

產業淨零關鍵-製造部門減碳課題與挑戰(石化業為例)

一、背景

全球氣候異常變遷成為當今最大挑戰，極端天氣頻率增加，對環境、經濟及社會帶來嚴重衝擊。減排溫室氣體迫在眉睫，製造業負有重要責任。巴黎協定提出控制全球升溫目標，需要國際合作。製造業積極尋求節能、環保生產方式，推動綠色供應鏈與產品創新。全球各方應共同努力，實現氣候變遷下的節能減碳目標，以保護地球生態環境。

二、製造部門面臨的減碳挑戰

製造部門在減碳方面面臨著多重挑戰，包括技術限制、能源轉型和生產過程中的碳排放。以汽車業為例，汽車製造長期依賴化石燃料，但為了達到 2050 年淨零碳排目標，必須轉向新興動力技術，這將對製造業帶來衝擊。同樣地，鋼鐵業需要轉型使用更清潔的燃料以減少碳排放，但技術和成本仍是挑戰。在生產過程中，碳排放來自於燃燒碳氫化合物燃料，如石化業生產的二氧化碳。製造業需要不斷創新以解決這些問題，並找到更環保的生產方式。政府應提供支持與引導，共同實現 2050 年淨零碳排目標。製造業的努力不僅對其自身永續發展至關重要，也對整個社會環境轉型趨勢具有重要影響。透過技術創新和轉型，製造業可以朝著更環保的方向發展，同時符合國際減碳政策的要求。

三、我國製造部門淨零碳排路徑藍圖

為達成「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」政策目標，製造部門成為重點，包括水泥、造紙、鋼鐵、石化、紡織和電子等行業，目標在於減少 50%以上的碳排放。政府計畫以製程改善、能源轉換及循環經濟等三大方向，以及 11 項具體措施來解決技術限制、能源轉型和碳排放等挑戰，並以大帶小的方式，逐步推動大型企業實施示範計畫。其中，製程改善將包括智慧節能管理和新技術導入，如氫氣技術；能源轉換將推動使用天然氣、生質能和綠電；而循環經濟方面則將發展原料替代和廢棄物衍生燃料等措施。

四、製造部門減碳策略—鋼鐵、石化業案例說明

根據 2023 年環境部報告指出，2021 年溫室氣體排放量之排放源共計 289 家，溫室氣體直接排放量約 234 百萬公噸 CO₂e，約占全國溫室氣體排放量之 82 %；以各產業直接排放量來看，電力供應業溫室氣體排放最多，在排碳大戶中占 54.30%，其次為化學材料及肥料製造業占 14.09%，排第三的是基本金屬製造業占 13.79%，如圖 3 所示。若將同一企業所屬之排碳大戶數據加總觀察下，2021 年前三十大溫室氣體排放企業之排放量共 132.292 MtCO₂e，其中以石化業占的排放量最高 49.06%，其次為鋼鐵業占 25.99%，後續分別為電子零組件業占 14.91%、水泥業占 6.11%、造紙業占 2.80%，如圖 4 所示；由相關數據可發現，石化業與鋼鐵業於生產過程中之碳排量相當可觀，其佔比約為當年度排碳大戶總排量之 4 成左右，因此本文優先選定鋼鐵業、石化業為案例，說明企業減碳現況及策略。

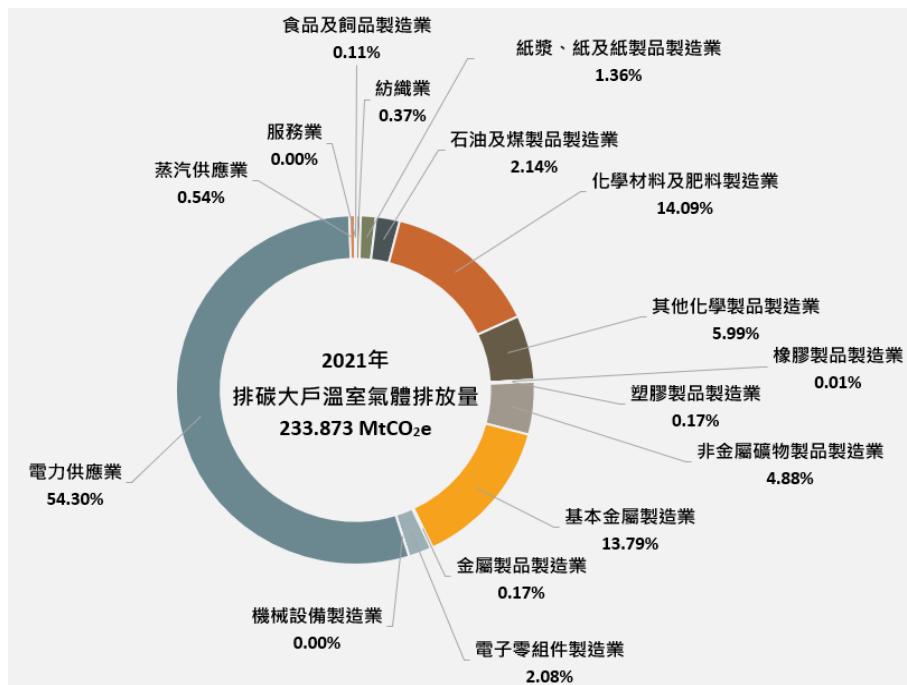


圖 1 2021 年排碳大戶溫室氣體排放量產業別分布

資料來源：國立臺灣大學風險社會與政策研究中心”2023 企業氣候行動追追追”，
<https://rsprc.ntu.edu.tw/zh-tw/m01-3/en-trans/open-energy/1791-0628-open2023enterprise.html>

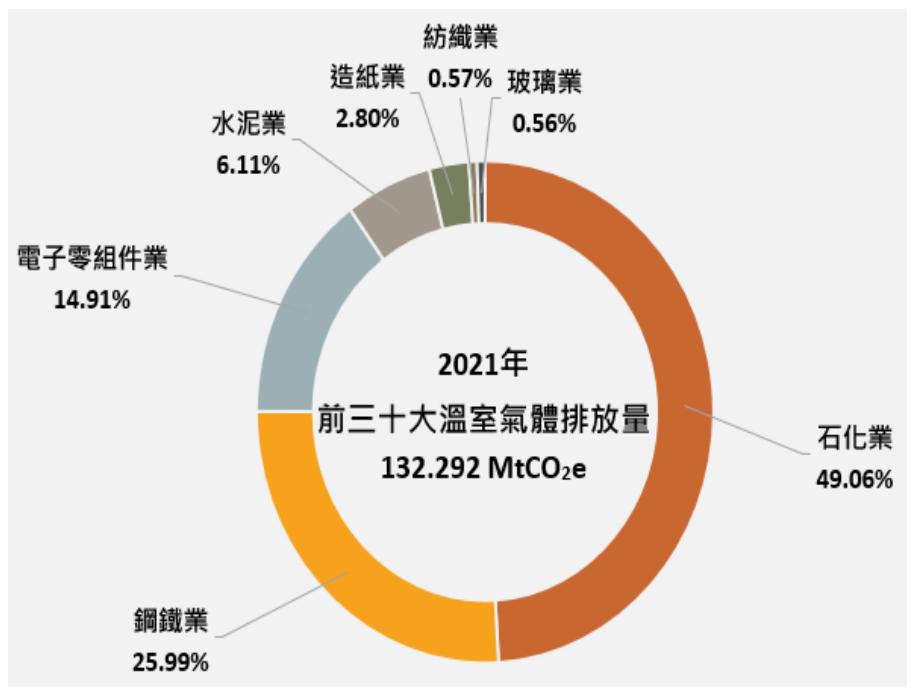


圖 2 2021 年前三十大溫室氣體排放量產業別分布

資料來源：國立臺灣大學風險社會與政策研究中心”2023 企業氣候行動追追追”，
<https://rsprc.ntu.edu.tw/zh-tw/m01-3/en-trans/open-energy/1791-0628-open2023enterprise.html>

石化業約占全球工業碳排放量 18%，其乃屬於較上游之產業，故若可由源頭選用低碳材料，即可降低整體產業鏈之碳足跡，以實踐低碳承諾。與鋼鐵業相似，許多國際石化企業除宣布 2050 年淨零碳外，也公布中期目標。如全球第一大的化學公司巴斯夫 (BASF)、英力士 (INEOS) 將減少 10~15% 的碳排放量，並在 2050 年達到碳中和目標。石化業主要減碳策略主要分為節能 (Save)、捕捉 (Capture)、再利用 (Utilization) 及再生能源 (Renewable)：

(1)節能 (Save)：改善熱整合、定期監控和審查相關能耗指標、設備維護、AI 技術推動製程

智能化、即時能源管理系統、製程電氣化、甲烷熱裂解產氫。

(2)捕捉 (Capture)：碳捕捉利用與封存 (CCUS)、鋼化聯產。

(3)再利用 (Utilization)：汽電共生設備、熱回收系統、CO₂ 回收再利用。

(4)再生能源 (Renewable)：設置太陽光電、投資風電、購買綠能憑證。

以化工大廠 BASF 公司為例，為實現零碳排製造氫氣，BASF 公司正同時開展兩種技術—已商業化的水電解工藝以及全新的甲烷熱裂解工藝。另一個提高能源效率的重要方式是利用電熱泵從廢熱中生產不含二氧化碳的蒸汽。關於甲烷熱裂解技術，用於實現使用天然氣零碳排製造氫氣，與其他零排放製造氫氣製程相比，甲烷熱解只需要約五分之一的電能；目前，試產反應器已在德國路德維希港建成並投入營運。另外，BASF 公司亦與沙特基礎工業公司 (SABIC) 以及林德集團 (Linde) 合作，致力於實現世界上第一台電加熱蒸汽裂解爐的試產設備，相較於傳統的裂解爐，電加熱裂解爐可以實現基礎化學品在生產過程中近乎零二氧化碳排放。

多數國際石化業者已搭上淨零碳排列車，目前已有近 7 成石化大廠陸續宣示淨零目標，尚未宣示或是尚未積極投入資源正視淨零碳排的企業，未來將面臨艱鉅的發展挑戰。而我國的台塑集團亦已發布明確短期、中期、長期減碳目標與措施，目標 2050 達成碳中和。未來期望石化業可從多面向邁往淨零路徑，包括：低碳進料、低碳能源、電氣化、CO₂ 捕獲再利用、創新製程等相關技術，進而生產出具永續發展概念的石化產品。

五、結語

淨零碳排已成為國際趨勢，台灣也加入了這場行動，公布了「2050 淨零排放路徑及策略」。然而，製造業在減碳方面進展尚屬緩慢。除了改善現有製程技術以減少碳排放外，更需要投入資源開發新的零碳排或負碳排技術。例如，鋼化聯產和碳捕捉儲存技術在國內已有成功案例。此外，氫能技術和儲能設備也是實現淨零碳排的重要手段，如我國工研院研發之「工業製程餘氫發電及純化回收技術」可將製程中的餘氫轉化為燃料電池的能源，提供綠色電力。期望透過學研機構的努力與政府帶領下，製造更多的跨界交流機會，甚至進而建立相關的大型示範場域與相關技術之標準與驗證機制，以強化我國於國際產業鏈上之競爭力，實現淨零碳排之目標，留下美好的環境給未來的下一代。

六、參考文獻

- [1] 國家發展委員會，”臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明”，2022 年 3 月。
- [2] 陳建任，”全球鋼鐵業碳排現況與低碳化發展動向”，產業技術評析，2023 年 10 月，經濟部產業技術司
https://www.moea.gov.tw/MNS/doit/industrytech/IndustryTech.aspx?menu_id=13545&it_id=501。
- [3] 范振誠，”淨零碳排趨勢下石化業的發展策略”，產業技術評析，2023 年 3 月，經濟部產業技術司，
https://www.moea.gov.tw/MNS/doit/industrytech/IndustryTech.aspx?menu_id=13545&it_id=466
- [4] 林玉圓，”全臺首座「鋼化聯產」先導工場啟用”，工業技術與資訊月刊，工業技術研究院，370 期 2023 年 1/2 月號，2023 年 2 月。
- [5] 工業技術研究院，”鋼化聯產實驗先導線示範場域”，工業技術研究院，2022 年 12 月，
https://www.itri.org.tw/DisplayStyle.aspx?DisplayStyle=01_content&SiteID=1&MmmID=1036233376167172113&MGID=1217774503112635210。
- [6] 中鋼公司(2021)，”民國 110 年度永續報告書”，頁 32、76、97、99-101，
<https://www.csc.com.tw/csc/hr/e/hr-2021.pdf>。
- [7] Paul Fennell, Justin Driver, Christopher Bataille & Steven J. Davis, “Cement and steel — nine steps to net zero”，2022 Mar.，<https://www.nature.com/articles/d41586-022-00758-4>。
- [8] EUROFER，“EU proposals on Emissions Trading and Carbon Border Adjustment derail the green transition”，2022 May，<https://www.politico.eu/sponsored-content/eu-proposals-on-emissions-trading-and-carbon-border-adjustment-derail-the-green-transition/>。
- [9] 張良志，”石化產業減碳路徑（一）：碳捕捉與封存（Carbon Capture and Storage）”，國立臺灣大學風險社會與政策研究中心，2022 年 11 月，<https://rsprc.ntu.edu.tw/zh-tw/m01-3/en-trans/1736-1102-carbon.html>。
- [10] 張良志，”石化產業減碳路徑（二）：節能”，國立臺灣大學風險社會與政策研究中心，2023 年 9 月，<https://rsprc.ntu.edu.tw/zh-tw/m01-3/en-trans/1811-20230912-carbon-translate.html>。
- [11] 趙怡萌、許令儒，”2023 企業氣候行動追追追”，國立臺灣大學風險社會與政策研究中心，2023 年 9 月，<https://rsprc.ntu.edu.tw/zh-tw/m01-3/en-trans/open-energy/1791-0628-open2023enterprise.html>。
- [12] 巴斯夫(BASF)公司官網，<https://www.bASF.com/tw/zh.html>。
- [13] 蕭怡恩，”製造業碳排現況及減碳策略說明：鋼鐵、化工、電子業”，DIGITIMES，2023 年 6 月，
https://www.digitimes.com.tw/tech/dt/n/shwnws.asp?id=0000665715_J2U8VC720M44UW6NSC2BC。