

2050 淨零之軌跡與行動路徑專題

減污及減碳共利策略研析 — 以鍋爐管制為例

莊晴*、李侑蓁**、許長嵐***

摘 要

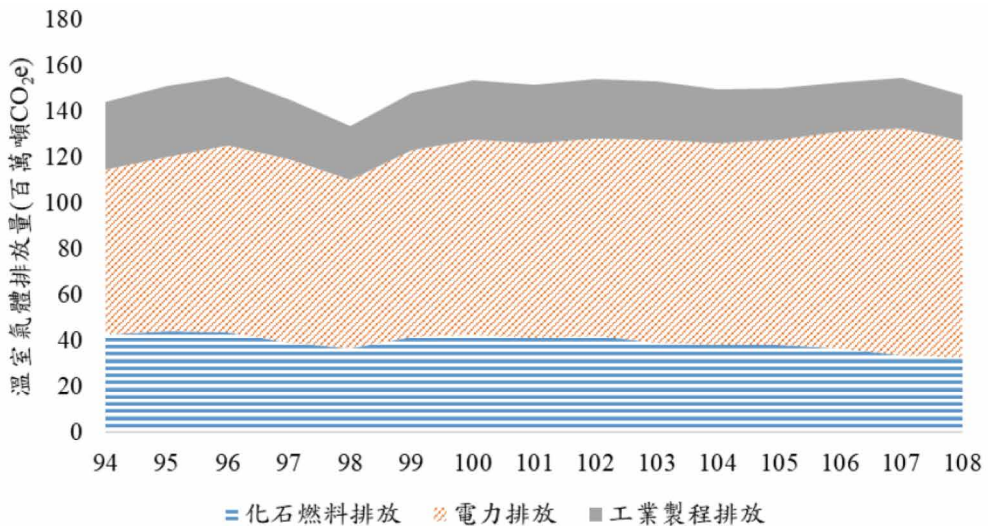
鍋爐廣泛應用於工商業製程，其為空氣污染物與溫室效應氣體排放的主要排放源之一，為使空氣污染與溫室效應氣體同時減量，國際間已採行排放濃度管制與能源效率協同管制策略。本研究收集國際間管制策略做法，並評析做為我國達成空氣污染防治方案減量目標與邁向淨零路徑的可行策略。本研究研析建議，臺灣可參考日本現行低污染、高效率之鍋爐標章認證制度做法，以自主認證機制鼓勵鍋爐技術升級同時降低產業衝擊，進而帶動轉型，惟執行上需以輔以行政管制、經濟誘因策略作為政策推動的驅動力，於此邁向淨零、減污協同管制之目標。

【關鍵字】鍋爐排放標準、鍋爐能源效率

*	環科工程顧問股份有限公司	工程師
**	環科工程顧問股份有限公司	副理
***	環科工程顧問股份有限公司	資深協理

一、前言

經濟部於 2022 年 9 月公告第二期製造部門溫室氣體排放管制行動方案指出，製造部門為主要溫室氣體（greenhouse gas, GHG）排放源（如圖 1 所示）。溫室氣體排放大多來自於能源使用過程（如：化石燃料、電力等），其中鍋爐為重要的能源使用設備而受關注，因此臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明中，在能源轉換策略上，短期以天然氣及生質燃料為主，並將使用對象擴大至一般鍋爐以及汽電鍋爐，長期則朝使用綠電及無碳能源應用；在製程改善策略上，則推動加速產業設備汰舊換新、節能與數位化等策略，提升製程的能源使用效率減少空污與溫室氣體的排放（國家發展委員會，2022），於此邁向淨零轉型的過程中亦能協同降低污染排放之效益。



資料來源：行政院經濟部（2022），第二期製造部門溫室氣體排放管制行動方案（核定本）。

圖 1 我國溫室氣體排放各部門占比情況

鍋爐亦為空氣污染物排放的重要來源，以往管制策略應用上以降低燃料含硫份的源頭管制策略為主，而為深化鍋爐空氣污染物排放減量，自 2015 年起，行政院環境部收集並評估鍋爐排放情形作為管制排放之基準，經調查結果鍋爐所排放的硫氧化物（sulfur oxides, SO_x）排放量占全國排放量 14%、氮氧化物（nitrogen oxides, NO_x）

排放量占全體排放量 12%，在技術、經濟與行政可行之情形下，環境部於 2018 年發布了鍋爐空氣污染排放標準，不分規模及不分燃料別訂定各行業適用之鍋爐空氣污染排放標準，規範總懸浮微粒（total suspended particle, TSP）、SO_x 以及 NO_x 排放濃度，並協同產業發展署（前工業局）推動鍋爐汰換補助，環境部亦於 2020 年修訂固定污染源最佳可行技術控制規範，針對新設、大型鍋爐加嚴其排放標準，故現行鍋爐管制之排放標準規範彙整如表 1 所示。

表 1 鍋爐空氣污染物排放標準

規範	鍋爐蒸氣量	空氣污染物排放管道標準		
		硫氧化物	氮氧化物	粒狀污染物
鍋爐空氣污染排放標準規範	不分	50 ppm	100 ppm	30 mg/Nm ³
固定污染源最佳可行技術控制規範	>80 噸 /hr(或輸入熱值 >6,150 萬千卡 /hr)	25 ppm 或 96% 的削減率	30 ppm 或 90% 的削減率	10 mg/Nm ³
	13~80 噸 /hr(或輸入熱值 1,000~6,150 萬千卡 /hr)	50 ppm 或 60% 的削減率	100 ppm 或 60% 的削減率	25 mg/Nm ³

資料來源：行政院環保署（2020a），固定污染源最佳可行控制技術；行政院環保署（2020b），鍋爐空氣污染排放標準。

鍋爐空氣污物排放減量為空氣品質改善的重點策略，由環境部與經濟部共同輔導鍋爐業者從源頭燃料、燃燒技術、污染防制三面向改善或汰換；從 2017 年迄今，商業鍋爐與工業鍋爐合計改善 7,102 座鍋爐，改善率迄今已達 97%，目前仍有部分鍋爐因施工問題，採個案方式申請展延完成改善，而從政策推動至今，使用氣體燃料之燃氣鍋爐由 24% 增為 59%（增長約 2 倍）、使用液體燃料的重油鍋爐由 64% 減為 19%（減少約 7 成）（經濟部工業局，2023；環境部，2023a）。

根據空污費申報統計，圖 2 為 2015 年到 2022 年 SO_x 以及 NO_x 的歷年排放，以 2015 年作為基準迄今 SO_x 與 NO_x 的排放量皆呈現下降的趨勢，SO_x 排放量與 NO_x

38 減污及減碳共利策略研析－以鍋爐管制為例

排放量各減少約 7 千公噸，其相當於臺中電廠一年的空污排放量，若換算鍋爐改善減少的二氧化碳量（Carbon dioxide, CO₂），相當於減少 2,717 座大安森林公園的碳吸附量（行政院環保署，2022）。



資料來源：行政院環保署（2022），固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統。

圖 2 2015 年到 2022 年歷年鍋爐 SOx 與 NOx 排放量

而為進一步深化空氣品質改善且同時邁向 2050 淨零排放目標，依據空氣污染防治法授權，環境部推動第二期空氣污染防制方案（2024 年至 2027 年）（草案），在鍋爐的改善策略中，除針對提出個案申請展延符合之鍋爐管理追蹤外，亦規劃針對三級防制區新設鍋爐 NOx 採用最佳可行控制技術要求（行政院環保署，2023a），空氣污染防制方案所建構的策略，以管末排放減量為基礎外，亦強調技術應升級，提高能源使用效率，藉此減少空氣污染排放與能源消耗，以達到空氣污染和溫室氣體協同減量的效益。

而在鍋爐的效能管理部分，經濟部能源局於 2001 年依據能源管理法第 14 條發布鍋爐能源效率標準（2003 年 7 月 1 日開始實施）如表 2，規範使用燃油或燃氣為燃料之鍋爐，例如水管式燃油鍋爐、水管式燃氣鍋爐、煙管式燃油鍋爐及煙管式燃氣鍋爐，並以容量（公噸 / 小時）規範其能源效率標準（%），並於 2012 年公告指定能源用戶使用蒸汽鍋爐應遵行之節約能源規定，其規範鍋爐於穩定運轉的狀況下，應該符合的空氣比以及排氣溫度，以確保鍋爐的運轉效率達一定的規範，相關規定如表 3、表 4 所示。

表 2 鍋爐能源效率標準

種類	容量 (公噸 / 小時)	能源效率標準	備註
水管式燃油鍋爐	30 以上	92.5%	標準適用範圍及計算方式： 1. 本效率標準適用於以燃油或燃氣為燃料之蒸汽鍋爐，不適用於貫流式鍋爐。 2. 效率標準依國家標準 (CNS2141) 之熱損失法計算，並依燃料低熱值計算涵蓋廢熱回收裝置之鍋爐全載時之能源效率。
	10 以上未達 30	91%	
	5 以上未達 10	89.5%	
	未達 5	88.5%	
水管式燃氣鍋爐	30 以上	93.5%	
	10 以上未達 30	92.5%	
	5 以上未達 10	91.5%	
	未達 5	90.5%	
煙管式燃油鍋爐	30 以上	90%	
	10 以上未達 30	89%	
	5 以上未達 10	88%	
	未達 5	87%	
煙管式燃氣鍋爐	30 以上	92%	
	10 以上未達 30	91%	
	5 以上未達 10	90%	
	未達 5	89%	

資料來源：經濟部能源局（2001），鍋爐效率標準。

表 3 鍋爐於穩定運轉狀態下之空氣比上限值

容量 (公噸 / 小時)	燃料種類	燃煤		燃油	燃氣
		固定床	流動床		
30 以上		1.45	1.45	1.25	1.2
10 以上未達 30		1.45	1.45	1.3	1.3
5 以上未達 10		-	-	1.3	1.3
未達 5		-	-	1.3	1.3

註 1：空氣比 = $21 / (21 - \text{排氣含氧量百分比})$ ，並以四捨五入取至小數點二位。

註 2：鍋爐同時使用多種燃料時，應符合單位時間發熱量最多燃料之空氣比規定。

資料來源：經濟部能源局（2012），指定能源用戶使用蒸汽鍋爐應遵行之節約能源規定。

表 4 鍋爐於穩定運轉狀態下之排氣溫度 (°C)

燃料種類 容量 (公噸 / 小時)	燃煤		燃油	燃氣
	固定床	流動床		
30 以上	200	200	200	170
10 以上未達 30	250	200	200	170
5 以上未達 10	-	-	220	200
未達 5	-	-	250	220

註：鍋爐同時使用多種燃料時，應符合單位時間發熱量最多燃料之排氣溫度規定。

資料來源：經濟部能源局（2012），指定能原用戶使用蒸氣鍋爐應遵行之節約能源規定。

承前所述，環境部針對鍋爐持續降低污染排放量故從排放濃度進行管制，鍋爐的能源效率則由經濟部能源署（前能源局）進行規範，兩者規範分別管理，並未整合且同時考量空氣污染與溫室氣體協同管制之需求，因此本研究收集國際間，針對鍋爐同時考量能源效率與空氣污染管制之相關策略做法，並評析作為國內政策之可行性，提供我國鍋爐管制的施政建議。

二、國際間鍋爐空氣污染與溫室氣體減量協同策略

臺灣產業界常見的鍋爐品牌包括日本、美國、歐洲以及國內自有鍋爐品牌，故本研究彙整日本、歐盟與美國的管制方式，摘要如下說明：

2.1 日本

日本鍋爐空氣污染物排放標準（日本環境省，2023a）及能源效率管制方式，說明如下。

2.1.1 空氣污染物排放標準

1. 硫氧化物（SO_x）排放標準

日本的 SO_x 排放標準使用 K 值計算管制標準，經公式 1 換算而得（日本環境省，2023b）。

$$Q=K \times 10^{-3} \times H_e^2 \quad \text{公式 1}$$

Q 代表 SO_x 的排放量標準（在零度、1 大氣壓情況下換算每小時單位 m³）；K 由地方政府公告，此常數會根據地區而有不同，K 值越小代表排放管制越嚴格，當前各地區 K 值範圍落於 1.17 到 17.5 中；H_e 代表修正後的排放管道出口高度，其高度是由實際煙囪高度加上煙氣上升高度而得（日本環境省，2023b）。

2. 氮氧化物（NO_x）和粒狀污染物排放標準

NO_x 和粒狀污染物的排放管制標準，係根據不同鍋爐的燃料種類區分，規範其排放之標準，而日本全國的排放標準彙整如表 5（日本環境省，2023c），各地方政府可再依管制需求擬訂加嚴之排放標準。

表 5 鍋爐粒狀污染物和 NO_x 的排放標準

設施種類	鍋爐規模 ²	標準值			NO _x (ppm)
		含氧量 (%)	粒狀污染物 (g/m ³ N) ³		
			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

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）。

註²: 鍋爐規模的單位為每小時濕基排氣量。

註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 の排出基準値一覽。https://www.env.go.jp/air/osen/law/t-kise-6.html；本研究彙整。

2.1.2 能源效率標準

日本由經濟產業省訂定企業經營者合理利用工廠能源標準規範（經濟產業省，2021），其規範燃燒設備以及鍋爐的效率，管制內容包括燃料供給量、氣體溫度、排放氣體中的氧氣含量等規定。

對於鍋爐的空氣和燃料的質量比（又稱空氣比）規範如下表 6 所示。空氣比是定期檢查後穩定工作狀況下的負荷燃燒值，主要是測量鍋爐排氣出口的量測，若有同時燃燒多種燃料的鍋爐，負荷率所指的是混燒燃料的燃燒率。然而此標準不包含燃燒木屑、木皮、污泥等工業廢棄物燃燒或混合燃燒的鍋爐，或是廢氣處理設備等。對於鍋爐排氣溫度規範標準如表 7 所示，排氣溫度標準是以定檢時鍋爐入口的氣體溫度 20℃ 為基準，於鍋爐排氣處檢測到的溫度，鍋爐負荷率需達 100% 於出口處進行量測之情況。

表 6 鍋爐空氣比標準

類別		負荷率 (%)	空氣比標準				
			固體燃料		液體燃料	氣體燃料	高爐煤氣 / 其他副產氣體
			固定床	流動床			
發電業者使用 ¹		75-100	-	-	1.05-1.2	1.05-1.1	1.2
一般鍋爐	蒸氣蒸發量 30 噸以上	1.3-1.45	1.2-1.45	1.1-1.25	1.1-1.2	1.2-1.3	1.2-1.3
	蒸氣蒸發量 10-30 噸	1.3-1.45	1.2-1.45	1.15-1.3	1.15-1.3	-	-
	蒸氣蒸發量 5-10 噸	-	-	1.2-1.3	1.2-1.3	-	-
	蒸氣蒸發量 5 噸以下	-	-	1.2-1.3	1.2-1.3	-	-
小型貫流鍋爐		100	-	-	1.3-1.45	1.25-1.4	-

註¹：發電使用之鍋爐指電力公司用於發電的設備鍋爐。

資料來源：經濟產業省（2021），工場等におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断の基準。

表 7 鍋爐排氣溫度 (單位°C)

類別		空氣比標準				
		固體燃料		液體燃料	氣體燃料	高爐煤氣 / 其他副產氣體
		固定床	流動床			
發電業者使用 ¹		-	-	145	110	200
一般鍋爐	蒸氣蒸發量 30 噸以上	200	200	200	170	200
	蒸氣蒸發量 10-30 噸	250	200	200	170	-
	蒸氣蒸發量 5-10 噸	-	-	220	200	-
	蒸氣蒸發量 5 噸以下	-	-	250	220	-
小型貫流鍋爐		-	-	250	220	-

註¹：發電使用之鍋爐指電力公司用於發電的設備鍋爐。

資料來源：經濟產業省（2021），工場等におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断の基準。

2.1.3 低 NO_x・低 CO₂ 認證標章管理方式

為鼓勵產業技術發展、提高行政效能，1989 年日本東京都擬定優於東京都氫氧化物加嚴標準可取得低 NO_x 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（東京都環境局，2023）。此規範將加熱設施分為 3 種類型，如表 8 所示，包括瓦斯熱泵空調（gas heat pump, GHP）、發電設施（combined heat and power, CHP）與其他鍋爐，相關說明如下。

表 8 加熱設施類型分類

設備類型	規模要求
瓦斯熱泵空調 (GHP)	定額耗氣量小於每小時 8 m ³
以燃氣發動機為原動機的電力機組 (CHP)	定額耗氣量小於每小時 8 m ³ ，發電量 5 kW 以上
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	傳熱面積小於 10 m ² ，熱能輸出大於 35 kW

資料來源：東京都環境局（2023），低 NO_x・低 CO₂ 小規模燃燒機器認定制度の概要。
https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/air/air_pollution/torikumi/nox_co2/nox_co2.html；本研究彙整。

44 減污及減碳共利策略研析－以鍋爐管制為例

1. 認證規範類型與標準

該規範中，認證之規範類型 NOx 濃度標準（如表 9 所示）及能源效率標準（如表 10 所示），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 4 種不同的等級認證，分述如下：

- (1) AA 級：NOx 排放達到「超低 NOx」標準，能源效率須達到「超高效率」標準，如圖 3 左上圖所示。
- (2) A 級：NOx 排放達到「低 NOx」標準，能源效率達到「高效率」標準（如圖 3 右上圖所示）。
- (3) HH 級：NOx 排放達到「超低 NOx」標準的氫燃料蒸氣鍋爐或熱水鍋爐（如圖 3 左下圖所示）。
- (4) H 級：NOx 排放達到「低 NOx」標準的氫燃料蒸氣鍋爐或熱水鍋爐。（HH 級除外）（如圖 3 右下圖所示）。

表 9 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；本研究彙整。

表 10 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 5m 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 5m 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
	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

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 NO_x・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；本研究彙整。



資料來源：日本環境省 (2023)。低 NO_x 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 東京都低 NO_x・低 CO₂ 小規模燃燒機器認證標準

2. 認證申請流程

根據東京都低 NO_x、低 CO₂ 設備認定綱要之規範（東京都環境局，2023a），鍋爐製造業者可於每年召開低 NO_x·低 CO₂ 設備批准委員會前向東京都環境局提出設備認證的申請，申請案件則由東京都政府所設立的低 NO_x·低 CO₂ 小規模燃燒機器認定委員會（以下簡稱認定委員會）進行審查。申請設備認證之詳細流程如圖 4 所示。



資料來源：本研究繪製。

圖 4 東京都低 NO_x·低 CO₂ 小規模燃燒機器認定流程

鍋爐業者進行申請時，申請書中主要會包含 3 個部分，第一部分為設備基礎資料，需涵蓋申請者（鍋爐業者）的基礎資料，例如申請者的姓名住址、申請設備的種類與型號、申請設備使用的燃料種類、機械結構與結構圖紙等資料。第二部分為 NO_x 排放減量資料，申請者須提供所申請標章的設備 NO_x 的減量方式，同時也須提供此設備依照此減量方式進行檢測之結果。第三部分為能源效率提升資料，申請者須提供所申請標章的設備能源效率提升的方式，同時也須提供此設備依照此能源效率提升方式進行檢測後，能源效率的檢測結果，經審查核准通過之鍋爐，業者可於商品、型錄上標示其設備標章類型，如圖 5 所示，同時地方政府也需要以公開的方式公告通過認證的設備（如圖 6 所示）。



資料來源：MIURA（ミウラ）（2023），製品・ソリューション | 熱・水・環境のベストパートナー <https://www.miuraz.co.jp/product/boiler/steam/gas/sq01.html#sq-as>。本研究翻譯。

圖 5 日本鍋爐型錄

東京都環境局 Bureau of Environment

語言朗讀/放大文字/改變顏色 其他語言 東京都政府網頁

網站地圖 請輸入關鍵字 搜尋

按領域分類的信息 申請/通知 條例/計劃/議會 數據/材料/出版物 關於環境局

首頁 > 大氣環境 > 空氣污染對策 > 東京都政府為防止空氣污染所做的努力 > 關於低NOx、低CO2小型燃燒設備認證體系 > 認證設備清單

認證設備清單

頁碼：513-319-921 更新日期：2023年8月23日

關於低NOx、低CO2小型燃燒設備認證體系

- > 系統總覽
- > 關於低NOx/低CO2小型燃燒設備認證的公告
- 認證設備清單
- > 低NOx/低CO2小型燃燒設備認證等相關申請
- > 認證標準
- > 認證委員會

低NOx/低CO2小型燃燒設備清單

目前東京都認證的「低NOx/低CO2小型燃燒設備」如下。

- ↓ 氫燃料鍋爐[僅限蒸汽鍋爐/熱水產生器] (2021年3月30日更新) (Excel: 15KB) (新聞稿 資料) (PDF: 180KB)
- ↓ 蒸汽鍋爐 (2020年3月16日更新) (Excel: 32KB)
- ↓ 熱水鍋爐/熱水器 (2020年8月23日更新) (Excel: 25KB)
- ↓ 熱水產生器 (2020年10月5日更新) (Excel: 28KB)
- ↓ 冷熱水產生器 (2020年8月23日更新) (Excel: 44KB)

資料來源：東京都環境局（2023b），低 NOx・低 CO₂ 小規模燃燒機器の一覧，https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/air/air_pollution/torikumi/nox_co2/equipment_list.html；本研究翻譯。

圖 6 東京都環境局公告通過認證之鍋爐名單

3. 行政面誘因

鍋爐高效能低污染標章政策的推動，需以完整的誘因措施作為產業的驅動力，最直接者為稅率上的優惠措施，如產業使用通過認證的鍋爐者，可抵免一部分的營業稅，藉此鼓勵大眾及業者購買有經過認證的設備，以 2009 年東京都為了鼓勵中小企業自願進行節能為例，產業採用通過認證之設備，可適用節稅標準，根據日本訂定的中小企業節能促進稅制度（東京都主稅局，2009），產業選用符合規範的設備可申請減免法人企業稅（資本金在 1 億日圓以下的法人）或是個人企業稅；此外日本石油相關產業組成的石油聯盟也針對使用該聯盟認證的高效率低 NO_x 設備進行補助。

除了稅務上的經濟誘因外，獲得鍋爐低 NO_x 高效能認證標章的鍋爐，也可以因節能減碳效益申請相對應的補助，欲申請相關補助之業者，需要提交全球暖化對策報告書（東京都，2023），該報告書是係以掌握企業對於能源使用以及溫室氣體排放為目的，規範企業需要提供必要的資訊（能源消耗、排放量、使用之節能措施等）供政府管理，而政府也能透過報告書檢核通過認證的設備應用於企業的情況。

另在 2010 年 3 月 31 日到 2026 年 3 月 30 日間，法人企業購置並使用認證過的設備，法人企業購置成本的 1/2（最高達 2,000 萬日圓）免徵稅；而在 2010 年 1 月 1 日到 2025 年 12 月 31 日間，個體企業戶購置並使用認證過的設備，其設備取得成本的 1/2（最高達 2,000 萬日圓）免徵稅（東京都主稅局，2023）。

企業採購認證過的設備，可以取得補助外，在稅賦上也享有優惠措施，在此優勢下，未取得標章認證之鍋爐，較無市場競爭優勢，因此日本企業所生產的加熱設施，其氮氧化物排放濃度、能源效率多已優於法令之規定。

2.2 美國

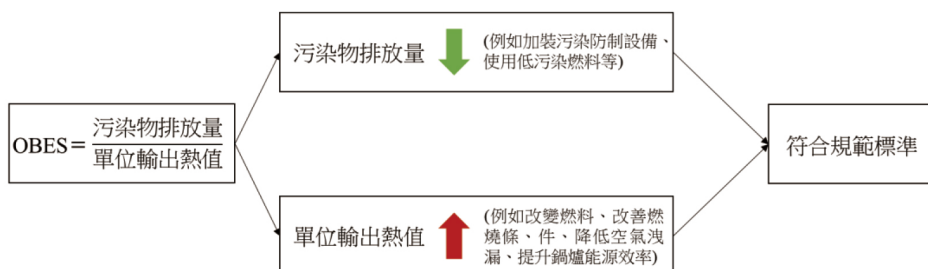
1970 年美國根據清淨空氣法（Clean Air Act, CAA）之授權，訂定了工業鍋爐的排放標準（EPA, 2023），其依照不同鍋爐的種類規定了濃度排放標準或單位輸入熱值排放標準（Input-based emission standards, IBES），此標準是以每單位輸入熱值（或燃料）污染物排放的質量（單位為 lb MMBtu⁻¹）當作規範，計算方式如公式 2 所示：

$$IBES = \frac{E_T}{F} \quad \text{公式 2}$$

公式 2 中，代表污染源的總排放量（以污染物的質量表示）；而 F 代表輸入的燃料所產生的熱值，美國以每英磅（lb，1 lb 相當於 0.45 kg）產生的百萬英熱（Million British Thermal Units, MMBtu）作為熱值能量的單位。當時污染物排放管制中，以排放量作為管制的主體，再加上考量到因規範下的空氣污染源類別、燃料類別多元（例如汽油引擎、燃煤鍋爐、柴油發電機等）需要相同的比較標準，考量到各燃燒源即使使用不同的燃料（例如氣體燃料、液體燃料或固體燃料等），皆有輸入熱值，故美國之鍋爐標準係以輸入熱值之排放量作為排放標準。

1990 年代美國為了改善燃燒源排放造成的空氣污染問題（包括酸雨、能見度降低、氣候變遷等），美國環保署（Environmental Protection Agency, EPA）研擬加嚴排放標準，然而 EPA 發現加嚴排放污染標準後，業者要符合排放標準所需要投入的成本越來越高，但減量效益卻不如預期，故 EPA 採用更具有彈性且具成本效益（cost efficient）考量的單位輸出熱值排放標準（output-based emission standards, OBES）進行管制，相較於以往管制作法，這樣的管制方式係以源頭、製程為基礎，並非僅針對管末進行限制，管制的作法，包括燃料使用效率、製程效率等進行規範，而非僅限制管末濃度標準，同時也希望可以在污染減量的同時達到工業技術提升的目的。

2014 年 EPA 的汽電共生夥伴關係（combined Heat and Power Partnership, CHP partnership）發布了單位輸出熱值規範手冊（Output-Based Regulations: A Handbook for Air Regulators）（以下簡稱手冊），其訂定的 OBES 將排放量與生產的產能結合，使用每單位輸出熱值（MMBtu）或輸出電能（MWh）之排放量，排放量以重量單位（美國以英鎊（lb）為單位）作為管制標準，此管制架構下，若想要達到標準，可以選擇（1）減少污染物排放量，或是（2）提升單位輸出的熱值。和先前 IBES 的管制相較，OBES 增加了可以提升單位輸出熱值作為符合標準的改善方向，而為了提升單位輸出的熱值，業者會從提升鍋爐的能源使用效率、改變使用的燃料等方向進行改善，藉此達到增加能源使用效率的目的。OBES 的管制規範架構如圖 7 所示。



資料來源：本研究繪製。

圖 7 OBES 管制規範架構

該手冊說明採用 OBES 的優點有包括：提升設備的能源使用效率，達到節能減碳的協同減量效果、確保長期穩定的排放量減量、讓業者更清楚的比較不同設備和燃料的排放量表現、提供污染源更彈性的方式來符合規範，可降低業者成本（EPA, 2023）。

每單位輸出熱值管制包含了輸出熱值的燃燒源，其因為輸出能源用途不同，故再熱值的計量上以能源的用途將燃燒源區分為：產生電能（electrical energy）的設備、產生熱能（thermal energy）的設備、和產生機械能（mechanical energy）的設備，三種類型的設備，OBES 所使用的單位如表 11 所呈現，產生電能的設備，例如鍋爐（boilers）/ 蒸氣渦輪往復式引擎（steam turbines reciprocating engines）、燃燒渦輪（combustion turbine），使用 lb MWh⁻¹ 作為 OBES 的單位；產生熱能的設備，例如商業鍋爐（commercial boilers）與工業鍋爐（industrial boilers），使用 lb MMBtu_{輸出熱值}⁻¹ 作為 OBES 的單位；而產生機械力的設備，如往復式引擎（reciprocating engines），使用 g bhp-hr⁻¹ 作為 OBES 的單位。

表 11 單位輸出熱值之單位

設備	能源類別	使用單位
鍋爐 / 蒸氣渦輪往復式引擎 燃燒渦輪	生產電力	lb MWh ⁻¹
工業鍋爐 商業鍋爐	生產蒸氣或熱水	lb MMBtu _{輸出熱值} ⁻¹
往復式引擎	機械力	g bhp-hr ⁻¹

資料來源：EPA(2014), Output-based Regulations: A Handbook for Air Regulators.; 本研究彙整。

若管制單位想要建立 OBES，EPA 發布之手冊中載明提供了建立標準的步驟，過程需要經過三個階段，包括建立 OBES、決定能源輸出範圍、決定量測方法規範。

1. 建立 OBES

因為單位輸出熱值的資料蒐集不易，大多數較容易取得的資料為單位輸入熱值（燃料使用量換算或檢測）以及濃度排放量（煙道排放濃度等）。故在手冊中提供如何將單位輸入熱值（商業 / 工業鍋爐）或濃度（煙道氣（Flue gas））轉換為 OBES 的公式，以供主管機關可以直接利用公式將原本的管制標準（IBES 或濃度標準）轉換為 OBES。

(1) 工業 / 商業鍋爐 IBES 轉換為 OBES

商業 / 工業鍋爐主要所指的為生產水蒸氣或是熱水的鍋爐，此類的鍋爐已有 IBES 的規範，故可利用公式 3，將 IBES 標準轉換為 OBES 的標準：

$$OBES = \frac{IBES}{ENE_S} = \frac{\frac{E_T}{F}}{ENE_S} \quad \text{公式 3}$$

代表的為鍋爐的能源效率（energy efficiency, ENE），以百分比（%）作為單位。計算方式為將原本的 IBES 標準除以鍋爐的能源效率作為 OBES 標準。

(2) 煙道氣（Flue gas）濃度限值（ppmv）轉換為 OBES

部分的燃燒渦輪、鍋爐和引擎是以乾基設置體積濃度標準（ppm）限值。若要將這類的濃度標準轉換為 OBES 需要經過兩個步驟：

步驟 1：將濃度標準（ppm）轉換成 IBES，因濃度標準主要會考慮不同的燃料其排放的污染物成分會不同，轉換時會使用下面的公式 4 進行轉換。

$$lb/MMBtu_{heat\ input} = ppm \times k \times F \times \left(\frac{20.9}{20.9 - \%O_2} \right) \quad \text{公式 4}$$

公式 4 中，k 代表的是單位轉換的因素（例如從 ppm 轉換成 lb）；F 代表的是乾煙道氣體濃度轉換成燃料熱值的轉換係數，會根據不同的燃料有不同的值（EPA Method 19 的附件 A 中提供美國規範不同燃料的 F 轉換值（EPA, 2017））。舉例來說，

52 減污及減碳共利策略研析－以鍋爐管制為例

若原本排放標準是 25 ppmv (15% O₂)，經過換算之後，得到的 IBES 會等於 0.09 lb MMBtu_{輸入熱值}⁻¹。

步驟 2：將 IBES 轉換為 OBES，換成 IBES 後，以上述的公式 5 轉換成 OBES。

2. 決定能源輸出範圍

單位輸出能源的規範有兩種主要的類別，總能源輸出 (gross energy output) 以及淨能源輸出 (net energy output)。

(1) 總能源輸出

總能源輸出代表製程中所有能源的輸出。從產生電力的設備的能源輸出會以 (MWh) 作為計量單位，從工業鍋爐產生的能源輸出則會以 (MMBtu 輸出熱值) 作為單位。

(2) 淨能源輸出

淨能源輸出為總能源輸出扣除所有維持能源設備運轉的能源。其在計算上需要扣除的項目包含：用於輔助能源輸出的裝置 (例如進料斗 (fuel handling)、前處理設備、幫浦、發動機以及風扇等)、用於污染防制設備的能源、用於維持熱的恢復設備 (例如預熱器 (preheater)、省煤器 (economizer))、建物使用 (例如室內的照明、暖氣 / 冷氣等)。

使用淨能源輸出可檢視場內更完整的能源使用情況，因其將所有不同的設備消耗能源的情況進行盤點與扣除，故在管理上能提供業者更多資訊和管制面向。然而淨能源輸出的資料收集與總能源輸出相較下較困難，因為淨能源輸出無法直接從單一的設備裝置輸出進行計算，為了計算淨能源的輸出，會需要釐清各設備能源消耗、廠區內能源逸散的情況。若在比較複雜的製程中，淨能源輸出的計算困難度也會因設備的數量和類型增加而提高。

3. 決定量測方法規範

量測與計算的方法手冊中都已經有規定，業者主要需要決定的事該如何量測 (例如量測計要設在哪裡、該如何取得排放資料等)。目前若已經有使用 IBES 的業者，多數都已經根據 IBES 的需求設置蒐集數據的量測計，業者可根據新的規範進行資料

的微調即可。對產生蒸氣的鍋爐而言，因為大型設備中量測鍋爐熱能的輸出為系統管理的主要數據，故多數的鍋爐應已有熱能輸出的數據（例如用產生的蒸汽流量、溫度變化等計算），可利用轉換公式將鍋爐輸出的熱值轉換成每單位輸出熱值排放量（使用 lb MMBtu^{-1} 為單位）。

2012 年 EPA 發布了主要污染源：工業、商業和機構鍋爐和加熱煤有害空氣污染物國家排放標準（National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Major Sources: Industrial, Commercial, and Institutional Boilers and Process Heaters, Boiler MACT），用於規範工業、商業與機構設施的大型鍋爐和加熱煤（每年排放量超過 10 公噸者或有害污染物排放量超過 25 公噸者）。

Boiler MACT 原本就有規定排放標準（IBES 或濃度標準），在 2014 年提出了 OBES 的概念之後，Boiler MACT 也使用手冊中提供的方法，將原本設定的 IBES 或是濃度標準轉換為 OBES，提供所有鍋爐及排放污染物替代使用，業者可以從原本的標準（IBES 或濃度標準）和新建立的替代標準（換算後的 OBES）中，選擇其一遵守。

2.3 歐盟

2.3.1 歐盟空氣污染排放標準

歐盟於對於 2015 年訂定了鍋爐的空氣污染物排放標準（如表 12 所示），其標準的目的是藉由管末濃度排放標準管制減少產生的空氣污染排放量（European Parliament, 2015）。

表 12 歐盟鍋爐排放標準

規格 (蒸氣蒸發量)	SO _x 排放標準	NO _x 排放標準	TSP 排放標準
(既存) 輸入熱值 1~5 MW	200 mg/Nm ³ (固體生質) 1100 mg/Nm ³ (固體) 350 mg/Nm ³ (液體) 200 mg/Nm ³ (氣體)	650 mg/Nm ³ (固體生質 / 固體) 200 mg/Nm ³ (汽油) 650 mg/Nm ³ (液體) 250 mg/Nm ³ (氣體)	50 mg/Nm ³ (固體生質 / 固體) 50 mg/Nm ³ (液體)

規格 (蒸氣蒸發量)	SOx 排放標準	NOx 排放標準	TSP 排放標準
(既存)輸入熱值 >5 MW	200 mg/Nm ³ (固體生質) 400 mg/Nm ³ (固體) 350 mg/Nm ³ (液體) 35 mg/Nm ³ (氣體)	650 mg/Nm ³ (固體生質 / 固體) 200 mg/Nm ³ (汽油) 650 mg/Nm ³ (液體) 200 mg/Nm ³ (天然氣) 250 mg/Nm ³ (氣體)	30 mg/Nm ³ (固體生質 / 固體) 30 mg/Nm ³ (液體)

資料來源：European Parliament (2015), Directive (EU) 2015/2193.

2.3.2 歐盟能源效率管制標準

歐盟在 EU NO.182/2011 針對工業排放 (industrial emissions) 的相關規範中，於能源使用的章節規定須採行最佳可行技術手冊 (best available techniques (BAT) reference document (BREF)) 中對於 ENE 的標準，且使用規定之方法進行資料蒐集和回報 (EU, 2011)。在 BREF 中有明確列出不同規模、設備以及不同燃料必須符合的污染物排放標準以及 ENE 門檻 (European IPPC Bureau, 2023)。為瞭解燃燒設備將燃料能源轉換成電力、熱水、蒸氣或是機械能的效率，必須利用能源效率當作指標來評估能源的轉換效率。能源效率計算須監測製程能源輸出與所有耗能，對於業者而言，同樣需增設或改善原有監測系統。但以管制層面來看，以提升能源效率為前提設定能效標準，是管末處理外另一種污染物減量之方法。初級能源產物大致上分為 2 種：電能以及熱能。在計算能源效率時，以單位時間內所投入燃料熱值為分母，淨電力輸出及淨熱能輸出之總和為分子，轉換效率的計算如下公式 5 (European Commission, 2009)：

$$Energy\ Efficiency = \frac{E_{E, output} + E_{TH, output}}{E_{f, input}} \quad \text{公式 5}$$

代表淨可用電力輸出；代表淨可用熱能輸出；代表燃料能量輸入。此處淨電、熱能係能源產生後，扣除能源生產相關設備使用所消耗能源。以淨能源輸出計算能源效率能提升對相關硬體設備能效要求並減少設備餘熱，增加能源效率並減少燃料使用，進而減少污染物排放。上述的計算方式會根據投入的能量和產生的能量（熱能和電力）而改變，同時也能透過相關的標準提升鍋爐的能量使用。

為了規範鍋爐的能源效率標準，歐盟於工業排放指令 (Industrial Emissions

Directive 2010/75/EU) 中的最佳可行技術對於大型燃燒源 (large combustion plants) 規範中，會依據燃燒的燃料、燃燒源規模等作為區分 ENE 標準的因素，用以規範 BAT 相關能源效率階級 (BAT-associated energy efficiency levels, BAT-AEELs) 標準，其中又分為淨發電率 (net electrical efficiency (%)) 和淨總燃料利用率 (net total fuel utilization)，會依據機組的功能 (發電或發熱) 而選用適當標準，能源效率標準彙整如表 13 (European Commission, 2017)。

表 13 歐盟大型燃燒源 ENE 標準

燃燒源類別		BAT 相關能源效率階級 ¹		
燃料設備類別	發電量	淨發電效率 (%)		淨總燃料利用率 (%)
		新設	既存	新設 / 既存 ²
煤 (Coal-fired)	≥ 1,000 MW _{th}	45-46	33.5-44	75-97
	<1,000 MW _{th}	36.5-41.5	32.5-41.5	75-97
褐煤 (Lignite-fired)	≥ 1,000 MW _{th}	42-44	33.5-42.5	75-97
	<1,000 MW _{th}	36.5-40	31.5-39.5	75-97
固體生質 (solid biomass) 和泥炭 (peat)	-	33.5-38	28-38	73-99
HFO 和燃氣燃油 (gas-oil) 鍋爐	-	>36.4	35.6-37.4	80-96
天然氣鍋爐	-	39-42.5	38-40	78-95
天然氣 CCGT	50-600 MW _{th}	53-58.5	46-54	-
	≥ 600 MW _{th}	57-60.5	50-60	-
天然氣 CHP CCGT ³	50-600 MW _{th}	53-58.5	46-54	65-95
	≥ 600 MW _{th}	57-60.5	50-60	65-95
多元燃料鋼鐵鍋爐	-	36-42.5	30-40	50-84
多元燃料鋼鐵 CCGT	-	>47	40-48	-
多元燃料鋼鐵 CHP CCGT	-	>47	40-48	60-82
液體燃料 (化學工業) 鍋爐	-	36.4	35.6-37.4	80-96
氣體燃料 (化學工業) 鍋爐	-	39-42.5	38-40	78-95

註：

1 這些規範不適用於操作小於每年 1,500 小時的設備。

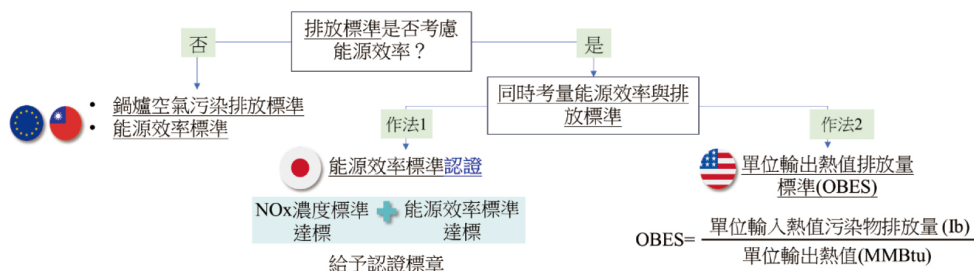
2 最低效率可能會受到所處環境和地形的影響，最多影響 4%；若發熱需求不足可能會無法達到標準。

3 CCGT：複循環燃氣渦輪 Combined cycle gas-turbine，由單循環燃氣再加上熱回收蒸汽發生器和蒸汽渦輪發動機所組成的，因此稱為複循環。

資料來源：European Commission, 2017. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)；本研究彙整。

三、兼顧淨零轉型的鍋爐管制策略評析

鍋爐廣泛的應用於工商業的熱能或動力供給來源，其使用燃料過程所產生的空氣污染物為空氣品質改善的重點，管制策略上多以排放濃度的限制為其管制工具，而在2050淨零轉型政策的驅動下，空氣污染管制必須考量溫室氣體減量的協同管理，因此鍋爐空氣污染物的排放管理必須同時考量能源效率，而國內的管理架構與歐盟相近，排放標準與能源效率分別管理，日本採用鼓勵型的標章認證方式，美國則將能源效率內含於排放標準的考量內，彙整如圖8所示。



資料來源：本研究繪製。

圖8 國際間鍋爐排放標準與能源效率管理方式

綜合前述，日本與美國針對鍋爐的管制方式同時考量空氣污染排放減量以及能源效率管理，可作為我國邁向淨零過程中，產業轉型、技術升級的參考，故針對兩者不同管理做法，於國內政策推動之可行性進行評析。

3.1 行政可行性評析

日本採用標章方式鼓勵產業升級，美國則推動單位輸出熱值排放量管制標準，兩者不同做法於國內行政可行性評析說明如下。

1. 政策推動的即時性考量

採行單位輸出熱值排放量標準之管制方式，與國內現行管制方式差異較大，其將排放標準與能源標準整合為單一標準進行管制，藉此達到同時管控排放量與能源效率的目的，但因國內暫無常設監測與計算單位輸出熱值的規範，故若要參考美國現行標

準，建立國內本土化標準，需要政策推動的前置作業，包括數據的蒐集、資料庫的建立、標準流程的盤點與驗證的方法等，管制策略擬定上所需要的時間較長；而採標章管制方式，則與我國現行管制方法相近，日本針對優於法規之濃度與效率分別給於認證標章，國內僅需要設立結合兩種標準之認證標章與相關申請流程即可推動，管制策略擬定上所需的時間較短，較為立即可行。

2. 主管機關稽核的便利性

採行單位輸出熱值排放量標準之管制方式，主管機關為檢核是否符合管制標準，須針對排放結果、輸入熱值進行量測，管制執行面較不具便利性且其執行成本較高；而採用標章管制方式，主管機關針對設備進行驗證後給予標章，執行查核上較為容易且具有分級管理概念，主管機關可針對為取得標章之鍋爐再進行排放檢測作業。

3. 國內是否有相關執行經驗

結合能源效率與空氣污染排放管理的策略應用上，空氣污染防制法授權所訂定之電力設施空氣污染物排放標準，已針對汽電共生設備鍋爐訂有以總熱效率換算之空氣污染物排放標準，故國內已有能源效率結合排放標準管制方式，但目前僅針對大型電力設施所採行。

而在標章認證的策略作法上，在環境議題上國內已有相關的執行經驗，包括碳足跡標章、省水標章、綠建材標章、節能標章等皆屬之，而與空氣污染防制有關的標章者為，環境部推動之「施工機具清潔排放自主管理標章規範」，此標章旨為鼓勵施工機具自主管理，藉此獎勵使用排放低污染之施工機具者，業者可根據規範標章申請、審查及核發程序、標章級別及使用年限等規範，施工機具所有者可依相關申請程序辦理，經檢測黑煙光吸收係數測值小於 1.0m^{-1} 以下者，即核發該機具自主管理標章，其標章如圖 9 所示，策略概念、行政程序與日本推動鍋爐認證的方式相同。

而在施工機具清潔排放自主管理標章推動成果上，依據 2022 年統計結果，當年度核發標章的施工機具已有 1,679 部取得標章，而自推動標章後促使業者更加注重機具的空氣污染排放，且較願意採用新型、低污染機具，汰換掉年齡較大、污染排放較高的機具（行政院環保署，2023b）。



資料來源：行政院環保署（2023b），施工機具清潔排放自主管理標章規範。

圖 9 施工機具清潔排放自主管理標章

3.2 技術可行性分析

鍋爐燃燒所排放的空氣污染物以粒狀污染物、硫氧化物、氮氧化物為主，粒狀污染物、硫氧化物與燃料使用較為相關，多由源頭燃料或末端排放進行控制，而氮氧化物排放則與燃燒效率有關，良好的鍋爐設計及操作控制效率，可降低排放濃度外亦可提高能源效率，因此評估標章方式鼓勵產業升級或是採用單位輸出熱值排放量管制標準，均需評估氮氧化物是否有濃度再加嚴、能源效率再提高之的技術可行性。

1. 降低氮氧化物排放濃度之技術可達情形

環境部於 2018 年 9 月 19 日發布鍋爐空氣污染物排放標準，規範氮氧化物濃度標準為 100 ppm，使用鍋爐之業者多以燃料汰換、設備改善之方式降低排放濃度，彙整固定污染源管理資訊系統 2023 年之全國鍋爐氮氧化物定期檢測結果，現行 100 ppm 之濃度標準，氣體燃料之鍋爐 100 % 完全符合標準，有 95% 的液體燃料鍋爐符合；若將標準降至 80 ppm 則有 96 % 氣體燃料鍋爐與 87% 的液體燃料鍋爐可符合標準；若將標準降至 60 ppm 有 84 % 氣體燃料鍋爐與 60% 的液體燃料鍋爐可符合標準（環境部，2023b）。其結果顯示，在既有的鍋爐燃燒技術未提升之前提下，仍有技術可行的減量空間，因此推動優於法規排放濃度給予認證標章之策略，具有技術可行性。

2. 商業化可行技術現況

降低碳排放、減少燃料使用為鍋爐燃燒技術發展之趨勢，日本因推動鍋爐標章認證，購買取得具認證標章鍋爐之企業，即可獲得商業補助或是貸款誘因，因此鍋爐技術的發展已不再以滿足排放標準為考量，係以最高效能、最低污染排放為技術精進目

標，以日本品牌三浦鍋爐為例，蒸氣蒸發量 1,990 ~ 2,500 kg/h 取得日本標章認證之鍋爐，其氮氧化物可降低至 25 ppm，鍋爐的能源效率可達 98 % (MIURA (ミウラ), 2023)，顯見高效率、低污染排放之鍋爐已有商業量產之技術。

3.3 行政成本效益評估

鍋爐空氣污染物排放濃度的改善，為各縣市環保局施政的重點目標，而為確保鍋爐能符合排放標準，多委由環境檢驗測定機構進行排放管道檢測，以驗證企業所設置之鍋爐排放濃度，而常見之檢測項目為粒狀污染物、硫氧化物、氮氧化物，依區域、行業、排放高度等個案上的差異，排放管道檢測的所需的費用高 (行政院環保署, 2021)，因此稽查所需的行政成本不低，各縣市環保機關並無法將檢驗測定資源投注於鍋爐之排放檢測。

以行政成本之效益進行考量，當採行單位輸出熱值排放量標準之管制方式，仍需針對鍋爐之排放管道進行檢驗測定，且須再新增輸出熱值監測，故其行政成本可能會相較以往再增加；日本採用鍋爐出廠先行驗證，再給予認證標章，環保機關無須進行排放檢測，僅需針對未取得標章之鍋爐進行檢驗測定，兩者相較而言，採用鍋爐標章認證方式，較具有行政成本效益性。

3.4 政策外溢效果評析

針對採以單位輸出熱值排放量標準與標章認證方式，評析政策推動之外溢效果。

1. 產業的轉型與供應鏈的帶動

廠商專注於特定的綠色利基市場，因而導致於綠色專屬能力的發展，這項綠色專屬能力將成為永續環境競爭優勢的來源，而買方驅動的永續供應鏈管理，的確可以讓供應商在原物料與服務的成本、品質、交期、生產彈性等營運績效獲得進一步正向提升 (黃銘章, 2021)，而單位輸出熱值排放量標準的考量係將排放濃度管理與能源效率管理整合，屬被動的行政管制作為，並未具有驅動供應鏈管理之效益，而認證標章的方式則屬於主動式的誘因策略，因企業購置具認證標章的鍋爐才能取得補助、減免等優惠措施，且高效能鍋爐將減少燃料的使用量，亦具有成本效益優勢，產業將傾向

購買具認證之鍋爐，故未取得認證之鍋爐，將不具有市場競爭力，驅使鍋爐製造業者須將技術升級，提供更高效率、更低污染排放的鍋爐，使得產業技術得以升級而帶動整體供應鏈的轉型。

2. 產業衝擊的考量

為達成減量 2018 年環境部已發布鍋爐排放標準，產業多著手改善或汰換新鍋爐，而一般鍋爐設計的使用年限約為 20-30 年為主（陳國銘，2011），另依據財政部所公告固定資產耐用年數，鍋爐耐用年數則為 7 年（財政部，2017），而不論以設計的使用年限或是以財務為考量的耐用年數，鍋爐汰換完成後會有一段很長的使用時間才會再更新與汰換。若採行單位輸出熱值排放量之標準，則需再重新修訂標準，而修訂排放標準可能造成改善完成的鍋爐又需面臨使用壽命未屆則需再次換的衝擊，其所衍伸的產業衝擊可能較不利於政策推動；反之採用鍋爐標章認證方式對於整體產業的衝擊性也會較小，社會接受新的管制方式的意願也會較高，對施政滿意度具有效益。

3. 減污同時具有減碳的效益

單位輸出熱值排放量標準，因同時納入降低排放與提升效率作為管制標準概念，故產業可以符合標準的方式可提高效能或是降低排放，提供產業更多元的方式符合排放標準，但該標準的使用將有增加整體空氣污染排放量的風險，若要採取設立單位輸出熱值排放量標準之管制方式，需有相對應管控空氣污染排放量總量的配套。

而採用鍋爐標章認證方式，鍋爐必須符合排放濃度標準亦須同時符合能源效率，已有研究顯示提高鍋爐的能源使用效率，而減少空氣污染時，其所減少之能源使用亦有溫室氣體減量之效益（Bhander and Jozewicz, 2017; Fang etc., 2002），若以此方式管制，與使用單位輸出熱值排放量標準相較，其較無增加空氣污染排放的風險，但又可具有減碳之效益。

四、結論與後續研究建議

鍋爐廣泛的應用於工業製程，其為空氣污染物與溫室效應氣體排放的主要來源之一，而為使空氣污染與溫室效應氣體同時減量，國際間已採行排放濃度管制與能源效

率協同管制策略，本研究收集國際間管制策略做法，並評析做為我國達成空氣污染防制方案減量目標與邁向淨零路徑的可行策略，本研究之結論與後續研究建議說明如下：

4.1 結論

評析美國與日本同時考量空氣污染排放與能源效率管制方式差異，本研究建議可採行日本鍋爐標章認證之經驗，做為我國推動下一階段鍋爐改善之策略，綜合評析結論如下：

1. 於行政可行性評析方面，採用鍋爐標章認證方式，政策推動具有立即可執行性、主管機關查核之便利性且國內已有相關的執行經驗與實績。
2. 在技術可行性評析方面，燃油或燃氣鍋爐要優於排放標準一定程度給予標章認證者，以排放檢測結果進行評估，降低氮氧化物之排放濃度具有技術可行性，且低污染、高效率之技術已達商業化之技術可行性。
3. 行政成本效益評估方面，採用鍋爐標章認證方式，可減少後續稽核所需耗費的行政成本，較具有行政成本效益優勢。
4. 採用鍋爐標章認證方式，係以客戶需求為出發點，帶動鍋爐製造業者提高低污染、高性能之技術升級，進行使整體產業有轉型之契機。

鍋爐標章認證方式為企業主動符合，管制強度上並不如排放標準等行政管制措施具有其強制性，因此在推動上必須搭配具有足夠的誘因策略，當誘因不足以驅動時，政策推動上將不具其可行性，本研究建議可採行之誘因策略如下：

1. 依據固定污染源自行或委託檢測及申報管理辦法第 20 條規定，公私場所得檢具證明文件，經主管機關核准者，得免實施例行性定期檢測，因此鍋爐經檢驗證可達低污染、高效能且取得標章認證者，可延長檢測頻率或降低定期檢測之次數，對業者有降低檢驗測定費用之誘因。
2. 依據行政院環境部審查開發行為空氣污染物排放量增量抵換處理原則，固定污染源採行具體防制措施之實際削減量，其所取得之排放量可作為環境影響評估開發使用，故標章策略可結合該原則，給予排放額度再售出，使業者具有改善誘因。
3. 依據環境部發布審查開發行為溫室氣體排放增量抵換處理原則，減量措施所得之排放

量可作為環境影響評估之增量使用，而高效率鍋爐可降低燃料使用，因此可結合該策略給予碳額度。

4. 結合優良企業表彰作法，將取得低污染、高效能標章之策略納入給予表彰之誘因考量。
5. 低污染、高效率之鍋爐的購置成本較高，政策推動可參考家電汰舊換新節能補助策略、節能電器退還減徵貨物稅等相關稅賦上的優惠措施，以提高產業汰舊換新之意願。

4.2 後續研究建議

本研究以國內外可取得之中、英文文獻、產業調查報告或企業已公開揭露之資訊進行評析，是否能代表實際狀況，仍有不無疑義之處，針對後續研究建議說明如下：

1. 針對鍋爐改善策略的選擇，可再進行法規政策影響評估（regulatory impact analysis, RIA）包括政策目標的設定、對策方案的研擬、影響預評估以評析最終執行方案的選定。
2. 管制策略選擇上，可再進行成本效益分析（cost benefit analysis, CBA），以尋求在決策上如何以最小的成本獲得最大的效益。

參考文獻

日本環境省（2023a），「大氣污染防治法の対象となるばい煙発生施設」。 <https://www.env.go.jp/air/osen/law/t-kise-0.html>。

日本環境省（2023b）。「硫黄酸化物（SOx）規制」。 <https://www.env.go.jp/air/osen/law/t-kise-1.html>

行政院環保署（2021），固定污染源許可及定期檢測制度研析與應用管理計畫。

行政院環保署（2022），固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統。

行政院環保署（2023a），第二期空氣污染防治方案（113年至116年）（草案），2023年3月21日。

行政院環保署（2023b），施工機具污染改善推動計畫，2023年5月。

東京都（2023），「中小企業者向け導入推奨機器とは」， https://www8.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/eeco_energy/

東京都主税局（2009），「環境に関する都税の軽減制度について」，<https://www.tax.metro.tokyo.lg.jp/kazei/info/kangen-tokyo.html>。

東京都主税局（2023），「環境に関する都税の軽減制度について〈HTT 関連〉○中小企業者向け省エネ促進税制（法人事業税・個人事業税の減免）」，<https://www.tax.metro.tokyo.lg.jp/kazei/info/kangen-tokyo.html>

東京都環境局（2023a），「低 NOx・低 CO₂ 小規模燃焼機器の認定に係る申請等」，https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/air/air_pollution/torikumi/nox_co2/application_guide.html

東京都環境局（2023b），「低 NOx・低 CO₂ 小規模燃焼機器認定制度について」，https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/air/air_pollution/torikumi/nox_co2/index.html。

財政部（2017），固定資産太用年數表。

陳國銘、吳宗峯、翁德富（2011），鍋爐之延壽評估。防蝕工程，第 25 卷第 1 期，35-46。

黃銘章、陳振燧、董蓁、梁燕燕、盧振華（2021），買方永續供應鏈管理與利益關係人壓力可以讓供應商獲得更好的環境與營運績效嗎？管理學報，第 38 卷第 4 期，497-532。

經濟產業省（2021），工場等におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断の基準。

經濟部工業局（2023），工業鍋爐輔導管控表。

環境部（2023a），鍋爐月報統計。

環境部（2023b），固定污染源管理資訊系統，2023 年 8 月。

Bhander, B. and Jozewicz, W (2017), Analysis of emission reduction strategies for power boilers in the US pulp and paper industry. *Energy Emission Control Technology*, 5:27-37.

EPA (2017), Method 19 - Sulfur Dioxide Removal and Particulate, Sulfur Dioxide and

Nitrogen Oxides from Electric Utility Steam Generators.

EPA (2023), Progress Cleaning the Air and Improving People's Health. <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/progress-cleaning-air-and-improving-peoples-health>

EU (2011), Regulation (EU) No 182/2011, 2012/119/EU: Commission Implementing Decision of 10 February 2012 laying down rules concerning guidance on the collection of data and on the drawing up of BAT reference documents and on their quality assurance referred to in Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council on industrial emissions (notified under document C (2012) 613) Text with EEA relevance. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32012D0119>.

European Commission (2009), Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency.

European Commission (2017), Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)

European IPPC Bureau (2023), BAT reference documents. <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference>

European Parliament (2015), Directive (EU) 2015/2193.

Fang, J., Li, G. and Aunan, K (2002), A proposed industrial-boiler efficiency program in Shanxi: Potential CO₂-mitigation, health benefits and associated costs. Applied Energy, 71 (4) : 275-285.

MIURA (ミウラ) (2023), 製品・ソリューション | 熱・水・環境のベストパートナー
— <https://www.miuraz.co.jp/product/boiler/steam/gas/sq01.html#sq-as>。