

出國報告（出國類別：考察及會議）

日本低 NO_x 排放、高能源效率鍋爐之技術、分級管制經驗與技術交流

服務機關：環境部

姓名職稱：江勝偉科長、
戴鴻勳薦任技士

赴派國家：日本

報告日期：113 年 9 月 18 日

出國時間：113 年 7 月 9 日至 7 月 13 日

目 錄

頁 次

第一章 前言	5
第二章 參訪行程及內容	6
第三章 考察內容重點整理	8
3.1 參訪廣島竹原生質能電廠	8
3.2 拜訪東京都環境局環境改善部	15
3.3 「日本三浦工業株式會社 65 周年鍋爐技術展示會」	26
第四章 心得與建議	33
4.1 心得	33
4.2 建議	34

表 目 錄

	頁 次
表 2-1、本次參訪行程及內容	7
表 3-1、竹原火力電廠發電機組	9
表 3-2、國內外空氣污染與能源效率管制架構	15
表 3-3、NO _x 認證標準	17
表 3-4、能源效率認證標準	17
表 3-5、鍋爐粒狀污染物及 NO _x 排放標準	21
表 3-6、東京都鍋爐 NO _x 排放標準	22
表 3-7、日本與臺灣的鍋爐排放標準比較	22

圖 目 錄

頁 次

圖 3-1、竹原火力發電廠新 1 號、3 號機組全景	8
圖 3-2、廣島竹原 J-POWER 電廠簡介電廠設備與生質能使用策略參訪	9
圖 3-3、竹原電廠木顆粒採樣	10
圖 3-4、竹原電廠木顆粒運輸現場	11
圖 3-5、竹原電廠木顆粒進料現場	11
圖 3-6、竹原電廠木顆粒進料後輸送入廠內管道之情況	11
圖 3-7、竹原電廠木顆粒經過粉碎後之粉末情況	12
圖 3-8、竹原電廠木顆粒運輸管道與廠內情況	13
圖 3-9、竹原電廠 1 號機組發電機	13
圖 3-10、東京都環境局參訪	16
圖 3-11、東京都低 NOX・低 CO ₂ 小規模燃燒機器認證標章	18
圖 3-12、低污染鍋爐認證申請時間序問題	19
圖 3-13、東京都加嚴標準 1 類與 2 類區域區分	24
圖 3-14、「日本三浦工業株式會社 65 周年鍋爐技術展示會」參訪	27
圖 3-15、日本未來能源部局研發方向	28
圖 3-16、氫氣燃燒鍋爐實廠應用案例	28
圖 3-17、氫氣燃燒研究	29
圖 3-18、氫氣混燒研究	30
圖 3-19、氫重組氣燃燒研究	31
圖 3-20、能源回收導入壓縮機再利用技術	32

第一章 前言

因應 2050 淨零排放與第二期空氣污染防制方案需求，整合空氣污染減量與淨零排放策略方向為未來管制趨勢，固定污染源中鍋爐屬空氣污染與碳重要排放源。同時在我國鍋爐亦為固定污染源排放空氣污染物的重要來源，其產生的硫氧化物(Sulfur oxides, SO_x)和氮氧化物(Nitrogen oxides, NO_x)皆約占總排放量的一成。為了減少空氣污染排放，依據空氣污染防制法(Air Pollution Control Act)從 2018 年起針對鍋爐提出一系列改善策略，包括設立鍋爐空氣污染物排放標準(Boiler Air pollution Emissions Standards)與污染嚴重的區域鍋爐需符合的固定污染源最佳可行控制技術(Stationary Best Available Control Technology, BACT)、推動改造或汰換鍋爐補助辦法(Oil-boiler Replacement Subsidy Regulations)等，近年已於空氣污染減量上有減量成效。隨著淨零排放的需求越來越重要，鍋爐也因為重要的碳排放源而備受關注，研究統計顯示我國燃料燃燒碳排放約占總排放量 65.4%，鍋爐占燃燒設備的 42%。

為了達到淨零排放目的，本次參訪從鍋爐的污染源頭(燃料)到後端排放(排放管制)，從其燃料面、管制面以及技術面出發。燃料面上本次參訪廣島竹原 J-power 火力發電廠，了解該電廠如何使用生質燃料和煤炭進行發電，與討論燃料改變的可行性等議題；管理面上，拜會東京都環境局環境改善部與大氣保全課，了解東京都環境局對於大氣污染管制的法規與策略，並針對固定污染源鍋爐管制的議題討論交流；技術面上本次參觀了日本三浦工業株式會社辦理的 65 周年鍋爐技術展示會，從業者的角度了解現行最新技術的鍋爐，包含氫氣鍋爐、氨氣鍋爐和混燒應用案例等研究。

本次參訪經驗提供我國日本於固定污染源與鍋爐管制在燃料面、策略面與技術面的工作方式和執行經驗參考，有助於我國後續制定的相關法規與策略。

第二章 參訪行程及內容

本次出國期程為 113 年 7 月 9 日至 7 月 13 日，主要行程內容包括參訪廣島縣竹原火力發電廠、拜訪環境部東京環保局與參觀日本三浦工業 65 周年鍋爐技術展示會，行程表詳如表 2-1，說明如下：

- 一、參訪廣島竹原 J-power 火力發電廠，實廠了解電廠混燒生質燃料與煤炭之情況。其新的 1 號機組同時使用生質燃料與煤炭進行發電，五個燃燒器中有一個使用生質燃料，生質燃料的重量使用比例也達到十分之一，並搭配完善的空氣污染處理設備，控制空氣污染排放。
- 二、拜訪東京都環境局(該局負責有關東京都鍋爐管制法規訂定及策略規劃工作)了解東京都環境局設立低 NO_x・低 CO₂ 小規模燃燒機器認證標章、東京都大氣加嚴標準以及因應低碳轉型潛在空氣污染增量對策等管制措施。
- 三、參觀日本三浦工業株式會社 65 周年鍋爐技術展示會，三浦鍋爐集團從 1959 年創立始，便致力於製造低環境負荷高效率鍋爐，並以低 NO_x 排放高效能鍋爐製造技術取得日本東京都環境部設置之低 NO_x・低 CO₂ 小規模燃燒機器認證標章。因應日本淨零排放目標，三浦鍋爐於 2017 年開始開發然氫氣鍋爐並以 2022 年所推出最新一代的氫氣鍋爐獲得低 NO_x・低 CO₂ 小規模燃燒設備認證 HH 標章，近年與國內廠商業者合作，推動氫氣鍋爐實廠使用試驗。本次於 113 年 6 月 25 日參訪臺灣三浦鍋爐業者和 113 年 7 月 12 日參訪日本三浦鍋爐技術展示會，並針對低 NO_x 燃燒和氫氣鍋爐技術與業者進行交流。

表 2-1、本次參訪行程及內容

日期			地點		行程	工作內容
月	日	週	起	訖		
7	9	二	台北	廣島	啟程前往(日本廣島)	
7	10	三	-	-	參訪廣島竹原生質能電廠	參訪及討論會議
			廣島	東京	啟程前往(日本東京)	
7	11	四	-	-	拜訪東京都環境局 環境改善部	討論會議
7	12	五	-	-	東京鍋爐技術展示會—連結未來	參訪及參與設備技術發表會議
7	13	六	東京	台北	回程、返抵臺灣	

第三章 考察內容重點整理

3.1 參訪廣島竹原生質能電廠

參訪廣島竹原 J-power 火力發電廠，由所長中村鄉平先生與國際營業部上席課長藤田淳也先生帶領，實廠(如圖 3-1)了解電廠混燒生質燃料與煤炭之情況，其新的 1 號機組同時使用生質燃料與煤炭進行發電。



圖 3-1、竹原火力發電廠新 1 號、3 號機組全景

一、竹原火力發電廠簡介

竹原火力發電廠由 1967 年建立了 1 號機組，主以煤作為燃料，而 1974 年則建立了 2 號機組，以煤作為燃料。燃煤的 3 號機組則於 1983 年建立，主要的原料來源於海外。

近年為了減少每單位燃燒產生的二氧化碳(carbon dioxide, CO₂)以及提高能源的使用效率，1 號機組於 2014 年改建為新機組，並於 2020 年完工 2022 年啟用。新的 1 號機組為大型煤粉與木顆粒混燒機組，裝置容量為 600MW，除了可以減少煤的使用量外亦同時降低了 CO₂ 的排放。各機組的基本資料如表 3-1。

表 3-1、竹原火力電廠發電機組

	新 1 號機	舊 1 號機	舊 2 號機	3 號機
輸出	60 萬 kW	25 萬 kW	35 萬 kW	70 萬 kW
運轉年	2020 年 6 月	1967 年 7 月 2018 年 4 月除役	1974 年 6 月 2019 年 6 月除役	1983 年 3 月
發電方式	超超臨界 煤粉發電	亞臨界 煤粉發電	亞臨界 流體化床熱電	超臨界 微粉炭火力
主蒸汽溫度	600°C	566°C	566°C	538°C
再熱蒸汽溫度	630°C	538°C	538°C	538°C
主蒸汽壓力	27 兆帕	169 kg/cm ²	169 kg/cm ²	246 kg/cm ²
主燃料	煤炭 +生質燃料	煤炭	煤炭	煤炭
發電效率 (LHV)	約 48%	約 41%	約 38%	約 43%



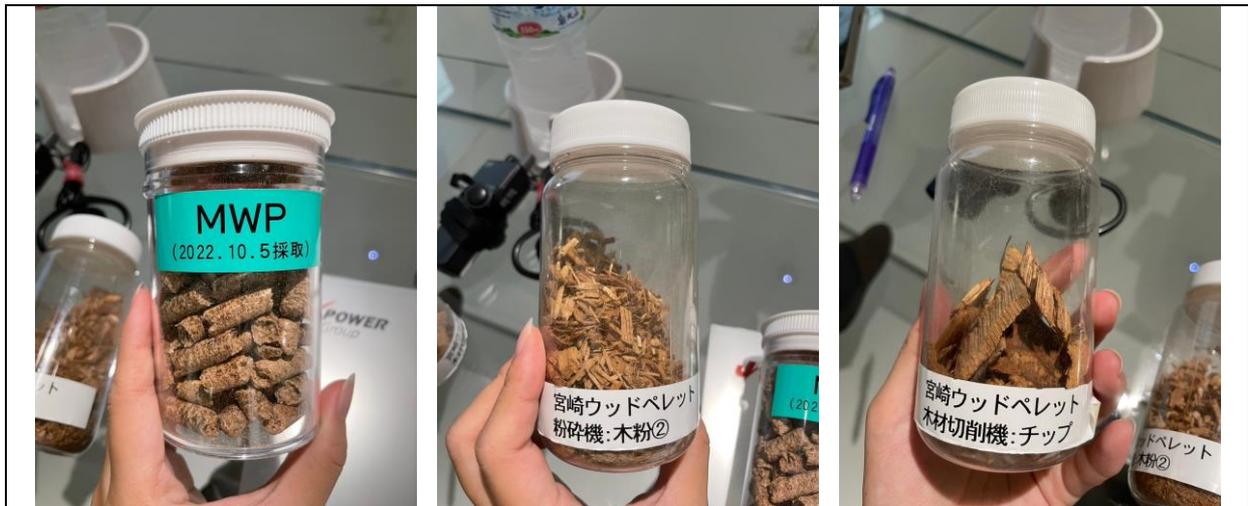
資料來源：本次參訪拍攝。

圖 3-2、廣島竹原 J-power 電廠簡介電廠設備與生質能使用策略參訪

二、實廠參訪

(一) 燃料使用管理

竹原火力發電廠的木顆粒生質燃料來源自日本本地的宮崎縣以及東南亞進口，木顆粒主要來自於雪松、柏以及相思樹等屬的喬木，有造粒狀也有木粉的類型(如圖 3-3)，多數的木顆粒寬度大約介於 6-10mm，長度大約介於 5-40mm，木顆粒先由破碎機中進行破碎，再經過研磨之後，由管道輸送進鍋爐進行燃燒。



資料來源：本次參訪拍攝。

圖 3-3、竹原電廠木顆粒採樣

實地參訪廣島竹原電廠新的 1 號機組設備，從其燃料的運輸、進料到燃燒，廠內幾乎無粒狀污染物逸散情況。生質燃料木顆粒的運輸車輛之車體為箱型密閉(如圖 3-4)，入料時傾倒的角度搭配三面圍封的空間與進料斗上的塑膠簾幕等設備(圖 3-5)，使木顆粒的運輸到進料幾乎無粒狀污染物逸散情況，且可觀察到連運輸車的車體、輪胎上，也幾乎無粉塵沾染。



資料來源：本次參訪拍攝。

圖 3-4、竹原電廠木顆粒運輸現場



資料來源：本次參訪拍攝。

圖 3-5、竹原電廠木顆粒進料現場

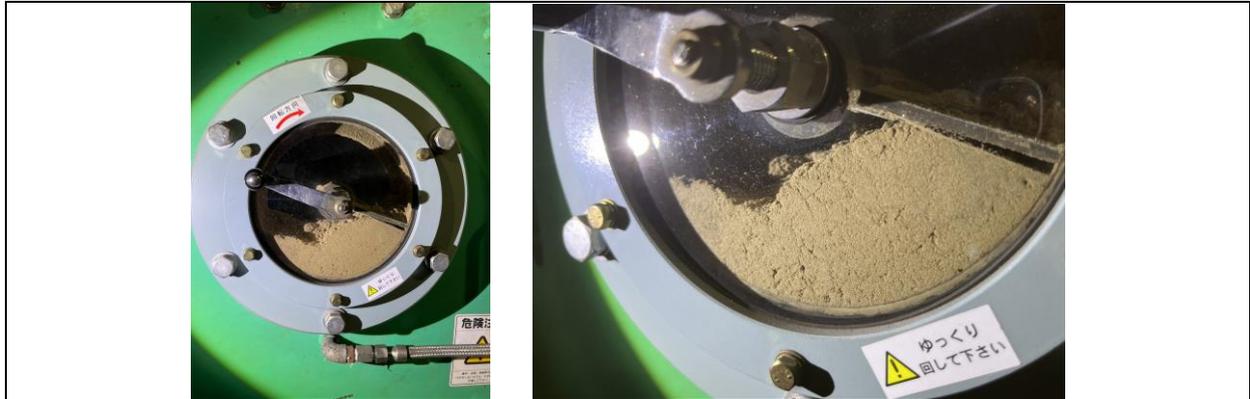
燃料會以密閉的管道輸送入廠內(如圖 3-6),從廠外到廠內的輸送道都有做好萬全的密閉,也會搭配定期的檢查,確保管道沒有洩漏的疑慮,將粒狀污染物逸散的情況降到最低。



資料來源：本次參訪拍攝。

圖 3-6、竹原電廠木顆粒進料後輸送入廠內管道之情況

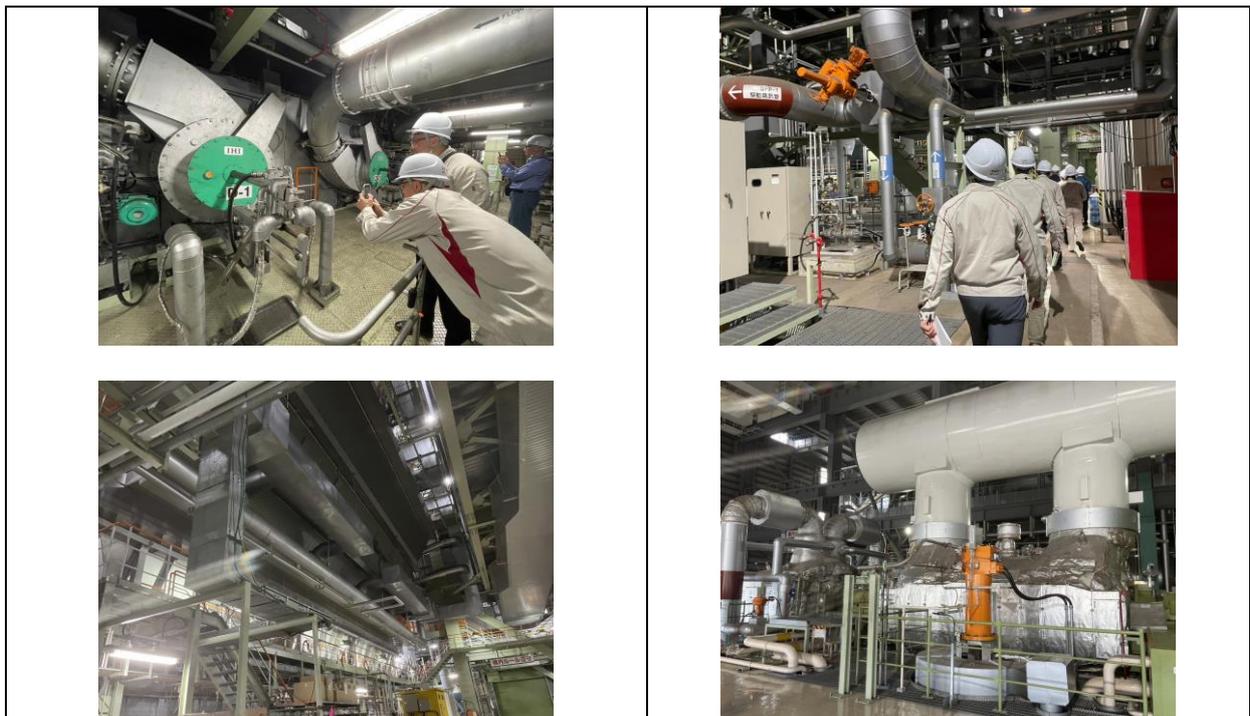
在燃料送入電廠內後，其廠內的輸送、研磨破碎(如圖 3-7)，磨碎成粉狀之後，再投入鍋爐推動渦輪進行發電，這所有的過程，皆會以以密閉的管道方式進行。



資料來源：本次參訪拍攝。

圖 3-7、竹原電廠木顆粒經過粉碎後之粉末情況

竹原火力發電廠的廠內整體管道系統規劃完善，各污染源都會以輸送管連結，並且確保管道完善密閉，大幅減少廠內的粒狀物逸散。從圖 3-8 可見廠內幾乎沒有粉塵或粒狀污染物逸散的情況。



資料來源：本次參訪拍攝。

圖 3-8、竹原電廠木顆粒運輸管道與廠內情況

(二) 發電機設備

新的 1 號機組使用超超臨界鍋爐技術(Ultra-supercritical pressure, USC)，操作時的蒸氣溫度最高可達 630°C，最高的操作壓力達到 30.7MPa，發電效率達到約 48%(低位發熱值)，此為世界上發電效率最高的煤粉燃燒發電鍋爐。混燒比例中約 10%的木顆粒升值燃料，其主要來源為海外和日本生產。燃料的改變約可以降低 8%的 CO₂ 排放量。排放後的飛灰會用於水泥製造等方面的材料。



資料來源：本次參訪拍攝。

圖 3-9、竹原電廠 1 號機組發電機

(三) 空氣污染防制設備

除了燃燒設備升級、燃料改變外，新的 1 號機組亦裝設了充足的空氣污染防制設備，包括排氣脫氮(Exhaust gas denitrizer)、靜電集塵器(Electrostatic precipitator, ESP)、乾式煙道脫硫設備(dry type flue-gas desulfurization equipment)等。燃燒後所產生的廢氣會通過前述的三項防制設備後，才會從管道排出。根據竹原電廠提供的數據，替換新 1 號機組後，其空氣污染物和 CO₂ 排放都有大幅改善，與舊的 1 號機組相比硫氧化物(sulfur oxides, SO_x)下降 86%、氮氧化物(Nitrogen oxides, NO_x)降下 71%、煙塵(soot and dust)下降 67% 與 CO₂ 下降了 25%。而防制設備產生灰分等，後續也會應用於肥料、地面鋪設等材料。

(四) 空氣污染物排放濃度

實廠參訪的過程參觀竹原火力發電廠的中控室，中控室有即時的濃度監測系統¹，

¹ 因資料保密考量，竹原火力發電廠方不允許拍攝中控室資料，故未有相關的影像紀錄。

從中控室監測結果也可見其 NO_x 濃度低於 2 ppm、SO₂ 濃度低於 8 ppm。

3.2 拜訪東京都環境局環境改善部

東京都環境局位於東京都新宿區，其下設有總務部、氣候變遷對應部、環境改善部、自然環境部、資源循環推進部、多摩環境事務所、廢棄物掩埋場管理事務所等部門，其中環境改善部之大氣保全課負責執行大氣污染防治法對應策略、低 NO_x・低 CO₂ 小規模燃燒設備認證之審查與推廣、石綿管理、空氣污染監測設備、空氣污染地圖資訊公開、噪音與震動管理等工作。

我國現行對於鍋爐的管制是將空氣污染排放與能源效率分屬不同單位管理，空氣污染排放的主管單位為環境部，規範了鍋爐燃料使用、設備操作與污染排放等；而能源效率管理面上則由經濟部負責，其以法規規範鍋爐的能源效率、規格等。然而參考國際間鍋爐管制趨勢，蒐集到美國、日本於鍋爐污染排放和能源效率的管制方式，相較於我國分開管理，日本和美國皆有整合能源效率與污染排放的管理方式，詳如表 3-2。日本東京都以低 NO_x・低 CO₂ 小規模燃燒設備認證制度的方式，鼓勵鍋爐製造廠生產高效能、低污染的設備，帶動產業發展、提高環境效益的做法，值得我國學習。因此，本次參訪針對鍋爐認證、管制的經驗提出討論。

表 3-2、國內外空氣污染與能源效率管制架構

國家	空污與能源效率	主管機關	管制措施	管制對象
我國	分別管理	<u>環境部</u>	<u>鍋爐空氣污染物排放標準</u>	所有鍋爐
		<u>經濟部</u>	<u>鍋爐效率標準</u>	以油、氣為燃料之蒸氣鍋爐(不含貫流式鍋爐)
日本東京	整合管理	東京都環境局	<u>低 NO_x 低 CO₂ 小規模燃燒設備認證制度(低 NO_x・低 CO₂ 小規模燃燒機器認定制度)</u> 訂定超低 NO _x 、低 NO _x 之濃度標準以及超高效率、超效率之能源效率標準，再依符合情況發給不同等級的認證標章(AA、A、HH、H)	使用氣體燃料、液體燃料的小規模燃燒設備(包含蒸氣鍋爐、溫水鍋爐、燃氣熱泵(GHP)、發電設施)
美國	整合管理	環保署	<u>單位熱值輸出熱值排放標準</u> 規範每單位能源(輸出熱值)的污染物排放量作為單位	鍋爐、渦輪、引擎

近期我國為推行空氣污染與溫室氣體的共利減量與空氣污染排放濃度檢討，而拜會東京都環境局環境改善部。與大氣保全課課長名取雄太先生、課長代理木村祐紀先生、課長代理足立智子女士、主任藤島明日香女士以及計畫課計畫擔當統括課長代理長井彰吾先生、主任古川理惠女士進行交流。從交流中了解東京都現行鍋爐污染排放情況與管制策略發展歷程，針對其設立之低 NO_x·低 CO₂ 小型鍋爐燃燒設備認證、區域加嚴排放標準與未來淨零排放策略等議題請益(如圖 3-10)。



3.2.1 低 NO_x/低 CO₂ 小型燃燒設備認證

為了促進空氣污染減量與減緩全球暖化，東京都環境局推動不受排放標準約束的中小型鍋爐/燃燒設備的低 NO_x 低 CO₂ 小型燃燒設備認證 (low-NO_x/low-CO₂ Small-scale combustion equipment certification)，並為認證訂定 NO_x 濃度與能源效率標準。為鼓勵產業技術發展、提高行政效能，1989 年東京都針對瓦斯熱泵空調 (gas heat pump, GHP)、發電設施 (combined

heat and power, CHP)與其他加熱設備(包含：蒸氣鍋爐、熱水加熱器、冷熱加熱水器、熱水鍋爐、預停式熱水器)等小型設備，擬定優於東京都 NOx 加嚴排放標準可取得低 NOx 排放的設備認證規範，該規範中也將低 CO₂(高能源效率)納入認證，認證之規範類型 NOx 濃度標準(如表 3)及能源效率標準(如表 3-3)。

表 3-3、NOx 認證標準

燃燒設備類型		氣體燃料		液體燃料	
		超低 NOx	低 NOx	超低 NOx	低 NOx
蒸氣鍋爐		40 ppm 以下	50 ppm 以下	60 ppm 以下	70 ppm 以下
熱水鍋爐		40 ppm 以下	50 ppm 以下	60 ppm 以下	70 ppm 以下
熱水加熱器		40 ppm 以下	50 ppm 以下	60 ppm 以下	70 ppm 以下
冷熱水加熱器		40 ppm 以下	50 ppm 以下	60 ppm 以下	70 ppm 以下
熱水器		50 ppm 以下	60 ppm 以下	-	-
瓦斯熱泵 空調	熱輸出 45 kW 以上	80 ppm 以下	90 ppm 以下	-	-
	熱輸出未達 45 kW	80 ppm 以下	100 ppm 以下	-	-
汽電共生機組		-	150 ppm 以下	-	-

資料來源：東京都環境局(2023)，低 NOx・低 CO₂ 小規模燃燒機器認定制度について，認定基準。
https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/air/air_pollution/torikumi/nox_co2/recognition_standard.html

表 3-4、能源效率認證標準

燃燒設備種類		效率	
		超高效率	高效率
蒸氣鍋爐 (鍋爐效率)	導熱面積 5 m ² 以上	97% 以上(氣體燃料) 96% 以上(液體燃料)	90% 以上
	導熱面積未滿 5 m ²	95% 以上	90% 以上(氣體燃料) 89% 以上(液體燃料)
熱水鍋爐(熱效率)		93% 以上	88% 以上
熱水器		95% 以上	90% 以上
熱水加熱器		95% 以上	88% 以上
冷熱水加熱器 (性能係數) ⁽¹⁾	熱輸出 352 kW 以上	1.4 以上	1.2 以上
	熱輸出未滿 352 kW	1.3 以上	1.1 以上
瓦斯熱泵空調 (週期性能係數)	熱輸出大於 56 kW	1.88 以上	1.70 以上
	熱輸出 45-56 kW	1.80 以上	1.59 以上
	熱輸出 35.5-45 kW	1.64 以上	1.46 以上

燃燒設備種類		效率	
		超高效率	高效率
	熱輸出 28-35.5 kW	1.38 以上	1.27 以上
	熱輸出小於 28 kW	1.23 以上	1.12 以上
汽電共生機組		-	85% 以上

備註：

(1) 性能係數為系統提供的能量(Q)/系統需要外界提供的能量(W)

資料來源：東京都環境局(2023)，低 NOx・低 CO₂ 小規模燃燒機器認定制度について，認定基準。

https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/air/air_pollution/torikumi/nox_co2/recognition_standard.html

不同的鍋爐類別、不同的燃料使用會有不同的認證規範，以達到認證標準的程度，並分為四種不同的等級認證(如圖 3-11)，自左上起順時針分述如下：

- (1) AA 級：NOx 排放達「超低 NOx」標準，能源效率達「超高效率」標準。
- (2) A 級：NOx 排放達「低 NOx」標準，能源效率達「高效率」標準。
- (3) HH 級：NOx 排放達「超低 NOx」標準的氫燃料蒸氣鍋爐或熱水鍋爐。
- (4) H 級：NOx 排放達「低 NOx」標準氫燃料蒸氣鍋爐或熱水鍋爐(HH 級除外)。



資料來源：日本環境省(2023)。低 NOx 型燃燒機器普及促進のための様々な取組。
<https://www.env.go.jp/air/osen/shokibo/05.html>。

圖 3-11、東京都低 NOx・低 CO₂ 小規模燃燒機器認證標章

(一) 認證標章制度設計

標章並非針對所有種類的鍋爐進行設置，僅挑選小型燃氣鍋爐以及小型燃液鍋爐設置認證標章的標準。為理解日本對於低污染高效能鍋爐認證標章制度設計上的考量，擇定制度設計相關問題，與日方回應收錄如下：

1. 過去在訂定認定基準時，超低 NOx、低 NOx 的濃度標準數值是如何擇定的？
例如是否參考既存(使用中)鍋爐的排放資料，或與鍋爐製造業者進行討論？

東京都環境局回應：當初在制定 NOx 排放濃度標準時，考慮原有的排放標準以此為基準，訂定低污染鍋爐認證使用的「低 NOx」的濃度標準。經過一段時間後，逐漸有符合標準或比標準更低的鍋爐燃燒設備推出後，再進一步推行「超低 NOx」的濃度標準。

2. 是否有規定只有近幾年的新型號鍋爐，或是尚未發售的鍋爐型號才可以申請？
(幾十年前的舊型號鍋爐，是否有申請資格？)

東京都環境局回應：太舊的鍋爐型號不能申請此認證，但多數鍋爐製造業者，通常會在販售新型號的鍋爐之前就提出認證申請，所以不會出現這樣的問題。

3. 是否曾經出現過已經使用中的鍋爐型號，而後製造商才申請到了低 NOx 低 CO₂ 認證標章的情形？(如圖 3-12)。如此，此座既存鍋爐是否會同時取得認證？

東京都環境局回應：此情況下，已販售的既存鍋爐無法取得認證。但日本大多數鍋爐製造業者，通常會在販售新型號的鍋爐之前就提出認證申請，所以不會出現這樣的問題。

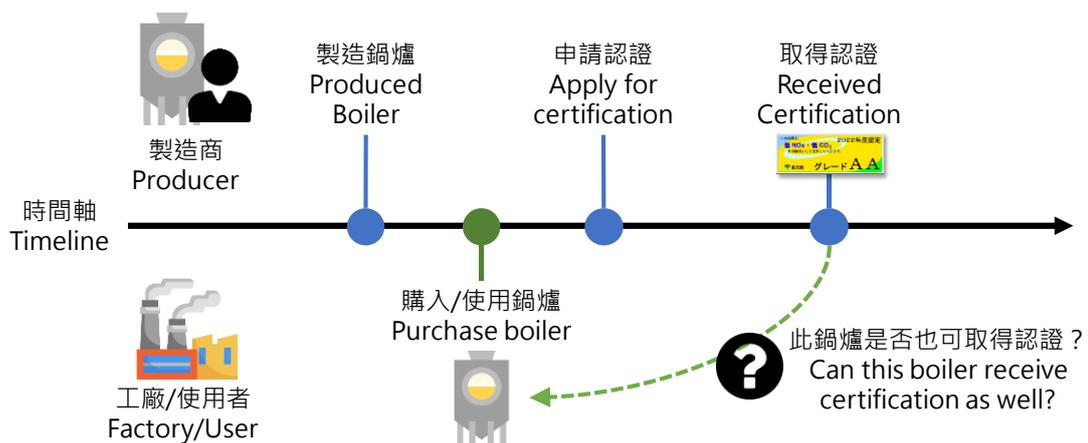


圖 3-12、低污染鍋爐認證申請時間序問題

(二) 認證標章核發後續管理

低污染高效能的鍋爐認證標章推行後，因應其推動亦有相對應的配套與管理措施，相較於我國其他類似的制度執行經驗，綜合未來推行認證後

可能出現的管理情況擬定問題，藉由本次參訪機會請教日方對於認證標章後續管理的作法，相關問題與其回應收錄如下：

1. 我國針對低空氣污染排放的施工機具(例如：挖土機、起重機、壓路機…)也有類似的認證制度，即施工機具清潔排放自主管理標章，在達到標章年限後使用者需要重新提出符合排放標準的證明(例如：檢測報告)以再度申請認證。但據了解，東京都的低 NO_x 低 CO₂ 認證標章沒有設定有效期限，是否會擔心使用時間愈長而有排放濃度超標的風險？或是，已認證的鍋爐後續如何持續監督？(例如：定期濃度檢測、突襲性查核檢測、匯報操作條件)

東京都環境局回應：低 NO_x · 低 CO₂ 小規模燃燒設備認證並沒有設立有效期限。考量到認定經過了充足的檢測與檢驗，確保其品質。另外為了確保認證的可信度與有效性，管理單位也會定期調查取得認證的設備數量(東京和日本全國都會)，也會進行實地的考察。

2. 若已取得認證的鍋爐有排放濃度高於認證標章的 NO_x 認定基準的情況，是否會撤銷鍋爐的認證或申請稅務減免的優惠？

東京都環境局回應：和前項問題相同，因為設備有經過充足的檢測，正常的操作下，理應不會有超標得風險。現行還未有任何超標得例子出現，但如果真的有這樣的情況，那認證有機會被取消。

(二) 認證標章核發建立經驗交流

低污染高效能的鍋爐認證標章制度建立，涉及多方團體及單位，各管理單位關注的角度也不盡相同，本次參訪就後續推行可能面臨的跨單位整合問題，請教日本其推行經驗，相關問題與其回應收錄如下：

1. 低 NO_x 低 CO₂ 認證的認定除了要符合 NO_x 認定基準外，也須符合能源效率認定基準，這兩項認定基準應該是涉及到跨部門的討論和合作，訂定能源效率標準時，是否有遇到跨部門合作上的困難？若臺灣要參考東京都的做法推動鍋爐認證政策，是否有甚麼經驗值得臺灣參考？

東京都環境局回應：當初 15 年前剛推出低 NO_x · 低 CO₂ 小規模燃燒設備認證時，經過涉及之利益團體與主管機關充分的開會協商，獲得足夠的共識後，再推動此認證。雖然若推動相關的認證，未來建立過程中困難可期，但必要的關

鍵為獲得相關利益團體（包括鍋爐製造商、鍋爐使用者等方面）充分溝通與討論。

3.2.2 東京都鍋爐排放加嚴標準

我國所有鍋爐（不分燃料、不分規模）都需要符合鍋爐空氣污染物排放標準；但在不符合空氣品質標準之直轄市、縣(市)，大型的新設鍋爐要進一步符合固定污染源最佳可行控制技術(BACT)所規定的更嚴格的排放標準。依照日本環境省大氣污染防治法第 4 條第一款規定，鍋爐應受到排放標準規範，而於東京都特定區域，鍋爐排放濃度標準較日本全國的排放標準嚴格，排除燃氣與燃液小型鍋爐，依照不同燃料類型訂定不同排放濃度標準。

日本環境省訂定之 NO_x 的排放管制標準(如表 3-5)係根據不同鍋爐的燃料種類區分，規定規範排放其濃度標準，而地方政府可依據其需求進行排放標準的加嚴，故東京都環境局根據日本大氣污染防治法第 4 條規定，訂定了鍋爐和固定式內燃機 NO_x 的排放標準(如表 3-6)。

表 3-5、鍋爐粒狀污染物及 NO_x 排放標準

設施種類	鍋爐規模 ⁽²⁾	標準值			
		含氧量(%)	粒狀污染物(g m ³ N) ⁽³⁾		NO _x (ppm)
			一般區域	特定區域	
燃氣鍋爐	4 萬 m ³ N 以上	5	0.05	0.03	60-100
	未滿 4 萬 m ³ N	5	0.1	0.05	130-150
重油或混和液體燃燒鍋爐	20 萬 m ³ N 以上	4	0.05	0.04	130-150
	4-20 萬 m ³ N	4	0.15	0.05	150
	1-4 萬 m ³ N	4	0.25	0.15	150
	未滿 1 萬 m ³ N	4	0.3	0.15	180
黑液燃燒鍋爐 (1)	20 萬 m ³ N 以上	-	0.15	0.1	-
	4-20 萬 m ³ N	-	0.25	0.15	-
	未滿 4 萬 m ³ N	-	0.3	0.15	-
燃煤鍋爐	20 萬 m ³ N 以上	6	0.1	0.05	200-250
	4-20 萬 m ³ N	6	0.2	0.1	250-320
	未滿 4 萬 m ³ N	6	0.3	0.15	250-350

備註：

(1) 黑液為從木屑提取之生質燃油(指造紙過程所產生之木質素廢液)。

(2) 鍋爐規模的單位為每小時濕基排氣量。

(3) 特定區域為工廠及商業群集，被認定為單獨應用現存法規將不易達到空氣品質標準之地區。

資料來源：日本環境省(2023c)，ばいじんと NO_x の排出基準値一覧。

表 3-6、東京都鍋爐 NOx 排放標準

設施種類/鍋爐規模 ⁽¹⁾		NOx 標準值 ⁽³⁾				
		東京附加標準 1 區		東京附加標準 2 區		
		含氧量	ppm	含氧量	ppm	
燃氣鍋爐	燃燒能力以重油計每小時 100 L 以上	5%	45	5%	45	
	燃燒能力以重油計每小時 100 L 以下				55	
燃燒液體燃料鍋爐	燃燒能力以重油計每小時 100 L 以上	4%	50	4%	65	
	燃燒能力以重油計每小時 100 L 以下		65		75	
燃燒固體燃料鍋爐 ⁽²⁾	排氣量 70 萬 m ³ /小時以上	6%	200	6%	200	
	排氣量 10 萬-70 萬 m ³ /小時		250		250	
	排氣量 4 萬-10 萬 m ³ /小時		燃煤類型		320	320
			其他		250	250
	排氣量 4 萬 m ³ /小時以下		350		350	

備註：

(1) 鍋爐係指傳熱面積 10m² 以上之鍋爐；小鍋爐係指傳熱面積 10 m² 以下之鍋爐。

(2) 排氣量為濕基排氣量。

(3) 東京附加標準將所轄之市分 2 區不同標準進行管理。

資料來源：東京都環境局(2019), 窒素酸化物に係る規制基準。https://reurl.cc/8X61K7

比較我國與日本、東京的排放標準如表 3-7，在適用區域、鍋爐規模、鍋爐使用燃料等會有不同的規範方式。其一，以適用區域而言，我國 BACT 和東京都加嚴排放標準皆有規定特定區域須符合較嚴格的排放標準，差異主要在規範區域的認定方式，我國 BACT 適用區域為未達到空氣品質標準的區域；而東京都則要求特定的區域(1 類、2 類區域)需遵守加嚴標準。其二，針對新設的大型鍋爐，臺灣 BACT、東京都加嚴排放標準皆依照規模大小訂定更嚴格的排放標準。其三，日本環境省與東京環境局所訂的標準皆依照鍋爐使用之燃料類型，分別訂定排放標準。鑒於本部刻正檢討是否有加嚴鍋爐排放標準之必要，希望借鑑東京都設立加嚴標準訂定之經驗，作為我國大型鍋爐排放標準參考。

表 3-7、日本與臺灣的鍋爐排放標準比較

鍋爐排放標準		適用區域	標準訂定依據		
			依鍋爐新舊	依鍋爐規模	依燃料類型
我國	鍋爐空氣污染物排放標準	全國	新設+既存	不分規模	不分燃料
	BACT	三級防制區	新設	依蒸氣蒸發量規模訂定	不分燃料
日本	空氣污染排放	日本全國	新設+既存	依排氣量規模訂定	依燃料種類訂

鍋爐排放標準		適用區域	標準訂定依據		
			依鍋爐新舊	依鍋爐規模	依燃料類型
	標準				定(固體、液體、氣體)
東京	東京都加嚴排放標準	東京都1類地區、2類地區	新設	以傳熱面積區分鍋爐大小，大鍋爐再依排氣量規模訂定	依燃料種類訂定(固體、液體、氣體)

- (一) 東京都加嚴標準則會先以傳熱面積區分大、小規模，大規模鍋爐需進一步符合以排氣量大小訂定不同的排放標準。小型鍋爐為何沒有訂加嚴的排放標準？是否因為轄內的鍋爐皆有取得認證。

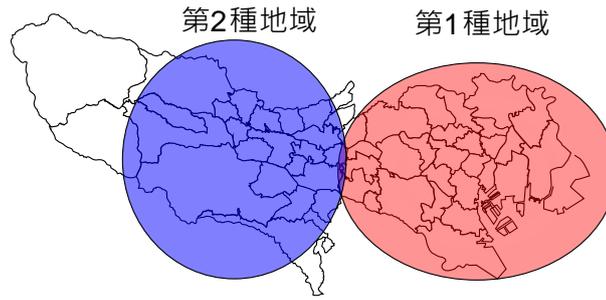
東京都環境局回應：東京都加嚴標準會以「傳熱面積 10 平方公尺」界定適用排放標準之管制對象的規模，係因日本的大氣污染防止法中，所規範的排放標準涵蓋了傳熱面積 10 m² 以上的鍋爐。故東京都的加嚴標準原則上與大氣污染防止法排放標準適用的對象相同。另一方面，傳熱面積小於 10 m² 的鍋爐，雖不受大氣污染防止法排放標準與東京都加嚴排放標準的約束，但小規模的鍋爐及燃燒設備，受到東京都環境部提出的低 NO_x·低 CO₂ 小型燃燒機器認證制度的規範。

- (二) 承上，以「傳熱面積」做規模的區分的原因，是否是以設備製造的角度出發？在排放標準中，又為何採「傳熱面積」、「排氣量」這樣兩類不同的規模區分方式？

東京都環境局回應：最初根據傳熱面積進行規模區分和管制，後隨著鍋爐容量的增加，單以傳熱面積劃定鍋爐管制規模變得困難，故後續增加了以鍋爐排氣量作為區分。

- (三) 東京都加嚴排放標準會依照工廠所在的地點(分為 1 類、2 類與其他區域)而有不同的濃度標準，此類區域是如何區別？

東京都環境局回應：1 類區域主要係受排放量控制且屬於人口密集區域，故設定較嚴格標準；而 2 類區域因人口不像 1 類區域那麼密集，但制定了標準以防止當前情況惡化，兩區域如圖 3-13。



資料來源：東京都環境局環境改善部，2023。東京都の大気環境に係る取組について（固定発生源に対する規制指導等）。

圖 3-13、東京都加嚴標準 1 類與 2 類區域區分

(四) 日本環境省、東京環境局皆依照鍋爐使用不同燃料需要以不同的含氧百分率參考基準進行濃度校正：氣體燃料鍋爐 5%、液體燃料鍋爐 4%、固體燃料鍋爐 6%。與臺灣所有鍋爐的含氧基準皆為 6% 的規定很不相同。想瞭解依照燃料類型而有不同含氧百分率參考基準的原因。

東京都環境局回應：主要是根據燃燒機器燃燒時，大致情況下產生的平均含氧量進行訂定。

3.2.3 低碳、零碳燃料推動下之空污管理因應

因應國際間淨零減污之趨勢，以有多個國家已規劃或開始使用氫能鍋爐，日本從 2017 年起草世界第一個氫能基礎策略 (Basic Hydrogen Strategy)，為現階段世界氫能技術前驅者，並於氫能領域取得不小的成就，包括開發商用運轉的純氫氣工業鍋爐等。東京都在 2022 年 9 月公布的環境計畫 (Tokyo Environmental Master Plan) 中，與燃料、能源使用相關的策略包含可再生的低碳能源 (如生質能電廠)、擴大氫能應用。

而為了持續研發與推廣氫能技術，日本內閣府推動戰略創新創造計畫 (戰略的イノベーション創造プログラム, SIP)，過去在第一期 SIP 的成果包含火力發電以氫作為脫碳燃料 (脫炭素燃料) 以及氫燃料 (水素キャリア) 載體的氫能燃料研發為主。而新的能源亦可能因其技術產生相對應新的空氣污染排放議題，本次就淨零相關的燃料轉換 (如：氫能)，就教相關推行管理策略與後續發展。

(一) 國際間淨零路徑與燃料、能源使用有關的策略包含使用低碳能源 (如生質能)、擴大氫能應用。初步理解日本未來燃料轉換政策，可能朝向大型鍋

爐、發電廠轉換為生質能，一般工業鍋爐轉換為氫氨燃料或純氫氣。以東京環境局的觀點而言，這兩類型的燃料使用是否有可能反而造成特定空氣污染物(例如 NO_x、戴奧辛等)的增量？在管制上是否會有哪方面對應的調整？

東京都環境局回應：東京都環境局有關注使用這些新興燃料的鍋爐可能會有 NO_x 和戴奧辛增量的風險。關於 NO_x 對策，除了使用氫氣的小規模燃燒設備已納入認證體規範中，大規模的燃燒機器可以在現有框架下進行管理，因此日本方面認為目前的法規已經足夠。另一方面，戴奧辛受到法律（ダイオキシン類対策特別措置法）的管制，但鍋爐適用該法的管制範疇。因此東京都環境局將繼續密切關注事態的發展，包括將其列為管制之必要性。

3.3 「日本三浦工業株式會社 65 周年鍋爐技術展示會」

三浦工業株式會社前身為 1927 年於愛媛縣松山市的三浦製作所，於 1959 年改為株式會社，並於 1982 年開始開展海外業務，目前在韓國、臺灣、中國、東南亞、美洲、歐洲等地皆設有子公司。

鍋爐形式大致可分貫流式及臥式兩種，三浦工業株式會社主力產品為貫流式鍋爐，相較於臺灣常見的臥式鍋爐，貫流式鍋爐特色為傳熱面積高、需水量小，因此具有高效、低氮氧化物排放以及安全之特性。同時完善的售後服務也是三浦工業株式會社的特色，除了定期進行鍋爐檢修外，亦有設置設備連線系統，24 小時監控鍋爐運轉狀況。

三浦工業株式會社研發之貫流式鍋爐捨棄燃燒室的設計，改以用火焰在水管群中燃燒的方式，同時進行燃燒反應及傳熱反應，不僅減少鍋爐體積，同時由於傳熱面積提高，可提高燃燒效率，亦可減少火焰燃燒溫度，降低熱生成氮氧化物(nitrogen oxides, NOx)的產生。三浦鍋爐也使用「大型預混合燃燒器」這樣的技術形成分割火焰，開發有更優越的保焰力及燃燒性能的火焰分割，進一步提高燃燒效率及降低氮氧化物排放。目前主力商品 SQ 系列鍋爐可達氮氧化物 25 ppm 之排放(0%含氧校正)、96%鍋爐效率。

此外，三浦鍋爐採並聯輸出蒸氣的方式運作，意即若廠商製程運作中最大的蒸氣需求量為 18 公噸/小時，可購買 9 台蒸氣蒸發量 2 公噸/小時的三浦鍋爐提供蒸氣，由於大多製程並非全程都需使用最大蒸氣量，因此若該廠於其中一個時段僅需 10 公噸/小時之蒸氣量，便可關閉 4 台鍋爐，僅運作 5 台鍋爐提供蒸氣，由於鍋爐效率在火力全開的狀況下最佳，因此比起使用 18 公噸的大鍋爐僅提供 10 公噸蒸氣，改以 5 台 2 公噸/小時鍋爐並聯輸出較能提高燃燒效率，在燃燒效率提高的狀況下，也間接減少空氣污染物排放量。

本次參訪「日本三浦工業株式會社 65 周年鍋爐技術展示會」(如圖 3-14)，由三浦工業株式會社亞洲區負責人三本順一先生帶領解說，了解低 NOx 鍋爐、氫氣、氨氣、氫氨混燒鍋爐之應用案例及技術研究發展。



資料來源：本次參訪拍攝。

圖 3-14、「日本三浦工業株式會社 65 周年鍋爐技術展示會」參訪

(一) 日本業界未來能源趨勢與研發布局

為了達到未來碳中和的環境目標，能源需整合所有可能的方案，包括氫能、氨能以及電力等，減少二氧化碳(carbon dioxide, CO₂)，未來能源的整合研發方向如圖 3-15。

就未來能源網絡整合上，源頭會關注燃料的產生，開發以綠能電解產生氫氣、氨氣等方式來製造燃料，從源頭減少 CO₂ 排放，並積極建構「02 氨氣熱分解」技術，提高燃料來源穩定性與降低製造燃料可能產生的碳排。

而在燃燒燃料產生能源的部分，主要聚焦於氫能與氨能燃燒設備的開發，相關的鍋爐設備與能源生產設備相關的部分為「03 氨氣混燒」、「04 氨氣重組燃燒」、「05 氫氧燃燒」以及「06 量子氫氣能源」。對於已產生的溫室氣體，則有「01 CO₂ 的回收利用」研究，藉由捕捉空氣中的碳再利用為目的，減少碳排。

日本業界努力多管齊下，從源頭燃料、燃燒設備與後端碳回收利用方面精進技術以達成未來碳中和的目的。



圖 3-15、日本未來能源部局研發方向

(二) 氫氣燃燒鍋爐發展

氫氣燃燒鍋爐的技術現已在日本商轉運用，各行業別中都有導入氫氣燃燒鍋爐的實地案例(如圖 3-16)，例如化學品製造廠、橡膠製品製造廠、半導體製造廠、旅宿業、水泥製造廠及飲料製造廠等。

考量到氫氣為較不穩定的氣體燃料，在製造、儲存與運輸技術上現行技術還有精進的空間，現階段實地使用氫氣鍋爐的公私場所，以產業製程中副產物有氫氣者為主，減少氫氣在運送和儲存過程中可能產生的風險。未來若有擴大氫氣鍋爐使用的需求，需要針對氫氣製造、運輸與儲存等技術進行研發，提高氫氣燃料的穩定性，與降低應用風險，以利氫氣燃料能更廣泛運用於各公私場所的場域中。



資料來源：本次參訪拍攝。

圖 3-16、氫氣燃燒鍋爐實廠應用案例

氫氣鍋爐現在使用的成熟技術，以可讓氫氣燃燒產生的氮氧化物(nitrogen oxides, NOx)在 0%含氧量換算後保持於 40 ppm 以下，並獲得東京都環境部的低 NOx・低 CO₂ 小型燃燒機器 HH 級認證。下一階段為了進一步降低氫氣燃燒鍋爐的空氣污染排放(NOx)，研發機構研究純氧與氫氣燃燒的鍋爐(如圖 3-17)。

現在商轉販售的氫氣鍋爐，主要是將氫氣與空氣(然有氧氣和氮氣)混合後燃燒，為了降低 NOx 排放，研發從原料階段排除 NOx 產生的可能性。理論上利用高壓將氧氣(O₂)與氫氣(H₂)以及水(H₂O)導入進行燃燒後會單純產生蒸氣，此燃燒方式優勢為可提高鍋爐的效率，同時達成零排放、零 NOx 排放的目的。然而爐體是否可承受相對的高溫高壓、相關的技術管控等，尚需沿發及實廠測試確認。



圖 3-17、氫氣燃燒研究

(三) 氫氣燃燒鍋爐發展

相對於不穩定性高的氫氣，氮氣在製造、運輸與儲存方面的安定性較高，然而因氮氣本身含有氮(Nitrogen, N)，燃燒氮氣可能會導致空氣污染 NOx 排放增量的風險，現階段針對氮氣燃燒的研究分為兩種：

1. 氮混燒(ammonia co-firing)

氮(Ammonia)和氫氣一樣作為燃料使用實因為不含碳，故燃燒的時候不會產生 CO₂。藉由燃燒氮可以達到零碳排的結果，實現減碳的目標，現行也會將

氨混於大型的火力發電廠使用達到減碳目的，如圖 3-18。

然而因直接燃燒氨(NH₃)，因為在溫度高的時會導致大量熱力型氮氧化物(Thermal NO_x)的產生，實驗測試含氧量 0%時，氨氣燃燒排放的 NO_x 濃度約可高達 2,000ppm。此情況下氨氣燃燒雖達到了減碳的目的，卻使空氣污染物的排放量大增。若後續要推行至實際應用，仍需尋找可以降低 NO_x 排放的方式。



圖 3-18、氨氣混燒研究

2. 氨重組氣燃燒(Ammonia reforming gas combustion)

考量到直接燃燒氨(NH₃, Ammonia)所產生的 Thermal NO_x 濃度過高，故考慮在燃燒前先減少進入燃燒的 N，以達到減少 NO_x 產生的情況。在運輸、儲存等階段都以 NH₃ 的型態進行，而在燃燒前以氮分離器將 NH₃ 中的氮(N)分離，氨氣重整之後將已經分離 N 的剩下的氫氣(H₂)進行燃燒，以此方法降低 NO_x 的排放濃度(如圖 3-19)。

然而因為還有有少量的 N 混合，加上燃燒 H₂ 的燃燒溫度較高，故現行實驗階段中，在含氧量 0%的情況下氨重組燃燒的鍋爐 NO_x 排放濃度約為 200 ppm(高於現行日本氣體鍋爐的排放標準)，仍有進步的空間。目前此技術由內閣府 SIP 第三期計畫支持，開發可分離氮的分離器²。

² 日本內閣府，20124。戰略的イノベーション創造プログラム(SIP)スマートエネルギーマネジメントシステムの構築社会実装に向けた戦略及び研究開発計画。



圖 3-19、氮重組氣燃燒研究

(四) 能源回收與再利用技術

為了達到淨零排放的目標，減少能源浪費並提升能源使用效率為重點的研發方向之一，日本現行已有開發出可使用回收蒸氣作為動力的壓縮機(如圖 3-20)。

空氣壓縮機為公私場所重要的機具，其不只用於動力、運輸、噴塗的塗裝工具等，更會應用於建築業、醫療業等，空壓機直接與間接消耗的能源一直占各工廠中重要的比例，若可以重新考慮工廠中空氣壓縮機的能源使用網絡，可期望有效的提高整個工廠的能源使用效率。

現行許多工廠使用蒸氣鍋爐作為熱源，鍋爐產生的蒸汽在高壓下被送到設備，多數情況下，會以減壓閥來降低蒸氣壓力，這些高壓的蒸氣有機會成為空氣壓縮機動力的來源。

此考量下，將蒸氣鍋爐與空氣壓縮機兩者系統結合，創造出「蒸氣驅動空氣壓縮機」，此設計為將蒸氣鍋爐產生的高壓蒸氣導入空氣壓縮機作為動力來源，並將空氣壓縮機運作所產生的熱能，利用特殊的多管式熱交換器加熱水，再將熱水導回鍋爐使用，此系統可以大幅降低電力成本，與原本的情況相較最高可節省約 90% 的能源，並達到 90% 的 CO₂ 減量。



資料來源：本次參訪拍攝。

圖 3-20、能源回收導入壓縮機再利用技術

第四章 心得與建議

4.1 心得

- 一、竹原火力發電廠新的 1 號機組整合煤炭與生質燃料進行混燒，使用生質燃料的進程從過去使用污泥顆粒燃料持續精進改為使用木顆粒生質燃料。
- 二、搭配完善的運輸、進料、燃燒設備，廠內幾乎無粒狀污染物逸散情形：生質燃料的運輸車輛之車體為箱型密閉，入料時傾倒的角度搭配三面圍封的空間與進料斗上的塑膠簾幕等設備；廠內輸送、研磨破碎、投入鍋爐皆以密閉的方式進行。整體的管道系統規劃完善，減少粒狀物逸散之虞。
- 三、搭配燃燒製程 1 號機組裝設了選擇性觸媒還原技術(SCR)、乾式脫硫設備、靜電集塵器等空氣污染物防制設施，以減少粒狀污染物、SO_x、NO_x 等排放，從中控室監測結果可見其 NO_x 濃度低於 2 ppm、SO₂ 濃度低於 8 ppm。而防制設備產生之灰分等，後續也會應用於肥料、地面鋪設等材料。
- 四、東京都環境局根據鍋爐設備設計值，以鍋爐「傳熱面積」或「燃料燃燒能力」兩者區分鍋爐規模。一定規模以上(傳熱面積達 10 m² 以上或燃料燃燒能力大於每小時 50 公升)的鍋爐應符合日本環境省所訂之「大氣污染防止法」與東京都所訂之「環境確保條例」排放濃度規範。而未達一定規模者，則以低 NO_x·低 CO₂ 小型鍋爐燃燒設備認證補足小型鍋爐管制範疇。
- 五、東京都環境局所訂之低 NO_x·低 CO₂ 小型鍋爐燃燒設備認證之實務執行細節，NO_x 排放認證標準設立原因與考量，係以東京都區域加嚴排放標準為基礎再下修訂定 NO_x 排放認證標準濃度。
- 六、低 NO_x·低 CO₂ 小型鍋爐燃燒設備認證以鼓勵角度推行鍋爐技術升級，故在認證管制時效性與監測管制規範、認證型號管制等，會限制若過久以前的鍋爐型號則無法申請此認證。後續管理上主管機關透過調查鍋爐販售數量、掌握排放使用檢測報告等，持續追蹤鍋爐使用情況。
- 七、在鍋爐燃料使用之推動方向，由於氫氣燃料成分中未含碳，燃燒後可達到零碳排效果，日本現階段政策與鍋爐製造商合作，朝向氫氣鍋爐

進行研發，推廣純燃燒氫氣鍋爐使用。三浦目前已有商轉販售 100% 燃燒氫氣之鍋爐，並於 2023 年取得東京都環境局低 NO_x・低 CO₂ 小型鍋爐燃燒設備認證的 HH 級認證(符合含氧量 0% 的情況下，NO_x 排放濃度低於 40 ppm)。已應用於化學藥品製造業、旅宿業、飲料業、半導體製造業等業別中導入氫氣鍋爐使用。

- 八、 考量到氫氣供應與運輸穩定性，三浦鍋爐朝向氫氣鍋爐、氫氣混燒鍋爐進行研發。然而因燃燒溫度較高易產生 Thermal NO_x，加上氫氣混燒導致 NO_x 的排放有增量之虞，濃度可能高達 200-2,000 ppm(含氧量 0% 且未經防制設施)，因此降低此類鍋爐之 NO_x 排放量仍為持續研究中的課題。
- 九、 為了提高鍋爐設備的能源使用效率，三浦亦有研發並販售可搭配鍋爐使用的空氣壓縮機，利用鍋爐產生的蒸汽取代原本空氣壓縮機使用的電力，充分利用蒸氣的情況下，除了降低外購電力的需求外，更可以減少碳排放與提高能源使用效率。

4.2 建議

- 一、 資源循環燃料的品保品管影響到燃料燃燒，包含燃料濕度、燃燒顆粒大小等，同時在運送燃料時，亦需要注意粒狀物逸散問題。竹原火力發電廠管理其燃料從運輸到使用端幾無粒狀物逸散情形，值得我國資源循環燃料使用者借鑒。
- 二、 竹原火力發電廠 NO_x 監測濃度雖低，但未掌握其防制設施是否會有 NH₃ 過量、洩漏之情形。鑒於 NH₃ 為 PM_{2.5} 前驅污染物，我國在檢討鍋爐、電力業等 NO_x 排放標準、管制措施時仍應將 NH₃ 納入考量。
- 三、 透過拜會日本東京都環境局大氣保全課，深入討論低污染高效能鍋爐認證建置與後續管理經驗。宜借鑒日本經驗，推動我國鍋爐認證制度，從源頭之鍋爐製造技術促進減污減碳共利、製程設備升級。
- 四、 日本已有實際應用與商轉之純燃燒氫氣鍋爐之技術，主要應用於副產物為氫氣之製程，建議可參考此經驗先針對我國製造業中有產製氫氣者進行輔導，推動氫氣鍋爐導入實廠應用。
- 五、 為了擴大氫氣燃料的應用場域，同時確保其供應及運送穩定性，雖日本在氫氣混燒鍋爐、氫氣混天然氣鍋爐尚在研發階段，建議可持續關注相關研究，以利未來研擬導入氫氣鍋爐需涵蓋之配套措施(例如

NO_x 的排放標準、防制設備等規範)。