

#### 4.5 評価対象排煙脱硫方式の技術比較と経済比較

4.2項の各種排煙脱硫方式の概要と技術比較で評価対象とした7方式の排煙脱硫方式に対し、4.3項で設定したコジェニッツェ発電所の排煙脱硫装置検討諸元と、4.4項で検討した発電プラントと排煙脱硫装置の組合せに関する検討を考慮し、どの排煙脱硫方式がコジェニッツェ発電所に最適かを検討する。

##### 4.5.1 比較項目

技術評価と経済比較は、重要と思われる以下の項目について行った。

###### (1) 技術比較

- ① 脱硫性能
- ② 脱塵性能
- ③ 技術水準
- ④ 商用機の実績
- ⑤ 信頼性
- ⑥ 運用特性
- ⑦ 保守性
- ⑧ 副生品
- ⑨ ユーティリティー
- ⑩ 排水
- ⑪ 煙突ライニング又は排ガス再加熱
- ⑫ 既設設備改造
- ⑬ 設置スペース

###### (2) 経済比較

- ① 設備費
- ② 運転経費

##### 4.5.2 技術比較と経済比較の条件

###### (1) 基本条件

各排煙脱硫方式の経済比較は、4.3項の排煙脱硫方式の検討諸元に示した値を

用い、4.4項の組合せの検討で最適な組合せとなった“500MW相当、脱硫効率89%の同型の排煙脱硫装置3基”を設置した場合とする。

(2) 各排煙脱硫方式毎の特有な条件

① 湿式石灰石石膏法（スプレー塔方式及びジェットバブリング方式）

- a) ダクト、煙突ライニング保護のため、排煙脱硫装置出口排ガスの再加熱を行う。
- b) 副産品である石膏はポーランド共和国では商品価値が低いので回収せず、石膏の売却による収入は見込まない。
- c) 副産品の石膏及びスラリは、塩素分が高いためフライアッシュと混合し、遮水構造とした灰捨場へ投棄する。このため、経済比較においては、灰捨場を遮水構造とする費用（地下への有害物質の浸透防止に係る費用）を設備費に含める。
- d) 脱硫効率89%とする。

② スプレードライヤ法

- a) 白煙防止のための排ガスの再加熱は行わない。
- b) 副産品は、石膏の他に亜硫酸石膏、未反応の消石灰を含むため、遮水構造の灰捨場へ投棄する。湿式石灰石石膏法と同様に灰捨場を遮水構造とする費用を設備費に含める。
- c) 消石灰が必要量入手可能とする。
- d) 脱硫効率は89%とする。

③ 活性炭法

- a) 副産品は商品硫酸を回収する方式とする。硫酸は売却できるものとし、その売却による収入を見込むものとする。
- b) 活性炭が必要量入手可能とする。
- c) 脱硫効率89%とする。

④ 石炭灰利用乾式脱硫法

- a) 使用済脱硫剤は既設の灰処理設備で、灰と共に灰捨場へ投棄する。（灰と

同様の取扱いとし、灰捨場を遮水型とすることは考えない。)

b) 消石灰が必要量入手可能とする。

c) 脱硫効率89%とする。

⑤ 簡易脱硫法 (吸収剤火炉吹込み法及び吸収剤ダクト吹込み法)

脱硫効率89%を達成することが出来ないため、検討から除外する。

#### 4.5.3 経済比較手法

経済比較は、設備と運転経費より求めた年経費により行い、湿式石灰石石膏法をベース (100%) とした相対比較を行う。各項目は、次の計算式により行う。

(1) 設備の1年分の平準化費用

$$\text{設備費} \times \frac{0.05 \times (1 + 0.05)^{12}}{(1 + 0.05)^{12} - 1}$$

(2) 運転経費 (a - b)

a) 時間当りのユーティリティ使用量 × 5,000h/年 × ユーティリティ単価

b) 時間当りの副産品発生量 × 5,000h/年 × 副産品売却単価

#### 4.5.4 比較検討結果

Table 4.5-1 と 4.5-2 にコジェニッツェ発電所特有の検討諸元を考慮した各種排煙脱硫方式の技術比較と経済比較を示す。

これらの検討結果を評価対象排煙脱硫方式毎にまとめると次の通りである。

(1) 湿式石灰石石膏法

① スプレー塔方式

技術比較及び経済比較からもコジェニッツェ発電所へ適用可能と考える。

a) 95%以上の脱硫効率が達成可能で石炭焚商用機への納入実績も300基以上あり、技術水準、実績、信頼性において最も優れている。

✓ b) 吸収剤は安価な石灰石であり、経済性に優れている。また、コジェニッツェ発電所の場合、石灰石は近くのセメント工場から入手可能である。

c) 装置はFig. 4.3-3に示す排煙脱硫装置設置スペースに設置可能である。

d) Fig. 4.5-1に排煙脱硫装置の平面配置、Fig. 4.5-2に側面配置を示す。こ

の配置は500MW相当で89%脱硫効率の排煙脱硫装置3基の計画で、4.4項で検討した最適な発電プラントと排煙脱硫装置の組合せによるものである。

e) Table 4.5-2に示す経済比較においても優れている。

f) 高塩素濃度の石炭を使用するため排水と副生石膏の処理方法を考慮する必要がある。

## ② ジェットバブリング方式

技術比較及び経済比較からもコジェニッツェ発電所へ適用可能と考える。

a) 石炭焚火力発電所への納入実績はスプレー塔方式に較べ少ないが、商用として確立された技術水準にあり、信頼性はスプレー塔方式と同等である。

b) 吸収剤・設置スペースの項目についてはスプレー塔方式と同様で問題はない。

c) Fig. 4.5-3に排煙脱硫装置の平面配置、Fig. 4.5-4に側面配置を示す。この配置は500MW相当で89%脱硫効率の排煙脱硫装置3基の計画で、4.4項で検討した最適な発電プラントと排煙脱硫装置の組合せによるものである。

d) 経済比較においてもスプレー塔方式と同様に優れている。

e) 高塩素濃度の石炭を使用するため排水と副生石膏の処理方法を考慮する必要がある。

## (2) 半乾式法

### ① スプレードライヤ方式

脱硫効率は90%程度達成可能であり納入実績も多数あり商用として確立された技術水準にあり、信頼性も湿式石灰石石膏法と同等に高いものである。

しかし、今回のコジェニッツェ発電所用の排煙脱硫装置としては次の理由により不適と考える。

a) 設置スペースに無理がある。

Fig. 4.5-5にはスプレードライヤと後段集塵器を排煙脱硫装置設置可能スペースに配置した場合を示すが、500MW相当で89%脱硫効率のスプレードライヤと後段集塵器をそれぞれ3基設置するのは無理がある。

b) 吸収剤である消石灰が高価であり、現在は発電所への供給能力がない。

スプレードライヤは吸収剤に石灰石と比較して高価な消石灰を使用するが、消石灰は1,245,000Zl/トッで石灰石の130,000Zl/トッの約10倍であり、運転経費が高くなり経済的でない。又、ポーランド共和国側からの調査報告によると現在のところコジェニツェ発電所に必要な消石灰を供給できる工場はない。

Limestone calcination by 田中 隆司 et al.

### (3) 乾式法

#### ① 活性炭法

採用実績は少ないが、商用として稼働しているプラントが3基あり、商用として確立された技術水準にある。

しかし、今回のコジェニツェ発電所用の排煙脱硫装置としては次の理由により不適と考える。

##### a) 吸収剤である活性炭の入手が困難である。

現在ポーランド共和国での活性炭の生産量は水道用やその他工業用に年間1,500トッ程度である。500MW相当で89%脱硫効率の活性炭法の排煙脱硫装置3基に使用する活性炭は年間約20,000トッなので、現状の生産体制では入手が困難である。なお、500MW相当3基の初期充填に約8,200トッが必要である。

##### b) 副製品の処理に問題がある。

副製品として硫酸を回収する場合、500MW相当の排煙脱硫装置3基からの硫酸回収量は1日約460トッと多量であり、貯蔵、輸送、販売に問題がある。また、コジェニツェ発電所で使用している石炭は塩素成分が多く、排ガス中の塩化水素濃度が高い。従って、硫酸を回収する場合、塩化アンモニウムもしくは塩化水素の形で硫酸中に含まれるので、硫酸の精製が必要となる。また、系外に排出される排水中の塩素濃度も高くなり処理方法を考慮する必要がある。

##### c) 設置スペースに無理がある。

Fig. 4.5-6 に500MW相当、89%脱硫効率の排煙脱硫装置3基の配置を示すが、既設のメンテナンスサービス事務所を撤去しなければ設置できない。

また、回収した硫酸の貯蔵設備を含めると、現在空いている設置スペースに収めるには無理がある。

## ② 石炭灰利用乾式脱硫法

排水が出ないという利点はあるが今回のコージェニツツェ発電所用の排煙脱硫装置としては、次の理由により不適と考える。

a) 設置スペースに無理がある。

脱硫剤製造設備が比較的大きいため、4.4項で検討した最適な“組合せ”である500MW相当、89%脱硫効率の排煙脱硫装置3基をコージェニツツェ発電所の設置スペースに納めるには無理がある。

Fig. 4.5-7 に石炭灰利用乾式脱硫法の場合の平面配置を示す。

b) 脱硫剤の原料である消石灰が高価であり、現在は発電所への供給能力がない。脱硫剤の製造に消石灰を使用するためスプレドライヤ方式と同様に入手が困難であり、経済的でない。

### 4.5.5 コージェニツツェ発電所に最適な排煙脱硫装置

以上の検討結果をまとめると、コージェニツツェ発電所に最適な排煙脱硫方式は、湿式石灰石石膏法のスプレー塔方式又はジェットバブリング方式である。

Table 4.5-1 (1)

石炭火力発電所用排煙脱硫方式の技術評価 (コージェネツツェ発電所に適用するとした場合での比較)

項目	湿式石灰石石膏法		半乾式		乾式	
	① スプレードライ方式	② ジェットパブリング方式	③ スプレードライ法	④ スプレードライ法	⑤ 活性炭法	⑥ 石灰灰利用乾式脱硫法
1. 脱硫性能 (実用運転範囲での効率)	90%程度	90%程度	80~90%程度	90%程度	90%程度	90%程度
2. 脱硫性能	90%程度	90%程度	90%程度 (後段の集塵器との組合せは)	90%程度	90%程度	90%程度
3. 技術水準	商用として確立された技術水準にある。	商用として確立された技術水準にある。	商用として確立された技術水準にある。	商用として確立された技術水準にある。	実証プラントでの試験を終了し、商用機が実績を積んでいる段階。	実証プラントでの試験を終了し、商用機が実績を積んでいる段階。
4. 商用機の実績 (石灰灰)	※305基 石灰灰火力発電所への納入実績は305基以上あり、350MW、500MW、700MWクラスの大容量火力への納入実績も多岐ある。	7基 1991年7月現在石灰灰火力発電所への納入実績は7基である。現在運転中の最大容量機は250MW相当のものが2基あり、又、現在700MW容量のものも建設中であり運転開始予定は1995年6月である。	※53基 石灰灰火力発電所への納入実績は53基あり、350MW、500MWクラスの大容量の石灰灰火力への納入実績も多い。スプレードライ法は欧州と米国において採用実績が多い。	3基 石灰灰火力発電所への納入実績は3基あり最大容量のものは130MW相当のものが運転中である。又、350MW相当の流動床ボイラー用のものが計画中であり1995年7月運転開始予定である。	1基 商用機としては1991年3月に運転開始した175MW相当の石灰灰火力発電所用が1基ある。	
5. 信頼性	技術的に確立され、信頼性は非常に高い。	技術的に確立され、信頼性はスプレードライ法と同等。	湿式石灰石石膏法と同等の高い信頼性を有する。	商用機に採用されるレベルの信頼性があるが、湿式石灰石石膏法、スプレードライ法に比べると運転経路が短い。	商用機に採用されるレベルの信頼性があるが、湿式石灰石石膏法、スプレードライ法に比べると運転経路が短い。	商用機に採用されるレベルの信頼性があるが、湿式石灰石石膏法、スプレードライ法に比べると運転経路が短い。
6. 運用特性	◎	◎	○ (低負荷での運転に制限がある)	○ (起動時ウォーミングアップに時間がかかる)	○ (脱硫酸の製造に労力を要す)	○
7. 保守性	○	○	○	○	○	○
8. 副産品	商品として使用可能な石膏が42t/h (14t/h×3基)程度回収可能であるが、コージェネツツェ発電所の近くに石膏ボード用の石膏の需要はないこと、又セメント工場で使用する石膏の価格が安いことを考慮すると、石膏の回収を行わない方が経済的である。	商品として使用可能な石膏が42t/h (14t/h×3基)程度回収可能であるが、コージェネツツェ発電所の近くに石膏ボード用の石膏の需要はないこと、又セメント工場で使用する石膏の価格が安いことを考慮すると、石膏の回収を行わない方が経済的である。	亜硫酸石膏+石灰灰	硫酸または硫酸として回収	有効利用を研究中であるが、コージェネツツェ発電所の場合には硫酸を回収することとしては灰渣場に捨てて比較した。	有効利用を研究中であるが、コージェネツツェ発電所の場合には硫酸を回収することとしては灰渣場に捨てて比較した。

※ 1987年5月発行のIEA、FGDハンドブックによる。(1987年5月時点での計画のものも含む) 記号説明 ◎ Excellent ○ Good △ Fair × Bad  
 ※※ 副産品、エネルギーリチイ、排水量は500MW機3基分の合計である。

Table 4.5-1 (2)

石炭火力発電所用排煙脱硫方式の技術評価 (コージェネツェ発電所に適用するとした場合での比較)

項目	湿式石炭石書法			半乾式		乾式	
	① スプレッド方式	② 石炭石書法	③ ジェットパブリック方式	④ スプレッドライヤ法	⑤ 活性炭法	⑥ 石灰利用乾式脱硫法	
9 ユーティリティ							
(1) 吸収剤	石灰石 29 t/h程度の石灰石が必要であるが、コージェネツェ発電所の場合、近くのセメント工場からの入手が容易である。	石灰石 29 t/h程度の石灰石が必要であるが、コージェネツェ発電所の場合、近くのセメント工場からの入手が容易である。	石灰石 約37 t/hの消石灰が必要であるが、これを供給できる工場が存在のところにボーランドは無い。	消石灰 約41 t/h (年間約20,000 t) の活性炭が必要であるが、現在ボーランド共和国での生産量は年間約1,500 tで、供給体制が整っていない。	活性炭 約41 t/h (年間約20,000 t) の活性炭が必要であるが、現在ボーランド共和国での生産量は年間約1,500 tで、供給体制が整っていない。	石灰1/3・消石灰1/3・使用炭酸ソーダ(石膏源) 1/3を原料とした乾式脱硫法	石灰1/3・消石灰1/3・使用炭酸ソーダ(石膏源) 1/3を原料とした乾式脱硫法
(2) 用水 (4,270 t/h取水)	270 t/h	270 t/h	184 t/h	70 t/h	315 t/h		
(3) 蒸気	6 t/h	6 t/h	—	0.6 t/h	84 t/h		
(4) 電力	19800KW	19800KW	12900KW	14000KW	14700KW		
10. 排水	無 (石膏+75行水+排水の混合物として灰捨場に投棄)	同左	無	6 t/h	無		
11. 煙突ボイラ又は排ガス再加熱	必要	必要	不要	不要	不要		
12. 既設設備改造	IDFと煙突間の排ガスダクトの改造	IDFと煙突間の排ガスダクトの改造	IDFと煙突間の排ガスダクトの改造	IDFと煙突間の排ガスダクトの改造	IDFと煙突間の排ガスダクトの改造	IDFと煙突間の排ガスダクトの改造	IDFと煙突間の排ガスダクトの改造
13. 設置スペース	脱硫装置設置用として従来のスペースに、500MW3基の設置が可能。	同左	同左	同左	同左	同左	同左
総合技術評価	適用可能	適用可能	適用可能	適用可能	適用可能	適用可能	適用可能

Table 4.5-2 Cost Comparison of Various Flue Gas Desulphurisation System (Based on Application to Koziencice P.S.)

Item	Wet Type		Semi-Dry Type	Dry Type		Remarks
	Limestone-Gypsum Method			Activated Carbon Method	DeSOx Method Using Flyash as a part of Absorbent	
	Spray Tower Method	Jet-Bubbling Method				
1. Estimated Conditions						
Reheat & Stack Lining	Yes	Yes	None	None	None	
By-products Recovery	None	None	None	Yes	None	
Groundwater Protection Measures at Ash Pond	Yes	Yes	Yes	None	None	
SOx Removal Efficiency	89%	89%	89%	89%	89%	
DeSOx Plant Size	500MW x 3	500MW x 3	500MW x 3	500MW x 3	500MW x 3	
2. Capital Cost						
Annual Payment for Investment	100% (Base)	100%	80%	110%	105%	Annual Payment for Investment (A) = Investment x Levelizing Factor
3. Running Cost						
Annual Running Cost	100% (Base)	100%	225%	250%	190%	Annual Running Cost (B) = Running Cost - By-products Sale
Total Annual Cost	100% (Base)	100%	105%	140%	120%	Total Annual Cost = A + 3

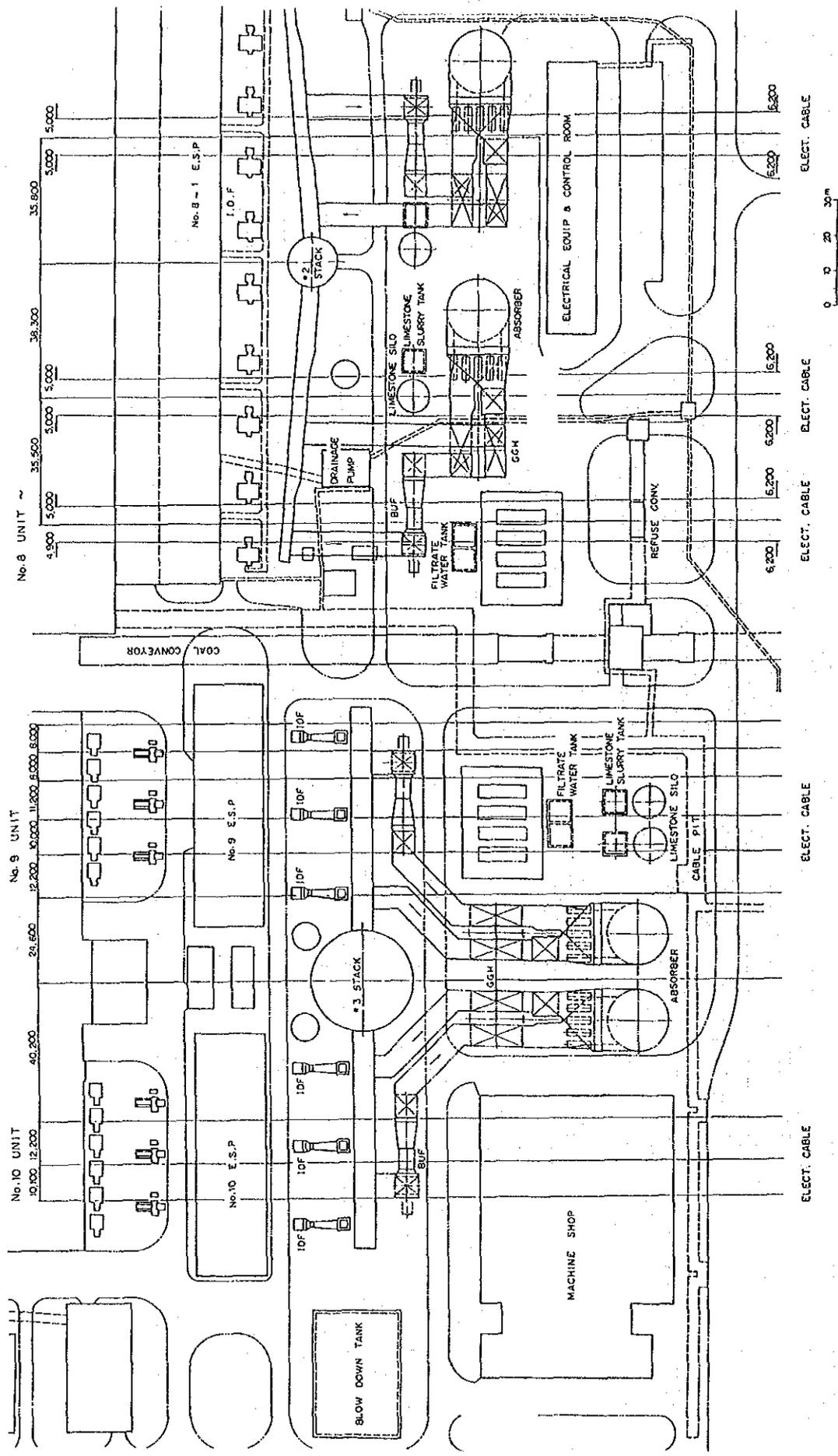


Fig. 4.5-1 500 MW THREE (3) FGD GENERAL LAYOUT  
WET LIMESTONE-GYPSUM METHOD  
(SPRAY TOWER)

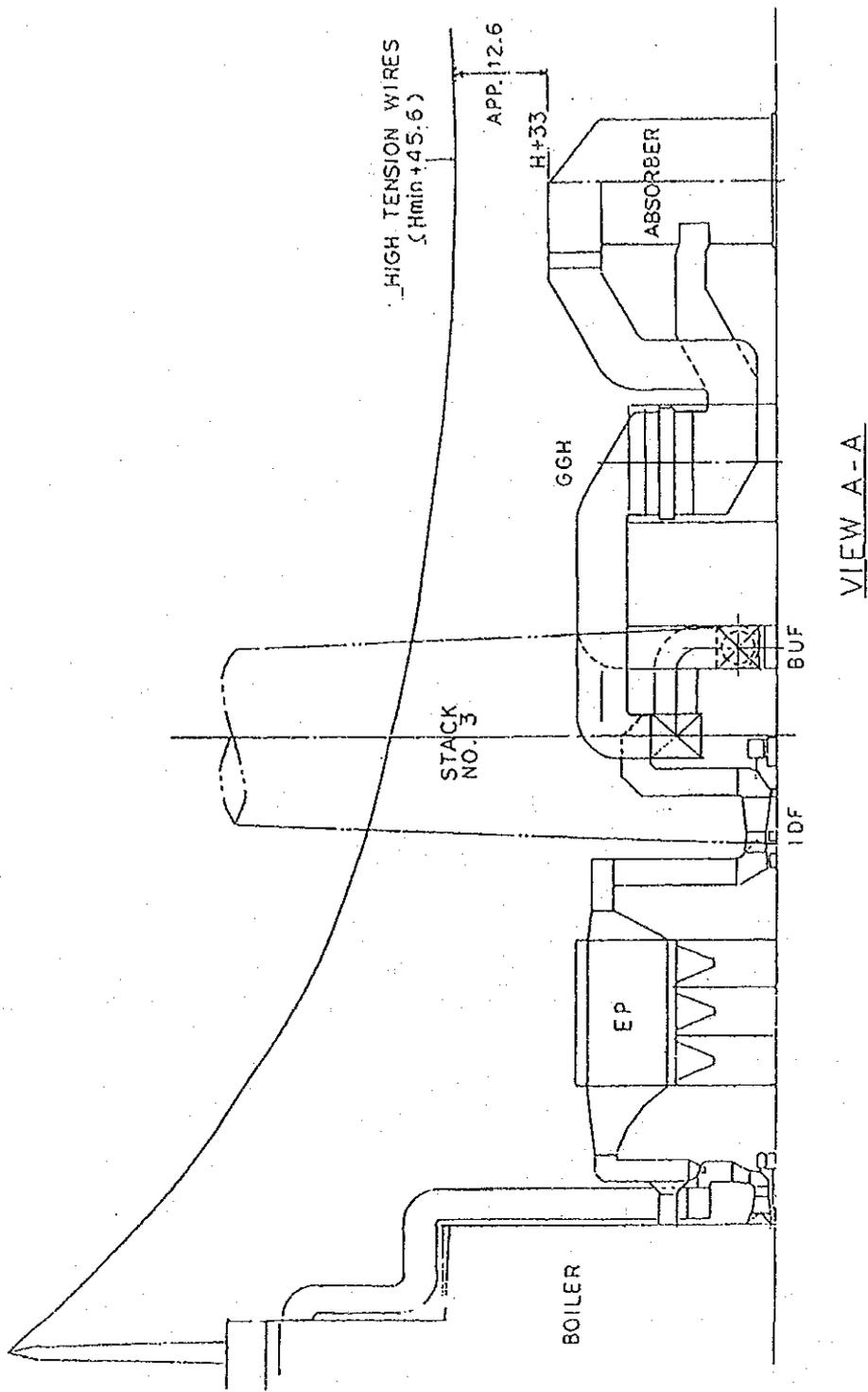


Fig. 4.5-2 SIDE VIEW (SPRAY TOWER)



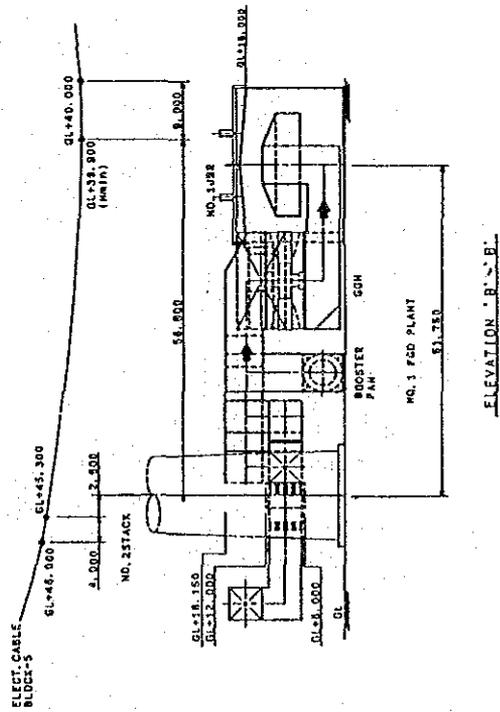
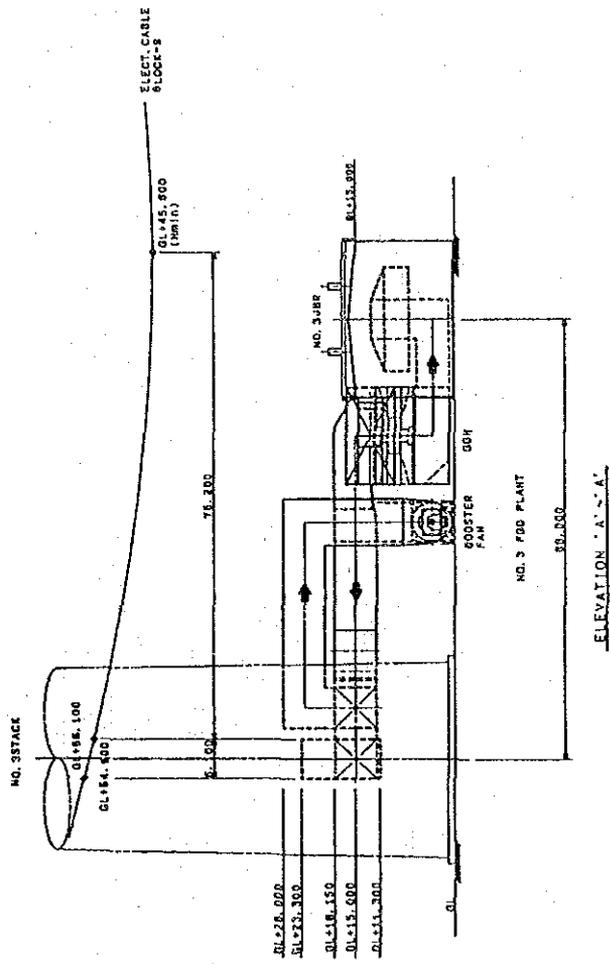


Fig. 4.5-4 SIDE VIEW (JET-BUBBLING REACTOR)

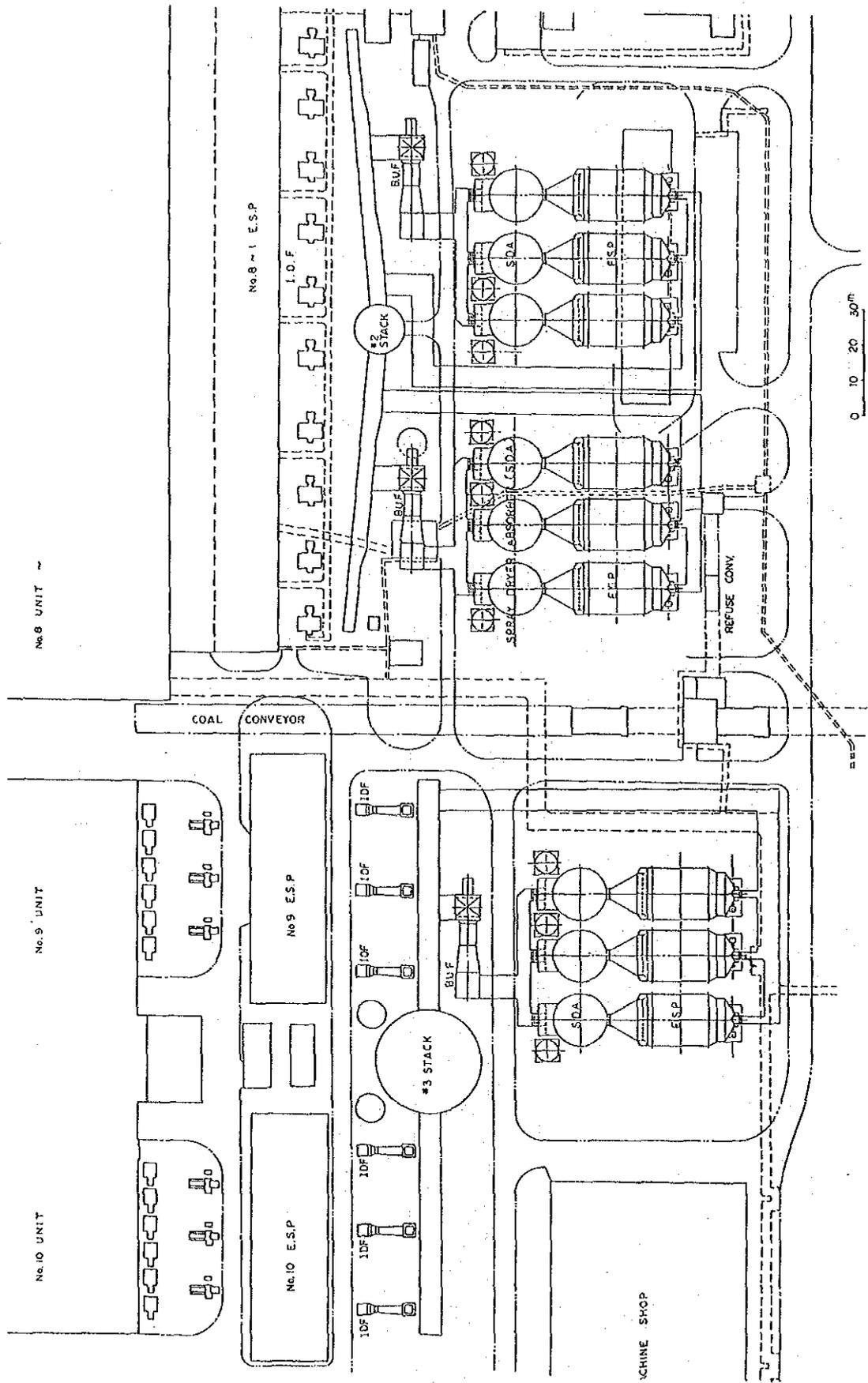


Fig. 4.5-5 500 MW THREE (3) FGD GENERAL LAYOUT  
 SPRAY DRYER METHOD

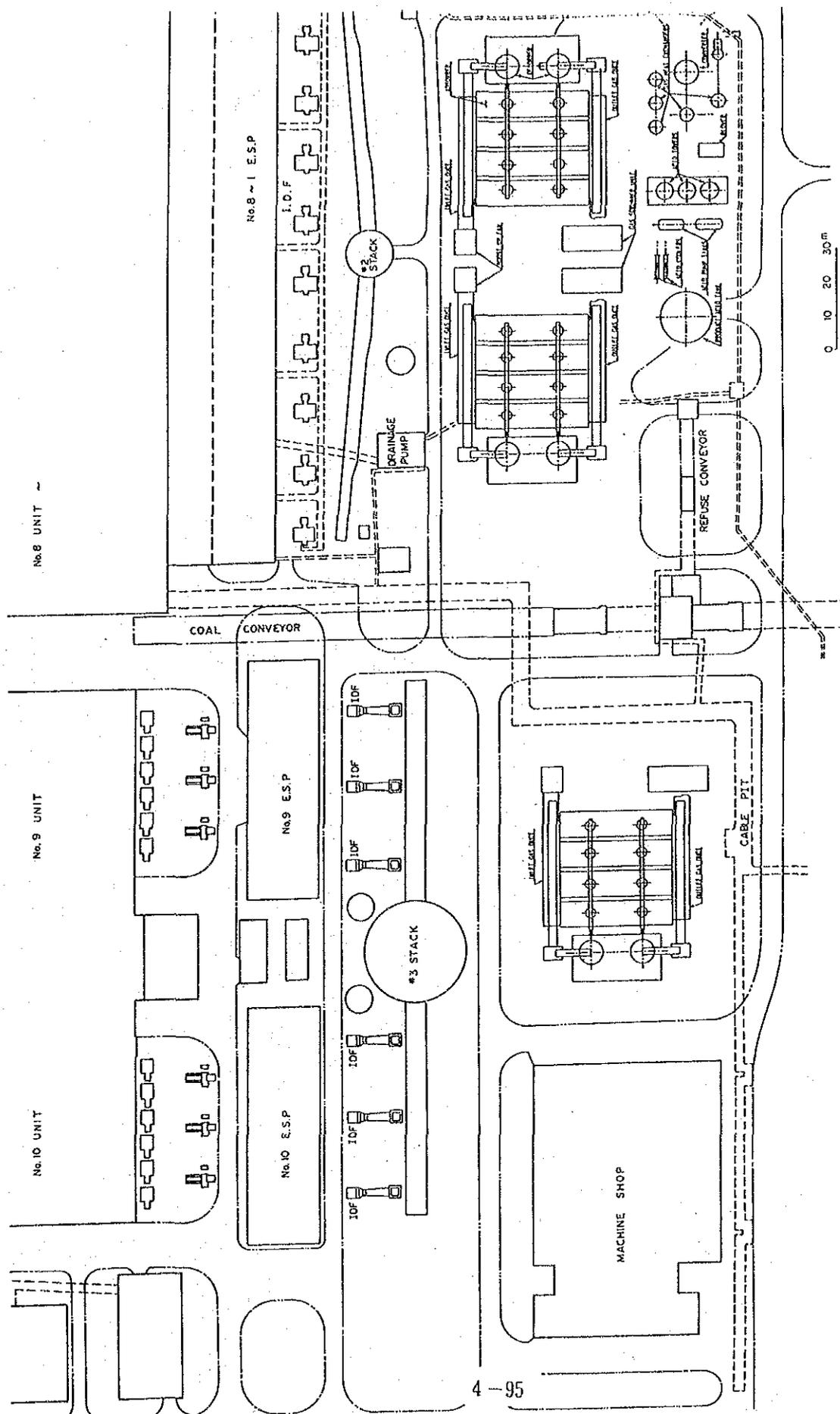


Fig. 4.5-6 500 MW THREE (3) FGD GENERAL LAYOUT ACTIVATED CARBON METHOD

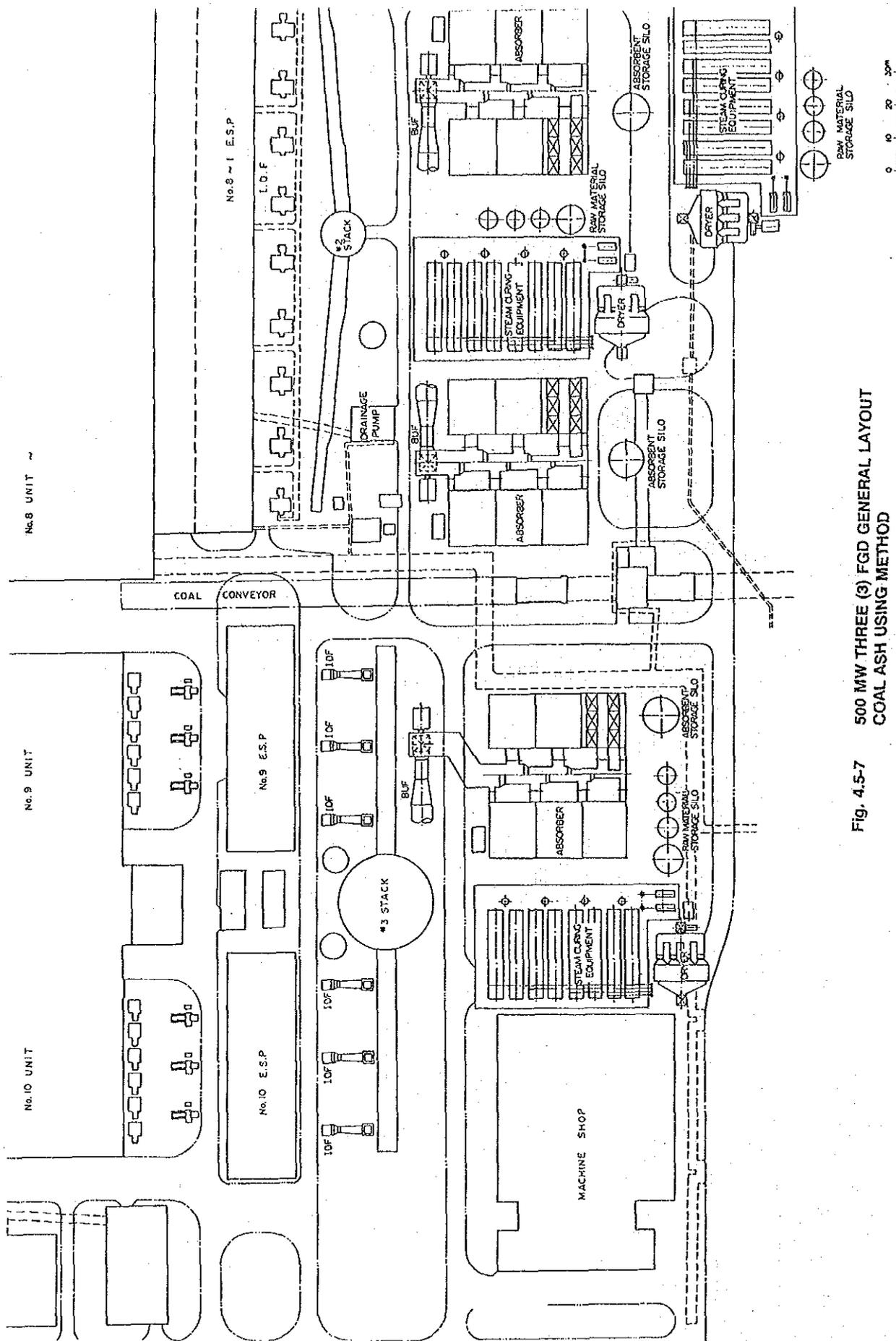


Fig. 4.5-7 500 MW THREE (3) FGD GENERAL LAYOUT  
COAL ASH USING METHOD

## 4.6 最適排煙脱硫装置の選定結果

### 4.6.1 排煙脱硫方式と設置基数

#### (1) 最適排煙脱硫方式

これまでの検討結果からコジェニッツェ発電所に最適な排煙脱硫方式は湿式石灰石石膏法である。

湿式石灰石石膏法には、スプレー塔方式とジェットバブリング方式があり、これまでの技術比較と経済比較に於いてはほとんど差がないので両方式ともコジェニッツェ発電所に適用可能と考える。

この2つの方式の違いはSO<sub>2</sub>を吸収させるための吸収液と排ガスの接触をスラリー循環ポンプでスプレーにより行う方式と脱硫ファンにより排ガスを吸収塔中の吸収液に吹き込んで行う方式の違いである。

Fig. 4.6-1とFig. 4.6-2にスプレー塔方式とジェットバブリング方式のプロセスフローを示す。

#### (2) 最適な組合せ

発電プラントとの組合せは、発電出力200MWの4号機から8号機の合計1,000MWの発電プラントに500MW相当で89%脱硫効率の排煙脱硫装置2基の設置及び発電出力500MWの9号機に同じく500MW相当で89%脱硫効率の排煙脱硫装置1基を設置すること、すなわち同容量、同型の排煙脱硫装置3基の設置が最適であるとの結論に達した。

### 4.6.2 概念設計仕様

コジェニッツェ発電所最適排煙脱硫装置の選定結果は、スプレー塔方式、ジェットバブリング方式共にコジェニッツェ発電所に適用可能との結論に達したが、後段で行う概念設計では500MWクラスの排煙脱硫装置の採用実績と運転経験が多いスプレー塔方式を選定し、スタディを進める。

最適排煙脱硫装置の概念設計のための仕様は下記の通りとする。

- |               |                            |
|---------------|----------------------------|
| (1) 排煙脱硫方式    | 湿式石灰石石膏法—スプレー塔方式           |
| (2) 処理容量と設置基数 | 500MW相当排煙脱硫装置 3基           |
| (3) 組合せ       | 4～8号機の1,000MW相当に2基及び9号機に1基 |
| (4) 脱硫効率      | 89%                        |
| (5) 副産品処理     | 灰捨場へフライアッシュと混合投棄           |
| (6) 排ガス再加熱    | 有                          |
| (7) 平面配置      | Fig. 4.5-1 による。            |

#### 4.6.3 副産品及び排水処理方法

コジェニッツェ発電所で使用している石炭は塩素濃度が高く、最大で0.46%（無水）、使用石炭の加重平均では0.26%（無水）となっている。この値から排ガス中の塩化水素（HCl）濃度を推定すると、最大で579mg/m<sup>3</sup>N(Dry)となり、腐蝕防止のため排煙脱硫装置系内塩素濃度を40,000mg/ℓに維持するには約26t/hの排水（石膏付着水を含む）を行う必要がある。

この高塩素濃度の排水を商業ベースで処理できる排水処理技術は現在まだ確立されていない。したがって、湿式石灰石石膏法を採用した場合の副産品及び排水処理方法は、石膏スラリーを集塵器で捕集されたフライアッシュと混合して灰捨場に捨てる方法とする。この方法により塩素はフライアッシュと石膏との反応で生成する鉱物質中に固定される。

この時の混合割合は500MW容量1基で概略下記の通りとなる。

- |             |         |                       |
|-------------|---------|-----------------------|
| (1) フライアッシュ | 約63 t/h |                       |
| (2) 石膏      | 約14 t/h | } (石膏スラリーとして系内より抜き出す) |
| (3) 水       | 約26 t/h |                       |

混合割合等は概略であり、詳細なスタディは実際の灰を使用したサンプルテスト等により行う必要がある。

#### 4.6.4 灰捨場

1998年からの硫黄酸化物排出量削減対策に合わせて排煙脱硫装置を設置すると、副生品投棄場も1998年から必要となる。

また塩素がフライアッシュと石膏との反応で生成する鉍物質中に固定されるまでの時間は、石膏及びフライアッシュの性状により異なるので、灰捨場は遮水構造とする必要がある。

灰捨場は遮水シートを使用して遮水構造とするが、副生物が安定する期間に必要な最小限の灰捨場のみに遮水シートを施工する計画とする。

その後の灰捨場の遮水は、安定した副生物が良好な遮水性を示すとの報告があるので、テストを実施し、コジェニツツェ発電所からの副生物が良好な遮水性を示せばそれを使用して灰捨場の遮水工事を行うことを考える。

現在使用している灰捨場は1999年には灰捨が完了する計画となっており、その後は新たな灰捨場が必要となると思われるので、これらと協調をとった計画とする必要がある。

Fig. 4.6-3 に遮水シートを使用して遮水構造とした灰捨場の案を示す。

SO<sub>2</sub> REMOVAL SECTION

GYPSUM DEWATERING SECTION

LIMESTONE FEED SECTION

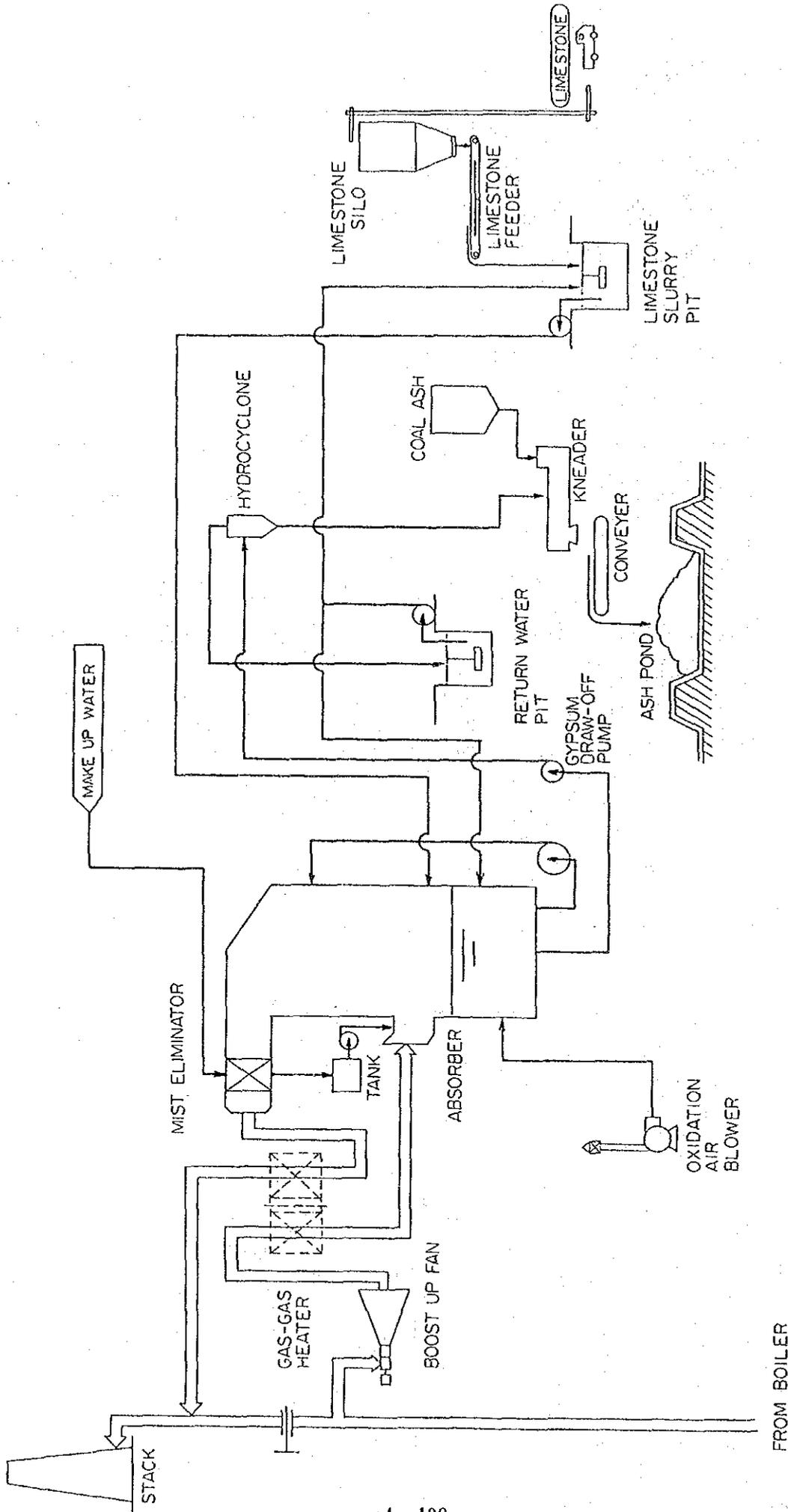


Fig. 4.6-1 WET LIMESTONE/GYPSUM METHOD PROCESS FLOW SHEET (SPRAY TOWER REACTOR)

SO<sub>2</sub> REMOVAL SECTION

LIMESTONE FEED SECTION

GYPSUM DEWATERING SECTION

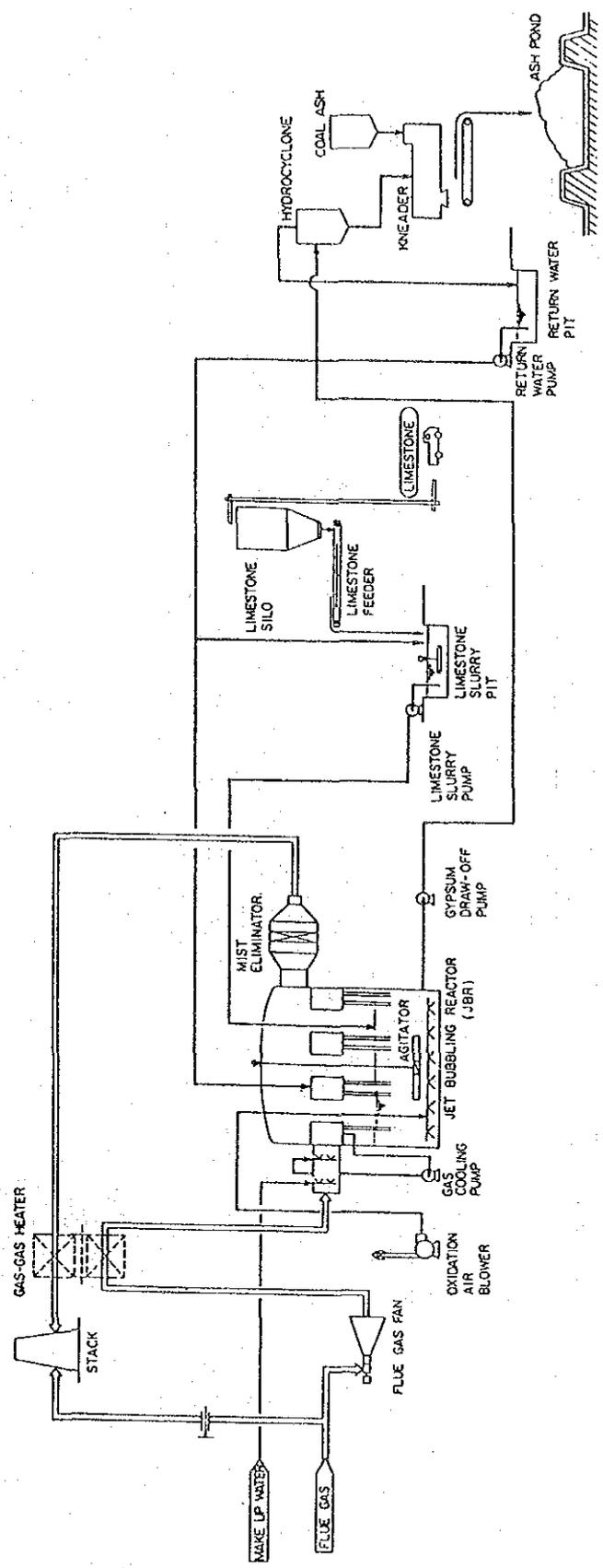


Fig. 4.6-2 WET LIMESTONE / GYPSUM METHOD PROCESS FLOW SHEET ( JET BUBBLING REACTOR )

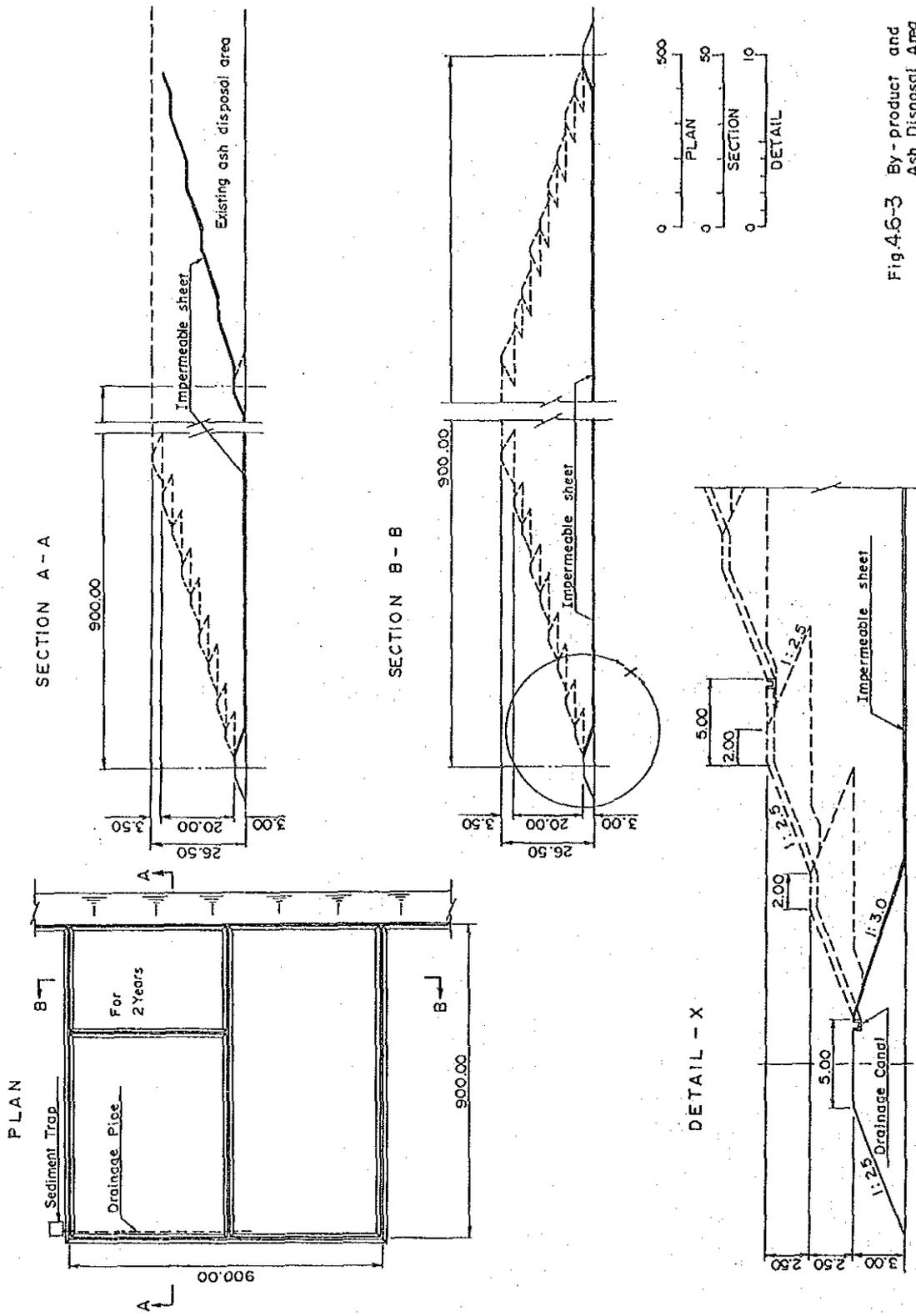


Fig. 4.6-3 By-product and Ash Disposal Area



## 第 5 章 環 境 影 響 評 估



## 第5章 環境影響評価

	頁
5.1 環境影響評価手法 .....	5-1
5.2 基礎データ .....	5-3
5.3 環境影響予測手法と予測モデルの選定 .....	5-7
5.4 環境への予測と評価 .....	5-17

## List of Figures

- Fig. 5.1-1 Methodology for Environmental Impact Assessment
- Fig. 5.3-1 Environmental Assessment Method
- Fig. 5.4-1 Result of Calculation  
(Short-term prediction of diffusion : Case I :wind Velocity 4.0m/s)
- Fig. 5.4-2 Result of Calculation  
(Short-term prediction of diffusion : Case II :Wind Velocity 4.0m/s)
- Fig. 5.4-3 Result of Calculation  
(Short-term prediction of diffusion : Case III :Wind Velocity 4.0m/s)
- Fig. 5.4-4 Result of Calculation  
(Short-term prediction of diffusion : Case I :Wind Velocity 6.0m/s)
- Fig. 5.4-5 Result of Calculation  
(Short-term prediction of diffusion : Case II :Wind Velocity 6.0m/s)
- Fig. 5.4-6 Result of Calculation  
(Short-term prediction of diffusion : Case III :Wind Velocity 6.0m/s)
- Fig. 5.4-7 Result of Calculation  
(Short-term prediction of diffusion : Case I :Wind Velocity 10.0m/s)
- Fig. 5.4-8 Result of Calculation  
(Short-term prediction of diffusion : Case II :Wind Velocity 10.0m/s)
- Fig. 5.4-9 Result of Calculation  
(Short-Term Prediction of Diffusion : Case III :Wind Velocity 10.0m/s)
- Fig. 5.4-10 Result of Calculation (16 Direction)  
(Long-Term Prediction of Diffusion : Case I)
- Fig. 5.4-11 Result of Calculation (16 Direction)  
(Long-Term Prediction of Diffusion : Case II)
- Fig. 5.4-12 Result of Calculation (16 Direction)  
(Long-Term Prediction of Diffusion : Case III)

## List of Table

- Table 5.2-1 Annual Average SO<sub>2</sub> Concentration Measured in the Observatory Stations around the Kozienice P.P
- Table 5.2-2 Maximal 30 Minutes SO<sub>2</sub> Concentration Measured in the Observatory Stations around the Kozienice P.P
- Table 5.2-3 Ambient Air Quality of Kozienice Power Plant - Hourly Average (August. 8-22, 1991)
- Table 5.3-1 Dispersion Parameters at Windy Situations (Pasquill- Gifford Coefficients)
- Table 5.3-2 Dispersion Parameters at Windy Situations (Pasquill - Gifforel Coefficients)
- Table 5.3-3 Dispersion Parameters at Calm Wind
- Table 5.3-4 Relation between Air Stability on the Ground at Higher Layer.
- Table 5.4-1 (1/2) Weather Data  
(2/2) Weather Data
- Table 5.4-2 Data of Emission Sources
- Table 5.4-3 Result of Calculation
- Table 5.4-4 Measurement of Emission (Kozienice Power Plant)

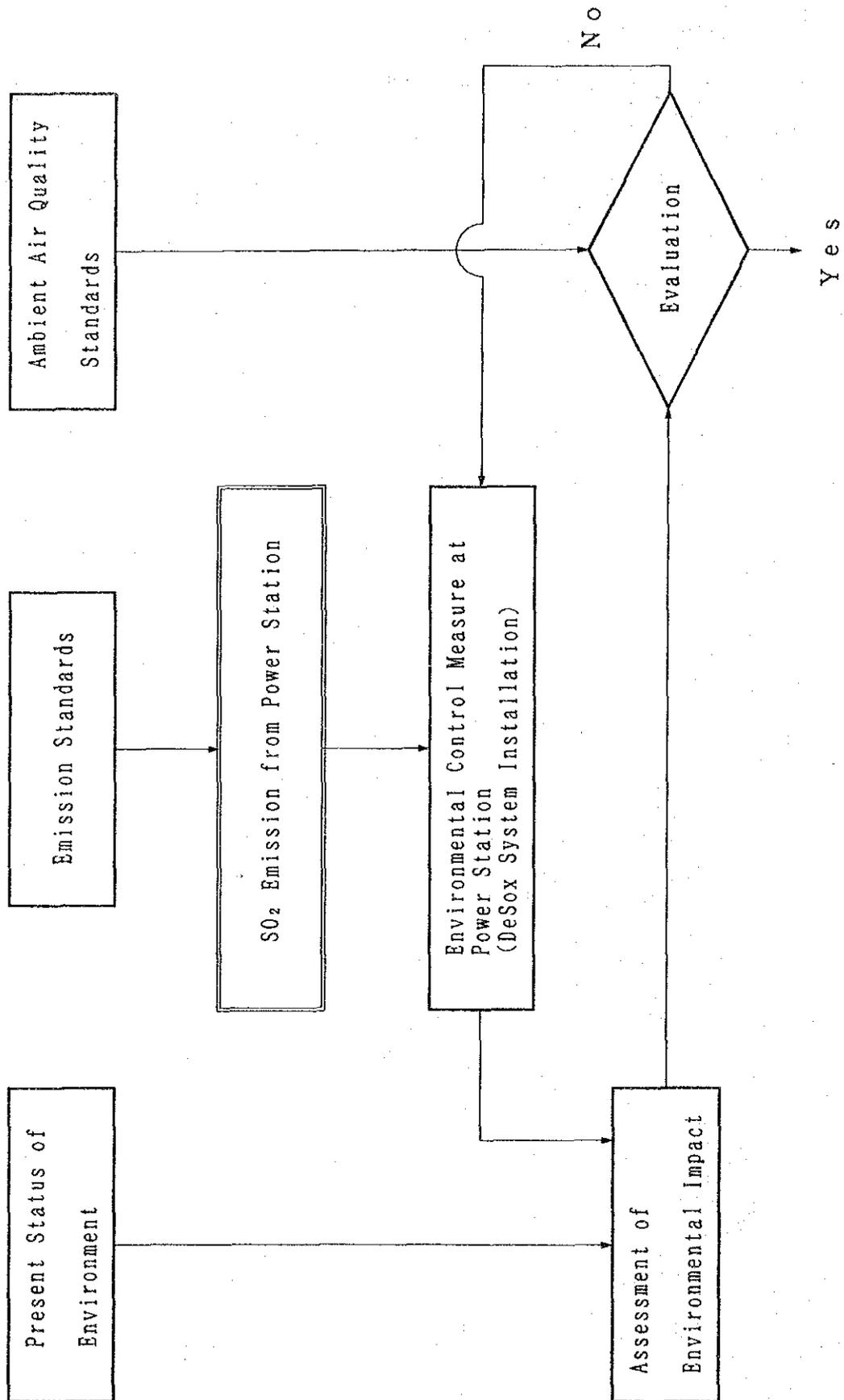
## 第5章 環境影響評価

### 5.1 環境影響評価手法

コジェニッツェ発電所の硫黄酸化物排出量低減対策としての“最適排煙脱硫装置の選定”を基に、環境影響予測手法を用いて予測計算を行う。また、排煙脱硫装置設置前の環境値と環境基準及び設置後の環境予測値との比較解析を行い、自然環境、生活環境への影響について評価する。

環境影響評価手法を、Fig. 5.1-1に示す。

Fig. 5.1-1 Methodology for Environmental Impact Assessment



## 5.2 基礎データ

発生源から大気中に排出される汚染物質は、気象状況、周辺の地形条件などに従う拡散現象により混合、希釈、及び移流が起こり地表に到達する。したがって、大気汚染を予測、評価するためには以下に示す基礎データの収集を行い解析することが必要であり、必要な基礎データは現地調査において収集した。

### (1) 発生源に関するデータ

- ① 発生源の位置
- ② 汚染物質の種類と量
- ③ 排出条件（煙突の高さ及び内径、排ガス温度、排出速度）

### (2) 気象に関するデータ

- ① 風向・風速
- ② 気温の鉛直分布

大気汚染の拡散予測を行うに当り、重要な要因である気象に関するデータについては特に詳細なデータを集めることが必要であるが、コジェニツツェ発電所周辺の気象データはラドム県及びコジェニツツェの南東に位置するアレキサンドロフカの観測所のものが得られた。また、上層気象データが得られなかったため地上気象データから推定し、予測計算データとする。

Fig. 3.3-1 及び Table 3.3-1 に気温データ、Table 3.3-2 及び Fig. 3.3-2 に降水データ、Fig. 3.3-3 及び Table 3.3-3 に風向・風速データを示す。

### (3) 発電所周辺の大気汚染現況

コジェニツツェ発電所周辺10km圏における1988年迄の大気観測データを Table 5.2-1, 2 に示す。1991年8月の現地調査において移動測定車で周辺20km圏内の主要地点で測定（SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>x</sub>, 風向、風速）を実施したデータを Table 5.2-3 に示しこのデータを発電所周辺環境のバックグラウンドとする。

Table 5.2-1 Annual Average SO<sub>2</sub> Concentration Measured in the  
Observatory Stations around the Koźienice P.P.

(µg/m<sup>3</sup>)

Observatory Station	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	Average from 82 to 88
Podzamcze (P)	65	64	48	60	60	52	48	57
Kobylnica (K)	67	67	58	57	55	52	45	57
Chinów (Ch)	57	58	65	55	56	47	46	55
Ryczywół (R)	62	61	57	61	53	53	53	57
Augustów (A)	-	-	-	-	-	-	49	49

Table 5.2-2 Maximal 30 Minutes SO<sub>2</sub> Concentration Measured in the  
Observatory Stations around the Kozielnice P.P

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Podzamcze	440	500	570	540	570	520	440
Kobylnica	420	440	540	480	600	540	440
Chinów	400	400	540	600	540	500	480
Ryczywół	420	520	480	540	600	520	580
Augustów	-	-	-	-	-	-	500

(µg/m<sup>3</sup>)

Table 5.2-3 Ambient Air Quality of Kozienice Power Plant  
- Hourly Average - (August.8-22.1991)

Measuring Point (From P/S Km)	Date (Aug.)	WD	WS	SO <sub>2</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
		--	m/s	ppb	ppb	ppb	ppb
Power Station	16 to 19	SW	1.1	<1	3	4	7
Chinow (S/4km)	8 to 9	WSW	1.7	5	4	9	13
Aleksandrowka (SE/13km)	9 to 12	WSW	3.2	4	2	4	6
Magnuszew (N/12km)	20 to 21	W	2.2	<1	1	4	6
Warka (NW/20km)	19 to 20	WSW	3.2	<1	<1	3	3
Augustow (S/17km)	14 to 16	WSW	0.1	2	2	5	7
Podzamcze (E/9km)	12 to 13	WNW	0.5	1	<1	2	2

### 5.3 環境影響予測手法と予測モデルの選定

風洞実験は時間と費用が多くかかることと、コジェツツェ発電所周辺は平坦であり排煙の拡散が地形による影響をほとんど受けることが無いと想定されるため、今回の拡散予測は数値的手法である拡散計算により行うこととする。

予測モデルの選定に当っては、対象地域の気象、現況の汚染状況及び煙源条件等から最も適当な手法を選定することが必要である。

ポーランド共和国においては、ワルシャワ工科大学でパスキルの拡散パラメータを基にした拡散計算式をモデル化し計算している。本レポートでは、Fig.5.3-1 に示す手順で種々データをモデル化し、風速条件に応じた拡散計算式を用いて短期予測（排出量1時間値を基に計算される地上濃度）と長期予測（風向・風速など気象条件及び排出量1時間値の年間平均値を基に計算される地上平均濃度）を行い評価する。

(1) 短期拡散予測については“ボサンケ・サットン式”により計算する。

① ボサンケ I 式による有効煙突高さの計算式

$$H_e = H_o + \alpha (H_m + H_t)$$

$$H_m = \frac{4.77}{1 + 0.43 \cdot \frac{U}{V}} \cdot \frac{\sqrt{Q \cdot V}}{U}$$

$$H_t = 6.37 g \cdot \frac{Q (T - T_i)}{U^3 \cdot T_i} \left( \log_e J^2 + \frac{2}{J} - 2 \right)$$

$$J = \frac{U^2}{\sqrt{Q \cdot V}} \left( 0.43 \sqrt{\frac{T_i}{g \cdot G}} - 0.28 \cdot \frac{V}{g} \cdot \frac{T_i}{T - T_i} \right) + 1$$

- |                          |                                          |
|--------------------------|------------------------------------------|
| $H_e$ : 有効煙突高さ (m)       | $Q$ : 排出ガス量 ( $m^3/s$ , $15^\circ C$ 換算) |
| $H_o$ : 煙突の実高さ (m)       | $T_i$ : 排出ガス密度が大気密度に等しくなる温度 (K)          |
| $H_m$ : モーメントによる上昇高さ (m) | $T$ : 排出ガス温度 (K)                         |
| $H_t$ : 浮力による上昇高さ (m)    | $G$ : 温位勾配 ( $^\circ C/m$ )              |
| $\alpha$ : 煤煙上昇係数        | $g$ : 重力の加速度 ( $=9.8m/s^2$ )             |
| $U$ : 風速 (m/s)           | $V$ : 排出ガス速度 (m/s)                       |

② サットンの拡散計算式

$$C(X) = \frac{2q \cdot \eta}{\pi \cdot C_y \cdot C_z \cdot U \cdot X^{2-n}} \cdot \exp\left(-\frac{1}{X^{2-n}} \cdot \frac{He^2}{C_z^2}\right)$$

$$C_{max} = 0.234 \cdot \frac{C_z}{C_y} \cdot \frac{q}{U \cdot He^2} \cdot \eta \cdot 10^6$$

$$X_{max} = \left(\frac{He}{C_z}\right)^{\frac{2}{2-n}}$$

$C(X)$  : 風下軸上距離 $X$ の地点における地上濃度 (mg/m<sup>3</sup>)

$X$  : 風向に沿った風下距離 (m)

$C_{max}$  : 最大着地濃度 (mg/m<sup>3</sup>)

$X_{max}$  : 最大着地濃度地点までの距離 (m)

$q$  : 汚染物質の排出量 (kg/s, 15°C換算)

$C_y$  : 水平方向の拡散パラメータ

$C_z$  : 鉛直方向の拡散パラメータ

$U$  : 風速 (m/s)

$n$  : 大気の乱れ係数

$He$  : 有効煙突高さ (m)

$\eta$  : 時間修正係数

(2) 長期拡散予測については、有風時に“プリュームモデル”無風時に“パフモデル”を用い双方を組合せて予測することが一般的である。有効煙突高さの計算式としてモーゼス・カーソン式（有風時）及びブリックス式（無風時）で計算を行う。拡散パラメータの推定には“パスキル・ギフォード”について計算を行うこととする。

① 気象データのモデル化

高煙突から排出される排ガスについて、高層風条件を用いて拡散計算を行わなくてはならない。しかし気象データは地上風データしか得られていないので、5.1で得られた基礎データの気象に関するデータを基に高層風の風速を以下の式を用い推定する。

$$U = U_s \cdot \left( \frac{Z}{Z_s} \right)^P$$

U = 高度 Z (m) における推定風速 (m/s)

U<sub>s</sub> = 高度 Z<sub>s</sub> (m) で測定された風速 (m/s)

P = 地表面の粗度変数

安定度	A	B	C	D	E	F
P	0.10	0.15	0.20	0.25	0.25	0.30

② 有効煙突高さの計算式

a) モーゼス・カーソン式 (Moses & Carson.) [有風時]

$$H_e = H_o + \Delta H$$

$$\Delta H = (C_1 \cdot V \cdot D + C_2 \cdot Q_H^{1/2}) / U$$

b) ブリッグス式 (Briggs) [無風時]

$$H_e = H_o + \Delta H$$

$$\Delta H = 1.4 \cdot Q_H^{1/4} \cdot (d\theta/dz)^{-3/8}$$

H<sub>e</sub> = 有効煙突高さ (m)

H<sub>o</sub> = 煙突の実高さ (m)

ΔH = 排煙の上昇高さ (m)

V = 排出ガス速度 (m/s)

C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub> = 大気安定度係数

dθ/dz	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	大気安定度
< 0 (不安定)	3.47	0.33	B, C
= 0 (中立)	0.35	0.17	C-D, D
> 0 (安定)	-1.04	0.145	E, F

$d\theta/dz$  = 大気温度勾配

(実測値が無い場合、平均的溫度勾配として $0.0033^\circ\text{C}/\text{m}$ )

$Q_H$  = 排出熱量 (cal/sec)

$$= P \cdot Q \cdot C_p \cdot (T - T_i)$$

$P$  =  $0^\circ\text{C}$ における排出ガス密度 ( $=1.293 \cdot 10^3 \text{g}/\text{m}^3$ )

$Q$  = 排出ガス量 ( $\text{m}^3\text{N}/\text{sec}$   $15^\circ\text{C}$ 換算)

$C_p$  = 容圧比熱 ( $=0.24 \text{cal}/\text{kg}$ )

$T_i$  = 排気ガス温度が大気密度に等しくなる温度 (K)

$T$  = 排気ガス温度 (K)

### ③ プリュームモデル

拡散現象を煙流(プルーム)で表現し、有風時(0.5m/s以上)の長期平均濃度の推定予測に適しているが、風系の変化、地形及び建築物による風の乱れに対応し難い。この場合、煙源の大きさや立地条件を考慮し、「点煙源」と「面煙源」に区別した計算式が用いられ、コジェニツツェ発電所の場合は点煙源に対する式により計算を行う。

一般に風向、風速は、1時間毎の最後の10分間の平均として記録されており、特に風向は16方位に分類し測定されている。しかしながら風向が同一方向に向いていることはほとんどないため、少しでも風向変動を考慮したい場合は1風向が $22.5^\circ$  ( $360^\circ/16$ )の拡がりを持っていると考え、その風向内で風下距離が等しい地点の濃度は一様として簡略式が用いられる。

$$C(x) = \frac{2Q}{\sqrt{2\pi} \cdot \frac{\pi}{8} \cdot X \cdot \sigma_z \cdot U} \cdot \exp\left(-\frac{1}{2} \cdot \frac{He^2}{\sigma_z^2}\right) \cdot 10^6$$

$C(x)$  = 点(x)における着地濃度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

$X$  = 風向に沿った風下距離 (m)

$U$  = 風速 (m/s)

$Q$  = 汚染物質の排出量 (kg/s)

$He$  = 有効煙突高さ (m)

$\sigma_z$  = Z軸方向の濃度の標準偏差 (m)

#### ④ パフ・モデル

拡散現象を煙塊（パフ）で表現し、無風時（0.4m/s以下）の場合に用いられ、煙源から連続して排出される煙を短い時間に区切り、一つ一つの煙塊として取扱いそのパフの拡がりを時間積分し、ある時間幅における着地濃度を求めるものである。本計算式においても煙路を点煙源として見なして、簡易式にて計算を行う。

$$C(R) = \frac{2Q}{(2\pi)^{1.5} \cdot \alpha^2 \cdot \gamma} \cdot \frac{1}{\left(\frac{R^2}{\alpha^2} + \frac{He^2}{\gamma^2}\right)} \cdot 10^6$$

$C(R)$  = 煙源から  $R$  (m) の地点における着地濃度 (mg/m<sup>3</sup>)

$\alpha$  = 水平方向の拡散パラメータ (m/s)

$\gamma$  = 鉛直方向 " (m/s)

$He$  = 有効煙突高さ (m)

#### ⑤ 拡散パラメータの推定

プリュームモデル、パフモデルを用いて拡散計算を行う場合には、モデルに含まれる拡散パラメータを気象条件から推定しなければならない。拡散パラメータの推定法としてミードの安定度分類を用いた“パスキル・ギフォードの方法”による推定法を使用する。

パスキルはミードと共に日射量、雲量及び風速によって大気安定度を6つに区分し、それぞれに対応する風下側鉛直方向の拡散幅をパスキル・ギフォード線図として与えている。

有風時の拡散パラメータはTable 5.3-1, 2 に示すパスキル・ギフォード線図の近似関数を、無風時の拡散パラメータはTable 5.3-3に示すパスキル安定度を用いることとする。

上層の大気安定度は、Table 5.3-4に示す上層と地上の大気安定度の関係を用いて、地上気象観測結果より求めた地上の大気安定度から推定して使用する。

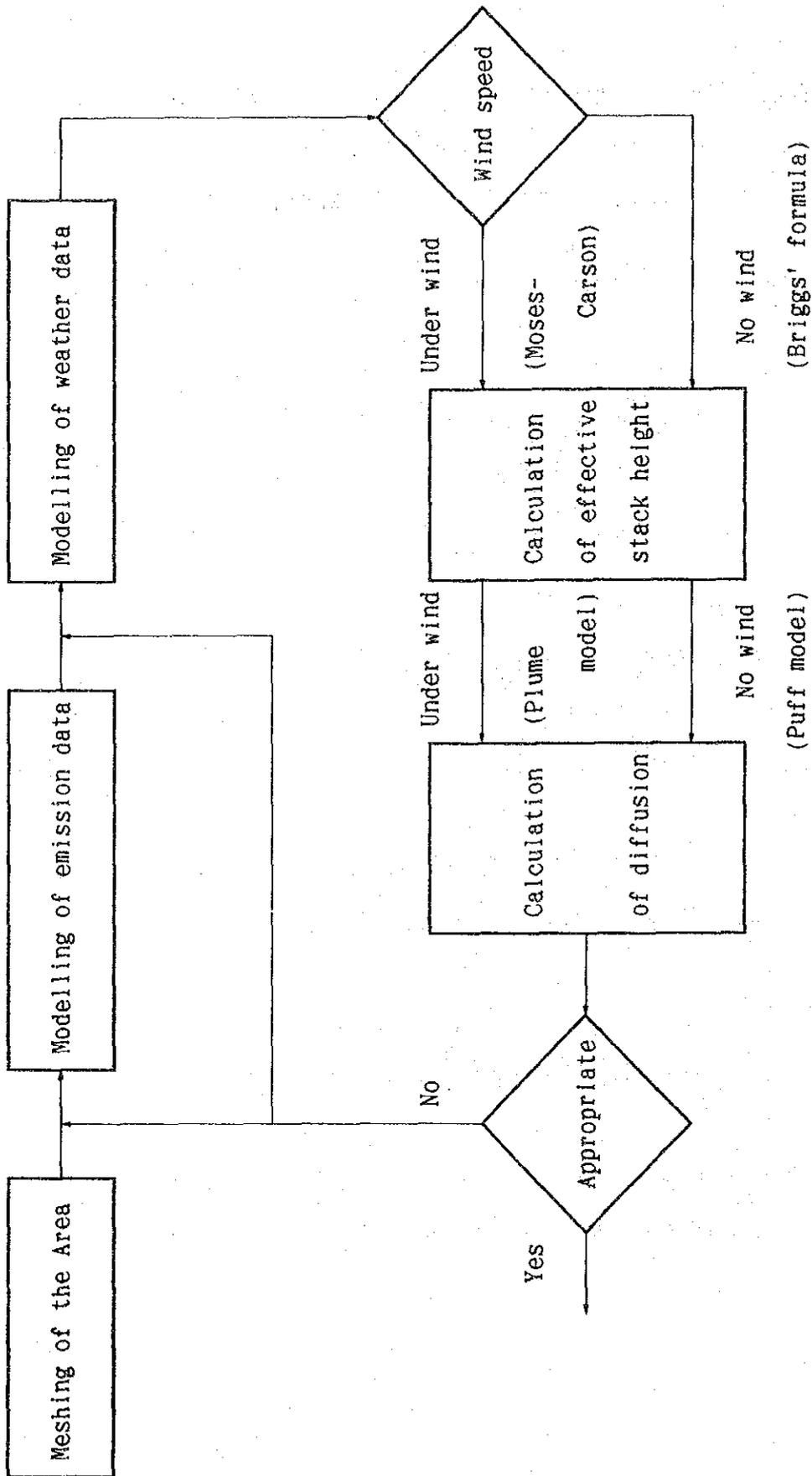


Fig. 5.3-1 Environmental Assessment Method

Table 5.3-1 Dispersion Parameters at Windy Situations  
(Pasquill-Gifford Coefficients)

$$\sigma_z(x) = \gamma \cdot X^e$$

$\sigma_z$  : Vertical Dispersion Parameters

Air Stability	$\alpha$	$\gamma$	Downwind Distance
B	0.964	0.1272	0 ~ 500
	1.094	0.0570	500 ~
C	0.918	0.1068	0 ~
	0.872	0.1057	0 ~ 1,000
C - D	0.775	0.2067	1,000 ~ 10,000
	0.737	0.2943	10,000 ~
D	0.826	0.1046	0 ~ 1,000
	0.632	0.400	1,000 ~ 10,000
	0.555	0.811	10,000 ~
E	0.788	0.0928	0 ~ 1,000
	0.565	0.433	1,000 ~ 10,000
	0.415	1.732	10,000 ~
F	0.784	0.0621	0 ~ 1,000
	0.526	0.370	1,000 ~ 10,000
	0.323	2.41	10,000 ~

Table 5.3-2 Dispersion Parameters at Windy Situations  
(Pasquill-Gifford Coefficients)

$$\sigma_y(x) = \gamma \cdot X^e$$

$\sigma_y$  : Y Axial Dispersion Parameters

Air Stability	$\alpha$	$\gamma$	Downwind Distance
B	0.9144	0.2818	0 ~ 1,000
	0.8650	0.3964	1,000 ~
C	0.9243	0.1772	0 ~ 1,000
	0.8852	0.2321	1,000 ~
C - D	0.9268	0.1401	0 ~ 1,000
	0.8869	0.1845	1,000 ~
D	0.9294	0.1107	0 ~ 1,000
	0.8887	0.1467	1,000 ~
E	0.9208	0.0864	0 ~ 1,000
	0.8969	0.1019	1,000 ~
F	0.9294	0.0554	0 ~ 1,000
	0.8887	0.0733	1,000 ~

Table 5.3-3 Dispersion Parameters at Calm Wind

Air Stability	$\alpha$	$\gamma$
B	0.781	0.474
C	0.635	0.208
C - D	0.542	0.153
D	0.470	0.113
E	0.439	0.067
F	0.439	0.048

Table 5.3-4 Relation between Air Stability on the Ground and at Higher Layer

Air Stability on the Ground	A	A - B	B	B - C	C	C - D	Dd	Dn	E	F	G
Air Stability at Higher Layer	B			C		C - D		D		E	F

Note: Dd shows D for day time and Dn shows D for night time.

## 5.4 環境への予測と評価

### (1) 予測計算に用いるデータ

#### ① 気象データ

ラドム県の年間気象データを基に長期の拡散予測を行うこととしていたが、1991年8月の現地調査において、コジェニツェの南東に位置するアレキサンドロフカの気象観測所のデータが得られた。この1990年7月より1991年6月までの気象データをラドム県の気象データと比較すると風向・風速分布が詳細なデータとなっており、その発生頻度に差が見られた。ばい煙の拡散予測を行う場合、コジェニツェ発電所に至近のデータを使用するのが好ましいことから拡散計算には、コジェニツェ（アレキサンドロフカ）の気象データを使用して計算を行う。

気象観測データから計算に用いる風向、風速及び拡散パラメータとしての大気安定度を Table 5.4-1 に示す。

#### ② 煙源データ

ラドム県との協議による排出基準を基に“最適排煙脱硫装置の選定”でスタディした各ユニットの排出量から求めた煙源データを使い拡散予測の計算を行う。

予測計算に用いる煙源データを Table 5.4-2 に示す。

### (2) 拡散予測の計算結果

短期拡散及び長期拡散の計算結果を Table 5.4-3及び Fig. 5.4-1～12に示す。

### (3) 評価

排煙脱硫装置設置前後におけるSO<sub>2</sub>最大着地濃度と地点の計算結果を Table 5.4-3に示す。現状と“最適排煙脱硫装置設置の選定”で得られたケースJとケースKの着地濃度を比較すると両ケースとも大幅な環境改善となり、ケースKの方がSO<sub>2</sub>削減の効果が大きい結果となった。

#### ① 排出量1時間値の地上濃度（短期予測）

a) 風速6 m/sで比較すると、最大着地濃度出現地点は排煙脱硫装置により煙突出口のガス温度が低下し、距離が若干小さくなる。

最大着地濃度は現状の0.092mg/m<sup>3</sup>・SO<sub>2</sub>が、ケースJの場合0.066mg/m<sup>3</sup>・SO<sub>2</sub>、ケースKの場合0.058mg/m<sup>3</sup>・SO<sub>2</sub>となり、1991年8月に現地測定した、

周辺の環境濃度 1～5 ppb(平均 4 ppb として $0.011\text{mg}/\text{m}^3 \cdot \text{SO}_2$ )をバックグラウンドとして加えても、1時間値の地上濃度は $0.069\text{mg}/\text{m}^3 \cdot \text{SO}_2$ (0.024ppm)となる。

この環境濃度は、諸外国の環境基準0.04～0.14ppm(1時間値の1日平均値)に比べ大幅な環境改善となる。

b) 湿式排煙脱硫装置は排ガス中のばい塵除去効果が大きく、拡散計算を $\text{SO}_2$ と同様に行った結果、現状で $0.042\text{mg}/\text{m}^3$ がケースKの場合、 $0.024\text{mg}/\text{m}^3$ に半減した。

② 1時間値の年間平均地上濃度(長期予測)

現状の $\text{SO}_2$ が $0.015\text{mg}/\text{m}^3$ に対しケースKの場合 $0.009\text{mg}/\text{m}^3$ となり、国の特別地域の環境基準である $0.011\text{mg}/\text{m}^3$ を十分満足する結果となった。また、ばい塵は現状が $0.007\text{mg}/\text{m}^3$ に対し $0.004\text{mg}/\text{m}^3$ となった。

③ 1991年8月の現地調査時に、コジェニッツェ発電所の各プラント煙道で測定した煤煙の状況を Table 5.4-4 に示す。

$\text{SO}_2$  及びばい塵については、ラドム県と合意した排出量の規制を満足する最適 $\text{SO}_2$  排煙脱硫装置を検討し、それによる環境影評価を行った。しかし $\text{NO}_x$ の排出濃度は、現在450～500ppm( $\text{O}_2=6\%$ )となっており、県と合意した排出量の規制を遵守出来ない状況となっているので、 $\text{NO}_x$ についての対策を早急に考慮する必要がある。

Table 5.4-1 (1/2) WEATHER DATA

Item	Unit	Short Term	Long Term
Atmospheric temperature	°C	15	15
Velocity of the wind	m/s	4, 6, 10	-
Temperature gradient	°C/m	0.0033	0.0033
Coefficient of the gas lifting	-	0.65	0.65

(1) Weather Data of Radom Prefecture

**Windy**

Velocity of the wind	Representative	Air stability	Frequency of appearance (%)							
			N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
0.1-2.0	1.0	CD	6.3	2.9	2.8	3.6	4.0	3.5	6.2	5.6
2.0-5.0	3.0	D	3.1	1.8	3.3	5.7	3.2	5.3	10.1	5.6
5.0	6.0	D	0.5	0.2	0.9	1.2	0.5	3.0	3.5	1.3

**Windless**

Air stability	Frequency of appearance
C	15.9

Table 5.4-1 (2/2) WEATHER DATA

(2) Kozienice; Aleksandrowka

**Windy**

Velocity of the wind	Representative	Air stability	Frequency of appearance (%)							
			N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
0.1-2.0	1.0	CD	1.5	1.0	1.1	1.4	0.9	0.8	2.6	1.3
2.0-5.0	3.0	D	0.9	1.1	2.1	1.3	2.0	2.4	2.6	1.4
5.0	6.0	D	0.1	0.3	0.1	0.3	1.0	1.8	2.1	0.2

Velocity of the wind	Representative	Air stability	Frequency of appearance (%)							
			S	SSH	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
0.1-2.0	1.0	CD	1.8	1.4	2.4	2.2	1.6	3.2	3.3	1.5
2.0-5.0	3.0	D	2.4	2.8	2.3	5.2	5.4	4.0	5.1	2.5
5.0	6.0	D	0.8	0.6	0.7	3.2	2.7	1.2	1.4	0.6

**Windless**

Air stability	Frequency of appearance
C	7.6

Note: Air stability is selected from B, C, CD, D, E, F

Table 5.4-2 DATA OF EMISSION SOURCES

		No. 1 Stack	No. 2 Stack	No. 3 Stack
Height of Chimney	m	200	200	300
Diameter of Chimney	m	6.7	7.9	9.3
Flue Gas Rate				
Wet	m <sup>3</sup> N/h	817,000 × 3	817,000 × 5	2,078,000 × 2
Dry	m <sup>3</sup> N/h	762,000 × 3	762,000 × 3	1,937,000 × 2
Case I				
Flue Gas Temp.	°C	114	114	130
SO <sub>2</sub> Rate	kg/h	3,357	5,595	5,702
Dust	kg/h	1,542	2,570	2,620
Case II				
Flue Gas Temp.	°C	114	102	90
SO <sub>2</sub> Rate	kg/h	3,357	3,663	830
Dust	kg/h	1,542	1,414	262
Case III				
Flue Gas Temp.	°C	114	80	110
SO <sub>2</sub> Rate	kg/h	3,357	1,120	3,422
Dust	kg/h	1,542	257	1,441

Note: Case I = Present (Before Dec. 31, 1997)  
Case II = Combination Case-J  
Case III = Combination Case-K

**Table 5.4-3 Result of Calculation**

(Short-Term: Hourly Average) Wind Velocity 6.0 m/s

Case	Item	Cmax (mg/m <sup>3</sup> )			Total	Xmax (km)			Total	He (m)		
		No. 1	No. 2	No. 3		No. 1	No. 2	No. 3		No. 1	No. 2	No. 3
Case I	SO <sub>2</sub>	0.034	0.040	0.024	0.092	19.8	24.2	32.5	25.0	403.0	479.0	620.7
	SPM	0.015	0.018	0.011	0.042							
Case II	SO <sub>2</sub>	0.034	0.029	0.005	0.066	19.8	22.8	27.5	21.5	403.0	455.9	536.0
	SPM	0.015	0.011	0.002	0.028							
Case III	SO <sub>2</sub>	0.034	0.011	0.017	0.058	19.8	20.4	30.0	22.9	403.0	412.3	579.0
	SPM	0.015	0.002	0.007	0.024							

(Long-Term: Annual Average)

Case	Item	Cmax (mg/m <sup>3</sup> )			Total	Xmax (km)			Total	Direction
		No. 1	No. 2	No. 3		No. 1	No. 2	No. 3		
Case I	SO <sub>2</sub>	0.004	0.006	0.005	0.015	-	-	-	-	(E)
	SPM	0.002	0.003	0.002	0.007					
Case II	SO <sub>2</sub>	0.004	0.004	0.001	0.010	-	-	-	-	(E)
	SPM	0.002	0.002	0.000	0.004					
Case III	SO <sub>2</sub>	0.004	0.001	0.003	0.009	-	-	-	-	(E)
	SPM	0.002	0.000	0.001	0.004					

Note: Case I = Present (Before Dec.31,1997), Case II = Combination Case-J, Case III = Combination Case-K

Fig. 5.4-1 RESULT OF CALCULATION  
 (Short-term prediction of diffusion:  
 Case I: Wind Velocity 4.0 m/s)

Item	Sign	Unit	No. 1	No. 2	No. 3	Total
Effective stack height	He	m	573.7	683.4	880.0	
Speed of discharged gas	V	m/s	27.4	32.8	25.1	
Maximum ground level concentration  (Cmax)	SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0249	0.0292	0.0179	0.0683
	NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0114	0.0134	0.0072	0.0304
	SPM	mg/m <sup>3</sup>	0.0114	0.0134	0.0082	0.0314
Distance of the Cmax point	Xmax	Km	29.7	36.3	48.4	37.4

Concentration Sectional Curve

	UNIT	NO.1	NO.2	NO.3	TOTAL
Cmax	mg/m <sup>3</sup>	0.024858	0.029201	0.017948	0.068289
Xmax	km	29.7	36.3	48.4	37.4

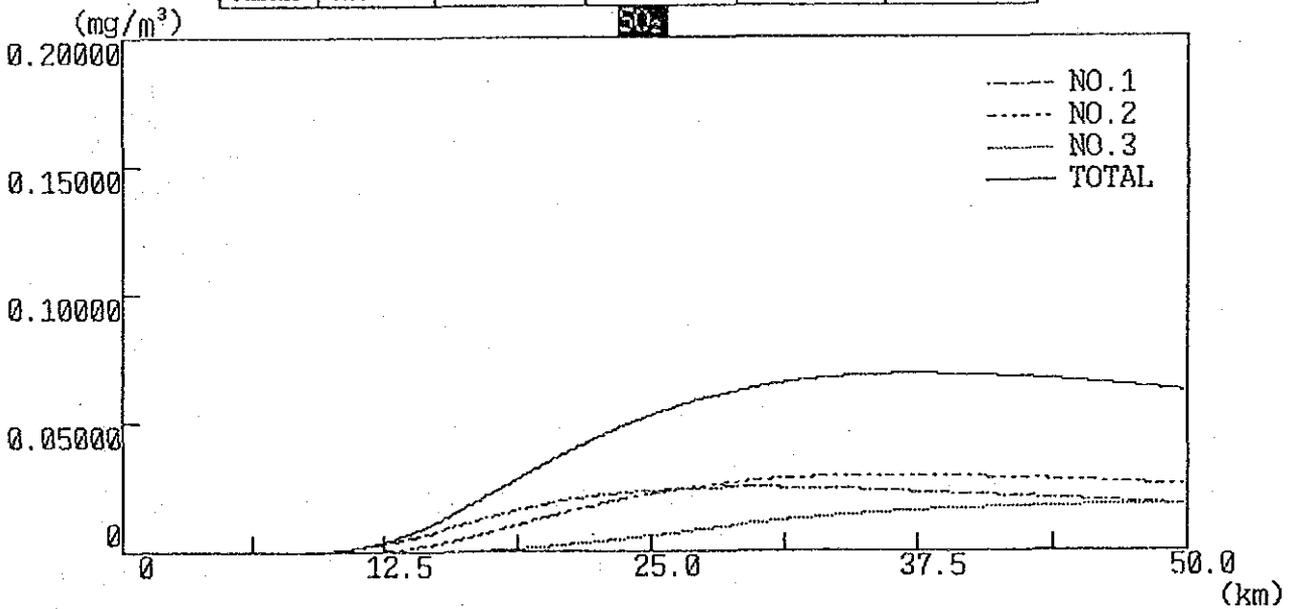


Fig. 5.4-2 RESULT OF CALCULATION  
 (Short-term prediction of diffusion:  
 Case II: Wind Velocity 4.0 m/s)

Item	Sign	Unit	No. 1	No. 2	No. 3	Total
Effective stack height	He	m	573.7	642.2	723.6	
Speed of discharged gas	V	m/s	27.4	31.8	22.6	
Maximum ground level concentration  (Cmax)	SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0249	0.0217	0.0039	0.0499
	NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0114	0.0151	0.0107	0.0367
	SPM	mg/m <sup>3</sup>	0.0114	0.0084	0.0012	0.0208
Distance of the Cmax point	Xmax	Km	29.7	33.8	38.7	31.9

Concentration Sectional Curve

	UNIT	NO.1	NO.2	NO.3	TOTAL
Cmax	mg/m <sup>3</sup>	0.024858	0.021652	0.003864	0.049884
Xmax	km	29.7	33.8	38.7	31.9

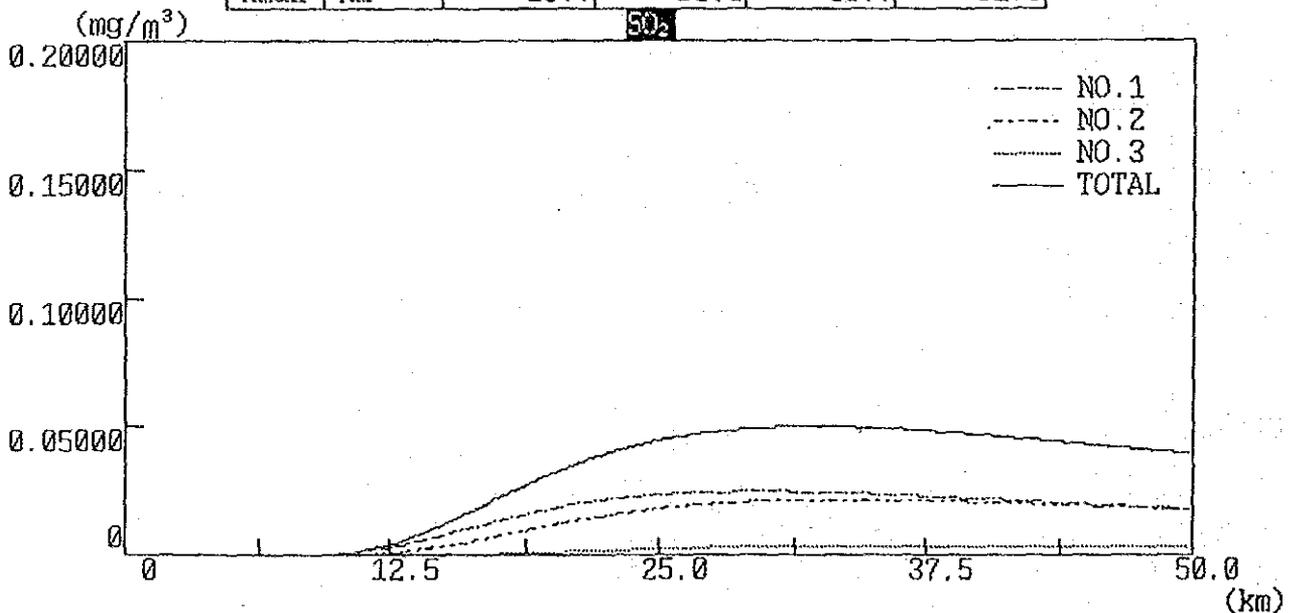


Fig. 5.4-3 RESULT OF CALCULATION  
 (Short-term prediction of diffusion:  
 Case III: Wind Velocity 4.0 m/s)

Item	Sign	Unit	No. 1	No. 2	No. 3	Total
Effective stack height	He	m	573.7	563.7	803.3	
Speed of discharged gas	V	m/s	27.4	29.9	23.8	
Maximum ground level concentration  (Cmax)	SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0249	0.0086	0.0129	0.0441
	NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0114	0.0196	0.0087	0.0380
	SPM	mg/m <sup>3</sup>	0.0114	0.0020	0.0054	0.0179
Distance of the Cmax point	Xmax	Km	29.7	29.1	43.6	33.9

Concentration Sectional Curve

	UNIT	NO.1	NO.2	NO.3	TOTAL
Cmax	mg/m <sup>3</sup>	0.024858	0.008591	0.012926	0.044142
Xmax	km	29.7	29.1	43.6	33.9

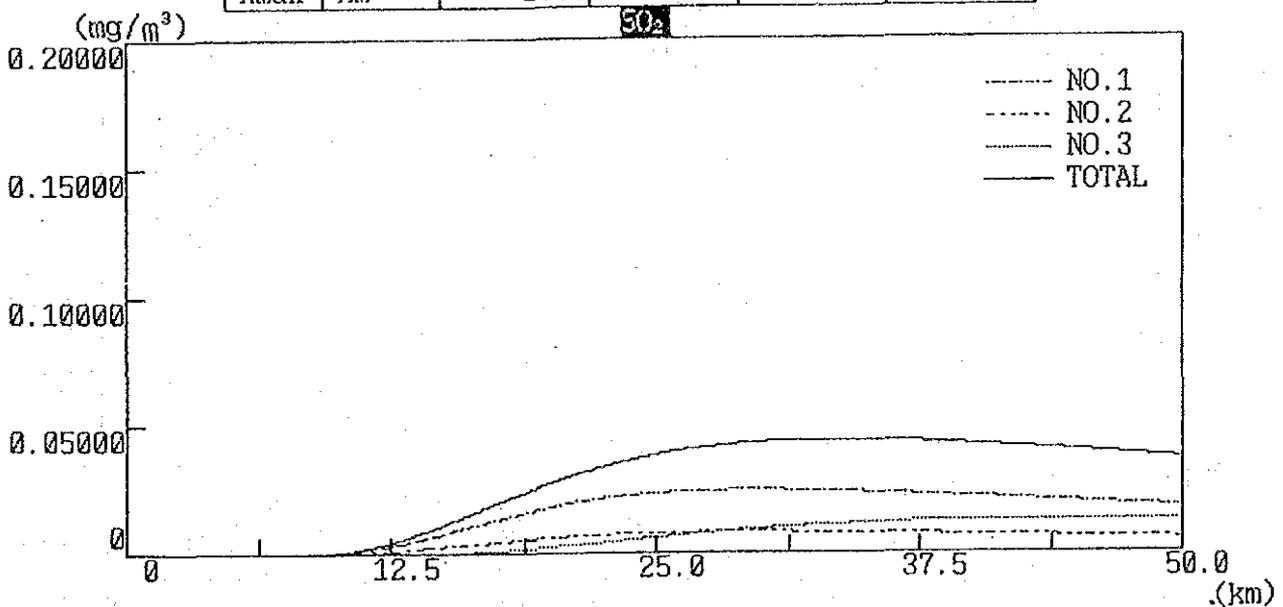


Fig. 5.4-4 RESULT OF CALCULATION  
 (Short-term prediction of diffusion:  
 Case I: Wind Velocity 6.0 m/s)

Item	Sign	Unit	No. 1	No. 2	No. 3	Total
Effective stack height	He	m	403.0	479.0	620.7	
Speed of discharged gas	V	m/s	27.4	32.8	25.1	
Maximum ground level concentration  (Cmax)	SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0336	0.0396	0.0240	0.0921
	NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0154	0.0181	0.0097	0.0410
	SPM	mg/m <sup>3</sup>	0.0154	0.0182	0.0111	0.0423
Distance of the Cmax point	Xmax	Km	19.8	24.2	32.5	25.0

Concentration Sectional Curve

	UNIT	NO.1	NO.2	NO.3	TOTAL
Cmax	mg/m <sup>3</sup>	0.033582	0.039620	0.024048	0.092138
Xmax	km	19.8	24.2	32.5	25.0

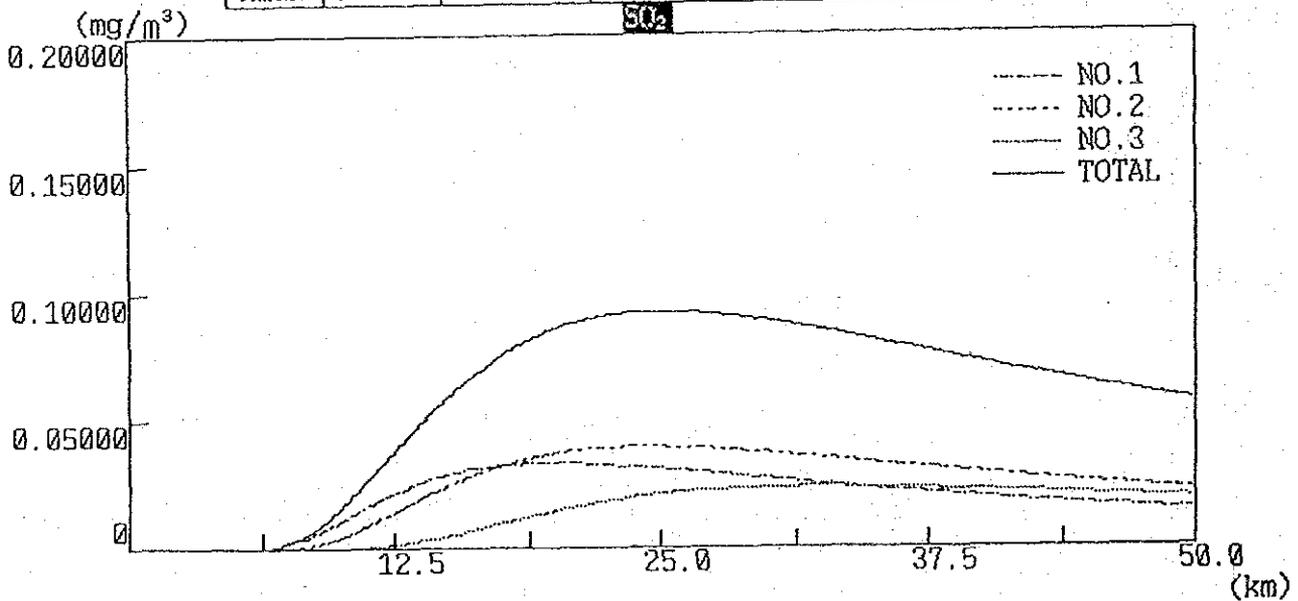


Fig. 5.4-5 RESULT OF CALCULATION  
 (Short-term prediction of diffusion:  
 Case II: Wind Velocity 6.0 m/s)

Item	Sign	Unit	No. 1	No. 2	No. 3	Total
Effective stack height	He	m	403.0	455.9	536.0	
Speed of discharged gas	V	m/s	27.4	31.8	22.6	
Maximum ground level concentration  (Cmax)	SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0336	0.0286	0.0047	0.0660
	NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0154	0.0200	0.0130	0.0473
	SPM	mg/m <sup>3</sup>	0.0154	0.0111	0.0015	0.0276
Distance of the Cmax point	Xmax	Km	19.8	22.8	27.5	21.5

Concentration Sectional Curve

	UNIT	NO.1	NO.2	NO.3	TOTAL
Cmax	mg/m <sup>3</sup>	0.033582	0.028640	0.004695	0.066917
Xmax	km	19.8	22.8	27.5	21.5

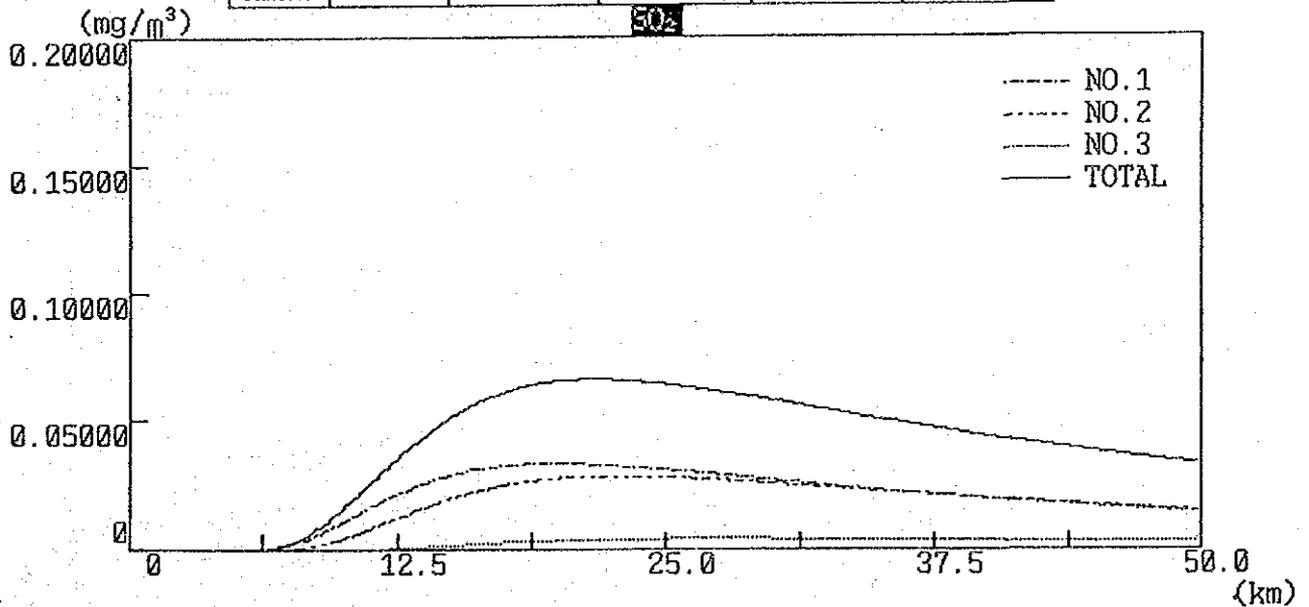


Fig. 5.4-6 RESULT OF CALCULATION  
 (Short-term prediction of diffusion:  
 Case III: Wind Velocity 6.0 m/s)

Item	Sign	Unit	No. 1	No. 2	No. 3	Total
Effective stack height	He	m	403.0	412.3	579.0	
Speed of discharged gas	V	m/s	27.4	29.9	23.8	
Maximum ground level concentration  (Cmax)	SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0336	0.0107	0.0166	0.0577
	NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0154	0.0245	0.0111	0.0488
	SPM	mg/m <sup>3</sup>	0.0154	0.0025	0.0070	0.0235
Distance of the Cmax point	Xmax	Km	19.8	20.4	30.0	22.9

Concentration Sectional Curve

	UNIT	NO.1	NO.2	NO.3	TOTAL
Cmax	mg/m <sup>3</sup>	0.033582	0.010708	0.016590	0.057708
Xmax	km	19.8	20.4	30.0	22.9

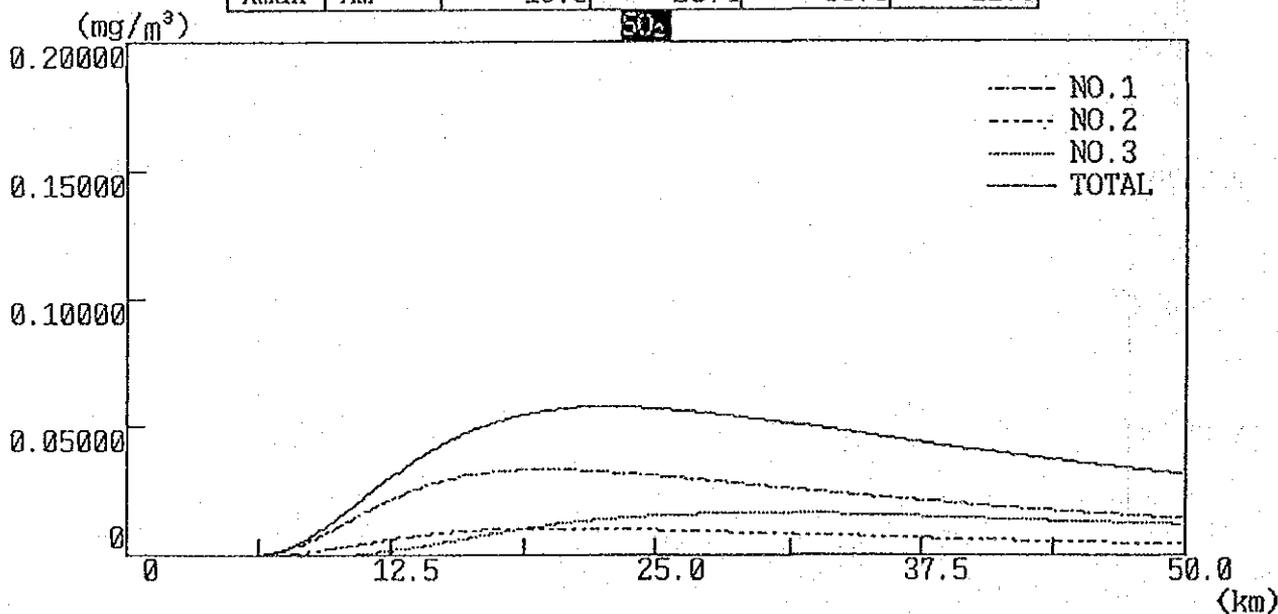


Fig. 5.4-7 RESULT OF CALCULATION  
 (Short-term prediction of diffusion:  
 Case I: Wind Velocity 10.0 m/s)

Item	Sign	Unit	No. 1	No. 2	No. 3	Total
Effective stack height	He	m	285.2	322.8	432.6	
Speed of discharged gas	V	m/s	27.4	32.8	25.1	
Maximum ground level concentration  (Cmax)	SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0402	0.0524	0.0297	0.1162
	NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0184	0.0240	0.0120	0.0517
	SPM	mg/m <sup>3</sup>	0.0185	0.0240	0.0137	0.0534
Distance of the Cmax point	Xmax	Km	13.4	15.4	21.5	16.3

Concentration Sectional Curve

	UNIT	NO.1	NO.2	NO.3	TOTAL
Cmax	mg/m <sup>3</sup>	0.040230	0.052352	0.029712	0.116159
Xmax	km	13.4	15.4	21.5	16.3

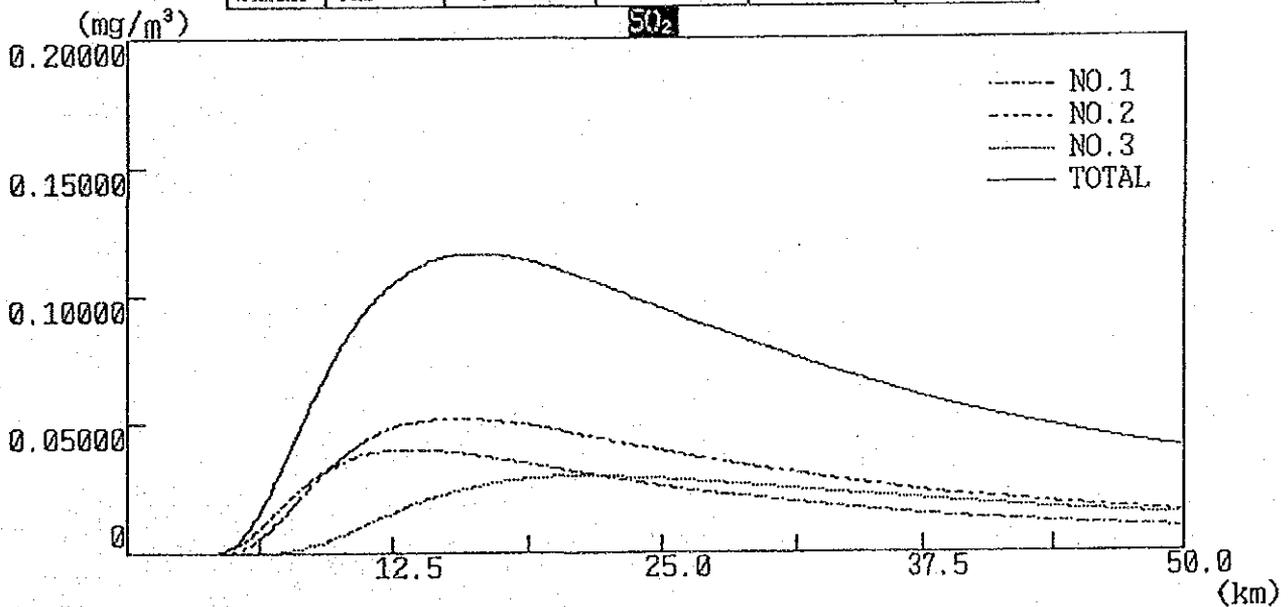


Fig. 5.4-8 RESULT OF CALCULATION  
 (Short-term prediction of diffusion:  
 Case II: Wind Velocity 10.0 m/s)

Item	Sign	Unit	No. 1	No. 2	No. 3	Total
Effective stack height	He	m	285.2	313.7	400.3	
Speed of discharged gas	V	m/s	27.4	31.8	22.6	
Maximum ground level concentration  (Cmax)	SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0402	0.0363	0.0051	0.0804
	NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0184	0.0254	0.0140	0.0558
	SPM	mg/m <sup>3</sup>	0.0185	0.0140	0.0016	0.0337
Distance of the Cmax point	Xmax	Km	13.4	14.9	19.7	14.3

Concentration Sectional Curve

	UNIT	NO.1	NO.2	NO.3	TOTAL
Cmax	mg/m <sup>3</sup>	0.040230	0.036297	0.005050	0.080415
Xmax	km	13.4	14.9	19.7	14.3

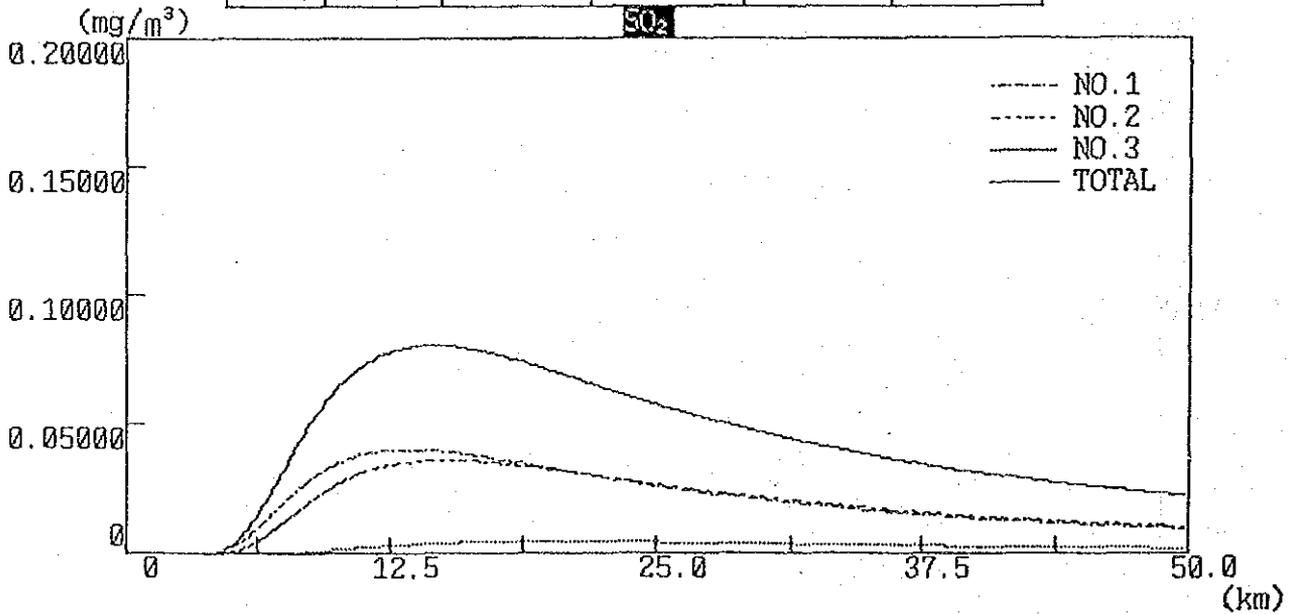


Fig. 5.4-9 RESULT OF CALCULATION  
 (Short-term prediction of diffusion:  
 Case III: Wind Velocity 10.0/s)

Item	Sign	Unit	No. 1	No. 2	No. 3	Total
Effective stack height	He	m	285.2	296.6	416.6	
Speed of discharged gas	V	m/s	27.4	29.9	23.8	
Maximum ground level concentration  (Cmax)	SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0402	0.0124	0.0192	0.0679
	NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0184	0.0284	0.0129	0.0570
	SPM	mg/m <sup>3</sup>	0.0185	0.0028	0.0081	0.0277
Distance of the Cmax point	Xmax	Km	13.4	14.0	20.6	15.5

Concentration Sectional Curve

	UNIT	NO. 1	NO. 2	NO. 3	TOTAL
Cmax	mg/m <sup>3</sup>	0.040230	0.012411	0.019224	0.067870
Xmax	km	13.4	14.0	20.6	15.5

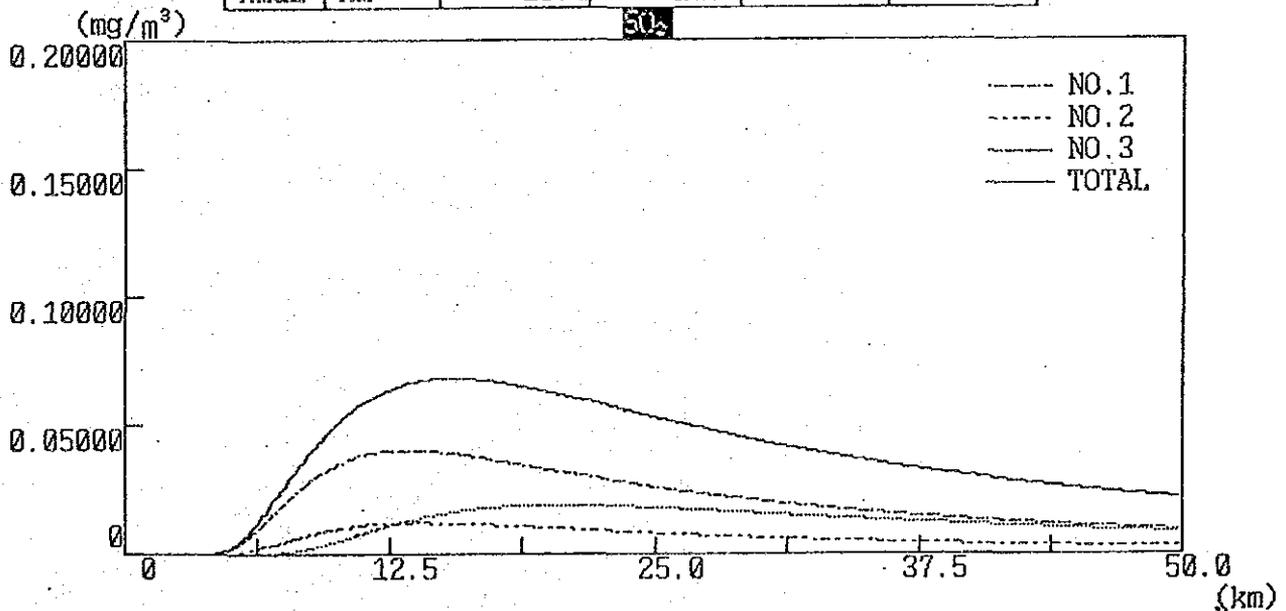


Fig. 5.4-10 RESULT OF CALCULATION (16 DIRECTION)  
(Long-term prediction of diffusion: Case I)

Item	Sign	Unit	No. 1	No. 2	No. 3	Total
Maximum ground level concentration  (Cmax)	SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0045	0.0061	0.0049	0.0154
	NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	SPM	mg/m <sup>3</sup>	0.0021	0.0028	0.0023	0.0071
Direction of the Cmax point	-	-	C	C	C	C
Distance of the Cmax point	Xmax	Km	0.0	0.0	0.0	0.0

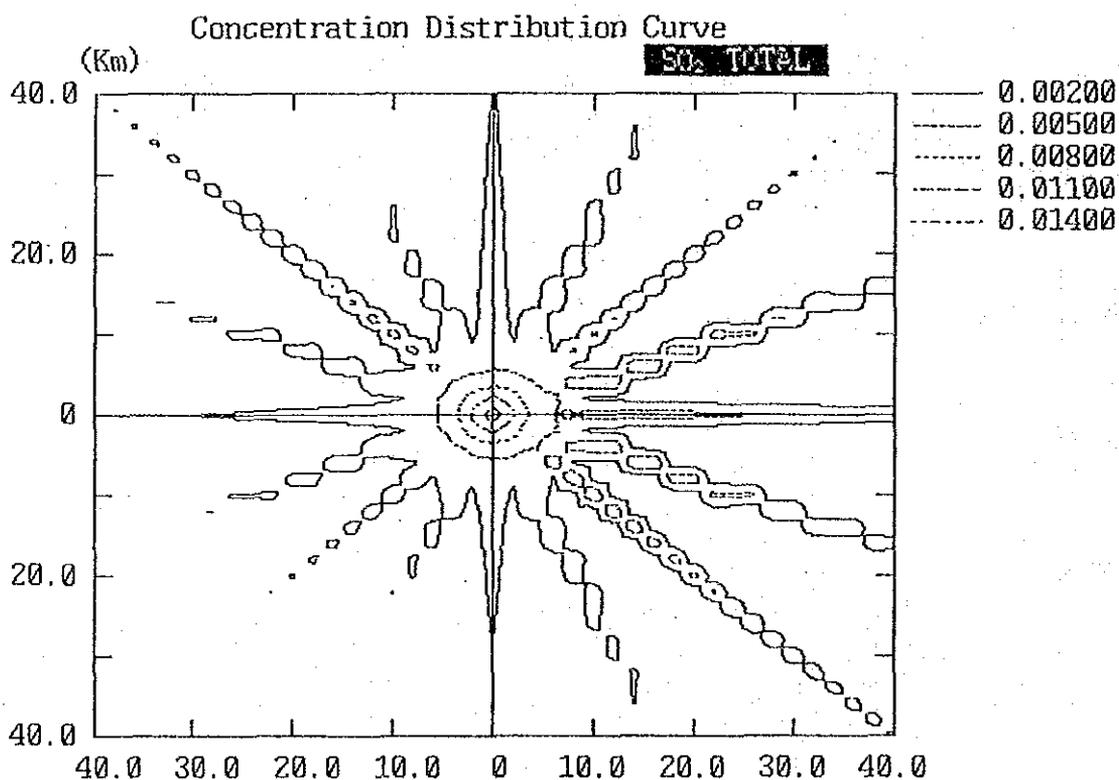


Fig. 5.4-11 RESULT OF CALCULATION (16 DIRECTION)  
(Long-term prediction of diffusion: Case II)

Item	Sign	Unit	No. 1	No. 2	No. 3	Total
Maximum ground level concentration  (Cmax)	SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0045	0.0042	0.0008	0.0095
	NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	SPM	mg/m <sup>3</sup>	0.0021	0.0016	0.0003	0.0039
Direction of the Cmax point	-	-	C	C	C	C
Distance of the Cmax point	Xmax	Km	0.0	0.0	0.0	0.0

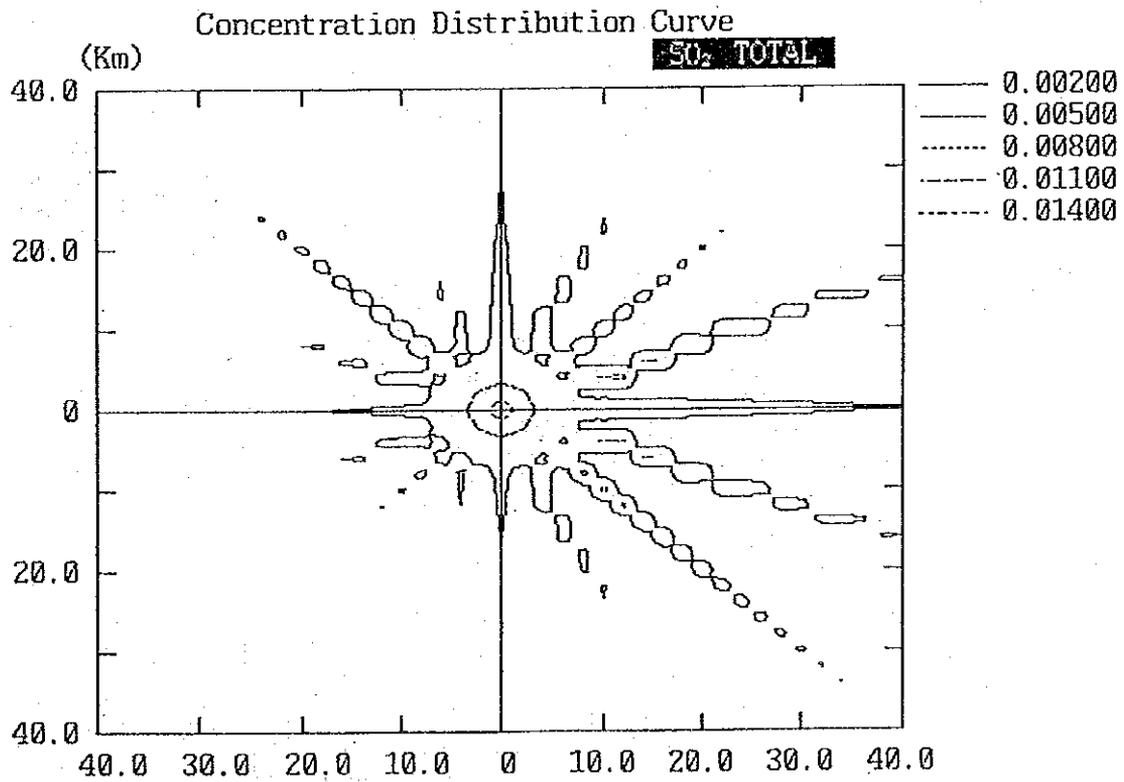


Fig. 5.4-12 RESULT OF CALCULATION (16 DIRECTION)  
(Long-term prediction of diffusion: Case III)

Item	Sign	Unit	No. 1	No. 2	No. 3	Total
Maximum ground level concentration (C <sub>max</sub> )	SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0045	0.0014	0.0032	0.0091
	NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	SPM	mg/m <sup>3</sup>	0.0021	0.0003	0.0013	0.0037
Direction of the C <sub>max</sub> point	-	-	C	C	C	C
Distance of the C <sub>max</sub> point	X <sub>max</sub>	Km	0.0	0.0	0.0	0.0

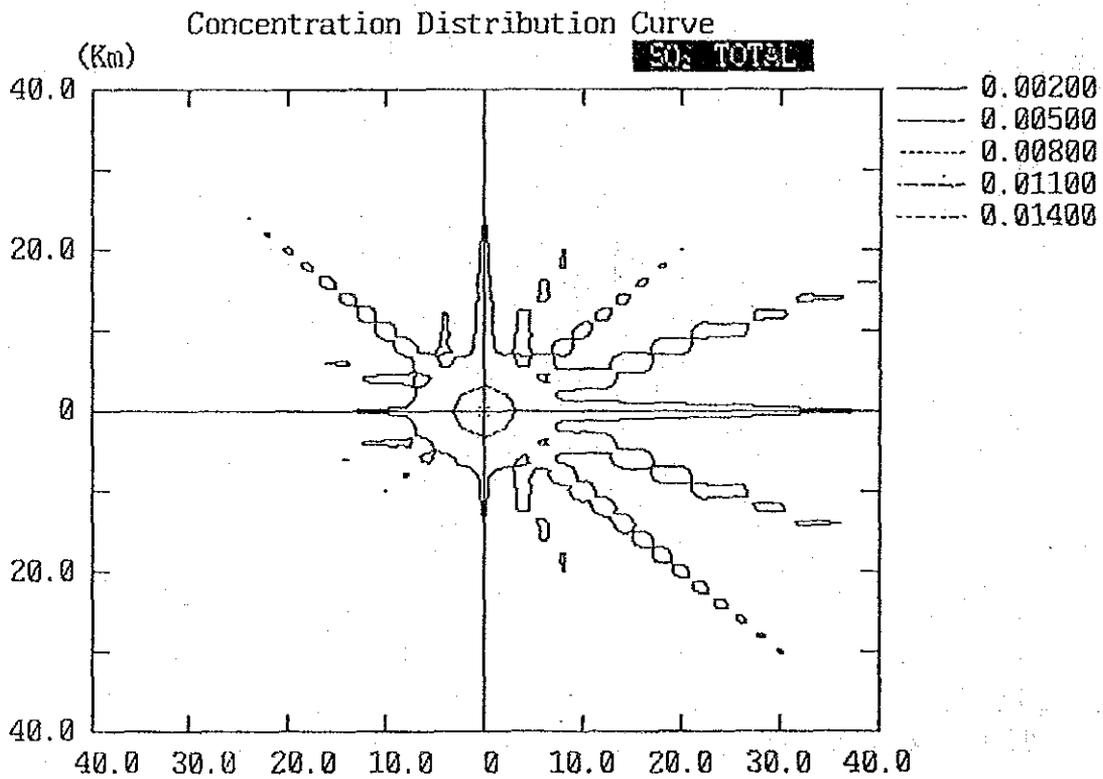


Table 5.4-4 Measurement of Emission (Kozienice Power Plant)

Item	Units	No. 3	No. 5	No. 7	No. 8	No. 8
Date	/Aug.	19/Aug.	17/Aug.	13/Aug.	16/Aug.	20/Aug.
Time	Hr.Mi.	11.40 - 12.30	11.30 - 12.00	12.50 - 14.30	13.00 - 14.10	11.40 - 12.30
Load	MW	200	200	180	160	200
SO <sub>2</sub> (PPM)	Right	682	820	541	934	1,204
	Left	686	772	517	911	1,132
NO <sub>x</sub> (PPM) (Direct)	Right	381	359	378	429	484
	Left	418	394	435	444	487
NO <sub>x</sub> (PPM) (Corrected at O <sub>2</sub> = 6%)	Right	418	348	378	433	505
	Left	452	409	466	460	544
O <sub>2</sub> (%) (Outlet of IDF)	Right	7.3	5.8	6.0	6.2	6.5
	Left	7.1	6.5	7.0	6.5	7.6
O <sub>2</sub> (%) (Outlet of Eco.)	Right	4.5	(4.2)	(4.5)	(4.5)	5.0(4.4)
	Left	4.9				5.3
Property of Coal Mine Name		Staszic Wujek	Jowisz	Szczyglo wice	Piast	Pile No. 5
Calorific Value [LHV] (Kcal/Kg)		6,132 6,068	5,680	6,835	4,854	5,273
Sulfur (%)		0.65/0.8		0.72	1.1	0.86
Ash (%)		8.4/8.0	8.67	8.35	18.01	20.4
Moisture (%)		7.0/7.5	12.84	4.94	12.78	8.2

( ): Recorded in control room

## 第 6 章 排煙脫硫裝置概念設計



## 第6章 排煙脱硫装置概念設計

	頁
6.1 排煙脱硫装置基本計画 .....	6-1
6.2 排煙脱硫装置全体配置計画 .....	6-7
6.3 排煙脱硫装置全体系統図及び主要機器仕様 .....	6-10
6.4 排煙脱硫装置マテリアルバランス .....	6-19
6.5 排煙脱硫装置機器基本概念設計 .....	6-24
6.5.1 吸収塔 .....	6-24
6.5.2 通風装置 .....	6-33
6.5.3 再加熱装置 .....	6-39
6.5.4 吸収剤貯蔵供給装置 .....	6-44
6.5.5 副生品処理設備（含 副生品捨場） .....	6-46
6.5.6 取水・用水設備 .....	6-50
6.5.7 空気供給設備 .....	6-53
6.5.8 電気設備 .....	6-55
6.5.9 制御装置 .....	6-66
6.5.10 関連建物 .....	6-72
6.5.11 基礎（含 ローディングデータ） .....	6-72
6.6 既設設備改造 .....	6-74

## List of Figures

- Fig. 6.2-1 General Layout of Three (3) 500MW FGD Units
- Fig. 6.3-1 Flow Diagram of 500MW FGD Unit
- Fig. 6.4-1 500MW FGD Unit Material Balance for Unit No.9 (500MW):  $C_1 = 39,000\text{ppm}$
- Fig. 6.4-2 500MW FGD Unit Material Balance for Unit No.4 ~ No.8 (200MW $\times$ 5) :  
 $C_1 = 39,000\text{ppm}$
- Fig. 6.4-3 500MW FGD Unit Material Balance for Unit No.9 (500MW):  $C_1 = 20,000\text{ppm}$
- Fig. 6.4-4 500MW FGD Unit Material Balance for Unit No.4 ~ No.8 (200MW $\times$ 5) :  
 $C_1 = 20,000\text{ppm}$
- Fig. 6.5-1 Typical Absorber Schemes Employed for FGD
- Fig. 6.5-2 Comparison of Oxidation System
- Fig. 6.5-3 Standard Lining Material for Wet Limestone Gypsum FGD System
- Fig. 6.5-4 ABSORBER
- Fig. 6.5-5 Position of BUF and Gas Flow
- Fig. 6.5-6 Standard Limestone Reactivity
- Fig. 6.5-7 By-product and Ash Disposal Area
- Fig. 6.5-8 Location of Pump Station
- Fig. 6.5-9 Flow Diagram of Raw water System
- Fig. 6.5-10 One Line Diagram (1/3)  
One Line Diagram (2/3)  
One Line Diagram (3/3)
- Fig. 6.5-11 Electric Power Source for FGD Plant
- Fig. 6.5-12 Location of Electrical Equipment
- Fig. 6.5-13 Electrical and Control Room
- Fig. 6.5-14 Configuration of FGD Control System
- Fig. 6.5-15 Related Buildings
- Fig. 6.6-1 Duct Wwrk FOR No.1 & No.2 Absorber
- Fig. 6.6-2 Duct Work FOR No.3 Absorber

## List of Table

Table 6.1-1	Design Condition of FGD Unit
Table 6.1-2	Design performance of FGD Unit
Table 6.1-3	Design River Water Analysis
Table 6.3-1	Specification of Major Equipment for 500MW FGD Unit
Table 6.5-1	脱硫通風機の位置比較
Table 6.5-2	脱硫通風機の型式比較
Table 6.5-3	GGHとアフターバーナーの比較
Table 6.5-4	再生回転式GGHとノンソーク式GGHの比較
Table 6.5-5	Gas Reheater Performance Data
Table 6.5-6	フライアッシュ発生量と有効利用量

## 第6章 排煙脱硫装置概念設計

### 6.1 排煙脱硫装置基本計画

コジェニツェ発電所における“最適排煙脱硫装置の選定結果”及び現地調査による情報収集とデータ収集を踏まえ、排煙脱硫装置概念設計を行うための基本計画の設定を行う。

排煙脱硫装置概念設計の設計条件は、4.3項に示す“最適排煙脱硫装置の検討諸元”によるが、以下に概念設計の主な基本計画、設計条件を示す。

#### (1) 石炭性状

① 発熱量 (LHV)	4,460 kcal/kg
② 全水分	10.7 %
③ 湿分	8.4 %
④ 硫黄分	0.96 %
⑤ 灰分	27.85 %

#### (2) 排煙脱硫装置

① 方式	湿式石灰石石膏法（1塔式塔内酸化スル-塔方式）
② 容量および設置基数	500 MW相当 3基
③ 脱硫効率	89 %
④ 設置発電プラント	4号機～8号機（200MW×5）に2基 9号機（500MW）に1基

#### (3) 排煙脱硫装置設計条件

Table 6.1-1 に排煙脱硫装置設計条件を示す。

4号機から8号機の発電プラントに設置する2基の排煙脱硫装置（No.1, No.2）と9号機に設置する1基の排煙脱硫装置（No.3）の入口ガス条件に若干の差があるが、9号機に設置する排煙脱硫装置の条件を代表設計条件とする。次に条件の異なる主な項目を示す。

① 入口ガス量

9号機に設置する排煙脱硫装置の入口ガス量(2,078,000m<sup>3</sup>N/h湿)が4～8号機に設置される排煙脱硫装置の入口ガス量(2,042,500m<sup>3</sup>N/h湿)より若干(1.8%)多いが、9号機の場合を排煙脱硫装置の計画入口ガス量とする。

② 入口ガス温度

9号機に設置する排煙脱硫装置の入口ガス温度(130℃)と4～8号機に設置する排煙脱硫装置の入口ガス温度(114℃)との間に16℃の差があるが9号機の場合を排煙脱硫装置の計画入口ガス温度とする。

③ 副製品の生産量

副製品の生産量は、1%程度の差があるが、9号機に設置する排煙脱硫装置の場合を設計条件とする。

(4) 排煙脱硫装置計画性能

Table 6.1-2 に排煙脱硫装置の計画性能を示す。

(5) 吸収剤(石灰石)性状

石灰石の性状は、湿式石灰石石膏法の排煙脱硫装置で一般的に使用され、またコジェニツツェ発電所で入手可能な次の値として計画する。

① 純度           CaCO<sub>3</sub>           94%以上

② 粒度           325メッシュパス   95%以上

(6) 脱硫用水

脱硫用水は、補給水、補機冷却水等を含め全てヴィスワ川から取水して使用する。

Table 6.1-3 に発電所で入手したヴィスワ川の水質分析結果を基に設定した脱硫用水の計画水質を示す。

#### (7) 空 気

発電プラント側から圧縮空気の供給を受けるのは、その余裕が無いので無理と思われる。酸化用空気、制御用空気、雑用空気を含め、全て新しく設置する排煙脱硫装置側で供給する計画とする。

#### (8) 電 気 設 備

排煙脱硫装置の電源は、排煙脱硫装置設置スペース上空の起動変圧器電用220kV架空線よりT分岐し、屋外に新設する変圧器にて6kVに降圧し供給する。また、配開装置はZREビルディングを改造して新しく電気室を設け、そこに設置する計画とする。

#### (9) 制御システム

ZREビルディングを改造して新しく制御室を設置する。

制御室には各ユニット毎に独立した操作デスクを設け、基本的にCRT (Cathode-Ray Tube) 操作により運転、監視を行う。また制御装置には最新のデジタル制御を採用する計画とする。

#### (10) 副生品処理

コジェニッツェ発電所で使用している石炭は塩素濃度が高く、商品石膏の市場も今のところ無いことから、副生品の処理は発電所構内で脱硫排水を含む副生品の石膏と石炭灰を混ぜ、コンベアで灰捨場に輸送して投棄するシステムとする。

#### (11) 副生品捨場

副生品捨場は遮水シートを使用して遮水構造とするが、副生品が安定する期間に必要な最小限の副生品捨場のみに遮水シートを施工する計画とする。

本スタディでは2年分の副生品捨場を遮水構造とすることとして計画した。

Table 6.1-1 Design Condition of FGD Unit

	Item	Unit	Design Condition
1.	Capacity of FGD	-	500 MW
2.	FGD Process	-	Wet-Limestone-Gypsum
3.	Gas Flow Rate	m <sup>3</sup> N/h, wet	2,078,000
4.	Inlet Flue Gas Temperature	°C	130
5.	Inlet Flue Gas Composition		
	H <sub>2</sub> O	vol%	15.4
	O <sub>2</sub>	vol%	6.0
	SO <sub>2</sub>	ppm	940
	HF	mg/m <sup>3</sup> N, dry	24
	HCl	mg/m <sup>3</sup> N, dry	579
	SO <sub>3</sub>	ppm	5
6.	SO <sub>2</sub> Removal Efficiency	%	89
7.	Dust Concentration		
	Outlet of the Existing EP	mg/m <sup>3</sup> N, dry	300
8.	Absorbent	-	Limestone
	Purity	%	94% or more
	Grain Size	mesh	325 mesh pass 95% or more
9.	Gypsum		To be discarded with fly ash
10.	Outlet Flue Gas Temperature at the Inlet of the Stack	°C	90
11.	Cl Concentration in Make-up Water	ppm	237

Table 6.1-2 Design Performance of FGD Unit

	Item	Unit	Design Performance
1.	Capacity of FGD	-	500 MW
2.	Gas Flow Rate	m <sup>3</sup> N/h, wet	2,078,000
3.	Inlet Gas Condition		
	Temperature	°C	130
	SO <sub>2</sub>	ppm	940 (5,184 kg/h)
	SO <sub>3</sub>	ppm	5
	Dust Load	mg/m <sup>3</sup> N, dry	300
4.	Outlet Gas Condition		
	Temperature	°C	90
	SO <sub>2</sub>	ppm	103 (571 kg/h)
	SO <sub>3</sub>	ppm	2
	Dust Load	mg/m <sup>3</sup> N, dry	50
5.	SO <sub>2</sub> , Removal Efficiency	%	89
6.	Ca/S (Consumed Ca/Inlet SO <sub>2</sub> )	-	1.11
7.	Draft Loss of FGD Plant	mmAq	305
8.	Gypsum Slurry	t/h	39.4
	Fly Ash Consumption	t/h	63
	Gypsum Ash Waste	t/h	102.4

Table 6.1-3 Design River Water Analysis

Item	Unit	Anaysis
Temperature	°C	5 ~ 29
pH	-	7.6 ~ 8.4
Alkarinity	mvol/l	3.3
Hardness	°dH	18.4
Fe	mg/l	0.31
Cl	mg/l	237
Solved Matter	mg/l	764
SS	mg/l	39
DO	mg/l O <sub>2</sub>	8.5
COD	mg/l	11.4
BOD	mg/l	7.0
Ammonia	mg/l	0.7

Note: The above quality is determined by taking the maximum values from the sample analysis of river water.

## 6.2 排煙脱硫装置全体配置計画

排煙脱硫装置の全体配置図を Fig.6.2-1 に示す。

貯炭場と2,3号煙突の間にあるスペースに、既設設備の改造を最小限とし、経済的な配置とするため、下記事項を考慮し配置を検討した。

(1) 次の既設設備は排煙脱硫装置設置スペースにあるが、移設等が困難なので配置上留意した。

- ① 運炭コンベア及び石炭混入異物除去設備
- ② 設置スペース上空に布設されている高圧電線  
(高圧電線の下に設置される機器は、この高圧電線と必要な離隔距離をとり設置する。)
- ③ 2号煙突と3号煙突間及び貯炭場側道路に沿って埋設設置されているケーブル及び配管トレンチ

(2) 移設又は撤去が必要な既設設備

- ① 純水装置用の薬品受入等に使用している鉄道線路
- ② 灰流し管
- ③ その他の小配管、ケーブル等

(3) 改造を行う既設設備

- ① 排煙脱硫装置継込みのための既設集合ダクト
- ② 2号煙突ライニング
- ③ 排煙脱硫装置用の制御室、電気室を設置するZREビルディング

(4) 将来の硫黄酸化物排出規制強化に対する考慮

将来、硫黄酸化物排出量の規制強化が行われた場合、対策の1つとして10号機に新たに排煙脱硫装置を設置することが考えられる。したがって、今回計画する排煙脱硫装置の配置は、10号機用排煙脱硫装置の増設が可能な計画とする。

(5) 建屋内設置機器

下記に示す機器は、凍結対策及び防音対策を考慮して、建屋内に設置する計画とした。

- ① 吸収塔スラリー循環ポンプ
- ② 副生品とフライアッシュの混合設備
- ③ 酸化用空気ブローと空気コンプレッサー（3基の排煙脱硫装置の共通機器として1つの建屋内に設置する。）
- ④ 脱硫用水取水ポンプ



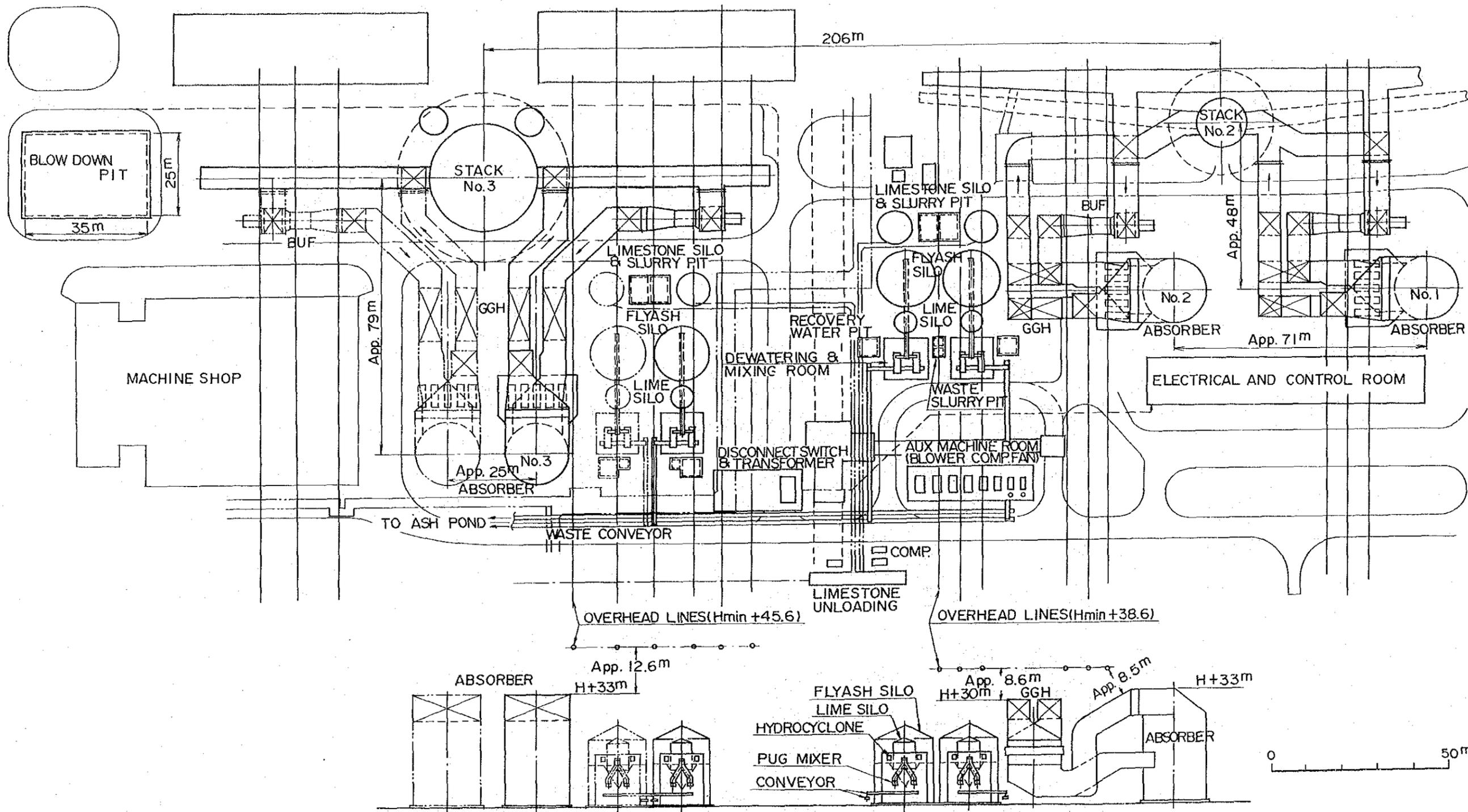


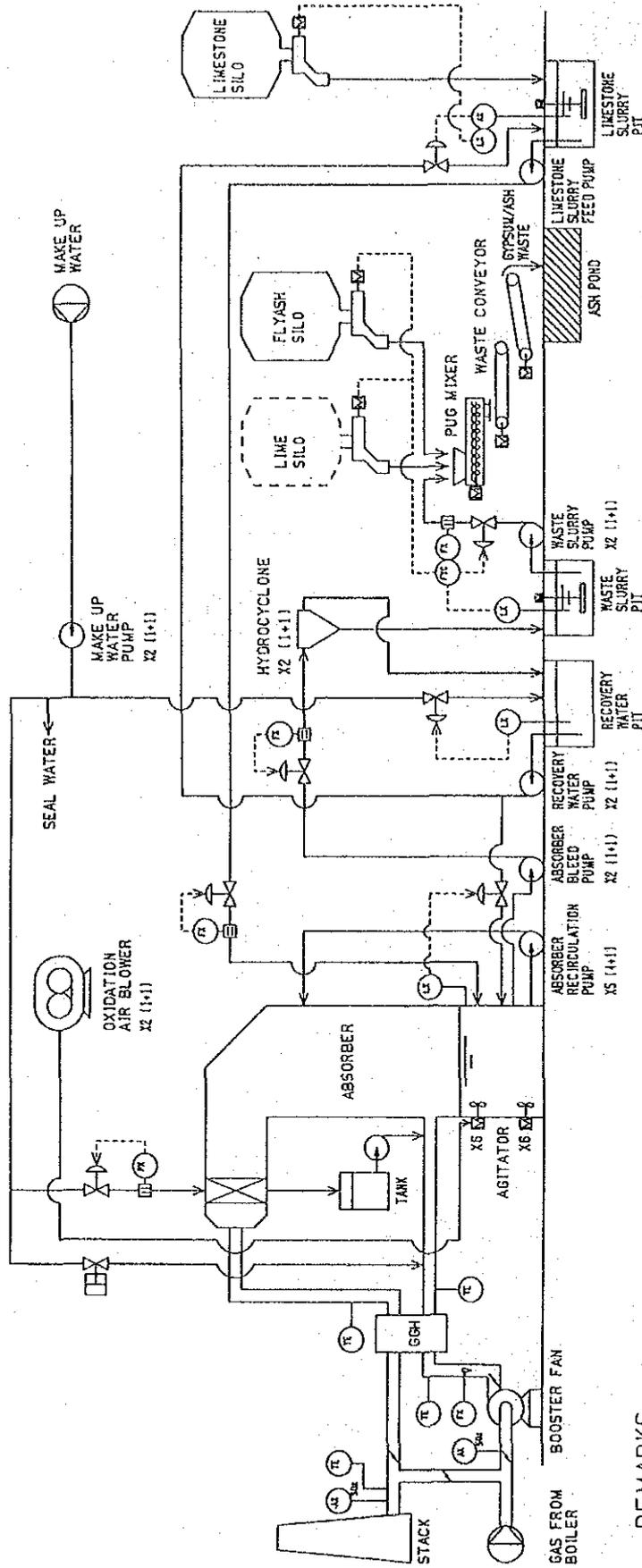
Fig.6.2-1 General Layout of Three (3) 500MW FGD Units



### 6.3 排煙脱硫装置全体系統図及び主要機器仕様

Fig. 6.3-1 に排煙脱硫装置全体系統図を示す。

又、各主要機器の仕様を Table 6.3-1 に示す。



REMARKS

- AX : ANALYSIS TRANSMITTER
- FX : FLOW RATE TRANSMITTER
- LX : LEVEL TRANSMITTER
- TE : TEMPERATURE DETECTOR

Fig. 6.3-1 Flow Diagram of 500 MW FGD Unit

Table 6.3-1 Specification of Major Equipment for 500 MW FGD Unit

Equipment	Specification
<p>1. Absorbing System</p> <p>1) Absorber</p> <p>    Number     Type     Dia. x Height     Capacity</p> <p>2) Absorber Upper Recir. Pump</p> <p>    Number     Type     Capacity     Head     Motor</p> <p>3) Absorber Middle Recir. Pump</p> <p>    Number     Type     Capacity     Head     Motor</p> <p>4) Absorber Lower Recir. Pump</p> <p>    Number     Type     Capacity     Head     Motor</p> <p>5) Absorber Prescrubbing Recir. Pump</p> <p>    Number     Type     Capacity     Head     Motor</p>	<p>1</p> <p>Spray Tower</p> <p><math>\phi 18.8 \text{ m} \times 32.3 \text{ m H}</math></p> <p>2,078,000 m<sup>3</sup>N/h</p> <p>1</p> <p>Centrifugal</p> <p>123 m<sup>3</sup>/min</p> <p>28 m</p> <p>810 kW</p> <p>1</p> <p>Centrifugal</p> <p>123 m<sup>3</sup>/min</p> <p>26 m</p> <p>760 kW</p> <p>1</p> <p>Centrifugal</p> <p>123 m<sup>3</sup>/min</p> <p>25 m</p> <p>720 kW</p> <p>1 + 1 stand-by</p> <p>Centrifugal</p> <p>72 m<sup>3</sup>/min</p> <p>21 m</p> <p>360 kW</p>

Equipment	Specification
6) Absorber Bleed Pump  Number Type Capacity Head Motor	1 + 1 stand-by Centrifugal 2.4 m <sup>3</sup> /min 38 m 37 kW
7) Agitator for Absorber Recir. Tank  Number Type Motor	6 Propeller 30 kW
8) Oxidation Agitator on Absorber  Number Type Motor	6 Propeller 30 kW
9) Oxidation Air Blower  Number  Type Capacity Head Motor	3 + 1 stand-by for 3 x 500 MW Roots 90 m <sup>3</sup> /min 0.8 kg/cm <sup>2</sup> -g 180 kW
2. Gypsum Dewatering & Mixing System	
1) Hydrocyclone  Number Capacity (as slurry)	2 sets 39,400 kg/h
2) Pug Mixer  Number Type Capacity (as slurry) Motor	1 + 1 stand-by Mixer 3 m <sup>3</sup> 75 kW
3) Recovery Water Pit  Number Type Capacity (Net)	1 Concrete pit 57 m <sup>3</sup>

Equipment	Specification
4) Waste Slurry Pit  Number Type Capacity	1 Concrete pit 16 m <sup>3</sup>
5) Waste Slurry Pump  Number Type Capacity Head Motor	1 + 1 stand-by Centrifugal 0.9 m <sup>3</sup> /min 15 m 5.5 kW
6) Recovery Water Pump  Number Type Capacity Head Motor	1 + 1 stand-by Centrifugal 1.1 m <sup>3</sup> /min 26 m 11 kW
7) Fly Ash Silo  Number Type Capacity Accessary	1 Cylindrical, Vertical 1,800 m <sup>3</sup> (1 day) Weigh Feeder, Conveyor
8) Lime Silo*  Number Type Capacity Accessary	1 Cylindrical Vertical 280 m <sup>3</sup> Weigh Feeder, Conveyor
9) Waste Conveyor  Number Type Capacity Length	(Transport Gypsum/Ash Waste) to Ash Pond)  2 Trains Belt Conveyor 330 t/h 3 km

\* Necessity of lime addition in order to facilitate hydration of gypsum/ash waste shall be confirmed by a test using sample ash and gypsum at later stage.

Equipment	Specification
<p>3. Limestone Preparation System</p> <p>1) Limestone Silo</p> <p>Number Type Capacity Accessary</p> <p>2) Limestone Slurry Pit</p> <p>Number Type Capacity (Net)</p> <p>3) Limestone Slurry Feed Pump</p> <p>Number Type Capacity Head Motor</p>	<p>1 Cylindrical 630 m<sup>3</sup> (for 3 days) Weigh Feeder</p> <p>1 Concrete Pit 172 m<sup>3</sup></p> <p>1 + 1 stand-by Centrifugal 1.2 m<sup>3</sup>/min 20 m 11 kW</p>
<p>4. Drafting System</p> <p>1) Boost Up Fan</p> <p>Number Type Capacity Head Motor</p> <p>2) Reheating Equipment</p> <p>Number Type Capacity</p>	<p>1 Axial Flow 56,300 m<sup>3</sup>/min 390 mmAq 4,700 kW</p> <p>1 Regenerative Type GGH 2,078,000 m<sup>3</sup>N/h</p>

Equipment	Specification
<p>3) Scavenging Fan</p> <p>Number Motor Gas leakage     untreated -&gt; treated     treated -&gt; untreated Dust leakage</p>	<p>1 150 kW 1.0% 5.0% 10 mg/m<sup>3</sup>N</p>
<p>5. Common Equipment</p>	
<p>1) Make up Water Pump</p> <p>Number Type Capacity Head Motor</p>	<p>1 + 1 stand-by for 3 x 500 MW Centrifugal 1.5 m<sup>3</sup>/min 70 m 37 kW</p>
<p>2) Air Compressor</p> <p>Number Type Capacity Head Motor</p>	<p>1 + 1 stand-by for 3 x 500 MW Rotary Screw 1,020 m<sup>3</sup>N/h 7 kg/cm<sup>2</sup> g 132 kW</p>
<p>3) Seal Air Fan</p> <p>Number Type Capacity Head Motor</p>	<p>1 + 1 stand-by for 3 x 500 MW Roots Blower 190 m<sup>3</sup>/min 700 mm H<sub>2</sub>O 55 kW</p>
<p>6. Electrical Equipment</p>	<p>(Number of electrical equipment is for 3 FGD Plants.)</p>
<p>1) FGD Transformer</p> <p>Number Number of windings Rated voltage Capacity</p>	<p>1 2 220 kV/6.3 kV 27 MVA</p>

Equipment	Specification
2) Disconnecting Switch  Number Rated voltage	   2 sets 220 kV
3) Switchgears  Rated voltage (M/C / P/C / MCC)	   6.3/0.4/0.4 kV
4) Battery  Number Rated voltage Capacity	   3 sets 110 V 500 AH (10hours rate)
5) Charger  Number Type Capacity	   3 Thyristor rectifier 50 kVA
7. C&I Equipment	(Number of C&I equipment is for 3 FGD Plants.)
1) Control Desk  Number  Type CRT (Cathode Ray Tube)	  4 (1 for each FGD Plant and 1 for common) Steel plated desk type 1 CRT for each desk
2) Controller  Type	 Self-standing steel plated digital controller
3) Relay Panels  Type	 Self standing steel plated hard-wired type

Equipment	Specification
4) CVCF  Number Type Capacity	3 Thyristor inverter type 25 kVA

CVCF: constant voltage constant frequency equipment

#### 6.4 排煙脱硫装置マテリアルバランス

Fig. 6.4-1 に9号機に設置する排煙脱硫装置のマテリアルバランス、及び6.4-2 に4号機から8号機に2基設置する排煙脱硫装置のマテリアルバランスを示す。

尚、これらのマテリアルバランスは石炭中の塩素濃度が0.46%と高い場合のケースで、排煙脱硫装置系内塩素濃度が39,000ppmである。

このフィージビリティスタディでは、この高塩素濃度の石炭を使用した場合の排煙脱硫装置を設計した。

しかし、系内塩素濃度39,000ppmは苛酷な運転条件であるので、できる限り系内塩素濃度を下げて運転することが望ましい。

コジェニツェ発電所では数種の銘柄の石炭を受入れて使用しているが、主要銘柄であるPIAST、ZABRZE及びMURCKIの石炭中塩素濃度はそれぞれ0.46%、0.27%、0.04%となっており、1990年の受入炭による荷重平均値を求めると0.28%となる。

コジェニツェ発電所の全出力2,600MWの内、1,500MW相当に排煙脱硫装置が設置されるが、高塩素濃度の石炭を排煙脱硫装置が設置されない発電プラントで使用し、塩素濃度の低い石炭を排煙脱硫装置が設置された発電プラントで使用し、排煙脱硫装置系内塩素濃度を低減する方法が考えられる。

Fig. 6.4-3 と Fig. 6.4-4 にこれらの運用により系内塩素濃度を20,000ppm（石炭中塩素濃度0.23%相当）に抑えた場合のマテリアルバランスを示す。

又、過去の運転経験から判断すると、系内塩素濃度は15,000ppm以下程度に抑え運転することが望ましいと考えられる。

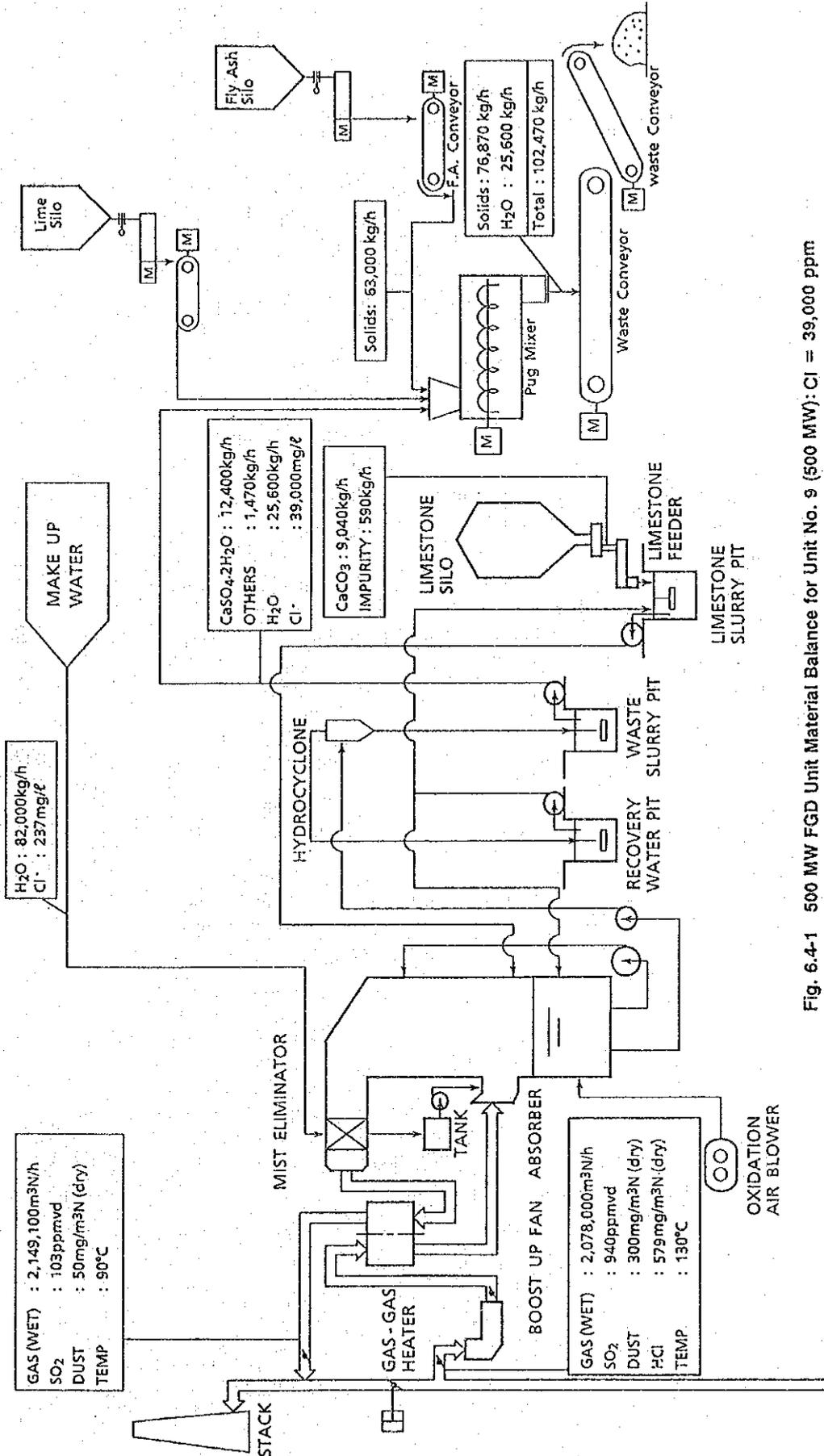


Fig. 6.4-1 500 MW FGD Unit Material Balance for Unit No. 9 (500 MW): Cl = 39,000 ppm

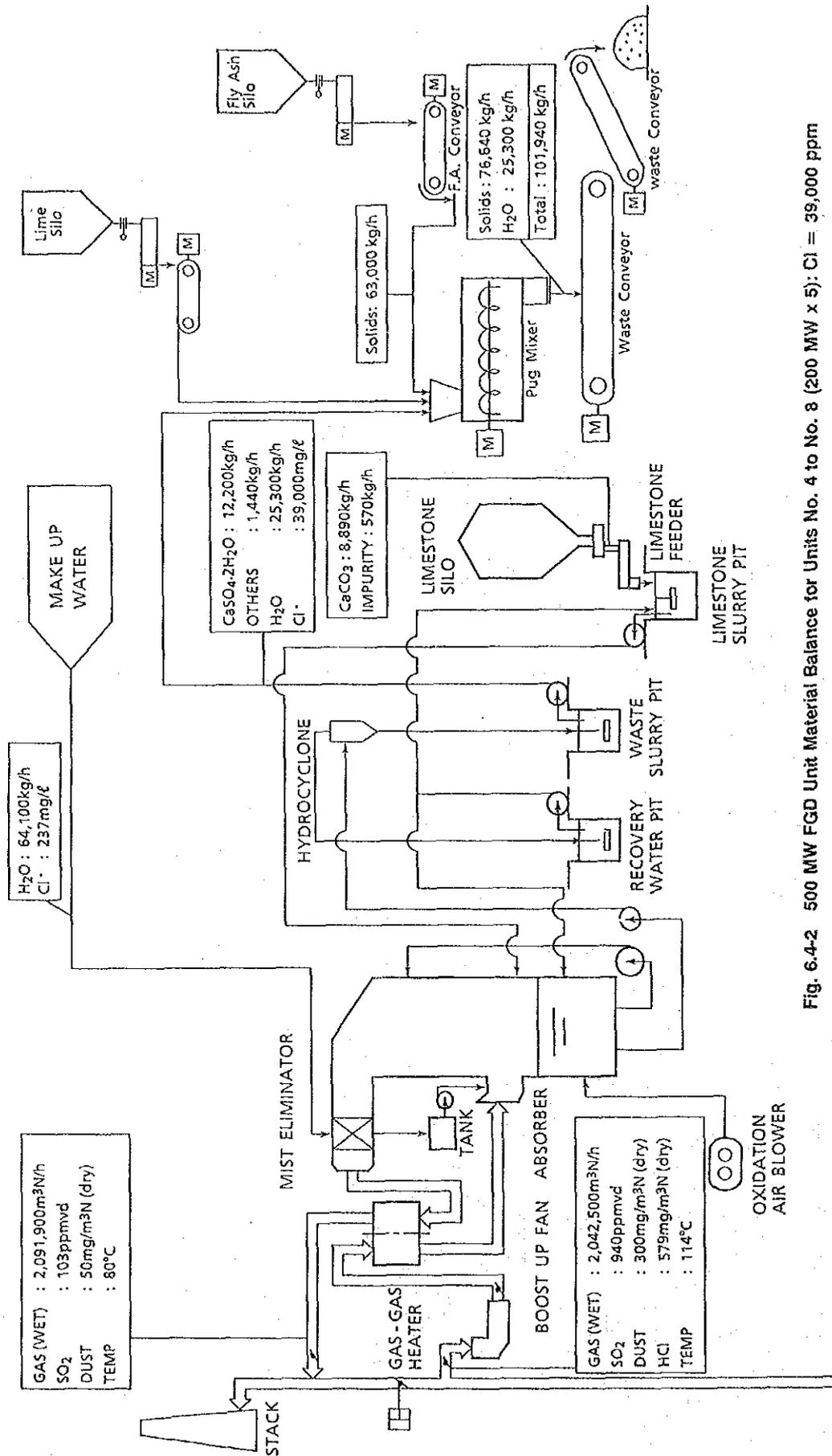


Fig. 6-4-2 500 MW FGD Unit Material Balance for Units No. 4 to No. 8 (200 MW x 5): Cl = 39,000 ppm

FROM BOILER

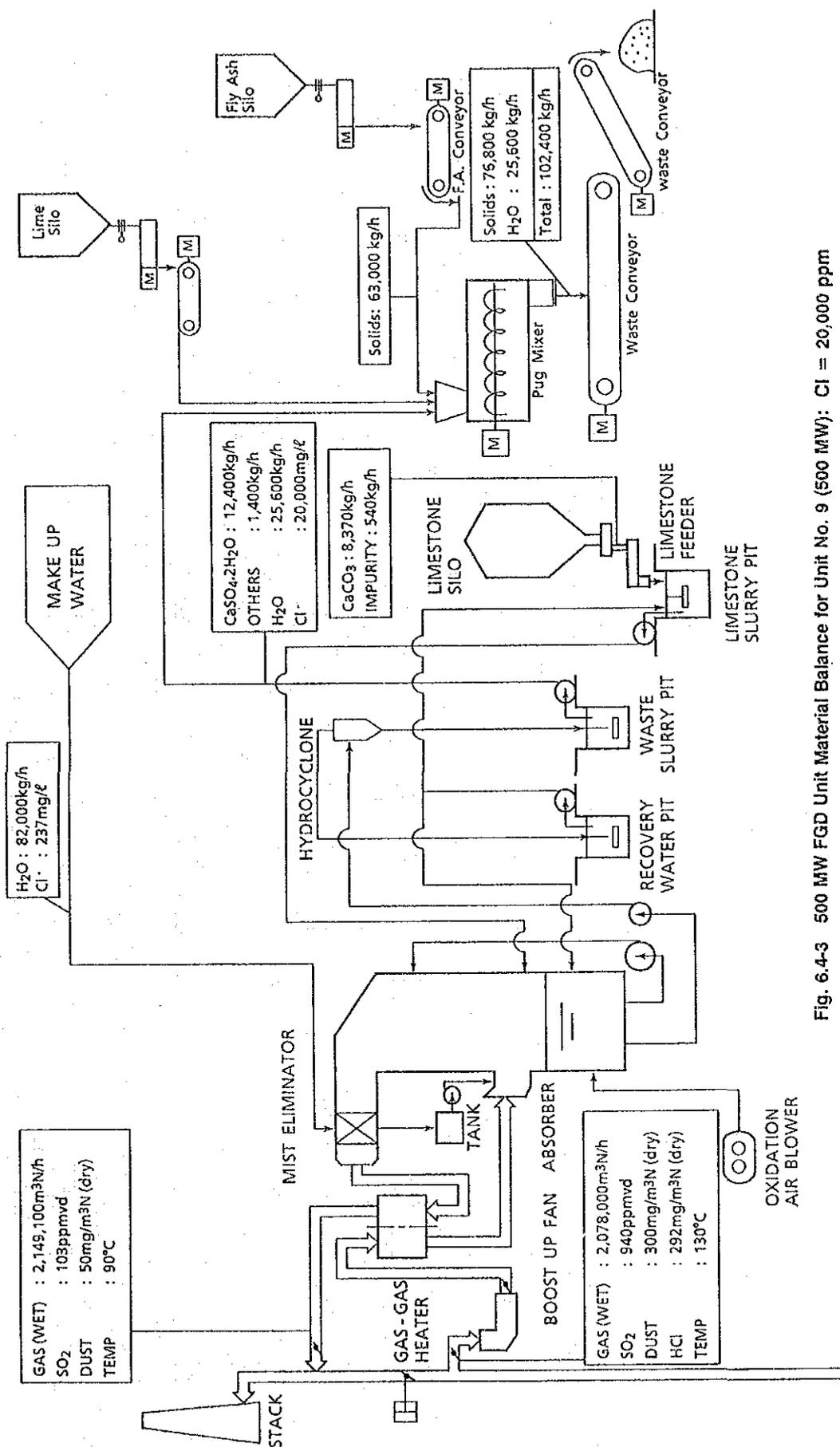


Fig. 6.4-3 500 MW FGD Unit Material Balance for Unit No. 9 (500 MW): Cl = 20,000 ppm

FROM BOILER

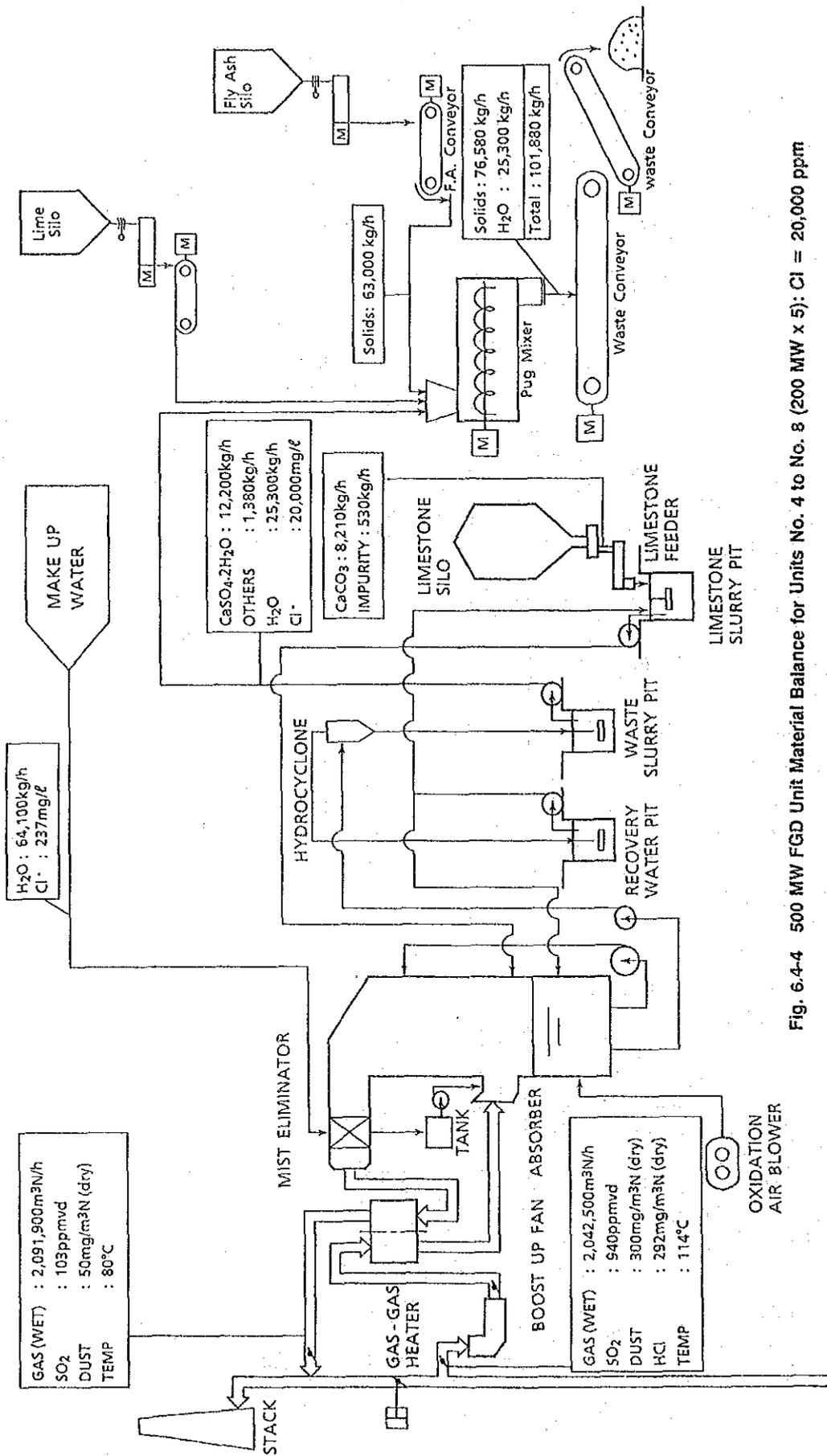


Fig. 6.4-4 500 MW FGD Unit Material Balance for Units No. 4 to No. 8 (200 MW x 5): Cl = 20,000 ppm

FROM BOILER

## 6.5 排煙脱硫装置機器基本概念設計

排煙脱硫装置の基本計画、全体配置計画、系統及びマテリアルバランスに基づき、排煙脱硫装置各機器の基本概念設計を以下の通り行う。

### 6.5.1 吸収塔

最近の湿式石灰石石膏法は、脱硫及び脱塵の機能に加えて、酸化機能も1塔に集約した1塔式塔内酸化方式が主流となっている。1塔式塔内酸化方式の吸収塔は、4章の技術比較で述べたスプレー塔かジェットバブリングリアクターが用いられるが、ここでは、基本計画で設定されたスプレー塔方式の吸収塔について、概念設計を行う。

#### (1) 吸収塔型式

吸収塔内では、排ガスと吸収液の十分な接触を行わせることが必要である。

排ガスと吸収液を接触させる吸収塔はその方式により次の様に分類できる。

- ① 吸収液のスプレーによる方法 …………… スプレー塔、ベンチュリースクラバー
- ② 排ガスの吸収液中への分散による方法 ジェットバブリングリアクター
- ③ 充填物による方法 …………… 充填塔
- ④ その他 …………… 多孔板塔

これらの吸収塔型式の概念図を Fig. 6.5-1 に示す。

吸収塔型式としては、スプレー塔方式が実績と運転経験が最も多く、他の型式と比べ、以下の特徴を有している。

- ① 吸収塔での圧力損失が少ない。

圧力損失が少ないため、脱硫通風機の消費電力が低減できる。

- ② 内部構造がシンプルである。

吸収塔内の構造がシンプルなため、スケーリングの発生が少ない。

- ③ スプレーヘッダーの使用段数を容易に変えることができる。

低負荷時および燃料硫黄分変化に対し、スプレーヘッダーの使用段数を容易に変えることができ、経済的な運転ができる。

## (2) 酸化方式

硫黄酸化物と吸収液の反応生成物（亜硫酸石膏）を酸化し、石膏とする方式には、吸収塔循環タンク内に空気を吹込む方式（塔内酸化方式）と酸化塔による方式（塔外酸化方式）がある。

本計画での酸化方式は、吸収塔に酸化機能を付加した塔内酸化方式を選定する。

Fig. 6.5-2 にこれら2つの酸化方式の概念図を示す。

最近の湿式石灰石石膏法における酸化方式は、塔内酸化方式が主流となっており、この方式の特徴は以下の通りである。

- ① 酸化塔の省略により、コストと設置スペースの低減が図れる。
- ② 塔外酸化方式に比べ石灰石過剰率を小さくでき、石灰石消費量の低減が図れ、また過剰石灰石の中和のために硫酸を加える必要がない。

## (3) 吸収塔の設計

1 塔式塔内酸化スプレー塔方式の吸収塔における脱硫性能及び脱塵性能に関する主要な因子としては、以下のものがあげられる。

- ① 吸収塔内ガス流速 ..... 脱硫性能
- ② 吸収塔高さ ..... "
- ③ 吸収剤過剰率 ..... "
- ④ 液ガス比 (L/G) ..... 脱硫及び脱塵性能
- ⑤ 可溶性酸性ガス (HCl, HF) ..... 脱硫性能
- ⑥ 入口SO<sub>2</sub>濃度 ..... "
- ⑦ 入口ばいじん濃度 ..... 脱塵性能

吸収塔の設計は、排煙脱硫装置の計画脱硫効率89%及び出口ばいじん濃度50mg/m<sup>3</sup>とこれらの因子を考慮して行うものとする。

以下に、これらの因子と本計画における吸収塔の設計について述べる。

a) 吸収塔径及び高さ

吸収塔内でのガスと吸収液の接触容量は、以下のようになる。

$$\text{接触容量} \propto \frac{\text{ガス量}}{\text{吸収塔内ガス流速}} \times \text{吸収塔高さ}$$

ここで、吸収塔内ガス流速を速くすれば、必要なガスと吸収液の接触容量を保つために、吸収塔高さを高くすることが必要となる。一方、吸収塔内ガス流速を遅くすれば、吸収塔の高さは低くなるが、塔径が大きくなる。

吸収塔内ガス流速は、吸収塔に設置されるミストエリミネータからのミストの吹抜け（エントレ）が発生しないよう設定し、計画最大ガス量により、吸収塔径を定める。

一方、吸収塔の高さは、計画脱硫性能及び脱塵性能を得るための液ガス比（L/G）により、スプレー段数を設定するとともに、吸収塔下部の循環タンクでの吸収剤の十分な滞留時間（循環タンクの保有液量）を考慮して定める。

本計画での吸収塔寸法の設定にあたっては、上記事項に加え、吸収塔頂部と架空線との離隔距離（400kV: 7.7m, 220kV: 6.5m）を確保するため、通常吸収塔上部に設置するミストエリミネータを吸収塔出口ダクト部に設置し、吸収塔の高さを低くおさえる設計とする。

以上のことより、吸収塔径及び高さは以下の通りとする。

吸収塔径 : 18.8m

吸収塔高さ : 32.3m

b) 吸収剤過剰率

吸収剤とSO<sub>2</sub>の反応を100%とすることは、現実的な装置において不可能である。したがって、若干の過剰な量の吸収剤を吸収塔に供給する必要がある。

排ガス中に含まれる塩素（HClとして存在）及びフッ素（HFとして存在）は、吸収剤の溶解を阻害し活性を低下させ脱硫性能に影響を及ぼす。石炭分析結果から、石炭中のフッ素は通常の排煙脱硫装置の設計値と同等であるが、塩素は通常よりも濃度が高いため、計画脱硫効率を得るため、吸収剤過剰率を通常の設計よりも多くする必要がある。

一般に塔内酸化方式を採用する場合の設計吸収剤過剰率は2%程度であるが、本計画では、塩素による吸収剤の活性低下を考慮して4%とする。

c) 液ガス比 (L/G)

スプレー塔方式では、吸収剤スラリーの循環スプレー流量が、脱硫性能及び脱塵性能に大きく影響する。

本計画では、排煙脱硫装置の計画脱硫効率89%及び出口ばい塵濃度 $50\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$ を得るため、吸収部でのL/Gはスプレー段1段当り $3.4\ell/\text{m}^3\text{N}$ 、ガス冷却部では $2.0\ell/\text{m}^3\text{N}$ とする。

d) 吸収系内塩素濃度

吸収系内塩素濃度を高く保てば、脱硫排水量を低減できるが、一方、高塩素濃度による排煙脱硫装置材料の耐食性の検討が必要となる。

本計画では、4章での副生品及び排水処理方法の検討に示したように、脱硫排水量を極力低減すること、及び排煙脱硫装置材料の耐食性の両面から系内塩素濃度を $40,000\text{mg}/\ell$ とする。系内塩素濃度 $40,000\text{mg}/\ell$ の1塔式塔内酸化スプレー塔方式としては、イギリスにおいてナショナルパワー社のドラックス発電所(660MW×6基)の排煙脱硫装置(1号機は1993年9月運開予定)がある。

系内塩素濃度 $40,000\text{mg}/\ell$ の設計条件における排煙脱硫装置ライニング材の選定を Fig. 6.5-3 に示す。

(4) 吸収塔の構成

Fig. 6.5-4 に吸収塔の概略図を示す。

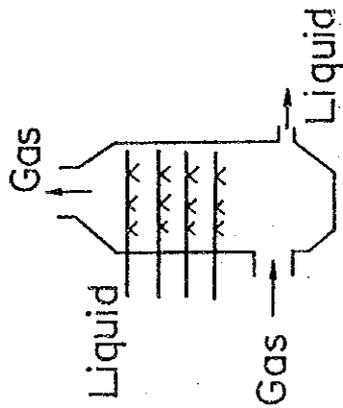
吸収塔のスプレー段数は、計画L/Gを得るため、ガス冷却部1段と吸収部3段の計4段とする。また、吸収剤スラリーを循環する循環ポンプは、吸収部にはスプレー段毎に1台を設け、ガス冷却部には常用1台の他に予備機1台を設ける。

吸収塔下部の循環タンク部には、吸収剤スラリーの攪拌機と、酸化用攪拌機を各々6台ずつ設ける。酸化用空気は、酸化用攪拌機を通して、循環タンク内に吹込まれる。

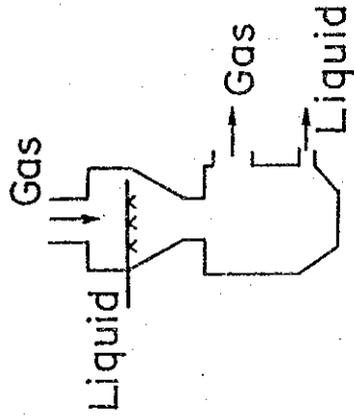
ミストエリミネータは、前述のように、吸収塔出口ダクトに設置する。

(5) 吸収塔仕様

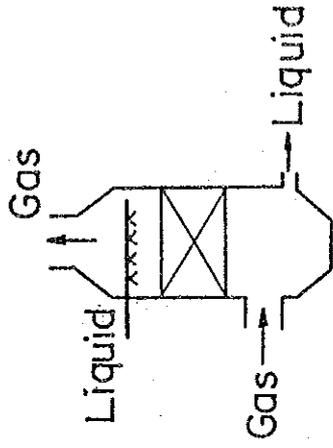
- 型式： スプレー1塔方式
- 酸化方式： 塔内酸化方式
- 数量： 各排煙脱硫装置に1塔
- 寸法： 塔径 $\phi$ 18.8m×塔高32.3m
- 容量： 2,078,000 m<sup>3</sup>N/h



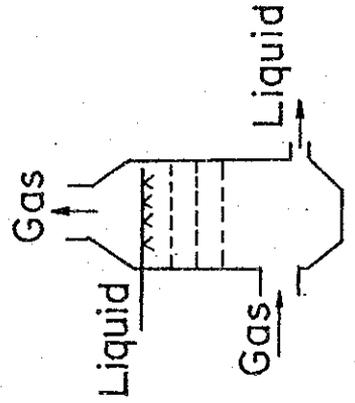
Spraying Tower



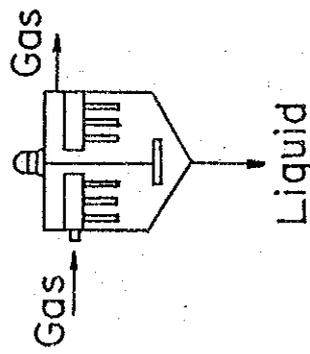
Venturi



Packed Tower

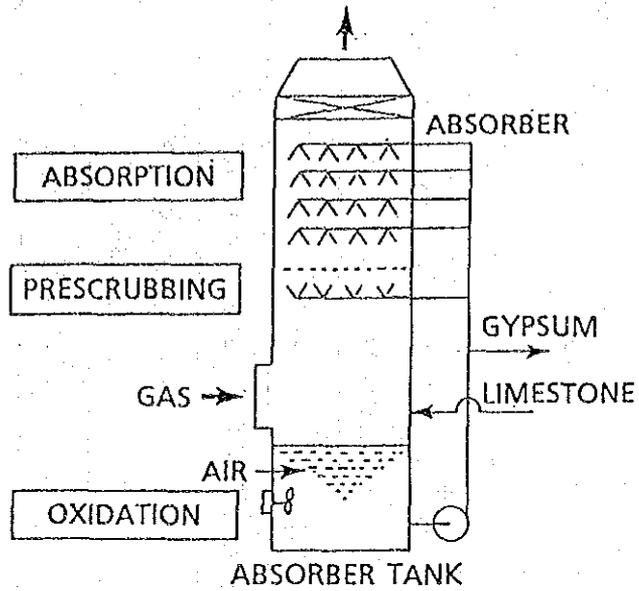


Porous Plate Tower

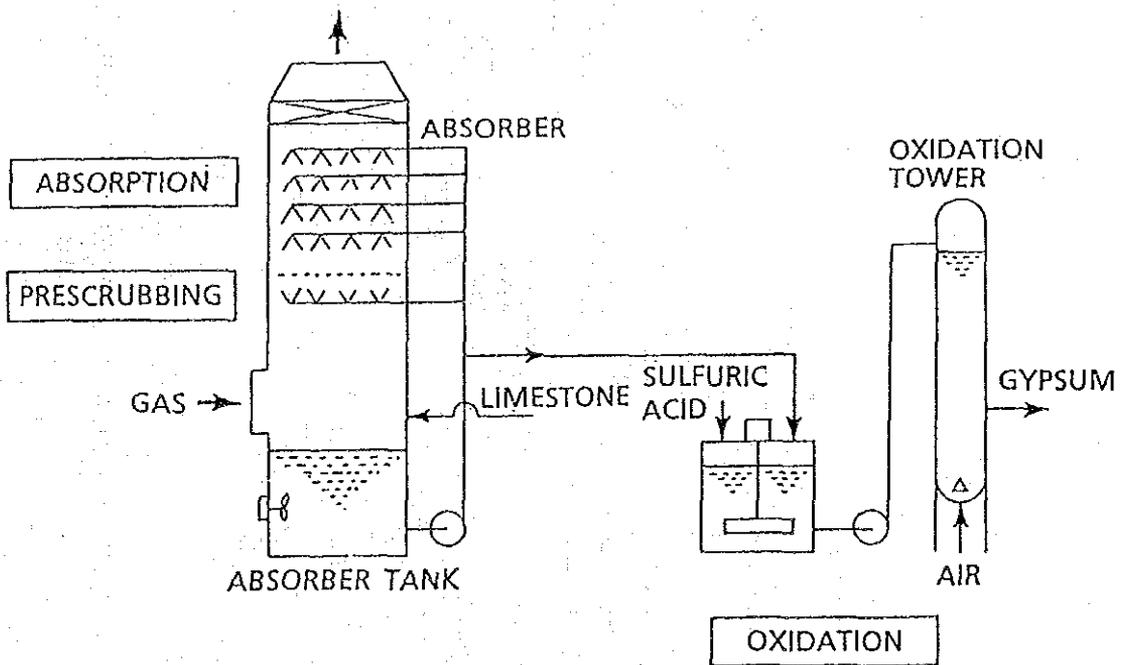


Jet Bubbling Reactor

Fig. 6.5-1. Typical Absorber Schemes Employed for FGD



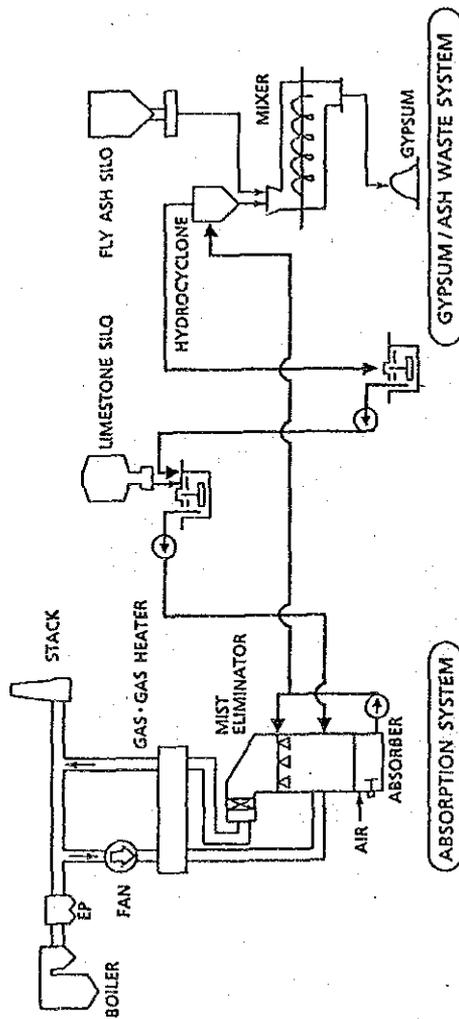
In situ forced oxidation (IFO) system



External forced oxidation (EFO) system

Fig. 6.5-2 Comparison of Oxidation System

NO.	PORTION	LINING MATERIAL
1	FLUE	HEAT RESISTANT GLASS FLAKE RESIN
	GGH~ ABSORBER INLET	
2	ABSORBER GAS INLET TANK UPPER ZONE	GLASS FLAKE RESIN
	SPRAY ZONE	
	MIST ELIMINATOR	GLASS FLAKE RESIN
3	TANK	GLASS FLAKE RESIN OR RUBBER
4	PIT	RESIN MORTAR
5	SLURRY PIPING	RUBBER



FLOW SHEET

Fig. 6.5-3 STANDARD LINING MATERIAL FOR WET LIMESTONE GYPSUM FGD SYSTEM

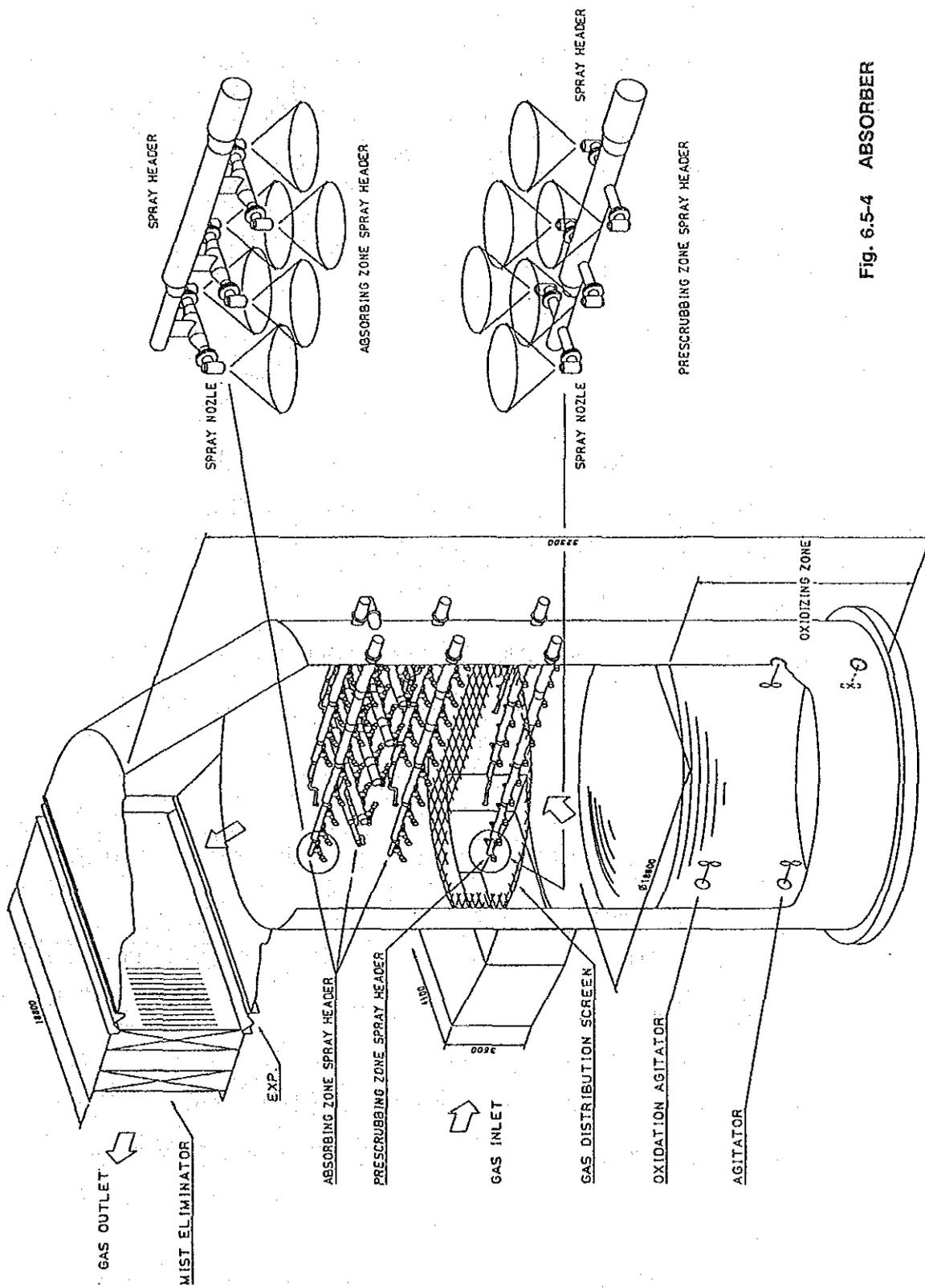


Fig. 6.5-4 ABSORBER

## 6.5.2 通風装置

### (1) 通風機位置

脱硫通風機（BUF）は、設置位置によって排ガスによる摩耗、腐食等の条件が異なるため、各位置でBUFに求められる性能、構造が異なってくる。

ガス再加熱装置に再生回転式ガス／ガスヒータ（GGH）を使用する場合、BUFの位置としてFig.6.5-5 に示すA～D位置の4つのケースが考えられる。

本設計ではガス条件がIDFと同等であり、BUF位置としての実績が多く、信頼の高い“A位置”を採用する。

各位置でのBUFの特徴は以下の通りであり、またTable 6.5-1 にBUFの各位置における比較を示す。

#### ① A 位置

A位置では、ガス温度が高く、実ガス量が多くなるため、BUFの容量は、A～D位置の中で最大となる。しかしながらBUFの腐食の問題は無く、耐摩耗性について考慮する必要はあるが材質は炭素鋼が使用でき、BUFの位置としては一般的で最も実績が多い。

再生回転式GGHを採用する場合、未処理ガスが処理ガス側へ多少リークする（Fig.6.5-5 においてaの流れとなる）ため、煙突側への未処理ガスリークは多い。

#### ② B 位置

B位置では、ガス温度がA位置よりも40～50℃程度低くなり、実ガス量が低下するため、BUFの容量は、A位置よりも小さくなる。

ガス温度が露点に近くなり、ガス中に含まれるSO<sub>3</sub>、HCl及びHFが凝縮し、BUFは腐食環境にさらされる。したがって、BUFの材質は高級ステンレス鋼の使用が必要となる。BUFの位置としては、実績が少ない。

再生回転式GGHを採用する場合、処理ガスが未処理ガス側へリークする（Fig.6.5-5 においてbの流れとなる）ため、煙突側への未処理ガスのリークは少ない。

### ③ C 位置

C位置では、ガス温度が最も低く（45～50℃）、実ガス量が最小となるため、BUFの容量はA～D位置中、最小となる。

ガス温度が低いため、処理ガス中に若干含まれる硫酸ミストによって強い腐食環境となる。したがって、BUFの材質は、超高級ステンレス鋼の使用が必要となる。BUFの位置としては、実績が少ない。

再生回転式GGHを採用する場合のガスリークの挙動は、B位置と同等である。

### ④ D 位置

ガス温度はB位置と同程度であり、ガス中の腐食性物質はB位置に比べて少ないが、湿度が高いため腐食に対して対策が必要となる。D位置のBUFの実績は日本では無い。

またD位置では、BUFが最も煙突に近づき、BUFの騒音が煙突から出ることになる。

再生回転式GGHを採用する場合のガスリークの挙動は、A位置と同等である。

## (2) 通風機型式

前述の通り、A位置におけるガス条件は、腐食性の雰囲気ではないため、BUF材質にB及びC位置のような特殊材質を使用する必要がなく、遠心式及び軸流式の両方とも採用が可能である。

Table 6.5-2 にBUF型式比較を示す。

遠心式は、構造がシンプルで保守・点検が容易であるが、コジェニツツエ発電所の誘引通風機（IDF）は軸流式が採用されていること、またBUFは排煙脱硫装置の中で最も消費電力の大きい機器であるため、消費電力の低減を考慮し、BUF型式は軸流式とする。



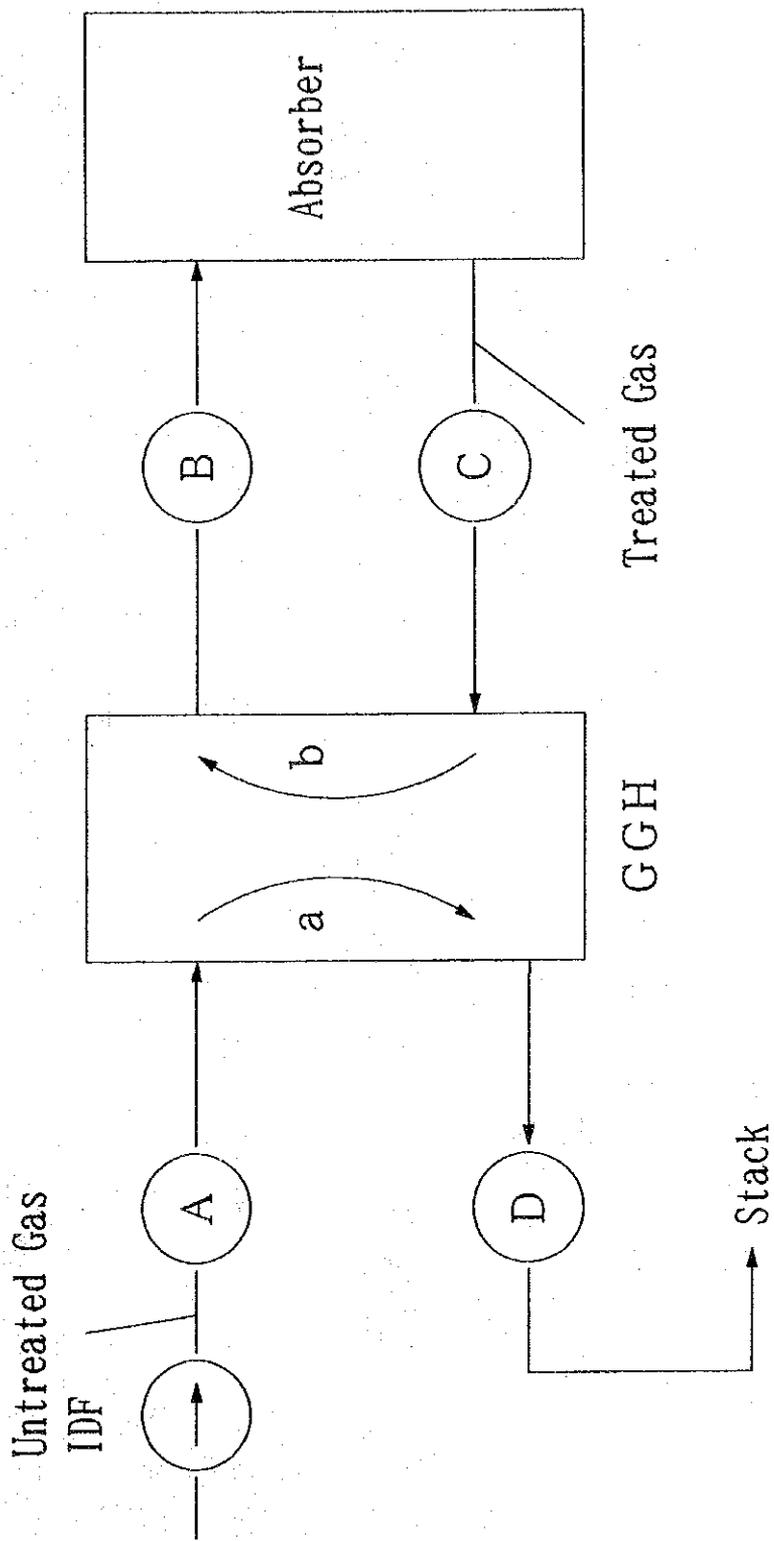


Fig. 6.5-5 Position of BUF and Gas Flow

Table 6.5-1 脱硫通風機の位置比較

	A 位置	B 位置	C 位置	D 位置
ガス温度 (°C)	114 - 130	80 - 100	45 - 50	80 - 90
ファン容量 (%)	100 (Base)	90	85	90
腐食	問題なし	SO <sub>2</sub> , HCl, HFによる腐食に対して対策が必要。	ガス温度が低く、ガス中の硫酸ミストによる腐食に対して対策が必要	ガス中の腐食性物質は、B位置に比べて少ないが、腐食に対して対策が必要。
摩耗	ダスト濃度が高くなければ問題ない。	同 左	吸収塔出口のダスト濃度が低くなるので問題ない。	同 左
ダスト付着	ガス温度が高いので、ほとんど問題ない。	SO <sub>2</sub> の凝縮によりダストが付着しやすい。	ダスト濃度は低い、湿ったダストが付着しやすい。	ダスト濃度が低く、ガス温度が比較的高いので、ほとんど問題ないものと考えられる。
煙突出口での騒音	問題なし	同 左	ほとんど問題なし	大きい
再生回転式GGHでの未処理ガスリーク率 (%)	5	1.5	1.5	5
ファン主要部材質	炭素鋼	高級ステンレス鋼	超高級ステンレス鋼	高級ステンレス鋼
実績	最も多い	少ない	少ない	—— (日本では採用実績なし)

Table 6.5-2 脱硫通風機の型式比較

	軸 流 式	遠 心 式
構 造	複 雑	シ ン プ ル
性 能	広範囲で高い効率が得られる。	軸流ファンに比べて部分負荷時の効率が低い。
耐 摩 耗 性	高いダスト濃度の場合、耐摩耗性は遠心式に比べて劣る。	高いダスト濃度の場合、耐摩耗性は、軸流式に比べて優れる。
保 守 ・ 点 検	遠心式に比べ、構造が複雑であり、保守・点検に時間と経験を要す。	構造がシンプルであり、保守・点検が容易
実 績	多 い	多 い
消 費 電 力	少 ない	多 い

### 6.5.3 再加熱装置

#### (1) 排ガス再加熱の目的

吸収塔で処理されたガスは、以下の理由により、再加熱を行う。

##### ① 煙突及びダクトの腐食防止

吸収塔出口の処理ガスは50℃程度の水分飽和ガスであり、わずかではあるが腐食性のミストを含んでいるので、処理ガスの温度を上昇させ、煙突及びダクトの腐食防止と内面へのスケーリング防止を図る。

##### ② 煙突の排ガス拡散効果の改善

排ガスの昇温によってガス流速と浮力が増加するため、有効煙突高さが高くなり、煙突の排ガス拡散効果が改善される。

#### (2) 再加熱方式の比較

排ガスの再加熱方式としては以下の方式が主に採用されているが、排煙脱硫装置用の再加熱装置として実績が多く、信頼性に優れ、ランニングコストの安価な再生回転式GGH方式とする。

- ① ガス/ガスヒータ (GGH) 方式
- 再生回転式
  - ノンリーク式

##### ② アフターバーナー方式

GGH方式では吸収塔入口ガス（高温側）と吸収塔出口ガス（低温側）との間で熱交換が行われ、吸収塔出口ガスが昇温される。

この熱交換で吸収塔入口ガス温度が低下し、吸収塔での蒸発水量が減少するため、吸収塔への補給水量が減少する。

一方、アフターバーナー方式では、吸収塔の後段に設けられたアフターバーナーにおいて、重油等の燃焼を行い、発生した高温ガスにより処理ガスを直接加熱する。吸収塔入口ガス温度がGGH方式に比べ高く、吸収塔での蒸発水量が多くなり、吸収塔への補給水量が多くなる。

Table 6.5-3 に両方式の比較を示す。

GGH方式は、アフターバーナー方式における重油等の燃料が不要であり、また吸収塔への補給水が低減できるため、再加熱方式としてGGH方式を採用するものとする。

GGH方式は、さらに再生回転式とノンリーク式に区分される。

再生回転式では回転するエレメントにより熱交換が行われるのに対し、ノンリーク式はヒートパイプによる熱交換、または熱媒体の循環により熱交換が行われる。

Table 6.5-4 に再生回転式とノンリーク式の比較を示す。

排煙脱硫装置用のGGHとしては、再生回転式が主に使われている。再生回転式は未処理側から処理側へのガス及びばい塵のリークが避けられない構造である。一方、ノンリーク式は、再生回転式のようなガス及びばい塵リークが無いので、排出規制値が非常に厳しい場合に採用されるが、コストは再生回転式にくらべ割高である。

コージェニツェ発電所の排出規制値の場合、ノンリーク式GGHを採用する必要が無い場合、ここでは経済的で信頼性の高い再生回転式を選定する。

### (3) GGHの計画性能

GGH出口処理排ガス温度が高いほど、より効果的なダクト及び煙突の腐食防止と大気中への排ガスの拡散効果が図れるが、反面、より大きなGGHが必要となり、コストが増加する。本計画では排ガス出口温度をダクト及び煙突の腐食等の問題が生じない80～90℃とする。また、メンテナンス等を考慮して、3基共同仕様のGGHを用いる計画とする。この場合、500MW機の場合処理排ガス温度は、90℃となり、200MW機の場合処理排ガス温度は80℃となる。

Table 6.5-5 にGGHの計画性能を示す。

Case-1は500MW機の入口条件また、Case-2は200MW機の入口条件においてCase-1のGGHを用いた場合のガスバランスである。

なお、GGH入口ガス温度は、BUFでの昇温分（4℃）を考慮した値である。

Table 6.5-3 GGHとアフターバーナーの比較

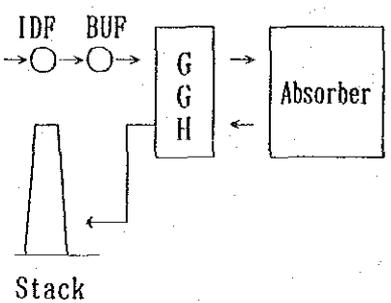
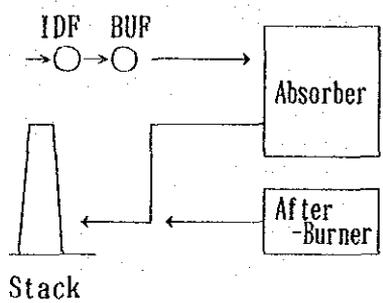
項目	方式 ガス/ガスヒータ (GGH)方式	アフターバーナー方式
1. 概略系統	 <p style="text-align: center;">Stack</p>	 <p style="text-align: center;">Stack</p>
2. 排ガス再加熱の方法	<p>未処理ガス（高温側）と処理ガス（低温側）との間で熱交換を行い、処理ガスを昇温する。</p>	<p>重油等の燃焼による高温ガスを処理ガスとダクト内で混合し、昇温する。</p>
3. 特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 吸収塔への補給水が節減できる。</li> <li>• 燃料は不要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 吸収塔への補給水量が多い。</li> <li>• 燃料として低S分油が必要</li> <li>• アフターバーナーの失火によるトラブルが生じやすく、運転に注意が必要</li> </ul>
4. 実績	<p style="text-align: center;">多い</p> <p>最近のプラントではほとんどがGGH方式を採用</p>	<p style="text-align: center;">少ない</p>

Table 6.5-4 再生回転式GGHとノンリーク式GGHの比較

	再生回転式GGH	ノンリーク式GGH	
		分離型ヒートパイプ式	熱媒体循環式
1. メカニズム	伝熱エレメントの回転により熱交換を行う。	ヒートパイプにより熱交換を行う。(自然循環)	熱媒体をポンプにより強制循環し、熱交換を行う。
2. 未処理側から処理側へのリーク	有	無	無
3. 動力源	必要	不要	必要
4. 停止時の腐食防止対策	不要	必要	必要
5. コスト	ベース	高い	高い
6. 実績	非常に多い  •ほとんどの脱硫装置が再生回転式GGHを使用	非常に少ない	非常に少ない

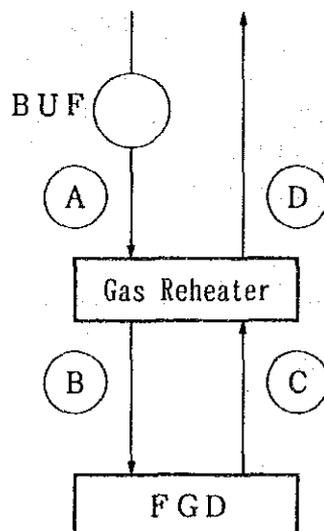
Table 6.5-5 GAS REHEATER PERFORMANCE DATA

CASE 1

Item	Location	A	B	C	D
	1. Gas Flow Rate (Wet) (m <sup>3</sup> N/h)		2,078,000	2,169,200	2,240,300
2. Gas Temp. (°C)		134	86	44	90

CASE 2

Item	Location	A	B	C	D
	1. Gas Flow Rate (Wet) (m <sup>3</sup> N/h)		2,042,500	2,131,100	2,180,500
2. Gas Temp. (°C)		118	79.5	43	80



#### 6.5.4 吸収剤貯蔵供給装置

湿式石灰石石膏法の吸収剤としては、細かな粉状の石灰石が用いられる。したがって、吸収剤貯蔵供給装置は粉体の性状を考慮して設計する必要がある。また、石灰石の反応性も排煙脱硫装置の設計上重要な項目である。

これらの事項を考慮し、吸収剤貯蔵供給装置は下記の設計とする。

##### (1) 石灰石の性状と受入方法

石灰石の性状は、現地調査で入手した石灰石のサンプル、及び日本において排煙脱硫装置の設計に使用されている値を考慮し、以下の通りとする。

・石灰石純度  $\text{CaCO}_3$  94%以上

・石灰石粒度 325 マッシュ 95%以上

コジェニツツェ発電所で入手した石灰石の反応性は、日本の排煙脱硫装置で標準的に用いられているものよりも良い反応性を示しており、装置の設計上問題のないものと思われる。

Fig. 6.5-6 に入手した石灰石の反応性を示す。

また、上記の性状を満たす粉状の石灰石がコジェニツツェ発電所近くのセメント会社から入手が可能であるため、石灰石は粉状のものを貨車またはタンクローリーで受入れるものとする。

##### (2) 排煙脱硫装置での石灰石消費量

排煙脱硫装置1基当りの石灰石消費量は概略以下の通りとなる。

石灰石消費量 : 9.6 t/h (500MW定格時)

##### (3) 装置の構成および容量

受入れた石灰石は、石灰石サイロに貯蔵される。石灰石サイロには石灰石の流動性を確保するためのエアレーション装置と、払出しのためのフィーダーを設ける。石灰石は、フィーダーを通して石灰石スラリーピットへ供給され、脱硫用水に溶解された後、石灰石スラリーとして吸収塔へ送られる。

石灰石サイロは、各排煙脱硫装置に1基ずつ設け、各サイロ貯蔵容量は、週末に受入を行わない場合を考慮して、3日分(630 $\text{m}^3$ /1基)とする。

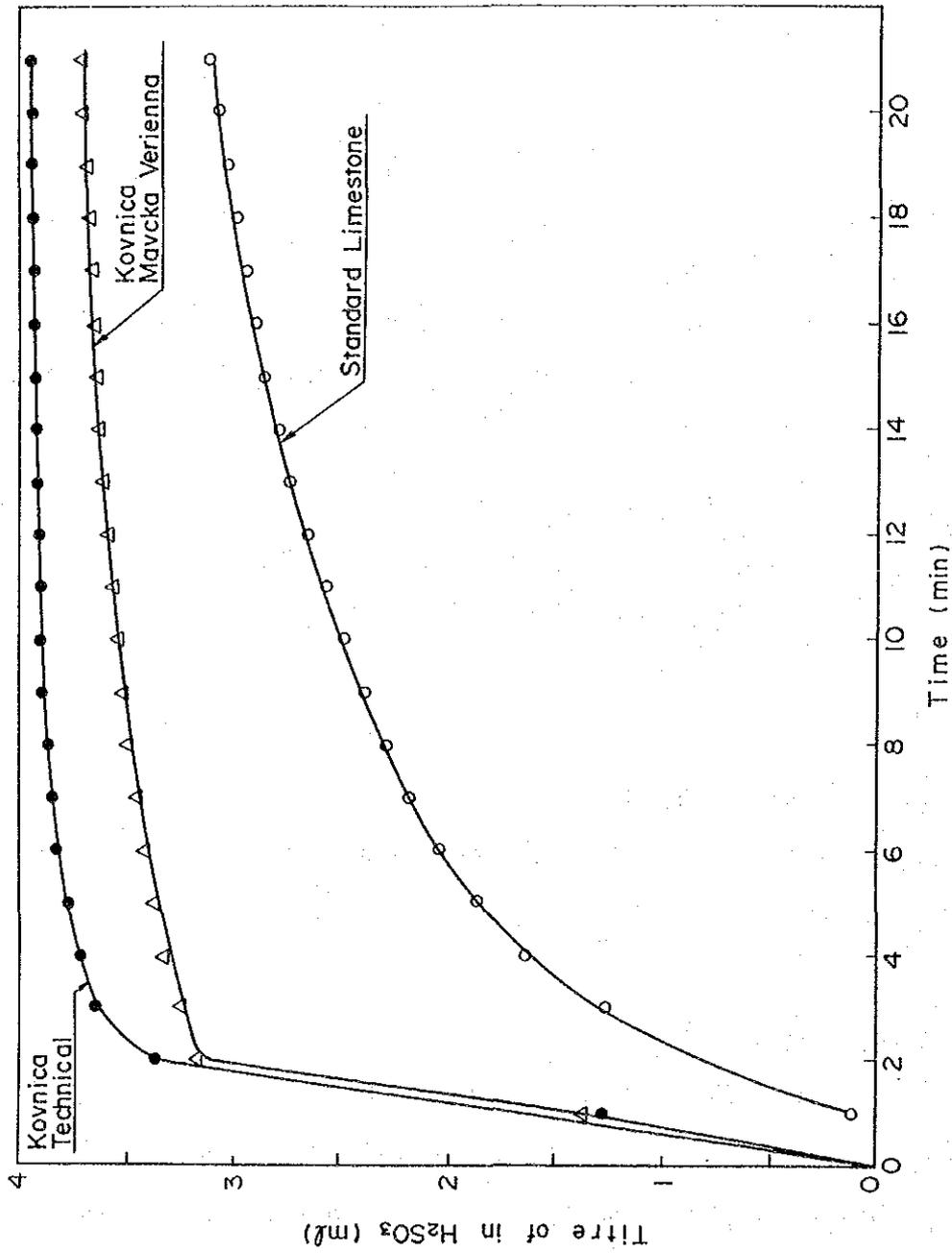


Fig. 6.5-6 STANDARD LIMESTONE REACTIVITY

## 6.5.5 副生品処理設備

### (1) 副生品処理方法

副生品の処理方法は、以下の理由により、副生品の石膏及びそれに随伴される排水とフライアッシュを混合し、灰捨て場へ捨てるものとする。この処理方法により、脱硫排水中の塩素は、石膏とフライアッシュで生成する硬化物中に固定される。

- ・コジェニッツェ発電所で使用している石炭中の塩素濃度が高く、高塩素濃度の脱硫排水を商業ベースで処理できる排水処理技術は、現在のところまだ確立されていない。
- ・ポーランド共和国では、副生品の石膏は商品価値が低い。

### (2) 混合割合

本計画での排煙脱硫装置1基当りの混合割合は以下の通りとする。

- ・フライアッシュ 約63 t/h
- ・石膏 約14 t/h
- ・排水 約26 t/h

副生品処理に必要なフライアッシュ量(年間)は、上記の混合割合で、排煙脱硫装置の利用率を57%(定格負荷で年間5,000時間運転相当)とした場合、次のようになる。

$$63\text{t/h} \times 5,000\text{h} \times 3\text{基} = 945,000\text{t/年} \cdot 3\text{基}$$

一方、コジェニッツェ発電所のフライアッシュ発生量と有効利用量は Table 6.5-6 に示した値となっている。

Table 6.5-6 より、プラント利用率が特に低い1990年を除いて現状では副生品処理に必要なフライアッシュ量は確保可能である。コジェニッツェ発電所では、1998年からのSO<sub>2</sub>排出規制強化までに200MW機、500MW機共、利用率を57%程度に上げる予定であるため、現状程度のフライアッシュ有効利用は排煙脱硫装置設置後も行うことができるものと予想される。

排水量は、吸収塔の項で述べたように、脱硫排水量を極力少なくするため、系内塩素濃度を40,000mg/ℓの設計として約26 t/hとする。(マテリアルバランス上では39,000mg/ℓ)

ここで示した混合割合は、F/S段階での概略値であり、また、場合によっては硬化

反応を促進させるため消石灰の添加（固形物に対して2%程度）が必要となる場合がある。したがって、詳細設計時には、実際の灰を使用したサンプルテストを行う必要がある。

### (3) 装置の構成および容量

吸収塔から抽出された石膏スラリーは、ハイドロサイクロンによってスラリー濃度35%まで濃縮される。ハイドロサイクロンで分離された水は、プロセス水として回収され、石灰石の溶解と吸収塔への補給水として再使用される。濃縮された石膏スラリーは、発電所構内でパグミキサーによりフライアッシュと混合され、約3km離れた灰捨場までコンベヤで輸送される。

副産品処理設備は、各排煙脱硫装置毎に設置する（ユニット方式）が、灰捨場までの輸送コンベヤは共通設備とする。

フライアッシュサイロは、フライアッシュ使用量が多く、また発電所内部よりの供給となるためサイロのコンパクト化を図り、貯蔵容量を1日分（約1,800m<sup>3</sup>）とする。

### (4) 副産品捨場

副産品捨場には降雨・降雪等により塩素成分が地中へ浸透することを防ぐため、捨場底面および側面に遮水シートを敷くものとする。なお、遮水シートの材質は塩化ビニール、合成ゴム、ポリエチレン等が考えられるが耐久性、施工性を考慮し、高密度ポリエチレンシート（厚さ1.5mm）とする。

副産品と混合用フライアッシュの量は年間で約150万m<sup>3</sup>であるので、捨場容量は12年分で約1,800万m<sup>3</sup>必要となる。また、その高さを26.5mとすると捨場必要面積は約81万m<sup>2</sup>（900m×900m）となる。

Fig. 6.5-7 に副産品捨場の概念図を示す。

Table 6.5-6 フライアッシュ発生量と有効利用量

	1987年	1988年	1989年	1990年
フライアッシュ発生量 (A)	1,539,936	1,255,534	1,272,468	934,427
有効利用量 (B)	228,155	234,699	227,606	155,393
灰捨量 (A-B)	1,311,781	1,020,835	1,044,862	779,034
プラント利用率 200MW機	59 %	54 %	55 %	52 %
(平均値) 500MW機	40 %	36 %	33 %	19.5 %

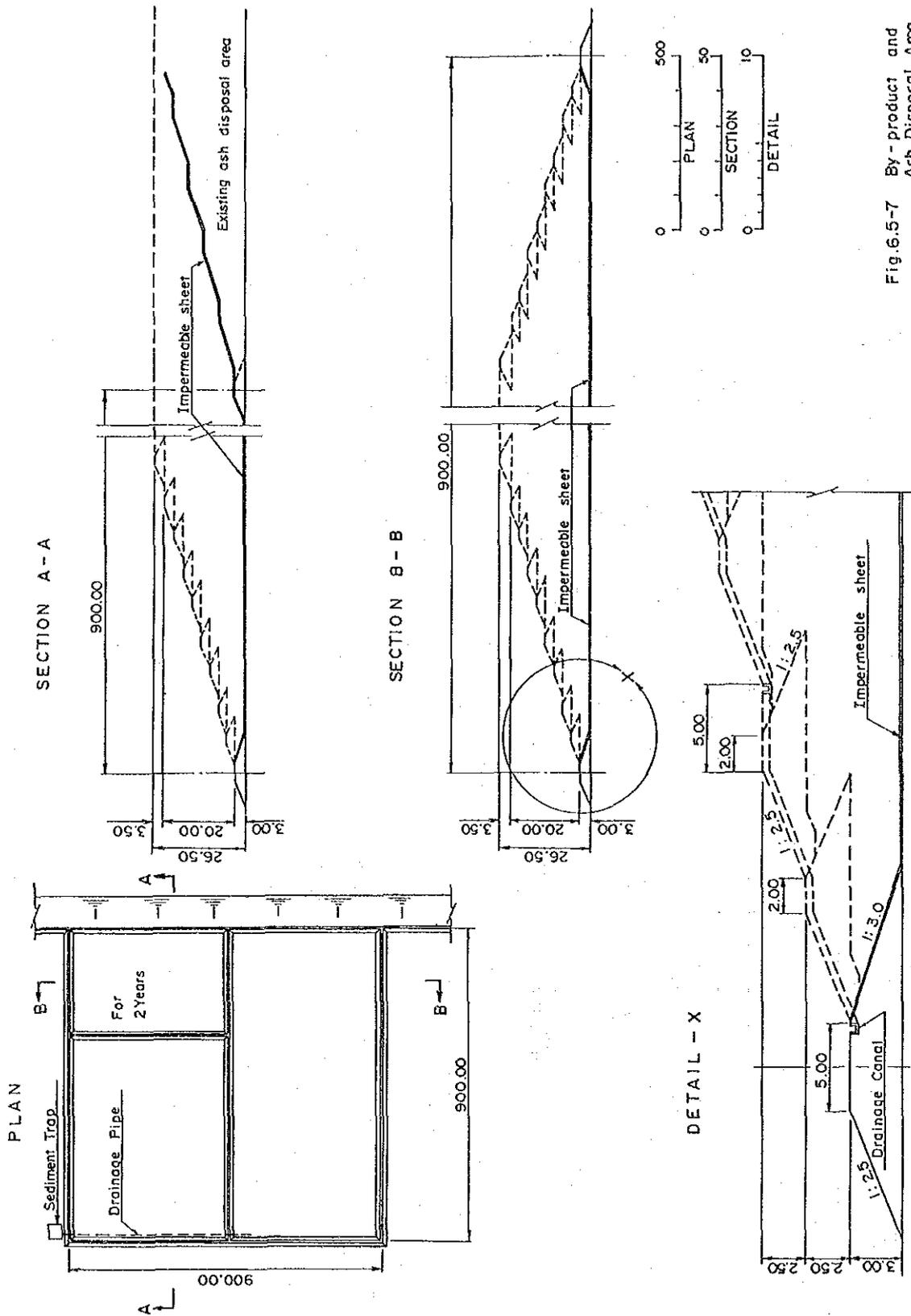


Fig. 6.5-7 By-product and Ash Disposal Area

### 6.5.6 取水・用水設備

排煙脱硫装置の用水としては、吸収塔への補給水、石灰石スラリー用水等のプロセス水及び各補機の軸受冷却水等が必要である。これらの脱硫用水は、排煙脱硫装置用の取水・用水設備を新たに設け全てヴィスワ川から取水して使用する計画とする。

#### (1) 排煙脱硫装置の必要水量

排煙脱硫装置1基当りの必要水量は、以下の通りとなる。

- ・プロセス水            82 t/h (マテリアルバランスより設定)
- ・補機冷却水            20 t/h

軸受冷却水量を低減するため、脱硫通風機本体軸受は空冷システムを採用するものとした。また、各補機の冷却水量(20 t/h)の内訳は概略以下の通りである。

- ・GGH材料ユニット    : 10 t/h
- ・脱硫通風機用電動機 : 2 t/h
- ・酸化用空気ブロワ    : 2 t/h
- ・コンプレッサー      : 6 t/h

#### (2) 脱硫用水の取水箇所

ヴィスワ川の水質は Table 4.3-10 に示すように、取水路側と放水路側の水質に大きな差がなく、どちらから取水しても水質の点からは問題ないが、脱硫用水の取水によって、発電プラントの運転に支障を来さぬよう、1～8号機の復水器冷却水放水路側より取水するものとする。

Fig. 6.5-8 に取水箇所(ポンプステーション)を示す。

#### (3) 機器構成

取水ポンプは3基の排煙脱硫装置に対し、常用1台、予備1台とする。

用水は、復水器冷却後の水であるので、比較的きれいであるが、固形物、浮遊物除去のためのオートストレーナ(20 mesh程度)を設ける。オートストレーナは、メンテナンスを考慮して2系列とし、取水箇所のポンプステーションは、凍結防止のため屋内設置とする。ポンプステーションより排煙脱硫装置までの配管は1系統とし、その後、各排煙脱硫装置へ分岐するものとする。

Fig. 6.5-9 に用水系統を示す。

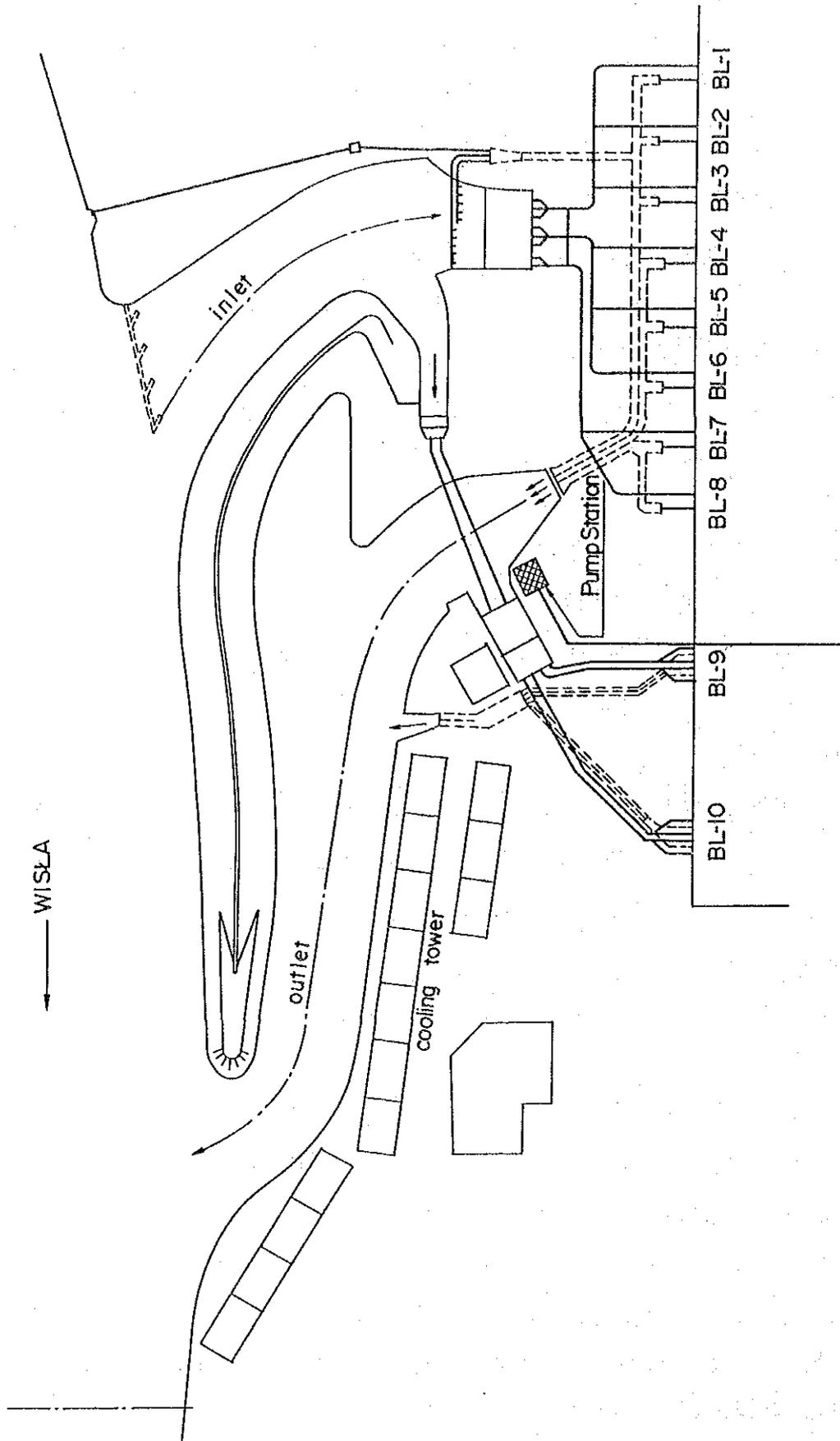


Fig.6.5-8 Location of Pump Station

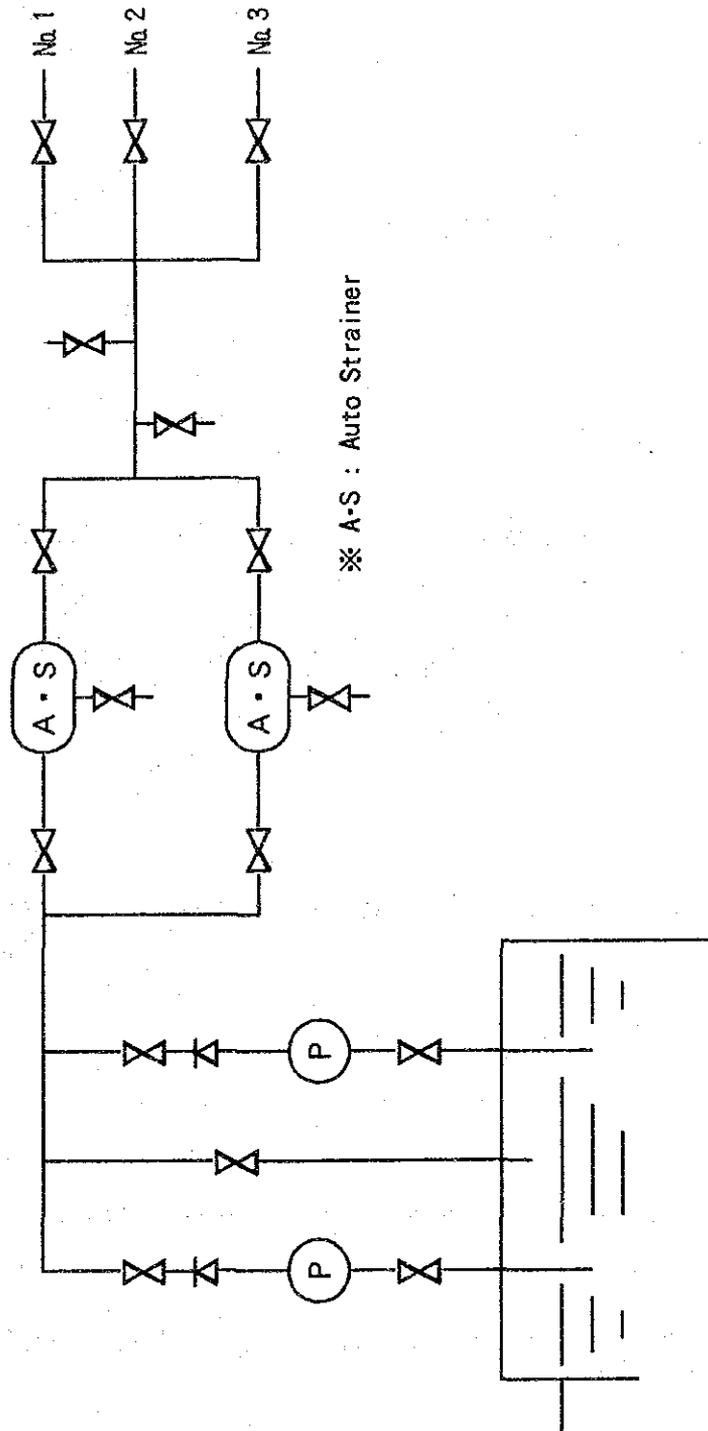


Fig. 6.5-9 Flow Diagram of Raw Water System

### 6.5.7 空気供給設備

排煙脱硫装置の空気としては、以下のものが必要である。

- ・酸化用空気
- ・制御用空気
- ・雑用空気
- ・その他

各空気源は既設設備の改造箇所を少なくすること、及び発電設備の停止を考慮し発電プラントとは独立した系統とし、設備の計画を行う。

#### (1) 酸化用空気供給設備

吸収塔下部の循環タンク内で酸化を行うために必要な酸化空気量は、排煙脱硫装置1基当り4,570 $\text{m}^3\text{N/h}$ である。

酸化空気用ブロワは、各排煙脱硫装置毎に常用1台を設け、3基の排煙脱硫装置に共通な予備機を1台設ける。

酸化空気用ブロワの仕様は、必要空気量と圧力を考慮して、90 $\text{m}^3/\text{min}$ 、0.8 $\text{kg}/\text{cm}^2\text{-g}$ とする。

#### (2) 制御用および雑用空気供給設備

排煙脱硫装置1基当りの必要な制御空気量と、雑用空気量は、概略以下の通りとなる。

- ・制御空気量 : 150 $\text{m}^3\text{N/h}$
- ・雑用空気量 : 190 $\text{m}^3\text{N/h}$

雑用空気は主としてサイロのエアレーションに用いられ、空気乾燥のための除湿装置が必要となる。また、制御用空気も除湿装置が必要であるため、本計画では、制御用と雑用空気源を共通とする。

制御用および雑用空気設備は、3基の排煙脱硫装置に対し2台設け、1台を常用、他を予備とする。

制御用及び雑用空気コンプレッサの仕様は、必要空気量と圧力を考慮して、1,020 $\text{m}^3\text{N/h}$ 、7 $\text{kg}/\text{cm}^2\text{-g}$ とする。

(3) その他空気供給設備

上記の空気供給設備の他、GGH及びダンパのシール用空気源として、3基の排煙脱硫装置に共通なシール空気ファン（常用1台、予備1台、 $190\text{m}^3/\text{min}$ 、 $700\text{mm H}_2\text{O}$ ）を設けるものとする。