



113年度製程使用生(燃)煤燃料減硫協商會議

燃鍋爐使用燃料之可行性說明

張家驥 資深研究員



臺灣生質能技術發展協會

Taiwan Bio-energy Technology Development Association

中華民國 113 年 10 月 21 日

內容綱要

➔ 前言

➔ 燃煤鍋爐減煤關鍵議題

➔ 鍋爐型式與選擇

➔ 燃料種類與供應

➔ 既有燃煤鍋爐使用替代燃料改裝方式

- 粉煤鍋爐

- 鏈排式燃煤鍋爐

- 流體化床式鍋爐

➔ 結論與建議

產業減煤因素

➡ 減煤主要考量

- 公眾觀感與政策
- 環境因素
 - ♣ 減少化石燃料使用
 - 降低溫室效應氣體排放
 - 減低環境衝擊
 - ♣ 減少空氣污染物排放
- 經濟因素
 - ♣ 燃料成本
 - ♣ 外部成本
 - 碳費
 - 空污費
 - 碳邊境關稅
 - 可交易許可量



臺灣工業城市煤炭減量目標

- ✓ 新北市：工業設施零煤炭使用（2019年實現）
- ✓ 臺中市：2023年底工業鍋爐用煤炭削減40%。
- ✓ 高雄市：2025年底汽電共生及發電廠實現零煤炭。
- ✓ 桃園市：2030年底汽電共生及發電廠實現零煤炭。



歐盟碳邊境調整機制（CBAM）

- ✓ 2023年10月試行
- ✓ 2024年首次碳含量申報
- ✓ 2026年正式實施

產業使用替代燃料因素

我國2050年製造部門淨零碳排路徑



內容綱要

- ➔ 前言
- ➔ 燃煤鍋爐減煤關鍵議題
- ➔ 鍋爐型式與選擇
- ➔ 燃料種類與供應
- ➔ 既有燃煤鍋爐使用替代燃料改裝方式
 - 粉煤鍋爐
 - 鏈排式燃煤鍋爐
 - 流體化床式鍋爐
- ➔ 結論與建議

關鍵議題

議題一、鍋爐採用替代燃料技術可能性

議題二、燃料種類與供給量

議題三、燃料品質與永續性

議題四、灰渣影響與再利用

議題五、投資與成本效益

議題六、污染排放控制

使用模式

- ✓ 「全轉換 (coal to biomass)」 or 「混燒 (co-fire with coal)」
- ✓ 「改裝」 or 「新建」

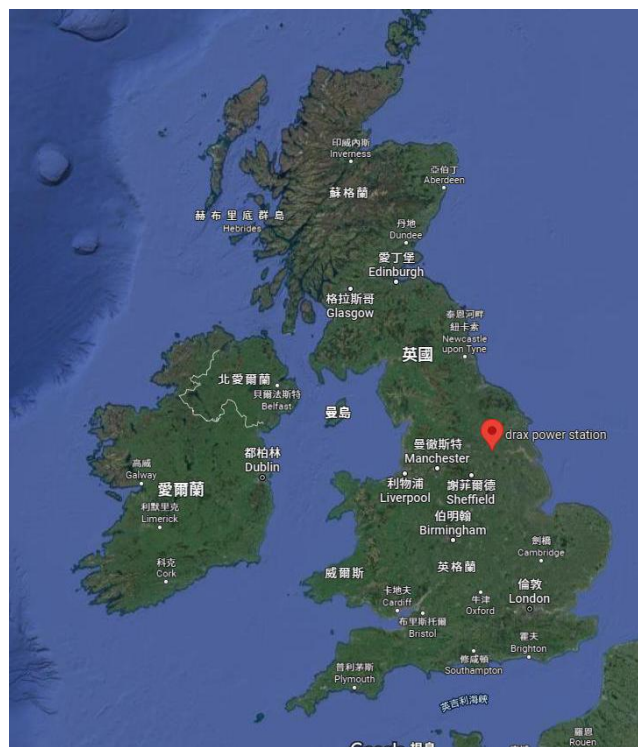


關鍵議題

➡ 鍋爐採用替代燃料技術可能性

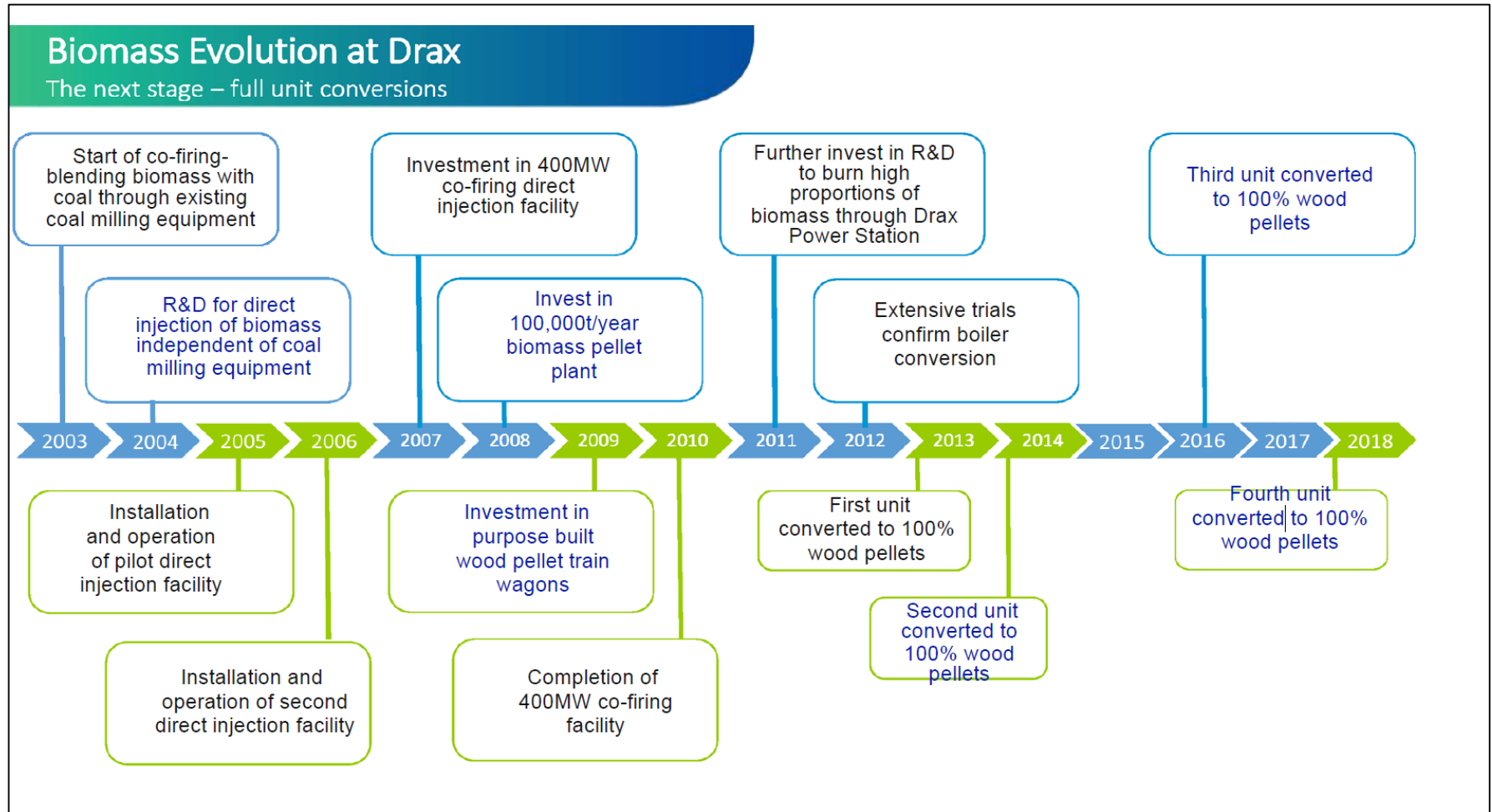
– Coal to biomass 案例1: Drax Power Station

- ♣ 地點:英國NorthYorkshire的一座大型發電廠。
- ♣ 建立年:1974年
- ♣ 裝置容量:6×660MWe (目前包括4x660MWe的生質能發電設備及2 × 660MWe的燃煤發電設備)
- ♣ 於2012年陸續將燃煤機組改為100%生質能燃燒機組
- ♣ 約可提供英國6%的電力供應



關鍵議題

– Drax coal to biomass



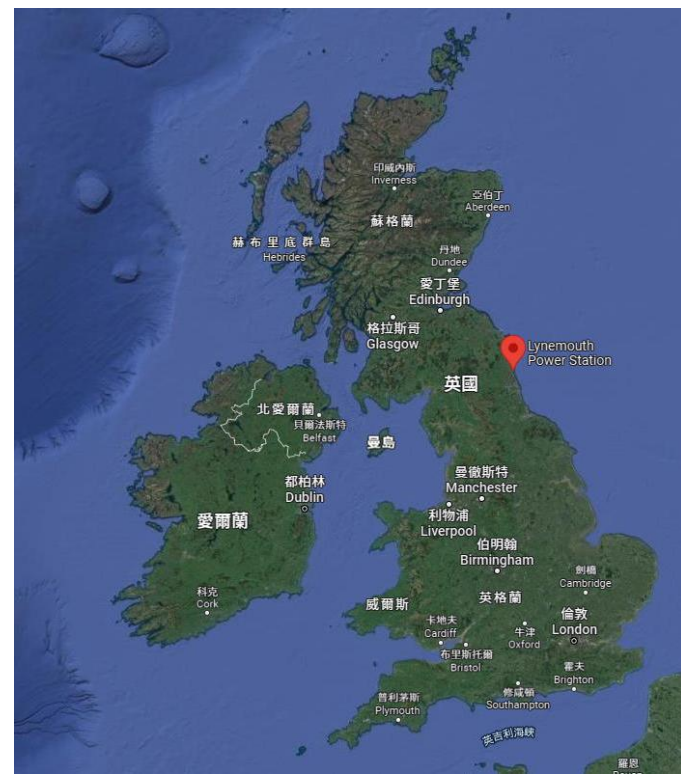
關鍵議題

英國 Drax Power Station



關鍵議題

- Coal to biomass 案例2: Lynmouth Power Station
 - ♣ 地點:英國東北部Ashington Town，位於Northumberland海岸
 - ♣ 建立年代：1970年
 - ♣ 裝置容量：3×140MWe(100%生質能燃燒機組)
 - ♣ 於2016年由燃煤機組改為100%生質能燃燒機組
 - ♣ 現在可供產生約 2.3 TWh 的低碳電力，足以滿足約 700,000 戶家庭的需求。



關鍵議題

英國Lynmouth Power Station



關鍵議題

➔ 案例3: Mälarenergi AB生質能及電熱共生廠

- 位於瑞典韋斯特羅斯(Västerås, Sewden)電力和區域供熱，供熱管線覆蓋率達98%。
- 共計七座機組
 - ♣ 1、2號機為粉煤鍋爐(永久停用)
 - ♣ 3、4號機為燃油鍋爐(三號機備用、四號機停用)
 - ♣ 5號機為全生質燃料鍋爐
 - ♣ **6號機全燒 SRF**
 - ♣ 7號機燒廢木材



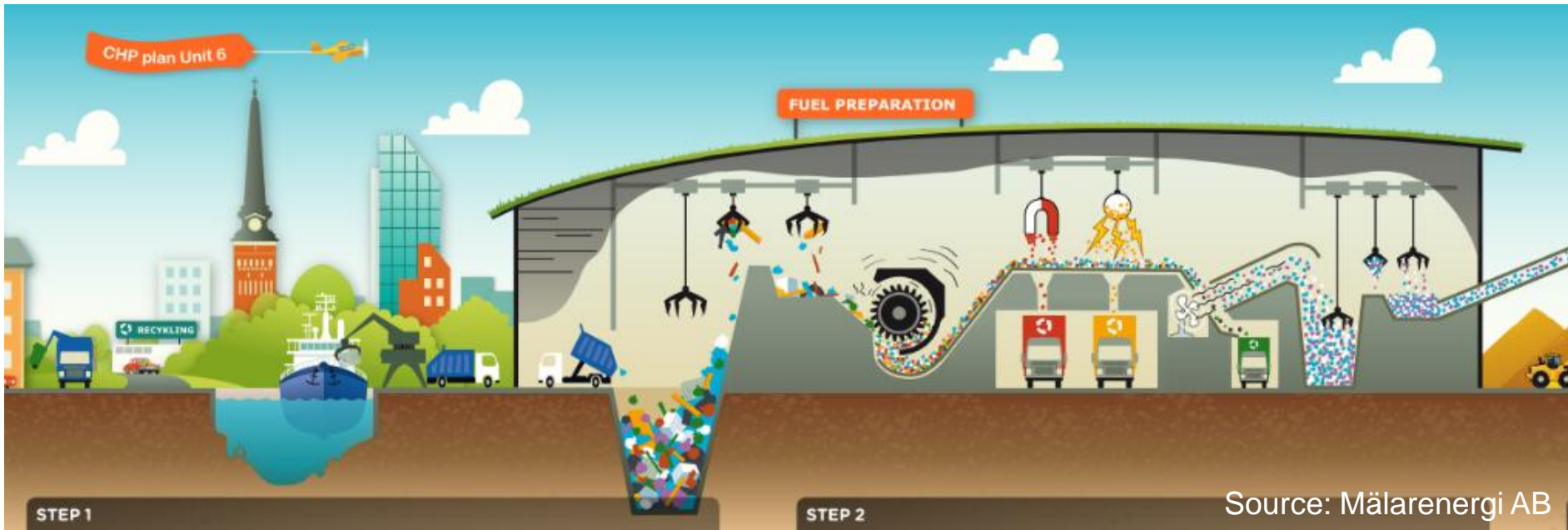
關鍵議題

➔ 案例3: Mälarenergi AB生質能及電熱共生廠

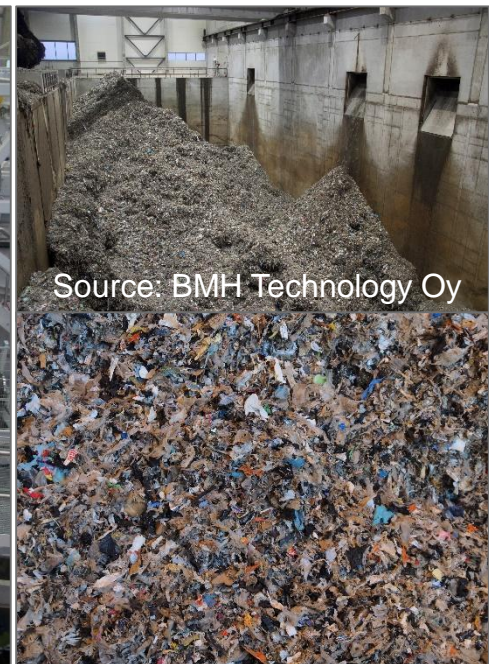
— 六號機(Block 6)設計技術諸元 (世界最大全燒SRF CFB發電鍋爐)

- ❖ 投資額：28.5億瑞典克朗
- ❖ 鍋爐型式：CFB鍋爐(循環式流化床)
- ❖ 供應商：Valmet Power AB (原Metso Power AB)
- ❖ 增燃料功率：167 MW
- ❖ 蒸氣壓：75 bar
- ❖ 蒸汽溫度：470 °C
- ❖ 燃料用量：每小時60噸燃料(SRF和/或生質燃料)
- ❖ 鍋爐效率：約90%
- ❖ 2012年6月開始施工
- ❖ 渦輪機供應商：德國西門子公司
- ❖ 渦輪功率：46 -51 MW電力
- ❖ 煙氣淨化：袋式集塵器/兩階段濕式洗滌
- ❖ 熱回收：高達30 MW
- ❖ 煙囪高度：110 m
- ❖ SRF供應：芬蘭BMH Technology
 - ▶ 生產能力：480,000噸/年
 - ▶ 燃料運輸：船運(自英國進口SRF)，汽車或火車





Source: Mälarenergi AB



關鍵議題

➔ 鍋爐採用替代燃料技術可能性-混燒

全球燃煤電廠混燒生質燃料統計

國家	政策	溫室氣體排放目標	生質物利用目標	混燒電廠數量	平均混燒比例	混燒方式	鍋爐型式	初級原料	未來展望
芬蘭	荷蘭MEP、荷蘭SDE、荷蘭能源協議	到2030年，排放量比1990年減少30%	用生質物替代30%的化石燃料(長期)	10	5-34%生質物	直接、間接	PCC、FBC、鏈排爐	進口木顆粒、棕櫚仁殼、廢木料和可可殼	補貼減少、資金短缺和昂貴的國際進口使其在經濟上不太可行
丹麥	綠色增長計劃、可再生能源法案、公共服務義務(PSO)	與2005年相比，2020年溫室氣體排放量減少20%	到2020年可再生能源佔總消費量的30%，到2050年可再生能源供應達到100%	7	5-100%生質物(100%為並聯鍋爐)	直接、間接	PCC、FBC	稻草、木顆粒、木屑、廢木材	在不久的將來，混燒電廠可能會全面向生質電廠轉移，國際進口成本仍將是5主要問題
英國	可再生義務、能源作物計劃、氣候變化法案、能源法案、氣候變化稅、關稅補貼、差價合約、碳價格下限	到2030年排放量比1990年減少30%，到2050年排放量比1990年減少80%	2020年15%的可再生能源份額	14	3% (以熱量計)	直接	PCC	木顆粒、芒草、短輪灌木、橄欖/棕櫚殘渣	燃煤電廠可能會改用專用生質物以保持運營並獲得補貼
日本	新可再生能源目標、支持可再生能源部署、可再生能源組合標準、冷地球能源創新技術計劃	到2020年比2005年減少3.8%，到2050年比1990年減少80%	N/A	9	3% (以質量計)	直接	PCC、FBC、IGCC	木顆粒	47座新的燃煤電廠正在規劃、建設或環境評估中
巴西	專業-酒精	到2030年“預期減少”43%	到2030年，可再生能源在能源結構中的比重達到45%	N/A	預計30% (以熱量計)	N/A	PCC	稻草	混燒仍處於早期階段
美國	225項促進工業部門生質能的激勵計劃	到2020年將溫室氣體淨排放量比2005年水平減少17%	到2030年將非水電可再生能源發電量增加到總發電量的20%	86	5% (以熱量計)	直接	Stoker、PCC、FBC、旋風燃燒爐	木顆粒、木屑、木材廢棄物和鐵路枕木	摩根大通預計，到2020年，生質能達到15% RES目標的6.4%
德國	“可再生能源法”“電力饋入法”	削減80-95%的溫室氣體排放水平(與1990年水平相比)	到2020年35%的可再生能源份額	31	5-20% (以熱量計)	直接	Stoker、PCC、FBC	污水污泥、秸稈、廢木材、有機殘渣	德國已開始從專用能源作物轉向來自廢棄有機殘留物的生質物

資料來源：M.S. Roni, 2017

荷蘭MEP：補貼電價(Milieukwaliteit ElektriciteitsProductie)

荷蘭SDE：補貼電價(Stimulerend Duurzame Energieproductie)

PCC：粉煤鍋爐燃燒(Pulverized Coal Combustion)

FBC：流體化床燃燒(Fluidized Bed Combustion)

PSO：公共服務義務(public service obligation)

IGCC：煤氣化聯合循環(Integrated Coal Gasification Combined Cycle)

RES：可再生能源電力標準(Renewable Electricity Standard)

關鍵議題

➔ 韓國電廠使用替代燃料現況

- 韓國之能源政策採用可再生能源配額制 (Renewable Portfolio Standard, RPS)。
- RPS制度不保證再生能源價格，導致發電業者追求低廉燃料成本。
- REC價格波動導致發電業者不傾向簽訂長期供應契約(政策風險高)。
- REC價格大跌導致越南木顆粒進口量減少，價格大跌。(轉銷往日本)
- 降低進口木質燃料、燃煤轉換專燒及混燒項目的REC乘數：原有投資計畫加速或停止。
- 提升韓國國產木質燃料的REC權重：本土廠商投資製造木顆粒。

韓國RPS規定再生能源逐年佔比目標值

年度	目標(%)
2014	3.0
2015	3.0
2016	3.5
2017	4.0
2018	4.5
2019	5.0
2020	6.0
2021	7.0
2022	8.0
2023	9.0
2024	10.0

Source: KEMCO, 2017

韓國各類再生能源REC所佔權重

燃料種類	類別	舊制	新制
木顆粒	新設專燒	-	1.5
		運轉中	1.5
		2018年底前核可運轉	1.5
		2019年6月前核可運轉	1.0
		2019年6月後核可運轉	0.5
	燃煤轉換專燒	-	1.0
		運轉中	1.0
		規劃中	0.5
	混燒	-	1.0
		運轉中	1.0
	規劃中	0.0	
木質SRF顆粒	新設專燒	-	1.5
		運轉中	1.5
		2018年底前核可運轉	1.5
		2019年6月前核可運轉	0.5
		2019年6月後核可運轉	0.3
	燃煤轉換專燒	-	1.0
		運轉中	1.0
		規劃中	0.3
	混燒	-	1.0
		運轉中	1.0
	規劃中	0.0	
韓國國產木顆粒	新設專燒	1.5	2.0
	燃煤轉換專燒	1.0	2.0
	混燒	1.0	1.5

註：SRF為固態回收燃料 (solid recovered fuel) 之簡稱，木質SRF顆粒主要由建築廢棄資材製成。

資料來源：

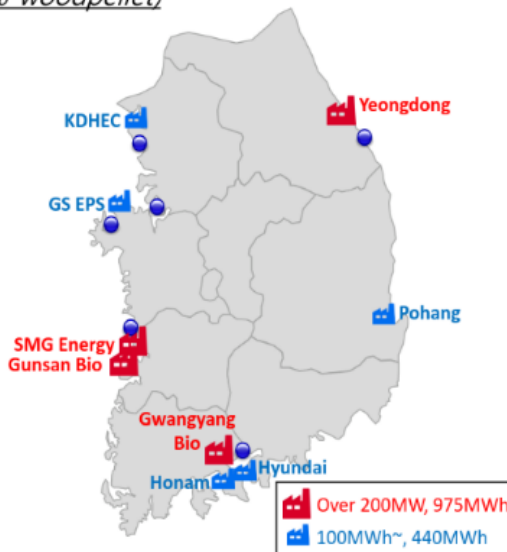
FutureMetrics, “Recent Developments in the South Korean Industrial Wood Pellet Markets.”。

全球生質電力發展趨勢-韓國

韓國各地電廠使用生質燃料需求

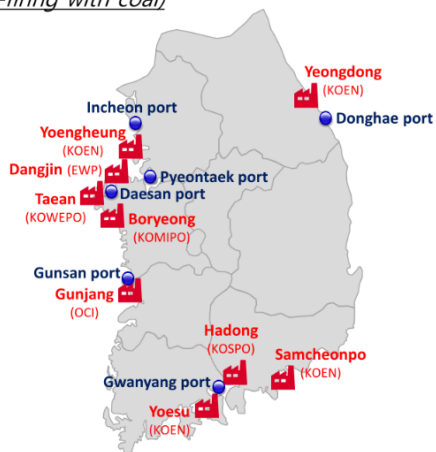
Wood Pellet Demand in Korea (100%-woodpellet)

Project	(1,000MT)				
	2017	2018	2019	2020	2021
Yeongdong	500	1,300	1,300	1,300	1,300
Honam			400	400	400
Hyundai			400	400	400
SMG Energy				800	800
Gunsan Bio				800	800
Gwangyang Bio				870	870
GS EPS				420	420
KDHEC					400
Yeosu/Pohang etc			201	201	601
Total	500	1,300	2,301	5,191	6,031



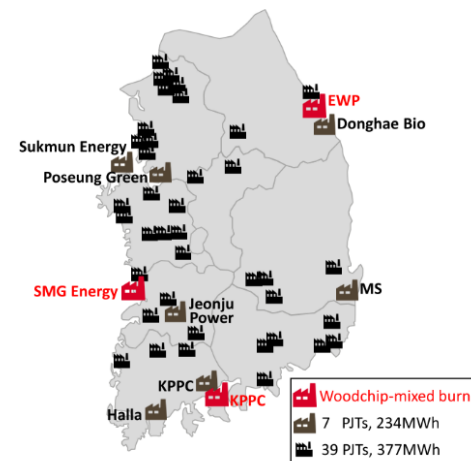
Wood Pellet Demand in Korea (Co-firing with coal)

Power Plant	(1,000MT)		
	2015	2016	2017 (E)
Dangjin (EWP)	151	143	140
Boryeong (KOMIPO)	139	185	185
Hadong (KOSPO)	318	300	300
Taeon (KOWEPO)	130	200	200
Yeosu (KOEN)	30	94	94
Yeongheung (KOEN)	230	249	249
Samcheonpo (KOEN)	232	293	293
Yeongdong (KOEN)	30	39	39
Gunjang Energy and etc			600
Total	1,260	1,503	2,100



Woodchip Demand in Korea

Project	(1,000MT)				
	2017	2018	2019	2020	2021
Mixed-burn	410	410	410	410	410
Donghae Bio	180	180	180	180	180
Sukmun Energy	214	214	214	214	214
KPPC		180	180	180	180
Jeonju Power		195	195	195	195
Poseung Green			215	215	215
Halla			180	180	180
MS				180	180
Under 30MW	232	1,097	2,035	2,275	2,275
Total	1,036	2,276	3,609	4,029	4,029



(Source: Kim, 2017)

關鍵議題-灰渣再利用

- ➡ 現有替代燃料灰組成與煤灰不同灰渣，再利用途徑受限。處理/再利用途徑、成本需加以考量。 **生質灰再利用方式**

應用	說明
掩埋	以廢棄物處理方式處理，填埋灰塘或掩埋場，在歐洲80%之國家以此方案為去化首選。
混凝土添加料	木質飛灰中之鹼、氯、磷酸鹽等成分會對混凝土品質產生負面影響，無法直接用作替代沙子或礫石作為混凝土添加料使用。部分國家(荷蘭)將生質灰添加用作瀝青混凝土之填料，以改善其粒徑分析性能，但添加量仍十分受限。
水泥生料	生物質灰為CaO、SiO ₂ 、Al ₂ O ₃ 和Fe ₂ O ₃ 的替代原料載體在不影響水泥成品之性質下，將生質飛灰以適當比例混摻使用比例需視水泥產品之Cl含量限制。
礦場回填	當溶出特性不致使環境發生重大環境衝擊時，為避免礦場開挖造成之地形結構穩定問題，填充性質穩定之生質灰(通常為低經濟價值之灰渣)，為國際常見之使用方式。
土木工程/ 其他建築材料	部分國家使用木質生質燃料的發電廠底灰可與焚化爐渣結合使用作道路建設基礎材料(路堤材料、道路基礎材料等)生質灰亦可用作工業建築材料、建築產品中的水泥替代品和脫硫吸附劑的原料或中間產品。
林業使用/ 肥料與土壤改良劑	木質灰為強鹼可少量添加於酸化之土壤調整其土壤酸鹼值以瑞典及芬蘭為例， <u>飛灰返回森林被視為一種減緩酸化之策略</u> ，並有相關法令規範其使用及限值。木質灰僅有鉀不含氮，因其養分比例較低，作為肥料原料並不具有吸引力並且產出之磷酸鹽之形式在土壤中溶解度差。



Drax電廠生質灰於Barlow Mound暫置場
(資料來源: Drax, 2022: <https://www.drax.com/>)

關鍵議題-灰渣再利用

各國生質燃料灰渣再利用/處理情形

國家	電廠名稱	所有者	商轉年	鍋爐(座)	機組容量(MW)	木質燃料種類	灰渣再利用法規	生質灰渣再利用方式
英國	Drax power station	Drax Group	1965 (2013)	4	4x660	木質顆粒	申請歐洲技術批准 (European Technical Approval, ETA)	灰渣暫存。堆置場部分地區已成農業放牧、林地和野花草原區域(自然保護區)。
	Lynemouth Power Station	EPH	1972 (2016)	3	3x140	木質顆粒		1. 底灰及飛灰被置於該電廠灰瀉湖垃圾掩埋場後，被利用作為建築行業和灌漿生產中的輔助填充材料。 2. 用作 Woodhorn 垃圾掩埋場封蓋 (Capping) 的填充材料。
丹麥	Avedøre 2 Power Plant	Owned by Ørsted A/S	2003	1	105	木質顆粒		秸稈鍋爐之飛灰因含鎘而不能回收，經處理後送掩埋場填埋。
美國	Altavista Power Station	Dominion Virginia Power	2013	2	2x51	木屑及廢木材	ASTM C618(飛灰與原始或經煅燒火山灰應用於混凝土的標準規範)。	1. 產生的灰儲存於電廠的灰塘。 2. 提供當地農民改善種植農作物的土壤之土壤改良劑。
	Hopewell Power Plant	Dominion Virginia Power	2013	1	51	木屑及廢木材		
	Southampton Power Plant	Dominion Virginia Power	2013	1	51	木屑及廢木材		
日本	Itoigawa Biomass Power Plant	Sumitomo Group	2005	1	50	木片	1. 日本溶出試驗JLT-13與JLT-46 2. JIS A6201:2004 (混凝土用飛灰)	底灰用作水泥原料。
	Handa Biomass Power Plant	Sumitomo Group	2017	1	75	木片、棕櫚殼	3. JIS B8815:2004(煤灰和焦炭灰的分析方法) 4. JIS R5213:2009(波特蘭粉煤灰水泥)	於最終處置場固化並填埋。

內容綱要

- ➔ 前言
- ➔ 燃煤鍋爐減煤關鍵議題
- ➔ 鍋爐型式與選擇
- ➔ 燃料種類與供應
- ➔ 既有燃煤鍋爐使用替代燃料改裝方式
 - 粉煤鍋爐
 - 鏈排式燃煤鍋爐
 - 流體化床式鍋爐
- ➔ 結論與建議

鍋爐型式與選擇

➔ 既有鍋爐採用替代燃料考量

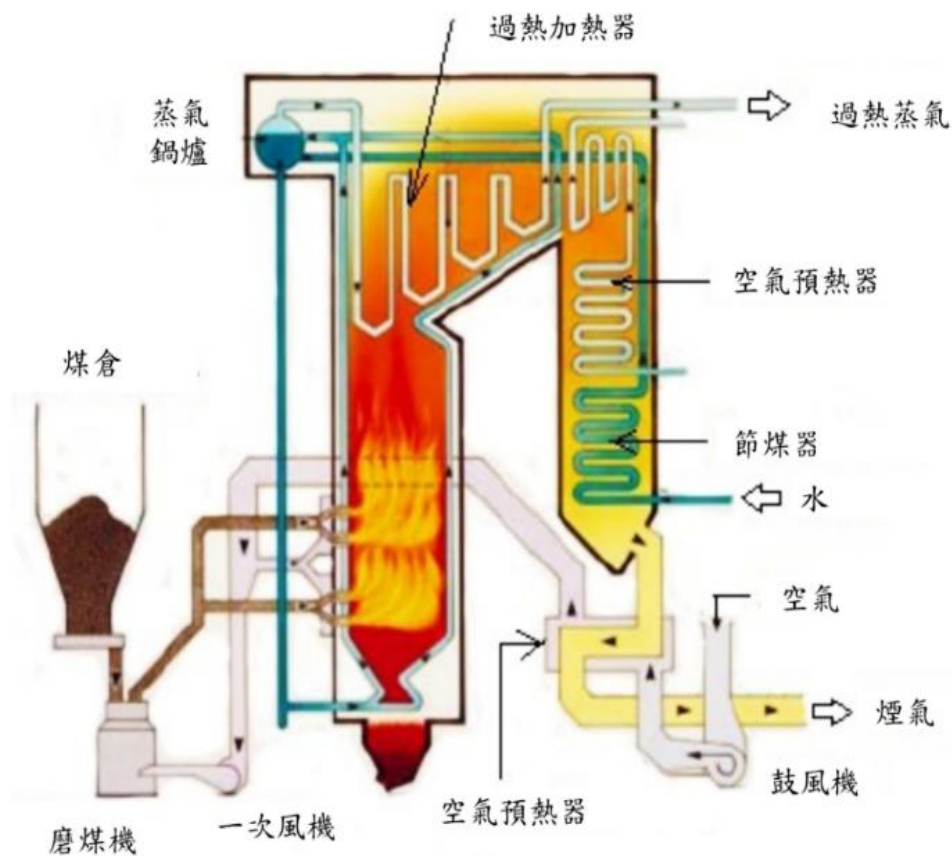
- 替代燃料燃燒特性(燃點、揮發份、灰組成、熱值、容積密度、酸組成)與燃煤具有明顯差異。既有鍋爐採用替代燃料量、品質、種類與型式皆須就下列項目須加以考量。
 - 燃燒室型式
 - 鍋爐系統材質
 - 進料系統供給
 - 煙道配置
 - 污染防治設備



須以「**燃料化學
(fuel chemistry)**」
為基礎進行規劃

鍋爐型式與選擇

➔ 鍋爐型式-粉煤鍋爐



粉煤鍋爐之機械構造(IEA, 2008)

優勢

- ✓ 燃燒室結構簡單
- ✓ 燃燒溫度高具高能源效率
- ✓ 具燃料彈性
 - 能夠燃燒所有等級的煤碳
 - 允許不同組合燃燒(可在同一個燃燒器中使用煤粉、液態與氣態燃料)

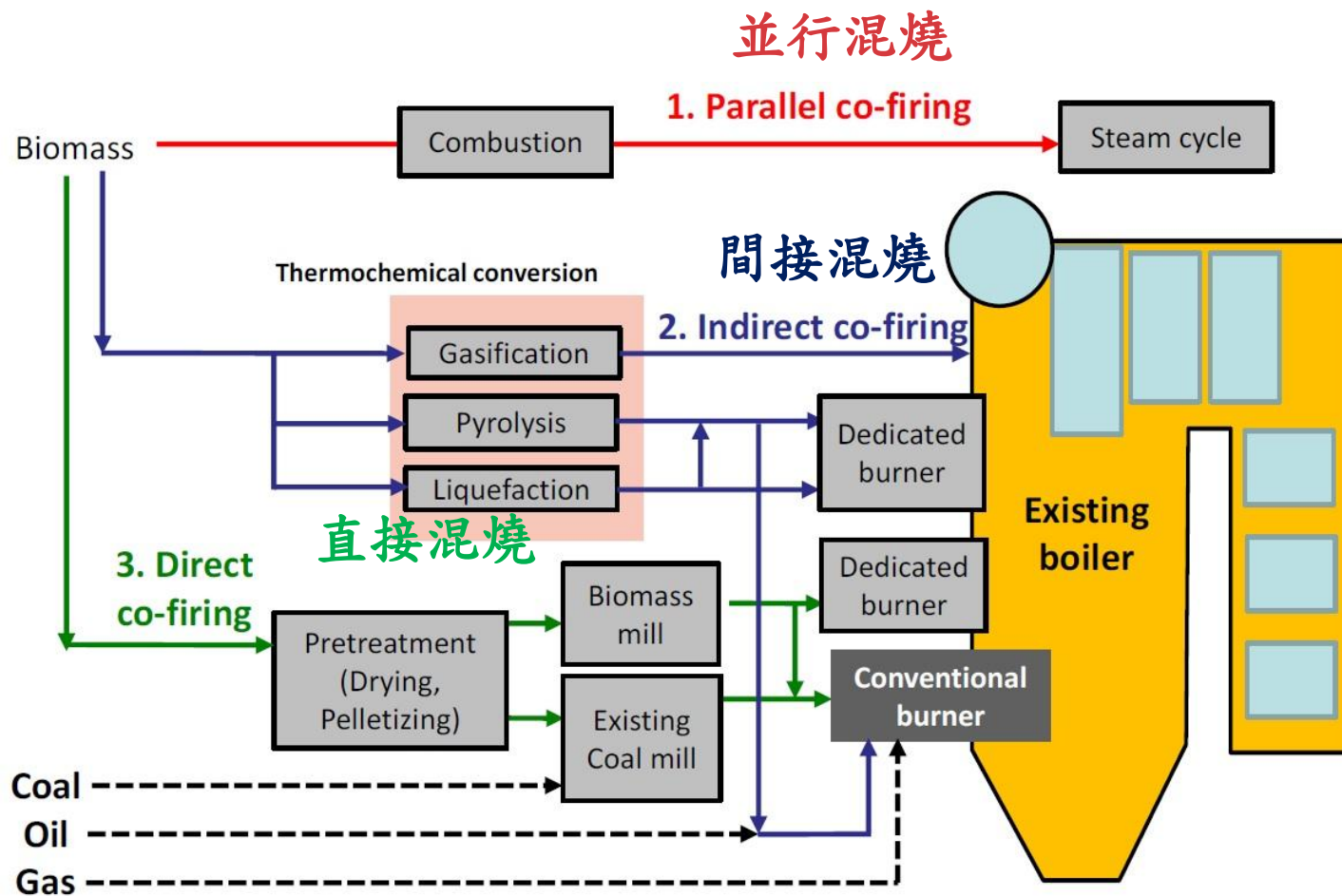
劣勢

- ✓ 燃煤研磨功率要求高
- ✓ 需要更多的維護
- ✓ 品質不佳之燃料燃燒後產出之灰渣易對設施產生高溫腐蝕
- ✓ 不易研磨之固態燃料適用性差

鍋爐型式與選擇

➔ 鍋爐型式-粉煤鍋爐

- 既有燃煤鍋爐使用生質燃料-粉煤鍋爐混燒替代燃料方式

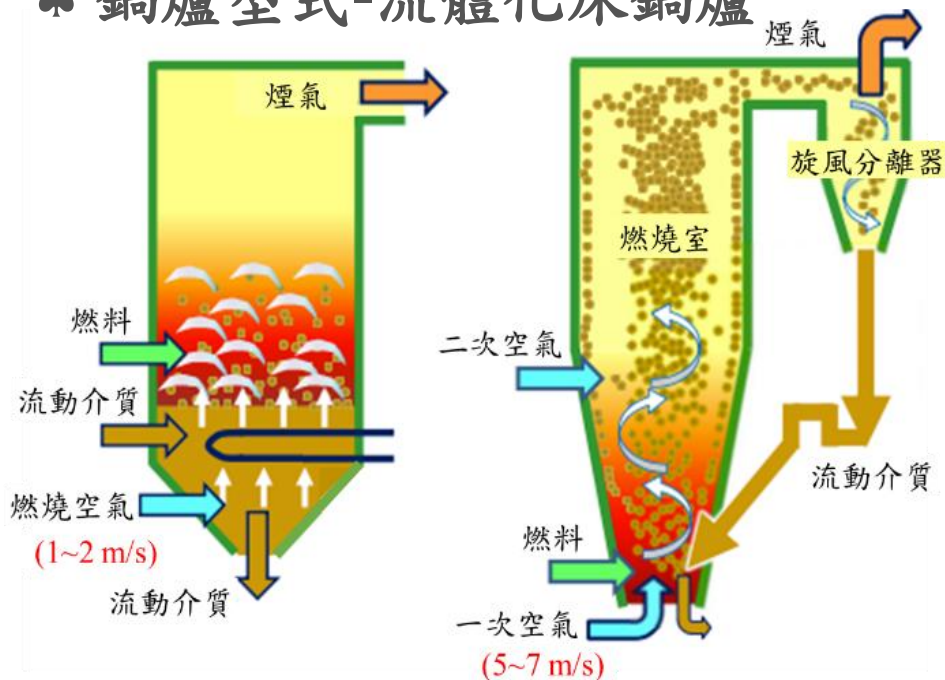


資料來源：European Biomass Conference and Exhibition (EUBCE), 11~15 June, Stockholm, Sweden, #2AO.8.5, Won Yang

鍋爐型式與選擇

➔ 關鍵一：既有鍋爐採用替代燃料可能性

♣ 鍋爐型式-流體化床鍋爐



氣泡式流體化床
流體介質、燃料及空氣一起流化並於砂層中燃燒。

循環式流體化床
流體介質、燃料及空氣一起流化，並於燃燒爐與旋風分離器循環燃燒。

循環式流體化床(Valmet, 2017)

優勢

- ✓ 燃燒溫度較低NO_x排放低
- ✓ 可於爐內添加石灰石脫硫，減少SO_x排放
- ✓ 較低腐蝕問題
- ✓ 混合與溫度分布均勻，燃燒效率高
- ✓ 使用燃料彈性高，適當的設計下能夠燃燒高含水率物種與大尺寸燃料顆粒，可燃燒多種替代燃料

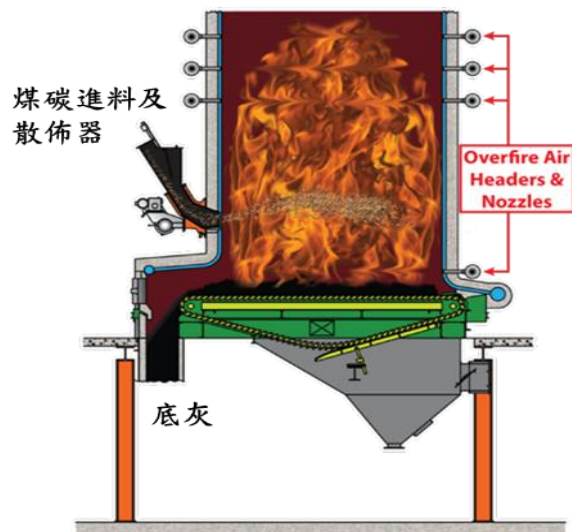
劣勢

- ✓ 床材料接觸表面的高侵蝕率
- ✓ 顆粒夾帶和某些燃料的結塊問題導致的較高粉塵負荷

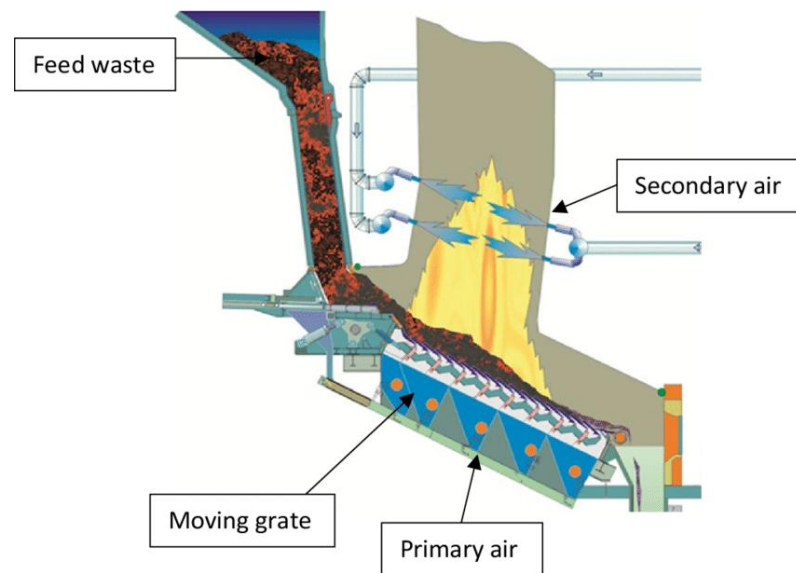
鍋爐型式與選擇

— 鍋爐型式-移動床鍋爐

優勢	<ul style="list-style-type: none">✓ 燃燒室構造簡單✓ 造價較其他類型鍋爐實惠
劣勢	<ul style="list-style-type: none">✓ 燃料型態要求較高，密度與尺寸皆有要求✓ 替代燃料選擇較少✓ 燃燒效率較差✓ 相同出力爐體條件下設備體積與佔地面積較大✓ 能源效率較低



散佈式燃燒室 (Detroit Stoker Company, 2022)



機械混床式燃燒室 (Bourtsalas et. al., 2020)

鍋爐型式與選擇

既有替代燃料建議

鍋爐種類	蒸氣溫度與壓力	燃料品質要求	適用替代燃料種類	替代燃料使用方式	使用替代燃料設備要求
粉煤鍋爐	高溫高壓	高	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 木質顆粒燃料(初級固體生質燃料) ✓ 液態燃料：廢溶劑、再生油品、生質油品 	與燃煤混燒	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 木質顆粒燃料 <ul style="list-style-type: none"> - 需新設倉儲與輸送設備 - 混燒比例<10%：不需更改燃料研磨設備與燃燒設備 - 混燒比例<10%：需更增設生質燃料專用研磨機，並增設專用燃燒器 ✓ 液態燃料 <ul style="list-style-type: none"> - 增加液體燃燒機
流體化床式鍋爐	高溫高壓 中溫中壓 低溫低壓	視使用量與鍋爐設計而定	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 固態燃料：SRF、初級固體生質燃料、廢木材等 ✓ 液態燃料：廢溶劑、再生油品、生質油品 	與燃煤混燒或全燃燒	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 需新替代燃料倉儲與輸送設備 ✓ 增設專用進料系統 ✓ 液態燃料 <ul style="list-style-type: none"> - 增加液體燃燒機
鏈排式塊煤鍋爐	中溫中壓	高	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 固態燃料：木質顆粒燃料、棕櫚殼 	全燃燒	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 需新設木質顆粒燃料倉儲與輸送設備

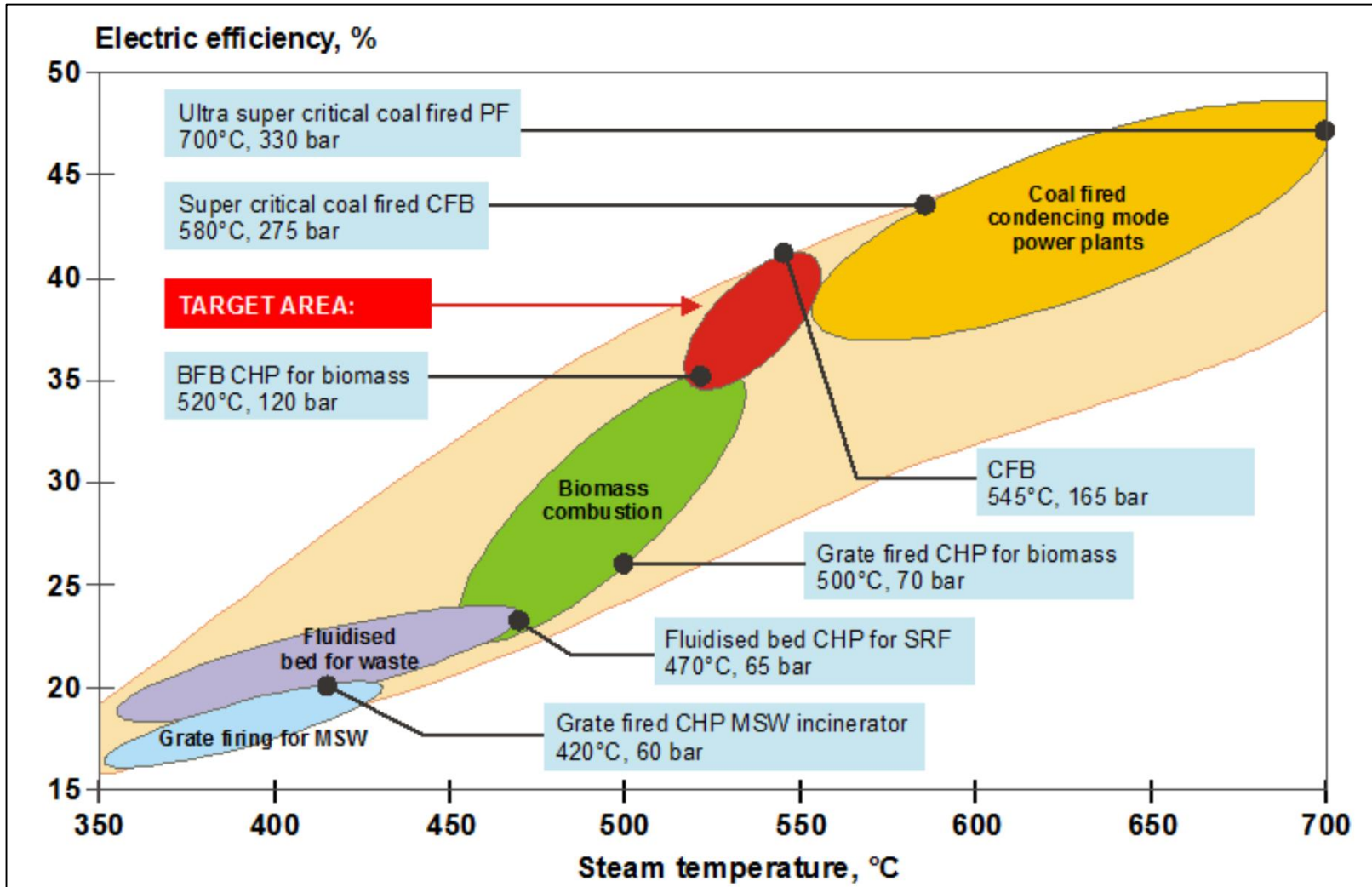
鍋爐操作壓力分類

分類	壓力範圍
超超臨界鍋爐 Ultra-supercritical Boiler	壓力 $\geq 275 \text{ kg/cm}^2$
超臨界鍋爐 Supercritical Boiler	$225 \text{ kg/cm}^2 \leq \text{壓力} \leq 275 \text{ kg/cm}^2$
亞臨界鍋爐 Subcritical Boiler	$170 \text{ kg/cm}^2 \leq \text{壓力} \leq 225 \text{ kg/cm}^2$
超高壓鍋爐 Ultra-high Pressure Boiler	$140 \text{ kg/cm}^2 \leq \text{壓力} \leq 170 \text{ kg/cm}^2$
高壓鍋爐 High Pressure Boiler	$100 \text{ kg/cm}^2 \leq \text{壓力} \leq 140 \text{ kg/cm}^2$
亞高壓鍋爐 Sub-high Pressure Boiler	$55 \text{ kg/cm}^2 \leq \text{壓力} \leq 100 \text{ kg/cm}^2$
中壓鍋爐 Medium Pressure Boiler	$39 \text{ kg/cm}^2 \leq \text{壓力} \leq 55 \text{ kg/cm}^2$
低壓鍋爐 Low Pressure Boiler	壓力 $\leq 39 \text{ kg/cm}^2$

鍋爐型式與選擇

➡ 既設與新設電力鍋爐與使用燃料選擇

— 不同燃料之鍋爐發電效率與蒸氣溫度關係



內容綱要

- ➔ 前言
- ➔ 燃煤鍋爐減煤關鍵議題
- ➔ 鍋爐型式與選擇
- ➔ 燃料種類與供應
- ➔ 既有燃煤鍋爐使用替代燃料改裝方式
 - 粉煤鍋爐
 - 鏈排式燃煤鍋爐
 - 流體化床式鍋爐
- ➔ 結論與建議

固體替代燃料種類

➔ 替代燃料分類

固態替代燃料

初級固體生質燃料(白料)

- 生質物來源為原生，僅經物理性處理(破碎、乾燥、壓縮)產生之生質燃料。
- ✓ 例:木片(wood chips)、木顆粒(wood pellet)、棕櫚殼(palm kernel shells, PKS)、苦茶籽殼等。

固體回收燃料(黑料,SRF)

- 採用經化學處理及含化學物質之生質廢棄物做為原料製造之固體生質燃料。
- ✓ 例:廢建材木片、混合廢棄物顆粒、廢菇包、RDF-2~RDF-5

高階固體生質燃料(生質炭)

- 初級生質燃料經熱處理後產生之固體生質燃料。
- ✓ 例:焙燒產生之生質炭(bio-char)、蒸氣爆破法產製之黑顆粒(black pellet)。

鍋爐轉換替代燃料受燃料特性影響

➔ 機組容量

- 尺寸、境熱值、容積密度、水分含量、可研磨性

➔ 燃料處理和儲存

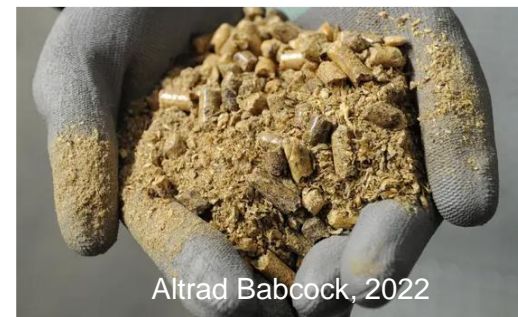
- 粉塵和細粉含量、耐久性、容積密度

➔ 氮氧化物排放

- 受燃料氮含量、組成粒徑尺寸、淨熱值影響的燃燒表現
- SCR 入口氮氧化物濃度、灰分含量和灰化學組成影響

➔ 粒狀物排放

- 灰份、淨熱值、含水率、灰化學組成

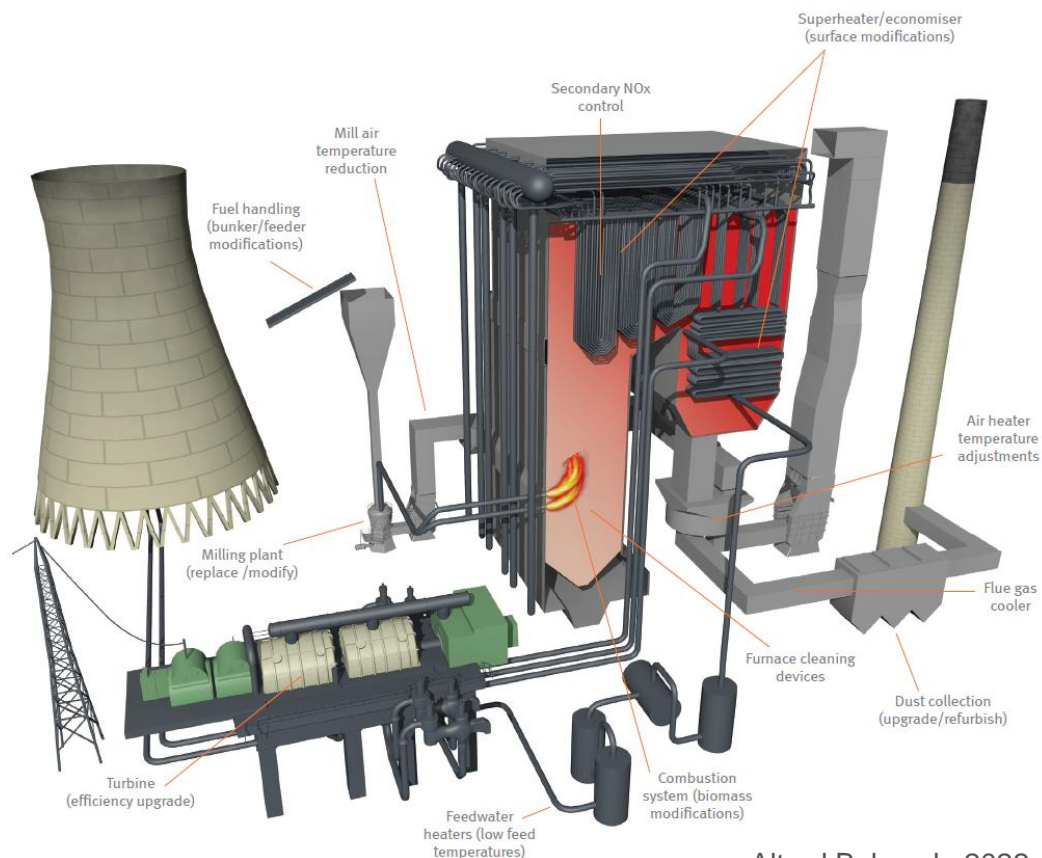


Altrad Babcock, 2022

鍋爐轉換替代燃料受燃料特性影響

- ➔ 替代燃料燃燒特性(燃點、揮發份、灰組成、熱值、容積密度、酸組成)與燃煤具有明顯差異。
- ➔ 既有鍋爐採用替代燃料量、品質、種類與型式皆須就下列項目須加以考量。

- 可研磨性(粉煤鍋爐)
- 燃燒室型式
- 鍋爐系統材質
- 進料系統供給
- 煙道配置
- 污染防治設備
- 灰渣再利用



Altrad Babcock, 2022

燃料選擇-燃料品質對系統影響

➔ 顆粒燃料標準對照

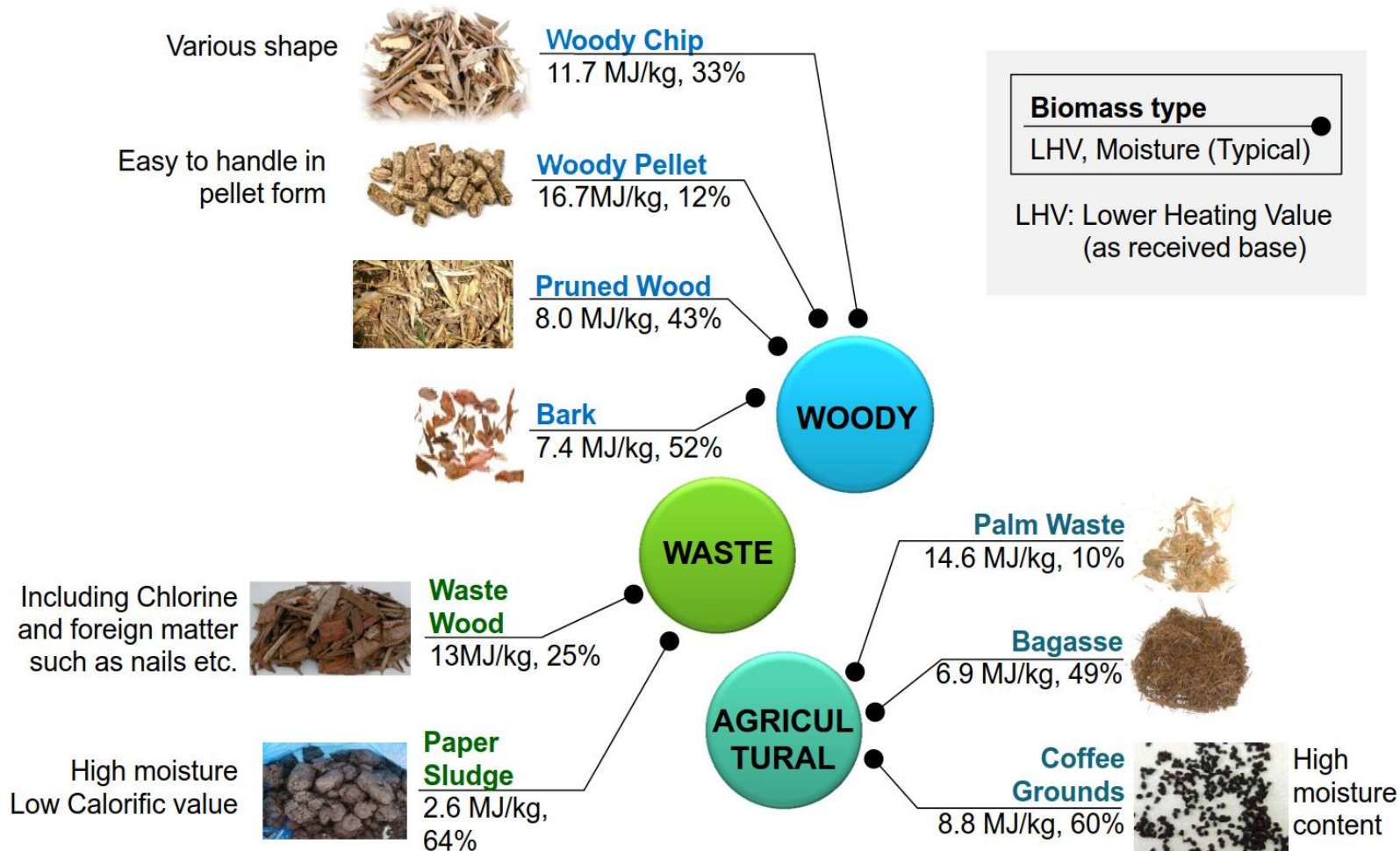
項次	項目	Parameter	單位	CNS 17225-2		CNS 17225-6		EFET*		環保署「初級固體生質燃料」品質規範
				Limit		Limit		Limit		Limit
				I2	I3	1	2	I2	I3	
1	淨熱值	Net calorific value at constant pressure	MJ/kg (到達基)	≥ 16.5	≥ 16.5	≥ 14.5	≥ 14.5	≥ 16.5	≥ 16.5	≥ 12.5
2	含水率	Water content	w-% (濕基)	≤ 10	≤ 10	≤ 6	≤ 6	≤ 10	≤ 10	-
3	灰分	Ash	w-% (乾基)	≤ 1.5	≤ 3	≤ 6	≤ 10	≤ 1.5	≤ 3	-
4	氮	N		≤ 0.3	≤ 0.6	≤ 1.5	≤ 2.0	≤ 0.3	≤ 0.6	-
5	硫	S		≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.2	≤ 0.3	≤ 0.2	≤ 0.4	≤ 0.05
6	氯	Cl		≤ 0.05	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.3	≤ 0.05	≤ 0.1	≤ 0.1
7	容積密度	Bulk(apparent)Density	kg/m ³	≥ 600	≥ 600	≥ 600	≥ 600	≥ 600	≥ 600	-
8	機械堅牢度	Durability	w-%	97-99	96.5-99	≥ 97.5	≥ 96	97-99	96.5-99	-
9	細顆粒含量	Fines ≤ 3.15mm	(到達基)	≤ 5	≤ 6	≤ 2.0	≤ 3.0	≤ 5	≤ 6	-
10	直徑	Diameter	mm	6±1 or 8±1 10±1	6±1 or 8±1 10±1 or 12±1	6±1 or 25±1	6±1 or 25±1	6-10	6-12	-
11	長度	Length ≤ 50mm	w-%	3.15 < L < 40	3.15 < L < 40	3.15 < L ≤ 40	3.15 < L ≤ 40	99.9	99.9	-
		Length ≤ 40mm		3.15 < L ≤ 50	3.15 < L ≤ 50	99	99	-		
12	添加劑	Additives (composition, mass)	w-% (到達基)	<3	<3	≤ 5	≤ 5	<3	<3	-
13	崩解顆粒的粒徑分布	Particle Size	w-% (平衡基)	<3.15 mm	≥ 98	≥ 97		>98	>97	-
		Distribution		<2.0 mm	≥ 90	≥ 85		>90	>85	-
		<1.0 mm		≥ 50	≥ 40		>50	>40	-	
14	砷	As	mg/kg (乾基)	≤ 2	≤ 2	≤ 1	≤ 1	≤ 2	≤ 2	-
	鎘	Cd		≤ 1	≤ 1	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 1	≤ 1	≤ 1
	鉻	Cr		≤ 15	≤ 15	≤ 50	≤ 50	≤ 15	≤ 15	-
	銅	Cu		≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20	-
	鉛	Pb		≤ 20	≤ 20	≤ 10	≤ 10	≤ 20	≤ 20	≤ 20
	汞	Hg		≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1
	鋅	Zn		≤ 200	≤ 200	≤ 100	≤ 100	≤ 200	≤ 200	-

* EFET: 歐洲能源交易商聯合會 European Federation of Energy Traders

固體生質燃料來源與性質

➔ 生質燃料來源與性質

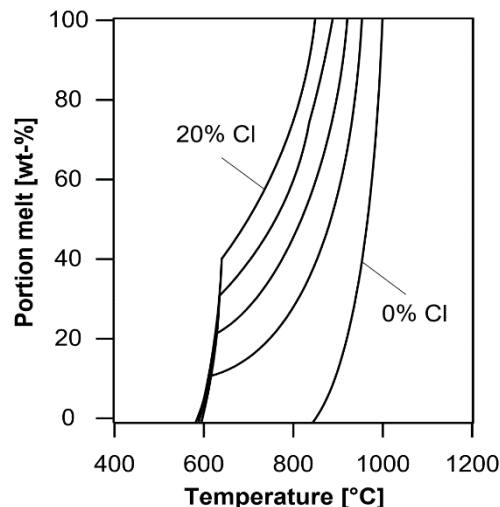
Example of Biomass



技術考量-積垢與高溫腐蝕

➔ 生質燃料混燒對鍋爐之影響

- 生質物灰份組成
 - ♣ 高灰份(0.1- 40 mass %)
 - ♣ 高生物鹼含量 (K, Na)
- 不同灰渣組成將影響其再利用方式
- 灰渣組成對鍋爐燃燒之影響
 - ♣ 積垢: 在鍋爐中形成(低熔點)沉積物
 - ♣ 腐蝕: 蒸汽管道和鍋爐壁快速腐蝕/腐蝕
 - ♣ 粒狀物排放: 細小的灰渣(氣膠)的形成和排放



K/Na 摩爾比 90/10、SO₄/CO₃ 摩爾比 80/20 與 Cl 在總鹼量之 0-20% 之間變化之鹽混合物的熔融曲線(Backman et al, 2005)

不同物質之熔點與密度

物種	熔點 (°C)	密度 (g/cm ³)
硫、氯化物		
AlCl ₃	192.4	2.48
FeCl ₃	306	2.80
FeCl ₂	677	2.80
MgCl ₂	714	2.32
CaCl ₂	772	2.15
NaCl	801	2.17
CrCl ₂	821	2.76
Na ₂ SO ₄	884	2.68
NiCl ₂	1,001	3.68
CaSO ₄	1,460	2.96
氧化物		
MgO	2,852	3.58
Al ₂ O ₃	2,072	3.97
SiO ₂	1,710	2.32
SO ₃	16.9	1.92
CaO	2,572	3.35
TiO ₂	1,870	4.23
Fe ₂ O ₃	1,565	5.24
MnO ₂	535	5.08



高氯含量燃料燃燒造管線之高溫腐蝕(Khan et al., 2009)



積垢 (IGS, 2020)

固體生質燃料來源與性質

➔ 國際間主要初級固體生質燃料

— 木顆粒、PKS、木片

木顆粒 (Wood pellet)	棕櫚殼 (Palm kernel shells, PKS)	木片 (Wood chips)
		
<ul style="list-style-type: none">♣ 來源:乾淨木材廠邊材、人造林砍伐後殘枝、疏林伐木、老化之經濟作物(ex: 橡膠木)。♣ 木料產地及加工地製造。	<ul style="list-style-type: none">♣ 來源:棕櫚油產業之副產物。♣ 棕櫚油產地產出。	<ul style="list-style-type: none">♣ 來源:木材加工剩餘邊料、紙漿製程剩餘邊料疏林伐木、事業廢棄物等。♣ 本地產出及進口

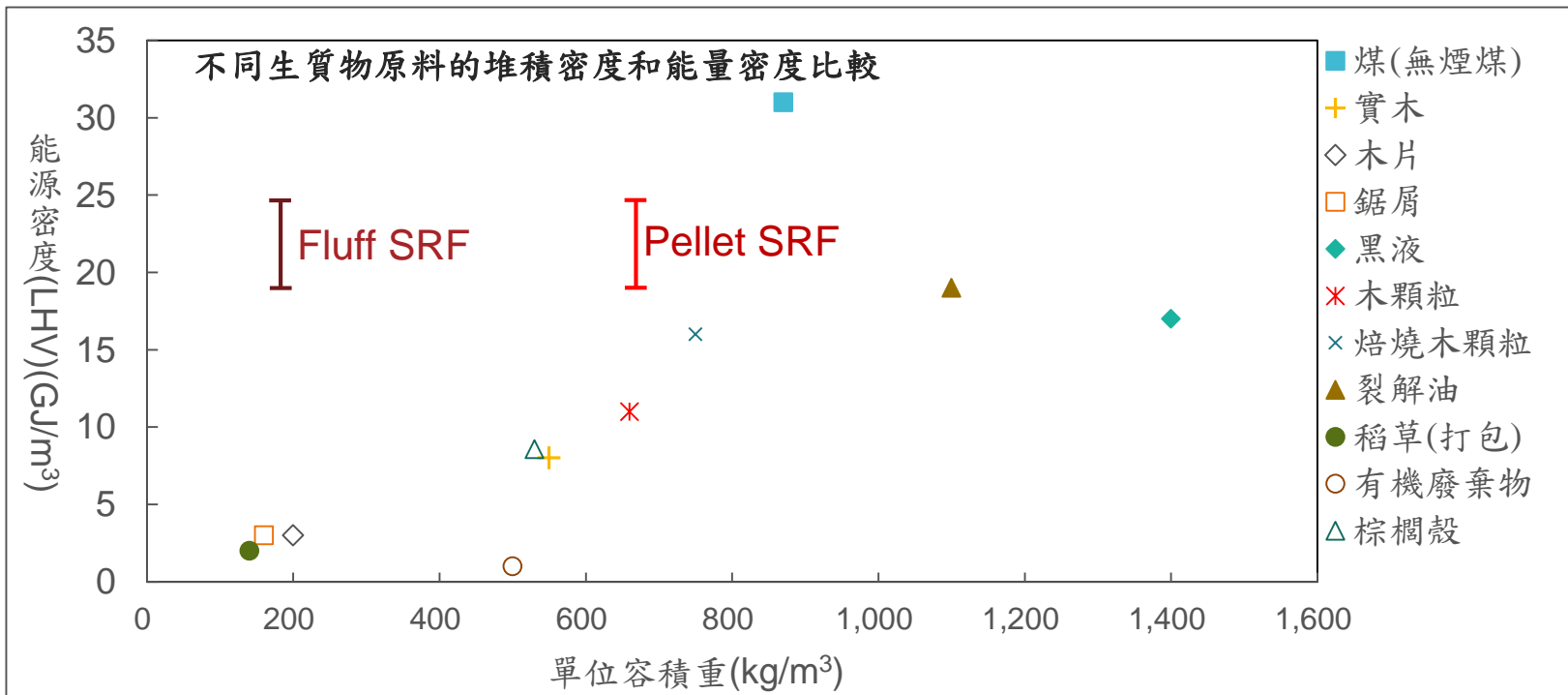
替代燃料之能源密度比較

➔ 相較於燃煤，替代燃料具有下列特性

- 容積密度與能量密度較低
- 更大倉儲空間
- 更高效進料系統
- 更大爐體
- 更高的爆炸風險
- 更低的燃點、更高燃燒速率



倉儲與輸送需注意防火防爆安裝監控、消防及除塵設備



資料來源：Based on DENA, 2011; FNR, 2011; IEA Bioenergy, 2011; Kankkunen and Miikkulainen, 2003.

燃料貯存-木顆粒

➡ 木製顆粒保管方式

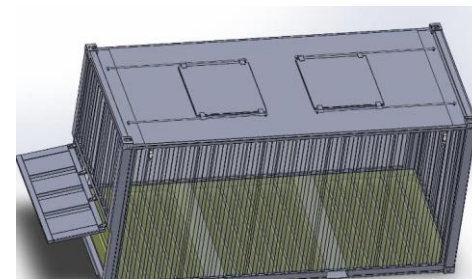
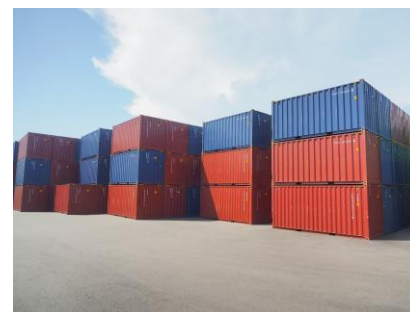
倉庫貯存




筒倉貯存



特殊貨櫃貯存

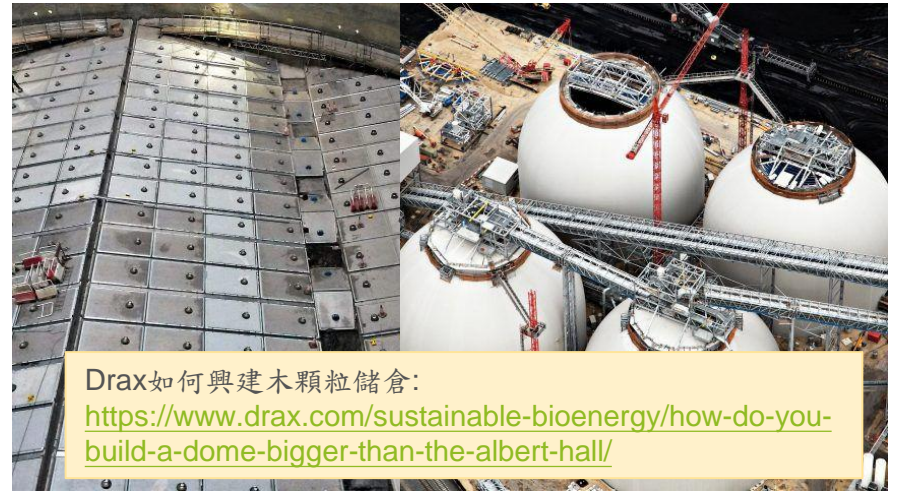


 資料來源：阪合興業，2024

燃料輸儲-木顆粒

➡ 儲倉

- ❖ **新建燃料儲倉**: 須具備防水、控溫、恆溼、防爆(氮氣充填)、具消防設施(CO₂及噴水系統)



燃料貯存-木顆粒

➡ 儲倉

♣ 特殊貨櫃貯存

特殊貨櫃貯存



優點

I. 更詳細的分別管理

1集裝箱可保管19-20MT木製顆粒，可簡單區分不同批次貨物。

II. 可調節溫度

有附帶溫度計，可時刻監控溫度，防止火災發生。

III. 防止火災擴散

與倉庫，筒倉的保管不同，每個集裝箱都只裝有少量木製顆粒，降低火災發生的最近損害。

IV. 消防問題

因為有上述特徵，消防許可的取得相對容易。

V. 初期投資的費用低

初期投資費用在倉庫，筒倉的一半以下。

VI. 解決粉塵問題

倉庫粉塵不只會增加火災風險，也會對現場工作人員的健康產生影響。集裝箱可以完全解決這個問題。

缺點

I. 需要定期保養

特殊集裝箱有很多部件組成，需要2-3年1回部品交換以及保養。

II. 地面強度的要求

特殊集裝箱比一般集裝箱高約30cm，容積也大約增加12%，所以比一般集裝箱的存放需要更大的地面強度來堆積存放。



資料來源：阪合興業，2024

燃料貯存-PKS

➡ 棕櫚殼(PKS)

- 耐候性佳、與水不易崩解
- 仍為生質物，與水仍會發酵、降低熱值、建議避免露天貯存。



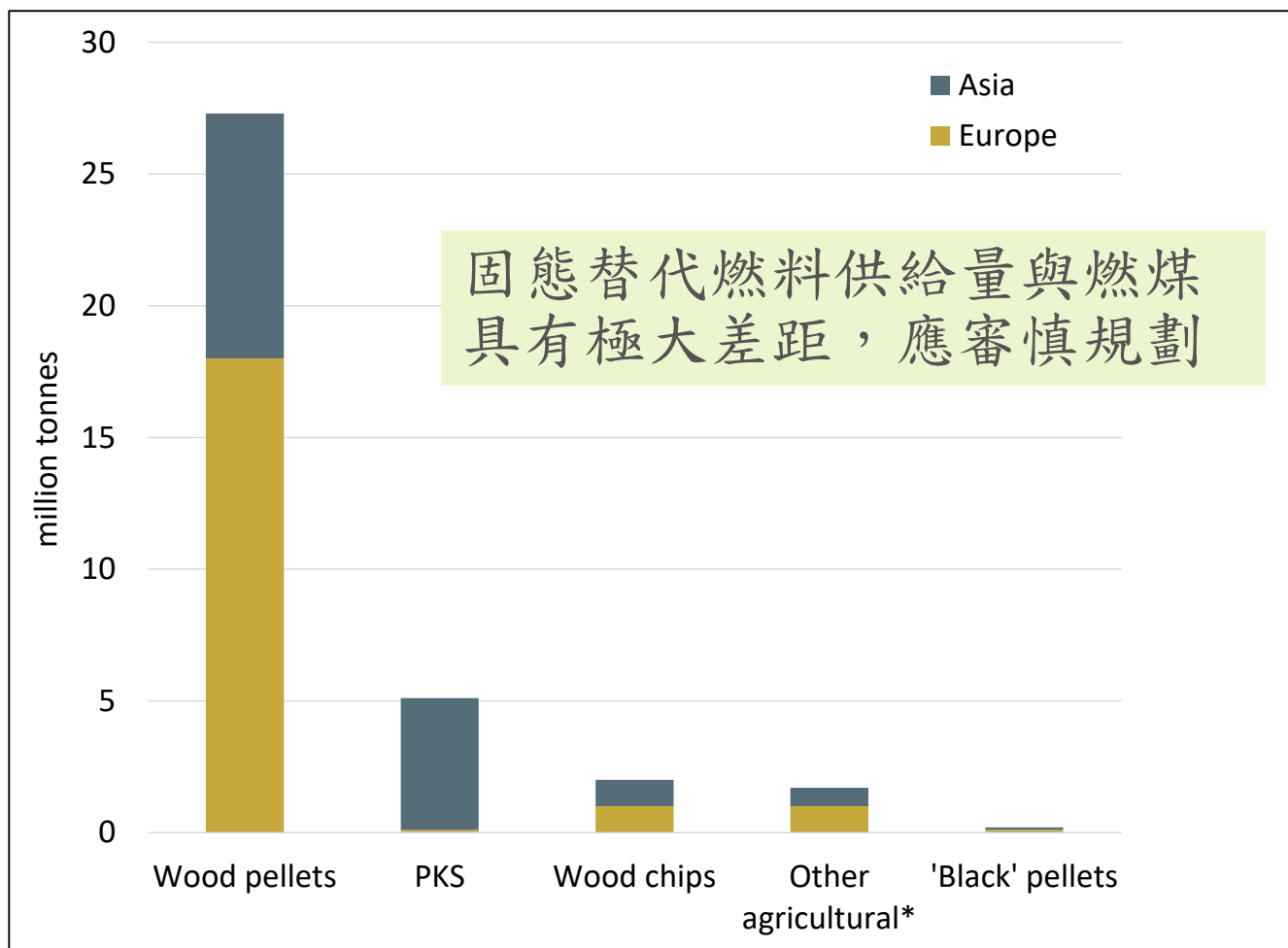
燃料貯存-SRF

➡ 採料倉或貯槽存放



替代燃料供應量

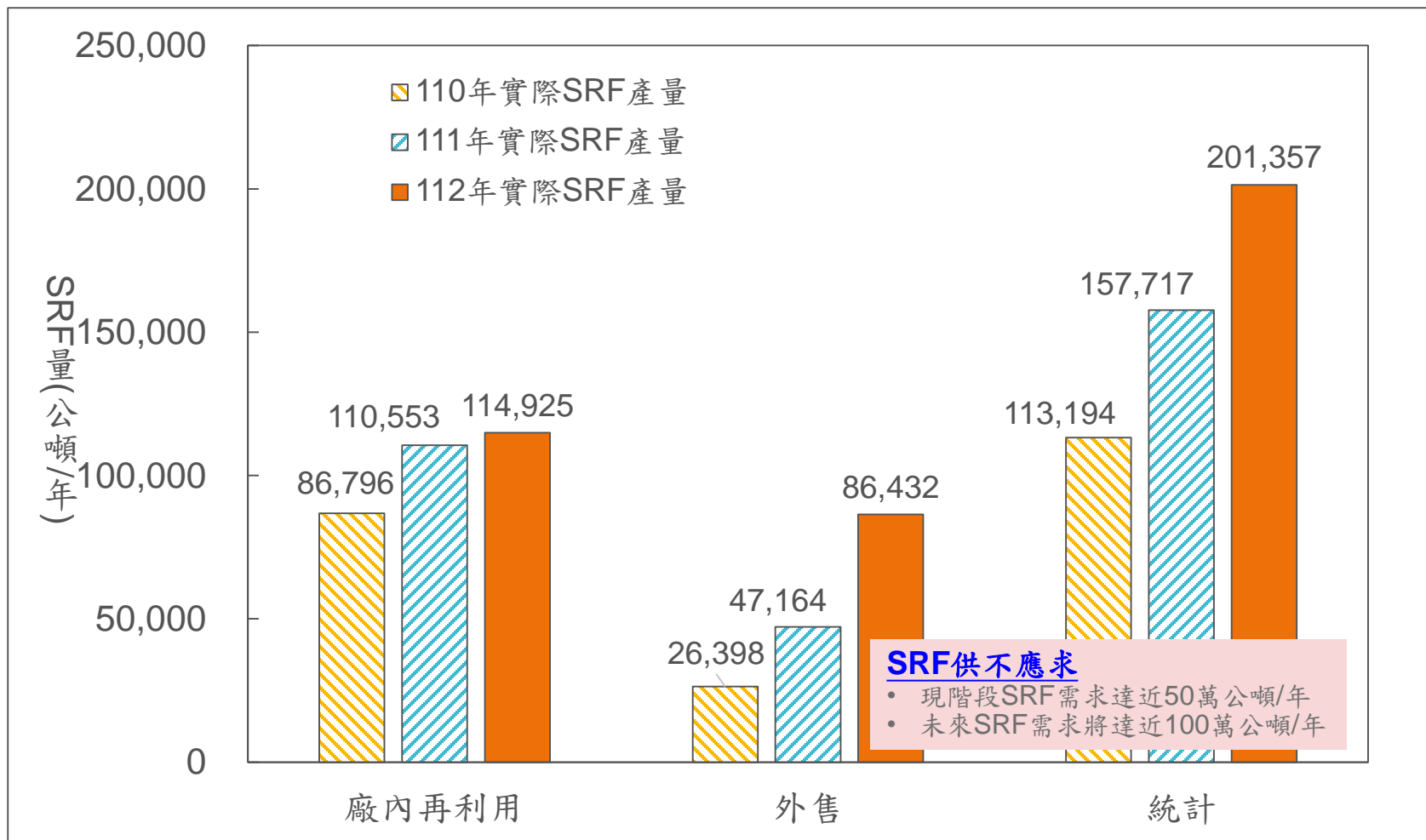
➡ 全球初級固體生質燃料供應量



Sources: GTT, Hawkins Wright, 2024

替代燃料供應量

國內SRF供應現況



資料更新時間：112年3月

內容綱要

- ➔ 前言
- ➔ 燃煤鍋爐減煤關鍵議題
- ➔ 鍋爐型式與選擇
- ➔ 燃料種類與供應
- ➔ 既有燃煤鍋爐使用替代燃料改裝方式
 - 粉煤鍋爐
 - 鏈排式燃煤鍋爐
 - 流體化床式鍋爐
- ➔ 結論與建議

一、粉煤鍋爐使用替代燃料方式

✓ 煤研磨

- ♣ 43 ton/hr -煤被研磨成細粉(75% 通過75 μm)
- ♣ 煤熱值 24MJ/kg
- ♣ 脆硬材質，可研磨性佳
- ♣ 研磨機入口溫度~ 260-300°C
- ♣ 出口溫度 90°C
- ♣ BWI = 23 kWh/ton

✓ 生物質研磨

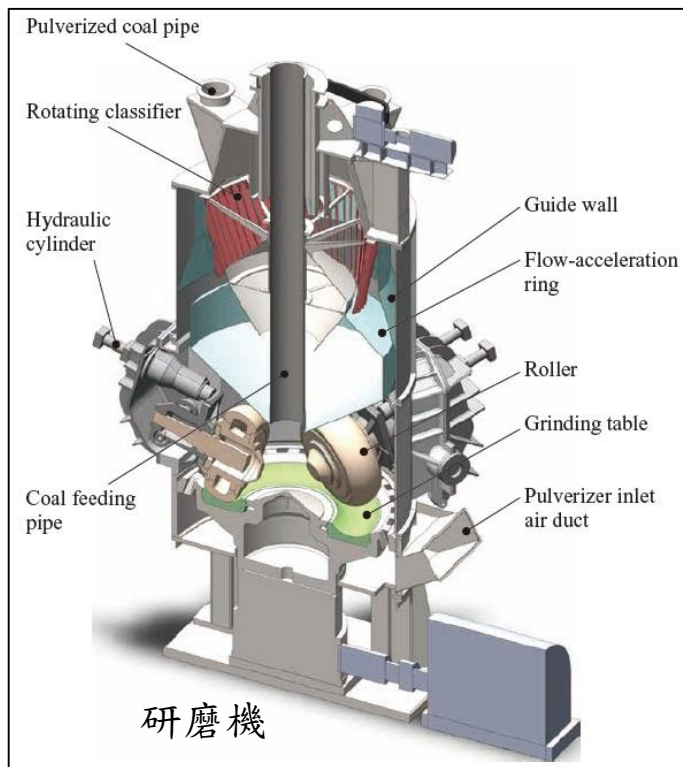
- ♣ 目標處理量50 ton/hr (提供與煤炭相似的輸入熱值)
- ♣ 生質物於粉煤鍋爐使用之尺寸小於1 mm
- ♣ 木屑顆粒被分解成木顆粒原組成木屑
- ♣ 進一步研磨有利於燃燒
- ♣ 纖維材質，可研磨性差
- ♣ 研磨入口溫度最高~ 170°C
- ♣ 出口溫度 90°C
- ♣ BWI, Bond work index = 366 - 426 kWh/ton

註: BWI, Bond work index

- ✓ 木顆粒容積密度與能源密度皆較煤碳低，為維持相同出力，須改裝或增設粉磨機。



燃料外觀 (木顆粒/與煤共磨前)

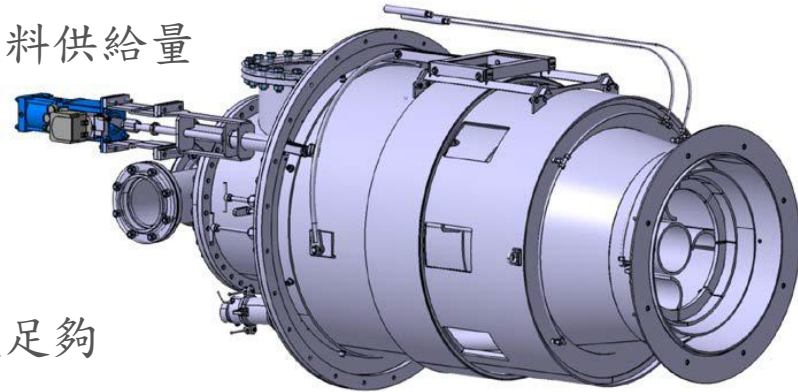


一、粉煤鍋爐使用替代燃料方式

➔ 既有燃煤鍋爐使用生質燃料-燃燒器

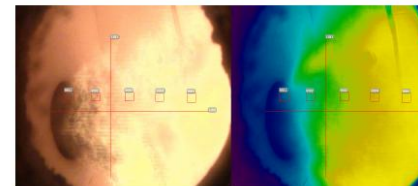
— 評估現有煤燃燒器是否可用於生物質燃燒並達到所需的穩定性和排放性能。

- ♣ 燃燒器性能，包括通過燃燒器的流速、燃料供給量
- ♣ 安裝在現有的爐口和風箱內，修改最少
- ♣ 燃燒器重量及結構支撐
- ♣ 燃燒器氣流控制
- ♣ 燃燒器設計須確保燃燒穩定性、火焰長度足夠

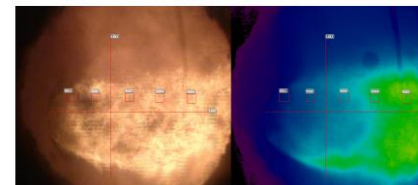


— Low NO_x biomass burner

- ♣ 磨碎後生物質具有較大的顆粒尺寸(最大尺寸為1-3 mm)，因此顆粒需要更長的時間來加熱和點燃
- ♣ 低NO_x燃燒，需以較低之燃料噴射速度操作，以使顆粒有足夠時間燃燒



Original Biomass Burner (unstaged)



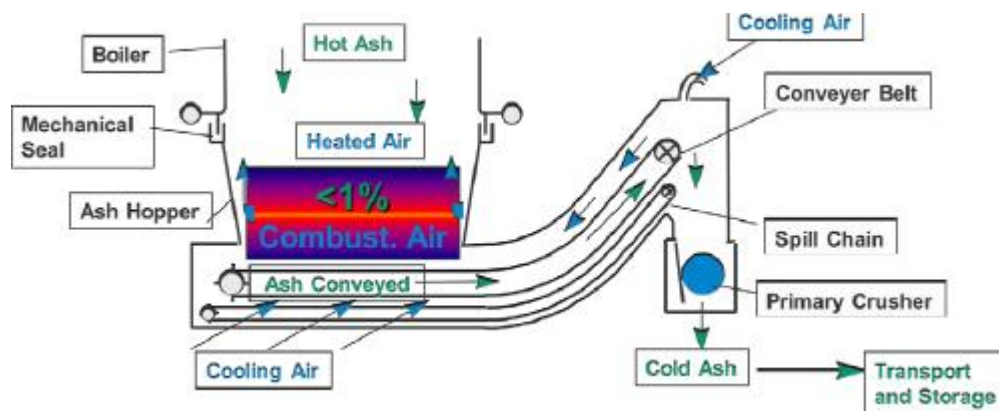
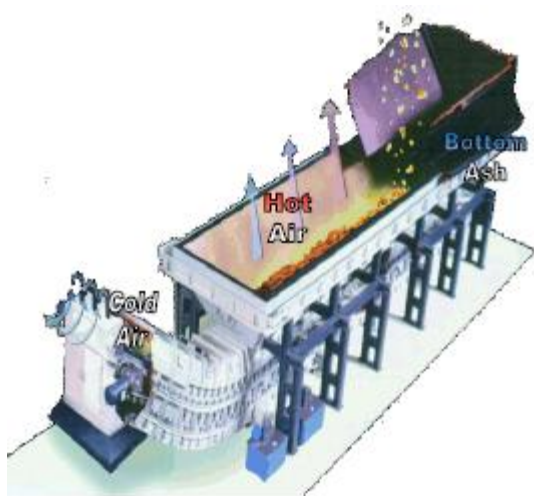
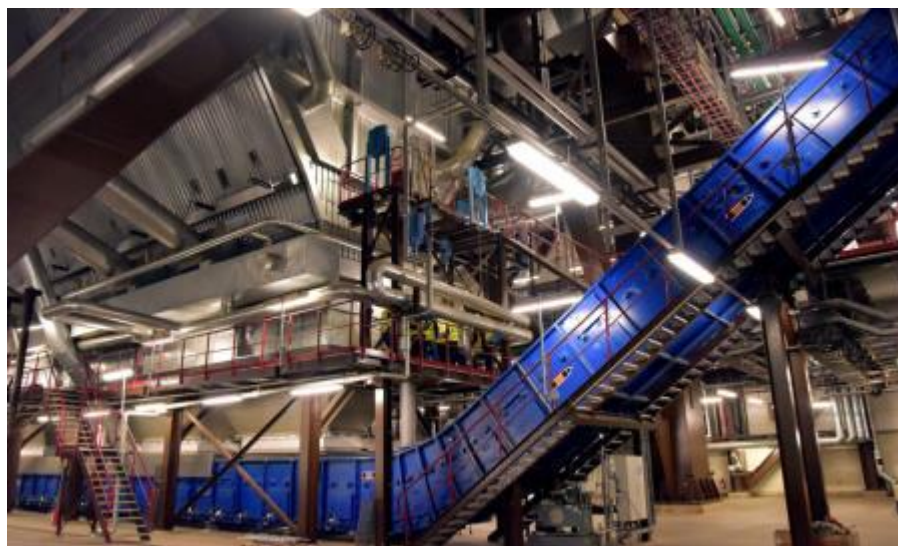
Low NO_x Biomass Burner (with In-burner staging) and OFA



一、粉煤鍋爐使用替代燃料方式

➔ 既有燃煤鍋爐使用生質燃料-底渣系統

- 一 木質顆粒鍋爐底渣未燃碳高，建議採用乾底式底渣系統，可較溼底式底渣燃燒更完全，底渣量更低。

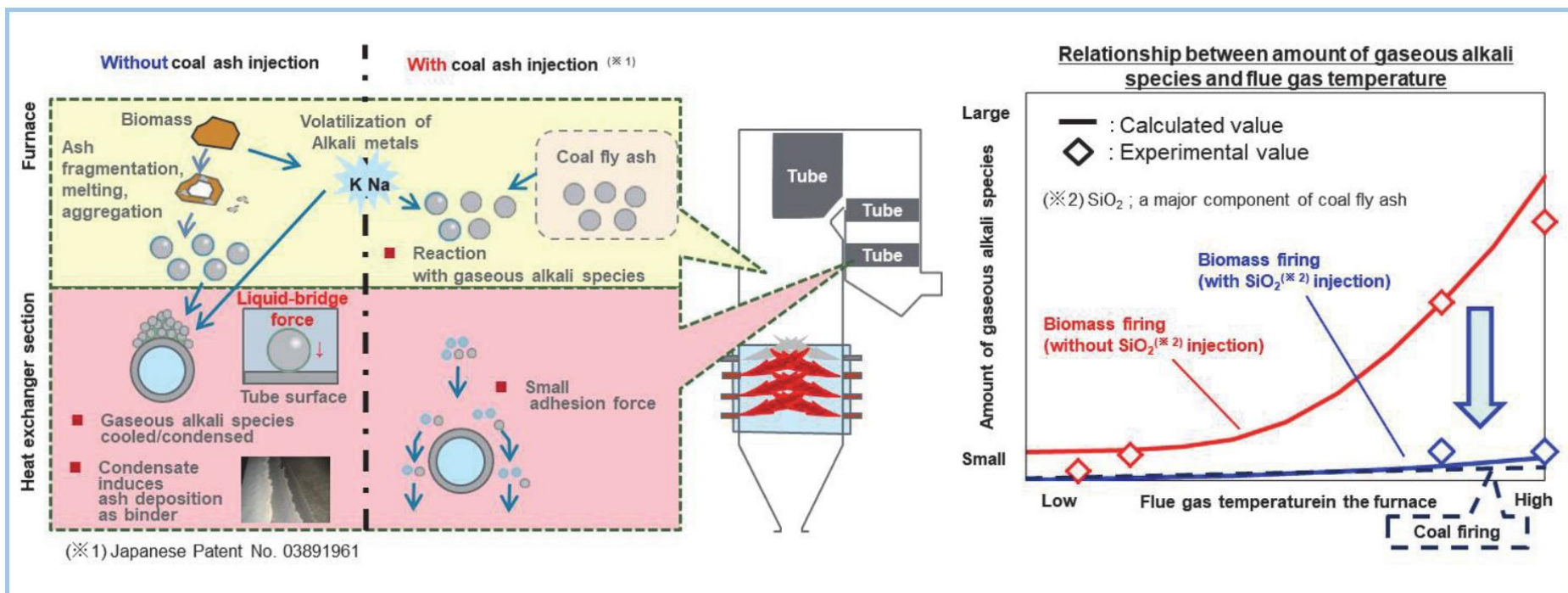


(Doosan Babcock, 2022)

一、粉煤鍋爐使用替代燃料方式

➡ 既有粉煤鍋爐使用生質燃料-飛灰調理

- 生質灰富含低熔點氯化鹽類對生質能鍋爐後端造成積垢，導致高溫腐蝕、降低熱效率及覆蓋SCR觸媒影響 NO_x 削減率。
- 可藉由噴注煤灰提高灰熔點。



(資料來源: Mitsubishi, 2021)

一、粉煤鍋爐使用替代燃料方式

➔ SCR

- 觸媒模組/反應器更新
- 氨氣注入格柵、煙氣導流板及混流器調整或更新
- 加裝或更換吹灰器
- 更新或新增線上量測與監控儀器/設備、注氨控制邏輯修改調整

➔ ESP

- 評估目前的變壓器系統處理木質灰的能力
- 因木質灰含硫分低，導致灰電阻高，建議可針對煙氣進行調理(注入SO₃)，使灰電阻降至ESP可處理範圍內

➔ FGD

- 硬體設備應不需改裝

煙道排放標準

管制項目	電力設施空氣污染物 排放標準	高雄市電力設施空氣 污染物排放標準	固定污染源最佳可行 控制技術(BACT) ¹	汽力機組最低可達成排放率 控制技術(LAER) ² -草案 ³
NOx (ppm)	30	30	30 或 削減率≥90%	15 或 削減率≥90%
SOx (ppm)	30	25	25 或 削減率≥96%	15 或 削減率≥98%
PM (mg/Nm ³)	10	-	10	8 或 削減率≥99.8%

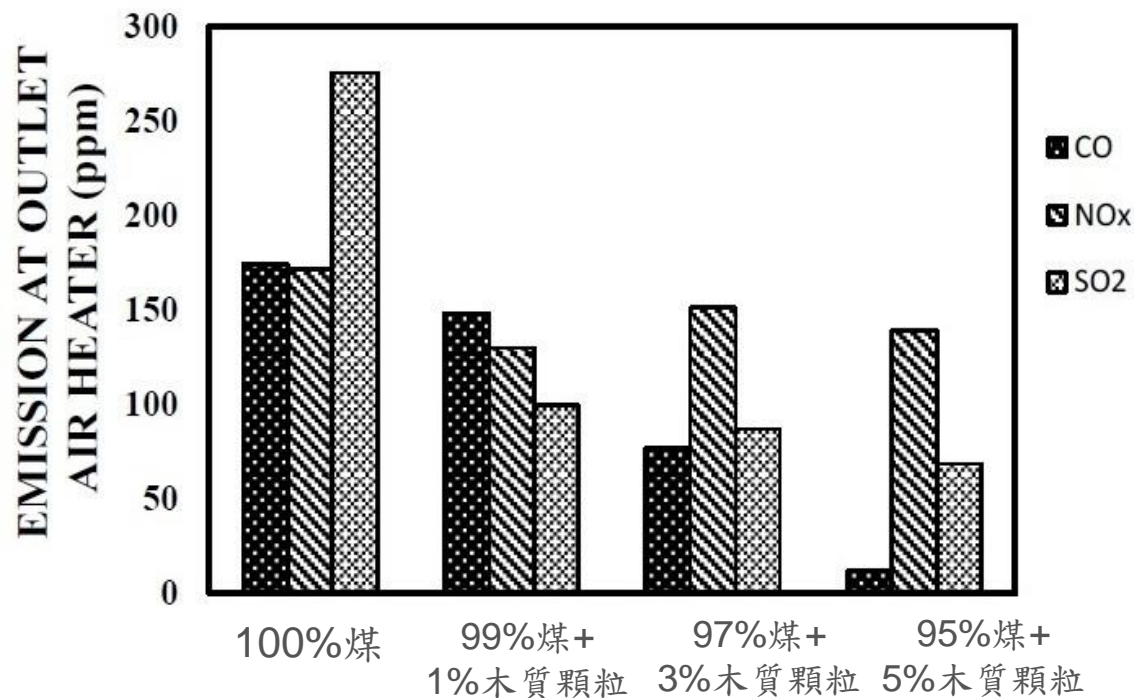
¹ BACT: Best available control technology

² LAER : Lowest Achievable Emission Rate

³適用於燃煤、燃氣機組

一、粉煤鍋爐使用替代燃料方式

➡ 鍋爐使用生質燃料之 SO_x 、 NO_x 與重金屬排放量遠低於燃煤。與燃煤混燒有空污減排效果。



330 MWe 粉煤電力鍋爐混燒不同比例木質顆粒燃料空污排放比較

(資料來源: 2020 International Conference on Technology and Policy in Electric Power & Energy)

煤炭與生質燃料發電之排放比較

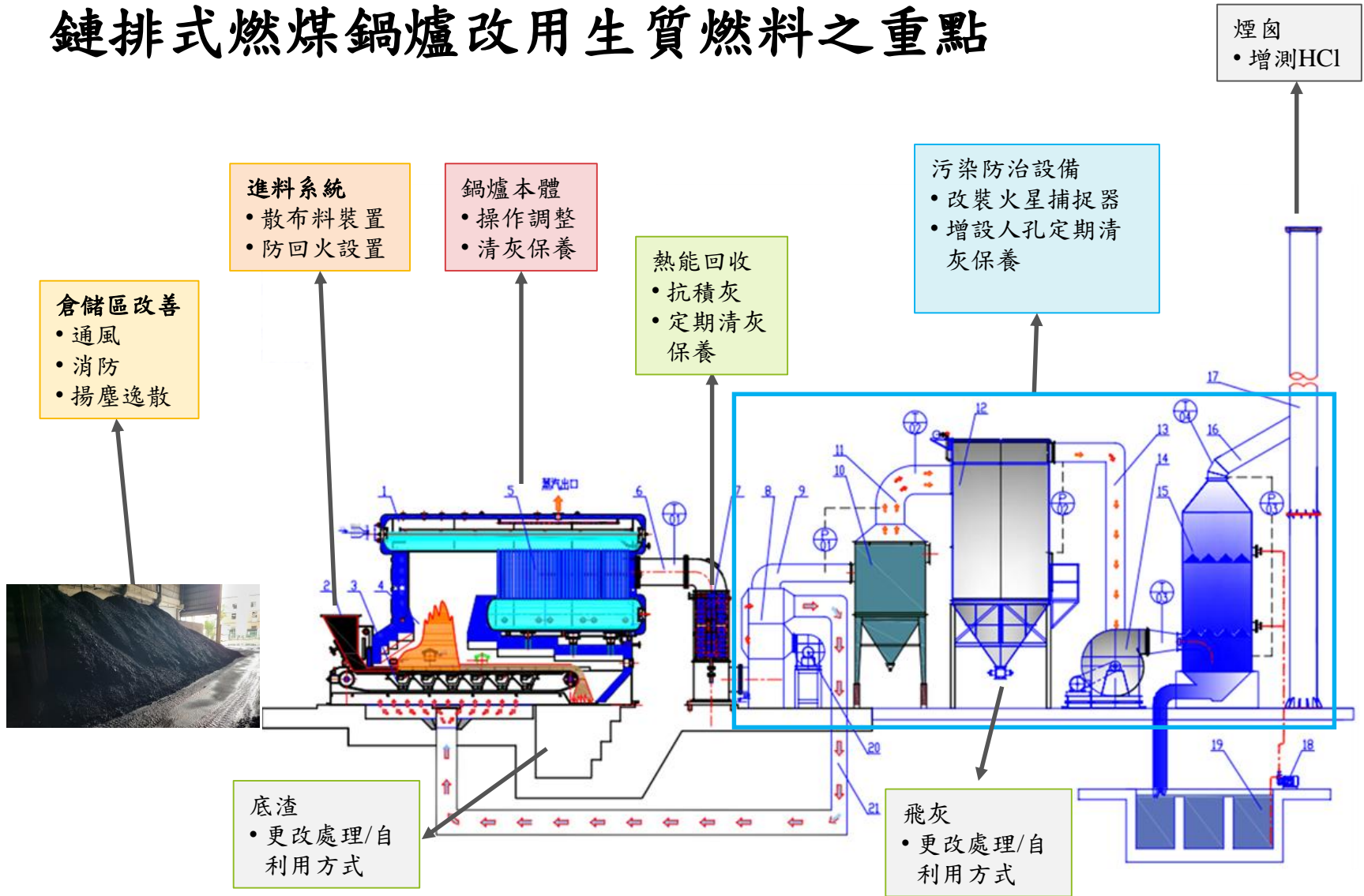
Emission	Coal	Biomass
NO_x (mg/Nm ³)	65-150	65-150
SO_2 (mg/Nm ³)	20-180	<10-50
Particulate matter (mg/Nm ³)	2-14	2-10
HCl (mg/Nm ³)	1-3	1-5
HF (mg/Nm ³)	<1-2	<1
Mercury (μ g/Nm ³)	<1-4	<1-5

註: 排放表現因設施大小、設施壽齡、設計和運作時間而異。

資料來源: BEIS, 2022

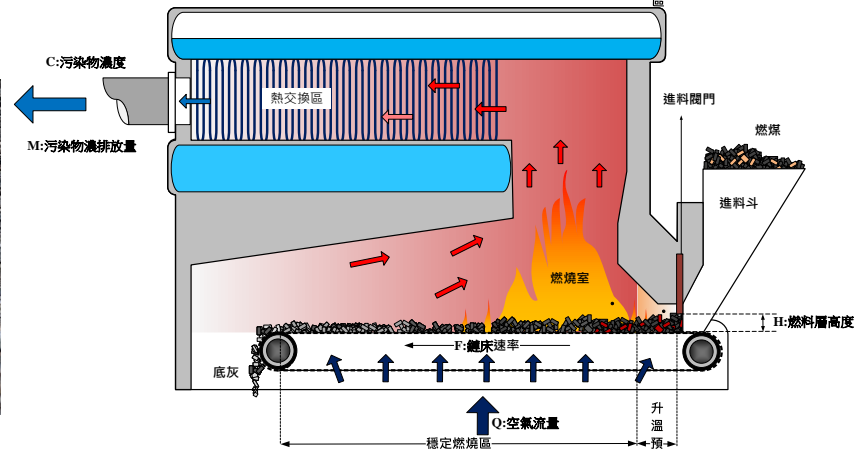
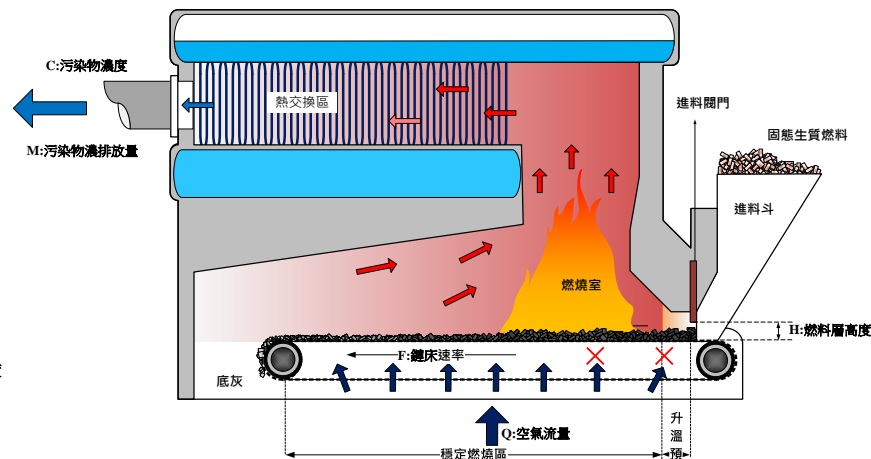
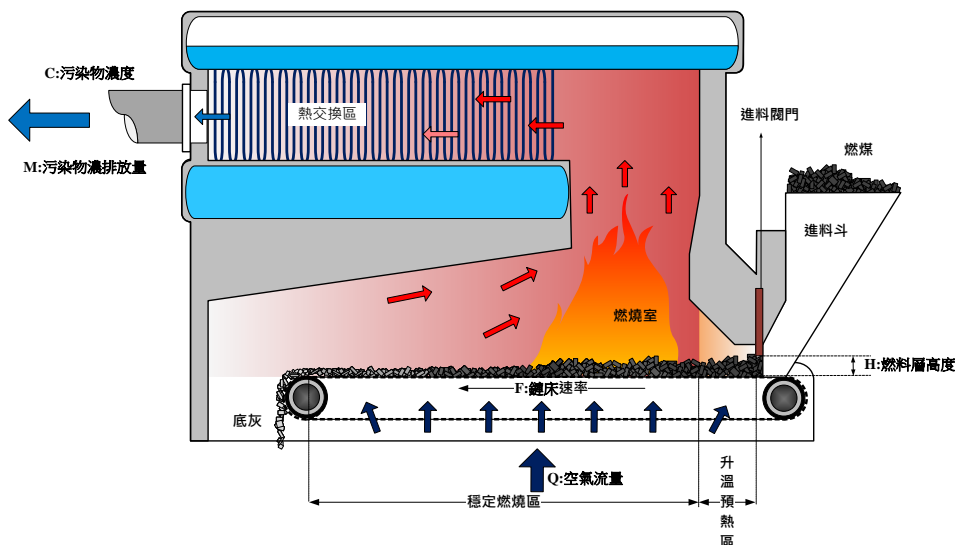
二、移動床式鍋爐使用生質燃料方式

鏈排式燃煤鍋爐改用生質燃料之重點



二、移動床式鍋爐使用生質燃料方式

- 高揮發份替代燃料於機械混床與移動床式爐床不適合與煤混燒，僅適合專燒單一種類燃料。
- 應採用**全燃燒**，不得採用混燒。
- 適用初級固體生質燃料，不適用SRF。
- 調整參數: 料層高度、風量、鏈排速度。



二、移動床式鍋爐使用生質燃料方式

➡ 後端污染防治設備配置

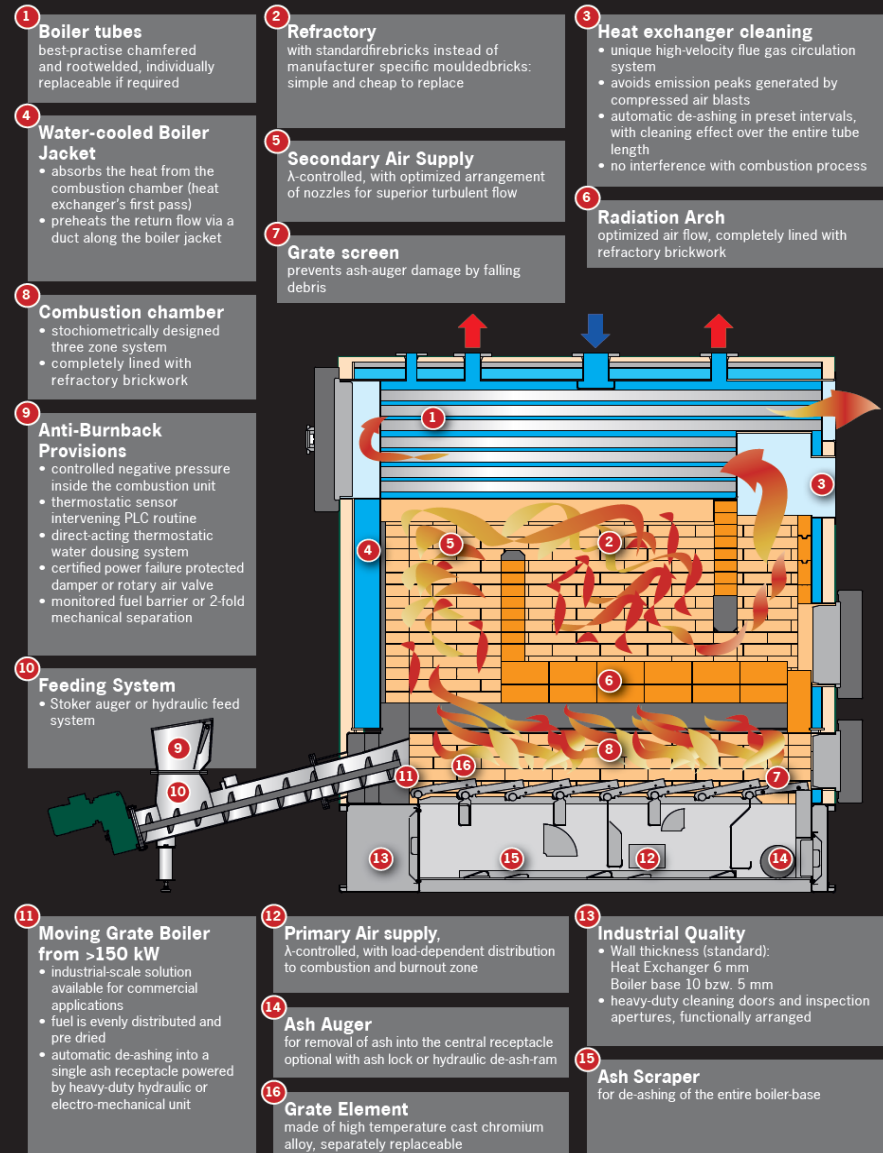
- 後端防治設備有三合一設備(旋風集塵器、袋式集塵器、水洗塔)者:可直接轉換使用
- 採用多管旋風集塵器串接兩座水洗塔者:可考量增加水洗塔除塵效益以符合粒狀物排放標準。



二、移動床式鍋爐使用生質燃料方式

➔ 選用鍋爐需依燃料特性考量

- 進料系統須避免架橋並能依不同燃料型態穩定供應。
- 材質需抗腐蝕。
- 燃燒室設計需有足夠燃燒時間。
- 容易維修保養清灰。



二、移動床式鍋爐使用生質燃料方式

案例一：矽酸鈣板製造業蒸汽鍋爐使用生質燃料

項目 排放管道編號 (燃料)	單位	106年木顆粒試驗計畫				106/8	107/3	108/3	排放 標準
		A501	A502	A503	P501	P501 (PKS)	P501 (木顆粒)	P501 (廢木材)	
粒狀污染物	mg/Nm ³	637	341	66	41	3	7	7	30
硫氧化物	ppm	-	-	-	19	7	6	5	50
氮氧化物	ppm	-	-	-	83	59	52	43	100
一氧化碳	ppm	-	-	-	N.D	N.D	N.D	-	-
氯化氫	ppm	-	-	2.9	2.3	-	-	-	80
PM _{2.5}	mg/Nm ³	-	-	-	26	-	-	-	-
CPM _{2.5}	mg/Nm ³	-	-	-	14	-	-	-	-
FPM _{2.5}	mg/Nm ³	-	-	-	12	-	-	-	-
戴奧辛	ng- TEQ/Nm ³	-	-	-	0.003	-	-	-	0.5
鉛	mg/Nm ³	-	-	-	N.D.	-	-	-	10
鎘	mg/Nm ³	-	-	-	N.D.	-	-	-	1.0
汞	mg/Nm ³	-	-	-	N.D.	-	-	-	-

- ✓ N.D.：表示未檢出(Non-detected);“-”為未檢測或無標準
- ✓ 總細懸浮微粒(Fine Particulate Matter, PM_{2.5}) = FPM_{2.5} + CPM_{2.5}
- ✓ FPM_{2.5}: 可過濾性細懸浮微粒(Filterable Particulate Matter)
- ✓ CPM_{2.5}: 可凝結性細懸浮微粒(Condensable Particulate Matter)
- ✓ 後端污染防治設備：旋風集塵器、袋式集塵器、水洗塔各1座
- ✓ 定檢之檢測公司：台旭環科中心檢驗室、佶川環境科技有限公司

二、移動床式鍋爐使用生質燃料方式

案例二:鏈條床式蒸汽鍋爐使用生質燃料取代燃煤(染整業)

項目	單位	107年4月木顆粒試驗計畫			108/3	108/11	109/3	排放標準
		P601 (木顆粒)	A601 入口前端 (煤碳)	P601 (煤碳)	P601 (煤碳)	P601 (木顆粒)	P601 (煤碳)	
排放管道編號 (燃料)								
粒狀污染物	mg/Nm ³	18	1,030	10	7	8	5	30
硫氧化物	ppm	5	68	29	73	8	110	50
氮氧化物	ppm	85	144	115	136	61	148	100
鉛	mg/Nm ³	0.00186	-	-	-	-	-	10
鎘	mg/Nm ³	0.00152	-	-	-	-	-	1
汞	g/S	0.00001	-	-	-	-	-	0.000129

- ✓ 後端污染防治設備：旋風集塵器、袋式集塵器、水洗塔各1座
- ✓ 定檢之檢測公司：輝揚環境檢測公司

二、移動床式鍋爐使用生質燃料方式

案例三：染整業蒸汽鍋爐使用生質燃料取代燃煤

項目 排放管道編號 (燃料)	單位	108年8月木顆粒試驗計畫			109/2	109/11	110/1	排放標準
		A501前端 (木顆粒)	P501 (木顆粒)	P501 (煤碳)	P501 (煤碳)	P501 (廢木材)	P501 (煤碳)	
粒狀污染物	mg/Nm ³	620	40	72	96	42	63	30
硫氧化物	ppm	11	4	55	116	1.9	205	50
氮氧化物	ppm	100	82	188	283	156	176	100
鉛	mg/Nm ³	-	0.1369	-	-	-	-	10
鎘	mg/Nm ³	-	N.D	-	-	-	-	1
汞	g/S	-	0.0000372	-	-	-	-	0.000129
戴奧辛	ng- TEQ/Nm ³	-	0.013	-	-	-	-	1.0

- ✓ 後端污染防制設備：如後圖
- ✓ 定檢之檢測公司：精準環境檢驗室、安美謙德環保公司

二、移動床式鍋爐使用生質燃料方式

案例四：化學原料製造業蒸汽鍋爐 使用生質燃料取代燃煤

項目	單位	108/10	109/11 試車檢測	排放 標準
排放管道 編號 (燃料)		P801 (煤碳)	P801 (木顆粒)	
粒狀污染物	mg/Nm ³	13	2	30
硫氧化物	ppm	2	N.D. (< 7)	50
氮氧化物	ppm	133	65	100

後端污染防制設備：旋風集塵器、袋式集塵器、水洗塔各1座

檢測公司：佶川環境科技有限公司、台旭環科中心檢驗室

案例五：塑膠品製造業蒸汽鍋爐 使用生質燃料取代燃煤

項目	單位	108/2	109/10 試車檢測	排放 標準
排放管道 編號 (燃料)		P301 (煤碳)	P301 (木顆粒)	
粒狀污染物	mg/N m ³	18	0.5	30
硫氧化物	ppm	34	1	50
氮氧化物	ppm	141	58	100

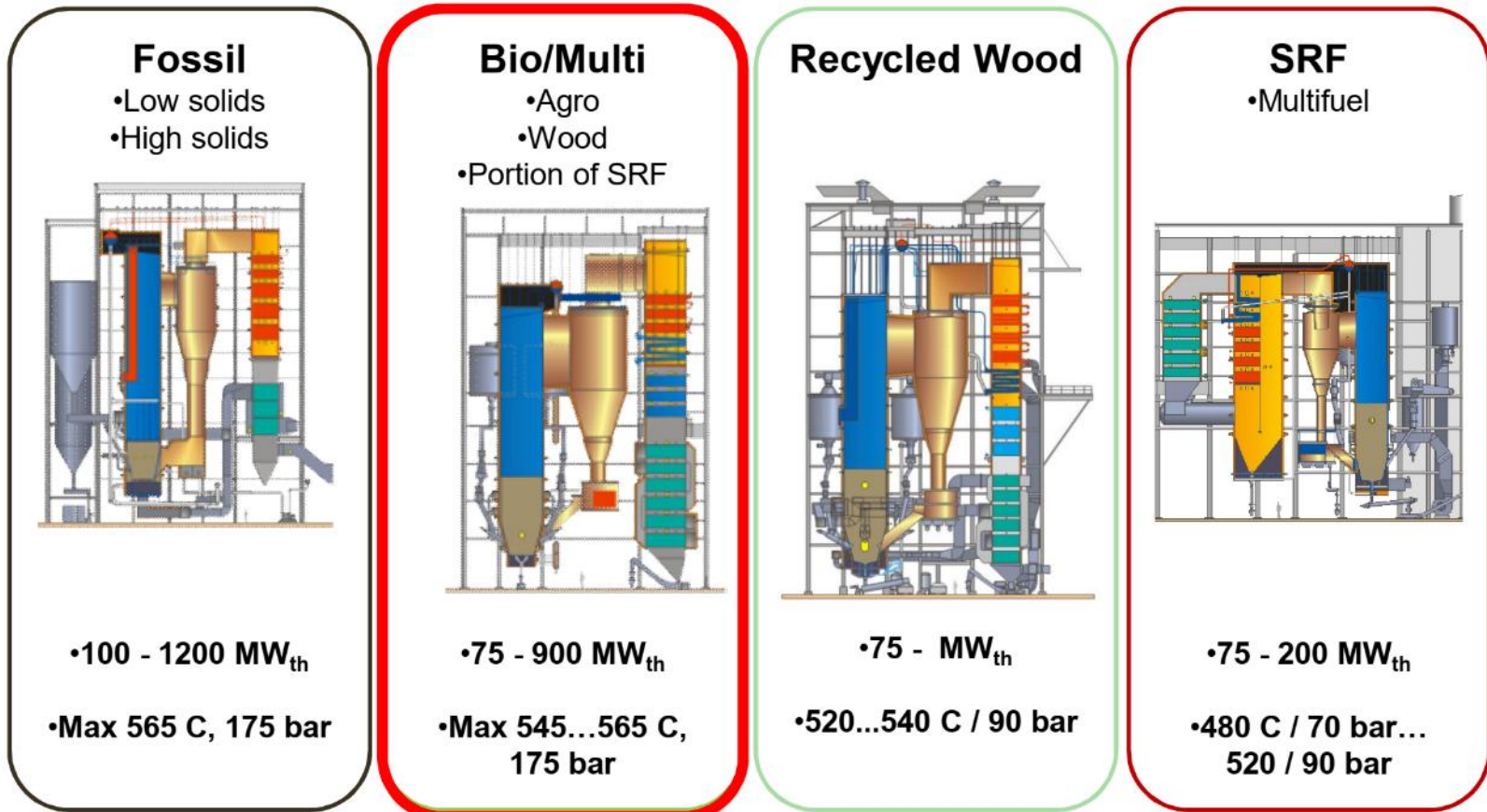
後端污染防制設備：旋風集塵器、袋式集塵器、水洗塔各1座

檢測公司：安美謙德環保公司、精準環境檢驗室

流體化床式鍋爐使用替代燃料方式

➔ 高揮發份替代燃料可於流體化床式鍋爐與燃煤混燒使用

Valmet 



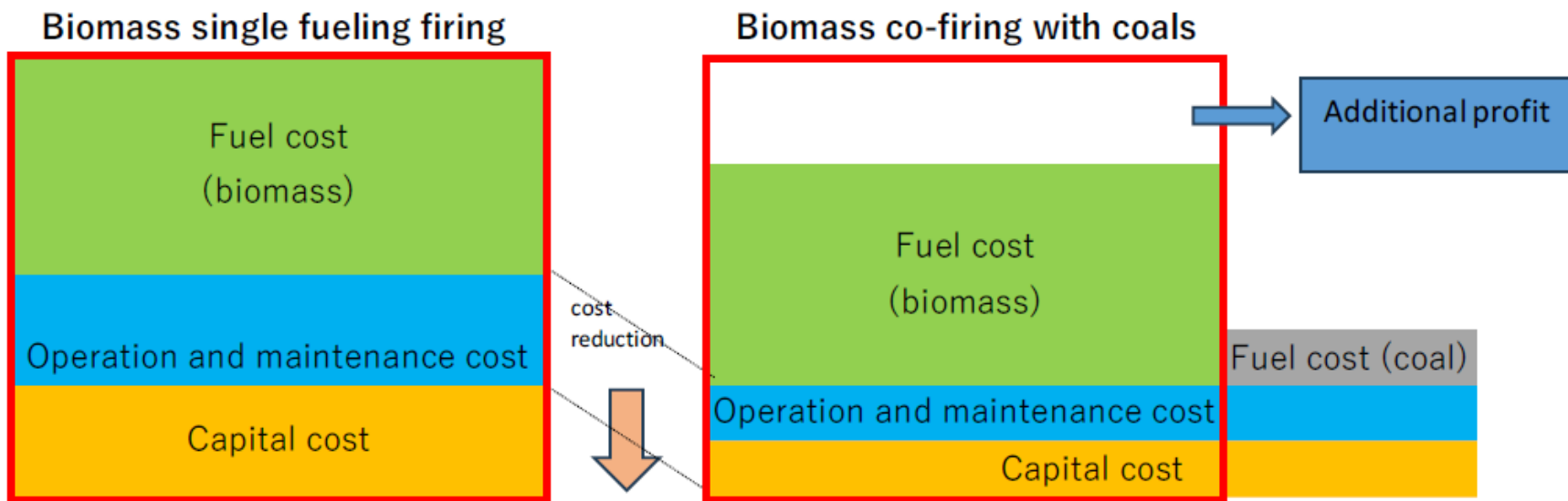
Source: Valmet, 2016)

內容綱要

- ➔ 前言
- ➔ 燃煤鍋爐減煤關鍵議題
- ➔ 鍋爐型式與選擇
- ➔ 燃料種類與供應
- ➔ 既有燃煤鍋爐使用替代燃料改裝方式
 - 粉煤鍋爐
 - 鏈排式燃煤鍋爐
 - 流體化床式鍋爐
- ➔ 結論與建議

結論

- ➡ 燃煤鍋爐減煤規劃首要考量為替代燃料之供應量。規劃前期應先針對燃料來源詳細調查，以確保能源供應之穩定度。
- ➡ 考量燃料供應、投資效益、燃料價格、灰渣去化/再利用、煙氣排放品質等因素，大型鍋爐粉煤與流體化床式採用混燒為最適之模式。
- ➡ 中小型鍋爐採用全轉化生質燃料鍋爐為較佳選擇。





THE END



www.twbiomass.org.tw

Website



LINE QR code

內政部台內團字第1050030371號核准立案

聯絡我們

 (02)2368-9567

 twbiomass2017@gmail.com

 10673 臺北市大安區基隆路三段130號312室