

摘要

全球溫暖化造成的影響有極地冰原融化、海平面上升、淹沒較低窪的沿海陸地，並造成全球氣候變遷，導致不正常暴雨、乾旱現象及沙漠化現象擴大，對於生態體系、水土資源、人類活動與生命安全等皆造成重大的傷害。而全球各國為了遏制全球暖化的負面影響，紛紛訂定各階段減碳政策目標，並藉由公私部門協力推動一系列減碳策略，如潔淨能源、碳排交易系統、碳定價、負碳技術等，以期達成 2050 碳中和目標。

我國科學園區於國際產業供應鏈中占有重要地位，在淨零轉型、綠色供應已成為國際趨勢下，綠色轉型才能持續在全球綠色供應鏈中占有一席之地。因此，在面對全球供應鏈重組、新興科技應用，以及環境永續發展之趨勢挑戰下，須持續規劃及推動科學園區溫室氣體減量，引領我國產業加速完成碳中和目標，以打造科學園區永續發展。因此，為持續加強園區溫室氣體減量，除遵循國家上位政策，並持續推動「碳盤查」、「減碳能力之建構與整合」、「節能、儲能及創能之推動」、「製程改善及循環經濟」、「營造綠色低碳生活環境」及「負碳及新技術之引進與推廣」六大措施外，尚須加強前瞻減碳科技研發及推動資源循環零廢棄，藉由開發多元化再生能源及前瞻科技技術研發，加速改變臺灣能源結構及降低對原物料的使用，提升環境永續；其次為運用我國 AI 優勢，導入 AI 管理(供應鏈管理)及能源管理系統，降低對資源及能源的使用，將有助於大幅度降低園區溫室氣體的排放。

關鍵字：溫室氣體、減碳措施

目錄

壹、前言	1
一、研究緣起	1
二、研究方法	1
貳、國內外減碳策略現況	2
一、國際重點國家	2
二、臺灣	5
參、臺灣溫室氣體排放量現況	9
肆、科學園區減碳推動現況研析	11
一、科學園區溫室氣體排放現況分析	11
二、科學園區溫室氣體減量具體推動減碳措施	12
三、碳費徵收對科學園區溫室氣體減量之影響	18
四、科學園區減碳困境	18
伍、結論與建議	21
陸、參考文獻	24

圖目錄

圖 1 臺灣著重之減碳策略範疇	7
圖 2 歷年不同部門的全球溫室氣體推估排放量	9
圖 3 臺灣歷年不同部門溫室氣體排放量趨勢	10
圖 4 臺灣歷年不同部門的溫室氣體排放量趨勢	11
圖 5 歷年科學園區溫室氣體排放現況	12
圖 6 台電系統歷年發購電量及 2023 年發購電量結構占比	12
圖 7 科學園區溫室氣體減量具體推動減碳措施	14
圖 8 碳盤查步驟	15
圖 9 113 年 10 月底止自發電力發電成本	19
圖 10 113 年 10 月底止購入電力發電成本	20
圖 11 科學園區減碳策略	24

表目錄

表 1 重點國家減碳目標規劃彙整表	8
表 2 各部門溫室氣體排放量統計原則彙整表	10

壹、前言

一、研究緣起

2015 年國際減碳公約「巴黎協定」以全球平均升溫目標 2°C 以內，並以限制升溫 1.5°C 為預定目標，且規範所有國家每 5 年提出國家自定貢獻(Nationally Determined Contributions, NDC)目標。各國為如何減緩氣候災難，於 2021 年「格拉斯哥氣候協議」要求各國提出更具野心的 2030 年前減碳計畫及 2050 年長期低碳發展策略，同時逐步減少燃煤與淘汰化石燃料補貼。於 2022 年「夏姆錫克執行計畫」更進一步要求提高潔淨能源占比、更新 2050 年長期低碳發展策略及提升自然碳匯，並加速低碳技術研發、布建與擴散，以加速各國的減碳力度。^[1]

有鑒於此，國家發展委員會於 2022 年 3 月 30 日公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，以 4 大轉型及 2 大治理基礎制定行動計畫，並輔以 12 項關鍵戰略，強化社會溝通及擴大公眾參與，以落實淨零轉型目標。^[2] 同時政府各部門亦積極建置符合國情、部門分工行動方案、資料庫分層管理及確實可行之溫室氣體排放統計，並每年更新各部門溫室氣體排放統計資料，以進一步瞭解溫室氣體排放與吸收的現況，作為評估減量措施的效果，及排放趨勢預估的基本資料。此外，環境部於 2024 年 8 月 29 日發布「碳費收費辦法」，針對二氧化碳等溫室氣體向排放企業徵收費用，期藉由透過經濟手段來減少碳排放量，以最靈活、社會成本最小的方式實現環境永續目標。

科學園區作為全球科技業重鎮之一，面對「2050 淨零排放」，全球發起各式綠色倡議，以督促企業進行減碳，進而影響產業供應鏈須同步進行轉型。我國科學園區於國際產業供應鏈中占有重要地位，在淨零轉型、綠色供應已成為國際趨勢下，綠色轉型才能持續在全球綠色供應鏈中占有一席之地。因此，在面對全球供應鏈重組、新興科技應用，以及環境永續發展之趨勢挑戰下，須持續規劃及推動科學園區溫室氣體減量，引領我國產業加速完成碳中和目標，以打造科學園區永續發展。

二、研究方法

本研究蒐整國內外減碳策略、科學園區各項減碳措施執行現況，並針對科學園區減碳困境及減碳措施進行探討，以評估降低園區溫室氣體排量總量之策略，進而提出可行性策略，其研究方法如下所示：

- (一) 資料蒐集與彙整：國內外減碳策略現況、臺灣溫室氣體排放量現況、科學園區各項減碳措施執行現況。
- (二) 資料分析：科學園區減碳困境及減碳措施探討。
- (三) 建議研析：就科學園區減碳措施研析可行建議。

貳、國內外減碳策略現況

針對國內外減碳策略及減碳目標進行彙整，以了解各國相關策略之規劃現況及目標。

一、國際重點國家

(一)美國

美國為推動溫室氣體減量，通過科技創新、政策規劃、公司部門協作等多項政策作為達成碳中和的目標，其相關策略略述如下：^[3]

1. 訂定減碳目標：2050 年淨零排放長期策略(The Long-Term Strategy of the United States)，著重於產業、運輸、建築及工業製程等四大產業領域發展，並確立減碳方向及目標。

(1)電力脫碳化：訂定 2035 年達到 100%潔淨電能的目標。

(2)電動化或轉換為潔淨能源：2030 年提高電動車占比達 50%，並減少航空碳排 20%。

(3)綠建築：2032 年建築部門減排 50%，並於 2045 年達到淨零碳排。

(4)工業製程：提高碳捕捉、再利用及封存(Carbon Capture, Utilization and Storage, CCUS)的稅收抵免金額、開發替代能源技術等。

2. 碳排交易系統：美國加州於 2024 年 1 月 1 日正式實施自願碳市場揭露法案(Voluntary Carbon Market Disclosures Act, VCMDA)，為美國首批反碳權漂綠的法案。VCMDA 旨在監管自願碳市場，同時要求公營及私營組織公開揭露與「淨零」、「碳中和」、「減碳」等氣候目標聲明相關的詳細資訊，以提高透明度及加強問責。^[4]

3. 限制碳排產業：清潔競爭法案(Clean Competition Act; CCA)建議限制高碳排的初級產品製造與進口，該法案已二讀通過，若三讀通過，估計至 2029 年，碳排放強度較基準年(2005 年)將可下降 5%。^[5]

4. 其他

(1)氣候融資計畫：建構全美潔淨能源融資網絡，減少溫室氣體排放和其他空氣污染物。

(2)降低通膨法案(Inflation Reduction Act; IRA)：降低消費者能源成本，提高潔淨能源產業投資。

(3)美國區域溫室氣體倡議(The Regional Greenhouse Gas Initiative; RGGI)：規範電力業的化石燃料排放，目標為 2030 年參與地區電力業，其排放量相較於 2020 年減少 30%。

(二)歐盟

歐盟以永續發展與人民福祉作為公共政策核心，期能帶動歐盟轉型，並成為公平包容、低碳永續和繁榮競爭的新經濟體，藉由提高能源效率、使用再生能源、智慧綠色運輸、循環經濟、碳匯、碳捕獲及封存等策略來行動落實減碳，同時提出政策工具，藉以宣示 2050 年達成氣候中和的決心，其相關策略略述如下：^{[6][7]}

1. 訂定減碳目標

(1)歐洲氣候法(European Climate Law)訂定 2030 年減碳 55%目標、2050 年達成氣候中和，並明確入法，同時根據巴黎協議每五年進行一次進度審查。

(2)55 套案(Fit for 55 Package)：為使 2030 年減排 55%達標，透過 ETS、CBAM、2035 年禁售燃油車、2030 年再生能源使用率達 40%等方式與措施，來達成目標。

2. 碳排交易系統：歐盟之碳排交易系統(Emissions Trading System; ETS)規範溫室氣體可排放總量上限，管控產業包含發電業、製造業及航空業等，可透過交易方式買賣碳權。

3. 碳定價：碳邊境調整機制(Carbon Border Adjustment Mechanism; CBAM)針對進口至歐盟之鋼鐵、水泥、鋁、肥料、電力、氫氣之六大產業產品課徵碳關稅，2023 年 10 月起為過渡期，2026 年正式實施。

(三)日本

日本政府以 2050 年碳中和目標為核心，旨在創造經濟與環境正向的循環產業，藉由脫碳社會轉型、循環經濟轉型和分散型社會轉型三大轉型策略，實現經濟與環境的良性循環，其戰略策略略述如下：^{[6][8]}

1. 訂定減碳目標

(1)**綠色成長戰略(Green Growth Strategy)**：營造良好產業轉型與創新環境，並依據國內外市場與新興技術發展趨勢，校準政策推動重心，以確保國家整體發展方向的軌道。

(2)**零排放東京策略(Zero Emission Tokyo Strategy)**：2030 碳排放減量目標為 50%，再生能源占目標為 50%，並宣示相較日本政策 2035 年禁售燃油車，東京都更提早於 2030 年即會停售燃油汽車，2035 年停售燃油機車。^[9]

2. **碳排交易系統**：日本碳交易市場目前由東京證交所試營運，預計於 2026 年正式實施，企業等機構可透過導入再生能源和植樹活動等削減二氧化碳排放量，以「噸」為單位購買和出售政府認證的碳信用。

3. **碳定價**：日本於 2012 年 10 月起課徵「**地球溫暖化對策稅**」(即碳稅)，每噸約 289 日圓(約新臺幣 61 元)，碳稅專款專用於氣候相關事務。

4. **其他**：日本於 2021 年 10 月 22 日通過「**第 6 次能源基本計畫**」，提高 2030 年再生能源電力占比至 36-38%，以期電力部門積極發展創新去碳技術和碳循環技術，並活用再生能源等零碳能源，而非電力部門則須推動電氣化、創新脫碳技術與其他固碳措施。^{[10][11]}

(四)韓國

韓國政府以低碳經濟結構、低碳產業生態體系及公平正義三大政策方向為主，並藉由能源碳中和、產業轉型與循環經濟等多項措施方針，在兼顧經濟成長與提升國民生活品質的同時，實現 2050 碳中和目標。^{[6][12][13]}

1. **訂定減碳目標**：**2050 碳中和促進戰略**制定 2030 年減碳目標為 40%，並於 2021 年 9 月頒布「**碳中和基本法**」，將碳中和目標及 2030 年溫室氣體排放等目標入法。^[14]

2. **碳交易系統**：**韓國碳排交易系統(Korea ETS)**制定全國排放配額分配方案，包括排放配額總量、分配標準和配額，並以五年為單位的排放權交易制度、減排結果確認等事項。管制對象包含發電業、製造業、建築業、運輸業及廢棄物處理業，年碳排超過 12.5 萬噸 CO₂e 之企業或 2.5 萬噸 CO₂e 之工廠，可透過交易方式買賣碳權。

3. **碳定價**：截至 2024 年 10 月 24 日止，韓國碳排交易的價格為每噸 11,250 韓元(約為新臺幣 255 元)。

4. **其它**：應對氣候危機的碳中和綠色成長基本法主要就氣候危機、公正轉型、綠色成長等各政策領域制定規劃，落實各行業金融投資計畫和年度實施計畫。此外，成立氣候應對基金，移轉自化石燃料相關稅費，用於支持企業減量設施、產業結構調整與弱勢地區和群體。^[15]

(五) 中國

中國承諾「2060年前碳中和」，並訂立具體目標和行動建議，如加速電動化、發展再生能源、碳捕獲、碳匯、碳排放交易及綠色金融等策略，持續推動溫室氣體減排工作，以協助全球應對氣候變化。^{[16][17]}

1. **訂定減碳目標**：中國已設定「30/60目標」，於2030年前達到二氧化碳排放高峰值，並在2060年達成淨零排放。

2. **碳交易系統**：2021年7月16日中國實施全國碳交易機制，採碳配額分配方式（非總量管制），依前一年實際供電和供熱值的70%進行預發放，最後再根據實際排放量對配額進行最終核定。

3. 其他

(1) 中華人民共和國國民經濟和社會發展第十四個五年規劃和2035年遠景目標綱要（簡稱「十四五」規劃或十四五）：提出單位GDP二氧化碳排放降低18%和單位GDP能源消耗降低13.5%的目標，並限制化石能源發電專案的發展，削弱化石能源的角色，以加速推動再生能源發電。

(2) 2024-2025年節能降碳行動方案：重點控制化石能源消費，強化碳排放強度管理，分領域、分行業實施節能降碳專項行動，至2025年，非化石能源消費占比達20%左右，重點領域和行業節能降碳改造形成節能量約5,000萬噸標準煤、二氧化碳減排約1.3億噸。

二、臺灣

我國為回應全球永續發展行動與國際接軌，同時兼顧在地化的發展需求，所訂定之減碳策略彙整如下：

(一) **訂定減碳目標**：由行政院國家永續發展委員會於2016年參考聯合國提出之「2030永續發展目標(Sustainable Development Goals, SDGs)」研訂「臺灣永續發展目標」，共計有18項核心目標、143項具體目標及336項對應指標。國發會於2022年3月30日公布「臺灣2050淨零排放路徑及策略總說明」

[2]，以能源轉型、產業轉型、生活轉型及社會轉型之四大策略，輔以科技研發及氣候法制兩大治理基礎，以科技研發支援各面向轉型所需技術及知識。

(二) **碳交易系統**：臺灣碳權交易所由國發會與臺灣證券交易所共同出資成立，於 2023 年 8 月 7 日正式掛牌，營運分為國內碳權交易、國際碳權買賣，及碳諮詢與教育訓練。臺灣國內碳權交易平台已於 2024 年 10 月 2 日上線，而國際碳權則於 2023 年 12 月上架，臺灣碳權交易皆屬於「自願性碳市場」，包括「抵換專案」與「自願性減量專案」，以「定價交易」為主，即賣方上架碳交所設定價格及交易期間，買方支付成交價 5% 的交易手續費。^[18]

(三) **碳定價**：環境部於 2024 年 8 月 29 日發布「**碳費收費辦法**」，碳費收費對象初期設定電力業及製造業全廠直接(範疇一)與間接(範疇二)排放產生溫室氣體年排放量達 2.5 萬噸 CO₂e 為起徵點，後續將配合排放源門檻值，分階段從 2.5 萬噸、1.5 萬噸、1 萬噸逐步調降免費額度。另於 113 年 10 月 21 日公告「**碳費徵收費率**」，並訂於 114 年 1 月 1 日生效。

1. 一般費率：新臺幣 300 元/公噸 CO₂e。
2. 優惠費率 A (符合「徵收對象溫室氣體減量指定目標」公告附表一行業別指定削減率規定)：新臺幣 50 元/公噸 CO₂e。
3. 優惠費率 B (符合「徵收對象溫室氣體減量指定目標」公告附表二技術標準指定削減率規定)：新臺幣 100 元/公噸 CO₂e。

(四) **其他**

1. **氣候變遷因應法**：明確訂定國家溫室氣體長期減量目標為 2050 年達成溫室氣體碳中和，藉由提升層級強化氣候治理、增訂氣候變遷調適專章、強化排放管制及誘因機制促進減量、徵收碳費專款專用等措施，以科學為基礎，評估氣候風險、強化治理能力以提升韌性。
2. **溫室氣體減量推動方案**：階段管制目標以五年為一階段，包括國家及部門別階段管制目標，滾動檢討減碳路徑規劃，減量責任由能源、製造、運輸、住商、農業及環境部門共同承擔，藉由調整能源結構與提升效率、轉型綠色創新企業、發展綠運輸、建構永續建築與低碳生活圈、促進永續農業經營及發展能資源化等減量策略，以行動共同實現社會、經濟、環境之國家永續發展。^[19]

彙整國內減碳規劃，各部會所提出之減碳策略主要著重範疇可概分為四項，詳圖 1，分述如下：

- (一)潔淨能源：能源電力為溫室氣體排放主要來源，為有效降低其排放量，提出改以潔淨能源為主的能源系統，以多元化開發再生能源，如生質能、太陽能、海洋能、水力、太陽光電、風能、地熱等，藉由穩定供電、綠電建置及空污改善等措施，持續透過能源結構的改變，強化電網韌性及電力去碳化，逐步邁向能源轉型目標。
- (二)循環經濟：藉由推動永續消費與生產、提升資源使用效率與加值化處理廢棄物等措施，推動創新的循環商業模式，透過產品綠色設計、循環合作網絡建立、能資源化再利用、創新技術等發展，減少原物料的使用，以確保地球有限的資源能以循環再生和永續的方式被使用，達到資源循環零廢棄。^[20]
- (三)負碳技術：為有效降低大氣中二氧化碳的濃度，依目前科技研發技術為主的技術為碳捕捉、再利用及封存(CCUS)，然此技術在臺灣尚處於小規模試驗期，如若要進入商轉階段，還需要克服工程(整體效率)、社會(長期儲存的安全性)及經濟(投資和營運的成本)三層面的挑戰。另一方式則為利用自然碳匯儲存二氧化碳，透過適合儲存二氧化碳的天然資源，如森林(綠碳)、海洋(藍碳)、土壤(黃碳)，透過生態保護、生態復育、改善土地管理，達到溫室氣體減量的效果。
- (四)公正轉型：在淨零轉型過程中必會對既有的經濟結構與社會分配帶來衝擊，必須打造具公正性與包容性的轉型機制，根據系統性觀點來進行權衡，提前預備更好的方案與配套來支持受轉型負面影響的對象，避免相對剝奪感受導致積極或消極阻礙轉型推動。^[21]

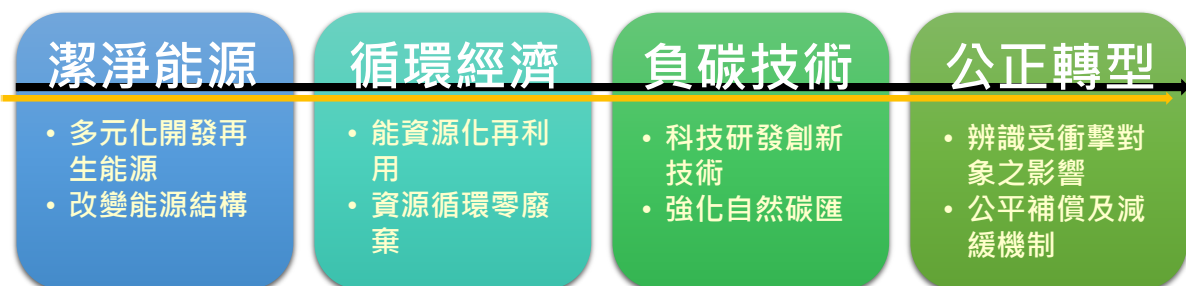


圖 1 臺灣著重之減碳策略範疇

資料來源：本研究自行繪製。

針對上述國內外重點國家所提出之減碳目標規劃彙整如表 1 所示，重點國家所推動之減碳措施，臺灣亦皆已於近幾年陸續規劃及訂定，以利與國際接軌。另多數國家皆訂定以 2050 年為碳中和目標年，且所彙整之重點國家皆已制定碳交易系統，如臺灣自願性碳權賣方主要是溫室氣體排放量低於 2.5 萬噸以下之中小企業，碳權買方則落在碳排大戶，且賣方可透過環評增量抵換、抵減碳費方式販售碳權，來獲得更多資金進行減碳措施；買方則能藉由評估價格重新規劃，以此帶動企業一同減碳。

再者，歐盟、日本、韓國及臺灣更施行碳定價機制，針對溫室氣體排放企業徵收費用。歐盟和韓國採取「總量管制及排放交易制度」，主要透過「以量制價」方式(屬市場機制，故為浮動價格)來達到減碳目標；而日本所採「碳稅(Carbon Tax)」制度，與臺灣採行的「碳費(Carbon Fee)」制度，則是透過「以價制量」方式，以政府所訂定之價格(固定價格)來徵收費用。日本之碳稅稅收主要用於節能減碳投資或擴展綠能使用，而臺灣則為專款專用，如發展減碳科技、成立氣候基金等減碳項目。

表 1 重點國家減碳目標規劃彙整表

國家	美國	歐盟	日本	韓國	中國	臺灣
推動策略	2050 淨零排放之路：美國長期策略	歐洲氣候法	綠色成長戰略	2050 碳中和促進戰略	30/60 目標	臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明
訂定減碳目標	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> (入法)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> (入法)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> (入法)
較基準年減碳分年目標	基準年	2005 年	1990 年	2013 年	2018 年	2005 年
	2025	26%-28%				10%
	2030	50%-52%	55%	46%-50%	40%	達到碳排放峰值
	2032					24%±1% ^[23]
	2040		90%			
	2050	碳中和	碳中和	碳中和	碳中和	
2060					碳中和	
限制碳排產業	<input checked="" type="checkbox"/>					
碳排交易系統	<input checked="" type="checkbox"/> 加州	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> 2026 年實施	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
碳定價 (徵收費用)		<input checked="" type="checkbox"/> 總量管制 (以量制價)	<input checked="" type="checkbox"/> 碳稅 (以價制量)	<input checked="" type="checkbox"/> 總量管制 (以量制價)		<input checked="" type="checkbox"/> 碳費 (以價制量)
參考文獻	[3]	[6]	[8]	[13]	[16]	[22][24]

註：碳中和指在一定時間內，直接或間接排放的二氧化碳總量，透過使用低碳能源、植樹造林、節能減排等方式，抵銷自身產生的二氧化碳排放量，實現正負抵銷，達到相對零排放。

資料來源：本研究整理。

參、臺灣溫室氣體排放量現況

由歷年不同部門的全球溫室氣體推估排放量(如圖 2)，截至 2022 年，排放量仍有持續增加的趨勢，主要以能源、製造和運輸部門為全球主要溫室氣體排放源，其次則是燃料開採和農業部門，而溫室氣體排放種類主要來自化石燃料燃燒產生的二氧化碳（占 71.6%），甲烷則占 21%。由此可知，各國目前所推動之減碳策略力度仍無法有效降低碳排放量，故若要於 2050 年達成碳中和目標，各國必須加強減碳力度。

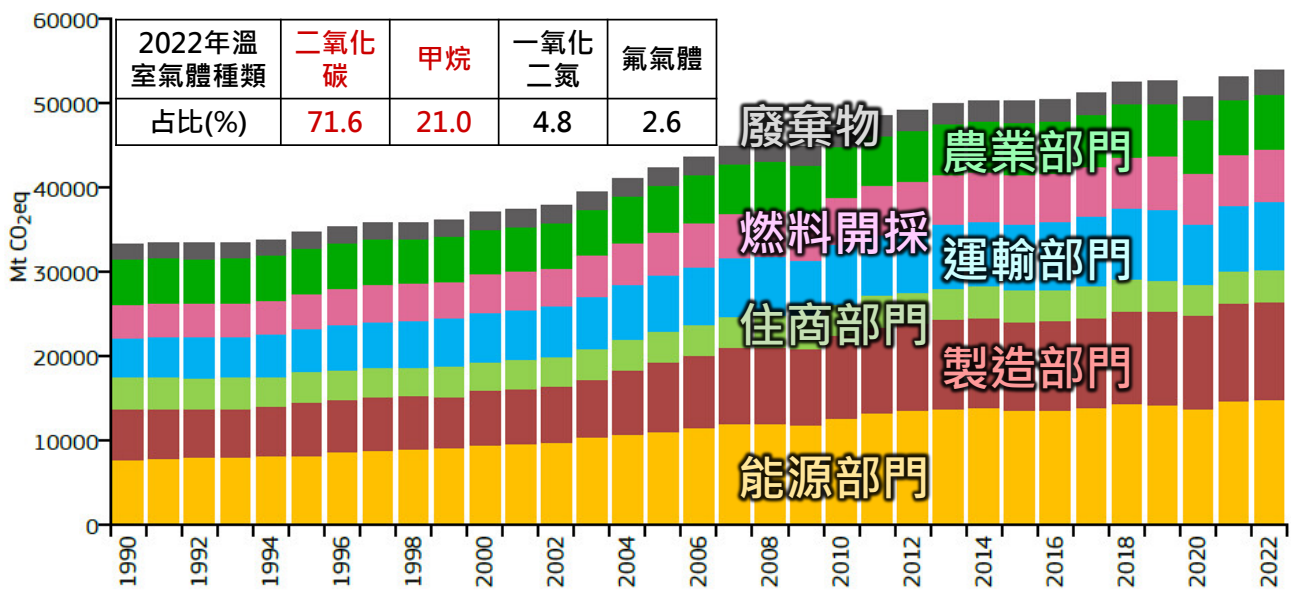


圖 2 歷年不同部門的全球溫室氣體推估排放量

資料來源：擷取自歐盟世界溫室氣體排放報告（CC BY 4.0）^[25]

依據國家溫室氣體排放清冊報告^[26]，由圖 3 可知，就部門別而言，2022 年溫室氣體排放量，以能源部門排放量(259,849 千公噸二氧化碳當量)為我國溫室氣體總排放量最大宗(占 90.87%)，工業製程及產品使用部門次之，排放量為 20,240 千公噸二氧化碳當量，占 7.08%。然就國家減量責任係由能源、製造、運輸、住商、農業及環境等六大部門共同承擔，因我國主要排放源來自燃料燃燒電力消費，為落實各部門電力消費減量，氣候法部門排放統計是根據清冊報告中能源部門燃料燃燒電力消費，所應承擔之間接排放量攤提責任，再加計非燃料燃燒溫室氣體排放，因此，各部門溫室氣體排放量統計原則如表 2 所示。有鑒於此，統計臺灣歷年不同部門的溫室氣體排放量趨勢(詳圖 4)，可知溫室氣體排放量主要以製造部門為大宗，於 2022 年占比達 51.4%，其次則是住商部門(占比為 19.9%)。

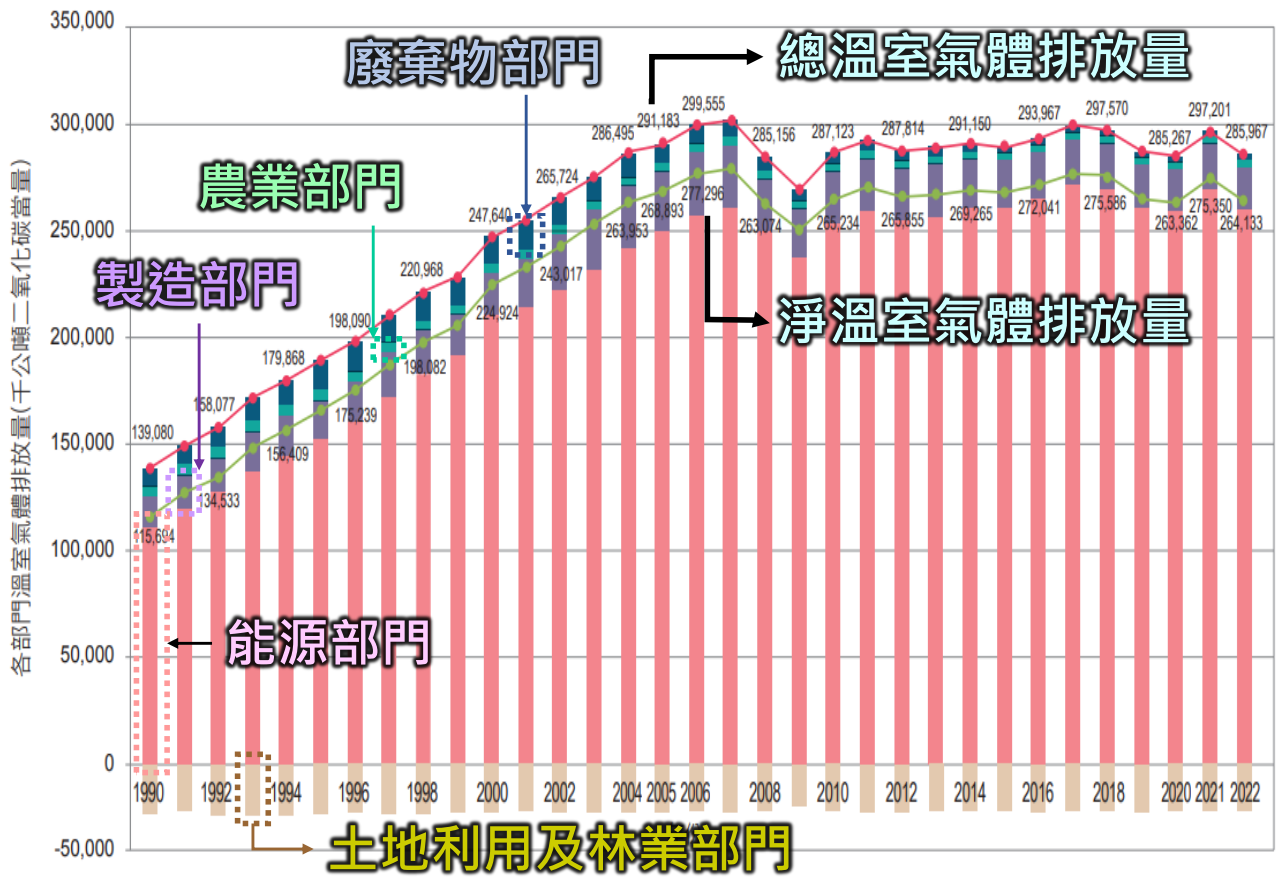


圖 3 臺灣歷年不同部門溫室氣體排放量趨勢

資料來源：「國家溫室氣體排放清冊報告（2024 年版）」^[26]

表 2 各部門溫室氣體排放量統計原則彙整表

部門	產業	統計原則
能源部門	能源產業	扣除電力排放
製造部門	1. 製造業與營造業 2. 工業製程及產品使用部門	1. 燃料燃燒 + 電力排放分擔 2. 非燃料燃燒
運輸部門	運輸	燃料燃燒 + 電力排放分擔
住商部門	住宅及服務業	燃料燃燒 + 電力排放分擔
農業部門	1. 農林漁牧 2. 農業部門	1. 燃料燃燒 + 電力排放分擔 2. 非燃料燃燒
環境部門	廢棄物部門	非燃料燃燒

資料來源：本研究彙整。

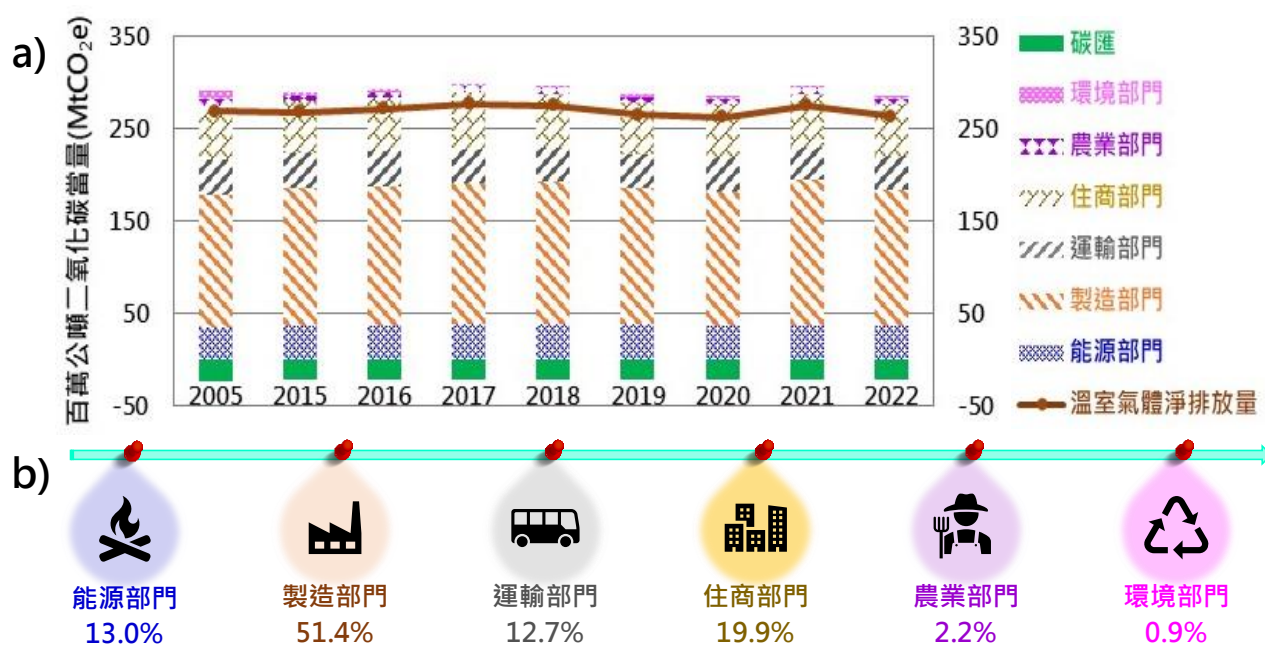


圖 4 臺灣歷年不同部門的溫室氣體排放量趨勢

a)各部門排放量趨勢；b) 六大部門 2022 年溫室氣體排放量占比

資料來源：「國家溫室氣體排放清冊報告（2024 年版）」^[26]

綜合上述可知，全球溫室氣體推估排放量仍持續增加，以能源、製造和運輸部門為全球主要溫室氣體排放源，而由臺灣歷年溫室氣體排放趨勢，以各部門溫室氣體排放量統計原則，則以製造部門為主要排放源(占 51.4%)，故造成溫室氣體排放量持續增加之因，主要為目前能源結構仍多以化石燃料為主，故電力系統及交通運輸為主要溫室氣體排放源。

肆、科學園區減碳推動現況研析

一、科學園區溫室氣體排放現況分析

分析近年科學園區溫室氣體排放現況(詳圖 5a)，主要來源為範疇二之能源間接排放(外購電力產生的排放量)，占比約 81%，其次為範疇一之直接排放(固定燃燒源之能源使用及製程產生的排放量)，占比約 19%。由此可知，科學園區溫室氣體主要來源以能源間接排放為主，且在臺灣能源結構(詳圖 6)還是以火力發電(燃煤和燃氣合計占比約 78.2%)為主的前提下，園區溫室氣體排放量仍會以範疇二為主要排放來源。此外，由近年科學園區溫室氣體排放趨勢結果(詳圖 5b)，可知在園區持續擴建情況下，園區管理局目前所推動之減碳措施仍無明顯減碳成效。因此，未來除須持續推動既有減碳措施外，更需加強相關減碳力度，以期

降低園區溫室氣體的排放量。

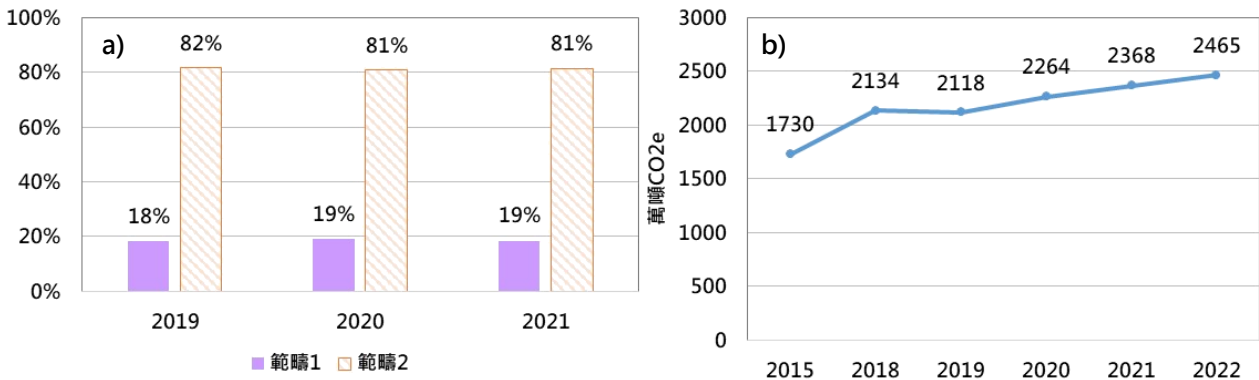


圖 5 歷年科學園區溫室氣體排放現況

a) 南科管理局溫室氣體排放量範疇占比；b) 歷年科學園區溫室氣體排放趨勢
 資料來源：<https://www.cy.gov.tw/CyBsBoxContent.aspx?n=133&s=28519>^[27]、國家科學及技術委員會主管單位預算 113 年度預算評估報告^[28]、南部科學園區永續發展專區^[29]

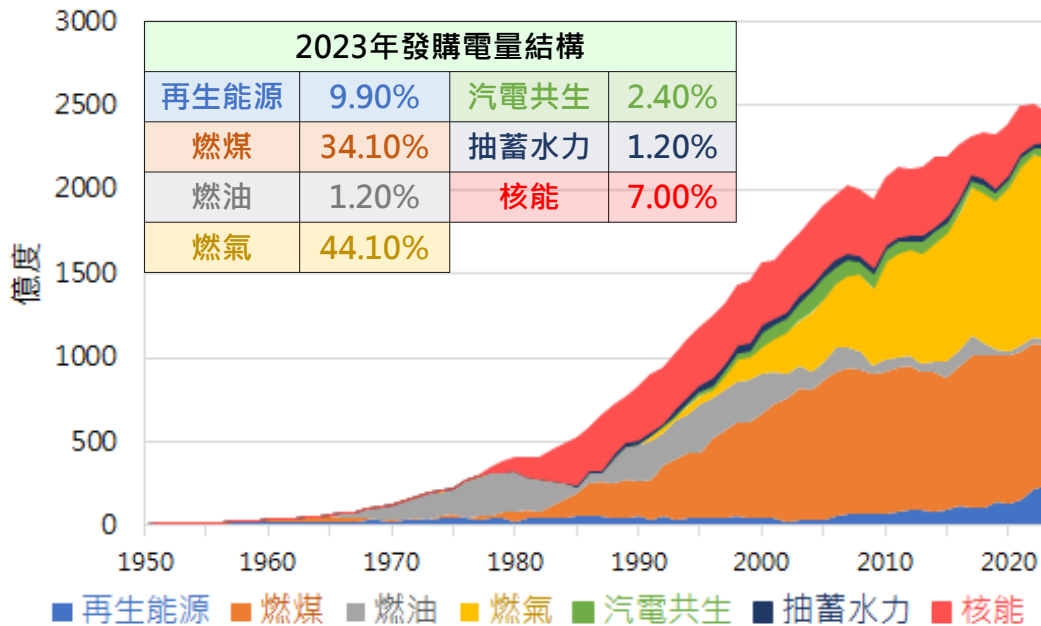


圖 6 台電系統歷年發購電量及 2023 年發購電量結構占比

資料來源：台灣電力公司^[30]

二、科學園區溫室氣體減量具體推動減碳措施

科學園區管理局為降低園區溫室氣體排放量，其推動減碳策略可分為政策面和執行面，藉由遵循國家推動之碳中和軌跡與行動路徑，就能源、產業、生活轉型政策的重要領域制定行動計畫與措施，引導產業綠色轉型，落實科學園區永續發展。

(一) 政策工具

1. 國家上位政策

- (1) **臺灣 2050 淨零排放路徑及策略**：推動「能源、產業、生活及社會」四大轉型策略、建構「科技研發」與「氣候法制」兩大治理基礎，展開淨零排放路徑規劃及技術評估，強化社會溝通及擴大公眾參與。
- (2) **淨零轉型十二項關鍵戰略行動計畫**：透過推動風電、光電、氫能、前瞻能源、電力系統及儲能、節能、碳捕捉利用及封存、運具電動化及無碳化、資源循環零廢棄、自然碳匯、淨零綠生活、綠色金融及公正轉型等 12 項關鍵戰略行動計畫，落實推動各項策略並滾動檢討精進，強化減排力度。

2. 法令及工具

(1) 透過環境部碳費徵收及經濟部用電大戶條款等法令，促使廠商減碳

- (a) **氣候變遷因應法**：將淨零排放目標入法，並賦予課徵碳費法源，及納入強化排放管制及誘因機制促進減量與碳定價相關條文，以提升氣候治理效能、增訂氣候變遷調適專章、強化資訊公開及公眾參與，據以引領低碳綠色成長。
- (b) **碳費收費辦法**：導入「碳定價」機制，以經濟誘因促進減量，同時搭配「自主減量計畫管理辦法」及「碳費徵收對象溫室氣體減量指定目標」等二項子法，輔導廠商提出自主減量計畫，取得優惠費率，降低廠商成本衝擊維持營運競爭力。
- (c) **再生能源發展條例**：第 12 條第 1 項規定，新建、增建或改建且達一定規模之建築物，除受光條件不足或其他情形外，應設置一定裝置容量以上的太陽光電發電設備。其中設置條件及可免除情形等，由主管機關另訂子法規範。另第 12 條第 4 項規定，於 110 年施行「一定契約容量以上之電力用戶應設置再生能源發電設備管理辦法」（俗稱**用電大戶條款**），規範契約容量 5,000 kW 以上用電大戶，應取得一定比例之再生能源，園區廠商亦適用此規範，因此，園區廠商於收到中央主管機關通知之第 4 年度起，於每年 3 月底前申報前一年度設置再生能源發電設備、儲能設備之設備運轉資料，報請中央主管機關備查，而園區管理局將協助進行查證作業。

(2) 運用環評承諾、入區審查及獎勵等園區管理工具，加強減碳

- (a) **各開發園區(基地)環評承諾**：於審查新設及擴建園區廠商用電計畫書時，要求納入環評承諾相關作為，並應隨量產用電時程，訂定每年取得實際用電量比例之再生能源使用目標。針對具有階段性再生能源環評承諾之基地，園區管理局於各階段目標年之前一年，即先行要求受稽核之廠商，就可達成各目標年再生能源規劃提出說明，以瞭解其再生能源之規劃，並適時給予協助，並於目標年度辦理再生能源實際取得量之查核作業，掌握廠商實際取得再生能源之情形，確保達成各階段再生能源之承諾。
- (b) **要求評估屋頂建置太陽光電**：針對新入區及新建廠者，於租用土地計畫書及建築許可預審時(如景觀及建築許可預審、建築執照)，要求廠商應評估 50%屋頂可用面積建置太陽光電發電設備。
- (c) **提供容積獎勵**：廠商廠房屋頂設置太陽光電發電設備水平投影面積占屋頂可設置範圍 50%以上者，可申請核給容積獎勵 3%，以配合國家能源推動政策。

(二) 推動措施

園區管理局針對所轄園區內廠商規劃辦理溫室氣體減量措施，主要透過「碳盤查」、「減碳能力之建構與整合」、「節能、儲能及創能之推動」、「製程改善及循環經濟」、「營造綠色低碳生活環境」及「負碳及新技術之引進與推廣」六大措施推動，詳圖 7，分述如下：

- | | |
|----------------|----------------------------|
| ● 碳盤查 | ➤ 輔導辦理碳盤查作業 |
| ● 減碳能力之建構與整合 | ➤ 辦理溫室氣體或零碳轉型相關說明會及訓練課程 |
| ● 節能、儲能及創能之推動 | ➤ 輔導園區廠商節能、設置再生能源及購買綠電憑證 |
| ● 製程改善及循環經濟 | ➤ 輔導廠商製程最佳化、事廢去化之源頭減量、資源循環 |
| ● 營造綠色低碳生活環境 | ➤ 設置充電樁、推行採用電動運具、新建物節能 |
| ● 負碳及新技術之引進與推廣 | ➤ 植樹固碳、前瞻減碳技術之引進與推廣 |

圖 7 科學園區溫室氣體減量具體推動減碳措施

資料來源：本研究自行繪製。

1. 碳盤查(Carbon Footprint Verification, CFV)：

碳盤查是企業使用符合國際標準(如 ISO 14067、ISO 14064-1)^[31]方法，通過碳盤查步驟(詳圖 8)^{[31][32]}，盤查營運時所產生碳排的活動，包含上下游供應鏈和員工出差通勤等各環節之直接或間接的碳排放量，藉此可使企業更清楚自身碳排放量及碳排的分布，進而從各環節進行改善，以強化企業競爭力、推動能源轉型及展現企業社會責任，同時可評估永續發展可能面臨的風險並擬定應對措施。因此，科學園區廠商依據環境部「事業應盤查登錄溫室氣體排放量之排放源」規定，受列管事業(園區廠商占比約 87%)已依法辦理碳盤查，而依法免申報廠商則由園區管理局依環境部公告之「溫室氣體排放量盤查作業指引」及「ISO 14064-1」相關指引輔導辦理碳盤查作業，以利園區廠商能具體掌握溫室氣體排放結構和特性，且園區管理局針對所轄園區溫室氣體排放量掌握度已達 99%以上。

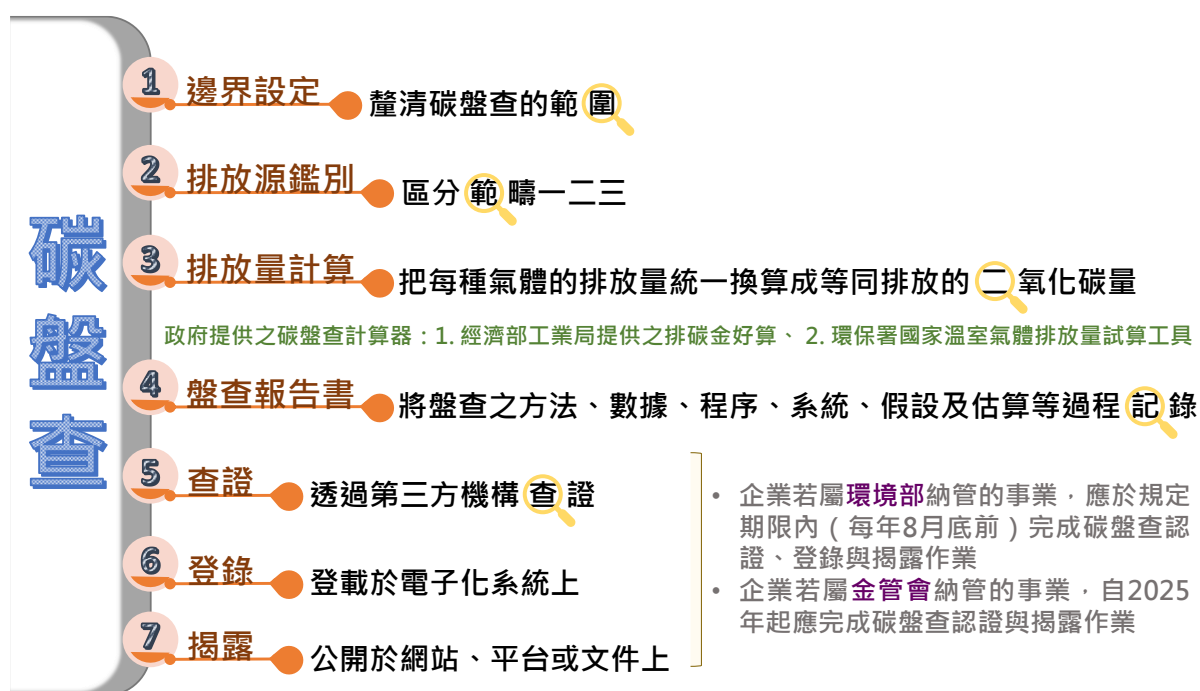


圖 8 碳盤查步驟

資料來源：本研究自行繪製。

2. 減碳能力之建構與整合

園區管理局為提升園區廠商對溫室氣體及節能減碳之能力，辦理溫室氣體或零碳轉型相關說明會及訓練課程，內容包括國際淨零碳排趨勢、高階主管培訓課程、氣候相關財務揭露建議(TCFD)課程、企業內部碳定價(ICP)課程、產品碳足跡管理、減碳策略、減碳技術、碳交易、申請抵換專案、企業

落實推動 ESG、淨零國際趨勢或氣候調適等相關主題。^[33]

3. 節能、儲能及創能之推動^{[33][34]}

- (1) **節能**：園區管理局邀請節能減碳專家成立節能輔導團隊，透過臨廠輔導，針對電力、照明、鍋爐、供水系統、空調系統或其他產生溫室氣體排放量等各項設施，進行現場設備之問題診斷，必要時提供能耗檢測及改善建議報告書，同時依工廠設備能耗及溫室氣體排放情況，在兼顧工廠生產需求及經濟效益、減量潛力評估之原則下，提出符合廠商需求之改善措施方案建議，以利工廠規劃後續之實質改善。
- (2) **創能**：園區管理局藉由深入訪談、座談媒合，加強輔導園區廠商設置再生能源及購買綠電憑證。規範新建廠家評估屋頂可用面積 50%設置太陽光電，並放寬「第三型再生能源發電設備業」免申請入區之限制，鼓勵進駐園區廠商規劃建置再生能源發電設備，同時針對新設或擴建園區環評承諾提出每年使用再生能源之目標，藉以提升再生能源的使用率。
- (3) **儲能**：科學園區放寬基地內退縮帶可設置儲能系統，並利用園區非都綠帶及公園等設施用地招商建置併網型儲能系統，同時輔導園區廠商自建儲能系統，以提升廠商設置儲能系統之意願。

4. 製程改善及循環經濟^[33]

- (1) **製程改善**：園區管理局輔導廠商製程最佳化、選用碳排潛勢替代性化學品及推動含氟氣體尾氣破壞去除處理設備安裝，並持續汰換處理設備效率較差之型式設備，以提高處理效率。另針對新設或擴建園區亦於「新設(含擴建)科學園區政策評估說明書」內承諾製程中若確實使用含氟溫室氣體之廠商須於進駐營運後一年內完成安裝含氟溫室氣體尾氣處理設備，同時配合我國溫室氣體總量管制實施期程，針對新設或擴建園區內符合主管機關設定之排放量達一定規模廠商，推動需採行溫室氣體之最佳可行技術(Best Available Techniques, BAT)，並提出溫室氣體減量計畫，持續推動應用低碳燃料替代與轉型，以藉由製程改善降低溫室氣體的排放量。
- (2) **循環經濟**：科學園區事業廢棄物之去化，以源頭減量、資源循環為優先

原則，園區管理局積極輔導園區事業將廢棄物提高其回收價值（如製程分類回收、自行回收再製後返送原製程等），使資源有效循環再利用，以提高生產流程的資源使用效率。另科學園區已與產業園區、環保科技園區等發展為成熟之跨園區循環經濟產業鏈，以此減少廢棄物產出，強化資源永續循環利用，促進綠色設計及循環經濟；同時建構產業鏈結與合作共生機制，降低廢棄物清運碳排放量。此外，園區管理局盤點可釋出用地，於園區內規劃設置 6 處廢棄物處理設施，以加強能資源與廢棄物循環再利用。

5. 營造綠色低碳生活環境^[34]

- (1) **電動車充電樁**：針對新建園區標準廠房，於園區公共停車場規劃一定比例之公共充電樁及其周邊配套設施，同時鼓勵園區廠商自設充電樁。
- (2) **推行採用電動運具**：建構綠色友善交通環境，推動市區電動公車入園區，並採用電動之接駁巴士或公務車。
- (3) **推廣新建物節能**：推廣新建築作業廠房外殼設計須符合建築技術規則建築設計施工編之建築物節約能源設計技術規範，持續輔導新建廠房採用外殼節約能源設計，以落實永續園區，建構低碳的園區環境。

6. 負碳及新技術之引進與推廣^[34]

- (1) **植樹固碳**：依據科學園區「土地使用分區管制要點」，針對景觀綠化要求廠商於建廠前須向園區管理局申請建築執照、景觀及建築許可預審，並提出植栽等景觀規劃，各基地退縮帶應以景觀綠化為主。此外，輔導廠商園區內種植高碳匯量樹種，優先選擇植株碳匯能力較佳之樹種，以增加碳匯量。
- (2) **新技術引進與推廣**：媒合與評估前瞻減碳技術[如碳捕獲、利用與封存(CCUS)、直接空氣捕集及封存技術(DACCS)等]之應用，並招商引進循環經濟廠商(如綠氫業者)於園區設廠。

綜合上列所述，除依臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明、國家再生能源政策、製造部門溫室氣體減量行動方案等各方案，園區管理局持續推動各項措施外，亦密切關注國內再生能源建置量推動情形，同時配合各部會所推動之措施，適時滾動檢討與修正相關作為，俾利逐步達成 2050 碳中和之各階段目標。

三、碳費徵收對科學園區溫室氣體減量之影響

環境部於 2024 年 8 月 29 日發布「碳費收費辦法」，碳費收費對象初期設定電力業及製造業全廠直接(範疇一)與間接(範疇二)排放產生溫室氣體年排放量達 2.5 萬噸 CO₂e 為起徵點，後續將配合排放源門檻值，分階段從 2.5 萬噸、1.5 萬噸、1 萬噸逐步調降免費額度。盤點園區溫室氣體排放總量中，符合環境部碳費收費辦法之列管對象占園區溫室氣體排放總量 88%，因此，在園區溫室氣體減量推動上，園區管理局亦配合碳費徵收政策與碳費徵收對象溫室氣體減量指定目標，推動園區事業優先主動落實自主減量。依據氣候變遷因應法第 29 條第 1 項規定，廠商得推動之自主減量包含「轉換低碳燃料」、「採行負排放技術」、「提升能源效率」、「使用再生能源」或「製程改善」等溫室氣體減量措施。其中「轉換低碳燃料」方面，園區廠商目前已全面使用屬低碳燃料之天然氣；而「採行負排放技術」目前尚屬科技研發及強化法制配套階段，且依第六項關鍵戰略，2030 年目標尚為推動示範計畫階段，爰目前將「提升能源效率」、「使用再生能源」、「製程改善」等三項列為園區廠商減碳輔導重點。

另環境部於 2024 年 10 月 8 日公告「碳費徵收費率」草案，公布碳費一般費率以 300 元/噸，優惠費率 A 為 50 元/噸、B 為 100 元/噸。預計 2030 年將一般費率調升到 1,200 至 1,800 元，並以 2 年為一期檢討並分階段調升。目前碳費費率對營業成本增幅及營業收入之影響程度有限，收費初期尚可負擔，惟未來將調升費率，仍有助於廠商加速減碳。爰期望透過市場價格機制，並藉由 2025 年碳費徵收，加速企業推動減碳之力道，以進一步降低園區溫室氣體排放總量。

四、科學園區減碳困境

綜合上述彙整資料可知，園區管理局推動減碳困難如下：

- (一) **園區擴建**：科學園區持續擴建，且進駐產業多以高耗能之積體電路、光電等先進製程產業為主，園區管理局雖持續輔導廠商節能，透過汰換老舊設備、臨廠輔導等措施來降低廠商的用電需求，然總用電量仍隨著園區的擴建而持續增加。
- (二) **製程改善**：園區管理局藉由輔導碳盤查、節能等相關措施，協助園區廠商進行減碳，然廠商製程改善非短期即可達成，需經過相關技術之研發，才能獲得製程最佳化參數及技術，因此，透過製程改善措施來進行減碳，

需要長期評估其效益。

(三)臺灣能源結構：園區碳排來源目前 8 至 9 成為範疇二，即係因使用電力能源造成之碳排。而臺灣能源結構目前仍以火力發電(燃煤和燃氣合計占比約 78.2%)為主，所以溫室氣體排放量仍以能源為主要排放源。因此，改變臺灣能源結構將有助於降低臺灣溫室氣體的排放。

(四)再生能源成本高：在台電公布的現行所有發電方式統計數據中，詳圖 9 及圖 10，再生能源發電成本仍高於燃煤及燃氣成本，當前再生能源中以太陽光電之發電量為大宗，2023 年自發電力的發電成本為每度 4.13 元，購入電力的發電成本為每度 4.88 元。而風力發電的發電成本差異更大，2023 年台電自發電力成本為每度 4.48 元，若是向外購電，每度發電成本更高達 6.70 元，在台電列出的所有發電方式中，昂貴程度僅次於燃油發電。因此，園區廠商在整體營運成本的考量下，使用再生能源將對營業成本造成一定程度的負擔。

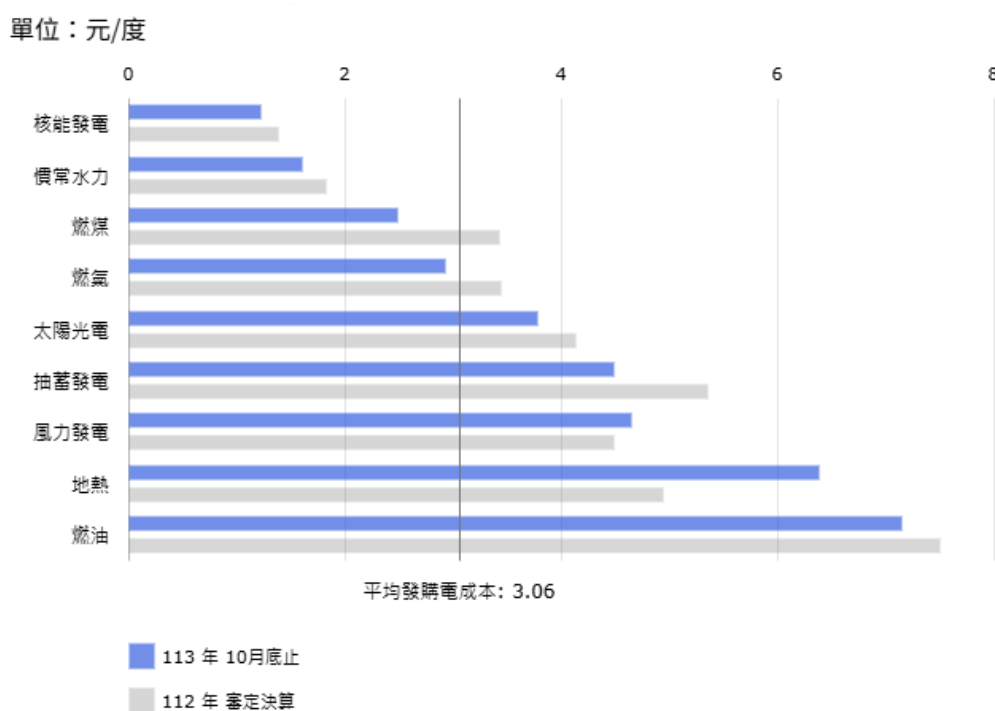


圖 9 113 年 10 月底止自發電力發電成本

資料來源：台灣電力公司^[35]

單位：元/度

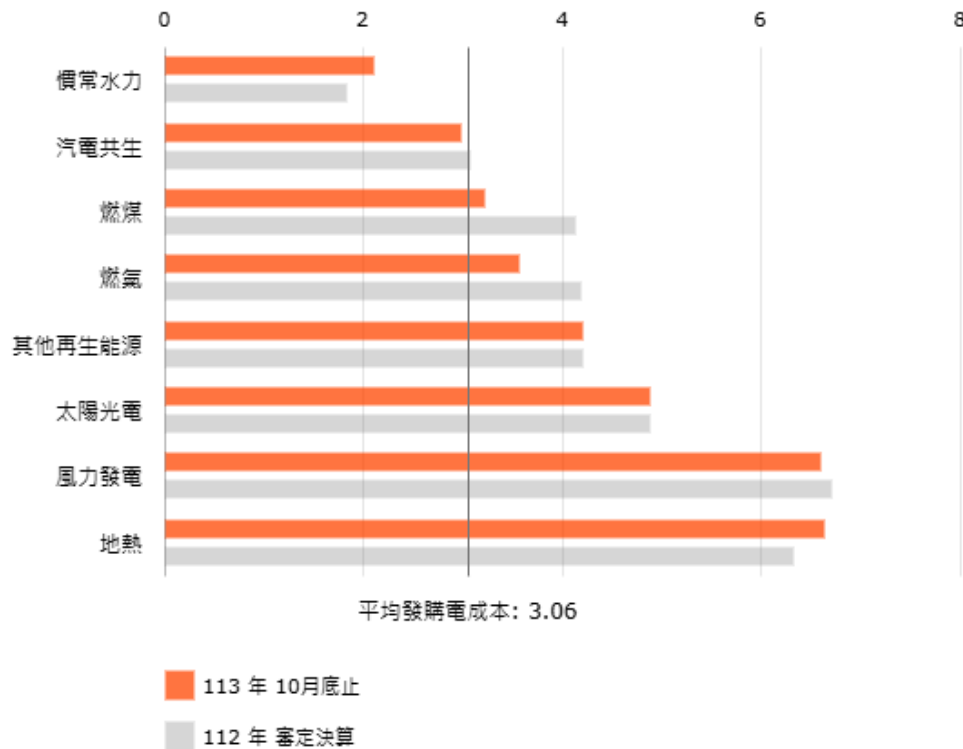


圖 10 113 年 10 月底止購入電力發電成本

資料來源：台灣電力公司^[35]

(五) 氫能源之安全性：氫燃料電池與氫能作為能源使用的過程中，不會產生二氧化碳，因此被視為潔淨能源而備受期待。然其安全性卻備受考驗，主要因氫分子擴散速度極快，因此洩漏性極強，當空氣中含有 4%~75% 體積濃度的氫氣並同時遇到火源時就會有爆炸的可能性，再者，氫氣是無色無味的氣體，故外洩時也較不易被發現。因此，未來若要廣泛使用，在運送、儲存、使用的設備上就需要加強防範措施。

(六) 前瞻減碳技術研發：隨著能源轉型的推動，太陽光電、風力等較為成熟技術之再生能源已積極開發中。然而，就我國環境條件而言，土地資源有限，太陽光電與風力發展將會面臨設置上限的問題。再者，臺灣四面環海且地處於板塊交界帶，具有豐富的地熱與海洋能等前瞻能源，因此，積極前瞻減碳科技技術的研發，為當前發展策略相當重要的一環。除了發展前瞻性無碳能源技術，節能技術和循環經濟技術等亦為實現碳中和目標的關鍵途徑。

伍、結論與建議

針對科學園區所推動之減碳策略，主要可由政策面及執行面兩層面進行，藉由遵循國家推動之碳中和軌跡與行動路徑，就能源、產業、生活轉型政策的重要領域制定行動計畫與措施，引導產業綠色轉型，落實科學園區永續發展。結論如下：

- 一、政策工具：遵循國家上位政策，如臺灣 2050 淨零排放路徑及策略、淨零轉型十二項關鍵戰略行動計畫，同時藉由相關法令工具，如氣候變遷因應法、碳費收費辦法、再生能源發展條例、環評承諾、入區審查及獎勵等園區管理工具，加強園區溫室氣體減排。
- 二、推動措施：園區管理局針對所轄園區內廠商規劃辦理溫室氣體減量推動措施，包括「碳盤查」、「減碳能力之建構與整合」、「節能、儲能及創能之推動」、「製程改善及循環經濟」、「營造綠色低碳生活環境」及「負碳及新技術之引進與推廣」六大措施。

綜合上述，若要有效降低園區溫室氣體，可由技術及 AI 兩方向著手，首先須加強前瞻減碳技術之研發，以進一步改變臺灣能源結構，降低對化石燃料的使用，改採清潔能源，同時推動資源循環零廢棄，降低對原物料的使用，提升環境永續；其次為運用我國 AI 優勢，導入 AI 管理及能源管理系統，降低對資源及能源的使用，將有助於大幅度降低園區溫室氣體的排放。因此，因應園區產業未來多元化之減碳需求，且為打造科學園區成為國內科技產業永續循環領頭羊，針對園區溫室氣體減碳之建議略述如下：

- 一、加強前瞻減碳科技研發：改變臺灣能源結構將有助於降低臺灣溫室氣體的排放，因此，加速前瞻技術之科技研發，以開發多元化再生能源，才能大幅度提升改以潔淨能源為主的能源系統。同時藉由穩定供電、綠電建置及空污改善等措施之相關科技研發，強化電網韌性及電力去碳化，逐步邁向碳中和目標。

研析建議作法

- (一) **盤點科學園區事業需求**：首先盤點科學園區事業需求，透過研析新設、既有園區之地理位置、產業類別、法規調適等，由落地需求串接上下游，進而規劃適合各園區之前瞻減碳技術，以促進前瞻技術於科學園區落實應用。
- (二) **支援學研機構研發**：利用學研機構之研究資源及優勢，進行前瞻減碳科技開發與實踐規劃，如國科會補助學術界、經濟部補助產業界，共同投入創新技術研發，並鼓勵進行跨領域整合，擴大民間與產業參與，加速前瞻減碳科技之研發進程。
- (三) **跨部會共同合作**：透過各部會共同規劃合作，集結各部會的資源，進行跨領域整合，以擴大科技研發，提升潔淨能源供給量能。

二、資源循環零廢棄：因應園區產業未來多元化之資源循環利用需求，且為打造科學園區成為國內科技產業永續循環領頭羊，須建立資源循環產業鏈，將事業廢棄物再處理作為可再生之循環材料，以有效減少廢棄物處理之成本，並減少原物料之使用，進而邁向資源循環零廢棄之目標，以打造科學園區產業永續循環。

研析建議作法

- (一) **輔導園區事業**：透過輔導園區事業加強鏈結上、下游產業，並橫向鏈結，以建立資源循環產業鏈，透過「綠色設計源頭減量」、「能資源化再利用」、「暢通循環網絡」、「創新技術與制度」之具體措施執行^[36]，以打造科學園區循環經濟。
- (二) **以大帶小**：透過大廠帶小廠方式，串聯上下游供應鏈，共同建立永續循環生態圈，加速形成低碳新興產業聚落。
- (三) **廢棄物加值化處理**：考量現有回收再利用多針對資源化事業廢棄物進行處理，建議透過媒合與導入新興技術，將目前非資源化事業廢棄物回收再利用，製成再生料回到製程中，減少自然資源的使用；亦可再製成再生產品使用，透過促進再生產品高值化及資源再生產業升級，以強化

廢棄物循環再利用。

三、AI 管理：運用我國 AI 優勢，將 AI 拓展應用至綠色科技、管理及永續，如園區廠商可透過 AI 管理，提供原料的供應鏈廠商可藉由洞察全局並即時分析資料的能力，將生產時間降至最低，進而提高生產效率，降低能源的浪費，並為企業提供了減少對國外生產的依賴所需的效率和生產力。

研析建議作法

(一) **補助學研機構研究智慧化管理前瞻科技：**現行原料及廢棄物處理多以人工方式進行查核追蹤，考量生成式 AI 將是下一波工業革命的核心，且運用我國 AI 優勢，建議在原料及廢棄物管理方面，透過生成式 AI 的導入與循環經濟新思維的共伴效應，推動循環經濟全面革新。此外，亦可應用於產品設計，透過 AI 技術之模擬，將可節省更多資源與成本。

(二) **輔導園區事業：**結合專業團隊透過輔導、補助園區事業導入 AI 管理系統，以推廣運用到園區適用的廠商。

四、導入能源管理系統：藉由導入能源管理系統可以快速了解設備使用效率，針對主要耗能設備進行監控或汰換，節省不必要的電力消耗，達到節能、減碳、降低成本的效果。

研析建議作法

(一) **規劃具體的能源管理行動計畫：**依照園區廠商產業特性及營運特性設定能源管理目標與標的，擬訂具體的能源管理行動計畫並落實執行。園區事業可利用能源量測設備，針對照明、空調、鍋爐、電梯及其他動力設備進行量測，並分析潛在的節能改善空間，以規劃適當的能源管理行動計畫，落實組織的能源目標與標的。

(二) **輔導園區事業：**結合專業團隊透過輔導、補助園區事業導入能源管理系統，以精準定位能源耗損的設備及時段，並採取維修、汰舊等措施，優化廠區內的能源使用效率。

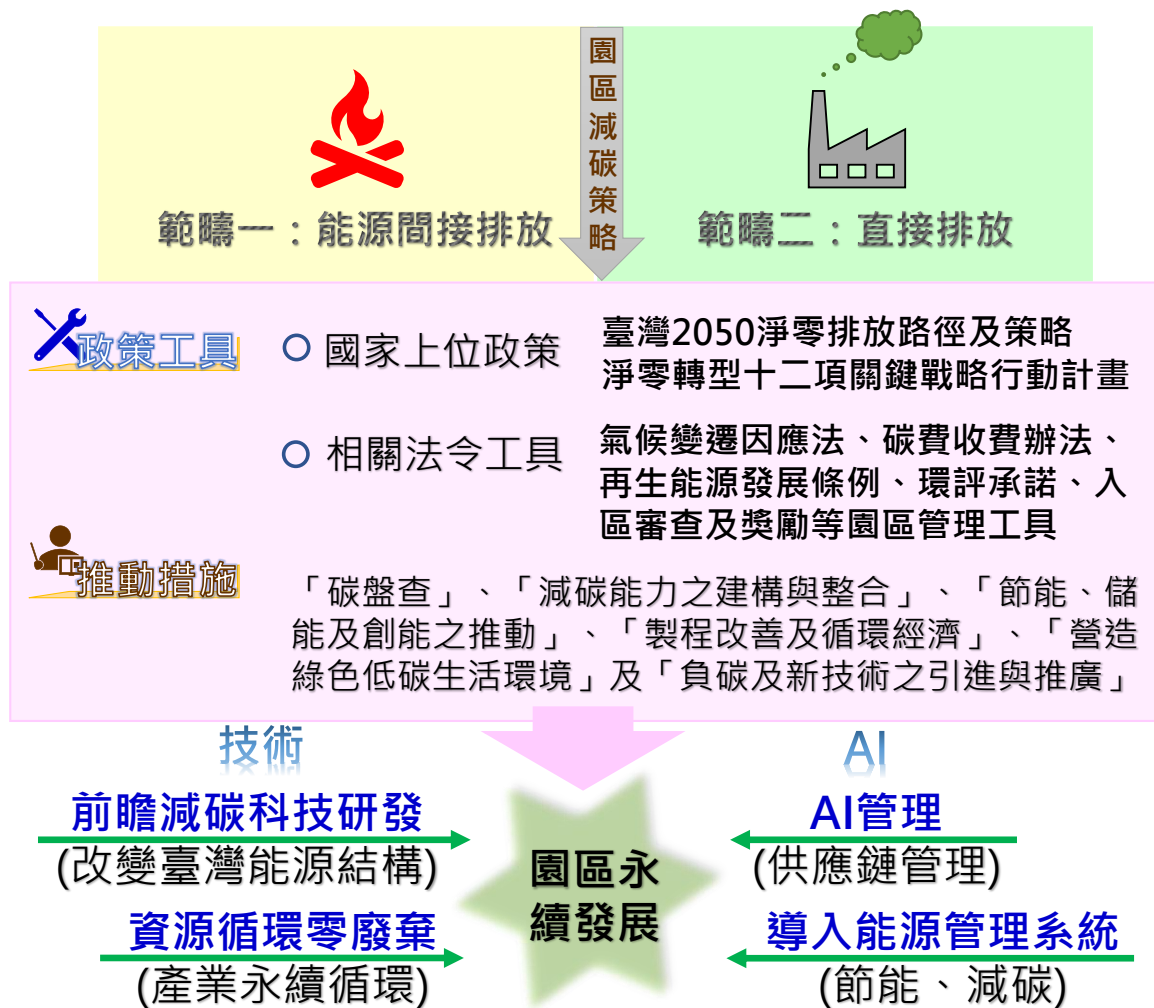


圖 11 科學園區減碳策略

資料來源：本研究自行繪製。

陸、參考文獻

1. 2050 淨零排放，經濟部淨零辦公室。
<https://go-moea.tw/#gsc.tab=0>
2. 臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明，國發會、環保署、經濟部、科技部、交通部、內政部、農委會、金管會，2022 年 3 月 30 日。
3. 經濟部國際貿易署，美國淨零排放政策。
<https://netzeroexport.com.tw/country/usa/#>
4. 蔡香吾、劉仲恩，加州碳權反漂綠法案上路，碳權資訊進入強制揭露時代，天下雜誌，2024 年 3 月 18 日。
5. Reccessary，美國-清潔競爭法案(CCA)，2024 年 4 月 22 日。
6. 彰化縣政府，112 年彰化縣政府淨零政策資訊-世界各國淨零目標、碳關稅，2023 年 10 月 26 日。
7. 王彬墀、周麗芳、盧芬絹，2050 淨零排放新思維解析「歐洲綠色新政」，科學月

刊 487 期，2022 年 7 月 15 日。

8. 鄧凱方，日本 2050 年實現碳中和的綠色成長策略，科技發展觀測平台，2021 年 6 月。
9. 東京都宣布「零排放東京策略」為 2050 年全世界淨零排放盡一份心力，經濟部能源署能源資料庫，2020 年 5 月 4 日。
10. 經濟部淨零辦公室，日本內閣通過第 6 次能源基本計畫，提高 2030 年再生能源電力占比至 36-38%，2021 年 10 月 23 日。
11. 黃莉婷、林韋廷、王穎達、劉家豪、方育恆，日本第六次能源基本計畫草案評析，工業技術研究院綠能與環境研究所。
12. 鄧凱方、古慧雯，韓國 2050 年碳中和目標與推動策略，科技發展觀測平台，2021 年 6 月 10 日。
13. 亞福儲能，各國碳市場與碳交易概況-韓國，2022 年 3 月 18 日。
14. 張景淳、陳立衡、郭昱賢，韓國碳中和綠色成長戰略第一次國家碳中和綠色成長基本計畫，工業技術研究院，2023 年 8 月 29 日。
file:///D:/Users/gjlee/Downloads/9ca7afd7edad43fcbd4335be4d03430f.pdf
15. 張景淳、林韋廷，韓國國會司法委員會於 2021 年 8 月通過「應對氣候危機的碳中和綠色成長基本法」，將 2050 碳中和明確入法，經濟部能源署，2021 年 8 月 25 日。
16. 妙盈研究院，中國的碳達峰、碳中和將這樣實現：十四五期間中國的氣候變化措施，2021 年 4 月 4 日。
17. 中國國務院，2024-2025 年節能降碳行動方案，中華人民共和國中央人民政府，2024 年 5 月 29 日。
18. 莊閔茜，台灣碳權交易所在做什麼？業務內容、碳權交易規則一次了解，Reccessary，2024 年 10 月 8 日。
19. 第二期（110 年至 114 年）溫室氣體減量推動方案，環保署，2022 年 1 月 10 日核定。
20. 線性與循環經濟，環境部資源循環署。
21. 臺灣 2050 淨零轉型「公正轉型」關鍵戰略行動計畫(核定本)，國發會，2023 年 4 月。
22. 沈寧衛，二、我國近年溫室氣體管理政策及減量推動方案，立法院專題研究，2022 年 7 月。
23. 賴總統提 2032 減碳新目標、5 大減碳共識，新北市低碳生活網，2024 年 11 月 5 日。
24. 楊盛旺，我國碳排管制計畫及措施之檢討與建議，立法院議題研析，編號 R01309，2021 年 5 月 11 日。
25. 疫後全球碳排呈雙軌化 歐盟壓制反彈、世界碳排續飆升，中央研究院環境變遷研究中心，2023 年 12 月 13 日。
26. 「國家溫室氣體排放清冊報告（2024 年版）」，排放統計資料更新自 1990 至 2022

年。

27. 監察院調查報告，調查案號 112 教調 0034，審議日期 2023 年 11 月 16 日。
<https://www.cy.gov.tw/CyBsBoxContent.aspx?n=133&s=28519>
28. 何殷如，國家科學及技術委員會主管單位預算 113 年度預算評估報告，立法院 11-2 會期，2023 年 10 月。
<https://www.ly.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=46488&pid=233263>
29. 南部科學園區永續發展專區，溫室氣體管理。
<https://www.stspscr.com.tw/e/tsdgl3/2/>
30. 歷年發購電量占比，台灣電力公司，2024 年 2 月 1 日。
<https://www.taipower.com.tw/2289/2363/2367/2372/10312/normalPost>
31. 碳盤查是什麼？帶你從範疇一二三了解碳盤查相關資訊與方法！，TEJ，2023 年 12 月 1 日。
<https://www.tejwin.com/insight/carbon-footprint-verification/>
32. 碳排放量計算為何重要？如何計算企業碳排放量，TEJ，2023 年 9 月 1 日。
<https://www.tejwin.com/insight/carbon-emission-calculating/>
33. 園區管理局，科學園區溫室氣體排放管制及輔導減量作為說明，2023 年 6 月 6 日。
34. 中科管理局，立法委員關切之溫室氣體減量作為說明，科學園區第 9 次永續會議報告，2023 年 10 月 31 日。
35. 台灣電力公司，電價成本。
<https://www.taipower.com.tw/2289/2363/2373/2375/10359/normalPost>
36. 行政院國家永續發展委員會，資源循環零廢棄，2024 年 12 月 13 日。
<https://ncsd.ndc.gov.tw/Fore/nsdn/about0/Work8>