

從浪費管理到碳風險控管： 精實管理納入碳效率體系之思維

從中美關稅到各國碳關稅，全球製造迎來雙重壓力測試

川普再度當選美國總統，從2025年1月開啟其第二任期，同時也推動其「美國優先2.0」政策。就任後不久，他便簽署數項關稅調升命令，針對中國大陸、墨西哥與加拿大等主要貿易夥伴進口產品課徵更高稅率，使全球製造供應鏈再次陷入震盪。回顧自2018年中美貿易戰開打以來，全球製造業已出現一波大規模的供應鏈重組，不少企業為規避美國加稅壓力，開始將部分產能從中國轉移至東南亞、墨西哥甚至印度等新興市場，即俗稱「中國+1」的全球布局策略。

台灣在這場供應鏈重組中扮演重要角色，許多台商在「投資臺灣三大方案」的支持下，逐步將高附加價值製程移回台灣，不僅鞏固在全球關鍵零組件供應鏈中的戰略地位，也使得「區域供應鏈再平衡」成為後疫情時代製造業的新常態。但以關稅為主軸的全球供應鏈重組尚未落幕，另一股更具系統性、長期性的壓力正在成形，也就是碳邊境調整機制（CBAM），俗稱「碳關稅」。

歐盟於2023年10月開始試行的「碳邊境調整機制（CBAM）」預計於2026年正式實施，針對鋼鐵、鋁、水泥、肥料及氫等高碳排放的密集產品，要求進口商揭露其產品碳排放資訊並依據現有歐盟碳交易市場（EU ETS）價格購買憑證繳納等值碳稅。此機制的本意在於防止全球「碳洩漏」，即某個國家採用較嚴格的氣候管制導致該國的製造商將生產遷移到其他國家，而因其他國家的氣候政策較為寬鬆，導致全球溫室氣體排放量並未減少，反而可能增加碳排放的情形。針對增加的碳排放量，要求繳納費用的市場機制手段來避免碳洩漏發生。

同時，日本亦已於2023年10月開設碳抵換額度（J-Credit）交易市場，並規劃自2028年起針對化石燃料的進口與使用，根據其二氧化碳排放量進行徵收附加費用。儘管尚未啟動類似歐盟CBAM的境外課徵機制，但可預期日本將透過國內碳定價體系應对外部碳稅壓力，並視國際貿易發展調整出口產業的應變機制。



謝 佳 宏
(Xie, Jiahong)

謝佳宏自從東海大學工業工程與經營資訊碩士畢業後，已在產業服務領域擁有超過二十年的豐富經驗。產業服務範圍從協助企業精實改善到應用數位工具提升競爭力，同時積累了豐富的政府和業界委託計畫執行經驗。之後，進一步攻讀中山大學電機工程學系博士班，並成功取得該學位。現專任於南臺科技大學資訊管理學系。近年來，自身對極端氣候對全球的影響感到深切，陸續取得了溫室氣體盤查、產品碳足跡、能源管理系統等相關資格。同時，運用自己的跨領域專長，為企業提供服務。個人研究專注於應用精實方法促使企業實現永續減碳，並滿足國際ESG（Environmental, Social, and Governance）要求的標準。

筆者認為，此舉形同一種新型態貿易壁壘，雖然課徵對象是該國的進口商，但對全球製造業者將造成額外成本壓力。而除歐盟外，英國政府也於2024年宣布將於2027年啟動類似機制，目前正就涵蓋產業、課徵方式與WTO合規性等議題進行立法作業；涵蓋範圍初期同樣鎖定鋼鐵、鋁、水泥與氫氣等高排放產品。

相較於美國關稅主要針對國別與產業間利害關係，碳關稅是針對產品的「碳排放量」本身徵收，不問產地，只問排放。這種「排碳高者吃虧」的新邏輯將加速全球製造業從成本效率轉向低碳排放效率的全面轉型壓力。對企業而言，未來的競爭優勢將不僅取決於是否「做得快、做得省」，更關鍵的是能否「做得低碳、做得透明」，精實管理也將不再只是提升生產力的利器，更是企業減碳轉型的重要基礎之一。

精實管理—從生產效率最適走向碳排放率優化

從豐田提出「精實生產（Lean Production）」概念以來，全球製造業便普遍將其視為提升效率與降低成本的重要管理工具。然而，隨著碳關稅政策逐步上路，企業面臨的經營挑戰也從財務面的成本控制，轉向以環境面為核心的碳風險管理。筆者認為過去「浪費即成本」的觀念，開始轉化為

「浪費即碳排」戰略視角，成為企業因應碳成本新常态的核心邏輯，精實既有的七大浪費也轉變成為企業碳排熱點的潛藏來源。

舉例來說，「過度加工浪費」不僅代表人力與機台使用的多餘投入，更蘊含著不必要的能源消耗與增加的碳排放量；「庫存過多浪費」不再只是佔用空間與資金，更伴隨著冷氣、照明、搬運等燃料與能源使用，使企業範疇二的間接碳排大幅增加；而「不良品重工」與「等待時間」等浪費，則會導致設備無效運轉與熱能耗損，進一步墊高單位產品的碳足跡排放量。

在碳關稅逐漸內化為企業成本的趨勢下，筆者從國內外許多製造業的調整案例中發現，精實管理的系統運行悄然隨之調整。傳統精實關注在「時間效率」與「流程順暢」，但面對2050淨零排放的全球壓力，企業需有納入「碳效率（Carbon Efficiency）」的思維，亦即用最少的碳排放量達成最佳的價值產出。唯有將碳排視為與人力、設備、原料同等重要的管理要素，才能真正落實低碳導向的精實運作體系。

以精實管理常用的工具「價值流程圖（Value Stream Mapping, VSM）」為例，開始被延伸成為「碳排放價值流程圖（Carbon Emissions VSM）」，透過可視化手段標示每個製程步驟的碳排放量，輔以

物聯網收集監測能源使用情形，可快速辨識碳排熱點，並將其納入持續改善循環之中。將過往看不見的碳排放或是僅為永續報告書上的冰冷數字，藉由視覺化呈現，成為企業現場改善的具體標的。筆者認為此做法顯示**精實已不再只是工具箱中的一項手法，而是企業永續營運的必要思維，在追求低碳排放要求中被重新賦予更高的戰略意義。**

豐田的碳中和實踐做法啟發

在全球製造業淨零轉型的壓力下，作為精實生產的起源企業，豐田不再僅止於改善流程效率與降低成本，而是全面升級其精實體系成為支持碳中和目標的核心策略。早在2015年豐田汽車於環境願景報告書正式提出6大挑戰，其中就包含「工廠零碳排放」，而在2021年更是主動要求Tier-1供應商碳排放量要比前一年至少減少2%，長期而言將滿足巴黎協定於2025達成淨零排放的目標。

進一步檢視豐田提出的「Plant Zero CO Emissions Challenge」內容以及歷年的環境報告書，可發現針對內部製造工廠，豐田積極導入再生能源、氫能叉車、自動節能系統及高效率電動設備，以實現自主場域的零碳排轉型。同時，豐田透過智慧能源管理系統（EMS）即時監控所有製程設備耗能，並透過「能源耗用視覺化工具」找出重大能耗設備改善機會點，例如高功率壓鑄機的啟停頻率與空壓系統壓力最佳化，進而大幅降低電力消耗與碳排放量。此外，針對設備閒置時間的「待機電力」也逐一盤點並予以關機控制，杜絕不必要的間接排放浪費。整體而言，工廠在不影響產能前提下，逐步邁向淨零目標。

不僅止於內部，豐田將碳中和戰略延伸至整體供應鏈。在2021年，豐田啟動供應商碳盤查機制，要求Tier-1供應商揭露其組織碳排放數據，並協助其導入ISO 14064-1與14067等標準，建構共通的碳管理體系。在部分核心供應商群中，甚至進一步由精實顧問帶隊深入工廠現場，透過標準作業觀察、排程分析與設備效率比對，**儼然將碳排放視為一種第八大浪費（8th Waste）進行鑑別與改善。**豐田逐步將減碳績效納入供應商評等體系，明確以碳效率作為採購決策的參考依據。這不僅促使供應鏈成員投入淨零轉型，也將「碳」轉化為具體的競爭力指標，讓精實精神真正從廠內延伸至整體價值鏈。

從審思豐田的低碳排實踐做法中，筆者發現**其核心思維在於「不將碳排放視為額外成本，而是當作流程品質的一環加以管理」**，這樣的觀念轉換不僅避免減碳與生產效率的衝突，更讓碳管理自然融入到企業營運體系中。這正是精實管理在淨零時代中的新價值：不再只是做得快與好，更要做得低碳、透明且可驗證。

台灣中小企業低碳轉型的三大挑戰

面對歐盟CBAM、美英日碳關稅政策逐步推進，以及國際品牌大廠對供應鏈碳盤查與減量的要求升高，台灣企業特別是占製造業九成以上的中小企業，已無法再以觀望或被動應付的心態來面對。環境部已發佈第三波的管制對象，其中製造業管制標準從原本2.5萬噸以上大幅降至1萬噸以上，雖然暫時只需申報不需繳納碳費，但長期而言，已是台灣企業不可忽視的營運一環。

近三年來筆者輔導超過60家以上的中小企

業推動碳盤查與精實診斷的過程中觀察到，企業主普遍具有高度的警覺性與應對意願，但受限於三大現實困境，使其轉型之路步履維艱。**第一是碳排數據斷層問題**。許多工廠僅有總用電紀錄，缺乏針對生產設備、空壓機、鍋爐等高碳排設施的細部能耗監控，更遑論將碳排細分至產品或單位工令層級，導致盤查結果無法對應實際改善行動。

第二是淨零知識與人力資源不足。中小企業往往無專責ESG或能源管理人員，多由廠務或品保單位兼任減碳工作，不僅難以掌握ISO 14064-1、14067等標準要求，更不易理解精實管理工具如何結合碳排分析，導致缺乏可持續的減碳機制。**第三則是資源有限**，企業普遍擔心導入節能設備或碳盤查系統的前期投入過高，加上政策補助資訊分散、申請門檻不一，降低其參與意願。

儘管如此，台灣有越來越多先行企業透過結合**精實思維與碳盤查工具**，建立起初步的低碳生產管理架構。以筆者參與輔導的表面處理業者為例，其已將碳排放數據整合入製造執行系統（MES）內，將每張工令的電力使用換算為碳排放量，並結合現場生產流程找出待機能耗、搬運浪費與排程不順等碳排熱點。初步來看，其透過提高鍋爐使用與現場生產排程匹配率，有效減少約12%的天然氣年使用量。

總體而言，中小企業雖然面對人力有限、數據資料分散與技術門檻等多重挑戰，但若能以精實管理為基礎、結合碳盤查邏輯，循序漸進建立可視化、可量測、可追蹤的低碳排管理系統，不僅可因應碳關稅所帶來的出口競爭，更能在全球供應鏈再洗牌的過程中，爭取進入綠色供應鏈的先機。

從自家場域朝向供應鏈的碳透明時代來臨

面對碳關稅與永續供應鏈壓力全面升溫，製造業精實管理正走入新階段。過往精實生產以流程效率與浪費削減為主要目標，如今在碳定價逐步內化為市場成本的背景下，「碳透明度」正逐步取代「財務效率」成為營運新準則。金管會已於2023年發布「我國接軌國際財務報導準則（IFRS）永續揭露準則藍圖」，從2026年開始分三階段適用於上市櫃公司。IFRS永續揭露準則須包含IFRS S1及IFRS S2，其中範疇3（俗稱供應鏈範圍）必須進行揭露，大大擴大現有的管制範圍，也提高了整體盤查的複雜度。

對台灣製造業而言，若能將精實管理的核心與碳盤查數據展現互相結合，讓精實不再侷限於現場改善或流程再造，而是以「碳可視化」與「碳數據標準化」為基礎，建立可連結上下游、可即時反映碳排放成本、可支援永續報告的營運體系。從工令單的碳排放轉換、設備能耗監測，到跨部門碳排放量整合回饋，企業必須從數據資料流層面重新構思如何把「碳排放」納入至營運核心流程中。

從工廠現場到供應鏈，從效率提升到碳揭露整合，未來企業的競爭優勢將不再只是生產成本的低與高，而是碳資料是否即時、精準、可交換。在這樣的邏輯下，精實的七大浪費中每一項不再只是時間與資源的損耗，而是碳排的潛在熱點；每一次價值流程重整，不僅是提升生產效率，更是再定義碳排放量分佈與熱點風險。而每一個改善提案的背後，都應包含「碳效益」的衡量與追蹤，這將是真正貼近淨零思維下的精實進化。MA