

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

超超臨界機組之空污防制技術

服務機關：台灣電力公司

出國人：

職稱：十二等一般工程監

姓名：林武煌

出國地區：日本

出國日期：11月13日至11月18日

報告日期：100年12月30日

出國報告審核表

出國報告名稱：超超臨界機組之空污防制技術		
出國人姓名(2人以上,以1人為代表)	職稱	服務單位
林武煌	一般工程監	環保處
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input checked="" type="checkbox"/> 實習 <input type="checkbox"/> 其他_____ (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：100年11月13日至100年11月18日		報告繳交日期：100年12月30日
出國計畫主辦機關審核意見	■1.依限繳交出國報告 ■2.格式完整(本文必須具備「目的」、「過程」、「心得」、「建議事項」) ■3.無抄襲相關出國報告 ■4.內容充實完備。 ■5.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.退回補正,原因: <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 9..本報告除上傳至出國報告資訊網外,將採行之公開發表: <input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會(說明會),與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他_____ <input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式:_____	

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報告人		審核人		單位 主管 	主管處 主管 	總經理 副總經理 
-----	---	-----	---	---	--	--

QP-08-00 F06

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：超超臨界機組之空污防制技術

頁數 23 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

林武煌/台灣電力公司/環保處/一般工程監/02-23667220

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：100/11/13~100/11/18

出國地區：日本

報告日期：100 年 12 月 30 日

分類號/目

關鍵詞：排煙脫硫設備、低低溫 EP、G G H

內容摘要：(二百至三百字)

近年因環保法規日趨加嚴，最近之燃煤電廠電源開發案均被要求達到極低之空氣污染物排放，為因應要求，本公司目前新設之燃煤機組皆採高效率空污防制設備，可符合環保法規要求。但環保署最近仍積極推動總量管制計畫，未來若要在既有電廠增設新機組，則新機組之空污排放要求將更為嚴苛，才有可能通過環評審查。日本新設燃煤

機組均屬超超臨界機組，其運轉後空污排放濃度均較本公司現有或規劃中的機組排放為低，相關的流程規劃或採行之技術，及空污設備運轉後實際排放狀況，均值得本公司派員學習，作為日後規劃相關防制措施時參考。

本次實習拜訪 J-POWER 公司及參訪該公司之二座電廠，一為位於橫濱地區之磯子 (ISOGO) 電廠，另一為位於德島縣之橘灣 (Tachibanawan) 電廠。該兩座電廠均各設置兩部超超臨界 (USC) 燃煤機組(磯子：60 萬 kw*2，橘灣：105 萬 kw*2)，而在環境保護方面之共同特色為均與地方政府簽署環保協定書，其所要求之各項空氣污染物排放濃度均比日本政府訂定之排放標準值還嚴格。

為達成環保協定書要求之目標，兩廠均裝設有高效率之空氣污染防制設備包括靜電集塵器(ESP)、選擇性觸媒還原脫硝(SCR)及排煙脫硫設備(FGD)。值得一提的是，磯子電廠因場地狹小且環保協定書要求的標準相當嚴苛幾乎接近燃氣機組之排放濃度值，故該電廠之脫硫設備係採活性焦炭 (ReACT) 乾式脫硫系統以提高除硫效率，其佔地面積小且具電力消耗低、用水量極少之功能。而橘灣電廠則是因為環保協定書要求之粒狀污染物排放濃度相當低，故特採用低溫 EP 以提高除塵效率，此外，並裝設非洩漏式氣對氣熱交換器 (GGH)，GGH 之熱回收器設於低溫 EP 前端，回收之熱能則經由熱介質循環

傳送至 FGD 後方之再熱器，將處理後之煙氣升溫，以利煙氣擴散，
值得本公司參考。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

目 錄

壹、目的-----	6
貳、實習行程-----	7
參、實習內容-----	8
一. J-POWER 空污防制設備技術研習-----	8
二. 磯子電廠空污防制設備運轉參訪-----	10
三. 橘灣電廠空污防制設備運轉參訪-----	18
肆、心得與建議-----	22

壹、目的

近年因環保法規日趨加嚴，最近之燃煤電廠電源開發案均被要求達到極低之空氣污染物排放，為因應要求，本公司目前新設之燃煤機組皆採高效率空污防制設備，可符合環保法規要求。但環保署最近仍積極推動總量管制計畫，未來若要在既有電廠增設新機組，則新機組之空污排放要求將更為嚴苛，才有可能通過環評審查。日本新設燃煤機組均屬超超臨界機組，其運轉後空污排放濃度均較本公司現有或規劃中的機組排放為低，相關的流程規劃或採行之技術，及空污設備運轉後實際排放狀況，均值得本公司學習，作為日後規劃相關防制措施時參考。

貳、實習行程

項次	起始日	迄止日	前往機構	詳細工作內容
			機構名稱	
1	1001113	1001113		往程（台北-東京）
2	1001114	1001114	J-POWER	研習超超臨界機組空污防制設備技術
3	1001115	1001115	J-POWER ISOGO 電廠	參訪超超臨界機組空污防制設備運轉
4	1001116	1001116	Tachibanawan 電廠	參訪超超臨界機組空污防制設備運轉
5	1001117	1001117	J-POWER	研習燃煤電廠空污防制設備最佳可行控制技術
6	1001118	1001118		返程（大阪-台北）

參、實習內容

一、J-POWER 空污防制設備技術研習

J-POWER 是於 1952 年由日本政府設立的電力開發公司，其後於 2004 年改組為民營企業，目前共擁有 67 座電廠，包括火力發電廠 59 座、水力發電廠 7 座以及地熱發電廠 1 座，總裝置容量為 16992.5MW，輸電線路總長約 2407 公里，為日本第 5 大電力公司。

J-POWER 由於引進包括超超臨界機組(一般指主蒸汽壓力超過 22.1 MPa，主蒸汽或再熱蒸汽溫度達 593°C 或 600°C 者) 之技術及抑低廠內用電，其運轉效率始終維持良好的水準，以 2009 年為例，全公司火力發電廠之平均熱效率即高達 40.3%，相對的也減少了燃料之使用量及抑低了 CO₂ 之排放。

J-POWER 對於火力發電廠之空氣污染物排放防制相當積極，除了於建廠前與地方政府簽訂環保協定書外，亦採取了多項污染防制減輕對策，包括裝設高效率之 ESP、FGD、SCR 等空污防制設備，以及密閉式煤倉(SILO)、密閉式輸煤帶(傳統式、氣浮式)以減低煤塵之逸散。而 J-POWER 於 1970 年代開發一套利用活性焦炭之乾式脫硫脫硝系統((Regenerative Activated Coke Technology，簡稱 ReACT)，經過實證測試成功後，分別於 1995 年安裝於該公司之 Takehara 電廠 #2 及 2009 年安裝於 Isogo 電廠 #2，使得燃煤電廠之

硫氧化物及氮氧化物可再進一步抑低。經統計 2009 年 J-POWER 之所有燃煤火力機組之空氣污染物排放強度為 SO_x : 0.16g/kwh、 NO_x : 0.44g/kwh、 Soot and Dust : 0.01g/kwh；其中 SO_x、 NO_x 排放強度雖然比全日本火力機組(包括燃煤、燃油及燃氣)之排放強度值(0.1 g/kwh、0.2 g/kwh)稍為高些，惟相對於其他先進國家如美、法、加、德等國之火力機組(包括燃煤、燃油及燃氣)排放強度平均值(約 0.7~3.4 g/kwh、0.6~3.5 g/kwh)已屬相當的低。本公司 2010 年火力機組之空氣污染物排放強度為 SO_x : 0.35g/kwh、 NO_x : 0.39g/kwh、 PM : 0.025g/kwh，相較於日本則 SO_x 尚有改善空間。

二、礮子電廠空污防制設備運轉參訪

礮子電廠位於橫濱市，早於 1967、1969 年即已分別各設置一部機組，嗣因機組老舊，於 1996 年進行更新改建工程，2001 年將兩部舊機組除役，新 1、2 號機分別於 2002 年 4 月、2009 年 7 月正式商轉。礮子電廠之更新改建工程因廠址面積狹小及需兼顧舊機組之營運，故其過程需相當審慎及嚴密規劃，值得本公司類似之電廠更新改建工程如林口、大林更新改建計畫參考。

由於礮子電廠位於海港城市，為配合周遭景觀環境，該廠之廠房、煤倉及煙囪之造型及色彩皆經特別規劃設計，例如採用塔型鍋爐以減少廠房佔用面積，儲煤設備係採用四片葉子形狀布置的苜蓿型室內儲煤筒倉(Silo)，而 200 公尺高之煙囪設計為下方圓形底座往上漸變為狹扁立面橢圓形以降低對景觀之衝擊，此外廠區亦規劃有 20%之綠地。礮子電廠之廠房景觀如圖 1，該廠#1 機組建物及煙囪景觀於 2002 年 4 月獲頒公共色彩賞如圖 2。

礮子電廠之兩部機組均屬超超臨界機組(USC：Ultra Super Critical)，主蒸汽壓力達 25MPa，主蒸汽溫度為 600°C，再熱蒸汽溫度為 610°C(#1 機)、620°C(#2 機)。為維護環境品質該廠於舊機組營運期間即與橫濱市簽署了日本首項之防止公害協定，而在安裝新 1 號機時再次簽署環保協定，以使環境進一步得到改善。環保協定書對於空氣污染物之排放值要求比日本政府法規規定之排放標準還嚴格，其排放值規定如表 1 所示：



圖 1：磯子電廠之廠房景觀圖(圖片來源:J-POWER)

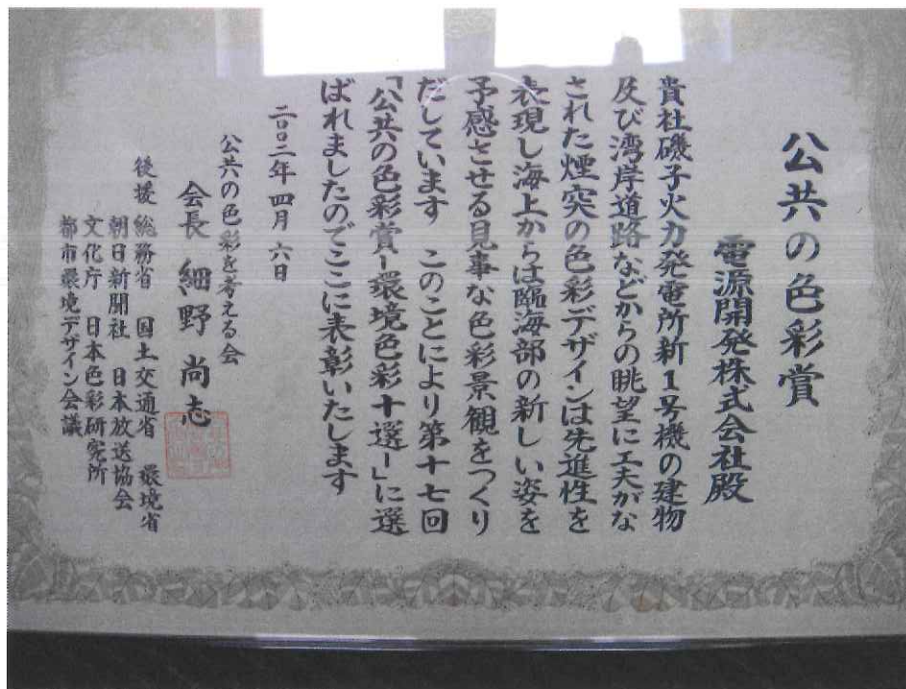


圖 2：磯子電廠#1 機組建物及煙囪景觀獲頒公共色彩賞

表 1:磯子電廠之 SO_x、NO_x 及 PM 之排放承諾值

機組	日本政府法規值			地方環保協定書		
	SO _x (k 值)	NO _x (ppm)	PM(mg/Nm ³)	SO _x (ppm)	NO _x (ppm)	PM(mg/Nm ³)
#1	1.17	200	50	20	20	10
#2	1.17	200	50	10	13	5

由上表可知，環保協定書中對於第 2 號機組之要求比 1 號機組還嚴格，和本公司目前燃煤更新火力計畫承諾排放濃度值(SO_x:30ppm,NO_x:30ppm,PM:20mg/Nm³)比較，磯子電廠之空氣污染物排放濃度確實相當嚴格。

為達成上述環保協定書要求之排放濃度，2 部機組均裝設有高效率之空污防制設備，包括靜電集塵器、乾式排煙脫硫及選擇性觸媒還原脫硝設備，其採用設備及效率如表 2 所示：

表 2: 磯子電廠採用之環保設備

	採用設備	去除效率
SO _x	乾式排煙脫硫設備	#1 95.0%
	(活性焦炭吸附法)	#2 97.8%
NO _x	乾式排煙脫硝設備	#1 87.5%
	(氨選擇性觸媒還原法)	#2 91.9%
PM	靜電集塵器	#1 99.94%
	乾式排煙脫硫設備	#2 99.97%

經實際參訪電廠了解，該廠為進一步抑低 SO_x 排放濃度，該廠之燃煤硫分須控制在 0.6%以下(平均<0.4%)，其他則為氮<1.7%、灰份<16%及 Hg<0.15 μg/g。而電廠煙氣經前述高效率控制設備處理後，三項空氣污染物排放濃度均非常低，控制室監控面板顯示之排放濃度值均為個位數(詳見圖 3)，幾乎是燃氣機組之排放值，其空氣污染控制設備確實發揮極大功效。此外，令人印象深刻的是廠房內相當整潔明亮，未見灰塵，行至鍋爐附近亦未感覺高溫，溫度和室溫差不多，鍋爐外壁溫度以溫度計測量約僅 30°C。



圖 3：磯子電廠控制室監控面板顯示煙氣 SO₂、NO_x 排放濃度

磯子電廠場地面積不大，為因應狹窄空間，其排煙脫硫設備，捨棄傳統常用之濕式石灰石式 FGD，採用佔地小之乾式排煙脫硫系統(活性焦炭吸附法 ReACT))。這一套系統係 J-POWER 所開發之新技術，J-POWER 並成立子公司 J-POWER EnTech 專門負責推展 ReACT 系統。

ReACT 是一套已商業化之乾式多重污染物控制技術，可同時補捉 SO_x、NO_x、PM、汞和戴奧辛，其移除效率亦高(SO₂:可達 99%、NO_x:20~80%、汞:90%)，整組系統佔地面積小、電力消耗低、用水量極少、維護容易、幾乎無固體廢棄物且副產品硫酸品質高可供銷售。

ReACT 系統流程分爲 3 個步驟：吸附、再生及副產品回收，概要流程圖如圖 4 所示。其主要原理說明如下：

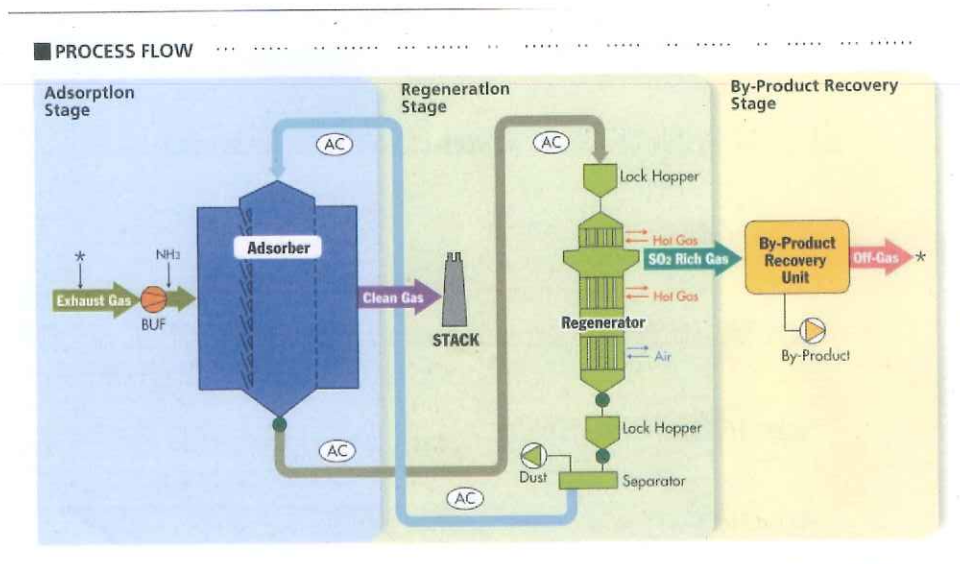


圖 4：ReACT 系統流程(圖片來源:J-POWER EnTech,Inc.)

(一) 吸附塔：

在吸附塔中，煙氣流經活性焦炭 (activated coke, 以下簡稱 AC) 進行吸附作用，而 AC 是以定速由上而下流動(如圖 5)，SO_x、NO_x 等移除作用如下：

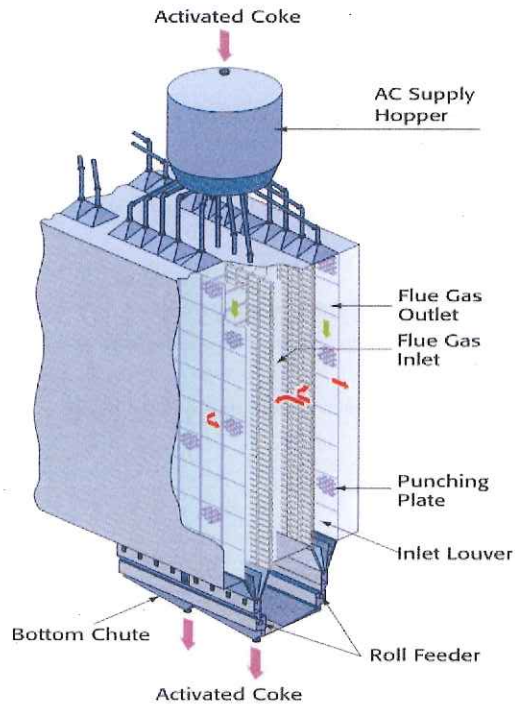
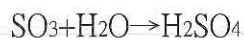
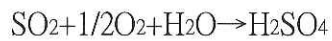


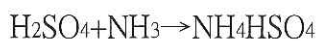
圖 5：吸附塔流程(圖片來源:J-POWER EnTech,Inc.)

A. 脫硫反應:

SO_x 係以硫酸或氨鹽(ammonium salts)形態被吸附在 AC 表面。



〈氨注入時〉



B. 脫硝反應:

NO_x 經由 NH₃ 之觸媒反應及 AC 轉化成 N₂。





C. 汞的移除:

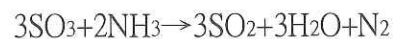
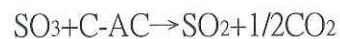
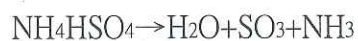
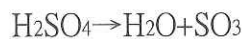
氣態汞會被被吸附在 AC 的表面，元素態汞則以離子化和氧化方式有效率地被移除。

D. 粒狀物控制:

吸附塔亦為粒狀物控制設備，可將粒狀物控制在低濃度。

(二)再生反應:

當 AC 吸附污染物質飽和後，即被輸送帶傳送至再生器進行再生，再生係在 400 至 500°C 之溫度範圍運作，在此處，AC 所吸附之硫酸及氮化合物會被分解為 SO_2 、 N_2 及水，而 AC 直到幾年後(視 ReACT 進口處之汞濃度而定)亦需做部分替換。其反應式如下:

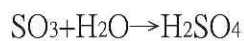


而經過冷卻後，由再生器再生之 AC 經分離器移除不合格之 AC 及所捕捉之 Dust，之後再回至吸附塔循環使用。淘汰掉之不合格 AC 可於鍋爐中燃燒，或出售作工業利用，例如做為戴奧辛吸收物質。

(三) 副產品回收：

再生器反應後頂端排出之富含 SO₂ 之氣體，可導引至副產品回收廠轉換成硫酸(濃度可達 98w%)或石膏。

其反應式如下：



ReACT 系統目前已於 J-POWER 之 Takehara 電廠#2 及 Isogo 電廠安裝及運轉，成效良好，並已推廣利用於煉鋼廠、煉油廠、化學工廠等。經詢問該公司人員表示該系統之操作維護簡單、穩定度高，其進氣口濃度最高可容許 SO_x:1000ppm、NO_x:400~500ppm、PM:50~100mg/Nm³，運用於既有設施僅需作簡易改造，燃油發電機組之空污排放改善亦可使用。

磯子電廠乾式脫硫系統之設計煙氣流量為 1,800,000Nm³/h，主要是用於移除 SO_x，#2 機組 ReACT 系統之進氣口濃度設計值為 SO_x:530ppm、NO_x:13ppm、PM:50mg/Nm³，所使用之活性焦炭約 3~5 年須作部分補充。

三、橘灣電廠空污防制設備運轉參訪

橘灣電廠位於德島縣小勝島，橘灣有”阿波的松島”的美稱，而小勝島東面室戶岬至阿南海岸之間的海岸地區於 1964 年被日本政府指定為室戶阿南海岸國定公園，為了與周遭自然環境協調，本廠特別重視建築物的景觀規劃及廠區之綠美化措施，廠房照片如圖 6，廠區植栽綠化減碳成效(0.48T-CO₂/年)亦獲德島縣認證如圖 7 所示。



圖 6：橘灣電廠廠房照片

橘灣電廠係於 1980 年由德島縣和阿南市政府建議進行發電廠的廠址調查，於 1995 年與德島縣和阿南市政府簽署”環保協定”及”建設工程協定”後動工興建。#1、#2 機組分別於 2000 年 7 月、12 月商轉，發電容量均為 105 萬 kw 之超超臨界機組，主蒸汽壓力 25MPa，主蒸汽溫度 600℃，再

熱蒸汽溫度 610°C。

橘灣電廠和地方政府簽署之環保協定，對於空氣污染物排放之要求比日本政府環保法規要求還要嚴格，如表 3 所示：



圖 7：橘灣電廠廠區植栽綠化減碳成效照片

表 3: 橘灣電廠之 SOx、NOx 及 PM 之排放承諾值

機組	日本政府法規值			地方環保協定書		
	SOx(k 值)	NOx(ppm)	PM(mg/Nm3)	SOx(ppm)	NOx(ppm)	PM(mg/Nm3)
#1	8	200	100	50	45	10
#2	8	200	100	50	45	10

為達成環保協定之要求目標，橘灣電廠之環保對策為裝設高效率低溫 EP、SCR 及濕式石灰石式 FGD，並燃用含硫分 1% 以下之煤碳。低溫 EP 係設計在 90°C 之穩定溫度提高除塵效率以及擋板連動不帶電錘擊方式，來防止再飄散，達到 EP 出口濃度為 50mg/Nm³ 以下。FGD 之脫硫效率為 93.8%，煙氣再經過 FGD 後之粒狀物濃度可進一步降至 10mg/Nm³ 以下。低溫 EP 能維持在 90°C 之穩定溫度主要係裝設有非洩漏式 GGH(Gas Gas Heater)，GGH 之熱回收器設於低溫 EP 前端，將煙氣之熱能回收(通過散布鋼球式煤煙脫除裝置來提高導熱效率)，使煙氣溫度由 133°C 降至 90°C，回收之熱能則經由熱介質循環方式傳送至 FGD 後方之再熱器，將脫硫後之煙氣溫度由 48°C 升溫至 90°C 以利煙氣擴散。橘灣電廠之環保設備流程及 GGH 系統如圖 8、9 所示。

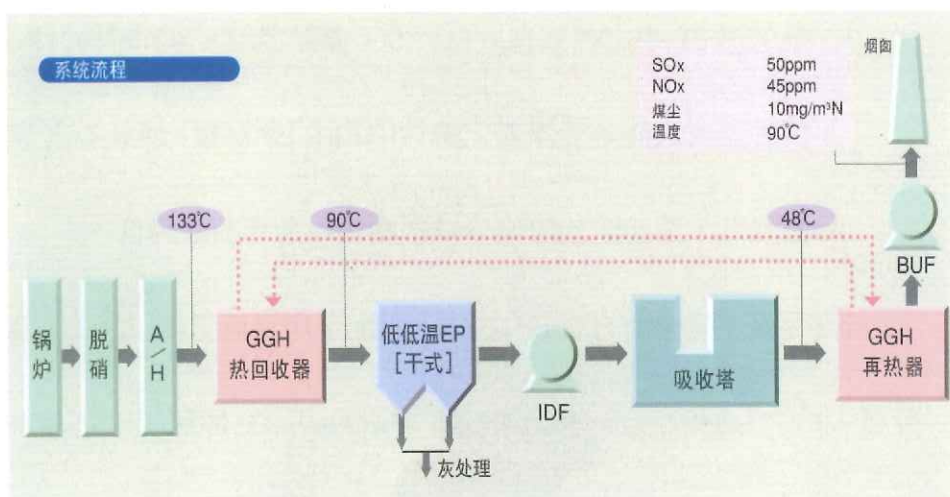


圖 8：橘灣電廠之環保設備流程(圖片來源:J-POWER)

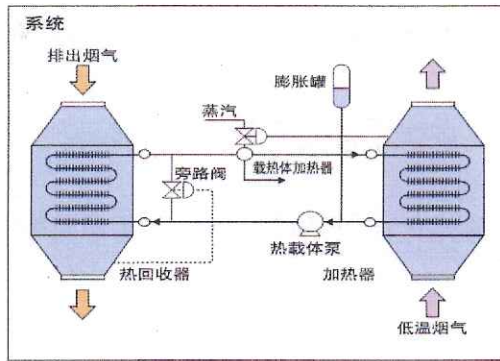


圖 9：橘灣電廠之 GGH 系統(圖片來源:J-POWER)

橘灣電廠採用低溫 EP 主要係考量：

1. 低溫 EP 之煙氣溫度較傳統式 EP 低，設備體積減小許多，對於面積有限之電廠頗有幫助。
2. 由於 GGH 之熱回收器設於低溫 EP 前端，煙氣溫度降低煤灰之電阻亦隨之下降，並進而提高煤灰在 EP 中之移動速度，故集塵效率較高。
3. 低溫 EP 中之煙氣溫度低於 SO_3 露點溫度， SO_3 較易行形成酸霧凝聚於煤灰表面並受煤灰之鹼性中和由 EP 補集，煙氣中之 SO_3 濃度因而降低，下游防治設備受煙氣腐蝕現象可有效降低。

橘灣電廠 1 號機低溫 EP 之設計參數為：煙氣流量(最大)3,280,000Nm³/h，煙氣入口之 SO_2 :822ppm、 NO_x :45ppm、PM:20g/Nm³，煙氣出口之 SO_x :814ppm、 NO_x :45ppm、PM:0.05g/Nm³，煙氣溫度於入、出口均為 90°C。

肆、心得與建議

本次實習拜訪 J-POWER 公司及參訪該公司之二座電廠，一為位於橫濱地區之磯子電廠，另一為位於德島縣之橘灣電廠。該兩座電廠均各設置兩部超超臨界 (USC) 燃煤機組，環境保護方面之共同特色為均與地方政府簽署環保協定書，其所要求之各項空氣污染物排放濃度均比日本政府訂定之排放標準值嚴格，亦比我國電力設施排放標準值還嚴格，將注意其未來發展趨勢。

磯子電廠之場地面積狹小，其由老舊機組更新改建為新機組之工程規劃、管理以及景觀規劃設計均值得本公司學習。該廠為因應環保協定書要求之嚴格空污排放標準，在硫氧化物排放控制方面，特別採用該公司研發之 ReACT(活性焦炭)乾式脫硫系統。該系統之特色為可同時補捉 SO_x、NO_x、PM、汞和戴奧辛等多種污染物，其脫除效率亦高，整組系統佔地面積小、電力消耗低、用水量極少、維護容易、幾乎無固體廢棄物且副產品硫酸純度高可供銷售，惟其設置及運維費用須進一步考量，本公司規劃空氣污染防治設備時可納入研析。

橘灣電廠為符合環保協定書要求之嚴格空污排放標準，在粒狀污染物排放控制方面特別採用低低溫 EP。低低溫 EP 設計在 90°C 之溫度操作，並搭配裝設非洩漏式 GGH，GGH 之熱回收器設於低低溫 EP 前端，回收之熱能則經由熱介質循環傳送至 FGD 後方之再熱器，將煙氣溫度升溫至 90°C 以利

煙氣擴散。低溫 EP 除塵效率比傳統 EP 高且佔地面積小、設備腐蝕現象改善，值得本公司規劃引進。

綜合而言，日本新設燃煤機組均屬超超臨界機組，其運轉後空污排放濃度均較本公司現有或規劃中的機組排放為低，其中磯子電廠之實際空污排放濃度幾乎是燃氣機組之排放值，J-POWER 相關的規劃流程或採行之技術，及空污設備運轉後實際排放狀況，可供本公司作為規劃相關防制措施參考，俾利相關燃煤電廠電源開發案順利通過環評審查。