

# 出國報告（出國類別：實習）

## 研習林口電廠更新擴建計畫之粒狀物去除系統及其附屬設備裝機、運轉及維護

服務機關：台灣電力公司

單位：發電處

姓名職稱：廖為琦 發電處 機械工程師

張文豪 林口發電廠 機械工程師

派赴國家：日本

出國期間：103年5月12日至103年6月6日

報告日期：103年7月7日



# 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：研習林口電廠更新擴建計畫之粒狀物去除系統及其  
附屬設備裝機、運轉及維護。

頁數 30 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：

廖為琦/台灣電力公司/發電處/機械工程師/02-23666519

張文豪/台灣電力公司/林口發電廠/機械工程師/02-26062221 #219

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習 5 其他

出國期間：103 年 5 月 12 日至 103 年 6 月 6 日

出國地區：日本

報告日期：103 年 7 月 7 日

分類號/目

關鍵詞：粒狀物去除系統、袋式集塵器 (Fabric Filters)

內容摘要：(二百至三百字)

林口更新擴建計畫之粒狀污染物去除設備 (Particle Removal System, 簡稱 PRS), 採用的是 Alstom 公司所設計製造的袋式集塵

器 (Fabric Filters)，袋式集塵器為本公司首次採用之 PRS 設備，與 ESP 相比，其佔地面積小、投資成本低，且在良好的設計下，其粒狀物排放濃度低於  $10\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，可符合日益嚴苛之環保排放標準。

袋式集塵器不需要使用高壓電，不存在水污染的問題。它的外型尺寸可以配合現場做調整，在設備配置上較 ESP 具彈性。且其去除效率不受飛灰組成成份的影響，如氧化鈉 ( $\text{Na}_2\text{O}$ )、氧化鉀 ( $\text{K}_2\text{O}$ ) 等，不因燃料中的硫含量過低而降低去除效率，對於本公司燃用多元化之煤源，使用袋式集塵器具有正面的助益。

本次赴日本研習 Alstom 公司設計製造之袋式集塵器，主要係為培養運轉維護人員熟悉工作原理、機件構造、測試調整方法及故障排除等檢修要領，以提高日後自行運轉及維修的能力。

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

# 目 錄

壹、目的與過程 .....	1
貳、Alstom K. K. 公司介紹.....	2
參、實習內容 .....	3
一、袋式集塵器工作原理 .....	3
二、袋式集塵器設備介紹 .....	6
三、影響袋式集塵器效率的主要因素 .....	15
四、濾袋預塗處理及線上塗裝介紹 .....	17
五、袋式集塵器破袋之因應措施 .....	19
六、北海道現場參觀與實習 .....	23
肆、實習心得 .....	29
伍、建議事項 .....	30

## 圖 目 錄

圖 1 Alstom 日本辦公室分佈圖 .....	2
圖 2 袋式集塵器安裝位置示意圖 (資料來源: Steam) .....	3
圖 3 袋式集塵器結構示意圖 .....	4
圖 4 濾袋補集微粒之方式 .....	5
圖 5 利用脈衝空氣清潔濾袋 .....	5
圖 6 袋式集塵器配置圖 .....	7
圖 7 袋式集塵器剖面圖 .....	8
圖 8 中央分隔牆示意圖 .....	8
圖 9 各分室流場分佈圖 .....	9
圖 10 濾袋 .....	10
圖 12 濾袋安裝完成照片 .....	10
圖 13 進口風門型式 .....	11
圖 14 出口風門型式 .....	12
圖 15 旁通風門型式 .....	12
圖 17 脈衝閥結構圖 .....	14
圖 18 脈衝閥開關示意圖 .....	14
圖 19 EFFIC 控制系統 .....	15
圖 20 注入孔位置圖 .....	18

圖 21 線上塗裝示意圖 .....	19
圖 22 濾袋破漏情形 .....	20
圖 23 蓋子 (Cap) 示意圖 .....	21
圖 24 噴嘴管拆除 .....	21
圖 25 取出濾袋袋籠 .....	22
圖 26 抽出濾袋 .....	22
圖 27 各工廠相關位置圖 .....	23
圖 28 奈井江發電廠粉塵排放情形 .....	27

## 表 目 錄

表 1 出國實習日期及內容 .....	1
表 2 袋式集塵器相關設計參數 .....	6
表 3 濾袋材質比較表 .....	15
表 4 北海道現場參觀之電廠及製紙廠相關資料 .....	24

## 壹、目的與過程

林口更新擴建計畫之粒狀污染物去除設備（Particle Removal System，簡稱 PRS），採用的是 Alstom 公司所設計製造的袋式集塵器（Fabric Filters），袋式集塵器為本公司首次採用之 PRS 設備，雖在工業上的應用技術已相當成熟，惟本公司尚無實際運轉經驗，因此本次赴 Alstom 日本分公司研習。

本次實習主要目的係為培養運轉維護人員熟悉工作原理、機件構造、測試調整方法及故障排除等要領，以提高日後自行運轉及維修的能力。

本次赴日實習過程如表 1 所示，實習期間由 103 年 5 月 12 日開始，至 103 年 6 月 6 日為止，為期 26 天。訓練課程除包含在神戶研習袋式集塵器的設計原理、構造、運轉維護技術外，也至北海道使用袋式集塵器的電廠及製紙廠觀摩實際運轉情形，並與現場工作人員交換意見，讓理論與實務相互結合。

表 1 出國實習日期及內容

起迄日	機構	實習內容
103 年 5 月 12 日		赴日本神戶
103 年 5 月 13 日至 103 年 5 月 25 日	Alstom	研習袋式集塵器設計原理及設備構造
103 年 5 月 26 日至 103 年 5 月 30 日	Alstom	赴日本北海道電廠及製紙廠參觀學習袋式集塵器運轉情形
103 年 5 月 31 日至 103 年 6 月 5 日	Alstom	返回日本神戶研習袋式集塵運轉維護技術
103 年 6 月 6 日		返國

## 貳、Alstom K. K. 公司介紹

Alstom 在日本設立的辦公室位置如圖 1 所示，總部設立於神戶，在日本的分公司名稱為 Alstom K. K.，K. K. 的意思為株式會社，即日本的股份有限公司。在 1907 年，瑞典 Gadelius Trading 在此處成立公司，起初從事空氣預熱器的進口與生產工作，1951 年與 Flakt 合作，開始進行靜電集塵器進口與生產工作。1999 年正式被 Alstom 公司所併購，開始以 Alstom K. K. 名義進行電力相關業務。該公司業務內容涵蓋空氣預熱器、環保設備、風力發電、電網、鐵路等範圍，但主要仍以電力為主。

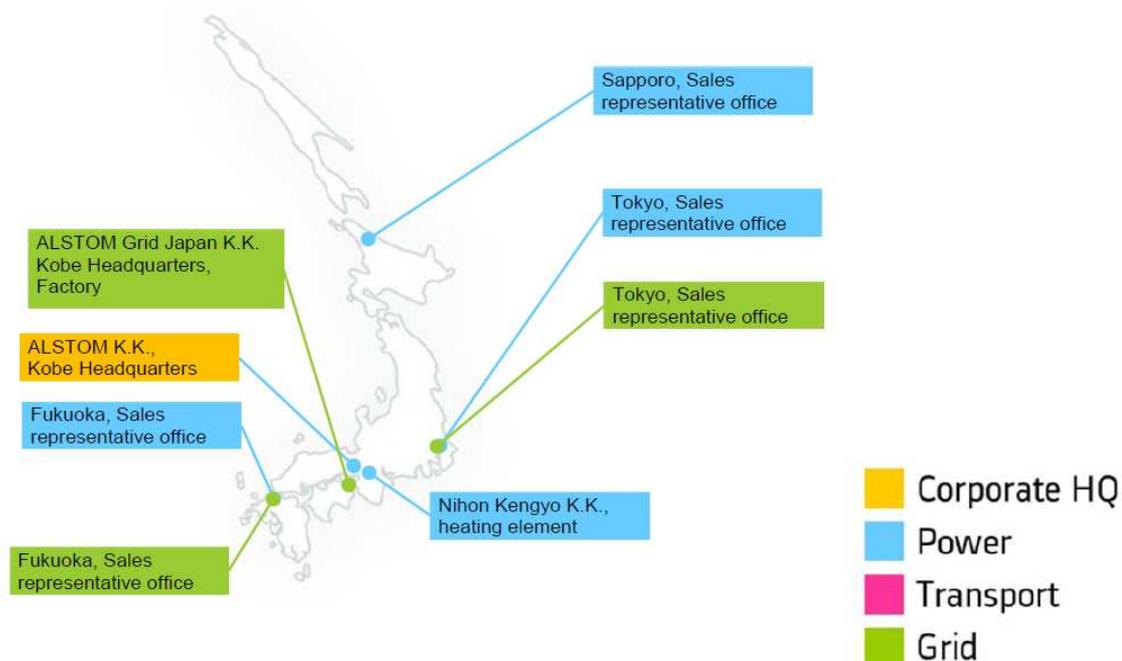


圖 1 Alstom 日本辦公室分佈圖

Alstom K. K. 是銷售和製造熱交換器（空氣預熱器、GGH）的領導者，市場遍及日本以及整個東南亞國家市場，總計裝設超過 3,400 座熱交換器。在環保設備方面，Alstom K. K. 還提供了超過 950 座的靜電集塵器（ESP）和 500 座的袋式集塵器於日本的工業、公用事業、焚化爐以及煉鋼廠等範疇。而目前本公司林口（3 x 800 MW）以及大林（3 x 800 MW）更新擴建計畫的袋式集塵

器，即由該公司進行設計製造。

本次林口更新擴建計畫—袋式集塵器的國外訓練，係由 Alstom K. K. 所舉辦，大多數的受訓時間位於總部神戶。在神戶上課的內容中，有關袋式集塵器的設計原理、運轉、維護部分，主要是由環保設備設計部門的田中勇一及佐藤毅之先生為我們講授。另外，在北海道的參訪行程，則由神戶總公司的專案經理—今崎博之先生及北海道分公司的業務代表—菊地雅彥、福家俊幸先生，帶領我們至各廠拜訪，並進行溝通、介紹以及翻譯的工作，感謝 Alstom 公司安排結合了理論與實務的實習課程，讓我們對袋式集塵器有了更進一步的認識與瞭解。

## 參、實習內容

### 一、袋式集塵器工作原理

林口更新擴建計畫所採用的袋式集塵器（位置如圖 2 所示、結構如圖 3 所示），如同靜電集塵器，安裝於空氣預熱器下游，為本公司第一次採用之粒狀物去除系統。其作用係用來補集煙氣中大部份之粉塵粒子，避免直接將粉塵排放於大氣，對環境及人體造成危害。

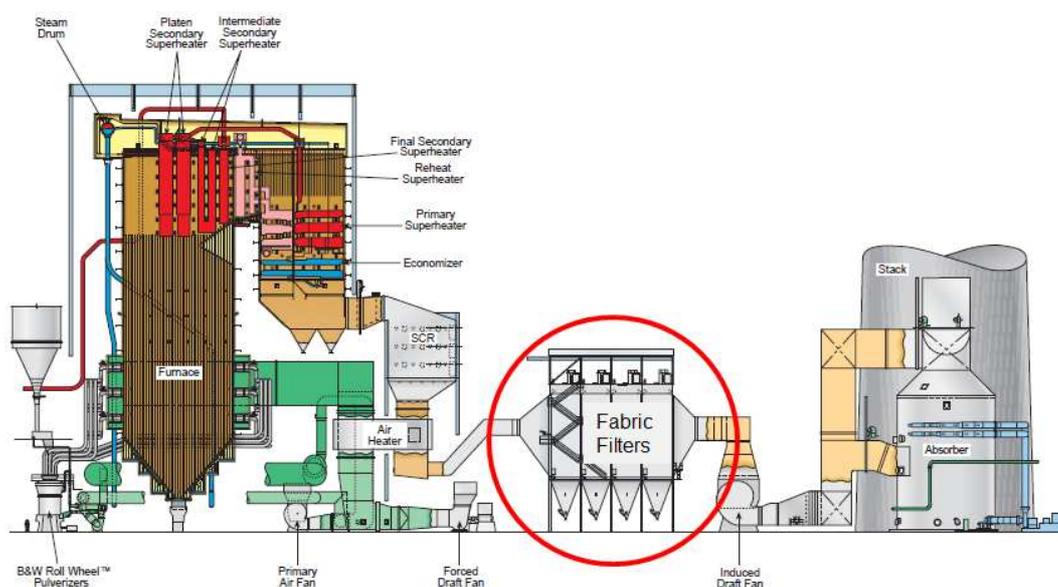


圖 2 袋式集塵器安裝位置示意圖（資料來源：Steam）

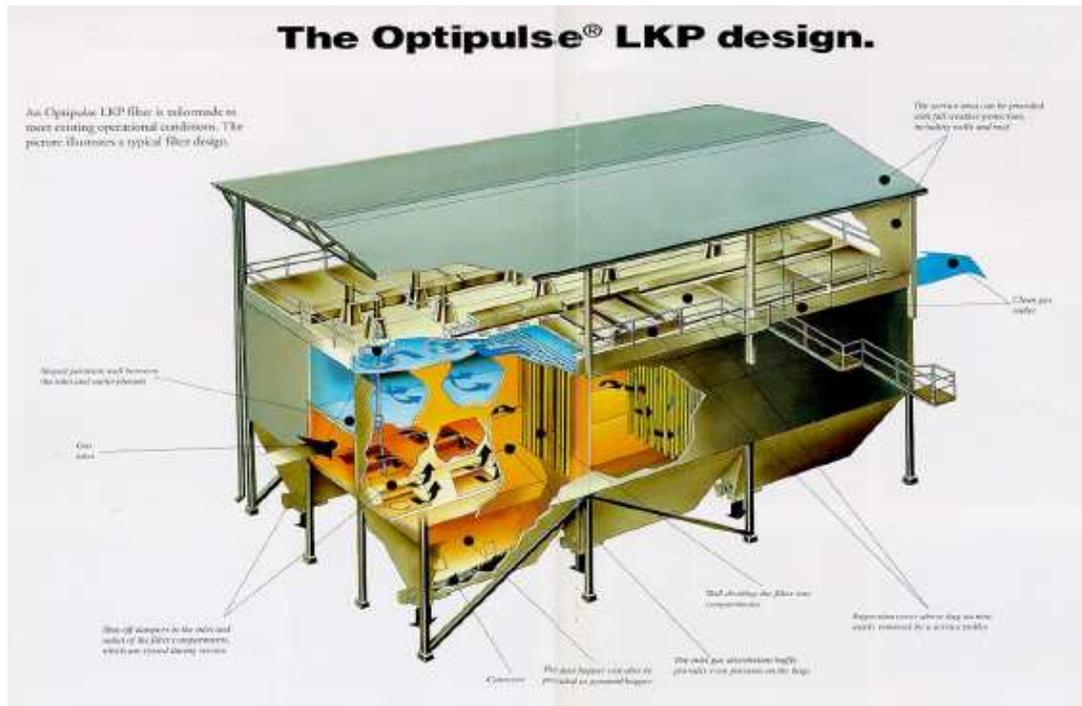


圖 3 袋式集塵器結構示意圖

當鍋爐燃燒產生的煙氣進入袋式集塵器進行除塵時，待處理之煙氣由外往內引導通過濾布，應用濾袋纖維透氣的特性，使粒狀物被濾布纖維或已堆積其表面上的微粒攔阻而加以捕集，當被捕集的粉塵逐漸變厚達一定壓差時，使用高壓脈衝空氣對濾袋進行清潔，以達到除塵之目的。除塵的方式大致可分為以下三個階段進行（如圖 4、圖 5）：

- (一) 當煙氣中大小不同的粒狀物通過纖維時，小顆粒的粒子仍能穿透，而大顆粒者則在纖維表面堆積。
- (二) 接著煙氣中微小粒徑的顆粒仍可通過濾袋表面之大顆粒間隙，而中等粒徑的塵粒則被大顆粒粉塵所捕集。
- (三) 由於煙氣不斷的通過，逐漸形成間隙越來越小的塵餅，此時微小粒徑的顆粒也會被捕集，無法穿透濾袋，然而纖維透氣率將會降低，壓降逐漸提升。當壓降到達一定程度時，需利用高壓脈衝空氣將纖維表層的塵餅去除以保持透氣率，如此周而復始達到除塵的功能。

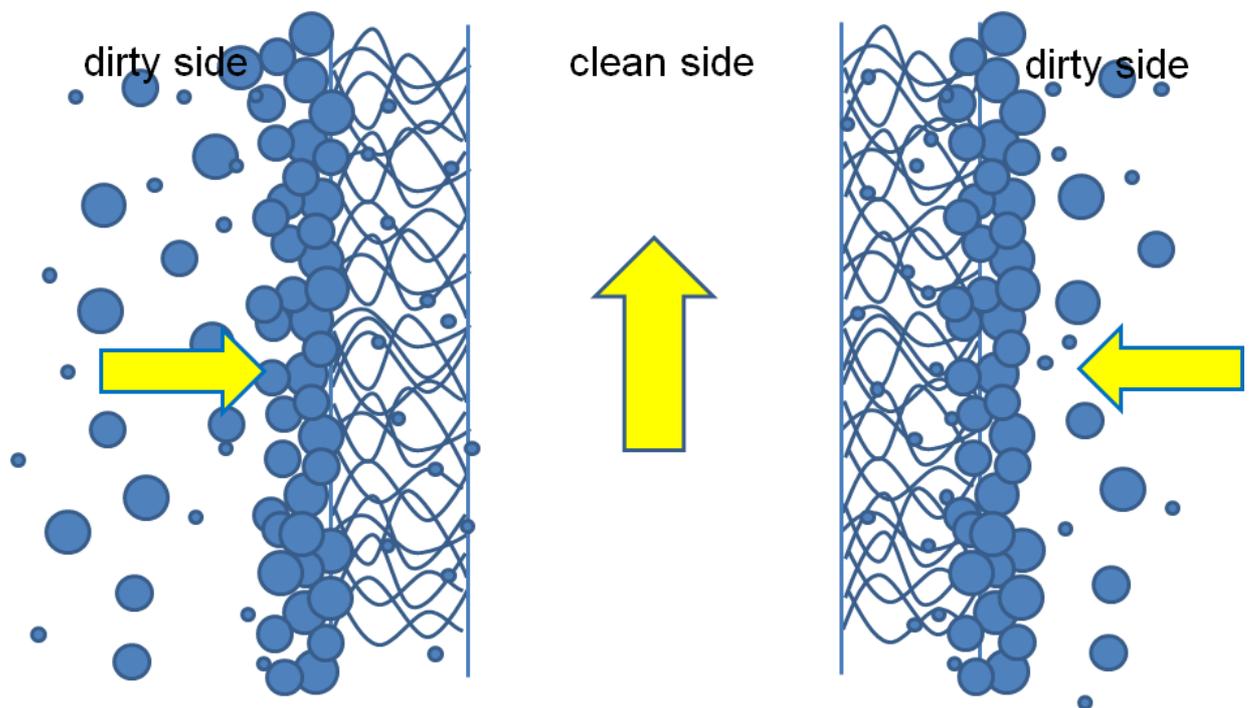


圖 4 濾袋補集微粒之方式



圖 5 利用脈衝空氣清潔濾袋

## 二、袋式集塵器設備介紹

林口更新改建計畫所採用之袋式集塵器，其相關設計參數及內部主要構件整理如下表 2：

表 2 袋式集塵器相關設計參數

項目	設計值
粉塵排放目標	10 mg/Nm <sup>3</sup> 以下
入口設計粉塵濃度	13,100 mg/Nm <sup>3</sup>
入口設計煙氣溫度	131°C
入口最大煙氣量	2,659,200 Nm <sup>3</sup> /h
尺寸 (L x W x H)	25 m x 39 m x 27 m
分室數目	16
每一分室之濾袋數目	960
濾袋長度	10 m
濾袋總數	15,360
總過濾面積	63,417 m <sup>2</sup>
每一分室之噴嘴管路	32排
每排噴嘴管路之噴嘴數	30
每排噴嘴管路之脈衝閥數	30
脈衝空氣控制系統 (EFFIC)	8
入口風門數	32
入口風門型式	百葉窗式 (Louver Type)
出口風門數	32
出口風門型式	提升閥式 (Poppet Type)
旁通風門數	28
旁通風門型式	提升閥式 (Poppet Type)

灰斗數

16

Alstom 設計之袋式集塵器，主要煙氣設計參數為：入口最大煙氣量 2,659,200 Nm<sup>3</sup>/h、入口設計煙氣溫度 131 °C、入口設計粉塵濃度為 13,100 mg/Nm<sup>3</sup>、出口粉塵排放濃度為 10 mg/Nm<sup>3</sup> 以下。

煙氣進入袋式集塵器前，會分為 2 路徑進入各分區之袋式集塵器，1 座鍋爐配有 2 區袋式集塵器，每 1 區再分為 8 個分室（Compartment），8 個分室的排列為左右各 4 個分室（如圖 6）。

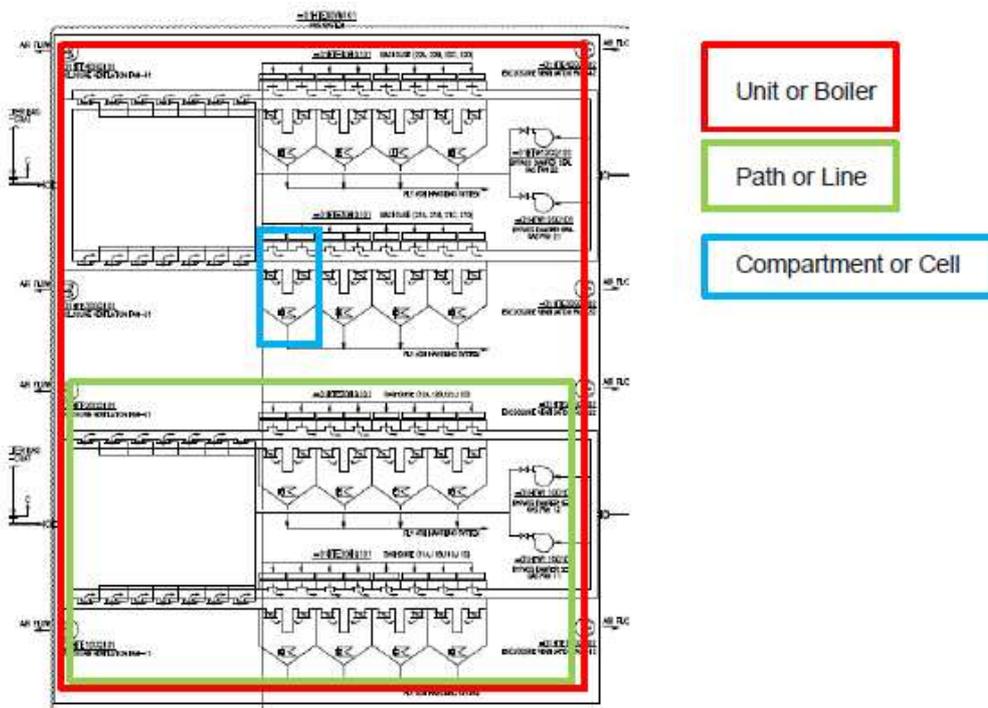


圖 6 袋式集塵器配置圖

每 1 區的袋式集塵器進出口風道位於該區中央（如圖 7），髒煙氣側（Dirty Side）與乾淨煙氣側（Clean Side）中間則以傾斜之分隔牆隔開（如圖 8），分隔牆下方為髒煙氣側，上方為乾淨煙氣側。髒煙氣進入袋式集塵器後，經由下方之入口風門導引至 2 側分室內之濾袋，濾袋上方裝有可供安裝濾袋及維護人員行走之濾袋盤（Bag Plate），濾袋

盤上方針對每 1 個濾袋設有相對應之噴嘴，可對濾袋進行清潔。髒煙氣經過濾袋過濾後，由濾袋區最上方之出口風門重新導引至中央乾淨煙氣側之風道，再經由出口風道排出。高壓脈衝空氣所吹落之飛灰則經由底下之灰斗及飛灰傳送系統輸送入灰倉。

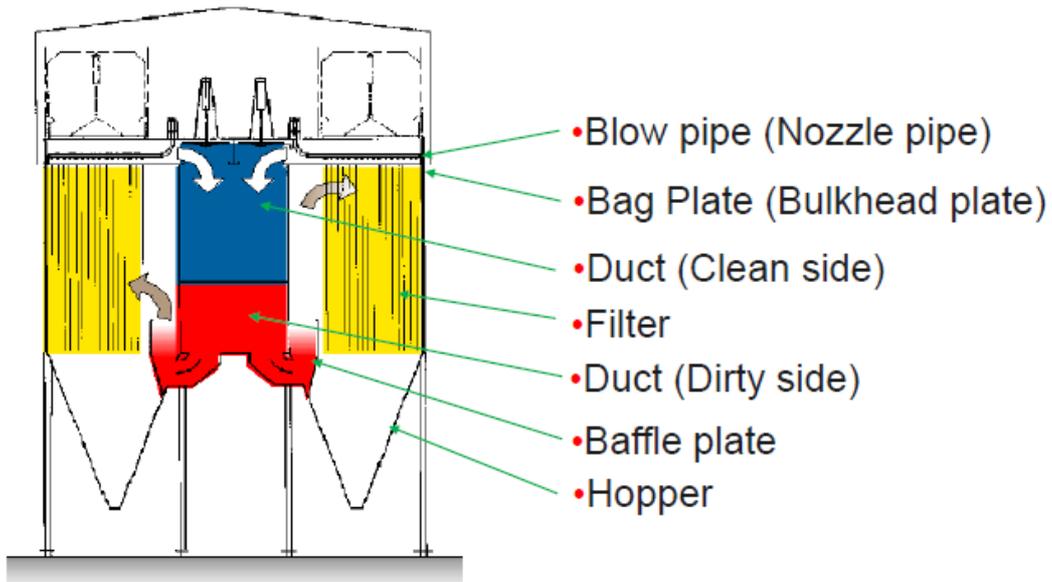


圖 7 袋式集塵器剖面圖

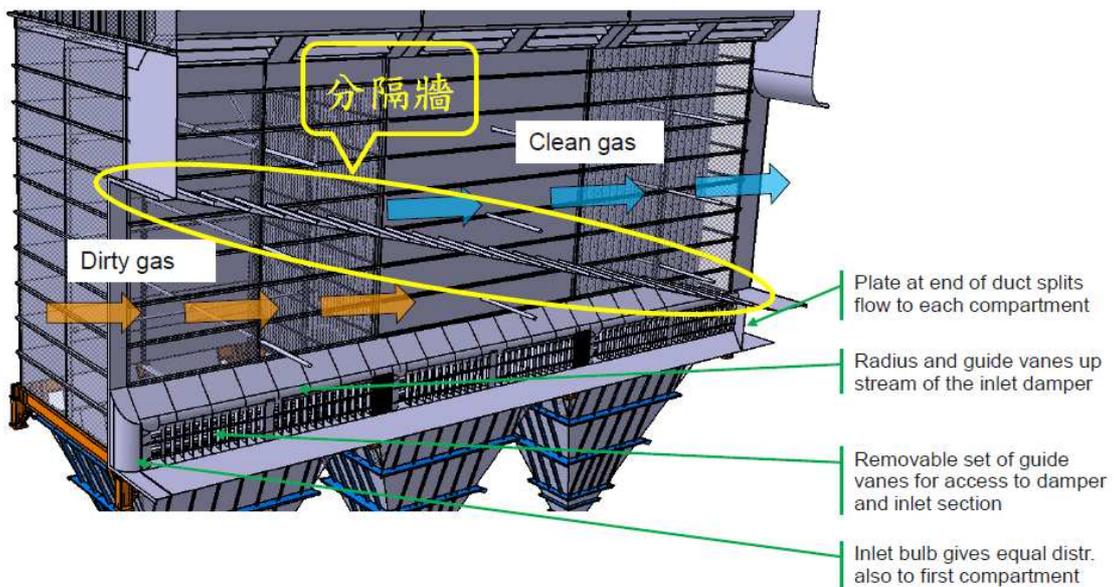


圖 8 中央分隔牆示意圖

袋式集塵器系統內之中央分隔牆 Alstom 公司之特別設計，此設計可幫助煙氣均勻分佈至每一個分室當中，而不至於讓煙氣因慣性及 IDF 作用，集中往袋式集塵器後方流動，造稱煙氣流動不均之現象，Alstom 此設計也利用 Computational Fluid Dynamic (CFD) 軟體事先進行模擬分析 (如圖 9 所示)，分析結果顯示各分室的煙氣流場呈現均勻分佈的現象。

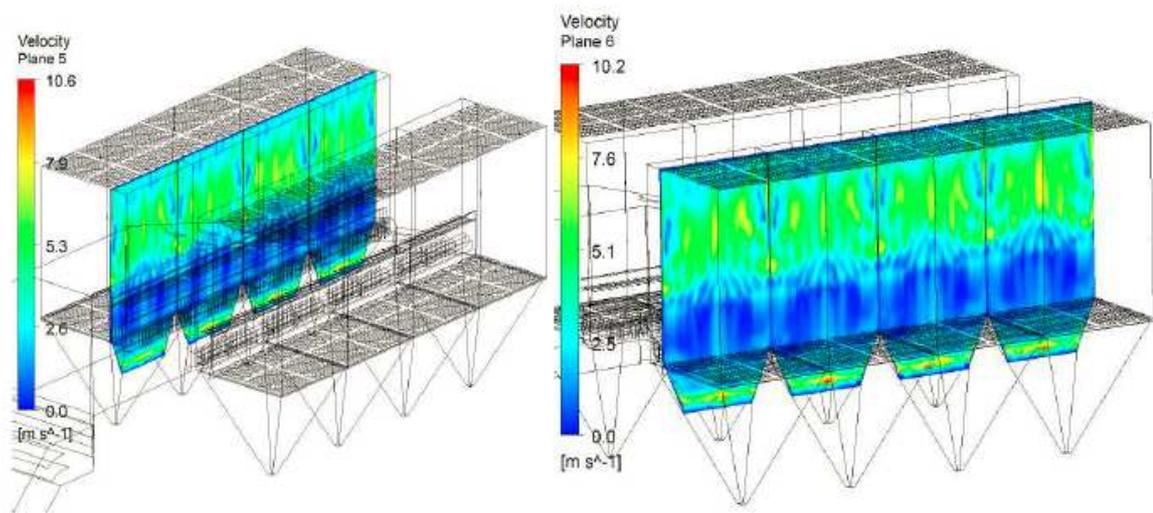


圖 9 各分室流場分佈圖

以下將針對袋式集塵器主要構件進行介紹：

(一)外殼：

尺寸大約長 25 m、寬 39 m、高 27 m，內部共有 2 區，各區 8 個分室，各區有所屬的進、出口風道。外殼與進出口風道的材質為 A242 碳鋼。外殼功用主要係作為內部與外部隔離之用，避免空氣洩漏。

(二)灰斗：

每個分室底下設置有 1 個灰斗，共 16 個灰斗，旨在收集脈衝空氣清潔過程所掉下來之飛灰。在最大煙氣流量的操作運轉下，灰斗可儲存 12 小時排灰量。然而，此功用僅係作為緊急使用，儲

存飛灰非灰斗的主要功能。另外，每個灰斗裝有電子加熱器、振動器以避免飛灰硬化與架橋。

(三)濾袋及袋籠 (Cage)：

濾袋的材料是聚苯硫醚 (PPS)，表面有聚四氟乙烯 (PTFE) 塗層，濾袋每平方公尺重 550 克，直徑 130 mm、長約 10 m，耐熱溫度 190 °C。濾袋最上方有金屬彈片 (材質為 SUS 631) 縫入其中，藉此與濾袋盤 (Bag Plate) 固定並保持密封，目的為避免髒煙氣 (Dirty Side) 流入乾淨煙氣側 (Clean Side)，影響除塵效率。濾袋內部則裝有袋籠 (Cage) 支撐濾袋，可在過濾及噴氣清潔時保持濾袋形狀，並可避免濾袋隨煙氣流晃動，與鄰近濾袋發生碰撞。袋式集塵器每一個分室裝設有 960 個濾袋，16 個分室則共裝有 15,360 個濾袋。



圖 10 濾袋

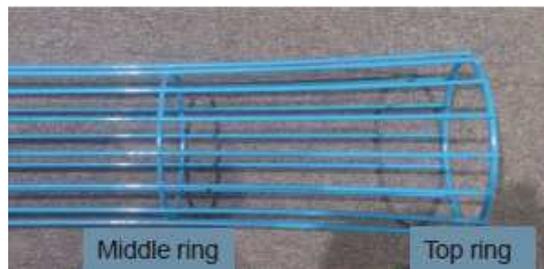


圖 11 袋籠



Bottom of filter bags



Top of filter bags in tubesheet  
Nozzle pipe above bags

圖 12 濾袋安裝完成照片

(四)風門：

每個分室配置有 2 個百葉窗式 (Louver) 的進口風門、2 個單片式 (Single Blade) 出口風門，因此 16 個分室進、出口風門分別各有 36 個；中央煙氣通道則設有 28 個雙片式 (Double Blade) 旁通風門，風門均為氣動操作。風門作用為控制煙氣流向，一般狀況下，煙氣經由各別路徑 (Dirty Side) 進入袋式集塵器，藉由進口風門導引至濾袋再由出口風門重新進入中央煙道乾淨側 (Clean Side) 排出，一旦發生緊急狀況如煙氣溫度太高 (溫度設定為 165 °C) 等情形時，進、出口風門關閉，旁通風門開啟，煙氣直接旁通以保護濾袋。

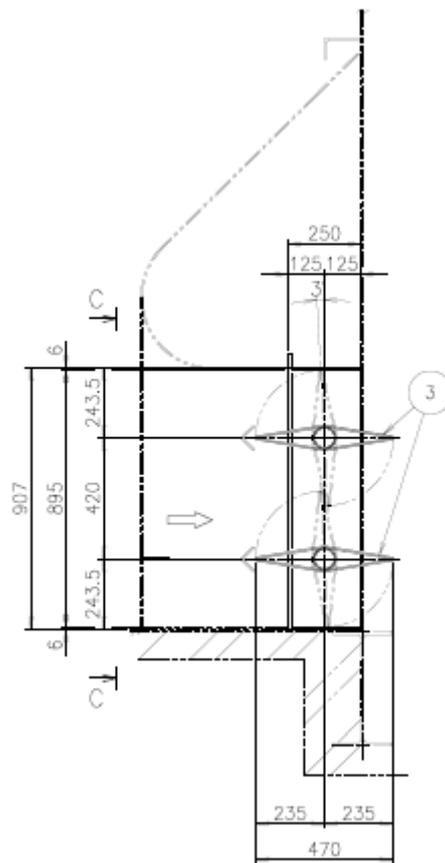


圖 13 進口風門型式

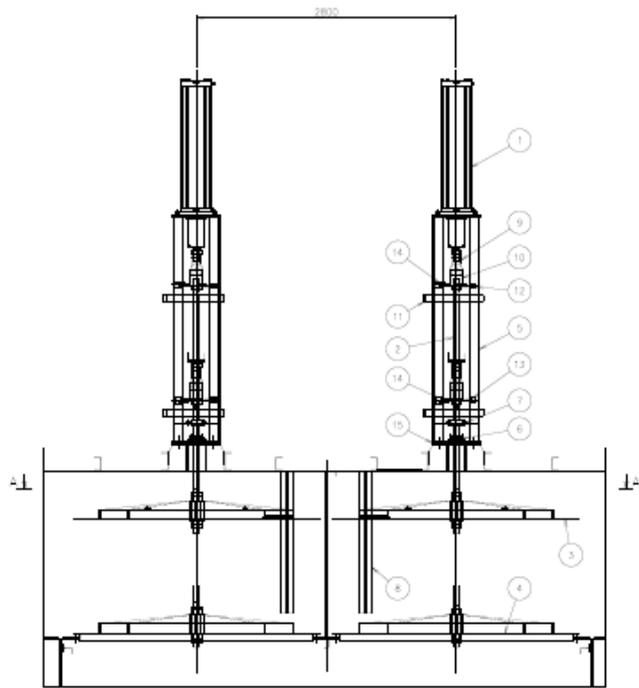


圖 14 出口風門型式

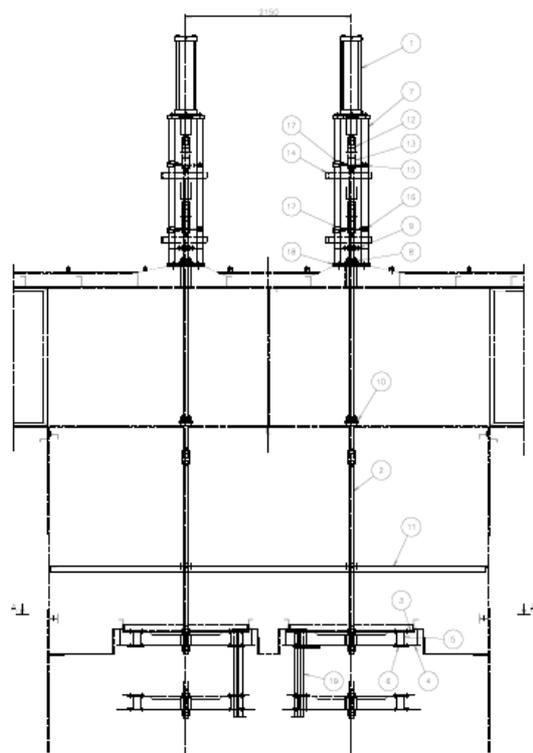


圖 15 旁通風門型式

(五)脈衝空氣清潔系統：

脈衝空氣清潔系統包括高壓空氣儲存槽（Pressure Tank）、脈衝閥（Pulse Valve）、噴嘴管路（Nozzle Pipe）及噴嘴（Nozzle）。每個分室有 2 個高壓空氣儲存槽，每個儲槽有 16 脈衝閥，每個脈衝閥配有 1 排噴嘴管路，每排噴嘴管路設有 30 個噴嘴（如圖 16）。

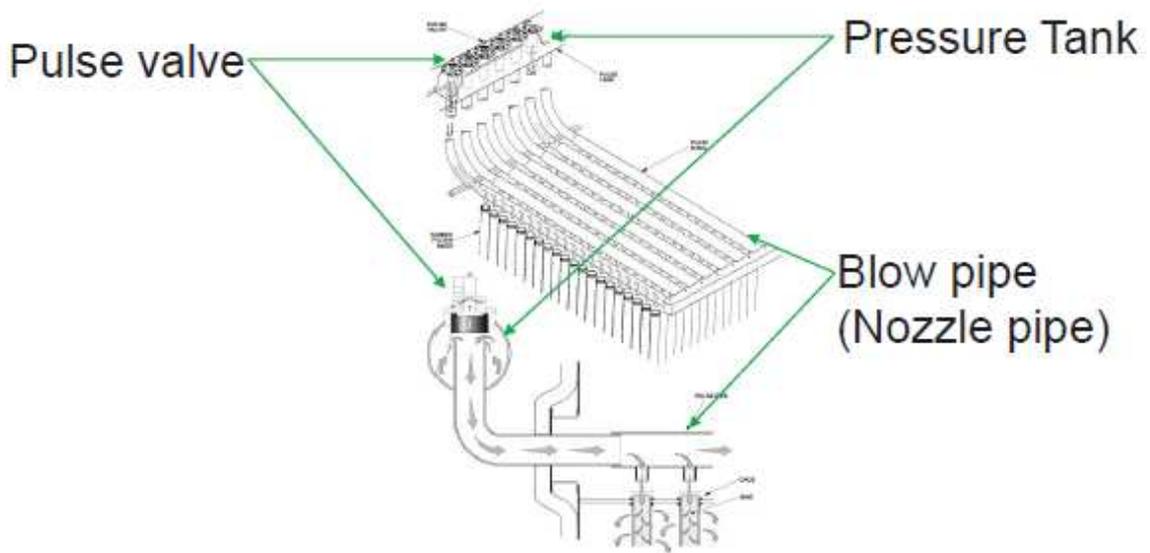


圖 16 脈衝空氣清潔系統

高壓空氣經由脈衝閥釋放，流經噴嘴管路後，透過噴嘴向下噴出，向下噴出之高壓脈衝空氣可將濾袋瞬間撐開，抖落濾袋表面所累積粉塵餅。

脈衝閥為此系統之重要元件，其結構及運運作方式如圖 17 及圖 18 所示。高壓空氣的釋放主要是靠脈衝閥來控制，其上方有電磁閥，當電磁閥打開時，膜片（圖 17 紅色處）上方空氣排出，膜片下方空氣由於此時壓力較大，將膜片上推，空氣透過膜片上移後所產生之空隙洩漏出去。此時高壓空氣儲槽內之空氣將活塞（圖 18 綠色處）上推，並透過噴嘴往下噴出以清潔濾袋。另有專責管理脈衝動作順序及時機的模組化脈衝控制系統（Modulated Pulse

Cleaning)，稱為 EFFIC（Electronic Fabric Filters Integrated Controller，如圖 19 所示），每組 EFFIC 可以管理 2 個分室共 64 個脈衝閥，故每 1 部袋式集塵器設有 8 組 EFFIC 控制系統。

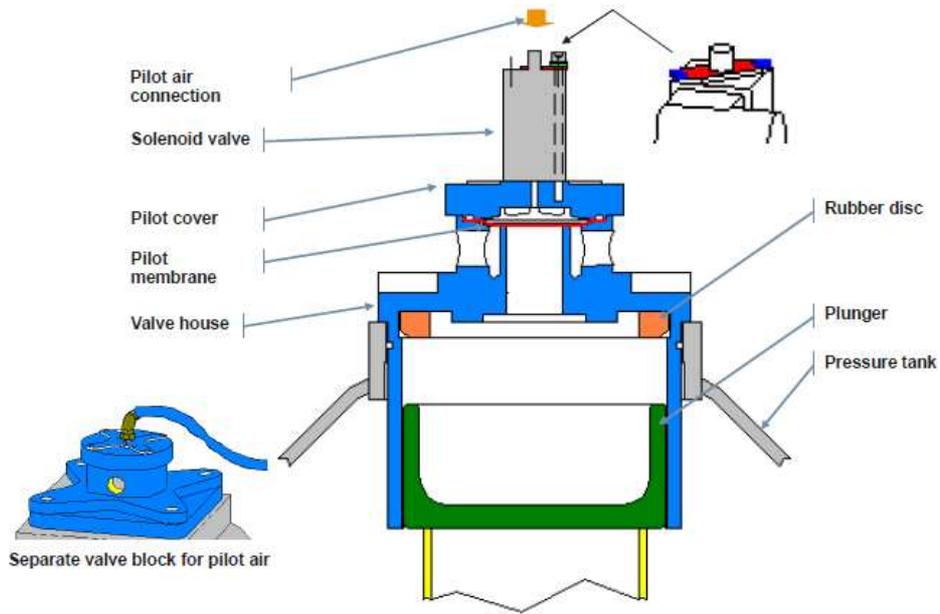


圖 17 脈衝閥結構圖

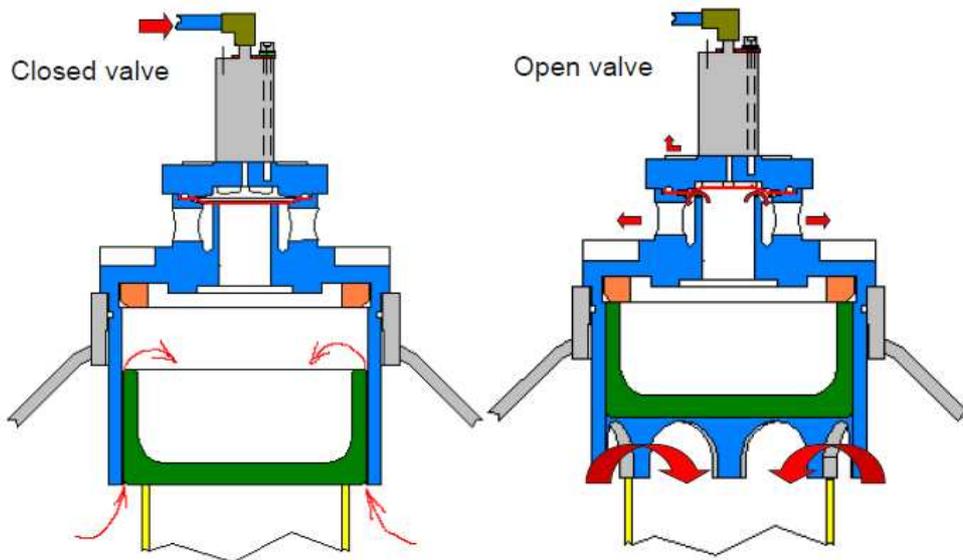


圖 18 脈衝閥開關示意圖



圖 19 EFFIC 控制系統

### 三、影響袋式集塵器效率的主要因素

袋式集塵器不像靜電集塵器，易受煤值變動而影響集塵效率，它是透過濾袋的過濾特性來達到低環保排放的要求，因此濾袋的選用及壽命，成為影響袋式集塵器效率的最主要因素，目前應用於袋式集塵器的濾袋材質如下表 3 所示：

表 3 濾袋材質比較表

Operating Principles & Performance - Filter Media **ALSTOM**

Material	PES	PAC	PPS	PI	PTFE	GLS
Polymer (Common Trade Name)	Polyester	Dolanit Ricem	Ryton Procon Torcon	P84	Teflon	Fibreglass
Temperature °C						
Continuous	135	125	190	200	240	240
Short Peak	150	130	200	260	260	280
Resistance						
Acid	3	4	4	3	5	4
Alkali	2	3	4	3	5	3
Hydrolysis (H2O)	2	4-5	5	3	5	5
Oxidation (O2)	5	3	3	3-4	5	5
Abrasion	5	3-4	3-4	4	3	1
Price rel. to PES	1	1.5	3.5	6.5	15	2.5
1 = Bad, 2 = Mediocre, 3 = Generally good, 4 = Good, 5 = Excellent						

Choice depends on application specific data

Alstom FF – Product Presentation - P 19

©ALSTOM 2011. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project. This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.

由上表可看出 PPS 耐酸、鹼、水解作用的表現僅次於 PTFE，且 PPS 價格僅為 PTFE 的一半不到，相當具有經濟效益，而電廠袋式集塵器的操作溫度約為 130 °C，PPS 可在 190 °C 的溫度下維持其特性，仍留有相當之運轉餘裕，因此成為目前最為廣泛應用之濾袋材質。Alstom 公司也基於以上理由選用 PPS 作為林口更新擴建計畫之濾袋材質。

在運轉及維護過程中，影響濾袋壽命的因素摘述如下：

(一)侵蝕：

- 1.煙氣中的飛灰，伴隨煙氣流經袋子的過程中，會對濾袋進行侵蝕作用。
- 2.使用高壓脈衝空氣的次數過多，造成濾袋與袋籠表面摩擦以及高壓空氣對濾袋沖刷侵蝕。
- 3.運轉中之實際煙氣量超過設計值，造成濾袋負荷太大，加速侵蝕效應。

(二)堵塞：

- 1.鍋爐使用輕油點火時所產生的油霧，容易附著於濾袋表面造成堵塞。
- 2.微細顆粒容易進入濾袋纖維內部，累積過多即會造成堵塞。
- 3.濾袋表面遇到水蒸汽或相對濕度太高，會造成塵餅結塊，結塊後將不易清除造成堵塞。

(三)酸蝕：如操作溫度低於酸露點溫度，易有腐蝕現象。

(四)高溫：濾袋可耐受溫度為 190 °C，如溫度過高會對濾袋產生破壞。

(五)氧化：氧氣含量過高易造成濾袋氧化、脆化，減少濾袋壽命。

(六)濾袋不正確安裝：袋籠變形、濾袋尺寸不正確、安裝袋籠時劃傷濾袋等，均會造成濾袋破損或減短壽命。

## 四、濾袋預塗處理及線上塗裝介紹

### (一)預塗處理 (Pre-coating)：

袋式集塵器在初次使用時，對濾袋進行的保護動作，稱為預塗處理 (Pre-coating)，即在袋式集塵器安裝好而尚未使用時，利用鼓風機讓特定的物質附著在濾袋表面，形成一個保護層後，才正式使用袋式集塵器，此保護層 Alstom 建議使用熟石灰 (氫氧化鈣)，當預塗處理的動作完成後，機組運轉產生的飛灰及黏性物質就不會直接接觸到濾袋表面，而會附著在熟石灰上面，因此減少濾袋受飛灰腐蝕的可能。茲將其相關資訊摘述如下：

1. 目的：初次啟動袋式集塵器前，必須於事前塗裝所有濾袋，提供初期所需之濾餅以保護濾袋，可延長濾袋壽命，同時濾餅可增加過濾效果。
2. 材料：熟石灰 (氫氧化鈣)
3. 顆粒大小：通過 200 網目 (Mesh) 篩濾器的數量不能大於 50 %。
4. EFFIC 脈衝空氣控制系統：壓差模式 (壓差達 1.6 kPa 進行功壓空氣脈衝)。
5. 方式：
  - (1) 確認各分室進、出口風門已打開、旁通風門關閉、IDF 已開啟。
  - (2) 應使用設有鼓風機的卸料卡車，將預塗材料透過入口風道之噴注孔 (如圖 20，預塗處理及線上塗裝有各自之注入孔)，以慢速 (每 15 分鐘 1 噸) 將熟石灰顆粒注入於系統內。
  - (3) 熟石灰注入總量約需 18.7 噸。
  - (4) 最後由經驗豐富的技術人員 (如 Alstom 公司) 檢查預塗處理是否合格。

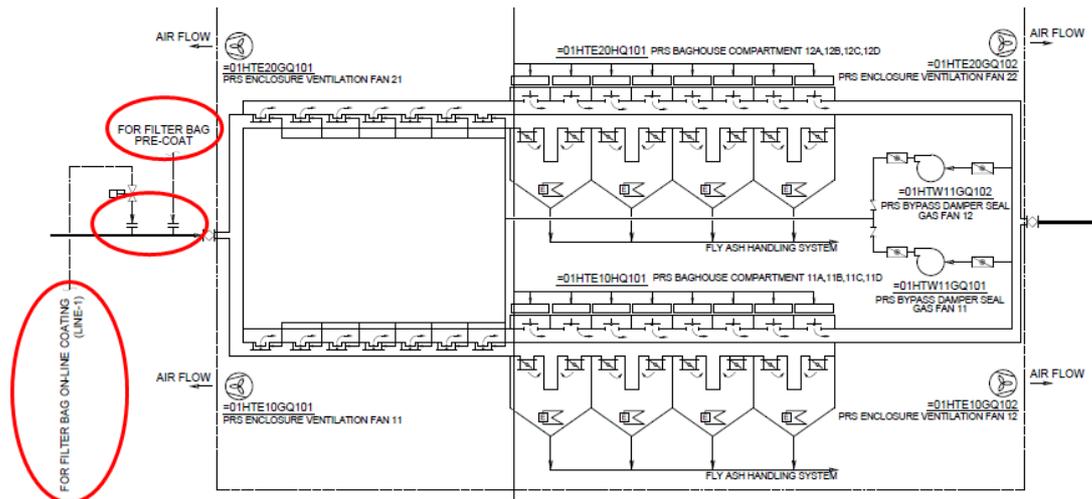


圖 20 注入孔位置圖

(二)線上塗裝 (On-line Coating) :

線上塗裝 (On-line Coating) 為林口新機組的另一項特色，此功能需搭配飛灰注入系統 (Ash Injection System) 來達成，線上塗裝使用的時機為機組點火時，由飛灰注入系統將預存於此系統內的飛灰注入袋式集塵器入口，使其與點火時因輕油燃燒產生的少量油灰混合，以減少油灰沾附在濾袋上的機會，從而延長濾袋的使用壽命。茲將其相關資訊摘述如下：

1. 目的：避免鍋爐啟動燃油期間，黏稠物質（如油霧、焦油、碳氫化合物等）附著於濾袋表面，以及於低氣體溫度情況下防止酸化物質（如硫酸霧氣）之侵蝕。
2. 材料：飛灰（也可使用熟石灰）
3. 顆粒大小：通過 200 網目 (Mesh) 篩孔的數量不能大於 50 %。
4. EFFIC 脈衝空氣控制系統：壓差模式（壓差達 1.6 kPa 進行功壓空氣脈衝）。
5. 方式：

(1) 鍋爐啟動前檢查飛灰轉送筒倉 (Relay Silo) 所需傳送的飛灰是否至少 200 m<sup>3</sup>。

- (2) 袋式集塵器於鍋爐啟動時，僅有 A 分室開啟（位置如圖 21 所示），其餘各分室關閉。
- (3) 飛灰透過袋式集塵器入口風道之注入孔進入，再輪流由閥 V-3、V-4（位置如圖 21 所示）進入（V-3 開啟時 V-4 關閉）A 分室，每次注入 6 m<sup>3</sup> 飛灰，2 閥輪流注入飛灰各 5 次，總計 10 次。後續在低負載的情形下（滿載的 25 % 以下），如 A 分室壓差達 1.4 kPa 將再進行 1 次線上塗裝。
- (4) 當負載持續上升至滿載的 25 %，B 分室會開啟，此時如仍持續燃油將再進行 1 次線上塗裝工作。

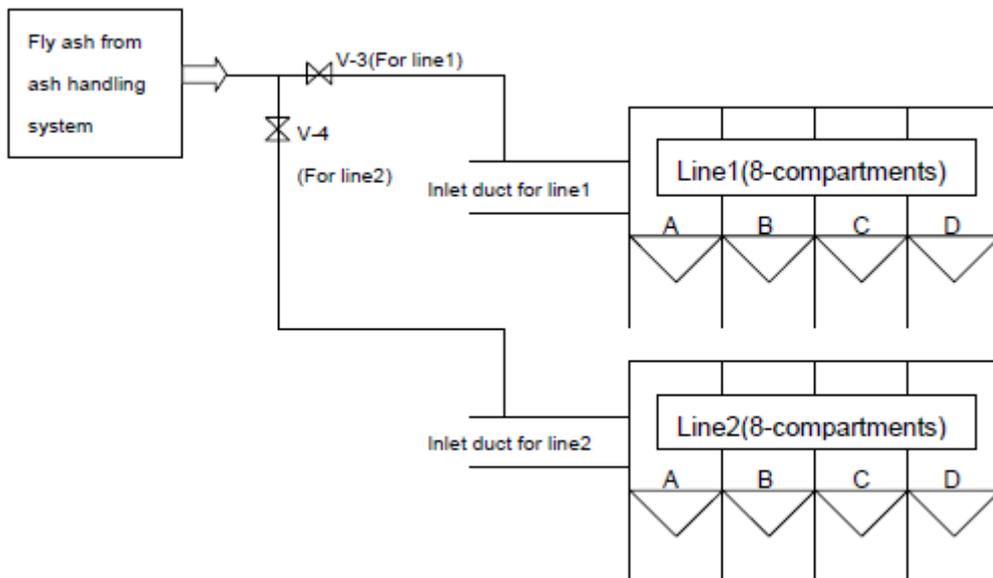


圖 21 線上塗裝示意圖

## 五、袋式集塵器破袋之因應措施

袋式集塵器在各分室上方裝有感測器，可偵測出壓降與粉塵濃度的變化情形。如相較正常運轉數值，發現壓降下降、粉塵濃度上升之現象在某分室或區域持續發生，則可推估濾袋有破漏的情況發生。

一旦濾袋發生破漏，首先應對該分室予以隔離（在鍋爐滿載運轉

的情況下，可允許 1 個分室進行隔離，仍可保證粉塵排放濃度不超限，如超過 1 個分室需要隔離，則鍋爐必須降載運轉。），待內部冷卻後由屋頂（Penthouse）進入該分室上方進行檢查。

當破袋初期粉塵微粒尚未大範圍擴散，可利用目測觀察濾袋內側、濾袋盤表面及噴嘴口是否有粉塵堆積，藉此判斷破袋位置。如圖 22 所示，紅色圈起的 3 個濾袋內側，已受到粉塵覆蓋，可判斷有濾袋已經破漏。

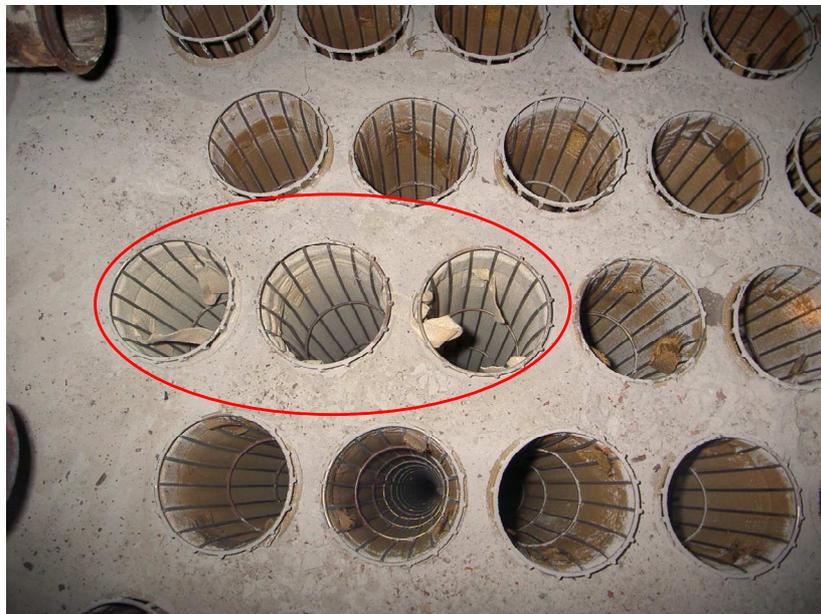


圖 22 濾袋破漏情形

如破損的袋子數量不足以影響除塵效率，可暫時以蓋子（Cap，如圖 23）將濾袋隔離，俟大量換袋之時機（如大修停機），再予以更換。

如經評估需進行立即更換濾袋，則須先拆除噴嘴管路（如圖 24）接著抽出袋籠（如圖 25），由於濾袋及袋籠全長約 10 m，濾袋盤至屋頂最高僅有約 8 m 的高度，因此袋籠設計為可拆解為 3 段的型式，在抽離的過程中可一邊拆解，並檢查袋籠是否變型或損壞而造成濾袋破裂，下一步再將濾袋抽出（如圖 26），安裝新濾袋時則以相反步驟更換濾袋。

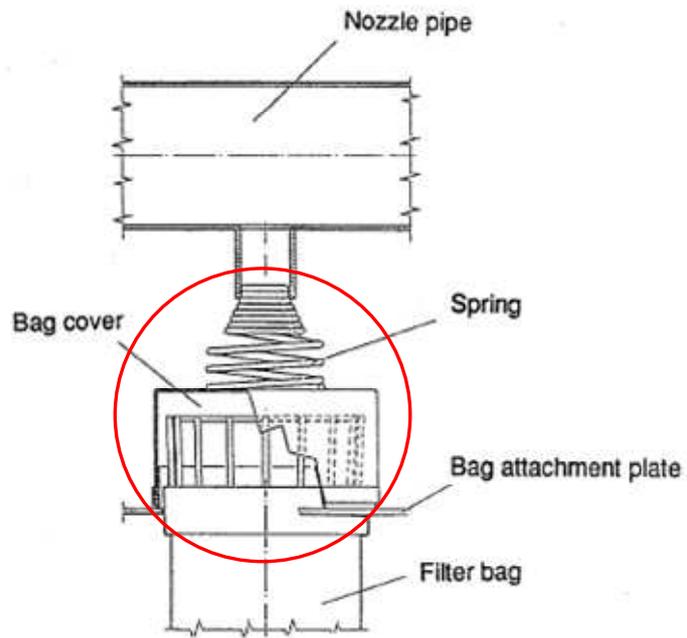


圖 23 蓋子 (Cap) 示意圖

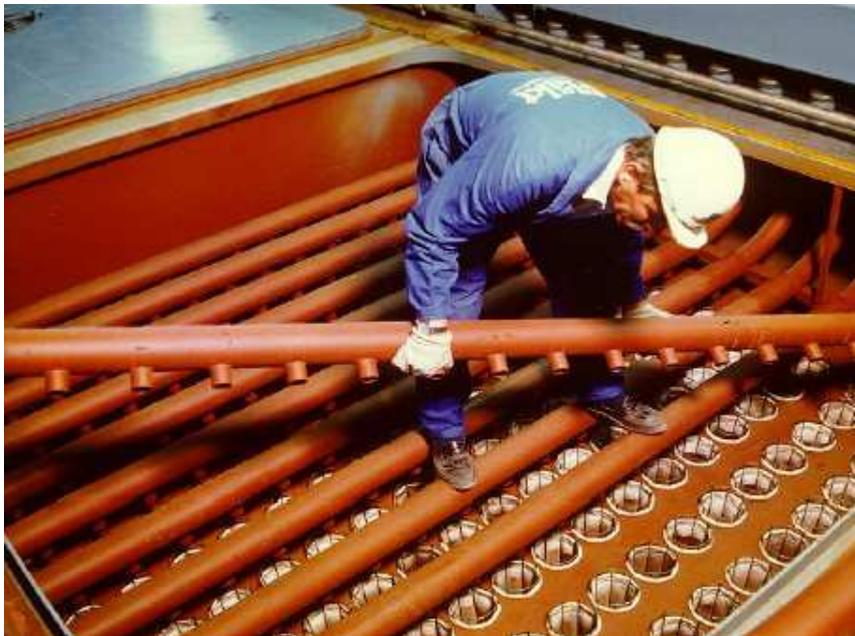


圖 24 噴嘴管拆除



圖 25 取出濾袋袋籠



圖 26 抽出濾袋

新濾袋安裝過程中，必須注意濾袋上方彈片是否與濾袋盤準確接合，以避免機組運轉時，煙氣由髒空氣側洩漏至乾淨空氣側。另外，

安裝袋籠要避免劃傷濾袋以及不當安裝使袋籠變形，以確保安裝後之使用壽命。

## 六、北海道現場參觀與實習

本次現場參訪主要係由 Alstom 神戶及札幌辦公室的員工帶領我們至各廠實習。本次赴北海道總共參訪了 4 座不同的工廠，其中 2 座是北海道電力公司的發電廠（砂川、奈井江電廠），另外 2 座是私人企業王子製紙公司的造紙工廠（苫小牧、江別製紙廠），各廠相關位置如圖 27 所示、相關背景資料整理如表 4。



圖 27 各工廠相關位置圖

表 4 北海道現場參觀之電廠及製紙廠相關資料

公司	北海道電力公司				王子製紙	
	砂川電廠		奈井江電廠		苫小牧 製紙廠	江別 製紙廠
機組別	3 號機	4 號機	1 號機	2 號機	6 B	-
上機時間 (西元)	1977.06	1982.05	1968.05	1970.02	2003.09	1985
更換為袋式 集塵器的時 間(西元)	2005.06	2006.09	2010.12	2010.02	-	-
裝置容量或 蒸氣量	12.5 萬瓩	12.5 萬瓩	17.5 萬瓩	17.5 萬瓩	260 噸/小時	-
煙氣量	489,000 Nm <sup>3</sup> /hr	460,000 Nm <sup>3</sup> /hr	743,000 Nm <sup>3</sup> /hr	752,000 Nm <sup>3</sup> /hr	308,000 Nm <sup>3</sup> /hr	122,460 Nm <sup>3</sup> /hr
入口設計 煙氣溫度	140°C	140°C	140°C	140°C	150°C	150°C
入口設計 粉塵濃度	60,000 mg/Nm <sup>3</sup>	60,000 mg/Nm <sup>3</sup>	47,000 mg/Nm <sup>3</sup>	44,100 mg/Nm <sup>3</sup>	27,800 mg/Nm <sup>3</sup>	30,000 mg/Nm <sup>3</sup>
出口設計 粉塵濃度	50 mg/Nm <sup>3</sup>	50 mg/Nm <sup>3</sup>	50 mg/Nm <sup>3</sup>	50 mg/Nm <sup>3</sup>	10 mg/Nm <sup>3</sup>	100 mg/Nm <sup>3</sup>
粉塵法規排 放限制值	400 mg/Nm <sup>3</sup>		50 mg/Nm <sup>3</sup>		50 mg/Nm <sup>3</sup>	200 mg/Nm <sup>3</sup>
濾袋使用 數量	4,636	4,636	5,040	4,879	2,376	448

濾袋備品 數量	50	50	60	60	100	10~20
A/C 比 <sup>1</sup> (m/min)	0.84	0.81	1.05	1.1	1.072	1.48
濾袋更換 週期(年)	4	4	2	2	2	1

註 1：A/C 比又稱為氣布比，為 air-to-cloth ratio 的縮寫。意義為流入袋式集塵器煙氣的體積流率 ( $\text{m}^3/\text{min}$ )，除以濾袋總表面積 (單位  $\text{m}^2$ ) 的比值，其單位為  $\text{m}/\text{min}$ ，故又稱為表面過濾速度。此比值可初步判定煙氣量與濾袋表面積之間的關係，但並無考慮濾袋式集塵器入口的粉塵濃度。

關於 2 座電廠 (砂川、奈井江電廠)，其特點大略如下：這 2 座電廠使用已久，燃用的是北海道當地的褐煤，且此兩間電廠皆非一開始使用濾袋式集塵系統，而是使用靜電集塵系統到一定年限後，將靜電集塵器改為袋式集塵器，起因為由於此種褐煤灰分大約在 30 % 上下，當靜電集塵器運轉不順或煤質有變化時，偶有黑煙排出，造成居民抗議，於是有了改善需求，同時為了節省改建費用，要求新的環保設備必須要能夠容納在舊的靜電集塵系統內，並能盡可能的使用原來的鍋爐通風設備，所以在濾袋系統完成後，2 座電廠皆無需更換引風機而能在較以往為高的壓力損失下運轉，這也歸功於原先的引風機設計有較高的裕度，經廠商計算已符合所需。

2 座造紙工廠 (苫小牧、江別製紙廠) 特點大略如下：王子製紙公司為日本第 1 大的造紙公司，已有百年的歷史，總部設於東京，苫小牧工廠是王子製紙的第 1 座工廠 (始於 1910 年)，目前有 6 座鍋爐，僅有 1 座鍋爐使用袋式集塵器，另一座造紙廠位於江別市的江別工廠，規模比較小，共有 4 座鍋爐，僅有 1 座使用袋式集塵器，其鍋爐為流體化床的設計，非單一燃料設定，除燃煤外，有時會伴隨一些塑

化廢棄物混燒，濾袋運轉環境較純燃煤的鍋爐為差，運轉溫度也比較高，由於之前嘗試延長濾袋更換期程時，濾袋有劣化破損的情形，目前皆嚴格按照其設定週期更換所有濾袋。

以下將針對各廠的參訪內容進行介紹：

(一) 砂川電廠：

此電廠燃用北海到當地之煤源（灰份約 30 %），造成袋式集塵器入口粉塵濃度高達 60,000 mg/Nm<sup>3</sup>，但其 A/C 比之設計值較低（約 0.8），採用較保守之設計，因此濾袋更換週期可到達 4 年。更換下來之濾袋則送去焚化爐燃燒，燃燒後進行掩埋。

在平時維護策略方面，觀察脈衝次數、壓降變化以及粉塵濃度，可評估濾袋及脈衝閥是否出現異常現象，另外該廠請 Alstom 公司每部機每 6 個月取樣 4 個濾袋，按 GIS 標準進行進行拉伸強度、透氣度等進行試驗，據以作為濾袋是否需更換濾的標準。

由於運轉 8 年來沒有發生過破袋的情形，因此該廠在備品的準備上，每部機組僅準備 50 個濾袋，總計 2 部機共 100 個濾袋，僅相當於使用數量的 1 % 左右，該廠的員工認為由於袋式集塵器的動件較靜電集塵器少，維護起來較為容易。

該廠的粉塵排放限制為 400 mg/Nm<sup>3</sup>，較我國寬鬆許多，自改用袋式集塵器後，環保排放限制以及煙囪排放黑煙等問題，已不再發生。

(二) 奈井江電廠：

此電廠同樣與砂川電廠一樣，燃用北海到當地之煤源（灰份約 30 %），袋式集塵器入口粉塵濃度達 44,100 ~ 47,000 mg/Nm<sup>3</sup>，A/C 比之設計值約 1.1，較砂川電廠設計值高，經運轉後發現濾袋壽命約 2 ~ 3 年，為求安全起見，以 2 年作為更換週期。此電廠更換下來之濾袋在切成碎片後，統一採掩埋的方事處理。

在平時維護策略方面，與砂川電廠相同，觀察脈衝次數、壓降變化以及粉塵濃度，可評估濾袋及脈衝閥是否出現異常現象。另外該廠請 Alstom 公司每部機每 6 個月取樣 4 個濾袋，按 GIS 標準進行進行拉伸強度、透氣度等進行試驗，據以作為濾袋是否需更換濾的標準。

該廠二號機除在袋式集塵器剛運轉時，嘗試將濾袋更換週期延長至 3 年遇到破袋外，並沒有其他發生破袋的情形，因此該廠在備品的準備上，每部機組僅準備 60 個濾袋，總計 2 部機共 120 個濾袋，僅相當於使用數量的 1.2 % 左右。

該廠的粉塵排放限制為  $50 \text{ mg/Nm}^3$ ，在北海道地區，此排放值已算嚴格，因此設有即時監測系統(如圖 28)，採用袋式集塵器後，實際粉塵排放濃度可控制在  $1 \sim 2 \text{ mg/Nm}^3$ 。

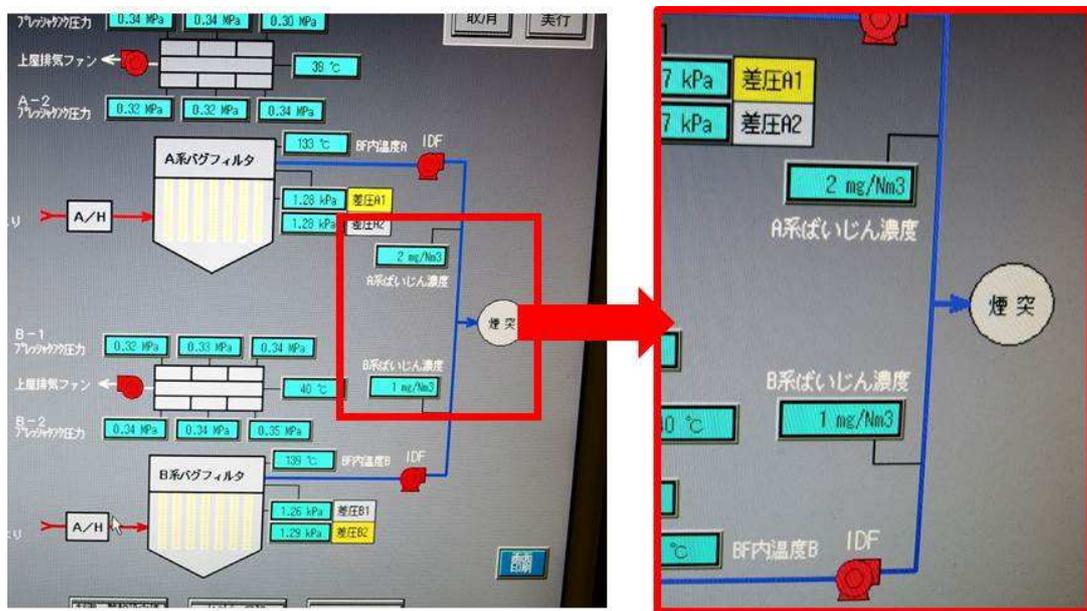


圖 28 奈井江發電廠粉塵排放情形

### (三) 苫小牧製紙廠

有 1 部機組使用流體化床鍋爐搭配袋式集塵器系統，燃料為煤、廢紙、廢塑膠以及其他廢棄物，由於來源多樣化，濾袋壽命不長，約

每 2 年更換 1 次濾袋，廢棄濾袋則作為該廠鍋爐燃料使用。

如同前述電廠一樣，觀察脈衝次數、壓降變化以及粉塵濃度，可評估濾袋及脈衝閥是否出現異常現象。經過約 10 年的運轉，除例行性更換濾袋，沒有破袋情形發生。該廠在備品的準備上，準備了 100 個濾袋，相當於使用數量的 2.4 % 左右。近 2 ~ 3 年則有針對脈衝閥的部分零件進行更換，並且發現進出口風門有磨耗現象產生。

此廠之粉塵排放限制為  $50 \text{ mg/Nm}^3$ ，同樣在使用袋式集塵器下，並無環保排放的問題。

#### (四) 江別製紙廠：

有 1 部機組使用流體化床鍋爐搭配袋式集塵器系統，燃料與苦小牧製紙廠同為煤、廢紙、廢塑膠以及其他廢棄物，燃料種類多元，加上 A/C 比採用較高的設計值（約 1.5），造成濾袋壽命更短，平均不到 2 年，因此每 1 年更換 1 次濾袋。由於更換頻率高，因此該廠不對新濾袋進行預塗裝工作。廢棄之濾袋也如同苦小牧製紙廠，作為鍋爐燃料。

維護策略與前相同，觀察脈衝次數、壓降變化以及粉塵濃度，可評估濾袋及脈衝閥是否出現異常現象。在約 30 年的運轉中破袋現象同樣很少發生，該廠在備品的準備上，準備了 10 ~ 20 個濾袋，相當於使用數量的 2.2 % ~ 4.4 % 左右。

此廠之粉塵排放限制為  $200 \text{ mg/Nm}^3$ ，此標準在使用袋式集塵器的情況下並不嚴格，因此並無環保排放的問題。

## 肆、實習心得

- 一、 本次的實習除課堂上的教授外，並有安排至現場實地參訪，讓我們有機會與該廠的員工直接進行交流，此安排可以讓我們對袋式集塵器系統有更進一步的認識。
- 二、 袋式集塵器為本公司第 1 次使用的除塵系統，即使在日本境內的電廠，使用袋式集塵器也僅只 3 座（包含此次參訪的砂川與奈井江電廠），雖然日本的排放標準較本公司林口計畫寬鬆，但以環保排放標準較嚴格的奈井江電廠來看（現場即時排放監測值為  $1 \sim 2 \text{ mg/Nm}^3$ ），要達到低於  $10 \text{ mg/Nm}^3$  的粉塵排放濃度，似乎就如 Alstom 公司所言困難度並不高。
- 三、 奈井江發電廠燃用鄰近礦場之煤源，其灰份約為 30%，袋式集塵器入口粉塵濃度約  $44,100 \sim 47,000 \text{ mg/Nm}^3$ 、A/C 比約  $1.05 \sim 1.1$ ，與林口計畫袋式集塵器入口設計粉塵濃度  $13,100 \text{ mg/Nm}^3$ 、A/C 比設計值 1.01 相比，在 A/C 比約略相同，但入口粉塵濃度高於 3 倍的情況下，林口電廠應會有較長之濾袋壽命（奈井江電廠之濾袋壽命為 2 ~ 3 年，Alstom 保證林口計畫之濾袋壽命約 5 年）。
- 四、 以日本的經驗來看，廢棄濾袋送焚化廠燃燒似乎是常見的處理方案，另外奈井江電廠也有使用掩埋的方式處理，但畢竟日本使用之濾袋數量較少，未來林口計畫廢棄濾袋（1 部機裝有 15,360 個濾袋）的處理仍將面臨挑戰。
- 五、 依日本參訪經驗，袋式集塵器除在初期運轉時會有破袋情況發生，經初期的運轉經驗找尋最適合之濾袋更換週期後，後續除一般例行性之檢查及保養外，幾乎沒有破袋的情形發生。再從各廠濾袋備品濾袋備品準備數量來看（2 座電廠備品數量約在使用數量的 2% 以下），可推斷在找到適當的濾袋更換週期後，破袋的情形應很少發生。

## 伍、建議事項

- 一、 本次參與訓練之人員為機械維護及運轉領域，但實習內容除有關機械運轉維護外，尚包含儀控方面的課程，建議日後訓練內容如有涉及相關技術部門領域時，該部門亦可派員前往，藉此讓受訓人員互相交流請益，增加專業知識的寬廣度。
- 二、 如在實習中有安排電廠參訪，可建議廠商將實習課程安排在電廠大修期間，以獲取更多現場維護經驗。
- 三、 目前林口電廠的袋式集塵器，可以對各分室的壓降以及粉塵濃度進行監測，如在各分室上方加裝探視孔，對於判斷濾袋的破漏與否，將會有更好的掌握度。
- 四、 日後電廠在進行濾袋更換時，無論是否採用原廠之濾袋，均須比照原廠之設計尺寸，如尺寸不合將會增加洩漏或濾袋與袋籠之間的摩擦，進而縮短濾袋壽命。
- 五、 日後電廠維護如需對濾袋取樣以評估壽命，建議以袋式集塵器入口處之分室（A 分室）優先取樣，原因為該分室之濾袋最容易受鍋爐啟動時之油霧所覆蓋，且處理之煙氣量較大，故為濾袋壽命最短的區域。