

附録 1 排煙脱硫の情報

(1) 大気汚染は、工場および同種の商業施設から発生し、排出される汚染物例えば硫黄酸化物、窒素酸化物、浮遊粒子状物質、有害ガス、重金属ダスト等の物質により引き起される。

加うるに、上記の汚染物の2次汚染として発生するオキシダントの他、自動車から排出される一酸化炭素、NO_x、炭化水素、浮遊粒子状物質の様な汚染がある。

日本においては、これらの汚染物の排出を抑制する公害対策の導入がおくれ、大気汚染の規制はなかった。他方、急速な経済成長は都市部への産業および人口の集中化をもたらした。

日本の電気事業は、経済成長に呼応して発展した。水力発電所建設のための用地の確保がほとんど不可能となった現在、また原子力発電所建設が停滞したため、特に火力発電出力は著しい増加を示した。

したがって、火力発電設備の増加によって、すでに汚染されている大気にはばく大な浮遊粒子状物質と硫黄酸化物の排出する結果となった。

日本における火力発電所からの硫黄酸化物の排出抑制の過去の経緯および硫黄酸化物の汚染規制の方法を下記に記す。

1) 酸化物の抑制

人の健康を保護し、生活環境を保全する上で維持することが望ましく、汚染の抑制を目的とする多くの施政方針のための一般的な、また実際的目標となる環境基準として大気汚染防止基本法が1969年に制定された。

制定された基準は、Table 1に示す。

基準制定の際、政府は、この環境基準に到達する時期と方法に関する政令をも公布した。

この政令は、大気汚染の程度と方法の公布にしたがい、同基準を徐々に達成し維持することを目的とした。

この基準の成就のための必要な手段と達成時期についてはTable 2に示す。

Table 1に示すように硫黄酸化物に関する基準は1973年に改訂された。

改訂前の基準と改訂後の基準には大きな差異がある。

後者では、1日と1時間の両方の基準値が整備されているが、前者の基準は、1年間の平均値に基づいている。

これ等の改訂基準は、世界中で最も厳しいものであり、例えば、種々の大気汚染物に対する環境基準とアメリカ合衆国の基準との比較をTable 3に示す。

Table 1 新旧基準比較

1969年基準	1973年基準
<ol style="list-style-type: none"> 1. 年間を通じて、1時間値の年平均値が0.05ppmを超えないこと 2. 年間を通じて、1時間値の1日平均値が0.05ppm以下である日数が総日数に対し、70%以上維持されること 3. 年間を通じて、1時間値が0.1ppm以下である時間数が、総時間に対し、88%以上維持されること 4. 年間を通じて、1時間値が0.2ppm以下である時間数が、総時間に対し、99%以上維持されること 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 24時間における時間値の平均が0.04ppmを超えないこと 2. 1時間値は、0.1ppmを超えないこと

Table 2 1967年環境基準達成の努力

<ol style="list-style-type: none"> 1. 硫黄削減の対策の推進 <ol style="list-style-type: none"> a) 研究、開発および低硫黄原油と天然ガスの輸入の奨励 b) 重油と煙突排ガスに対する脱硫技術の促進と商業化 c) 重油と煙突排ガスに対する排煙脱硫設備設置の奨励 2. 汚染防止対策の全面実施 <ol style="list-style-type: none"> a) 汚染防止対策の計画と実施 b) 地方公共企業体に対する補助金 c) 土地の適正利用 d) 排出規制の強化 e) 監視体制の強化
--

Table 3 日本とアメリカ合衆国との環境基準の比較

物質	日本	アメリカ
浮遊粒子状物質	0.1mg/m ³ (24hrs)	0.075mg/m ³ (a year)
	0.2mg/m ³ (1hr)	0.26mg/m ³ (24hrs)
硫黄酸化物	0.04ppm(24hrs)	0.03ppm(a year)
	0.1ppm(1hr)	0.14ppm(24hrs)
一酸化炭素	1.0ppm(24hrs)	9ppm(8hrs)
	2.0ppm(1hr)	3.5ppm(1hr)
二酸化炭素	0.02ppm(24hrs)	0.05ppm(a year)
光化学オキシダント	0.06ppm(1hr)	0.08ppm(1hr)
炭化水素	※	0.24ppm(3hrs)

※ガイドライン：0.21～0.31ppm

(2) 排出規制

1) 排出基準の概要

排出基準は、汚染の量、または濃度の規制に基づいて設定されている。初期において、排出規制は、硫黄酸化物の量が硫黄酸化物拡散による稀釈効果の見地から煙突の高さによって規制する（K値規制）考えに基づいていた。

その後、硫黄酸化物の全量を規制する構想が導入され、K値規制と合わされ排出基準に編入された。

日本における排出基準は、排煙を発生する個々の工場もしくは事業場ごとに適用される。

数量規制の導入は、工業施設の重度の集中のため、K値規制のみでは効果があがらない地域において、合理的かつ組織的に環境基準を達成することを意図している。

この方式によると、当該地域に排出された汚染物の全許容量は、気象条件、排出源の状況等の種々の地域特性を組み合わせた汚染の類型予想技術を使用して計算できる。

日本において、硫黄酸化物の規制に関しては、汚染の程度によって現在2種類の地域に分類される。すなわち、1つの地域はK値により規制され、他の1つはK値と総量規制の両方の組合せにより規制される。

2) K値規制

硫黄酸化物に対する排出基準は次の拡散式を使用して、汚染の程度により各地域ごとに決められたK値を使用する。

$$q = K \times 10^{-3} H e^2$$

q: N m³/h 当りの硫黄酸化物の量

He : 有効煙突高さ(m)

上記により、K値が小さい程、規制はきびしい。

年々強化されるK値の必要値に合致するため、高煙突の建設、低硫黄燃料の使用、または、排煙脱硫設備の使用が必要となった。

加うるに、K値規制には、既設の施設が集中しており、汚染がすでに重度の地域に限り、新增設に対してよりきびしい特別の排出基準が設けられている。

その様な地域のK値は、Table 4のカッコ内に示す。

Table 4 硫酸化物の排出基準(K値)の加訂値

地域		年次							
		1968	1969	1971	1972	1973	1974	1975	1976
過密地域		20.4	11.7 (5.6)	11.7 (5.6)	7.01	6.42	3.5 (1.17)	3.0	3.0
その他の 汚染地域	I	26.3	12.8	12.8	7.59	7.59	4.67 (1.75)	3.5	3.5
	II	26.2	14.0	14.0	9.34	9.34	6.42	4.07	4.5

註：過密地域は東京、横浜、川崎等を含み、その他の汚染地域では千葉、市原等がIで、室蘭はIIである。

3) 総量規制

1974年、工業設備の重度の集中のため、従来の規制だけでは効果的でないことが立証された地域において、環境基準を合理的にかつ組織的に維持することを目的として総量規制が導入された。

この方式では、天候、排出源の状況等の地域特性を勘案した汚染の類型予想技術を使用して、特別な地域における許容排出総量が計算された。

総量規制地域として計算されている地域の数は今まで3倍に増加しており、その地域はすべてK値規制の第1地域、第2地域の範疇に含まれている。

総量基準の計算の基本式は、

$$Q = aW^b$$

Q : 総量基準 $N m^3 / h$

W : 重油換算の燃料消費量 kl / h

政府は個々の地域のaとbの数値を設定した。

これが適用される工場等には、慎重な考慮が払われる。

1時間当りの燃料消費量については、例えば、横浜では $1kl/h$ 以上、神戸では $0.3kl/h$

以上等。

新設の施設については次の式が適用される。

$$Q = aW^b + r a [(W + W_i)^b - W^b]$$

W_i : 建設中の施設における燃料消費量

r : 個々の地域に対して政府が決定した数値

(横浜で1/3、神戸で0.3)

(3) 最適プロセスの選定

まず、Lakhra石炭火力発電所に対する最適方式選定のための三種類のプロセス、すなわち石灰石/石膏回収法とカルシウムベース/廃棄法が比較のため選定された。このプロセスは運用信頼度が高く、日本においては、石灰石/石膏回収法は多くの実用の記録があるが、カルシウムベース/廃棄法は一般にアメリカで採用されている。この2つのプロセスは、簡単な方式で、運転・保守も簡単に実施できる。したがって、この2つのプロセスとも火力発電所に適し、また適するであろうとすることができる。

2つのプロセスの経済比較の結果を以下に示す。

項目 \ 方式	石灰石/石膏回収法	カルシウムベース/廃棄法
建設費	2.92百万Rs.	2.05百万Rs.
発電単価に占める F. G. D. コスト	7.0 Paisas	6.5 Paisas

石灰石/石膏回収法の建設費はやや割高であるが、副成品として石膏の売却の利益が期待される。

発電単価に占める排煙脱硫設備のコストに関しては、石灰石/石膏回収法の場合がやや高い。前述の比較の結果、2つのプロセスには殆んど差がないことが判明している。

国産の資源として使用されるであろう石灰石や石膏の有効利用のため、石灰石/石膏回収法が望ましい。

(4) 50%容量の排煙脱硫設備の設置

硫酸化物に関するアメリカ合衆国の環境基準を参考にすると、排煙の50%容量を処理する次の排煙脱硫設備を設置すれば前述の基準に示す規制値に適合する。

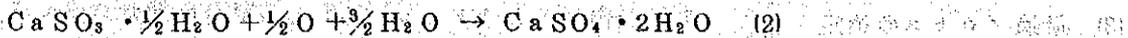
区分	亜硫酸ガス最大着地濃度	出現距離
排煙脱硫装置なし	0.144 ppm	13.9 km
50%容量の排煙脱硫装置設置	0.079 ppm	13.9 km

(5) プロセスの概要

石灰石/石膏回収法は以下の通り。

1) 吸収工程

まず、ボイラからの排煙は、脱塵塔に送られ、そこで洗浄によりガスは脱塵される。脱塵後、排ガスは6条の噴射ノズルのある吸収塔に導かれ、亜硫酸ガスが除去される。吸収塔で、排ガス中の亜硫酸ガスは吸収液と反応して亜硫酸カルシウムに転化する。しかし、少量は亜硫酸カルシウムの酸化反応で、吸収塔の中で硫酸カルシウムをつくる。そして吸収液と排ガス中の無水硫酸と反応する。それ等の反応は、



排ガスに含んだ水滴はミスト除去装置のブレードに衝突することにより除去される。

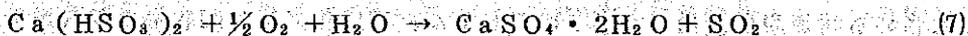
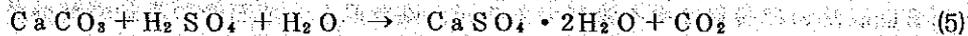
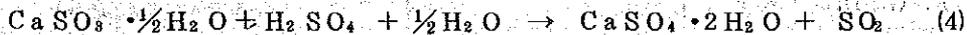
ミストセパレーターは、閉塞とスケール附着を防止するため、新しい給水と、シクナーの中で分離された母液と呼ばれる液体（以下MLと呼ぶ）の両方で断続的に洗浄される。

ミストセパレーターを通過した清浄なガスは適当な温度に昇温され、煙突から排出される。

2) 石膏製造工程

亜硫酸カルシウム、硫酸カルシウム、炭酸カルシウムを含んだ抽出スラリーは、吸収塔からPH調整塔に移送され、そこで亜硫酸カルシウムの酸化のための最良の条件を維持できるよう、スラリーのPH値は少量の硫酸で調整され、その後、酸化塔に導入され、そこで石膏を製造するためエヤブローによる強制酸化が行なわれる。

化学反応は、



酸化塔から出て、シクナーで約20%に濃縮された濃縮スラリーを遠心分離機で脱水して石膏が製造され、倉庫に貯蔵される。

3) 吸収剤工程

サイロに貯蔵されている炭酸カルシウムのような吸収剤は、ピットの中で約1.5%のスラリーになるよう母液と混合される。排ガスの中で吸収された亜硫酸ガスのモル数にはほぼ等しい吸収剤の量が自動的に供給され、亜硫酸ガスの濃縮後、ガス容量と吸収剤スラリー濃度が測定される。

4) 排水処理工程

不純物の堆積および塩素による材料の腐食を防止するため、母液の一部は、環境保全のため処理された後、系外に排出される。

Fig. - 1

FLUE GAS DESULFURIZATION, LIME STONE - GYPSUM RECOVERY PROCESS

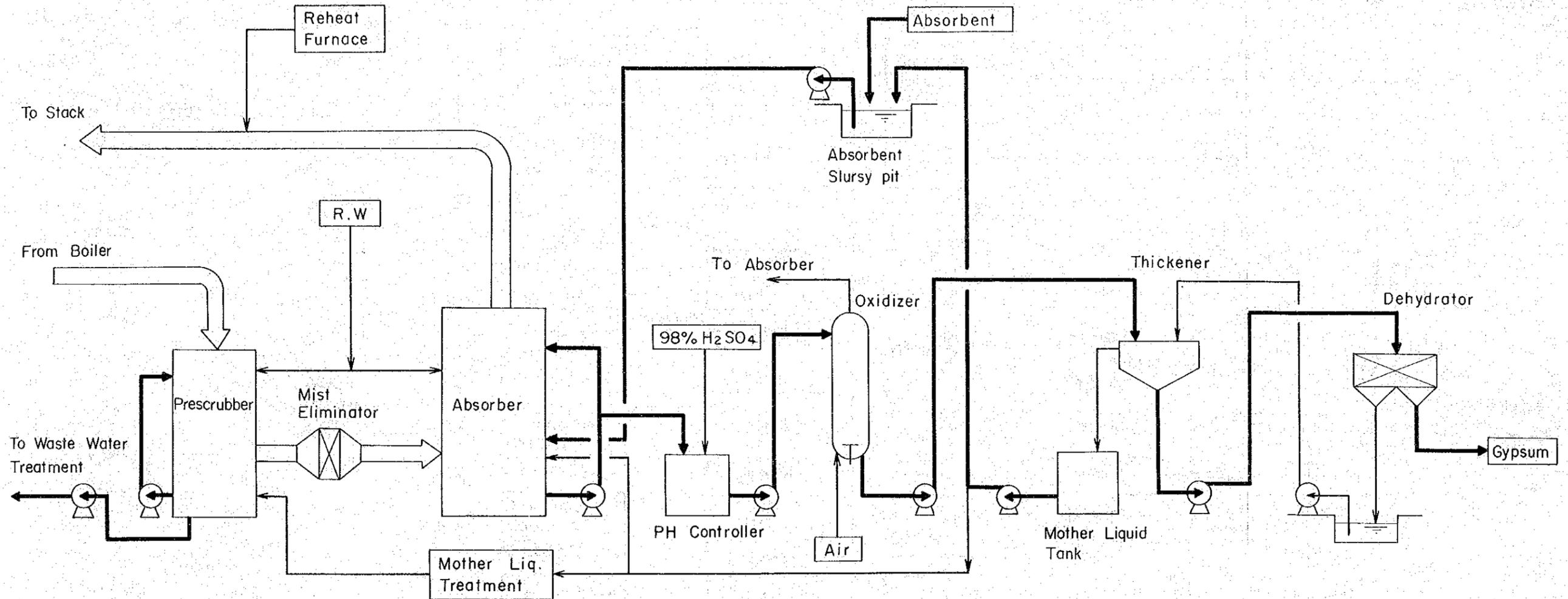


Table - 5

Classification of Wet F G D Processes

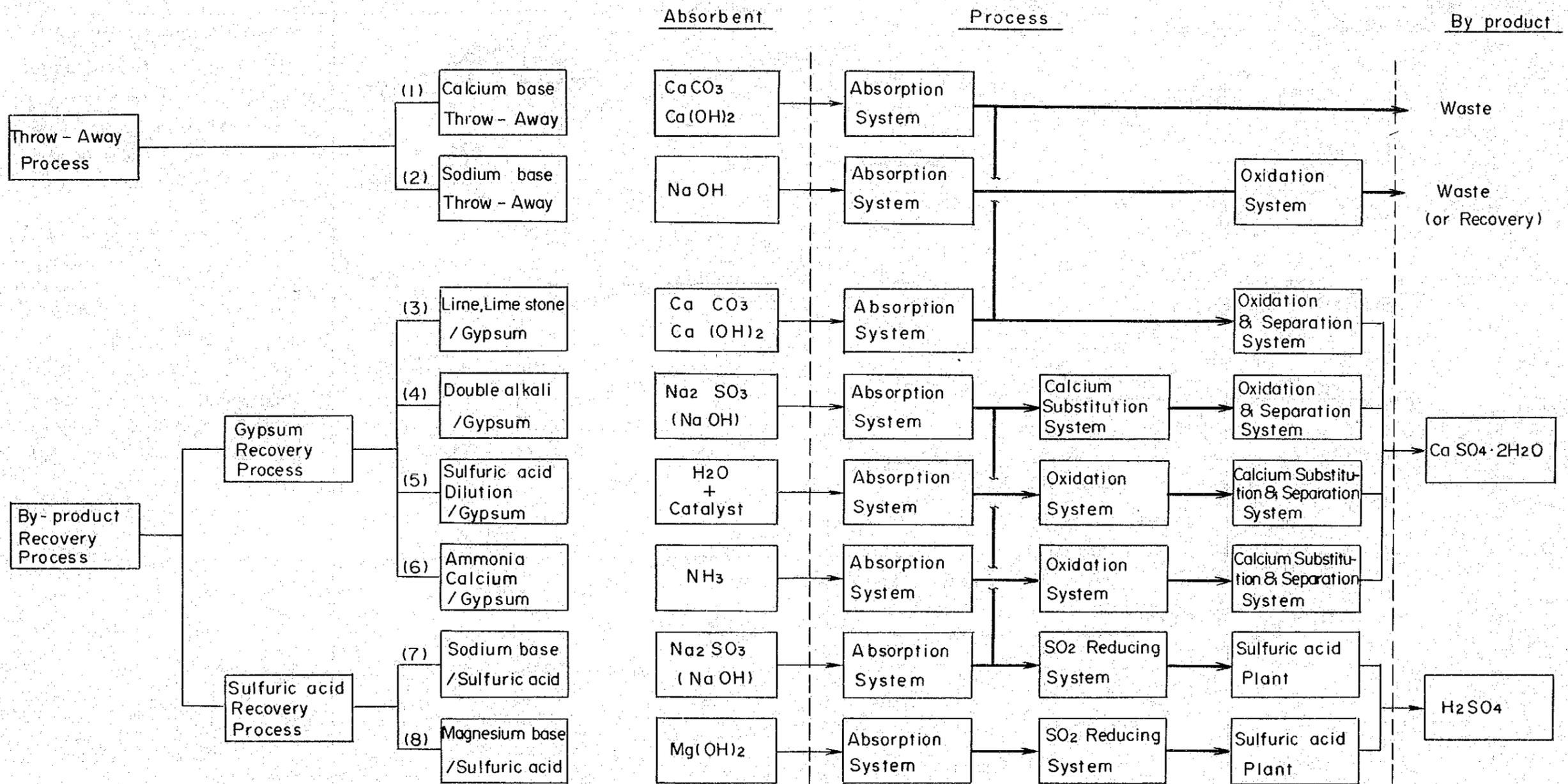
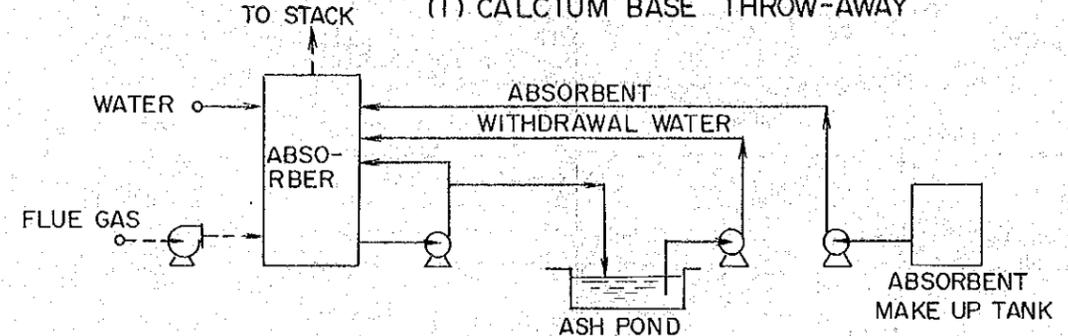
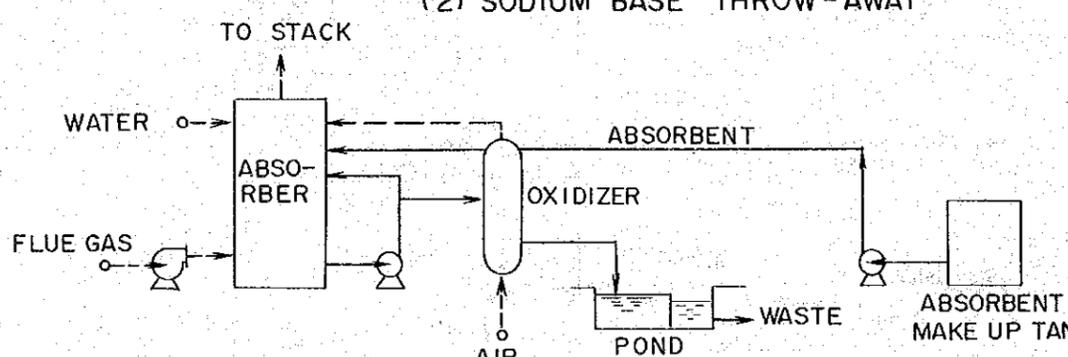
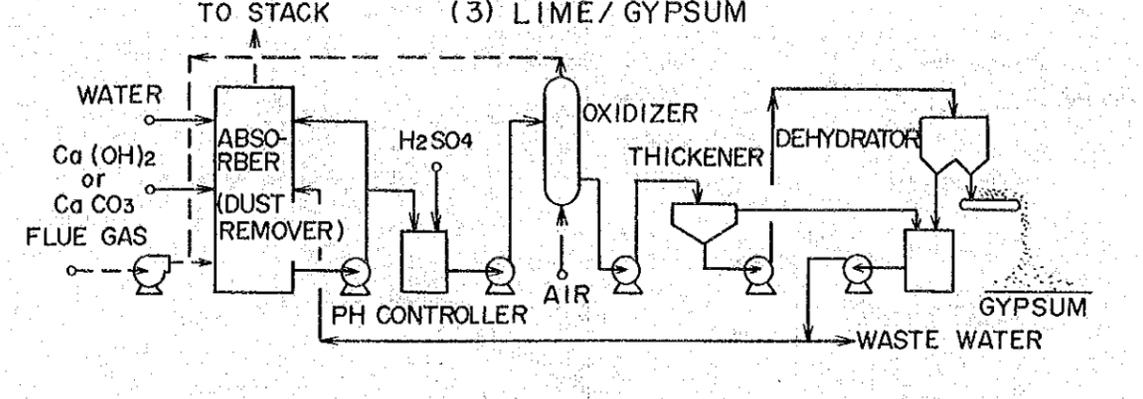
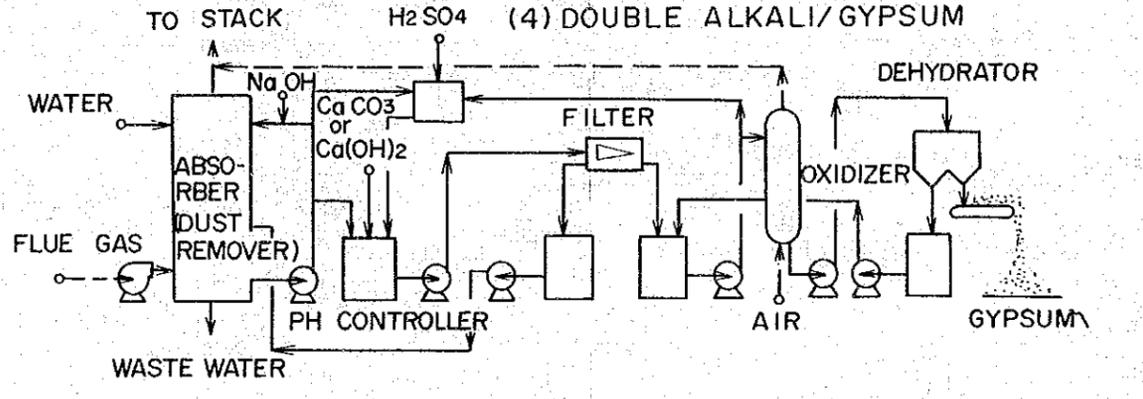
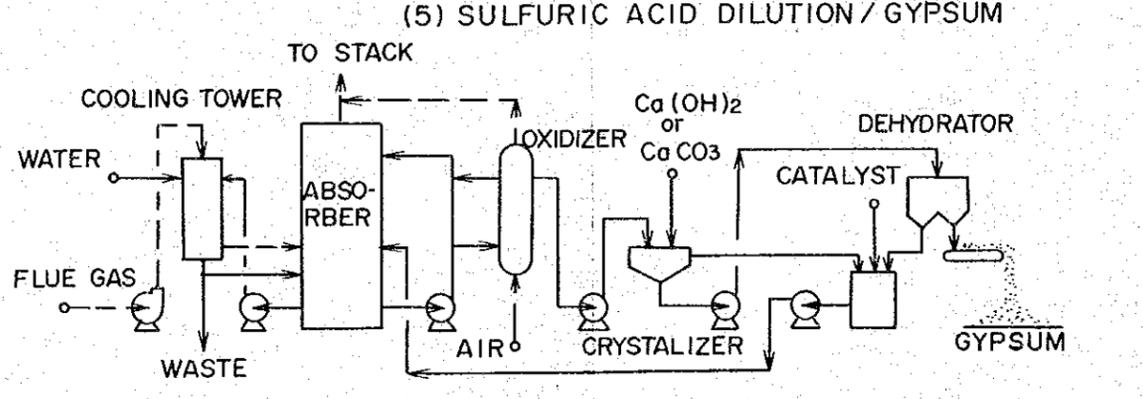
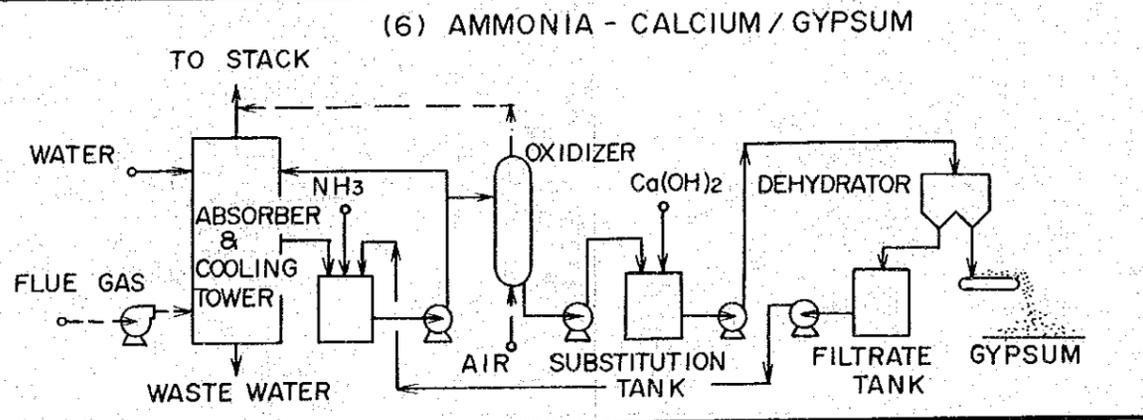


Table - 6 Description of Wet F G D Processes

	Process	Main Reactions.	Flow Chart
Throw - Away Process	<p>(1) Calcium base / Throw - Away Sulfur dioxide reacts on limestone or calcium hydroxide resulting in the production of calcium sulfite which is thrown away to ash pond.</p>	$\begin{array}{c} \text{SO}_2 \\ \downarrow \\ \text{CaCO}_3 \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} \text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O} \\ \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \end{array} \rightarrow \text{Waste}$ <p>or</p> $\begin{array}{c} \text{SO}_2 \\ \downarrow \\ \text{Ca(OH)}_2 \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} \text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O} \\ \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \end{array} \rightarrow \text{Waste}$	<p>(1) CALCIUM BASE THROW-AWAY</p> 
	<p>(2) Sodium base / Throw - Away Sulfur dioxide reacts on caustic soda resulting in the production of sodium sulfite. By airing it Glauber's salt is produced and thrown away.</p>	$\text{NaOH} \xrightarrow{\text{SO}_2} \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}_2\text{SO}_3 \xrightarrow{\text{O}_2} \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Waste}$	<p>(2) SODIUM BASE THROW-AWAY</p> 

	Process	Main Reactions	Flow Chart
Gypsum Recovery Process	<p>(3) Lime, Limestone / Gypsum</p> <p>Sulfur dioxide reacts on limestone or calcium hydroxide resulting in the production of calcium sulfite. By airing it gypsum is produced.</p>	$\text{Ca CO}_3 \xrightarrow{\text{SO}_2} \text{Ca SO}_3 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ <p style="text-align: center;">or</p> $\text{Ca (OH)}_2 \xrightarrow{\text{SO}_2} \text{Ca SO}_3 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Ca SO}_3 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{O}_2} \text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	<p style="text-align: center;">(3) LIME / GYPSUM</p> 
	<p>(4) Double Alkali / Gypsum</p> <p>Sulfur dioxide reacts on sodium's sulfite resulting in the production of hydrogen sulfite. By adding lime to it calcium sulfite is produced, and by airing it gypsum is produced.</p>	$\text{Na}_2 \text{SO}_3 \xrightarrow{\text{SO}_2} \text{Na HSO}_3$ $\text{Na HSO}_3 + \text{Ca CO}_3 \rightarrow \text{Ca SO}_3 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2 \text{SO}_3 + \text{CO}_2$ <p style="text-align: center;">or</p> $\text{Na HSO}_3 + \text{Ca (OH)}_2 \rightarrow \text{Ca SO}_3 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2 \text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Ca SO}_3 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{O}_2} \text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	<p style="text-align: center;">(4) DOUBLE ALKALI / GYPSUM</p> 
	<p>(5) Sulfuric Acid Dilution/Gypsum</p> <p>Sulfur dioxide is absorbed by water containing a catalyst resulting in the production of sulfurous acid. By airing it sulfuric acid is produced. By adding lime to the acid, gypsum is produced.</p>	$\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{SO}_2} \text{H}_2\text{SO}_3 \xrightarrow[\text{(Cat)}]{\text{O}_2} \text{H}_2\text{SO}_4$ $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ca CO}_3 \text{ or } \text{Ca (OH)}_2 \rightarrow \text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	<p style="text-align: center;">(5) SULFURIC ACID DILUTION / GYPSUM</p> 
	<p>(6) Ammonia Calcium/Gypsum</p> <p>Sulfur dioxide reacts on ammonia water resulting in the production of sulfite (hydrogen sulfite). By airing it ammonia sulfate is produced, and by adding lime to it gypsum is produced.</p>	$\text{NH}_3 \xrightarrow{\text{SO}_2} \left\{ \begin{array}{l} \text{(NH}_4\text{)}_2 \text{SO}_3 \\ \text{NH}_4 \text{HSO}_3 \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{O}_2} \text{(NH}_4\text{)}_2 \text{SO}_4$ $\text{(NH}_4\text{)}_2 \text{SO}_3 + \text{Ca (OH)}_2 \rightarrow \text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3$	<p style="text-align: center;">(6) AMMONIA - CALCIUM / GYPSUM</p> 

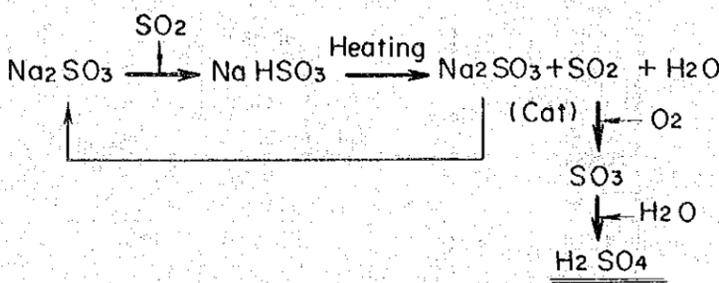
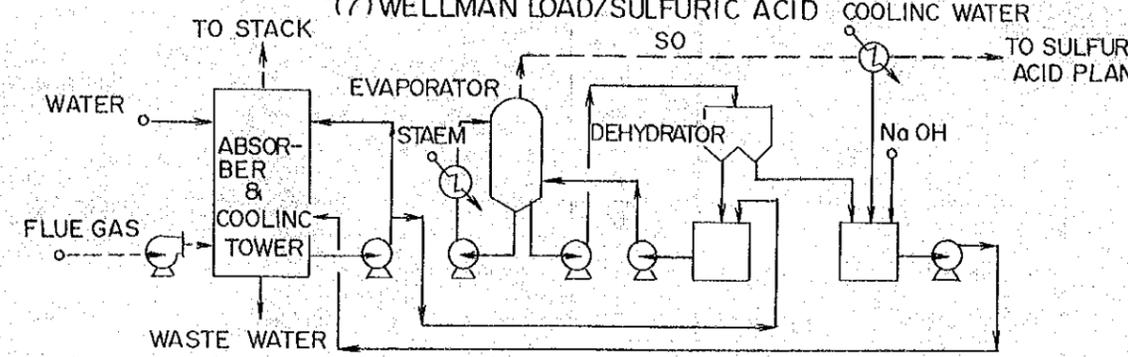
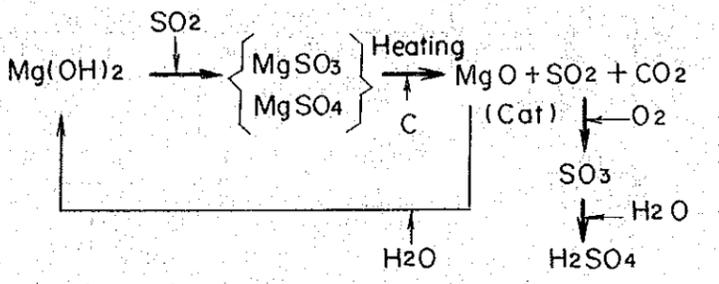
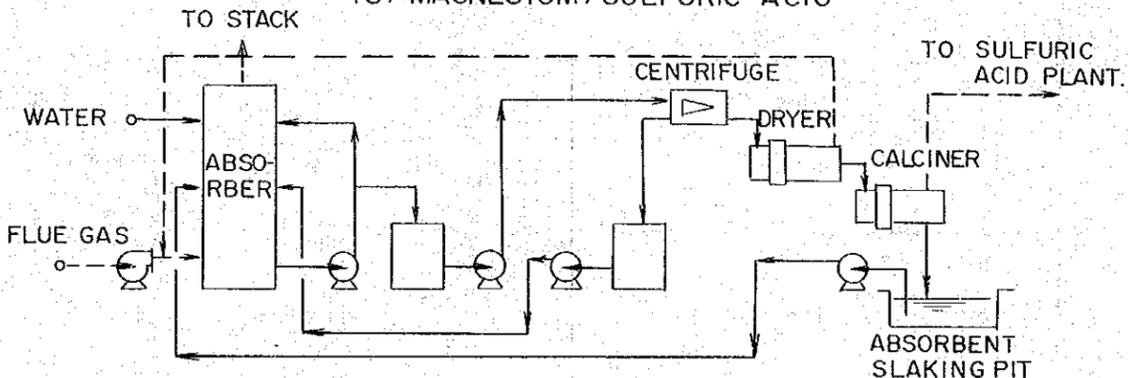
	Process	Main Reactions	Flow Chart
	<p>(7) Sodium base/Sulfuric Acid</p> <p>Sulfur dioxide reacts on sodium sulfite resulting in the production of Sodium bisulfits. By heating it sodium sulfite and sulfur dioxide are recovered. The former is used again in the first process while sulfuric acid is produced from the latter.</p>		
	<p>(8) Magnesium base/Sulfuric Acid</p> <p>Sulfur dioxide reacts on magnesium hydroxide resulting in the production of magnesium sulfite. By heating it magnesium oxide and sulfur dioxide are recovered. The former is used again in the first process after adding water. From sulfur dioxide sulfuric acid is produced.</p>		

Table - 7 Desulfurization Installations in The Electric Utilities of Japan

Power Company	Desulfurization Process	Maker	Power plant	Unit	Out put (MW)	Fuel	Start - up	Gas Volume (Nm ³ / H)	Capacity (%)	Efficiency (%)	Remarks
E P D C	Wet, Limestone - Gypsum	Mitsui Miike Machinery	Takasago	1	250	Coal	1975 - 2	840.000	100	93.3	E P D C: Electric power Deveopment Co.Ltd. I H I ; Ishikawajima - Harima Heavy Industries Co, Ltd.
		Mitsui Miike Machinery	Takasago	2	250		1976 - 3	840.000	100	93.3	
		I H I	Isogo	1	265		1976 - 3	900.000	100	90	
		I H I	Isogo	2	265		1976 - 6	900.000	100	90	
		Babcock - Hitachi K.K	Takehara	1	250		1977 - 2	852.000	100	94.2	
		IHI,Mitsui Miike Mochinery	Matsushima	1	500		1980 - 1	1.300.000	75	95	
		Babcock - Hitachi K.K Mitsui Miike Machinery	Matsushima	2	500		1980 - 7	1.300.000	75	95	
Hokkaido	Wet, Limestone - Gypsum	Babcock - Hitachi K.K	Date	1	350	H&C Oil	1978 - 12	260.000	25	90	
		Babcock - Hitachi K.K	Tomakomai-Shigashi	1	350	Coal	1980 - 8	610.000	50	90	
Tōhoku	Wet, Limestone - Gypsum	Mitsubishi Heavy Industries	Hachinohe	4	250	Heavy Oil	1974 - 2	380.000	50	90	tie up with Kureha chemical Industries Wellman - Load
		Mitsubishi Heavy Industries	Higashi-Niigata	1	600		1976 - 6	420.000	25	90	
	Wet, Double Alkali-Gypsum	Kawasaki Heavy Industries	Shin - Sendai	2	600		1974 - 3	420.000	25	96	
	Wet, Sodium-Sulfuric Acid	Mitsubishi-Kakoki Kaisha	Niigata	4	600		1977 - 3	760.000	50	90	
	Wet, Double Alkali-Gypsum	Kawasaki Heavy Industries	Akita				1977 - 9	1.050.000			
Tokyo	Dry, Active Carbon	Babcock - Hitachi K.K	Kashima	3	600	Heavy Oil	1972 - 7	420.000	25	80	
	Wet, Limestone - Gypsum	Mitsubishi Heavy Industries	Yokosuka	1	265		1974 - 1	400.000	50	90	
Chubu	Wet, Sodium-Sulfuric Acid	Mitsubishi-Kakoki Kaisha	Nishi- Nagoya	1	220	Heavy Oil	1973 - 5	620.000	100	90	
	Wet, Lime - Gypsum	Mitsubishi Heavy Industries	Owase - Mita	1	375		1976 - 3	1.200.000	100	90	
		Mitsubishi Heavy Industries	Owase - Mita	2	375		1976 - 5	1.200.000	100	90	
Hokuriku	Wet, Sulfuric Acid Dilution - Gypsum	Chiyoda chemical Eng. & Construction Co.,Ltd.	Toyama - Shinkō	1	500	Heavy & Crude Oil	1974 - 10	750.000	50	90	
			Fu kui	1	350		1975 - 6	1.050.000	100	96	
Kansai	Wet, Lime - Gypsum	Mitsubishi Heavy Industries	Amagasaki-Higashi	2	156	Heavy Oil	1972 - 3	100.000	25	90	Additional Indstallation
		Mitsubishi Heavy Industries	Kainan	4	600		1973 - 12	400.000	25	90	
		Mitsubishi Heavy Industries	Amagasaki-Higashi	2	156		1975 - 1	375.000	75	90	
	Wet, Lime stone-Gypsum	Babcock - Hitachi K.K	Osaka	3	156		1975 - 3	500.000	100	90	
		Babcock - Hitachi K.K	Osaka	2	156		1975 - 12	500.000	100	90	
	Wet, Lime - Gypsum	Mitsubishi Heavy Industries	Amagasaki-Higashi	1	156		1976 - 10	475.000	100	90	
	Wet, Lime stone - Gypsum	Babcock - Hitachi K.K	Osaka	4	156		1976 - 10	500.000	100	90	
Chūgoku	Wet, Lime stone - Gypsum	Babcock - Hitachi K.K	Mizushima	2	156	Heavy Oil	1974 - 4	310.000	66	80	
		Babcock - Hitachi K.K	Tamashima	3	500	Heavy & Crude Oil	1975 - 7	1.460.000	100	96	
		Babcock - Hitachi K.K	Tamashima	2	350	1976 - 3	1.000.000	100	96		
		Mitsubishi Heavy Industries	Shimonoseki	2	400	Heavy Oil	1977 - 4	1.200.000	100	90	
Shikoku	Wet, Double Alkali-Gypsum	Kawasaki Heavy Industries	Anan	3	450	Heavy Oil	1975 - 8	1.260.000	100	97	tie up with Kureha chemical Industries
		Kawasaki Heavy Industries	Sakaide	3	450		1975 - 10	1.260.000	100	97	
Kyushu	Wet, Lime stone - Gypsum	Mitsubishi Heavy Industries	Karita	2	375	Heavy Oil	1974 - 6	550.000	50	90	tie up with Kureha chemical Industries
		Mitsubishi Heavy Industries	Karatsu	2	375		1976 - 3	570.000	50	90	
		Mitsubishi Heavy Industries	Ainoura	1	375		1976 - 4	730.000	75	90	
		Mitsubishi Heavy Industries	Ainoura	2	500		1976 - 5	730.000	50	90	
		Mitsubishi Heavy Industries	Karatsu	3	500		1976 - 6	730.000	50	90	
	Wet, Double Alkali-Gypsum	Kawasaki Heavy Industries	Buzen	1	500		1977 - 12	736.000	50	90	
Others	Wet, Lime - Gypsum	Mitsubishi Heavy Industries	Mizushima - Kyodo	5	156	Heavy Oil	1976 - 1	611.000	100	90	
	Wet, Limestone - Gypsum	Mitsubishi Heavy Industries	Niigata - Kyodo	1	350		1976 - 1	530.000	50	90	
		Mitsubishi Heavy Industries	Niigata - Kyodo	2	350		1977 - 3	530.000	50	90	
		Mitsubishi Heavy Industries	Sakata - Kyodo	1	350		1977 - 10	1.100.000	100	90	
		Mitsubishi Heavy Industries	Sakata - Kyodo	2	350		1978 - 10	1.100.000	100	90	
		I H I	Sumitomo - Kyodo	3	156		1975 - 12	450.000	100	90	
		Mitsubishi Heavy Industries	Fu kui - Kyodo	1	250		1978 - 8	750.000	100	95	
		Mitsubishi Heavy Industries	Kashima-Minami-Kyodo	2	—		1976 - 9	431.000	—	90	
Wet, Sulfuric Acid Dilution Gyp	Chiyoda chemical E & C	Toyama - Kyodo	1	250	1975 - 9	750.000	100	92.5			

Table - 8

Features of F G D Processes

F G D Process		Characteristics of Process	Manufacturers in Japan
Throw - Away	(1) Calcium base	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desulfurization efficiency of more than 90% 2. The simplest process 3. Easy operation 4. The cheapest construction cost (no by-product) 5. Location conditioned by land availability because of the necessity of large ash pond to throw away calcium sulfite. 	Mitsui - Miike Machinery
	(2) Sodium base	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desulfurization efficiency of more than 90% 2. The simplest process 3. Easy operation 4. Cheap construction cost (no by-product) 5. Expensive operation cost (large consumption of absorbent) 6. Very large quantity of waste water to be treated (unsuitable for large boiler) 7. Suitable process for the paper and pulp factory which consumes Glauber's salt 	Ishikawajima-Harima Heavy Industries
Gypsum Recovery	(3) Lime - Limestone	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desulfurization efficiency of more than 90% 2. Simple process 3. Easy operation 4. Necessity of controlling and removing scale in the absorption liquid circulating system 	Mitsubishi Heavy Industries Mitsui - Miike Machinery Babcock - Hitachi K.K. Ishikawajima - Harima Heavy Industries
	(4) Double Alkali (Indirect lime - limestone process)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desulfurization efficiency of more than 90% 2. Expensive construction cost 3. Complicated process 4. Difficult operation 5. Unsuitable process in the case of the high concentration of oxygen in flue gas (large consumption of absorbent) 	Kawasaki Heavy Industries (Tied up with Kureha Chemical Industries) Showa Denko K.K. (Tied up with Ebara Manufacturing Co.) Tsukishima Machinery
	(5) Sulfuric Acid Dilution (Indirect lime - limestone process)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desulfurization efficiency of more than 90% 2. Simple process 3. Easy operation 4. Expensive construction cost (high grade of materials) 5. Expensive operation cost (energy cost) 6. Necessity of catalyst (Mg acts as negative catalyst) 7. Large quantity of waste water to be treated 	Chiyoda Chemical Engineering & Construction Co. Ltd.,
	(6) Ammonia Calcium Indirect lime - limestone process)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desulfurization efficiency of more than 95% 2. Complicated process 3. Difficult operation 4. Expensive operation cost (absorbent) 5. Generation of a plume of smoke owing to NH₃ leakage (particularly, in the case of the oil-fired power plant) 6. Treatment of NH₃ in the waste water 7. No actual use for large FGD plant 	Nippon Kokan K.K.
Sulfuric Acid Recovery	(7) Sodium base	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desulfurization efficiency of more than 95% 2. Complicated process 3. Difficult operation 4. Expensive construction cost (high grade materials) 5. Unsuitable process in the case of the high concentration of oxygen in flue gas (large consumption of absorbent) 6. Being more economical for the higher sulfur content of flue gas 7. Being able to produce simple sulfur if desired 	Mitsubishi Kakoki Kaisha (Wellman Load)
	(8) Magnesium base	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desulfurization efficiency of more than 95% 2. Complicated process (in particular, necessity of handling of powder) 3. Difficult operation 4. Expensive construction cost 5. Being economical for the higher sulfur content of flue gas 6. Being able to produce simple sulfur if desired 7. No waste water treatment in the case of the oil-fired thermal power plant 	Mitsui Miike Machinery

Table - 9 Evaluation of F G D Process

Evaluation Item	Name of Process	Process			Facility of Operation	Actual use	Cost	
		Desulfurization Efficiency	Simplicity	Secondary Pollution			Construction	Operation
Throw - away Process	(1) Calcium base	○	⊙	△	⊙	○	⊙	○
	(2) Sodium base	⊙	⊙	○	⊙	○	⊙	△
	(3) Lime - Limestone	○	○	○	○	⊙	○	○
Gypsum recovery Process	(4) Double Alkali	⊙	△	○	△	○	△	○
	(5) Sulfuric acid Dilution	○	○	○	○	○	△	△
	(6) Ammonia-Calcium	⊙	△	△	△	△	○	△
Sulfuric acid recovery Process	(7) Sodium base	⊙	×	○	×	○	×	○
	(8) Magnesium base	⊙	×	⊙	×	○	×	○

Remarks ;
 ⊙ Superior
 ○ Good
 △ Bad
 × Inferior

附録2 フライアッシュの利用について

まえがき

重油火力発電所の場合と異なり、石炭火力発電所の場合は、燃焼による灰の生成が多い。特に lignite の様な、低カロリー炭を使用する場合、同一出力に対する燃料の必要量が多いため生成する灰の量も多くなる。

今回のケースで Lakhra Coal Mine の石炭の仕様を下記数値と仮定した場合、300 MW × 1 基を利用率 70% で運転した場合、発電所の耐用年数である 30 年間に生成すると想定される灰量は 660 万 t となり、仮に 3 m の深さのくぼ地に廃棄したとすると 2,430,000 m³ と云う広い面積を必要とするばかりでなく、廃棄された灰の風による飛散および降雨による流出等の対策が必要となる。

Specificatin of Lakhra Coal

Calorific Value 4,613 Kcal/Kg as air dry base

Inherent Moisture 9.5%

Ash Content 23.7%

石炭ボイラで発生する灰は、Clinker, Cinder Ash, Fly Ash に分れ、一般にその比率は 10~20%、5~10%、70~85% 程度と云われており、生成灰の 75~95% を占める Cinder Ash, Fly Ash を有効に利用するべく研究が行なわれて来ている。その現在迄に確立された利用法は次の通り。

(1) セメントの混和材としての利用

良質なフライアッシュを適切にコンクリートに混和する事により、セメントの使用量が減少出来る他、以下の点が改善される。

- 1) コンクリートのウワーカビリティーが改善され、単位水量の減少が出来る。
- 2) 水和熱による温度上昇を小さくする事が出来る。
- 3) 長期強度が大きくなる。
- 4) 収縮が少なくなる。
- 5) 水密性の改善、化学的侵食に対する耐久性が改善される。

(2) セメント原料としての使用

セメントの成分は、主成分の CaCO₃、SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃ 等より成り立っており、SiO₂、Al₂O₃ の確保の為、粘土を使用しているが、最近フライアッシュ利用の一環として、粘土と同成分を含有しているフライアッシュを粘土の代用として使用し、セメントの生産が行なわれる様になった。

然し、セメントに製造に使用されるフライアッシュの量は強度上の 5% 以内と決められている。

附録3 石膏の利用について

(1) はじめに

Lakhra 火力発電所で使用を予定されている Lignite は、Lignite 中の硫黄の含有率が非常に高いため、硫酸化物による大気汚染を防止するため発電所に排煙脱硫装置の設置を計画している。

排煙脱硫装置の方式は、石灰石を吸収剤として排ガスを吸収し、副産品として石膏を回収する方法、すなわち、石灰石石膏回収法で計画している。

設備容量は、U. S. Federal の規制値より、発電所からの排煙の 1/2 容量を処理可能な容量とするので、排煙脱硫装置から年間約 120,000 t の石膏が副生することとなる。

排煙脱硫装置より発生する石膏の使用法については、世界各国で、すでに実用化されまたは使用を検討中であるが、現在の用途のほとんどが建築材料としてである。

(2) 石膏の分類

排煙脱硫から副生される石膏は、大体二水石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) であり、これを焼成して半水石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) にしたものを各種用途に用いる。

用途上から石膏は次の種類に分類される。

- 1) β 型半水石膏
- 2) α 型半水石膏
- 3) II 型無水石膏

半水石膏とは二水石膏を約 100℃～250℃で焼成したもので一般に焼石膏とよばれ、プaster、石膏ボードに用いられる。

強度は、 α 型の方が β 型よりも大きいのが、通常焼石膏と呼ばれている石膏は α 型と β 型の混合体である。

無水石膏は、石膏を約 300℃以上に熱すると脱水して無水石膏となる。

無水石膏に水を加えても硬化力は弱いのが、少量の添加剤等を加えて焼成されたものは II 型無水石膏とよばれ、硬化後には極めて硬い組織になるので欧米では壁材のみならず床材としても使用されている。

(3) 石膏の用途

我国に於ける石膏の用途は以下の通りである。

- 1) 石膏ボード、プaster
内装材として使用される。
- 2) パネル

厚板の石膏ボードとして、間仕切り壁、防火区画などの非耐力壁に使用される。

3) 耐火被覆

高層建築の骨組みの鉄骨にパネル、ブロック、ボードとして貼りつけたり、周囲に注入して鉄骨の耐火度の向上させる。

4) セメントの添加材

コンクリートの硬化時間の調整用として約3%程度がセメントに混入されて使用されている。

第V部 インブルメンテーション・ スケジュールおよび経済評価

- 第1章 Rakhra炭田および石炭火力発電開発計画のイン
ブルメンテーション・スケジュール
- 第2章 起業工事費概算
- 第3章 営業費
- 第4章 経済評価
- 第5章 財務分析

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DEPARTMENT OF CHEMISTRY
5408 SOUTH LESTER AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60637
TEL: 773-936-3700
FAX: 773-936-3701
WWW: WWW.CHEM.UCHICAGO.EDU

第V部 インプルメンテーション・スケジュール および経済評価

第1章 Lakhra 炭田および石炭火力発電開発計画の インプルメンテーション・スケジュール

1-1 インプルメンテーション スケジュールの策定の範囲

Fig 3-1 に示すインプルメンテーション スケジュールの範囲はLakhra 炭鉱の年産出炭規模120万tならびに石炭火力発電の出力300MWの開発計画を実現するため、そのフィジビリティ報告書提出時を起点として、WAPDAが行う、資金源へのアプローチ、融資協定の締結、コンサルタントの選定、コンサルタントによる技術役務の実施、コントラクター選定のための諸手続、コントラクターによる機器納入、工事施工、工事期間中におけるコンサルタントによる施工監理の援助、炭鉱ならびに発電所の受取試験完了に伴うWAPDAの証明書発行、そして最終的に行われるファイナル ディスバースメント を含むものである。

このスケジュールは1980年11月、パキスタン派遣団と東京で会合した際、同派遣団による強い要請に基づきフィジビリティ報告書の提出時から工事が開始されるまでの諸手続きの期間を約24ヶ月と推定した。また施工工程は炭鉱がほぼ定常出炭に達するまで約45ヶ月要するので発電所は約47ヶ月の工程を採用した。従って発電所の営業運転までは報告書提出時から起算して約71ヶ月の期間が必要となる。

1-2 工事着手前の諸スケジュール

フィジビリティ報告書の提出時から工事が開始されるまでの諸手続きの期間を約24ヶ月と推定したが、その主なものは次の通りである。

(1) コンサルタントによる技術役務 所要期間 12ヶ月

コンサルタントは信用状受領後、速やかにパキスタンにおいて現地調査を行い、フィジビリティ報告書の見直し、必要な詳細設計、図面を添付した仕様書、および入札書類一式を作成する。そしてそれ等について融資元からの承認を得る必要がある。

(2) 各入札者の見積

WAPDAは入札者募集の広告を広い読者層を持った新聞、業界誌に断続的に約0.5ヶ月位掲載する必要がある。一方、入札案内を見た入札応募者は、入札招へい書入手し、Bid Bondを積み、入札行為に入る。各入札者は見積り書をWAPDAに提出する。各入札者の見積り期間を約2.5ヶ月と想定した。

(3) 契約締結

開札後、WAPDAおよびコンサルタントは入札審査を行う。両者の行った順位決定について融資への承認を得て、落札者との契約交渉に入ることになる。交渉の結果、双方の同意が成立すれば契約が締結されることになり、パキスタン各関連機関および融資への承認を得ることになる。

(4) コントラクターへの信用状開設 所要期間 5ヶ月

契約発効後5ヶ月以内にコントラクターへの信用状が創設されるものと想定した。

1-3 施工工程

1-3-1 炭鉱開発ならびに鉄道建設

施工工程は、このフィジビリティ報告書提出後、24ヶ月以内に開設される信用状を受領した後、設計製作、準備作業および一部の建設工事が開始され、坑外施設の建設、露天掘のはく土作業、坑内開発、選炭機の建設および鉄道建設を含め、坑内の長壁切羽の第1切羽がか動する1985年までの33ヶ月間を起業工事期間として計画した。なおパキスタンにおける労働可能日数は年300日、1日の労働時間は坑内掘、露天掘では1日3方、1方8時間、他の作業では1日8時間の作業として計画した。

(1) 1983年4月以前のWAPDAおよびPMDCによる準備作業

1987年発電所の運転開始を前提とした場合、出炭面で極めてタイトなスケジュールとなるのは露天掘の被覆岩のはく土作業である。また1983年4月から重機械類を使用したはく土作業が開始されるに先立っての準備作業としては、精査ボーリング、および重機材類運搬のための道路整備、重機修理工場用地等測量が事前に行われる必要がある。さらに露天掘はく土予定地の地ならし、およびはく土用機械が使用出来る準備作業が必要である。

この外に1983年3月被覆岩はく土に必要な機材すなわち、はく土用の重機械類、主要変電所用の機械ならびに重機械修理工場用の資機材の発注は遅くとも約1年前の1982年3月には行う必要がある。従ってこの発注のための必要なドキュメントは発注前3ヶ月前には作製しなければならない。

(2) 坑外施設

1983年4月からは建築物、道路の整理作業が始まり、平行して道路建設、重機機類の修理工場の建設、主要変電所の建設が始まる。

その他機械工場の建造物は1983年6月から1984年の5月末頃に完成の見込みである。給排水設備は1984年の1年間に建設が終了する計画である。

また、一般の電気、機械工場は約6ヶ月間で完成の見込みで、電気設備の設置、事務所の建設等は1985年末には終了の見込みである。

(3) 選炭工場

選炭工場は1983年10月から1985年末までの27ヶ月でテストまで含めて完成する予定とした。これには3ヶ月間の設計、21ヶ月間の製造、輸送、ならびに建設、2ヶ月間のテストを含めている。

(4) 坑内掘

1983年4月に資機材の発注後、10月から3ヶ月間を坑内準備工事とした。掘進開始は1984年当初からで、斜坑掘進には約8ヶ月、主要坑道掘進には約8ヶ月、片ばん坑道および切羽準備に8ヶ月、合計24ヶ月の準備期間後1986年から第1長壁切羽がか動し、1年後の1987年から第2切羽がか動し、フル出炭になる計画とした。

(5) 露天掘

1983年4月以前には準備工事が完了し、1983年4月から重機類を利用した本格的な被覆岩のはく土作業が開始される。西部ピットおよび東部ピットの両鉱から1983年には500万 m^3 、1984年には778万 m^3 、1985年、1986年には896万 m^3 の量がはく土される。これには各2台の電動ショベルが配置される。

(6) 鉄道施設

1983年4月から全路線にわたって整地、土工工事が行われ、1984年にはレール類の敷設工事、1985年にはターミナルおよび積み替え、積み込み設備、修理工場が建設され、1986年にはテストが行われ、少なくとも1986年半ばには全体が開通する計画である。

(7) 工事期間中の出炭量

発電所がか動前の開発中に石炭が産出される。1984年には127,000t、1985年には319,000t、1986年には733,000t、合計1,179,000tの石炭が産出されるが、この中で大部分は売炭されるが、一部は砂漠に貯炭される。

(8) 総括

以上を総括すると各施設の所要期間は次のとおりである。

坑内掘炭鉱	初期出炭まで27ヶ月、フル出炭まで39ヶ月
露天掘炭鉱	“ 48ヶ月、 “ 60ヶ月
坑外施設	延べ33ヶ月
選炭機	27ヶ月
鉄道施設	39ヶ月

1-3-2 発電所建設

施工工程はこのフィージビリティ報告書提出後、24ヶ月以内に開設される信用状を受領した後、製作者による設計製作が開始され、輸送、土木建築工事、発電機器の組み立て据え付け工事並びに試運転を含め、47ヶ月工程を採用した。なお、パキスタンにおける労働可能日数は月当たり23日、1日の労働時間は8時間と想定した。施工工程の内訳および所要期間を次の様に策定した。

(1) 設計製作

コントラクターが信用状受領後、製作者による発電機器の設計製作が開始される。発電機器のうち最も製作期間を要するタービンローター、発電機ローターは工場試験、梱包を含め約19ヶ月を要する。

(2) 輸送

機器・製作完了次第、関係機関から輸出許可を得て船積みを行う。外国の港からKarachi港到着の期間、通関手続き並びに内陸輸送を含めて2ヶ月と想定した。

(3) 土木建築工事

仮設設備、仮建物、整地等の準備工事は9ヶ月を要すると推定した。取水路、放水路等の循環水関係工事は、29ヶ月を見込んだが、遅くとも補機の試運転が開始される受電前には完了する必要があるであろう。本館基礎工事期間を9ヶ月、本館の立柱から完成まで27ヶ月を見込んだ。土木、建築工事は手直し工事を含め全てタービン通汽までに完了することとした。

(4) 発電機器の組み立て、据え付け、試運転

ボイラの組立はドラム揚げから始まり、耐圧部分の組立は水圧試験で終了する。その後付属機器の取付けを行い、ボイラ点火時点までに全て完了する、それらの期間を16ヶ月と想定した。電気関係の工事は一部接地線工事が土木、建築の基礎工事と平行して実施される部分があるが、タービン、発電機並びに計測機器の据え付けは、タービン通汽までに全て終了しなければならない。ドラム揚げからそれらの期間を20ヶ月と想定した。補機の試運転は受電後順次実施されるがプラントとしての無負荷試験および負荷試験、調整はタービン通汽後実施され、営業運転開始まで3ヶ月を見込んだ。

300MW×1ユニットの施工工程の主要項目とその時期、準備工事着工からの期間を示すと下記の通りである。

主要項目	時 期	期 間
準備工事着工	1983年 4月	—
基礎着工	1983年10月	6ヶ月

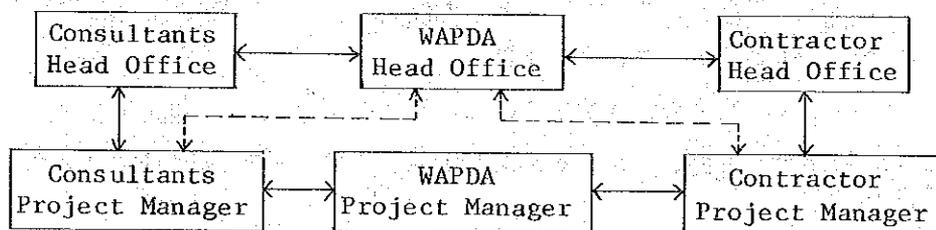
主要項目	時 期	期 間
立 柱	1984年 7月	15ヶ月
ドラム 揚げ	1985年 4月	24ヶ月
ボイラ水圧テスト	1985年11月	31ヶ月
受 電	1986年 3月	35ヶ月
ボイラ 点火	1986年 8月	40ヶ月
タービン通汽	1986年12月	44ヶ月
営業運転開始	1987年 3月	47ヶ月

1-4 工事完了後のファイナル・デスバースメント

炭鉱工事では第2長壁切羽が動後、発電所では建設工事終了後、受取り試験が行われ、WAPDAが試験結果を承認した日から、約1ヶ月以内にリテンションがコントラクターに対し外貨、内貨毎に支払われるであろう。1987年12月までにプロジェクト全ての精算業務が終了するものとした。

1-5 実施体制および業務

この工事遂行に関して、WAPDAはコンサルタントを雇用し、WAPDAが行う施行管理をアンストさせることが望ましい。具体的工事実施は工事別に分割発注されるであろう。特に炭鉱部門の露天掘関係の実施は早急に行われることが必要である。WAPDA コンサルタントおよびコントラクターの3者間の組織図を示すと、下記の通りである。



(1) WAPDAが遂行する主な業務

1) 融資申請

プロジェクトの概要説明、資金計画を盛り込んだプロジェクト計画書を作成し、融資申請に係る業務。

2) コンサルタント選定業務

コンサルタント選定のため Terms of Reference の作成、コンサルタントが提出したプロポーザルの審査、コンサルタント決定に対する信用状開設。

3) 入札用書類の検討

コンサルタントが作成した契約の一般条件、特殊条件、技術仕様書、図面等の検討と最終決定。

4) テンダーおよびコントラクター選定業務

入札業務を実施し、入札者が提出する入札書をコンサルタント援助のもとに審査、評価し、コントラクターを選定する。選定したコントラクターに対し信用状を開設する。

5) 工事着手前の準備業務

予定敷地の購入手配、補償業務、工事用電力および工事用水の手配、その他必要な準備。

6) 承認用図面および書類の審査

コントラクターから提出される承認用図面および書類をコンサルタント援助の下に審査し、承認する。

7) プロジェクトの基本方針決定

WAPDAの建設要員計画の策定と組織編成、施工計画、試験プログラム並びに受取り試験方案等の決定。

8) 受取り試験完了証明書発行

コントラクターが実施する各種試験の方法、内容並びに試験結果について、WAPDAはコンサルタント援助の下に審査の上、承認および受取試験完了証明書を発行する。

9) プロジェクト実施に伴う指揮、調整並びに統制業務

10) コントラクターに対する支払い業務

(2) コンサルタントが遂行する業務

コンサルタントの行う業務は概ね以下の通りである。

1) 信用状開設後、コンサルタントはフィージビリティ報告書の見直しおよび詳細設計を行う。

2) 仕様書および入札書の作成

入札招へい書、入札の一般条項、特殊条項並びに詳細設計に基づき、技術仕様、技術条項、ビッドフォーム等作成し、WAPDAへ提出する。

3) 入札書類審査

各入札者より提出された入札書類をコンサルタントは、一定の基準に基づき審査を行い、その審査結果報告書を作成しWAPDAへ提出する。

4) 契約締結の援助

WAPDAがコントラクターと契約を締結するに必要な業務について、WAPDAを援助する。

5) 承認用図面および書類審査の援助

コントラクターから提出される承認用図面および書類をコンサルタントが審査し、WAPDA に対して適切なリコメンドを行う。

6) 工場試験の立会の援助

WAPDA が立会う工場試験に対し、技術的援助を行う。

7) 施工監理のアシスト

サイトにおいてWAPDA 施工監理要員に対する技術的援助を行う。

8) 受取試験の援助

コントラクターが実施する各種試験の方法、内容および試験結果について、コンサルタントはWAPDA に対し技術的なリコメンドを行う。またWAPDA がコントラクターに対し承認および受取試験完了証明書発行に関し、技術的な援助を行う。

9) 月別報告書の提出

コンサルタントは実施した業務内容および工事全般についてのリコメンド等を取りまとめ毎月WAPDA に報告書を提出すると共に工事完了時に総合的な最終報告書をWAPDA へ提出する。

Implementation Schedule for Construction of Lakhra Coal Mine and Ther

Description		Year	1981												1982												1983												1984												1985												1986											
			J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Major Event	Preparation of Tender Documents & Issure	12.0													-----																																																											
	Receipt and Evaluation of Bids	6.0													-----																																																											
	Award of Contract	5.0																									-----																																															
	Appointment of Consultants for Construction	4.0													-----																																																											
	Opening of L/C for Construction	5.0													-----																																																											
Coal Mine	Detailed Survey & Drilling	(27.0)	Survey												Drilling												Desk Work																																															
	Preparatory Work	9.0																									-----																																															
	Road & Railroad	48.0																									-----																																															
	Preparation Plant	27.0																									-----																																															
	Other Surface Facilities	33.0																									-----																																															
	Underground Mine	27.0																									-----																																															
	Open Pit	57.0													(Pre - Stripping)												-----																																															
Power Station	Preparatory Work	9.0																									-----																																															
	Water Intake & Discharge	29.0																									-----																																															
	Building & Houses	30.0																									-----																																															
	Equipment	19.0																									-----																																															
	Coal Handling	19.0																									-----																																															
	Generating Unit 300 MW	42.0																									-----																																															
Consultancy Service		Years 5 1/2	-----												-----												-----												-----												-----																							
Coal Production (As Received Base) '000 MT																											0												127												319												733											

* The pre-production schedule has been prepared in response to a request made by the Pakistani delegation at a meeting held in Tokyo in November, 1980.

FIGURE 1-1

Construction of Lakhra Coal Mine and Thermal Power Station

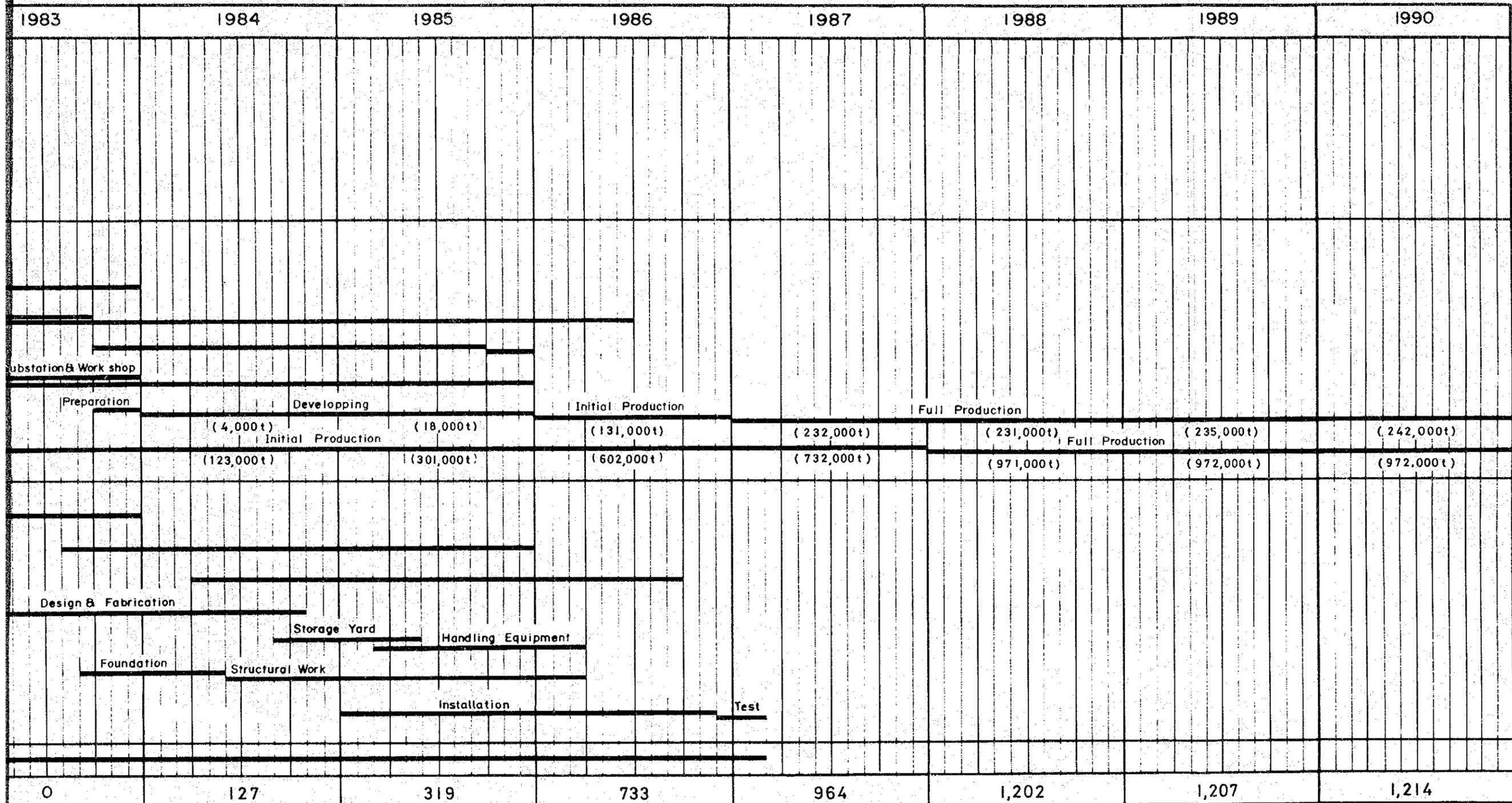


FIGURE 1 - 2 Construction Schedule of Lakhra Coal Mine

Description	Mos.	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Detailed Survey & Drilling by PMDC	(27)	Survey	Drilling	Desk Work					
Preparatory Work	9								
Earth Work for Buildings & Roads	3								
Factory Buildings	12								
Roads	(3) 9								
Water Supply Facilities	18			Piping					
Machine & Electrical Workshop	9								
Heavy Equipment Workshop	9								
Electrical Equipment and Installation	33			Substation					
Office Buildings & Others	5								
Workshop	3								
Preparation Plant	3								
" " Building & Equipment	24				Preparation	Test			
Underground Mine	27+12				(4,000t)	(18,000t)	Initial Production (131,000t)	Full Production (232,000t)	(231,000t)
Open Pit	(3)								
" " West Pit	33+24				(123,000t)	(301,000t)	Initial Production (502,000t)	Full Production (732,000t)	(971,000t)
" " East Pit	33+24								
Railroad	9								
" " Rail	12								
" " Other Facilities	18								
Consultancy Service	66								
Coal Production (As Received Base) '000MT				0	127	319	733	964	1,202

FIGURE 1-3 Construction Schedule for Lakhra Coal-Fired Thermal Power Station (300 MW x 1 Unit)

Date	Year/Month		1981		1982		1983		1984		1985		1986		1987			
	Table/	Month	M	J	S	D	M	J	S	D	M	J	S	D	M	J	S	D
I. Major Events																		
II. Construction Schedule																		
1. Civil Works																		
1) Preparatory Works																		
2) Water Intake and Discharge																		
3) Coal Storage Yard																		
4) Other Works																		
2. Structural Works																		
1) Power House																		
2) Service Building																		
3) Appurtenant House																		
4) Colony																		
3. Mechanical and Electrical Works																		
1) Design and Fabrication																		
2) Installation																		
- Boiler																		
- Turbine and Generator																		
- Electrical and Control Equipment																		
- Coal Handling Equipment																		
- Other Equipment																		
3) Tests																		
III. Consultancy Services																		

Note: (A) Commencement of Foundation Works
 (B) Commencement of Structural Works
 (C) Drum Lifting
 (D) Hydro Static Test
 (E) Initial Power Recieve
 (F) Initial Firing
 (G) Steam Admission to Turbine
 (H) Commissioning
 (I) Final Disbursement