

複合式淨零科技 前瞻布局

NET-ZERO SCIENCE & TECHNOLOGY POLICY

The systematic and integrated resource
planning approach



臺灣淨零科技方案推動小組

Taiwan Science and Technology Office for Net-zero Emission

複合式淨零科技 前瞻布局

NET-ZERO SCIENCE & TECHNOLOGY POLICY

The systematic and integrated resource
planning approach



臺灣淨零科技方案推動小組

Taiwan Science and Technology Office for Net-zero Emission



永續及前瞻能源



低減碳



負碳



循環



人文社會科學



臺灣南投冷杉和松樹林

Fir and Pine Trees in Nantou, Taiwan

序

我國行政院於 2023 年 3 月核定「淨零科技方案(第一期 2023~2026 年)」，提出永續及前瞻能源、低(減)碳、負碳、循環及人文社會科學等五大科技領域的發展架構，透過整合資源挹注淨零科技研發，以加速落實我國淨零政策目標，同年5月並成立臺灣淨零科技方案推動小組（以下簡稱推動小組)協助推動「淨零科技方案」之前瞻布局。推動小組邀集相關領域專家學者，組成五大科技領域專家群，協同智庫幕僚及利害關係人共同研擬提出八項複合式推動策略與一項沙盒試驗計畫，分別為：永續低碳氫(氨)能、複合式海域能源、前瞻深層地熱開發、淨零智慧電網、產業設備整合AIoT創新節電、碳封存整合社會治理、生物質永續能資源化、基盤設施與建成環境淨零轉型，以及公民團體創新示範與沙盒試驗計畫。基於系統性及整合性之科技研發策略布局，期待透過跨部會及跨域協作，實現淨零科技研發之前瞻部署及落實應用，進而加速達成我國 2050 淨零轉型目標。

研議團隊

淨零推動小組工作團隊

李明旭	臺灣淨零科技方案推動小組	主任
江茂雄	臺灣淨零科技方案推動小組	副主任
林耀東	臺灣淨零科技方案推動小組	副主任
周素卿	臺灣淨零科技方案推動小組	首席顧問
劉志文	臺灣淨零科技方案推動小組	永續及前瞻能源領域 / 召集人
洪緯璿	臺灣淨零科技方案推動小組	永續及前瞻能源領域 / 共同召集人
陳炳輝	臺灣淨零科技方案推動小組	低(減)碳領域 / 召集人
周至宏	臺灣淨零科技方案推動小組	低(減)碳領域 / 共同召集人
董瑞安	臺灣淨零科技方案推動小組	負碳領域 / 召集人
林耀東	臺灣淨零科技方案推動小組	循環領域 / 召集人
戴興盛	臺灣淨零科技方案推動小組	人文社會科學領域 / 召集人
羅良慧	臺灣淨零科技方案推動小組	執行長
陳明俐	臺灣淨零科技方案推動小組	副研究員
薄祥裕	臺灣淨零科技方案推動小組	副研究員
洪靖雅	臺灣淨零科技方案推動小組	專案佐理研究員
林志宇	臺灣淨零科技方案推動小組	專案管理員
楊心誼	臺灣淨零科技方案推動小組	專案管理員
何姿穎	臺灣淨零科技方案推動小組	專案管理員
陳冠婷	臺灣淨零科技方案推動小組	博士候選人
蘇威名	臺灣淨零科技方案推動小組	專案助理研究員
林盟凱	臺灣淨零科技方案推動小組	專案助理研究員
邱麟雅	臺灣淨零科技方案推動小組	專案佐理研究員
林宜樺	臺灣淨零科技方案推動小組	專案副管理師
李思儀	臺灣淨零科技方案推動小組	佐理研究員
楊士緯	臺灣淨零科技方案推動小組	助理研究員
王郁婷	臺灣淨零科技方案推動小組	專案管理員
杜宜軒	臺灣淨零科技方案推動小組	專案佐理研究員
薛沂	臺灣淨零科技方案推動小組	實習生

撰寫團隊與支援智庫單位

黃郁棻	國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心	研究員
黃品儒	國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心	佐理研究員
陳彥豪	台灣經濟研究院研究一所	所長
尤晴韻	台灣經濟研究院研究一所	副所長

許中駿	台灣經濟研究院研究一所	副主任
吳恆毓	台灣經濟研究院研究一所	副組長
呂凱尼	台灣經濟研究院研究一所	副組長
李玉貞	台灣經濟研究院研究一所	助理研究員
陳柏誼	台灣經濟研究院研究一所	助理研究員
吳婧儀	台灣經濟研究院研究一所	助理研究員
陳安峻	台灣經濟研究院研究一所	助理研究員
黃祥芝	台灣經濟研究院研究三所	副研究員
戴慧紋	台灣經濟研究院研究三所	副研究員
江守斌	台灣經濟研究院研究三所	助理研究員
陳韋伶	台灣野村總研諮詢顧問股份有限公司	資深顧問師
張立凡	台灣野村總研諮詢顧問股份有限公司	顧問師
洪明龍	財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所	組長
楊志彬	社團法人社區大學全國促進會	秘書長

複合式推動策略議題專家群

衛子健	國立清華大學化學工程學系(所)	教授
謝秉志	國立成功大學資源工程學系(所)	教授
王兆璋	國立中山大學海下科技研究所	教授
吳季珍	國立成功大學化學工程學系(所)	特聘教授
吳文方	國立臺灣大學機械工程學系暨研究所	教授
呂良正	財團法人台灣營建研究院	院長
林士剛	國立成功大學材料科學及工程學系(所)	教授
邱裕鈞	國立陽明交通大學運輸與物流管理學系	教授
盧宗成	國立陽明交通大學運輸與物流管理學系	特聘教授
劉雅瑄	國立臺灣大學地質科學系暨研究所	教授
洪慶章	國立中山大學海洋科學系	特聘教授
張嘉修	東海大學化學工程與材料工程學系	副校長
林鎮洋	國立臺北科技大學水環境研究中心	教授
吳嘉文	國立臺灣大學化學工程學系暨研究所	教授
馬鴻文	國立臺灣大學環境工程研究所	教授
楊浩彥	國立臺北商業大學財務金融系	教授
黃志彬	國立陽明交通大學環境工程研究所	終身講座教授
李永春	國立成功大學機械工程學系(所)	特聘教授
陳志勇	國立成功大學化學工程學系(所)	名譽教授



新北市·烏來區
Wulai District, New Taipei City

目錄

Contents

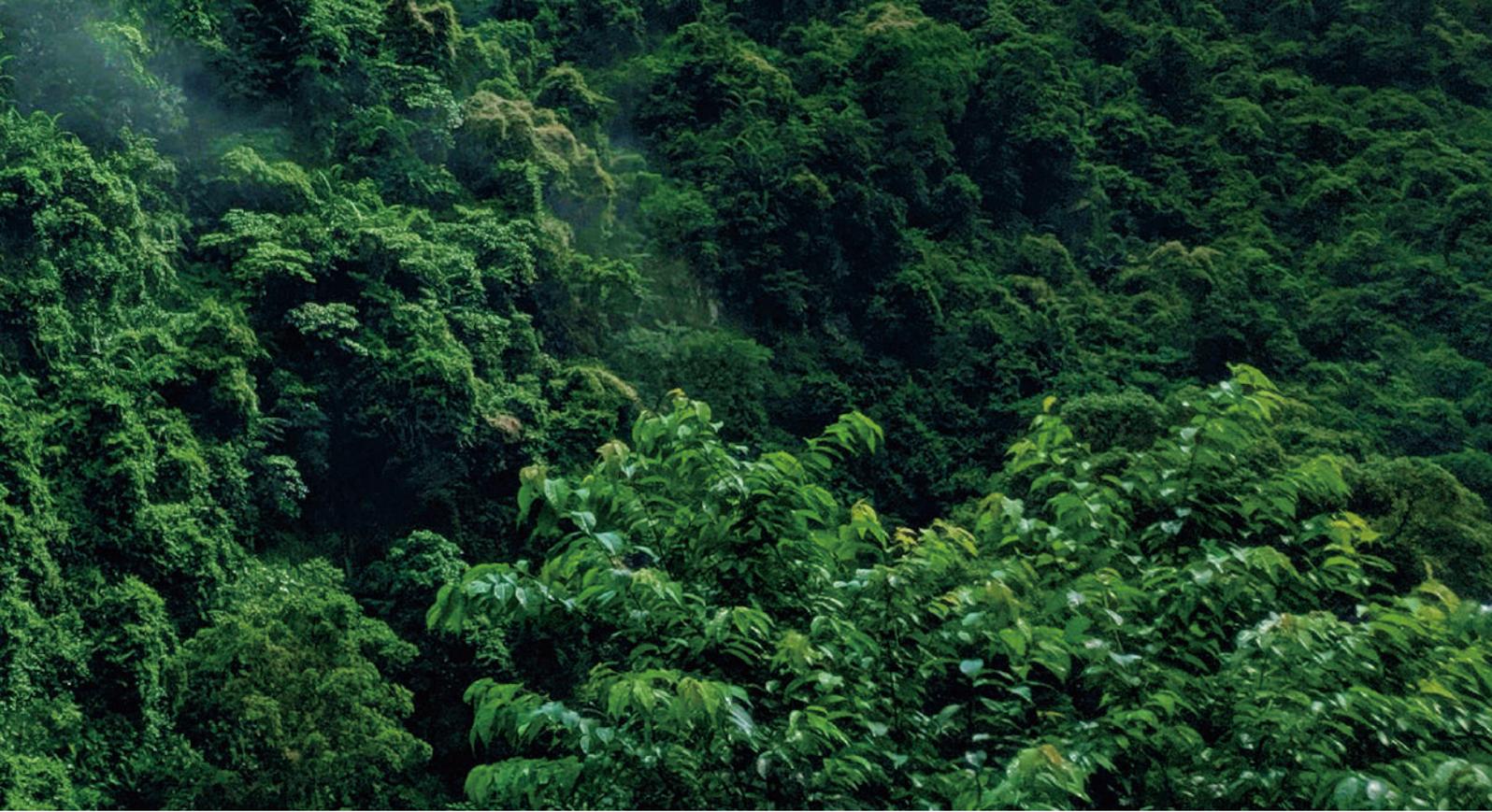
淨零科技複合式議題推動策略布局	10
-----------------	----

能源轉型科技面向

永續低碳氫(氨)能	16
複合式海域能源	20
前瞻地熱推動與綠色金融策略	24

去碳產業建構面向

產業設備整合 AIoT 創新節電	30
碳封存整合社會治理	34
生物質永續能資源化	38



淨零基礎建設面向

淨零智慧電網	44
基盤設施與建成環境淨零轉型	48

淨零社會推動面向

公民團體創新示範與沙盒試驗計畫	54
-----------------	----



淨零科技複合式議題 推動策略布局



推動複合式議題科技布局重要性

2023年，我國《氣候變遷因應法》納入2050淨零排放目標，行政院亦於同年核定「淨零科技方案」並成立指導委員會及臺灣淨零科技方案推動小組，展現我國實現淨零排放願景之決心。然淨零轉型為系統性工程，不僅需仰賴在地減排科技方案組合，亦涉及新興科技研發、治理體制、社會與產業投入等多面向課題，需透過跨部會、跨領域及跨層級單位協力推動方能達成淨零轉型目標。惟科技計畫執行方式以實踐個別領域計畫目標為主，較為欠缺介面整合或複合式推動規劃，可能面臨資源重複投入或未能透過互相協作共同達成國家整體淨零目標之課題。

當前各國視複合式能源系統(hybrid energy system)為國家能源供需體系去碳化的關鍵策略，除系統性評估整體資源及推動技術研發之外，亦重視整合性法規制定及市場機制形塑，並強化民眾溝通與參與。我國應基於整合資源規劃(Integrated Resource Planning, IRP)概念，綜合考量國內再生能源設置空間限制、綠電產出與電網穩定性、施工維運基礎設施容量、能源科技商業化進程及自然環境條件等因素，確保能源供給穩定，有效促進能源供需系統去碳化，降低對環境與社會的影響，以助於實現我國淨零轉型願景。據此，建議政府須整合現行淨零科技研發投入項目，以系統性路徑規劃，導入各項關鍵戰略及科技研發項目之間的協調機制，規劃並推動複合式議題科技政策與實踐策略。





複合式議題重點項目與推動機制

2023 年行政院科技顧問會議總結中，強調應發展符合臺灣地理環境特殊性之再生能源，以強化能源自主韌性，利用臺灣淨零轉型機會培養在地綠色供應鏈，規劃低碳氫能、複合式海域能源及深層式地熱之發展路徑。賴清德總統宣示將推動第二次能源轉型，發展多元綠能、智慧電網，強化電力系統韌性，將臺灣綠能運用極大化，透過碳捕捉封存等手段加快減碳速度，並推動數位與綠色產業的雙軸轉型，形塑淨零永續綠生活等。鑒於淨零科技議題具高度跨域特性，須以跨領域複合式主題為主軸，研擬系統性整合布局規劃，並強化跨部會協作以發揮綜效。臺灣淨零科技方案推動小組以淨零科技方案中永續及前瞻能源、低（減）碳、負碳、循環、人文社會科學等五大科技領域為基礎，衡量我國科技研發能量、科研投入配置現況及缺口，由供給面與需求面系統性評估技術、經濟、社會及環境可行性，提出複合式科技議題之重點科技布局策略（請參見圖 1）。

在辨識複合式科技議題項目方面，因應我國 2050 淨零排放目標，再生能源電力占比須達 60~70%。惟個別再生能源有電力產出不穩定且所需設置空間大的問題，再生能源開發須面對輸出電力的穩定性與韌性，以及空間利用競合等兩大挑戰，須以複合式利用方式拓展空間利用維度以增加綠電產出，透過智慧化、電力電子技術及前瞻運作機制強化電網韌性，且推動前瞻地熱工程技術研發，提供穩定基載能源，並以有效的能源載體（如低碳氫 / 氨）進行再生能源儲存與轉換並協助產業端應用降低碳排。面對可觀的減碳額度，須透過碳捕捉、封存與再利用及生物質循環利用直接削減碳排；產業面的減排則須導入數位化及人工智慧技術以強化節能成效；對於人居環境及基盤設施亦須整合性導入循環經濟、低碳智慧運輸及低碳營建工法以形塑永續、宜居、智慧的生活場域；在推動過程中則須基於整合資源規劃 (IRP) 視角並密切進行多元利害關係人溝通。



圖 1 臺灣淨零科技方案推動小組提出淨零科技前瞻布局

資料來源：臺灣淨零科技方案推動小組 (2024)。

據此，臺灣淨零科技方案推動小組目前於能源轉型科技面向提出「永續低碳氫(氨)能」、「複合式海域能源」及「前瞻深層地熱開發」之科技布局，於去碳產業建構面向提出「產業設備整合 AIoT 創新節電」、「碳封存整合社會治理」及「生物質永續能資源化」，於淨零基礎建設面向提出「淨零智慧電網」及「基盤設施與建成環境淨零轉型」等複合式議題，以及於淨零社會推動面向執行「公民團體創新示範與沙盒試驗計畫」，期望布局 2030 年具產業應用潛力之科技項目，擬定符合我國在地特性之推動策略，以跨部會、跨領域之複合式主題規劃與推動以發揮綜效；另一方面，持續透過沙盒試驗計畫進行創新研發與實作驗證，以發揮基層社群的科技力、網絡力及社會力。八項複合式議題涉及五大領域主要科技項目及議題請參見圖 2 所示，且各項複合式議題之推動

緣由、國內外政策與科研發展現況、推動策略架構、推動效益，以及沙盒試驗計畫執行歷程與概況則分別說明如後。

發展複合式科技布局將由總體資源整合規劃角度，實踐創新技術驗證、產業鏈形塑及支援體系建構等構面價值，需透過跨部會協作及產官學研跨域合作方能發揮綜效。臺灣淨零科技方案推動小組將陸續提出淨零科技複合式主題之科技布局規劃，盤點科研投入現況並辨識待強化之項目，透過跨部會及跨領域溝通、交流及協作，彙集相關部會、產業及民間團體代表之意見，鏈結各方專業共同規劃 (co-design) 科技布局，完善跨部門與跨層級治理策略與機制建議，以加速淨零科技成熟落地，協助帶動形塑在地產業生態系，實現淨零轉型願景。

■ 永續及前瞻能源 ■ 低減碳 ■ 負碳 ■ 循環 ■ 人文社會科學

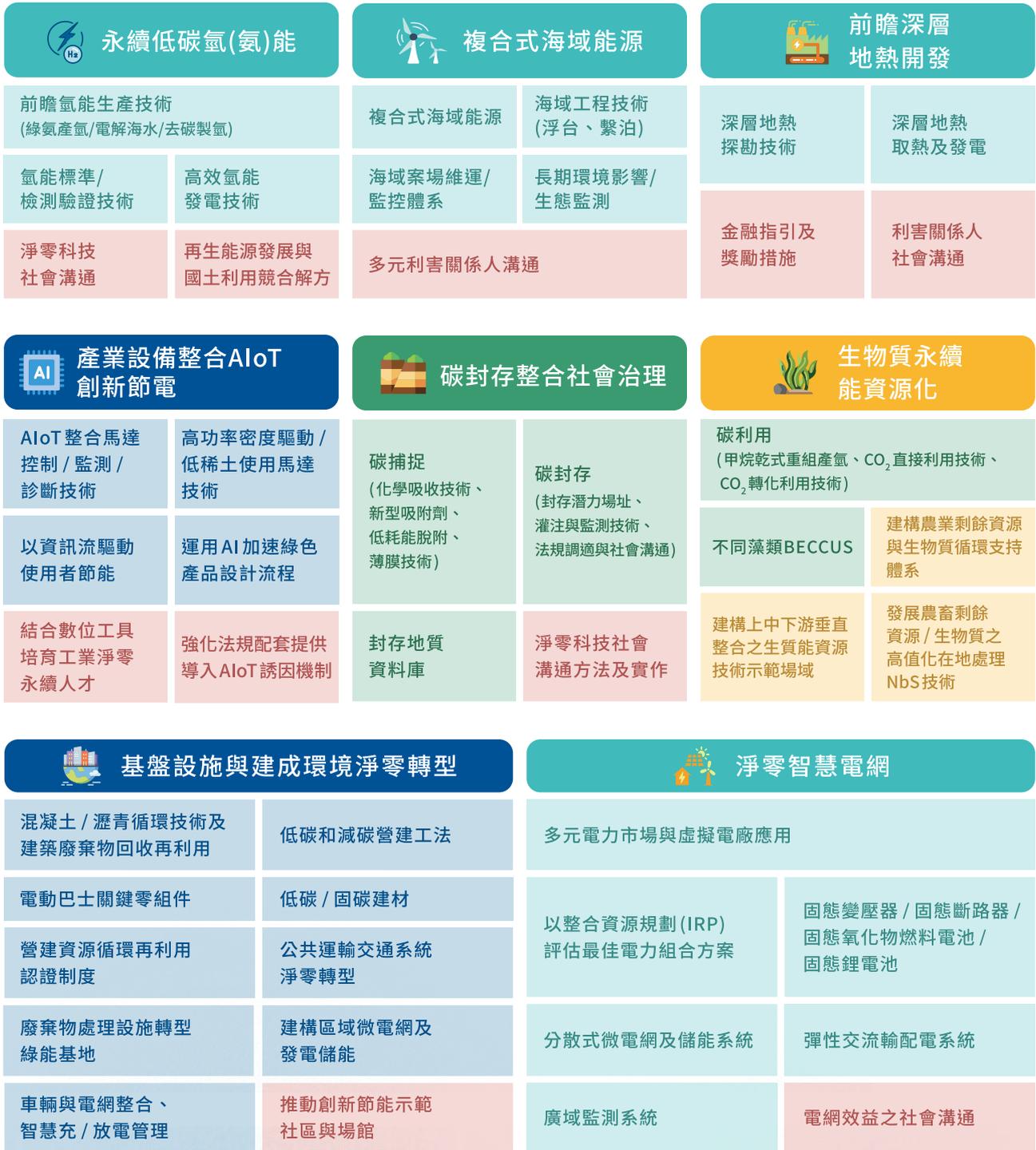


圖 2 各項複合式議題之重點科技項目及策略議題布局

資料來源：臺灣淨零科技方案推動小組 (2024)。



能源轉型科技面向

提升淨零能源調度彈性與單位生產效益，因應
電力穩定性 / 韌性及空間利用競合兩大挑戰。





Energy Transition Technologies



永續低碳氫（氨）能

- 🍃 氫能自主系統
- 🍃 永續低碳氫 / 氨產業生態系



永續及前瞻能源



人文社會科學

推動緣由

為達成 2050 淨碳排放目標，能源系統必須面對 (1) 綠電需求持續上升造成國土競合壓力；(2) 高綠電占比提升電力系統不可控性；(3) 國際綠氫 / 氨市場與技術尚未成熟，基礎設施投資成本高；(4) 國際碳管理規範日趨嚴格，國內低碳資源需求大幅增加等四大挑戰。氫能發展為我國達成 2050 淨零目標之重要關鍵角色。多元發展低碳氫能自產方式，可在兼

顧永續發展與既設能源基礎設施使用年限下，確保充足低碳能源來源，調和再生能源開發與空間競合，達成能源系統去碳化目標。為此，臺灣淨零科技方案推動小組（以下簡稱推動小組）將 (1) 建立穩定且可靠的低碳能源—氫 / 氨能自主系統，加速淨零轉型；(2) 建構永續低碳氫 / 氨產業生態系—整合技術及系統，進軍國際供應鏈，為兩大布局願景。

國內外發展現況

全球氫應用不斷增加，主要仍著重在傳統煉油和化學工業，並由化石燃料產氫。為實現氣候目標，需將現有應用中的氫氣使用轉變為低碳氫，並將應用擴展到重工業或長途運輸等新應用。國家發展委員會於 2022 年公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」[1]。2050 年長期目標為朝零碳發展淨零轉型中，

規劃建構氫能供需體系，以 9~12% 氫能搭配 60~70% 再生能源布建及 20~27% 燃氣機組搭配碳捕獲、再利用與封存 (Carbon Capture, Utilization and Storage, CCUS)，建構零碳電力系統。並成立「經濟部氫能推動小組」研議我國短中長期氫能供應推動策略，布局氫氣來源與規劃基礎設施。

推動策略架構

推動小組擬定七大策略 (請參見圖 3) 以實踐「創新技術研發」、「永續產業發展」、「共生環境建構」之三大構面價值，並於 2023 年第一次淨零科技方案

指導會議指導裁示，啟動跨部會共同規劃永續低碳氫 (氫) 能推動策略，先針對基礎設施取得共識，後續再推動關鍵技術進行布局。

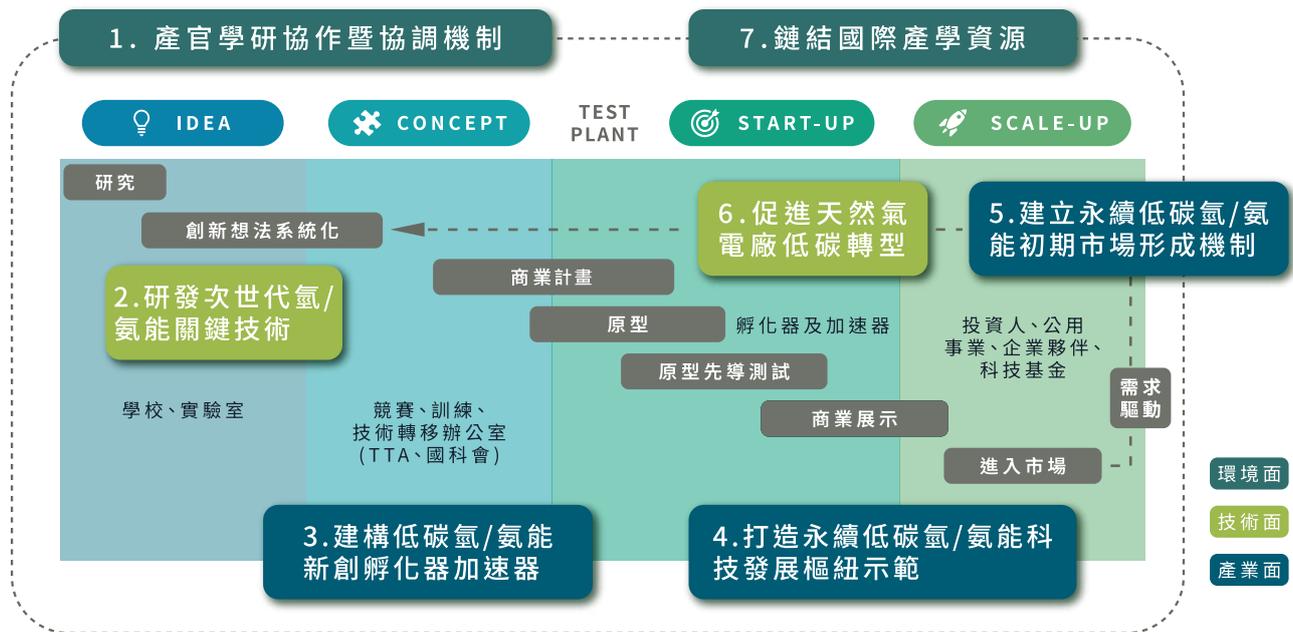


圖 3 永續低碳氫 (氫) 能之推動策略布局

資料來源：臺灣淨零科技方案推動小組 (2023)；DOE(2019)[2]

策略一：產官學研協作暨協調機制

永續低碳氫 (氫) 能科技政策布局為國家透過氫技術供應鏈創造產業，促進未來經濟發展的機會。然而，無論在相關前瞻技術研發、生產技術規模提升，以及創造需求和確保永續低碳氫 / 氫採購使用者等面

向都充滿挑戰。需產官學研共同協作建立複雜價值鏈，俾利克服這些挑戰。建議由行政院層級統籌籌部會定期召集聯繫會議，促進相關單位協作與協調，建立資訊交流與溝通平台。

策略二：研發次世代氫 / 氫能關鍵技術

本策略規劃投入具減碳效益大、前瞻之技術成熟度 (Technology Readiness Level, TRL) 較低，且可增加零碳電力供給量之氫 / 氫能關鍵技術研發，並以永續低碳氫 / 氫生產技術為重點研發項目。規劃發展技術項目如下：(1) 氫生產：包含次世代海水電解槽技術、甲烷熱解產氫技術、綠氫裂解產氫技術。(2) 氫應用：包含混 / 專燒氫能渦輪發電機技術、高效能燃料電池技術、綠色天然氣技術 (CO₂ 捕捉 + 國際綠氫)。(3) 氫基礎設施：包含氫能安全輸儲技術、綠氫標準、檢測、認證。

策略三：建構低碳氫 / 氫能新創孵化器加速器

引導新創企業成為新興科技典範，加速進入國際市場，帶動臺灣新興產業發展。預計藉由打造適合低碳氫 / 氫能新創發展環境，及鼓勵低碳氫 / 氫能新創之孵育措施，以期持續激勵在地新創出現，提升出口競爭力，同時推動國內產業發展。

策略四：打造永續低碳氫 / 氫能科技發展樞紐示範

藉由實場域驗證次世代氫 / 氫能關鍵技術，且相關驗證結果可反饋精進至前瞻技術研究。擬於臺南沙崙智慧綠能科學城以及臺中港與臺中火力電廠，以太陽光電 (沙崙)、離岸風電 (臺中港區) 為產氫電力來源，以前瞻製氫技術配搭七大策略布局，建構二類樣態低碳氫 / 氫能供需樞紐，推進產業生態系成形。

為落實該項策略，推動小組 2024 年度規劃前瞻低碳能源園區，該園區初步構想為整合臺中地區低碳能源產業資源，建構國內產業實績，以及提供產學研所需之研發資源，形塑我國低碳能源產業生態系。爰此，園區整體規劃布局園區將分兩大區塊，分別為低碳能源示範樞紐 (Hub)、低碳能源科技研發測試中心 (Park)，如圖 4 所示。

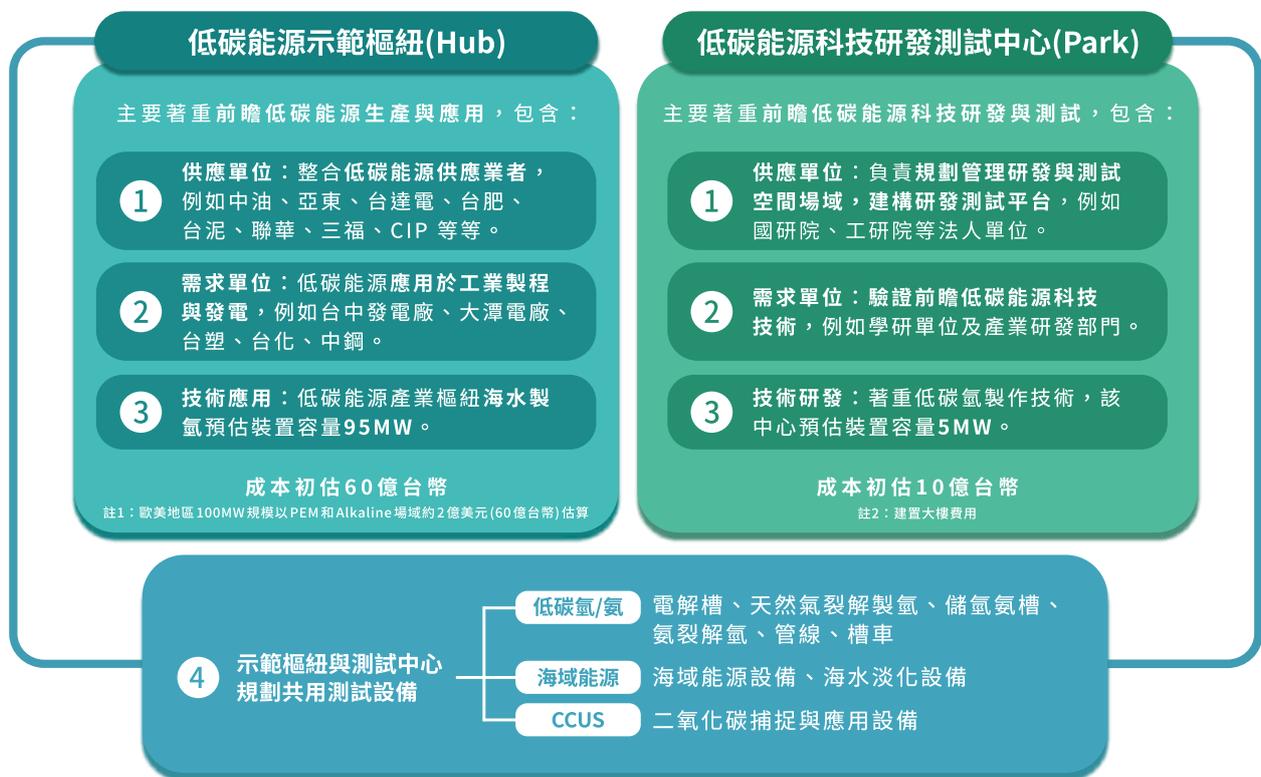


圖 4 前瞻低碳能源園區規劃

資料來源：臺灣淨零科技方案推動小組 (2024)。

策略五：建立永續低碳氫 / 氫能初期市場形成機制

氫 / 氫能從製造、中間輸配和儲存，到終端應用，為複雜價值供應鏈。在促進市場發展過程中，必須先打破限制。目前許多相關法規制定，因技術和價值鏈仍在發展階段，而無法周全，因此在推動初期需仰賴政府支持形成機制。預計透過設計科技沙盒機制與落實，並建立低碳氫 / 氫標準驗證與氫 / 氫設備安全規範，以協助打造從技術、產業到市場的產業生態系。

策略六：促進天然氣電廠低碳轉型

天然氣電廠低碳轉型可有效抑低我國電力排放係數，擬協調產、官、學、研協力推動二大技術研發，以促進天然氣電廠低碳轉型，並建構永續低碳氫循環機制：(1) 混燒「甲烷熱解去碳製氫」並配合二氧化碳捕捉技術，以處理混燒發電碳排並提供零碳電力；(2) 捕獲二氧化碳運往綠氫生產國，以人工合成「綠色天然氣」，可運回國內直接利用並降低電力排放係數。

策略七：鏈結國際產學資源

國際氫能發展如加拿大、德國、美國等標竿國家，已投入相當資研發資源。因此，借鏡標竿國家科技研發與產業發展經驗，鏈結國際產學資源可加速我國自主永續低碳氫（氫）能科技發展。實際做法可分兩階段：(1) 以學術前瞻科技共同研究為基礎；(2) 再以雙邊氫能前瞻科技研究平台為基礎，擴大產業參與，共同推進商業等級示範合作。

為推動與標竿國家淨零科技之國際合作，推動小組於 2023 年與我國駐澳代表處進行交流會議，主要討論臺澳未來永續低碳氫（氫）能科技布局合作議題，後續將持續與駐澳代表處交流，以支持與掌握臺澳雙方氫能科技發展與資源。另於 2024 年藉由德國、法國、智利進行交流討論，與國際單位逐步建立實際合作。

推動效益

穩定發電來源、發電系統強韌性與去碳化

永續低碳氫（氫）能科技布局規劃提高氫能自產比率，以創造穩定發電來源，兼顧發電系統強韌性與去碳化，為達成 2050 淨零排放重要關鍵，亦創造新興產業與促進未來經濟發展。藉由跨部會協作與跨能

源（如低碳氫 / 氫、風力發電、太陽能等）整合，共同推動前瞻低碳能源示範園區，驗證可行技術與商業模式，推進低碳氫 / 氫能產業生態系，銜接「氫能」關鍵戰略行動計畫與 2050 淨零目標。

參考文獻

- [1] 國發會 (2022 年 3 月 30 日)。臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明。
- [2] DOE(2019) Pathways To Success: Clean Energy Innovation Ecosystems



複合式海域能源

- ❖ 複合式開發海域再生能源，助力實現我國淨零轉型
- ❖ 建構海域能源產業生態系，爭取進軍國際供應鏈

圖片來源：國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系 江茂雄特聘教授兼工學院院長提供



永續及前瞻能源



人文社會科學

推動緣由

因應我國 2050 淨零排放目標，再生能源電力占比須達 60~70%，惟個別再生能源有電力產出不穩定且所需設置空間大的問題，再生能源開發須面對輸出電力的穩定性以及空間利用競合等兩大挑戰。發展複合式海域能源不僅利用多元能源來源互補提高海域能源基載電力輸出，透過共用基礎設施亦可降低整體設置與發電成本並加速產業化進程，更能提升海域空間利用效率，突破我國有限國土限制，提供更穩定的

零碳電力系統。當前為我國浮動式離岸風電場域配置與技術應用規劃之關鍵時間點，鑒於國際浮動式風電技術處於驗證階段，複合式開發離岸再生能源亦為重要發展趨勢，應掌握產業發展先機，加速整合浮式風電、波浪發電、洋流發電、離岸太陽光電等海域能源技術，提升我國海域能源技術成熟度，帶動國內產業生態系並形塑產業鏈。

國內外發展現況

國際複合式離岸再生能源仍處於驗證階段，我國應配合浮動式離岸風場開發進程，掌握複合式海域能源產業發展先機

海域能源開發除固定式離岸風電已較成熟外，其他方式由於發電成本偏高，各國技術進程多為測試階段，在實海域商轉營運的成功案例有限。當前國際朝向推動浮動式風電與波浪發電或離岸光電的組合方案測試，如以荷蘭海洋能源中心 (Dutch Marine Energy Centre, DMEC) 為首的 16 家歐洲能源公司和研究小組所組成的團隊，啟動一項耗資 4,500 萬歐元（約新臺幣 14.9 億元）的專案建置多來源的海上再生能源園區 [1]。其中歐洲可擴展離岸再生能源 (European Scalable Offshore Renewable Energy Sources, EU-SCORES) 專案投入 3,480 萬歐元，目的在於充分運用海域空間，利用浮式風機與波浪發電複合，或是浮式風機與浮式太陽光電複合，透過互補的型式達到更穩定及彈性輸出電力的好處，亦將評估結合綠氫生產的可行性。EU-SCORES 主要推動兩項有影響力的示範項目，均於 2023-2024 年進行部署，2025 年進入規模化推動階段 [2]。

因應未來低碳電力之需求，我國積極推動各項再生能源設置與技術發展。其中海域再生能源朝向大水深、浮動式離岸風力發電機組發展，並積極拓展浮動式太陽光電與海洋能，惟尚待技術驗證、規模化與環境資料調查。觀諸國內海域能源相關科技計畫投入，各部會近年來在浮式風電、浮式光電、岸基式 / 點吸收式波浪發電及黑潮發電等逐步投入技術開發，惟技術成熟度介於 TRL 4-5 之間，尚未展開整合性海域能源科技布局，中游海事工程相關技術亦存在技術缺口（詳見圖 5 所示）。我國已具海域調查、水下工程等發展海域能源相關的條件與基礎，產業鏈亦已逐步發展，透過槓桿較成熟或開發中之離岸風電場域，共用近海淺水區域基礎設施，有助於加速離岸海域能源與光電產業化進程。科研端須建立海域空間圖譜，掌握環境條件並評估最適合開發區塊，並針對潛在社會衝突進行社會溝通，降低環境生態與社會衝擊。

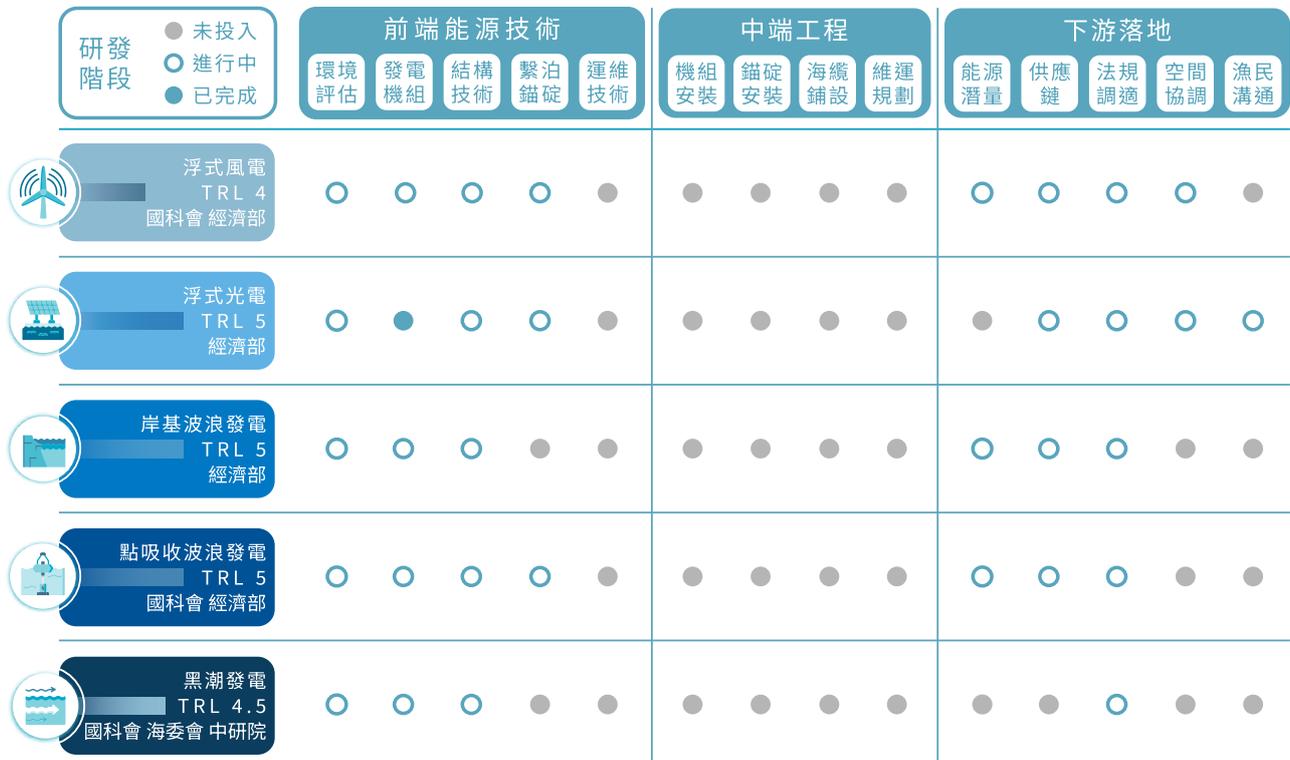


圖 5 複合式海域能源科研投入概況分析

資料來源：臺灣淨零科技方案推動小組 (2024)。

推動策略架構

七大策略實現創新技術驗證（科研面）、海域能源產業鏈形塑（產業面）及支援體系建構（治理面）之核心價值

因應 2050 年淨零轉型，我國應積極開發海域再生能源潛能，調和國土競合需求並建構海域能源產業鏈。循此，本小組依據海域能源技術創新鏈 (Innovation Chain) 概念提出複合式海域能源科技布局，透過整合推動七項策略，期能提升海域能源技術

成熟度與海域空間利用效率，實現創新技術驗證（科研面）、海域能源產業鏈形塑（產業面）及支援體系建構（治理面）等三項構面之核心價值，以系統性減碳路徑規劃協助我國邁向淨零目標（請參見圖 6），各項策略意涵簡述如下。

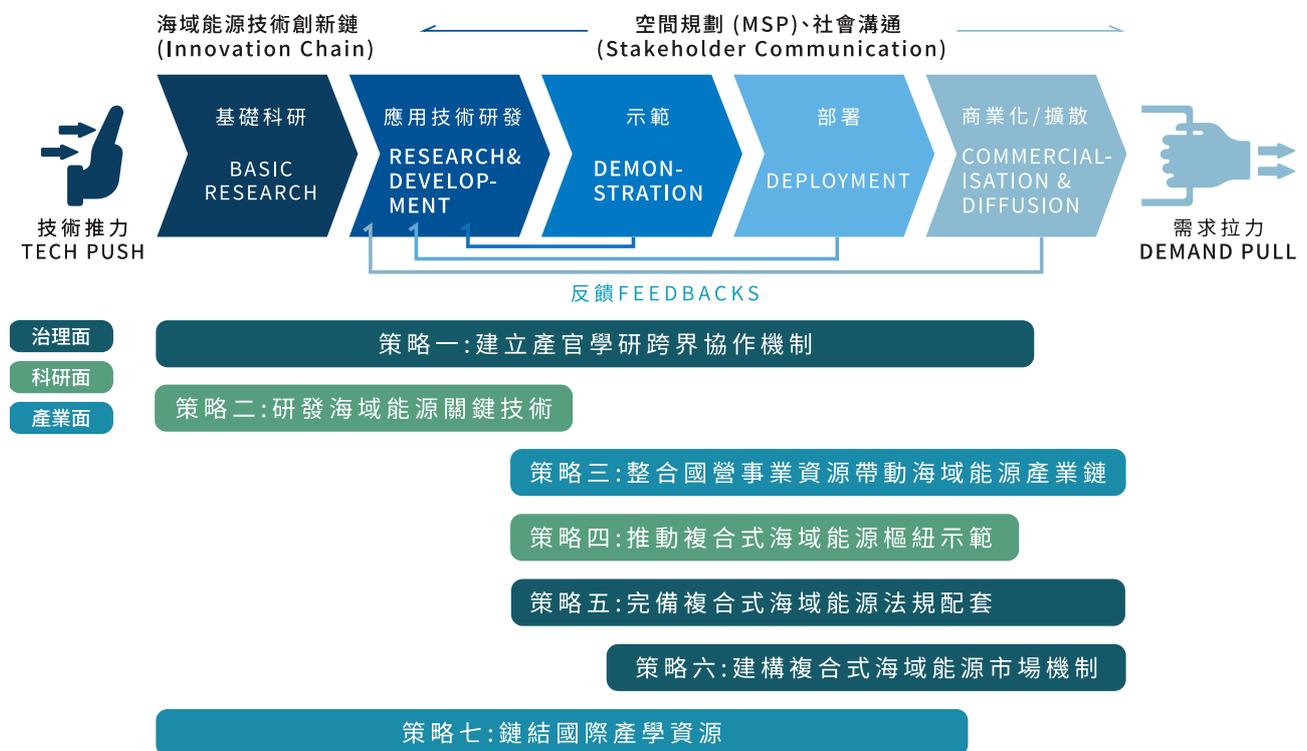


圖 6 基於技術創新鏈進行複合式海域能源科技布局

資料來源：臺灣淨零科技方案推動小組 (2024)。

策略一：建立產官學研跨界協作機制

以「克服前瞻技術瓶頸」、「整合跨部門資源」、「切入藍海產業市場」、「活化市場機制」等為核心議題，透過產官學研共同協作建立價值鏈，強化公私協作機制與社會溝通。

策略二：研發海域能源關鍵技術

關鍵技術涵蓋發電 / 能源轉換技術與系統設計、海事工程及電力傳輸、基礎設施及支援體系三大類別，研發目標為提高機組效率、可靠性及穩定性，共構 / 共置發電進行實場域驗證，提高運維效率並監測環境生態影響。

策略三：整合國營事業資源帶動海域能源產業鏈

整合國營事業（如台電、中油）資源，透過實海域示範推升技術成熟度，以典範案例強化產業與金融機構投資信心，帶動產業鏈多元全面發展。

策略四：推動複合式海域能源樞紐示範

擬於國營事業既有離岸風機場域進行海域能源發電技術檢測與系統整合評估，提供關鍵技術標準驗證的場域與服務，建立長期環境監測與海域資料治理機制並導入營運模式概念規劃，以完善技術落地部署與商轉前的準備，逐步建構海域能源產業生態系。

策略五：完備複合式海域能源法規配套

海域能源相關法規涉及跨部會主管機關主責業務，海域之使用或限制各有其管理目的，可能造成海域利用的排他性或同一海域涉及多部法規之競合關係，亟待透過完善法規配套以協調並調和海域使用。

策略六：建構複合式海域能源市場機制

海域能源發展初期應建構商業生態系及投融资市場機制，中長期強化複合式海域能源在地產業鏈及市場的健全發展，提升國內金融業者投融资意願並促進國家融資保證進場。

策略七：鏈結國際產學資源

優先透過我國既有的國際合作交流平台並鏈結國內產業公會之潛力廠商，建立與標竿國家間的研究交流及合作機會。

推動效益

「複合式海域能源」分就科研、產業與治理三大構面提出七項策略，預期可達成的效益包括：利用海域風、光、波之再生能源互補特性**提高容量因數及發電穩定性**，增加綠電供給並提高併網穩定度；**共用基礎設施降低成本**，有助於加速海域能源技術商業化進程；以我國風場開發經驗、海事工程與浮式平台技術為基礎，掌握產業鏈發展先機，**形塑海域能源產業生態系**；以多元化應用**有效利用海域空間**，調和

海域空間競合及兼顧海洋生態保育；**協力多元利害關係人建立夥伴關係**。呼應政府推動國家希望工程、啟動第二次能源轉型等政策方向，基於整合資源規劃 (Integrated Resource Planning, IRP) 概念，配合浮動式離岸風場開發進程加速推動複合式海域能源開發，以助於實現我國淨零轉型願景。

參考文獻

- [1] CorPower Ocean (2022). The rise of hybrid marine energy parks: An interview with Dutch Marine Energy Centre (DMEC). <https://corpowersocean.com/the-rise-of-hybrid-marine-energy-parks-an-interview-with-dutch-marine-energy-centre-dmec-project-coordinator-benjamin-lehner/>
- [2] EU-SCORES (2023). EU-SCORES: European Scalable Offshore Renewable Energy Source. EU-SCORES website. <https://euscores.eu/>

前瞻地熱推動與綠色金融策略

地熱作為穩定且可持續供應的綠能是邁向淨零排放的關鍵



永續及前瞻能源



人文社會科學

推動緣由

全球溫室效應所引發的種種環境問題，尋求乾淨、再生的能源及減少二氧化碳的排放，成為各國政府現今最重要的挑戰。有別於容易受天氣影響的風力和太陽能，位於地底下的地熱屬於基載能源，除非設備發生故障，否則可以 24 小時全年無休地提供電力，故被先進各國視為重要綠能之一並積極開發。地熱發電效率比太陽能和風力發電高，可完善儲存電力和應用於各個層面，是一個能減少對化石燃料倚賴，並減少碳排放的最佳選擇。

臺灣位處環太平洋火山帶，地下仍有非常旺盛的板塊及火山運動，提供了臺灣相對豐富的地熱資源 [1]，深具發展之潛力。我國地熱裝置容量目標為 2025 年達 20MW、2030 年達 10 倍增、2050 年達 6GW [2]，主要推動方向為明確地熱潛能區、短期擴充鑽井量能、長期佈局新興次世代取熱技術等。

國內外發展現況

地熱能源在全球能源轉型中扮演著越來越重要的角色，各國政府和企業正積極投入資源，推動地熱發電技術的創新與應用，以實現永續發展目標。地熱發電項目通常需要高昂的前期資本，尤其是探勘、鑽井等初期階段，如何有效降低資金壓力，鼓勵民營部門參與地熱開發，各國都投入大量政策支援措施：包括訂定專法、法規鬆綁、金融工具投入、資金補助、稅務補貼等，透過引導資金促成投資及產業追求綠色永續發展之良性循環。

根據經濟部能源署統計，截至 2023 年止，臺灣的火力發電佔總發電比例為 83.14%，而地熱發電僅有 0.01%。臺灣因獨特地理位置及天然優勢，地熱能深具發展潛力，為鼓勵地熱開發，臺灣政府近年已逐步推出相關政策，包括：經濟部於 2022 年成立「地熱發電單一服務窗口」，以簡化開發流程 [3]，協調跨部會法規，並發布「地熱能探勘與開發許可及管理辦法」進一步明確了地熱開發的規範和流程，提供開發商更穩健的法律依據；地礦中心現於 10 處地熱潛能區持續進行地熱探勘，並已建置地熱探勘資訊平臺，將地熱資源分布相關調查分析之探勘成果，公開各界參用，以承擔探勘前期之風險。

此外，國營事業中油及台電公司皆帶頭開發國內深層地熱。中油近年積極與國際地熱領導業者合作導入深層地熱技術，並規劃於 2024 年底宜蘭員山

開鑽國內第一口 4 公里深井，目標建置 25 MW 大規模深層地熱示範案；台電則於大屯山進行地熱探勘，未來將與國際知名地熱開發商及技術服務公司聯合探勘，後續將視探勘成果評估開發建廠之可行性。學研單位部分，中研院主要著重地球物理探測、地球化學分析等研究，作為我國地熱關鍵學術顧問，將與中油合作在宜蘭員山進行 4~5 公里深層地熱探勘；工研院擁有國內領先的地球物理探測技術，協助探勘國內之重要潛能地熱區，具有執行經濟部地熱能源科技研究發展計畫之經驗；臺灣大學、中央大學、成功大學等則投入地球物理探測、地質分析調查、地質模型、環境影響 / 風險評估、生產模擬、經濟分析等研究議題。

在資金支持上，透過「地熱能發電示範獎勵辦法」提供最高 50% 的風險分攤機制，類似於鑽井保險，且帶有無息貸款的性質，這為地熱開發創造了更具吸引力的融資條件。此外，已有銀行開始提供地熱電廠的設備融資，如：永豐銀行針對台東縣太麻里鄉金崙地區，以獨家融資方式，提供興建地熱電廠所需資金。土地銀行也提供將捷集團子公司結元能源融資 7.2 億元，支應「新北市硫磺子坪地熱發電示範區」開發營運資金，透過金融機構的投融資支持，進一步降低了開發門檻。

推動策略架構

地熱作為具穩定性的基載能源，在臺灣實現綠色轉型的過程中具備關鍵意義。透過回顧臺灣地熱發展潛力、當前的政策支持，並借鑒多個國家的成功經驗，從日本的政府資金擔保 [4]、印尼的法規架構 [5]，到土耳其的躉購價格制度和設備補貼。這些國家的經驗表明，有效的政策工具與創新金融機制是地熱發展的重要推動力。

策略一：投入地熱能源探勘及前瞻工程技術研發

可參考日本、土耳其作法，早期由政府承擔更多初期探勘風險，經濟部地質調查及礦業管理中心將地熱調查列為長期重點業務，統籌全國地熱潛能區調查工作，未來可以與中油合作，中油過去油井鑽井經驗豐富，透過累積新的鑽井地質資料，公開給開發商參考，降低開發商的初期探勘風險。

在技術部分，應持續投入深層式地熱發電先進技術研發，例如：進階型 (Advanced Geothermal System, AGS) 技術、增強型 (Enhanced Geothermal

System, EGS) 技術、超臨界地熱發電技術 (Supercritical Geothermal System, SGS)、高效探勘技術、儲集層工程與管理，以及科研計畫等，並應要求一定比例技術要實際落實到地熱開發區內。

策略二：強化地熱開發法規配套研議，健全開發環境

地熱能開發各進程，涉及溫泉探勘與利用、原

住民族土地、水土保持、環境生態與電廠建置等議題，目前均有各行政機關依其業管法規及權責規範，為了協助突破地熱發展瓶頸，政府應積極調適相關法規，如：再生能源發展條例中的地熱專章內容，明定地熱探勘、開發、營運階段相關申請、審查程序，相關許可由中央主導並會同地方進行審查，但在地熱開發上仍有許多法規放寬之議題待突破（例如：土地權、環境評估…等）。



圖 7 國內先進地熱技術與綠色金融推動布局規劃

資料來源：臺灣淨零科技方案推動小組 (2024)。

策略三：完善地熱綠色金融與風險管理機制，吸引民間參與

金融機構在地熱投融資的實務上所面臨的困難，包括：前期探鑽成本太難以掌控且投入成本過大，風險與效益顯不對稱；國內具備開發、興建、商轉經驗的業者過於稀少；地熱在國內再生能源發展較為新穎，其躉購費率相對風光電偏低，且政策支持力道、行政流程、市場及產業面等，都尚待完備。如何協助金融機構願意投入資金到地熱發電領域，將成為地熱開發重要關鍵。

由於深層式地熱開發為高投資、高風險，短期無法進入再生能源自由市場，建議政府可以成立地熱開發基金，透過成功地熱開發案例回饋並累積基金規模，以支持後續地熱先期探勘開發作業，降低開發風險與成本，讓地熱產業發展具有可持續性，達成 GW 規模。

未來建議經濟部會同相關部會，可以提供地熱資源技術風險分析等資訊，協助金管會，進一步擬定更為完善的地熱技術研發投融資認定方法與範圍，以協助後續金融機構審核，加速金融機構進行投融資。

策略四：建立人才培育及國際合作平台，提升深層地熱技術能量

地熱發電之發展，可分為資源探勘評估、鑽井驗證生產、電廠開發營運及環境資源管理等階段，皆且須熟悉本地熱地質構造之專業經驗人士協助，但而該經驗卻不容易尋求國外協助。因此，一方面初期發展不易且風險高，另一方面因為必須仰賴本土專業人士，因此培養我國本土具有地熱發電實務經驗的人才更為重要。

策略五：建立公民參與機制，建立地熱開發社會意識

申請地熱能探勘或開發涉及原住民族土地或部落及其周邊土地，應於申請前依《原住民族基本法》規定辦理諮商並取得其同意，原住民得分享相關利

益。為積極促進業者規劃開發地熱能，可考慮仿效紐西蘭與當地土著毛利人合作開發地熱能發電之方式。紐西蘭協助毛利人成立信託公司作為溝通平台，除可共享地熱能開發利益，亦可兼顧環境保護與滿足當地住民之需求，透過機制設計，強化公民參與，建立地熱開發的社會意識。

策略六：以國營企業潛在開發案場推動深層地熱科技示範

國營事業中油及台電公司皆帶頭開發國內深層地熱，中油近年積極與國際地熱領導業者合作導入深層地熱技術，並規劃於 2024 年底宜蘭員山開鑽國內第一口 4 公里深井，目標建置 25 MW 大規模深層地熱示範案；而台電則於大屯山進行地熱探勘，未來將與國際知名地熱開發商及技術服務公司聯合探勘，後續將視探勘成果以評估開發建廠之可行性。

推動效益

提升臺灣地熱發展規模與效率，加速淨零轉型

地熱屬於穩定的基載能源，能全年無間斷發電，減少臺灣對化石燃料的依賴，**提升能源自主性**，且地熱發電符合臺灣邁向淨零轉型的政策目標，達成**推動永續發展**的目標。另外，藉由導入綠色金融工具，有助於引導資金投入地熱產業，提升產業規模，**促進**

綠色經濟成長。最後，借鏡國際經驗與技術，並與成熟的國際開發商合作，有助於**提升臺灣地熱開發技術成熟度和效率**，使地熱能源真正成為臺灣綠色轉型的重要基石。

參考文獻

- [1] 林子耕. (2018). 地熱發電：台灣發展地熱發電之優勢. 科技大觀園. <https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/c000003/detail?ID=73cecc88-f60d-4f46-8aa0-4d6a4586606b>，最後檢視時間，2024.10.10
- [2] EnergyOMNI. <https://www.energy-omni.com/product/detail/AT005005>，最後檢視時間，2024.10.10
- [3] 地熱發電單一服務窗口. <https://www.geothermaltaiwan.org.tw/>，最後檢視時間，2024.10.20
- [4] 日本 JOGMEC 地熱開發推動戰略. <https://www.jogmec.go.jp/geothermal/index.html> 最後檢視時間，2024.10.20
- [5] Pambudi, N. A., & Ulfa, D. K. (2024). The geothermal energy landscape in Indonesia: A comprehensive 2023 update on power generation, policies, risks, phase and the role of education. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 189. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032123008663?via%3Dihub>

去碳產業建構面向

透過去碳 / 循環技術直接降低碳排，並於工業應用端導入數位化及人工智慧技術以強化節能成效。





Decarbonized Industry Development

產業設備整合 AIoT 創新節電

工業馬達導入人工智慧物聯網



低減碳



人文社會科學

推動緣由

我國製造部門、住商部門及運輸部門占總體排放量近 8 成 [1]。其中，製造部門占我國過半的碳排放量，若進一步分析製造部門 2022 年排放結構，以電力為主（約 64%）、其次為非電力（約 22%）及製程排放（約 14%） [2]。此外，我國生產型態因能源轉型政策、產業高值化，將原先採用燃料的產業製程逐漸轉向電氣化，導致未來電力需求提升。有鑑於此，建議優先從製造部門的電力消費著手，加速達成我國淨零排放目標。

其中針對馬達及其驅動系統的能耗占比高，應

用層面廣泛，且未來全球使用數量有上升趨勢。加之國際碳管理及永續供應鏈的壓力，使「工業馬達」成為工業部門減碳的關鍵切入點。為此本規劃布局以工業馬達作為關鍵切入點，經由導入人工智慧物聯網 (The Artificial Intelligence of Things, AIoT)，推動藉「資訊流」驅動及結合變頻智慧控制技術的創新策略，進而促進維持設備高效運轉、節能設備精進、降低生產成本與應對碳管制的衝擊，以提升產業競爭力以及鞏固在全球價值鏈中的優勢地位。

國內外發展現況

根據國際能源總署 (International Energy Agency, IEA)[3]，馬達及其驅動系統占全球總電力消耗約 53%，我國則占工業部門能源大用戶約 78% 用電量 [4]。此外，隨著終端能源使用部門朝向電氣化發展，馬達使用量有望大幅提升。然馬達使用年限可達 20 年，且其效率會因電氣損失、機械損失、電磁損失等因素而逐年劣化。若無法維持馬達設備高效率運轉，將成為淨零路上的重大阻礙。

根據市場調查結果顯示 [5]，我國三相感應馬達年內銷量達 104.3 萬台，主要應用於產業機械、工具機等領域，馬力數以 1~10HP 占比 48.3% 為大宗。我國已有多家廠商（如東元、大同、國帥等）量產符合 IE4(International Efficiency, IE) 效率等級的馬達產品。此外，東元、大同等業者亦投入研發 IE5 等級高效率馬達，業已推出相關產品，未來將持續投入永磁、同步磁阻馬達及變壓器研發。

在科技研發方面，相關單位除投入前瞻馬達節能控制技術、材料及驅動系統等技術開發外，亦投入既有系統的節能控制技術改良、再生料源應用於馬達製造，並且制定相關能效標準。近年科技計畫著重於開發超高功率密度馬達驅動器、低稀土使用的高效馬達、高寬扁平線繞線製程等。另一方面，「數位國家創新經濟發展方案」、「臺灣 AI 行動計畫 2.0」亦積極推動業者投入人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 新興技術研發與落地，促進產業數位轉型，以保持我國全球科技領先地位。

綜合上述，我國已經具備生產高效能馬達設備的產業基礎，以及 AI 創新應用科研及商業化能力，未來需積極推動工業部門設備導入 AIoT 應用，並持續提升關鍵技術能力，以因應產業面對減碳的迫切需求。

推動策略架構

為進一步落實相關布局策略，以下針對科技研發、產業、社會及治理等四項構面，系統性整合後提出五大策略（請詳見圖 8），形構「產業設備整合 AIoT 創新節電」，後續將持續進行跨部會 / 跨領域交流與協調，廣納各界專家學者建議，據以完善相關實施策略。

策略一：AIoT 整合馬達設備之技術開發

除持續開發與驗證高效率設備技術，例如永磁馬達、同步磁阻馬達、變壓器、低成本電流整合測試技術之外，為儘早因應我國數位轉型趨勢，將優先投入 AIoT 技術開發與驗證，如雲端智慧分析 [6]、運轉監測診斷（可延長使用週期、避免停機損失）、

變頻智慧控制技術等，並且持續擴大技術適用設備種類及其他工業設備（例如鍋爐）、強化監測評估與 AI 演算法精準度。

策略二：透過數位工具培育工業節能人才

我國勞動人口高齡化將影響勞動力供給，進而危及公共運作與競爭力。在人才數量的限制下，為達成 2050 年淨零排放目標，需藉助數位工具協助培育工業淨零永續人才。後續規劃與公協會及學研機構合作，建立行業經驗資料庫，並導入 AI 工具強化學習效率，例如透過 AI 加速綠色產品設計流程，以因應人口結構變化及減碳需求帶來的衝擊。

願景

提升工業部門能源使用效率和降低製程耗能與生產成本。
降低產業面對碳稅的衝擊，提升產業競爭力，進軍國際供應鏈。



圖 8 產業設備整合 AIoT 創新節電

資料來源：臺灣淨零科技方案推動小組 (2024)。

策略三：法規配套措施中導入 AIoT 誘因機制

為推行節能減碳，我國主管機關推動高效能動力、公用設備汰換補助，然而現行措施側重於購買階段，難以有效管理設備後續運轉效率。為此，將推動相關部會在補助措施中，加入廠商導入 AIoT 技術的額外補助誘因，輔以綠色金融支持減輕購買設備的壓力。此外，推動受補助廠商在不洩漏公司營業機密的前提下，將馬達設備運轉效率上傳至主管機關的雲端平台，以確保設備後續維持高效運轉。再者，推動主管機關輔導設備製造商申請自願性產品驗證，並且提供設備者購買此類設備的額外補助，藉此提升設備製造商的利潤空間，提高導入高效率馬達的經濟誘因。

策略四：AIoT 技術整合企業 ESG 之創新商業模式

近期由於國際碳管制政策、金融監督管理委員會的 ESG (Environmental, Social, and Governance) 揭露政策，以及永續供應鏈等壓力，提升設備使用

者導入 AIoT 技術的經濟誘因。此策略將馬達設備使用者、技術服務業、金融機構等納入整體考量，透過「資訊流」整合智慧驅動技術促進節約能源，並且創造參與者環境與經濟的雙贏誘因。此外，預計透過大型的示範沙盒，滾動式調整政策、法規及綠色金融措施等，未來有望拓展至其他工業設備。

策略五：運用 AIoT 達成實際減碳效益

由於現行企業永續報告書多數缺乏量化資訊，導致金融機構難以據此評估企業減碳措施是否達標，無法有效勾稽投融資業務。此外，為因應國際財務報導準則 (International Financial Reporting Standards, IFRS)，我國相關資料 (例如氣候風險、排放數據) 收集定義、方法學須與國際接軌。後續規劃推動產官學研共同完善減碳計量方法學，透過設備整合 AIoT 智慧驅動技術，回傳符合方法學的實質減碳量，並且運用數位查核減少查驗證成本支出，以及透過區塊鏈等技術確保資訊可靠性、降低企業漂綠可能性。

推動效益

AIoT 智慧控制相關技術、數位工具人才培育及法規配套調適、創新商業模式推廣

產業設備整合 AIoT 智慧驅動技術兼顧產業減碳、性能與品質等需求及維持競爭力，為達成我國 2050 淨零排放的重要關鍵，亦是創造產業淨零數位雙轉型，促進未來經濟發展。透過投入研發實體製程

設備整合節能效率達 30% 之 AIoT 智慧控制相關技術、數位工具人才培育及法規配套調適，以及創新商業模式推廣，以期達到實質減碳之效益，銜接「節能」關鍵戰略行動計畫與 2050 淨零目標。

參考文獻

- [1] 環境部 (2023)。《2023 年中華民國國家溫室氣體排放清冊報告》。
- [2] 經濟部產業發展署 (2024)。「氣候變遷與淨零轉型」專案小組，製造部門減碳行動計畫。
- [3] EMSA - Electric Motor Systems Platform. (n.d.). 4E Energy Efficient End-Use Equipment. <https://www.iea-4e.org/emsa/>
- [4] 經濟部能源署 (2022)。《2022 生產性質能源查核年報》。
- [5] 工業技術研究院機械與機電系統研究所 (2023)。工業動力馬達與低碳熱能推動現況 (僅限內部參閱)。
- [6] 工業技術研究院 (2022)。110 年度「工業能源資訊技術開發與示範應用計畫」(3/3)。該技術應用於變頻泵系統，經實場測試約可節能 17.6%。

碳封存整合社會治理

- 以碳捕捉與封存技術促進臺灣達成減碳目標
- 社會溝通驅動加速落實碳捕捉與封存
- 建構碳捕捉與封存產業價值鏈

圖片來源：東海大學化工與材料工程系 張嘉修講座教授兼副校長提供



負碳



人文社會科學

推動緣由

國家發展委員會於 2022 年公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」中，規劃火力電廠加裝碳捕捉利用及封存 (Carbon Capture, Utilization and Storage, CCUS) 設備將提供 20% 至 27% 的無碳電力 [1]。若加強碳循環利用及產業應用，預期 2030 年 CCUS 減碳效益目標樂觀值可達每年 4.6 百萬公噸二氧化碳當量 [2]。因此，若可發展出具商業規模量體之碳捕捉與封存 (Carbon Capture and Storage,

CCS) 案場將可提供大規模減碳潛力，不僅能有效達到 2030 年減碳目標，進一步參考日本與韓國之策略，搭配境外封存作為負碳選項，將可有效加速臺灣達成 2050 年淨零排放目標。

另外，若要成功推動 CCS 技術落實應用，除創造新的產業價值鏈及就業機會外，也應完善社會溝通，兼顧所涉及公正轉型議題。

國內外發展現況

(一) 國內外碳捕捉與封存發展現況

依據全球碳捕捉及封存研究所 (Global CCS Institute, GCCSI) 之《2023 全球 CCS 概況》(Global Status of CCS 2023)[3] 指出，全球 CCS 設施已達到 392 個，其中營運中 41 個、興建中 26 個、設計中 121 個以及規劃中 204 個，預計可在 2050 年前封存 120 億公噸 (Gt)CO₂。該報告亦指出未來 CCS 設施將朝向 CCS 樞紐 (hub) 發展。此外，國際主要運用透明公開資訊與政策資訊揭露、參與式溝通機制、創造社會機會並降低風險、評估溝通效益進而動態調整策略等方式，提升大眾對 CCS 之社會接受度。

而國內已由台灣中油股份有限公司 (以下簡稱中油公司) 以及台灣電力股份有限公司分別投入發展 30 萬公噸 [4] 以及 3 萬公噸 [5] 的碳捕捉與封存試驗計畫。社會溝通方面，有鑑於過去中油公司計畫於苗栗縣永和山地區進行 CCS 先導試驗之社會溝通挑戰與經驗，目前兩項國內 CCS 試驗計畫開發業者，亦於計畫開始前，便逐步規劃與執行 CCS 相關社會溝通項目，例如：辦理淨零相關活動 [6] 或建立專屬網站 [7] 等，以展示 CCS 研究成果。另外，透過建立碳封存展廳 [8] 或規劃教育展示中心，向民眾展示 CCS 知識，並予以解說，使民眾能輕鬆理解，與拉近開發業者與利害關係人之距離。

(二) 國內碳封存發展挑戰與機會

在 CCS 技術與碳封存潛能方面，國內目前 CCS 技術成本仍高，缺乏二氧化碳運輸管線及海上封存監測相關技術，且未有明確封存場址與更精確之封存量體潛能評估，因此尚不足以發展大型示範或商業化應用。在法規與配套措施則缺乏明確 CCS 發展規範指引、監管程序及經濟誘因配套措施等，尤其 CCS 初期設備建置成本高昂，缺乏明確商業模式，在技術風險相對高等限制下，綠色金融機制難以發展。此外，國內尚缺乏有效的社會溝通創新策略。

有鑑於此，除完善法規、制定社會與科技溝通機制外，國內需著重提升碳捕捉技術的效能與降低成本。目前部分國營企業已啟動小規模封存試驗計畫，未來可借鏡國際規劃 CCS 場域發展實績與形塑 CCS 產業鏈經驗，加速 CCS 技術與碳封存場發展。另外，可參考國內 / 外已成熟之能源憑證運作機制及效益評估方法，藉由碳信用額度之監測、報告與驗證 (Monitoring, Reporting and Verification, MRV) 機制，或者提供無碳電力憑證 (Carbon Free Electricity Certificate, CFEC)[9]，以具體化宣告環境效益，刺激產業投入 CCS 發展誘因。

推動策略架構

「碳封存整合社會治理」複合式規劃兼具跨單位協作與分工機制，規劃國家科學及技術委員會 (以下簡稱國科會) 與經濟部共同主責 CCS 關鍵技術研發，橋接國際產學量能加速技術發展與社會治理，逐步形成我國 CCS 產業價值鏈。同時與環境部及相關部會共同研擬社會與科技溝通策略與完善國內法規

調適與配套措施。而本策略布局之三大目標，包括：(1) 評估潛力場址並推動具量體的碳封存模場；(2) 發展國內 CCS 技術及去碳產業鏈；(3) 提升碳封存社會支持，並扣合經濟、環境、社會、治理等四大發展願景提出六大推動策略，期有效落實臺灣 2050 淨零目標，如圖 9。



圖 9 碳封存整合社會治理之推動策略布局

資料來源：臺灣淨零科技方案推動小組 (2024)。

策略一：研發碳捕捉與封存關鍵技術

為有效推動國內 CCS 發展以及產業鏈之形成，需發展高性價比碳捕捉技術，例如：高效能低成本之化學吸收技術、變壓吸附 / 真空變壓吸附技術以及低成本高滲透率之薄膜技術等。碳封存技術則著重於碳封存潛力場址及開發營運規劃 (包括：區塊開發與管理、完善地質資料及場址尺度之整合資料庫建置等)、長期監測與管理研究以及封存安全評估與環境監測技術等，並將其落實於國內急需減排的產業應用，同時推動產業發展碳輸儲技術，以擴大 CCS 技術發展規模，促進 CCS 產業鏈的形成與發展。

策略二：橋接國際產學量能

國際已發展出成熟技術與案場，因此可透過國際合作加速臺灣 CCS 發展。主要規劃與國際開發商共同合作研發具一定技術成熟度之關鍵技術，或引進國際實際應用技術。同時透過與國際 CCS 標竿機構，例如：美國國家能源技術實驗室 (National Energy Technology Laboratory, NETL)、歐洲 CO2GeoNet、挪威蒙斯塔德技術中心 (Technology Centre Mongstad, TCM)，或澳洲二氧化碳合作研究中心 (CO2 Cooperative Research Centre, CO2CRC) 等簽訂合作備忘錄，善用國外場域驗證我國技術成果，以期加速我國技術落地進程。另外，在國內 CCS 產業鏈與封存場域尚未完善前，可強化

與國際封存產業鏈之鏈結，形成國際碳封存商業模式。

策略三：碳捕捉與封存產業價值鏈

建立產業價值鏈為推動碳捕捉與封存技術發展重要的一環，且需評估 CCS 產業鏈之經濟可行性分析、境外及境內碳封存需求及可行性。確認可行性後，即可透過建立無碳電力憑證 (CFEC) 制度，使電力用戶可具體化宣告使用導入 CCS 技術之火力電廠的無碳電力環境效益。另可納入碳信用額度交易機制概念，以促進碳捕捉與封存產業價值鏈之建立與發展。產業價值鏈形成將促進經濟發展並帶動 CCS 相關就業機會，同時搭配設立 CCS 相關學術課程。經培育後之專業人才將可投入產業價值鏈中，形成正向循環。

策略四：法規調適與配套措施

CCS 技術落地應用有賴於制定適宜法規及提供政策誘因與配套措施。經盤點國內與 CCS 相關法規，在碳捕捉部分現有的法規規範已可包容其推動可能性，而國內亦已有運輸 / 暫存 CO₂ 之經驗，但仍缺乏碳封存之相關法規規範。後續國科會將協同環境部就氣候變遷因應法中 CCS 管理子法及相關規範共同研議，同時借鏡國外 CCS 相關法規，以利於後續國內 CCS 之規劃及推動。

策略五：社會與科技溝通

除發展 CCS 技術外，社會治理議題至關重要。從社會—科技系統 (socio-technical system) 觀點出發，須制定有效的社會與科技溝通策略，以提升社會接受度並落實政策推動。因此在社會與科技溝通過程，首先須辨識關鍵議題，瞭解各利害關係人立場與資訊需求，並從關鍵議題發展出 CCS 創造之機會與風險論述。在參與式溝通方面，藉由透明公開的資訊與政策分享，以及資訊面知識轉譯與因地制宜的溝通方式，提升社會對於 CCS 技術與政策的理解與接受程度。最終透過溝通策略效益評估，滾動式調整社會與科技溝通策略，以期逐步與利害關係人達成共識，順利推動 CCS 在地發展。

策略六：碳封存整合技術驗證模場

建置封存整合技術驗證模場可為我國規劃 CCS 封存場之參考依據，有助於發展我國適用之商業模式及標準。參考國際推動 CCS 運作模式，例如：日本 CCS 調查株式會社、挪威 Northern Lights 公司以及英國 Net Zero Teesside Power 公司等，建議成立國家級 CCS 公司 (Taiwan CCS Corporation，以下簡稱 TCCS)，並設計 TCCS 模場營運與財務規劃，包含模場建設與營運方式、人力資源管理、財務預算與資金規劃以及收益與風險評估等面向。另設立 CCS 環境教育基地供民眾參訪，並驗證社會與科技溝通策略，透過整合捕捉 / 運輸 / 注儲 / 模擬與監測等技術驗證場區，評估 CCS 技術落實可行性。

推動效益

具量體 (萬噸級) 封存整合技術驗證模場、碳捕捉與封存產業生態系

臺灣碳捕捉技術開發已開始著重於提升效率、降低成本以及更具技術可行性之方向發展。部分國營與民營企業亦已啟動小規模封存試驗計畫，並陸續加深與國際具 CCS 實績經驗組織合作及交流。「碳封存整合社會治理」將透過全面驗證 CCS 之技術、

經濟、社會及環境可行性，以期於 2030 年建立具量體 (萬噸級) 之封存整合技術驗證模場，加速啟動我國 CCS 實場域落地，以支持難減排產業淨零轉型，發展 CCS 產業生態系。

參考文獻

- [1] 國家發展委員會 (2022)。臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明。https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=DEE68AAD8B38BD76
- [2] 國家發展委員會 (2022)。碳捕捉利用及封存關鍵戰略行動計畫 (核定本)。https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=733396F648BE2845
- [3] Global CCS Institute (2023), Global Status of CCS 2023. GCCSI Publishing. https://www.globalccsinstitute.com/resources/publications-reports-research/global-status-of-ccs-2023-executive-summary/
- [4] 台灣中油股份有限公司 (2023)。鐵砧山地區天然氣注、產氣井開發計畫環境影響說明書第四次變更內容對照表。
- [5] 台灣電力股份有限公司 (2023)。台中發電廠第九、十號機發電計畫環境影響說明書第六次變更內容對照表 (設置二氧化碳封存試驗場址)(定稿本)。
- [6] 唐景貞 (2023)。台灣中油探採、綠能科技及煉製三研究所發表研發成果。
- [7] King One Design (2024)。【公共空間設計】綠意碳封存展廳—數位探索淨零視界。https://www.kingone-design.com/work/CPC_CCS-exhibition-hall
- [8] 台電綠網 (2024)。碳捕集、再利用及封存。https://service.taipower.com.tw/greenet/sustainable/ccus_plan
- [9] 左峻德、陳彥豪、尤晴韻、陳映蓉、鄭允勝、陳柏誼、林軒如 (2024)。發展無碳電力憑證支持 24/7 全時無碳能源市場。標準、檢驗與計量期刊第一期。https://www.bsmi.gov.tw/wSite/public/Data/f1713317506583.pdf



生物質永續能資源化

- 🍃 建構具經濟競爭力之生物質循環上中下游產業鏈
- 🍃 展現永續能資源化之多元途徑及減碳價值



永續及前瞻能源



循環



人文社會科學

推動緣由

擴大生質能應用已為臺灣淨零轉型《十二項關鍵戰略》之「前瞻能源」發展主軸之一 [1]。2024 年「國家希望工程」目標，將發展多元綠能、確立淨零永續主軸，包括：綠色製造與循環經濟、永續生產與消費、在地綠色供應鏈 [2]；同時啟動第二次能源轉型，如加速開發生質能之多元再生能源，以達綠能運用極大化及增強自主能源韌性。又生物質永續能資源化扣合淨零轉型十二項關鍵戰略之資源循環零廢棄，將有助於形塑淨零永續綠生活。

基於生質能源可提高國家能源韌性，若國內現

有 / 潛力生物質料源能充份開發及使用，將可提升國內能源自主能力，並透過建立具循環經濟價值之生物質能資源化體系，進一步落實 2030 淨零排放生質能減碳目標。生物質能資源應用多元化，如：沼氣發電、生質燃料（固 / 液 / 氣）、化學品轉化、生質材料應用等；其中「永續航空燃料」和「生質沼氣」因用途涉及國際協議、國內外市場需求增長迅速、兼具資源永續循環與能源生產效益、可作為基載或尖峰電力等優勢，故具備生物質資源化利用優先規劃之條件。

國內外發展現況

國際能源總署 (International Energy Agency, IEA) 預估 2050 年全球生質能將占近 20% 的能源供給 [3]，而 2022 年我國發電量占比統計，生質能僅占 0.05% [4]，預估國內生質能最大潛能可達到近全國能源供給量之 15% [5-8]，故我國應積極部署多元料源途徑和搶先開發與整合先進生物質能資源技術。

(一) 永續航空燃料

全球生質燃料廣泛應用於交通運輸以替代傳統化石燃料，近年國際快速推進航空業之減碳協議，並擴大永續航空燃料供應鏈，以因應國際市場需求及淨零減碳趨勢。多國政府皆已整合多元政策工具加速推展，截至 2024 年 5 月，已有 41 個國家推動永續航空燃料方案，122 個機場供應永續航空燃料，並超過 50 家航空公司使用永續航空燃料 [9]。

我國桃園機場年供油量平均為 300 萬公秉，參考國籍航空公司永續報告，並考量一座煉油廠需達 20 至 30 萬公秉以上產量方具經濟規模，故建議可朝 10% 混摻比之永續航空燃料進行規劃，預估 2030 年國內永續航空燃料需求量為 30 萬公秉 (約 24 萬公噸)。鑒於未來國際航空運輸將嚴格要求航班添加永續航空燃料，若國內無法自產自足及建立永續航空燃料供應鏈體系，未來將可能面臨永續航空燃料價格與供應受制於外之風險，恐影響國內重要出口產業及供應鏈，甚至衍生國安課題。

因此，有關本土化永續航空燃料產業之發展，以及永續航空燃料之多元料源開發等，已成為臺灣航

空運輸淨零轉型之關鍵課題，同時，產業建構可解決國內整體永續航空燃料需求，借鏡歐盟、新加坡及日本等經驗，初期可由政府作為上位統籌角色，分階段制定短、中、長期發展目標與策略，以扶植國內永續航空燃料自主供應及成為亞太地區永續航空燃料供應基地。

(二) 生質沼氣能源化

國際沼氣生產主要以農業剩餘資材及禽畜糞為最大宗料源，IEA 預估 2040 年全球沼氣用於發電與供熱之比例將從目前的 70% 上升至 85% [10]。截至 2024 年 7 月，我國僅約 17% 的全國養豬頭數投入沼氣發電 [11]，顯示豬糞料源及農業剩餘資材尚未完全循環使用在發電或再利用。

傳統沼氣發電業者用單一豬糞尿有機資源作厭氧發酵，其產氣量有限，而國際沼氣發電潮流近年致力於多元料源 (農業剩餘資材及禽畜糞) 共消化，大大提升沼氣產率。沼氣生產中的精煉和升級過程占總成本的 60% 至 70%，傳統沼氣升級技術瓶頸為高純度甲烷產量不穩定、高能耗等問題，故發展長期穩定沼氣量技術和解決沼氣分離方案至關重要。我國已有業者運用人工智慧科技培育優質厭氧菌、智慧化環境控管及能源循環，以及規模化實地試驗為沼氣產製技術升級，後續將進一步發展一系列多元有機資源共發酵技術。

推動策略架構

「生物質永續能資源化」策略布局將以開發「永續航空燃料」和擴大「生質沼氣能源化」為優先推動應用項目，並規劃六大推動策略 (請詳見圖 10)，

期 2030 年航空用油使用永續航空燃料占比達 5% 至 10%、甲烷料源能源化比例達 40% 至 50%。

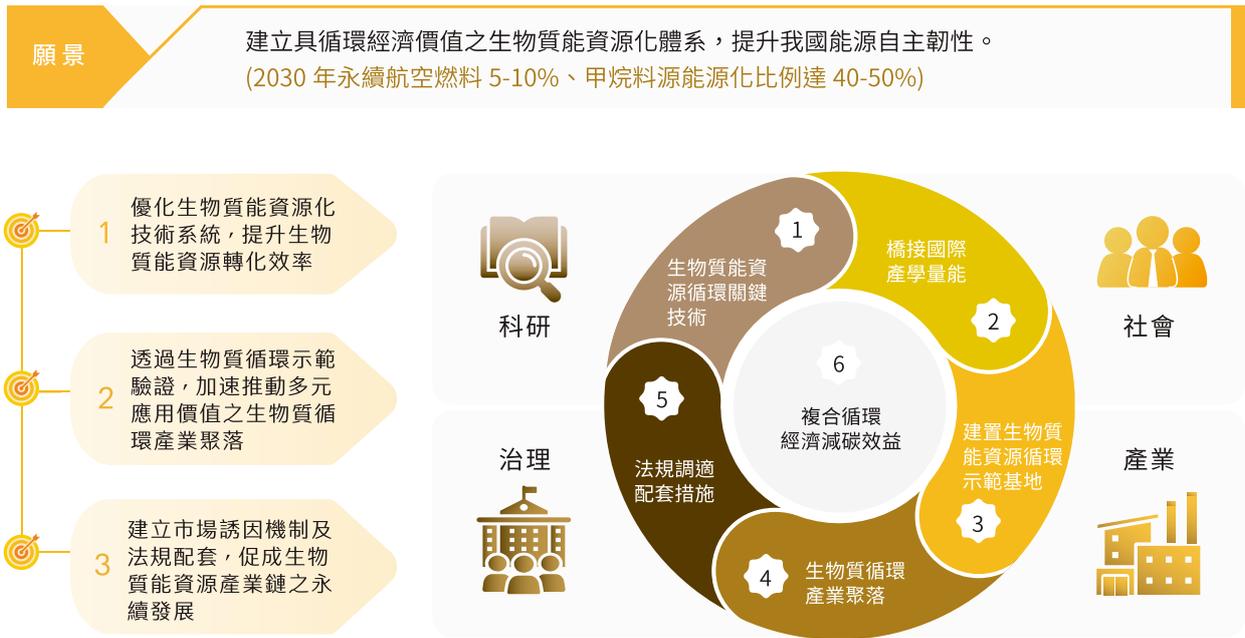


圖10 生物質永續能資源化之推動策略布局

資料來源：臺灣淨零科技方案推動小組 (2024)。

策略一：生物質能資源循環關鍵技術

以國內料源為主、國外料源為輔，整併優化國內外生物質料源資料庫網絡，開發具燃料應用新興潛力生物質料源（例如：藻類、黑水虻等），研發具成本效益之生質能轉化技術，例如：永續航空燃料製程技術優先提升廢食用油之氫化酯及脂肪酸 (HEFA) 轉化技術效率，並研發次世代料源生質能轉化技術。發展多元料源生質能應用情境，例如：生質沼氣依區域特性規劃適合的多元共發酵種類（禽畜糞、農業剩餘資材、生活污水、廚餘）及先進共發酵技術，擴大推動高濃度有機廢水採厭氧處理及沼氣措施。

策略二：橋接國際產學量能

在發展關鍵技術國際合作方面，除推動次世代低碳永續航空燃料之料源與前瞻技術、多元料源之高效生質沼氣生產技術及甲烷化應用，亦規劃建立生物質為主的負碳技術之國際產學聯盟，同時借鏡國外示範驗證場域經驗，加速及發展國內生物質能資源化整合驗證系統，並接軌國際多元料源製程試驗與認證體系，以支持關鍵技術發展。

策略三：建置生物質能資源循環示範基地

建立永續航空燃料示範專區（料源、技術、混摻、認證），結合人工智慧、區塊鏈、物聯網技術，優化國內永續航空燃料料源管理、集運效率及提升生產技術，發展成為亞太地區航空器永續航空燃料供應中心，建構國際輸出或供應能力；建立符合在地需求之生質沼氣能源化循環示範專區（多元料源 / 高值應用），推動全循環及零廢棄沙盒試驗計畫（前瞻生產技術）。

策略四：生物質循環產業聚落

開拓永續航空燃料產業生態圈，導入全生命週期碳足跡、商業模式與經濟規模效益評估，推動永續航空燃料國際供應鏈體系。再者，發展在地生物質能資源化循環產業聚落，建構生物質料源集運商模，推廣沼渣、沼液創新用途及擴大其循環再利用與碳匯價值，促使生質沼氣能源產業技術整廠輸出及拓展國際市場開發。

策略五：法規調適配套措施

落實法規調適及鬆綁以提升去化管道、生質能設備設置彈性與料源場域應用，加速碳信用抵換認證機制與方法學、碳匯方法論等。另一方面，滾動式調整誘因機制（新增生質料源環境補貼、永續航空運輸燃料稅等）與配套措施，審視我國碳抵換交易及碳費價格機制驅動生物質技術發展之經濟效益；建立生物質能資源化產業永續發展綠色金融體系。

策略六：複合循環經濟減碳效益

導入全生命週期評估以推動生物質能資源循環之碳抵換；擴大生物質永續能資源化再生能源憑證市場規模，以達成碳中和目標；鏈結自然相關財務揭露 (Task-force on Nature-related Financial Disclosures, TNFD) 導引資金挹注，轉向正向之負碳貢獻。

推動效益

生物質永續能資源可實現能源供應去碳化及提升能源自主韌性

生物質循環為建構淨零永續社會的關鍵支柱，若能充份開發及使用國內潛力生物質料源，可替代傳統化石燃料，並提升國內能源自主韌性能力。最大化

生物質能資源循環之年總減碳量達 6,500 萬公噸，並 2030 年 SAF 年減碳量目標達 144 萬公噸、生質沼氣能源年減碳量達 95 萬公噸，加速國內能源去碳化。

參考文獻

- [1] 國家發展委員會 (2022)。臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明。 https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=DEE68AAD8B38BD76
- [2] 國家科學及技術委員會 (2024.07)。第十二次全國科學技術會議。
- [3] IEA Bioenergy(2024)。IEA Bioenergy Review。 <https://www.ieabioenergyreview.org/>
- [4] 經濟部能源署 (2023)。能源統計月報。 <https://www.esist.org.tw/newest/monthly?tab=%E5%86%8D%E7%94%9F%E8%83%BD%E6%BA%90>
- [5] 謝誌鴻、吳文騰 (2009)。微藻－綠色生質能源。科學發展月刊。 <https://ejournal.stpi.narl.org.tw/sd/download?source=9801/9801-06.pdf&vllid=AB410AAB-06D3-4E79-97E4-D5ACAB15F31C&nd=0&ds=0>
- [6] 農業部 (2024)。農業統計資料查詢。 <https://agrstat.moa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>
- [7] 林尹筑 (2021 年 5 月 27 日)。地表最強清道夫吃廚餘 - 巨獸綠色科技用黑水虻創零排放循環系統。CSR 天下。 <https://csr.cw.com.tw/article/42006>
- [8] 經濟部能源署 (2020)。從微小變為顯著－微藻引領第三代生質燃料發展。 <https://magazine.twenergy.org.tw/Cont.aspx?CatID=24&ContID=1603>；農委會 (2023)。自然碳匯關鍵戰略計畫辦理情形。 <https://reurl.cc/Djk86e>；蔡文田 (2022)。農業廢棄物的循環再利用。 https://agriculture.npust.edu.tw/2022/11/agr_waste/；環境部統計處 (2024)。全國一般廢棄物產生量。 https://data.moenv.gov.tw/dataset/detail/STAT_P_126；經濟部能源署 (2024)。能源統計月報。 <https://www.esist.org.tw/newest/monthly?tab=%E8%83%BD%E6%BA%90%E6%8C%87%E6%A8%99>
- [9] ICAO(2024)。 <https://www.icao.int/Pages/default.aspx>
- [10] IEA (2020)。Outlook for biogas and biomethane: Prospects for organic growth。 <https://www.iea.org/reports/outlook-for-biogas-and-biomethane-prospects-for-organic-growth>
- [11] 沼氣發電推動網 (2024)。 <https://www.biogas.com.tw/>



淨零基礎建設面向

就基盤設施整合性導入循環經濟、低碳智慧運輸及低碳營建工法以形塑永續、宜居、智慧的生活場域。



Sustainable Net-Zero Infrastructure

淨零智慧電網

強化電網穩定零碳電力供應，提升系統整合調度能力



永續及前瞻能源



人文社會科學

推動緣由

電力造成我國 42.8% 排放約 117 百萬公噸 [1]，半導體、人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 等高科技產業持續發展及淨零轉型終端部門電氣化，至 2050 電力需求成長將成長一倍以上，急需強化電網極大化零碳電力供應。淨零排放設定電力部門去碳化目標，中長期太陽光電、離岸風電、其他前瞻能源與儲能設備裝置規模都將顯著成長，而交通、產業低碳化也將促進新型態負載的大幅增長。多元再生能源、新興電源、儲能與需量反應等發用電資源高度分散化，須採用更多資通訊、控制、數據等數位技術強化

系統整合調度。

隨著設置分散式再生能源、儲能與能源管理系統設置成本下降，用戶轉型成生產型消費者意願提升，需透過健全電力市場吸引更多用戶側資源輔助電網運作。應對淨零排放設定電力部門去碳化目標，「淨零智慧電網」規劃發展可兼顧電力品質及供電穩定性新興技術，支持電網極大化零碳電力供應，利用示範計畫驗證相關科技、標準、規範，建構智慧能源產業生態系及多元電力市場。

國內外發展現況

為實現 2050 年淨零排放，美國、歐洲和日本多致力於讓電網更數位化、智慧化，支持未來電網朝向以分散式資源提供無碳能源願景發展。歐洲提出 2030 歐洲能源轉型電力系統整合系統願景：以電網、數位化能源系統、多單一系統整合為核心推進電網利用和永續性、陸上和離岸電網開發整合、交直流混合電網安全穩定運作、數位化控制和互通性、跨部門整合、多元市場機制。美國電網線現代化規劃以設備和系統整合、營運、規劃、市場、政策和法規、強韌與安全系統、彈性發電和負載等為主軸推動電網線現代化，以期 2035 年實現電力產業無碳污染，並在 2050 年之前實現淨零排放經濟，同時維持能源系統的可靠性、可負擔性、安全性和強韌。日本下一代電力網絡發展，規劃在安全為大前提下同時追求實

現能源的穩定供應、經濟性和環境保護 (3E + S：指 energy security, economic efficiency, environmental protection，加上 safety)，完善電力來源去碳化（例如以再生能源作為主要電源）環境及推動工業、交通、家庭部門等非電氣化領域電氣化。

2020 年行政院核定「智慧電網總體規劃方案」，投入高功率電力轉換系統、電動車充電系統、電網調度 / 調頻、變電所視覺化、測距電驛保護協調、微電網等技術發展，建立國內智慧電網系統研發能量。2022 年台電公司推動「強化電網韌性建設計畫」投入 5,645 億元，強化智慧電表、饋線自動化、區域儲能系統與輸電線路設置。2021 年國內已建立電力交易平台，2023 年輔助服務市場參與總量達 900 MW，交易規模已達約 20 億元。

推動策略架構

淨零轉型需要對電力系統進行根本性轉型，包括在所有電網領域（從發電到輸電、配電到最終使用）落實高品質數位化與新型態電力設施。為適應再生能源大規模設置、增強能源供應安全及電力系統強韌性，必須擴大對更智慧、更具操作靈活性的電網軟體系統及設施的研發、示範與設置。考量國家地緣政治風險、未來電力成長需求、電源規劃占比、區域發用電特性，及臺灣全球資通訊、半導體、AI、電力電子產業能量，「淨零智慧電網」之推動策略布局（請詳見圖 11），規劃建立電力事業與學術鏈結協作機制，鏈結國際學界與電業資源，設定發展新興電網技術以期可在兼顧電力品質及供電穩定性前提下，極大化零碳電力供應，規劃發展固態電力電子變壓設備與系統、多元虛擬電廠與電力市場應用、配電等級淨零微電網、國家電網互動高效建築 (Grid-interactive efficient building, GEB)、光儲整合系統、直流 / 交流混合之深度節能供電系統等前瞻科技，輔以整合資源規劃能力 (Integrated Resource Planning, IRP) 及先導示範驗證相關科技、標準、規範，推進

建構智慧能源產業生態系及市場發展。期望以多元電力商品市場及公用事業投資，驅動產業生態系形成。

策略一：多元虛擬電廠與電力市場應用，促進區域電力平衡

虛擬電廠可聚合分散式再生能源、新興電源、儲能與需量反應，多元電力市場與電力商品，建立多元電力商品交易機制，可讓更多市場供需參與，擴大可輔助電網運用資源類型與規模。本項策略規劃發展國家電網互動高效建築 (GEB)、光儲整合系統、直流 / 交流混合之深度節能供電系統等等前瞻技術，以期發揮以下效果 (1) 抑低年尖峰負載成長率，紓緩發輸配電設施開發土地空間承載壓力；(2) 提升再生能源併網容量，擴大零碳電力供應，減少產品碳足跡；(3) 擴大民間分散儲能、需量反應等資源參與電力市場，增加電網韌性；(4) 增加需求面零碳備用供電容量，強化電力可靠度；(5) 平衡區域電網供需，減少大規模停電風險與跨區輸配電損失。

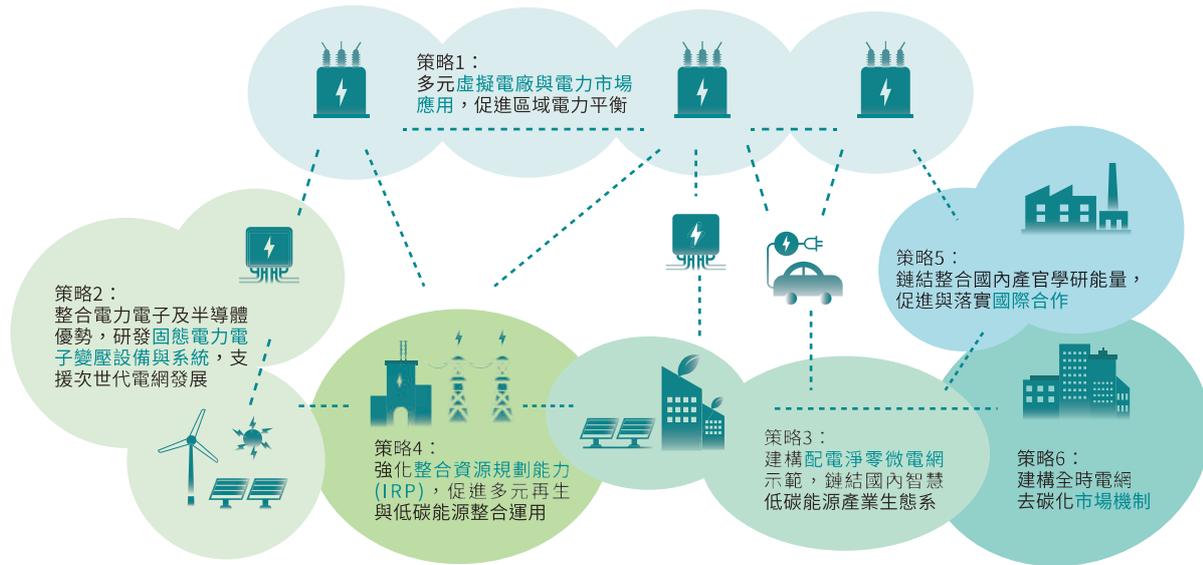


圖 11 淨零智慧電網之推動策略布局

資料來源：臺灣淨零科技方案推動小組 (2024)。

策略二：整合電力電子及半導體優勢，研發固態電力電子變壓設備與系統，支援次世代電網發展

固態變電站 (Solid State Power Substation, SSPS) 定義是具高壓電力電子轉換器的整合變電站或「電網節點 (grid node)」，可提供系統優勢並支持電網的升級發展。固態變電站變壓器 (SSPS Converter) 是一個模組化、可擴展、具靈活且適應性強的電源模組所形成的系統，可在所有變電站應用中使用，固態變電站變壓器將用作電源路由器 (power routers) 或樞紐 (hubs)，提供智慧化控制與調節功能、線上診斷與保護、線上更新，提升系統整合效率、電網彈性與韌性。固態變壓器整合不同類型之電力設備，系統效率將可提升。固態變壓器的推動在短期將進行固態變壓器開發與實用化研究，中長期為固態變壓器可做為分散式電源中電力公司之中高壓系統 / 直流電源 (太陽光電與儲能案場) / 交流電源之介接，提供電氣隔離，並實現智慧化調節 / 診斷 / 故障排除之效果。

策略三：建構配電淨零微電網示範，鏈結國內智慧低碳能源產業生態系

微電網概念實現以聚合分散式能源 (發電、儲存和負載) 在建構能源安全所需的強韌性。面對氣候變

遷，微電網可成為強韌無碳電力輸送系統，對應淨零轉型挑戰的潛力。微電網的去碳化需要三個要素：(1) 盡可能提高再生能源的發電量，(2) 管理儲存和靈活負載，平衡再生能源的變動性和間歇性，(3) 導入新的清潔能源，包括以氫為基礎發電設備和小型化模組化反應爐。配電淨零微電網示範推動，將可協助分散式能源及儲能系統智慧控制、先進配電管理系統及廣域監測系統的相關研究進行。

策略四：強化整合資源規劃能力 (IRP)，促進多元再生與低碳能源整合運用

透過強化全系統規劃能力，以科學方法探討資源的適當性與供需最適配比，促進多元低碳能源整合應用同時評估成本效益，確保經濟可行性與符合減碳需求，以利達成臺灣 2050 年電力最佳配比。

策略五：鏈結整合國內產官學研能量，促進與落實國際合作

淨零智慧電網推動需電力電子、電力系統、半導體、化學、物理與材料等專業領域跨域人才，持續促成產官學研能量建立合作機制，吸引人才投入相關領域。並加強與美國與日本等標竿國家相關機構交流，促進雙邊共同技術研究探討與示範合作。

策略六：建構全時電網去碳化市場機制

為防止氣候變遷衝擊，須加速能源系統去碳化。然而當特定時段變動型再生能源處於供應低點時，電力供應將以傳統資源供應，此作法將與整體淨零政策目標不一致。如何廣納無碳電力來源、納入新型態無碳電力、使整體無碳電力可達成發用電時序

匹配及發用電地域一致，為促進電力系統去碳的重大挑戰。「建構全時電網去碳化市場機制」規劃推進綠電電力交易制度與平台、無碳電力憑證制度（非再生能源電能交易）、低碳燃料認證、先進輔助服務制度，完善低碳能源憑證與交易制度，以市場資源促成全時低碳能源。

推動效益

強化電網穩定零碳電力供應、提升系統整合調度能力

國家希望工程設定「建構智慧共享的綠能共享」策略主軸，規劃發展推動強韌電網、科技儲能、電力去碳化、微電網等方向。「淨零智慧電網」推動策略扣合國家希望工程之「建構智慧共享的綠能共享」策略主軸，相關內容推動可強化電網穩定零碳電力供應，並擴大利用多元資通訊、控制、數據等數位技術以提升系統整合調度能力，持續推進可獨立運轉區域電網技術以增強電網強韌性，藉由健全電力市場吸引更多用戶端資源以輔助電網運作，俾利穩健達成我國 2050 淨零目標。

「淨零智慧電網」推動策略規劃方向已納入智慧科技大南方產業生態系推動方案第一期 (2025-2029 年)，規劃以沙崙綠能科學城為示範場域，建構跨域整合之微電網電能管理系統 (Energy Management

System, EMS)，以協助電力公司擴大用戶側可調度資源，開發結合商場、辦公大樓及工廠等不同類型用戶之電能管理策略，並納入太陽能光電、產製綠氫/氨電解設備、儲能、電動車、燃料電池及一般負載調控等複合電力資源，以多元化彈性負載組成元素，發展負載端電網形成技術，進而提升用戶端提供調度容量之可靠度，從而創建高綠能承載能力 (hosting capacity) 之電網環境。已規劃發展方向包含分散式光儲整合系統、電網互動高效建築之分散式能源調度管理、直流/交流混合之深度節能供電系統研究、儲冰系統製冰容量最小優化控制、高綠能占比下負載電網形成控制技術、智慧淨零微電網電能管理系統、區塊鏈虛擬電廠管理與交易平台及全時 (24/7) 無碳電力媒合交易機制等。

參考文獻

- [1] 環境部 (2024)。《中華民國國家溫室氣體排放清冊報告》。依據環境部公布溫室氣體排放 2022 年 CO₂ 排放量約 273.683 百萬公噸；經濟部能源署 (2022)。能源統計年報 (平衡表)。https://www.esist.org.tw/publication/annually?tab= 能源平衡表；台灣電力公司 (2023)。公用售電業歷年售電量。臺灣國內公用事業售電量為 236,762,719,753 度；經濟部能源署 (2024)。111 年度電力排碳係數。https://www.moeaea.gov.tw/ecw/populace/content/ContentDesc.aspx?menu_id=23142。電力排碳係數為 0.495 公斤 CO₂e/度，故電力所造成排碳量為 117 百萬公噸。因此，電力造成我國約 117/273=42.8% 的 CO₂ 排放。

基盤設施與建成環境淨零轉型

建立基盤設施與淨零科技之良性循環



低減碳



人文社會科學

推動緣由

國家發展委員會（以下簡稱為國發會）於 2022 年發布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，針對我國各部門之減排路徑進行規劃與擬定，期望各部門能依據此路徑推動各領域之具體減排措施，實現國家整體減排之目標，而後國發會亦提出十二項關鍵戰略針對各領域別制定推動策略與作法。儘管我國已針對各類別制訂對應之減排目標，然而住商及運輸涉及市民在應用端的行為轉型，需要同步進行新基盤設施、新制度及空間轉型的全面改造；礙於過往公共建設預算中對減碳的投入有限，且相關採購制度尚未建

立，顯示我國對基盤設施與建成環境淨零轉型的意識仍顯不足，因此針對基盤設施與建成環境淨零轉型策略的擬定亦是我國迫在眼前之課題。

鑒於上述原因，我國必須進一步探討基盤設施與建成環境之淨零轉型策略之可行性，並且彙整公私部門對於相關議題之意見與關鍵產業價值鏈之發展情形，將是後續推動的重要前置工作。此外為確保基盤設施淨零轉型之發展路徑與成效，也需就社會推動方面進行模擬與機制設計，建立我國淨零科技方案規劃與實證並行之實行模式。因此本推動策略期望可促

進各部門建構以基盤設施帶動淨零科技投入之良性循環的方式，以確保國家在城市基盤設施的投資與淨零科技的創新可以持續相互驅動，創造加乘效益，

同時透過策略模擬與實證場域等方式對於總體淨零目標作出實質貢獻。

國內外發展現況

基盤設施涵蓋範圍廣泛，其中城市地區因其架構成熟，若考量基盤設施與建成環境之淨零轉型，需全盤考慮空間場域的整體轉型方式，如日本國土交通省推動秋田臨海處理中心之減碳與能源網路轉型，即配合其場域特性，考量基盤設施再生能源串聯模式，透過能源基地化措施進行能源使用的自產化和效率化，構建區域能源生態圈循環機制，以完善空間場域的整體淨零轉型。

為因應我國 2050 淨零轉型目標，我國主要城市普遍已提出地方淨零自治條例，制定減排路徑與目標，其轉型路徑與策略大多以交通、建築等部門為主要處理方向，各城市於運輸部門之推動策略普遍以導

入電動車、鼓勵使用大眾運輸等項目，於建築部門多以綠建築、建築能效標章等項目為推行手段。

然而若檢視現階段多數城市所制定之減排策略，普遍未考量與推動策略配合之基盤設施轉型方法，同時也並未提出城市空間整體淨零轉型之策略，導致推動策略往往僅涉及表層之應用，卻未能處理基盤設施與建成環境既有之排放量，也因此忽略基盤設施轉型為綠色基建之減排潛力。此外如資料中心等大型用電基礎設施亦尚未設計合適之淨零路徑與減碳措施，顯示我國淨零轉型策略對於基礎建設之投入亦明顯不足。

推動策略架構

為使我國科技計畫導入城市淨零轉型應用達到最大整合綜效，本方案將以低碳交通、低碳建築、綠色基建三大構面出發，並聚焦改善此三大構面與電力基盤系統間之 G2V/G2H(Grid-to-Vehicle/Grid-to-Home) 改造，以達成城市基盤與建成環境邁向電動化、智慧化與高效化之三大目標。

(一) 加速城市基盤電動化、高效化、智慧化的六大策略

為對應我國電動化所增加之電力需求，在終端（燃油車輛、燃氣家電設備等）朝向電動化轉型的目標下，除了增加各部門場域綠電自產、儲能外，也必須配合轉向高效化及智慧化加以抑制、調控，主要實施策略如下，請參見圖 12 所示。

策略一：站區轉型低碳交通核心

為有效改善私人運具的使用情形，應導入符合最後一哩需求之電動公共及共享運具做為私人運具之替代，以車站為核心打造低碳交通區，且車站及周邊開發區亦應轉型為低碳交通區，然而充電停車場域及相關治理創新需事先規劃，包含公有停車場之充電停車格、路邊停車格之充電樁建置，或是共享車隊專用之停車場域，可以回溯分析法掌握低碳交通區發展，擴大公共運輸使用策略與空間設計轉型，以促進低碳交通區轉型。

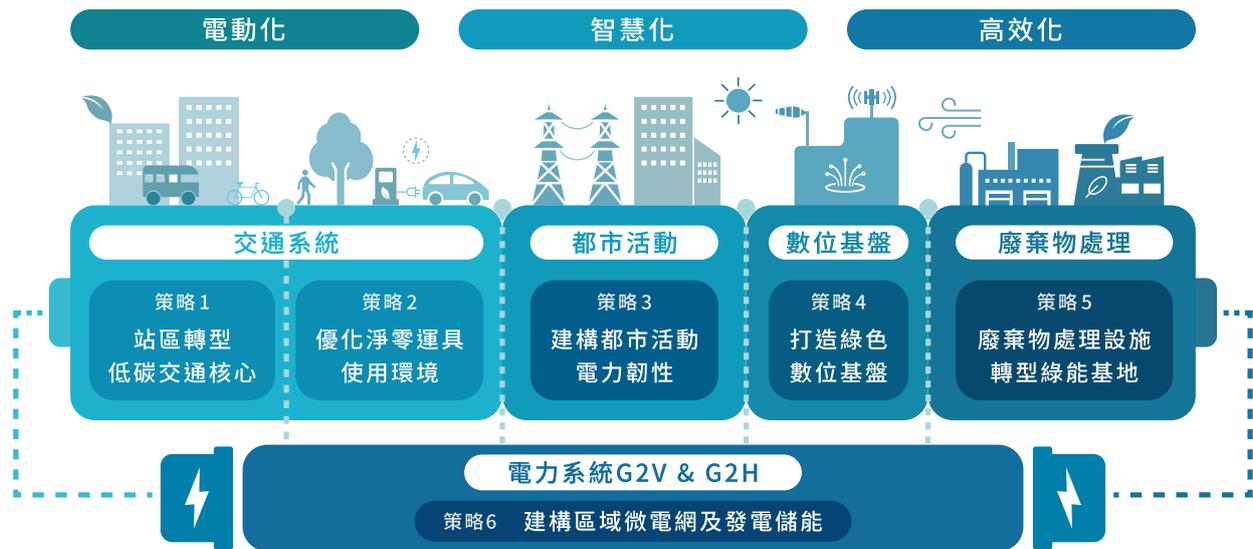


圖12 基盤設施與建成環境淨零轉型科技藍圖

資料來源：臺灣淨零科技方案推動小組 (2024)。

策略二：優化淨零運具使用環境

車站及周邊開發區通常涉及多種運輸模式之交會與串聯，此類場域應鎖定其轉型為低碳交通區之可能性，並透過充電基礎設施佈建與相關制度的完善，進而推動交通網路中的各項充電基礎設施逐漸完備。城市之停車場應先行完善停車場域之充電設施，如於公有停車場提供電動共享運具及充電設施設置，此外也應額外建置商用車隊之專用充電場域，包含新設商用車隊的快速充電站與發電儲能設備、公共充電場域制度與複合式商業模式建構，並考量建立以防災為目的之儲能設施與回供電網環境，完善我國充電基礎設施佈建。

道路方面，應以優先服務綠色運輸使用、高效連結大眾運輸場站為目標展開道路空間改造，透過提高公共運輸與共享運具的使用率，優化低碳運具使用環境。包含將車道及路邊停車格轉型為步行、自行車道與特定電動共享車輛充電使用或能源補充空間；並透過路口智慧化號誌控制，提高連結大眾運輸場站之車行道路運作效率，提高轉乘便利性。

策略三：建構都市活動電力韌性

各都市機能區域應提高綠能自給率，以回溯分析掌握都市電力韌性發展規劃，並透過淨零碳建

築、儲能及能源管理等作法調控基盤建構電力韌性，並推廣大型集合住宅社區電力韌性示範專區及都市公共設施電力韌性示範群，強化都市活動電力韌性，同時達成擴散效益。

策略四：打造綠色數位基盤

因應未來 AI 運算技術變革衍生的大量資料中心需求，我國應及早展開綠色資料中心制度建構。首要作為即課予國家內跨業一致之資料中心減碳目標與發電儲能義務，其次需針對高用電的冷卻、伺服器 etc IT 設備進行關鍵設備效率監控及技術研發精進，並引導經營者及時汰換效率較差的設備，透過有線、無線通訊基盤及機房、資料中心節點的節能與高效傳輸技術導入及碳足跡制度的施行，推動數位城市資通訊基盤淨零。

策略五：廢棄物處理設施轉型綠能基地

大型廢棄物處理設施包含焚化廠、污水處理廠等場所，過去除了消耗大量能源，同時產生大量特定廢棄資源。為因應未來快速成長的資料中心綠能需求，應投入焚化爐能源效率提升、污水處理廠及垃圾掩埋場之沼氣發電技術，將都市廢棄物處理設施轉型為綠能基地，支應產業發展的綠電新需求。

策略六：建構區域微電網及發電儲能

為完善我國區域微電網建置，於大型新開發區也需藉由建立區域能源管理系統 (Area Energy Management System, AEMS) 就此空間場域內之發電、儲能以及各類用電需求進行自動化控制與調配，並規劃區域發電與儲能系統之義務規模，藉由構建區域微電網與發電儲能提高該區域的電網韌性與利用 PFI(Private Finance Initiative) 制度提高商業導入之可行性。

其次，新開發區應以提前實施建築能效標章制度以及因應能源使用變化擴大導入智慧電錶與家戶能源管理系統 (Home Energy Management System, HEMS) 設備為積極推動方向，增加裝設再生能源與

儲能裝置以促使 HEMS 商業模式形成，同時確保其建築部門的確實減碳，促進城市大型開發區之區域淨零轉型。

(二) 以三大類城市場域展開空間系統改造措施

城市內的關鍵淨零轉型場域，主要可分為車站及其周邊開發區、大型新(再)開發區與大型排放基盤設施等區域。依據各自之區域特性將衍生各自合適之空間改造策略，藉由多個小型地方場域推行淨零轉型，逐步增加國內之淨零場域並以此為基礎推動周邊區域逐步轉型，進而促使全國皆能以此模式實踐淨零目標。

推動效益

推動城市空間場域淨零轉型

透過各場域空間改造將可有效改善城市各場域之排放狀況，就車站減碳效益而言，主要為減少燃油車輛，大型新開發區則為達成發電自給率，以及大型排放基盤設施以邁向綠電發電義務為目標，透過特定之城市空間場域著手推動淨零轉型，逐步促成城

市整體低碳化。期望透過上述三大構面研析城市空間場域之需求，並針對各項需求進行科技計畫導入，強化 12 項關鍵戰略之淨零綠生活，以加速我國淨零目標實現之目的，並將推動效果擴散加乘。

參考文獻

- [1] 國家發展委員會 (2022)。臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明。 https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=DEE68AAD8B38BD76
- [2] 國家發展委員會 (2022)。淨零綠生活關鍵戰略行動計畫。 <https://ws.ndc.gov.tw/Download.ashx?u=LzAwMS9hZG1pbmlzdHJhdG9yLzEwL3JlbGZpbGUvMC8xNTQ1Ni80Yjg1Y2NhYS0zNzNjLTQ1M2QtYjlkYS00MDFiNDNkMGMzZDducGRm&n=MTBf5reo6Zu257ag55Sf5rS76Zec6Y215oiw55Wl6KGM5YuV6Kil55WrKOaguOWumuacrCkucGRm&con=.pdf>
- [3] 環境部 (2023)。《2023 年中華民國國家溫室氣體排放清冊報告》。
- [4] 台北市政府 (2024)。台北市淨零排放管理自治條例。 <https://www.laws.taipei.gov.tw/law/LawSearch/LawArticleContent/FL103785>
- [5] 高雄市政府 (2024)。高雄市淨零城市發展自治條例。 <https://outlaw.kcg.gov.tw/LawContent.aspx?id=GL002049>
- [6] UN-HABITAT- Future Cities Advisory Outlook 2023: Digital Innovations Empower Urban Net-Zero Carbon Transition. <https://unhabitat.org/future-cities-advisory-outlook-2023>

淨零社會推動面向

以公民參與、社會溝通與區域治理機制，促進公私協力共創提案，並從需求導向的創新實踐，驅動生活模式與社會結構的轉型。





Net-Zero Society Promotion



公民團體創新示範與沙盒試驗計畫

透過鏈結公民與社會團體，藉助民間社會力與科技力，實踐臺灣淨零社會與生活轉型。



人文社會科學

推動緣由

為實現 2050 淨零排放之永續社會，及配合國科會部署我國「淨零科技方案」所需，應於發展淨零關鍵技術之過程，納入產業與民間團體意見，以跨部會協作、公私協力等方式共同推動淨零轉型。並於推動轉型的過程中，善用公民參與或民間團體等第三部門在面對社會、民眾及弱勢族群之第一線，更能面對實際問題、提供「以人為本」的解方。因此，如能借助第三部門的社會力，提升其自主研發能力，將有助於促進社區與公民團體的自主與韌性發展，實現淨零新生活、並促進擴散效益。

據此，臺灣淨零科技方案推動小組（以下簡稱推動小組）推動以公民團體為實施主體的「公民團體創新示範與沙盒試驗」計畫（以下簡稱沙盒計畫），鼓勵民間自主提案，由公民團體提供並執行淨零創新解方，並透過專業輔導機制與活動交流，協助公民團體與法人鏈結，使相關的淨零場域試驗與研發內容更能落地應用與推廣。期偕同各類公民團體共同積極參與，發展由民間驅動、由下而上的淨零轉型路徑，有效運用我國社會力根基，落實生活與社會轉型。沙盒計畫的計畫目標如下：

(1) 藉助科技力與社會力，讓民間創新解方得以試驗場域 (Test Bed) 與生活實驗室 (Living Lab) 的測試先行，促進全系統轉型。

(2) 加速淨零政策倡議及社會實踐，帶動淨零社會與生活轉型。

(3) 強化第三部門善用創新科技、提升研發量能、並強化跨部會合作機制，共創淨零創新生態系。

計畫推動過程

沙盒計畫自 112 年啟動以來，已辦理二期徵件與遴選作業，現依執行年度分述計畫推動過程如下：

112 年沙盒計畫概述

為增強公民團體和社區的創新能力，並提高社會對淨零轉型的關注和支持，藉此掌握地方社區發展需求與期望，以協助相關政策之推動。112 年度沙盒計畫基於前述計畫目標，辦理徵件與遴選作業，透過民間團隊自主投件提出創新性的淨零計畫，再由推動小組以遴選會議形式選擇合適的團隊。所獲選的 14 組團隊於 2023 年 12 月辦理「淨零生活與社會轉型之路—從公民提案到創新實踐」展示會暨論壇，共同展現 14 組團隊所研提之淨零創新解決方案。團隊類型包括民間團體、社區、新創/社會企業、農業合作社/產銷班等，而試點團隊研提之方案主要與碳盤查、公民電廠與循環經濟等主題相關(詳參如表 1)。

113 年沙盒計畫概述

奠基於 112 年度計畫成果與基礎，113 年度計畫

採延續型、新計畫雙軌制進行，致力於擴大公民參與動能及社會影響力，以加速推動落實淨零社會轉型與生活轉型。遴選原則有三：

(1) **在地創新面**：應具創新性作法，需有別於過往之突破性表現；具在地性基礎，有在地的執行經驗；實驗目標與對象具體，而非大眾或廣宣類型；執行效益應明確，不得僅提供培力課程或教育訓練。

(2) **擴散效益面**：擴散方法應多元，除進行單向交流活動辦理外；亦須能廣泛鏈結社會網絡擴大影響；能提供示範性或發揮影響力。

(3) **數據基礎面**：試驗過程中需蒐集相關研究或活動數據，換言之，應提供量化數據，有助於驗證執行效益，最終回饋至科技計畫系統循環內。

本年度已由 49 個團隊中遴選出 21 個試點團隊，較前一期計畫規模明顯成長，且沙盒計畫之重要性已受到社會各界人士關注，能見度逐步提升中，提案核心主題也從較常被談論之公民電廠、碳盤查及循環經濟等議題，逐步拓展至碳匯、農業、廢棄物回收再利用等。(詳參如表 2)。

推動策略架構

沙盒計畫由推動小組與「財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所」及「社團法人社區大學全國促進會」共同推動，透過兩機構擔任專管團隊，運用其豐富前瞻綠能科技推動經驗，與深耕在地與公民社會力量，提供計畫試點團隊之專業建議和技術支援，並捲動公民團體既有網絡，引導社區與公民團體積極投入淨零轉型的實踐。其推動策略分述如下(參見圖 1)：

策略一：研擬嚴謹之遴選機制

研擬具透明性、嚴謹性、專業性及可靠度之遴選原則，並邀請具有豐富經驗與代表性之專家擔任評選委員。

策略二：導入輔導與共學陪伴機制

由具有政策與專業技術研擬及推動經驗及長期

深耕在地力量之單位協助執行陪伴 / 輔導機制，並透過共學的機制，使具指標性的公民團體提升其科技量能與發揮社會影響力。

策略三：強化跨界連結

建立跨部會、跨層級合作之公民團體補助與輔導機制，協助各方資源對接與互補以發揮綜效，避免資源錯置或重複投入。

策略四：展現臺灣淨零社會力

以沙盒計畫作為臺灣民間社會在淨零轉型上的自主創新與路徑探索，持續向國際社會貢獻量能，展現臺灣民間團體之願景力與國際力。



圖 13 公民團體創新示範與沙盒試驗計畫運作機制

資料來源：臺灣淨零科技方案推動小組繪製 (2024)。

預期效益與接續規劃

預期效益

沙盒計畫為一個直接推動社會參與且促使實質落地之方案，其推動預期效益為：

(1) 視沙盒計畫之試點單位為社會生態系代表指標，從法規、技術、資源及社區捲動面向，挖掘探索淨零社會解方之整體圖像與路徑策略，以完善國內淨零創新生態系。

(2) 導入創新技術、鏈結年輕科技社群與強化跨部會合作，進而拓展淨零創新生態系，擴大公民團體對社會網絡之影響力，實現淨零社會與生活轉型目標。

接續規劃

(1) 延續既有標竿團體之推動量能，增進團隊協力可能性：

將轉化 112 年度與 113 年度獲選公民團體之實戰經驗為系統性的推動實施建議，作為後續參與淨零實驗之民團參考。同時提升團隊間交流、互助、協力、串聯組合以及共學之網絡，展現在地淨零教育力，以利於擴大計畫影響力。

(2) 建立更開放的公共參與機制，提升參與意願以推動轉型：

擴大提案團體類型，讓不同民間群體都有機會

發起淨零社會與生活轉型之行動，尤其是尚未組織化的公民社群，已逐步嘗試投入淨零轉型，協助其於規模化與組織化過程中與公部門對接，將會帶來更多的可能性與新的契機。

(3) 建立公私部門定期對話平台，鏈結跨部會與跨域資源：

定期規劃政府與民間社群 / 焦點團體座談對話平台，針對不同議題提出公私協理解方，並檢視治理策略於政策端及社會端的調整方向，探究法規與相關制度的調合之可行性，提供實質行動建議，使公部門與社會資源更細緻地整合，增進社會溝通與信任感。再者，將藉此逐步促使相關部會於未來規劃及推動科技計畫時，亦能包容第三部門的社會力。

(4) 導入社會創新資本，完善淨零創新生態系：

將試點單位作為淨零創新之社會生態系之重要節點與發動者，透過法規、技術、資源及社區捲動

面向，挖掘探索淨零社會解方之整體圖像與與路徑策略，進而結合民間社會力、科技力與網絡力，拓展國內的淨零創新生態系。

(5) 強化數據收集與分析能力，以驗證試驗執行效益：

鼓勵試點團隊於計畫過程中同步蒐集相關研究數據，以助於進行減碳效益分析與後續試驗之驗證推動，符合當前數位轉型治理趨勢，同時彰顯臺灣在實踐淨零轉型的社會力與科學普及量能。

(6) 出版淨零轉型公民行動沙盒專書，擴大規模與影響力：

藉由故事性 (Storytelling) 手法及生動活潑的呈現方式，將具代表性個案之經驗模式化，作為潛在民間團體投入淨零行動之參考，進而提醒讀者臺灣有能力找出屬於本土解方與路徑，帶動淨零社會與生活轉型，進一步提高沙盒試點團隊之能見度。

表 1 112 年試點團隊一覽表



網絡分類	執行單位	計畫名稱	關鍵字	成熟度分類	淨零科技領域
民間團體	財團法人心路社會福利基金會	綠色庇護工場計畫	#再生能源 #庇護工場#永續	A-結盟擴散型	
民間團體	新北市庶民發電學習社區合作社	減碳微積分-淨零人生超進擊	#社區#能源轉型 #公民參與	B-深耕成熟型	
民間團體	財團法人主婦聯盟環境保護基金會	公民電廠能源教育深根計畫	#公民電廠 #能源教育	B-深耕成熟型	
民間團體	有限責任綠主張綠電生產合作社	綠色消費者的氣候行動-「OUR RE100」集資創能到減碳溝通	#教案設計#說明會 #公民電廠 #社區溝通	C-萌芽試驗型	
民間團體	台灣綠能公益發展協會	蘭陽博物館淨零轉型之碳索博物館衛星計畫	#淨零路徑#博物館 #能源教育#工作坊 #行動指南	B-深耕成熟型	
民間團體	有限責任台灣主婦聯盟生活消費合作社	內循環蔬果膜袋產品應用	#內循環#蔬果膜袋	C-萌芽試驗型	
民間團體	臺南市七股沿海土地資源保護資源協會	七股淨零養殖新想像：打造生態品牌與低碳旅遊網絡	#淨零#養殖#生態 #低碳#旅遊	B-深耕成熟型	

民間團體	社團法人彰化縣就業能力教育協會	沼渣沼液澆灌系統運作成本評估&減碳效益分析	#東螺溪生態教育園區 #沼渣沼液 #載運及示範施灌方式 #產地檢測及資訊數位化	B-深耕成熟型	 
民間團體	雲林縣古坑鄉麻園社區發展協會	生態村社會與生活轉型試驗計畫	#生態村 #循環經濟 #公民電廠 #安養照護 #有機農業社區	B-深耕成熟型	   
民間團體	花蓮縣初英山文化產業交流協會	微水力發電公民參與計畫	#微水力 #公民參與	B-深耕成熟型	 
農業合作社	保證責任宜蘭縣行健有機農產生產合作社	活化農業廢棄物，開創負碳新思維-炭化稻殼在農業減碳之應用	#生物炭 #廢棄物 #循環再利用 #炭化稻殼	C-萌芽試驗型	  
新創/社企	探淵科技股份有限公司	微水力發電搭配既存防砂壩建立「防災型微電網」—災時社區用電、平時綠電躉售	#微水力 #防砂壩 #防災 #微電網	B-深耕成熟型	
新創/社企	配客嘉股份有限公司	永續低碳社區循環購物計畫	#低碳社區 #循環 #購物 #包材	B-深耕成熟型	 
新創/社企	粉紅豹文化事業有限公司	生活轉型的綠色大富翁-人與物的再生之旅-	#生活轉型 #再生 #綠生活 #淨零小屋串連	C-萌芽試驗型	 

表 2 113 年試點團隊一覽表

網絡分類	執行單位	計畫名稱	關鍵字	淨零科技領域
民間團體	花蓮縣初英山文化產業交流協會	初英山農村綠能育成中心計畫	#綠電應用 #綠能五金行 #社區工班	 
民間團體	財團法人大武山文教基金會	以社區為本之減碳永續農業推進HUB運行示範計畫綠色庇護工場計畫	#永續農業 #微生物菌種培育 #公民科學家	   
民間團體	財團法人心路社會福利基金會	綠色庇護工場計畫	#再生能源 #綠色採購 #社福團體	 
民間團體	臺南市七股沿海土地資源保護協會	七股淨零養殖新想像：打造友善生態養殖之永續魚塭	#生態養殖 #碳足跡 #食魚教育	   
民間團體	有限責任台灣主婦聯盟生活消費合作社	升級物流冷鏈運輸系統	#冷鏈物流 #運輸碳排	  
民間團體	社團法人台灣綠能公益發展協會	文化產業淨零轉型之創新綠色消費計畫	#碳盤查 #表演團體 #綠色票券	 

民間團體	社團法人台灣心靈生態村協進會	心靈生態村社會與生活轉型試驗計畫	#能源教育 #竹剩餘資材回收利用	 
民間團體	主婦聯盟環境保護基金會台中分事務所	邁向淨零排放，資源全循環—資源回收細分類生活轉型計畫	#資源回收 #公老坪社區 #社區培力	 
民間團體	社團法人春芽公益創新發展協會	Carry Love -讓豆袋再生×為女力加油- 蘆葦女力跨域啟動環保×公益永續循環計畫-	#循環經濟 #婦女 #社區培力	 
民間團體	臺灣氣候行動協會	森林碳匯研究及示範場域建置與推廣計畫	#森林碳匯#工作坊 #示範場域	  
民間團體	社團法人彰化縣就業能力教育協會	沼渣沼液澆灌影響輔導系統模組化與資訊數位化建立	#沼渣沼液 #數位轉型 #田區試驗	 
民間團體	臺灣農業藻菌教育推廣協會	再造低碳奇幻循環之旅 -建構微藻高值化應用資源	#微藻培養 #廢水處理#循環	 
農業合作社	保證責任宜蘭縣行健有機農產生產合作社	炭化稻殼 - 實踐農業淨零碳鎖之路 (延續型計畫)	#炭化稻殼 #田間試驗 #土壤碳匯分析	  
農業合作社	保證責任台中市大人物農產運銷合作社	台灣中部地區具市場化之大豆負碳生產模式試驗計畫	#永續農法#土壤碳匯 #低碳農產 #大豆	 
新創/社企	森林循環碳經濟創生有限公司	城市森林-樹枝條碳化循環服務教育	#生物炭#固碳 #循環經濟 #REWOOD	 
新創/社企	斜槓生活文化有限公司	開創濱溪植物復育的NBS解方	#濱溪植物 #蘆葦 #產業應用	    
新創/社企	澄洋環境顧問有限公司	扇形鹽田海草公民守護計畫	#藍碳 #公民科學 #工作坊	 
新創/社企	蕃薯藤社會企業有限公司	台灣沃土運動~都市造土	#棧板堆肥 #工作坊 #廚餘去化	   
新創/社企	沃畝股份有限公司	以「自然碳匯方法、AIoT 智慧農業科技與石虎品牌策略」打造咖啡產業鏈台灣淨零轉型示範計畫	#生物炭碳匯 #氫能 #產品設計	  
新創/社企	探淵科技股份有限公司	4,000座微水力電廠—用再生能源帶動農村再生	#微水力 #農村 #社區參與式工作坊	 
新創/社企	粉紅豹文化事業有限公司	淨零小屋共玩場—人與物的再生之旅	#淨零小屋串連 #淨零知識庫	   

特別感謝

永續前瞻能源領域

永續低碳氫(氨)能

廖俊智	中央研究院	院長
陳于高	中央研究院永續科學中心	主任
王瑞庚	中央研究院永續科學中心	博士
吳志偉	經濟部能源署	副署長
陳芊妤	經濟部能源署	科長
吳政忠	財團法人工業技術研究院	董事長
萬皓鵬	財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所	副所長
張文昇	財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所	組長
張勳承	財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所	副理
曾文生	台灣電力公司	董事長
鍾年勉	台灣電力公司綜合研究所	所長
劉方嶢	台灣肥料股份有限公司	董事長 機要秘書
陳榮聰	臺灣港務股份有限公司臺中港務公司	總經理
陳中龍	臺灣港務股份有限公司臺中港務公司	副總經理
黃一民	臺灣港務股份有限公司	資深處長
蔡文蔭	台達氫能源應用新事業發展部	總經理
林明仁	國立臺灣大學經濟學系	教授
曾重仁	國立中央大學機械工程學系	特聘教授
蕭述三	國立中央大學機械工程學系	講座教授兼工學院院長

複合式海域能源

張永源	財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所	經理
許文陽	財團法人工業技術研究院綠能所海洋能技術研究室	經理
吳朝榮	國立臺灣師範大學海洋環境科技研究所	特聘教授
莊閔傑	社團法人台灣海洋能發展協會	理事長
邱逢琛	財團法人船舶暨海洋產業研發中心	董事長
周顯光	財團法人船舶暨海洋產業研發中心	執行長

陳陽益	國立中山大學 海洋及環境工程學系	西灣講座教授
郭振華	國立台灣大學工程科學及海洋工程學系	教授
Pro. Muk Chen Ong	Marine Technology and Marine Operations at University of Stavanger	Professor

淨零智慧電網

林法正	國家科學及技術委員會	副主委
張永瑞	國家原子能科技研究院	副院長
李奕德	國家原子能科技研究院	所長
張簡樂仁	財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所	副所長
梁佩芳	財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所	組長
邱煌仁	國立臺灣科技大學	研發長
張文恭	國立中正大學電機工程學系	講座教授

前瞻地熱推動與綠色金融策略

費立沅	經濟部中央地質調查所環境與工程地質組	組長
宋聖榮	臺灣大學理學院地質科學系	教授
饒瑞鈞	成功大學地球科學系	教授
柳志錫	財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所	副組長
許雅瑁	金融監督管理委員會綜合規劃處	研究員
魏嘉宏	地熱發電單一服務窗口(地熱辦公室)	副主任
黃冠毓	國家科學及技術委員會自然科學及永續研究發展處	科長
董家鈞	國立中央大學應用地質研究所	教授
陳建志	國立中央大學地球科學學系	教授
李建成	中央研究院地球科學研究所	研究員
蔡英聖	臺灣電力公司再生能源處	處長
陳炳誠	台灣中油股份有限公司 探採事業部測勘處	副處長
林伯修	結元能源股份有限公司	總經理
賴湘絮	倍速羅得股份有限公司	行銷總監
王銘山	永豐商業銀行股份有限公司 法人金融處 商業金融部	經理
陳昭維	永豐商業銀行股份有限公司 法人金融處 商業金融部	經理
陳子誠	臺灣土地銀行 企業金融部	科長
黃政熙	臺灣土地銀行 員工訓練所	副科長

陳中偉	兆豐銀行 企金業務處	襄理
陳建翰	兆豐銀行 徵信處	科長
張惠玲	兆豐銀行 授信審查處	科長
歐映珩	兆豐金控 永續策略部	專員

低減碳領域

產業設備整合 AIoT 創新節電

蔡明祺	國立成功大學馬達科技研究中心	主任
黃柏維	國立成功大學馬達科技研究中心	副主任
林維哲	國立成功大學馬達科技研究中心	組長
蔡名曉	國立成功大學馬達科技研究中心	專案工程師
林志隆	國立成功大學敏求智慧運算學院	副院長
陳宗榮	中國鋼鐵股份有限公司綠能與系統整合研究發展處	處長
陳松琳	中國鋼鐵股份有限公司檢測與電磁技術組	組長
陳俊達	中國鋼鐵股份有限公司節能減碳技術組	組長
吳崇勇	中國鋼鐵股份有限公司智能技術組	組長
孫健榮	東元電機股份有限公司	處長
張永泰	東元電機股份有限公司	專員暨專案經理
洪文平	東元電機股份有限公司	資深專員
李達生	國立臺北科技大學 能源與冷凍空調工程系所	教授
李魁鵬	國立臺北科技大學 能源與冷凍空調工程系所	教授
鐘俊顏	崑山科技大學	副校長
呂晃志	逢甲大學碳中和研發與服務中心	主任
張章堂	國立宜蘭大學環境工程學系	教授
張賢仁	經濟部產業發展署	助理員
李宜臻	研華股份有限公司	產品經理
康育豪	財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所	組長
王建昌	財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所	經理
鄭詠仁	財團法人工業技術研究院機械與機電系統研究所	組長
楊智傑	台灣產業服務基金會	研究員

基盤設施與建成環境淨零轉型

張念慈	財團法人工業技術研究院 機械所 車輛電動化推動辦公室	主任
黃立恭	財團法人工業技術研究院 機械所 智慧車輛技術組	組長
張行道	成功大學土木系	教授
陳世晃	中央大學土木系	教授
吳東凌	交通部 運輸研究所 運輸資訊組	組長
朱珮芸	交通部 運輸研究所 運輸能源及環境組	組長
曾鈞敏	行政院 公共工程委員會 技術處	處長
蔡志昌	行政院 公共工程委員會 技術處	簡任技正
黃雅娟	行政院 公共工程委員會 技術處	簡任技正
徐偉誌	行政院 公共工程委員會 技術處	科長
池祐頤	行政院 公共工程委員會 技術處	技正
王榮進	內政部建築研究所	所長
蔡綽芳	內政部建築研究所 工程技術組	組長
羅時麒	內政部建築研究所 環境控制組	組長
陶其駿	內政部建築研究所 綜合規劃組	組長
姚志廷	內政部建築研究所	博士
林杰宏	財團法人台灣建築中心	副執行長
陳志賢	亞洲水泥	首席副廠長
謝尚賢	台灣大學土木系	教授
郭柏巖	朝陽科技大學建築系	教授
黃建勳	大陸工程 台灣事業 / 土木工程處 (BIM 組)	經理
許銘修	taiseia 台灣智慧能源產業協會	技術長
許可真	taiseia 台灣智慧能源產業協會	秘書
劉子吉	財團法人工業技術研究院 綠能所 電網與自動化研究室	經理
林欽榮	高雄市政府	副市長
王宏榮	高雄市經濟發展局	副局長
魏建雄	高雄市經濟發展局	專門委員
郭進宗	高雄市都市發展局	副局長
劉建邦	高雄市交通局	副局長
黃世宏	高雄市環境保護局	副局長
劉中昂	高雄市工務局建管處	副處長
黃振祐	高雄市水利局	專門委員

負碳領域

碳封存整合社會治理

石瑞銓	國立中正大學地球與環境科學系	副教授
吳其章	經濟部產業技術司	研究員
吳偉智	台灣中油探採事業部	副執行長
吳逸民	國立臺灣大學地質科學系	教授
吳調原	中鋼公司	研究員
李奇峰	台灣中油探採事業部	副處長
李奕亨	財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所	博士
李彥佑	台灣中油探採事業部	組長
林立虹	國立臺灣大學地質科學系	教授
林軒如	台灣經濟研究院研究一所	助理研究員
林殿順	國立中央大學地球科學學系	教授
邱俊銘	台灣中油探採事業部	組長
邱耀平	行政院原子能委員會核能研究所	研究員
馬小康	台灣碳捕存再利用協會	理事長
高靖棣	台灣電力股份有限公司	研究專員
張中白	國立中央大學太空及遙測研究中心	教授
張博凱	國立中央大學化學工程與材料工程學系	副教授
張耀元	台泥公司	資深副理
許雅儒	中央研究院地球科學研究所	研究員
許樹坤	國立中央大學地球科學學系	院長
連培榮	金屬工業研究發展中心天然物創新應用組	組長
郭昶邑	經濟部產業技術司	研究員
郭紹偉	國立中山大學材料與光電科學學系	教授
郭陳澔	國立臺灣大學地質科學系	教授
陳柏誼	台灣經濟研究院研究一所	助理研究員
陳維新	國立成功大學航空太空工程學系	教授
曾彥祺	台灣中油探採事業部	組長
童國倫	國立臺灣大學化學工程學系	教授
楊志成	台灣中油探採事業部	處長

楊明偉	台灣電力股份有限公司	副研究員
廖文峯	國立清華大學化學系	教授
廖啓雯	財團法人工業技術研究院	副組長
劉台生	國立中正大學地球與環境科學系	專任副教授兼系主任
蔣本基	國立臺灣大學環境工程學研究所	教授
談駿嵩	國立清華大學化學工程學系	榮譽教授
盧昱穎	經濟部能源署	技士
盧敏彥	財團法人工業技術研究院材料與化工研究所	博士
謝佩珊	財團法人工業技術研究院材料與化工研究所	博士
顏宏元	國立中央大學地球科學學系	教授
顧野松	東海大學化學工程學系	教授

循環領域

生物質永續能資源化

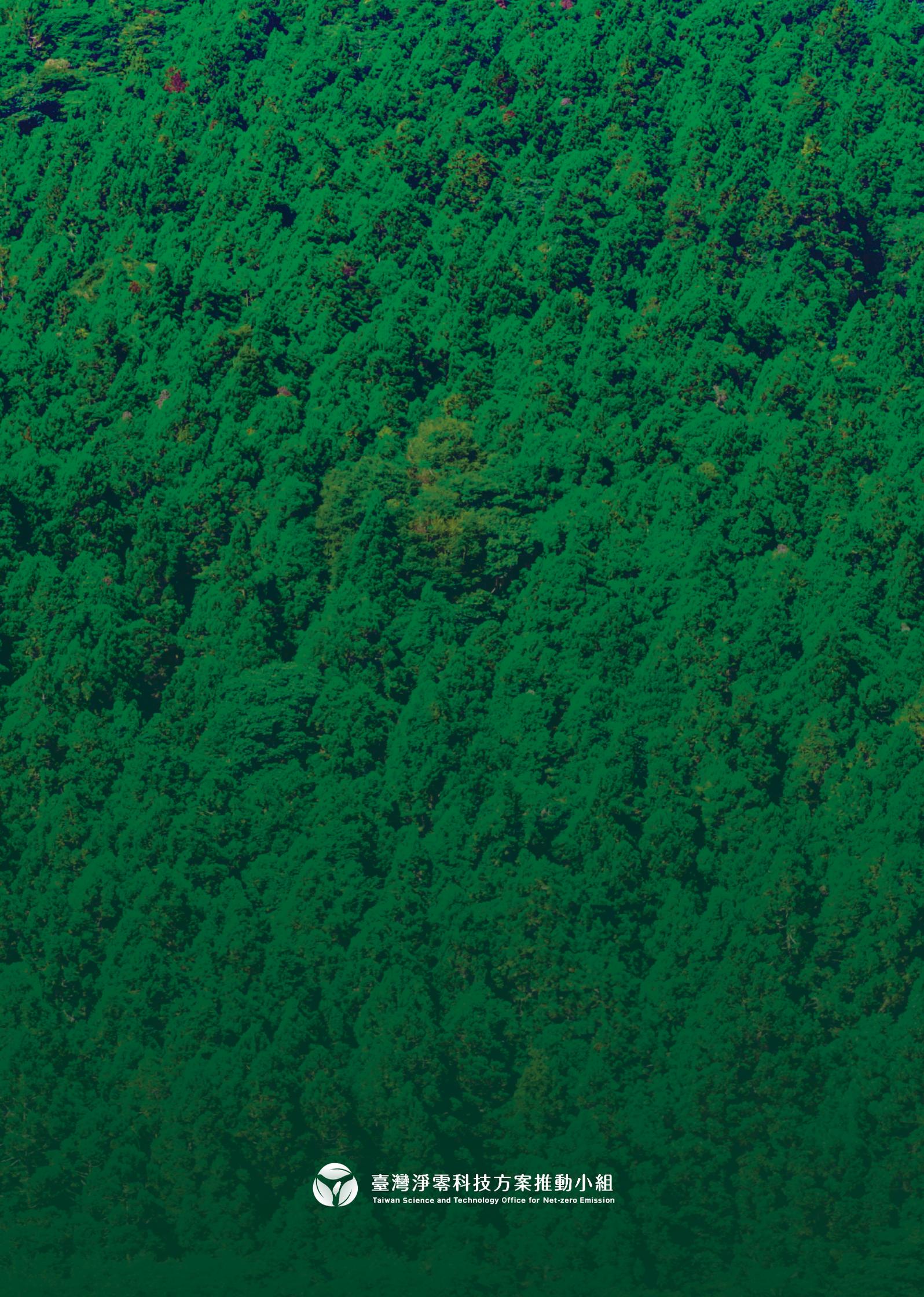
石正人	國立臺灣大學昆蟲系	名譽教授
郭家倫	國家原子能科技研究院 化學研究所	副所長
王淑麗	台灣中油股份有限公司 煉製研究所燃料及潤滑劑組	組長
張揚狀	台灣中油股份有限公司 綠能科技研究所再生能源組	組長
許恆彬	台塑石化股份有限公司	協理
蔡依蓓	桃園國際機場股份有限公司 企業發展處	科長
何慶生	長榮航空公司	首席副總經理
劉嘉文	長榮航空公司 企業永續發展室	協理
陳一戈	中華航空公司 企業安全室	處長
鄭智仁	中華航空公司 企業安全室	經理
簡秀芬	永大杉綠能科技股份有限公司	總經理
王明瑞	承德油脂股份有限公司	總經理
張志毓	台灣生質能源產業協會	理事長
陳修雄	漢寶農畜產企業股份有限公司	董事長
柯忠昇	台以環能股份有限公司	總經理
梁耀光	東糖能源服務公司	總經理

劉志忠	業興環境科技股份有限公司	副總經理
何淑萍	交通部 民用航空局	局長
黃武強	交通部 民用航空局 航站管理組	組長
莊老達	農業部 資源永續利用司	司長
楊槐駒	農業部 資源永續利用司 永續發展科	科長
陳宜孜	農業部 畜牧司 養豬產業科	技正
林建芬	環境部 資源循環署	科長
鄭志鴻	業興環境科技股份有限公司	董事長

人文社會科學領域

公民團體創新示範與沙盒試驗計畫

李屏	財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所	研究員
張亞喬	財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所	研究專員
呂家榮	財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所	副研究員
柯穎瑄	社團法人社區大學全國促進會	組長
蔡沛瑜	社團法人社區大學全國促進會	專員



臺灣淨零科技方案推動小組

Taiwan Science and Technology Office for Net-zero Emission

國家圖書館出版品預行編目 (CIP) 資料

複合式淨零科技前瞻布局 = Net-zero science & technology policy : the systematic and integrated resource planning approach/ 周素卿總編輯. -- 臺北市 : 財團法人國家實驗研究院, 民 114.03

面 ; 公分

ISBN 978-626-95062-3-1 (平裝)

1.CST: 永續發展 2.CST: 碳排放 3.CST: 科技社會學

541.43

114002309

複合式淨零科技前瞻布局

- 指 導 單 位 國家科學及技術委員會 科技辦公室
- 執 行 單 位 臺灣淨零科技方案推動小組
- 總 編 輯 周素卿
- 副 總 編 輯 李明旭
- 設 計 顧 問 林家華
- 視覺設計團隊 路上光興業有限公司——吳欣鎂、林欣儀、戴振洋
- 印 刷 彩創即整合行銷有限公司
-
- 發 行 人 蔡宏營
- 出 版 單 位 財團法人國家實驗研究院
- 出 版 地 址 106214 臺北市大安區和平東路二段 106 號 3 樓
- 網 址 <https://www.narlabs.org.tw/>
- 電 話 02-2737-8000
- 出 版 日 期 114 年 3 月
- I S B N 978-626-95062-3-1



複合式淨零科技前瞻布局

NET-ZERO SCIENCE & TECHNOLOGY POLICY
The systematic and integrated resource planning approach