

5. SO_x 及び NO_x 発生源インベントリー

5.1 SO_x 及び NO_x 排出量

固定発生源及び移動発生源からの排出量は、それぞれ前章で述べた。ここでは、固定発生源及び移動発生源全体の排出量について述べる。2011 年の排出量は、対策の導入を含まない BAU ケースに基づいて推計されている。

5.1.1 全国 SO_x 排出量

2000 年及び 2011 年（BAU ケース）の部門別の全国 SO_x 排出量は、表 5.1.1.1 及び図 5.1.1.1 に示すとおりである。

全国での SO_x 排出量は、2000 年に 344 千トン、2011 年 BAU ケースで 566 千トンと推計される。部門別にみると、製造部門が最も大きく約半分を占め、次いで発電部門が大きく約 30% を占めている。

表 5.1.1.1 部門別全国 SO_x 排出量

Sector Type	Year 2000		Year 2011	
	SO _x Emission (kton/y)	Share(%)	SO _x Emission (kton/y)	Share(%)
Power Station	109	31.8	161	28.5
Agriculture	2	0.7	2	0.4
Mining and Construction	1	0.0	2	0.0
Manufacturing	177	51.4	324	57.3
Residential and Commercial	3	0.8	3	0.6
Refinery	34	9.8	49	8.7
Transportation	18	5.3	23	4.1
Total	344	100.0	566	100.0

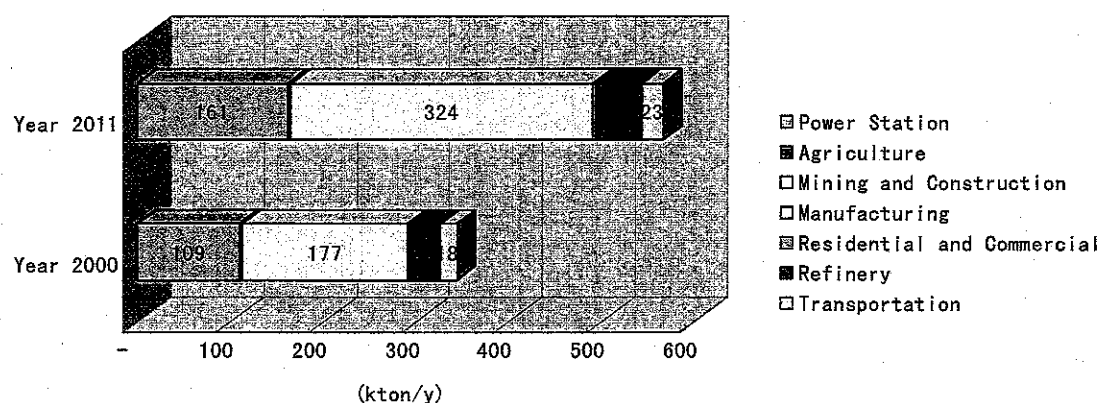


図 5.1.1.1 部門別全国 SOx 排出量

2000 年及び 2011 年（BAU ケース）の燃料種類別の全国 SOx 排出量は、表 5.1.1.2 に示すとおりである。

燃料種類別に見ると、重油、リグナイト及び石炭が SOx の主要な発生源である。

全国 SOx 排出量に占める重油からの排出量の割合は、2000 年の約 50% から 2011 年の 35% と著しく減少している。リグナイトからの排出量の割合は約 20% でほとんど変わらない。

一方、石炭からの排出量の割合は、7% から 27% と著しく増加する。これは、輸入石炭を用いる発電所からの排出量の増加に起因している。

表 5.1.1.2 燃料種類別全国 SOx 排出量

Fuel Type		Year 2000		Year 2011	
		SOx Emission (kton/y)	Share(%)	SOx Emission (kton/y)	Share(%)
Coal		23	6.7	151	26.6
Lignite		64	18.6	101	17.8
Natural Gas		1	0.4	2	0.3
Petroleum Products	Fuel Oil	178	51.8	198	34.9
	Gasoline	4	1.1	2	0.4
	High Speed Diesel	9	2.5	11	2.0
	Other Fuel	3	0.9	5	0.9
Non Fossil		4	1.1	5	0.8
Process		58	16.9	92	16.2
Total		344	100.0	566	100.0

5.1.2 バンコク首都圏における SOx 排出量

2000 年及び 2011 年（BAU ケース）の部門別のバンコク首都圏における SOx 排出量は、表 5.1.2.1 及び図 5.1.2.1 に示すとおりである。

バンコク首都圏での SOx 排出量は、2000 年に 107 千トン、2011 年 BAU ケースで 113 千トンと推計され、2011 年 BAU ケースの予測値は 2000 年とほぼ同じである。

部門別にみると、固定発生源が主要な発生源となっている。特に、製造部門の割合が最も大きく、2000 年の 70% 弱から 2011 年の 93% と大きく増加している。

一方、発電部門が 26% からほぼ 0% と著しく減少する。これは南バンコク火力発電所での重油の利用がゼロとなり天然ガスのみとなる事が主因である。

2000 年及び 2011 年（BAU ケース）の燃料種類別のバンコク首都圏における SOx 排出量は、表 5.1.2.2 に示すとおりである。バンコク首都圏における主要な発生源は重油であり、その割合は約 90% で両年ともほぼ変わらない。

表 5.1.2.1 バンコク首都圏における部門別 SOx 排出量

Sector Type	Year 2000		Year 2011	
	SOx Emission (kton/y)	Share(%)	SOx Emission (kton/y)	Share(%)
Power Station	28	25.8	0	0.1
Agriculture	0	0.2	0	0.2
Mining and Construction	0	0.4	1	1.0
Manufacturing	72	67.3	105	92.4
Residential and Commercial	0	0.2	0	0.2
Refinery	1	0.5	1	0.7
Transportation	6	5.6	6	5.4
Total	107	100.0	113	100.0

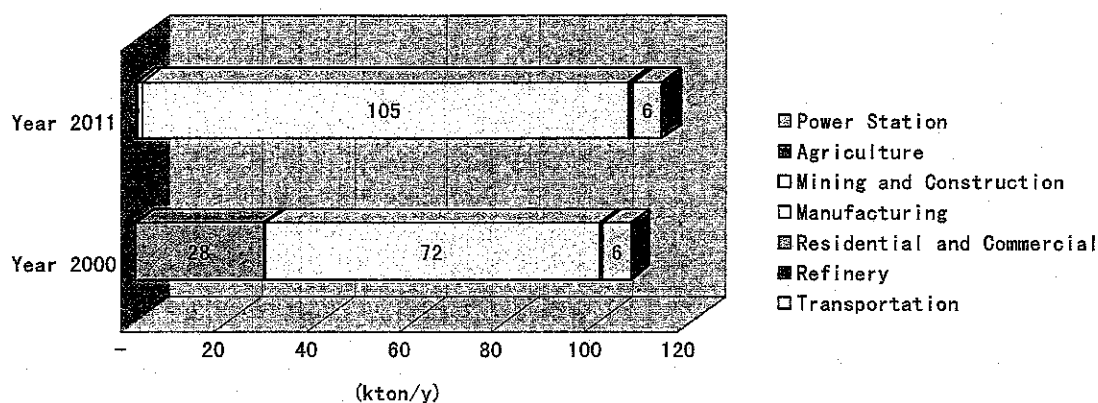


図 5.1.2.1 バンコク首都圏における部門別 SOx 排出量

表 5.1.2.2 バンコク首都圏における燃料種類別 SOx 排出量

Fuel Type		Year 2000		Year 2011	
		NOx Emission (kton/y)	Share(%)	NOx Emission (kton/y)	Share(%)
Coal		2	1.5	2	2.1
Lignite		3	2.8	4	3.8
Natural Gas		0	0.1	0	0.1
Petroleum Products	Fuel Oil	96	90.1	100	88.2
	Gasoline	2	1.7	1	0.8
	High Speed Diesel	2	2.1	3	2.5
	Other Fuel	1	0.7	1	1.0
Non Fossil		1	0.5	1	0.7
Process		1	0.6	1	0.8
Total		107	100.0	113	100.0

5.1.3 バンコク首都圏における NOx 排出量

2000 年及び 2011 年（BAU ケース）の部門別のバンコク首都圏における NOx 排出量は、表 5.1.3.1 及び図 5.1.3.1 に示すとおりである。

バンコク首都圏での NOx 排出量は、2000 年に 398 千トン、2011 年 BAU ケースで 389 千トンと推計され、2011 年 BAU ケースの予測値は 2000 年から 2 % 程度減少する。発生源別にみると、運輸部門の排出量が全体の 80 % 強を占め、特にそのほとんどは自動車からの排出である。自動車の排出量は 2000 年の 80 % から 2011 年の 75 % へと減少する。これは自動車排出ガスに対する EURO3 規制の導入によるものである。

ここで、EURO3の排出規制には、燃料中の硫黄分が規制値(ガソリン:150ppm、軽油:350ppm)以下で供給されることが必要である。さらに、エンジン改変や乗せ換えによって、想定以上の排ガス濃度となる可能性も考えられる。

そのため、EURO3 排出規制導入においては、燃料中の硫黄分に対する規制値の遵守や車両検査を通じて不正な改造を取り締まる等の措置が講じられる必要がある。

また、南バンコク火力発電所の天然ガス専焼化に伴う重油から天然ガスへの燃料転換によって、発電部門の排出量は2000年の5%から2011年の3%弱へと減少する。

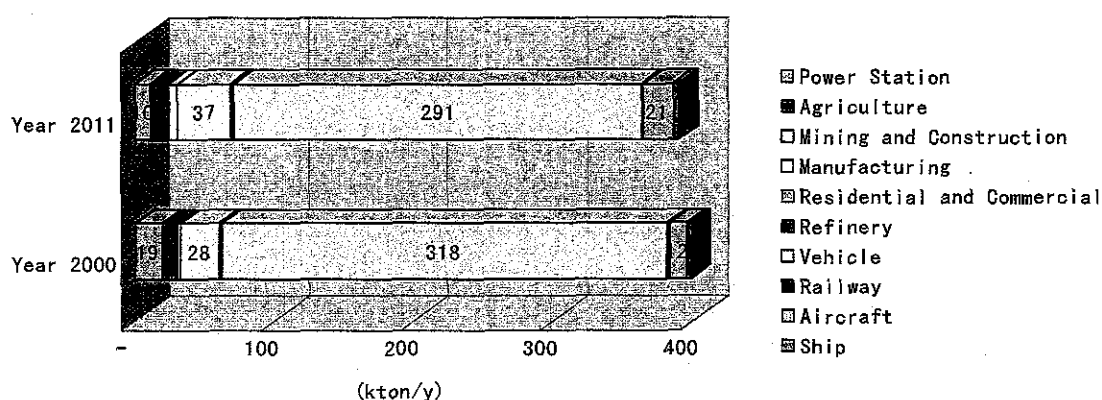


図 5.1.3.1 バンコク首都圏における部門別 NOx 排出量

表 5.1.3.1 バンコク首都圏における部門別 NOx 排出量

Sector Type		Year 2000		Year 2011	
		NOx Emission (kton/y)	Share(%)	NOx Emission (kton/y)	Share(%)
Power Station		19	4.8	10	2.7
Agriculture		11	2.7	13	3.4
Mining and Construction		2	0.6	7	1.8
Manufacturing		28	7.0	37	9.6
Residential and Commercial		1	0.3	2	0.5
Refinery		1	0.2	1	0.3
Transportation	Vehicle	318	80.0	291	74.9
	Railway	2	0.4	2	0.5
	Aircraft	12	3.0	21	5.4
	Ship	4	1.0	4	1.0
Total		398	100.0	389	100.0

注：運輸部門の自動車の排出量は、地域交通からの排出量を含む。

5.2 まとめ

全国 SO_x 排出量は、2011 年において大きく増加することが予測される。部門別にみると、製造部門と発電部門が主要な発生源となっている。燃料種類別に見ると、重油、リグナイト及び石炭が主要な発生源である。このことから、全国の SO_x 対策においては、これらの 3 種の燃料に対する対策戦略が必要である。

バンコク首都圏における SO_x 排出量は、2000 年に比べて 2011 年は微増と予測される。部門別にみると、2011 年には、製造部門の排出量は 90%以上を占め、主要な発生源となっている。燃料種類別に見ると、他の燃料に比べ重油が主要な発生源である。このことから、バンコク首都圏の SO_x 対策においては、重油を使用する施設からの排出量をいかに削減するかが重要になる。

一方、バンコク首都圏における NO_x 排出量は、2000 年に比べて 2011 年は微減と予測される。部門別にみると、運輸部門、特に自動車の排出量は 90%以上を占め、主要な発生源となっている。このことから、バンコク首都圏の NO_x 対策においては、自動車からの排出量をいかに削減するかが重要になる。

6. モデル・シミュレーション

6.1 ATMOS2

ATMOS2 モデルは、当初、RAINS-Asia プロジェクトのために開発され、タイ国の硫黄酸化物沈着量予測に使用された。ATMOS2 モデルは、ラグランジュ型多層前進流跡線によるパフ輸送モデルの一つである。

6.1.1 モデルの確立

ATMOS2 モデルをタイ国に適用する際しての主な変更・調整点は以下の通りである。

- 地域の降水量データの活用
- 地域グリッド (Regional) と都市域グリッド (Urban Grid) システムの併用
- 洗浄係数の調整

原則的に ATMOS2 は CDC/NCEP の客観解析データを、その気象入力として使用しているが、降水採取データと降水量月変化パタンの解析に基づき、タイ国周辺のグリッドについては、その地域の降水量を採用した。

大気汚染発生源が BMR 周辺に集中しており、より詳細に調査されたことから、これらの発生源は、0.1 度の解像度を持つ都市型グリッドを用いて集約され、ATMOS2 の都市型オプションが適用された。1.0 度の解像度の地域グリッドが、これら以外の地域で使われた。

実測値と計算値との比較から、オリジナルの洗浄係数の値を 1.5 倍に調整した。

結果的に、このシミュレーション・モデルは、各測定局の湿性降下物量データと比較的良好一致を見た (表 6.1.1.1)。

表 6.1.1.1 シミュレーション結果の実測値との比較

	OEPP	TMD	ERTC	Khao Laem Dam
降水量 (mm/年)	1144.3	975.0	941.3	881.3
計算値 (mg-S/m ² /年)	833.0	744.2	498.8	25.7
実測値 (mg-S/m ² /年)	776.9	777.8	573.6	87.0

6.1.2 酸性降下物シミュレーション結果

基準年（2000 年）、対象年（2011 年）及び対策ケース（2011 年の対策ケース）について、酸性降下物シミュレーションを行った。

タイ全土と都市域に於ける硫黄酸化物沈着量を図 6.1.1.1から図 6.1.1.6に示した。

1) タイ全土硫黄酸化物沈着量

都市域を除く地域グリッドの中では、2000 年には 959 mg-S/m^2 の最大沈着量が、チェンサオ県とチョンブリ県に跨るグリッドで出現し、この沈着量は 2011 年には 1185 mg-S/m^2 に増加する。この BaU ケースに於ける沈着量は、重油対策によって 1030 mg-S/m^2 に減少し、対策後には、最大沈着量（ 1126 mg-S/m^2 ）はラヨン県で生じることとなる。

2) 都市域硫黄酸化物沈着量

2000 年には、 3329 mg-S/m^2 の最大沈着量はバンコク県とサムトラカン県に跨るグリッドで出現しており、沈着量が 2000 mg-S/m^2 以上の地域はバンコク県のほぼ全域を覆っている。

この最大沈着量は 2011 年には、発生源の変化により 3062 mg-S/m^2 と若干、減少するが、沈着量が 2000 mg-S/m^2 以上の地域は依然、バンコク県の広い地域で残る。

この BaU ケースに於ける最大沈着量は、対策によってかなり削減され、 2380 mg-S/m^2 となり、沈着量が 2000 mg-S/m^2 以上の地域は小さくなる。

3) 臨界負荷量との比較

「臨界負荷量」は、酸性降下物量による生態系への影響の指標の一つであるが、アジア地域に於ける臨界負荷量の適用については様々な批判がある。そこで、本プロジェクトでは臨界負荷量を目標値として削減対策を策定することは行わず、参照値として酸性降下物量予測結果との比較を行った（サポーティング・レポート 5.1 章、9.1 章）。

チェンサオ県とチョンブリ県に跨るグリッドでの 2000 年、2011 年及び対策後の硫黄酸化物沈着量を、臨界負荷量（危険率=25%）と比較すると、58%、66%及び 61%の必要削減量に相当する。

都市域についても、2000 年、2011 年及び対策後の最大沈着量は、臨界負荷量との比較では、82%、80%及び 74%の必要削減量に相当する。

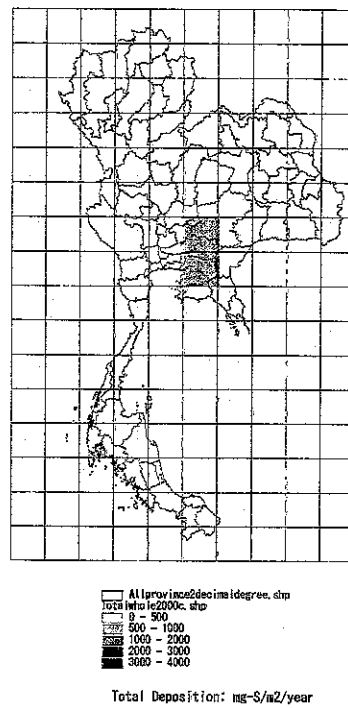


図 6.1.1.1 タイ全土硫黄酸化物沈着量 (2000 年)

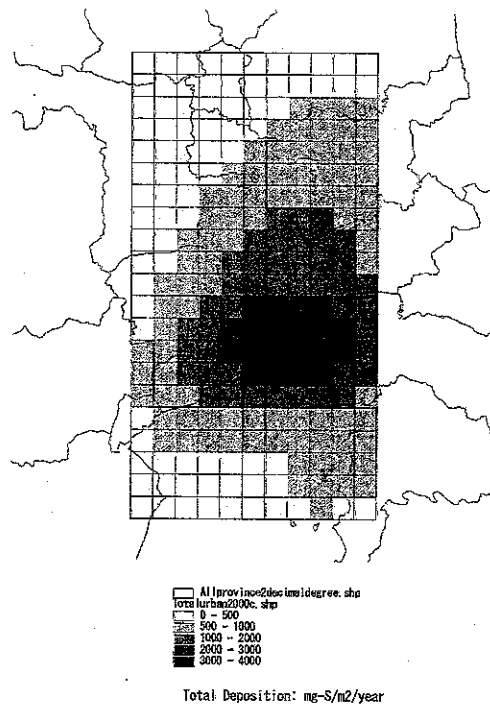


図 6.1.1.2 都市域硫黄酸化物沈着量 (2000 年)

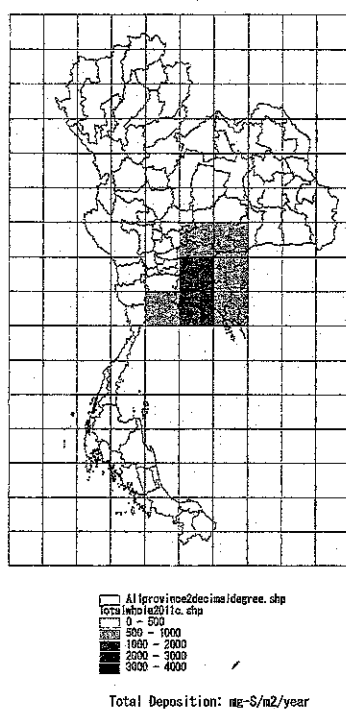


図 6.1.1.3 タイ全土硫黄酸化物沈着量 (2011 年)

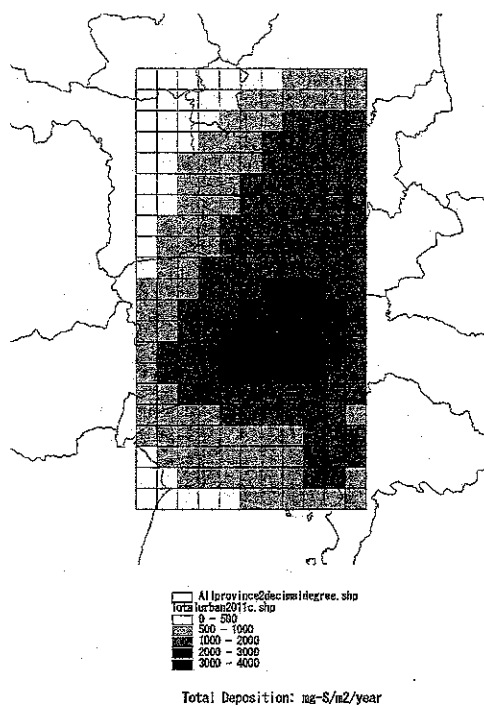


図 6.1.1.4 都市域硫黄酸化物沈着量 (2011 年)

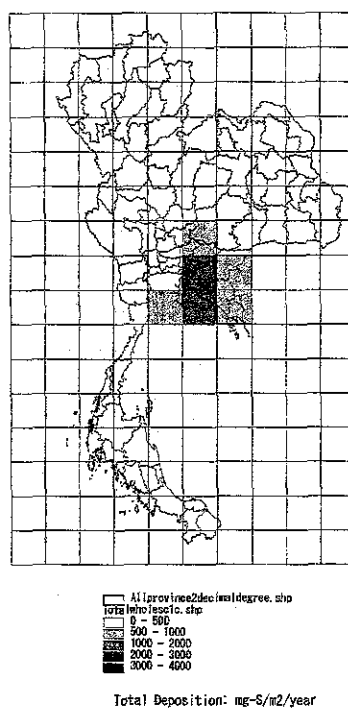


図 6.1.1.5 タイ全土硫黄酸化物沈着量 (2011 年対策ケース)

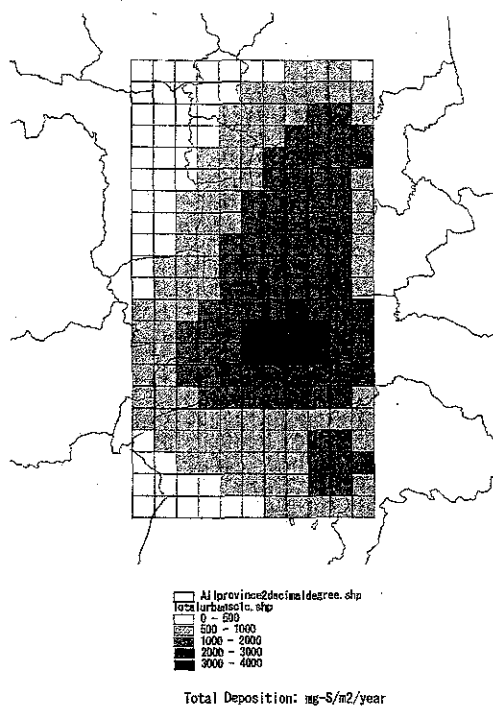


図 6.1.1.6 都市域硫黄酸化物沈着量 (2011 年対策ケース)



6.2 Airviro

6.2.1 BMRにおける発生源インベントリー

6.2.1.1 BMRにおける基準年の発生源インベントリー

BMRにおける基準年（2000 年）の発生源別 SO_x 排出量分布図を図 6.2.1.1～図 6.2.1.3に示す。 SO_x の点源排出量は、面源・線源と比較して大きな割合を占めている。特に、チャオプラヤ側周辺及びサムット・サコン地区の中心部で点源による排出量が大きくなっている。 SO_x の面源は、バンコク地区が他の地域より大きくなっている。 SO_x の線源は、バンコク地区から郊外へ延びる幹線で排出量が比較的大きいことがわかる。

BMRにおける基準年の発生源別 NO_x 排出量分布図を図 6.2.1.4～図 6.2.1.6に示す。 NO_x の点源は、チャオプラヤ側周辺で大きな排出量となっている。 NO_x の面源は、全体的に小さい排出量である。そのなかでも、バンコク地区、サムット・サコン地区西部及び鉄道は、他の地域と比較して排出量が大きくなっている。 NO_x の線源は、点源・面源と比較して、排出量が大きくなっている。特に、バンコク地区から郊外へ延びる幹線及び環状道路部分で大きくなっている。

6.2.1.2 BMRにおける将来年の発生源インベントリー

BMRにおける将来年（2011 年）の発生源別 SO_x 排出量分布図を図 6.2.1.7～図 6.2.1.9に示す。将来年の SO_x 排出量は基準年と比較して、点源では Samut Sakhon を除く地区で減少している。また、点源・線源の SO_x 排出量分布状況については、基準年と大きな変化はなかった。

BMRにおける将来年の発生源別 NO_x 排出量分布図を図 6.2.1.10～図 6.2.1.12に示す。将来年の NO_x 排出量は、基準年と比較して、点源ではチャオプラヤ側周辺で小さくなっている。また、 NO_x の面源は、サムット・サコン地区で排出量が若干増加している。 NO_x の線源は、バンコク地区の排出量は若干減少しているが、新設される幹線及び環状道路部分で排出量が大きくなっている。

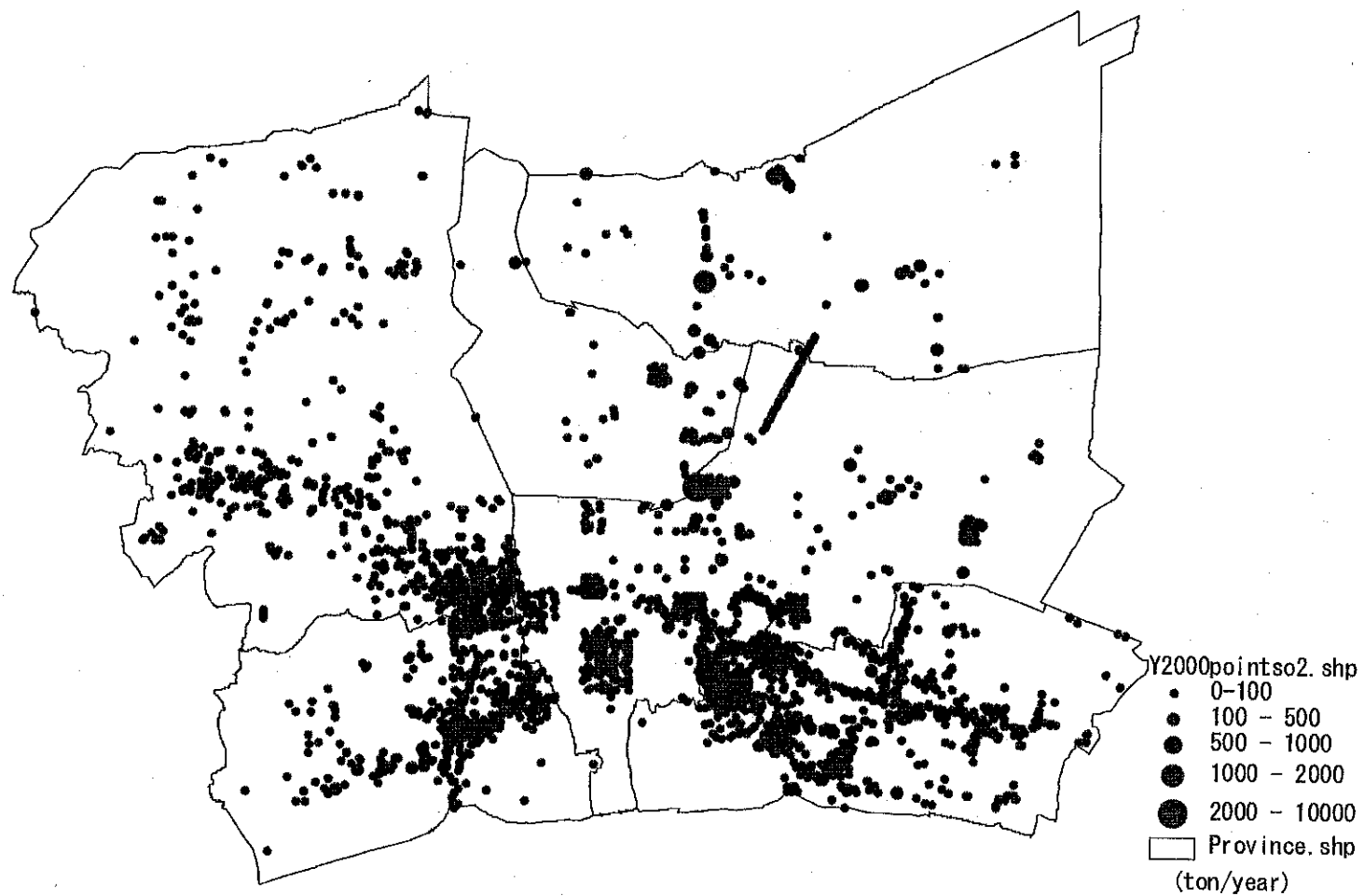


図 6.2.1.1 BMR における 2000 年の SOx 排出量分布図 (点源)



図 6.2.1.2 BMR における 2000 年の SOx 排出量分布図 (面源)



図 6.2.1.3 BMR における 2000 年の SO_x 排出量分布図 (線源)

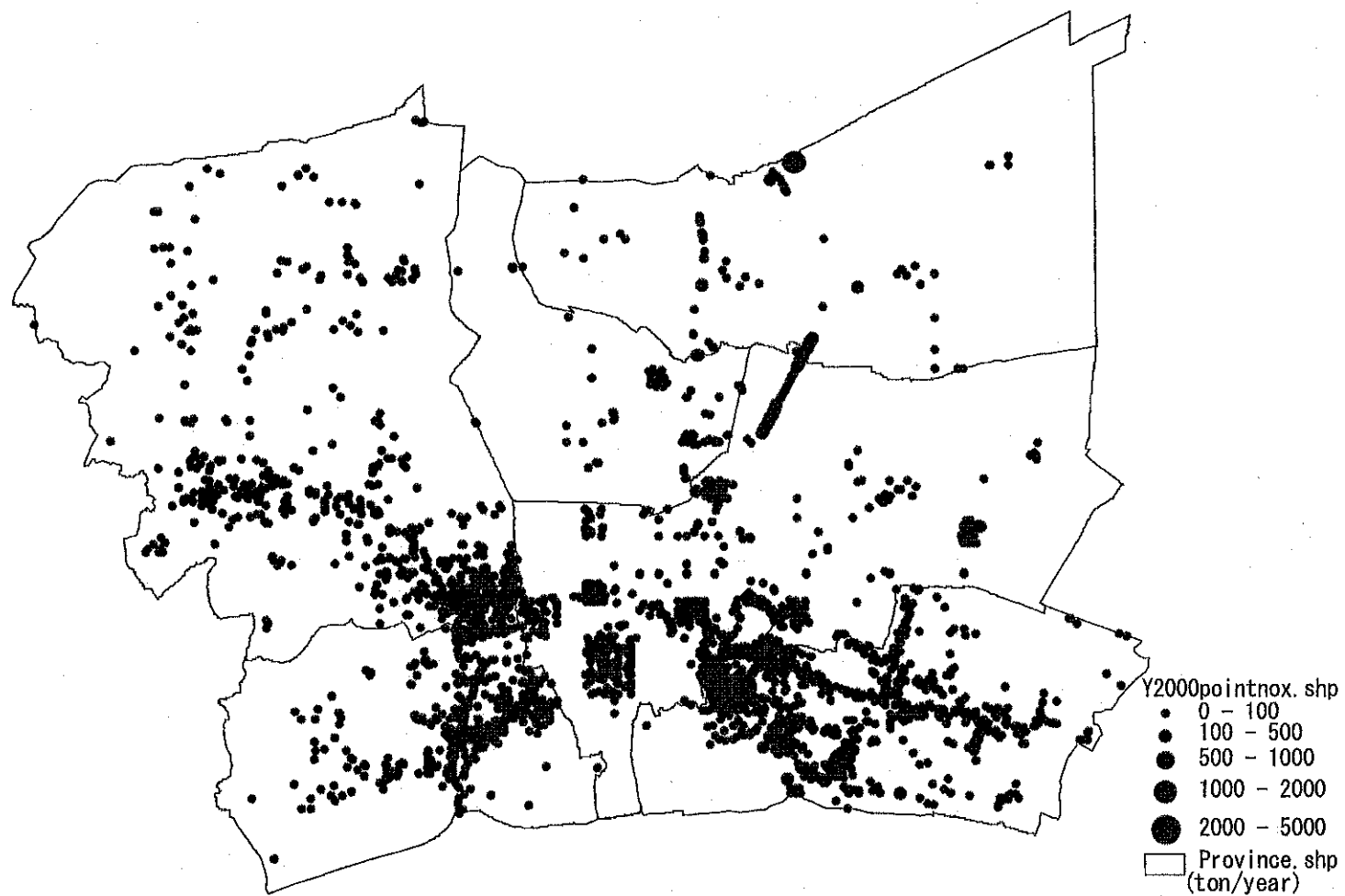


図 6.2.1.4 BMR における 2000 年の NOx 排出量分布図 (点源)

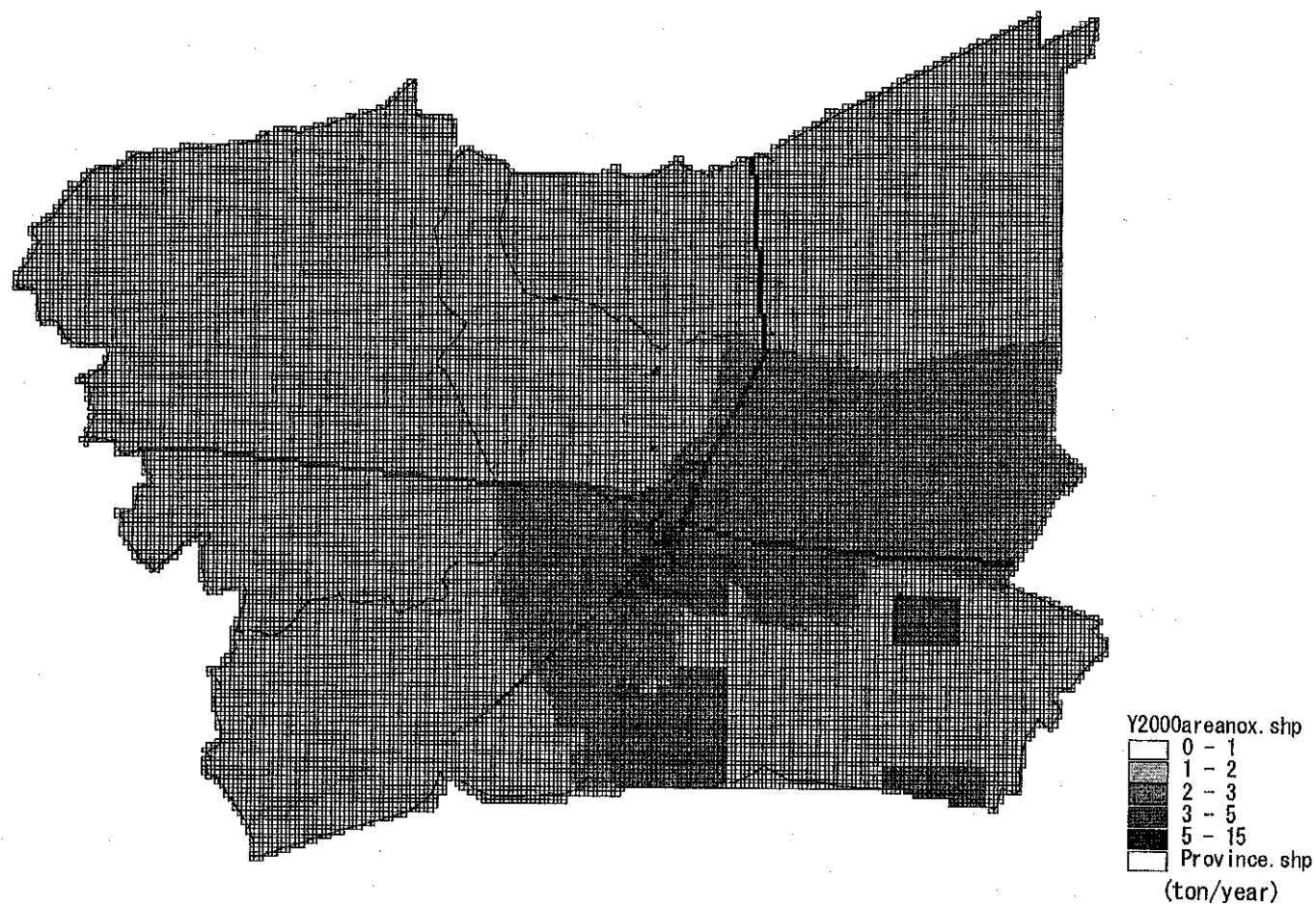


図 6.2.1.5 BMR における 2000 年の NOx 排出量分布図 (面源)



図 6.2.1.6 BMR における 2000 年の NOx 排出量分布図 (線源)

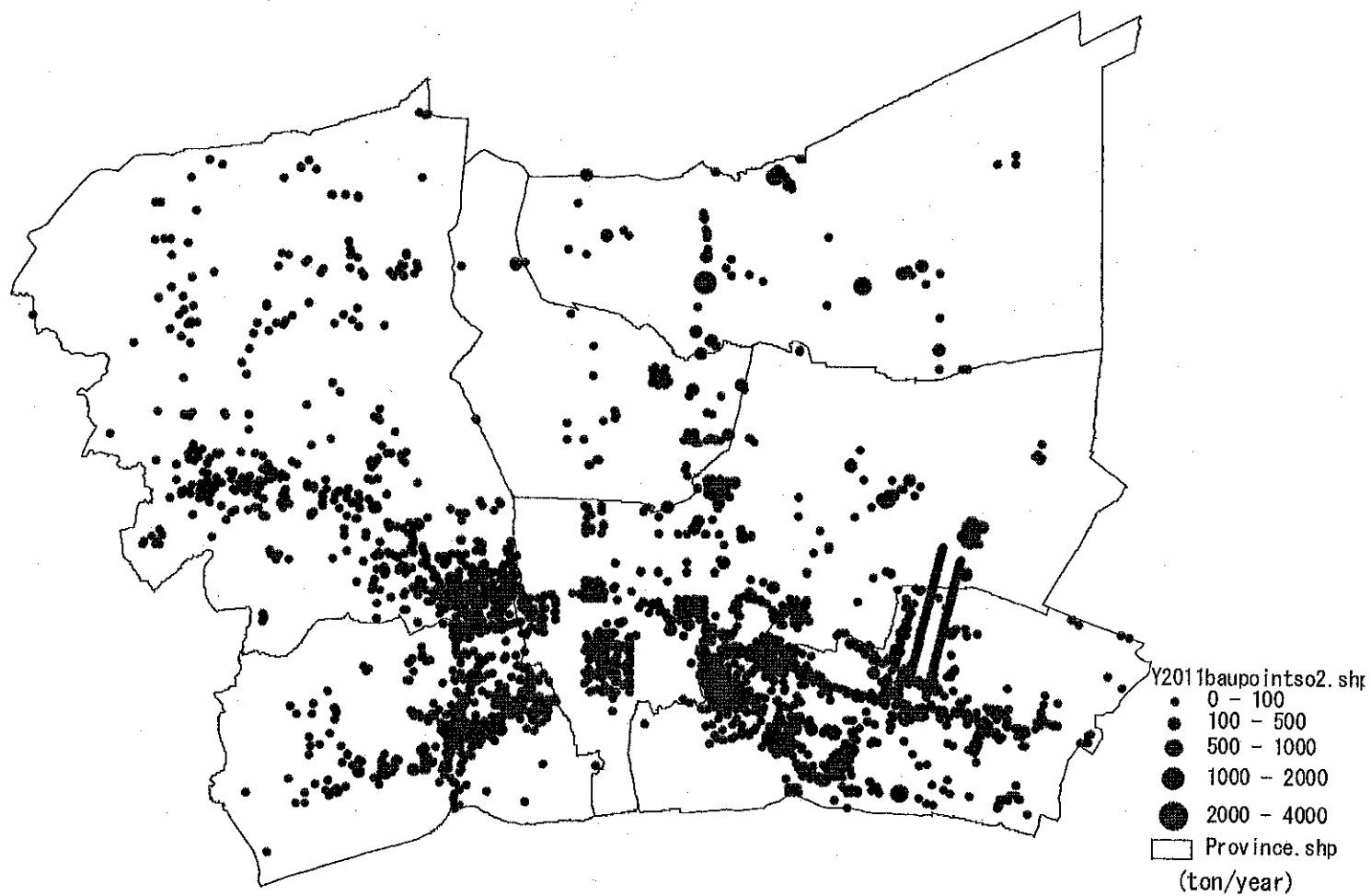


図 6.2.1.7 BMR における 2011 年 Bau の SOx 排出量分布図 (点源)

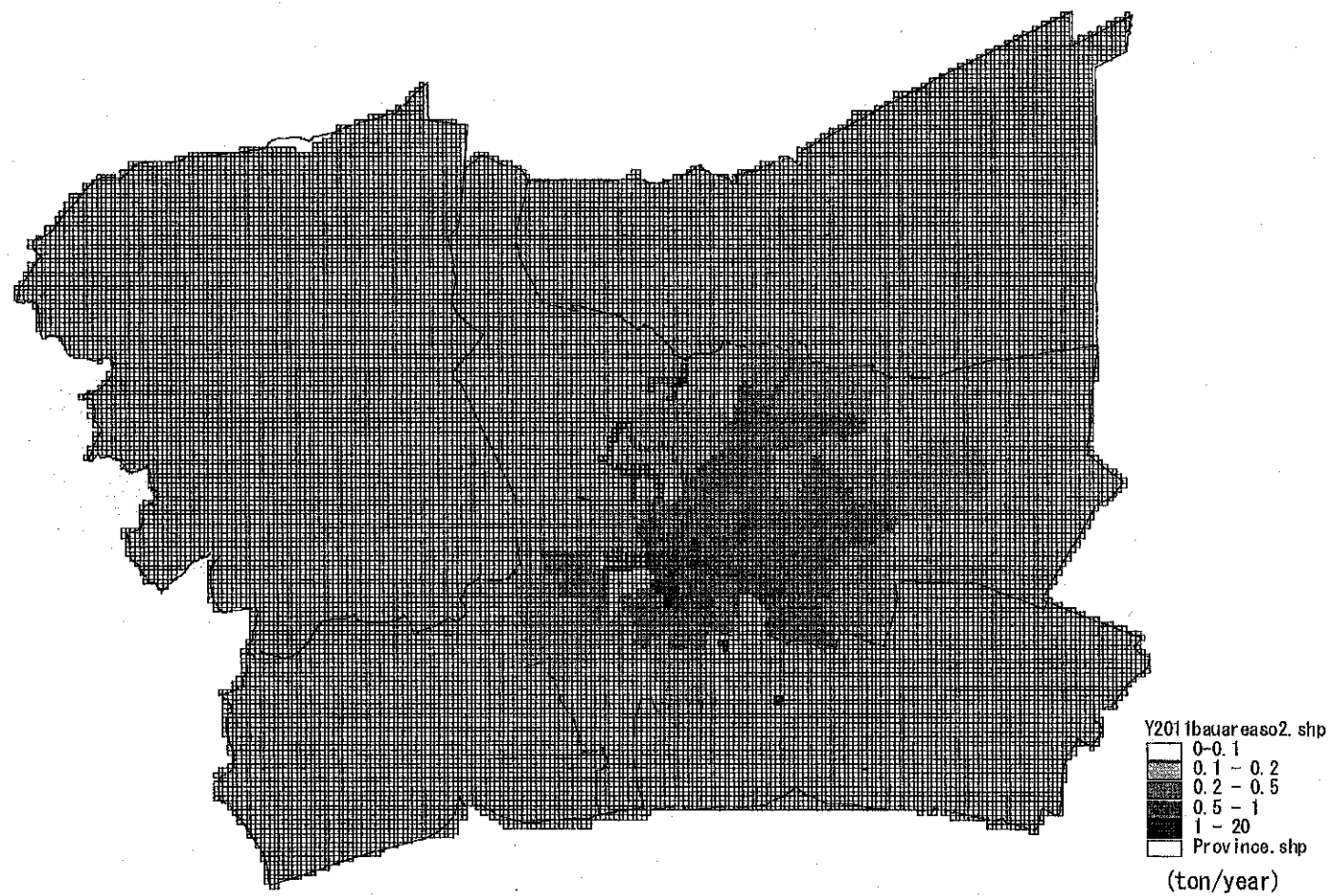


図 6.2.1.8 BMR における 2011 年 Bau の SOx 排出量分布図 (面源)



図 6.2.1.9 BMR における 2011 年 Bau の SOx 排出量分布図 (線源)

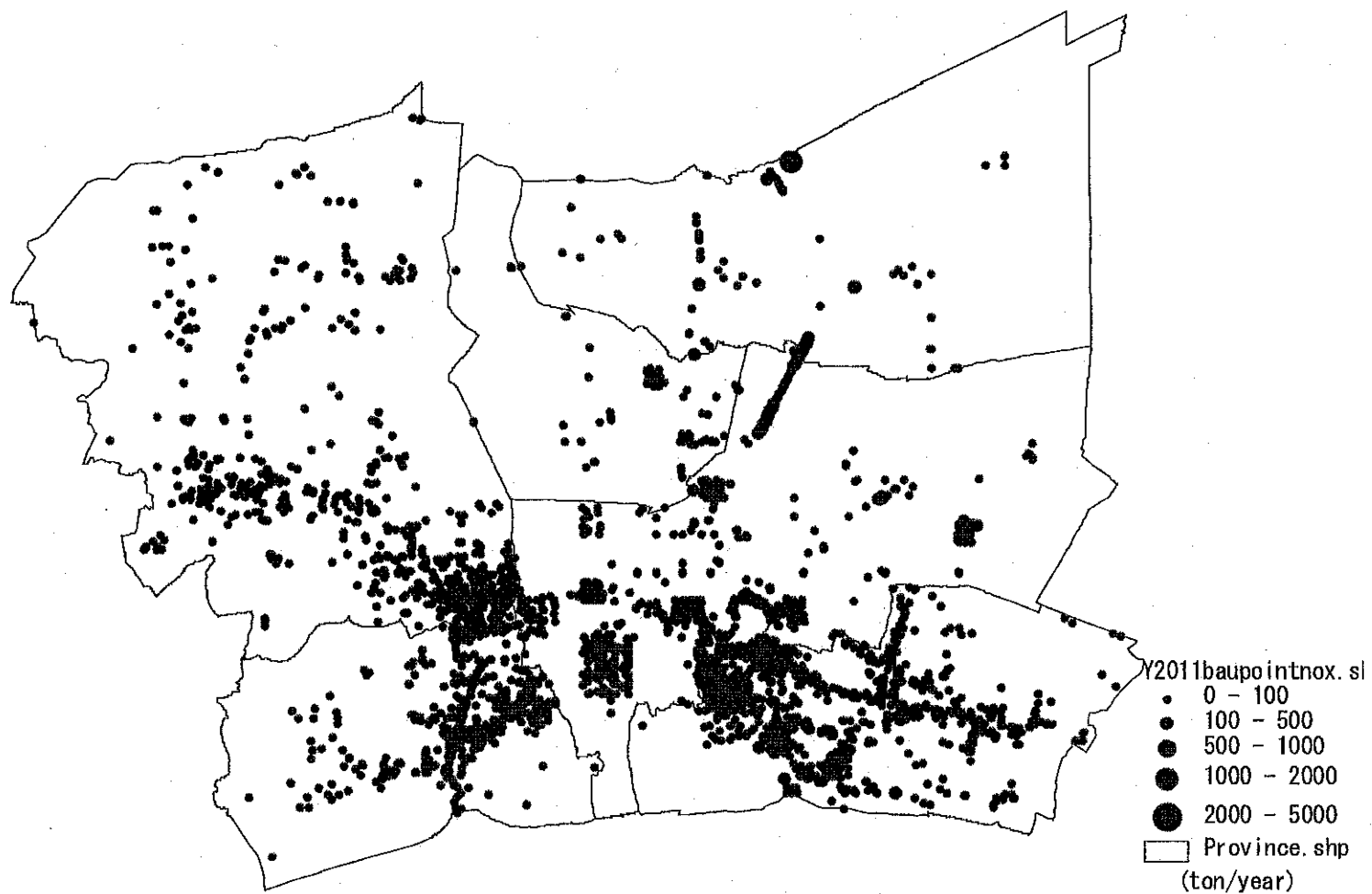


図 6.2.1.10 BMRにおける2011年BauのNOx排出量分布図(点源)

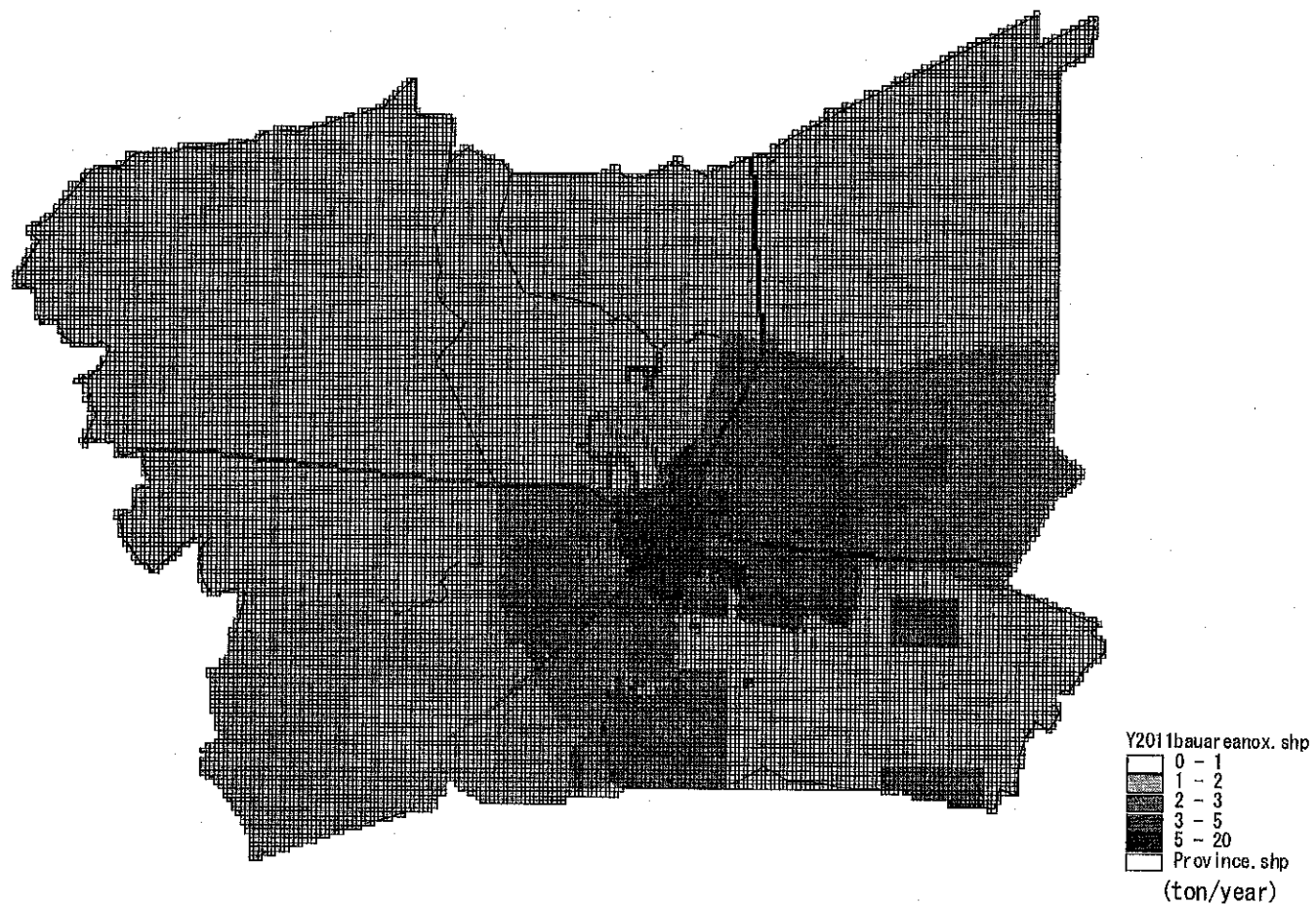


図 6.2.1.11 BMR における 2011 年 Bau の NOx 排出量分布図 (面源)



図 6.2.1.12 BMR における 2011 年 Bau の NOx 排出量分布図 (線源)

6.2.2 SO₂及びNO₂変換式

シミュレーションの計算対象物質は NO_x であるが、タイ及び WHO の環境基準は NO₂ が対象であるため、計算結果を NO_x→NO₂ に変換する必要がある。そのため、NO₂ 統計モデルを用いて、実測のモニタリングデータから NO_x→NO₂ の変換式を算出した。シミュレーションでは、この変換式の NO_x 年平均値に NO_x 計算値を入力して NO₂ 計算濃度を算出した。

$$[\text{NO}_2] = 3.191 \times [\text{NO}_x]^{0.508}$$

[NO₂]: NO₂ 年平均値

[NO_x]: NO_x 年平均値

SO_x インベントリーには Sulfate が含まれていることから、計算結果から 5%減じた値を SO₂ 計算結果とした。

$$[\text{SO}_2] = [\text{SO}_x] \times 0.95$$

6.2.3 評価基準

シミュレーション結果の評価基準としては、大気環境濃度対策で最も重要となる年間値を基本として、年間平均値とタイ及び WHO の環境基準との比較により評価を行うものとする。ただし、タイの環境基準には、NO₂ の年間基準が設定されていないため、このままではタイの基準との比較ができない。そのため、モニタリングデータの年間平均値と最大値との関係から、タイの NO₂ 年間基準を次のように設定（表 6.2.3.1 参照）して、評価を行うこととした。

$$\begin{aligned} \text{NO}_2 \text{ タイ年間基準} &= 0.335 \times \text{タイの時間値基準} - 16.98 \\ &= 0.335 \times 170(\text{ppb}) - 16.98 \\ &= 40(\text{ppb}) \end{aligned}$$

表 6.2.3.1 タイ及びWHOの環境基準

	10 Minutes		1 Hour		24 Hours		1 Year	
	mg/m ³	ppb	mg/m ³	ppb	mg/m ³	ppb	mg/m ³	ppb
SO₂								
Thailand	---		0.78	300	0.30	120	0.10	40
WHO	0.5	175	---		0.125	44	0.05	18
NO₂								
Thailand	---		0.32	170	---			(40)
WHO	---		0.2	98	---		0.04	20

*タイの NO₂ 年間基準は、上記の手法を用いて 40ppb を設定。

6.2.4 BMRにおける基準年及び将来年の大気環境濃度予測結果

6.2.4.1 使用モデル及びシミュレーション条件

本調査で用いたグリッドモデルは、オイラー型の多重ボックスモデルであり、移流、拡散過程を扱えるものである。シミュレーション条件は次のとおりである。

項目	条件
対象地域	94km×70km 水平グリッド 500m 鉛直層 1000m (7層) 総計算メッシュは 188×140×7
対象物質	NOx、SOx
対象年	2000 年
気象データ	Chatujak Bangkok のデータを使用
発生源	固定発生源及び移動発生源

6.2.4.2 BMRにおける基準年（2000 年）の大気環境濃度予測結果

BMRにおける 2000 年のシミュレーション結果を図 6.2.4.1～図 6.2.4.3に示す。図 6.2.4.1の SO₂ 相関図では、実測値に対して計算値のばらつきが大きい地点も見られるが、全体としては、比較的高い相関となっている。NO₂ 相関図では、計算値と実測値の相関が高い地点が多く、NO₂ 全体として高い相関となっている。

図 6.2.4.2の SO₂ 計算濃度分布図では、固定発生源排出量が多い地域で高濃度となっている。特に、チャオプラヤ川周辺及び Samut Sakhon で高濃度となっている。図 6.2.4.3の NO₂ 計算濃度分布図では、幹線道路周辺が高濃度となっており、特に郊外の環状道路部分で高くなっている。

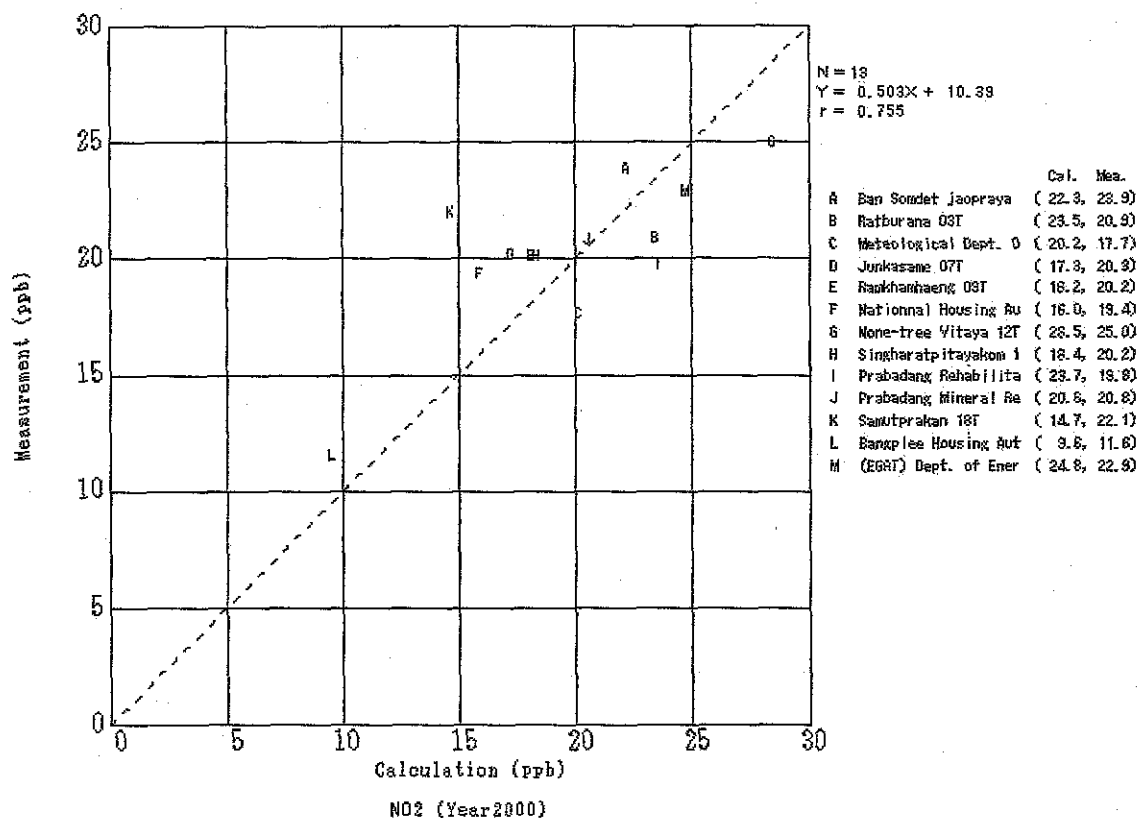
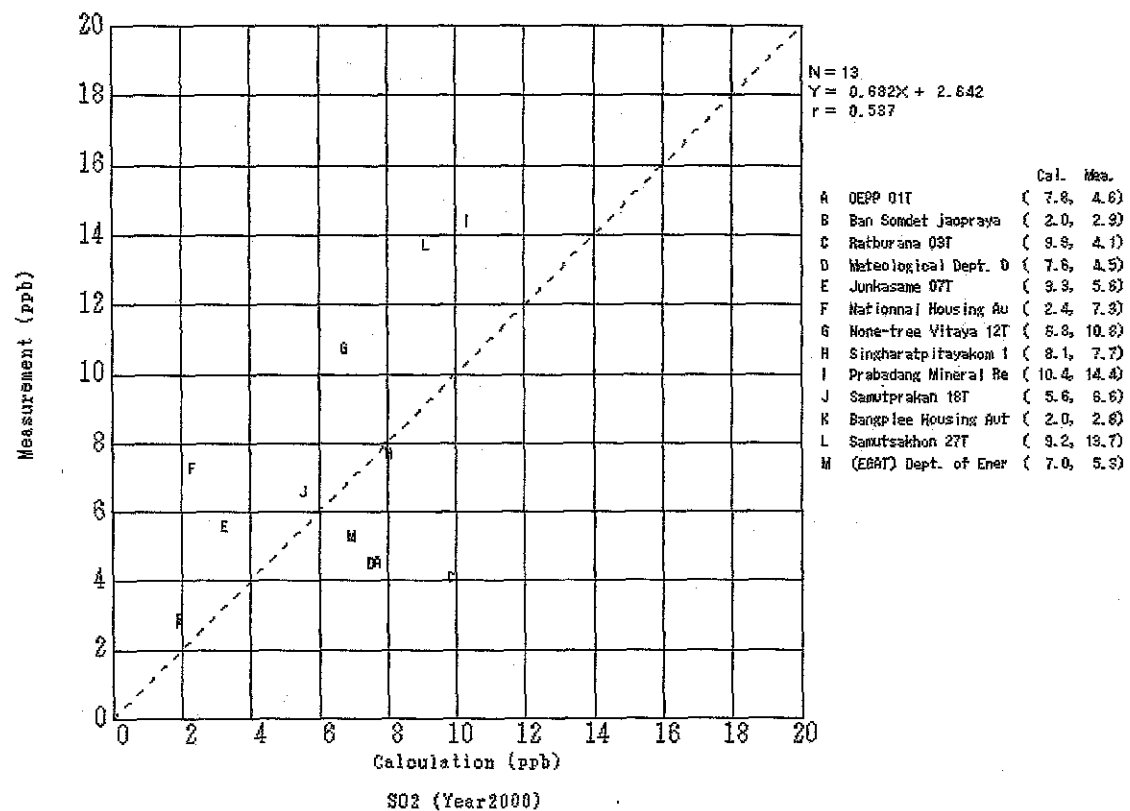


図 6.2.4.1 実測値と計算値の相関図 (2000 年)

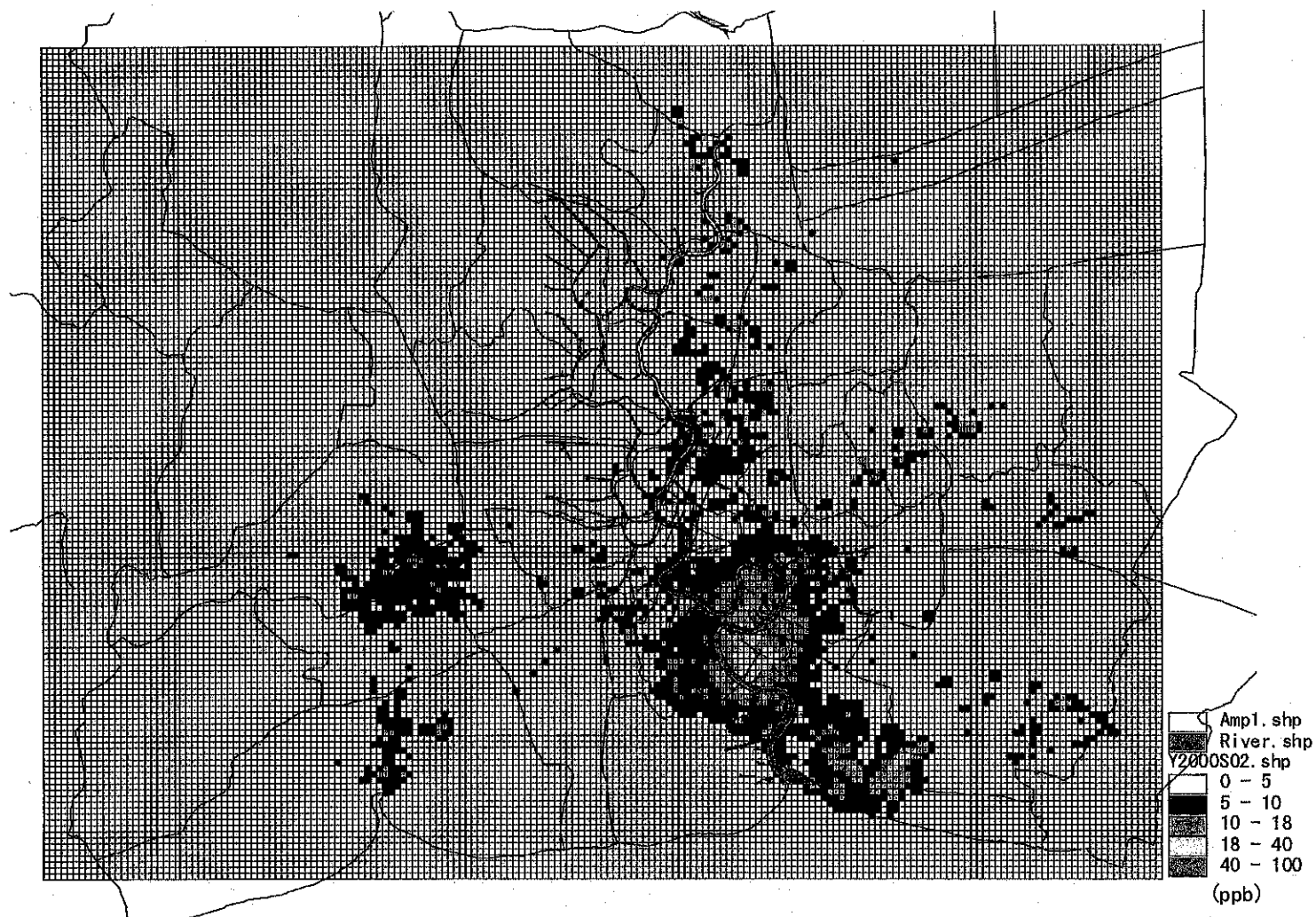


図 6.2.4.2 BMR における SO₂ 計算濃度分布図 (2000 年)

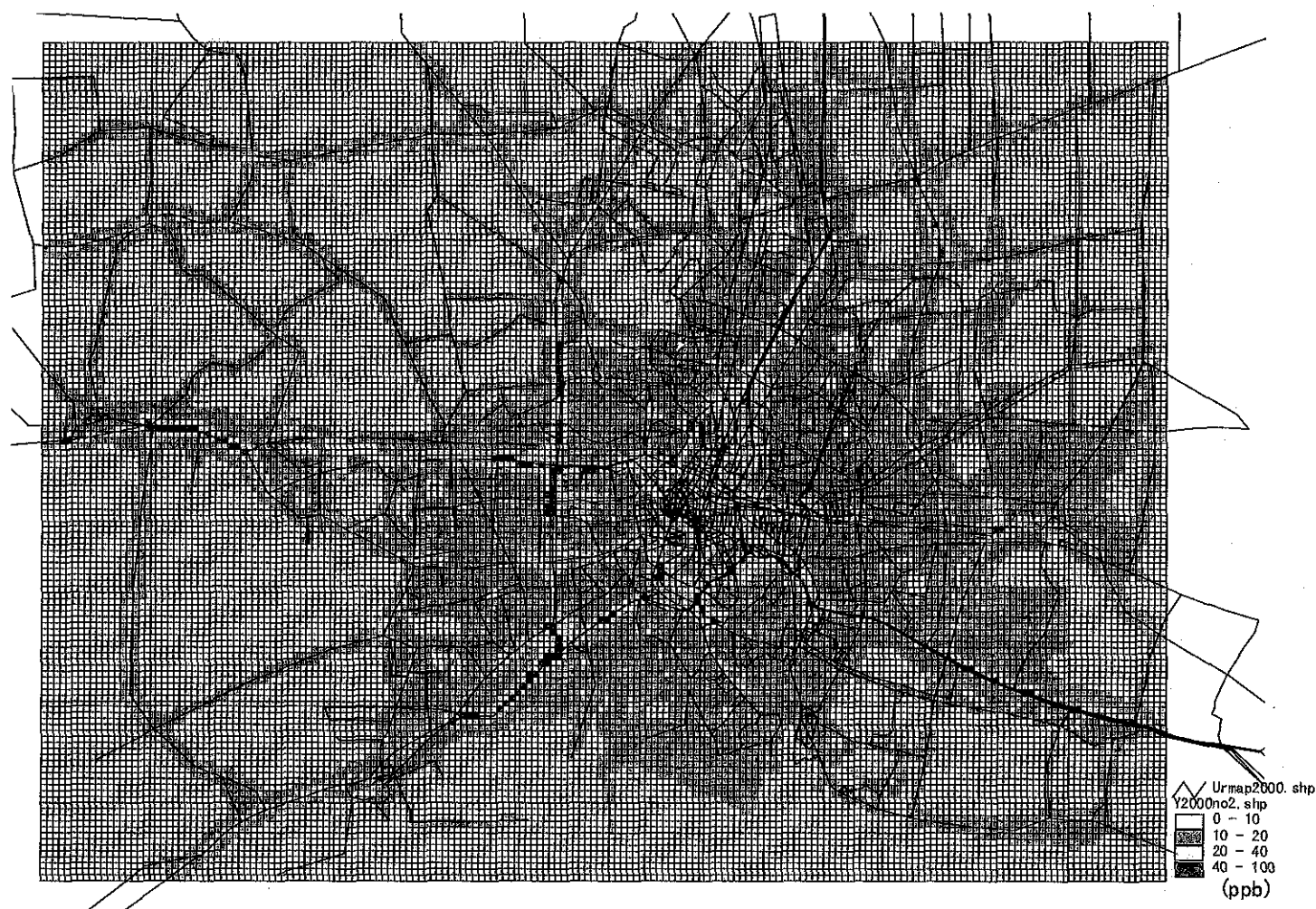


図 6.2.4.3 BMR における NO₂ 計算濃度分布図 (2000 年)

6.2.4.3 BMRにおける将来年（2011 年）の大気環境濃度予測結果

BMRにおける2011年BAUの大気環境濃度予測結果を図 6.2.4.4及び図 6.2.4.5に示す。2011年は、2000年と比較して、SO₂では18ppb以上の計算グリッドが増加している。また、NO₂では、2011年までに完成する環状道路部分で高濃度となっている地域も認められるが、全体としては20ppb以上の地域が減少していることがわかる。

2011年の計算値と環境基準との比較結果を表 6.2.4.1に示す。タイの環境基準を越えた計算メッシュは、SO₂では3メッシュ、NO₂では60メッシュである。WHO基準を越えた計算メッシュは、全計算メッシュに対してSO₂では0.9%（230メッシュ）、NO₂では8.1%（2127メッシュ）である。また、SO₂最大値は72.5ppb、NO₂最大値は54.3ppbである。NO₂はSO₂より環境基準を越えた超過メッシュ数が多いが、NO₂最大値はSO₂最大値より低い結果となった。

表 6.2.4.1 BMRにおける計算値と環境基準との関係（2011 年）

項目	基準超過メッシュ数／全計算メッシュ数	
	Thailand 基準 (SO ₂ 及び NO ₂ : 40ppb)	WHO 基準 (SO ₂ :18ppb、NO ₂ :20ppb)
SO ₂	3/26320	230/26320
NO ₂	60/26320	2127/26320

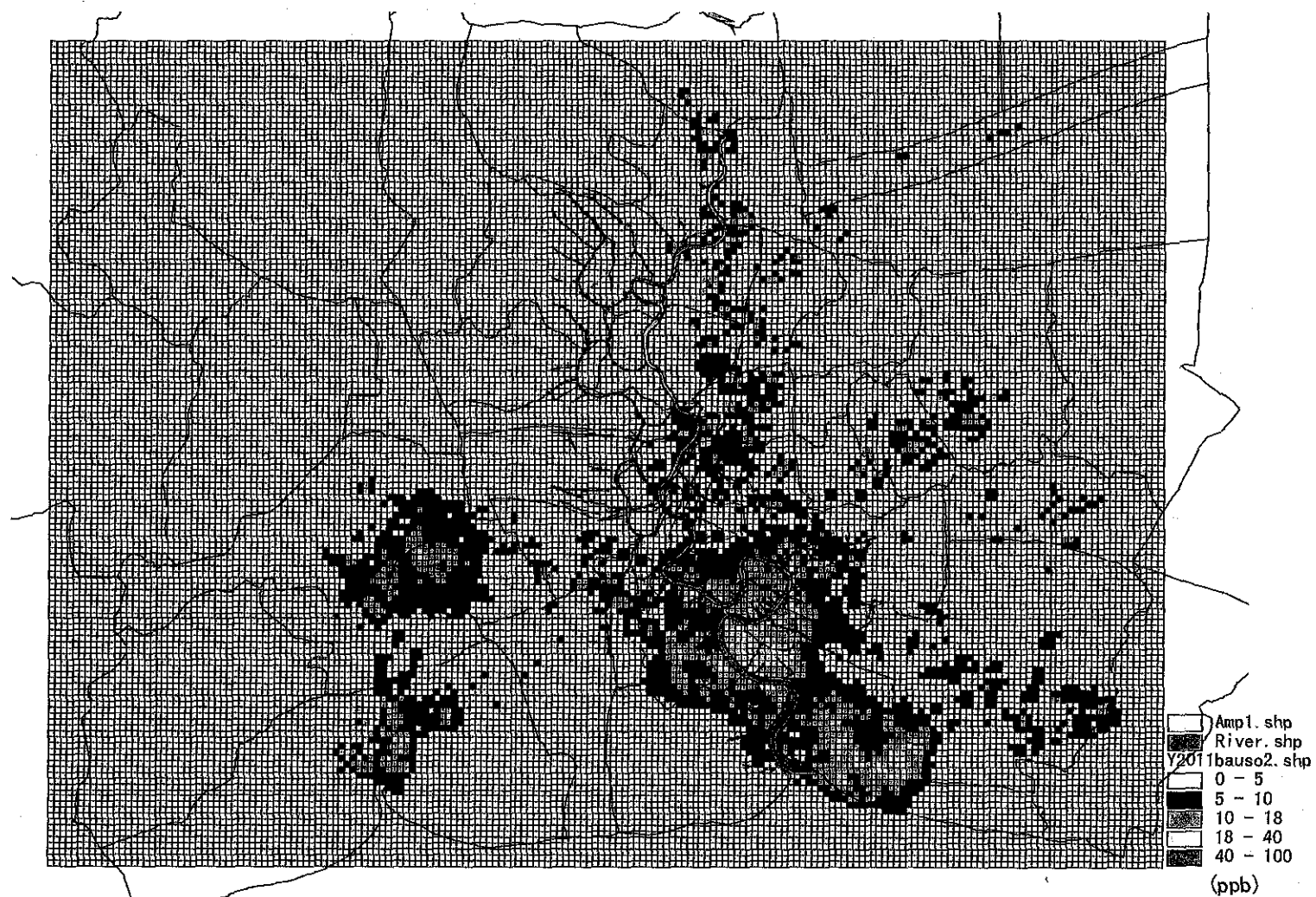


図 6.2.4.4 BMR における SO₂ 計算濃度分布図 (2011 年)

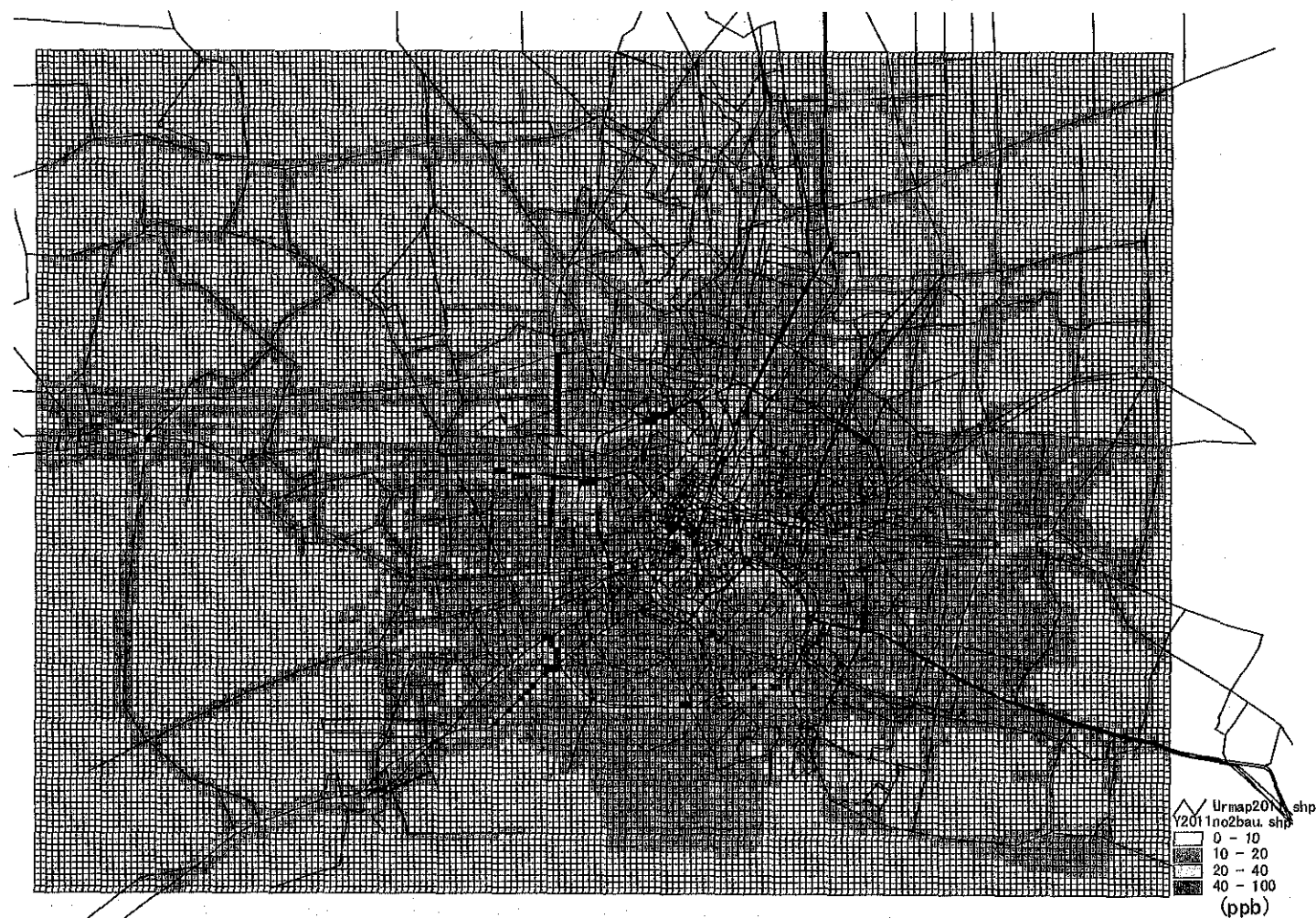


図 6.2.4.5 BMR における NO2 計算濃度分布図 (2011 年)

7. 酸性雨および大気汚染の評価

酸性雨および大気汚染データを収集して分析した。現実のモニタリングデータを用いて妥当性を確認した後、現在および将来の状況について、全国に対し ATMOS2 モデルで、BMR について Airviro モデルでシミュレーションを行った。これらに基づく、タイにおける酸性雨および大気汚染の評価および問題の優先順位付けは今後の対策を考えるために重要である。

7.1 酸性雨

2000 年には、酸性雨に関して、4 モニタリング地点でのデータを評価に用いる事が出来た。それにより酸性雨の状況をまとめると以下の通りである。

- ・都市域での硫酸イオン及びアンモニアイオン濃度は遠隔地域より高かった。
- ・一方、塩素およびナトリウムイオンについては都市域および田園、遠隔地域で変わらない。
- ・都市域での硫酸およびアンモニアイオンは人間による活動の影響を受けていると考えられる。また人間活動は硫黄と窒素の沈着量の増大を招いている。
- ・塩素イオンと陽イオン濃度は4地点でほぼ同様であった。これらのイオンは一般的には人間活動の影響を強くは受けていない。
- ・都市域の水素イオン濃度は田園および遠隔地域に比較して低い。
- ・水素イオン濃度の低下は人間活動によるものと思われる。

これらのモニタリング結果により、人間活動により硫黄と窒素分の沈着が増加し、雨水の水素イオン濃度も低下していると考えられる。しかしながら、現在、影響に関する定量的な判断尺度について様々な議論がなされている段階にあり、人為的な影響の程度が、どの程度の対策を必要とするものであるかについて更に調査が必要である。

7.2 大気汚染

7.2.1 評価方法

タイの SO_2 と NO_2 大気環境基準を評価のための基準として用いた。加えて、大気環境基準は科学的、技術的な進展および国の経済的、社会的な条件の変化に照らして見なおさなければならないという法律(NEQA, B.E. 2535)の規定に即して、 SO_2 と NO_2 に関する WHO のガイドラインについても考慮した。

タイの大気質モニタリングは PCD (公害規制局、天然資源環境省) により行われている。そのモニタリングによる SO_2 と NO_2 の 2000 年データのうち妥当とされたものを、基準との評価の対象とした。第1章にその結果結果を示してある。

次にモデルの妥当性を確認した後、2011 年 BAU ケースのシミュレーション結果も評価に用

いた。全国に付いては ATMOS2 により各格子に対して SO₂ シミュレーションが行われた。BMR については Airviro モデルにより SO₂ と NO₂ に対して各格子に対してシミュレーションが行われた。全国シミュレーションでの格子のサイズは都市域に対して 0.1 度 x 0.1 度 (10km x 10km)、他の地域に対して 1.0 度 x 1.0 度 (100km x 100km) であった。BMR に対しては 500m x 500m であった。この 2011 年 BAU ケースのシミュレーション結果は評価に用いられた。

7.2.2 SO₂ 濃度の評価

モニタリング結果 (第 1 章) およびシミュレーション結果 (第 6 章) により、大気中の SO₂ 濃度を評価した。

7.2.2.1 全国 (BMR 以外)

評価結果を表 7.2.2.1 に示す。モニタリングデータによれば、全モニタリング局でタイの環境基準および WHO のガイドラインが満足されている。ATMOS2 によれば BMR に比較して BMR 以外では 2011 年の濃度が低い。従って、BMR 以外の地域は現在、BMR に先行して対策を講ずる対象地域とは考えられない。

表 7.2.2.1 SO₂ 濃度の評価、BMR 以外

	タイ環境基準			WHO ガイドライン	
	1 時間値	24 時間 平均値	年平均値	24 時間 平均値	年平均値
値 : ppb	300	120	40	44	18
モニタリング結果による モニタリング局での評価、 2000 年	達成	達成	達成	達成	達成
ATMOS2 による全格子の 評価、2011 BAU ケース	ATMOS2 は環境基準の達成状況についての評価には適していない。 (しかしながら、シミュレーション結果によれば、SO ₂ の年平均値は全国のうち BMR で高いことが示唆される。)				
Airviro による評価	Airviro は全国に対するシミュレーションモデルではない。				

7.2.2.2 BMR

BMR に関して、評価結果を表 7.2.2.2 に示す。タイ環境基準は 2000 年ではモニタリングおよびシミュレーション結果では達成されているが、2011 年 BAU ケースのシミュレーションでは達成されていない。WHO ガイドラインが 2000 年にはモニタリングおよびシミュレーションで、また 2011 年 BAU ケースのシミュレーションで達成されていない。従って、SO₂ に関する対策を検討していく必要がある。

表 7.2.2.2 SO₂ 濃度の評価, BMR

	タイ環境基準			WHO ガイドライン	
	1 時間値	24 時間 平均値	年平均値	24 時間 平均値	年平均値
値 : ppb	300	120	40	44	18
モニタリング結果によるモニタリング局での評価、2000 年	達成	達成	達成	24 局中 6 局で 未達成	達成
ATMOS2 による全格子の評価、2011 BAU ケース	ATMOS2 は環境基準の達成状況についての評価には適していない。しかしながら、シミュレーション結果によれば、SO ₂ の年平均値は全国のうち BMR で高いことが示唆される。				
Airviro による 2000 年、全格子の評価	全格子で年平均値を達成			107 格子(0.4%)で年平均値を未達成	
Airviro による 2011 BAU Case、全格子の評価	3 格子のみ年平均値を未達成			230 格子(0.9%)で年平均値を未達成	

全格子 : 26,320

7.2.3 BMR での NO₂ 濃度の評価

モニタリング結果によれば、2000 年においてタイ環境基準は達成されているものの、WHO ガイドラインは達成されていない。シミュレーションによれば、タイ環境基準、WHO ガイドライン共に、2000 年および 2011 年 BAU ケースで達成されていない。結果を表 7.2.3.1 に示す。NO₂ に対する対策が必要である。

表 7.2.3.1 NO₂ 濃度の評価, BMR

	タイ環境基準	WHO ガイドライン	
	1 時間値	1 時間値	年平均値
値 : ppb	170	98	20
モニタリング結果によるモニタリング局での評価、2000 年	達成	未達成	未達成
ATMOS2 による全格子の評価、2011 BAU ケース	ATMOS2 は NO ₂ シミュレーションモデルではない。		
Airviro による 2000 年、全格子の評価	91 格子(0.3%)で 40 ppb*を超過	2,452 格子(9.3%)で年平均値未達成	
Airviro による 2011 BAU Case、全格子の評価	60 格子(0.2%)で 40 ppb*を超過	2,127 格子(8.1%)で年平均値未達成	

全格子 : 26,320

* 40ppb : NO₂ に関して、タイの環境基準は 1 時間値で 170ppb である。一方、モニタリング結果により時間値最大値と年平均値の相関関係が得られるため、この相関関係式の時間値最大値に環境基準の時間値 170ppb をあてはめ、年平均値を読み取った値が 40ppb である。

7.3 優先順位付け

タイ全土についての酸性雨および大気汚染状況の評価により、改善対象となる地域は BMR である。BMR に対する SO_2 と NO_2 削減対策が必要であると結論される。

酸性雨と大気汚染に対する対策を検討するに当たって、課題は BMR の SO_2 および NO_2 濃度の改善である。それらはバンコクおよび周辺地域の課題である。人の活動は汚染物質、即ち硫黄酸化物および窒素酸化物の排出を伴っている。この結果、大気汚染が生じている。以下の章では、硫黄酸化物および窒素酸化物の削減対策を取り扱う。

但し、酸性雨に関して、都市域の田園や遠隔地域に対する差が見出されている。酸性雨による影響に付いては、現在、定量的な判断尺度について様々な議論がなされている状況である。このため、人為的な影響の程度がどの程度の対策を必要とするものであるかについて結論できるに至っていないことに留意しなければならない。

ここで参考までに、現在議論がなされている臨界負荷量という概念 (Supporting Report 第 9 章) を仮に採用し、その値として暫定的に RAINS-Asia Project による BC/AL 比を用いた危険率 25% の値を用いた場合を検討してみよう。その場合、Supporting Report 第 5 章に ATMOS2 モデルによるシミュレーション結果で記したように、BMR の殆どの格子のみならず、Central Region 及び Eastern Region でも自然の回復力を超えた人為的な影響が懸念されることとなる。ATMOS2 モデルでは 2011 年 BAU ケースで、臨界負荷量値に対して BMR で 5 倍程度、東部地域で 3 倍程度の沈着量が得られる。従って、もし臨界負荷量という概念を用いて対策を検討するならば、それは BMR での SO_2 及び NO_2 対策として検討する規模をはるかに超えたものとなる可能性がある。従って、この点に対する留意が今後必要である。

8. BMR における SO₂ 対策

8.1 方法論

2000 年に BMR では全てのモニタリング局において SO₂ のタイ環境基準は達成されていた。WHO ガイドラインに関しては、1 時間値で 24 局中 6 局で達成されておらず、年平均値では全局で達成されていた。Airviro モデルによるシミュレーションでは 2000 年には 107 格子が WHO ガイドラインを達成していない。2011 年 BAU ケースでは 3 格子でタイの環境基準を達成しておらず、230 格子で WHO ガイドラインが達成されない。従って、対策を検討することが必要である。この章では SO₂ 対策を図 8.1.1.1 に従って検討する。

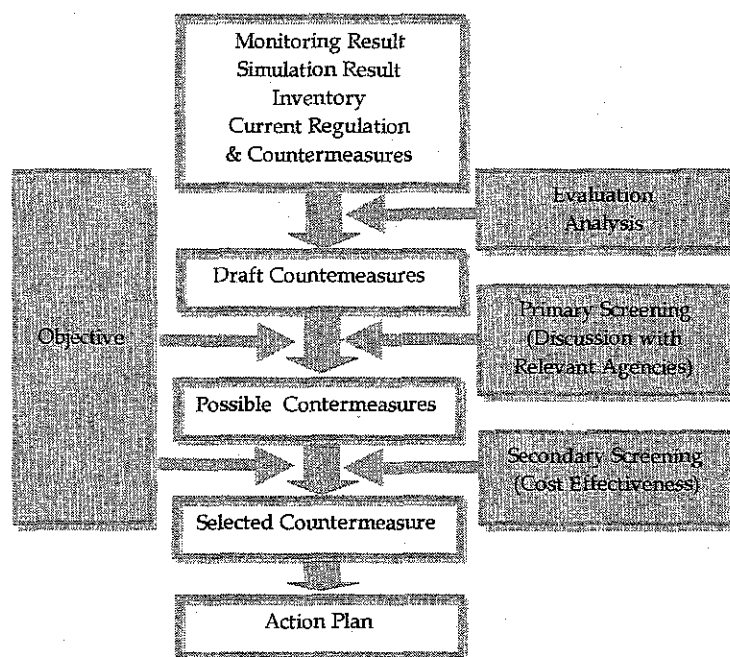


図 8.1.1.1 対策検討方法

8.2 BMR での SO_x 排出量

2000 年には製造業全体で SO_x 排出量の 67% を占めており、2011 年 BAU ケースでは 92% となる。これは 2011 年 BAU ケースではバンコクの発電所での燃料が重油から天然ガス化され SO_x 排出量が減少するため、製造業でのシェアが著増するからである。重油からの SO_x は全 SO_x 中の 90% (2000 年) であり、2011BAU ケースでは 88% である。

従って、BMR での SO₂ 問題を解決していくには、製造業からの SO_x 排出、その中でも重油からの SO_x 排出に関する対策がポイントとなる。

なお、全国では石炭と Lignite からの SO_x がかなりの比重を占める。2000 年にはそれぞれ 6.7% と 18.7% であり、2011BAU ケースでは、シェアはそれぞれ 26.6% と 17.8% となる。2011 年での石炭の増加は顕著である。一方、BMR では石炭と Lignite のシェアは大きくは無く、重油からの排出が主である。

8.3 現状の対策

SO₂ に関して排出規制及び石油製品の硫黄分の規格による規制がある。EIA が受理されるためには SO_x 排出に対する対策が求められるケースがある。これらの規制や対策により、排煙脱

硫、硫黄分排出の少ない生産設備、重油の硫黄分低減、天然ガスへの転換、低硫黄炭の導入等の対策が取られている。現状の SO₂ 排出基準を表 8.3.1.1 にまとめる。

表 8.3.1.1 SO₂ 排出基準

Sources			Standard Value		Remark
H ₂ SO ₄ production*			1,300mg/Nm3 or 500ppm O ₂ : 3.5%		
Heavy Oil as Fuel*			1,250ppm O ₂ : 3.5%		For Bangkok, Samutprakan, Nonthaburi, Pathumthani, Nakhonpathom, Samutsakhon, Chonburi, Rayong, Pechaburi, Songkhla, Prachuap Khiri Khun, Krabi, Phuket
New Power Plant*, **	>500MW	Coal	320ppm	O ₂ : 7%	Existing units of Bang Pakong, South Bangkok, North Bangkok, Surat Thani, Lan krabu, Nong Chok, Sai Noi, Wang Noi, Num Phong and Mae Moh power stations are enforced respective emission standard**.
		Oil	320ppm		
		Gas	20ppm		
	300 - 500MW	Coal	450ppm		
		Oil	450ppm		
		Gas	20ppm		
	<300MW	Coal	640ppm		
		Oil	640ppm		
		Gas	20ppm		
Steel Industry**		New & Existing	800ppm	O ₂ : 7%	
Municipal Waste Incinerator**		1-50 ton/day	30ppm	O ₂ : 7%	
		>50 ton/day	30ppm		

* Ministry of Industry

**Ministry of Science, Technology and Environment

8.4 対策案

タイの SO₂ 環境基準や WHO ガイドラインを満足するために、固定発生源の SO_x 排出量を減少させることがまずとるべき対策となる。SO_x 排出量の削減のための対策案として、重油中の硫黄分削減、排煙脱硫装置の設置、高硫黄燃料（重油、石炭、Lignite）からの天然ガスへの転換、およびより硫黄分の低い石炭・Lignite の活用が考えられる。

8.4.1 重油中の硫黄分削減

重油は BMR の重要なエネルギー源である。そして BMR の主要な SO_x 源である。重油の硫黄分削減は対策案の重要な一つである。

重油の硫黄分削減のためには、国家環境改善保全法（NEQA、B.E. 2535）に基づいて、BMR での、SO₂ 排出規制強化および対応した重油中の硫黄分規格改訂が必要である。このような規制に対応した製品を BMR の消費者に供給するためには、製油所での設備及び操業状況によっては、設備の手直しが必要となる。

8.4.2 排煙脱硫

排煙脱硫はSO_xを直接除去する方法である。排煙中のSO_xは除去設備で取り去られ、除去された硫黄は副生物もしくは廃棄物として処理される。タイでは一部の発電所および工場に本設備 (FGD) が設置されている。

FGD の設置には、国家環境改善保全法 (NEQA、1992) に基づいて、BMR での、SO₂ 排出規制強化が必要である。現状では重油が燃料として用いられた場合の排出規制は 1,250ppm (O₂: 3.5%) である。一方で 2000 年の重油の実勢硫黄分は 1.7% であり、この実勢硫黄分の場合、排ガス中の SO_x 濃度は 1,000ppm (O₂: 3.5%) 程度となる。従って、重油を用いる殆どの工場で対策設備は不要となっている。

SO₂ 規制の強化によっては、いくつかの工場はより低硫黄の燃料に転換するのが得策と判断するであろう。さらに、いくつかのケースでは工場は FGD の設置コストを検討した後、他の Province に移転したり、生産を中止したりすることが考えられる。

8.4.3 天然ガスへの転換

天然ガスは、タイの重要なエネルギーであり、その供給の殆どは国内ガス田によっている。

硫黄分の高い燃料、即ち重油、石炭や Lignite からの天然ガスへの転換により SO_x 排出量の削減を行う。天然ガス中の硫黄分は H₂S 換算で 9.5ppm であるが、他の燃料の硫黄分と比較すれば無視できる量である。現状の硫黄分は重油、石炭、Lignite でそれぞれ 1.7%、0.5%、2.0% である。タイ政府は工業界での天然ガスへの転換を促進している。

現在、天然ガスはタイでは価格競争力を有している。しかしながら、その供給地域は限られている。天然ガスパイプラインが敷設された地域にしか供給出来ない。従って、BMR 全域に渡って天然ガスを導入させる政策は適切ではない。天然ガスの導入は経済的なインセンティブに任せるべきである。現在、BMR には天然ガスの供給余力がある。更に、BMR には天然ガスパイプライン敷設の新たな計画もあり、将来の供給余力は増大する。

8.4.4 低硫黄石炭および lignite の活用

工業向けの石炭と Lignite の硫黄分は 0.5% と 2.0% と考えられている。石炭と Lignite からの SO_x 排出は通常大きい。現在、火力発電所に関して、石炭と Lignite を燃料とする場合の規制がある。しかし、それ以外の設備に対する規制はない。

このような状況で、より硫黄分の低い石炭と Lignite を活用するためには、国家環境改善保全法 (NEQA、B.E. 2535) に基づいて、BMR でのより厳しい規制を導入する必要がある。

8.4.5 クリーナープロダクションおよび省エネルギー

クリーナープロダクション (CP) と省エネルギーは一挙両得の手法である。それは環境面だけで無く収益をも向上させるケースが多い。CP の定量的な効果はまだ見積もられてはいない。省エネルギーは効果的であり、CP の主要な要素であることも多い。もし、省エネルギー政策