

出國報告（出國類別：實習）

## 研習生質燃料發電技術

服務機關：台灣電力公司綜合研究所

姓名職稱：郭麗雯化學資深研究專員

派赴國家：法國

出國期間：104年9月16~9月26日

報告日期：104年11月

QP-08-00 F04

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：研習生質燃料發電技術

頁數 26 含附件：是 否

出國計畫主辦機關：台電公司 聯絡人郭麗雯 電話：(02)80782334

出國人員姓名：郭麗雯

服務機關：台灣電力公司 單位：綜合研究所

職稱：化學資深研究專員 電話：(02)80782334

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：104 年 9 月 16 日～9 月 26 日 出國地區：法國

報告日期：104 年 11 月 25 日

分類號/目

關鍵詞：生質燃料、混燒、煤灰

內容摘要：(二百至三百字)

因應全球能源需求遽增，能源價格上揚，而目前生質能為全球四大能源，僅次於石油、煤及天然氣，是目前最廣泛使用的一種再生能源，因二氧化碳減量需求，逐步使用生質燃料是必然的之趨勢，無論使用傳統燃煤鍋爐混燒木質生質能源，或是使用生質燃料專用鍋爐進行發電，近年來世界各國戮力發展。本公司目前規劃現行機組，混燒

生質燃料，並自國外採購木質顆粒燃料，雖然混燒比例不高，但對於生質燃料的儲存環境、進料系統、燃燒條件均會有所影響，再加上生質燃料與煤的組成不盡相同，副產物成分變化對煤灰性質的影響與利用方式的差異等，值得加以探討。

目前生質燃料的市場以歐洲最大，對於生質燃料的應用，歐洲在基礎建設與相關規定上領先全球。因此前往 Emeraude Sustainability 能源永續公司，觀摩生質燃料儲存及處理系統、混燒設施及生質混燒煤灰處理程序，了解燃煤電廠混燒生質燃料時，所需的設備、生質燃料儲存環境、燃燒調校、及產生之煤灰品管措施，以作為本公司生質燃料加入燃煤機組混燒運轉之參考。

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

# 摘要

因應全球能源需求遽增，能源價格上揚，而目前生質能為全球四大能源，僅次於石油、煤及天然氣，是目前最廣泛使用的一種再生能源，因二氧化碳減量需求，逐步使用生質燃料是必然的之趨勢，無論使用傳統燃煤鍋爐混燒木質生質能源，或是使用生質燃料專用鍋爐進行發電，近年來世界各國戮力發展。本公司目前規劃現行機組，混燒生質燃料，並自國外採購木質顆粒燃料，雖然混燒比例不高，但對於生質燃料的儲存環境、進料系統、燃燒條件均會有所影響，再加上生質燃料與煤的組成不盡相同，副產物成分變化對煤灰性質的影響與利用方式的差異等，值得加以探討。

目前生質燃料的市場以歐洲最大，對於生質燃料的應用，歐洲在基礎建設與相關規定上領先全球。因此前往 Emeraude Sustainability 能源永續公司，觀摩生質燃料儲存及處理系統、混燒設施及生質混燒煤灰處理程序，並透過實場混燒設備的參觀，了解燃煤電廠混燒生質燃料時，所需的設備、生質燃料儲存環境、燃燒調校、及產生之煤灰品管措施，以作為本公司生質燃料加入燃煤機組混燒運轉之參考。

# 目次

摘要.....	4
一、出國目的.....	6
二、出國行程.....	7
三、行程介紹.....	8
3-1 生質燃料與粉煤混燒型式.....	8
3-2 生質燃料與燃煤混燒之技術議題.....	8
3-3 生質燃料與煤混燒案例.....	18
四、心得.....	24
五、建議事項.....	26

# 一、出國目的

為降低二氧化碳排放，本公司目前規劃燃煤電廠，混燒生質燃料，目前評估結果以混燒木質顆粒為主，並自國外採購木質顆粒燃料，雖然混燒比例不高，但對於生質燃料的儲存環境、進料系統、燃燒條件均會有所影響，再加上生質燃料與煤的組成不盡相同，副產物成分變化對煤灰性質的影響與利用方式的差異等，值得加以探討。

目前生質燃料的市場以歐洲最大，對於生質燃料的應用，歐洲在基礎建設與相關規定上領先全球。因此前往 Emerald Sustainability 能源永續公司，觀摩生質燃料儲存及處理系統、混燒設施及生質混燒煤灰處理程序，了解燃煤電廠混燒生質燃料時，所需的設備、生質燃料儲存環境、燃燒調校、及產生之煤灰品管措施，以作為本公司生質燃料加入燃煤機組混燒運轉之參考。

## 二、出國行程

104年9月16日~9月17日	往程(台北—法國)
104年9月18日~9月24日	研習生質燃料發電技術 (參訪 Emeraude Sustainability 能源永續 公司)
104年9月25日~9月26日	返程(法國---台北)

## 三、行程介紹

### 研習生質燃料發電技術

本次參訪位於巴黎的 Emeraude Sustainability 能源永續公司，主要觀摩生質燃料與粉煤混燒型式、生質燃料與燃煤混燒之技術議題如：生質燃料儲存及處理系統、混燒設施、生質燃料儲存環境、燃燒調校、及可能產生之煙器處理設備的影響，同持了解目前歐洲發電廠混燒案例。

#### 3-1 生質燃料與粉煤混燒型式

生質燃料與煤炭混燒之基本型式可區分為直接混合燃燒 (Direct co-firing)、平行混合燃燒 (Parallel co-firing) 及間接混合燃燒 (Indirect co-firing) 三種。

直接混合燃燒為將生質燃料直接送入粉煤鍋爐中與煤混燒，對燃煤電廠而言直接混燒為最簡單且最經濟的方式。燃煤與生質燃料特性不同，運轉中必須注意避免產生積灰、結渣與腐蝕等問題。燃燒後生質燃料的灰與燃煤的灰分混合，會影響煙氣淨化設備的運轉以及灰的再利用，因為必須遵守飛灰的國家標準，因此使用直接混合燃燒應經過完整的評估與測試。生質燃料可使用獨立的研磨機 (milling) 及燃燒器，亦可加入燃煤的研磨機一起研磨，同時產生混合的效果。生質燃料亦可自行研磨後送入燃煤燃燒器，一起噴入鍋爐。

本公司為降低投資成本，目前規劃直接混燒的方式混燒，並採用將生質燃料混入燃煤系統，共用研磨機，進行混燒。

#### 3-2 生質燃料與燃煤混燒之技術議題

由於生質燃料與燃煤性質上的差異，因此於粉煤鍋爐內混燒時必須將面對許多挑戰包括鍋爐容量、腐蝕、結渣、積灰及飛灰性質改變



等問題，必須經由軟體模擬、實驗及電廠現場試燒並整合運轉人員的經驗尋求解決的途徑。圖 1 為直接混燒之主要技術瓶頸，由圖可知：共同研磨直接混燒的主要技術瓶頸在於生質燃料與燃煤的混合及研磨、燃燒時火焰的穩定性、鍋爐的效能、燃燒器的結渣、SCR 觸媒活性減低、觸媒結渣及腐蝕問題及飛灰的品質問題。圖 2 為燃煤電廠系統流程圖，其中 GGH (Gas-Gas Heat Exchanger) 為將 ESP (靜電集塵器) 流出的煙氣與 FGD (排煙脫硫) 流出的煙氣進行熱交換以提升 FGD 效率，同時達到節能的目的。

圖 1、直接混燒之技術瓶頸

圖 2、燃煤電廠系統流程圖

主要的技術議題如下所述：

### 3-2-1 煤場 (coal yard)、送煤 (conveyor) 及粉煤機 (mill)

世界各國的粉煤鍋爐大部分都混燒木質燃料，很少選擇草本生質燃料，此與其研磨性質有極大的關係，燃煤電廠的粉煤機並不適用於纖維質含量高的草本生質燃料。

生質物的三種性質會影響其準備、儲存與處理的性質，生質物具有低總體能源密度 (low bulk energy density)、潮溼且高親水性、非易碎性。生質物的熱值一般僅略為超過煤的一半，顆粒密度約為煤炭的一半，總體密度約為煤炭的五分之一，因此造成其整體燃料密度大約為煤炭的十分之一。所以，與生質物的熱值貢獻相比，其需要較

高的運送、儲存與現場燃料處理的技術。一般而言，不可能且不必要將生質物變小至與煤相同的尺寸與形狀，燃燒所用生質物的平均長徑比（average aspect ratios）在 3 至 7 之間，此與生質物種類與準備技術有關，其中許多顆粒常具有高很多的長徑比。如前所述，這些顆粒有非常低的堆積密度（packing densities），因此在運送生質燃料時面臨挑戰。

生質燃料(BM, Biomass)的儲存及與燃煤混合有數種方式，在不增加太多額外設備的前提下，可與燃煤共用煤場或煤倉及輸送帶，惟生質燃料通常較為易燃，因此儲存必須加強防止粉塵自燃與爆炸的措施，並考慮用密閉式輸送帶。如圖 1 所示，生質燃料可先行獨立研磨後，再注入粉煤機出口與燃煤混合，或直接送進燃燒器噴入鍋爐與燃煤共燒。由於生質燃料的熱值遠較燃煤為低，因此進料量會大幅增加。而粉煤鍋爐的粉煤機通常都有一定的容量，因此限制了生質燃料的混合比例。

粉煤機利用擠壓破碎的方式研磨，較不適用於含有纖維的生質燃料。即使是木質生質燃料亦含有大量纖維素，其研磨指數遠較燃煤為低，容易造成粉煤機運轉與維護問題例如纖維殘留造成堵塞降低粉煤機效率或細度不夠等，而木質顆粒燃料揮發份較高在粉煤機內易發生爆燃現象，因此有時必須降低送入粉煤機的一次空氣溫度，如此會降低鍋爐效率。鍋爐製造商通常建議生質顆粒燃料獨立研磨，但是應考慮增加成本及廠區用地問題。圖 3 為林業廢棄物混合比例與研磨細度之關係，200#通過率隨混合比例增加而降低，100#殘留率隨混合比例增加而升高，而生質燃料混合比例增加會產生細度不足的問題。

圖 3、林業廢棄物混合比例與研磨細度之關係

### 3-2-2 □ 鍋爐

圖 4 為 B & W 公司鍋爐結構，燃煤經過粉煤機 (Pulverizer) 研磨後，經由燃燒器噴入鍋爐爐膛 (Furnace) 與空氣混合燃燒。燃燒溫度可達 1300°C 以上，所產生的煙氣經由爐膛 (輻射區) 上升至對流區 (Convection)。於爐膛中利用輻射方式將熱傳遞至爐壁上之水牆管以加熱飼水，於對流區中以對流方式將熱傳遞至過熱器

(Superheater) 與再熱器 (Reheater) 產生過熱蒸汽。煙氣離開省煤器 (Economizer) 後，進入脫硝設備 SCR (de-NO<sub>x</sub>)，接著進入空氣預熱器 (Air preheater)。高熱煙氣通常稱為熱端 (hot side)，

蒸汽端通常稱為冷端 (Cold side)。鍋爐的運轉維護條件均根據燃煤的性質分析來設定，其結果必須達到負載要求與高效率目標，而煙氣排放中的 NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> 與塵粒必須符合環保法規。生質燃料與燃煤性質差異頗大，增加混合比例對鍋爐的運維是個挑戰。生質燃料熱值較燃煤低，因此鍋爐若要產生同樣的發熱量，進料量與煙氣量會大幅增加，必須評析原系統設計的承受程度與修改調整的可行性。加入生質燃料會影響燃煤鍋爐的整體效率，但是若加入量不大，且生質燃料經研磨後，較大顆粒 (>2-5 mm) 的含量不高，同時經過足夠的乾燥 (含水量<10%)，則影響不大，因為生質燃料較易燃燒，因此飛灰與底灰中的未燃碳並不會增加，甚至可能降低。生質燃料與燃煤燃燒特性的差異會導致燃燒器不穩定，燃燒器周圍的結渣亦會降低效率。

生質燃料與煤炭混燒時，要從何層燃燒器進入鍋爐或要與何種煤混合，運轉條件如何配合設定，均需妥善規劃。鍋爐主要的運轉條件設定與爐內現象如下述：

- 各分層煤質分析
- 各分層進煤比例
- 過量空氣 (Excess air)
- 一次空氣、二次空氣、三次空氣風門開度
- 火上空氣 (OFA) 風門開度
- 結渣現象
- 積灰現象
- 腐蝕
- 流蝕
- 吹灰次數與時段
- 爐膛出口溫度
- Superheater/Reheater 金屬溫度
- Superheater/Reheater 溫度與壓力

- 蒸汽流量與熱焓
- Superheater 噴水量 (Attemperation)
- 煙氣分析
- 飛灰分析(未燃碳灰色澤)
- 二氧化碳排放計算
- 鍋爐效率計算

圖 4、B&W 公司鍋爐結構 (Carolina Type)

#### A. 鍋爐內燃燒器穩定性

圖 5 為 DRB-XCL 低氮氧化物燃燒器結構。低氮氧化物燃燒器的特性為分段空氣燃燒，以降低燃燒溫度避免氮氧化物的生成，且不影響燃燒效率。DRB-XCL 低氮氧化物燃燒器分成三段空氣：一次空氣 (Primary air)，二次空氣 (Secondary air，圖中為 Inner secondary air)，及三次空氣 (Outer secondary air)。生質燃料熱值低，進料

量高將加快燃燒器噴流速度，而揮發份高會提升燃燒速率及火焰速度，水分含量高會增加點火難度，上述生質燃料的各項特性皆會影響燃燒器穩定性。生質燃料與燃煤混燒時要如何調整三段空氣量以達到控制氮氧化物生成的目的，同時又不影響燃燒效率，須結合實驗與現場測試以及運轉人員的經驗為之。為使燃料在鍋爐內的燃燒效率能夠達到所需的水準，未燃碳不會過高，生質燃料的水分應在 30%以內，小於 15%更佳，若大於 40%，則需預先乾燥或將生質燃料研磨得更細。

圖 5、DRB-XCL 低氮氧化物燃燒器結構

#### **B. 結渣與積灰 (slagging and fouling)**

生質燃料的灰分中所含的鹼性金屬 (Na、K 等)較燃煤高，而熔融點會較燃煤低，會增加鍋爐內熱交換管積灰與結渣的可能性。灰份熔融附著在例如爐膛輻射區的水牆管上稱之為結渣，未熔融的灰附著在例如對流區 (過熱與再熱器) 的蒸汽管上稱之為積灰。結渣與積灰會影響鍋爐效率甚至破管，造成運維問題。燃料中灰份的鹼/酸比值

及熔融點為結渣與積灰傾向之指標，如下述：

Acids or glass formers:

Silicon dioxide SiO<sub>2</sub>

Aluminum oxide Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Titanium dioxide TiO<sub>2</sub>

Bases or fluxing agents

Iron oxide Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Calcium oxide CaO

Magnesium oxide MgO

Potassium oxide K<sub>2</sub>O

Sodium oxide Na<sub>2</sub>O

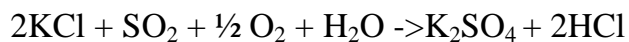
Base to acid ratio = Sum of bases/sum of acids

B/A vs. Fusion Temps.

Slagging index = Dry sulfur x B/A

### 3-2-3 腐蝕 (corrosion)

生質燃料中的鹼金屬會導致以氯為基底的腐蝕反應，而縮短設備的壽命。影響灰份附著於熱交換管上速度的成分為氯、硫、鋁及鹼性物質。風險較高的化合物為 NaCl 與 KCl，但是兩者可與硫化物與矽鋁化物反應而產生較無害的 HCl：



S/Cl 比值為影響 Cl 附著於管壁上傾向的重要參數，通常若小於 2 則過熱氣器腐蝕的風險較高，若大於 4 則可被認為無腐蝕危險。Al/Si 比值有時比 S/Cl 比值更能左右腐蝕過程。生質燃料硫份較煤為低，單獨燃燒時須注意腐蝕問題，與煤混燒時，煤中的硫份會產生



抑制腐蝕作用。

燃煤與生質燃料混燒時對鍋爐內沖蝕的影響，至今尚無定論。但是沖蝕與腐蝕常會伴隨作用而擴大其效應，因此混燒系統若採用氯與鹼性金屬含量較高之生質燃料，腐蝕與沖蝕的伴隨效應有可能成為其重要的技術議題。

### 3-2-4 選擇性觸媒還原脫硝 (de-NO<sub>x</sub>, SCR, Selective Catalytic Recovery)

由於生質燃料含氮量通常較燃煤低，其於鍋爐內混燒的溫度亦較純煤燃燒時低，因此混燒生質燃料可降低 NO<sub>x</sub> 而降低 SCR 的負擔，但是其所含之 Cl 與鹼性物質卻會影響 SCR 的脫硝效率。造成 SCR 觸媒層脫硝效率降低的主要原因為觸媒層表面活性面積減少及化學中毒，其次為通道阻塞 (channel plugging)。生質燃料的積灰與腐蝕的傾向較高，會降低觸媒層表面活性面積並阻塞通道而影響脫硝效率。生質燃料的 Na、K、Cl 及 Ca 等成分於燃燒時形成 KCl、K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、Na<sub>2</sub>O 及 K<sub>2</sub>O 等化合物，對觸媒有很強的毒性，此為燃煤機組混燒生質燃料時須特別注意的議題，尤其是混燒比例較高時。

### 3-2-5 靜電集塵器 (ESP, Electrostatic precipitator)

目前有關燃煤混燒生質燃料時對 ESP 之影響尚無定論。混燒生質燃料時對 ESP 所產生的差異性主要為飛灰粒徑範圍變大 (混燒約為 0.1 $\mu$ m 至 10 $\mu$ m，純燃燒燃煤飛灰約在 1.0 $\mu$ m 以上) 與煙氣流量增加以及飛灰電阻變高。生質燃料的硫份較燃煤為低，燃燒後煙氣中 SO<sub>3</sub> 含量較低因此飛灰電阻較燃煤高，而較細的飛灰亦有可能逸離 ESP 未被抓取。目前國際案例之混燒比例多在 10% 以下，未見對 ESP 產生負面影響之相關報告。

### 3-2-6 排煙脫硫 (FGD, Flue Gas Desulfurization)

生質燃料所含之硫份較燃煤為低，因此燃煤機組混燒生質燃料，可降低 SO<sub>x</sub> 排放以及石灰石用量。部分生質燃料含氯量較高，飛灰較細可能逸離 ESP，因此而影響石膏純度並增加廢水量。以台電公司所計畫採用之木質顆粒，其國際規格均在 FGD 設計規範內，因此不致影響其運轉。

### 3-3 生質燃料與煤混燒案例

全球混燒資料統計以 50-700 MW<sub>e</sub> 鍋爐為主，煤炭與生質燃料直接混燒的比例約 5-10%。以粉煤鍋爐 (PF) 混燒案例最多，BFB 及 CFB 次之，如圖 6 所示。

圖 6、全球混燒案例數

全球已有混燒案例，大約有 100 座在歐洲，40 座在美國，其餘則在澳洲與亞洲，如圖 7 所示。大多數採用直接混燒方式，主要是因為其為最簡易與最低廉的方式。大多數採用之生質灰/煤炭比為小於 10% (以輸入熱值為基)，這些成功的案例顯示，低混燒比不會對鍋爐的運作產生問題，但是，對於高混燒比則可能需要採用間接混燒方式。

圖 7、全球混燒案例分佈

世界各國的粉煤鍋爐大部分都混燒木質燃料，很少選擇草本生質燃料，此與其研磨性質有極大的關係，燃煤電廠的粉煤機並不適用於纖維質含量高的草本生質燃料。

歐洲較大規模的粉煤發電鍋爐混燒生質燃料案例：

### 3-3-1 英國 Drax 電廠

英國 Drax 電廠屬於英國 Drax 集團，為全英國最新，最潔淨且最有效率的燃煤電廠，廠內共 6 部 660 MW 燃煤機組，10 部粉煤機，發電量佔全英國 7-8%，也是全英國最大的 CO<sub>2</sub> 排放源，每年排放量大於 2 千 2 百萬噸。Drax 電廠自 2005 年夏天開始混燒生質燃料，由 Doosan Babcock Energy 執行，為全世界最大的燃煤電廠混燒生質燃料計畫。每年木質顆粒用量約 1500 萬噸，混燒比例 10%（熱值），綠色發電容量約 400 MWe，二氧化碳減排每年 2 百萬噸。Doosan 公司燃煤鍋爐轉換成生質燃料燃燒主要型式如圖 8 所示。Drax 電廠混燒採用第四種型式，亦即生質燃料在獨立的研磨機研磨後送入粉煤機出口

處後，與燃煤共用燃燒器一起噴入鍋爐。其混燒頗為成功，積灰與結渣的問題可用既有的蒸汽吹灰器解決。圖 9 為其木質顆粒外觀。

圖 8、 Doosan 公司燃煤鍋爐轉換成生質燃料燃燒主要型式

圖 9、 Drax 混燒案例之木質顆粒外觀

Drax 電廠於 2010 年開始將混燒轉換成 100%燃燒生質燃料，由 Alstom 公司執行。2013 年 4 月已完成第一部機的轉換工作，預期至 2016 年完成 3 部機。第一部機的測試頗為成功，期間負載由 200 MWe 提升至 590 MWe。轉換計畫中最主要的工作是生質燃料之卸料、儲存與輸送系統的更新重建，並調整研磨系統與燃燒器及監測鍋爐內火焰穩定性與燃燒狀況。圖 10 為 Drax 電廠生質燃料儲槽建造現場，為防止其自燃，將惰性氣體 N<sub>2</sub> 注入儲槽，同時裝置 CO<sub>2</sub> 噴注系統。生質燃料的儲存與輸送均必須保持乾燥以防止自燃與爆炸，此外必須防止

粉塵被人體吸入例如使用封閉式的輸送帶。

圖 10、 Drax 電廠生質燃料儲槽建造現場

### 3-3-2 英國 Fiddlers Ferry 電廠

英國的 Fiddlers Ferry 電廠內共有 4 部 500 MWe 切進式鍋爐燃煤鍋爐發電機組，其中 2 號及 4 號機混燒生質燃料，為英國第一個進行生質燃料混燒的電廠，委託 Alstom 公司執行。採用多種生質燃料包括木質顆粒、棕櫚樹果核、橄欖核和橄欖餅等，其含水量均低於 15%，混燒比例為 20%（熱值）。圖 11 為其混燒型式，與 Drax 電廠相同，亦即生質燃料在獨立的研磨機研磨後送入粉煤機出口處後，與燃煤共用燃燒器一起噴入鍋爐。自 2006 年迄今，Fiddlers Ferry 電廠的運轉頗為成功，運轉率（availability）達 95%，每年減少 100 萬噸的 CO<sub>2</sub> 排放量，兩部機均維持穩定的 100 MWe 綠色發電容量。兩部機燃燒生質燃料的能力均可達每天 1440 噸。

圖 11、英國 Fiddlers Ferry 電廠混燒型式

### 3-3-3 RWE 集團之荷蘭 Essent 電力公司

荷蘭 Essent 電力公司隸屬於德國 RWE 電力事業集團，為荷蘭最大的電力公司，每年發 2 TWh 的再生能源電力，占全荷蘭再生能源電力的 20%。圖 12 為其 Amer 電廠混燒生質燃料的現況，每年可減碳約 1 百萬噸。Essent 電廠採用不同的生質燃料，自 2000 年開始混燒以來，生質燃料比例由 5%（重量）提升至 2005 年的 36%（重量），運轉結果顯示不同的生質燃料對積灰與結渣的影響強度有所不同，如圖 13 所示。對積灰結渣影響最小的是木質生質燃料（white wood），最大的是橄欖核及可可外殼。運轉期間曾經遭遇腐蝕問題，經由調整運轉條件而獲改善。

圖 11、 Amer 電廠混燒生質燃料的現況

圖 12、 Essent 電廠混燒生質燃料經驗

## 四、心得

- 1、 本次赴歐洲研習生質燃料發電技術，深感歐洲對減碳技術的布局，既深且廣，生質燃料的應用為歐洲進行減碳策略中重要的一環，就固態生質燃料而言，其生產、製作、利用到燃燒後的副產物應用都有一系列的技術探討與研發，值得台灣借鏡。
- 2、 生質燃料與煤炭混燒為達到碳中和頗為合適的選擇，在全球電力事業中受到廣泛的重視，持續的在發展中。
- 3、 生質燃料與煤炭的性質頗為不同，無法完全適用於燃煤發電系統，須經完整的研究分析與測試，方可於商業運轉的燃煤電廠進行試燒，生質燃料混燒對燃煤電廠的發電效率、汙染排放、減碳效益及經濟效益的影響為研究發展中最關鍵的議題。
- 4、 生質燃料與煤炭混燒最關鍵的技術瓶頸在於兩者性質的明顯差異。不論是直接混燒或間接混燒均需詳細評估原有粉煤鍋爐發電系統的接受性，只是間接混燒的影響較小而已。
- 5、 歐洲有關固態生質燃料與煤炭混燒灰的應用在混凝土中，已允續生質能混燒量可達 40%(乾重比)，亦即煤不得小於 60%，若混燒綠色木頭則可達 50%，但屬於生質能產生的灰不可大於 30%，但混燒不包含垃圾及工業廢棄物之焚化灰。近來更進一步尋求 100%燃燒生質燃料灰利用的途徑，作為土壤結構、安定化利用，或做為肥料及酸性土壤中和劑使用。
- 6、 生質燃料的種類眾多，其成份及無機物含量變化遠較一般的煤炭大，所產生的飛灰性質變化大即使是同一種生質燃料，其產生的飛灰性質亦與生長環境有關，包括天氣、季節、儲存與地理位置等。
- 7、 我國農業廢棄物回收利用率頗高，有不同的處理方式，其中稻殼已完全利用，應已無可能供應本公司進行混燒。目前經過各



種回收利用後，尚有餘量可做為生質燃料與煤炭混燒的固態廢棄物中，潛力最高的為稻草，約 70 萬噸，若進一步減少就地掩埋量以增加與煤炭混燒量，則更有助於減緩溫室效應。

- 8、 生質飛灰成分中的各元素種類與多寡受到許多因素所影響，包括（1）燃料種類；（2）進料方式；（3）燃料中有機或無機質中的主要元素；（4）燃燒條件；（5）氯化沉澱作用；（6）燃料顆粒尺寸等。

## 五、建議事項

就本次研習生質燃料燃燒技術的心得，提出以下幾點建議以供參考：

(1)、本公司燃煤發電約占 40%，全國則約為 45%-50%，據此生質燃料混燒為值得投入的研發領域，惟生質燃料並非巨量能源，且價格較燃煤高，因此在發展技術的同時亦須考慮供應源與經濟效益問題，而此者實涉及全國有機廢棄物處理的領域，必須做全面的規劃。

(2)、目前生質燃料的市場以歐洲最大，對於生質燃料的應用，歐洲在基礎建設與相關規定上領先美國，宜密切注意歐洲的法規規定與相關發展。

(3)、本公司若因碳權因素，必須推動生質能的混燒，應更精細的評估混燒對鍋爐、效率及煙氣處理造成的影響，做最佳化分析，避免為解決碳權問題，卻衍生其他問題，歐洲經驗應是我們可以了解與效法的。

(4)、為減碳的需求，生質燃料的使用乃世界的趨勢，有關燃煤鍋爐混燒生質燃料，也屬必然，然而混燒生質燃料灰的利用法規鬆綁，應是國家能源政策重要的一環，建議本公司環保單位可請學者專家協助自政府單位推動生質混燒煤灰應用的規範放寬工作，加上本所進行的試燒驗證，方可收事半功倍之效。

(5)、本所進行生質能混燒飛灰應用於混凝土的相關國家標準改版研究，就歐洲成功進行相同規範修改的經驗，為了取得規範審議委員會委員們的信心，火力電廠必須先進行混燒，並取得足夠的混燒飛灰樣本，分送不同單位，進行混凝土性質的試驗，綜合分析後，方可竟其功。