

6.2 燃料転換

6.2.1 低硫黄炭

S分1%の石炭から1ton 当たり理論的に20kgのSO₂を発生する。したがって、S分の低い低硫黄炭を用いるのは、SO_xの発生量を削減するのに効果があり、その削減率はS分の減少分に比例する。上海市では、S分平均1.2%程度の石炭を優先的に供給されており、今後もこの低硫黄炭を引続き確保することが重要である。

石炭の低硫黄化は選炭技術により20~40% S分を低下できるという報告もあり、同時に灰分も低下できるため、SO_x、煤塵の発生量を削減するのに効果がある。しかし、選炭操作は、本来石炭の生産地で実施すべきものであり、今後の選炭技術の改善に期待したい。上海市の石炭は、上記のとおりS分平均1.2%程度であるが、実測の結果では0.51~2.73%の幅であり、2.0%以上の石炭もごく一部含まれている点に注意する必要がある。したがって、石炭の供給に際してS分の分析を強化し、S分の高い石炭はSO₂汚染の烈しい地域には、供給しないよう配慮することが望ましい。

6.2.2 良質燃料

石炭以外の重油、COKE、GAS、電力はSO_x、煤塵の発生量が大幅に削減されるため、もし可能ならこれらの燃料へ転換することが望ましい。燃料の転換に伴い燃焼施設の改造、新設が必要となるが、GAS、電力は100%に近い削減率になる。重油はS分が含まれているため、SO_xの削減量はS分%により異なるが、上海の例では平均0.25% (0.24~0.27%)であり、石炭にくらべてSO_xの削減率は90%程度となる。また、煤塵も大幅に削減される。COKEはS分が石炭の約半分、SO_x及び、煤塵も削減される。

したがって、できれば石炭より他の良質燃料へ転換できれば極めて有利である。表6-2-1に各種燃料とENERGYの価格を示す。

表 6-2-1 各種燃料の価格 (1986)

| 種 類 | 発 熱 量 | 標 準 価 格 | 備 考 |
|-------|---------------------------|--|-----------------------------|
| 石 炭 | 4.998kcal/kg | 84 元/t | 平均価格 |
| 重 油 | 10.003kcal/kg | 198 元/t 497 元/t | 配給価格 非配給価格 |
| COKE | 6.769kcal/kg | 143 元/t | 非配給価格 |
| 都市GAS | 3.850kcal/ m ³ | 0.1 元/ m ³ 0.25元/ m ³ | 民 用 工業用 |
| 蒸 気 | 720kcal/kg | 15.8元/t | 21.9元/ 10 ⁶ kcal |
| LPG | 11.998kcal/kg | 0.83元/kg | 工業用 |
| 電 力 | 860kcal/kWh | 0.2 元/kWh 0.1 元/kWh | 民 用 工業用 |

6.3 燃料の改質

6.3.1 石炭のGAS化

石炭のGAS化は、一般に都市GAS化が広く利用されている。GAS化工場では石炭を乾留してGASを生産し、残りの石炭はCOKEとして利用する。石炭は1ton当たりのGAS生成量は300~360 m^3 （高温乾留約1000 $^{\circ}\text{C}$ ）、COKE65~73%といわれている。GASの発熱量は4,000~5,000kcal/ m^3 である。

都市GASは、良質の燃料でSO_x、煤塵等の発生量もごく微量であり、SO_x、煤塵の削減率は石炭に対して95%以上である。しかし、GAS化工場では石炭の乾留に使用する燃料の燃焼によりSO_x、煤塵等が排出されるため、その防止対策は別途必要である。なお、都市GASは生産工程において脱硫されており、S分は極めて少なく、一般に0.05~0.07%である。上海市では現在旧3工場と浦東煤気厂で生産されている。

液化石油GAS(L.P.G)は、S分はほとんどなく、発熱量は約20,000~30,000kcal/ m^3 と非常に高く、輸送、貯蔵が簡単な長所があり、上海市でも一部利用されている。

都市GASの生産量は、現在既設3工場で111,936万 m^3 /年であり、新設中の浦東煤気厂は一部GASを供給しており、来年には完成の予定である。この他、2000年までに石洞口煤気厂を新設する予定があり、旧3工場も増産する計画で、2000年には、GASの生産量は約1000万 m^3 /日となる見込みである。この計画によれば、家庭用GASの普及率は液化石油GASを含めて市区内はほぼ100%に近くなるとされている。

都市GASの価格は、現在工業用で0.25元/ m^3 （3,850kcal/ m^3 ）である。GAS化工場の建設費は、220~260元/ m^3 /日といわれている（配管費は含まず）。液化GASの価格は、0.83元/kgである。

石炭のGAS化は、都市GAS化以外に直接GAS化及びGAS化による発電等の新技術も開発されており、将来の技術として注目される。なお、石炭以外に重油の都市GAS化もある。

6.3.2 石炭のPELLET化

石炭に石灰を混合してPELLET化したものは、脱硫率が50~75%あるといわれており、簡単な加工でSO_xの削減効果が期待できるものとして注目されている。米国における研究では、石炭と石灰石及び適当なBINDER（重量にして4%以下のCEMENTやMETHYLCELLULOSE等）を用いてPELLET化した（13mm ϕ ×25~75mm）燃料の検討もされているが、Ca/SのMOLE比3.5で脱硫率50%程度、Ca/S MOLE比7で75%程度といわれている。

このPELLETは、燃焼温度が高くなるほど脱硫率は低下するため、900 $^{\circ}\text{C}$ 以下で使用の方が脱硫効果がよい。したがって、高温を必要とする場合には適せず、小型のBOILER、炉等で使用可能である。

煤塵の発生量は通常の石炭燃焼とはほぼ同程度であると報告されている。なお、PELLET化による価格上昇は 14 US\$ / ton と見込まれている。

この他、亜炭に石灰石を混入して成型した BRIQUETTEの日本における試験では、脱硫率80%前後の効果が報告されている。中国でも現在、中国科学院生態環境研究中心で試験中であり、米国の例とはほぼ同様の脱硫効果を得ている。いずれにせよ、PELLET化した燃料は、燃焼温度により脱硫率が変化するため、900℃以下の条件で使用する方がよく、使用上の制限があることに注意すべきである。

PELLETの製造には、石炭及び石灰石の粉碎設備、成型設備を必要とする。既に煉炭の製造設備を有する場合は、その利用が可能であり、比較的安価で生産できる利点がある。したがって、SO_xの高い削減率が要求されない場合には有利である。7.5 計画においても、PELLET化の計画があり、その成果が期待される。

PELLET製造設備の経費は、設計段階でなければ明確にならないが、現在の煉炭製造設備から推定して、年産10万tの規模では 250万元程度となろう。また、PELLET化した燃料の価格は、現在の石炭の価格 84 元 / ton より高くなり、115 元 / ton 程度と推定される。

6.4 燃料節減

6.4.1 省ENERGY (熱管理等)

省ENERGYにより燃料を節減することは、節減した分だけSO_x、煤塵の発生量を削減する効果がある。また、経済的にも有利である。省ENERGYには表6-4-1に示すような各種の方法があり、また、使用する機器の性能も異なるため、燃料、電力等の節減効果も異っている。

表 6-4-1 省ENERGYの各種方法

| 省ENERGYの方法 (熱管理等) | 燃料削減率 (%) | 適用施設 |
|----------------------|-----------|-------------|
| 節炭器 | ～6 | BOILER |
| 空気予熱器 | ～8 | BOILER |
| DRAIN回収器 | ～30 | BOILER |
| 低酸素燃焼 (空気比改善) | ～40 | BOILER、工業用炉 |
| 送風機制御 | (電気節約) | BOILER |
| 排熱回収 | ～30 | 工業用炉 |
| 放熱低減 | ～30 | 工業用炉、BOILER |
| 燃焼装置改善 | ～10 | 工業用炉、BOILER |

- (注) 1) 燃料削減率は参考値を示す
2) 各種方法を組み合わせる方法も多い

省ENERGYは、その実施に際して各種の機器、計器類を必要とするため、経費を伴うが、概ね2年間位で原価償却ができるよう計画することが多い。節炭器、空気予熱器はBOILERには必要機器として設置されているものが多い。DRAIN回収器は、簡単なものから、回収装置(PUMP付)のものまである。DRAIN回収は、回収した熱水をBOILER用水として再利用できる場合と、汚染されてできない場合がある。また、DRAINの熱を利用する方法もある。低酸素燃焼は、NO_xの削減にも効果があり、特に空気比の管理は重要で、省ENERGYの効果大きい。表6-4-2に工業用炉の例を示す。

排熱回収は各種の方法があるが、主に工業用炉に用いられている。放熱低減には各種の断熱材を用いる。燃焼装置の改善は燃焼効率の向上に効果がある。

上海市の発電用以外のBOILERは、節炭器、空気予熱器はほとんど設置されているが、DRAINの回収は極めて少ない。また低酸素燃焼は、微粉炭燃焼以外はほとんど実施されてない。STOKER燃焼方式では空気比を1.8程度にする必要があるが、実際にはそれ以上の場合が多く認められる。

工業用炉は放熱低減が主で、排熱回収は余り行われていない。GLASS 溶解炉に排熱 BOILER を設けた例がみられる。断熱材も耐火煉瓦が主として使用されており、新しい SILICON系の WOOL などはほとんど使用されていない。

上記のとおり、省ENERGY、熱管理等はかなり遅れた状況にあるため、今後改善の余地があり、現在までの年平均約3%の燃料節約の実績を今後も維持するよう積極的に進めることが望まれる。

省Energyの経費については、石炭1tを節約するための経費として、500元という実績が示されているが(1985)、今後若干高くなるとの予想である。この価格から推定すると、現在の石炭価格では償却に約6.5年を必要とすることになる。

表 6-4-2 空気比修正による燃料節約

(単位：節約率%)

| 排GAS 温度 (℃) | 修正前 空気比 | 修正後 空気比 | | | |
|----------------|------------|---------|-------|------|------|
| | | 1.30 | 1.20 | 1.10 | 1.00 |
| 700 | 1.40 | 3.76 | 7.27 | 10.5 | 13.5 |
| | 1.30 | | 3.65 | 7.01 | 10.1 |
| | 1.20 | | | 3.48 | 6.7 |
| | 1.10 | | | | 3.3 |
| 900 | 1.40 | 5.94 | 11.27 | 16.0 | 20.2 |
| | 1.30 | | 5.66 | 10.7 | 15.2 |
| | 1.20 | | | 5.29 | 10.1 |
| | 1.10 | | | | 5.0 |
| 1,000 | 1.40 | 9.43 | 17.3 | 23.8 | 29.4 |
| | 1.30 | | 8.67 | 15.9 | 22.1 |
| | 1.20 | | | 7.91 | 14.7 |
| | 1.10 | | | | 7.36 |
| 1,300 | 1.40 | 15.7 | 27.2 | 35.9 | 42.7 |
| | 1.30 | | 13.7 | 23.9 | 32.1 |
| | 1.02 | | | 11.9 | 21.3 |
| | 1.10 | | | | 10.7 |

注) 燃料は重油1種1号をもちいた場合

なお、省ENERGYの方法として上記以外に生産工程の変更、改善による燃料節約もあるが、個々の業種により異なるため、ここでは省略する。

6.4.2 集中供熱

集中供熱は、次に示す3つの方法に分けられる。

- ① 熱電廠より各工場へ蒸気又は高温高圧水を供給する方法（熱電併供）
- ② 大型の工業用 BOILER より各工場へ蒸気を供給する方法（集中供熱）
- ③ 既設の BOILER から2～3の工場へ蒸気を供給する方法（連片供熱）

現在、上海では①の集中供熱が実施されており、1985年の統計によれば、5つの熱電又は発電廠より合計 8.076×10^9 kcal/年の蒸気を各工場へ供給している。一方、②の集中供熱は、実施されていないが、工業団地に対する計画がある。

集中供熱は、各工場が BOILER を設置するより発電用の大型 BOILER から各工場へ蒸気を供給する方が、煙突の数を集約して1～2本にすることができ、また、燃料の使用量も20%程度は節約できる利点がある。したがって、各工場の汚染物質の排出量は100%削減できる。しかし、供給源の BOILER では、逆に供給する蒸気に必要な燃料の分だけ燃料使用量が増加し、SO_x、煤塵等も増加する。ただし、煙突の集約による高煙突化ができるので、その拡散効果によりSO_x、煤塵等の濃度低下が期待され、総合的にみればSO_x、煤塵の削減効果がある。

①の熱電併供の供熱範囲は蒸気供給の場合、現状では最大4kmが限度とされている。しかし、高温高圧水を供給する方式では、約30kmまで可能とされている。

集中供熱の経費は、供熱源 BOILER が1.8～12.5万kWの熱電廠の場合、発電所の建設費(C)は、次式で与えられる。

$$C = 179.326 \times Q^{-0.42}$$

ここに、C：建設費（元/kW）、Q：発電容量（kW）

この他、発電所土地取得費、移転費等9～41%を建設費に加える必要がある。一方、配管経費は、配管・VALVE 費、土建費等を加えて、供熱面積1km² 当り平均約200万元が必要とされる。なお、供熱をうける工場の蒸気の価格は、21.9元/10⁶ kcal（蒸気発熱量720kcal/kg）である。

②の集中供熱については、実施例がないため評価できないが、熱電廠からの供熱ができない地域で、群小の BOILER（4 t/時以下）が集中する区域、又は、新たに開発する工業団地等においては、有効なSO_x、煤塵等の削減方法となる。

この場合、新たに10～20t/時程度の工業用大型BOILERを供熱源とする必要がある。また、供熱範囲も①の集中供熱より更に狭い区域に限定され、1km程度が限度となろう。既設の群小 BOILER がある地域では、供熱源 BOILER の設置に問題があるが、新設の工業団地では問題がなく、有利であり、また、配管も同様である。したがって、前者は既設群小 BOILER による汚染の烈しい地域に限り適用する方がよく、その例として静安区のCASE STUDY地区が挙げられる。

集中供熱は結論として、燃料の節約、集中化に伴う煙源の集約及び拡散効果がSO_x、煤塵等の削減に有効であり、既に実績もあるため今後推進すべき削減方法と評価される。なお、現在の集中供熱は、発電用 BOILER に高性能の集塵装置を設置しており、そのため煤塵の削減率は大きく90%以上である。

6.5 燃焼方式

現在、上海市における石炭の燃焼方式には、機械的には微粉炭燃焼、STOKER燃焼、往復動燃焼があり、手動的には下向き燃焼（明火反焼）がある。

国の標準によれば、工業用BOILERは空気比を 1.8とするよう規定されているが、空気比の管理された燃焼は、ごく一部の施設に限られている。一般に低空気比燃焼は、SO_x、NO_x及び煤塵の発生量を削減するのに効果がある。最も多いBOILERのSTOKER燃焼には、低空気比燃焼ができるよう酸素計等の設置が望まれる。

ここでは、上記以外の新しい燃焼方式によるSO_x、煤塵の削減方法について述べる。

6.5.1 流動燃焼

流動燃焼技術を石炭燃焼に利用する技術は比較的新しく英国で1950年代から研究開発され、その後各国に広がったもので、当初は燃料の使用範囲を広め、低発熱量の燃料も使用できることを目的としていた。中国でも灰分が70%の低品位炭を用いる5～10t/時程度の流動床BOILERが約2000基使用されているという報告もある。日本では1978年以来研究開発が始まり、1981年に選炭SLUDGEの脱水CAKEを用いる10t/時のBOILERが稼動し、その後石炭以外の燃焼にも広く利用されている。中国では重点技術として現在、北京煤化学研究所、浙江大学等において鋭意研究中である。

流動燃焼は、炉内で脱硫ができNO_xも削減できる利点がある。脱硫は流動媒体の一部となる石灰石やDOLOMITEを炉内に投入することにより行われる。この場合、脱硫率を90%以上とするには、Ca/SのMOLE比を3～5とする必要がある。また温度は800～900℃が望ましい。なお、石灰石は微細なほど吸収効率がよい。比較的低温燃焼のためNO_xの発生も少ない。

この他、次の利点がある。

- 1) 比較的低温均一燃焼のためCLINKERの生成がなく、排出される灰がSOFTなため伝熱管などの摩耗が少ない。
- 2) 火炉の負荷が高く、熱伝達がよく、BOILERを小型化できる。
- 3) 通常の粉炭（20mm以下）が使用できる。

問題点としては次の点が挙げられている。

- 1) 起動時及び負荷変動に対する応答性の不良
- 2) 燃焼効率の低下（微粉炭燃焼より5～10%低下）
- 3) 石灰使用量と灰処理量の増大
- 4) 流動化動力の必要
- 5) 流動床からの灰除去
- 6) 通風動力の増加

これらの問題点に対しては、既に解決策が種々検討実施されている。表6-5-1は日本における流動燃焼の実施例を参考として示した。

表6-5-1 日本における石炭使用流動床（層）BOILERの設置状況（1986. 3 現在）

| 会 社 | 工 場 | 所在地 | BOILER (t/h) | 使用燃料 | 完成稼働 時 期 | BOILER・ MAKER | 備 考 | 集 塵 装 置 |
|-------------|------|-----|-----------------|----------------|-------------|------------------|-------------------|------------|
| 住友石炭鉱業 | 赤 平 | 北海道 | 10 | 選炭 SLUDGE | 1980. 4 | バブ日立 | | FF |
| 電 源 開 発 | 若 松 | 福 岡 | 20 | 石炭 | 1981. 4 | バブ日立・ 川崎重工業 | Pilotplant | EP |
| 三井東圧化学工業 | 北海道 | 北海道 | 31.5 | 石炭 | 1982. 1 | I H I | | FF |
| 三井アルミニウム工業 | 若 松 | 福 岡 | 120 | 石炭 | 1983. 9 | 川崎重工業 | | EP |
| ネ ッ ス ル 日 本 | 島 田 | 静 岡 | 42.3 | 石炭/工場 産業廃棄物 | 1983. | I H I | | EP |
| 太 平 洋 炭 鉱 | 釧 路 | 北海道 | 10 | SLUDGE 炭 | 1983. | 同和エンジ | | |
| 崎 戸 製 塩 | 崎 戸 | 長 崎 | 58.8 | 石炭 | 1984. 2 | 三菱重工業 | | FF |
| 釧路熱供給公社 | 釧 路 | 北海道 | 11 | 選炭 SLUDGE | 1984. 6 | バブ日立 | | FF |
| 三井石炭鉱業 | 芦 別 | 北海道 | 3× 2基 | SLUDGE 炭 | 1984. 9 | 川崎重工業 | | FF |
| 鳴 門 製 塩 | 鳴 門 | 徳 島 | 65 | 無煙炭 | 1985. 3 | 川崎重工業 | | EP |
| 王 子 製 紙 | 苫小牧 | 北海道 | 50 | 選炭 SLUDGE | 1985. | 日立製作所 | | EP |
| 宇 部 サ イ コ ン | 宇 部 | 山 口 | 25 | 石炭 | 1985. 9 | 宇部ウオムサ /宇部興産 | Wormser 提携 1号機 | FF |
| 住友金属工業 | 小 倉 | 福 岡 | 60 | 石炭 | 1985. | 三菱重工業 | | FF |
| 住友共同電力 | 東発電所 | 愛 媛 | 100 | 石炭 | 1986. 6 | 三菱重工業 | | FF |
| 同 和 工 業 | 花 岡 | 秋 田 | 5 | | | 同和エンジ | Smoke tube | |
| 電 源 開 発 | 若 松 | 福 岡 | 156 | 石炭 | 1987. 9 | バブ日立・ 川崎重工業 | Deao. plant | FF |
| ク ラ レ | 玉 島 | 岡 山 | 70 | 無煙炭、石炭 | 1986. 9 | 三井造船 | * 循環型 三井パテル1号機 | FF |
| 出 光 興 産 | 千 葉 | 千 葉 | 300 | 石炭 | 1987. 3 | 三井造船 | | FF |

(注) EP: 電気集塵装置、 FF: Fabric Filter(Bag Filter)

流動燃焼は BOILER の他、下水処理汚泥の焼却にも多く用いられている。SO_x の削減には石灰石を媒体とする方法が最も多く、脱硫率は50~90%で使用されているものが多い。なお、煤塵の削減効果はないため、集塵装置を設けており、煤塵の削減率は90%以上である。

流動燃焼 BOILER の建設費は、蒸気発生量1 ton 当り2,000 万円程度とされている。なお、石炭、石灰石装入装置、集塵装置を含めた建設費として、10~20t/時BOILERで約8.8 億円、60t/時BOILERで約31億円という例もある。これらの価格はかなり異なるが、付属設備の差によるものと考えられる。正確な経費は設計してみなければ分らないのが実情である。

6.5.2 石灰石炉内吹き込み（角管式BOILER）

燃焼過程における脱硫法として、石灰石粉末を炉内に吹込む方法がある。これは米国で試験中であり、欧州では実用化されている。日本でも20年程前に試験されたが脱硫率が50%以下と低いため中止された。しかし、安価な方法であり、40～50%程度の脱硫率が求められる場合は利用価値がある。中国も最近になって欧州から輸入しており、角管式BOILER（Cornered Tube Boiler）と呼んでいる。価格は通常のBOILERと差がないと言われている。なお、石灰石の吹き込み量は石炭使用量の約5%程度で、石灰石の価格は20元/tonである。

6.5.3 COM、CWM等

COM（Coal Oil Mixture）は石炭と重油の混合燃焼、CWM（Coal Water Mixture）は石炭と水の混合燃焼である。これらの燃焼では石炭だけの燃焼より混合する重油のS分又は水の分だけSO_xの発生量が削減され、煤塵も減少する。

COMは粒径75 μ m以下が75%の石炭と重油とを、石油系高分子ALCOHOLの添加剤（0.1～0.2%W）として混合したもので、重量割合で重油48%、石炭50%、水分2%からなる（日本の例、S分1.3%）。

CWMは石炭約75%、水約25%の混合物に約0.3%の界面活性剤を添加したものであり、利用開発が進められている。

COMは既に発電用、製鉄用、セメント工業用等に実用化されており、この他鋼鉄の連続加熱炉、非鉄金属の溶解炉等にも利用例がある。

COMの価格について評価した例があり、重油の約80%の価格とされている。

COM燃焼は、SO_x、煤塵の削減率があまり大きくないため、通常は排煙脱硫及び集塵を行っている。したがって、COMの建設費は、COM製造施設、貯蔵TANK、SERVICE TANKの他、排煙脱硫及び集塵装置等が必要となり、非常に高価となる。しかし、COMはPIPE輸送ができるため取扱いが便利となる利点がある。中国でも現在、浙江大学でCOMの試験を行っている。

6.6 排煙処理

6.6.1 排煙脱硫

排煙脱硫は脱硫率が一般に90%以上と高く、表6-6-1に示すようにSO_xの処理対策として各国で最も広く利用されているが、日本が世界一多数の排煙脱硫装置を設置している。日本以外では米国、西独が多いが、これらの国やHOLLAND等に続いて中国でも実用化が始まり、英国やBRAZILでも実施が決まっている。特に最近酸性雨の問題が各国で注目され、今後更に増加する傾向にある。

(1) 石灰石法

排煙脱硫には各種の原理を応用した方法があるが、現在世界的に湿式の石灰石を吸収剤とする石灰石法が主流を占めている。その理由は吸収剤として石灰石が最も豊富で安価なためであり、将来とも石灰石法が中心となるものと考えられる。図6-6-1に湿式石灰石法の代表的型式を示す。

米国では図6-6-1の(a)のように簡単な吸収廃棄法が主流であるが、この方法は広い廃棄物の捨て場を必要とするため、米国以外ではほとんど使用されていない。あるいは中国では可能な方法とも考えられる。

日本では従来、図6-6-1の(b)の方法を主に用い、高品位の石こうを副成品として利用している石灰-石こう法が多い。この方法は排GASをまず冷却塔で冷却除塵し、吸収塔から出る亜硫酸石灰は酸化塔で高純度の石こうとする。この方法は脱硫率も除塵率も共に高く、運転は順調であるが比較的高価で、設備費は2万円/kW(発電用BOILER)である。

最近では単純化と経費の低下が望まれ、図6-6-1の(c)につづいて(d)も実用段階に入っている。(d)の設備費は(b)の50~60%程度で、脱硫や石こうの純度もやや低いが、実用性は十分である。今後は(d)の方法が世界的に主流となるものと一般に予想されている。

表 6-6-1 排GAS 処理設備概数 (1987)

| | 日 本 | 米 国 | 西 独 | その他 合 計 | 備 考 |
|------|-------|-----|-----|------------|-------------|
| 排煙脱硫 | 1,600 | 300 | 30 | 30 | |
| 排煙脱硝 | 250 | 10 | 10 | 10 | ANMONIA 触媒法 |

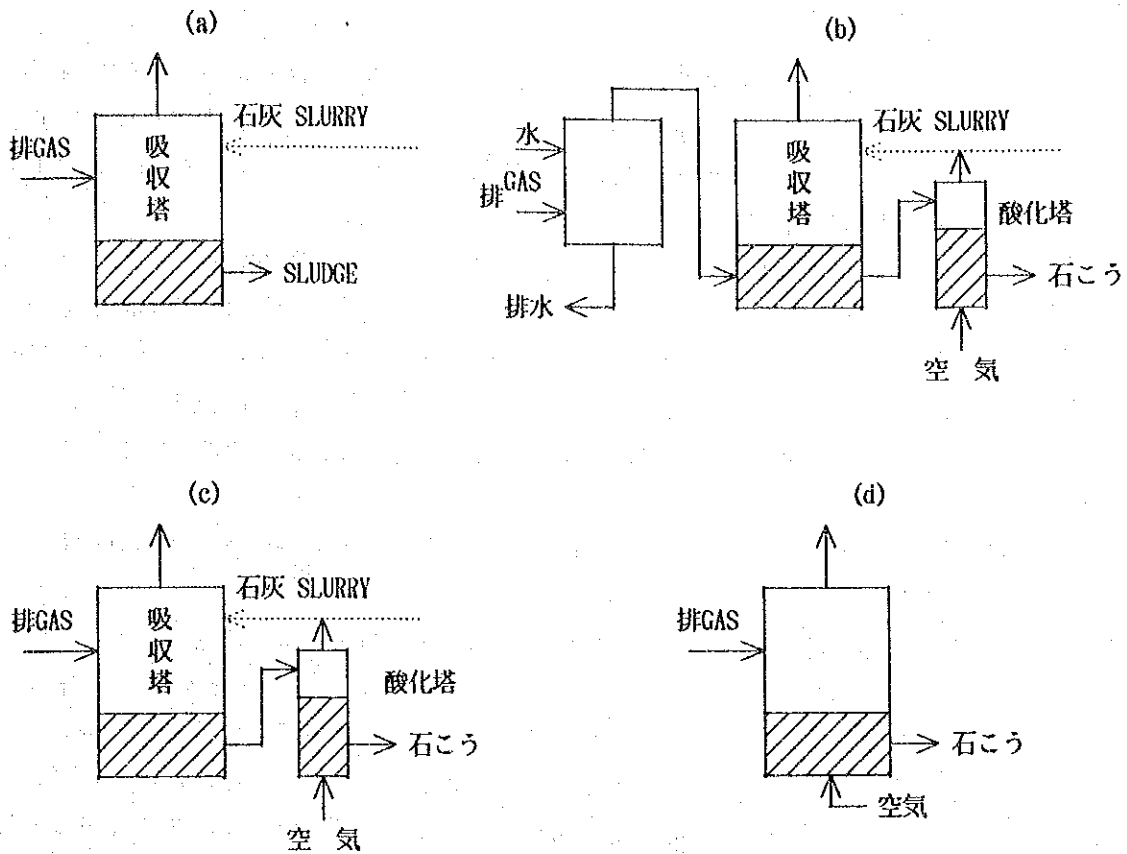


図 6-6-1 湿式石灰石法の代表的型式

湿式石灰石法の問題点は SCALING (石こうの装置内固結) と腐食であるが、保守管理により装置の信頼性は高い (99%以上)。なお、装置の単純化が可能となったのは、SCALING 防止技術の確立による。

次に、最近半乾式法として、SPRAYING DRYER方式が普及し始めた (米国、日本)。この方法は塔内に石灰SLURRYを噴霧し、 SO_2 の70~90%程度を除去し、反応熱と排GASの熱で乾いた粉末状の生成物を作り、集塵装置で煤塵とともに捕集する (BF又はEP)。BFでは捕集した濾布面でも若干脱硫作用がある。捕集した煤塵と石灰との反応生成物は廃棄するが、最も進んだ方式では更に未反応の石灰を分離して再び使用する。この方法は図 6-6-1の (b) より安価で、排GASの再加熱 (大気中に放出時) を必要としない利点があり、排水の処理を要しないが、90%以上の脱硫率を得るのは困難である。なお、湿式法の (d) はこの方法より安価であると推定される。

(2) その他の方法

石灰石法以外に、SODA吸収廃棄、亜硫酸 SODA 回収、MAGNESIUM 吸収廃棄、硫安回収などの方法がある。これらの方法は苛性 SODA、水酸化MAGNESIUM、ANMONIA などの吸収剤を用いる。

亜硫酸 SODA 回収法は、設備が簡単で多数設置されたが、亜硫酸 SODA の生産が過剰となり減少した。硫安回収法も同様である。SODA 吸収廃棄法は、最も簡単で日本でも小型設備として苛性 SODA により SO_2 を吸収し、排水

として流す方式のものが約1,000基ほどある。しかし、苛性SODAは高価なためより安価な水酸化MAGNESIUMのSLURRYを用いて、生成物は空気で酸化し硫酸MAGNESIUMとして排水する方法が増えており、今後の動向を示すものといえよう。

乾式の活性炭による方法は、古くから各国で試みられたが、活性炭が高価なため普及していない。最近石炭を原料とする安価な活性COKEが作られており、これを用いてSO₂を吸着後、加熱して濃厚なSO₂を回収して硫黄、硫酸の製造に用いる方法が開発されている。従来、排煙脱硫により硫酸を回収する方法として、WELLMAN-LORD法や、MAGNESIUM吸収法などがあるが、いずれも高価である。

この他硫黄を作る方法も試みられたが、石油工場以外では成功していない。したがって活性COKE法が最も有望と考えられる。

電子線照射法は日本で開発され、米国、西独で試験されている。この方法は排GAS(100℃程度)にAMMONIAを加え、電子線を照射してSO₂とNO_xを硫酸と硝酸の微細結晶とし、集塵装置で捕集するものである。大型の電子線加速器を必要とし、電力消費量も多いのが難点とされるが、いずれも利用可能な副産品として回収できる唯一の方法であり、将来実用化の可能性があろう。

(3) 排煙脱硫装置の経費

排煙脱硫の経費(設備費、運転費)は、各方法により大幅に異なり、一般に石灰石こう法は他の方法より設備費は高いが運転費が安い傾向がある。その他の方法は逆に設備費は安く運転費が高くなる傾向がある。

図6-6-2は、石灰石こう法の(b)を100として、他の方法と設備費及び運転費を比較したものである。

1) 石灰石こう法では、建設費及び運転費について次式が与えられている(1980年価格)。

$$C = 2.0 Q^{0.8} \sim 1.2 Q^{0.8}$$

$$R = 0.28 \text{円} / \text{Nm}^3$$

ここに、C：建設費(億円)、Q：処理GAS量(Nm³/時)、

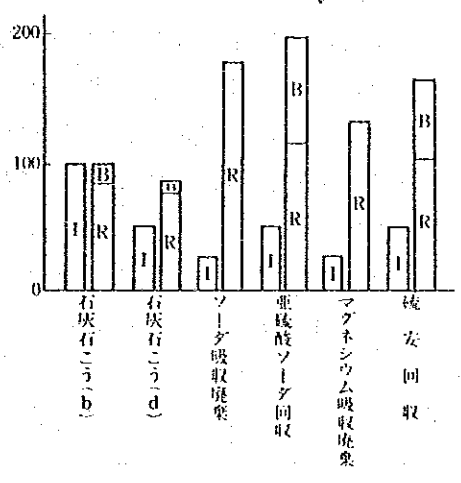
R：運転費(円/Nm³)

ただし、この価格はいずれも脱硫率90%以上の高性能を有するもので、図6-6-1の(b)に該当する設備である。若干過剰設備の傾向があり、現在はより安価にできるものと考えられる。例えば同図の(d)はこれより約50%安価となる。したがって、(d)の設備では、次式で与えられる(1987)。

$$C = 1.0 Q^{0.8} \sim 0.6 Q^{0.8}$$

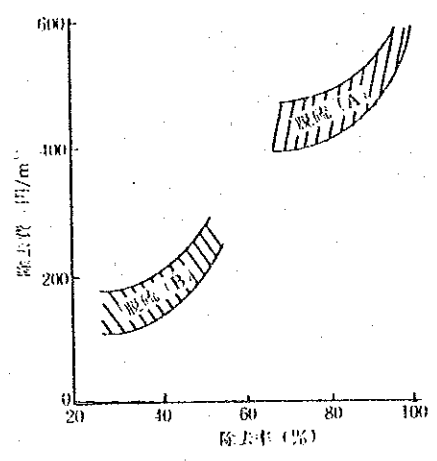
$$R = 0.25 \text{円} / \text{Nm}^3$$

- 2) 半乾式の石灰 SPRAY法では、建設費及び運転費について次の事例が参考となろう (1986)。
 処理GAS 量20万 $N m^3$ /時 建設費：10億円、運転費：0.16円/ $N m^3$
 処理GAS 量40万 $N m^3$ /時 建設費：50億円、運転費：同上
- 3) 水酸化MAGNESIUM 法では、建設費は次の事例が参考となろう (1986)。
 処理GAS 量1万 $N m^3$ /時：7,400万円 (EP：2,800万円を含む)
 2万 $N m^3$ /時：12,000万円 (EP：3,500万円を含む)
- 4) 図 6-6-3は SO_2 1 m^3 当りの除去費 (円/ m^3) について、石灰石石こう法と石灰SPRAY 法及び前述 (6.5.2) の石灰石炉内吹込み法を示したものである。石灰石石こう法に比べて他の方法は約1/2 の価格であり、かなり安価となることがわかる。



I は設備費、B は副産物販売価格、
 R + B は全運転費、R は B を差し引いた運転費

図 6-6-2 排煙脱硫 COST の比較



脱硫 (A) : 湿式石灰石こう法
 脱硫 (B) : 石灰石炉内吹き込み法又は石灰乳煙道内 SPRAY法
 (注) 7年償却と10%金利を含む。石炭 BOILER。入口 SO_2 1,000ppm.

図 6-6-3 SO_2 の 1 m^3 の除去費

- 5) その他
 中国では最近、湿式石灰石法の建設費は発電所建設費の15%以内であると言われている。

6.6.2 排煙集塵

排煙集塵は集塵装置により排GAS中の煤塵を捕集し除去する方法である。集塵装置には各種の原理を用いたものがあり、6種類に分類され、それぞれ集塵率が異なる。集塵装置以外にも煤塵の発生量を削減する方法があり、例えば燃料転換もその一つで、石炭より重油に転換すると煤塵の発生量も大幅に削減される。このような煤塵の削減方法は、排煙を処理して煤塵を除去する「排煙集塵」とは区別している。したがって、ここでは主として集塵装置について述べるが、上記のとおりその他の方法でも煤塵の削減に有効なものがあるので、両者を区別して述べる。

(1) 集塵装置

表 6-6-2に示すように、集塵装置は重力、慣性力、遠心力、洗浄、ろ過、電気の6種類に分類される。このうち、重力、慣性力集塵装置は、集塵率が低く実際にはほとんど使用されていない。

一般集塵装置の性能は、集塵率によって評価されているが、厳密には部分集塵率により評価すべきである。集塵装置で捕集可能な煤塵の粒径（粒子の大きさ）には限度があり、大きい粒径ほど捕集しやすい。したがって、微細な粒子は捕集が困難なものがあり、前述の重力、慣性力集塵装置がそれに該当する。集塵装置の使用に際して特に処理する排GAS中の煤塵がどの程度の粒径であるかを、あらかじめ知ることが最も重要である。特に $1\mu\text{m}$ 以下の微粒子を集塵する場合は、ろ過、電気集塵装置か、洗浄集塵装置のうち高性能のVENTURI SCRUBBERを用いなければ有効な捕集ができない。

次に重要な点は、排GASの条件であり、排GASの量、温度、圧力、成分などがある。これらは集塵装置の性能、容量と密接な関係にあり、機種を選定、容量の決定に重大な影響を及ぼす点に注意する必要がある。

現在上海市の各種発生源に設置されている集塵装置は、上記の6種類であるが、重力、慣性力は極めて少なく、遠心力が圧倒的に多く、ろ過、電気、洗浄は主に大型の発生源である発電、鉄鋼、CEMENT工業等に使用されている。

遠心力集塵装置が最も多いわけは、石炭が主な燃料であり、煤塵の粒径も比較的大きく、発生源として工業用のBOILERが多いためである。また、煤塵の排出基準が $200\sim 600\text{mg}/\text{Nm}^3$ と比較的ゆるやかであることもその理由となっている。日本の排出基準と比較して約2～4倍の値である。

ろ過集塵装置は、現在鉄鋼用の工業用炉に多く使用されている。電気集塵装置は、発電用BOILER、CEMENT用KILNに多く用いられているが、性能が低いものがあり、老朽化又は、保守管理の不備が原因と考えられる。

洗浄集塵装置は種々の型式があり、工業用BOILERには水膜式が多く、発電用BOILERにはVENTURI SCRUBBER、CYCLONE SCRUBBERが使用されている。

重力及び慣性力集塵装置は、工業用BOILERにごく一部使用されている。

以上、上海市における集塵装置の使用状況について概説したが、集塵率の実測の結果では、入口の煤塵濃度が高いため集塵率は予想どおり高いものが多い。しかし、出口の煤塵濃度はかなり高いものが多い。ただし、排出基準を超える例は極めて少ない。この実測は、詳細調査対象の80工場のうち、30工場の測定結果であり、比較的大型の発生源であるから、それ以下の中、小工場では大型工場と同様の集塵率があるかどうかは不明である。上海市は集塵装置の約50%が集塵率が低いことを指摘しており、将来高性能の集塵装置に更新する必要があるとしている。これらの集塵率の低い装置は主として中小工場で設置されているものと考えられる。

参考として表 6-6-2に集塵装置の実用的性能、経費等を示す。なお、図 6-6-4に上海市における各種集塵装置の処理GAS量と価格の関係を示す。

表 6-6-2 各種集塵装置の実用的性能の比較

| 分類名 | 形式 | 取扱われる粒径[μ] | 圧力損失[mmAq] | 集塵率[%] | 設備費 | 運転費 |
|--------|---------------------|------------|------------|---------|-----|-------|
| 重力集塵装置 | 沈降室 | 1,000~20 | 10~15 | 40~60 | 小程度 | 小程度 |
| 慣性力 | LOUVER型 | 100~20 | 30~80 | 50~70 | “ | “ |
| 遠心力 | CYCLONE型 | 100~5 | 100~200 | 70~95 | 中程度 | 中程度 |
| 洗浄 | VENTURI SCRUBBER | 100~0.1 | 400~850 | 80~95 | “ | 大程度 |
| ろ過 | BAG FILTER | 20~0.1 | 100~200 | 90~99 | “ | 中程度以上 |
| 電気 | | 20~0.05 | 10~20 | 80~99.9 | 大程度 | 小~中程度 |

次に集塵装置の運転費に最も大きく影響する消費電力P (kWh)は、次式で与えられる。

$$P = 0.273 \times 10^{-5} Q \cdot \Delta p$$

ここに、P：消費電力(kW/時)、Q：処理GAS量(Nm³/時)、Δp：圧力損失(mmH₂O)

上式より明らかなように、圧力損失と処理GAS量により消費電力が決まる。圧力損失は集塵装置の入口と出口との圧力差で求められる。したがって、大容量の装置では圧力損失の少ない電気集塵が有利である。圧力損失の最も高いVENTURI SCRUBBERは消費電力が大きくなる点で不利である。

(2) 排煙集塵以外の煤塵削減方法

排煙集塵以外の汚染物質削減方法は、SO_xと同時に煤塵の削減効果があるものが多く、削減率がSO_xと同じ方法もある(燃料節減、石炭の都市GAS化、工場移転など)。しかし、SO_xと同じ削減率では不十分な場合が多いため、実際には削減率が100%に近い都市GAS化や電化以外は一般に排煙集塵が行われる。

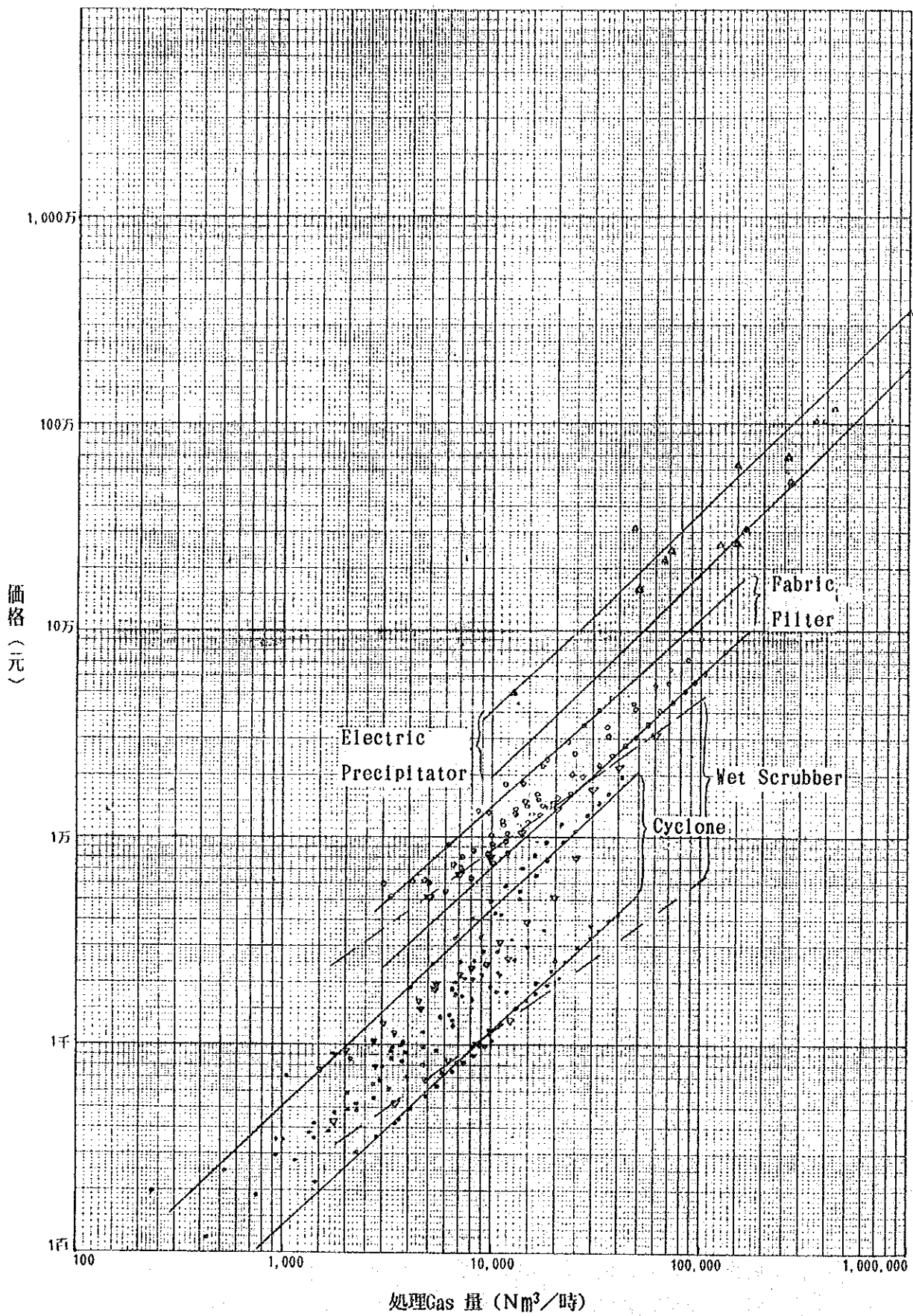
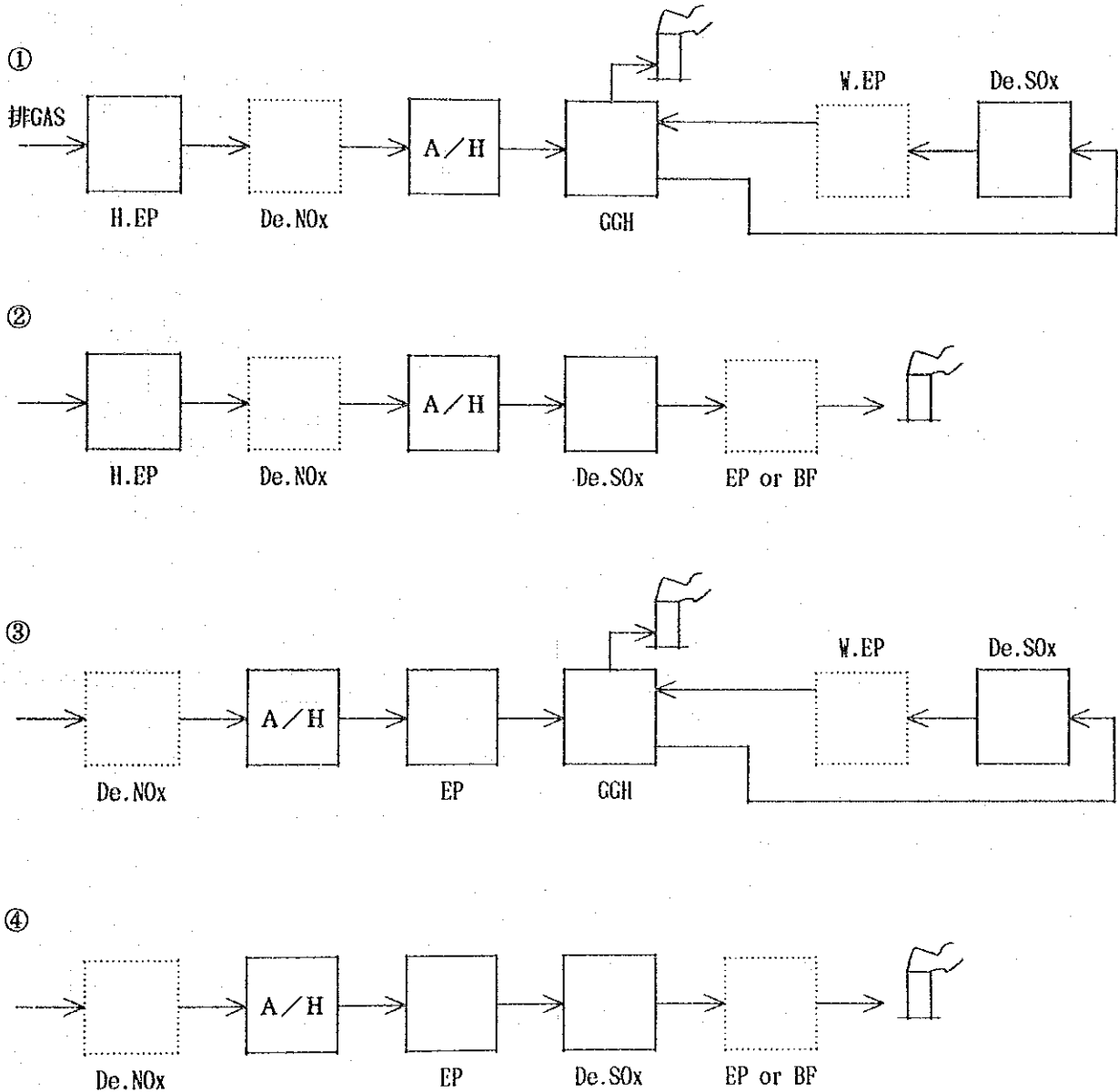


図 6-6-4 各種集塵機の価格 (元) 1986年 5月

6.6.3 総合排煙処理

総合排煙処理は、排煙脱硫及び集塵を組み合わせた処理方式である。この他、排煙脱硝を更に追加して組み合わせた方式も多く、最も進んだ排煙の総合的処理SYSTEMである。日本ではこのような総合排煙処理方式を用いた施設が多い。将来上海でも排煙脱硫が導入された場合、参考となるものと考えられる。以下に、発電用BOILER、産業用BOILER及び工業用炉における例を示す。

(1) 発電用BOILERの例



De.SOx : 排煙脱硫装置

EP : 電気集塵装置

W.EP : 湿式電気集塵装置

De.NOx : 排煙脱硝装置

H.EP : 高温電気集塵装置

A/H : 空気予熱器

GGH : GAS - GAS 熱交換器

BF : BAG FILTER

□ : 必要に応じて設置する

煙突 : 煙突

①は高温域で集塵と脱硝を行い、A/H後の低温域で湿式脱硫を行うもので、必要に応じて更に湿式集塵し、熱交換で加熱後放出する。

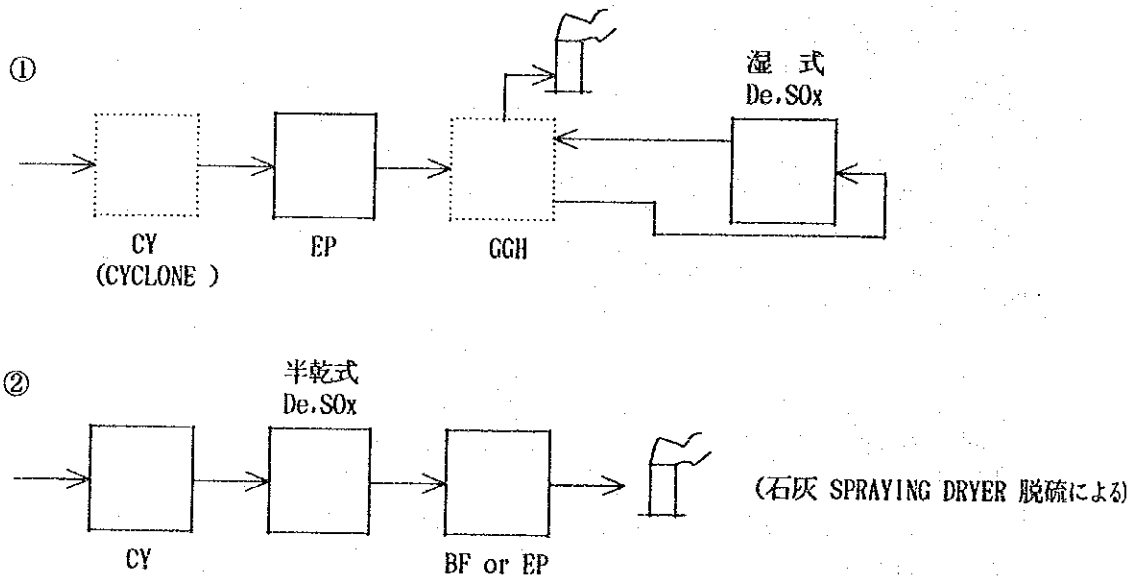
②はA/H前的高温域で集塵と脱硝をし、A/H後の低温域で乾式脱硫後、必要に応じて更に集塵し放出する。

③はA/H前的高温域で脱硝し、A/H後の低温域で集塵し熱交換後湿式脱硫し、必要に応じて更に集塵し加熱後放出する。

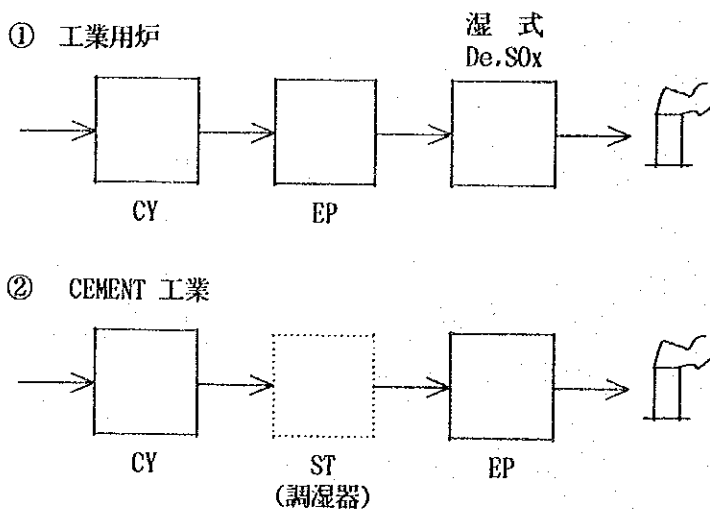
④はA/H前的高温域で脱硝し、A/H後の低温域で集塵後乾式脱硫し、必要に応じて更に集塵し放出する。

上記の例では、いずれも脱硝を行っているが、必要に応じて行うもので、通常は脱硫だけでよい。なお、脱硫後の集塵も特に規制値が厳しい場合以外は行わない。

(2)産業用BOILERの例



(3)工業用炉の例



6.7 高煙突化

高煙突化は、一般にSO_x、煤塵等の濃度削減方法として広く実施されている。その効果は排GAS 拡散作用を利用したもので、汚染物質の排出量を削減するものではないが、拡散によりその濃度を希釈させ、着地濃度を下げる効果がある。

煙突による汚染物質の拡散効果は、煙突の高さ、排GAS の排出速度、温度、圧力等により異なり、また気象条件（風向き、風速、大気安定度等）、地形条件等の影響をうけるため、一定の数値で濃度の低下率を示すことができない。正確には拡散計算によらねばならない。

しかし、拡散効果に最も大きな影響を与える因子は、煙突の高さと排出速度であり、このため一般に煙突の高さを高くする対策、すなわち高煙突化が実施されている。

高煙突化は汚染物質の排出量が多い発生源ほど実施されており、汚染防止対策の初歩的手段として古くから行われてきた削減方法である。

上海市においても高煙突化は既に発電所、鉄鋼、CEMENT工業等に実施されているが、一部に低い煙突の例もある。特に一般工業の BOILER については、煙突の高さを規定した国家標準があるが、その標準高さに適合した煙突は非常に少なく、特に小型 BOILER は適合率が低い。

煙突の高さを高くする改造工事は、敷地の制限、伸長工事の難易、煙突の材質等により、その実施は容易ではなく、ごく一部の工場に限られている。したがって、敷地が確保できる場合は、新しく建て替えた工場もある。上海市の工業用 BOILER は、最大20t/時であり、国家標準から煙突の高さは40mが必要とされている。10t/時以上の BOILER は割合この標準に適合しているものが多いが、4 t/時以下の古い小型 BOILER ではほとんど標準に適合するものが少ない。

したがって、大型の発生源は優先的に 100m以上に高煙突化する必要があり、小型の BOILER は少なくとも国家標準に合致させる必要がある。

煙突の建設費はさほど高いものではなく、他の排GAS 処理装置（集塵、脱硫等）より安価である。またその他の経費も余りかからないなどの利点がある。建設費については次式が与えられている。

1) 煉瓦構造 (18~80m)

$$C = 1.0177 \times H^{2.562} + 1.0911 \times H^{2.562} \times \phi^{-0.112}$$

2) CONCRETE構造 (80~210 m)

$$C = 0.697 \times H^{2.3441} + 1.0062 \times H^{2.3441} \times \phi^{0.9031}$$

ここに、C：建設費（元）、H：煙突高さ（m）、 ϕ ：煙突上部口径（m）

3) 屋上鋼製煙突 (21m、上部口径1.8 m):1.86万元 WIRE ROPE 無し

4) 同 上 (29m、上部口径1.8 m):2.69万元 WIRE ROPE 有り

ただし、Cは基礎の杭打費を含まない価格である。

この他、高煙突化と同様の効果を上げる方法として、煙突を高くする代りに排風機の容量を大きくして排出GASの速度を上げる方法もある。この方法は、燃焼条件に影響を与えるため、BYPASSから空気を吸引する必要があり、送風機の消費電力が増えるので、実際には余り利用されていない。煙突を高くできない場合に利用することが考えられる。

6.8 工場移転

移転による濃度の低減効果は移転場所によって異なるので、拡散計算によらねば正確な濃度低下の値は求められない。移転の内容によっては、必ずしも発生源の移転を伴わない場合もあるので注意を要する。現在、上海市では工場移転の実施例もあり、計画中の工場もある。

工場移転には各種の経費を必要とするが、次に示すとおりである。

① 建物建設費

300 ~ 500 元/m² (300 元/m²は平屋建、500 元/m²は高層建で、主として軽工業、精密工業、電子工業、製薬工業用である)

② 移転費

60元/m² : 建物面積当り (施設、電気、水道の移転、据付を含む)

③ 土地取得費

46.5元/m² : 一般地区

④ 住宅取りこわしと建設費

130 元/m²

移転経費は上記①~④の合計である。

工場移転の経費はかなり大きく、移転先の確保が必要である。また、工場の職員の移転もしなければならないため、その実施は容易でないのが問題であろう。移転を必要とする理由には、大気汚染以外に水質汚濁、騒音、振動、悪臭なども考えられる。したがって、移転は慎重に対処し、移転先での公害防止にも注意しなければならない。

6.9 まとめ

大気汚染物質としてSO_x、煤塵を対象とした削減方法について現状及び将来の技術を含めて述べた。表 6-9-1は、各削減方法の削減効果をまとめたものである。

これらの削減方法は、SO_xと同時に煤塵も削減できる方法が多い。上海市における削減の目的はこれまで煤塵を主としたものであったが、或る程度はSO_xも削減する効果が認められる。しかし、本来SO_xの削減を目的としない以上、SO_xによる汚染の改善にはさほど顕著な効果はなかったものと推定される。本章においてはSO_xと煤塵の両者について削減方法を述べたが、一般論としての削減方法であり、具体的に各発生源施設ごとに選定したものではない。実際には各発生源の種類と規模、排ガス条件に適した削減方法を選定すべきである。また、各削減方法も単独ではなく、組み合わせることにより、削減効果を更に高めることができるので、実施に際しては組み合わせについても検討する必要がある。

一方、現実的には経済的な面からの検討も必要であり、同じ削減効果があれば当然経費の安価な削減方法を選定することが望まれる。その意味で各削減方法についての経費についても検討したが、データの不足もあり完全なものとはいえない。特に中国で実施例のない削減方法の経費は、主として日本の例を参考として挙げているが、あくまでも参考値であり、その実施に際しては詳細な計画設計を必要とする。また経費の算出基礎も国情が異なるため、正確な価格とはいえない点に注意する必要がある。

各発生源施設についての削減方法の選定及び経費の算定については、次章で述べる。

表 6-9-1 各汚染物質削減方法の削減率又は削減効果

| 分類 | 削減方法 | 削減率又は削減効果 | | 備考 |
|------|---------------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|
| | | SOx | 煤塵 | |
| 燃料転換 | 低硫黄炭 | S分の低下による | — | 低硫黄炭はS分1%以下とする |
| | 良質燃料 石炭→重油 石炭→COKE 石炭→GAS、電力 | 90% 約50% 100% | 90% 約70~80% 100% | 重油：S分0.25% COKE：S分0.6% |
| | 燃料改質 | 石炭の GAS化 (都市GAS) | 95%以上 | 95%以上 |
| | 石炭の PELLET 化 (石灰混入) | 50~75% | — | |
| 燃料節減 | 省 ENERGY (熱管理等) | 数~40% | 数~40% | 各方法の削減率は表 6-4-1を参照のこと |
| | 集中供熱 | 100% (熱利用工場) | 100% (熱利用工場) | 供熱源の燃料削減率は約20% |
| 燃焼方式 | 流動燃焼 (石灰混焼) | 50~90% | (90%以上)* | *集塵装置付 |
| | 石灰石炉内吹込み (角管式 BOILER) | 50%以下 | (90%以上)* | *集塵装置付 |
| | COM、CWM等 | (90%以上)* | (90%以上)* | *排煙脱硫、*集塵装置付 |
| 排煙処理 | 排煙脱硫 | 90%以上 | (90%以上)* | *集塵装置付 |
| | 排煙集塵 | — | 50~99% | 集塵装置の種類により異なる |
| | 総合排煙処理 | 90%以上 | 90%以上 | 排煙脱硫、集塵(脱硝)装置付 |
| その他 | 高煙突化 | 濃度低下 | 濃度低下 | 濃度の低下率は数値化困難 |
| | 工場移転 | 100% | 100% | 遠隔地への移転 |

(注) SOx、集塵の削減率(%)は、現在の石炭(平均S分1.2%)を基準として求めた値である。

第7章 大気汚染物質の削減計画

第7章 大気汚染物質の削減計画

7.1 環境目標の検討

(1) 環境基準

SO₂に係る国家の環境基準値は、表7-1-1に示すように定められている。この基準の適用地区分類に従うと工業専用地区である呉淞、閔行の2区及び市区内の工業集中地区は3級基準となり、それ以外の地区は2級基準が適用されることになる。

削減計画のSIMULATIONでは年平均（年日平均）濃度に関して2級地区 0.06mg/m³、3級地区で 0.10mg/m³以下の濃度基準を達成することが必要と考えられる。

表7-1-1 SO₂に係る国家の環境基準値 (mg/m³)

| 級 | 一次測定値 | 日平均値 | 年日平均値 | 適用地区 |
|---|-------|------|-------|---------------------------|
| 1 | 0.15 | 0.05 | 0.02 | 自然保護区、風致遊覧地区 名勝、古跡、保養地 |
| 2 | 0.50 | 0.15 | 0.06 | 住宅地区、商業交通住宅混合地区 文化地区 |
| 3 | 0.70 | 0.25 | 0.10 | 汚染度の高い都市、工業地区 |

(2) 環境目標

本調査では、各種検討のため次の3CASEの環境目標を設定し、目標達成のための方策を検討する。

①12区内全地区を2級目標とする。

工業地区等に係る基準を認めず高汚染型の工場に対して高度の発生源対策を求める。

②12区内の一部工業地域に3級基準地区を設定する。

③暫定的目標として3級基準を設定する。

表7-1-2 環境目標値の適用CASE

| 級 | 定義 | |
|-----|--------------------|--|
| 2 | 市区内の全地域において2級基準を達成 | |
| 2/3 | 3級 | 工業地区（呉淞、閔行区、呉淞） 工業集中地区（楊浦、虹口、南市の一部） 汚染度の高い地区 |
| | 2級 | 市区内の大部分の地域 |
| 3 | 市区内の全地域において3級基準を達成 | |

2/3級目標において、中心区の工業集中地区（汚染度の高い地区）は、将来の削減対策によって2級目標の達成が可能と考えられるため当面は暫定的に3級目標扱いとする。

7.2 将来予測SIMULATION

7.2.1 将来予測濃度

(1) 将来予測計算の概略

将来発生源推計結果にSIMULATION-MODEL(発生源MODEL, 気象MODEL, 拡散式等の拡散MODEL)を適用して、計算により将来の年平均着地濃度を予測する。

計算対象地域、計算条件等は、以下のとおりである。

① 環境濃度予測計算条件

| | |
|--------|--|
| 計算対象範囲 | 12区を中心とした約35km×65kmの範囲 |
| MESH区分 | 1 kmMESH を原則とし、2 kmMESH を併用 CASE STUDY地区は200m MESH |
| 計算地点 | 測定局 (5), MESH中央点(632), CASE STUDY地区MESH(50), 計687MESH |
| 算出濃度 | 年間平均濃度 |
| 対象汚染物質 | 二酸化硫黄(SO ₂) |

② 発生源別寄与濃度の算出

| | |
|------|--|
| 対象地点 | 測定局、MESH中央点及びCASE STUDY地区 |
| 算出区分 | 発生源種類別(詳細調査工場, CASE STUDY地区工場 簡易調査工場, 民生, 家庭) |

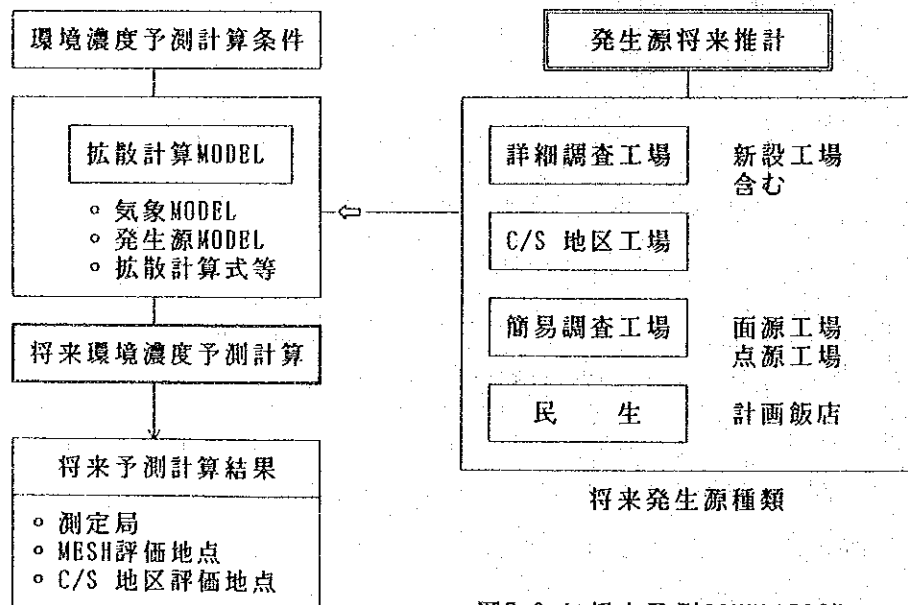


図7-2-1 将来予測SIMULATION

(2) 予測濃度

将来（2000年）における当該地域の環境濃度予測結果を図 7-2-2に示す。図によれば楊浦区の中部以北、黄浦江の東岸等の地域で3級基準値 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ （年平均値）を満足しているものの市内の中心区のほぼ全域で3級基準値を超過している。

また、呉淞区の北部や南部の閔行区では、一部に2級基準値（ $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）以下の環境濃度の地域がある。

地域内の最大濃度は、 $206\mu\text{g}/\text{m}^3$ で武夷路の測定局近傍に出現している。この地域は区内でも汚染度の高い地域で、静安区、長寧区、徐汇区、普陀区の各種工場からの影響を強く受けていることが予想される。その他の高濃度地域は虹口区、楊浦区が接する黄浦江沿いと、呉淞区の南部地域に出現している。

前述 3.3.2の現況濃度分布と比較すると、現況で $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度を示していた地域の環境濃度が、将来時点で $120\sim 150\mu\text{g}/\text{m}^3$ に上昇しているほか $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ の汚染範囲も広域化していることが判る。全体的にみて $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度の上昇となっている。

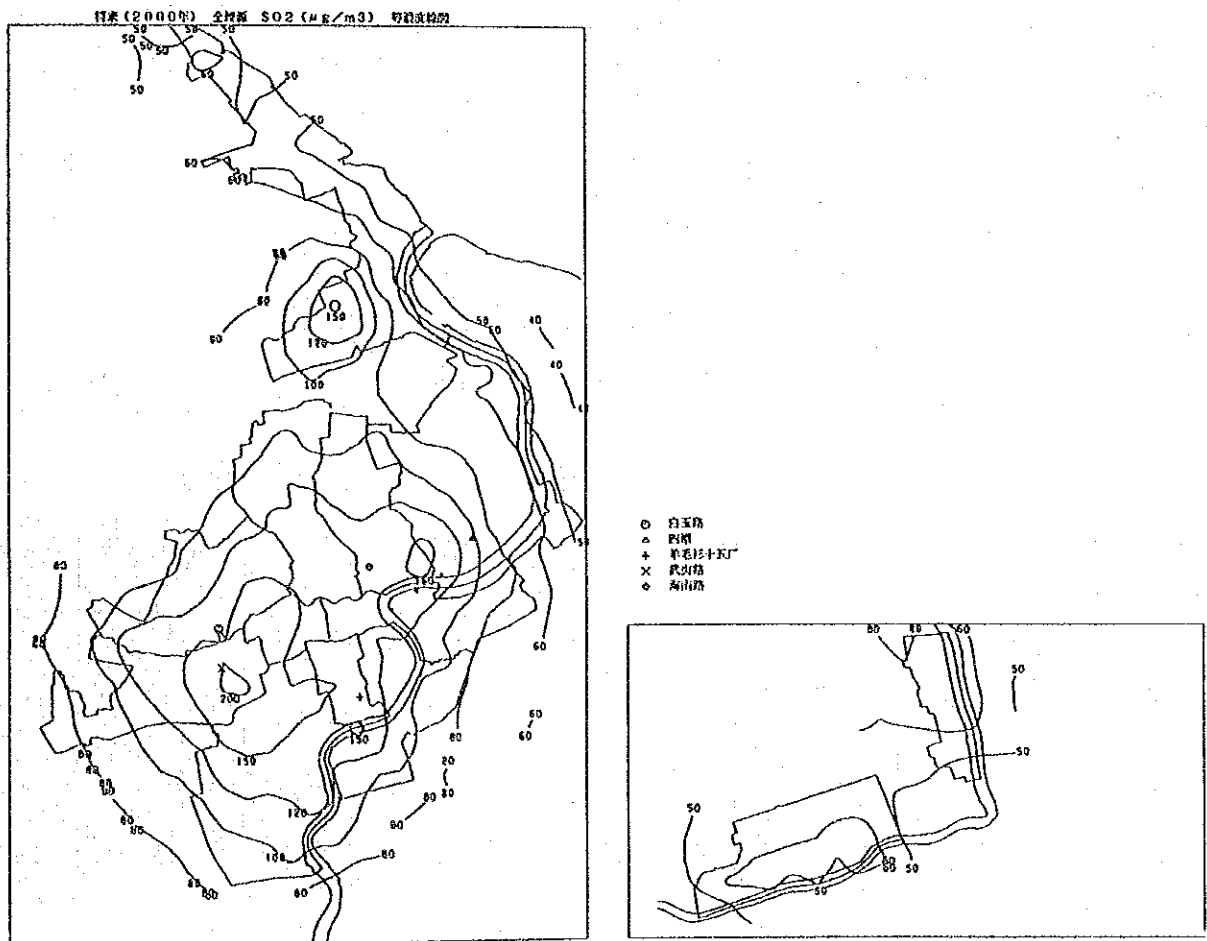


図 7-2-2 将来 SO_2 年平均濃度地域分布（単位 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）

7.2.2 発生源別寄与濃度

図 7-2-3と表 7-2-1に将来の硫酸化物に係る発生源種類別寄与濃度を示す。

発生源種類別には詳細調査対象工場である大規模工場と簡易調査工場の中で比較的大きな施設を有する点源工場の影響が大きいことが判る。一方、民生の影響は、 $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下となっている。図 7-2-4(1)～図 7-2-4(2)に、発生源種類別の寄与濃度地域分布を示す。

(単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

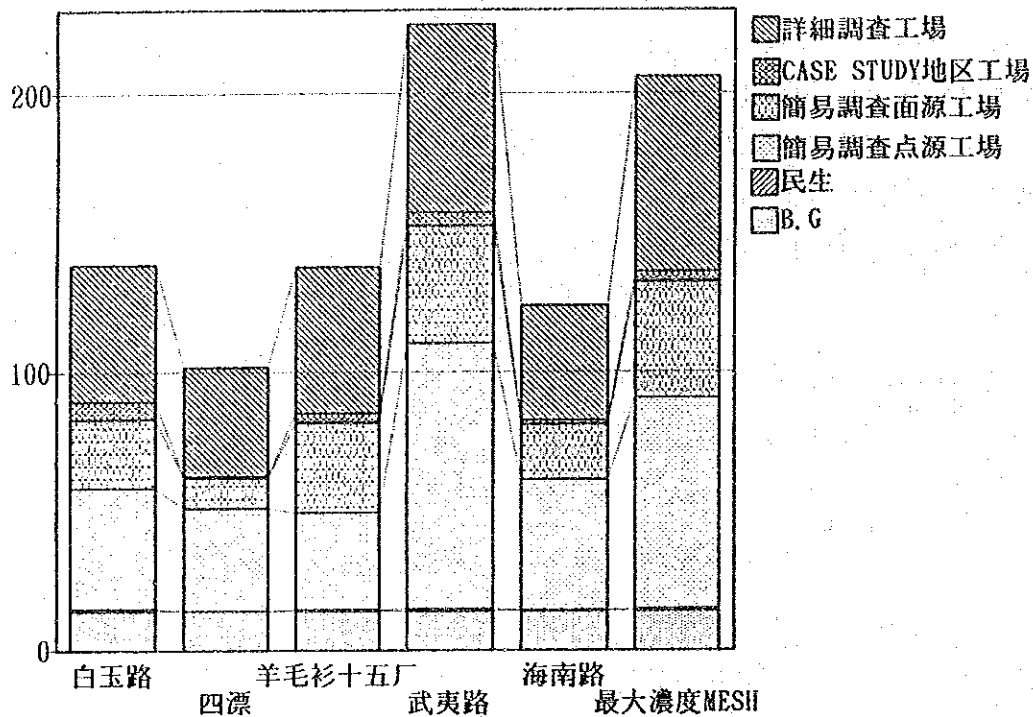


図 7-2-3 SO₂ 発生源種類別寄与濃度 (将来)

表 7-2-1 SO₂ 発生源種類別寄与濃度・寄与率 (年平均濃度)

単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$, (%)

| 測定局 | 白玉路 | 四凵 | 羊毛衫十五厂 | 武夷路 | 海南路 | 最大濃度MESH (10-27) |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------------|
| 発生源 | | | | | | |
| 詳細調査工場 | 48.9(35.3) | 39.4(38.4) | 52.4(38.0) | 67.7(30.1) | 41.3(33.3) | 70.4(34.1) |
| CASE STUDY地区工場 | 6.5 (4.7) | 0.5 (0.5) | 3.4 (2.5) | 4.8 (2.1) | 1.3 (1.0) | 3.5 (1.7) |
| 簡易調査面源工場 | 24.8(17.9) | 11.3(11.0) | 32.5(23.6) | 42.4(18.8) | 20.1(16.2) | 41.8(20.3) |
| 簡易調査点源工場 | 43.8(31.6) | 37.1(36.2) | 35.1(25.5) | 95.6(42.5) | 47.1(37.9) | 75.9(36.8) |
| 民生 | 0.6 (0.4) | 0.1 (0.1) | 0.5 (0.4) | 0.7 (0.3) | 0.3 (0.2) | 0.8 (0.4) |
| B. G | 14.0(10.1) | 14.0(13.7) | 14.0(10.1) | 14.0 (6.2) | 14.0(11.3) | 14.0 (6.8) |
| 計 | 138.6(100) | 102.5(100) | 137.8(100) | 225.2(100) | 124.2(100) | 206.3(100) |

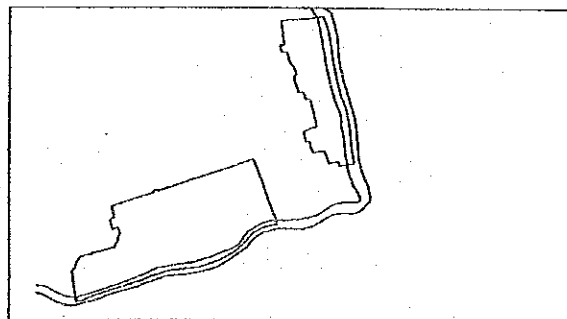
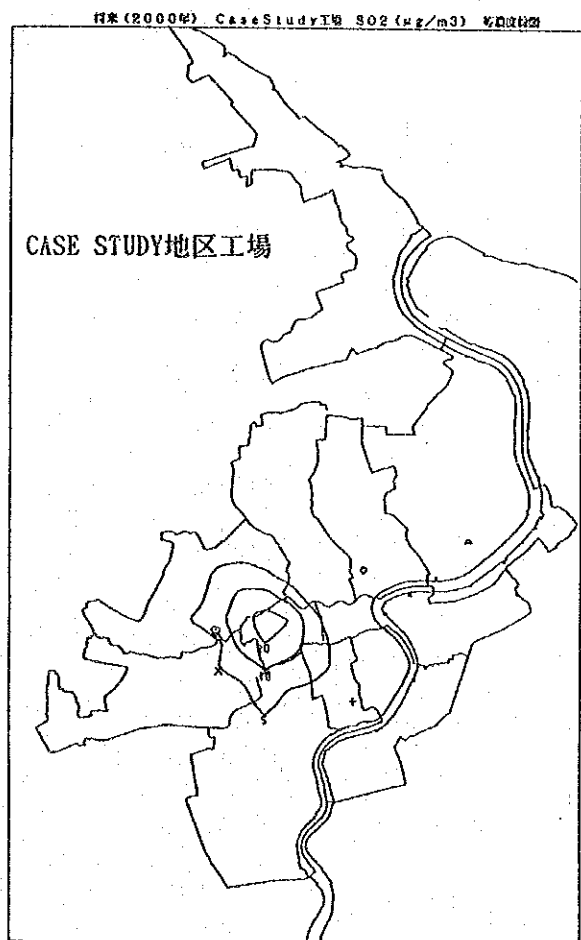
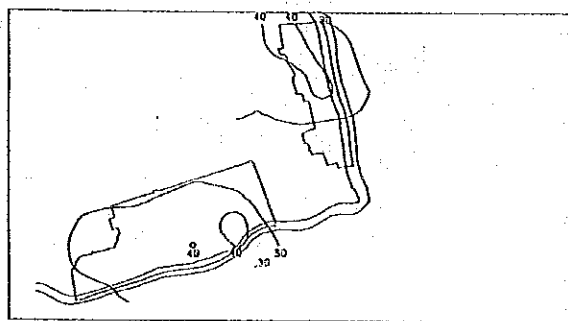
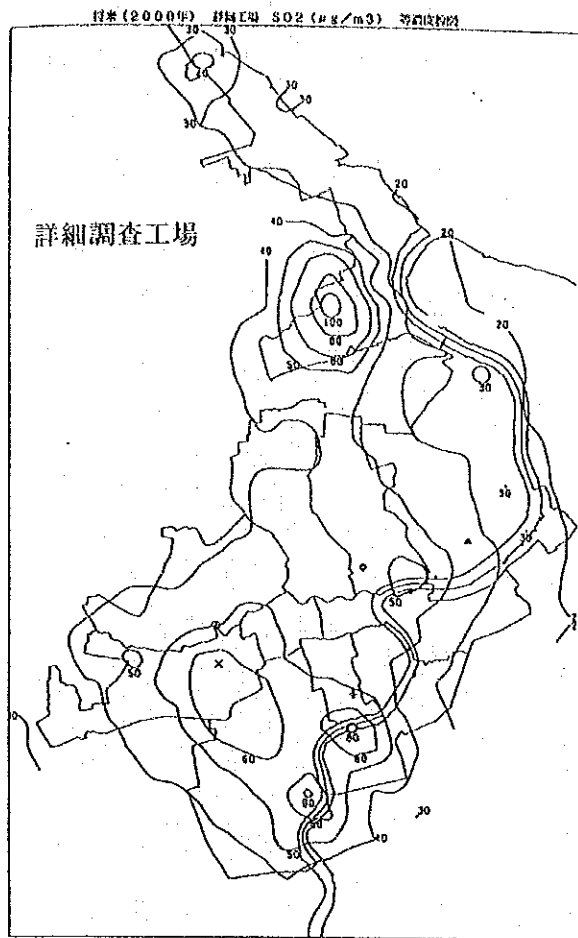
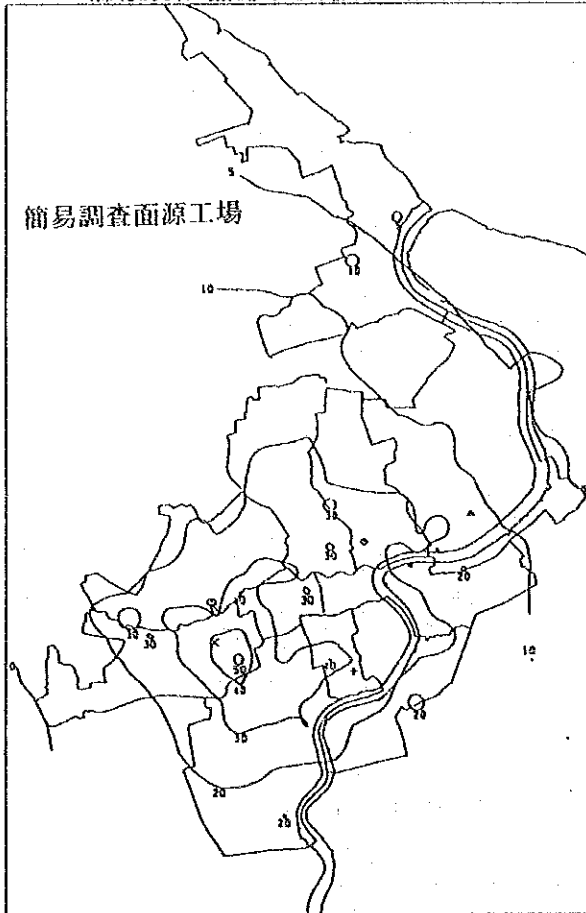
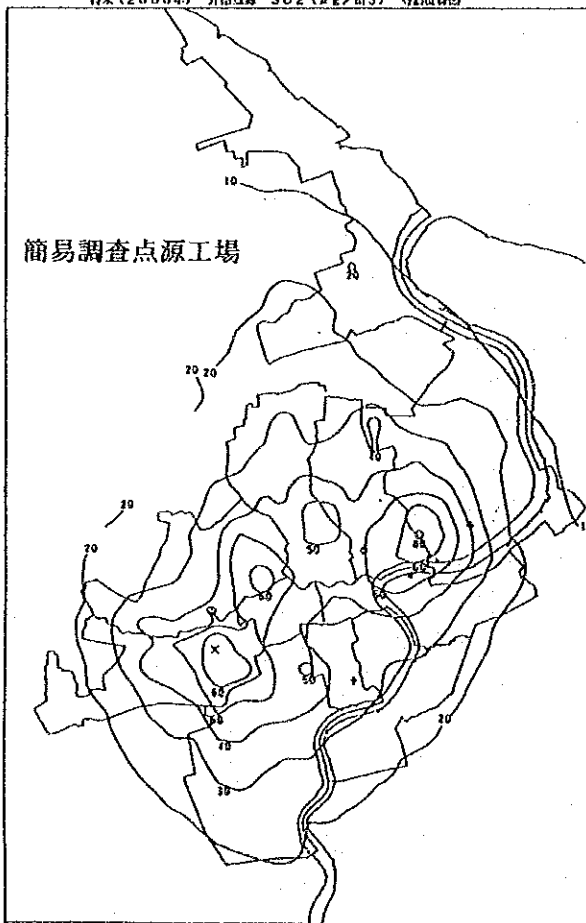
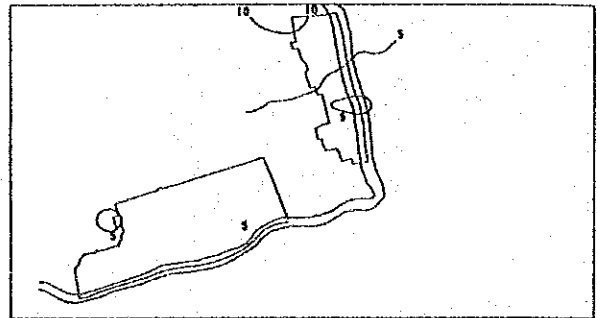


图 7-2-4(1) SO₂ 発生源種類別寄与濃度地域分布 (単位 μg/m³)



- 白玉路
- △ 西原
- + 羊毛衫十五厂
- × 漢陽路
- ◇ 漢陽路



- 白玉路
- △ 西原
- + 羊毛衫十五厂
- × 漢陽路
- ◇ 漢陽路

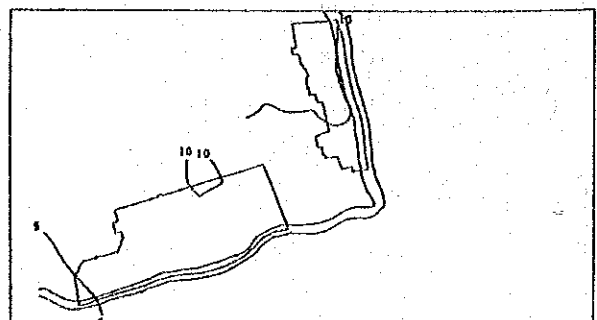


図 7-2-4(2) SO₂ 発生源種類別寄与濃度地域分布 (単位 μg/m³)

7.2.3 将来の大気汚染構造の整理

(1) 発生源種類別影響濃度比較

前述の図表から、測定局に影響を与えている発生源について調べると、詳細調査工場の寄与濃度では、最も低い四漂で $39.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (38%)、最も高い武夷路で $67.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (30%) と、濃度で $40\sim 70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、寄与率で $30\sim 40\%$ 程度の影響が予測される。

同様に、簡易調査点源工場は、四漂 $37.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (36%)、武夷路で 95.6 (43%) の寄与状況である。

この詳細調査工場と簡易調査点源工場の寄与濃度を加えると、全発生源の合計に対して約70%の割合を占める。

そのほか、簡易調査面源工場においても約20%と高い影響割合を示している。

また、飯店等の民用施設からの影響は、排出量が小さいことや煙源高さが比較的高いこと等の理由から1%未満であった。

各発生源からの排出量との関係では、排出量の多い詳細調査工場からのものが全体の80%以上を占めているのに対し、簡易調査の点源工場や面源工場は各々約7~8%程度の排出割合となっており、これら中小工場からの排煙が、狭域的ながらも周辺地域の環境に大きな影響を与えていることが推測される。

一方、図7-2-5は詳細調査工場中の特定大規模煙源の寄与濃度である。この図は、詳細調査工場の中から特に多量の化石燃料を使用する電力工場、冶金工場及びCEMENT工場等の14社を抽出して合計したものであるが、対象地域内の広い範囲に渡って $20\sim 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度の影響を与えていることが判る。これらの特定大規模煙源では、単位排出量当たりの影響濃度は低いものの広域的に地域の濃度絶対値を引き上げており、長期的には問題化する可能性があると考えられる。

最大濃度MBSHでは、詳細調査工場が $70.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (34%)、簡易調査点源工場が $75.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (37%)、簡易調査面源工場が $41.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (20%) の影響を与えており、合計で $206 \mu\text{g}/\text{m}^3$ である。これを、3級基準の $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (年平均値) まで削減するには、それぞれ約50%程度の低減が必要となる。

(2) 現況環境濃度との比較

測定局の発生源別濃度を現況と比較すると、濃度合計で白玉路、四漂、海南路が $20\sim 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 増加するのに対し、武夷路が $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の増加を示しているのが特徴的である。また、逆に羊毛衫十五厂では約 $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (約30%) の濃度低下が見られる。

原因としては、増加の著しい武夷路では周辺地区工場の燃料使用量が現状の排出構造のまま将来にわたり伸びること、逆に濃度が減少する羊毛衫十五厂では、南市熱電

所からの集中供熱の供給開始に伴って、中小工場のBOILERの化石燃料使用が激減すること等が考えられる。

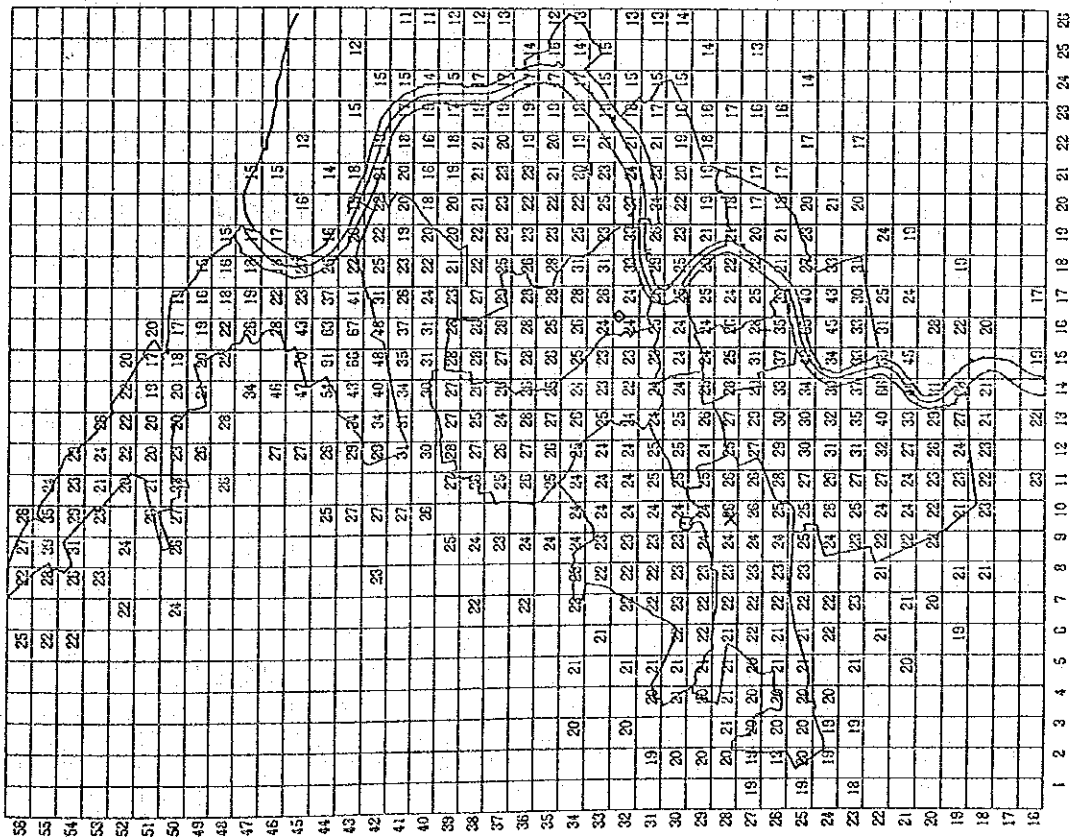
最大濃度MESHに関してみると、現況ではCASE STUDY地区に出現していた高濃度MESHが、将来では武夷路の南方約1 Kmの地点に $206 \mu\text{g}/\text{m}^3$ という高い濃度で現れている。

これは、発生源の排出構造が変化（工場移転、業種別燃料使用計画の変化等）することに伴い、汚染の地域分布が変動するためと考えられる。

(3) 汚染構造の整理

将来の環境濃度予測結果について、その汚染構造に関する項目を整理すると次のようになる。

- ① 発生源種類別の影響濃度では、詳細調査工場と簡易調査点源工場の寄与割合が高く、両者を併せると60~70%を占めている。更に面源工場を併せると90%以上が地域の環境に影響を与えていることになる。
- ② 環境影響濃度と排出量との関係では、中小煙突の多い簡易調査点源や面源工場の寄与濃度がそれらの排出量に比べて地上付近で高く、周辺地域の環境汚染に多大な影響を及ぼしていることが判る。
- ③ 詳細調査工場の中で、電力や冶金等の業種に係る大規模工場の寄与分布をみると、工場合計で $20\sim 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度の影響を広い範囲に与えており、将来的には、これらの大規模工場に対する抜本的対策が望まれる。
- ④ 大規模な集中供熱SYSTEMを導入した場合、地域周辺に与える効果は非常に大きく（周辺地域の濃度低減効果は約30~40%）、環境改善対策として極めて有効であると推察される。



- 白玉路
 - △ 四瀬
 - + 羊毛衫十五厂
 - × 武家路
 - ◇ 海雨路
- 24 μg/m³
 - 22 μg/m³
 - 31 μg/m³
 - 25 μg/m³
 - 25 μg/m³

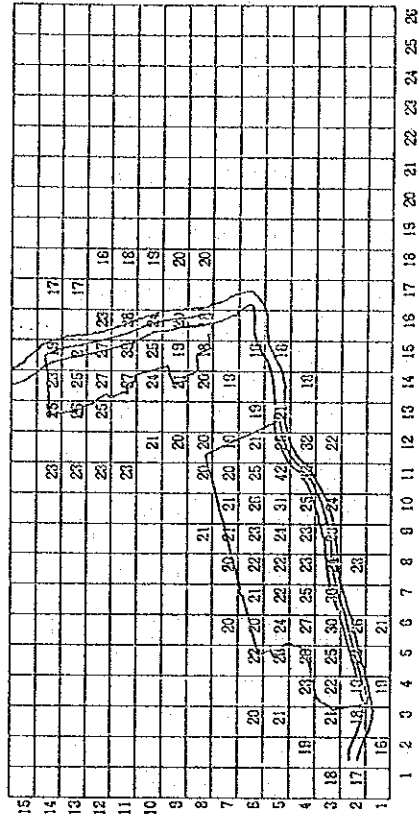


図7-2-5 将来の大規模工場合計濃度 SO₂ (μg/m³)

7.3 目標削減量の算出

7.3.1 削減諸条件の設定

(1) 削減SIMULATIONの概要

削減SIMULATIONでは、将来予測計算から算定される排出量と着地濃度との関係及び発生源種別別排出量と着地濃度との関係を基に環境目標値を達成するために必要な当該地域の削減量の算出を行う。なお、必要削減量の算出にあたり、適切な対策事例の検討も併せて行い、地域の事情を反映した合理的な削減量が設定できるように配慮して作業を進めた。

更に、CASE STUDY地区における必要削減量の検討についても地域全体の検討のなかで考慮する。

調査の流れ図を図7.3.1に示す。

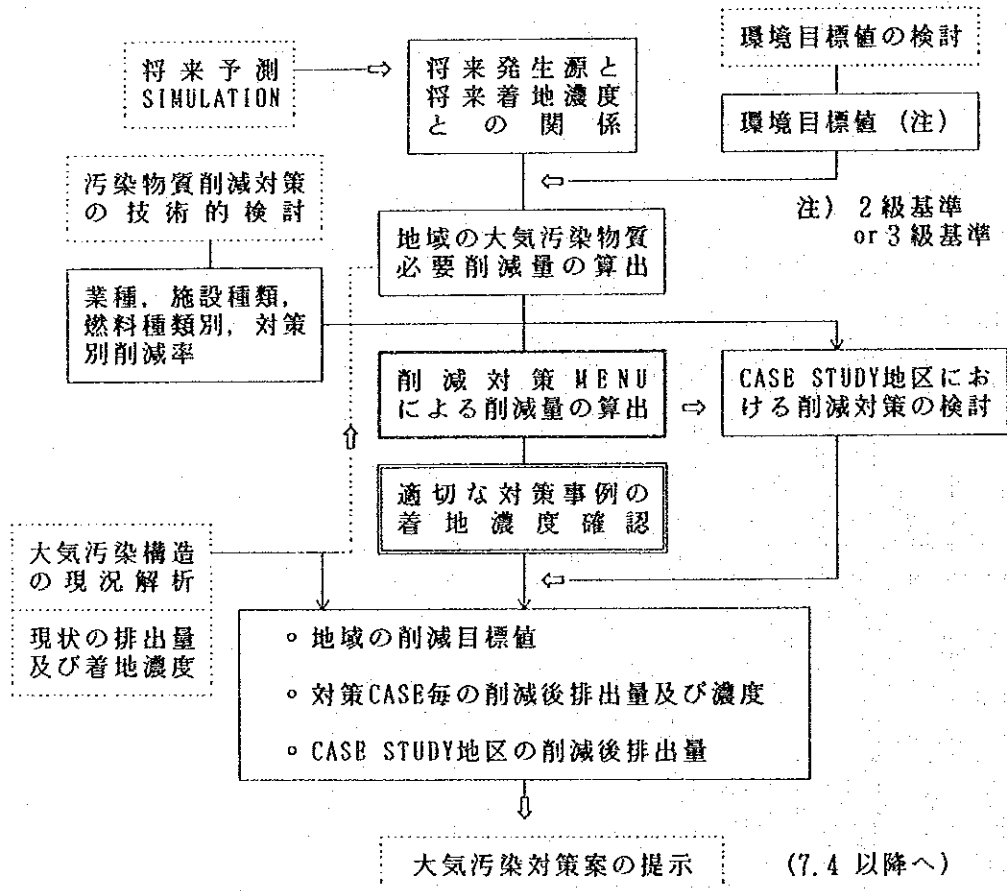


図7.3.1 大気汚染物質削減量算定の流れ図

(2)削減SIMULATIONの予備的検討

削減SIMULATIONを実施する際の予備的検討内容としては、規制方式の決定や削減対象とする工場の選択のほか、制約条件の設定、事前処理内容の整理等が挙げられる。ここでは、日中双方の協議検討に基づいて設定・整理した内容について説明する。

なお、名称簡略化のため、以後、詳細調査工場は「特定工場」、CASE STUDY地区工場は「C/S 地区工場」、簡易調査点源化工場は「中小規模工場」、面源化工場は「その他工場」と呼ぶ場合がある。そのほか発電所・熱電所（業種code-23300）や黒色金属・圧延工業（同- 24800）等は、特に「大規模工場」と呼ぶ。

1)規制方式及び対象工場の選択

① 規制方式

工場毎のENERGY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（SIMULATION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

特定工場：0.85～0.95の範囲

中規模工場：0.85～0.95の範囲

小規模工場：1.00

② 削減対象工場

各工場等について燃料使用量が多く、且つ保有する施設の排出諸元が明らかな工場を削減対象工場とする。

| | | |
|-------------|-------|---|
| (a)特定工場 | | 詳細調査の対象工場 |
| (b)C/S 地区工場 | | 特定工場を除いたC/S 地区の工場 |
| (c)中小規模工場 | | 簡易調査工場の内、施設諸元内容の 明らかな工場（点源工場） |
| (d)その他工場 | | 簡易調査工場の面源工場が対象 中小規模工場の削減率を勘案して 削減率を設定 |

2) 削減PARAMETER の検討

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

図7-3-2(1)～図7-3-2(4)に示すように、地域内各工場1時間当たりのW（標準石炭換算）とQ（SOx 排出量）の関係は、① $b = 0.95$ 前後で、大部分の工場は、 $1 < W \leq 10$ t/時の範囲内に存在しており、② $W \geq 100$ t/時以上使用する大規模工場は10工場程度である。また、③図中で硫黄酸化物排出量の小さい工場は、重油等の低硫黄燃料を使用している工場と考えられる。

更に、時間当たりの燃料使用量が1t以下の工場は、CASE STUDY地区や小規模工場に数多く見られるが、これらの工場においては、一律の総量規制案の適用が不可能な場合が多く、燃料中のS分等による規制が望ましい。従って、1t/時未満の工場に対しては、 $b = 1.0$ とするのが適当である。

図7-3-3 は、PARAMETER (a, b) を選択する場合の削減計算FLOW図である。

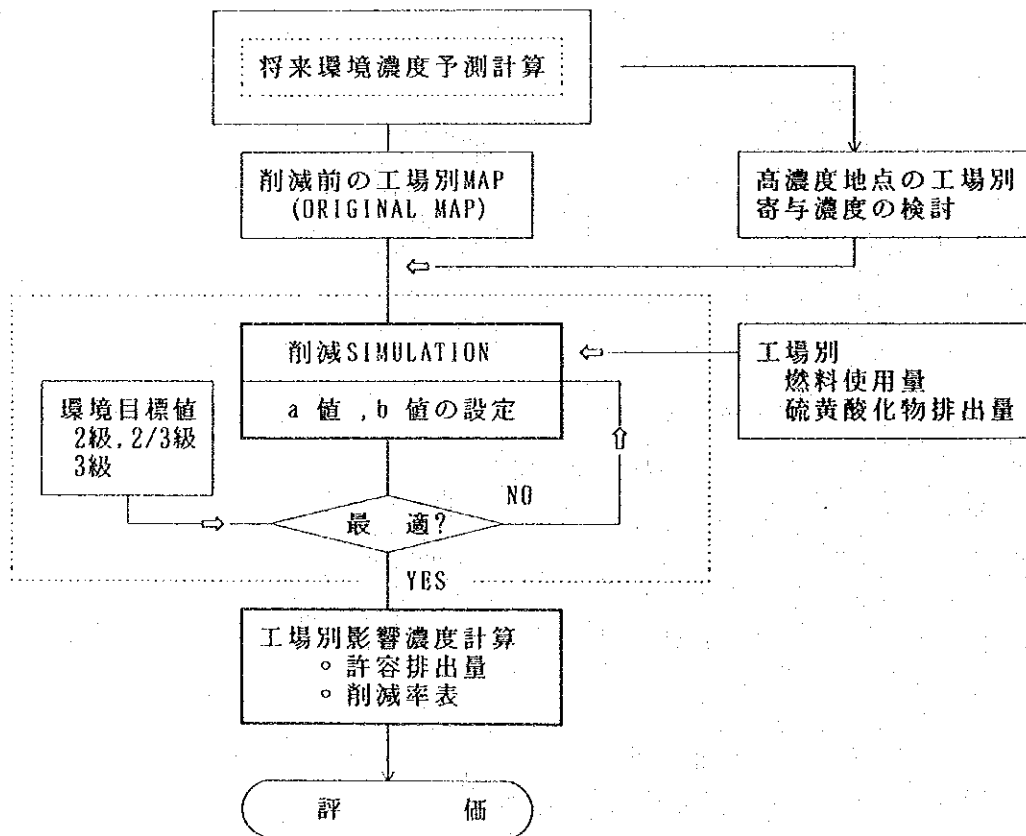


図7-3-3 PARAMETER (a, b) の検討作業FLOW

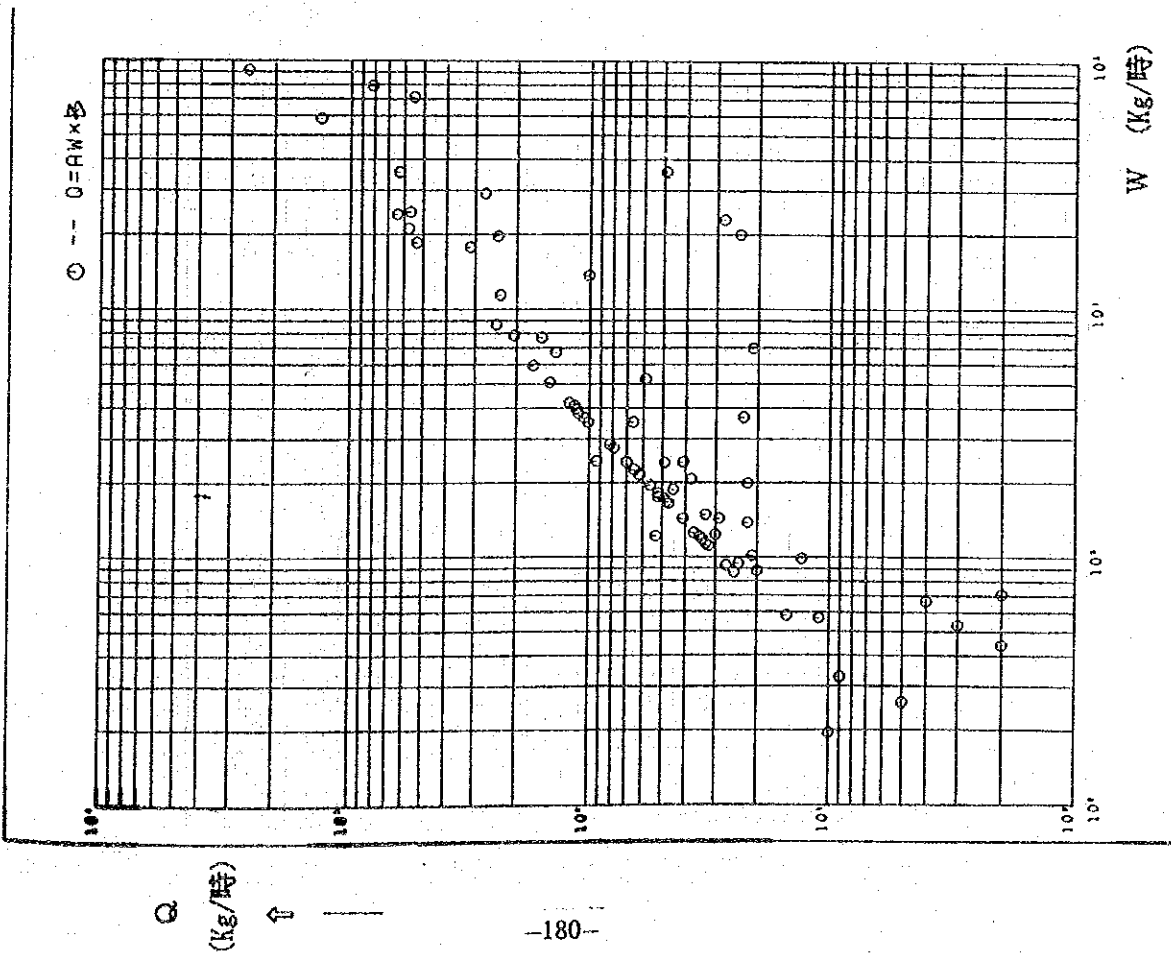


図7-3-2(1) WとQの関係 (特定工場)

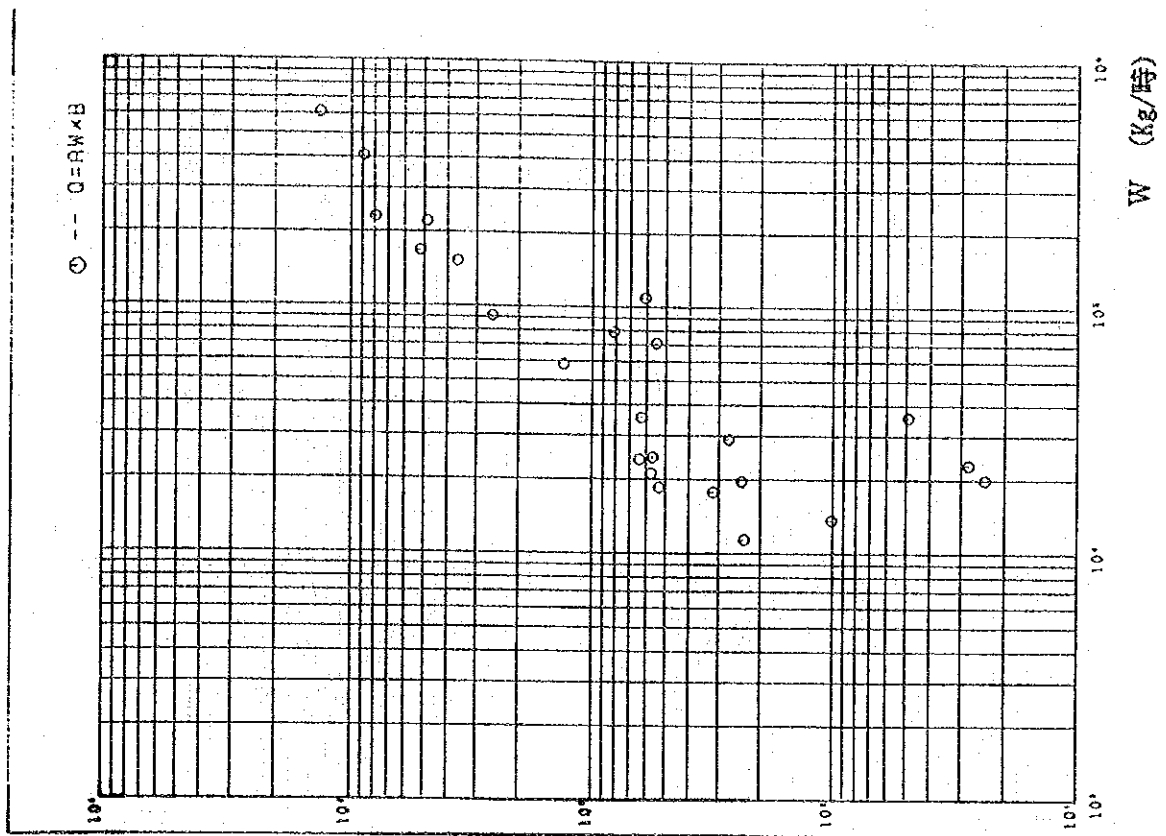


図7-3-2(2) WとQの関係 (大規模工場)

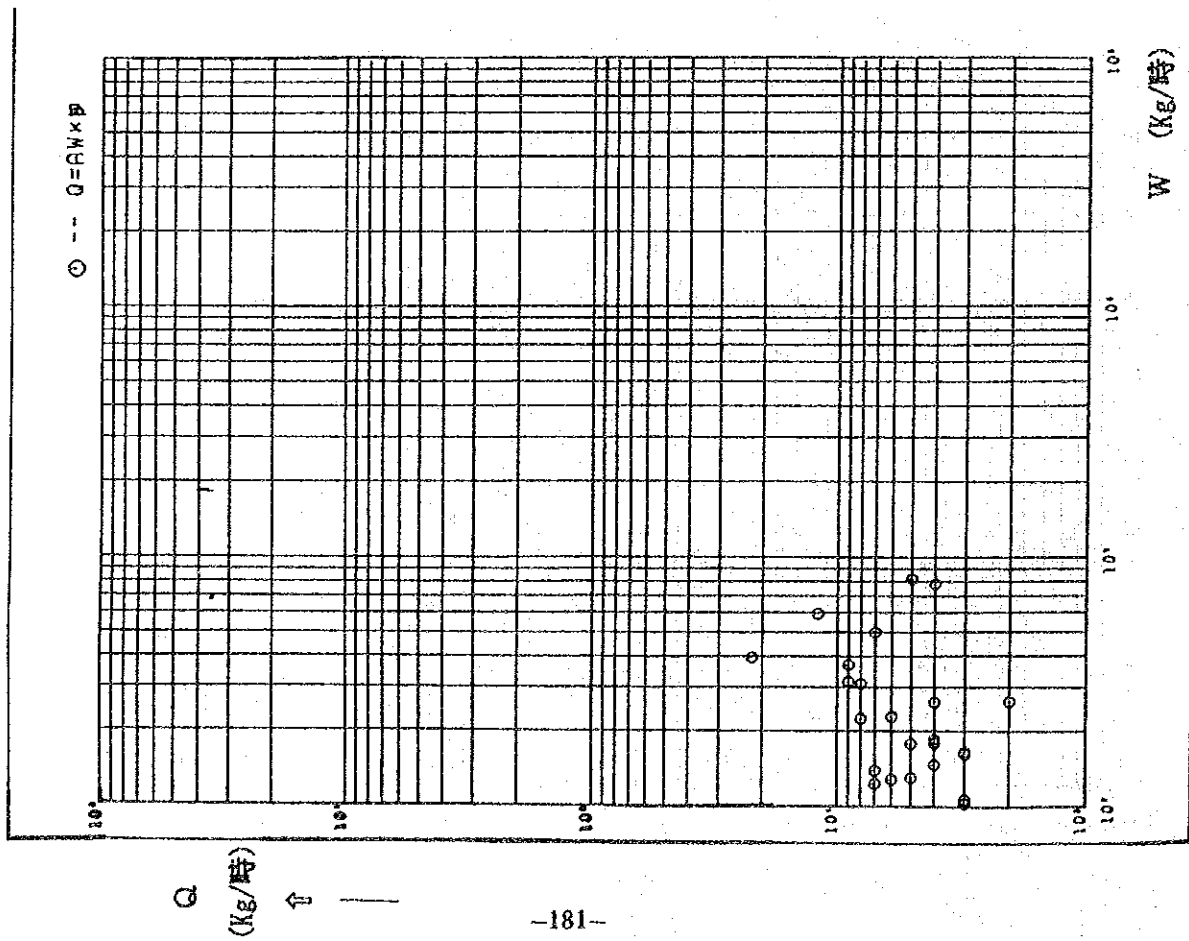


図7-3-2(3) WとQの関係 (C/S工場)

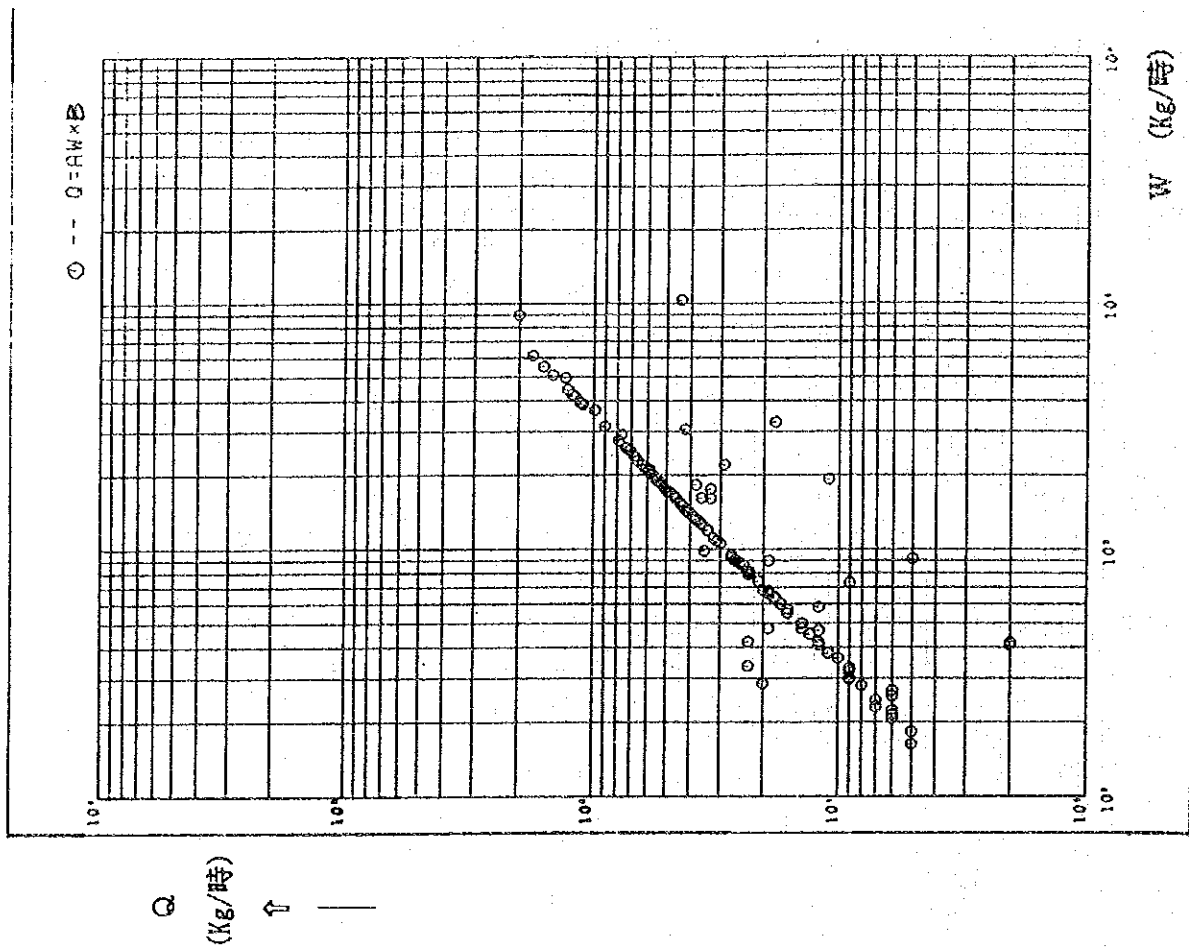
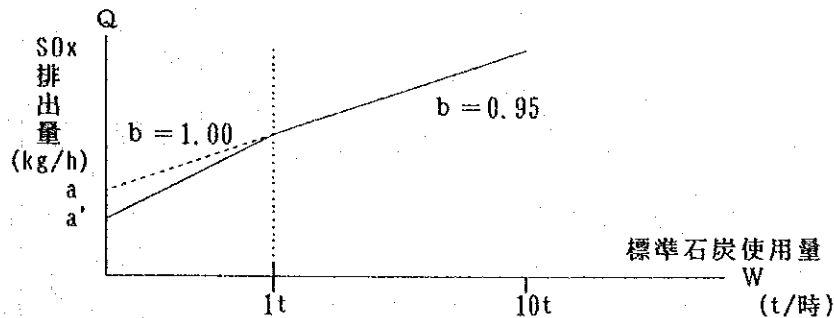


図7-3-2(4) WとQの関係 (中小工場)

表7-3-1(1)～表7-3-1(3)は、 b を0.95, 0.90, 0.85の3 CASE設定した場合について、地域の総削減案がいずれのCASEとも同程度の削減量になるようにPARAMETER (a) を選択し、(b) の変化に伴う削減効果 (超過MESH数) を調べたものである。

この結果から、地域の削減を効果的に実施するには、 $b = 0.95$ が最も適当であると判断される。



なお、(a) については、上図に示すように燃料使用量が 1t/時以上と未満に分類し、燃料使用量 1t/時上の点で交点を持つように(a, a')を設定する。

3) 削減率の適正化

上記2)の方法により地域内工場の削減量を算出すると、3級基準を満足するためには各工場とも40～60%の削減率が必要になり、2級基準では80～90%の削減が必要となる。

一方、これらに適用する削減方法 (後述) をみると、3級基準対応の全域50～60%削減に相当する対策は、高煙突化や燃料転換 (石炭⇒油) か流動燃焼、或いは更に効果の高い排煙脱硫装置の設置等である。

しかし、

- ①工場の立地状況から、数多くの工場に対して高煙突化を適用できない。
- ②全市的に燃料転換を実施することは、供給事情からみて困難である。
- ③大部分のBOILER施設に対し流動燃焼を導入した場合、区部だけでも莫大な費用 (約 125億元以上) が必要になる。
- ④削減量からみて効果的な排煙脱硫装置の設置は、建設用地が必要になるほか、費用も多大となり、大規模工場に限定される。

更に、2級基準目標では、中小規模工場に対して約80～90%の削減率が適用され、通常的一般対策の範囲を超えた削減対策が必要になる。現在及び近未来の技術水準からみてこの削減率に対応する対策は非常に困難であると考えられ、中小規模工場対策に最も有効な集中供熱等の広域的で且つ本質的な特殊対策の導入を

表7-3-1(1) PARAMETER 変化による超過MESH数 (b=0.95)

12区MESH総数496

| 地域別減率 | 目録 | 市区毎の超過MESH数 | | | | | | | | | | | | 計 | a |
|-------|----|-------------|----|---|----|----|---|----|----|----|----|----|----|-----|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | |
| 0% | 3級 | 13 | 27 | 8 | 43 | 28 | 7 | 34 | 33 | 23 | 38 | 0 | 30 | 284 | 3.750 |
| | 2級 | 24 | 34 | 8 | 56 | 45 | 7 | 37 | 33 | 23 | 71 | 33 | 69 | 440 | |
| 10% | 3級 | 11 | 22 | 8 | 38 | 25 | 7 | 28 | 31 | 23 | 26 | 0 | 19 | 238 | 0.041 |
| | 2級 | 24 | 34 | 8 | 56 | 45 | 7 | 37 | 33 | 23 | 65 | 22 | 49 | 403 | |
| 20% | 3級 | 9 | 14 | 8 | 34 | 22 | 7 | 21 | 21 | 20 | 17 | 0 | 12 | 185 | 0.036 |
| | 2級 | 23 | 34 | 8 | 56 | 45 | 7 | 37 | 33 | 23 | 58 | 11 | 39 | 374 | |
| 30% | 3級 | 6 | 5 | 8 | 26 | 18 | 7 | 15 | 14 | 13 | 7 | 0 | 10 | 129 | 0.031 |
| | 2級 | 20 | 34 | 8 | 56 | 42 | 7 | 37 | 33 | 23 | 52 | 8 | 33 | 353 | |
| 40% | 3級 | 2 | 1 | 4 | 19 | 13 | 7 | 9 | 3 | 6 | 3 | 0 | 5 | 72 | 0.026 |
| | 2級 | 18 | 33 | 8 | 56 | 36 | 7 | 37 | 33 | 23 | 44 | 2 | 32 | 329 | |
| 50% | 3級 | 0 | 1 | 1 | 11 | 9 | 5 | 3 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 34 | 0.021 |
| | 2級 | 14 | 28 | 8 | 49 | 31 | 7 | 37 | 33 | 23 | 38 | 0 | 28 | 296 | |
| 60% | 3級 | 0 | 1 | 0 | 1 | 5 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0.017 |
| | 2級 | 11 | 25 | 8 | 41 | 26 | 7 | 31 | 31 | 23 | 18 | 0 | 21 | 242 | |
| 70% | 3級 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.012 |
| | 2級 | 7 | 14 | 8 | 30 | 19 | 7 | 19 | 16 | 12 | 5 | 0 | 9 | 146 | |
| 80% | 3級 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.008 |
| | 2級 | 0 | 2 | 5 | 17 | 13 | 7 | 9 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 54 | |
| 90% | 3級 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.004 |
| | 2級 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | |

表7-3-1(2) PARAMETER 変化による超過MESH数 (b=0.90)

12区MESH総数496

| 地域別減率 | 目録 | 市区毎の超過MESH数 | | | | | | | | | | | | 計 | a |
|-------|----|-------------|----|---|----|----|---|----|----|----|----|----|----|-----|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | |
| 0% | 3級 | 13 | 27 | 8 | 43 | 28 | 7 | 34 | 33 | 23 | 38 | 0 | 30 | 284 | 2.500 |
| | 2級 | 24 | 34 | 8 | 56 | 45 | 7 | 37 | 33 | 23 | 71 | 33 | 69 | 440 | |
| 10% | 3級 | 11 | 22 | 8 | 39 | 25 | 7 | 30 | 31 | 23 | 26 | 0 | 21 | 243 | 0.076 |
| | 2級 | 24 | 34 | 8 | 56 | 45 | 7 | 37 | 33 | 23 | 65 | 27 | 49 | 408 | |
| 20% | 3級 | 11 | 19 | 8 | 36 | 24 | 7 | 26 | 25 | 23 | 20 | 0 | 18 | 217 | 0.065 |
| | 2級 | 24 | 34 | 8 | 56 | 45 | 7 | 37 | 33 | 23 | 61 | 15 | 42 | 385 | |
| 30% | 3級 | 9 | 13 | 8 | 32 | 21 | 7 | 20 | 17 | 17 | 15 | 0 | 12 | 171 | 0.055 |
| | 2級 | 21 | 34 | 8 | 56 | 43 | 7 | 37 | 33 | 23 | 53 | 9 | 35 | 359 | |
| 40% | 3級 | 6 | 5 | 8 | 25 | 18 | 7 | 14 | 9 | 12 | 6 | 0 | 9 | 119 | 0.046 |
| | 2級 | 20 | 34 | 8 | 56 | 40 | 7 | 37 | 33 | 23 | 45 | 3 | 32 | 338 | |
| 50% | 3級 | 1 | 1 | 3 | 18 | 13 | 6 | 6 | 3 | 5 | 3 | 0 | 3 | 62 | 0.038 |
| | 2級 | 16 | 31 | 8 | 53 | 34 | 7 | 37 | 33 | 23 | 40 | 1 | 30 | 313 | |
| 60% | 3級 | 0 | 1 | 0 | 5 | 9 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0.030 |
| | 2級 | 12 | 28 | 8 | 43 | 28 | 7 | 34 | 33 | 23 | 26 | 0 | 23 | 265 | |
| 70% | 3級 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0.022 |
| | 2級 | 9 | 20 | 8 | 35 | 22 | 7 | 23 | 17 | 14 | 7 | 0 | 12 | 174 | |
| 80% | 3級 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.014 |
| | 2級 | 0 | 3 | 7 | 20 | 14 | 7 | 9 | 5 | 3 | 1 | 0 | 0 | 69 | |
| 90% | 3級 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.007 |
| | 2級 | 0 | 0 | 1 | 1 | 6 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | |

表7-3-1(3) PARAMETER 変化による超過MESII数 (b=0.85) 12区MESII総数496

| 地 域 削減率 | 階 級 | 市 区 毎 の 超 過 M E S I I 数 | | | | | | | | | | | | 計 | a |
|------------|-----|-------------------------|----|---|----|----|---|----|----|----|----|----|----|-----|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | |
| 0% | 3級 | 13 | 27 | 8 | 43 | 28 | 7 | 34 | 33 | 23 | 38 | 0 | 30 | 284 | 2.500 |
| | 2級 | 24 | 34 | 8 | 56 | 45 | 7 | 37 | 33 | 23 | 71 | 33 | 69 | 440 | |
| 10% | 3級 | 12 | 23 | 8 | 39 | 25 | 7 | 31 | 31 | 23 | 26 | 0 | 21 | 246 | 0.142 |
| | 2級 | 24 | 34 | 8 | 56 | 45 | 7 | 37 | 33 | 23 | 66 | 27 | 48 | 408 | |
| 20% | 3級 | 11 | 20 | 8 | 37 | 25 | 7 | 27 | 26 | 23 | 21 | 0 | 18 | 223 | 0.120 |
| | 2級 | 24 | 34 | 8 | 56 | 45 | 7 | 37 | 33 | 23 | 62 | 16 | 42 | 387 | |
| 30% | 3級 | 9 | 14 | 8 | 34 | 23 | 7 | 22 | 19 | 19 | 17 | 0 | 12 | 184 | 0.100 |
| | 2級 | 23 | 34 | 8 | 56 | 45 | 7 | 37 | 33 | 23 | 54 | 10 | 35 | 365 | |
| 40% | 3級 | 9 | 13 | 8 | 30 | 20 | 7 | 18 | 16 | 15 | 13 | 0 | 10 | 159 | 0.082 |
| | 2級 | 21 | 34 | 8 | 56 | 42 | 7 | 37 | 33 | 23 | 52 | 6 | 32 | 351 | |
| 50% | 3級 | 4 | 3 | 5 | 20 | 16 | 7 | 12 | 7 | 8 | 4 | 0 | 4 | 90 | 0.067 |
| | 2級 | 18 | 34 | 8 | 56 | 36 | 7 | 37 | 33 | 23 | 42 | 2 | 31 | 327 | |
| 60% | 3級 | 0 | 1 | 1 | 11 | 9 | 5 | 3 | 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | 35 | 0.052 |
| | 2級 | 13 | 29 | 8 | 48 | 31 | 7 | 35 | 33 | 23 | 27 | 0 | 25 | 279 | |
| 70% | 3級 | 0 | 1 | 0 | 1 | 4 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0.038 |
| | 2級 | 11 | 25 | 8 | 38 | 24 | 7 | 27 | 21 | 18 | 15 | 0 | 13 | 207 | |
| 80% | 3級 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.025 |
| | 2級 | 3 | 5 | 8 | 22 | 17 | 7 | 13 | 7 | 6 | 3 | 0 | 2 | 93 | |
| 90% | 3級 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.013 |
| | 2級 | 0 | 0 | 1 | 5 | 8 | 5 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | |

考慮する必要がある。

このような背景から、当該地域の削減SIMULATIONでは、以下の前提条件を設定し、より実現性のある削減量の割当てになるよう配慮する。

①発電所 1～3 社に対して「排煙脱硫装置」を設置する。

この場合、脱硫装置設置対象発電所の設定方法によって以下の 3 CASE に分類される。

- a. 発電所に削減対策を適用しない
- b. 発電所 1 工場に脱硫装置設置（間北）
- c. 発電所 3 工場に脱硫装置設置（間北，石洞口，外高橋）

② 2， 2/3 級基準目標に対しては、「南市熱電所」規模以上の大規模熱電供給SYSTEMを導入し、高濃度汚染地域を広い地域に渡って排除する。

中心区の西部地域に存在する高濃度汚染地域内の工場に対して、高温高压水による大規模集中供熱SYSTEMを導入する

図7-3-4 に高温高压水による大規模集中供熱SYSTEMの計画概要を示す。

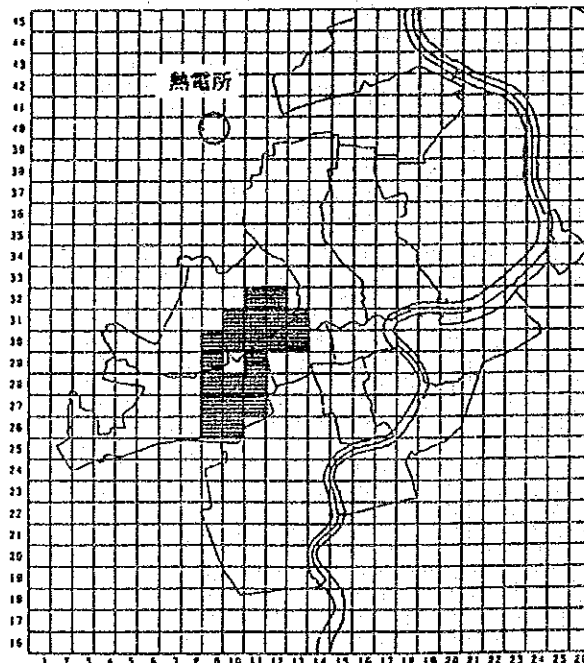


図7-3-4 大規模熱電所と2000年までの供給範囲

③また、特定・中小等の一般工場に対しては、将来に向けて流動燃焼、石灰吹き込み装置等の脱硫設備を有するBOILERの普及促進を図る。

7.3.2 目標削減量の算出

(1) 目標削減量算出方法の概略

上海市の2000年における将来環境予測結果（未対策将来）と前節で整理した削減SIMULATIONの基本的検討結果を基に、本格的な削減量の算出計算を実施する。

表7-1-2 で示したように上海市の将来に対して3つの目標が設定されている。再度整理すると、目標値は、

- ①全2級目標 …… 対象地域において全域2級基準を達成する。
- ② 2/3級目標 …… 大部分2級基準で、一部3級基準を達成する。
- ③全3級目標 …… 対象地域において全域3級基準を達成する。

である。

一方、これらの目標値の達成を可能にする対策案を、

- a. 発電所対策無し
- b. 発電所1工場排煙脱硫
- c. 発電所3工場排煙脱硫

の3CASEに大きく分類し、上記3目標・3対策CASEに対応した合計9種類の削減案（削減量）を算定する。

なお、全2級と2/3級に対する削減案には、目標を効果的に達成するための対策として高濃度地域への大規模な集中供熱の導入を前提とした削減SIMULATIONを実施する。

目標削減量算出の概略FLOW-CHARTは、以下のとおりである。

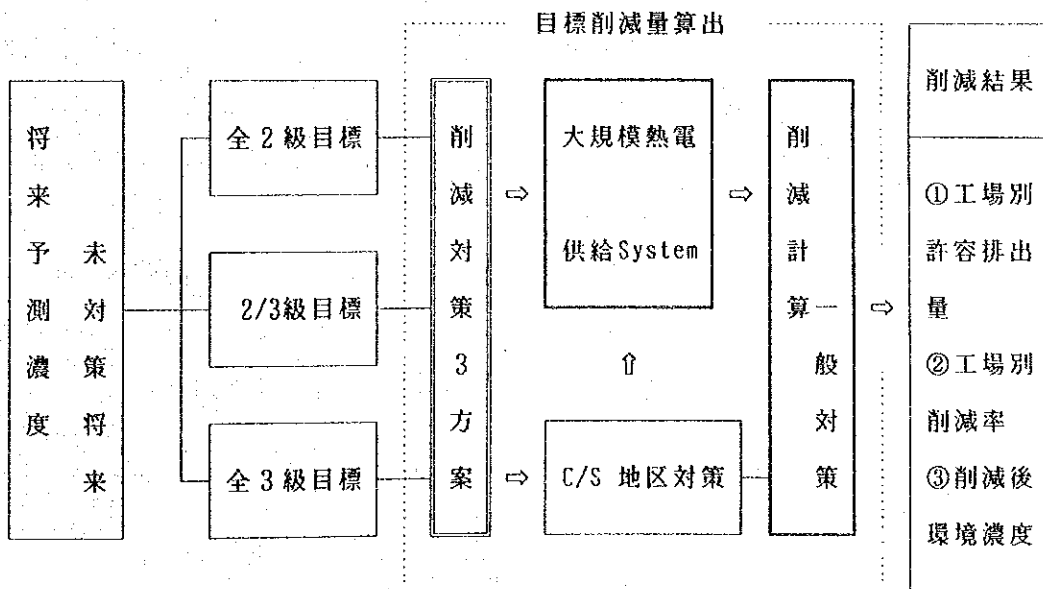


図 7-3-5 目標削減量算出FLOW-CHART

(2) 目標削減量の算出

表7-3-2～表7-3-4は、3目標3対策CASEに基づく9CASEの削減計算を実施した結果である。表中では、3目標毎にそれぞれ3対策CASEを適用した時の「総排出量」、「環境目標値適合状況」等を示している。

目標値の適合判定基準は、全2級と2/3級が年平均 $0.06\text{mg}/\text{m}^3$ 、全3級が $0.10\text{mg}/\text{m}^3$ である。

また、削減率の判断基準は、予備的検討結果から得られた知見をもとに、非適合地域が市の中心区内の工業地域等に局所的に残存する段階を目安とした。

この判断基準は、工業地域の環境基準値を満足させるために削減率を上げた場合、その他地域の工場に対する削減率が過剰に課せられることを防止する観点から採用したものである。一般的に工業地域等の発生源集中地区の汚染構造をみると、周辺工場からの影響を強く受けて局地的な傾向を示していることが多く、むしろ集中供熱等の特殊対策によって解決すべき問題と考えられる。

環境目標値適合状況にみられるように、全2級目標では、中心区の工業集中地域に一部超過MESHが存在しているが、大部分は基準値の範囲内にあり、将来大規模集中供熱地域が拡大された場合はこれらの超過MESHも高い確率で環境基準を満足する可能性があると考えられる。

全3級目標のCASEもほぼ同様で、工業集中地域に対するこれ以上の過大な削減は効果的でない判断される。

一方、2/3級目標のCASEでは、図7-3-6に示す地域を暫定3級基準目標地域と仮定した。この理由は、①図中の地域を2級基準適合地域とした場合、必要削減量において全2級目標との差が無くなり、2/3級の検討意義が薄くなること、②工業地区内の3級目標は止むを得ない状況であること、また、③削減後の環境濃度結果（後述の図7-3-8）をみても、超過濃度の殆どが $60\sim 65\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲内にあり、今後の大規模集中供熱地域の拡大によって大幅な環境改善が期待できること等である。

硫酸化物削減対象工場の削減前における排出総量は約 $60\text{t}/\text{時}$ であるが、排煙脱硫3工場の対策を採用し、且つ、それ以外の一般工業に対して削減対策を適用するCASEでは、約 $30\text{t}\sim 34\text{t}/\text{時}$ と50%以上の削減効果が期待される。

表 7-3-2 環境目標値適合状況 (全2級)

| 対策CASE | 削減対象工場の排出総量 | | 2級環境基準値超過MESH数 (行政区別) | | | | | | | | | | | | Q = a w ^{0.95} | | |
|-----------|------------------|------------------|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------------------|-----|---|
| | 削減前総量A (kg/時) | 削減後総量B (kg/時) | 削減率 1-B/A % | 黄浦 | 南市 | 盧湾 | 徐汇 | 長寧 | 静安 | 普陀 | 閘北 | 虹口 | 楊浦 | 閔行 | | 呉淞 | 計 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a. 排脱0発電所 | 59,974 | 49,785 | 17 | 24 | 34 | 8 | 56 | 45 | 7 | 37 | 33 | 23 | 73 | 69 | 87 | 496 | |
| b. " 1 " | " | 45,871 | 24 | 1 | 4 | 3 | 15 | 1 | 0 | 0 | 1 | 5 | 3 | 0 | 4 | 37 | |
| c. " 3 " | " | 26,556 | 56 | 1 | 4 | 3 | 13 | 1 | 0 | 0 | 1 | 4 | 2 | 0 | 4 | 33 | |

表 7-3-3 環境目標値適合状況 (2/3級)

| 対策CASE | 削減対象工場の排出総量 | | 2級環境基準値超過MESH数 (行政区別) | | | | | | | | | | | | Q = a w ^{0.95} | | |
|-----------|------------------|------------------|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------------------|-----|---|
| | 削減前総量A (kg/時) | 削減後総量B (kg/時) | 削減率 1-B/A % | 黄浦 | 南市 | 盧湾 | 徐汇 | 長寧 | 静安 | 普陀 | 閘北 | 虹口 | 楊浦 | 閔行 | | 呉淞 | 計 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a. 排脱0発電所 | 59,974 | 51,039 | 15 | 24 | 34 | 8 | 56 | 45 | 7 | 37 | 33 | 23 | 73 | 69 | 87 | 496 | |
| b. " 1 " | " | 47,121 | 21 | 7 | 9 | 6 | 16 | 17 | 7 | 9 | 16 | 9 | 3 | 0 | 0 | 99 | |
| c. " 3 " | " | 27,807 | 54 | 5 | 9 | 6 | 14 | 14 | 7 | 3 | 12 | 9 | 3 | 0 | 0 | 82 | |

表 7-3-4 環境目標値適合状況 (全3級)

| 対策CASE | 削減対象工場の排出総量 | | 3級環境基準値超過MESH数 (行政区別) | | | | | | | | | | | | Q = a w ^{0.95} | | |
|-----------|------------------|------------------|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------------------|-----|---|
| | 削減前総量A (kg/時) | 削減後総量B (kg/時) | 削減率 1-B/A % | 黄浦 | 南市 | 盧湾 | 徐汇 | 長寧 | 静安 | 普陀 | 閘北 | 虹口 | 楊浦 | 閔行 | | 呉淞 | 計 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a. 排脱0発電所 | 59,974 | 53,593 | 11 | 24 | 34 | 8 | 56 | 45 | 7 | 37 | 33 | 23 | 73 | 69 | 87 | 496 | |
| b. " 1 " | " | 49,051 | 18 | 0 | 1 | 0 | 3 | 5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | |
| c. " 3 " | " | 29,793 | 50 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | |

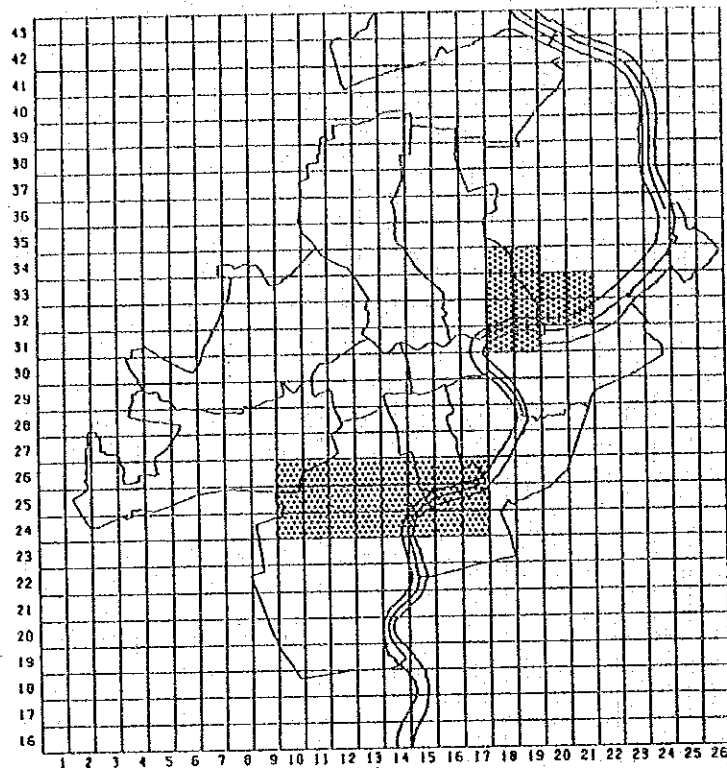


図7-3-6 2/3級目標における3級地域の設定

表7-3-5 に削減対象工場のうち発電所を除いた一般工業に関して集計した削減前後の排出量表を示す。一般工業に係る削減率は、発電所の排煙脱硫装置の設置状況に応じて異なる。例えば、排脱3発電所と0発電所の比較では、一般工業に対する削減率に10%程度の差が生じている。これは、排脱3発電所のCASEの方がより広域的に環境濃度を削減する効果を持っていることを示している。

また、2級や2/3級目標と3級目標の比較では、当然ながら、3級目標の方が低い削減率になっている。

表7-3-5 発電所を除く一般工業の削減前後排出量 単位:Kg/時

| 目標 | CASE | 排脱0発電所 | | 排脱1発電所 | | 排脱3発電所 | |
|---------|--------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|
| | 削減前(A) | 削減後(B) | 削減率 1- B/A | 削減後(B) | 削減率 1- B/A | 削減後(B) | 削減率 1- B/A |
| 全 2 級 | 12550 | 3758 | 0.70 | 4387 | 0.65 | 5012 | 0.60 |
| 2 / 3 級 | 12550 | 5012 | 0.60 | 5637 | 0.55 | 6263 | 0.50 |
| 全 3 級 | 13745 | 7571 | 0.55 | 7571 | 0.45 | 8254 | 0.40 |

注) 2級や2/3級目標の削減前排出量は、大規模集中供熱の導入に伴う供給地域排出量を含まない。

(3) 規制基準式の削減PARAMETER

前述の環境目標を達成するための規制基準式を以下に整理して示す。

また、表7-3-6 は削減PARAMETER(a, b) をまとめたものである。

総量規制基準式

$$Q = a W^b$$

ここで、Q：硫黄酸化物許容排出量 (Kg/時)

W：標準石炭換算燃料使用量(Kg/時)

a, b：削減PARAMETER (b = 0.95)

Wが 10^3 Kg(1t)/時未満の場合は b = 1.00

表7-3-6 総量規制基準式の削減PARAMETER aの値 ($a \times 10^{-3}$)

| 方案 目標 | 排煙脱硫0発電所 | | 排煙脱硫1発電所 | | 排煙脱硫3発電所 | |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | (a) (b=0.95) | (b) (b=1.00) | (a) (b=0.95) | (b) (b=1.00) | (a) (b=0.95) | (b) (b=1.00) |
| 全2級 | 9.1 | 6.4 (0.3) | 10.7 | 7.6 (0.4) | 12.3 | 8.7 (0.4) |
| 2/3級 | 12.3 | 8.7 (0.4) | 14.0 | 9.9 (0.5) | 15.8 | 11.2 (0.6) |
| 全3級 | 18.2 | 12.9 (0.7) | 18.2 | 12.9 (0.7) | 20.5 | 14.5 (0.7) |

注) () 内は、標準石炭換算時のS%。

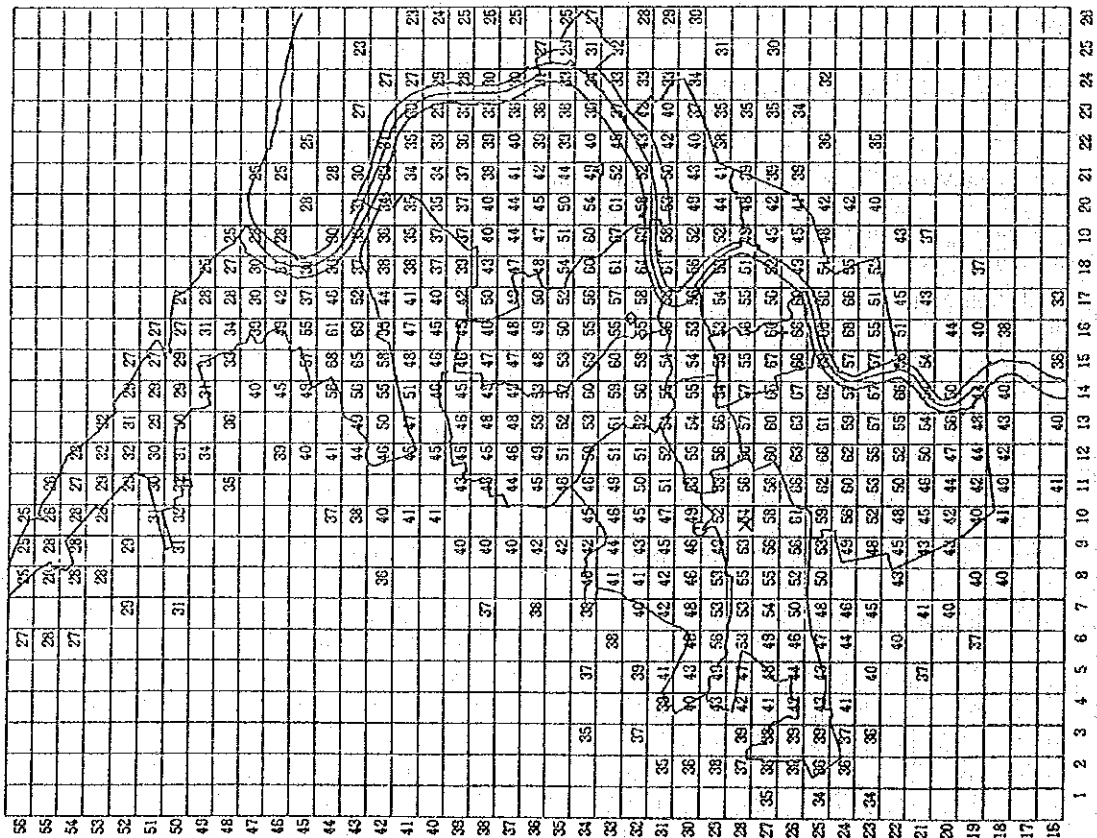
(a)は、 $W \geq 10^3$ Kg/時の工場を対象

(b)は、 $W < 10^3$ Kg/時の工場を対象

7.3.3 削減後の濃度分布

図7-3-7 ~図7-3-9 は、2級、2/3級、3級の各目標に対する削減方案の代表例を抽出して示した削減後の濃度分布である。

また、図7-3-10~図7-3-12に 2/3級目標の等濃度分布図を示す。



○ 白玉路
 △ 四洲
 + 羊毛衫十五厂
 × 武昌路
 ◇ 海關路

4.9 μg/m³
 4.9 μg/m³
 6.4 μg/m³
 5.4 μg/m³
 5.5 μg/m³

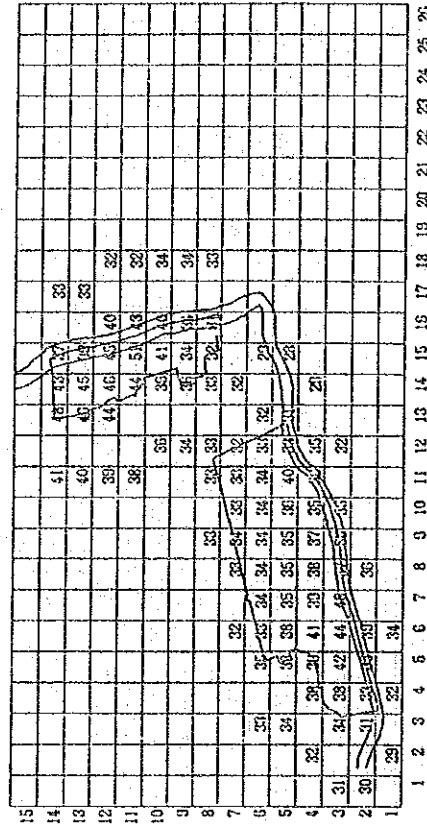


图 3-7 将来 (2000年) の削減後濃度 2 級目標 (排脱 3 工場 + 熱電供給 SYSTEM)

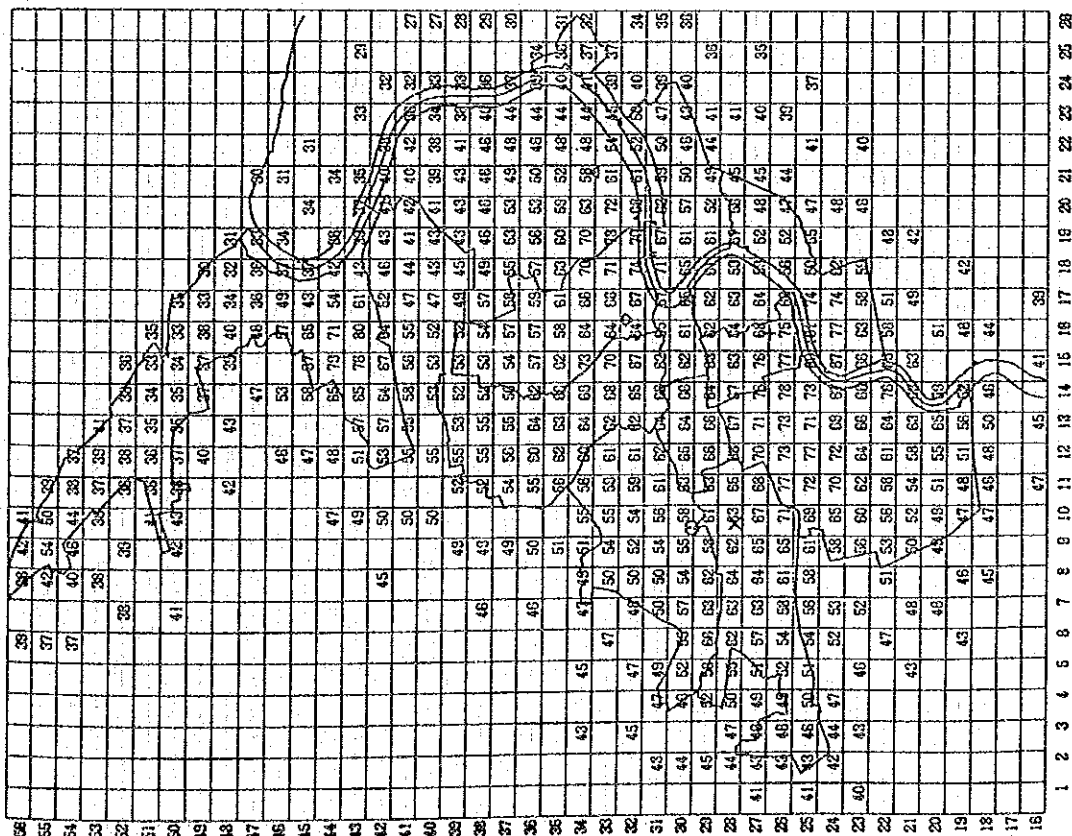
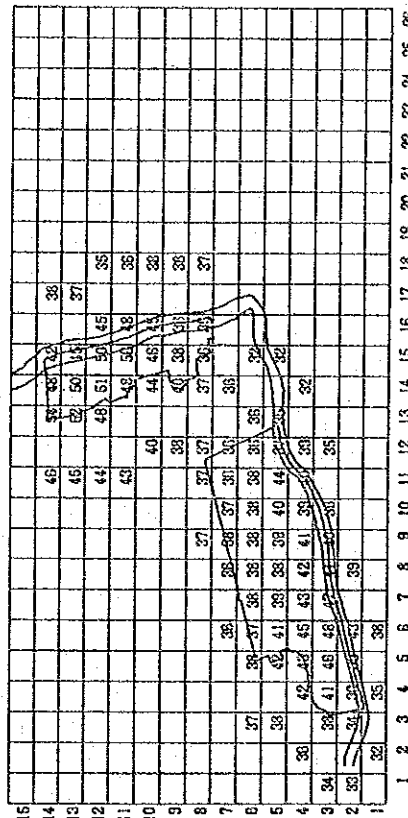
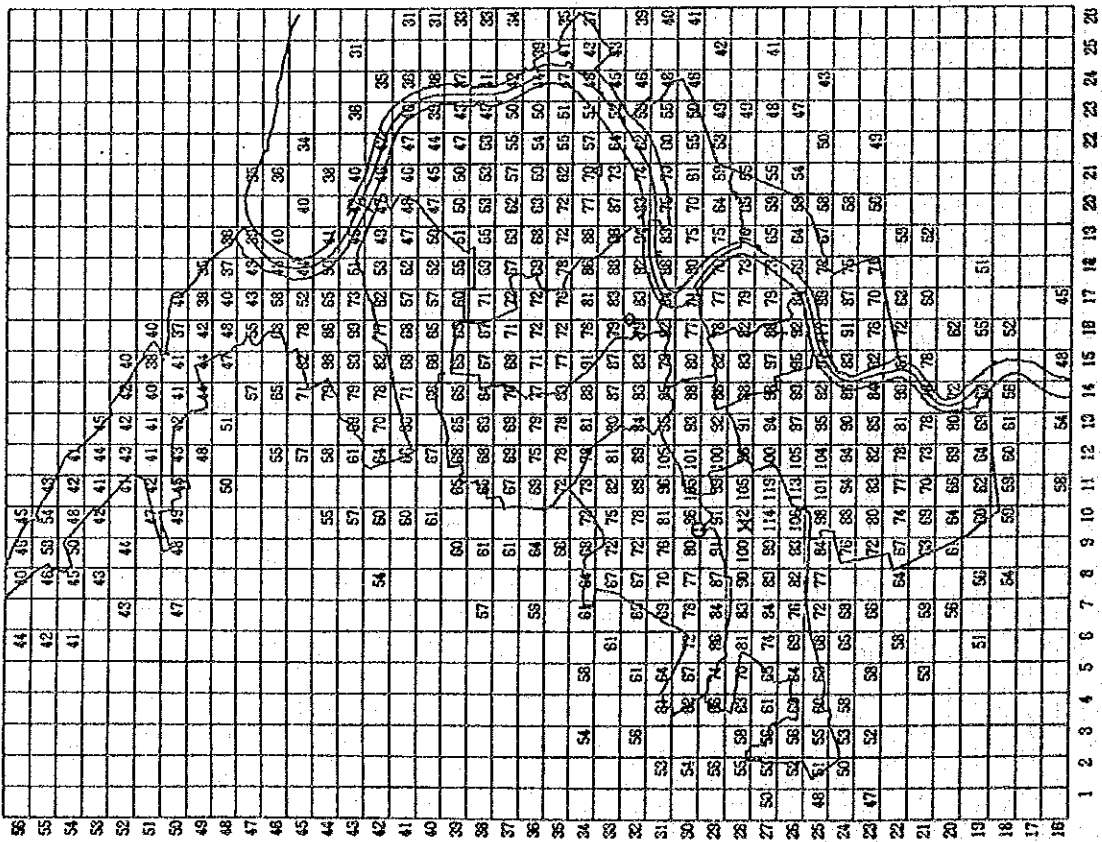


図7-3-8 将来 (2000年) の削減後濃度 2/3級目標 (排脱 I 工場 : 熱電供給SYSTEM)

58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

○ 白玉路
 △ 四塚
 + 羊毛衫十五厂
 × 武英路
 ◇ 海南路





85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 115 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

○ 白玉路
 △ 西標
 + 芋毛杉十五厂
 × 武次路
 ◇ 海南路

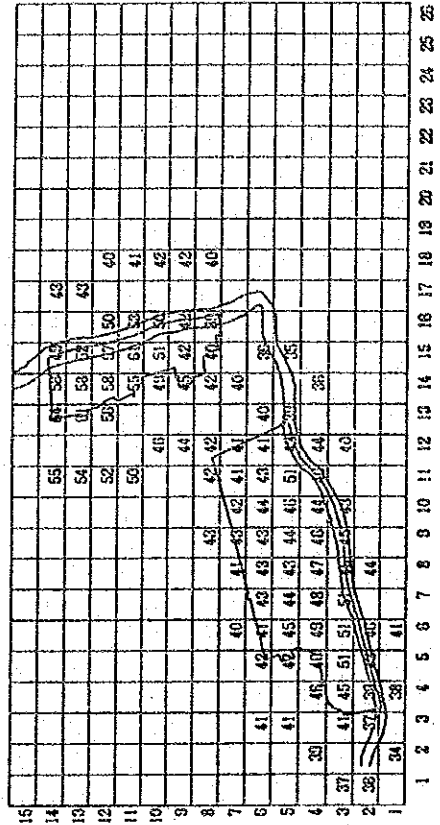


图7-3-9 将来(2000年)の削減後濃度 3級巨標(排脱0工場)

将来(2000年)削減後(建設工出無し、2級基準、熱電併給システム) SO₂ (μg/m³) 等濃度分布図

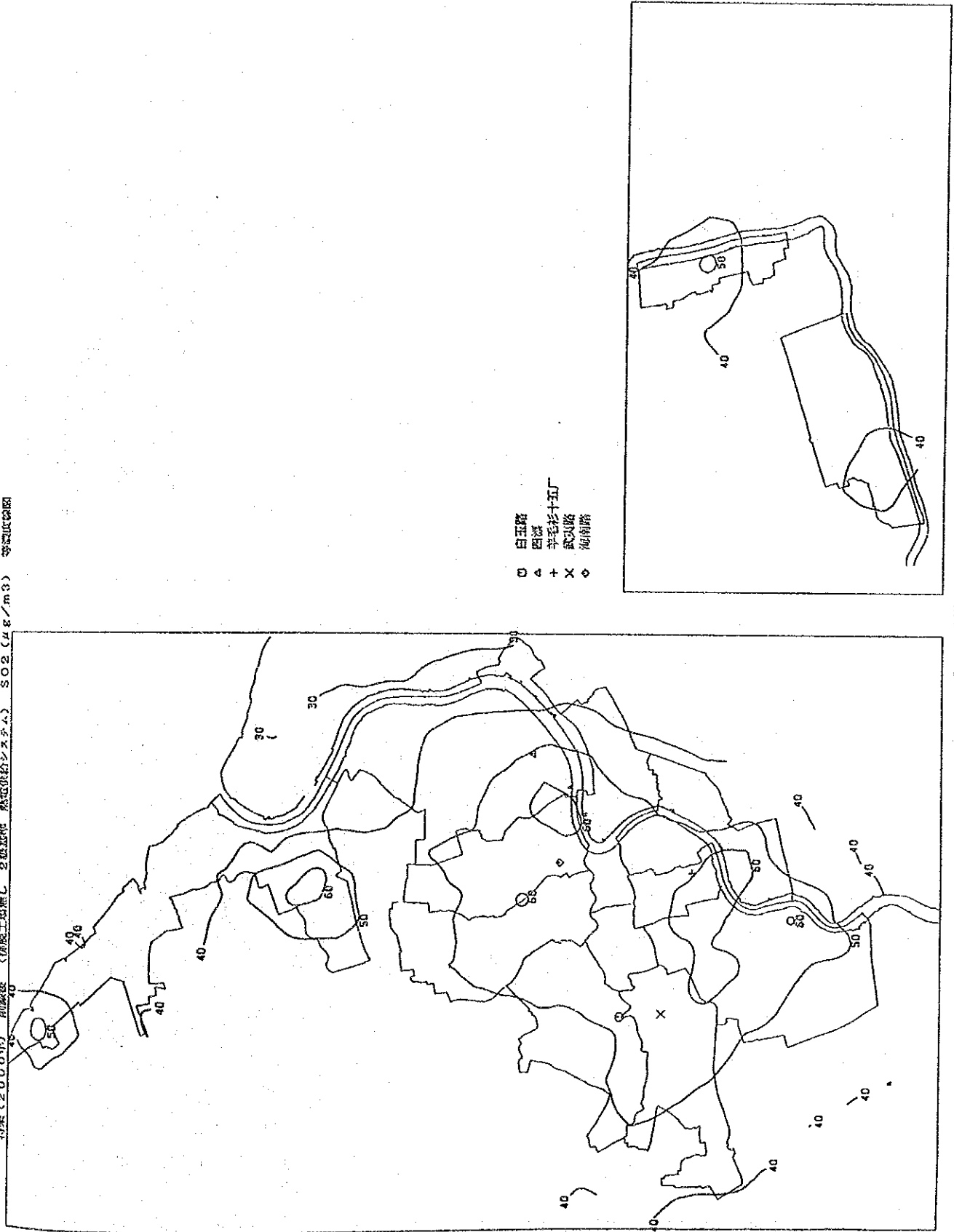
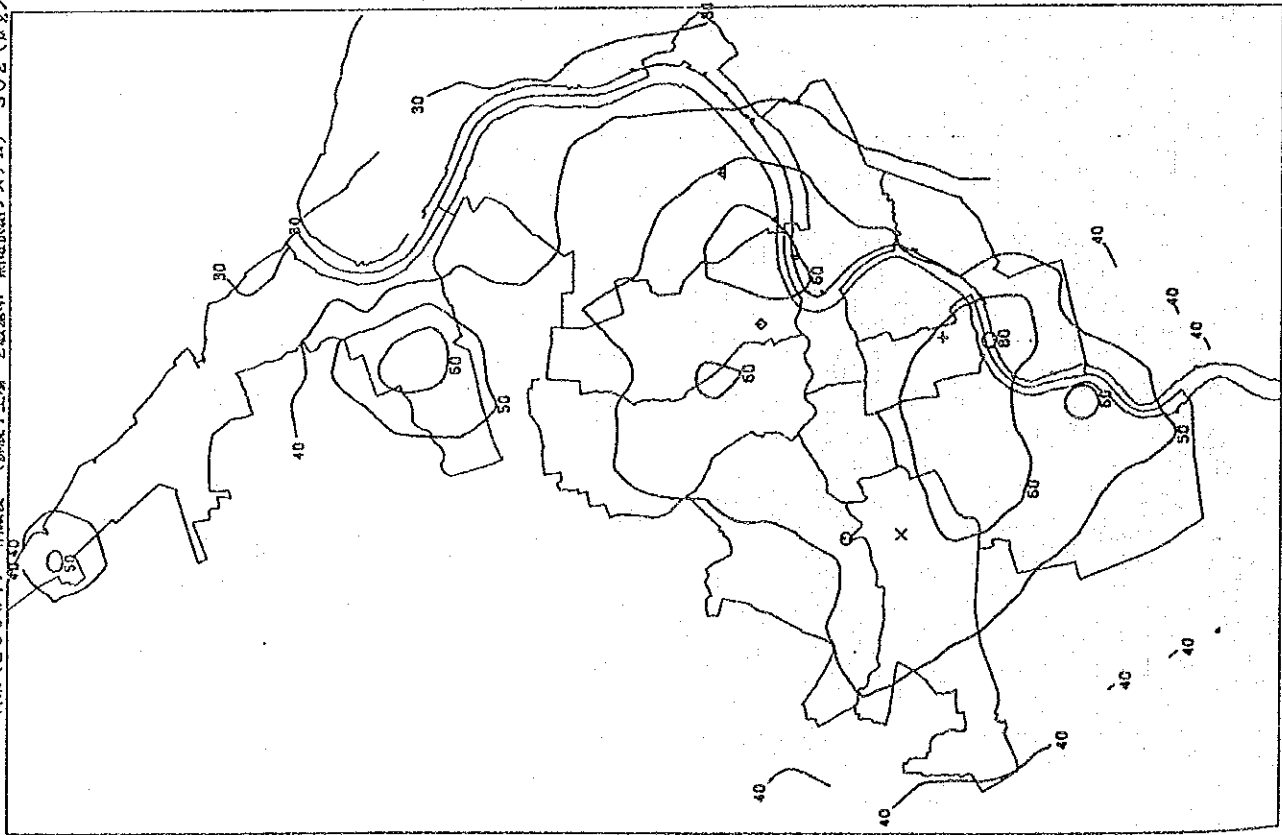


図 7-3-10 将来(2000年)の削減後のSO₂の年平均濃度分布2/3級目標(排脱0発電所)



- 白玉路
- △ 四宮
- + 幸毛杉十五丁
- X 武蔵野線
- ◇ 海防路

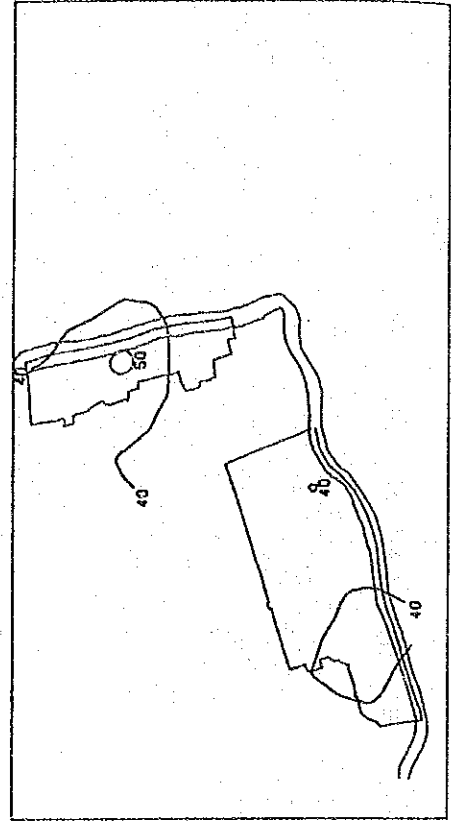
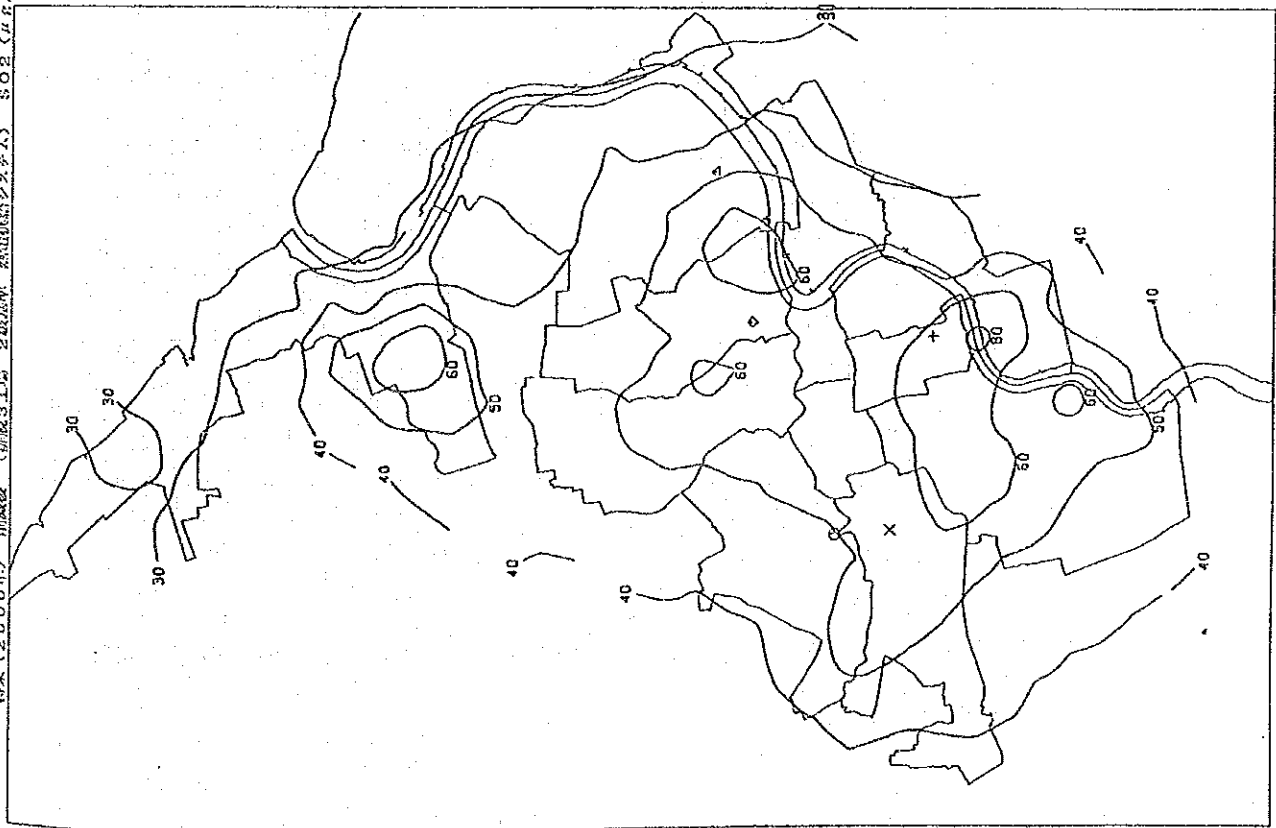


図 7-3-11 将来(2000年)の削減後のSO₂の年平均濃度分布2/3級目標(排気1発電所)

17% (2.0.0.0.1E) 削減率 (削減3工場 2.4E2E4E 削減率65%と2.4E) SO₂ (μg/m³) 等値線図



- 白玉路
- △ 西原
- + 羊毛衫十五厂
- ◇ 海府路

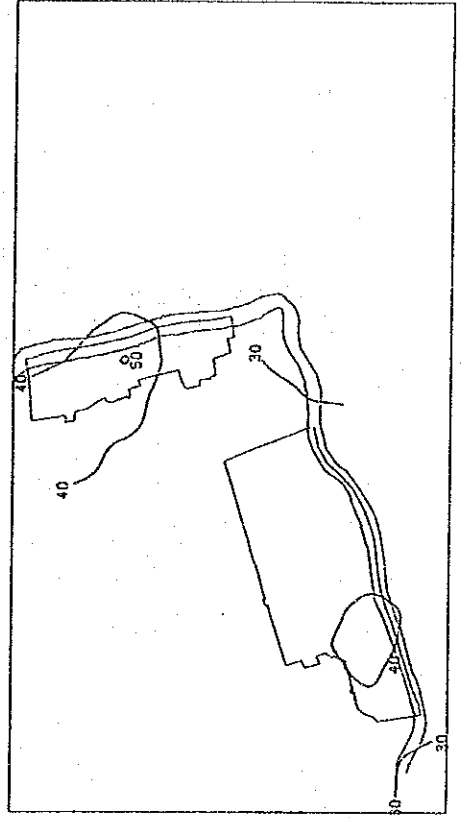


図 7-3-12 将来 (2000年) の削減後のSO₂ の年平均濃度分布 2 / 3 級目標 (排脱 1 発電所)

7.4 削減対策案の検討 (MASTER PLAN)

7.4.1 削減方法の選定

(1) 選定の基本方針

SO_x の削減方法は、第6章で述べたように各種の方法があり、その削減効果も表6-9-1に示したように異なり、削減経費も大幅に異なる。したがって、削減方法の選定には、原則としてなるべく安価でしかも削減効果の大きい方法を選ぶ必要があるが、削減量に応じて適用可能な削減方法が限定されており、また、上海市において実施可能な削減方法でなければ採用できないなどの制限もある。そこで、上記の観点から十分検討して削減方法を選定することを基本方針とする。

(2) 削減方法の選定順位

MASTER PLAN は、上海市の市区内を対象としたもので、大小各種の発生源施設があり、BOILER及び工業用炉、民生及び家庭用炉に区別される。

SO_x の各削減方法には、その特性により適用可能な削減範囲、発生源の条件(種類、規模等)があるが、表7-4-1にこれらの発生源施設に適用可能と考えられる削減方法を発生源施設別・削減率(%)別に経費順位に従って示す。

表 7-4-1 SO_x 削減方法の施設別・削減率別選定順位

| 削減率 経費順位 発生源施設 | 50%以下 | | | | 50~90% | | 90%以上 | | |
|------------------------|-------|---------------|---------------|---------------|-------------|-----------|--------------|-----------|------|
| | ① | ② | ③ | ④ | ① | ② | ① | ② | ③ |
| 発電用BOILER | 低硫黄炭 | 省ENERGY | 高煙突化 | - | 石炭→ 重油 | 流動燃焼 | 排煙脱硫 | COM | - |
| 工業用BOILER (大型>4t/時) | 同上 | 同上 | 角管式 BOILER | 高煙突化 | 同上 | 同上 | 集中供熱 | 排煙脱硫 | 工場移転 |
| 同上 (小型<4t/時) | 同上 | 石炭→ PELLET | 省ENERGY | 角管式 BOILER | 同上 | 同上 | 同上 | 工場移転 | - |
| 工業用炉 (大型) | 同上 | 省ENERGY | 高煙突化 | - | 同上 | - | 排煙脱硫 | 同上 | - |
| 同上 (小型) | 同上 | 石炭→ PELLET | 省ENERGY | 高煙突化 | 石炭→ COKE | 石炭→ 重油 | 石炭→ 都市GAS | 石炭→ 電力 | 工場移転 |
| 民生用炉 かまど | 同上 | 同上 | - | - | 同上 | - | 同上 | - | - |
| 家庭用炉 かまど | 低硫黄煉炭 | 同上 | - | - | - | - | 同上 | - | - |

(注) 1) 経費順位は①<②<③<④の順とするが、参考値である。
 2) 低硫黄炭はS分1%以下。 3) 都市GASは液化石油GASを含む。
 4) 工業用炉(大型)は燃料使用量2,000t/年以上、同じく(小型)は2,000t/年以下とする。

これらの方法の中には実際には適用困難なものもあるので、以下に実施に際して留意すべき事項を述べる。

- 1) 低硫黄炭：供給量の確保
- 2) 省ENERGY：新しい施設ではかなり実施されており、今後余り期待できない。経費が比較的安価な燃焼方式の改善として空気比の制御に重点をおくことが望まれる。
- 3) 高煙突化：比較的安価な方法で、他の方法が適用できない場合に用いる。
- 4) 燃料転換：重油への燃料転換は困難であり、一部の施設に限られる。
- 5) 流動燃焼：今後注目すべき方法であり、新設のBOILERに利用することが望まれる。なお、BOILER以外の焼却炉にも利用されているので、工業用炉の一部にも利用可能か否か検討する必要がある。
- 6) 角管式BOILER：簡単に脱硫できるので新設のBOILERには採用した方がよい。
- 7) PELLET：石灰石を混合する方法は現在用いられていないが将来利用の価値があるものと考えられ、試験研究を進める必要がある。
- 8) 集中供熱：熱电厂から蒸気を供給する集中供熱は実績があり、今後も蒸気又は高温高圧水（後述）の供給は推進すべき方法である。なお、大型のBOILERによる集中供熱も検討すべきである。
- 9) 排煙脱硫：今後の対策に利用する方法で、大型の発生源に適用することを検討する必要がある。
- 10) 都市GAS：民生、家庭用以外にも利用面を拡げることが望ましい。供給量の確保が問題である。
- 11) C O K E：一部の工業用炉に利用面を拡げることが望ましい。
- 12) 電 力：供給量は国の上位計画に左右されるので、ごく一部に限られる。
- 13) C O M：発電、鉄鋼、CEMENT炉に利用できるが、重油を必要とするのが問題であり、また排煙脱硫が必要となる。
- 14) 工場移転：移転は困難であり、経費も高くなる点が問題である。

なお、削減対策の実施は、SO_x 汚染の激しい地域から重点的に実施する必要がある、拡散 SIMULATION の結果から、必要削減率に対応した削減方法を選定する。

(3) 高温高圧水の供給について

2級基準を達成するCASEにおいては、静安区、普陀区、および長寧区の汚染地域に高温高圧水を供給する事が大気汚染対策上、有効である。上海市で検討中の案について日中双方で大気汚染対策としての必要性和計画概要を検討した。

大規模熱電所と供給範囲を図 7-4-1に、計画概要を表 7-4-2に示す。

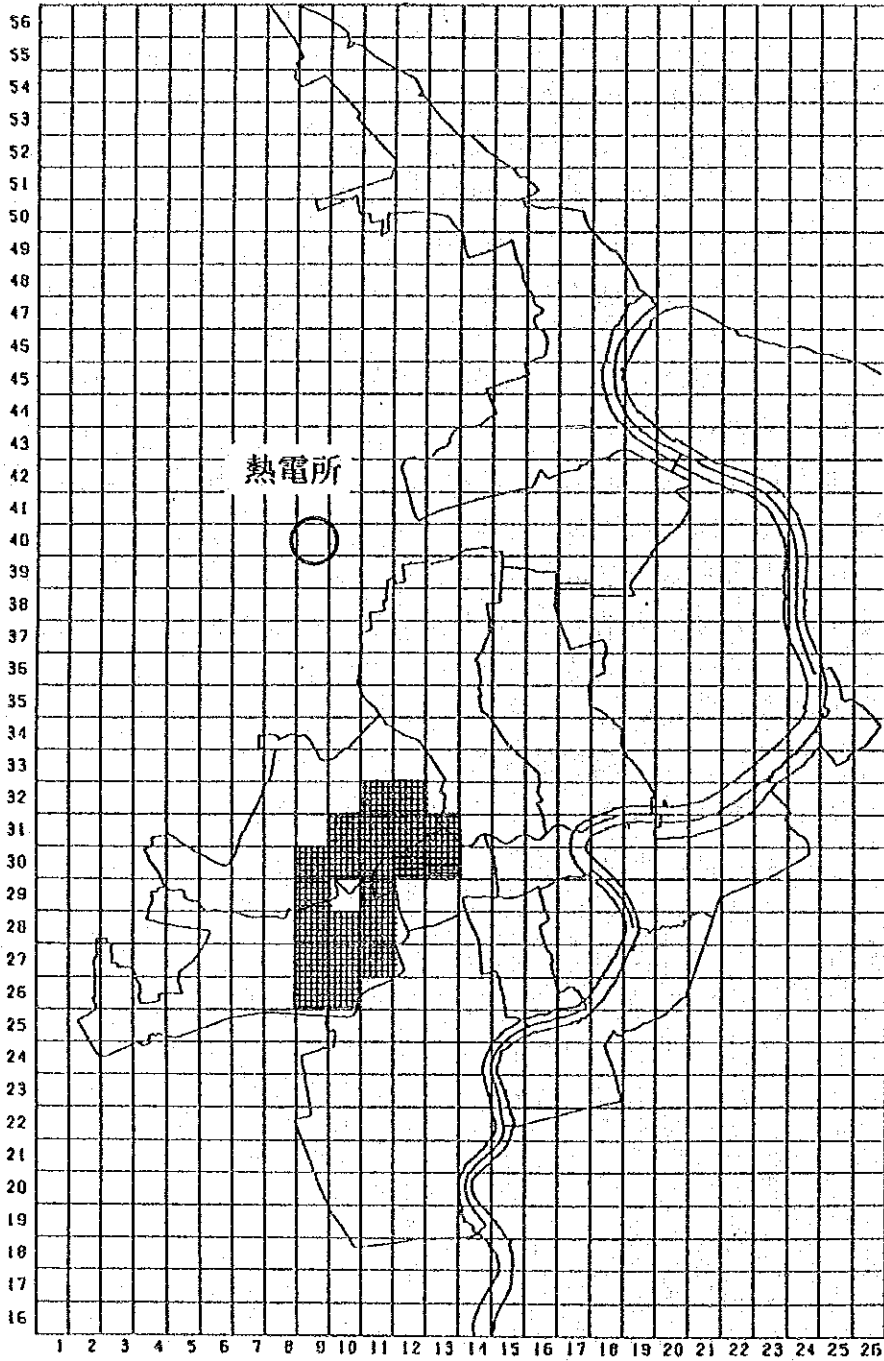


図7-4-1 大規模熱電所と2000年までの供給範囲

表 7-4-2 高温高压水供給熱電所計画概要

| | 必要量、能力 | 備 考 |
|-----------|---|--|
| 供給範囲と対象 | 静安区、普陀区及び長寧区の 汚染地域約21Km ² BOILER標準石炭62.1(万t/年) 必要蒸気量 561(t/時) | 内20%は1t/時未満BOILER |
| 新設熱電所能力 | 設計能力 803(t/時) 発電量換算 12.5(万KW) | $62.1(万t/年) \times \frac{330(t/時)}{25.5(万t/年)}$ * $803(t/時) \times \frac{2.6(万KW)}{170(t/時)}$ * |
| 建設費用 | 熱電所 2.34(億元) 主管 6.000(万元) 支管 4.200(万元) | $1.2 \times 12.5(万KW) \times 1.500(元/KW)$ 20%のその他費用を含む。 $30(Km) \times 200(万元/Km)$ $21(Km^2) \times 200(万元/km^2)$ |
| * 南市熱電所の例 | 設計能力 330(t/時) 発電規模 2.6(万KW) | 標準石炭使用量 25.5(万t/年) 供給蒸気量 170(t/時) |

7.4.2 削減対策案（組み合わせ）の選定

拡散SIMULATIONから算出された工場毎の必要削減量（率）に対応した削減方法を選定する。この場合、1つの削減方法で達成できる場合もあるが、削減率が大きくなると、2～3の削減方法を組み合わせる方が有利な場合もある。

必要削減率を達成するための削減方法の選定及び組み合わせは、表 7-4-1に示す削減率に対応する各発生源施設ごとの削減方法から選定すればよい。ただし、削減率に対応する削減方法のうち、どの方法を選ぶか、また、どの方法を組み合わせるかは十分検討する必要がある。この場合、7.4.1に述べた選定の基本方針及び実施に際しての留意事項に従って選定することになるが、特に経費が安価で実施可能な方法を選定する。

表 7-4-3に以上を考慮して整理した実用性が高いと考えられる削減方法とその削減率を示す。対策案の要素となる工場毎の削減方法は同表に示す方法から選定する。

表 7-4-3 SOx の削減方法と削減率

| 施設 | 削減率 順位 | 50%以下 | | | 50%超～90%未満 | | 90%以上 | | |
|----------------------------|------------------------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|-------------|-------|-------|------|
| | | ① | ② | ③ | ① | ② | ① | ② | |
| B O I L E R | 発電用 | 削減方法 | 省ENERGY (石炭) | 高煙突化 | — | — | — | 排煙脱硫 | — |
| | | 削減率 | 10% | — | — | — | — | 90%以上 | — |
| | 工業用 4t/時超 | 削減方法 | 省ENERGY (石炭) | 角管式BOILER (石灰石) | — | 流動燃焼 | 石炭→油 | 集中供熱 | 工場移転 |
| | | 削減率 | 10% | 50% | — | 50～90% | 90% | 100% | 100% |
| | 工業用 4t/時以下 | 削減方法 | 省ENERGY (石炭) | 石炭→ PELLET | 角管式BOILER (石灰石) | 流動燃焼 | 石炭→油 | 集中供熱 | 工場移転 |
| | | 削減率 | 10% | 40% | 50% | 50～90% | 90% | 100% | 100% |
| 工 業 用 炉 | 大型 燃料使用量 2千t/年以上 | 削減方法 | 省ENERGY (石炭) | — | — | 石炭→油 | — | 工場移転 | — |
| | | 削減率 | 10% | — | — | 90% | — | 100% | — |
| | 小型 燃料使用量 2千t/年未満 | 削減方法 | 省ENERGY (石炭) | 石炭→ PELLET | — | 石炭→ COKE | 石炭→油 | 工場移転 | — |
| | | 削減率 | 10% | 40% | — | 50% | 90% | 100% | — |

(注) ①、②、③は経費の小さい順位を示す。

なお、表 7-4-3の作成に当り、除外した削減方法とその理由は以下のとおりである。

- ① 低硫黄炭の導入 — 供給の確保が困難
- ② 高煙突化 — 關北発電所の高煙突化のみ
(工場毎に敷地検討等の必要がある。)
- ③ 集中供給 — 大規模熱電所とC/S地区対策として検討
- ④ 排煙脱硫 — 3発電所だけに適用を検討
(上海市の実情から中小工場への導入は困難である。)
- ⑤ 都市 GAS化 — 民生・家庭に既に計画されている。(工業用には供給量が問題)
- ⑥ 電力 — 適用は困難
- ⑦ COM — 適用は困難(重油が大量に必要)

工場毎に検討する削減方法は省ENERGY、PELLET化、ENERGY転換、工場移転、流動燃焼及び角管式BOILER(石灰石吹き込み)の6種類である。

工場毎の必要削減率を達成出来る単一方法が幾通りか有る場合、経費の最小のものを選択する。単一方法では達成出来ない場合は、技術的に組み合わせ可能な2種類の方法を選択する。

7.4.3 対策経費の算出方法

MASTER PLANにおける対策経費（概算費用）は各対策別に次のように整理したものをを用いる。ここでは対策経費に係る評価基準の統一のため、対策の種類により設備等の耐用年数が異なることを考慮した一年当たりの投資費用と燃料費等の差額費用（年間）を加算したものを単位年当たりの対策経費とする。

〔一年当たりの投資費用計算方法〕

$$X = \frac{A r (1+r)^N}{(1+r)^N - 1}$$

X：一年当たりの投資費用（元）

A：初期投資費用（元）

r：金利（10%）

N：耐用年数

（参考）1年分の換算比

| N | 15 | 20 | 30 |
|-----|-------|-------|-------|
| X/A | 0.131 | 0.117 | 0.106 |

また、日本円から中国元への換算は1元/40円とし、各対策別の経費の識別のために、（A. 投資費用, B. 燃料費等の差額, N. 耐用年数）等の記号を使用する。

(1) 省ENERGY

A. 投資費用は石炭節約 1 t 当たり 500元/t

N. 15年と仮定

(2) 都市 GAS化

A. 260元/供給能力 (m³/日) 工場建設費 (配管費含まず)

B. 増 — 0.25元/m³ 減 — 現在の燃料費

N. 30年と仮定

(3) 石炭のPELLET化

A. 250万元/10万t/年 PELLET供給量

(発熱量は石炭1tがPELLET 1.1tと同じ)

B. 増 — 115元/PELLET(t) 減 — 84元/石炭(t)

N. 20年

(4) 燃料転換

A. 1万2千元 1t/時 BOILER

2万元 4t/時 BOILER

B. 増 — 転換後の燃料費 減 — 転換前の燃料費

(5) 集中供熱

- A. BOILER室等建設費 19.5万元/BOILER1t 予備BOILERを含む。
配管建設費 200万元/km 1MESH当たりと考える。
B. 減 — 転換前の燃料費の20% (集中供熱によって燃料は20%節減)
N. 20年

(6) 工場移転

発生源DATAに記入されている工場敷地A (m²)を用いる。

- A. 1)建設費 建築面積は工場敷地の200%と仮定
新設工場分 400元/m²×2A
2)移転費 60元/m²×2A
3)土地取得費 46.5元/m²×A
4)住宅取り壊し及び建設費 130元/m²×A
5)合計 636.5/m²×A

N. 30年

(7) 高煙突化 建設費のみ (杭打費含まず)

- A. ① $1.0177 \times H^{2.562} + 1.0911 \times H^{2.562} \times \phi^{-0.1120}$ (元) (H=18~80m)
② $0.697 \times H^{2.3441} + 1.0062 \times H^{2.3441} \times \phi^{0.9031}$ (元) (H=80~210m)

H: 高度 (m), ϕ : 上部口径 (m)

N. 50年

(8) 角管式BOILERに石灰石吹き込み

- A. BOILER建設費 19.5万元/BOILER 1t 予備BOILER含む
B. 石灰石の費用 20元/石灰石(t) 石灰石70kg/石炭(t)
N. 15年

(9) 流動燃焼 円で算出 建設費

- A. BOILER建設費, 石炭粉碎機, 集塵装置含む
2000万円/1t/時 BOILER

N. 15年と仮定

(10) 排煙脱硫 (円で算出)

① 水酸化マグネシウム法 (電気集塵装置含む) (20t/時以下)

| BOILER (蒸気) | 処理GAS | A | B | | |
|----------------|----------------------|---------|--------|------|---------------------|
| | | 建設費(万円) | 電力 | 用水 | Mg(OH) ₂ |
| 10t/時 | 1万Nm ³ /時 | 7400 | 25Kw/時 | 2t/時 | 25Kg/時 |
| 20t/時 | 2万Nm ³ /時 | 12000 | 55Kw/時 | 4t/時 | 50Kg/時 |

工業用水 0.12元/t

Mg(OH)₂ 810元/t

② 半乾式 200t/時以上

| 処理GAS量 | A 建設費 | B 運転費 |
|-----------------------|-------|-----------------------|
| 20万Nm ³ /時 | 10億円 | 0.16円/Nm ³ |
| 40万Nm ³ /時 | 15億円 | |

③ 湿式石灰石法 (発電所)

$$C = 26.899 \times Q^{0.58} \quad C: \text{建設費(元)}, Q: \text{発電能力(kw)}$$

N. 15年と仮定

表7-4-4 燃料等諸元表

| 種類 | 発熱量Kcal | 価格 | 元/1万Kcal | 備考 |
|---------|---------------------|----------------------|----------|--------------|
| 石炭 | 4998/Kg | 84元/t | 0.17 | 平均価格 |
| 重油 | 10003/Kg | 497元/t | 0.50 | 非配給価格 |
| COKE | 6797/Kg | 143元/t | 0.21 | 非配給価格 |
| GAS(煤気) | 3850/m ³ | 0.25元/m ³ | 0.65 | 工業用 |
| 蒸気 | 720/Kg | 0.0158元/Kg | 0.22 | 21.9元/百万Kcal |
| LPG | 11998/Kg | 0.83/Kg | 0.69 | 工業用 |
| 電力 | 860/Kwh | 0.10/Kwh | 1.16 | 工業用 |

表7-4-5 大規模熱電所建設と発電所排煙脱硫の費用

| 対象 | | 規模 | 初期投資(万元) | 初期投資(万元) |
|--------|--------|---------------------|----------|----------|
| 大規模熱電所 | 発電所等 | 12.5万Kw | 23,400 | 2,480 |
| | 主管管 | 20Km | 10,200 | 1,194 |
| | 支管 | 面積21Km ² | | |
| 計 | | — | 33,600 | 3,674 |
| 排煙脱硫 | 關北発電所 | 120万Kw | 9,029 | 1,174 |
| | 石洞口発電所 | 360万Kw | 17,076 | 2,220 |
| | 外高橋発電所 | 240万Kw | 13,498 | 1,755 |
| | 計 | 720万Kw | 39,603 | 5,149 |

注) 排煙脱硫は湿式石灰石法による。

7.4.4 各対策案の費用

3つの目標と発電所排煙脱硫設置の有無に関する3方案の合計9 CASEの対策案について概算費用の総括表を表7-4-6に示す。

削減に要する対策費用は目標によって異なるが、1年間当たりの費用は16億元から2億元の範囲にある。

対策費用は目標2級、2/3級のCASEにおいて1電力排煙脱硫にすると、排煙脱硫しない場合に比べて約2億元安くなり、3電力排煙脱硫では5～6億元安くなる。また、目標3級のCASEでは排煙脱硫による対策費用の軽減は少ない。環境目標の2級と3級のCASEの比較では3級の場合が約1/5位の対策費になることが予測される。

表 7-4-6 対策案の概算費用総括表

| 目標 | 項目 | 排煙脱硫発電所 | | | 備考 |
|-------|-----------------------------|---------|---------------|-------------------------------|------------------------------|
| | | 無 | 1 発電所 (關北) | 3 発電所 { 關北 石洞口 外高橋 } | |
| 2 級 | 削減SO _x (千t/年) | 100.6 | 137.6 | 324.7 | 大規模熱電所 有 |
| | 対策費用 (億元/年) | 15.6 | 14.0 | 10.9 | |
| | 削減費 (元/SO _x ton) | 15.538 | 10.156 | 3.358 | |
| 2/3 級 | 削減SO _x (千t/年) | 86.4 | 125.4 | 308.6 | 大規模熱電所 有 |
| | 対策費用 (億元/年) | 10.4 | 8.1 | 4.2 | |
| | 削減費 (元/SO _x ton) | 12.025 | 6.436 | 1.360 | |
| 3 級 | 削減SO _x (千t/年) | 57.5 | 101.7 | 287.9 | 大規模熱電所 無 C/S 地区対策 有 |
| | 対策費用 (億元/年) | 2.9 | 3.0 | 2.4 | |
| | 削減費 (元/SO _x ton) | 5.047 | 2.968 | 834 | |

注) i) 2級、2/3級目標は高温高压水供給による削減SO_x量、費用を含む。

ii) 高温高压水供給によりCASE STUDY地区独自の対策は不要になる。

iii) 3級目標はCASE STUDY地区対策を含む。

iv) 面煙源の削減SO_x量、削減費用は含まない。

前述した9 CASEについて各対策案の対策内容とその費用を表7-4-7～表7-4-15に示す。

対策の削減効果（削減費＝対策費用/SO_x ton）を大きいものから並べると、省ENERGY、排煙脱硫、角管式BOILER(石灰石)流動燃焼、大規模熱電所、石炭のPELLET化、燃料転換(石炭⇒石油)、工場移転の順である。

2級目標の3対策CASE及び2/3級目標の2 CASE(排煙脱硫設置工場が0或いは1)の計5 CASEでは、工場移転費が総対策費用の約70%を占めている。

また、それ以外の4 CASEにおいても工場移転費が約25%程度となっており、工場移転費用が重要な比重を占めることが判る。

移転対象工場の内訳をみると、大部分が工業用炉を保有する工場で、例えば2/3級目標の排煙脱硫1発電所のCASEでは鋼鉄3工場、造船、COKE工場、化学工場等の計8工場となっている。

しかし、これら8工場のうちの殆どは工場移転以外の諸対策(省ENERGYの徹底化や脱硫装置の設置等)を強化することによって工場移転を回避することも可能と考えられる。

MASTER PLANの実施にあたっては、工場特有の様々な状況を考慮して十分な基礎調査が必要なことは言うまでもないが、特に上記のような工場に対しては詳細な情報の収集が図られた上で提案した対策以外の削減手法も含めた諸対策の検討・協議・調整が望まれる。

また燃料転換では、市区における油の供給計画以外に30万t/年～60万t/年の油が新たに要求されており、郊県と市区の間での燃料供給計画の調整や発電所の油使用量の軽減及びそれに伴う排煙脱硫装置の設置等の諸問題が発生すると思われる。

以上のことから、今後の削減対策を推進するにあたっては広い範囲の調査・検討・協力体制が必要になってくるとも考えられる。

表 7-4-7 対策費用(2級 排煙脱硫 発電所なし)

| 対 策 | 削減SOx (t/年) | 初期投資額 (万円) | 対策費用(万円/年) | | | 総計に対す る費用構成 比(%) | 削 減 費 元/SOx (t) | 対 象 工場数 | 備 考 |
|--------------------|----------------|---------------|------------|----------|-----------|------------------------|--------------------|------------|--|
| | | | 投資費用 | その他費用 | 合 計 | | | | |
| 省ENERGY | 177 | 452 | 59.5 | -76.0 | -16.5 | -0.0 | -935 | 50 | 省 石炭 0.9万t 要 PELLET 1.6万t 要 油 55.7万t 移転面積 10.7km ² |
| 石炭→PELLET | 95 | 39 | 4.6 | 59.9 | 64.5 | 0.0 | 6,795 | 10 | |
| 石炭→油 | 15,937 | 23 | 3.0 | 18,304.7 | 18,307.7 | 11.7 | 11,487 | 17 | |
| 工場移転 | 23,936 | 1,169,159 | 124,023.5 | 0.0 | 124,023.5 | 79.4 | 51,815 | 23 | |
| 流動燃焼 | 40,886 | 65,490 | 8,610.2 | 323.0 | 8,933.2 | 5.7 | 2,185 | 122 | |
| 角管式BOILER | 7,364 | 9,541 | 1,254.4 | 113.8 | 1,368.2 | 0.9 | 1,858 | 67 | |
| 小 計 | 88,395 | 1,244,704 | 133,955.2 | 18,725.4 | 152,680.6 | 97.7 | 17,273 | 289 | |
| 発電所排煙脱硫 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 大規模熱電供給 (高温高压水) | 12,233 | 33,600 | 3,674 | 0.0 | 3,674 | 2.3 | 3,003 | - | |
| C/S地区対策 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 総 計 | 100,628 | 1,278,304 | 137,629 | 18,725 | 156,355 | 100.0 | 15,538 | | |

注) 投資費用は7.4.3で示したAを1年当りに換算したものの合計。
 その他費用は " Bの合計。
 面煙源の削減SOx量、削減費用は含まない。

表 7-4-8 対策費用(2級 排煙脱硫 1発電所)

| 対 策 | 削減SOx (t/年) | 初期投資額 (万円) | 対策費用(万円/年) | | | 総計に対す る費用構成 比(%) | 削 減 費 元/SOx (t) | 対 象 工場数 | 備 考 |
|--------------------|----------------|---------------|------------|----------|-----------|------------------------|--------------------|------------|---|
| | | | 投資費用 | その他費用 | 合 計 | | | | |
| 省ENERGY | 250 | 688 | 90.4 | -115.5 | -25.1 | -0.0 | -1,005 | 51 | 省 石炭 1.4万t 要 PELLET 1.8万t 要 油 59.5万t 移転面積 9.1km ² |
| 石炭→PELLET | 113 | 46 | 5.4 | 71.4 | 76.8 | 0.1 | 6,812 | 10 | |
| 石炭→油 | 15,582 | 20 | 2.6 | 19,584.5 | 19,587.0 | 14.0 | 12,570 | 18 | |
| 工場移転 | 19,045 | 994,454 | 105,490.9 | 0.0 | 105,490.9 | 75.5 | 55,390 | 20 | |
| 流動燃焼 | 36,440 | 58,625 | 7,707.6 | 286.2 | 7,993.8 | 5.7 | 2,194 | 124 | |
| 角管式BOILER | 9,772 | 12,722 | 1,672.6 | 150.8 | 1,823.4 | 1.3 | 1,866 | 69 | |
| 小 計 | 81,202 | 1,066,555 | 114,969.5 | 19,977.4 | 134,946.8 | 96.6 | 16,619 | 292 | |
| 電力排煙脱硫 | 44,210 | 9,029 | 1,174 | 0.0 | 1,174 | 0.8 | 266 | - | |
| 大規模熱電供給 (高温高压水) | 12,233 | 33,600 | 3,674 | 0.0 | 3,674 | 2.6 | 3,003 | - | |
| C/S地区対策 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 総 計 | 137,645 | 1,109,184 | 119,818 | 19,977 | 139,795 | 100.0 | 10,156 | | |

注) 投資費用は7.4.3で示したAを1年当りに換算したものの合計。
 その他費用は " Bの合計。
 面煙源の削減SOx量、削減費用は含まない。

表 7-4-9 対策費用(2級 排煙脱硫 3発電所)

| 対 策 | 削減SOx (t/年) | 初期投資額 (万円) | 対策費用(万円/年) | | | 総計に対す る費用構成 比(%) | 削 減 費 元/SOx (t) | 対 象 工場数 | 備 考 |
|--------------------|----------------|---------------|------------|----------|-----------|------------------------|--------------------|------------|---|
| | | | 投資費用 | その他費用 | 合 計 | | | | |
| 省ENERGY | 329 | 943 | 123.9 | -158.3 | -34.4 | -0.0 | -1,045 | 54 | 省 石炭 1.9万t 要 PELLET 2.0万t 要 油 53.4万t 移転面積 6.2km ² |
| 石炭→PELLET | 126 | 50 | 5.8 | 76.8 | 82.6 | 0.1 | 6,558 | 12 | |
| 石炭→油 | 15,076 | 11 | 1.4 | 17,575.4 | 17,576.8 | 16.1 | 11,659 | 18 | |
| 工場移転 | 13,683 | 681,672 | 72,311.2 | 0.0 | 72,311.2 | 66.3 | 52,847 | 13 | |
| 流動燃焼 | 32,794 | 58,895 | 7,743.1 | 265.1 | 8,008.3 | 7.3 | 2,442 | 130 | |
| 角管式BOILER | 12,139 | 15,705 | 2,064.8 | 185.3 | 2,250.1 | 2.1 | 1,854 | 71 | |
| 小 計 | 74,147 | 757,276 | 82,250.2 | 17,944.2 | 100,194.6 | 91.9 | 13,513 | 298 | |
| 発電所排煙脱硫 | 238,301 | 39,603 | 5,149 | 0.0 | 5,149 | 4.7 | 216 | - | |
| 大規模熱電供給 (高温高压水) | 12,233 | 33,600 | 3,674 | 0.0 | 3,674 | 3.4 | 3,003 | - | |
| C/S地区対策 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 総 計 | 324,681 | 830,479 | 91,073 | 17,944 | 109,018 | 100.0 | 3,358 | | |

注) 投資費用は7.4.3で示したAを1年当りに換算したものの合計。
 その他費用は " Bの合計。
 面煙源の削減SOx量、削減費用は含まない。

表 7-4-10 対策費用(2/3級 排煙脱硫 発電所し)

| 対 策 | 削減SOx (t/年) | 初期投資額 (万円) | 対策費用(万円/年) | | | 総計に対す る費用構成 比(%) | 削 減 費 元/SOx (t) | 対 象 工場数 | 備 考 | |
|--------------------|----------------|---------------|------------|----------|-----------|------------------------|--------------------|------------|---|--|
| | | | 投資費用 | その他費用 | 合 計 | | | | | |
| 省ENERGY | 329 | 943 | 123.9 | -158.3 | -34.4 | -0.0 | -1,045 | 54 | 省 石炭 1.9万t 要 PELLET 2.0万t 要 油 53.4万t 移転面積 6.2km ² | |
| 石炭→PELLET | 126 | 50 | 5.8 | 76.8 | 82.6 | 0.1 | 6,558 | 12 | | |
| 石炭→油 | 15,076 | 11 | 1.4 | 17,575.4 | 17,576.8 | 16.9 | 11,659 | 18 | | |
| 工場移転 | 13,683 | 681,672 | 72,311.2 | 0.0 | 72,311.2 | 69.6 | 52,847 | 13 | | |
| 流動燃焼 | 32,794 | 58,895 | 7,743.1 | 265.1 | 8,008.3 | 7.7 | 2,442 | 130 | | |
| 角管式BOILER | 12,139 | 15,705 | 2,064.8 | 185.3 | 2,250.1 | 2.2 | 1,854 | 71 | | |
| 小 計 | 74,147 | 757,276 | 82,250.2 | 17,944.3 | 100,194.6 | 96.5 | 13,513 | 298 | | |
| 発電所排煙脱硫 | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| 大規模熱電供給 (高温高压水) | 12,233 | 33,600 | 3,674 | 0.0 | 3,674 | 3.5 | 3,003 | - | | |
| C/S地区対策 | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| 総 計 | 86,380 | 790,876 | 85,924 | 17,944 | 103,868 | 100.0 | 12,025 | | | |

注) 投資費用は7.4.3で示したAを1年当りに換算したものの合計。
 その他費用は " Bの合計。
 面煙源の削減SOx量、削減費用は含まない。

表 7-4-11 対策費用(2/3級 排煙脱硫 1発電所)

| 対 策 | 削減SOx (t/年) | 初期投資額 (万円) | 対策費用(万円/年) | | | 総計に対す る費用構成 比(%) | 削 減 費 元/SOx (t) | 対 象 工場数 | 備 考 |
|--------------------|----------------|---------------|------------|----------|----------|------------------------|--------------------|------------|---|
| | | | 投資費用 | その他費用 | 合 計 | | | | |
| 省ENERGY | 450 | 1,500 | 197.2 | -252.0 | -54.8 | -0.1 | -1,218 | 56 | 省 石炭 3.0万t 要 PELLET 2.5万t 要 油 45.7万t 移転面積 4.4km ² |
| 石炭→PELLET | 158 | 63 | 7.4 | 97.9 | 105.3 | 0.1 | 6,677 | 12 | |
| 石炭→油 | 13,460 | 8 | 1.0 | 15,017.3 | 15,018.3 | 18.6 | 11,158 | 17 | |
| 工場移転 | 12,061 | 484,490 | 51,394.3 | 0.0 | 51,394.3 | 63.7 | 42,612 | 8 | |
| 流動燃焼 | 28,116 | 48,755 | 6,410.0 | 221.5 | 6,631.5 | 8.2 | 2,359 | 134 | |
| 角管式BOILER | 14,669 | 19,163 | 2,519.4 | 222.2 | 2,741.6 | 3.4 | 1,869 | 74 | |
| 小 計 | 68,913 | 553,979 | 60,529.3 | 15,306.9 | 75,836.2 | 93.9 | 11,005 | 301 | |
| 発電所排煙脱硫 | 44,210 | 9,029 | 1,174 | 0.0 | 1,174 | 1.5 | 266 | - | |
| 大規模熱電供給 (高温高压水) | 12,233 | 33,600 | 3,674 | 0.0 | 3,674 | 4.6 | 3,003 | - | |
| C/S地区対策 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 総 計 | 125,356 | 596,608 | 65,377 | 15,306 | 80,684 | 100.0 | 6,436 | | |

注) 投資費用は7.4.3で示したAを1年当りに換算したものの合計。
 その他費用は " Bの合計。
 面煙源の削減SOx量、削減費用は含まない。

表 7-4-12 対策費用(2/3級 排煙脱硫 3発電所)

| 対 策 | 削減SOx (t/年) | 初期投資額 (万円) | 対策費用(万円/年) | | | 総計に対す る費用構成 比(%) | 削 減 費 元/SOx (t) | 対 象 工場数 | 備 考 |
|--------------------|----------------|---------------|------------|----------|----------|------------------------|--------------------|------------|---|
| | | | 投資費用 | その他費用 | 合 計 | | | | |
| 省ENERGY | 496 | 1,453 | 191.1 | -244.1 | -53.1 | -0.1 | -1,070 | 58 | 省 石炭 2.9万t 要 PELLET 3.3万t 要 油 47.1万t 移転面積 0.8km ² |
| 石炭→PELLET | 196 | 84 | 9.8 | 129.4 | 139.2 | 0.3 | 7,111 | 14 | |
| 石炭→油 | 12,732 | 1 | 0.2 | 15,482.9 | 15,483.1 | 36.9 | 12,161 | 18 | |
| 工場移転 | 4,622 | 87,557 | 9,288.0 | 0.0 | 9,288.0 | 22.1 | 20,095 | 5 | |
| 流動燃焼 | 23,087 | 38,980 | 5,124.8 | 178.9 | 5,303.7 | 12.6 | 2,297 | 133 | |
| 角管式BOILER | 16,891 | 20,861 | 2,742.7 | 248.9 | 2,991.6 | 7.1 | 1,771 | 73 | |
| 小 計 | 58,023 | 148,946 | 17,356.6 | 15,796.0 | 33,152.5 | 78.9 | 5,714 | 301 | |
| 発電所排煙脱硫 | 238,301 | 39,603 | 5,149 | 0.0 | 5,149 | 12.3 | 216 | - | |
| 大規模熱電供給 (高温高压水) | 12,233 | 33,600 | 3,674 | 0.0 | 3,674 | 8.8 | 3,003 | - | |
| C/S地区対策 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 総 計 | 308,557 | 222,139 | 26,180 | 15,796 | 41,976 | 100.0 | 1,360 | | |

注) 投資費用は7.4.3で示したAを1年当りに換算したものの合計。
 その他費用は " Bの合計。
 面煙源の削減SOx量、削減費用は含まない。

表 7-4-13 対策費用(3級 排煙脱硫 発電所なし)

| 対 策 | 削減SOx (t/年) | 初期投資額 (万元) | 対策費用(万元/年) | | | 総計に対す る費用構成 比(%) | 削 減 費 元/SOx (t) | 対 象 工場数 | 備 考 |
|-------------------------------|----------------|---------------|------------|----------|----------|------------------------|--------------------|------------|---|
| | | | 投資費用 | その他費用 | 合 計 | | | | |
| 省ENERGY | 788 | 2,083 | 273.9 | -350.0 | -76.1 | -0.3 | -966 | 80 | 省 石炭 4.2万t 要 PELLET 5.0万t 要 油 37.1万t 移転面積 0.6km ² |
| 石炭→PELLET | 340 | 124 | 14.6 | 191.8 | 206.3 | 0.7 | 6,076 | 19 | |
| 石炭→油 | 10,812 | 0 | 0.0 | 12,192.1 | 12,192.1 | 42.2 | 11,277 | 16 | |
| 工場移転 | 2,374 | 67,603 | 7,171.2 | 0.0 | 7,171.2 | 24.7 | 30,207 | 3 | |
| 流動燃焼 | 20,087 | 34,245 | 4,502.3 | 152.3 | 4,654.6 | 16.0 | 2,317 | 166 | |
| 角管式BOILER | 21,707 | 27,493 | 3,614.6 | 314.6 | 3,929.2 | 13.5 | 1,810 | 85 | |
| 小 計 | 56,108 | 131,548 | 15,576.6 | 12,500.8 | 28,077.3 | 96.8 | 5,004 | 369 | |
| 発電所排煙脱硫 大規模熱電供給 (高温高圧水) | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| C/S地区対策 | 1,367 | 9,827 | 1,074 | -146 | 928 | 3.2 | 6,789 | - | |
| 総 計 | 57,475 | 141,375 | 16,651 | 12,355 | 29,005 | 100.0 | 5,047 | | |

注) 投資費用は7.4.3で示したAを1年当りに換算したものの合計。
 その他費用は " Bの合計。
 面煙源の削減SOx量、削減費用は含まない。

表 7-4-14 対策費用(3級 排煙脱硫 1発電所)

| 対 策 | 削減SOx (t/年) | 初期投資額 (万元) | 対策費用(万元/年) | | | 総計に対す る費用構成 比(%) | 削 減 費 元/SOx (t) | 対 象 工場数 | 備 考 |
|-------------------------------|----------------|---------------|------------|----------|----------|------------------------|--------------------|------------|---|
| | | | 投資費用 | その他費用 | 合 計 | | | | |
| 省ENERGY | 788 | 2,083 | 273.9 | -350.0 | -76.1 | -0.3 | -966 | 80 | 省 石炭 4.2万t 要 PELLET 5.0万t 要 油 37.1万t 移転面積 0.6km ² |
| 石炭→PELLET | 340 | 124 | 14.6 | 191.8 | 206.3 | 0.7 | 6,076 | 19 | |
| 石炭→油 | 10,812 | 0 | 0.0 | 12,192.1 | 12,192.1 | 40.4 | 11,277 | 16 | |
| 工場移転 | 2,374 | 67,603 | 7,171.2 | 0.0 | 7,171.2 | 23.8 | 30,207 | 3 | |
| 流動燃焼 | 20,087 | 34,245 | 4,502.3 | 152.3 | 4,654.6 | 15.4 | 2,317 | 166 | |
| 角管式BOILER | 21,707 | 27,493 | 3,614.6 | 314.6 | 3,929.2 | 13.0 | 1,810 | 85 | |
| 小 計 | 56,108 | 131,548 | 15,576.6 | 12,500.8 | 28,077.3 | 93.0 | 5,004 | 369 | |
| 発電所排煙脱硫 大規模熱電供給 (高温高圧水) | 44,210 | 9,029 | 1,174 | 0.0 | 1,174 | 3.9 | 266 | - | |
| C/S地区対策 | 1,367 | 9,827 | 1,074 | -146 | 928 | 3.1 | 6,789 | - | |
| 総 計 | 101,685 | 150,404 | 17,825 | 12,355 | 30,179 | 100.0 | 2,968 | | |

注) 投資費用は7.4.3で示したAを1年当りに換算したものの合計。
 その他費用は " Bの合計。
 面煙源の削減SOx量、削減費用は含まない。

表 7-4-15 対策費用(3級 排煙脱硫 3発電所)

| 対 策 | 削減SOx (t/年) | 初期投資額 (万元) | 対策費用(万元/年) | | | 総計に対す る費用構成 比(%) | 削 減 費 元/SOx (t) | 対 象 工場数 | 備 考 |
|-------------------------------|----------------|---------------|------------|----------|----------|------------------------|--------------------|------------|---|
| | | | 投資費用 | その他費用 | 合 計 | | | | |
| 省ENERGY | 1,043 | 2,788 | 366.5 | -468.3 | -101.8 | -0.4 | -976 | 98 | 省 石炭 5.6万t 要 PELLET 5.4万t 要 油 31.2万t 移動面積 0.2km ² |
| 石炭→PELLET | 370 | 135 | 15.9 | 208.9 | 224.7 | 0.9 | 6,073 | 18 | |
| 石炭→油 | 9,201 | 0 | 0.0 | 10,270.6 | 10,270.6 | 42.8 | 11,162 | 15 | |
| 工場移転 | 271 | 2,609 | 276.7 | 0.0 | 276.7 | 1.2 | 10,210 | 2 | |
| 流動燃焼 | 12,963 | 21,415 | 2,815.5 | 96.9 | 2,912.4 | 12.1 | 2,247 | 148 | |
| 角管式BOILER | 24,384 | 30,490 | 4,008.7 | 348.6 | 4,357.3 | 18.1 | 1,787 | 83 | |
| 小 計 | 48,231 | 57,437 | 7,483.3 | 10,456.7 | 17,939.9 | 74.7 | 3,720 | 364 | |
| 発電所排煙脱硫 大規模熱電供給 (高温高圧水) | 238,301 | 39,603 | 5,149 | 0.0 | 5,149 | 21.4 | 216 | - | |
| C/S地区対策 | 1,367 | 9,827 | 1,074 | -146 | 928 | 3.9 | 6,789 | - | |
| 総 計 | 287,899 | 106,867 | 13,706 | 10,311 | 24,017 | 100.0 | 834 | | |

注) 投資費用は7.4.3で示したAを1年当りに換算したものの合計。
 その他費用は " Bの合計。
 面煙源の削減SOx量、削減費用は含まない。

7.4.5 各対策案の評価と提案

上海市の環境目標をどのように設定し、どの対策案を実施計画のなかに取り込むかの判断は行政目標、財政的制約等広い範囲に及ぶ上海市の実情を考慮して総合的に判断する必要がある。本節では、各対策案の評価と提案をおこなう。

(1) 各対策案の比較

9 CASEの各削減量、対策経費等を表7-4-16に、削減量と対策経費を図化したものを図7-4-2に示す。

表7-4-16 各対策案の比較表

| 目 標 | 全2級 | | | 2/3級 | | | 全3級 | | |
|--|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| | 0 | 1 | 3 | 0 | 1 | 3 | 0 | 1 | 3 |
| 排煙脱硫発電所 SO _x 削減量 (万t/年) | 10.1 | 13.8 | 32.5 | 8.6 | 12.5 | 30.9 | 5.7 | 10.2 | 28.8 |
| 対策経費 (億元/年) | 15.6 | 14.0 | 10.9 | 10.4 | 8.1 | 4.2 | 2.9 | 3.0 | 2.4 |
| 0.06 mg/m ³ 超過MESH数 | 24 | 37 | 33 | 139 | 147 | 128 | 285 | 268 | 255 |
| 0.10 mg/m ³ 超過MESH数 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 11 | 5 |

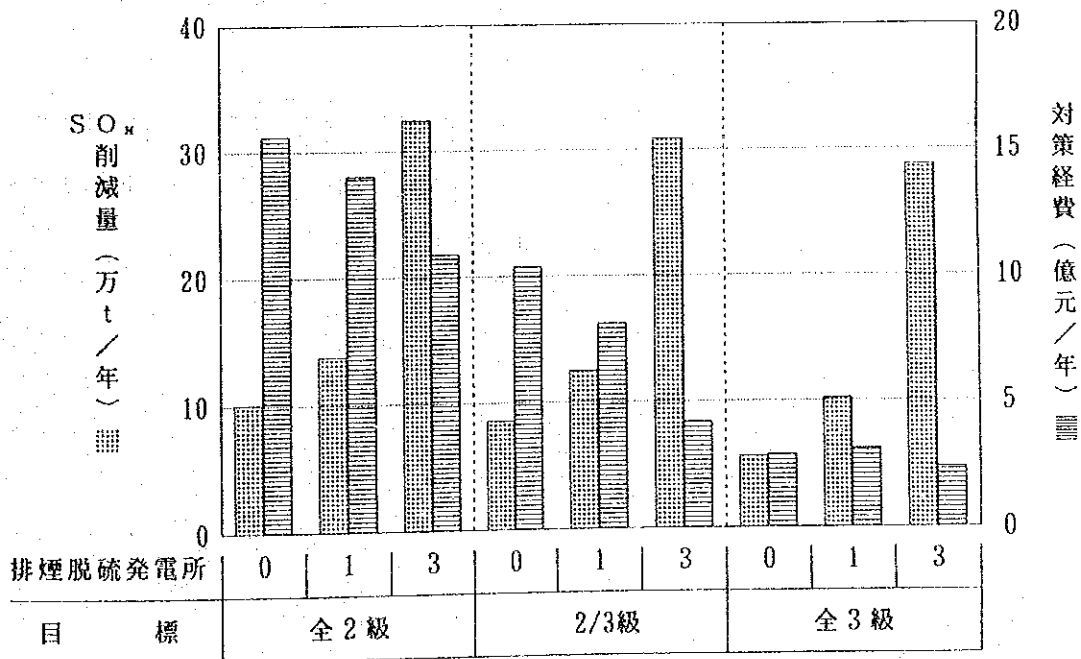


図7-4-2 各対策案の削減量と対策経費

(2) 目標の妥当性

国家環境基準の適用類型によれば、工業地区以外は2級目標を達成する必要がある。この場合、仮に「2000年までの中間年次で全区3級目標を設けて達成した後、2000年に2級目標を達成する」と計画すると、対策費用の面で二重投資になる恐れが有り、経済的に有利とは言い難い。

従って、環境目標は2級、又は2/3級のいずれかを選択するのが妥当である。

(3) 排煙脱硫の導入について

対策による排出量の削減効果では排煙脱硫が最も高い、排煙脱硫を導入しないCASEでは、他の工場の削減割り当てが多くなり削減費用の負担が大きくなると考えられる。

従って、排煙脱硫を導入するCASEを提案する。

(4) 目標の提案

2/3級目標で排煙脱硫を行う2CASEについて、2級地区における濃度を階級別に図化したものを図7-4-3に示す。

図によれば、 $60\mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 65\mu\text{g}/\text{m}^3$ の頻度が最も高く、これらのMESHを $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下にする為に更に削減率を高くすると、全区2級目標と同じ内容になる事は前に述べた。

更に、これらのMESHの殆どは、2000年以降高温高圧水の供給地域を拡大する事により2級基準を達成する事が可能である。仮に2級地区の基準値を $65\mu\text{g}/\text{m}^3$ として評価すると超過MESH数はそれぞれ20, 33となるほか、2級目標と2/3級目標では費用が大きく異なる事からも、実現性が高く、効果的な目標案として2/3級目標を提案する。

(5) 対策案の提案

3目標及び9CASEの対策案を検討した結果、環境目標では2/3級、これに対応する対策案では発電所で排煙脱硫を行うA案（1発電所で排煙脱硫）又はB案（3発電所で排煙脱硫）が妥当であると評価されるのでこれを提案する。

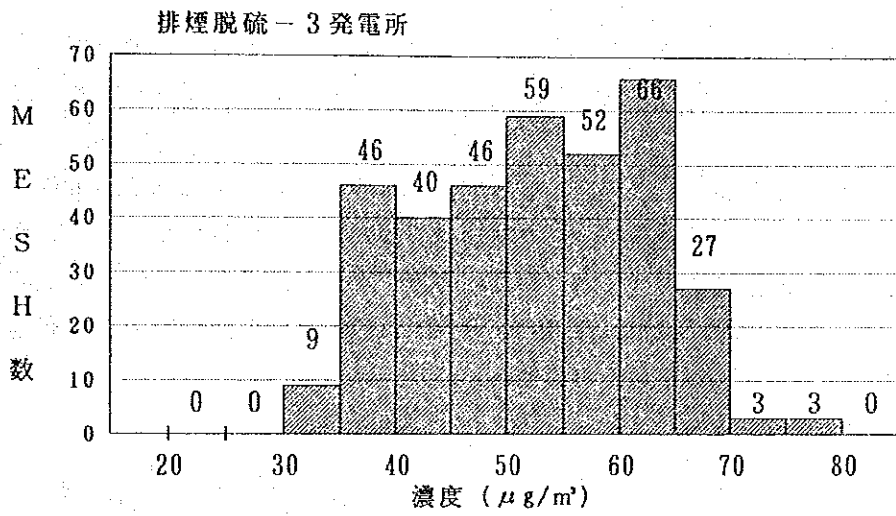
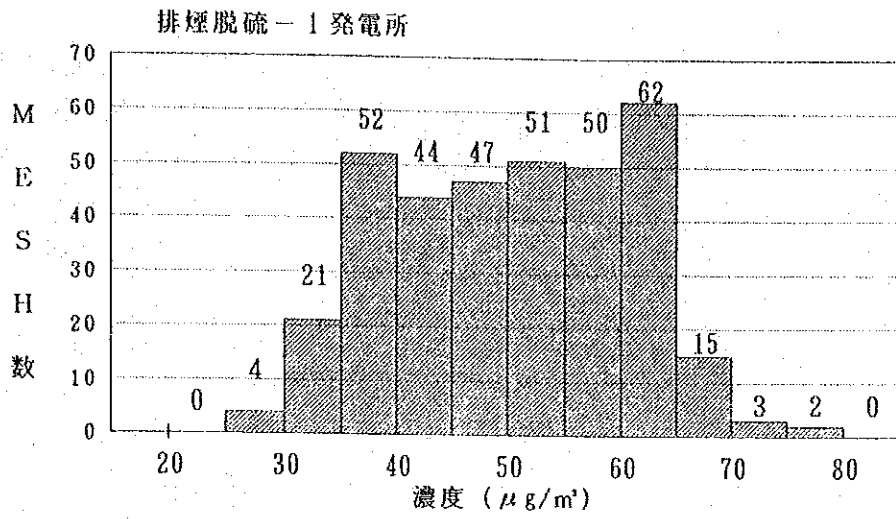


図7-4-3 濃度階級別 MESI 数 (2/3級目標)

7.4.6 実施計画

以上の検討により、一部地域は3級基準、他は2級基準の達成を目標とするA、Bの2つの案が選定されたが、いずれの対策案を実行するにせよ2000年までに完了する必要がある。削減対策案は、各種の削減方法を組み合わせたもので、削減率、投資額も大幅に異なり、今後の開発を要する方法もあり、同時に併行して実施することは困難である。特に投資額は数十億元の巨額に達するため、年次ごとの平均化が必要である。

一方、MASTER PLAN の検討ではCASE STUDYの場合と異なり、各工場ごとの詳細な施設の状況は把握していないので、詳細な実施計画を作成することは困難である。したがって、ここでは概括的な実施計画を作成した。ここで示した実施計画はあくまで参考的なものであり、作成に当たって留意した事項は、次のとおりである。

- ① SO_x の必要削減量は、できる限り早期に達成する。
- ② SO₂ 汚染の激しい地域から先に削減を行う。
- ③ 投資費用はなるべく年次ごとに平均化する。

表7-4-17、及び表7-4-18に、以上述べた事項を考慮して作成したA、B両案の実実施計画を示す。

この計画においては、5ヶ年を単位とする7.5~9.5計画期間に分けて投資額を配分した。7.5計画期間は残り2年のみなので投資額は少なく抑え、次の8.5及び9.5計画期間ではほぼ同じ程度の投資額とした。なお、各年次ごとのSO_x削減量(t/年)は、排煙脱硫と大規模集中供熱を除いた各削減方法の投資額当りSO_x削減量から算出したものである。

表7-4-17 削減対策A案（排脱1発電所）の実施計画

(単位：投資額の%)

| (期 間) 年 | (7.5計画) 1990 | (8.5計画) 1995 | (9.5計画) 2000 | 投資額 (万元) | 実施要領 |
|--------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-------------------------|
| 省ENERGY | 10 | 55 | 35 | 1,500 | 毎年平均的に実施 |
| PELLET化 | | 100 | | 63 | 試験を要するため8.5計画で実施 |
| 燃料転換 (石炭→油) | 5 | 65 | 30 | 8 | 毎年平均的に実施する が汚染地区を優先 |
| 工場移転 | | 45 | 55 | 484,490 | 移転先の決定した工場 から実施 |
| 流動燃焼 BOILER | | 40 | 60 | 48,755 | 技術導入が必要で8.5 計画より実施 |
| 角管式 BOILER | 5 | 45 | 50 | 19,163 | 新設、更新のBoilerより 実施 |
| 発電所排煙脱硫 | | 100 閘北 | | 9,029 | 削減効果最大、早期実 施が必要 |
| 大規模 集中供熱 | | 100 | | 33,600 | 削減量早期達成のため 排脱と平行して実施 |
| 投資額比率 (%) | (0.8) | (48.6) | (51.2) | (100) | |
| 投資額計 (万元) | 1,108 | 289,668 | 305,832 | 596,608 | |
| SOx 削減量 (%) (t) | (1.3) 1,602 | (71.7) 89,914 | (27.0) 33,840 | (100) 125,356 | SOx 削減量は参考値 |

表7-4-18 削減対策B案（排脱3発電所）の実施計画

(単位：投資額の%)

| (期 間) 年 | (7.5計画) 1990 | (8.5計画) 1995 | (9.5計画) 2000 | 投資額 (万元) | 実施要領 |
|--------------------|-----------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------------|
| 省ENERGY | 10 | 50 | 40 | 1,453 | A案と同じ |
| PELLET化 | | 100 | | 84 | |
| 燃料転換 (石炭→油) | 20 | 40 | 40 | 1 | |
| 工場移転 | | 60 | 40 | 87,557 | |
| 流動燃焼 BOILER | | 60 | 40 | 38,980 | |
| 角管式 BOILER | 5 | 45 | 50 | 20,861 | |
| 発電所排煙脱硫 | | 56.8 麻 洞 | 43.2 石洞口 | 39,603 | |
| 大規模 集中供熱 | | | 100 | 33,600 | 排脱を優先するため 後期の9.5計画で実施 |
| 投資額比率 (%) | (0.5) | (48.9) | (50.6) | (100) | |
| 投資額計 (万元) | 1,188 | 108,615 | 112,335 | 222,139 | |
| SOx 削減量 (%) (t) | (1.1) 3,685 | (86.2) 226,273 | (12.5) 38,599 | (100) 308,557 | SOx 削減量は参考値 |