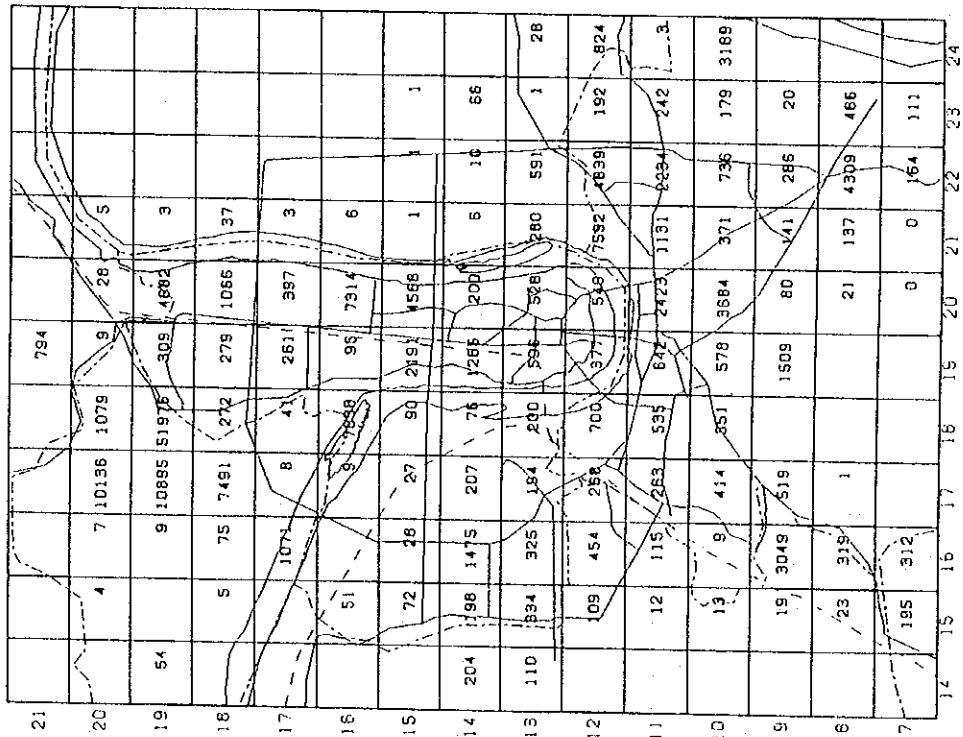


6. 将来濃度予測と汚染物質排出量の削減の必要性

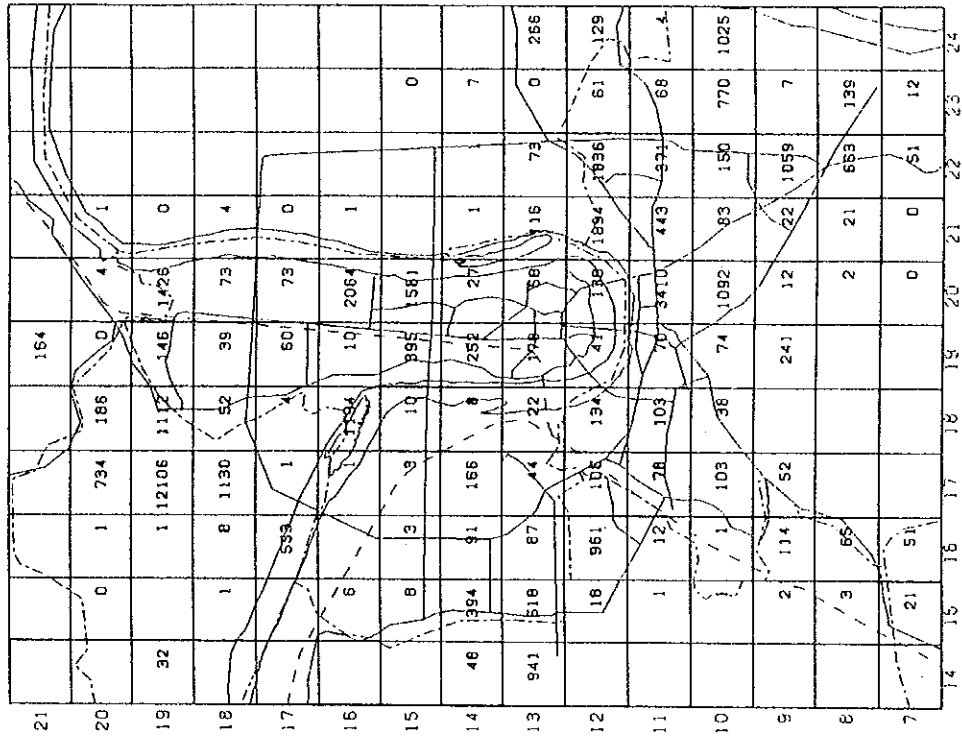
6.1 予測条件と汚染物質排出量（2005年の排出量分布）

- (1)全発生源(硫黄酸化物、煤塵)
- (2)工場・事業場(硫黄酸化物、煤塵)
- (3)家庭(硫黄酸化物、煤塵)
- (4)飲食店(硫黄酸化物、煤塵)
- (5)自動車(硫黄酸化物)

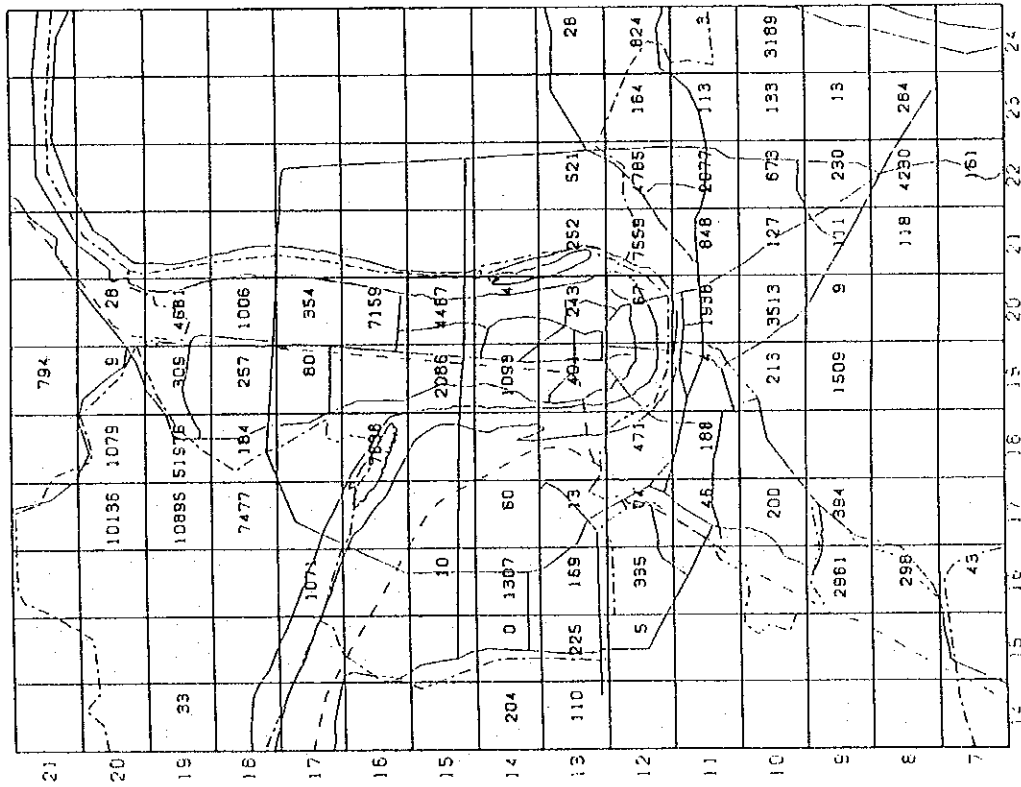
将来(2005年) 全発生源 SOx排出量 (t/年)



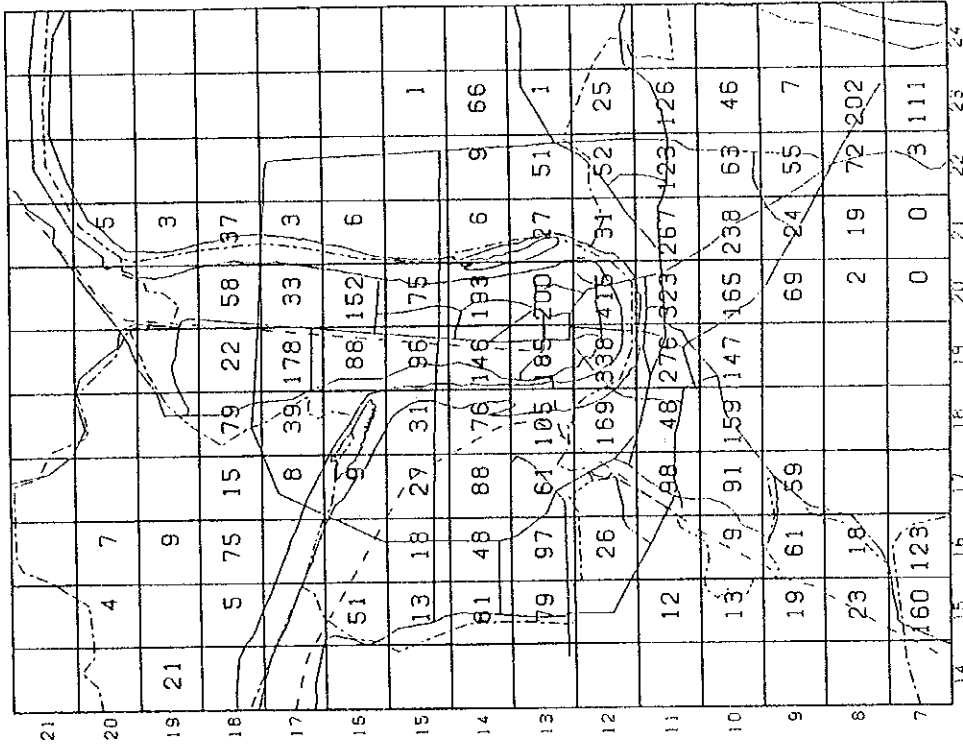
将来(2005年) 全発生源 はいじん排出量 (t/年)



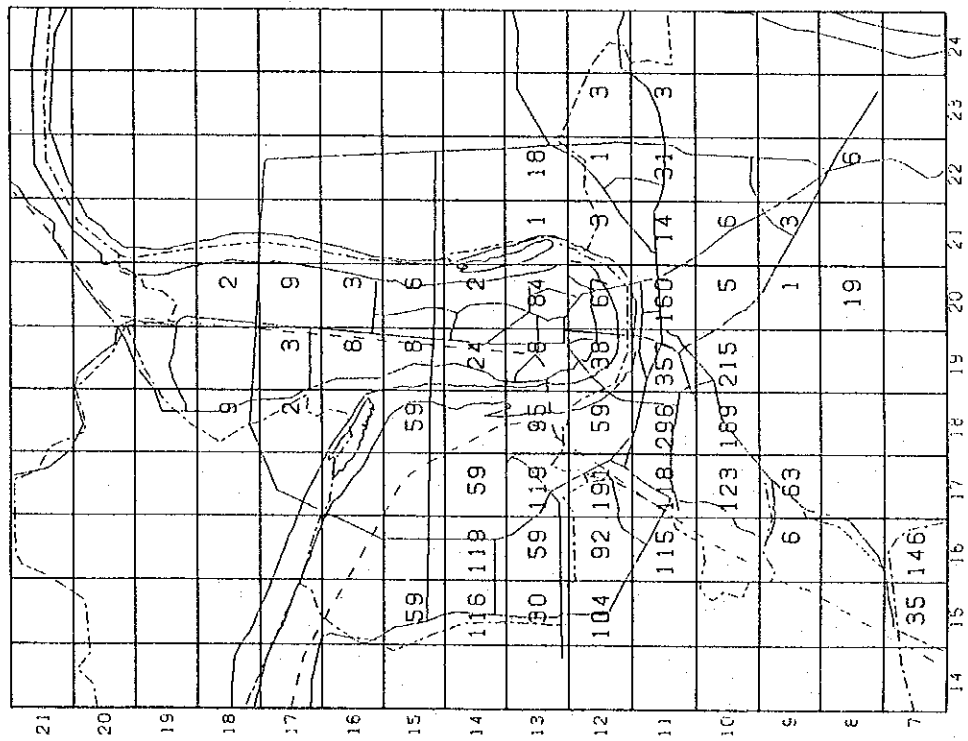
将来 (2005年) 工場 点源 SOx 排出量 (t/年)



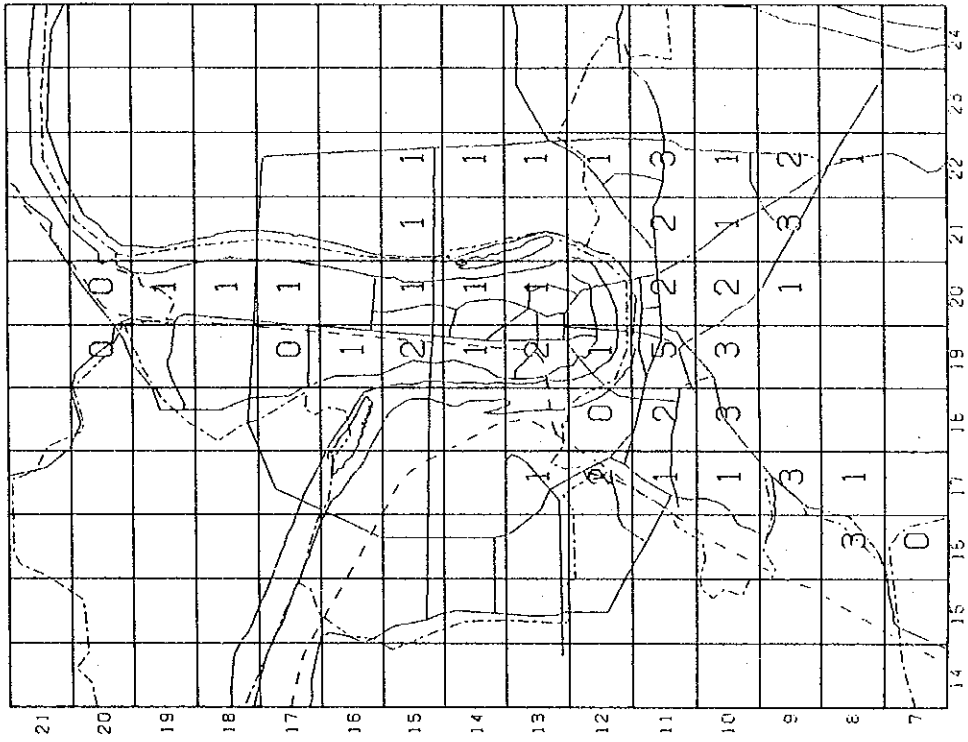
将来 (2005年) 家庭 面源 SOx 排出量 (t/年)



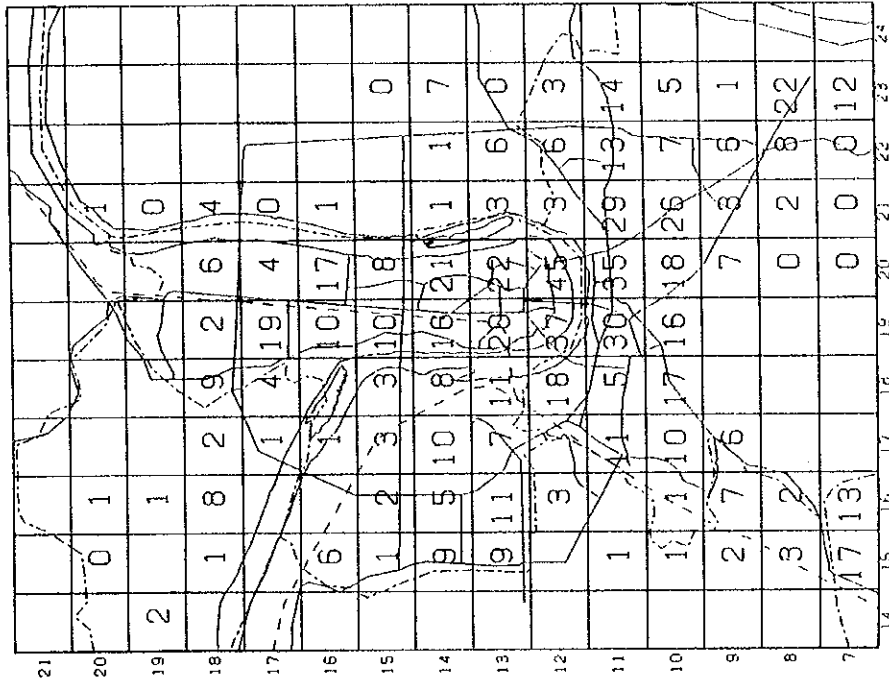
将来(2005年) 飲食店 面源 SOx 排出量 (t/年)



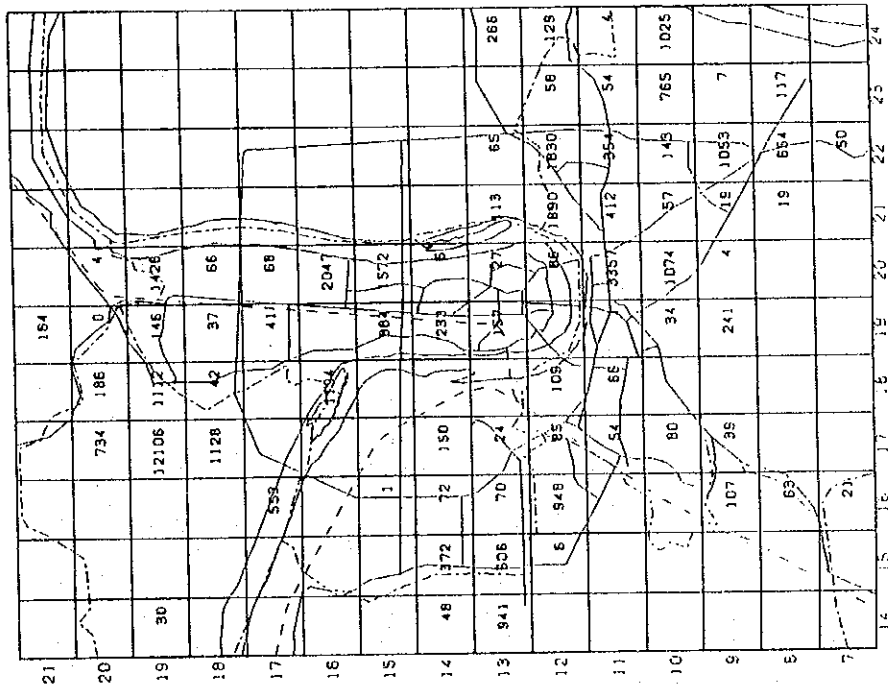
将来(2005年) 自動車 線源 SOx 排出量 (t/年)



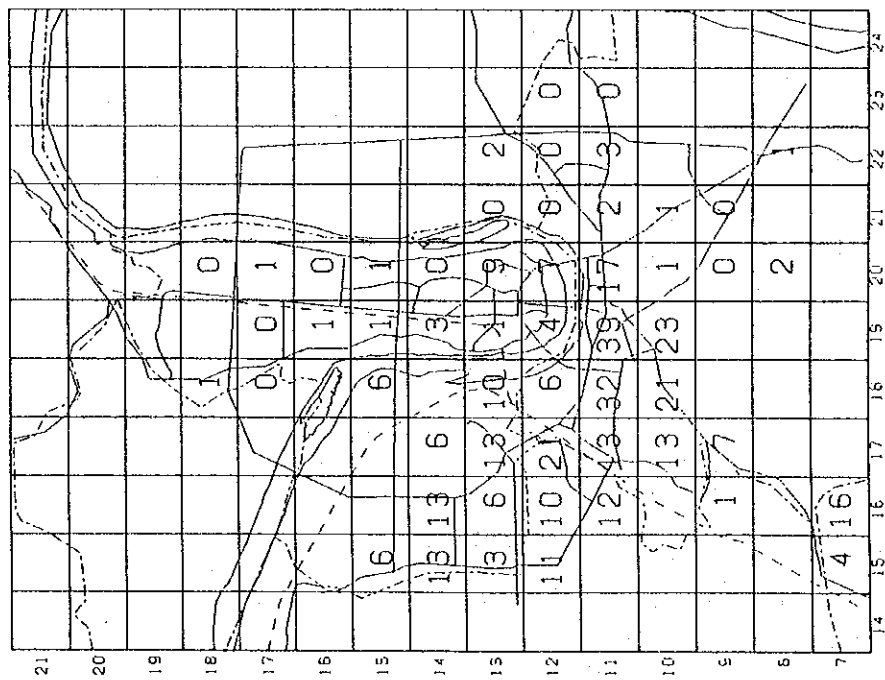
将来 (2005年) 家庭 面源 ばいじん排出量 (t/年)



将来 (2005年) 工場 点源 ばいじん排出量 (t/年)



将来(2005年) 飲食店 面源 ばいじん排出量 (t/年)



7. 大気汚染総合対策計画

7.1 基本方針

7.2 対策の現状

7.2.1 規制

7.2.2 発生源対策の現状

(1) 煤煙発生施設

工業総生産高は自治区の約 4 分の 1 を占め、業種は食品、機械、紡績、製紙、木材、車両、亜鉛冶金、建材、化学工業、製鉄、火力発電など多業種にわたっており、工場数は大小合わせて 500 程度ある。

大規模の火力発電所では微粉炭燃焼ボイラー、中規模では流動層ボイラーが多く使用されており、小規模のボイラーでは往復式煙管ボイラー、煙管ボイラー、移動床ボイラーが使用されている。

鉄鋼工場では焼結炉、コークス炉、高炉、転炉、加熱炉、熱処理炉などが、セメント工場では原料乾燥炉、焼成炉、粉砕機などが用いられている。

窯業では煉瓦焼成用輪窯、硝子熔融炉、反射炉、石灰焼成窯などが用いられており、その他では電気炉、乾燥炉、鍛造炉、キュポラなどが主に用いられている。

(2) 使用燃料と汚染物質

これらの施設では殆どが硫黄分の平均が 5 % もある区内の合山炭を年間 40 万トンも使用している。

さらに、ボイラーでは排ガス中の酸素濃度 10 ~ 18 % で、1700 ~ 5200 ppm の高濃度の SO₂ を放出している。また、設備が老朽化していて燃焼効率と熱効率が低く、多量の煤塵を発生しており、各施設の煙突の高さは発電所以外は 80 m 以下で局部汚染が懸念される。

(3) 燃焼管理状況

主要 15 工場、中小 19 工場、民生 6ヶ所 合計 40 工場・事業所を選定して、燃焼施設の概要、燃焼管理状況、稼働状況、排ガス処理状況、将来計画などについて立入り調査を実施したがその結果によると、燃焼管理用の計測器は殆ど設備されておらず、ボイラーでは蒸気圧の変動に合わせて手動で給炭量を調節する程度の燃焼管理しか行われていない。このことが効率の低下の原因となっている。

目視によると炉内が酸素不足で黒煙を発生しているにもかかわらず排ガス中の酸素が多くかなりの過剰空気燃焼になっている。さらに途中からの吸引する空気量で薄められて煙突からの排煙が Rengelmann 濃度 1 以下のものが多い。

石炭置場は殆どの工場では屋根がなく、床面が土間で水浸しの状態で高水分の原因になっている。高水分の石炭は燃焼時の着火性を悪くし、燃焼温度を低下させるためボイラーの燃焼と熱効率低下の原因となっている。

(4) 排ガス処理状況

殆どの施設に煤塵除去用の除塵器が付いている。除塵器の形式は工業炉以外では大半が水膜除塵器である。水膜除塵器は煤塵と水との接触が悪くて除去効率が低くて 2 級基準である煤塵量 400 mg/m^3 を維持するのは難しい。

最近になってベンチュリーと水膜除塵器の採用で 80 % 程度の除塵効果を得ているもある。

旋回式除塵器は単管式と多管式の両方が用いられているが、水膜除塵器に比べれば遙かに少ない。多管式旋回式除塵器は管数が少なく多管式の良さが出ている。

電気除塵器は大工場で使用されているが、出口の煤塵濃度は低くまずまずの成績で運転されている。

濾過除塵器は電気炉で使用されているが、湿度が高い柳州市では捕集した煤塵が分離しにくく十分に機能していない。

SO_2 を除去するための脱硫装置は、現在ボイラーで一基、硫酸装置で一基あるのみで、他には水膜除塵器でわずか 10 ~ 20 % 程度、水で吸収除去されているのが現状である。柳北地区にある冶煉工場の硫酸装置には、消石灰を使用する湿式脱硫装置が設置されているが、これは硫酸装置故障時のみ運転する事になっており、 SO_2 の測定値や脱硫効果は不明である。

石炭ガス化炉やコークス炉の生成ガスは CO_2 や H_2S が精製装置で除去されているが民生用にするには現在のものは除去率が低い。

現在、中国の排煙脱硫方式はなく清華大学の脱硫剤の開発、沸騰炉での石灰石による炉内脱硫、石灰添加成型炭などが検討されている。

(5) 省エネルギー

柳州市の工場は一般に敷地面積が広く、かつボイラーは敷地の隅に位置しているところが多く、蒸気使用場所と必要以上に離れており、配管の保温も悪く蒸気トラップも無く、熱損失が多い施設となっている。

工業炉でもほぼ同様な状況にある。

(6) 民生

柳州市における民生の構成は市の中心部を除けば、工場を中心として社宅、厚生施設などが一体となっており、大工場ほど社宅、病院、学校、幼稚園などが敷地内に設けられている。従業員は社宅に住んでいる人と最近開発されている住宅団地などに住む人に分かれている。将来ますますこのような団地に住む人が多くなるような状況である。市街地で使用されている燃料の種類は石炭、練炭、灯油、LPG、都市ガスなど色々でLPGは最近建設された住宅で多く使用される傾向にある。

民生からは石炭と練炭の燃焼で排出する SO_2 量は年間約 1 万トンにも達している。

7.2.3 柳州市の対策

(1) 都市ガス化

柳州鋼鐵廠にコークス炉を増設して市区部分の住民、飲食業、福利業にガスを供給する。供給ガス量は第一期二期 2,500 m³ /hで 3.2 万戸分（全体の 20 %）であり、第三期は 6,500 m³ /hで合計 9,000 m³ /h（10.08 万戸分）にする予定である。

工期は 2000 年で第三期が終了する。第三期ではコークス炉や調圧所などを増設する。都市ガスの使用割合は民生 70、飲食業 20、工業用 10 %で工業用は peak 時を避けて使用する。

この事業が実施されれば石炭を 1 年で約 10 万 t、SO₂を 5,600 t、煤塵を 2400 tを削減できると試算している。

(2) 集中熱電供給

柳州市河東区、躍進路区、柳北工業区の 3 ケ所に集中給熱・発電設備を建設する。総熱負荷は 385 t/h、発電容量 18,000 kW、で主な企業 30 工場に蒸気と電気を供給する。一地区に 3 台の循環流動層ボイラー（75 t/h）を設置して蒸気と電気を地区内に供給する。そのため対象工場のボイラーが廃止される。

(3) 沸騰炉の改造、脱硫

市区の 48 台の沸騰炉を循環流動層に転換して熱効率を 80 %以上にする。

また、濾過式除塵器を採用して炉内に脱硫を行って SO₂と煤塵を低減して基準を守る。

(4) 脱硫剤の製造

新脱硫剤の製造設備を建設して年間 10 万 t を製造する。脱硫率は SO₂と脱硫剤の mol比 1.8 以下で 80 %以上を達成する。脱硫温度は 900 ~ 1,000 °Cとする。

使用済脱硫剤は水泥や煉瓦の原料として利用する。

(5) 硫黄回収建築資材製造

固硫渣（使用済脱硫剤）を利用して次のような建築材を生産する。

固硫渣 12 万 t から水泥 1 万 t、固硫渣豆煉瓦 6 万 m² /年、多孔質固硫渣煉瓦と建築用板材 6 万 m² /年を製造して固硫渣の利用率を 60 %以上にする。

(6) 発電所脱硫装置

出力 200 MWh の新規火力発電設備を 2 基建設し、それぞれに湿式石灰石膏法を設置する。脱硫率は 90 %以上とする。

設備の基本設計は動力局傘下の広西電力監測設計院で進められており、脱硫装置は国産か輸入品かを検討している。

(7) 工場移転

柳州辛品廠、冶煉廠などを移転して、生産性の高い設備に更新し、公害対策を行う。

(8) 硝酸製造装置の排ガス処理

柳州化肥廠の硝酸製造装置の排ガス中の NO_2 を Na_2CO_3 で処理する計画である。

(9) 焦炭炉ガスの精製

柳州鋼鉄廠のコークス炉ガスに脱硫装置を設置する。規模は 42 門のコークス炉 2 台に湿式脱硫・脱ナフタリン装置を設置し、都市ガスとして供給できるようにする。

(10) 環境センターの設立

柳州市環保産業基地と技術開発センターを設立して、人材の養成、新技術の開発を行う。

(11) その他の対策

エネルギー対策…市街地の 1 t/h 以下のボイラーを対象に軽油の使用、都市ガス化などエネルギーの多様化を実施しており、石炭については低硫黄石炭を使用する方針を取っている。

天然ガス開発… 1983 年に天然ガスの探査を行ったが発見できなかった。しかし今後も探査を継続する予定である。

SO_2 徴収金… 発生 SO_2 1 kg 当たり 2 角 (0.2 元) 徴収しており、徴収金は排出量の多い工場の対策を優先して使用している。

排ガス測定… 煤塵と SO_2 は 1 年に 2 回測定する事が義務づけられているが自社の測定は皆無で環保局が測定しているが実績は少ない。

(12) 技術者の養成

・ボイラー技術者

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

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

講習の内容は日本の熱管理士とほぼ同様で講義と実習からなる。

講義科目… 熱工学、ボイラー構造、運転管理、安全管理、保守点検、水質管理
実習… 発電所や工場などの現場で行う

講習人数… 一回 50 名程度

講習日数… 30 日

・排ガス処理関係講習会

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

(13) 発生源の監視・測定

中国の大防法では、発生源における大気汚染物質の排出状態を監視・測定すること

は汚染防止のため重要な対策となっており、排出基準への適合性の判定、汚染物質の排出量の算定、防止対策の策定、拡散計算などに必要とされる。

排出基準は 13 種の有害物質について業種別、煙突の高さ別にその排出量が規定されている。

柳州市では独自の排出基準を持っておらず国の基準に基づいて排出規制が実施されている。

大防法に基づき排出基準を超えている工場・事業場については、超過したSO₂の量に応じて課徴金が徴収されている。この課徴金は大気汚染防止費用に使用されている。

柳州市環境保護局では観測中心による定期的な現場測定と必要に応じて抜き打ち測定を行っている。

7.3 大気汚染物質の削減技術

7.3.1 概論

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

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

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

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

7.3.2 対策技術

(1) 良質炭の導入

中国北西部に産する低S分、低灰分炭を導入し、SO₂及び煤塵の低減を図る。そのためには柳州市での供給の可能性と輸送手段を考慮する必要がある。

(2) 貯炭場の整備

工場立入り調査結果によると、貯炭場の殆どが屋根が無く、床面は土間で雨が降ると排水が悪く水浸状態になっており、工場の規模が小さいほどこのような貯炭場が多い傾向にある。とくに合山炭を使用している工場では水分蒸発に要する熱量が多くなり、3,500 kcal/kg程度の低品炭をさらに悪くしている。ちなみに、付着水分を蒸発させるための潜・顕熱を574.25 kcal/kgとして合山炭1tについて蒸発に要する損失熱を計算すると表7.3.1のようになる。

表 7.3.1 付着水分による損失熱量（合山炭）

全水分 (%)	発生熱量 (万kcal/t)	損失熱量 (万kcal/t)	損失率 (%)
50	175	28.7	16.1
40	210	23.0	11.0
30	245	17.2	7.0
20	280	11.5	4.1
10	315	5.7	1.8

上表から水分40%を含む合山炭1tを水分20%に下げたとすると、11.5万kcal/kgの損失を防止したことになる。これは水分40%を含む合山炭1tに対して

約 5.5 %に相当し、これだけ燃料の節約となり、減水がいかに重要であることを示している。貯炭場の具体的な改造案としては、異物の混入や水浸を防ぐために、床面をコンクリートまたは簡易舗装とし、床表面は 1/100～ 1/150 の勾配をつけた構造とする。さらに貯炭場は屋根付きのものとする。貯炭量が必要以上に多いと自然発火の危険が増大するので一日の使用量の 20 ～ 50 倍程度が適当である。

貯炭上の注意点として次のようなものがある。

- a) 温度を低温に保つこと
- b) 石炭と空気との接触面をなるべく少なくして自然発火を防止すること
- c) 発熱したら速やかにその熱を発散させること
- d) 外部から来る熱を防止すること
- e) 酸素と湿分による酸化促進作用を防止すること

石炭の積み方としては、できれば粉炭を除いて一定の粒度を揃えることが望ましいが実際には困難なので粉炭と塊炭を平均に混合し、局部的に粉炭が集合しないようにする。人力で積み重ねるときは 0.6～ 1.0 mの高さごとに表面をならしながら積み重ねていく。普通、堆積高さは 2～ 3 mとする。

(3) 選炭技術

1) シグ選炭法

柳州市における一般炭の使用量は 121.2万t で、そのうち合山炭が約 42.6 万t (35 %) 使用されている。

合山炭は今回の成分分析結果によると、灰分が 30 ～ 60 %、硫黄分が 4～ 8 % で有機硫黄分の多い劣悪な低品炭であり、一般的な選炭法では硫黄分を除去することは困難である。

灰分と硫黄分は大気汚染物質発生の原因物質であり、これらの物質を石炭質と分離するには通常、粉碎によって行われる。鉍物質の成因や混入状況によって大きな差異があるが、原炭を細かく粉碎する程、鉍物質の分離精度が向上する。

しかし、石炭の単価は粒子が細かいほど安くなり、表面積の増加により酸化や自然発火の危険を増加するので適正な粒度での処理が必要となる。

簡単な選別法としては鉍物質と石炭質の外観・色調の差を利用して人手によって分ける方法があり、50 mm以上の塊原炭に適用される。この方法は人手を要するわりに分離効率が低く精炭（選炭処理）を得る方法としては不向きで山元での一次選炭としてのみ有用である。一般に石炭の選炭に利用される性質と方法には表 7.3.2 に示すようなものがある。

表 7.3.2 利用する性質と方法

利用する性質	方 法
1 外観・色調	手選
2 比重	水洗 重液選別
3 破碎性	空気選別 選択破碎
4 表面の濡れ性	浮選
5 磁性	磁選
6 電気伝導度	静電選別
7 微生物利用	微生物脱硫

- a) 水選法は選別機（ジグ）を用いる。適用粒度は通常、塊炭ジグでは 150～10 mm、粉炭ジグでは 25～2 mm である。
- b) 重液選別法は水より比重の重い重液（磁鉄鉱微粉水）を使用して石炭と鉱物質を浮沈分離する方法で 500～3 mm を適用粒度とする方式と遠心力を利用し 30～0.3 mm を適用粒度とする重液サイクロン方式がある。
重液の代わりに水を媒体とする方法もある。
- c) 空気選別法は空気中における粒子の運動が粒子の比重に左右される事を利用した方法で水洗法と同じジグや分級機式選別機などが用いられる。
分級精度は水洗法より劣る。
- d) 浮選法は、石炭は水に濡れにくく油に濡れやすい、硫化鉄以外の鉱物質はその逆の性質をもっており、この表面の性質の差を利用して分離する方法で粒度約 1 mm（多くは 0.5 mm）以下の微粉に適用する。
この方法は選鉱分野で発達し現在、主力の選別法となっている。
図 7.3.1 に浮選法のフローチャート（一例）を示す。装置の規模は 5, 10, 20 t/h コンパクトに出来ており、部品の一部を除けば現地での生産が可能である。

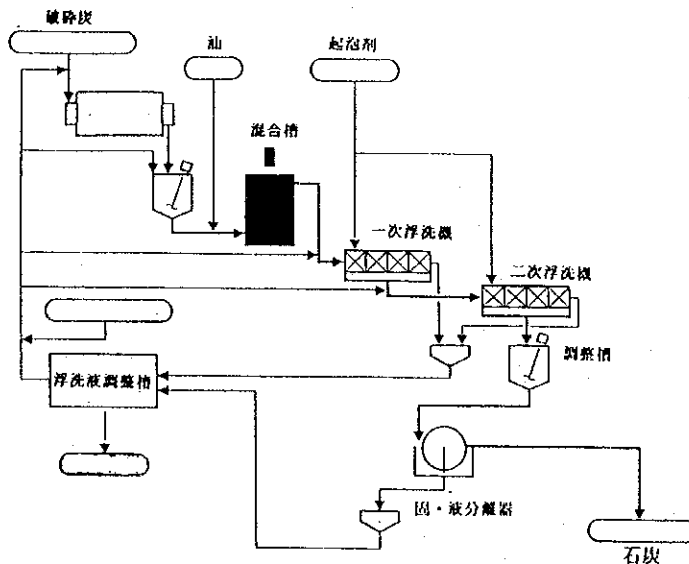


図 7.3.1 浮選法のフローチャート（一例）

出典：三井造船 KK カタログ

この方法の設備費と処理コストの比較を図 7.3.2 に示す。

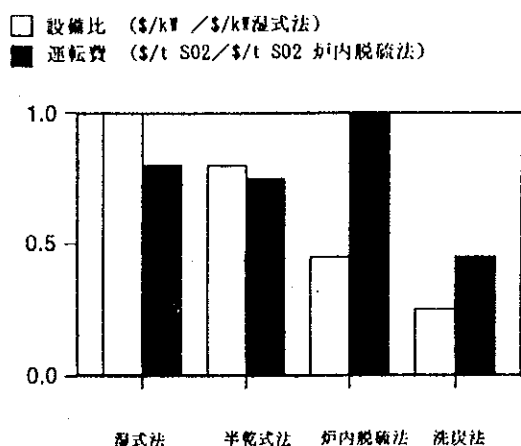


図 7.3.2 設備費と処理コストの比較

出典：三井造船 KK カタログ

2) 微生物脱硫法

微生物脱硫法には 1) 無機硫黄の浸出法 2) 有機硫黄の浸出法 3) 表面処理による硫化鉄の除去法などがあり現在、研究ないしは開発中のものが多い。しかし、実用化に近い状況にある。

a) 無機硫黄の浸出法

無機硫黄の浸出法は *Thiobacillus ferrooxidans* (T. f) と *Thiobacillus thiooxidans* (T. t) という培養菌を作用させ硫黄化合物の酸化浸出現象によって除去する。

石炭中の黄鉄鉱は培養菌の存在で急速に酸化され、硫酸鉄(II)を生じ、更に硫酸を生成する。

米国の Technometrics 社の工業規模の装置では、全硫黄 2.3% の石炭(粒度 100 μm 以下、密度 1.5 g/cm^3) を 10 日間で 90% 除去するよう設計されている。

また、日本では石炭の微粉に微生物を吸着させ沈降分離する方法が実用化に向けて開発中である。この方法の特徴は、微生物を水 200 ml に 2,000 億匹の割合の溶液で約 2 分間処理し黄鉄鉱の 80% を分離・除去できる事である。

b) 有機硫黄の浸出法

石炭中の有機硫黄の微生物による浸出は非常に困難であると考えられてきたが、土壌菌から組替え DNA 技術で作成した CB 1 菌を用いて中規模連続装置で有機硫黄の 47% の除去に成功している。

c) 表面処理による硫化鉄の除去法

この方法はT. f 菌を用いて石炭を前処理し、混在する黄鉄鉱の表面酸化作用により親水化してから水中で選択造粒する方法である。T. f 菌なしの水中での選択造粒では 50 %以上の黄鉄鉱の除去は困難であったがT. f 菌の使用で 80 %の除去が可能となった。

(4) 成型炭製造技術

成型炭は古くから粉状石炭を成型して家庭用、工業用燃料として広く利用されてきた。家庭用成型炭（豆炭）は無煙炭が主原料で、これに粉コークス、半成コークスなどが配合され、粘結剤として消石灰が多く用いられ、その他にパルプ廃液、ベントナイトなどが併用される。消石灰、酸化鉄、炭酸ソーダなどの使用は石炭中の燃焼性硫黄を不燃焼性として灰中に固定することを目的としている。工業用成型炭は家庭用とは異なり、一般に石炭を主原料とし粘結剤としてコールターピッチを用いる。この様な成型炭では石炭中の硫黄は殆ど固定されず、燃焼時の黒煙の発生量も多くなる。

1986 年に”石炭・植物質複合固形燃料（BIO-COAL）“が開発され、実用化されている。この BIO-COAL は石炭に木材、バガスなどの植物質を 15 ~ 30%、石炭中の硫黄量に応じた消石灰を混合し、1 ~ 2 t/cm²の高圧縮力で成型した燃料である。BIO-COAL は石炭粒子と繊維状の植物質が強く絡み合い密着しており、燃焼時にも分離せず着火温度の低い植物質と石炭が複合燃焼して、植物燃焼後の空隙が通気孔となることから着火性、燃焼性がよく、煤煙の発生量少なく燃焼灰はクリンカーにならないなどの特徴がある。

原料炭には褐炭、亜瀝青炭、無煙炭など広い炭種を用いることができる。特に灰分が多く低発熱量の低品位炭にも適用でき、家庭用、小型鍋炉などのクリーン燃料として期待できる。

この方法は中国山東省の臨沂鉱務局湯庄炭鉱に 3.5 t/年の製造設備を設置して 1995 年に中国側が実証試験を行うことになっている。

1) 製造方法

BIO-COAL は優れた燃焼性と輸送、貯蔵などのハンドリング操作に耐えることが要求されるため、成型前工程における原料の粉砕、乾燥、混合の処理条件が適性でなければならない。

BIO-COAL製造の基本フローシートは図 7.3.3 に示した通り、原料の石炭と植物質を乾燥、粉砕し脱硫剤を混合して圧縮成型する。植物質には間伐材、廃木材、バガス、ビートパルプ、稲藁などが適している。中でもバガスが粘結性、撥水性に優れている。

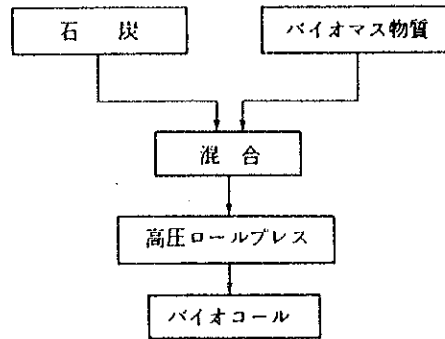


図 7.3.3 BIO COAL の製造系統図

2) 成型炭の強度

石炭にバガスを約 20 % 混合した BIO COAL と石炭単味の成型炭について石炭粒度と圧壊強度の関係を図 7.3.4 に示す。図から分かるように BIO COAL の場合は石炭単味より約 1.5 倍の圧壊強度が得られる。

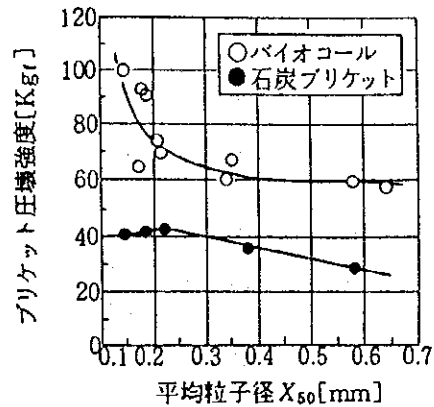


図 7.2.4 石炭粒度と圧壊強度

出典：(株)大塚鉄工 資料

この方式の経済性は 20 万トン/年規模で製品 1 トン当たり 1 万円 (1000 元) と試算されているが高圧成型機以外を中国製にすれば低廉な方法となる。

3) 煤塵発生量

植物質約 20 % の BIO-COAL と石炭単味の成型炭のストーブでの燃焼試験による

と図 7.3.5 に示したように燃焼初期での煤煙発生量が大きく異なり、石炭単味に比べて 1/5 ~ 1/10 に減少している。煤煙発生量が減少する理由は、石炭の燃焼時に 200 ~ 400 °C の低温で発生する揮発分が石炭粒子間に入っている着火温度の低い BIO-MAS によって燃焼するためと考えられる。

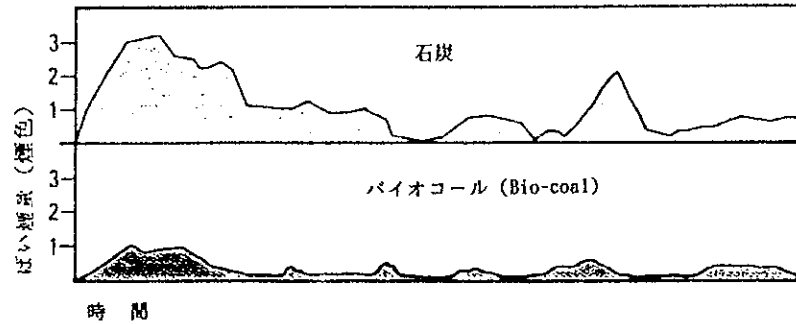


図 7.3.5 煤煙発生率

出典 : (株)大塚鉄工 資料

4) 硫黄固定率

硫黄分約 2.1 % の石炭に木材 20% と消石灰を混合した時の灰中に固定される硫黄量は図 7.3.6 のような結果が得られている。

図中の白丸は排ガス分析から、黒丸は灰の分析から求めた硫黄の固定率である。

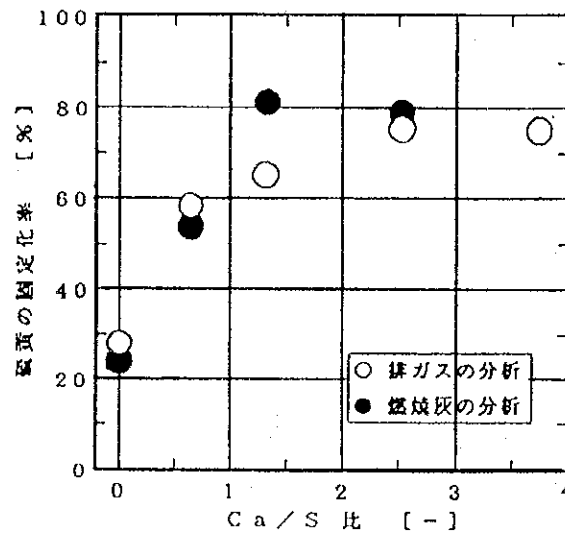


図 7.3.6 硫黄固定率

出典 : (株)大塚鉄工 資料

(5) 都市ガス化

石炭を乾留して得られるガスは大気汚染物質の排出量の少ない良質の燃料を用いるとSO₂と煤塵の削減率は95%以上である。しかし、ガス化工場では石炭の乾留に使用する燃料の燃焼によりSO₂、煤塵が排出されるためその防止対策が別途必要である。

石炭ガスを都市ガスとして利用する場合は、生産工程において硫黄化合物を除去し、市内に供給するが柳州市では現在、柳州鋼鉄廠で生産され市中心部にそのまま供給されている。

ガス組成はH₂が57%、CH₄が22%、COが6.5%で発熱量は約4,070 kcal/m³である。なお、COは毒性を持っているため家庭での使用は安全面での注意が必要である。

2005年における都市ガスの需要は現在の2倍に増加する。そのため10,000 kcal/m³に変更して対応する方法が考えられる。そのための設備改造が必要である。

先進諸国ではCOの含有量を低減し、炭化水素を主体としたガス組成に変えている。柳州市においても将来はコークス炉ガスを主体とした都市ガスの供給方式を炭化水素を主体としたガス組成に転換する必要がある。

対処方法としてはLPGによる増熱法と重油のガス化による増熱法を行う。

そのため両者の設備費、運転費を試算して比較検討する。

石炭ガス以外の気体燃料としては天然ガス、液化ガス(LPG)などがあり、天然ガスは原油や産炭地が消費地と離れているため一般的には高压容器に詰めて供給される。高压容器に詰めればどこへでも運べるが供給量が少量となり、都市ガスに比べ高価となる欠点がある。

LPGは硫黄分はほとんど無く、発熱量は20,000～30,000 kcal/m³と非常に高く加圧下では液体であるため輸送や貯蔵が簡単であり、郊外などでの使用に適している。

(6) 石炭液化

原油と石炭の埋蔵量の差は大きく、やがて原油の枯渇時代が到来することは間違いなく、不足する石油の代替として現代社会に適合させるためには液体化が必要である。石炭液化は石炭から石油を製造する技術で各国で石炭を液化する技術開発が行われている。日本の場合は、50 t/dの瀝青炭液化プラントによる試験・研究を終了し、現在150 t/d石炭液化大型パイロットプラントを建設中で1995年中に実証試験を終了する。

図7.3.7に直接水添法の石炭液化パイロットプラントの概要図を示す。

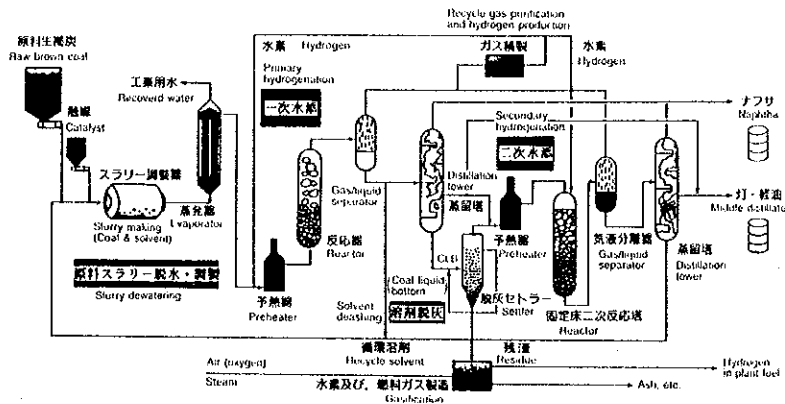


図 7.3.7 石炭液化パイロットプラント概要図

出典：新エネルギー・産業技術総合開発機構（資料）

石炭液化プロセスには直接水添法、石炭系溶剤抽出法、石油系溶剤抽出法があり、直接水添法では石炭と触媒を溶剤でスラリーとし、反応塔で一次水素添化、二次水素添化し軽油、灯油、揮発油などの液体成分を製造する。

反応条件は一次反応は圧力 150 ~ 200 kg/cm²、温度 430~450 °C、二次反応の圧力は一次反応と同じであるが反応温度が低く 360 ~ 400 °Cである。

適用できる炭種は亜瀝青炭から低瀝青炭程度、最も適している石炭は炭素含有量が 84 ~ 85、灰分が 15 %と言われている。

原油価格が現在 20 \$前後であり、石炭液化油を実用化するには可及的に液化油の価格をこの水準に近づける必要がある。現在、試算されている液化油の価格は 70 \$程度で原油価格の上昇と液化油価格の低下がなければ実用化は困難な状況にある。

この方法の経済性については現在、検討中である。

(7) ガス化

石炭のガス化には乾留、水性ガス化、水添ガス化などがあり、乾留によるガス化はコークス炉と同様で、技術的には完成されたものである。水性ガス化は水蒸気を用いてCO、H₂を製造してNH₃などの合成原料とする。水添ガス化は瀝青炭または褐炭を原料とし、水素雰囲気中で揮発分や炭素分をメタン、ベンゼン、トルエン、キシレン(BTX)などを生成させる方法である。

水添ガス化には通常の熱分解速度と急速熱分解速度があり、通常の熱分解速度では褐炭の水添ガス化に適しており生成ガスの発熱量は 4000 kcal/m³以上である。

急速熱分解速度ではBTXの収率が高く、メタンへの変換率も 40 %と高い。また、この方法では有機硫黄、無機硫黄とも硫化水素への転換(脱硫)率が高い。

前二者の方法は中国でも実用化されている技術で周知の事実であるが水添ガス化は

現在も実用化に向けて開発研究が進められている。

図 7.3.8 に急速熱分解法のフローを示した。

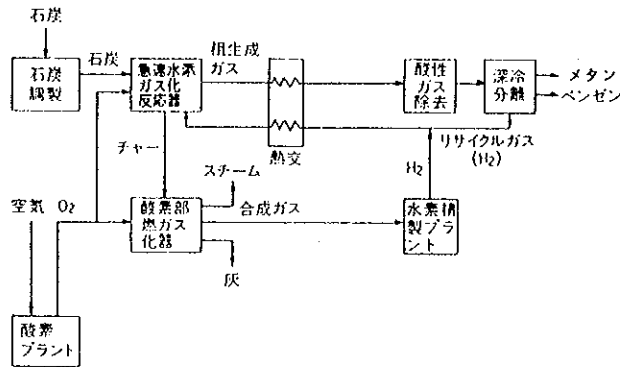


図 7.3.8 急速熱分解法のフロー

出典：燃料協会誌 69巻 8号 (1990)

この方法の構成は急速水添ガス化反応器、生成ガスの冷却器、各種ガスの分離器、部分燃焼ガス化反応器などからなり、硫黄およびアンモニアは副生物として回収され、水添ガス化反応器で生成するチャーは部分燃焼ガス化反応器で原料水素ガスの製造に使用される。

急速熱分解法のフロー（図 7.3.8）では総合熱効率は約 70 %である。

この技術は将来の石炭ガス化技術に重要な役割を果たすもので、石炭利用拡大に備え国際的な協調のもとに技術開発を継続する必要がある。

この方法の経済性については現在、検討中である。

(8) 石炭スラリー燃料

埋蔵量の豊富な石炭を利用拡大するには、固体燃料であるがゆえにハンドリングデメリットと燃焼灰の処理、排煙処理上の不利などが障害となっている。

石炭利用技術にはいろいろあるがボイラーの燃焼効率の向上や排煙処理の容易さなどから石炭のスラリー燃料化は有力な利用技術である。

石炭のスラリー化には石炭と油を混合するCOM (Coal Oil Mixture) と石炭と水を混合するCWM (Coal Water Mixture)がある。これらはいずれも石炭のハンドリングを容易にすることを目的としたものであり、さらには経済性と油に近い代替燃料としての期待もある。

1) COM

a) 微粉COM

COMは石炭/重油比が重量で 50/50、発熱量比で 40/60 でかなり重油に近く、既設の重油ボイラーや高炉への利用が可能である。

製造方法は微粉粒度、添加剤の種類などにより各種あるが、一般的には微粉粒度は 200 mesh 通過 70 ~ 80 % で分散剤添加方式である。

微粉COMはすでに火力発電所で実用化されており、さらに付加価値を高めるため脱灰COM技術も開発されている。

COM用石炭の適性は受入れ貯槽での経時的に石炭粒子の沈降堆積状況を測定して安定性を比較して評価する。

COMの燃焼性は着火、燃焼の安定性は重油と同程度でNOx、灰中未燃分などの発生は図 7.3.9 に示した程度である。

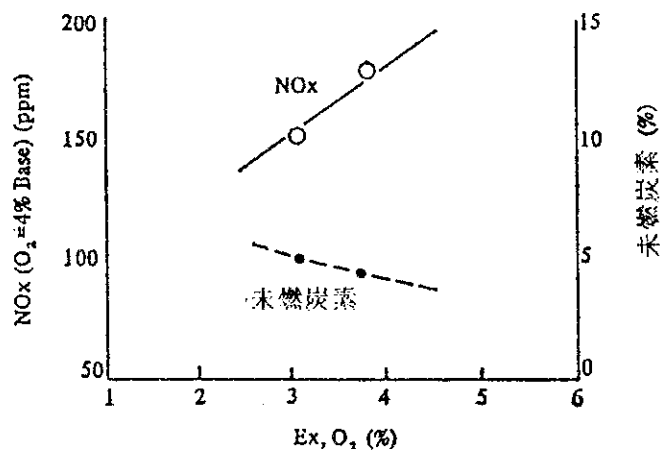


図 7.3.9 排ガス中の酸素とNOx, 未燃炭素の関係

出典：燃料協会誌 65巻 11号 (1986)

b) 粗粒COM

粗粒COMは石炭の流送、とくに石炭の沖取りに利用することを目的として開発された技術で燃焼時には脱油して石炭を固体として扱う方法であり、粒子径の大きい石炭を用いる。そのため液体の粘度は低下するが石炭濃度を 65 %まで高められる特徴がある。この方法は脱油後の石炭含油率が高く経済的な面で実用化されていない。

2) CWM

CWMは 200 mesh 以下 70 ~80 %、石炭濃度は 70 %程度で常時流体としてハンドリングできるように安定化したもので、石炭粒度分布の調整および少量の界面活性剤を用いることで目的を達成している。

実証試験の結果によると、微粉炭燃焼では燃焼性が悪いと言われる炭種でもCWMにすると燃焼性が良くなり、微粉炭燃焼より合理化が進んだ運転ができるようになる。しかし、2 %程度効率が低下することやバーナーチップ、ポンプの寿命が短くなることなどから経済性は微粉炭燃焼より劣る。

この方法は日中合弁CWM有限公司を設立し、日本の技術で中国の日照市に年産 25 万トンの工場を建設して 1992 年から日本に出荷されている。

この他、米国では焼結鉍製造用燃料、スウェーデンでは暖房用燃料として製造販売されている。山元でCWM化すれば経済性が有利になりこの方法の導入の可能性が拡大するものと思われ、COMの時代は去りCWMの時代が到来すると予想されている。具体的な経済性は公表されていない。

(9) 石油系燃料転換

中国の原油埋蔵量は豊富であるが採掘および製油所設備不足のため、油価の低下とあいまって昨年あたりから石油輸入国に転じている。

石油は石炭に比べ高価であるが市街地のホテルやレストランなどの燃料として利用を導入して汚染物質の低減を図る。

(10) 流動層燃焼装置

流動層燃焼装置の形式には気泡型と循環型の二通りの方式があり、実用化は気泡型が先行している。

気泡型は炉内流速 2 m/s と遅く、できるだけ炉外に粒子が飛び出さないように操作される。これに比べ循環型では 4 ~ 9 m/s の高速で操作され、炉外に飛び出した粒子はガスと分離されて繰り返し炉内に還流される。

気泡型は圧力損失が大きいこと、装置の大型化に困難があること、微粉粒子の飛び出しによる未燃損失が大きい、炉内での粒子の分級が起りやすく燃料の種類が制約されるなどの欠点がある。

1) 気泡型流動層

現在、実用化されている気泡型は以上の様な欠点を補うために、二段流動層や内部循環型が開発されている。

内部循環流動層は比重の異なるものを燃焼した場合、流動層表面に浮かんだままで流動化しているものを強制的に粒子群に同伴させることができる特徴がある。

図 7.3.10 に内部循環流動層の構造を示す。

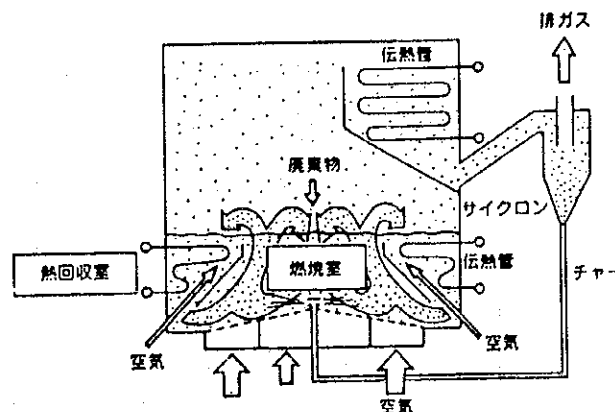


図 7.3.10 内部循環流動層の構造

出典：資源環境対策 別冊

2) 循環流動層

一般的な循環流動層鍋炉の構造を図 7.3.11 に示す。

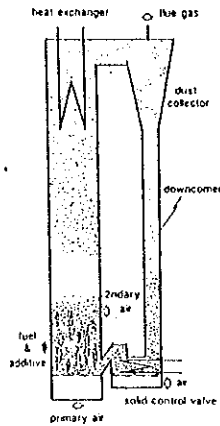


図 7.3.11 循環流動層鍋炉の構造

出典：資源環境技術総合研究所 資料

ループを循環する粒子の種類は気泡型の場合と変わらないが、粒径は小さく平均で $200 \sim 300 \mu$ 程度である。通常、低 NO_x 化のため二段燃焼方式をとるので一次燃焼域には濃厚な粒子層が形成され、二次空気の供給で燃焼して炉内を上昇し排出される。一次燃焼域では流れの乱れが激しいため気・固の接触や混合が気泡型よりも良く、未燃粒子と未反応吸収剤の還流によって燃焼効率と吸収効率の向上が図られる。

3) 硫黄酸化物の除去率

流動層では流動化粒子として石灰石を炉内に供給して SO_2 を吸収・除去する。吸収反応の温度は $800 \sim 850 \text{ }^\circ\text{C}$ の範囲にある。

石灰石供給量と脱硫率の関係を図 7.3.12 に示す。

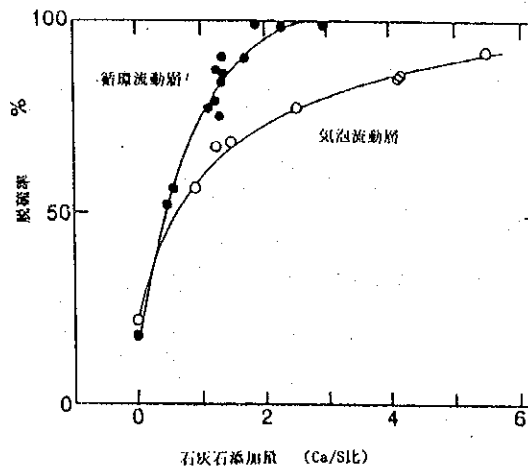


図 7.3.12 石灰石供給量と脱硫率の関係 (同上資料)

図から分かるように気泡型の石灰石の利用率は低いため、循環流動層より脱硫率が低い。

気泡型では粒子を層内に滞留させるためには石灰石の粒子を大きくせざるを得ず 90%脱硫に必要な石灰石量は気泡型では理論量の約 3 倍、循環型では 2 倍必要である。

4) 窒素酸化物の抑制

流動層は低温燃焼であるため窒素酸化物の生成は $Fuel\ NO_x$ であり、 NO_x の生成は低空気比と共に減少する。気泡型では二次空気の吹き込む位置は高いほど効果的であり、一次空気比と二次空気比の分配比にも最適値が存在し、一次空気比は 0.8 ~ 1.0 が望ましい。

循環型では、循環粒子に含まれる炭素と NO との接触がよいので、 NO の還元反応が気泡型よりも一段と促進される。

日本における NO_x の生成レベルは気泡型では 100 ppm以下、循環型では 50 ppm 以下の発生レベルが容易に達成できる。しかし、脱硫剤としての CaO は NO を増加する傾向があり、低酸素域では脱硫反応が抑制されるので低 NO_x と脱硫の同時達成にはある程度の限界がある。

5) 流動層の欠点

気泡型では微粒子の飛び出しによる未燃分が多く再燃焼炉を必要とする。炉内の固体の分級が起こりやすい。

循環型では装置の磨耗が著しく適正な対策が必要である。磨耗対策上、最も伝熱速度が大きい炉内に熱交換器を設置できないため、外部に設置したり、伝熱面積を大きくする必要がある。

6) 経済性

循環炉で炉内脱硫を組合わせた場合の設備費は 20 ~ 45 元/ m^3 で良質の石炭に転換しても設備費は変わらない。装置の磨耗が激しいほど、耐磨耗材料の使用で費用増加する。伝熱管の保護対策を考慮することも必要である。

(11) 選炭法と流動層との組合せ

この方法は、山元で選炭を行って脱硫脱灰し、消費地では石灰石を添加して流動層で燃焼するものである。選炭による脱硫、脱灰の程度は石炭によって効果が異なるので一概に効果を数字で現しにくい。一般的には 50 %程度で、低い場合は 30%程度の場合もある。

原炭の硫黄分を 6, 5, 3 % の場合の選炭後の硫黄分を試算すると、表 7.3.4 のようになる。

表 7.3.3 選炭後の硫黄分

原炭硫黄分 (%)	選炭後の硫黄分 (%)	
	50%除去	30%除去
6.0	3.0	4.2
5.0	2.5	3.5
3.0	1.5	2.1

表 7.3.3 に示した選炭後の硫黄分を石灰石添加循環流動層燃焼で炉内脱硫を行った場合の残留硫黄分（仮定）を脱硫率 80 %、70 %について試算すると表 7.3.4 のようになる。

この表から分かるように合山炭の硫黄分 6 %の場合、選炭で 50 %除去して循環流動層燃焼で 80 %脱硫すれば硫黄分 0.6 %の石炭を燃焼したときと同じ効果が得られる。同様に循環流動層での脱硫率を 70 %にすると残留硫黄分（仮定）が 0.9 %となり入手しにくい低硫黄炭を使用したのと同じ効果が得られる。

表 7.3.4 循環流動層燃焼の残留硫黄分（仮定）

脱硫率 (%)	循環流動層燃焼の硫黄分 (%)					
	4.2	3.5	3.0	2.5	2.1	1.5
80	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3
70	1.3	1.1	0.9	0.8	0.6	0.5

以上より選炭処理炭を循環流動層で燃焼を行えば効果的にSO₂を低減することが可能である事が分かる。

排煙脱硫方法との差異を検討するため、原炭の硫黄分と排煙脱硫の脱硫率を変えた場合の残留硫黄分（仮定）を求めると表 7.3.5 のようになる。

表 7.3.5 排煙脱硫後の残留硫黄分（仮定）

原炭硫黄分 (%)	脱硫率 (%)			
	95	90	80	70
6.0	0.30	0.60	1.26	1.89
5.0	0.25	0.50	1.00	1.50
3.0	0.15	0.30	0.60	0.90

原炭の硫黄分 6 %の選炭処理炭を循環流動層で 80 %除去と同じ効果を得る排煙脱硫は 90 %の脱硫率でなければならない。80 %の脱硫率では 1.26 %の硫黄分となるので実用的には 90 %以上の脱硫率で行う必要がある。

90 %以上の脱硫率を得るには設備費や高度な運転技術を必要とすることなどを考慮すると選炭処理炭と循環流動層の組み合わせ法は有用な方法である。

(12) 高効率発電技術

1) 石炭のガス化複合発電

技術開発中の石炭のガス化複合発電は発電効率が高い、多種多様な石炭が利用できるなどの特徴があり、システムの概念は図 7.3.13 に示したように石炭をガス化し、ガスタービンで発電すると共にガス化炉及びガスタービンの廃熱を利用して蒸気を発生させ蒸気発電も同時に行い送電端での熱効率は 43 %に達する。

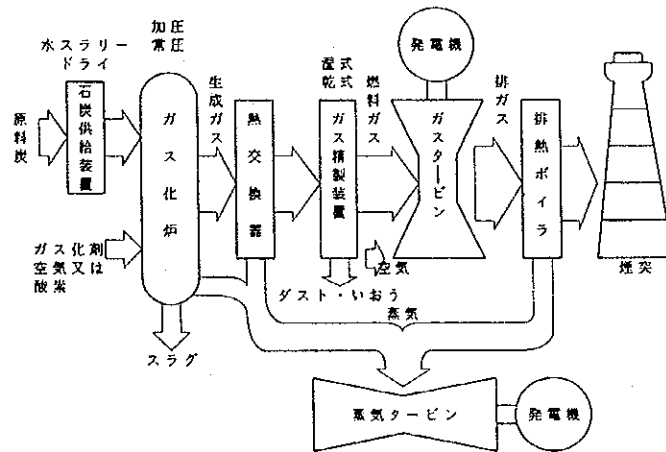


図3 石炭ガス化複合発電システムの概念図

図 7.3.13 石炭ガス化複合発電システムの概念図

出典：燃料協会誌 70 巻 9 号 (1991)

ガス精製方法には湿式と乾式があるが、乾式のほうが熱効率的には有利である。ガス化剤としては酸素又は空気を用いるが酸素を用いる場合は生成ガスの発熱量が高くなるが酸素製造設備を必要とするためシステム全体として考えた場合コスト面で不利となる。

表 7.3.6 ガス化炉、ガス精製装置の方式と特徴

設備	方式	特 徴
石炭供給	乾式	水分損失が少なく、ガス化炉の温度が上がりやすい
	湿式	スラリーポンプによる石炭供給が可能で、燃焼制御が容易
ガス化剤	空気	酸素設備が不要で、高効率を期待できる
	酸素	生成ガスの発熱量が高く、ガスタービンでの安定燃焼が容易
ガス精製	乾式	水洗によるガスの顕熱損失がなく、高効率を期待できる
	湿式	実績が多く、実現性が高い

日本における石炭のガス化複合発電の開発目標は実用化期待を 2000 年とし、熱効率 43 %以上、経済性は微粉炭火力程度、汚染物質排出量は既存の石油火力程度であること、使用する石炭は燃料比、灰の融点などが広範囲に亘って利用できることを重点課題としている。

開発用のパイロットプラントは空気吹込み加圧 2 室 2 段噴流層ガス化炉、高温乾式ガス精製装置、低カロリーガス用 1300℃級ガスタービンなどの先端的な高度技術が採用されている。

世界の石炭のガス化複合発電の開発計画を見ると、米国は 100 ～ 400 MWの規模でガス化はTEXACO噴流層ガス化方式で実証試験が行われ、オランダは SHELL 方式で実証試験が行われ、ドイツでは 1995 年に試験開始を予定している。

いずれの国も実用化の目標を 2000 年頃に置いている。

2) 加圧流動層複合発電

加圧流動層複合発電はガス化炉に流動層方式を採用し、蒸気発生用熱交換器を加圧容器内に組込むことで比較的コンパクトな装置で石炭ガスによる発電を行う方法である。

この方式は流動媒体として石灰石を用いることでガス化と同時に脱硫ができ、しかも脱硫・脱硝装置が小型化できる特徴がある。

このシステムの一例を図 7.3.14 に示した。

このシステムでは石炭と石灰石をスラリーとして供給し、ガス化剤に 6 ～ 20 気圧の空気を用い加圧下で石炭は効率良く燃焼する。

層内の燃焼温度は 850 ℃に調節され高い伝熱特性を持つ層内伝熱管で蒸気を発生させ、蒸気タービンを駆動させる。

燃焼排ガスはサイクロン及びセラミックフィルターによって高性能集塵された後ガスタービンに至り空気圧縮動力を差引いた分を発電に用いる。

発電後の燃焼排ガスは脱硫装置、熱回収装置を経て煙突から放出される。

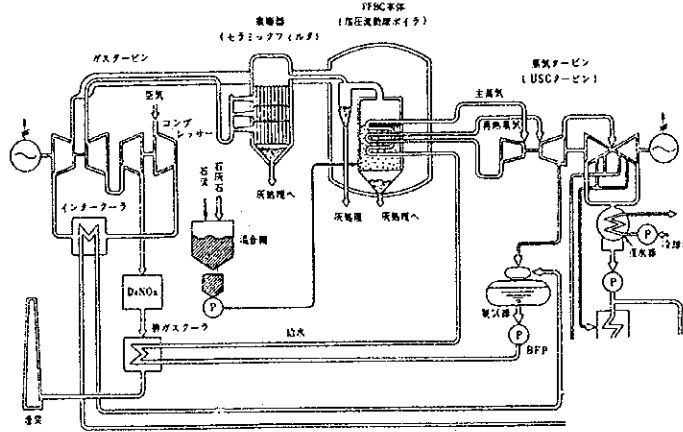


図 7.3.14 加圧流動層複合発電システムの概念図

出典：図 7.3.13 と同

日本における実証試験では次のような結果が得られている。

a: 燃焼効率

図 7.3.15 で分かるように燃焼効率と圧力の関係はほぼ直線に向上する。加圧流動層燃焼の運用領域 10 ~ 16 atm 以上の範囲では空気比と流速の選定により 99 %以上の燃焼効率を得られ、未燃灰の再燃焼を必要としない。

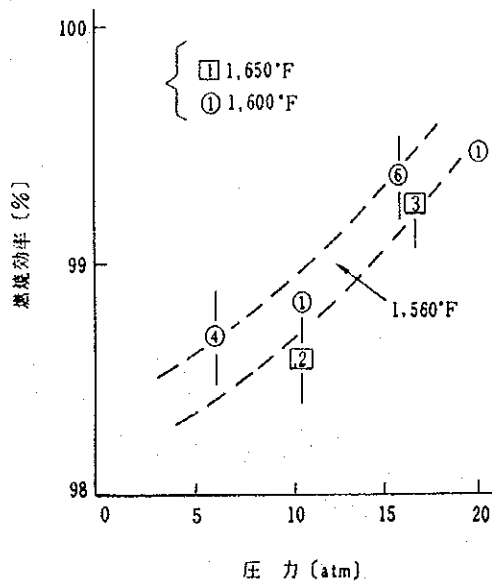


図 7.3.15 燃焼効率と圧力との関係 (出典：同上)

b: 脱硫率

脱硫剤として石灰石またはドロマイトを用いるが層温度が 950 °Cまでは温

度が高くなる。またガスの滞留時間が長いほど脱硫率は向上する。
 図 7.3.16 に脱硫率とモル比、滞留時間の関係を示した。

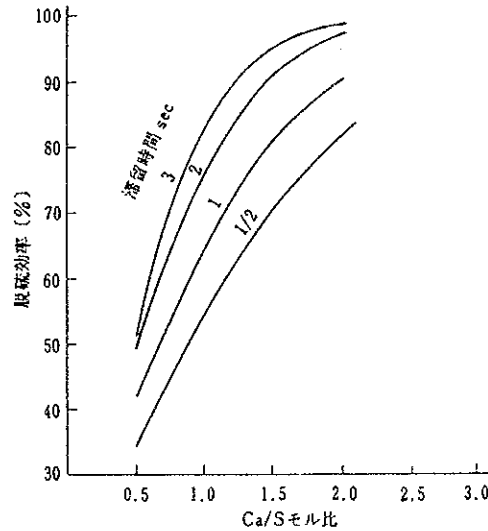


図 7.3.16 脱硫率とモル比、滞留時間の関係
 出典：図 7.3.15 と同)

c: 燃料供給方式の選定

石炭と脱硫剤の供給は乾式とスラリー方式があり、乾式ではロックホッパー、切替え弁、乾燥機、搬送空気設備が必要で装置が複雑となる。スラリーの場合は水分添加による蒸発潜熱による熱損失があるが水分増加によるガス量増加がガスタービンの出力増加となるためシステム全体としては損失が緩和される。乾式か湿式かの判断は図 7.3.17 で決める。

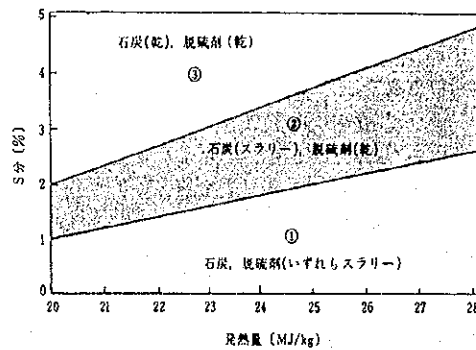


図 7.3.17 燃料供給方式の選定図 (出典：同上)

d: 開発状況

日本では 71 MW の実証プラントを 1990 年に着手し、1996 年に完了する予定である。

日本以外では米国が 1990 年に 71 MW の実証プラントを石炭はスラリー方式で、ドロマイトは乾式で実験を開始し、将来は 330 MW のプラントを建設する計画である。

スウェーデンでは熱併給プラント方式で発電規模は 130 MW、熱供給は 220 MWt を 2 unit 用意してスラリー方式で 1990 年末に試運転を開始した。

スペインでは低質のリグナイトを用いる 80 MW の実証プラントを山元に設置して 1990 年末に試運転を開始している。

(13) 生産設備 (本編 7.7 参照)

(14) 燃焼管理機器の整備

燃焼管理を行うために必要な最低限の測定器としては、排ガス分析装置と温度計、各種流量計などである。

計測は設備、作業の状況を把握する唯一の手段であり、計測器は管理の羅針盤ともいわれ、この活用なくして燃焼管理の実施も、効果も期待することはできない。

排ガス分析装置としては Orsat ガス分析計、温度計としては熱電対式記録温度計、流量計としては石炭、給水、蒸気、空気、ガス用などが必要である。

燃焼には、高温を必要とする場合や温度変化を要求する場合、雰囲気厳しく要求する場合などがある。また、蒸気の発生、金属の熱処理・溶解、乾燥、反応などそれぞれの目的によって燃焼の条件が異なっている。

したがって、日常の燃焼管理は燃焼排ガス成分や温度によって良否を判定すると共に、製品に与える影響を解析して、最も効率が良く、公害防止の諸条件に合った燃焼操作を行わなければならない。

燃焼は自動制御による管理が望ましいが多額の費用を必要とする。柳州市では一部の工場を除けば小規模のものが多く、自動制御は無理であろうからせめて手動による燃焼管理を行う必要がある。

鍋炉や熱利用設備の温度分布、流量測定、排ガス分析などを行って熱収支を算出しどこに無駄な熱が流れているかを明らかにして改善を行う。

柳州市における熱管理の悪さは主として①燃焼管理をしていない、②設備表面からの放散熱量が多い、③蒸気管理がなされていないなどが原因となっている。

加熱炉においては、その構造と断熱材の良否が燃料原単位に大きく影響する。作業の目的に応じて最適な部材を選定し断熱性能の向上や炉体蓄熱量の減少を図るよう努力する必要がある。

蒸気については供給管の完全保温、水蒸気トラップの設置などを施工標準とすべきである。また、凝縮水の回収利用や蒸気の使用圧力の適正化などについて鍋炉運転者と協力して蒸気の使用量の節減を図るべきである。

(15) 工場・事業場における燃焼管理基準

工場・事業場において燃焼管理を合理的かつ有効な実施を図り完全燃焼や省エネルギーなどによる燃料の節減及び汚染物質の排出を抑制するためにこの管理基準を活用

する。

1) 空気比の管理

一般に空気比が大きいと排ガスによる熱損失が増加するので、できるだけ小さくする。しかし、小さすぎると不完全燃焼を起こすことになる。実際には排ガスによる熱損失と不完全燃焼による熱損失との合計熱損失が最小になる空気比を探して決める。

また、排ガス中の炭酸ガス量は燃料の種類によって同じ空気比でも違ってくる。

この空気比管理は手動式の Orsat ガス分析器があれば可能である。この分析計の価格は 5,000 元程度である。

各種燃焼装置、燃料種類に応ずるCO₂の値を表 7.3.7に示した。

表 7.3.7 各種燃焼装置におけるCO₂の慣用値

燃 料	燃焼装置	CO ₂ (%)
石 炭	鎖床炉	11~13
	微粉炭	11~15
重 油 ガ ス	重油燃焼装置	11~14
	ガス燃焼装置	8~20

燃焼管理は燃焼設備および燃料の種類に応じて標準空気比を設定して行う。

標準空気比は表 7.3.7, 8の値を目安として空気比を下げるよう努力する。

実際の空気比は Orsat ガス分析装置などを用いて排ガス中の酸素濃度を測定して次式で求める。

$$m = 21 / (21 - O_2) \quad O_2 : \text{測定酸素濃度}$$

表 7.3.8 標準空気比

a 鍋炉

区 分	負荷率 (%)	標準空気比 (m)		
		固体燃料	液体燃料	気体燃料
電気事業用	75~100	1.2 ~1.3	1.05~1.1	1.05~1.1
蒸発量30t/h以上	"	1.2 ~1.3	1.1 ~1.2	1.1 ~1.2
" 10~30t/h	"	1.3 ~1.4	1.2 ~1.3	1.2 ~1.3
" 10t/h以下	"	1.5	1.3	1.3

b 工業炉

区 分	標準空気比
①金属鑄造用加熱炉	1.3
②連続鋼片加熱炉	1.25
③上記②以外の加熱炉	1.3
④連続熱処理炉	1.3
⑤ガス発生炉及びガス加熱炉	1.4
⑥石油加熱炉	1.4
⑦熱分解炉	1.3
⑧水泥炉	1.3
⑨石灰焼成炉	1.4
⑩連続式硝子溶解炉	1.3

2) 燃焼室熱発生率

燃焼室の熱発生率は燃焼室の単位容積、単位時間当たりの発生熱量をもって熱発生率とし、通常 kcal/m³h の単位を用いる。

標準的な熱発生率は表 7.3.9 の通りであり、炉材の耐火温度などを考慮し過剰な熱発生で炉壁の損傷が無いようにする。

表 7.3.9 熱発生率

	熱発生率 (10 ⁴ kcal/m ³ ・h)
重油	20~200
微粉炭	10~30
ストーカ焚	18~35
ガス燃焼	10~200

3) 標準排ガス温度

排ガス温度は表 7.3.10の値とする。この値より著しく高いときは燃焼用空気の温度をあげるなどの排熱回収を強化する。

表 7.3.10 標準排ガス温度

a 鍋炉

区 分	標準排ガス温度 (°C)		
	固体燃料	液体燃料	気体燃料
電気事業用	145	145	110
“ 30t/h以上	200	200	170
“ 10~30t/h	200	200	170
“ 10t/h以下	320	320	300

b 工業炉

炉出口温度	排ガス温度	予熱空気温度
500	200	130
600	290	155
	300	260
700	330	220
	370	180
	370	300
800	410	250
	450	205
	400	385
900	490	285
	530	230
	420	490
1000	520	375
	570	315

4) 標準炉壁温度

工業炉の標準炉壁温度を表 7.3.11に示す。この値より高いものは断熱材の増加、低熱伝導率材料への転換などで断熱性の向上を図る。

表 7.3.11 標準炉壁外温度

炉内温度 ℃	標準炉壁外温度 °C	
	天 井	側 壁
1300	140	120
1100	125	110
900	110	95
700	90	80

5) 燃焼設備の保守・管理

- a) 鍋炉、工業炉、熱交換器などの伝熱面への付着物（煤塵、無機物）を除去し、性能低下を防止する。
- b) 鍋炉への給水は適切な水質管理を行って伝熱管への無機物付着を防止する。
- c) 加熱、乾燥、熱交換などの設備では過剰な熱供給を行わない。
- d) 反復加熱を必要とする工程は連続もしくは統合化する。

(16) 排煙脱硫

排煙脱硫法の方式及び概要を表 7.3.12に示す。

表 7.3.12(1) 排煙脱硫方法

方法	方法の概要	長所	短所	経費性	備考
石灰石-石膏法	<ul style="list-style-type: none"> 排ガス中の亜硫酸ガスを吸収塔内で石灰石を含む吸収剤スラリーと気液接触させ、亜硫酸カルシウムとし、これを空気で酸化後、水分を分離し副生石膏として取り出す。 	<ul style="list-style-type: none"> 安価な石灰石（吸収剤）として利用でき、セメント用、石膏ボード用の商品価値の高い石膏（副産品）が回収可能、大量安定貯蔵が容易である。 一設備で高いランニングコストは湿式法の中で最も安価 高い脱硫効率（95%以上） 技術的信頼性が高い。 	<ul style="list-style-type: none"> 固形物の堆積、付着対策などが必要、メンテナンスでの手間がかかる 対策 <ul style="list-style-type: none"> 1) 吸収液中への石膏の種類・結晶の添加 2) 吸収塔内面形状の単純化 3) 吸収塔内のスラリー流動性の向上 	<ul style="list-style-type: none"> 設備費（万円/kw）2～3（最近は2） 電力消費（%）1.8～2.5 脱硫費（円/kwh）1～1.3 	
槽式石灰石膏法	<ul style="list-style-type: none"> プロセスは石灰石膏法と同様、吸収塔内と酸化塔一体型 	<ul style="list-style-type: none"> 設備がコンパクトで運転が容易。 	<ul style="list-style-type: none"> 高脱硫率とする場合は石灰石膏法と経済性は変わらなくなる。 	<ul style="list-style-type: none"> 設備費（万円/kw）1～1.5 電力消費（%）1～1.5 脱硫費（円/kwh）0.7～0.8 	
ソーダ吸収法	<ul style="list-style-type: none"> 吸収剤としてNaOHを用い、SO₂を吸収し亜硫酸ソーダ（NaHSO₃）とする。 NaHSO₃の処理 <ul style="list-style-type: none"> 1) NaOHを添加後 Na₂SO₃を空気分離して無公害なNa₂SO₃にし排水とともに放流（小規模処理用） 2) Na₂SO₃を水溶液のまま回収（紙パルプの薬液用に利用） 	<ul style="list-style-type: none"> 最も簡単な方法 NaHSO₃の処理設備が簡単である。 脱硫率は90%以上 	<ul style="list-style-type: none"> 吸収剤が高価であり副産品が利用できる場合のみ有効である 製紙工場に適する 	<ul style="list-style-type: none"> 建設費：安価 1) ソーダ吸収法：石灰石膏法の80%程度 2) 亜硫酸ソーダ回収法：石灰石膏法の40%程度 	
アンモニア吸収法	<ul style="list-style-type: none"> 吸収剤は水酸化アンモニウムを用い、SO₂を吸収して亜硫酸アンモニウム（(NH₄)₂SO₃）となり、さらにその一部がSO₂を吸収しNH₄HSO₃となる。この吸収液を処理し硫酸、硫酸、石膏の形で回収可能。 	<ul style="list-style-type: none"> 硫酸や石膏の利用先がある場合に有利。 硫酸は肥料の需要のある地域には比較的に安価で運転が容易であり適する。 	<ul style="list-style-type: none"> 脱厚プロセスが複雑。 濃厚な白濁を生じやすい。 	<ul style="list-style-type: none"> [石灰石膏法（設備費1.5万円/kw電力消費1.5%と比較） 硫酸回収法では石膏回収法より建設費が70%程度安くランニングコストが約1.8倍となる 	
半乾式法一般	<ul style="list-style-type: none"> スプレードライヤー型の吸収塔で消石灰を噴射し、反応乾燥して生成する粉状の亜硫酸石灰、未反応石灰、フライアッシュの混合物をEP又はバグフィルタで捕集。 	<ul style="list-style-type: none"> 比較的安価な設備費（SO₂濃度低小時） 費用に比べ比較的高い脱硫率：70～85% 再加熱不要 排水以外排水なし 	<ul style="list-style-type: none"> スプレー不調あるいはガス量不安定時に吸収塔や集じん装置に堆積物ができやすい。 廃棄物処理の問題がある。 スプレーノズルの磨耗 吸収剤として石灰石より消石灰が適している。 	<ul style="list-style-type: none"> 低脱硫率（70～80%）人口SO₂濃度が低い時（800ppm以下）は湿式法より安価 消石灰質は湿式法石灰石膏法の4倍以上 	<ul style="list-style-type: none"> ガスの速度や温度を飽和（露点）に近づけると脱硫率が高くなるが、ガス量や湿度の変動の際の制御が十分でないとは流れてしまった反応物が固結する。 ボイラーの起動時にバグの温度が低い時にスプレーするとバグが湿って詰まる。
水スプレー法	<ul style="list-style-type: none"> 乾式石灰（石）法の後で排煙に水をスプレーし短距離で温度を下げて脱硫率を高める。 	<ul style="list-style-type: none"> 経済的 スプレードライヤー法に較べて操業容易 スプレーノズルの磨耗なし。 	<ul style="list-style-type: none"> 実績少 応急的な効果しか望めない 脱硫率は20%程度向上 	<ul style="list-style-type: none"> [湿式石灰法との比較] 設備費：1/3程度 脱硫率：30～50%程度 	

表 7.3.12(2) 排煙脱硫方法

方 法	方法の概要	長 所	短 所	経 済 性	備 考
循環流動炉内脱硫法	<ul style="list-style-type: none"> 排煙を水スプレーして冷却し消石灰粉流動層にてSO₂を吸収。飛散粒子はESPで除去し流動層へ返す。一部は副生とし取出し廃棄する。石灰石を流動層内に投入しSO₂と反応させSO₃を固体として集塵器で捕集する。 この方法はNH₃法と同様にNH₃のほか(C、H₂(CO)、SO₂Na)を用いガス中のH₂Sを処理する。 	<ul style="list-style-type: none"> 高SO₂濃度の場合は高い脱硫率が得られるが、一般には40~80%の低脱硫率である。 排煙炉の更新に適しているため佛州市の対策に好都合である。 	<ul style="list-style-type: none"> 消石灰の使用量多い。 固体流動による浸食の恐れあり 副生物は理立用に投棄。 	<ul style="list-style-type: none"> 半乾式法に較べて設備費、脱硫費が安い値である。 	
酸化水素脱硫法	<ul style="list-style-type: none"> この方法はNH₃法と同様にNH₃のほか(C、H₂(CO)、SO₂Na)を用いガス中のH₂Sを処理する。 	<ul style="list-style-type: none"> 燃焼炉やコークス炉ガスの脱硫に適している。 脱硫率は94~97%と高い。 副生品は精製である。 	<ul style="list-style-type: none"> 安価なNH₃が近くにないため利用できない。 製鉄所での実績が多い。 	<ul style="list-style-type: none"> 湿式石灰法より設備がやや高く運転はほぼ同程度 	
炉内脱硫法	<ul style="list-style-type: none"> 循環流動炉に石灰石の粉末を添加し循環炉内脱硫法として活用する。 	<ul style="list-style-type: none"> 改造が簡単 	<ul style="list-style-type: none"> 循環法に準ずる。 脱硫率が40%と低い。ため佛州市に不適 	<ul style="list-style-type: none"> 循環法に準ずる。 	
消石灰ダクト吹き込み法	<ul style="list-style-type: none"> 150~200℃のダクト内に消石灰の粉末を吹き込んでSO₂を吸着除去。じん機で捕集。 	<ul style="list-style-type: none"> 乾式石灰石法(石灰石吹き込み法)よりは性能は良く、脱硫率は40%程度 ボイラーの改造不要 	<ul style="list-style-type: none"> 消石灰を用いるのでSO₂濃度の高いガスには高価 	<ul style="list-style-type: none"> 脱硫コストはわりと高価 	

(17) 除塵対策

集塵装置の種類と性能を表7.3.13に示す。このうち日本では小規模の設備には洗浄式、旋回式が、大型設備には濾過式や電気集塵装置が利用されているが、中国では洗浄式や旋回式が多く用いられている。

表7.3.13 各種集塵装置の性能

分類名	形式	取扱われる粒径[μ]	圧力損失 (mmHg)	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 SCUBBER	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

一般的に行われる集塵装置の選定は以下の通りである。

1) 石炭燃焼鍋炉

石炭燃焼鍋炉では石炭中の灰分が未燃分とともに排出されるため排ガス中の煤塵が非常に多くなる。このように煤塵が多い場合には旋回式 (cyclone)などで一次集塵を行い、二次集塵装置として洗浄式 (venturi)か電気集塵装置を用いる。

一次集塵に旋回式 (multi cyclone)を二次集塵装置にして電気集塵装置を用いた場合、全体の集塵効率を 96 %とした場合、遠心力式の集塵効率を 80 %とすれば電気集塵装置の集塵効率は 80 %でよいことになり、高価な電気集塵装置をかなり小さくできるので全体として設備費が安くなる。

2) 製鉄工場施設

鉄鋼業における煤塵発生の主なものとしては、原料の輸送設備、鉄鉱石置き場での飛塵各製造工程での発塵などがある。原料の輸送設備、原料置き場については散水、防風板の設置、ベルトコンベアの覆いなどによってかなり効果を上げることができる。

焦炭炉については石炭送込時の炉の負圧化、送炭車下部と送炭口の空気を吸引して集塵する方法、焦炭の消火作業については水蒸気流の方向転換や濾過集塵方法、窒素による消火方法などがある。高炉ガスの集塵には洗浄式と電気集塵装置を組み合わせる方法、二段洗浄式による集塵方法がある。

転炉については酸素吹き込みにより発生するCOを燃料として利用している場合は二段洗浄式による集塵方法が一般的である。また、熔鋼の出し入れのときはガス回収フードを用いて吸引し濾過集塵を行う。

3) 水泥製造施設

水泥製造装置では煤塵や粉塵を発生するものについては製品袋詰工場、輸送経路では遮蔽することで煤塵や粉塵の飛散を防止し、乾燥炉や焼成炉、クリンカー冷却炉などの煙突から排出されるものは一般の集塵方法が用いられる。

水泥焼成炉については電気集塵装置が多く用いられているが、微粒子を高効率で捕集する場合は濾過集塵装置を用いる。この炉の粉塵は単なる煤塵では無く、立派な原料として使えるので工場では集塵効率の向上に努力すべきである。

電気集塵装置の集塵効率を 99.8 % 以上の高い値を得るための粉塵の電気抵抗率は $10^{-4} \sim 5 \times 10^{-10} \Omega \cdot \text{cm}$ 程度であるといわれ、水泥の場合は 300 °C 程度の温度では半導体的性質を帯び抵抗が低下して集塵効率が悪くなる。また、100 °C では排ガス中の水分による電気の流れがあって抵抗が下がる。したがって、高効率を維持するには適切な温度範囲と水分範囲があり、この条件を厳密に守る必要がある。

製品の粉碎及び袋詰設備では、一般に濾過集塵装置を用いる。

4) 肥料工場施設

磷酸肥料は磷鉱石を粉碎し、これに硫酸または磷酸で加熱分解して製造される。また、工場には硫酸製造施設や硝酸製造設備が併設されているため、これらの設備からミストが発生するので湿式洗浄装置を設置する必要がある。粉塵対策を必要とするのは粉碎設備であり、旋回式か濾過集塵装置を用いる。湿式洗浄装置を用いることで磷鉱石に起因する弗化水素が煤塵と同時に処理されるため排水の管理が必要となる。

5) その他の工場施設

柳州市における煤煙発生施設のほとんどが鍋炉であることから石炭燃焼鍋炉の煤塵対策で対処できるものと思われるが、それ以外の工場については対象とする設備の状況や粒子の物理性などを考慮して旋回式か洗浄式のいずれかを選定する。現在、各工場で多用されている水膜除塵器は集塵効率、ガスの漏洩などの問題があり、改造するか他の型式の集塵装置に転換すべきである。水膜除塵器を単独で用いるよりベンチュリーと組合せると効率が向上する。

一般的な集塵器の 1986 年における価格は処理ガス量 $1 \text{ 万 m}^3/\text{h}$ の場合、旋回式が 1,000 元、濾過式が 8,000 元、電気集塵器が 12,000 元で経済性、効率、運転性、維持管理などを考慮すると煤塵の粒子が大きい場合に旋回式集塵器が最も実用性が高い。

(18) 省エネルギー対策

良好な大気環境を維持するためには汚染物質の発生源で防止する方法以外に、省エネルギーを図ることは汚染物質発生量の低減に多大の貢献する事は周知の事実である。

有効な省エネルギーを実現するには法律の裏づけ、適切な技術者の配置によって図れるものである。基本的な省エネルギーとしては燃焼管理、廃熱回収、効率の向上などがあり一般的には次のような対策が実施される。

省エネの経済性は対象によっていろいろなケースがあるためここでは省略する。

1) 燃焼管理

燃焼施設はその種類によって必要とする加熱条件や作業条件が異なるため、それぞれの目的に合った合理的な条件を設定して管理しなければならない。

したがって、装置ごとの運転条件を設定し日常的には燃焼排ガスの成分や温度によって良否を判定するとともに製品に与える影響を考慮して最も効率が良く、公害防止条件に適合する燃焼操作の条件を整備する必要がある。

このような適正な燃焼管理を行うためには計測器が必要であり、目的とする計測

を適切に、迅速に行い生産過程や燃料及び熱利用状態を把握して十分な管理を行う。

燃料は理論空気量で燃焼できれば燃焼排ガスによる熱損失は最低となるが煤煙を発生する。このことから空気比は 1 以上でなるべく小さい空気比で行う。

空気比と排ガスによる熱損失の関係を、重油燃焼の場合を示すと次のような実例がある。

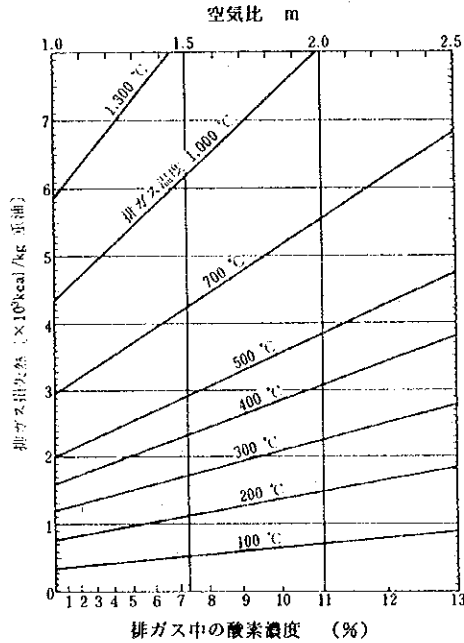


図 7.3.18 空気比と排ガス熱損失

出典：省エネルギーセンター 資料

この図から分かるように排ガス温度 400 °C の場合、O₂ 11 % から 3 % に排ガス中の酸素濃度を下げると排ガスによる熱損失が約 52 % 低下し、300 °C の場合は 39 % 低下し低空気比燃焼が効果的である事が分かる。

2) 空気予熱による燃料節約量

空気予熱による燃料節約量は次式で求めることが出来る。

空気を予熱しないときの有効熱量 H_a (kcal/kg · fuel) は

$$H_a = F - Q$$

空気を予熱したときの有効熱量 H_b (kcal/kg · fuel) は

$$H_b = F - Q + P = H_a + P$$

炉で利用される熱量を X とすれば、燃料消費量は

空気を予熱しないとき X / H_a (kg fuel / h)

空気を予熱したとき X / H_b (kg fuel / h)

空気を予熱するときの燃料節約量は

$$\frac{X/H_a - x/H_a + P}{X/H_a} = \frac{P}{H_a + P} \quad (\times 100\%)$$

- Q = 燃焼ガスの持ち去る熱量 kcal/kg · fuel
- P = 予熱空気の持ち込む熱量 kcal/kg · fuel
- F = 燃料の発熱量 kcal/kg · fuel
- H = 利用熱量 = F - Q kcal/kg · fuel

重油燃焼の場合を例にとると燃焼用空気を 400 °Cとし、排ガス温度 400 °Cの場合、燃料の節約率は約 15 %となる。

3) ドレン回収の方法と効果

ボイラーにおけるドレン回収は次のような方法で行われている。

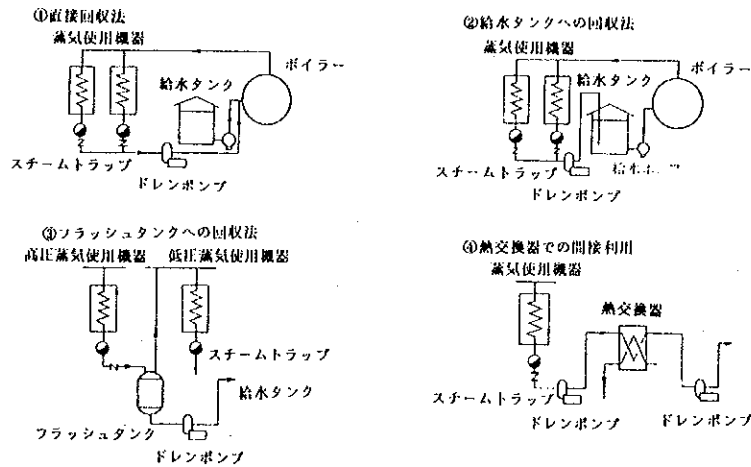


図 7.3.19 ドレン回収方法

出典：省エネルギーセンター 資料

ドレン回収の効果を燃料削減率と見掛け上の効率の向上で見ると次図のようになる。ドレンを回収することはボイラーへの給水温度を上げることになり、その分だけ燃料の節約になる。

ドレンの回収はドレントラップを用いるか蒸気管をループ化して気液分離する方法で行われる。

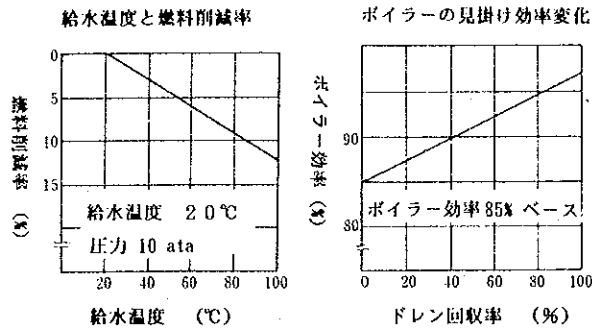


図 7.3.20 ドレン回収効果

出典：省エネルギーセンター 資料

- 4) エネルギー多消費業種における省エネルギー対策：()内は関連設備
 一般的に行われる省エネルギー対策の概要を次に示す。
- 鉄 鋼……………操業技術の改善、廃エネルギーの回収、生産工程の改善、エネルギー使用効率の向上
 (高温連続鑄造設備、高炉頂発電、コークス乾式消化設備等)
 - 石油化学……………廃熱回収強化、プロセスの合理化、蒸留系の還流比の低減化
 (加熱炉用廃熱回収設備、分解設備用廃熱回収設備、高効率圧縮機等)
 - セメント……………NSP転換、原料ミル・仕上げミルの改善、廃熱利用、燃焼管理の適正化
 (SP・NSPキルン、豎型ミル、廃熱利用発電設備)
 - 紙・パルプ……………生産工程の連続化、廃熱回収、生産効率の向上、古紙利用の拡大
 (浸透型連続蒸解装置、高性能パルプ洗浄装置、高性能プレス)
 - 染 色……………保守管理の徹底、温廃水及び廃熱の回収利用、省エネ型染色機の導入、加工条件の改善
 (噴流式染色装置、染液低付与装置、向流式洗浄装置)
 - ガラス……………断熱の強化、漏洩防止、蓄熱効率の向上、廃熱ボイラーの設置
 (廃熱利用ボイラー)
- 5) エネルギー・フローの管理
- 工場・事業所におけるエネルギーの有効利用度的手段としてエネルギー・フローの管理がある。単一の設備の熱勘定を拡大して、受け入れから消費までの工程に沿ってエネルギーの有効利用度を作図し工場全体のエネルギー・フローを管理し省エ

エネルギー対策の参考資料とする。

6) 集中供熱

集中供熱には次のような2つの方式がある。

- a 熱・電製造所より各工場へ蒸気と電気を同時に供給する方式
- b 大型の工業用鍋炉から各工場へ蒸気を供給する方式

柳州市が計画している集中供熱方式はaの方式に該当しており、市内の3地域において各工場へ蒸気または電気を供給するものである。

集中供熱方式は各工場の鍋炉を廃止して発電用大型鍋炉から蒸気を供給するため煙突の数を集約でき1～2本でよく、燃料の使用量も20%程度節約できる。

汚染物質の削減は供給を受ける工場側では100%削減できることになり、熱・電製造所側では熱効率向上分だけ汚染物質を低減できる。

さらに、燃焼方式を石灰石添加の循環流動層に変えればSO_xを80%、NO_xも100ppm程度に抑制することができるようになり高効率の集塵機も設置しやすくなって煤塵の削減も可能となる。

柳州市にはa方式の石灰石添加循環流動層を採用する必要があるだろう。

(19) 工場移転

工場移転を必要とする理由には汚染物質の高濃度汚染地区にあって、生産設備の老朽化、低生産効率などにより大気汚染のみならず水質汚濁、騒音、振動、悪臭に多大な影響を与えている事などがある。

このような条件に合う工場が柳州市には幾つか存在し現在、移転を検討しているところがある。

移転による汚染濃度の低減効果は拡散計算によらなければ正確には把握できないが間違いなく効果あるといえる。

移転先においても完全な公害防止対策を実施することが必須条件であり、工場の職員の生活環境の整備も必要であり移転に要する費用は膨大なものとなる。

一企業の単独移転では費用の低減にはならないので市全体として移転計画を立案し合理的な移転を行うべきである。

幸い、柳州市では三地区の開発を計画しており是非ともこの計画を実現する必要がある。

大気汚染物質の発生が著しい業種については生産、熱効率の向上を図って汚染物質の発生量を低減し、NC工作機械のようなIC産業と密接な関係を有し、しかも汚染物質の発生量の少ない業種の開発を行う。

また、開発地区への新種企業の誘致なども計画することも経済発展のために重要な課題である。

(20) 粉塵対策

一般の粉塵については排出基準規制によらず粉塵発生施設の構造、使用および管理方法に関する基準を設けて粉塵の発生を防止する。

この基準を適用する施設は鉱物、土石の堆積、運搬施設、破砕機、篩分け機などで構造、使用方法、管理基準は次の通りとする。

- 1) 鉱物、土石・岩石・廃土の堆積物

堆積場の面積が 1000 m² 以上とし、次のうちのいずれか一つを実施する。

- a : 散水設備で散水する
 - b : 防じんカバーで覆う
 - c : 飛散防止剤の散布
 - d : 表層の締固め
- 2) ベルトコンベア及びバケットコンベア
ベルトコンベアはベルトの幅が 40 cm 以上、バケットコンベアの内容積が 0.02m³ 以上のものは積み込み部、連結部を散水または防塵設備を施工する。
- 3) 粉砕・篩分け設備
鉱物、土石、岩石、セメントなどの粉砕機、篩分け機は建築物内に設置するか散水集じん機を設置する。
- 4) 採掘跡地の処理
採掘跡地は落石、土石の崩壊を防止し、災害防止や環境保全のため植栽を実施して緑化する。
- a : 最終残壁
安全な傾斜の保持および緑化に適した高さや幅を有する多段壁にする。
 - b : 緑化方法
緑化は実生、移植、さし木、または吹き付けにする。適用植物は現場付近に自生する植物か成育の早い被覆性の植物を用いる。
 - c : 維持管理
植物の生育を促進するため客土の乾燥防止に必要な措置を講ずる。

(21) 活性炭製造

活性炭は優れた吸着材として産業以外でも広く活用されているが、最近では排煙脱硫法として使用されるようになってきた。脱硫効率は一般的には 80 % である。

排煙中の SO₂ や水質汚濁防止に活用しようとすれば大量に必要となる。従来の活性炭製造原料は殆どが木質系の木炭、椰子殻などで、いずれも高価で品薄、集荷難などの問題があった。

これらの問題を解決するのが石炭を原料とする活性炭製造法であり最近、石炭を原料とする活性炭が製造され、各方面で使用されるようになってきた。しかし、従来の活性炭に比べて吸着能や機械的強度が劣るのが欠点である。

吸着能や機械的強度が低下せず、安価でしかも安定して供給できる球形活性炭を製造できる技術が開発され実用化された。

図 7.3.21 にこの製造法のフローを示す。

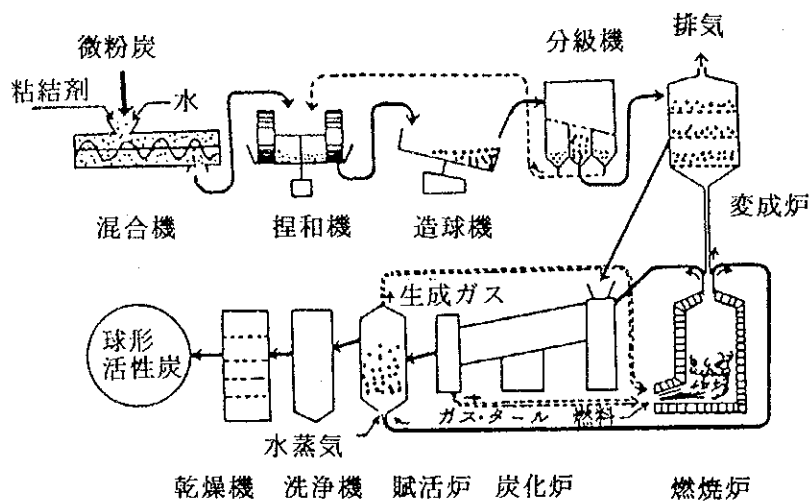


図 7.3.21 球形活性炭製造工程図

出典： 燃料協会誌 50 巻 528号 (1971)

この方法での原料炭は純炭ベースで炭素 80 ~ 85 %の弱粘結性瀝青炭を基炭として各種炭材を混合する。灰分は 6 ~ 7 %を基準としている。

造球は湿分 5 %以下に乾燥した後 100 ~ 200 mesh に微粉碎し、水分と親水性粘結剤（パルプ廃液、タール乳剤、ピッチ乳剤）添加し混合、捏和機で圧密化した後ペレタイザーで造球する。

造球の大きさは排ガス用は 5 ~ 10 mm、水質用は 1 ~ 2 mm 程度である。造球炭の活性化は通常 800 ~ 900 °Cで水蒸気を炭材 1 kg 当たり 1 ~ 10 kg で行われる。この方法の特徴として、木質系を含めて広範囲の原料が使用できる、造球の大きさを調節できる、充填層で使用しても通気抵抗が比較的小さいことなどがある。

また、この方法で製造した球形活性炭の物性と性能は次のようなものである。

見掛け比重		1.008
空隙率	(%)	49.5
嵩密度	(kg/l)	0.644
内部比表面積	(m ² /g)	599
メチレンブルー吸着力	(cc/g)	110
S O ₂ 吸着力	(%/weight)	18.0
"	(g/l)	116

以上の結果は S O₂吸着力を市販の活性炭と比べると容積当たりの吸着量(g/l)で約30%程上回っている。

吸着力が低下する破過時間は S O₂除去率が 100 ~ 70 %に低下するのに約 20 時間かかる。破過時間は長いほど良いとされるが自ずから限度があり、吸着塔を移

動層にすれば吸着と脱着は連続操業となり実用上はあまり問題とはならなくなる。

活性炭が排煙脱硫にあまり利用されない理由の一つは価格が高いことである。活性炭の製造原価に占める要素は下記に示すように原料費が約半分を占め、いかに安価な活性炭を製造するかは原料の選択に掛かっているかが分かる。

原料費	42.7%
燃料費	12.2%
電力費	8.3%
水蒸気	6.8%
薬品費	1.3%
水料	0.6%
人件費	28.1%

中国では棘庄鉱務局において一般用吸着材として無煙炭から活性炭を製造しており、比表面積が約 $850\text{m}^2/\text{g}$ で一般の市販品と同程度である。

生産量は約 1000 t/y で現在の 4 倍にする増産計画がある。多用途の活性炭を製造するためには原料を瀝青炭に変え連続生産設備にする必要がある。

(22) 石炭灰の利用

柳州市における石炭灰を大量に発生するのは発電所であり、 $200\text{ MW}\times 2$ 基が稼働すれば年間に約 21 万トンの石炭灰が発生すると推測される。

このような大量の石炭灰を処理方法として廃棄や埋め立て、セメントへの利用などが一般に行われている。

しかし、廃棄地や埋め立て地の確保、劣質な石炭灰であるためセメントへの利用拡大が望めないなどの制約がある。

そのため石炭灰の大量利用方法として各種の利用法が開発されており、その中で柳州市に導入できると思われるのは下記の通りである。

なお、中国では上海建築研究所による用途開発研究の結果、建材としての利用が多くなっている。特殊用途として北京・石景山発電所では浮遊選別により中空灰ビーズを回収し耐高温、高強度の断熱剤を製造している例や煉瓦と軽量ブロックの原料としている例がある。

1) セメントへの利用法

フライアッシュ（微粉炭燃焼灰）をセメントに混合し、フライアッシュセメントとして普及している。このセメントは水和熱が低く、耐久性、水密性に優れていることから大型建造物用として多く用いられている。しかし、フライアッシュ中の未燃物が多いと使えない。日本では未燃物の含有率を 5 % 以下に規定している。そのため 2 段流動層で分級して原灰より未燃物含有率 5 % 以下の物を 50 % 以上得られる技術が開発されている。

2) 石炭灰配合の高流動度コンクリート製造法

フライアッシュ 60 %、セメント 40 % の配合比率の高流動度コンクリートを打設する方法である。

このコンクリートは粘性が高く、ひびが入りにくく、長期の耐久性に優れている

ことが特徴で、バイブレータも不要で作業性が良好で一般土木工事ははじめダム用コンクリートとして利用できる。

3) 煉瓦への利用

本来石炭灰は成分的に粘土鉱物であり、煉瓦原料に近いものである。したがってこのままでも原料の一部として利用できることから積極的に利用すべきである。

4) 人工軽量骨材製造法

この方法はフライアッシュ中の未燃分を利用して自燃焼成システムによって軽量骨材を製造するもので、高層ビルの建設資材、軽量大型パネル、軽量ブロックなどの原材料などとして使用される。

製造方法はフライアッシュを球団塊（ペレット）に造粒し、ペレット中の未燃分に着火することによって焼成固化して人工軽量骨材とする。

5) 流動層ボイラー灰の利用法

この方法は流動層ボイラーで石灰石を使用した時の石炭灰を利用するもので、石炭灰に生石灰が混じり自硬性があることを利用して固化体を作る方法で、石炭灰に水を混練した後、適度の大きさに加圧成型、蒸気養生を行って固化反応を起こさせる。固化体は適当な大きさに破碎して道路路盤材などの土木用材料とする。

(23) 移動発生源対策

柳州市における大気汚染物質は SO_2 と煤塵であり、これらの汚染物質は主として固定発生源からのもので、現状では自動車の登録台数や走行状態、道路計画などからみて移動発生源からの汚染物質の排出量に対する寄与率はそれ程大きなものではないものと思われる。但し、道路沿道での粉塵の飛散がSPMへの影響が多いため道路清掃や散水などの道路管理に留意する必要がある。

その理由の一つとして公共輸送機関としてのバス以外は大量輸送機関はなくほとんど自転車による移動が挙げられる。

しかし、自動車は年々増加の傾向を辿っている。また自動二輪車の増加も予想され交通渋滞や汚染物質も増加することが推定される。

交通渋滞による汚染物質の低減対策として、市が計画している道路や橋梁増設計画が実行されればある程度解消されると思われる。

このような状況からハード対策として次のような対策が必要であろう。

- 1)交通渋滞対策 : 交差点での道路整備
道路の拡幅
- 2)道路環境の改善 : 道路清掃
- 3)排ガス規制 : 実態調査の実施
規制の必要性の検討
ジーゼル車の抑制
将来の NO_x 規制

7.4 実施可能な対策案の選定

7.4.2 工場対策

(1) 2000年の対策

1) 主要工場削減対策結果 (2000年)

No.	工場 番号	施設 番号	施設 連番	施設 種類	硫黄酸化物			煤塵		
					対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)	対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)
1	4	1	6	4	213.7	855.0	75.	69.0	137.9	50.
2	4	2	7	4	191.9	767.5	75.	61.9	123.8	50.
3	4	3	8	4	362.8	1451.3	75.	117.0	234.1	50.
4	4	4	9	3	.0	257.4	100.	.0	18.9	100.
5	4	6	11	1	.0	104.2	100.	.0	69.0	100.
8	35	3	68	3	1040.6	1095.4	5.	156.1	164.3	5.
9	48	1	91	4	744.2	3152.0	76.	240.0	960.2	75.
14	77	1	137	3	.0	98.9	100.	.0	24.5	100.
15	77	2	138	3	.0	100.2	100.	.0	24.8	100.
16	77	3	139	53	167.7	167.7	0.	310.5	310.5	0.
17	77	4	140	131	10.6	10.6	0.	2.4	2.4	0.
18	77	5	141	131	8.6	8.6	0.	2.0	2.0	0.
	77	6	142	71	36.5	36.5	0.	8.3	8.3	0.
	77	7	143	71	38.7	38.7	0.	8.8	8.8	0.
	77	8	144	71	20.2	20.2	0.	4.6	4.6	0.
	77	9	145	71	19.5	19.5	0.	4.4	4.4	0.
19	77	10	146	3	69.4	69.4	0.	10.2	10.2	0.
	77	11	147	124	6.6	6.6	0.	26.3	26.3	0.
20	80	1	151	4	.0	836.3	100.	.0	254.8	100.
21	85	1	156	4	.0	1233.2	100.	.0	202.9	100.
22	85	2	157	4	.0	1233.2	100.	.0	202.9	100.
24	88	1	161	4	.0	5661.1	100.	.0	862.3	100.
25	91	1	181	6	.0	66.9	100.	.0	106.9	100.
26	91	2	182	6	.0	66.9	100.	.0	106.9	100.
27	91	3	183	4	.0	1275.0	100.	.0	144.0	100.
28	91	4	184	4	.0	1275.0	100.	.0	144.0	100.
29	91	5	185	4	.0	1275.0	100.	.0	144.0	100.
30	91	6	186	4	.0	1275.0	100.	.0	144.0	100.
48	96	20	221	34	157.3	157.3	0.	228.0	2280.0	90.
49	96	21	222	34	157.3	157.3	0.	228.0	2280.0	90.
50	96	22	223	34	157.3	157.3	0.	228.0	2280.0	90.
54	155	1	299	4	.0	1522.6	100.	.0	463.8	100.
55	155	2	300	4	.0	909.6	100.	.0	277.1	100.
56	155	3	301	4	.0	1299.7	100.	.0	395.9	100.
57	155	4	302	4	.0	812.4	100.	.0	247.5	100.

No.	工場 番号	施設 番号	施設 連番	施設 種類	硫黄酸化物			煤塵		
					対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)	対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)
58	155	5	303	4	.0	253.7	100.	.0	77.3	100.
63	192	1	355	4	.0	693.7	100.	.0	211.3	100.
64	192	2	356	4	.0	693.7	100.	.0	211.3	100.
65	170	1	419	62	380.3	380.3	0.	.6	.6	0.
		2	420	21	19.5	19.5	0.	.0	.0	0.
66	99	4	426	6	519.8	25987.7	98.	556.2	556.2	0.
67	99	5	427	6	519.8	25987.7	98.	556.2	556.2	0.
	合		計		4842.3	81489.8	94.	2818.5	14284.9	80.

2) 中小工場削減対策結果(2000年)

No.	工場 番号	施設 番号	施設 連番	施設 種類	硫黄酸化物			煤塵			
					対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)	対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)	
1	2	1	4	3	84.4	88.8	5.	14.5	15.3	5.	
6	10	1	30	4	31.3	131.7	76.	38.1	40.1	5.	
7	11	1	31	4	106.4	447.9	76.	76.3	80.3	5.	
8	11	3	33	4	41.1	173.2	76.	69.6	73.3	5.	
9	13	1	36	4	327.8	1461.5	78.	105.7	445.2	76.	
11	14	1	37	2	131.2	650.0	80.	92.5	103.9	11.	
12	14	2	38	2	.0	406.0	100.	.0	64.9	100.	
		32	1	54	1	55.7	55.7	0.	27.8	27.8	0.
19	32	2	55	123	146.6	154.3	5.	27.7	29.2	5.	
		32	3	56	113	11.3	11.3	0.	8.7	8.7	0.
		32	4	57	68	11.6	11.6	0.	27.9	27.9	0.
		32	5	58	68	10.6	10.6	0.	25.6	25.6	0.
		32	6	59	63	.7	.7	0.	.6	.6	0.
		32	7	60	68	1.5	1.5	0.	3.6	3.6	0.
		32	8	61	68	26.5	26.5	0.	63.3	63.3	0.
20	32	9	62	123	78.8	83.0	5.	14.9	15.7	5.	
		32	10	63	101	.0	.0	0.	32.1	32.1	0.
		32	11	64	64	.4	.4	0.	1.6	1.6	0.
		45	1	76	1	1.4	1.4	0.	1.4	1.4	0.
		45	2	77	2	8.2	8.2	0.	8.2	8.2	0.
		45	3	78	72	10.4	10.4	0.	.0	.0	0.
24	45	4	79	52	160.2	160.2	0.	.0	.0	0.	
25	45	5	80	52	156.5	156.5	0.	.0	.0	0.	
26	45	6	81	52	309.4	309.4	0.	.0	.0	0.	
		45	7	82	72	5.6	5.6	0.	.0	.0	0.
27	45	8	83	82	150.9	150.9	0.	.1	.1	0.	
		45	9	84	102	.0	.0	0.	.1	.1	0.
		45	10	85	44	27.2	27.2	0.	.2	.2	0.
		45	10	86	44	18.7	18.7	0.	.3	.3	0.
		45	11	87	72	14.1	14.1	0.	.0	.0	0.
32	61	1	112	3	6.2	155.9	96.	.0	103.3	100.	
33	65	1	117	3	92.7	97.6	5.	41.7	43.9	5.	
34	65	2	118	61	148.6	156.4	5.	1.9	2.0	5.	
35	65	3	119	21	35.7	110.6	68.	.0	.0	0.	
36	69	1	124	4	45.1	190.1	76.	55.0	57.9	5.	

No.	工場 番号	施設 番号	施設 連番	施設 種類	硫黄酸化物			煤塵		
					対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)	対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)
37	70	1	125	5	134.0	564.2	76.	88.2	92.8	5.
39	73	3	130	5	.0	768.6	100.	.0	55.2	100.
44	82	1	153	2	100.5	423.0	76.	385.3	67.6	-470.
46	87	1	160	4	173.0	856.9	80.	65.7	442.5	85.
47	90	1	180	2	.0	219.7	100.	.0	26.2	100.
48	207	1	353	2	.0	48.4	100.	.0	7.7	100.
49	93	2	188	4	.0	661.3	100.	.0	30.2	100.
50	94	2	190	2	5.7	143.2	96.	.0	22.9	100.
51	100	1	236	3	.0	120.0	100.	.0	25.4	100.
52	104	1	238	3	69.5	73.2	5.	7.7	8.1	5.
53	123	1	250	3	231.6	243.8	5.	39.8	41.9	5.
56	129	2	257	6	.0	121.1	100.	.0	158.4	100.
57	137	1	279	3	80.4	84.6	5.	8.0	8.4	5.
58	164	1	311	6	608.0	640.0	5.	6.7	21.4	69.
59	164	2	312	2	181.2	190.7	5.	10.1	10.6	5.
63	206	2	352	3	3.6	89.5	96.	.0	8.9	100.
64	208	1	357	4	21.5	90.7	76.	37.8	39.8	5.
67	57	1	397	2	198.1	208.5	5.	42.0	44.2	5.
68	75	1	401	4	.0	651.8	100.	.0	198.6	100.
71	132	1	404	2	198.5	209.0	5.	22.0	23.2	5.
72	166	1	410	1	125.9	132.5	5.	20.1	21.2	5.
73	188	1	423	1	24.6	103.6	76.	52.8	55.6	5.
74	189	1	424	3	90.6	95.4	5.	45.3	47.7	5.
76	161	1	306	2	2.4	53.4	96.	.0	8.0	100.
77	8	1	17	121	17.6	17.6	0.	14.9	14.9	0.
77	8	2	18	121	5.6	5.6	0.	26.3	26.3	0.
77	8	3	19	91	35.5	35.5	0.	380.4	380.4	0.
77	8	4	20	91	20.3	20.3	0.	218.4	218.4	0.
78	151	1	296	111	1.1	1.1	0.	38.3	38.3	0.
79	29	1	53	2	.0	.0	0.	.0	.0	0.
80	3	1	5	2	2.4	59.6	96.	.0	29.8	100.
合 計					4588.5	12220.7	62.	2249.5	3451.1	35.

(2) 2005年の対策

1) 主要工場削減対策結果(2005年 基本案)

No.	工場 番号	施設 番号	施設 連番	施設 種類	硫黄酸化物			煤塵		
					対策後 (屯/年)	対策前 (屯/年)	削減率 (%)	対策後 (屯/年)	対策前 (屯/年)	削減率 (%)
1	4	1	6	4	106.9	1068.8	90.	46.5	172.4	73.
2	4	2	7	4	95.9	959.4	90.	41.8	154.8	73.
3	4	3	8	4	181.4	1814.1	90.	79.0	292.6	73.
4	4	4	9	3	.0	321.8	100.	.0	23.7	100.
5	4	6	11	1	.0	130.2	100.	.0	86.2	100.
6	9	4	24	51	158.3	527.8	70.	60.8	60.8	0.
7	9	8	28	5	246.1	2605.5	91.	107.2	793.7	86.
8	35	3	68	3	576.3	1516.7	62.	172.9	227.5	24.
9	48	1	91	4	425.3	4502.8	91.	185.2	1371.7	87.
10	56	1	107	4	144.9	1534.1	91.	63.1	467.3	86.
11	56	3	109	4	39.5	418.1	91.	17.2	127.4	87.
14	77	1	137	3	.0	154.5	100.	.0	38.3	100.
15	77	2	138	3	.0	156.5	100.	.0	38.8	100.
16	77	3	139	53	78.6	262.0	70.	485.2	485.2	0.
17	77	4	140	131	16.5	16.5	0.	3.8	3.8	0.
18	77	5	141	131	13.5	13.5	0.	3.1	3.1	0.
	77	6	142	71	57.0	57.0	0.	13.0	13.0	0.
	77	7	143	71	60.5	60.5	0.	13.8	13.8	0.
	77	8	144	71	31.5	31.5	0.	7.2	7.2	0.
	77	9	145	71	30.5	30.5	0.	6.9	6.9	0.
19	77	10	146	3	41.2	108.5	62.	12.2	16.0	24.
	77	11	147	124	10.3	10.3	0.	41.0	41.0	0.
20	80	1	151	4	.0	1045.4	100.	.0	318.5	100.
21	85	1	156	4	.0	1541.5	100.	.0	253.6	100.
22	85	2	157	4	.0	1541.5	100.	.0	253.6	100.
23	86	1	159	5	670.9	2991.0	78.	216.4	911.2	76.
24	88	1	161	4	.0	7838.5	100.	.0	1194.0	100.
25	91	1	181	6	.0	95.6	100.	.0	152.7	100.
26	91	2	182	6	.0	95.6	100.	.0	152.7	100.
27	91	3	183	4	.0	1821.4	100.	.0	205.7	100.
28	91	4	184	4	.0	1821.4	100.	.0	205.7	100.
29	91	5	185	4	.0	1821.4	100.	.0	205.7	100.
30	91	6	186	4	.0	1821.4	100.	.0	205.7	100.
33	96	1	191	8	317.6	2802.3	89.	135.7	1005.0	86.
34	96	2	193	7	475.8	1586.0	70.	38.8	38.8	0.
35	96	3	194	7	475.8	1586.0	70.	38.8	38.8	0.
36	96	4	195	7	832.7	2775.8	70.	67.9	67.9	0.
37	96	6	197	35	124.9	438.3	72.	16.7	17.6	5.
37	96	6	198	35	.0	.0	0.	.2	.2	5.
38	96	7	199	35	38.4	134.8	72.	5.1	5.4	5.

No.	工場 番号	施設 番号	施設 連番	施設 種類	硫酸酸化物			煤 塵			
					対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)	対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)	
38	96	7	200	35	.0	.0	0.	.6	.6	5.	
39	96	8	201	35	6.8	23.8	72.	.9	.9	5.	
39	96	8	202	35	.0	.0	0.	.6	.6	5.	
40	96	9	203	35	3.1	10.8	72.	.4	.4	5.	
40	96	9	204	35	11.1	38.8	72.	.5	.5	5.	
41	96	11	206	31	162.6	570.5	72.	82.7	87.1	5.	
42	96	12	207	31	162.6	570.5	72.	82.7	87.1	5.	
43	96	13	208	31	455.4	1597.8	72.	231.7	243.9	5.	
45	96	14	209	32	242.4	808.0	70.	124.1	124.2	0.	
45	96	14	210	32	450.9	1503.0	70.	.0	.0	0.	
46	96	15	211	32	484.9	1616.3	70.	124.1	124.2	0.	
46	96	15	212	32	208.4	694.8	70.	.0	.0	0.	
47	96	16	213	32	.0	.0	0.	223.5	223.5	0.	
47	96	16	214	32	416.9	1389.8	70.	.0	.0	0.	
48	96	20	221	34	73.7	245.8	70.	142.5	3562.5	96.	
49	96	21	222	34	73.7	245.8	70.	142.5	3562.5	96.	
50	96	22	223	34	73.7	245.8	70.	142.5	3562.5	96.	
51	96	23	224	92	50.3	167.8	70.	59.1	59.1	0.	
52	96	24	225	92	50.3	167.8	70.	59.1	59.1	0.	
53	96	25	226	96	36.3	121.0	70.	42.8	42.8	0.	
54	155	1	299	4	.0	1903.2	100.	.0	579.8	100.	
55	155	2	300	4	.0	1137.0	100.	.0	346.4	100.	
56	155	3	301	4	.0	1624.6	100.	.0	494.9	100.	
57	155	4	302	4	.0	1015.5	100.	.0	309.3	100.	
58	155	5	303	4	.0	317.1	100.	.0	96.6	100.	
59	186	1	316	91	98.8	365.8	73.	518.2	575.8	10.	
69	186	2	317	91	94.1	348.5	73.	493.8	548.7	10.	
61	186	3	318	91	94.5	350.0	73.	496.1	551.2	10.	
62	186	11	326	91	288.1	1067.0	73.	1512.0	1680.1	10.	
63	192	1	355	4	.0	867.1	100.	.0	264.2	100.	
64	192	2	356	4	.0	867.1	100.	.0	264.2	100.	
		170	1	419	62	594.3	594.3	0.	.9	.9	0.
		170	2	420	21	30.5	30.5	0.	.0	.0	0.
66	99	4	426	6	519.8	25987.7	98.	556.2	556.2	0.	
67	99	5	427	6	519.8	25987.7	98.	556.2	556.2	0.	
					10453.4	120539.7	91.	7473.3	28244.0	74.	

2) 中小工場削減対策結果(2005年 基本案)

No.	工場 番号	施設 番号	施設 連番	施設 種類	硫黄酸化物			煤 塵		
					対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)	対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)
1	2	1	4	3	42.2	111.0	62.	14.5	19.1	24.
2	5	1	12	61	292.6	1540.0	81.	9.7	10.2	5.
3	5	2	13	61	230.1	1211.0	81.	7.7	8.1	5.
4	5	3	14	61	64.1	337.3	81.	2.2	2.3	5.
5	5	5	16	3	.0	201.8	100.	.0	64.4	100.
6	10	1	30	4	44.7	188.2	76.	54.4	57.3	5.
7	11	1	31	4	152.0	639.8	76.	109.0	114.7	5.
8	11	3	33	4	58.8	247.4	76.	99.6	104.8	5.
9	13	1	36	4	453.9	2023.6	78.	146.4	616.5	76.
11	14	1	37	2	187.5	928.6	80.	132.2	148.4	11.
12	14	2	38	2	.0	580.0	100.	.0	92.7	100.
13	15	3	41	92	274.6	403.8	32.	144.5	2890.0	95.
14	19	1	42	3	159.8	420.4	62.	78.1	102.7	24.
15	20	1	43	3	46.7	122.8	62.	14.9	19.6	24.
16	25	1	47	3	42.4	111.6	62.	12.1	15.9	24.
17	25	2	48	3	32.8	86.4	62.	3.4	4.5	24.
18	25	3	49	3	33.6	88.4	62.	3.5	4.6	24.
	32	1	54	1	79.6	79.6	0.	39.7	39.7	0.
19	32	2	55	123	83.8	220.4	62.	31.7	41.7	24.
	32	3	56	113	16.2	16.2	0.	12.5	12.5	0.
	32	4	57	68	16.6	16.6	0.	39.9	39.9	0.
	32	5	58	68	15.2	15.2	0.	36.5	36.5	0.
	32	6	59	63	1.0	1.0	0.	.9	.9	0.
	32	7	60	68	2.2	2.2	0.	5.1	5.1	0.
	32	8	61	68	37.8	37.8	0.	90.4	90.4	0.
20	32	9	62	123	45.1	118.6	62.	17.0	22.4	24.
	32	10	63	101	.0	.0	0.	45.9	45.9	0.
	32	11	64	64	.6	.6	0.	2.2	2.2	0.
21	40	1	71	2	86.5	227.6	62.	37.3	49.1	24.
22	40	2	72	2	84.2	221.6	62.	36.4	47.9	24.
23	43	1	74	3	51.0	134.1	62.	5.7	7.5	24.
	45	1	76	1	2.3	2.3	0.	2.2	2.2	0.
	45	2	77	2	12.8	12.8	0.	12.9	12.9	0.
	45	3	78	72	16.3	16.3	0.	.0	.0	0.
24	45	4	79	52	75.1	250.3	70.	.0	.0	0.

No.	工場 番号	施設 番号	施設 連番	施設 種類	硫黄酸化物			煤塵		
					対策後 (屯/年)	対策前 (屯/年)	削減率 (%)	対策後 (屯/年)	対策前 (屯/年)	削減率 (%)
25	45	5	80	52	73.4	244.5	70.	.0	.0	0.
26	45	6	81	52	145.1	483.5	70.	.0	.0	0.
	45	7	82	72	8.8	8.8	0.	.0	.0	0.
27	45	8	83	82	70.7	235.8	70.	.4	.1	-300.
	45	9	84	102	.0	.0	0.	.1	.1	0.
	45	10	85	44	42.5	42.5	0.	.3	.3	0.
	45	10	86	44	29.3	29.3	0.	.5	.5	0.
	45	11	87	72	22.0	22.0	0.	.0	.0	0.
28	50	1	94	2	41.9	110.2	62.	6.3	8.3	24.
29	50	2	95	2	271.3	713.9	62.	92.1	121.2	24.
30	52	1	101	2	66.0	173.7	62.	21.1	27.8	24.
31	55	1	106	1	48.5	127.5	62.	16.6	21.9	24.
32	61	1	112	3	7.8	194.8	96.	.0	129.1	100.
33	65	1	117	3	53.0	139.4	62.	47.7	62.7	24.
34	65	2	118	61	84.9	223.4	62.	2.1	2.8	24.
35	65	3	119	21	51.0	158.0	68.	.0	.0	0.
36	69	1	124	4	62.5	263.2	76.	76.2	80.2	5.
38	70	1	125	5	185.5	781.2	76.	122.1	128.5	5.
39	73	3	130	5	.0	1098.0	100.	.0	78.8	100.
40	76	1	134	4	407.4	1816.2	78.	131.4	553.3	76.
41	76	2	135	4	361.8	1613.0	78.	116.7	491.4	76.
42	76	3	136	5	673.9	1252.0	46.	90.6	381.4	76.
43	79	1	149	94	.0	118.0	100.	.0	90.4	100.
44	82	1	153	2	125.6	528.8	76.	481.7	84.5	-470.
45	83	1	154	3	59.2	155.7	62.	18.9	24.9	24.
46	87	1	160	4	216.2	1071.1	80.	82.1	553.2	85.
47	90	1	180	2	.0	274.7	100.	.0	32.8	100.
48	207	1	353	2	.0	60.4	100.	.0	9.7	100.
49	93	2	188	4	.0	826.6	100.	.0	37.8	100.
50	94	2	190	2	7.2	179.0	96.	.0	28.6	100.
51	100	1	236	3	.0	184.0	100.	.0	39.0	100.
52	104	1	238	3	34.8	91.5	62.	7.8	10.2	24.
53	123	1	250	3	144.8	381.0	62.	49.8	65.5	24.
54	129	2	257	6	.0	189.3	100.	.0	247.5	100.
55	137	1	279	3	50.3	132.3	62.	10.0	13.1	24.
56	164	1	311	6	114.0	1000.0	89.	8.4	33.4	75.
57	164	2	312	2	34.0	298.0	89.	12.5	16.5	24.

No.	工場 番号	施設 番号	施設 連番	施設 種類	硫黄酸化物			煤塵		
					対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)	対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)
58	187	1	336	6	220.9	1169.6	81.	382.7	1531.0	75.
59	187	2	337	6	109.5	644.4	83.	189.8	3796.0	95.
60	204	1	348	2	6.8	153.0	96.	.0	17.0	100.
61	206	2	352	3	4.5	111.9	96.	.0	11.1	100.
62	208	1	357	4	26.9	113.4	76.	47.3	49.8	5.
63	183	2	361	2	44.1	116.0	62.	14.1	18.5	24.
64	119	1	375	93	36.0	126.3	72.	22.4	23.6	5.
65	57	1	397	2	113.2	297.8	62.	48.0	63.1	24.
66	75	1	401	4	.0	931.2	100.	.0	283.7	100.
67	81	1	402	71	224.0	746.5	70.	131.7	131.7	0.
68	109	1	403	10	61.6	154.0	60.	16.6	30.8	46.
69	132	1	404	2	110.0	289.4	62.	24.4	32.1	24.
70	166	1	410	1	62.9	165.6	62.	20.1	26.5	24.
71	188	1	423	1	30.8	129.5	76.	66.0	69.5	5.
72	189	1	424	3	45.3	119.3	62.	45.3	59.6	24.
74	161	1	306	2	3.0	66.8	96.	.0	10.0	100.
75	8	1	17	121	27.5	27.5	0.	23.2	23.2	0.
75	8	2	18	121	8.8	8.8	0.	41.1	41.1	0.
75	8	3	19	91	55.5	55.5	0.	594.4	594.4	0.
75	8	4	20	91	31.8	31.8	0.	341.3	341.3	0.
76	151	1	296	111	1.8	1.8	0.	59.9	59.9	0.
77	29	1	53	2	.0	.0	0.	.0	.0	0.
78	3	1	5	2	3.0	74.6	96.	.0	37.2	100.
	合	計			7462.7	31371.3	76.	4712.2	15359.2	69.

(3) 2005年の代替案

1) 主要工場削減対策結果(2005年 代替案)

No.	工場 番号	施設 番号	施設 連番	施設 種類	硫黄酸化物			煤塵		
					対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)	対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)
1	4	1	6	4	106.9	1068.8	90.	46.5	172.4	73.
2	4	2	7	4	95.9	959.4	90.	41.8	154.8	73.
3	4	3	8	4	181.4	1814.1	90.	79.0	292.6	73.
4	4	4	9	3	.0	321.8	100.	.0	23.7	100.
5	4	6	11	1	.0	130.2	100.	.0	86.2	100.
6	9	4	24	51	158.3	527.8	70.	60.8	60.8	0.
7	9	8	28	5	246.1	2605.5	91.	107.2	793.7	86.
8	35	3	68	3	576.3	1516.7	62.	172.9	227.5	24.
9	48	1	91	4	1063.1	4502.8	76.	342.9	1371.7	75.
10	56	1	107	4	362.2	1534.1	76.	116.8	467.3	75.
11	56	3	109	4	98.7	418.1	76.	31.8	127.4	75.
14	77	1	137	3	.0	154.5	100.	.0	38.3	100.
15	77	2	138	3	.0	156.5	100.	.0	38.8	100.
16	77	3	139	53	78.6	262.0	70.	485.2	485.2	0.
17	77	4	140	131	16.5	16.5	0.	3.8	3.8	0.
18	77	5	141	131	13.5	13.5	0.	3.1	3.1	0.
	77	6	142	71	57.0	57.0	0.	13.0	13.0	0.
	77	7	143	71	60.5	60.5	0.	13.8	13.8	0.
	77	8	144	71	31.5	31.5	0.	7.2	7.2	0.
	77	9	145	71	30.5	30.5	0.	6.9	6.9	0.
19	77	10	146	3	41.2	108.5	62.	12.2	16.0	24.
	77	11	147	124	10.3	10.3	0.	41.0	41.0	0.
20	80	1	151	4	.0	1045.4	100.	.0	318.5	100.
21	85	1	156	4	.0	1541.5	100.	.0	253.6	100.
22	85	2	157	4	.0	1541.5	100.	.0	253.6	100.
23	86	1	159	5	670.9	2991.0	78.	216.4	911.2	76.
24	88	1	161	4	.0	7838.5	100.	.0	1194.0	100.
25	91	1	181	6	.0	95.6	100.	.0	152.7	100.
26	91	2	182	6	.0	95.6	100.	.0	152.7	100.
27	91	3	183	4	.0	1821.4	100.	.0	205.7	100.
28	91	4	184	4	.0	1821.4	100.	.0	205.7	100.
29	91	5	185	4	.0	1821.4	100.	.0	205.7	100.
30	91	6	186	4	.0	1821.4	100.	.0	205.7	100.
33	96	1	191	8	794.0	2802.3	72.	251.3	1005.0	75.
34	96	2	193	7	475.8	1586.0	70.	38.8	38.8	0.
35	96	3	194	7	475.8	1586.0	70.	38.8	38.8	0.
36	96	4	195	7	832.7	2775.8	70.	67.9	67.9	0.
37	96	6	197	35	416.4	438.3	5.	16.7	17.6	5.
37	96	6	198	35	.0	.0	0.	.2	.2	5.
38	96	7	199	35	128.1	134.8	5.	5.1	5.4	5.
38	96	7	200	35	.0	.0	0.	.6	.6	5.
39	96	8	201	35	22.6	23.8	5.	.9	.9	5.

No.	工場 番号	施設 番号	施設 連番	施設 種類	硫黄酸化物			煤 塵		
					対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)	対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)
39	96	8	202	35	.0	.0	0.	.6	.6	5.
40	96	9	203	35	10.3	10.8	5.	.4	.4	5.
40	96	9	204	35	36.9	38.8	5.	.5	.5	5.
41	96	11	206	31	542.0	570.5	5.	82.7	87.1	5.
42	96	12	207	31	542.0	570.5	5.	82.7	87.1	5.
43	96	13	208	31	1517.9	1597.8	5.	231.7	243.9	5.
45	96	14	209	32	242.4	808.0	70.	124.1	124.2	0.
45	96	14	210	32	450.9	1503.0	70.	.0	.0	0.
46	96	15	211	32	484.9	1616.3	70.	124.1	124.2	0.
46	96	15	212	32	208.4	694.8	70.	.0	.0	0.
47	96	16	213	32	.0	.0	0.	223.5	223.5	0.
47	96	16	214	32	416.9	1389.8	70.	.0	.0	0.
48	96	20	221	34	245.8	245.8	0.	142.5	3562.5	96.
49	96	21	222	34	245.8	245.8	0.	142.5	3562.5	96.
50	96	22	223	34	245.8	245.8	0.	142.5	3562.5	96.
51	96	23	224	92	167.8	167.8	0.	59.1	59.1	0.
52	96	24	225	92	167.8	167.8	0.	59.1	59.1	0.
53	96	25	226	96	121.0	121.0	0.	42.8	42.8	0.
54	155	1	299	4	.0	1903.2	100.	.0	579.8	100.
55	155	2	300	4	.0	1137.0	100.	.0	346.4	100.
56	155	3	301	4	.0	1624.6	100.	.0	494.9	100.
57	155	4	302	4	.0	1015.5	100.	.0	309.3	100.
58	155	5	303	4	.0	317.1	100.	.0	96.6	100.
59	186	1	316	91	329.2	365.8	10.	518.2	575.8	10.
60	186	2	317	91	313.6	348.5	10.	493.8	548.7	10.
61	186	3	318	91	315.0	350.0	10.	496.1	551.2	10.
62	186	11	326	91	960.3	1067.0	10.	1512.0	1680.1	10.
63	192	1	355	4	.0	867.1	100.	.0	264.2	100.
64	192	2	356	4	.0	867.1	100.	.0	264.2	100.
65	170	1	419	62	594.3	594.3	0.	.9	.9	0.
	170	2	420	21	30.5	30.5	0.	.0	.0	0.
66	99	4	426	6	3118.5	25987.7	88.	556.2	556.2	0.
66	99	5	427	6	3118.5	25987.7	88.	556.2	556.2	0.
		合	計		21471.6	120539.7	82.	7815.0	28244.0	72.

2) 中小工場削減対策結果(2005年 代替案)

No.	工場 番号	施設 番号	施設 連番	施設 種類	硫黄酸化物			煤 塵			
					対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)	対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)	
1	2	1	4	3	42.2	111.0	62.	14.5	19.1	24.	
2	5	1	12	61	1463.0	1540.0	5.	9.7	10.2	5.	
3	5	2	13	61	1150.4	1211.0	5.	7.7	8.1	5.	
4	5	3	14	61	320.4	337.3	5.	2.2	2.3	5.	
5	5	5	16	3	.0	201.8	100.	.0	64.4	100.	
6	10	1	30	4	44.7	188.2	76.	54.4	57.3	5.	
7	11	1	31	4	152.0	639.8	76.	109.0	114.7	5.	
8	11	3	33	4	58.8	247.4	76.	99.6	104.8	5.	
9	13	1	36	4	453.9	2023.6	78.	146.4	616.5	76.	
11	14	1	37	2	187.5	928.6	80.	132.2	148.4	11.	
12	14	2	38	2	.0	580.0	100.	.0	92.7	100.	
13	15	3	41	92	343.2	403.8	15.	144.5	2890.0	95.	
14	19	1	42	3	159.8	420.4	62.	78.1	102.7	24.	
15	20	1	43	3	46.7	122.8	62.	14.9	19.6	24.	
16	25	1	47	3	42.4	111.6	62.	12.1	15.9	24.	
17	25	2	48	3	32.8	86.4	62.	3.4	4.5	24.	
18	25	3	49	3	33.6	88.4	62.	3.5	4.6	24.	
		32	1	54	1	79.6	79.6	0.	39.7	39.7	0.
19	32	2	55	123	83.8	220.4	62.	31.7	41.7	24.	
		32	3	56	113	16.2	16.2	0.	12.5	12.5	0.
		32	4	57	68	16.6	16.6	0.	39.9	39.9	0.
		32	5	58	68	15.2	15.2	0.	36.5	36.5	0.
		32	6	59	63	1.0	1.0	0.	.9	.9	0.
		32	7	60	68	2.2	2.2	0.	5.1	5.1	0.
		32	8	61	68	37.8	37.8	0.	90.4	90.4	0.
20	32	9	62	123	45.1	118.6	62.	17.0	22.4	24.	
		32	10	63	101	.0	.0	0.	45.9	45.9	0.
		32	11	64	64	.6	.6	0.	2.2	2.2	0.
21	40	1	71	2	227.6	227.6	0.	49.1	49.1	0.	
22	40	2	72	2	221.6	221.6	0.	47.9	47.9	0.	
23	43	1	74	3	134.1	134.1	0.	7.5	7.5	0.	
		45	1	76	1	2.3	2.3	0.	2.2	2.2	0.
		45	2	77	2	12.8	12.8	0.	12.9	12.9	0.
		45	3	78	72	16.3	16.3	0.	.0	.0	0.
24	45	4	79	52	75.1	250.3	70.	.0	.0	0.	

No.	工場 番号	施設 番号	施設 連番	施設 種類	硫黄酸化物			煤 塵		
					対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)	対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)
25	45	5	80	52	73.4	244.5	70.	.0	.0	0.
26	45	6	81	52	145.1	483.5	70.	.0	.0	0.
	45	7	82	72	8.8	8.8	0.	.0	.0	0.
27	45	8	83	82	235.8	235.8	0.	.1	.1	0.
	45	9	84	102	.0	.0	0.	.1	.1	0.
	45	10	85	44	42.5	42.5	0.	.3	.3	0.
	45	10	86	44	29.3	29.3	0.	.5	.5	0.
	45	11	87	72	22.0	22.0	0.	.0	.0	0.
28	50	1	94	2	41.9	110.2	62.	6.3	8.3	24.
29	50	2	95	2	713.9	713.9	0.	121.2	121.2	0.
30	52	1	101	2	173.7	173.7	0.	27.8	27.8	0.
31	55	1	106	1	127.5	127.5	0.	21.9	21.9	0.
32	61	1	112	3	7.8	194.8	96.	.0	129.1	100.
33	65	1	117	3	53.0	139.4	62.	47.7	62.7	24.
34	65	2	118	61	223.4	223.4	0.	2.8	2.8	0.
35	65	3	119	21	134.3	158.0	15.	.0	.0	0.
36	69	1	124	4	62.5	263.2	76.	76.2	80.2	5.
38	70	1	125	5	185.5	781.2	76.	122.1	128.5	5.
39	73	3	130	5	.0	1098.0	100.	.0	78.8	100.
40	76	1	134	4	407.4	1816.2	78.	131.4	553.3	76.
41	76	2	135	4	361.8	1613.0	78.	116.7	491.4	76.
42	76	3	136	5	1182.3	1252.0	6.	95.3	381.4	75.
43	79	1	149	94	.0	118.0	100.	.0	90.4	100.
44	82	1	153	2	125.6	528.8	76.	481.7	84.5	-470.
45	83	1	154	3	155.7	155.7	0.	24.9	24.9	0.
46	87	1	160	4	216.2	1071.1	80.	82.1	553.2	85.
47	90	1	180	2	.0	274.7	100.	.0	32.8	100.
48	207	1	353	2	.0	60.4	100.	.0	9.7	100.
49	93	2	188	4	.0	826.6	100.	.0	37.8	100.
50	94	2	190	2	7.2	179.0	96.	.0	28.6	100.
51	100	1	236	3	.0	184.0	100.	.0	39.0	100.
52	104	1	238	3	91.5	91.5	0.	10.2	10.2	0.
53	123	1	250	3	144.8	381.0	62.	49.8	65.5	24.
54	129	2	257	6	.0	189.3	100.	.0	247.5	100.
55	137	1	279	3	132.3	132.3	0.	13.1	13.1	0.
56	164	1	311	6	114.0	1000.0	89.	8.4	33.4	75.
57	164	2	312	2	34.0	298.0	89.	12.5	16.5	24.

No.	工場 番号	施設 番号	施設 連番	施設 種類	硫黄酸化物			煤 塵		
					対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)	対策後 (吨/年)	対策前 (吨/年)	削減率 (%)
58	187	1	336	6	1104.7	1169.6	6.	382.7	1531.0	75.
58	187	2	337	6	547.7	644.4	15.	189.8	3796.0	95.
60	204	1	348	2	6.8	153.0	96.	.0	17.0	100.
61	206	2	352	3	4.5	111.9	96.	.0	11.1	100.
62	208	1	357	4	26.9	113.4	76.	47.3	49.8	5.
63	183	2	361	2	44.1	116.0	62.	14.1	18.5	24.
64	119	1	375	93	120.0	126.3	5.	22.4	23.6	5.
65	57	1	397	2	113.2	297.8	62.	48.0	63.1	24.
66	75	1	401	4	.0	931.2	100.	.0	283.7	100.
67	81	1	402	71	746.5	746.5	0.	131.7	131.7	0.
68	109	1	403	10	154.0	154.0	0.	30.8	30.8	0.
69	132	1	404	2	110.0	289.4	62.	24.4	32.1	24.
70	166	1	410	1	62.9	165.6	62.	20.1	26.5	24.
71	188	1	423	1	30.8	129.5	76.	66.0	69.5	5.
72	189	1	424	3	45.3	119.3	62.	45.3	59.6	24.
74	161	1	306	2	3.0	66.8	96.	.0	10.0	100.
75	8	1	17	121	27.5	27.5	0.	23.2	23.2	0.
75	8	2	18	121	8.8	8.8	0.	41.1	41.1	0.
75	8	3	19	91	55.5	55.5	0.	594.4	594.4	0.
75	8	4	20	91	31.8	31.8	0.	341.3	341.3	0.
76	151	1	296	111	1.8	1.8	0.	59.9	59.9	0.
77	29	1	53	2	.0	.0	0.	.0	.0	0.
78	3	1	5	2	3.0	74.6	96.	.0	37.2	100.
	合	計			14020.8	31371.3	55.	4809.2	15359.2	69.

7.4.2 工場対策

(1) 2005年対策

5) 柳州電廠の対策効果 (汚染物質の等濃度線図)

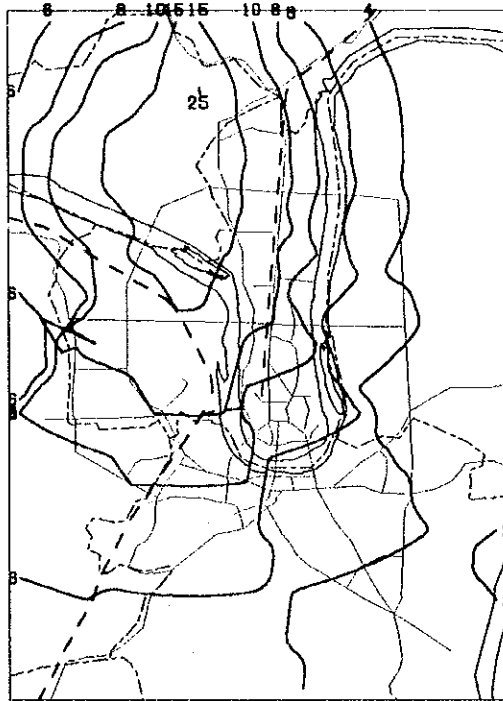


図 7.4.1 現状のSO₂等濃度線図
($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

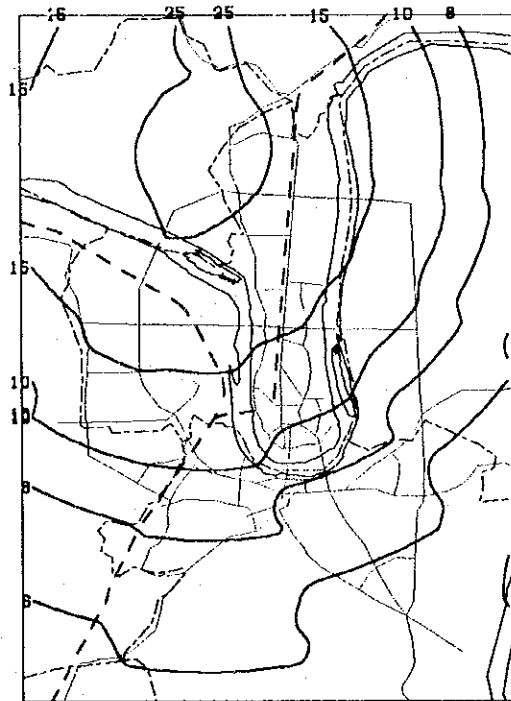


図 7.4.2 2000年の未対策のSO₂等濃度線図
($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

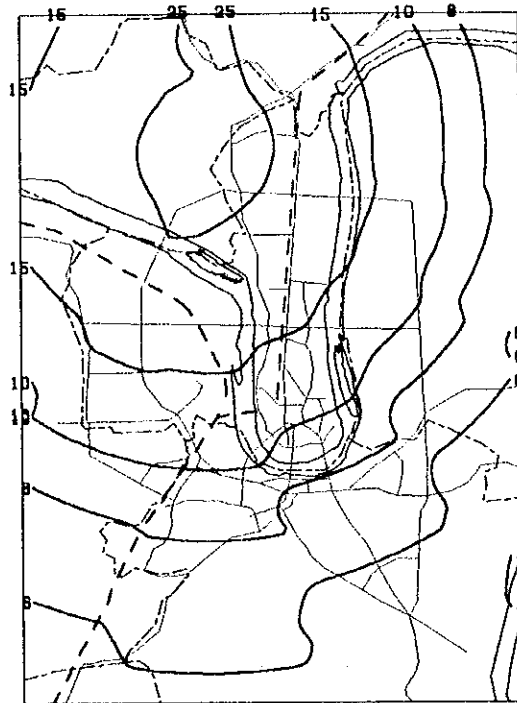


図 7.4.3 2005年の未対策のSO₂等濃度線図
($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

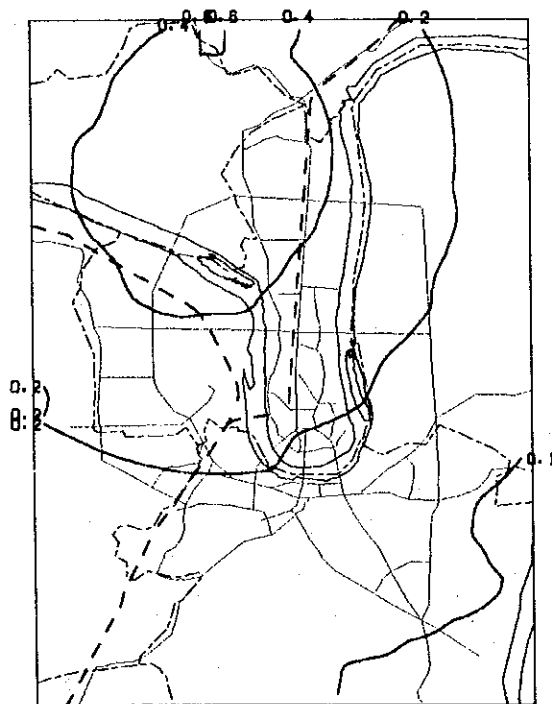


図 7.4.4 2000年の対策のSO₂等濃度線図
($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

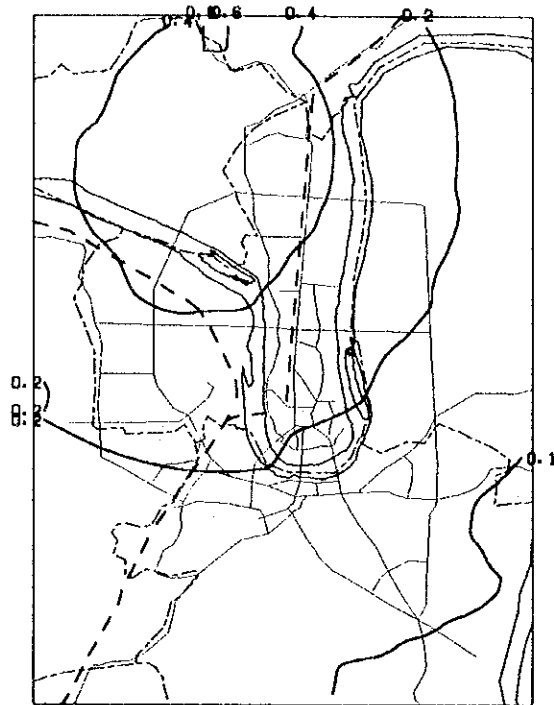


図 7.4.5 2005年の対策のSO₂等濃度線図
($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

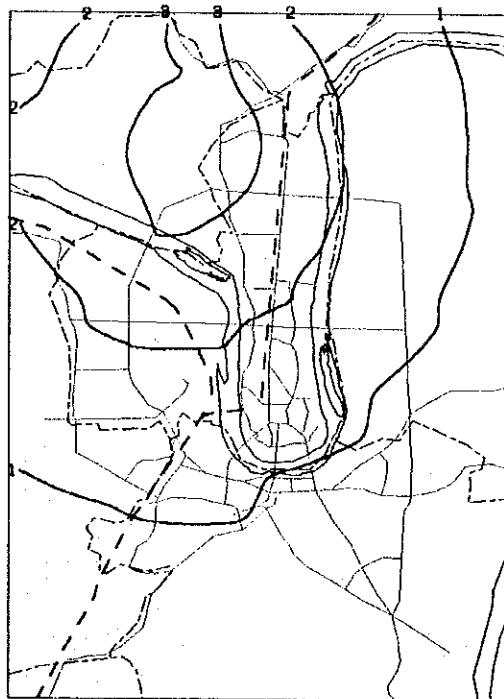


図 7.4.6 代替案のSO₂等濃度線図
($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

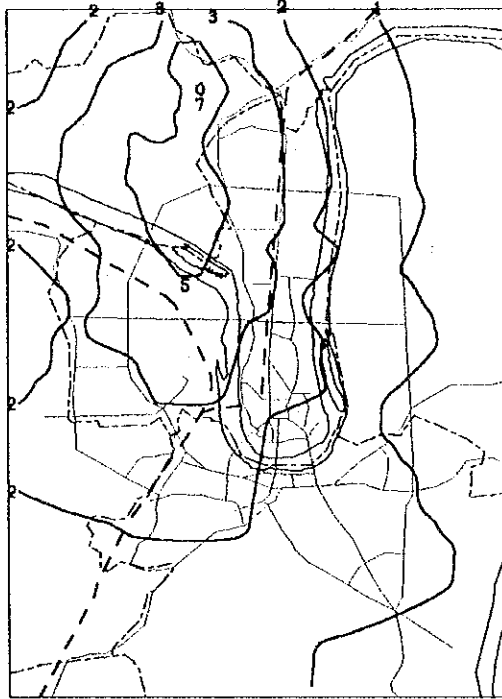


図 7.4.7 現状の SPM の等濃度線図
($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

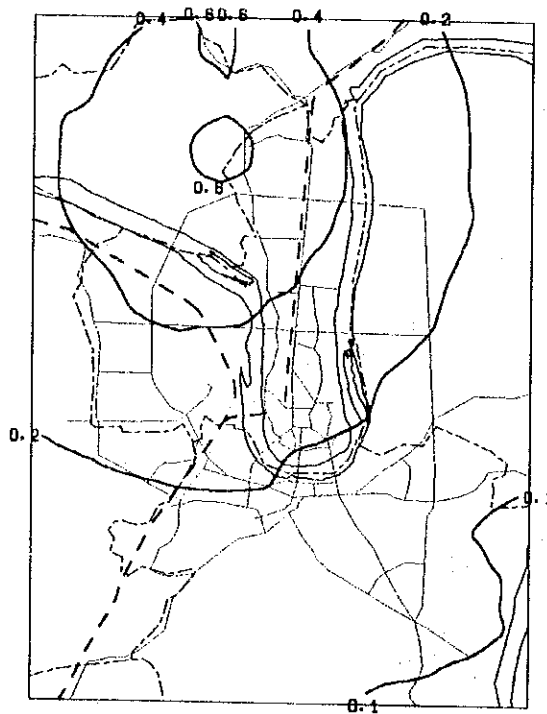


図 7.4.8 2000年の未対策の SPM の等濃度線図
($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

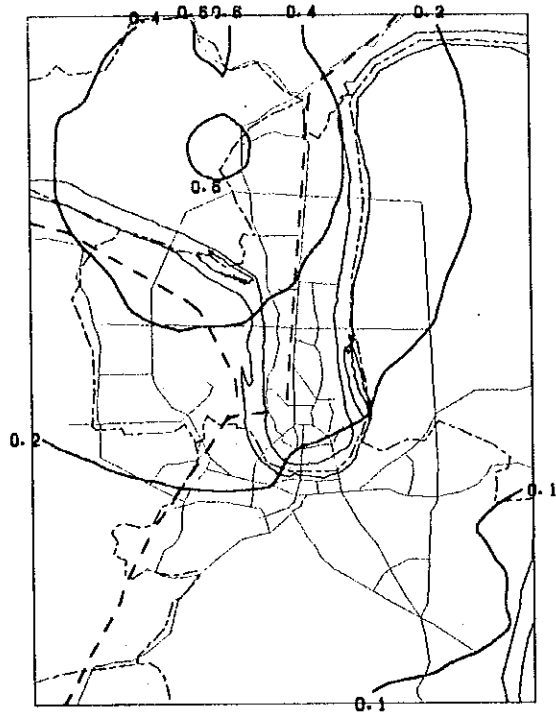


図 7.4.9 2005年の未対策の SPM の等濃度線図
($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

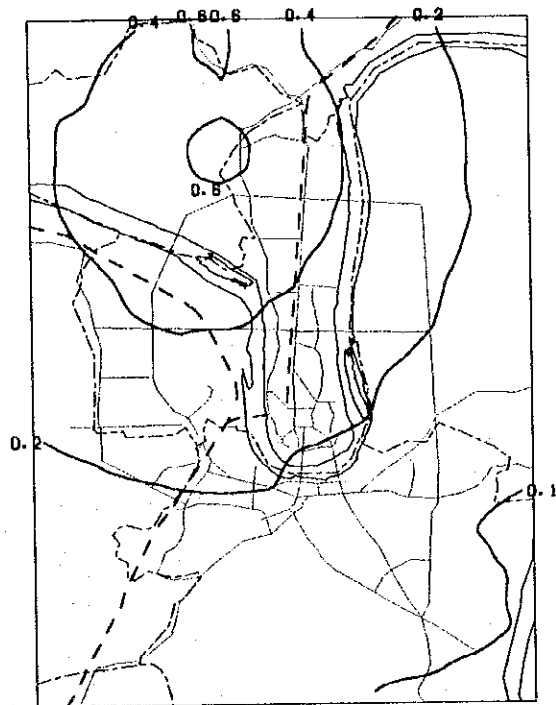


図 7.4.10 2000年の対策の SPM の等濃度線図
($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

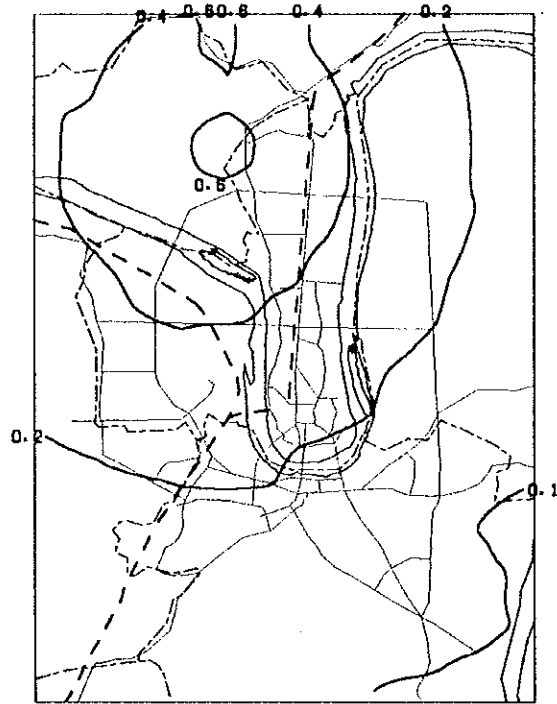


図 7.4.11 2005年の対策のSPMの等濃度線図
 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

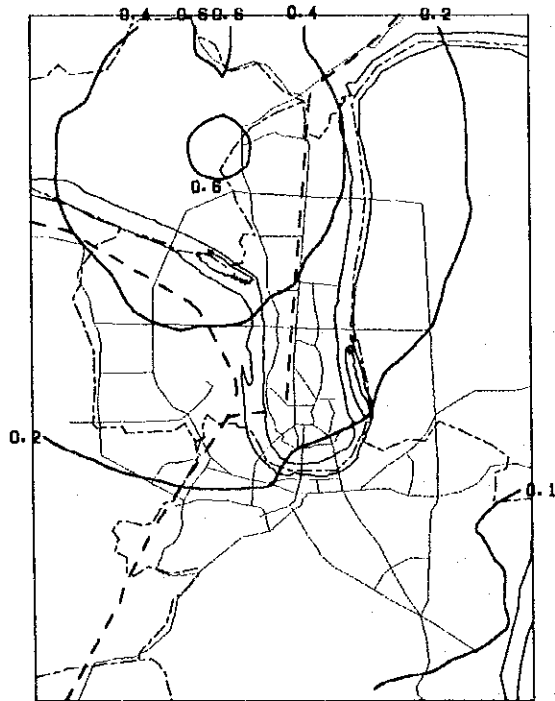


図 7.4.12 代替案のSPMの等濃度線図
 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

7.6 対策費用

2000年、2005年、代替案ごとに主要工場及び中小工場ごとに算定した設備費、運転費の詳細を次表に示した。

表 7.6.1a 主要工場削減対策費(2000年)

工場名	施設名	削減対策案	処理ガス量 (Nm ³ /h)	設備費 (万円)	運転費 (万円/年)	処理費 (元/SO ₂ -t)
4紡績印染	沸騰炉	循環炉・炉内脱硫 ベンチュリ水塵	47,652	54.1	28.31	282.23
	沸騰炉	〃	59,049	54.1	26.55	296.84
	沸騰炉	〃	63,412	82.7	45.97	268.03
	鎖床炉	廃止	19,063	0.0	0.0	0.0
	固定炉	廃止	18,024	0.0	0.0	0.0
35味精廠	鎖床炉	燃焼管理	59,326	7.5	1.45	77.07
48東風化工	沸騰炉	循環炉・炉内脱硫 ベンチュリ水塵	54,650	54.1	80.07	185.86
	沸騰炉	〃	〃	〃	〃	〃
77辛品廠	鎖床炉	ガス燃焼・燃焼管理	15,410	30.7	5.93	546.57
	鎖床炉	〃	15,612	30.8	5.95	540.94
	焙焼炉	—	31,375	0.0	0.0	0.0
	鎖床炉	—	20,572	0.0	0.0	0.0
80毛布廠	沸騰炉	集中供熱移入	18,796	—	—	—
85針績総廠	沸騰炉	〃	27,975	—	—	—
	沸騰炉	〃	27,975	—	—	—
88木材廠	沸騰炉	集中供熱移入	111,478	—	—	—
91化肥廠	媒粉炉	集中供熱移入	37,642	—	—	—
	媒粉炉	〃	37,642	—	—	—
	沸騰炉	〃	272,588	—	—	—
	沸騰炉	〃	272,588	—	—	—
	沸騰炉	〃	272,588	—	—	—
	沸騰炉	〃	272,588	—	—	—
	硝酸製造	—	27,000	0.0	0.0	0.0
硝酸製造	脱硝装置	18,000	1,180.1	235.72	6,035.64*	
96鉄鋼廠	焦 炉	脱ナフタリン 脱酸化水素	27,500	30,150.0	6,030.00	83,437.11**
	転 炉	渣返集塵機	24,572	24.7	—	—
	転 炉	〃	24,572	24.7	—	—
	転 炉	〃	24,572	24.7	—	—
	沸騰炉	集中供熱移入	11,505	—	—	—
192床单廠	沸騰炉	〃	11,505	—	—	—
	沸騰炉	〃	11,505	—	—	—
170辛品労公	溶解炉	—	118,192	0.0	0.0	0.0
小計				31,718.2	6,459.95	

工場名	施設名	削減対策案	処理ガス量 (Nm ³ /h)	設備費 (万円)	運転費 (万円/年)	処理費 (元/SO ₂ -t)
99	柳州電廠	媒粉炉 臥式破石機 電気蒸餾	503,608	13,500.0	2,632.06	7,069.39
		媒粉炉 "	503,608	13,500.0	2,632.06	7,069.39
998	柳北 工業区	集中供熱 循環炉・炉内脱硫 燃焼管理・電気集塵機	1,300,776	23,981.6	5,050.09	2,463.27
999		成型炭 製造設備		800.0	1,235.00	
	小計			51,781.6	11,549.21	
	合計			83,499.8	18,009.16	

注) 1) * はNO

2) **は硫化水素

表 7.6.1b 主要工場削減対策費(2005年)

(括弧内は代替案)

工場名	施設名	削減対策案	処理ガス量 (Nm ³ /h)	設備費 (万円)	運転費 (万円/年)	処理費 (元/SO ₂ -t)
4紡績印染	沸騰炉	蓄熱炉・炉内脱酸 ベンチュリ-木炭	47,652	54.1	28.31	282.23
	沸騰炉	"	59,049	54.1	26.55	296.84
	沸騰炉	"	63,412	82.7	45.97	268.03
	鎮床炉	脱酸	19,063	0.0	0.0	0.0
	固定炉	脱酸	18,024	0.0	0.0	0.0
9有色冶煉	焙焼炉	石灰石流洗浄法 (-)	9,385	73.4 (0.0)	20.59 (0.0)	688.72 (0.0)
	循環炉	炉内脱酸・木炭 ベンチュリ-木炭	35,222	20.0	41.69	176.92
35味精廠	鎮床炉	成型炭・塵埃管理	59,326	7.5	1.45	77.07
48東風化工	沸騰炉	蓄熱炉・炉内脱酸 ベンチュリ-木炭	54,650	54.1	80.07	185.86
56卷烟廠	沸騰炉	"	9,105	34.3	15.74	320.66
	沸騰炉	"	9,105	34.3	15.74	320.66
	沸騰炉	"	9,105	34.3	15.74	320.66
	沸騰炉	"	10,801	34.3	14.18	357.69
77辛品廠	鎮床炉	ガス塵埃・塵埃管理	15,410	30.7	5.93	546.57
	鎮床炉	"	15,612	30.8	5.95	540.94
	焙焼炉	石灰石流洗浄法	31,375	400.0	81.17	5,286.06
	鎮床炉	成型炭・塵埃管理	20,572	32.0	6.18	807.56
80毛布廠	沸騰炉	集中吸塵導入	18,796	-	-	-
85針績総廠	沸騰炉	"	27,975	-	-	-
	沸騰炉	"	27,975	-	-	-
86第二造紙	循環炉	炉内脱酸・塵埃管理	43,538	36.0	48.26	190.58
88木材廠	沸騰炉	集中吸塵導入	111,478	-	-	-
91化肥廠	媒粉炉	集中吸塵導入	37,642	-	-	-
	媒粉炉	"	37,642	-	-	-
	沸騰炉	"	272,588	-	-	-
	沸騰炉	"	272,588	-	-	-
	沸騰炉	"	272,588	-	-	-
	沸騰炉	"	272,588	-	-	-
	硝酸製造	-	27,000	0.0	0.0	0.0
硝酸製造	脱酸装置	18,000	1,180.1	235.72	6,035.64*	
小計				2,192.7 (2,119.3)	689.24 (668.65)	

工場名	施設名	削減対策案	処理ガス量 (Nm ³ /h)	設備費 (万円)	運転費 (万円/年)	処理費 (元/SO ₂ -L)
96鉄鋼廠	煤気炉	石灰石流成浄法・鐵 ベンツアル木炭	27,247	213.2	84.13	358.90
	煤気炉	"	208,045	759.8	169.18	1,574.78
	煤気炉	"	208,045	759.8	169.18	1,574.78
	煤気炉	"	364,072	949.7	221.99	1,167.85
	加熱炉	石灰石流成浄法 鐵炭管理	243,800	703.2	152.73	1,912.01
		(鐵炭管理)		(12.0)	(2.32)	(149.24)
	加熱炉	"	89,978	357.5	74.89	3,000.82
		(")		(7.5)	(1.45)	(295.38)
	加熱炉	"	32,768	193.1	39.60	5,195.51
		(")		(5.0)	(0.97)	(649.83)
	加熱炉	"	287,697	826.0	176.33	2,237.86
		(")		(13.0)	(2.51)	(163.24)
	焦 炉	"	32,365	158.8	37.99	1,135.02
		(")		(5.0)	(0.97)	(151.12)
	焦 炉	"	32,365	158.8	37.99	1,135.02
		(")		(5.0)	(0.97)	(151.12)
	焦 炉	"	90,615	311.0	79.26	834.00
		(")		(7.5)	(1.45)	(81.23)
	焦 炉	點付ワリソ 鐵炭化木炭	27,500	30,150.0	6,030.00	83,437.11**
	燒結炉	鐵炭石灰石清法 電氣集塵機	322,054	1,658.0	349.12	2,094.11
	燒結炉	"	322,054	1,658.0	349.12	2,094.11
	燒結炉	"	644,153	2,865.4	571.51	5,772.41
	転 炉	石灰石流成浄法 鐵炭集塵機	24,572	150.5	32.60	2,478.68
		(鐵炭集塵機)		(25.0)	(0.0)	(0.0)
	転 炉	"	24,572	150.5	32.60	2,478.68
		(")		(25.0)	(0.0)	(0.0)
	転 炉	"	24,572	150.5	32.60	2,478.68
		(")		(25.0)	(0.0)	(0.0)
	燒成炉	"	114,755	629.1	124.29	14,087.40
		(")		(69.1)	(0.0)	(0.0)
燒成炉	"	114,755	629.1	124.29	14,087.40	
	(")		(69.1)	(0.0)	(0.0)	
小計				43,432.0 (39,282.1)	8,889.43 (7,954.87)	

工場名	施設名	削減対策案	処理ガス量 (Nm ³ /h)	設備費 (万円)	運転費 (万円/年)	処理費 (元/SO ₂ -t)
96鉄鋼廠	焼成炉	石灰石減洗浄法	124,587	671.0	131.89	20,778.60
		濾過集塵機 (濾過集塵機)		(73.0)	(0.0)	(0.0)
186市水泥廠	焼成炉	簡易石灰石膏法・省エネ 電気集塵機	183,845	1,637.0	320.86	14,675.70
		(省エネ・電気集塵機)		(130.0)	(0.0)	(0.0)
	焼成炉	"	179,947	1,614.8	316.40	15,198.90
	(")			(125.0)	(0.0)	(0.0)
	焼成炉	"	178,605	1,608.0	315.09	15,081.90
		(")			(125.0)	(0.0)
	焼成炉	"	584,395	4,283.7	839.61	13,175.50
		(")			(340.0)	(0.0)
192床單廠	沸騰炉	集中供熱導入	11,505	-	-	-
	沸騰炉	"	11,505	-	-	-
170辛品労公	溶解炉	移転	118,192	0.0	0.0	0.0
99柳州電廠	煤粉炉	湿式石灰石膏法 電気集塵機	503,608	13,500.0	2,632.06	7,069.39
		(簡易石灰石膏法 電気集塵機)		(4,090.0)	(853.76)	(2,281.63)
	煤粉炉	"	503,608	13,500.0	2,632.06	7,069.39
		(")		(4,090.0)	(853.76)	(2,281.63)
998柳北区 工業区	集中供熱	新設炉・炉内脱硫 燃焼管理・電気集塵機	1,300,776	23,981.6	5,050.09	2,463.27
999	成型炭 製造設備			917.0	1,549.00	
小計				61,713.1 (33,871.6)	13,787.06 (8,306.61)	
合計				107,337.8 (75,273.0)	23,365.73 (16,930.13)	

注) 1) * はNO

2) **は硫化水素

表 7.6.2a 中小工場削減対策費(2000年)

工場名	施設名	削減対策案	処理ガス量 (Nm ³ /h)	設備費 (万円)	運転費 (万円/年)	処理費 (元/SO ₂ -t)
2血液中心	鎖床炉	燃費管理	4,785	4.5	0.87	688.06
10造紙廠	沸騰炉	燃費管理・炉内脱硫	4,388	34.2	9.65	714.66
11ゴム廠	沸騰炉	燃費管理	21,972	24.3	13.92	273.09
	沸騰炉	燃費管理	35,816	29.2	9.17	561.66
13糖果一廠	沸騰炉	燃費管理・炉内脱硫	32,144	34.3	34.72	205.83
	沸騰炉	燃費管理・ベンチュリ捕集	32,144	34.3	34.72	205.83
14制約廠	往復炉	燃費管理	29,086	29.2	18.26	255.79
	往復炉	脱硝	29,086	0.0	0.0	0.0
32鑄造廠	乾燥炉	燃費管理	8,056	7.0	1.35	551.37
	乾燥炉	燃費管理	7,094	6.5	1.26	938.65
45冶煉廠	焙烧炉	燃費管理	5,950	10.7		
	焙烧炉	燃費管理	3,427	8.1		
	焙烧炉	燃費管理	2,542	6.0		
	反射炉	燃費管理	47,495	0.0	0.0	0.0
61人民医院	鎖床炉	燃費管理	20,578	19.5	3.77	273.98
65灯泡廠	鎖床炉	燃費管理	26,218	7.5	1.45	847.61
	溶解炉	燃費管理	32,080	7.5	1.45	590.76
	煤氣炉	燃費管理・炉内脱硫	12,498	32.0	8.25	1,008.02
		燃費管理・ベンチュリ捕集				
69縫紉家具	沸騰炉	燃費管理・炉内脱硫	9,439	24.3	8.77	444.09
		燃費管理・ベンチュリ捕集				
70糖果二廠	沸騰炉	燃費管理	14,315	34.3	16.71	303.92
	沸騰炉	燃費管理	14,315	34.3	16.71	303.92
73啤酒總廠	沸騰炉	集中燃費管理	46,508	-	-	-
82靴下廠	往復炉	燃費管理・炉内脱硫	18,505	20.2	10.88	289.13
		燃費管理				
83第二下廠	鎖床炉	燃費管理	4,824	0.0	0.0	0.0
87針織總廠	沸騰炉	燃費管理・炉内脱硫	31,500	54.1	24.19	324.35
		燃費管理・ベンチュリ捕集				
90華僑化纖	往復炉	集中燃費管理	14,622	-	-	-
207棉紡		燃費管理		-	-	-
93第二棉紡	沸騰炉	燃費管理	13,980	-	-	-
小計				462.0	216.10	

工場名	施設名	削減対策案	処理ガス量 (Nm ³ /h)	設備費 (万円)	運転費 (万円/年)	処理費 (元/SO ₂ -t)
75地区医院	往復炉	減速	6,667	16.0	3.09	244.64
100化学繊維	鎖床炉	集中供熱導入	16,452	-	-	-
103皮革集团	鎖床炉	燃費管理	4,674	5.0	0.97	866.45
104水泥圧管	鎖床炉	"	8,650	6.0	1.16	273.61
129機車車両	煤粉炉	廃止	40,447	0.0	0.0	0.0
137自行車廠	鎖床炉	燃費管理	6,227	6.0	1.16	708.91
164微型汽車	煤粉炉	鎖床炉・成型炭 燃費管理	31,557	54.1	10.46	842.06
	往復炉	"	8,540	18.4	3.56	956.56
06柳州飯店	鎖床炉	減速	12,099	11.0	2.13	2,042.33
208柳東針績	沸騰炉	蓄熱炉・炉内脱酸 燃費管理	2,187	13.9	4.55	608.38
183圧縮机廠	往復炉	燃費管理	6,155	6.0	1.16	917.41
57林業紙箱	往復炉	"	24,446	5.4	1.04	311.92
75日用化工	沸騰炉	集中供熱導入	14,668	-	-	-
132三門江林	往復炉	燃費管理	10,570	5.2	1.01	281.60
166雅蓮針績	固定炉	"	6,498	4.3	0.83	447.09
188第二化工	固定炉	蓄熱炉・炉内脱酸 燃費管理	7,279	34.3	8.80	1,007.88
189化東針績	鎖床炉	燃費管理	5,683	6.0	1.16	866.45
衣車台板	沸騰炉	蓄熱炉・炉内脱酸 燃費・ベンチュリ水噴		44.2		
161中 医院		減速		16.0		
8第二水泥		工場株				
151ネジ廠		工場株				
29工人医院		減速		16.0		
3龍泉医院		"		16.0		
小計				283.8	41.08	
合計				745.8	257.18	

表 7.6.2b 中小工場削減対策費(2005年)

(括弧内は代替案)

工場名	施設名	削減対策案	処理ガス量 (Nm ³ /h)	設備費 (万円)	運転費 (万円/年)	処理費 (元/SO ₂ -t)
2血液中心	鎮床炉	減設・燃費管理	4,785	4.5	0.87	688.06
5硝子殿	溶解炉	硝性酸・燃費管理 (燃費管理)	145,975	710.8 (10.5)	154.62 (2.03)	1,542.96 354.46
		溶解炉	"	85,867	418.2 (8.5)	94.60 (1.64)
	溶解炉	"	71,555	348.5 (8.0)	71.72 (1.55)	3,320.10 1,223.22
		鎮床炉	ガス量減・燃費管理	13,337	21.2	4.10
	10造紙廠	沸騰炉	燃料・炉内温度 燃費管理	4,388	34.2	9.65
"			21,972	24.3	13.92	273.09
11ゴム廠	沸騰炉	"	35,816	29.2	9.17	561.66
		"	32,144	34.3	34.72	205.83
13糖果一廠	沸騰炉	燃料・炉内温度 燃費管理・ベンチリ様	32,144	34.3	34.72	205.83
		"	29,086	29.2	18.26	255.79
14制約廠	往復炉	"	29,086	29.2	18.26	255.79
		塵止	29,086	0.0	0.0	0.0
15三柳化工	焼成炉	木屑・ベンチリ様 (ベンチリ様)	71,756	28.8 (16.0)	5.57 (3.09)	924.21 (1,039.73)
		"	57,536	7.5	1.45	309.45
19銅版紙廠	鎮床炉	減設・燃費管理	12,607	7.0	1.35	1,010.85
20電線廠	鎮床炉	"	6,882	6.0	1.16	917.41
25電気線廠	鎮床炉	"	6,292	6.0	1.16	1,039.73
		"	6,358	6.0	1.16	974.75
		"	8,056	7.0	1.35	551.37
32铸造廠	乾燥炉	"	7,094	6.5	1.26	938.65
		"	18,690	7.5	1.45	573.38
40中業總廠	往復炉	"	18,690	7.5	1.45	573.38
		(-)		(0.0)	(0.0)	(0.0)
		"	18,208	7.5	1.45	590.76
43麦乳精廠	鎮床炉	"	6,851	6.0	1.16	708.91
		"		(0.0)	(0.0)	(0.0)
45冶炼廠	焙烧炉	石灰石減量法 燃料管理	5,950	49.7	13.01	932.99
		"	3,427	28.7	8.90	629.17
	焙烧炉	"	2,542	21.2	10.02	337.34
	反射炉	"	47,495	223.0	46.36	3,711.16
	(-)		(0.0)	(0.0)	(0.0)	
小計				2,107.1 (399.8)	543.16 (174.54)	

工場名	施設名	削減対策案	処理ガス量 (Nm ³ /h)	設備費 (万円)	運転費 (万円/年)	処理費 (元/SO ₂ -t)
50食品総廠	往復炉	成型炭・懸管煙	20,054	7.5	2.18	1,675.84
	往復炉	〃	24,219	7.5	3.58	381.28
52肉連加工	往復炉	〃	5,891	6.5	1.26	649.83
		(一)		(0.0)	(0.0)	(0.0)
55絹廠	固定炉	〃	4,105	5.0	0.97	684.04
		(一)		(0.0)	(0.0)	(0.0)
61人民医院	鎖床炉	減炭	20,578	19.5	3.77	273.98
65灯泡廠	鎖床炉	成型炭・懸管煙	26,218	7.5	1.45	847.61
	溶解炉	〃	32,080	7.5	1.45	590.76
		(一)		(0.0)	(0.0)	(0.0)
	媒気炉	矽酸・水素 酸・ベンチリ様 (ベンチリ木炭)	12,498	32.0	8.25	1,008.02
69縫纫家具	沸騰炉	蒸餾・矽酸 懸管煙	9,439	24.3	8.77	444.09
		〃				
70糖果二廠	沸騰炉	〃	14,315	34.3	16.71	303.92
	沸騰炉	〃	14,315	34.3	16.71	303.92
73啤酒総廠	沸騰炉	製中臭多入	46,508	-	-	-
76羅進化工	沸騰炉	〃	23,870	-	-	-
	沸騰炉	〃	23,858	-	-	-
	循環炉	〃	44,536	-	-	-
79化工設備	燒成炉	LPG減炭	126,450	32.8	6.34	722.53
82靴下廠	往復炉	蒸餾・矽酸 懸管煙	18,505	20.2	10.88	289.13
		〃				
83第二工種	鎖床炉	成型炭・懸管煙	4,824	5.0	0.96	565.07
		(一)		(0.0)	(0.0)	(0.0)
87針績総廠	沸騰炉	蒸餾・矽酸 酸・ベンチリ様	31,500	54.1	24.19	324.35
		〃				
90華橋化織 207棉紡	往復炉	製中臭多入	14,622	-	-	-
		〃				
93第二棉紡	沸騰炉	〃	13,980	-	-	-
75地区医院	往復炉	減炭	6,667	16.0	3.09	244.64
100化学纖維	鎖床炉	製中臭多入	16,452	-	-	-
103皮革集团	鎖床炉	成型炭・懸管煙	4,674	5.0	0.97	866.45
		(一)		(0.0)	(0.0)	(0.0)
104水泥圧管	鎖床炉	成型炭・懸管煙	8,650	6.0	1.16	273.61
129機車車両	媒粉炉	減炭	40,447	0.0	0.0	0.0
137自行車廠	鎖床炉	成型炭・懸管煙	6,227	6.0	1.16	708.91
		(一)		(0.0)	(0.0)	(0.0)
小計				331.0	113.85	
			II-313	(264.0)	(98.83)	

工場名	施設名	削減対策案	処理ガス量 (Nm ³ /h)	設備費 (万円)	運転費 (万円/年)	処理費 (元/SO ₂ -t)
164	微型汽車	媒粉炉 石灰洗浄法・成型炭 燃焼管理	31,557	402.3	93.50	1,230.23
		往復炉	8,540	166.4	37.35	1,664.72
187	柳江造紙	媒粉炉 苛性ソーダ法 ベンチュリ水膜 (ベンチュリ水膜)	257,104	1,252.0 (50.0)	255.96 (9.66)	3,263.69 (999.74)
		媒粉炉 (ベンチュリ水膜)	277,090	1,349.3 (55.0)	268.12 (10.63)	6,952.95 (2,233.80)
204	行政公署	往復炉 油転換	6,356	6.8	1.31	707.02
206	柳州飯店	鎖床炉 "	12,099	11.0	2.13	2,042.33
208	柳東針績	沸騰炉 循環炉・炉内脱硫 燃焼管理	2,187	13.9	4.55	608.38
183	圧縮机廠	往復炉 成型炭・燃焼管理	6,155	6.0	1.16	917.41
119	柳鉄煉瓦	焼成炉 石灰石液洗浄法 燃焼管理 (燃焼管理)	33,035	258.4 (7.5)	52.02 (1.45)	7,869.18 (1,026.05)
57	林業紙箱	往復炉 成型炭・燃焼管理	24,446	5.4	1.04	311.92
75	日用化工	沸騰炉 集中供熱導入	14,668	-	-	-
81	辛品有限	精製炉 石灰石液洗浄法 濾過除塵 (一)	122,757	448.3 (0.0)	95.43 (0.0)	2,396.14 (0.0)
109	柳州機械	その他 精炭	5,560	0.0	0.0	0.0
132	三門江林	往復炉 成型炭・燃焼管理	10,570	5.2	1.01	281.60
166	雅蓮針績	固定炉 "	6,498	4.3	0.83	447.09
188	第二化工	固定炉 循環炉・炉内脱硫 燃焼管理	7,279	34.3	8.80	1,007.88
189	化東針績	鎖床炉 成型炭・燃焼管理	5,683	6.0	1.16	866.45
	衣車台板	沸騰炉 循環炉・炉内脱硫 燃焼・ベンチュリ水膜		44.2		
161	中 医院	油転換		16.0		
8	第二水泥	工場移転				
151	ネジ廠	工場移転				
29	工人医院	油転換		16.0		
3	龍泉医院	"		16.0		
	小計			4,061.8 (866.3)	824.37 (174.58)	
	合計			6,499.9 (1,530.1)	1,481.38 (447.95)	

7.7 追加対策

7.7.1 化学工場の生産工程対策（本編 7.7 参照）

化学工場の生産工程対策の製造プロセスを図 7.7.1～7.7.10に示した。

図 7.7.1 石炭ガス化ベースアンモニア製造のプロセスフロー

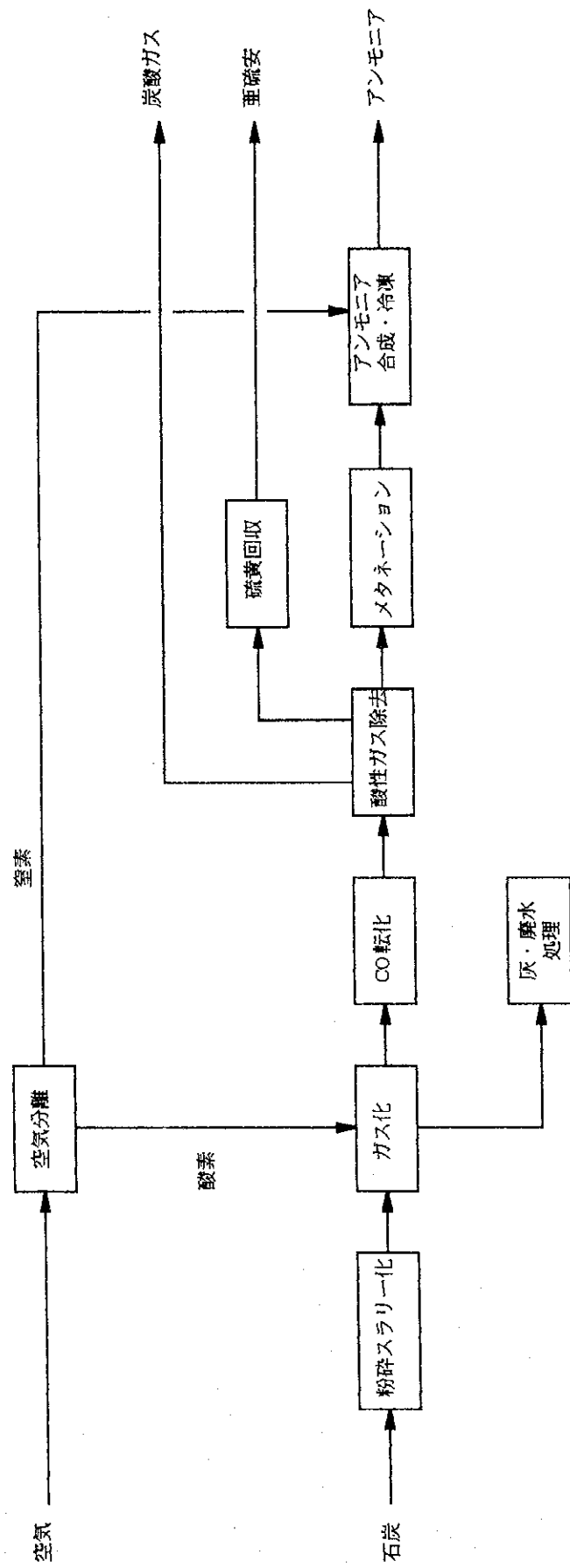


図 7.7.2 アンモニア製造プロセス・フロー（合成及び分離工程）

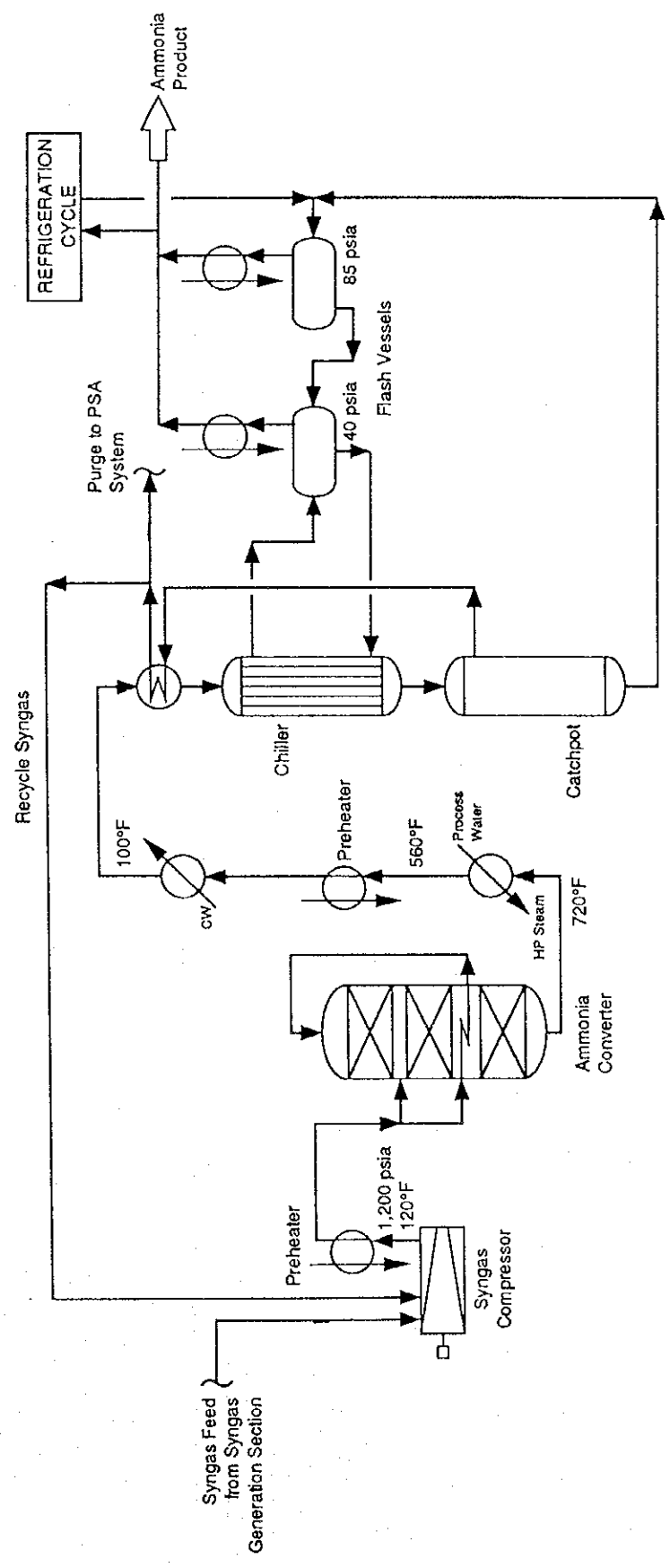
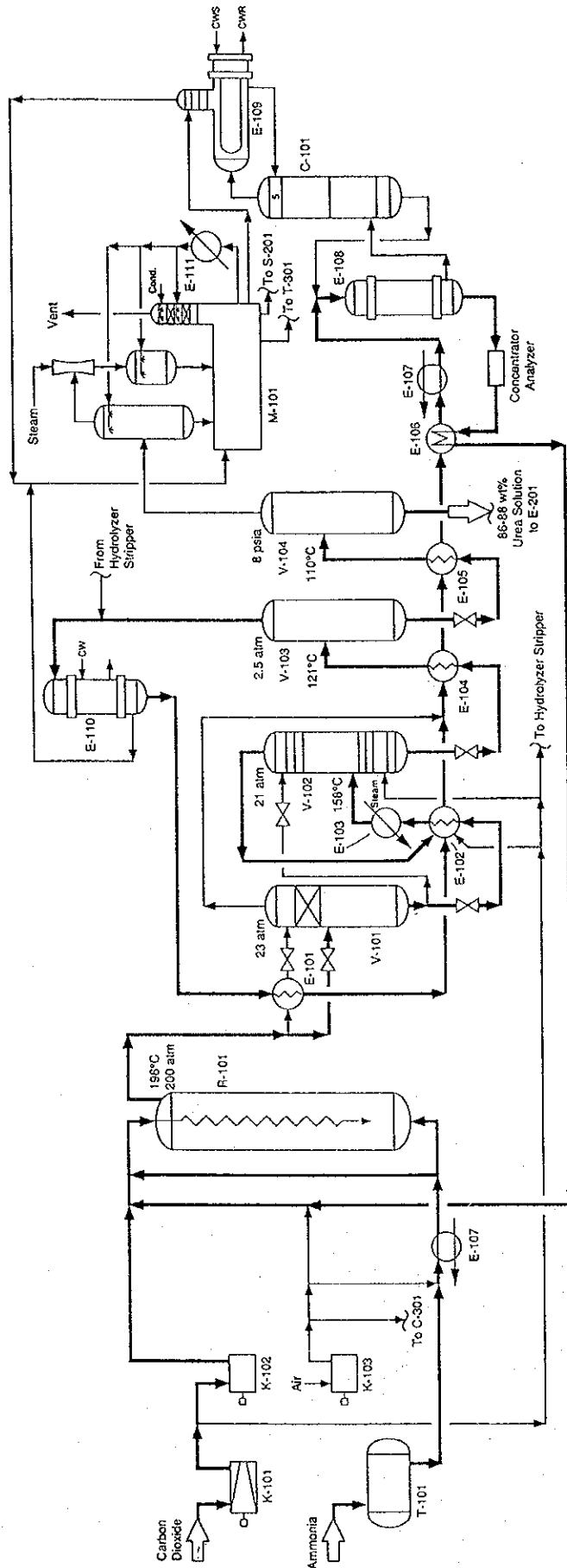


図 7.7.3 尿素製造プロセス・フロー (合成工程)



- | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|----------------------------|--------------------------------|------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| K-101
Carbon Dioxide
Compressor | K-102
LP CO ₂
Compressor | K-103
Air
Compressor | T-101
Ammonia
Surge Tank | R-101
Reactor | E-101
Reflux Cooler | V-101
Liquid
Distributor | E-102
Predecomposer | E-103
First
Decomposer | V-102
First
Separator | E-104
Second
Decomposer | V-103
Second
Separator | E-105
Urea
Concentrator | V-104
Concentrator
Separator | E-106
Carbonate
Heater | E-107
Ammonia
Heater | E-108
First
Condenser | M-101
Vacuum
System | E-109
Partial
Condenser | E-110
Second
Condenser | E-111
Hotwell
Cooler | C-101
Inerts
Scrubber |
|---------------------------------------|---|----------------------------|--------------------------------|------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|

図 7.7.4 尿素製造プロセス・フロー（蒸発、造粒及び環境対策行程）

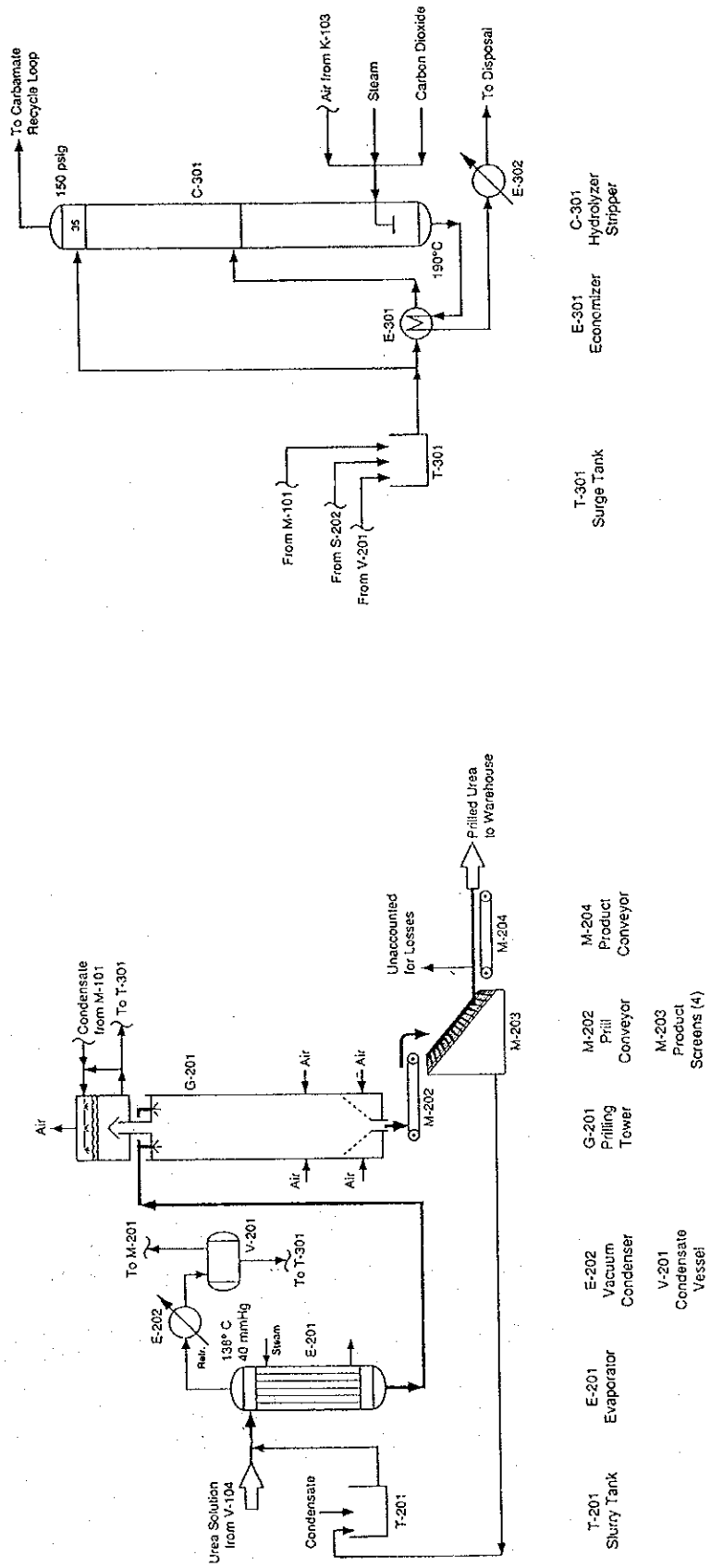


図 7.7.5 塩化ビニル樹脂製造プロセス・フロー（原料調整・重合工程）

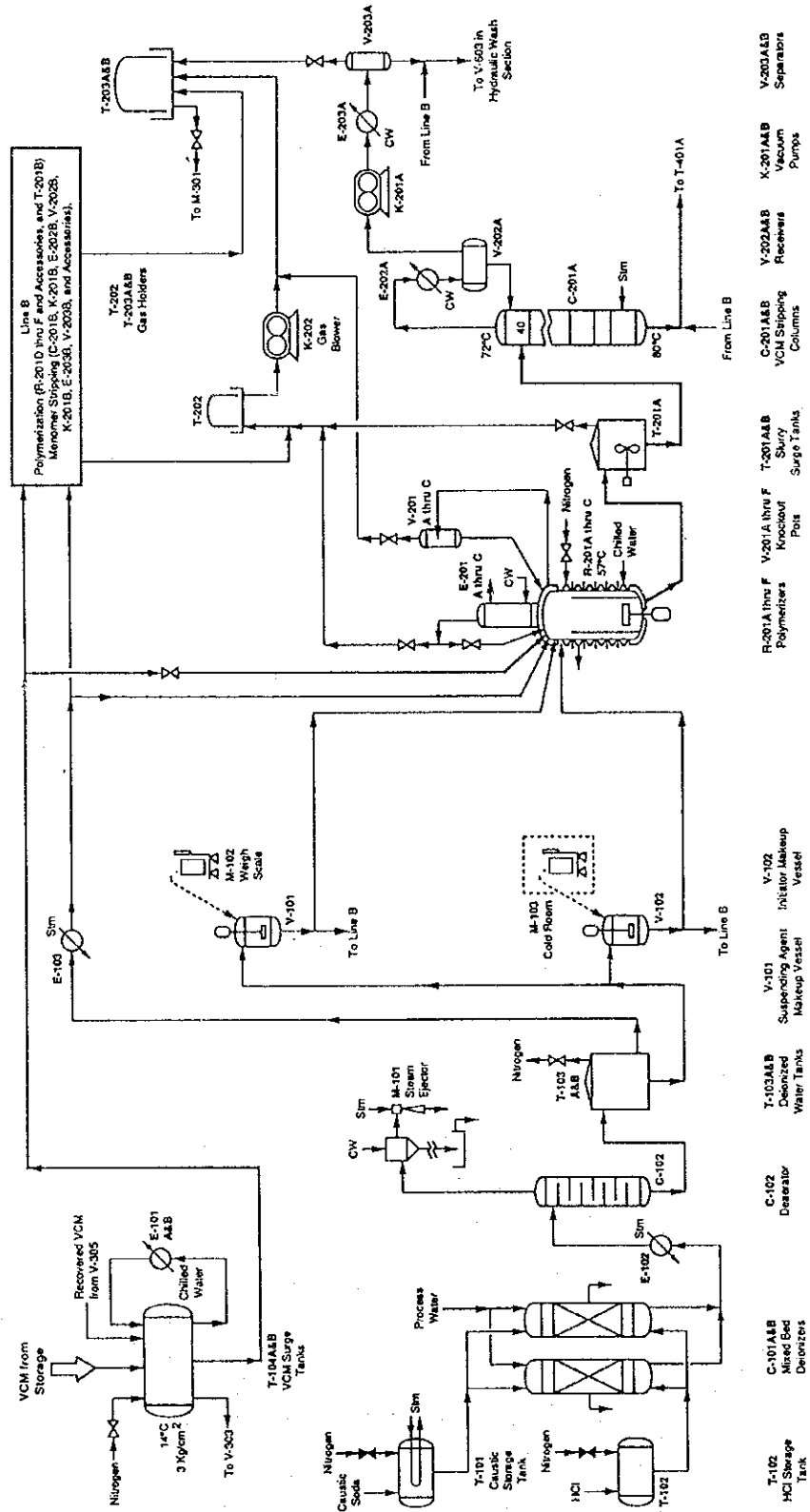


図 7.7.6 塩化ビニル樹脂製造プロセス・フロー（モノマー回収・精製工程）

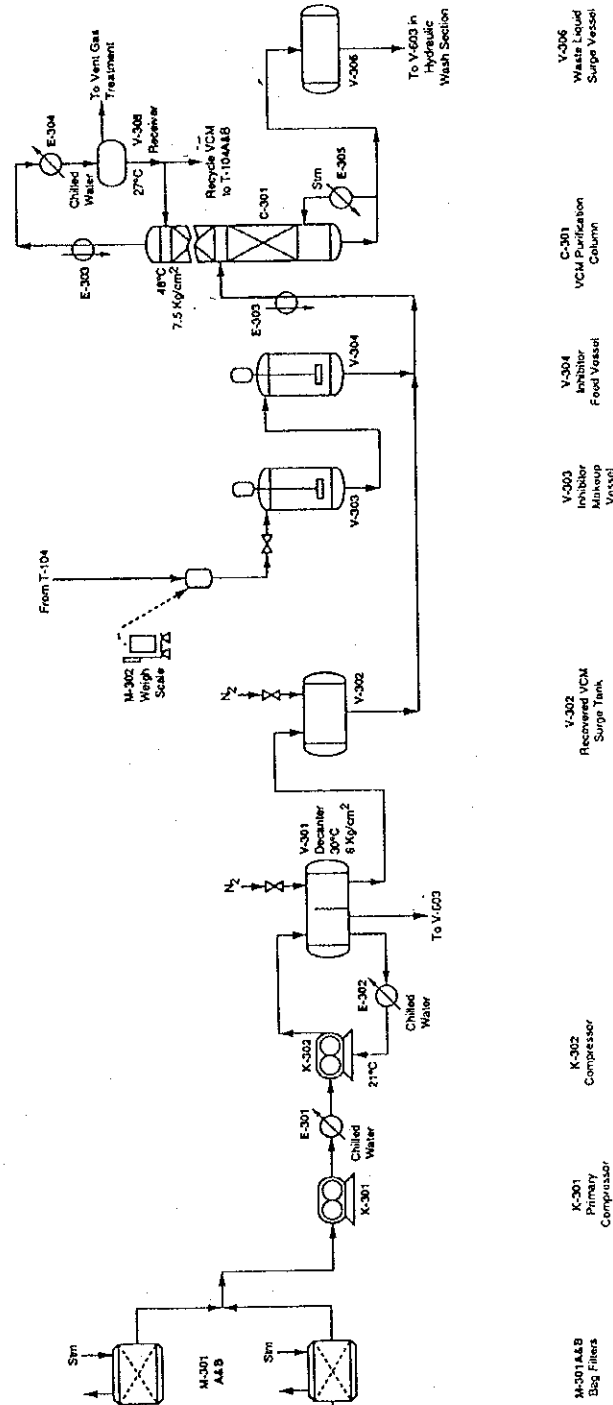


図 7.7.7 塩化ビニル樹脂製造プロセス・フロー（乾燥・製品化工程）

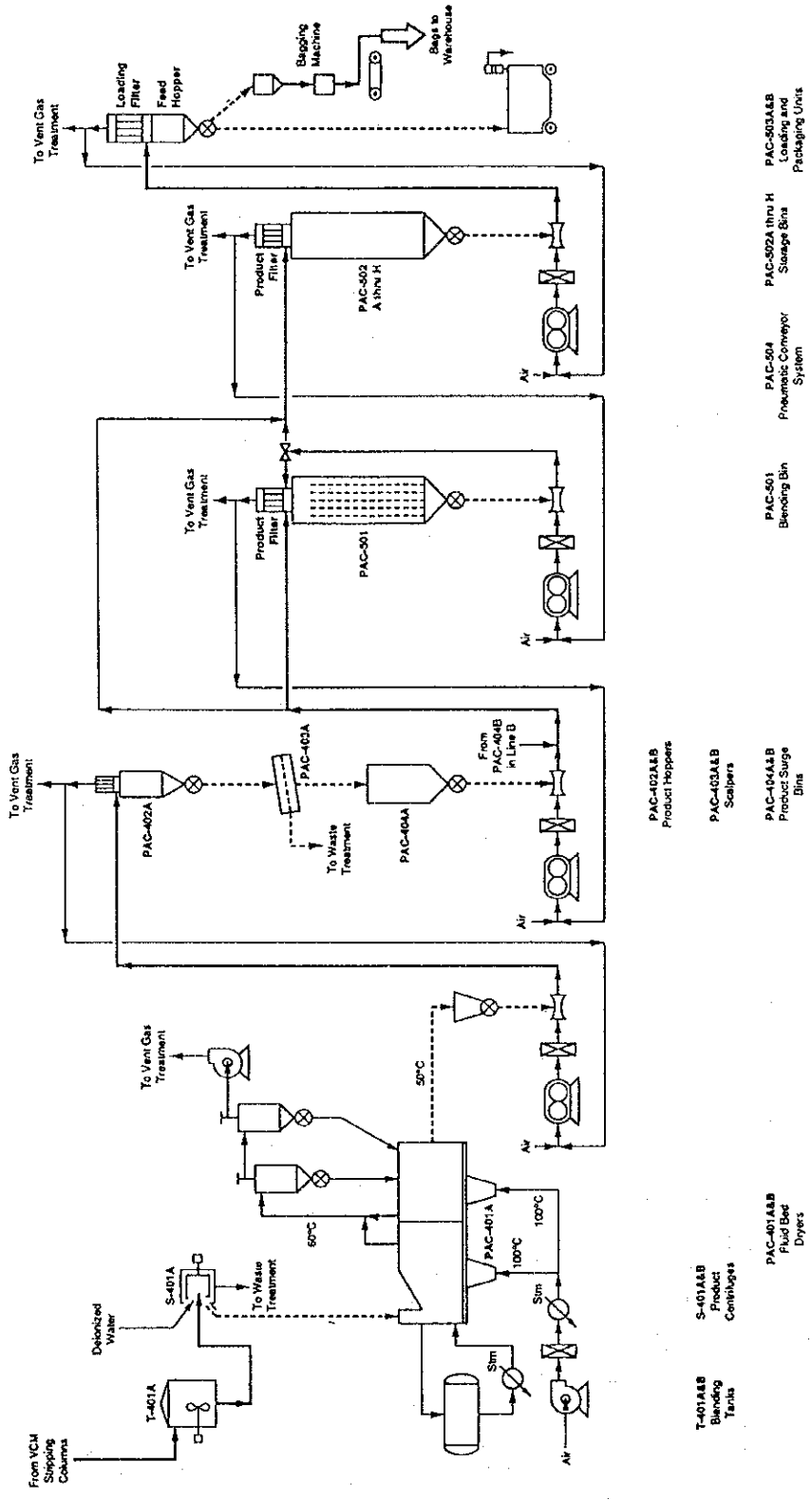


図 7.7.8 塩化ビニル樹脂製造プロセス・フロー（水圧洗浄工程）

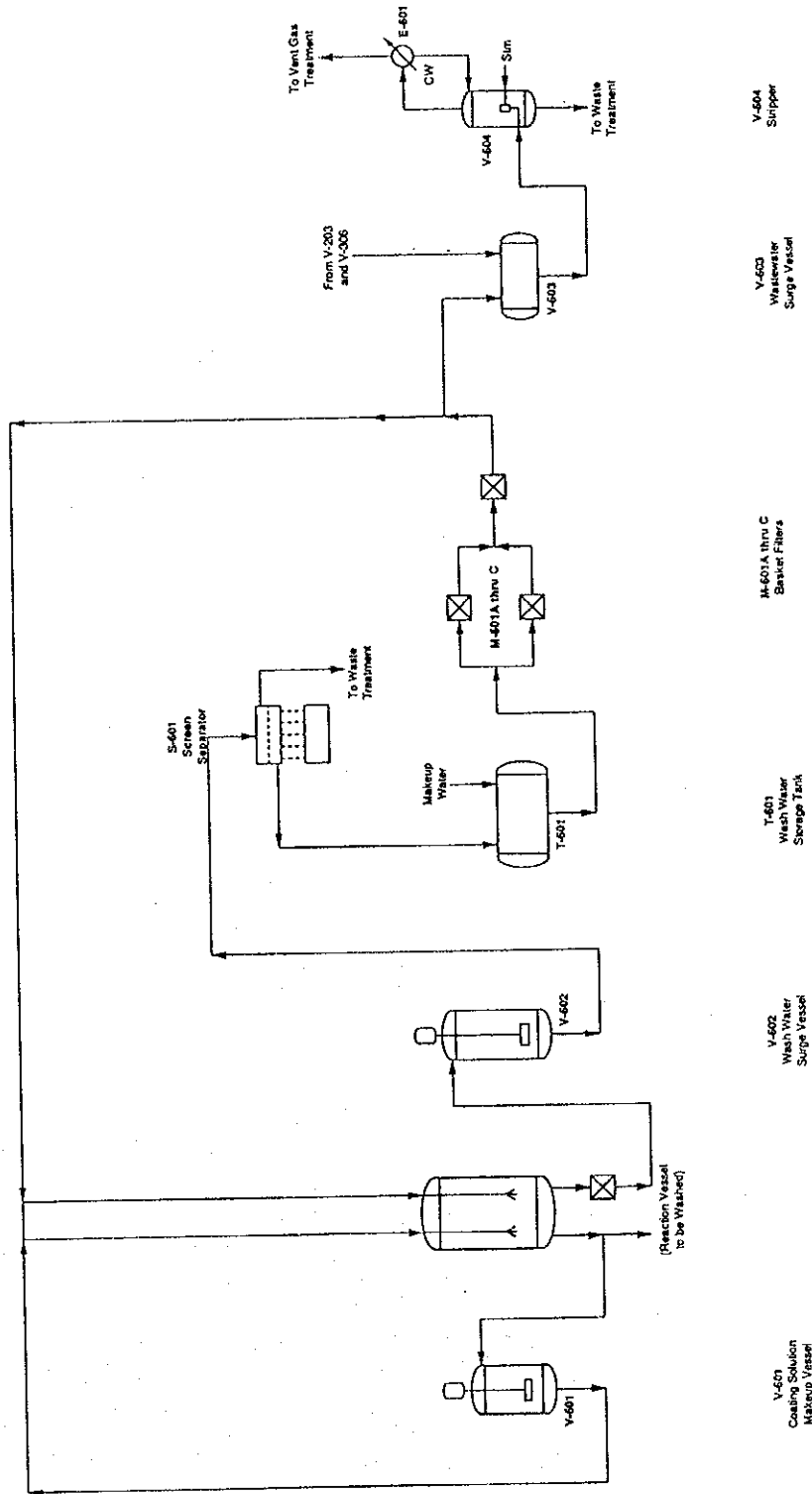
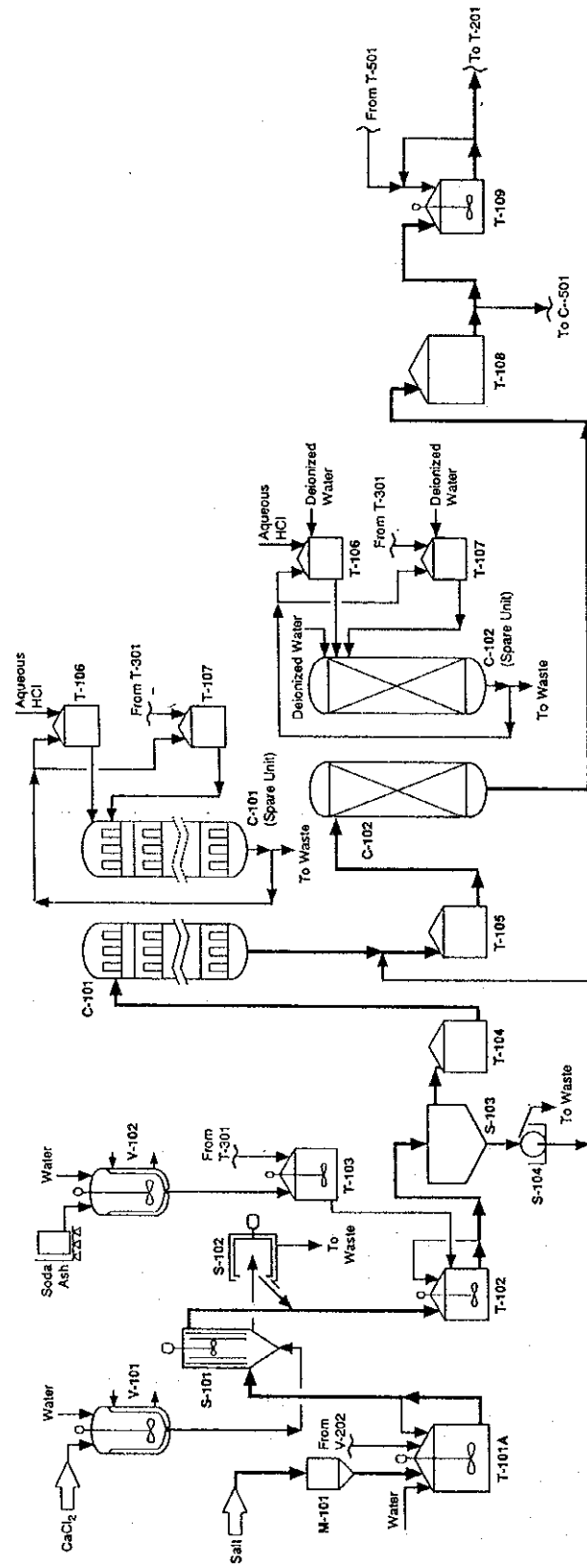
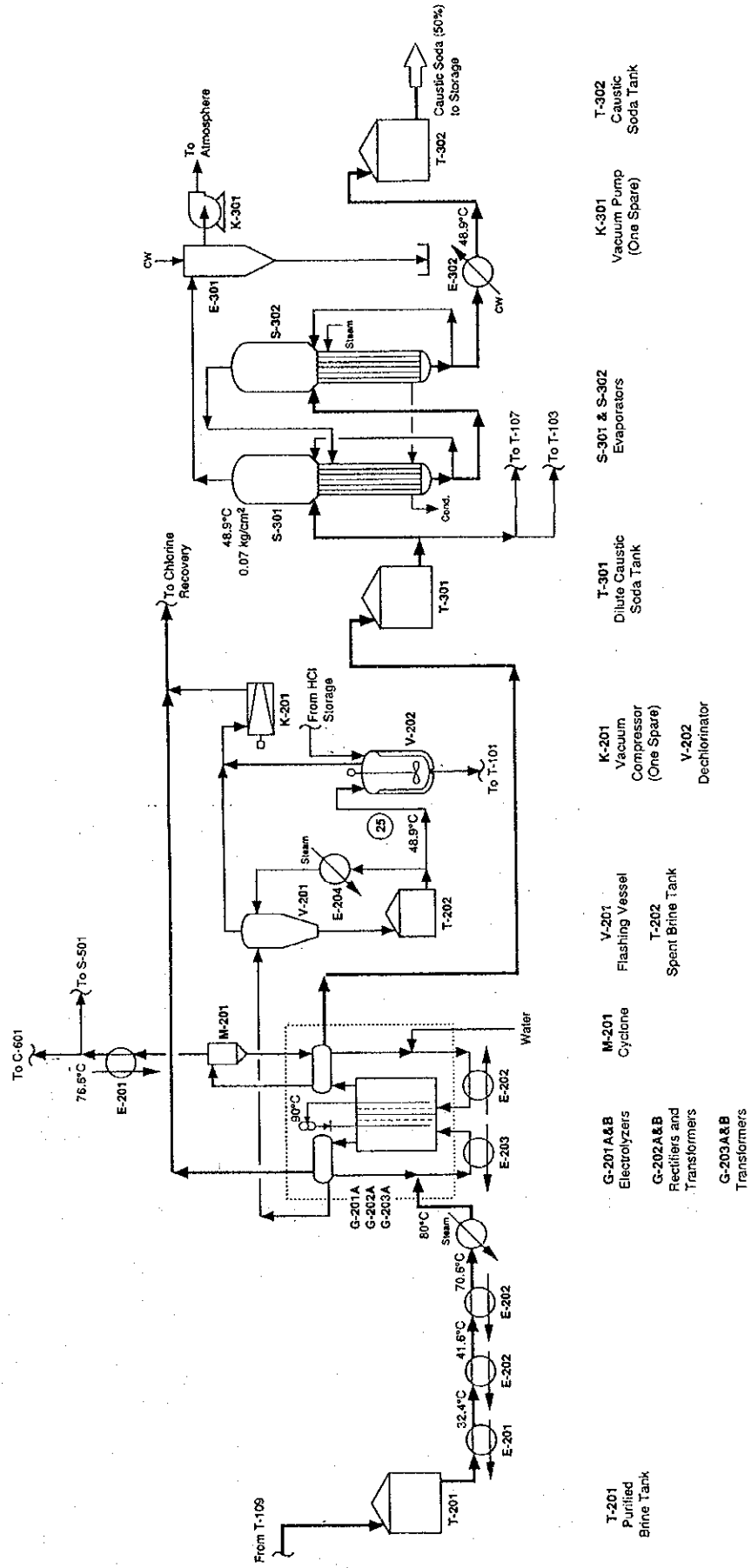


図 7.7.9 イオン交換膜法苛性ソーダ製造プロセス・フロー（塩水精製工程）



- M-101 Feed Hopper
- V-101 CaCl_2 Vessel
- S-102 Centrifuge
- V-102 Soda Vessel
- S-103 Clarifier
- T-104 Brine Tank
- C-101 Filtering Column (One Spare)
- C-102 Chelating Tower (One Spare)
- T-106 HCl Tank
- T-108 Brine Tank
- T-109 pH Adjustment Tank
- T-101A-C Saturation Tanks
- S-101 Crystallizer
- T-102 Treatment Tank
- S-102 Centrifuge
- V-102 Soda Vessel
- S-103 Clarifier
- S-104 Drum Filter
- T-103 Soda Tank
- T-104 Brine Tank
- C-101 Filtering Column (One Spare)
- C-102 Chelating Tower (One Spare)
- T-105 Brine Tank
- T-106 HCl Tank
- T-107 Soda Tank
- T-108 Brine Tank
- T-109 pH Adjustment Tank

図 7.7.10 イオン交換膜法苛性ソーダ製造プロセス・フロー（電解・濃縮工程）



- T-201 Purified Brine Tank
- G-201A&B Electrolyzers
- G-202A&B Rectifiers and Transformers
- G-203A&B Transformers
- M-201 Cyclone
- V-201 Flashing Vessel
- T-202 Spent Brine Tank
- K-201 Vacuum Compressor (One Spare)
- V-202 Dechlorinator
- T-301 Dilute Caustic Soda Tank
- S-301 & S-302 Evaporators
- K-301 Vacuum Pump (One Spare)
- T-302 Caustic Soda Tank