³)				
				ランク	60以下	60~80	80~100	100以上
メッシュ数				1	33	40	586	660
構成率 (%)				0.2	5.0	6.1	88.8	100.0
地域別	城中	区域	①	0	0	0	16	16
	柳北	区域	②	0	0	0	20	20
	魚峰	区域	③	0	3	21	140	164
	柳南	区域	④	0	0	0	128	128
	羊角山	区域	⑤	1	30	19	10	60
	黄村	区域	⑥	0	0	0	12	12
	白露	区域	⑦	0	0	0	88	88
	河西	区域	⑧	0	0	0	44	44
	柳東	区域	⑨	0	0	0	128	128

SPMについては、2級基準との比較において全てのメッシュで超過しており、また、3級基準では、約90%以上が超過であった。

表 6.2.5 SPM年平均濃度のランク別メッシュ数(単純将来)

項目				SPM年平均濃度のランク (μg/m ³)				
				ランク	55以下	55~74	74~92	92以上
メッシュ数				0	5	63	592	660
構成率 (%)				0.0	0.8	9.5	89.7	100.0
地域別	城中	区域	①	0	0	0	16	16
	柳北	区域	②	0	0	0	20	20
	魚峰	区域	③	0	0	21	143	164
	柳南	区域	④	0	0	0	128	128
	羊角山	区域	⑤	0	5	42	13	60
	黄村	区域	⑥	0	0	0	12	12
	白露	区域	⑦	0	0	0	88	88
	河西	区域	⑧	0	0	0	44	44
	柳東	区域	⑨	0	0	0	128	128

(4) 発生源種類別寄与割合

将来におけるSO₂の計算値について、各々の発生源種類別寄与割合を調べた。

メッシュ中心点におけるSO₂「年平均値」濃度をランク別に整理し、発生源寄与割合を計算すると以下のとおりである。

表 6.2.6 メッシュにおけるSO₂年平均濃度ランク別発生源別寄与割合

項目 SO ₂ 濃度ランク		発生源種類別寄与割合 (%)					
		工場・事業場			自動車	家庭	飲食店
		下層	中層	上層			
0 ~ 60 μg/m ³ 以下		9.6	43.5	31.9	0.2	9.1	5.6
60 ~ 80		10.3	45.3	30.2	0.4	9.1	4.7
80 ~ 100		10.7	47.0	28.0	0.3	9.7	4.4
100 ~		12.7	43.8	16.5	0.2	17.3	9.3
計		12.5	44.1	17.9	0.2	16.4	8.8
SO _x 排出量 (計170,882)	t/年 (%)	12,046 (7)	72,337 (42)	76,093 (45)	61 (0)	6,973 (4)	3,372 (2)

図 6.2.4(1) 発生源種類別
排出量割合 (%)

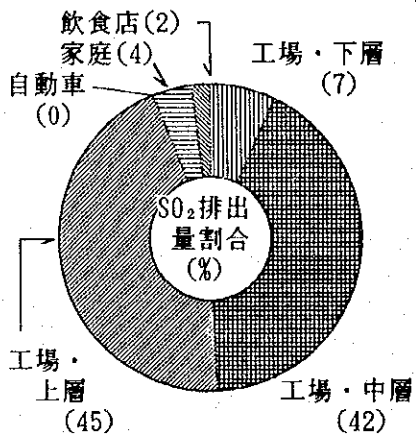
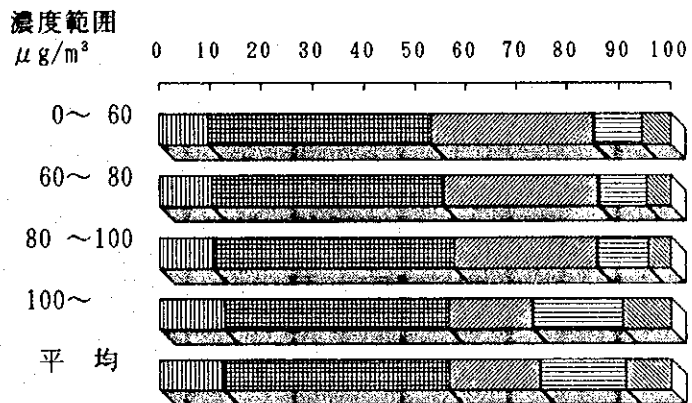


図 6.2.4(2) 発生源種類別寄与割合 (%)



凡例：|||| 工場下層 ▨ 工場中層 ▩ 工場上層 ▤ 自動車 ▥ 家庭 ▦ 飲食店

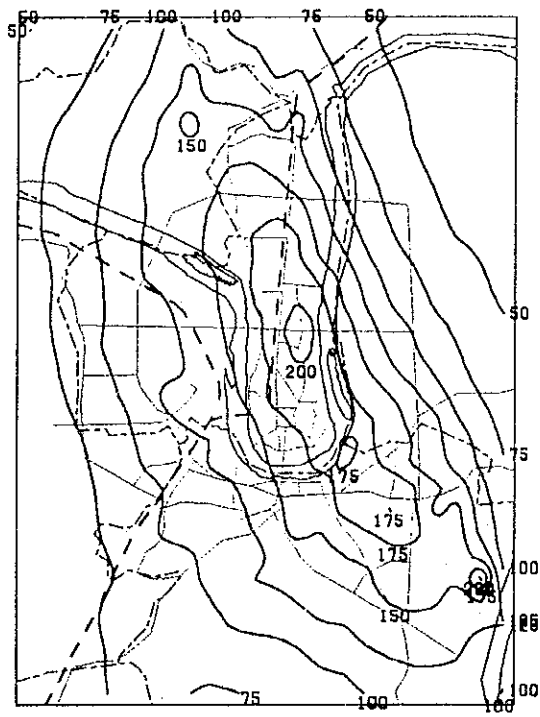


図 6.2.5(1) SO₂等濃度線図(工場・事業場) 将来 2005年
(単位: μg/m³)

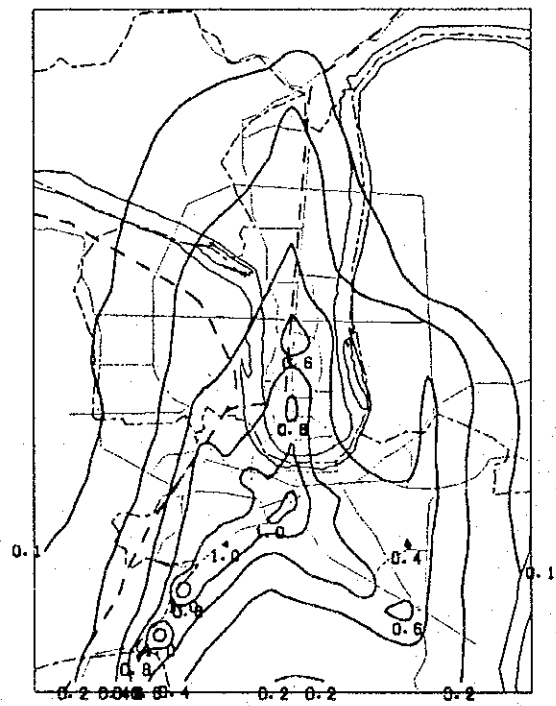


図 6.2.5(2) SO₂等濃度線図(自動車) 将来 2005年
(単位: μg/m³)

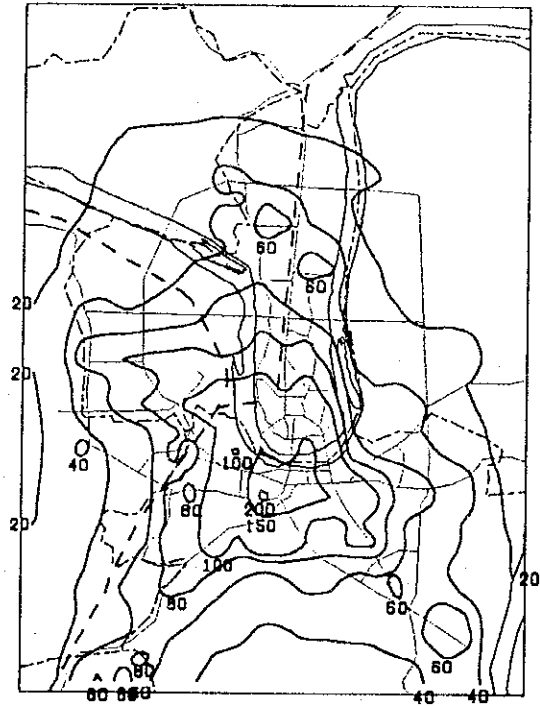


図 6.2.5(3) SO₂等濃度線図(家庭) 将来 2005年
(単位: μg/m³)

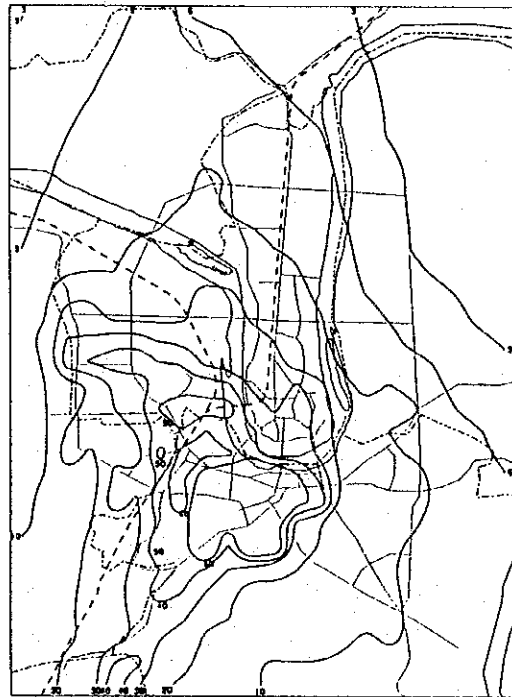


図 6.2.5(4) SO₂等濃度線図(飲食店) 将来 2005年
(単位: μg/m³)

6.3 環境目標値の設定

(1) 設定方法の概略

本調査で用いる長期平均拡散モデルは、期別・時間帯別の平均濃度を含む年平均値濃度を予測するものである。一方、大気環境基準では、二酸化硫黄については日平均値と年平均値が指定されているものの、浮遊粒子状物質及び窒素酸化物については日平均値のみが指定されており、モデルの年平均予測値とは直接比較することができない。

このため、日平均値の環境基準に等価な「年間平均の環境基準換算値（以下、「環境目標値」という。）を求める必要がある。

将来における環境目標値の設定には、

- ①現況測定の年平均値と日平均値の年間98%値との相関関係を求め、これをもとに日平均値の環境基準に等価な年平均環境目標値を推定する方法、及び
- ②測定局別の日平均値の統計分布を推定し、分布の特性から年平均値を計算するラーセン手法

の二つがよく用いられるが、何れも「3.大気質」で述べたとおり日平均値の分布がほぼ対数正規分布で近似できることを前提としている。

なお、日平均値に係る環境基準の達成状況を評価するに当たっては、測定機等に起因する統計的誤差を考慮する必要があるため、「日平均値の年間98%値」による環境基準の評価方法を採用する。

a. 直線回帰手法

日平均値の分布が対数正規分布に従い、しかも幾何標準偏差が測定局によらないと仮定すれば、平均値とパーセンタイル値（98%値）との関係は幾何標準偏差のみに依存する。将来においても幾何標準偏差が変わらないとすれば、図6.3.1に示すとおり測定局別の年平均値と日平均98%値との回帰関係から、日平均値の環境基準に相当する年平均値が求められ、これを地域の環境目標値とすることができる。

b. ラーセン手法

幾何標準偏差が測定局によらないという仮定を緩和し、測定局毎の幾何標準偏差を日平均値の累積度数から推定し、98%値が環境基準を満足するための年平均値（50%値）を求めるのがラーセン手法である。正規分布が平均値と標準偏差にのみ規定されることから、標準偏差を用いてパーセンタイル値から測定局別の平均値を算出できる。また、地域全体の年平均値は、表6.3.1に示すとおり①最も大きい標準偏差、或いは②平均化した標準偏差を用いて推定する。なお、窒素酸化物については有効測定時間数が年平均値を算定する目安である6000時間/年の割合を大きく下回ったため、環境目標値（年平均値）の算定結果の一部を省略した。

(2) 環境目標値の算出

回帰方式による日平均値の98%値と年平均値の関係について、各大気質別に調べたものを、図 6.3.1に示す。

また、この時の関係式と相関係数等は、以下のとおりであった。

表 6.3.1 日平均値の98%値と年平均値の関係

大気質	項目	日平均値の98%値(X) と年平均値(Y) の関係式 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	相 関 数	サンプル数
①	二氧化硫黄(SO ₂)	$Y = 0.25X + 61.4$	0.84	10
②	窒素酸化物(NOx)	$Y = 0.16X + 21.2$	0.69	5
③	浮遊粒子状物質(SPM)	$Y = 0.33X + 17.2$	0.94	5

表6.3.2(1) SO₂の環境目標値(年平均値)の算出

(日平均値 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 対応)

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

測定地点	項目	年平均値	98%値	幾何標準偏差S _g	目 標 値	環境基準値(年平均)
①	第九中学	173.4	473.8	1.83	51.9	60
②	气象台	221.3	533.6	1.62	62.3	
③	環保局	205.1	450.0	1.54	67.6	
④	科技委	198.3	503.2	1.69	58.3	
⑤	東門幼稚園	284.5	814.8	1.86	50.7	
⑥	工人文化宮	214.0	526.5	1.68	59.0	
⑦	南疆賓館	194.1	767.9	2.05	44.5	
⑧	河西浄水場	121.0	348.3	1.78	54.1	
⑨	广西工学院	102.4	241.7	1.55	67.0	
⑩	第三職業高中	222.6	627.9	1.81	53.0	
地域全体(幾何平均値)					56.4	

(注) 算出手法 (ラーセン手法)

①日平均値の累積頻度分布から幾何標準偏差を算出する。

$$S_g = \exp \{ \ln(C_h / C_i) / (Z_h - Z_i) \}$$

C_h : 累積度数 $h\%$ に対応する濃度

C_i : 累積度数 $i\%$ に対応する濃度

Z_h : C_h とメジアン濃度の標準偏差の倍数

Z_i : C_i とメジアン濃度の標準偏差の倍数

②幾何年平均値の算定

$$m_g = C_{98} / S_g^{2.98}$$

C_{98} : 累積度数 98% に対応する濃度

Z_{98} : C_{98} とメジアン濃度の標準偏差の倍数

③目標年平均値 (算術平均値)

$$m = m_g \times \exp(0.5 \ln^2 S_g)$$

表 6.3.2(2) SPM の環境目標値 (年平均値) の算出

(日平均値 $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 対応)

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

測定地点 \ 項目	年平均値	98% 値	幾何標準偏差 $S_{g,d}$	環境目標値 (年平均)
② 気象台	122.3	314.0	1.69	58.5
③ 環保局	111.8	291.5	1.72	57.1
⑤ 東門幼稚園	130.2	342.7	1.82	52.5
⑥ 工人文化宮	133.4	346.5	1.76	55.3
⑩ 第三職業高中	124.9	342.5	1.83	47.4
地域全体 (幾何平均値)				54.1

(3) 環境目標値の設定

前記の2つの方法より求められた環境目標値（年平均値）は、表6.3.3に示すとおりである。SO₂については日平均値の環境基準が達成でき、国家大気環境基準の年平均値に相当する60μg/m³、SPMについては、55μg/m³、NO_xについては42μg/m³として設定した。

表6.3.3 環境目標値の設定

単位：μg/m³

項目 測定地点	二酸化硫黄(SO ₂)		浮遊粒子状物質(SPM)		窒素酸化物(NO _x)		
	日平均環境基準値	年平均環境基準値	環境目標値	日平均環境基準値	環境目標値	日平均環境基準値	環境目標値
①第九中学	150	60	51.9	150		100	
②气象台			62.3		58.5		47.7
③環保局			67.6		57.1		41.0
④科技委			58.1				
⑤東門幼稚園			58.5		52.5		37.0
⑥工人文化宮			57.2		55.3		-
⑦南疆賓館			44.5				
⑧河西浄水場			54.1				
⑨广西工学院			67.0				
⑩第三職業高中			53.0		47.4		42.2
回 帰 方 式			104		66		39
ラ ー セ ン 方 式			60		55		42
採 用 値			60		55		42

(注) NO_xについては有効測定時間数及び有効測定日数とも少なく、参考値として目標値を併記した。

6.4 削減目標量の推計

環境基準を達成するために必要な地域の排出量レベルを知ることが目的として、地域の汚染に寄与する主要発生源の抽出を図り、削減シミュレーションを適用することにより、地域内の削減目標量（許容排出量）を試算する。

6.4.1 SO_x削減量の感度分析

主要発生源である工場・事業場と民生（家庭・飲食店）に対して、以下の計算条件を基に、それぞれのSO_x排出量に一樣な削減率を与えた場合のSO₂濃度の低減効果を調べた。

(1) 推計対象

- ①評価年度 : 2005年
- ②評価対象地点 : 測定局及びメッシュ代表地点（660メッシュ）
- ③対象発生源と対象物質 : 工場・事業場と民生を対象。SO₂濃度を評価。

(2) 測定局における削減計算

単純将来において環境基準を超過している測定局を対象に、発生源毎の削減感度を調べる目的で、簡易削減シミュレーションを行った。表6.4.1は、工場・事業場と家庭、飲食店のそれぞれを個別に削減した場合の測定局別の合計濃度である。

表 6.4.1 削減計算後の測定局濃度

① 工場・事業場を削減対象										
単位 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$										
測定局	SO _x 排出量の削減率 (%)									
	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
第9中学	234	217	200	183	165	148	131	114	97	80
気象台	325	297	268	239	211	182	153	125	96	67
环保局	272	252	232	212	193	173	153	133	113	93
科技委	256	240	224	209	193	177	161	146	130	114
東門幼稚園	337	315	292	270	248	225	203	181	158	136
工人文化宮	305	288	271	254	237	220	204	187	170	153
南疆飯店	218	202	186	170	154	138	122	106	90	74
河西淨水場	180	166	152	138	124	110	96	82	68	54
广西工学院	152	138	124	111	97	84	70	57	43	29
第3職高	314	292	270	248	226	204	182	161	139	117

② 家庭・飲食店を削減対象										
測定局	SO _x 排出量の削減率 (%)									
	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
第9中学	244	236	229	222	214	207	200	192	185	178
気象台	348	342	336	330	324	318	311	305	299	293
环保局	283	275	266	257	249	240	231	223	214	205
科技委	261	250	239	229	218	207	196	186	175	164
東門幼稚園	346	333	320	308	295	282	269	256	243	230
工人文化宮	307	292	278	263	249	234	219	205	190	176
南疆飯店	228	221	214	208	201	194	187	181	174	167
河西淨水場	189	184	179	175	170	165	160	155	151	146
广西工学院	163	161	158	156	154	151	149	147	144	142
第3職高	325	314	303	292	281	269	258	247	236	225

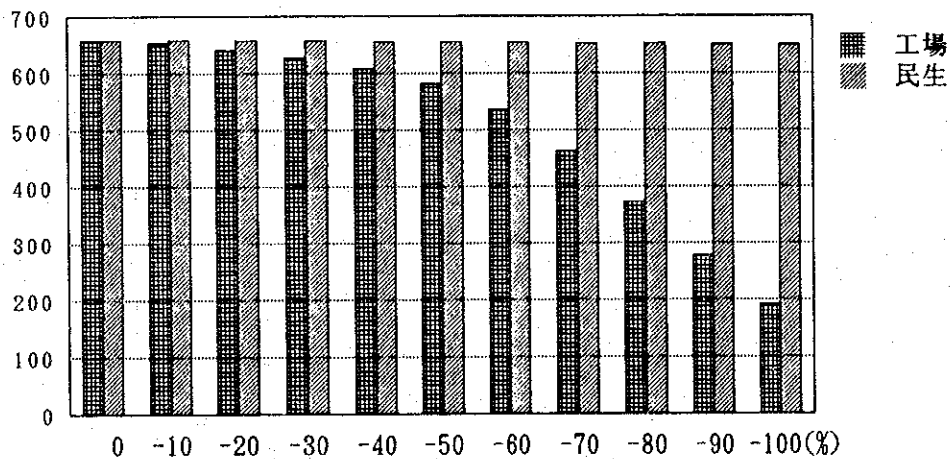
(3) メッシュ濃度の削減計算

表 6.4.2に、工場・事業場と民生からのそれぞれの排出量に対して10%きざみで削減率を与えた場合の最高濃度、平均濃度、基準濃度超過メッシュ数などの変化（削減感度）を示す。

表 6.4.2 削減計算による感度解析

対象発生源		S O x 排出量の削減率 (%)										
		0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
工場・事業場	最高濃度	367	352	337	322	307	291	276	261	246	231	216
	平均濃度	178	165	152	139	126	114	101	88	75	62	50
	100 超メッシュ	586	563	518	474	424	361	287	213	147	91	56
	80 超メッシュ	625	611	593	574	528	474	406	323	247	169	98
	60 超メッシュ	658	652	639	626	608	582	536	463	373	277	191
対象発生源		S O x 排出量の削減率 (%)										
		0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
民生(家・店)	最高濃度	367	348	330	313	295	282	276	270	265	259	253
	平均濃度	178	173	169	165	161	156	152	148	143	139	135
	100 超メッシュ	586	585	579	574	569	561	552	540	532	515	501
	80 超メッシュ	625	622	620	619	618	616	614	612	611	609	607
	60 超メッシュ	658	658	657	657	655	655	654	652	652	650	649

超過メッシュ数 (60 μ g/m³)



主要発生源種類別削減率

図 6.4.1(1) 削減計算による感度分析 (2級基準)

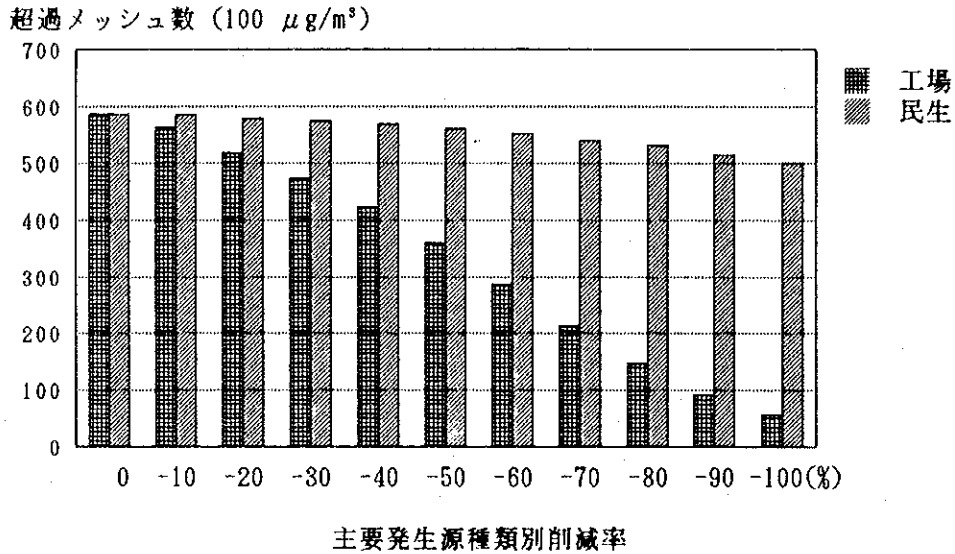


図 6.4.1(2) 削減計算による感度分析 (3級基準)

図 6.4.1では、工場・事業場に対する削減効果は著しく顕れているが、民生発生源に対する削減効果には限界があることが判る。

これは、民生発生源の寄与濃度がある一定の範囲の濃度レベルにあり、地域の環境を根本から左右するものではないことを示している。しかし、ローカル発生源として市内の中心地域に与える影響は看過できないことから、最も基本的で前提的な対策として、民生発生源対策を位置づけることが望ましい。

一方、工場・事業場からの影響は、極めて敏感な削減感度を持っており、適切な対策が合理的に推進されることが地域の環境汚染対策にとって肝要である。

下図は、民生発生源の影響を「0」とした場合の工場・事業場の削減感度である。

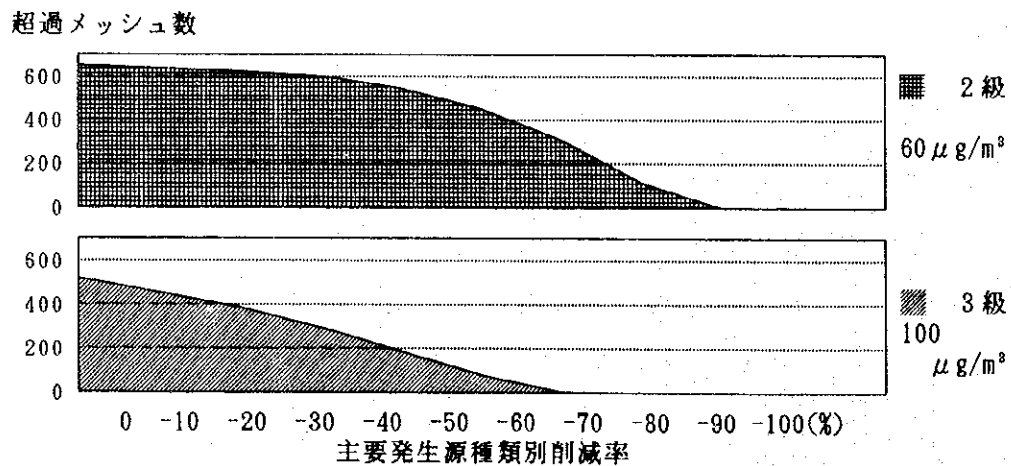


図 6.4.1(3) 削減計算による感度分析 (工場・事業場)

6.4.2 削減シミュレーション

ばい煙発生施設、民生などの各発生源に関する発生源情報を基に、大気環境の改善効果について各施設の状況を反映した削減シミュレーションを実施し、地域内を一つのmassとして定量的な評価を行った。

(1) 削減シミュレーションの方法

削減シミュレーションでは、工場・事業場の施設における発生源別排出量と将来予測計算から算定される着地濃度との関係を基に、環境目標値を達成するために必要な削減量の算出を行う。

削減シミュレーションを実施する際の予備的検討としては、規制方式の決定や削減対象工場の選択のほか、制約条件の設定、事前処理内容の整理等が挙げられる。

1) 規制方式及び対象工場の選択

① 規制方式

- ・煙突毎のエネルギー使用量に応じた排出量規制方式

$$Q = a \cdot W^b$$

Q : 許容排出量 (Kg/時)

W : 燃料使用量 (標準石炭換算 : Kg/時)

a : 削減を目的とした係数 (シミュレーションにより最適値を決定)

b : $b < 1.0$ で発生源解析を考慮して定める定数

② 削減対象工場

燃料使用量が多く、且つ保有する施設の排出諸元が明らかな施設を削減対象施設とする。

2) 削減パラメータの検討

$Q = a W^b$ のパラメータ(a, b)の値を、感度分析により検討する。この手法は第一段階として適当なbを設定し、設定されたb値をもとに削減効果量に相応するaを第二段階で選択する方法である。

図6.4.2(1)と図6.4.2(2)では、各施設当たりの年間燃料使用量W (標準石炭7000 Kcal換算)と年間排出量Q (SOx 排出量)の関係を、工場・事業場と煙突単位の各々についてグラフにしている。

- ① 工場・事業場別にみると、 $b = 0.840$ 前後で、工場の燃料使用量(W)は、概ね、 $10^2 \sim 10^6$ t/年の範囲内に存在している。
- ② 煙突(施設)別にみると、 $b = 0.800$ 前後で、煙突毎のWは、 $50 \sim 10^5$ t/年の範囲内に存在している。
- ③ 図中で硫黄酸化物排出量の小さい工場は、重油等の低硫黄燃料を使用している工場と考えられる。

図6.4.3 は、パラメータ(a, b)を選択する場合の削減計算フロー図である。

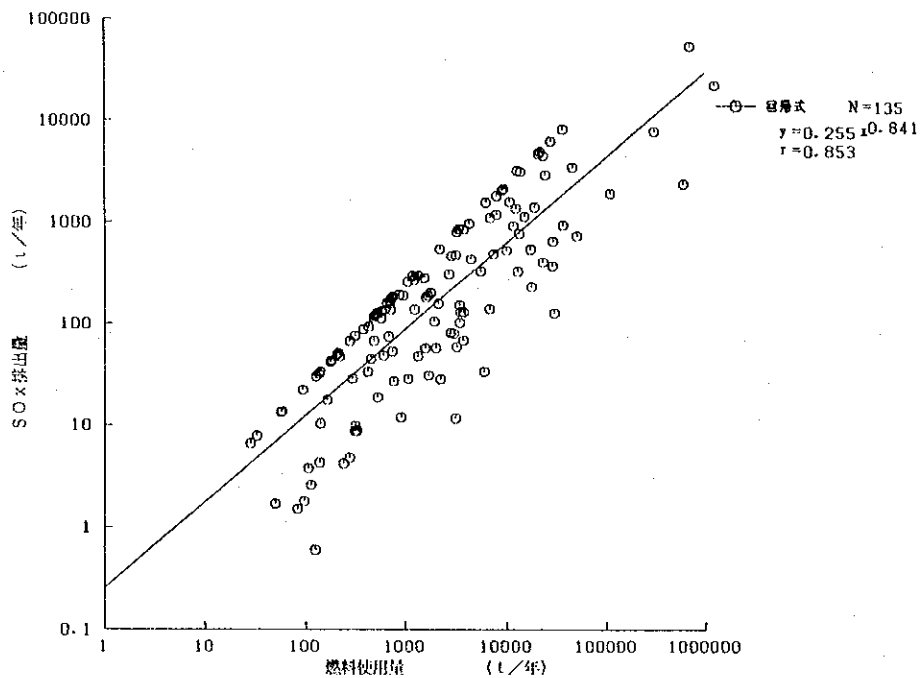


図 6.4.2(1) 工場別の燃料使用量とSOx 排出量の関係

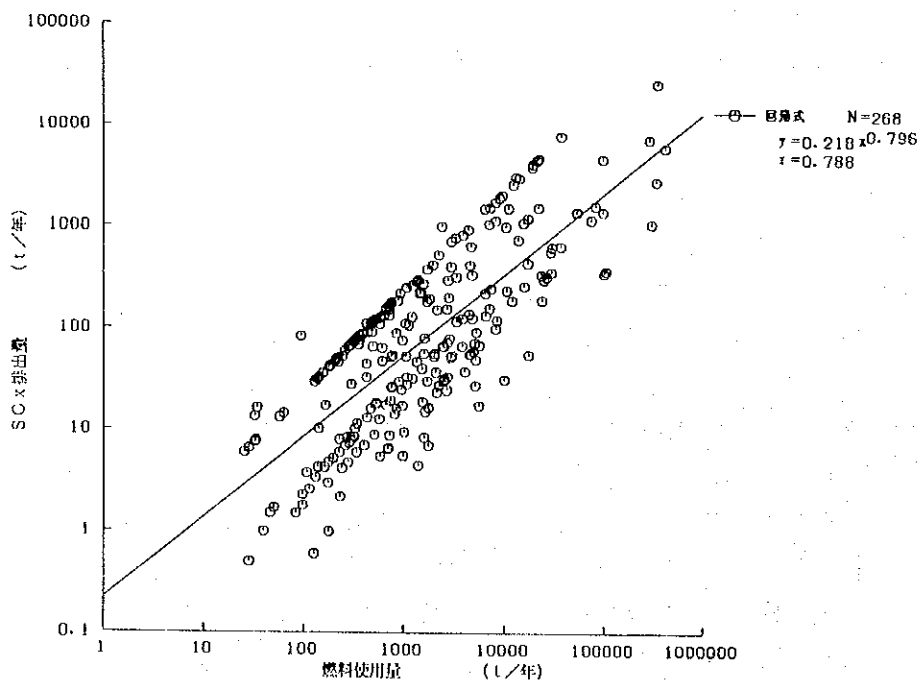


図 6.4.2(2) 煙突別の燃料使用量とSOx 排出量の関係

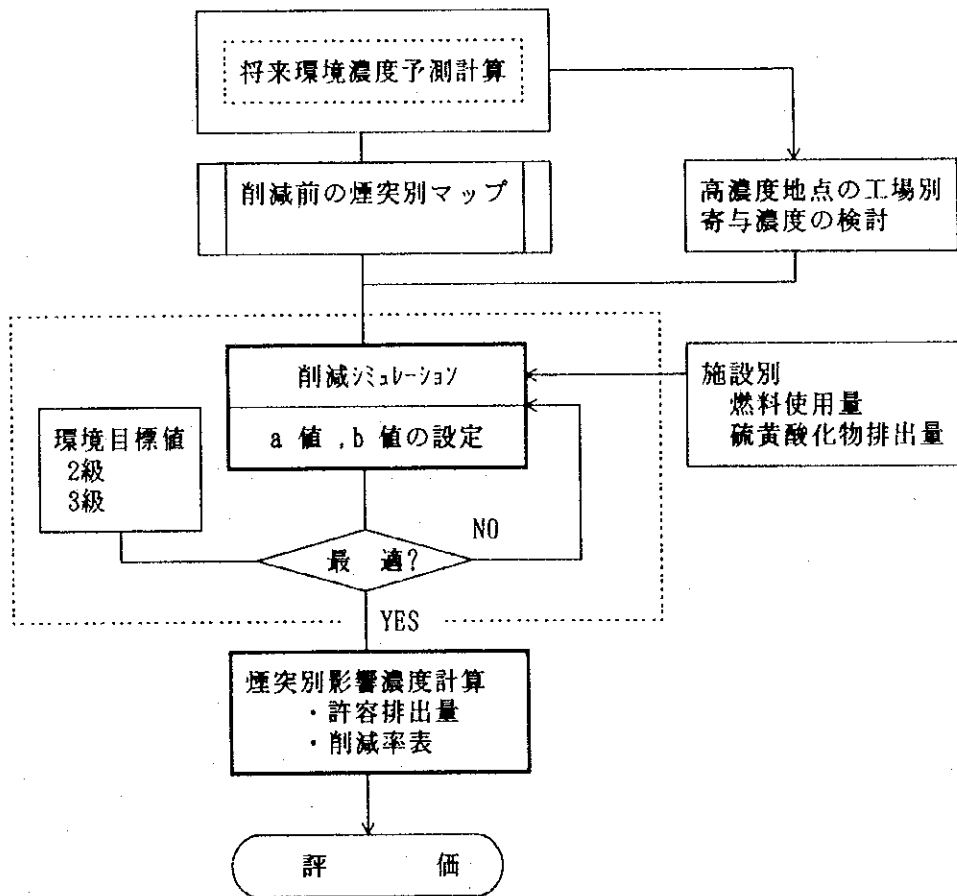


図 6.4.3 パラメータ(a, b) の検討作業フロー

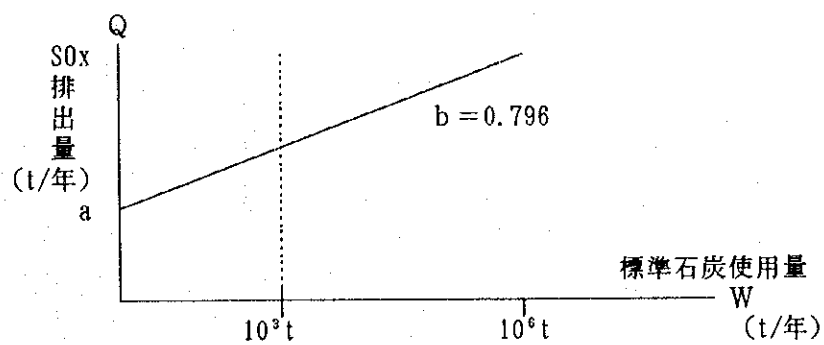


図 6.4.4 パラメータ(a, b) の設定案

(3) 削減計算結果

1) 削減ケースの設定

削減ケースを幾つか設定して、削減計算に伴う環境濃度評価を行った。ここで、民生（家庭・飲食店）施設への「都市ガス導入」施策に伴う低減効果については、目標年の2005年において完全実施されることが望ましく、且つ、実行可能性も高いことから、「ケース1」として評価したのち、「ケース2, 3」では、前提条件として考慮することとした。

①ケース1：[都市ガス等対策]

②ケース2：[都市ガス等対策] + [地域の平均レベル線までの削減]

③ケース3：[都市ガス等対策] + [二級基準達成レベル線までの削減]

2) 削減後排出量

表 6.4.3 発生源モデル別排出量 (2005年) 単位: t/年

種類	形態	単純将来	ケース1	ケース2	ケース3
工場	場 ¹⁾	158982(93)	158982(99)	59289(96)	27419(93)
工場	場 ²⁾	1495(1)	1495(1)	1495(2)	1495(5)
自動車		61(0)	61(0)	61(0)	61(0)
家庭		6973(4)	330(0)	330(1)	330(1)
飲食店		3372(2)	307(0)	307(0)	307(1)
計		170882(100)	161176(100)	61482(100)	29612(100)

注¹⁾削減対象施設の許容排出量

注²⁾削減対象外施設(換算不能)の排出量

3) 環境目標値の超過測定局及びメッシュ数

表 6.4.4 超過測定局及びメッシュ数 (年平均目標換算)

削減種類	3級目標		2級目標	
	測定局数	メッシュ数	測定局数	メッシュ数
ケース1	10	520	10	650
ケース2	1	1	7	237
ケース3	0	0	0	3

備考) ケース2: 3級目標で測定局1局, メッシュ1地点が未達成。
 ケース3: 2級目標で測定局は、全て達成。
 メッシュ3地点(何れも工業地域内)が未達成。

「ケース3」の場合においても、メッシュで3地点が未達成で残ることが明らかであるが、これらの地点では、ローカルな発生源対策が必要と考えられる。

(4) メッシュ計算結果のランク別濃度分布

「ケース1～3」に関して、メッシュ別に集計した結果を以下に示す。

表 6.4.5(1) SO₂ 年平均濃度のランク別メッシュ数 (ケース1)

項目 \ ランク				SO ₂ 年平均濃度のランク (μg/m ³)				
				60以下	80	100	100以上	計
メッシュ数				10	42	88	520	660
構成率 (%)				1.5	6.4	13.3	78.8	100.0
地域別	城中	区域	①	0	0	0	16	16
	柳北	区域	②	0	0	0	20	20
	魚峰	区域	③	0	11	29	124	164
	柳南	区域	④	0	0	12	116	128
	羊角山	区域	⑤	10	31	15	4	60
	黄村	区域	⑥	0	0	0	12	12
	白露	区域	⑦	0	0	16	72	88
	河西	区域	⑧	0	0	14	30	44
	柳東	区域	⑨	0	0	2	126	128

表 6.4.5(2) SO₂ 年平均濃度のランク別メッシュ数 (ケース2)

項目 \ ランク				SO ₂ 年平均濃度のランク (μg/m ³)				
				60以下	80	100	100以上	計
メッシュ数				423	218	18	1	660
構成率 (%)				64.1	33.0	2.7	0.2	100.0
地域別	城中	区域	①	0	13	3	0	16
	柳北	区域	②	5	15	0	0	20
	魚峰	区域	③	108	42	13	1	164
	柳南	区域	④	53	74	1	0	128
	羊角山	区域	⑤	60	0	0	0	60
	黄村	区域	⑥	2	10	0	0	12
	白露	区域	⑦	86	2	0	0	88
	河西	区域	⑧	32	12	0	0	44
	柳東	区域	⑨	77	50	1	0	128

表 6.4.5(3) SO₂ 年平均濃度のランク別メッシュ数 (ケース3)

項目 \ ランク				SO ₂ 年平均濃度のランク (μg/m ³)				
				60以下	80	100	100以上	計
メッシュ数				657	3	0	0	660
構成率 (%)				99.5	0.5	0.0	0.0	100.0

6.4.3 許容排出量レベル

ばい煙発生施設、民生などに係る総量削減シミュレーション結果と中国国内で利用されている「A-P」法による許容排出量の計算結果から、当該地域における許容排出量レベルを推計する。

(1) A-P法による許容排出量の算定

総量規制地域における大気汚染物質排出総量限度値（許容排出量）の計算方法と計算結果を以下に示す。

1) 各種指定区内の対象物質規制係数 A_{ki} の計算

面積	165 km ²							
目標値	$C_{SO_2}=0.060$ (mg/m ³)							
A_{SO_2}	$A_{ki} = A C_{ki}$ (K:SO ₂ , i:1とする) $A_{SO_2} = A C_{SO_2}$	<table border="1"> <tr> <td>総量抑制係数</td> <td>A</td> <td>α</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3.5 ~ 4.9</td> <td>0.25</td> </tr> </table>	総量抑制係数	A	α		3.5 ~ 4.9	0.25
	総量抑制係数		A	α				
	3.5 ~ 4.9	0.25						
	$= 4.9 \times 0.06 = 0.294$ $= 3.5 \times 0.06 = 0.210$							

2) 各指定区の年間総許容排出量の計算式 (万 t)

$i) Q_{aki} = A_{ki} \frac{S_i}{\sqrt{S}}, \quad S = \sum_{i=1}^n S_i \quad (K:SO_2, i:1 \text{ とする})$	
$ii) Q_{bki} = \alpha Q_{aki} \quad (\alpha: \text{上表}, a: \text{中高煙源}, b: \text{低煙源})$	
①	$Q_{a, SO_2} = 0.294 \times 165 / \sqrt{165} = 3.776$ $Q_{b, SO_2} = 0.250 \times 3.776 = 0.944$
②	$Q_{a, SO_2} = 0.210 \times 165 / \sqrt{165} = 2.697$ $Q_{b, SO_2} = 0.250 \times 2.697 = 0.674$

(2) 許容排出量のレベル

「削減シミュレーション」と「A-P」モデルでは、計算方法において相違があるものの、許容排出量の計算では、「削減シミュレーション」が工場・事業場で約 2.9万ト、民生等が約 0.7万ト、後者の「A-P」モデルが工場・事業場で約 2.6 ~ 3.8 万ト、民生等では、0.6 ~ 0.9 万トとなることが判った。

また、「削減シミュレーション」の結果を見て判るように、広域的で一様な対策だけでは幾つかの特異地点において高濃度が残存する可能性があることから、これらの許容水準を考慮しながら特異地点に対するローカルな対策も併せて推進する必要がある。

7 大気汚染総合対策計画

7.1 基本方針

本計画は柳州市の現状を踏まえて、実施可能な大気汚染総合対策計画案を策定するものである。

柳州市は、中国の典型的な内陸型重工業都市であり、广西壮族自治区において重要な工業都市となっている。当市と同様な例としては、重慶、成都、貴陽などがあり大気汚染に関しては、それらの都市と共通した面もあるが、柳州市の大気汚染の特徴をまとめると次のようになる。

- (1) 工場立地が3方が囲まれた内陸盆地であり、大気の拡散条件が極めて悪い（立地条件）。
- (2) 使用燃料の大部分が硫黄分と灰分が多い石炭を大量に使用している（燃料条件）。
- (3) 生産設備の老朽化が著しい（設備条件）。
- (4) その燃焼管理が劣悪である（管理条件）。

加えて、柳州市区の産業経済は急速な発展をしている点にも注目すべきである。

即ち、柳州市の大気汚染は言わば『四重苦』の状態から発生していると言ってよい。言い換えると、立地条件、設備条件、燃料条件および管理条件のすべてにおいて、不十分ないしは問題がある。従って、これらの条件のいずれかでも改善すれば、事態の改善がある程度望める可能性がある。その一方で、そのような部分的な解決だけでは、環境基準を満足させることはできないことも事実である。中国政府（中央、地方ともに）もこのような観点から、独自の対策計画を補強するため、日本政府にその対策協力を依頼してきた訳である。

このような状況に対して、柳州市としても事態を深刻に受けとめ、みずからの努力により、民生用の石炭燃料の都市ガスへの転換、ボイラーなどの燃焼装置の改善、熱・電気の集中供給、脱硫剤の開発、工場の移転などの大気汚染防止対策を検討・実施しつつあるが、未だ十分な効果を上げるに至らず、状況はますます深刻となっている。

このような深刻な状態から脱却するためには、都市の将来発展やそこでの監視体制の確立も含め、根本的な原因にメスを入れる本格的な大気汚染総合対策を立て、それを実行してゆく必要がある。この過程にあっては、罰則の強化や財政負担の増大などの”痛み”も伴うはずである。従って負担の公平化や情報公開の確保、効果の早期実現策などを講ずることが必要となる。

本調査では、これらの問題を総合的に考察し、問題の所在を十分考察した上で、実行可能で有効な対策を立てようとするものである。いわばコストの面でも関係者の許容範囲内にあり、最小の費用で最大の効果を生むものを提案し、対策案に対して優先順位をつけようとするものである。中国中央政府においても、来年度より始まる第9次5カ年計画においても、環境問題を重要視して、次のような視点で立案しようとしている。

- (1) 効率化を求める市場経済をめざし、省エネルギーと持続的成長を求める。

- (2) 大気汚染など環境配慮を十分に行う。
- (3) 環境面において日中協力のような外国からの協力を求める。

更に工場の移転のように、すでに一部の対策については中国側が決定済みのものや第4次円借による対策もあるので、その効果について検証しようとするものである。

7.1.1 対策の目標

今までの調査結果により、現在の柳州市の大気汚染の原因の大部分は固定発生源によるものであることが判明した。従って総合対策計画をたてるに当たっては、この点を重点に立てることとする。しかし近年の著しい中国の経済発展を考慮すると、移動発生源からの影響も看過できないことから、本調査の許す範囲内でこの点も考慮する。

(1) 目標

大気汚染総合対策として、次の目標を設定する。

- ①対象物質としては、基本的にSO₂とSPMを対象とする。また、一部の工場に対してNO_xを対象とする。なお今後のモータリゼーションなどの発展を考え、更にCO、NO_xを考慮する。
- ②大気環境質量基準（柳州市：濃度上限値2級または3級基準）を達成し、これを維持する。

2級基準

- ・SO₂ : 60 μg/Nm³ (年平均)
- ・SPM : 55 μg/Nm³ (")

3級基準

- ・SO₂ : 100 μg/Nm³ (年平均)
- ・SPM : 92 μg/Nm³ (")

- ③達成の目標年度は2005年とするが、2000年も中間年として対象とする。

2000年

- ・SO₂ : 現状より大幅な改善
- ・SPM : 現状より改善

2005年

<基本案>

- ・SO₂ : 2級達成
- ・SPM : 2級達成

<代替案>

- ・SO₂ : 3級達成（現状より大幅な改善）
- ・SPM : 現状より改善

(2) 範囲

総合対策計画を策定する地域は、柳州市の区域のうち域中区、魚峰区、柳南区、柳北区、郊区の市区とする。ただし一般居住地域を主な対象とする。

7.1.2 総合対策案の設定

対策計画の立案に当たっては、いろいろな考え方やアプローチがあるので、これらを次の観点で整理した。

(1) 技術的対策と非技術的対策

総合対策を大きく分けると、ハードな、直接的な削減効果のある技術的対策とソフトな、非技術的対策がある。技術的対策とは、工場の立地対策、エネルギー対策、汚染物質の削減などのために、実際の大気汚染の防止・軽減用の施設を設置することである。このためには、金銭的な負担が生じる。ただし、このうち工場の立地条件の費用の算出は、条件によって大きく変動するので、本調査ではこれを行わない。つまりインフラの整備といっても、何をどこにどの規模で行うのか特定できないので、費用算出はできない。従って、費用面とその効果に関して考察できるのは、エネルギー条件と施設条件の一部である。

非技術的対策としては、総量規制や監視体制の改定などによる法制度の強化、違反者の罰則、税の優遇策や低利融資などの財政的な支援によりインセンティブを与えたり、または対策に必要な人材を養成することである。これらは、基本的にあまり金銭的な負担がかからないものであるが、どのように実行するかプログラムが重要となる。ただし、非技術的対策の費用については、仮定が多く算出が困難であるので、本調査では行わないこととする。

以上の関係をまとめたものが、図 7.1.1 である。

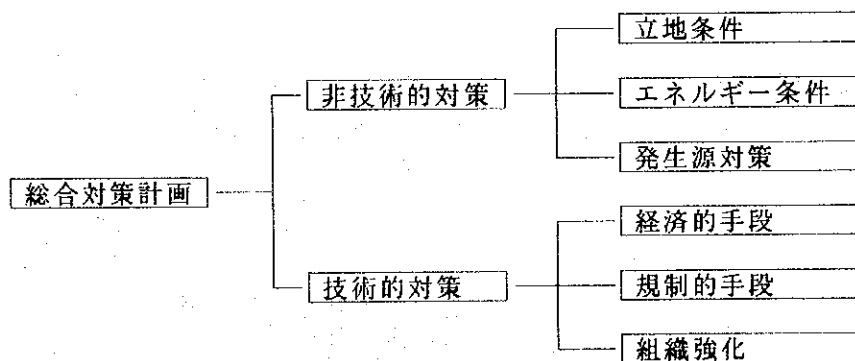


図 7.1.1 対策概要図

一般に技術的対策での具体的な対策を列記すると、次のようになる。

①立地条件

- | | |
|-------------|-----------|
| * 工場立地条件の整備 | * インフラの整備 |
| | ・ 鉄道の整備 |
| * 工場再配置の促進 | ・ 道路の整備 |
| | ・ 港湾の整備 |
| * 新産業の開発 | ・ 空港の整備等 |

②エネルギー条件

- | | |
|--------------|-------------------|
| * 燃料転換の推進 | * 燃料改質の促進 |
| ・ 低硫黄炭への転換 | ・ 成型炭の導入 |
| ・ 新鉱山の探査／開発 | ・ 洗炭法の導入 |
| ・ 都市ガス化の拡大 | * 新技術の開発 |
| ・ L P G利用の拡大 | ・ 脱硫石膏の利用 |
| ・ 天然ガスの開発 | ・ 燃焼灰の利用 |
| ・ 石油類利用の拡大 | ・ C O M, C W Mの導入 |
| ・ 無鉛揮発油の利用拡大 | ・ 高効率発電の導入等 |

③発生源対策

- | | |
|-------------|--------------|
| * 鉄鋼工場の対策 | * 電力工場の対策 |
| * 非鉄工場の対策 | * 採石場の対策 |
| * 肥料工場の対策 | * 民生用対策 |
| * セメント工場の対策 | ・ 都市ガス化の拡大 |
| * 繊維工場の対策 | ・ L P Gの利用拡大 |
| * 窯業工場の対策 | ・ 油ガスによる増熱等 |

次に、非技術的対策としては、次のようなものがある。

①経済的手段

- | | |
|---------------|---------------|
| * 優遇税制度の適用 | * 課徴金（排污費）の適用 |
| * 補助金、低利融資の適用 | * 環境汚染権市場の創設等 |
| * 環境税の創設等 | |

②規制的手段

- | | |
|-------------|--------------|
| * 総量規制の実施 | * 燃焼管理制度の確立 |
| * 環境影響評価の実施 | * 燃料使用基準の確立 |
| * 公害防止協定の推進 | * 処理計画への行政指導 |
| * 監視体制の確立 | * 公害防止技術の相談等 |

③大気汚染監視体制の強化

* 観測所の強化

- ・大気汚染監視技術の強化

* 科研所の業務拡大

- ・適正技術の開発・導入
- ・企業への技術指導の推進

* 人材の教育・養成制度の確立

- ・環境行政指導者の養成
- ・発生源の公害防止管理者の養成
- ・燃焼管理者の養成等

④ 環境保護関連組織の強化

(2) 対策の緊急性

数多くの対策を一度に同時に行うことは、財政上も組織上も不可能で、対策の中の順位付けが重要になってくる。実際の作業に当たっては、制度的な面、資金的な面、技術的な面等を考慮しながら、多面的な考察が必要となる。対策に関する費用の大枠が、地域経済の一定の範囲内に収まるものを想定する。

更に健康面から見て、柳州市の場合呼吸器疾患への影響が深刻であるので、これを軽減することが最も重要であると考えられる。このため最優先すべき対策としては、民生用燃料としての都市ガスとLPGの普及があげられる。さらにこのためには、コークス炉ガスの精製装置の導入や安全な都市ガスへの配慮が必要である。

(3) 対策実施の容易性

対策の中には、すぐ実行できるものもあるが、一方で対策実施の周辺環境が整っていません、すぐには実行できないものもある。そこで対策案の策定に当たっては、この点についても注意を払う必要がある。すなわち、柳州市の大気環境基準を確保するために必要な汚染物質の削減量に従って、各発生源ごとに適用する対策技術を選定し、市全体として必要な削減量を確保するために、次の方策をとる。

① 中小規模の設備に対しては、たとえ対策効果が低くても、現況の人員で対応できる費用も低廉な方法を選定する。

② 大規模な設備に対しては、現在の中国の技術で対応できない場合には外国の技術、設備の導入・採用することも考慮する。ただし、その維持管理に当たっては、中国側の担当者の研修などを経て可能となるようにし、費用の低廉化をはかる。

(4) 実施主体

ある対策を誰が実行するかという点を明確にする必要がある。つまりその対策の実行主体としては、中央政府なのか地方政府（自治区および柳州市）なのか、あるいは企業自身なのか、またはそれらの協同なのかを明らかにする必要がある。実施する対策が企業の独自の判断だけで出来るのであれば、最も簡便である。例えば、資金力がある企業の公害防止の設備投資などである。

しかし国の政策に関わるものは、企業だけでは出来ない。例えば道路、鉄道、港湾施設などのインフラ整備である。また石炭を石油等のエネルギーに変換するというエ

エネルギー政策などは、その実行は企業だけでは出来ないが、行政側のリードがあれば可能であろう。

さらに、企業発生源の状況の現状を十分認識して、その技術力、対策効果、資金調達などの面から具体的な検討をおこない、公的機関は監視体制はもとより、技術面、資金面、人材養成などの支援体制を早急に確立するように努める。

(5) 実施効果

個々の対策の削減効果の設定は、日本のような高効率な方法の採用はできるだけ避け、柳州市の現実に即した方法を適用することを原則とする。また、低脱硫率でも設備の維持管理が容易なものを採用する。スペアパーツなど中国国内で容易に調達できるものを採用する。このため対象施設数が通常より少し多くなることは避けられない。

しかし全体として拡散シュミレーションで確認できる大気環境基準まで対策の効果を確保する。ただし個別の施設にに対する効果の考察に当たっては、数値化し、例えば除去SO_x当たりの設備運転費で評価する。

本調査において期待出来る効果としては、次のようなものがある。

- ・SO_xの削減
- ・行政能力の向上
- ・煤塵の削減
- ・管理能力の向上
- ・省エネルギー
- ・市場経済の発展
- ・NO_xの削減

ここで行政能力とは、行政側の職員的环境一般、環境監視に関する能力のことである。管理能力とは、企業側の燃焼管理や発生源管理に関する能力である。さらに市場経済の発展とは、社会主義市場経済の中であって、市場の原理によって環境管理、環境改善をはかる必要があるので、その中での発展のメカニズムを生かすことである。

(6) 実施費用

対策の実施費用に関しては、ある程度算定出来るものと、算定の困難なものがある。対策のうちハード面の費用については、技術的にはある程度正確に算出することができる（詳細は資料編 7章を参照）。一般的に施設建設に伴う費用としては、施設建設費とその運転管理費があるが、更に施設建設費を外国などから借り入れるのであれば、それに伴う返済費がある。

なお、対策の実施に必要な設備費用、運転費用は基本案、代替案とも中国のベースで算定する。ただし対策内容によっては、これが不可能な場合は、当該国の基準を使用するが、国際的な貿易レートで換算するものとする。

(7) 他の計画との整合性

柳州市では、都市ガス化、発電所での排煙脱硫の実施、熱・電力集中供給、工場移転、ボイラーの改造など8項目の計画を立て、1996年から実施段階に入ろうとしている。今までの検討の結果、これらの項目と本調査団が提案しようとしている案と

の間には、基本的に大きな相違はないので、積極的に取り入れ市の計画との整合性をとり、大気汚染対策の推進を図る。

ところで、柳州市として都市ガス化、熱・電力集中供給、ボイラーの改造、発電所での排煙脱硫、工場移転の順で優先順位を考えており、この点で必ずしも調査団と一致するものでないが、OECDからの融資もあり両者の考え方の整合性を得るように努めた。

(8) 優先順位

緊急性を有し、技術レベルや資金を余り必要としない対策を短期的に実行するものとし、やや技術レベルが高く生産設備改善に時間を要するものを中期的に実施する。提案する対策はあくまでも、柳州市の目標とする大気環境基準を確保するために必要と思われるものであり、これらの多くの対策が同時にできるものではなく、緊急性、制度、資金、技術など多面的な検討を行いその実施順序を決定する。

(9) 実施時期

各対策の実施時期に関しては、次のように3期に分けて考える。

- ・短期：2000年までに実施するもの
- ・中期：2005年までに実施するもの
- ・長期：2006年以降に実施するもの

(10) 実施体制

実施体制は、対策計画の実施にあたり必要な行政側と企業側の双方の組織体制を次の観点から策定する。

① 発生源監視体制と組織

行政：行政の組織体制

企業：現場の管理体制

② 環境監視体制と組織

環境汚染監視部門

環境汚染管理部門

7.2 対策の現状

ここでは、柳州市が既に実施しているもの、及び実施を計画している対策を述べる。

7.2.1 規制

中華人民共和国大気汚染防止法（1988年6月1日施行）では煤塵汚染を防止するために次のような国家规定がある。

(1) 排出規制

- 1)ボイラーの煤塵排出基準に適しないボイラーは製造、販売、輸入できない
- 2)既設での規制濃度の遵守
- 3)新しく設置した工業炉およびボイラーの煤塵排出は、規定の排出基準を超えてはならない。
- 4)大気に有毒な排ガスと煤塵を排出することを厳しく制限する。排出する場合は浄化処理をして規定の排出基準を超えないようにする。

(2) 燃料改善

都市の燃料を改善し都市ガスや成型炭の生産と使用を推進する。

(3) 省エネルギー

都市建設は集中供熱を推進すること。

(4) 追加規制制度

市、自治区、直轄人民政府は以上の他、規定していない項目についてもっと厳しい排出基準を制定することができる。

7.2.2 発生源対策の現状

(1) 使用燃料

ボイラーの主要な燃料は硫黄分が約5%で灰分の多い低質石炭を使用しており、排ガス中の硫黄酸化物の濃度が2000ppmから5000ppmの高濃度の排ガスを放出している。また、設備が老朽化し燃焼効率と熱効率が低いものが多い。

(2) 燃焼設備と燃焼管理

ボイラーの中には炉の構造が問題なため不完全燃焼を起こしている者が多く、燃焼管理用の計測設備がない燃焼施設も多く見られた。また、蒸気配管の保温が不十分で熱損失の問題もある。

(3) アンケート(問卷)調査結果によると、352施設のうち221施設(63%)にマイクロ(旋風式)

水膜式、バグフィルター(布袋式)などの除塵装置が設置されており、特にボイラーは設置率が77%と高い。除塵効率は旋風式で68%、水膜式で89%、布袋式で97%となってい

る。なお、脱硫装置は焙焼炉、硫酸製造施設に3施設が設置されているが、その他の施設はない。

7.2.3 柳州市の対策

柳州市では国家規定を背景に、市全体の発生源を集中管理すると共に次のような基本姿勢で大気汚染防止対策を推進しようとしている。

(1) 規制

- 1) 市中心部で総量規制を行ってSO₂の年間排出量を2.6万トン程度にする
- 2) SO₂徴収金……発生SO₂1kg当たり2角(0.2元)徴収しており、徴収金は排出量の多い工場の対策を優先して使用している。

(2) 燃料改善

- 1) 小型燃焼装置では汚染物質の排出量の少ない石油系燃料に転換する
- 2) 都市ガスとLPGの普及を推進する

a) 都市ガス化

柳州鉄鋼廠にコークス炉を増設して市区部分の住民、飲食業、福利業にガスを供給する。供給ガス量は第一期二期2,500 m³/hで3.2万戸分(全体の20%)であり、第三期は6,500 m³/hで合計9,000 m³/h(10.8万戸分)にする予定である。

この事業が実施されれば石炭を1年で約10万トン、SO₂を5,600トン、煤塵を2400トン削減できると試算している。

b) コークス炉ガスの精製

柳州鉄鋼廠のコークス炉ガスに脱硫装置を設置する。規模は42門のコークス炉2台に湿式脱硫・脱ナフタリン装置を設置し、都市ガスとして供給できるようにする。

- 3) 市街地の1t/h以下のボイラーを対象に軽油の使用、都市ガス化などエネルギーの多様化を実施しており、石炭については低硫黄石炭を使用する方針を取っている。

4) 天然ガス開発

(3) 省エネルギー

1) 集中供熱

柳州市河東区、躍進路区、柳北工業区の3ヶ所に供熱・発電設備を建設する。総熱負荷は385 t/h、発電容量18,000 kw、で主な企業30工場に蒸気と電気を供給する。そのため対象工場のボイラーが廃止される。

(4) 設備対策

- 1) 沸騰炉の改造、脱硫
市区内の沸騰炉を循環流動層に転換して熱効率を 80 % 以上にする。
また、高効率除塵器の採用、炉内脱硫法を導入して煤塵と SO_2 を低減する。
 - 2) 小型ボイラーの改造
脱硫剤混合燃料を炉前で成型するよう 4 t/h 以下の小型ボイラーを改造する。
- (5) 工場移転
柳州辛品廠、冶煉廠などを積極的に移転して、生産性の高い設備に更新し、公害対策を行う。
- (6) 排煙処理
- 1) 発電所脱硫装置
出力 200 MWh の新設火力発電設備 2基に対して、湿式石灰石膏法を設置し脱硫率は 90 % 以上とする。
 - 2) 硝酸製造装置の排ガス処理
柳州化肥廠の硝酸製造装置の排ガス中の NO_2 を Na_2CO_3 で処理する計画である。
 - 3) 脱硫剤の製造
新脱硫剤の製造設備を建設して年間 10 万トンを製造し、ボイラーで使用する。使用済脱硫剤はセメントや煉瓦の原料として利用する。
 - 4) 硫黄回収建築資材製造
固硫渣（使用済脱硫剤）を利用して次のような建築材を生産する。
固硫渣 12 万t からセメント 1 万t、固硫渣豆煉瓦 6万 m^2 /年、多孔質固硫渣煉瓦と建築用板材 6 万 m^2 /年を製造して固硫渣の利用率を 60 % 以上にする。
 - 5) 23 m 以上の煙突を有する工場では排煙脱硫を実施する
- (7) 環境中心の設立
柳州市環保産業基地と技術開發中心を設立して、人材の養成、新技術の開發を行う。
- (8) 発生源の監視・測定
柳州市では独自の排出基準を持っておらず国の基準に基づいて排出規制が実施されている。
大防法に基づき排出基準を超えている工場・事業場については、超過した硫黄酸化物の量に応じて課徴金が徴収されている。この課徴金は大気汚染防止費用に使用されている。
柳州市環境保護局では観測中心による定期的な現場測定と必要に応じて抜き打ち測定を行っている。