

社会開発調査部報告書

No. 02

日本国際協力事業団

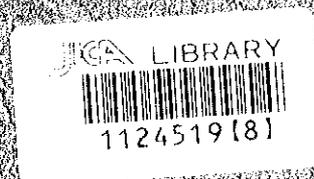
中華人民共和国  
国家科学技術委員会

中華人民共和国

柳州市大気汚染総合対策計画調査及び  
広域酸性降下物モニタリング調査

最終報告書

要約



1995年12月

株式会社 数 理 計 画

株式会社 パシフィックコンサルタンツインターナショナル

社 員 工
C.R.03
95-152







1124519(8)

日本国際協力事業団

中華人民共和国  
国家科学技術委員会

中華人民共和国

柳州市大気汚染総合対策計画調査及び  
広域酸性降下物モニタリング調査

最終報告書

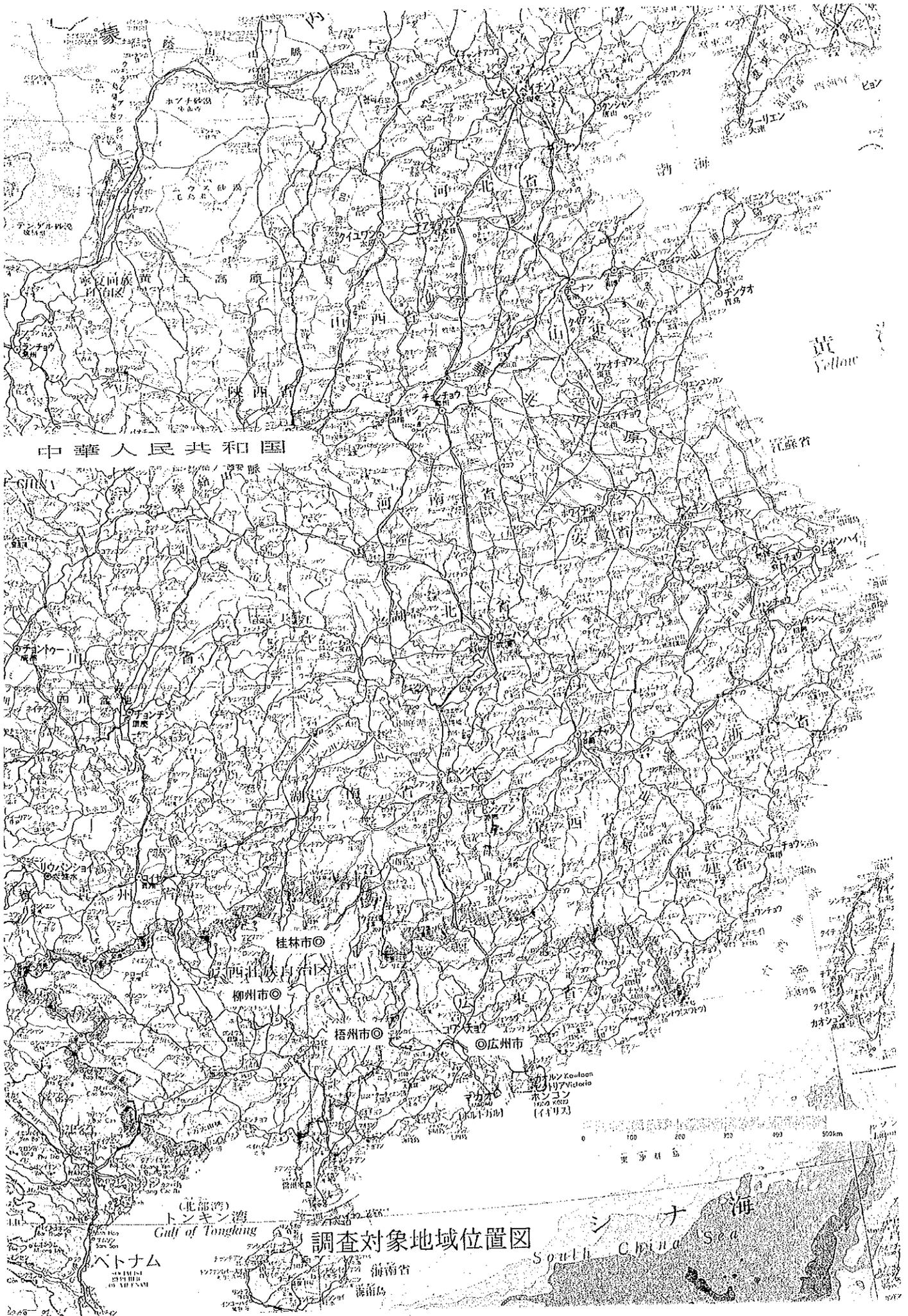
要 約

1995年12月

株式会社 数 理 計 画

株式会社 パシフィックコンサルタンツインターナショナル





調査対象地域位置図

目 次

I. 調査の概要

はじめに .....	I - 1
1. 調査の目的 .....	I - 1
2. 調査の内容 .....	I - 2
2.1 柳州市大気汚染総合対策計画調査 .....	I - 4
2.2 広域酸性降下物モニタリング調査 .....	I - 4
3. 調査体制 .....	I - 5
3.1 日本側 .....	I - 5
3.2 中国側 .....	I - 6
4. 調査実施工程 .....	I - 7

II. 柳州市大気汚染総合対策計画調査

1. 調査地域の概要 .....	II - 1
1.1 自然環境 .....	II - 1
1.2 社会環境 .....	II - 2
2. 気象 .....	II - 5
2.1 既存資料の検討 .....	II - 5
2.2 地上気象 .....	II - 6
2.3 上層気象 .....	II - 10
3. 大気質 .....	II - 14
3.1 既存資料の検討 .....	II - 14
3.2 大気質濃度 .....	II - 14
3.3 大気質濃度補足測定 .....	II - 24
4. 発生源の現状 .....	II - 27
4.1 工場・事業場 .....	II - 27
4.2 自動車 .....	II - 33
4.3 民生 .....	II - 35
4.4 排出量のまとめ .....	II - 37
5. 大気汚染構造の解析 .....	II - 39
5.1 長期平均濃度シミュレーション .....	II - 39
5.2 短時間高濃度シミュレーション .....	II - 47
5.3 大気汚染の構造 .....	II - 49
6. 将来濃度予測と汚染物質排出量の削減の必要性 .....	II - 53
6.1 予測条件と汚染物質排出量 .....	II - 53
6.2 将来環境濃度予測 .....	II - 57
6.3 環境目標値の設定 .....	II - 63
6.4 削減目標量の推計 .....	II - 64
7. 大気汚染総合対策 .....	II - 67
7.1 基本方針 .....	II - 67
7.2 対策の現状 .....	II - 70
7.3 大気汚染物質の削減技術 .....	II - 72
7.4 実施可能な対策案の設定 .....	II - 74
7.5 対策効果のまとめ .....	II - 78
7.6 対策費用 .....	II - 85
7.7 追加対策 .....	II - 86
7.8 対策実施のための措置 .....	II - 91
7.9 総合対策計画 .....	II - 94

III. 広域酸性降下物モニタリング調査

1. 酸性降下物モニタリング調査概要 .....	III - 1
1.1 調査地点 .....	III - 1
1.2 調査項目 .....	III - 1
2. 調査結果の概要 .....	III - 3
2.1 データのスクリーニング .....	III - 3
2.2 湿性降下物 .....	III - 8
2.3 乾性降下物 .....	III - 11

## I. 調査の概要

### はじめに

广西壮族自治区の柳州市（人口 162万人、面積 5283Km<sup>2</sup>）は、中国南部の主要な工業都市で、現在急激な産業発展をしており、今後も引き続き高い経済成長が見込まれている。しかし、他方では硫黄分の多い低質な石炭が主要燃料であることや内陸盆地気候による汚染物質の拡散に不利な気象条件などが相乗して、非常に深刻な硫黄酸化物汚染を被っていることから、大気汚染の防止と改善を目的とした総合的な大気汚染対策計画を策定、実施することが急がれている。

また、柳州市を含め近接する桂林市、梧州市、広州市では、硫酸イオンによると思われる降水の酸性化が進行しており、その実態について現地調査により把握することが必要である。

このような経緯の下、中国政府は日本国政府に対し、柳州市の大気汚染状況に関する測定調査と説明、実行可能な総合大気汚染対策計画の立案と実施計画の策定、並びに酸性降下物に関して、柳州市を含む4市での測定分析による実態把握について、関連する技術の移転も含めて政府間の技術協力を要請した。

日本国政府は、本件を国際協力事業団（JICA）の開発調査として実施するため1991年11月と1992年11月にプロジェクト形成調査、1993年4月に事前調査を実施し、その結果、両国において合意した業務範囲の基に、本格調査を1993年11月から1995年10月まで実施した。

本報告書は、その調査結果を要約版として取りまとめたものである。

### 1. 調査の目的

本調査は、環境大気および発生源などの現地調査と解析により柳州市の大気汚染構造を明らかにし、2005年を目標とした実施可能で、かつ具体的な大気汚染対策と実施計画をまとめた大気汚染総合対策計画を作成することを目的とする。

また、柳州市を含む4市を対象とした広域酸性降下物モニタリング調査では、複数地点で同一のサンプリング手法と分析機器によるモニタリング調査を行うことによって、同地域の酸性降下物の実態を把握する。

## 2. 調査の内容

本調査は、广西壮族自治区の柳州市（図 2.1.1）を対象とした「柳州市大気汚染総合対策調査」および同自治区内の柳州市、桂林市、梧州市、及び广东省广州市の4市（図 2.1.2）を対象した「広域酸性降下物モニタリング調査」からなる。

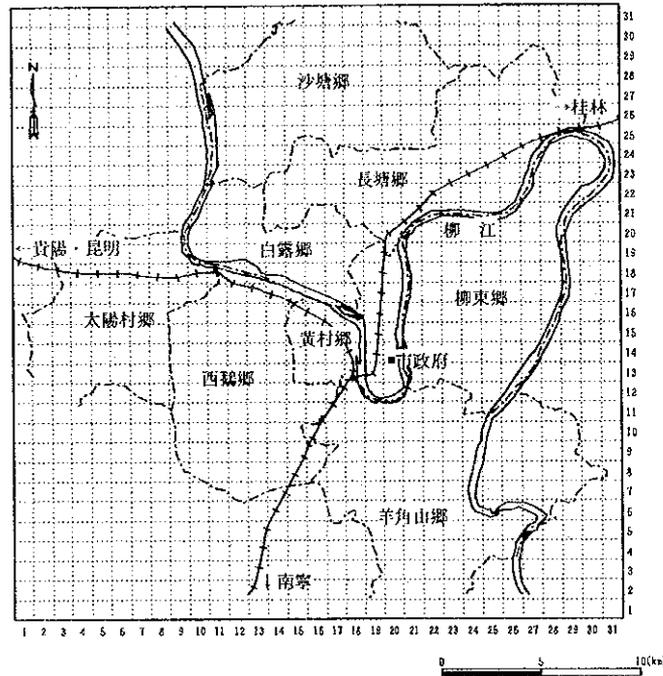


図 2.1.1 柳州市調査対象地域

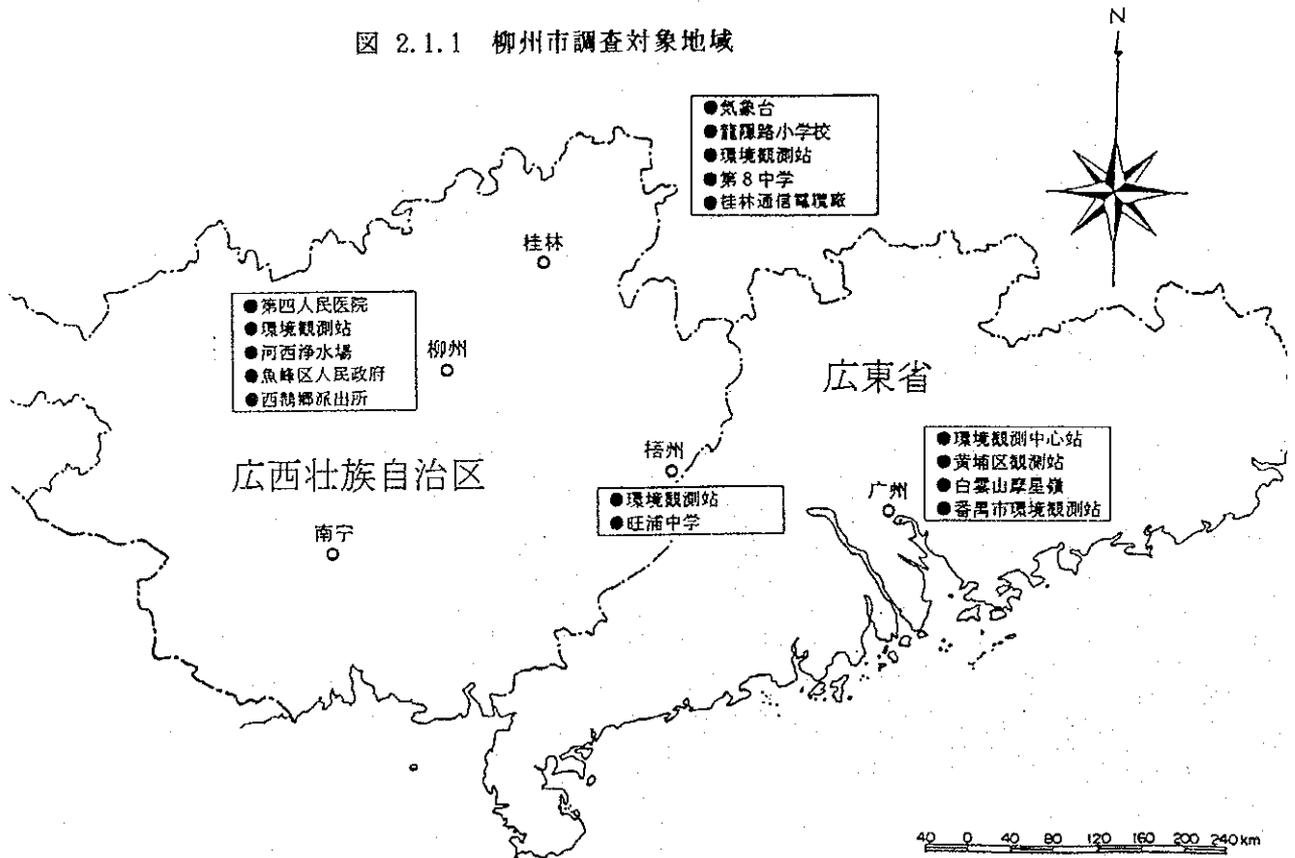
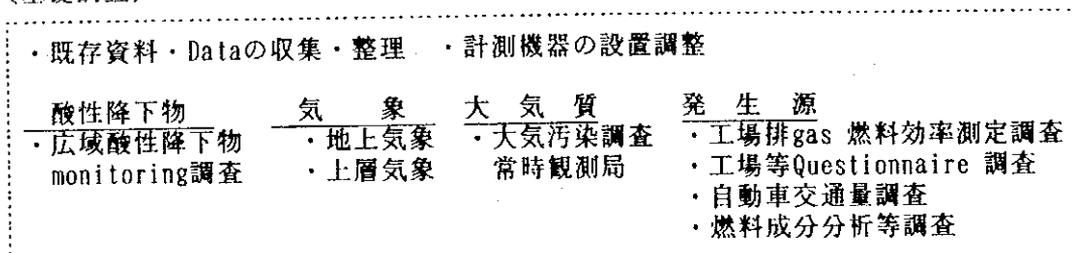


図 2.1.2 広域酸性降下物監測調査対象地域

「柳州市大気汚染総合対策計画調査」は、図 2.1.3に示すように基礎調査、解析調査、対策立案調査から成り、大気汚染防止、及び改善のための大気汚染総合対策計画を作成し提示する。

また「広域酸性降下物モニタリング調査」は、基礎調査、解析調査から成り、調査結果を報告する。

(基礎調査)



(解析調査)

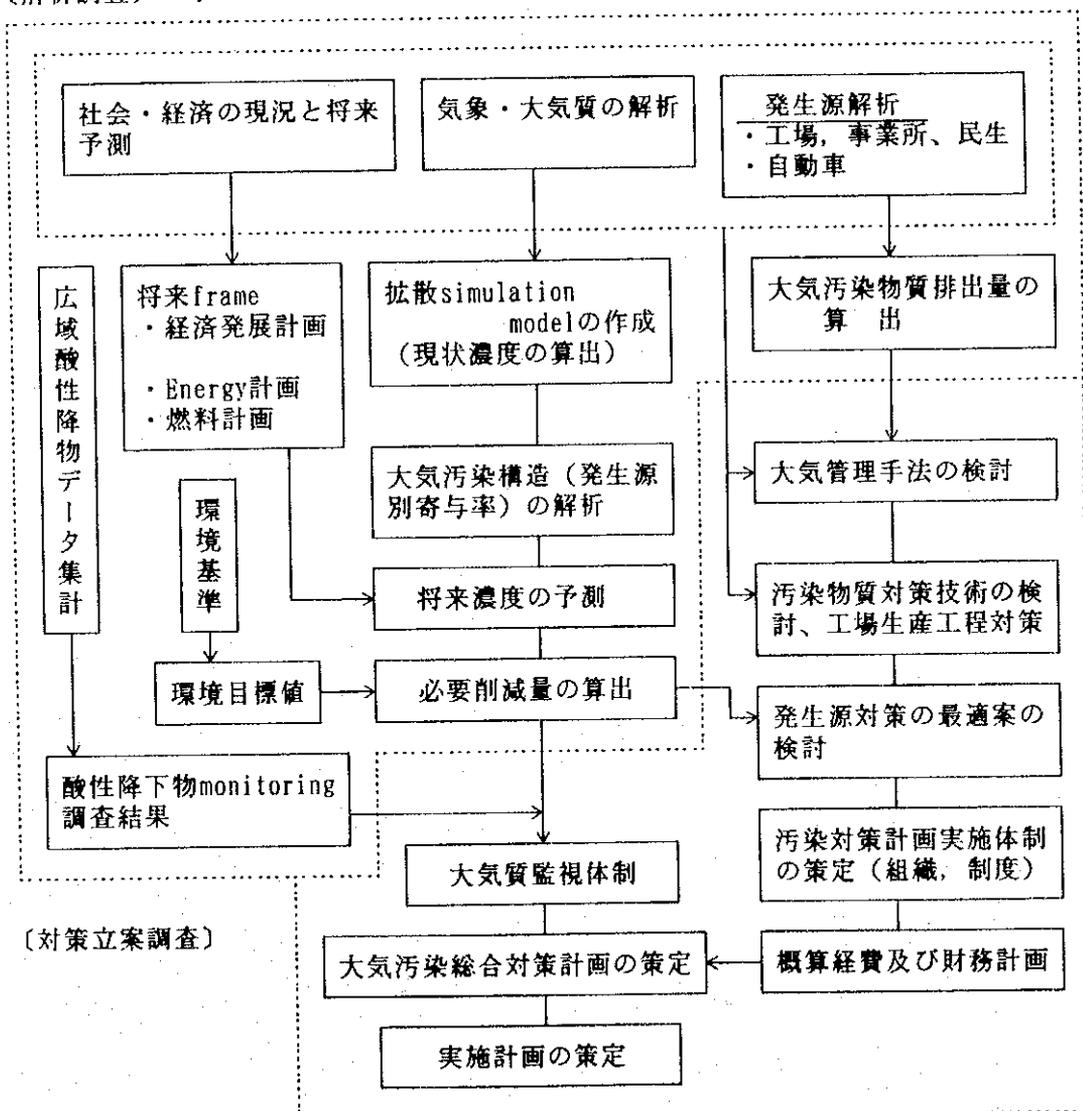


図 2.1.3 調査の概要

## 2.1 柳州市大気汚染総合対策計画調査

### (1)基礎調査

- a. 既存資料の収集・整理
- b. 調査用資機材の設置調整の実施及び維持管理
- c. 環境大気、発生源調査
  - ・ 地上気象測定
  - ・ 工場事業場排出ガス測定等調査
  - ・ 上層気象観測
  - ・ 自動車交通量路側調査
  - ・ 環境大気質測定分析
  - ・ 燃料成分分析

### (2)解析調査

- ・ 既存資料の整理分析
- ・ 社会、経済の現況把握
- ・ 気象、大気質の現況解析
- ・ 発生源の現況と将来推計
- ・ 拡散シミュレーション模型の作成
- ・ 大気汚染機構の解析
- ・ 将来大気質濃度の予測と必要削減量の算出

### (3)対策立案調査

- ・ 大気汚染物質削減方法の検討
- ・ 発生源対策方法の選定
- ・ 大気質管理手法の検討
- ・ 監視体制の検討
- ・ 経費の積算の検討
- ・ 実施体制の検討
- ・ 実施計画の検討
- ・ 大気汚染総合対策計画の立案

## 2.2 広域酸性降下物モニタリング調査

### (1)基礎調査

- a. 既存資料の収集・整理
- b. 調査用資機材の設置及び稼働状況の確認・保守
- c. モニタリング結果の収集・整理

### (2)解析調査

- ・ 収集資料の解析
- ・ モニタリング結果の整理、集計
- ・ モニタリングに関する問題点のとりまとめ

### 3. 調査体制

#### 3.1 日本側

日本側の本格調査団は、表3.1.1 に示す 17名の各専門家で構成されている。  
また、作業管理委員会は、表3.1.2 に示す 3名の委員で構成されている。

表 3.1.1 調査団の名称と担当分野

氏 名	担 当
杉田 善和	総 括
野田 典宏	副総括／大気保全計画
藤川 政徳	環境大気測定（環境大気／機器計画）
小笠原康治	環境大気測定（気 象／環境大気）
井上 幾雄	酸性降下物測定／分析
岸野 博	発生源測定（排出ガス）
遠藤 洋一	発生源測定（熱効率）
加来 秀典	環境大気解析／環境目標策定／大気予測支援システム
宮川 亮	発生源解析／負荷量削減効果予測
安楽岡 顕	汚染機構解析／酸性降下物監視計画
松田 尚	社会・経済／産業動向
平沢 信三	大気汚染対策技術
森 章二郎	設備計画（生産工程・設備）
藤谷 義	設備計画（処理設備）
栗原 努	監視体制／組織・制度
李 健	通 訳
前田 浩之	業 務 調 整

表 3.1.2 作業監理委員会

氏 名	担 当
関 荘一郎	委員長（総括／大気保全計画／移動発生源対策） 環境庁水質保全局水質管理課課長補佐 （前大気保全局大気規制課課長補佐）
中村 貢	委員（大気質監視計画） 横浜市環境保全局公害対策部長
宮寺 達雄	委員（固定発生源対策） 工業技術院資源環境技術総合研究所 熱energy利用技術部燃焼工学研究室長

### 3.2 中国側

#### (1)カウンターパート

中国側のカウンターパートは、表3.2.1 に示すとおり、国家科学技術委員会、中国国際科学中心、柳州市環境保護管理局、及び酸性降下物調査関連3市(桂林市、梧州市、広州市)の各機関や専門家から構成されている。

表 3.2.1 中方対口専門家名單

姓名	領域	担当職責
白先宏	総負責	負責全部調査工作
文劍平 梁效成	第二負責人	負責柳州大氣污染綜合規畫調査
韓進幹 王榮輝	社会、經濟、産業 ／開發計畫	社会經濟現状、城市計畫
徐大海 陳学明	氣象觀測	上層氣象觀測及地面氣象觀測
王榮輝 鄭雄	環境大氣測定	連續自動測定
丁永福 王榮輝 高祖玉 鄭雄 覃浩浩 畢銘民 蔡華芳 陳東方 李維宇 庄家旺	酸性沈降物調査	樣品採集、測定分析
陳錦鋼 梁定權	發生源調査	工業排氣測定、燃燒効率他
趙德山 王榮輝 徐大海	大氣污染構成分析	大氣拡散模擬、解析
陶顕亮 陳学明 趙德山	大氣污染削減対策	固定發生源、移動發生源
魯純 鄭雄 丁永福	分析	化学分析
文劍平 梁效成 張雲生 梁定權	大氣污染綜合対策	大氣污染計畫、組織制度

#### (2)連絡会議

大氣污染対策をより実行可能なものにするために、下記機関で構成される連絡会議を設立し、本調査の内容について検討を行った。

○構成機関：国家科学技術委員会、国家環境保護局、電力工業部、煤炭工業部、冶金工業部、柳州市、及び広西壮族自治区の關係機関





## Ⅲ. 柳州市大気汚染総合対策計画調査

### 1. 調査地域の概要

#### 1.1 自然環境

柳州市は广西壮族自治区の内陸中央に位置し、中心である市区の地形は図 1.1.1に示すように約10キロ四方の平野部からなる内陸盆地である。区内には約 500m 幅の柳江が市街地を分断するようにU字型に流れており、その下流部の東部地域では再び蛇行して南方へ流れ下っている。

市区平野部は、市街地から西方へ数Kmの幅で展開しており、南西方向へは大きく開けた型となっているが、周囲を高さ100mから 200m 程度の石灰岩からなる岩峰に囲まれてことから、盆地性の地形となっている。なかでも、市区南部の工場は、群在する弧峰の間に立地しており、工場からの排煙拡散がこれらの複雑な地形によって影響を受け汚染を大きくしている可能性が高い。

気候区分では亜熱帯気候に属しており、年平均気温は 20.4度と高く、夏は高温多湿、冬は乾燥少雨である。風の季節変化をみると、①秋・冬は北風、春・夏は南風が主風向で、いずれの場合も工場が市街地の風上になることが多く、また、②年平均風速が 1.1m/s～1.9m/sと弱い。更に、③秋から冬にかけて接地逆転が発生し易いこと等が相まって大気汚染を増長する大きな原因となっている。

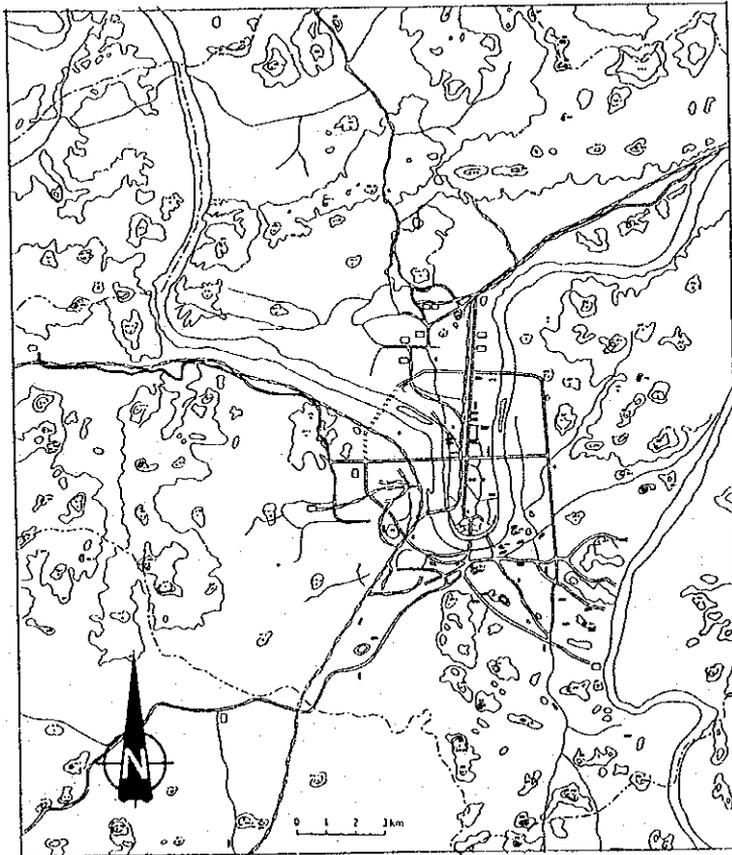


図 1.1.1 柳州市の地形

## 1.2 社会環境

### (1) 柳州市の経済

中国経済は1989年から1993年の5年間に平均年率13%で成長した。この経済成長の伸び率は外国からの直接投資に負うところが大きく、广州や上海を主体とした沿海地区が牽引車の役を果たしている。現在は、不健全な短期利潤を求めた投資も多く経済的に加熱気味であるが、製造業を主体とした外国直接投資が下支えをしている。

一方、广西壮族自治区と柳州市の1989年からの5年間の経済成長率は、それぞれ、16%と18.5%である。广西壮族自治区は政治・経済都市としての南寧市、観光都市としての桂林市、及び工業都市としての柳州市の3大都市が経済を支えている。特に、工業集積都市である柳州市は、广西壮族自治区の経済発展のための牽引車としての役割を果たしており、経済成長貢献率も高い。

### (2) 柳州市の工業

柳州市は广西壮族自治区の工業集積地であり、中央政府による内陸部重工業化政策により発展した。1992年の工業総産値は全体で110億元であり、重工業が70億元で64%、軽工業は40億元の36%である。柳州市における工業は重工業が重要な役割を担い、大規模国営企業に頼るところが大きい。

業種別類型では、交通運輸設備製造業が22億元で第1位、機械工業が14億元で第2位、黑色金属冶金及び圧延加工業、及び紡績業が10億元と第3、4位を占め、以下、化学工業が8億元、食品製造業が7億元、有色金属冶金・圧延加工業が6億元、建築材料・その他非金属鉱物製品業、及び煙草加工業が5億元となっている。

### (3) 柳州市のエネルギー消費

柳州市の種別エネルギー消費は、石炭が圧倒的に多い。工業での利用量が大半を占め、1991年の重工業が軽工業の5.6倍の1,964千tを消費している。業種別分類では黑色金属冶金・圧延加工業が680千tと全体の29.4%を占め、ついで化学肥料工場が340千tと全体の14.7%、セメント製造業が308千tの13.3%を占めている。電力生産業では292千tと12.6%を占めているが設備能力を現在の3.6万kWから43.6万kWに引き上げるため、今後石炭消費量の拡大が懸念される。

### (4) 柳州市の財政

柳州市の財政規模は1992年の全市収入をみると7.6億元である。そのうち市区部からの収入は6.9億元であり、財源の90%を柳州市街地域から得ている。工商税収は財源収支の84%の6.4億元を占め第1位であり、第2位は国営企業所得税0.9億元となっている。

財政支出面では、全市で4.9億元、市区部で3.9億元と80%を支出している。支出

項目で大きいものは、社会保険支出と高教衛生事業費がそれぞれ 0.9億元、第3位は城市維持費として 0.6億元が支出されている。従って、柳州市の財政は黒字であり、1992年時点では 2.7億元のゆとりがある。

#### (5) 柳州市の開発計画

柳州市は図 1.2.1の柳州市マスタープランに示すように、工業立地の再開発に着手しており、3つの開発区と2つの単独工業開発区が計画されている。旧機場開発区は商業・住居・無公害工業の複合開発区、河東開発区は大学とハイテク産業を主体とした研究学園都市、及び陽和開発区は公害産業の移転先と物流施設の立地拠点として開発するものである。大型且つ公害型企業の鉄鋼と亜鉛は、それぞれ独自に市街地北部に新たな開発区を計画している。

経済発展のためには、マスタープラン作成が重要な鍵となる。柳州市の場合、マスタープランは産業・住居配置計画や交通ネットワークを十分考慮し構築する必要がある。第1に公害型産業の立地場所を十分に考慮し、産業公害の抑制対策を構築する必要がある。これは柳州市のみならず广西壮族自治区全体を考慮し、都市間分業を含めたものが望ましい。第2に、物流や人の流れなどを十分に考慮し、効率的な動線計画による都市交通ネットワークを構築する必要があり、特に、柳州市郊外からのアクセス・ネットワークが重要となる。

#### (6) 柳州市の経済予測

柳州市の2005年までの経済長期予測は、全国、广西壮族自治区、柳州市の経済成長率を考慮する必要がある。柳州市の経済成長は、中央政府や自治区政府の支援を受けており、今後も高い経済成長率を維持することは可能である。一方、製造業の場合、操業を軌道に乗せるまでの期間が4、5年と長く、第2次産業が60%を占める柳州市は、今後10年間は工業が経済を安定的に下支えをすることになる。従って、過去5年間の柳州市の経済成長率は18.5%と高いものの、柳州市の経済成長予測はこの率で伸びるものと仮定できる。

柳州市の産業別の成長率は、個別産業毎の特性があり一様な成長率で表現することは難しい。従って、個別産業毎の成長は、①平均伸び率で推移すると思われる産業、②毎年定額で成長すると思われる産業、③生産額が一定に推移すると思われる産業を考慮し、個別に算定した。特に、交通運輸設備製造業、機械工業、及び黑色金属冶金精練及圧延加工業が有望業種として上げられ、2005年時点の工業総産値は 1,314億元と見込まれる。

#### (7) 柳州市の人口予測

1993年の柳州市区の人口密度は、城中区が4万人/km<sup>2</sup>、柳北区が1万人/km<sup>2</sup>、柳南区が9千人/km<sup>2</sup>、魚峰区が8千人/km<sup>2</sup>と高い。また、全市の1989年から1993年の人口伸び率も年率2.49%と高い。新たな産業立地が起こり、新規産業の雇用需要



## 2. 気 象

### 2.1 既存資料の検討

柳州市の長期平均気候値は、表2.1.1に示すとおりである。

表2.1.1 柳州市長期平均気候値

項 目	月 間 値												年 間 値
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
降水量 (*1)	39	58	94	145	232	254	210	208	71	84	62	46	1487
気 温 (*2)	10.2	11.5	15.6	20.5	25.0	27.2	28.8	28.3	26.7	22.5	17.1	12.2	20.5
最高気温(*3)	14.7	16.0	19.8	24.6	29.2	31.4	33.2	32.9	31.7	27.7	22.0	17.0	25.0
最低気温(*3)	7.1	9.1	13.1	17.6	21.6	24.0	25.2	24.7	22.5	18.2	12.8	8.6	17.0
相対湿度(*4)	73	77	80	80	80	80	77	79	73	70	72	72	76
平均風速(*5)	1.7	1.9	1.7	1.7	1.7	1.4	1.7	1.2	1.4	1.6	1.5	1.6	1.6
日照時間(*6)	87	67	66	82	132	151	218	209	210	171	143	114	1650

注) (\*1) : 単位 (mm)                    対象年 1934-1985 年  
 (\*2) :            (°C)                    1951-1985 年  
 (\*3) :            (°C)                    1957-1980 年  
 (\*4) :            (%)                        1951-1985 年  
 (\*5) :            (m/s)                    不明  
 (\*6) :            (時間数)                    1957-1980 年

柳州市は亜熱帯気候区に属し、1951年から1985年までの統計資料によると、年平均気温は20.5°Cと高い。7月の平均気温は28.8°Cと最も高く、1月は10.2°Cと最も低く、その高低差は18.6°Cとなっている。

1957年～1980年までの資料によると、月平均最高気温は7月の33.2°C、最低気温は1月が7.1°Cである。また月平均気温の較差は、最大が10月の9.5°C、最小が3月の6.7°Cである。

1934年～1985年までの資料によると、年間降水量の長期平均値は1487mmで、このうち4月～8月までの雨期における降水量は年間降水量の70%を占めている。

当該地域は、地形的な影響により南北風が卓越し、東西風の出現頻度は非常に少ない。4月～8月の間には、温暖で湿潤な海洋性気団に支配され、南系の風が多く、また9月～翌年の3月にかけては寒冷な大陸性気団に支配され、北系の風が卓越する。

## 2.2 地上気象

地上気象の測定地点は、図2.2.1に示す10の測定局で、表2.2.1に示す測定項目を自動測定した。なお、気温、湿度、日射量及び放射収支量の測定結果は、表2.2.2に示すとおりである。

表2.2.1 地上気象の観測項目

測定局	項目 設置 高度 (m)	風 向	風 速	気 温	湿 度	放 射 収 支 量	日 射 量	測定局座標(Km)		
								住 所	MESH. X	MESH. Y
①第九中学	18.5	○	○					勝利路 14号	19.424	17.241
②気象台	10.5 1.5	○	○	○	○	○	○	慶豊路 5号	19.651	15.875
③環保局	39.5	○	○					三中路 70号	20.420	14.266
④科技委	28.5	○	○					五一路 18号	19.885	13.194
⑤東門幼稚園	23.5	○	○					東台路 61号	20.654	12.666
⑥工人文化宮	21.5	○	○					魚峰路 55号	19.801	11.460
⑦南疆賓館	32.5	○	○					飛鵝路 304号	18.020	12.086
⑧河西浄水場	10.5	○	○					磨灘路	17.918	15.873
⑨广西工学院	11.5 1.5	○	○	○	○			東環路	22.805	14.902
⑩第三職業高	17.5	○	○					榮軍路 231号	21.289	10.812
測定局 計		10	10	2	2	1	1			

表2.2.2 気温、湿度及び日射量の観測結果(気象台)

	年平均値	月平均最高値	月平均最低値
気温 (°C)	20.8	30.0 (7月)	9.5 (1月)
湿度 (%)	72	93 (多数)	67 (9月)
日射量 (W/m <sup>2</sup> )	119.7	206.6 (7月)	60.8 (1月)
放射収支量 (W/m <sup>2</sup> )	60.0	87.7 (9月)	20.3 (3月)

図2.2.2の年間風配図をみると、当該地域は南北風が卓越して、東西風の出現頻度は比較的少ない。静穏時（風速0.4m/s以下）の割合は、年平均で6～22%、静穏時を含めた2m/s以下の風速の出現割合は70～80%となっている。また、年平均風速は、南疆賓館の2.3m/sを除けば2m/s以下と弱い。風速の時刻変化は、昼間の10時から午後6時までやや高くなる「1山型」である。

大気安定度は、図2.2.3に示すとおり、何れの局においても昼間中立（D<sub>0</sub>）と夜間中立（D<sub>1</sub>）及び夜間の強安定（G）の出現割合が20～30%と高い。また昼間における不安定（A～B）の割合も20%程度と高く、工場などの煙突からの影響が比較的近傍地域に現れる可能性が高いことを示している。

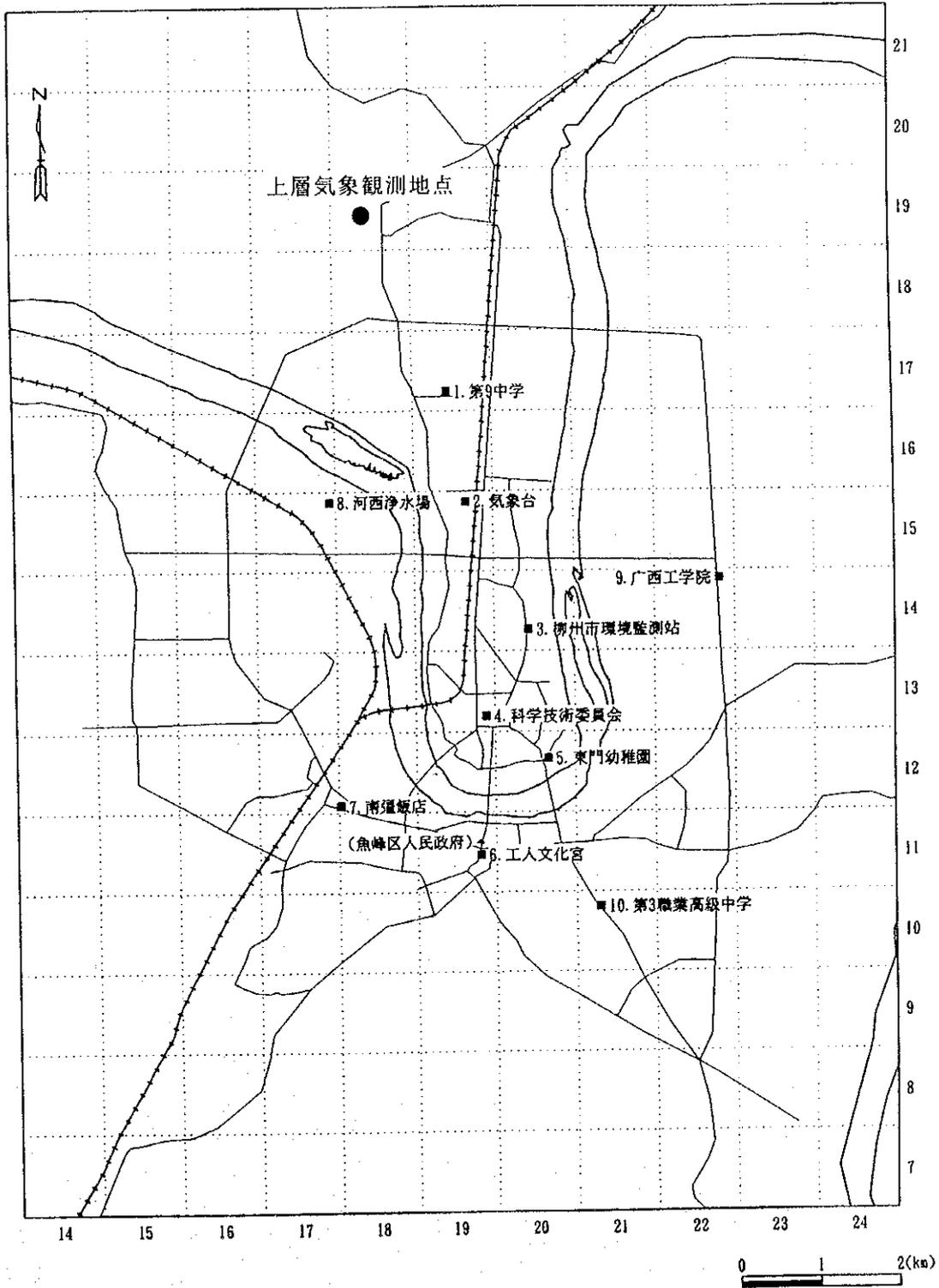
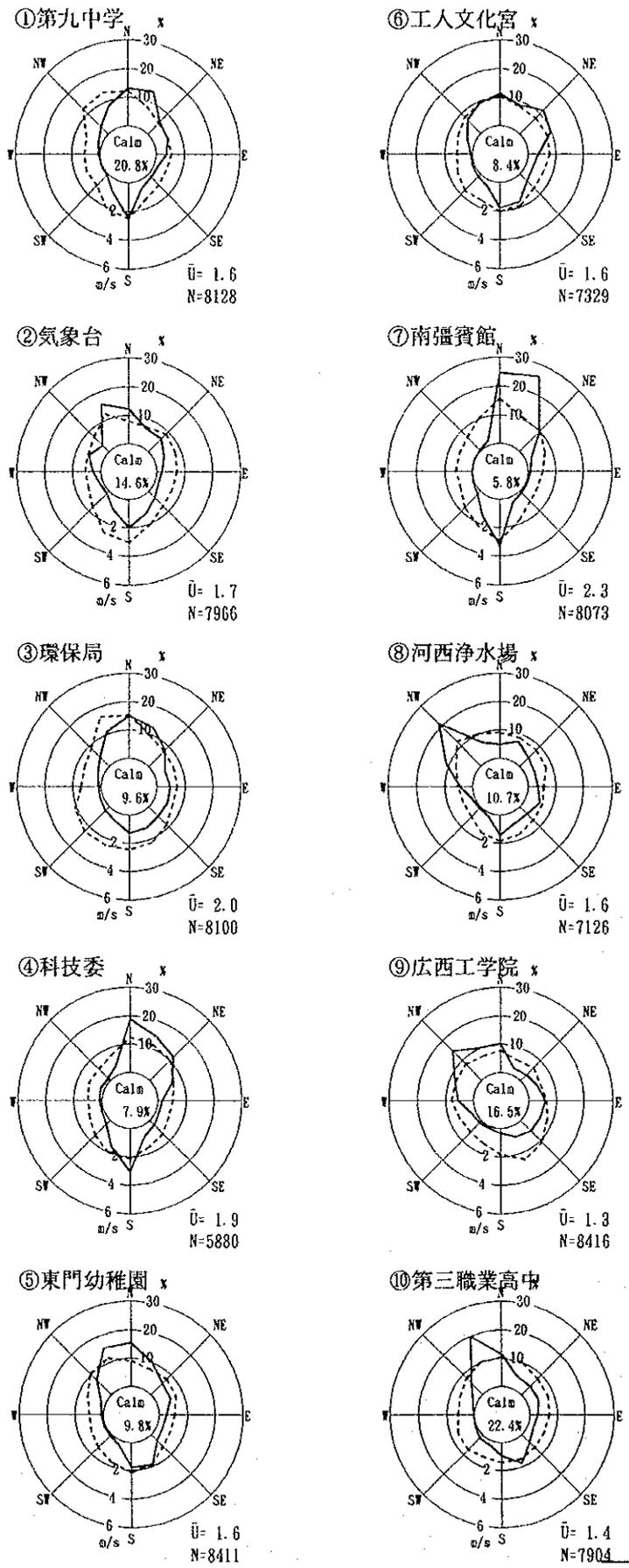


図2.2.1 地上气象の観測地点



———— 風向頻度  
 - - - - - 平均風速  
 靜穩時とは風速0.4m/s以下

図2.2.2 年間風配図

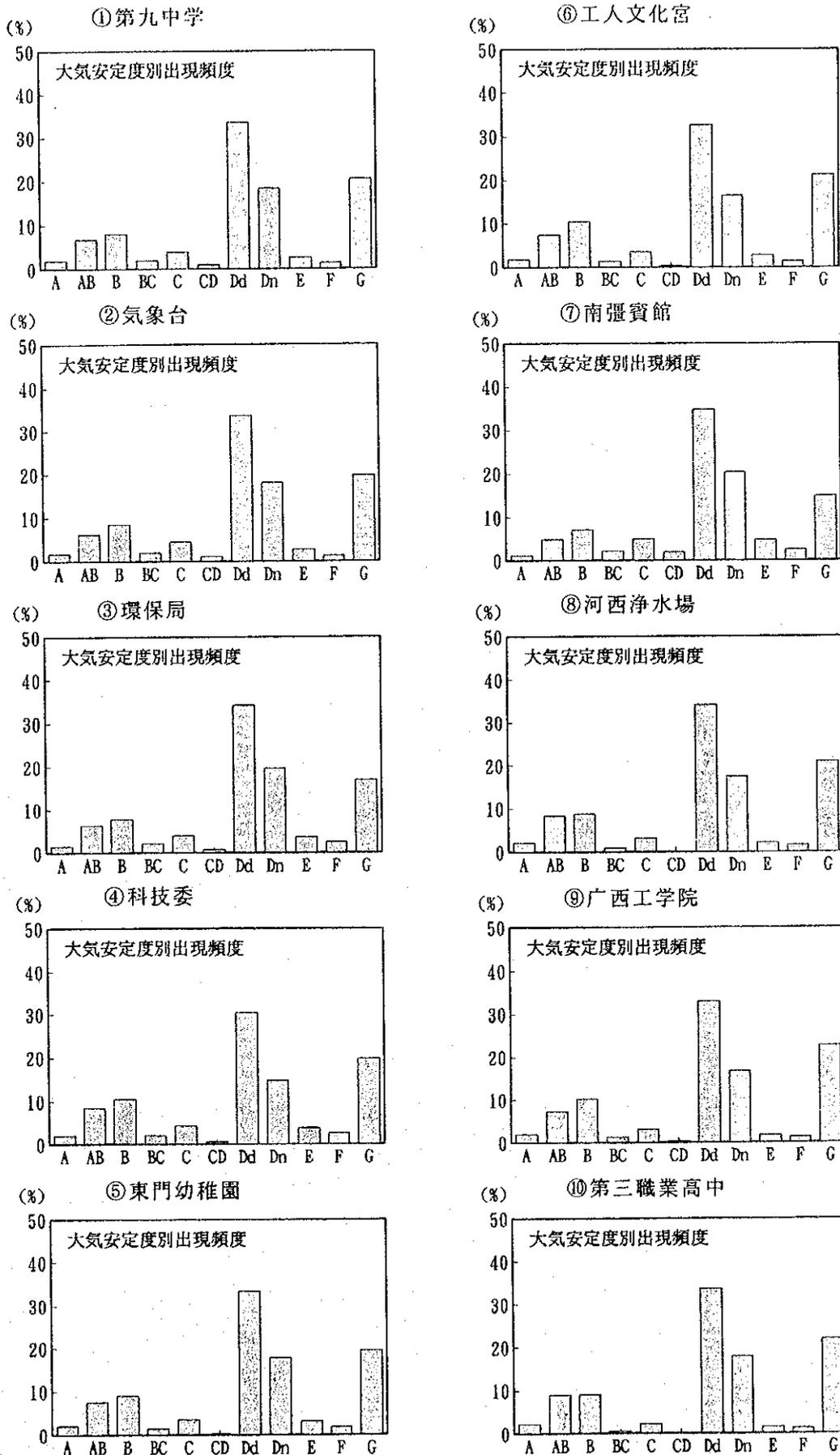


図2.2.3 大気安定度の出現頻度

## 2.3 上層気象

### (1) 観測の概要

#### 1) 観測地点

観測地点は、表2.3.1 に示す2地点で、測風経緯儀を設置して観測を行った。このうち、第1観測地点を低層ゾンデ放出地点とした。また、秋期観測では、11月12日11時より視程障害を避けるため第2観測地点を第2B観測地点に移動した。

表 2.3.1 観測地点

No.	観測地点名	住 所
1	广西冶建昭務招待所	柳州市北雀路29号
2	柳州市発電所	柳州市北雀路
2B	广西冶建建設公司 圧力容器製造工場	柳州市北雀路115号

#### 2) 観測方法

観測は、2地点からの測風観測及び低層ゾンデを利用した方法により観測を行っている。観測用機器を表2.3.2 に示す。

表 2.3.2 観測用機器

項 目	観 測 用 機 器
測 風 観 測 低層ゾンデ観測	測風経緯儀：CFJ- II型（中国製） 低層ゾンデ：北京大学型（中国製） (ソナー)：TK- II型（中国製）

上層気象観測は、経緯儀による測風観測及び低層ゾンデを利用した気温観測を地表から上空2000m程度まで行った。観測は、期別に年4回行い、観測期間中は原則的に1時より3時間ごとに風向、風速及び気温を観測した。

①第1回（夏期）：	1994年 8月 2日～ 8月 9日	（延べ8日間）
②第2回（秋期）：	1994年11月 8日～11月16日	（延べ9日間）
③第3回（冬期）：	1995年 2月18日～ 3月 3日	（延べ14日間）
④第4回（春期）：	1995年 6月 6日～ 6月13日	（延べ8日間）

## (2) 観測結果

上層気象の観測結果をまとめると、下層気温は、日中の強い日射と夜間の放射冷却によって日変化が大きく、その傾向は秋期及び冬期に特に顕著であった。

風向の鉛直構造は、下層では北系、上層では東南よりの風となっており、上層へ行くほど時計回りに変化する傾向がみられた。

風速は、図2.3.1に示すとおり地上から500mまでは境界層特有の増加傾向がみられたが、500mより上層では風速変化が比較的小さく、年平均風速は5 m/s、最大風速は12m/s程度であった。

接地逆転層の形成は何れの季節にも認められたが、秋期の頻度が比較的多かった。秋期における接地逆転層の発達は、午後8時頃から翌朝7時頃までの間に見られ、最も発達する朝7時頃には厚さが300m程度に達する。7時以降では下面から逆転層が崩壊し、代わりに混合層が発達し、昼間の混合層の厚さは500m以上に達することがある。

接地逆転層及び上層逆転層（基準高度を400mとした場合）の出現頻度を表2.3.3に示した。接地逆転層の出現頻度は、秋期に最も多く5割近くにも達しており、次に多いのが春期で3割程度となっているが、冬期では1割未満とそれほど高くない。接地逆転層を含めた下層逆転層の出現頻度は秋期の夜間で6割、次いで夏期で5割であった。

昼夜間の比較では、夜間の発生割合が3倍程度多い。

逆転層の出現頻度が最も高い時間区分は、秋期と夏期の夜間における高度400m以下の下層に見られ、その頻度は5～6割で、特に秋期の夜間に発生する接地逆転層の割合は5割であった。

## (3) 気象の特徴

以上をまとめると、柳州市気象条件の特徴は以下のとおりである。

- ①柳州市は、亜熱帯気候区に属し、年平均気温は20.8℃、年平均湿度は72%と高温多湿である。4月から8月までの雨期は温暖・湿潤の海洋性気団、9月から翌3月までの乾期は寒冷・乾燥の大陸性気団に支配される。
- ②周辺地形の影響により南北風が卓越するが、平均風速は2 m/s程度と弱い。大気安定度の出現率は中立状態が最も多く、夜間の強安定及び昼間の不安定も一定の比率で出現している。
- ③秋期、及び夏期と冬期の夜間から早朝にかけて、放射冷却による接地逆転層が形成されることが多く、そのほとんどは翌日の午前中に崩壊する。

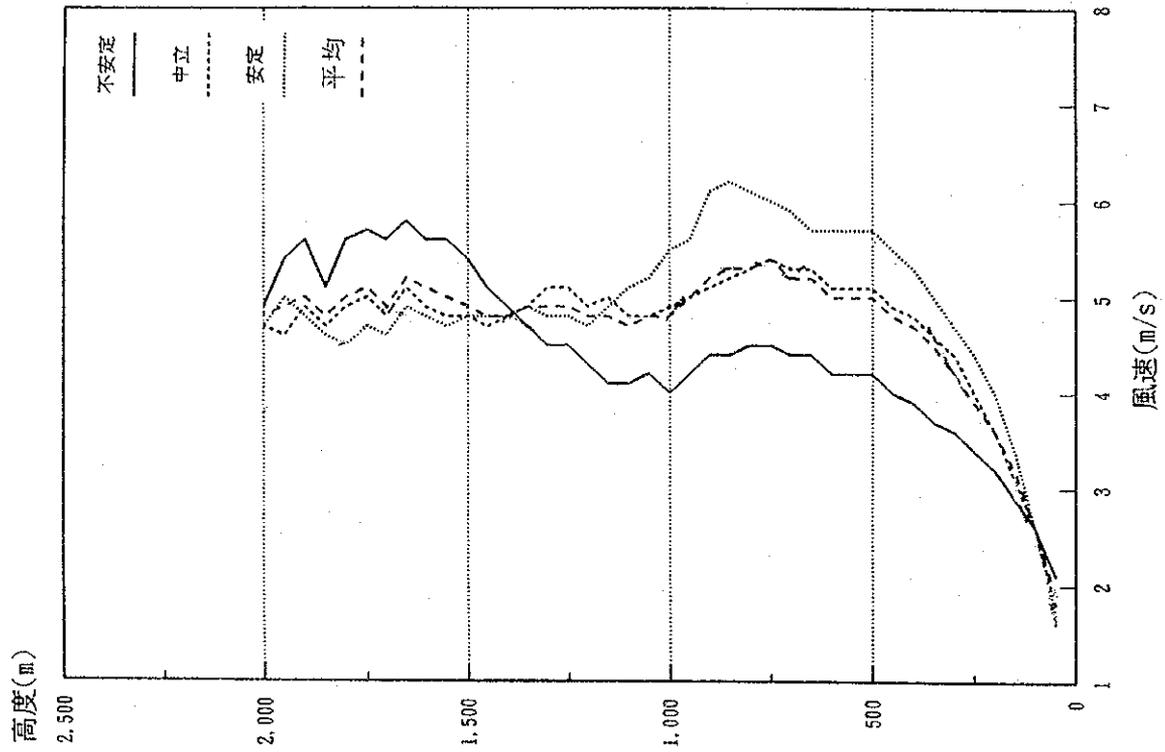


図2.3.1(2) 風速の鉛直変化(大気安定度別)

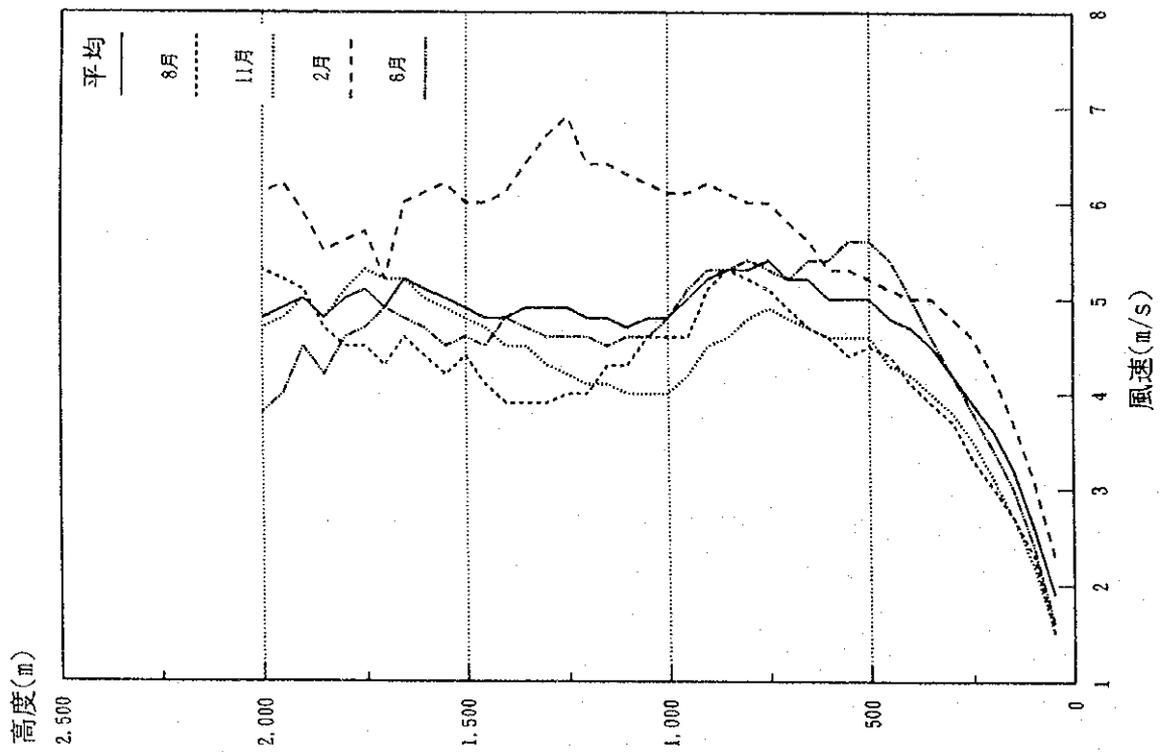


図2.3.1(1) 風速の鉛直変化(期別)

表2.3.3(1) 逆転層の出現頻度(接地逆転層)

区 分		観測頻度	逆転なし	逆転あり
夏期	昼間	100% (29)	96.6% (28)	3.4% (1)
	夜間	100% (14)	78.6% (11)	21.4% (3)
	全日	100% (43)	90.7% (39)	9.3% (4)
秋期	昼間	100% (25)	100.0% (25)	0% (0)
	夜間	100% (34)	50.0% (17)	50.0% (17)
	全日	100% (59)	71.2% (42)	28.8% (17)
冬期	昼間	100% (40)	100.0% (40)	0% (0)
	夜間	100% (66)	95.5% (63)	4.5% (3)
	全日	100% (106)	97.2% (103)	2.8% (3)
春期	昼間	100% (33)	97.0% (32)	3.0% (1)
	夜間	100% (19)	68.4% (13)	31.6% (6)
	全日	100% (52)	86.5% (45)	13.5% (7)
全期	昼間	100% (127)	98.1% (125)	1.6% (2)
	夜間	100% (133)	78.2% (104)	21.8% (29)
	全日	100% (260)	88.1% (229)	12.0% (31)

(注) 1. 括弧内は、サンプル数。

2. 夏期(6~8月): 観測日1994年8月2日~8月9日(昼:7時~19時)

秋期(9~11月): 1994年11月8日~11月16日(昼:8時~17時)

冬期(12~2月): 1995年2月18日~3月4日(昼:8時~18時)

春期(3~5月): 1995年6月6日~6月13日(昼:6時~20時)

3. 気温変化が0.1℃/100m以上で、かつ逆転層の厚さが100m以上の場合を逆転層とす。但し、特異点含まない。

表2.3.3(2) 逆転層の出現頻度(基準高度:400m)

区 分		観測頻度	逆転なし	下層逆転	上層逆転	全層逆転
夏期	昼間	100% (29)	82.8% (24)	10.3% (3)	6.9% (2)	0% (0)
	夜間	100% (14)	21.4% (3)	50.0% (7)	21.4% (3)	7.1% (1)
	全日	100% (43)	62.8% (27)	23.3% (10)	11.6% (5)	2.3% (1)
秋期	昼間	100% (25)	84.0% (21)	4.0% (1)	8.0% (2)	4.0% (1)
	夜間	100% (34)	26.5% (9)	61.8% (21)	5.9% (2)	5.9% (2)
	全日	100% (59)	50.8% (30)	37.3% (22)	6.8% (4)	5.1% (3)
冬期	昼間	100% (40)	95.0% (38)	2.5% (1)	2.5% (1)	0% (0)
	夜間	100% (66)	92.4% (61)	6.1% (4)	1.5% (1)	0% (0)
	全日	100% (106)	93.4% (99)	4.7% (5)	1.9% (2)	0% (0)
春期	昼間	100% (33)	87.9% (29)	9.1% (3)	3.0% (1)	0% (0)
	夜間	100% (19)	63.2% (12)	36.8% (7)	0% (0)	0% (0)
	全日	100% (52)	78.8% (41)	19.2% (10)	1.9% (1)	0% (0)
全期	昼間	100% (127)	88.2% (112)	6.3% (8)	4.7% (6)	0.8% (1)
	夜間	100% (133)	63.9% (85)	29.3% (39)	4.5% (6)	2.3% (3)
	全日	100% (260)	75.8% (197)	18.1% (47)	4.6% (12)	1.5% (4)

### 3. 大気質

#### 3.1 既存資料の検討

柳州市における大気質の経年変化を中国側の測定結果からみると、二酸化硫黄は、1988年の  $0.34\text{mg}/\text{m}^3$  を除けば  $0.17 \sim 0.26\text{mg}/\text{m}^3$  の範囲内で推移しているが、柳州市に適用されている国家2級基準（年平均値で  $0.06\text{mg}/\text{m}^3$ ）を大きく超過している。窒素酸化物は、近年減少傾向にあり、年平均値を環境基準の日平均値の半分程度と仮定して現状に適用すると、辛うじて同2級基準をクリアしている。降下煤塵では、1982年の  $26.39\text{t}/\text{km}^2/\text{月}$  をピークに減少傾向にあり、近年では  $12\text{t}/\text{km}^2/\text{月}$  程度の値で推移している。

二酸化硫黄及び総浮遊粒子状物質の地域分布は、基本的に一致しており、主な発生源が同じであることが示唆される。高濃度の分布域は、北部に位置する柳州発電所を中心とする柳北工業区、南東の柳石路工業区及び両者の中間に当たる河北中心区の3つに認められ、高濃度域の成因には、周辺に大きな発生源が存在すること、南北風が卓越すること及び地形的な効果の3点が指摘されている。

#### 3.2 大気質濃度

常時大気観測は、地上気象と同じ地点にJICA提供の資機材を設置し、表3.2.1に示す二酸化硫黄、浮遊粒子状物質及び窒素酸化物等延べ10項目について1994年8月より1年間測定を実施した。

表3.2.1 大気質の測定項目

項目 測定局	設置 高度 (m)	二酸化 硫黄 SO <sub>2</sub>	窒素酸化物			一酸 化炭 素 CO	オ ゾ ン O <sub>3</sub>	炭化水素類			浮遊粒 子状物 質 SPM	項目 計
			NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>			THC	NMHC	CH <sub>4</sub>		
①第九中学	12.5	○										1
②气象台	4.5 5.5	○	○	○	○						○	5
③環保局	11.0 12.0	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	10
④科技委	19.0	○										1
⑤東門幼稚園	7.0 8.0	○	○	○	○						○	5
⑥工人文化宮	4.5	○	○	○	○	○		○	○	○	○	9
⑦南疆賓館	16.5	○										1
⑧河西浄水場	2.0	○										1
⑨广西工学院	6.0	○										1
⑩第三職業高中	12.0 13.0	○	○	○	○		○				○	6
測定局計		10	5	5	5	2	2	2	2	2	5	40

(1) 環境基準の達成状況

柳州市は現在、大気2級基準適用都市として指定されており、環境基準に指定されている汚染物質は、浮遊粉塵(TSP)、浮遊粒子状物質(SPM)、二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)、窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)、一酸化炭素(CO)、光化学オキシダント(O<sub>3</sub>)の6項目である。各汚染物質に対する評価時間スケールは、日平均値の年平均、日平均値、1時間値及び任意時1回値の4種類で区分されている。

柳州市における国家大気2級基準の達成状況を表3.2.2、また、環境大気の測定概況を表3.2.3に示した。

①二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)

年平均値は、全10局において環境基準(60μg/m<sup>3</sup>)が未達成である。日平均値についてみると、環境基準の超過率は最も高い東門幼稚園では73.2%、最も低い广西工学院では23.6%となっている。

②浮遊粒子状物質(SPM)

全5地点において日平均値の超過率が22~30%となっている。

③窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)

NO<sub>x</sub>については有効測定日数が少ないが、ほぼ環境基準を達成している。

④一酸化炭素(CO)

日平均値の超過率は、環保局では1.6%と少なく工人文化宮では15.4%と高い。

⑤光化学オキシダント(O<sub>3</sub>)

環保局及び第三職業高中とも時間値の環境基準をほぼ達成している。

⑥総浮遊粒子状物質(TSP)

各測定局とも環境基準の超過率が3割以上となっている。

表3.2.2 環境基準の達成状況(超過率%)

項目 評価区分 基準濃度 測定局	SO <sub>2</sub> mg/m <sup>3</sup>		SPM mg/m <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> mg/m <sup>3</sup>	CO mg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> mg/m <sup>3</sup>	TSP mg/m <sup>3</sup>
	年平均値 (0.06)	日平均値 (0.15)	日平均値 (0.15)	日平均値 (0.10)	日平均値 (4.00)	時間値 (0.16)	日平均値 (0.30)
①第九中学	×	44.9%					
②气象台	×	66.8%	25.2%	1.6%			62%
③環保局	×	64.9%	21.9%	6.3%	1.6%	0.0%	8%
④科技委	×	57.0%					
⑤東門幼稚園	×	73.2%	29.8%	9.6%			38%
⑥工人文化宮	×	69.3%	29.6%	-	15.4%		85%
⑦南疆賓館	×	54.8%					
⑧河西浄水場	×	29.2%					
⑨广西工学院	×	23.6%					
⑩第三職業高中	×	63.1%	27.3%	1.8%		1.5%	15%

(注) 1. 二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)、浮遊粒子状物質(SPM)、窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)及び一酸化炭素(CO)については任意一回値の評価基準が規定されているが、測定方法の違いにより本調査では評価しないこととした。

2. NO<sub>x</sub>は有効測定時間数及び有効測定日数とも少なく、参考値として併記。

3. 総浮遊粒子状物質(TSP)は、補足調査によるものである。

表3.2.3 環境大気の測定概況

測定局	測定項目	年平均値	日平均値の 98%値	1時間値の 最高値	有効測定 時間数
①第九中学	SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	173	474	2317	7174
②気象台	SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	221	534	2748	7102
	NO <sub>x</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	44	92	404	3097
	SPM(μg/m <sup>3</sup> )	122	314	933	8224
③環保局	SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	205	450	2071	6611
	NO <sub>x</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	44	117	550	4985
	SPM(μg/m <sup>3</sup> )	112	292	732	7949
	CO(mg/m <sup>3</sup> )	1.9	4.2	12.4	7829
	O <sub>3</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	20	-	141	3900
	NMHC(mg/m <sup>3</sup> )	0.46	-	1.96	1647
	CH <sub>4</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	1.39	-	2.93	1648
	THC(mg/m <sup>3</sup> )	1.85	-	4.13	1640
④科技委	SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	198	503	1727	6693
⑤東門幼稚園	SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	255	815	2485	6938
	NO <sub>x</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	34	128	352	3376
	SPM(μg/m <sup>3</sup> )	130	343	999	8395
⑥工人文化宮	SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	214	527	2359	6491
	NO <sub>x</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	24	31	205	1878
	SPM(μg/m <sup>3</sup> )	133	347	996	7446
	CO(mg/m <sup>3</sup> )	3.1	6.3	12.4	6592
⑦南疆賓館	SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	194	768	1742	5247
⑧河西浄水場	SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	121	348	1476	6510
⑨广西工学院	SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	102	242	1438	5882
⑩第三職業高中	SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	223	628	2617	7398
	NO <sub>x</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	33	90	431	2855
	SPM(μg/m <sup>3</sup> )	125	342	956	8119
	O <sub>3</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	42	-	165	4561

(注) 1. 集計期間は1994年8月より1995年7月までの1年間である。

2. 一部の測定項目では有効測定時間数が年平均値の算出目安である6000時間/年の割合を大きく下回っているが、参考値として年平均値を併記した。

## (2) 時間区分別の環境濃度

月別・時刻別の平均濃度の変化パターンは、図3.2.1に示すとおりである。

### ①二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)

月別には地点間のバラツキがある。これは後述するように柳州市の高濃度は主に静穏時に発生するため、年間を通じて高濃度の発生が出現しているためと推測される。地点別にみると、市中央部から比較的離れている河西浄水場及び广西工学院がやや低い。

曜日別には、各測定局とも明確な差異はほとんどみられない。

時刻別では、朝方と夜間に高い2山型のパターンが多く、朝方のピークは6時頃から急激に上がり、10時頃に最大となってから午後3時頃までに急激に減少する特徴がみられた。これは、「生産活動」や「生活活動」に伴う燃料使用の変化パターンを反映した発生源の時間的な変化に加えて、接地逆転層の発達、崩壊に伴う大気の上下混合による気象的な要因が加味されるものと推測される。

### ②浮遊粒子状物質(SPM)

月別には、7月に低く11月に高い傾向を示す測定局が多い。秋期から冬期にかけて濃度が高いパターンは、逆転層の発達など気象条件に伴う季節的な大気汚染の状況を示すものと考えられる。

時刻別には、SO<sub>2</sub>と同様朝方と夜間の2山型のパターンが認められた。また夜間のピークがSO<sub>2</sub>に比べて高いことから、一次粒子の影響に加えてガスから生成する2次粒子の影響が加味される可能性があると思われる。

### ③窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)

SO<sub>2</sub>と同じ2山型の時刻変化パターンが多い。

## (3) 気象条件と環境濃度の関係

### 1) 風向・風速別平均濃度

風向・風速別の平均濃度は、図3.2.2に示すとおりである。

#### ①二酸化硫黄

風向別にみると、平均風速が小さく出現頻度も少ない東西風向時に高くなる傾向がみられるが、これは卓越する南北風が止むときの弱風時に高濃度が出現することを意味している。

風速別には、カーム時の濃度が最も高く、風速の強さに反比例して濃度が低下する測定局がほとんどである。しかし、第九中学校、气象台、河西浄水場及び工人文化宮のように風速が大きい時濃度が高くなるケースもみられた。

#### ②浮遊粒子状物質

風向別、風速別ともSO<sub>2</sub>に近い変化パターンが認められる。

#### ③窒素酸化物

風向別、風速別ともSO<sub>2</sub>に近い変化パターンが認められる。

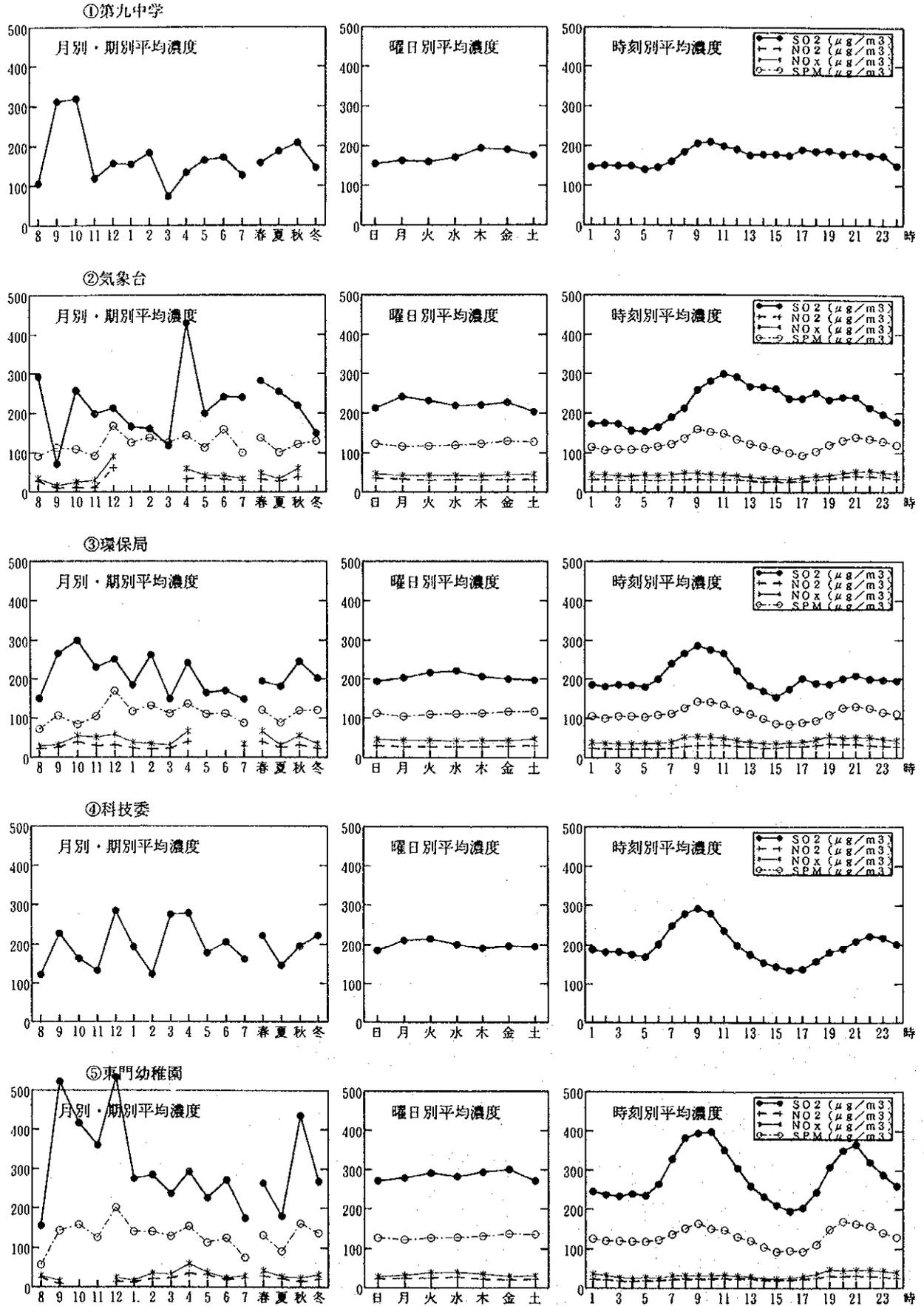


図3.2.1 時間区分別環境濃度の変化

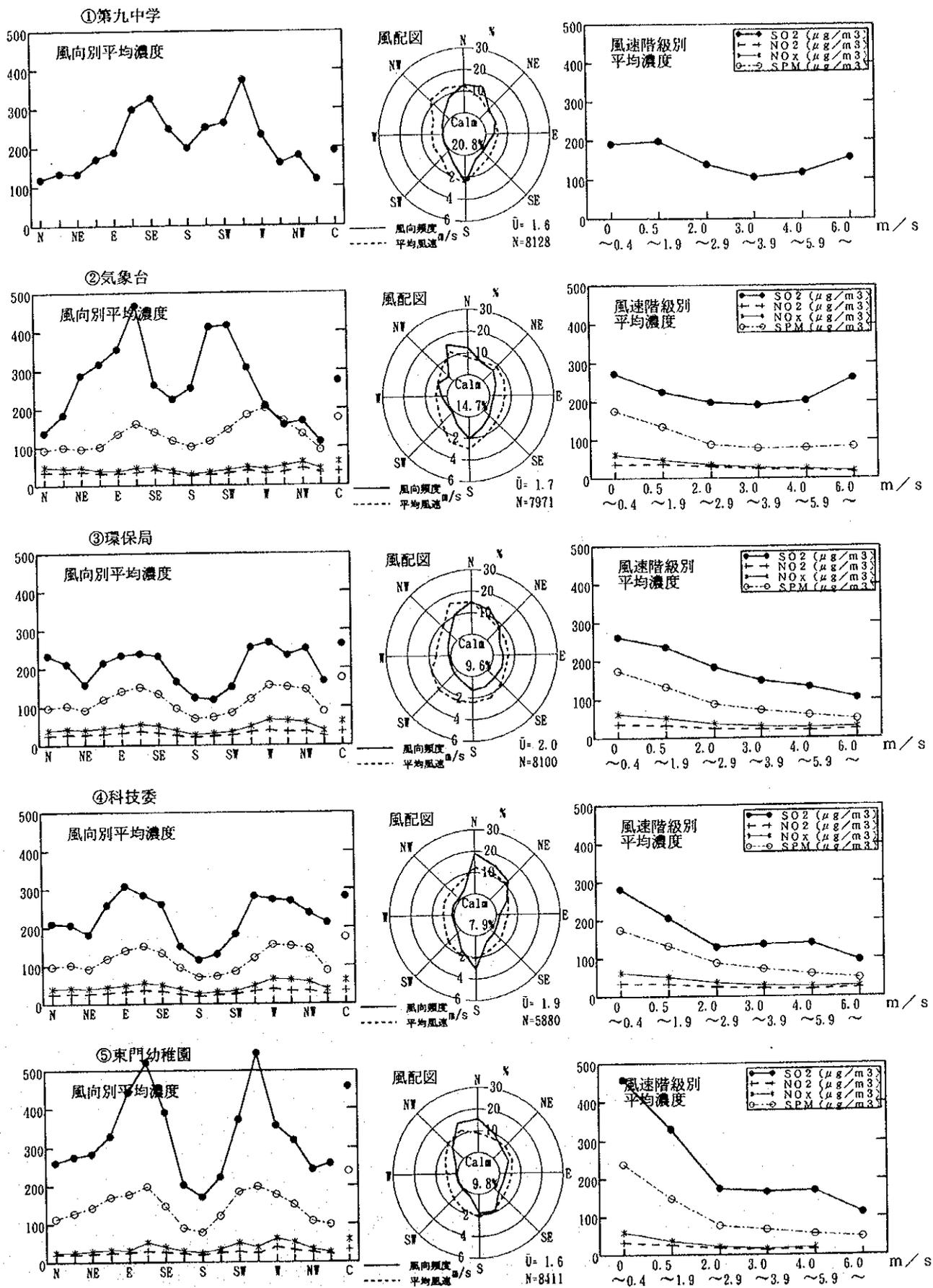


図3.2.2 風向風速別環境濃度の変化

## 2) 大気安定度別平均濃度

大気安定度別平均濃度は、図3.2.3に示すとおりである。

### ① 二酸化硫黄

全体的には、A～Bの昼間の「不安定」時と、F、Gの夜間の「強安定」時、及びC D、Dの昼間の「中立」時に高い濃度が現れている。

### ② 浮遊粒子状物質

二酸化硫黄と同様な傾向が認められる。

### ③ 窒素酸化物

二酸化硫黄と同様な傾向が認められる。

## (4) 高濃度条件の解析

二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)及び浮遊粒子状物質(SPM)については、1時間値の年間98%値以上のもの(年間を通じて1時間値の各データを低いものから高い方へ並べた場合の低いほうから98%に相当するもの、及びこのレベルより高いものをいう。)を高濃度と定義し、各測定局におけるその出現頻度を調べた。

### 1) 月別・時刻・曜日別の高濃度出現頻度

図3.2.4に示すとおり、SO<sub>2</sub>は、各月とも高濃度の出現がみられるが、このうち特に秋期と冬期に出現頻度が高い。時刻別には昼間の9時から12時までに集中しているが、一部の地点では夜間にも出現している。前述の上層気象の観測結果により秋期と冬期では夜間の放射冷却による逆転層の出現頻度が多いことから、昼間の逆転層の崩壊時間帯に乱流型の高濃度汚染が発生しているものと思われる。

SPMは、期別には秋期と冬期に、時刻別には昼間と夜間の2山型の高濃度の出現傾向がみられ、SO<sub>2</sub>に比べその傾向がより顕著に現れている。

### 2) 風向・風速・大気安定度別の高濃度出現頻度

図3.2.5に示すとおり、SO<sub>2</sub>は、風速では2 m/s以下の弱風時、大気安定度区分ではA～Bの不安定時に高濃度の出現頻度が高い。風向別に見ると第九中学と广西工学院は南風時、气象台は東風時、環保局と河西浄水場は北東風時、第三職業高中は北西及び南西時等、何れも測定局の風上方向に大きな発生源があり、その影響によるものと思われる。

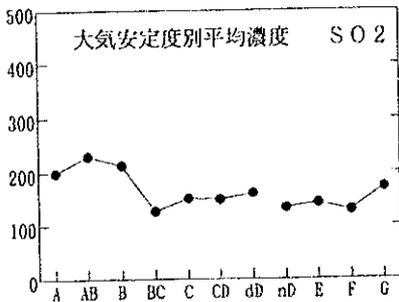
SPMは、SO<sub>2</sub>とほぼ同様な傾向を示し、風向については特定の発生源の風下側に高濃度の出現頻度が認められた。

## (5) 環境大気の特徴

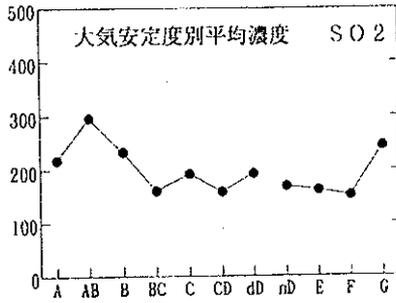
以上をまとめると、柳州市における環境大気の特徴は以下のとおりである。

① 二酸化硫黄の近年における経年変化を中国側の調査結果からみると、年平均値は0.17～0.26mg/m<sup>3</sup>の範囲で推移し、1994年では、0.251mg/m<sup>3</sup>と国家大気2級基準

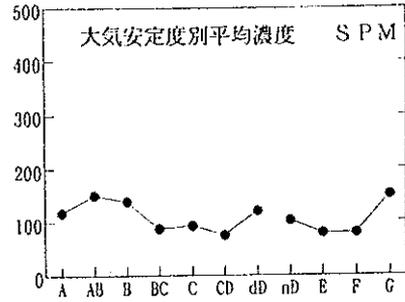
( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ①第九中学



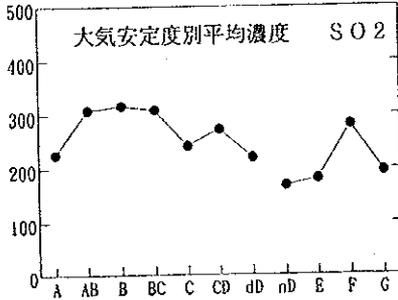
( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ⑥工人文化宮



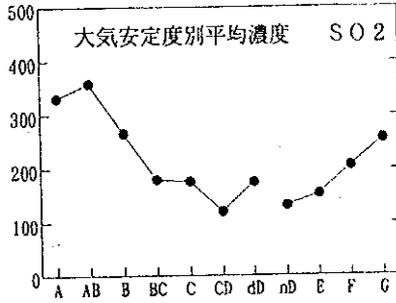
( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ②气象台



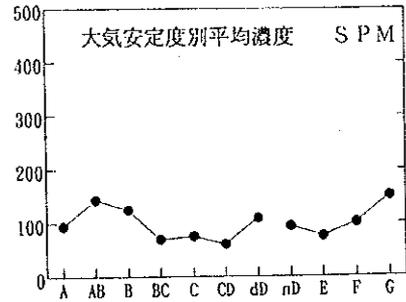
( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ②气象台



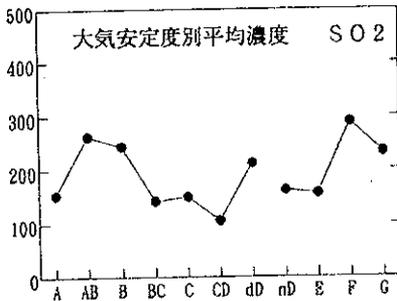
( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ⑦南疆賓館



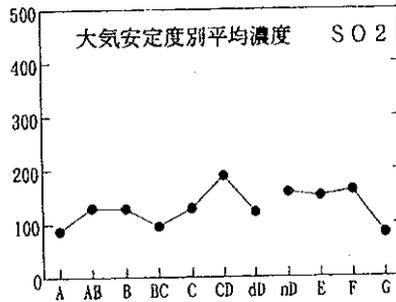
( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ③環保局



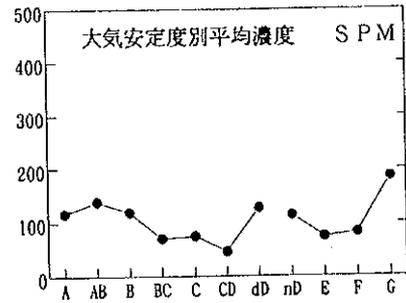
( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ③環保局



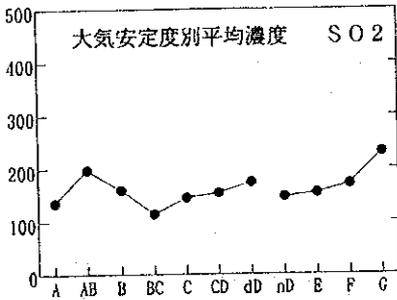
( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ⑧河西浄水場



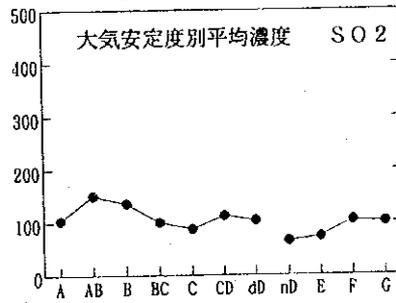
( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ⑤東門幼稚園



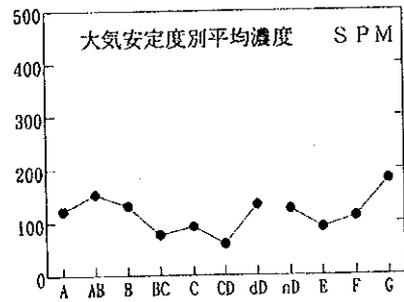
( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ④科技委



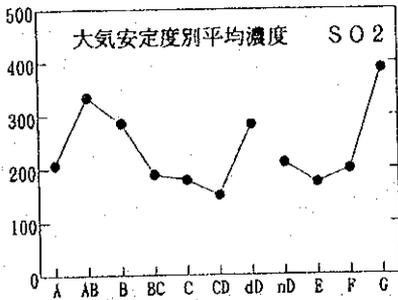
( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ⑨広西工学院



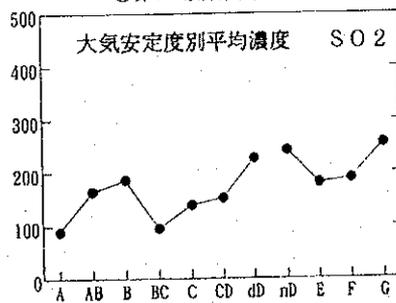
( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ⑥工人文化宮



( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ⑤東門幼稚園



( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ⑩第三職業高中



( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ⑩第三職業高中

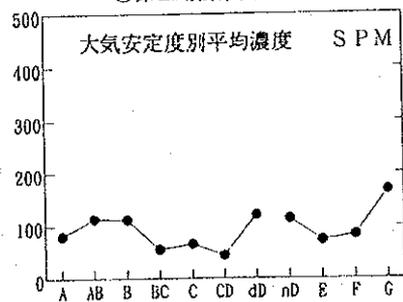


図3.2.3 大気安定度別環境濃度の変化

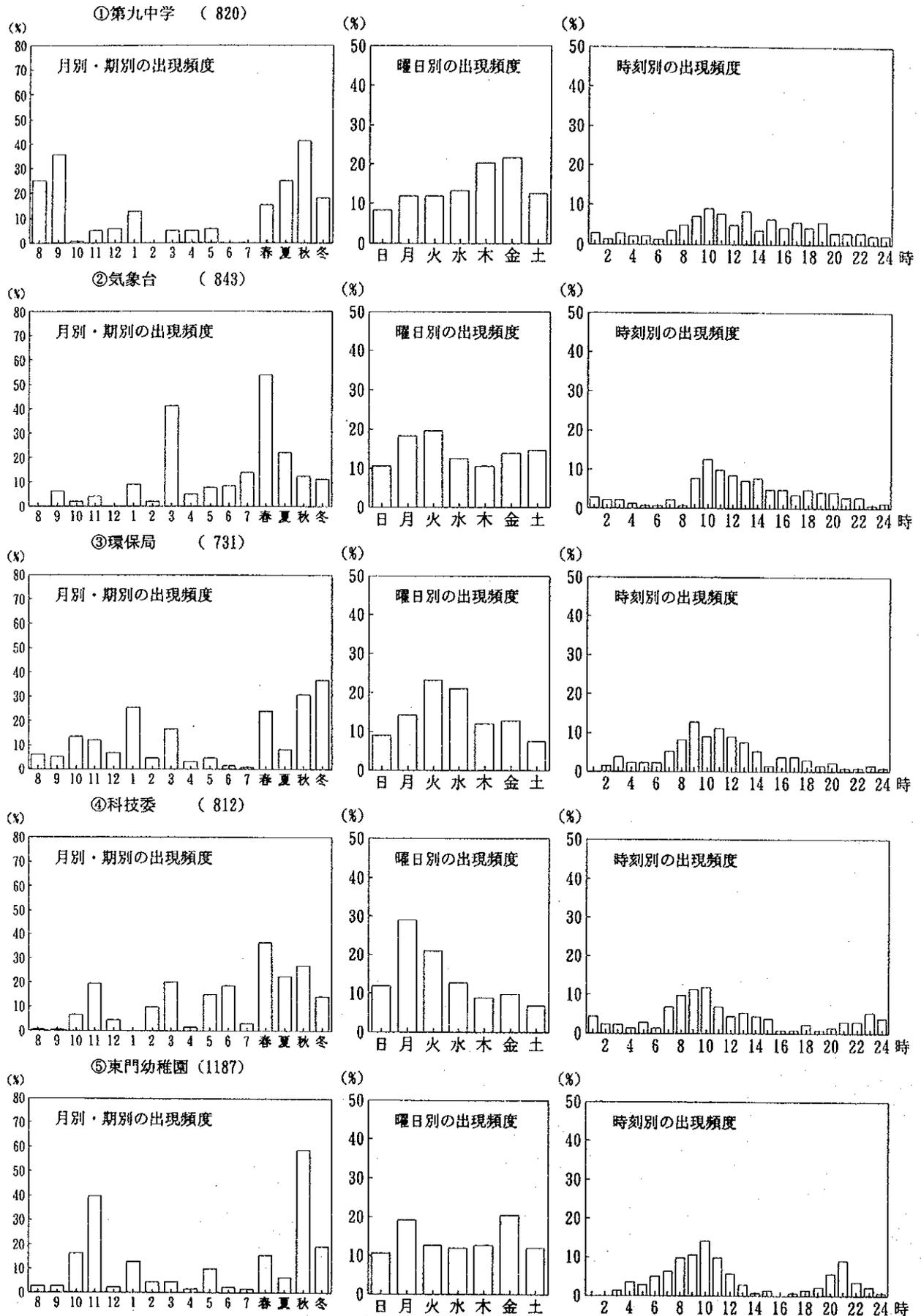


図3.2.4 時間区分別年間98%値高濃度の出現状況(SO<sub>2</sub>)

□ 通年  
 ■ 高濃度時

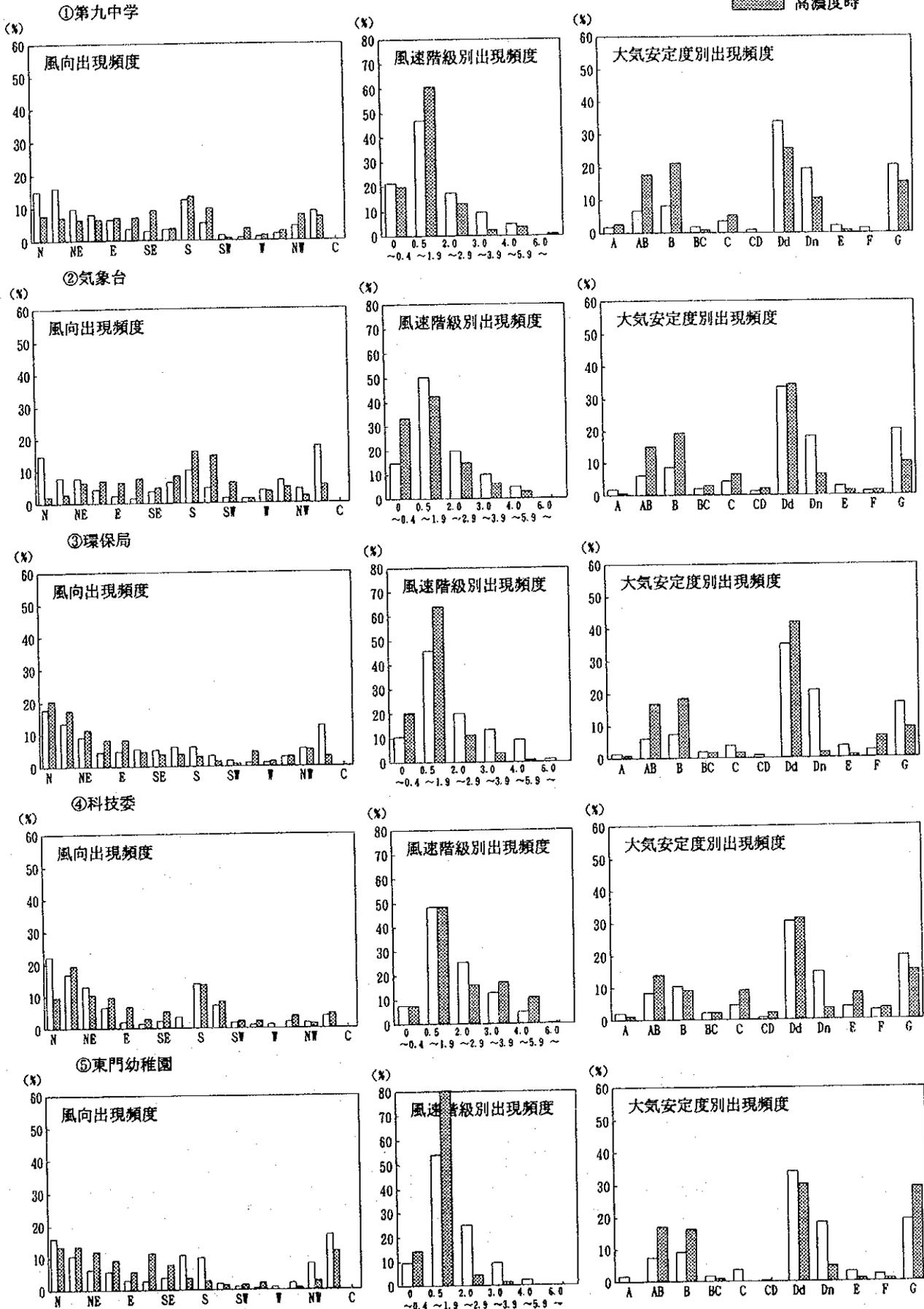


図3.2.5 氣象区別年間98%値高濃度の出現状況(SO<sub>2</sub>)

(0.06mg/m<sup>3</sup>)の約4倍となっている。

一方、本格調査団による常時測定結果（1994年8月～1995年7月の1年間）では、二酸化硫黄の期間平均値は環保局で0.205mg/m<sup>3</sup>、全10局の平均でも0.194mg/m<sup>3</sup>と環境基準の3倍程度となっている。何れの測定結果も、柳州市が二酸化硫黄による深刻な大気汚染に直面していることを示している。

②大気汚染物質の地域分布は、市北部の柳北工業区、南西の柳石路工業区及び河北中心区の3つの高濃度域が認められるが、いずれも周辺に大きな発生源が存在し、地形的影響を受ける風の分布との関連が推察される。

③大気汚染物質は、期別には秋期と冬期に濃度が高く、時刻別には朝方と夜間の2山型パターンを示す。風速別にはカーム時に濃度が最も高く、大気安定度別には中立状態及び昼間の不安定や夜間の強安定に高い濃度が認められる。

④高濃度日は、秋期と冬期の風速の弱い日に午前9時から正午までの接地逆転層の形成と崩壊に係る時間帯に出現する傾向がみられる。

### 3.3 大気質濃度補足測定

大気質監視局の常時測定データを補完するために、重金属濃度などの測定分析を下記の仕様で行った。

表 3.3.1 大気質濃度補足調査方法

測定項目	測定方法	分析方法	測定回数	測定地点
① 総浮遊粒子	High-Volume Air-Sampler	重量法	1回/月 (1日)	気象台, 環保局, 東門幼稚園 工人文化宮, 第3職業高中
② 水銀	銀amalgam法	原子吸光法	1回/月	環保局
③ 重金属	①の資料 を利用	原子吸光法	1回/月	気象台, 環保局, 東門幼稚園 工人文化宮, 第3職業高中
④ 粒径分布	Undersen Air-Sampler	重量法	1回/月	気象台, 環保局
⑤ フッ素	中容量	イソプロパノール抽出法	1回/月	第九中, 環保局

(注) サンプル時間：1日から2日程度

重金属：粉塵量、Ni, Mn, Fe, Pb, Cd, Cr, V, Cu

(1)総浮遊粒子 (TSP)

5局の測定結果によると、期間平均値は0.21から 0.56 mg/m<sup>3</sup> となっており、このうち工人文化宮が最も濃度が高く、環保局が最も低い濃度となっている。

環境基準（2級、日平均値： 0.3mg/m<sup>3</sup>）の達成状況は、全局で未達成となっており、特に气象台と工人文化宮において基準値を超えた割合が多くなっている。

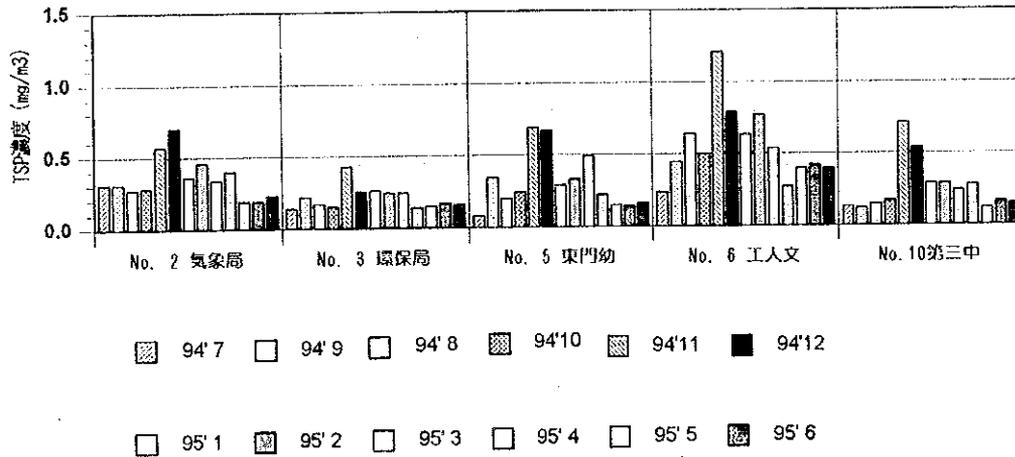


図 3.3.1 TSP濃度月変化

(2)水銀

環保局地点の月毎の測定分析結果によると、3.7μg/m<sup>3</sup>から13.6μg/m<sup>3</sup>（3月）と高い濃度が出現しているが、WHO のガイドライン(Environmental Health Criteria) の一般環境値（15μg/m<sup>3</sup>）と比べると低い値となっている（図 3.3.2）。

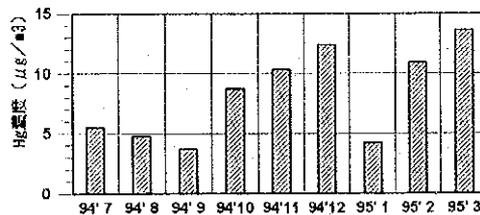


図 3.3.2 水銀濃度月変化（環保局）

(3)重金属

総浮遊粒子濃度の測定分析のために採取した資料を用いて、重金属濃度を分析した結果を基に、地点別に期間平均（'94.7-'95.7）したものを、下表に示す。

表 3.3.1 重金属平均濃度分析結果

単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

測定地点	Ni	Mn	Fe	Pb	Cd	Cr	V	Cu
気 象 台	0.024	2.01	9.3	0.84	0.052	0.020	0.11	0.70
環 保 局	0.018	0.40	5.9	0.57	0.050	0.016	0.11	1.05
東門幼稚園	0.026	0.59	9.4	0.57	0.040	0.020	0.11	0.32
工人文化宮	0.034	0.79	14.8	0.64	0.040	0.027	0.12	0.31
第3職業中	0.025	0.45	6.9	0.62	0.064	0.016	0.12	0.28
地点平均値	0.025	0.85	9.3	0.65	0.049	0.020	0.11	0.53

浮遊粉塵そのものの濃度が高いことと併せて重金属全体に濃度が高くなっており、特に Mn, Fe, V, Cuが高い。地点別にみると、气象台で Mn、環保局で Cu、工人文化宮で Fe, Mnと Cr が相対的に濃度が高くなっている。

#### (4)粒徑分布

2  $\mu\text{m}$ 以下の粒徑の粉塵重量をみると、气象台、環保局とも50%以上 (51%, 52%)を占めており、11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上は約6%と少ないものとなっている。特に、環保局では2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下が3月で72%、4月で64%、また气象台では12月に66%、1月に65%と非常に高い割合を示していることから、大部分の金属成分が「燃焼」工程から排出されたものであることが推測される。

#### (5)フッ素

第九中学局、環保局地点での測定分析結果 (日平均値) によると、フッ素 (フッ素酸化物: as HF) 濃度は 3.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ から 9.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲にあり、大気環境についての世銀のガイドラインに示されている値 (年平均: 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 8時間最大: 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) と比べると、やや低い濃度であるが自然界の濃度レベル (0.05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) と比べると高い濃度となっている (図 3.3.3)。

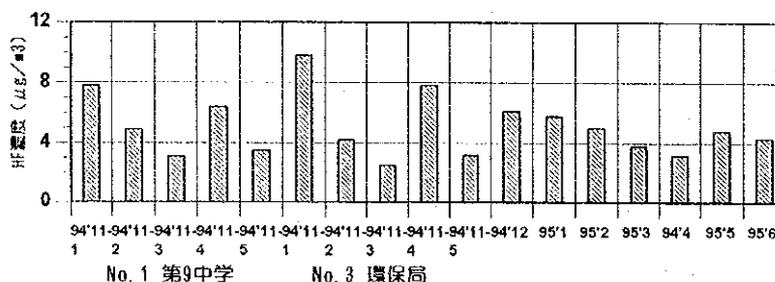


図 3.3.3 フッ素濃度

#### 4. 発生源の現状

##### 4.1 工場・事業場

対象地域の工場・事業場（以下、工場と略す。）について、表 4.1.1に示す調査を行った。

表 4.1.1 工場調査概要

調査種類	主な調査内容	調査対象数
工場アンケート調査	施設、燃料、煙突	150工場
工場排ガス測定調査	排ガス量・組成、	34工場、45施設
熱効率測定調査	排ガス組成、給水流量	18工場、22施設
燃料分析調査	燃料組成、発熱量	33工場、37試料
燃焼灰分析調査	燃焼灰組成	37工場、41試料
生産工程調査	用役消費量	7工場
処理設備調査	排ガス対策	23工場

##### (1) アンケート調査結果

柳州市の工場・事業場（以下、工場と略す。）からの大気汚染物質の排出状況調査として、1993年の煤煙発生施設の稼働状況並びに1994年の稼働計画について、主要150工場の間巻調査を実施した。有効回収工場146の業種別内訳では紡績工業（18）、食品製造（14）、機械工業（12）、電気機械・機器製造（11）、化学工業（10）、建材・非鉄金属業（10）、衛生・体育・福祉事業（10）が比較的多いが、26業種に幅広く分布している。

##### 1) 施設の状況

煤煙発生施設の種類別施設数は表 4.1.2のとおりで、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、両者がほぼ同数である。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。工業炉では焼成炉（31）、精製炉（17）、乾燥炉（17）、粉碎機（水泥原料）（16）が主な施設であるが、そのほかに多種類の施設が稼働している。

表 4.1.2 ばい煙発生施設内訳

ボイラー	施設数	工業炉	施設数	工業炉	施設数
固定排炉	36	ガス発生炉	2	反射炉	4
往復排炉	37	コークス炉（鉄鋼）	3	焼成炉	31
鎖床排炉	41	焼結炉（鉄鋼）	3	電気炉	8
沸騰炉	36	高炉（鉄鋼）	3	加熱炉（鉄鋼以外）	9
循環炉	5	転炉（鉄鋼）	3	鍛造炉	3
微粉炭炉	10	加熱炉（鉄鋼）	6	焼鈍炉	11
ガス炉	3	鼓風炉	1	乾燥炉	17
微粉・ガス炉	1	焙焼炉	6	硫酸製造施設	2
黒液排炉	1	溶解炉	11	溶接機	1
その他	13	キー行（冲天）炉	12	粉碎機（水泥原料）	16
		精製炉	17		
小計	183			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4.1.3のように、一般炭が150万t、無煙炭が9.5万t、焦炭が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、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 4.1.3 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

表 4.1.4 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
区内炭(合山以外)	69,773	4.6
貴州・山西・河南	318,459	21.2
山西	290,930	19.3
山西・湖南	185,040	12.3
河南	95,192	6.3
区内・区外混合	46,556	3.1
その他	98,301	6.5
合計	1,504,936	100.

(注) 固体燃料：t/年，液体燃料：t/年  
 気体燃料：1000 Nm<sup>3</sup>/年，電気：1000 kWh

## 3) 排ガス処理装置

排ガス処理装置の設置状況は表 4.1.5のとおりで、旋回式(28%)、水膜(24%)、濾過式(13%)の順になっている。

表 4.1.5 排気処理装置設置割合

施設種類	設置数	割合(%)
旋回式	62	28.1
水膜	53	24.0
濾過式	29	13.1
電気除塵	19	8.6
その他	58	26.2
合計	221	100.

## 4) 煙突

全部で334煙突の内、高さ30m未満の煙突が全体の56%、50m未満の煙突が91%をしめている。なお、100m以上の煙突は4本である。

## (2)工場排ガス測定結果

測定結果の概要は表4.1.6のとおりであり、施設と燃料種類等によって、大きな差がみられた。

表 4.1.6 工場排ガス測定結果概要

測定項目	ボイラー	工業炉
煤塵 (g/Nm <sup>3</sup> )	0.059 ~ 3.951	0.004 ~ 1.519
二酸化硫黄 (ppm)	126 ~ 5250	10 ~ 1410
窒素酸化物 (ppm)	15 ~ 400	6 ~ 331
酸素 (%)	4.9 ~ 19.0	2.9 ~ 20.4

(3)熱効率測定結果

ボイラーの熱効率は46.9～ 69.4%で、特に、柳州電廠のボイラーは90.3%。また、加熱炉は48.5%。

(4)燃料分析結果

主要燃料である合山炭の成分は炭素：23～ 65%、窒素：0.42～ 0.68%、硫黄：4.1～ 10.6%、灰分：20.1～ 63.4%である。

合山炭以外では貴州炭の硫黄分が、2.32～ 7.52%と比較的高い。

(5)燃焼灰分析結果

炭素分で見ると、沸騰炉は1.71～ 25.92%で 3～ 8%が中心である。煤粉炉は2.84～ 4.38%とこの2炉は良く燃えている。その他のボイラーは10.08～ 46.03%と燃焼効率が悪い。

(6)生産工程調査結果

燃料を含む用役消費量（エネルギー原単位）からみると、新設または計画中の施設は先進設備と同等の水準にあるが、旧式の施設では先進設備と比較してかなり低い水準にある。

(7)処理設備調査結果

主な調査結果は、次のとおりである。

- ①硫黄酸化物の除去対策はほとんどなされていない。
- ②煤塵対策として過剰空気で燃焼しているため、熱効率が低い。
- ③水膜除塵機からの排水は微粒子の除去が不十分であり、排水には硫黄酸化物が含まれているため、そのまま放流することには問題がある。

(8)大気汚染物質排出量

1) 施設別排出量

1994年の146工場からの大気汚染物質の施設別排出量は表4.1.7のとおりで、硫黄酸化物の総排出量が 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。

煤塵の年間排出量は2.8万t、その内訳は、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。

また、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。

## 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4.1.8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。

窒素酸化物では、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 4.1.7 施設別大気汚染物質排出量

施設種類		項目		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%		
ボイラー	往復排炉	3,336	4.8	674	2.4	108	1.4		
	鎮床排炉	3,167	4.6	803	2.9	139	1.7		
	沸騰炉	27,417	39.6	6,341	23.0	1,135	14.2		
	循環炉	4,147	6.0	1,075	3.9	77	1.0		
	微粉炭炉	15,761	22.8	6,673	24.2	2,365	29.6		
	ガス炉	2,379	3.4	58	0.2	186	2.3		
	微粉炭・ガス炉	1,121	1.6	402	1.5	32	0.4		
	その他	1,019	1.5	797	2.9	69	0.9		
	小計	58,346	84.3	16,822	61.0	4,110	51.4		
工業炉	コークス炉（鉄鋼）	1,095	1.6	167	0.6	558	7.0		
	焼結炉（鉄鋼）	2,405	3.5	189	0.7	384	4.8		
	転炉（鉄鋼）	295	0.4	4,275	15.5	24	0.3		
	加熱炉（鉄鋼）	1,367	2.0	55	0.2	180	2.2		
	溶解炉（玻璃）	1,347	1.9	10	0.0	145	1.8		
	溶解炉（Zn）	517	0.7	75	0.3	32	0.4		
	精製炉（Zn）	632	0.9	404	1.5	29	0.4		
	焼成炉（水泥）	894	1.3	1,741	6.3	2,396	30.0		
	その他	2,304	3.2	3,836	13.9	137	3.5		
	小計	10,858	15.7	10,751	39.0	3,884	48.6		
合計		69,205	100.	27,573	100.	7,994	100.		

表 4.1.8 業種別汚染物質年間排出量 t/年

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4.1.1～4.1.3に示す。

### (9) 排出基準の達成状況

#### 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。1994年に排出基準を越えて排出されていると予想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。

#### 2) 煤塵

煤塵の排出基準を超過した排出量は、ボイラーが12.1千t、工業炉が9.0千tで、その総量は21.1千tにも及んでいる。これは、煤塵の総排出量27.6千tの約77%に相

当するものである。換言すれば、現在、排出基準を超過している施設がすべて基準限度内の排出状態を維持すると仮定すると、煤塵排出量は6.5千t程度となり、このことによる環境濃度の改善効果は非常に大きいものと推測される。

### 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、問巻調査の施設、煙突には排出基準に違反すると予想されるものはない。

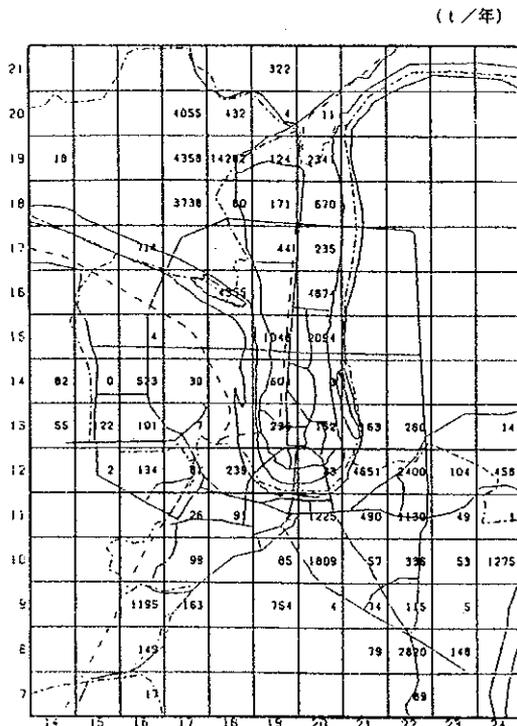


図 4.1.2 硫黄酸化物排出量分布 (工場・事業場) (1994年)

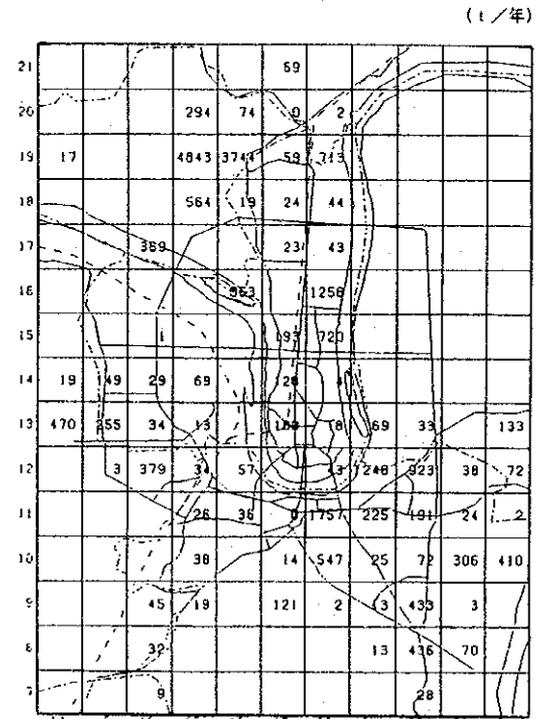


図 4.1.3 煤塵排出量分布 (工場・事業場) (1994年)

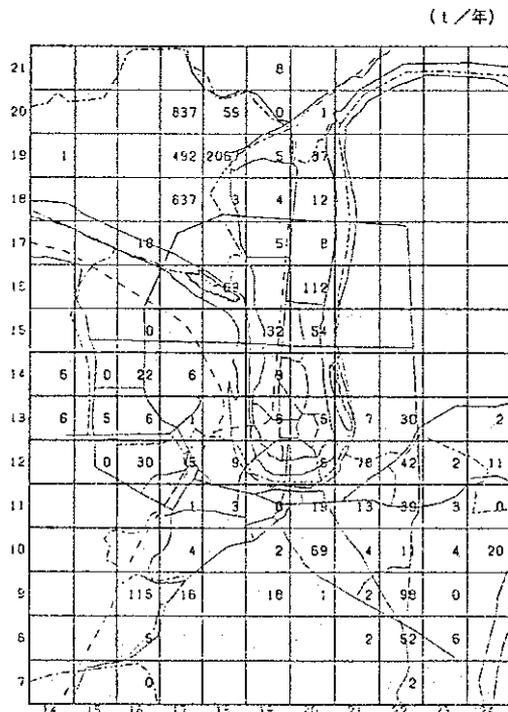


図 4.1.3 窒素酸化物排出量分布 (工場・事業場) (1994年)

## 4.2 自動車

### (1) 交通量調査

柳州市の自動車交通量の現況を把握するため、交通量調査を16の主要道路で実施した。調査時間は24時間（7時～7時）と16時間（7時～23時）の2分類としている。調査地点を図4.2.1に示す。

### (2) 交通量調査結果

16地点の5車種（乗用車、小型客車、大型客車、小型貨物車、大型貨物車）合計の平日・休日の16時間・24時間交通量は表4.2.1のとおりであり、平日の16時間交通量では、屏山大道（17,934）、龍城路（15,771）が多い。

表 4.2.1 交通量調査結果概要（5車種）

地点	道路名	平日		休日		休日/平日	
		16時間	24時間	16時間	24時間	16時間	24時間
1	躍進路	9,096	9,946	6,373	7,262	0.701	0.730
2	黄村路	4,534					
3	潭中東路	8,980					
4	東環路	9,849	10,110				
5	八一路	12,456					
6	三中路	10,074					
7	鵝山路	10,836					
8	龍城路	15,771	18,244	10,678	13,437	0.677	0.737
8	飛鵝路	16,197					
10	屏山大道	17,934	19,378	11,617	13,113	0.648	0.677
11	城站路	3,584					
12	魚峰路	13,097	14,902				
13	柳邕路	11,800					
14	榮軍路	3,573					
15	柳石路	11,213					
16	燎原路	4,969					

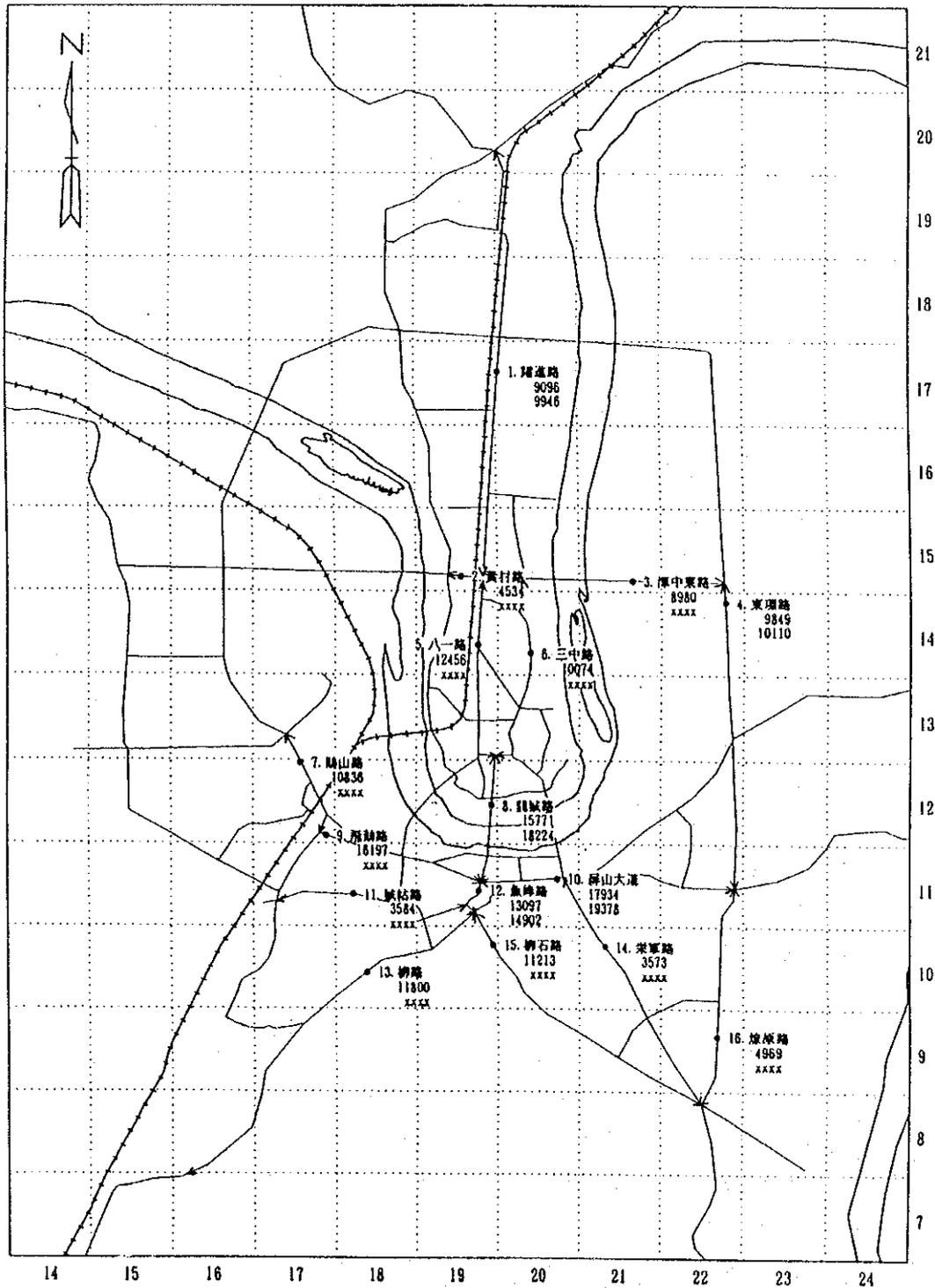
注) 5車種：乗用車、小型客車、大型客車、小型貨物車、大型貨物車

### (3) 車種別排出量

日本とU.S.Aの排出係数を用いて車種別の自動車による大気汚染物質の年間排出量を計算した（表4.2.2）。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 4.2.2 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	モーターサイクル	合計
HC	113	84	146	44	329	2688	3404
CO	811	775	1956	400	3915	4641	12499
NOx	134	143	93	79	558	16	1021
SOx	1	2	2	2	19	3	27



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4.2.1 対象道路網図

### 4.3 民生

1990年の柳州市区の民生調査（家庭と飲食店）調査結果をもとに、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。

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22.9万t、都市ガスが1700万 $m^3$ 、液化石油ガスが7.2千t（表4.3.1）となり、年間総排出量は硫黄酸化物が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4.3.2）。

表 4.3.1 民生燃料使用量（1994年）

対象人口 (千人)	対 象	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 $m^3$ /年

表 4.3.2 民生からの大気汚染物質排出量（1994年）

t/年

燃料種類	硫黄酸化物	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黄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。



#### 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、硫酸化物について、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。煤塵は、工場・事業場が 97%、民生が3%となっている。

表4.4.1 発生源別汚染物質年間排出量（1994年）  
t/年 ( )内%

発 生 源	硫酸化物	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)	839( 3)	556( 6)
小 計	76,916( 100)	28,412(100)	8,550(89.3)
自動車	27(0.04)	—	1,021(10.7)
合 計	76,943( 100)	28,412(100)	9,571( 100)

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。

発生源全体の硫酸化物、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。

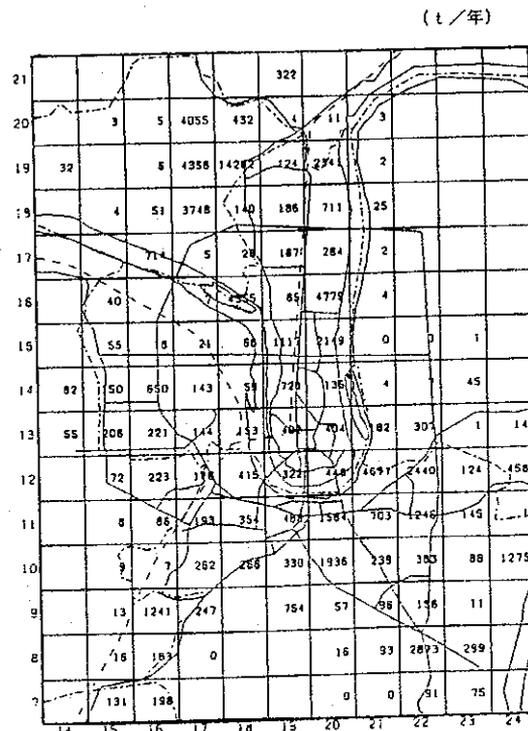


図 4.4.1 硫酸化物排出量分布（全発生源）（1994年）



## 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、このモデルを適用して測定局やメッシュ濃度の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

モデル作成の前提条件は、以下のとおりである。

- ①計算対象地域 …… 市街地を中心とした約1.1Km×1.5Kmの範囲。
- ②対象発生源 …… 工場・事業場、自動車、家庭、飲食店
- ③対象汚染物質 …… 二酸化硫黄 (SO<sub>2</sub>)、浮遊粒子状物質 (SPM)
- ④計算地点 …… 現地調査地点 (SO<sub>2</sub> : 10局, SPM : 5局)  
及び、500mメッシュの中央点
- ⑤出力項目 …… 年平均値、発生源別寄与濃度、寄与率

#### 5.1.2 発生源モデル

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、ばい煙発生施設は点煙源、自動車は線煙源、家庭及び飲食店等の群小は面煙源の3種類にモデル化した。

#### 5.1.3 気象モデル

##### (1) 気象区分

表 5.1.1 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	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
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)

表 5.1.2 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

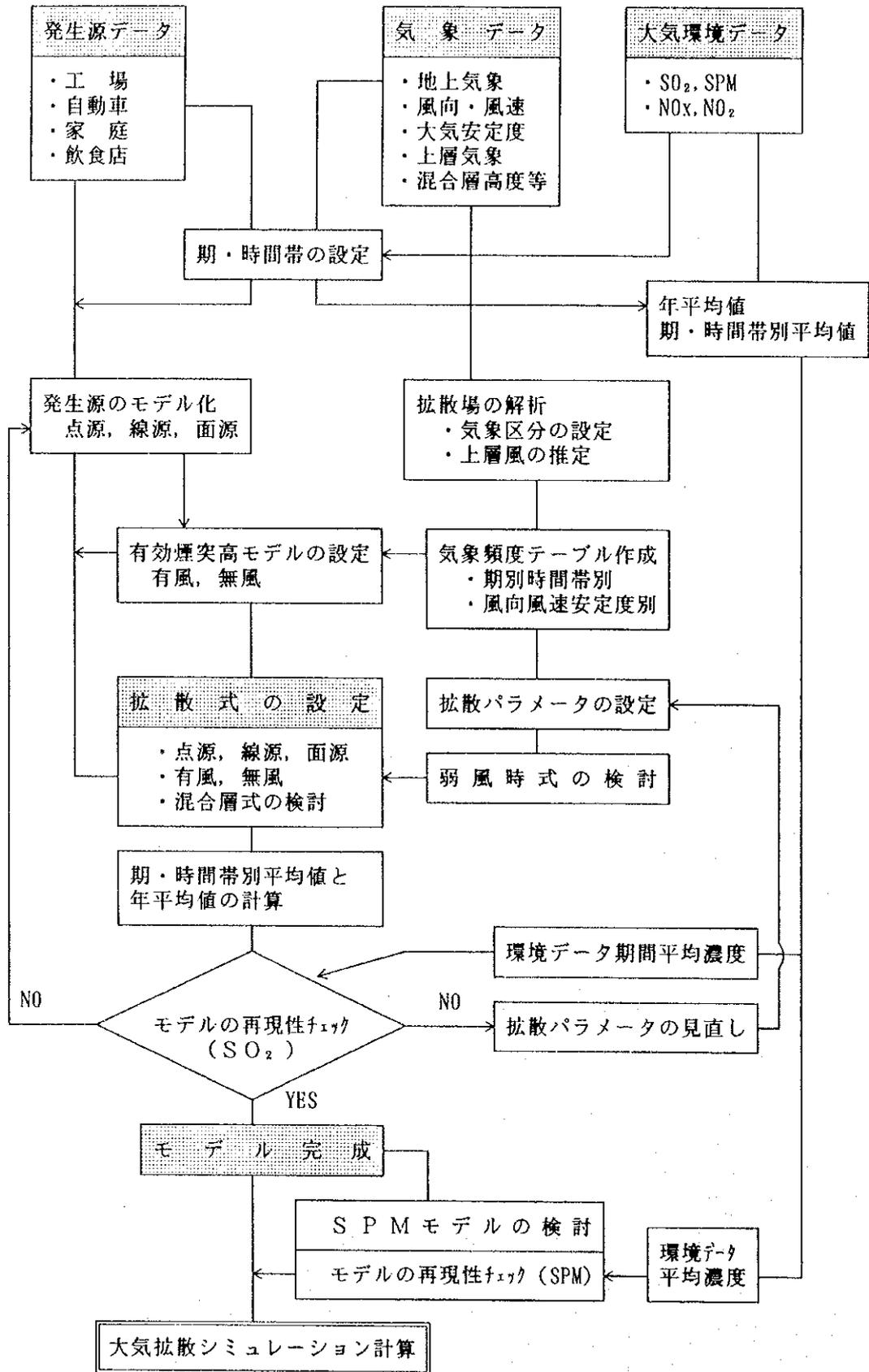


図 5.1.1 シミュレーションモデルの作成フロー

(2) 気象ブロックと代表風

表 5.1.3 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		

5.1.4 有効煙突高モデル

表 5.1.4 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

拡散式及び拡散パラメーターは、以下の条件で設定した。

表 5.1.5 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 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

### 5.1.6 拡散パラメータ

拡散パラメータは、観測された日射量・放射収支量と風速から作成された大気安定度を指標として、P-G (Pasquill-Gifford) チャートと対応する拡散係数を選択して適用。また、地上については、Pasquill-Gifford-Smithのチャートを適用。

### 5.1.7 SPMに係る二次生成モデル

#### (1) 二次粒子生成モデル

##### 1) 二次生成推計式

指数型の近似式により計算。

##### 2) パラメータ

- ① 変換率 ( $K_{1s}$ ,  $K_{1N}$ ) : 日本の調査事例等から判断して、設定した。
- ② 粒子状物質存在率 ( $Pk_{NOx}$ ) を導入。
- ③ 初期比率 :  $SO_x$  の場合、 $SO_4^{2-}$  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を適用。

#### (3) 自然界寄与粒子の推計

「城市大気汚染-典型凡例」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 $2.5\mu m$ 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見積もった。

### 5.1.8 拡散計算モデルの整合性

シミュレーション・モデルが基準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を行った。

表 5.1.6  $SO_2$  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、 $\mu g/m^3$   
 $X$  : 計算値  $Y$  : 実測値  
 $a_0$  は、 $(\Sigma \text{実測値} - \Sigma \text{計算値}) / n$ である。

表 5.1.7 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

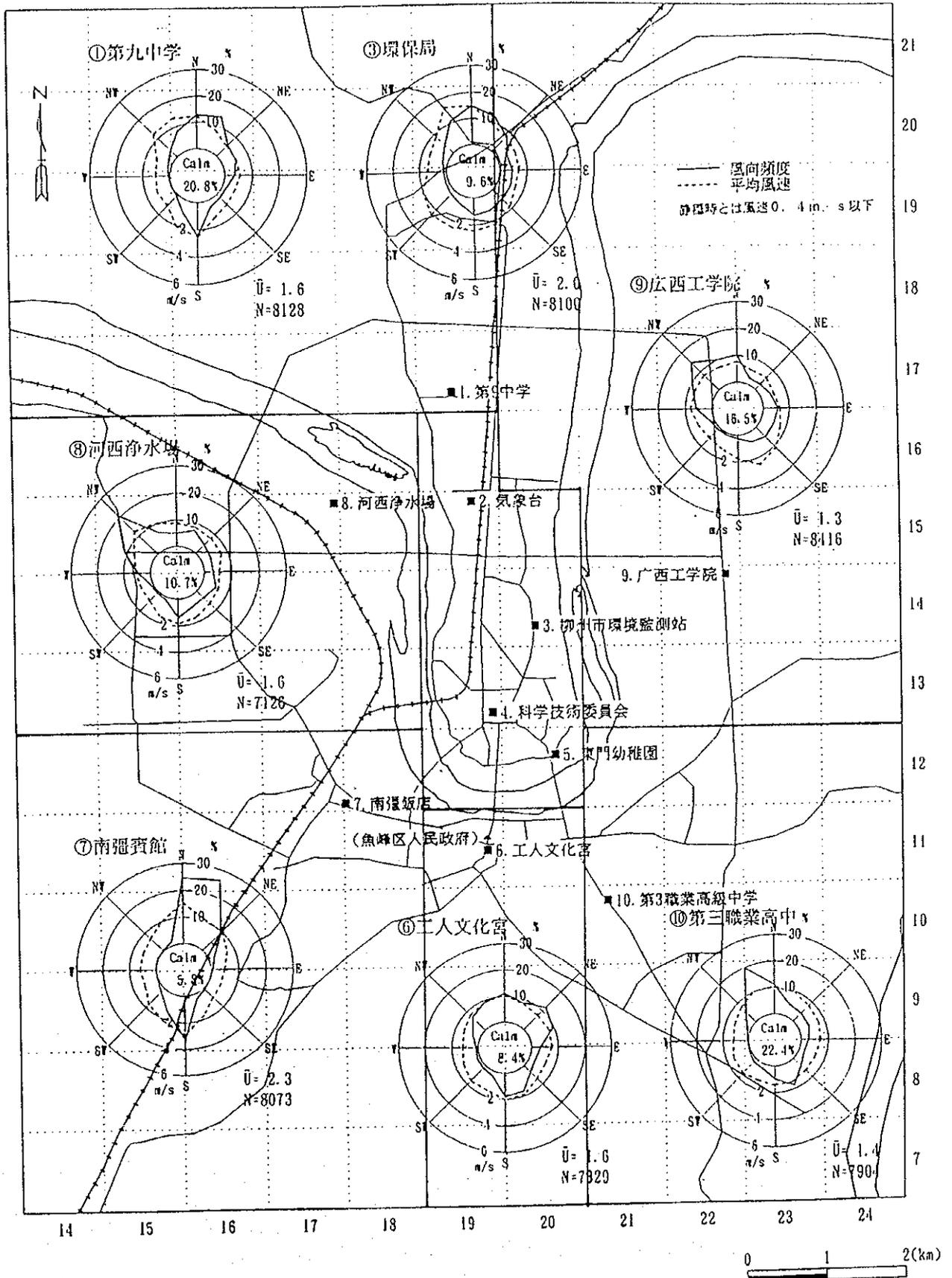


图 5.1.2 气象代表局一览及び气象ブロック区分

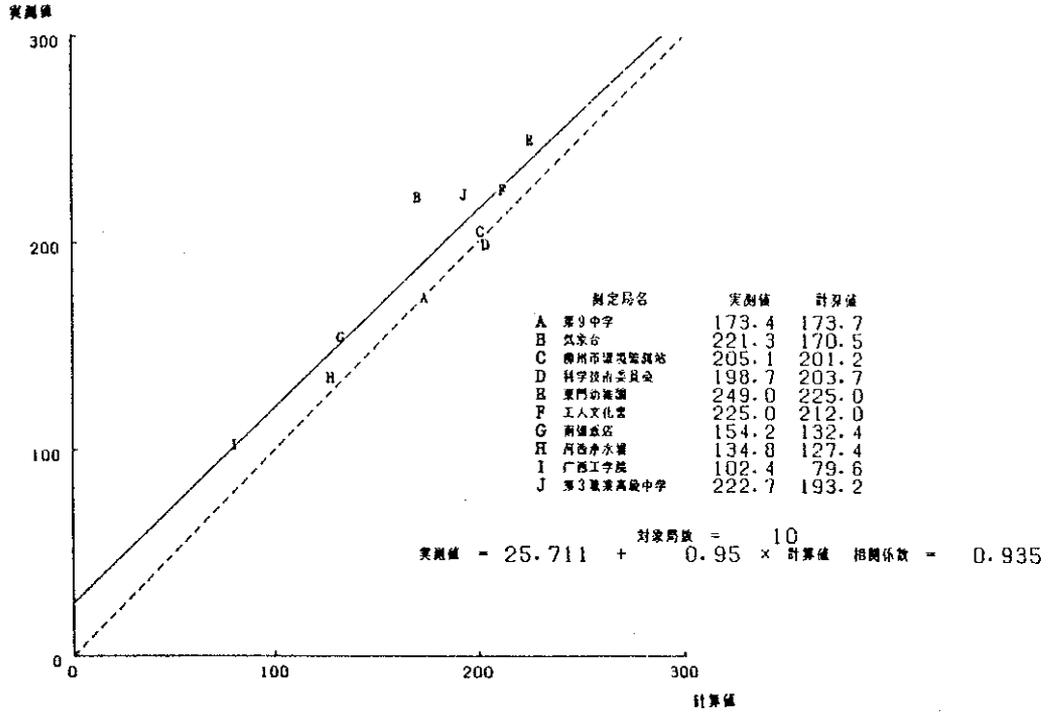


図 5.1.3(1) SO<sub>2</sub> モデルの整合性 年間全日 (単位: μg/m<sup>3</sup>)

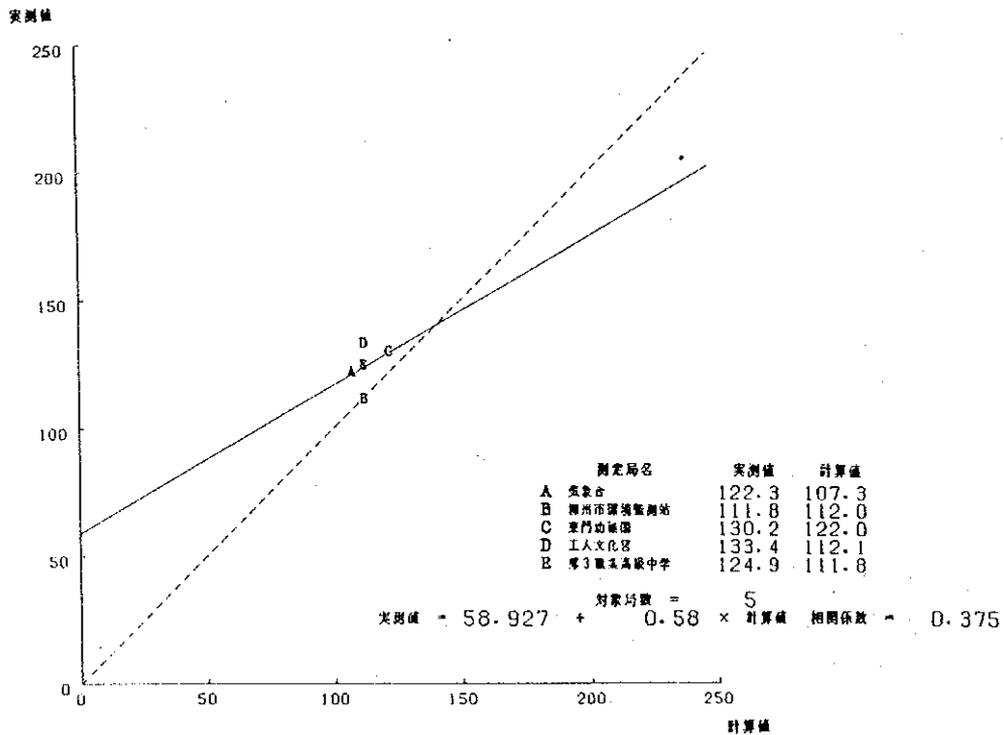


図 5.1.3(2) SPMモデルの整合性 年間全日 (単位: μg/m<sup>3</sup>)

### 5.1.9 現状環境濃度の予測

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、現状の汚染状況に関して整理した。

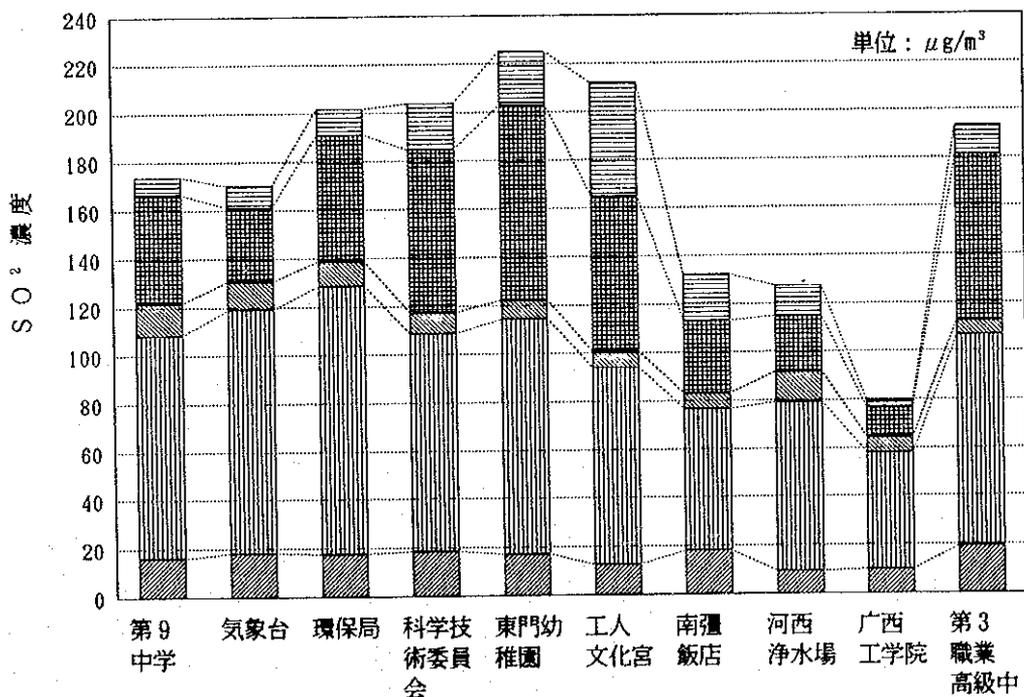
#### (1) 測定局における発生源種類別及び項目別平均濃度表

各測定局におけるSO<sub>2</sub>、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 5.1.8 測定局の発生源別寄与濃度 (SO<sub>2</sub>) 単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , ( ) 内は%

項目 測定局	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)
环保局	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SO<sub>2</sub>濃度。  
「計算値」は、発生源毎の計算値の合計。



凡例) 工場下層, 工場中層, 工場上層, 自動車, 家庭, 飲食店

図 5.1.4 各測定局の発生源別濃度 (SO<sub>2</sub>)

表 5.1.9 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	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。

(2) メッシュ計算濃度のランク別分布

SO<sub>2</sub> 合計濃度 (SO<sub>2</sub> のバックグラウンド濃度 16.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を加えて推計) を、メッシュ別に計算し、500mメッシュ毎のSO<sub>2</sub> 濃度をランク別の出現状況として整理したものを以下に示す。

表 5.1.10 SO<sub>2</sub> 年平均値濃度のランク別メッシュ数

項 目		SO <sub>2</sub> 年平均濃度のランク ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				計
		60以下	60 ~80	80~100	100以上	
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  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を加えて推計) を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、年平均環境目標値 (後述) を参考にしている。

表 5.1.11 SPM年平均値濃度のランク別メッシュ数

項 目		SPM年平均濃度のランク ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				計
		55以下	55 ~74	74 ~92	92 以上	
メ ッ シ ュ 数		0	114	222	324	660
構 成 率 ( % )		0.0	17.3	33.6	49.1	100.0

## 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、SO<sub>2</sub>に係る短時間シミュレーションモデルを作成した。

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導入した。

'94年11月の高層気象観測期間では、SO<sub>2</sub>の任意時3級基準である0.7mg/m<sup>3</sup>を超えた値が連日測定されているが、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。図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山型のピークに関しては、良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この期間の発生源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実測値とあっており、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。

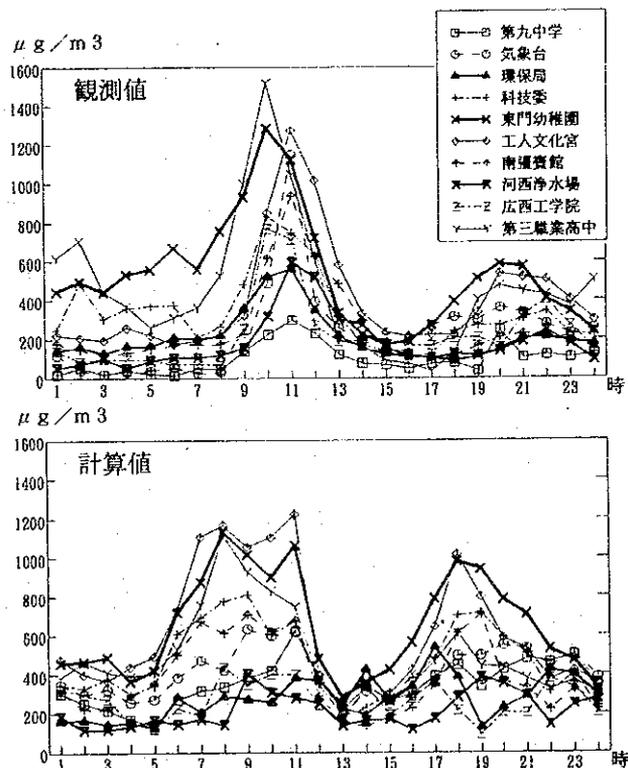


図 5.2.1 SO<sub>2</sub>の観測値と計算値の時刻別の比較

表 5.2.1は、発生源別の寄与率を示す。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（前項参照）70m未満の煙突の寄与は42～62%であることから、高濃度時においては、低煙源をもつ工場・事業場からの排煙がSO<sub>2</sub>高濃度の要因となっていることが判る。

一方、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、高濃度時における民生の寄与は年平均における寄与よりも小さいものとなっている。

表 5.2.1 煙源種別の寄与率(%)

測定局	工場・事業場		家庭	測定局	工場・事業場		家庭
	高煙突	中煙突	飲食店		高煙突	中煙突	飲食店
第九中学	18.3	78.2	3.5	工人文化宮	10.8	59.2	30.0
气象台	14.9	79.6	5.5	南疆賓館	11.0	68.5	20.5
環保局	25.4	71.8	2.8	河西浄水場	16.8	73.1	10.1
科技委	14.0	76.7	9.3	広西工学院	22.3	74.6	3.0
東門幼稚園	13.3	77.1	9.6	第三職業高中	19.7	76.3	4.0

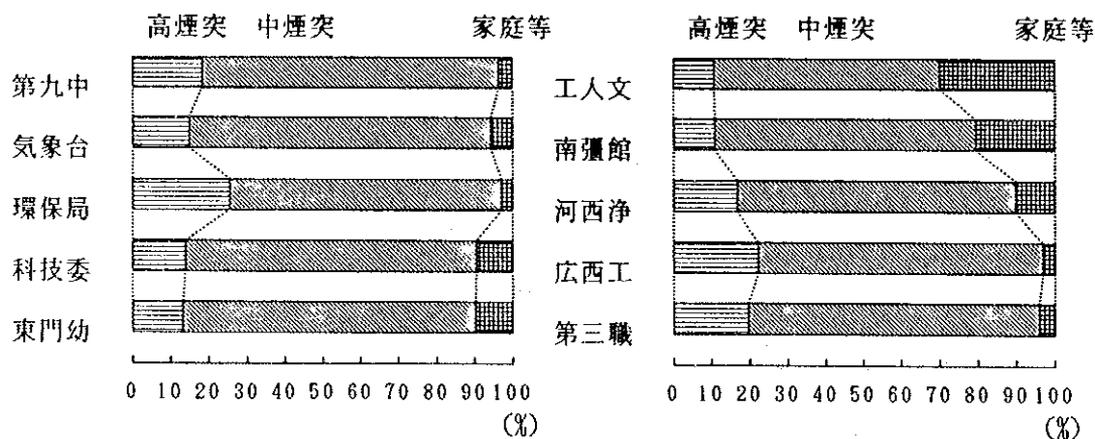


図 5.2.2 高濃度時における煙源別寄与率(%)

## 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、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

(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。

(b)SO<sub>2</sub>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。
- ・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SO<sub>2</sub>、SPMの年平均値を環境基準と比較すると、SO<sub>2</sub>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、約30%程度が基準を満足していない。

また、メッシュについては、3級の環境基準を超過するメッシュは、SO<sub>2</sub>、SPMでそれぞれ約56%、49%、2級基準は、約88%、100%であることが判った。

(2) 発生源種類別濃度分布

SO<sub>2</sub> の計算値について、以下の区分に基づく各々の発生源種類別寄与割合を調べた。

表 5.3.1 メッシュにおけるSO<sub>2</sub> 年平均濃度ランク別発生源別寄与割合

項目 SO <sub>2</sub> 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 <sup>3</sup> 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 <sub>x</sub> 排出量 (計74,943)	t/年 (%)	5658 ( 7)	49245 ( 64)	14302 ( 19)	26 ( 0)	5234 ( 7)	2477 ( 3)

計算対象とした発生源のうち、SO<sub>x</sub> 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SO<sub>2</sub> 濃度（着地濃度）では72%と、相対的に家庭や飲食店などの影響が大きくなっていることが判る。

図 5.3.1(1) 発生源種類別  
排出量割合 (%)

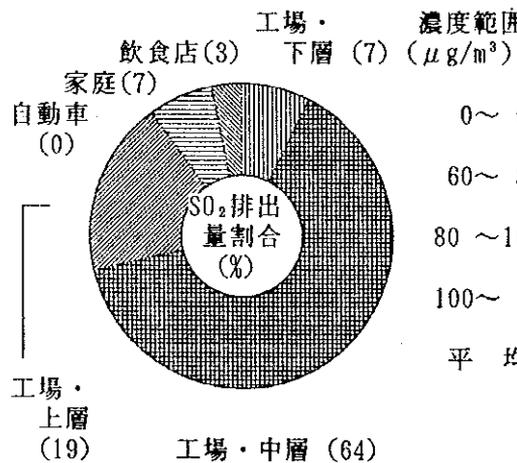
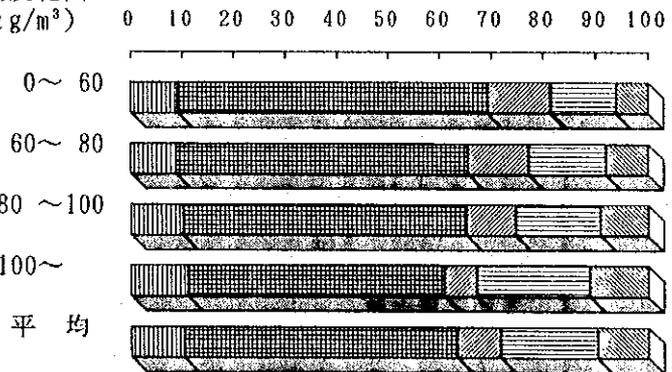


図 5.3.1(2) 発生源種類別  
濃度寄与割合 (%)



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

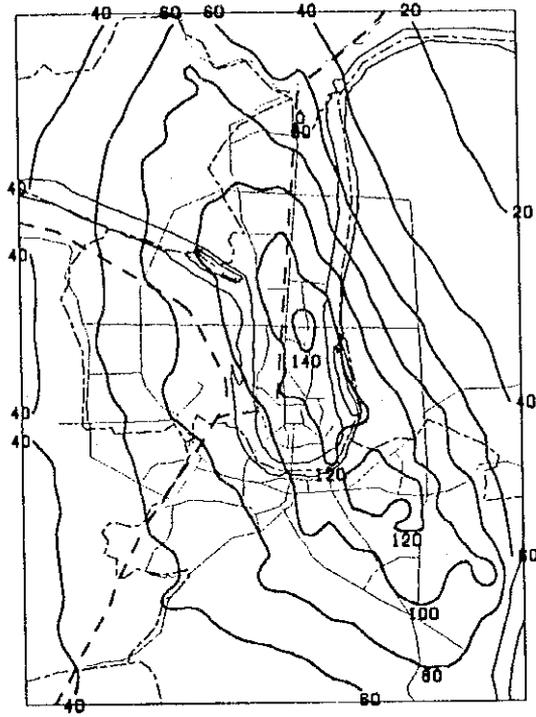


図 5.3.2(1) S O<sub>2</sub> 等濃度線図 (工場等- 1994年)  
(単位 : μg/m<sup>3</sup>)

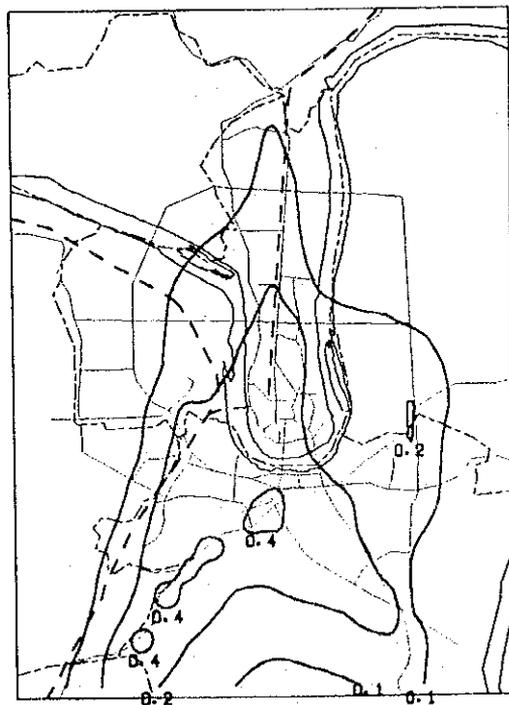


図 5.3.2(2) S O<sub>2</sub> 等濃度線図 (自動車- 1994年)  
(単位 : μg/m<sup>3</sup>)

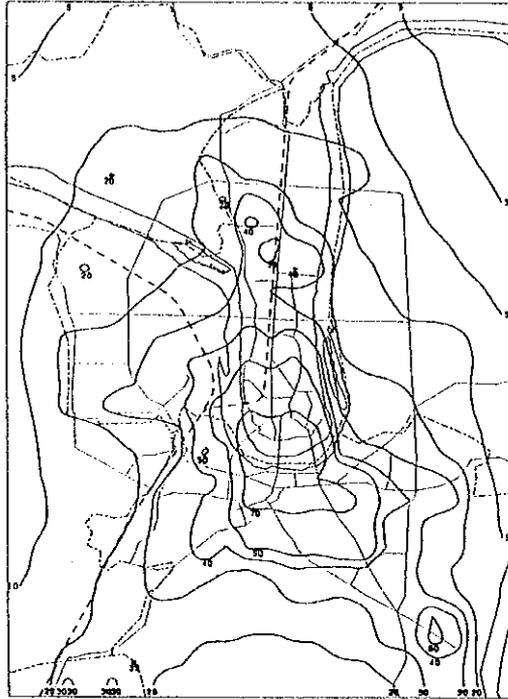


図 5.3.2(3) SO<sub>2</sub> 等濃度線図 (家庭 - 1994年)

(単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

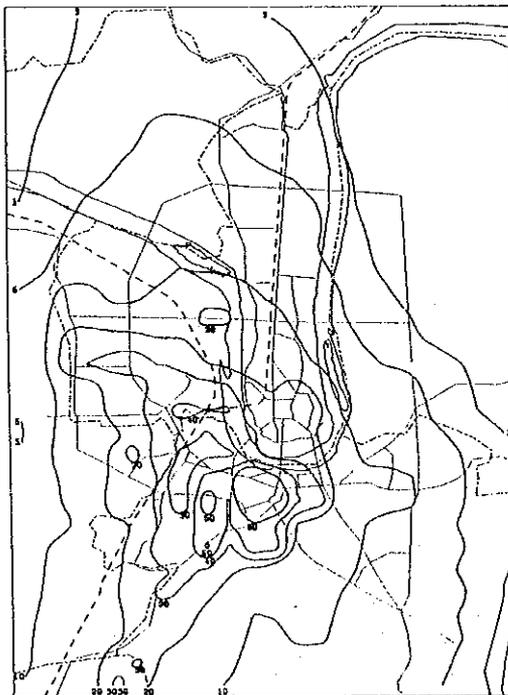


図 5.3.2(4) SO<sub>2</sub> 等濃度線図 (飲食店 - 1994年)

(単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

## 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燃料価格の上昇や燃料使用の多様化等の進行により、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

##### (1) 予測方法

##### 1) 既設工場

- ・ 主要国営工場：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推測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、その計画を適用する（7章参照）。

##### (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、煤炭使用量・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6.1.1のように設定した。

表 6.1.1 業種別発生源の伸び

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

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、石炭使用量の伸率は7.1%/年と、柳州全市の生産用煤炭使用量の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。

#### 6.1.2 自動車

柳州市の自動車登録台数の推移は表 6.1.2のとおりであり、近年ではモーターサイクルの増加が著しい。

表 6.1.2 自動車登録台数の経年変化（柳州市）

年 車種	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	93/ 86	年平均 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
モーターサイクル	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は公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 6.1.3のとおりである。

表 6.1.3 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
モーターサイクル	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、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。

### 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别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6.1.4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 6.1.4 民生の燃料使用量の将来予測結果

項目 年	人口 (千人)	成型炭 ( t/ 年)	都市ガス (万m <sup>3</sup> /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6.1.5に示す。2000年の総排出量は硫黄酸化物が13.7万、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 6.1.5(1) 発生源別将来排出量 (2000年)  
t/年, ( ) 内%

発生源	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( 100)	15,872(91.8)
自動車	42(0.03)	—	1,610( 9.2)
合 計	137,011( 100)	36,322( 100)	17,482( 100)

表 6.1.5(2) 発生源別将来排出量 (2005年)  
t/年, ( ) 内%

発生源	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( 100)	20,666(89.6)
自動車	61(0.04)	—	2,391(10.43)
合 計	170,882( 100)	52,199( 100)	23,057( 100)

また1994年と2000年、2005年の総排出量の比較は表6.1.6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1.78倍、煤塵が1.28倍、窒素酸化物が1.83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2.22倍、煤塵が1.84倍、窒素酸化物が2.41倍となり、伸び率からみれば窒素酸化物が一番大きい。

表 6.1.6 1994年と2000年、2005年の排出量比較

t/年

物質 \ 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)

注) ( ) 内は1994年からの伸び率

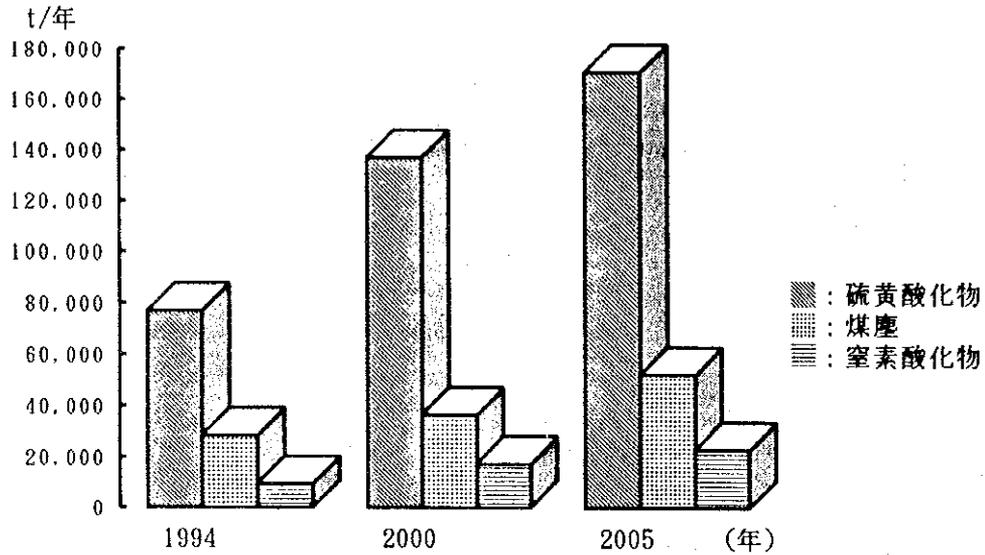


図 6.1.1 1994年と2000年、2005年の排出量

## 6.2 将来環境濃度予測

将来（2005年）のSO<sub>2</sub>、SPM環境濃度を推計し、無対策将来（現行の趨勢型で推移した場合の推計値で、工場・事業場や民生発生源対策等を含まない。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

予測方法は、以下のとおり。

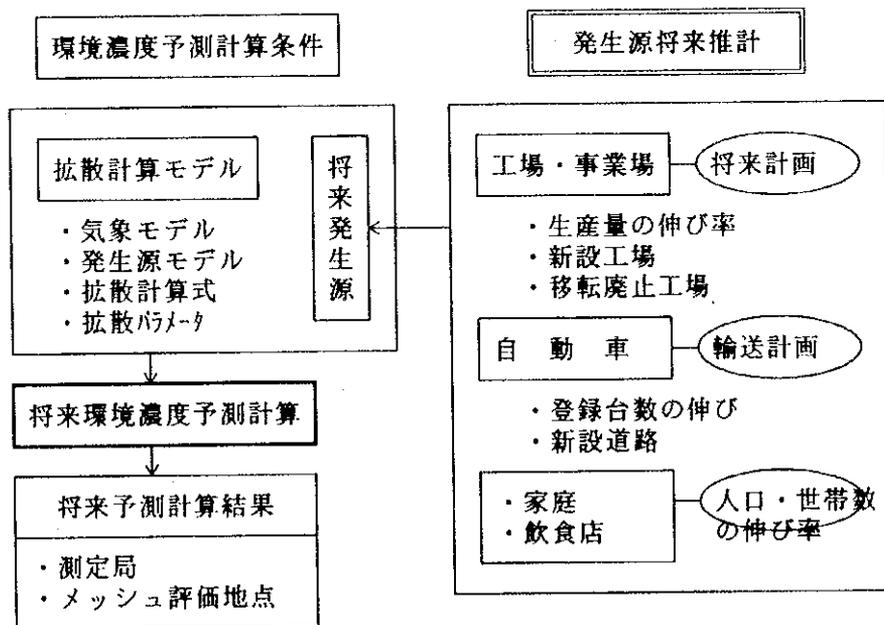


図 6.2.1 将来環境濃度予測方法

#### (2) バックグラウンド濃度の推計

表 6.2.1 将来のバックグラウンド濃度の設定

物質	現状バックグラウンド濃度 (μg/m <sup>3</sup> )		汚染物質排出量 (t/年)		将来のバックグラウンド濃度 (μg/m <sup>3</sup> )
	うち自然界		現 状	将来 (対現状比)	
SO <sub>2</sub>	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

### 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SO<sub>2</sub>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、発生源ごとの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 (SO<sub>2</sub>)単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , ( ) 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、バックグラウンド( $a_0$ )を含む(現状の補正係数を適用)。  
「計算値②」は、( $a_0$ )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:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , ( ) 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、バックグラウンド( $a_0$ )を含む(現状の補正係数を適用)。  
「計算値②」は、( $a_0$ )を含まない値。

## (2) メッシュ計算結果のランク別濃度分布

SO<sub>2</sub>、SPMのメッシュ別計算濃度値を図 6.2.2~図 6.2.3に表示した。

## (3) 環境基準との比較

各測定局及びメッシュ中心点におけるSO<sub>2</sub>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3級基準超過の地点は88%以上であった。

表 6.2.4 SO<sub>2</sub> 年平均濃度のランク別メッシュ数 (単純将来)

項目	SO <sub>2</sub> 年平均濃度のランク ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				計
	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

SPMでは、約90%のメッシュで年平均の3級目標値(6.3参照)を超過。

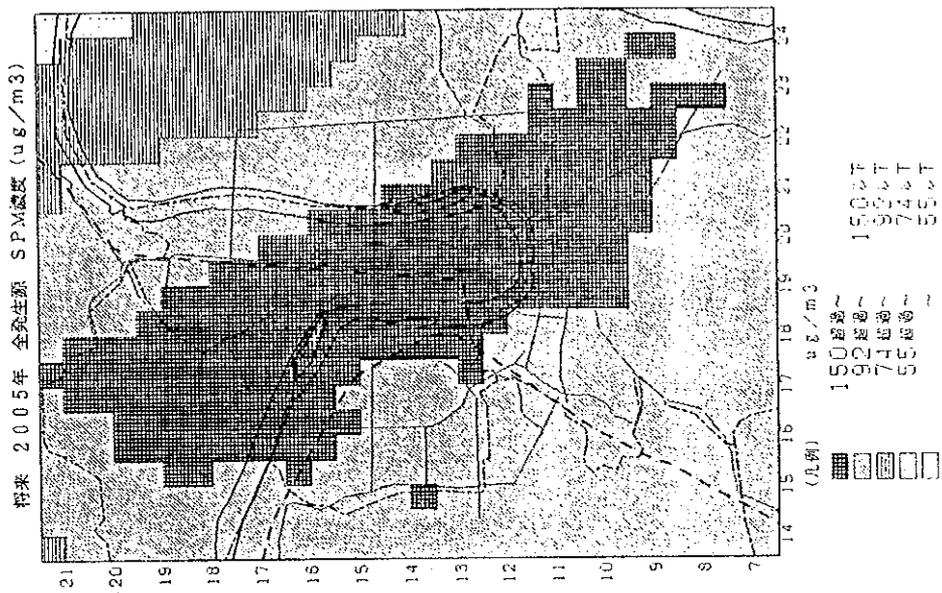


図 6.2.2 SO<sub>2</sub>メッシュ濃度図 単純将来(2005年) (単位: μg/m<sup>3</sup>)

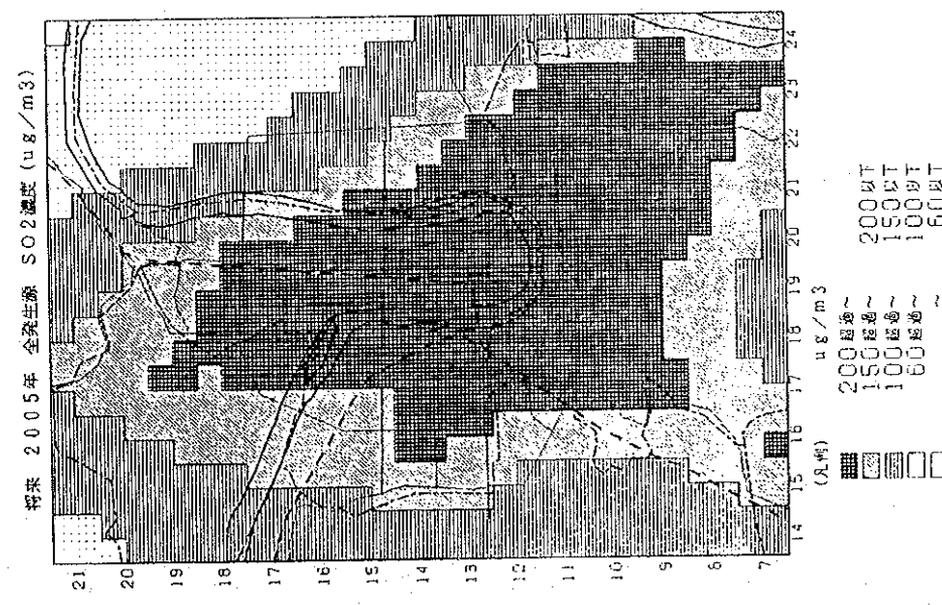


図 6.2.3 SPMメッシュ濃度図 単純将来(2005年) (単位: μg/m<sup>3</sup>)

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 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				計
	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

(4) 発生源種類別寄与割合

将来における $\text{SO}_2$ 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。

表 6.2.6 メッシュにおける $\text{SO}_2$ 年平均濃度ランク別発生源別寄与割合

項目		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			
$\text{SO}_2$ 濃度ランク							
	0 ~60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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
$\text{SO}_x$ 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 (%)

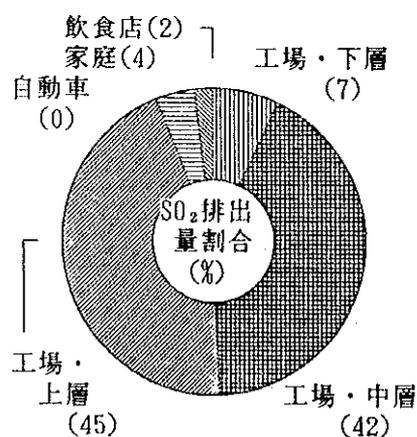
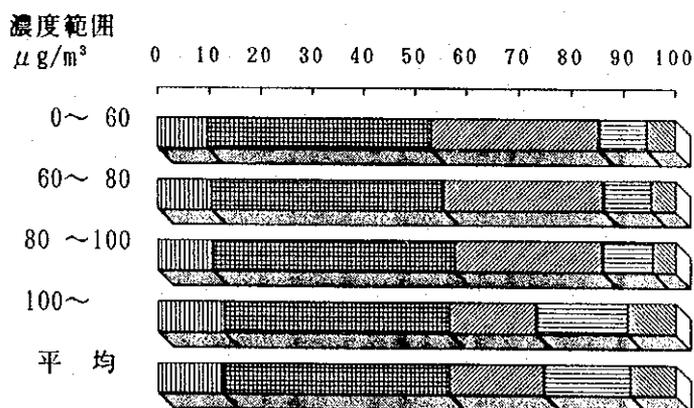


図 6.2.4(2) 発生源種類別寄与割合 (%)



凡例：|||| 工場下層    |||| 工場中層    \\\ 工場上層    ■■ 自動車    ■■ 家庭    \\\ 飲食店

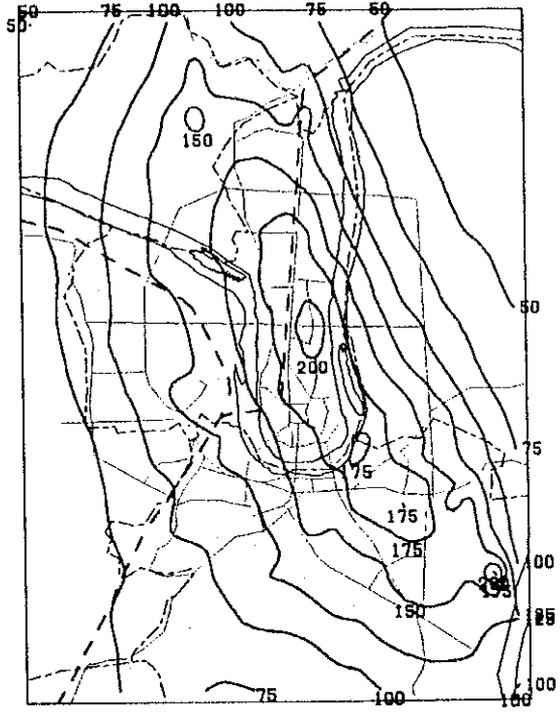


図 6.2.5(1) SO<sub>2</sub>等濃度線図(工場・事業場) 将来 2005年  
(単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

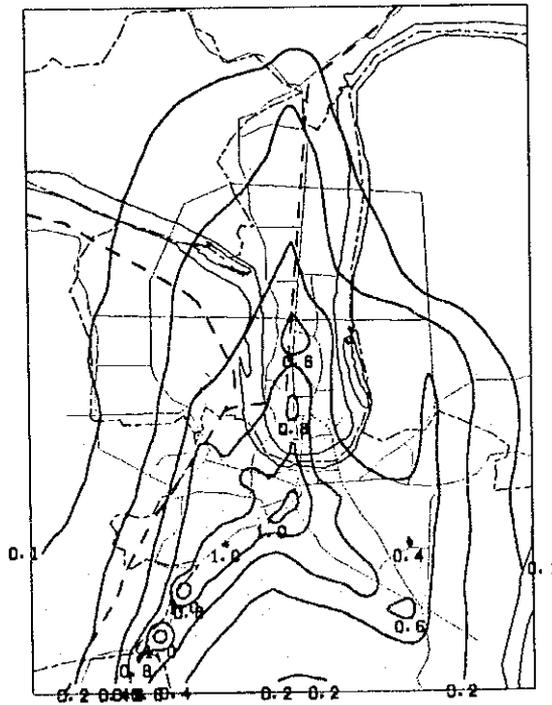


図 6.2.5(2) SO<sub>2</sub>等濃度線図(自動車) 将来 2005年  
(単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

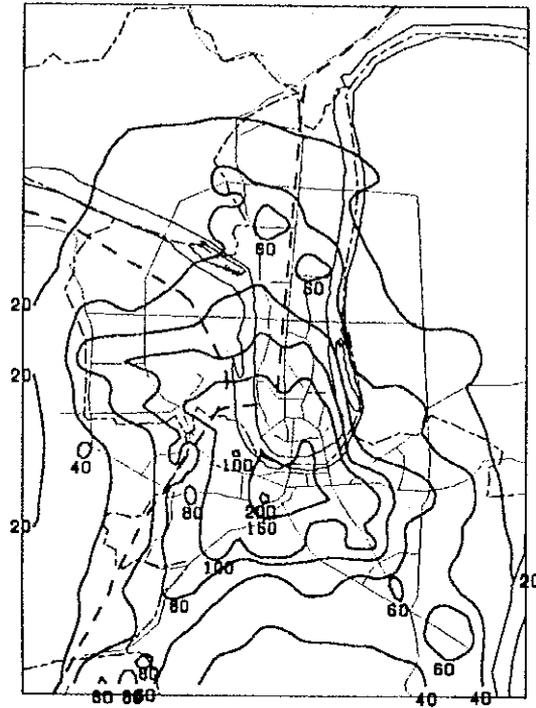


図 6.2.5(3) SO<sub>2</sub>等濃度線図（家庭） 採来 2005年  
 （単位：μg/m<sup>3</sup>）

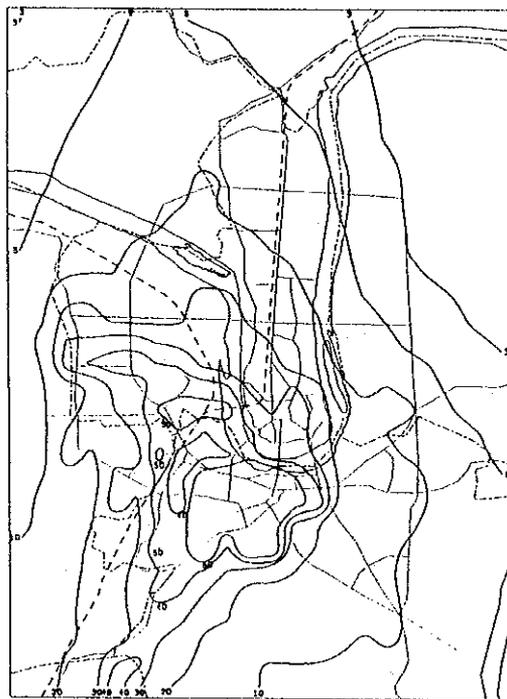


図 6.2.5(4) SO<sub>2</sub>等濃度線図（飲食店） 採来 2005年  
 （単位：μg/m<sup>3</sup>）

### 6.3 環境目標値の設定

#### (1) 設定方法の概略

将来における環境目標値の設定には、

- ① 現況測定の日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（直接回帰法）。
- 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

の二つの方法がよく利用されている。

#### (2) 環境目標値の設定

前記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。

- ① SO<sub>2</sub>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60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。
- ② SPMは、日平均の基準値から求めた年平均値55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。
- ③ 同様に、NO<sub>x</sub> は42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

と設定した。

表6.3.3 環境目標値の設定

単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$

項目 測定地点	二酸化硫黄(SO <sub>2</sub> )			浮遊粒子状物質 (SPM)		窒素酸化物 (NO <sub>x</sub> )	
	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広西工学院			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<sub>x</sub>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。