

出國報告（出國類別：考察）

韓國廢棄物轉化 RDF5 應用鍋爐作為燃料 實廠運轉

服務機關：行政院環境保護署
姓名職稱：楊銀杉技正、邱育民技士
派赴國家/地區：韓國
出國期間：107 年 8 月 28 日至 31 日
報告日期：107 年 11 月

摘要

本次考察行程主題為赴韓國瞭解生參考該國廢棄物燃料化之技術、政策與經驗，期能作為國內將要推行的固體回收燃料(Solid Refuse Fuel, SRF)規範、混燒鍋爐與混燒灰資源化等相關法規之參考，安排參訪韓國大邱電廠(Daegu Green Energy Center)及三陟電廠(Samcheok Green Power Plant)之案例。訪視大邱電廠顯示透過機械處理技術(Mechanical Biological, MT)，可將家戶垃圾轉製成為固體回收燃料(Solid Recovered Fuel, SRF)，作為燃料進行發電應用，不僅可減少家戶垃圾進焚化廠之處理壓力，也讓熱能的應用效率大幅提高，藉由廢棄物轉化為 SRF 產生之能源可用於臨近區域工廠有效利用，剩餘的蒸汽亦可提供自廠發電級及售電。另由三陟電廠的例子可了解廢棄物的混燒技術在大型電廠是成熟可行的，且混燒灰可供水泥廠回收再利用，增加廠商使用生質燃料混燒之意願。目前本國尚無 SRF 規範，目前由經濟部工業局初擬以歐盟 SRF 規範為基礎，進行我國 SRF 之規範草案訂定，亦可參考韓國法令規範以臻完善。並透過規範制定，促進生質燃料於市場上有效使用，並符合本國推動循環經濟之政策。

目次

壹、 目的	4
貳、 行程	5
參、 過程	5
一、 拜訪韓國大邱市 Daegu Green Energy Center	6
二、 參訪拜訪韓國三陟市 Samcheok Green Power Plant 施	7
肆、 心得及建議	14
伍、 附件資料	15

壹、目的

為妥善處理垃圾、契合提升能源效率，增加垃圾焚化處理量，同時導入前及中間處理之新世代垃圾處理技術運用於環保設施升級，將有效減輕焚化處理負擔；對於垃圾處理設施量能嚴重不足地區，設置在地多元化垃圾處理設施，減少外運符合減碳之國際潮流，興建生質能源廠，提升廢棄物能資源化效益，逐步邁向循環經濟時代，本署於 106 年 6 月 22 日經獲行政院於 106 年 6 月核定「多元化垃圾處理計畫」，計畫期程自 106 至 111 年度，共計 6 年，預計導入前及中間處理之新世代垃圾處理技術運用於環保設施升級，如引進機械處理 (Mechanical Biological, MT)、機械與生物處理 (Mechanical Biological Treatment, MBT)、氣化等能資源化技術，並結合國內廢棄物處理需求，將廢棄物再製成為廢棄物衍生燃料 (Refuse Derived Fuel, RDF) 或固體回收燃料 (Solid Recovered Fuel, SRF) 等生質燃料，將有效減輕焚化處理負擔；對於垃圾處理設施量能嚴重不足地區，設置在地多元化垃圾處理設施，減少外運符合減碳之國際潮流，提升廢棄物能資源化效益，並同時具有生質能源開發、減少碳排放量、有效提升綠能供應量之效，往循環經濟方向邁進。為瞭解國外推廣一般廢棄物轉化 RDF 燃料，應用於鍋爐作為燃料實績，考量韓國推動以廢轉能政策有成。透過赴韓國大邱等地考察循環式流體化床鍋爐 (燒 100% RDF，其中 RDF 來源為一般都市廢棄物) 及超臨界之循環式流體化床 (Circulating Fluidized Bed, CFB) 發電鍋爐，發電量是 550MW，設計主要燃料是燃煤，但可混燒 10% 的生質物俾利降低溫室氣體排放等，以參考該國推廣經驗可作為未來國內廢棄物能資源化營運管理模式參考。

貳、行程

日期	工作內容
8/28 (二)	啟程，搭機赴韓國釜山
8/29 (三)	參訪韓國大邱市，大邱電廠 Daegu Green Energy Center
8/30 (四)	拜訪韓國三陟市，三陟電廠 Samcheok Green Power Plant
8/31 (五)	返程，搭機返臺

本次參訪韓國地圖如圖 1 所示：

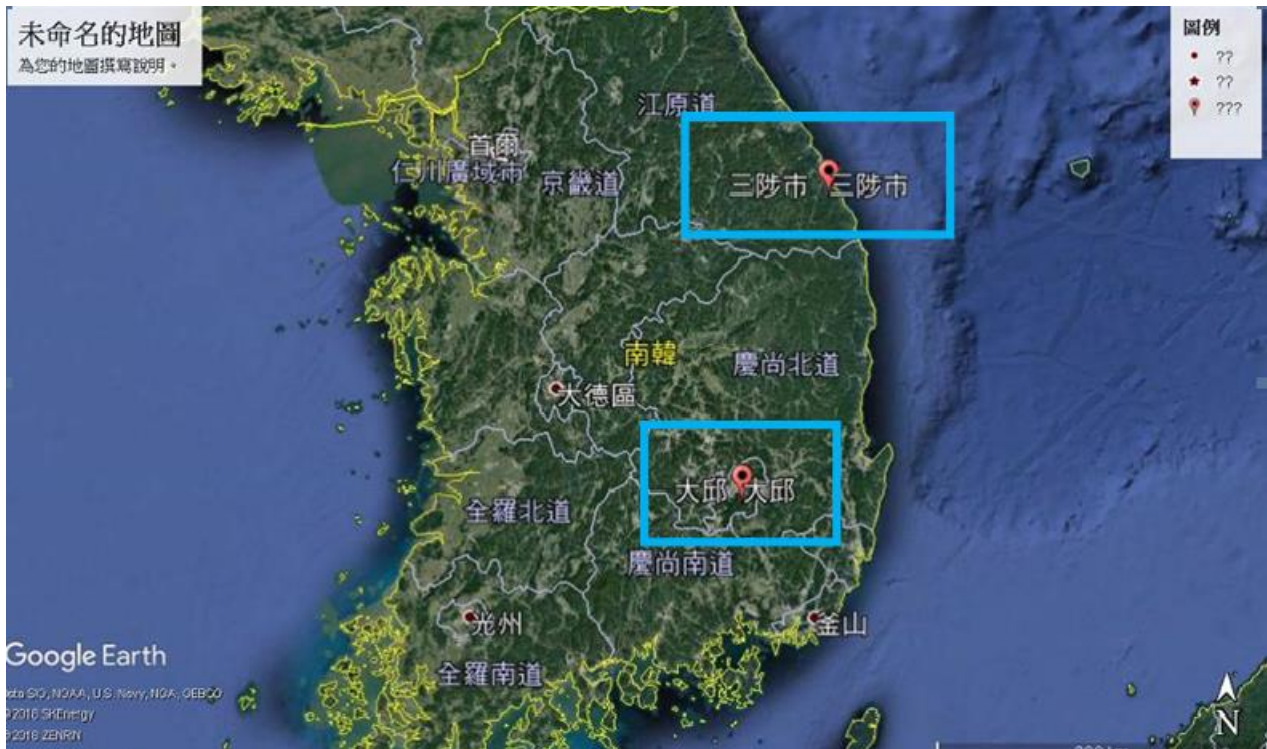


圖 1 本次韓國參訪位置圖

參、過程

一、拜訪韓國大邱市 Daegu Green Energy Center

此次拜訪是由 Sumitomo SHI FW 李正圭先生簡報及帶領現場參觀及解說，討論本廠透過 MT 技術將家戶垃圾產製為 SRF 及 SRF 用於鍋爐發電之成效，本廠基本資料如表 1：

表 1 大邱市 Daegu Green Energy Center

業主		大邱廣域市政府
操作營運業者		Daegu Green Energy Center Co., Ltd.
MT	最大處理量	800 t/d (400 t/d x 2 線)
	處理量	600 t/d，家戶垃圾(Municipal Solid Waste, MSW)
	產出量	380 t/d，SRF
鍋爐	廠牌	Foster Wheeler CFB
	蒸汽壓力	38 barA
	蒸汽溫度	255 °C
	蒸汽產量	113 t/h
	燃料	SRF
	LHV	4,000 kcal/kg
	處理量	380 t/d
	鍋爐效率	79.5%
產出	蒸汽，最大 8 t/h，供鄰近食品加工廠 熱水，最大 8 t/h，供鄰近食品加工廠 電，3MWe，自用	
商轉時間	2016.7	
備註	BTO	

(一) 本廠簡介、處理流程 (MT 機械前處理設備及流程)

本廠 (MT 機械前處理設備及流程) 為：粗破碎(小於 200mm)→滾筒篩→彈跳篩→風選→渦電流→磁選→光選→細破碎(小於 60mm)，流程示意如圖 2。

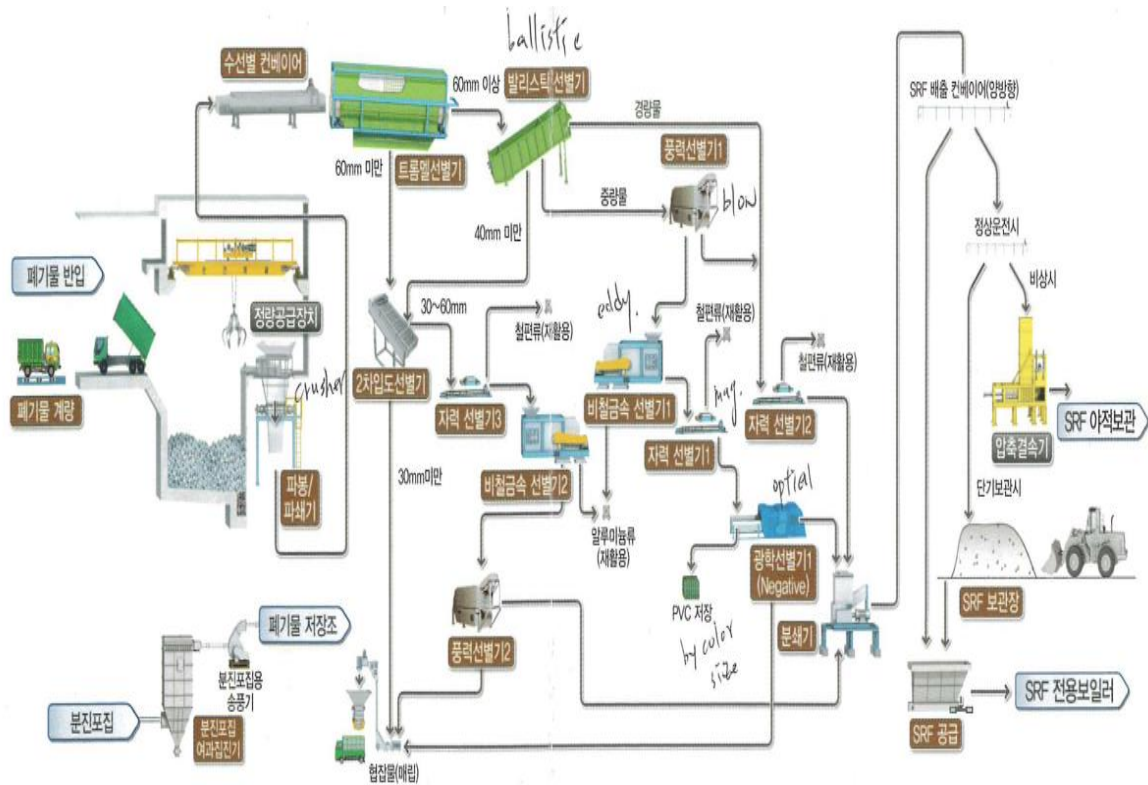


圖 2 MT 機械前處理設備及流程

(二) 本廠簡介、處理流程（鍋爐及空氣污染防制設備及流程）及煙囪空氣污染排放現況
 本廠（鍋爐及空氣污染防制設備及流程）為：循環式流體化床(CFB)+SNCR→空煙道→
 過熱器(水平煙道)→節熱器→半乾式洗煙塔→袋式集塵器→SCR，流程示意如圖 3

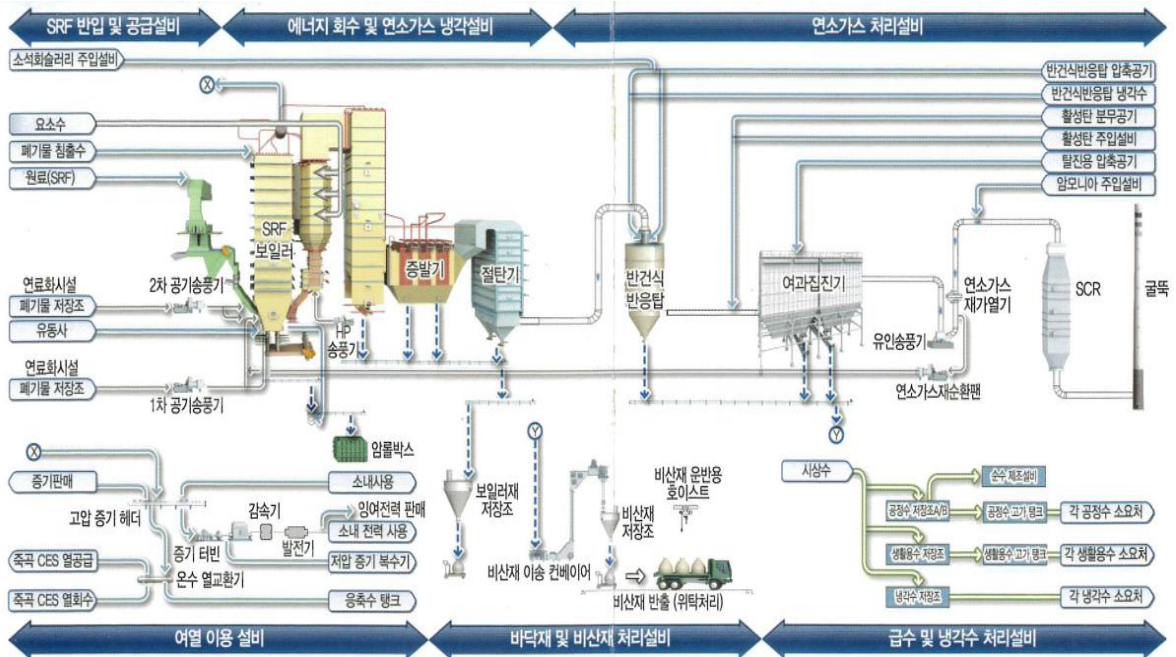


圖 3 鍋爐及空氣污染防制設備及流程

本廠排放標準及實際排放量如表 2 所示：

表 2 Daegu Green Energy Center 排放標準及實際排放量

污染物	法規值	設計值	實際操作值
NOx(ppm)	70	40	20.92
SOx(ppm)	30	10	0.76
HCl(ppm)	15	10	2.84
懸浮微粒(mg/Sm ³)	20	10	2.31
戴奧辛(ng-TEQ/Sm ³)	0.1	0.05	-

韓國政府每月會檢測燃料的氯含量，此電廠煙囪有在線監測(每 5 分鐘 1 個數據)與韓國環保署連線，戴奧辛含量每半年委託第三方檢測一次。

(三) 廠區照片 (圖 4)



電廠外觀

廠區模型

中控室

監控畫面



圖 4 廠區照片

(四) 參訪說明

- 1、大邱電廠位於韓國大邱廣域市，是以 SRF 為主要燃料之中溫中壓鍋爐，採用循環式流體化床鍋爐技術。
- 2、此發電廠為 BOT 廠，操作業者為 Daegu Green Energy Center Co., Ltd.，與大邱廣域市政府簽約，主要處理大邱廣域市(人口約 250 萬人)每日生活垃圾量約 1,000 噸，其中的 600 噸送至此電廠處理(轉製為 SRF)，剩下的 200 噸送至市內另一座焚化爐，其餘 200 噸採掩埋、堆肥等方式處理。
- 3、送至此電廠的 600 噸(MSW，含水率約為 30-35%，經 MT 後可產生 380 噸的 SRF，含水率下降至 20%以下(自然乾燥)，另經分選排渣的 220 噸，包含玻璃、金屬、不可燃物、含水物等，則送至再利用或掩埋場處理。
- 4、SRF 的規格係依循南韓相關法規，法規須請廠商提供參考。僅知 SRF 的入爐尺寸為 60 mm，而南韓法規規定是 120 mm。

- 5、底渣、飛灰及 MT 分選後殘餘物亦送掩埋處理，每月掩埋場低於 200 公噸不計價收費，超過的部分則以 3.6 美元/噸計價。
- 6、電廠產生的蒸汽(最大 8 t/h)及熱水(最大 8 t/h)主要供應給臨近的食品加工廠使用，剩餘的蒸汽才拿來發電自用，約 3MWe。蒸汽的產量及溫壓條件是依據食品加工廠提出的需求所規劃設計，管線為自設，蒸汽管線全長 9.34 公里，熱水管線全長 5.74 公里。
- 7、此電廠之蒸汽售價為 30 美元/噸，熱水售價為 27 美元/噸，政府沒有補貼。家戶垃圾處理費為 30 美元/噸。

二、參訪拜訪韓國三陟市 Samcheok Green Power Plant

本次拜訪韓國三陟市 Samcheok Green Power Plant，由本廠 Man Cheol Kim 總經理及 Seung Chan Yoo 總監帶領現場參觀及解說，聽取該廠簡介，簡易說明該廠混燒廢棄物之現況，並於會中進行討論及經驗交流，本廠基本資料如 3：

表 3 韓國三陟市 Samcheok Green Power Plant

業主	Korea Southern Power Company (KOSPO)
鍋爐	Foster Wheeler CFB
蒸汽壓力	258/54 barA(過熱/再熱)
蒸汽溫度	603/603 °C (過熱/再熱)
蒸汽產量	1,573/1,282 t/h (過熱/再熱)
燃料	95%高濕度印尼煤(煙煤)，5%生物質
LHV	3,900 kcal/kg
燃料進料量	每爐 246 t/h 煤
鍋爐效率	85.26%
發電效率	42.4%
發電量	4 x 550 MWe
商轉時間	2016.12 / 2017.6
備註	全球最大超超臨界 CFB 鍋爐

(二) 本廠簡介、鍋爐及空氣污染防制設備介紹

- 1、本廠為燃煤與生物質混燒的大型發電廠，為目前世界最大的超超臨界 CFB 鍋爐(550 MW)。第一期共有 4 台 CFB，2 台 CFB 為一單元推動 1 台 TOSHIBA 的 1100 MWe 汽輪機-發電機組。第二期工程將再增加兩個單元。
- 2、該 CFB 鍋爐設計最大可使用 10%(熱能)的生物質，目前正在進行 5%生物質的調適階段，目標運轉率訂在 85%。
- 3、該 CFB 鍋爐為灌流式(one-through)，沒有汽鼓，使用 Siemens 專利之 BENSON 垂直式蒸發器，該蒸發器為內螺紋管構造，可抑制汽泡在層流(laminar flow)條件下生成，熱傳效果好，起爐速度較一般汽鼓式鍋爐為快。
- 4、該 CFB 鍋爐於封閥(loop seal)設置有 Foster Wheeler 專利之 INTREX 末階過熱器(詳如 5)，該區域僅有床砂，熱傳效果好，且可避免遭受廢氣中的 Na、K、Cl 腐蝕，提高其使用壽命。

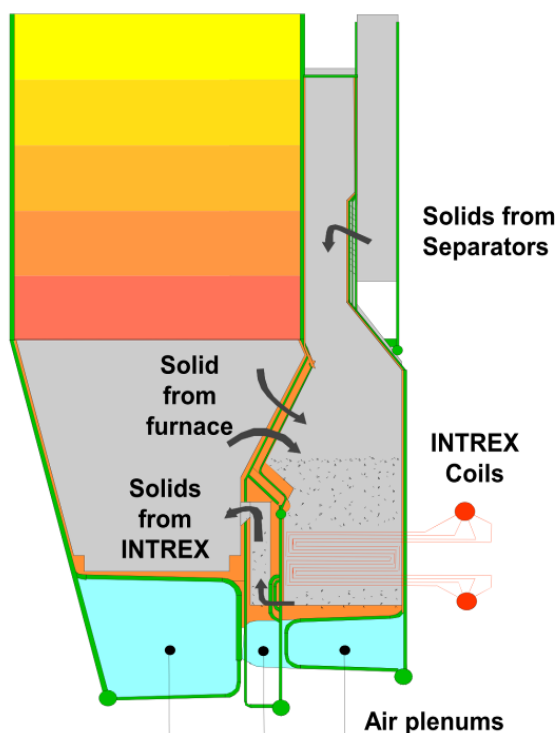


圖 5 INTREX 熱交換器示意圖



(三) 本廠簡介、燃料規格

- 本廠所使用燃料的硫、氯含量符合 Foster Wheeler 之設計條件要求，保證 NO_x 及 SO_x 個別排放量在 50 ppm 以下。
- 本廠採 CFB 爐內脫硫，無須額外設置脫硫設備。脫硝則採用 SCR，粒狀物採用靜電集塵器去除，本廠所採用之燃料規格如表 4：

表 4 燃料規格

燃料	燃煤	生物質
種類	煙煤	木顆粒
熱量佔比(%)	95	5
LHV(kcal/kg)	4,000	4,100
水份(%)	33.5	10.0
灰份(%)	3.76	1.0
硫含量(%)	0.1	0.03
氮含量(%)	< 0.03	< 0.01
產地	印尼	印尼
售價(美元/噸)	75	180

(四) 廠區照片 (圖 6)

	
<p>煙囪結合辦公棟及觀景台</p>	<p>卸煤碼頭</p>
	
<p>CFB 鍋爐外貌(4 台)</p>	<p>本署代表與電廠 Man Cheol Kim 總經理合影</p>

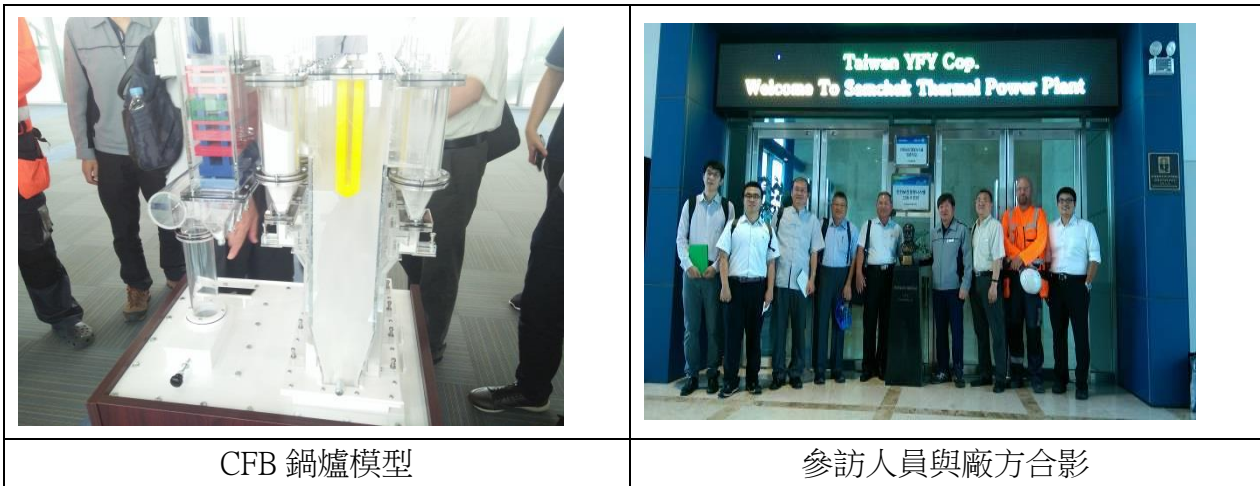


圖 6 廠區照片

(五) 參訪說明

- 1、三陟電廠為燃煤與生物質混燒的大型發電廠，並由 Korea Southern Power Company (KOSPO)操作營運，為目前世界最大的超超臨界循環式流體化床 (Circulate Fluid Bed, CFB)鍋爐(550 MW)。三陟電廠目前有 4 台循環式流體化床超超臨界鍋爐，兩台一組推動各 1100MW 的汽渦輪發電機，採用循環式流體化床鍋爐技術，汽渦輪機是 TOSHIBA 的汽機。
- 2、設有兩自動化卸煤碼頭，經管道輸送至室內煤倉，以降低空氣污染，再經由地下管道輸送至各鍋爐。另有一木顆粒自動卸料碼頭。
- 3、由於韓國政府強制要求 500 MW 規模以上的電廠都要有一定比例的再生能源發電量，並要求電力公司在 2030 年前達成 20%再生能源發電量的目標。該廠為示範電廠，是南韓政府推動的綠能計畫重點項目之一，其一目標是以 10%的熱能使用生質燃料，另 CFB 燃煤電廠整廠建設經費達 287 億美元，該廠也有太陽能、風能、水力、潮汐能、天然氣發電、燃料電池與碳捕捉及封存研究中心等再生能源發電及綠能設施。
- 4、廠內用水採用海水淡化、河水及雨水等多方來源，並採用最小化用水的各項省水技術。此外，室內採光採用導光稜鏡將自然光引入室內，搭配 LED 照明來降低整體用電量。三陟電廠的飛灰與底渣雖然屬於混燒灰，但仍委託鄰近的水泥廠進行再利用處理(作為水泥生料)，多餘的部分會再製成其他製品。

肆、心得及建議

- 一、大邱電廠顯示透過 MT 技術，可將家戶垃圾轉製成為 SRF，作為燃料進行發電應用，不僅可減少家戶垃圾進焚化廠之處理壓力，也讓熱能的應用效率大幅提高。
- 二、大邱電廠 MT 流程相當完整，惟廠方不開放現場參觀，且時間上不允許，相當可惜。另該廠 MT 分選出來送掩埋及再利用的廢棄物佔約 35%，比例不低，可能有部分可燃廢棄物亦被 MT 分選歸為排渣，因此是否會有雖可得到品質較佳的燃料，但卻有部分可燃廢棄物直接掩埋、沒有焚化再利用的可能。
- 三、由三陟電廠的例子可瞭解廢棄物的混燒技術在大型電廠是成熟可行的，且混燒灰可供水泥廠回收再利用，增加廠商使用生質燃料混燒之意願。
- 四、雲林縣規劃將於 3 年後完成雲林縣設置機械生物處理廠(MBT)及營運操作，從垃圾分選後產製 RDF，並進一步整合縣內使用燃煤的電廠及汽電共生廠（如循環式流體化床，circulating fluidized bed，CFB），鏈結轄內使用燃煤的電廠及汽電共生廠作為替代燃煤使用產業作為鍋爐替代燃料，開啟家戶垃圾轉型為產業生質燃料之替代能源機制，韓國大邱電廠營運處理技術可作為該縣推動 MBT 的參考。
- 五、國內 SRF 去化管道仍需視使用者需求，在 SRF 下游去化尚未成熟時，工業鍋爐使用 SRF 遭遇課題尚待解決，期待工業局與本署擬訂或修改相關法令，加速推動廢棄物轉置能源的工作。
- 六、建議本國尚無 SRF 規範，目前由經濟部工業局初擬以歐盟 SRF 規範為基礎，進行我國 SRF 之規範草案訂定，亦可參考韓國法令規範以臻完善。工業局已於 107 年 7 月 13 日召開「固體廢棄物衍生燃料(SRF)標準及使用規範草案」，建議規範制定，可透過成品分級制度可讓使用者在選擇燃料時有明顯的依據，並藉以作為建立市場交易制度及環保主管機關管理之參考基礎，參照國際規範未來進行跨國交易時，也可直接與相關規範接軌，促進生質燃料於市場上有效使用，並符合本國推動循環經濟政策。
- 七、推動廢棄物燃料化，選擇高熱值廢棄物【如廢輪胎、製程排渣、污泥、固體回收燃料(如家戶垃圾透過 MT 技術轉成 SRF)】作為鍋爐替代燃料，建議參考韓國大邱電廠及三陟電

廠採用循環式流體化床(CFB)的處理設備，減少對化石燃料的依賴，達成減少焚化處理需求及減輕環境負荷之雙重效益。

伍、附件資料