

# 台灣再生能源發展之路— 綠能發展困境及相應對策

王俐棋、林妍榛、張可恩、張恩瑤

☒ 高中組

☐ 大學組

☐ 研究所組

台中市私立曉明女子高級中學

主辦單位：財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心

中華民國 113 年 12 月

## 目錄

### 摘要

壹、前言 .....	1
貳、台灣綠能發展政策 .....	2
一、太陽能 .....	2
(一) 普及性高 .....	2
(二) 安靜噪音小 .....	3
(三) 擁有回收系統 .....	3
二、風力發電 .....	3
(一) 再生和清潔能源 .....	4
(二) 發電效率高 .....	4
(三) 創造就業機會和經濟效益 .....	4
參、綠能發展困境、代價與極限 .....	4
一、太陽能發電 .....	4
(一) 單位發電量所需面積大 .....	4
(二) 間歇性發電及發電效率的不穩定性 .....	5
(三) 初期成本高 .....	5
二、風力發電 .....	5
(一) 初期成本及維護成本高 .....	5
(二) 風機炫影及噪音的影響 .....	6
(三) 影響野生動物的棲息環境 .....	6
肆、綠能可能解方 .....	6
一、改善太陽能發電效能 .....	8
(一) 提升發電產能密度 .....	8
(二) 儲能與能源互補 .....	9
(三) 計畫整合壓縮成本 .....	9
二、降低風力發電經濟成本與生態影響 .....	9
(一) 技術開發與謹慎選址 .....	9
(二) 降噪與設計改進 .....	9
(三) 設置友善野生生物風力葉片 .....	10
伍、結論 .....	10
陸、參考文獻 .....	12

## 摘要

本研究主要針對台灣綠能發展現況進行深入探討，並特別著重太陽能與風力兩種再生能源發電方式。透過數據分析及國內外資料比較，本組探究台灣綠能發展不完善的根本因素並提出可能解方，以期發揮台灣綠能的潛力。

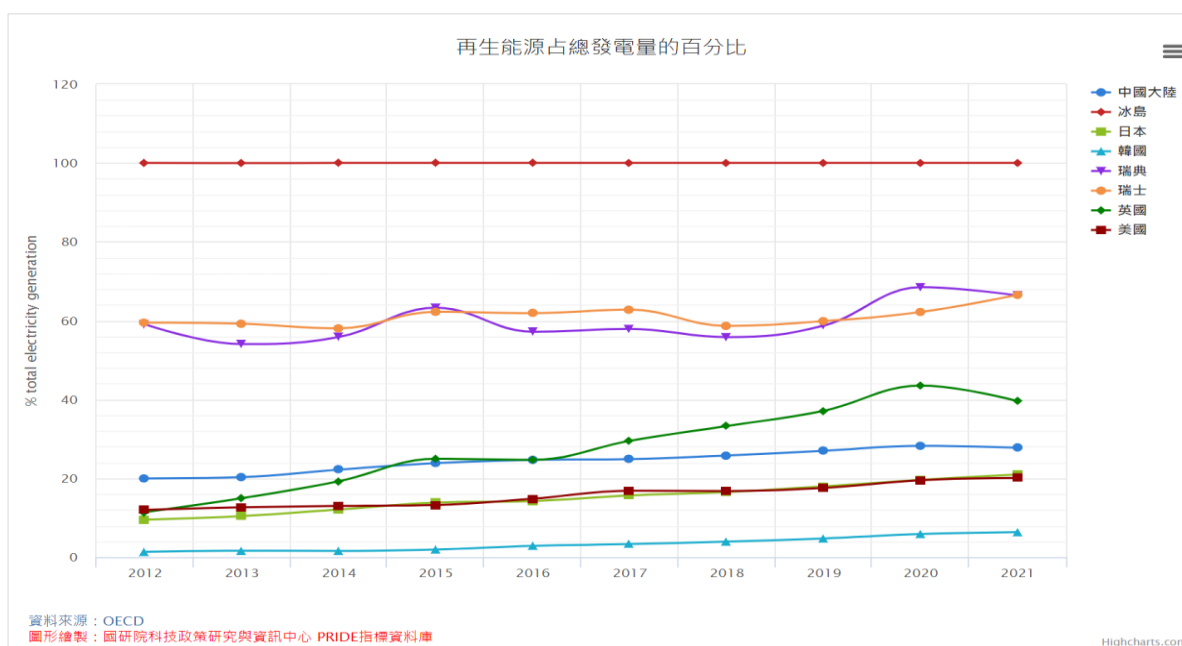
首先，太陽能發電雖在綠能中普及性較高、安靜噪音小，台灣甚至已有相對完善的廢太陽能板回收系統，然受制於日照條件且所需發電面積大，導致其發電效率及穩定性低，初期建設成本亦高，難與化石燃料等能源競爭。因此本組認為，台灣政府可投入高效太陽能板的研究、開發發電空間、完善儲能技術、計劃能源互補並優化生產流程以壓縮成本，同時提高能源供應的穩定性。

風力發電方面，台灣則擁有豐富的風力資源發展離岸風電，使發電效率相對高的風力發電潛能不容忽視。然風力發電初期建設成本和維護成本高昂，且風機的噪音、炫影對當地環境生態與人文活動造成一定的影響。本組提出，為有效推動風力的發展，政府應嚴格規劃風機的設址，並透過技術創新來降噪或減少對野生生物的干擾。

綜合上述我們歸納，台灣綠能發展雖面臨諸多挑戰，但具備發展潛力。唯有政府與民間積極合作，虛心參考他國成功例子，使綠能技術進步和成本下降，才能在環境議題受重視的世代中跟上能源轉型的浪潮。

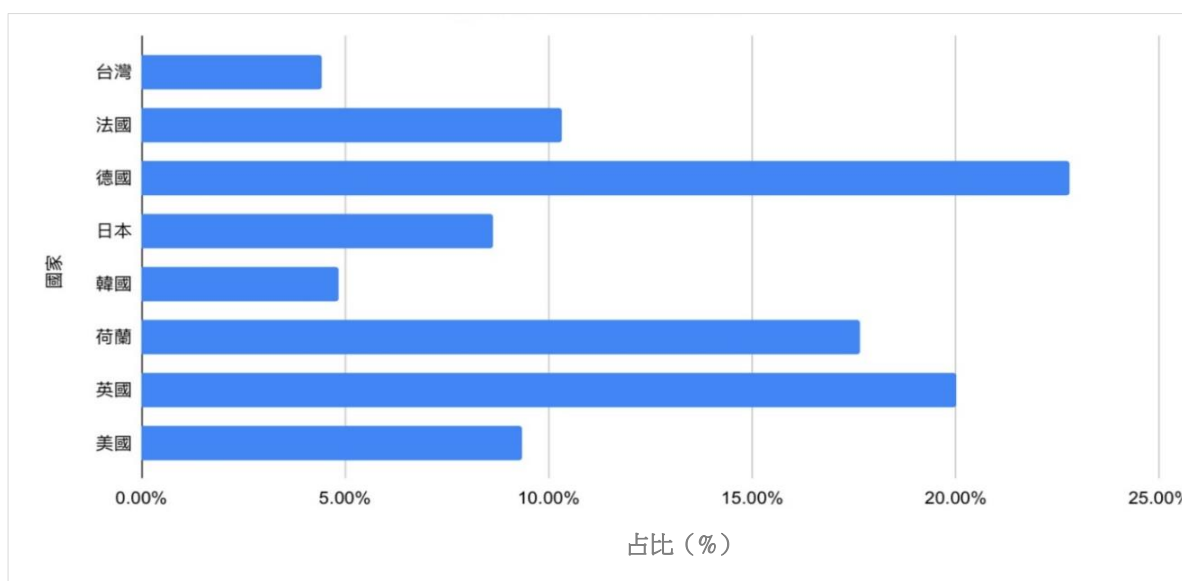
## 壹、前言

目前綠能已是全球能源主要形式的趨勢，根據以下圖一<sup>(1)</sup>，其中若以東亞（台灣附近）國家來看，中國再生能源占總發電量的百分比佔比為約 27%<sup>(1)</sup>，為最高者。論其原因，中國土地面積大，可放置太陽能板的空間大、設置的水壩數量多、海上發電群大，因此有利再生能源的發展。若以全球來看，冰島的 99.9%佔全球之最<sup>(1)</sup>。其原因有二：冰島有豐富的地熱資源及四處可見的水力資源<sup>(2)</sup>（如瀑布、湖泊等）。



系統編號：OE10301-0117<sup>(1)</sup>

圖一、各國再生能源占總發電量的百分比



系統編號：EP11001-0007<sup>(1)</sup>

圖二、環境負荷因素社經指標—再生能源占初級能源消費比例

而由上圖二可知，台灣在再生能源佔初級能量消費的比例為數個國家中最低。初級能量消費（Primary Energy Consumption）是指一個國家或地區從自然資源中直接獲取的能量消耗量，這些資源包括未經加工的煤炭、原油、天然氣、水力、核能和可再生能源（如風能和太陽能）等。這是能量從自然界中提取出來並進行最初轉換和使用的階段，還未經過複雜的加工或轉換成其他形式的能源，如電力或精煉燃料<sup>(3)</sup>。

初級能量消費的衡量是了解一個國家或地區能源使用狀況的重要指標，因為它涵蓋了所有能量來源的總和，反映出能源需求、經濟發展以及環境影響等方面的綜合情況<sup>(3)</sup>。台灣在此指標為所有取樣國家中最低，顯現出台灣在再生能源這部分發展仍不足。再生能源無法發展快速的原因有：國土面積小、水力資源不平均、風場還未開發完全，因此目前再生能源占總發電量的百分比佔比仍低。

本研究針對台灣目前再生能源的發展，對太陽能與風力發電進行初步探討。綠能雖然是對環境友善的能源，但因其發展不完善、成本高等問題，無法全面取代化石燃料等傳統發電方式，因此本篇著重於綠能在台灣的發展程度、現況、問題及致力於提出可行之解決方法。

## 貳、台灣綠能發展政策

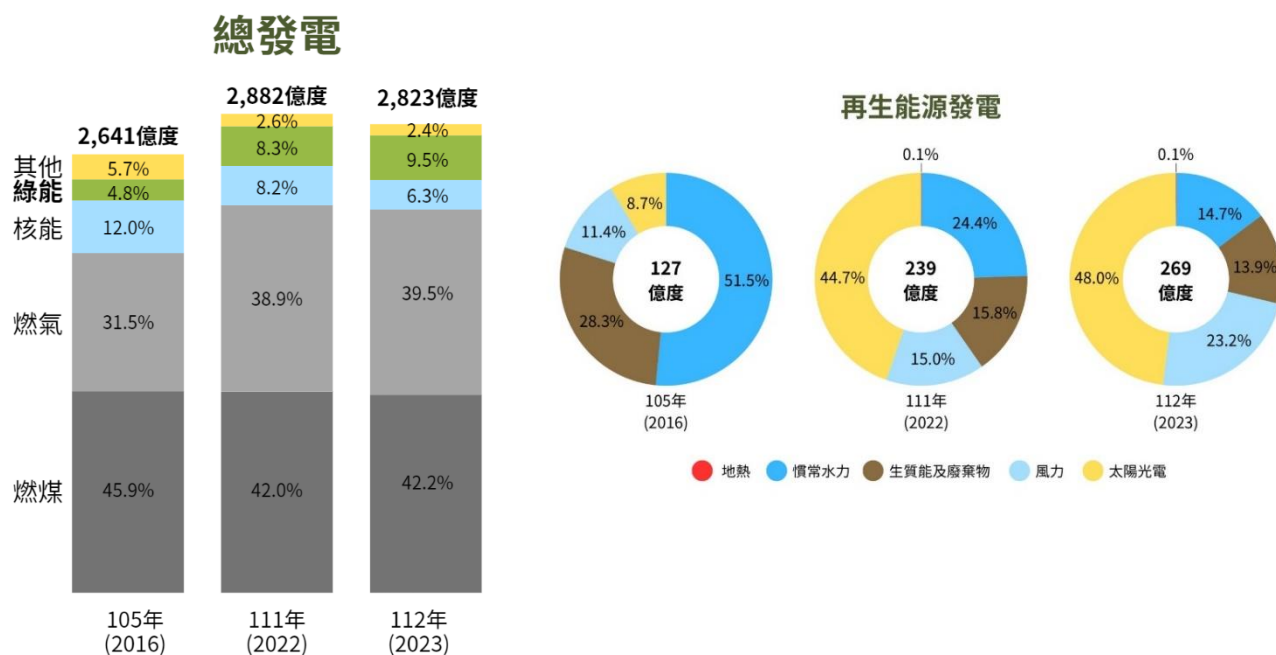
根據經濟部公布的報告，台灣目前綠能主要方向有二：太陽能及風力發電<sup>(4)</sup>。

### 一、太陽能

114 年共設置 20 GW（10 億瓦），114 年產值達 3,400 億元。目前正在推動魚電共生，以不影響養殖魚場為原則<sup>(4)</sup>。政府亦以固定的優惠費率向民間設置太陽能板者收購其電能，並鼓勵民眾在屋頂等閒置空間設置太陽能板，除了能創造額外收益，還能讓屋頂隔熱及降溫<sup>(5)</sup>。太陽能發電之優點如下：

#### （一）普及性高

與其他綠色能源相比，太陽能板的安裝較不受地理限制，只要能夠照到陽光即可發電<sup>(6)</sup>。根據經濟部能源署的資料顯示，臺灣 112 年總發電中，9.47%為再生能源，而這其中的 48%（也就是總發電的約 4.6%）皆為太陽能發電，為發電量佔比最高的再生能源，可看出太陽能在台灣的普及性<sup>(7)</sup>。



資料來源：經濟部能源署<sup>(7)</sup>（本研究繪製）

圖三、112 年發電概況

## （二）安靜噪音小

住家型的小型變流器在運作時，幾乎不會產生聲響<sup>(8)</sup>。因此安裝在家中較不會影響生活品質，也可以避免噪音對於生物以及環境的干擾。

## （三）擁有回收系統

經濟部於 101 年起開始推動「陽光屋頂百萬座」的計畫，加速了太陽能在臺灣的發展<sup>(9)</sup>，而截至 109 年 11 月底，臺灣的太陽光電裝置容量達到 520.3 萬瓩<sup>(10)</sup>。由於太陽光電板的使用年限為 20 年，環境部資源循環署預估 121 年的廢棄物為約 1 萬公噸<sup>(9)</sup>。不過，環境部設置了廢太陽光電板回收服務來解決廢棄物的問題。民眾可至回收服務管理系統登記廢光電板資訊，接著在接到通知後，運送至指定業者以接受國內或境外處理<sup>(9)</sup>。如此一來，廢棄太陽光電板可以被妥善的回收，不會製造額外的環境汙染，可以安心使用此再生能源。

## 二、風力發電

114 年離岸風力發電累計裝設約 5.6 GW，預估 114 年離岸風力年發電量可達 210 億度。台灣具備相當優良的風場及相當豐富的風能天然資源，非常適合離岸風電之設置<sup>(4)</sup>，特別為桃園至雲林沿海一帶，由於有強勁的夏季西南氣流與冬季東北季風吹襲，且可建置地點亦不少，因此成為台灣發展風力發電之最佳地點<sup>(11)</sup>。根據 4C Offshore 提供

## 2024「Win the PRIDE：用指標說故事」競賽文稿

的「23 年平均風速觀測」，全球風況最好的前二十處觀測地，有高達十六處是位於台灣海域內，且均位於台灣海峽<sup>(12)</sup>。風力發電之優點如下：

### （一）再生和清潔能源

風為可再生的資源，透過推動渦輪機產生電力。與化石燃料不同的是，風力發電的過程中不會有溫室氣體的排放<sup>(13)</sup>，不會汙染大氣。另外，由於風是因為太陽不均勻加熱地球表面而形成的<sup>(14)</sup>，因此除非太陽消失，否則風一直會存在，較不須擔心能源枯竭的問題。

### （二）發電效率高

發電效率高的能源在轉換時可以保留較多能量。根據中租全民電廠資料顯示，風力發電效率約為 30% 至 50%，比起太陽能（15% 至 22%）有更高的效率<sup>(15)</sup>。若技術持續進步，提高再生能源的發電效率，即可減少能源的開銷以及不必要的資源浪費。

### （三）創造就業機會和經濟效益

風能產業在不同的面向上（例如製造、安裝、維護和研發等）需要人力的協助，因此創造了許多工作機會，可以改善失業率。此外，透過增加稅收以及土地租賃收費，風電廠可刺激社區的經濟成長<sup>(13)</sup>。整體來說，這些風力發電的附加價值可以創造經濟效益，帶來財政上的幫助。

此外，研究者也找了其他地區的綠能相關政策，以作為與台灣政策的對比。例如，歐盟為了降低對俄羅斯天然氣的依賴程度，以及改善氣候暖化的問題，其綠能政策以實現可持續發展和減少碳排放為核心目標，致力於應對氣候變遷並推動經濟綠色轉型。歐盟通過《歐洲綠色協議》，計劃在 2050 年實現碳中和，並將 2020 至 2030 年定為關鍵過渡期，預計在 2030 年前，可再生能源目標將提高至 42.5%。該政策的主要內容包括大幅提高可再生能源在能源結構中的比例，促進風能、太陽能和氫能等技術的發展，同時加強能源效率，降低化石燃料的使用<sup>(16) (17)</sup>。

## 參、綠能發展困境、代價與極限

### 一、太陽能發電

#### （一）單位發電量所需面積大

根據國家原子能科技研究院的資料顯示，太陽能發電裝置每產生一度電所需的土地面積為 292.9~585.8 平方公尺，明顯高於其他發電方式所需的土地面積，如燃氣、

燃煤、核能及地熱等<sup>(18)</sup>。

表一、各類能源單位發電裝置容量及發電量所需土地面積

各類發電方式 所需面積及比較	燃氣	燃煤	核能	再生能源		
				太陽光電	陸域風力	地熱 <sup>(註2)</sup>
單位裝置容量所需面積(m <sup>2</sup> /瓩)	0.22	0.52	0.71	10.0~20.0	27	0.67
單位裝置容量面積比較(m <sup>2</sup> /瓩)	1(base)	2.4	3.2	45.6~91.2	123	3.03
容量因子	0.9	0.9	0.9	0.14	0.28	0.75
單位發電量面積比較(m <sup>2</sup> /度) <sup>(註1)</sup>	1(base)	2.4	3.2	292.9~585.8	395.4	3.64
註： 1.天然氣、燃煤及核能電廠之占地面積，由台電公司提供台綜院整理。其中發電量假設燃氣、燃煤及核能容量因子以90%計算，太陽光電之容量因子為14%，陸域風機為28%，離岸風機38%。 2.地熱電廠單位裝置所需面積採1980年代興建之清水地熱廠單閃式發電機組估算。容量因子採75%(參考IEA)。(清水地熱廠運轉期間平均容量因子為13.78%)						

(資料來源：經濟部，2013；林錦仁，2000；能源局，2016，核能研究所整理)

資料來源：國家原子能科技研究院<sup>(18)</sup>

(二) 間歇性發電及發電效率的不穩定性

太陽能發電藉由吸收特定頻率的光能，經光電效應等一連串反應後，進而將光能轉換成電能使用<sup>(19)</sup>。由此可知，太陽光為太陽能發電過程中不可或缺的一大要素，而太陽能發電量也受到日照強度與日照時間的影響<sup>(20)</sup>。也因此，太陽能發電裝置無論在缺乏日照的夜間或是日照強度不足的陰天，都無法正常運作及發電，進而缺乏穩定的供電量。

此外，溫度亦是影響太陽能效率的因素之一，根據學者朱治偉指出，「矽晶板溫度每上升1°C，效率就下降0.3%」，而晴天太陽下矽晶板的溫度會達到約80°C，比室溫高約50°C，使發電效率降低15%<sup>(21)</sup>。

(三) 初期成本高

儘管太陽能發電系統的維護成本很低，太陽能設備的初期安裝成本卻相對較高。根據吉陽能源科技有限公司所提供的數據，每瓩屋頂型太陽能板的建置費用落在新台幣4~7萬元之間，而最終的總建置費用為每瓩建置費用乘上實際的裝置設置容量<sup>(22)</sup>。

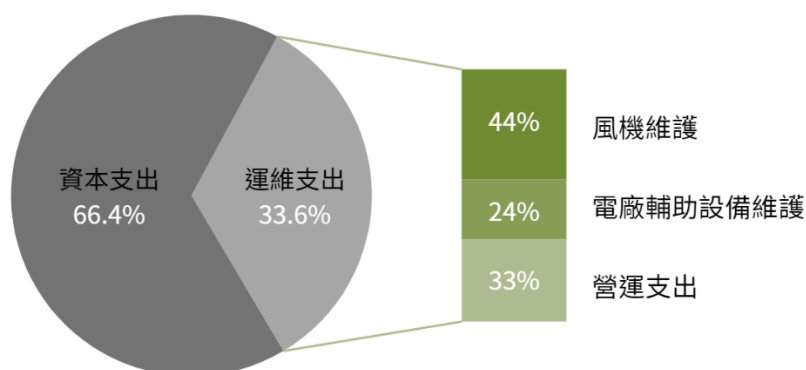
二、風力發電

(一) 初期成本及維護成本高

台灣目前的風力發電方式分為陸域發電與離岸發電兩種類型。一台1MW機型的陸域風機成本落在新台幣5,000萬元以內；而一台1MW機型的離岸風機成本則需新台幣1億5,000萬至1億7,000萬元<sup>(23)</sup>。雖然每台風機的平均使用年限長達20至25年<sup>(24)</sup>，然而，根據InfoLink Consulting 再生能源與科技研究顧問公司的資料所顯示，離岸風機運維成本高達總成本的三分之一，其中風機的維護成本更占了運維支出中的四成左右<sup>(25)</sup>。



## 離岸風機 LCOE 成本結構



資料來源：InfoLink Consulting 再生能源與科技研究顧問公司（本研究繪製）<sup>(25)</sup>

圖四、離岸風機 LCOE 成本結構

### （二）風機炫影及噪音的影響

陸域風機在運轉時，無論是葉片轉動時所產生的炫影，或是裝置運轉時所產生的低頻噪音，都會使附近居民產生不適感，甚至影響其生活品質<sup>(6)</sup>。

### （三）影響野生動物的棲息環境

陸域風機與離岸風機的設置，除了威脅到當地鳥類的棲息環境外，由於部分鳥類的飛行高度與風機葉片的旋轉範圍高度重疊，常常造成鳥類於飛行過程中撞擊風機葉片而死亡，尤其離岸風力發電廠的設置與許多候鳥的遷徙路徑重疊，提高了牠們撞擊風機葉片而死亡的機率與風險<sup>(26)</sup>。至於離岸風機的設置對海洋生態所造成的影響，部分學者提出離岸風機在運轉階段時，風機基樁的設置可提升附生動物及附生藻類的生物量，進而形成魚礁效應（海洋中天然或人工的結構提供廣大的礁體表面積，促使許多附著性生物的附著生長，提升魚類及底棲動物的生物量）<sup>(27)</sup>。然而另一派學者則認為風機基樁的聚魚效果和空間相當有限，以基樁為中心約 10 多公尺半徑才有聚魚的效果，且基樁的設置會改變海流，進而影響魚類的生態習性<sup>(28)</sup>。此外，由於台灣西部海域的離岸發電廠與周圍漁場高度重疊，風機運轉時的低頻噪音也將影響當地的海洋生態，干擾附近海洋生物的感知與溝通能力<sup>(29)</sup>。

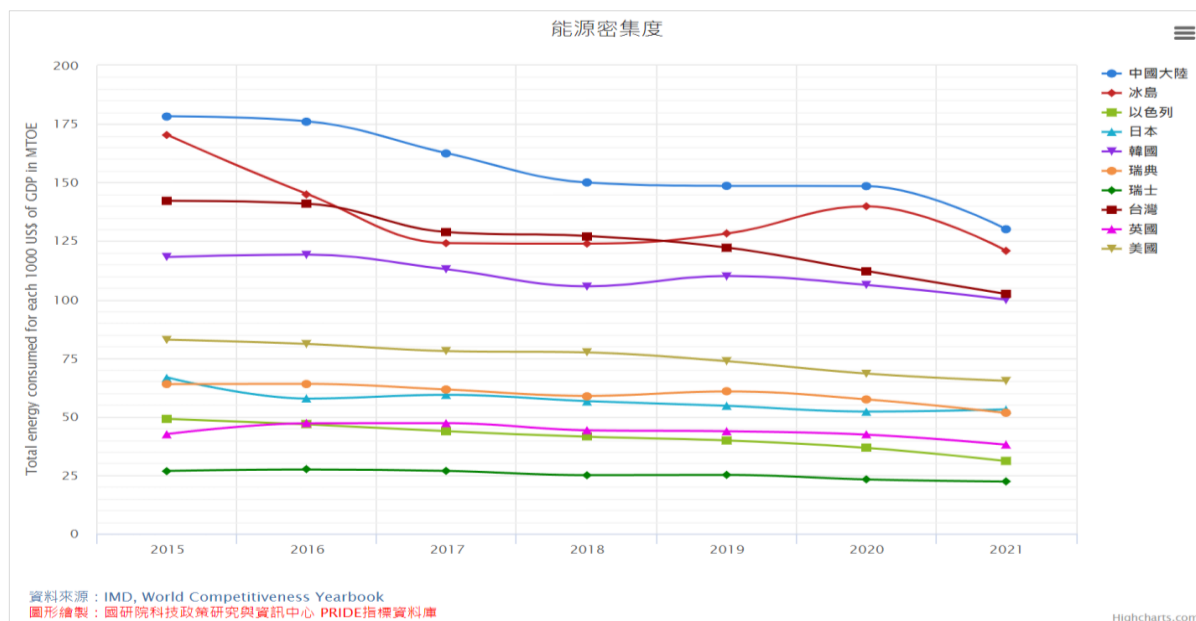
## 肆、綠能可能解方

圖五顯示，台灣（褐色曲線）能源密集度由於高科技產業高度發展連年居高不下，代表生產每單位國內生產毛額 (GDP) 所消耗的能源數量多，使用能源的效率相對較差。然而，綠能政策發展多受政治因素及意識型態干涉，若要兼顧環境永續及經濟發展，台

## 2024「Win the PRIDE：用指標說故事」競賽文稿

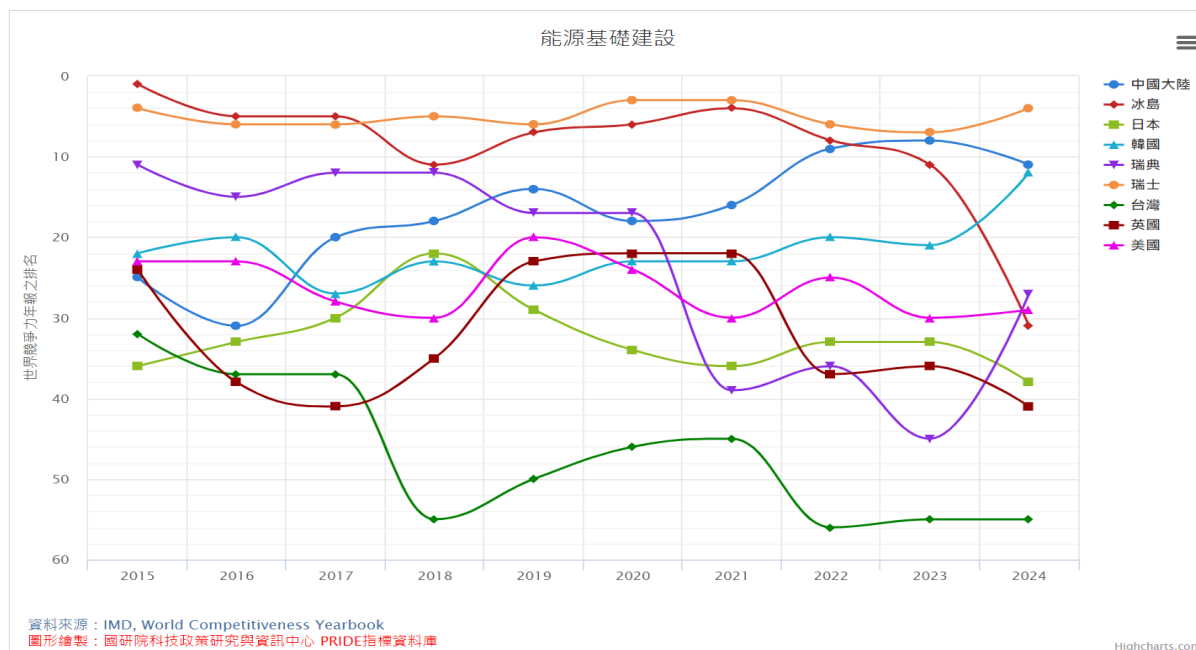
灣綠能勢必要改善所面臨的挑戰。

由上一節可知臺灣綠能發展仍有許多待解決的困境，且根據以下圖六，台灣（深綠色曲線）能源基礎建設 2018 年以後連年排名低於他國，可見仍有許多不足之處，本組建議可參考他國綠能建設發展，多方分析後提升自身綠能可行性，以下為本組提出之各項挑戰可能解方。



系統編號：IM10511-0004<sup>(1)</sup>

圖五、各國能源密集度比較



系統編號：IM10310-0007<sup>(1)</sup>

圖六、各國能源基礎建設比較

## 一、改善太陽能發電效能

### （一）提升發電產能密度

太陽能發電能量密度低，需大量土地面積，可由提升發電效率與開發發電空間兩個方向著手。

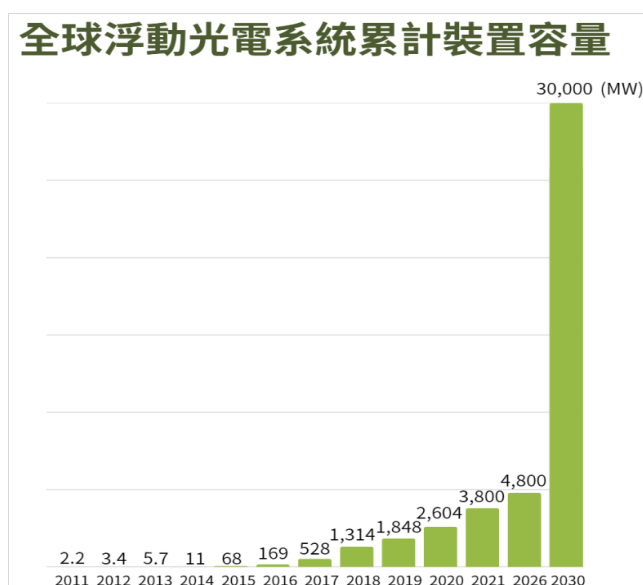
#### 1. 提升太陽能發電效率

隨科技進步，積極研發並推動更高效能的太陽能板技術是最有效的方式。例如，美國科學家近期發現一種平均光伏吸收率能達到 80%，外部量子效率（EQE）可高達 190% 的全新的量子材料，可製成太陽能電池的光活性層<sup>(30)</sup>。而中研院全光譜太陽綠能永續計畫採用半透明鈣鈦礦太陽能電池以減少反射回環境中浪費的光能，並以集熱管降低矽晶板溫度，使發電效率最大化<sup>(21)</sup>。

其他如計算並選擇效能最高的安裝角度等，提升單位面積的發電量，減少土地需求等，皆可提升太陽能發電效率<sup>(31)</sup>。

#### 2. 開發發電空間

在評估對當地生態環境與人文活動的影響後，將太陽能發電板建設在未使用的空間，如建築物屋頂、停車場、荒廢的工業區等，將太陽能裝置整合到現有基礎設施中，減少對新土地的需求。值得一提的是，浮動式太陽能發電系統深具開發潛力，如圖七顯示全球浮動光電系統近年有增加的趨勢，若與 2021 年比較，更預計於 2030 年增至八倍之多<sup>(32)</sup>，雖然台灣地狹人稠，但若研發並於水面上安裝浮動太陽能板，能充分利用水面資源，減少對陸地面積的依賴。



資料來源：MDPI<sup>(32)</sup>（本研究繪製）

圖七、全球浮動光電系統累計裝置容量

## （二）儲能與能源互補

為改善太陽能無法在缺乏日照時間穩定供電的阻礙，本組參考國內外資料提出以下兩種解方。

### 1. 開發新材料技術

如研究開發高缺陷容忍度、高發電效率的鈣鈦礦材料，此種材料製成太陽能電池，即使在天氣不好、低照度或是室內仍能持續發電，相較於傳統材料單晶矽電池在陰天幾乎完全不發電，鈣鈦礦電池受影響程度較低<sup>(21)</sup>。

### 2. 發展儲能技術

儲能系統可儲存白天多餘的太陽能，於夜晚或陰天時提供穩定電力，發揮能源使用效益，並促進綠能產業發展。太陽能主要以電化學方式儲能，包括鉛蓄電池、鋰電池、鋁電池、鈉硫電池、液流電池等，原理為將電能轉換為化學能儲存，需要用電時再將化學能轉成電能釋出<sup>(33)</sup>。

## （三）計畫整合壓縮成本

高昂的成本是綠能發展最大的阻礙，但若要永續發展，這可能是政府必要的投資。本組認為對台灣目前狀況而言，政府可編列預算研發新技術和優化生產流程，並透過企業投資整合達到太陽能發電效率最大化的目標。

## 二、降低風力發電經濟成本與生態影響

### （一）技術開發與謹慎選址

風力發電雖然初期及維護成本高，但科技發展勢必能延長風機使用年限與降低耗損率。台灣可提升維護效率或跟進國際開發的技術共享，降低設計、製造和維護成本。

另外，謹慎規劃風機設置地點亦為重要。多方考量設置區域的地理條件、風力資源是否充足及是否受建築物、樹木影響而易生亂流等，以提高發電效率降低機會成本<sup>(34)</sup>。

### （二）降噪與設計改進

風機應避免設置於人口密度高的地區，以免噪音干擾人文活動與日常生活，根據台灣風力發電能源服務窗口，設置地點應至少離房屋約 300 公尺，使其噪音降至 45 分貝<sup>(34)</sup>。

另外，透過優化風機葉片的形狀及材質，可減少運行時的噪音和炫影。例如，行政院原子能委員會核能研究所近期參考鯨豚鰭肢的仿生結構，研究發明一種應用於風機葉

片的風機降噪裝置，可在風機葉片受風力驅動時，擾動空氣並導引氣流至兩側而形成渦流，減少因失速現象引起的噪音，提高運轉穩定性，並延長風機壽命與提升發電效率<sup>(35)</sup>。

### （三）設置友善野生生物風力葉片

風力發電威脅野生生物的生存，台灣可參考國外做法以減少對鳥類的傷害。例如挪威自然研究學院近期研究指出將多座陸域風機的其中一片葉片塗黑，使其位於兩片白色葉片之間，能提高葉片間的對比，使鳥類更容易辨識風機為旋轉中的物體，可降低鳥類71%的死亡率<sup>(36)</sup>。

另外，設置時應避開候鳥遷移路徑，謹慎選址以融入當地景觀，也可設計鳥類偵測系統，當鳥類接近風機時暫停運作，降低鳥類撞擊的風險，亦有研究在風機附近設置防護網或聲學驅鳥設備，幫助引導鳥類遠離風機範圍，減少生態損害<sup>(34)</sup>。

## 伍、結論

在本研究中，我們主要探討再生能源在台灣發展的現況與其面臨的挑戰，並著重在較具可行性及潛力的兩種再生能源——太陽能及風力發電。儘管台灣在綠能發展及相關政策推動上已展現出一定的成就，但與其他國家相比，無論是再生能源的占比，又或是能源基礎建設的數量，皆顯得相對不完善。且根據本研究分析，即使綠能好處良多，台灣發展太陽能和風力發電，仍面臨國土面積狹小、成本居高不下、技術限制與政治干涉等挑戰。對此，我們透過比對其他國家的成功案例，嘗試提出相對應的解決方法。

首先，太陽能發電作為台灣的主要綠能來源，普及性相較其他再生能源發電方式來的高出許多，且已經開始推動魚電共生及屋頂型太陽能板的安裝，增加發電面積。然而，在地狹人稠的台灣，太陽能發電面臨土地面積不足、能量密度低、高安裝成本及缺乏穩定性等阻礙，使其於短期內難以與傳統燃煤燃氣等發電方式競爭。

為改善以上問題，我們認為政府應積極投入新技術的開發，在科技的日新月異中，研發較高效能的太陽能板技術、發展儲能系統等，改善太陽能電池的發電效率。此外，浮動太陽能技術的興起，也為土地資源有限的台灣提供了另一種可能性——將太陽能裝置建設在水面上，最大化利用可用的空間，減少對土地的依賴。而至於成本所帶來的阻礙，政府可致力於優化流程，使最少的資金能達到最高的成效。

另一方面，風力發電在台灣亦具極大的發展潛力，尤其台灣地理位置和氣候條件使得沿海地區擁有豐富的風場資源，相當適合發展離岸風電。然而，風力發電的初期建設成本和後期維護成本仍高，且風機的噪音、炫影等對當地生態環境的威脅及對社區人文活動的影響也須列入謹慎考量。

## 2024「Win the PRIDE：用指標說故事」競賽文稿

為了應對這些挑戰，我們認為台灣可參考國際先進經驗，精進技術、與他國共同開發以改善現況，並更為嚴謹的規劃風機設址，以減少對周遭環境帶來的負面影響。同時，也可尋求科技創新來降低風力發電對生態的危害，如塗黑風機葉片來提高鳥類的識別度，從而減少撞擊事故，使得風電的發展在環境保護和能源生產之間取得平衡。最後，透過加強國內外的技術合作，借鑒國際在風電技術和維護方面的經驗，可降低運營成本，延長風機的使用壽命。

綜合以上的分析，在全球暖化的世代，減少碳排放為全球的共識，發展綠能才是長久的解方。然而，台灣在能源轉型過程中面臨諸多挑戰，須朝綠能技術發展以及採納他國可行之方案的目標前進，加速綠能進展，並在政府與民間的共同努力下，發揮獨特的發展潛力。無論是政府積極調整政策支持、投入資金以研發技術或鼓勵社會各界互相合作等，都是推動綠能發展的關鍵，期待未來台灣能有效整合資源，跟上科技進步的腳步，使太陽能 and 風力發電等再生能源將逐漸取代傳統化石燃料，在全球能源轉型的浪潮中實現兼顧環境永續和經濟成長的發電結構。

## 陸、參考文獻

1. 政策研究指標資料庫 (2023)。檢索日期：2024 年 10 月 1 日，取自：  
<https://pride.stpi.narl.org.tw/index>。
2. 林子耕(2018)。國際間地熱發展現況 (四)：冰島地熱能開發及相關產業發展。檢索日期：2024 年 10 月 8 日，取自：<https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/C000003/detail?ID=9b3b72e9-e487-4f53-a71f-40819b24f989>。
3. Eurostat (2018)。Glossary:Primary energy consumption。檢索日期：2024 年 10 月 16 日，取自：[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Primary\\_energy\\_consumption#:~:text=Primary%20energy%20consumption%20measures%20the,final%20consumption%20by%20end%20users](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Primary_energy_consumption#:~:text=Primary%20energy%20consumption%20measures%20the,final%20consumption%20by%20end%20users)。
4. 經濟部、財政部 (2023)。能源轉型，打造綠能科技島—綠能科技產業創新推動方案。檢索日期：2024 年 10 月 9 日，取自：<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/7562c003-dec9-4235-adbf-66370c1d61e4>。
5. 領航節能科技有限公司。經濟部能源局－陽光屋頂政策。檢索日期：2024 年 10 月 9 日，取自：<https://www.pvesco168.com.tw/ministry-of-economic-affairs-energy-bureau---sunshine-roof-policy.html>。
6. 許祖菱 (2024)。綠能是什麼？綠能有哪幾種、優缺點，台灣發展趨勢一次看懂。檢索日期：2024 年 10 月 9 日，取自：<https://www.recessary.com/zh-tw/news/world-market/what-is-green-energy>。
7. 經濟部能源署 (2024)。112 年發電概況。檢索日期：2024 年 10 月 18 日，取自：[https://www.moeaea.gov.tw/ECW/populace/content/Content.aspx?menu\\_id=14437](https://www.moeaea.gov.tw/ECW/populace/content/Content.aspx?menu_id=14437)。
8. 主婦聯盟環境保護基金會 (2014)。[光電系列專欄] 太陽光電系統的環境議題 (上)。檢索日期：2024 年 10 月 18 日，取自：<https://www.huf.org.tw/essay/content/2812>。
9. 環境部資源循環署—廢太陽光電板回收服務管理資訊系統 (2024)。廢太陽光電板回收處理規劃說明。檢索日期：2024 年 10 月 15 日，取自：<https://pvis.moenv.gov.tw/pvis/info/Plan>。
10. PGE 太陽能綠能 (2021)。【綠能知識庫】2023 太陽能趨勢 | 太陽能還有發展性嗎？解析台灣、國際綠能之路。檢索日期：2024 年 10 月 08 日，取自：  
<https://blog.pgesolar.com.tw/2021/02/08/%E5%A4%AA%E9%99%BD%E8%83%BD%E8%B6%A8%E5%8B%A2#:~:text=%E5%A4%AA%E9%99%BD%E8%83%BD%E7%9B%AE%E5%89%8D%E6%98%AF%E5%8F%B0%E7%81%A3%E7%99%BC%E9%9B%BB,%E5%8F%8A%E6%B0%91%E9%96%93492.7%E8%90%AC%E7%93%A9%EF%BC%89%E3%80%82>。
11. 綠學院 (2023)。三分鐘了解臺灣離岸風電現況，風電現在都併網了嗎？檢索日期：2024 年 10 月 9 日，取自：<https://www.greenimpact.cc/Articles/detail?cid=2&id=154>。



## 2024「Win the PRIDE：用指標說故事」競賽文稿

12. 4C Offshore (2023)。Global Offshore Wind Farm Database And Intelligence。檢  
索日期：2024 年 10 月 16 日，取自：[https://www.4coffshore.com/transmission/substations.aspx?ppc\\_keyword=offshore%20wind%20substation&gad\\_source=1&gclid=CjwKC\\_Ajw68K4BhAuEiwAylp3klJazBPzcD9-um9J67kjr8j8FHxajKzbP\\_56JhJy4GR2e8FDeJa8hhoCOWcQAvD\\_BwE](https://www.4coffshore.com/transmission/substations.aspx?ppc_keyword=offshore%20wind%20substation&gad_source=1&gclid=CjwKC_Ajw68K4BhAuEiwAylp3klJazBPzcD9-um9J67kjr8j8FHxajKzbP_56JhJy4GR2e8FDeJa8hhoCOWcQAvD_BwE)。
13. AUTOMAX (2024)。風力發電機的優點和缺點。檢索日期：2024 年 10 月 18 日，  
取自：<https://www.automaxxwindmill.com/zh/blogs/wind-turbines/advantages-and-disadvantages-of-wind-turbines>。
14. RS (2024)。風力發電：未來的能源新選擇。檢索日期：2024 年 10 月 10 日，取  
自：<https://twcn.rs-online.com/web/content/discovery/ideas-and-advice/wind-energy>。
15. 中租全民電廠 (2019)。電廠小百科。檢索日期：2024 年 10 月 10 日，取自：  
<https://www.finmart.com.tw/Wiki/ALL/solar16>。
16. 永續低碳聯盟 (2021)。歐盟正式發布《歐洲綠色政綱》，宣示 2050 年達成氣候中  
和。檢索日期：2024 年 10 月 16 日，取自：<https://sale-greenlabel.com/cn/news/major-trend/detail/225>。
17. CSRone 永續智庫 (2023)。歐盟同意提高 2030 年可再生能源目標。檢索日期：  
2024 年 10 月 16 日，取自：<https://csrone.com/news/7802>。
18. 國家原子能科技研究院 (2018)。各類能源單位發電裝置容量及發電量所需土地比  
較。檢索日期：2024 年 10 月 10 日，取自：<https://www.nari.org.tw/fileshare/dl/1990.pdf>。
19. 台灣電力公司 (2024)。太陽光電的發電原理。檢索日期：2024 年 10 月 18 日，取  
自：<https://service.taipower.com.tw/greenet/sustainable/green-energy/solar-energy>。
20. 中租全民電廠 (2019)。影響太陽能發電量的因素。檢索日期：2024 年 10 月 10  
日，取自：<https://www.finmart.com.tw/wiki/ALL/solar08>。
21. 林承勳、簡克志、蔡宛潔 (2023)。太陽的光和熱我全都要！全光譜太陽綠能永續  
系統。檢索日期：2024 年 10 月 10 日，取自：<https://pb.ps-taiwan.org/modules/news/article.php?storyid=799#:~:text=%E4%B8%80%E8%88%AC%E4%BE%86%E8%AA%AA%EF%BC%8C%E5%A4%AA%E9%99%BD%E8%83%BD%E9%9B%BB%E6%B1%A0,%E7%A9%BA%E9%96%93%EF%BC%8C%E4%BE%86%E6%8F%90%E9%AB%98%E6%95%A3%E7%86%B1%E6%95%88%E7%8E%87%E3%80%82>。
22. 吉陽能源科技有限公司 (2024)。屋頂型太陽能板的建置費用估算。檢索日期：  
2024 年 10 月 10 日，取自：[https://www.getpower.com.tw/article\\_detail/34](https://www.getpower.com.tw/article_detail/34)。
23. 泛科學 (2023)。設置離岸風機的裝置成本。檢索日期：2024 年 10 月 10 日，取  
自：<https://pansci.asia/archives/371116>。
24. 經濟部能源署再生能源資訊網 (2022)。風機的標準壽命。檢索日期：2024 年 10 月  
10 日，取自：<https://www.re.org.tw/knowledge/more.aspx?cid=201&id=4652>。
25. InfoLink Consulting 再生能源與科技研究顧問公司 (2022)。離岸風電 LCOE 成本結  
構。檢索日期：2024 年 10 月 10 日，取自：<https://www.infolink-group.com/energy-article/tw/Offshore-wind-power-operation-in-taiwan>。



## 2024「Win the PRIDE：用指標說故事」競賽文稿

26. 丁宗蘇、林穆明／國立臺灣大學森林環境暨資源學系（2019）。海洋鳥類的生活，再離岸風機建置後市什麼風景？檢索日期：2024 年 10 月 10 日，取自：  
<https://www.scimonth.com.tw/archives/2444>。
27. 楊舒婷、廖品琇、林幸助／國立中興大學生命科學系（2019）。離岸風場對生態系的影響，如何評估？檢索日期：2024 年 10 月 13 日，取自：<https://www.scimonth.com.tw/archives/2441>。
28. 李柏浩（2024）。離岸風機基樁能聚魚、形成新漁場？專家：效果有限 憂影響魚類習性。檢索日期：2024 年 10 月 13 日，取自：<https://csrone.com/news/8695>。
29. 張顥議、邵奕達／國立臺灣海洋大學海洋生物研究所（2019）。離岸風機噪音對於魚類可能的影響。檢索日期：2024 年 10 月 17 日，取自：<https://www.scimonth.com.tw/archives/2443>。
30. Greenlinks（2024）。震撼發現！太陽能電池新革命：外部量子效率可高達 190%。檢索日期：2024 年 10 月 11 日，取自：[https://www.greenlinks.com.tw/news\\_detail102.htm](https://www.greenlinks.com.tw/news_detail102.htm)。
31. 黃安妮（2024）。提高太陽能板效率的關鍵技巧。檢索日期：2024 年 10 月 10 日，取自：<https://zh-tw.shieldchannel.com/blogs/solar-panels/solar-panel-efficiency#:~:text=%E6%9C%80%E9%AB%98%E6%95%88%E7%9A%84%E5%A4%AA%E9%99%BD%E8%83%BD%E9%9B%BB%E6%B1%A0,%E7%94%A2%E7%94%9F%E6%9B%B4%E5%A4%9A%E7%9A%84%E8%83%BD%E9%87%8F%E3%80%82>。
32. David Firnando Silalahi、Andrew Blakers（2023）。Global Atlas of Marine Floating Solar PV Potential。檢索日期：2024 年 10 月 10 日，取自：<https://www.mdpi.com/2673-9941/3/3/23>。
33. 陽光花園（2024）。儲能系統是什麼？一文為你解析綠電儲能系統的好處和應用方式！檢索日期：2024 年 10 月 10 日，取自：<https://www.solargarden.com.tw/press/1283>。
34. 風力發電單-服務窗口（2024）。設置考量。檢索日期：2024 年 10 月 10 日，取自：[https://www.twtpo.org.tw/knowledge\\_show.aspx?id=25#:~:text=%E7%82%BA%E4%BA%86%E6%B8%9B%E5%B0%91%E6%A9%9F%E7%B5%84%E9%96%93%E7%B4%8A,%E9%A2%A8%E6%95%88%E6%87%89%E9%99%8D%E4%BD%8E%E9%9B%B8%E8%83%BD%E7%94%A2%E9%87%8F%E3%80%82&text=%E9%81%BF%E5%85%8D%E8%A8%AD%E7%BD%AE%E6%96%BC%E4%BA%BA%E5%8F%A3%E5%AF%86%E5%BA%A6,%E9%99%8D%E8%87%B345dB%EF%BC%88%E5%88%86%E8%B2%9D%EF%BC%89%E3%80%82](https://www.twtpo.org.tw/knowledge_show.aspx?id=25#:~:text=%E7%82%BA%E4%BA%86%E6%B8%9B%E5%B0%91%E6%A9%9F%E7%B5%84%E9%96%93%E7%B4%8A,%E9%A2%A8%E6%95%88%E6%87%89%E9%99%8D%E4%BD%8E%E9%9B%B8%E8%83%BD%E7%94%A2%E9%87%8F%E3%80%82&text=%E9%81%BF%E5%85%8D%E8%A8%AD%E7%BD%AE%E6%96%BC%E4%BA%BA%E5%8F%A3%E5%AF%86%E5%BA%A6,%E9%99%8D%E8%87%B345dB%EF%BC%88%E5%88%86%E8%B2%9D%EF%BC%89%E3%80%82)。
35. 林彥廷、林冠廷、鄭恩凱、黃金城（2018）。風機降噪裝置及應用其之風機。檢索日期：2024 年 10 月 19 日，取自：<https://patents.google.com/patent/TWI650488B/zh>。
36. 4C Offshore（2022）。Dutch Research Black Blades for Bird Safety。檢索日期：2024 年 10 月 9 日。取自：<https://www.4coffshore.com/news/dutch-research-black-blades-for-bird-safety-nid24868.html>。