

5 シミュレーションモデルの構築

5.1 大気拡散シミュレーションモデル構築の基本方針

5.1.1 シミュレーションモデルと計算領域

図 5.1-1は、貴陽市におけるシミュレーションモデルと計算領域との関係を示している。貴陽市では、中心部と郊外部の 2 つの計算領域に区分してシミュレーションを行った。貴陽市の中心部(詳細計算領域)では、貴州省環境科学研究設計院(以下、環科院)と JICA 調査団が開発した改良モデルを用いてシミュレーションを行い、大気汚染対策等の総合的な検討・評価を行った。貴陽市郊外部(詳細計算領域外)では、US-EPA(米国環境保護庁)の ISC-ST3 モデルを用いてシミュレーションを行い、計算濃度の分布等について検討した。貴陽市郊外部のシミュレーションの詳細については、サポーティングレポートを参照。

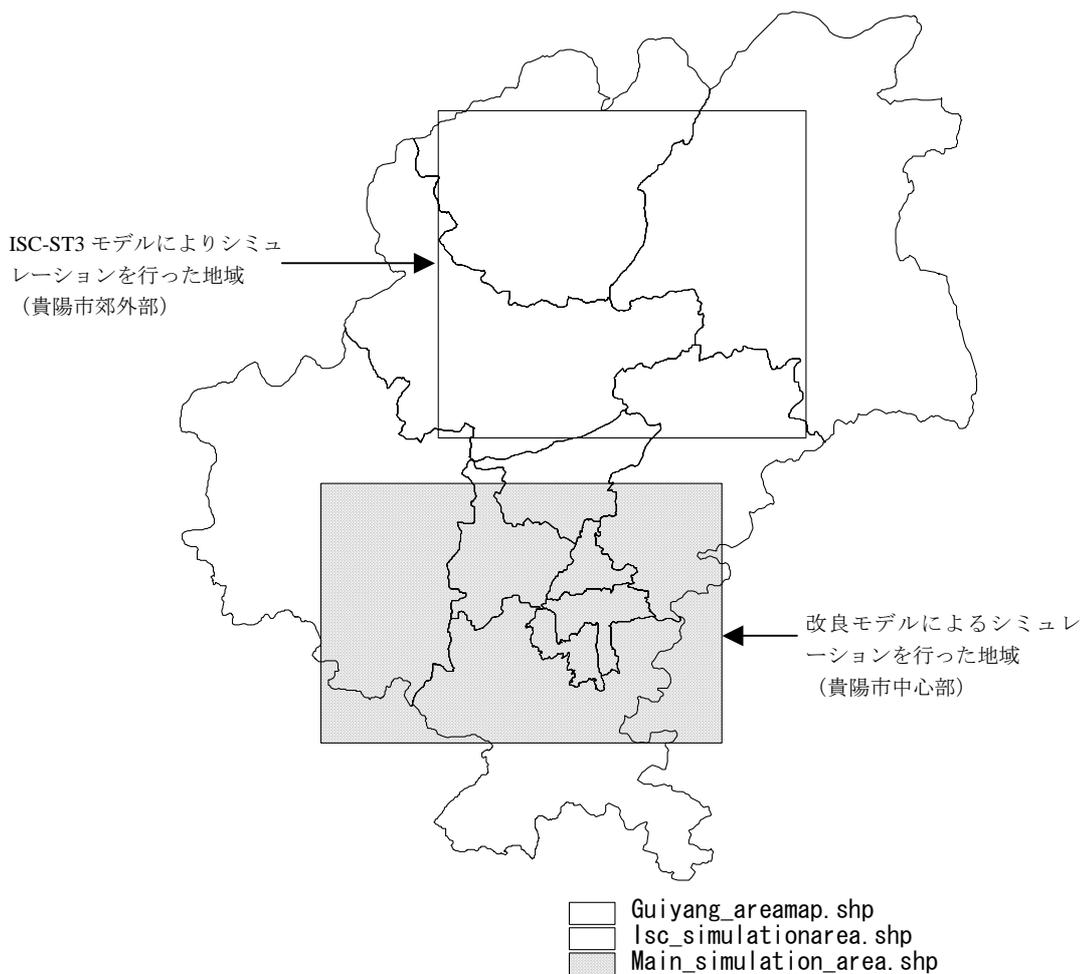


図5.1-1 貴陽市におけるシミュレーションモデルと対象領域

5.1.2 シミュレーションモデルの基本構成

図 5.1-2は、改良モデルと ISC-ST3 モデルの概略である。貴陽市中心部で用いる改良モデルは、環科院の新モデルに調査団が開発する気象条件設定モデル、発生源モデル、大気環境モデルを順次組み込み、モデル全体の構築を行った。

調査団が開発した気象条件設定モデル、発生源モデル、大気環境濃度モデルにより、気象データ、発生源データ、大気環境濃度データについてフォーマット変換・補間・集計を行い、新モデル(改良モデルの本体部分)の入力データとした。

シミュレーションモデルでは、気象データ、発生源データ及び計算結果を分布図・グラフ等に表示することが、大気汚染防止対策のために有効である。そのため、環科院の新モデルで表示できない大気汚染防止対策に有用な視覚化ツールを開発した。

環科院の新モデルは、排出量を X 軸、Y 軸、Z 軸のグリッド番号で入力する。そのため、大気拡散シミュレーションモデルの発生源モデルを用いて、調査団が作成する点源、線源、面源データを、環科院の新モデルに対応させて面源形式に変換した。その際、発生源の種類に応じた有効高さを考慮した。

貴陽市郊外部では、大規模工場による影響を把握するため、ISC-ST3 モデルにより濃度分布を計算した。

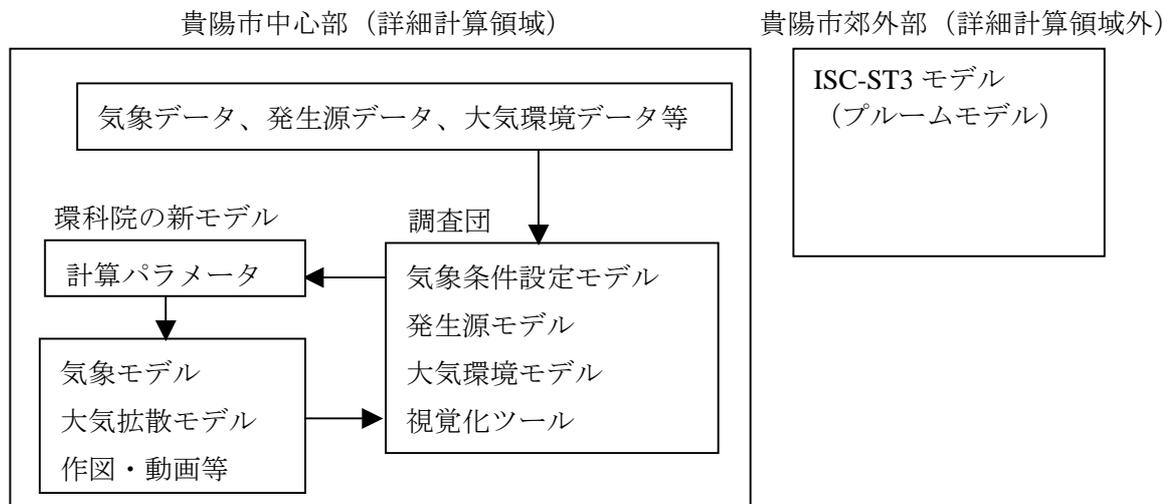


図5.1-2 改良モデルの概略

- モデルの定義
 現・新モデル：環科院のシミュレーションモデル
 改良モデル：環科院（新モデル）と JICA 調査団が作成するシミュレーションモデル

5.2 貴陽市中心部における改良モデルシミュレーション

5.2.1 モデルの計算条件

(1) 座標系及び計算領域

座標系は、水平方向については直交座標系、鉛直方向については複雑地形を考慮した非直交座標系を用いた。

図 5.2-1は、計算領域及び標高分布を示している。計算対象領域は、貴陽市の雲岩区、南明区、小河区及び清鎮市の一部をカバーする 54km×39km 四方である。標高分布は、1763m～976m の範囲にある。北西部で最も標高が高く、次いで南東部となっている。貴陽市の市街区域(東側の中部付近)では、標高が低くなっている。

水平方向のボックスの大きさは500mである。鉛直方向は15層(0～3m、3～10m、10～30m、30～50m、50～100m、100～200m、200～300m、300～500m、500～700m、700～1000m、1000～1500m、1500～2000m、2000～2500m、2500～3000m、3000～4000m、4000～5000m)に分割した。

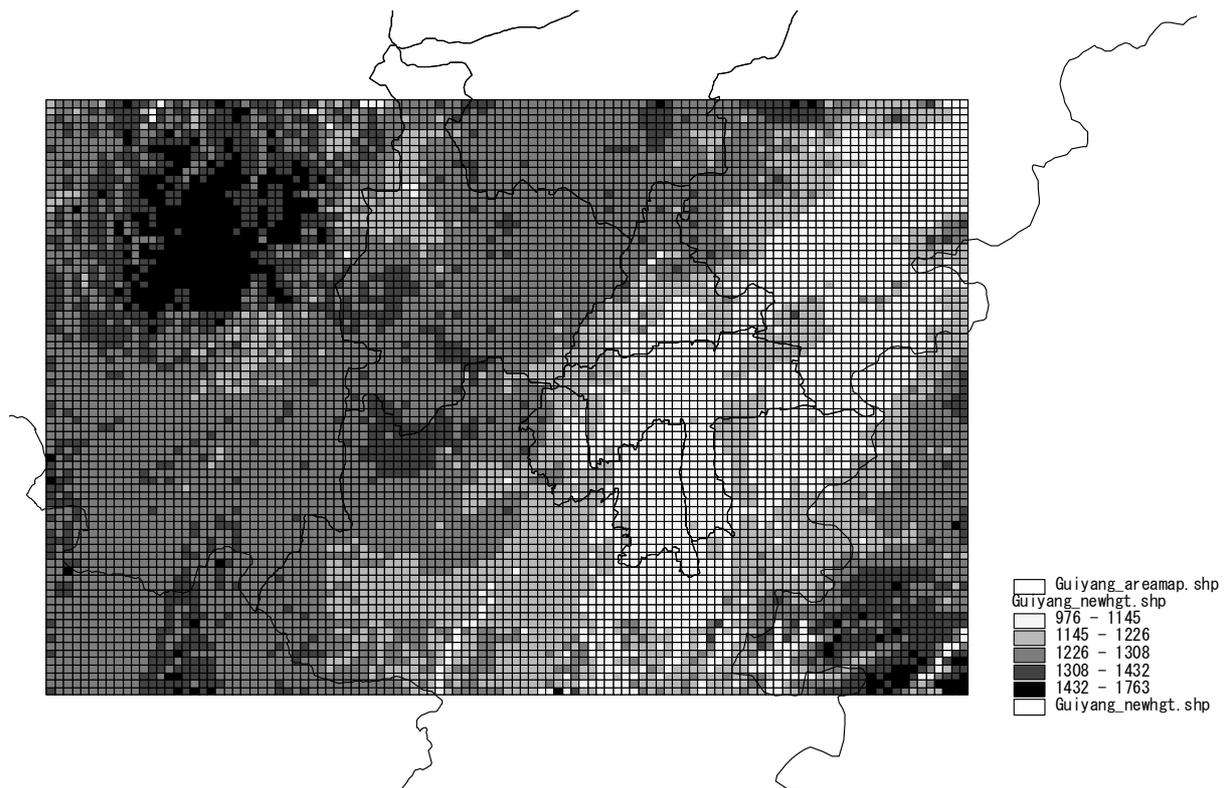


図5.2-1 対象地域における標高分布図

(2) 処理・変換方法(必要資機材)

調査団が開発するサブモデル(気象条件、発生源、大気環境)及び視覚化ツールは、Windows 上での操作性、開発環境を考慮して、Visual FORTRAN 及び ArcView により開発した。

(3) 測定局分布図

図 5.2-2は、貴陽市中心部におけるシミュレーション結果との比較に用いた測定局位置を示している。測定局は全部で 8 局(太慈橋、監測站、冶金庁、鴻辺門、馬鞍山、小河区、花溪区、烏当区)である。

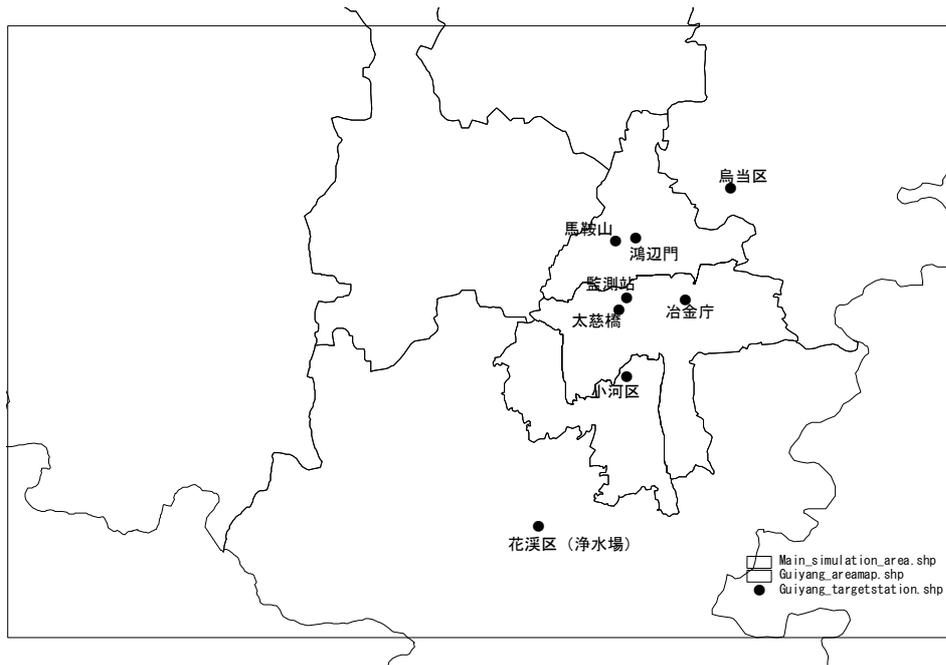


図5.2-2 測定局分布図

5.2.2 改良シミュレーションモデルの概要

(1) モデルの種類

改良モデルの気象モデル及び大気拡散モデルは、オイラー型の 3 次元グリッドモデルであり、非定常での濃度、時間経過に伴う濃度変化を求めるようなシミュレーションに適したモデルである。オイラー型モデルは、対象地域を多くのボックスに分割し、その各ボックス内の濃度を一様として、各ボックス相互の汚染物質の流入、流出及びボックス内での発生量によって濃度を計算する。微分方程式を数値的に解くため、複雑な移流、輸送、反応などの過程を取り込むのに適したモデルである。

(2) 気象モデル

① 気象データ

シミュレーションに用いた気象データは、次のとおりである。

- ・係留気球観測結果
- ・気温観測結果
- ・高層気象台データ(風向、風速、気温、高度、圧力)
- ・標高データ
- ・風向・風速データ(測定地点:清鎮市、白雲区)

② 基礎方程式

気象モデルの基礎方程式は、水平運動方程式、連続方程式、準静力方程式からなる。これらの基礎方程式により、初期値からグリッド別気流場(風向・風速・気圧・温度)を求めた。

③ 複雑地形の考慮

図 5.2-3は、改良モデルによる鉛直方向の座標を示している。鉛直座標系は、複雑地形を考慮するため、地形に沿った非直交座標系(z')を用いた。

$$z' = H(z - z_g) / (H - z_g)$$

z' : 地形を考慮したときの計算鉛直高さ、 z : 計算高度

H : 計算領域の最大高さ、 z_g : 地表面の高度

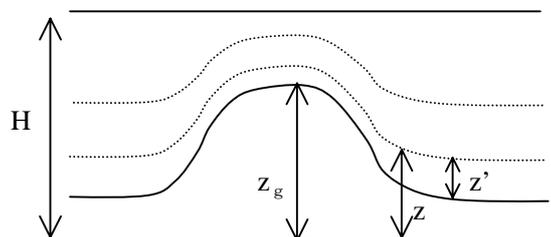


図5.2-3 改良モデルの鉛直座標

④ 数値解法

基本方程式を差分形式に変換し、数値解法により基礎方程式を解いた。

⑤ 気象条件と初期値の設定方法

気象条件別に実測データを初期値として、計算領域全域で高度別に風向、風速を入力した。

(3) 発生源の放出高

調査団が作成する点源、線源、面源データを、環科院の新モデルに対応させて面源形式に変換した。表 5.2-1は、発生源の種類と排出高さを示している。改良モデルの発生源データとして入力する際に、発生源の高さにある鉛直層から排出するようにした。

表5.2-1 発生源の種類と排出高

発生源の種類	放出高さ(鉛直層)
点源	煙突高さに対応する鉛直層から排出するものとした。
線源	一般幹線道路 :1層(0~3m)
	高架道路 :2層(3~10m)
面源	小規模工場 :4層(30~50m)
	ホテル公共施設 :3層(10~30m)
	家庭、飲食店 :2層(3~10m)

(4) 大気拡散モデル

① 基礎方程式

大気拡散モデルの基礎式は次のとおりである。

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} + u \frac{\partial C_i}{\partial x} + v \frac{\partial C_i}{\partial y} + w \frac{\partial C_i}{\partial z} = \left(\frac{H}{H-Zg} \right)^2 \frac{\partial}{\partial z} \left(K_v \frac{\partial C_i}{\partial z} \right) + K_H \left(\frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C_i}{\partial y^2} \right) + Q_i + S_i$$

C_i は地点(x,y,z)におけるi成分濃度、u,v,wはそれぞれx,y,z方向の風速、

K_H は水平拡散係数、 K_v は鉛直拡散係数、

Q_i, S_i はi成分の反応項、発生源項を示している。

② 差分スキーム

移流項及び拡散項には風下差分を用いた。

③ 初期条件

濃度場の初期条件は、 $C(x, y, z) = 0$ とした。

④ 境界条件

a. 水平境界条件

水平境界条件は $\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} = 0$ とした。

b. 上層境界条件

鉛直上層境界では対象物質が吸収されるものとした。

c. 下層境界条件

地表では、対象物質が反射されるものとした。

⑤ 積分時間、計算ステップ

基本方程式を安定的に解く指標として、Courant 数 ($U \cdot \Delta t / \Delta x$) がある。この指標が 0.1 以上になる場合には、解が陰的に保たれないため、解の精度に問題が生じる。そのため、計算ステップ時間を、Courant 数が 0.1 を越えないように 3 秒に設定した。また、気象条件別の計算時間は 2 時間とした。

⑥ 拡散係数

水平拡散係数 K_H は、 $50\text{m}^2/\text{s}$ とした。

鉛直拡散係数 K_V は、10m の垂直拡散係数を $0.5\text{m}^2/\text{s}$ とし、高度減衰係数及び高度から対象高度別に求めた。

$$K_V(z) = K_V(z_1) \frac{z}{z_1} e^{-\frac{\rho(z-z_1)}{H_s}}$$

z : 対象高度

z_1 : 10m

ρ : 高度減衰係数 ($3\text{m}^2/\text{s}$)

H_s : 混合層高度 (1000m)

⑦ 変質除去過程

今回のシミュレーションでは、物質間の化学反応過程は考慮しなかった。

(5) NO₂変換

中国の国家環境基準は NO₂ 濃度であるため、シミュレーションから算出した NO_x 濃度を NO₂ 濃度に変換する式を設定する必要がある。

NO₂ 変換式は、監視站 (市站) 及び馬鞍山における 2001 年、2002 年及び 2003 年の NO_x 及び NO₂ 年平均値との関係 (図 5.2-4 参照) を用いて算出した。ただし、貴陽市中心部の市街区域 ($4.5\text{km} \times 5.5\text{km}$) 以外の高速道路等の幹線道路による影響を考慮して、NO_x 濃度と NO₂ 濃度の年平均値から算出された NO₂ 変換式に、さらに市街区域外の幹線道路寄与分濃度として $0.003\text{mg}/\text{m}^3$ を加えた。したがって、最終的な NO₂ 変換式は、次のとおりである。

[NO₂ 計算値 (mg/m^3)]

= 変換式による NO₂ 濃度 + 市街区域外の幹線道路寄与分濃度

= $(0.604 \times [\text{NO}_x \text{ 計算値} (\text{mg}/\text{m}^3)] + 0.005\text{mg}/\text{m}^3) + 0.003\text{mg}/\text{m}^3$

= $0.604 \times [\text{NO}_x \text{ 計算値} (\text{mg}/\text{m}^3)] + 0.008\text{mg}/\text{m}^3$

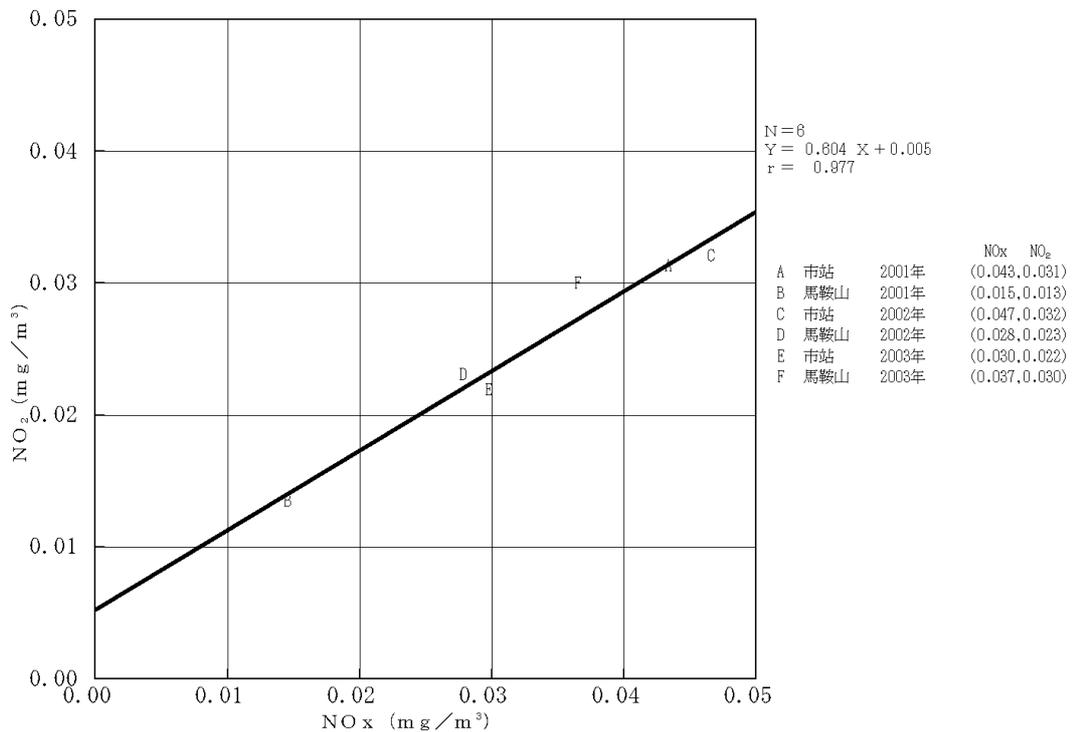


図5.2-4 貴陽市におけるNOxとNO₂の相関関係

(6) 気象条件

年平均濃度は、気象条件別計算濃度と出現頻度から算出した。これまでの貴陽市における研究結果から、18 気象条件は貴陽市の年平均濃度を計算するための十分な代表性をもっていることがわかっている。そのため、16 風向及び冬・夏の静穏時の気象条件を設定することにより、貴陽市の 18 気象条件を設定した。表 5.2-2は、18 気象条件と出現頻度である。18 気象条件とその出現頻度は、係留気球測定データ（2003 年 7 月、10 月、2004 年 1 月、4 月）及び貴陽市高層気象データから設定した。その際、18 気象条件の出現頻度の設定では、2003 年 5 月～2004 年 4 月の天気図型（サポーティングレポートを参照）についても参考にした。

表5.2-2 貴陽市における 18 気象条件と出現頻度

気象条件No.	出現頻度 (%)	気象条件No.	出現頻度 (%)
1	4.28	10	5.52
2	4.24	11	2.98
3	5.30	12	1.27
4	2.98	13	2.89
5	5.61	14	1.37
6	7.86	15	1.13
7	7.48	16	9.94
8	5.12	17	2.6
9	5.35	18	2.6

5.2.3 現況年のシミュレーション結果

(1) 計算結果と大気環境濃度との比較

図 5.2-5～図 5.2-7は、2003 年におけるSO₂、NO₂、PM₁₀のシミュレーション結果と実測値との関係を示している。SO₂では、全体的には比較的高い相関となった。鴻辺門及び馬鞍山では計算値側に過大となった。冶金庁、花溪区及び烏当区では計算値側に過小となった。花溪区、烏当区では、シミュレーション対象領域以外からの発生源の影響も考えられる地域であることから、計算値側に過小となったと考えられる。

NO_xでは、馬鞍山を除く全ての測定局において、比較的高い相関となった。馬鞍山だけが実測値側に過大となった原因としては、馬鞍山では夏季に欠測が多く、年間の有効時間数が少ないこと。また、馬鞍山の年平均値 0.030mg/m³に対して、簡易測定 of 年平均値が 0.012 mg/m³である。以上から、馬鞍山の実測に何らかの問題があり実測値側に過大になったと考える。

PM₁₀では、全ての測定局で実測値側に過大となった。PM₁₀の発生源としては、煤じん(燃焼系排出粒子)、二次生成粒子(硫酸塩、硝酸塩、有機性炭素)、粉じん(粉じん発生施設、タイヤじん、道路土壌、一般土壌)、自然界粒子などがある。貴陽市では建設機械等による粉じんや自動車による粉じんの巻き上げが大きいと推測されるが、本調査では、燃焼系発生源のみを推計対象としていることから、実際の放出量より少なく排出量が推定されたため、計算値が過小になったと考える。将来的なシミュレーション結果と実測値との整合をとるためには、広範囲にわたる緻密な発生源の排出量推計を行うことと併せて、PM₁₀の粒径分布分析を行い、発生源種類、一次・二次粒子区分、発生源距離等を把握していくことが重要である。

2003 年の監視站及び馬鞍山では、自動測定機により大気環境濃度の実測が行われた。それ以外の 6 つの測定局(太慈橋、冶金庁、鴻辺門、小河区、花溪区、烏当区)では、2003 年 10 月まで従来のバッジ測定による実測、2003 年 10 月途中より自動測定機により実測が行われた。そのため、年平均値の計算に用いた実測値にも測定頻度や測定手法の違いによる精度の違いがあることに留意する必要がある。

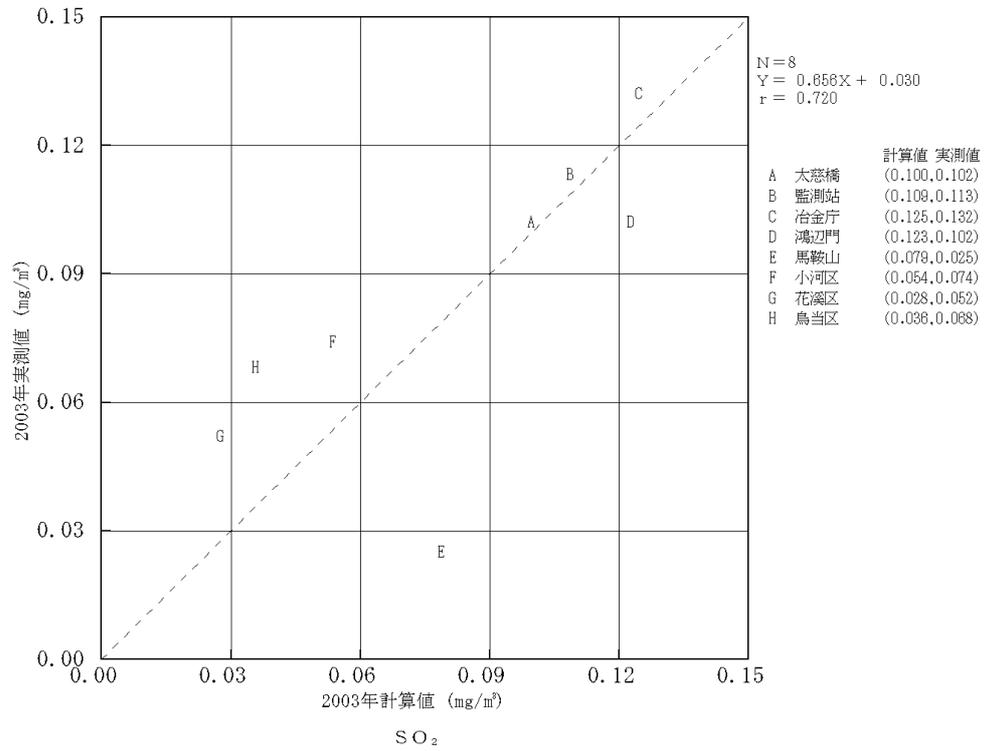


図5.2-5 2003年における計算値と実測値との相関関係 (SO₂)

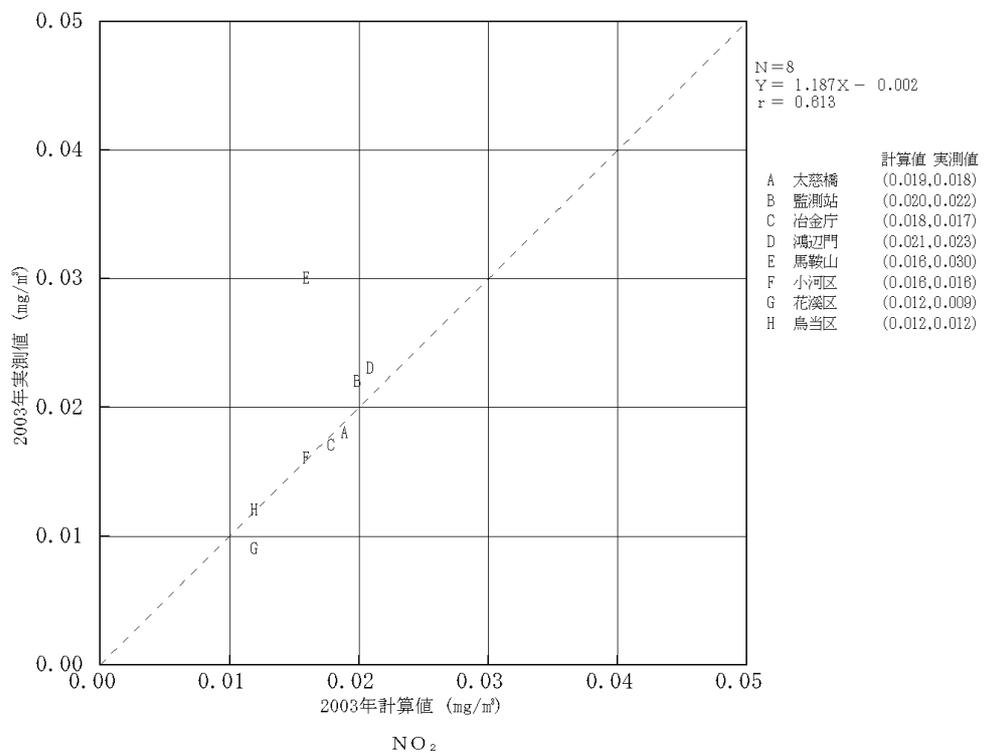


図5.2-6 2003年における計算値と実測値との相関関係 (NO₂)

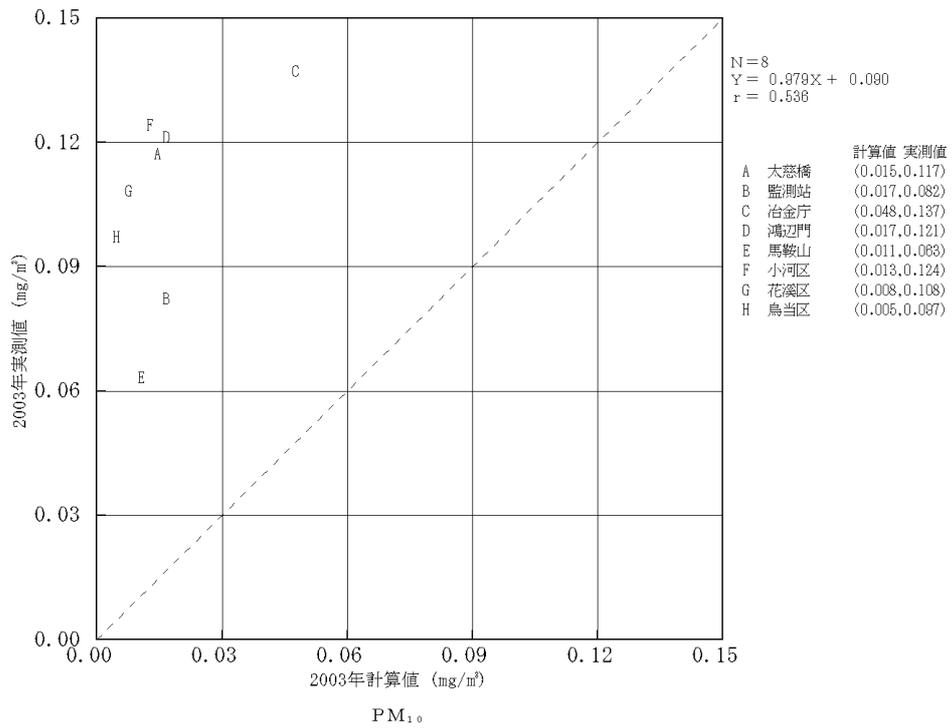


図5.2-7 2003年における計算値と実測値との相関関係 (PM₁₀)

(2) 計算濃度分布図

図 5.2-8～図 5.2-10は、2003年のSO₂、NO₂及びPM₁₀計算濃度分布図である。SO₂及びNO₂では、清鎮市付近、及び南明区と花溪区の境界付近で高濃度となった。PM₁₀では、雲岩区、南明区、小河区及び花溪区にかけて高濃度となった。

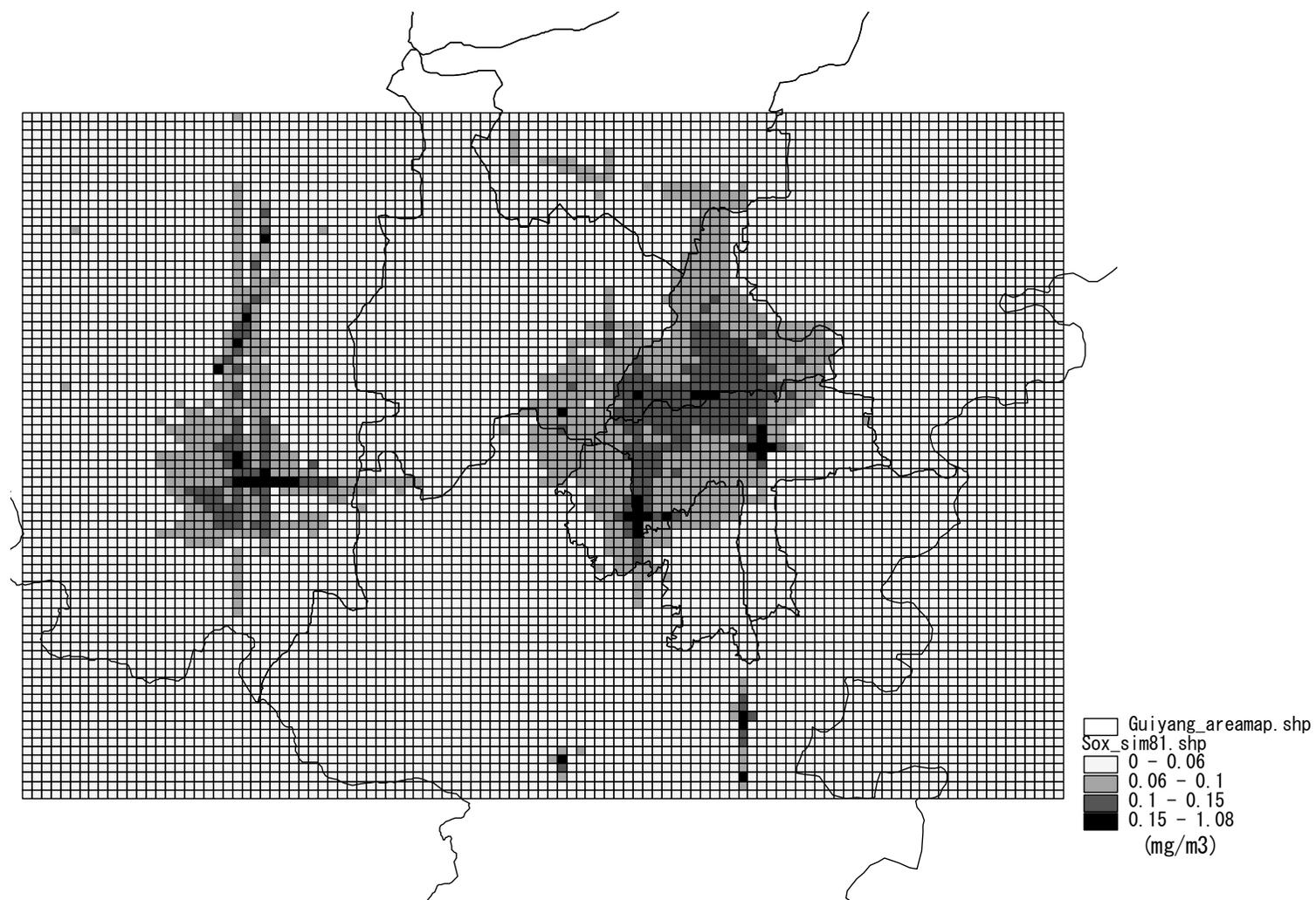


図5.2-8 SO₂の計算濃度分布図 (2003年)

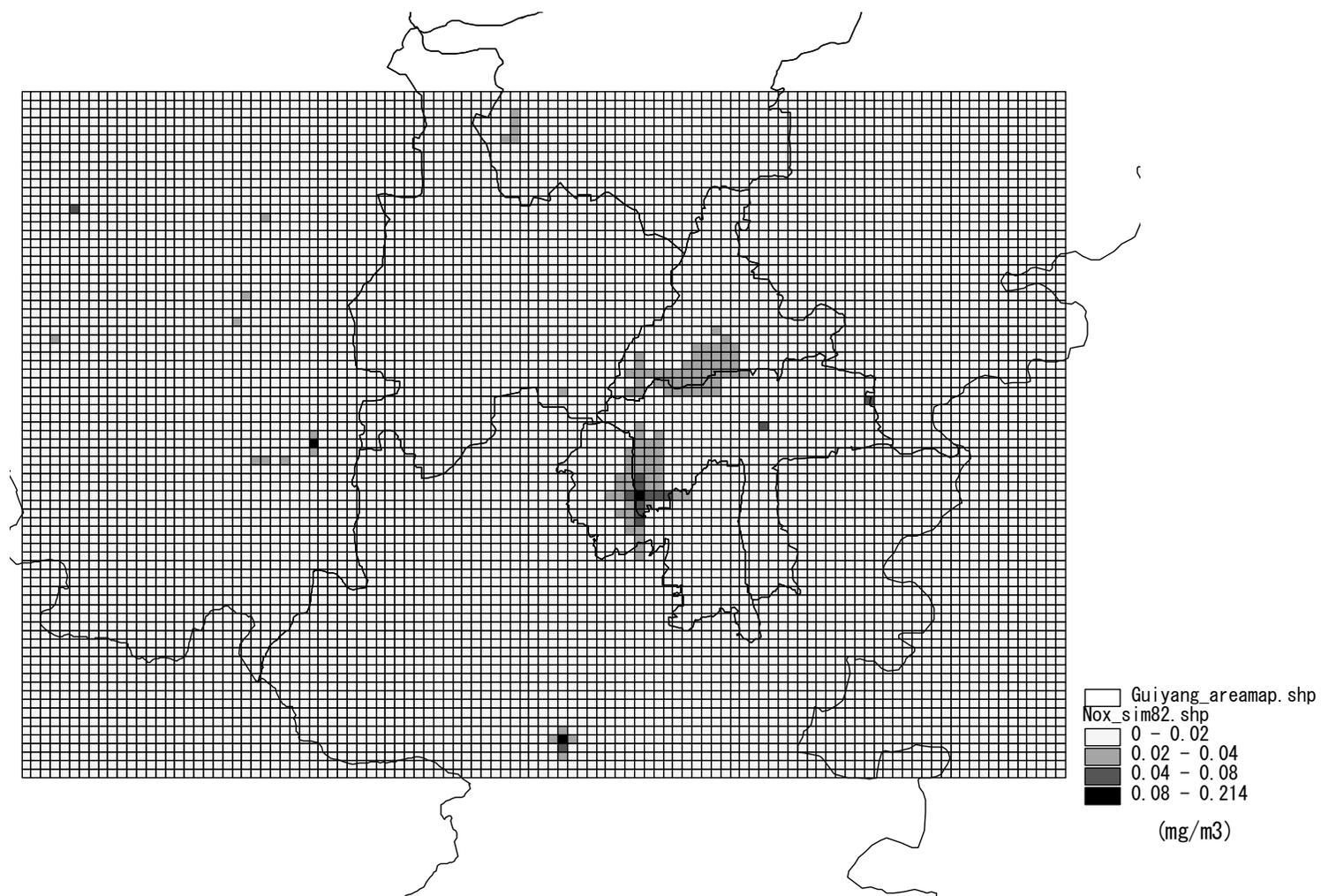


図5.2-9 NO₂の計算濃度分布図 (2003年)

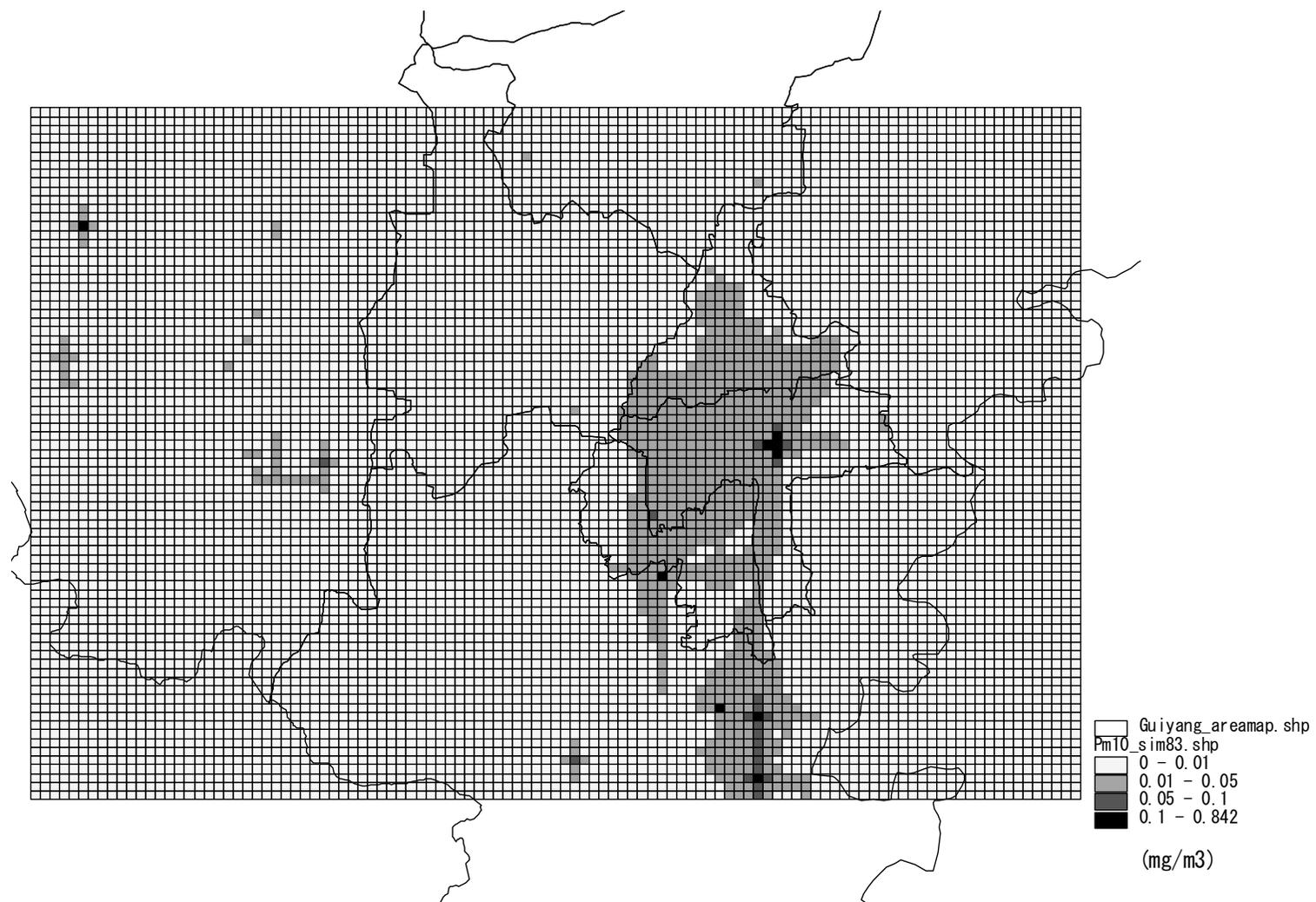


図5.2-10 PM₁₀の計算濃度分布図 (2003年)

6 発生源対策の提案とその評価

6.1 将来予測

6.1.1 社会経済フレーム

現在は中国の第十次五ヵ年計画(十五計画)の期間中に当り、貴陽市におけ大部分の社会経済指標の将来計画値は 2005 年までのものしかない。従って本調査の目標年である 2010 年における人口、GDP 等の基本的な社会経済指標を一定の仮定のもとに推定した。結果は以下のとおりである(図 6.1-1 参照)

(1) 人口

貴陽市全市の人口の最新統計は 2002 年末の 3,404,389 人であり、貴陽市「十五計画」の 2005 年の計画人口は 3,520,000 人である。人口が 2002 年から 2005 年まで直線的に増加し、それがそのまま 2010 年まで続くと仮定すれば、2010 年の人口は 3,710,000 人となる。なお、本調査のシミュレーション解析において現況年は 2003 年とするので、上記仮定により 2003 年の人口を 3,451,646 人と推定した(表 6.1-1)。

表 6.1-1 貴陽市人口予測値

年	2002	2003	2005	2010
人口(人)	3,404,389(統計)	3,451,646(推定)	3,520,000(計画)	3,710,000(推定)

(2) 国内総生産(GDP)

貴陽市全市の GDP については、2002 年の統計値、十五計画による 2005 年の計画値、及び貴陽市による 2013 年の長期目標値がある。2002 年から 2005 年までと、2005 年から 2013 年までの両期間とも GDP が直線的に変化(増加)すると仮定すると、各年の全市 GDP は表 6.1-2 のようになる。

表 6.1-2 貴陽市総生産額予測値

年	2002	2003	2005	2010	2013
GDP(億元)	336.37 (統計)	381.58 (推定)	472.00 (計画)	802.00 (推定)	1,000.00 (長期目標)

(3) 一人当り GDP

上述の人口および GDP のデータより、1 人当り GDP は表 6.1-3 のようになる。

表 6.1-3 貴陽市一人当たり生産額予測値

年	2002	2003	2005	2010
GDP/人(元)	9,948(統計)	11,055(推定)	13,400(計画)	21,600(推定)

(4) 産業部門別 GDP の比率

貴陽市の第1次、2次、3次の産業部門別 GDP 比率については、2000年の9.1%、50.9%、40.0%に対して、十五計画では2005年にはそれぞれ6.2%、52.3%、41.5%になるものと計画されている。この2000年から2005年までの比率変化がそのまま直線的に2010年まで続くと仮定した場合、第1次産業(農業、林業、牧畜業、水産業)の GDP 比率は全体 GDP(802.00 億元)の3.3%、即ち26.47 億元となって、2005年の計画値29.26 億元、さらに最新統計値である2002年の26.58 億元より減少することになり、現実的とはいえない。正確な予測は困難であるが、2010年における第1次産業の GDP 比率は2005年に比べて或る程度減少し(例えば4.5%程度に)、それに対応して第2次と第3次産業の比率が増加すると考えられる。

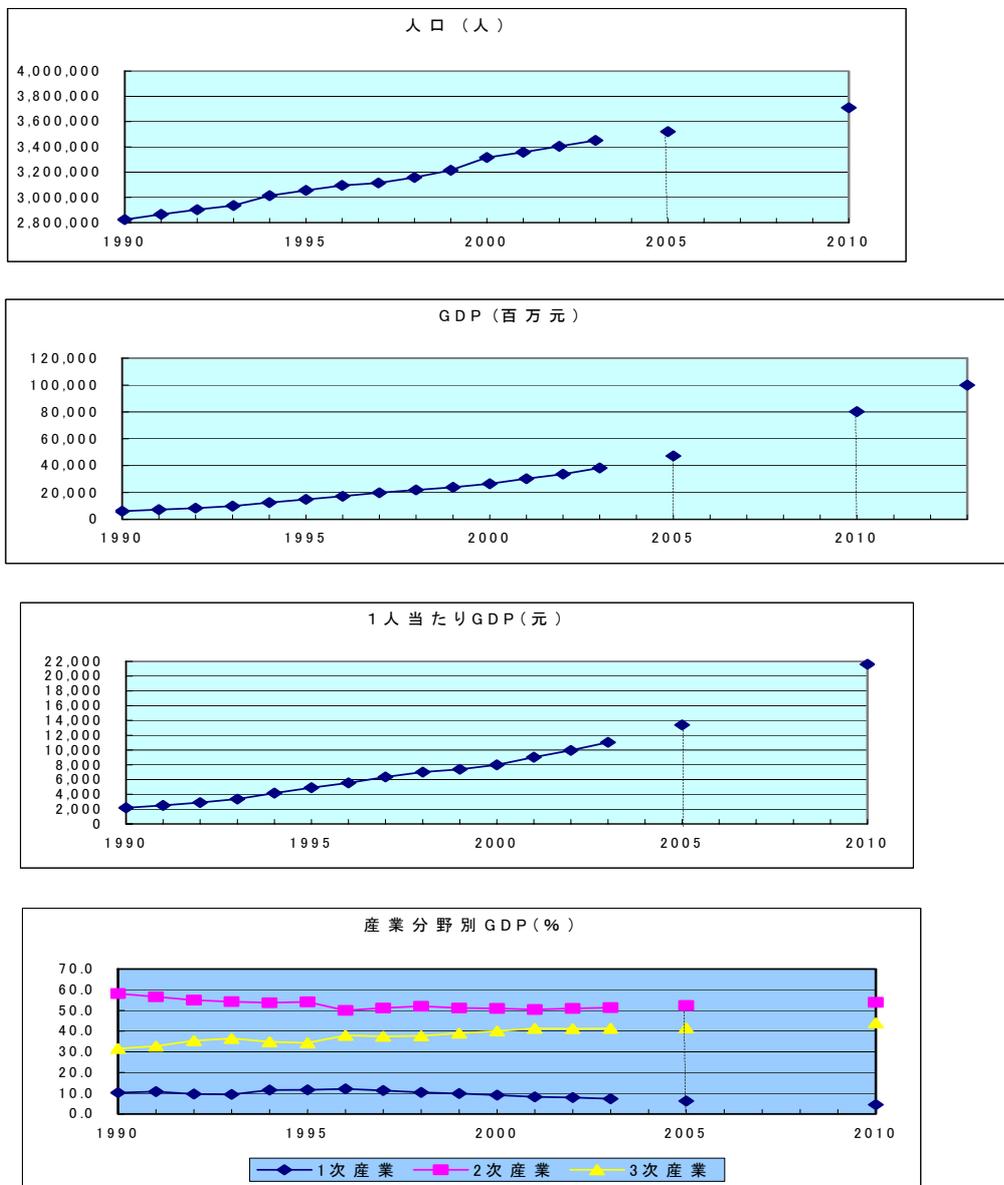


図 6.1-1 2010 年における貴陽市の人口、GDP の推定

6.1.2 固定発生源

今回収集した2010年の社会経済フレームとしては、貴陽市の総生産額、人口、一人当たり生産額産業、部門別の生産額比率があるが、人口以外の指標は大気汚染物質の排出量を予測するためには不十分であり、今回は人口のみ使用した。2010年の排出量の予測に用いた手法と予測排出量を以下に示す。

(1) 貴陽市の発生源対策

貴陽市は段階的に大気汚染政策・対策を強化している。貴陽市の大気汚染政策・対策(表 2.3-2)の中から将来発生源の予測の際の前提条件をカウンターパートと協議して以下のように設定した。また、新しく誕生した金陽新区の面源の燃料使用量、排出量等に関しては、先ず烏当区の値を計算し、その値を烏当区と金陽新区に0.97と0.03の割合で配分した。

①小規模石炭ボイラ(6.5T/h以下のボイラ)の禁止

- 云岩区、南明区、小河区、花溪区、金陽新区では6.5T/h以下の石炭ボイラを禁止する。
- 烏当区、白云区、息烽县、修文县、开阳县、清镇市では2T/h以下の石炭ボイラを禁止する。
- 禁止された石炭ボイラはすべて都市ガスに燃料転換すると仮定する。

②燃料中のS分規制

点源

- 貴陽发电厂は排煙脱硫装置が設置され(2004年12月完成予定)、S分2%の石炭を使用する。
- 清镇发电厂は排煙脱硫装置が設置されていないとしてS分は1%とする。
- その他の施設のS分は3%とする。

面源

- 面源のS分は上記S分3%規制を考慮して、アンケート調査結果から、烟炭は2.52% (2003年2.73%)とする。

③都市ガスの供給

- 都市ガス日平均供給能力を現状の60万 m^3 /日から80万 m^3 /日能力に拡大する。なお、息烽县、修文县、开阳县への配管網の延伸計画はない。

(2) 工場

① 点源

a. 予測手法

2010年の点源の燃料使用量と大気汚染物質排出量をカウンターパートと協議して以下の方針のもとに予測する。

- 火力発電業(貴陽发电厂、清镇发电厂)、都市ガス製造業(貴陽煤气气源厂)、貴陽特殊鋼有限责任公司についてはアンケート調査等の2010年の各企業の計画値を用いる。
- その他業種・企業については業種別のエネルギー使用量または製品生産量の伸びで予測する。

製造業の予測に用いた業種別エネルギー使用量と製品生産量の経年変化を表6.1-4、表6.1-5に示す。また、業種別の予測に用いた指標とその2010年の2003年に対する伸びは表6.1-6のとおりである。なお、エネルギー使用量が減少傾向の業種については2010年伸びは1.0と設定した。

表 6.1-4 業種別エネルギー使用量の経年変化

業 種	(標準炭:トン)				
	1998	1999	2000	2001	2002
石炭採掘業	44,584	29,619	30,832	14,109	14,059
非金属採掘業	182,968	171,912	197,919	177,196	197,475
食品加工業	12,919	13,690	19,243	43,603	20,337
食品製造業	7,928	6,648	8,879	15,294	36,422
飲料製造業	24,629	17,858	16,706	9,661	7,567
煙草製造業	64,997	67,030	61,663	49,416	43,605
紡績業	55,321	25,587	42,557	24,156	17,981
衣服・その他の繊維製品製造業	9,438	216	536	460	3,018
なめし皮・同製品・毛皮製品製造業	157	320	211	698	89
木材・木製品製造業	2,796	763	8,870	7,554	8,254
家具製造業	125	148	188	204	1,157
製紙及び紙製品製造業	6,783	10,276	5,756	2,746	5,963
印刷業	12,867	9,291	8,646	18,582	17,854
文教体育用品製造業	301	294	325	296	186
石油・石炭製品製造業	965	8			1,437
化学原料及び化学製品製造業	1,803,960	2,120,589	1,024,587	1,240,796	2,196,956
医薬製造業	46,720	9,470	18,678	47,404	54,969
ゴム製品製造業	136,760	144,884	147,510	163,303	145,621
プラスチック製品製造業	11,290	14,161	19,810	17,351	18,002
窯業・土石製品製造業	525,557	419,418	583,986	600,157	697,156
鉄精錬及び圧延加工業	491,842	458,620	565,663	545,454	374,062
非鉄金属精錬及び圧延加工業	2,221,444	2,390,069	2,502,086	2,532,909	2,744,062
金属製品製造業	20,922	10,081	66,989	71,587	94,086
普通機械製造業	28,583	24,385	20,629	22,545	25,560
専用設備製造業	21,603	17,958	22,717	16,636	18,087
交通運輸通信設備製造業	60,563	67,008	76,726	114,654	152,308
電気機械器具製造業	9,129	7,582	16,805	11,220	15,439
電子及び通信設備製造業	11,186	1,149	1,423	17,568	9,566
計測計装及び文化・事務用機械製造業	7,356	7,255	5,844	7,982	9,368
その他製造業	537	602	361	425	518
電力生産及び供給業	3,208,495	3,164,446	2,374,560	2,346,589	2,608,152
石炭ガス製造及び供給業	1,163	1,327	1,255,229	753,460	720,451
水道業	30,162	29,361	34,591	35,682	31,543
交通運輸及び通信業					

出典: 貴陽統計年鑑

表 6.1-5 製品生産量の経年変化

年	磷鉱石 (万トン)	セメント (万トン)	アルミ (万トン)	化学肥料 (万トン)	タイヤ (万条)	鉄道貨物 (万トン)	鉄道旅客 (万人)
1993	206.95	141.89	11.02	7.68	122.88		
1994	266.28	109.93	13.68	10.16	120.00		
1995	302.63	117.29	15.68	9.09	132.87		
1996	348.04	138.00	16.00	8.91	187.01		
1997	349.03	146.93	17.00	14.13	218.83	840.00	601.55
1998	436.75	142.45	19.53	12.89	229.54	948.00	564.30
1999	427.82	197.68	23.24	18.49	218.94	886.00	688.00
2000	369.31	245.95	24.03	15.16	255.10	889.00	690.00
2001	389.85	222.10	24.95	20.79	279.30	902.00	641.54
2002	426.60	282.92	24.44	50.34	273.51	1020.64	638.92

出典: 貴陽輝煌五十年, 貴陽統計年鑑

表 6.1-6 予測に用いた指標とその伸び

業 種	小分類	予測に用いた指標	指標の伸び 2010/2003
石炭採掘業 食品加工業 食品製造業 飲料製造業 煙草製造業 紡績業 製紙及び紙製品製造業 印刷業		エネルギー使用量	1.000 1.885 2.323 1.000 1.000 1.000 1.476 1.701
化学原料及び化学製品製造業	化学肥料製造業 磷製品製造業 その他製品製造業	化学肥料生産量 磷鉱石生産量 エネルギー使用量	1.645 1.317 1.247
医薬製造業		エネルギー使用量	1.736
ゴム製品製造業	タイヤ製品製造業 その他製品製造業	タイヤ生産量 エネルギー使用量	1.436 1.160
プラスチック製品製造業		エネルギー使用量	1.551
窯業・土石製品製造業	セメント製造業 その他製品製造業	セメント生産量 エネルギー使用量	1.451 1.508
鉄精錬及び圧延加工業 非鉄金属精錬及び圧延加工業 金属製品製造業 普通機械製造業 交通運輸通信設備製造業 電気機械器具製造業 計測計装及び文化・事務用機械製造業 電力生産及び供給業 石炭ガス製造及び供給業 交通運輸及び通信業		エネルギー使用量 アルミ生産量 エネルギー使用量 エネルギー使用量 エネルギー使用量 タイヤ生産量 エネルギー使用量 エネルギー使用量 施設・燃料計画 供給計画 鉄道旅客・貨物輸送量	1.000 1.405 1.906 1.620 1.436 1.673 1.370 1.139

b. 燃料使用量

2010年における点源の業種別地域別の燃料使用量は表 6.1-7 のとおりである。

表 6.1-7 点源の業種別地域別燃料使用量 (2010年)

	石炭 (トン)				転換石炭 (トン)	都市ガス (万m ³)
	火力発電業	都市ガス製造業	製造業	合計	小規模点源ボイラ	
南明区	1,200,000		273,564	1,473,564	7,886	1,088
云岩区			54,023	54,023	13,805	1,905
花溪区			63,059	63,059	9,957	1,374
乌当区	75,264		208,837	284,101	1,863	257
白云区			1,083,399	1,083,399	575	79
小河区					8,536	1,178
金陽新区			215,051	215,051	6,542	903
清鎮市	3,500,000	1,083,502	876,200	5,459,702	33	4
息烽县			61,211	61,211	479	66
修文县			4,523	4,523		
开阳县			73,133	73,133	3,191	440
合 計	4,775,264	1,083,502	2,912,999	8,771,765	52,866	7,297

c. 排出量

2010年における点源からの大気汚染物質の排出量は表 6.1-8 のとおりである。

 表 6.1-8 (1) 点源の業種別地域別SO₂排出量 (2010年)

	(トン/年)			
	火力発電業	都市ガス製造業	製造業	合計
南明区	3,840		3,247	7,087
云岩区			594	594
花溪区			721	721
乌当区	1,806		1,369	3,175
白云区			25,747	25,747
小河区				
金阳新区			5,232	5,232
清镇市	56,000	89	19,747	75,836
息烽县			661	661
修文县			176	176
开阳县			1,207	1,207
合計	61,646	89	58,701	120,436

 表 6.1-8 (2) 点源の業種別地域別 NO_x 排出量 (2010年)

	石炭				都市ガス	合計
	火力発電業	都市ガス製造業	製造業	小計	小規模ボイラ	
南明区	4,152		2,405	6,557	9.2	6,566
云岩区			214	214	16.1	230
花溪区			603	603	11.6	614
乌当区	151		2,084	2,235	2.2	2,237
白云区			4,512	4,512	0.7	4,513
小河区					10.0	10
金阳新区			897	897	7.6	904
清镇市	11,622	2,703	2,764	17,089		17,089
息烽县			493	493	0.6	493
修文县			20	20		20
开阳县			296	296	3.7	300
合計	15,924	2,703	14,288	32,915	61.7	32,976

表 6.1-8 (3) 点源の業種別地域別 PM 排出量(2010 年)

(トン/年)				
	火力発電業	都市ガス製造業	製造業	合計
南明区	8,840		3,320	12,160
云岩区			272	272
花溪区			9,722	9,722
乌当区	186		2,768	2,954
白云区			5,432	5,432
小河区				
金阳新区			1,357	1,357
清镇市	27,972	175	10,777	38,923
息烽县			4,664	4,664
修文县			225	225
开阳县			849	849
合計	36,998	175	39,385	76,558

 表 6.1-8 (4) 点源の業種別地域別PM₁₀排出量(2010 年)

(トン/年)				
	火力発電業	都市ガス製造業	製造業	合計
南明区	2,027		962	2,989
云岩区			93	93
花溪区			10,106	10,106
乌当区	37		699	736
白云区			1,271	1,271
小河区				
金阳新区			283	283
清镇市	6,413	168	2,485	9,066
息烽县			1,337	1,337
修文县			56	56
开阳县			205	205
合計	8,477	168	17,498	26,143

② 面源

a. 燃料使用量

ア 工場面源燃料使用量

2010 年の工場面源の石炭使用量は、2003 年の面源の石炭使用量を計算したときと同じ方法を用いて計算した。2010 年の工場面源の石炭使用量は 175 万トンである(表 6.1-9)

表 6.1-9 工場面源石炭使用量 (2010 年)

(トン/年)		
点源	面源	合計
2,940,146	1,748,816	4,688,962

イ 未回答工場

2010年における中小工場の1工場当たりの平均石炭使用量は9,512トンである。2010年における未回答工場の石炭使用量を表 6.1-10 に示す。

表 6.1-10 未回答工場石炭使用量 (2010年)

	未回答 工場数	石炭使用量 (トン/年)
南明区		
云岩区	2	19,023
花溪区	4	38,046
乌当区		
白云区	4	38,046
小河区	2	19,023
金阳新区		
清镇市	3	28,535
息烽县	2	19,023
修文县	7	66,581
开阳县	2	19,023
合 計	26	247,302

ウ 小規模ボイラ

2010年における地域別小規模ボイラ規模別石炭使用量は表 6.1-11 のとおりである。

表 6.1-11 地域別小規模ボイラ面源石炭使用量 (2010年)

	(トン/年)				合 計
	1T/h以下	2T/h以下	4T/h以下	6.5T/h以下	
南明区	7,499	10,199	5,614	6,175	29,487
云岩区	16,998	23,119	12,727	13,997	66,841
花溪区	2,842	3,866	2,128	2,340	11,177
乌当区	5,324	7,191	3,748	1,461	17,723
白云区	7,324	9,892	5,155	2,010	24,381
小河区	2,652	3,607	1,985	2,184	10,428
金阳新区	165	222	116	45	548
清镇市	5,790	7,821	3,954	1,589	19,154
息烽县	2,611	3,527	1,783	717	8,638
修文县	2,184	2,949	1,491	599	7,223
开阳县	1,140	1,540	779	313	3,772
合 計	54,529	73,933	39,480	31,431	199,373

小規模石炭ボイラの規制を考慮すると、2010年の地域別小規模ボイラの燃料使用量は表 6.1-12 のように推定される。

表 6.1-12 地域別小規模ボイラ面源燃料使用量 (2010年)

	石炭 (トン)					都市ガス転換	
	1T/h以下	2T/h以下	4T/h以下	6.5T/h以下	合計	転換石炭 (トン)	都市ガス (万m3)
南明区						29,487	4,070
云岩区						66,841	9,226
花溪区						11,177	1,543
乌当区			3,748	1,461	5,209	12,514	1,727
白云区			5,155	2,010	7,166	17,216	2,376
小河区						10,428	1,439
金阳新区						548	76
清镇市			3,954	1,589	5,543	13,611	1,879
息烽县			1,783	717	2,500	6,139	847
修文县			1,491	599	2,090	5,133	708
开阳县			779	313	1,092	2,680	370
合計			16,909	6,690	23,599	175,773	24,261

エ その他面源

面源の総石炭使用量から未回答工場と小規模石炭ボイラの石炭使用量を差し引いた値をその他面源の石炭使用量とし、それを地域の第二次産業の生産額の割合で各地域に配分した。2010年の地域別第二次産業の生産高、地域別その他面源の石炭使用量は表 6.1-13、表 6.1-14 のとおりである。

表 6.1-13 地域別第二次産業生産額 (2010年)

	実 績					推 計	
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2010
南明区	191,772	218,396	245,596	281,174	312,722	341,336	554,611
云岩区	386,171	406,982	447,395	490,586	535,083	567,671	834,671
花溪区	67,883	74,546	77,268	90,330	106,222	110,988	175,711
乌当区	91,307	104,777	121,324	142,448	190,203	200,648	365,470
白云区	140,263	159,167	176,309	203,407	221,931	242,490	387,796
小河区	43,384	48,506	54,936	70,512	86,200	93,000	168,347
清镇市	116,571	137,375	153,731	172,755	190,582	209,221	337,601
息烽县	22,240	25,857	32,340	43,976	67,500	70,975	147,022
修文县	31,031	33,400	34,748	43,443	51,406	54,044	89,599
开阳县	55,220	62,660	65,979	73,819	90,202	93,913	150,698
合計	1,145,842	1,271,666	1,409,626	1,612,450	1,852,051	1,984,286	3,211,526

表 6.1-14 その他面源石炭使用量 (2010 年)

	石炭使用量 (トン/年)
南明区	224,872
云岩区	338,425
花溪区	71,244
乌当区	143,737
白云区	157,235
小河区	68,258
金阳新区	4,445
清镇市	136,883
息烽县	59,612
修文县	36,329
开阳县	61,102
合 計	1,302,142

オ 面源まとめ

2010 年の工場面源の燃料総使用量は表 6.1-15 のとおりである。

表 6.1-15 工場面源燃料使用量まとめ (2003 年)

	石炭 (トン/年)				転換石炭 (トン/年)	都市ガス (万m ³)
	未回答工場	小規模ボイラ	その他	合 計	面源ボイラ	面源ボイラ
南明区			224,872	224,872	29,487	4,070
云岩区	19,023		338,425	357,448	66,841	9,226
花溪区	38,046		71,244	109,290	11,177	1,543
乌当区		5,209	143,737	148,946	12,514	1,727
白云区	38,046	7,166	157,235	202,447	17,216	2,376
小河区	19,023		68,258	87,281	10,428	1,439
金阳新区			4,445		548	76
清镇市	28,535	5,543	136,883	170,961	13,611	1,879
息烽县	19,023	2,500	59,612	81,135	6,139	847
修文县	66,581	2,090	36,329	105,000	5,133	708
开阳县	19,023	1,092	61,102	81,217	2,680	370
合 計	247,302	23,599	1,302,142	1,568,597	175,773	24,261

b. 排出量

工場面源からの排出量は2003年と同じ方法で算定した。面源小規模ボイラからの発生量と排出量は表 6.1-16、また、その他面源(小規模ボイラ以外)からの排出量は表 6.1-17 のとおりである。

表 6.1-16 小規模ボイラの地域別排出量 (2010年)

	SO ₂		NO _x	PM		PM10	
	発生量	排出量	排出量	発生量	排出量	発生量	排出量
南明区			36				
云岩区			82				
花溪区			14				
乌当区	210	145	39	185	32	69	16
白云区	288	199	54	254	44	95	22
小河区			13				
金阳新区			1				
清镇市	223	154	42	197	34	74	17
息烽县	101	70	19	89	15	33	8
修文县	84	58	16	74	13	28	7
开阳县	44	30	8	39	7	15	3
合計	950	657	323	838	145	314	74

表 6.1-17 その他面源の地域別排出量 (2003年)

	SO ₂		NO _x	PM		PM10	
	発生量	排出量	排出量	発生量	排出量	発生量	排出量
南明区	9,050	6,732	1,029	7,980	1,361	2,992	1,076
云岩区	14,385	10,702	1,636	12,685	2,163	4,757	1,711
花溪区	4,398	3,272	500	3,879	661	1,454	523
乌当区	5,785	4,303	658	5,101	870	1,913	688
白云区	7,859	5,847	894	6,930	1,182	2,599	935
小河区	3,513	2,613	400	3,097	528	1,161	418
金阳新区	179	133	20	158	27	59	21
清镇市	6,657	4,952	757	5,870	1,001	2,201	792
息烽县	3,165	2,354	360	2,791	476	1,046	376
修文县	4,142	3,081	471	3,652	623	1,369	493
开阳县	3,225	2,399	367	2,844	485	1,066	383
合計	62,356	46,389	7,092	54,987	9,378	20,619	7,415

工場面源の総排出量を表 6.1-18 に示す。

表 6.1-28 工場面源排出量まとめ (2010 年)

(トン/年)

	SO ₂			NO _x		
	小規模ボイラ	その他	合計	小規模ボイラ	その他	合計
南明区		6,732	6,732	36	1,029	1,065
云岩区		10,702	10,702	82	1,636	1,718
花溪区		3,272	3,272	14	500	514
乌当区	145	4,303	4,448	39	658	697
白云区	199	5,847	6,046	54	894	948
小河区		2,613	2,613	13	400	412
金阳新区		133	133	1	20	21
清镇市	154	4,952	5,107	42	757	799
息烽县	70	2,354	2,424	19	360	379
修文县	58	3,081	3,139	16	471	487
开阳县	30	2,399	2,429	8	367	375
合計	657	46,389	47,046	323	7,092	7,416

(トン/年)

	PM			PM10		
	小規模ボイラ	その他	合計	小規模ボイラ	その他	合計
南明区		1,361	1,361		1,076	1,076
云岩区		2,163	2,163		1,711	1,711
花溪区		661	661		523	523
乌当区	32	870	902	16	688	704
白云区	44	1,182	1,226	22	935	957
小河区		528	528		418	418
金阳新区		27	27		21	21
清镇市	34	1,001	1,035	17	792	809
息烽县	15	476	491	8	376	384
修文县	13	623	636	7	493	499
开阳县	7	485	492	3	383	387
合計	145	9,378	9,522	74	7,415	7,489

③ 工場排出量のまとめ

2010年の工場面源の燃料使用量と排出量を表 6.1-19 と表 6.1-20 にまとめた。また、発生源別の排出量割合を表 6.1-21 と図 6.1-2 に示す。

表 6.1-19 工場燃料使用量まとめ (2010 年)

	石炭 (トン/年)				転換石炭 (トン/年)	都市ガス (万m ³)
	火力発電業	都市ガス製造業	製造業	合計	小規模ボイラ	
南明区	1,200,000		498,436	1,698,436	37,372	5,158
云岩区			411,471	411,471	80,646	11,131
花溪区			172,349	172,349	21,133	2,917
乌当区	75,264		357,783	433,047	14,378	1,984
白云区			1,285,846	1,285,846	17,791	2,456
小河区			87,281	87,281	18,964	2,617
金阳新区			215,051	215,051	7,090	979
清镇市	3,500,000	1,083,502	1,047,161	5,630,663	13,644	1,883
息烽县			142,346	142,346	6,617	913
修文县			109,523	109,523	5,133	708
开阳县			154,350	154,350	5,871	810
合計	4,775,264	1,083,502	4,481,596	10,340,362	228,640	31,558

表 6.1-20 工場排出量まとめ (2010 年)

	SO ₂				NO _x			
	火力発電業	都市ガス製造業	製造業	合計	火力発電業	都市ガス製造業	製造業	合計
南明区	3,840		9,979	13,819	4,152		3,480	7,632
云岩区			11,296	11,296			1,948	1,948
花溪区			3,993	3,993			1,128	1,128
乌当区	1,806		5,817	7,623	151		2,784	2,934
白云区			31,793	31,793			5,460	5,460
小河区			2,613	2,613			422	422
金阳新区			5,365	5,365			925	925
清镇市	56,000	89	24,854	80,943	11,622	2,703	3,571	17,896
息烽县			3,085	3,085			872	872
修文县			3,315	3,315			506	506
开阳县			3,636	3,636			675	675
合計	61,646	89	105,746	167,482	15,924	2,703	21,773	40,400

	PM				PM10			
	火力発電業	都市ガス製造業	製造業	合計	火力発電業	都市ガス製造業	製造業	合計
南明区	8,840		4,681	13,521	2,027		2,039	4,066
云岩区			2,435	2,435			1,804	1,804
花溪区			10,383	10,383			10,629	10,629
乌当区	186		3,670	3,856	37		1,403	1,440
白云区			6,658	6,658			2,228	2,228
小河区			528	528			418	418
金阳新区			1,384	1,384			305	305
清镇市	27,972	175	11,812	39,958	6,413	168	3,294	9,875
息烽县			5,155	5,155			1,721	1,721
修文县			861	861			555	555
开阳县			1,340	1,340			592	592
合計	36,998	175	48,907	86,080	8,477	168	24,987	33,632

表 6.1-21 工場業種別排出量割合 (2010 年)

	火力発電業	都市ガス製造業	製造業	合計
SO ₂	36.8	0.1	63.1	100.0
NO _x	39.4	6.7	53.9	100.0
PM	43.0	0.2	56.8	100.0
PM10	25.2	0.5	74.3	100.0

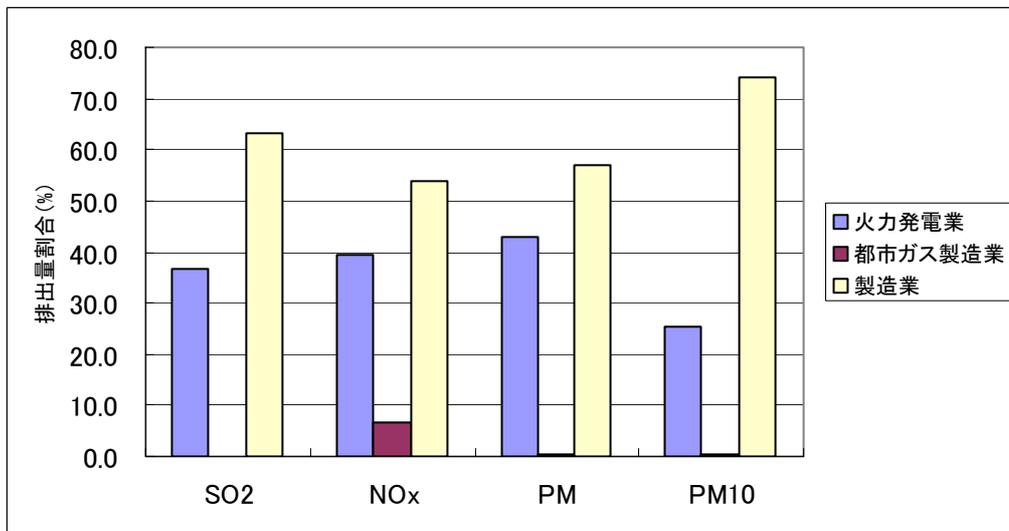


図 6.1-2 工場業種別排出量割合(2010 年)

(3) 民生

① 家庭

a. 都市部と農村部人口

貴陽市の 2010 年の地域別人口を時系列予測した。2010 年の地域別人口の予測値を表 6.1-22 に示す。また、貴陽市の 2010 年の地域別都市人口割合(表 6.1-23)を予測し、2010 年の都市部人口と農村部人口を推定した(表 6.1-24)。なお、南明区と小河区については 2010 年の都市部人口割合が 2003 年より低く予測されたため、2003 年の都市部人口割合で 2010 年の都市部と農村部の人口を計算した。

表 6.1-22 貴陽市地域別人口 (2010 年)

	実績値					推計値	
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2010
南明区	449,780	459,276	474,969	485,037	493,080	501,256	552,394
云岩区	487,735	507,624	528,648	540,605	556,453	572,766	656,155
花溪区	303,009	309,283	307,661	314,250	319,398	324,630	329,162
乌当区	277,992	282,494	289,043	289,502	292,130	294,782	303,706
白云区	154,443	156,528	162,608	171,672	174,841	178,068	207,773
小河区	92,942	93,717	106,227	109,462	113,281	117,233	150,711
清镇市	472,453	480,261	500,271	502,623	502,003	501,384	541,244
息烽县	236,593	237,851	240,563	241,637	245,509	249,443	247,532
修文县	280,127	283,482	289,516	289,983	290,528	291,074	296,634
开阳县	402,134	404,506	416,229	413,358	417,166	421,009	424,689
合計	3,157,208	3,215,022	3,315,735	3,358,129	3,404,389	3,451,646	3,710,000

出典: 貴陽統計年鑑

表 6.1-23 都市部人口割合 (2010 年)

	実績値					推計値	
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2010
南明区	0.946	0.948	0.949	0.941	0.935	0.928	0.915
云岩区	0.948	0.952	0.955	0.955	0.956	0.958	0.973
花溪区	0.257	0.265	0.263	0.274	0.281	0.289	0.326
乌当区	0.292	0.298	0.296	0.305	0.307	0.309	0.336
白云区	0.589	0.595	0.599	0.615	0.615	0.616	0.676
小河区	0.863	0.860	0.808	0.809	0.814	0.819	0.684
清镇市	0.220	0.218	0.215	0.221	0.227	0.233	0.236
息烽县	0.107	0.107	0.109	0.110	0.109	0.108	0.115
修文县	0.117	0.117	0.125	0.125	0.129	0.133	0.155
开阳县	0.106	0.107	0.119	0.122	0.126	0.129	0.171

出典: 貴陽統計年鑑

表 6.1-24 貴陽市地域別都市部と農村部人口（2010年）

	都市部	農村部	合計
南明区	39,615	512,779	552,394
云岩区	17,585	638,570	656,155
花溪区	221,888	107,274	329,162
烏当区	201,539	102,167	303,706
白云区	67,319	140,455	207,773
小河区	27,337	123,373	150,711
清鎮市	413,456	127,788	541,244
息烽县	218,967	28,565	247,532
修文县	250,804	45,830	296,634
开阳县	352,152	72,537	424,689
合計	1,810,663	1,899,337	3,710,000

b. 一人当たりエネルギー使用量

ア 都市部

表 6.1-25 に都市部住民一人当たりの燃料使用量の経年変化を示す。

表 6.1-25 都市部住民一人当たり燃料使用量

	単位	1998	1999	2000	2001	2002
電気	kWh	358.4	397.2	377.7	424.7	496.3
石炭	kg	94.7	90.8	115.9	97.7	99.3
液化石油ガス	kg	6.4	6.9	6.3	3.8	4.5
都市ガス	m ³	36.1	56.8	54.7	57.4	58.1

出典：貴陽統計年鑑

各燃料の低位発熱量を表 6.1-26 のように設定して、燃料種類別のエネルギー使用量を計算した（表 6.1-27）。なお、一人当たり使用量の低下傾向にある液化石油ガスの 2010 年の使用量は 2002 年の使用量とした。

表 6.1-26 燃料と発熱量

	低位発熱量	単位	出典
電気	861	kcal/kWh	工場アンケート調査 日本 貴陽市煤气公司
石炭	6,742	kcal/kg	
液化石油ガス	11,429	kcal/kg	
都市ガス	4,200	kcal/m ³ N	

表 6.1-27 都市部住民一人当たりのエネルギー使用量 (2010 年)

	実績値					推計値
	1998	1999	2000	2001	2002	2010
電気	308,656	342,066	325,299	365,742	427,427	591,177
石炭	638,286	612,247	781,080	658,977	669,346	720,893
液化石油ガス	73,459	79,304	72,008	43,494	51,886	51,886
都市ガス	151,801	238,533	229,593	241,039	243,894	348,886
合計	1,172,202	1,272,149	1,407,980	1,309,252	1,392,552	1,712,841

イ 農村部

農村部人口一人当たりの燃料使用量の経年変化を表 6.1-28 に示す。農村部の燃料使用量は増加傾向を示しているが、2010 年には、石炭以外の燃料も使用されるものとして、2010 年における農村部の一人当たりの石炭使用量は 2003 年(2002 年)と同じ 270.4kg と設定した。

表 6.1-28 農村部人口一人当たりの燃料使用量

	(kg/年)				
	1998	1999	2000	2001	2002
石炭		216.9	255.7	264.6	270.4

注. 貴陽統計年鑑より作成

c. 燃料使用量

家庭の 2010 年の都市部と農村部の一人当たりのエネルギー使用量は表 6.1-29 のとおりと推定される。

また、都市ガスは次式により都市部の全体使用量を設定した(7993 万 m^3)。

$$2010 \text{ 年使用量} = 2003 \text{ 年使用量} \times 2010 \text{ 年使用人口} / 2003 \text{ 年使用人口} \\ \times 2010 \text{ 年一人当たり都市ガス使用量} / 2003 \text{ 年一人当たり都市ガス使用量}$$

表 6.1-29 都市部と農村部の一人当たりエネルギー使用量 (2010 年)

		都市部	農村部	総発熱量(kcal)	
				都市部	農村部
電気	(kWh)	686.4		591,177	
石炭	(kg)	106.9	270.4	720,893	1,822,906
液化石油ガス	(kg)	4.5		51,886	
都市ガス	(m^3)	83.1		348,886	
合計				1,712,841	1,822,906

家庭の 2010 年の燃料使用量は 2003 年と同じ方法で計算した。2010 年の家庭の地域別燃料使用量は表 6.1-30 のとおりである。

表 6.1-30 家庭の燃料使用量 (2010 年)

	都市部			農村部			合計		
	石炭 (トン)	液化石油ガス (万m ³)	都市ガス (万m ³)	石炭 (トン)	液化石油ガス (万m ³)	都市ガス (万m ³)	石炭 (トン)	液化石油ガス (万m ³)	都市ガス (万m ³)
南明区	69,404	112	2,523	10,711			80,115	112	2,523
云岩区	86,430	140	3,142	4,755			91,185	140	3,142
花溪区	14,519	24	528	59,994			74,514	24	528
乌当区	13,506	22	488	52,858			66,363	22	488
白云区	19,010	31	691	18,202			37,212	31	691
小河区	16,698	27	607	7,392			24,090	27	607
金阳新区	418	1	15	1,635			2,052	1	15
清镇市	21,212	28		111,791			133,003	28	
息烽县	4,742	6		59,204			63,946	6	
修文县	7,608	10		67,813			75,420	10	
开阳县	12,041	16		95,215			107,256	16	
合計	265,589	417	7,993	489,568			755,157	417	7,993

d. 排出量

家庭からの排出量は 2003 年と同じ方法で算定した。家庭からの排出量を表 6.1-31 に示す。

表 6.1-31 家庭排出量 (2010 年)

	(トン/年)						
	SO ₂	NO _x				PM	PM10
	石炭	石炭	液化石油ガス	都市ガス	合計	石炭	石炭
南明区	2,653	424	6.6	22.4	453	401	92
云岩区	3,020	482	8.2	27.9	518	456	105
花溪区	2,468	394	1.4	4.7	400	373	86
乌当区	2,198	351	1.3	4.3	357	332	76
白云区	1,232	197	1.8	6.1	205	186	43
小河区	798	127	1.6	5.4	134	120	28
金阳新区	68	11	0.04	0.1	11	10	2
清镇市	4,405	703	1.6		705	665	153
息烽县	2,118	338	0.4		339	320	74
修文县	2,498	399	0.6		399	377	87
开阳县	3,552	567	0.9		568	536	123
合計	25,011	3,994	24.5	71.0	4,089	3,776	868

② 事業所

a. 燃料使用量

2010 年における事業所の燃料使用量は人口の伸び(表 6.2-19)を用いて予測した。2010 年の事業所の燃料使用量は表 6.1-32 のとおりである。

表 6.1-32 事業所石炭使用量 (2010 年)

	(トン/年)				
	1T/h以下	2T/h以下	4T/h以下	6.5T/h以下	合計
南明区	11,475	13,429	13,866	8,924	47,694
云岩区	13,630	15,952	16,470	10,600	56,652
花溪区	6,838	8,002	8,262	5,318	28,420
乌当区	6,120	7,162	7,395	4,759	25,435
白云区	4,316	5,051	5,215	3,357	17,939
小河区	3,131	3,664	3,783	2,435	13,012
金阳新区	189	222	229	147	787
清镇市	11,243	13,158	13,586	8,744	46,731
开阳县	6,000	7,022	7,250	4,666	24,939
息烽县	8,913	10,431	10,770	6,931	37,044
修文县	5,227	6,117	6,316	4,065	21,725
合計	77,081	90,211	93,142	59,946	320,379

小規模ボイラの燃料規制を考慮すると、事業所の燃料使用量は表 6.1-33 のようになる。

表 6.1-33 事業所ボイラの燃料使用量 (2010 年)

	石炭 (トン)	都市ガス転換	
		転換石炭 (トン)	都市ガス (万m ³)
南明区		47,694	6,583
云岩区		56,652	7,819
花溪区		28,420	3,923
乌当区	12,154	13,281	1,833
白云区	8,572	9,367	1,293
小河区		13,012	1,796
金阳新区		787	109
清镇市	22,330	24,401	3,368
开阳县	11,917	13,022	1,797
息烽县	17,701	19,343	2,670
修文县	10,381	11,344	1,566
合計	83,054	237,325	32,757

b. 排出量

事業所からの大気汚染物質の排出量は 2003 年と同じ方法で算定した。事業所からの排出量を表 6.1-34 に示す。

表 6.1-34 事業所からの大気汚染物質排出量 (2010 年)

	SO ₂		NO _x	PM		PM10	
	発生量	排出量	排出量	発生量	排出量	発生量	排出量
南明区			58				
云岩区			69				
花溪区			35				
乌当区	489	339	72	431	72	162	35
白云区	345	239	51	304	51	114	25
小河区			16				
金阳新区			1				
清镇市	899	623	132	792	132	297	65
息烽县	480	332	71	423	71	159	35
修文县	712	494	105	628	105	236	51
开阳县	418	289	61	368	62	138	30
合 計	3,342	2,316	671	2,947	493	1,105	241

③ 飲食店

a. 燃料使用量

2010年における飲食店の燃料使用量は人口の伸び(表 6.2-19)を用いて予測した。2010年の飲食店の燃料使用量は表 6.1-35 のとおりである。

表 6.1-35 飲食店の地域別液化石油ガス使用量 (2010 年)

	(万m ³ /年)
南明区	3,544
云岩区	4,210
花溪区	2,112
乌当区	1,890
白云区	1,333
小河区	967
金阳新区	58
清镇市	3,473
息烽县	1,588
修文县	1,903
开阳县	2,725
合 計	23,803

b. 排出量

飲食店からの大気汚染物質の排出量は 2003 年と同じ方法で算定した。飲食店からの排出量を表 6.1-36 に示す。

表 6.1-36 飲食店からの NO_x 排出量 (2010 年)

	液化石油ガス (万m ³)	NO _x 排出量 (トン)
南明区	3,544	208
云岩区	4,210	247
花溪区	2,112	124
乌当区	1,890	111
白云区	1,333	78
小河区	967	57
金阳新区	58	3
清镇市	3,473	204
息烽县	1,588	93
修文县	1,903	112
开阳县	2,725	160
合計	23,803	1,399

④ 民生排出量まとめ

家庭、事業所、飲食店の地域別燃料使用量を表 6.1-37、地域別の排出量を表 6.1-38 に示す。

表 6.1-37 民生燃料使用量まとめ (2010 年)

	石炭 (トン)	液化石油ガス (万m ³)	都市ガス (万m ³)
南明区	80,115	3,657	7,978
云岩区	91,185	4,350	5,455
花溪区	74,514	2,135	2,313
乌当区	78,517	1,912	1,786
白云区	45,784	1,364	1,298
小河区	24,090	994	607
金阳新区	2,052	59	15
清镇市	155,333	3,501	
息烽县	75,863	1,594	
修文县	93,121	1,913	
开阳县	117,637	2,741	
合計	838,211	24,220	19,452

表 6.1-38 民生からの排出量まとめ (2010 年)

	(トン/年)			
	SO2	NOx	PM	PM10
南明区	2,653	719	401	92
云岩区	3,020	835	456	105
花溪区	2,468	559	373	86
乌当区	2,537	540	404	112
白云区	1,471	334	237	68
小河区	798	207	120	28
金阳新区	68	15	10	2
清镇市	5,028	1,041	797	218
息烽县	2,450	502	390	108
修文县	2,991	616	482	138
开阳县	3,842	790	598	154
合計	27,327	6,159	4,269	1,110

(4) 固定発生源排出量まとめ

2010 年の固定発生源の燃料使用量と排出量を表 6.1-39、表 6.1-40 にまとめた。

表 6.1-39 固定発生源燃料使用量まとめ (2010 年)

	石炭(トン/年)						液化石油ガス(万m ³)			都市ガス(万m ³)			
	火力発電業	都市ガス製造業	製造業	家庭	事業所	合計	家庭	飲食店	合計	製造業	家庭	事業所	合計
南明区	1,200,000		498,436	80,115		1,778,551	112	3,544	3,657	5,158	2,523	6,583	14,264
云岩区			411,471	91,185		502,655	140	4,210	4,350	11,131	3,142	7,819	22,092
花溪区			172,349	74,514		246,863	24	2,112	2,135	2,917	528	3,923	7,367
乌当区	75,264		357,783	66,363	12,154	511,564	22	1,890	1,912	1,984	488	1,833	4,305
白云区			1,285,846	37,212	8,572	1,331,630	31	1,333	1,364	2,456	691	1,293	4,439
小河区			87,281	24,090		111,371	27	967	994	2,617	607	1,796	5,020
金阳新区			215,051	2,052		217,103	1	58	59	979	15	1	15
清镇市	3,500,000	1,083,502	1,047,161	133,003	22,330	5,785,996	28	3,473	3,501	1,883		3,368	5,251
息烽县			142,346	63,946	11,917	218,208	6	1,588	1,594	913		1,797	2,711
修文县			109,523	75,420	17,701	202,644	10	1,903	1,913	708		2,670	3,378
开阳县			154,350	107,256	10,381	271,987	16	2,725	2,741	810		1,566	2,376
合計	4,775,264	1,083,502	4,481,596	755,157	83,054	11,178,573	417	23,803	24,220	31,558	7,993	32,757	71,220

表 6.1-40 (1) 固定発生源からの排出量のまとめ (2010 年)

(トン/年)

	SO ₂							
	火力発電業	都市ガス製造業	製造業	小計	家庭	事業所	飲食店	合計
南明区	3,840		9,979	13,819	2,653			16,473
云岩区			11,296	11,296	3,020			14,316
花溪区			3,993	3,993	2,468			6,461
乌当区	1,806		5,817	7,623	2,198	489		10,310
白云区			31,793	31,793	1,232	345		33,370
小河区			2,613	2,613	798			3,411
金阳新区			5,365	5,365	68			5,433
清镇市	56,000	89	24,854	80,943	4,405	899		86,247
息烽县			3,085	3,085	2,118	480		5,682
修文县			3,315	3,315	2,498	712		6,525
开阳县			3,636	3,636	3,552	418		7,606
合計	61,646	89	105,746	167,482	25,011	3,342		195,835

(トン/年)

	NO _x							
	火力発電業	都市ガス製造業	製造業	小計	家庭	事業所	飲食店	合計
南明区	4,152		3,480	7,632	453	58	208	8,351
云岩区			1,948	1,948	518	69	247	2,783
花溪区			1,128	1,128	400	35	124	1,687
乌当区	151		2,784	2,934	357	72	111	3,474
白云区			5,460	5,460	205	51	78	5,794
小河区			422	422	134	16	57	629
金阳新区			925	925	11	1	3	941
清镇市	11,622	2,703	3,571	17,896	705	132	204	18,937
息烽县			872	872	339	71	93	1,375
修文县			506	506	399	105	112	1,123
开阳县			675	675	568	61	160	1,465
合計	15,924	2,703	21,773	40,400	4,089	671	1,399	46,559

表 6.1-40 (2) 固定発生源からの排出量のまとめ(2010年)

	PM							(トン/年)
	火力発電業	都市ガス製造業	製造業	小計	家庭	事業所	飲食店	合計
南明区	8,840		4,681	13,521	401			13,921
云岩区			2,435	2,435	456			2,891
花溪区			10,383	10,383	373			10,756
乌当区	186		3,670	3,856	332	72		4,260
白云区			6,658	6,658	186	51		6,895
小河区			528	528	120			649
金阳新区			1,384	1,384	10			1,394
清镇市	27,972	175	11,812	39,958	665	132		40,756
息烽县			5,155	5,155	320	71		5,545
修文县			861	861	377	105		1,343
开阳县			1,340	1,340	536	62		1,938
合計	36,998	175	48,907	86,080	3,776	493		90,348

	PM10							(トン/年)
	火力発電業	都市ガス製造業	製造業	小計	家庭	事業所	飲食店	合計
南明区	2,027		2,039	4,066	92			4,158
云岩区			1,804	1,804	105			1,909
花溪区			10,629	10,629	86			10,715
乌当区	37		1,403	1,440	76	35		1,552
白云区			2,228	2,228	43	25		2,295
小河区			418	418	28			445
金阳新区			305	305	2			307
清镇市	6,413	168	3,294	9,875	153	65		10,093
息烽县			1,721	1,721	74	35		1,829
修文县			555	555	87	51		694
开阳县			592	592	123	30		746
合計	8,477	168	24,987	33,632	868	241		34,742

2010年の発生源別の排出量と地域別の排出量を図 6.1-3 と図 6.1-4 に示す。

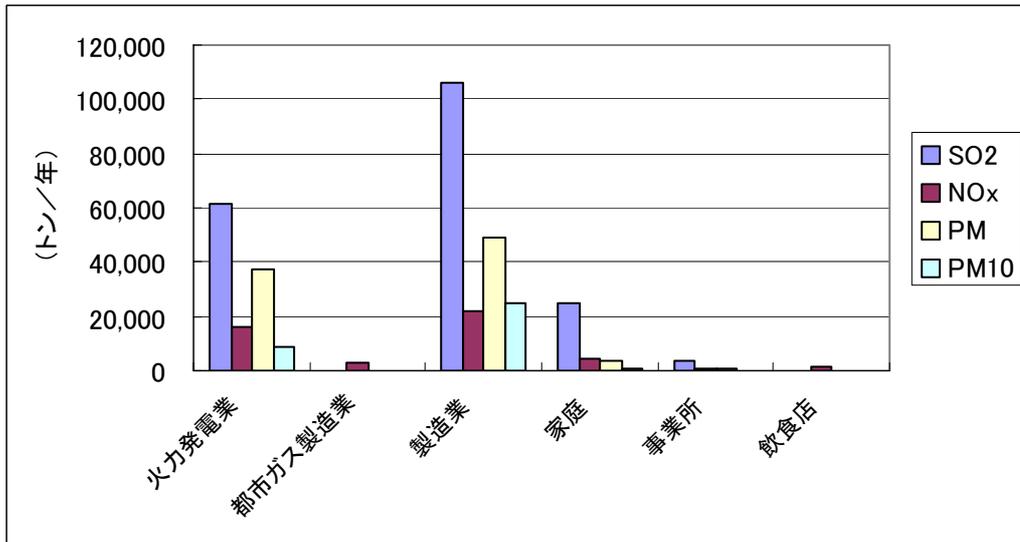


図 6.1-3 発生源別の汚染物質排出量 (2010 年)

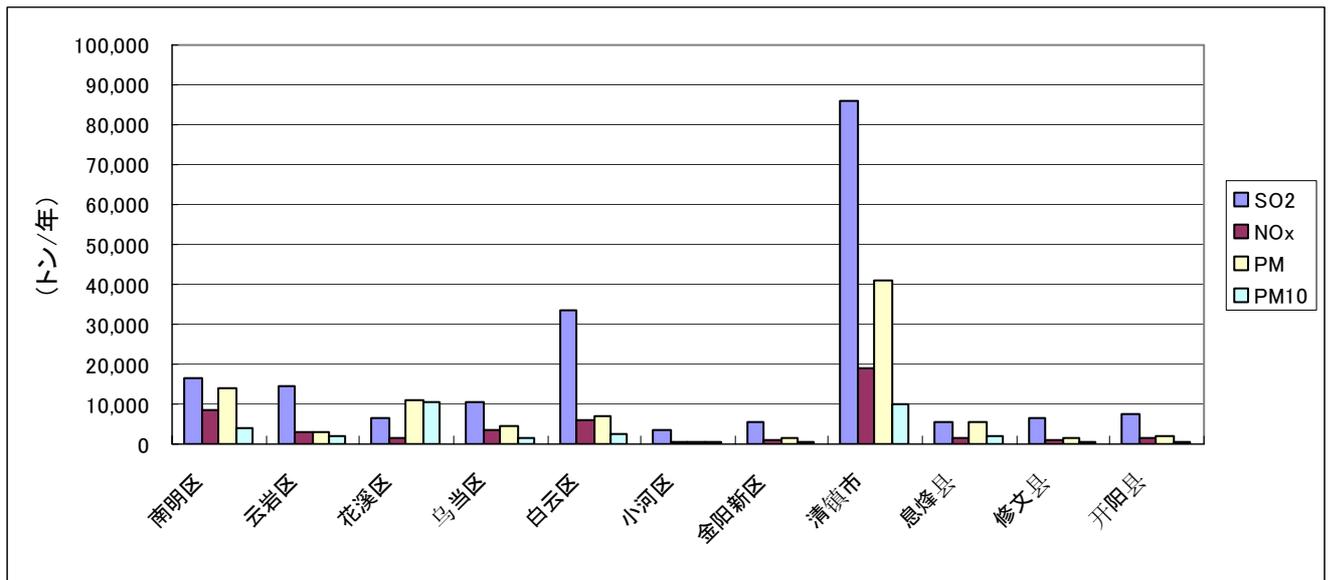


図 6.1-4 地域別汚染物質排出量 (2010 年)

(5) 2003 年と 2010 年の比較

① 燃料使用量

2003 年と 2010 年の燃料使用量を比較した(表 6.1-41)。石炭使用量は 2003 年の 780 万トンから 2010 年の 1,118 万トンと 1.42 倍となるが、中でも、火力発電業の伸びが 1.77 倍と高い伸びを示している。また、事業所については、石炭ボイラの禁止により 2010 年の石炭使用量は 2003 年の 34%となっている(図 6.1-5)。

表 6.1-41 2003 年と 2010 年の固定発生源燃料使用量比較

	石炭(トン/年)						液化石油ガス(万m ³)			都市ガス(万m ³)			
	火力発電業	都市ガス製造業	製造業	家庭	事業所	合計	家庭	飲食店	合計	製造業	家庭	事業所	合計
2003	2,703,299	812,626	3,399,785	692,206	241,222	7,849,138	360	22,146	22,506	203	5,068	7,839	13,110
2010	4,775,264	1,083,502	4,481,596	755,157	83,054	11,178,573	417	23,803	24,220	31,558	7,993	32,757	71,220
2010/2003	1.766	1.333	1.318	1.091	0.344	1.424	1.157	1.075	1.076	155.182	1.577	4.179	5.432

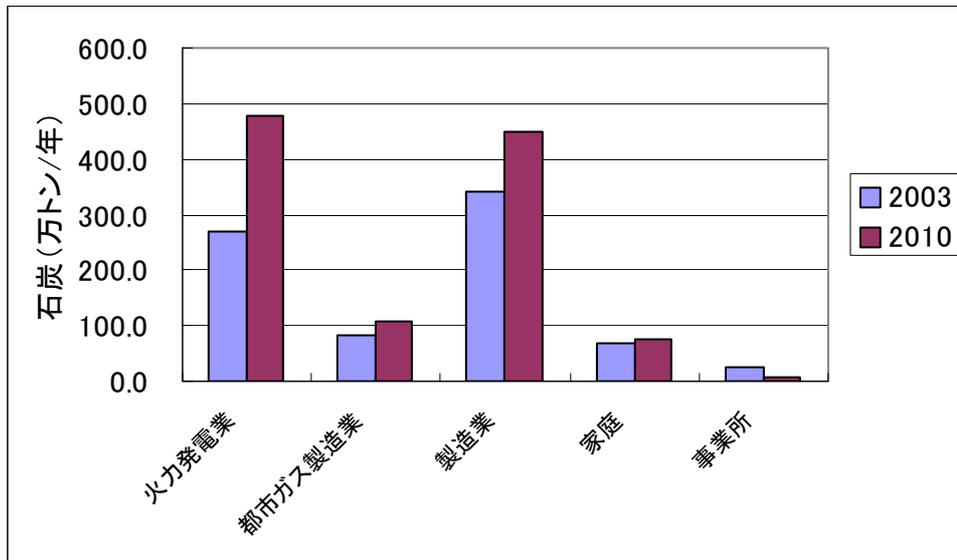


図 6.1-5 固定発生源石炭使用量比較

② 排出量

2003 年と 2010 年の固定発生源からの排出量を比較した(表 6.1-42)。SO₂については、2010 年の排出量は 2003 年より 1 万 9 千トン減少するが、PM、PM₁₀、NO_xは 2003 年の 1.35~1.45 倍に増加する。また、発生源別のSO₂排出量の変化を図 6.1-6 に示す。地域別の排出量の変化を表 6.2-43 に示す。なお、この表では烏当区は金陽新区が分離したため、2010 年の排出量は 2003 年と比較して減少している。

表 6.1-42 固定発生源排出量比較

		(トン/年)							
		火力発電業	都市ガス製造業	製造業	小計	家庭	事業所	飲食店	合計
SO ₂	2003	90,070	67	94,194	184,330	22,926	7,465		214,721
	2010	61,646	89	105,746	167,482	25,011	3,342		195,835
	2010/2003	0.684	1.333	1.123	0.909	1.091	0.448		0.912
NO _x	2003	9,002	2,027	15,921	26,951	3,727	1,174	1,302	33,153
	2010	15,924	2,703	21,773	40,400	4,089	671	1,399	46,559
	2010/2003	1.769	1.333	1.368	1.499	1.097	0.572	1.075	1.404
PM	2003	19,497	131	37,126	56,755	3,461	1,748		61,964
	2010	36,998	175	48,907	86,080	3,776	493		90,348
	2010/2003	1.898	1.333	1.317	1.517	1.091	0.282		1.458
PM10	2003	4,465	126	18,909	23,499	796	1,174		25,470
	2010	8,477	168	24,987	33,632	868	241		34,742
	2010/2003	1.899	1.333	1.321	1.431	1.091	0.205		1.364