



運轉改善으로 達成할 수 있는 에너지節約

⑥

1·5 生産工程의 調整·改善

(日本の 排煙脫硫裝置의 에너지
節約 實踐例)

1973年以後 환경규제의 強化에 따라 보일러
用 燃料의 低硫黃化가 行해되었으나 한편 石油
精製會社에서의 低硫黃重油 조달능력에도 한도
가 있어 일본의 旭化成工業도 低硫黃重油의
全量調達が 곤란하였기 때문에 1974년에 排煙脫黃
裝置를 建設, 1975년부터 運轉을 개시하였다.

그후 몇차례에 걸친 産油國의 原油價格의 引
上에 의하여 燃料, 電力 에너지 價格이 대폭 上
昇하여 排煙脫黃裝置의 運轉 成本이 높아지고
한편 燃料의 S分格差 (S=25% C重油와 S=
0.3% 미네스 重油의 kℓ當 價格差)는 오히려 줄
어 들어 運轉 成本을 低減하지 않으면 排煙脫
黃裝置의 利點이 없어지는 상황이 되었다. 또
한편으로는 에너지 價格의 大幅上昇에 따라 工
場에서 積極적인 에너지節約이 도모되어 蒸氣
使用量은 1973년에 比하여 約 50% 정도가 되어
排煙脫硫裝置의 負荷率도 40~60%로 추이하고
있다. 이와 같은 배경속에서 그들은 이 數年間

에 걸쳐 排煙脫黃裝置의 運轉 成本을 低減, 특
히 低負荷時에 있어서의 原單位의 向上에 挑戰
하여 成果를 거두었다고 하므로 참고로 그 개요
를 소개하기로 한다.

1·5·1 프로세스의 概要

旭化成水島火力發電所는 日本 瀨戶内海 南쪽에
있는 水島 콤비너트 東南部に 위치하며, 旭化成
그룹 및 關聯 各社와 提携하면서 그 用役供給을
수행하기 위하여 第1, 第2 火力發電所로 구성
되어 있다.

發電所設備의 개요를 표1·6에 표시한다.

여기에 소개하는 排煙脫硫裝置는 1975年 4月
에 運轉 개시하였는데, 그 設計 시방은 표1·7
에 표시하는 바와 같이 自家發電에 附帶된 設備
로서는 상당히 큰 大形에 속하는 것으로, 石灰
石 스테리리를 吸收液으로 하여 石膏를 副生하는
濕式石灰石—石膏法의 排煙脫硫裝置이다.

排煙脫硫裝置의 플로우시트를 그림1·25에 표
시한다.

플로우시트에서 알 수 있듯이 一般 類似 프
세스에 比하여 石膏品質을 확보하기 위한 除塵

〈丑 1·6〉發電所設備概要

地區(發電所)別		B'地區(水島第1火力發電所)				C地區(水島第2火力發電所)		
		B ₀ B	B ₁ B	B ₂ B	B ₃ B	C ₀ B	C ₁ B	C ₂ B
보	形 式	2 胴 放射	貫 流 베 슨	單 胴 放 射	單 胴 放 射	2 胴 水管式	貫 流 베 슨	貫 流 베 슨
	蒸 發 量[t/h]	86	162	60	135	134	240	260
	蒸 氣 壓 力[kg/cm ² G]	32	129	110	110	35	129	129
	蒸 氣 溫 度[°C]	飽 和	538	488	520	飽 和	538	538
	製 造 者	BHK	KHI	BHK	BHK	KHI	KHI	KHI
製 造 年 月	40.10	44.3	45.9	46.9	46.2	45.3	47.2	
地區(發電所)別		B' 地 區 (水島第1火力發電所)		C 地 區(水島第2火力發電所)				
		B ₁ TG		C ₁ TG	C ₂ TG	C ₃ TG		
터	形 式	反動2氣筒軸氣背壓		反動2氣筒 2段抽氣背壓	反動單氣筒 抽氣背壓	反動單氣筒 混壓式復水		
	定 格 出 力[kW]	17,800		29,000	35,600	26,000		
	蒸 氣 壓 力[kg/cm ² G]	124		124	124	32/12		
	抽 氣 壓 力[kg/cm ² G]	32.5/15.5		32.5/12.5	13	-		
	背 氣 壓 力[kg/cm ² G]	2.7		2.7	2.7	698		
	또는 眞 空 度[mmHg]	2.7		2.7	2.7	698		
	製 造 者	FD		FD	FD	FD		
製 造 年 月	44.9		45.4	47.6	53.5			
認 可 出 力[kW]		17,800		90,600				

機能(冷却塔 및 엘리미네이터)을 強化하고 石膏의 再飛散과 막힘을 防止하기 위한 裝置 러버를 배치한 重裝備의 프로세스로 되어 있는 것이 특징이다.

1·5·2 改善內容

當 프로세스의 所要電力에 주목하면 建設當初의 所內電力은 6.5MW를 要하고 당시의 發電設備能力 65MW를 占有하는 것이었다.

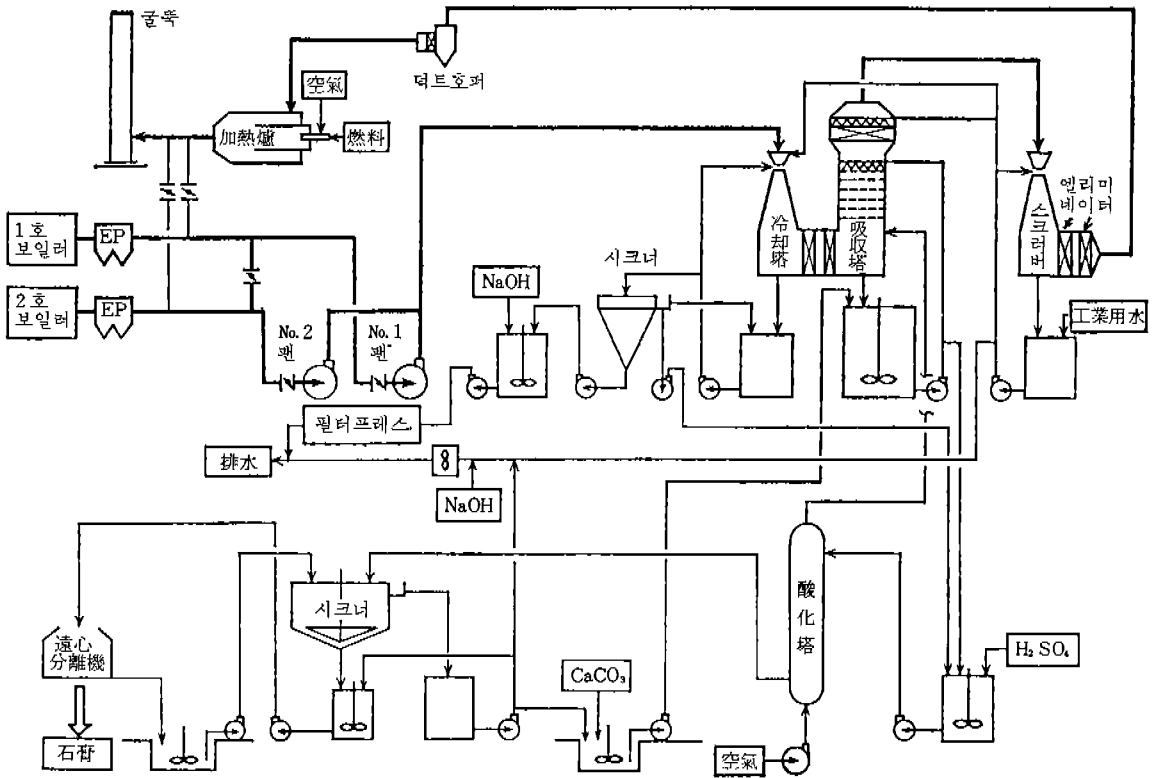
※ 1978年 5月 復水發電設備 設置後의 發電設備能力은 90MW이다.

그러나 實際의 운전상황에서는 石油 쇼크 以後의 만성적인 不況의 영향과 工場側의 蒸氣節減活動效果의 영향을 받아 抽氣發電出力의 감소에 의하여 그 所要電力比率은 다시 높아져 約20

%를 占하였다. 특히 電力面에 重點을 둔 에너지 節減對策을 실시하여 왔는데, 그 中には 電力以外의 에너지 節減에 관한 件名이 몇가지 있으므로 참고적으로 記述하여 둔다.

에너지 節減 實施項目의 조사 및 검토에 대하여는 各種 方法이 채택되고 있지만 다음에 소개하는 件名의 大部分은 1976年 6月~1977年 1月 사이에 特別히 편성한 SAVE(주) 프로젝트 멤버가 발굴하여 實行을 檢討한 것이 많다.

(주)SAVE 手法은 各種 프로그램에 의하여 各 에너지 消費機能을 분석하여 그 理論 에너지 의 追求와 各 機器의 機能을 展開하여 에너지 節減 테마의 細目化를 도모, 많은 테마를 抽出하는 方法이다. 이 手法으로 約 400件의 테마를 抽出하였다. 그 中에서 各種 適合性 필터에 의



〈그림 1·25〉排煙脫硫裝置의 플로우시트

하여 實行 데마가 좁혀진다.

以下, 특히 현저한 效果를 본 件名을 소개한다.

(1) 脫硫 팬 섹션 連絡 덕트

1975年 當時 蒸氣供給上의 밸런스에 의하여 보일러가 約 半負荷로 2 罐 공히 운전되고 있었다.

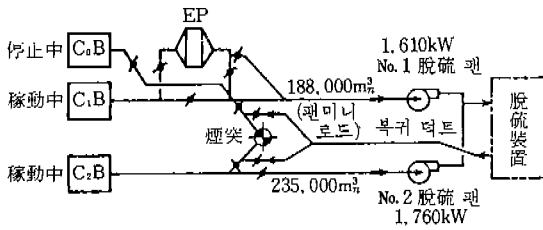
보일러 負荷가 2 罐 공히 적은데도 불구하고 連絡 덕트가 없기 때문에 脫硫 팬은 2 대 連轉하지 않을 수 밖에 없었다. 그리하여 1975年 9 月에 連絡 덕트를 시설, 脫硫 팬 1 대에 負荷를 集中시켰다(그림 1·26 참조).

이 方法은 發生側의 負荷가 있는 범위 내이면 큰 電力節約效果를 발휘하는 것이다.

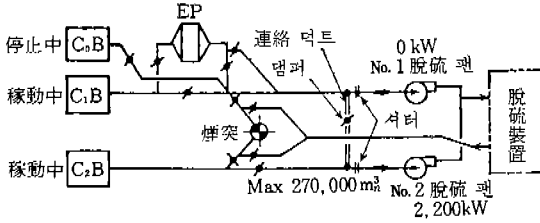
(에너지 節減效果는 1.200kW/55% 負荷)

〈표 1·7〉排煙脫硫裝置의 設計시방

項 目	內 容
形 式	石灰石-石膏法
容 量	處理 가스 量 481,200m ³ n/h 相當重油量 36.7t/h
脫 硫 率	97% (入口 SO _x 濃度 1,485ppm 相當 S分 2.5%)
連轉開始年月	1975年 4 月
煤 煙 發生施設	施設名 (C ₀ B), C ₁ B, C ₂ B 容 量 (134t/h), 240t/h, 260t/h
石灰石消費量	80t/d (100% Base)
生成石膏量	140t/d (Dry Base)
計劃用役使用量	
電 力	6,400kW
工業用水	100t/h
硫 酸	545kg/h
加熱用重油	1,000kg/h
蒸 氣	1,000kg/h (12K 蒸氣)
苛性 소 다	200kg/h



(a) 変更前



(b) 変更後

〈그림 1·26〉 脫硫 팬색선 連絡 덕트프로우

(2) 加熱爐 燃料의 變更

排 가스의 昇温에 사용되는 加熱爐에 대하여 그 燃燒性의 改善과 外部購入燃料를 줄이기 위하여 1977年 3月 加熱爐 버너를 改造하여 燃料를 미너스系 重油(S分 0.3% 以下)에서 良質의 콤비너트 副生油(S分 0.003% 以下)로 變更하고 아울러 턴 다운 比를 改善하였다. 그 후 약간의 改造와 複合效果에 의하여 發生側의 負荷 변동이 크더라도 충분히 燃燒의 安全性을 유지하고 있다.

(3) 酸化用 에어 使用量의 削減에 의한 컴프레서 動力의 低減

酸化塔에서의 酸化反應에 필요한 에어 量 및 圧力을 조사하여 酸化用 에어 컴프레서의 容量 調整裝置를 必要 最低限으로 조정하여 動力을 줄이고 있다.

(에너지 節減效果는 67kW/部分負荷)

(4) 排水中和用的 NaOH 使用量 低減

排煙脫硫裝置에서 排出하는 排水는 酸性 리치로 그 中和處理를 위하여 NaOH를 사용하고 있

었다. 한편 發電所側에서는 보일러 給水에 純水를 사용하고 있으며, 純水製造 프로세스에 있어서는 이온 교환수지의 再生藥品에 HCl, NaOH를 사용하고 있는데, 原水中의 이온 成分에 의하여 再生廢液은 NaOH 리치의 排水가 나온다(일반적으로 AR廢液이라 호칭한다). 1977年 11月 이후 脫硫裝置의 排水中和에 이 AR廢液을 사용하여 NaOH의 使用量 및 純水製造 프로세스側의 中和用으로 사용되는 HCl의 雙方 藥品使用量을 저감하고 있다.

(節減效果 NaOH 1.2kg/重油kl 55% 삭감)
HCl 0.13kg/純水 t 30% 삭감)

(5) 燃燒用 空氣 팬의 容量低下

負荷率의 低下와 加熱爐燃燒量의 低下에 따라 燃燒用 空氣 팬의 容量이 過人해져 燃燒用 空氣 量의 制御가 곤란하게 되었다. 한편 發電所側에서 사용하고 있던 EP의 冷風 팬은 EP 운전기술의 向上에 의해 필요없게 되었다. 1978年 3月 不必要하게 된 EP用 冷風 팬을 當燃燒用 空氣 팬으로서 전용하여 그 容量低下에 따른 電力을 低減하였다.

(에너지 節減效果는 45kW/部分負荷)

(6) 脫硫 팬用 실링 에어의 動力削減

脫硫 팬의 軸 실(Seal)部는 외부의 냉기침입에 의하여 内部의 SO₂가 結露하여 부식의 원인이 된다. 부식을 예방하기 위하여 軸 실部에 高温의 신선한 공기를 送入하고 있다. 軸 실機構의 개선효과와 脫硫 팬의 운전형태 및 다른 용도인 팬의 連携運用に 의하여 1978年 이후 실용 에어의 加熱을 중지하고 또 실링 에어 블로어를 小容量의 팬으로 교체하였다.

(에너지 節減效果는 140kW)

(7) 緊急 바이패스 댐퍼의 差壓制御

從來 脫硫 팬의 負荷配分 및 負荷制御는 竊특에 시설한 SO_x 농도계의 濃도지시를 주로 制御하고 있었다.

(에너지 節減效果는 180kW, 燃料 90 l/h)

(8) 後段 벤츨리 스크래버의 停止

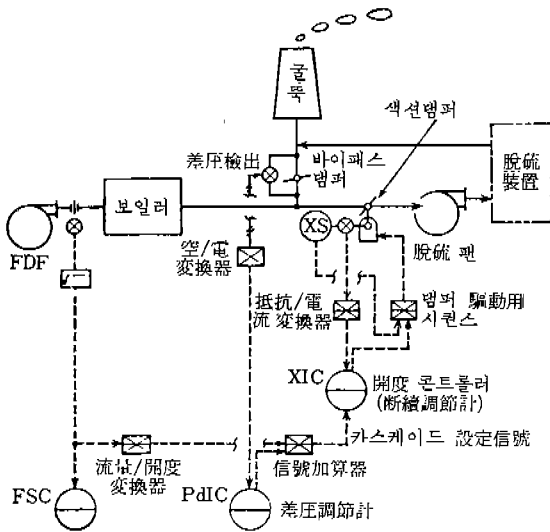
가동실적이 누적됨에 따라 石膏·煤塵의 再飛散도 없고 後段 벤츨리의 機能이 필요없다고 확인되어 1977年10月 이후 시험적으로, 또 1978年 5月 C₂B의 EP 完成에 따라 본격적으로 後段 벤츨리 스크래버의 물순환을 정지하고 있다. 물순환의 정지에 따라 脫硫 팬의 通風動力도 低下한다.

(에너지 節減效果는 300kW)

(9) VVVF 採用에 의한 脫硫 팬 動力의 削減

중래 脫硫 팬의 部分負荷에 대하여 색션 댐퍼의 開度制御로 負荷制御하도록 되어 있었다.

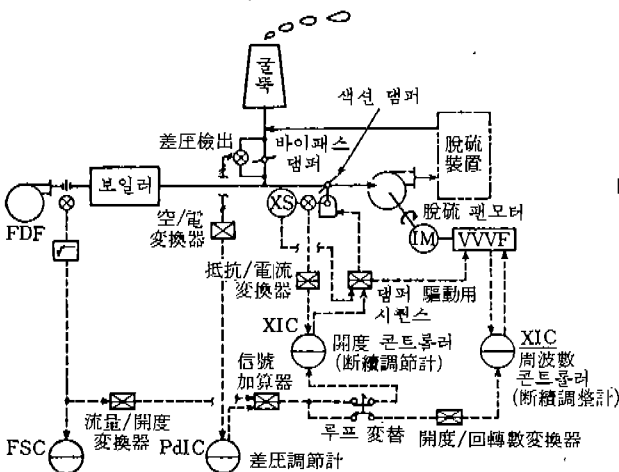
색션댐퍼 制御는 高負荷域에서는 팬의 效率低下도 적고 效率的인 制御가 되나 低負荷域에서는 팬의 效率이 극단적으로 低下하기 때문에 별로 效率이 좋은 制御方式은 아니다.



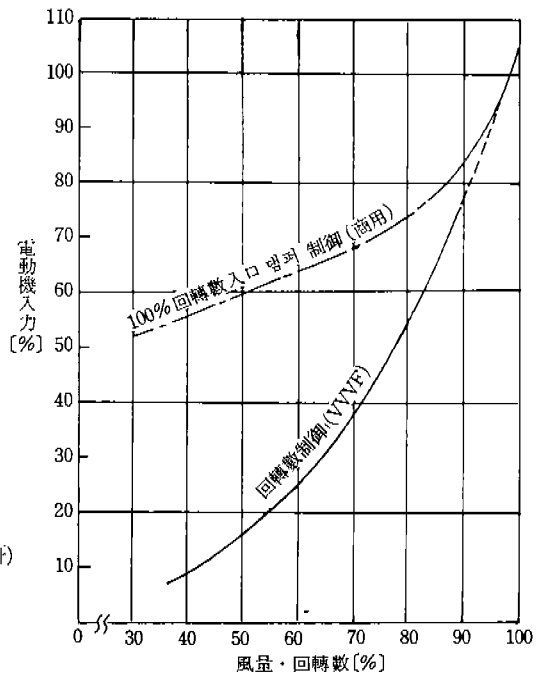
〈그림 1-27〉 바이패스 댐퍼 差壓調整方式

중래의 방법에 있어서는 재순환 가스 량이 크고 脫硫 팬의 動力 증가나 부하변동시 SO_x 리크 現象이 있어 적절한 방법으로라고는 할 수 없었다.

1978年 3月 그림 1-27에 표시하는 바와 같이 今般 바이패스 댐퍼의 差壓를 檢出端으로 하는 脫硫 팬의 색션 댐퍼에 의한 負荷制御方式을 채용하였다.



〈그림 1-28〉 바이패스 댐퍼 差壓調整方式 (VVVF 追加)



〈그림 1-29〉 팬의 負荷-動力特性

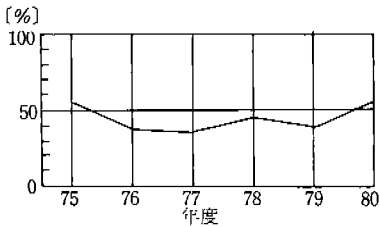
팬의 回轉數를 變化시켜 風量制御하는 回轉數 制御方式은 팬의 效率를 低下시키지 않고 制御 할 수 있는 效率的인 制御方式이다.

(에너지 節減效果는 1,100kW/部分負荷)

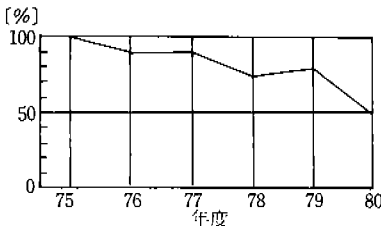
當該 排煙脫硫裝置에 있어서는 脫硫 팬 1대 단에 채택하여 앞에 기술한 색션 連絡 덕트의 運用 및 색션 밸브 制御와의 併用에 의하여 部分負荷가 넓은 범위에 대하여 效果가 오르는 運用이 되게 되어 있다. 現狀의 바이패스 밸브 差 壓調整方式을 그림 1·28에 표시한다.

脫硫裝置의 通風抵抗을 줄이는 것은 脫硫 팬의 動力削減效果가 크다. VVVF의 電力節減效果를 보다 증대시키기 위하여 결해서 壓損低減 工事を 실시하였다.

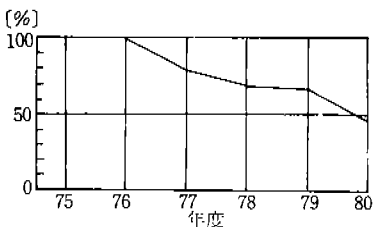
(a) 後段 벤추리의 改造



(a) 負荷率推移



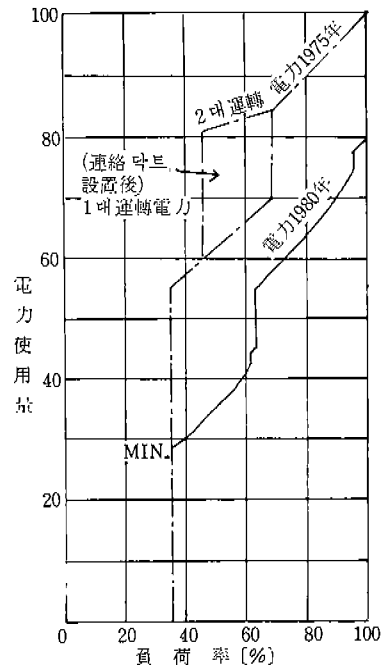
(b) 電力原單位推移



(c) 排脫比例費推移

(原材料 에너지 價格와 75年度 베이스로 補正)

〈그림 1·30〉 年度別의 負荷率·原單位·比例費 推移



〈그림 1·31〉 排煙脫硫裝置 使用電力의 負荷特性

(i) 덕트호퍼部 버플플레이트의 壓損低減

(ii) 벤추리 에리미네이터의 1段 철거

(b) 冷却塔 에리미네이터의 2段 철거

(註) 팬의 負荷對 動力特性을 그림 1·29에 표시한다. VVVF의 容量決定上의 문제로 25~90% 회전수를 VVVF로, 그 以上은 入口 밸브 制御와 商用周波數의 組合으로 대처한다.

표에서 알 수 있듯이 VVVF에 의한 回轉數 制御는 負荷의 3乘에 비례하여 저감하고 있고 入口 밸브 制御에 비하여 특히 80% 정도 以下의 部分負荷로 에너지 節減效果가 크다.

1·5·3 效果

以上 기술한 一連의 對策의 效果를 정리하면 그림 1·30, 1·31과 같이 된다.

1·5·4 結語

排煙脫硫裝置라는 多數의 單體機器의 집합 프로세스에 대한 에너지 節減 실천 사례를 소개하였다. (다음 호에 계속)