

台灣離岸風電發展策略的省思

盧顯卿

怡興工程顧問有限公司

106年10月17日



目 錄

- 一、我國風電產業發展回顧
- 二、國外離岸風電產業政策建構回顧
- 三、台灣離岸風電開發之本質與特性
- 四、台灣如何發展離岸風電產業
- 五、結論與建議
- 六、附件--最近政策變化的省思

一、我國風電產業發展回顧

- 1-1. 孕育風電產業初期(民國49~79年)
- 1-2. 發展陸域風電回顧(民國79年~今)
- 1-3. 台灣和歐洲陸域風電收購價格比較分析
- 1-4. 台灣發展離岸風電回顧(民國86年~今)
- 1-5. 環保署的環評策略評析
- 1-6. 我國風電產業發展回顧小結



1-1. 孕育風電產業初期 (民國49~79年)

孕育風電產業初期的史蹟概述

- 1. 台電公司：**民國49年初台電公司曾於澎湖白沙鄉進行風力發電應用試驗，當時設置之風力發電機組容量為50kW，但由於效率不顯著，所以沒有繼續深入研究。
- 2. 工研院：**民國69年因應能源危機，再生能源開發逐漸被重視，當時經濟部能源委員會（能源局前身）為積極推動國內風力發電運用，委託工業技術研究院能源與資源研究所（能源與環境研究所前身，現稱綠能所），分區完成台灣地區的風能潛力評估，並建立風力機研製技術能力，於新竹縣湖口鄉風力試驗場陸續完成4kW、40kW、150kW等三型風力發電機的開發與運轉試驗。在民國80年年前即已完成了風力機系統設計組建及測試等工作，本土技術開發及零組件自製率達到80%，雖距商業化推廣與應用仍有一段距離，但技術與當時國外丹麥相關成果相較並不遜色。惟當時國際能源價格偏低且風力發電成本仍高，在缺乏經濟效益下，完成階段性開發工作後便停止後續工作，相當可惜，此為我國發展風電產業的第一次政策性失誤。（資料來源：追風歷程——我國風電發展沿革，江威君，能源報導，2008/05）

2008/05)

1-2. 發展陸域風電回顧 (民國79年~今)

- 1. 風力發電示範系統設置補助辦法**：民國79年能源局為了加速推動風力發電，頒布「**風力發電示範系統設置補助辦法**」提供設備補助，第1個接受補助設置之風場為「麥寮風力發電示範系統」，裝置容量為2.64MW，於79年12月27日正式啟用。之後台電公司澎湖中屯廠及正隆公司竹北廠（春風風力發電示範系統）也分別於80年與83年陸續建置完成並開始商轉，其裝置容量分別為2.4MW與3.5MW。
- 2. 再生能源電能收購作業要點**：民國92年11月台電公司訂定的「**再生能源電能收購作業要點**」正式公告實施，明訂台電公司將以每度電新台幣2元的價格收購由風力發電廠所產生的電力。
- 3. 再生能源發展條例**：民國98年7月8日我國公告「**再生能源發展條例**」，台電公司改依簽約時由能源局公告的躉購費率，收購由風力發電廠所產生的電力，至今已完成約678MW的陸域風場開發，其中民間業者佔383.7MW，主要是來自德國的英華威(WPD)公司。惟我國至今仍未能有效發展風機產業鏈，而大片陸域風力資源已拱手由外商開發。從建構產業效益立場而言，能源局主導的陸域風電開發策略是第二次政策性失誤。

1-3. 台灣和歐洲陸域風電收購價格比較分析

1. 德國陸域風場躉購費率演變：從1991/1/1開始於德國的Feed-in Tariff(Fit)制度，已成功引領各種再生能源的研究開發，目前Fit制度已屆功成身退，回歸市場競爭機制，德國從2017/01/01開始，改以費率競標方式購買新簽約或舊約屆滿續約的電力，而此一變化已普遍被歐洲各國採用。預測會因激烈的售電價格競爭而大幅降低陸域風場的開發費用，並已逐年降低至約新台幣1.0元/度附近。

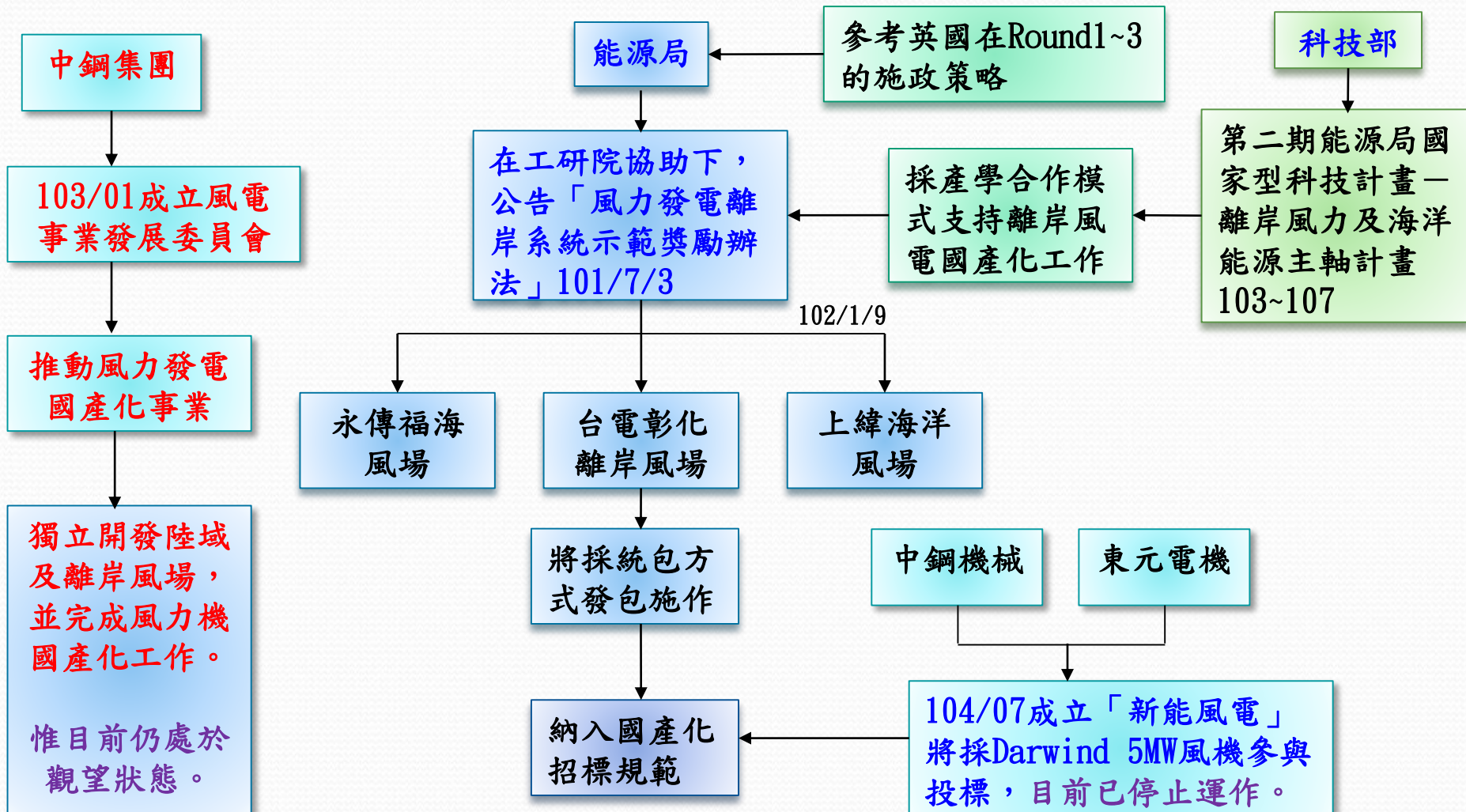
2. 台灣陸域風場躉購費率演變：台灣陸域風場的購電費率已逐年提高至今年的新台幣2.8776元/度。將來各風廠公有土地之20年租地合約期滿後，也應考量改採費率競標方案，開放給國內、外風場開發商參與現有風力發電場址的開發權競標。

1-4. 台灣發展離岸風電回顧(民國86年~今)

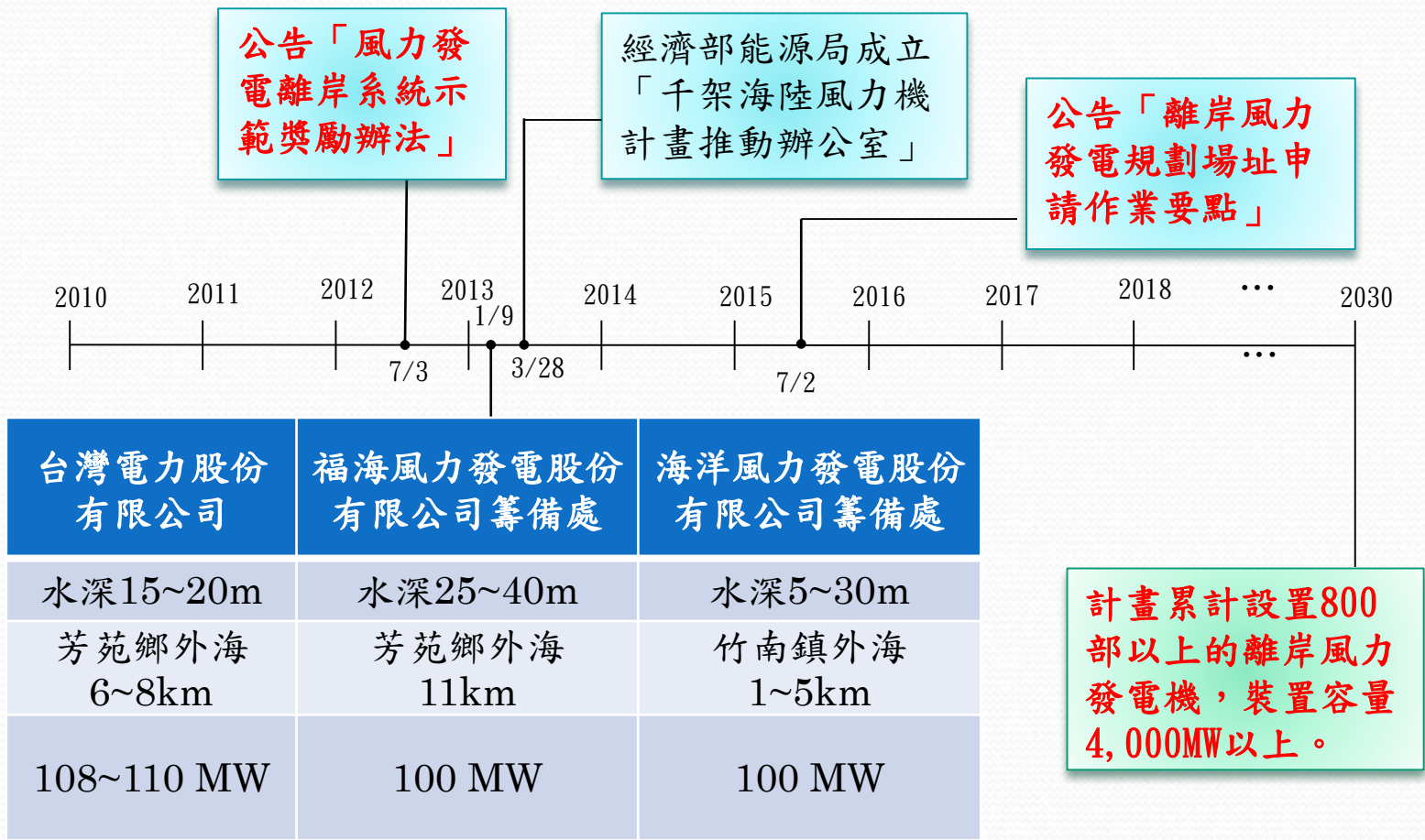
- 1. 第一階段設置離岸式風力發電廠方案**：能源局於96年9月1日正式公告實施單一風場最大容量為120MW，最小的申請容量則需超過50MW的離岸風電開發方案，惟因躉購費率只有2.7元/度，在該公告有效期的3年內沒有廠商申請開發離岸風場。
- 2. 風力發電離岸系統示範獎勵辦法**：能源局於101年7月3日公告實施「風力發電離岸系統示範獎勵辦法」，以經費補助方式，鼓勵業者設置離岸示範風廠，並已評選出三案，提供共 4 架示範離岸風力機組各 50 % 之設置融資費用，及2.5億元的測風塔設置及環評申請之補助費用，作為帶動離岸風電開發的重要依據。
- 3. 離岸風力發電規劃場址申請作業要點**：能源局又於 104年7月2日公告「離岸風力發電規劃場址申請作業要點」，公開 36 處潛力場址基本資料與既有海域資料，總開發潛能概估約可達 23 GW，供有意投入離岸風力之業者申請開發。

在躉購費率高達6.0437元/度的誘因下，大量吸引國內外開發商一窩蜂申請總計高達約12GW的24座離岸風場開發計畫，若依現階段的再生能源發展政策，從中完成3.0GW，政府需補貼約406億元/年的購電支出，且我國仍未能有效發展風機產業鏈，再度將大片離岸風力資源拱手由外商開發。簡言之，能源局主導的離岸風電開發策略是第三次政策性失誤。

原先規劃的離岸風電發展架構圖



台灣實質的離岸風電產業發展歷程



離岸風力發電規劃場址申請作業要點的內涵

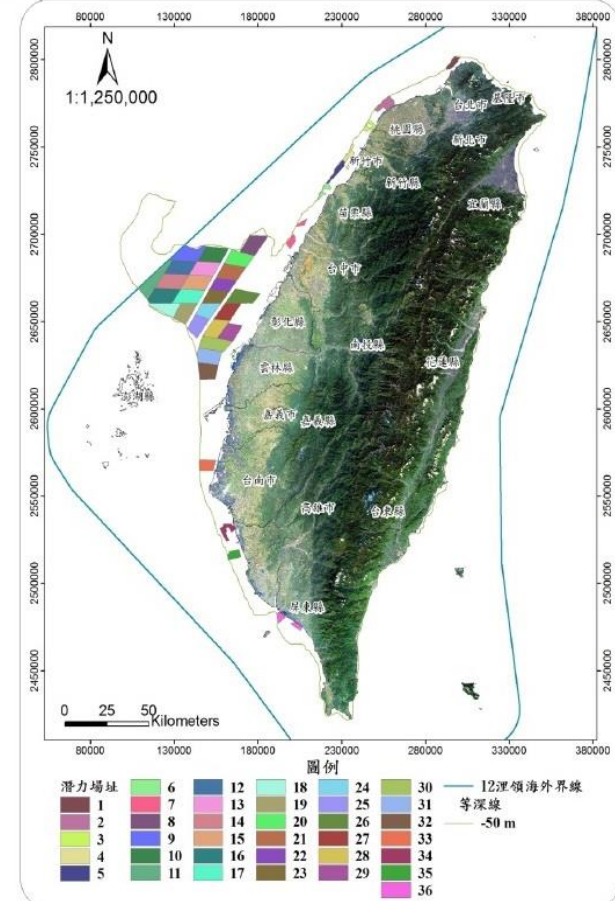
在台灣尚未建構風電產業鏈的情況下，能源局於104年7月2日公告「**離岸風力發電規劃場址申請作業要點**」，公開36處潛力場址基本資料，在躉購費率高達6.0437元/度的強大誘因下，大量吸引國內、外開發商一窩蜂申請總計高達12,433.3MW的24座離岸風場開發計畫，**且能源局先前又主張越多越好，完全不了解離岸風場是台灣唯一且可永續開採的**

油礦！

此一情境與清朝末年八國聯軍入侵大陸相當類似，台灣將割地(幾乎免費的讓出風場開發權)、賠款(若申請中的風場全部完工，政府需補貼約1,442億元/年的購電支出)，

相當於台灣每2~3年需額外支付一座核四廠的建廠費用！

潛力場址範圍圖資料



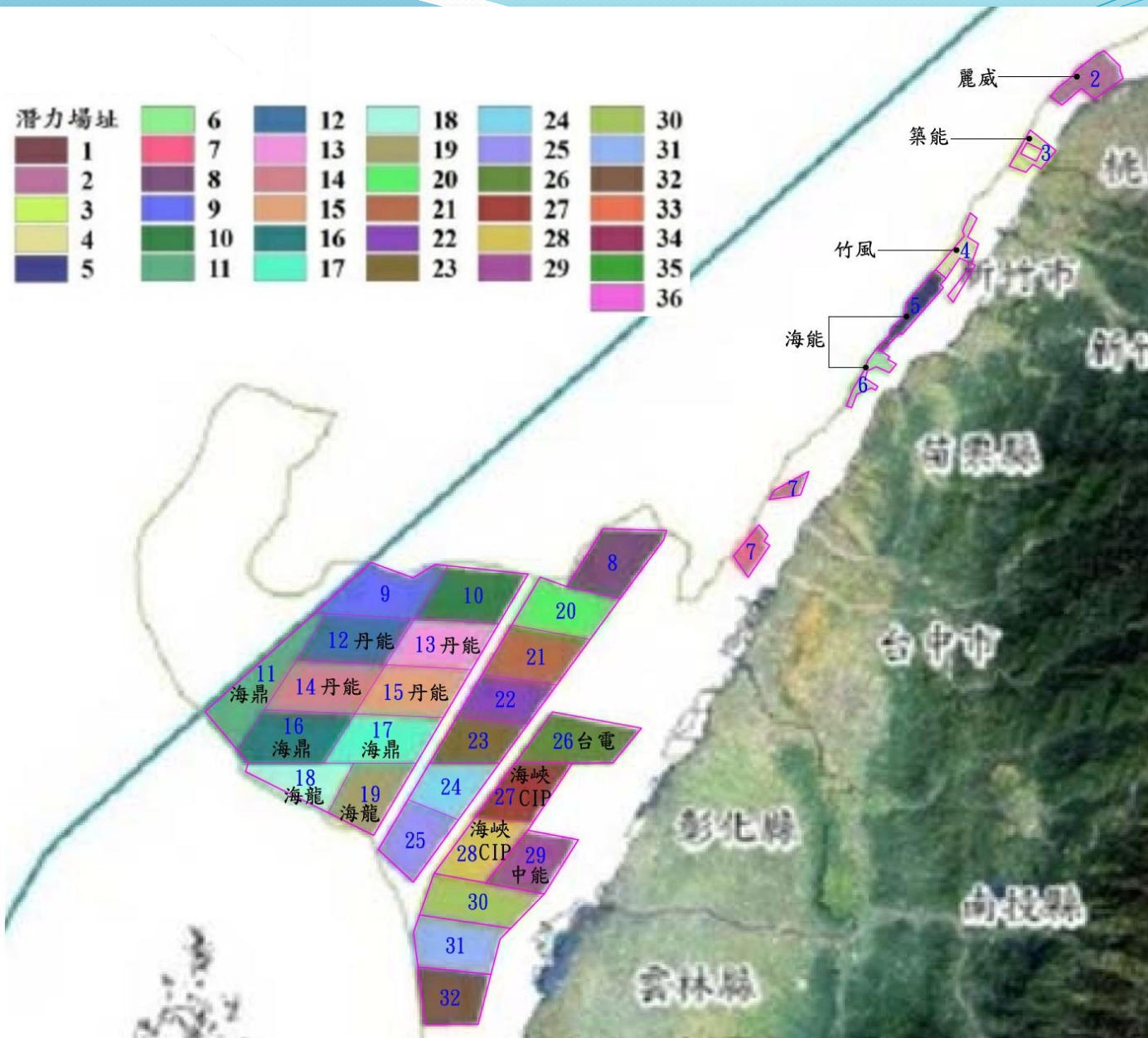
目前的 離岸風 力發電 廠申設 概況

場址	籌備處	規劃量 (MW)	進度
1	艾貴風能壹	256	已備查
2	麗威	251	已備查
3	築能	151.8-159.3	已備查
4	竹風	410	已備查
5 & 6	海能	555.45-736	已備查
11	海鼎一	648-736	已備查
12	大彰化西北	598	已備查
13	大彰化東北	570	已備查
14	大彰化西南	642.5	已備查
15	大彰化東南	613	已備查
16	海鼎二	666-760	已備查
17	海鼎三	648-760	已備查
18	海龍三號	468-512	已備查
19	海龍二號	612-696	已備查
26	台電	812	已備查
27	彰芳	475	已備查
27	海峽	500	已備查
28	海峽	500	已備查
28	福芳	500	已備查
29	中能	450	已備查
非屬潛力場址	宇騰	232-239.7	已備查
非屬潛力場址	允能	632-707.8	已備查
非屬潛力場址	西島	305	已備查
非屬潛力場址	臺海第一	500	已備查

註1：同一場址內有二件以上之申請案時，以先取得通過或有條件通過之環境影響評估審查結論者，得申請籌備創設登記備案。

註2：取得備查之申請人如未能於中華民國一百零六年十二月三十一日前取得環保主管機關環境影響評估審查委員會專案小組初審會議建議通過或有條件通過環境影響評估之審查結論，或未能於中華民國一百零八年十二月三十一日前取得籌備創設登記備案者，其備查及備查同意函失其效力。

目前各離岸風力發電廠開發商申設區位概況



能源局發展離岸風電政策評析

能源局目前的離岸風場開發政策是依循**示範風場→潛力場址→區塊開發**的三部曲，是想要學習英國**Round 1 → Round 2 → Round 3**的做法，但是台英之間的社經及自然環境有極大的差異，在施政策略上無法直接引用，舉其主要差異如下：

1. 英國全年用電尖離峰負載因**寒冬暖氣及炎夏冷氣的用電量均大，其變化不太明顯**，因此離岸風電較能適時、適地併入其電力系統。
2. **英國電力價格接近6.0元台幣/度電**，因此北歐地區開發成本僅1.6~3.8元台幣/度電的離岸風電在經濟效益上相對有吸引力
3. 在電力負載及購電價格均有利其國家經濟發展的前題下，英國政府大力推展離岸風場開發，並要求風場開發商在其國內投資設置風機組裝廠，而**英國本地也因北海油田的開發，擁有強大的海上施工及運維能力**，因此離岸風場開發會大幅增加其就業機會。

而台灣剛好相反：

1. **台灣電力的主要尖峰負載在炎夏期間，當時的離岸風力發電量平均只有裝置容量的6%左右，有時還會全部停機發電量為零，對台電而言，屆時此一裝置容量便需以歸零考量；而主要的發電量出現在秋、冬季節的離峰負載期間，其電力價值相對不高。**
2. 台灣地區的售電成本平均約為2.5608元/度電左右，目前離岸風電的躉購費率為6.0437元/度電，每裝置1GW的離岸風場，台電公司便需額外補助約116億台幣/年的費用，若以一般風場壽命20年計算，**便需補助2,320億元/1GW，依此推算便是6,960億元/3.0GW**。我們這一代與外商訂下的合約，卻要下一代去承擔，最可怕的是花了這麼龐大的費用，卻購得品質不佳、台電在炎夏尖峰負載期間不能依賴的電力。
3. 台灣在欠缺投資資金、風電人才、海上施工技術、風機研發產製、施工船機及碼頭、風機運維...的情況下，現階段不太容易建構離岸風機產業鏈，**反而會因好的風場在短期內均被外商佔領，而扼殺逐步扶植、建構國內產業鏈的契機。**

1-5. 環保署的環評策略評析

1. 海域生態保育的誤導： 環評委員在欠缺離岸風場基礎結構相關專業背景下，逕自以保護海域生態為由，要求開發商承諾採用 Jacket Type 的基礎型式，並誤以為這是最先進的做為。其實不管任何的基礎型式，經過基礎拋石保護後，均會營造出類似人工魚礁的生態護育成果，這在已經完工的海洋離岸風機之單樁基礎結構已獲得佐證，拋石上長滿各式珊瑚、基礎旁魚類成群。因此，若改採環評委員完全排除的重力式基礎結構，其生態護育效果將更為顯著。

2. 風場開發區位順序的亂像： 能源局在其「風力發電離岸系統示範獎勵辦法」的離岸風場開發順序是「由近而遠」，台電及中鋼兩大國內開發商也依之申請了第26及29區塊的潛力場址。此一離岸風場開發順序到了環保署又以遠離中華白海豚保護區為由改為「由遠而近」，於是以外商為主的第12~19區塊的潛力場址後來居上，行政團隊的亂像在此顯現無餘。

其實「由遠而近」的開發策略正有如把中華白海豚圍在近岸區，任由漁民在拖網作業中傷害，這可由下兩張卡通圖說明。

風場移至白海豚熱區外

是傷害白海豚的環保策略

離岸風場若施設於較深海域，其基礎拋石將可復育更多漁業資源，但漁民不方便進行拖網捕魚作業。

-50m等深線

-30m等深線

-5m等深線

海岸線

中華白海豚熱區，同時也是漁民捕魚熱區。

年幼的白海豚常受
魚網傷害而死亡

將風場與白海豚熱區結合在一起

是保護白海豚的作為

漁民作業
與白海豚
保護雙贏

因風機基礎拋石所復育的漁業資源擴散，漁民在水深較深區域進行捕魚作業，增加漁獲量。

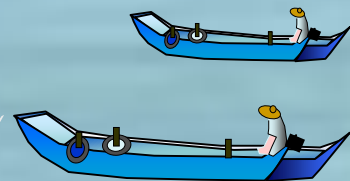
離岸風機若設施中華白海豚熱區，其基礎拋石將可復育更多漁業資源，提供白海豚源源不絕的食物來源，同時可阻止漁民在風場內進行捕魚作業，進一步保護白海豚。

-50m等深線

-30m等深線

-5m等深線

海岸線



1-6. 我國風電產業發展回顧小結

- 1. 輕忽電力開發工作的專業性：**風力發電等再生能源的不穩定性相當顯著，其開發和併聯對台灣地區獨立電網是巨大挑戰，但歷年來相關政府部會及學術界在欠缺相關專業知識的情況下，草率訂定各種施政策略，並據以編列大筆預算，以極大熱情一窩蜂投入各式研究並推動沒有實質效益的示範性計畫。有電力開發專業知識的台電公司也因欠缺風力發電開發經驗，逐漸被藉行政院之名自訂各種風電開發策略的能源局所取代。而環保署的環評作業是假保護中華白海豚之名，改採「由遠而近」的審查策略，結合能源局的「離岸風力發電規劃場址申請作業要點」中的「由近而遠」開發策略，正可天衣無縫的分進合擊，將離岸風場開發權幾乎免費的讓給外商。
- 2. 欠缺建構風力發電產業的可行策略：**台灣政府至今仍然欠缺一個可行的風力發電產業獎勵政策，縱觀國內各大集團，首推中鋼公司最適合帶頭投入此一產業，但歷年來由能源局、工業局、科技部編列的各種風電產業獎勵政策下的大筆預算，均分別被工研院、金屬中心、學術界、智庫法人、研發法人…等機構，化整為零消耗待盡，卻提不出具體成果；能源局此回又把有限的海域風場拱手讓給國外大型開發商，整體風電產業頓時喪失賴以生存的市場平台，並逐步喪失建構國內風電產業鏈的契機，下列兩頁應可簡述我國離岸風電產業的疑慮。

台灣西部海域的離岸風場之風資源
是台灣唯一可永續開採的

油礦

能源局「離岸風力發電規劃
場址申請作業要點」

與

環保署「先遠後近」的
環評審查機制

看似意見相佐，實則分進合擊，共同達成

八國聯軍+割地賠款

的離岸風場開發模式

台灣在失去賴以維生的市場後，也斷送
建構國產化離岸風機產業鏈的商業契機



台灣西部海域的離岸風場的

風場籌設許可

是非常昂貴有如電信市場3G/4G的有價證照

能源局將成立「離岸風力發電籌設許可」

審查委員會

將非常昂貴(政府約需補助NT116億/年/GW)的風場籌設許可

幾乎免費奉送給國外風場開發商

誰？

是此一施政策略的主導者！



二、國外離岸風電產業政策建構回顧

2-1. 世界各國離岸風電發展策略概述

2-1-1. 英國離岸風電產業政策的建構概述

2-1-2. 美國離岸風電產業發展策略

2-1-3. 日本的離岸風電產業發展歷程

2-1-4. 南韓之離岸風電發展概述

2-1-5. 大陸離岸風電發展概述

2-2. 國外離岸風電產業發展回顧小結

2-2-1. 持續性深化風力機製造產業技藝及規模

2-2-2. 持續性改進並降低離岸風場興建技術及成本

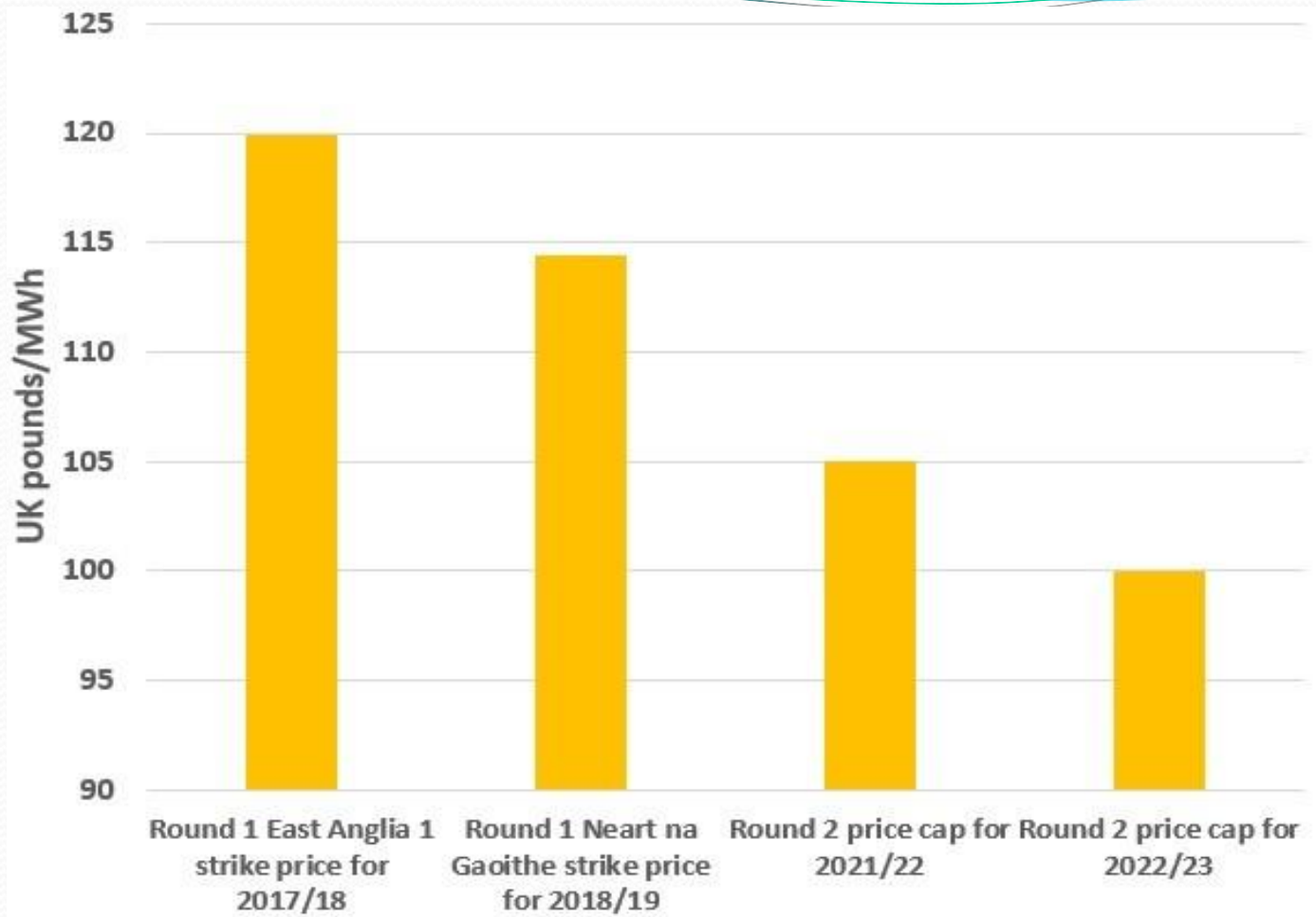
2-2-3. 世界各國離岸風場開發策略比較分析



2-1. 世界各國離岸風電發展策略概述

2-1-1. 英國離岸風電產業政策的建構概述

- 1. Round 1~ Round 3**：2001年Round 1—1GW，2003年Round 2—7.2GW，2009年Round 3—25GW。目前已開發29座風場共5.1GW，可滿足5%電力需求，且尚有4.5GW施工中，預估2020年可滿足10%電力需求。
- 2. 成立歐洲離岸風電中心**：於2013年3月成立歐洲離岸風電中心European Offshore Wind Deployment Centre (EOWDC)，現在 EOWDC 正以Vestas V164-8.4MW風力機，配合Carbon Trust的離岸風電旗艦合作方案The Offshore Wind Accelerator (OWA)，所研發的風力機基礎成果 Suction Bucket Foundations，於離岸2~4km約20~30m水深處設置11座風力機與基座。
- 3. 離岸風電產業政策**：著眼於提升再生能源配比，並同時藉由在地性風機組裝、施工、運維...等工作，建構成內需型產業鏈，增加就業機會，電力公司需要供應一定比例的再生能源電力，並以競標方式降低離岸風力發電開發費用，目前不包括併聯費用的風場成本已因採用競標機制而降低至約為100英磅/MWh (NT3.8元/度)。



The levelized cost of energy (LCoE) for UK projects has fallen by 32% in the last five years (2012~2016) , to 97 pounds/MWh for projects financed in 2015/16.

2-1. 世界各國離岸風電發展策略概述

2-1-2. 美國離岸風電產業發展策略

- 1. 承接歐洲已發展25年的離岸風電開發經驗：**美國東、西岸海域蘊藏的風力資源，可提供全美用電量的2倍，但遲至2016/9經過18個月跨產、官、學研究，並承接歐洲發展了25年的離岸風機開發經驗後，才由能源部和內政部共同發表其 National Offshore Wind Strategy (NOWS)：
Realizing the potential of offshore wind energy in the United States will require addressing key challenges in technology and cost, supporting effective stewardship of our natural resources, and increasing understanding of offshore wind benefits and costs.
- 2. 不冒進的商業機制：**美國奉行資本主義的商業機制，雖然其陸域風場規模在2017/01年已達82GW以上，但在相關研發工作未成熟前，至今只有 Block Island Wind Farm 的5部 Alstom 6.0MW風力機開始商轉，NOWS 也建議美國東北部海域在未來10-15年內最具價格競爭力，其離岸風場開發白皮書，也採開發權競標方式逐步釋出各潛力風力發電廠址。



**Block Island Wind Farm 是美國第一座商轉的離岸風場
(5部 Alstom 6.0MW 風力機於 2016/12 併聯發電)**

2-1. 世界各國離岸風電發展策略概述

2-1-3. 日本的離岸風電產業發展歷程

日本政府研議完成「海洋可再生能源戰略」草案

受到311福島地震的衝擊，開始萌生浮式風電的議題

日本內閣會議通過「海洋基本計畫」，主攻離岸風力發電

截至2017/04，共有19個計畫分別位於14個場址共2,486 MW在進行開發環評作業中

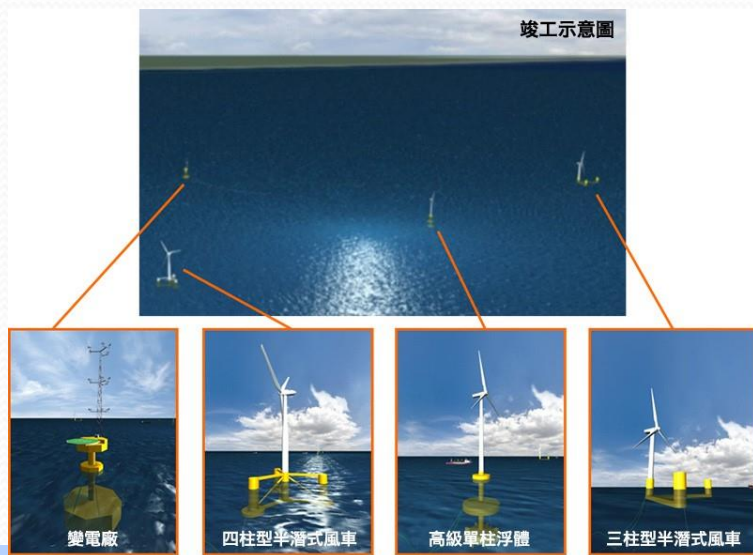


三菱重工	日本製鐵	日立	日立	三菱
2.4 MW	2 MW	2 MW	2 / 5 MW	7 MW
重力式	重力式	漂浮式	漂浮式	
水深 12m	水深 14m	水深 200m	水深 100~150m	
離岸 3.1km	離岸 1.3km	離岸 1.0km	離岸 20~40km	
千葉縣 銚子沖	北九洲 沖	長崎縣 五島沖	福島縣 沖	

實現浮體式海上風力發電商業化應用(日本復興戰略內閣會議決議)

日本離岸風電產業發展策略

- 1.重新研發離岸風場基礎結構：**天然資源貧乏的日本擁有500GW浮體式離岸風力發電量潛力，日本經濟產業省投入近五億美元及5年時間(2012~2016)，依其東部太平洋海域的氣象及海象特性，採歸零式思維，重新研究各種離岸風機基礎結構，於2015年底完成福島7MW全球最大浮式風機，及2016/5/24完成Hitachi 5MW Down Wind Type風機。
- 2.導入降價時間表及競標制度：**原有FIT採固定費率執行4年後，新FIT法將設定各式再生能源之價格目標並自2017/04/01起實施，其離岸風電開發商之售電費率需提出降價時間表並參與競標。



2-1. 世界各國離岸風電發展策略概述

2-1-4. 南韓之離岸風電發展概述

1. 進軍全球離岸風電市場夢碎：原先2010年計畫於2019年在西部海域完成2.5GW離岸風場設置，並進軍全球離岸風電市場，於2020年成為全球前三大離岸風電發展國家。

韓國政府在2015/4將上述偉大但不實際的目標，修改為在2018年前先完成80MW的離岸示範風場。

1. 離岸示範風場：2016/1國營的 KOWP 和荷蘭的K2 Management簽署共同開發The Southwest Offshore Wind Project 離岸示範風場的備忘錄，並於2016/6簽約先開發60MW的試範風場，再於2022年完成400MW，最終仍以黃海海域的2.5GW風場為目標。

該示範風場包括2台Hysang 5MW、20台Doosan 3.0MW風機，原先還有13台Hyundai 5.5MW、及7台Samsung 7MW風機(已於2015/12被英國ORE Catapult購併，並將其風機團隊於2014/9售予德國Alstom)。



The Southwest Offshore Wind Project示範風場也計畫全部採用國產已經商轉的斗山3.0 MW或正在測試中的Hysang 5 MW風力機，其位於黃海海域2.5GW的離岸風場，迄今並未開放給國外風場開發商，希望藉以建構其風電產業鏈

位於濟州島西側由現代建設的船機施作的**Tamra Offshore Wind Farm**，是韓國第一座離岸風場(30MW)，從2016/09開始陸續併聯發電，此風場採用10部斗山3.0MW風機

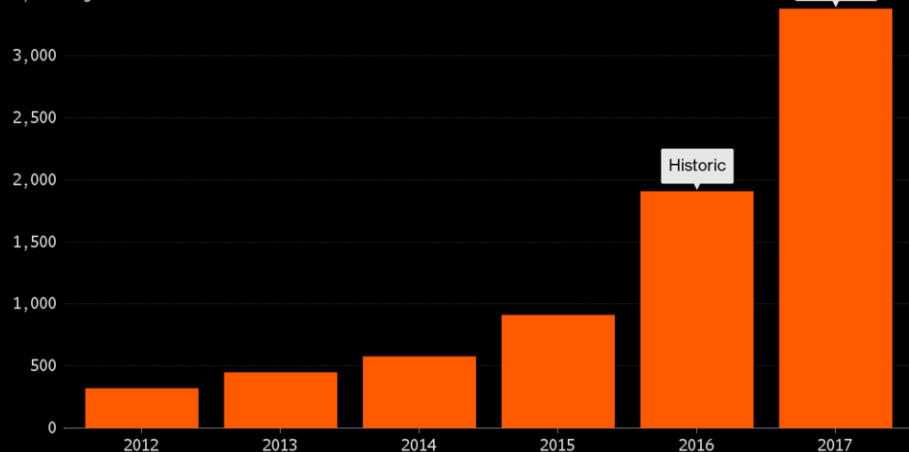
2-1. 世界各國離岸風電發展策略概述

2-1-5. 大陸離岸風電發展概述

- 1. 過去幾年大陸離岸風電發展不順的主因**：海域風場開發牽涉甚廣，包括**競標電價、漁業、航運、環保、國防**等方面需做全面性檢視，並修訂相關法規，導至2014年前的大陸離岸風電發展較不順利。
- 2. 大陸發改委於2014年6月公布「海上風電上網電價政策的通知」後離岸風電發展迅速**：採用「上網標桿電價」(躉購電價)制度，2017年之前併網的潮間帶風場0.75 RMB/Kwh；近海風場0.85 RMB/Kwh，**2017**年後之價格將視實施狀況，依特許權招標制度另行研究制定，大陸從2015年起離岸風電發展迅速，每年約有**1,400~3,300MW**的新增裝置量。
- 3. 離岸風機製造商群雄並起**：包括**華銳5&6MW、金風6MW、湘電5MW、明陽6.5MW、東方汽輪機5MW、聯合動力6MW**等，均已有生產大型離岸風機的能力，可謂群雄並起。

Increasing Offshore Wind in China

Total installed capacity may increase 77% this year from a year earlier
3,500 Megawatts



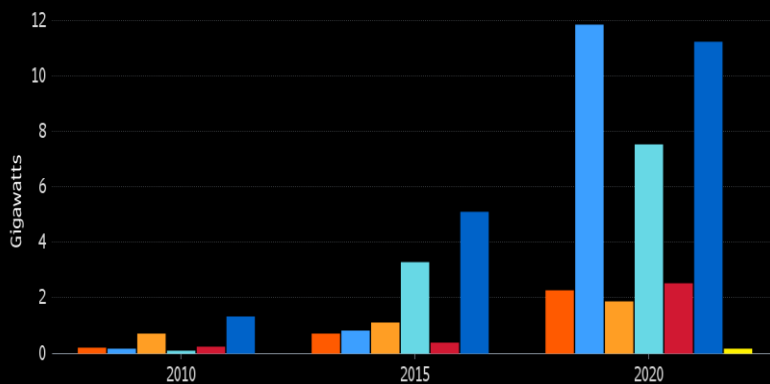
Source: Bloomberg New Energy Finance

Bloomberg

U.S. Lags in Harnessing Offshore Wind Power

China and U.K. lead the way in generating power from offshore wind

Belgium China Denmark Germany Netherlands United Kingdom United States



Source: Bloomberg New Energy Finance

Bloomberg

大陸從2015年起每年約有1,400~3,300MW的新增裝置量，與德、英並列全球離岸風電一級市場，原訂於2020年完成10GW的目標可能提前於2018年達成

2-2. 國外離岸風電產業發展回顧小結

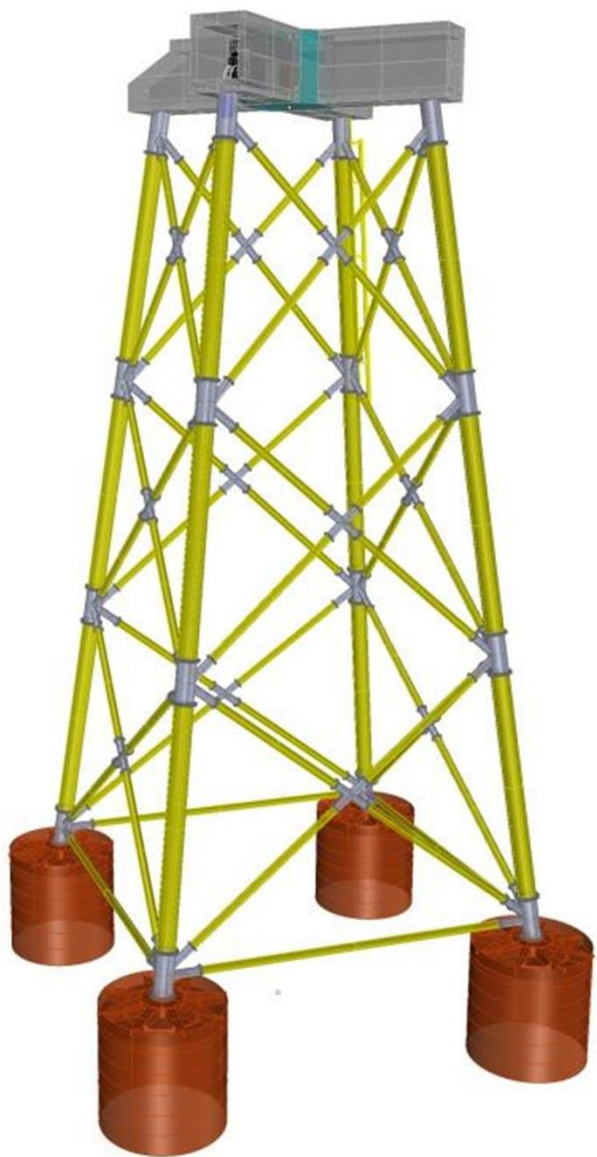
2-2-1. 持續性深化風力機製造產業技藝及規模

- 1. 持續性的運轉回饋及改善：**在持續性的運轉回饋、改善機制下，目前商轉中的風機零組件，已經有相當部分不再使用於新出廠且屬於同一機型的風機，此種微調性的產業精進做法，其實正是台灣各工具機產業現階段的共同特色，並已逐漸追上歐、日工具機產業的水平。**因此，中鋼公司能否帶頭切入風機產業的關鍵，首推是否有足夠的市場平台，而不是技術問題。**可惜台灣的海、陸域優良風場多已經在能源局訂定的政策下，拱手讓給外商。陸域風場的教訓不遠，離岸風場更為嚴重，已有滿清末年割地(沒配套的出讓風場)、賠款(幾乎是全球最高的電價補貼費率)的現象。
- 2. 持續性的購併整合：**風機製造商間的購併頻繁，如德國Siemens於2016/06購併西班牙Adwen成為全球最大的風機製造商，而Adwen則是由西班牙Gamesa於2014結合了法國Areva所成立；GE風機部門也於2015/11併購了德國Alstom；印印Suzlon於2007/06購併德國Repower並將其改名為Senvion，又於2015/04將Senvion轉賣給私募基金Centerbridge；日本三菱和丹麥Vestas於2014/04合資成立MHI Vestas，生產8.0MW離岸風機...等，顯示離岸風力發電機產業是大者恆大的全球性競逐事業，台灣若要建立國產化離岸機產業需參考日本及韓國的策略，先以國內風場為其主要市場，成為區域性、有在地性特色的風機製造商。

2-2. 國外離岸風電產業發展回顧小結

2-2-2. 持續性改進並降低離岸風場興建技術及成本

- 1. Borssele 3&4離岸風場競價標案：**荷蘭Blauwind II 財團於2017/03/13以54.5 euros/MWh(約新台幣1.9元/度)的超低價格，贏得Borssele 3&4約740MW離岸風場的標案，此已足以證明持續改進的離岸風場開發技術可以有效降低其工程費用。**同時參與此標案的DONG Energy之投標單價為72.7 euros/MWh (約新台幣2.6元/度)，也遠低於台灣2017年公告的躉購費率6.0437元/度，難怪該公司會在彰化外海同時申請2.4GW風場的開發權。**
- 2. Siemens新的基礎結構設計理念：**Siemens 為了降低離岸風機的建造成本，最近在Denmark西北方的Nisum Bredning Project的4部7MW風機，採用新的基礎結構設計理念，其觀念結合了歐洲鑽油平台和大陸高樁承台的重力式設計，將來也可依不同的海床地質特性，進一步改善下部承載端的結構，納入吸力式沈箱結構。**類似的研究是台灣現階段便應進行的工作，可惜NEP-I & NEP-II 均直接抄襲歐洲當時仍不成熟的設計理念，欠缺本土性創新研發思維，浪費大筆預算做出一堆文抄公類的報告。**



1. 左圖為Siemens新的離岸風機基礎結構設計方案，融合了傳統Jack鋼結構和Concrete重力式基礎結構的優勢，還包括連結兩者間的transition piece和海床上的suction buckets。其jack結點及附屬的grid structure將以預鑄方式生產以降低其開發費用，此設計理念於2017/05首度使用於Denmark的Nisum Bredning Offshore Wind Farm的7MW風機，但因該場址的海床太軟弱而不適用suction buckets。
2. Siemens已承諾將離岸風電開發費用在2020年降至€100/MWh (NT3.5元/度)；在2025年降至 €80/MWh (NT2.8元/度)。

2-2. 國外離岸風電產業發展回顧小結

2-2-3. 世界各國離岸風場開發策略比較分析^(1/2)

項目	國別	國產離岸風機型號	是否開放風場		主要離岸風電政策			
			是	否	取得減碳效益	培養本土產業鏈	採用競標制度	目前之購電費率 (NT/度)
1	英國	無	v		是	以組裝、施工及運維為主要商機	是	歐洲約1.9~4.0 NT/度
2	美國	GE(Alstom 6.0MW)	v		是	全面性吸收歐洲經驗發展新思維	是	自由競標(唯一的風場US24.4分/度或7.32 NT/度)
3	日本	三菱2.4/7.0 MW 日立2.0/5.0 MW 日本製鐵2.0 MW		v	是	利用國內風場培養本土性產業鏈	是(2017/4/1)	唯一的風場為36日圓/度或9.72 NT/度
4	南韓	Doosan 3.0 MW Hysang 5.0 MW Hyundai 5.5 MW		△	是	利用國內風場培養本土性產業鏈	尚未決定	採用Renewable Portfolio Standard的REC(Renewable Energy Certificate)權重，其國外開發商的總量以國內開發商的30%為上限
5	大陸	華銳6 MW、金風6 MW 湘電5 MW、明陽6.5 MW 東汽5 MW、 聯合動力6 MW		v	是	利用國內風場培養本土性產業鏈	是(2018)	2017/12/31前採0.85RMB/度或3.83NT/度
6	台灣	無	v		大部分被外商取得	仍欠缺代表性團隊	否	採固定費率6.0437 NT/度

2-2. 國外離岸風電產業發展回顧小結

2-2-3. 世界各國離岸風場開發策略比較分析(2/2)

從上表的比較分析可以看出下列事項：

1. 歐洲地區的離岸風電開發技術已經有相當成熟的技術和設備，而其開發成本也已大幅降低。
2. 美國正考慮接收歐洲的研發成果，有計畫的開發其廣大的離岸風場，以有效保護其永續性風力資源 (supporting effective stewardship of our natural resources)。
3. 亞洲地區除了台灣以外，均為了培養其本土性離岸風電產業，而不願開放其離岸風場。台灣在欠缺技術、資金、人才、船機、風機的現況下，卻以高額躉購費率直接把西側海域唯一的風場，幾乎免費的拱手讓出供外商開發。

三、台灣離岸風電開發之本質與特性

3-1 台灣離岸風力發電的電力本質

3-2 台灣離岸風力發電的產業特性



3-1. 台灣離岸風力發電的電力本質

- 1. 台灣為小型獨立電網：**台灣本島的供電系統為一獨立小型電網，其風力發電的開發觀念不能直接引用如大陸、歐洲、美國等有超大型電網，且尖離峰差異不明顯地區之開發觀念。

台灣在夏季尖峰負載期間的風力發電容量因素甚低(僅約6%)，大量離岸風力發電的開發，需搭配一定數量的氣渦輪機發電系統(欠缺可用場址及天然氣來源)或儲能系統(單價太高且商轉技術仍不成熟)，以分別因應風資源太低或太高的情境，依澎湖尖電廠的營運經驗顯示，這是相當嚴肅的課題。

- 2. 離岸風力的減碳效益是重要考量：**離岸風力發電雖為潔淨能源，但台灣現階段的開發成本太高，且又不能與全年尖峰負載在時間上相配合，不應是台電或一般IPP業者在現階段的重要發電選項。

但某些用電大戶，如鋼鐵、石化、積體電路、面板等領域的大型企業，為了讓其外銷產品滿足國際的減碳訴求潮流，應盡早投入離岸風電產業的研發與風場開發工作，並降低對於電價補貼的訴求，將風能資源回饋給全民共享，可惜目前的減碳效益可能大部份被國外風場開發商拿走。

台灣在夏季尖峰負載期間的風力發電容量因素甚低^(1/2)

氣象局鹿港測站 COG640 海拔高度： 17m
位於彰化縣鹿港鎮海埔里顏厝巷 67 號(行政院退輔會魚殖管理處彰化分場內)
座標：24.076944, 120.422222 120°25'20.0" E 24°04'37.0" N

站號	年	月	日	時	溫度	風速	風向
COG640	2010	8	29	14	33.5	0.9	40.0
COG640	2010	8	30	13	32.8	1.9	320.0
COG640	2010	9	2	13	32.5	1.7	180.0
COG640	2010	9	6	13	31.9	1.2	240.0
COG640	2011	7	14	13	33.9	1.7	200.0
COG640	2014	6	6	13	31.8	1.1	226.0
COG640	2014	8	23	13	32.8	1.9	322.0
COG640	2014	9	15	13	36.6	1.7	266.0
COG640	2014	9	18	14	34.0	1.0	341.0
COG640	2014	9	22	13	30.8	1.5	251.0
COG640	2014	9	22	14	31.5	1.7	251.0
COG640	2015	9	3	13	33.2	1.9	332.0
COG640	2016	8	30	14	30.5	1.6	215.0
COG640	2016	8	31	13	31.8	1.8	301.0
COG640	2016	9	15	14	30.2	1.4	144.0
COG640	2017	6	5	13	30.2	1.5	210.0

若本測站風速為1.5m/s，依風速垂直分佈的power law，風機塔頂的風速約為1.93m/s，未達起動風速2.5m/s，故表列當時的風機發電量為 0 。

台灣在夏季尖峰負載期間的風力發電容量因素甚低^(2/2)

氣象局梧棲測站 467770， 測站海拔高度：31.73m， 風速計離地高度：33.17m
位於 梧棲區臺中市梧棲區台灣大道十段 2 號 6 樓 （海港大樓 6 樓）
座標：24.256059, 120.523369 120°30' 54" E 24°15' 31" N

站號	年	月	日	時	溫度	風速	風向
467770	2010	9	2	13	32.0	1.6	310.0
467770	2010	9	6	14	29.5	1.9	160.0
467770	2010	9	20	13	29.2	1.0	230.0
467770	2011	6	21	14	29.5	1.4	310.0
467770	2012	8	24	13	32.3	0.9	320.0
467770	2013	9	22	13	29.2	0.9	350.0
467770	2014	6	7	14	29.4	1.8	310.0
467770	2015	8	24	13	29.3	1.3	190.0
467770	2016	9	15	13	29.6	0.6	90.0

若本測站風速為1.5m/s，依風速垂直分佈的power law，風機塔頂的風速約為1.77m/s，未達起動風速2.5m/s，故表列當時的風機發電量為 0。

3-2. 台灣離岸風力發電的產業特性

應是內需
型服務業

除了大部分自製零組件外，其餘部分零組件的採購、系統組裝、風機施工及風機運維等均屬內需型服務業的範疇。

應是價格
性產業

再過幾年後，等歐、美、大陸風電產業技術更成熟後，會像太陽光電產業一樣，價格決定一切。

應是地區
性產業

受到風機等大型物件運輸費用及運維船機動復員費用的牽制，離岸風電產業將成為區域性產業，需就近運送及服務。否則若離岸風場的運維服務之船機設備均需仰賴外商，將成為台灣另一新興「慘業」。

應是資本
密集產業

風機製造、施工船機訂製、風場開發及維護等產業，均需龐大資金做後盾，不是中小型公司可以承擔的事業，在歐洲多由電力集團(NextEra Energy Resonrces/Dong Energy)或國際級財團(Siemens/GE)擔綱。

是內需性
且受補助
的產業

離岸風電的開發，有進口能源替代的特性，是內需性產業，目前其開發費用仍然偏高，開發初期需由全體用電人給予經費補助，因此不宜將整體產業拱手讓外商參與投資，而這也是建構台灣離岸風電產業的重要理由。

四、台灣如何發展離岸風電產業

4-1. 離岸風機基礎結構研發的必要性

4-2. 台灣如何發展離岸風電產業



4-1. 離岸風機基礎結構研發的必要性

1. 國外案例：英國、丹麥初期的離岸風場多採用重力式基礎，開發費用也因之不高；大陸第一個離岸風場(東海大橋一期)也為了配合其既有施工船機，採高樁承台的重力式結構；日本東岸及美國西岸均因水深太深而研發浮式風機；**Siemens**刻正研發新的離岸風機基礎結構設計方案，融合了傳統**Jack**鋼結構和**Concrete**重力式基礎結構的優勢...等，均採因地置宜策略研發最佳的基礎結構。

2. 國內情況：台灣在未經深入研究的情況下，受到英國的影響多採用仍不太成熟的Jacket基礎型式。科技部補助的國內各大專院校之I、II期國家型能源計畫的研究案中，也多一窩蜂投入Jacket基礎的結構耐震、抗颱風設計研究，完全沒有依台灣在地性施工能量、可用船機及初期的近岸風場水深不深...等特性，做歸零式的基礎研發工作。

從2017年開始，又編列大筆預算給國家地震工程研究中心，計畫針對風機抗震設計做深入研究，這又是另一個錯誤的施政方針！因為颱風波浪、海流才是離岸風機的主要外力設計組合，地震力對細長且對稱的風機結構起不了太大的影響。**此為一般結構工程師的普通常識，除非別有用心，否則國家地震工程研究中心的團隊應該也深知此一道理。**

4-2. 台灣如何發展離岸風電產業

以秋、冬為主的離岸風力發電只能滿足其產生的減碳效益，無法解決台灣於夏季期間的尖峰用電需求，**不應是台灣現階段的主要電源開發方案**

，建議採取下列對策：

- 1. 凍結或減少新的離岸風場開發申請計畫：**先凍結或減少新的離岸風場開發申請計畫，密切觀察大陸、日本、歐洲、美國的離岸風電發展趨勢，引進合適的技術能量，緩慢但有效的建構本土性離岸風力發電產業鏈。否則在2017/12/31前，若國外各風場開發商通過風場環境影響評估，或在2019/12/31前遞送籌設計畫書給能源局並取得風場籌設許可，台電公司將被迫簽訂其購電合約，台灣也將永久性的把大部分優良的離岸風場，拱手以幾乎免費的條件下讓出給國外各風場開發商。其實此些風場的籌設許可之商業價值，絕對高於電信市場3G、4G的頻寬價值，不能由能源局以評選委員會方式(詳下頁)，免費出脫給外商，且將尚失建構台灣風電產業鏈的優良市場平台。
- 2. 引進購電價格的競標制度：**學習歐、美、日等國做法，引進風場開發的競標制度，由最具競爭力且可協助國產風電產業發展的開發商，長期參與台灣離岸風場的開發工作。

五、結論與建議

5-1. 台灣離岸風電產業鏈的建構

5-2. 研議出有本土性特色的「離岸風場開發政策」



5-1. 台灣離岸風電產業鏈的建構

1. 智慧型技術移轉及研發：國際上對風力機的研發、設計、測試、生產、運維等一系列工作已相當成熟，大陸便曾經以技術移轉方式成立高達76家風機製造商。中鋼公司當然也可透過技術移轉方式引入相關科技，在國內組裝風力機並進行相關研發工作，某些零組件在產業初期仍應外購，再依主、客觀條件變化，逐步改為國產以降低其運轉維護費用。

2. 建構成內需型產業鏈：應在建構自主性產業鏈的前提下，台灣的離岸風場才能逐步開發，並發展成內需型服務業，而台灣西岸的風場是建構此內需型服務業的唯一憑藉，能源局不宜輕易出脫此一風場。

目前已投入離岸風場的國內開發商，在欠缺資金、沒相關產業根基、也沒減碳需求…等的情況下，政府主管機關也無從給予輔導，能源局只能因應業者要求加碼躉購電費的補助，逼使台電公司高價購入非尖峰負載期間不太穩定的次級電力。

且國內開發商又適時出脫其股權給國外的風場開發商，拱手讓出有如永續性油田的離岸風場，形同以全民之力補貼國外風場開發商、且喪失我國減碳額度的情境，實非全民之福！也不應該是明智政府官員會訂定的施政策略！

5-2. 研議出有本土性特色的「離岸風場開發政策」

- 1. 先停止或減少尚未完成申請作業的離岸風場申設工作：**經濟部能源局在未深入考量台灣在離岸風場開發的主、客觀條件限制下，盲目以高額躉購費率開放離岸風場供外商申請，拱手將台灣唯一的西側離岸風場免費送出，導至目前世界各大集團雲集台灣，其情境與清朝末年八國聯軍入侵大陸相當類似，台灣將割地（幾乎免費的讓出風場開發權）、賠款（若申請中的風場完成3.0GW，政府需補貼約348億元/年的購電支出，或6,960億元/20年），相當於又需額外支付2.0座核四廠的建廠費用！
- 2. 跳脫目前的風電開發思維及採購法的制約：**建議學習日本、韓國及大陸採歸零式思維的做法，由中鋼公司帶領產、學、研組成國產化風機研發團隊，逐步結合風機研發、基座研究、碼頭組裝、風機吊裝、施工船機、風場開發、運轉維修…等與離岸風電相關的產業能量。政府再依實地需求以附帶國產化條件的競標方式，逐一釋出離岸風場開發權，並在國外開發商的協助下，循序建構有本土性特色的風電產業鏈，由小而大、由近而遠、由淺而深，一步一腳印、低調但有效的開創出深具台灣離岸風電特色的產業體系，而這也應是中鋼集團於2014/01成立「風電事業發展委員會」的主要目的，目前卻因公司主導的施政策略有些變化，而不再積極參與離岸風電產業，實非國家之福。
- 3. 總結：**為了終止以上亂象，台灣應重新採歸零思維，逐步研議出有本土性特色的「離岸風場開發政策」，在此時，則請能源局長官們高抬貴手，先停止或減少尚未完成申請作業的離岸風場之申設工作。

六、附件--最近政策變化的省思

6-1.能源局在風電產業的迷思

6-2.分離中鋼公司「風電事業發展委員會」為獨立
新創公司的構思

6-1-1.能源局在風場開發進程的迷思

經濟部沈部長於2017/08/25提出明確國產化進程，風機國產化將以「由外往內」方式進行，前4年將先針對葉片等外圍設備進行國產化，後4年則逐漸導入發電機、變壓器、開關設備等關鍵零組件國產化。

其實國內業者除了已與世界領先的風機製造商技術合作多年的永冠能源科技集團外，在優良的大型風場多已被外商掌控、已欠缺良好市場規模的情況下，應該沒有公司膽敢貌然投入類似風機葉片的開發。

簡言之，政府雖然用心頗深，但在欠缺可行的創業模式下，一切將止於政治性宣誓，而台灣優良的大型風場也在此一政治性宣誓下，流失殆盡。

離岸風電推動新規劃

時程(西元年)	裝置容量	達成方式	
2015~2020	520MW	示範風場+潛力場址	
2015~2025	5.5GW (原規劃3GW)	示範風場+ 潛力場址	前3GW保證費率收購
			後2.5GW採價格標，低價者勝出
2025後	10~17 GW	區塊開發	

資料來源：經濟部能源局 整理：陳驚人

為加速離岸風電推動，能源局突然於2017/10/12規劃離岸風電第二階段潛力場址開發量再加碼，2025年離岸風電裝置容量可望由3GW躍升至5.5GW，前3GW保證以每度6元躉購費率收購，另加碼2.5GW採價格競標，低價者勝出。

這與「離岸風力發電規劃場址申請作業要點」的公告過程相類似，在突然性的政策變化前，並未深入了解離岸風電的本質，及其在我國能源政策內的位階，便以「擔心目前申請中的大部分開發案可能在3GW限制下遭淘汰，恐影響其投資意願並嚇跑開發商為理由」，規劃再加碼2.5GW，這也可顯示出在巨大利益下的外商遊說能力，及能源局官員的密切配合態度。

6-1-2. 能源局在風電國產化做法的迷思

根據能源局於2017/08/28提出的
評選作業規劃：

1. 國產化的「產業關聯效益」40 %：其中風機製造佔15 %、海事工程佔10 %、水下機組8 %、地方產業發展佔7 %；
2. 「技術能力」佔30 %：其中建造能力佔12 %、運轉及維護規劃佔10 %、工程設計佔8 %。
3. 「社會環境融合」佔15 %；
4. 財務健全及是否與國內金融相關的「財務能力」也佔15 %。

能源局可能認為「產業關聯效益」高達40 %，且中風機製造佔15 %，在僧多粥少的情況下，未來開發商的風機若無法國產化，等同直接出局，因此可篩選出願意配合的開發商。

實國內業界在欠缺風機製造領導廠商及自主性市場的情況下，現階段的產業實力之建構，無法依賴上述評選作業規劃的要求去達成，因為除了已經參與風電產業的中機公司塔架、永冠公司鑄件、上緯公司樹脂、中船公司局部性海事作業、幾家電纜製造商、穩晉公司近岸埋纜作業...等外，應該沒有公司會為了成為外商的下包商，投入大筆資金去建構風機零組件供應體系，其中尤以能源局看好的葉片及齒輪箱產業最具代表性。

但是台灣有優良離岸風場，能源局為何需要如此低聲下氣，急於補貼6,960億元/3.0GW/20年，並且放棄減碳額度(希望能源局多用心於此領域)，去尋求外商公司施捨式、掌控式、佔領式的下包訂單，換回只能於秋冬供電的離岸電力？

6-1-3. 能源局研擬中明顯偏袒 外商的風場開發遴選辦法

1. 風場開發遴選辦法： 能源局考量離岸風電發展礙於併網及碼頭等基礎建設限制，正研議在環評及籌設許可外，增訂風場開發遴選辦法，評選業者在產業關聯效益、技術能力、社會環境融合及財務能力等項目的能力，得分高者才有機會搶在2025年前建造風場。因此，類似Dong Energy、Macquarie、WDP...等國際級離岸風場開發商必可比台電、中鋼等國內離岸風場開發商，取得較高分數。

1. 風場開發履約保證金： 遴選辦法中將明訂簽約前必須繳交900萬元/MW的履約保證金(以1.8億/MW的設置成本估算)，業者必須提供現金或銀行擔保。若以一座風場裝置容量約500MW來算，業者光在拿到籌設及施工許可前就要繳45億的履約保證金，約佔整體開發成本的5%，惟這只有類似Dong Energy、Macquarie、WDP...等國際級財團才有能力支付，因此又是另一個有利於外商的遊戲規則。

2. 風場開發違約金及展延機制： 遴選辦法也將明訂廠商若沒有如期完工、併聯，就要扣8%/月的履約保證金，意即只要施工期程延期一年，保證金就沒了。惟颱風風災、漁民抗爭...等都是施工變數，國內業者若要開發風場都需找銀行融資，銀行在這麼大的風險下，也非常可能卻步！因此這也只有類似Dong Energy、Macquarie、WDP...等國際級財團才有能力因應此一要求。

能源局主秘蘇金勝表示，將來業者如果有正當理由必須延期，會設有展延機制供業者申請工期，這又為本項規定開個後窗，其實質效益變成用以限縮國內業者找銀行融資的空間。

6-2-1. 中鋼公司在離岸風電伴演的角色

右表為台灣現階段國內風機機電及零組件供應能力表，而中鋼公司更被政府賦予建立本土性離岸風力機供應鏈的任務，於105/9邀集相關廠商成立「離岸風電零組件國產化產業聯盟（Wind-Team）」後，又於106/8舉行「Wind-Team國際合作聯盟」啟動大會，邀請GE、日立、SGRE（Siemens Gamesa Renewable Energy）、MVOW（Mitsubishi Vestas Offshore Wind）四大風機系統商加入，且四大風機系統商也研議零組件在地化的方案以及供應商的評選程序，期能儘速在品質、成本、交期等三方面做到風機系統廠的要求，通過認證以取得供應商資格。**綜觀上述現況說明，政府希望在整合產官學研的資源並在國際風機系統商的技術協助下，逐步實現離岸風機零組件在地化發展的目標，整體而言其用心頗深。**

風機零組件能力表		風機鋼材及主要零組件	Wind-Team 國內供應廠商
風機鋼材及主要零組件	Wind-Team 國內供應廠商	主軸	南隆
鋼材	中鋼	輪轂	永誠亞太（永冠）、源潤豐、正昇
塔架	中機、銘榮元、剛健	變頻（流）器	台達電
扣件	恒耀、春雨	發電機	東元、大同
升壓變壓器、配電盤	大同、士林、亞力、南亞、華城	電纜線	大同、大亞、華新麗華、信邦
機艙罩	先進複材	偏航馬達	東元
齒輪箱	台朔重工	資料提供：中鋼公司 製表：黃全興	

惟中鋼公司至今除了答應負責供應風力機基礎結構的鋼材及其塔架加工、並媒合國際風機系統商與國內機電及零組件廠商之工作外，**並未實質性成立風力機系統的製造部門，因此也無從帶領國內機電及零組件廠商，逐步建構本土性離岸風機供應鏈，並取得國產離岸風力機的認證。**簡言之，台灣離岸風機供應鏈的建構，目前仍處於口頭性宣示的空轉狀態，最後很可能會像示範風場開發一樣，招標規範所訂定的階段性目標相當明確，但得標者在取得能源局2.5億元補助款及50%免息融資後，又將85%股權移轉給沒有投標示範風場資格的外商，且監測資料未依規定分享國內業界，完全違背採購法的規定，而能源局也無法或不願為其政策提出合理的說明。

6-2-3.以中鋼公司「風電事業發展委員會」 分離出來成為獨立新創公司的構思

中鋼集團於2014/01成立「風電事業發展委員會」的主要目的便是建構我國的離岸風電產業鏈，**目前卻因公司主導的施政策略有些變化，而不再積極參與離岸風電產業，只答應負責供應風力機基礎結構的鋼材及其塔架加工，實非國家之福。**

台灣若能學習日本、韓國及大陸採歸零式思維的做法，**以中鋼公司「風電事業發展委員會」分離出來的獨立新創公司為龍頭，取得國發基金、相關產業共約50~100億元台幣的集資規模，帶領產、學、研組成國產化風機研發團隊，逐步結合風機研發、基座研究、碼頭組裝、風機吊裝、施工船機、風場開發、運轉維修...等與離岸風電相關的產業能量，集合全國之力建構出離岸風電產業能量的縱深。**

政府再依實地需求以附帶國產化條件的最有利標的競標方式，**逐一、緩慢的釋出寶貴的離岸風場開發權，並依最有利標精神，選擇優良且願意進行技術移轉的團隊，做長期性的有效協助，循序建構出有本土性特色的風電產業鏈，由小而大、由近而遠、由淺而深，一步一腳印、低調但有效的開創出深具台灣離岸風電特色的產業體系。**

謝謝聆聽
敬請指教

盧顯卿

sclu@iyhsing.com.tw

