

台灣離岸風力潛能與優選離岸區塊場址研究

A research on the potential energy of offshore wind power and preferable offshore blocks in Taiwan

呂學德 何無忌 呂威賢 胡哲魁 陳美蘭 連永順
Shiue-Der Lu Wu-Chi Ho Wei-Hsien Lu Che-Kuei Hu Mei-Lan Chen Yung-Shun Lien

工業技術研究院
Wind Energy Development Department
Natural Resources Technology Division
Green Energy and Environment Laboratories
Industrial Technology Research Institute
Hsinchu 31040, Taiwan, R. O. C.
shuederlu@itri.org.tw

摘要

自 2012 年「風力發電離岸系統示範獎勵辦法」公布日起，離岸風力發電已為台灣再生能源發展之重點項目之一。因此，評估出台灣離岸風力之潛能與優選離岸區塊場址為首要目標。本研究旨在透過中尺度數值天氣預報系統 (WRF) 與地理資訊系統 (GIS)，考量排除條件與影響因子後，以評估出最大潛能量與適合業者開發之離岸風力區塊場址，進而達成國家於再生能源裝置容量遠程之規劃。研究結果顯示，水深 5~20 公尺、20~50 公尺與 50~100 公尺之開發潛能分別為 1.2GW、5GW 和 9GW；優選離岸區塊場址由北至南共有 36 處。本研究之結果將可作為政府擬定風電推動政策以及篩選潛在場址之重要依據。

關鍵詞：示範獎勵辦法、中尺度數值天氣預報系統、離岸風力發電、優選離岸區塊、地理資訊系統

Abstract

Since the announcement of the Demonstration Incentives for Offshore Wind Power Systems in 2012, offshore wind power has been a viable option for developing renewable energy in Taiwan. Therefore, assessing the potential for developing offshore wind power in Taiwan and preferred offshore blocks was the foremost objective of this study. Considering the exclusion criteria and influential factors, the mesoscale numerical weather research and forecasting system as well as the geographic information system were applied to evaluate the offshore blocks that provide the greatest potential and feasibility for developing offshore wind power, thus fulfilling the requirements of the long-term renewable energy development plan in Taiwan. The result revealed that the development potential for the 36 preferred offshore blocks (from Northern to Southern Taiwan) was 1.2 GW at water depths of 5–20 m, 5 GW at 20–50 m, and 9 GW at 50–100 m. The result of this study provides a vital reference to the government for formulating policies on wind power and selecting potential construction blocks.

Keywords: Demonstration Incentives, Mesoscale Numerical Weather Research Forecasting System, Offshore Wind Power, Preferably Offshore Blocks, Geographic Information System.

1. 簡介

2014 年全球風力發電新增安裝量為 48,513MW，較 2013 年的 33,944MW 成長了 42.9%。2015 年全球風力發電市場可望延續 2014 年成長趨勢，唯成長幅度

較 2014 年低，估計 2015 年全球風力發電新增裝置量可達 54,957MW，較 2014 年成長 13.3%。於離岸風電方面，2014 年全球離岸風電新增裝置量為 1,749MW，較 2013 年 1,619MW 成長 8.1%。現階段離岸風電發展以歐洲為主，主要因為陸域風場資源已逐漸開發完畢，加上電價較高以接近離岸風電成本。[1]

台灣 98% 能源仰賴進口，再生能源之發展勢在必行，自 1980 年起，我國即開始積極從事風力發電相關技術研究，但 1980 年代末期能源危機解除後便停止研發工作。然而，我國屬於海島型國家，因台灣海峽之狹長特殊性，導致海上風力強勁且穩定，因而賦予台灣極佳的離岸風場開發條件，再加上台灣海峽海域範圍廣大，對於規劃大規模的風力場址，具備相當有利的條件。

因此，為實質推廣離岸風力發電系統，經濟部能源局分別於 2009 年和 2012 年，公布「再生能源發展條例」和「離岸風力示範獎勵辦法」，統計至今 (2015) 年 5 月底止，目前台灣陸域總裝置容量為 637.2 MW，離岸部分將於明年完成 4 架示範機組安裝，更規劃於 2030 年完成陸海域總裝置容量達 4.2GW。

目前已有一些文獻對於台灣風能資源的探討 [2-6]，但鮮少針對離岸最大潛能與適合場址進行研析，且由於能源政策法令與時俱進，及環境考量因子與可開發需求之變遷，難以較全面性地針對台灣離岸部分，進行系統性的潛能評估。因此，本研究將使用天氣預報系統 (Weather Research and Forecasting, WRF) 與地理資訊系統 (Geographic Information Systems, GIS) [7] 分析工具，及多年來所累積的大氣資料庫與圖層資料庫，進行離岸風力最大潛能分析與離岸優選區塊場址評估。

此研究奠定了瞭解台灣離岸風能評估最大潛能量的研究基礎，不僅可作為政府於再生能源推廣與政策研擬之依據，更可作為風力開發業者篩選潛在場址之重要參考。此外，離岸優選 36 處區塊之研究成果，更於今 (104) 年 7 月 2 日由經濟部能源局公告為「離岸風力發電規劃場址申請作業要點」之一。[8]

本文第一章為簡介，概述全球風電概況與研究目的；第二章為台灣風能目前與未來發展；第三章為研究方法及步驟；第四章和第五章分別為，離岸海域最

大潛能分析和離岸風力區塊 36 處離岸風電潛力場址；最後為本文重要結論。

2. 台灣風能現況與未來發展

政府已於 2011 年 11 月的「能源政策」會議上，提出黃金十年的永續環境願景，將全力推廣「再生能源」之「千架海陸風力機」計畫。預計於 2016 年完成國內首座離岸風場開發設置，2020 年完成開發淺海風場 320MW，並於 2030 年前安裝約 600 架 3,000 MW 離岸風力機，與陸域 450 架 1,200 MW 風力機，合計共設置超過 1,000 架風力機，總裝置容量將達 4,200 MW，約可占再生能源設置目標 33% 以上。

目前我國於千架海陸風力機計畫推動時程上，如表 1 所示，其短程、中程與長程目標規劃如下：

短程目標：2016 年完成 4 架離岸示範機組。

中程目標：2020 年完成離岸 320 MW，與陸域合計共 1,520 MW。

長程目標：2030 年完成離岸 3,000 MW，與陸域合計共 4,200 MW。

依循的原則為：先陸域後離岸、先示範後區塊、先淺海後深海。

表 1、千架海陸風力機計畫推動時程

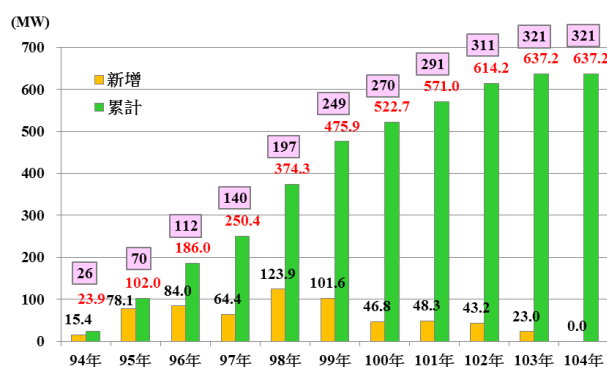
年度	2013	2015	2020	2025	2030
陸域風力 (MW)	614	637	1,200	1,200	1,200 (450 架)
海域風力 (MW)	0	0	320	1,520	3,000 (600 架)
小計	614	637	1,520	2,720	4,200 (1,050 架)

資料來源：千架海陸風力機辦公室[9]

2.1 國內陸域風力發展歷程

國內自 1980 年起開始投入風力發電相關技術研究，由經濟部能源局委託工研院，分別於 1984 年、1986 年及 1989 年，從事 4 kW、40 kW 及 150 kW 風力機之研發，於 1980 年代末期能源危機解除後便停止開發工作。然而，為引領國家風能發展，發揮創造自有與乾淨綠色能源，能源局自 2000 年起積極推動風電開發應用，透過資源勘查、技術輔導、研究調查、示範補助與宣導，已初步達成推廣成果，並帶動台電公司及民間業者相繼投入陸域風能開發，統計至 2015 年 5 月底，陸域已運轉共 28 座風場，總計 321 部機組，累計總裝置容量為 637.2 MW（經濟部核准之電業風場共 26 座，計有 314 部機組，容量 632.8 MW；廠商自用發電風場 2 座，計有 5 部機組，容量 4.4 MW）；另有

559.4 MW 於施工、籌設及規劃中，詳如表 2 所示。歷年我國風力發電安裝情況如圖 1 所示。



1、我國風力發電安裝情況

表 2、我國風力發電推動現況統計

開發階段	已運轉	施工許可	籌設許可	環評/規劃中	共計
機組數	321	23	19	157	518
容量 MW	637.2	41.3	25.7	492.4	1,192

2.2 海域風力目前發展

國內風能資源較好區域多已開發完成或規劃中，加上台灣地狹人稠，近三分之二為山區且不易開發風場。然而臺灣西部海域被國際工程顧問公司 4C Offshore 評定為全世界最優良的海上風場，且西部沿海擁有極佳風況，相對於陸域風力機平均年滿發時數（約 2400 小時），離岸風場可達 3300 到 3400 小時。因此，為追求更穩定的風能來源，「離岸風力發電」遂成為國家積極開發之重點。

然而離岸風力發電於開發初期，具技術難度高及造價昂貴等特點，加上國內尚無離岸風電開發案例，缺乏相關海事工程經驗。因此，經濟部參酌國際離岸風力發電推動經驗，先由小規模先導型離岸示範計畫著手，再往大規模離岸區塊邁進。依據「再生能源發展條例」第 11 條第 2 項授權，研擬訂定「風力發電離岸示範系統獎勵辦法」，以經費補助方式，鼓勵業者設置離岸示範風場，該辦法已於 2012 年 7 月 3 日公告實施，作為帶動離岸風電開發之重要依據。

並於 2013 年 1 月 9 日公布評選結果，由「福海風力發電股份有限公司籌備處」、「海洋風力發電股份有限公司籌備處」取得得受獎勵人資格；另「台灣電力公司」經專案審查合格，亦為得受獎勵人。

如表 3 所示，獲選受示範獎勵之「福海風力發電股份有限公司籌備處」，規劃在彰化縣芳苑鄉外海 11 公里，水深 25~40 公尺處設置 30 架離岸風力機，裝置容量達 108MW 之離岸風場；另受獎勵之「海洋風力發電股份有限公司籌備處」，則規劃在苗栗縣竹南鎮外海 1~5 公里水深 5~30 公尺處設置 36 架風力機，裝置容量達 130MW 之離岸風場，未來將分兩階段設置共 72 架風力機，總裝置容量近 260MW。除福海公司與

海洋公司兩件民營示範案外，「台灣電力公司」亦以國營事業身份開發離岸風場，合計三件示範獎勵案於民國 2016 年完成 4~6 架示範機組設置，並於 2020 年前完成示範風場開發。此三件示範案之總裝置容量將達 300MW 以上。相關示範風場位置圖如圖 2 所示。

表 3、獲獎勵業者之示範風場介紹

	示範風場介紹		
	福海示範案	海洋示範案	台電示範案
地點	彰化縣芳苑鄉外海	苗栗縣竹南鎮外海	彰化縣芳苑鄉西側海域
離岸與水深	8~11 公里 水深：20~40 公尺	1~5 公里 水深：5~30 公尺	6~8 公里 水深：15~25 公尺
架數	30 架裝置	36 架裝置	22~36 架裝置
容量	約 108 MW	約 130 MW	約 108 MW

該示範獎勵計畫為離岸風電區塊開發模式之試運行，未來更將透過區塊開發模式進行推動，以每年新增 300MW 離岸裝置容量的開發速度，推動大規模深海風場開發，以逐步達到 2030 年累計裝置容量 3000MW 之推動目標，設置量達 600 架以上海上風力機，連同陸上風力機 400 架，總裝置容量將達 4200MW，屆時風力發電總裝置容量將占再生能源總設置目標 33% 以上，可望成為國內最主要再生能源之一。



圖 2、示範風場位置圖

3. 研究方法及步驟

離岸風電開發潛能分析評估分為四大步驟，分別為台灣地區風力潛能分析、可行環境條件與開發需求、區域範圍評估界定、潛在風能理論值推估。以下將依序作說明[10]：

3.1 台灣地區風力潛能分析

離岸風能評估主要方法是利用海氣象模式模擬、海域觀測、衛星影像或衛星反演風場進行多重比對分析，以得到大範圍高解析度之風能特性資訊。本研究利用中尺度數值天氣預報系統 (The Weather Research and Forecasting Model, WRF) 進行 2008~2010

年時序風速資料，並與實測資料進行比對與修正，以推估出不同高度的風場數據，最後完成建置台灣地區 2 公里 × 2 公里解析度之風場模擬分佈資料，如圖 3 所示。其中，WRF 為新一代的中尺度數值天氣預報系統，主要用於天氣預報與大氣研究，具有資料同化與軟體架構化之動態核心特徵，用以達成平行化電腦計算及系統擴展性的特點，模擬的尺度可由數公尺到數千公里。

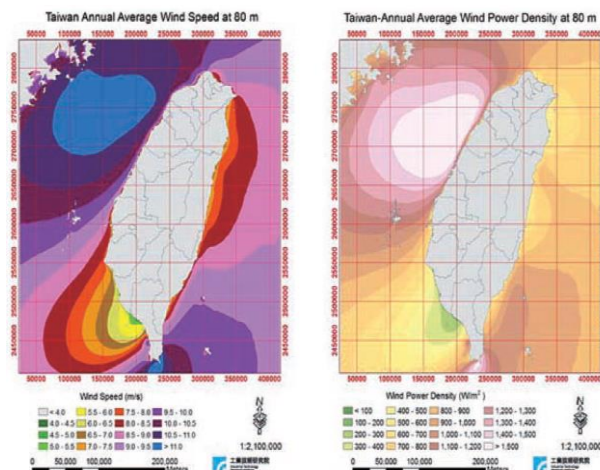


圖 3、台灣離岸地區年平均風速 (m/s) 與風能密度 (W/m^2) 之風力潛能分布圖

3.2 可行環境條件與開發需求

必須考量所屬的可開發環境條件需求，在環境條件部分，包含自然環境、人為活動及生態環境。其中自然環境部分，主要是地形、地質、氣象與海象之調查分析，並以風波流為主要考量因素；人為活動則包括交通、國防、漁業與海底電纜等現況分析，由於人類在近海區域活動頻繁，對於未來深水開發應用需依個案需求進行更詳盡的調查，方能得知是否為排除的開發區域；生態環境包含自然生態保護區、漁業資源及其它敏感區，主要為考量自然保留區、重要野鳥棲地、濕地、沿海保護區、人工魚礁禁漁區、保護礁區與中華白海豚等。

在開發需求部分，除需考量海纜與基礎工程之施工成本外，仍需考慮環境因素，避開海底地形變遷劇烈之區域、河口區域、斷層帶、魚礁區、海岸保護區等，並確定不會與已埋設之海纜及海底管線交叉。

3.3 區域範圍評估界定

如圖 4 所示，本研究將利用美國環境系統研究所 (Environmental Systems Research Institute, ESRI) 所開發之 GIS 軟體進行區域範圍評估界定之評估，其為一種整合空間資料的資訊技術，以處理定位訊息為主的地理資訊系統。

首先將建置整合可行環境條件與開發需求之離岸限制開發區域相關圖層資料，並利用圖層套疊方式篩選出可能潛在場址。以西部海域水深 5 公尺至十二

湓領海外界線內為主要評估區域，套疊海平面高 10 公尺平均風速模擬值 8 公尺/秒以上之區域，並初步排除包含海底纜線、油氣管線、專用漁業權、火炮射擊區、地形陡峭區域等地區後，初步評估出台灣海峽之風能分布圖與可開發潛在區域，如圖 5 所示，其中，於 12 海湓領海外界線內的風速皆在 8 公尺/秒以上，甚至高達 9 公尺/秒。

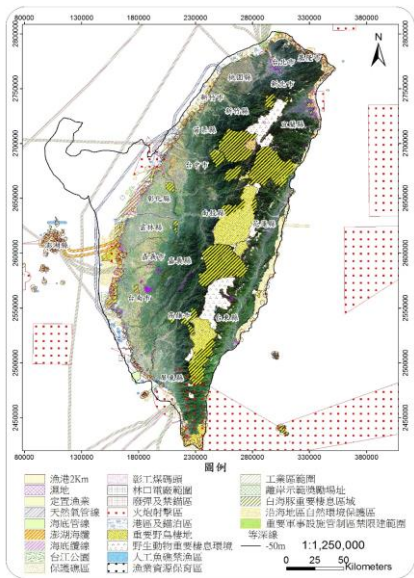


圖 4、潛力場址劃設排除範圍

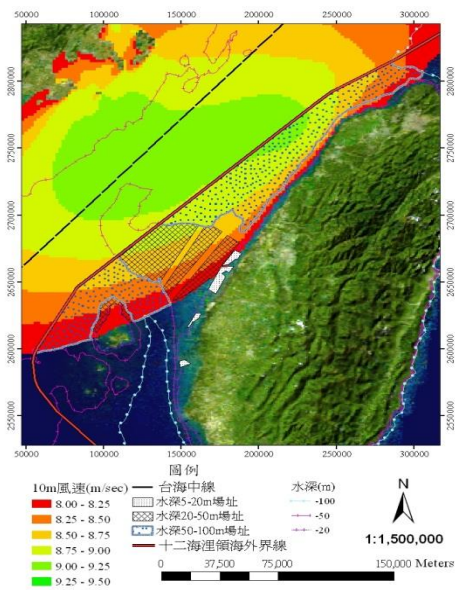


圖 5、台灣海峽之風能分布圖與可開發潛在區域

3.4 潛在風能理論值推估

此為風能評估的最後一個步驟，主要目的是為了量化小尺度區域的風能受地形地貌之影響，及風力機彼此間尾流的效應，以評估場址的潛在風能。因此，透過微選址 (Micro-Siting) 技術，在同樣的土地面積與相同數量的風力機組條件下，進行風力機佈置最佳化，以達風力發電場址最大發電量評估。主要考量程

序如下：

(一) 風力機佈置：採用平行盛行風向 4 倍距離與垂直盛行風向 10 倍距離作為風力機彼此間隔。

(二) 風力潛能：以 10 公尺高模擬平均風速為 8 m/s，再依據不同機型塔高進行輪轂高度風速推估。

(三) 風力機型：採用 Siemens SWT-3.0 額定容量 3MW，葉片直徑 100 公尺及空氣密度 1.225 kg/m³ 之發電性能曲線。

(四) 理想年發電量：係假設此潛在區域風速呈韋伯機率分布 (Weibull Distribution) 形狀 k=2 與空氣密度 1.225 kg/m³ 之發電性能曲線的乘積。

(五) 淨年發電量：假設運轉可用率 80%、整體尾流效應 10%，及線損效應約 4% 下之實際發電量。

4. 離岸海域最大潛能分析

由圖 5 所評估出之台灣海峽風能分布圖與可開發潛在區域後，下一步將進行離岸風力最大潛力與推估可開發量之評估，主要程序包含可配置風力機數量分析與清點並揭露離岸風力可開發最大容量。

可配置風力機數量分析：因為台灣地區盛行東北與西南季風，故風力機間的距離為東西向較小而南北向較大。以容量 3MW，葉片直徑 100 公尺風力機為估算基礎，機組間合理間隔訂為東西向 400 公尺及南北向 1,000 公尺。

表 4、離岸風力最大潛力與推估可開發量

離岸風力	水深 5~20 m	水深 20~50 m	水深 50~100 m	總量
最大潛力	12 海湓領海外界線內 西部海域(鼻頭角至鵝鑾鼻)	12 海湓領海外界線內 西部海域(鼻頭角至鵝鑾鼻)	12 海湓領海外界線內 西部海域(鼻頭角至鵝鑾鼻)	
面積(km ²)	1,380	5,530	11,950	
潛力(GW)	10.5	41.5	90	142
風速條件	10m 風速大於 6m/sec	10m 風速大於 8m/sec	10m 風速大於 8m/sec	
面積(km ²)	1,230	3,950	7,200	
潛力(GW)	9	29.5	54	92.5
排除條件(衝擊因子)	火炮射擊區、生態保護區、海底纜線區、油氣管線、港口航運區、河口、港口 3 公里範圍、泊船區、魚礁、保護區、縣市政府態度、已核定開發海域、油氣管線	火炮射擊區、海底纜線區、油氣管線區、魚礁、保護區、港口 3 公里範圍、泊船區、港口航運區、自然環境保護區、軍事管制區禁限建範圍	火炮射擊區、海底纜線區、油氣管線區、海洋棄置區、泊船區、港口航運區	
初期推估可開發量	面積(km ²) 380	面積(km ²) 3,150	面積(km ²) 5,700	
潛力(GW)	3	24	43	70
考量因子	• 區域開發 • 經濟效益 • 地質條件 • 地震規模 • 矩陣排列 • 台灣綠地 • 可引接變電所 • 棋位數	• 航運安全 • 漁業衝突 • 生態影響 • 雷達干擾 • 其他利用 • 集中效應 • 累積影響	• 航運安全與漁業衝突 • 生態影響 • 雷達干擾 • 其他利用 • 集中效應 • 累積影響 • 技術難度	
面積(km ²)	229.5	以 20% 開發率估算	以 20% 開發率估算	
潛力(GW)	1.2 ^{※2}	5	9	15.2
發電量(kWh)	39.6 億	165 億	297 億	501.6 億

※1 依再生能源發展條例之定義

※2 依實際面積進行風力機佈置及考慮尾流與纜線配置所估算之可開發潛力

重新清點並揭露離岸風力可開發最大容量：以

3MW 風力機，4D*10D 排列估算 (D=100 公尺、7.5MW/km²)。如表 4 所示，離岸最大潛力與開發量之分析，主要是依水深條件進行分類，包含水深 5~20 公尺、20~50 公尺及 50~100 公尺。再依風速條件、衝擊因子與考量因子條件，進行可設置面積、發電潛力與發電量之評估。由海域最大潛能分布模擬分析結果顯示，考量各項影響因子後，水深 5~20 公尺的風能潛力為 1.2GW；水深 20~50 公尺為 5GW；50~100 公尺為 9GW。然而，若要提升裝置容量，則必須逐步開啟排除條件，相對將造成對環境和經濟等衝擊。

5. 離岸風力區塊 36 處離岸風電潛力場址

完成離岸海域最大潛能分析後，離岸風電開發優選區塊之決定，必須根據海域環境資料，利用適切的評選準則及合理的評估機制選出優良的開發區塊，因此，針對台灣西部海域離岸風電區塊劃設原則之內容說明如下：

(一) 區塊劃設原則擬定

劃設範圍界定係依據『再生能源發展條例』(98 年 7 月 8 日)第三條第四款：「風力發電離岸系統：指設置於低潮線以外海域，不超過領海範圍之離岸海域風力發電系統」，針對台灣西部海域(北起富貴角，南至貓鼻頭)水深介於 0 公尺(最低低潮線)~50 公尺間之範圍進行區塊劃設。

區塊劃設之原則如下：

1. 以行政區界劃分，若行政區內有主要河川或特殊地形變化時再加以細分。
2. 避開應予保護、禁止或限制建築地區。
3. 排除示範獎勵計畫之範圍。

(二) 區塊劃設排除條件與考量因子

依據上述原則，擬定海域相關排除條件與考量因子，如表 4 所示：

1. 國防軍事：包括火炮射擊區、訓練演習區、雷達管制區等。
2. 航運交通：漁港、商港進出航道、錨泊區、飛航管制區等。
3. 保護區：包括台灣沿海地區自然環境保護計畫劃設之自然保護區、水產動植物繁殖保育區、野生動物保護區、重要濕地、漁業權區、人工魚礁禁漁區或其他漁業重要使用區域、白海豚重要棲息環境區、文化資產保護區等。
4. 已核定及規劃中之開發計畫：礦產採礦區、離島工業區、商港開發計畫區、離岸風力示範獎勵計畫範圍等。
5. 海底管線：包括電力電纜、通訊電纜、油氣管線、輸水管線等。

(三) 區塊劃設與排除因子

依據區塊劃設原則、排除條件與考量因子，蒐集應予保護、禁止或限制建築地區，及示範獎勵計畫範圍之相關圖層資料，並匯入 GIS 地理資訊系統，其相關排除之範圍繪製如圖 4 所示。由區塊劃設選定之區域剔除上述排除因子範圍，篩選出北起富貴角、南至貓鼻頭，涵蓋台灣西部海岸線，以水深 50 公尺以內為

界，完成畫定 36 個離岸區塊優選場址，如圖 6 所示。

由所評估出來的海域離岸區塊分析結果顯示，在 12 海浬領海外界線等深線內，篩選出 36 個離岸優選區塊，主要分布在西部的彰化與雲林沿海，多達 25 個離岸區塊，年平均風速由近岸的 8 公尺/秒至 12 海浬領海界線的 9 公尺/秒；其餘零星分布在桃園、新竹和苗栗等縣市，年平均風速亦達 8 公尺/秒，極具開發潛力。

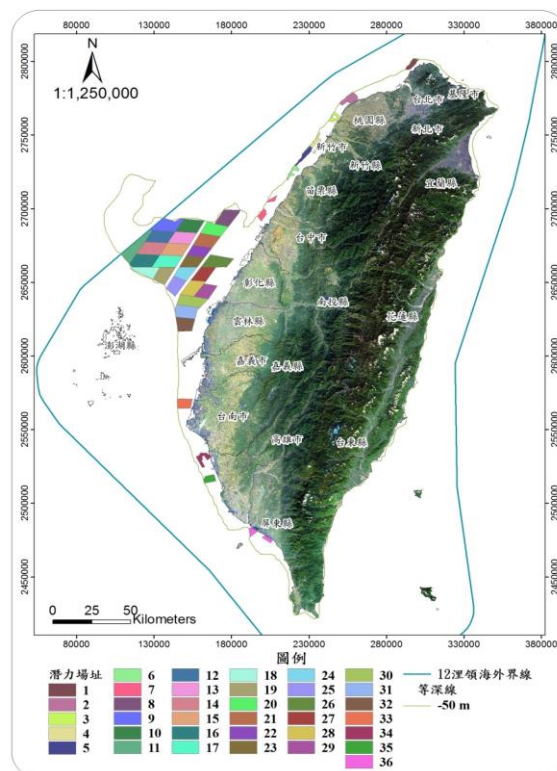


圖 6、36 處離岸風電潛力場址範圍

6. 結論

目前國內尚未有離岸風電開發案例，除了有待技術建立外，仍有許多政策面、環境面及技術面等問題尚待解決。此外，由於海域面積廣大，實際調查潛在場址需耗費許多資源與經費，更遑論整個西部海域進行開發資訊建置，故透過此選址排序與調查規劃，未來分階段建置優先開發條件，或進行潛在場址調查項目將為必然之所需，因此，本研究除可提供最佳可開發區域供政府做為推動離岸風電政策擬定依據外，亦可作為開發商優先開發區域之參考。

由國內陸域發展歷程顯示，台灣之北中南部的風場主要分布的地區如下：北部從桃園之大園到新屋沿海，新竹之新豐到香山一帶，苗栗之後龍至苑裡沿海一帶；整個中部沿海，自通宵、大甲、經梧棲、大肚，一直到彰濱及麥寮沿海一帶；南部的嘉南沿海及屏東墾丁等地亦富風力潛能。

由海域最大潛能分布模擬分析結果顯示，考量衝擊因子和考量因子後，水深 5~20 公尺的風能潛力為 1.2GW；水深 20~50 公尺為 5GW；50~100 公尺為

9GW。總潛能和發電量分別達到 15.2GW 和 501 億度。

再者，由所評估出來的海域離岸區塊 36 處分析結果顯示，台灣主要之風力潛能蘊藏區，主要分布在西部沿海附近，以彰化縣和雲林縣為大宗，多達 25 個離岸區塊，其餘零星分布在桃園、新竹和苗栗等縣市，且多數地區年平均風速可達 8 公尺/秒以上，甚具開發潛力。

誌謝

本研究感謝經濟部能源局(計畫編號104-D0106)支持，使本計畫得以順利進行，特此致上感謝之意。

參考文獻

- [1] Make Consulting A/S, “Q1 2015 Global Wind Power Market Outlook Update”, Højbjerg, Denmark, Apr. 2015.
- [2] Lin CJ, Yu OS, Chang CL, Liu YH, Chuang YF, Lin YL, Challenges of wind farms connection to future power systems in Taiwan. *Renewable Energy* 2009;34(8):1926-1930.
- [3] Chen F, Lu SM, Tseng KT, Lee SC, Wang E, Assessment of renewable energy reserves in Taiwan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2010;14(9):2511-2528.
- [4] Huang YH, Wu JH, A transition toward a market expansion phase Policies for promoting wind power in Taiwan. *Energy* 2009;34(4):437-447.
- [5] Fang HF, Wind energy potential assessment for the offshore areas of Taiwan west coast and Penghu Archipelago. *Renewable Energy* 2014;67:237-241.
- [6] Tsai WT, Energy sustainability from analysis of sustainable development indicators A case study in Taiwan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2010;14(7):2131-2138.
- [7] ESRI, ArcGIS desktop: Release 10.2 Environmental Systems Research Institute, Redlands, California, United States.
- [8] 經濟部能源局，「離岸風力發電規劃場址申請作業要點」。2015年，7月。
- [9] 千架海陸風力機辦公室，
<http://twtpo.demosite.tw/html/intro/goal.aspx>
- [10] 陳美蘭，胡哲魁。台灣地區風能評估與離岸風電開發潛能分析。2014年，7月。