

應用範例 某鋼鐵工廠透過新增輸送設備整合高溫鋼胚與加熱爐製程

1.專案說明：專案實施前，廠內廢鐵經由電爐、精煉爐及連鑄成型等製程產出鋼胚，鋼胚離開爐連鑄成型製程溫度約在 900°C，自然冷卻至常溫(25°C)後，再由貨車運送至廠內隔壁區塊的加工廠儲存。而後，常溫鋼胚有 80% 的量再進入加熱爐設備升溫至 1,150°C，再做成其他成品如型鋼角鋼等。專案實施後，900°C 高溫鋼胚會透過批次生產整合設備(高溫保溫輸送系統)輸送，鋼胚溫度 253°C，再進入後端加熱爐設備升溫至 1,150°C，年重油使用量可下降至 10,000kL。

2.適用條件：

本專案依循「TMS-II-017 生產製程整合以減少熱能損失」減量方法，並符合下列適用條件：

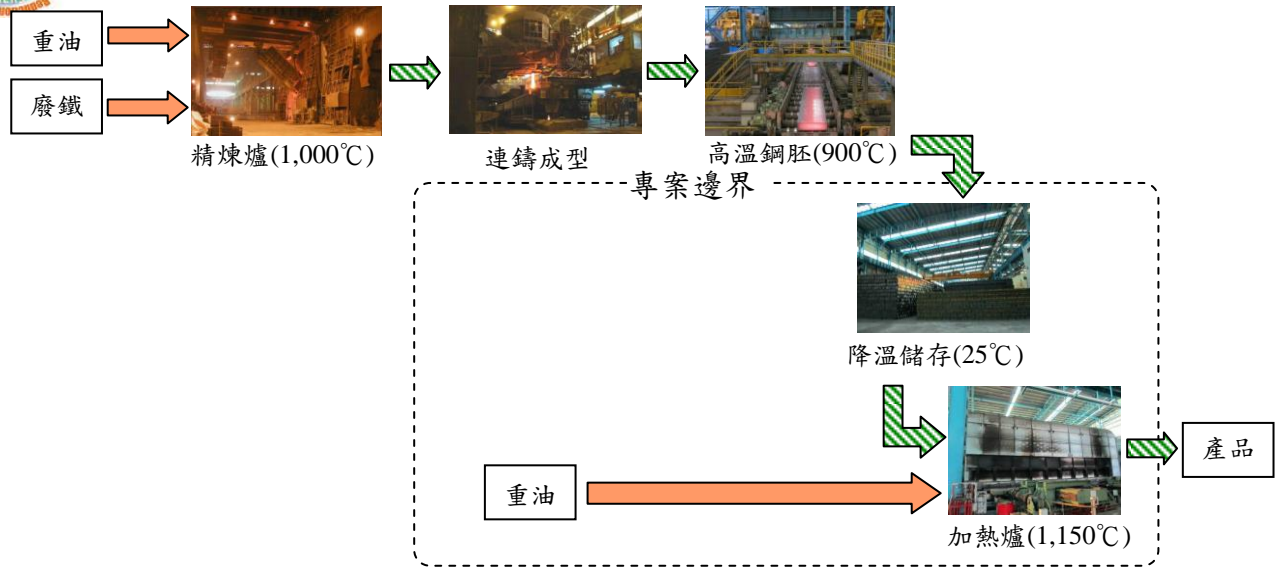
- (1)廠內透過增設批次生產整合設備(高溫保溫輸送系統)，整合連鑄成型製程生產之高溫鋼胚及後端加熱爐，減少鋼胚先降溫再升溫所造成之熱損失，且未針對加熱爐進行任何改善，符合條件 1。
- (2)專案技術活動係透過增設高溫保溫輸送系統，符合條件 2。
- (3)前端連鑄成型製程及後端加熱爐製程屬於同一個事業單位所有，且中間產品(原料)為鋼胚，符合條件 3。
- (4)專案實施前後，連鑄成型出口及加熱爐設備出口溫度相同，且加熱爐設備仍使用重油燃料為熱能來源，符合條件 4。
- (5)本專案無論是否增設高溫保溫輸送系統，不影響既有設施設備之運作，符合條件 5。
- (6)依減量方法適用條件規範，既有設備剩餘使用年限依專案邊界僅考慮後段製程設備，參循 CDM 最新版次之設備剩餘壽齡推估工具”Tool to determine the remaining lifetime of equipment”評估，採用選項(a)：製造商提供之設備技術資料，前端連鑄成型製程及後端加熱爐製程設備之使用年限大於 30 年，現今已使用 15 年，剩餘使用年限超過 10 年(大於計入期)，符合條件 6。
- (7)本專案年燃料投入節能量約 15.1 GWh_{th}¹，不超過 180 GWh_{th}，符合條件 7。

3.專案執行邊界：

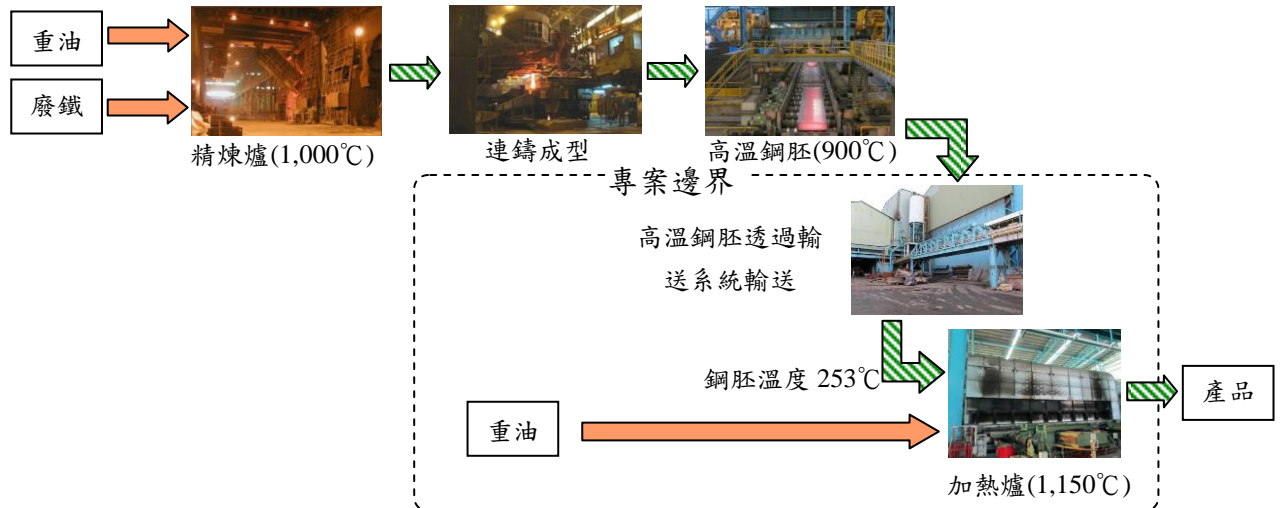
欲整合之連鑄成型製程與後端加熱爐設施，包括其附屬設備。不包含燃料/電力供給設備及周邊之附屬設備(如相關輸送設備)。

(1)專案實施前

¹ 燃料投入年節能量(GWh_{th}/y)=[{基線重油用量(FC_{BL,y})－專案實施後重油用量(FC_{PL,y})]×重油熱值(NCV_{FUEL})÷每度電發電所需熱值=[(13,520 kL/y - 10,000kL/y)×9,600 Mcal/ kL×1,000kcal/Mcal]÷2,236kcal/kWh=15.1 GWh_{th}



(2) 專案實施後



(3) 在評估基線與專案實施後之排放量時，加熱爐燃料燃燒之溫室氣體排放僅將 CO₂ 納入該專案活動邊界內，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
加熱爐燃料使用	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	
加熱爐與輸送系統設備的電力使用	CO ₂	是	主要的溫室氣體排放
	CH ₄	是	納入考量
	N ₂ O	是	納入考量

4. 外加性說明：

(1) 法規外加性：現行法令未針對本專案改善內容進行強制規範。



(2)投資障礙分析：本範例參考 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(4 年)為比較基準(benchmark)。經計算結果本專案投資回收年限為 4.3 年(>4 年)，具投資外加性。

$$\text{設備投資回收年限} = \frac{\text{設備投資費用 (元)} - \text{政府相關補助 (元)}}{\text{每年節省之能源費用 (元/年)}} > 4 \text{年}$$

相關計算如下：

- 每年節約重油用量 3,520kL/y，每 kL 重油平均單價為 19,751 元(依據中油 100 年度重油平均單價)。
- 預估本專案投資成本約 30,000 萬元(含輸送設備及施工費用)。
- 無政府補助經費。
- 設備投資回收年限 = $\frac{\$NTD 300,000,000 - \$NTD 0}{3,520 \text{ kL/y} \times \$NTD 19,751/\text{kL}}$
= 4.3 年 > 4 年

註：未來產業於應用本減量方法時，應依各專案實況選擇適合之外加性論述方式。(如，採用其他投資分析方式(IRR、NPV)，提出專案經費籌措困難證明，或進行技術障礙、普遍性障礙及其他障礙論述等)。另，針對設備投資回收年限之計算方式與設定基準，亦應依各公司狀況、產業發展趨勢或專案實施當時政策等情況而定。

(3)技術障礙分析：本廠區位於高雄臨海工業區，氣候條件嚴苛，一般設備易受氣候影響造成腐蝕或損壞；加上前後端連接製程距離達 500 公尺以上，輸送高溫鋼胚負重重，溫度高，架設連接輸送系統須克服地形限制與工業安全問題。本廠引進國外專利高溫專用輸送設備材質，輸送系統可耐 1,000°C 以上高溫，並委託專業機械與土木技師專家，針對輸送系統架設位置、角度、高度與地形負重進行全面性分析，共費時 1 年完成規劃後才完成設計，具相當技術障礙。

5.基線排放量：

(1)基線情境(廠內實際狀況)

- 本專案依循「TMS-II-017 生產製程整合以減少熱能損失」方法，以「既有前端連鑄成型製程產出之高溫鋼胚先降溫再送至後端加熱爐生產」做為基線情境。
- 廠內廢鐵經精煉爐加熱至 1,000°C 後，送至連鑄機進行連鑄成型，產出 900°C 的高溫鋼胚，鋼比熱值 0.11Mcal/t°C。高溫鋼胚冷卻至室溫 25°C 後儲存，再批次送至後端加熱爐加熱生產。



- 依 98-100 年生產紀錄，加熱爐每年平均產出 520,000t 高溫鋼胚，冷卻後供後端加熱爐使用，加熱爐平均每年使用重油 13,520kL。

(2)前段製程出口至後段製程入口間產品熱量損失

$$\begin{aligned} HL_{BL,y} &= HL_{his} = (t_{1,BL} - t_{2,BL}) \times C_p \times P_{PJ,y} \\ &= (900^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) \times 0.11 \text{ Mcal/t}^\circ\text{C} \times 520,000\text{t} \\ &= 50,050,000\text{Mcal} \end{aligned}$$

後段製程加熱爐設備之加熱效率：

$$\begin{aligned} \eta_{BL} &= [(t_{3,BL} - t_{2,BL}) \times C_p \times P_{his}] \div (FC_{heat,his} \times NCV_{BL,HEAT}) \\ &= [(1,150^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) \times 0.11 \text{ Mcal/t}^\circ\text{C} \times 520,000\text{t}] \div (13,520\text{kL} \times 9,600 \text{ Mcal/kL}) \\ &= 49.5\% \end{aligned}$$

(3)基線排放量

$$\begin{aligned} BE_y &= \frac{HL_{BL,y}}{\eta_{BL}} \times EF_{CO_2,heat,y} \\ &= 50,050,000\text{Mcal} \div 49.5\% \times (3.11 \text{ tCO}_2\text{e/kL} \div 9,600 \text{ Mcal/kL}) \\ &= 101,111,111.1 \times 3.23958 \times 10^{-4} \\ &= 32,755 \text{ tCO}_2\text{e} \end{aligned}$$

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	32,755
$HL_{BL,y}$	y 年之基線情境下熱損失量	Mcal	50,050,000
HL_{his}	專案實施前平均歷史熱損失量	Mcal	50,050,000
η_{BL}	專案實施前，後段製程加熱效率	%	49.5
$t_{1,BL}$	專案實施前，前段製程平均出口溫度	°C	900
$t_{2,BL}$	專案實施前，後段製程平均入口溫度	°C	25
$t_{3,BL}$	專案實施前，後段製程加熱出口溫度	°C	1,150
C_p	鋼比熱值	Mcal/t°C	0.11
$P_{PJ,y}$	y 年之專案產品年產量	t	520,000
P_{his}	專案實施前產品年產量歷史值	t	520,000
$FC_{heat,his}$	專案實施前，加熱燃料年用量	kL	13,520
$NCV_{BL,HEAT}$	基線燃料熱值	Mcal/kL	9,600
$EF_{CO_2,heat,y}$	y 年之單位熱能之二氧化碳排放係數	tCO ₂ e/Mcal	3.23958×10^{-4}

6.專案實施後之排放量：

(1)專案實施後之能源使用量



- 整合批次生產製程後，900°C 高溫鋼胚透過輸送系統運輸至後端加熱爐使鋼胚溫度 253°C，年重油使用量可下降至 10,000kL，加熱爐年產出 520,000t 高溫鋼胚。
- 需增設輸送系統整合連鑄成型與加熱爐製程，共需增加 20hp(14.92kW)馬達共 10 顆，負載率為 80%，年運轉時數為 8,000 小時。

(2) 專案實施後之排放量

$$k = \min(1; HL_{his}/HL_{BL,y}) = 1$$

$$PE_y = \frac{HL_{PJ,y}}{\eta_{PJ}} \times EF_{CO_2, heat, y} \times k + PE_{a,y}$$

$$= 37,008,400 \text{Mcal} \div 53.4\% \times 1 \times 3.23958 \times 10^{-4} + 507 \text{tCO}_2\text{e}$$

$$= 22,451 \text{ tCO}_2\text{e} + 507 \text{tCO}_2\text{e}$$

$$= 22,958 \text{ tCO}_2\text{e}$$

$$HL_{PJ,y} = (t_{1,PJ} - t_{2,PJ}) \times C_p \times P_{PJ,y}$$

$$= (900^\circ\text{C} - 253^\circ\text{C}) \times 0.11 \text{ Mcal/t}^\circ\text{C} \times 520,000 \text{t}$$

$$= 37,008,400 \text{Mcal}$$

$$\eta_{PJ} = [(t_{3,PJ} - t_{2,PJ}) \times C_p \times P_{PJ,y}] \div (FC_{heat,PJ} \times NCV_{FUEL,y})$$

$$= [(1,150^\circ\text{C} - 253^\circ\text{C}) \times 0.11 \text{ Mcal/t}^\circ\text{C} \times 520,000 \text{t}] \div (10,000 \text{kL} \times 9,600 \text{ Mcal/kL})$$

$$= 53.4\%$$

專案附屬設備排放量

$$PE_{a,y} = EC_{a, ELEC, y} \times EF_{ELEC} \div 1,000 + FC_{a,y} \times EF_{a,FUEL}$$

$$= [14.92 \text{kW} \times 80\% \times 8,000 \text{h} \times 10 \text{set}] \times 0.532 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh} \div 1,000$$

$$= 954,880 \text{ kWh} \times 0.532 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh}$$

$$= 507 \text{tCO}_2\text{e}$$

- 相關計算參數彙整如表 3 所示：

表 4 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	22,451 22,958
$PE_{a,y}$	y 年之專案附屬設備排放量	tCO ₂ e	507
$HL_{PJ,y}$	y 年之專案情境下熱損失量	Mcal	37,008,400
η_{PJ}	專案實施後，後段製程加熱效率	%	53.4
$t_{1,PJ}$	專案實施後，前段製程平均出口溫度	°C	900
$t_{2,PJ}$	專案實施後，後段製程平均入口溫度	°C	253
$t_{3,PJ}$	專案實施後，後段製程加熱出口溫度	°C	1,150



$FC_{heat,PJ,y}$	y 年之專案熱量損失燃料年用量	kL	10,000
$EC_{a,ELEC,y}$	y 年之專案附屬設備用電量	kWh	954,880
EF_{ELEC}	y 年電力之二氧化碳排放係數	tCO ₂ e/kWh	0.532
k	調整因子	-	1

7.洩漏量：

- 本專案所有潛在的洩漏源均已並予以排除，故並無洩漏產生。
- $LE_y = 0$

8.排放減量：

(1)單一年度排放減量

- $ER_y = BE_y - PE_y + LE_y$
 $= 32,755 \text{ tCO}_2\text{e} - 22,958 \text{ tCO}_2\text{e} + \text{tCO}_2\text{e} \cdot 0 = 9,797 \text{ tCO}_2\text{e}$

- 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	9,797
BE_y	y 年之基線排放量	tCO ₂ e	32,755
PE_y	y 年之專案排放量	tCO ₂ e	22,958
LE_y	y 年之洩漏排放量	tCO ₂ e	0

(2)計入期計算摘要

- 本專案以工程發包日(101 年 10 月 1 日)為起始日，考量既有加熱爐設備壽齡約 20 年，則專案結束日期為 121 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 102 年 1 月 1 日~111 年 12 月 31 日，則於計入期內各年度之減量計算摘要如表 6：

表 6 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)
102	32,755	22,958	0	9,797
103	32,755	22,958	0	9,797
104	32,755	22,958	0	9,797
105	32,755	22,958	0	9,797
106	32,755	22,958	0	9,797
107	32,755	22,958	0	9,797
108	32,755	22,958	0	9,797



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)
109	32,755	22,958	0	9,797
110	32,755	22,958	0	9,797
111	32,755	22,958	0	9,797
合計	327,550	229,580	0	97,970

(3)預設係數與參數說明

數據/參數	HL_{his}
數據單位	Mcal
描述	專案實施前，平均歷史熱損失量
使用數據來源	以量測值計算
數值	50,050,000
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	以歷史產量、平均溫度及產品比熱值計算
備註	-

數據/參數	$FC_{heat,his}$
數據單位	kL
描述	專案實施前，加熱燃料年用量
使用數據來源	連續量測
數值	13,520
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	透過燃料計量設備(流量計)量測
備註	由 98~100 年 3 年數據取其平均值

數據/參數	η_{BL}
數據單位	%
描述	專案實施前，後段製程加熱效率
使用數據來源	量測計算
數值	49.5
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	以歷史產量、加熱燃料/蒸汽/電力用量、熱值、平均溫度及產品比熱值計算
備註	-

數據/參數	$NCV_{BL,HEAT}$
數據單位	Mcal/kL
描述	基線燃料熱值



使用數據來源	燃料供應商提供之熱值
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	-
備註	由 98~100 年 3 年數據取其平均值

數據/參數	P_{his}
數據單位	t
描述	專案實施前平均歷史產品年產量
使用數據來源	量測值
數值	520,000
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	以地磅量測
備註	由 98~100 年 3 年數據取其平均值

數據/參數	$t_{1,BL}$
數據單位	°C
描述	專案實施前，前段製程平均出口溫度
使用數據來源	連續量測
數值	900
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	以溫度計量測
備註	由 98~100 年 3 年數據取其平均值

數據/參數	$t_{2,BL}$
數據單位	°C
描述	專案實施前，後段製程平均入口溫度
使用數據來源	連續量測
數值	25
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	以溫度計量測
備註	由 98~100 年 3 年數據取其平均值

數據/參數	$t_{3,BL}$
數據單位	°C
描述	專案實施前，後段製程加熱出口溫度
使用數據來源	連續量測

數值	1,150
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	以溫度計量測
備註	由 98~100 年 3 年數據取其平均值

數據/參數	C_p
數據單位	Mcal/t°C
描述	產品比熱值
使用數據來源	文獻值
數值	0.11
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	-
備註	-

9. 監測方法：

(1) 應監測之數據與參數

數據/參數	$FC_{heat,PJ,y}$
數據單位	kL
描述	y 年之專案熱量損失燃料用量
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	10,000
將被採用的量測方法和步驟之描述	透過燃料計量設備(流量計)，每月至少紀錄 1 次，彙整年用量
將被應用的 QA/QC 步驟	操作人員定期(至少 1 月 1 次)紀錄相關用量，再彙整全年度統計資料，並妥善保管數據資料。相關之表計應接受定期維護校正，並依據適用的國家/國際標準測試有效範圍
備註	-

數據/參數	$P_{PJ,y}$
數據單位	t
描述	y 年之專案產品年產量
使用數據來源	操作紀錄
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	520,000



將被採用的量測方法和步驟之描述	由生產報表統計，每月至少紀錄 1 次，彙整年用量
將被應用的 QA/QC 步驟	操作人員定期(至少 1 月 1 次)紀錄相關用量，再彙整全年度統計資料，並妥善保管數據資料。相關之表計應接受定期維護校正，並依據適用的國家/國際標準測試有效範圍
備註	以紙本保存

數據/參數	$EC_{a,ELEC,y}$
數據單位	kWh
描述	y 年之專案附屬設備用電量
使用數據來源	以電功率計量測及生產紀錄之操作時數計算
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	954,880
將被採用的量測方法和步驟之描述	透過電功率計量測平均功率值後乘以操作時數
將被應用的 QA/QC 步驟	每年量測配合生產紀錄時數計算
備註	相關量測儀器須依國家標準或廠內標準定期校正

數據/參數	$NCV_{FUEL,y}$
數據單位	Mcal/kL
描述	y 年燃料之淨熱值(低位發熱量)
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	9,600
將被採用的量測方法和步驟之描述	▪ 引用能源局 100 年度能源統計手冊「燃料油」
將被應用的 QA/QC 步驟	管理部人員每年確認相關數值是否更新，並應採用與計畫申請年度最接近之數據。
備註	以電子檔或紙本保存

數據/參數	$EF_{CO2,heat,y}$
數據單位	tCO ₂ e/Mcal
描述	y 年之單位熱能之二氧化碳排放係數
使用數據來源	以自廠燃料排放係數計算
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	3.23958×10^{-4}



將被採用的量測方法和步驟之描述	
將被應用的 QA/QC 步驟	1 年 1 次
備註	

數據/參數	EF_{ELEC}
數據單位	kgCO ₂ e/kWh
描述	電力或電網排放係數
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	0.532
將被採用的量測方法和步驟之描述	▪ 使用能源局公告值，每年確認一次
將被應用的 QA/QC 步驟	管理部人員每年確認政府公告值是否更新，並應採用與計畫申請年度最接近之數據。
備註	以電子檔或紙本保存

數據/參數	$t_{1,PJ}$
數據單位	°C
描述	專案實施後，前段製程平均出口溫度
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	900
將被採用的量測方法和步驟之描述	以溫度計持續監測，每天記錄至少 1 筆資料，彙整年平均值。
將被應用的 QA/QC 步驟	溫度計定期維護校正，並依據適用的國家/國際標準測試有效範圍。
備註	紙本保存 12 年。

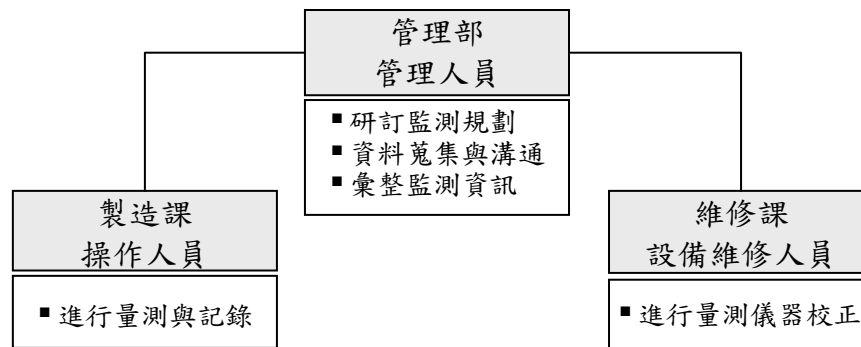
數據/參數	$t_{2,PJ}$
數據單位	°C
描述	專案實施後，後段製程平均入口溫度
使用數據來源	量測值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	253
將被採用的量測方法和步驟之描述	以溫度計持續監測，每天記錄至少 1 筆資料，彙整年平均值。
將被應用的 QA/QC 步驟	溫度計定期維護校正，並依據適用的國家/國際

	標準測試有效範圍。
備註	紙本保存 12 年。

數據/參數	$t_{3,PJ}$
數據單位	°C
描述	專案實施後，後段製程加熱出口溫度
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	1,150
將被採用的量測方法和步驟之描述	以溫度計持續監測，每天記錄至少 1 筆資料，彙整年平均值。
將被應用的 QA/QC 步驟	溫度計定期維護校正，並依據適用的國家/國際標準測試有效範圍。
備註	紙本保存 12 年。

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 10 年(專案計入期 10 年+2 年)。

(2) 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。