

浮體式離岸風電技術發展現況與未來展望

106.3.22.

摘要

- (一) 浮體式離岸風電適用於水深 50~150 公尺(或延伸至 200 公尺)之離岸風電技術。
- (二) 浮體式離岸風電技術核心為浮體平台，技術分類一般可分為 Spar-buoy (柱狀浮筒)、Tension Leg Platform (TLP, 張力腳平台)、Semi-submersible Platform (半浮式平台)三類，以及不屬於上述三類之其他形式。
- (三) 自 2010 年以後浮體式離岸風電技術與產業發展逐漸熱絡，有少數試驗性質裝置，目前尚無商業化風場。預計 Statoil 於 2017 年底在蘇格蘭完成全球首座商轉等級浮體式離岸風場。
- (四) 日本、法國為政府較積極投入之國家，目前眾多廠商投入，多為新創公司。
- (五) 我國學研界過去幾年有零星投入計畫。計畫類型以設計與分析為主，尚未進入模型實作階段。

一、前言

2009 年挪威廠商 Statoil 在挪威裝置全球首座實機等級(Full Scale)浮體式離岸風電(Floating Offshore Wind)平台，運轉至今。2016 年 Statoil 取得蘇格蘭政府許可，將在蘇格蘭裝置 5 座自身開發之 Hywind 浮體式平台，搭載 5 支 Siemens 6MW 風力機，裝置容量為 30MW。近期已開始施工前籌畫、設備組裝作業，預計於 2017 年底完成裝置作業。完成後將是全球首座商轉等級浮體式離岸風場，代表浮體式離岸風電技術向前邁出一大步。

現階段全球已有超過三十個團隊投入浮體式離岸風電開發，多半為新創公司。隨著 Statoil 的 Hywind 浮體平台預計在 2017 年開始商

轉，其他廠商亦加快開發進度，使得浮體式離岸風電產業發展逐漸熱絡。各國政府亦發現浮體式離岸風電的市場商機，以及可能產生新的產業鏈，逐步投入浮體式離岸風電產業發展，目前政策投入最積極的國家為離岸風電的後進國家日本與法國。

二、浮體式離岸風電技術簡介

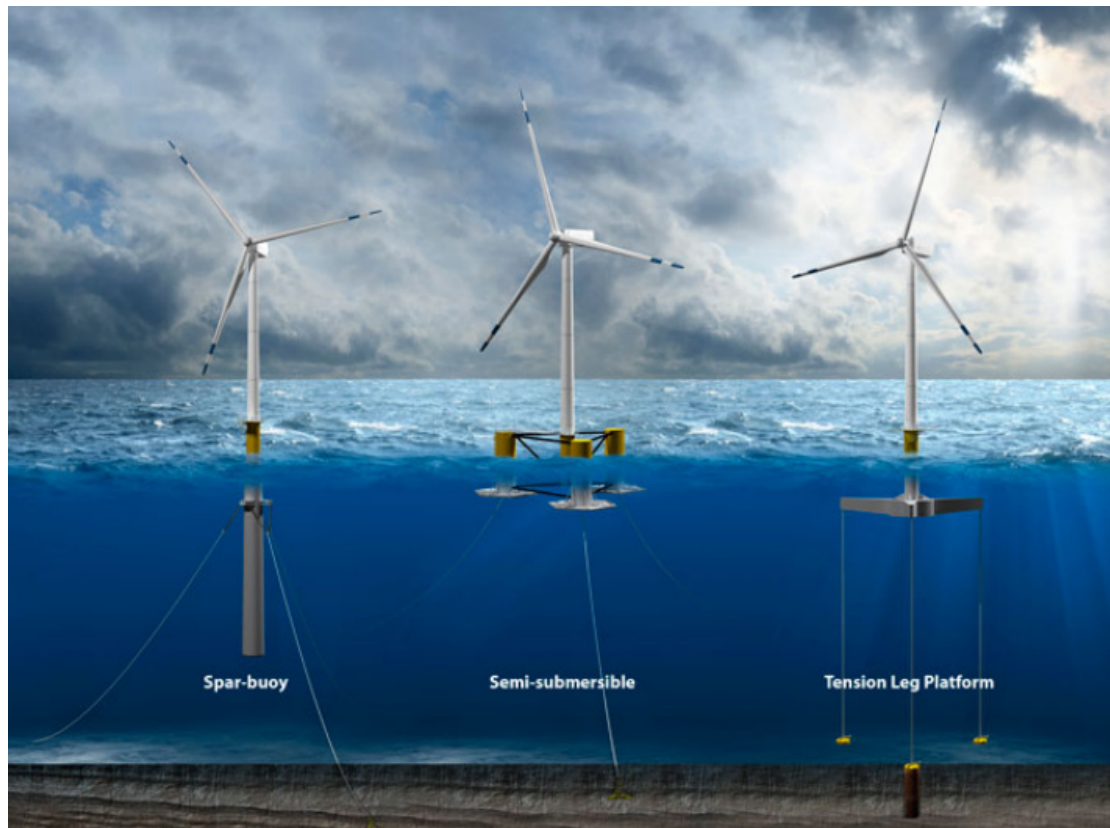
浮體式離岸風電，有別於目前技術已逐漸成熟之固定式離岸風電，為其支撐風力機之水下基樁並不是固定在海床上，而是浮在水面上，再以錨鍊繫在海床上。現行固定式離岸風電適合裝置水深最多約 50 公尺。浮體式平台應用於海底石油開採已有數十年歷史，技術能力已可以搭建水深 1,500 公尺之開採平台。浮體式平台技術應用於風力發電為新興領域，目前仍處於技術百家爭鳴的時代，短期內目標應用為水深 50~150 公尺(或延伸至 200 公尺)之海域。



資料來源：Atkins Energy website

圖 1：浮體式離岸風電技術示意

浮體式離岸風電技術核心為浮體平台，技術分類一般可分為 Spar-buoy (柱狀浮筒)、Tension Leg Platform (TLP，張力腳平台)、Semi-submersible Platform (半浮式平台)三類，以及不屬於上述三類之其他形式。



資料來源：NREL website

圖 2：浮體平台技術型態

各技術優缺點比較如下表所示。目前各技術均各有優缺點，並無具備絕對優勢的技術。未來仍須廠商發揮各技術優點、克服其缺點，在發展時程上領先其他競爭廠商，爭取較快進入示範運轉，甚至商轉的時程，以在眾多廠商的競爭中脫穎而出。

表 1：各種浮體平台技術優缺點

技術種類	優點	缺點
Spar-buoy	• 結構簡單，易於大批量製造 • 平台穩定性高，不需要動態穩定系統	• 安裝地點必須要有一定水深 • 需要具起重能力安裝船隻 • 不易拖回港口進行維修
Semi-submersible Platform	• 淺至深水域均可裝置 • 安裝僅需拖船 • 可拖回港口進行維修	• 平台結構較複雜 • 可能需要動態穩定系統 (active ballast systems) 導致成本較高
Tension Leg Platform (TLP)	• 結構較輕 • 平台穩定性高，不需要動態穩定系統	• 安裝過程複雜，通常需特殊設計之安裝船隻 • 錨鍊負荷重，易產生金屬疲勞

資料來源：工研院 IEK (2017/03)

三、全球浮體式離岸風電發展現況與展望

目前全球實際在海域運轉中之實體比例浮體式離岸風電平台共有三座，一座位於歐洲，另兩座在日本，另有兩座結束測試已拆除。

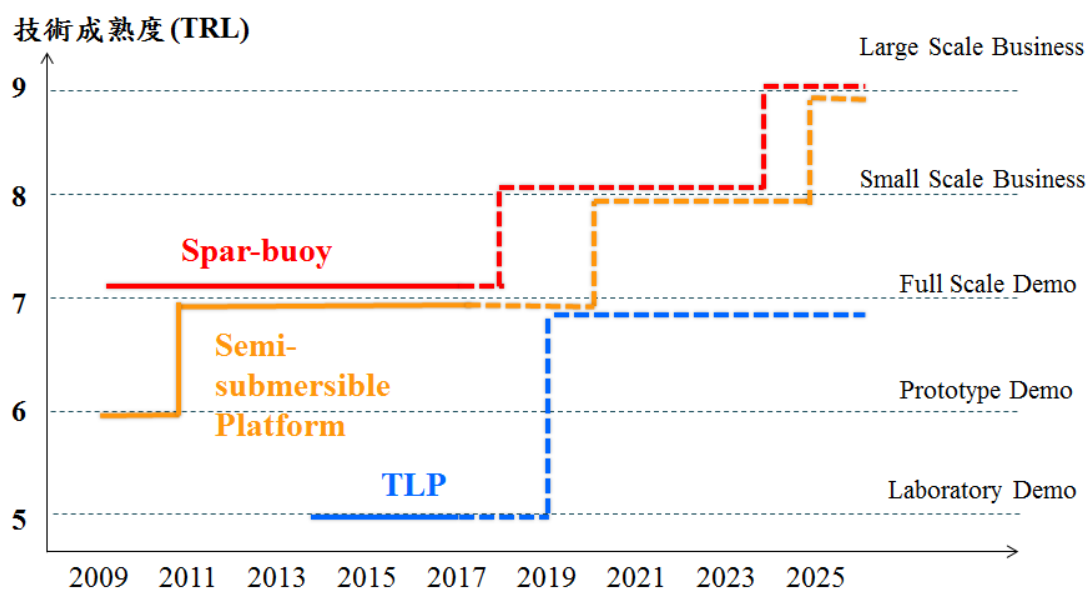
表 2：全球實體比例浮體式離岸風電平台案例

專案名稱	主導廠商	浮體平台型式	搭載風力機	離岸距離	水深	開始運轉年分
Hywind (挪威)	Statoil	Spar-buoy	Siemens 2.3MW	10km	220m	2009
Fukushima FORWARD	日本經產省 丸紅	Semi-submersible Platform (4 column)	日立重工 2MW	20km	100~150m	2013
Fukushima	日本經產省	Semi-submersible	三菱重工	20km	100~	2015

FORWARD	丸紅	Platform (V-shape)	7MW		150m	
WindFloat (葡萄牙)	Principle Power	Semi-submersible Platform (3 column)	Vestas 2MW	5km	50m	2011~2016
GOTO FOWT	日本環境省 (Statoil 供應平台)	Spar-buoy	日立重工 2MW	1km	91m	2013~2015

資料來源：工研院 IEK 整理(2017/03)

在技術發展進程上，Spar-buoy 在 2009 年首先在 2009 年有首座 Full Scale Demo (TRL 7)，Semi-submersible Platform 在 2011 年，TLP 預計 2019 年將有首座 Full Scale Demo。Spar-buoy 技術在 2017 年底將有首座小規模商轉案例 (TRL 8)，預計 Semi-submersible Platform 在 2019~2020 年將有首座小規模商轉案例。至於大規模商轉案例 (TRL 9) 預估要到 2024 年以後。



資料來源：工研院 IEK (2017/03)

圖 3：各平台技術發展進程預測

目前全球技術進展最快的廠商為挪威 Statoil，其 Hywind 平台可望在 2017 年底於蘇格蘭開始商轉，成為全球第一個進入商轉階段的浮

體式離岸風電技術。其他發展較快的技術包括美國 Principle Power 之 WindFloat 平台、法國 Ideol 之 Floatgen 平台、日本 Fukushima FORWARD 之 Semi-submersible Platform 平台等。政府投入以日本與法國投入最積極，日本由政府主導並掌控全局，法國則以示範計畫、補貼廠商開發投入。

在我國發展方面，我國科技部、經濟部能源局過去幾年有零星投入計畫。計畫類型以設計與分析為主，尚未進入模型實作階段。

表 3：近五年我國投入浮體式離岸風電相關計畫

研究題目	執行機關	執行時程	研究內容
大型風力機控制器設計研究	台大工程科學及海洋工程學系	2015.3~2015.12	5MW 浮體式離岸風電全機運轉控制模式
創新整合空氣動力、機構動力、波浪力、控制系統動態及結構應力分析應用於離岸風力發電機及其創新傳動控制之研究	台大工程科學及海洋工程學系	2014.8~2015.7	浮體式離岸風電全系統動態模擬分析
新及再生能源技術先期研發－離岸風電創新前瞻計畫	船舶中心	2014.1~2014.12	浮體式離岸風電相關基礎設計
離岸風力發電機創新型基座之海事施工服務研究計畫	大橋舟公司	2013.7~2013.12	浮體式離岸風電基座設計與安裝方法
離岸型浮動式風力發電機之運動特性及其對葉片結構的影響	台大工程科學及海洋工程學系	2011.8~2012.7	浮體式離岸風力機運動時，對葉片負荷的影響

資料來源：GRB 系統、工研院 IEK (2017/03)

四、小結

浮體式離岸風電目前全球尚無商用化案例，目前全球已設立之實機比例測試機組有三台，一台在挪威、兩台在日本。目前產業發展尚未成型，有眾多新創廠商投入，預計在 2017 年底 Statoil 之 Hywind 平台在蘇格蘭先導風場完成後，將成為全球第一座商轉案例。

浮體式離岸風電主流技術有 Spar-buoy, Tension Leg Platform (TLP), Semi-submersible Platform 三種，各有其優劣勢，各廠商設計的平台差異性大，短期內呈現百花齊放現象，尚無法論定何種技術可以勝出。

我國初估水深 50 公尺以上海域有 9GW 開發潛能可供浮體式離岸風電發展，目前有零散投入研究計畫，多為探索與理論研究為主，尚未進入開發階段。我國可列入我國風力發電發展規劃內，作為 2020 年以後中長期發展之技術選項；短期內學界可由從設計、分析與模型試作等方向投入，強化對此前瞻技術之掌握。

參考文獻

1. Carbon Trust (2015, June), “Floating Offshore Wind Market Technology Review”
2. EWEA (2013, July), “Deep Water-The Next Step for Wind Energy”
3. IRENA (2016), “Floating Foundations: A Game Changer for Offshore Wind Power”.
4. ORE Catapult (2015, June), “ Floating Wind Technology Assessment”
5. The Crown Estate (2013), “UK Market Potential and Technology Assessment for Floating Offshore Wind Power”
6. Atkins Energy website, <http://www.atkinsglobal.com>
7. NREL website, <http://www.nrel.gov>