

特刊序

綠色金融暨離岸風電發展之風險與前瞻

經濟部在能源轉型白皮書中規劃 2025 年完成 4.2 GW 風力發電設置目標，其中 3 GW 發電設置目標來自於離岸風力。2017 年 1 月立法院三讀通過電業法修正案，確立「綠能先行原則」。2019 年 4 月立法院再三讀通過《再生能源發展條例》修正案，由供給面和需求面的政策制定來強化我國發展再生能源之決心。該法案明確制定再生能源發電設備推廣目標總量將達 27 GW 以上，並且要求一定契約容量以上之用戶須設置一定裝置容量的再生能源或儲能設備，無法配合設置者則以購買再生能源憑證或繳納代金的方式代替。同時，離岸風力發電仍為我國推動發展再生能源時的重點政策之一。綜觀國際離岸風力發展經驗可知，除長期且明確的政策發展架構外，規模評估、場址選擇、誘因機制、電網連結、風險分擔、專案融資導入、風險定價乃至環評等議題，皆攸關綠色金融暨綠能產業之發展、風險與前瞻。離岸風力專案近年常遭遇的挑戰並非缺乏資金來源，長期、清楚且穩定的政策發展架構以及整體宏觀的掌握與評估相關風險、適切的風險定價，並針對各類投資人的要求報酬與風險胃納，擬定適合的融資模式才是關鍵因素之一。¹

隨著國內離岸風電持續發展以及融資陸續到位，在申設量踴躍及參與者眾多下，2018 年我國再將 2025 年離岸風力發電裝置容量設置

¹ 為此，本特刊主編吳中書在擔任中華經濟研究院院長期間，曾受財團法人中技社委託相關研究計畫，並於 2017 年 11 月中技社與中華經濟研究院陳馨蕙博士、葉長城博士，以及鄭睿合分析師共同舉辦『綠色金融暨離岸風電發展之風險與前瞻』國際研討會，為國內首場將「規模評估與技術營運」、「產業發展、誘因及環境社會」以及「融資授信及風險分擔」等議題同時列入討論的國際研討會。

目標由 3 GW 提升至 5.5 GW，並於同年 4 月公布有資格進行風場建設之開發商名單，合計共有 7 家開發商與 10 個離岸風場獲得遴選。其中，需於 2020 年前完工併聯之風場總裝置容量為 738 MW，而 2021-2025 年需完工併聯之總裝置容量更高達 3,098 MW。至此，國內離岸風電發展之主要考量面向已由「總體宏觀之規劃評估」轉為更為細膩的「技術施工」、「產業發展、法規制度與環境評估」以及「融資授信及風險分擔」之執行面，亟需相關實務操作之標準作業流程（SOP）與指引之建立。儘管國內迄今已舉辦多場離岸風力發電相關發展之研討會，但仍欠缺完整書面文獻就離岸風電之總體宏觀議題以及實務操作經驗等面向進行文字、數據與資料之蒐集整理，並據此提供攸關之實務政策建議。尤其臺灣特殊之海域空間、氣象天候、產業供應鏈特色，以及金融市場特性之相關法制規範、實務執行面、資料數據蒐集之文獻與標準作業流程仍有待建立。

有鑑於此，國立臺灣大學國家發展研究所前後兩任所長周桂田教授與施世駿教授，偕同中華經濟研究院陳思寬院長與臺灣金融研訓院吳中書董事長，廣邀國內外產、官、學界專家，就離岸風電之「法規制度與環境面」、「技術面」以及「融資授信及風險分擔等金融面」等重要議題之實務經驗與政策建議撰寫成文，並由科技部臺灣人文及社會科學核心期刊（TSSCI）第三級刊物之《國家發展研究》期刊出版「綠色金融暨離岸風電發展之風險與前瞻」特刊，以期建立臺灣離岸風電發展之文獻基礎、數據資料蒐集與實務操作依據，從而降低綠能政策、施工技術、金融與產業等面向之實務執行風險與不確定性。²

「綠色金融暨離岸風電發展之風險與前瞻」特刊除著重在政策發展架構以及整體宏觀的評估相關治理面、環境面與社會面之風險與議題外，亦包含離岸風力發電之「法規制度與環境面」、「技術面」以及

² 2013-2016 出版之期刊經人文社會科學研究中心評比後，獲評為 TSSCI 第三級期刊。截至本特刊出版，2016-2018 年之最新評比結果仍未發布。

「融資授信及風險分擔等金融面」等重要議題之實務經驗與政策建議，尤其針對臺灣特殊之海域空間、氣象天候、產業供應鏈特色以及金融市場特性進行討論。合計共有兩篇研究論文與四篇偏重實務之研究紀要。

以下節錄「綠色金融暨離岸風電發展之風險與前瞻」特刊之重要內容與政策建議：

一、兩篇著重探討總體宏觀的政策發展架構以及治理面、環境面與社會面議題之研究論文

特刊由中華經濟研究院團隊葉長城、陳馨蕙、鄭睿合及吳中書等人合著之「從國內外離岸風電發展經驗論我國離岸風電之推動與啓示」作為先導文章。該文綜覽國際推動離岸風電之治理、環境與社會面須考量的議題，並提供相關政策建議。就治理面而言，國際趨勢以強化政府角色為主，選址作業也朝中央化與區域劃定或特定場址模式來推動，並搭配周延的法律架構。在場址確認、租賃、調查與許可以及最後的電力傳輸基礎設施建設等階段，必須全面瞭解場址的風況、水深、海底特徵、環境敏感性等方面的優點與限制。目前臺灣採用混合控管模式，開發商雖然可以快速布署離岸風電設備，惟現階段陸上變電站併接點恐無法因應大量離岸風電併網。³ 鑒於台電輸電設備興建速度攸關風場開發和併接運轉期程，該文建議相關風場風況、水深、併接工程及設備興建進度等資訊數據宜由政府對外公告，以增進開發離岸風電計畫案之透明度與信心，不僅有利業者追蹤及安排，亦有助於金融機構評估相關風險與現金流量。

再者，躉購費率制度（Feed-in Tariff）是離岸風電投資者投

³ 根據台電規劃，彰工（4.5 GW）與永興（2 GW）陸上併網點，合計共 6.5 GW 的併網容量將於 2025 年時才能完工，而麥寮六輕之塑化併網點約 3.5 GW 則需 2026 年以後方能完成。

資報酬的保證，其售電價格及保障期間直接影響專案最終現金流量與報酬計算。合理與較佳的躉購費率制度擬定方式，必須將離岸風場參與者包含政府機關、國際參與者、專案發起者、投資人與融資者等可能面臨之風險與障礙列入考量，例如政策風險、市場風險、匯率風險、再保險風險、施工風險、交易對手風險（Counterparty Risk）與供應鏈發展等。依據歐洲經驗，誘因機制會隨著技術和市場成熟度增加而發生變化。長期而言，政府為降低財政壓力，推動競爭性電力市場的理念，從躉購費率制度過渡到競標機制，是未來必要的調整過程。此外，誘因機制也與供應鏈發展與創新支持有高度相關，供應鏈自製化仍需視當地工業發展狀況來調整其發展方向。現階段我國業者尚需累積實做經驗，建議供應鏈發展需要配合國內已有的工業基礎，著重在特定具競爭力之零組件生產，並輔以公眾支持的引導教育機構以培訓行業所需人才，才能使產業與供應鏈更為完善。且相關政策趨勢一旦成形，政府應該儘早公告，以減少廠商與投資者投資離岸風力發電的不確定性。此文亦檢視臺灣風電開發可能面臨之環境及社會面議題，包含對中華白海豚棲息地與候鳥遷徙路徑之衝擊、當地居民與漁民的抗議與水下文化資源的保存議題。我國目前相關環境、社會發展之規範與標準作業流程仍不足，亦缺乏事先完善的評估及原則與判定標準。建議應參考國際作法，逐步累積相關數據建立資料庫與標準作業流程，並可仿效英國成立漁民關係辦公室加強與漁業代表溝通，提供「漁業補償」與「漁業升級」、協助其升級產業，發揮離岸風電和漁業共生之效。

「從海洋政策觀點論臺灣離岸風場之發展」一文由曾任行政院環境保護署副署長，現任國立臺灣海洋大學海洋事務與資源管理研究所之邱文彥教授主筆。邱文彥認為離岸風場為具排他性且相當規模之海域使用，涉及漁場變更、漁民損失、生態威脅、航行安全和能源供應等諸多議題，應透過整體宏觀的「海洋空間規

劃」(Marine Spatial Planning, MSP)，以減少不同使用部門間衝突。這不僅需納入權益關係人和民眾之參與，更要滾動式檢討改進(Adaptive management approach)。國際海域統合性的規劃方法已由傳統單一部門的規劃，轉向更加綜合性的跨部門整合，建議政府應制定兼具離岸風場開發與其他海洋政策整合協調之國家海洋政策與推動策略。

儘管臺灣風場開發已進入施工期，但針對臺灣特有之海洋生態系統與環境基礎調查之研究仍不足。例如建立在臺灣特有鳥種、習性、季節和評估模式等因子下，風機是否擊落鳥類，對鳥類衝擊如何？國內風場是否位於斷層或其變形帶上，業者是否應負責調查斷層的範圍和活動狀況，並說明如何避開危險區位以及用何種工法加強結構？臺灣快速發展千架海陸風機，景觀議題之視覺衝擊評估的經驗或方法仍未明確建立；既有《水下文化資產保存法》規定所發現之水下文化資產以「現地保存」為原則，惟這些目標物後續如何進一步驗證，如何依複查結果調整開發方式、落樁地點與風機大小規模等，相關作業與規範尚待進一步確認與研訂。此外，法令面仍有立法密度不足、法令位階之衝撞、風場開發區位原則優先順位之爭議以及缺乏行政體制與部門間的協調整合。邱文彥建議臺灣急需擬定風場綜合評估指引與環評技術手冊，供業界和外界參考。例如英國出版之《英國離岸風場指引：營運與維護》與《離岸風場環評指引要點》，分別報告風場的營運與維護、環境調查與評估、風機渦輪結構財務成本等產業指引，以及彙整環評基本規定、海岸與沈積過程、海底生物調查、魚類資源、商業漁業、海上航行、考古、自然保護區和停止營運等相關評估要領。更重要的是相關作業標準需要替代方案，以緊急應變工程實際執行過程中的突發狀況。⁴ 此外，數十年後風機

⁴ 分別為「皇家財產局」(Crown Estate)出版的(A Guide to UK Offshore Wind:

老舊，風場除役後應如何處置，政府也應未雨綢繆。

二、四篇來自產業界經理人之研究紀要，著重離岸風電實務經驗與政策建議

Charles Yates and Mark Leybourne 合著之“**Financing Offshore Wind in Taiwan**”彙整全球最佳風場之融資專案案例，以及歐洲離岸風力發電風場之籌集資金和發行債券等經驗，為臺灣離岸風力發電融資之相關議題與討論提供參考依據。⁵ 鑒於目前本土銀行多以聯貸方式參與離岸風電融資，該文認為本地與國際銀行需共同合作，協調運用國外普及之專案融資技術與資本評估方式才能有效推動。此外，銀行在進行風險管理時應留意開發商與台電簽訂之購售電合約（Power Purchase Agreement, PPA）之保證期間、細節與附帶條款，尤其附帶條款中是否記載當電網併聯延遲或電網縮減時開發商可獲得相對應賠償，以及銀行對購售電合約是否具有介入權等；評估除開發商以外之交易對手風險，例如相關零組件與風機製造廠之實績與履約能力；檢視開發計畫是否考量異常天候可能導致的施工不確定性，尤其臺灣特有的颱風與地震；是否有政策支持的銀行、出口信用機構（Export Credit Agencies, ECAs）與多邊開發銀行（Multilateral banks）降低違約風險，或提供擔保或保固服務以降低施工風險，以及是否導入保險與再保險公司之分攤風險方案。前述相關評估可透過與國外有經驗的銀行合作共同完成，而國內銀行在本地風電供應鏈的發展策略中扮演重要角色，本地銀行的資金投入有助於供應鏈之人才與技術在地

Operations and Maintenance)，以及英國「環境、糧食及鄉村事務部」（Department for Environment, Food & Rural Affairs, Defra）出版的（Offshore Wind Farms: Guidance Note for Environmental Impact Assessment in Respect of FEPA and CPA Requirements）。

⁵ Charles Yates, Managing Director, CmY Consultants Limited; Dr. Mark Leybourne, Associate Director, ITP Energised.

化。對本地銀行而言，不僅有機會從國際合作中獲益，亦能因提供融資給臺灣離岸風力發電專案及本地供應鏈業者而獲利。

「**國外離岸風場引入保險之關鍵議題**」一文則由瑞士再保險有限公司香港及臺灣工程險部副總裁龔景漢撰寫。考量全球離岸風電風力機正持續朝大型化、高單機發電量發展，以及臺灣離岸風電正步入施工期，龔景漢認為有幾個風險應特別留意。目前市場已出現直徑達 160 公尺、9.5 MW 的風力機，單一葉片尺寸長達 80 公尺、35 噸重。在機組大型化下，是否有可依循之海上作業安裝方式、特殊船隻與船期的安排為能否妥善完成離岸風場建設的關鍵。此外，依據歐洲發展經驗可知約有 15%~20% 安裝的風力渦輪機組在交付時存在缺陷，常見因材料、工藝或設計缺陷導致「系列損失」。鑒於臺灣每年僅有 4~10 月的春、夏季期間適合施工，若再扣除因遇颱風迫近前長浪興起之不適合施工日，真正修復作業的時間更短，更遑論是否有足夠的修復船隻與相關機具的調度。此外，約 50~100 公尺高空作業與吊裝使作業人員在從事安裝、維修及保養等作業時，易發生墜落、溺斃、夾捲、碰撞等災害。國外已有針對離岸風電系統施工之作業危害，制定相關的安全作業規範，建議國內應盡速確定離岸風力機相關作業之安全主管單位，援用國外的「海上風電工程作業守則」(OCoP) 作為離岸風電工程風險管理指南，並搭配獨立的海事檢驗師 (MWS) 為協力廠商確認各步驟的落實與過程安全。此外，因應臺灣特有的海域特性及天然災害，如海底下沙土層液化、颱風、地震、雷擊、洋流等，應具有在地風險特色考量的設計、施工、規劃、風險管理與第三方驗證才能確保離岸風力發電順遂推行。⁶

臺灣怡安 (Aon) 國際保險經紀人技術長林彥碩在「**大型綠**

⁶ 例如中國電力企業聯合會即有制定「海上風力發電工程施工規範」，GB/T 50571-2010, 2010。

能開發案對臺灣綠色金融發展的影響——從風險管理與保險規畫的角度分析」一文中，亦建議需建立綠能產業風險控管標準作業程序（SOP）。爲此，林彥碩表列臺灣依「開發規劃」「施工安裝」以及「營運維護」三階段辨識出的風險及其相應之風險處理策略，並建議一旦完成前述的風險分析及處理風險策略規劃後，應完成技術、法律、財務、風險管理與保險四大面向的第三方驗證盡職調查（Due Diligence, DD）工作，才算真正完成綠能產業風險控管之標準作業程序。此外，爲提升國內綠色金融專案融資能力與經驗，林彥碩建議公部門融資機構應扮演領頭羊的角色，政府可仿倣歐洲國家成立政策性綠色投資銀行或融資機構，才能協助消弭來自私部門的疑慮。同時，鑒於全球目前投資再生能源的機構以及一般專案融資資金來源主要來自於退休基金、保險公司、非營利組織基金、國家主權基金、私募基金、國有政策信貸銀行、綠色債券、綠色資產證券化等綠色金融商品，建議政府應進行一定程度的法規鬆綁，以開發與創新商業模式與金融工具的潛在機會。另一方面，爲強化國內保險業者對綠能產業風險控管與風險承擔能力，建議政府與業者皆應加強保單設計、保險財務風險評估與精算保險成本之人才培訓，才能將綠色保險產品商業化。此外，政府與產業可與學術界或專業機構共同開發「量化」風險的軟體工具，讓政府、綠能業者與融資機構能在一個安定的環境下進行能源轉型，達成三贏的目標。

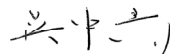
德國風機製造商艾納康（ENERCON Taiwan Ltd.）臺灣總公司董事總經理黎森（Bart Linssen）與歐洲在臺商務協會－低碳倡議行動總監蘇冬蘭共同撰寫之“**Profit and Potential for Community Wind Farms in Taiwan**”一文，則爲臺灣能源轉型提供不同的方式與看法。該文指出在丹麥和德國，超過一半的再生能源是由社區居民投資之社區風場（Community wind farm）。歐洲的經驗證明，居民參與投資社區風場能有效提高對於風力發電的接受度。該文

亦探討再生能源合作社和社區共享所有權的投資模型，介紹民眾如何在規劃、融資、專案執行與風場管理期間所參與與扮演之角色，並提供歐洲三個社區投資風電專案之成功案例作為參考。爲了讓社區投資再生能源模式在臺灣推動實行，建議政府可爲社區投資項目提供更高的躉售電價、保證電網串接、簡化申請流程，以有效促進社區風場的發展。然而，作者認爲臺灣在取得融資、風機技術、設備維護廠商和相關項目執行資源等十分便利，但卻很難找到經驗豐富、有能力進行規劃和取得許可證照的風電開發商。社區風場成功的關鍵是找到具有財務和商業背景、了解如何發起和運營社區投資的合作社且「能被社區居民信任的人」，才能有效推動社區風場並避免遭受社區風場專案開發與營運中斷之風險。

綜上所述，「綠色金融暨離岸風電發展之風險與前瞻」特刊由兩篇研究論文與四篇偏重實務之研究紀要，合計六篇文章串連而成。身爲本特刊主編與共同主編，我們竭誠感謝臺灣大學國家發展研究所前後兩任所長周桂田教授與施世駿教授，提供國家發展研究期刊作爲平台，刊載來自國內重要離岸風電參與者之研究與實務著作，以分享產學間的寶貴實務經驗與政策建議。本刊多數作者來自產業界，部分產業經理人同時具有博士學位，感謝這些專業學者與經理人在百忙中抽空撰寫，無私分享專業看法與心得，並在兩位匿名專家審查以及國家發展研究期刊委員的實質審查制度下持續精修文章。本特刊雖有遺珠之憾，部分來自產業界的文章因故未能完成所有學術審查程序。但也因爲如此，本刊所刊載的六篇文章尤其難得。這是臺灣發展離岸風電史上首次結合學術與實務的 TSSCI 第三級文獻，亦是產業界與臺灣第一學府臺灣大學的合作。產學之間需要許多的磨合，爲此，我們特別感謝國家發展研究期刊之發行人暨總編輯周桂田教授、執行編輯周嘉辰教授、執行秘書江宜津小姐以及其下所有幕後編輯同仁的協助，持續

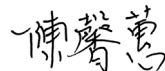
的溝通、聯繫、校稿與信件往返，並協助舉辦「綠色金融暨離岸風電發展之風險與前瞻」座談會與特刊發布記者會。⁷ 我們也感謝國內智庫中華經濟研究院與臺灣金融研訓院的支持並偕同舉辦記者會。本特刊所討論之面向可能不盡完美而有改進空間，因此「綠色金融暨離岸風電發展之風險與前瞻」特刊的出刊不是一個結束，而是一個開始。我們希望《國家發展研究》期刊出版之「綠色金融暨離岸風電發展之風險與前瞻」特刊，能夠建立臺灣離岸風電發展之文獻基礎、數據資料蒐集、標準作業流程之建立與實務操作依據，從而降低綠能政策、施工技術、金融與產業等面向之實務執行風險與不確定性，並供後續臺灣離岸風電文獻與能源轉型之相關探討提供參考暨索引之依據。

特刊主編



臺灣金融研訓院董事長

共同特刊主編



中華經濟研究院助研究員

2019年6月30日

⁷ 由臺灣大學國家發展研究所主辦，中華經濟研究院與臺灣金融研訓院協辦，預定於2019年9月12日假臺灣大學舉辦，並規劃邀請經濟部政務次長曾文生致辭。臺灣大學國家發展研究所兩任所長周桂田教授與施世駿教授、中華經濟研究院陳思寬院長與臺灣金融研訓院吳中書董事長接續發言，並簡述臺灣大學國家發展研究所、中華經濟研究院與臺灣金融研訓院對臺灣綠色金融暨離岸風電發展之相關看法與政策建議。特刊主編臺灣金融研訓院吳中書董事長將報告特刊重點議題與政策建議。最後則由特刊作者群，來自產業界與學術界之重要經理人及學者，就各自領域報告離岸風電之關鍵議題與政策建議，預計與談之產學專家包含中華經濟研究院葉長城博士、國立臺灣海洋大學海洋事務與資源管理研究所之邱文彥教授、臺灣怡安（Aon）國際保險經紀人技術長林彥碩以及德國風機製造商艾納康董事總經理黎森（Bart Linssen）。

■ 特刊主編吳中書簡介：

美國西北大學經濟學博士，曾任中華經濟研究院院長，現職臺灣金融研訓院董事長。主要經歷包含中央研究院經濟研究所兼任研究員、國立臺灣大學經濟系兼任教授、國立東華大學財務金融學系榮譽教授、中華財經策略協會理事長、臺灣經濟學會理事長、臺灣亞太產業分析專業協進會院士、臺灣證券交易所常駐監察人、國立東華大學管理學院院長與中國信託商業銀行首席經濟學家等。專長為貨幣經濟、國際金融及經濟預測。

■ 共同特刊主編陳馨蕙簡介：

國立東華大學經濟系博士，曾任臺灣金融研訓院助理研究員，現職中華經濟研究院助研究員。主要經歷包含國家發展委員會臺灣採購經理人指數的建置計畫之協同主持人、經濟部重要原物料國內外市場情勢分析及研究計畫之主持人、保險安定基金我國保險業前進東協之機會與挑戰計劃之協同主持人、財團法人中技社推動綠色金融以促進綠能產業發展之協同主持人等。專長為綠色金融、產業分析、金融市場與計量經濟。

