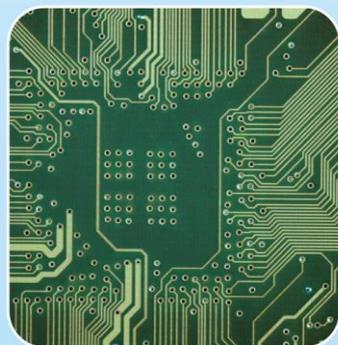


財團  
法人

中技社

# 中技社 113 年度 研究報告摘要彙編

CTCI FOUNDATION



中華民國 114 年 02 月

財團法人中技社(CTCI Foundation)創立於 1959 年 10 月 12 日，以「引進科技新知，培育科技人才，協助國內外經濟建設，提升國內生產事業能力」為宗旨。初期，主要致力於煉油石化廠之設計與監造；1979 年，將工程業務外移轉投資成立中鼎工程後，業務轉型朝向裨益產業發展之觸媒研究、污染防治與清潔生產、節能、及環保技術服務與專業諮詢；2006 年，因應社會環境變遷，本社再次調整業務方向，轉型為專注於環境與能源領域的智庫機構。透過專題研究、研討會、論壇及座談會等多元形式，積極推動科技與知識的創新，並發行推廣刊物與科技新知叢書，致力於建構資訊交流與政策研議的平台，期能協助公共政策的規劃與研擬，亦間接促進產業升級，實現環保節能與經濟繁榮並重的目標。

為延續創社初衷，並積極對所處環境作出更大貢獻，本社聚焦於國內具有前瞻性與急迫性的能源、環境、產業、社會及經濟等多元議題，廣邀國內外專家，進行全面性研究與探討。2024 年本社共計出版 21 本研究報告，本書係將 21 本研究報告之摘要加以彙編成冊，以便讀者參考。

發行人：潘文炎

主編：陳綠蔚

執行編輯：曾志煌、楊顯整、芮嘉瑋、陳潔儀、江建將

發行單位：財團法人中技社

地址 / 106 臺北市敦化南路二段 97 號 8 樓

電話 / 886-2-2704-9805

傳真 / 886-2-2705-5044

網址 / [www.ctci.org.tw](http://www.ctci.org.tw)

本社專題報告內容已同步發行於網站中，歡迎下載參考

發行日期：中華民國 114 年 02 月

# 中技社 113 年度研究報告摘要彙編

## 目 錄

2024-01	全球核能發電現況與發展趨勢.....	3
2024-02	至 2030 年氫能技術發展.....	8
2024-03	我國原料藥產業發展模式與挑戰.....	13
2024-04	2050 淨零碳排目標下低碳電力技術應用潛力分析.....	18
2024-05	AI 在服務領域應用.....	26
2024-06	AI 科技的社會成本與治理準則.....	31
2024-07	我國中央財政與稅制優化研究.....	37
2024-08	面對國際關鍵礦物資源出口管制之因應.....	42
2024-09	國際產業趨勢對我國工具機產業之影響.....	50
2024-10	我國主要算力盤點與產業生態系之探討.....	57
2024-11	國際供應鏈重組下我國產業國際布局.....	64
2024-12	電動車及氫能車發展評估.....	70
2024-13	全球前瞻科技人才政策對臺灣之啟示.....	79
2024-14	台灣物流產業統籌管理與優化.....	84
2024-15	產業園區淨零轉型電力可靠與韌性研究.....	92
2024-16	主要國家淨零排放路徑之比較分析.....	101
2024-17	我國半導體異質整合發展之挑戰.....	106

2024-18	我國對歐盟碳關稅機制與碳戰略之因應.....	111
2024-19	AI 跨域教師培育示範與教學資源共享之探討.....	119
2024-20	居家醫療照護研究與挑戰.....	127
2024-21	我國再生醫療未來發展之挑戰.....	132

## 2024-01 全球核能發電現況與發展趨勢

- ◇ 專題報告編號：2024-01
- ◇ 執行時間：2023.06~2023.12
- ◇ 召集人：林德福秘書長(台灣電力企業聯合會)
- ◇ 研究團隊：廖識鴻顧問(台灣電力企業聯合會)、台灣電力企業聯合會團隊共同參與。
- ◇ 負責中心/同仁：科工中心楊顯整主任、郭華軒研究員

### 一、問題及目標

為因應氣候變遷導致全球災害頻繁，世界各國已逐漸形成共識，2050 淨零排放成為各國目標，期望將全球暖化控制在 1.5°C 內。另一方面，為維持經濟發展必須供應穩定、潔淨、無碳排放且可負擔的電力成為各國努力目標，積極建置不排放二氧化碳的再生能源發電已成為各國最普遍的做法。但再生能源的間歇性與局限性，尚未能達成兼顧供電無虞與淨零排放的目標，而目前發電占比最高的火力發電，因其排放二氧化碳，必須逐漸退場。因而核能發電就成為許多國家電力部門減碳與多元化發電的重要選項。核能發電自 1950 年代開始商業化以來，歷經發展期、爆發期、衰退期與復甦期等過程。主要因民眾對核能安全與核廢料處理等存有疑慮，但隨著核能技術的演進，加上全球暖化、淨零排放的需求，核能逐漸被納入能源多元化的選項。以 2023 年 11 至 12 月召開的 COP28 氣候變遷高峰會為例，美、日、英、法等 22 個國家共同發表宣言，呼籲 2050 年核能裝置容量要提升至 2020 年的三倍，顯見國際間部分國家將核能視為減碳的選項之一。台灣自有能源匱乏、能源安全脆弱，近年來能源轉型也朝向能源多元化發展，而核能在過去 40 年來提供台灣安全、穩定、低碳且價廉之電力，國際間仍計劃以核能作為減碳工具之一，故現有核電廠延役、密切注意小型模組化與新型核反應器的發展與適時引進，甚至待核融合商業化後導入應用，都有機會協助台灣強化能源安全、達成能源轉型，為 2050 淨零排放做出貢獻。

### 二、研究範圍及內容

本報告蒐集國內外最新相關資訊與文獻廣納國內外核能專家意見，分別

論述核能之過去、現在與未來、包括核能安全、核廢料處理與核能發電成本在內的核能發電之議題與解決方向，被寄以厚望的小型模組化與新型核反應器的機會與挑戰，以及近年來漸有較顯著發展的核融合的機會與待解決問題等，提供各界參考，俾供全國各界了解核能發展與應用，建立共識同心協力達成能源轉型，邁向 2050 淨零排放目標。

### 三、研究結論

本報告歸納結論如下：

#### (一) 核能發電之議題

##### 1. 核能安全

核能發電史上發生的三大核能事故，1979 年美國三哩島核子事故曾短暫影響核能發展，也促使西方核能機組提升嚴重核子事故的因應能力；1986 年蘇聯車諾比核子事故，基本上並未對西方核能工業造成影響；2011 年發生應能避免而未避免的日本福島核子事故，對核能發電造成較大的影響，各核能發電國家也因此再加強因應嚴重核子事故的能力。

福島事故發生後，各國紛紛參據美國核管會與國際原子能總署訂定的規範，重新審視及強化核能安全與緊急事故應變準備機制，並執行核能電廠緊急事故應變的壓力測試。台灣核一、二、三、四廠都重新檢視電廠的耐震與防海嘯能力、模擬福島事故、進行全套情境演練，並檢討臨時救災設備與備品、工具之適當性、充足性與配置以及包括燃油、電源、冷卻水源之後續運作資源及備援能力，並建立台電公司外部技術支援協議與建立斷然處置程序等。

##### 2. 核廢料處理

世界各國處理核廢料大都基於下列原則：

- 核廢料應適當儲存以避免造成民眾輻射暴露以及環境污染。
- 核廢料隨著時間衰變，因此許多國家傾向在高階核廢料最終處置前先貯存大約 50 年~100 年。
- 低階核廢料處置較明確，幾乎在任何地方都能安全處理。
- 用過核燃料通常都先放置水中至少 5 年，再改為乾式貯存。

-大多數國家都同意深層地質掩埋是大部分高階核廢料最佳的處置方式。

國際上目前芬蘭和瑞典的用過核燃料最終處置計畫發展最為成熟，瑞典早在 2011 年就提出建照申請，預定 2025 年開始興建；芬蘭於 2016 年便取得興建最終處置場建照，現已取得運轉執照，預定 2024 年開始最終處置場營運；核電大國法國也已獲得主管機關建照許可。「創造良好溝通環境，基於共識制定決策」解決方案，是瑞典與芬蘭尋求最終處置場的做法。台灣也設定 2055 年完成用過核燃料最終處置的設置與營運，當然這需要政府與民眾加強溝通、建立共識，同心協力努力完成最終處置場的設置，畢竟無論未來核能如何發展，台灣過去營運核能 40 年來已累積相當數量的核廢料必須加以處理。

### 3. 核能發電成本

目前國際間運轉核電廠的主力仍為第二代核反應器機組，如台灣的核一、二、三廠，雖多數機組運轉超過 30 或 40 年，因運轉安全穩定、績效良好且立即可續用，故絕大多數國家都在進行延長核電廠的運轉壽命(延役)。因原建廠固定成本都已折舊攤銷完畢，以致發電成本相較於任何發電方式都低，既安全、好用、經濟又不排放碳，這也是絕大多數國家短期優先採取核電廠延役的最主要原因。台灣核能發電成本僅新台幣 1.0~1.5 元，遠低於其他發電成本，在安全無虞下應可考慮延長運轉壽命，也可為 2050 淨零排放做出貢獻。

#### (二) 小型模組化與新型反應器

要達成邁向 2050 淨零排放目標，僅採取現有核電廠延役尚無法滿足能源需求，因此新建核能機組成為許多國家優先考慮的策略，更安全、更經濟、更永續且更具應用彈性的小型模組化反應器與第四代新型反應器便成為諸多國家研究發展與布局興建的電力來源。

第四代新型反應器包括部分小型模組化反應器，除安全、經濟外，尚具有能源永續與核廢料較易管理的優點，當其技術發展成熟時，也是可以考慮引進。當然第四代新型反應器與小型模組化反應器都面臨一些挑戰，除部分反應器技術仍待進一步研發精進與確認外，包括供

應鏈、法規與執照審核的配合、燃料與材料、製造與設計配合、施工管理以及人才培養等問題都需積極解決，才有利於未來適當時機需要引進時具備足夠的條件。

SMR 因小型化具有較好的選址條件、較好的併網韌性與多功能的能源應用，未來應可作為缺乏能源的台灣，邁向 2050 淨零排放可考慮的選項。

如未來有機會引進 SMR，建議最好是採用已取得設計認證且獲得國際間法規核准並已建廠成功且順利運轉的機組以降低風險，當然引進 SMR 尚須考慮包括採用何種技術/機型、模組供應鏈是否能配合、SMR 的經濟規模(Economics of Scale)、執照申請與核能法規的配合、財務投資與政策支持、公共認知與民眾支持、核燃料與核廢料處理、防止核擴散以及核能第三責任(Nuclear Third Liability)等議題。

### (三) 核融合發電

拜近十年來電腦運算、人工智慧、材料科學、超導技術與模擬技術等科技的突飛猛進，加上各國政府與民間企業積極投入，核融合技術逐漸有突破性發展，或許在未來 20~30 年，人類有幸等到核融合時代的來臨，徹底解決永續能源的需求。當然，目前各種核融合技術發展都還面臨諸多挑戰，但想想在 40 年前人類就已投入人工智慧的研究，當時人類無法想像人工智慧能有今天的發展如現今的 ChatGPT。核融合技術的發展使得人類比過去任何時刻更接近能利用核融合發電，相信在不久的將來會有實現的一天。我們可以期待，也應密切注意核融合的發展，預做準備，相信時機到來即可應用，以解決我國能源缺乏的困境。

## 四、改善對策及建言

全球核能發電已運作超過半世紀，雖逾 200 座核電廠已除役，但仍有超過 400 座核電廠運作中。各國使用核能發電除了技術上嚴守安全規範，皆需考量民眾接受度與國家政策方向。台灣進口能源依存度高，為滿足能源供應安全與 2050 淨零排放目標，除應繼續積極開發再生能源外，未來若經各方商議政策上同意續用核能，則對於核能發電的立場可考慮以下四大面向：

### (一) 短期策略

最優先、最有效的做法是將現有核能電廠在安全無虞的條件下延長運轉壽命；另，核能四廠屬於安全等級比核三廠更高的第三代核電廠，已完成試運轉測試，並通過第三方強化安全檢測小組的系統測試複驗。雖經封存數年，將來如需配合淨零排放與國家能源安全需求，經再次進行安全總體檢與運轉測試，確認安全無虞的情形下，或可列為未來基載能源選項之一。

### (二) 中期策略

應可考慮在未來國外小型模組化與第四代反應器已建廠完成並運轉順利的條件下，伺機引進國內作為維持穩定可靠，且不排放二氧化碳的電源，以提供國內未來所需的電力供應。

### (三) 長期策略

宜密切關注核融合的發展，在未來 2050 年前後或有機會等到核融合的商業化，屆時引進核融合發電可徹底解決永續的能源需求。

### (四) 專業人才培育

最重要的是核能人才的培養需要相當時間，台電公司過去數十年來，核一、二、三廠有相當良好的運轉績效，主要歸功於過去台灣三、四十年積極培養出許多核能人才，但近幾年來核能人才逐漸流失，核能發展將受到限制，如將來要配合國際趨勢與淨零排碳再發展核能，將因人才短缺而難以順利執行，因此留住人才，並及時培養人才，才能配合未來適時引進 SMR 或第四代核反應器，甚至核融合應用的需要。

## 2024-02 至 2030 年氫能技術發展

- ◇ 專題報告編號：2024-02
- ◇ 執行時間：2023.01~2023.12
- ◇ 召集人：牟中原院士(中研院)、黃國維(KAUST 教授)
- ◇ 研究團隊：萬皓鵬副所長(工研院綠能所)、黃國維教授(KAUST)、陳軍互特聘教授(國立中山大學)、吳鴻森副組長(工研院量測中心)、王逸萍處長(中油企研處)、林若蓁副所長(台經院)、黃炳照講座教授(國立臺灣科大)、曾重仁特聘教授(國立中央大學)等專家及其團隊共同參與。
- ◇ 負責中心/同仁：經產中心王新鎔主任、資環中心曾志煌主任、林右人研究員

### 一、問題及目標

氫能列為國家未來淨零碳排的「十二項關鍵戰略」之一。由再生能源產製的綠氫，是目前最受各方看好的低碳燃料。然而，台灣在能源短缺的先天限制下，如何以技術為本，做最有效的氫經濟佈署，並逐步推動國內的氫能應用環境，均是未來重大的挑戰。

依經濟部能源局規劃：(1)至 2030 年完成氫氣進口評估，待國際供應充足及氫氣成本具經濟性，將逐步進口氫氣；(2)國內自產氫，結合 CCUS 試驗規劃，2030 發展藍氫供給氫能應用端使用，以示範場域建立本土化關鍵技術，並評估未來自主產氫量能。以上兩項計畫均顯示至 2030 年對現有氫能技術的發展，國內需有完整的技術研究報告，做為國內推展氫能產業的根基。

爰此，規劃以「至 2030 年氫能技術發展」為專題，共同研析在全球淨零排碳的趨勢下，國內外氫能技術發展概況與國際趨勢、氫能成本降低至具經濟效益的關鍵技術發展；研討如何發展國內氫能產業，進而帶動低碳經濟（甚至氫經濟）成形，及所面臨的瓶頸與未來應對策略，蒐集國內外氫能研究學者、產業專家或先進的意見，提出具體政策建議以供參考。

### 二、研究範圍及內容

本報告主要內容共分為八個章節：

第一章總論，簡介現今國際氫能發展之趨勢，分析國際上氫能主要發展國家規劃之政策及目標。

第二章擇定氫能供應為主軸，研析各式氫能供應之技術發展與製造成本分析，並針對台灣國內氫能生產環境進行探討，評估國內產氫工業的可行性。

第三章研討各國現行氫及氫載體進出口政策、示範驗證專案布局、海上輸送技術、氫能儲存技術現況及先進及儲存技術等，並提出我國發展氫能輸儲技術之建議。

第四章研析氫能基礎設施，釐清建置所面臨的問題，預期發展進程與現實間的落差，並深入探討各國戮力發展之輸氫管線及加氫站等項目。

第五章以工業部門用氫需求量切入，並透過案例探討氫能先進國家(如：歐美、日、韓)工業部門用氫需求量之規劃，與氫氣在各種產業之應用方式(如：石化鋼鐵業、半導體業等)；研究調查台灣工業用氫產業現況與氫氣用量，並進行未來需求預估，提出我國工業用氫未來發展建議。

第六章專章研討燃料電池，燃料電池為氫能利基應用與示範運行的主要產品，但全球及台灣燃料電池發展上仍存在不少障礙，本章將以「質子交換膜燃料電池」及「固態氧化物燃料電池」兩種應用類型出發，完整剖析燃料電池應用在台灣氫能淨零排放路徑上必須思考的問題，並提出發展建言。

第七章完整介紹氫能產業價值鏈，同時分析我國氫能技術缺口，進而帶入我國之利基市場與可能切入點，並以質化分析梳理出未來適合發展之技術方向。

第八章結論與建議，綜合歸納前述各章關鍵技術發展之趨勢與瓶頸，配合專家期末會議討論國內氫能發展之內容，研擬相關政策建言，以供參考。

### 三、研究結論

#### (一) 全球氫能發展趨勢與政策驅動

綜觀全球氫能發展趨勢，國際能源總署 (International Energy Agency, IEA) 預測至 2050 年總需求將超過每年 5.3 億公噸，潔淨氫的需求則達 3.88 億公噸，氫能將主要應用於工業、運輸和發電等三大領域。

工業部門現今趨勢為氫氣加入天然氣中混燒以降低碳排、或將氫燃料電池用於辦公、廠房建築作為潔淨穩定之獨立供電等用途。運輸部門則透過持續研發氫能及燃料電池相結合的交通工具，以及能夠替代現有汽油交通工具的合成燃料 (e-Fuel) 相關技術。發電部門則受

益於再生能源裝置數量的持續增加，未來過剩的再生能源電力，可以通過氫能來彌補其季節性與間歇性問題，協助電力部門減碳。

至 2023 年 7 月全球已有 44 個國家級的氫能戰略圖，逾 78 個國家提出與氫氣或氫能相關的政策或專案計畫。由於綠氫與藍氫的商業化市場仍在萌芽期，且氫相關技術與設施建置的成本高，需依賴相關補助或政策誘因，故目前處於政策驅動市場。

## **(二) 臺灣氫能發展現況與推動瓶頸**

### **1. 我國氫能戰略設定及政策規劃**

為達 2050 淨零碳排的目標，國發會於於 2022 年 3 月 30 日訂定「台灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，並提出「十二項關鍵戰略」以推動並落實 2050 淨零轉型之長期願景與目標，而「氫能」亦列為其中之一戰略。因此，經濟部成立「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。

首先，先推動以氣換煤，提高天然氣使用以降低燃煤占比，導入氫能混燒，逐步提高氫能混燒比例與發展氫能專燒機組。再者，可規劃布局氫氣來源與規劃基礎設施，拓展進口氫能供應來源或者加氫站之建置。同時，亦強化氫能技術之應用發展，如碳捕捉技術或提昇轉換效率，且比照許多國家設立專法，並將氫能源列為綠能項目之一，期能刺激氫能產業發展，最終達成淨零排碳為目標。

### **2. 工業氫利用**

目前我國之工業餘氫後端處理方式係因產業製程與純度而異，工廠大都採商業販售或以汽電共生之燃燒處理作為廠區供熱，並符合環保排放標準，或將工業餘氫銷售予化工業製造化工產品，皆具相當大的經濟效益與市場潛力；氫氣的純化再利用亦為重要的市場需求之一，已有各式氫氣的偵測、純化、回收、重組、再利用等產品興起。

### **3. 燃料電池發展**

過去幾十年燃料電池已經有很多利基應用與示範運行的產品，但其高成本燃料、缺乏氫能基礎設施、缺乏完善的政策與法規等障礙，仍尚待解決，在淨零排放路徑上氫能發展上必須思考

的問題。

#### 四、改善對策及建言

本專輯就國內氫能發展研析內容，依下列三個構面，提出相關之政策建言：

##### (一) 政策法規面

1. **設立「跨部會專責委員會」**：建議設立專責委員會，綜理發展過程中可能遭遇之各種狀況，並進行跨部會協調、分工整合與立法支持，完善法源依據環境與實作示範推行。
2. **推行政策補助**：支持性的補助政策為各國發展氫能初期之重要手段，建議國內可比照國際趨勢，分別由氫能生產端、應用端及設備端等提供相關補助，加速產業發展及擴大應用範疇。
3. **法規調整與鬆綁限制**：現階段國內氫能發展計畫尚缺乏定義明確的法規及規範等配套，建議新增或調整相關能源法規與配套方案，作為能源品項實施相關計畫根據，並鬆綁不合時宜之限制。
4. **整合零碳電力**：建議積極尋求無碳電力的各種可能性，將過剩的再生能源或無碳電力，透過氫能具長時間儲存的優點進行儲備，同時達強化電網韌性的功能。

##### (二) 技術發展面

1. **全生命週期分析**：建議以科學數據為依據，完整研析國內氫能或氫載體「全生命週期(life cycle)」的各項成本與碳排分析，作為選擇氫能利用之根基。
2. **基礎科學研究投入**：氫能經濟成本的降低及可行性達標，在國內有必要維持一定的研究量能，以作為長期發展之基礎。建議國科會宜針對幾項關鍵技術，持續投入氫能相關基礎科研計畫。
3. **區域示範場域及產業化**：建議以氫能區域中樞(Hydrogen Hub)的概念，規劃我國各地氫能示範場域，同時針對工業部門的產業發展策略可納入工業部門之製程改善、氣體純化再利用技術及廠辦、園區獨立發電、推廣企業設置氫能自用發電設備等目標作為方向，友善供給端與需求端之產業零碳經濟發展。

4. **國際合作策略**：建議宜持續關注國際間的技術發展動態，可與已宣布自產綠氫出口之國家商談合作投資產氫技術與產氫廠，合力加速技術規模化並降低氫氣成本，而在燃料電池產業，建議與國際大廠合作發展關鍵零組件與測試驗證設備，合作進軍國際重要市場。
5. **持續關注氫氣逸散議題**：「氫氣逸散」為新興議題，未來將影響氫能採用模式與產業之評估分析，建議可持續關注國際間科學分析之結果，納入整體考量。

### (三) 社會溝通面

1. **公眾溝通與科普教育**：社會大眾仍普遍對氫能感到陌生甚至恐懼，為使後續計畫能順利推動，並讓氫能未來可實際應用在國人的生活當中，建議以政府的角度進行社會公眾溝通，並搭配科普教育宣導，消弭民眾恐懼抗拒的思維。
2. **示範設施**：建議提供氫能各種示範設施（如：氫能輸運載具、社區型燃料電池發電系統...等）供民眾親自體驗。
3. **環境改善藍圖**：氫能被視為終極潔淨能源，雖然目前中仍有許多技術瓶頸尚待克服，建議政府對氫能使用將對環境改善，提出適切的願景藍圖，讓民眾預見氫能利用對環境改善的長遠效益。

## 2024-03 我國原料藥產業發展模式與挑戰

- ◇ 專題報告編號：2024-03
- ◇ 執行時間：2023.01~2024.12
- ◇ 召集人：馬海怡博士(維梧資本創投合夥人、前神隆創辦人兼總經理)
- ◇ 研究團隊：許振霖總經理(大員生醫；前工研院生醫所)、張南生博士(前神隆公司)共同參與研討。
- ◇ 負責中心/同仁：經產中心王鈺銜主任、資環中心曾志煌主任、林右人研究員

### 一、問題及目標

原料藥為藥品有效成分(active pharmaceutical ingredient, API)，是各大藥廠的根本命脈。全球原料藥以中國 48%及印度 19%兩國佔大宗。隨著 Covid-19 疫情的爆發，其所造成的國界封鎖及寡占性質的供應鏈結構瓦解，引發了各國間的原料藥產業受到前所未見的衝擊，也因此許多國家重新檢視原料藥產業，將其視為戰略性產業，避免被他國控制或發生斷貨的現象。

行政院先前已核定「六大核心戰略產業推動方案」，其中民生及戰備產業，將透過穩固五大供應鏈，並掌握半導體材料與設備、車用電池、原料藥及 15 項重要工業物資等關鍵原材料，確保關鍵物資自主供應無虞。而 2024 年 9 月美國眾議院通過《生物安全法案》(Biosecure Act)，不僅是美國對外政策的一次重要調整，也可能對全球生技產業的運作模式產生深遠影響，尤其對國內原料藥產業帶來新商機或衝擊，值得後續持續觀察。

原料藥依據製劑產品的特性，可概分為三類：①專利過期藥品(學名藥)之原料藥供應；②品牌專利藥品之原料藥供應；③新藥開發用途之原料藥供應。在考量市場競爭者、生產投資成本、產製時效、品質管控、專利、工安環保、中小型廠商合作品項...等多項因素，臺灣應審慎思考該如何順應世界綠色轉型的潮流，配合企業 ESG 永續的概念與全球接軌，逐步調整國內的原料藥製造及發展，選擇投入重點。

爰此，本社以「我國原料藥產業發展模式與挑戰」為專題，共同研析 Covid-19 疫情過後，全球原料藥產業板塊移動趨勢；淨零碳排下國內原料藥綠色轉型的契機與挑戰；以及國內發展原料藥所面臨的瓶頸與未來應對策略，並蒐集國內製藥產業專家或先進的意見，提出具體政策建議以供相關政

府部門參考。

## 二、研究範圍及內容

本報告主要內容共分為五個章節：

- 第一章 緒論：介紹原料藥的定義與內涵，著重於原料藥的發展趨勢與重要性，並概述國內原料藥產業的發展歷史。
- 第二章 原料藥概述：根據原料藥的特性，本章將原料藥分為六種類型進行詳細介紹。
- 第三章 全球及台灣原料藥之供需狀況：本章分析全球原料藥供應鏈的動態，研析全球主要原料藥生產國的發展現況，並探討國內原料藥產業的發展概況與相關政策，以及未來可能的合作機會。
- 第四章 台灣原料藥產業的挑戰與機會：透過 SWOT 分析，本章剖析台灣原料藥產業的優勢、劣勢、機會與挑戰。並針對國內較成熟的小分子原料藥業者進行問卷調查，收集業界對於國內發展問題的重要性與急迫性認知，以及政策配套建議，並提出相關策略建議。
- 第五章 結論與建議：綜合各章分析，針對原料藥產業發展的瓶頸、國內環境的優劣勢、新興技術的採用機會及法規限制等挑戰，從政策法規、技術、經濟與社會四個構面，提出具體的策略建議。

## 三、研究結論

### (一) 全球原料藥發展趨勢

全球有 3,000 多家原料藥公司，中國佔了 48%，印度則有 19%。主因是，過去幾十年來的長期持續趨勢，原料藥生產從監管日益嚴格的地區(美國、歐盟)轉向低成本的亞洲國家，特別是中國和印度。

而近一、二十年來，全球原料藥產業界因生產競爭所產生供需的演變外，也因為全球淨零排碳議題的重大影響，綠色化學製造亦逐漸成為產業的重心，各家原料藥廠為提升既有產品生產效率，透過連續式及自動化致力於改善製程，並利用快速發展的 AI 技術，設計提高產率以及設備使用率、減少有害物質的排放以及回收資源再利用；大幅減低使用有機溶劑。

## (二) 臺灣原料藥發展現況與推動瓶頸

### 1. 現況

國內原料藥廠大都屬小中型企業，在國際市場上大宗原料藥是極難與中國、印度等大規模生產的對手進行價格競爭，故多朝向年需求量較低或進入門檻較高的原料藥領域發展。由國內原料藥廠產品發展的軌跡分析，大約可歸納四種創建公司的型態：

- (1) 國內研發的產品開花結果(如七星)；
- (2) 由外商投資引進技術、產品和制度(如旭富)；
- (3) 通曉國際法規/專利/GMP 變遷契機而依此篩選、建立最初基本產品線(如神隆)；
- (4) 以特殊技術建立獨特的產品線(如松瑞、永光)。

目前無論在學名藥市場或是專利新藥研發/生產代工市場上，台灣原料藥業者面臨來自亞洲和歐洲其他經濟體的激烈競爭，台灣雖在大宗藥物的原料藥無法與傳統開發公司或有龐大內需市場的國家競爭，但在批次量不大或特殊原料藥上則深具潛力。

### 2. 推動瓶頸

#### (1) 新藥發展/原料藥製造

由於政策鼓勵或/或新藥開發公司為分散風險，研發中/上市新藥在治療罕見疾病或孤兒藥的比例提高，或與基因檢測結合，走向個人化醫療，預估未來多數上市的單一學名藥原料藥的需求量會縮減。原料藥業者為兼經營學名藥和新藥原料藥市場，已開始向技術門檻更高的高活性/細胞毒或生物製劑原料藥領域擴展，此類產品必須要有特殊且昂貴的設備，在某些情況下必須有專用廠房。

#### (2) 創新技術

連續式製程學理上有較安全、可降低生產成本潛力的優勢，但仍未獲得原料藥業者廣泛測試和採納，部分原因是原料藥涉及多種化學反應和純化步驟，需配合製程分析技術(process analytical technology, PAT)，全製程轉換比較複雜、困難，從關鍵步驟開始，採取混合式製程應是可行方式。

此外，由傳統的批次生產轉換為連續式先進製程時，此類

主要變更需經法規主管機關的核准，因此探索、獲得正確的專業知識，如製程中品質監控(in-process-control, IPC)、換線時的清潔確效等，都可能是和法規機關討論時很大的挑戰。

### (3) 醫藥法規、專利分析與專業化

對於原料藥廠商而言，專利之掌握與佈局，不但是一項資產更是在市場競爭中扮演關鍵性的角色，擁有製造/晶型/分析方法專利是原料藥業者對自身產品最好的保護。就學名藥而言，原料藥供應者必須清楚分析原廠專利藥的各式專利，迴避本國和輸入國相關專利中的主張，才能提供客戶不侵權的原料藥。雖然專利保護期從送審日(filing date)起算 20 年已是全球共識，但專利要件之一的新穎性(novelty)有一年的緩衝期，同樣發明送交各國專利局的日期可能會有先後，導致各國的專利到期日可能不同。此外，醫藥品特有的專利延長保護期，各國給予的標準和時間長短也不同。

### (4) 綠化學與淨零排放

環境保護法規日趨嚴格，環境保護成為近年也將是未來幾年的爭論焦點，給原料藥產業者帶來更大壓力。用於化學反應的溶劑減量則是另一努力的重點，歐盟透過財政激勵和提供環保業者誘因，鼓勵業界加速對歐洲的投資，同時促進綠色轉型減少環境足跡。

### (5) 專業化與技術深化

在高度競爭的全球市場，原料藥業者或 CDMO 為提升生產力或開拓新領域，除投資透擴大產能，透過併購整合也是策略之一。原料藥廠向下游製劑垂直整合是合理策略，或整併公司/技術平台進入新領域；如生物相似藥、高活性/細胞毒藥物、ADC 等，提供客戶更多樣的 CDMO 服務。

## 四、建議

### (一) 技術面

1. 利用卓越的研發能力，結合自動化技術與製程分析技術 (PAT)，推動「連續式製程」提升生產效率與品質，並解決人力短缺問題。

2. 利用研發優勢推動「綠色化學製程」，以加強環保並減少碳排，提升市場吸引力。
3. 結合研發優勢與彈性產能，把握「全球藥品需求增長」的機會，擴展高附加價值與學名藥的原料藥生產。
4. 強化 CDMO 優勢，結合人工智慧 (AI) 於研發與製程優化，進軍高技術門檻產品市場

## (二) 經濟面

1. 強化垂直整合，精進「客製化一站式服務」；促進「策略聯盟」，整合資源以增強競爭力。
2. 「多元化供應鏈」與「強化國內合作與國際拓展」，提升自給自足能力及國際競爭力
3. 提升「租稅優惠」力度，促進研發與智慧製造；鼓勵國內新藥公司「採用國產原料藥」，強調品質與長期合作

## (三) 法規面

調整「專利延長制度」並推動「專利豁免出口」，提升國際競爭力。

## (四) 社會面

1. 強化「產學合作與技術研發」，解決「人才短缺與培育斷鏈」問題。
2. 結合優異的公司治理能力、良好的上下游垂直整合能力、完善的 CMC 監管能力、卓越的 QA 與 GMP 績效，把握「全球供應鏈重組」的機會，積極擴展市場。

## 2024-04 2050 淨零碳排目標下低碳電力技術應用潛力分析

- ◇ 專題報告編號：2024-04
- ◇ 執行時間：2023.01~2023.12
- ◇ 召集人：陳在相特聘教授(台科大電機系)
- ◇ 顧問：朱文成講座教授(前台電董事長/大同大學電機系)
- ◇ 研究團隊：陳坤宏常務理事、姜暉先秘書長(台灣太陽光電產業協會)、郭政謙系主任暨所長、幸禹名專任研究員(台科大電機系)、王復民教授(台科大應用科技所)、張嘉文總監(萊茵再生能源)、吳錦貞副理、張勳承副理(工研院綠能所)、彭明燦經理(工研院機械所)、蔡麗端組長、趙文軒研究員、盧敏彥顧問(工研院材化所)、鄭華琦研究總監(工研院產科國際所)、李泰成研究專員、楊明偉資深研究專員(台電綜研所)等專家及其團隊共同參與。
- ◇ 負責中心/同仁：科工中心楊顯整主任、郭華軒研究員

### 一、問題及目標

2050 淨零排放目標無法僅以既有技術實現，按 IEA 的評估，2030 到 2050 年有近半碳排放削減寄望於目前僅處於示範或原型階段的技術，因此新技術的試行與驗證評估對決定後續的資源投入相當重要。台灣打造零碳能源系統的規劃，除了增氣、減煤、擴大技術成熟的太陽光電以及風力發電的布建之外，亦需評估快速穩定電壓所需的電池儲能、飛輪儲能，以及放電時間更長的液流電池、製氫儲能等技術。火力發電低碳化將嘗試氫、氨混燒或搭配碳捕捉與再利用的技術來降低天然氣發電之碳排放，長期更有可能導入氫、氨專燒發電。而針對目前尚未成為供電要角，但幾乎零碳排且發電穩定可預期的地熱、海洋能等前瞻能源，則需進行地質調查、洋流潮汐及海岸地理環境資料庫建置等前置作業、機組示範等，以便未來技術更加成熟時有充足的準備來運用寶貴的天然能源。

### 二、研究範圍及內容

本報告蒐集國內外最新相關資訊與文獻，盤點國發會訂定台灣 2050 淨零路徑規劃中電力項目之再生能源、新能源技術發展成熟度與未來趨勢。檢視台灣近期主力低碳能源技術之太陽光電、風電，以及未來可望列入主流的

儲能、氫能及低碳火力發電搭配碳捕捉與再利用，分析其技術、成本與趨勢，以了解短中期較具實用潛力之選項。探討風力、太陽光電等各類低碳能源當前推動所面臨的問題，提出我國再生能源最大化及導入新能源應用實務上可行之作法與策略。

### 三、研究結論

本報告歸納結論如下：

#### (一) 再生能源發電量占比及電力需求量將大增

2023 年 COP28 結論 2030 年全球再生能源需增為 2022 年裝置容量之三倍，或最少達到 11,000 GW，而實現 2050 年淨零排放的主要方法在需求端是儘可能使各類化石能源應用轉為電氣化，供給端則是增加再生能源與低碳發電，加上碳捕捉、利用、移除與封存。可預期小型分散式或大型集中式再生能源發電系統之發電量占比及電力需求量將大增。過去 10 年間光電及風電技術逐漸成熟，其均化發電成本(levelized cost of electricity, LCOE)皆大幅降至傳統化石能源之水準，具備較高市場競爭力。依 IEA 預估為達 2050 淨零排放目標，其中 70% 電力來自風力發電與太陽光電。

#### (二) 光電及風電

近年來多項太陽光電新技術導入實用且成為主流產品之速度超乎預期，例如 2020 年前後 P 型矽晶片摻雜元素從硼(B)改為鎵(Ga)，電池片及模組從單面進展為雙面發電，以及從完整方型電池片的標準模組改為半切模組，這些新技術市占率提升甚至全面轉換都比國際光電科技路線圖(International Technology Roadmap for Photovoltaic, ITRPV)預估時程提早好幾年達成，對提升模組效率、可靠度、長期發電產出都有顯著效果，也使太陽光電發電成本持續降低。2022 年國際平均系統裝置成本約新台幣 2.6 萬元/kWp，屋頂型 LCOE 約 3.1~4.5 元/kWh，大型的地面型最低僅 0.7 元/kWh。台灣裝置成本約 4~5 萬元/kWp，台灣屋頂型 LCOE 約 2.8~4.1 元/kWh，地面型約 2.7 元/kWh。台灣光電 LCOE 仍高於全球平均，太陽電池從 P 型矽晶片 PERC 轉 N 型矽晶片 TOPCon 已在快速轉換中，未來結合鈣鈦礦太陽電池應有

助效率再提升；多元應用太陽光電系統若能順利發展也可緩解用地問題，使光電裝置量得以持續成長。

風力發電機組的技術進步主要表現在輪轂高度、轉子直徑，以及額定容量的增加，美國能源部預估 2030 年後開始才有 17 MW 風力機組，但 2023 年日本離岸風電標案已採用 18 MW 的風力機組。2022 年全球陸域風電裝置成本約新台幣 5.4 萬元/kW，LCOE 約 1.05 元/kWh，而離岸風電裝置成本約 14.4 萬元/kW，LCOE 約 2.59 元/kWh。台灣陸域風電 30 kW 以上 LCOE 約 1.61 元/kWh，離岸風電約 3.12 元/kWh。台灣風電 LCOE 也高於全球平均，風力發電機及基礎設施隨著裝置容量規模逐漸擴大，國內產業鍊更加成熟，成本得以降低，加上各家風力機組持續推出更大型機種、浮動式風機若也能突破技術與成本的挑戰，使離岸風電可往更深海處設置，擴大裝置量以協助達成 2050 淨零排放目標。

### (三) 儲能

太陽光電及風力發電具有間歇性，兩者占比提升將對電力系統運作帶來衝擊，需提升再生能源預測技術、衝擊模擬分析以強化電力調度能力，增設可靈活控制的發電機組及儲能裝置也都可增加電力系統彈性，未來更需季節性長時間儲能設施供一年中不同季節之能源供應調度。

鋰電池具有非常高的能量密度(250-300 Wh/kg)且商化相當成功，目前液態電解液鋰電池為主流，電池購置成本約新台幣 2,800~ 5,600 元/kWh，大型(100 MW，可供電 8 小時)定置鋰電池儲能系統的建置成本大約 9,600 元/kWh，至於中型(1 MW，可供電 4 小時)為 6,200~10,850 元/kWh，用於台灣太陽光電結合儲能之系統，供電電價成本約 10 元/kWh。2030 年全球儲能市場將高達 2,620 億美元產值，台灣內需儲能市場也達到新台幣 2,000 億產值，國內外各大集團預期儲能市場大爆發。然而全球鋰元素蘊藏有限，循環回收技術尚未具經濟規模，需開發固態電池、金屬氣體電池，以及鈉、氟、氯等非鋰系新興二次電池技術以適時取代或是分擔鋰電池之需求。預估 2025 年固態鋰電池購置成本近 5,600 元/kWh，而液態電解液鋰電池購置成本降至約 2,500 元/kWh。

液流電池具有長壽命及電解質不會衰退特性，由於自放電率低，液流電池適用於需要長期儲能且幾乎不需要維護、不容許火災爆炸風險的應用，例如軍事設備。液流電池能量密度較低(10-20 Wh/kg)，國際上除了應用在定置型儲能系統上，另在風電、太陽光電站、通信基地台、充電樁等方面開始有大規模的儲能應用，也可望於未來逐步取代受地理條件限制較大的抽蓄水力電力站，發揮儲能調峰作用。當液流電池放電時間達 4 小時以上時，其儲能成本及建置面積與鋰電池相比，將具有優勢。2023 年時全鈳液流電池系統成本約 9,300~10,850 元/kWh，與前述 1 MW 放電 4 小時之鋰電池儲能系統類似，例如中國大連 100 MW 放電 4 小時的液流電池系統，以壽命 20 年評估，其 LCOE 介於 1.67~1.75 元/kWh。未來持續降低成本之方向為開發陰離子隔離膜與提升電堆之電流密度，以及開發非鈳電解質，降低電解液成本。

飛輪反應快速，適合快速充放大量電力之應用，並具有功率密度高(碳纖複材轉子 350 Wh/kg)、熱失控風險低等特色，它的輸出也比較容易符合較嚴苛的電力品質規格，適合高科技製造業的應用場合及其它較惡劣的操作環境。另外，綠電時代來臨，不論是飛輪的單獨使用或和其它電池形成混合儲能系統時，將有助於加強電網韌性和提升分散式微電網再生能源占比。飛輪產品的內部結構變異性極大，如軸承配置、儲能量和功率搭配等，因此並不容易訂定出一個統一的每度電價格；以美國 20MW 可供電 15 分鐘的飛輪系統為例，用碳纖複材轉子裝置成本約為新台幣 4 萬元/kW，LCOE 為 5.9 元/kWh，用鋼鐵轉子則為裝置成本約 2.8 萬元/kW，LCOE 為 4.5 元/kWh。在混合儲能的架構下，飛輪的導入可以進一步做能量調節，而減少電池放電深度，加大電池使用效能，系統 LCOE 不增反減。

#### (四) 氫能電力技術

氫能發電應用必須要在製氫過程低碳，製氫、儲氫、輸送、應用各段成本都下降到可承受範圍才有機會擴大採用。目前除了部分藍氫、綠氫示範項目之外，國際上的氫幾乎全部是碳排量高達 9~13 kgCO<sub>2</sub>/kgH<sub>2</sub> 的“灰氫”。IEA 估算 2050 年氫氣超過 5 億噸/年的需求，約 3 億噸來自電解技術生產，碳排量小於 1 kgCO<sub>2</sub>/kgH<sub>2</sub> 的綠氫，

2 億噸來自化石燃料重組+CCUS 生產，碳排量約 1~4 kgCO<sub>2</sub>/kgH<sub>2</sub> 的藍氫。電解技術除了提供綠氫也有調節電網之功效，其中質子交換膜電解 PEM 的效率高且啟動快，適合與再生能源搭配產氫，但需貴金屬觸媒以致成本偏高；鹼性膜電解 AEM 也適合搭配再生能源且鎳基觸媒成本低，惟成熟度尚低，長時間穩定性及壽命待驗證。氫能發電技術中，燃料電池功率在 kW 至 MW 等級，適合分散式輔助電源及區域型微電網應用；燃氫發電搭配既有功率數百 MW 的大型集中式燃氣、燃煤發電機，是火力發電減碳的選項之一。

目前的氫能生產計畫多在規劃階段，成本均來自推估，現階段灰氫的成本最低，約 1~2.5 美元/kg，搭配 CCUS 的藍氫成本提高到 1.5~3 美元/kg，綠氫則是目前最貴的產氫技術，成本高達 4~9 美元/kg，不過 IEA 預估到 2030 年，綠氫可望降到 1.3~4.5 美元/kg。工研院「臺灣 2050 氫應用發展技術藍圖」報告中，估算國內綠氫受限于再生能源規模，各類電解產氫成本均高於國際，約 2.7-3.3 美元/kg。依據台灣再生能源裝置容量新增規劃時程，預計 2030 年後電解製氫作為穩定電網之角色將更為重要，製氫及輸儲成本需能及時降低方可導入並發揮效益。

全球積極發展再生能源的國家，多已制定明確氫能推廣政策並啟動示範計畫、規劃氫能基礎建設，藉由實作驗證來逐漸克服製氫、儲氫、輸送、應用等各段成本與效能之問題，真正讓用氫的成本降至可接受範圍，才能發揮氫能大規模的減碳效益。除了電解製氫，地底天然產出的「白氫」成本可望遠低於綠氫、藍氫，有機會成為低成本氫氣的重要來源，也值得持續關注。

#### (五) 火力發電減碳技術

火力發電仍是現階段電力重要來源，混氫可不須淘汰現有燃煤機組，氫氣混燒發電可以沿用天然氣發電機組所使用之設施加以改造，因此日、韓、歐、美火力電廠自 2022 年起陸續啟動示範計畫來驗證氫/氣混燒天然氣發電之效益，台電也在 2022 年及 2024 年與國外廠商簽約對興達/林口/大林電廠既有機組進行小規模 5% 混氫/氣的示範計畫。國內示範計畫尚無成本資訊，而 IEA 針對日本燃氣、燃煤機組混燒發電之預估成本為，容量因數 70%、混氫 60 cal.%，LCOE 約

137~202 美元/MWh(新臺幣 4.4~6.5 元/kWh)；容量因數同樣是 70%，混氫 60 cal.%的運轉條件下，LCOE 為 111~161 美元/MWh(3.6~5.2 元/kWh)。

碳捕獲、利用和封存(CCUS)技術從燃料燃燒或工業製程中捕獲二氧化碳，並將其用作生產燃料和化學品的料源(CCU)，或將其永久封存在地下地質構造中(CCS)。目前應用在電廠的化學吸收法碳捕集以 90%捕集效率成本效益較佳，但碳捕集作業約需額外消耗 10-40%的熱能，進一步導致均化發電成本(LCOE)增加 30-80%。目前電廠碳捕集成本約 65-80 美元/tCO<sub>2</sub>，而地質封存成本約在 2.8-28 美元/tCO<sub>2</sub>，由於目前二氧化碳再利用的需求量遠低於火力發電產出及捕獲的大量二氧化碳，仍需仰賴地質封存 CCS 來避免再次逸散至大氣，故須正視火力電廠加裝 CCS 考量要點與挑戰。

火力發電搭配 CCUS 跟燃氫、氫混燒發電具競合關係，電力公司會依據氫、安料源供應量與成本、減碳成本、場址及空間等要素評估各別火力機組適合採用之減碳方式；如須採用 CCS，依據國科會 2014 出版「台灣二氧化碳地質封存地圖集」，我國油氣田與深部鹽水層分別可提供 28 億噸與 459 億噸的封存量體，台灣境內之地質封存資源應可長期支援 CCS 產業發展。前述電解製氫是二氧化碳再利用符合碳中和的核心技術，各種技術環環相扣，盼藉由目前國內外已啟動的各項示範計畫早日掌握關鍵降低成本，才能真正發揮減碳效果。

#### 四、改善對策及建言

到 2050 年實現淨零排放的道路上有多個里程碑。若任何部門滯後，都可能無法在其他部門獲得彌補，故要面面俱到，不可偏廢。以下建議事項依技術分類，以條列附加說明方式提出，俾利參酌：

##### (一) 再生能源設置用地多元應用

台灣地狹人稠，太陽光電設置空間一直是最大議題。在學校、廠房等房舍屋頂之外，成本相對較低之土地多為農林漁牧用地，導致屢見太陽光電用地爭議。政府應考慮綠能土地供應規劃，以達到一地多用的目標，但需注意產銷平衡。建議政府全面考慮人口糧食需求與優良農地保留比例，正視農光合一各國的案例，適合農作又結合光電才有加分，不適合耕作的土地才變更

地目單獨規劃為光電用地。除農林漁牧用地外，也可考慮利用鐵公路沿線等空間；此外，海上型太陽光電可分階段開發，從近灘到深水區逐步進行。

## （二）離岸風電安裝船舶需求

我國在安裝船舶方面面臨不足的問題，雖然政府正積極推動建造更多本地船舶，但到 2023 年中，僅有台船環海公司的環海翡翠輪 (Green Jade) 這艘離岸風電大型浮吊船投入運作。依照規定，在台灣運營的安裝船必須主要由台灣公司擁有，或者開發商需證明當地沒有足夠的船隻容量。全球離岸風電需求的增長也限制了可用於此類工作的外國船舶的數量，考量新船建造需要數年時間。因此我國需妥善規劃，統籌、協助開發商調度。

## （三）加速行政與許可程序

依據國際再生能源總署 (IRENA) 的《離岸風電規模化的支援架構：許可的創新》，為縮短風能發電廠的許可流程，尤其是在授予開發區域特許權後，應考慮限定最長三年的申請行政授權時間，同時在特殊情況下允許自由裁量時間。另外，政府應投資提升參與許可流程決策機構人員的能力和數位資訊，使許可流程效率更高，促進離岸風電專案的迅速部署，提高專案管理效率，並減少延誤。

## （四）鋰電池儲能安全規範需持續增訂

無論是現有液態電解質的鋰電池或未來安全度更高的固態電池能量密度都相當高，儲能設施的安全規範必須重視，國際消防規範 (IFC) 以及美國消防協會 (NFPA) 也陸續增訂相關安裝與消防規範，如 NFPA855 標準等。過往包括我國、美國、韓國等都曾有多起儲能設施火災事故，所以加強儲能設施的安全規範以及有效推展至工商業民間使用，包括土地、電力交易等相關法律修訂、強韌的電網建置等，都是我國進入低碳電力時代的重點工作。

## （五）支持儲能研究開發以助產業發展

液流電池方面，開發陰離子隔離膜取代杜邦 Nafion 膜與提升電堆之電流密度，以及開發鐵、硫、鋅等非鈳電解質，都有助降低成本。國內尚無飛輪儲能產品，需政府政策大力支持，藉法人、學界的研發計畫加深飛輪儲能關鍵技術研究力道，並結合廠商實際應用、與國際潛在供應商形成策略伙伴，以提升競爭力。

## (六) 氫能整體成本若大幅降低，將有助於能源安全

現今製氫及儲存、輸送、應用的成本仍然高昂，因此必須大幅降低才能真正發揮減碳效益。建議未來台灣在再生能源占比提高，並考量成本可負擔下設置氫能園區，採用電解製氫技術穩定電網，提高綠氫自製率，降低對進口綠氫的依賴，以確保國家能源安全。產出的氫首先可用於工業減碳，隨後可應用於分散式燃料電池發電與集中式大型低碳火力發電。此外地底天然產出零碳排的白氫，若成功大量開採有機會成為低成本氫氣的重要來源，未來對開採取得之氫氣如何收取、純化，成本是否具備競爭力，具有經濟規模的商業模式是否展開，值得持續關注。

## (七) CCUS 需政策支持以降低成本

CCUS 技術藉由累積經驗已逐步降低成本，加拿大 2014 年碳捕集成本約 85 USD/tCO<sub>2</sub>，美國 2017 年燃煤電廠捕集成本約 65 USD/tCO<sub>2</sub>，降幅大約 30%，預估 2050 年各國可再降至 50 USD/tCO<sub>2</sub>。CCUS 各階段都需龐大投資，企業難以投資於高成本的 CCUS 領域，除非法規明確規定減碳目標，或通過二氧化碳捕獲量的販售來賺取利益，因此需政策引導建立可行的 CCUS 市場架構。台灣地質經調查具備長期執行 CCS 二氧化碳封存的潛能，而民眾溝通對於 CCS 封存場開發專案至關重要，溝通目的明確，內容包括 CCS 技術成熟度、安全性、封存後影響、法規依據及成本等議題。針對政府機構、產業界、民眾、教育界和技術團體等各類對象分群進行多次溝通，採取面對面、周邊宣導、設立地方溝通小組等方式，並運用多重管道進行宣導，以提升民眾對 CCS 專案的理解和支持。

## (八) 加速設置再生能源案場需考量技術發展

近年來多項太陽光電、風力發電新技術導入實用且成為主流產品之速度超乎預期，對提升發電效率、可靠度、每單位用地長期發電產出都有顯著效果，也使太陽光電的 LCOE 持續降低。目前台灣已達成之光電裝置容量 12 GW 及風力發電 2.6 GW 雖仍落後 2025 光電設置目標，但台灣光電用地及海域空間資源珍貴，仍應每五年訂定階段目標，每年案場規劃時需審酌技術進展與長期整體發電成本，避免急於設置而未能取得更高的單位土地、海域面積發電量。

## 2024-05 AI 在服務領域應用

- ◇ 專題報告編號：2024-05
- ◇ 執行時間：2023.01~2024.07
- ◇ 召集人：陳力俊院士(中研院)、林福仁教授(清華大學服務科學研究所)
- ◇ 研究團隊：王道維副主任(清華大學人文社會 AI 應用與發展研究中心)、朱景鵬副校長(國立東華大學)、張佑宗教授(國立台灣大學政治學系)、陳亮恭院長(關渡醫院)、王俊權資深副總經理(中國信託商業銀行)、范慧宜所(商業研究院)等 6 位產學專家共同參與。
- ◇ 負責中心/同仁：經產中心王新銛主任、許湘琴組長、呂兩龍研究員

### 一、問題及目標

依據經濟部發表的《2023 商業服務業年鑑》，2022 年製造業與服務業所創造的國內生產毛額(GDP)分別突破新臺幣 7 兆元及 13 兆元，分別占全國 GDP 的 34.17%及 60.85%，服務業是製造業近 2 倍之多，且占總就業人數近 60%，提供了大部分的就業機會。這些數據顯示，服務業是台灣社會穩定的重要支柱。但台灣的內需市場有限，在擴展市場和提高規模經濟效益方面，較難與一些人口和市場規模更大的國家相比，且多以中小企業為主，難以進行大規模的技術升級和創新，加以缺乏具有國際影響力的大型跨國服務業企業，在一定程度上限制了台灣服務業在全球市場的競爭力和品牌影響力。但 ChatGPT 的問世，為服務業帶來無限契機。如何藉由 AI 科技的輔助，為台灣服務業突破先天限制，啟動轉型成長動能，創造更高的服務價值與競爭力，是值得探討與努力的方向。

本社於 2023 年度開始針對「AI 在服務領域應用」議題進行研討，召開多場系列座談會，綜整餐旅生活服務、醫療金融專業服務，以及公共服務領域產官學研專家，以及社科等多位專家學者意見，篩選出關鍵議題進一步探討，並於 2024 年舉辦研討會分享成果，希望藉由勾勒出 AI 對於服務領域各種的價值創造，逐步形成不同服務生態系統的發展契機，且期待善用 AI 的科技力，讓台灣的各型態服務創造更高的價值；而透過促進 AI 對於服務領域的貢獻，更可進一步提升人們生活水平，同時往良善方向前進，達到 AI 為善的利益共享目標。

## 二、研究範圍及內容

本專題報告以負責任 AI 具備要素、資料治理機制、彰顯多元溝通價值、庶人 AI 素養，以及服務生態系統促進等關鍵議題為範疇，共分成九個章節，除首章的緒論與末章的結論與建議外，第二章以宏觀的角度，說明現階段人工智慧和未來發展的趨勢，探討對於服務系統發展的影響；第三章則倡議 AI 公共化的推展，除敘明其內涵與運作方式，更提出推行策略建議；第四章則闡述在新公共管理思維下，大有為政府時代已轉變為服務型的政府，在日益變遷的治理環境下，結合 AI 的工作技能與人才已刻不容緩，同時對公共服務導入 AI 應用提出建議；第五章則以實際對台灣民眾提出個資保護認知問卷調查的成果進行分析，同時解析歐美國家個資保護法規最新發展，最後提出數項建議供政府相關立法參考。

接下來的第六章、第七章、第八章這三個章節，則分別聚焦在醫療、金融與民生服務產業，梳理 AI 對這些服務領域的各種價值創造，以及形塑服務生態系統的潛在機會和挑戰，同時對 AI 在相關服務領域應用提出建議。

## 三、研究結論

台灣位居全球價值鏈的一環，除了在經濟上持續站穩全球供應鏈的要角外，更應該從社會永續發展的目標出發，藉由 AI 科技融入服務的歷程中，在服務領域提供更好的食衣住行育樂等生活滿足，並以人為本，與 AI 共創服務價值。而 AI 科技有一個功能是過往習知科技未具有的，就是快速的整合能力，這可以促進多元社會的價值溝通，所以藉由 AI 公共化，促進政府與整體社會的積極參與，才能創造更大的社會利益，讓 AI 往良善方向發展。而政府是最大的服務業，更掌握了民眾各類型的數據，如這些數據善加利用，將可創造難以想像的大效益，所以更應加速 AI 在政府公部門之應用，但現階段仍面臨一些風險與障礙，需要透過更廣泛的溝通與討論，才能趨利避害。

另透過問卷調查，發現臺灣社群媒體的滲透率非常高，雖相當重視網路安全，但卻不知該如何加強自己的網路安全，需要更多的上網安全教育或宣導，讓人們知道有更多的手段可以保護自己的重要個資，同時對於上網時資料被盜竊，或遭不當利用普遍感到憂心。除了依賴政府教育民眾外，政府如何建立良好的個資保護法治基礎也很重要。

透過 AI 的應用，未來醫院的運作將類似機場的塔台，藉由遠端偵測、疾病診斷智能、雲端平台等技術輔助，有效掌控社區內病患的病情變化，並藉由人工智慧的創新發展提供精準健康平台，達成全民健康長壽的目標。未來的數位金融，可突破裝置的限制，將金融服務融入客戶生活，用任意型態向客戶提供隨身管家服務的任型金融，從單純的金融交易，到日常生活中的互動、陪伴、記憶、推薦等服務，成為客戶專屬的超級個人化金融+生活助理，進而打造金融服務生態系統。而透過 AI 導入民生服務業，將使過去依賴人力的服務模式，逐步轉變為數據及技術雙驅動，提供更快速、更方便的服務，並為民眾帶來更優質的生活體驗。但在導入 AI 應用過程中，也同時帶來員工培訓、就業轉型、隱私保護、數據安全措施和倫理道德等挑戰，都需透過多方合作與參與，逐步形塑共識一一克服。

#### 四、改善對策及建言

綜整一系列座談會與研討會中，產官學研專家的論述，彙整提出下列觀點與建議：

##### (一) 促進人本 AI 的服務系統發展

人本 AI 的發展旨在促進人的自我效能和創造力，並能維繫人類社會的倫理關係和促進人的社會參與。當人本 AI 發展越成熟，社會的服務生態系統的創新，應該越能促進人類的永續發展。這是人們對於人本 AI 參與服務生態系統的期待，也是 AI 技術發展、法規調變、創新應用的努力方向。從服務主導邏輯的思維：以人為本的服務價值共創，應以人類永續發展為目標，作為人與 AI 協作服務平台的發展的方向。其中，人作為服務系統行動者的自主和能動性，需要能協同智慧代理人創新和演化服務生態系統。因此，身為人類的我們，應該積極發揮個人、群體的能動性，參與人本 AI 服務系統的發展，引導人本 AI 參與的服務系統成為為人所有、為人所用、為人所享的服務生態系統，才能讓台灣的各型態服務創造更高的價值，同時往良善方向前進。

##### (二) 積極推動 AI 公共化

在 AI 資本化浪潮已席捲而來的當下，若現在不積極將公共資源妥善導入 AI 發展，讓更多學者有機會參與數位資料處理，恐怕無法

平衡 AI 資本化對於社會的衝擊。相反地，若 AI 公共化能積極的推動，真正發揮溝通協調不同族群意見的功能，有效減少社會各族群間的隔閡與紛爭，促進社會共識的形成，AI 也將化身為造福人群的公共財。在此格局下，政府的 AI 治理也將更精準到位，企業所需的 AI 人才自當源源不絕，也將研發經費與人才適當的保留於學術界，創造比較平衡的未來社會。期盼透過全民共同的努力，讓 AI 公共化落實成未來世代繼續健康發展的土壤。

### **(三) 台灣修訂個資保護相關法令建議**

1. 在指引先行的模式下，台灣科技業與美國產業互動密切，更需注意美國立法動向。
2. 我國採取政策型立法，先設立整體政策之主軸，並將可能涉及之相關議題一一列出，再參採美國部門式的分散立法，由對接產業端的各部會安排優先順序，並訂定立法計畫與執行期程，較能即時因應科技與產業環境的變遷。
3. 先從特定產業類別開始建構法制，如健康醫療、消費者保護等領域，來規範人工智慧與資料應用的開放及管制。
4. 未來我國有意實施人工智慧之沙盒實驗，勢必將跨產業及涉及個資，除參考《金融科技發展與創新實驗條例》、《無人載具科技創新實驗條例》兩個實驗條例，未來在監理沙盒實驗之設計上，應兼顧保護個資同時促進技術發展。
5. 持續觀察歐美後續立法狀況，但台灣立法應考量各國法律制定的差異，不應直接挪用。在參考他國立法經驗，應同時考量立法環境差異，並思考如何應用於台灣的法律脈絡。

### **(四) 公共服務領域導入 AI 應用建議**

1. 在公共服務受 AI 的影響之下，應該建立並且落實倫理與人權的影響評估。
2. 構建以人為本的 AI 公共服務系統，需要更廣泛與深層次的公眾參與平台，公共部門責無旁貸。
3. 檢視 AI 及數位工具在公共服務中的出錯類型及案例，提出相對應之解決方略。

4. 採用多元研究方法針對以公共服務為指標的 AI 數位工具，能進行實驗性監管沙盒(regulatory sandboxing)以獲取公共信任。

#### **(五) AI 技術在服務業的導入**

建議要從垂直產業著手，且有三個進程，第一是定義問題，找出痛點與需求做服務設計；第二是提出端到端的整體解決方案；第三是要進行價值論述，提供可獲利模式，獲利模式愈清楚，連帶會愈清楚要如何做規範。

#### **(六) 金融服務領域導入 AI 應用建議**

1. 促進金融機構發展 AI 與金融科技，如加大研究發展支出稅額抵減。
2. 正面監管引導金融機構完善 AI 治理，如加速人工智慧基本法制定。
3. 鼓勵金融機構跨業合作、提升綜效，如擴大資料共享可應用場景。

#### **(七) 生活服務領域導入 AI 應用建議**

1. 加緊人才培養的步伐以填補專業人才的短缺。
2. 政府應擬定長遠而全面的 AI 發展戰略，加強基礎技術研發和政策支持。
3. 企業則應積極與學術研究機構合作，共同開發滿足產業需求的實用 AI 應用。

## 2024-06 AI 科技的社會成本與治理準則

- ◇ 專題報告編號：2024-06
- ◇ 執行時間：2021.06~2024.03
- ◇ 召集人：朱雲漢院士(中研院)、陳力俊院士(中研院)
- ◇ 研究團隊：張佑宗教授(臺灣大學政治學系)、陳毓文教授(臺灣大學社會工作學系)、洪貞玲教授(臺灣大學新聞研究所)、江淳芳教授(臺灣大學經濟學系)、樊家忠教授(臺灣大學經濟學系)、童涵浦教授(臺灣大學政治學系)、劉康慧副教授(臺灣大學公事所)、黃心怡副教授(臺灣大學公事所)、蘇翊豪助理教授(臺灣大學政治學系)、劉秋婉助理教授(臺灣大學國家發展研究所)、曾煥凱博士後研究員(臺灣大學政治學系)、黃忠偉博士後研究員(臺灣大學政治學系)等 12 位專家共同參與。
- ◇ 負責中心/同仁：資環中心/劉致峻研究員

## 一、問題及目標

近年人工智慧(Artificial Intelligence, AI)呈現爆發性的成長，並於眾多行業開始擴大應用，其影響可說無遠弗界。然而，亦有更多人擔憂 AI 科技將對人類社會發展帶來諸多正反不一的影響。AI 應用於製造生產引起對就業和薪資的擔憂，AI 教育落差也可能進一步激化社會不平等，AI 即使透過大數據(Big Data)訓練也不一定能跳脫演算法偏差；AI 更可能加劇個人資料隱私遭到濫用的可能性。

是故，歐美先進國家早已開始積極探索 AI 科技發展急需的「適當的倫理和法律框架」，並作為後續相關監管規則的參考。顯見諸多先行者已逐漸意識到 AI 新科技也可蘊含著巨大的負面效益，如何防範於未然，並促進此科技的積極發展，為人類帶來極大的福祉，亦是當前應積極投入探討的主要課題。

## 二、研究範圍及內容

本專題報告係在已故的中研院朱雲漢院士的倡議下，偕同陳力俊院士，由台灣大學社科院的張佑宗院長領導的研究團隊，將三年多來深入且廣泛的基礎科學研究薈萃而成。研究團隊透過社會實驗、田野調查與問卷調查等方法，累積國內相關數據進行質量化分析，並結合政府資料，多元性地瞭解目

前 AI 科技的引入與應用，對台灣社會不同層面的影響。本專題報告共分成九章，除了首章緒論與末章結論之外，其餘各章分別從不同面向進行切入：

第二章先就 AI 科技發展對勞動市場的影響進行研討，利用國際機器人聯合會的智慧機器人安裝數量資料，再結合政府資料，探究應用了 AI 科技的高產能智慧機器人如何影響勞動需求，進而對勞動市場的薪資與就業產生影響；接著，使用存活分析模型評估 AI 科技應用與自動化對勞動者的退休選擇影響。

第三章則從 AI 人才培育的角度出發，並衍生出與 AI 科技相關的勞動供給的可能議題。研究團隊應用高中畢業生參與大學入學考試的志願序資料，對當代年輕的男女學子，在選擇大學 AI 相關科系時的偏好差異進行了解。企圖找出影響勞動市場上 AI 人才供給的因素與其正反不一的影響。

教育長久以來被視為引導社會階層流動的主要機制，故第四章即針對 AI 科技被引導至教育領域時的可能影響進行探討。研究團隊透過教育現場的實驗，針對 AI 科技對中學生學習實際成效的影響進行評估，透過質量化分析，探究當前教育領域的城鄉差距是否會因為 AI 的導入而有改變。

應用 AI 技術進行分類是目前發展最快、最廣的應用領域，即使看似中立的判別系統，但卻難以跳脫演算法或訓練資料偏差的限制，導致弱勢族群受到的不平等擴大。故第五章從此處著手，研究 AI 科技能否協助公部門找到需社會安全網支援的對象，探究 AI 科技對社會福利相關議題的影響。

最後，本報告的第六~第八章再分別從 AI 治理的各個層面切入。首先，第六章探究了 AI 時代的資料治理議題，針對發展 AI 時如何權衡資料隱私與公共利益，歐盟與美國的 AI 監管、資料隱私等法規進行分析，再與台灣法規進行對照，結合學者專家之意見，提出相關政策建議；接著，第七章探究科技管制發展和競爭過程中，美國在 AI 管制與個人隱私立場的典範轉變，剖析改革過程面臨的挑戰，進而提供相關政策及立法建議予台灣 AI 發展和隱私權保障；而在報告的第八章中，再透過台大動態民意問卷平台進行一項「AI 應用與民主治理」問卷調查，深入地了解台灣雇主和雇員對生成式 AI 的應用和資料隱私的看法，並從中抽絲剝繭。

### 三、研究結論

智慧機器人的使用使得教育程度較低的勞動者受損，而此影響是不分男

女。這隱含：隨著 AI 科技的導入，教育程度在高中或專科以下的兩性勞工將承受就業與薪資雙重減少的傷害，但教育程度較高的勞動者則可能受惠於 AI 的應用。另外，從事服務相關工作的勞動者的就業與薪資可能也會受到負面影響，從事抽象技術的工作者則反之。值得注意的是，智慧機器人與 AI 技術的導入則可能延緩了勞工的退休年齡。

透過大學入學志願序資料，分析不同性別的高中學生選擇 AI 相關領域之大學主修的差異及其動態變化。研究發現男性在科學領域(Science, Technology, Engineering, and Mathematics, STEM)的偏好及錄取相關主修的比例較高；但在加入醫學、衛生學門後(STEMM)，女生錄取比例大幅跳升，顯示該領域是未來 AI 能提升女性機會的主要管道。但值得注意的是，透過各種志願序偏好指標，可以發現不論男女對於 STEM 及 STEMM 的偏好都有逐年減弱的趨勢，使得性別不同造成的差異並未縮小。此外，而都會區的學生在兩個領域就讀的比例都較高，且性別間的差異也更大。其結果隱含了未來 AI 的發展如果集中在 STEM 相關的產業，對於城鄉差距與性別差異將產生更多的不利影響。

台灣的城鄉教育差異一直是重要議題，偏鄉學生在學習資源、教學品質和學習環境等方面處於不利地位。研究團隊選取台北市國中與偏遠地區國中作為研究對象，探討 AI 教學輔導提升國中階段學生數學學習成效方面的應用價值。結果表明，AI 教學對學生學習成績與學習興趣具有正面影響，且此效果不受城鄉差異的影響。不過 AI 教育雖然對城市及偏鄉學生在學習成績與學習興趣的提升上均有益處，但對城市學生的益處較大。因此，要能確實透過 AI 教育改善城鄉差距，則需要政府瞭解偏鄉地區學生的特殊需求，制定專項教育扶持政策，確保 AI 教育資源的公平分配。此外，也要建立教育資源監測機制，定期評估各地區教育資源的分布情況，及時調整政策以縮小城鄉差距。

研究團隊接著以「兒童與少年未來教育及發展帳戶」政策為例，探究 AI 科技在社會福利分配中的應用。結果發現 AI 對社福專業人員的決策上存在性別差異，女性更可能參考 AI 並修正決策。無獨有偶的，不同專業學科背景的使用者在應用 AI 進行決策時亦出現了差異，顯示需要跨學科學習和合作的必要性。

在治理面，首先針對歐盟與美國的 AI、資料隱私等法案進行分析，再進行台灣法規之整理，透過比較歐美法規的異同，了解在 AI 科技發展的同時，如何權衡資料隱私與公共利益。並透過座談會收集專業意見，提出相關政策建議。另外，考量 AI 治理涉及不同意識形態、治理模型的爭辯，研究團隊檢驗美國聯邦與各州政府的政策文件及法院判決，分析美國對 AI 和社群媒體的管制模式的典範轉移過程，並發現由於受政治制度、強權競爭與選舉壓力等影響，美國難以制訂一致標準，進而提高執法難度與民眾遵循法令的成本，而其面臨的困境，值得我國政府評估與省思。而透過「AI 應用與民主治理」問卷調查，也可發現資訊安全與資料隱私在現代企業中的重要性，台灣企業和員工的資安意識逐年提升，但成本是以中小企業為主的台灣強化資安防護的主要阻礙；台灣勞工多半認為 AI 有助於提升工作效率，但也對生成式 AI 應用中的潛在風險保持警惕。

#### 四、改善對策及建言

- (一) 如果未來 AI 科技能在醫學、生命科學領域獲得更多的發展，則相對更能提升女性的就業機會，縮小 AI 可能造成的性別差異。政府應加強非都會區的 AI 相關教育，提高該區學生進入 AI 相關領域的機會。
- (二) 提升偏鄉教育資源，加強 AI 教育資源投入。其中可包括 AI 教育專項經費補助、AI 教育資源共享平台、AI 專業師資培訓等、定期評估各地區教育資源的教育資源監測機制。
- (三) 利用 AI 科技，建立個性化學習平台與智能學習評估系統，因材施教並即時反饋。並利用 AI 科技輔助，提升學生自主學習能力。
- (四) 導入多元化、激勵式的教學模式，激發學生學習動機；並推動家校合作，通過家長的支持和參與，增強學生學習成效。
- (五) AI 輔助社福專業人員進行決策時，存在性別與學科差異。因此，強化性別敏感性培訓對於提升個人的實務與專業能力，以及增加跨學科學習和合作均有其必要。
- (六) 強化 AI 科技應用於進行社福工作的相關培訓。培訓應著重於如何結合 AI 工具和專業判斷來提升服務品質，透過實際操作和案例分析，在安全的環境中練習使用 AI 工具，並學會如何在真實情境中應用所學知識。

- (七) 促進對AI建議的批判性思考，評估AI建議的適用性和限制，理解AI的算法基礎，識別潛在偏見，及學會如何結合專業知識和人類判斷來作出最終決策。
- (八) 為了更好地推動兒少發展帳戶政策，建議：
1. 提高激勵措施：對於儲蓄年限達六年的家庭，可每六年發放一次「案家自存款」和「政府提撥款」的優惠利息，以激勵案家持續儲蓄。
  2. 提供緊急救助：遇緊急情況時，應允許領取最高達六年儲蓄額的緊急救助金，以緩解案家的財務壓力。
  3. 減少案家疑慮：建議社工對案家進行更明確的政策溝通，增強對政策的理解和信任<sup>1</sup>。同時，現行政策規定案家在申請關閉帳戶後需等待一年才能領回存款，應向案家清楚說明緣由。並建議縮短等待領回的期間，特別是針對有緊急資金需求的案家。
  4. 透過數位科技協助社福政策推廣，例如設立 AI 服務系統，針對案家常見問題提供即時解答或說明，讓參與者能夠快速獲取所需資訊。
- (九) 軟法先行，硬法採部門式立法：我國AI立法目前採取「先指引後法律」形式，透過軟法來減少對中小企業或新創的法遵成本，與歐美不謀而合。硬法部分，台灣尚無長期規劃，故建議採取政策型立法，並將涉及之相關議題，參採美國分散式立法方式，由各部會訂定立法計畫與期程，以因應科技與產業環境的變遷。另建議實施AI監理沙盒實驗，國內目前已有按照產業類別設置之《金融科技發展與創新實驗條例》、《無人載具科技創新實驗條例》等前例，惟其實驗設計須面對保護個資同時促進技術發展等難題。
- (十) 增加資料供給量以建立資料產業：我國資料多掌握在跨國企業手中，難以建立資料中介組織，不利於資料利他與產業創新。建議可參採歐盟《資料法》草案的公平契約條款，由政府推動中小企業與大型科技公司之公平競爭。此外，為擴大繁體中文資料來源，我國公部門應與私部門合作增加資料供給。

---

<sup>1</sup> 例如目前針對社福補助款有隨物價指數調整的機制，若社工能對案家進行更明確的政策溝通，可緩解案家對通膨的疑慮。

- (十一) 兼顧人權保障與商業發展：台灣現有立法方向仍以公益性質為主，但若想加速AI商用發展，或可參考部分國家作法，推動個資隱私與著作權合理使用之立法。並針對大型科技平台，應設立明確機制，要求平台提高演算法透明度，保障使用者隱私安全。
- (十二) AI治理應確立監管機關，進行分級風險管理：我國應及早確立AI之監管機關，以落實AI治理。也可參考歐盟設置專家小組提供技術面建議，並應納入各方代表，討論國家整體AI治理方向。也可參採風險分級制度，依AI對人權影響之風險來區分監管強度，在可能對社會造成高風險影響者，應課予更高程度之揭露、透明度義務等，以強化人權的保障。
- (十三) 應多參考除了歐美以外之他國經驗：台灣立法時應參考他國立法經驗，考量各國國情與立法環境差異，不宜直接挪用，以避免水土不符的缺失。
- (十四) 政府實際在推動個資保障與AI監管工作時，應注意以下兩項挑戰：
1. 以國家安全考量宣導管制政策為雙面刃，可能造成國內政治兩極化。不同群體、世代的容忍程度有所分歧，政府應拿捏政策言論與隱私管制措施的社會成本。
  2. 值得政府制訂資料隱私保護與AI監管法規時，應符合「比例原則」，以降低社會對政府侵犯私領域權益的疑慮。
- (十五) 隨著AI發展，企業資訊安全風險升高，除企業需加強其AI應用的監督與管理、員工資安教育和培訓外，政府在倡導企業資安政策時，提供合宜經濟誘因，降低企業推動資安防護的成本。

## 2024-07 我國財政與稅制優化研究

- ◇ 專題報告編號：2024-07
- ◇ 執行時間：2024.01~2024.12
- ◇ 召集人：徐仁輝 (財政部政務次長、專任講座教授)
- ◇ 研究團隊：陳國樑主任(國立政治大學財政系)、許慈美署長(財政部賦稅署)、盧貞秀局長(台南市財政局長)、周麗芳教授(政治大學財政系教授)、李顯峰副教授(臺大經濟系)、蔡馨芳副教授(文化大學行政管理系)、石恩銘助理教授(東吳大學會計系)、伍大開助理教授(逢甲大學會計系)等專家共同參與。
- ◇ 負責中心/同仁：經產中心王鈺銓前主任、楊顯整主任、王有康研究員

## 一、問題及目標

我國現行的財政收支劃分法自民國 88 年修正以來，已超過 35 年未修訂，其間對中央統籌分配稅款的分配方式爭議不斷，由於中央政府財政與稅制優化攸關地方政府間財政分配水平公平以及中央與地方間之財政分配垂直公平問題，而我國當前中央稅制結構是否有檢討改進之必要，更重要的是佔總稅收比重大宗的國稅包括：個人所得稅、營利事業所得稅、營業稅是否有檢討改進的空間，此攸關財劃法中央統籌分配稅款大餅的多寡以及地方可以獲得中央統籌分配的財源大小。最後，為能迎合世界各國碳排放減量的趨勢，本研究專家針對當前碳稅(費)制度探討與採行策略提出具體有貢獻性的意見。透過本社研究專家學者團隊開放前瞻的專業，提供我國中央財政與稅制優化策略、相信必能確保財政永續經營與因應當前社會與經濟發展需要。

## 二、研究範圍及內容

本專題研討範疇主要包含：(一)、國際間的財政租稅改革趨勢比較分析，引進先進國家創新作法與思維；(二)、檢討我國當前中央政府財政問題並提出改進策略與建議；(三)、檢討我國當前租稅結構之允當性，並提出調整策略與建議；(四)、針對當前個人綜合所得稅的適法性與公平性提出優化策略；(五)、針對當前營利事業所得稅制性的合宜性提出改進建議；(六)、針對當前營業稅的小規模營業人與網路交易營業稅及金融營業稅課稅提出具體優化改建策略；(七)、針對碳稅(費)制度探討與採行策略特別是國際碳定價趨勢、

碳稅(費)制度設計重點、臺灣碳費徵收規劃，提出具體優化建議。

本研究由徐專任講座教授仁輝統籌規劃與安排章節，分別邀請文大行管系蔡副教授馨芳主筆「財政的國際比較與國際租稅改革趨勢」；財政部政務次長徐專任講座教授仁輝主筆「中央政府財政問題與改進策略探討」；台大經濟系李副教授顯峰主筆「我國租稅結構之檢討與改進策略」；賦稅署許署長慈美主筆「個人所得稅制檢討與優化策略」；政大財政學系陳主任國樑教授、東吳大學會計系石助理教授恩銘與逢甲大學會計系伍助理教授大開負責「營利事業所得稅制檢討與優化策略」；台南市財政局盧局長貞秀主筆「營業稅制檢討與優化策略」；政治大學財政學系周教授麗芳主筆「碳稅(費)制度探討與採行策略」之撰寫。為收納更多元意見，豐富內容。本專題分別於 113 年 5 月 22 日與 7 月 22 日舉辦兩場圓桌論壇，邀請財政部張盛和部長，現任財政部李政務次長慶華、國庫署陳署長柏誠、財政資訊中心張主任文熙、曾立法委員巨威教授、台大法律系柯教授格鐘、中央研究院經濟所蔡教授文禎、台北大學郭教授振雄、逢甲大學陳教授貴端、台北商業大學羅副教授時萬、東華大學王副教授肇蘭、政治大學鍾助理教授騏、勤業眾信會計師事務所王執業會計師瑞鴻、資誠會計師事務所林執業會計師巨峯與安永會計師事務所林協理信行專家共同參與並提供寶貴意見。

### 三、研究結論

#### (一) 財政國際比較與國際租稅改革趨勢方面

許多 OECD 國家面臨的內部挑戰，如人口老齡化、收入不平等以及通貨膨脹等問題，各國政府在設計租稅政策時，越來越強調所得稅的累進性，以減少社會不平等。

#### (二) 中央政府財政問題與改進策略方面

就解嚴前後特別預算編列件數比較，解嚴後每年度平均件數反而增加(係戒嚴時期的兩倍多)；顯示解嚴後特別預算編製較為浮濫，是否係因民主時代無論在野或執政黨皆期待特別預算的編列。

#### (三) 我國租稅結構檢討與改進策略方面

資本利得課稅的議題持續受到重視，社會爭議大而停徵，我國現行股利課稅雙軌制使得綜合所得稅制偏離累進課稅精神，似乎對高所得者較有利。

#### (四) 個人所得稅制檢討與優化策略方面

扣除(免稅)額常年超過所得總額 50%，外界亦對綜合所得總額達 200 萬元以上卻免納綜合所得稅提出質疑，又立法委員常以提高扣除金額、增列扣除項目或擴大適用範圍等提案修正所得稅法，恐滋生擴大貧富差距之疑慮。

#### (五) 營利事業所得稅制檢討與優化策略方面

相較美國將公司進一步細分成 S 型公司與 C 型公司，並規定 S 型公司採穿透式課稅，我國相關法令對公司組織未再進一步劃分，均課營利事業所得稅，此一差異亦可能導致我國營利事業所得稅收的占比明顯高於其他國家。

#### (六) 營業稅制檢討與優化策略方面

許多個人因中國大陸淘寶網商品種類多樣且價格低廉，而自淘寶網進口貨物，再透過國內露天、雅虎等拍賣網站銷售，由境外進口貨物至國內轉售，並以信用卡或平台匯款方式購物，由於未能取得合法進項憑證，形成[無進有銷]或[漏進虛銷]的異常帳載紀錄，營業人在銷貨時無法開立銷貨憑證，以致發生漏進漏銷之違章漏稅情事。

#### (七) 碳稅(費)制度探討與採行策略方面

在碳稅啟動、設計與評估階段，建立模型相當重要。建立模型來進行各項模擬分析，可為碳稅決策提供有效資訊，建立模型聚焦以下重點：比較碳稅與其他工具、評估替代稅收的廣泛影響、確定各行業對碳稅的反應性、估算稅率決策的影響、評估可能的洩漏和分配效果、收入使用選項的影響、分析事後影響等。

### 四、改善對策及建言

現階段關於我國中央財政與稅制優化之改善對策，彙整本議題特聘專家與外聘專家意見，提出以下的建言：

#### (一) 我國中央政府整體稅制結構方面

1. 針對社會福利已為第一大項支出，建議對高所得者的勞、健保保費，政府應負擔的部分費率可以酌減或取消；各項社會救助，則應根據個人或家庭的財務需要，找出真正需要的人們，同時建立排富條款。

2. 稅制改革方面，台灣近年來經濟結構沒有太大變化，財政部張前部長盛和觀察稅收超徵主要是因為近年來國內物價上漲帶來的通貨膨脹稅。未來稅制改革應隨著時代的變化與時俱進，特別是在租稅公平與改善所得分配不均方面下手。

## (二) 個人所得稅制優化策略方面

1. 建議在低於綜合所得總額適用之最高累進稅率之前提下，適度提高股利 分開計稅適用稅率，或參照房地合一稅制按股利金額多寡設計差別稅率，以彰顯政府仍具鼓勵投資之用意，並趨向縮小貧富差距之政策目標。
2. 建議保險費扣除額排除非強制性之人壽保險，並增訂以投保長期照顧保險所支出之保險費在一定限額內得列報保險費扣除額。

## (三) 營利事業所得稅制優化策略方面

1. 美國在稅務上進一步將公司分成 S 型公司與 C 型公司，前者採穿透式課稅，股東依分攤而得的獲利繳納個人所得稅，後者則課徵公司所得稅。我國目前除了獨資與合夥之外，其餘營利事業的獲利須課徵營利事業所得稅。然而，公司所得稅作為個人所得稅擋球網的角色，在稽徵機關已能掌握股東的所得資料，並能在個人端針對法人所分配的盈餘課稅之下，應採穿透式課稅，回歸至個人所得稅課徵與計算稅負。將營利事業所得直接連結個人所得的課稅方式，也可避免在我國綜合所得稅稅率與營利事業所得稅稅率差距甚大的情況下，個人以公司組織進行避稅的問題，有助於維護個人所得稅稅基的完整。
2. 營所稅佔比愈來愈高，有些是國內納稅人善於利用個人所得稅與營所稅之間稅率的差異做一些租稅規避，本來是個人從事交易行為應該要課的稅，為了避稅變成個人藉由設立公司去繳納比較低的稅。建議縮小個人所得稅最高或次高邊際稅率與營所稅率之間的差距，降低納稅人因為稅率誘因可能產生的道德冒險。

## (四) 營業稅制優化策略方面

1. 稅捐稽徵機關可針對小規模營業人，是否符合營業額未達一定標準之要件，定期確實查核（至少一年），並落實稽徵與查核處分；同時，適度調整營業稅逃漏罰則、加強稽查，裨有助於降低營業稅

的企業逃漏。此外，由於現金具有不易被記錄、不易留存銷售過程，使得國稅局難以捕捉其交易軌跡，甚至易引發洗錢交易，政府未來可參考歐洲或澳洲的作法，透過電子支付、限制現金交易額度等方式改善，以避免業者將不法所得透過現金方式轉成合法金流，降低店家規避申報營業稅的行為。

2. 現行查定課徵所能掌握到的小規模營業人制度，往往造成國稅局掌握的營業收入遠低於真實收入，導致無法確實掌握小規模營業人稅基，造成營業人多藏身於小規模營業人制度中規避稅率。目前我國稅捐稽徵機關除定時實際查核小規模營業人的營業收入，以確認營業人是否仍符合小規模營業人資格之外，未來亦應參考國際趨勢，重新檢討其起徵點與認定門檻，以降低納稅人認定上的複雜問題。

#### (五) 碳稅(費)制度方面

1. 我國現在沒有碳稅，但這跟邊境稅是有關連的，碳稅的優化可以從收入面與支出面來看，支出面來講，碳稅通常有累退性質。
2. 學理上碳交易平台與碳稅是可以共存的，碳交易與碳稅本身就有收入面，但如何分配是一個問題，碳稅從定性回到定量上，這時候就需要精算定量，會不會跟其它稅目產生競合又是一個問題。
3. 對於求學、派駐工作或旅居國外的國人，可考慮以自費、註冊等方式提供優質的遠距醫療照護服務。
4. 不論從收入面或支出面，稅與碳稅都是有競合關係的，碳稅到底會收到多大的收入，到底會影響 GDP 多大的稅基，這部分若不釐清，談到其它部份會有點困難，財政部亦可精算如果可以做得到，碳稅將是財政部未來施政重要的部分。

## 2024-08 面對國際關鍵礦物資源出口管制之因應

- ◇ 專題報告編號：2024-08
- ◇ 執行時間：2024.01~2024.12
- ◇ 召集人：張添晉(中原大學環工系講座教授)
- ◇ 研究團隊：楊任軒助理教授(北科大環境所)、鄭華琦總監(工研院產科國際所)、陳思源專利師(法創智權有限公司)、朱新瑞總經理(新聚能科技)、陳偉聖副教授(成大資源工程學系)、劉凡瑋助理教授(中興大學循環經濟研究學院)、譚瑾瑜所長及林巍組長(台經院九所)等 8 位專家共同參與。
- ◇ 負責中心/同仁：科工中心芮嘉瑋主任

### 一、問題及目標

地緣政治下美中科技、貿易攻防，關鍵礦物資源已成為國家安全與競爭力的『武器』。近來中國對鎂、銻與石墨限制出口，衝擊半導體、光通訊、電動車、電池及顯示器面板等諸多產業的原物料市場。根據 OECD 的調查顯示，從 2009-2020 年期間，全球對關鍵礦物資源實施的出口管制，增加了四倍以上。以全球出口價值來看，全球電動車和再生能源所需的鋰、鈷和稀土等關鍵礦物，約有 10% 面臨至少一項的出口管制，這些措施對全球經濟的整體衝擊相當大。根據本社 111 年議題「稀土關鍵材料供應鏈危機下的衝擊與因應」，按經濟重要性、供給風險、環境影響等評估指標提出我國關鍵礦產建議清單共有包含稀土在內的 36 項，鋰、鈷、鎂、銻、石墨均被列入其中。由於關鍵礦物限制出口對臺灣經濟安全和產業發展有相當的影響，我國面對國際關鍵礦物資源出口管制之因應議題，值得匯集產官學研深入探討。爰此，本專題報告探討面對國際關鍵礦物資源出口管制之因應，並廣納業者意見，藉以提出對政府之政策以及對產業發展之建議。

### 二、研究範圍及內容

為探討面對國際關鍵礦物資源出口管制之因應，本專題報告首先說明關鍵礦物資源的定義及篩選原則、主要國家的最新現況以及我國關鍵礦產之優先建議清單範疇，綜整考量相關評估指標與篩選原則後以鎂、銻、石墨、鎳及鈷等五項作為本研究具供應壟斷優勢之關鍵礦物資源的研析標的。其次，

研析該等國際關鍵礦物資源管制出口之現況、市場供需與產業應用。其次，研析世界各國對關鍵礦物資源研提之措施，包括歐盟與英國關鍵礦物資源法案、美中礦物資源管制措施、日本及臺灣在地緣政治風險下之礦物資源因應。再就鎵、銻、石墨、鎂及鈷等五項礦物資源進行全球主要區域關鍵礦物專利分析，掌握國際間具回收及綠色開採專利技術的現況。接著研析鎵、銻、石墨、鎂及鈷等關鍵礦物資源之回收及再生技術，並比較傳統技術和創新技術之差異與優缺點。最後探討這些國際關鍵礦物資源出口管制對臺灣之影響以及臺灣對關鍵礦物資源出口管制之因應策略與措施，並提出相應之政策建言與建議。

### 三、研究結論

本專題報告研究結論可歸納以下七點：(一)、關鍵礦物供應鏈風險增加、地緣政治影響加劇：供應壟斷礦物資源的持有國往往具有強大的地緣政治影響力，由於其他國家對其的依賴性，進而加強壟斷國家作為其國際政治和貿易談判的籌碼。少數國家掌握了供應壟斷優勢的關鍵礦物資源，使得供應鏈的脆弱性增加，如果這些國家於供應方面實施出口管制，將對下游產業造成嚴重影響，進一步增加了全球市場的不確定性。由於這些具供應壟斷優勢礦產對我國半導體、電子材料、資通訊、醫療生技、電池與電動車及儲能設備等諸多產業影響甚鉅，本研究透過了解目前主要國家對於可能受供應壟斷優勢礦產的訂定方針與因應策略，進而盤點我國進出口相關礦產與其產品之現況與主要進出口之國家，再以對我國產業可能影響較大之礦物資源進行分析，最後訂定對我國而言可能受國際間具供應壟斷優勢礦產。(二)、國際關鍵礦物是數位及綠能轉型基石且被中國控制：關鍵礦物是數位轉型、綠能轉型、國防及太空等應用不可或缺的必要礦物。中國是全世界天然礦物蘊藏和礦產提煉大國具壟斷及獨佔的地位，短期內其他國家無法撼動。在美國陣營針對中國進行半導體封鎖的同時，中國隨即回敬鎵、銻與石墨的出口管制政策，從實際的出口數據中也陸續發現針對美國與荷蘭的禁運，關鍵礦物已成為中國報復的重要底牌之一。(三)、矽基半導體才是臺灣的命脈：中國在 2023 年下半年的鎵、銻與石墨管制投下震撼彈，然而對臺灣而言，由於生產的相關零組件產值有限，且臺灣並非直接使用這些礦物原料的國家，相對影響有限。然而中國亦掌控矽基半導體相關的礦物原材料供應，例如矽晶圓的原料

(金屬矽)與氟系蝕刻材料(螢石)，且臺灣半導體材料需求量占全球約 1/4，用量甚大，若遭管制則所有的矽晶圓與氫氟酸的上游原料吃緊，將會影響對臺灣的供貨與價格。回顧 2019 年日韓貿易戰，日本曾經對韓國進行氟聚醯亞胺、半導體光阻劑及高純度氟化氫等半導體材料的出口管制，對韓國傷害不小，應引以為惕。(四)、新興應用促進關鍵礦物資源技術發展：從專利分析窺探關鍵礦物新興應用，鎵作為通訊領域的射頻元件以及寬能隙半導體的功率元件等第三類半導體的應用逐漸增加，含鍺的化合物可提高光電感測器及固態電池電解液的性能，相關技術研發也逐漸升溫當中；且由於鍺產量有限，利用創新環保的方法從製程或產品回收再利用技術也持續增加中。石墨方面增長趨勢最明顯的就是與電極與二次電池技術應用，而其矽化物以及奈米化的技術則是近期發展的新興應用領域。鎂的開採提煉技術以及陶瓷成份組合物及鎂基合金的應用都是增長趨勢明顯的應用領域。鈷的開採提煉技術是鈷專利中最多且增長最明顯的技術領域，二次電池與電極也都是近期增長的應用領域。隨著技術創新和市場需求，亦有新創公司突起，其專利布局和技術突破性備受關注，顯示關鍵礦物技術領域中的新興發展機會。(五)、新興回收及再生技術之發展與機會：回收及再生技術方面，傳統技術如火法冶金和濕法冶金雖然已經廣泛應用，但存在能耗高及污染嚴重等問題；而新興技術如焦耳熱閃蒸法、生物濕法冶金、固態回收及熔融鹽則以其相對環保、低碳排、較低能耗和高效的特點逐漸受到重視，惟在產量和商業化上仍需進一步提升。此外，隨著科技的不斷進步，以及碳議題的發酵與碳有價時代的逐漸逼近，針對各類回收再生技術的研究也展現出良好的發展前景。傳統的火法冶金和濕法冶金技術在各類關鍵礦物回收再生方面依然占據主導地位，但新興技術開始展現出優勢，特別是在降低能源消耗、減少污染方面以及再生產品可能具有低碳足跡之潛能。(六)、國際關鍵礦物資源出口管制對臺灣之影響：中國管制關鍵礦物資源出口對臺灣的影響主要在於特化產品。若製造特用化學品的國家沒有因應措施，導致特用化學品原料短缺，便會造成全球特用化學品供應不足間接對臺灣整體製造業帶來負面衝擊，尤其以半導體製造業影響最為顯著。當前中國管制鎵、鍺、石墨關鍵礦物及其相關特用化學品出口對臺灣之衝擊影響有限，原因包括：第一，臺灣廠商並非直接購買受管制的關鍵原物料，且由於國際貿易的相互依賴，臺灣廠商可以從其他國家進口替代來源。例如，砷化鎵晶圓主要來自德國和日本，中國的進口比例較低。

至於石墨需求以人造石墨為主，國內中碳有自行開發能力，且實際執行上僅需提出申請後可順利進口，影響有限。第二，關鍵礦物資源在臺灣零組件中的成本比重很低，通常只有千分之一至百分之一，即使價格上漲對整體成本也影響不大。第三，許多臺灣廠商有相應的庫存和儲備，確保生產線運作半年至一年。(七)、先進國家對關鍵礦物資源出口管制之因應：中國於 2023 年下半年開始對特定關鍵礦物及其相關品項實施出口管制，引發美國、歐盟、日本和澳洲等國的關注和回應。美國於 2023 年 7 月 5 日回應強烈反對中國對鎘和銻的出口管制，並聲明美國將與合作夥伴和盟友共商解決此問題，同時美國將積極尋求新的電池化學物質和尋找替代原材料來源，以因應中國對石墨出口管制；至於歐盟執委會於 2023 年 7 月 4 日對中國鎘和銻出口限制表達關切，呼籲中國遵守世貿組織規則，將出口管制限制在「明確的安全考量」範圍內，且於 2023 年 10 月 19 日由歐洲碳與石墨協會宣布歐洲石墨產業將建立戰略夥伴關係，以確保歐洲碳和石墨供應鏈穩定；日本經濟產業省於 2023 年 7 月 4 日表示審查中國鎘和銻出口管制對日本的影響，如中國採取不公平措施，將根據 WTO 規則採取行動；澳洲則於 2023 年 10 月宣布擴大與美國在關鍵礦產開採與投資方面的合作，並透過關鍵礦產基金支持石墨生產，因而受中國石墨出口管制的影響不大。除了各國針對中國管制鎘、銻與石墨原料出口的立即回應外，為降低關鍵礦物資源出口管制而導致的貿易障礙風險，美國、歐盟、日本和澳洲等先進國家皆透過國際協調機制，以減少對產業供應鏈帶來的負面衝擊。例如，2022 年美國主導成立「礦物安全夥伴關係」（Minerals Security Partnership, MSP），與澳洲、加拿大、愛沙尼亞、芬蘭、法國、德國、印度、義大利、日本、挪威、韓國、瑞典、英國和歐盟等 14 國盟友共同因應中國的出口限制措施。

#### 四、改善對策及建言

本報告依據前述之結論，提出對政府之政策以及對產業發展之建議如下：

##### （一）建立臺灣關鍵礦物清單，盤點對應之關鍵材料

在盤點臺灣關鍵礦物清單後，應當盤點相對應的功能材料。臺灣沒有礦業，也鮮少提煉礦產，許多產業使用的材料多是經過純化或加工過的功能型材料，例如半導體業使用的矽晶圓，需經層層純化熔煉

後長成晶棒，切割、拋光成晶圓後才能使用。半導體中用量大的如矽晶圓與氫氟酸等，還需要考慮在臺灣本地落實循環，像是使用完畢的氫氟酸，通常在半導體廠便會和氫氧化鈣中和成為氟化鈣，稱為人工螢石。然而人工螢石轉化生成氫氟酸的工廠，臺灣並沒有，需仰賴海外處理，一旦中國管制螢石及相關產品的出口，氫氟酸將會是最大的問題。參考美國、歐洲、日本等國的關鍵礦物決策歷程，評估臺灣的整體形勢，訂定臺灣的關鍵礦物種類與其實際應用的材料型態，以作為供應鏈上游的風險分散依據。

### **(二) 進出口分類代碼(HS code)分類過時，應做適度調整**

HS code 分類過於籠統與過時，無法良好地對應現今的產業，例如三甲基鎵、三甲基鋁和三甲基銻，都會分類在『2931909090 其他無機元素之有機化合物』中，範圍廣大，在研究鎵、銻管制時，根本無法得知，臺灣究竟進口了多少的三甲基鎵前驅物。另外，稅號也無法分別材料的純度與雜質。

### **(三) 提高關鍵礦物原料之使用效率及製程回收能力**

提高關鍵礦物原料之使用效率及建立製程回收能力，有助於關鍵礦物原料來源穩定，確保臺灣產業高附加價值應用產品供應鏈的韌性。同時對於商品廢棄物應建立健全的資源回收體系，提高廢舊產品的回收率。尤其是在電子產品、電動車等領域，加強對廢舊電池和電子元件等關鍵礦物資源二次來源之回收管理，減少資源浪費和環境污染。

### **(四) 政策支持研發創新**

由於新技術的研發需要投入大量的人力及資金，國內除了龍頭企業有能力持續投入研發以保持其競爭優勢外，中小企業以及新創公司也難以維持長期研究的投入。而中小企業純化分離技術有限，只能做低級、初步的回收，難以回到特用化學品等級。若政府可以針對關鍵礦物的新興應用相關基礎科技之研發方向提供研究資金支持，加大對新興回收技術的研究和開發力度，並推動產、學、研共同合作，加速研發成果轉化為可行的產品和技術，促進國際間技術合作營造有利於創新的環境，同時制定如稅收減免、補貼等相關激勵政策，鼓勵企業投資於資源回收技術的研發和應用，推動消費者參與資源回收體系，

形成全社會共同參與的良好氛圍，確保臺灣廠商在全球市場中保持競爭優勢。

#### (五) 回收及再生技術之垂直整合

臺灣對於關鍵礦物資源之應用多為特用化學品，而特用化學品多仰賴進口，在關鍵礦物資源受管制情況下，短期影響有限，然為防範未然，臺灣廠商分離技術全面提升前，垂直整合回收與再生技術有其必要性。全世界難有一間公司可以將所有的元素進行回收，需要跨國跨界的合作，才能有效的將資源保留。在資金及技術有限的情況下，短期較難實現關鍵礦物資源在地產業循環，建議可藉由與鄰近握有先進資源循環技術國家進行產業垂直整合，以合作共榮代替產品惡性競爭，近程以提升回收、再生料源品質為目標，將高品質料源輸出再生為產品後再回歸國內產業使用，以此建立合作模式，提升國內產業面對關鍵礦物資源長期管制威脅之韌性。

#### (六) 我國因應國際關鍵礦物資源出口管制之建議

##### 1. 建立官民合作的特化品庫存儲備制度

基於國情相似，臺灣或可參酌日本關鍵礦物資源儲備方式，採取政府與民間企業共同運作的庫存機制。由政府主導，成立代表性企業聯盟，建立協商機制，以確保庫存管理系統的有效運行。其次，透過法律保障和財政支援，提供穩定的經費來源，並制訂權責分明的管理運行機制。再者，根據國際資源情況和市場需求，靈活調整儲備策略，確保在國際供應鏈變動時，我國能夠保持關鍵礦物資源的穩定供應，建議可優先考慮特用化學品，以維持臺灣高科技產業的供應鏈安全。

##### 2. 建構特化品安全監測與預警系統

借鑑美國健全的關鍵礦產供應鏈風險控制與治理體系，建議我國建構關鍵礦產及其特用化學品安全監測與預警系統，由經濟部、環境部、外交部等跨部門共同構建關鍵礦產及其特用化學品供應鏈風險評估體系，定期發布評估報告並更新關鍵礦產及其特用化學品清單。同時，利用大數據分析和指標，建立精準預防機制，預測與評估關鍵礦物及其特用化學品的未來需求，從而建立預防機制，確保在國際供應鏈變動時能迅速應對和調整，有效提

升供應鏈的韌性和穩定性。

### 3. 積極發展替代技術與提升回收利用

參考美國和歐盟策略作為，透過立法和補助來支持相關企業及研究機構予以落實。鼓勵推動高階回收技術，確保不僅限於初級回收，還能實現高附加值產品的生產，特別是透過強化廢料回收機制有助於推動高階回收技術，且高階回收要找到需求端(如台積電)做場域驗證，確保高階應用價值與資源有效利用。具體措施包括制定專門法案，對致力於替代技術和回收技術的企業或實驗室提供資金補助，激勵更多企業投入資源進行相關技術的研發，提高技術創新能力。

### 4. 參與國際合作與多邊機制

建議透過與美國、歐盟、加拿大、日本和澳洲等國家的雙邊經濟貿易對話平臺，積極參與全球關鍵礦物供應鏈彈性問題的討論，並應考慮加入「礦物安全夥伴關係」(MSP)」等國際組織。此外，應加強吸引國際大廠如杜邦及默克等來台投資，確保關鍵材料穩定供應及提升臺灣在全球供應鏈中的地位。另可優先針對半導體供應鏈之特用化合物建立國際庫存共用平臺，以確保國家關鍵礦物用於半導體及其相關產業的穩定供應。同時，透過雙邊及多邊資訊共享，臺灣可以透過國際合作，降低供應鏈來源的風險。過程中可參考國際作法，透過多方的供應來源、技術創新、國際合作互惠政策以及環境基礎建構等來確保關鍵礦物的穩定供應，以強化我國供應鏈的韌性。

### 5. 部會因應策略建議

因應國際關鍵礦物資源出口管制措施，環境部可著重於發展替代技術與提升回收利用，包括(1)建立專門研究機構，支持替代材料和回收技術的研發；(2)制訂鼓勵企業投資於資源回收高值化應用相關領域之補助政策；(3)積極引進國際先進回收技術，尤其以特用化學品和稀有金屬回收技術為主，提升國內技術水準；(4)建立全國性回收網絡，以提高關鍵礦物的回收率和再利用率。

經濟部應建立官民合作的特用化學品庫存儲備制度，以及安全監測與預警系統，包括(1)採取政府與民間企業共同運作的庫存機制，成立代表性企業

聯盟，建立協商機制，以確保庫存管理系統的有效運行；(2)設立專責的儲存管理部門，制訂權責分明的管理運行機制，儲備品項優先考慮特用化學品，以維持臺灣高科技產業的供應鏈安全；(3)建置大數據分析和風險評估系統，預測與評估關鍵礦物及其特用化學品的未來需求，從而建構監測與預警系統；(4)加強風險管理，針對國際市場變化和政策不確定性建立應對策略。

外交部應推動國際合作，包括(1)推動雙邊及多邊經濟貿易對話平臺合作，參與全球關鍵礦物供應鏈彈性議題，優先針對半導體供應鏈中的特用化合物，建立國際庫存共用平臺，以確保關鍵礦物在半導體及相關產業中的穩定供應；(2)透過國際資訊共享與經驗交流，降低我國在關鍵礦物供應鏈中的風險。

## 2024-09 國際產業趨勢對我國工具機產業之影響

- ◇ 專題報告編號：2024-09
- ◇ 執行時間：2024.01~2024.12
- ◇ 召集人：朱志洋總裁 (友嘉集團)
- ◇ 顧問：陳忠平秘書長 (台灣工具機暨零組件工業同業公會)
- ◇ 研究團隊：姚克昌處長 (精密機械研究發展中心)、黃仲宏經理 (工研院產科國際所 IEK)、譚瑾瑜所長 (臺灣經濟研究院九所)、陳來勝執行長 (工研院智慧機械科技中心) 等 6 位專家共同參與。
- ◇ 負責中心/同仁：科工中心芮嘉瑋主任、黃鎧輝研究員

### 一、問題及目標

工具機是現代工業的根本，促成幾乎所有產業的建立及發展，如汽車、航太、軍工、軌道車輛、3C 電子、能源、醫療器材、半導體產業設備等應用產業。然而，近年來因國際局勢，如俄烏戰爭導致的地緣政治阻力、新冠疫情後之經濟低迷不振、晶片及電子產品庫存待銷化等因素，顯著地影響了工具機市場之現時需求；電動車之興起減少了傳統汽車的市場占比，影響了製造引擎及變速箱所需之工具機的相對需求；日圓大幅貶值下，質優價不貴的日製工具機之市場優勢；市場量體大致成本低的中國工具機的低價競爭；享有經濟合作協議下免稅優惠的利基者，如南韓的競爭等挑戰，讓臺灣工具機產業近幾年面臨相當大的衝擊。外銷比重高達 72%，產業高度出口導向的臺灣工具機產業曾為全球第七大生產國及第五大出口國，但在 2024 上半年出口排名從 2023 年的第七名再下降到第八。特別是中國低價工具機產業崛起及日圓大幅貶值之價廉高階工具機，讓臺灣工具機產業同時面臨德、日等先進國家質優價實惠與中國工具機之低價功能可行之高低階工具機產業之上下夾擊，迫使臺灣工具機產業在全球競合中主攻中階市場並長期以高 CP 值、高性價比的產業優勢不再，讓臺灣工具機產業營收、市占皆受挫，全球出口排名下滑。

在此一根本性的產業競爭及市場變化的嚴峻挑戰下，臺灣工具機產業因長期高性價比所致的產業結構性缺失浮現。為有效克服挑戰，需要將產業由原來的高性價比取向改變為高價值取向來引領調整工具機產業結構，也就是

在市場經營上或須以高值化之價值導向來取代既有的高 CP 值、高性價比價值觀，將工具機技術及產業升級於開拓客製化、差異化的高精度、高單價的高階工具機來克服當前的不利狀況，這或是工具機產業必須要走的新康莊大道。

為形成價值取向的優質工具機產業，臺灣工具機業亟需提升自主研發能力，加強關鍵零組件技術掌握，踏實及時的達成產業升級，以改善產業鏈結構、聚焦智慧製造、積極布局高附加價值領域，以應對外部環境挑戰，提升全球市場競爭力。為達成產業升級，工具機暨零組件工業同業公會推動臺灣工具機產業未來發展，將以數位轉型、綠色轉型為雙主軸。數位轉型將導入數位、AI 智慧化技術，實現生產流程自動化和數位化來實現工具機的高效生產、更精準加工等，以提高生產效率和品質；而綠色轉型將開發節能省電的相關設備系統、減少耗材浪費、降低碳排量，達成智慧節能，推動工具機產業革新及升級。

為發展價值取向的優質工具機及關鍵零組件可行的技術對策，同時也是未來的技術發展趨勢，必在數位轉型及綠色轉型的架構下朝向高速化、高負載、大型化、多軸複合同動控制、系統化、控制系統整合、各式能源類的特殊加工方式、新材料機台結構件、新材料加工應用、服務性與附加價值、關鍵零組件開發、3D 列印、綠色工具機與節能加工生產等，發展具差異化、客製化、高精度之高價工具機，以滿足市場之獨特及先進需求。

另外，臺灣先進半導體產業執世界相關產業及市場牛耳，為滿足 AI 晶片製造的相關半導體先進封裝及異質整合技術及設備，臺灣工具機產業有絕佳的地利優勢投入相關生產設備的開發製作，如此不僅可以更穩固臺灣半導體產業全球的領先地位，更是臺灣工具機產業藉此一新興應用而實踐價值取向脫胎換骨的可利契機。

## 二、研究範圍及內容

本研究共分七章及附錄，內容如下：

1. 工具機應用簡介：盤點臺灣工具機產業在各行業之應用狀況。
2. 國際工具機產業概況：分析全球主要競爭國家之工具機產業概況。
3. 我國工具機產業概況：分析臺灣工具機產業於各行業之關聯性及優勢。

4. 我國工具機產業之挑戰：分析國際局勢與產業趨勢對臺灣工具機產業之挑戰。
5. 我國工具機產業機會：臺灣工具機產業技術升級之機會與挑戰。
6. 我國工具機關鍵零組件產業機會：臺灣工具機關鍵零組件技術升級之機會與受市場接納之挑戰。
7. 結論及建議
8. 附錄：

- (1) 113中技社工具機議題座談會會議紀要：內容有關與會產業專家建言。
- (2) 工具機數位轉型之專利申請建議：就數位轉型，對工具機業者建議宜提出專利申請的相關數位技術。
- (3) 專有名詞中英文及縮寫對照表：工具機產業之英文中文專有名詞對照。

#### (一) 工具機產業及技術研析工作

1. 邀聘專精工具機技術及產業的相關單位- 友嘉集團、臺灣工具機暨零組件工業同業公會、精密機械研究發展中心(PMC)、工研院產科國際所(IEK)、臺灣經濟研究院、工研院智慧機械科技中心等產業及研究單位之產業專家，共同探討本議題。
2. 彙集相關產業文獻所載之國內、外工具機產業、市場現況及發展走向等資訊。
3. 訪談國內、外相關工具機整機及關鍵零組件廠家，有友嘉集團印度MAG廠及德國Witzig & Frank廠，國內東培工業、盈錫精密、金豐機器、慶鴻機電、永詮機器等七家公司代表人，收集具代表性之廠家對工具機產業的營運見解、給政府之相關意見。
4. 辦理產業專家座談會，邀請友嘉集團、永進機械、東台精機、台中精機、麗馳科技、新代科技、德大機械、上銀科技等八家公司代表人與會討論，以「面對日本、韓國、中國的工具機競爭，台灣該如何獲得優勢」為題，為國內工具機產業現況把脈，提出建言。
5. 綜合受訪及參與座談之產業專家提出的工具機產業發展方向，彙整出產業發展建議及政府制定產業政策之參考。

#### (二) 臺灣工具機產業概況及廠商意見

1. 產業概況：

近幾年，因俄烏戰爭而起的地緣政治、新冠疫情、電動車興起、日幣大幅貶值、中國工具機產業崛起、及缺乏貿易免關稅協定等國際因素的影響，讓臺灣工具機產業面臨相當大的衝擊。雖然，工具機關鍵零組件，如控制器、精密螺帽等尚有較佳的市場表現，但是以中階工具機為主力產品的工具機整機廠則是受挫顯著，很明顯的臺灣工具機產業長期迎合高性價比市場營運的產業結構已難再有優勢，為有效應對當前工具機產業面對的挑戰及劣勢，以價值導向的高單價化、高階、高精密度工具機的產業升級及轉型勢在必行。

## 2. 受訪及座談廠商對工具機產業的建議及政府的期許：

- (1) 完成數位轉型及綠色轉型，讓工具機具備智慧化 AI 製造功能，可產製少量多樣之產品。
- (2) 臺灣工具機產業或該從高 CP 值之價值習慣，進化到將產品朝向客製化之具差異性、穩定性、可靠性的具高附加價值的高階、高精度工具機發展。
- (3) 提升臺灣工具機產業最重要的技術根本，即品質及穩定度。
- (4) 臺灣工具機產業宜致力於發展，控制器，IIoT，機電感測器，機電整合及 AI 之智慧機器的上、中、下游產業鏈。
- (5) 人才培育，培訓工具機相關知識之專業人才、在職人員培訓相關專業知識、市場開發銷售知識、AI 人工智慧相關職能培訓等。
- (6) 維持並建立友善高齡者工作環境與制度，留任資深專業人才傳承產業智慧及經驗。
- (7) 工具機產業市場開發，或以工具機聯盟的方式海外共同設點，讓工具機業者能夠不需要再經過經銷商而可以直接銷售給終端使用者。
- (8) 緩和因俄烏戰爭之地緣政治所致之俄羅斯、土耳其等地銷售受限，卻讓中國廠商取代了原來臺灣的市場份額的影響。
- (9) 請貿協加大力量，讓政府發揮橋接廠商與新興市場的功能，協助拓展新市場、藍海市場。

### 三、研究結論

因應當前國際趨勢對工具機產業之影響，工具機產業在市場經營上或須以高值化之價值導向來取代既有的高 CP 值、高性價比價值觀，將工具機技術及產業升級於開拓客製化、差異化的高精度、高單價的高階工具機來克服當前的不利狀況，以提升國產工具機的精度與穩定性，縮短或消除國內與國際高品級市場之技術落差，提高工具機產品的可靠度與製程的加工效率，重塑工具機產業生態體系，提升工具機及相關零組件產品之附加價值及國際競爭力，勢必為工具機產業當務之急。據此，本研究提出如下客觀務實的產業發展建議及政策建言供政府之產業主管機關參閱。

### 四、產業對策及建言

#### (一) 產業發展建議：

成立產業聯盟，致力技術發展，為工具機產業進行：

#### 1. 高階機型與關鍵零組件研發：

- (1) 開發專用客製化機型並提供整體解決方案，包括技術創新、智能製造、綠色製造及客製化生產；
- (2) 開發高階應用市場的設備機型，包括高階五軸及難削材等複合化工具機、大型車銑床，多樣少量之加減法複合加工機，及高階衝床等；
- (3) 針對高階設備的關鍵組件建立國產化研發能量，包括智能化控制軟體與空間精度量測補償系統、液靜壓主軸、超音波主軸和高扭力機械齒輪頭等關鍵設備組件。

#### 2. 數位轉型技術開發：

- (1) 投入先進感測、人工智慧、機器學習和大數據分析等技術發展，協助業者開發數位雙生、沉浸式互動、製程監控、人機協同彈性生產系統及智慧產線系統等重要技術發展；
- (2) 開發單機智慧化與產線智慧化增值軟體，協助工具機業者從單純提供生產設備轉型升級成提供設備、製造、系統整合等一站式 Turnkey 解決方案與服務；

- (3) 協助業界開發低成本、低門檻智慧產線解決方案，確保資料安全和隱私保護，並提供技術支援和培訓。

### 3. 綠色轉型技術開發：

- (1) 發展綠色工具機運轉技術，在設計與製造過程，導入更輕量化的運動結構件、使用更節能傳動零組件，並透過工具機運作效能與能耗即時資訊可視化，掌握機台健康狀態進行預測維護與能源優化調控；
- (2) 發展綠色切削製造技術，在加工生產過程導入智慧製造與製程技術、生產流程控制、品質管理或能耗管理來減少加工材料與能源浪費，達到製程節能減碳效果。

### 4. 供應端與需求端：

- (1) 建立高階工具機之關鍵零組件之供應端；
- (2) 開發高階工具機產品之客戶及需求端。

## (二) 政策建言：

1. 協助工具機產業整合 3C 軟體產業，形成跨產業聯盟，並建立平台型、解決方案型生態系，促成此工具機跨產業聯盟生態系廠商之數位轉型及綠色轉型。
2. 推動工具機產業規範之落實應用，建立工具機暨零組件產品驗證中心，協助產業提升產品可靠度與產品附加價值，強化產業整體競爭力。
3. 政府協助廠商建立並實踐標準化、模組化設計、製造、產品。
4. 獎勵或補助企業汰舊換新購買國產綠色工具機及相關生產設備，促成國內產業綠色淨零碳排轉型。
5. 協助廠商進行非傳統加工技術，如放電加工、雷射加工、電化學加工等新技術的開發。
6. 設立機電、AI、資通訊、國際業務及行銷等相關專業課程，培養跨專業領域、智慧化、業務行銷之工具機產業專業人才，並為在職人員提供最新產業相關知識及 AI 知識等之培訓。
7. 推動並輔導工具機產業與半導體產業密切合作。
8. 協助輔導國內工具機產業發展標準機，擴大工具機生產規模降低成本，提高價格競爭力，有利擴大市場規模。

9. 協助取得價格可接受的綠電來源。
10. 政府藉由「台美 21 世紀貿易倡議」促進台美雙邊貿易與投資合作，將工具機產業議題納入雙邊討論範疇，為臺灣業者創造更多的國際商機。
11. 與其他國家 FTA、國際間免關稅優惠之簽訂。
12. 協助媒合日、韓、台等國成立工具機產業聯盟，建立跨國產業聯盟利基。

## 2024-10 我國主要算力盤點與產業生態系之探討

- ◇ 專題報告編號：2024-10
- ◇ 執行時間：2024.01~2024.12
- ◇ 召集人：鄭憲宗(台東大學校長)
- ◇ 研究團隊：張朝亮(國網中心主任)、吳漢章(台智雲總經理)、張法憲(修正科大教授)、吳有龍(義守大守管院院長)、陳啟彰(義守大學智慧科技學院副院長)、蕭志楳(國網中心副主任)、楊嘉麗(國網中心正工程師)、魏傳虔(資策會組長)、陳牧風(資策會產業分析師)、陳奕伶(資策會產業分析師)、謝明哲(台東大學資管系副教授)、鍾裕峯(台東大學綠資系)及陳世海(中技社研究員)等 13 位專家共同參與。
- ◇ 負責中心/同仁：科工中心芮嘉瑋主任、陳世海研究員

### 一、問題及目標

我國政府於 2021 至 2025 年間推動「智慧國家方案」，以六大核心戰略產業及 5+2 產業創新計畫為主軸，致力於強化數位科技能力，並以 AI 人工智能和算力需求為基礎驅動力，推動國家數位轉型與產業升級。隨著生成式 AI 技術的快速發展，文字、圖像、影音生成技術日益成熟，應用範疇涵蓋自動駕駛、醫療影像分析、自然語言處理及智能推薦系統等，促使服務業與製造業對高效算力的需求大幅提升。根據國際調研機構 Fortune Business Insights 的預測，2032 年全球 AI 市場規模將達 2.7 兆美元，年複合成長率達 20.4%。故各國正加大算力基礎設施投資，以支撐並推動數位轉型與智慧國家。另外，我國因擁有堅實的半導體及資通訊技術基礎，在全球算力產業競爭中具先天優勢，可加以探討並了解整體算力產業生態系之全貌。此外，政府現正透過推動「五大信賴產業推動方案」，積極迎接 AI 浪潮，投資 AI 數位產業，並透過新建智慧節能資料中心，爭取國際合作等擴大算力及引進低耗能方案，促進各產業智慧化轉型與國際競爭力。

本議題聚焦兩大面向：第一，盤點我國現有算力資源，包括政府部門、法人機構、企業及大專院校所擁有的伺服器算力及高效能運算(HPC)算力，並參考與揭露 TOP500 全球算力排名資訊，闡述我國 HPC 之發展現況與國際競爭分析；第二，分析我國算力產業生態系，涵蓋 IC 設計、晶片製造、主機板、記憶體等核心產業鏈。隨 AI 浪潮帶動雲端、邊緣與終端算力需求

激增，以及換機潮與國際技術競爭加劇，台灣科技產業鏈的競爭力將進一步凸顯。此外，國際大廠如輝達（NVIDIA）與超微（AMD）等加強與台廠的合作，顯示台灣在全球算力製造重鎮中的地位。本議題旨在闡述算力演進與定義、界定可盤算力範疇、我國發展算力現況、算力產業生態系，包括算力生產與算力服務，供政府及產學研界參考。

## 二、研究範圍及內容

本報告第一章概述整體算力演進與算力背景，包括全球 AI 浪潮帶動算力發展、政府算力產業政策，以及台廠在算力產業之扮演重要性角色；第二章為算力定義與影響因子，闡述有關算力之基礎知識；第三章是我國算力資源與盤點分析，主要分為兩部份，一為算力盤點之統計與揭露，另一是我國 HPC 發展與國際排名分析；第四章是闡述我國算力系統生態系，其中包括算力生產與算力服務，並針對算力議題進行研析；第五章是綠算力及算力應用於永續發展，主要提及有關算力需求與能耗、結合綠色能源之綠算力與永續發展趨勢，以及闡述國外實際應用綠算力之案例；第六章結論與建議。

本社研究同仁除與召集人、研究團隊共同擬定本專題研究大綱與架構外，並負責訪談廠商、了解算力業者之運營需求及意見。

## 三、研究結論

生成式 AI 的興起與「主權商機」，加速伺服器與全球高效能運算（HPC）需求擴張，推動算力基礎建設並帶動整體算力生態系發展，為台灣產業鏈創造前所未有的機遇。在這股算力浪潮中，台廠憑藉完整的產業鏈布局，展現出關鍵優勢與競爭力。從上游的 AI 專用晶片設計與製造，到中游的關鍵零組件生產，再到下游的伺服器組裝與整合，台廠在全球扮演不可或缺的角色。上游部分，台積電以先進製程提供高效能、低功耗晶片支撐 AI 運算，聯發科等 IC 設計企業則專注於 AI 晶片研發，推出創新解決方案；中游部分，欣興、台達電等廠商在 PCB、散熱模組等領域具備技術優勢，為 AI 伺服器穩定運作提供保障；下游部分，廣達、鴻海等台廠掌握 AI 伺服器組裝核心技術，全球代工市場占比高達九成，能為企業及數據中心提供多元化客製化之運算解決方案。生成式 AI 帶動的快速發展正在推進我國半導體與資通訊產業的全面升級，讓台廠在全球算力建設與生態系中占據領先地位，進一步鞏

固我國作為全球科技產業重鎮的關鍵角色。

政府在生成式 AI 浪潮中，持續推動 AI 政策，積極打造 AI 健康生態圈，以促進產業升級與發展。例如目前所推動《AI 行動計畫 2.0》，係以人才培育、基礎建設與生態系形成為核心策略。其中，人才培育是關鍵，透過校園合作、專業訓練與創新實戰計畫，打造跨領域的 AI 專業人才庫，為產業提供充足的創新動力。同時，在基礎建設方面，政府強化數位基礎設施，推動運算平台與數據整合環境的完善，以支持 AI 技術應用的快速落地。此外，通過與產業和學界的協力，深化技術開發與商品化，促進市場導入，建立完整的 AI 生態圈。另外，數發部與經濟部協同推動《AIGO》、《AI Hub》、《Fast AI》及《AI 領航》等計畫，更進一步加強數位建設、人才培訓與市場推廣，實現「產業 AI 化與 AI 產業化」的雙目標，全面推進台灣 AI 技術與產業在全球的影響力，並為數位經濟發展奠定長遠基石。此外，2024 年 7 月國科會亦透過《AI 基本法》，聚焦技術倫理、數據隱私與責任分配，建立 AI 運用之框架。

本議題透過有系統性地定義算力與類別，並界定可盤算力資源，為我國未來算力發展規劃提供基石。有關算力定義係以每秒浮點運算次數(FLOPS)為衡量標準，並考量算力數級規模較大，故單位前面會加上 Giga ( $10^9$ )、Tera ( $10^{12}$ ) 或 Peta ( $10^{15}$ ) 單位予以表達，而應用範圍涵蓋 AI 模型訓練、氣象模擬及醫療分析等高效能領域。另於算力分類上，可依使用場景、應用範圍或硬體型態來進行分類，其中使用場景可分為雲端算力、邊緣算力與終端算力；而應用範圍可分為高效能運算 (HPC)、AI 伺服器與通用伺服器；最後，依硬體型態分類，即以伺服器硬體進行分類，包括 HPC、大型雲端服務算力、企業型伺服器算力、邊緣算力等四類。此外，我們採硬體型態之分類方式並結合可盤資源，即政府機構、大型醫院及學術單位三類資源分布之 HPC，進行實際盤點。盤點至 2024 年 6 月，已揭露台灣 88PFLOPS 的理論算力，93% 集中於政府機構，凸顯政府在科研與產業推動中的核心地位。另外，我國更有六台設備進入 TOP500 排行，包括 Taipei-1 與其他五台國家級設施，世界排名第 17、亞洲第 4，顯示算力在國際競爭中的顯著影響力。影響算力的關鍵因素包括處理器數量、記憶體容量、存儲性能、網路架構及演算法優化，而這些元素皆為未來規劃的重要參考。

透過此次系統性的資源盤點與數據分析，不僅為台灣算力現況提供全貌與趨勢，也為後續目標設定及規模擴展奠定基礎，惟限制條件包括調查單位揭露不夠透明、企業考量隱私需求而無參加 TOP500 之算力資訊，以及算力盤點或統計時間落差狀況。我們期待在智慧國家與數位經濟願景下，未來能再透過提升算力規模與國際競爭力，我國將在全球科技創新舞台占據更關鍵的位置，並藉此機會向公眾科普算力的意涵與應用價值，深化全民對科技創新的認識與參與。

最後，隨著 AI 算力基礎建設快速發展，我國國網中心及相關業者紛紛投入資料中心之建置，但伴隨而來的是算力出口競爭與高耗能的雙重挑戰。國際市場上，全球三大雲端服務商及中國大陸低價雲服務提供者正激烈競爭，對我國算力的服務及出口構成強大壓力。而資料中心亦伴隨高能耗問題，成為各國關注焦點，其晶片技術的迭代成為解決高耗能的關鍵，例如 NVIDIA 的最新加速運算晶片 Blackwell 顯著降低 AI 大型語言模型的訓練能耗，功耗從 1000GWh 降至僅 3GWh，減少幅度達 333 倍，展現未來節能趨勢。同時，冷卻方式亦從氣冷轉向水冷與液冷，此亦成未來散熱技術發展之新產業趨勢。另外，資料中心所產生的廢熱也為能源再利用創造了新機遇，透過廢熱回收技術，將資料中心產生的熱能轉化為區域供暖、溫室加熱或水產養殖用途，不僅減少能源浪費，亦符合永續發展的需求。此外，整廠輸出的模式逐漸受到青睞，結合土木設計、廠房建設、伺服器部署及散熱系統整合，不僅可優化資料中心運營效率，亦能實現廢熱回收的經濟效益。這種整合式的基礎建設方式，為降低運營成本與環境永續發展提供了雙贏契機，同時推動產業升級，確保我國在全球 AI 算力基礎建設競爭中的優勢地位。

#### 四、改善對策及建言

我國算力產業發展仍面臨許多技術與市場之挑戰，政府已積極將算力產業列入年度施政方向，為促進國內算力產業發展，本專題報告提出下列建議方向：

- (一) 提出 AI 微調模型之方法與步驟，結合算力+模型+軟體解決方案，降低「燒算力」問題，協助百工百業導入生成式 AI

生成式 AI 的蓬勃發展在全球引發熱潮，我國中小企業也意識到其潛力並躍躍欲試，然而在導入過程中卻面臨不少挑戰。這些企業往

往缺乏對生成式 AI 的算力需求、晶片選擇及應用方式的全面了解，只知其強大卻不知如何有效入手。同時，全球算力晶片供應短缺導致高昂的算力成本，成為中小企業的主要障礙之一；另生成結果品質的不穩定性，更使算力消耗和成本不確定性加劇。為有效解決這些問題，導入生成式 AI 的明確方法與步驟尤為重要，政府應當提供資源與指引，例如針對企業實際需求進行模型微調（Fine-tuning）或引入檢索增強生成（RAG）方法與平台，以提高應用的精準度與效率。然而，僅提供導入指南仍不足以突破技術門檻，算力服務業者亦可提出更全面的整合性解決方案，即結合算力、模型與應用軟體的三位一體之解決方案，降低「燒算力」本質問題（即需重複嘗試的實驗科學與結果之不確定性），以協助百工百業導入 AI。

此外，建議建置算力資源共享平台，為中小企業提供可負擔的雲端算力；同時推廣模組化算法工具，幫助企業快速部署並適應生成式 AI 模型；更應整合針對不同行業的應用軟體，將導入難度降至最低。透過這種整合性策略，能大幅降低生成式 AI 應用門檻，深化其在各產業中的實際應用價值，不僅推動技術普及與產業升級，更能打造台灣在 AI 時代的新競爭優勢。

（二）研擬建置高效能運算之專法，計畫性投入 AI 高運算資料中心資源，強化 AI 算力基礎建設，維持國家競爭力

隨著算力產業的快速發展，硬體迭代速度加快卻帶來高折舊成本的嚴峻挑戰，也就是「算力老化」問題。隨科技持續進步，許多高效能硬體在短短數年內便可能被新技術取代，這不僅加重企業財務負擔，還阻礙了 AI 高運算資料中心的建設步伐，削弱整體產業競爭力。為破解此困境，建議比照南韓於 2020 年制定的《國家超高效能電腦應用及育成法》，透過專法確保國家算力基礎建設的穩定成長。南韓依此法所律定，中央行政機關每年依據基本計畫推動高效能運算（HPC）發展，系統性支持算力產業，並以此提升國家在全球科技競賽中的地位與影響力。我國可借鏡此成功經驗，制定類似專法。另藉由該產業初期發展階段之政策輔導，包括財政補貼、稅務減免及產業聯盟等手段，降低企業升級硬體的成成本壓力，以強化民間算力基礎之建置，為 AI 相關產業提供穩固的運算支撐。這不僅能促進產業升級，

更能提升國家科技實力，為經濟長期成長注入源源不絕的動能。

(三) 建議政府電力成長估算，納入 AI/資料中心電力需求，提出綠算力計畫，兼顧數位轉型與永續發展

隨著人工智慧 (AI) 產業的快速發展，算力需求與資料中心建設量不斷攀升，電力供應成為不可忽視的核心議題。根據國際能源署 (IEA) 的數據，2023 年僅輝達 (NVIDIA) 出貨的 AI 伺服器約 10 萬台，其年耗電量已達 73 億度。考量 AI 產業的指數型成長趨勢，預期至 2026 年，其用電需求將達 2023 年的 10 倍，凸顯 AI 技術發展對能源供應帶來的壓力。另依據 2022 年國家發展委員會的資料，我國每年用電需求平均增長 2.6%，因此，建議電力規劃需依據 AI 及算力產業的實際發展狀況進行滾動式調整，確保能源供應能有效支撐產業發展。此外，電力需求應結合綠色再生能源發展趨勢，將綠能應用融入資料中心的供電方案，不僅有助於緩解能源壓力，更能推動數位轉型與永續經營的雙重目標，助力我國在 AI 浪潮中建立競爭優勢並實現永續發展願景。

(四) 提升 TAIDE 主權 AI 計畫，建立符合國人特有文化用字及用語之多模態模型，以拓展未來百工百業應用需求

作為我國主權 AI 發展的重要基石，TAIDE 模型依據國人特有的文化構建，展現台灣在人工智慧領域的技術實力與產業應用潛力。該模型的公開釋放，已為國內多領域帶來創新應用。另考量面對台灣以中小企業為主的經濟結構，以及服務業吸納近六成就業人口的現況，生成式 AI 於客服系統的應用成為突破口，尤其在提升服務效率與客製化溝通層面，展現出顯著價值。為進一步推動 AI 技術普及與創新，建議政府加強資源投入，研發結合用字、用語與生成圖片的多模態大語言模型，例如混合中、英、台、客、原住民用字用語，強化符合國人語言與文化特性的應用技術，支援中小企業進行數位轉型，進而提升台灣 AI 競爭力與產業創新能力，為未來創造更多可能性。

(五) 全面提升國家公開資料之品質，以擴展算力應用與發展

在人工智慧的廣泛應用中，除了算力基礎的支持外，高品質的大數據同樣是不可或缺的核心要素。儘管數據的規模十分重要，但唯有提升資料的品質，才能充分發揮生成式 AI 的應用潛力，進而開發出

具備高度效能的 AI 應用軟體。因此，數據品質的整備成為算力價值發揮的關鍵所在，透過公開資料的優化，不僅能促進技術創新，更能提升 AI 在各行各業中的應用效能與精準度。因此，提升公開資料品質並加強產官學研的合作，促進技術整合與創新，將為算力應用的發展提供更加穩固的基礎，推動台灣 AI 產業邁向更高峰。

## 2024-11 國際供應鏈重組下我國產業國際布局

- ◇ 專題報告編號：2024-11
- ◇ 執行時間：2024.01~2024.12
- ◇ 召集人：賴杉桂副董事長(崇越集團)、黃朝熙院長(台北政經學院)
- ◇ 研究團隊：陳添枝教授(台北政經學院)、吳中書董事長(臺灣經濟研究院)、翁文祺前大使(駐印度台北經濟文化中心)、劉孟俊所長(中華經濟研究院)、劉大年主任(中華經濟研究院)、連科雄所長(臺灣經濟研究院)、楊書菲副主任(中華經濟研究院)、吳佳勳副所長(中華經濟研究院)、李思嫻秘書長(臺灣印度研究協會)等 9 位產學專家共同參與。
- ◇ 負責中心/同仁：經產中心楊顯整主任、王鈺銓主任、許湘琴組長、呂雨龍研究員

### 一、問題及目標

供應鏈全球化的發展趨勢於近 10 年已產生結構性的轉變，其中，如美中貿易爭端、新冠疫情斷鏈、俄烏戰爭、中國對臺軍演、產業淨零轉型等，皆影響各國政府及企業部門的全球布局策略，進而帶動國際供應鏈的重組。

在美國方面，一方面以減稅及補貼政策吸引產業回流美國，降低對中國的依賴；一方面則由國家安全為出發點，制定諸多進出口限制、投資管制等措施，主要目的是圍堵中國，以確保美國的技術優勢，進而帶動全球供應鏈的重組。在中國方面，為突破美國封鎖，近年力推科技自主政策，從而形成過度投資形成過剩產能現象。由於新一輪中國產能過剩領域如電動車、電池、太陽光電及關鍵礦物等產業占全球主導地位，同時中方亦可能鼓勵其企業赴海外投資拓展市場，對國際供應鏈發展帶來深遠影響。

在東南亞方面，美中貿易戰及疫情促使跨國企業重新調整供應鏈布局，並以東協為供應鏈移轉的主要地區之一，期望在東協地區打造一個新的、不受制於中國的韌性供應鏈體系。印度方面，印度做為新興製造業中心，加上電子商務在疫情期間的快速發展，以及國經濟放緩及西方對其所謂紅色供應鏈的擔憂，有望成為下一個全球經濟成長的動力。

在全球供應鏈變化中，半導體產業又為關鍵產業，台灣處於地緣競爭的最前線，使美國、日本、歐洲等國紛紛以政治壓力，加上鉅額投資補貼，要求臺灣企業分散半導體製造地點，以確保半導體供應無虞。

有鑑於近年國際供應鏈變動迅速，各國產業發展動態將影響台灣布局國際供應鏈之推動，本研究的目的，先研析全球供應鏈重組與區域整合，再分成美墨、印度、東南亞、中國等區塊展開進行研析，並同時以舉辦產業座談會方式收集產業意見，最後評析應對新局勢台灣布局之機會與因應策略。

## 二、研究範圍及內容

近年來，國際供應鏈結構迅速變遷，各國產業發展的動態已對臺灣推動國際供應鏈布局產生深遠影響。為因應此新局勢，本報告聚焦於美墨、中國、印度及東南亞等區域供應鏈現況與未來展望，以及臺灣的半導體產業國際佈局的分析，並提出因應上述國際情勢的變動，臺灣的可能因應之道。

## 三、研究結論

本專題報告探討國際供應鏈重組下我國產業國際布局，主要結論為：(1)美國做為全球最大市場由過去倡導自由貿易轉為公平貿易，對等關稅的主張將使過往各國藉由低關稅而進入美國市場的優惠難以為繼。且歐美各國將國家安全、環境保護及勞權保障等議題納入供應鏈管理。(2)台灣出口有「地區分散化，產業集中化」現象，川普總統並不認同「近岸外包」的方式，而要求必須回流至美國生產，其未來關稅政策將影響國際供應鏈結構。(3)中國面臨內需市場疲軟、國際圍堵壓力擴大，以及中國官方不斷加大政策干預和國安管制等多重挑戰。在陸台商除了撤離中國外，更多是選擇轉移產能或就地轉型。(4)面對美中貿易戰，東南亞國家已成為全球製造業轉移的首選，然而在川普當選美國新一任總統後，東南亞國家亦面臨因對美貿易順差驟增而成為下一波制裁名單的風險。(5)印度成為國際供應鏈多元化新基地，然面對供應鏈未成熟、法規與政策障礙，以及人才難尋與文化差異的挑戰。(6)臺灣半導體海外設廠為分散客戶風險的作法，未來先進製程研發仍留在台灣，目前先進製程海外僅在 Arizona，與台灣保持一個世代落差。

## 四、改善對策及建言

(一) 正視貿易結構轉變並落實鞏固供應鏈政策，透過國際合作與結盟 強化供應鏈韌性

1. 正視貿易結構轉變所可能衍生的影響

近年來台灣貿易結構發生重大變化。主要是對中國的依賴程度降低，而對美國的貿易重要性增加，但相對台灣對美國貿易順差也因而增加，例如台灣對美國的貿易順差由 2017 年的 167 億美元，增加到 2023 年的 465 億美元，也由美國貿易逆差國的第 13 名，上升到第 9 名，此也引起美方關切。

台灣應該重視此情況，政府除了降低美國可能貿易保護措施，例如反傾銷稅的影響外，也應由產業分工互補的角度，強調台美之貿易特性。因為與主要美國貿易逆差國不同，台灣主要是以出口中間財，而非消費性產品為主，主要供美國產業再加工，而非對美國產業造成直接競爭的影響，以降低美國的疑慮。

## 2. 落實鞏固供應鏈國內政策之建置

政府應致力維持臺灣在全球供應鏈的優勢地位，包括擴大在地生產量能，推動下世代技術發展，維持臺灣產品的不可替代性，同時解決台灣人才基礎建設的若干瓶頸，例如電力供應以及人才來源，以穩定外人來臺投資信心。

## 3. 透過國際合作與結盟 強化供應鏈韌性

台灣雖然由於政治因素，較難與他國簽署正式的雙邊協定，但仍有突破的機會。台灣應在雙邊議題上，積極向美方爭取建構鞏固供應鏈韌性的相關協定。至於在其他國家方面，近年來對台灣關注的程度更高，台灣也可以藉此機會，搭配台灣製造的優勢，推動國際合作並進而爭取結盟的機會。

## (二) 台灣需建構多元布局戰略，鞏固樞紐地位及提升供應鏈韌性

為因應全球供應鏈區域化與多元化發展趨勢，台灣需建構更具韌性的產業布局戰略。首要之務是協助企業推動「中國加一」策略，於重點國家設立台商服務中心，協助廠商在新南向等新興市場建立生產據點，提供完整的投資環境資訊，特別是完善當地原物料供應，協助企業降低供應鏈轉移的不確定性。在促進產業升級轉型方面，我國刻正推動「六大核心戰略產業」與「亞洲高階製造中心」政策，以強化我國在人工智慧、新能源、生物科技等領域的發展。

另為強化台灣作為全球供應鏈樞紐地位，應致力於深化與東亞及東南亞國家的直接貿易連結。本研究證實台灣於全球貿易網絡地位正

在提升，應把握機會多元投資布局，以打造我國「經濟日不落國」的願景。兩岸方面，隨供應鏈轉型與分流，對於已在中國追求在地化的「混血台商」或「新台商」，應建立風險評估與管理機制，關注其對台灣本土產業鏈可能形成的競合壓力。同時也要因應國際間對中國的貿易摩擦升溫，應建立預警機制，協助在陸台商關注各國對中國的貿易摩擦，降低可能的衝擊。面對全球供應鏈重組與兩岸關係的複雜變局，台灣必須強化產官學研合作機制，建議由政府主導建立更具前瞻性的政策研議平台，邀集產業領袖、學界專家共同參與，定期研析國際政經情勢變化，即時調整產業布局策略。

(三) 東南亞台商應與國內企業維持緊密連結，並善用國內知識與技術能量，持續提升國際競爭力

臺商過去是靠美國的開放技術體系及中國的生產成本優勢不斷壯大，但今後在美中的兩股勢力下，臺商要左右逢源相對困難，臺商需在臺灣建立本土的技術支援能量，除了提昇自己的研發能量外，也須整合夥伴國及生產基地上的技術資源，才能提升新供應鏈的競爭力。

目前大部分臺商對外投資型態還是傾向於成本及生產要素導向，導致當地化程度提高後，臺商與臺灣國內的連結程度逐漸降低，投資帶動出口效益遞減。臺商海外投資後仍應與國內企業維持緊密連結，商機資訊共享，創造海內外企業彼此合作的機會。海外臺商也應善用國內知識能量，從傳統的代工模式轉向拓展當地內需市場，與當地國家建構一個比較有黏著性的關係，才不會每當投資地生產成本上升後，臺商通常就需考慮移動生產據點，無法享受當地國經濟成長、所得提升所帶來的好處。

(四) 透過循序漸進、「以印制印」與重視印度內需市場以「經略印度」為目標

1. 循序漸進

印度的供應鏈與市場結構尚未成熟，無法快速達成台企的要求，因此進入印度市場需以中長期規劃為主，逐步建立適應當地環境的經營模式。台商可先以貿易模式了解市場，尋找可靠的合作夥伴，再行投資設廠，這種穩健的方式有助於降低風險。此外，

移植對中國市場的經驗往往難以成功，應以全新的視角與策略適應印度文化與種姓制度的挑戰，深耕當地。

## 2. 以印制印

印度的法律與行政環境複雜，繁文縟節與官僚體系可能使台商初期碰壁。因此，建議一開始便尋求專業協助，包括會計師、律師和從印度中高階文官職位退休轉轉任的企業諮詢師協助。在組織管理方面，台商應選用具有當地背景與經驗的印度幹部擔任前線管理角色，特別是在與政府、社會互動方面，可有效發揮「以印制印」的優勢。此外，印度勞工的權益意識強，勞工法規不可輕忽。台商需謹慎遵守相關規範，避免爭端引發法律訴訟，導致企業成本增加。

## 3. 重視印度內需市場，而非接單外銷

不同於台商在中國市場以接單外銷為主的策略，進軍印度更應聚焦於龐大的內需市場。由於印度對台灣持友善態度，加之其製造業政策支持，台灣產品與服務能佔據一定市場份額並享受溢價空間。此外，針對台幹水土不服的問題，建議培養台灣的印度留學生成為「印裔台幹」，做為進軍印度市場的尖兵。在市場推廣與政府聯繫上，善用台灣駐印度代表處與當地台商協會的資源，有助於企業更快適應並建立良好的市場基礎。

### (五) 防止技術外流的前提下，鞏固台灣 IC 設計業者於中國市場的地位

中國市場是目前台灣半導體製造和設計業最重要的市場，此市場正因為美中對抗，逐漸與美方的供應鏈脫鉤。台灣作為美國供應鏈的一環，若無自主性策略，將隨著供應鏈的脫鉤，失去整個中國市場。建議在提高技術管理能力(防止技術外流)的前提下，台灣保持對中國投資的自主性。

在製造業投資方面，受美國設備出口管制的影響，自主的空間不大；在 IC 設計方面，台灣 IC 設計業者的主要競爭對手是美商，美國對半導體出口的管制，雖一體適用於台商，但中國的客戶還是會覺得美國產品的風險較大。美國對先進半導體的設計工具(EDA 工具)也管制對中國出口，未來在中國設計先進產品(如 AI 晶片)的機會減少，但中國成熟產品的市場還是很大，例如自動駕駛、電動車的應用等，不一定需要最先進的製程。因此台灣 IC 設計

業者繼續參與中國市場的開發(engagement)，既不違反美國出口管制法令，且有助於鞏固中國本土市場的地位。此外，保持在大陸開發新產品的能力，也意味著可以運用中國量大質優的工程師，稍稍緩解國內人力資源供給不足的壓力。

## 2024-12 電動車及氫能車發展評估

- ◇ 專題報告編號：2024-12
- ◇ 執行時間：2024.01~2024.12
- ◇ 召集人：王正健董事長(車輛研究測試中心)
- ◇ 研究團隊：陳建次協理(車輛研究測試中心)、高銘汶總監(車輛研究測試中心)、溫蓓章副所長(中華經濟研究院)、曾鵬庭副處長(車輛安全審驗中心)、黃立恭組長(工研院機械所)、呂學隆經理(工研院產科國際所)、藍培修經理、崔智宣博士(臺灣大電力研究試驗中心)、顏子翔專案經理(中油綠能所)等專家及其團隊共同參與。
- ◇ 負責中心/同仁：科工中心芮嘉瑋代主任、郭華軒研究員

### 一、問題及目標

臺灣 2050 淨零轉型十二項關鍵戰略中，運輸部門的產業轉型重點工作為運具電動化及無碳化，目標設定為臺灣 2030 年公務車及公車將全數電動化、2040 年新售汽機車全面電動化。針對近期已逐漸增加占比的市區電動公車以及小型電動乘用車輛，電力基礎設施、供電容量與區域饋線是否足夠，以及尖峰離峰電價規劃等配套措施都對於電動車推動具有相當關鍵的影響。對於臺灣即將開始試行的氫能巴士，一樣會面臨基礎建設、供應鏈成熟度、安全規範以及法規稅制等挑戰，須及早啟動評估、擬定策略，避免部分環節延宕而影響目標之達成。

### 二、研究範圍及內容

本議題將聚焦臺灣電動車(Battery Electric Vehicle, BEV)及氫能車輛(Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV)(車+加氫站)之比較評估，分析國內外低碳車輛政策、各大車廠技術發展路徑與策略、產業及技術發展、能源補充基礎建設、安全法規與驗證能量，以推導出臺灣未來電動車與氫能車輛潛在機會點，提出政策與產業建言，俾利協助國內因應新興電動車與氫能車輛產業需求，培養我國產業國際競爭力。

### 三、研究結論

本報告歸納結論如下：

#### (一) 國內外電動車及氫能車趨勢概況

1. **政策：**國際電動車政策因歐、美電動車銷售量已達市場規模，多國調降或取消購車補助。然而為與中國大陸政府高額補助之超低價進口電動車相抗衡，各國政府不得不採取應對措施保護本土廠商，歐、美祭出高關稅，日、韓則增設性能、減碳貢獻度、維修體系、資安應對等補助條件。我國電動車市場正開始成長，仍會提供貨物稅及牌照稅減免：2017 年起電動車完稅價格新臺幣 140 萬內免徵貨物稅，超過 140 萬的部分按小客車貨物稅稅率減半徵收。牌照稅自 2012 年起給予完全以電能為動力之汽機車免徵牌照稅優惠，免徵期限至 2025 年 12 月 31 日止。氫能車方面，國際優先發展商用及重型車輛，我國則推動氫燃料電池大客車試運行計畫。
2. **市場：**國內外電動車銷售均已步上軌道，2023 年國際新售比高於 16%，臺灣 7.02%，預期 2024 年市售比將持續增加；我國訂有新售小客車 2040 年全面電動化之目標，階段性目標 2025 年 10%、2030 年 30%，而 2024 上半年新售電動小客車占比已達 9.52%，相當接近 2025 年 10% 的目標，但仍需持續政策支持以達目標。2023 年國產電動巴士銷售 685 輛，佔所有巴士之 40%(685/1,711 輛)，達成 2030 全面電動化目標(共 11,700 輛電巴)的 28%，加上華德、成運、創奕及鴻華先進等車廠都已具備自製電巴之產能，2030 年目標可望達成。  
國際氫能車之發展，2023 年銷售約 1.64 萬輛，顯示氫能車商業化應用尚未全面展開，隨著淨零碳排需求、技術創新及基礎設施的持續改善，氫能車的發展潛力逐漸受到關注。我國已引進少量氫燃料電池大小客車，刻正進行掛牌上路程序，測試臺灣市場接受程度。
3. **技術：**國際車廠如 Toyota 及 Hyundai 推出 BEV 與 FCEV 產品，我國具完整電動車供應鏈及整車實績(電動大小客車、小貨車)，加上 ICT (Information and Communication Technologies) 資通訊產業優勢可因應車輛產業聯網化、自駕化、共享化與電動化趨勢。

4. **法規：**國際多採用聯合國 UNECE「型式認證」，我國電動車與氫能車已與國際法規調和制定，電動車需符合「電磁相容性」及「電動汽車之電氣安全」；2017 年公告氫能車輛安規，依據國際法規調和制定「氫燃料車輛整車安全防護」、「氫儲存系統」、「氫儲存系統組件」等。
5. **驗證能量：**我國電動車車輛法規驗證能量已有檢測機構對應相關法規之建置及執行能力，包含電磁相容性及電氣安全等；氫能車輛驗證能量國際機構如歐洲 SGS-TÜV Saar GmbH 等已具備相關能量，我國檢測機構將依政策推動及產業發展之需進而建置相關驗證能量。
6. **基礎設施：**充電站方面，截至 2023 年底國際共 260 萬 AC 槍、140 萬 DC 槍，國際車與公共充電槍比 10：1。依據我國交通部資料，2024 年 6 月累計達 9,564 槍(7,328 AC 槍慢充、2,236 DC 槍)，車與公共充電槍比為 34：1，在政策推動與電動車增長情況下預期將持續成長。加氫站方面，2024 年 6 月國際已逾 1,000 座，我國近期正努力建置首座加氫站。

## (二) 面臨之挑戰

### 1. 充電站面臨之挑戰

- (1) **社區慢充建置：**因用戶比例低且建設費用需共同分攤，住戶意見分歧，燃油車主不願負擔，增加設置困難。
- (2) **商用快充建置：**土地取得困難及高建設成本是主要障礙，缺乏稅賦減抵等誘因也限制擴展。
- (3) **地方規劃：**缺乏整體配電與充電需求的考量，且隨著電動車數量增長，饋線容量不足，改善需要時間。對於非都市土地，如農業用地、森林地或水土保持地，因其用途限制，通常無法符合充電設施建置需求，進一步增加了設置的困難度。

### 2. 加氫站面臨之挑戰

- (1) **成本問題：**加氫站推廣初期面臨設備成本及營運成本過高，加上用氫車輛尚未成長至經濟規模，業者投資後短期難以回收等問題，需仰賴政府補助才得以鼓勵業者投入。目前全球氫能

產業正處於發展初期，加氫站業務成長也出現了停滯階段，更有國外加氫站傳出關閉的消息。

- (2) **法規及驗證能量**：相較於美日韓氫能大國，臺灣在加氫站的相關法規及驗證規範尚未完整，需加速建立法規及驗證制度，以及自主驗證能量。
- (3) **社會溝通**：加氫站設置規劃過程，一旦有任何評估消息，立即引來地方抗爭。目前仍待透過民眾教育與溝通，消除社會對於加氫站安全疑慮，放寬加氫站設置地目與安全距離等限制，臺灣氫燃料電池車與加氫站產業鏈才能逐漸形成與擴大，成為2050淨零碳排重要途徑。

#### 四、改善對策及建言

以下建議事項分政策面、產業面、環境建構三大面向，以條列附加說明方式提出，俾利參酌：

##### (一) 政策面

##### 1、純電池電動車

- (1) **購車補助之外應結合稅制調整**：我國推動電動車之優惠政策，包括貨物稅減免、減半及免徵牌照稅，其中牌照稅優惠至2025年12月31日止。後續應參考國際多元作法，透過改變補助條件，或對高汙染車輛加重課稅等彈性調整，引導產業發展，促進電動車普及，以實現淨零碳排目標。
- (2) **短期及長期推動政策**：整車方面，電動小客車我國已有自有產品，短期可先用政策鼓勵成長，公務車優先使用國產電動車，持續提升整車及關鍵零組件整合能量及產品競爭力，長期運用我國ICT資通訊產業能量創造功能性差異化。
- (3) **以大帶小**：商用車方面，國際電動化趨勢逐漸明朗，我國電動大客車市場因公共運輸市場、明確目標與推動政策已步入軌道，可維持力道投入加速整車「以大帶小」步入國際市場，加強關鍵零組件、電池、智慧駕駛、資安等設備國產化。我國已有電動小貨車產品，政府可順應趨勢加大研發資源挹注，協助產品發展相關產品。

## 2、氫燃料電池電動車

- (1) **結合國家能源政策推動氫燃料電池電動車輛：**要推動氫燃料電池電動車輛，必需從建立氫能生態系的角度出發。以英國與美國為例，透過氫能示範計畫生產綠氫、設置加氫站，並導入氫燃料電池計程車、小貨車和公車車隊等氫能商業運輸，可避免加氫站閒置並降低營運成本。建議政府在推動初期應該以極少數場域，配合地方產業需求與加氫站位置，作為測試運行地點。待國家氫能生態圈更完整之後，再推廣至其他場域及應用。
- (2) **優先發展商用車：**相比於純電電池驅動技術，採用氫燃料能使車輛具有較長的續航距離、較短的能源補充時間，及車體重量輕等優點；非常適合運用在商用車隊。日本、德國和挪威都優先將氫燃料電池電動車應用於商用車領域，並透過加氫站建置與補助政策，推動發展。
- (3) **示範運行計畫加速氫能車落實：**推動氫燃料電池電動車示範運行計畫，如日本、英國、美國，並在沿線布建加氫設施，等到計畫結束即可營運。
- (4) **氫能教育宣導：**社會大眾提到氫氣，仍會聯想到 1937 年興登堡號氫氣飛船燒毀、2019 年挪威加氫站爆炸以及各類瓦斯氣爆災難，以致對於加氫站安全性充滿疑慮與恐懼，因此中油公司已規劃在高雄科工館設置氫能教育展示館，透過現場展示與實際操作，希望有助消除民眾心中疑慮。
- (5) **政府政策目標明確制定：**我國交通部雖已宣示將啟動氫燃料電池大客車試辦計畫，結合中油加氫站建置，作為「氫能關鍵戰略行動」的重點措施之一，仍期盼政府對加氫站與氫燃料電池車輛訂出明確政策推動目標，引領相關業者投入產業，加速形成產業循環生態鏈，以帶動產業在地化及成本低減效益。

## 3、跨部會合作掌握機會

- (1) **需要跨部會的合作：**電動車與氫能車的推展不僅是經濟部、交通部的責任，環境部的碳權也對推動有幫助，硬體購置補助之外還可以用稅制調整或是其他方式，此點也需要邀請財政部

參與。氫能車產業生態系跟電動車不同，不只是車輛本身，還有加氫站跟氫氣的供應，要將國際市場考量進去，才有機會發展。

- (2) **掌握自駕化之產業機會**：車輛聯網自駕化帶動資安需求，而在國際地緣政治加強避免紅色供應鏈滲透要求下，汽車因為發展具備聯網、通訊及影像感測等功能，成為關注焦點。我國業者注重智慧財產權與資安議題，有助我國由整車及關鍵零組件切入國際市場，建議我國政府可持續挹注資源協助法人機構盤點國內產業發展需求，並因應自駕化持續挹注研發資源，並強化法規與驗證能量，協助廠商加速邁向國際市場。

## (二) 產業面

### 1. 我國電動車產業

藉由全球電動車發展趨勢，運用臺灣電動車供應鏈之優良基礎，我國可扮演重要零組件/次系統供應商或整車研發/製造的角色。國發會現已設定 2030 年市區公車及公務車全面電動化，以及 2040 年電動車市售比 100% 目標，有利於鼓勵業者投入車型及零組件研製。

- (1) **電機**：可發展低稀土高轉速高效率動力馬達，突破稀土資源掌握於特定國家之狀態。
- (2) **電控**：可對應未來電動車及自駕車發展精準控制策略所需，研製高可靠高精度整車線控技術，例如國內已有廠商投入電動大客車的車輛控制 VCU(Vehicle Control Unit) 客製化產品。
- (3) **電池**：臺灣電池芯產業尚處於發展初期階段，國際前五大廠在乘用車及輕型電動車領域的全球市占率已達約 8 成，且彼此之間價格競爭激烈，臺灣電池產業廠商要逕行投入將面臨龐大投資與發展競爭風險，若能朝向加強拓展利基市場商機，如電動巴士、超跑、商用車及特殊用途車輛等小量多樣的市場，或是聚焦於下世代固態電池技術商品化發展，較有機會生存並求突破機會。

### 2. 我國氫能車產業

- (1) **優先發展大客車及商用車應用**：氫燃料電池車應用於商用車範疇比乘用車更具利基與優勢，尤其在遠途行駛與商用物流應用場景，各國主要朝商用車發展，我國示範運行亦規劃從氫燃料電池大客車著手，目標探詢可行商業模式及我國可切入之相關零組件。短期可朝以燃料電池做為鋰電池增程使用，類似油電混合方式，作為研發方向之一。未來適用於重卡等更大功率的電堆與系統研發需早日投入，同時更高儲氫密度的液氫技術也需提早佈局，以因應未來產業需求。
- (2) **降低氫燃料電池成本及發展系統零組件**：氫燃料電池可藉由雙極板從石墨板改為金屬板、白金觸媒減量、回收白金來降低成本。氫燃料電池系統除了核心的電堆之外，主要是由空壓機、管線、閥門以及碳纖維複合材料高壓儲氫氣瓶所組成，而臺灣在空壓機、閥件、碳纖維複合材料等領域都有深厚根基，因此有條件、有機會打入氫能載具關鍵零組件市場。
- (3) **車用氫能技術能量升級**：建議開發動力型燃料電池電堆及系統技術，先以商規燃料電池電堆模組進行系統整合技術開發，建構燃料電池電堆模組與系統關鍵技術及專利佈局，再透過車載燃料電池系統整合技術開發，推動國內燃料電池周邊輔助機械模組(Balance of Plant, BOP)廠商技術能量升級，投入車載燃料電池應用市場。

### 3. 車用電子產業

不論車輛動力來源為何，車輛電動化、智慧化、聯網化及自駕化趨勢將使車輛電子整合程度將不斷提高。我國具備優異 ICT 資通訊產業能量，並擁有世界級電子供應鏈及豐富車電產品供貨經驗，可提供馬達、電控、先進駕駛輔助系統、即時線上軟體更新裝置等。政府可優先發展車用電子產業，並以國內整車市場累積外銷實力。2023 年我國汽車電子外銷年產值已達 4 千億臺幣，預估 3 年後可達 9 千億，有望成為我國下一個兆元產業。

## (三) 環境建構

### 1. 充電環境

- (1) **確保電網容量符合充電需求**：因應未來電動車普及，建議在新興都市計畫或大型開發案中預留二次變電站用地，確保供電力充足。對於舊市區，為避免新增充電設備導致饋線容量不足並引發跳電，台電建議業者和社區住戶在設置充電基礎設施時以專用電錶搭配電能管理系統(Energy Management System, EMS)，透過電動車專用時間電價尖離峰價差誘因，在有限饋線條件下最大化充電效益，確保電動車充電需求與電網容量相匹配。
- (2) **提升電動車主充電便利性**：充電系統硬體規格統一之外，也需不同營運系統間可漫遊通用。目前僅車廠推動，待政府相關部會推動整合。
- (3) **電動車用車安全**：動力電池能量密度進步迅速，但電動車行駛、停車充電期間火災事件時有所聞，停車環境相關消防法規也需與時俱進。

## 2. 加氫環境

- (1) **整合全國加氫站網路建設**：加氫站面臨建設成本高、低使用率之困境，需採用最有效率之規劃。針對路線較固定的商用車，可將加氫站地點規劃於高速公路休息站、工業區內、港口碼頭等地，省去遍地開花之網路設置。
- (2) **提早規劃氫氣來源**：充足且便宜之氫氣來源需事先規劃，避免重蹈 2024 年美國加州因氫源不足導致加氫站關閉的事件。同期南韓也傳出由於產氫設備故障且煉鋼用氫增加的緣故，導致南韓用於交通領域的氫氣減少。
- (3) **加氫站設備及營運成本過高問題**：建議我國政府參考日、韓等氫能大國經驗，補助加氫站建置、營運、零售氫氣費用。如對加氫站建置費用最高補助 50%、營運費用最高補助 2/3、零售氫氣價格則比照等效 95 汽油價格制定後補貼差額，方可促成早日達到氫燃料電池車與加氫站商業運轉規模。

## 3. 驗證能量建置

國內針對電動車檢測項目已有可對應之檢測機構。氫燃料電池車方面，國內法規已接軌國際標準，預期隨著我國示範計畫帶動氫燃

料車輛產業發展，車輛與零組件之驗證體系需求將逐漸提升，建議政府可提供政策資源協助國內法人機構持續關切國內產業需求及國際機會點。

## 2024-13 全球前瞻科技人才政策對臺灣之啟示

- ◇ 專題報告編號：2024-13
- ◇ 執行時間：2024.01~2024.12
- ◇ 召集人：楊弘敦講座教授(中山大學物理系)、吳光鐘特聘教授(臺灣大學應用力學研究所)
- ◇ 研究團隊：江茂雄院長(臺灣大學工學院)、蔡志宏主任(科技政策諮詢專家室)、關志達院長(臺灣大學重點科技學院)、侯拓宏主任(國研院台灣半導體研究中心)、張書豪副組長(國研院科技政策研究與資訊中心)、鐘國晉助理研究員(國研院科技政策研究與資訊中心)、李盈嬌分析師(中經院綠色經濟研究中心)、周雨蓁分析師(中經院綠色經濟研究中心)、王偉鴻副研究員(台經院研究三所)、郭怡萍經理(工研院產業科技國際策略發展所)等 12 位專家共同參與。
- ◇ 負責中心/同仁：人培中心陳潔儀主任、陳俐陵研究員

### 一、問題及目標

全球科技的快速進步與地緣政治的複雜化，對於我國的科技自主研發能力與產業競爭力帶來重大考驗。臺灣雖具備深厚的科技產業基礎，然而，快速變遷的國際市場需求與前瞻科技的技術迭代，對於人才培育體系與供應鏈的穩定性提出了更高要求，特別是在淨零科技、人工智慧及半導體等領域。目前全球對高階科技人才的競爭越加白熱化，而我國卻面臨人口少子高齡化與 STEM 博士生人數減少等現實挑戰，人才存量不足已成為臺灣科技發展的主要限制因素，如何有效培育與留任高素質的前瞻科技人才，是當前政府與學界需要正視的關鍵議題。有鑑於此，本研究梳理全球標竿國家的前瞻科技人才政策，檢視我國目前政策措施並舉辦二場座談會匯聚產官學界代表的觀點，以研提科研與前瞻科技產業人才質量提升的具體政策優化與創新建議，期能應對全球科技競爭帶來的人才需求壓力，助力臺灣科技產業升級與持續創新。

### 二、研究範圍及內容

本研究聚焦之前瞻科技領域係依據 2023 年行政院科技顧問會議結論，探討影響臺灣未來數十年發展的淨零科技、人工智慧及半導體等三大領域，

進行各領域優勢國家之政策研析，並綜整我國各部會推動措施。專題報告內容分為五章，第一章研析美洲、歐洲、亞洲、澳洲四個地區的標竿國家所提出之前瞻科技政策與人才培育方案；第二章的淨零科技領域，以處於產業成長期的離岸風電，以及萌芽期的氫能為例，探討丹麥、英國、日本等國的產業發展政策、人才需求與培育措施；第三章研討人工智慧領域，比較美國、德國、英國、日本與新加坡的 AI 戰略，彙整各國人才政策亮點；第四章的半導體領域，則蒐研美國、歐盟、德國、中國、日本、韓國、新加坡、新興國家和國際聯盟等近期重要政策，並探究「半導體×AI」人才培育的方向；第五章綜整前述章節重點內容，提出臺灣前瞻科技人才培育策略之結論與建議。

### 三、研究結論

#### (一) 臺灣正面臨高階科技人才供需失衡的嚴峻挑戰

少子化導致臺灣 STEM 畢業生人數下降，尤其是占比較大的工程、製造及營建領域，無論在博士、碩士或大學層級均全面下降，其中博士級減少更為嚴重，而近十年來科學園區對高階人才需求持續攀升，博士與碩士級分別增長 46% 與 66%，反映出高階科技人才供需間日益擴大的落差。與韓國相比，以兩倍於臺灣的人口規模，卻培育出四倍於我國的 STEM 博士，曝露出臺灣在高階科技人才政策的投入不足；而學術界薪資較低削弱人才進修博士意願，亦將長期影響科技研發及產業創新。提升女性參與及延後退休年齡是解決人才短缺的重要策略，可藉由完善支持機制、拓展 STEM 人才庫，實現供需平衡。此外，面對全球競爭，政策應避免過度集中於成熟製程領域並分散投資，以避免壓縮其他領域人才發展。

#### (二) 萌芽期的氫能產業需有明確的發展政策方能制定人才培育策略

氫能作為淨零轉型的關鍵技術，需政策引導以確立發展方向並規劃人才策略，例如日本、英國、德國等國家透過具體目標與基礎設施部署，大幅降低供應鏈成本、擴大應用範疇及建立人才基礎。臺灣氫能目前具備產學研合作基礎，但因缺乏政策支持如補貼、獎助學金及實習計畫，限制人才投入意願。在未來政策確認方向後，才能加速完善產業環境並滾動調整中長期培育策略，結合專業訓練與學界合作，

提升氫能技術與人力資源競爭力，加速實現 2050 淨零轉型目標。

### (三) 成長期的離岸風電產業需優化產業環境吸引更多專業人才

臺灣離岸風電發展迅速，但產業擴張伴隨人才短缺與高流動率等挑戰，丹麥透過政策吸引國際人才、荷蘭利用自動化技術轉型勞動結構，及英國憑藉技能轉型促進就業，皆為臺灣提供寶貴經驗。我國可加強技術轉型評估及供應鏈整合，並建立專業人才培育基地，持續優化產業環境，吸引國際人才來臺，更可積極培育高階風電人才，推動其在國內外市場發揮價值，提升相關產業聯動發展，進而促使臺灣成為亞太地區離岸風電樞紐。

### (四) 成長期的人工智慧產業需整合政策工具以精準銜接教育系統與產業需求

全球 AI 競爭激烈，為有效培育專業或跨域應用等多元人才，需建立分級教育模式與標準化技能框架，以應對快速變化的技術需求，借鏡日本、美國、英國與德國等戰略目標與推動措施，短期內應透過技能提升與再培訓緩解供需失衡，並藉由國際人才吸引政策增強高階人力資源；中長期來說，政策工具的整合與跨部門協作則是產業永續發展的關鍵，應建構從基礎教育到高階應用的整合政策框架，推動產學合作及實戰演練，縮短人才適配時間，提升臺灣在 AI 人才培育的國際競爭力。

### (五) 擴張期的半導體產業需深耕多元人才策略與擴大應用生態系統

半導體產業持續成長並驅動全球科技發展，臺灣在 IC 製造與封裝領域擁有顯著優勢，同時積極提升 IC 設計能力，然隨著 AI、量子計算等新興技術崛起，產業需吸納更多跨領域專才並擴大應用生態系統，且布局全球。在產業擴張期的階段，我國人才培育更應著重於高階研發人員，使研發根留本地，同時，各行各業應該充分利用「半導體×AI」的產業優勢，穩固臺灣的創新領先地位。此外，企業應積極參與人才培育，推動實習制度與業師授課，實現教育與產業無縫接軌，並與政府合作強化海外基地布局，吸引優秀人才，推動半導體與 AI 技術深度整合，為臺灣在「半導體×AI」時代注入發展動能。

## 四、對策及建言

### (一) 教育優化面

1. **促進 STEM 人才深耕與廣布：**中學教育應善用 108 課綱的彈性架構，設計專題與微課程，導入淨零科技、AI、半導體與等前瞻科技相關基礎知識，培養學生的探究能力與批判思維；同時，應強化中小學教師的進修資源與教學工具，確保教師掌握最新科技知識與教學方法，進一步提升教學質量與學生能力。此外，為提升全民科技素養，需擴大科普活動與開放實驗室參訪，縮小民眾在科技知識的落差，並藉由女性科學家榜樣與媒體宣導，鼓勵女性參與 STEM 領域，改變社會刻板印象，促進更多元的人才發展，增強跨領域創新人才儲備。
2. **強化高等教育與產業發展接軌：**高等教育應結合產業需求，設計實務導向課程，並深化產官學研合作，創建資源共享的學用生態系統，讓學生在校期間即能熟悉最新技術與實務操作；更應優化實習制度，提供學生在真實職場中學以致用的機會，同時企業需早期參與校園人力培育，並視實習生為正式員工進行訓練。為保障高階人才質與量，應提供更具吸引力的獎學金與研究資助，降低博士生經濟負擔，並調整教授與博士級人才薪酬結構以對齊市場，增加留任意願。國內大學需主動規劃師資培育政策，支持潛力學生攻讀博士與進行博士後研究，進一步穩固高等教育的競爭力，為前瞻科技領域輸送永續且高質量的人才。

### (二) 產業優化面

1. **優化人才需求調查與人員培訓：**建議持續追蹤離岸風電等關鍵產業的人才需求，延長調查時間至四年以上，並進行技能盤點，針對職能分析後，將多種產業均有需求的跨領域能力列為優先培育對象。積極促進產學合作制定標準化職能基準，並結合實體與線上課程，參考日本數位技能標準分級教育體系，提供技能認證與量身訂做的在職培訓，確保人才技能與市場需求相符，提升產業競爭力及人力穩定性。

2. **改善就業環境與制度**：鼓勵高學歷女性與退休專業人士重返職場，填補科技人才缺口，同時推動彈性工時、托育支持及再培訓等措施，吸引多元化人力加入淨零科技、AI、半導體等關鍵產業。建立整合型就業資源平台，結合 AI 與大數據技術實現職缺匹配，並針對女性、中高齡與退休人士等提供專屬支援服務，提升就業公平性與勞動市場靈活性，為科技產業發展奠定基礎。

### (三) 政策創新面

1. **運用政策工具導引企業培育高階人才**：政策工具應更重視高階研究人才的聘僱與培育，建議修訂相關租稅抵減或補助政策，將企業增聘博士級人才或支持員工進修等支出納入適用範圍，提升企業投資人才的誘因。同時，在研發投資抵減申請審查中，對聘僱博士級研發人才比例較高的企業給予加分，促進國內企業增聘高端研發人力。
2. **推動一站式「學、研、產」人才培育**：以國防役（研發替代役）為藍本，規劃結合學術、研究與產業的一站式培育模式，招募具 AI、半導體等背景的青年人才，經基礎訓練後進入大學或研究機構攻讀學位，再至研發單位或企業服務至少一年，全程由專業導師指導，培養學術與實務並重的能力，培育期結束後可直接進入產業服務或至國外進修。
3. **吸引國際精英以擴展臺灣科技版圖**：應進一步鬆綁外籍人才來臺的就讀與就業政策，提供更多便利與誘因，例如簡化簽證程序、增加獎學金資助及完善就業配套措施，吸引全球科技精英融入臺灣創新生態。同時，可借鑒新竹科學園區模式，在國際重點區域建立人才培訓基地，甚至創造「臺灣科學工作園區」品牌，並結合我國的科技優勢，深化技術交流與合作，進一步擴大臺灣在全球前瞻科技領域的影響力。

## 2024-14 台灣物流產業統籌管理與優化

- ◇ 專題報告編號：2024-14
- ◇ 執行時間：2024.01~2024.12
- ◇ 召集人：何美玥國策顧問(總統府)、蘇隆德創會理事長(台灣全球商貿運籌發展協會)
- ◇ 研究團隊：馮正民榮譽教授(陽明交通大學)、陳秀育教授(海洋大學航運管理系)、吳沛儒教授(逢甲大學運輸物流系)、桑國忠教授(海洋大學運輸科學)、黃明弘教授(朝陽科技大學行銷與流通管理系)、鄒伯衡執行長(美國 SOLE 國際物流協會台灣分會)。
- ◇ 負責中心/同仁：經產中心王鈺銜主任、楊顯整主任、洪鳳欽研究員

### 一、問題及目標

物流可說是工商產業的基礎，對於以出口貿易為經濟主軸的台灣來說，更該是重中之重；然而物流產業在台灣卻得不到應有的重視，法規陳舊、權責分散、連縱觀全局的上位計劃也付之闕如，這些狀況若不加改善，物流產業就難以健全發展，進而削弱台灣企業的競爭力，不可不慎。

本議題希望能經由產學雙方的合作，彙整出台灣物流產業的全盤輪廓與痛點，將問題依輕重緩急分類排序後，借鑒經貿環境相似的先進國家來找出問題解方。更深入台灣的幾個指標性產業，勾勒出物流在各行各業的現況與困境，再對物流企業提出如何改善建議；最後在研究過程中通過座談會與實地參訪，從而凝聚共識向政府提出明確可行的法規配套與建言，以提升物流產業並強化台灣整體產業的競爭力。

### 二、研究範圍及內容

本報告主要內容共分為五個章節：

第一章全球物流產業發展趨勢，從全球視角出發，綜合分析物流產業的定義、內涵與範疇。重點關注亞洲海洋國家如日本、南韓、香港和新加坡的物流服務發展趨勢與政策，通過個案研究探討這些國家在減碳議題、智慧物流、及物流韌性等方面的具體實踐和策略，並總結出這些經驗對物流發展的啟發和建議。

第二章我國物流產業發展現況與關鍵課題，分別從發展現況、內外情勢分析、與關鍵課題三方面探討，找出影響物流發展的幾大因素；關鍵課題則是彙整業者的意見而成，再依輕重難易將問題分類排序，找出重大課題。

第三章物流服務對特定產業的發展影響，聚焦在半導體、農產、電子商務與醫療製藥這幾大產業，剖析物流服務在這些產業的現況、影響與挑戰；其中冷鏈技術的地位日趨重要，特就冷鏈物流的現況與瓶頸做一探討，並提出改善建議。

第四章物流產業升級轉型之目標與策略，針對物流企業如何升級轉型，提出轉型目標應是更有效率、更快速、更環保且具韌性，同時也提出了相應策略。

第五章臺灣物流產業發展之政策法規與配套，則是參考現行的各國相關法規與政策，對台灣目前物流的種種困境，提出對政府的建議措施與配套；

第六章結論與建議，歸納前面各章的內容來做出結論，並研擬對企業與政府的建言，以供參考；本議題也邀請產官學三方舉行座談會，並將來賓的意見收錄於報告內，會議紀要請見附錄。

### 三、結論

#### (一) 物流產業對不同行業的影響深遠且多樣

物流是一個國家的經濟動脈，物流的速度與效率對國家的工商發展有決定性的影響，物流的韌性更是社會安全的基本要素，下面就四個產業為例：

##### 1. 物流直接影響半導體產業的獲利

半導體由於供應鏈遍及全球，國際物流與管理是半導體產業的重要課題，同時半導體設備非常昂貴，斷料停機將造成巨額的損失，還要負擔延遲交貨的賠償。

##### 2. 物流產業是農業的命脈

農業涉及生鮮與冷凍食品的生產、儲存和運輸；生鮮需求強但保鮮期短，需強大資訊管理能力；冷凍產品則需要低溫的冷鏈物流，才能降低報廢率獲利。

##### 3. 物流產業是電子商務的成敗關鍵

物流是電子商務的核心組成部分，決定了消費者的購物體驗和品牌忠誠度。高效的物流系統可以提升消費者滿意度，增加銷售量並減少退貨率。

#### 4. 醫藥產業靠物流來挽救人命

醫療物流的精準性直接關係到患者的健康和生命安全。高效且合規的物流系統能確保醫療資源及時供應，在緊急情況下，物流的反應速度和可靠性至關重要。

### (二) 全球物流產業持續成長，數位化、綠色與韌性更受關注

根據國際機構的調查與預測 Precedence Research 預計 2033 年將達 21.91 兆美元左右；物流企業要在當今全球市場中保持競爭力，須注意三大趨勢

1. 積極推動綠色物流：採用低碳運具、減少能源消耗，並推動環保倉儲和配送模式，滿足客戶對綠色物流的需求。
2. 加強數位轉型與智慧物流技術應用：結合人工智慧、物聯網等技術，實現物流自動化與高效管理，提升服務準確性與成本控制。
3. 提升供應鏈的韌性與透明化：透過多樣化供應商、區域化布局以及數位化追蹤技術，確保在面對不確定性時，能迅速調整並降低風險。

### (三) 台灣國際物流在海關效率與基礎建設仍有不足

世界銀行所提出的物流績效指標(Logistics Performance Index, LPI)包含六大指標(海關效率、基礎設施、國際運輸效率、物流服務能力、時效性與貨況追蹤)，2023 年世界銀行發布評比，我國在整體排名與日本、法國並列第十三名，但我國在海關效率與基礎建設這兩方面，長年都處於落後狀況。

### (四) 新加坡、香港、韓國與日本由協會或專責機關來推動物流產業

新加坡物流的主要機關為新加坡企業發展局 (Enterprise Singapore, ESG) 與新加坡經濟發展局 (Economic Development Board, EDB)，物流政策為物流產業轉型藍圖計畫 (Industry Transformation Map, ITM)；外新加坡物流協會 (Singapore Logistics Association, SLA) 是新加坡物流產業主要推動組織，能進行政府跨部會協調。

香港物流的官方主管機關是運輸及物流局 (Transport and Logistics Bureau of the Government of the Hong Kong Special Administrative Region)，政策是《現代物流發展行動綱領》八大策略及 24 項行動措施。

日本政府在推展物流的單位是國土交通省 (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism)，物流政策為《綜合物流策略綱要(2021~2025)》。

韓國國土交通部 (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, MOLIT) 是韓國物流的主管機關；韓國政府 2021 年制定了《第五次國家物流基本規劃 (2021 年至 2030 年)》提出物流產業未來 10 年的藍圖，公布了六大目標和五項策略。

#### (五) 台灣有必要將物流做為關鍵發展產業

物流納入臺灣關鍵發展產業具有重要戰略意義，原因是：

1. 物流是支撐關鍵產業的全球競爭力  
台灣的半導體、高科技及其他製造業，對全球供應鏈具有高度依賴性。要保持競爭力，需要高效、穩定的物流體系來支援。
2. 物流能提升台灣的供應鏈韌性  
全球供應鏈因疫情、地緣政治等不確定因素頻繁中斷，物流的韌性有助於降低對外依賴、加強區域整合。
3. 推動智慧化與永續物流是必然趨勢  
物流是實現智慧化與綠色轉型的重要載體：透過大數據、區塊鏈、物聯網技術，提升供應鏈可視性與效率，可響應全球永續發展目標。
4. 物流能支持跨境電商與數位經濟  
跨境電商的快速崛起帶動物流需求，可藉此進一步拓展數位經濟版圖：發展高效的國際配送網絡，服務跨境電商平台能支持數位經濟創新。

#### (六) 臺灣國內物流仍須面對許多挑戰

我國物流重要問題與優先解決問題中，「倉儲用地不足且成本高昂」為國內物流產業的重大問題，因倉儲用地沒有全盤規劃，容易造成周邊路線交通堵塞，運送路線重複效率低落等問題；「物流教育訓

練不足」、「物流基礎作業人力不足」、「物流教育訓練不足/缺乏國家考試」這些問題其實都反映了物流產業勞力供給的不足。

「沒有物流主管機關」、「政府處理物流產業者案件無標準作業程序」、「政府缺乏物流單一窗口處理問題」其實都是缺乏專責物流機關所衍生的問題；「物流缺乏數位化及自動化」與「政府未補助電動貨車營運」是希望政府能支持企業進行數位化、自動化與綠色物流轉型；最後隨著電商成長導致物流需求飆升，但倉儲與運輸能力跟不上，城市配送也面臨交通擁堵與環保壓力。

### (七) 20 世紀的物流法規無法應對 21 世紀的挑戰

20 世紀物流相關法規多針對傳統運輸方式，設計時缺乏對數位技術和複合運輸模式的考量，且法規分散在各部門，缺乏統一的協調和適應性；法規的焦點多在於本地的貨物運輸管理，無法應對全球化供應鏈和跨境電商的需求。

但 21 世紀全球物流已轉為數據驅動的供應鏈管理，需要靈活的監管框架支持，但現行法規往往對數據流動設限；全球物流產業正推動碳中和目標，但現有法規中對電動車補貼、低碳排放標準及碳排放監測的規範相對缺乏；現代物流的效率依賴於海、空、陸運的多式聯運整合，需法律支援基礎設施共享與運輸方式無縫銜接，但舊法規常將不同運輸模式視為獨立體系，阻礙聯運發展；物流已超越國界，跨境電商需要快速清關、智能倉儲與全球追蹤法規支援，但舊法規未能有效規範跨境物流，白白錯過巨大的商機。

## 四、建議

### (一) 對物流產業者的建議

#### 1. 強化物流科技應用與數位化轉型

隨著物聯網 (IoT)、大數據分析、人工智慧 (AI) 等技術的成熟與普及，物流企業應積極採用這些技術來提升運營效率與服務品質。例如，智慧倉儲系統可以利用機器人和自動化設備來降低人力成本，提高存取速度；大數據則有助於進行路線優化和需求預測；特別是中小型企業，可積極參與政府的輔導與轉型計畫，詳情可至經濟部網站的輔導資源來查詢。

## 2. 與勞動部合作並調整工作型態，確保產業人才供給

臺灣物流產業正面臨專業人才短缺問題，尤其在智慧物流與數位化轉型的領域。缺工問題從勞動需求端，可透過引進自動化、數位化技術來減少勞力的需求，勞動部從供給端的解決策略包括：「大專校院辦理就業學程計畫」、「青年就業旗艦計畫」、「婦女再就業計畫」與「55Plus 壯世代就業促進措施」。

引進外勞方面，依外國專業人才工作資格相關規定，外國人才若符合以下兩點即可在台工作：(一)受聘僱薪資達月薪新臺幣 47,971 元以及學經歷和執業資格符合相關法規規定；(二)符合評點配額制的在臺副學士以上畢業僑外生。

除了與勞動部合作，企業本身也須調整心態，改善工作環境，以彈性工時吸引新勞動力(再就業婦女或銀髮族等)，確保有競爭力的工資並改善企業形象；要讓跑外送的年輕人或外僑學生，重新認知物流產業是能長期穩定、未來有遠景且受國家社會重視的產業。

## 3. 留意綠色與韌性物流的趨勢

綠色與韌性物流已成為世界趨勢，這兩方面的要求將會從客戶與主管機關逐漸出現，也要注意國內外法規的變動，可視需求申請政府的輔導方案，制定通盤措施來因應。

### (二) 對政府的建議

#### 1. 擬定物流上位計劃應為最優先執行項目

現今最優先事項，應為制定物流上位計劃，建請由行政院召集各部會，盡速擬定物流產業的上位計劃，以應對現代國內外物流產業的各種需求，再由各單位按計畫各司其職，逐一突破物流產業的急迫難題。

現今台灣物流的發展規劃，至少須包含以下幾項：

##### (1) 人力短缺的對策

國家考試機制的缺乏、物流教育資源不足及人才短缺等問題，均可歸因於物流人才供應體系的不足；除勞動部現有的措施之外，建議政府可採取以下措施：

##### A. 優化就業環境並提高對物流技術的認可

效法日本，由政府帶頭表現出對物流的重視，加強公關活動，提高社會對物流的認同；輔導業者改善工作環境，確保工資水平和工作方式改革。

#### B. 成為國家選材的必考科目

將物流專業科目評鑑，透過考試制度選拔和認證物流專業人才，強化公務員物流專業知識，並提升物流行業標準與企業形象。

#### C. 強化教育培訓

政府應鼓勵更多學校開設智慧物流和數據分析等領域的專業課程，幫助培養具備專業技術的人才。

#### D. 引進國際人才與促進國際合作

目前全球已開發國家少子化的趨勢不可逆轉，台灣必須要轉型為移民國家才有未來，僑外生與外國專業人才應加速鬆綁相關法規限制，使其能根留台灣創造價值，同時也應適度開放外籍勞工，以支持勞力密集且難以轉型的工作。

### (2) 確保倉儲用地

倉儲用地規劃對物流產業的發展至關重要，建議可從以下三方面著手：

#### A. 公共私營合作

建議地方政府和民間企業合作，共同開發倉儲用地，利用公共資源提升基礎設施建設，目前經濟部已有鼓勵民間企業參與大型物流中心 BOO 計畫，可以此為藍本規劃出適合物流各類型企業的子計畫。

#### B. 列入國土規劃之項目

政府應與地方政府合作進行土地規劃改革，增加倉儲用地為必要盤點項目，放寬土地使用法規，利用郊區閒置空間及老舊工廠為物流用地。

### (3) 政府應支持產業數位與綠能轉型

數位化與自動化技術的引入能提升運營效率，然而企業須面臨高昂初期投入與欠缺專業人才等問題；推動綠色物流時，產業也面臨充電樁不足與電動車初期投入成本高，讓企業難以負

擔；目前各部會都有補助計畫，宜從上位計劃全盤重新檢討，以減少資源重疊浪費或造成企業不公平競爭的現象。

#### (4) 檢討現存物流相關法規

現代物品經常必須跨越不同國境，或需要海空聯運，整個運送過程必須通盤檢討並修改法規來增進效率，另外應適當鬆綁資訊的分享來提高通關轉運的效率，政府應與業者一起檢討，從各個環節中找到延誤的痛點並依序解決。

#### (5) 強化基礎建設

目前各港區或空港的設備與聯外道路，必須要足夠支持未來數年的物流持續發展；先進各國對於港口機場多有完善的物流後線佈局以及聯外管道，物流如果失去效率與速度的優勢就很難與他國競爭，只能靠低成本當轉運倉儲。

#### (6) 設立政府單一物流窗口

現今日本、香港、新加坡與韓國皆有物流的專責機關或物流協會來進行跨部會協作，並制定上位計劃，而台灣兩者皆無；如果暫時無法設置專責的物流機關，至少在政府內部要有願意承擔跨部會協調的單位，對企業的管理與問題回饋，並設立單一的窗口來減少業者的行政負擔，同時避免重複監管，減少法規執行上的歧異、並建立行政標準作業程序。

## 2024-15 產業園區淨零轉型電力可靠與韌性研究

- ◇ 專題報告編號：2024-15
- ◇ 執行時間：2024.01~2024.12
- ◇ 召集人：盧展南講座教授(中山大學)、蘇金勝前主任(行政院能源及減碳辦公室)
- ◇ 研究團隊：鄧人豪特聘教授(中山大學)、蘇健翔助理教授(中山大學)、陳斌魁榮譽教授(大同大學)、吳元康主任(中正大學)、王金墩研究員(台電綜合研究所)、陳中舜副研究員(中經院)、王京明研究員(中經院)、賴靜仙博士(中經院)、許家勝博士(中經院)、張嘉諳博士(中經院)、吳威輔佐研究員(中經院)、陳詩豪所長(台經院)、莊景勝副研究員(台經院)、莊佩茹副研究員(台經院)、李奕德所長(國原院)、詹益光所長(國原院)、柴蕙質博士(國原院)、吳泰宏博士(國原院)、詹益亮正管理師(工研院綠能所)、鄭儀誠技術總監(工研院綠能所)、侯貫智副處長(金工中心)、胡國信組長(金工中心)、高銘傑副組長(金工中心)、張珮怡專案經理(金工中心)、黃春霖前主任(台綜院再生能源義務用戶輔導專案辦公室)、邱炳嶽研究員(中技社)等專家共同參與。
- ◇ 負責中心/同仁：經產中心王新銛主任、楊顯整主任、邱炳嶽研究員

### 一、問題及目標

隨著 2022 年發佈「台灣 2050 淨零排放路徑及策略」，2023 年通過「氣候變遷因應法」，並於 2024 年陸續成立碳交易所、2026 年起開徵碳費等行動，「淨零碳排」已經成為產業發展過程的條件，必須確保碳排放量逐年降低至最終零排放。國際淨零碳排的主要方式為能源轉型，以再生能源、核能等低碳排能源替代化石能源。為了督促產業界能源轉型，國際倡議 RE100 推動企業承諾使用 100% 再生能源，透過自主興建再生能源設施、購買外部電力或購買憑證等方法來達成。由於再生能源不足以滿足整體工業使用的需求，近期另一項國際倡議全時無碳能源(CFE 24/7)將核能、儲能的使用也納入，並且強調每小時的電力消耗都與無碳能源的供應相匹配，確保企業透明地使用無碳能源。隨著國際上對於產業淨零達成方式的調整，相應的低碳發電設施與基礎建設需要加速發展，首先，需要大規模的無碳能源發電設施和儲能系統，以滿足企業需求；其次，分散式電網技術與基礎建設需要普及化，例如：供需兩端的數位化、區域能源管理系統(EMS)等；最後，應發展區域電網的市場化機制，使用戶端也能依照自己的需求，以合理的價格，取得需

要的低碳電力。

過去國內能源發展著重在如何足夠供應所需的電力，只要開發足夠的電力就不必擔心缺電問題。但是未來在無核、去煤、增綠的限制下，首當其衝的是電網可靠與韌性受到挑戰，無論是朝向淨零碳排，還是產業界要符合 RE100、CFE24/7 的要求，電網基礎建設需要與電力開發政策同步納入考量。這些問題在 2022 年 3 月 3 日的大停電事件（303 事件）之後，受到政府的重視，並於同年由台電推出「強化電網韌性建設計畫」，於 10 年內投入 5,645 億元，全面提升全國電網面對突發事故的因應能力，以及為 2050 淨零轉型目標做好準備。賴清德總統上任後，對於電力政策強調持續推動「第二次能源轉型」，確保電力穩定供應，並透過發展多元綠能、深度節能，以及先進儲能，來穩健邁向全球「2050 淨零轉型」的目標；在 2024 年 8 月 8 日所召開的國家氣候變遷對策委員會，賴總統裁示提前在 2028 年優先完成「強化電網韌性建設計畫」關鍵的區域，以及與民生相關的關鍵工程。

我國重要產業以產業園區形式發展，主要園區例如三大科學園區產值總計可達 4 兆元以上，用電量接近全國用電量 20%，其他如六輕、臨海等大型工業園區，各園區產值也可達 1 兆元左右，用電量亦相當可觀。產業園區因產品外銷，對於符合 RE100、CFE24/7 等國際倡議有其迫切性，因此增加綠電使用後，為了確保供電穩定及電力品質，隨之帶來的儲能、備用電源、微電網、虛擬電廠等需求應運而生。

目前政府與台電相當重視電力政策，但對於提升民間業者的參與程度，仍有努力的空間。本專題報告以「產業園區淨零轉型電力可靠與韌性研究」為題，研析近期產業供電質與量及供電風險、收集國內減碳綠能等政策、探討產業園區供電可靠度及韌性強化，以及產業園區電力自主之技術發展等主題；研究過程透過訪談、座談會收集業界意見；研究成果提供給業界與政府做為強化電網可靠與韌性之參考。

## 二、研究範圍及內容

本專題報告由中技社經產中心負責整體架構規劃，由中山大學電機系盧展南講座教授擔任召集人、行政院能源及減碳辦公室蘇金勝前主任擔任共同召集人，中正大學電機系吳元康主任、大同大學陳斌魁榮譽教授指導研究方向，邀請中華經濟研究院、台灣經濟研究院、國家原子能科技研究院、工研

院綠能所、金屬工業研究中心、中山大學、台電綜合研究所等 20 餘位專家學者及研究團隊協助撰稿。執行過程由中技社經產中心同仁負責產業訪談規劃執行，座談會召開及各章節之彙編校訂。研究過程為瞭解園區業者對於目前遭遇到的問題及需求，感謝台灣科學園區科學工業同業公會、麥寮汽電、中鋼公司接受研究團隊訪談，提供寶貴資料。本研究議題召開專家座談會邀請經濟部能源署吳志偉副署長、台電公司蕭勝任副總經理前來指導及聽取業者想法，也獲得工業總會、台灣科學園區科學工業同業公會、石化公會、中鋼公司等業者寶貴意見，彙整於本報告之結論與建議。本專題報告分為五章，分別是第一章「產業園區供電現況與挑戰」；第二章「產業減碳、能效提升與綠能取得推動策略」；第三章「產業園區供電可靠度及韌性強化」；第四章「產業園區電力自主之技術發展」；第五章「結論與建議」。

### 三、研究結論

#### (一) 產業園區面臨供電穩定及強化韌性的挑戰

臺灣邁向淨零轉型的道路上，電網的可靠度及韌性至關重要，特別是對於高度依賴穩定電力供應的產業園區而言。隨著再生能源比例增加，電網需面對日益增多的挑戰，包括間歇性供電和能源儲存技術的限制。

1. 電力需求持續增長：台灣產業園區的電力需求因高科技產業(如半導體和 AI)推動快速增長，2024~2028 年的年均增長率達 2.5%。同時，再生能源供應增加，其間歇性特徵，加上南北電源分布不均，對電網穩定性造成挑戰，需強化電網可靠與韌性，以確保經濟成長、能源轉型及供電穩定的目標。
2. 可靠度與韌性指標：為了能夠更有系統化來探討電力系統的可靠度與韌性，可利用可靠度與韌性指標來進行檢討與持續改善的依據，國際上普遍使用的指標如系統平均停電次數指標(SAIFI)、系統平均停電時間指標(SAIFI)、用戶平均停電時間指標(CAIDI)，搭配完整的數據紀錄，如故障原因、持續時間、用戶數等，可進一步探討供電系統中的脆弱環節，為制定有針對性的改進措施提供依據。對於電力品質要求更高的科學園區，可再以 SEMI F47(電力供應品質規範)，探究每次事故對於壓降的變化。

3. 供電風險與挑戰：氣候變遷及大量再生能源的使用是未來電網可靠度的最大風險，需從政策法規、工程技術、財務經濟等面向來分析，相關影響因素包括：長期負載預測、電源開發、系統規劃，工程營建、運轉、調度、保護到保養維護等皆影響供電可靠度。

雖然台電公司持續推動強化電網韌性建設計畫等改善計畫，但當電網可靠度備受挑戰時，產業園區及廠商也難以置身事外，需投入適當的電力設備投資，提升自身電力供應的可靠與韌性。

## （二）政府淨零及能源轉型策略

政府多年來推動淨零碳排、能源轉型等政策，2024 年賴總統也提出「二次能源轉型」的目標，整體政策圍繞著發展再生能源與能效提升。本研究彙整政府一系列政策，包括減碳輔導、大用戶再生能源條款、製造業能效提升策略等多項法令政策。

1. 製造業能效提升：製造業能效提升執行時間最長成效最佳，大電力用戶平均每年（104~112 年）節電量為 22.7 億度，平均年節電率 1.73%，後續將持續推動深度節能政策，透過導入能源技術服務業 (ESCO)，將節能往中小用戶來深化。
2. 大用戶再生能源條款：業者主要選擇設置再生能源設施及購買再生能源電力及憑證來符合法令要求，而重要的儲能設施則因為成本較高、土地取得等因素較少企業願意採用。
3. 企業綠電取得：企業對於綠電取得的需求將持續增加，不過當前市場機制造成綠電供需不平衡，需要政府與台電改善市場交易機制，增加企業獲取綠電的管道，提升中小企業參與綠電交易意願。

法令政策的重點在於促進企業使用再生能源，而我國電力政策也傾向減煤增綠，因此當再生能源在台灣能源占比將逐年增高，電網供電品質、可靠度及韌性就會備受挑戰。再生能源的分散式與間歇性特徵，相較於傳統能源需要更強的調度能力，因此當淨零及能源轉型推動的同時，同時也應該考量如何應對隨之而來的強化電網可靠與韌性挑戰，確保電力供應穩定無虞。

## （三）產業園區供電可靠度及韌性強化

2022 年 303 事故後，經濟部於 9 月公布「強化電網韌性建設計畫」，將於 10 年內投入 5,645 億元，全面提升全國電網面對突發事

故的因應能力。確保電力穩定供應雖是台電公司的重要使命，不過當電網系統結構分散化之後，台電公司也未必能夠兼顧所有用戶的需求，企業也應認知到投資電力相關設施的必要性，以確保在遭遇斷電事故時，能夠維持產線運作減少損失。

1. 電力調度法規制度：當台電進行電力規劃或每日實時電力調度時，思考的優先順序總是從自身供給側資源開始，然後才考慮電網側資源，而居於產業供應鏈下游表後端的需求面資源總是遭到忽略或最後才加以考慮。因此，推動產業園區微電網與虛擬電廠在管制與壟斷的電力市場中難以發揮作用，應透過法規制度的修訂來形塑可行的市場化機制。
2. 供電韌性風險量化技術：對於產業園區之供電韌性，無論其主管機關或是台電公司，均已建立相關的風險評估體系，惟現階段仍以定性風險評估為主，若能適度的導入量化風險評估(Probabilistic Risk Assessment, PRA)之概念與技術，則有助於描繪出產業園區供電風險情境的細節，並發掘主要的風險根源及其風險排序，有助於制定更有效益的供電韌性強化策略，以及供電韌性強化建設與「國家安全」之鏈結，深化相關建設推動的合理性與必要性之基礎。
3. 電網韌性指標建議與使用：電網韌性規劃應包含在現有的電力系統規劃準則中，例如綜合資源規劃或電力開發規劃。相關指標包括 SAIDI<sup>2</sup>、SAIFI<sup>3</sup>和 CAIDI<sup>4</sup>等，可依照需求採用合適指標，透過收集細部資訊及風險評估的方法來進行各種威脅、脆弱性與暴險的評估。透過質化與量化的風險評估，有助於描繪供電風險情境的細節並發掘風險根源，從而制定有效的供電韌性強化策略。

政府可從法制面採取的韌性強化策略主要是透過事前準備，提升系統的韌性基礎。從韌性的內涵來看，事前準備包含重大事件的預測以及建立預防因應的能力。為了建立系統預防因應的能力。

#### (四) 產業園區整合能源系統技術發展

產業園區透過建置能源管理系統(EMS)、微電網、整合能源系統

---

<sup>2</sup> SAIDI (System Average Interruption Duration Index) 是供電區域內系統平均停電時間。

<sup>3</sup> SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) 是供電區域內系統平均停電次數。

<sup>4</sup> CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index) 是供電區域內用電戶平均停電持續時間。

(IES)，逐步達成園區能源自主的目標，並具有低碳化及提升能源效率的功效，減少對傳統電力供應系統的依賴。透過建立市場機制，平時可支援主電網所需的輔助服務，當主電網系統中斷或供電不足的情況下，確保產業園區仍能正常營運。

4. 普及能源管理資訊系統：能源管理資訊系統佈建及跨電網的通訊交換協定等技術，是微電網堅實的骨幹，可透過數據監測及分析來協助企業達成特定目標，如能源使用效率、管理再生能源與碳排放、參與電力市場需量反應方案等，特別是可配合台電啟動之需量反應進行協調產線降載，電力需求峰谷差異大之園區，能源管理資訊系統有助於滿足多元目標。
5. 整合型能源系統(IES)可彈性因應產業園區之需求：整合能源系統(IES)平時可自主供電及併網提供電網輔助服務，在電網異常時可孤島運轉不被衝擊，多個 IES 系統搭配後則可形成多重微電網，透過暫態穩定度分析、解聯電驛規劃、擬定卸載策略、區域電網之饋線復電方案等設計可提升電網韌性。
6. 科學園區緊急備用電力聯防系統：科學園區對高品質電力、低碳氫及再生水需求則相當明確，若有由產官學共同推動園區共用的整合型能源供應系統，透過建立聯防系統，在主電網停電時，由共用的自主能源系統提供備用電力支援，避免大範圍停電，讓無法自主緊急備用電力之使用成本降低，並減輕台電之負擔。
7. 人工智慧(AI)在微電網的應用：透過微電網與人工智慧技術的整合，在遭受外部高衝擊低機率事故時，能事先預見，進行風險評估與預防，增強自主供電下之製程復原能力。

#### 四、改善對策及建言

政策建言彙整第一至四章研提建議，以及於 2024 年 11 月 27 日辦理「公私協力提升電網可靠與韌性」座談會討論內容（紀要詳附錄二），並詳列於第五章結論與建議，以下摘錄主要建議項目。

##### （一）改善供電結構

1. 地方政府能源政策需與台電公司協調，以避免政策衝突。

2. 地方政府應支持輸變電設施的建設和改建，並協助與地方居民溝通，減少居民對輸變電設施的抗拒，導致工程進展停滯。
3. 環評程序耗費時間長，對電網韌性建設推動造成影響，應設法鬆綁相關法令，否則如「超高壓變電所新建」和「345 kV 線路超過 50 公里」皆需辦理環評，對電網韌性建設推動時程將造成影響。

## **(二) 提升電網可靠性與設備更新**

1. 台電應加速推動老舊設備的汰換，並強化對於高風險地區的防護，這將有助於降低故障發生次數並提升供電可靠度。產業園區：(1)安裝快速隔離設備，可縮短事故持續時間及縮小停電範圍；(2)針對高風險地區加強防雷和避雷裝置。廠區可投資設施：(1)加裝不斷電系統；(2)設置差動保護電驛，快速隔離故障；(3)定期汰換老舊電力設施；(4)制定詳細的內部供電應變作法及定期演練。
2. 企業的設備汰換：可結合稅務優惠或其他激勵措施，鼓勵廠商逐步更新老舊設備。

## **(三) 從法制面強化系統的風險評估與預防應付能力**

1. 修正現行法規上對即時備轉與補充備轉的準備量原則，要求台電公司對此兩項容量的準備以「至少線上單一發電機組最大裝置容量」為原則進行籌備。
2. 應透過法令賦予能源用戶一定程度的電力備援機制責任，例如：自備發電、儲能設備。政策上可鼓勵能源用戶自籌電源和參與需求端管理措施，減輕系統負載以及電源開發的壓力，亦提高系統在面臨事件時的餘裕能力。
3. 推動產業園區自建儲能設備，除了可做為廠商的緊急備用電源，亦可配合系統進行削峰填谷。

## **(四) 產業園區強化供電可靠與韌性**

1. 政府與業者應推動園區的自主能源建設，包括汽電共生、儲能、再生能源、微電網等，當外部電力中斷時，可及時維持負載需求。
2. 各產業園區應建立自主能源管理系統(Energy Management System, EMS)，以增加對自主電力及園區負載的監控和調整能力，確保在遇到電壓波動時能迅速應對。

3. 建立遠端監控維護管理系統，如監控控制和數據採集(Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA)系統，當受到外力影響供電設施時，可迅速掌握狀況。
4. 建立以園區為單位「區域聯防機制」，由業者共同投資發電、儲能、微電網等電力設施形成區域電網，確保電力供應穩定、強化供電韌性。並且需區分與台電負責的範圍，實務上需辨識園區內的自主能源，設立節點與責任分界，以便管理電力流動並控制電壓品質。
5. 為了促進廠商投資電力設施，並使上述區域聯防機制容易實施，需要配套「區域電價」政策應實施分級電價，能與區域電網、微電網以及用戶自主供電的方向相契合，並逐步推進相關投資，讓業界能夠參與電力市場交易，不僅可穩定電力供應品質，也可回收設備投資成本。
6. 推動區域電網時，分離會計的透明度非常重要。許多設備雖然是為特定區域設置，但由於計費系統不清晰，成本可能被攤到其他地方，導致外界對資金流向產生疑慮。應能夠明確紀錄設備與成本分配，才能減少外界的質疑，讓業界更願意投入。

#### (五) 強化廠區內電力供應穩定的法規、政策與標準

1. 台灣企業多半廠區土地有限，儲能設施的設置常因廠區內空間不足無法建置，政府應考慮從法規層面提供支持。例如，針對建蔽率和容積率，若業者投資儲能設施，應考慮適度放寬相關限制，讓業者有更多彈性，否則現行的環境限制和法規將繼續成為主要阻力。
2. 政府應對設置發電、儲能設施提供政策誘因，鼓勵企業積極投資。並推動發電、儲能電力能夠進入電力交易市場，讓企業的投資不僅限於自用，還可進入市場進行交易，增加投資誘因。目前虛擬電廠 (VPP)、需量反應、儲能電池等設備，未來應透過電業法修法，將特定電源列為交易項目，讓這些投資不僅僅供自用，還可以進入市場進行交易。
3. 園區內或廠商電力設備故障造成停電的問題，台電在技術與經驗擁有豐富經驗，建議台電能夠協助提出電力設備的合理建設生命週期模型供廠商參考，並針對接近年限的設備建議更新或更換，

這將有助於提高整體供電穩定性。若能結合稅務優惠或其他獎勵措施，可鼓勵廠商逐步更新老舊設備。

#### (六) 綠電供應

1. 對於中小企業來說，因信用評比較低，導致無法獲得直接向開發商購買優惠的長期企業購電協議(CPPA)，只能以較高價格購買短期綠電，降低了中小企業購買綠電的意願。台電規劃中的小額綠電銷售，應考慮如何將現有的綠電供應更有效地分配給有需求的用戶。
2. 關於綠電配對問題，目前台電採取 15 分鐘一次的配對標準，屬於較為嚴格的方式，業者為應對高頻配對的做法與國際趨勢，需考慮提升自身的儲能能力應對高頻的綠電配對要求。
3. 開放自用設備的再生能源轉供市場，提升市場供應靈活性。
4. 提高市場透明度，建立公開的綠電交易平台，促進價格透明與市場效率。
5. 輸電線路公共化，需要能源署進一步討論與規劃，以確保未來電力輸送的公平與合理性。

## 2024-16 主要國家淨零排放路徑之比較分析

- ◇ 專題報告編號：2024-16
- ◇ 執行時間：2024.01~2024.12
- ◇ 召集人：顧洋講座教授(台灣科技大學化工系)
- ◇ 研究團隊：謝志強組長(工研院產科國際所)、黃國倉教授(臺灣大學生物環境系統工程學系)、潘述元副教授(臺灣大學生物環境系統工程學系)、黃釋緯研究員(臺灣經濟研究院)、許聖民副所長(臺灣綜合研究院)、賴靜仙博士(中華經濟研究院)、鄭睿合高級分析師(中華經濟研究院)等 7 位專家共同參與。
- ◇ 負責中心/同仁：資環中心/劉致峻研究員

### 一、問題及目標

為減緩氣候變遷對全人類的影響，需致力將全球氣溫相較工業革命前控制在 1.5°C 的升幅內。我國政府呼應全球淨零排放的急迫趨勢，亦端出諸多政策，盡力承擔更多減碳責任。然而，因為近年地緣政治動盪，全球面對能源安全-淨零排放-可負擔性的「三難選擇」下，沒有讓排放量拐點如預期般出現。因此，諸多機構呼籲重新修正淨零排放的具體路徑，以更務實的態度來應對本世紀人類面臨的最大挑戰。

台灣自有能源稟賦匱乏，極度仰賴進口能源，儘管近年政府投入大量財源建設再生能源，能源自主程度仍難有顯著提升。面對人口稠密、土地稀缺、孤立電網、再生能源發電不穩定、儲能與 CCUS 成本昂貴、各類型能源設施的鄰避現象，以及海峽可能面臨封鎖的國安風險等挑戰，應權衡成本效益、保持兼容各個選項的彈性，才能兼顧氣候責任與國民福祉。是故，如何制定淨零排放目標與路徑，設計相應的政策與配套措施，是當前應積極投入探討的課題。

### 二、研究範圍及內容

各國邁向 2050 年淨零排放目標時，均規劃適合其自身發展的路徑，以求「殊途同歸」。因此，本專題報告除了首章緒論與末章結論與建議之外，其餘各章分別從整體政策、電力、產業、住商、運輸與農業部門切入，選擇美國、歐盟、英國、日本、韓國與中國等主要國家作為比較對象，針對其淨

零政策目標、路徑規劃、法規與政策措施進行廣泛且深入的比較分析。另外，挑選五個國際機構提出的淨零排放評比方法，從其立論與背後因果之箇中差異進行了解，以梳理出有效治理氣候變遷議題的路徑，並嘗試提出具體的達成淨零排放的相關政策建議。

### 三、研究結論

**美國之減碳進展與變數：**美國崇尚市場經濟，聯邦政府透過對前瞻技術的研發，降低技術成本，促使關鍵的無碳技術擴大市場；由州及其下政府的個別作法，結合非政府組織力量形成良性循環。拜登執政期間，一面重返國際氣候談判與共同行動，另一面強化國內淨零政策法規，提供再生能源和零排放車輛經濟誘因，並加嚴相關環保監管標準。然而，未來在川普重返白宮之後，將對美國未來氣候政策帶來不確定性。

**歐盟之氣候治理與挑戰：**歐盟作法與美國大相逕庭，習於以完善治理框架來處理氣候變遷難題，透過執委會、議會與理事會的共同決策，為成員國提供指引，淨零成效堪稱卓著。然因歐盟的氣候政策形塑係經過跨成員國與跨機構談判的層層步驟，而近年歐盟議會分歧程度有增無減，未來歐盟的氣候變遷政策要如何在不同成員國的政治、經濟與環境條件下落實將是一大挑戰。

**英國之系統性治理框架：**英國透過設定積極的減碳目標，及完整的立法和一系列的政策措施，扮演好全球氣候議題倡議者之角色。即使脫離歐盟，其淨零腳步亦未停歇。以 UK-ETS 取代 EU-ETS，2021 年的《淨零策略：重建更環保未來》與 2023 年的《能源法》均為其淨零政策之延續。英國的淨零路徑注重系統性方法，以《氣候變遷法》作為明確治理框架，以「碳預算」進行路徑規劃與評估，再結合一系列政策配套措施與資金投入，以實現 2050 年淨零排放目標，並兼顧經濟發展與社會公平。

**日本強調自主行動與能源多元化：**日本自《京都議定書》通過後，走出一條與歐美國家截然不同的淨零排放路徑。日本於 2021 年將 2050 年碳中和目標入法，並設定 2030 年減少 46% 溫室氣體排放量的目標。整體而言，日本注重公私合作，將產業發展與淨零目標結合，推動企業自主減碳、強化建築節能標準、普及新能源車輛。日本同時致力於電力部門脫碳化，但因仰賴進口能源與獨立電網特性，近年已往核電重啟的方向進行政策調整。並另關

蹊徑，大力投入氫能等新技術研究與推廣。此外，將於 2026 年落實 GX-ETS 等制度，勾勒了整個日本社會低碳轉型的具體路徑。

韓國重視核能但面臨變局：韓國 2015 年成為東亞首個全國性排放交易制度的國家，2021 年通過的《應對氣候危機的碳中和綠色成長基本法》設定了 2030 年減碳 40% 及 2050 年碳中和的目標。各部門以擴大核能和再生能源使用，推動產業低碳化，強化建築能源效率，普及電動與氫能等零碳排車輛，再輔以技術創新與財政補貼措施，實現碳中和目標。值得注意的是，俄烏戰爭發生後，尹錫悅政府重新調整了再生能源和核電的發電比例，讓韓國成為所有研究國家中，最為依賴核能的國家。然而，近期韓國國內政治環境極為動盪，現任總統遭到國會彈劾並停職，為未來的氣候政策走向增加許多不確定性。

中國之碳達峰與一條鞭政策：中國於 2020 年承諾會在 2030 年實現碳達峰，並於 2060 年前實現碳中和。為對 2030 年碳達峰做出準備，其策略強調「務實」進行能源結構轉型、節能增效、產業升級、綠色建築和交通，及循環經濟發展。以電力部門為例，目前以提升燃煤電廠效率、改造機組，建立能吸納再生能源的電網能力為主；長期隨技術進步及成本下降，以太陽光電、風能與核電取補足能源供需缺口。整體來說，中國採取一條鞭方式，透過「行政政策」而非「法律」推動淨零排放。鑒於中國的政治治理體系特色之所在，未來的淨零路徑規劃與落實更可能受其國內產業經濟發展、社會民生情況與國際貿易氛圍影響。

各類評估指標的脈絡與應用：本專題報告選取了《氣候變遷績效指標(CCPI)》、《永續貿易指數(STI)》、《環境績效指標(EPI)》、《能源轉型指標(ETI)》與《淨零排放經濟指數(NZEI)》等五項國際組織或機構制定的淨零排放評比指標，對其編制脈絡與用途進行了解，俾利正確解讀和應用。CCPI 和 EPI 側重於衡量環境表現，但 CCPI 以問卷方式調查 NGO 對政策的主觀判斷，受訪樣本較少；STI 與 ETI 則多方考量經濟面、社會面等其他轉型面向；NZEI 則著重於衡量一國的去碳化效率。在不同指標下，各國有著截然不同的績效表現，故應多方參考，方能做出正確判斷。即使短期氣候政策有所不足，但其他經濟、社會面向的環境或條件，其實都有助於實現長期的淨零目標。故各界宜就各指標的內涵確認其該領域之發展軌跡，從中探尋精進及提升的方向，不需對特定指標過度解讀，才能全面權衡政策優先程度，逐步提升淨零

排放的實際表現。

科學化評估與政策討論有助社會共識形塑：各國均設有明確的階段性目標，並據此設計相應政策；2050 年淨零排放則受技術與各種不確定因素影響，故應參考權威機構預測，設定情境進行模擬分析，並以科學量化方法，進行目標間的權衡，才能有效對淨零路徑做出妥善規劃。各國也都認識到淨零排放需要全體社會的參與才有機會達成，所以完整的評估與政策討論是形塑社會共識不可或缺的過程。然而，國內目前缺乏廣泛、公開與透明的討論。即使主管機關有委託智庫單位進行評估，亦往往作為內部參研之用，其實不利於社會共識的形塑，是殊為可惜之處。

#### 四、改善對策及建言

- (一) **整體策略**：1.加強中央與地方協調與合作：目前僅中央主管機關設有常駐編制，地方政府則缺乏相應支持，其他部會亦無專責單位，導致各自為政，缺乏共同行動。2.完善國內碳定價機制：國內碳定價機制尚處萌芽階段，無法有效引導資源向低碳領域流動。3.制定部門別轉型路徑：幫助釐清部門責任，輔以多元情境模擬，有助提高政策執行的可行性與協同性。
- (二) **電力部門**：1.規劃應考慮限制條件：透過跨部會協調，設計多元目標，以勾勒轉型路徑之範圍，供決策者進行權衡。2.評估過程透明且客觀：技術參數應以權威機構數據為依據，結果需接受各界質疑與檢視，有助於促進社會共識並導引政策方向。3.長期路徑滾動調整：基於合理假設，鑑別潛在風險與範疇，並隨技術發展與成本趨勢調整路徑，以貼近實務。4.設立可管制的階段性目標：協助滾動追蹤與政策檢討，以落實淨零目標。
- (三) **產業部門**：1.產業目標與路徑：如歐盟和日本，均制定明確的產業轉型目標和路徑，配合完善的監管和激勵機制，吸引企業及早投入淨零技術。2.減碳規劃科學化：由於產業部門涉及眾多減碳技術，若以科學模型進行產業部門淨零推演，將有助評估相關策略成效。3.技術應用與發展：在共通性策略的基礎上，強化數位科技(如智慧製造、數位孿生、AI 等)的應用。

- (四) **住商部門**：1.建築能效之規範與評估：將建築能效評估系統納入我國建築技術規則；強制公用建築揭示能效等級，設置罰則以確保執行力；研究建築能效評估與建物所有權範圍的調和，提高能效標示導入不動產交易與房屋租賃市場的可行性；建構全國性建物能效揭露網站，促進自發性行動。2.金融與補助措施之激勵：對不同能效等級的既有建築，提供差異化的貸款額度與利息補貼，以促進節能更新；為建築設計業提供補助或設計酬金獎勵，激勵創新；並對一定規模且承諾達特定能效等級的新建建築，提供低利貸款支持；為達到特定能效等級的建築提供再生能源設施補助，並依建築規模設定每案補助上限。3.節能改造與技術支持：建立 ESCO 媒合平台，通過節能績效保證，提升既有商業建築的能效；提供建築節能診斷服務的費用補助；為能效等級較低的既有建築，提供可行的改善建議及實施順序。4.示範案例推廣：建立示範案例或場域，推廣淨零碳建築應用，提升市場接受度與應用範圍。
- (五) **運輸部門**：1.制定嚴格的車輛效能標準：提供經濟激勵，推動運具電動化與無碳化發展。2.鼓勵運輸業者自主減碳：鼓勵業者自主碳盤查，設定減碳目標，並導入綠色管理系統。3.促進用路人行為改變：通過教育宣導、改善公共運輸，減少私人運具使用率。4.推動低碳交通區：建立限制高排碳車輛通行的交通區域，中央與地方協力修訂相關法規及自治條例，根據地方特點劃定低碳交通區範圍並制定實施細則。
- (六) **農業部門**：1.減碳：協助農戶提升知識技能，消彌技術落差，建立數據整合與共享機制，強化精準農業發展，降低單位農產的碳排放量。2.增匯：以細緻的國土規劃，解決植樹造林與糧食安全衝突；完善碳匯計算標準，確保其交易的公平與透明度；並透過持續管理確保碳匯的長期效果；提高獎勵措施力道，增加實際參與。3.循環：完善農業廢棄物循環利用的市場機制；加強回收利用基礎設施；協助個體農戶跨越技術門檻。4.綠趨勢：加強消費教育，提高消費者對綠色農產品的認可度。

## 2024-17 我國半導體異質整合發展之挑戰

- ◇ 專題報告編號：2024-17
- ◇ 執行時間：2024.01~2024.12
- ◇ 召集人：盧志遠院是(中央研究院)
- ◇ 研究團隊：王欽宏(工研院電光所)、吳仕先(工研院電光所)、李佳蕓(工研院產科國際所)、余振華(台積電)、邱國展(工研院材化所)、林建中(工研院電光所)、胡迪群(希鐳科技)、洪松井(日月光)、張香鋹(工研院電光所)、張筠苙(工研院產科國際所)、陳冠能(陽明交大半導體學院)、陳凱琪(工研院材化所)、莊凱翔(工研院電光所)、彭志偉(工研院電光所)、鄭良加(工研院電光所)、駱韋仲(工研院電光所)、盧超群(鈦創科技)、劉志鵬(新思科技)、蕭志誠(工研院電光所)、戴明吉(工研院電光所)、簡恆傑(工研院電光所)、羅豐祥(工研院電光所)、蘇仁斌(聯發科)等 23 位產學研專家，與中心同仁共同研討。
- ◇ 負責中心/同仁：資環中心曾志煌主任、郭佳韋副研究員

### 一、問題及目標

隨著半導體製程節點逐漸逼近物理極限，產業對高階晶片的需求依然持續增長，半導體異質整合技術因此成為未來發展的關鍵焦點。異質整合透過將不同製程節點的元件整合於單一封裝內，實現性能提升與多功能應用。然而，其發展面臨多重挑戰，包括異質材料的整合與設備開發、先進封裝技術的精進、共封裝光學元件(CPO)的整合、晶片散熱、Chiplet 設計與互連技術研發，以及相關 EDA 工具的開發等，均需突破以降低成本並提升良率。

為強化我國半導體異質整合技術的競爭力，並促進完半導體異質整合完整產業生態系的形成，持續確保在國際市場的重要地位，本報告從半導體異質整合技術的發展趨勢與應用切入，蒐研產業鏈現況及重點國家政策，探討異質整合技術及 Chiplet 互連介面的現況與挑戰，並進行產業分析，最終提出「促進我國半導體異質整合產業形成」的具體建議。

### 二、研究範圍及內容

本報告第一章首先探討半導體異質整合發展趨勢與應用；第二章蒐研產業鏈現況與重點國家政策；第三至第四章研析異質整合技術以及 Chiplet 互連

介面現況與挑戰；第五章進行我國異質整合產業競爭力分析與綜整發展策略；第六章研提促進我國半導體異質整合產業形成之建議；第七章則為結論與建議。

### 三、研究結論

#### (一) 異質整合與小晶片架構為推動半導體技術升級與應用突破的關鍵

異質整合技術作為延續摩爾定律並驅動半導體產業未來發展的關鍵，透過在單一封裝內整合不同製程與技術節點的元件，實現更高效能與更低功耗。此技術在高效能運算(HPC)、自動駕駛及 5G 通訊等前沿應用領域展現出巨大的發展潛力，成為各界競逐的焦點。結合同質整合技術，異質整合可提供更全面的系統整合解決方案，進一步優化整體效能。此外，小晶片架構(Chiplet Architecture)以模組化設計為核心，顯著提升設計靈活性與系統效能，同時降低開發成本與製造難度。該架構能夠支援多元化功能模組的無縫整合，縮短產品開發周期，為推動異質整合技術商業化提供有力支撐。

#### (二) 異質整合與矽光子技術將引領半導體產業下一階段發展

未來，異質整合與同質整合技術的結合將進一步提升元件的整合度與功能性，推動半導體技術向更高層次發展。其中，矽光子共封裝光學(CPO)技術透過將光學模組與矽基元件整合於單一封裝內，大幅提高數據傳輸效率，同時顯著降低能耗。這一技術突破，為應對日益增長的數據流量需求提供了關鍵解決方案。異質整合與矽光子技術的協同發展，將成為高效能運算(HPC)和網絡基礎設施革新的重要基石。

#### (三) 領導廠商及各重點國家政策均積極推動異質整合技術之發展

全球IC領導廠商，如 Nvidia、AMD 和 Intel，正積極採用 Chiplet 架構，利用異質整合技術顯著提升產品性能，以滿足高效能運算與低能耗的市場需求。同時，這些技術的應用也進一步推動了先進封裝技術的演進。各國政府亦紛紛加速本土技術的發展，並提供政策支持以強化產業競爭力。例如，美國的《晶片與科學法案》、歐盟的《歐洲晶片法案》，以及日本針對半導體技術的推進計畫，均將先進封裝與異質整合視為半導體產業未來的關鍵技術，並著力推動其技術突破與

應用落地。

#### **(四) 半導體封裝技術已從 2D 邁向 3D**

隨著人工智慧(AI)、高效能運算(HPC)、5G 通訊及物聯網(IoT)等應用對高效能、低功耗及小型化的需求日益提高，傳統的 2D 封裝已無法滿足產業需求。半導體封裝技術正快速邁向 3D 整合、Chiplet 架構及系統級封裝(SiP)等先進技術方向。並且，2.5D 與 3D 封裝技術，結合光學共封裝(CPO)與千瓦級散熱解決方案，將成為推動半導體產業發展的關鍵趨勢。然而，技術發展仍面臨多重挑戰，包括製程複雜度、成本管理及商業化應用落地等問題。因此，產業、政府、學術與研究機構需協同合作，聚焦技術創新與突破，共同推動半導體封裝技術的持續進步。

### **四、改善對策及建言**

#### **(一) 強化 IC 與 EDA 設計創新能力，打造完整在地供應鏈**

臺灣在推動異質整合技術發展方面，應從多個層面進行強化與整合，包括：

##### **1. 提升 IC 設計與創新能力**

異質整合技術的應用需要更高效的 IC 設計能力與創新實力。臺灣應聚焦於開發符合市場需求的設計架構，強化本地 IC 設計業者在全球市場中的競爭力，確保其能滿足高效能運算、人工智慧等前沿應用的需求。

##### **2. 推動本地化 EDA 工具發展**

在軟體層面，推動本地化的異質整合 EDA 工具發展是當務之急。應積極扶植本土 EDA 公司，鼓勵其開發具備全球競爭力的設計工具。同時深化與國際領導企業（如 Synopsys、Cadence）的合作，借助其技術資源加速工具創新與應用，縮短技術研發週期，並降低設計成本，以全面提升臺灣在異質整合領域的技術優勢。

##### **3. 支持本土設備與材料廠商**

為支援異質整合製程的發展，政府應積極推動設備與材料供應鏈的在地化。針對本土設備與材料廠商，應提供專項資金補助，鼓勵其研發符合異質整合技術需求的製程設備及關鍵材料，降低對國

外供應商的依賴。同時，透過整合上下游資源，構建穩定且完整的國內供應鏈與產業生態系。

## （二）建立異質整合技術路徑圖，聚焦核心關鍵技術

為推動異質整合技術的全面發展，政府應聯合產業界、學術機構及研究單位，共同制定技術路徑圖，明確未來發展方向，重點包括：

### 1. 聚焦異質整合核心技術

有關異質整合技術之路徑圖應優先聚焦於關鍵技術領域，包括矽光子技術、玻璃基板及散熱解決方案等，這些技術將可能是異質整合應用實現高效能、高可靠性和微型化的重要支柱。

### 2. 技術成熟度與市場需求導向

根據不同技術的成熟度與市場需求，路徑圖應分為短期、中期及長期階段，分別規劃技術開發與應用的具體目標。短期內，可針對具備商業化潛力的技術進行快速研發與驗證；中期，則聚焦於關鍵技術的優化與應用擴展；長期，則專注於前沿技術的突破與創新。

### 3. 促進產官學研協作

透過建立技術路徑圖，促進產官學研之間的深度協作，使各方資源與專業能力得以有效整合。政府，可擔任引導者角色，提供政策支持與資金投入；企業，則專注於技術應用與市場需求；學研單位，負責核心技術的基礎研究與創新開發。

## （三）導入 AI 技術，驅動產業升級

全球主要國家大力推動 AI 與半導體產業的發展，紛紛投入大量資源，以搶占科技與市場領先地位。臺灣應積極採取相應策略，並藉以實現產業升級。

### 1. 擴大政府支持與獎勵措施

建議政府加大獎勵力度，透過政策誘因鼓勵國內廠商加強合作，集中資源投入異質整合技術與 AI 相關領域的研發。藉以促進產業內部的協同創新，並提升臺灣半導體產業的競爭力與不可替代性。

### 2. 推動異質整合與 AI 技術結合

透過異質整合技術的持續創新，將半導體技術與 AI 應用深度結合，為各產業提供高效解決方案。例如，藉由 AI 強化生產自動化、

智能化與數據分析能力，可推動傳統產業邁向高附加價值化，實現全面升級。

#### (四) 深化國內人才教育與產學合作，強化國際人才吸引力

人才是驅動科技與產業發展的核心動力，臺灣在應深化國內教育與產學合作，並加強吸引國際高端人才的政策支持。

##### 1. 深化國內教育與產學合作

首先，在課程設計與跨領域融合方面，半導體學院應進一步規劃異質整合的專業課程，涵蓋從設計、製造到應用的全產業鏈技術，並鼓勵跨學科背景的學生加入，如機械、材料、化學等相關領域，為異質整合產業培養多元化的人才結構。其次，應積極推動企業實習計畫，即學校與產業界合作，提供學生更多的實習機會，讓其在校期間即可參與實際研發與應用專案，增強實務能力並加速進入職場的適應過程。第三，強化經驗傳承之師資，可延攬已退休的半導體及相關領域專家學者，參與教學與人才培育計畫，傳承寶貴的實務經驗與技術知識。

##### 2. 強化吸引國際人才

為充裕優質人力資源，建議臺灣透過設立高額獎學金與稅務優惠計畫，吸引全球優秀人才來台深造與就業，同時優化簽證申請及轉換流程，降低行政障礙，強化臺灣作為全球人才首選目的地的吸引力。此外，推動國內教育體系與全球接軌，加速國際人才流入，打造吸引力強的教育與就業環境，為半導體及異質整合產業提供穩定且多元化的人才支援。

#### (五)、建構優質產業環境

產業發展離不開完善的基礎設施與穩定的能源供應。建議政府優先強化基礎建設，確保電力供應的穩定性與韌性，同時積極推動再生能源及儲能技術的應用，以回應企業對 ESG 目標與綠色供應鏈的需求。透過完善的基礎設施與可持續能源支持，進一步提升臺灣產業環境的競爭力與永續性。

## 2024-18 我國對歐盟碳關稅機制與碳戰略之因應

- ◇ 專題報告編號：2024-18
- ◇ 執行時間：2024.01~2024.12
- ◇ 召集人：鄭福田董事長(台灣綠色生產力基金會)、歐嘉瑞理事長(中華民國產業科技發展協進會)
- ◇ 研究團隊：郭博堯正研究員(中技社資源暨環境研究中心)、葉長城研究員(中經院綠色經濟研究中心)、王思原理事長(台灣國際智財暨科技法學會)、葉雲卿院長(世新大學法學院)、余志達副總經理(環科工程顧問公司)、馬志明副總經理(君鴻永續科技公司)、魏聰哲副所長(中華經濟研究院第三所)、鄭睿合高級分析師(中華經濟研究院第三所)、黃雯琦博士候選人(德國拜魯特大學)等 9 位產學專家共同參與，並邀請中鋼公司張西龍前助理副總經理擔任議題顧問。
- ◇ 負責中心/同仁：資環中心曾志煌主任、郭博堯正研究員

### 一、問題及目標

為因應聯合國《京都議定書》對歐盟 2008 至 2012 年碳排放之管制，歐盟自 2005 年起建立碳排放交易體系(Emissions Trading System, ETS)，其基本規則是要求歐盟廠商於歐盟 ETS 購買碳排放額度，藉此對廠商生產過程之碳排放加諸成本負擔，以促使產業為降低碳成本支出而進行低碳轉型技術投資。

然而，歐盟 ETS 所納管之製造業，主要是「難以減碳」(hard-to-abate)之碳密集產業，這些產業不但屬於高資本密集類型，且其低碳製程或減碳技術之成本通常都明顯高於傳統製程與技術，因此，如欲進行低碳轉型投資，設備替換的資本支出將相當高；此外，這類碳密集產業還面臨激烈之國際競爭，公司獲利率普遍偏低，尤其鋼鐵業在歐盟更深陷經營困境。然而，這些產業的 CEO 往往承受著有衝高短期獲利以提高股東報酬的壓力，故營運方針多偏向維持使用既有設備並儘量壓縮營運成本，這使得上述歐盟碳密集產業缺乏大幅汰舊換新設備的意願，更難以負荷低碳轉型製程或減碳技術的高成本支出。

歐盟 ETS 將上述難以減碳之碳密集產業納管後，歐盟各國都高度關切可能引發製造業外移到較無碳限制之國家或進口產品因無碳成本負擔而主

宰歐盟市場的碳洩漏(carbon leakage)風險；為此，歐盟執委會提供可供這類廠商可扣抵工廠碳排放之免費核配額度，以大幅減免此等碳密集產業於歐盟 ETS 中所承受之碳成本負擔，此措施自 2005 年歐盟 ETS 開始運作以來持續實施至今。

近期，歐盟執委會希望提升歐盟整體氣候目標，但其產業界表示，如要提高減碳成效，勢必隨之增加業者的碳成本負擔，進而加劇碳洩漏之風險；基於此論述，歐盟政府強調，為形塑「公平競爭環境」(level-playing field)，須對此等產業提出額外反碳洩漏措施，此亦歐盟執委會對進口產品採取「碳邊境調整機制」(Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM)之主要背景。

雖歐盟一再強調，其 CBAM 機制是要建立歐盟廠商產品與進口產品間之公平競爭環境，並聲稱不會違反世貿組織(World Trade Organization, WTO)的規則，然而，歐盟相關法規條文龐雜晦澀，造成各國對於歐盟 ETS 與 CBAM 機制之運作理解有限，故自 2021 年歐盟開始推動 CBAM 機制以來，各國都難以具體討論歐盟 CBAM 之疑義處。然而隨著歐盟提出越來越多的 CBAM 機制實施規則，開始有專家高度懷疑，歐盟 CBAM 機制之實質目的是透過歐盟 ETS 與 CBAM 之複合布局，對內提供歐盟自身產業補貼，對外加諸外國競爭者更高成本，以保護其產業競爭力，發展至今，諸多受關注之重大問題，已聚焦在受 CBAM 衝擊最大之鋼鐵業。

有鑑於我國出口至歐盟之受 CBAM 規範產品(總值)中，鋼鐵及扣件產品合計占比逾 9 成，受歐盟 CBAM 影響最為顯著。因此，本研究目的，是期能透過剖析歐盟 ETS 與 CBAM 複合體所創造之整體碳战略布局與其對外國產業之衝擊情況，以揭示歐盟推動 CBAM 之真正目的之一，其實是為鋼鐵與扣件等行業營造不公平競爭環境；同時，本研究亦全面研討其他國家之合作或反制策略，從而掌握因應歐盟鋼鐵等相關行業碳戰略之可能關鍵切入點，進而協助臺灣政府與產業界提出具體因應方向之建議。

## 二、研究範圍及內容

本報告研究重點如下：(1) 彙整分析全球暨歐盟鋼鐵業之經營與低碳轉型挑戰；(2) 解析歐盟 CBAM 與 ETS 機制對於鋼鐵業與下游扣件業之碳战略布局；(3) 研析歐盟 CBAM 與 ETS 機制複合體對鋼鐵業碳成本之可能影響；(4) 解析主要國家對於歐盟 CBAM 之因應策略；(5) 研提臺灣產業因應

方向建議。

### 三、研究結論

本專題報告探討歐盟 CBAM 機制提出對我國產業之可能影響與因應之道，主要結論為：

- (一) 歐盟主張要針對六大類進口產品推出碳關稅 CBAM 機制，乃因歐盟碳交易體系 ETS 會賦予其製造業碳成本，須藉由 CBAM 打造公平競爭環境，但卻避談歐盟 ETS 為鋼鐵業打造高額碳補貼之配套措施，且歐盟 CBAM 刻意拉高進口至歐盟產品之碳成本負擔且未納管扣件業，反形成對進口產品相當不公平之制度。
- (二) 歐盟 ETS 中提供鋼鐵業特殊待遇，乃因其經營困難，無法再承受額外在之碳成本負擔；雖過往歐盟鋼鐵業碳排放有所減少，但主要原因是產業衰退所致。此外，歐盟鋼鐵業綠氫煉鋼等淨零轉型技術尚未具經濟可行性，即使歐盟政府已提供大量補助，業者是否能落實相關投資仍有變數。
- (三) 本報告所提代表德國鋼鐵業之個案公司已進行多元布局，仍經營困難，並計畫大幅減產與裁員；該公司目前呈現的減碳有成形象尚非如此，其碳排放強度未必較低；儘管因減產與政府力助低碳轉型投資而設定較高之減碳目標，但該公司對是否落實低碳投資仍態度猶疑。
- (四) 臺灣產業自當面對挑戰與競爭，但要求建立公平競爭環境。歐盟運用 ETS 與 CBAM 複合體打造之鋼鐵業不公平競爭環境，其策略包括交叉使用不同碳排放估算方法學，先低估歐盟鋼鐵業排放申報值以形塑減碳有成之形象，並運用不同方法學拉高免費配額而反向提供碳補貼，且讓超額免費配額留存累計供後續使用，免去業者未來多年之碳成本負擔；再者亦另行設計新方法學以高估進口鋼鐵產品之 CBAM 排放申報值，同時引導各國推動碳定價機制，以提高進口產品之額外碳成本負擔。
- (五) 各國面對歐盟 CBAM，基於其自身條件與產業利益，採取對策或有異同，但對我國如何因應都具有相當參考價值：
  1. 美國對歐盟態度強硬，加上雙方因立場歧異無法獲致共識，致美歐雙邊低碳鋼鐵協議難有進展；川普再度執政後，美歐更不易在制

度歧異上妥協，取而代之的可能是美國之強烈反制措施，值得觀察將如何影響歐盟 CBAM。

2. 英國作為歐盟主要貿易夥伴，與最了解歐盟 ETS 國家，在應對 CBAM 上表現出更高關注與積極性，並藉由與歐盟協商雙邊 ETS 連結過程，復又研提與推動英國版 CBAM 之兩手策略，以增添談判籌碼；另英國與歐盟鋼鐵業都面對類似經營困境，故與歐盟 ETS 系出同源之英國 ETS，應亦有高度保護英國鋼鐵業競爭力之配套措施；此須於檢視英國相關制度時納入考慮。
3. 日本運用「白臉黑臉戰術」，藉由公私部門分工協作，由公部門以友善態度主責談判，私部門則扮演質疑角色，提升談判籌碼，而得以促進實質協商進展；另日本充分運用既有雙邊經貿與綠色轉型合作機制等各方面管道，已有效建立與歐盟間之 CBAM 協商平台，有望協助產業界更有效率地應對歐盟 CBAM。
4. 中國大陸質疑 CBAM 制度之公平合理性，亦堅持「共同但有區別責任原則」，並尋求於世貿組織(WTO)與氣候公約(UNFCCC)等多邊機制中向歐盟施壓，另同時戮力強化自身碳定價機制，與提升在國際碳標準制定之話語權，以強化因應能力。

#### 四、改善對策及建言

(一) 我國政府與產業界首要之務，是摒除對歐盟鋼鐵業「減碳有成」之錯覺，另應要認清歐盟碳定價機制下的鋼鐵業，存在相當不公平之碳補貼與碳成本負擔差異，此將對我國出口歐盟鋼鐵與扣件業之競爭力帶來重大衝擊

1. 歐盟整體鋼鐵業多年來已藉由歐盟 ETS 之特殊規則，不但未承受碳成本負擔，反獲大量碳補貼，且此等補貼並未用於淨零轉型技術投資，而其高爐碳排放水準亦未優於我國廠商；近期，歐盟鋼鐵業營運更加艱困，雖政府已大力補助進行淨零轉型技術投資，業者是否會落實相關投資計畫尚態度猶疑不決。
2. 歐盟於 CBAM 機制中，尚設計讓進口歐盟鋼鐵產品拉高碳排放申報值；因此，我國對歐出口鋼鐵與扣件產品，將額外承受不公平之碳成本負擔；

3. 另歐盟鋼鐵業於 ETS 之碳補貼可留存累計供未來使用，故我國進口歐盟鋼鐵產品要開始支付 CBAM 碳關稅時，歐盟諸多鋼鐵業尚有數年期間仍可免除碳成本負擔，加上我國國內自身碳定價機制與非價格政策之碳成本負擔，將使歐盟本土與進口鋼鐵產品間之碳成本差異更形擴大。

(二) 我國應運用歐盟 CBAM 機制僅係要打造與 WTO 規則相容公平競爭環境之主張，據理力爭，協商要求歐盟修正其不公平規則

在歐盟 ETS 與 CBAM 複合機制下，歐盟鋼鐵業獲得大量碳補貼，進口到歐盟產品卻要付出額外碳成本，會導致臺灣與歐盟鋼鐵業間產生不合理碳成本負擔差異。既然歐盟主張 CBAM 機制之設計，是在逐步引入 CBAM 過程，連動同步逐漸降低歐盟廠商從 ETS 獲得免費核配額度，使進口產品碳成本與國內產品碳成本維持相同水準，並確保 CBAM 之規則與 WTO 規則相容，就應極力避免不公平環境問題發生。因此，我國政府應向歐盟政府據理力爭，要求歐盟修正 ETS 與 CBAM 之各類不公平規則與碳排放估算方法學等之差異，使其規則能真正形塑公平競爭環境，才能使我國出口至歐盟之鋼鐵與扣件等產品的出口競爭力，不至於受到明顯衝擊。

(三) 建議與歐盟協商，在歐盟 ETS 與 CBAM 合理修正前，應先比照歐盟業者所獲待遇，提供我國廠商相應之豁免；或歐盟亦可考慮先延後歐盟 CBAM 實施期程，待歐盟 ETS 與 CBAM 機制建立公平競爭環境後，再行啟動

1. 建議與歐盟協商，先對出口至歐盟鋼鐵產品及製品免除繳交 CBAM 憑證之負擔，直到歐盟相關產業歷年累積免費配額餘額被完全扣抵完為止。

2. 對照歐盟鋼鐵業未來將有數年期間無碳成本負擔，如歐盟合理修改 CBAM 規則，我國等進口至歐盟之鋼鐵與扣件產品，在相對年份也應可暫時豁免 CBAM 憑證之購買與支付，但此期間內卻可能尚需負擔原產地碳定價機制成本；故應與歐盟協商，允許此期間內未扣減的原產地碳成本負擔可結存累計後，用於未來年度 CBAM 憑證之扣減。

3. 對於臺灣中小企業為主之扣件業，因未於歐盟 ETS 中被納管，我國進口至歐盟之扣件產品，除將有不成比例之高行政成本負擔，更會有不公平之 CBAM 憑證成本負擔，故應與歐盟協商，先讓進口扣件產品暫時排除 CBAM 之納管，後續再考慮如何簡化並公平地對待歐盟自身與外國之扣件業者。
4. 由於歐盟 CBAM 尚未提供鋼鐵業公平競爭環境，應建議歐盟至少延後鋼鐵業在歐盟 CBAM 機制
5. 實施期程，重新評估鋼鐵業現行減碳路徑之可行性，規劃歐盟 ETS 與 CBAM 機制應如何建立公平競爭環境，並再行評估是否適合將鋼鐵業之 CBAM 機制重新啟動。

(四) 我國應爭取使用本國查證機制並促進雙方機制相互承認，以解決歐盟 CBAM 查證機制之高成本問題與實施挑戰。此外，應要求歐盟提出詳盡申報報告，識別虛報行為，必要時協助業者拓展其他國際市場，以減緩外國不正當競爭之衝擊

1. 目前，歐盟規定 CBAM 查證機制要由歐盟 ETS 查證機構負責，但跨國查驗之高成本與無法與美國與中國大陸等主要國家達成協議，讓其構想面臨挑戰。我國應持續關注歐盟如何處理查驗衝突，並利用已有之高標準機制，向歐盟爭取使用本國機制進行查驗，同時力求合理之相互承認方式。
2. 另由於歐盟 CBAM 未來可能面臨查證能力不足情況，若競爭對手在申報時存在虛報情況，可能會對誠實申報之我國企業產生不公平競爭。為此，應要求歐盟提出詳細申報報告，能識別異常申報並進行處置。若問題無法解決，政府應協助業者拓展至其他較為公平之國際市場，以減緩外國業者不正當競爭之衝擊。

(五) 各國碳定價機制互有差異，美中另主張需考量監管與非價格碳成本，應掌握歐盟與各國協商原產地碳成本扣減進展，以為我國廠商爭取相關扣減

歐、英、日、中等各國碳定價機制都互有差異，如何評估各國碳成本以進行 CBAM 憑證扣減，將成為一大挑戰；同時，美國政府強調其廠商已在監管與非價格機制方面承擔大量碳成本，而中國大陸亦有類似主張。建議我國政府應深入了解各國與歐盟碳定價機制差異與

相關非價格機制運作方式，並據以有效解析歐盟與各國協商原產地碳成本扣減進展，以評估我國廠商自身碳定價機制與非價格機制之碳成本是否有扣減機會，從而在未來與歐盟進行 CBAM 協商時，為我國廠商爭取更多扣減額度。

- (六) 英國採兩手策略，除與歐盟談判 ETS 連結，尚同時討論英國 CBAM 與其他選項，且英國最為熟悉歐盟 ETS，此促使其能更易爭取合理碳價格扣減。我國亦可根據自身條件，探討不同之應對選項，並可參考英國碳價格扣減上的談判成果，力爭對我國廠商更有利之扣減機會

英國採取兩手策略，除與歐盟談判雙方都最有利之 ETS 連結，另構建英國版 CBAM，既不放棄最佳選項，亦能應對談判可能失敗之風險；而英國除考慮上述二個選項外，尚討論義務產品標準與強化需求面政策等選項。此顯示我國在討論如何建立自身應對歐盟 CBAM 政策時，其實亦可衡量臺灣自身條件與其他選項之潛在產業成本與效益，探討是否有不同的措施選擇，以作為向歐盟爭取合理對待之籌碼。至於歐盟 ETS 與英國 ETS 碳價格之差異，其實雙方都很清楚，不宜僅用碳價格來衡量個別行業之碳成本負擔，因有各自之產業保護措施。未來雙方 ETS 如未能連結，則英國如何爭取歐盟 CBAM 之合理原產地碳價格扣減額，將可為我國對歐盟協商原產地碳價格扣減之參考。

- (七) 由於我國政府與歐盟關係友好，且有良好雙邊經貿溝通機制，而私部門亦具備足夠專業能力，適合參考日本與歐盟協商 CBAM 之經驗，透過公私部門分工合作與打造臺歐雙邊 CBAM 溝通平台，爭取實質有利廠商之協議

日本在與歐盟協商過程，採取「白臉黑臉戰術」，已取得實質進展，其中關鍵在於日本私部門較有效掌握歐盟 CBAM 規則，並充分運用雙邊既有溝通管道積極協商；而臺灣與歐盟當前關係友好，且臺歐間有定期經貿產業會議等既有雙邊機制，另私部門則具備足夠專業知識以提出有力質疑與要求；因此，我國可借鏡日本的談判策略，在與歐盟協商 CBAM 時，公私部門都善加運用各種政府與產業界管道，設立臺歐 CBAM 溝通平台，由政府負責外交層級之溝通與協商，而私部門則深度參與因應策略分析，再針對具體細節提出挑戰與質疑，

從而提高達成實質上較有利廠商之協議的機會。

- (八) 歐盟 CBAM 之要求對我國出口策略影響深遠，需全面評估並制定因地制宜之應對方案，以確保我國鋼鐵與扣件業者的碳成本負擔合理，並符合國際競爭現實

政府應全面評估鋼鐵與扣件業之國際競爭局勢變化，參考歐盟相關作為，並掌握其他國家因應策略及相關措施，且考量我國自身條件，調整業者承擔更為合理、更符合國際產業競爭現實之本國碳成本負擔，必要時，加碼提供業者更實質之碳補助措施，力求平衡我國對歐出口產業，尤其是鋼鐵業與扣件業之碳相關政策成本與效益。

## 2024-19 AI 跨域教師培育示範與教學資源共享之研討

- ◇ 專題報告編號：2024-19
- ◇ 執行時間：2024.01~2024.12
- ◇ 召集人：陳力俊院士(中央研究院)
- ◇ 研究團隊：郭伯臣校長(臺中教育大學)、李政軒主任(臺中教育大學校務中心)、陳志鴻副教授(臺中教育大學教師專業碩士學位學程)、林文源主任(清華大學通識教育中心)、王道維教授(清華大學物理系)、陳佩英主任及蘇淑菁老師(臺灣師範大學教育研究與創新中心)、賴以威副教授(臺灣師範大學電機系)、游坤明副校長(中華大學)、陳昫暄執行長(中華大學 AI+體驗中心)、曾憲雄副校長(亞洲大學)、曾信超校長(敏實科技大學)、楊朝棟圖書資訊長(東海大學)、黃育賢教務長(臺北科技大學)、劉吉軒院長及陳柏宏專任助理(政治大學資訊學院)、張煥泉老師(苗栗信德國小)、林怡瑄老師(新竹實中)、謝宗霖老師(臺南善化高中)、蔡明秀老師(桃園建國國中)、林信廷組長及林玲誼老師(臺南和順國中)等 22 位專家共同參與。
- ◇ 負責中心/同仁：人培中心陳潔儀主任、林志龍組長、高宛愉副研究員

### 一、問題及目標

面對人工智慧 (AI) 技術迅速發展，我國政府宣布 2017 年為臺灣 AI 元年，並於 2018 年推動「臺灣 AI 行動計畫」，結合教育 2030 政策，提出「AI 教育×教育 AI—人工智慧及新興科技教育總體實施策略」，全面推動 AI 教育，提供個人化、適性化學習學習路徑，積極接軌全球潮流。

2023 年生成式 AI 迎來爆發性的成長，聯合國教科文組織於同年 9 月發布《生成式 AI 在教育與研究指南》，指出教師與生成式 AI 共同設計課程有助於提升教學理解與策略創新。我國教育部亦推動 AI 輔助教學等相關徵件計畫，然而國中數理教師受限於課程進度、升學及行政工作等多重壓力，難以主動應用 AI 輔助教學，也因此投入意願明顯低於其他科目教師。此外，教育部雖自 2018 年補助大學開設 AI 課程，但各校推動進度與成效不一，發展存在落差。

鑑此，本研究梳理國內外 AI 教育與教育 AI 發展趨勢及政策、研析我國大學 AI 推動與中小學 AI 賦能教學之措施，及研發國中數理示例，並舉辦 3 場座談會匯聚官學研專家觀點，以加速 AI 教育推動，強化教師 AI 素養及善

用 AI 增進教學成效，促進 AI 人才培育。

## 二、研究範圍及內容

本專題報告以大學之 AI 教育推動與資源共享，及中小學 AI 賦能教學為研究範圍，研析聯合國教科文組織與歐美亞洲之標竿國家 AI 教育與教育 AI 政策，並檢視國內推動現況。在大學端，蒐研政府推動 AI 教育（含課程）實施情形及學校開設 AI 課程現況，並彙整大學在 AI 教育及教育 AI 之推動實例，研析其推動模式，另透過專家座談會，研提 AI 教學資源共享的具體推動策略，以促進校際合作與教學資源整合；中小學端則是以教師培育為核心，探討現行教師培訓體系應對 AI 發展之對策與挑戰，及邀請資深教師設計 4 個 AI 融入教學的課程教案，實地授課並輔以前後測問卷及質性訪談，評估 AI 輔助教學對於教師授課與學生學習成效之影響。最後，舉辦座談會，綜整官學研專家學者之經驗與意見，提供 AI 資源共享與賦能教學實施策略之建議。

## 三、研究結論

### （一）AI 教育與教育 AI 已成為國際教育政策之重點，並重視其普及性與包容性

多國教育系統已意識到 AI 對教育的影響，並積極採取措施，確保師生能掌握並有效運用 AI 技術。AI 教育具有以下共通點：1.課程方面：推動以人為中心的教育理念並緊扣國家發展目標，將 AI 倫理與數位技能融入課程；由專家與教師共同開發適合各學習階段的 AI 課程，並透過評估與回饋機制持續優化，探索 AI 技術在各教育階段的應用，提升課程品質。2.教師方面則重視其 AI 知識與技能之提升，並建立支持機制協助教師有效運用 AI 技術，將 AI 融入教學。3.學生方面，透過跨學科學習及實際情境，培養批判思維、協作與問題解決能力。

教育 AI 方面，教師為推動教育 AI 之核心，應具備掌握 AI 基本概念、運作原理、應用 AI 與數據分析能力，並能辨識隱私、安全與公平性等倫理問題，保障學生權益，實現個性化學習。

### （二）生成式 AI 已促使各大學積極建構 AI 教育及教育 AI 之生態系

行政院及教育部陸續推動大學 AI 教育相關計畫及策略，引導大學落實 AI 人才培育。各大學陸續建置生成式 AI 的教學指引與使用原則，對於師生使用生成式 AI 工具多採開放且正面的態度，並配合開設學程及課程。經統計各大學開設 AI 相關學程數量，自 2019 年至 2023 年已增長超過 3 倍；另外盤點 14 所大學開設的 AI 課程，發現普遍都有開設「先修課程」及「核心課程」，而「進階課程」及「應用課程」則由各校依據自身學術發展與特色規劃開設相應的課程。大學在 AI 教育及教育 AI 推動模式，在組織上，學校對外普遍會與校外單位（組成學校聯盟、與國外大學或企業）合作，對內則成立校級 AI 工作小組或以跨院系合作，並制定 AI 指導原則作為推動方針。在 AI 教育推動上，藉由辦理講座、工作坊及體驗中心，引發學生對 AI 的興趣，並設立 AI 通識（微）學程、學分學程及學位，以培養學生具備 AI 素養與技術，另外會投入 AI 軟硬體資源及透過產學合作成立實驗室 / 研究中心，以提升師生 AI 研究能力；在教育 AI 推動上，主要以教師培訓為主，包括成立 AI 教師社群、辦理教師培訓營等，並執行教育部或學校相關計畫將 AI 導入教學。而學校對未來之 AI 布局，主要著重在長遠的 AI 轉型，並強調跨校（產）合作、整合校內所有 AI 資源、持續投入軟硬體建置、強化師生 AI 能力等，以持續完善大學 AI 教育及教育 AI 的生態系。

### （三）教師為中小學 AI 賦能教學之關鍵推手

臺灣中小學教師多具備數位教學能力，但在課程設計、引領同儕及提升學生學習成效等仍有提升的空間。

#### 1. 「做中學」模式有助於提升教師 AI 數位教學與實踐能力

在職教師普遍認為「做中學」的專業成長模式可提升教師數位教學實踐能力，可長期且系統性支持理論與實務並重及需求導向的增能課程模組；建立教師社群分享教學經驗、資源及解決方案；提供可模仿及修改之 AI 指令模板與教學示例，降低教師應用門檻，提升實作意願。

#### 2. 教師信念、態度與 AI 工具應用能力將影響 AI 融入教學推動之成效

教師的意願、信心與能力是推動 AI 與數位融入教學之關鍵。部分教師因 AI 技術快速發展與政策變動，對於導入 AI 抱持觀望或排斥態度，或因資訊應用能力不足，難以有效選用 AI 工具備課或教學，也因與同儕能力差距而削弱實踐之自信。此外，目前 AI 工具多源自於英語系國家之資料庫，可能隱含偏見，教師需具備數位識讀能力以審慎應用。實務導向的 AI 培訓與識讀課程，可增強教師自信與應用能力，加速 AI 融入教學之推動。

### 3. 學生誤用科技及課堂管理為教學現場一大挑戰

科技融入教學之隱憂包含學生誤用科技，如侵犯隱私、抄襲等及使用數位載具導致分心之情形，部分教師也因此對數位工具採取保守態度。教師應制定數位載具及生成式 AI 的使用規範，引導學生正確操作，並對誤用行為即時辨別與指導。

### 4. 教師須改變傳統評量方式

傳統評量難以全面反映學生的學習歷程與成果，教師需學習運用 AI 等數位工具設計多元評量。透過創新評量，可為不同學習程度與興趣的學生打造個性化學習路徑。

## (四) AI 融入教學有助提升學生學習成效與高階思維

本研究之 4 個課堂實作案例，由資深教師在符合既有教學進度及貼近一般教師授課習慣下完成課程設計、實作與學生學習成效評估。研究結果顯示，AI 融入數學與自然科課程能顯著提升學生的知識理解與學習成效。AI 賦能式課堂相較於傳統教學，對於學生的興趣與信心、知識整合、批判思考與創造力等方面效果顯著。課後學生訪談指出，AI 融入課程讓學生感到新奇有趣，有效提升學生參與度與學習動機。

## (五) 負責任的 AI 教育應融入倫理思維

AI 在教育領域的發展與應用涉及師生權益，而觸及倫理議題，由教師引導學生反思問題形成過程，避免盲從 AI 生成的答案或框架，並檢視資料預設、演算法差異及背後的價值取捨，培養批判性思維；評估 AI 對不同群體的影響，避免單一視角解讀問題或結果，並檢視現行課程是否充分涵蓋 AI 倫理議題，避免因既定立場而導致 AI 應用脫離現實需求；審慎評估 AI 內容，避免簡化複雜問題，反而引發

更多挑戰。

## 四、對策及建言

### (一) 加速普及大學 AI 教育及教育 AI 之推動

#### 1. 大學成立專責單位，有助加速 AI 跨域整合

各大學設立專責單位推動 AI 教育及教育 AI，可有效降低跨領域合作的難度及提升資源調度效率。由專責單位負責協調不同學科間的合作，並制定跨領域合作策略及更明確的專業發展指引，另外應積極盤點學校資源，將有限資源集中在關鍵領域，促進跨校教學資源合作，並隨著 AI 進展逐步調整學校 AI 之發展藍圖與資源投入，建立常態化的教師 AI 培訓計畫，同時制定分層次的 AI 教學計畫及開設不同難度的課程，並透過競賽活動提升學生實踐能力，使全校師生都能充分受益於 AI 賦能的成果。

#### 2. 優化大專院校人工智慧學程聯盟，增進學生之學習需求

目前聯盟開設的課程常與校方安排的課程衝堂，且課程難易度難以完全符合各校需求，建議參考教育部推動的 VLSI（超大型積體電路）設計教改計畫，並設計課程模組及可編修之教材，供各校依據學生特質調整課程內容與難易度，同時設立課程認證單位及訂定標準，以確保課程品質。另外聯盟目前使用臺大 COOL 平臺申報資料及成績等，建議借鏡因材網的模式，使用教育部推行 OpenID（求學階段皆使用同一組帳號），並對帳號設置權限控管，以提供更為便利的申報方式。

#### 3. 政府提供大學算力支援，促進大學 AI 應用發展

強化學校算力將有助於教學課程、產學合作及系統研發等面向的 AI 能力養成，同時促進各學術領域的 AI 應用發展。建議國家高速網路與計算中心能夠提供一部分的算力及數據做為教學及研究使用，並鏈結各區學術網路中心提供區域性學校的算力支援。此外，建議政府應投入資源到大學的 AI 基礎建設，以因應（產學）研發所涉及之機敏性問題。

#### 4. 建立 AI 教學資源共享平臺，弭平資源落差

以 AI 學程聯盟 / 各校組織聯盟、企業開發的 AI 平臺（如聯發科達哥系統）或國家高速網路與計算中心做為平臺，資源分享模式可參考 TSRI（臺灣半導體研究中心），由產業提供免費軟硬體予學生使用，學校負責產業人才的訓練。平臺運作上，應成立推動委員會，並設置如「教務與教材小組」負責教學模式研發、教材開發及資源整合；「技術與支援小組」負責訂定資料交換協定與合作開發軟體、支援學術研究等。另外平臺應具備課程教材提供、模型開發與測試、產業資源提供、政府數據公開及 AI 人才資料庫等功能。

## （二）優化中小學 AI 賦能教學

### 1. 短期

#### （1）持續完善學習資源與環境，加速 AI 於教學現場之普及

推動 AI 賦能教學需確保學生可公平使用學習載具。現行「生用平板」政策，非偏遠地區學校為每六個班級配備一個班級學生數量的平板，資源明顯不足。建議全面實施「生有平板」，並完善網路與技術支援，縮小數位落差。政府近年積極建構 AI 賦能教學環境，但教師因時間與精力有限，對 AI 工具應用不足，應透過短影片、圖示或宣傳推廣，提高 AI 的理解與使用意願，提供簡單實用的教學資源，加速 AI 於教學現場之普及。

#### （2）發展教師 AI 賦能教學的支持系統，增進教師應用 AI 之信心與能力

職前教師需培養具備 AI 時代所需之專業素養與技能，建議將核心課程融入 AI 素養、數位倫理、教學設計、多元評量等議題，注重理論與實作結合。以模擬教學、微型教學、實習觀課和專題設計等實作活動，強化師資生 AI 教學實踐能力。將數位教學檢測結果列入教師甄選加分項目，確保師資生的 AI 教學能力。師培教授需提升選用教學工具、設計多元數位教學活動，運用學習分析工具等數位素養與 AI 專業識能，以及將研究成果轉化為教學實踐之能力。建議師培教授積極參與 AI 教育研究，透過研討會、工作坊、線上平臺等持續進修，掌握技術趨勢並反思教學實務，以培育符合 AI 時代需求之未來教師。

在職教師應強化 AI 融入教學之信念與提升 AI 應用能力，以「做

中學」的模式，並依教師需求提供線上平臺、實體工作坊與混合式學習等多元靈活的彈性參與模式，實施分流培訓；建立分享 AI 教學經驗、教學資源和解決方案，形成跨界跨域互助合作之專業學習社群；提供學分抵免與績效獎勵，鼓勵教師參與，並建立 AI 教學成果的認證機制提升專業成長。結合教育專業與資訊技術，設計符合學科需求的 AI 教學資源，可先從特定課程切入，設計教學示例供教師課堂施作參考。分析「因材網」等平臺數據，精準掌握教師需求，持續優化資源，深化 AI 在教學的應用與發展。

中小學校長應強化 AI 教學領導素養，校長對 AI 數位教學的理解，有助規劃學校數位藍圖，及向教師家長明確傳達政策與目標。建議規劃及開設中小學校長 AI 教學領導課程，強化其數位領導力，協助教師運用 AI 提升教學品質，加速學校數位轉型。

### **(3)強化家長與校方之間的溝通與合作，提升學生學習成效**

校方作為數位學習之實際執行者，應主動加強與家長的溝通機制，進一步提升家長對 AI 教學的信任。建議校方採班級試點之方式，公開展示 AI 教學成效與優點，以增進家長信心，促進彼此的理解與合作。

### **(4)推動分級 AI 與數位倫理教育，有助引導學生負責任的使用 AI**

AI 與數位倫理教育應依學生年齡與認知能力分層設計與推動，逐步引導其理解 AI 技術與相關倫理議題，培養批判思考與負責任的態度。小學著重 AI 基本認知，引導學生理解技術特性與社會影響，建立正確認識與使用態度。中學擴展至 AI 倫理與社會責任，引導學生透過協作學習探討 AI 價值與風險，強化跨領域合作理解。大學聚焦 AI 倫理與公共性，培養學生社會責任與批判思考，確保 AI 應用符合公共利益，引導其以負責任態度應對 AI 發展與挑戰。

### **(5)集結民間資源辦理 AI 科技競賽，擴大培養學生 AI 應用能力**

為培養學生將所學知識應用於日常生活，提升 AI 實務應用之能力。建議結合政府、法人與企業等多方資源，舉辦競賽活動。透過整合資源及多元支持，擴大競賽影響力，強化學生的實踐

與創新能力，累積科技應用與問題解決之經驗。

## 2. 中長期

### (1)科技課綱向下延伸至小學，以利國中小 AI 素養之銜接

建議將科技課綱微調並向下延伸至小學，有助解決目前 108 課綱科技領域自國中起實施，所產生因小學生資訊素養不足以致課程銜接困難之問題。課綱應涵蓋生成式 AI 原理、應用與倫理，奠定扎實基礎，提升學習效果。

### (2)研發與認證 AI 教科書，提升 AI 賦能教學品質

研發適當的 AI 教科書規範及制定認證機制，並規範教科書廠商使用，確保教科書內容符合標準。提升 AI 賦能教學品質，減少 AI 帶來之副作用。

### (3)發展本國教育的 AI 大語言模型，增進應用之精準性

利用現有國際先進大型語言模型，結合我國教育相關語料庫進行訓練，發展適合於我國在地需求的本土化教育 AI 模型，提升教育 AI 應用的精準性與實用性。

## 2024-20 居家醫療照護研究與挑戰

- ◇ 專題報告編號：2024-20
- ◇ 執行時間：2024.01~2024.12
- ◇ 召集人：陳振文教授(台北醫學大學)
- ◇ 研究團隊：邱弘毅所長與賴哲瑩研究員(國家衛生研究院群體健康科學研究所)、喬治華教授(東吳大學財務工程與精算數學系)、黃勝堅前總院長(北市聯醫)、施至遠醫師(台大家庭醫學部)、林明慧主任(台北榮民總醫院家庭醫學部)、陳炳仁醫師(高醫大附設中和醫院家庭醫學科)、孫文榮醫師(台南市立醫院家庭醫學科)、江燕玲主任團隊(為恭醫院)、黃信恩醫師團隊(門諾醫院家庭醫學科)、盧豐華院長(世澤居家醫療診所)、趙榮勤院長(天恩診所)、白惠文醫師(白惠文西醫診所)、陳英詔醫師團隊(維揚診所)、周真玲醫師(東山家庭醫學科診所)、余尚儒醫師團隊(都蘭診所)和黃毓瑩秘書長(創新長照經營管理協會)等 17 位專家與其團隊共同參與。
- ◇ 負責中心/同仁：經產中心楊顯整主任、王鈺銜主任、潘惠萍研究員、呂雨龍研究員、許湘琴組長

## 一、問題及目標

隨著全球高齡化進程加快，居家醫療是應對高齡社會挑戰的重要策略，不僅提供了更便利的醫療服務，也緩解了醫療系統的壓力。綜觀臺灣與國際居家醫療政策的發展，均展現應對人口老化及長照需求增加的共同趨勢，也發展出應對高齡化社會與醫療資源壓力的創新努力，建構永續與整合的居家醫療服務體系。

居家醫療為高齡化社會中重要的醫療照護模式。從全球發展經驗來看，居家醫療在政策規劃、科技應用、財務管理、以及跨領域協作上均發展出多樣化與創新性。透過各國居家醫療的經驗，結合在地化的需求，可逐步建構完整且永續的居家醫療體系。未來的發展應以個案需求為中心，強調資源使用的公平性及效率，確保居家醫療能在高齡社會中發揮作用，減輕醫療資源的負擔，同時提升全民健康福祉。

在臺灣已有居家醫療團隊深耕於各社區，本研究團隊除蒐集各國文獻資料進行分析外，並深度訪談具居家醫療經驗之 3 間醫學中心、4 間區域醫院與地區醫院、7 間基層診所等機構，以及實地從事居家醫療照護和長照事業

相關協會專家，彙整他們對於推動居家醫療的經驗，並提出推動居家醫療的關鍵問題與具體建議。

居家醫療服務之商業保險協助方面，依據目前的保險法令、健康險示範條款，商業保險對於居家醫療服務之補位，目前仍有實行上的限制，如被保險人與醫事人員的保障、住院明確的定義，以及隨者醫療科技發展或是全民健康保險政策的改變，商業保險可能無法完全契合民眾所需，如何滿足被保險人最大彈性的理賠是未來關注的重點。

## 二、研究範圍及內容

借鏡居家醫療國際推動經驗與運作模式，釐清我國推動居家醫療關鍵因素與可行方式，並從商保補位健保的角度論述相關政策配套，研討居家醫療的財務面挑戰，並質性蒐研基層醫療體系、醫護團隊、在宅對象，以及相關產業對於現行居整計畫和未來居家醫療政策的意見，分析當前居家醫療照護體系之問題與挑戰。

## 三、研究結論

本專題報告探討我國推動居家醫療的挑戰與因應，主要結論為：(1)智慧科技與遠距醫療技術的廣泛應用，顯著提升居家醫療的效率及覆蓋範圍。從健康監測到遠距診療，技術創新不僅改善了醫療資源的分配，也為人民提供更靈活與便利的服務選擇。(2)居家醫療的長期發展需仰賴穩定的財務支持與資源分配。全球經驗顯示，政府財源與社會保險相互結合，可提供可靠的資金來源。(3)透過推動完善的居家醫療制度，病患可以在家進行治療，減少醫療資源使用的壓力，如醫院住院病床。居家醫療不需要高強度的醫療，而是有溫度的全人照護，醫養整合是全人光譜、以人為本的整體照顧，從健康預防、失能賦能、安寧療護到死亡後家屬的悲傷輔導。(4)雖然現行商業保險之住院定義並不適用居家醫療，然而以住院日額型主約保險設計的「出院療養保險金」附約則可以補充國人居家醫療保障經濟缺口。而居家醫療團隊成員往返病患居所（機構）之間過程，可藉由商業（團體）傷害醫療保險提供保障。

## 四、改善對策及建言

### (一) 政策整合與服務協作可提升服務涵蓋率及效率

透過政府、地方機構、社區組織及私營單位的共同參與，形成全方位、以病患為中心的照護體系。此外，針對城鄉醫療資源差距的議題，可強化地方政府在資源配置的角色，透過分權化的政策執行提升服務覆蓋率。

### (二) 科技應用為未來醫療照護趨勢

遠距醫療與智慧科技為居家醫療發展的重要方向。可透過加速數位醫療的基礎建設，推動穿戴式裝置、遠距健康監測及視訊診療等服務模式，嘉惠偏鄉地區的民眾，促進「健康平等」。

### (三) 財務永續與獎勵機制可有效提升資源利用

居家醫療的長期發展需要有穩定的財務基礎。短期可藉由政府醫療保健預算的投入，加速基礎設施的建立及人員培訓；若要長期運作，則需重新規劃公共資金（如健保）的支出架構，確保各類支出的目標明確。另外，透過獎勵機制鼓勵醫療人員參與居家醫療，或提供稅務優惠鼓勵私營單位投入，也都有助於提升醫療資源的利用率。

### (四) 醫療資源配置以偏鄉、慢性病、安寧病患優先

偏鄉醫療資源缺乏，就醫也較不方便，居家醫療至個案家中進行診察為較有效率的醫療做法，然醫療行為環環相扣，有醫師到家訪視，也要有家人幫忙去社區藥局拿藥，此外，還要社區藥局備妥醫師開立的藥方。除了醫師，尚須包括藥局、藥師，還有護理人員的整合。病程到末期的安寧病人，屬於較明確、適合在宅住院的對象。主要是這類病患在醫療決策上，會盡量不去做一些侵入處置、頻繁檢查，而以症狀控制為主，但這需要跟家屬溝通好，確立治療方向。

### (五) 醫學中心是否需擴大居家醫療的任務可再研議，區域醫院與地區醫院可作為居家醫療的燈塔醫院，基層診所為居家醫療的第一線前哨站

醫學中心為教學醫院，醫師通常肩負多重職責，不僅需承擔教學與研究工作，亦需處理急重症病患的醫療照護，是否有餘力擴大投入居家醫療的工作可再研議。區域醫院與地區醫院為居家醫療的燈塔醫

院，作為當有緊急狀況或居家醫療無法處理時的後送醫院。基層診所則是居家醫療的第一線前哨站，從出院後照護到日常的健康追蹤，因基層診所醫師對患者的各面向有較多的了解，並且已建立信任關係。政府的責任則是建構醫院、診所、病患彼此間的連繫與運作機制，同時將給付機制設定清楚，調配資源讓整體醫療資源的運用更加有效率。

#### **(六) 家醫科醫師進行居家醫療時，由於走出醫院進入社區，還需增強醫療的相關知識與經驗**

偏鄉弱勢家庭，常常面對的不是只有醫療問題，有時還會遇到一些家暴、遺棄、吸毒、坐牢等社會問題，所以理解病患的困難及其背後的社會問題，對於提供有效的居家醫療至關重要。日本有很多居家醫療醫師同時會受聘於在大學教職，而大學也會主動聘請居家醫療實務者擔任講師。建議臺灣未來也應該有類似的實務教育，如此才會讓越多人願意投入基層服務，同時透過教學研究不斷精進，形成一個良善循環。

#### **(七) 現行商業保險「住院」定義重新審視**

根據國家發展委員會的預估，2025 年起，我國將正式進入「超高齡社會」，亦即，65 歲以上人口占總人口比率將達到 20%。高齡人口的醫療照護成本隨之增高，全民健康保險提供國人健康醫療的第一層保障不足部分，將更依賴商業健康保險的補充。對於超高齡社會的醫療模式改變，例如 2024 年 7 月居家醫療服務的推動，依現行商業健康險「住院」必須在醫療機構實施的基礎上，可以發揮民眾實質協助有限。由居家醫療服務推動開始，又因應國際醫療趨勢，對於未來以居家治療替代醫院住院的可能發展，商業健康險的「住院」定義需要即時審視。為能促使商業健康保險發揮補充全民健康保險的實質協助，商業保險契約中的「住院」定義，建議由衛生福利部與金融監督管理委員會共同研議。若對於居家醫療視同住院具備明確的法理基礎與適用範圍，其後可據以修正商業健康保險示範條款，以利保險業研發健康險商品，達成商業保險協助之功效。

#### **(八) 以居家醫療服務人員為團體之執行業務保障**

在超高齡社會，除了 65 歲以上人口占率超過 20%，同時就業人口占率也同步下降。勞動力的不足普遍存在各領域，其中醫護人員自 COVID-19 早已出現缺工危機。對於提供居家醫療的醫護人員，在其執行業務面臨的意外傷害與責任，應提供全面性的保障，以利醫護人員安心執業，並能延續其職業生涯。現行的商業傷害醫療保險與醫護職業責任保險正可對於居家醫療服務成員，提供執行業務的保障。因應居家醫療團隊成員有跨機構的特性，為減少機構差異與增加投保的便利性，建議由衛生福利部與金融監督管理委員會共同規劃，以居家醫療團體為投保單位，統一納保以確保居家醫療服務人員執行業務之安全保障。

#### **(九) 提供長照經驗統計以利商業長期照顧保險發展**

因應高齡社會的發展，長照 2.0 提供長期照護體系，以滿足高齡民眾與身心障礙者人群的照顧需求。隨著高齡人口占率逐年提高，對於照護的需求日益增加，社會負擔亦隨之加重。類似於商業健康保險補充全民健康保險，商業長期照顧保險對於長期照顧亦可有輔助之功能。由於長期照顧機構民眾亦屬於居家醫療服務範圍，基於目前長照 2.0 落實的經驗，建議衛生福利部有系統的擷取構建按長照原因、性別、年齡之壽命與醫療經驗統計，據以提供商業保險發展長期照顧保險商品，或另規劃新居家醫療商品的依據，則可完善國人對於長期照顧的保障需求。

## 2024-21 我國再生醫療未來發展之挑戰

- ◇ 專題報告編號：2024-21
- ◇ 執行時間：2024.01~2024.12
- ◇ 召集人：吳麥斯校長(台北醫學大學)、張偉嶠院長(台北醫學大學藥學院)
- ◇ 研究團隊：吳麥斯校長(台北醫學大學)、張偉嶠院長(台北醫學大學藥學院)、張連成簡任秘書(中研院智財技轉處)、李倍慈 Bio CMC 小組長(醫藥品查驗中心藥劑科技組)、廖啟志資深經理(BMCC 生醫商品化中心)、林世嘉執行長(台灣醫界聯盟基金會)、吳宜瑾主任(台灣醫界聯盟基金會)、李郁雯副研究員(台灣醫界聯盟基金會)、吳全峰副研究員(中央研究院法律學研究所、資訊法中心主任)、劉宏恩副教授(政治大學法律科際整合研究所、生醫倫理與醫事法律研究中心主任)、林滿玉院長(陽明交通大學藥物科學院)、黃韻如教授(臺大醫學院)、林曉慧博士(臺大醫學院)、蔡甫昌教授(臺大醫學教育暨生醫倫理學科暨研究所)、陳沛隆教授兼所長(臺大基因體暨蛋白體醫學研究所)、沈家寧研究員(中研院基因體研究中心)、林頌然特聘教授兼系主任(臺大醫學工程學系)、林琬琬特聘教授(臺大藥理所)、劉燦宏院長(萬芳醫院)、邱宗傑主任(萬芳醫院癌症中心)、蘇嘉瑞資深律師/醫師(KPMG 安侯法律事務所)、程馨秘書長(TRPMA 台灣研發型生技新藥發展協會)
- ◇ 負責中心/同仁：資環中心曾志煌主任、林右人研究員

### 一、問題及目標

再生醫療有別於現有醫學中的「治療醫學」與「預防醫學」概念，因此被稱為「第三類醫學」。隨著新興生醫科技的迅速發展，再生醫療技術與製劑正漸成為醫學領域重要突破希望之所在。其核心概念是利用自體或異體細胞與基因修復技術，重塑受損組織，重建功能受損的器官，甚至修復由基因缺陷引發的疾病。這種創新治療方式不僅能顯著提升患者的生活質量，更為傳統醫學無法解決的疾病提供了全新的治療方案。因此，全球各國均積極投入發展，再生醫療已成為生技競賽中的重要戰略領域。

有鑑於國際再生醫療產業的蓬勃發展，衛福部於 2022 年推動《再生醫療法》與《再生醫療製劑條例》(合稱再生醫療雙法)，期望能於當年度立法院會期完成立法。然而，由於部分重大爭議引發社會廣泛討論，雙法未能在當時達成共識，立法進程數度延宕。於 2024 年，隨著立法院重新改選及

衛福部對雙法進行重大修訂，雙法最終於6月4日完成三讀通過，標誌著臺灣再生醫療發展的歷史性時刻。然而，雙法的通過對於國內再生醫療未來發展的影響與可能帶來的社會衝擊，仍值得進一步探討。

爰此，本社以「我國再生醫療未來發展之挑戰」為專題，深入研討全球再生醫療的技術發展趨勢；檢視「再生醫療雙法」通過後的影響與挑戰；剖析臺灣再生醫療產業現況；調查國內再生醫療生態圈的配套措施；並提出對再生醫療市場的未來展望與因應策略。

## 二、研究範圍及內容

本報告主要內容共分為13個章節：

- 第一章 **緒論**：簡介台灣再生醫療法案的歷史沿革與立法爭議。
- 第二章 **簡述再生醫療**：介紹再生醫療的定義、範圍與內涵。
- 第三章 **先進國家對再生醫療的管理模式**：解析美國、歐盟、韓國、日本等先進國家在再生醫療上的管理模式，做為管理模式的借鏡。
- 第四章 **臺灣再生醫療的發展**：以國內再生醫療的歷史進程，完整介紹國內的發展概況。
- 第五章 **臺灣再生醫療相關法案之推動與挑戰**：研析雙法草案推動時所遭遇的法規挑戰與變革。
- 第六章 **再生醫療管理應以安全有效為原則**：從製劑及技術出發，研析再生醫療管理上的安全原則。
- 第七章 **再生醫療應思考的關鍵議題**：剖析推動再生醫療背後所可能牽涉的關鍵議題，研擬未來發展的因應策略。
- 第八章 **真實世界證據**：研討真實世界實證對於再生醫療領域發展的影響。
- 第九章 **國際再生醫療產業市場發展與產品**：呈述國外的再生醫療產業發展及簡介成功上市的商業產品案例。
- 第十章 **臺灣再生醫療產業的現況探討**：審視再生雙法下的臺灣產業現況及發展趨勢；預估臺灣再生醫療產業的利基與未來發展趨勢。
- 第十一章 **產官學研的觀點**：國內產、官、學、研多元觀點的呈現，以不同角度審視國內再生醫療的發展現況並提出建議。
- 第十二章 **病人、病友及消費者保護團體的觀點**：以專訪的方式，納入病友及消費者保護團體等的聲音，以供各界參考。

第十三章 **結論與建議**：綜合各章分析，針對國內外再生醫療產業發展的瓶頸、國內環境的優劣勢、新興技術的採用機會及法規限制等挑戰，提出具體的策略建議。

### 三、研究結論

#### (一) 全球再生醫療發展趨勢

再生醫療作為一個新興的醫療領域，專注於利用生物技術修復或替代受損的細胞和組織，以改善或恢復人體功能。隨著醫學科技的進步，尤其是在細胞療法和基因療法方面的突破，該領域的發展速度引人注目。根據市場研究，2022 年全球再生醫療市場規模已達 242.4 億美元，預計到 2032 年將增至 1,747.2 億美元，未來十年將以 22.8% 的複合年增長率快速增長，並預測到 2050 年全球再生醫療產值將達 3,800 億美元，成為生技醫藥的主流。

根據 2024 年再生醫學聯盟（ARM）的統計，全球已有約 78 項再生醫療產品獲得上市許可，涵蓋 43 項細胞療法（如 CAR-T 療法）、17 項基因療法和 18 項細胞組織工程產品，顯示出市場的巨大潛力。美國作為全球再生醫療的領先國家，擁有成熟的監管體系和資金支持，預計自 2025 年起，美國 FDA 每年將至少批准 10 種以上的細胞療法和基因療法。在歐盟，生物製藥公司對細胞及基因療法的關注日益增加，伴隨著再生醫療公司數量的上升和資金募集的增長。市場對於嚴重疾病的一站式解決方案的需求提升，歐洲國家的醫療支出也顯著增加，這些因素共同推動了歐盟再生醫療市場的快速發展。亞洲國家同樣展現出驚人的進展。南韓已有 13 種本土研發的細胞治療產品獲得許可，佔據國內市場的主導地位。日本則在細胞組織工程方面展現獨特技術優勢，透過先驅審查指定制度（Sakigake designation）加速創新醫藥品和再生醫療產品的開發與上市，力求成為全球首創者。

總體而言，隨著再生醫療技術的持續進步和市場需求的增長，未來幾年全球再生醫療領域必將迎來更迅速的發展，這一趨勢將促進醫療技術的創新，為患者帶來新的希望，並改變傳統醫療的格局。

#### (二) 臺灣再生醫療發展現況與推動瓶頸

##### 1. 現況

**(1)法規進程：**臺灣早期的細胞治療主要集中於人體試驗。自 2010 年起，臺灣在再生醫療領域（如細胞和基因治療）逐步建立法律規範，透過人體試驗管理規定以保障受試者權益，並確保臨床試驗的科學性與安全性。2015 年食藥署公告「人類細胞治療產品捐贈者合適性判定基準」，開放人類細胞治療捐贈，2018 年衛生福利部修訂《特定醫療技術檢查檢驗醫療儀器施行或使用管理辦法》（特管辦法），允許自體免疫細胞、自體脂肪幹細胞等六種細胞療法於認證醫療機構中實施。

**(2)臨床需求：**根據衛福部 2024 年 3 月的數據，已核准 345 件細胞治療案例，核准率為 65.7%，累計收案人數達 1,398 人，主要用於癌症治療，而在非癌症應用中，軟骨修復占 23.1%，顯示國內對再生醫療的需求。

**(3)健保有條件給付：**2023 年，再生醫療雙法草案送交立法院審議。同年 11 月，健保署宣布有條件的將昂貴的 CAR-T 免疫細胞製劑納入健保給付，為癌症治療開啟新篇章。

2024 年 6 月 4 日，臺灣正式通過《再生醫療法》與《再生醫療製劑條例》，確立雙軌管理模式，為再生醫療的未來發展提供堅實的法律基礎。

## 2. 推動瓶頸

儘管再生醫療的發展為治療領域帶來了新的希望，惟臺灣在推動細胞治療與再生醫學方面，對於安全性、療效及倫理議題等層面仍面臨諸多挑戰與瓶頸：

### (1)安全性與副作用

細胞治療是以活細胞來治療疾病的方法，常用於治療如癌症、自體免疫疾病、組織修復...等情況，這種治療方式存在潛在的風險，例如傳播傳染病的風險(HIV、肝炎、肺結核..等)及捐贈細胞者與接受者的免疫系統不相容問題，可能會引發排斥反應。即便是完成臨床試驗且已於許多國家取得藥品許可證的 CAR-T 製劑，雖然在癌症治療領域取得顯著進展，但也伴隨著不良反應副作用的風險，例如細胞因子風暴和神經毒性等，對患者健康仍有風險，因此必須執行上市後研究(Postmarketing

requirement study, PMR study), 追蹤期為 15 年, 為評估繼發性惡性腫瘤發生的風險與不良事件。此外, 相較於已經完成藥品臨床試驗與查驗登記的再生醫療製劑, 再生醫療技術的臨床實證依據較為薄弱, 這使許多醫療機構對其臨床應用採取謹慎態度。

### **(2)療效的長期證據不足**

目前, 關於再生醫療的療效, 長期證據仍然不足。大多數再生醫療技術僅具備短期療效的人體實驗證據, 長期療效的研究尚不充分。這使醫療機構及監管單位對其療效產生疑慮, 擔心相關治療的效果可能僅為暫時性且風險不易評估。

### **(3)倫理與監管挑戰**

在倫理與監管方面, 細胞治療的快速發展引發了諸多爭議, 包括涉及胚胎幹細胞的治療; 且隨著基因編輯與細胞操作技術的日益複雜, 也引發對此新興技術之風險管理是否健全、及安全性與有效性能否確保之疑慮, 使得社會對人類干預基因組成仍持保留態度。此外, 細胞治療技術的發展速度顯著超過監管法規的更新, 導致現行監管制度難以有效應對相關挑戰, 進一步增加了產品的合規風險。

### **(4)成本與可負擔性**

成本與可負擔性是再生醫療面臨的主要問題之一。以 CAR-T 製劑為例, 單次治療費用可能高達數十萬美元, 對大多數患者而言, 這是一筆難以承擔的負擔。高昂的費用不僅限制了患者的可及性, 也對醫療系統的財務能力造成壓力。在許多發展中國家, 細胞治療的高成本可能導致全民健康保險的醫療資源分配不均, 使資源集中於少數患者, 無法有效提升整體公共健康水平。

### **(5)對「再生醫療雙法」的疑慮**

臺灣於 2024 年通過「再生醫療雙法」, 旨在加速再生醫療產品的上市流程, 同時保障產品的安全與品質。然而, 先前的立法過程中, 醫藥生科與法律學者、專業學會及病權團體對此部分政策內容表達疑慮, 認為過度放寬快速進入市場的條件、忽視

整體風險管理措施，可能削減安全檢測環節，進而導致科學邏輯審查機制退守、增加產品安全風險、及病患權利受損害等問題。因此，學者與倫理專家強調，監管的鬆綁必須以病患安全為首要考量，避免商業利益影響醫療安全性。此外，政府除應持續監控上市產品的效果，亦應確保再生醫療執行結果報告內容之完整性與透明性，並避免管理監督機制之利益與角色衝突，以確保政策的長期成效與信任度。

儘管臺灣在再生醫療領域的發展上呈現了巨大潛力，但在安全性、療效、倫理與成本等多方面仍面臨挑戰，這些問題需要謹慎應對與逐步解決。

#### 四、建議

##### (一) 落實風險監控及符合標準規範，確保再生醫療品質安全無虞

再生醫療的除療效外，一般民眾及病友普遍最關心相關技術或製劑的品質安全，建議借鑒再生醫療先進國家的風險分級概念，建立適合國內需求的**風險分級管理制度**。治療過程須**嚴格監控**並進行全面評估，同時，要求再生醫療產品的製造商**落實全生命週期管理**，以確保細胞產品的安全性與有效性。

##### (二) 強化患者長期追蹤以真實世界實證(RWE)支持再生醫療產業生態系統

再生醫療產值高但風險也高，建議參考國際領先國家經驗，**銜接國際法規標準**，有助於**優化臺灣在地化的管理制度**、臨床研究、法規創新及風險管控等領域的發展，並充分發揮**真實世界證據(RWE)**的價值，加強臨床試驗的實證依據，提升國內再生醫療產業，**推動加速審查制度**鼓勵開發針對嚴重疾病或罕見疾病的再生醫療產品，以確保臺灣在再生醫療領域的全球市場競爭力。

##### (三) 完善的法規支持再生醫療的永續發展

隨著《再生醫療法》與《再生醫療製劑條例》的通過，臺灣再生醫療產業邁入新的里程碑，然而在施作細節上仍需有完善的子法法規配套，除須受立法理由拘束(如再生醫療技術產品僅屬小規模產製之非商品化客製化製品、應納入最小操作或同源使用基本原則、有附款許可僅為權宜措施、增加應公開資訊內容等)，亦建議滾動式**調整法**

**規以應需求**，明確依法律規範保障再生醫療的**安全性與有效性**，防止不肖業者混淆視聽，且應避免因利益衝突損害醫病關係，並配合再生醫療雙法的施行，建議制定《特管辦法》落日相關排程，未來遵循再生醫療規範指引，以避免疊床架屋的法源。

#### **(四) 藉由透明公開的資訊內容與取得知情同意，消弭病患資訊不對等**

再生醫療因其專業知識門檻極高，易引發社會大眾誤解或醫療詐騙現象，建議醫療端應明確向病患說明治療的「合理性」與「必要性」（包含相關倫理議題），具體維護且保障病患的**知情權與選擇權**。同時，建議政府公開並透明化相關資訊，使社會大眾能了解再生醫療的發展情況與潛在風險。建議設立整合性查詢平台，公開核准的細胞治療技術施行計畫，包括醫療機構聯絡方式、治療項目、收費說明、細胞製備場所以及核准效期等資訊，同時優化網站功能並加強宣導，減少大眾誤信不實廣告的機會。

#### **(五) 培育再生醫療人才及強化社會溝通**

臺灣在再生醫療的發展上擁有顯著的優勢，特別是在製程技術、細胞 CDMO 的國際產業鏈以及高品質且經濟實惠的臨床試驗資源。然而，少子化所帶來的人力資源短缺成為發展上一大挑戰。建議配合政府推出**精準健康政策**，擴大國內的產學研合作，並引入國際技術及企業合作。**促進跨領域技術的融合**（融合創新科技，如 AI），建立完善的基礎教育與實務體系（內容包括臨床試驗及 GMP 管理...等），將**高階人才的培育**視為政策重點，以確保擁有足夠的生技製藥專才來支撐產業的發展

### **著作權聲明©財團法人中技社**

本出版品的著作權屬於財團法人中技社(或其授權人)所享有，您得依著作權法規  
定引用本出版品內容，或於教育或非營利目的之範圍內利用本出版品全部或部分  
內容，惟須註明出處、作者。財團法人中技社感謝您提供給我們任何以本出版品作  
為資料來源出版的相關出版品。

未取得財團法人中技社書面同意，禁止改作、使用或轉售本手冊於任何其他商業  
用途。

### **免責聲明**

本出版品並不代表財團法人中技社之立場、觀點或政策，僅為智庫研究成果之發  
表。財團法人中技社並不擔保本出版品內容之正確性、完整性、及時性或其他任  
何具體效益，您同意如因本出版品內容而為任何決策，相關風險及責任由您自行  
承擔，並不對財團法人中技社為任何主張。



財團 中技社  
法人

CTCI FOUNDATION

106 台北市敦化南路2段97號8樓

Tel : 02-2704-9805~7 Fax : 02-2705-5044

<http://www.ctci.org.tw>



使用再生紙印製