

## 從各國經驗看臺灣離岸風力發電之未來展望

陳 賜 賢

喬聯技術顧問股份有限公司 負責人

### 摘 要

2014 年全世界風力發電之設備容量由 2013 年之 318,644MW 變為 369,597MW。增加比例約 16.0% (50,953MW)；過去 10 年 (2005 年~2014 年) 年平均增加比例約 23%。經濟部能源局設定 2030 年離岸風力發電目標為 3,000MW 作為未來再生能源發電量的之一部分；雖然北歐及其他先進國家已有許多經驗可資參考，但由於台灣地區海象環境特性與北歐及其他地區截然不同，有許多關鍵問題，包括海上施工船機技術尚未成熟外，仍有諸多限制條件與環境影響需考量，包含海域作業之審查與管理機制、航運港埠發展與離岸風場之競合、漁業權補償協調與溝通、海域國防禁限建、白海豚生態保育、環境影響評估等多面向之問題，皆需進行長期審慎的評估；本文進一步從海岸技術與法令探討離岸風力發電可能面臨問題，以供相關單位參考。

### 一、離岸風力電 offshore wind 選定基準與港區水域航道問題

要選取合適的地點來建造離岸風電場，其選址基準參數，必須考慮經濟及技術上是最可行，另外對沿岸景觀影響衝擊，包括設計機組排列和位置，使之在遠眺時體積較少，和儘量遠離敏感的視線範圍，例如包括如下：

[1]風力能源達3級以上（平均風速約7m/s）、[2]水深20m以下、[3]離岸距離10km以上、[4]到變電所距離30km以下、[5]船隻航道，停泊區相關安全行，如圖1~3，以避開所有已知的高交通量地帶，降低對海上安全及航行的潛在影響。

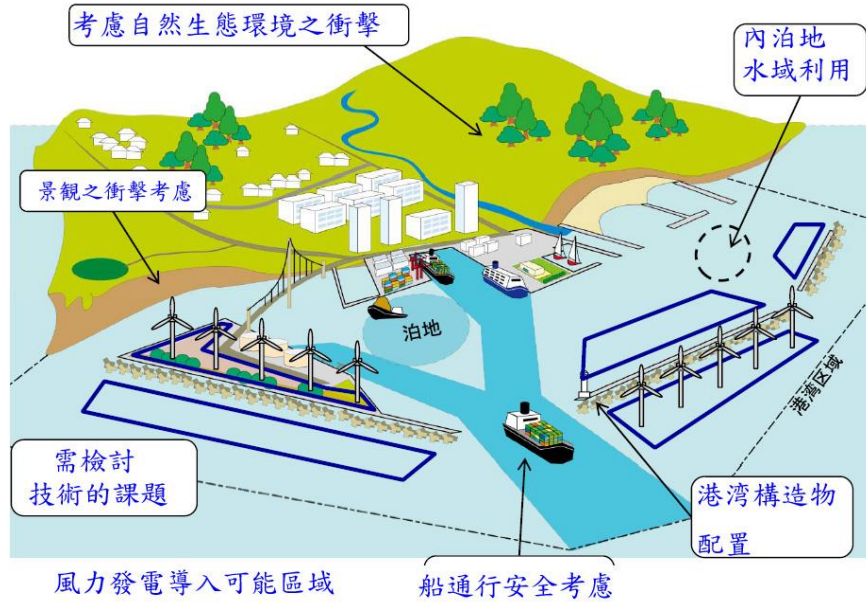


圖1 臺灣離岸風力發電潛力場址評估考量

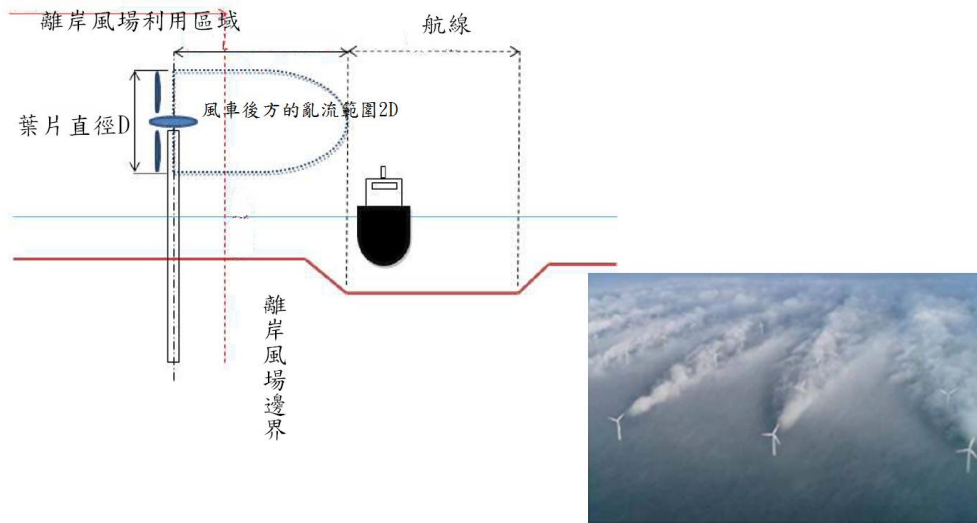


圖2 臺灣離岸風力發電潛力場址評估考量

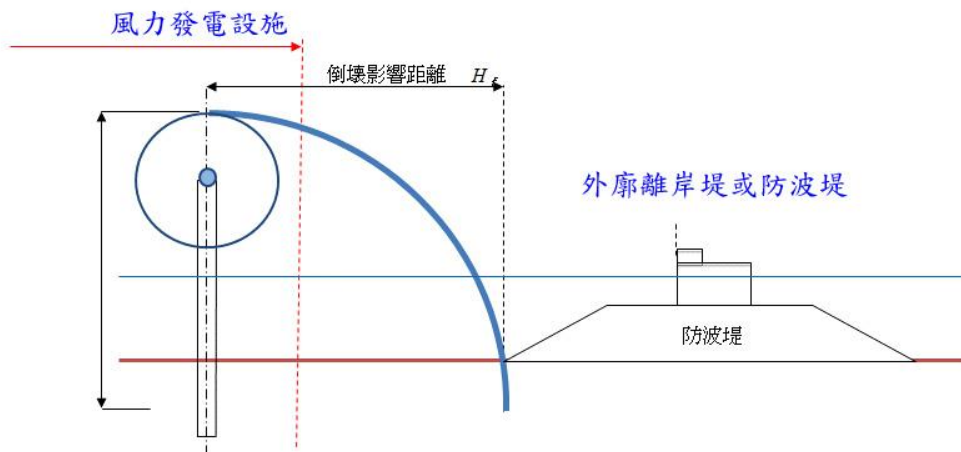


圖3 臺灣離岸風力發電潛力場址評估考量

## 二、各國離岸風能立地基礎設施種類與適用條件

風力機之輸出風電能約與葉輪直徑平方成正比；所需塔架高度亦隨之增加。葉片愈長，其受風面積愈大，所能擷取的風能就愈多，目前各國商業化的風電能已經由中型發展朝向大型風力發電機組，其參考值如下表1及圖4。

表1 離岸風力發電的參考規格

離岸風能	葉片直徑(m)	平均塔架高度(m)
2000 KW	60-90	80-140
2500 KW	80-110	100-150
3600 KW	90-120	110-170
5000 KW	110-140	130-180
7000 KW	130-160	150-200

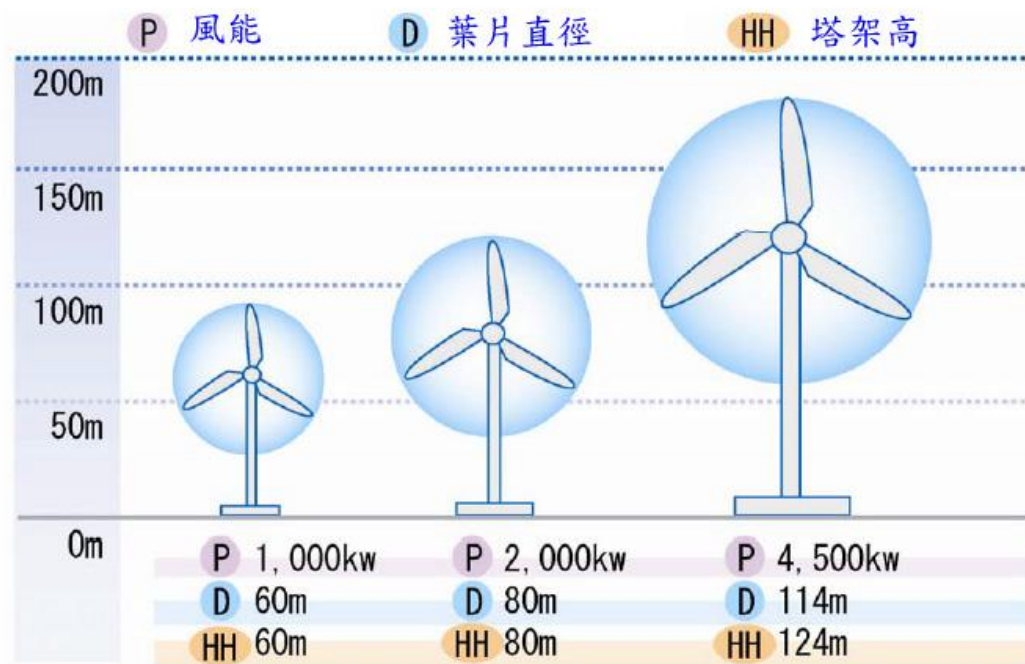


圖4 離岸風機規格之中大型風力發電機組

離岸風機布置通常如棋盤般規劃，設定機組排列使其能最有效利用主要卓越風向，但由於風場尾跡互相干擾影響效率其參考值如下圖5與6。

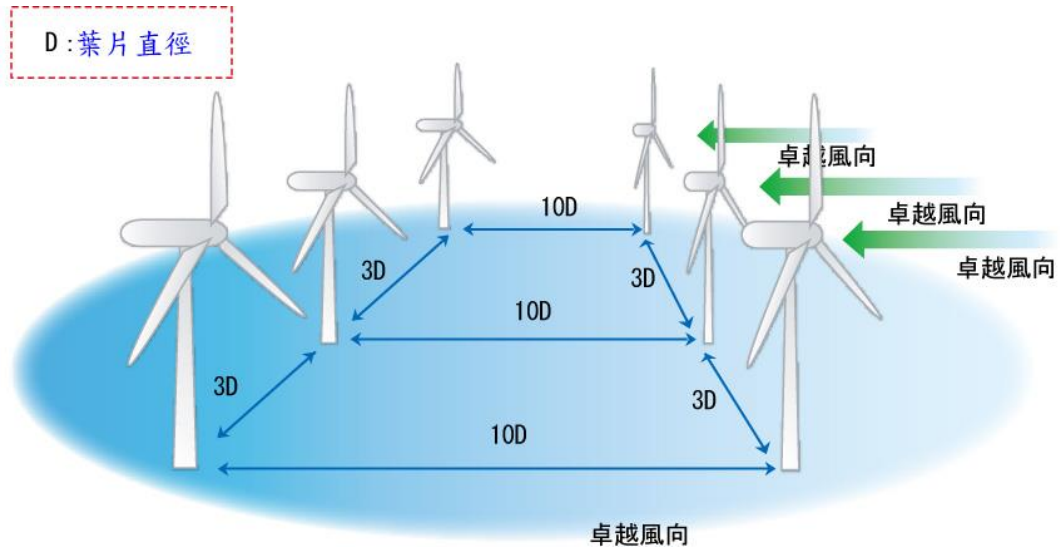


圖5 離岸風機布置施設間隔








圖6 日本茨城県鹿島港湾區域離海堤護岸約1,200~1,600m之水域

### 三、離岸風力與陸上風力施工上之差異

據統計離岸風力風能較陸上平均多出40%產能，但設置成本比陸上多約60%，並且風險高，如此昂貴的成本，凸顯離岸風電技術須更精進，唯有提高使用效率並延長工程生命週期(風力發電機組的設計壽命，一般為20~25年)，才能永續經營，其搬運至基礎施工差異參考如下表2。興建海上風電場從第一個模組測試驗證起到完全商轉量產，一般需時3~5至兩年。施工期分兩個階段：首先建造各機組的地基結構，繼而是鋪設電纜，最後是機組安裝。在許可情況下，基礎設施會儘量在陸上預組裝，以便海上現場各種的特備船隻會把風電場各項設施穩妥地安裝起來。在施工現場最大型的船隻，是那些可在各種海面情況下能夠屹立在海面上的安裝台。

表2 陸上風力與離岸風力之施工上差異

	搬運	纜線布置	風車・基礎
陸上風力		<p>後端送電系統銜接</p> 	
離岸風力	<p>船舶搬運</p> 	<p>海底纜線鋪設</p> 	<p>平台船基礎現場施工</p> 



#### 四、離岸風力發電重力式基礎設計例

離岸風力設置與海上環境外力的交互關係(如下圖7所示)，其設計說明如次：

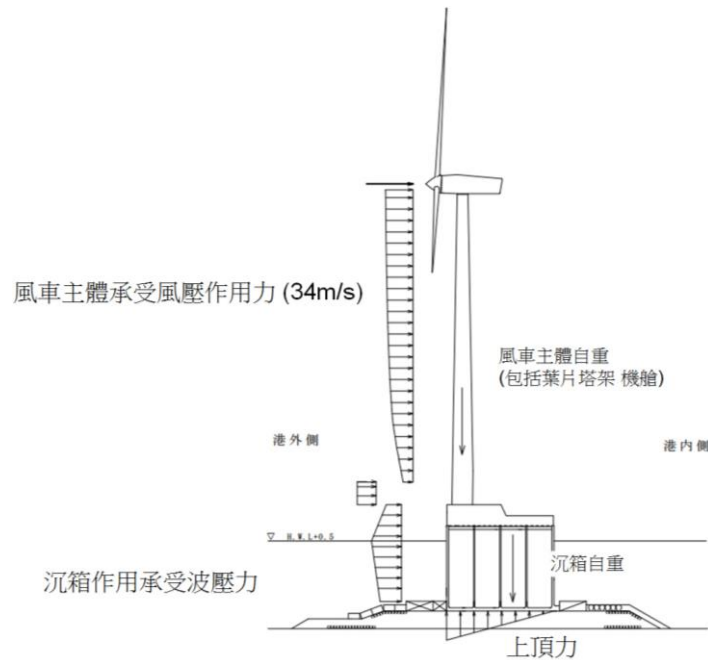


圖7 離岸風力設置與海上環境外力的交互關係

##### (一) 設計潮位

依據原設計潮位資料顯示，推估該處之潮位系統分析如下。

高潮位H. W. L. D. L. +0.5M

低潮位L. W. L. D. L. +0.0M

##### (二) 深海設計波50年迴歸期之波浪條件 (推算值)

( $H_{1/3}$ ) : 8.9(m)

$H_o' = 13.1$  (m)

$T_o = 13.5$ sec

入射角度( $\beta$ ) : 40 ( $^\circ$ )

##### (三) 計畫基礎頂高

D. L. +6.00(m)

##### (四) 計畫水深

D. L. -13.0(m)

##### (五) 風車設計單元

風車輸出能量 : 1.65(MW)

葉片直徑：66(m)

從平均水面至機艙高度：60(m)

塔徑(上端)： $\phi=2.310$ (m) (D. L. +64.90m)

塔徑(接合部)： $\phi=2.771$ (m) (D. L. +40.50m)

塔徑(接合部)： $\phi=3.483$ (m) (D. L. +16.70m)

塔徑(下端)： $\phi=4.025$ (m) (D. L. +6.00m)

設計上考慮在最大風速作用於風車的情形，此時風車葉片的迴轉停止即發電停止。

表3 風車基礎及風車作用外力

外力		檢討例				
		暴風時				
		水平力 H(kN/m)	垂直力 V(kN/m)	起動彎矩 M <sub>b</sub> (kN·m/m)	抵抗彎矩 M <sub>r</sub> (kN·m/m)	
基礎	風車					
	部	堤體重量	-	7,755.43	-	87,396.58
	基	波浪	2,180.49	-	20,545.74	-
		上頂力	-	-967.20	-	-13,863.20
		浮力	-	-2,737.30	-	-30,002.25
風車主體		風車自重	-	139.75	-	2,515.50
		波浪	119.06	-	2,589.56	-
		風力	63.32	-	4,176.02	-
合計		$\Sigma H=2,362.87$	$\Sigma V=4,190.68$	$\Sigma M_b=27,311.32$	$\Sigma M_r=46,046.63$	

## 五、離岸風力發電今後之課題

世界各國離岸風電設計都是採取遠端陸地控制和大部份自動化的設計，大部份離岸風電場是沒有長駐現場人員的，而維護管理頻率為每年檢修。離岸風電場一般十分可靠，設備可利用率超過95%。海上變壓站和個別風電機組都無須人員長期駐守，但會設有用於應急時的住宿設施。一般離岸風力發電機，單一個葉片就長達65公尺，還有50多公尺長、700公噸重的基樁，整個組合起來比747飛機像還要大；目前臺灣要投入離岸風電發展再生能源，除了海上船舶設備基礎設施嚴重不足外，未來離岸風場必要耐久性考慮、維護管理、漁業權問題等，如下圖8說明，尚有相關法令與長期維護管理制度建立尚需努力。

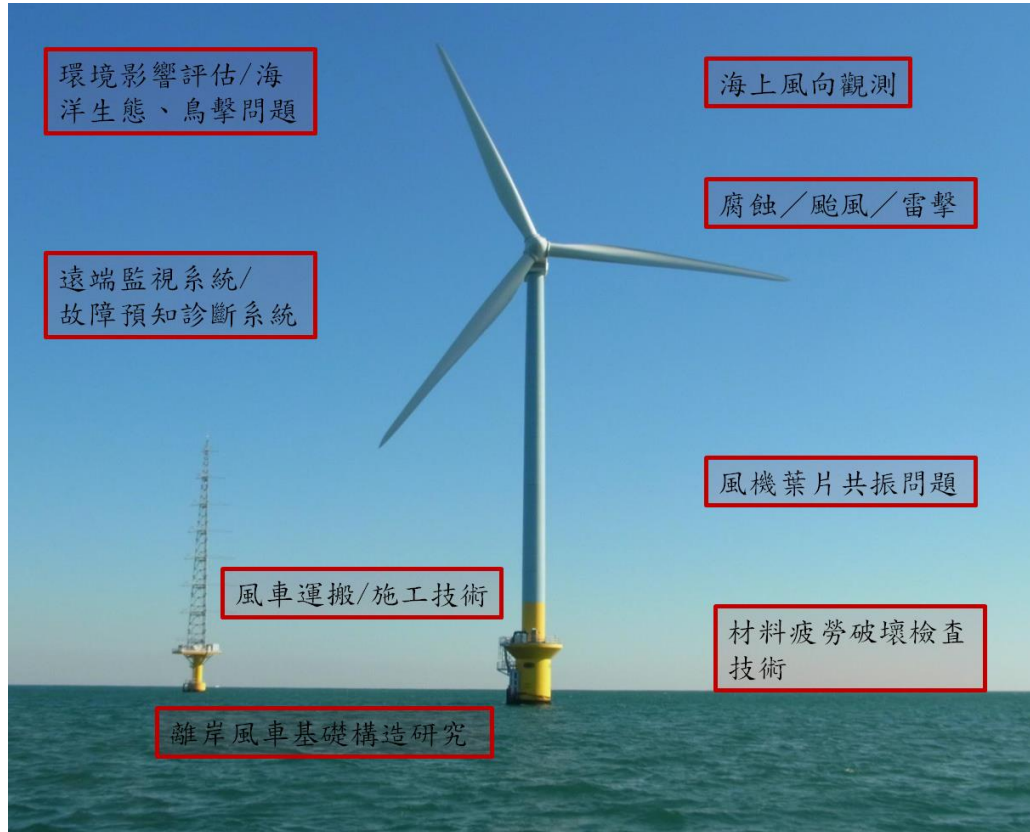


圖8 離岸風力發電今後之課題

## 六、參考文獻：

- 1、離岸風力發電第一期計畫可行性研究. 台灣電力公司 104 年 1 月
- 2、EU Joule III Project JOR3-CT95-0087, OPTI-OWECS FINAL REPORT volume2, Methods Assisting the Design of OWECS Part D, pp4-1~4-4, 1998.
- 3、EWEA : Oceans of Opportunity, <http://www.ewea.org/>, 2009.
- 4、Ebert Steffen : Wind energy - a German success story, German Wind Energy Association, at the "German Renewable Energy Day", Chiba, 2006
- 5、NEDO 新エネルギー・産業技術総合開発機構：平成19年度洋上風力発電導入のための技術的課題に関する調査報告書，イー・アンド・イーソリューションズ，風力エネルギー研究所，日本電機工業会，2007
- 6、NEDO新エネルギー・産業技術総合開発機構：平成20年度洋上風力発電実証研究 F/S調査（銚子），東京電力，東京大学，鹿島建設，2008.
- 7、洋上風力発電の現状と将来展望 東京大学大学院工学系研究科石

投稿 105.05.12  
校稿 105.05.23  
定稿 104.05.24