

應用範例 某紡織工廠改用低碳燃料

1. 專案說明：工廠鍋爐設備之燃料以天然氣取代燃料油。

2. 適用條件：

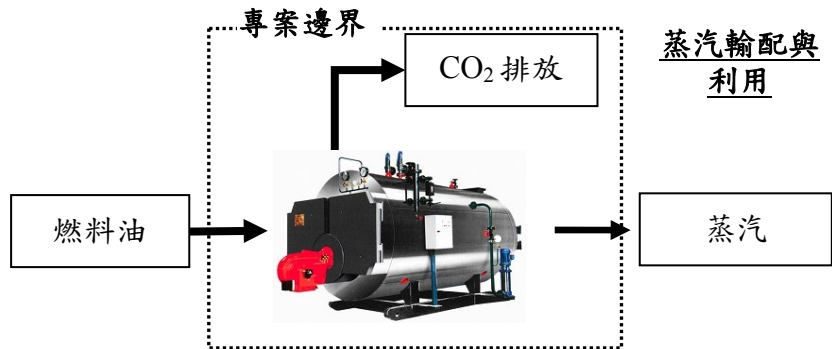
本專案依循「TMS-III.001 工業加熱設施改採低碳化石燃料」方法，並符合下列適用條件—

- (1) 工廠內鍋爐等既有加熱設備，透過燃燒機及其相關設備之更新、改造或汰換，以低碳燃料(化石燃料)取代目前使用之化石燃料，符合條件 1。
- (2) 所採用之天然氣為向中油購得，符合條件 2。
- (3) 如未實施專案時，廠內鍋爐仍能繼續使用燃料油燃燒，符合條件 3。
- (4) 專案實施前後，鍋爐設備為單一燃料系統，符合條件 4。
- (5) 燃燒天然氣所產生之蒸汽，僅供本廠製程設備使用，符合條件 5。
- (6) 專案實施前後，鍋爐設備因效率提升產生之排放減量效益並未納入計算，符合條件 6。
- (7) 專案實施後，天然氣之用量可以量測方式取得，符合條件 7。
- (8) 專案設備之剩餘使用年限超過 10 年(大於計入期)，符合條件 8。
- (9) 本專案每年減量約為 509.7 tCO₂e，小於 60,000 tCO₂e，符合條件 9。

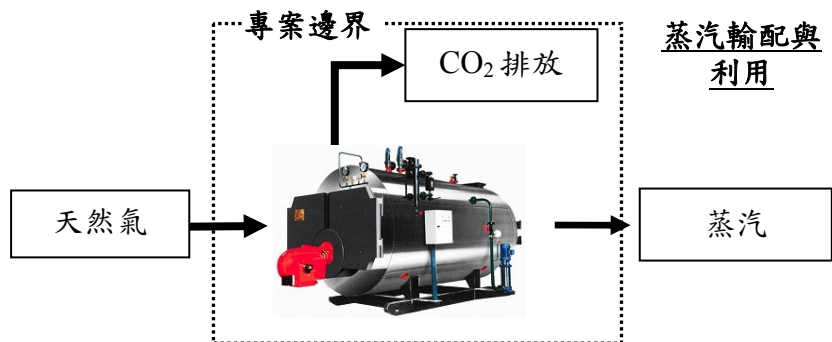
3. 專案執行邊界：

廠內使用化石燃料之熱能設備(鍋爐)。

(1) 專案實施前



(2) 專案實施後



(3)在評估基線與專案實施後之排放量時，燃料燃燒之溫室氣體排放僅將 CO₂ 納入本專案活動邊界內，如表 1 所示。

表 1 專案邊界內之溫室氣體排放源鑑別

來源	溫室氣體	是否納入	說明/解釋
專案活動設施的 化石燃料使用	CO ₂	是	主要的溫室氣體排放
	CH ₄	否	估計排放量極小，故簡化忽略 不計
	N ₂ O	否	

4.外加性說明：

- (1)法規外加性：現行法令未針對鍋爐使用低碳燃料進行規範。
- (2)投資障礙分析：本案例參考 CDM 小規模外加性工具規範，以投資回收年限 (payback period)作為投資分析計算基準，並以比較分析方式論述。由於國內尚未有一致之外加性量化指標，故以公司歷年投資容許風險(3 年)為比較基準(benchmark)。經計算結果本專案投資回收年限為 3.93 年(>3 年)，具投資外加性。

$$\text{設備投資回收年限} = \frac{\text{設備投資費用 (元)} - \text{政府相關補助 (元)}}{\text{每年節省之能源費用 (元/年)}} > 3 \text{年}$$

相關計算如下：

- 以平均每 kL 燃料油，每公秉燃料油為新台幣 16,895 元(依據中油油品價目表 99 年低硫燃料油平均單價)。
- 以平均每 m³ 天然氣，平均單價為 15.0369 元(依據中油油品價目表 99 年天然氣平均單價)。
- 預估本專案投資成本約 200 萬元(含鍋爐改裝及管路施工等費用)。
- 無政府補助經費。
- 設備投資回收年限

$$= \frac{\$NTD2,000,000 - \$NTD 0}{(595.4 \text{ kL/y} \times 16,895 \text{ 元/kL}) - (635.1 \text{ km}^3/\text{y} \times 15036.9 \text{ 元/km}^3)}$$

$$= \frac{\$NTD2,000,000}{\$NTD509,347.81/\text{y}} \approx 3.93 > 3 \text{年}$$

5.基線排放量：

(1)基線情境(廠內實際狀況)

本專案依循「IDB-III-014 鍋爐等加熱設備採用低碳燃料」方法，以「鍋爐等加熱設施繼續使用既有燃料」做為基線情境。廠內鍋爐原使用燃料油作為燃料，專案實施前年平均耗熱量為 4,858,515,000 kcal，於專案實施後使用天然

氣 635.1 km³。專案實施前後，鍋爐之熱轉換效率皆為 85%。

(2) 基線排放量

$$BE_y = FC_{oil, BL, y} \times EF_{CO_2, oil, BL}$$

$$FC_{oil, BL, y} = \frac{FC_{NG, PJ, y} \times NCV_{NG, PJ} \times \eta_{PJ}}{NCV_{oil, BL} \times \eta_{BL}} \quad (\eta_{PJ} \leq \eta_{BL})$$

$$BE_y = \frac{635.1 \text{ km}^3 \times 9,000 \text{ kcal} / \text{m}^3 \times 85\%}{9,600 \text{ kcal} / \text{L} \times 85\%} \times 3.111 \text{ tCO}_2 / \text{kL}$$

$$= 1,852.3 \text{ tCO}_2\text{e}$$

相關計算參數彙整如表 2 所示：

表 2 基線排放量計算參數彙整表

參數	定義	單位	數值
BE_y	y 年之基線排放量	tCO ₂ e	1,852.3
$FC_{NG, PJ, y}$	y 年之專案實施後天然氣之用量	km ³	635.1
$NCV_{NG, PJ}$	專案實施後天然氣之淨熱值	kcal/m ³	9,000
$NCV_{oil, BL}$	專案實施前燃料油之淨熱值	kcal/L	9,600
η_{PJ}	專案實施後鍋爐效率	%	85
η_{BL}	專案實施前鍋爐效率	%	85
$EF_{CO_2, oil, BL}$	專案實施前燃料油之排放係數	tCO ₂ /kL	3.111

6. 專案實施後之排放量：

$$PE_y = FC_{NG, PJ, y} \times EF_{CO_2, NG, PJ}$$

$$= 635.1 \text{ km}^3 \times 2.114 \text{ tCO}_2/\text{km}^3$$

$$= 1,342.6 \text{ tCO}_2\text{e}$$

相關計算參數彙整如表 3 所示：

表 3 專案實施後排放量計算參數彙整表

參數	定義	單位	數值
PE_y	y 年之專案排放量	tCO ₂ e	1,342.6
$FC_{NG, PJ, y}$	y 年之專案實施後天然氣之用量	km ³	635.1
$EF_{CO_2, NG, PJ}$	專案實施後天然氣之排放係數	tCO ₂ /km ³	2.114

7. 洩漏量：

本專案並無洩漏產生。



8. 排放減量：

(1) 單一年度排放減量

$$ER_y = BE_y - (PE_y + LE_y)$$

$$= 1,852.3 \text{ tCO}_2\text{e} - (1,342.6 \text{ tCO}_2\text{e} + 0) = 509.7 \text{ tCO}_2\text{e}$$

- 相關計算參數彙整如表 4 所示：

表 4 排放減量計算參數彙整表

參數	定義	單位	數值
ER_y	y 年之排放減量	tCO ₂ e	509.7
BE_y	y 年之基線排放量	tCO ₂ e	1,852.3
PE_y	y 年專案排放量	tCO ₂ e	1,342.6
LE_y	y 年之洩漏排放量	tCO ₂ e	0

(2) 計入期計算摘要

本專案以燃料替換工程發包日(100 年 10 月 1 日)為起始日，考量既有鍋爐設備尚可使用約 15 年，則專案結束日期為 114 年 9 月 30 日。

另，依據環保署「溫室氣體先期暨抵換專案推動原則」，選擇以 10 年(固定型)做為專案計入期，初步規劃減量效益計算期間為 101 年 1 月 1 日~110 年 12 月 31 日，則於計入期內各年度之減量計算摘要如表 5：

表 5 專案計入期之溫室氣體減量

年度 (民國)	基線排放量 (tCO ₂ e)	專案排放量 (tCO ₂ e)	洩漏排放量 (tCO ₂ e)	預期排放減量 (tCO ₂ e)
101	1,852.3	1,342.6	0	509.7
102	1,852.3	1,342.6	0	509.7
103	1,852.3	1,342.6	0	509.7
104	1,852.3	1,342.6	0	509.7
105	1,852.3	1,342.6	0	509.7
106	1,852.3	1,342.6	0	509.7
107	1,852.3	1,342.6	0	509.7
108	1,852.3	1,342.6	0	509.7
109	1,852.3	1,342.6	0	509.7
110	1,852.3	1,342.6	0	509.7
合計	18,523	13,426	0	5,097

9. 監測方法：

(1) 預設係數與參數說明(僅於專案計畫書確證時確認即可)監測項目

數據/參數	$FC_{oil, BL, y}$
數據單位	kL
描述	專案實施前燃料油之用量
使用數據來源	由燃料供應商之繳費單計算
數值	595.4
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	以 98~100 年全年平均燃料油量計算
備註	以電子檔保存

數據/參數	η_{BL}
數據單位	%
描述	專案實施前鍋爐效率
使用數據來源	短期/暫態量測值
數值	85
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	—
備註	以電子檔保存

數據/參數	$NCV_{oil, BL}$
數據單位	kcal/L
描述	專案實施前燃料油之淨熱值
使用數據來源	國家公告值
數值	9,600
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	使用能源局公告能源產品單位熱值
備註	以電子檔保存

數據/參數	HC_{his}
數據單位	kcal
描述	鍋爐淨耗熱量之歷史值
使用數據來源	以短期/暫態量測值計算
數值	4,858,515,000
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	以實際量測之 $FC_{oil, BL}$ 、 $NCV_{oil, BL}$ 、 η_{BL} 計算

備註	由最近 3 年數據取其平均值
----	----------------

(2)應被監測之數據與參數

數據/參數	$FC_{NG, PJ, y}$
數據單位	km^3
描述	專案實施後天然氣之用量
使用數據來源	量測值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	635.1
將被採用的量測方法和步驟之描述	以流量計持續量測製作月報表，並 1 年彙整 1 次
將被應用的 QA/QC 步驟	流量計應接受定期維護校正，並依據設備商建議或採適用的國家/國際標準測試有效範圍
備註	以電子檔保存

數據/參數	$NCV_{NG, PJ}$
數據單位	kcal/m^3
描述	專案實施後天然氣之淨熱值
使用數據來源	燃料供應商提供之燃料熱值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	9,000
將被採用的量測方法和步驟之描述	以燃料供應商繳費通知單所附燃料熱值計算
將被應用的 QA/QC 步驟	管理人員應確認燃料供應商提供之產品明細表中資訊充足，且計算所引用數值正確。
備註	以電子檔保存

數據/參數	$EF_{CO_2, NG, PJ}$
數據單位	tCO_2/km^3
描述	專案實施後天然氣之排放係數
使用數據來源	國家公告值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	2.114
將被採用的量測方法和步驟之描述	引用環保署「溫室氣體盤查係數管理表」6.0 版之 IPCC 天然氣排放係數乘以燃料設備商提供之熱值計算， $EF_{CO_2, NG} = 2.114 \text{ tCO}_2/\text{km}^3$
將被應用的 QA/QC 步驟	管理人員應定期確認政府公告值是否更新，並妥善保存相關佐證資料。

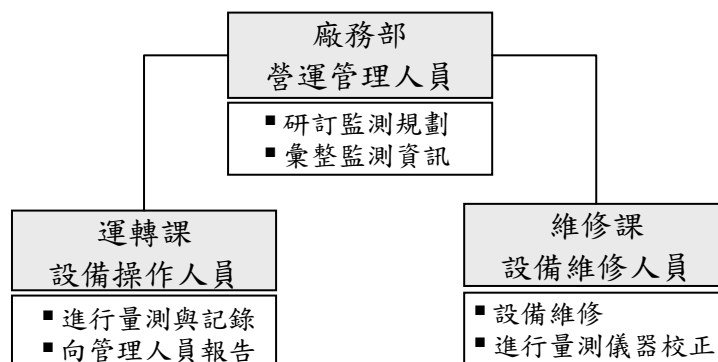
備註	以電子檔保存
----	--------

數據/參數	$EF_{CO_2, oil, BL}$
數據單位	tCO ₂ /kL
描述	專案實施前燃料油之排放係數
使用數據來源	國家公告值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	3.111
將被採用的量測方法和步驟之描述	引用環保署「溫室氣體盤查係數管理表」6.0版
將被應用的 QA/QC 步驟	管理人員應定期確認政府公告值是否更新，並妥善保存相關佐證資料。
備註	以電子檔保存

數據/參數	η_{PJ}
數據單位	%
描述	專案實施後鍋爐效率
使用數據來源	短期/暫態量測值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	85
將被採用的量測方法和步驟之描述	—
將被應用的 QA/QC 步驟	操作人員定期(至少 1 年 1 次)進行量測及記錄，並妥善保管數據資料。
備註	以電子檔保存

註：依環保署「溫室氣體查驗指引」規範，抵換專案相關資料保存至少至專案計入期或方案執行期間結束後的 2 年，故本專案資料保存年限設定為 12 年(專案計入期 10 年+2 年)。

(3) 監測系統之管理結構(組織架構與權責)



附件

國際 IPMVP/ 國內 M&V 績效驗證方式

選項	量測方式	計算方式	量測與驗證費用
A	<ul style="list-style-type: none"> 透過部分量測獨立改善設備的耗能來計算節能量，量測時間可短期或連續量測 部分量測代表某些耗能參數可以為約定值，但做約定時必須進行誤差分析，證明約定值總誤差造成節能量計算結果的影響不大 	<ul style="list-style-type: none"> 使用短時間或連續量測、約定值、電腦模擬與(或)歷史資料，進行節能效益計算 	<ul style="list-style-type: none"> 決定於量測點的多寡、約定內容的複雜程度、量測頻率，典型的費用約占 1~5% 的節能專案成本
B	<ul style="list-style-type: none"> 透過全部量測獨立改善設備的耗能來計算節能量，量測時間可短時或連續量測 全部量測代表全部耗能參數皆以量測獲得，而非約定 	<ul style="list-style-type: none"> 使用短時間或連續量測，進行節能效益計算 	<ul style="list-style-type: none"> 決定於量測點及系統型態，與分析及量測的條款，典型的費用約占 3~10% 的節能專案成本
C	<ul style="list-style-type: none"> 透過全部量測整廠的耗能來計算節能量，量測時間可短時或連續量測 通常是利用現有電力公司或燃料公司公表進行量測 	<ul style="list-style-type: none"> 藉由回歸分析，針對公表或分表之數據進行分析比較 	<ul style="list-style-type: none"> 決定於分析參數的數量及複雜程度，典型的費用約占 1~10% 的節能專案成本
D	<ul style="list-style-type: none"> 透過電腦模擬方式來求得節能量，獨立節能改善或證廠節能改善皆可適用 此選項需要大量模擬方面的技術與理論基礎 	<ul style="list-style-type: none"> 將耗能相關數據帶入模擬模型進行校正後，再計算節能效益 	<ul style="list-style-type: none"> 決定於分析系統的數量及複雜程度，典型的費用約占 3~10% 的節能專案成本

資料來源：陳輝俊，台灣 ESCO 節能績效量測與驗證之案例分析，2010。