海上變電站簡介

業務處

一、源由

為因應全球暖化與氣候變遷，維護環境永續與能源發展，世界各國紛紛投入再生能源的開發與設置，近年風力發電的開發應用，已逐漸成為各國再生能源發展的重要選項之一。其中風力發電在應用上可分為陸域風電與離岸風電，而陸域風電受限於土地使用空間，開發已漸趨飽和，許多國家陸續開始將風電發展方向由陸域風電轉向發電量更大且更穩定的離岸風電。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之一，值得大力開發(如圖 1 所示)， 且近年來受限於環保、生態與居民抗爭，台灣陸域可供開發的優良風場漸趨飽和。鑒於台灣海峽為世界五大最好的海上風場之一，賦予台灣離岸風場開發的先天優異條件，因此，未來我國風力發電系統發展重心，亦順應此全球發展應用趨勢，由陸域轉往離岸發展，全力開發臺灣西部海域的離岸風場。

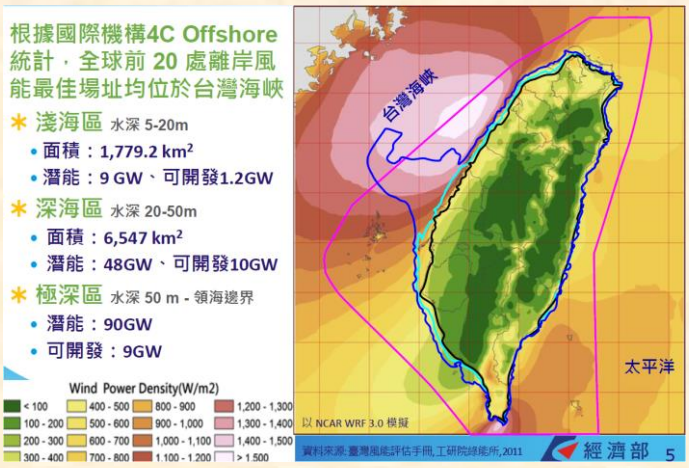

圖 1 優良風場在台海[1]

二、離岸風電的發展

離岸風電自全球首座風場開始商轉至今已逾 10 年，與陸域風電相比，離岸風電總裝置容量比例雖仍較低，然因離岸風場具備比陸域風場較佳且穩定的風況，故近年離岸風電發展十分迅速。根據 MAKE Consulting 研究預估，2016 至 2020 年全球風電複合成長率為 1.8%。其中陸域風電將顯現微幅衰退趨勢(複合成長率-1.3%)，而離岸風電則大幅成長 44.9%，成為未來世界各國大力發展的風力發電系統技術與應用主流(MAKE Consulting, 2016)。

經濟部自 2012 年開始推動『千架海陸風力機計畫』等策略，加大力度推展離岸風電。其中包含設置陸域風電 1.2 GW 與離岸風電 3.5 GW。離岸風電系統部分，規劃於 2016 年建置首批示範機組，並於 2020 年前完成 3 座示範風場，根據 106 年 6 月 1 日能源局的風力發電 4 年計劃的規劃報告，2021 年起則推動經濟規模區塊開發模式，以達成 2025 年離岸風電系統設置目標達 3.5GW(如圖 2 所示)，將帶動風場設置累計投資金額達新臺幣 5,400 億元，已為我國離岸風電市場創造明確商機。另外，也期望藉由建立在地技術的自主能量，催生新興離岸風電產業在我國成長茁壯。因此，政府已分別透過示範獎勵、潛力場址、區塊開發等推動機制，提供離岸風電明確市場發展方向：短中期可先鼓勵大型企業積極投入風場開發，推動建立海事工程及運維能量；中長期則透過具經濟規模的區塊開發政策，創造龐大市場需求，以吸引國外廠商來臺設置組裝場，引進相關技術，引導國內業者配合投入，促進產業技術研發升級，帶動風電相關製造、安裝、運轉與維護產業發展，前景可期。

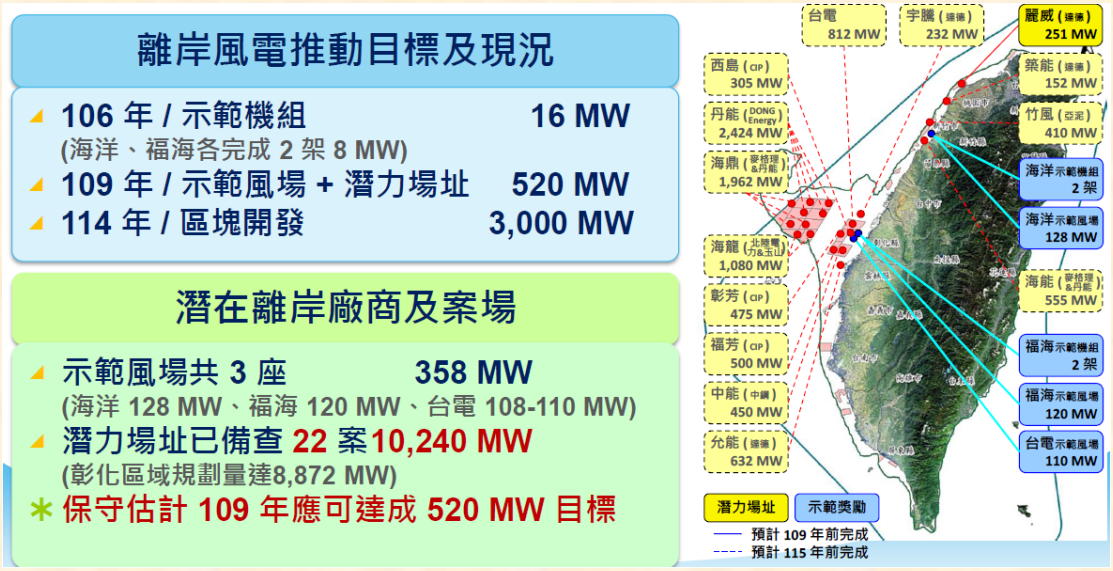

圖 2 離岸風電推動目標及現況 [1]

三、海上風電與海上變電站業務

海上風電業務承攬原由機械廠規劃負責，但因離岸變電站上構（top side）的設計、製造與組裝類似新船建造流程，其生產屬性較適合目前船廠生產模式運作，粗估約有 20 座離岸風電的潛在業務，其開發分佈與規模如圖 3 所示，由於海上變電站生產模式類似造船模式，非機械廠單獨可以完成，故今年 6 月底董事長決議將此業務承攬窗口移往業務處主辦，其餘海上風電業務承攬由新成立海工中心負責。

離岸風場風機總裝置容量大時，依「再生能源發電系統併聯技術要點」規定，風場電源線應併至台電超高壓系統，考量風力機輸出電壓規格設定為 66 kV 以下，故須藉由升壓變電站提升至超高壓系統後，再引導併入台電電力系統匯流排。海上風機所產生的電力，若直接經由海底電纜上陸，會有電力大量耗損的問題，故需要有海上變電站將電力收集起來，再升壓送到陸地，以減少輸送過程的大量電力損耗。原本台電初步規劃想自行興建 10 座海上變電站，幫民間

離岸風電開發商配送電力，以收取電力傳輸服務費，但此舉卻遭其他離岸風電開發商反彈。民間離岸風電開發業者表示，各個風場規格需求不同，興建時程也不一樣，不希望全由台電獨包總攬，希望能由各家開發商依自己開發規模、進度去建置。

民間離岸風電開發業者目前有丹麥丹能風力、加拿大Northland Power Inc、新加坡玉山能源、哥本哈根基礎建設基金(CIP)、澳洲麥格里、德國 WPD、中鋼、上緯及台電等國內外十多家廠商，共申請開發 22 個離岸風場，正在進行環評程序，如全部開發可達 10.2 GW。而本公司近年來致力於台灣離岸風電作業本土化的工作，為了達到政府深化本土化的要求，積極參與各離岸風電計畫的建置，已接受海龍辦公室的邀請，雙方簽署合作備忘錄，當該開發風場通過環評後，未來風場啟動開發，將優先由台船議價負責海底基礎、海上變電站和海上運輸、安裝等業務；加上今年 3 月已和 CIP 簽訂合作備忘錄，掌握其準備開發的彰芳、福芳及西島等三個風場合作機會，合計潛在商機擴大至五個風場與八座變電站，除此，業務處須盡全力爭取其他風場潛在的變電站業務。

潛在之海上變電站業務

項目	案別	座數	開發概況
1	丹能	4	申請4個區塊開發風場(12、13、14、15)，風場規模約2.4GW。目前已遞件進行環評審查。
2	海龍	4	申請2個區塊開發風場(18、19)，風場規模約1.2GW，目前已遞件進行環評審查。
3	台電	3	申請1個區塊開發風場(26)，風場規模約812MW，目前僅完成第一階段示範風場環評，尚未遞件進行環評審查。
4	中鋼	2	申請1個區塊開發風場(29)，風場規模約450MW，環評審查退件補正中。
5	Wpd (英華威)	0	申請2個區塊開發、2個非潛力場址風場。
6	CIP	4	申請3個區塊開發風場(27、28、A)，風場規模約1.5GW，環評審查中。
7	海鼎	4	申請3個區塊開發(11、16、17)，風場規模約1.5GW，環評審查中。

圖3潛在之海上變電站業務**四、海上變電站**

海上變電站(圖4)與陸上變電站設計中最大的差異表現為兩者的側重點是不同的。陸上變電站作為電力系統發、輸、配的重要環節，主要是為了滿足電力用戶持續、安全、可靠供電的需要，在變電站設計中對其運行可靠性有較高要求，而且通過長期的運行實踐，變電站形成標準化與典型性設計，其建設與運行維護成本較為穩定。而海上變電站目前主要是服務於海上風電功率併入電網，強調的是在風電場有電能傳輸需求時能夠可靠地進行電力能量傳輸，讓風電功率能順利併網，提升風機發電效率。同時，海上變電站長期位於風浪、高溫、高鹽害等嚴苛的腐蝕環境中，後續維護作業難度大、危險係數高；故海上變電站的建設、運行與維護難度、成本均遠遠高於陸上變電站。根據統計，相同容量條件下，海上變電站的投資成本約為陸上屋內變電站的2~4 倍；在相同條件下，海上變電站的故障維護時間幾乎為陸上的10 倍左右。而海上變電站的設計則更側重安全性與全壽命週期內的經濟性，採用的一些方法(如設備選型、結構設計等)與陸上變電站存在較大的差異，而海上變電站在設計之初，就需將相關運轉環境與後續維護考慮進去。

海上變電站配置有升壓變壓器、資料獲取與監控系統(Supervisory Control And Data Acquisition，縮寫為SCADA）、空調系統、柴油發電機、警報與海上通信系統。而配置柴油發電機的目的是為了保證變電站站用電的可靠性，當變電站從主系統脫離時，柴油發電機可以為變電站的自動化、照明、安全等設備提供備用電源。由於海上變電站離岸距離遠、可及性差，為了保證變電站的安全，柴油發電機在海上變電站設計中通常是不可少的。但是，海上變電站耐火等級低、火災損失大，除高壓主變壓器之外，消防設計亦是海上變電站的重點。目前設計中常用的方法是採用空間隔離的方式，將直昇機平台、柴油機及油罐等燃油系統放置於變電站底層或頂層，與其它電氣設備相隔離。

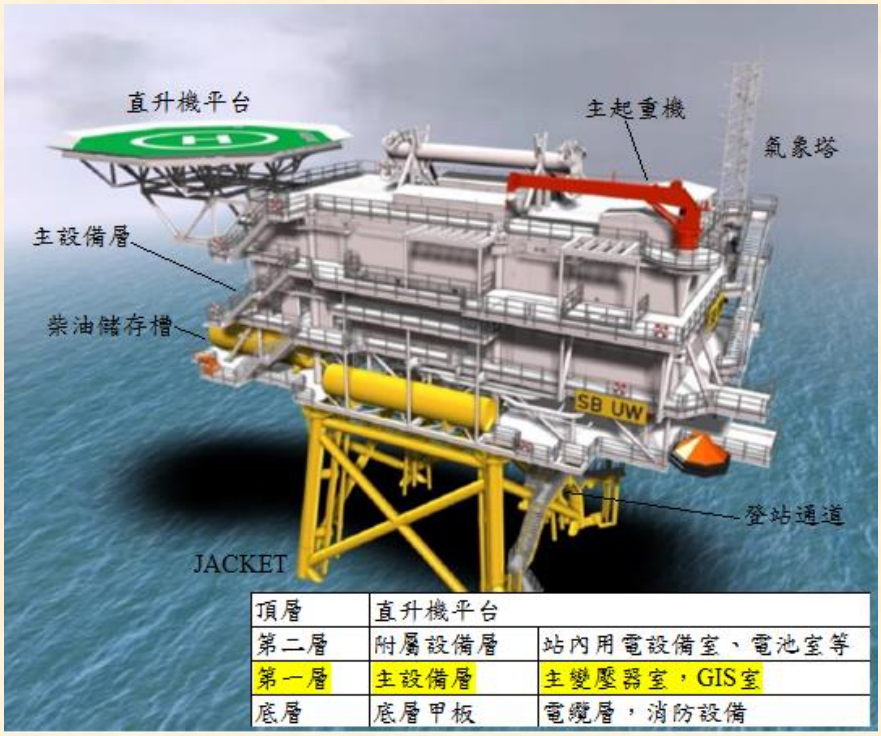

圖4 離岸變電站配置概要圖[2]

結論

風力發電為現階段技術最成熟，且成本較低廉之再生能源，世界各國均積極開發，離岸風能成本下降速度超乎預期，荷蘭計劃在 2020 年之前簽約興建 700 百萬瓦離岸風能發電容量，由丹能風力（Dong Energy），以每度電 0.0727 歐元的價格標下荷蘭兩座 350 百萬瓦規模的離岸風機陣列，得標價不含輸電成本與環評等成本，其輸電成本估計約為每度電 0.014 歐元，相加後合計為每度電 0.0867 歐元，約折合新台幣 3 元。產業界原本預期要在 2020 年時將離岸風力發電成本降至每度電 0.1 歐元的目標，但實際發展比預期更快。所以，大型離岸式風力電廠具有可觀商用價值，風力雖為不穩定的能源，不適合做為穩定的基載電力來源，但因取之不盡、用之不竭，且無任何排放物，在減少傳統電廠方面，依據歐洲的研究，保守估計，風力機組容量的 10%可取代傳統機組，

台灣西部海域風場極佳，地形條件亦佳，初步評估我國近岸(水深 5 m~15 m)海域，容量即已經超過 2 GW，如若計入水深 15 m~50 m 則更數倍於此，值得妥善規劃，以取得能源開發與環境保護的平衡，同時良好的規劃亦可將風能充分利用，且對電力系統的衝擊減至最低。隨著全球海上風電的不斷發展，海上變電站在海上風電開發中的重要作用將逐漸凸顯出來，海上變電站的經濟性與可靠性將成為影響海上風電項目效益的關鍵因素之一。

在商船業務能見度不佳的此刻，海上變電站業務對本公司而言，是一個新的發展契機，對營業額及工作量有幫助，值得跨入，全力爭取此業務。對國家而言，除加速推動離岸風電政策外，更可以逐步把相關風電產業在地化。

[1] 能源局林局長全能，「風力發電 4 年計劃」 行政院第 3551 次會議，106 年 06 月 01 日。

[2] 簡奉順等，「離岸風力發電之離岸變電站規劃設計(含監控系統與保護電驛)及發電設備之安裝監造技術實習」，行政院及所屬各機關出國報告提要，106 年 8 月 9 日。