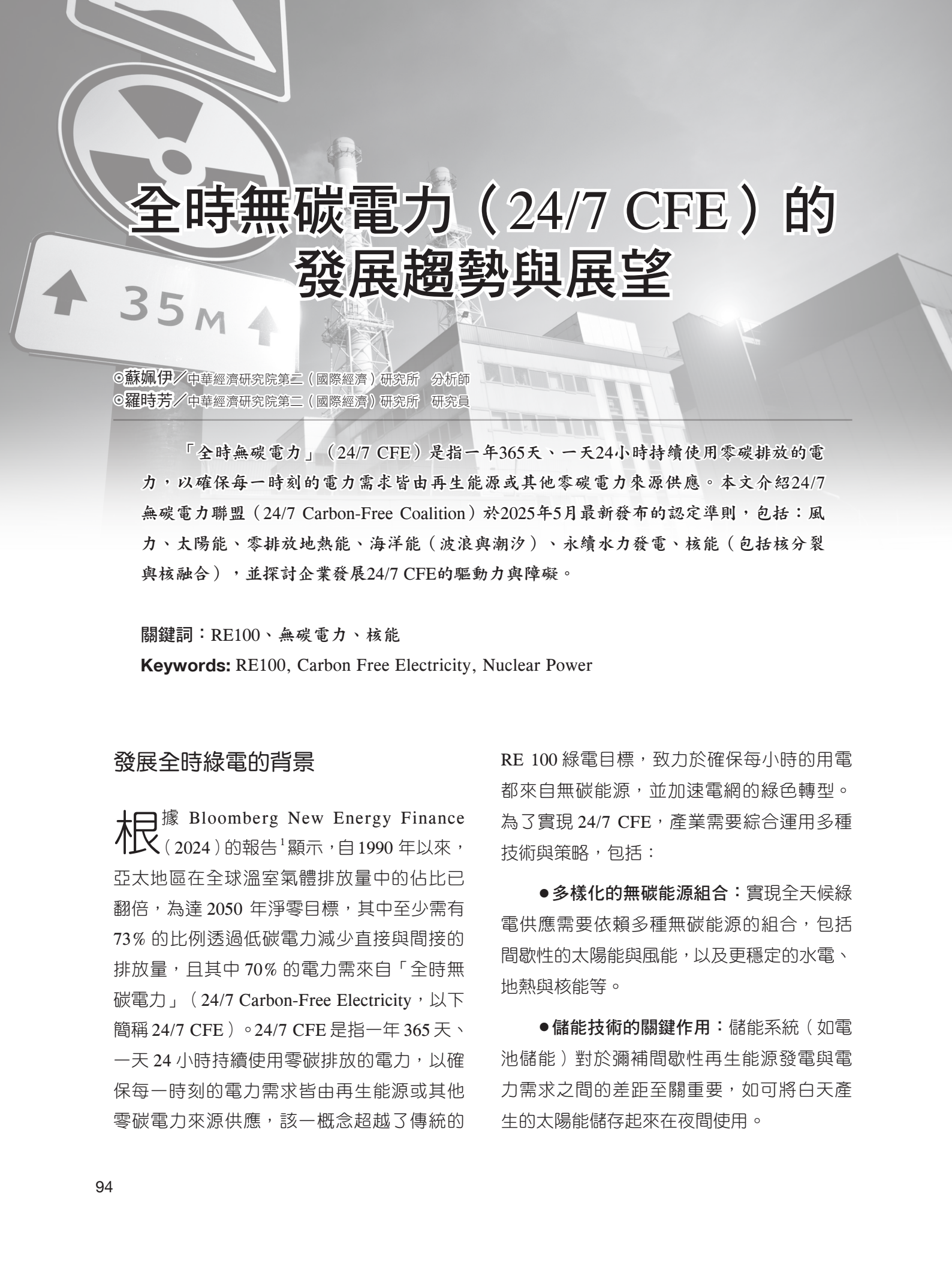




全時無碳電力（24/7 CFE）的發展趨勢與展望

◎蘇佩伊／中華經濟研究院第二（國際經濟）研究所 分析師

◎羅時芳／中華經濟研究院第二（國際經濟）研究所 研究員

「全時無碳電力」（24/7 CFE）是指一年365天、一天24小時持續使用零碳排放的電力，以確保每一時刻的電力需求皆由再生能源或其他零碳電力來源供應。本文介紹24/7 無碳電力聯盟（24/7 Carbon-Free Coalition）於2025年5月最新發布的認定準則，包括：風力、太陽能、零排放地熱能、海洋能（波浪與潮汐）、永續水力發電、核能（包括核分裂與核融合），並探討企業發展24/7 CFE的驅動力與障礙。

關鍵詞：RE100、無碳電力、核能

Keywords: RE100, Carbon Free Electricity, Nuclear Power

發展全時綠電的背景

根據 Bloomberg New Energy Finance（2024）的報告¹顯示，自1990年以來，亞太地區在全球溫室氣體排放量中的佔比已翻倍，為達2050年淨零目標，其中至少需有73%的比例透過低碳電力減少直接與間接的排放量，且其中70%的電力需來自「全時無碳電力」（24/7 Carbon-Free Electricity，以下簡稱24/7 CFE）。24/7 CFE是指一年365天、一天24小時持續使用零碳排放的電力，以確保每一時刻的電力需求皆由再生能源或其他零碳電力來源供應，該一概念超越了傳統的

RE 100 綠電目標，致力於確保每小時的用電都來自無碳能源，並加速電網的綠色轉型。為了實現24/7 CFE，產業需要綜合運用多種技術與策略，包括：

- 多樣化的無碳能源組合：**實現全天候綠電供應需要依賴多種無碳能源的組合，包括間歇性的太陽能與風能，以及更穩定的水電、地熱與核能等。

- 儲能技術的關鍵作用：**儲能系統（如電池儲能）對於彌補間歇性再生能源發電與電力需求之間的差距至關重要，如可將白天產生的太陽能儲存起來在夜間使用。



- **電網增強與靈活性**：強大的電網基礎設施與提升電網韌性的技術（如需求反應）對於有效整合間歇性再生能源與確保電力系統的穩定性至關重要。

- **需求反應與負載管理**：調整電力需求以匹配再生能源的供應模式，例如在太陽能發電高峰期增加用電，可以減少對儲能的依賴。

- **氫能與其他新興技術**：綠氫等新興技術在未來實現 24/7 CFE 的潛力。

從RE100到24/7 CFE

臺灣產業在全球供應鏈中扮演關鍵角色，面對國際淨零規範與供應鏈要求，必須加速低碳轉型，以維持並提升產業競爭力。目前，我國產業的轉型主要依賴自願性減碳承諾，許多龍頭企業透過參與國際倡議（如 RE100）表達長期承諾。RE100 是由氣候組織（The Climate Group）與碳揭露計畫（Carbon Disclosure Project, CDP）所主導的全球再生能源倡議，匯聚全球最具影響力企業，以電力需求端的角度，共同努力提升使用綠電的友善環境；加入企業必須公開承諾在 2020 至 2050 年間達成 100% 使用綠電的時程，並逐年提報使用進度。會員透過綠電投資自發自用、購買再生能源憑證（Renewable Energy Certificates, RECs）、簽訂綠電購售合約（Power Purchase Agreement, PPA）等手段，達成綠電使用目標。RE100 目前已有超過 430 家企業成員，參與企業包括科技巨擘，如 Apple、Google、Microsoft、Meta 等；在國內

代表會員包括台積電、台達電、宏碁、聯電、華碩、研華、鴻海、仁寶及光寶等上市公司。

國際企業在響應綠電倡議的發展階段如附圖整理，展示企業採用綠電發展的三個重要階段：

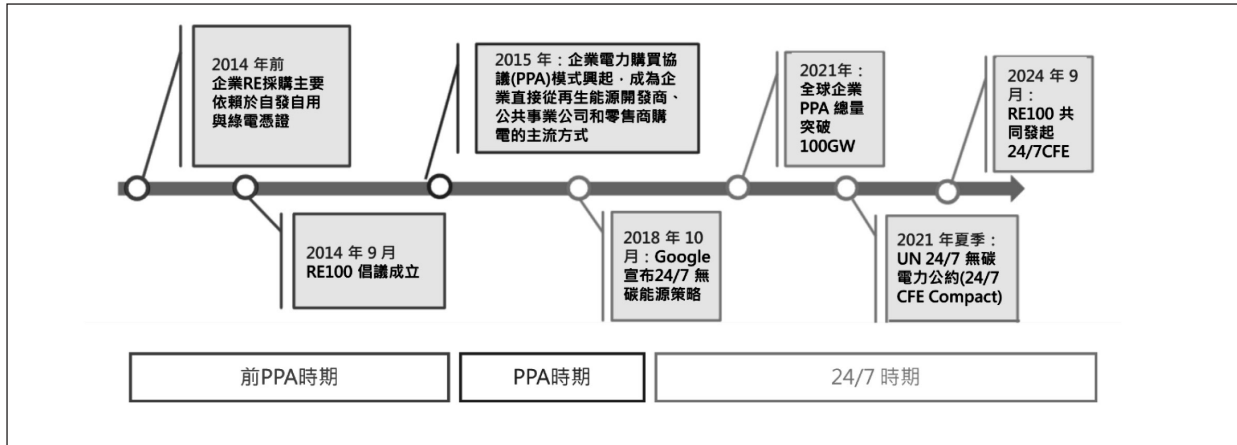
- **前 PPA 時期（2014 年前）**：企業主要透過自發自用或購買綠電憑證方式使用再生能源。

- **PPA 時期（2015 年起）**：企業開始以電力購買協議（PPA）直接向再生能源開發商或售電商購電，成為主流方式，全球 PPA 總量在 2021 年突破 100GW。

- **24/7 時期（2018 年起）**：企業朝向更即時與全面的綠電使用目標發展，如 Google 於 2018 年提出 24/7 無碳能源策略，並在 2021 年聯合國倡議中推出「24/7 CFE Compact」，RE100 也於 2024 年共同發起 24/7CFE 倡議。

24/7 CFE的認定標準

根據 24/7 無碳電力聯盟（24/7 Carbon-Free Coalition）於 2025 年 5 月最新發布的「24/7CFE 技術手冊」（24/7 Carbon-Free Electricity Technical Criteria）²，明確定義何種能源可視為無碳電力（CFE），並規範企業在聲明使用 CFE 時，需符合市場邊界、發電時間及再生電力來源年限等條件，並建議以每小時為單位進行電力使用追蹤，並納入儲能系統的角色。



圖片來源：作者譯自Bloomberg New Energy Finance（2024）。

附圖 全球推動綠電倡議進程

24/7 無碳電力聯盟依據全燃料週期的溫室氣體（GHG）排放量來判定電力資源是否為無碳電力，以下能源來源所產生的電力為完全無碳：（1）風力、（2）太陽能、（3）零排放地熱能、（4）海洋能（波浪與潮汐）、（5）永續水力發電、（6）核能（包括核分裂與核融合）。其中，建置階段的碳排放（如發電設施建設過程中產生的排放）則不列入評估依據。以下就各能源來源之細項進行說明。

一、地熱能

雖然所有形式的地熱能一般皆被歸類為再生能源，但在 24/7 CFE 的技術標準下，並非所有地熱發電系統都可被視為無碳。具體而言，只有那些能將 100% 地熱流體完整回注至地層的封閉系統，才符合無碳的認定標準。這是因為在部分地熱系統中，於發電過程中會有氣體冷凝或逸散的情形，進而釋放

出二氧化碳、甲烷等溫室氣體，造成實質碳排放。也因此，若未能實現全量回注，則其生命週期內的排放量可能超出無碳門檻，不符合 24/7 CFE 的要求。

二、核能

雖然核能在 RE100 技術標準中未被列為再生能源，主要是基於其資源有限性與部分社會爭議，但在 24/7 無碳電力聯盟的技術標準中，核能仍被明確認可為穩定且有效的無碳電力來源。這是因為核能在發電過程中不直接產生二氧化碳，可為電網提供高穩定度的基載電力，並在間歇性再生能源（如風力與太陽能）無法即時供應時發揮重要補充作用。核能的永續性與社會接受度仍待提升，因此無碳電力聯盟建議合作夥伴在使用或採購核能相關電力時，應積極參與並支持該產業在永續發展與核安的討論，包含強化核燃料供應鏈的透明度與責任管理、提升核廢料



處理的技術與風險控制，以及強化與政府部門及電廠之間的政策對話與協作機制。

三、水力能

聯盟認為若水力發電符合永續原則，亦能在減碳中發揮作用，但只有在企業採購的水力電力取得某種形式的永續性保證時，該電力才可被計入 24/7 CFE 的目標。聯盟建議透過第三方認證來取得此類永續性保證，如：ISCC EU 認證、Green-e® Energy 認證、EKOenergy、The Low Impact Hydropower Institute (LIHI) 認證、The Hydropower Sustainability Council's Hydropower Sustainability Standard 等。

四、碳捕捉與封存

使用碳捕捉與封存（Carbon Capture and Storage, CCS）技術的化石燃料發電雖在理論上可大幅降低發電端的碳排放，但在 24/7 無碳電力聯盟的技術標準中，仍不被視為真正的無碳電力來源。其主要原因在於，即使 CCS 系統達到理想中 100% 的碳捕捉效率，整體燃料生命週期仍然存在難以忽視的溫室氣體排放風險，其中最具挑戰的是甲烷（CH₄）洩漏問題。甲烷作為一種高強度的溫室氣體，其溫室效應是二氧化碳的數十倍，即便微量洩漏亦會大幅抵銷碳捕捉所帶來的環境效益。故 24/7 CFE 技術標準採取保守且科學依據的立場，不將使用 CCS 的化石電力歸類為無碳電力。

五、生質能

根據 RE100 技術標準，以永續來源生質燃料發電可被視為再生能源；然而，由於生質燃料在採集、加工、運輸、處理及土地使用變更等過程中可能產生非零碳排放，其所產生的電力無法無條件被視為無碳電力（CFE）。企業需取得其來源具永續性的保證後，才可將其納入 24/7 CFE 採購目標中，如：ISO 13065:2015、ISCC EU 認證、Green-e® Energy 認證、EKOenergy 等。此外，每位聯盟夥伴最多僅能計入實質用電量 10% 的生質能電力。

六、儲能

除了前述直接電力來源外，24/7 聯盟亦承認若儲能設備所儲存的電力為合格的無碳電力，則其釋放出的電力可被視為無碳。企業可透過以下方式證明儲能排放的無碳狀態：逐筆追蹤儲能設施的充放電記錄，並與能源屬性（如來源、時間）進行配對；若儲能設備於整個申報期間僅使用 CFE 充電，則可視為整期間內的所有放電皆為 CFE。

企業發展 24/7 CFE 的驅動力與障礙

一、驅動力

24/7 CFE 倡議於 2024 年的調查顯示，企業發展 24/7 CFE 的驅動力主要包括確保碳中和電力的穩定供應、整合能源新科技、深化展現環境責任及展現企業雄心。

確保碳中和電力的穩定供應，並可追溯來源：透過採用「每小時匹配」（hourly-matching）的能源採購策略，企業可明確掌握所購買電力的時空分佈與碳排放屬性，實質提高對能源使用的控制能力。此舉不僅有助於內部能源管理效率的提升與成本優化，更能因應未來日益嚴格的資訊揭露規範，如 ESG 報告要求或供應鏈碳盤查標準。具備可驗證、即時且精確的綠電來源資料，也將成為企業建立信任、強化利害關係人溝通的重要資產。

整合能源新科技：實施 24/7 CFE 並非一蹴可幾，而是需分階段推進的策略歷程。企業可先聚焦特定營運據點或市場，透過每小時電力使用與排放資料的蒐集與分析，建立用電基準線（baseline），進一步識別再生能源供應不足的時間區段與潛在風險。此一洞察可協助企業導入創新型能源配置組合，例如小型儲能、需求面管理與地區性綠電聚合，逐步建立符合 24/7 原則的採購架構，並以此作為擴大全區策略的起點。

深化展現環境責任：傳統綠電採購多以年度結算或月度結算的方式進行，導致實際用電與再生能源供應在時間或地理上可能出現落差現象。24/7 CFE 倡議的核心，即在於確保每個小時、每個地點的用電需求皆可由碳中和電力滿足，實現「用多少、配多少」的最小單位對應。對企業而言，這不僅是環境責任的深化展現，更是實現綠色競爭優勢的關鍵一步，有助於提升產品與服務在永續

採購市場中的可辨識性與價值定位。

展現企業雄心：有鑑於全球已有眾多具有永續視野的企業先行投入 24/7 CFE 實踐，包括 Google、Microsoft 等指標性科技企業，已將即時碳中和電力視為能源轉型的下一個關鍵里程碑。這些企業透過實驗性計畫、區域合作與跨部門協同，逐步建立示範效應，並將實踐經驗轉化為政策建言與市場引導力量。對其他尚在起步階段的企業而言，這些案例提供了寶貴的實作參考與學習資源，強化整體產業鏈的能源韌性與競爭力。

二、執行障礙

24/7 CFE 倡議於 2024 年的調查顯示，部分企業認為現有的 RE100 年度匹配要求已足夠滿足淨零目標，但整體結果顯示，若要加速 24/7 CFE 的落實，仍需透過政策制定者、企業與能源供應商的進一步合作，來克服市場與法規的障礙，確保能源轉型的可行性與長遠效益。該調查受訪者主要來自綠電採購企業、綠電供應商、學術界與 NGO，受訪者來自美國、比利時、英國、荷蘭、德國，部分來自臺灣、日本、瑞典、丹麥、法國、瑞士及西班牙。企業認為推動 24/7 CFE 的主要機會包括：碳管理改善、聲譽提升、能源供應自主性，及保持市場競爭優勢，但同時也面臨市場架構缺乏、監控及報告成本高、基礎設施不足、政策法規缺口等挑戰。總結目前全球對 24/7 CFE 的障礙如下：

技術及政策障礙：儘管越來越多企業表



態支持 24/7 CFE 的願景，但在實際落實過程中，仍面臨不少挑戰。現階段在技術面，包含電力追蹤技術尚未普及、即時資料取得困難等問題；在經濟面，則涉及再生能源成本、合約結構與風險分攤等考量；而在政策層面，部分國家仍缺乏配套法規或市場引導措施，造成企業即使有意願，也難以全面推動。

市場機制缺口：企業是否願意承諾實施 24/7 CFE，很大程度取決於市場機制與政策誘因的完善程度。目前多數電力市場仍以年度或月度的總量綠電採購為主，尚未建立支援每小時供需匹配的制度設計。若缺乏合適的交易平台、價格訊號與激勵機制，將不利於企業進行長期規劃與投資，也難以形成推動 24/7 CFE 的良性循環。

產業揭露與報告標準：推動 24/7 CFE 的一大關鍵在於資訊透明與標準一致的揭露方式。若缺乏一致性的碳排放與用電數據揭露架構，不僅不利於企業之間的比較與學習，也無法有效讓外部利害關係人（如投資人、政府與消費者）了解企業的真實進展。因此，制定清晰的產業揭露標準與驗證機制，是推進 24/7 CFE 國際倡議的重要支柱。

基礎建設不足：許多企業在追求 4/7 CFE 的過程中，發現現有電網與基礎建設未能完全支持即時再生能源的調度與供應，尤其在偏遠或工業區更為明顯。為降低風險，企業多傾向先採取分階段承諾策略，逐步達成每小時碳中和的目標。然而，要讓企業更有信心推動此進程，仍需仰賴政府提供相應的政

策支持與基礎建設投入，例如智慧電網建設、即時數據平台與靈活的儲能系統等。

結語

總結而言，臺灣產業在全球供應鏈中扮演舉足輕重的角色，面對日益嚴格的國際淨零規範與供應鏈減碳要求，加速低碳轉型已是維持產業競爭力的必要條件。目前我國企業的轉型大多仰賴自願性承諾，包括參與 RE100 等國際倡議，展現對再生能源與碳中和的長期目標承諾；部分具前瞻性的企業更已著手規劃進一步挑戰如 24/7 CFE 等更高標準。

儘管多數歐美企業已逐步接近 RE100 的目標，臺灣企業在實踐上仍面臨諸多挑戰，如綠電供需失衡、購電協議簽署流程冗長及電力交易平台制度尚待完善等結構性瓶頸。然而，臺灣並未在邁向 24/7 CFE 的全球趨勢中落後，主要因為本地電力系統已有一定程度的電能匹配制度，加上我國 ICT 產業實力雄厚，有能力發展高精度的電力追溯與數據管理機制，為建構具韌性的綠色電網奠定基礎。未來，如何善用這些技術與制度優勢，結合政策支持與市場改革，將是我國產業在淨零轉型路上能否躍升為全球領導者的關鍵。

附注

1. Bloomberg New Energy Finance (2024). *24/7 Carbon-Free Energy Procurement in APAC: Pathways for Companies and Countries*.
2. 24/7 Carbon-Free Coalition (2025). *24/7 Carbon-Free Electricity Technical Criteria and Appendices*.