

■ 推薦序

在全球面臨氣候變遷與永續發展挑戰的關鍵時刻，碳管理已成為政府與企業不可忽視的核心議題。隨著我國於 2023 年三讀通過《氣候變遷因應法》，正式將「2050 年淨零排放」納入法制，這不僅彰顯國家對氣候治理的堅定承諾，也加速企業在碳管理與環境永續方面的行動。

近年來，「ESG 永續經營」逐漸成為企業策略的重要指標，尤其在環境面向上，碳管理更是企業邁向永續轉型的關鍵課題。本書以環境永續為核心視角，系統化地闡述碳管理的架構，涵蓋國際組織的最新動態、重要會議趨勢及政策演變，並明確解析企業推動碳管理的三大步驟：盤查、減量、抵換，使讀者能夠全盤掌握碳管理的核心脈絡。

本書不僅深入探討溫室氣體盤查與產品碳足跡計算的流程與實務應用，更延伸至 ISO 14064、ISO 14067 等國際標準，為讀者建構完整的理論基礎與應用框架。此外，本書獨具特色，融合了企業實務案例與 ERP 系統應用，讓理論不僅停留在書頁間，更能在實際操作中落地實踐。這使得本書不僅適用於學生作為永續教育的教材，亦可作為準備「環境保護基礎檢定」、「溫室氣體盤查規劃師」、「產品碳足跡規劃師」及「產品碳足跡軟體應用師」等專業證照考試的重要參考書籍，幫助學習者驗證所學並提升專業競爭力。

在全球邁向淨零轉型、碳定價機制逐步推動的時代，碳盤查與碳足跡評估已成為所有企業無法迴避的重要課題。期盼本書能夠成為培育綠領人才的關鍵指南，幫助新世代掌握碳管理的專業知能，並在永續發展的浪潮中，為環境、企業與社會創造更長遠的價值。

蔣偉寧

中華企業資源規劃學會 理事長

■ 推薦序

在全球積極推動淨零轉型與碳定價機制的當下，碳管理已從企業的選項，轉變為永續經營的必要條件。《數位時代的 ESG 永續碳管理》一書，正是在此趨勢下所撰寫，內容橫跨理論基礎、法規演變、實務操作與數位工具應用，為目前坊間少見兼顧深度與實用性的專業著作。尤其，本書是目前市面上唯一以 ERP 系統實作產品碳足跡盤查的書籍，展示如何透過數位化手段系統性落實碳足跡資料的收集、計算與管理，對於有志於碳管理實務的讀者而言，極具參考價值。

書中內容不僅詳盡介紹溫室氣體與產品碳足跡盤查的標準與流程，也輔以法規脈絡與制度發展趨勢，幫助讀者掌握整體制度演進。更重要的是，透過實際 ERP 系統操作案例，讀者能從抽象概念轉向具體應用，學習如何將理論知識轉化為企業內部的可執行流程。這樣的編排方式，特別有助於初學者建立系統性的知識架構，同時培養實際解決問題的能力。

本書作者群來自資訊科技與永續管理領域，具備跨領域的專業背景與豐富實務經驗。鍾瑞益教授擅長數據分析、商業智慧與企業永續發展；莊玉成博士在企業 ERP 系統設計與導入、資料庫與程式設計領域深耕數十年；吳聰皓教授長期輔導企業進行溫室氣體盤查與永續治理；陳俞君老師則專注於企業管理與永續策略整合。四位作者攜手合作，使本書理論紮實、案例具體、觀點前瞻，充分展現跨領域整合的成果。

此外，本書內容更可作為參加中華企業資源規劃學會「碳管理」等相關專業證照考試的重要參考資料。對於學生而言，透過閱讀本書並搭配實務練習與認證準備，不僅可深化專業知能，更能有效提升職場競爭力；對於企業內部人員，取得相關證照也有助於強化組織在碳盤查與 ESG 治理上的能力。

《數位時代的 ESG 永續碳管理》不僅是一本教學與實作兼具的優質教材，更是一本引導讀者邁向碳管理專業之路的重要工具書。誠摯推薦給每一位關心永續未來的學習者與實踐者。

許秉瑜

國立中央大學企業管理學系 教授

中華企業資源規劃學會 秘書長

作者序

碳旅程的第一步

在今日，氣候變遷所造成的影響已成為全球的共識之下，「減碳」絕不是少數人的責任，而是生活在地球上每個人、每個組織、企業，乃至於整個國家及區域，都必須面對的課題。本書旨在從基本概念出發，揭開溫盤與碳足跡的神秘面紗，並以案例及系統操作流程，幫助讀者理解有關衡量與管理碳排放的重要流程與工具，提供數據使用的依據與方向。希望藉由本書的內容，可以讓對此內容有興趣及想踏入這領域的學生或在職人士，可以有初步的認識與理解。在有了基礎的知識之後，有機會投入到此領域中，配合各產業或企業的特性，再增加實務上相關的知識內容，來完善整個知識架構與實務操作。

本書的完成除了要感謝中華企業資源規劃學會（ERP 學會）同仁的協助及碁峰出版社外，也要特別感謝本書的另外三位作者，陳俞君老師、莊玉成老師、吳聰皓老師，他們三位讓本書除了碳排與盤查的背景理論之外，還加入案例及碳足跡系統的說明，增加本書的特色也豐富了整本書的內容。另外還要感謝大昇化工股份有限公司所提供的案例資料，透過案例的說明與引導，讓讀者可以知道碳足跡可以怎樣計算，有更深刻的理解與認識。

最後，希望讀者透過本書的內容，不僅能認識溫盤與碳足跡的基本知識之外，也建議應該擴大視野，以企業追求 ESG 的前提下，探究除 E（環境）以外包含 S（社會）與 G（治理）的內容，這領域還是有很多的知識值得深入瞭解與投入，也是商管相關背景的學生可以多加發揮的地方，或許也可成為畢業後值得進入的領域與職場方向。

鍾瑞益

03

企業碳管理能力與 ISO 14060 溫室氣體家族

- 了解企業碳管理的步驟與項目
- 了解碳揭露的目的與重要性
- 了解碳減量的目的與重要性
- 了解抵換與交易的目的與重要性
- 了解 ISO 14060 家族內容
- 對於 ISO 14060 相關的標準有其認識



3.1 企業碳管理能力

隨著國際的潮流與各國對於碳減量的措施，再加上投資者的關注已逐漸轉向企業在環境、社會和治理（ESG）的績效。因此在碳有價時代，企業的碳排放的水平以及可持續發展策略已經成為投資者評估是否投資的重要考量因素之一。以國際氣候變遷組織所發起的「Go Fossil Free」運動為例，已有紀錄顯示一些外部投資者由於企業在 ESG 績效中表現不佳，特別是在碳排放部分，而撤離相關投資。除此之外，也有一些廠商，開始要求供應商進行減碳，並將減碳列為採購的指標之一，這對企業來說，是必須面對的課題。也說明了企業的碳管理能力在當前環境下的重要性。無論是受到強制性法規的要求、客戶的要求，還是基於企業自主的承諾，企業在執行碳管理時，除了可以減少對環境的影響同時，也能夠提升企業的可持續發展和其競爭力。

企業在碳管理的程序上，基本可分成三個階段，分別是**碳揭露**、**減量**、**抵換與交易**。首先，從企業的碳揭露開始，企業本身會先要評估企業在經濟、營運活動中所產生的溫室氣體排放量。透過了解所排放的來源與數量後，就可針對重要的或是可執行減量的部分進行碳減量，之後再利用碳抵換和碳交易等策略，致力於實現碳中和和淨零排放的目標（圖 3.1）。整體來說，企業在執行碳管理上，其終極目標就是要做到碳中和，以達到淨零排放。接下來於本章節中將深入探討企業碳管理能力的各個階段過程與內容。



△ 圖 3.1 企業碳管理能力階段

3.1.1 碳揭露

碳揭露（Carbon Disclosure）是企業向內、外部利害關係人溝通¹其在經濟活動中產生的溫室氣體排放量的過程。透過碳揭露，企業能夠更好地了解在整個企業活動中其碳排放的情況，並且來確定關鍵排放來源，之後以便可以制定相應的減排策略。碳揭露主要可以分成企業進行組織層級的**溫室氣體盤查（Carbon Inventory）**，又稱為**碳盤查**，以及量化企業提供的產品或服務所產生的碳排放量，即**產品碳足跡（Product Carbon Footprint）**，這兩大類為主。

1. 溫室氣體盤查（Carbon Inventory）

溫室氣體盤查是對“組織”或特定場域所產生的溫室氣體排放進行全面評估和分析的過程。在進行盤查時，參考的標準會以國際標準 ISO 14064-1:2018 或國家規範 CNS 14064-1 的規定為主要的參考依據。這些規範基於溫室氣體盤查協議（GHG Protocol），

1 溝通：是指企業將盤查報告和碳管理成果向利害關係人傳達，例如投資者、客戶、監管機構、社會大眾等。透過讓企業碳排放資訊透明化，可強化利害關係人的信任，並回應社會對於環境和氣候變遷議題的關切。

該協議將溫室氣體排放分為**直接排放**和**間接排放**兩大類。直接排放源自企業營運或日常的內部活動所產生出來的。例如生產過程中的能資源消耗；而間接排放則來自供應鏈相關活動，例如上下游的產品運輸。ISO 14064-1:2006 版本將排放分為範疇一、二、三，而 ISO 14064-1:2018 版本則將其細分為類別一到類別六，將原先的範疇三，再細分成類別三到六。在盤查的過程會包括數據收集、排放源鑑別和碳排放量計算等活動項目。企業需要收集相關的活動數據，例如能源消耗、生產量、交通運輸等，然後根據碳排放係數計算排放量。這些數據的收集和計算將有助於企業確定其一段時間範圍內所產生的碳排放量。

2. 產品碳足跡（Carbon Footprint of Product）

產品碳足跡是對企業所生產出來的“特定產品”或所提供的“服務”在其整個產品生命週期內產生的溫室氣體排放進行評估和分析的過程。透過生命週期評估（Life Cycle Assessment, LCA）的方法，綜合考量產品或服務在其完整的生命週期：原料、生產、運輸、使用和棄置等不同階段的排放情況，以識別哪些階段是對於碳排放貢獻最多的關鍵熱點，有助於後續制定相應的減排策略。目前多數企業參考國際標準 ISO 14067:2018 或國家規範 CNS 14067:2021 作為指引。

在此以一個食品工廠為例，來看溫室氣體盤查和產品碳足跡之間的差異（圖 3.2）。在溫室氣體盤查中所要盤查的是整個工廠在營運活動下所產生的溫室氣體排放量，像圖中的例子，是以一整年為單位來計算一個工廠（組織）的總排碳量，而此排放量為 10,000 公噸 CO₂e。食品工廠所生產的產品種類很多，產品碳足跡是僅針對特定產品，如這款 500 毫升（ml）的芝麻油來計算此單一產品的總排碳量，透過計算後，生產每一瓶的排放量為 1.85 公斤 CO₂e。因此從這兩個例子來看，除了計算的範圍、對象不同外，在計算出來的值其單位也是不同，溫室氣體盤查所計算出來的單位是以公噸 CO₂e（二氧化碳當量）為其單位，而產品碳足跡則是以公斤 CO₂e（二氧化碳當量）為其單位。另外在盤查時，溫室氣體盤查會參考 ISO 14064 來做為盤查的標準，產品碳足跡則是會參考 ISO 14067，這部分會在後面的章節介紹這兩個標準相關的內容。



圖 3.2 碳盤查和碳足跡的差異

3.1.2 碳減量

企業在執行完碳揭露後，基本上就可以知道工廠（組織）或是產品、服務在特定前間內所產生的排放量，並且透過盤查也會知道在過程中相關的排放狀況，透過這排放狀況，就可以知道哪些階段或是哪些物料的排碳量最高，而這些排碳量高的階段或是物料，就是接下來要進行減量的首要目標。

碳減量是企業實現碳中和的核心目標。透過提高過程效率、轉向使用可再生能源等策略，企業可以有效降低其碳排放。ISO 14064-2 國際標準是碳減量計劃驗證的重要指引，該標準提供了測量、監測和報告減少碳排放的指導，確保減排專案的測量和報告遵循一個共同的標準，使其能夠被驗證，減少不確定性和偏差，從而增加對減排專案成果的信心。

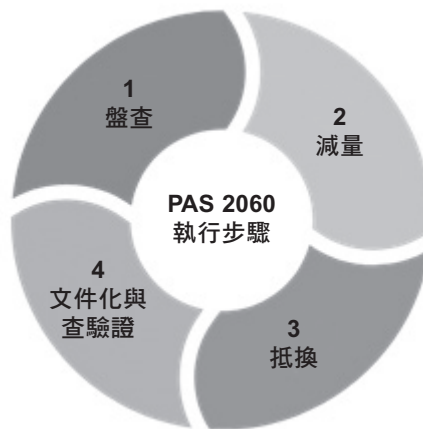
3.1.3 抵換與交易

然而，在碳減量過程中，由於某些碳排放屬於生產與日常營運之必要排放，難以完全消除，因此需要採取碳抵換（Carbon Offsetting）的方式抵銷。企業透過植樹造林、發展可再生能源、捕集溫室氣體、減少森林砍伐等，產生碳抵換額度的溫室氣體減量或固碳活動，並經政府或獨立認證機構認證的可移轉單位，每一轉移單位代表從大氣中減少一公噸二氧化碳當量，藉此累積所謂的**碳抵換額度**（Carbon offset credit）或稱**碳權**，也就是企業「二氧化碳排放的權利」，以此抵換企業自身無法完全消除的碳排放量，而也

可將所獲得的碳權出售給**自願性碳權市場**（Voluntary Market）中其他有意抵銷自身碳排放的企業。

國際獨立機構所發布的碳權，分別透過不同的方法學認證，其中包含非營利組織 Verra 旗下的碳驗證標準（Verified Carbon Standard, VCS）、美國氣候行動儲備方案（Climate Action Reserve, CAR）、黃金標準（Gold Standard, GS）及美國碳註冊登記處（American Carbon Registry, ACR）等，這些標準為國際通用，上下游企業藉此管道購買碳權後，可避免供應鏈不承認的問題；除此之外，也可在聯合國碳抵銷平台上瀏覽各種減量專案及排放額度，購買由清潔發展機制（Clean Development Mechanism, CDM）核發的碳權（CER, Certified Emission Reductions），平台上的減量專案通過聯合國氣候變遷綱要公約（UNFCCC）認證為氣候友善項目，譬如風力、太陽能等再生能源、生質能、氢能發電計畫、減少森林砍伐等²。

最後，國際認證碳中和的驗證標準是由英國標準協會制定的 PAS 2060:2014（圖 3.3），建立在 ISO 14000 系列和 PAS 2050 等基礎上，透過符合性聲明（Qualifying explanatory statement, QES）以宣告企業達到碳中和。此外，VCS 碳中和計劃透過驗證企業碳抵銷項目的碳減排效益，體現企業碳中和的成果。



△ 圖 3.3 碳中和實施標準（Specification for the Demonstration of Carbon Neutrality, PAS 2060）

2 參考來源：備戰台灣碳權交易！一文解析碳權種類、交易平台 (<https://esg.gym.com.tw/article/27786>)

4.2.2 盤查架構詳細說明

依前一節所述，在執行溫室氣體盤查時，企業通常會依循盤查架構順序進行盤查作業，此小節將針對各階段中的每個項目提供更進一步的說明。

啟動階段

在啟動階段通常會有三個作業項目要執行或處理，分別為「**啟動會議**」、「**成立組織**」及「**高階主管參與**」。

● 啟動會議

企業會要開始積極進行溫盤，主要基於以下幾個原因或目的：

- ✦ **供應鏈的要求：**因為客戶或供應鏈上相關企業有其需求，必須提供相關溫盤資訊。甚至有些企業會在採購商的評量中，納入供應商是否有進行盤查或是具有減碳的成效，最為選商的參考，而這些的要求就會讓企業得要開始積極地進行盤查。
- ✦ **列為碳邊境關稅項目：**由於歐盟已經開始實施 CBAM，也就是碳邊境關稅，因此在輸入歐盟的產品中就必須要有盤查資訊，以便可以提供給進口商進行申報，雖然 CBAM 的對象是針對輸歐的產品，而產品的盤查是產品碳足跡，產品碳足跡盤查和溫室氣體盤查其盤查的對象與範圍不同，但基本上企業如有做溫室氣體盤查，一些盤查的資料是也可以在碳足跡盤查上使用，因此有些企業也是會先做溫室氣體盤查，再針對特定商品來做碳足跡盤查。
- ✦ **屬環境部納管企業：**環境部在針對排放量較大的企業有進行納管，如果全廠直接溫室氣體年排放量及使用電力的間接溫室氣體年排放量達 2.5 萬公噸二氧化碳當量以上的製造業，從 112 年 1 月 1 日起適用，並於 8 月 31 日前完成年度溫室氣體排放量盤查登錄。
- ✦ **受金管會的限制：**依據金管會所提出的永續發展路線，上市櫃公司會依據資本額的不同，以分階段方式提供盤查結果，甚至是要提供經過第三方驗證機構查證後的查證報告，所以對於上市櫃公司來說，這也是必須要執行且面對的事項。
- ✦ **企業自願進行：**有些企業會因為自身想要對社會或對環境的盡一分心力，因此也會想進行盤查，甚至要做減碳。透過這樣的行為，除了企業自身的使命感外，也對企業的形象產生正面的效果，提升企業形象。

在此主要是列出一般企業可能要進行盤查的目的或原因，除此外，每個企業或組織也可能會其有他的原因來進行，就看企業或組織自己本身的目的或原因了。

- **成立組織**

在內部確認要執行的意向後，並在高階主管的支持之下，就可以開始為執行盤查準備。當然，最重要的是要先建立相關的推動組織，特別是在第一次執行的企業來說，推動組織的成立是關乎到後續執行的狀況。將所需的職掌與人員確認清楚，確立分工，這樣在之後的執行上可以較為順利，也可以追蹤執行狀況。

- **高階主管參與**

在企業確認要執行溫盤下，藉由高階主管的參與，宣示與承諾此一作業，可以對整個盤查作業起到一個具有代表性或重要性的意義。在高階主管的帶領下，通常這樣的專案或是營運作業，也都會受到公司或組織內部部門的支持，抗拒的心態也會比較少些，因此在推動這一作業時，也會比較有利。

執行階段

在執行階段是屬於要開始執行溫室氣體盤查的業務項目，主要需執行的項目有「**邊界設定**」、「**決定基準年**」、「**排放源鑑別**」、「**收集活動數據**」、「**排放係數選用**」及「**產生盤查清冊**」。

- **邊界設定**

盤查時，盤查邊界的設定可以分成**組織邊界**與**報告邊界**兩個。



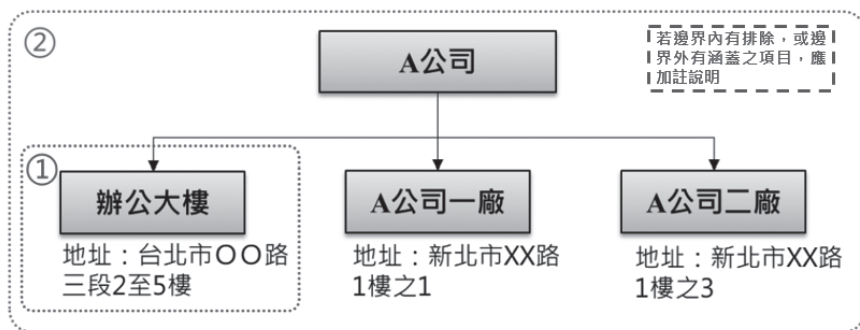
△ 圖 4.4 邊界設定的項目

- ✦ **組織邊界**

組織邊界是依照盤查的目的與需求來設定範圍，這邊說的是最一般的情況，基於 ISO 14064-1 規範的盤查公司，若是受環境部跟金管會列管的企業則需要再

額外參照盤查指引設定邊界，像是環境部的話就是依照列管編號的地理邊界為組織邊界去盤。

企業可以集團、企業、單一廠址為盤查單位。以圖 4.5 辦公大樓單一地址為邊界，如紅框①。或 A 公司作為盤查邊界，如藍框②。甚至是若有 ABC 公司的集團，也可以一起盤。



△ 圖 4.5 辦公大樓邊界設定

在選擇組織邊界設定方法上，也就是要怎麼劃分溫室氣體是歸屬哪個廠址或事業體呢？通常有兩種方式，分別為**股權持分法**與**控制權法**。其中，股權比例是最常使用的方式。

■ 股權持分法

公司是依照對各事業體所持有的股權比例，來認列其溫室氣體的排放量。

■ 控制權法

不考慮持股比率，以擁有該公司財務或營運控制權者就應 100% 認列其排放量，反之則為 0%。這種方式又可分成兩種：

- ▶ **營運控制**：若一家公司有完全的權力去主導並執行事業體的營運政策，就表示是擁有該事業體的營運控制權。
- ▶ **財務控制**：若一家公司有能力和主導該事業體的財務與營運政策，則表示對該事業體享有財務控制。

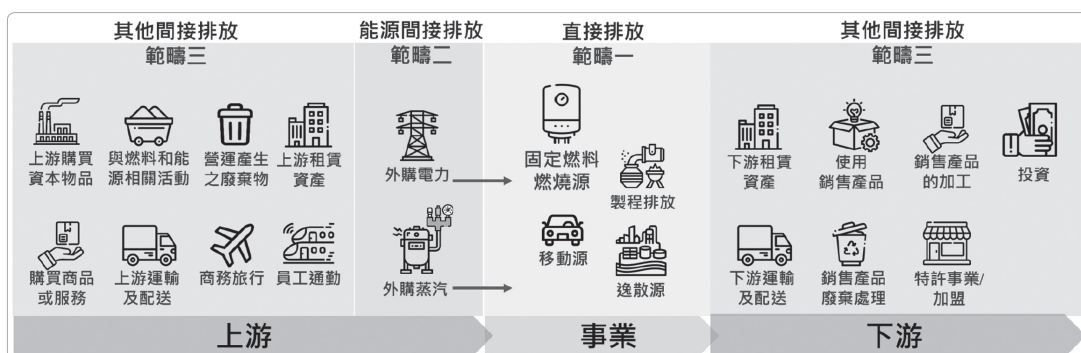
若邊界內有排除，或邊界外有涵蓋之項目，應加註說明，最重要的是盤查要求的是證據，因此要記得留下地圖、地址、照片、廠區圖等等這些具效力的資料查證用。

另外有一些需要注意的事項可以參考：

- 當設施由多個組織擁有或控制時，這些組織應該採用相同的匯總方法，並應記錄並報告其採用的匯總方法為何。
- 對於所選用的方法改變時，要給予解釋說明。
- 於盤查清冊及報告中，應清楚表明組織邊界所涵蓋範圍及所使用方法。
- 組織邊界地理範圍中有涵蓋到其他設施非屬組織所有，就應清楚註明並可加以排除。若地理範圍外有屬於組織所擁有的，同樣也應該加以說明並註明。

✦ 報告邊界

基本上，企業或組織的溫室氣體排放可分成**直接排放**與**間接排放**兩大類，在報告邊界的部分，以原 ISO 14064-1:2006 的內容中，是分成範疇一、範疇二及範疇三等三類。其中範疇一是屬於直接排放，範疇二及範疇三是屬於間接排放。每個範疇內所包含的主要排放源可以參考圖 4.6 的內容。



資料來源：環境部

△ 圖 4.6 ISO 14064-1:2006 版的報告邊界

從圖 4.6 中可以看出，**範疇一**直接排放主要為**固定燃料燃燒源**，**移動源**，**製程排放**、**逸散源**這四項（固、移、製、逸）為主。**範疇二**則是以能源為主，主要是**外購電力**及**外購蒸汽**的部分。至於**範疇三**就很廣泛，包括上下游及原料、差旅、通勤等其他間接排放項目。

對於企業或組織而，在報告邊界部分會以範疇一級範疇二為主要的盤查重點與範圍，至於範疇三由於內容較為廣泛，就看企業或組織是否有能力可以完成盤查。

前面是屬於先前的報告邊界內容，也是目前國內多數可以聽到的定義，但在 ISO 14064-1:2018 中，將報告邊界做了變更，更改成類別（Category）一到六，如圖 4.7。大類還是分成**直接與間接**，類別從原來的範疇一到三，改成類別一到六，在類別一（C1）還是對應到範疇一，類別二（C2）也還是對應到範疇二，而原有的範疇三則細分成類別三到六，分別是類別三（C3）運輸、類別四（C4）組織使用產品、類別五（C5）使用組織產品、類別六（C6）其他來源。



△ 圖 4.7 ISO 14064-1:2018 版的報告邊界

在每個類別中的細項，可以從圖 4.7 中看出。在類別一中，除了原有的固、移、製、逸外，還包括土替利用即利用變化等內容。類別二的部分沒有太大的差別，而類別三是針對運輸的部分，包括上、下游運輸配送、員工通勤、訪客運輸、商務旅行等地排放都列入在其中。類別四可以看作是上游供應商相關的部分，包括所購買的商品、資產使用、資本貨物、廢棄物處理等都歸屬在此類別。至於類別五，就是下游相關的部分，包含產品使用階段、下游租賃資產、產品最終處理，還有投資所產生的排放量就都屬於這類別。最後類別六就是前面都沒有涵蓋到的就都歸屬於此類別中。

由此可知，在新版的標準中，將整個報告邊界定義的更完整及更細緻。

練習題

1. () 企業執行溫室氣體盤查時，在盤查邊界的設定可以分成組織邊界與下列何種？
(A) 主要邊界 (B) 相關邊界
(C) 報告邊界 (D) 人定邊界
2. () 盤查上相關的數據類型可分成哪三種類型？
(A) 初級數據、場域數據、次級數據
(B) 初級數據、場址特定數據、次級數據
(C) 計算數據、特定數據、得到數據
(D) 計算數據、場址特定數據、大數據
3. () 紀錄並報告所有相關的溫室氣體排放與移除量。邊界內，若有排除之項目應具合理理由是下列哪種原則？
(A) 準確性 (B) 一致性
(C) 完整性 (Completeness) (D) 相關性
4. () 下列何種階段主要就是針對要盤查的範圍進行排放源的識別與確認，並收集相關的活動數據進行計算，產生排放清冊？
(A) 規劃階段 (B) 執行階段
(C) 啟動階段 (D) 報告階段
5. () 充分揭露適當的溫室氣體相關資訊，使預期使用者做出合理可信之決策。適度註明引用之會計與計算方法出處是下列何種原則描述？
(A) 準確性 (B) 一致性
(C) 完整性 (D) 透明度 (Transparency)

09

產品碳足跡盤查案例 - 螺絲產品

- 藉由案例了解產品碳足跡計算流程
- 了解產品碳足跡計算方式與計算之重點

螺絲扣件產業曾經是台灣出口主力之一，產品遍及全球。螺絲螺帽等具有緊固功能的產品統稱為扣件，螺絲（Screw）係指圓徑較小之螺紋製品，如：螺絲、木螺絲、自攻螺絲等；螺栓（Bolt）係指圓徑較大的螺紋製品，如：六角螺栓、四角螺栓、基礎螺栓、T型螺栓等；螺帽（Nut）別稱螺母，作為固定或鎖緊螺絲或螺栓，螺帽的強度需配合與其共同使用的螺絲或螺栓，例如一般高拉力螺絲或螺栓配合硬質的螺帽使用¹。由於螺絲扣件屬於鋼鐵製品，並納入 CBAM 第一階段申報產品含碳量之產品類別，因此目前已有許多廠商積極導入產品碳足跡以作為日後提供正確與完整申報資訊之依據。雖然目前 CBAM 產品含碳量之盤查範圍僅限原料前驅物與製造階段耗用能源之碳排放，但讀者如能透過一個螺絲產品碳足跡個案分析中了解相關之盤查邏輯，就能快速掌握 CBAM 產品含碳量申報重點。

1 2022 年扣件市場與技術發展（2022-01-05）

以下將利用一個虛擬個案公司資料來進行螺絲產品碳足跡盤查實作，並使用「產品碳足跡盤查清冊（螺絲）」Excel 檔案作為計算工作底稿。希望藉由本實作來了解各生命週期階段之活動數據蒐集、衝擊情境與數據品質評估，說明產品的碳足跡計算邏輯與產品碳足跡研究報告重點。

由於在本案例中無法預期螺絲售出後最終的使用用途，所以設定為搖籃到大門（B2B）產品碳足跡進行盤查，盤查作業將分成四個部分，分別為：

1. **產品基本資料：**收集公司基本資料，如公司名稱、工廠地址（組織邊界）、盤查標的產品資訊、盤查時間之產量資訊與製程地圖等。
2. **原料取得階段：**蒐集產品生產時所需之原物料、包材與廠務投入耗材資料，也包含相關原物料供應商與運輸等資料。
3. **製造階段：**蒐集公司在製造階段中所用到的能資源，如用電量、化石燃料使用量與用水量等之資料，另外在製造過程中之污染物產生與處理情形也要搜集與計算，像是廠內廢棄物處理與運輸、廢氣與廢水處理、冷媒的溢散及化糞池甲烷排放等項目均須考慮在內。
4. **敏感度分析與數據品質分析：**對於生命週期階段重大排放熱點是否因活動數據或是排放係數之變化而導致產品碳足跡之敏感度分析；另外對於盤查數據之品質管理考量「可靠性」、「完整性」、「時間相關性」、「地理相關性」與「技術相關性」5 個指標做為數據品質不確定性分析之評核依據。



9.1 產品基本資料

本個案公司為中大螺絲精密股份有限公司，總公司於 2002 年設立，位於桃園市中壢區中大路 300 號，生產工廠位於高雄岡山，主要生產 SEMS 組合螺絲（又稱作附華司螺絲）供歐美汽車大廠使用。

本次盤查作業的目的是在揭露公司所生產的白鐵外六角十字螺絲（附華司），以下簡稱 A 螺絲之產品碳足跡排放資訊，盤查範圍從原料取得到生產製造所產生之碳排放量，希望藉由盤查過程與結果以確實掌握該標的產品碳足跡排放狀況，並供利害關係人作為評估產品後續碳排減量分析。

由於歐洲品牌車廠客戶要求公司應於 2024 年 7 月前完成 A 螺絲產品碳足跡盤查以因應日後 CBAM 申報之需求，因此總經理非常重視本次產品碳足跡盤查專案，並成立盤查工作小組，由各部門指派專人為盤查工作小組成員，總經理親自擔任盤查工作小組的召集人，以管理部主管吳優為主要負責人及聯絡窗口，相關的聯絡資訊如表 9.1。

表 9.1 專案聯絡資訊

聯絡人	電話	電子信箱	手機
吳優	03-4264248	wu@cerps.org.tw	0912-345678

在盤查活動數據蒐集部分，經過工作小組成員討論後，盤查期間訂為 2023 年 01 月 01 日至 2023 年 12 月 31 日完整年度內高雄岡山廠所生產入庫之 A 螺絲數據資料進行蒐集及使用計算。

生產部門從公司 ERP 系統中取得在 2023 年度領料生產並完工入庫之各項螺絲產品相關的產量資訊，並彙整成表 9.2 的內容。在 2023 年，公司主要生產是以 A、B、C 三種螺絲為主要產品。

表 9.2 2023 年公司產品生產完工入庫表

產品	總產量 (MPCS)	總重量 (kg)	單重 (kg)	重量佔比
A 螺絲	1,260,028	9,958	0.0079	1.62%
B 螺絲	32,386,818	285,004	0.0088	46.40%
C 螺絲	31,922,200	319,222	0.01	51.97%
總計	77,715,298	614,184	-	100.0%

有了公司基本資料與產品資訊，就可以將相關內容填入到「產品碳足跡盤查清冊」Excel 檔案中的「01 基本資料」。在此部分要填入的欄位資料有「公司名稱」、「標的產品製造地點」、「數據盤查起迄時間」、「標的產品照片」、「標的產品名稱」、「產品規格」、「產品重量 (顆)」、「產品組成」等欄位內容，填入後結果如圖 9.1 所示。

公司名稱		中大螺絲精密股份有限公司		
標的產品製造地點		高雄市岡山區中山路XX號		
數據盤查起迄時間		2023.01.01-2023.12.31		
標的產品				
標的產品名稱	附華司螺絲			標的產品照片（右圖） 
產品規格	白鐵外六角十字螺絲(附華司)			
功能單位	公斤(kg)			
產品重量（顆）	數量	公克(g)	數量	公斤(kg)
	1	7.903	1	0.007903
產品組成	物料名稱		重量 (g)	重量佔比(%)
	1	螺絲	5.087	64.37
	2	華司	2.816	35.63
	總和		7.903	100%
說明：指該產品的原物料組成；如A產品是由螺絲、華司、橡膠組合而成。				

△ 圖 9.1 產品基本資料

以下針對部分欄位進行說明：

- 「功能單位」：表示產品系統碳足跡量化的參考單位。在進行碳足跡量化時是以“公斤”為主要的單位，因此這裡就填入“公斤（kg）”。
- 「產品組成」：表示產品組成之元件說明。本案例為附華司螺絲，因此最終產品由螺絲與華司墊片組成，重量佔比分別為 64.37% 與 35.63%。

由於「產品碳足跡資訊網」目前並無揭露螺絲產品之 CFP-PCR 文件，因此工作小組依據產品生命週期內容後製作產品製程地圖如圖 9.2 所示。『附華司螺絲』主要是以中鋼的盤元線材經由抽線廠加工後，再運至廠內與委外廠進行加工處理後生產而成，其中需經過成型抽線、加工、打頭、軋牙、熱處理、全檢（光學篩選）與包裝。這些項目的內容都必須納入盤查範圍內，進行計算。

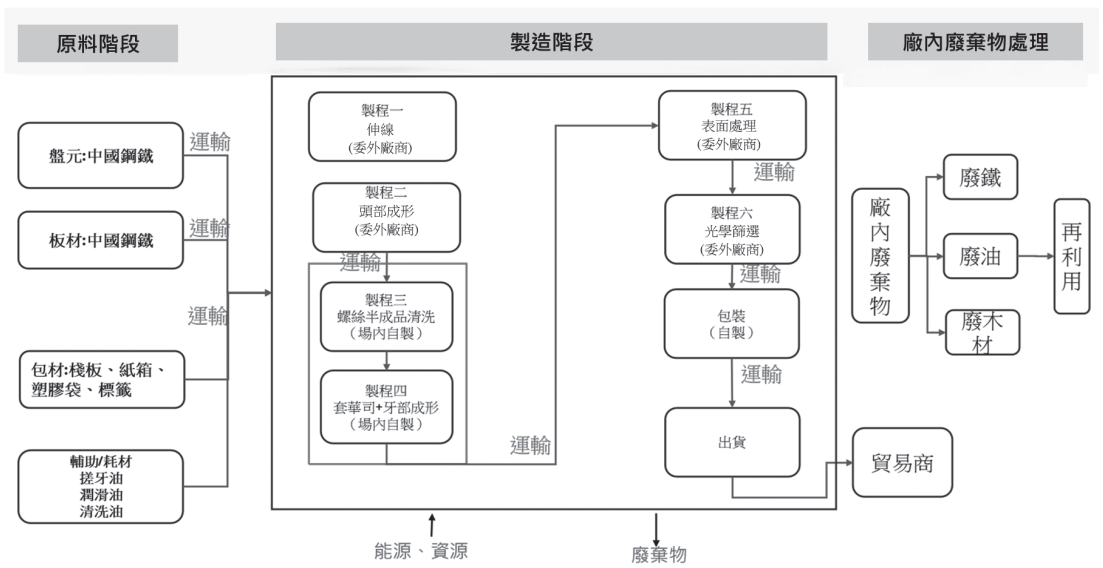


圖 9.2 產品製程地圖



9.2 原料階段

在「產品碳足跡盤查清冊」Excel 檔案中，原料階段資料包含原料取得與原料運輸等內容，數據來源說明如下：

階段別	使用資料	資料來源
原物料階段	原物料、輔助物料、包裝材料等活動數據	領料單、ERP 系統、供應商提供之主原料、輔助物料使用量資訊
	原物料運輸距離	Google Map

A. 主要原物料、包裝材與輔料投入

生產部門從 ERP 的領料單中可以得知，A 款螺絲生產時會使用到的主要原物料為中鋼盤元、中鋼冷軋延鋼捲、鋅板（84%~88% 鋅），再加上一些耗材與包裝材料。表 9.3 為 2023 年主要原物料、耗材及包裝材之使用量統計結果；有了上述的資訊後，就可以將相關內容填入到「碳足跡盤查清冊」Excel 檔案中的「03 盤查彙整」內的「一、物料」的部分。

表 9.3 2023 年 A 螺絲的主原物料及包裝材之項目與使用量

類別	項目名稱	使用量 (kg)	分配比例 (標的產品量/全 產品生產總量)	分配後標的 產品總使用 量 (kg)	每功能單 位使用量 (kg)
主要 原料	中鋼盤元	6,432.0000	100.00%	6432.0000	0.6459
	中鋼冷軋延鋼捲	6,000.0000	59.13%	3548.0000	0.3563
	鋅板	38,614.0000	0.53%	203.9926	0.0205
包裝材	塑膠袋	3.3180	100.00%	3.3180	0.0003
	紙箱	231.0000	100.00%	231.0000	0.0232
	箱唛	0.8400	100.00%	0.8400	0.0001
	壓花塑鋼帶	63.1098	100.00%	63.1098	0.0063
	PE 膜	122.8032	100.00%	122.8032	0.0123
	棧板	312.0000	100.00%	312.0000	0.0313
	大唛	0.1300	100.00%	0.1300	0.0000
輔助 材料	D40	2800.0000	1.62%	45.3975	0.0046
	輾牙油 -A	5400.0000	1.62%	87.5523	0.0088
	40# 通用機油	200.0000	1.62%	3.2427	0.0003
	R68 循環機油	200.0000	1.06%	2.1113	0.0002

以下針對部分欄位進行說明：

- 「分配比例 (標的產品量 / 全產品生產總量)」：若該項是全廠都會使用的部分，就要透過使用比例來進行分配。在此例中，因為主要原物料及輔助原料的投入，都是全部為 A 款螺絲所使用，因此在此部分都只要填入 100% 即可。其他主要原料 - 中鋼冷軋延鋼捲與輔助材料為委外製程所需投入必要生產材料，分配比例為本公司代工量佔該委外廠商總產量之比例 (由委外廠商提供)。
- 「每功能單位使用量 (kg)」：這是轉換成生產每一個單位標的產品時，相關物料投入的量為多少。以主要原料中鋼盤元為例，可以視為生產每公斤 A 款螺絲時，中鋼盤元的投入量為 0.6459 公斤 (kg)。因在 Excel 檔案中已經設有公式，因此只要把前面資料填入，就自動會進行計算。計算公式說明如下：

$$(6,432 \times 100\%) / 9,958 = 0.6459$$

- 中鋼盤元的使用量：6,432 公斤（kg）
- 標的產品總產量：9,958 公斤（kg）
- 使用比例：100%

B. 原物料與包裝材等運輸

在生命週期評估中納入運輸相關部分。其產品之設定運輸情境，各項階段投入所使用運輸皆納入計算。每個主原物料與包裝材等項目，由本公司透過上游供應商所購買取得，並從供應商工廠以陸運方式運送到岡山廠，因此針對每個主原物料與包裝材相關的運輸資料整理如表 9.4 所示。（註：委外廠商之鋅板與輔助材料進貨運輸資料因無法取得，故無法計算相關運輸資訊）。運輸相關如下所示，數據來源、運輸計算原則所示：

表 9.4 2023 年 A 款螺絲生產製造之物料運輸資料

生命週期	群組	製程調查		活動數據				
		岡山廠或委外	使用於何種製程	名稱	總重量 (ton)	陸運距離 (km)	總重量×陸運距離 (tkm)	每功能單位之延噸公里 (tkm)
原料取得階段	原物料 (運輸)	委外廠	伸線	中鋼盤元	6.4320	119.00	765.4080	0.0769
	原物料 (運輸)	委外廠	華司加工	中鋼冷軋延鋼捲	3.5480	14.00	49.6720	0.0050
	包裝材 (運輸)	岡山廠	包裝	塑膠袋	0.0033	4.50	0.0149	0.0000
	包裝材 (運輸)	岡山廠	包裝	紙箱	0.2310	2.50	0.5775	0.0001
	包裝材 (運輸)	岡山廠	包裝	箱唛	0.0008	8.70	0.0073	0.0000
	包裝材 (運輸)	岡山廠	包裝	壓花塑鋼帶	0.0631	4.50	0.2840	0.0000
	包裝材 (運輸)	岡山廠	包裝	PE 膜	0.1228	4.50	0.5526	0.0001

生命週期	群組	製程調查		活動數據				
		岡山廠或委外	使用於何種製程	名稱	總重量 (ton)	陸運距離 (km)	總重量×陸運距離 (tkm)	每功能單位之延噸公里 (tkm)
原料取得階段	包裝材 (運輸)	岡山廠	包裝	棧板	0.3120	30.80	9.6096	0.0010
	包裝材 (運輸)	岡山廠	包裝	大嘜	0.0001	18.20	0.0024	0.0000

以下針對部分欄位進行說明：

- 「每功能單位之延噸公里 (tkm)」：因原物料與包裝材都是透過上游供應商所提供，因此從供應商端要送到工廠進行生產的這段運輸過程，要算作是因為生產所產生的碳排放，因此這部分在進行計算時，也要納入計算。依照不同的運輸方式，填入到不同的來料運輸項目，如陸運、海運、空運等。而這欄位的單位要特別注意是以 TKM (噸公里) 來呈現，因此如果前面物料的數值單位不是噸，就要記得進行轉換。因在 Excel 檔案中有設定公式，因此只要將相關資料填入後，就會自動進行計算。以主要原料中鋼盤元為例，可以視為運送每噸 A 款螺絲時，中鋼盤元的運輸活動數據為 0.0769 TKM (噸公里)。在此說明計算公式如下：

$$(119 \times 6.432) / 9.958 = 0.0769$$

- 中鋼盤元的運輸距離：119 公里 (km)
- 中鋼盤元的使用量：6.432 公噸 (ton)
- 標的產品總產量：9.958 公噸 (ton)

在實務上，如果運輸的部分是由上游供應商所負擔，也就是相關運輸成本部分是由上游供應商來自行支付處理，原則上是可以不用納入到此產品碳足跡的計算範圍。這在供應商如要進行盤查時，要自行納入計算的範圍內。所以實務上還是要看實際與供應商的交易狀況來決定。

另外在取得距離資料上，主要是分成陸運、海運、空運這幾種運輸方式，本公司原料取得階段之運輸皆為陸運。

C. 排放係數說明

本報告書係數係參考下列文件製作：

1. 國外資料庫
2. 環境部產品碳足跡資訊網
3. IPCC AR6 (2021)
4. 溫室氣體排放係數管理表 6.0.4 版

附華司螺絲各品項與運輸之排放係數選用說明，如下所示：

主要原料排放係數選用說明

名稱	碳足跡係數	單位	引用資料名稱
中鋼盤元	2.2480	kgCO ₂ e/kg	供應商材證提供
中鋼冷軋延鋼捲	2.3900	kgCO ₂ e/kg	供應商材證提供
鋅板	9.1800	kgCO ₂ e/kg	環境部產品碳足跡計算平台 鋅錠 2012

輔助原料排放係數選用說明

名稱	碳足跡係數	單位	引用資料名稱
D40	1.21	kgCO ₂ e/kg	國外資料庫
R68 循環機油	1.21	kgCO ₂ e/kg	國外資料庫
輾牙油 -A	1.21	kgCO ₂ e/kg	國外資料庫
40# 通用機油	1.21	kgCO ₂ e/kg	國外資料庫

附註：上述品項因查不到係數以通用潤滑油係數估算

包材原料排放係數選用說明

名稱	碳足跡係數	單位	引用資料名稱
塑膠袋	2.79	kgCO ₂ e/kg	國外資料庫
紙箱	1.19	kgCO ₂ e/kg	環境部產品碳足跡計算平台 AB 楞紙箱 (3 層 2 浪) (2017)

名稱	碳足跡係數	單位	引用資料名稱
箱唛	0.0135	kgCO ₂ e/kg	環境部產品碳足跡計算平台 標籤紙（PET）
壓花塑鋼帶	0.0275	kgCO ₂ e/kg	國外資料庫
PE 膜	2.79	kgCO ₂ e/kg	國外資料庫
棧板	1.01	kgCO ₂ e/kg	環境部產品碳足跡計算平台
大唛	0.0135	kgCO ₂ e/kg	環境部產品碳足跡計算平台 標籤紙（PET）

原料運輸排放係數選用說明

名稱	碳足跡係數	單位	引用資料名稱
原料、包裝材 運輸	0.131	kgCO ₂ e/tkm	環境部產品碳足跡計算平台 - 營業大貨車（柴油）（2022）

D. 碳排放量計算公式

碳足跡乃以盤查與計算本產品在整個生命週期各階段（從原物料開採 / 製造、原物料運輸、廠內製造、廢棄物處理等階段）及其供應鏈之間的溫室氣體排放量，以二氧化碳當量表示（units of g、kg or tones of CO₂ equivalent）。本產品採用計算單位為 kg CO₂e。碳排放量計算公式說明如下：

$$\text{碳排放量 (CO}_2\text{e)} = \text{活動強度數據} \times \text{排放係數} \times \text{GWP 值}$$

■ 原物料階段計算公式

$$\text{原物料碳排放量 (CO}_2\text{e)} = \text{原物料領用重量} \times \text{排放係數}$$

■ 原物料運輸之陸運計算公式

原物料陸運活動數據來自運送重量及距離。距離為國內陸運運輸，以各供應商所在地至本工廠間距離為準，其計算來源引用 Google Map 最短距離（公里）計算。

$$\text{原物料陸運碳排放量 (CO}_2\text{e)} = \text{原物料運送重量} \times \text{陸運距離} \times \text{運輸工具排放係數}$$