

行政院及所屬各機關出國報告
(出國類別：實 習)

(裝訂線)

燃煤電廠排放汞及戴奧辛防制技術研習報告

服務機關：台灣電力公司

出 國 人：

職 稱：11 等一般工程監

姓 名：陳 國 義

出國地區：日本

出國日期：101 年 10 月 21 日至 101 年 10
月 30 日

報告日期：101 年 12 月 28 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：燃煤電廠排放汞及戴奧辛防制技術研習

頁數 39 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話 台電公司環保處/陳國義/(02)23667227

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

陳國義/台電公司/環境保護處環境規劃組/主管/(02)23667227

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：出國地區：101 年 10 月 21 日至 101 年 10 月 30 日/日本東京
都及滋賀縣近江八幡市

報告日期：101 年 12 月 28 日

分類號/目

關鍵詞：燃煤火力發電廠(coal-fired power plant)、汞排放(mercury emission)、戴奧辛(dioxin emission)、污染防治技術(pollution control technology)、活性碳(activated carbon)、生物快篩法(bio-screen test)

內容摘要：(二百至三百字)

日本電力事業之環保工作較台電先進，擁有多項世界尖端之污染防治技術，^職於 26 年前(民國 75 年)即曾奉派員赴日研習煙氣脫硫(FGD)、廢水、廢棄物處理及噪音防制等新環保設施之規劃，當時本公司各火力廠僅有靜電集塵器，歷經多年努力後，現在各燃煤火力電廠之環保設施業已齊備並已發揮甚大成效，符合國際標準且與日本電廠差距不大，但日本仍有某些先進高效能且實用化之環保設施如乾式 FGDs/ReACT、密閉式煤倉及造型煙囪等值得借鏡。

日本電源開發公司之 ReACT 技術已能處理燃煤電廠排放汞及戴奧辛 並在新建電廠安裝運年成效良好，若環保署法規趨嚴即可作為研擬因應方案之參考；另至環境廳研究所對之汞排放調查研究方法及成果亦作

一了解，並至日吉公司實習先進之戴奧辛檢驗方法，相當快速實用且低廉，可應用於防制規畫之前期調查作業。

所參訪之日本電業及相關環保機構具有國際一流水準，其作法及成果即使並非本公司之主要業務，短期內並不能直接導入應用，但亦能增進所知拓廣技術來源。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網(<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)

燃煤電廠排放汞及戴奧辛防制技術研習報告目錄

一、緣由	1
二、目的	1
三、考察內容及過程	2
1.日本電源開發公司(EPDC/J-Power)燃煤電廠排放汞及戴奧辛防 制技術.....	3
2.日本環境廳所屬國立環境研究所(NIES).....	22
3.日本日吉(Hiyoshi)公司戴奧辛生物快速篩檢技術.....	31
四、考察心得及建議	36
五、附件	38

燃煤電廠排放汞及戴奧辛防制技術研習報告

一、緣由

為瞭解日本在燃煤電廠排放汞及戴奧辛防制技術之最新進展，本年度台電公司指派環境保護處陳國義赴日本，實地學習了解排放汞及戴奧辛之防制技術及相關環境保護項目，已按核定計畫前往，實習之機構包括日本電源開發公司(J-Power/ EPDC)總管理處(東京市)、J-Power 所屬磯子發電廠(橫濱市)、日本環境廳國立環境研究所(筑波市)及滋賀縣日吉公司等，自 101 年 10 月 21 日至 101 年 10 月 30 日全程共計 10 日，本報告即針對實習期間所蒐集之資料與相觀見聞作一整理說明。

二、目的

本次實習旨在瞭解日本電力事業在燃煤電廠汞及戴奧辛污染之防治，以及其他環保領域之新發展，獲取經驗並與以往所知所學作印證比較，或可應用於本公司各相關業務，改良現行工作方法；另同時至日本各著名環保研發機構及廠家參訪，實地探討國際先進環境研發機構之研究趨向。

由於出國實習時間短暫，故須先運用專業期刊、網際網路及以往建立之人際關係等多重管道預先蒐集資訊，瞭解國外環境科技發展概況外，接洽安排適當行程，以深入各先進國家電力同業及環保勞安機構蒐集相關技術資料及經驗，使接觸層面能深且廣，同時穩固聯繫管道，能在嗣後適時取得必須資訊。本次實習首次赴日研習已歷經 26 年(其後之國外研習多在歐美地區)，此期間環保科技進展有限，多以管理面取代管末處理，並著重於氣候變遷溫室氣體管制方面。本公司各火力電廠現已建置符合世界水準之污染防制設施，值得引進參考之技術專題有限，故本次特別針對電源開發公司(J-Power，原簡稱 EPDC)火力電廠之燃煤電廠汞及戴奧辛污染之防制及日吉公司之戴奧辛生物快篩兩項技術作深入之探討，嗣後亦將透過網站及電子郵件持續瞭解。

三、實習內容及過程

本次國外實習之地點包括日本東京地區之各電力、環保及勞安機構，涵蓋電力同業、環境及勞工安全研究機構等，分述如下：

- 1.日本電源開發公司(J-Power/EPDC) 燃煤電廠排放汞及戴奧辛防制技術
- 2.日本環境廳國立環境研究所(NIES)
- 3.日本日吉株式會社(Hiyoshi)

上述各機構皆屬日本國內電力及環保重鎮，此次能夠順利進行實習，多承行政院環境保護署、行政院環境保護署檢驗所、國立中央大學大氣研究中心及日本柴田科技會社等機構相關人士之鼎力協助，始能得窺堂奧獲益匪淺，特別在此記述並致謝忱。

1. 日本電源開發公司(EPDC/J-Power)燃煤電廠排放汞及戴奧辛防制技術

本次赴日研習之主要目標即為燃煤電廠之排放汞及戴奧辛防制技術，由於 J-Power 與台電有長期合作關係，早年曾為台電明潭及明湖抽蓄水力發電計畫之總顧問，嗣後亦曾參與各項火力發電廠污染防治改善計畫，對台電各水力及火力發電廠之狀況之了解遠較其他國外顧問機構及設備廠家深入，且已有處理燃煤電廠排放汞及戴奧辛之防制技術(名為 ReACT)，並在其所屬之磯子電廠實際運轉數年，經前往了解並蒐集資料後當可提供本公司研擬防制措施之參考。

1.1 日本電源開發公司(J-Power/EPDC)概要

J-Power 並非一般傳統之電力事業，其型態與日本其他電力公司，乃至台電或國際間各電力同業皆有不同，此由該公司原名「電源開發」公司(EPDC, Electricity Power Development Company)即可窺見其成立宗旨係在開發電力，供應各地區電力公司銷售至用戶，但又與其後興起之獨立發電業(IPP)略有不同，日本政府於 1950 年代主導成立 EPDC 時並賦予研發電力技術(以發電為主)之政策使命，且由九大地區電力公司投資，共同負擔盈虧也分享技術。

1990 年代之後，日本亦受公用事業——尤其是電力——解除管制(deregulation)及自由化風潮影響，政府政策主導及管制放鬆，迨於 2004 年解除該公司電源開發任務，要求原始股東九大電力公司完全出售持股，同時更名為 J-Power 並將股票上市，徹底民營化，幾與 IPP 無異(仍無供電區及配電系統)。

J-Power 雖已轉型為一電力集團，類似瑞典 Vattenfall 等能源集團在歐洲各國及世界各地購併電力及能源產業，但仍保有電力技術研發及顧問能力，並非僅為財務控股形態，其在台灣則已與嘉新集團合資成立嘉惠電力公司，設廠於嘉義縣民雄鄉。

1.2 日本 J-Power 所屬磯子(Isogo)火力發電廠概要

本次研習以 J-Power 更新重建之磯子(Isogo)火力電廠之各項環保設施為主要標的，除汞及戴奧辛之處理外，亦兼及於其他污染物之防制，就其設計、建置及營運作一完整瞭解，應可作為本公司類似工作規劃之借鏡。

磯子電廠位於橫濱市郊濱臨東京灣，為一燃煤汽力電廠，原設立於 1967 年，設有兩部各 26.5 萬瓩之發電機組，1996 年起逐步拆除舊機組，在原址新建兩座超臨界燃煤汽力機組，容量則擴增為各 60 萬瓩，其 1, 2 號機已分別於 2002 年及 2009 年完工商轉，而在改建期間原機組仍持續發電至 2001 年(新機組商轉前一年)全部拆除完畢為止，在有限之廠區內能做到如此緊密銜接，其工程管理之細緻及成效頗有可觀之處。

職於 1986 年(民國 75 年)奉派至磯子電廠研習污染防治時，驚見其煙道盤旋三層始連接至煙囪排放，其原因為該廠之脫硫(FGDs)及脫硝(SCR)裝置係在機組完工後增設，廠區已無足夠空間導致煙道必須堆疊，造成相當大之煙氣壓力損失，新廠經整體規劃，除有高效能之污染防治設施外，其配置合理並兼具綠美化，例如煙囪由兩座各為 120 及 140 公尺高之獨立鋼管鋼支架構造，拆除改建為一座 200m 高之鋼筋混凝土結構外殼，內含兩支直徑 5.9m 之鋼管煙囪(照片 1~3)。



照片 1 日本電源開發公司磯子(Isogo)火力發電廠(橫濱市)今昔對照，左右分別為 1986 及 2009 年改建前後之外觀

(J-Power Isogo P.S. Brochure 1985&2009)



照片 2 J-Power 磯子發電廠舊廠設施俯視

(J-Power Isogo P.S. Brochure 1985)



照片 3 J-Power 磯子發電廠新廠俯視

(Introduction of Isogo P.S. construction project 2008)

1.3 J-Power 燃煤電廠排放汞及戴奧辛防制

此次行程分別前往 J-Power 位於東京銀座之總管理處及橫濱市之磯子發電廠研習參訪，除 ReACT 技術外亦兼及其他環保工作，儘可能蒐集環保相關資料，以充分發揮赴國外研習之功效。

ReACT 原係一乾式脫硫脫硝技術，利用活性碳之強大吸附能力去除煙氣中之硫氧化物及氮氧化物，而在吸附顆粒及氣態污染物之同時亦可將汞及戴奧辛一併去除，其處理效率與營運成本皆高，目前實際案例不多，J-Power 磯子電廠兩座新建機組已裝設 ReACT，累積相當運轉經驗可供推廣，其他電廠機組新/改建時亦可能裝設。

此一技術原由日本三井集團研發，1987 年起即已安裝在某煉油廠，運轉迄今逾 20 年，2005 年 J-Power 購併三井礦山乾式脫硫工程部門成立 J-Power EnTech 公司，除在自有之磯子電廠改建計畫裝設該設施並驗證外，亦已推廣至鋼鐵廠化工廠及煉油廠等，而為提供適當且穩定之活性碳來源，同年並與三井礦山合資成立 JM 活性碳公司取得活性碳產製業務，形成一完整產銷體系。

台電及國內外許多燃煤火力發電機組皆使用濕式煙氣脫硫 (wet FGD's)，大致分為石灰石膏法及海水脫硫法兩大類，甚少應用乾式脫硫技術，至於脫硝技術則多先由燃燒控制著手，再加上末端(end of pipe)處理之選擇性觸媒法(SCR)，以符合環保法規標準之管制值，惟濕式法並無去除戴奧辛及汞之功能。就煙氣處理而言，ReACT 具備以一套設施同時處理多項污染物，且去除效率高且能節省大量用水之優點，但處理程序也相對複雜，興建及營運成本甚高可能令事業機構卻步，若在水資源缺乏地區或未來汞及戴奧辛排放管制標準極嚴時，ReACT 可作為選項之一。

1.4 J-Power EnTech 公司 ReACT 技術

ReACT(Regenerative Activated Coke Technology)具脫硝、脫硫、除塵、去除戴奧辛及汞之功效。此設備技術開發目的係為解決需要大量使用水之濕式排煙脫硫(wFGD)，ReACT 系統為乾式，不需使用大量水，針對水資源取得困難之情況可有效發揮，並對 SO_x 及其他污染物具有良好的去除效率。且因 ReACT 除不需用水外同時具有去除多項污染物的特徵，亦可在相對較小之空間設置。

活性碳吸附常用於水及空氣淨(純)化處理程序，藉由大量之孔隙可有效處理許多固體顆粒及氣態物質，其處理能力高低係與其比表面積及反應溫度有關，其來源則有煤、木材及椰子殼等物質，ReACT 採用之活性碳係採用煉焦製程故稱活性焦炭(activated coke)。其關鍵製程包括吸附及再生(脫附)兩大部分，已吸附飽和之活性碳將於再生階段除去污染物質(脫附)以恢復其吸附能力，重新送回吸附塔再用，其間有部分活性碳將損耗及廢棄，必須補充新活性碳以維持其處理能量。

某些污染物在吸附及脫附過程中已成為無害物質，如水及氮氣等，也有部分副產品可回收再利用，如硫酸及氨氣，硫酸為化工基本原料可出售去化，氨氣則可回送作為脫硝及脫硫用，但仍有某些高濃度污染物仍須進行後續處理，以本製程言，汞及戴奧辛將濃縮留在廢棄之活性碳內，若含量仍屬低微可按一般事業廢棄物處理，超出標準則屬有害事業廢棄物須謹慎妥適處理。

ReACT 處理流程如圖 1~2，分為：吸附程序、再生程序及副產品回收程序。

J-Power EnTech ReACT 吸附及再生系統流程圖

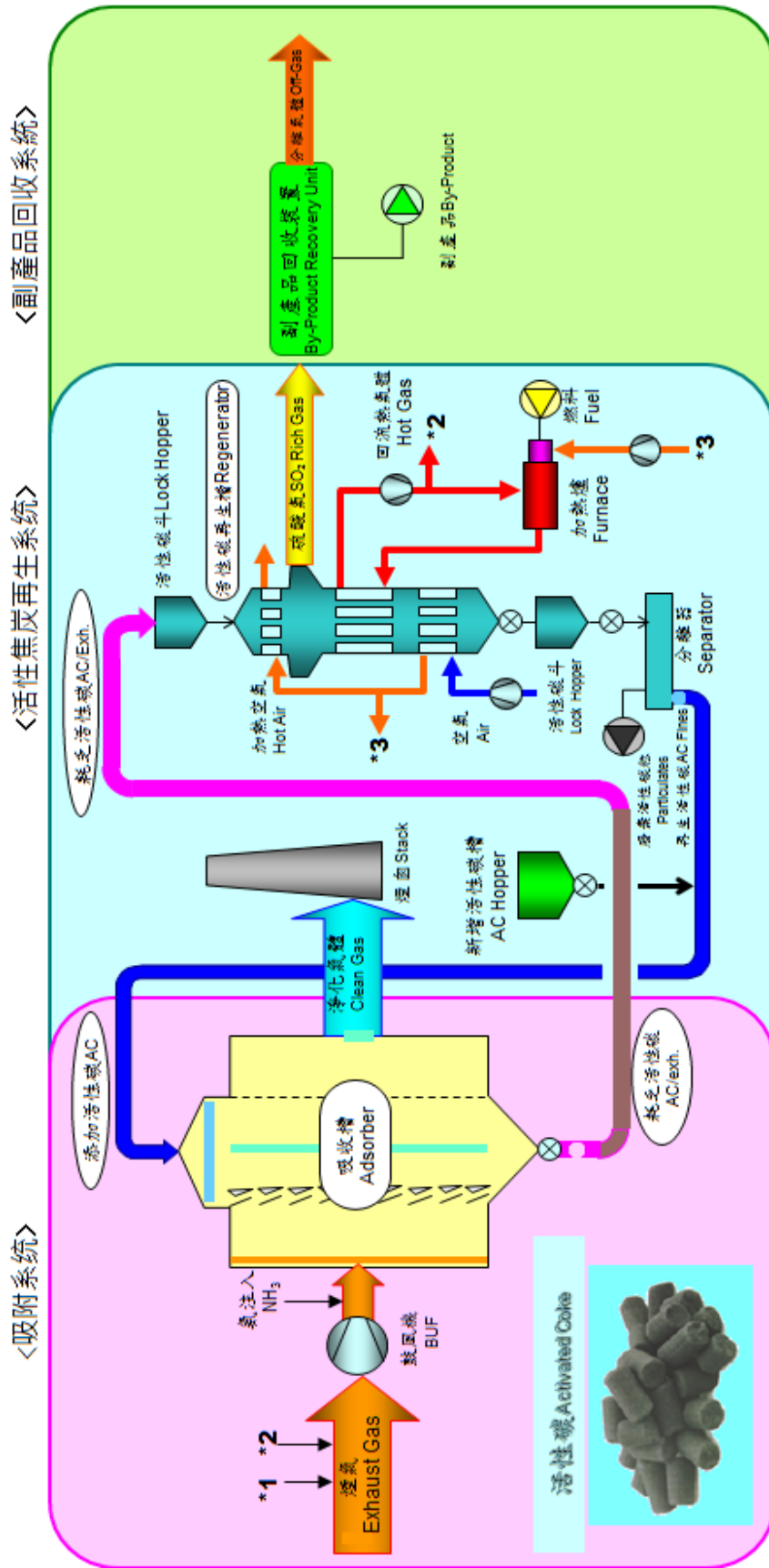


圖 1 J-Power EnTech ReACT 吸附及再生系統流程圖

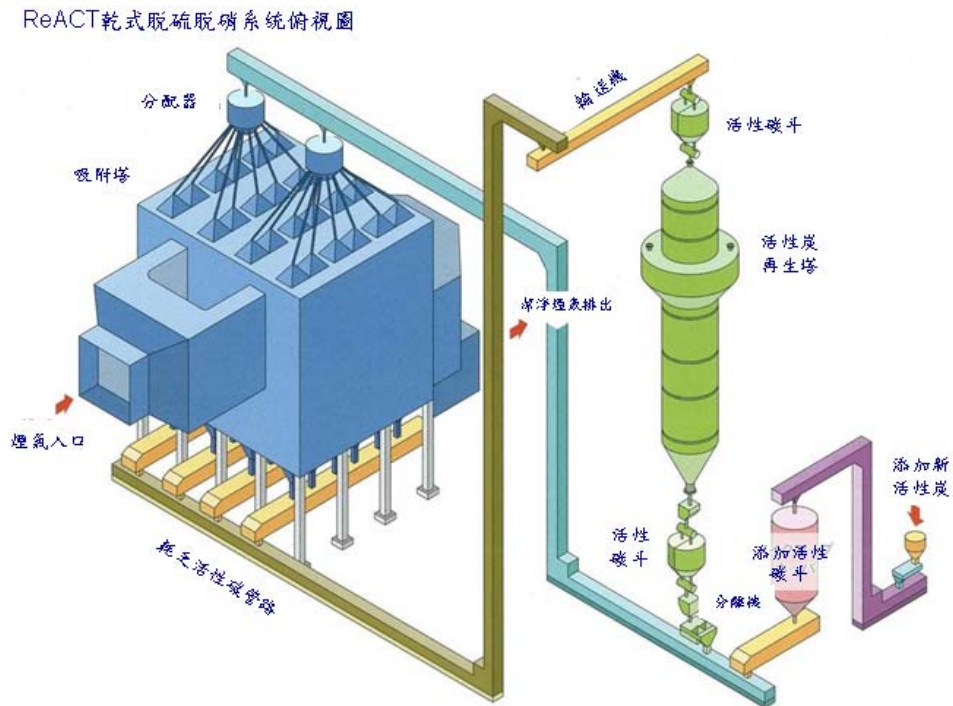


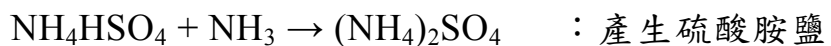
圖 2 J-Power EnTechR eACT 吸附及再生系統俯視圖

1.4.1 吸附

活性炭填充於吸附塔內，以縱軸方向向下流動，廢氣則以橫向進入吸附塔，廢氣之流向以垂直方式接觸活性焦，與一般活性炭噴入接觸方式不同。藉由接觸活性焦進行吸附及催化作用去除 SO_x 、 NO_x 及汞等污染物，流出之活性焦流向再生塔進行再生各污染物處理機制如下：

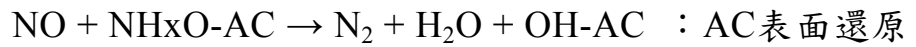
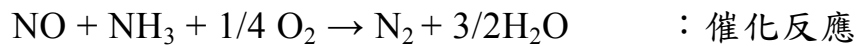
1.4.2 脫硫(Desulfurization)

SO_x 轉為硫酸(H_2SO_4)或硫酸胺鹽並吸附於活性焦表面



1.4.3 脫硝(Denitrification)

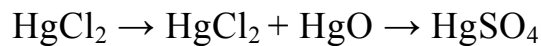
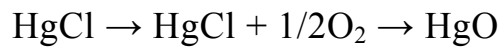
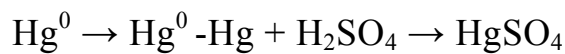
NO_x 藉由活性焦與氨的催化反應被還原成為 N₂。



NH_xO-AC 為在活性碳(AC)上之 NO_x 之還原化合物

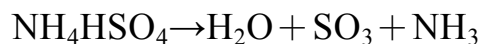
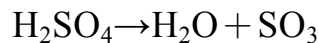
1.4.4 汞去除(Mercury removal)

氣狀汞吸附於活性碳表面，元素汞成為離子和氧化汞後被去除。



1.4.5 再生程序

活性碳經吸附塔吸附 SO_x 後流向再生塔進行脫附再生，活性碳經預熱器及加熱器加熱至 400~500°C，將吸附物脫附再生後，再度流回至吸收塔循環利用。再生塔內反應機制如下：



1.4.6 ReACT 之特性

ReACT 活性碳處理程序之特性綜合整理如下：

1. 具備去除多種污染物功能(Multi-Pollutant Removal)

若須進一步去除汞及戴奧辛等污染物，或提高 SO₂ 及 NO_x 之去除率，則 ReACT 可為相對較經濟之煙氣處理設施之一。

2. 去除效率：99.9% SO_x、20~80% NO_x、90% 汞(含元素態)及粒狀物與戴奧辛。
3. 與 SCR 脫硝法不同，不須管理觸媒壽命。
4. ReACT 為乾式製程，用水量甚少，適用於水資源缺乏或排水困難區域。
5. 幾乎不會使煙氣降溫，因此煙氣不需經過再加熱。
6. 硫氧化物去除率甚高，煙道不須使用防蝕材料或進行防蝕工程。
7. 相較於其他煙氣處理系統必須依項目裝設，如 FGD's 加上 SCR 等，設備及連接管線繁雜，ReACT 所需之設置空間較小。

1.5 磯子電廠 ReACT 系統應用實例

J-Power 磯子電廠在其更新改建之 2 座機組裝設 ReACT 系統以去除煙氣中之硫氧化物及氮氧化物，同時兼具再降低粒狀污染物之功能(大部分粒狀物已在先前之高效率靜電集塵器去除)、汞及戴奧辛之功能。

據電廠所提供資料，此設備對汞之去除率(removal efficiency)高達 90% 以上，至於戴奧辛在最佳操作狀況(optimized performance)下則有 99%。對硫氧化物之去除率為 99.9%、對氮氧化物之去除率在 20~80% 間。

該廠所用活性炭(照片 4)之特性分述如下：

1. 形狀(Shape)，圓形片狀 Tablet，直徑 5~10 mm
2. 比表面積(Specific Surface Area)：每公克 150~300 平方公尺 (150~300m²/g)
3. 孔隙大小(pore size)：：10~1000 Å(angstrom, 10⁻¹⁰m)

4.產地，美國或其他國家

至於活性碳之實際使用情形，每次再生之損耗率約 1%，再生之間隔約 100 小時，亦即在全年操作時數 80%的條件下，一年約需補充 50%的活性碳損耗，該廠每座 ReACT 之容量為 4,500 噸，年補充/消耗量約 2,250 噸，全廠則為 4,500 噸，換算每日約 15.5 噸。



照片 4 ReACT 所用兩種活性碳,Isogo 電廠採用右圖圓塊狀

ReACT 系統捨傳統活性碳而採用比表面積較小(吸附能力較低)之焦碳，係考量成本及磨耗率而作取捨，比較表如下。

表 1 J-PowerEnTech ReACT 活性碳特性表

	活性焦碳 activated coke	活性碳 activated carbon
形狀/粒徑	圓塊狀 Tablet / 5-10 mm	圓塊狀 Tablet / 5-10 mm
Shape/Diameter	杏仁片狀 Almond / 13 x 11 x 8 mm	粉狀 powder
比表面積 specific Surface Area	150 ~ 300m ² /g	1000m ² /g
磨耗率 Roga-Index (Abrasion resistance)	95%	70-85 %
用途 Applications	De-SO _x , De-NO _x , De-Hg	除汞 De-Hg

煙氣中 90%之汞將留存在吸收塔之活性碳內，當汞含量接近吸附上限(飽和)時將整批廢棄更換，送至其他含汞廢棄物處理場妥善處置。磯子電廠 ReACT 系統如照片 5,6 及圖 3。

煙氣中 99%之戴奧辛將會在再生槽 450°C 之溫度下分解為無害物，殘

餘排放之戴奧辛量甚微。

由於某些 ReACT 之關鍵設計資料及數據屬於 EnTech 公司，且有些係不能公開之特殊技術(know-how)，所能獲取之資訊有限，但應足以作為未來若須採取汞及戴奧辛防制措施時之參考。

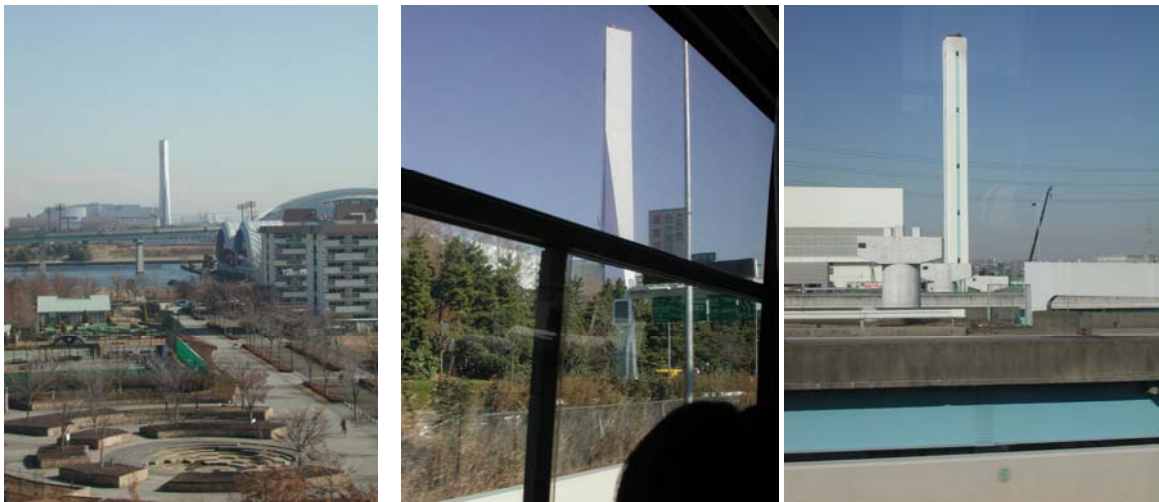


照片 5 J-Power 磯子電廠 ReACT 裝置

1.6 磯子電廠煙囪案例

磯子電廠之新建煙囪亦有可觀之處，近年來日本各大廠區之高煙囪皆將傳統鋼管支架之剛硬形態，改為美觀高雅之藝術造型，其水平斷面多為矩形為主而部份邊緣略呈弧形，垂直面亦隨高度展現曲線變化，由下而上逐漸收束，再髹上簡單平淡的灰藍綠色塊或線條，甚至保留部份混凝土原色，即能與廠區與天空呈現出和諧的整體景觀。

自成田機場至東京市區沿途所見(照片 7)，混凝土藝術造型煙囪將近一半，類似台灣流行之圓筒形混凝土煙囪(本公司近年已有彩繪)卻幾未得見，其它歐美國家亦少有藝術造型煙囪實例，惟日本工業區多毗臨人口稠密之城市，藉由軟性之造形及色調以調和軟化冷硬之工業設施實有必要。



照片 7 日本東京市區至成田機場沿途所見工業廠區煙囪外觀

(95/0107.#13&10)



由於磯子電廠座落於橫濱市郊，屬東京都會區之一部份，市民對環境品質之要求極高，煙氣排放標準嚴格到僅有燃氣及燃油機組可順利運轉，而燃煤電廠幾已無處容身近乎絕跡。J-Power 為使該廠維持燃煤發電，除須將污染物之排放控制在最低，例如煙氣之硫氧化物(SO₂)低於 20ppm(舊機組為 60ppm)，氮氧化物(NO_x)低於 20 ppm(舊機組為 159ppm)，使發電量倍增後之總排放量仍低於舊廠，另將煙囪高度由 120m 增至 200m，藉由提高擴散稀釋能力以降低著地濃度，達到減少環境影響目的。

而加高煙囪所導致之視覺影響亦須妥善處理，否則仍不易為鄰近居民接受，因此整廠外觀色採亦精心調配，除考量廠房設施之整體協調外，更要融入當地環境景觀(圖 4)。在種種努力下，使磯子新廠成為東京都會區僅有的燃煤電廠。

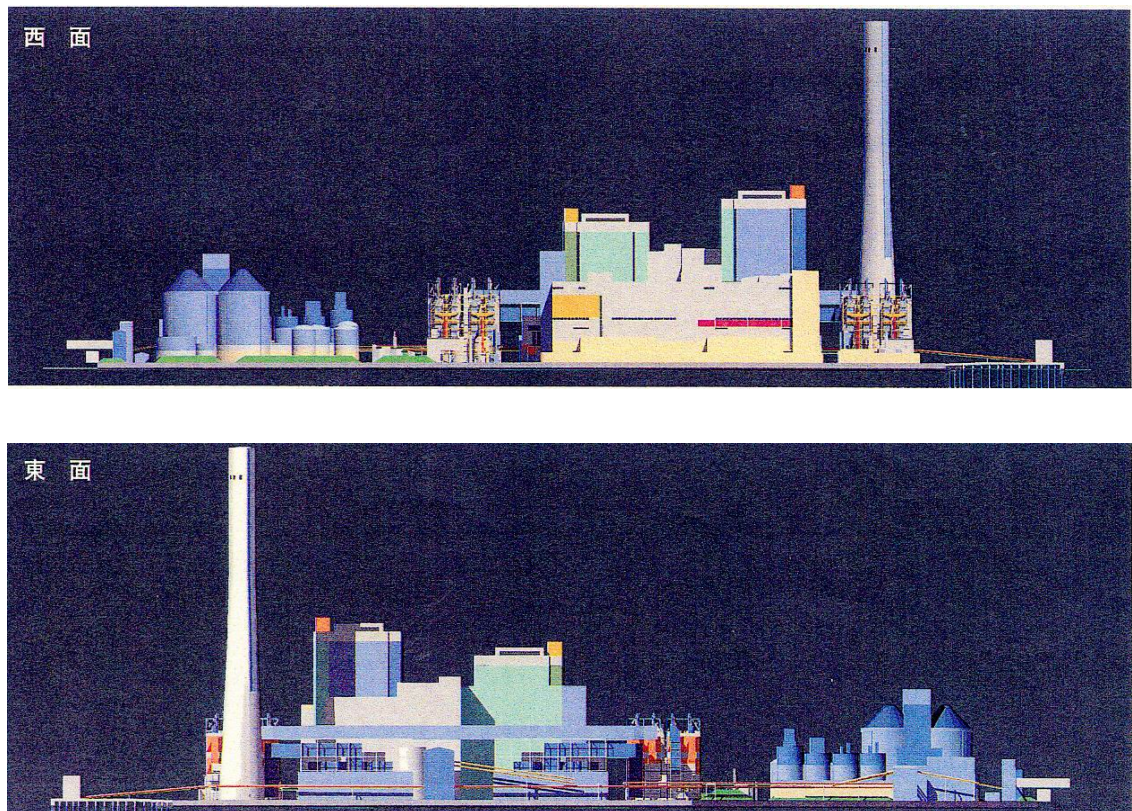


圖 4 磯子發電廠外觀色彩配置

(Introduction of Isogo P.S.construction project 2004)

由於高聳之煙囪自鄰近橫濱之許多觀光景點皆可見到，尤以一重要園林史蹟「三溪園」為最，故煙囪之設計即完全針對該園為主要考量，務必使呈現在該園區之外觀形狀達到最小(與隱形戰機在雷達幕上呈現最小影像之概念相同)，因此兩支煙道排列之軸向即正對三溪園，煙囪整體外觀略呈四邊形，由底部 26.8m 圓形直徑以弧型漸變至頂端之 10.5m×19m，而以短邊朝向該園(圖 5)。

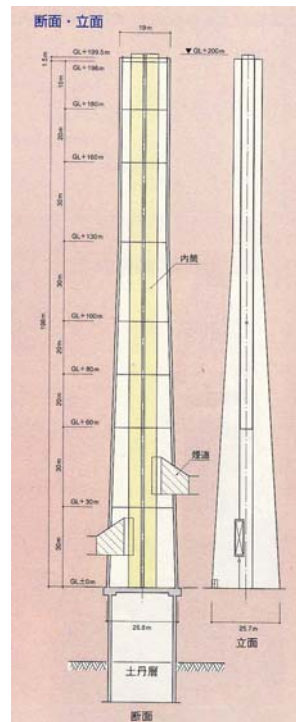
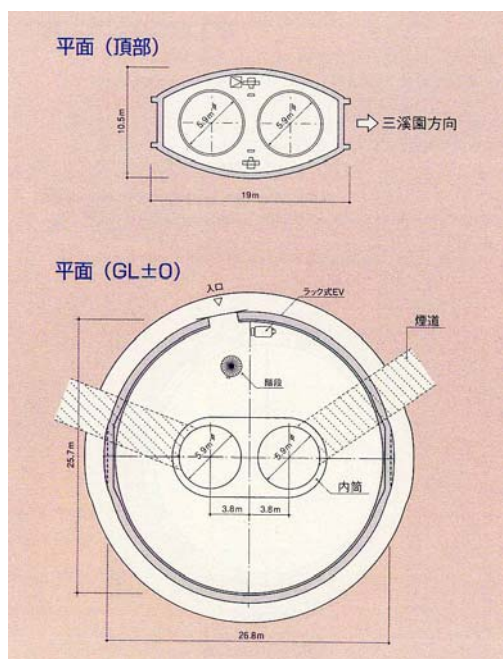


圖 5 磯子發電廠煙囪水平及垂直斷面圖

(Introduction of Isogo P.S. construction project 2004)

三溪園原為喜好藝術之絲綢貿易商原三溪(本名富太郎)所建，為一日本傳統式庭園，佔地 17.5 公頃，於 1906 年開放大眾觀賞，1953 年其家族將之捐贈予三溪園基金會保存，園內有多座歷史性建築，係當年蒐集自京都等地區，並按各季節自然景觀精心佈設，其中 10 座已列為國定重要文化財建築物，3 座列為橫濱市指定有形文化財建築物，實為不可多得之歷史園林(照片 8)。



照片 8 日本橫濱三溪園景觀

(<http://www.sankeien.or.jp>)

由於行程緊湊未安排致該園參訪，資引多年前曾有台灣先賢遊覽三溪園即興題詩，茲引三則如下：

一為呂阿墉(呂晚村)之七言絕句：蒼涼暮色似重圍，淒冷秋風透旅衣，況復星稀無月夜，不容烏鵲再群飛

二為陳虛谷先生(1896~1965)之秋日遊三溪園詩
 嫋嫋秋風動海邊，登高一望海連天，行雲流水如相悅，斷梗飛蓬各自憐；
 千種未堪哀樂集，萬緣難了愛憎纏，今生莫問歸何處，感事懷人已惘然

三為陳虛谷先生和呂阿墉之遊三溪七絕韻
 暮色蒼涼壓四圍，秋風颯颯襲人衣，可憐海闊天空處，付與矜誇一鳥飛

呂陳二氏皆為日據時期之台灣文人，遙想當年彼等觀景有感賦詩抒懷相互唱和，詩句意境蒼涼，令人頗有所感，不知是純為詩人

吟詠園景傷春悲秋之作，抑或流露身為殖民地順民的感傷？

如此名園勝景暨歷史古蹟自然值得保存並確保其景觀之協調，J-Power 人員稱該造型煙囪之投資金額較傳統之鋼管支架增加 50%，實屬不得不然。

煙囪之基本設計既已受限於方向，其餘工程技術之範疇則由 J-Power 營建部門展開設計建造，除傳統之應力結構分析外，並運用

風洞試驗以補數值模擬之不足，在施工方面則採用三組滑動模板做出不同之曲面效果(圖 6)。

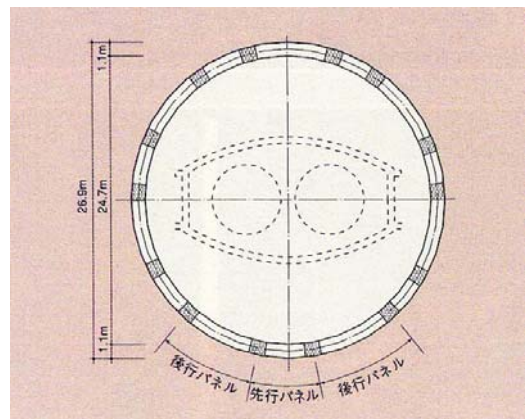
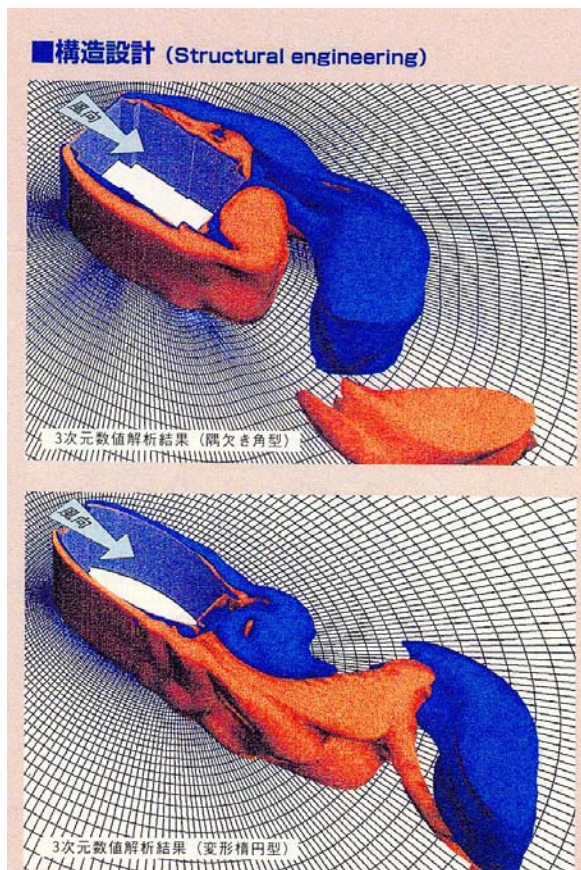


圖 6 磯子電廠數值模擬及滑動模板
(Introduction of Isogo P.S.construction project 2004)

超高建物易受風力影響多須藉風洞(或水槽)試驗以瞭解氣流分佈及其它流體力學特性，推估其受力情形，相較於圓形斷面之各方向均勻分佈，磯子新廠煙囪之複雜造形——垂直及水平斷面皆不規則——尤須運用風洞試驗等技術以確實掌握其受力變化。至於地震抗力亦須另作保守之設計，以日本震災及防震經驗之豐富，舉世難出其右，遵循既有之工程設計規範即可獲得可靠之結果。

鑒於煙囪方向既定，不能藉由將最窄面朝向常年風向(最多風向)

或最大風力方向以減少受力，因此僅能採取最保守之設計，將最惡劣狀況納入考量，分別以 100 年及 500 年迴歸週期之最大風速作為風力荷重，即頂端(198m 高處)62.5m/sec 及 72.5m/sec.之極端值作分析，再將各部位受力分佈作為結構設計之依據，得出混凝土厚度，鋼筋用量等數值，並預估振動、位移及變形量等(圖 7、照片 9)。

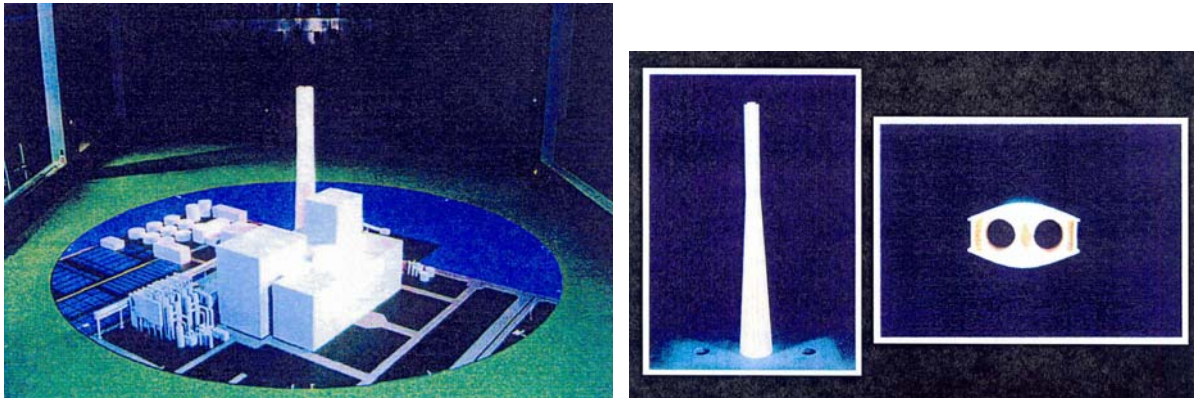


圖 7 J-Power 磯子電廠新建煙囪風洞試驗模型及斷面

(J-Power Landscape Design Chimney 2005)



照片 9 磯子電廠煙囪施工及完成照片

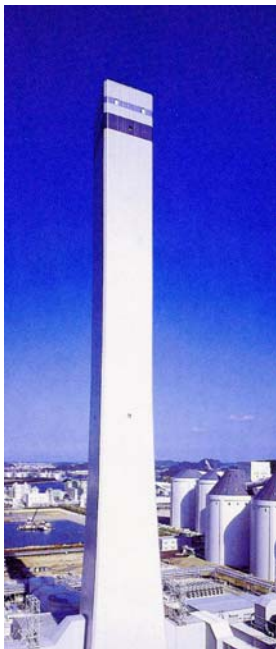
(<http://www.obayashi.co.jp>)

J-Power 煙囪造型之演化進亦有脈絡可循，自 1960~70 年代之前普遍使用鋼管鋼支架，到 1980 年代初改為混凝土圓筒，唯期間甚短，僅有一座位於長崎外海之松島火力電廠採行(照片 10)，隨後即演變為藝術造型形式。除磯子電廠外，J-Power 另一橘灣(Tachibanawan，德

島縣)火力電廠亦採用類似之特殊造形(照片 11)，日後其它機組煙囪應不會再回到鋼架或混凝土圓筒造型。台電公司近廿年來之各汽力機組之高煙囪則一成不變地沿用混凝土圓筒造型，雄矗台灣西部沿岸成為地標，似乎亦考慮有所改變，特別是位於鄰近都會、聚落或風景區的電廠，如基隆市協和電廠、通霄鎮通霄電廠、高雄市大林電廠等。



照片 10 J-Power 松島電廠煙囪俯視 (<http://www.jpower.co.jp>)



照片 11 J-Power 橘灣電廠煙囪

(J-Power Tachibanawan P.S. Brochure 2004)

3. 日本環境廳所屬國立環境研究所(NIES)

日本國立環境研究所 NIES(National Institute for Environmental Studies)座落於東京附近筑波研發園區，佔地 23 公頃，成立於 1974 年已有近 40 年歷史，原先直屬日本環境廳，2001 年配合日本政府改造計畫改制為獨立行政法人以因應社會需要，日本許多環境品質管理、環境監測、生態體系、污染物排放擴散研究及永續發展等主題之研發皆在此進行。其編制內之研究員中，九成具有博士學位，允為日本環境研究之重鎮。

在改制後該所部份經費須自籌，2010 至 2015 年之總預算約為 880.6 億日元，2012 年度則為 160.4 億日元，其中 76%來自作業基金撥款，24%則為委辦計畫或補助，就環境領域之研究而言應屬頗為充裕。



照片 12 日本國立環境研究所 NIES 園區景觀
(NIES Brochure, 2005)



在組織架構方面，NIES 的研究部門分為 8 個研究中心及 10 個主要研究領域，大致按傳統之自然環境與人文社會作區隔，列舉如下：

1. 全球環境變遷研究中心

- 2.物質循環及廢棄物管理研究中心
- 3.環境風險研究中心
- 4.區域環境研究中心
- 5.環境生物學及生態學研究中心
- 6.環境健康研究中心
- 7.社會及環境系統研究中心
- 8.環境量測及分析研究中心

此八大領域亦為常設之部門，其下各設有數個研究室，而針對 21 世紀人類所面對之課題，NIES 列出特別優先(priority)與先進(advanced)研究計畫各五項，成立任務編組，整合各部門資源作跨領域之研究，分別是：

特別優先(priority)研究計畫如下：

- 1.氣候變遷研究計畫
- 2.永續的物質循環研究計畫
- 3.環境化學物之風險評估與管制
- 4.東亞環境研究計畫
- 5.生物多樣性(biodiversity)研究計畫

先進(advanced)研究計畫如下：

- 1.流域(basin)生態系功能研究計畫
- 2.都市生態系(eco-city system)功能研究計畫
- 3.兒童及未來世代(future generations)環境健康研究計畫
- 4.永續性社會體系及政策研究計畫
- 5.先進環境量測及分析研究計畫

同參與，該所許多外籍研究人員即係因從事此類研究計畫而由各國派駐至日本，為國際間共同因應環境問題樹立良好合作範例。

NIES 設置有七座大型環境品質監測站，分佈於日本各地，最南端之一座監測站位於琉球(日本稱沖繩縣)八重山諸島之波照間島，已達台灣花蓮外海。此類監測站之等級遠高於一般常規測站，其定位並非例行之空氣品質監測與發佈，而純為研究導向，故其儀器甚為精密，某些係屬實驗專用，或仍在原型(prototype)測試調校階段，各測站特別設在極端之地區，例如日本全境最北(南)端或最高處者則是在取得背景參考資料，就地理區而論，已跨越寒帶溫帶而至亞熱帶，因此取得之數據資料頗具代表性。

在分析實驗設施方面，NIES 除有精密之物理、化學及生物檢驗設備外，並有執行空氣污染物擴散模擬之風洞、汽車排氣及噪音之無響室、大氣溫度垂直變化之聲波(都卜勒)雷達、水質採樣分析研究船等，以及作 GIS 與各種資料處理之高效能電腦系統，並運用人造衛星進行全球溫室氣體監測。

NIES 之營運經費頗為充裕，有專屬之船隻及人造衛星(模組)從事環境監測，該所自 1977 年起即以監測船在霞夕浦湖(Kasumigaura)作水質連續監測，迄今已歷 32 年。而以人造衛星作為臭氣層監測載台始於 1990 年代，當時將改良型先進大氣頻譜遠感應裝置(ILAS, Improved Limb Atmospheric Spectrometer)安裝至日本所發射之地球觀察衛星(ADEOS, Advanced Earth Observing Satellite)，自 1996 年 11 月至 1997 年 7 月僅運作 8 個月，其後之 ILAS II 則自 2002 年 12 月運作至 2003 年 10 月亦僅有 10 個月。

目前之「GOSAT」(伊吹 Ibuki，日文意為呼吸或生命氣息)衛星係由日本宇宙航空研究開發機構(JAXA, Japan Aerospace Exploration Agency)於 2009 年 1 月 23 日發射進入距地面 666 公里之軌道，已運作近 4 年，為世界首顆專門監測溫室氣體之衛星(Greenhouse Gases

Observing Satellite), 持續監測全球 56,000 處 10 公里區域之溫室氣體 CO₂ 及 CH₄, 所獲取之 GHG 資訊與美國國家航太總署(NASA)等機構分享並發布。

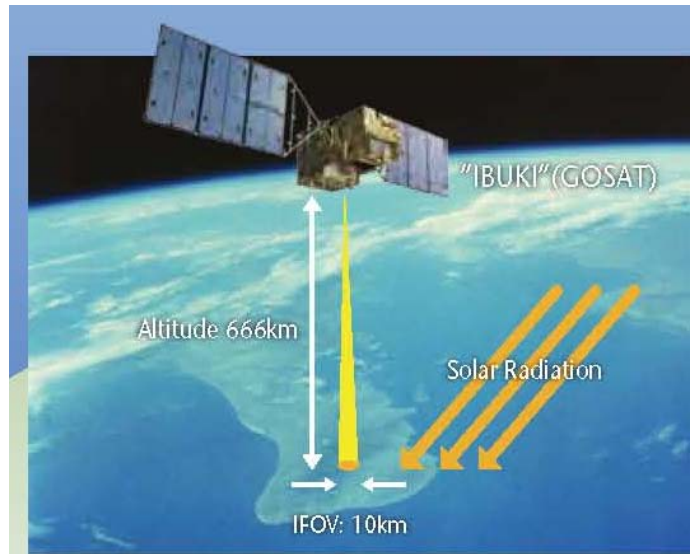


圖 9 日本 GOSAT (Ibuki)溫室氣體
監測衛星 (NIES Brochure, 2012)

由於污染防制技術多由事業機構及其研發單位進行，不在 NIES 之研究項目之中，故本次至該所之實習重點在汞擴散分布方面，承中央大學許桂榮博士之引介由環境風險研究室室長鈴木規之博士接待及研討，並導引參觀該所設施並與相關人士訪談。

鈴木博士長期致力於汞污染物擴散分布之研究分析，除藉由產生源及廢棄狀況調查全面掌握其流向分布，藉由法規管理機制控管汞之排放及逸散，至於已擴散至環境者則整合該所其他研究資源，了解對人體及自然生態環境之可能影響，研提對策預作防範。

日本在 1950 年代曾發生水俣病，其成因為汞中毒(甲基汞)，1956 年首先發生於熊本縣水俣市附近，初期由於病因不明且肇事者新日本窒素肥料公司矢口否認，並以暴力及法律手段打壓相關人員及機構，其後 1966 年再於新潟縣出現病例，迨 1997 年 10 月最後由官方所認定的受害者高達 12,615 人，其中 1,246 人已死亡。

由於水俣病係日本獨特且影響極大之公害疾病，僅次於原子彈爆炸造成之輻射疾病，因此日本官民對汞之調查研究極為投入，鈴木博士即參與多次全國性之調查，其規模及精確程度為其他國家所少見。

依據鈴木博士匯整日本通產省及電力中央研究所資料，日本燃煤火力電廠 2000 年煙氣之汞平均濃度為 $1.39\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ，全年總排放量 638 公斤，相當於每度電 4.43 微克($\mu\text{g}/\text{kWh}$)，詳見表 2。放流水之汞平均濃度為 $0.000248\text{mg}/\text{L}$ ，全年總排放量 2.83 公斤，相當於每度電 0.0197 微克($\mu\text{g}/\text{kWh}$)，排放管制標準為 $0.005\text{mg}/\text{L}$ ，詳見表 3。

世界主要煤種中之微量物質詳見表 4，日本及各國燃煤火力電廠煙氣之汞排放情形詳見表 5。

表 2 日本燃煤發電廠煙氣微量物質排放表,2000 年,

(日本電力中央研究所報告 W02002,2002 年)

表3.3 石炭火力発電所の微量物質の大気への排出実態

	排ガス中濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]		排出原単位 [$\mu\text{g}/\text{kWh}$]		排出割合 (%)		大気への年間 排出量** [t/y]	
	平均	データ数	平均	データ数	平均	データ数		
As	0.487	100	1.74	69	0.560	30	0.251	
B	0.471	33	2.21	18	0.0220	17	0.319	
Be	0.448	58	2.75	28	0.220	26	0.396	
Cd	0.0145	98	0.0487	67	0.733	28	0.00702	
Co	0.0794	10	0.227	10	0.0193	10	0.0327	
Cr	0.505	95	1.68	69	0.421	30	0.243	
F	ガス	601	72	2130	30	7.22	23	307
	粒子	23.4	91	98.1	61	0.238	22	14.1
	total*	624		2230		7.46		321
Hg	ガス	1.36	108	4.36	46	26.2	44	0.628
	粒子	0.0253	66	0.0707	66	0.921	25	0.0102
	total*	1.39		4.43		27.1		0.638
Mn	1.36	52	3.88	52	0.0345	13	0.558	
Ni	0.356	53	1.02	53	0.0498	16	0.147	
Pb	0.938	97	3.60	69	0.417	30	0.518	
Sb	0.0665	11	0.190	11	0.0595	11	0.0274	
Se	ガス	2.50	25	7.30	25	5.51	25	1.05
	粒子	1.85	92	5.83	62	2.31	24	0.840
	total*	4.35		13.1		7.82		1.89
V	2.35	56	6.84	56	0.319	18	0.984	
	14発電所22ユニット		11発電所、17ユニット		9発電所、14ユニット		2000年	

*: ガス状+粒子状。F、Hg、Se以外の物質は、煙突出口ではほとんど粒子状として存在する。

**：電力会社10社+電源開発(株)。2000年の石炭火力発電所総発電電力量 $1.44 \times 10^{11}\text{kWh}$ から試算。(出典：平成13年度電力需給の概要、経済産業省資源エネルギー庁電力・ガス事業部編(2001))

表2 石炭火力発電所の微量物質の水域への排出実態

	排水中濃度 [mg/l]	排出原単位 [μg/kWh]	水域への年間 排出量* [t/y]	排水基準# [mg/l]
As	5.30×10^{-3}	0.340	0.0490	0.1
B	61.8	5300	763	230 (海域)
Be	4.28×10^{-3}	0.204	0.0294	—
Cd	1.72×10^{-3}	0.363	0.0523	0.1
全 Cr**	2.09×10^{-2}	2.61	0.375	0.5 (Cr ⁶⁺)
F	5.25	411	59.1	15 (海域)
Hg	2.48×10^{-4}	0.0197	0.00283	0.005
Mn	1.74×10^{-2}	1.14	0.164	—
Pb	1.21×10^{-2}	1.33	0.192	0.1
Se	3.91×10^{-2}	3.58	0.516	0.1
V	3.09×10^{-2}	2.44	0.351	—

*: 電力会社10社+電源開発(株)の2000年の石炭火力発電所総発電電力量 1.44×10^{11} kWh から試算。

** : Cr の分析値は全クロムであり、排水基準は6価クロムに対するもの。

: — の物質は排水基準未設定。

表3 日本燃煤発電廠放流水微量物質排放表,
2000年, (日本電力中央研究所報告 W02002.2002

年)

表4 日本與各國燃煤所含微量物質統計表,2000年,

(日本電力中央研究所報告 W02002.2002年)

表3.1 石炭中の微量物質濃度 [mg/kg] (ドライベース、86炭種、13発電所21ユニット)

	平均濃度	データ数	石炭中濃度の典型値*	濃度幅*
As 砒素	1.97	180	10	0.5-80
B ホウ素	48.4	91	50	5-400
Be ベリリウム	2.07	131	2	0.1-15
Cd カドミウム	0.231	180	0.5	0.1-3
Co コバルト	5.71	32	5	0.5-30
Cr クロム	13.8	181	20	0.5-60
F フッ素	53.8	141	150	20-500
Hg 水銀	0.0454	181	0.1	0.02-1
Mn マンガン	37.1	59	70	5-300
Ni ニッケル	12.5	62	20	0.5-50
Pb 鉛	6.45	181	40	2-80
Sb アンチモン	0.874	33	1	0.05-10
Se セレン	0.833	123	1	0.2-10
V バナジウム	20.5	84	40	2-100

*: Clarke, L.B., L.L. Sloss, IEACR/49, IEA Coal Research (1992), Davidson, R.M, L.B. Clarke, IEAPER/21, IEA Coal Research (1996)より

表 5 日本與各國燃煤發電煙氣排放微量物質,2000 年,

(日本電力中央研究所報告 W02002,2002 年)

表 1 我が国の石炭火力発電所から大気に排出される微量物質の実態と各国エネルギー産業の年間排出量の比較

	排ガス中 濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]	排出 原単位 [$\mu\text{g}/\text{kWh}$]	排出 割合 (%)	大気への年間排出量** [t/y]								
				日本の石炭 火力('00)	ドイツ (95)	フランス (99)	オランダ (99)	スウェー デン(99)	イギリス (99)	アメリカ (96) 石炭火力##('94)		
As	0.487	1.74	0.560	0.251	12	1.5	0.239	0.06	6.35			56
B	0.471	2.21	0.0220	0.319								
Be	0.448	2.75	0.220	0.396								7.9
Cd	0.0145	0.0487	0.733	0.00702	2	0.2	0.00525	0.06	0.67	26.9		3.2
Co	0.0794	0.227	0.0193	0.0327								
Cr	0.505	1.68	0.421	0.243	10	3	1.33	0.06	17.76			62
F	ガス	601	2130	7.22	307							23000+
	粒子	23.4	98.1	0.238	14.1							
	total*	624	2230	7.46	321							
Hg	ガス	1.36	4.36	26.2	0.628							
	粒子	0.0253	0.0707	0.921	0.0102							
	total*	1.39	4.43	27.1	0.638	8 (5.7#)	3.7 (1.5#)	0.00102 (0.1#)	0.04 (0.1#)	1.75 (7.8#)	54.2	51
Mn	1.36	3.88	0.0345	0.558								168
Ni	0.356	1.02	0.0498	0.147	65	113.2	34.4	3.6	46.19			52
Pb	0.938	3.60	0.417	0.518	32	3.2	0.329	0.6	17.7	354.8		62
Sb	0.0665	0.190	0.0595	0.0274								
Se	ガス	2.50	7.30	5.51	1.05							
	粒子	1.85	5.83	2.31	0.840							
	total*	4.35	13.1	7.82	1.89	0	0.8	0.000732	0.08	12.61		
V	2.35	6.84	0.319	0.984								

*: ガス状+粒子状, F, Hg, Se 以外の物質は、煙突出口ではほとんど粒子状として存在する。**: 日本の石炭火力は電力会社 10 社+電源開発(株)の 2000 年の石炭火力発電所総発電電力量 $1.44 \times 10^{11}\text{kWh}$ から試算。各国の排出量は EMEP の集計⁴⁾で数値は原文のまま。#: 石炭火力発電所からの 1995 年の排出量。##: 米国の石炭火力('94)は EPA 報告書⁵⁾による。+: HF の排出量。日本の石炭火力('00)の F(ガス)の排出量を HF 換算すると 323t/y となる。なお年間排出量の空欄は集計値がないため。

至於全日本的汞排放情形(2005 年,平成 17 年)如表 6, 燃煤火力之汞排放量排名第 3, 次於螢光燈回收破碎業及水泥製造業, 但燃煤火力全年排放量 1.229 噸高於 2002 年之 1.081 噸, 而後兩者則較 2002 年減少或相同。掌握到重點即可作為管制策略之參考, 研發機構顯已發揮其調查研究之功能。

表 6 全日本汞排放一覽表,2002 及 2005 年

(日本 2008 年有害金屬對策基礎調查檢討會資料)

表 1.1-1 日本の排出インベントリ

部門	項目	2002 年ベース 排出インベントリ (Mg/yr)	2005 年ベース 排出インベントリ (Mg/yr)	
燃焼部門	石炭燃焼	火力発電	1.081	1.229
		産業用ボイラー	0.33	0.569
	石油燃焼	火力発電	0.307	0.299
		産業用ボイラー	1.19	1.05
	一般廃棄物燃焼		0.107~0.247	0.098~0.236
	医療廃棄物燃焼		0.49~1.64	0.57~1.68
	下水汚泥焼却・溶融		0.253~1.46	0.258~1.48
	産業廃棄物 燃焼	廃プラスチック類	0.016~0.537	0.017~0.657
		紙くず	0.013	0.0055
		木くず	0.020~0.178	0.013~0.116
		繊維くず	0.0033~0.010	0.0033~0.011
		ゴムくず	$1.43 \times 10^{-5} \sim 1.3 \times 10^{-3}$	0.000021~0.0019
その他汚泥		0.521	0.661	
	シュレッダーダスト	0.049~0.793	0.049~0.793	
製造部門	鉄鋼・製鉄		3.14	3.26
	非鉄金属製錬		0.52~3.56	0.52~4.61
	セメント製造		8.94	8.94
	石灰石製造		1.06	1.06
	カーボンブラック製造		0.113	0.121
	コークス製造		0.773	0.886
	パルプ・製紙		0.423~0.648	0.427~0.652
	塩素アルカリ工業		0	0
	バッテリー製造		0.00087	0.00183
	電気スイッチ製造		0.00433	0.00433
	蛍光灯製造		0.026	0.018
その他	火葬		0.057	0.056
	蛍光灯回収・破碎		$8.13 \times 10^{-6} \sim 1.02 \times 10^{-5}$	$7.23 \times 10^{-6} \sim 9.03 \times 10^{-6}$
	歯科 (アマルガム)		0.0077	0.003
	運輸 (燃料由来)		0.797	0.773
自然由来	火山		>1.4	>1.4
計 ()は自然由来を除く		21.642~28.835 (20.242~27.435)	22.292~30.574 (20.892~29.174)	

出典：2002 年ベースインベントリ：貴田晶子、平井康宏、酒井伸一、守富寛、高岡昌輝、安田憲二「循環廃棄過程を含めた水銀の排出インベントリと排出削減に関する研究」(平成 17~19 年度)

2005 年ベースインベントリ：上記報告書の排出係数、総括排出係数、排出低減効率を用いて、2005 年ベースのインベントリを新たに算定した。

3. 日本日吉(Hiyoshi)公司戴奧辛生物快速篩檢技術

日吉公司位於滋賀縣近江八幡市(名古屋與京都間)，該縣人口 140 萬人屬農業區域，其火山灰土壤能培育出優質稻米，近江牛且唯日本四大著名牛肉，環繞日本最大之琵琶湖也有部分漁獲。該公司主要業務原為各種檢驗分析，除一般環境品質外亦包括食品、玩具及血液等，之後發展至其他環保領域，諸如廢棄物清運分類處理、廢水處理設施改良及代操作、藥劑及化學品銷售等，年營業額約 59 億日元，員工約 300 人，雖然以日本企業尺度而言屬中小型，但在滋賀縣(縣治在大津市)當地則為地區主要產業之一。

本次研習期間承環保署檢驗所陳科長元武之安排，至日吉公司參訪其推動之戴奧辛 Calux 快篩檢驗法，以瞭解其檢驗原理及相關內容。

就戴奧辛之檢驗而言，台灣與日本乃至其他先進國家相同，一開始皆以傳統化學方法執行，用高解析度氣相層析法(HRGC)辦理，需要精密的儀器及繁複的前處理，高度專業人員，日吉公司即有兩套各 2 億日圓專用於戴奧辛檢驗之 HRGC，操作人員須經半年訓練及實習始能獨立作業。

由於戴奧辛不易分解導致不斷累積至土壤及河川湖泊底泥，污染案例層出不窮，每當在判定污染程度及範圍，乃至後續評估處理前均須進行檢驗，經常受限於傳統化學方法之成本及時間，無法及時展開大規模檢測以確認污染源及影響範圍，故歐美各國在 1990 年代即發展簡易快速檢測方法，進入 21 世紀後許多國家已將某些發展成熟技術列為標準方法之一，惟僅為快速篩檢方法並未取代傳統化學方法，類似氣體檢知管或 pH 試紙等，有爭議之樣本仍須以具法定效力之 HRGC 等方法執行檢驗。

戴奧辛為一系列複雜化學物質之統稱，其異構物多達 29 種，其中 12 種為 PCB 屬(PCB like)，另有 17 種為 PCDD 屬及 PCDF 屬，其

毒性各有不同，其濃度計算異於一般污染物質，並非單一測值而為加權計算所得值，說明如下：

1. 總量濃度 = Σ (戴奧辛各同源物的實際濃度)
2. 毒性當量濃度 = Σ (戴奧辛各異構物實際濃度 \times 各異構物 TEF 值)
= Σ (戴奧辛各異構物之 TEQ 值)
3. 毒性當量濃度(TEQ)係將具有毒性的戴奧辛衍生物，依個別毒性當量因子(Toxic Equivalent Factor, TEFs)轉換後的濃度總和
4. 一般毒性當量濃度之計算係以 2, 3, 7, 8=TCDD 的 TEF 值為基準(係數為 1.0)其他衍生物毒性當量係數以個數(相對於 2, 3, 7, 8=TCDD 之毒性)表示

因此戴奧辛依其環境檢測基質之不同而其濃度單位亦有別於其他污染物習見之 ppm、ppb、mg/Nm³、mg/L、mg/kg 等，列舉如下：

1. 煙道排氣: ng-TEQ/Nm³
2. 環境空氣: pg-TEQ/Nm³
3. 廢棄物: ng-TEQ/g
4. 土壤、底泥: ng-TEQ/kg
5. 水體: pg-TEQ/L
6. 生物樣品: pg-TEQ/g

由於戴奧辛之特性，造成傳統化學分析方法無法因應實際需求其困境分述如下：

1. 成本高、耗時長，亦即無法處理大量樣品
2. 高濃度樣品，亦即降低 HRCC/HRMS 等精密儀器使用壽命
3. 檢驗本身造成之污染，亦即產生更多污染物並提高風險

而在需求導向下不外採取兩種策略：

1. 改良原有的化學分析法
2. 引進生物快速篩選技術

快速篩檢技術即不再採取化學方法而改用生物檢驗方法，充分運用戴奧辛對生物造成之毒性，依生物所反應之毒性程度大小得出戴奧辛濃度值，日吉公司於 1998 年即已自美國引進 Calux 生物快篩法技術並推廣至台灣(正修科大)及中國大陸(湖南省)，已有多年豐富經驗故前往實際了解，作為煙氣或土壤(台電辦理中之原臺金公司廠址污染控制)戴奧辛防制規劃處理之參考。

至於正修科大原已在 2005 年建置之技術則因環檢所遲未公告 Calux 為標準方法無法據以代檢或自行辦理研究，已在 98 年(2009)間放棄，即使我國環保署已於 99 年 6 月 10 日公告「土壤中類戴奧辛化合物篩選方法—冷酵素報導基因法」(NIEA S901.60B)，國內目前仍無代檢機構採用，僅有環檢所執行土基會之年度專案計畫時應運，各業主不熟悉該方法以致未規劃大規模採樣檢驗為主因之一，代檢機構樣品源不足亦無從建置檢驗能量，且仍須依樣本數抽樣與化學分析方法比對，所需生物菌種必須向國外引進，諸多因素造成生物快篩法尚未能在國內普及，但展望未來該方法前景可期，國內諸多污染場址之防制或整治，以及污染事件之及時處理勢必採行快篩法先作篩檢，之後再以化學方法確認以爭取時效。

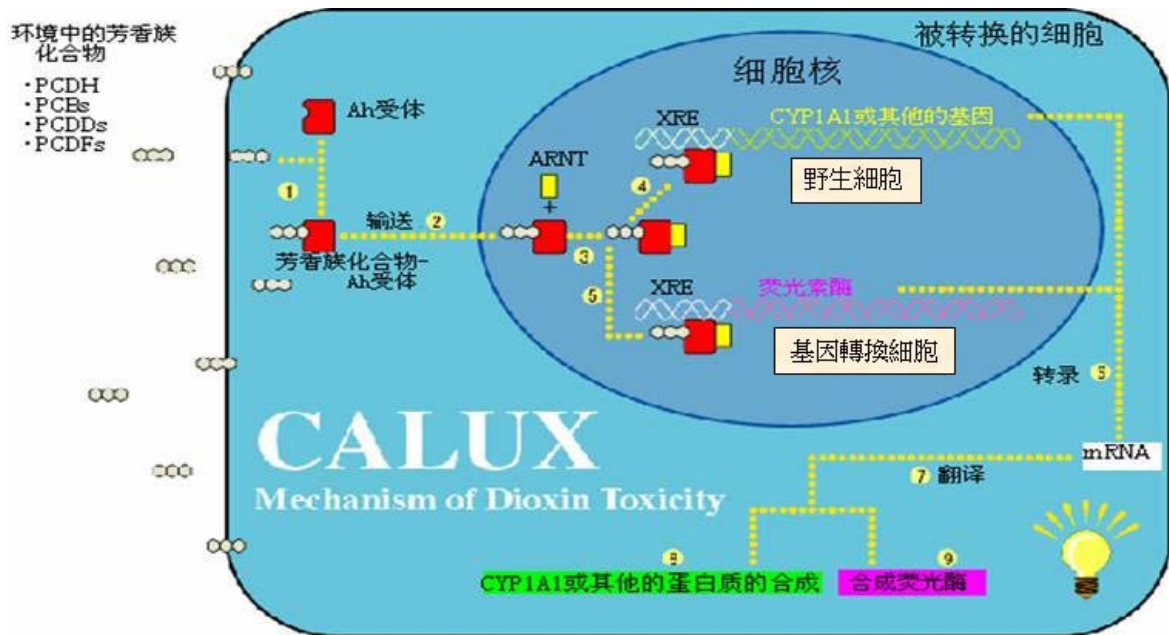
而生物快速篩選法亦有其限制：

- 1.僅能進行篩選，超過限值時仍需使用化學法確認(confirmation)。
- 2.生物快速篩選法只提供樣品之總毒性當量，無法提供個別同源物濃度，無法進行污染源追查。

日吉公司所採用之 DR-Calux 法源出荷蘭 BDS 公司(圖 10)，為歐盟(EC)認可之方法，該公司係由其美國子公司引進日本，並在 2005 年 9 月 14 日由日本政府認定為 4 種生物快篩法之一。美國聯邦環保署(EPA)亦已認可另兩種生物快篩法，分別為 CAPE 公司之 ELISA 法(EPA M4025)，eichrom 公司之 Procept 法(EPA M4430)。

圖 10 日本日吉公司 Calux 快篩法示意圖

(Hiyoshi brochure, 2012)



- ①與AhR結合 ②移送到核內 ③與ARNT結合 ④、⑤與DNA上的戴奧辛異性物質反應排列領域結合
 ⑥經過轉寫來誘導mRNA ⑦經翻譯後來合成各種蛋白質
 ⑧7-ethoxyresorufin (CYP1A1) → resorufin EROD [螢光光度計]
 ⑨螢光酶 + ATP + 螢光基質 + 氧氣 → 「發光」 + AMP + CO₂ + 氧化螢光基質 CALUX [螢光光度計]

我國環保署環境檢驗所作為國內環境檢驗先驅，早已涉獵國外先進技術並建置有多種戴奧辛檢驗能量，依其操作經驗將各種方法比較如表 7，可作為採行之參考。

表 7 環保署環境檢驗所現有戴奧辛方法比較表

(NIEA 經濟部專研中心訓練班講義, 101/03)

項目方法	HRGC/MS 法	DR-CALUX 法	ELISA 法	Procept 法
方法型態	傳統化學分析法	生物快速篩選法	生物快速篩選法	生物快速篩選法
認可	法規標準方法	歐盟認可	美國環保署認可	美國環保署認可
分析時程	約 14 天	約 3-5 天	約 3-5 天	約 3-5 天
樣品分析費用	約 20000 元/樣品	約 9000 元/樣品	約 4000 元/樣品	約 5000 元/樣品
方法靈敏度	高	高	較低	中
適用樣品基質	所有樣品基質	所有樣品基質	土壤、底泥、飛灰	土壤、底泥、飛灰
優點	方法準確性高可	與 HRGC/MS 法	可短期分析量大	可短期分析量大量

	測得各同源物濃度進行污染指紋追蹤	相關性高可短期分析大量樣品靈敏度高，適用基質廣	量且高濃度樣品、建置成本最低、所需設備少且操作簡易	且高濃度樣品、建置成本最低、所需設備少且操作簡易
缺點	分析成本過高 設備昂貴且操作程序複雜 分析時程過長短期無法處理大量及高濃度樣品	無法開得各同源物濃度及進行污染指紋追蹤專利費用高	靈敏度較低 無法測得各同源物濃度及進行污染指紋追蹤與化學法相關性差	靈敏度不足 無法測得各同源物濃度及進行污染指紋追蹤 Kit 較貴

註:生物快篩法係以每年約 200 件樣品估價，分析量愈大價格愈低

四、實習心得及建議

1. 實習心得

與首次奉派赴日本實習(民國 75 年)相較，本公司近 20 餘年來在環保工作方面實有長足進步，可謂已並駕其驅，從幾無環保設施(民國 75 年各火力電廠僅有靜電集塵器, ESP)到目前之 FGD、SCR 一應俱全，連綠(美)化、溫室氣體、煙囪彩繪等亦有著墨。而在汞及戴奧辛污染物之防制方面，若環保署有進一步規範自當遵照辦理以符合法規，ReACT 處理效能佳雖是可採行之方法之一，但應先從管理面做起，控制燃煤中之汞含量及燃燒過程之控制，管末處理所費不貲並非首選。

J-Power 規模不若本公司，但其經營態度積極進取，不僅電力技術保持先進，也戮力爭取各種業務增加營收，在世界各地收購或投資電力事業，包括台灣嘉義之嘉惠電力裝置容量(67 萬瓩)在內，全無一般電力事業劃地自限(佔地為王)之消極保守心態。即連非屬本業之環境污染防治技術之研發亦努力投入，設法取得技術領先並增加營收，其所研發之 ReACT 市場前景尚難預卜，領導階層之前瞻遠見及研發部門人員之努力確實值得學習。

日本在 311 地震後國力大受影響，原本不受景氣影響的各大電力公司多由盈轉虧，不僅東京電力受福島核電拖累淪落至須由政府紓困之地步，返國前夕於所宿旅館電視見到關西電力社長宣稱年度虧損達 1,140 億日圓，主要來自核電廠全面停止運轉，即使關西並非災區亦無災損亦遭鉅額虧損。相形之下目前本公司之虧損全屬無法如同國外電力同業將燃料上漲轉嫁電費，而此一情勢短期間內無法改變，我等所能努力者雖屬有限，但也須盡力以赴，藉出國研習了解國外之發展趨勢以及早研議為一可行途徑。

2. 建議

J-Power 擁有之 ReACT 處理技術歷經實廠驗證效能頗佳，若未

來我國環保署制定嚴格之汞及戴奧辛排放管制法規後，係可考慮採行之防制方法之一，惟其建置及營運所費不貲仍應與其他處理技術綜合考量，審慎選定。

以 J-Power 之規模(發電量約為本公司之半，無供電區)仍能維持相當之技術研發及工程規劃設計能量，反觀本公司每年仍有甚大之電廠新(改)建及輸配電線路工程，卻已完全採取發包委辦，原有之技術經驗隨人力流失，^職於民國 72 年初進台電公司時猶見南部發電廠機電人員自行設計之靜電集塵器，使用 10 年至電廠改建止，協和、林口及通霄等電廠之廢水處理設施亦係各廠環化人員自行設計，再發包興建，其使用效能容或因經驗不足而有缺失，亦未必較其後委託國內不思精進之顧問公司所辦理者為差，若當時能保留部分案件自辦，當可持續改進甚至強化技術能量，亦可有效督飭顧問機構，不致完全受制於人。

故建議部分參酌 J-Power 之作法將類似 ReACT 等之技術研發或工程設計獨立成為單一或數個部門(相互競爭)，或成立子公司，除延續核心技術能力外亦為技術人力之培養場所。在本公司經營困難之際，而更應集中運用有限資源，以小博大發揮重大成效。

五、附件, 赴日本研習聯絡人及攜回資料一覽表

附件、1 台電環境保護處陳國義赴日本研習聯絡人及通訊處一覽表

水本明彥(Akihiko Mizumoto) 電源開發株式會社 國際營業部 IPP 營業室室長
104-8165 日本東京都中央區銀座 6-15-1

岡崎俊之(Toshiyuki Okazaki) 電源開發株式會社 國際營業部 IPP 營業室課長代理
104-8165 日本東京都中央區銀座 6-15-1

洪淑貞(Shuchen Hung) 電源開發株式會社 國際營業部 IPP 營業室
104-8165 日本東京都中央區銀座 6-15-1

福本正 電源開發株式會社 立地環境部環境室上席課長
104-8165 日本東京都中央區銀座 6-15-1

柴山益男 電源開發株式會社 立地環境部環境室環境計畫經理
104-8165 日本東京都中央區銀座 6-15-1

池山守 電源開發株式會社磯子火力發電所 能源館館長
235-8510 日本橫濱市磯子區新磯子町 37-2

鈴木規之(Noriyuki Suzuki)工學博士,國立環境研究所環境風險研究中心策略風險管理研究室室長
305-8506 日本茨城縣筑波市小野川 16-2

黃俊卿(Syunkei Huang), 日吉株式會社 海外事業企畫室室長
523-8555 日本滋賀縣近江八幡市北之庄町 908 番地

柴田真利(Masatoshi Shibata)社長, 柴田科學株式會社
340-0005 日本埼玉縣草加市中根 1-1-62

東鄉健太郎(Kentaro Togo), 柴田科學株式會社營業部海外課係長
340-0005 日本埼玉縣草加市中根 1-1-62

柴田幸弘(Yukihiro Shibata)社長, 柴田生物科技株式會社
113-0034 日本東京都文京區湯島 3-10-6

附件 2 台電環境保護處陳國義赴日本研習攜回資料一覽表

- 1.Environmental and Social Activities Report 2011, 日本電源開發株式會社
- 2.J-Power/EPDC 2011, Corporate Brochure, 日本電源開發株式會社
- 3.Reborn, Isogo Thermal Power Station, 日本電源開發株式會社磯子發電所
- 4.Isogo Thermal Power Station 2010, 日本電源開發株式會社磯子發電所
- 5.磯子發電所新 1 号機建築工事概要, 日本電源開發株式會社
- 6.NIES 2012, 國立環境研究所簡介, 2012 年
- 7.石炭火力發電所の微量物質排出実態調査 W02002, 電力中央研究所, 2002 年(平成 14 年 11 月)
- 8.平成 20 年度物質流把握及排出調査作成關聯基礎調查結果,平成 21 年第 2 回有害金屬對策基礎調查檢討會參考資料 1, 2009 年(平成 21 年)

