

第七章 技術研發、需求及移轉

為發展得以因應氣候變遷的科技與技術，國際間紛紛鼓勵技術的研發、創新與合作，藉由全球市場機制的運行，配合氣候資金的融資，各國進一步列出氣候科技或技術需求，規劃與推動國內行動方案，進行技術的輸入或輸出，達成技術擴散與移轉的目的，臺灣亦投入氣候技術、氣候服務與產業的開發，以下分別就「淨零科技」、「減緩與能源科技」及「氣候服務與調適科技」三大類別說明臺灣氣候技術的發展，另針對技術需求及技術移轉進行案例分享。

7.1 技術研究與發展

全球二氧化碳排放主要來自能源使用和發電，因此發展低碳能源技術是減緩氣候變遷的重要策略。國家科學及技術委員會於 2007 年和 2014 年推動了兩期「能源國家型科技計畫」，整合多個政府部門的資源，成為我國能源和低碳技術研發的核心。該計畫涵蓋了節能技術、替代能源技術、智慧電網技術、離岸風力及海洋能源、地熱與天然氣水合物，以及減碳淨煤等六大主軸。節能技術重點在於系統整合與產業化應用；替代能源側重於生質能、太陽能和儲能技術；智慧電網技術支持再生能源整合與電網穩定；離岸風力與海洋能源技術提升海上發電能力；地熱與天然氣水合物技術則探索非火山型地熱及海底甲烷資源的開發；減碳淨煤技術旨在降低碳排放，通過碳捕獲、封存與再利用技術改善燃煤電廠和工業碳排放。這些技術與研發成果為我國推動綠能產業發展及達成減碳目標提供了重要支撐並成為淨零科技方案的基石。

7.1.1 淨零科技發展

淨零科技方案業經行政院於 2023 年 3 月 28 日核定，規劃每年至少投入 150 億元，聚焦國家 2050 淨零目標所需之科技治理基盤建置。方案規劃五大科技領域研發，並融入「以人為本」、「以終為始」、「布局未來」、「比肩國際」之推動策略，落實推動淨零轉型所需之「科技研發」治理基礎。淨零科技方案除扣合國發會所公布之十二項關鍵戰略，亦攜手各部會整合相關資源，並透過公私協力與國際合作，系統性推動跨領域、跨部門、跨國界的淨零科技研發，進而加速國家達成 2050 的淨零排放目標。

淨零科技方案包含五大科技領域，規劃相關科學與技術研發主題如下：

一、永續及前瞻能源

臺灣在推動淨零轉型的過程中，因考量國內產業、環境與社會

等限制因素下，規劃契合我國淨零特性之本土化推動架構。因此，要達到淨零世代之願景情境，發展永續及前瞻能源科技極為重要，除各領域新能源發展外，建構一穩定之電力供應系統亦刻不容緩。相關政府單位需有效整合再生能源與其他不同形態能源，亦需消弭影響供電穩定之各種風險因子，因此整合儲能與智慧電網系統之科技發展，為完備臺灣永續能源發展之重要關鍵之一，並輔以其他前瞻綠能科技研發，以期達到國內淨零目標。以下將分別描述永續及前瞻能源中重點技術發展背景與目的。

(一) 再生能源

我國規劃 2050 淨零排放初步藍圖，再生能源於整體電力占比達 60~70%，可使進口能源依存度由 2021 年 97.4%，降至 2050 年 50% 以下，降低國際能源市場衝擊與價格波動對我國能源安全影響。規劃投入於(1)太陽光電，例如：深耕研發技術發展高效光電模組；(2)離岸風電，例如：朝向 15 百萬瓦(15MW)級大型機組之浮動式離岸風電商轉目標推進；(3)地熱，例如：進行深層地熱地質資源調查與資料整合建構；(4)海洋能，例如：波浪發電、溫差發電（海水溫差）以及洋流能（黑潮發電）研究。

(二) 氫能

氫能為未來淨零重要技術項目之一，其應用將著重於產業零碳製程、重型運輸載具與發電無碳燃料等範疇。而我國目前氫能技術尚處於研發與示範階段，在規劃開發高性能與低成本之產儲氫技術基礎下，進一步發展高效能、高穩定性及低量產成本之產儲氫技術為總體目標。規劃投入於(1)法規調適與社會溝通，因應未來氫能應用情境，需投入法規調適與社會溝通，減少氫能基礎設施建設之阻力；(2)低碳/綠色氫氣生產技術及驗證，例如：去碳燃氫生產技術、創新產氫技術研發；(3)氫能輸配儲運基礎設施研發，例如：氫能儲運基礎設施（含液氫接收站設置場域可行性評估）、氫運輸/替代技術（例如：氨、甲烷等）；(4)氫能燃料電池，例如：建立氫能動力及系統開發相關技術、高溫燃料電池發電系統運轉測試與驗證。

(三) 儲能

儲能技術之研發重點，以提升效率、增加安全、降低成本以及資源循環為主，未來將著重於(1)電池系統，例如：開發低成本高能量密度固態電池與材料技術、下世代先進電池系統技術驗證、促進電池資源永續循環再利用；(2)小型分散式儲能系統，例如：開發雙向充電（電動車至電網（Vehicle-to-Grid，下稱 V2G）；電網至電動

車 (Grid-to-Vehicle 下稱 G2V) 技術；(3)儲能管理系統，例如：開發高功率調節器 (Power Control System, 下稱 PCS) 技術、電池管理系統(Battery Management System, BMS)技術、能量型長程儲能系統檢測驗證等推動面向。

另投入分散式儲能 (家用儲能、V2G) 與微電網整合技術開發：於平時可提高電網韌性 (調度) 及緊急用電 (備源)，自發自用，儲能支撐夜間尖峰用電；於災害特殊狀況 (必要時)，電網可獨立運轉，提供民生基礎必須電力。

(四) 電網韌性與系統整合

電網韌性及系統整合需優先強化電網建設，提升電網韌性以解決再生能源併網熱區電力傳輸壅塞現象。另外，為因應未來再生能源占比提高，需提升再生能源供給之預測能力，並擴大資源整合強化量能，提升系統供電彈性以強化電網韌性。因應未來分散電網與智慧電網之趨勢，需進行負載管理與市場機制之佈署。藉由數位化電力系統結合機器學習技術大幅提升電力供需預測準確性，例如：推動電網資通訊整合及精進智慧電網技術，落實分散式資源聚合與多元資源排程控制技術等，並強化綠能及儲能系統之彈性輔助能力技術研發，提高綠能併網的供電效率。除各項電力與電網相關基礎設施，亦需系統分析等關鍵技術，整合產、官、學界資源，推動電力產業橫向及縱向的國造及技術深根。

(五) 其他

其他能源係指例如：生質能(Bio-energy)與核融合在內之新能源。生質能不僅被視為低碳能源，亦為減負碳技術選項之一，規劃投入於例如：固體回收燃料(Solid recovered fuel, SRF)與農業廢棄物能源化利用、擴大生質原料取得、完善法規及避免環境衝擊等。而核融合為具高減碳潛力之潔淨能源，需持續關注國際上核融合技術與商轉的發展，在適當的時間點啟動相關規範的建立，目前著重於以國際合作方式，參與磁約束高溫電漿技術研發，培育相關淨零科技人才，並建立新能源技術引入之評估能力。

二、低 (減) 碳

臺灣在全球的供應鏈中扮演重要的角色，尤其是在工業產品以及電子資通訊產業方面更是擁有極大的領先優勢，其中工業產品的輸出占我國國內生產毛額(Gross Domestic Product, GDP)的五成以上，更在半導體的晶圓代工與封裝測試占全球的 78%與 60%，但也形成我國製造部門用電量及排碳量居高不下，例如 2019 年製造部門溫室

氣體排放量為 147.46 百萬公噸二氧化碳當量(MtCO_{2e})，占全國總排放量約 51%。然由於製造部門對我國的經濟及就業極具重要性，為因應全球減碳之趨勢，我國生產之產品也應逐步朝去碳邁進，以強化我國在全球供應鏈之競爭力。近期我國產業為因應全球減碳趨勢及政府政策之規定，積極推動減碳措施，其中包括：零碳電力、節能、低碳燃料、去碳之創新技術研發，以及電子業含氟氣體削減等，並探尋產業轉型策略與新商機。另外，根據國際能源總署(IEA)評估報告說明，當前技術之減碳效益有限，尚無法達成淨零排放目標，因此未來之減碳技術尚需仰賴突破性創新技術，並於 2030 年後進行示範導入，積極布局並朝商業化導入邁進，以達到 2050 淨零排放。

(一) 工業部門

工業部門將就鋼鐵、石化、電子等製程進行技術研發與提升，規劃投入於(1)無碳鋼鐵製程：採用替代燃料或材料研發還原技術、無碳鋼鐵製程，取代剩餘煤炭使用、提升材料與能源效率，以及提升廢鋼廢渣回收再利用，導入 CCUS 技術應用；(2)低碳石化製程：加速投入發展替代燃料及低碳新料源、二氧化碳再利用之先進製程、蒸汽裂解裝置電氣化、高效製程與熱循環整合、高溫能源管理等相關技術；(3)電子製程：發展高碳當量溫室氣體減量技術，以及半導體節電製程及週邊設備節能等關鍵技術。

(二) 住商部門

住商部門將著重於(1)高效率用能設備，例如：設備器具能效標準制訂與後市場管理、車輛與冰水機能源效率提升等；(2)能源管理系統與輔導，例如：服務業能源大用戶強制性節能法規與節能輔導、中小用戶節能診斷服務與節能診斷人才培養、建築物導入智慧節能管理技術，以及促進智慧建築能源數據蒐集及開放應用等；(3)大數據分析與政策規劃，例如：創新能源消費及能源效率資料科學研究；(4)商業低碳轉型，例如：建構智慧科技低碳模式輔導業者低碳轉型，以及提供企業低碳模式及耗能設備規劃診斷，輔導企業改變商業模式。

(三) 綠色營建工程

綠色營建工程規劃投入於(1)智慧設計監造，例如：綠建築導入被動式節能設計、建置營建工程減碳平台，導入人工智慧 (Artificial Intelligence, 下稱 AI) 辨識及節能輔助監造，建構建築資訊建模(Building Information Modeling, BIM)、建築減碳計算與評估等應用技術等；(2)低碳工法與材料，例如：預鑄工法蒐集與導入、

技術升級及減碳績效評估分析、低碳混凝土配比開發及 3D 列印運用於混凝土塊、廢棄物利用之低碳工法、建築材料碳儲存、被動式節能建築，以及木質構造防火技術驗證；(3)導入淨零採購指引與規範，例如：於公共工程招標與政府採購程序中導入使用循環材料或低碳工法等規範，由政府部門引領民間業者投入相關技術開發。

(四) 綠運輸

綠運輸（行）將著重於(1)電動運具，例如：充電站雙向充電關鍵技術；(2)重型氫能運具，例如：中型氫能巴士與中、重型卡車之開發。

三、負碳

聯合國政府間氣候變化專門委員會(IPCC)報告指出，負碳技術(Negative Emission Technologies, NETs)是指相對於碳排放，將二氧化碳從大氣中去除(Carbon Dioxide Removal, CDR)的技術。為實現巴黎協定目標途徑，將需在本世紀下半葉大規模部署負排放技術，並根據 IPCC 計算，2050 年後，每年必須捕捉和儲存大約 120 億公噸，相當於目前全球排放量的 1/3。臺灣除了大規模增加再生能源使用外，也需要導入負碳技術，以達到淨零轉型目標。具體措施將涵蓋碳捕捉、再利用及封存的技术開發，以及提升森林、土壤和海洋碳匯的效能，說明如下：

(一) 碳捕捉再利用及封存

二氧化碳捕捉後，後續須加以處理才有具負碳效益，可透過再利用納入循環概念，或將二氧化碳進行封存。規劃投入於(1)碳捕捉成熟技術精進與前瞻技術開發，例如：化學吸收、鈣迴路以及薄膜等技術；(2)碳再利用前瞻技術開發，例如：CO₂轉製燃料或化學品技術、高效率與新型的觸媒等；(3)鋼化聯產示範產線建置運轉及技術建立；(4)碳封存前瞻技術開發，例如：地質探勘與封存潛能評估、封存場域評估、地質調查與社會溝通、注儲、封存監測及維運技術等；(5)開發環保及具高負碳效益之以微藻及固態材料進行之直接空氣碳捕捉，以及後續衍生生質能源與碳捕捉和儲存(Bio-energy with Carbon Capture And Storage, BECCS)前瞻試驗。

(二) 自然碳匯

自然碳匯淨零科技路徑主要依森林、土壤及海洋等三大潛力領域進行規劃，因自然碳匯工作高度仰賴技術突破，依據國際各項報告與共識顯示，若僅依賴現有技術，全球將難以於所定期限達到淨

零排放目標，為確實落實自然碳匯各項措施，亟需投入大量資源取得科技創新突破，爰於前期階段（2030年前）積極推動相關科研工作，以增加碳匯為目標思維，期透過科技研究及產業輔導等多管齊下的方式，創建一個鼓勵農民及相關產業投入之永續環境。

為將增匯效益極大化，同時接軌國際自然碳匯方法學，主要以自然碳匯森林、土壤及海洋等三大潛力領域發展增匯科研策略，包括促進森林碳匯之經營模式與技術研究、開發負碳農耕模式、海洋與漁業碳匯技術及效益評估研究及建立農業碳匯計量方法學及增匯誘因機制等內容，以利展開後續自然碳匯相關工作，提高增匯效益。

四、循環

循環經濟主要強調生產、消費、回收/再利用等資源循環再生之系統，希望可以取代目前的線性經濟模式，在此種經濟概念下，將透過使用再生材料、重新設計產品或是製程等方式降低廢棄物的產生或提升廢棄物的循環再生。根據我國溫室氣體排放清冊中各部門排放量數據，可以看出廢棄物部門占總排放量的 1%，而農業部門（含農業、林業、漁業及畜牧業）占 2.1%，廢棄物部門主要來自廢棄物處理過程中所產生的排放，包含廢水、掩埋、垃圾焚化等，農業部門則是來自農業操作的直接排放（例如：堆肥等）、農業用電及作業過程中的燃料燃燒，是故為達循環經濟之目的，將來的科技發展將著重於工業與民生廢棄物循環、水資源循環及生物循環三面向。

（一）工業與民生廢棄物循環

2018年我國廢棄物的溫室氣體排量占全國總排放量的 1%，廢棄物處理過程中的排放量占比最大，高達九成，主要排放源為事業及生活廢水（約 63%）、掩埋(25%)、垃圾焚化(6%)，因此加速導入廢棄物再利用的創新技術為減碳的關鍵。未來將著重於(1)可循環（再生）材（原）料，例如：以材料循環促進鋼鐵再生、提升國內營建混合物的可循環材料使用率、開發紙製產品的可循環原料、食品接觸級再生料技術研發；(2)廢熱發電與熱應用，例如：以生質原料無氧裂解過程中產生的廢熱進行熱循環、餘熱轉化為電能用於場內照明；(3)製程廢棄物循環，例如：發展能源用之材料回用技術（例如：易拆解之太陽能板、回收處理風機葉片、火力發電廠煤灰再利用等）；(4)營建廢棄物，例如：營建廢棄物全回收利用模式與機制、發展石綿循環利用技術，再利用營建廢棄物、建立瀝青刨除料循環利用技術；(5)塑膠與紡織廢棄物，例如：紡織廢棄物全回收利用模式與機制、源頭設計淘汰非必要的塑膠包裝、回收廢塑膠減少碳排、廢塑料辨識關鍵光學模組開發、研發廢塑料裂解技術及開發永續紡織品；

(6)民生廢棄物，例如：消費性電子產品、電池等貴金屬回收再利用。

(二) 水資源循環

廢棄物處理過程所產生的碳排放量占整體廢棄物部門排放量的九成，其中 34%來自事業廢水處理，29%來自生活廢水處理，事業廢水的主要排放源便是製造業、化工業及電子業，然而目前臺灣的污水處理率仍然偏低（低於 70%），且尚未有針對處理廢水過程中產生之甲烷的回收技術，因此提高污水處理率及甲烷回收率將是未來的主要方向，此外，在既有水資源日益稀缺的情況下，開發新興水資源亦是未來的發展重點。未來將著重於(1)民生用水循環，例如：研發自廢水收集低通量低濃度甲烷技術；(2)農業灌溉用水循環，例如：研發氮氣廢水與含氮廢水資源循環處理技術；(3)工業用水循環，例如：使用上流式厭氧污泥床處理工業廢水、發展廢水中關鍵物料回收技術與應用、難降解物質處理技術開發與應用；(4)新興水資源，例如：研發低碳半鹹水淡化技術。。

(三) 生物循環

未來將著重於農林漁畜牧業資源（與廢棄物）再利用，例如：發展農業循環回收技術、使用生物防治技術控制營養鹽的釋出，提升肥料使用效率、生物製程轉化利用為能源及化學品(Bioenergy and biochemicals)、利用生質原料生產塑膠、剩餘料源研發高值化應用、提升廢棄物厭氧消化沼氣發電等廢轉能創新技術、促進衍生物之處理去化。

五、人文社會科學

臺灣的淨零轉型除了從永續能源、低碳與負碳、循環經濟等領域切入外，人文與社會科學亦為一關鍵領域。由於溫室氣體排放根本上是為滿足社會大眾生活需求所提供之服務或產品，因此民眾所選擇的生活型態與消費行為會大幅影響碳排。透過建立對話平台、促進公民參與和落實「淨零生活」，將有望自消費端建立需求管理解方，帶動產業供給端改變，進一步降低住商、運輸部門的排放量，促使臺灣加速邁向淨零。為使社會科學與自然科學能相結合以達到永續發展的良性循環，以國家為首的整體淨零策略扮演極重要角色，透過建構效益評估模型、滾動式檢討各項策略施行成效勢在必行。依據國家淨零轉型策略，不僅應於規劃過程建立公開透明的資訊揭露與公正的轉型之相關配套機制，建立合理有效的碳交易平台及碳定價機制，引導未來碳市場之健全發展，亦需協力金融部門以導引資金的方式，支援綠色及永續發展產業，讓經濟、社會與環境間能

夠共榮發展。

(一) 淨零綠生活 (低碳生活)

為了推動淨零綠生活，民眾的食衣住行必須從本質上做改變，同時促進業者建構減碳商業模式，以因應消費型態的轉變。未來將著重於：(1)擴大公民團體參與淨零綠生活的推動，透過獎補助方式，協助公民團體拓展淨零創新服務之規模與範圍，達成由點到面整體性的淨零綠生活推動，例如：淨零生活示範案；(2)空間規劃與環境研究，例如：建構智慧化氣候友善校園先導型計畫；(3)文化產業，例如：辦理文化場館碳盤查、研訂及推廣文化產業淨零指引、輔助藝文團體於展演活動導入減碳相關措施作為(4)淨零公共場館與設施，例如：強化公共運輸場站或綠色運具與步行環境之連結。

(二) 綠色金融

為引導金融業與企業重視氣候變遷和永續發展等議題，金融監督管理委員會參考國際趨勢，建構可促進綠色與永續金融市場運作之架構與基礎，包括提升 ESG 資訊揭露品質和透明度、發展永續經濟活動之認定方法，並引導金融機構對綠能產業投融資，擴及到對綠色與永續發展提供資金支持，培養金融業因應氣候變遷風險之韌性。未來綠色金融將持續研議金融業各項指引及措施，積極接軌國際，驅動金融業者訂定減碳目標及策略，及將資金導引至永續經濟活動，帶動更多企業朝向減碳轉型及永續發展。

(三) 公正轉型機制

公正轉型戰略之關鍵核心是廣納各界意見和建構完善的推動機制，目標為「盡力不遺落任何人」。推動策略除需建立公開透明公私溝通平台，更重要的是釐清受影響的關鍵對象及範疇，例如：涉及勞工就業權利、產業轉型、區域資源分配、全民生活需求與影響等面向。透過界定各主要推動面向中受影響之關鍵對象，結合公私部門資源、研擬可行之公正轉型對策與配套措施。未來將著重於：(1)法規調適，例如：精進衝突與爭議的處理機制；(2)支持體系之機制建立，例如：建構淨零政策與社會調適所需之社會科學基礎；(3)綠色就業，例如：因應運具電動化，推動汽車修護技工專業技術公正轉型訓練；(4)公眾溝通與公民參與，例如：向產業、民眾、青年、公民團體等所有利害關係人溝通。

(四) 淨零策略與國際合作

為推動淨零排放與達成國家淨零目標，擬定國家淨零策略、定

期評估碳排放發展趨勢與減量成效、輔導企業因應國內外法規與投入減碳設備與技術等面向均環環相扣。規劃投入於：(1)國家淨零策略，例如：策略規劃、路徑評估、機制規劃、成果推廣；(2)國際合作，例如：研析巴黎協定第六條市場與非市場相關機制規則書、發展減量方法應用及國際合作策略藍圖；(3)人才培育，例如：碳管理人才培育、打造永續示範教育基地、社會對話與培力活動；(4)政策配套/調適，例如：淨零轉型決策支援、產業因應國內外法規及配套；(5)數位碳足跡/盤查，例如：制度與環境建構、盤查資源與訓練、盤查輔導與診斷。

(五) 效益評估

運用社會科學人才專長，投入國家淨零策略之整體效益評估，以衡量各項政策對經濟、社會帶來的影響，並透過社會科學視角對淨零策略提出精進或改善方向，以達成 2050 淨零轉型之目標。規劃投入於：(1)淨零系統模型與模擬情境，例如：利用整合模型評估 12 項關鍵戰略的執行效益；(2)社經衝擊與共伴效益評估，例如：建立臺灣淨零綠生活情境模型；(3)淨零投資與經濟模型；(4)人文社會科學減碳效益評估與策略研析；(5)國家淨零財務分析。

7.1.2 調適科技發展

國科會及環境部於 2024 年 5 月發布之《國家氣候變遷科學報告 2024》，經檢視國內科研技術現況於領域衝擊評估資料、工具及方法等應用情形，進而盤點國內實施風險評估需增補及精進之基礎資料、衝擊評估方法及工具建置技術，供後續規劃科研資源投入之參考。

一、基礎資料方面

我國宜提升高解析度颱風時雨量資料產製，以利淹水推估成果反映臺灣整個地形及降雨分布趨勢，並提升時雨量多模式比較及綜合評估能力。另外，乾旱頻率與規模的預警與預報能力也需精進。

二、陸域生態方面

應完備森林動態樣區相關監測、高海拔草原生態系樣區、臺灣繁殖鳥類大調查等，並強化基礎生物學研究之推動，加強探討氣象因子與物種生長反應的關聯性。

三、健康領域方面

包含強化臺灣本土氣候風險指標、大型世代研究資料、歷史觀測晝夜溫差資料、對生理的等效溫度(PET)指數和綜合溫度熱指數，以利進行氣遷變遷與健康影響關聯之不同預測模式驗證。並可加強各評估模式間結果一致性的分析，以提升模式評估結果之信度與效度。

四、海岸領域方面

需完備不同空間、多元空間尺度資料的預測模式，建構全臺海岸地形變遷推估資料、現場實測資料、水下觀測資料、加強更精確的海岸線或海岸地形變遷趨勢模擬資訊。漁業方面需加強建構養殖漁業區域的環境監測資料，並擴大及持續地監測現行海洋漁業活動與生態調查時空覆蓋範。

五、水資源領域方面

持續完善氣候模型之參數設定，建置強降雨觀測設備或依區域特性發展合適的觀測方法。並可思考與鄰近國家共同合作精進颱風侵臺路徑與降雨量推估技術。

六、土地利用領域

應嘗試整合及建構氣候變遷危害情境、發展空間社會驅力關聯性及現有的災害反應式調適能力之風險評估方法與案例。並結合土

地利用變遷技術與脆弱度指標之空間複合性風險評估技術。

七、海洋科研議題

可優先建立經濟性海洋個別物種之生態系評估及預測氣候衝擊模式，亦需要更完整的海洋水下觀測資料，提升模式校驗能力。

八、坡地領域方面

首要需探究坡面水文和穩定性的相互作用機制，以此開發更完備的監測技術及模型預測等工具、加強解析氣溫及滯旱交替降雨等變化影響。

九、改善推估與工具應用不確定性方面

為強化各調適應用的循證治理的參據，降低氣候模擬推估及評估工具之確定性亦為調適科技的努力方向，例如淹水領域應透過可採非規則網格、支援平行計算等可整合不同淹水模擬工具之優點，進行淹水多模式的評估，以彌補氣候變遷淹水災況分析的不確定性。

7.2 技術需求及移轉

隨著溫室效應加劇，氣候變遷對全球環境的影響越來越嚴重。為應對這一挑戰，聯合國氣候變化綱要公約提出了四大策略：首先是透過減少溫室氣體排放來「減緩」(Mitigation)氣候變遷，其次是通過調整和適應措施來應對環境變遷，即「調適」(Adaptation)。此外，推動減緩與調適行動的「科技」(Technology)發展，以及支持這些行動所需的「資金」(Finance)也被視為關鍵資源。

7.2.1 技術需求

2022年3月30日由國發會偕同各部會公布「臺灣2050淨零排放路徑及策略總說明」。該說明確立了「能源轉型」、「產業轉型」、「生活轉型」和「社會轉型」四大轉型路徑，以及「科技研發」和「氣候法制」兩大治理基礎，並制定了「十二項關鍵戰略」來推動各領域的行動計畫和社會溝通。

一、風電/光電

為擴大風場開發至大水深區域，推動浮動式示範計畫，引導浮動式離岸風場的建設，同時推動浮動風電技術的測試與驗證，建立大水深海事工程的自主技術能量。此外，發展在地數位運維技術，以降低成本並穩定發電，具體包括利用臺灣在資通訊和物聯網的優勢，發展無人化巡檢和智慧化診斷技術，並開發運維資訊平台與海事工程調度的整合系統，藉由整合氣候窗、零組件物流與船舶資訊來提升運維效率。

二、氫能

為確保氫氣供應的穩定性並推動氫能應用，策略涵蓋氫氣供給、應用和基礎設施三大方面。在氫氣供給方面，將開發藍氫技術，整合天然氣重組產氫與碳捕捉封存系統，同時推動國際氫供應鏈的合作與交流，並評估液氫接收站及進口的可行性，進行前期示範。氫能應用方面，將透過國際合作導入氫氨混燒技術，測試燃氣混氫和燃煤混氫示範機組，並發展國內混燒/專燒發電的運維能力，同時開發氫能煉鐵技術，並推動氫燃料電池大客車在實際客運路線上的示範驗證。基礎設施方面，將建立氫氣輸配基礎設施，進行天然氣管線混氫測試，並開發氫監測系統，配合交通載具示範驗證建置移動式加氫站，此外還將完善高壓氫氣輸儲設施和液氫輸儲基礎設施，推動相關技術的示範與應用。

三、前瞻能源

地熱發電方面，透過滾動檢討躉購費率，新增小規模電廠的優惠躉購費率及原住民地區加成機制來強化誘因，並引入示範獎勵機制分攤業者風險。同時，公部門積極投入地熱資源探勘，公開探勘資料以降低業者風險，並透過擴充鑽井能量和國際合作推動前瞻地熱技術發展。生質能方面，透過躉購費率和示範獎勵推動市場發展，引進大型生質能專燒系統，並建立料源後勤機制。技術優化則聚焦於多元燃料轉換技術的發展及副產物的再利用。海洋能方面，完善申設流程，修正躉購費率以提供合理誘因，並研發或引進相關技術，進行海域佈放測試與驗證，提升發電效率並應對極端氣候和地震等挑戰。

四、電力系統與儲能

為推動再生能源與電力系統的協同發展，通過加強電網工程、優化區域電網間的傳輸能力、導入電力品質調控設備以及提升傳統電廠反應能力來應對再生能源併網帶來的挑戰。針對離岸風力和太陽光電發電的集中區域，規劃多項強化電網的工程，並將集中式電網改造為分散式電網，以減輕電網負擔並提升供電穩定性。此外，導入靜態型同步補償器等電力品質調控設備來強化系統的電壓穩定性，同時推動新建燃氣複循環發電機組的技術升級，以提升其應對再生能源發電波動的反應能力。再生能源預測技術的進步和智慧電表的普及則有助於精確掌握再生能源的發電狀況，進而提升電網的調度能力。儲能系統的應用也在不斷推進，為電力系統提供更強的調節能力。最終，智慧電網的互通性和資訊整合，以及區域電網的精進調度，將使電網更靈活地應對未來的能源挑戰，並通過制訂和修訂相關的國家標準來促進轉型。

五、節能

在鋼鐵冶煉製程減碳技術的開發，利用自動化數位模擬系統和耐溫陶瓷塗層材料，使爐內溫度更精確，熱損能耗降低了 11.5%；在稀土原料自主化方面，成功提取公斤級稀土釹並實現廢酸循環 50%，大幅降低了能耗；研製的高效率冷凍空調設備首次使用 R1234ze 冷媒，性能超越同級冷媒 2%，達成節能減碳的目標；同時，開發了 GaN 元件主動式降壓功因修正電路，雛型電源效率達到 95%，並已申請專利。

六、碳捕捉利用及封存

我國在推動二氧化碳捕捉與封存技術的落實中，面臨著高成本 and 技術放大的挑戰，目前 CO₂ 捕捉成本仍偏高，尚難以大規模商業

化應用。未來透過捕捉劑及製程技術的創新，將成本降低至每公噸 35 美元以下，並逐步放大驗證系統以確保技術的可行性。經濟部規劃投入技術開發、國營企業實作和推動產業應用，分階段實施碳循環關鍵技術開發計畫和減碳場域示範技術計畫，開發低溫吸脫附技術和長壽命 CO₂捕捉劑，並結合綠氫技術開發石化上游原料的場域驗證技術。中鋼公司和中油公司則負責實作部分，推動鋼化聯產先導線和碳捕捉工場的建置，目標到 2040 年達成每年減碳 290 萬公噸的目標。能源署則依據 2050 年淨零排放路徑，推動二氧化碳捕捉及封存試驗計畫，驗證地質封存的可行性和安全性，以支持推動未來商業運轉及相關法律規範的制定。

七、運具電動化及無碳化

通過補助換購電動運具，刺激電動車及相關產業的市場需求，並調整車輛管理法規與機制，以構建適合電動車發展的技術環境。同時，為解決電動運具能源補充的技術挑戰，策略包括增設充電設施並優化相關技術規定，提高充電設施的普及性，並降低燃油車向電動車轉換的技術門檻。此外，策略還強調運具產業的技術升級轉型，通過提升技術能力與培育技術人才，促進臺灣在地電動運具的生產、製造與維修技術的發展，並開拓新興技術領域。

八、資源循環零廢棄

推動生物質、塑膠、固體再生燃料(SRF)、化學品和無機再生粒料等資源的循環利用。在生物質資源循環方面，通過跨部會合作，盤點國內生物質資源並分析最佳處理方式，建立示範模式和再利用技術指引，以促進高效利用。在塑膠資源循環領域，推動易回收設計並擴大回收體系，提升再生料使用比例，並針對 PET 塑膠，實施再製酯粒料的適宜性申請作業流程。在 SRF 資源循環中，推廣廢棄物轉製 SRF 技術，並建立 SRF 製造與使用的管理機制，確保其環境效益。對於化學品資源循環，透過全國產業脈絡的盤點和優先化學品的篩選，促進廢棄化學品的分流和純化技術的研發，並搭建資訊共享平台以促進跨產業循環。在無機再生粒料循環方面，推動源頭管理和分類，提升無機粒料的資源利用效率，並研發新技術以提升粒料品質和減碳效益，最終通過數位化工具增進工程單位的使用意願。

九、自然碳匯

在森林碳匯方面，利用航遙測影像及回歸模型精確推估森林蓄積量，並建立臺灣肖楠材積模式，以提升碳匯估算準確度；同時，

研究國產材使用及碳匯估算，並制定相關標準與指引。在土壤碳匯領域，通過非破壞量測技術進行落地驗證，建立土壤碳儲量及潛力估算方法，並推廣負碳農法以增加土壤有機質。在海洋碳匯方面，完成海洋碳匯潛力點的盤點，並建立海草復育及濕地保護的技術與計量方法，同時推動紅樹林及海草復育技術的應用與示範。這些技術措施旨在加強各類碳匯的管理與科技研發能量，為實現碳中和目標提供技術支持。

十、淨零綠生活

在零浪費低碳飲食方面，透過計畫性採買、餐具共享、循環容器等技術措施，減少食物浪費和一次性用品的使用。其次，在友善環境綠時尚方面，推廣使用環境友善材質的衣物及功能服飾，並推動碳足跡標籤，以提高生產和消費過程的綠色化水平。在居住品質提升方面，推廣被動式節能建築及智慧控制技術，並示範推廣低碳建材的使用，進一步降低建築營運碳排放。在低碳運輸網絡建設中，技術推動包括共享汽機車、公共運輸導向的土地使用、推廣綠色貨運及綠色旅遊等措施，以減少交通運輸中的碳排放。同時，在購物方面，推動使用取代擁有的商業模式，推廣環境友善產品及循環運用零組件技術，延長物品使用壽命。這些技術措施不僅促進了各個領域的綠色轉型，還強化了全民對話和教育，推動全民參與淨零綠生活。

十一、綠色金融

金融監督管理委員會（下稱金管會）推動建立金融機構合作網絡，透過金融機構間的交流和減碳策略的制定，促使金融業在淨零轉型中發揮影響力，並帶動整體產業供應鏈向永續發展轉型。其次，在揭露碳排資訊方面，金管會推動金融機構進行範疇一、二及三的碳排放盤查，並推動上市櫃公司進行溫室氣體盤查，以便企業及金融業者能夠根據碳排密集部位調整營運策略。此外，金管會致力於整合企業 ESG 及氣候相關數據，建置 ESG 資訊平台，提供金融業和企業進行氣候風險管理的基礎，並推動資料串接與應用，強化氣候韌性及風險應對能力。

十二、公正轉型

各關鍵戰略主責部會與勞動部及原民會組成公正轉型跨部會推動小組，透過找出淨零轉型過程中受影響的對象和範疇，規劃公正轉型對策，促進資源的合理配置與策略互補。此外，設立公正轉型委員會，包含政府與民間代表，共同監督和建議各項公正轉型政策

的推進，確保符合社會公正性和透明度。為了強化政策的科學基礎與社會共識，成立了學術小組與策略檢視小組，通過系統化的討論和研究，檢視各關鍵戰略推動的技術、預算及社會溝通的適宜性，並提出量化的衝擊評估與風險分析。此外，議題鑑別小組則負責辨識跨關鍵戰略的淨零公正轉型議題，確保相關議題在政策制定中得到充分考量和有效處理。這些技術創新與機制的建立，為我國在推動淨零轉型中的公正性和可持續性提供了堅實的基礎。

7.2.2 技術移轉

聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC)所設立的技术機制包括締約國大會(COP)、技術執行委員會(TEC)以及氣候技術中心與網絡(CTCN)，共同推動技術的發展、擴散與移轉，作為執行氣候行動的重要工具。在技術發展階段，針對不同技術的生命週期進行分析與排序；技術擴散階段則著重於技術在社會中的應用與接受，強調市場、產業及經濟驅力的考量。當技術成熟後，通過技術移轉，不僅能應對區域性的挑戰，還能達成全球氣候行動的目標。外交部為促進我國參與國際氣候合作，並呼應 UNFCCC 與巴黎協定精神，與財團法人國際合作發展基金會及相關部會合作，積極推動氣候減緩與調適技術在國際間的應用，協助友邦與友好國家提升其應對氣候變遷的能力。本節將介紹臺灣在國際氣候合作中的重要技術移轉案例。

表 7.2.2- 1 技術發展、技術擴散與技術移轉之目的與執行方法

領域科技政策工具	目的	執行方法
技術發展 (Technology Development)	1. 科技的研究與發展(R&D) 2. 科技的評估 3. 增進能力建構	技術生命週期階段分析 導入期、成長期、成熟期、飽和期 技術分類 新技術、萌芽技術、關鍵技術、基礎技術 技術功效與 R&D 持續投入之分析
技術擴散 (Technology Diffusion)	1. 科技為社會所接受與應用 2. 科技的產業發展	技術與商品化關聯 技術成熟度、商品化時程、研發知識、可預測性、商品化優劣持久性 綜合產業分析 呈現各項目調適科技之技術成熟度、市場價值（格）以及施用潛力
技術移轉 (Technology Transfer)	1. 國際合作之應用 2. 科技需求評估 3. 技術培訓 4. 能力建構	智慧財產權移轉 knowhow 的授與使用 建立國內外科技移轉機制、路徑

資料來源：聯合國氣候變化綱要公約官網-Support。

一、瓜地馬拉防災預警系統計畫

瓜地馬拉面臨多種自然災害侵襲，每年雨季帶來的豪雨、熱帶風暴與颶風所引發的水災及土石流，對於地形破碎、眾多民眾集中居住於高風險致災區域的瓜國而言，為每年必須面對的挑戰和考驗，計畫以整合氣候資訊並導入科技防災工具為基礎，協助瓜國建構 Cahabón 流域之預警與決策系統強化 Alta Verapaz 省 San Pedro Carchá 市與 Cobán 市之水災與土石流應變能力並縮短示範社區災後應變時間 30% 以上。計畫迄 2024 年 6 月主要成果包含：

- (一) 更新 Cahabón 流域防災圖資，建置防災預警資訊平台輔助決策；
- (二) 強化示範區環境監控系統，Cahabón 流域設立 3 處雨量及水位

觀測站，透過物聯網傳輸即時氣象觀測資料，增進災害預警精準度；

- (三) 輔導 3 處防災社區制定土石流疏散避難計畫，並透過防災教育及演練，增進社區居民防災意識及災害應變能力。

二、貝里斯河流域水災預警能力提升計畫

計畫旨在擴大「貝里斯城市韌性防災計畫」的效益和經驗，採用「流域防災治理」的整體策略，設計貝里斯河流域的水災早期預警系統，協助貝里斯政府進行災害管理。計畫涵蓋貝里斯首都 Belmopan、最大城市 Belize City 及觀光城市 San Ignacio，並透過能力建設與教育訓練，增強貝里斯防災救災機構的技術能力。計畫目標為強化貝里斯河流域重要城市及設施水災預警能力，並提前預警時間為 3 小時。計畫迄 2024 年 6 月主要成果包含：

- (一) 更新 San Ignacio、Belmopan 及 Belize City 防災相關圖資，完成建置 3 處水文氣象站並導入科技化監測技術，逐步建立水災早期預警通報系統；
- (二) 完成 Santa Familia 防災示範社區演練，包含修復 1 處緊急防災用無線電與準備防災救難物資；
- (三) 邀請 10 名貝國政府災害應變單位人員來臺參加「防災快速應變小隊」培訓，強化水災因應能力。

三、聖克里斯多福及尼維斯固體廢棄物處理及循環利用計畫

計畫旨在回應聖克里斯多福及尼維斯在 COP25 會議上提出的塑膠廢棄物對環境造成嚴重影響的問題，同時也呼應國際社會對廢棄物過量問題日益關注及聯合國永續發展目標(SDGs)第 12 項「確保永續消費及生產模式」的精神。財團法人國際合作發展基金會希望與觀光業發達的加勒比海島國合作，推行資源回收計畫，藉由臺灣在廢棄物回收制度與減量方面的經驗，結合循環經濟的推動，拓展援外計畫的範疇，協助友邦提升環境管理能力，提高資源再利用率，減少廢棄物的產生，達成環境友善的目標。計畫迄 2024 年 6 月主要工作成果包含：

- (一) 辦理 70 場資源回收推廣會，針對觀光客、當地民眾推廣分類與回收、垃圾減量觀念，將資源回收的觀念深植於克國民眾心中，培養新的環保生活文化；
- (二) 辦理 53 場公私部門資源回收模式研討會議及 48 場資源回收產

業鏈講習，串聯相關業者，包含觀光業、超市、清運公司、回收商等，為克國建立完整資源回收模式，從回收品源頭產出（向民眾推廣垃圾分類資源回收教育）、回收品收集清運（建立多元化回收品收集方式）、回收品前處理（建立回收品壓縮打包處理廠）至回收品去化處理（建立回收品海外處理管道）；

（三）進行回收制度調查分析，搭配策略規劃並設立 68 處回收據點，達成協助克國提升廢棄物處理效率，廢棄物回收量增加至 2 倍之目標。

四、菲律賓農業群落鞏固計畫

距離臺灣最近的鄰邦菲律賓，和臺灣一樣，每年平均遭受 20 個颱風侵襲，加上 6 月至 11 月雨季期間強降雨導致洪水氾濫，影響農業生產甚鉅，具有迫切建構韌性農業之需求。財團法人國際合作發展基金會駐菲律賓技術團配合菲國農業部推動「農漁業群落鞏固」(Farm and Fisheries Clustering and Consolidation, F2C2)協助境內小農群落發展與生產栽培優化之計畫，自 2022 年起於呂宋島推動「農業群落鞏固合作計畫」(Agri-Cluster Consolidation and Cooperation Project, ACCC Project)，除協助菲國農民導入小型農機具、設施及種苗等支持產業資源外，亦透過對農民團體之多元輔導，強化農業群落的資源整合能力、建構農業生產的韌性。

呂宋島中部的 Pampanga 省 Tabon San Jose Farmer's Association (TSJFA)合作社為計畫第 1 個輔導的農業群落，由技術團協助 TSJFA 設立蔬菜生產示範基地，輔導 16 位農民（其中 35 歲以下青年農民 6 名佔 38%、女性農民 7 名佔 44%）作為合作社的核心團隊，並以農民田間學校(Farmer Field School Approach, FFS)概念，在生產基地進行示範導入增加農業生產韌性之元素，包含防雨防淹設施與栽培方式之應用、抗旱耐淹作物品種與抗病嫁接苗之試種推廣、田間微型氣象站設置與農作防減災資訊社群推播等。藉由輔導 TSJFA 核心團隊實地操作，建構應對極端氣候的能力，同時驗證示範基地栽培操作模式，在作物產量與品質上皆優於傳統農法，如苦瓜產量上升 46.27%、番茄產量提升 106.18%、茄子產量提升 102.7%、白菜產量提升 92.07%，為合作社農民帶來帶來超過同面積水稻生產收入 5 倍以上淨利。

此外，因應劇烈氣候天災後農損快速復甦的需求，技術團亦利用團部示範農場鋼構抗颱風溫室生產救災種苗，在颱風過後快速滿足合作社社員農民復耕之需求，從而減少災害帶來的損失並提升農民收益。如 2023 年 7 月下旬泰利颱風重創呂宋島中部，駐團即與菲國

省政府合作及時提供 15,600 株救災種苗，協助受災農民復耕。

五、馬紹爾塑膠廢棄物回收再利用創新試驗專案

鑒於我國塑膠瓶回收率已高達 95%，且我國環保科技業者亦具備成熟回收處理技術，爰財團法人國際合作發展基金會駐馬紹爾技術團於 2021 年起與馬紹爾學院(College of the Marshall Islands, CMI)合作，共同推動「馬紹爾塑膠廢棄物回收再利用創新試驗專案」，導入我國環保回收技術設備與方法，以循環經濟概念協助馬國將廢棄物轉化可利用資源，並結合技術團農業推廣計畫再製成農產品生產資材，提升農業韌性並發揮技術合作計畫加乘效益，更可減少單次使用的垃圾汙染及碳足跡，改善海洋廢棄物並友善環境。

馬紹爾學院設立「塑膠回收再生場」(Waste Plastic Recycling Facility)，引進我國業者客製化塑膠再生設備，成功運用當地塑膠廢棄物再製為栽植盆器，並協助馬紹爾學院計算營運成本與建議售價，朝向結合花卉作為觀賞盆器進行販售，或搭配技術團推廣校園或家庭菜圃等農業生產所需資材使用的商業模式。而馬紹爾學院亦於校園內設置塑膠瓶回收處，鼓勵師生資源回收，並補助社區民眾持塑膠瓶回收兌換現金之機制，另技術團亦與馬紹爾公立學校系統(Public School System, PSS)合作辦理當地校園與社區環境教育活動，提升馬紹爾民眾垃圾分類、資源回收再用等環保意識，共計 200 位民眾參與，並開始對原本被棄置的塑膠瓶另眼相看。

參考文獻

1. 國家科學及技術委員會，十二項關鍵戰略年度執行成果報告-科技研發，2024
2. 淨零科技方案（第一期 2023-2026），2023 年：
<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/197479c6-092c-4e5f-a681-8938485853d>
3. 臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明，2022 年：
<https://www.cca.gov.tw/climatetalks/net-zero-roadmap/1891.html>
4. 淨零科技方案（2023-2026 年）（核定本），2023 年
5. 交通部，「運具電動化及無碳化」關鍵戰略 112 年年度執行成果報告，2024。
6. 行政院國家永續發展委員會，公正轉型關鍵戰略行動計畫（核定本），2024。
7. 國家科學及技術委員會，「碳捕捉利用及封存」關鍵戰略 112 年年度執行成果報告，2024。
8. 經濟部，「前瞻能源」關鍵戰略 112 年年度執行成果報告，2024。
9. 經濟部，「風電/光電」關鍵戰略 112 年年度執行成果報告，2024。
10. 經濟部，「氫能」關鍵戰略 112 年年度執行成果報告，2024。
11. 經濟部，「節能」關鍵戰略 112 年年度執行成果報告，2024。
12. 經濟部，「電力系統與儲能」關鍵戰略 112 年年度執行成果報告，2024。
13. 農業部，「自然碳匯」關鍵戰略 112 年年度執行成果報告，2024。
14. 環境部，「淨零綠生活」關鍵戰略 112 年年度執行成果報告，2024。
15. 環境部，「資源循環零廢棄」關鍵戰略 112 年年度執行成果報告，2024。
16. 金融監督管理委員會，「綠色金融」關鍵戰略 112 年年度執行成果報告，2024。
17. 財團法人國際合作發展基金會：
<https://www.icdf.org.tw/wSite/mp?mp=1>
18. 聯合國氣候變化綱要公約官網-Support ，2023 年：https://unfccc.int/ttclear/support/technology-mechanism.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwjsi4BhB5EiwAFAL0YI9FH8_5XZI0JEL7vtzI66z6uv8nEnF2Go4Ig5AMM0ALhiqNDo2RhxoCvsMQAvD_BwE