

表面處理產業
2025 年低碳轉型推動計畫

中華民國 112 年 11 月

計畫目標摘要表

	計畫的內容
計畫總目標	以 2020 年為減碳基期，2023 年至 2025 年溫室氣體預計減碳量達 1.5 萬噸 CO ₂ e
2023-2025 年 年度目標	1. 分年減碳目標 (1) 2023 年：預計溫室氣體減碳量達 0.5 萬噸 CO ₂ e (2) 2024 年：預計溫室氣體減碳量達 1.0 萬噸 CO ₂ e (3) 2025 年：預計溫室氣體減碳量達 1.5 萬噸 CO ₂ e
2023-2025 年 低碳轉型策略 及措施	1. 製程改善 (1) 設備汰舊換新 (2) 智慧節能管理 2. 能源轉換 (1) 高碳排燃料轉換為天然氣或生質燃料 (2) 鼓勵使用綠電 3. 循環經濟 (1) 原料替代 (2) 能資源整合

目錄

	頁次
1.前言.....	2
2.現況分析.....	3
2.1 產業概況.....	4
2.2 能源消費.....	12
2.3 溫室氣體排放.....	14
3.推動策略及措施.....	17
3.1 製程改善 (Smart and Save)	18
3.2 能源轉換 (Switch)	21
3.3 循環經濟 (Sustainable)	24
4.未來展望.....	27

圖 目 錄

圖 1 全球淨零碳排趨勢對表面處理的影響	3
圖 2 金屬表面處理產品應用魚骨圖	6
圖 3 我國表面處理產業鏈	7
圖 4 我國歷年表面處理市場產值變化趨勢	8
圖 5 我國歷年表面處理市場各項產品產值變化趨勢	9
圖 6 我國歷年表面處理鋼捲片與非鋼捲片類產值占比變化趨勢	10
圖 7 2013~2022 年我國表面處理供需變化趨勢	11
圖 8 我國表面處理業能源消費量與能源密集度	12
圖 9 我國表面處理業各類型能源消費量占比	13
圖 10 2021 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放占比	14
圖 11 我國表面處理產業歷年碳排量與碳密集度(推估)	15
圖 12 2005 至 2022 年表面處理碳排放占比趨勢	16
圖 13 表面處理製程碳排放熱點	16
圖 14 製造部門淨零碳排路徑藍圖-製程改善	17
圖 15 製造部門淨零碳排路徑藍圖-能源轉換、循環經濟	18
圖 16 Interpon Powder Coatings 提供線上節能計算器	20
圖 17 Nordson 智慧化技術減少粉末塗料塗裝作業	21
圖 18 KST Plant 利用廢棄物產生綠氫流程圖	23

圖 19 KST Plant 無碳 PSMR-FPD 技術	24
圖 20 Cromoplastica C.M.C.淨零碳排路徑規劃	27
圖 21 Net Zero 全球淨零碳排覆蓋率	28
圖 22 Net Zero 淨零碳排目標	28
圖 23 表面處理產業溫室氣體排放減碳路徑	29
圖 24 表面處理產業低碳轉型可行作法	31

表 目 錄

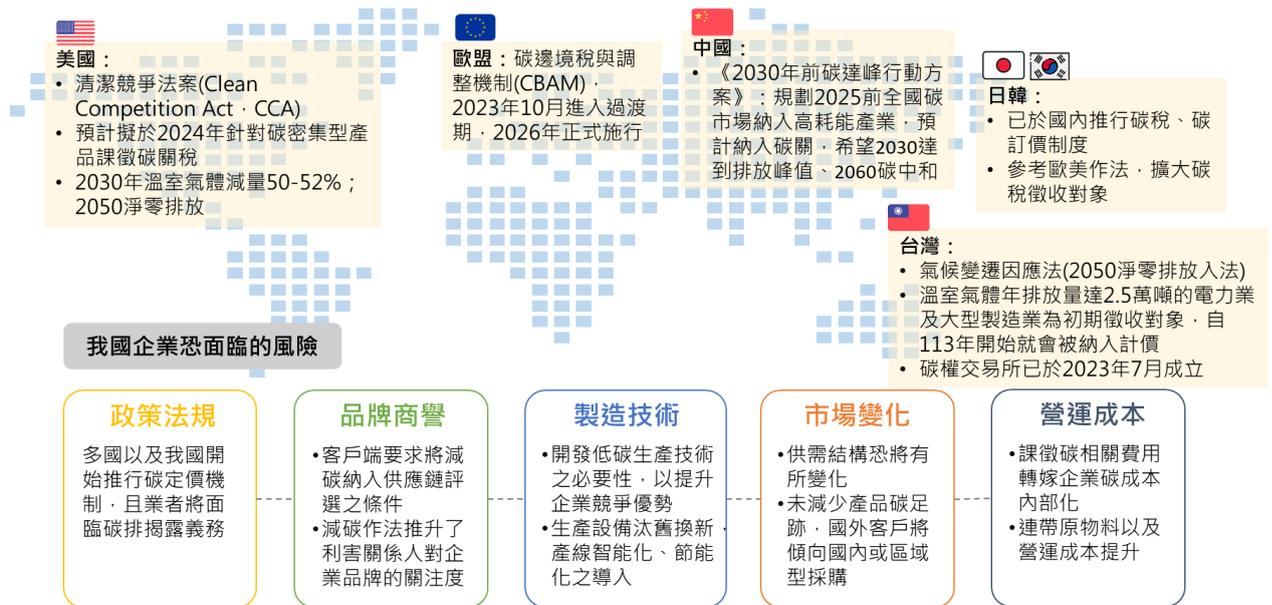
表 1 表面處理製程技術	4
--------------------	---

1.前言

隨著全球氣候變遷的加劇，各國政府和企業積極採取減碳措施，以降低溫室氣體排放，減緩氣候變遷的影響。根據聯合國政府間氣候變遷專門委員會(IPCC)2023年第六次評估之綜合報告(AR6 Synthesis Report)指出，全球平均氣溫已上升1.1°C，若不採取有效的減碳措施，全球平均氣溫將在本世紀末上升攝氏2度以上，將導致極端氣候事件更加頻繁和嚴重。根據聯合國統計，截至2023年9月，全球已有超過130個國家宣布或規劃將2050年淨零碳排作為國家目標，這些國家的溫室氣體排放量總合約占全球的70%。

為因應全球氣候變遷，歐盟於2019年12月公布歐洲綠色政綱(European Green Deal)，擬定出明確路徑，希望在2050年達到碳中和，並且為了避免碳洩漏(Carbon leakage)的議題，歐盟委員會於提出碳邊境調整機制《Carbon Border Adjustment Mechanism》(以下簡稱CBAM)，針對進入歐盟的碳密集型產品生產過程中排放的碳進行公平定價，並鼓勵非歐盟國家在製造生產過程中，減少碳排放的產生，CBAM法規於2023年5月17日正式生效，並於該年10月1日進入過渡階段。

與此同時，2022年10月，美國參議院通過了潔淨競爭法案《Clean Competition Act》(以下簡稱CCA)，該法案預計於2024年針對進口到美國的碳密集型產品(如鋼鐵、鋁、水泥、化肥、電力)課徵碳關稅的規定，以促進美國企業在國內生產這些產品，並降低美國的碳排放量，預計於2030年溫室氣體減量50~52%，並於2050年實現淨零排放。而亞太區域如日本、韓國等國亦開始效仿歐美作法，推行國內碳稅、碳訂價等制度，同時也考慮擴大徵收對象；中國則提出《2030前碳達峰行動方案》中，規劃2025前全國碳市場納入高耗能產業，預計後續以會納入碳關稅並於2030年達到碳排放峰值、2060年碳中和。



資料來源：金屬中心 MII 整理

圖 1 全球淨零碳排趨勢對表面處理的影響

因此，因應近年國際淨零趨勢，2021年4月世界地球日蔡總統宣示：「2050 淨零轉型是全世界的目標，也是臺灣的目標」，遂我國國家發展委員會於2022年3月30日發布「臺灣2050淨零排放路徑」，在產業轉型的部分，提出製造部門從製程改善、能源轉換、循環經濟三大面向11項措施進行產業轉型。由於表面處理屬於金屬製品加工製程裡非常重要的一塊，各領域的製造產品都與金屬表面處理有關。

因此，為持續推動表面處理業淨零轉型，台灣區表面處理工業同業公會遂與經濟部工業局（後改制為經濟部產業發展署）合作，提出「表面處理業2025年淨零轉型推動計畫」，擘劃我國表面處理業減碳目標及策略，希望透過以大帶小的模式，結合產業公協會及異業能量整合作法，推動中小企業減碳能力，自過去的點狀減碳擴散為整體面的減碳，以期更有效運用工業局資源，與產業攜手達成2025年減碳目標。

2.現況分析

依據行政院主計總處「金屬製品製造業」行業類別進行分析，資料

來源包主計總處公布數據、能源局能源平衡表、中華民國國家溫室氣體清冊報告、及溫管法公告排放源申報資料。

2.1 產業概況

表面處理技術是經表面預處理後，透過物理方法、化學方法、電化學方法、高真空方法或生物高分子方法等，對表面施以塗覆、處理、改質，改變固體金屬或非金屬表面的形態、化學成分、組織結構或應力狀態等，以獲得所需表面效能之系統工程，其過程涵括了膜層設計、材料選用、表面處理製程、膜層品質控制及監測、工程應用及失效分析。透過表面處理可增進材料或產品的美觀或使用效能(如耐蝕、耐磨耗)，亦可使材料具有特殊表面性質如導電性、光學性質、焊接性等，這些功能或外觀的改變正是提高產品附加價值的不二法門。

依經濟部工業產品之分類，國內金屬表面處理業可分為鍍塗面鋼捲片、彩色鋼捲片及其他金屬及金屬製品表面處理等三大品項。表面處理為各種加工製造工業不可或缺的過程，從傳統工業到近代高科技，表面處理技術一直扮演非常重要之角色。雖然其無法單獨存在，但只有透過表面處理，製品的特性及價值才能充份發揮出來，表面處理技術種類不勝枚舉，礙於篇幅限制，本文將代表性的工法簡易整理如下表 1。

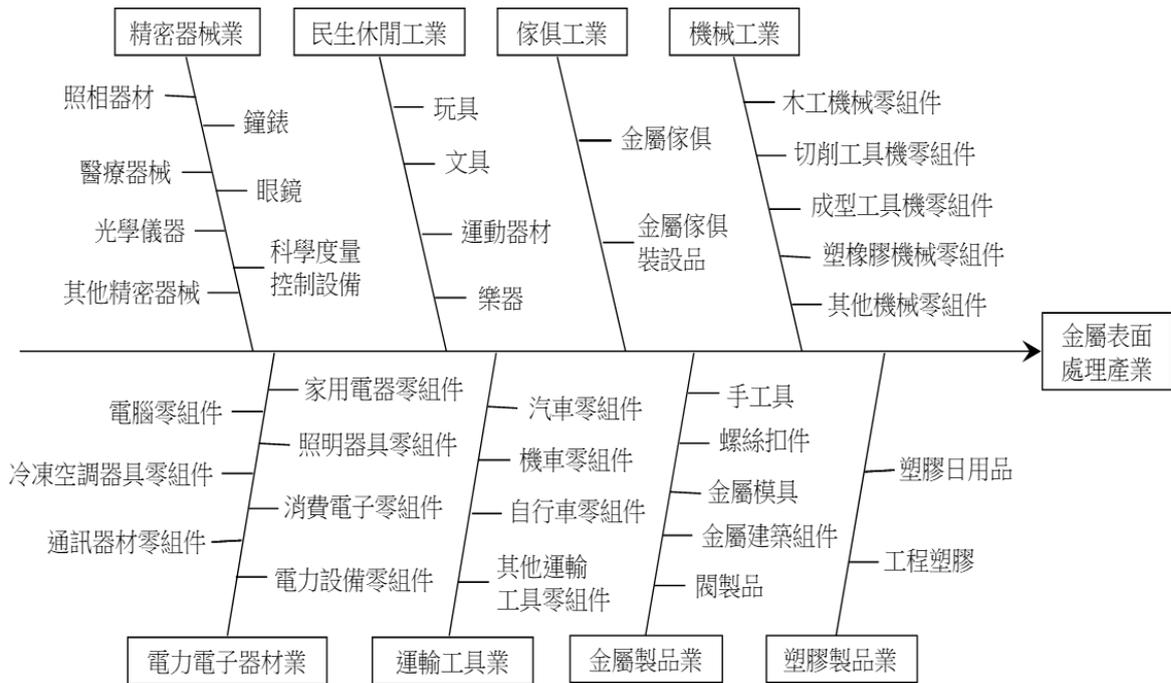
表 1 表面處理製程技術

表面處理製程	製程內容
<p>電鍍 Electroplating</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 電鍍層的材料有銅、鋅、錫、金、銀、鉛、鉻、鎳、鎢、鉑等金屬，金屬鍍層皆呈結晶狀，其微細結構及性質端視電鍍液的組成及電鍍操作條件(諸如溫度、電流密度、pH、攪拌狀況等)而定，鍍層中常存在晶格變異(Lattice distortions)的情形 • 先除銹->機械研磨->脫脂->鹼液電解洗淨->清洗->電鍍(直流電源供應)
<p>化學鍍</p>	<p>無電電鍍不需外加電流，待鍍底層金屬不需溶於鍍浴中以促使電鍍進行，但需要有適當的還原劑(如添加</p>

Electroless plating、 Chemical plating	鍍) , 其原理是「鍍浴中的還原劑被氧化, 而欲鍍金屬離子則被還原成金屬而析著於工件表面」, 可控制電鍍時間以調整電鍍層任意厚度, 某些特定條件下, 可施行於玻璃、磁器、塑膠等非導電性材料。
化成處理 Conversion Coating	將一金屬表面施以化學或電化學處理, 使生成含有此金屬成分的化合物表面層, 如此所得的表面層即稱為化成覆層(Conversion Coating), 如鋅表面的鉻酸鹽層, 或鋼表面的氧化鎳層
陽極氧化 Anodizing、 Anodic Oxidation	係指利用電化學方法, 將工件(金屬或合金)充為陽極, 施以電解氧化處理使形成具密著性的氧化層於底材(即工件)表面的程序。主要為兩個步驟: 將電子由金屬移出、為水中之氧的化學吸附於金屬表面。最典型的即為鋁、鎂、鈦等輕金屬的陽極氧化
真空鍍 Physical Vapor Deposition(PVD)	<ul style="list-style-type: none"> • 分為三大類, 包括真空蒸鍍(Vacuum Evaporation)、濺鍍(Sputtering Deposition)及離子鍍(Ion Plating), 但其物理氣相沉積基本原則相同。 • 三個主要過程: (1) 薄膜材料經各種不同方法之處理, 由固態或液態激發為氣態; (2) 薄膜材料的氣態原子或分子或離子, 由蒸發源穿越真空抵達基座表面; (3) 材料抵達基座表面後, 將沉積而逐漸形成薄膜
電著塗裝 Electrocoating	<ul style="list-style-type: none"> • 也常稱為電泳塗裝或電鍍塗裝。指將水溶液帶有正或負離子的塗料, 施以直流電使之電著於金屬表面, 再經水洗、乾燥過程使之堅牢地附著於被塗物表面的塗裝方式。 • 新電著法將電鍍與電著塗裝的複合化, 因此擁有一般塗裝法沒有的特性。
粉體塗裝 Powder coating	粉體塗裝即是使塗料成粉末狀態, 附著於被塗物表面。此法是 1952 年由 Knapsacks, Griesheim 所開發, 發明之初並未受到太多重視, 直到 70 年代初期, 由於美國限制有機溶劑之使用, 粉體塗裝才大放異彩。粉體塗裝具有高性能的機具設備, 以及簡單的操作流程, 可分為塗物加熱產生吸附的浸漬方式(配合流動), 及利用靜電的粉體靜電塗裝方式(有各種裝置設備組合)

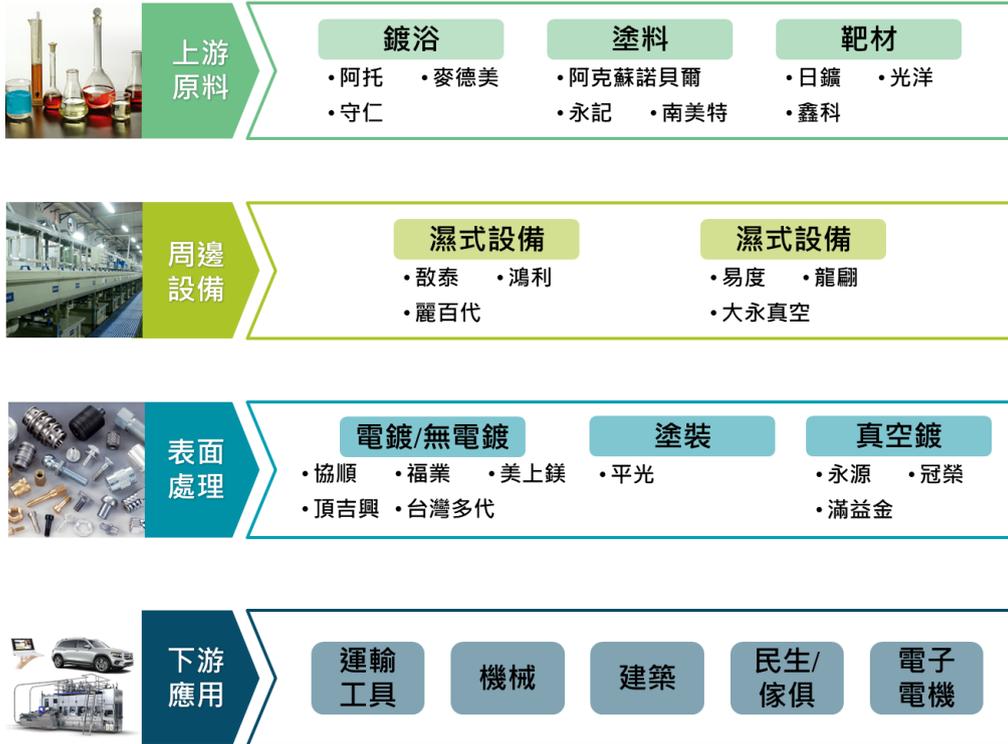
資料來源：金屬中心 MII 整理

因此，從高科技產業如航太、電腦、通訊等精密電子零組件，汽車零配件到民生工業的家電、五金、文具、玩具等，鮮少脫離表面處理的應用範疇，圖 2 為表面處理產品應用魚骨圖；



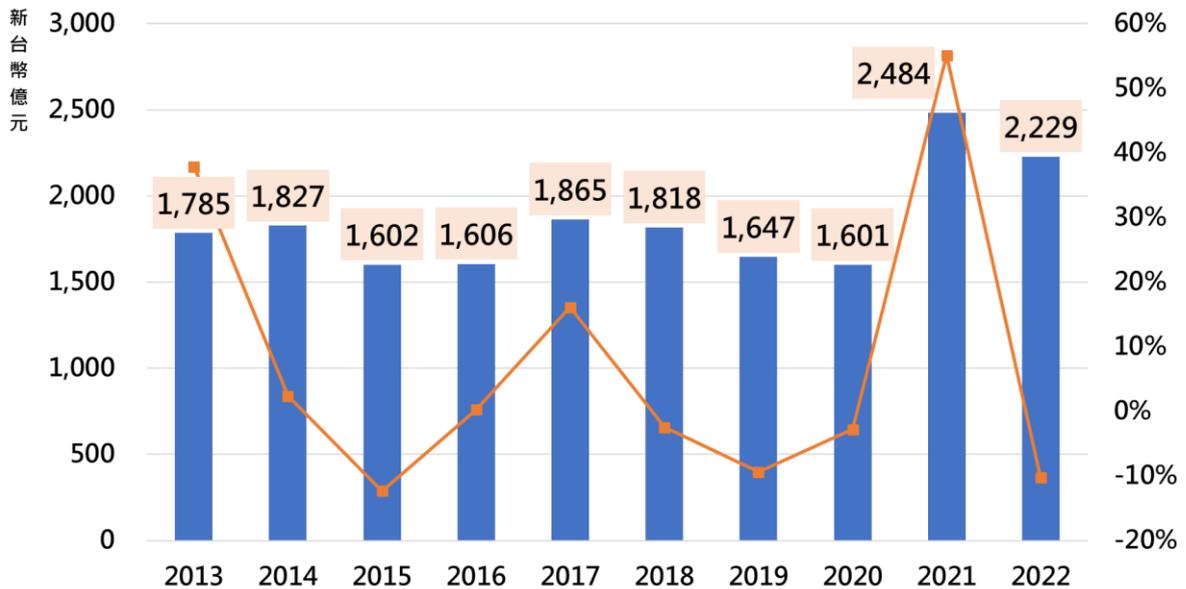
資料來源：金屬中心 MII 整理
圖 2 金屬表面處理產品應用魚骨圖

根據經濟部 2020 年工廠營運調查資料來看，我國金屬表面處理相關廠商數約為 1,534 家，從業人數約 3.6 萬人。除鋼捲片表面處理以大型企業為主外，金屬製品表面處理廠多為平均員工 20 人以下的中小企業，資本額在新台幣 4 仟萬以下者即佔 70%，廠商主要集中於新北、彰化、台中等縣市，以電鍍業為大宗。我國表面處理業產業鏈如圖 3 所示。



資料來源：金屬中心 MII 整理
圖 3 我國表面處理產業鏈

根據經濟部統計處數據，2022 年我國金屬表面處理業產值達新台幣 2,228 億元，如圖 4 所示，相較前一年大幅衰退 10.28%。其中內銷值約為新台幣 1,306 億元，較前一年下跌 1.26%，外銷值約為新台幣 733 億元，較前一年大幅下跌 15.78%。

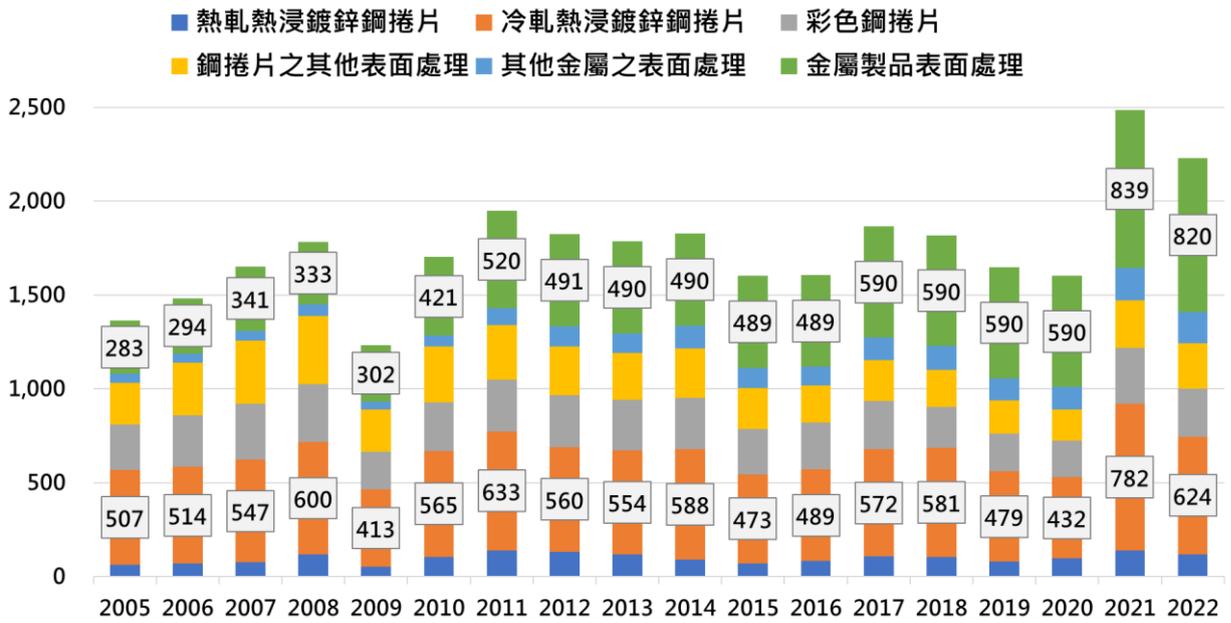


資料來源：經濟部統計處/金屬中心 MII 整理

圖 4 我國歷年表面處理市場產值變化趨勢

根據經濟部統計處統計，國內金屬表面處理業分為熱浸鍍鋅鋼捲片(熱軋、冷軋)、彩色鋼捲片、其他鍍塗面鋼捲片及其他金屬及金屬製品表面處理等四大部份。若將鋼捲片與其他金屬及金屬製品的表面處理拆開來看，可發現鋼捲片主要是以外銷為導向，其產值約為 1,244 億元，相較前一年大幅衰退 15.5%；內銷值約為新台幣 448 億元，較前一年下跌 4.23%；外銷值約為新台幣 617 億元(佔所有表面處理外銷值 84.08%)，較前一年大幅下跌 15.62%。另一方面，其他金屬與金屬製品表面處理，其產值約為 984 億元，相較前一年衰退 2.67%；內銷值約為新台幣 857 億元(佔所有表面處理內銷值 65.63%)，較前一年增加 0.38%；外銷值約為新台幣 116 億元，較前一年大幅下跌 16.59%。

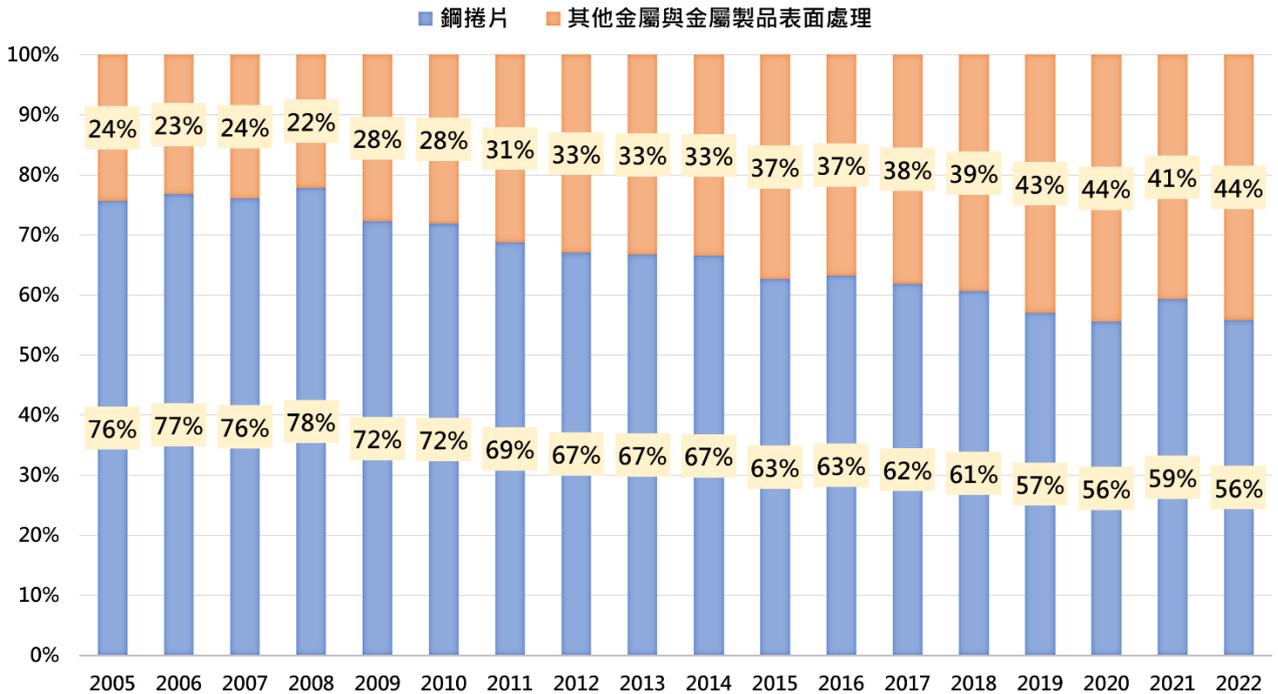
其中，熱浸鍍鋅鋼捲片產值約為新台幣 743 億元，相較前一年減少 19.17%；彩色鋼捲片產值約為新台幣 255 億元，相較前一年減少 14.46%；其他鍍塗面鋼捲片產值約為新台幣 245 億元，相較前一年減少 3.39%；至於其他金屬及金屬製品表面處理的產值約為新台幣 984 億元，相較前一年減少 2%，產值變化與成長率如圖 5 所示。



資料來源：經濟部統計處/金屬中心 MII 整理

圖 5 我國歷年表面處理市場各項產品產值變化趨勢

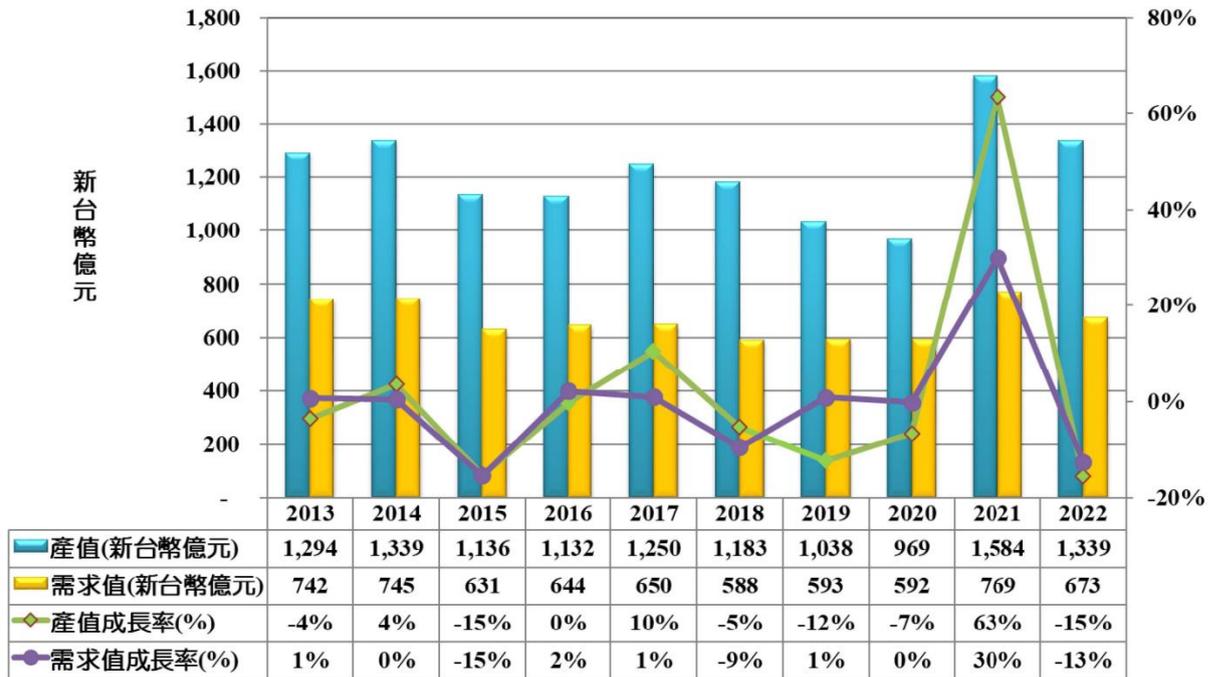
此外，若將鋼捲片表面處理類與其他金屬表面處理、金屬製品表面處理（非鋼捲片類）區分產值占比，可發現過往將近 8 成為鋼捲片表面處理，自 2015 年起，其他金屬與金屬製品表面處理的占比也逐步提升到 4 成的占比，顯示表面處理關聯產業的應用越趨多元，鋼捲片與非鋼捲片產值占比變化趨勢如圖 6 所示。



資料來源：經濟部統計處/金屬中心 MII 整理

圖 6 我國歷年表面處理鋼捲片與非鋼捲片類產值占比變化趨勢

國內表面金屬產業以產品形式進出口者為鍍塗面鋼板，2022 年該項產品進口值為新台幣 132 億元，相較前一年成長 23%，我國鍍塗面鋼品進口高度集中在排名第一的日本，單國比重即超總進口金額的六成；22 年出口值為新台幣 798 億元，相較前一年下滑達 13%；相對進口來說，出口市場較為分散，最大出口國為美國，占有比重為 18%，中國大陸居次，占有比重為 11%，其餘三大出口國家分別為西班牙(9%)、泰國(8%)、比利時(7%)，國內表面處理產品進出口供需變化趨勢如圖 7 所示。

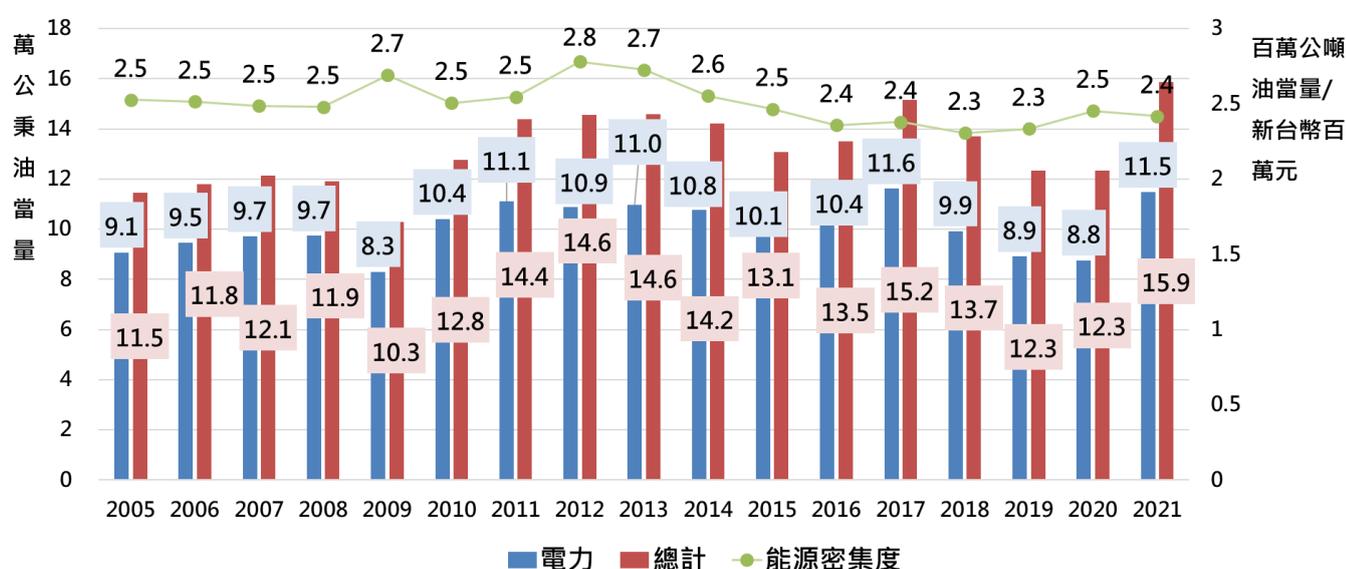


資料來源：工業生產統計、海關進出口統計/金屬中心 MII 整理
圖 7 2013~2022 年我國表面處理供需變化趨勢

由於全球景氣於 2022 年第 4 季以來呈現走弱的趨勢，經濟仍面臨嚴峻挑戰，包括：俄烏戰爭、通膨威脅、地緣政治風險、中國經濟走向、美中爭端，加上氣候變遷等不確定因素，商品需求降溫導致貿易成長續緩，供應鏈仍遇到瓶頸。主要國際機構皆預測 2023 年全球經濟成長率將低於 2022 年，全球不景氣狀況也持續影響台灣表面處理產業訂單。

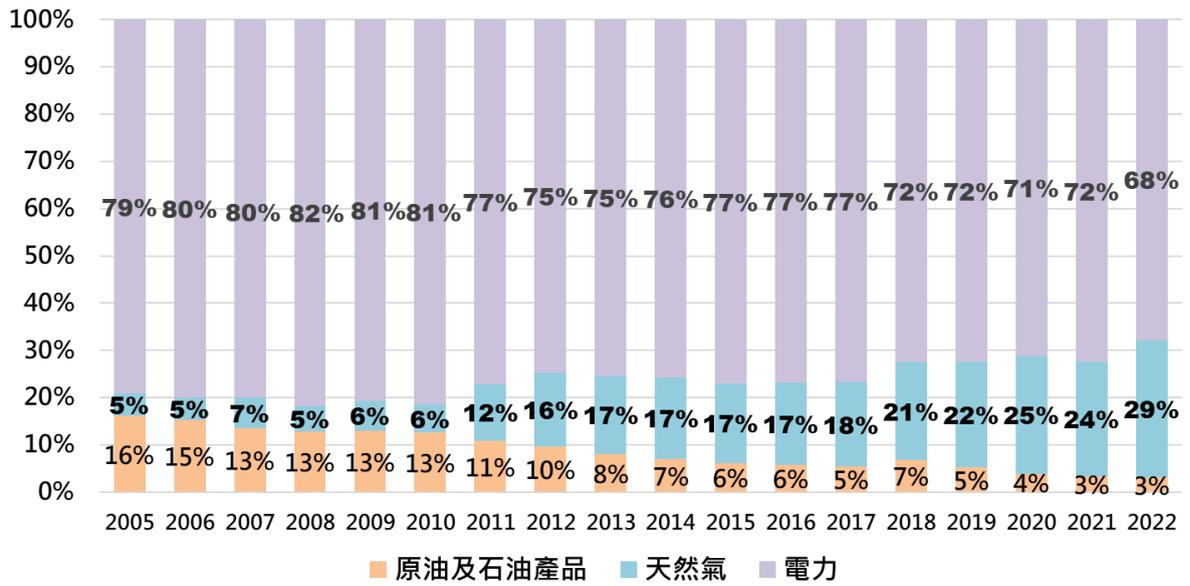
2.2 能源消費

我國表面處理業能源消費占工業部門，自 2005 至 2022 年占比皆約 0.5%，沒有太大變化。歷年能源消費狀況由 2005 年 11.4 萬公秉油當量上升至 2022 年約 14 萬公秉油當量，成長約 22%；能源密集度趨勢亦由 2005 年 2.52 公升油當量/千元下降至 2021 年 2.41 公升油當量/千元，下降率約 4.29%，如圖 8 所示。另外，表面處理業能源結構大致可分為原油及石油產品、天然氣、電力等三種，能源消費情形依序為電力、原油/石油、天然氣，惟電力與原油/石油占比每年呈現逐年遞減的趨勢，電力自 79% 下降到 68%（年複合成長率為-0.88%），原油/石油自 16% 下降到 3%（年複合成長率為-9.38%）；反之，天然氣用量自 5% 上升至 29%（年複合成長率為 10.89%）。我國表面處理產業各類型能源消費量占比彙整如圖 8、圖 9 所示。



資料來源：能源平衡表(公秉油當量單位 071~111 年)，表面處理業採金屬製品業繪製

圖 8 我國表面處理業能源消費量與能源密集度

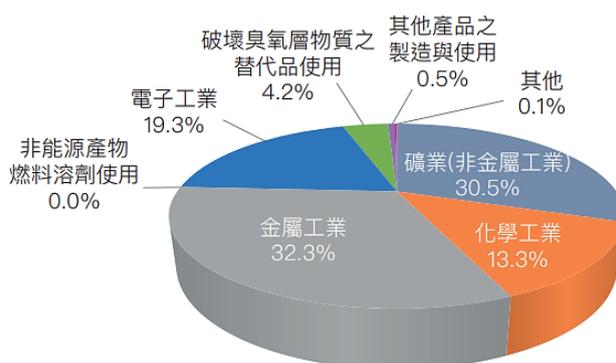


資料來源：能源平衡表(公秉油當量單位 071~111 年)，表面處理業採金屬製品業繪製

圖 9 我國表面處理業各類型能源消費量占比

2.3 溫室氣體排放

參考環境部中華民國國家溫室氣體排放清冊報告(2023 年)，我國於 2021 年工業製程及產品使用部門溫室氣體碳排放量約為 22,156 千公噸二氧化碳當量，其中，溫室氣體排放主要為二氧化碳(占 70.4%) 其次為氧化亞氮(占 11.3%)、全氟碳化物占(6.6%)、氫氟碳化物(占 5.0%)、六氟化硫(占 3.9%)。其中，若以排放源為區分，如圖 10 所示，金屬工業約占 32.3%，較去年增加 21.11%。由於目前國家排放清冊中，尚未呈現金屬製品產業或表面處理產業適用的排放數值，故以經濟部能源署公布之能源平衡表作為碳排放估算之參考依據。



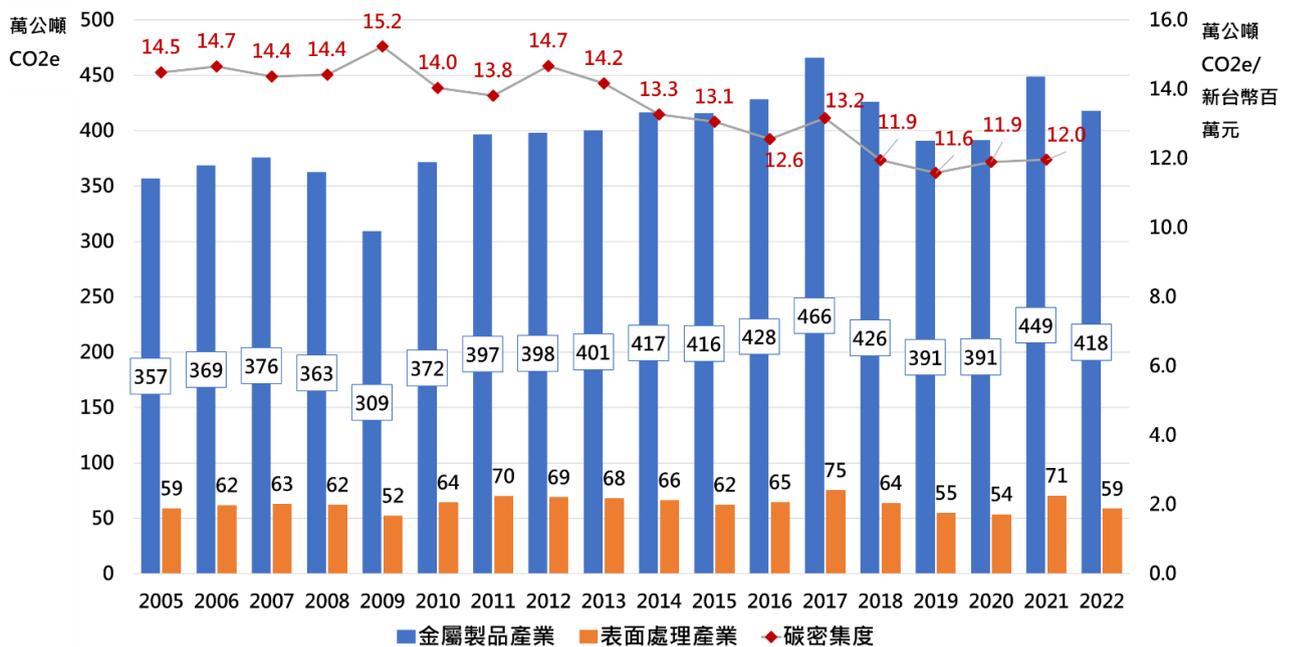
資料來源：環境部中華民國國家溫室氣體排放清冊報告(2023 年)/金屬中心 MII 整理

圖 10 2021 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放占比

依據我國能源平衡表計算，以 2022 年為例，金屬製品業之碳排放量約為 418 萬噸 CO₂e。另一方面，依據經濟部產銷存統計，我國金屬表面處理產業 2022 年產值約占金屬製品製造業產值之 14.1%。因此，以產值占比估算表面處理產業碳排放總量約為 58.8 萬噸 CO₂e(鋼捲片類：32.8 萬噸 CO₂e；其他金屬與金屬製品表面處理類：26 萬噸 CO₂e)。

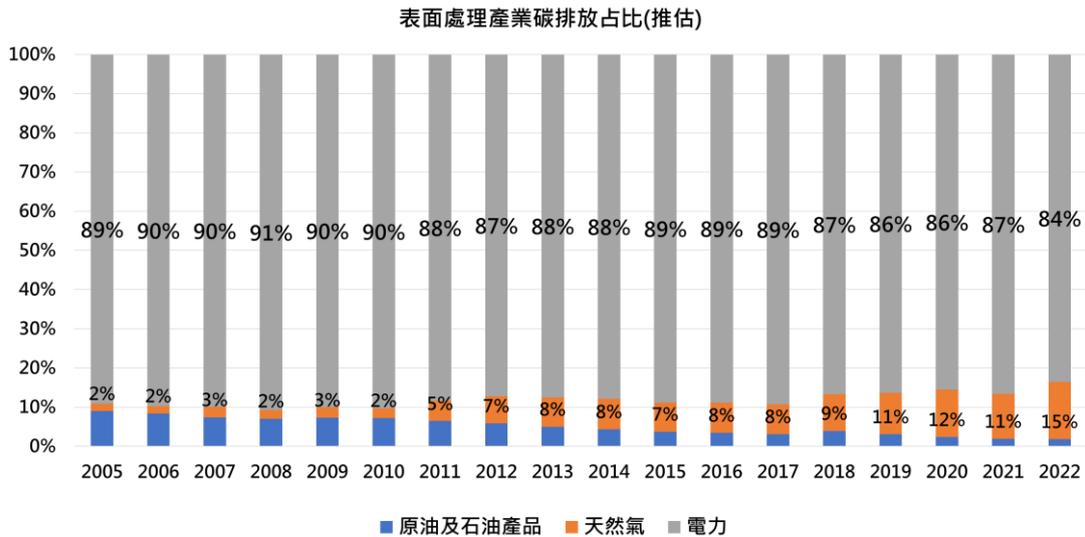
綜觀近年我國表面處理產業碳排概況，歷年總排放量及碳密集度如

圖 11 所示，歷年總排放量約介於 52 至 75 萬公噸 CO₂e 之間，平均總排放量則約 63.4 萬公噸 CO₂e 左右。整體而言，總排放量仍有持續上升的趨勢，自 2005 年 59 萬公噸 CO₂e 成長至 2021 年 71 萬公噸 CO₂e(年複合成長率 1.07%)。然而，以表面處理產業碳密集度而言，則自 2005 年 14.5 公噸 CO₂e/新台幣百萬元下降至 2021 年 12 公噸 CO₂e/新台幣百萬元(年複合成長率-1.18%)。



資料來源：能源平衡表(2022.09.30 版)，表面處理業採金屬製品業繪製
圖 11 我國表面處理產業歷年碳排放量與碳密集度(推估)

進一步分析表面處理產業碳排放量占比，如圖 12 所示，以 2022 年為例，仍以電力（83.53%）為大宗，其後依序為天然氣（14.64%）、原油/石油（1.83%）。可發現近年表面處理產業逐步從原油/石油高碳排放量的能源轉為使用較低碳排量的天然氣，因此天然氣碳排放整體比例大幅上升（年複合成長率為 12.58%）。



資料來源：能源平衡表(2022.09.30 版)，表面處理業採金屬製品業繪製
圖 12 2005 至 2022 年表面處理碳排放占比趨勢

由於表面處理形式與製程種類繁多，若以粉末冶金、金屬熱處理的製程而言，主要的製程可以分成前處理、電鍍、後處理三大部分，如下圖 13 所示，可發現主要使用的能源為電力、天然氣與柴油，主要的碳排放熱點也集中在電鍍的階段，占比約為 50~75%（視其表面處理方法，陽極處理與一般電鍍在此階段就有較大的占比落差），其餘製程如加熱處理與退火的部分大概約占 10~20%，主要的機台在於整流器、空氣壓縮系統、循環泵浦、烤爐、乾燥機等為主要用電設備。



資料來源：金屬中心 MII 整理
圖 13 表面處理製程碳排放熱點

3.推動策略及措施

台灣區表面處理工業同業公會為推動表面處理產業邁向低碳轉型，將依循我國國家發展委員會於 2022 年 3 月所公告之製造部門淨零碳排路徑藍圖協助表面處理產業推動減碳，此藍圖包含 3 大轉型面向與 11 項推動措施，其中，3 大轉型面向分別為製程改善、能源轉換與循環經濟，各轉型面向下亦有不同的推動措施，並依據時程劃分為研發、示範與普及等三階段。如圖 14、圖 15 所示。

於多項製造部門淨零轉型的推動措施當中，能夠協助表面處理產業邁向低碳轉型之相關措施分別為：設備汰舊換新、智慧節能管理、轉換為天然氣、使用綠電、原料替代、能資源整合與 CCU 技術等 8 項措施。短期內，我國表面處理產業可針對普及階段所對應之措施進行擴大導入，併同建立低碳示範場域及針對研發階段技術進行布局開發，將過往認為表面處理產業是 3K 產業（危險、辛苦、骯髒），透過淨零轉型的推動過程，扭轉為智能節電（Smart & Save）、轉換用電（Switch）、循環整合（Sustainable）3S 產業。



資料來源：臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明，國家發展委員會
圖 14 製造部門淨零碳排路徑藍圖-製程改善



資料來源：臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明，國家發展委員會
圖 15 製造部門淨零碳排路徑藍圖-能源轉換、循環經濟

以下就台灣表面處理工業同業公會推動我國表面處理產業之減碳推動策略及措施進行說明：

3.1 製程改善 (Smart and Save)

於製程改善面向，表面處理產業可透過設備汰舊換新、提高能源使用效率、導入節能製程等方面著手並布局中長期所需之低碳、零碳技術，如等，推動表面處理產業逐步邁向零碳生產。

3.11 設備汰舊更新-瑞士 First Industries

First Industries 是一家瑞士金屬表面加工處理企業，該公司業務內容包含熱浸鍍鋅 (hot galvanizing)、電解鍍鋅 (electrolytic zinc plating)、粉末塗層 (powder coating)、鍍鎳 (nickel plating) 與鍍鉻 (chromium plating)。不過，由於該公司已經超過 30 年的老牌公司，生產過程中遇到一些問題，包括產線整流器過於老舊，使用年限超過 35 年，因此效能僅約原來設計的 50~60%，無法處理同時太多弓箭，產效能低落，保養維修也

遇到困難。在節能改善措施之前，全廠沒有量測設備，預估平均使用功率在 200kVA，大約僅額定容量的 50%，一年耗電為 630,000kWh。

該公司的減碳作法就是透過更換整流器設備，透過更換高效率 (85~93%) 整流器改善製程，優化整流器冷卻供應系統、增加整流器電纜截面積、優化浴池操作，節電約 63,000kWh，比例為 10%。同時，因為改善的整流器設備，讓整體製程良率提高，減少原料耗損，在節電的部分也顯示於財報，促進內部收益率(IRR)從 6.9% 提高到 118%。

3.121 智慧節能管理-荷蘭 AkzoNobel

AkzoNobel group 集團旗下之品牌 Interpon Powder coating，是粉末塗料領域的全球領導品牌和團隊，總部位於荷蘭阿姆斯特丹，其規模遍布全球 70 多個國家，並有 30 個製造基地和研發設施。Interpon 位於北美、亞洲和歐洲的三個主要產品開發中心，致力於粉末塗料的開發，相關應用從建築到汽車、重工業到一般貿易等不同行業和領域，已為將近 30,000 名客戶提供創新產品和解決方案。

AkzoNobel Powder Coatings (已加入 RE100 倡議) 為了展現該公司努力實現 2030 年將整個價值鏈碳排放量減少 50% 的目標，替所有歐洲粉末塗料用戶開發的一個公開存取的「線上節能計算器」。相關業者只需提供每小時生產零件數量、重量以及操作時間長度等資訊，線上節能計算即可粗略地算出該公司每年潛在節能量以及減少碳排量，如圖 16 所示，相關數據輸入後，可得知公司潛在節能量約為 162,000kw 以及每年可減少約 35,043 公斤二氧化碳當量。

此外，透過視覺化的方式，呈現製程各階段的節省能源技巧，例如提供建議的節能設備、建議的溫度調整等方式，有助於其他業者參考以落實減少碳足跡，讓客戶更輕易了解粉末塗裝過程中進行微小的改變，

也可幫助公司減少能源消耗與促進公司成長改變。更進一步，Interpon 還提供的後續的解決方案服務，包括檢查壓縮空氣系統的洩漏、改善絕緣並確認所有製程設備已定期維修和維護。此外，客戶還可以獲得 Interpon 的技術服務團隊的專家支援。

Energy saving calculator

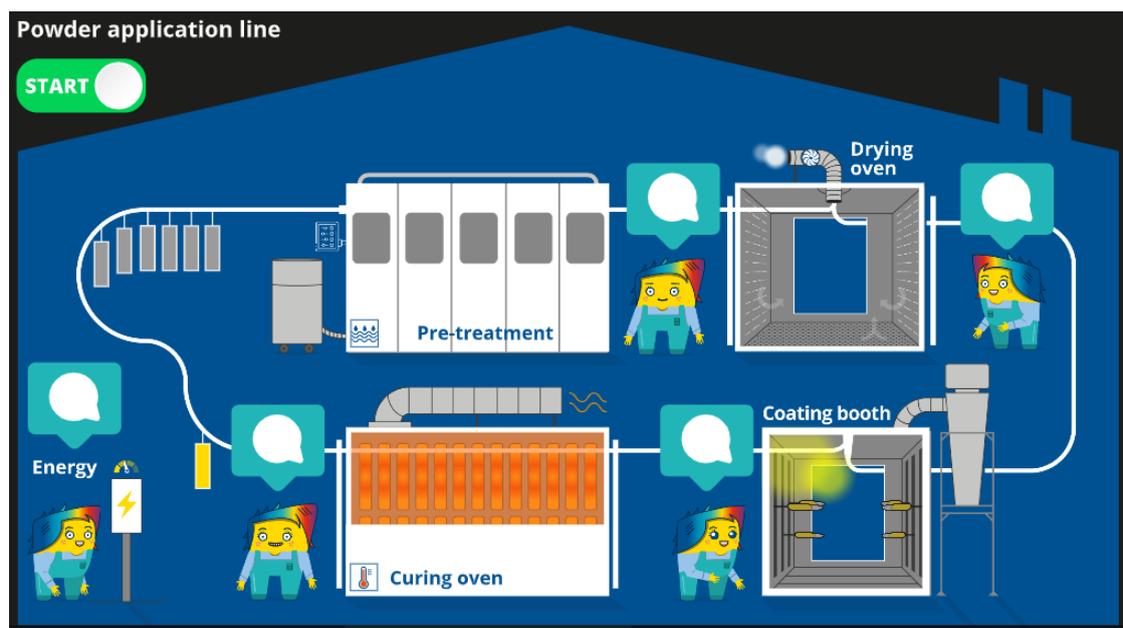
Mass per part:	1000	kg/part
Parts per hour:	5	part/hr
Working hours per day:	18	hrs
Working days per year:	200	days
Current curing temperature:	120	°C

Potential energy savings per year:
162,000 kW

Potential CO₂ saving per year:
35,043 in kg CO₂ equivalent

[Show me my energy savings](#)

Disclaimers: The Energy savings calculator is a generic model and therefore is to be used as guidance only. Specific oven design features, such as insulation factors, are not included. The calculation model uses the following assumptions: Energy savings based on a 20°C reduction. Ovens are gas fired. Electricity is only used for fans etc. The substrate spends 15 minutes at the curing temperature. Heat-up rate is the same, regardless of temperature set point. AkzoNobel cannot accept liability for any loss or damage arising from the use of the Energy Savings Calculator information and results. Using the given information and calculation results as substantiation for investment or otherwise is at own responsibility. No particular rights can be granted from using these data.



資料來源：Interpon Powder Coatings 官網、Products Finishing
圖 16 Interpon Powder Coatings 提供線上節能計算器

3.122 智慧節能管理-美國 Nordson Corp.

工業塗料系統部門 Nordson Corp. (位於美國 Westlake, Ohio) 是粉末塗料和液體噴塗、容器塗料和精密點膠設備應用和固化設備的全球領

導者。主要應用市場包括汽車、礦業、農業設備、建築、家具和船舶。

該公司引進精密製造與工業 4.0 的概念，採用 HDLV(高密度粉末、低氣流) 技術，可在 20 秒內實現無污染的顏色變化。該系統能夠同時容納多達 28 種顏色，因此可以在每個班次中實現更多的顏色變化、更高的吞吐量、更少的浪費，並全面提高產品混合塗層操作的生產效率。

諾信生產各種手動和自動設備，包括文丘里泵和高密度/低速 (HDLV) 泵；先進的靜電控制，即使使用金屬粉末，也能以 0.1 微安培的精度管理奈米電流；對於非回收系統，噴塗系統能夠在不到 20 秒的時間內變色；對於回收粉末的系統，只需幾分鐘即可變色；先進/符合工業 4.0 標準的控制器，可追蹤和記錄一系列操作數據，從而實現更高的品質和製程控制，並允許 Nordson 工程師快速進行遠端故障排除。透過公司整個產品線都具有智慧元件，能夠自適應控制和收集、記錄和監控/分析數據，然後將這些數據提供給用戶。



資料來源：Nordson Corp. 官網、Products Finishing
圖 17 Nordson 智慧化技術減少粉末塗料塗裝作業

3.2 能源轉換 (Switch)

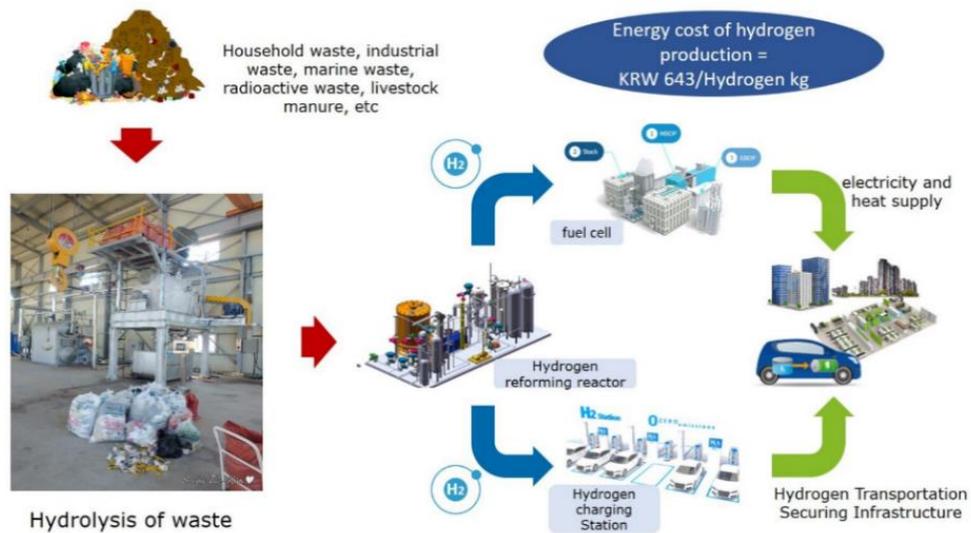
3.2.1 使用綠電與專注高品質閥門的創新企業-韓國 KST Plant

KST (韓國表面處理) 工廠是一家致力於生產高品質閥門的韓國企業。該公司成立於 2022 年，專門為陸上/海上石油天然氣、石化行業以

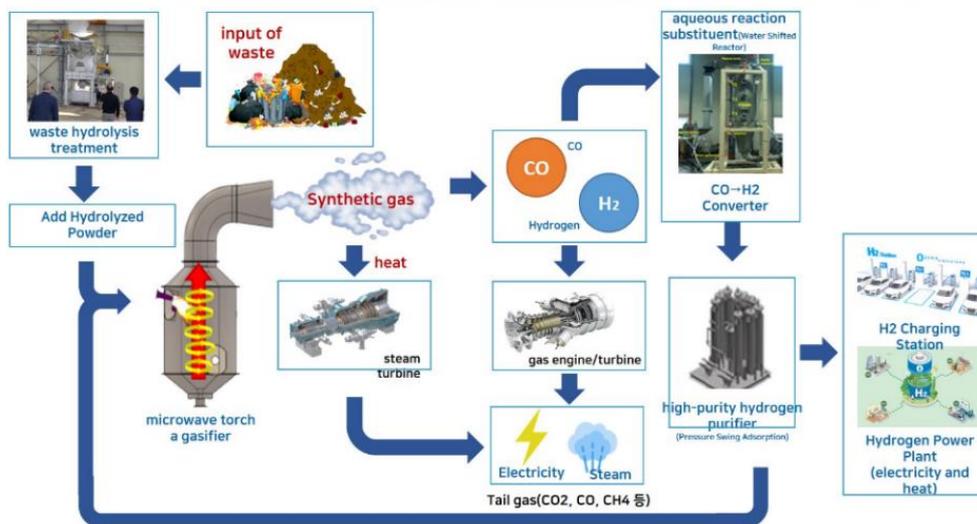
及造船業提供閥門。KST 工廠的閥門具有幾項優點，包括零洩漏、高硬度、耐腐蝕性、耐化學性、長使用壽命等，並且致力於為客戶提供卓越的品質和有競爭力的價格、全面性（售前、售中、售後）的服務，該公司期望未來十年內將銷售額與產能翻倍成長。

KST 工廠的核心競爭力是其先進的表面處理技術。該公司與韓國工業技術研究所 (KITECH) 合作開發了多項創新表面處理技術，包括 KCC (KST 鉻化碳化物) 和 KNN (KST 奈米氮化)。這些技術可顯著提高金屬的硬度、耐腐蝕性、耐化學性和耐磨性。KST 工廠的表面處理技術已廣泛應用於各種行業，包括發電、陸上/海上石油天然氣、石化、造船和半導體。該公司還將其技術應用於金屬閥座閥門的球體和閥座，包括精密加工技術（公差 0.005mm）。此外，該公司獲得多項認證，包括 ISO9001:2015、ISO14001:2015、ISO45001:2018、API 6D 閥門設計認證等、API 607 閥門製造認證、ASME B16.34 閥門製造認證等，具體展現 KST Plant 在品質、環境、職業健康安全和產品設計方面符合國際標準。

在減碳作為方面，除了提供石油天然氣公司 KST 鉻化碳化物的閥門（較傳統閥門壽命長 5 倍）降低碳排放外，也為造船公司 KNN 提供奈米氮化處理的閥門，提高閥門耐磨性高 10 倍；同時，也將固體廢棄物（放射性廢棄物、海洋廢棄物、塑膠等）和降低分子量來生產綠色氫氣，創造無碳環境。以 2019 年而言，廢棄物產生總量為 497,238 噸/天，比 2018 年（446,102 噸/天）增加 15%。2019 年各類垃圾的組成情形如下：建築垃圾（44.5%）、商業設施垃圾（40.7%）、生活垃圾（11.7%）、指定垃圾（3.1%），KST Plant 能夠利用回收廢棄物生產 15% 的氫氣（以 6000KCAL 熱值計），每天能夠從 41,680 噸廢棄物中生產 6,252 噸氫氣，可為 1,000,000 輛汽車充電；利用 15,213,200 噸回收廢棄物生產 2,281,980 噸氫氣。



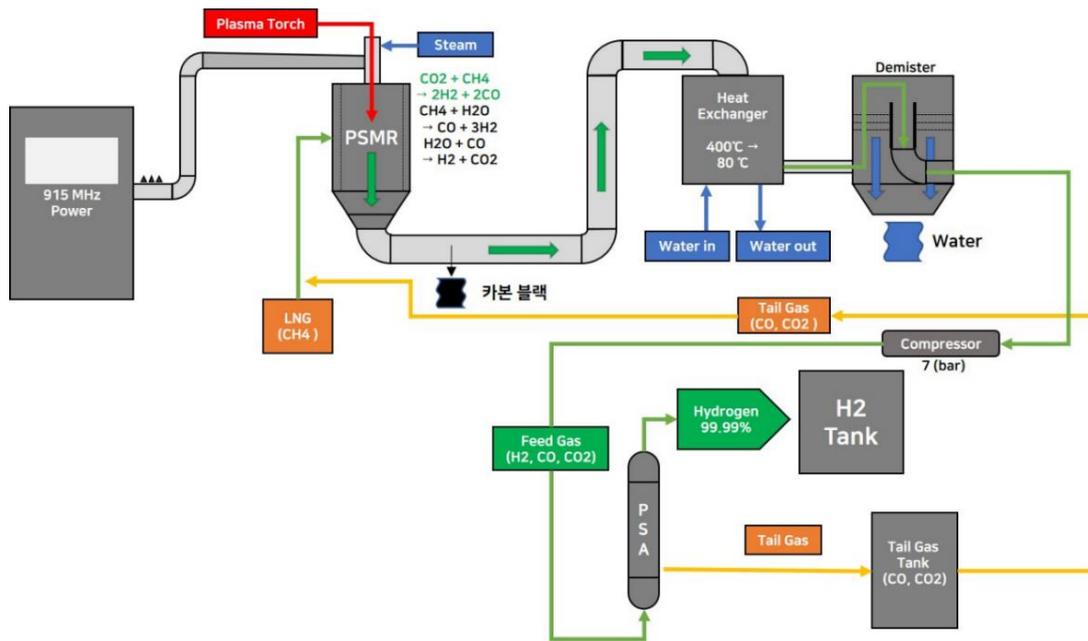
Production of green hydrogen after hydrolysis of waste



資料來源：KST Plant 官網

圖 18 KST Plant 利用廢棄物產生綠氫流程圖

KST Plant 透過利用無碳 PSMR-FPD 技術，將等離子體電子激發氣體中的原子和分子，從而產生活性自由基和離子，並將液化天然氣分解，將其轉化為碳和氫的系統，其優點是能源成本低、無碳排放、可直接從現有的液化天然氣和壓縮天然氣充電站生產和供應氫氣，且可以根據需要彈性安裝小型或大型設施。



資料來源：KST Plant 官網

圖 19 KST Plant 無碳 PSMR-FPD 技術

3.3 循環經濟（Sustainable）

IEA 在 1 月 12 日發布的《能源技術展望 2023 年報告》中指出，潔淨科技製造業正在成為全球經濟的重要組成部分。報告涵蓋了風力渦輪機、熱泵、電動汽車電池、太陽能電池板和氫電解槽等技術製造。

根據國際能源署（IEA）的最新報告，全球潔淨科技製造業正迎來快速增長。到 2030 年，由於全球對於可再生能源需求不斷增加、新技術開發與商業化、政府政策支持等因素，全球關鍵大規模生產綠色能源技術市場的價值預計將達到每年 6,500 億美元，創造 1,400 萬個工作崗位。因此，在循環經濟部分，表面處理業中亦有相關應用，包含原料替代、能資源整合或 CCU 碳捕捉技術。

3.31 再生能源(綠氫)-韓國 COTEC 電鍍大廠與 SunHydrogen 合作，加速綠色氫能技術的發展

COTEC 是韓國的工業電鍍和電化學製程領導者，在航空航太、汽

車、國防和核工業領域擁有豐富的電鍍專業知識，並與波音、韓華、空中巴士等高級客戶合作；SunHydrogen 則是利用陽光和水生產再生氫氣的突破性技術開發商。兩家公司於 2023 年 7 月宣布已簽署合作備忘錄 (MOU)，將共同探索工業電鍍解決方案的開發和優化，用於 SunHydrogen 的半導體沉積技術。在 SunHydrogen 的氫氣產生器中，每平方公分數十億個專利的光電合成活性異質結構 (PAH) 奈米粒子將水分解，產生氫氣和氧氣。這些 PAH 奈米粒子由多層太陽能電池組成。

COTEC 將利用其在工業電鍍方面的專業知識，運用太陽能電池的高電壓、高光吸收特性使 SunHydrogen 能夠將其製造到超薄，並且顯著減少使用材料，降低成本且提高效率。SunHydrogen 和 COTEC 共同合作探索電鍍解決方案的開發，將現有的 PAH 架構和製程轉化為製造規模，有助於提升 SunHydrogen 綠色氫能技術競爭力。具體而言，COTEC 將可在以下方面為 SunHydrogen 帶來許多創新與優化：

- (1) 開發新的電鍍工藝，以提高 PAH 奈米粒子的生產效率和性能。
- (2) 開發新的 PAH 奈米粒子結構，以提高其穩定性和耐久性。
- (3) 協助 SunHydrogen 建立生產線，以批量生產 PAH 奈米粒子。

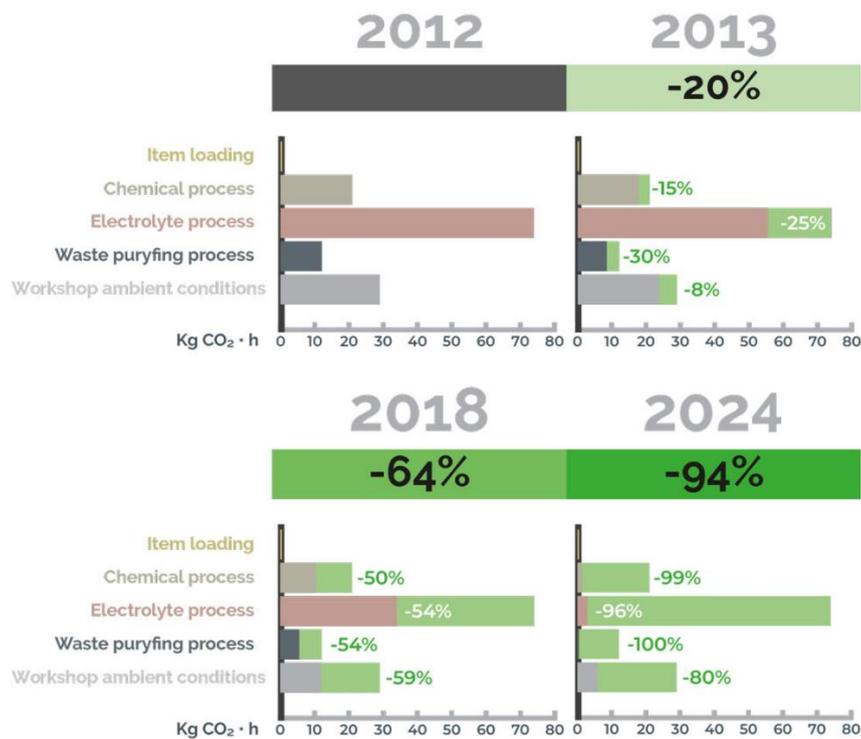
根據 COTEC 的估計，透過此次與 SunHydrogen 的合作，將能夠將 PAH 奈米粒子的生產效率提高 50%，降低成本 20%。此外，SunHydrogen 將能夠開發出新的 PAH 奈米粒子結構，使其更穩定和耐久。

3.32 能資源整合-義大利 Cromoplastica C.M.C

Cromoplastica C.M.C. 為義大利塑膠電鍍公司，已替香水/化妝品、家電、衛浴配件、汽車零組件及室內設計等行業提供服務超過 35 年，目前日產量可達 40 萬件，約為表面積 1,800 m² 之產品。相較其他公司約能

提供 8~9 種鍍面顏色。Cromoplastica C.M.C. 意識到碳排造成氣候變遷的急迫性，因此，為公司設定明確目標，將產品加工每個階段減少碳排放，希望在 2030 年達到淨零碳排。該公司目前已獲得國際認證如 ISO 45001:2018、ISO 14001:2015、IPPC IED、ISO 9001:2015、IATF 16949:2016(符合汽車產業品質要求)等，顯示整體營運對淨零碳排的承諾；此外，Cromoplastica C.M.C 也獲得 EcoVadis (針對企業永續力之評價) 金牌 (前 5%) 之評價。該公司大致可歸納以下淨零減碳策略：

- (1) 太陽能發電：2012 年起開始裝設太陽能板，可產生每日用電量 40%。
- (2) 循環經濟(金屬回收)：透過 2009 年開發的專利技術，將工業廢水淨化過程中產生的固體廢棄物中所含的金屬 100%回收技術，重新轉化為金屬並返回市場，總計約 1,000 噸。
- (3) 汽電共生：2015 年設置汽電共生廠，共可以產生 100%熱能與 35% 電力。
- (4) 持續水資源分析：淨化廠安裝了採水器，每天針對 30 個參數進行 24 次分析，數據自動記錄在國家控制存取的黑盒子中，該公司的排放參數比法律規定的飲用水參數低 10 倍。
- (5) 自然碳匯(植樹)：2018 年起種植約 5 公頃竹林，於 2021 年後，每年可抵銷約 100,000kg 碳排放量。
- (6) 購買綠電：2022 年起生產所需之剩餘電力將從 TUV 認證的綠電 (如風電、水力等) 發電生產基地購買，並且拒絕從煤炭、石油與核能等取得電力供應來源。

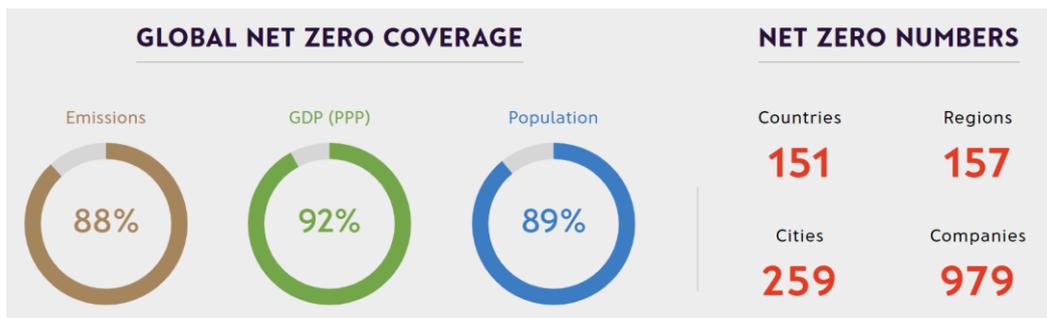


資料來源：Cromoplastica C.M.C. 官網
圖 20 Cromoplastica C.M.C. 淨零碳排路徑規劃

4. 未來展望

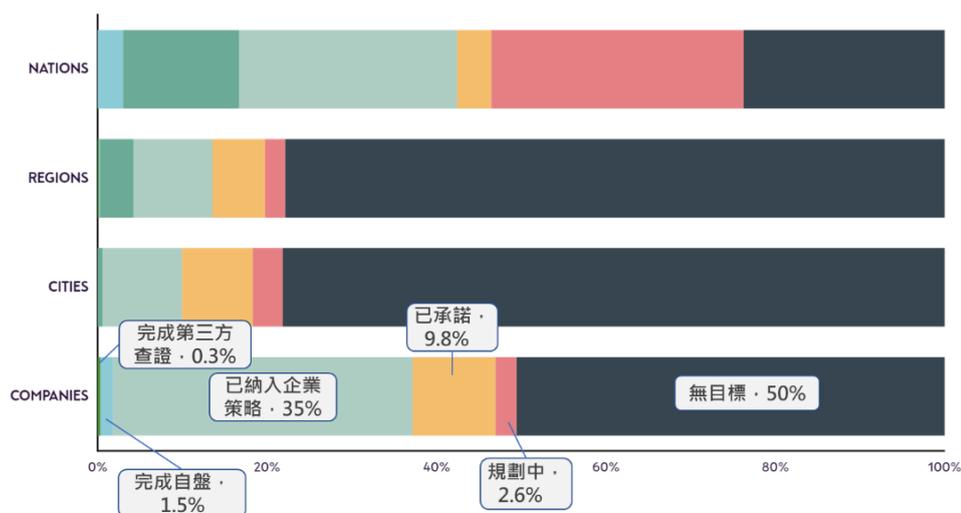
綜合上述國際案例，不論是透過智慧節能管理改善製程、透過能源轉換使用綠色氫能、或利用廢棄物回收循環用電，可發現全球都在針對未來淨零碳排趨勢進行路徑規劃與發展相關行動，以因應市場需求，特別是如歐盟 CBAM 碳邊境調整機制，直接制訂相關規範要求國際供應鏈產品製程、進出口過程與碳排放的程度，預期將長期性地影響與表面處理關聯產業產品與原料進出口之產品價格、運輸與生產成本等。

綜觀國際上針對淨零碳排的推動進程，根據 Net Zero Tracker 統計，截至 2023 年 10 月，全球 198 個國家中，共有 151 國家、261 個城市（共 1,186 個城市）、985 家企業（共 1,980 家企業）有宣示淨零排放目標。



資料來源：Net Zero
圖 21 Net Zero 全球淨零碳排覆蓋率

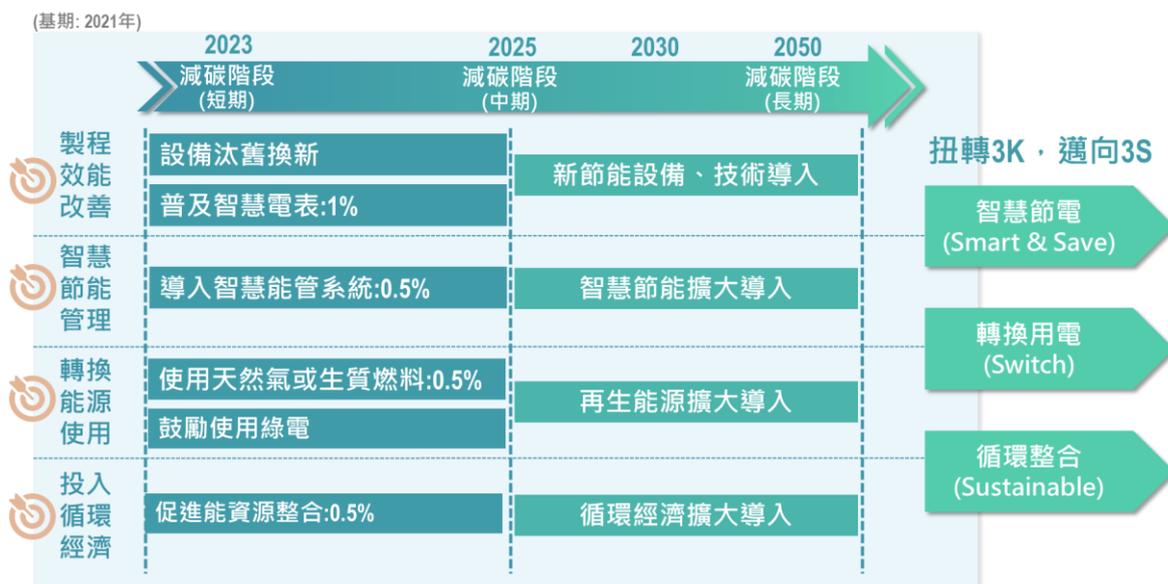
在淨零碳排計畫種類中，國家與企業較關注淨零碳排帶來的影響，因此已有較高比例具有減碳目標與具體作為。其中，企業目前仍有 5 成未宣示任何淨零碳排目標、將近 1 成已有做出淨零碳排承諾、36.8% 企業已經有具體作為(包括已納入企業策略、完成自盤、完成第三方認證)。



資料來源：Net Zero / 金屬中心 MII 整理
圖 22 Net Zero 淨零碳排目標

在國內的部分，除了鋼捲片表面處理相關業者外，大部分表面處理產業多為中小企業，每一間企業對於淨零碳排認知程度以及可處理範圍、處理能力皆為不同，如何透過提升企業內部淨零識能基本能力建置，加速企業淨零轉型，促進表面處理產業對於淨零碳排路徑有一定的認識與長遠的規劃，仍是國內表面處理產業一大課題。

針對我國表面處理產業淨零減碳作法，若以 2020 年為減碳計算基期，當年度表面處理產業碳排量估算約為 53.8 萬公噸油當量，若以年減溫室氣體排放量 1% 為減碳目標，透過製程效能改善（普及智慧電表）、智慧節能管理（導入節能系統）、轉換能源使用（轉換使用天然氣或生質燃料）、投入循環經濟（能資源整合）等淨零碳排作法，2023 年開始每年可減碳 0.5 萬公噸油當量，預計至 2025 年可減碳累計 1.5 萬公噸油當量。並透過前期的減碳作為，加速減碳中、長期（2025~2050 年）減碳程度，將表面處理產業長期被視為 3K 產業，扭轉為 3S 產業（Smart & Save, Switch, Sustainable）。



資料來源：金屬中心 MII 整理

圖 23 表面處理產業溫室氣體排放減碳路徑

整體而言，表面處理產業低碳作法與因應策略中，可歸納以下 3 大重點策略：優化用電管理、掌握供應鏈碳管理、提升企業淨零競爭力。

(1) 優化用電管理，增加綠電使用：

由於表面處理業者碳排放的部分主要是在用電的部分，如何能夠將用電資訊收集到最完整，透過智慧電表（Smart Meter）設置在各廠區、

各生產線，儘可能細緻區分電表，以找出碳排放熱點，並且同時提升企業數位化能力，透過數據分析、數據呈現，甚至未來將使用再生能源或天然氣等低或零碳排放量的能源進行能源數位化管理，以利碳排放報告分類整理。

(2) 掌握供應鏈碳管理：

在全球盛行碳關稅、碳交易制度的時代，供應鏈碳管理尤為重要，不論是歐盟 CBAM 或是未來美國清潔競爭法案等國際碳稅規定，如何從供應鏈中在一定時程內取得碳排放數據，同時因為表面處理產品少量多樣且下游應用關聯產業多元，不同製程、不同規模、不同膜厚、不同輸出國等差異性，都將影響用電及碳排放程度。因此，如何協助企業有效管理供應鏈碳排放數據，是未來重要發展關鍵。

以目前國內表面處理產業相關業者，由於多為中小企業之規模，在資源、數位化、碳管理都較為不足的情況下，建議至少進行內部整體基盤，盤點自身企業不同的合作對象、受 CBAM 影響的供應商等。同時，建議可嘗試取得由第三方認證或是公認有效的碳盤查標籤，如中華民國全國工業總會碳盤查標籤方案(針對中小企業)，以提升整體企業或產品減碳識別。

(3) 提升企業淨零競爭力：

在執行減碳作法之前，減碳目標的確定尤為重要。因此，建議我國表面處理相關業者先重新檢視企業減碳目的，以利針對不同減碳目的進行分類。例如，針對如歐盟 CBAM、美國 CCA 的法遵目的，抑或是企業內部自願性減碳目的，以針對不同減碳需求，提出相對應的作法。同時，在供應鏈相關企業合作契約中，在法遵目的的情形下，建議可重新檢視合約中是否具有碳排放量的數據揭露，以及碳排放數據交付期程，以

對應每一個規範所需要的內容，以及內部整理數據的時間。確認減碳目的後，針對企業內部減碳重點進行減碳路徑規劃，先從主要用電熱點，針對碳排熱點進行減碳。

此外，由於企業在減碳過程中常需企業各部門的配合，管理層對於淨零減碳的認知非常重要，建議未來除了數位化外，也需將減碳目標納入企業發展評估，並持續關注碳稅、能源議題，持續提升企業整體淨零競爭力。



資料來源：金屬中心 MII 整理
圖 24 表面處理產業低碳轉型可行作法