



推動 台灣浮動式 風力發電 的 挑戰

徐瑋克* / 丹麥商凱得股份有限公司台灣分公司 台灣區總監
 李劍珩 / 丹麥商凱得股份有限公司台灣分公司 資深分析師
 陳振豪 / 丹麥商凱得股份有限公司台灣分公司 專案經理
 陳俊仁 / 丹麥商凱得股份有限公司台灣分公司 專案經理
 林勝利 / 丹麥商凱得股份有限公司台灣分公司 專案經理
 曾昱嘉 / 丹麥商凱得股份有限公司台灣分公司 專案經理

本文將介紹過往幾年在其他國家所執行之浮動式離岸風電計畫，包含挪威的 Hywind、蘇格蘭的 Kincardine、葡萄牙的 Windfloat Atlantic、及日本的 Fukushima Forward。藉由公開可供查詢之資料作為基礎，簡略說明該專案之緣由、規劃目標及其實施於案場的相關技術應用。歸納不同國家在技術、基礎建設及海域環境的選項，期許作為台灣未來在不同的自然與人為條件之下，接續固定式離岸風電計畫後，再次成功在台灣推動並實現浮動式離岸風電之開發潛力及並擴大離岸風電在台灣之發電量與工業產值。

關鍵詞：浮動式、離岸風電、台灣

This article is intended to collect relevant floating offshore wind projects planned and executed in the last years globally, including Hywind in Norway, Kincardine in Scotland, Windfloat Atlantic in Portugal, and Fukushima Forward in Japan. The study uses public available information as the basis to consolidate as a systematic comparison among all projects that were organized in different countries with the technology chosen under the differences of their own infrastructure and marine site conditions. With the compassion from different projects, we wish this could be a good lesson learned for Taiwan to shape another successful outcome and materialize the potential of floating wind energy production and the economic value following the massive fixed-bottom offshore wind projects currently under construction.

Keyword: Floating, Offshore Wind, Taiwan

前言

在海上風場中，基礎可分為固定式和浮動式兩種。與固定式基礎相比，當水深大於 80 m 後，浮動式

基礎之成本不會因水深增加而大幅增加。因此，在水深約 80 m 左右的情況下，浮動式基礎相較於其他固定式基礎就浮現出經濟價值之起始點，遂可採用作為深水區海域之離岸風場開發如圖 1 所示。

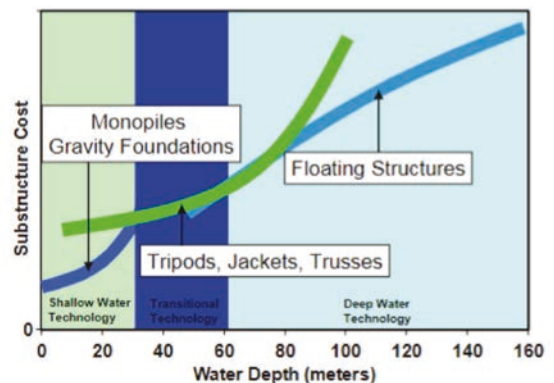


圖 1 離岸風電水下基礎型式造價與水深關係圖

(圖片來源：Dolan, D., MMI Engineering at Deepwater Wind Energy Workshop, Washington D.C. October 26-27, 2004)

* 通訊作者，shu@k2management.com

相較於一般固定式離岸風力發電以固定於海床上之支撐結構提供承載力，浮式風力發電之下部支撐結構主要由浮動式平台（Floating Platform；又稱浮台，Floater）、繫纜系統（Mooring Line）及錨錠系統（Anchor）等三大組件所組成。其中又以浮台型式之種類最多，本文首先將針對目前較常見之幾種浮台型式進行探討，接著將彙整近幾年於世界各地執行浮式風場之經驗，探討未來於台灣開發浮式風電技術可能會面臨之難題與挑戰，並提供本公司之建議供產官學界參考。

浮動式風力發電技術近年由國際各大機構、學校已發展出多種型式的浮台，依其使用之技術型式，可細分為駁船式（Barge）、圓柱浮標式（Spar）、半潛式（Semi-Submersible）、以及張力腳平台式（Tension Leg Platform, TLP），如圖 2 所示。

各種浮台技術可依其穩定原理分為浮力穩定式（buoyancy stabilized）、壓載穩定式（ballast stabilized）、以及繫纜穩定式（mooring line stabilized），其中浮力穩定式係靠浮台吃水面積產生之浮力使其可穩定漂浮於海面上，如駁船式及半潛式浮台。而壓載穩定式係靠浮台較深吃水深度使其可穩定漂浮於海面上，如圓柱浮標式浮台。繫纜穩定式則因浮台承受浮力較小，因此必須直接依靠繫纜系統及錨錠系統使其穩定漂浮於海面上，如張力腳式浮台。以上三種原理皆需靠繫纜系統及錨錠系統加以固定浮台位置。

由於各浮台型式可適用條件不盡相同，開發商於專案開發時須基於場址限制條件以及投資成本等考量，研選最適合該案場之浮台型式，參考國外文獻針

對各型式浮台適用條件及特性如表 1 所示，其中圓柱浮標式因其穩定原理之緣故，該型式多適用於水深大於 100 m 之區域，且礙於港口水深條件之限制，相較於其他兩種型式吃水較淺，可先於碼頭邊進行風機預組裝，再拖航至案場進行安裝，多數碼頭較難滿足圓柱浮標式浮台吃水深度需求，因此需拖航至案場位置或港口外進行風機預組裝，再拖航至案場安裝，但這也將增加其運輸及安裝之成本^[1]。

表 1 常見浮台型式研選準則

浮台型式	適用水深	定位系統	運輸安裝	風機組裝
半潛式	>40m	簡易繫纜設施，成本相較低廉	使用拖船/駁船運輸至案場進行安裝	可於碼頭邊組裝
圓柱浮標式	>100m	簡易繫纜設施，成本相較低廉	須使用拖船拖行至案場，並以起重船起吊安裝，成本相	須至外海使用起重船吊裝
張力腳式	>40m	複雜的繫纜及錨錠系統，成本高昂	使用拖船/駁船運輸至案場進行安裝	可於碼頭邊組裝

（表格來源：Floating Wind, Semi-Submersible, Spar, TLP - Empire engineering，本文整理）

全球浮式風力發電之案例探討

過去幾年，世界各再生能源大國多戮力發展浮動風力發電技術，本文蒐集過去幾年於世界各地執行稍具商業規模之浮式風電專案，如挪威的 Hywind、蘇格蘭的 Kincardine、葡萄牙的 Windfloat Atlantic、以及日本的 Fukushima Forward，各案場相對位置如圖 3。

本文蒐集並整理上述各案之公開技術資訊如后，並進一步探討未來於台灣發展浮式風電技術可能會面對的挑戰與限制。

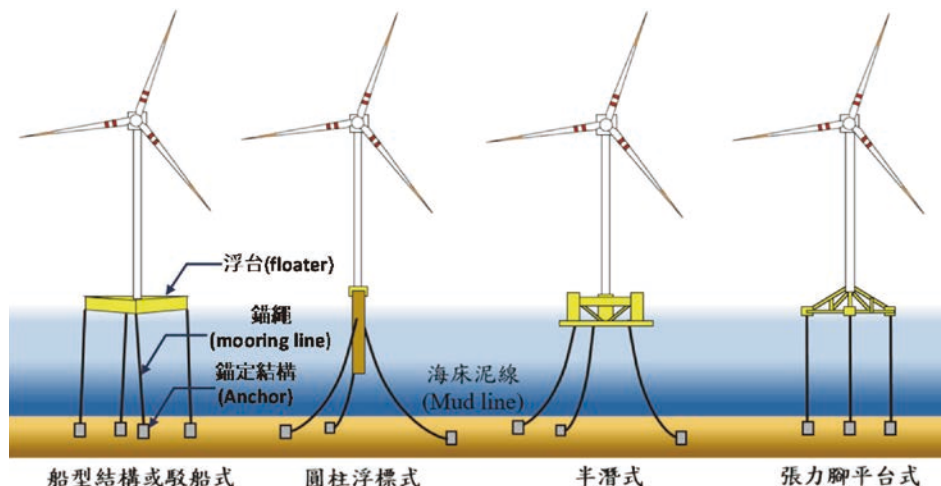


圖 2 常見之浮式風電浮台型式

（圖片來源：「離岸風電場址調查及設計技術規範_本文含解說草案」，本文繪製）



圖 3 世界各地浮式風場相對位置圖 (圖片來源: 本文繪製)

挪威 Hywind

Hywind 浮式風力專案為挪威 Equinor 公司 (前身為 Statoil 及 StatoilHydro) 分三期專案進行開發, 三期專案分別為 Hywind DEMO、Hywind Scotland 及 Hywind Tampen。三個專案皆採用圓柱浮標式 (spar) 作為其浮台。其中 Hywind Scotland 及 Hywind Tampen 之風場位置及場址水深分別如圖 4 及圖 5 所示。

Hywind DEMO 為 Hywind 浮式風力專案之第一期專案, 場址位於挪威 Rogaland 郡 Karmøy 市離岸 10 km 處, 其水深約為 220 m, 選用 Siemens Wind Power 所生產之 SWT-2.3 MW 風機, 總裝置容量為一部風機之 2.3 MW, 使用之圓柱浮標式 (spar) 浮台長度約 117 m 直徑則為 6 m 至 8.3 m, 已於 2009 年完成啟用 [2,3]。

Hywind Scotland 為 Hywind 浮式風力專案之第二期專案, 場址位於蘇格蘭 Aberdeenshire 鎮 Peterhead 海岸離岸 25 km 處, 其水深約為 95 至 120 m, 選用 Siemens Wind Power 所生產之 SWT-6.0 MW 風機, 共裝設 5 台風機, 總裝置容量為 30 MW, 使用之圓柱浮標式 (spar) 浮台長度約 91 m 最大直徑為 14.5 m, 已於 2017 年完成啟用 [4-7]。

Hywind Tampen 為 Hywind 浮式風力專案之第三期專案, 此案之特色為案場生產之電力係供離岸石油天然氣鑽探平台使用而非民生用電, 因此其場址位於離挪威海岸 140 km 處, 其水深約為 260 至 300 m, 選用 Siemens Gamesa 所生產之 SG-8.0-167DD 風機, 共裝設 11 台 8.6 MW 風機, 總裝置容量為 94.6 MW, 使用之圓

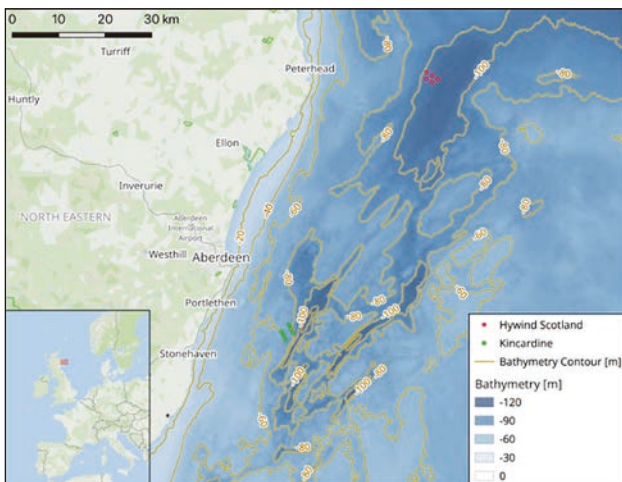


圖 4 英國 Hywind Scotland 風場風機佈置及水深圖 (圖片來源: 本文繪製)

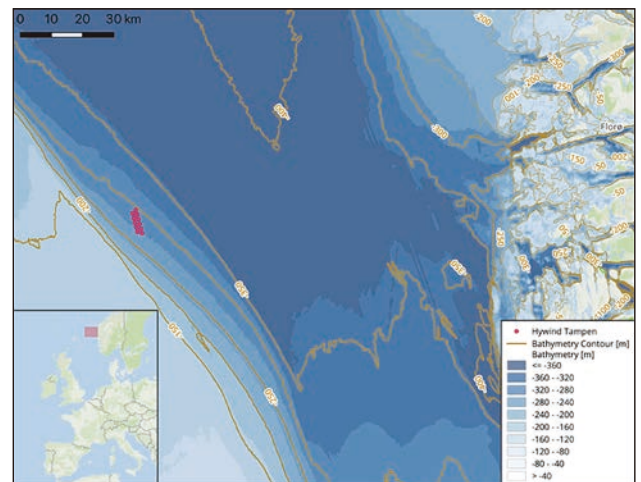


圖 5 挪威 Hywind Tampen 風場風機佈置及水深圖 (圖片來源: 本文繪製)

柱浮標式 (spar) 浮台長度約 91 m 最大直徑為 14.7 m，已於 2022 年完成 7 台風機組裝進行首次發電，剩餘 4 台風機預計於 2023 年完成安裝作業^[8-11]。

另值得注意的是，Equinor 公司與其他合作單位於 2022 年提出之 Trollvind 浮式風力發電計畫已於 2023 年宣告因財務可行性及技術挑戰性暫停開發，其後續發展值得相關產學界持續關注^[12,13]。

蘇格蘭 Kincardine

Kincardin 為英國目前最大之浮式風場，於 2020 年併網，併網容量約為 50 MW。年發電量為 218 GWh，此項目為當時全球首座使用超過 9 MW 額定容量之風機項目，由西班牙 Cobra Group 作為此案之統包合約商^[14]。

Kincardine 位於 Kincardineshire 東南岸約 15 km，水深範圍介於 60 至 80 m 之間。占地 110 km²。風場位置及場址水深如圖 4 所示。風場內鋪設總長度約 30 km 之 33 kV 陣列海纜，並以約 18 km 長、33kV 之輸出海纜上岸^[15]。該案場共建置六部風力發電機組，分為兩期專案執行。第一期採用一部 Vestas V80-2.0 MW 風機，於 2018 年併網發電；另因考量蘇格蘭港口條件及海岸地形，採取 Principle Power 所開發之第一代 Windfloat 半潛式浮台為基礎，長約 40.8 ~ 50 m，高 24 m，吃水深度 14 m。第二期採用 5 部 Vestas 供應之 V164-9.5MW 為風機，於 2020 年併網發電，其以 Principle Power 所開發之第三代 Windfloat 半潛式浮台為基礎，長為 75 m，高 30 m，吃水深度 20 m。此案於西班牙北部 Fene 船廠進行浮台製造，並以荷蘭海事工程公司 Boskalis 之運輸船 Fjord，將其運至鹿特丹港口進行風機組裝。組裝完畢後，再航行約 650 km，將風機拖運至案場安裝^[16]。鹿特丹港口共 656 個泊位，碼頭總長 89 km，航道最深達 22 m，可停泊 54.5 萬噸特大型油輪（船長約 400 m）^[17]。



圖 7 Windfloat Atlantic 風場預組裝及拖航照
(圖片來源：Windfloat Atlantic | Offshore wind energy (windfloat-atlantic.com))

葡萄牙 Windfloat Atlantic

Windfloat Atlantic 浮式風力發電計畫由 Windplus 投資開發，風場位置及水深如圖 6 所示，此專案主要由葡萄牙電力公司 EDPR 負責相關專案開發工作，於 2020 年 7 月完成所有機組併網發電，總裝置容量約 25 MW，由 3 部 MHI Vestas 8.4 MW，預計營運時間為 25 年。

該風場距葡萄牙 Viana do Castelo 海岸約 20 km，水深約 100 m，採用 Principle Power 的 Windfloat 半潛式浮台技術 (Semi-Submersible Floater)，浮台尺寸寬 50 m、高 30 m、吃水深 20 m^[18]。

該計畫浮台於分別於葡萄牙及西班牙兩地製造組裝完成後，再將浮台拖航至西班牙 Port of Ferrol 外港區碼頭邊進行風機預組裝後拖至案場安裝。相關風機預組裝及拖航照片如圖 7 所示。

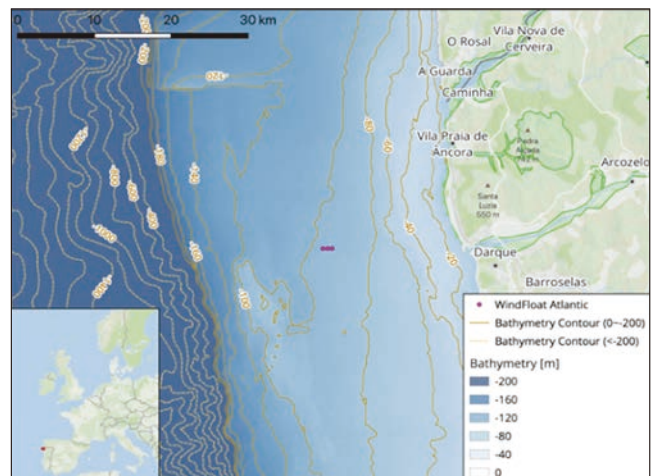
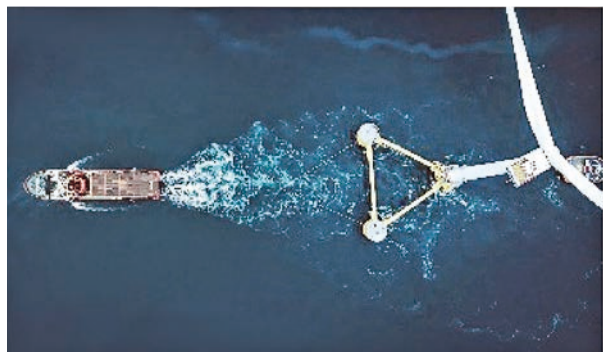


圖 6 葡萄牙 Windfloat Atlantic 風場風機佈置及水深圖
(圖片來源：本文繪製)

日本 Fukushima Forward

此專案為由日本經濟產業省贊助之示範風場案，其主要架構為三台浮動式風機（共 14 MW）和一座



浮動式變電站。案場地點為距福島縣近海 20 km 的海域，水深約 100 ~ 120 m 如圖 8 所示 [19,20]。

本案從 2012 年開始進行第一階段之開發，內容包含 2 MW 浮式風機以及世界首個 66 kV 浮式變電站和海底電纜。這些作業於 2012 年 10 月 31 日順利完成。第二階段於 2015 ~ 2016 年完成兩台風機之安裝（裝置容量分別為 5 MW + 7 MW）。風機及變電站配置如圖 9 所示。

此專案之風機浮台使用了結實型半潛式（2 MW）、圓柱浮標式（5 MW）、及 V 型半潛式（7 MW）平台。每台的規格如表 2 所示。

本專案風機與浮動式基礎之組裝在福島縣小名浜港執行。此專案另一特點為於安裝 7 MW 風機時，所使用之起重機為當時最大之起重機。小名浜港具有最大允許船長度約 250 m，最大吃水深約 13.5 m，最大載重噸位約 100,000 tonf。

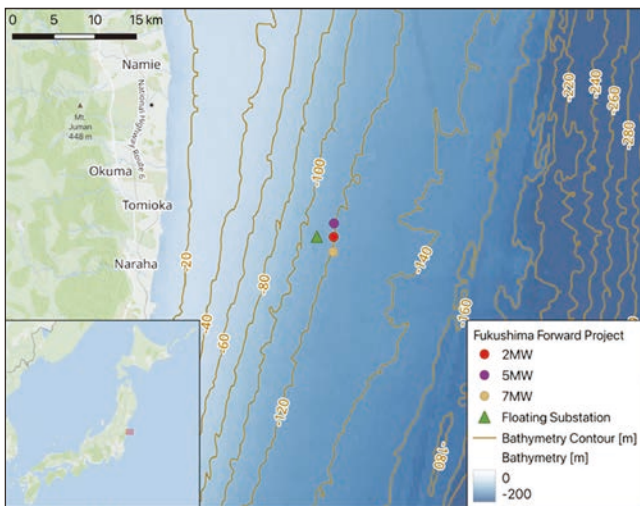


圖 8 Fukushima Forward 位置及水深等值線
(圖片來源：本文繪製)

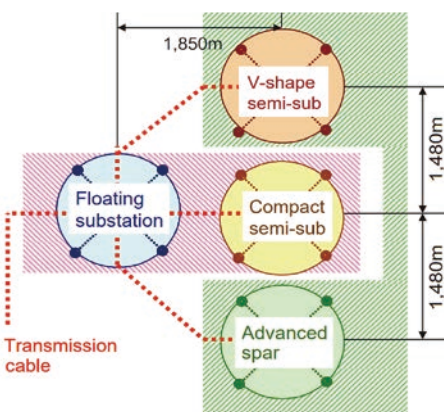


圖 9 Fukushima Forward 配置示意圖
(圖片來源：Ishihara Takeshi 2016, The challenge to the world's first floating wind farm)

表 2 Fukushima Forward 浮動式基礎主要規格

專案階段	風機	水深 (m)	浮式基礎		
			類型	長度 (m)	吃水深 (m)
Fukushima Forward	1	2MW	結實型半潛式平台	64	16
	2	5MW		圓柱浮標式	59
		7MW	V 型半潛式平台	150	17

(表格來源：本文整理)

小結

綜合以上各專案之介紹，整理各範例風場採用之浮台資訊如表 3 所示。

國內發展浮式風力發電之可能挑戰

近年來已有許多開發商投入我國浮式風電開發市場，本文彙整現階段各開發商公告之案場相關資訊如表 4 所示，現階段共有 7 家開發商 12 個案場正在規劃中，各案場風機單機組裝置容量介於 9 ~ 22 MW 間，水深除新北市及基隆外海水深介於 90 ~ 240 m 外，其餘西部外海各案水深皆小於 100 m，約介於 42 ~ 96 m 間。

由於目前各案仍在初步調查規劃階段，後續仍須通過環評審查及選商作業後，方能取得開發權，相關浮台型式亦須俟後續調查及設計成果完成後方能決定。惟依現有資料蒐集成果及表 1 浮台型式研選準則，本文初步評估如於台灣西部海域開發浮式風電案，由於水深較淺，各案採用半潛式或張力腳型式等吃水較淺之浮台之可能性應較圓柱浮標式還高，爰依此假設進一步檢視於國內發展浮式風場可能面臨之挑戰。

表 3 各範例風場之浮台資訊整理

專案階段	單機容量 (MW)	浮台型式	水深 (m)	長 (m)	高 (m)	吃水深度 (m)	結構重量 (kton)
Hywind	1	Spar	220	8.3	117	100	1.5
	2		95-120	14.5	91	78	2.3
	3		260-330	14.5	91	78	2.3
Windfloat Atlantic	1	Semi-Submersible	100	55	30	20	2.5
Kincardine	1	Semi-Submersible	60-80	50	24	14	1.3
	2			75	30	20	2.75
Fukushima Forward	1	Compact Semi sub	100-120	64	32	16	-
	2	Advanced Spar		59	48	33	-
	3	V-Shape Semi sub		150	25	17	-

(表格來源：本文整理)

表 4 國內潛在浮式風力開發案資訊整理

開發商	計畫名稱	計畫位置	風機裝置容量 (MW)	案場水深 (m)
Bluefloat	九降風	新竹	9.5~20	64~96
CIP	風成	新竹	9~20	46~92
	風汎	新竹	9~20	70~96
	風利	苗栗	9~20	42~88
Flotation	竹廷	新竹	9~20	60~90
InfraVest	合儀	新北及基隆	10~20	110~200
	禾蘭北	新北及基隆	10~20	90~130
	禾蘭南	新北及基隆	10~20	100~240
RWE	新風	新竹	14~22	65~95
	萊風	新竹	14~22	65~90
SRE	海碩	苗栗	9.5~20	55~80
TRE	環亞	苗栗	9.5~20	50~85

(表格來源：環保署書件查詢系統行政院環境保護署「環評書件查詢系統」：首頁 (epa.gov.tw)，本文整理)

基礎設施之限制

根據我國目前離岸風電發展，國內目前各主要港口之碼頭主要規格及用途已規劃如下，相關條件整理如表 5 如示：

- 台北港：水下基礎製造與存放。
- 台中港：水下基礎製造與存放、風機組裝、訓練中心、維運基地。
- 布袋港：維運基地。
- 安平港：運儲。
- 高雄港：水下基礎製造與存放。

根據台灣港務公司於 2023 年 5 月最新規劃，將台灣西部海域 5 個港口，台北港、台中港、布袋港、安平港及高雄港納入離岸風電發展之港口；考量因素有以下 [21]：

表 5 台灣西部沿岸離岸風電港口各數據

港口	碼頭	碼頭長度	碼頭水深 (m)	碼頭乘載力 (ton/m ²)	功能規劃
台北港	S08/S09	320	16	20	基礎生產與存放
	2	250	11	10	風機組裝
台中港	5A/5B	400	11	50	風機組裝
	36	340	12	20~40	風機組裝
	37 (興建中)	250	16	20	風機組裝
	38 (興建中)	330	16	40	風機組裝
	105	270	16	10~40	基礎生產與存放
	106	310	16	10~40	基礎生產與存放
	107	200	13	10~40	風機組裝
布袋港	N2/E1	130/140	<5	-	維運基地
	17	230	5	2	運儲
安平港	18	230	11	2	
高雄港	A06 (興建中)	-	-	-	基礎生產與存放

(表格來源：臺灣港務公司，本文整理)

- 水域：航道寬度、水深。
- 陸域：碼頭長度、水深、碼頭乘載力、腹地面積及裝船運送距離。
- 營運設備：起重設備、運輸、工作船舶。
- 其他：至風場距離、航空限高、作業時間等。

此外，綜合以上考量港務公司於 2022 年 10 月以 15 MW 的浮式風場作為基礎，評估基礎設施建議要求：水深 12 m 以上、碼頭長度 400 m 以上、碼頭載重建議 10~25 噸/平方米、後線土地建議 10~25 公頃，盤點既有港口適合資源成果如表 6 [22]，成果顯示唯台北港、台中港、高雄港較有可能作為發展浮式風機製造及組裝用途的港口。

惟為因應未來風機大型化之趨勢，RenewableUK 亦針對 17 MW 及 20 MW 規格之風機，預估半潛式浮台製造、組裝、以及風機預組裝等情境對於碼頭之需求，本文整理台灣港務公司及 Renewable UK 對於基礎設施之需求比較整理如表 7 所示 [23]。

考量目前國際間開發浮式風機之趨勢皆是傾向於港口進行浮台及風機之組裝；表 3 中的國際專案經驗，以吃水深度為基礎，台灣西部沿岸港口條件，以目前稍具規模的兩種型式來比較，台灣似乎較適合以半潛式浮台進行浮動式離岸風電專案規劃。然而部分

表 6 台灣西部沿岸離岸風電港口資源盤點

港口	航道寬度	碼頭長度	水深	碼頭載重	後線土地	拖船	SOV 或 CTV	作業時間	水域	風場距離	航向限制
高雄港		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
台中港	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
台北港	◎	◎	◎	◎	◎		◎	◎	◎	◎	◎
安平港			◎	◎			◎	◎		◎	
布袋港							◎	◎		◎	◎

(表格來源：臺灣港務公司公聽會簡報)

表 7 浮式風力之基礎建設需求比較

	台灣港務公司	RenewableUK	
單機裝置容量	15 MW	17 MW	20 MW
碼頭長度 (m)	400	400	440
航道寬度 (m)	-	230	260
航道水深 (m)			
碼頭水深 (m)	12	15	16.5
後線土地 (ha)	10~25	20	25
碼頭乘載力 (T/m ²)	10~25	20	20

註：本表中 RenewableUK 係針對風機於碼頭邊進行預組裝之需求 (表格來源：臺灣港務公司公聽會簡報、Floating Offshore Wind Taskforce: Industry Roadmap 2040, RenewableUK，本文整理)

國際浮動式離岸風電計畫之浮台吃水深度超過 12 公尺，且面對每年能源局釋出的風場開發容量，即使近年港務公司積極改建碼頭及港口的目標下，國內基礎設施的條件限制及建置進度相對仍屬中長期之目標。因此各家開發商之浮台設計是否可以適合台灣現狀，並做出短期相應調整以滿足既有限制實為未來幾年的一大挑戰。

工作船之短缺

浮式風力發電之一大特色為浮台之運輸至繫錨系統之安裝均會使用到如圖 10 所示之錨索牽引補給船 (Anchor Handling Tug Supply vessel, AHTS)，當考量到浮式風力之需求，目前市場上符合需求之工作船可說是相當稀缺，以上述介紹之葡萄牙 Windfloat Atlantic 浮式風場為例，其使用之錨索牽引補給船 BOURBON ORCA 之繫纜拉力 (bollard pull) 規格為 183 tonf^[24,25]，經參閱相關市場調查^[26]，若以繫纜拉力 (bollard pull) 規格 220 tonf，則符合之船隻僅有 110



圖 10 Windfloat Atlantic 浮式風場之錨索牽引補給船施工案例^[27]

艘，若是將需求調高至 300 tonf，則扣除美國及中國之船隻則僅剩 25 艘；更有甚者，浮式風場之運維階段亦可能有使用錨索牽引補給船之需求，考量全球對於建設離岸風電以及其他產業如石油天然氣對於工作船之大量需求，如何尋求國內外資源獲取錨索牽引補給船來台執行工程及其他相關工作之將是國內發展浮式風電一大挑戰。

供應鏈尚未成熟

目前，台灣正準備藉由示範獎勵計劃推動首座浮式離岸風電開發，在國內尚未具有製造浮台以及繫纜系統 (Mooring line) 及錨錠系統 (Anchor) 與動態海纜之供應商，且現有國內參與離岸風電之主要廠商之產能目前也都積極投產於固定式風力發電計畫之製造生產。考量供應鏈之生產學習曲線及有限量能，預計浮式風力專案主要組件採購於短期內參與示範獎勵計劃勢必得從海外進口，後續再依示範計畫需求再另行推動執行性較高的國產化項目。

另外，全球市場也正大力推動浮式風力發電開發，在此情勢下，台灣之案場如何在全球化競爭之下確保供應鏈之即時供給，將衝擊國內推動浮動式風力發電之進度。

結論與建議

1. 離岸風電最關鍵的關鍵即是各分項專業及利害關係人的完全透明開放的溝通及介面與風險管理，國內各機關與產官學界必須把台灣維持在國際離岸風電開發的領先地位放在首要任務，共同克服即將面對的挑戰。
2. 國內碼頭基礎建設鮮少是專為離岸風電打造，在既有條件不符浮式風力之未來使用需求下，短期內採示範獎勵計劃開放國產化之相關限制，雖可解決適應國內港口條件限制之規劃，未來商業化區塊開發之需求仍仰賴政府機關積極推動國內碼頭基礎建設進行升級，本文仍建議風力發電之開發設立專區，需同時考量浮式風力發電之需求，在接近風機組裝區域之前提下，就近發展以避免其與固定式風力發電之開發區域產生衝擊及排擠效應。

3. 儘管浮式風機之開發前景看好，但其與固定式相比開發費用仍然較高；且儘管浮式風機在技術層面上已驗證可行，但其商業開發之可行性則尚待驗證。技術上，本文建議示範獎勵計劃應就適合台灣氣候、海象及各種基礎建設限制之下，獎勵發展最適國內條件之設計及製造技術兩項，以台灣小而美製造業機動性，在台船公司國艦國造任務下，找出跳脫歐美大型造船場所才能生產浮台模式，建置技術及製造均可行的形式，並藉由在台兩大國際風機廠之在地生產優勢，推動單一形式之浮台設計與製造能力，並朝可量產及可模組化之方向進行推動。
4. 除了技術上之提升，最重要的就是建立屬於台灣的離岸風電商業模式絕對需要政府資金的挹注且維持一定比例躉購機制，甚或協助國內需求綠電採購大戶之信用保證機制，及國內官股銀行大量參與融資保證，絕對是台灣走向離岸風電下一步與國際同步最重要的措施。
5. 最後，離岸風電首重管理，包含風資源、海氣象與地質條件之調查與分析；風機之選型以及對應之水下基礎、電力系統、監控系統以及運維體系；並藉此衍生之採購及供應合約且依此規劃之施工計畫、融資計畫及售電計畫及對應之專案管理與風險管理，每一種專業都必須積極培養在地優秀人才，未來除了供應鏈國家隊之外，專案管理人才更是重中之重，推動年青學子，不論工程、商業、法務、語言及政治與環境背景都必須儘早與國際接軌，產學合作推動人才培育計畫刻不容緩，才有足夠人力支持台灣之 2050 年淨零碳排放目標。

參考資料

1. Semi-Submersible, Spar and TLP—How to select floating wind foundation types?, Floating Wind. Semi-Submersible, Spar, TLP—Empire engineering
2. StatoilHydro inaugurates floating wind turbine, <https://www.equinor.com/news/archive/2009/09/08/InnovativePowerPlantOpened>
3. Top Plants: Hywind Floating Wind Turbine, North Sea, Norway, <https://www.powermag.com/top-plants-hywind-floating-wind-turbine-north-sea-norway/>
4. Hywind Scotland, <https://www.equinor.com/energy/hywind-scotland>
5. World's first floating wind farm has started production, <https://www.equinor.com/news/archive/worlds-first-floating-wind-farm-started-production>
6. Hywind Pilot Park, Aberdeenshire, <https://www.power-technology.com/projects/hywind-pilot-park-aberdeenshire/>
7. Hywind Scotland: cabling the world's first floating wind farm, <https://www.nexans.com/en/markets/power-generation/offshore-wind/hywind-scotland-cabling-world-first-floating-wind-farm.html>
8. Hywind Tampen, <https://www.equinor.com/energy/hywind-tampen>
9. First power from Hywind Tampen, <https://www.equinor.com/news/20221114-first-power-from-hywind-tampen>
10. Adjusted assembly plan for the final four Hywind Tampen turbines, <https://www.equinor.com/news/20220713-adjusted-assembly-plan-for-the-final-four-hywind-tampen-turbines>
11. Hywind Tampen by FEW, <https://questfwe.com/wp-content/uploads/2018/08/Hywind-Tampen.pdf>
12. Equinor and partners consider 1 GW offshore wind farm off the coast of Western Norway, <https://www.equinor.com/news/20220617-considering-1gw-offshore-wind-farm-off-western-norway>
13. Equinor put Trollvind on hold, <https://www.equinor.com/news/20230522-trollvind-on-hold>
14. Kincardine offshore windfarm, <https://www.nsenergybusiness.com/projects/kincardine-floating-offshore-wind-farm-scotland/>
15. Kincardine documents, <https://pilot-renewables.com/kowl-documents/>
16. Kincardine installation route, <https://www.thebellman.co.uk/2021/01/25/kincardine-offshore-wind-farm-growing-in-size/>
17. Wiki, Port of Rotterdam, https://en.wikipedia.org/wiki/Port_of_Rotterdam
18. Windfloat Atlantic, Windfloat Atlantic | Offshore wind energy (windfloat-atlantic.com)
19. Fukushima FORWARD Consortium 2011~2016, Demonstration Project Brochure, accessed 20 May 2023, <<http://www.fukushima-forward.jp>>
20. Ishihara Takeshi 2016, The challenge to the world's first floating wind farm
21. TIPC, <https://www.twport.com.tw/chinese/>
22. TIPC 公聽會簡報, https://drive.google.com/drive/folders/1JaWr306CALQtw0ToJU7SJ45E1jpkE2ie?usp=share_link
23. Floating Offshore Wind Taskforce: Industry Roadmap 2040, RenewableUK
24. WindFloat Atlantic Turbine No. 3 In Place, Ready to Be Connected, <https://www.offshorewind.biz/2020/05/29/windfloat-atlantic-turbine-no-3-in-place-ready-to-be-connected/>
25. BOURBON ORCA specification, <https://www.bourbonoffshore.com/sites/default/files/documents-associates/pdf/bourbon-orca-181-mt-bp-dp2.pdf>
26. Floating Offshore Wind and the Need for High-end AHTS, <https://www.oedigital.com/news/504813-floating-offshore-wind-and-the-need-for-high-end-ahts>
27. Installing Windfloat Atlantic, <https://dock90.com/windfloatatlantic/> 