



嘉義沿海區域風力發電潛力與環境評估

余政達^{a*}、陳銑浩^b、陳麒元^b

^a 國立嘉義大學景觀學系 副教授

^b 國立嘉義大學景觀學系 學士

摘要

本研究使用地理資訊系統，評估嘉義沿海區域風力發電潛力與環境影響。結果顯示陸域風力發電潛力達每年164 GWh，佔當地2014年用電量的296%。水深20米以內離岸區域風力發電潛力達每年5176.8 GWh，佔全台2015年用電量的2.1%。陸上與離岸風力發電潛力佔整體風電潛力分別為3%與97%。考量2025年實現非核家園、目前國內供電較為吃緊的情況下，決策上宜考慮同時發展陸上與離岸風能，才能有效緩解供電壓力。涵蓋地方民眾參與投資風力發電計畫，將賣電所得回歸居民與農民，相較於目前使用的回饋金方式，更能獲得當地居民接受與支持風力發電計畫。

關鍵詞：陸上與離岸風力發電、地理資訊系統、環境影響

* 通訊作者：余政達
E-Mail : cd.yue@msa.hinet.net





壹、前言

國際社會在 2015 年底在巴黎簽署了氣候協議 宣告全球已進入後京都加緊減緩氣候暖化的時代。為順應全球減碳趨勢，政府於民國 100 年 11 月 3 日公布「確保核安、穩定健減核、打造綠能低碳環境、逐步邁向非核家園」之能源發展願景，全力擴大各類再生能源推廣，陸續推動「千架海陸風機」與「陽光屋頂百萬座」計畫。依規劃國內將在 2030 年前安裝約 600 架離岸風力機，裝置容量可達 3,000MW，約占再生能源設置目標 24%，可望成為國內電能替代最主要的來源之一。國內能源供應受到減碳、非核家園的制約，正努力提升本地自產再生能源的產能。然而過去幾年來，陸域風力發電的開發，由於評估、規劃、誘因等措施不夠完備，屢屢遭遇地方反對聲浪。政府規劃再生能源配比預期 2025 年達成目標 15.1%，其中風力佔 5.3%，在所有再生能源中增長最快、佔比最高，顯示其重要性與急迫性。台灣四面環海，具有得天獨厚之風力資源，然而目前陸上風電的發展受限於地狹人稠，且優質的陸上風場開發已趨飽和，反觀離岸風電仍具廣闊的發展契機，但卻缺乏離岸風場建置經驗，亟需建立妥善的評估機制，以提升民眾的接受度與參與意願。

風能潛力評估為風能開發的基礎，近年來有諸多文獻提出評估的方法 (Boyle, 2004; Duwind, 2001; EWEA, 2002; Hirschberg et al., 2005; Kaltschmitt et al., 2007; MacKay, 2009; Voivontas et al., 1998; Yue & Yang, 2009)。Boyle 等學者認為風力發電產生的環境影響，可藉由風場的良好規劃、緩衝距離的設置、低環境衝擊的技術與產品選擇加以避免 (Boyle et al., 2004)。Gret-Regamey and Hayek (2013)在評估瑞士風力發電潛力時，採用景觀視覺化技術，將評估結果以多媒體方式呈現，做為決策者討論之科學依據。建立風能潛力與環境影響的評估方法，並透由視覺化呈現，作為決策討論平台，成為國內未來發展風能的重要工作。在此背景下，本研究的目的是以台灣嘉義沿海地區作為探討對象，運用地理資訊系統，根據地方實際的土地使用，建立評估地方風能潛力的模式，提供決策者和投資者準確的決策資訊以及視覺模擬，促進權益關係人之間的溝通與協調，以建立國內兼顧氣候保護與能源安全的永續性能源系統。

貳、評估方法

本研究針對嘉義縣沿海的東石與布袋兩個鄉鎮，以及離岸水深20公里範圍內之區域，進行風機設置潛力評估。選擇該區域進行研究的原因如下：

- (1) 該地區直接臨海，擁有良好的風能潛力；
- (2) 本地區位處偏遠，規劃風力電場，與都市地區土地使用與環境影響衝突可減至最低；





(3) 再生能源開發與環境保護如何取得協調，可藉此地區的研究尋找解決的策略。

本研究陸上風機設置，參考風力機的設置準則 (Burton et al. 2001; EWEA 2009)，以下列方法進行潛力評估：

1. 考慮下列限制因素：
 - (1) 最低風速需大於 5 m/s
 - (2) 距離都市計畫區至少 500 m
 - (3) 距離鄉村區至少 250 m
 - (4) 距離生態敏感區至少 250 m
2. 下列地區不考慮設置風力機：
 - (1) 行水區
 - (2) 道路
3. 風力機採用直徑 80 公尺、單機裝置容量 2MW 的 Vestas V80 計算潛力；
4. 風力機間距設定為兩部機組左右距離 3 倍葉片直徑，前後距離 6 倍葉片直徑 (3D×6D)；
5. 風機單元設置採南北向，以迎向本地區之主風向北方 (參考圖 1)。

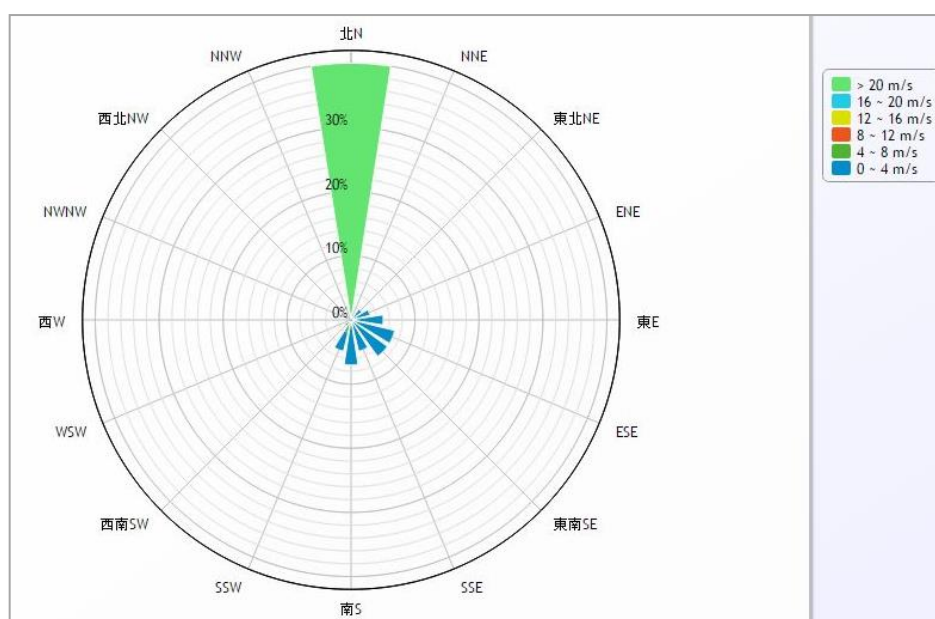


圖 1 嘉義縣布袋新塢風花圖





離岸風機則設置距離海岸線5公里寬的緩衝距離，以減少對陸地生態、沿海漁業之影響 (Yue & Yang, 2009)。風能潛力評估排除下列區域：

- (1) 國防軍事用地
- (2) 航運交通路徑
- (3) 環境敏感區
- (4) 港口
- (5) 海底管線

風機發電量的估算以下列公式計算 (Archer & Jacobson, 2005)：

$$E_e = P_{rated} \times \left(0.087\bar{V} - \frac{P_{rated}}{D^2} \right) \times 8760 \times c_{wake} \times A_v \quad (1)$$

其中 E_e 為單支風機年發電量 (kWh)； P_{rated} 為風機額定功率 (kW)； \bar{V} 為年均風速 (m/s)； D 為風機葉片直徑 (m)； c_{wake} 為尾流係數(%)； A_v 為風機可用率 (%)。

González-Longatt 等人曾針對風場尾流 (González-Longatt et al., 2012) 進行計算，本研究根據其評估結果，使用 0.7 作為風場平均尾流係數，可用率則使用 2014 年台電風機平均可用率 93.8%。

研究使用 ArcGIS 地理資訊系統作為評估與調查工具，對調查區域進行風能潛力評估，流程如下：

- (1) 設定調查區域座標 (UTM TW97) 後，標示圖資上的土地使用分區，以及鄉鎮界與道路等基本資訊。
- (2) 使用 Geoprocessing 內的 Buffer 功能，設定圖資上各個緩衝區的範圍，並建立圖層。
- (3) 潛力區域繪製，使用 ArcToolbox 內的 Data Management 功能，以 Feature Class 中的 Create Fishnet 功能繪製潛力區域的網格。
- (4) 使用 Editor 開啟網格所在的圖層，將排除區多餘的網格刪除，完成繪圖。





視覺景觀模擬上，本研究將 ArcGIS 圖資上的模擬設置點位置圖匯出，再匯入 SketchUp 內。將圖資放大至實際大小，並從 SketchUp 3D Warehouse 內取得合適的風力發電機模型，調整比例後放至模擬設置點。放置完成後將檔案匯出，選擇 3D 模型中的 Google Earth 檔案格式儲存。開啟 Google Earth，載入匯出的檔案，設定該檔案的座標與高程，在 Google Earth 內顯示由 SketchUp 內繪製的模型，利用 Google Earth 內的地形進行視覺模擬。

參、區域內土地使用現況

本研究對調查區域進行土地使用調查分析，利用 GIS 地理資訊系統進行圖資套疊，分析出具有裝設潛力的區域。調查區域範圍內僅布袋劃設都市計畫區，整體上以一般農業區與特定專用區居多。

布袋鎮土地共計7,213 公頃，其中非都市土地6,397公頃，都市土地816公頃。非都市土地中養殖用地面積佔35.07%，農牧用地佔21.12%，鹽業用地佔17.52%，另包含甲、乙、丁種建築、林業、交通、水利、遊憩、生態保護、墳墓、國土保安、特定目的事業等用地。布袋鎮內有布袋都市計畫，面積792公頃，計畫人口3,8000人，現況人口1,5011人，區內現況人口佔全鄉人口50.06%。調查區域內自然環境中以河川與濕地為主，土地使用以一般農業區與特定專用區居多，一般農業區多以農田使用為主，特定專用區則多以魚塭及鹽田為主要土地使用（嘉義縣政府主計處，2013）。

東石鄉土地共計7,630 公頃，農牧用地佔48.37%，養殖用地佔21.34%，水利用地面積980公頃，鹽業用地面積516公頃，另包含甲種、乙種、丁種建築用地、交通、國土保安、遊憩、墳墓、特定目的事業等用地。東石鄉乃嘉義縣境內唯一無都市計畫區劃設之鄉鎮（國家發展委員會，2015）。

肆、潛力評估結果

一、陸域

（一）扣除排除區

調查區內陸域扣除緩衝區、道路與法定自然保護區，再以 3D×6D 作為風力機的劃設單位，可用區域面積共計 28.2km²，可安裝 345 座風機，如圖 2 所示。





圖 2 扣除排除區後可裝設風機區域

(二) 扣除居住敏感地

依照前述方法評估調查區域內所有可裝設風機的潛力區域，再套用調查區域現況 CAD 圖進行比對，將涵蓋到住宅與農舍的潛力裝設區域進一步排除，結果如圖 3 所示。潛力裝設區域經過兩階段排除之後，分佈於風速 5.0~5.5m/s 範圍內者計可安裝 64 座風機，面積 7.37km²。風速 5.5~6.5 m/s 範圍內者計可安裝 24 座風機，面積 2.76km²。



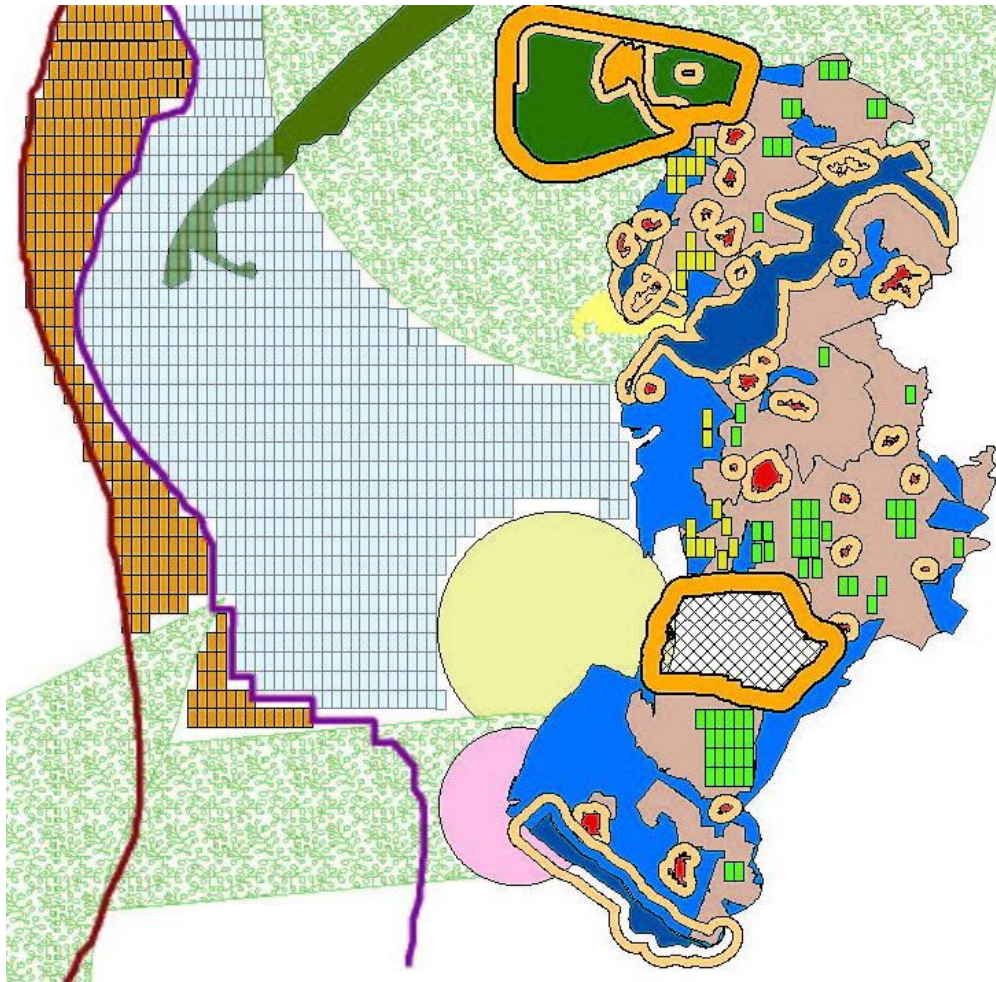


圖 3 扣除居住敏感地後剩餘之潛力區域

二、 離岸區域

離岸的潛力區域，將範圍內之海底電纜線、漁礁、輸油管、航道、漁港與商港等範圍予以排除，結果如圖 4 所示。潛力裝設區域水深 10 米以下、10~20 米水深區域面積各為 110.7 km² 與 32.6km²，各可安裝 961 與 283 座風機，裝置容量各達 1922 與 566MW。





圖例

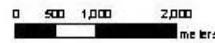
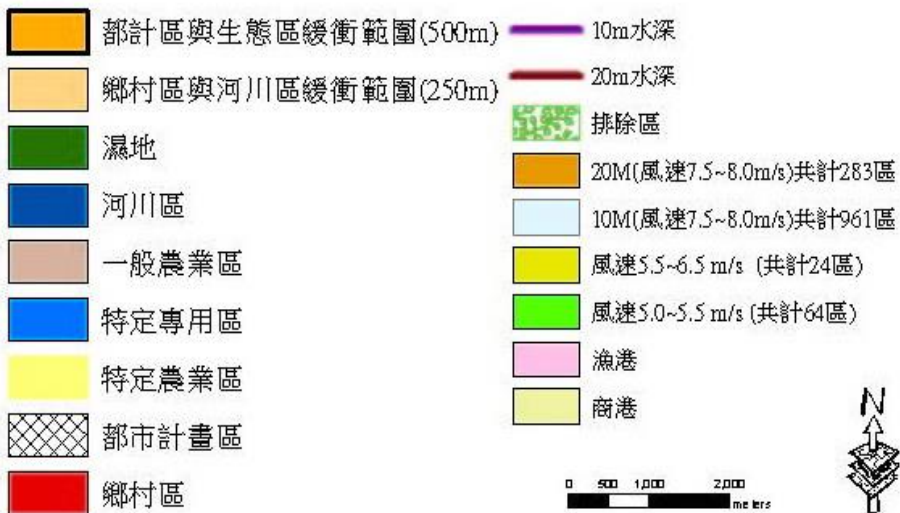


圖 4 陸上與離岸整體可裝設風機區域





伍、能源效益分析

依據公式 (1)，各區域單支風機發電潛力計算如下。陸域風速 5~5.5 m/s 的區域，單支風機年發電量計算為：

$$\begin{aligned} E_e &= P_{rated} \times \left(0.087\bar{V} - \frac{P_{rated}}{D^2} \right) \times 8760 \times c_{wake} \times A_v \\ &= 2000 \times \left(0.087 \times 5.25 - \frac{2000}{80^2} \right) \times 8760 \times 70\% \times 93.8\% \\ &= 1,659,399(kWh) \end{aligned}$$

陸域風速 5.5~6.5 m/s 的區域，單支風機年發電量計算為

$$\begin{aligned} E_e &= P_{rated} \times \left(0.087\bar{V} - \frac{P_{rated}}{D^2} \right) \times 8760 \times c_{wake} \times A_v \\ &= 2000 \times \left(0.087 \times 6 - \frac{2000}{80^2} \right) \times 8760 \times 70\% \times 93.8\% \\ &= 2,410,011(kWh) \end{aligned}$$

離岸區域單支風機年發電量計算為

$$\begin{aligned} E_e &= P_{rated} \times \left(0.087\bar{V} - \frac{P_{rated}}{D^2} \right) \times 8760 \times c_{wake} \times A_v \\ &= 2000 \times \left(0.087 \times 7.75 - \frac{2000}{80^2} \right) \times 8760 \times 70\% \times 93.8\% \\ &= 4,161,439(kWh) \end{aligned}$$

整體能源產出分析如表 1 所示。陸域受風速較低與聚落散佈影響，其裝置容量與發電產能均低於離岸區域。然而，陸域風力發電潛力為每年 164 GWh，占東石鄉與布袋鎮 2014 年用電量 55.4 GWh 達 296%，潛力相當優良。離岸風力發電潛力每年 5176.8 GWh，佔全台灣 2015 年用電量 249.9 TWh 達 2.1%，發電潛力為陸域的 32 倍之多。





表 1 嘉義沿海各區域發電潛力分析

區域	陸域		水深<10M	水深 10-20M	合計
	5.0~5.5	5.5~6.5	7.5~8.0	7.5~8.0	
風速(m/s)	5.0~5.5	5.5~6.5	7.5~8.0	7.5~8.0	
面積(km ²)	7.4	2.8	110.7	32.6	153.5
可裝風機數量(支)	64	24	961	283	1332
裝置容量(MW)	128	48	1922	566	2664
年發電潛力(GWh)	106.2	57.8	3999.1	1177.7	5340.8
佔比(%)	3		97		100
陸域佔東石/布袋 2014 年用電量(%)	191.7	104.3	-	-	296
離岸佔全台 2015 年用電量(%)	-	-	1.6	0.5	2.1
二氧化碳減量(千噸 CO ₂ eq/年)	55	29.9	2071.5	610	2766.4
佔全台 2014 年能源產生二氧化碳排放量(%)	-	-	-	-	1.1

英華威公司於 2005 年期間，曾針對嘉義縣東石、布袋等風力資源優異之地區進行調查，評估該濱海地區可安裝 97 座 1.8MW 之風力發電機組，總裝置容量達 174.6 MW (嘉義縣政府新聞處, 2005)，與本研究所估計之陸上型風機裝置容量潛力 176 MW 相當接近。

離岸風力發電在空間上具有可大規模開發、無土地使用衝突、風速潛力大且穩定等優勢，然而陸上型風力發電在時間上具有國內施工技術經驗較成熟之優勢。而隨著風機製造技術的進步，陸上風能潛力正隨之擴大，以往認為不具風能潛力的區域，未來只要環境條件許可，皆可投入生產風電。例如 2017 年甫進入市場的 Enercon E-141 EP4 直驅式風機，專為內陸低風速風況設計，相較於傳統風機的啟動風速 4 m/s，該機風速 1 m/s 時即啟動運轉。目前市場上使用之風機，在風速 2m/s 情況下的功率係數 (power coefficient) 多為 0，而此款風機的功率係數則達 0.3，更適合低風速內陸使用。雖然嘉義沿海區域陸上與離岸風力發電潛力佔整體風電潛力為 3%與 97%之懸殊佔比，但考量 2025 年實現非核家園、目前國內供電較為吃緊的情況下，中央與地方政府決策上宜考慮同時發展陸上與離岸風能，才能有效緩解供電壓力，同時結合漁業與休閒產業，共同建構地方永續性產業網絡。

陸、環境效益及影響

一、環境效益

(一) 二氧化碳排放減量

風力發電可以用來取代傳統化石燃料發電，有效減少SO_x 和NO_x及CO₂的排放。依據國內2015年平均電力排放係數0.528 kg CO₂/kWh (能源局, 2016)，以及陸上與離岸風力





發電平均碳排放量 $0.01 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}$ 計算 (IPCC, 2014)，嘉義沿海風力發電潛力若充分開發，每年約可減少 2.8 百萬公噸二氧化碳，佔全台2014年能源產生二氧化碳排放量251百萬公噸的1.1%，如表1所示。

(二) 農地保護

自從台灣加入世界貿易組織之後，由於農業產值的下降，越來越多的農地受到土地變更使用或休耕的壓力。風力發電的推廣，可提供農民重要的經濟來源，兼具確保農業生態環境與地下水之補注、提高單位面積生產力、照顧農民生計等諸多優點。

二、環境影響

依據我國環評法規規定，風力發電機組若是設置在國家公園、野生動物保護區等區域，需進行環境影響評估 (環保署，2013)。本研究評估風力發電潛力的條件中，排除了生態敏感區，並在可發展區和敏感區之間規劃緩衝區，以便在規劃階段即考慮環境衝擊。本研究評估除了在土地使用上避免風機造成環境影響，其餘可能造成的環境影響分述如下：

(一) 噪音

相較於其他類似功率的機械設施，風機並不會產生較大噪音。風機噪音可分為機械噪音與空氣動力噪音兩類，分述如下：

1. 機械噪音

機械噪音通常為風機主要的噪音問題，可透過使用特殊低噪音的傳動裝置、聲音包覆裝置、選擇直驅低轉速發電機取代使用傳動箱等措施來降低噪音。使用直驅低轉速發電機取代傳動箱，機械噪音尤其可大幅降低。

2. 空氣動力噪音

空氣動力噪音通常為運轉中所產生的颼颼聲響，另外紊流風況可能導致風機葉片受力不穩定而產生噪音。空氣動力噪音一般會隨著葉片轉速增加而增大，但風機在低風速下較易成為令人不適的噪音源，原因是高風速下，環境背景噪音易覆蓋風機噪音。基於以上原因，使用低風速下低轉速的風機，可將空氣動力噪音量降至最低。

依據丹麥法令，最接近風機之住宅的最大許可噪音值為 45 dB(A)。依據國內環保署「開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準」第 29 條規定，任一風機基座中心與最近建築物(指於風力發電開發計畫向目的事業主管機關申請許可時，領有使用執照或門牌號碼之他人建築物)邊界之直線距離 250 公尺以下者，應實施環境影響評估 (環保署，





2013)。本研究用以架設風力機之區域，距離都市計畫區與鄉村區各保持至少 500m 與 250m 之距離，目的是為降低風機對於鄰近地區的噪音干擾。

台電公司和英華威公司對於安裝風力發電機組的地方政府都有回饋金補償。台電於機組完成建設後先給一筆「建廠協助金」，每年還有「發電協助金」；英華威在機組商轉後一年，以每一千瓩機組裝置容量四十萬元的計算方式，分二十年發放（薛翰駿，2014）。回饋金補助經費使用對象為風機設置位置所屬行政區之公務機關、里辦公處、社區發展協會及其他立案公益性人民團體等（桃園市觀音區公所，2016）。補助項目多為受補助單位所主辦之活動，例如有關環境衛生或綠美化環境事項、提昇生活環境品質或教育文化水準事項、辦理各項活動或設備購置及維護、推行社會祥和之公益活動、社會福利服務活動等（臺中市大安區公所，2011）。國內回饋金之使用，並未直接針對受環境影響之居民進行補償，並不符合環境正義。德國陸上型風機有 80% 屬於農民所有，在丹麥更高達 85%。民眾支持的原因，除了在風機與民宅之間設置足夠緩衝距離，涵蓋地方民眾參與投資風力發電計畫，將賣電所得回歸農民，更是提高民眾接受與支持風機計畫的重要關鍵。

（二）電磁干擾

風機若裝設於收音機、電視發射台與接收器之間，有時會反射電磁輻射，造成反射波干擾接收器接收到的訊號，其中最可能產生的電磁干擾為對電視接收造成的干擾，可藉由安裝繼電器變送器、對受影響之收視者提供有線電視連結服務來解決。此外，干擾程度與葉片使用的材料、塔柱的形狀等因素有關。金屬葉片可能在收音機傳送裝置附近造成電磁干擾，具有小平面的塔柱較圓塔柱容易反射電磁波。因此，使用圓塔柱及降低葉片中金屬成分，可避免電磁干擾的問題產生。

（三）軍事航空

風機是否對於航空器與空防雷達系統造成影響，亦產生一些爭議。國際間存在許多風機與雷達同時並存的成功例子，丹麥、荷蘭、美國的案例顯示，採用使雷達站避開風機影響的技術，可成功解決此問題。丹麥、德國、荷蘭與瑞典的經驗顯示，風機不致於對於軍事航空產生重大影響。

（四）對鳥類影響

一般而言，風機與鳥類撞擊的發生機率相對低，最壞的情況為每支風機每年發生一至兩次鳥擊事件，很多地點發生的機率遠低於此，甚至為零。美國風能協會估計，美國每年約有五千七百萬隻鳥死於遭汽車撞擊，一百二十五萬隻死於與高聳建物撞擊，九百七十五萬隻死於與玻璃撞擊，約四百萬至一千萬隻夜間遷徙的鳴鳥死於與電信塔撞擊，家貓每年殺死一億隻鳥（Boyle, 2004）。相較之下，風機並未對鳥類造成較大之影響。



風機至今所發生最嚴重的鳥擊事件發生於美國加州的 Altamont Pass，當地發生猛禽遭到風機撞擊而死亡的事件，但此情形並未發生於其他地區，原因在於早期加州使用葉片直徑小、葉片數多的風機，轉速較快。此外，許多早期風機提供鳥類棲息的空間，現代風機則普遍避免類似設計。

針對離岸風場對於鳥類的影響，丹麥 Tunø Knob 離岸風場進行了相當深入的調查。選擇此地點進行研究的原因在於當地棲息大量海鳥，可監測鳥與風機的互動行為。調查顯示，當地絕大多數的海鳥種類綿鳧會與風機保持安全距離，並不致於被風機嚇離覓食區域，離岸風機並未對水鳥產生重大影響。本研究將野生動物保護區等生態敏感區排除在可開發地區之外，且在可開發地區和生態敏感區之間劃設 250m 寬之緩衝區，有助於避免干擾鳥類棲地。

(五) 視覺影響

個人對於風力發電設施的感受，受到一些較不易被定義的心理與社會因素影響，例如對於風力發電技術的了解程度、嚮往哪一種能源、參與投資風力發電計畫的程度等，尤其是投資參與程度的影響最大。視覺爭議來自於風機造成景觀視野的改變，但是否由於視覺上不喜歡風機，或是一般性對於景觀改變的反對，並不明確。倘若風機的視覺景觀成為議題時，可使用較不明顯的風機顏色，一般採用白色、綠色等接近自然背景顏色的風機顏色，丹麥離岸風場則採用戰艦灰的風機顏色。

英華威公司曾於 2005 年期間計畫投資一百六十億元資金，於嘉義縣東石、布袋地區裝設 97 座風力發電機組。然而依照 2015 年實施的海岸管理法規定，於海岸地區從事開發利用，必需向主管機關申請許可。主管機關對此申請案審查後認為，於海岸地區興設風力發電設施，對海岸景觀等恐有不利影響，而未予通過，此投資案因此懸宕至今。

再生能源對環境產生之影響與風險，仍然遠低於國內目前所使用的燃煤、燃氣、核能發電機組，此乃國際間在抑制暖化時，各國積極發展再生能源的主因。國內若因景觀因素選擇排除風力發電，即意謂著選擇了火力與核能機組，這將不利於建立國內自主性低碳、潔淨的能源系統。倘若相對潔淨的風力發電，是國內 2025 年實現非核家園的重要替代能源，而當風機的景觀因素成為議題時，應考慮採用較不明顯、接近自然背景顏色的風機顏色，以降低風機造成的景觀影響。

在視覺景觀的評估上，本研究使用 Photoshop 軟體，以 Google map 模擬風機裝設後的視覺景觀，用以評估視覺景觀影響，如圖 5 所示。鳥瞰部分使用 SketchUp 建立模型，匯入 Google Earth 模擬不同距離、視角的景觀視覺，如圖 6 所示。由於東石鄉與布袋鎮陸域與離岸地形皆平坦，因此風機架設在整體景觀上十分明顯，容易形成視覺上的焦點。



圖 5 調查區域內風機裝設模擬



圖 6 鳥瞰東石鄉風機架設 3D 模擬

景觀視覺化技術，可將評估結果以多媒體方式呈現，做為決策者討論之平台。圖像化呈現，可幫助地方居民更易掌握科學評估的結果，或透由互動式參與，納入多方主要決策者共同進行模擬。建議後續研究可針對視覺模擬等課題，進行更進一步的探討，以了解設置風機後對民眾之視覺景觀影響。



柒、環境管理意涵

離岸風電為國家未來能源發展重心，其與漁業之相輔相成，攸關國家未來能源安全。流刺網、拖網漁船等有害漁法，在歐美國家早已禁止多年。我國早在民國 88 年即公告沿岸 3 哩內禁止拖網作業，然漁政單位長期縱容漁民使用三層流網。農委會新近公佈「新農業創新推動方案」，漁業部分僅宣示「有害漁法」退出沿岸 3 海哩。近年政府推動離岸風力發電示範計畫，漁民團體以離岸風機影響漁獲為由，要求業者提供漁業補償金與回饋方案，甚至將拖網漁船等有害漁法的相關損失，列為補償項目，讓準備參與離岸風電的國際業者感到錯愕。參與示範計畫的二家業者，在興建風電機組過程，都面臨到來自漁民團體的抗爭，談判過程並不順利，原因是風電業者過去在漁業補償金議題上，與漁民團體一直無法達成共識。漁會以風機架設，導致流刺網被勾破為由，要求漁業補償金，漁政單位也不置可否，如今雲林、彰化等地漁會在漁業補償金之外，同時要求風電業者依據發電量，付給當地漁會回饋金，讓風電投資者卻步 (林上祚，2016)。

國內過去風力發電發展的主要障礙，在於附近居民受到風機產生的噪音干擾、景觀影響與回饋金問題。本研究之成果在國內風能發展上具有以下之環境管理意涵：

- (1) 風機與鄰近住宅區之間，應設置至少 250 公尺的緩衝距離，以降低聚落建築物接收的噪音量；
- (2) 若風機設置的鄰近地區有噪音敏感區，風機宜採用直驅低轉速發電機取代傳動箱的使用，將機械噪音與空氣動力噪音量降至最低；
- (3) 當風機的景觀因素成為議題時，應考慮採用較不明顯、接近自然背景顏色的風機顏色，以降低風機造成的景觀影響；
- (4) 涵蓋地方民眾參與投資風力發電計畫，將賣電所得回歸居民、農民與漁民，使環境影響接受者得到應有的補償，相較於目前使用的回饋金方式，更能獲得當地居民接受與支持風力發電計畫。

捌、結論

本研究針對嘉義沿海地區風能進行之潛力與環境評估獲得之結論如下：

1. 布袋與東石兩個鄉鎮陸域扣除排除區域後，雖受風速較低與聚落散佈影響，仍有 10.2 km² 的面積可裝設風力機，風力發電潛力達每年 164 GWh，佔當地 2014 年用電量的 296%，具有優良的風力發電潛力。





2. 水深 20 米以內離岸區域扣除排除區域後，因風速較優良，開發面積較寬廣，有 143.3 km² 的面積可裝設風力機，風力發電潛力達每年 5176.8 GWh，占全台 2015 年用電量的 2.1%，發電潛力為陸域的 32 倍之多。
3. 嘉義沿海風力發電潛力區域若充分開發，每年約可減少 2.8 百萬公噸二氧化碳，佔全台 2014 年能源產生二氧化碳排放量 251 百萬公噸的 1.1%。
4. 風機與鄰近住宅區之間，應設置至少 250 公尺的緩衝距離，以降低聚落建築物接收的噪音量。若風機設置的鄰近地區有噪音敏感區，風機宜採用直驅低轉速發電機取代傳動箱的使用，將機械噪音與空氣動力噪音量降至最低。
5. 當風機的景觀因素成為議題時，應考慮採用較不明顯、接近自然背景顏色的風機顏色，以降低風機造成的景觀影響。
6. 涵蓋地方民眾參與投資風力發電計畫，將賣電所得回歸居民與農民，使環境影響接受者得到應有的補償，相較於目前使用的回饋金方式，更能獲得當地居民接受與支持風力發電計畫。

本研究獲致成果的重要貢獻說明如下：

1. 嘉義沿海區域陸上與離岸風力發電潛力佔整體風電潛力分別為 3% 與 97%。離岸風力發電在空間上具有可大規模開發、無土地使用衝突、風速潛力大且穩定等優勢。
2. 國內目前將未來風能開發重點放在離岸區域，然而陸上型風力發電在時間上具有國內施工技術經驗較成熟之優勢。隨著專為低風速區域設計之風機進入市場，應納入以往認為不具風能潛力的區域，未來只要環境條件許可，皆可投入生產風電。
3. 考量 2025 年實現非核家園、目前國內供電較為吃緊的情況下，中央與地方政府決策上宜考慮陸上與離岸風能同時發展，才能有效緩解供電壓力，同時結合漁業與休閒產業，共同建構地方永續性產業網絡。
4. 本研究採取的研究方法，對於地方評估風能潛力具有意義與價值在於：(一) 使用評估地方風力發電的程序，涵蓋技術、經濟、環境等面向，其調查結果將有助於訂定地方長期的能源與環境政策；(二) 以地理資訊系統輔助評估地方風力發電的潛力，實際考慮地方氣候、土地使用、生態環境等條件與限制，可對發電潛力作出全面而準確的評估；(三) 使用 SketchUp、Google Earth、Photoshop 等軟體進行風機架設的景觀視覺模擬，有助於開發者、地方政府、當地居民等





主要權益關係者進行溝通，提高地方居民的接受度與參與度；(四)以本研究所建立的方法模式為基礎，可根據地方實際條件，針對其他再生能源種類及開發條件，進行整體評估。

國際能源供應受到減碳、核能風險的制約，已使再生能源成為能源供應的發展主流。本研究提出的研究方法與成果，為地方發展風力發電提出評估方法與模式，藉以進行風電潛力的基礎調查，進一步發展風電的推動策略與措施，期使國內的能源供應朝向兼顧經濟、環境及健康上的方向邁進。

參考文獻

1. 嘉義縣政府新聞處 (2005)。外商公司計畫在沿海設置九十七座風力發電機。嘉義縣政府，
http://www.cyhg.gov.tw/News_Content.aspx?n=20C1A3DAF6A74FCE&sms=CA3FB4291106E1D9&s=38C7F7AB8B8EE604。
2. 臺中市大安區公所 (2011)。臺中市大安區公所接受「中威風力發電股份有限公司」設置風力發電補助款項管理運用要點。臺中市大安區公所，
<http://www.daan.taichung.gov.tw/ct.asp?xItem=1310609&ctNode=11469&mp=155010>。
3. 嘉義縣政府主計處 (2013)。嘉義縣統計要覽。嘉義：嘉義縣政府主計處。
4. 環保署 (2013)。開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準，環保署公告。
5. 薛翰駿 (2014)。北部風力發電回饋金不同，自由時報，4月7日，
<http://news.ltn.com.tw/news/local/paper/774132>。
6. 國家發展委員會 (2015)。都市及區域發展統計彙編。台北：國家發展委員會國土區域離島發展處。
7. 林上祚 (2016)。台灣近海未禁流刺網 漁會要求補償金、風電業者搖頭。風傳媒，12月22日，
<http://www.storm.mg/article/204226>。
8. 桃園市觀音區公所 (2016)。修正「桃園市觀音區公所收受風力發電廠商回饋金管理運用要點」第三點、第六點、第九點。桃園市政府，
<http://law.tycg.gov.tw/NewsContent.aspx?id=1152>。
9. 能源局 (2016)。2015年能源統計手冊。台北：經濟部能源局。





10. Archer C. L., & Jacobson, M. Z. (2005). Evaluation of global wind power. *Journal of Geophysical Research*, 110 (D12110), doi:10.1029/2004JD005462.
11. Boyle, G. (Ed.) (2004). *Renewable Energy: Power for a Sustainable Future*. Oxford University Press, Oxford.
12. Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N., & Bossanyi, E. (2001). *Wind Energy Handbook*. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
13. Duwind (Delft University Wind Energy Research Institute) (2001). Offshore wind energy ready to power a sustainable Europe. EWEA website: <http://www.ewea.org/>.
14. European Wind Energy Association (EWEA) (2009). Wind energy – the facts. EWEA website: <http://www.ewea.org/>.
15. European Wind Energy Association (EWEA) (2002). Enabling offshore wind developments. EWEA website: <http://www.ewea.org/>.
16. González-Longatt, F., Wall, P., & Terzija, V. (2012). Wake effect in wind farm performance: Steady-state and dynamic behavior. *Renewable Energy*, 39, 329-338.
17. Gret-Regamey, A. & Hayek, U. W. (2013). Multicriteria Decision Analysis for the Planning and Design of Sustainable Energy Landscapes. In: S. Stremke, and A. van den Dobbelsteen (Eds.), *Sustainable Energy Landscapes: Designing, Planning, and Development*. CRC Press, London.
18. Hirschberg, S., Bauer, C., Burgherr, P., Biollaz, S., Durisch, W., Foskolos, K., Hardegger, P., Meier, A., Schenler, W., Schulz, T., Stucki, S., & Vogel, F. (2005). Neue erneuerbare Energien und neue Nuklearanlagen: Potenziale und Kosten. PSI (Paul Scherrer Institut) report no. 05-04, Villigen PSI, Switzerland.
19. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2014). IPCC Fifth Assessment Synthesis Report. Cambridge: Cambridge University Press.
20. Kaltschmitt, M., Streicher, W. & Wiese, A. (Eds.) (2007). *Renewable Energy - Technology, Economics and Environment*. Berlin: Springer.
21. MacKay, D. J. C. (2009). *Sustainable Energy – Without the Hot Air*. UIT, Cambridge.





22. Voivontas, D., Assimacopoulos, D., & Mourelatos, A. (1998). Evaluation of renewable energy potential using a GIS decision support system. *Renewable Energy*, 13(3), 333-344.
23. Yue, C.-D., & Yang, M.-H. (2009). Exploring the potential of wind energy for a coastal state. *Energy Policy*, 37 (10), 3925-3940.





Wind Energy Potential and Environmental Evaluation in Chiayi's Coastal Area

Cheng-Dar Yue^{a*}, Sien-How Chen^b, Chi-Yuan Chen^b

^a Associate Professor, Department of Landscape Architecture, National Chiayi University

^b Bachelor, Department of Landscape Architecture, National Chiayi University

ABSTRACT

This study evaluated the potential of wind power and its environmental impacts in the coastal area of Chiayi using Geographic Information System. The results indicated that the amount of potential annual power generation achieved 164 GWh which would have accounted for 296% of local electricity demand in 2014. The offshore areas with a water depth less than 20 m have a potential annual electricity yield of 5176.8 GWh which accounted for 2.1% of total electricity demand of Taiwan in 2015. Land-based and offshore wind power have a share of potential electricity generation of 3% and 97%, respectively. Land-based and offshore wind energy should be developed simultaneously in order to effectively relieve the stress of electricity supply resulting from the implementation of non-nuclear policy. Involving local residents to invest in wind project and to acquire revenue from electricity sale would better acquire residents' acceptance and support for wind projects than paying feedback money by developer.

Keywords: Land-based and offshore wind power, Geographic Information System, Environmental impacts

* Email: cd.yue@msa.hinet.net

