

() 電返國報字第 號出國報告

行政院所屬各機關因公出國人員報告書

(出國類別：實習)

台中九~十號機發電計畫
排煙除硫設備機械電氣儀控規劃工作
研習報告

服務機關：台灣電力公司

出國人：職 稱：機械工程監

姓 名：曾 國 楨

姓名代號：684338

出國地點：日本

出國日期：92年04月10日至92年04月23日

報告日期：92年05月13日

出國計劃：92年度第98號

93/CO9201685

行政院及所屬各機關出國報告提要

C09201685

出國報告名稱：台中九、十號機發電計畫排煙除硫系統機械電氣儀控
規劃工作研習

頁數 19，含附件 是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/陳德隆/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

曾國楨/台灣電力公司/核能火力發電工程處/機械工程
監/(02) 23229537

出國類別：1考察 2進修 3研究 4實習 5其他

出國期間：92.04.10~92.04.23

出國地點：日本

報告日期：92.05.13

分類號/目：

關鍵詞：火力發電、空氣污染、FGD、排煙除硫、吸收塔、
石灰石/石膏法、廢水處理。

內容摘要

本公司台中九、十號機發電計畫共含2部容量各為550百萬瓦之新建燃煤發電機組，因此為使未來機組運轉時，各項污染排放數值均須

符合政府之環保法令，是以本公司對此新建燃煤機組，規劃設置各種相關環保設備，其中有關煙氣之排放處理設施包括了脫硝、除硫及靜電集塵器等各設施。

報告內對台中九、十號機排煙除硫系統設備機械儀控規劃之工作指引、執行重點、除硫系統運轉特性及防蝕材料選用等扼要描述；並對規範內容依經驗及廠商設計過程中產生之疑義加以檢討評估，以供新機組同設備規劃時改進。

另報告內對日本國空氣污染/廢水排放標準等法令資料亦以附件方式供參考比較。

目 錄

壹、前言

貳、台中九、十號機排煙除硫
設備機械電氣儀控規劃工
作指引

參、研習內容

肆、心得與感想

伍、建議

陸、附件

壹、前言

近年來本公司為配合國家長期經濟發展及供電成長目標，並肩負提供臺灣地區高品質穩定電力供應之責任，因此需要持續進行電源之開發規劃與設置工作。雖然政府已開放民間投資設立發電廠，惟因民營發電業者尚無發電廠興建之經驗，且相關法規繁多、土地取得困難及民眾可能之抗爭，故目前除了幾家民營業者已完工發電外，其餘部份民營電廠或因經濟大環境改變而未能成立或未如期完工加入發電。本公司為顧及全省供電品質及可靠性，爰於民國 85 年 9 月向政府申設『台中九、十號機發電計畫』，並於 86 年 6 月獲政府核定在案後進行規劃設置。

台中九、十號機發電計畫預定設置兩部發電容量各為 550 百萬瓦之傳統燃煤火力機組，因所建之發電廠屬於燃煤機組，依法令本機組未來運轉時，各項空氣及水污染排放值均須符合政府之環保法令規章，故本公司對於此一新建燃煤機組規劃設置了各項相關環保設備，其中有關煙氣之排放處理設施包括脫硝、除硫(FGD)及靜電集塵器等不同設備。

本公司為期台中九、十號機發電計畫所建之排煙除硫工程能如期完成並順利運轉，因此於採購合約中要求承包商須提供本

公司有關人員技術訓練。本設備之承包廠商為日本 IHI 公司，依合約提供本公司人員前往該公司研習瞭解排煙除硫設備機械儀電規劃工作之相關技能。

貳、台中九、十號機排煙除硫設備機械電氣儀控規劃工作指引：

一、法令規章應依據下列資料文件：

1. 環保署公告汽力機組空氣污染排放標準，
2. 環保署公告事業放流水標準，
3. 環境影響評估報告核定排放標準值，
---等來制定及規範設備排放標準及運轉要求。(註：日本國空氣及水污染標準等資料請參閱附件一)。

二、流程及設備選用：

一般排煙除硫處理程序方法甚多，諸如濕(乾)式石灰石/石膏法、海水(鎂化合物)法、活性碳吸附製硫酸副產品法…等請參閱附件二。何種程序方法適用，端視投資成本、場地大小、排放標準、煤炭硫份高低、原物料來源及副產品去處…等因素評估後決定之。

三、排煙除硫處理系統流程設計選用考慮要項：

一般排煙除硫系統依程序方法略可區分為下列次系

統設施：

1. 廢煙氣進/出氣熱回收次系統：鍋爐燃用煤炭後其硫份高低將造成煙氣中含 SO_2 多寡及其露點高低，致處理量大小(全量或半量)、溫度回收程度、除硫效率高低…等需求將影響設備型式、大小之選用。
2. 吸收塔/反應槽主體次系統：主體可區分為除塵槽及吸收滌氣反應塔槽，採獨立或串聯式辦理，端視上游設備優劣而定。同時考慮上述煙氣成份、煙氣量、處理效率…等因素決定塔內液/氣比、噴灑量及噴頭數量、生成物量等，且應注意其密度及防止結垢發生。
3. 吸收劑製備次系統：如採液體介質如海水或淡水，則視其液體鹼度及生成物來添加化學物資如氫氧化鈉、氫氧化鎂、石灰石(碳酸鈣)…等。石灰石塊(碳酸鈣)則須經粉碎機、研磨機研磨成超細微粉末($325\ \mu$)，以利溶解。如採固體介質如活性碳…等，則視其吸附能力決定容量。
4. 副產品加工次系統：採液體濕式除硫，如為海水則逕流入海，但應注意泡沫產生；如添加石灰石(碳酸鈣)，則應對副產品石膏〔硫酸鈣($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)〕進

行水洗調質、乾燥、造粒、輸送、倉儲…等添加設備。

排煙除硫系統如採液體濕式石灰石(碳酸鈣)漿除硫，操作控制不當時將產生品質不佳之石膏，形成廢棄物拋棄或填地，亦須依法申請清理。

5. 自來水/除礦水/冷卻水供應次系統：自來水供一般或石灰石(碳酸鈣)濕式研磨或製備漿液使用；除礦水則供化驗或機械軸封用、或調配機械冷卻用水。熱交換器冷媒則使用海水較經濟。

6. 廢水處理次系統：排煙除硫系統如採濕式石灰石(碳酸鈣)漿除硫，將產生高污染廢水含有大量懸浮固體如未反應之石灰石粉、低密度石膏粒等及高濃度 F^- 、 Cl^- 、COD…等。此等廢水水質不穩，處理困難度甚高。於設計階段應嚴格審查其質量平衡計算書，並嚴格管制上游 FGD 運轉操作及排水，以畢其功於一役，否則不易成功。

排煙除硫系統如採海水法，則應注意排水中雜質不宜超過原進水質及泡渣產生，以免違法。

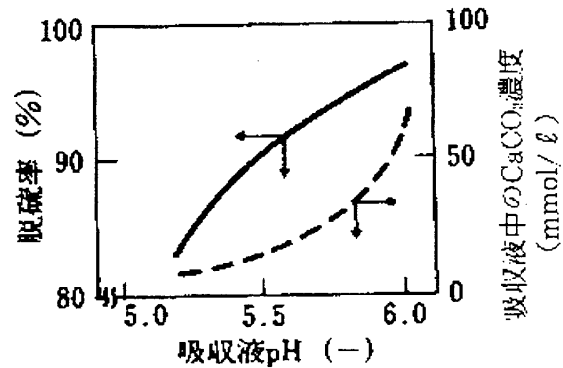
排煙除硫系統如採其他回收副產品處理程序者，應考慮其產品特性後決定廢水處理程序。

7. 儀控/壓縮機次系統：為節省值班人力，排煙除硫系統應採中央電腦控制，自動閥則以氣動方式運作，控制參數設定由廠家視煤質狀況自行設計操作模式。系統操作運轉應注意下列數點：

A. 依 SO_2 進流量、石膏密度、氯離子濃度、定時、定量、pH 值…等量測信號為主，擇一或全部納入電腦控制，決定液氣比、噴藥量(化學計量比)等關係值。

茲將上述各項因子與系統效率之關係，簡述如下：

a. pH 值：

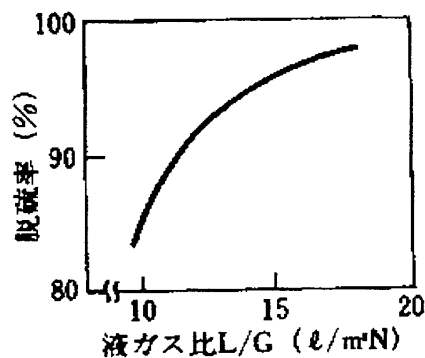


附圖一

排煙除硫系統的基本反應是煙氣中 SO_2 氣體被吸收成液態之亞硫酸(H_2SO_3)，隨後解離成亞硫酸根離子，而部分石灰石則溶解成鈣離子與亞硫酸根

離子產生反應，並於反應槽內繼續強制氧化形成石膏，如此即達到自煙氣中除硫之目的。所以溶液之 pH 值愈高愈有利於 SO_2 吸收，pH 值愈低則愈有利 CaCO_3 之溶解。 SO_2 被石灰石漿液吸收後進入反應槽，此時 pH 值會因 CaCO_3 之溶解而提高，也進一步增加 SO_2 之吸收去除——參考附圖一。提高 pH 值最有效的方法便是提高化學計量比，亦即 CaCO_3 之用量。但是相對的勢必增加用藥之操作成本且容易造成結垢現象，因此排煙除硫系統中，化學計量比之控制就顯得非常重要。一般以石灰石為吸收劑時，pH 值均應維持在 7 以下，太低或太高之 pH 值均不利於排煙除硫系統的操作、運轉。

b. 液氣比： 附圖二



液氣比 (L/G ratio) 是指循環之石灰石漿液與

吸收塔入口煙氣流量之比值，其單位為 L/m³N。高液氣比將提供較佳之液氣混合及接觸面積，使得 SO₂ 較易被石灰石漿液吸收，亦即提高了質量傳送之反應效果，故提高液氣比可以提高除硫效率。但提高液氣比也將增加能源之消耗。因為在煙氣流量固定下，要提高液氣比值即是增加石灰石漿液之循環流量來達成，而欲增加石灰石漿液流量最直接的方法即是增加泵之運轉能量。有關液氣比與脫硫效率之關係詳如附圖二。

c. 化學計量(Ca/S)比：

化學計量比是指吸收劑主要成份石灰石(CaCO₃)之用量與 SO₂ 之去除量兩者之莫耳數比值。理論上一莫耳之 CaCO₃ 可與一莫耳之 SO₂ 反應，但為求反應完全，通常化學計量比之值均大於 1。化學計量比愈高，pH 值愈高，除硫效率愈佳，但 CaCO₃ 耗用量亦增大，因此控制系統之化學計量比在最適當的比值是相當重要的。化學計量比與 SO₂ 去除率之關係詳如附圖三。

d. 氯離子濃度：

排煙除硫設備之吸收塔 (absorber) 中，氯離子的主要來源有二：一為燃煤中所含的氯化物，另一則為含於調漿用水或補充水中，隨上述用煤用水而進入系統內。燃煤所含之氯化物可分為有機及無機兩類，有機氯化物燃燒後生成鹽酸(HCL)氣；無機氯化物燃燒後則呈熔融狀態，其中部分揮發成氣體後隨煙氣溫度下降凝結成酸霧滴並附著於煙塵而被靜電集塵器所收集，其餘則隨煙氣而進入排煙除硫系統。排煙除硫系統所要求之水一般都採用自來水，而自來水中所含之氯離子則因水源之不同而略有別。一般而言，系統中氯離子之主要來源大都來自燃煤本身燃燒後所產生之 HCL。

氣態的 HCL 比 SO_2 更易溶解於水中，並耗用部份石灰石後反應生成 CaCl_2 。 CaCl_2 是一種溶解度極高的化合物，此種氯離子會漸漸累積在反應槽中，造成石灰石漿液之 pH 值降低，進而影響系統之除硫效率。此外氯離子濃度高亦會加速設備的腐蝕，是以系統設計時，氯離子之濃度必須維持在某一定值(20000ppm)

以下，以免影響系統之除硫效率及腐蝕設備，因此必須將過多的氯離子排出吸收塔外。

此外由於 HCL 氣體與石灰石漿液起反應，因此必須提高化學計量比來補充被 HCL 所耗用之石灰石，以維持最適當的石灰石漿液的 pH 值，並利 SO₂ 的吸收。

e. 煙氣速度：

煙氣速度的大小會影響吸收塔內液氣的接觸效果，提高煙氣速度可增加其擾流之程度，使液氣之接觸面積增加，進而提高 SO₂ 的去除率，但煙氣速度若大於某一臨界值，則容易造成水氣隨煙氣逸出的 carryover 現象。水滴中常含有石灰石漿液及飛灰等成份，當含此水滴的煙氣通過除霧器時，容易造成除霧器結垢與堵塞。另外煙氣速度也會影響煙氣中液滴的數量及大小，因此煙氣速度對於除霧器之設計及效率有極大的影響。目前大多數除霧器物廠家都將除霧器設計為多層式，並附有差壓警報及清洗設備，藉以清除隨煙氣通過而黏結於除霧器上之石灰石漿液等污垢。

目前煙氣速度之設計均傾向於採用較高之數值以增加 SO₂ 之去除率，同時亦須加強除霧器清洗系統噴嘴及噴頭之設計，以減少 carryover 之發生。

f. 粒狀物濃度：

煙氣進入吸收塔後，其所含之粒狀物可被去除一部分，因此煙氣中粒狀物濃度之高低將影響石膏之品質。進口煙氣中粒狀物濃度愈高(即靜電集塵器失效)，石膏純度愈低；且煙氣中雜質愈多將造成吸收塔內之石灰石漿液產生氟化鋁遮蔽現象 (Aluminum Fluoride (AlF) Blinding)。所謂氟化鋁遮蔽現象是指吸收漿液中氟與鋁離子之濃度達到某一比值時會反應結合成氟化鋁。氟化鋁會附著於 CaCO₃ 上而產生一種遮蔽效應，使 CaCO₃ 不易溶解於水中，以致 CaCO₃ 之利用率及 SO₂ 之去除率皆下降，造成上述遮蔽現象之主要元素「氟」係來自於煤燃燒後所產生之 HF 氣體，該氣體隨著煙氣而進入吸收塔，HF 即被洗滌吸收溶解於吸收塔內。另一項不純物「鋁」係來自於隨煙氣進入吸收塔之飛灰及含於石灰石中之不純物。欲防止此種現象產生，最簡便之方法為增設泵送 NaOH

或 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 到吸收槽之設備，以便在靜電集塵器故障或降低效率時，可立即啟動此一鹼性化學物質添加設備，俾提高吸收液之 pH 值，如果能配合緊急排掉部分吸收漿液及加入補充水等措施，即能迅速降低氟及鋁離子濃度，使遮蔽現象得以儘早解除，恢復系統除硫效能。

B. 依傳統水位自動控制，但需佐以各種煤質試燒、排水檢測後定之。

8. 供配電次系統：應考慮供電電源電壓伏特數大小並規劃變電設備。

四、材料防蝕及運轉維修規劃：

1. 防蝕材料選用：排煙除硫系統因滌除煙氣中高濃度 HCl 、 SO_2 、 HF ... 等酸性氣體物質，經液體吸收劑(水、海水、...) 後變成酸性溶液，石灰石漿液或水、海水比率不足，易形成低 pH(強酸性)及大量氯離子、氟離子、懸浮顆粒之液體，金屬材料或防蝕材料選用不當時，極易被腐蝕、磨

蝕、穿孔。一般均要求金屬或防蝕材料能耐氟離子、氯離子(20000ppm)或高濃度懸浮粒的使用。金屬材料如 hastelloy C, C276, Carpenter 20, Inconel 600/800。非金屬材料如橡膠, Flake glass with Alumina filler。

2. 省能、自動化、運轉維修保護措施：除上述材料選用考慮外，省能、自動化亦應考慮如風扇與 GGH 之相對位置，以免耗能。自動化應注意起停之省力化、合理化、安全性、信賴性、容易性及高效率機械壽命之長期運轉。運轉時亦需注意緊急灑水、降溫、排放、沖洗管路避免堵塞等安全保護措施。

3. 一般警報裝置情形如下：

- A. 吸收塔/反應槽本體：(1). 本體溫度及入口煙氣溫度高。(2). 循環泵壓力及流量高

低。(3). 吸收塔/反應槽內 pH 高低。

B. 煙氣煙道部分：(1)煙囪入口 SO₂濃度高。(2)煙囪入口氣體溫度低。(3)風扇停止運轉。(4)旁通風門差壓高低。

C. 煙氣再加熱設備：差壓過高。

D. 公用設施：(1)電源喪失。(2)控制用空氣壓力低。(3)冷卻水壓立低。

參、研習內容：

一、台中九、十號機排煙除硫系統設備規範概要：

台中九、十號機排煙除硫系統由日本 IHI 公司得標統包(含機電儀土木建築等工料提供)，該公司除了承攬本機組排煙除硫設備工程外，亦承攬本公司所興建完工驗收之『興達電廠第三、四號機排煙除硫設備』及興建中之『脫硝設備』，因此對於國內環保現況、各項空氣/水污染排放標準及相關法規等均已相當熟悉、瞭解，因此對於本案之設計工作執行助益良多。

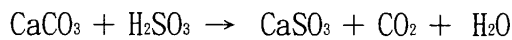
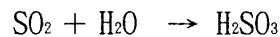
本台中九、十號機排煙除硫系統經評估後採溼式石灰石法，工程確為一龐雜之化學反應與處理系統，所含設備

(次系統) 種類繁雜，概略如下：

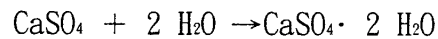
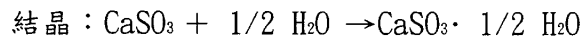
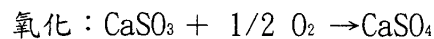
1. 鍋爐廢煙氣進/出氣設備：旁通風門導氣，氣體加熱器。
2. 石灰石漿液製備設備：不設研磨設施，直接用水與石灰石粉(325 μ)調配漿液。
3. 吸收塔滌氣/反應槽主體設備：內襯 C276 材料，化學計量比 1.03(max.)，煙氣出口濃度 $\text{SO}_2 \leq 35\text{ppmv}$ ，粒狀物 $\leq 20\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$ 等保證值。
4. 回收水設備
5. 壓縮空氣設備
6. 石膏副產品製造設備：純度 95%(min.)，含水率 10%(max.)， $\text{Cl} \leq 120\text{ppm}$
7. 廢水處理設備：化學混凝法，活性炭吸附 COD 槽，排放水值須符合環境保護法令。
8. 自來水/冷卻水設備
9. 儀控電腦設備：DCIS 電腦一套。
10. 電氣設備

二、系統之製程化學反應：

濕式石灰石/石膏法係將石灰石粉配製成乳漿液狀的吸收液後再噴入吸收塔 (Absorber)。當煙氣中 SO_2 與吸收液接觸時溶於水中成 HSO_3^- 離子，促成吸收液之 pH 值降低，使得石灰石微粉末 (CaCO_3) 溶解度大增，並與 HSO_3^- 離子反應成 CaSO_3 繼而氧化成 CaSO_4 。再循環泵 (Recirculation Pump) 不斷地自吸收塔底部的反應槽抽取漿液至吸收塔上部的噴霧管嘴噴灑，形成一連續循環迴路。此種吸收反應不斷於吸收塔及反應槽間持續進行，其反應式如下：



為使全部 CaSO_3 均能氧化成 CaSO_4 ，採用槽內強制氧化法，以空壓機或鼓風機將空氣直接打入反應槽中，使 CaSO_3 氧化成穩定的 CaSO_4 ，其反應式為：



三、台中九、十號機排煙除硫系統之設計特性及其流程：

承包商 IHI 公司依據本公司台中九、十號機排煙除

硫系統規範書提供濕式石灰石/石膏法之流程設計。特徵如下：

1. 採取外購石灰石粉調製吸收漿液(20~25%)，不再購買石灰石塊自行研磨，以節省研磨機及場房設置費用。
2. 吸收塔及反應槽內襯材料使用 Hastelloy C276 防腐蝕及磨蝕。吸收塔及反應槽設計反應時間採 IHI 標準 12 分鐘，以避免物理性(液氣比不良、噴嘴配置角度不佳、漿液流動死角等)及化學性(石膏飽和度維持、晶種確保等)結垢。
3. 緊急沖放槽為兩部機共同使用，節省空間。
4. 主廢水源由石膏脫水機真空泵處定量排放，不再由緊急沖放槽排放，如此可避免懸浮固體於運轉不當時大量流入廢水處理廠，造成廢水處理廠無法負荷，處理失敗，逾越放流水標準。放流水檢測仍依環保署公告檢測方法(NIEA)辦理如 Cr 檢測方法為 NIEA 516(高鹵法)。唯 B、NO₃ 等則不在本合約處理範圍。
4. 所有水泥池/坑/溝均用 Flake Glass Lining

(Protecto-Line 800AR Type)塗層防蝕，此塗料

內依說明書資料應參配 Alumina 可得較佳耐酸

氣及氟離子浸蝕。不再使用 mortar 或 FRP 防蝕。

5. 所有轉動設備接液部份金屬材料均採 4.7-8mm

Chloro Butyl Rubber 硬質橡膠內襯，不再採

6% CrMo 不鏽鋼材料，以節約成本。

6. 量測項目約有數處如煙氣流量、煙氣出口 SO₂ 濃

度、煙氣入口出口溫度、漿液 pH 值及其他與運

轉安全有關項目如泵出口壓力、流量，風壓等。

量測儀器使用例如下：

量測儀器	量測項目	形式	設計施工注意事項
SO ₂ 分析儀	煙氣入/出口 SO ₂ 值	非分散紅外線吸收法	避免煙塵/霧滴堵塞
pH 計	吸收/反應槽 pH 值	玻璃電極	避免電極部結垢
濃度計	漿液/石膏濃度	氣泡/超音波式	-----
液位計	各槽液位	電極/面積/氣泡/超音波式	避免結垢需清洗
漿液流量計	漿液管線流量	電磁式	須配置滿溢措施
漿液壓力計	漿液泵出口配管	隔膜式	-----
氣體流量計	排放口氣體量	差壓式	避免煙塵/霧滴堵塞
氣體溫度計	煙氣入/出口溫度	熱電偶	-----

肆、心得與感想

本人此次前往日本東京 IHI 公司豐洲區工程設計中心接受排

煙除硫系統機械儀控電氣規劃工作之研習，除了進一步了解整體

系統之化學反應過程、處理流程選擇、規範制訂、材料選用、及

系統除硫運作主要運轉控制參數及設備間警報設定之相關性外，同時也瞭解在本公司目前之排煙除硫系統設備採購規範中，仍有部分缺失，仍須檢討改進：

- (1). 材料選用標準應考慮經濟成本，如排煙除硫系統之心臟——吸收塔及反應槽採 C276 金屬材料或非金屬材料內襯，其價格差異甚大。早期其他機組如台中 1~4 機(未統包)曾採用 Flake Glass Lining，但亦發生剝落現象，原因不易釐清，究竟為施工管制不佳或成份未添加 Alumina 抗氟離子浸蝕致之，因此台中電廠要求全面改用 C276 金屬材料保護本體是否符合經濟性有待時間考驗。
- (2). 橡膠內襯材料甚多如 Soft Natural Rubber、Hard Natural Rubber、Butyl Rubber、ChloroPropene Rubber 應考慮各種橡膠成份及使用地點之環境溫度壓力異同而擇定，再輔以增加厚度來改質，以免引起紛爭。
- (3). 規範內有關管路厚度未詳細規定各不同尺寸及壓力等級適用之厚度，致廠家未考慮各種腐/磨蝕及使用年限等因素，均採取最薄等級(10S 或 Std)規劃，經本處拒絕後，改用 40S 辦理。新計劃應參考興達三、四 FGD 規範列入通則。
- (4). 各種轉動設備如鼓風機、泵進出口均要求設置壓力計，入

口處之設置是否多餘，有待再斟酌。

(5). 廢水化學需氧量(COD)排放檢測儀器為符合環保法令(高鹵法 Cl^- 2000ppm 以上)，需於現場做部份修正，不得以其他方法如總有機碳(TOC)之檢測儀器替代之，以免失真。

(6). 廢水化學需氧量(COD)處理單元究竟採離子交換樹脂法或活性炭吸附法獨立或串聯使用，有待回饋評估改進。

(7). 電腦控制設備仍為獨立系統，尚未與電廠其他主電腦整合，有待進一步規劃整合，以節省人力。

伍、建議事項：無。

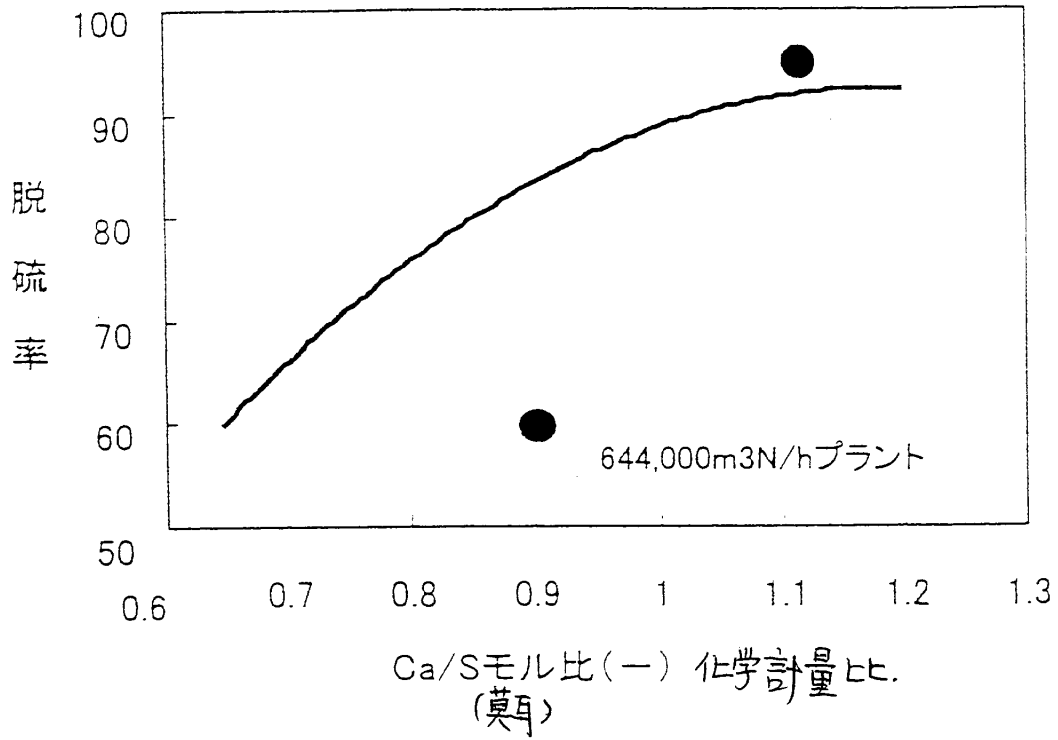
陸、附件：

1. 附圖三：除硫率與化學計量(Ca/S)比關係圖
2. 附件一：日本國空氣污染硫氧化物及廢水排放標準
3. 附件二：排煙除硫處理程序及流程圖例

附圖三

除硫率與化學計量(Ca/S)比關係圖

図三 脱硫性能のCa/Sモル比の影響
(莫耳)



附件一

日本國空氣污染硫氧化物及廢水排放標準

Flue Gas Exhaust Standards

SO_x

Limitation of SO_x emission depends on the regions and the height of Stack.

It should be calculated with the conditions of the region where the plant is installed and the height of Stack. The regulation is called "K-Values regulation".

The allowable amount of SO_x emitted is calculated with the following equation.

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

Exhaust standards of sulfur oxides

q: Amount of sulfur oxides (m³ N/h)

K: Each region value shown in Table below

H_e: Height of exhaust port (m) corrected by the following method

$$H_e = H_o + 0.65(H_m + H_t)$$

$$H_m = \frac{0.795\sqrt{Q \cdot V}}{1 + \frac{2.58}{V}}$$

$$H_t = 2.01 \times 10^{-3} \cdot Q \cdot (T - 288) \cdot \left(2.30 \log J + \frac{1}{J} - 1\right)$$

$$J = \frac{1}{\sqrt{Q \cdot V}} \left(1,460 - 296 \times \frac{V}{T - 288}\right) + 1$$

H_e: Corrected height of exhaust port

H_o: Actual height of exhaust port

Q: Exhaust gas amount (m³/s) at

V: Exhaust gas exhaust speed (m/s)

T: Exhaust gas temperature (°K)

(Example of SO_x emission limitation)

(1) Gas quantity: 2,300,000 m³N/hr wet

(2) Gas temperature: 90 °C

(3) Ambient temperature: 30 °C

(4) Stack height: 200 m

(5) K value: 3.0 (most restricted area such as Tokyo, Yokohama Osaka etc.)

Result

(1) Effective Stack Height: 658 m

(2) SO_x amount (q): 1299 m³N/hr ⇒ equivalent to 619 ppm as concentration

K Values

Category	Rank	Region Name	K Value
General Exhaust Standard	(1)	Special wards, etc., in Tokyo, Yokohama/Kawasaki City, etc., Nagoya City, etc., Yokkaichi City, etc., Osaka/Sakai, etc., Kobe/Amagasaki, etc.	3.0
	(2)	Kawaguchi/Soka/Chiba/Ichihara, etc., Shimizu, etc., Fujinomiya/Fuji, etc., Handa/Hekinan, etc., Kyoto, etc., Kishiwada, etc., Himeji, etc., Wakayama, etc., Kurashiki (Mizushima), Kurashiki (except for Mizushima), Bizen, Fukuyama, Otake, Ube, etc., Tokuyama, etc., Iwakuni, etc., Niihama, etc., Kita-Kyushu, etc., Omuta, Oita, etc.	3.5
	(3)	Sapporo	4.0
	(4)	Muroran, Hitachi, Kashima, etc., and Boufu	4.5
	(5)	Toyama/Takaoka, etc., Kure, Toyo, Komatsu	5.0
	(6)	Hachinohe, Iwaki, Annaka, etc., Niigata, etc., Okayama, Shimonoseki, Marugame/Sakaide, etc., Kawano, etc., Arao	6.0
	(7)	Tomakomai, etc., Hachioji, etc., Kasaoka	6.42
	(8)	Sendai, etc., Ashikaga, etc., Tochigi, etc., Fukui, etc., Hamamatsu, etc., Hiroshima, etc.	7.0
	(9)	Otaru, Asahikawa, Sakata, Utsunomiya, etc., Suruga, Takehara, etc., Mihara/Onomichi, etc., Tokushima/Anan, etc.	8.0
	(10)	Akita, etc., Kanazawa, etc., Toyohashi, etc., Otsu, etc., Aioi, etc., Fukuoka, Nagasaki, etc., Nobeoka	8.76
	(11)	Takasaki (except for Yawata-Machi, etc.), Kawagoe/Urawa, etc., Noda/Narita, etc., Ichinomiya/Inuyama, etc., Seto, etc., Naha, etc.	9.0
	(12)	Kushiro, Takefu/Sabae, etc., Shizuoka, Sasebo	10.0
	(13)	Hakodate, etc., Ishinomaki, etc., Natori, etc., Koriyama, Katsuta, Hiratsuka/Kamakura, etc., Joetsu, etc., Gifu/Ogaki, etc., Tajimi, etc., Fukuchiyama, etc., Takamatsu, Matsuyama, etc., Yatsushiro, etc., Minamata, Sendai	11.5
	(14)	Shibukawa, Numazu/Mishima, etc., Tamano, Naruto, etc., Kurume, Itoman, etc.	13.0
	(15)	Aomori, Morioka, Miyako, Kamaishi, Yamagata, Tsuchiura, etc., Koga, etc., Chichibu, etc., Choshi, Mobarra, Nagaoka, Matsumoto, etc., Kuwana/Suzuka, Hikone/Nagahama, etc., Nishiwaki/Miki, etc., Imabari, Kumamoto, Hyuga, Kagoshima	14.5
	(16)	Other	17.5
Special Exhaust Standard	(1)	Special Wards in Tokyo, etc., Yokohama/Kawasaki, etc., Nagoya, etc., Yokkaichi, etc., Osaka/Sakai, etc., Kobe/Amagasaki, etc.	1.17
	(2)	Chiba/Ichihara, Toyama, Handa/Hekinan, etc., Kishiwada/Takeda, etc., Himeji, etc., Wakayama/Kainan, etc., Kurashiki (Mizushima), Kita-Kyushu, etc.	1.75
	(3)	Kashima, etc., Kawaguchi/Soka, etc., Toyama/Takaoka, etc., Shimizu, Kyoto, etc., Fukuyama, Otake, Ube, etc., Tokuyama, etc., Iwakuni, etc., Marugame/Sakaide, etc., Niihama, etc., Omuta, Oita, etc.	2.34

水質汚濁防止法 排水基準

(排水基準を定める総理府令(昭和46年)およびその別表1より)

別表第一(第一条関係)

有害物質の種類	許容限度
カドミウム及びその化合物	一リットルにつきカドミウム〇・一ミリグラム
シアン化合物	一リットルにつきシアン一ミリグラム
有機燐化合物(パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトン及びEPNに限る。)	一リットルにつき一ミリグラム
鉛及びその化合物	一リットルにつき鉛〇・一ミリグラム
六価クロム化合物	一リットルにつき六価クロム〇・五ミリグラム
砒素及びその化合物	一リットルにつき砒素〇・一ミリグラム
水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物	一リットルにつき水銀〇・〇〇五ミリグラム
アルキル水銀化合物	検出されないこと。
ポリ塩化ビフェニル	一リットルにつき〇・〇〇三ミリグラム
トリクロロエチレン	一リットルにつき〇・三ミリグラム
テトラクロロエチレン	一リットルにつき〇・一ミリグラム
ジクロロメタン	一リットルにつき〇・二ミリグラム
四塩化炭素	一リットルにつき〇・〇二ミリグラム
一・二・ジクロロエタン	一リットルにつき〇・〇四ミリグラム
一・一・ジクロロエチレン	一リットルにつき〇・二ミリグラム
シス一・二・ジクロロエチレン	一リットルにつき〇・四ミリグラム
一・一・一・トリクロロエタン	一リットルにつき三ミリグラム
一・一・二・トリクロロエタン	一リットルにつき〇・〇六ミリグラム
一・三・ジクロロプロペン	一リットルにつき〇・〇二ミリグラム
チウラム	一リットルにつき〇・〇六ミリグラム
シマジン	一リットルにつき〇・〇三ミリグラム
チオベンカルブ	一リットルにつき〇・二ミリグラム
ベンゼン	一リットルにつき〇・一ミリグラム
セレン及びその化合物	一リットルにつきセレン〇・一ミリグラム
ほう素及びその化合物 B	海域以外の公共用水域に排出されるもの一リットルにつきほう素一〇ミリグラム 海域に排出されるもの一リットルにつきほう素二三〇ミリグラム
ふつ素及びその化合物 F	海域以外の公共用水域に排出されるもの一リットルにつきふつ素八ミリグラム 海域に排出されるもの一リットルにつきふつ素一五ミリグラム
アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物	一リットルにつきアンモニア性窒素に〇・四を乗じたもの、亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素の合計量一〇〇ミリグラム
備考 1 「検出されないこと。」とは、第二条の規定に基づき環境大臣が定める方法により排水の汚染状態を検定した場合において、その結果が当該検定方法の定量限界を下回ることをいう。 2 砒素及びその化合物についての排水基準は、水質汚濁防止法施行令及び廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令の一部を改正する政令(昭和四十九年政令第三百六十三号)の施行の際現にゆう出している温泉(温泉法(昭和二十三年法律第二百五号)第二条第一項に規定するものをいう。以下同じ。)を利用する旅館業に属する事業場に係る排水については、当分の間、適用しない。	

水質汚濁防止法 排水基準

(排水基準を定める総理府令(昭和46年)およびその別表2より)

別表第二 (第一条関係)

項目	許容限度
水素イオン濃度(水素指数)	海域以外の公共用水域に排出されるもの 五・八以上八・六以下 海域に排出されるもの五・〇以上九・〇以下
生物化学的酸素要求量(単位 一リットルにつきミリグラム)	一六〇(日間平均一二〇)
化学的酸素要求量(単位 一リットルにつきミリグラム)	一六〇(日間平均一二〇)
浮遊物質(単位 一リットルにつきミリグラム)	二〇〇(日間平均一五〇)
ノルマルヘキサン抽出物質含有量(鉱油類含有量)(単位 一リットルにつきミリグラム)	五
ノルマルヘキサン抽出物質含有量(動植物油脂類含有量)(単位 一リットルにつきミリグラム)	三〇
フェノール類含有量(単位 一リットルにつきミリグラム)	五
銅含有量(単位 一リットルにつきミリグラム)	三
亜鉛含有量(単位 一リットルにつきミリグラム)	五
溶解性鉄含有量(単位 一リットルにつきミリグラム)	一〇
溶解性マンガン含有量(単位 一リットルにつきミリグラム)	一〇
クロム含有量(単位 一リットルにつきミリグラム)	二
大腸菌群数(単位 一立方センチメートルにつき個)	日間平均三、〇〇〇
窒素含有量(単位 一リットルにつきミリグラム)	一二〇(日間平均六〇)
炭含有量(単位 一リットルにつきミリグラム)	一六(日間平均八)
備考1 「日間平均」による許容限度は、一日の排出水の平均的な汚染状態について定めたものである。	
2 この表に掲げる排水基準は、一日当たりの平均的な排出水の量が五〇立方メートル以上である工場又は事業場に係る排水水について適用する。	
3 水素イオン濃度及び溶解性鉄含有量についての排水基準は、硫黄鉱業(硫黄と共存する硫化鉄鉱を掘採する鉱業を含む。)に属する工場又は事業場に係る排水水については適用しない。	
4 水素イオン濃度、銅含有量、亜鉛含有量、溶解性鉄含有量、溶解性マンガン含有量及びクロム含有量についての排水基準は、水質汚濁防止法施行令及び廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令の一部を改正する政令の施行の際現にゆう出している温泉を利用する旅館業に属する事業場に係る排水水については、当分の間、適用しない。	
5 生物化学的酸素要求量についての排水基準は、海域及び湖沼以外の公共用水域に排出される排水水に限って適用し、化学的酸素要求量についての排水基準は、海域及び湖沼に排出される排水水に限って適用する。	
6 窒素含有量についての排水基準は、窒素が湖沼植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある湖沼として環境大臣が定める湖沼、海洋植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある海域(湖沼であつて水の塩素イオン含有量が一リットルにつき九、〇〇〇ミリグラムを超えるものを含む。以下同じ。)として環境大臣が定める海域及びこれらに流入する公共用水域に排出される排水水に限って適用する。	
7 炭含有量についての排水基準は、炭が湖沼植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある湖沼として環境大臣が定める湖沼、海洋植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある海域として環境大臣が定める海域及びこれらに流入する公共用水域に排出される排水水に限って適用する。	

附件二

排煙除硫處理程序及流程圖例

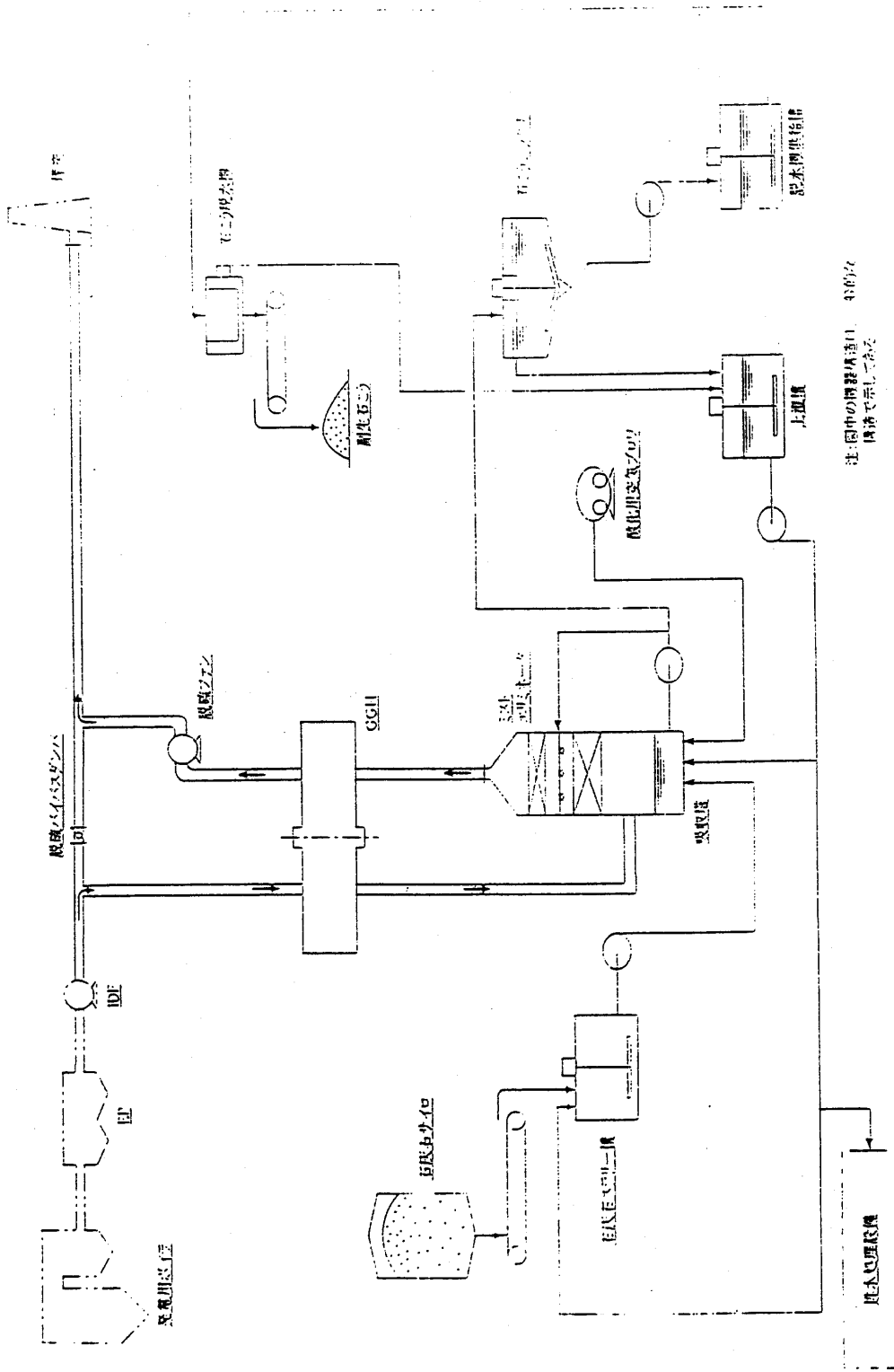
排煙脱硫のプロセス (process)

回収方式	方式	主要反応形態
石こう回収	石灰(石) - 石こう法 膏	$SO_2 + 1/2O_2 + H_2O = H_2SO_4$ $CaCO_3 + H_2SO_4 + H_2O = CaSO_4 \cdot 2H_2O + CO_2$
	マグネシウム(鎂) - 石こう法	$Mg(OH)_2 + SO_2 = MgSO_3 + H_2O$ $Ca(OH)_2 + SO_2 = CaSO_3 + H_2O$ $MgSO_3 + SO_2 + H_2O = Mg(HSO_3)_2$ $CaSO_3 + SO_2 + H_2O = Ca(HSO_3)_2$ $MgSO_3 + 1/2O_2 = MgSO_4$ $Mg(HSO_3)_2 + O_2 = Mg(HSO_4)_2$ $CaSO_3 + 1/2O_2 + 2H_2O = CaSO_4 \cdot 2H_2O$ $Ca(HSO_3)_2 + O_2 = Ca(HSO_4)_2$ $MgSO_4 \cdot Ca(OH)_2 + 2H_2O = CaSO_4 \cdot 2H_2O + Mg(OH)_2$ $Mg(HSO_4)_2 + 2Ca(OH)_2 + 2H_2O$ $= 2(CaSO_4 \cdot 2H_2O) + Mg(OH)_2$
	ソーダ石灰石法 (蘇打)	$Na_2SO_3 + SO_2 + H_2O = 2NaHSO_3$ $2NaHSO_3 + CaCO_3 = Na_2SO_3 + CaSO_3 + H_2O + CO_2$ $CaSO_3 + 1/2O_2 + 2H_2O = CaSO_4 \cdot 2H_2O$
	アンモニア石灰法 (氨)	$2NH_3 + SO_2 + H_2O = (NH_4)_2SO_3$ $(NH_4)_2SO_3 + 1/2O_2 = (NH_4)_2SO_4$ $(NH_4)_2SO_4 + Ca(OH)_2 + H_2O$ $= CaSO_4 \cdot 2H_2O + 2NH_3$
非回収	水(鎂) マグネシウム法 (か性ソーダ法)	$Mg(OH)_2 + SO_2 = MgSO_3 + H_2O$ $MgSO_3 + SO_2 + H_2O = Mg(HSO_3)_2$ $Mg(HSO_3)_2 + Mg(OH)_2 = 2MgSO_3 + 2H_2O$ $MgSO_3 + 1/2O_2 = MgSO_4$

(※) 上記の方法以外でも実績を有する方式があるが、特殊なケースが多くここでの紹介は省略した。

(※) 最近の新技术については、「参考資料 4.2 開発の現状」にて紹介する。

石灰石-石こう法フローシート (flow sheet)



注: 図中の機器構造は、
簡略で示してある