

應用案例 某熔鋁工廠採用高效率工業爐

1.專案說明：廠內 1 座舊型熔鋁工業爐，擬汰換為高效率熔鋁工業爐。

2.適用條件：

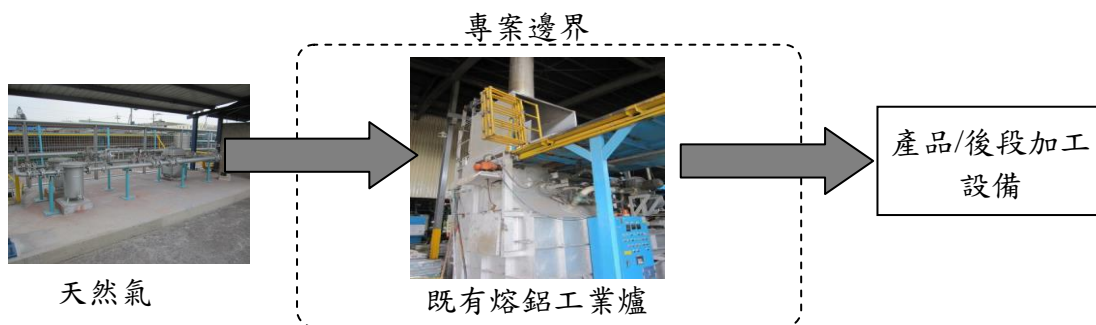
本專案依循「TMS-II.015 更換為高效率工業爐」方法，並符合下列適用條件一

- (1)專案活動為既有熔鋁工業爐本體之汰換，符合條件 1。
- (2)改善前後皆使用天然氣作為燃料，符合條件 2。
- (3)專案活動僅為既有熔鋁工業爐本體之汰換，非新增設之熔鋁工業爐，符合條件 3。
- (4)專案活動所購入之工業爐為全新製品，並非來自其他專案活動，符合條件 4。
- (5)專案實施前後生產相同之鋁製產品，相關產品品質管理程序與標準皆未改變，且操作條件維持不變，可透過操作紀錄表單確認，符合條件 5。
- (6)既有工業爐本體無論是否實施專案，皆能持續運作，符合條件 6。
- (7)既有工業爐依循 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，既有工業爐之使用年限大於 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 7。
- (8)本專案年燃料投入節能量約 1.68 GWh_{th}¹，不超過 180 GWh_{th}，符合條件 8。

3.專案執行邊界：

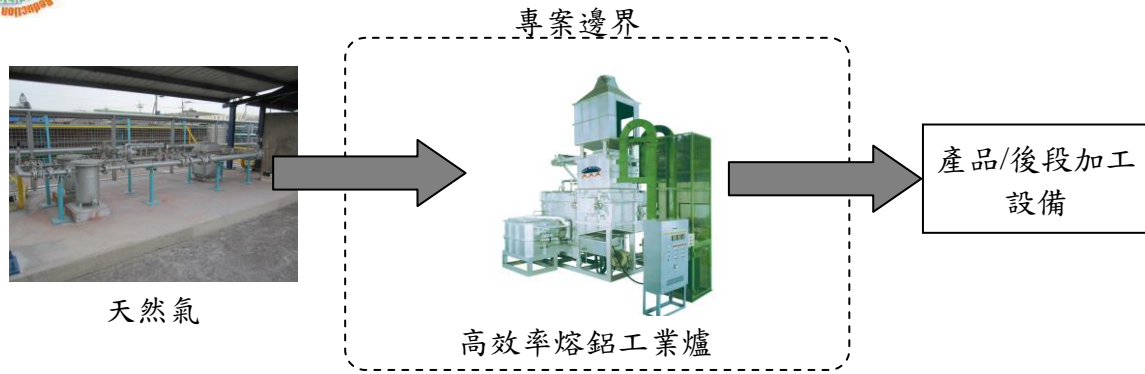
熔鋁工業爐本體。

(1)專案實施前



(2)專案實施後

¹ 燃料投入年節能量(GWh_{th}/y)=[基線能源用量(H_{BL})-專案實施後能源用量(H_{PI})]÷每度電發電所需熱值=[(37,566,000 Mcal/y - (3,756.6 km³ × 9,000Mcal/km³) × 1,000 kcal/ Mcal] ÷ 2,236kcal/kWh = (3,756,600,000 kcal/y ÷ 2,236kcal/kWh) ÷ 1000,000kWh/GWh = 1.68 GWh_{th}



(3)在評估基線與專案實施後之排放量時，熔鋁工業爐系統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
熔鋁工業爐燃料使用	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
	N ₂ O	否	不計

4.外加性說明：

- (1)法規外加性：現行法令未針對工業爐效率提升進行規範。
- (2) 投資障礙分析：設備投資回收年限，大於公司歷年投資容許風險(3 年)，故符合投資外加性。

$$\text{設備投資回收年限} = \frac{\text{設備投資費用(元)} - \text{政府相關補助(元)}}{\text{能源節省量(用量/年)} \times \text{單位能源價格(元)}} > 3 \text{年}$$

相關計算如下：

- 基線天然氣用量每年 4,174km³(4,174,000Nm³/y)，專案天然氣用量每年 3,756.6km³(3,756,600Nm³/y)，每年節約天然氣用量 417,400 Nm³/y (4,174,000Nm³/y - 3,756,600Nm³/y)，每 Nm³ 天然氣平均單價為 16.29 元(依據廠內天然氣平均單價)。
- 預估本專案投資成本約 3,000 萬元(含工業爐主機及其他施工費用)。
- 無政府補助經費。
- 設備投資回收年限

$$= \frac{\$NTD 30,000,000 - \$NTD 0}{(4,174,000 \text{ Nm}^3/\text{y} - 3,756,600 \text{ Nm}^3/\text{y}) \times \$NTD 16.29/\text{Nm}^3}$$

$$= \frac{\$NTD 30,000,000}{\$NTD 6,799,446/\text{y}} \approx 4.41 \text{ 年} > 3 \text{ 年}$$

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。

5. 基線排放量：

(1) 基線情境(廠內實際狀況)

本專案依循「TMS-II.015 更換為高效率工業爐」方法，以「既有工業爐之持續使用」做為基線情境。廠內 1 座熔鋁工業爐，熔融鋁錠供後段製程加工。100~102 年平均天然氣年用量為 4,174 km³(37,566,000 Mcal)，更換為高效率熔鋁爐後，天然氣年用量推估為 3,756.6 km³，基線之工業爐單位產量能源耗用為 580 Mcal/t，專案之工業爐單位產量能源耗用為 642 Mcal/t。

(2) 基線排放量

$$BE_y = \Sigma (FC_{BL,i,y} \times EF_{CO_2,i})$$

$$= 4,174 \text{ km}^3 \times 2.1139 \text{ tCO}_2\text{e/km}^3 = \underline{\underline{8,823 \text{ tCO}_2\text{e}}}$$

$$FC_{BL,i,y} = \frac{HC_{BL,y} \times \text{Heat}\%_{his,FUEL,i}}{NCV_{FUEL,i}}$$

$$= (37,566,000 \text{ Mcal} \times 100\%) \div 9,000 \text{ Mcal/km}^3 = \underline{\underline{4,174 \text{ km}^3}}$$

$$\text{Heat}\%_{his,FUEL,i} = \frac{FC_{his,i} \times NCV_{FUEL,i}}{HC_{his}}$$

$$= (4,174 \text{ km}^3 \times 9,000 \text{ Mcal/km}^3) \div 37,566,000 \text{ Mcal} = \underline{\underline{100\%}}$$

$$HC_{BL,y} = \Sigma (FC_{PJ,j,y} \times NCV_{FUEL,j}) \div \beta_{heat}$$

$$= (3,756.6 \text{ km}^3 \times 9,000 \text{ Mcal/km}^3) \div 0.9 = \underline{\underline{37,566,000 \text{ Mcal}}}$$

$$\beta_{heat} = \frac{G_{heat,PJ}}{G_{heat,BL}} = 580 \text{ Mcal/t} / 642 \text{ Mcal/t} = \underline{\underline{0.9}}$$

$$HC_{BL,y} = \min(HC_{BL,y}, HC_{his}) = \underline{\underline{37,566,000 \text{ Mcal}}}$$

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	基線排放量	tCO ₂ e	8,823
$FC_{BL,i,y}$	y 年之基線天然氣用量	km ³	4,174
$EF_{CO_2,i}$	天然氣之二氧化碳排放係數	tCO ₂ e/km ³	2.1139
$HC_{BL,y}$	y 年之基線熱消耗量	Mcal	37,566,000
$\text{Heat}\%_{his,FUEL,i}$	基線天然氣耗熱量占比之歷史值	%	100%
$NCV_{FUEL,i}$	基線天然氣之淨熱值(低位發熱量)	Mcal/km ³	9,000
$FC_{his,i}$	基線天然氣用量之歷史值	km ³	4,174
HC_{his}	基線耗熱量之歷史值	Mcal	37,566,000
$FC_{PJ,j,y}$	y 年之專案天然氣用量	km ³	3,756.6

參數	定義	單位	數值
$NCV_{FUEL,j}$	專案天然氣之淨熱值(低位發熱量)	$Mcal/km^3$	9,000
β_{heat}	能源減量比例	$0 < \beta_{heat} \leq 1$	0.9
$G_{heat,BL}$	基線之工業爐系統單位產量熱能 耗用	$Mcal/t$	642
$G_{heat,PJ}$	專案之工業爐系統單位產量熱能 耗用	$Mcal/t$	580

註： $G_{heat,BL}$ 為實際量測值， $G_{heat,PJ}$ 為設備型錄值。

6. 專案實施後之排放量：

$$\begin{aligned}
 PE_y &= \sum (FC_{PJ,j,y} \times EF_{CO_2,j}) \times k + PE_{a,y} \\
 &= 3,756.6 \text{ km}^3 \times 2.1139 \text{ tCO}_2\text{e/km}^3 \times 1 + 0 \\
 &= \underline{\underline{7,941 \text{ tCO}_2\text{e}}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k &= \min \{1 ; HC_{his}/HC_{BL,y}\} = \min \{1 ; 37,566,000 \text{ Mcal} / 37,566,000 \text{ Mcal}\} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

專案實施後並無增加附屬設備使用，故 $PE_{a,y}=0$

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

參數	定義	單位	數值
PE_y	y 年之專案排放量	tCO_2e	7,941
$FC_{PJ,j,y}$	y 年之專案天然氣用量	km^3	3,756.6
$EF_{CO_2,j}$	天然氣之二氧化碳排放係數	tCO_2e/km^3	2.1139
k	調整因子	-	1
$PE_{a,y}$	y 年之專案附屬設備排放量	tCO_2e	0

7. 洩漏量：

本專案之工業爐系統效率提升，並非由其他設備轉入或由專案中轉移出去(所汰換之工業爐直接報廢，無移至他廠使用之情形)，故依減量方法「TMS-II.015 更換為高效率工業爐」並無洩漏產生。

8. 排放減量：

(1) 單一年度排放減量

$$\begin{aligned}
 ER_y &= BE_y - (PE_y + LE_y) \\
 &= 8,823 \text{ tCO}_2\text{e} - (7,941 \text{ tCO}_2\text{e} + 0) = \underline{\underline{882 \text{ tCO}_2\text{e}}}
 \end{aligned}$$

■ 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	882
BE_y	y 年之基線排放量	tCO ₂ e	8,823
PE_y	y 年之專案排放量	tCO ₂ e	7,941
LE_y	y 年之洩漏排放量	tCO ₂ e	0

(2)計入期計算摘要

本專案以工業爐汰換工程發包日(103 年 10 月 1 日)為起始日，既有工業爐已使用 15 年，使用年限 30 年，剩餘壽命 15 年，則專案結束日期為 119 年 12 月 31 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 104 年 1 月 1 日~113 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 /y)	專案實施後之排放量 (tCO ₂ e /y)	洩漏量 (tCO ₂ e /y)	預期排放減量 (tCO ₂ e /y)
104	8,823	7,941	0	882
105	8,823	7,941	0	882
106	8,823	7,941	0	882
107	8,823	7,941	0	882
108	8,823	7,941	0	882
109	8,823	7,941	0	882
110	8,823	7,941	0	882
111	8,823	7,941	0	882
112	8,823	7,941	0	882
113	8,823	7,941	0	882
合計	88,230	79,410	0	8,820

註：上述計算不包括既有/汰換後工業爐之效率損失。

(3)預設係數與參數說明

數據/參數	$FC_{his,i}$
數據單位	km ³
描述	基線天然氣用量之歷史值
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	4,174



將被採用的量測方法和步驟之描述	<ul style="list-style-type: none"> 透過天然氣流量計記錄用量
備註	<ul style="list-style-type: none"> 以電子檔或紙本保存

數據/參數	HC_{his}
數據單位	Mcal
描述	基線耗熱量之歷史值
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	37,566,000
將被採用的量測方法和步驟之描述	<ul style="list-style-type: none"> 量測歷史天然氣用量與天然氣熱值計算
備註	-

數據/參數	$G_{heat, BL}$
數據單位	Mcal/單位產量
描述	基線之工業爐系統單位產量熱能耗用
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	642
將被採用的量測方法和步驟之描述	<ul style="list-style-type: none"> 產品產量以磅秤批次記錄 天然氣用量以流量計連續量測，並與中油提供之天然氣繳費單據進行交互對照
備註	<ul style="list-style-type: none"> 以電子檔或紙本保存

9. 監測方法：

(1) 應監測之數據與參數

數據/參數	$G_{heat, PJ}$
數據單位	Mcal/單位產量
描述	專案之工業爐系統單位產量熱能耗用
使用數據來源	以產量與熱能耗用量測值計算
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	580
將被採用的量測方法和步驟之描述	<ul style="list-style-type: none"> 產品產量以磅秤批次記錄，並以燃料用量與燃料熱值計算熱消耗量後計算
將被應用的 QA/QC 步驟	<ul style="list-style-type: none"> 操作人員定期(至少 1 月 1 次)紀錄相關天然氣

	<p>用量與產品產量，計算能源耗用數據，並妥善保管數據資料</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 相關表計(流量計)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	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 以電子檔或紙本保存 ▪ 專案計畫書撰寫時，使用設備型錄值(銘牌)計算

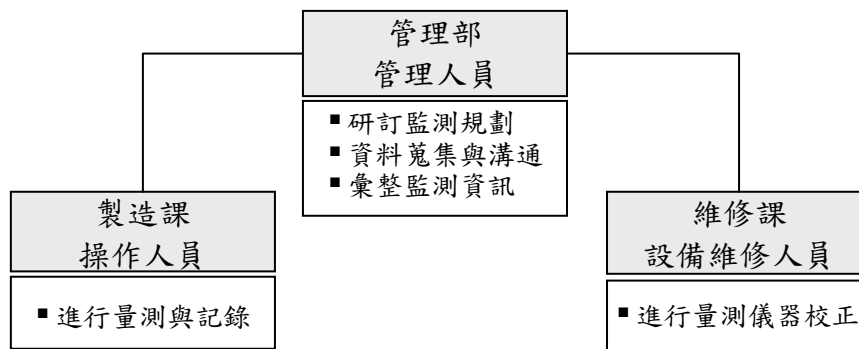
數據/參數	$FC_{PJ,j,y}$
數據單位	km^3
描述	y 年之專案天然氣用量
使用數據來源	量測值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	3,756.6
將被採用的量測方法和步驟之描述	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 透過流量計量測
將被應用的 QA/QC 步驟	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 操作人員定期(至少 1 月 1 次)紀錄相關用量，並妥善保管數據資料 ▪ 流量計應接受定期維護校正，並依據適用的國家/國際標準測試有效範圍
備註	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 以電子檔或紙本保存 ▪ 計畫書撰寫時，以廠商技術資料與歷史能源用量推估

數據/參數	$NCV_{FUEL,i} , NCV_{FUEL,j}$
數據單位	Mcal/ km^3
描述	天然氣之淨熱值(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	9,000
將被採用的量測方法和步驟之描述	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 引用能源局 100 年度能源統計手冊「天然氣」熱值
將被應用的 QA/QC 步驟	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 以電子檔或紙本保存

數據/參數	$EF_{CO_2,i} , EF_{CO_2,j}$
數據單位	tCO_2/Mcal

描述	天然氣二氧化碳排放係數
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	2.1139
將被採用的量測方法和步驟之描述	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 引用環保署「溫室氣體盤查係數管理表」6.0版中天然氣排放係數
將被應用的 QA/QC 步驟	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 以電子檔或紙本保存

(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。