

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を知ることが目的として、主要発生源を対象にした削減シミュレーションを適用し排出量レベルを定量的に試算した。

6.4.1 SOx削減量の感度分析

単純将来の測定局を対象に、発生源毎の簡易削減計算により感度を調べた。下図は、工場等と民生を個別に削減した場合の基準超過メッシュ数の変化状況である。

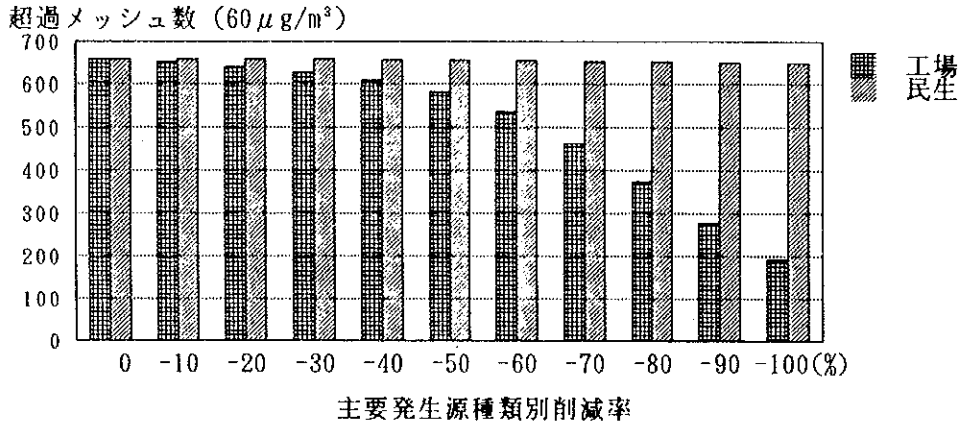


図 6.4.1 削減計算による感度分析 (2級基準)

6.4.2 削減シミュレーション

(1) 削減シミュレーションの方法

1) 規制方式及び対象工場の選択

[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) 削減パラメータ

$Q = a W^b$ のパラメータ(a, b) の値を、感度分析により検討する。

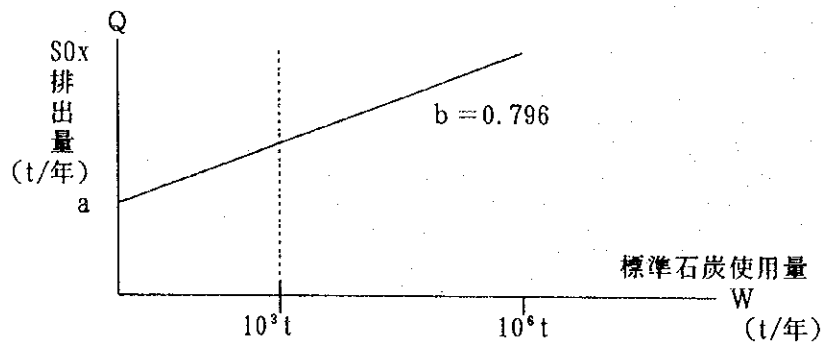


図 6.4.2 パラメータ(a, b) の設定案

(2) 削減計算結果

1) 削減ケースの設定

民生（家庭・飲食店）施設は地域環境への影響が大きいことから、「都市ガス」や「LPG」の導入が望ましい。従って、本章では、目標年の2005年において「ガス化事業」が実行可能性と仮定して、「ケース1」として評価したのち、ケース「2、3」では、前提条件として取り込んだ評価を行った。

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 6.4.2 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 6.4.3 超過測定局及びメッシュ数（年平均目標値との比較）

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、3地点のメッシュで基準が未達成で残るが、これらの地点では、ローカルな発生源対策の検討が必要と考えられる。

(3) 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 6.4.4(1) SO₂ 年平均濃度のランク別メッシュ数 (ケース1)

項目	SO ₂ 年平均濃度のランク (μg/m ³)				計
	60以下	80	100	100以上	
メッシュ数	10	42	88	520	660
構成率 (%)	1.5	6.4	13.3	78.8	100.0

表 6.4.4(2) SO₂ 年平均濃度のランク別メッシュ数 (ケース2)

項目	SO ₂ 年平均濃度のランク (μg/m ³)				計
	60以下	80	100	100以上	
メッシュ数	423	218	18	1	660
構成率 (%)	64.1	33.0	2.7	0.2	100.0

表 6.4.4(3) SO₂ 年平均濃度のランク別メッシュ数 (ケース3)

項目	SO ₂ 年平均濃度のランク (μg/m ³)				計
	60以下	80	100	100以上	
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「A-P」法による許容排出量の計算結果から、当該地域における排出量レベルを試算した。

「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」が総排出量で約 3.0万ト、うち工場・事業場が約 2.9万ト、民生等が約 0.7万トとなっているのに対して、後者の「A-P」モデルでは総排出量で約 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

柳州市における大気汚染状況の解析結果を基に、汚染防止の上で必要とされる対策について技術、及び組織・制度面からの検討を行い、投資費用の合理性に配慮しながら実施可能な総合対策計画案を策定した。

7.1 基本方針

柳州市は、中国の典型的な内陸型重工業都市であり、当市の大気汚染の特徴は、次のようにまとめることができる。

- 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）

柳州市としてもこのような事態を深刻に受けとめ、自らの努力により、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いたらず、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。

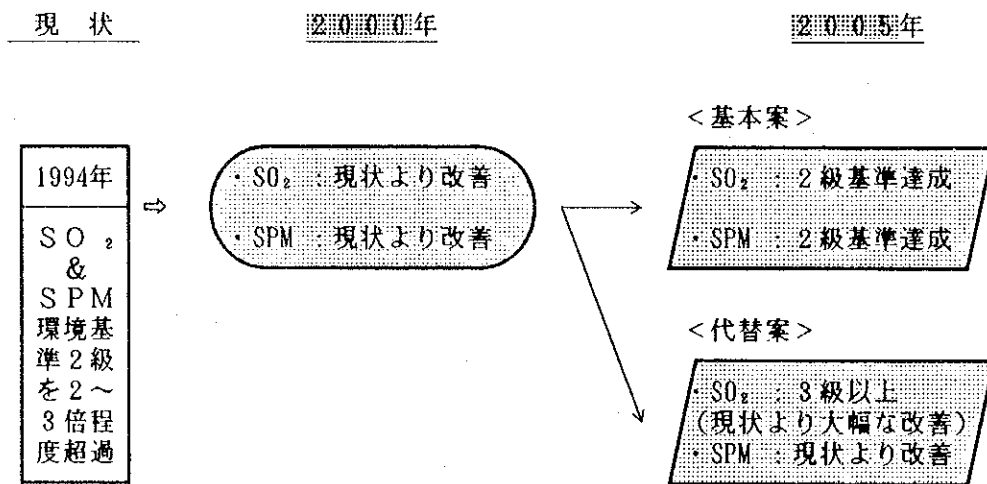
7.1.1 対策の目標

現在の柳州市における大気汚染の原因とされる大部分は、固定発生源によるものであることが判明した。従って、総合対策計画の立案に当たっては、この点を重要視することにする。一方、近年の著しい中国の経済発展を考慮した場合、移動発生源からの影響も看過できないことから、本調査の範囲内で検討した。

(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。なお、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、加えて、CO、HC、O₃もある程度考慮する。
- 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。
- 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。



(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城中区、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

(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、排煙処理設備などのハードウェアに係る技術的対策と規制制度などのソフトウェアによる非技術的対策がある。

技術的対策面では、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气汚染の防止・軽減用の施設を設置するなどの対策がある。

非技術的対策面の対策としては、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り、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、ソフト面の費用については、仮定が多く算出が困難であるので本調査では評価を行わないこととする。

(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、対策の中で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体が、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。更に、実施に当たってはコークス炉ガスの精製装置の導入や安全な都市ガス供給への配慮が必要である。

(3) 対策実施の容易性

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効果的な対策を重視し、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、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できるのであれば、最も簡便である。

政府に係るものの代表例が、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ネルギー政策などは、その実行は企業だけではできないが、行政側のリードがあれば可能であろう。

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必要がある。

(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、低脱炭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。

大気汚染対策として期待できる項目には、次のようなものがある。

- ・SO₂の削減
- ・SPMの削減
- ・省エネルギー
- ・行政能力の向上
- ・管理能力の向上
- ・市場経済の発展

(6) 実施費用

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。

(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の間には、基本的に大きな相違はないので、積極的に取り込むこととし、市の計画との整合性に留意して、大気汚染対策の推進を図る。

(8) 優先順位

緊急性を有し、高い技術レベルや高度の資本投資を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。

(9) 実施時期

各対策の実施に関しては、次のような3期に分けた適用を図る。

- ①短期計画：2000年までに実施
- ②中期計画：2005年までに実施
- ③長期計画：2006年以降に実施

また、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、発生源監視と環境監視の観点から策定する。

7.2 対策の現状

7.2.1 規 制

中華人民共和国大気汚染防止法では、煤塵汚染を防止するために次のような国家規定がある。

- ① 排出規制
- ② 燃料改善
- ③ 省エネルギー
- ④ 追加規制制度

7.2.2 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 km メッシュごとの汚染物質の濃度を算出して汚染状況を監視する。

- ・ 23 m 以上の煙突を有する工場では排煙脱硫を実施する。
- ・ 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。
- ・ 都市ガスとLPGの普及を推進する。
- ・ 工場移転を積極的に推進する。
- ・ 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。
- ・ 海外の先進的で実用的な技術の導入と新技術を開発するための環境保全技術開発中心及び産業技術中心、環境専門設計院を設立する。

具体的な対策の概要は以下の通りである。

(1) 都市ガス化

柳州鋼鉄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・二期が 2,500m³/hで 3.2万戸分（全体の 20%）であり、第三期は 6,500m³/hで合計 9,000m³/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 2,400トン削減できると試算している。

(2) 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。そのため供熱対象工場のボイラーが廃止される。

(3) 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%以上とする。また、高効率除塵器の採用、炉内脱硫法を導入して煤塵とSO₂を低減する。

(4) 発電所脱硫装置

出力 200 MW 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。

(5) 工場移転

辛品廠、冶煉廠などを移転して、生産性の高い設備に更新し公害対策を行う。

(6) 硝酸製造装置の排ガス処理

化肥廠の硝酸製造装置の排ガス中のNO₂をNa₂CO₃で処理する計画である。

(7) 焦炭炉ガスの精製

柳州鋼鉄廠の焦炭炉ガスに脱硫装置を設置する。規模は 42 門の焦炭炉 2 基に湿式脱硫・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。

(8) その他の対策

- ①エネルギー対策…市街地の 1 t/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。
- ②天然ガス開発…… 1983 年に天然ガスの探査を行ったが発見できなかった。しかし今後も探査を継続する予定である。
- ③SO₂徴収金……発生SO₂ 1 kg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。

- ④排ガス測定………煤塵とSO₂は1年に2回測定する事が義務づけられているが
自社の測定は皆無で環保局が測定しているが実績は少ない。

(9) 技術者の養成

①ボイラー技術者

鍋炉は有資格者で無ければ運転はできない。資格は全国統一の養成制度により
市の労働局が行う講習会を受けて試験に合格すれば与えられる。

資格には初、中、高の3種類があり初期の資格期間は4年間で、それ以後は講
習会と試験を経て順次に上がっていく。有資格者は職が保証され待遇も一般より
高い。

②排ガス処理関係講習会

環保局が年一回排ガス処理法の講習会を行っている。ボイラーの新設時には勞
働局と共同で環境保護法、省エネルギー、熱効率向上、排ガス処理法、騒音対策
について講習を行っている。

(10) 発生源の監視・測定

柳州市では独自の排出基準を制定していないことから、国の基準に基づいた排出
規制が実施されている。

柳州市環境保護局では、監視中心による定期的な現場測定と必要に応じた抜き打
ち測定を行っている。

7.3 大気汚染物質の削減技術

大気汚染物質の発生源に対しては、通常、排出基準等の法的規制があり、それを遵
守するために必要な種々の削減対策が実施される。排出基準のみで環境基準を達成で
きないときは、排出基準を強化するか汚染物質の排出量を削減するかいずれかの対策
が必要である。

汚染物質の削減は一般に高価な経費を伴うものが多く、国情に応じた実施可能な削
減技術を選定しなければならない。

柳州市が行っている汚染防止対策は主として煤塵の削減に重点をおいたものである
が、SPM、SO₂とも十分な効果を挙げていない。

本調査では2級の環境規準を2005年に達成することを目標として対策の緊急性、
対策の容易性、対策効果、実用性などを重視した対策および柳州市の対策との整合性
を取った汚染物質の削減方法を検討した。

今回の調査で採用した削減方法及び将来必要となる各種対策技術を次表に示した。

表 7.3.1 削減方法と対策技術の概要

項目	削減方法	対策技術
1. 燃料対策	1. 良質炭の導入 2. 貯炭場の整備 3. 選炭技術 4. 成型炭製造法 5. 都市ガス化 6. 石炭液化 7. 石炭ガス化 8. 石炭スラリー 9. 石油系燃料転換	(1) Jig選炭法 (2) 微生物脱硫法 (1) コークス炉ガス (2) 増熱ガス (1) COM, (2) CWM (1) 小型ボイラー
2. 設備対策	1. 循環流動層 2. 炉内脱硫 (循環流動層) 3. 選炭と循環流動層の組合せ法 4. 高効率発電技術 5. 生産設備	(1) 気泡型流動層 (2) 循環型流動層 (3) SO _x の除去 (4) NO _x の抑制, (5) 経済性 (1) 石炭ガス化複合発電 (2) 加圧流動ガス化複合発電 (1) 化学工場等, (2) 鉄鋼
3. 燃焼管理対策	1. 燃焼管理機器の整備 2. 燃焼管理基準	(1) 空気比の管理 (2) 熱発生率 (3) 標準排ガス温度 (4) 設備の保守管理
4. 排煙処理	1. 排煙脱硫 2. 煤塵対策	(1) 石灰石石膏法 (2) 簡易石灰石膏法 (3) 半乾式排煙脱硫法 (4) NH ₃ 脱硫法 (5) 硫化水素脱硫法 (1) 旋回式除塵法 (2) ベンチュリ・水膜式除塵法 (3) 濾過式除塵法 (4) 電気式除塵法 (5) その他の法
5. 省エネルギー	1. 省エネルギー対策 2. 集中供熱	(1) 燃焼管理 (2) 空気予熱 (3) ドレン回収 (4) 業種ごとの対策法 (5) エネルギーフロー管理
6. その他	1. 工場移転 2. 粉塵対策 3. 活性炭製造法 (脱硫剤、吸着剤製造) 4. 石炭灰の利用 5. 高煙突化	(1) セメントへの利用 (2) 高流度コンクリート製造 (3) 煉瓦への利用 (4) 人工軽量骨材 (5) 流動層灰の利用 (1) 局地汚染の改善
7. 移動発生源対策	1. 自動車対策	(1) 渋滞対策他

7.4 実施可能な対策案の選定

前述の大気汚染物質削減技術の中から、柳州市で実現可能な対策案を抽出する。

7.4.1 対策案選定の基本方針

柳州市は、現在、大気2級基準適用都市(TSP, SPM, SO₂, NOX, CO, O₃)として指定されているが、現状の測定結果では、SO₂が年平均値、日平均値の何れの環境基準も未達成であり、SPMも日平均値の基準を超過している。

このような状況から柳州市ではSO₂とSPM対策が重点課題となっており、対策案の選定もこの方針に沿って検討を行った。

具体的な削減方法としてはつぎの3ケースについて検討した。

- ①緊急を要し 2000年までに実施可能な対策。
- ②2005年に環境基準を達成可能な対策。
この場合、SO₂は2級基準、煤塵は非悪化原則を目標とする。
- ③上記、②の対策が費用その他の条件で目標達成が不可能になった場合を想定し2005年に実施可能な対策(代替案)。

発生源対策の重点を以下の項目に置いて、優先的に実行することにした。

- (1)都市ガス化 : 焦炉ガス、増熱ガス、LPGの普及
- (2)燃料転換 : 良質炭の導入、中小ボイラーの石油使用
- (3)柳州電廠の排煙脱硫 : 高効率脱硫の実施
- (4)設備改善 : 沸騰炉の循環流動層への更新
- (5)柳州化肥廠の脱硝 : アルカリ液による吸収除去
- (6)燃焼管理 : 低空気比燃焼による省エネルギー
- (7)工場移転 : 亜鉛工場等の新開地への移転

7.4.2 工場対策

(1) 2000年の対策

1) 主要工場

- ①現用の沸騰炉について循環流動層に更新する。
- ②中小ボイラーを廃止し集中供熱方式を導入する。
- ③中小規模の老朽ボイラーは循環流動層ボイラーへ更新する。
- ④設備が老朽化しており汚染負荷量の大きい工場は新開発区に移転する。
- ⑤都市ガス用のコークス炉ガスの脱硫。
- ⑥火力発電所については高効率除去湿式排煙脱硫法を採用実施する。
- ⑦燃焼管理を行い、燃焼効率の向上による燃料を節約する。
- ⑧煤塵の削減にはベンチュリ・水膜徐塵器、電気徐塵器等を適用する。
- ⑨柳州化肥廠の硝酸プラント排ガスの脱硝の実施。

2) 中小工場

- ①現用の沸騰炉について循環流動層に更新する。

- ②中小ボイラーを廃止し集中供熱方式を導入する。
- ③設備が老朽化しており汚染負荷量の大きい工場は新開発区に移転する。
- ④医院及び飯店で石油系燃料に転換する。
- ⑤燃焼管理を行い、燃焼効率の向上による燃料を節約する。
- ⑥煤塵の削減にはベンチュリ・水膜徐塵器を適用する。

これらの削減方法は、比較的近い将来に実現性の高い方法であるが2級環境基準達成の目標には及ばないものとなっている。

(2) 2005年の対策

1) 主要工場

主要工場に対する 2005 年の対策は 2000 年の対策より対象工場を増加し、以下の項目を追加し、2級環境基準達成を図った。

- ①焙焼炉に石灰液洗浄法を適用する。
- ②一部にS分 2%の精炭及び成型炭を使用する。
- ③鉄鋼廠の煤気炉、煤粉炉に石灰液洗浄法を、焼結炉に簡易石灰石膏法を適用する。

2) 中小工場

中小工場の対策では主要工場の場合と同様に対象工場を増加すると共に以下の項目を追加した。

- ①ガラス溶解炉に苛性ソーダ吸収法を適用。
- ②成型炭及びLPGの使用。
- ③柳州造紙廠のボイラーに苛性ソーダ吸収法を適用。

(3) 2005年の代替案

代替案は削減方法の簡易化により削減率と経費の低減を図り、少なくとも3級基準を確保できることを目的とした。

1) 主要工場

有色冶煉廠、鉄鋼廠、市水泥廠での石灰液による脱硫を取り止め燃焼管理による燃料の節約を図る対策に変更した。

また、柳州電廠に予定していた石灰石膏法を簡易石灰石膏法に変更した。変更理由は廃棄する排水量を減らすこと、装置の運転を容易にすることである。ここでは脱硫率が低下する分を低S 1.4%石炭を使用することでカバーする対策をとった。

2) 中小工場

代替案では中小規模での排煙脱硫は設備費、運転操作などを考慮して 2005 年以降に実施することとし、これらの対策を先送りする方法を考えた。

また、比較的規模の小さい設備での成型炭の使用と燃焼管理によるSO₂の削減を 2005 年以降に延期した。

具体的にはガラス廠、柳江造紙廠、柳州煉瓦廠、辛品有限廠で排煙脱硫装置の導入を延期し、電蓋廠、電氣總廠、中藥總廠、肉連加工廠、皮革集團、自行汽車廠で成型炭の使用と燃焼管理の実施を延期した。

7.4.3 民生対策

対策の概要は、工場対策の場合と同様に 2000、2005年、及び代替案の3ケースついて、表7.4.1 に示した内容とした。

表 7.4.1 民生の対策内容

対象年	対策案	対 策 内 容	備 考
2000年	基本案	①第3期都市ガス供給計画	民生 10.08 万世帯
		②LPG供給計画	供給能力 3000t/年⇒10,000t/年
		③成型炭の普及と脱硫	脱硫率40%
2005年	基本案	①2000年対策	2000年基本案の①, ②, ③
		②完全都市ガス, 広域LPG化	54メッシュ(Km ²)
	代替案	①2000年対策	2000年基本案の①, ②, ③
		②完全都市ガス, 一部LPG化	24メッシュ(Km ²)

7.4.4 対策項目別の削減量

(1) SO_xの削減量

対策項目別に削減量を整理した結果を表 7.4.2に示した。

項目の分類は、汚染負荷量の大きい工場を対象として優先するものとそれ以外とに設定した。

表 7.4.2 対策項目別のSO_x削減量

単位：削減量 (t/年), () 内は削減寄与割合%

対象発生源		2000年	2005年	
			基本案	代替案
工場 事業場	発電所	50,936(58.0)	50,936(36.1)	45,738(37.4)
	製鉄所	0	14,113(10.0)	10,549(8.6)
	集中供熱	16,104(18.4)	21,802(15.5)	21,802(17.8)
	設備更新	8,711(9.9)	14,056(10.0)	13,418(11.0)
	工場移転 (*1)	299(0.3)	3,721(2.6)	3,058(2.5)
	廃止	5,687(6.5)	7,219(5.1)	7,219(5.9)
	その他対策 (*2)	593(0.7)	19,397(13.8)	11,883(9.7)
	小 計	82,330(93.8)	131,244(93.1)	113,667(93.0)
民 生	都市ガス/LPGの普及	3,170(3.6)	3,270(2.3)	3,270(2.7)
	石灰石添加成型炭の普及	2,255(2.6)	2,830(2.0)	2,830(2.3)
	石炭使用禁止地域の設定	-	3,609(2.6)	2,494(2.0)
	小 計	5,425(6.2)	9,709(6.9)	8,594(7.0)
合 計		87,755(100)	140,953(100)	122,261(100)

(*1) 移転に伴う設備更新を含む

(*2) 主として中小施設対策(燃料転換、燃焼管理、排ガス処理対策等)

表から分かるように2005年の基本案では柳州電廠での削減量は全体の36%で最も多く、次いで鉄鋼廠、集中供熱、設備更新の順となっている。

2000年の対策と代替案の場合もほぼ同じ傾向を示し、大発生源以外では集中供熱や設備更新が対象の施設が多いこともあって削減には有効であることを示している。

民生の場合はいずれも2%程度の削減割合である。

(2) 煤塵の削減量

煤塵について対策項目別に整理した結果を、表 7.4.3に示した。

柳州電廠ではすでに電気除塵器を設置済みとして扱っているため削減量は0になっている。

したがって、基本案では鉄鋼廠の削減量が約1.1万トンで最も多くなっており、ついで集中供熱、設備更新となっている。また、代替案でもほぼ同様な傾向を示している。

民生では都市ガスとLPGの使用による削減量が殆どを占めている。

表 7.4.3 対策項目別の煤塵削減量

単位：削減量 (t/年), () 内は削減寄与割合%

対象発生源		2000年	2005年	
			基本案	代替案
工場 事業場	発電所 (*1)	0	0	0
	製鉄所	6,156(50.1)	11,152(35.5)	11,036(35.9)
	集中供熱	2,345(19.1)	3,124(10.0)	3,124(10.2)
	設備更新	1,415(11.5)	2,258(7.2)	2,101(6.8)
	工場移転 (*2)	54(0.4)	626(2.0)	557(1.8)
	廃止	1,773(14.4)	2,277(7.3)	2,277(7.3)
	その他対策 (*3)	192(1.6)	10,946(34.9)	10,850(35.3)
	小計	11,935(97.2)	30,383(96.8)	29,945(97.4)
民生	都市ガス/LPGの普及	345(2.8)	356(1.1)	356(1.2)
	石灰石添加成型炭の普及	0	0	0
	石炭使用禁止地域の設定	-	655(2.1)	452(1.5)
	小計	345(2.8)	1,011(3.2)	808(2.6)
合計	12,280(100)	31,394(100)	30,753(100)	

(*1) 柳州電廠は、電気集塵器の設置が計画されており、削減量は22,248t/年である。

(*2) 移転に伴う設備更新を含む

(*3) 主として中小施設対策（燃料転換、燃焼管理、排ガス処理対策等）

(3) 柳州電廠の対策効果

柳州電廠の対策は汚染物質の負荷量が多いことから硫黄酸化物については排煙脱硫で、煤塵は電気除塵器（既設）を適用する対策を中心とした。排煙脱硫効率は98%と70%の二種類を選定した。

基本案での硫黄酸化物の削減量は約 51,000 t/y で削減効果が大きく400 MWh の運開に合わせて基本案を実施して大気汚染の悪化を軽減する必要がある。

7.5 対策効果のまとめ

7.5.1 対策後の汚染物質総排出量

(1) SO_x排出量

発生源としては工場・事業場、民生、自動車があり、1994年での発生量はそれぞれ6.9万トン、0.77万トン、0.0027万トンであり工場・事業場が90%を占めている。

この傾向は2005年においても変わらないため、発生源別の対策は工場・事業場を重点とした。

表 7.5.1 発生源別 SO_x の総排出量

単位：t/年

	対策種類	工場・事業場	民生	自動車	合計
現状（1994年）	——	69,205	7,711	27	76,943
将来（2000年）	無し	128,161	8,808	42	137,011
	有り	45,832(64.2)	3,383(61.6)	42	49,257(64.0)
将来（2005年）	無し	160,476	10,345	61	170,882
	基本案	29,232(81.8)	637(93.8)	61	29,930(82.5)
	代替案	46,808(70.8)	1,752(83.1)	61	48,560(71.6)

2000年における無対策時のSO_xの総排出量は約13.7万トンで、そのうちの約94%が工場・事業場から排出し、残りの約0.88万トンが民生と自動車から排出されると推計されている。

①2000年の対策によりSO_xの量は、工場・事業場で約64%、民生で約62%の削減が見込まれ、対策後の総排出量を約4.9万トンに低減することが可能であるが、この状況でもSO₂の3級環境基準を達成ことはできない。しかし、緊急性や実現性の観点から考えれば実施する必要性のある対策である。

②2005年の基本対策では、工場・事業場で約82%、民生で約94%を削減する。その結果、総排出量は約2.99万トンとなり2級環境基準を達成することができる。

③また、2005年の基本対策に変わる代替案では、工場・事業場での削減率が70%に減少し、民生では83%に低下することから、総排出量は基本案に比べて約3万トンから約4.9万トンに増加するが、SO₂に係る3級環境基準は達成できる見込みである。

(2)煤塵排出量

発生源別煤塵の総排出量を表 7.5.2に示した。

表 7.5.2 発生源別煤塵の総排出量

単位：t/年

	対策種類	工場・事業場	民生	自動車	合計
現状 (1994年)	——	27,573	839	—	28,412
将来 (2000年)	無し	35,363	959	—	36,322
	有り	23,428(33.7)	614(36.0)	—	24,042(33.8)
将来 (2005年)	無し	51,073	1,126	—	52,199
	基本案	20,690(59.5)	116(89.7)	—	20,806(60.1)
	代替案	21,128(58.6)	318(71.8)	—	21,446(58.9)

注：()内は、削減率(%)

- ①緊急対策として実施する2000年の対策では、工場・事業場で約34%、民生では約36%の削減となり総排出量が約2.4万トンに低減する。
- ②また、2005年の基本案では約2万トンに低減する。
- ③更に、代替案による対策後の総排出量は約2.1万トンで、基本案に比べると僅かに640トン程度の差である。
基本案及び代替案ともにSPMの3級基準を達成することができる。
以上の結果を図示すると図7.5.1、図7.5.2のようになる。

7.5.2 対策後の環境濃度

環境基準の達成状況を確認するためにそれぞれのケースについてメッシュごとに求めた濃度分布を図7.5.3～7.5.14に示した。

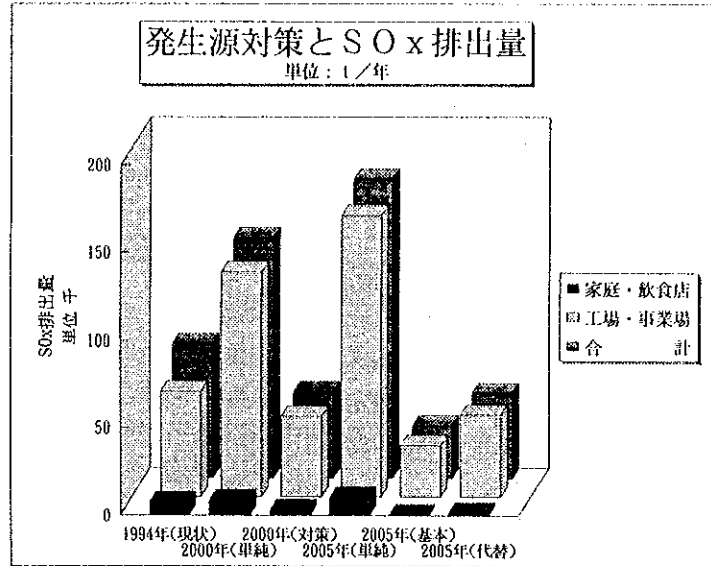


図 7.5.1 対策後のSOxの排出量

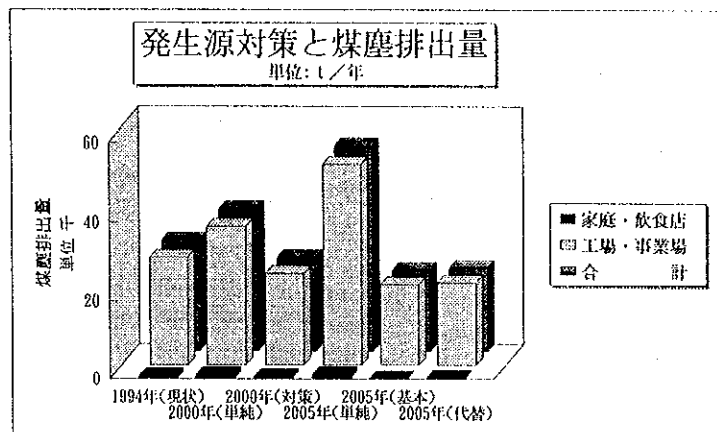


図 7.5.2 対策後の煤塵の排出量

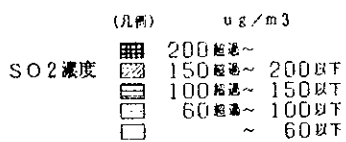
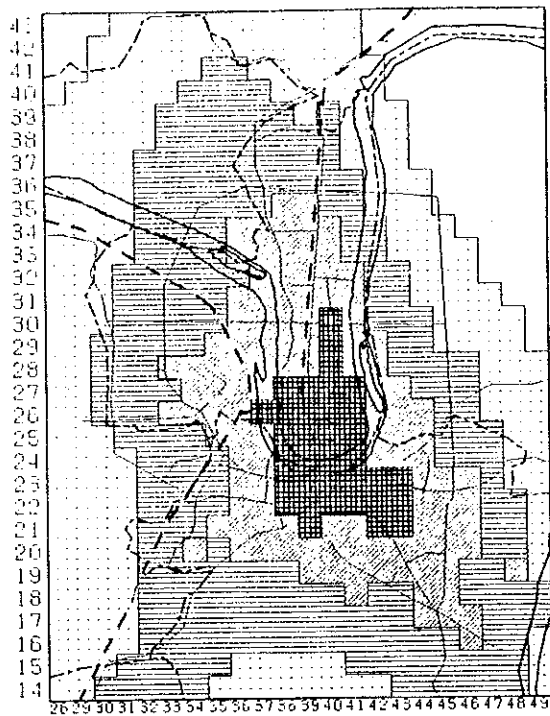


図 7.5.3 現状のSO₂の濃度

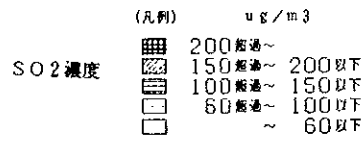
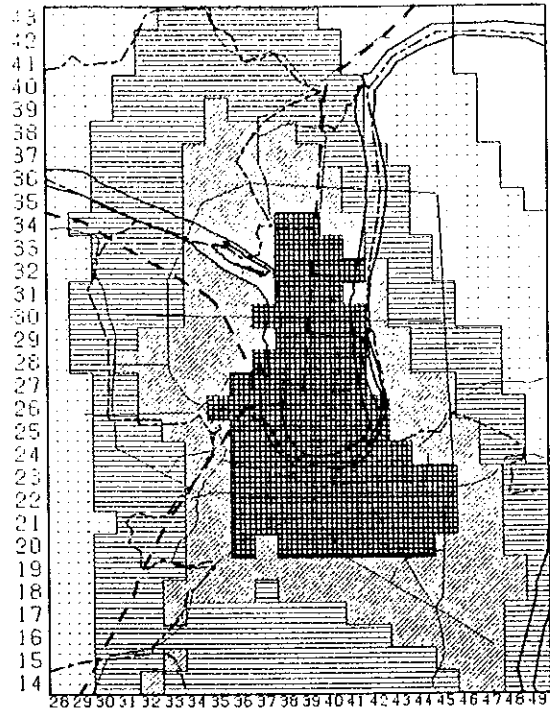


図 7.5.4 2000年の未対策濃度

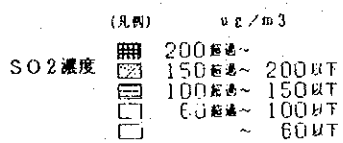
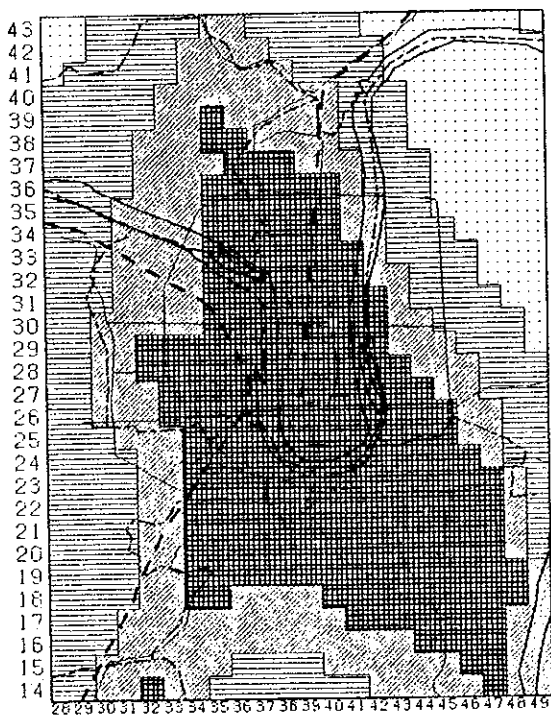


図 7.5.5 2005年の未対策濃度

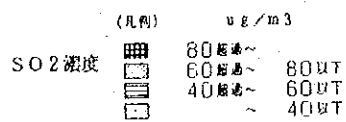
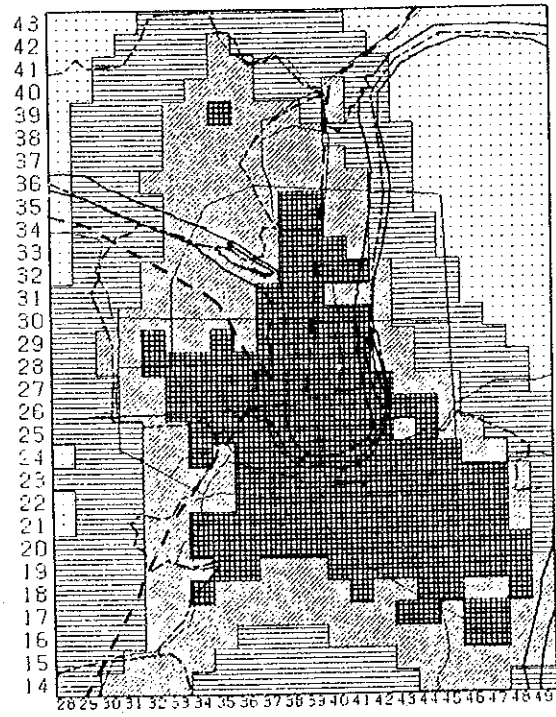


図 7.5.6 2000年の対策後の濃度

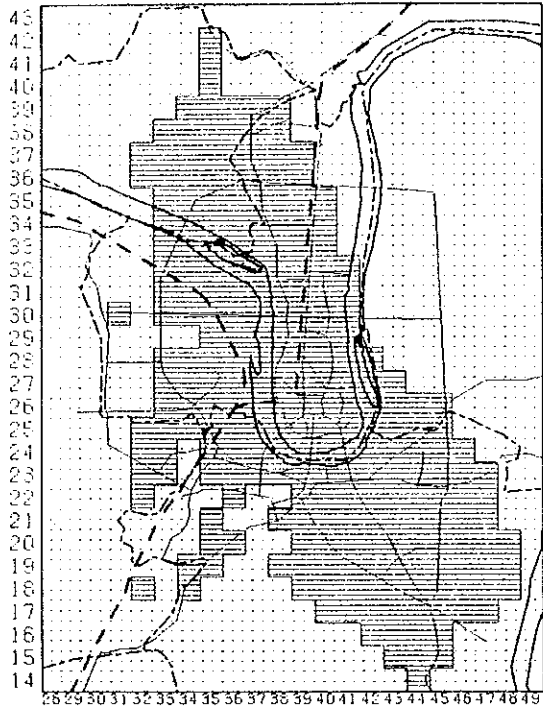


図 7.5.7 2005年の対策後の濃度

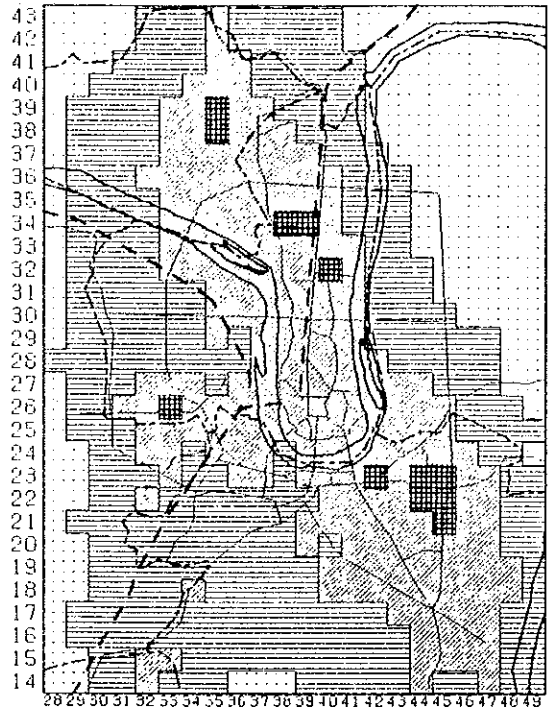


図 7.5.8 代替案による対策後の濃度

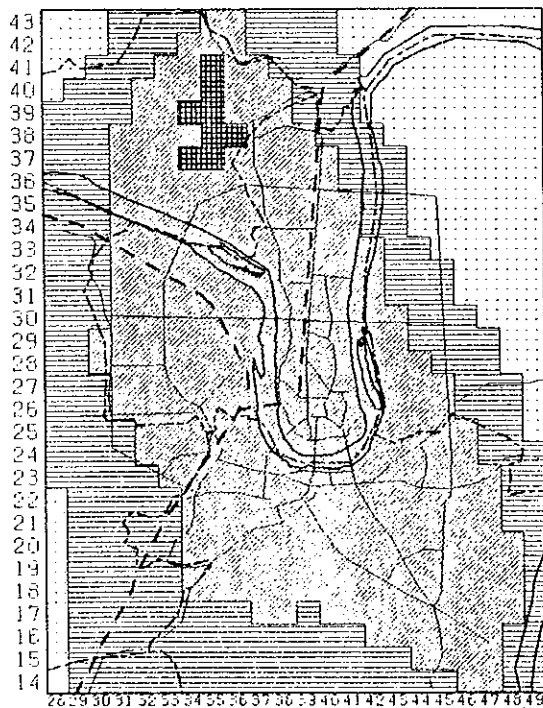


図 7.5.9 現状のSPMの濃度

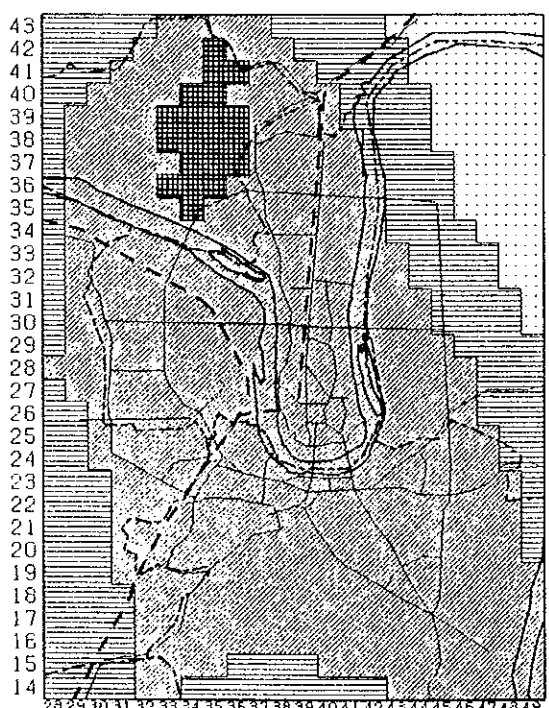


図 7.5.10 2000年の未対策濃度

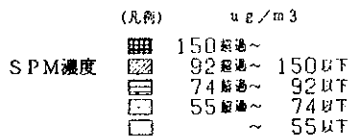
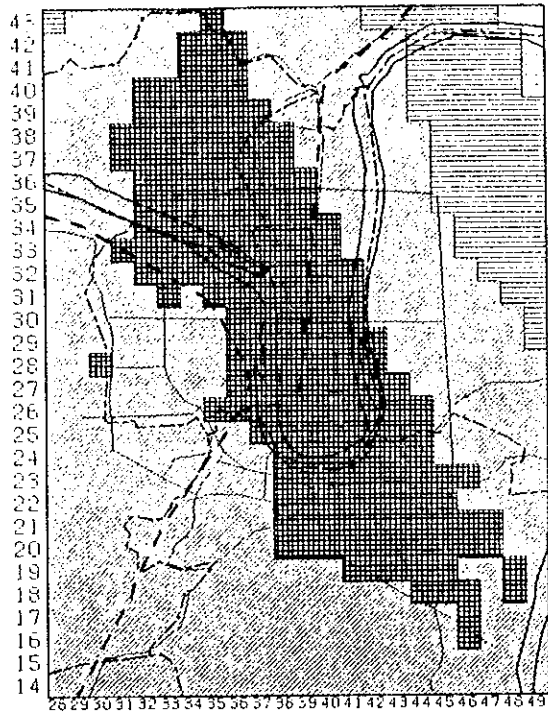


図 7.5.11 2005年の未対策濃度

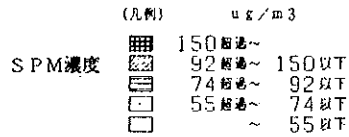
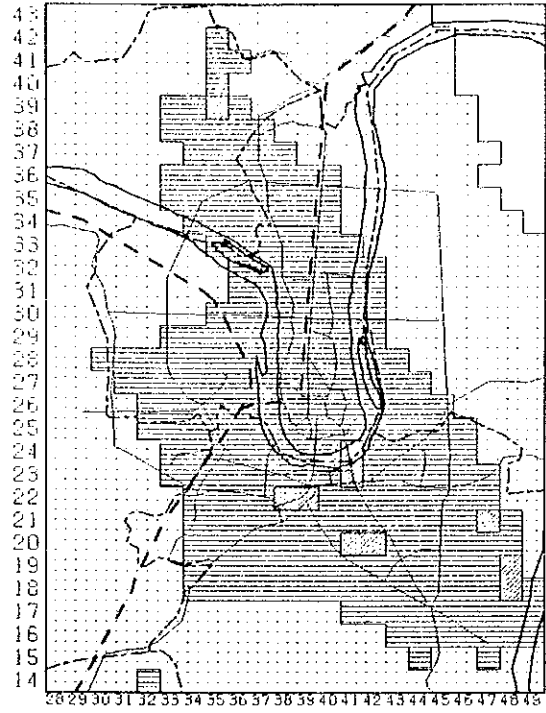


図 7.5.12 2000年の対策後の濃度

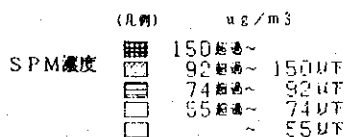
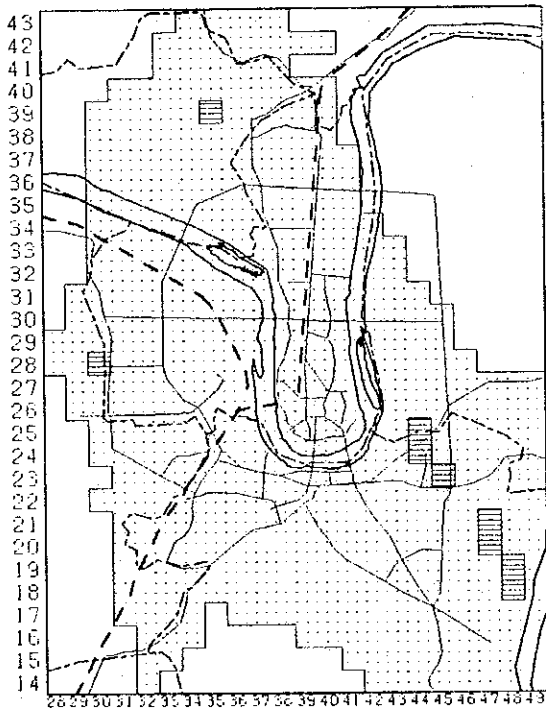


図 7.5.13 2005年の対策後の濃度

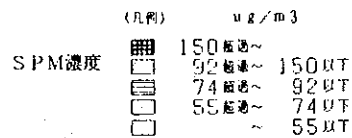
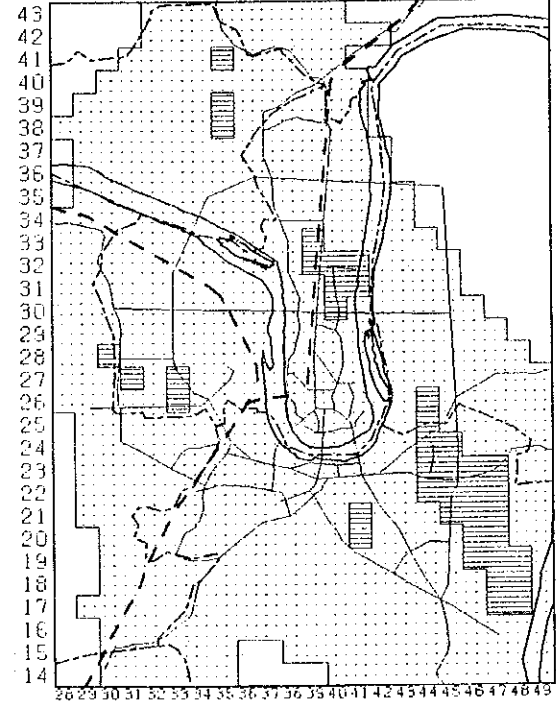


図 7.5.14 代替案による対策後の濃度

7.5.3 目標達成の見込み

本調査で説明してきた工場・事業場、民生、移動発生源に関する対策結果を評価すると表 7.5.3 のようになる。

表 7.5.3 全発生源での対策結果

対象物質	対 策	基準濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	評 価
二酸化硫黄 (SO_2)	2000年 有	—	現状を大幅に改善
	2005年 基本案	60	2級基準達成
	2005年 代替案	100	3級基準達成
浮遊粒子状物質 (SPM)	2000年 有		現状より改善
	2005年 基本案	55 92	2級基準未達成 3級基準達成
	2005年 代替案	92	3級基準達成

2005年の基本対策案では二酸化硫黄 (SO_2) は当初目標の2級基準を達成することが可能となったが、浮遊粒子状物質 (SPM) については2級基準達成を目的とした工場等対策を検討したものの2級基準を達成できず3級基準達成にとどまった。

SPM濃度が2級基準を達成できなかった原因としては、工場・事業場や民生以外の道路沿道での粉塵の巻き上げやビル建設、砕石などから発生する粉塵の影響が大きいことが挙げられる。このような事情からSPM濃度の改善のために今後さらにこれらの詳細な調査・解析と防止対策の検討が必要である。

7.6 対策費用

(1) 費用算定の条件

①対象工場

- ・主要17工場、中小57工場

②対策の内容

- ・設備更新，排煙脱硫，煤塵除去，燃料転換，工場移転，集中供熱，NOx 除去等

(2) 設備費

設備費の試算は、以下の条件で算出した。

- 1) 設備構成機器についてはできるだけ中国製の機器を調達する。ただし、性能保証の上で重要な機器及び中国で実績のないものは国外調達とする。
- 2) 見積範囲
 - ①脱硫装置に含まれるすべての機器(但し Utility設備は除く)及び必要な建屋の設計、調達、制作、輸送及び工事(機器の基礎工事を含む)
 - ②脱硫装置周辺からの Utility引き込み配管

(3) 運転費

運転費の試算は、償却年数15年，償却方式は複利方式，稼働日数300日，税金，保険，管理費，変動費などを考慮した。

(4) 試算結果

設備費の試算結果を表7.6.1に、運転費の試算結果を表7.6.2に示した。

表 7.6.1 設備費

種類 \ 年	2000年 (万元)	2005年 (万元)	対象工場 (2005年)
主要工場	83,500	107,338 (75.273)	17 工場
中小工場	746	6,500 (1,530)	57 工場(**)
合計	84,246	113,838 (76.803)	74 工場

注) 主要工場には柳北地区の集中供熱設備を含む
()内は代替案，(*)は、脱硫を含む

表 7.6.2 運転費

種類 \ 年	2000年 (万元)	2005年 (万元)	対象工場 (2005年)
主要工場	18,009	23,366 (16,930)	17 工場
中小工場	257	1,481 (448)	57 工場(**)
合計	18,266	24,847 (17,378)	74 工場

注) 主要工場には柳北地区の集中供熱設備を含む
()内は代替案，(*)は、脱硫を含む

7.7 追加対策

主要工場における2005年の対策をより確かなものにするために、生産工程対策及び都市ガスの普及促進対策に関して、次のような検討を行った。

7.7.1 化学工場の生産工程対策

(1) 対策内容

表7.7.1 化学工場の生産工程対策案

設 備 名	対 策 案
石炭ガス化炉・アンモニア製造設備	1) コムラツター、ボグ等回転機器のリプレイスによる省エネルギー改造。 2) 設備の更新。
尿素製造設備	1) コムラツター、ボグ等回転機器のリプレイスによる省エネルギー改造。 2) 設備の更新。
ポリ塩化ビニル樹脂製造設備	1) 設備の更新。
苛性ソーダ製造設備	1) 既存隔膜法設備の付交換膜法への改造転換。

(2) 対策の効果

対策を実施することにより期待できる効果を表 7.7.2にまとめた。

表 7.7.2 対策の効果

設 備 名	対策案	SO2年間削減量(t)	
		直接効果	間接効果
石炭ガス化炉・アンモニア	省エネ改造	0	15,425
	設備更新	- 5,088	10,336
尿 素	省エネ改造	0	1,110
	設備更新	524	2,256
ポリ塩化ビニル樹脂	設備更新	510	538
イオン交換膜法苛性ソーダ	設備改造	1,389	1,170

(3) 対策費用の算定

表 7.7.3に各設備の対策費用を試算結果を示した。SO₂ 1t当たりの削減コストからみると石炭ガス化・アンモニア及び尿素設備においては、設備改造より省エネ改造の方が環境対策上はコストパフォーマンスが高いことが判る。

表 7.7.3 対策費用の算定結果

設 備 名	対策案	対策費用 (億円)	SO ₂ 年間削減量(t)	
			直接効果	間接効果
石炭ガス化炉・アンモニア	省エネ改造	3.0	0	15,425
	設備更新	13.3	- 5,088	10,336
尿 素	省エネ改造	0.24	0	1,110
	設備更新	1.4	524	2,256
ポリ塩化ビニル樹脂	設備更新	0.69	510	538
イオン交換膜法苛性ソーダ	設備改造	0.76	1,389	1,170

生産設備の改善は、現用の設備の老朽化のため部分的な改善では目的を達成することが難しく設備の更新が最良の対策と考えられる施設を対象とするものである。

設備の更新には多大の費用を必要とするため、環境対策とは切り離して実施することを検討すべきものと思われる。

7.7.2 製鉄所における生産工程対策

(1) 省エネルギー対策

製鉄所におけるエネルギー消費量の低減と副生エネルギーの回収対策指針と効果および必要な対策費用をまとめた。

表 7.7.4 省エネルギー対策

NO.	設備名	対 策	効 果	対策費用
1	コークス炉	<p>1) 乾留熱量 日本で実施されているコークス炉カースをコークス炉の燃料とする場合、発生コークス炉カースの40%の使用で済むのを目安として次の対策を立てる。</p> <p>a. 炉体表面温度の測定を行い、放熱状況の把握、炉体環境の改善を計り消費熱量の低減を行う。</p> <p>b. 各炭化室及び各燃焼室の均一加熱状況と消費熱量の低減策を立てる。</p> <p>c. 適切な炉熱管理が必要であると考えられる。例えば、日本では世界に優れたコークス炉自動燃焼システムを採用している。</p> <p>d. 押し出し灼熱コークスの燃熱を回収し、「省エネルギー」と計る。このために日本ではコークス乾式耐火設備を採用している。</p> <p>2) コークス炉カース発生率 コークス炉カースの回収率の向上のためには炉型、炉蓋の構造性の不具合によるカースの漏れが考えられるので、適切な炉蓋補修法及び炉蓋の清掃法、必要であれば炉蓋の改良策を立てる。</p> <p>3) コークス炉カース発熱量 コークス炉カース発熱量の次の向上対策を立てる。</p> <p>a. 発生コークス炉カースの発熱量が低い場合には炉型、炉蓋の構造性の不具合によるカースの漏れに起因することがあるので調査し修理する。</p> <p>b. 装入炭の配合技術、炉品、稼働率の見直しを行う。</p>	<p>a, b, cで 乾留熱量の 5%削減</p> <p>乾留熱量の 10%削減</p> <p>発生量20% 増加</p> <p>a, bで 発熱量20% 増加</p>	<p>a, b, c に対して 20万円/年 (運転員のレベ ルアップ用)</p> <p>cの設備費とし て20万円</p> <p>dの設備費とし て35万円</p> <p>10万円/年 (運転員のレベ ルアップ用)</p> <p>a, bに対して 10万円/年 (運転員のレベ ルアップ用)</p>
2	焼結炉	<p>次の対策により各原単位の減少を計る。</p> <p>a. 焼結炉まわりの吸い込み空気量の削減</p> <p>b. 高温焼結炉の冷却時の廃熱利用(ホィラー、廃熱の点火炉利用)</p> <p>c. 玉積カース、クーラー排カースからの熱回収</p> <p>d. 燃焼管理</p>	<p>a, c, dにより コークス原 単位25%上昇 bで中火炉燃 料原単位が50 %上昇</p>	<p>a, cの設備費 800万円</p> <p>bの設備費400 万円</p> <p>dに対して10 万円/年(運 転員のレベ ルアップ用)</p>
3	高 炉	<p>次の対策により省エネルギーを計る。</p> <p>a. 操業技術によりコークス消費量が変わるのでコークス消費量燃焼技術の確立</p> <p>b. 熱風炉の燃焼管理</p> <p>c. 高炉頂上回収用発電機の設置</p>	<p>aで燃料費が 15%削減 bで熱風炉原 単位の50~ 100%削減 cにより新た に、1KW/L- 級級のエネル ギー回収</p>	<p>a, bに対して10万 元/年(運転員 のレベルアップ 用)</p> <p>cの設備費として 1,25万円/KW</p>
4	ガス精製 設備	燃焼管理による省エネルギーを計る。	ホィラー燃焼原 単位を10%減	10万円/年(運 転員のレベ ルアップ用)
5	熱間圧延 用加熱炉	燃焼管理による省エネルギーを計る。	燃料原単位の 30%削減	

(2) 生産工程の近代化

生産工程の近代化として、生産工程のリフレッシュ、副生ガスの有効利用、エネルギーの有効利用、水資源の有効利用などを検討し、その結果を表7.7.5に示した。

表 7.7.5 近代化の効果と費用

近代化項目	対 策	効 果	費 用
生産工程のリフレッシュ	1. ホットストリップ ミルおよび 関連機器一式の導入 (5万t/月) 2. コールドミル、 (2万t/月) 亜鉛メッキ設備 (1万t/月) カラー塗装設備、 (1万t/月) 錫メッキ設備の新設 (1万t/月)	延製品の原単位の低 減効率アップによる 省エネ 熱延製品の種類拡大 各種薄板の商品化に よる増益	1,200(百万元) 3,200(百万元)
副生ガスの有効利用	都市ガスの増熱 増熱剤：LPG 発熱量：8,000～ 8,500Kcal/Nm ³ 供給量：18,000Nm ³ /h	供給能力2倍に アップ	300(百万元)
エネルギーの有効利用	エネルギー管理センタ ーの設立(技術員 50名)		22(万元/年)
水資源の有効利用	排水処理設備の設置	水の循環率 965以上 水資源の有効利用	550(百万元)

7.7.3 都市ガス対策

現在計画されている都市ガス供給量(9000Nm³/h)では、民生対策としての必要量が不足となるため供給能力を増強する必要がある。都市ガスの増量は、発熱量を現在の4000Kcal/Nm³から8000 Kcal/Nm³に高熱量化すれば倍量のエネルギーを供給することが可能となる。

増熱方法として、コークス炉ガスをLPGで増熱する方法と重質油のガス化による増熱方法について検討した。

検討結果を表7.7.6に示した。

表 7.7.6 増熱設備概要

項目	LPGによる増熱設備	重質油による増熱設備
計画条件	供給能力 増熱ガス18000Nm ³ /h (LPG供給量3046Nm ³ /h)	供給能力 増熱ガス18000Nm ³ /h (重油供給量156KL/d) 重油からのガス7200Nm ³ /h (10000Kcal/Nm ³)
設備仕様	LPG受入れ設備 LPG貯蔵タンク 気化器 冷凍及び再液化設備 生成ガス用タンク ガス混合設備 消火設備、排水処理設備 フレアスタック 管理・保守建屋	重油受入れ設備 重油貯蔵タンク 熱分解反応炉 ガス精製設備、廃熱ボイラー 生成ガス用タンク 消火設備、排水処理設備 フレアスタック 管理・保守建屋
設備費	3億円	4.5億円
運転費	2,000万元 (LPG購入費は除く)	2,500万元 (重油購入費は除く)
その他	LPGの入荷は柳江経由 タンカーによる。 タンカー建造費3億円	重油輸送はLPGと同様とする。 タンカー建造費1.5億円

ガスの発熱量を10,000Kcal/Nm³以上とする場合はLPGを増熱剤にすれば可能である。

さらに増量を必要とする場合は以上の両設備を設置すれば良く、そのときの設備費は5.5億円程度、運転費は2,500万元程度となる。

7.8 対策実施のための措置

柳州市の大気汚染防止計画を実行するためには、技術的対策のみではなく、これらの技術的対策を効率よく進めるための制度面の整備、並びに各工場・事業場で対策技術を導入する際の動機付け、刺激策、資金面の支援などの非技術的対策が不可欠である。

非技術的対策は、法・規則を基礎とした規制的手段と経済的動機に基づき対策技術の採用を誘導する経済的手段とに大別され、更に、これらの手段を効率的かつ合理的に運用していくために、環境保護関連組織の強化並びに大気汚染監視体制の強化が不可欠となる。これらの手法の概要とその連関は、図 7.8.1 に示すとおりである。

7.8.1 規制的手段

柳州市においては、硫酸化物に関しては現行の排出基準だけでは大気環境基準が達成されない可能性があるため、総量規制、燃料使用基準、公害防止協定などの規制的手段の整備・強化が必要とされる。

7.8.2 経済的手段

環境政策の主な手法としては、前述の罰則を含む伝統的な規制的手段のほかに、環境への負荷に対して経済的負担を課すことによって、個人や企業が自ら環境への負荷の低減に努めるよう誘導する環境汚染防止対策に対する支援（補助金、低利融資、優遇税制）、税・課徴金、環境汚染権市場の創設（排出許可証取引制度）などの経済的手段が考えられる。

経済的手段を有効に機能させるためには、国・自治区レベルの環境基金のような資金援助のための財源の確保、汚染防止対策を誘導するために汚染物質単位量当たりの排污費を単位量当たりの削減費用よりも少し高めに（現行の二氧化硫黄排污費 0.2 元/kg については、数倍から数十倍の値）設定することなどが必要とされる。

7.8.3 組織強化

(1) 環境保護関連組織の強化

柳州市において、地域の実態に即した大気汚染管理行政をより一層進めるためには、環境関連行政当局の横断的な連携と、管理手法に関わる知識・技術に習熟した人材を広範に配置することが不可欠である。

本調査で提案している大気汚染監視体制を実現するためには、現在の市環境保護局観測所の強化が不可欠となり、環境大気監視局の維持・管理、発生源監視機器の維持・管理、監視データの管理・分析、大気汚染予測評価手法の運用などについて少なくとも 7 名の良く訓練された専任技術者の配置が必要となる。

また、一般の環境行政担当者あるいは発生源に配置されている公害防止管理責任者の教育・訓練は、その人数の大きさや地域特有の課題を扱う必要などから自治区、柳州市における機関で実施する必要がある。この養成機関の一例として、燃焼管理、発

生源対策、大気汚染監視、大気汚染管理、人材登録などの部門に関する教育・訓練の計画策定、それに必要な講師の選定と連携機関への人材派遣要請、受講生の募集・選定、講習会の開催などの調整を主任務とする組織形態が考えられ、柳州市環境保護局内の技術監督課大気保全係（仮称）のような形態で発足するのが現実的である。

(2) 大気汚染監視体制の強化

汚染発生源監視、環境大気監視いずれの監視体制においても、重要な目的は、大気汚染物質濃度を高い精度で測定・予測し、総量規制などの規制的手段や排出許可証を基にした経済的手段を有効に適用していくことであり、早急に柳州市における大気汚染監視技術・体制を強化・確立することが必要である。

1) 発生源

一定規模以上（例えば、ボイラー10t/h以上）の施設を有する工場・事業場については専任の公害防止管理責任者の配置を義務付け、簡易な手法（手分析によるSO₂の測定等）にせよ直接煙道測定を実施・報告させる必要がある。

2) 環境大気

環境大気監視の主な目的は、環境基準適合状況の把握、短期高濃度の把握、大気汚染防止対策の効果確認、大気環境管理の推進であり、この目的および柳州市の土地利用等を考慮して、本調査で設けた連続自動測定局を中心に今後も維持することが望ましい監視局および監視項目について、以下のようにまとめた。

a) 一般環境大気監視局

〔設置場所〕：①市街中心地区にあり、観測網の親局（柳州市環境保護局など）

②市街中心かつ商業地区（東門幼稚園など）

③住宅および近隣商業地区（南疆飯店など）

〔監視項目〕：SO₂（全局）、NO_X（2局）、SPM（全局）、O₃（1局）

その他にTSP（随時）、NMHC（1局）

風向・風速（全局）、気温（1局）、日射量・放射収支量（1局）

b) 高濃度汚染監視局

〔設置場所〕：①工業地区の周辺地域（第3職業高級中学など）

②新規開発計画地区（陽和開発計画区周辺などに新設）

〔監視項目〕：SO₂、SPM、風向・風速（いずれも全局）

c) 自動車排出ガス測定局

〔設置場所〕：①市街地で交通量の多い道路沿線（工人文化宮など）

〔監視項目〕：NO_X、SPM、CO、風向・風速

また、大気汚染監視体制の強化の一環として、本調査を通じて技術移転された大気汚染予測評価手法の習熟、精度の維持、大気汚染管理への広範な利用などを図る必要がある。

7.9 総合対策計画

大気汚染に係る対策について、総合計画をまとめた。

7.9.1 計画の目標

(1) 目標

①将来における環境目標

表 7.9.1 環境の目標

目標年	対策	SO ₂	SPM
2000年	中間案	現状より大幅な改善	現状より改善
2005年	基本案	2級基準達成	2級基準達成
	代替案	3級基準達成 (現状より大幅な改善)	現状より改善

注) 2000年中間案：緊急を要し、2000年までに実施可能な対策
 2005年基本案：2005年までに環境基準を達成可能な対策
 2005年代替案：経済性等を考慮した代替案

②環境目標値

表 7.9.2 環境目標値 (年平均の基準換算値)

目標区分	SO ₂	SPM
2級基準目標値	60 μg/m ³	55 μg/m ³
3級基準目標値	100	92

(2) 目標排出量

目標を達成するため、工場事業場と民生発生源を対象に総合的な対策を行うことにより、2005年までの対象地域の大气汚染物質排出総量を、硫黄酸化物 2.99万(t/年)、煤塵 2.08万(t/年)とする。

また、中間目標年としての2000年に硫黄酸化物を 4.93万(t/年)、煤塵を 2.4万(t/年)とする。

表 7.9.3 硫黄酸化物排出量

単位：千t/年 (削減率：%)

目標年	対策	工場事業場	民生	自動車	合計
現状(1994年)		69.2	7.7	0.08	76.9
将来	2000年 中間案	45.8(64)	3.4(62)	0.04	49.3(64)
	2005年 基本案	29.2(82)	0.6(94)	0.06	29.9(83)
	代替案	46.8(71)	1.8(83)	0.06	48.6(72)

表 7.9.4 煤塵排出量

単位：千t/年（削減率：％）

目標年	対 策	工場事業場	民 生	自動車	合 計	
現状（1994年）		27.6	0.8	—	28.4	
将来	2000年	中間案	23.4(34)	0.6(36)	—	24.0(34)
	2005年	基本案	20.7(60)	0.1(90)	—	20.8(60)
代替案		21.1(59)	0.3(72)	—	21.4(59)	

7.9.2 総合対策

対策の内容は、直接削減に結びつくような技術的対策（ハード面）と、間接的に削減に寄与する非技術的対策（ソフト面）とに分けて実施する。具体的な対策内容は、前者については図7.9.1に、後者は図7.9.2にまとめたとおりである。

(1) 主要対策

- ①都市ガス化促進 : コークス炉（柳州鉄鋼）ガスの脱硫、増熱ガス、LPGの普及
- ②燃料転換 : 市街地の中小規模事業者の石油使用、良質炭の導入
- ③排煙脱硫 : 柳州電廠ボイラー排煙の高効率脱硫
- ④設備改善 : 沸騰炉の循環流動層型への更新
- ⑤NO₂ガスの脱硝 : 化肥廠のNO₂放出ガスのアルカリ液による吸収除去
- ⑥燃焼管理 : 低空気比燃焼による省エネルギー化
- ⑦工場移転 : 市街地内工場（垂鉛廠等）の郊外移転

(2) 発生源規模別、目標年別対策

表 7.9.5 発生源規模別目標年別対策

発生源	2000年までの対策	2005年までの対策 (2000年対策の強化、追加), 代替案
主要工場	①沸騰炉などを循環流動層炉 ②集中供熱 ③コークス炉ガス脱硫 ④電力排煙脱硫（高効率排煙脱硫） ⑤除塵設備（バフューリ-水膜式、電気式） ⑥硝酸プラント排ガスの脱硝 ⑦工場移転 ⑧燃焼管理	①良質炭、成型炭の利用 +)②焙焼炉に排煙脱硫 (石灰液洗浄法) *)③電力排煙脱硫（簡易石灰石膏法） ④煤气炉、焼結炉に排煙脱硫 (簡易石灰石膏法) ⑤沸騰炉の対策対象の拡大 ⑥転炉に高効率除塵
中小工場	①沸騰炉を循環流動層炉 ②集中供熱 ③工場移転 ④事業場燃料の石油系への転換促進 ⑤除塵設備（バフューリ-水膜式） ⑥燃焼管理	①成型炭、LPGの使用)#②ガラス溶解炉に排煙脱硫 (苛性ソーダ吸収法))#③一部のボイラーに排煙脱硫 (同上))#④石灰焼成炉に水噴霧脱硫
民 生	①第3期都市ガス供給計画 ②LPG供給基地 ③成型炭（脱硫剤混入）の普及	①都市ガス化促進 ②LPG基地の拡大 ③成型炭（脱硫剤混入）の普及

(注) 2005年代替案 +: 一部の炉の脱硫を中止
*: 脱硫方式を簡易型に変更
#: 2005年先に実施を延期

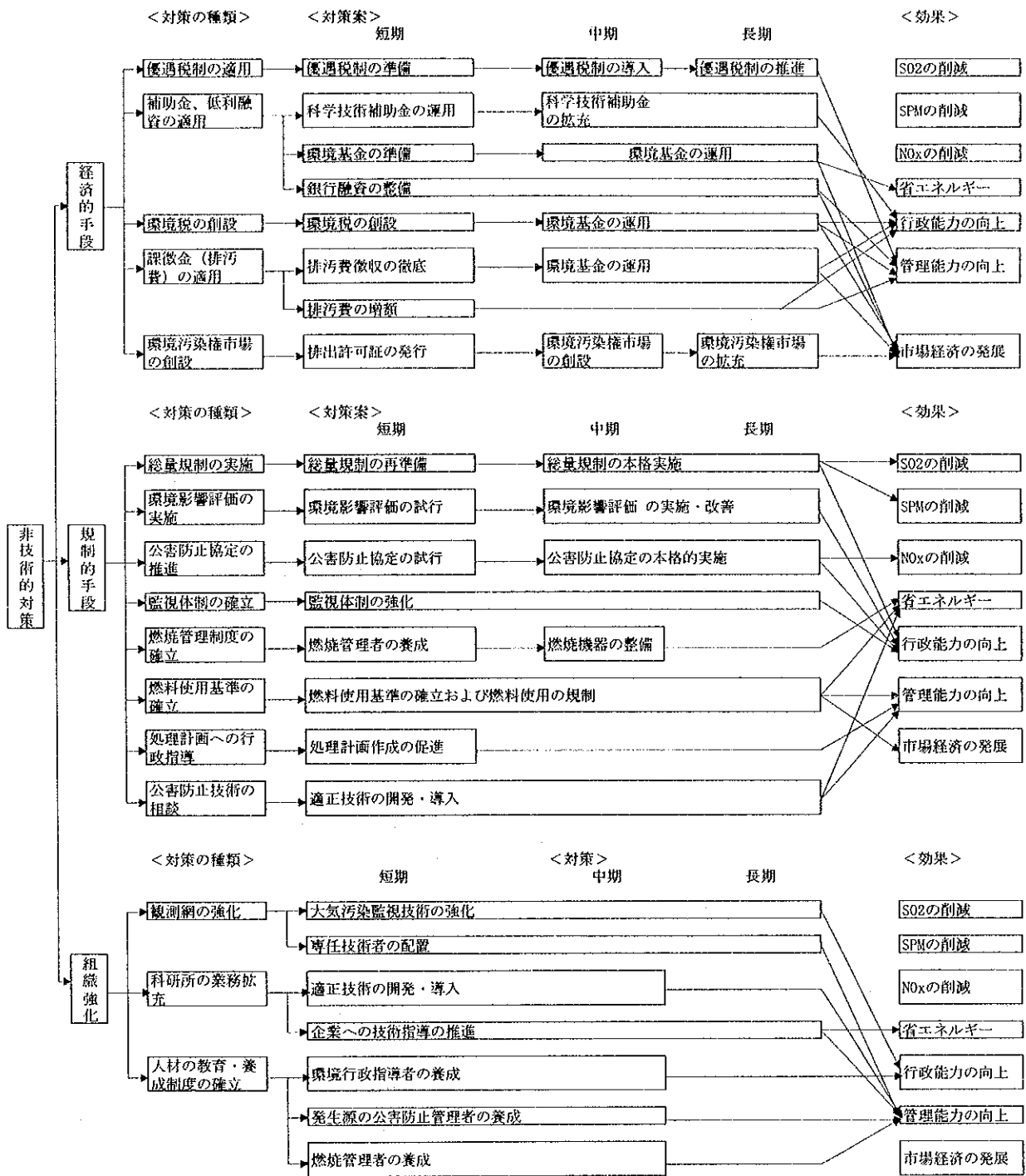


図 7.9.2 非技術的対策の概要

また、総合対策を推進する上では、上記の個別対策のほかにエネルギー対策や工場立地条件の改善及び規制・税優遇政策などの条件整備が望まれる。

(3) 目標達成見込み

2000年、2005年の基本案と代替案の対策による大気汚染物質排出量、濃度、目標達成見込みは以下のとおりとなった。

2005年の基本対策案では、二酸化硫黄(SO₂)は2級基準を達成でき、浮遊粒子状物質(SPM)は3級基準を達成することが可能である。

表 7.9.6 目標達成の見込み (SO₂)

目 標 年		対 策	達成見込み
将来	2000年	有	現状より大幅な改善
	2005年	基本案 代替案	2級基準(60 μ g/m ³)達成 3級基準(現状より大幅な改善)達成

表 7.9.7 目標達成の見込み (SPM)

目 標 年		対 策	達成見込み
将来	2000年	有	現状より大幅な改善
	2005年	基本案 代替案	3級基準(92 μ g/m ³)達成 3級基準(92 μ g/m ³)達成

7.9.3 実施時期

提案する対策の実施のタイミングについては緊急性、容易性、実施主体、費用、効果及び計画の成熟度等総合的に判断し、3期に分けて表7.9.8のように実施するのが適当である。

表 7.9.8 対策の実施時期

対策種類	①2000年まで	②2005年まで	③2006年以降
非技術的対策	<ul style="list-style-type: none"> ・総量規制の実施 ・環境影響評価の実施 ・燃焼管理制度の確立 ・補助金、低利融資の適用 ・人材の教育、養成制度の確立 	<ul style="list-style-type: none"> ・優遇税制 ・環境税の創設 ・排污費の適用 ・環境汚染権市場の創設 ・公害防止協定の推進 ・監視体制の確立 ・燃料使用基準の確立 ・処理計画への行政指導 ・公害防止技術の相談 ・観測所の強化 ・研究所の業務拡大 ・工場立地条件の整備 	<ul style="list-style-type: none"> ・監視体制の強化
技術的対策	<ul style="list-style-type: none"> ・低硫黄炭への転換 ・都市ガス化の拡大 ・LPG利用の拡大 ・石油類の利用拡大 ・成型炭の導入 ・脱硫石膏の利用 ・発電所対策 ・鉄鋼工場対策 ・肥料工場対策 ・セメント工場対策 ・繊維工場対策 ・採石場対策 ・工場再配置の促進 	<ul style="list-style-type: none"> ・非鉄工場対策 ・窯業工場対策 ・洗炭法の導入 ・燃焼灰の利用 ・新鉱山の探査・開発 ・天然ガスの開発利用 ・油ガスによる増熱 ・道路の整備 	<ul style="list-style-type: none"> ・新産業の開発 ・鉄道の整備 ・港湾の整備 ・空港の整備 ・無鉛揮発油の利用拡大 ・原油精製量の拡大

7.9.4 実施体制

(1) 発生源監視体制と組織

- ・行政側：行政の組織体制 — 発生源監視、企業への技術指導・財政支援、公害防止協定の推進、その他の環境管理、調査研究、技術研究、環境統計の公開
- ・企業側：現場の管理体制 — 技術者の配置、機器の維持管理、技術者の養成、環境管理・測定、測定データの報告、公害防止協定の遵守

(2) 環境監視体制と組織

- ・環境汚染監視部門：大気汚染測定体制（測定・処理技術、報告）、技術者の養成
環境予測・評価技術者の養成
- ・環境汚染管理部門：法律の運用、制度支援、環境管理行政官の養成など

7.9.5 費用

本調査で提案するプロジェクトに関する硫黄酸化物の削減量と費用について整理したものを、表 7.9.9に示す。単位量当たりの削減費用（費用単価）は、2000年までの対策が最も高く、続いて2005年までの「基本案」の順で、2005年までの「代替案」が最も低いことがわかる。つまり当初は削減量の割合に比べ、やや多めの費用を必要とする。

表 7.9.9 硫黄酸化物削減量と費用

2000年対策・発生源		SO ₂ 削減量	設備費	運転費	費用単価
工場・事業所	発電所	50,936	27,000	5,264	1,032
	製鉄所	0	0	0	0
		(959)	(30,150)	(6,030)	(62,878)
	集中供熱	16,104	23,982	5,050	3,136
	設備更新	8,711	709	396	455
	工場移転 (*1)	299	122	26	870
	廃止	5,687	0	0	0
民生	都市ガス・LPGの普及	3,170	0	0	0
	石灰石添加成型炭の普及	2,255	800	1,235	5,477
	石灰使用禁止地域の設定	0	0	0	0
合計	硫黄酸化物除去関係	87,755	52,818	12,001	1,368
	硫化水素除去関係	(959)	(30,150)	(6,030)	(62,878)
	窒素酸化物・ダスト除去関係		1,278	235	
	総計	88,714	84,246	18,266	

2005年対策・発生源（基本案）		SO ₂ 削減量	設備費	運転費	費用単価
工場・事業所	発電所	50,936	27,000	5,264	1,032
	製鉄所	14,113	13,953	2,991	2,119
		(959)	(30,150)	(6,030)	(62,878)
	集中供熱	21,802	23,982	5,050	2,316
	設備更新	14,056	1,259	523	372
	工場移転 (*1)	3,721	1,014	253	680
	廃止	7,219	0	0	0
民生	都市ガス・LPGの普及	3,270	0	0	0
	石灰石添加成型炭の普及	2,830	917	1,549	5,473
	石灰使用禁止地域の設定	3,609	0	0	0
合計	硫黄酸化物除去関係	140,953	82,508	18,581	1,318
	硫化水素除去関係	(959)	(30,150)	(6,030)	(62,878)
	窒素酸化物・ダスト除去関係		1,180	235	
	総計	141,912	113,838	24,847	

2005年対策・発生源（代替案）		SO ₂ 削減量	設備費	運転費	費用単価
工場・事業所	発電所	45,738	8,180	1,708	373
	製鉄所	10,549	8,919	1,925	1,825
		(959)	(30,150)	(6,030)	(62,878)
	集中供熱	21,802	23,982	5,050	2,316
	設備更新	13,418	1,259	523	390
	工場移転 (*1)	3,058	751	197	644
	廃止	7,219	0	0	0
民生	都市ガス・LPGの普及	3,270	0	0	0
	石灰石添加成型炭の普及	2,830	917	1,549	5,473
	石灰使用禁止地域の設定	2,494	0	0	0
合計	硫黄酸化物除去関係	122,261	45,187	11,113	909
	硫化水素除去関係	(959)	(30,150)	(6,030)	(62,878)
	窒素酸化物・ダスト除去関係		1,180	235	
	総計	123,220	76,803	17,378	

注) 主要工場には集中供熱、民生を含む。

設備費 = 万円

運転費 = 万円/年

年間費用 = 万円

費用単価 = 元/t

*1 移転に伴う設備更新等を含む。

*2 主として中小施設対策（燃料転換、燃焼管理、排ガス処理対策等）

*3 窒素酸化物・ダスト除去関係

() 硫化水素除去関係

終わりに

柳州市の大気汚染は、本調査により二酸化硫黄、浮遊粒子状物質濃度の長時間濃度（年平均）だけではなく、短時間濃度（日平均値、1時間値）についても環境基準値の数倍の非常な高濃度が出現するなど相当に深刻である。また、将来においては現状の約1.5倍の環境濃度になることが予測されており、適切な汚染対策が採れなければ更に深刻になることは必至である。

これに対して、基本案として提案した対策を着実に実施し、また、その効果を継続的に監視して確認することにより、内陸型の重工業都市である当市においても2000年に大気汚染の大幅な改善が為され、2005年には環境基準を達成することが可能であることが推測される。そのほか、次善の手法である2000年までの対策や2005年の代替案によっても、現状以上の良質な環境を実現できることが予測されている。

当市では、本調査で提案した対策を市の酸性雨対策計画に取り込むと共に、調査の最終段階において市街地の事業場利用の燃料転換、一部の工場移転など、市の指導の下に具体的な対策が始まっており、また、国際的な借款および市独自の対策資金の準備も順調に進んでいることから、将来において、大気汚染の改善が着実に為されることが見込まれる。

しかしながら、最終目標である2005年の基本案を完全に実施するには行政、技術、経済、エネルギー面等の広い分野にわたって多くの努力を傾注することが求められている。これらの推進に当たっては、柳州市、自治区、国および工場事業場と市民の官民一体の努力無しには達成し得ないものであり、総合計画に基づく各種施策の確実な実施を念頭においた、各機関の弛まぬ努力が望まれる。

最後に、本報告では詳細には言及していないが、柳州市の産業経済は2005年以降も順調な発展が予想されることや自動車社会への変革などを考えると、将来に向けて次に示すような課題について予め検討しておくことが望まれる。

- ・エネルギー問題：石炭使用率の低減のための政策
設備更新による省エネルギーの推進
- ・規制：工場排ガス規制の強化
自動車排出ガスの規制強化
- ・対策技術：NO_x低減対策(工場、自動車)
公害防止産業の育成
- ・都市計画：低公害型産業への転換および促進

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

1.1 調査地点

広域酸性降下物モニタリング調査は、表1.1.1に示す柳州市、桂林市、梧州市及び广州市の4都市を対象に延べ16地点で1994年7月より1年間実施した。

測定地点の位置関係は、図1.1.1に示すとおりである。

表1.1.1 広域酸性降下物の採取地点

省・区	都市名	地点名
广西壮族自治区	柳州市	①柳州市環境監測站 ②第四人民病院 ③西鵝鄉派出所 ④河西淨水場 ⑤魚峰區人民政府
	桂林市	⑥桂林通信電纜廠 ⑦龍隱路小學 ⑧桂林市環境監測站 ⑨第八中學 ⑩桂林市氣象台
	梧州市	⑪梧州市環境監測站 ⑫旺浦中學
广东省	广州市	⑬广州市環境監測中心站 ⑭番禺市環境監測站 ⑮广州市黃埔區環境監測站 ⑯广州市白雲山摩星嶺

1.2 調査項目

調査項目は、表1.2.1に示すとおりで、湿性・乾性別に採取された試料のうち湿性降下物及び乾性降下物の可溶性成分については、pH、導電率及びイオン成分を定量し、また乾性降下物の不溶性成分については総重量を計量した。

表1.2.1 酸性降下物の調査項目

調査対象	調査項目		調査頻度	調査期間
湿性降下物	pH、導電率(EC)、降水量		降水日毎 1日間	1年間
	イオン成分(Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+})			
乾性降下物	可溶性	湿性降下物と同様	1回/月	
	不溶性	総重量		

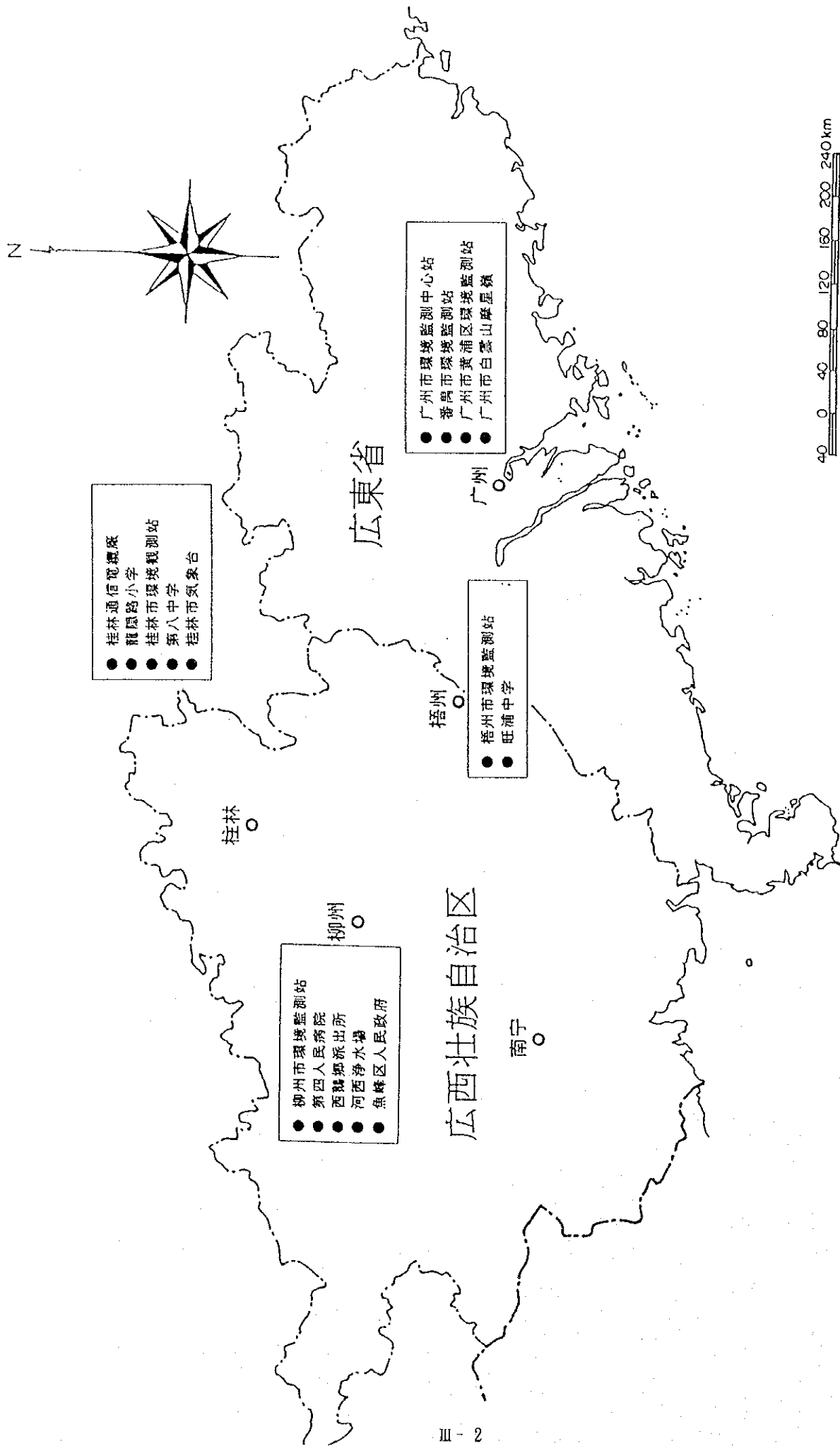


圖1.1.1 廣域酸性降水物モニタリングの調査地点

2. 調査結果の概要

2.1 データのスクリーニング

4都市で採取、分析した酸性降下物モニタリングのデータは、週報及び月報の形で整理された後、本格調査団に送付され、日中双方によるデータの確認が行われた。調査団側では、さらにデータの品質を確保するために東アジア酸性雨モニタリングガイドライン (The third expert meeting on acid deposition monitoring network in east asia, Nov. 14-16, 1995, Niigata, Japan) に準拠して、イオンバランスの検討及び導電率の計算値と実測値の比較により、異常値の有無を確認し、データの信頼性を高めることに努めた。

(1) イオンバランスによる検討

図2.1.1に示した全16測定地点における全陰イオン濃度と全陽イオン濃度の相関図をみると、一部の測定地点を除けばイオン間の相関関係は概ね良好である。ただし、柳州市環境監視站においてデータのバラツキが大きいことに加え、陰イオンが陽イオンより大きい傾向がみられる。

(2) 導電率の計算値と実測値の関係

実測導電率と計算導電率の相関関係を図2.1.2に示した。柳州市と广州市の一部の地点でバラツキがやや大きい以外は概ね良好な関係であった。また柳州市ではイオンバランスに比べて導電率のバラツキが比較的小さい。これは導電率の値に大きなウェートを占める水素イオンの濃度が比較的正確に測られているためと考えられる。

(3) スクリーニングの結果

東アジア酸性雨モニタリングガイドラインでは、「試料中のイオン濃度に関して全陽イオンと全陰イオンの濃度比 (C/A 比)、及び実測導電率と計算導電率の比が0.8～1.2の範囲を外れるサンプルについては再検討すべきである」との指針を示している。

この指針はデータを棄却するためのものではなく、データの精度管理及び精度保証のための基準にすぎない。本調査では、イオンバランス及び導電率バランスが大きく外れ、明らかに異常なサンプルは例外として、広域酸性降下物モニタリングの主旨を外さない範囲内で、有効測定データを確保する採用基準を表2.1.1のとおりを設定した。この基準により棄却されたサンプルについては、pH、導電率及びイオン濃度を欠測扱いとし、期間中の平均濃度及び降下量の計算から除外した。

表2.1.1 酸性降下物に係る測定データの採用基準

	採用基準
①イオンバランス基準	$0.5 \leq C/A \leq 2.0$
②導電率バランス基準	$0.5 \leq EC(\text{計算})/EC(\text{実測}) \leq 2.0$

(注) C/Aは、陽イオン/陰イオンの濃度比、
EC(計算)/EC(実測)は、導電率の計算値/実測値の比を示す。

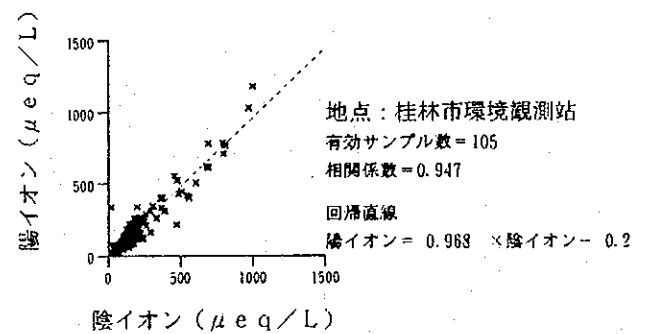
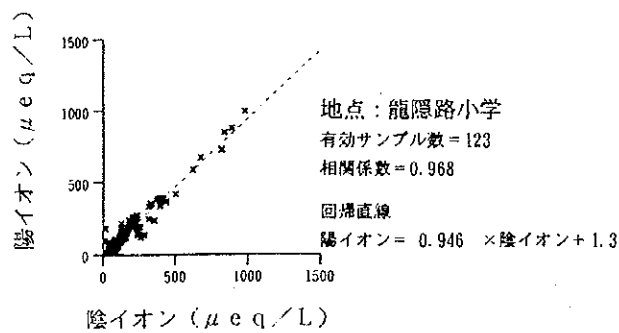
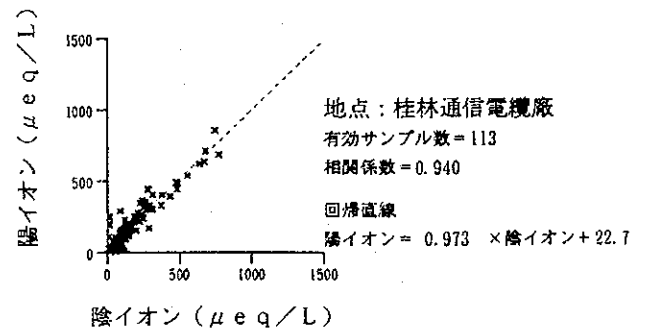
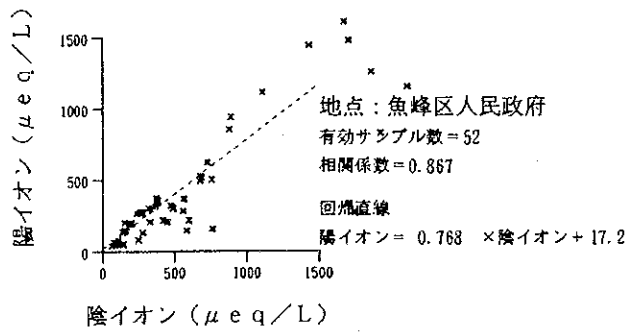
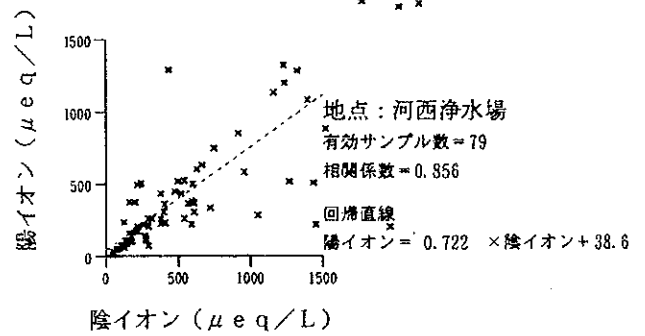
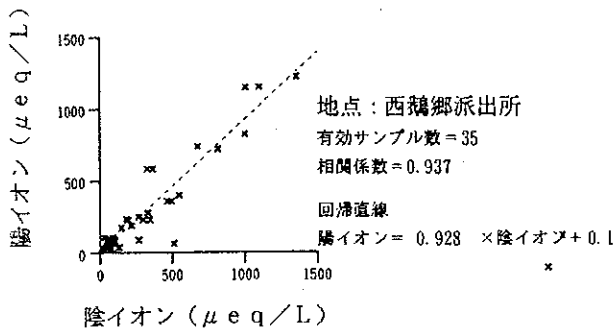
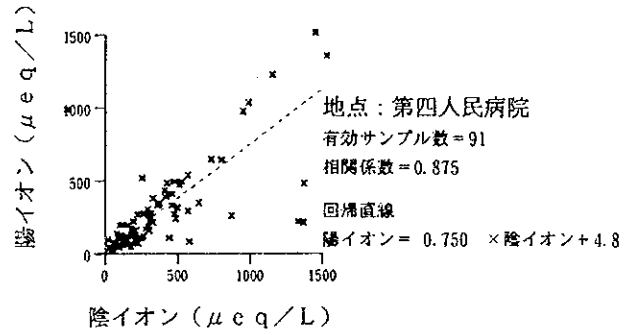
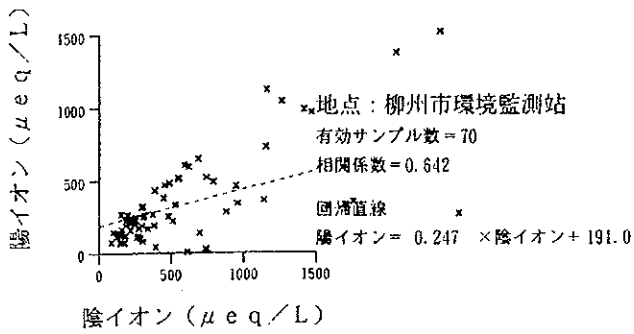


図2.1.1 全陰イオン濃度と全陽イオン濃度の相関関係(データスクリーニング前)

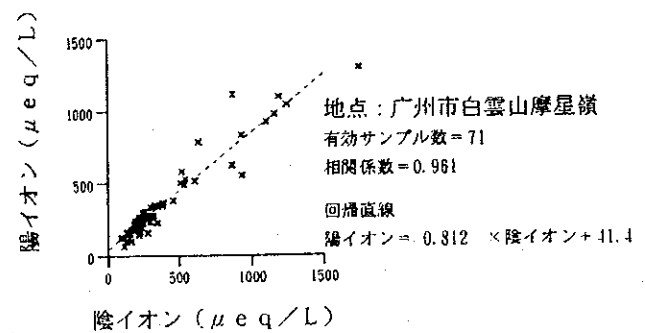
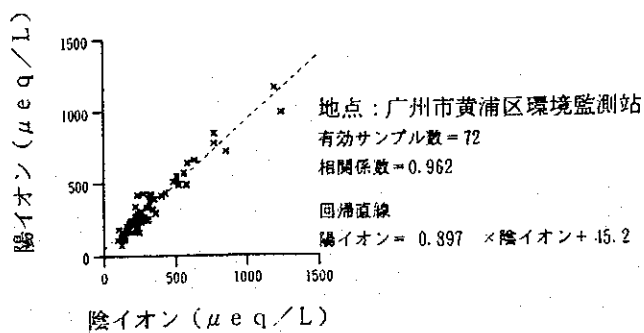
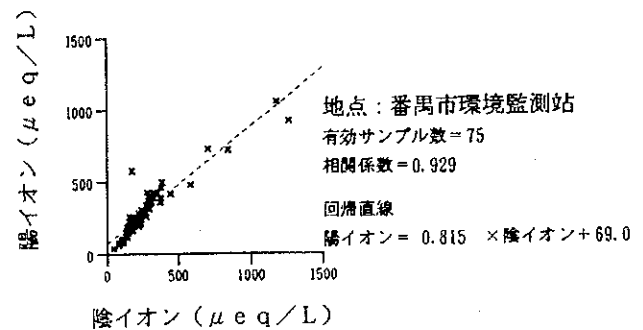
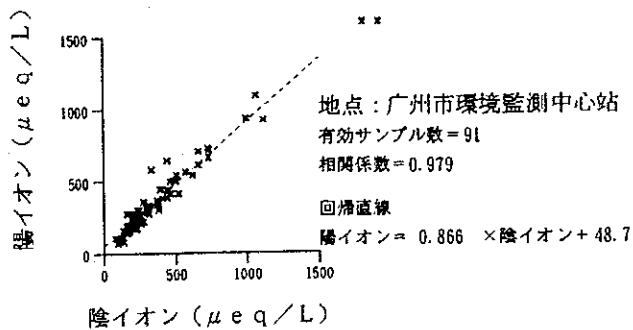
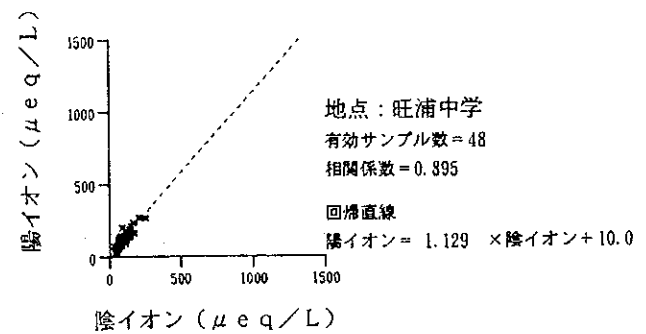
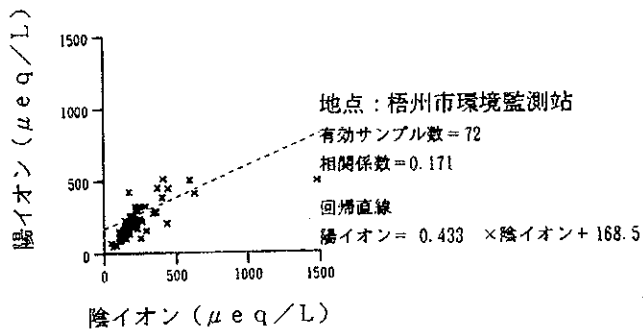
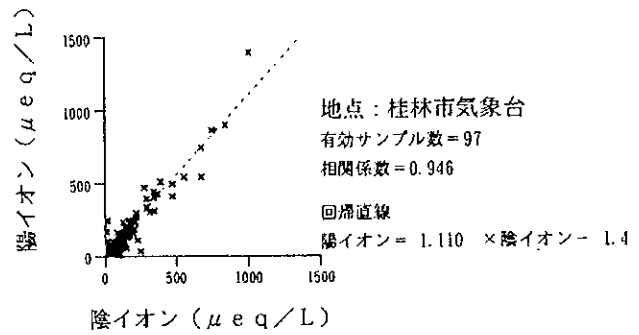
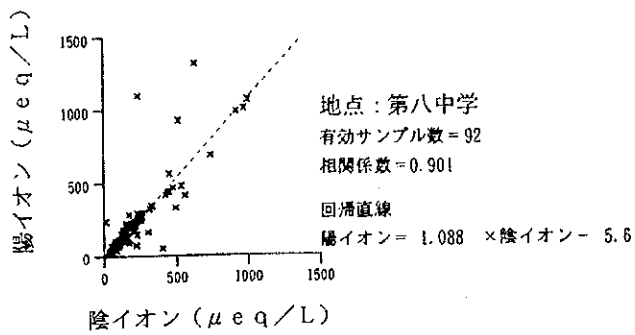


図2.1.1 全陰イオン濃度と全陽イオンの相関関係(データスクリーニング前、続き)

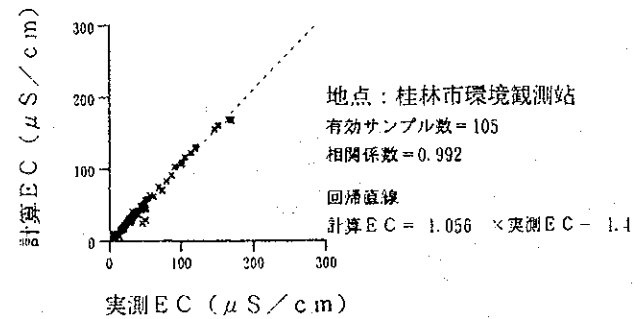
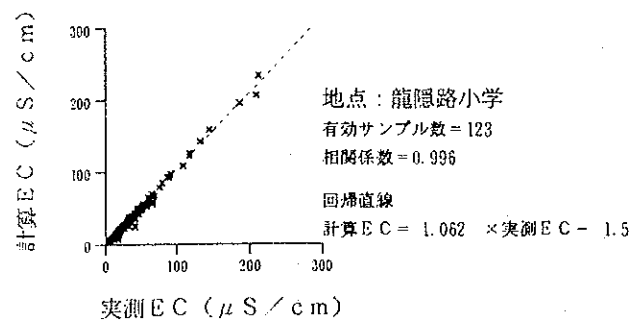
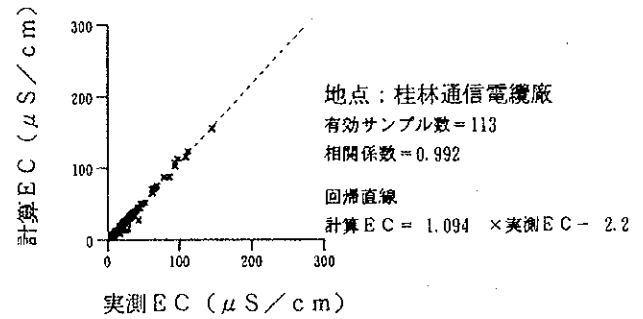
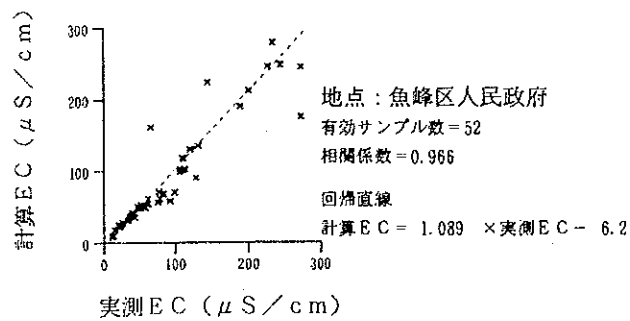
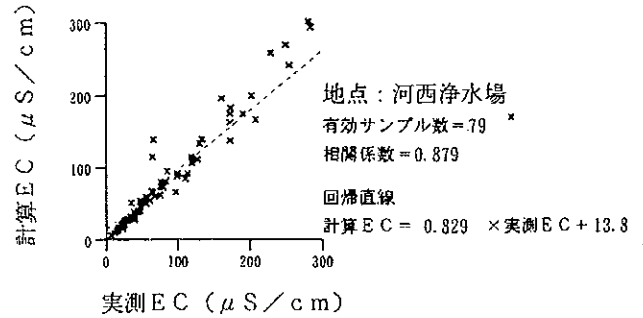
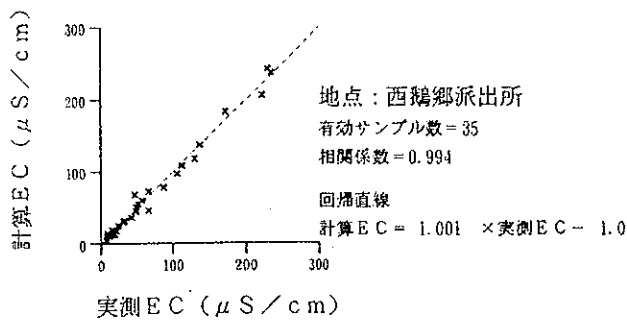
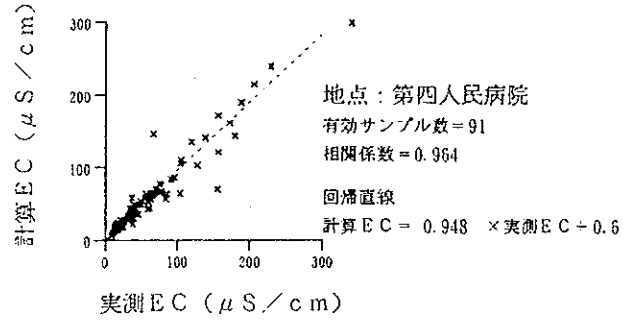
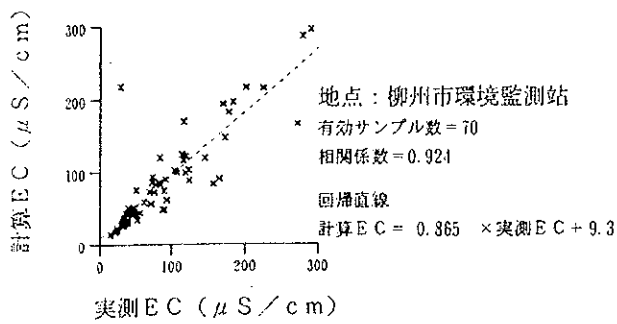


図2.1.2 実測導電率と計算導電率の相関関係(データスクリーニング前)

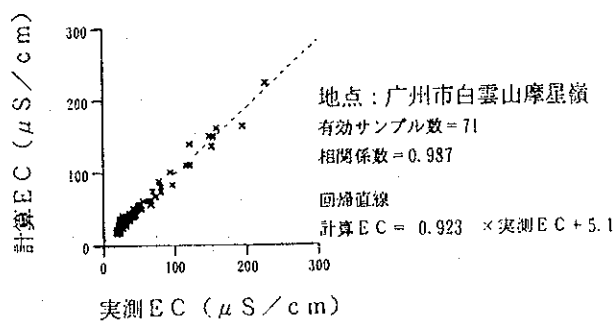
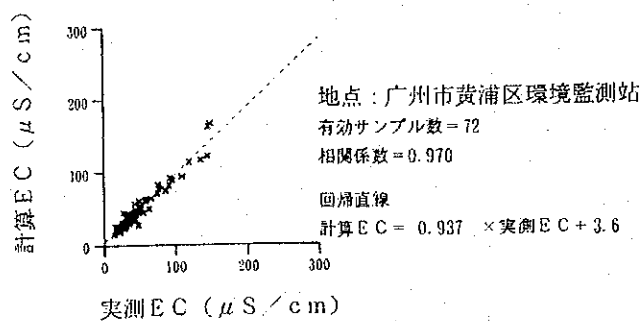
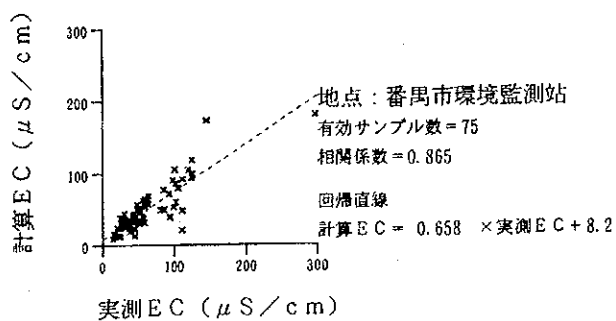
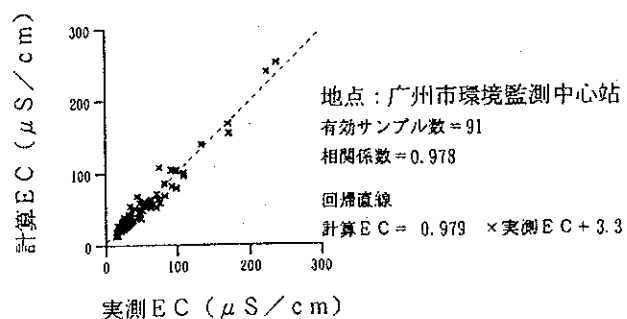
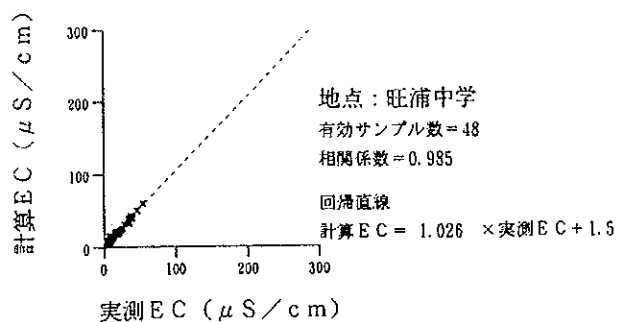
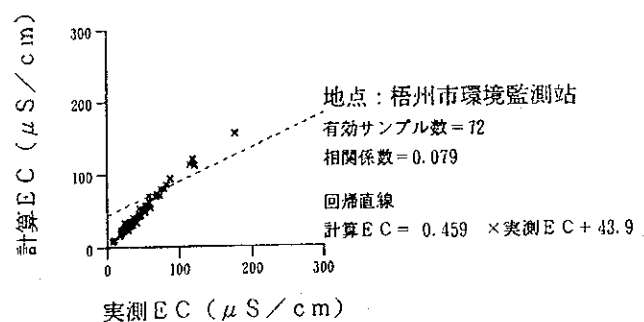
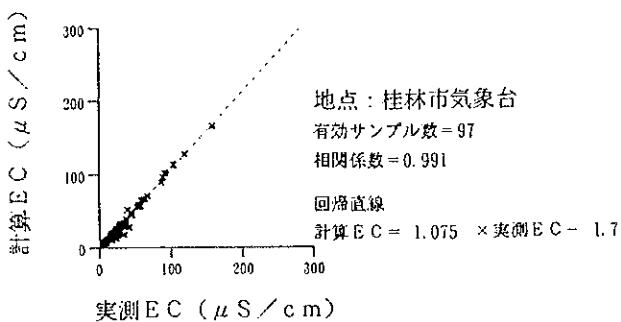
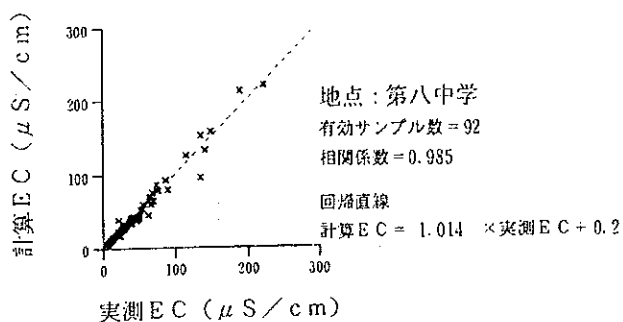


図2.1.2 実測導電率と計算導電率の相関関係(データスクリーニング前、続き)

2.2 湿性降下物

2.2.1 イオン濃度の調査結果

地点別イオン濃度及び酸性降下物の個別の測定結果は、データ集にまとめて示しているので参照されたい。

各調査地点のpH、導電率及び各種イオン濃度のサンプル平均値は、スクリーニング後のデータを用いて降水量による重み付平均値として算定したものである。各項目の算定結果は、表2.2.1に示すとおり。なお、本節以降の結果は全て当量濃度及び当量で表示している。

表 2.2.1 イオン濃度のμeq/L平均値

対象期間：1994年7月～1995年6月

測定地点	pH	pH	EC μS/cm	イオン濃度 (μeq/L)							
	最低値	平均値		Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
① 柳州市環境監測站	3.5	4.2	63	82.9	17.8	214.2	17.8	3.9	85.3	85.5	17.6
② 第四人民病院	3.7	4.6	37	43.2	18.4	152.6	10.2	3.3	52.8	67.0	16.0
③ 西輪鑛派出所	3.5	4.6	37	22.9	19.5	159.6	12.2	2.3	100.8	52.0	17.7
④ 河西淨水場	3.7	4.5	51	65.0	16.6	219.1	22.2	3.4	83.8	103.2	20.1
⑤ 魚峰区人民政府	3.8	4.6	56	28.4	18.4	271.7	14.9	2.7	118.4	116.7	20.7
⑥ 桂林通信電纜廠	3.8	4.9	24	15.7	15.3	94.4	8.7	5.3	46.3	51.8	9.7
⑦ 龍隱路小学	3.4	4.4	29	20.2	14.8	92.5	10.8	4.7	38.3	27.4	4.6
⑧ 桂林市環境監測站	3.7	4.6	31	16.4	15.8	130.6	9.0	5.0	53.9	55.7	7.3
⑨ 第八中学	3.6	4.5	32	17.7	16.8	117.9	10.9	5.8	50.9	46.8	7.7
⑩ 桂林市气象台	4.2	5.2	21	25.8	14.2	81.1	12.6	4.6	50.1	45.9	8.2
⑪ 梧州市環境監測站	3.6	4.4	33	38.0	16.0	98.0	15.6	5.3	39.1	42.2	16.1
⑫ 旺浦中学	4.1	4.8	18	26.9	22.7	37.6	12.0	5.4	33.0	27.0	14.3
⑬ 广州市環境監測中心站	4.2	4.8	35	40.1	33.2	156.3	18.1	9.5	93.2	81.9	13.7
⑭ 番禺市環境監測站	3.7	4.5	47	38.2	31.4	133.3	20.6	7.0	71.8	72.2	14.9
⑮ 广州市黄埔区環境監測站	4.1	4.9	37	40.2	29.9	165.7	17.8	7.4	102.4	92.1	14.7
⑯ 广州市白雲山摩崖龕	4.1	4.7	38	56.9	27.7	162.0	28.8	7.6	87.4	75.1	14.4

(注) 1. pHはpH値、ECは導電率、Cl⁻は塩素イオン、NO₃⁻は硝酸イオン、SO₄²⁻は硫酸イオン、Na⁺はナトリウムイオン、K⁺はカリウムイオン、NH₄⁺はアンモニウムイオン、Ca²⁺はカルシウムイオン、Mg²⁺はマグネシウムイオンを示す。

2. pH最低値は日平均最低値で、その他はμeq/L平均値である。

2.2.2 イオン降下量の調査結果

地点別イオン降下量のサツル合計値は、表2.2.2 に示すとおりである。4市に共通な特徴としては他の成分に比べ SO_4^{2-} の降下量が圧倒的に多い。

都市別にみると、广州市では NO_3^- も多く、陰イオンの降下量が多いにも関わらずpHがそれほど高くないのは、カウンターイオンの降下量が多く、両者がバランスしているためと考えられる。

測定された降水量を地点別にみると、同一市内の測定地点でばらつきが大きい所がある。これらのばらつきの原因については停電等による測定機器への影響などが考えられる。

表2.2.2 イオン降下量のサツル合計値（湿性降下物）

測定期間：1994年7月～1995年6月

測定地点	降水量 (mm)	イオン降下量 (meq/m ²)								
		H ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
① 柳州市環境監測站	976.5	47	57.0	12.2	147	12.2	2.7	58.6	58.8	12.1
② 第四人民病院	1285.5	27	37.8	16.4	136	8.6	2.9	47.2	59.9	14.3
③ 西雋縣派出所 *	628.5	15	10.9	8.7	76	4.7	.9	38.7	20.0	6.8
④ 河西淨水場 *	1259.5	29	63.1	16.1	213	18.4	2.8	69.3	85.4	16.6
⑤ 魚峰区人民政府 *	955.5	18	19.0	11.6	182	8.2	1.5	64.7	63.8	11.3
⑥ 桂林通信電纜廠	1595.5	16	19.5	18.9	117	10.8	6.5	57.3	64.0	11.9
⑦ 龍隱路小学	1998.5	61	33.6	24.7	154	17.9	7.9	63.8	45.6	7.6
⑧ 桂林市環境監測站	1788.0	37	23.7	22.8	189	13.0	7.3	77.8	80.3	10.6
⑨ 第八中学 *	1375.0	39	21.1	20.0	140	12.9	6.9	60.4	55.6	9.1
⑩ 桂林市气象台	1575.5	9	34.9	19.2	110	17.1	6.3	67.8	62.2	11.1
⑪ 梧州市環境監測站	1647.0	61	39.3	22.9	140	16.1	7.5	41.5	60.3	23.0
⑫ 旺甫中学 *	712.5	10	16.1	13.6	23	7.2	3.2	19.7	16.1	8.6
⑬ 广州市環境監測中心站	1374.5	22	51.9	42.9	202	23.4	12.2	120.5	105.9	17.7
⑭ 番禺市環境監測站	1323.5	41	45.1	37.2	158	24.4	8.3	85.0	85.6	17.7
⑮ 广州市黄埔区環境監測站	1183.6	12	43.2	31.1	178	19.1	7.7	109.9	98.8	15.3
⑯ 广州市白雲山摩星嶺	1203.9	24	64.7	31.5	184	32.6	8.6	99.2	85.3	16.3

(注) 1. * の測定地点は停電などのため、稼働率が低い。

実際には、停電等が原因と思われる影響を受けて比較的近くの測定局間においても降水量が大きく異なることから、イオン降下量を地点毎に算定しても地点間の比較は必ずしも信頼性の高いものにならない。従って、ここでは、各都市での最大降水量をその都市の全ての地点に適用し、都市毎に降水量を一定とした場合の年間イオン降下量を推定し、比較することとした。

推定結果を表2.2.3に示す。

観測地点中で最大のH⁺降下量は、柳州市環境監測站の86(meq/m²/年)であり、次いで桂林市龍隱路小学の72(meq/m²/年)、梧州市環境監測站の66(meq/m²/年)等となっている。

陰イオンの大部分は硫酸イオンであり、最大降下量は柳州市魚峰区人民政府の350(meq/m²/年)である。

陽イオンはアンモニウムイオンとカルシウムイオンが主であり、その降下量の大小は地点によって異なる。

表2.2.3 イオン降下量の年間合計値（湿性降下物）

測定期間：1994年7月～1995年6月

測定地点	降水量 (mm)	イオン降下量 (meq/m ² /年)								
		H ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
① 柳州市環境監測站	976.5	86	107	23	276	23	5	110	110	23
② 第四人民病院	1285.5	35	56	24	197	13	4	68	86	21
③ 西輪製冰出所 *	628.5	35	29	25	206	16	3	130	67	23
④ 河西淨水場 *	1259.5	37	84	21	282	29	4	108	133	26
⑤ 魚峰区人民政府 *	955.5	33	37	24	350	19	3	152	150	27
⑥ 桂林通信電纜廠	1595.5	25	31	31	189	17	11	93	104	19
⑦ 龍隱路小学	1998.5	72	40	30	185	22	9	77	55	9
⑧ 桂林市環境監測站	1788.0	49	33	32	262	18	10	108	111	15
⑨ 第八中学 *	1375.0	64	35	34	236	22	12	102	94	15
⑩ 桂林市气象台	1575.5	13	52	28	163	25	9	100	92	16
⑪ 梧州市環境監測站	1647.0	66	63	26	162	26	9	64	69	27
⑫ 旺甫中学 *	712.5	25	44	37	62	20	9	54	44	24
⑬ 广州市環境監測中心站	1374.5	23	55	46	215	25	13	128	113	19
⑭ 番禺市環境監測站	1323.5	48	52	43	184	28	10	99	99	20
⑮ 广州市黄浦区環境監測站	1183.6	16	55	40	228	24	10	141	127	20
⑯ 广州市白雲山摩星嶺	1203.9	29	78	38	223	40	10	120	103	20

- (注) 1. * の測定地点は停電などのため、稼働率が低い。
2. 年間合計値の推定には都市別に最大降水量を用いた。

2.3 乾性降下物

乾性降下物については、湿性降下物と比較して定量化が難しく世界的に見てもその観測方法が議論されているところである。今回の調査では、日本で従来から使われてきた代理表面法を採用しているが、この方法についても幾つかの課題を残している。また、調査中においても停電・故障等が頻繁に発生しており、これらの乾性降下量の推計結果の評価に当たっては、関連情報を充分確認しておくことが望まれる。

乾性降下物の年間サンプル合計値を表2.3.1に示す。表2.3.2は湿性降下物の場合と同様に、都市別に最大降下量を記録した地点の降下量を基準に算定した年間降下量を示したものである。

乾性降下量では、硫酸イオンやカルシウムイオンが比較的多量であることが判るが、湿性降下量と比べると、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 Cl^- 、 NO_3^- 等の各イオン降下量は、少なくなっている。

表2.3.1 乾性降下量のメカ合計値

測定期間：1994年7月～1995年6月

測定地点	重量 (mg)	可溶性成分降下量 (meq/m ²)								
		H ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
① 徳州市環境監視站	1078.0	.036	2	4	128	11	2	18	107	12
② 第四人民病院	1148.2	.016	2	2	87	2	2	6	79	14
③ 西輪郷派出所 *	343.8	.015	1	2	33	3	2	8	27	4
④ 河西浄水場	1125.7	.020	2	11	136	4	2	21	108	18
⑤ 魚峰区人民政府 *	939.1	.006	3	3	121	2	1	9	118	11
⑥ 桂林通信電纜廠	751.1	.040	2	4	63	2	2	5	66	14
⑦ 龍隱路小学	665.9	.255	1	2	47	2	2	7	48	5
⑧ 桂林市環境監視站	1358.3	.781	3	4	81	4	2	11	84	11
⑨ 第八中学 *	1409.1	.123	2	2	52	2	2	6	56	5
⑩ 桂林市气象台	808.0	.014	2	3	64	2	1	10	63	13
⑪ 梧州市環境監視站	478.0	.115	1	2	58	1	1	4	50	5
⑫ 旺甫中学 *	539.3	.000	1	1	5	0	1	0	6	1
⑬ 广州市環境監視中心站 *	996.9	.004	6	7	55	4	3	3	97	5
⑭ 番禺市環境監視站	1323.9	.003	6	9	88	4	2	4	110	6
⑮ 广州市黄埔区環境監視站 *	1431.1	.002	5	6	77	5	3	2	109	6
⑯ 广州市白雲山摩星嶺 *	384.9	.054	4	6	56	4	2	11	48	3

(注) 1. * の測定地点は停電などのため、稼働率が低い。

表2.3.2 年間乾性降下量

測定期間：1994年7月～1995年6月

測定地点	重量 (mg)	可溶性成分降下量 (meq/m ² /年)								
		H ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
① 柳州市環境監測站	1293.6	0.043	3	5	154	13	2	21	129	15
② 第四人民醫院	1530.9	0.021	3	3	116	2	2	8	105	19
③ 西鵝灘派出所 *	825.1	0.036	3	5	79	8	4	19	65	10
④ 河西淨水場 *	1688.9	0.030	3	16	205	6	3	31	163	28
⑤ 魚峰區人民政府	1609.9	0.010	4	6	207	4	2	16	203	18
⑥ 桂林通信電纜廠	819.4	0.044	2	4	69	3	2	6	72	15
⑦ 龍隱路小學	725.6	0.278	2	3	52	2	2	8	52	5
⑧ 桂林市環境監測站	1358.3	0.781	3	4	81	4	2	11	84	11
⑨ 第八中學 *	1690.9	0.148	2	2	63	3	2	8	67	6
⑩ 桂林市氣象台	881.5	0.015	3	4	69	3	2	11	68	14
⑪ 梧州市環境監測站	573.6	0.138	1	2	70	2	2	5	67	6
⑫ 旺甫中學 *	3235.8	0.000	5	5	28	3	3	2	36	6
⑬ 廣州市環境監測中心站 *	1495.4	0.006	10	11	82	5	4	4	146	7
⑭ 番禺市環境監測站	2269.5	0.005	11	15	150	7	4	6	189	10
⑮ 廣州市黃埔區環境監測站*	2146.7	0.003	7	9	115	7	4	2	164	8
⑯ 廣州市白雲山摩星嶺 *	769.8	0.108	8	13	112	8	4	23	96	7

(注) 1. * の測定地点は停電などのため、稼働率が低い。

JICA