

出國報告（出國類別：出席國際會議）

「臺荷能源與創新領域合作」
圓桌會議暨訪問團
出國報告

服務機關：經濟部能源局

姓名職稱：林全能局長、蘇金勝組長

出國地區：荷蘭

出國期間：105年8月30日至9月4日

報告期間：105年11月28日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：「臺荷能源與創新領域合作」圓桌會議暨訪問團

頁數 50 含附件：是否

出國人員姓名 / 服務機關 / 單位 / 職稱 / 電話

林全能 / 經濟部能源局 / 局長 / 02-27757600

蘇金勝 / 經濟部能源局 / 能源技術組 / 組長 / 02-27757770

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：105 年 8 月 30 日~ 9 月 4 日

報告期間：104 年 11 月 28 日

出國地區：荷蘭

分類號/關鍵詞：臺荷能源與創新領域合作圓桌會議、再生能源、離岸風力(Taiwan-Dutch Energy and Innovation Cooperation Roundtable Meeting、Renewable Energy、Offshore Wind)

內容摘要：

為執行我國與荷蘭經濟部企業通訊處所簽署之「能源與創新領域合作備忘錄」，本局與荷蘭貿易暨投資辦事處(Netherlands Trade and Investment Office)、荷蘭經濟部企業通訊處(Netherlands Enterprise Agency)共同舉辦「臺荷能源與創新領域合作」圓桌會議，並與荷方離岸風電、智慧電網等領域相關業者、專家進行討論，以增加技術交流與互惠合作的機會。

本次本局林局長率國內相關單位組團參訪荷蘭再生能源產業發展，包括風電產業協會、電信業者、政府部會及研究機構等參與，與荷蘭重要離岸風場施工業者及再生能源研究機構進行技術會談，以瞭解荷蘭領先之技術發展現況，為尋求與荷蘭進行技術交流的最佳平台，並作為臺灣推動離岸風力發電、智慧電網等之參考。

目 錄

壹、出國行程紀要	1
貳、參訪活動及工作內容成果	3
參、結論與建議	28
附件 1、臺方引言簡報	31
附件 2、荷方引言簡報	41

壹、出國行程紀要

一、出國目的

為執行我國與荷蘭經濟部企業通訊處所簽署之「能源與創新領域合作備忘錄」，本局與荷蘭貿易暨投資辦事處(Netherlands Trade and Investment Office)、荷蘭經濟部企業通訊處(Netherlands Enterprise Agency)於本(105)年於荷蘭共同舉辦「臺荷能源與創新領域合作」圓桌會議，並與荷方離岸風電、智慧電網等領域相關業者、專家進行討論，以增加技術交流與互惠合作的機會。此外，為瞭解荷蘭領先之技術發展現況，為尋求與荷蘭進行技術交流的最佳平台，做為臺灣推動離岸風力發電、智慧電網等之參考，此次本局林局長率國內相關單位組團參訪荷蘭再生能源產業發展，並與荷蘭重要離岸風場施工業者及再生能源研究機構進行技術會談。

二、行程紀要

此行主要任務係以增進臺荷雙方瞭解並拓展未來合作機會。訪荷行程規劃自 105 年 8 月 30 日至 105 年 9 月 4 日，除舉辦「臺荷能源與創新領域合作」圓桌會議，討論離岸風電、智慧電網相關議題外，並參訪離岸風力發電技術相關公司(包括 Royal IHC、MARIN、GustoMSC、Seaway Heavy Lifting 等)及再生能源技術研究機構 ECN。為專業領域的企業、研究單位提供交流與瞭解的機會，探討較為專精的技術研究，增加國際合作的可能性，並分享荷蘭領先之離岸風電推展與技術研發、人才培育經驗。本次出國行程規劃如表 1 所示。

表 1 「臺荷能源與創新領域合作」圓桌會議暨相關參訪行程

日期	活動內容	地點
105.08.30(二)	啟程 抵達荷蘭阿姆斯特丹	臺灣→荷蘭
105.08.31(三)	1.拜會 Royal IHC 洽談觀摩海事工程技術合作交流。 2.舉辦「臺荷能源與創新領域合作」圓桌會議	海牙
105.09.01(四)	拜會 ECN 荷蘭能源研究中心 (Energy research Centre of the Netherlands)	海牙
105.09.02(五)	參訪 Marin(荷蘭海事研究所), Gusto MSC(世界知名的海洋平臺和海洋起重機設計商), Seaway Heavy Lifting	海牙
105.09.03(六) ~ 105.09.04(日)	返程	荷蘭→臺灣

貳、參與活動及工作內容

一、拜會 Royal IHC

(一)時間：8月31日(星期三)

(二)荷方會談人員

Mr. Arjen Verhoeff, Area Sales Director

Mr. Henk van Vessem, Technical Accountmanager

(三)會談紀要

1.背景說明：Royal IHC 係海事工程廠商，提供風場打樁、吊裝(jackup) 工作船等服務，主要的業務是設計與製造挖泥船、採礦船與離岸風力用等船隻，其中挖泥船擁有 50% 的市場占有率，為可整合技術諮詢、規劃設計、運作設備、船舶、風場運作與維護的製造商。該公司服務範圍包含基礎、發電機與電纜線等工程。該公司投入歐洲離岸風場設備開發包括：打樁用液壓鏈、豎立與夾持基樁設備豎立與夾持基樁設備、基礎與風機安裝用吊升工具、海上作業設備、電纜安裝設備、頂升設備和海上安裝用船舶等。

2.本次拜會活動，Royal IHC 除介紹該公司業務外，亦特別說明其在離岸風力發電機安裝過程中所學習到的寶貴經驗，提供我國未來設置時的參考。該公司表示雖然海底電纜僅占整體期初設置成本的 7%~10%，但在保險的理賠金額中，與海底電纜相關者卻占了 70%~80%，且 80%以上的事件均發生在水深少於 50 公尺處，因此建議我國未來施工時宜選用合適的施工船隻與機器設備。



圖 1 拜會 Royal IHC

3.參訪 Royal IHC 造船廠。該公司可因應客戶的需求設計製造各類的船隻，其中為 Seaway Heavy Lifting 所製造的 Oleg Strashnov 號施工船(由 GustoMSC 設計)，為世界上最大的單體起重船(mono hull crane vessel)，規劃於 9 月 2 日拜訪 Seaway Heavy Lifting 時參觀該艘船。



圖 2 參觀 Royal IHC 造船廠



圖 3 參觀 Royal IHC 碼頭(圖右為打樁錘)

4. Royal IHC 旗下一家子公司 IHC IQIP 為專業的水下基礎、基樁安裝公司，擁有許多大型的液壓打樁錘，已於全球至少 64 項計畫中安裝超過 3,250 支的基樁，其中約 80% 為單樁的水下基礎。該公司安裝水下基樁全球市占率達 75%，可施工的基樁直徑達 7.6 公尺，施工水深達 45 公尺。為降

低打樁時的噪音，避免過度影響海中生物，打樁時將基樁包覆於具有空氣隔絕體(air isolated barrier)的外殼中，其中並有氣泡幕(bubble screen)，以強化阻隔噪音對外傳遞。

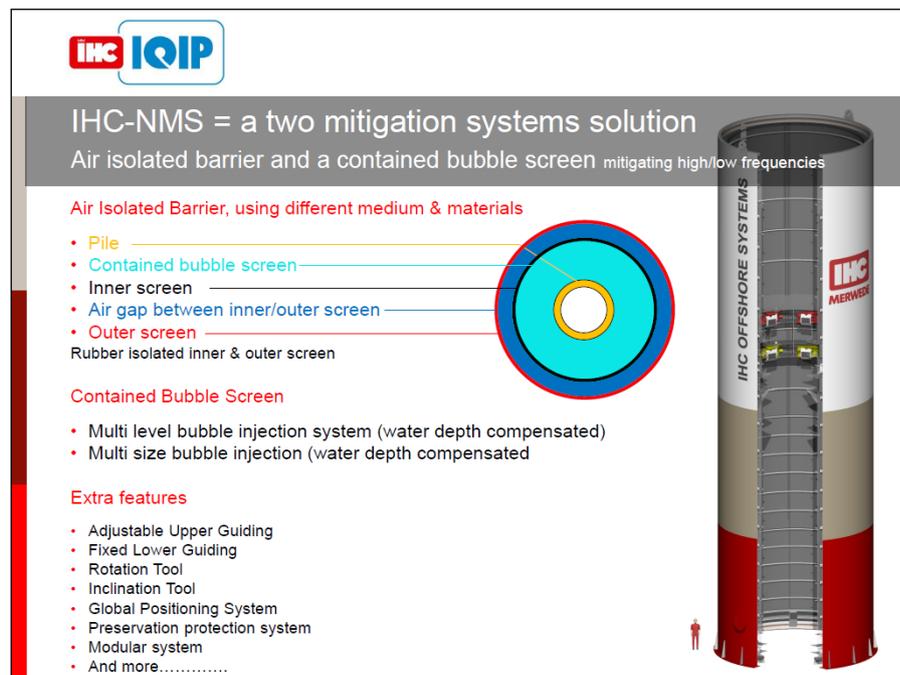


圖 4 IHC IQIP 的基樁施工隔音包覆

二、「臺荷能源與創新領域合作」圓桌會議(會議紀要)

(一)時間：8月31日(星期三)

(二)地點：Meeting Room Zaal 1, Netherlands Enterprise Agency (RVO)

(三)共同主席：本(能源)局林全能局長及荷方 Mr. Bas Pulles, Director International, RVO

(四)議程

「臺荷能源與創新領域合作」圓桌會議議程 Taiwan-Dutch Energy and Innovation Cooperation Roundtable Meeting		
13:15	來賓報到	
13:30	臺荷雙方主席 開幕致詞 介紹雙方代表	林全能局長 / 經濟部能源局 Mr. Bas Pulles, Director International, RVO
	荷方貴賓致詞	Mr. Jasper Wesseling, Deputy Director General of Business and Innovation, Ministry of Economic Affairs (EA) Mr. Bert Roukens, Energy Envoy, Ministry of Economic Affairs (EA)
13:50	台灣風力發電產業協會(TWTIA)與荷蘭風能出口協會(HHWE)簽署合作備忘錄(MoU)	簽署人： 王錫欽 / 台灣風力發電產業協會 理事長 Mr. Arjen Schutten, Director, HHWE 見證人： 林全能局長 / 經濟部能源局 Mr. Jasper Wesseling, Deputy Director General of Business and Innovation, EA
14:20	臺方引言：蘇金勝組長 / 經濟部能源局 Taiwan Offshore Policy Implementation and Marine Engineering Industrial Planning 荷方引言：Mr. Ruud de Bruijne, Projectmanager Offshore Wind Energy, RVO Roadmap towards 4,500 MW offshore wind power in the Netherlands	
14:50	討論議題： 1.Policies related to offshore wind development & Coordination mechanism on sea area-territorial activities 2.Promotion of offshore wind industries	
15:15	休息	

「臺荷能源與創新領域合作」圓桌會議議程 Taiwan-Dutch Energy and Innovation Cooperation Roundtable Meeting	
15 : 30	討論議題：Grid connection offshore wind energy 荷方引言：Mr. Rob van der Hage, TenneT TenneT offshore
16 : 00	討論議題：Offshore wind training and education 荷方引言：Professor Gerard van Bussel, TU Delft Wind Power Development and Workforce demand
16 : 30	臺荷雙方主席閉幕致詞
16 : 45	會議結束



圖 5 臺荷雙方主席開幕致詞



圖 6 臺方主席與荷方貴賓見證 TWTIA 與 HHWE 簽署 MoU

(五)會談紀要

1.臺方引言

(1)引言代表：本局蘇金勝組長

(2)引言簡報：Taiwan Offshore Policy Implementation and Marine Engineering Industrial Planning

(3)內容重點：

A.臺灣擁有豐富的離岸風力資源，淺海區域(水深 5-20 公尺)約有 9 GW 潛能；20-50 公尺深海區域約有 48 GW，大於 50 公尺之深海區域則潛能高達 90 GW，惟實際可開發量共約 15.2 GW(淺海 1.2 GW、深海 5 GW+9 GW)。

B.截至 2016 年 5 月，臺灣共裝置 336 架陸域風機，總裝置容量 666 MW，於 2015 年陸域風電的發電量約 15.17 億度，占總再生能源發電量 14.5%左右。由於臺灣地狹人稠，陸域風電設置已趨近飽和，目前已展開離岸風電示範計畫。2012 年 7 月公告「風力發電離岸系統示範獎勵辦法」，規劃 2016 年安裝 4 支示範風

機，2020 年建置 3 座示範風場，共 520 MW，至 2025 年離岸風電累計設置量 3,000 MW。

- C. 臺灣 2009 年公告施行「再生能源發展條例」提供 20 年的固定躉購費率，為最主要的再生能源獎勵措施。經濟部 2016 年離岸風電躉購費率為每度電 5.7405 元，或可選擇前 10 年每度電 7.1085 元、後 10 年每度電 3.4586 元的階梯式費率。
- D. 除了示範計畫外，政府已公告 36 個潛力場址，開放業者申請，惟業者須於 2017 年底前通過環評審查，並於 2019 年取得籌設許可。目前正由政府進行離岸風電區塊開發政策環評，預定於 2017 年公告區塊開發方案，目標為每階段公告 500 MW 至 2 GW 容量，期透過商業化規模，以降低開發成本。預定 2025 年完成 3 GW 離岸風場的設置，將可吸引新臺幣 5,400 億元的投資。
- E. 目前已有許多業者投入臺灣風力發電產業鏈，期藉由離岸風電示範計畫，瞭解自主能量不足之環節，透過國際合作以建立我國相關產業技術能量，並以臺灣之優越地理環境，作為國際業者進軍亞洲離岸風電市場的基地。



圖 7 本局蘇金勝組長代表我國引言簡報

2. 荷方引言

(1) 引言代表：**Mr. Ruud de Bruijne, Projectmanager Offshore Wind Energy, RVO**

(2) 引言簡報：**Roadmap towards 4,500 MW offshore wind power in the Netherlands**

(3) 內容重點：

- A. 荷蘭在開發離岸風電的優勢為擁有良好風力資源(高 100 公尺處平均風速達 9.5 公尺/秒)，海域水深(<40 公尺)，擁有設備齊全的港口，產業經驗豐富，目前荷蘭已設置 1,000 MW 離岸風機，已規劃者為 3,500 MW，目標為於達成新增此容量的過程中，能促使成本降低 40%。
- B. 為達上述目標，荷蘭政府負責決定場址(含進行環境影響評估等)、提供獎勵、進行場址調查、建設海上高壓變電站(offshore high-voltage substation, OHVS)。RVO 認為，主要的成功關鍵因素為對開發商給予相當的彈性，且決策過程需透明。
- C. 在電網建設部分，由荷蘭國家電網公司 TenneT 負責於海上設置 2 座高壓變電站(Borssele Alpha & Beta)，預定分別於 2019 年 8 月及 2020 年 8 月完工。統一規格化的設計，可有效降低成本。
- D. 荷蘭政府自 2015 年起至 2019 年止，原則上每年公開招標 2 個案場，每案場 350~380 MW，由提出之收購電價最低者得標，得標之開發商將可獲得 30 年的營運許可，及 15 年的電價補貼。每年投標價格上限依序為 0.12400 歐元/度、0.11975 歐元/度、0.10750 歐元/度、0.10320 歐元/度、及 0.10000 歐元/度。

E.RVO 表示，招標的成功關鍵在於過程的透明、不斷地溝通，透過競爭以提高效益。另各項工作的時機需掌握好，並規劃有足夠的經濟規模。場址調查部分，則強調品質的重要，並認為各項調查工作的品質標準需較一般為高。2015 年第一輪競標由 **Dong Energy** 得標，得標價格為 **0.07270** 歐元/度，遠低於投標價格上限，此舉使得荷蘭政府對於未來將離岸風電成本降低 **40%** 深具信心。



圖 8 Mr. Ruud de Bruijne 代表荷方引言簡報

3.會議議題討論摘要

本次會議討論議題計有 4 項主題，包括 **Policies related to offshore wind development & Coordination mechanism on sea area-territorial activities**(離岸風電政策制定與協調溝通)、**Promotion of offshore wind industries**(離岸風電產業推動)、**Grid connection offshore wind energy**(離岸風電併聯)、**Offshore wind training and education**(離岸風電人才訓練與教育)

(1)離岸風電發展政策與海域活動協調機制、離岸風電產業推廣(第 1 項及第 2 項議題合併討論)

- A.參考荷蘭發展經驗，由政府主導決定區塊劃分，決定過程中應與所有利害關係人進行協商討論，並負責協調排除主要限制條件。區塊範圍決策過程需透明，並保留足夠彈性予開發商，使業者能發揮其商業效率價值。
- B.為提高業者參與離岸風電開發意願，場址調查工作之品質至為重要，相關資訊均須公開透明。政府主導招標時，得標廠商的條件需慎選，開發商團隊必須擁有豐富的風場開發與管理經驗，惟足夠的市場規模方能有效吸引優秀的產業團隊形成與投入，故建議我國建立穩定透明的離岸風力發電推動政策。
- C.政府於政策研擬與執行過程中，相關業者的參與投入很重要。不過荷蘭與臺灣的海事工程產業條件不同，荷蘭在發展離岸風電時，本身已具有經驗相當豐富的海事工程產業，但臺灣仍有所不足，許多業者的產業技術能量有待建立，如本土的海事工程業者可提升至具有相當程度的技術能力時，對於吸引離岸風電開發商投資，因能有效降低成本，將更有誘因。因此建議我國政府可透過國際合作引進國外成熟的產業技術，扶植本土海事工程產業的發展。荷蘭的產業國際化推動策略，一向為協助在地國產業能量的建立，有意願協助我國強化本土海事工程產業鏈。

(2)離岸風電併聯

- A.荷蘭目前規劃分 5 次進行離岸風場招標，政府的政策為朝向最低發電成本發展(lowest possible LCOE)，故

由國營的電網公司 **TenneT** 負責海上變電站的興建。**TenneT** 於德國市場累積的經驗恰可移植回荷蘭。我國國情與荷蘭不同，台電公司並無跨國進行離岸風電併聯建設的施工經驗，建議可參考國外電網業者的經驗，以降低成本與風險。

- B.建議我國推動離岸風電的電網建設時，宜有整體性的計畫(**Masterplan**)；規劃海上的電網系統時，應與陸網的部分進行整體考量。
- C.由於離岸風電容量規模龐大，所需的海上變電站往往不只 1 座，變電站的設計，建議採用規格化設計(**Standardization**)，以降低成本；另考量未來長久營運，設計時須著重維護運轉的便利性，與延長運轉壽命的可能性，以因應後續可能的風力機組更新(**Repowering**)。
- D.海上變電站設置的地點與海纜的施工路線，建議須留意當地的海洋生態環境，以對海洋生物的棲息地造成最小的干擾，避免嚴重影響生態。
- E.**TenneT** 每月均召開專家會議，並與開發商進行線上諮詢，目的在於新的離岸風電併網系統的開發過程中，獲得各方的意見與取得共識，此一策略可供我國參考。

(3)離岸風電人才訓練與教育

- A.目前風力發電的就業人口主要集中在陸域風電，但未來成長快速的領域為離岸風電，此部分的專業技術人力仍不足。所需的人力中，主要為工程師(約占 30%)及技術人員(約占 30%~35%)，工作領域主要為硬體製造、設備安裝與運轉維護等；其次為較不需專精專業

技術的人力，例如支援性質的助理、生產、交通運輸等，約占 20%；另外尚需部分專長較為廣泛的人才，例如管理、財務、保險、投資開發等，約占 10%；至於較高階的學術性人才，包括技術研發、工程規劃、營運管理等，約僅需 5%~10%的比例。

B.主要需求的人才訓練領域包括法規制度及場址開發、投融資與保險、後勤管理、生產與元件組裝、風機運輸與安裝、風機維護與維修、風場監測與運轉、安全及風險分析、生產與銷售。

C.目前對於人才培育主要著重在學術界，但應與產業界進行實務結合，且不僅僅只於教育人才本身，對於學生及其父母的正確訊息傳遞也非常重要，以避免對於離岸風電產業有所誤解(尤其是海事工程的部分)。

三、拜訪 **ECN** 荷蘭能源研究中心

(一)時間：9 月 1 日(星期四)

(二)荷方會談人員

Mr. Robert A. Kleiburg, COO

Mr. Glen Donnelly, Business Development Manager
Wind Energy

Mr. Piet Warnaar, Business Developer Wind Energy

Mr. Berend Vreugdenhil, Innovation Manager
Gasification

(三)會談紀要

- 1.荷蘭能源研究中心是荷蘭能源領域最大的研究機構，也是歐洲地區重要的國際級能源研發機構之一，主要投入的研發領域有風能、太陽能、生質能、燃料電池、能源效率和

政策研究等方面，發展性質與我國工研院相近，扮演基礎研究與應用研發間中繼者的角色。在市場導向下，荷蘭能源研究中心致力於發展永續能源相關的知識和技術，專注在研究開發安全、高效率、可靠和環境友善的永續能源系統，同時也探討與能源有關的未來發展機會與經濟議題。**ECN** 亦出版許多能源相關刊物，而其年度報告並報導每年最新趨勢與創新科技。

2.**ECN** 為歐洲相當重要之能源領導機構之一，其在國際間亦有許多合作計畫，如在風力發電方面，在亞洲部分與韓國、中國等皆有合作計畫。**ECN** 表示，針對太陽光電，該中心提供全球 **50%**的技術與知識服務，風力發電提供 **80%**的技術與知識服務。



圖 9 於 **ECN** 聽取風力機測試場簡報並參觀現場



圖 10 於 ECN 聽取離岸風電與生質能技術簡報及討論

3. ECN 表示，荷蘭政府於 2013 年 9 月與產業界、非營利組織達成共識，每年總能源消費需降低 1.5%，至 2020 年再生能源於能源供給的占比由 4% 提高到 14%，並於 2023 年進一步增加至 16%，所有再生能源政策相關的作為，需增加 1.5 萬個全時的工作機會。上述目標相當於，陸域風力發電須由 2013 年的 2 GW 增加至 2020 年的 6 GW，離岸風力發電則由 2013 年的 228 MW 成長至 2023 年 4.45 GW。
4. 在離岸風電部分，荷蘭政府進行所有海域空間開發許可的作業，並蒐集風場設計的相關資料(如海氣象觀測、地質條件等)，併聯所需的電網設施則由國家電網公司 TenneT 負責興建與營運。荷蘭政府自 2015 年開始至 2019 年止，每年公開招標 700 MW 的離岸風場，每個案場 350 MW(相當於每年 2 個案場)，每度電的競標價格上限由 2015 年的 0.124 歐元，逐年下降至 0.1 歐元，得標者依照招標的規

定取得許可後將可營運 30 年，並可就得標價格與電力市場平均購電價的價差獲得 15 年的補助。

5. 在電力併聯部分，ECN 表示，從丹麥經驗觀之，由風力提供超過 25% 的電力尚不至於造成電力不平衡的問題(因丹麥電網與北歐、西歐各國併聯)，但為因應未來荷蘭再生能源大量增加的情境，TenneT 已開始就電網儲能、需求端管理(抽水蓄能、電熱器、可插電油電混合車等)進行試驗計畫，並著手研發電力轉換為氣體發電用原料(如氫氣、氨氣)等，初期將逐步改善 380 kV 特高壓的對外陸域電網，未來可能需建置跨國高壓直流(HVDC)電網。荷蘭目前正在建立智慧電網，傳統電表已逐漸汰換為智慧電表。
6. ECN 認為，離岸風場的期初投資僅占營運壽齡中整體成本的 1/3，維運與資金成本各自占 1/3。為提高投資效益，應於風場設計階段即追求最低的均化發電成本(levelised cost of electricity, LCOE)，而非僅最低的期初設置成本，因此風場主要設計條件的充分瞭解(如風力資源的確定性、海象環境的知識、空間規劃等)對於提高收益至為重要。ECN 表示，該中心自主發展的 FarmFlow、EEFarm 等套裝軟體，可協助進行整體性的離岸風場規劃，於空氣動力與電力基礎建設上尋求最佳的協調設計；另有一套 ECN Install 軟體，可模擬離岸風場施工所需的期程、成本，並能計算因無法施工的天候、許可或合約限制、資源不足、工期調整、碼頭空間不足等問題所造成的工期延誤，協助進行離岸風場施工策略規劃與工程進度管理。

Offshore Wind Energy

Lowering LCOE – wind farm design – Annual E Prod



- Integrated design – optimal trade off aerodynamics vs electrical infrastructure
 - FarmFlow[®], in house developed, validated, 20 yrs + experience –
 - EEFarm[®], for electrical infrastructure, validated, 15 yrs experience

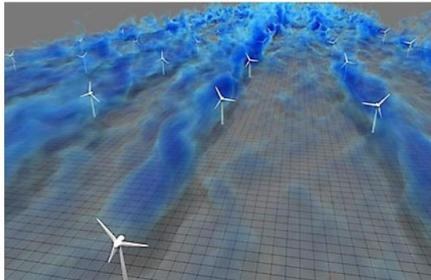
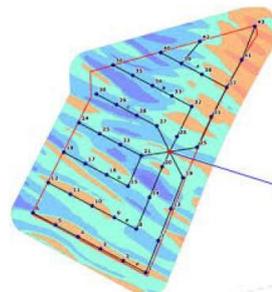



圖 11 ECN 離岸風場最佳化設計工具

7. 在生質能源部分，ECN 的研發方向包括生質物氣化技術、液態生質燃料、生質物焙燒等，刻正與工研院進行合作研發生質物氣化技術，產生的合成燃氣可替代天然氣，亦可作為化學工業的原料。目前正與業界合作建設容量 4 MWth 之生質燃氣研究與示範廠，已幾乎完成基本工程設計，預定本(2016)年底前將可籌得所需的建設經費。

四、參訪 MARIN, GustoMSC

(一)時間：9 月 2 日(星期五)

(二)荷方會談人員

Mr. Johan H. de Jong, International Cooperation, MARIN

Mr. William Otto, Project Manager, Offshore, MARIN

Mr. Barend Jenje, Commercial Director, GustoMSC

Mr. Fons Huijs, Technology Coordinator Hydrodynamics,
GustoMSC

(三)會談紀要

1. 荷蘭海事研究所 **MARIN**(Maritime Research Institute Netherlands)是流體力學研究及海洋科技的世界領先機構之一，將模擬、模型試驗、全尺寸測量和培訓課程等整合，提供服務對象有造船產業、離岸風電業者及政府，業界客戶包括世界各地的商業船舶製造商、船隊所有者、船舶工程師、船級會、石油和液化天然氣公司和海軍。**MARIN**是荷蘭很大的科技研究組織，藉由連接科學和應用知識的方式，將基礎研究的結果直接整合至客戶應用，營業額約**85%**是由國際海洋產業的商業專案執行而來，其餘**15%**來自科研收入。
2. **GustoMSC** 公司最初係由鑽油平台公司起家，目前在離岸風電產業之移動平台、船隻和相關運送設備之設計領域居全球領先地位，營運項目包括離岸的探勘、建設和生產，客戶主要是從事近海石油、天然氣開採及建築相關營運承包商與船廠製造商等。該公司的專業設計項目包含自升式鑽井平台，半潛式鑽井平台和船舶領域，這些設計均可配合客戶要求設計發展。除前述的專業設計外，另亦生產和提供相關設備，如升降系統、固定系統和 XY 側滑系統的自升式設計以及推進器檢索系統。**GustoMSC** 正與 **ECN** 及 **MARIN** 合作開發浮動式離岸風機海下基礎 (Tri-Floater)。



圖 12 參訪 MARIN 並聽取簡報與討論

3. MARIN 表示，雖然本身擁有很完整、多樣化的大型試驗設施，但進行縮小模型試驗需消耗相當多的成本與時間，因此強調電腦數值模擬的重要性。該研究所一般先透過計算流體力學(Computational Fluid Dynamics, CFD)與電腦模擬進行各項設計的行為表現預測，之後以縮小的模型進行試驗驗證，各項實際設備完成後則輔以人員訓練、監測等，確保設備能在海上有效的運作。

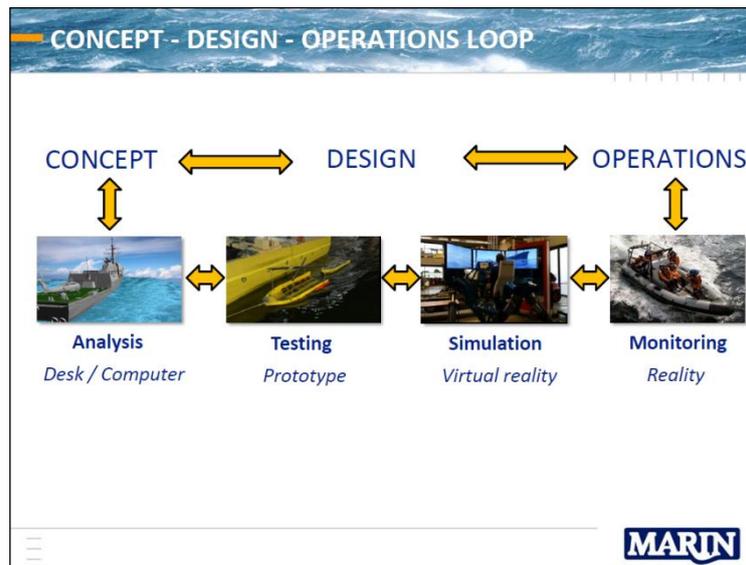


圖 13 MARIN 從概念設計至實體驗證的工作流程

4. 在離岸風機的施工船進行風機組裝時，MARIN 認為對施工船本身風險最高的時間為將船升起與降下時，升降腳接觸海底與離開海底的時刻若操作不當，可能將損及施工船的安全，因此提醒我方參訪團務必由具備足夠經驗的船員操作施工船，避免損壞施工船。
5. 未來離岸風機將逐漸安裝於海象環境更惡劣之處，容易發生陡峻波(steep waves)及碎波(breaking waves)，對固定式的離岸風機可能造成危害。在風機設計時須納入有關的條件，目前相關研究已經開始進行，惟仍需更多研究資源的投入。在水深更深(如水深超過 50 公尺)、風速更強之處，可以設置浮動式的離岸風機，惟目前市面上仍欠缺實績，且有非常多不同種類的浮動式基礎，不易挑選；MARIN 與 ECN、GustoMSC 合作，開發浮動式離岸風機的基礎，並利用其試驗水池測試各種不同浮動式基礎的表現，及參與浮動式的垂直軸風機之開發計畫。

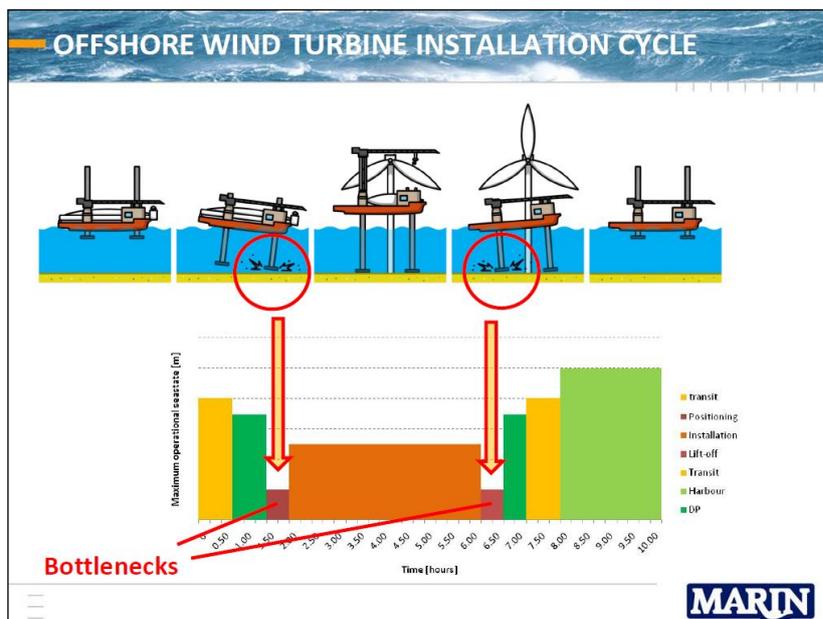


圖 14 架設離岸風機之自升式施工船工作瓶頸區

五、參訪 Seaway Heavy Lifting

(一)時間：9月2日(星期五)

(二)荷方會談人員

Mr. Jan Willem van der Graaf, Chief Executive Officer

Mr. Erik de Vrij, Business Development Manager
Renewable Energy

(三)會談紀要

1. Seaway Heavy Lifting 成立於 1991 年，是全球領先的再生能源和石油、天然氣行業海上承包商，以可靠性及安全且成功地操作海上專案而著名。該公司對於離岸風力機相關組件運輸及安裝很有經驗，如測風塔、高壓交流(HVAC)和低壓直流(HVDC)變電站平台。Seaway Heavy Lifting 最主要之起重船 Stanislav Yudin 及 Oleg Strashnov，各自有 2,500 噸和 5,000 噸的吊重能力。

2. 本次參訪 Seaway Heavy Lifting，首先參觀其起重工作船 Oleg Strashnov，包括各層甲板依不同的功能進行規劃配置、駕駛艙的各項操作功能、起重機的操作艙、起居室、餐廳與廚房、引擎控制室與引擎室、備品室等，對於本工作船之功能完整性、起重機規模等，均可提供我國發展之參考。



圖 15 參訪 Oleg Strashnov 起重船駕駛艙



圖 16 參訪 Oleg Strashnov 起重船之起重機與各層甲板

- 3.該公司表示，多年來已累積安裝超過 250 座的海上平台，及 550 座以上的離岸風機水下基礎，目前正在執行英國 Dudgeon 離岸風電場的安裝，該風場預計安裝 67 部 Siemens 公司的 6 MW 風力機，採用單樁式(monopole)基礎，Seaway Heavy Lifting 負責 67 座基礎與轉接段、及 1 座海上變電站的安裝。



圖 517 聽取 Seaway Heavy Lifting 簡報與討論

- 4.該公司另表示，於執行各項專案之前，於期初即與各方進行開放的對話，以建立夥伴關係，方能事半功倍；而且期待能與當地的產業鏈合作，以降低專案執行的成本與風險。該公司因經驗豐富，願意扮演各承包商間的介面角色，以提升專案執行的效率。
- 5.荷蘭風能出口協會(Holland Home of Wind Energy, HHWE) 規劃於 9 月 4 日出訪臺灣，Seaway Heavy Lifting 亦將參團，我訪團成員有意願於該公司主管抵達臺灣後再次安排會面，商談雙方合作的細部想法，該公司表達高度興趣，並表示如果我訪團成員公司內部其他主管有意願至荷蘭參訪該公司相關設施時，樂意再次安排會面。

參、結論與建議

一、此次參訪行程感謝荷蘭貿易暨投資辦事處(Netherlands Trade and Investment Office)、Netherlands Enterprise Agency(RVO)及我國駐荷蘭臺北代表處之協助安排，方能順利前往荷蘭與離岸風電、再生能源相關之政府與民間單位進行會談，並實地瞭解荷蘭政策與技術發展現況，讓「臺荷能源與創新領域合作」圓桌會議更具實質意義與收穫。此外，透過臺荷雙方晤談，也讓荷蘭更加瞭解臺灣積極推動再生能源之決心與實力，並將促進兩國再生能源合作交流之實，共同致力於強化離岸風電等再生能源發展之雙邊合作，創造兩國再生能源產業之互惠與互利。

二、本次「臺荷能源與創新領域合作」圓桌會議結論摘要如下：

(一)離岸風電發展政策與海域活動協調機制及離岸風電產業推廣

- 1.參考荷蘭發展經驗，由政府主導決定區塊劃分，決定過程中與所有利害關係人進行協商討論，並負責協調排除主要限制條件。區塊範圍決策過程需透明，並保留足夠彈性予開發商，使業者能發揮其商業效率之價值。
- 2.為提高業者參與離岸風電開發的意願，場址調查工作之品質至為重要，相關資訊均須公開透明。政府主導招標時，得標廠商的條件需慎選，開發商團隊必須擁有豐富的風場開發與管理經驗，惟有足夠的市場規模方能有效吸引優秀的產業團隊形成與投入。
- 3.荷蘭在發展離岸風電時，本身已具有經驗相當豐富的海事工程產業，但我國仍有所不足，許多業者的產業技術能量有待建立，如本土的海事工程業者可提升至具有相當程度

的技術能力時，對於吸引離岸風電開發商投資將更有誘因，因能有效降低成本。因此我國可透過國際合作引進國外成熟的產業技術，扶植本土海事工程產業的發展，荷蘭有意願幫助我國強化本土海事工程產業鏈。

(二)離岸風電併聯

- 1.荷蘭目前規劃分 5 次進行離岸風場招標，政府的政策為朝向最低發電成本發展(lowest possible LCOE)，故由國營的電網公司 TenneT 負責海上變電站的興建。TenneT 於德國市場累積的經驗恰可移植回荷蘭。我國國情與荷蘭不同，台電公司並無跨國進行離岸風電併聯建設的施工經驗，可參考國外電網業者的經驗，以降低成本與風險。
- 2.我國推動離岸風電的電網建設時，規劃海上的電網系統，宜與陸網的部分進行整體考量(Master plan)。
- 3.由於離岸風電容量規模龐大，所需的海上變電站往往不只一座，變電站的設計宜採用規格化設計(Standardization)，以降低成本；並考量未來將長久營運，設計時須著重維護運轉的便利性，與延長運轉壽命的可能性，以因應後續可能的風力機組更新(Repowering)。
- 4.海上變電站設置的地點與海纜的施工路線，需留意當地的海洋生態環境，以對海洋生物的棲息地造成最小的干擾，避免嚴重影響生態。
- 5.可參考 TenneT 每月均召開專家會議，並與開發商進行線上諮詢，以獲得各方的意見與取得共識。

(三)離岸風電人才訓練與教育

- 1.目前風力發電的就業人口主要集中在陸域風電，但未來成長快速的領域為離岸風電，此部分的專業技術人力仍不足。所需的人力中，主要為工程師(約占 30%)及技術人員(約占

30%~35%)，工作領域主要為硬體製造、設備安裝與運轉維護等；其次為較不需專精專業技術的人力，例如支援性質的助理、生產、交通運輸等，約占 20%；另外尚需部分專長較為廣泛的人才，例如管理、財務、保險、投資開發等，約占 10%；至於較高階的學術性人才，包括技術研發、工程規劃、營運管理等，約僅需 5%~10%的比例。

- 2.目前對於人才培育主要著重在學術界，惟宜與產業界進行實務結合，且不僅僅只於教育人才本身，對於學生及其父母的正確訊息傳遞也非常重要，以避免對於離岸風電產業有所誤解(尤其是海事工程的部分)。

附件 1 臺方引言簡報



Taiwan Offshore Policy Implementation and Marine Engineering Industrial Planning

Bureau of Energy, MOEA

August 2016



Overview



Wind Resource in Taiwan



Promotion Targets & Strategies



Marine Industrial Planning



Focus of Cooperation

Taiwan Offshore Wind Potential

Shallow Water (5-20 m)

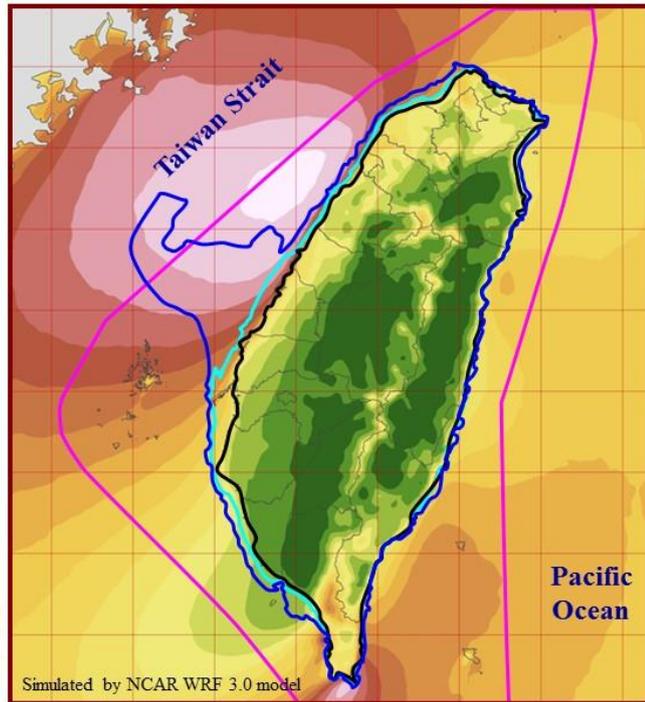
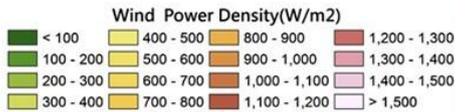
- Area: 1,779.2 km²
- Potential: 9 GW
- Feasible: 1.2 GW

Deep Water (20-50 m)

- Area: 6,547 km²
- Potential: 48 GW
- Feasible: 5 GW

Deeper Water (> 50 m)

- Potential: 90 GW
- Feasible: 9 GW



Ref. "Wind Resource Assessment Handbook," ITRI, 2011

2

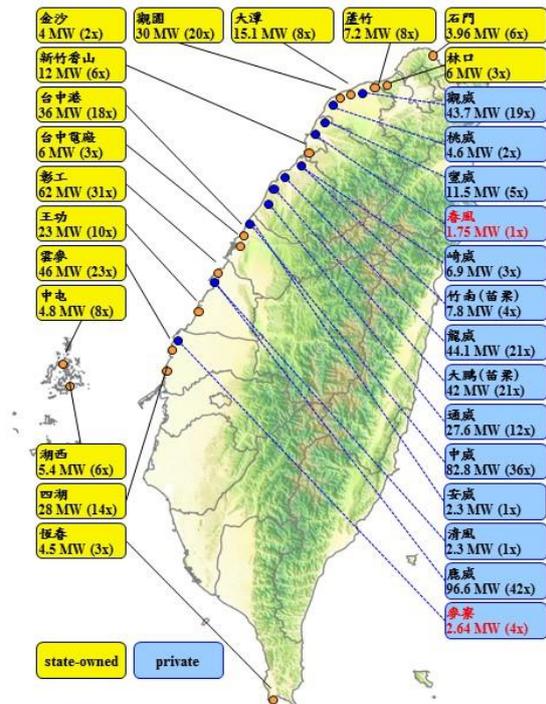
Current Status of Wind Development

Onshore (by the end of May 2016)

- State-owned: 169 WTIs / 294 MW
- Private: 167 WTIs / 372 MW
- Total: 336 WTIs / 666 MW (15.0 % of all RE)
- 2015 Production: ≈ 1,517 GWh (14.5 % of all RE)

Offshore

- No offshore wind turbine has been installed yet.



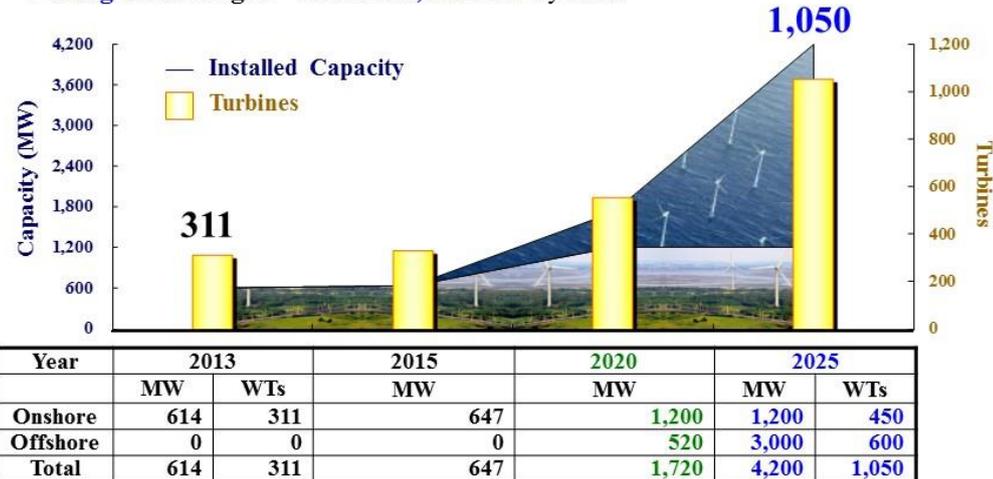
3



Targets of Wind Power Development

■ Thousand Wind Turbines Project (千架海陸風力機計畫)

- **Short-term Target:** 4 demonstration offshore wind turbines by **2016**
- **Mid-term Target:** Offshore **520 MW** by **2020**
- **Long-term Target:** Offshore **3,000 MW** by **2025**



4



Feed-in Tariff System

■ Renewable Energy Development Act (REDA, 再生能源發展條例)

- Taiwan promulgated the Renewable Energy Development Act in July, 2009 to systematically promote renewable energy.
- The core strategy of the Act is Feed-in Tariff system.
- PPA (power purchase agreement) of renewable energy is guaranteed for 20 years.
- A Committee is formed to review the formula and tariffs annually.
- Tariffs shall not be lower than the average cost of domestic fossil-fueled power.

■ Feed-in Tariffs of wind power in Taiwan

- **Onshore:** NT\$2.8099 (€7.6¢) / kWh for 20 years
- **Offshore:**
 - **Option #1:** NT\$5.7405 (€15.6¢) / kWh for 20 years
 - **Option #2:** NT\$7.1085 (€19.3¢) / kWh for the first 10 years
NT\$3.4586 (€9.4¢) / kWh for the next 10 years

5



Strategies for Offshore Wind



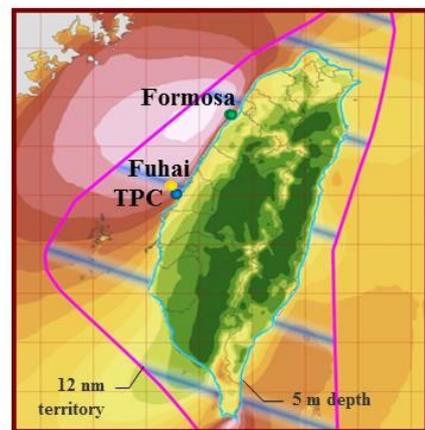
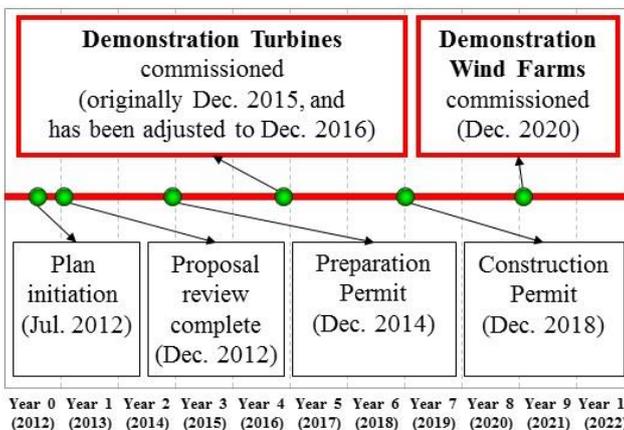
- **[Phase 1] Offshore Demonstration Incentive Program** (示範獎勵辦法)
 - 4 Demonstration Turbines by 2016, 3 Demonstration Wind Farms by 2020
 - Government provides subsidy for both equipment & developing processes
- **[Phase 2] Directions of Zone Application for Planning** (場址作業要點)
 - 36 Zones of Potential revealed for preparation in advance of Zonal Development
 - Applicants must acquire EIA approval by 2017 and Preparation Permit by 2019
- **[Phase 3] Offshore Zonal Development** (區塊開發)
 - To be announced by 2017 while SEA is currently in progress
 - Commercial scale for cost reduction (similar to Round 3 of UK)



Demonstration Incentive Program

[Phase 1] DIP

- **Demonstration Projects of Offshore Wind**
 - 3 Winners (Fuhai, Formosa & TPC) officially announced on 9th January 2013
 - MOEA provides subsidies for both turbines & wind farms to encourage pioneers
 - To confirm feasibility in terms of administration, technology and finance





Specifications & Requirement of DIP

[Phase 1] DIP

■ Met Mast (海氣象觀測塔)

- **Water depth:** 10 m or more
- **Height:** 70 m or more

■ Demonstration Turbines (示範機組)

- **Capacity:** at least 3 MW each
- **Commissioned by 2016**

■ Demonstration Wind Farm (示範風場)

- **Water depth:** 5 m or more
- **Capacity:** 100-200 MW each
- **Commissioned by 2020**



8



Awarded Demonstration Projects

[Phase 1] DIP

★ Formosa (海洋) @Miaoli

- **Capacity:** 128 MW (32 turbines)
- **Distance from Shore:** 2-6 km
- **Water Depth:** 15-35 m

★ Fuhai (福海) @Changhua

- **Capacity:** 120 MW (30 turbines)
- **Distance from Shore:** 8-12 km
- **Water Depth:** 20-45 m

★ TPC (台電) @Changhua

- **Capacity:** 108-110 MW (18-30 turbines)
- **Distance from Shore:** 7-9 km
- **Water Depth:** 15-26 m



9



Zone Application for Planning

[Phase 2] ZAP

■ Siting for Zones of Potential (ZoP, 潛力場址)

- Within 50 m isobath of west coast
- Excluding protected, restricted, planned or developed area
- 36 ZoP: total 3,084.5 km² (approx. 23 GW)

■ Directions of ZAP (announced in July 2015)

- Applicants should plan for the whole zone.
- Total capacity of each case: > 100 MW
- Capacity density: > 5 MW/km²
- EIA approval required by 2017

■ Negotiations

- SEA & inter-ministerial negotiations will be conducted based on 36 ZoP.



10



Zonal Development

[Phase 3] ZD

■ Purpose

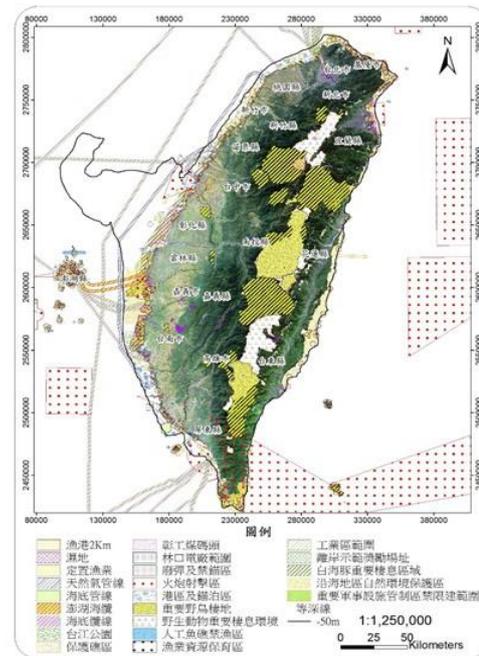
- Marine Spatial Planning
- Optimal Resource Utilization
- Domestic Industry Development

■ Goal

- To be announced by 2017
- Zones will be released in stages
- 500 MW-2 GW for each stage
- To reach 3 GW target by 2025

■ Strategic Environmental Assessment

- SEA Report reviewed by EPA on 9th March 2016
- 36 ZoP will be reduced or adjusted based on the results of inter-ministerial negotiations and SEA consultation.



11

Domestic Market Estimates

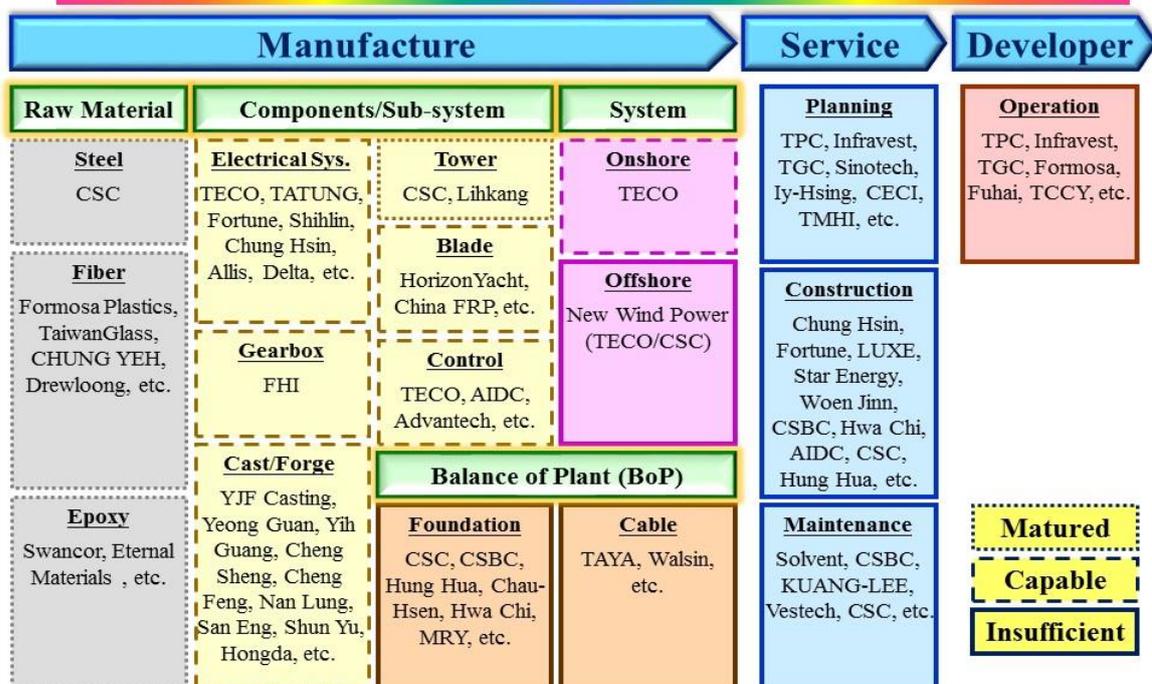
- Offshore 3,000 MW by 2025 → NT\$540B (€15B) investment*
- Policy → Developers → Service Providers → Manufacturers



*onshore: NT\$61,000/kW (€1,649/kW); offshore: NT\$180,100/kW (€4,868/kW)

12

Supply Chain of Wind Power in Taiwan

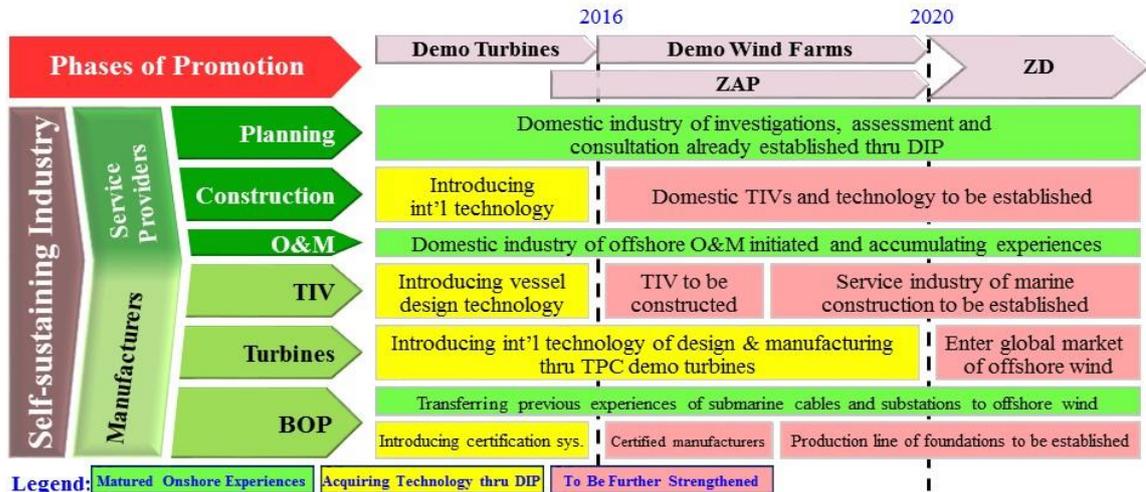


13



Self-sustaining Industry of Offshore Wind

- Identify the missing links thru DIP
- Match international experts with domestic players
- Develop in-house capabilities



14



International Interactions of Offshore Wind

- **Successful Experiences of European Development**
 - **Scale-up:** from demonstration projects to commercial wind farms
 - **EIA solutions:** navigation, fishery, environmental activists
 - **Onshore infrastructure:** design of onshore base for offshore wind farm industry
 - **Finance & insurance:** project finance and risk management
- **Taiwan:** the Best Entrance into Asian Market of Offshore Wind
 - **Resource:** best offshore wind resource in the world
 - **Policy:** stable environment and clear targets
 - **Supply Chain:** design, manufacturing, construction, O&M

16

**Thank you for
your attention**



經濟部能源局
Bureau of Energy, MOEA

附件 2 荷方引言簡報



Netherlands Enterprise Agency

Roadmap towards 4,500 MW offshore wind power in the Netherlands

The Hague 31st August 2016

Ruud de Bruijne
RVO.nl

*>> Sustainable. Agricultural.
Innovative. International.*

Offshore wind power in the Netherlands



**in operation: 1,000 MW
planned: 3,500 MW**



Roadmap towards 4,500 MW OWE

Aim:
+ 3,500 MW

Condition:
costs – 40%



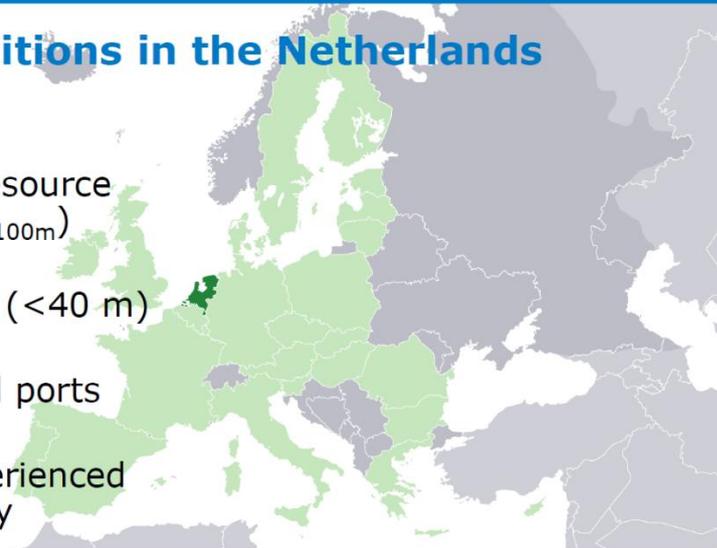
Conditions in the Netherlands

Good wind resource
($>9.5 \text{ m/s}_{100\text{m}}$)

Shallow waters (<40 m)

Well equipped ports

Strong & experienced
industry





Roadmap towards 4,500 MW OWE

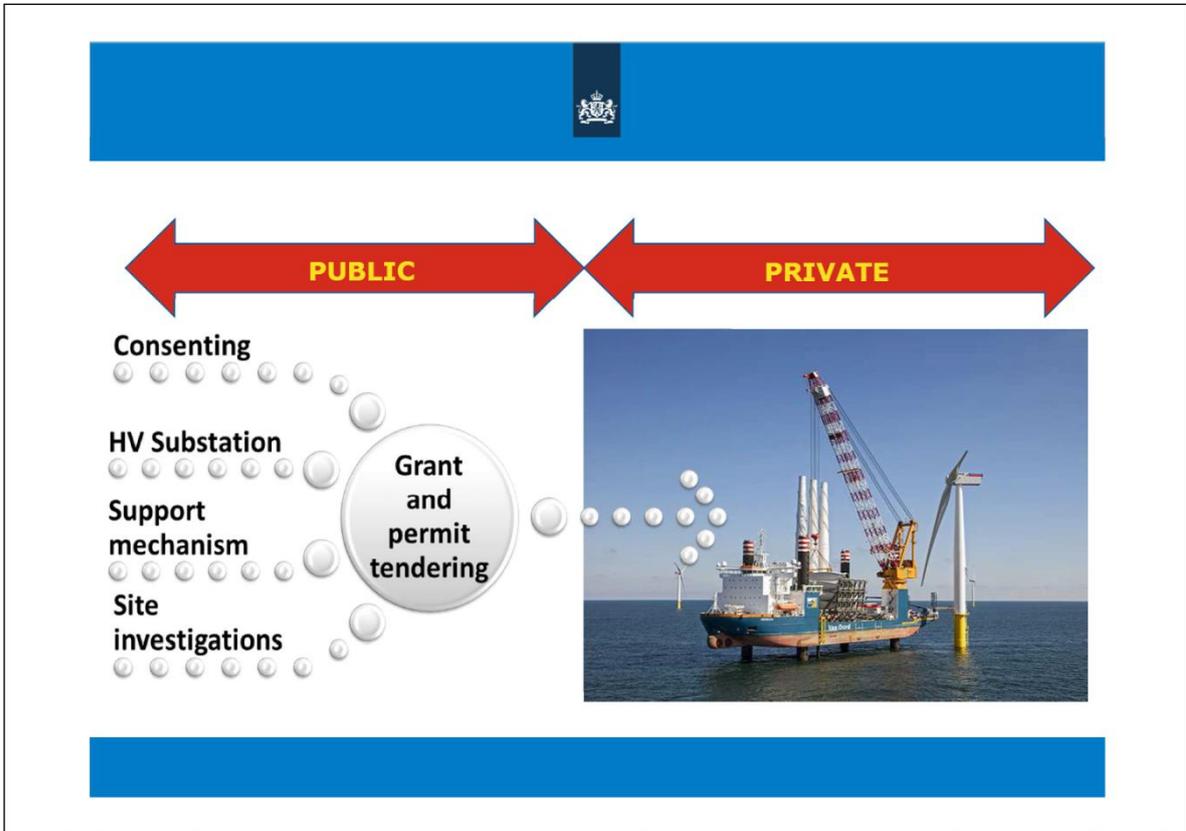
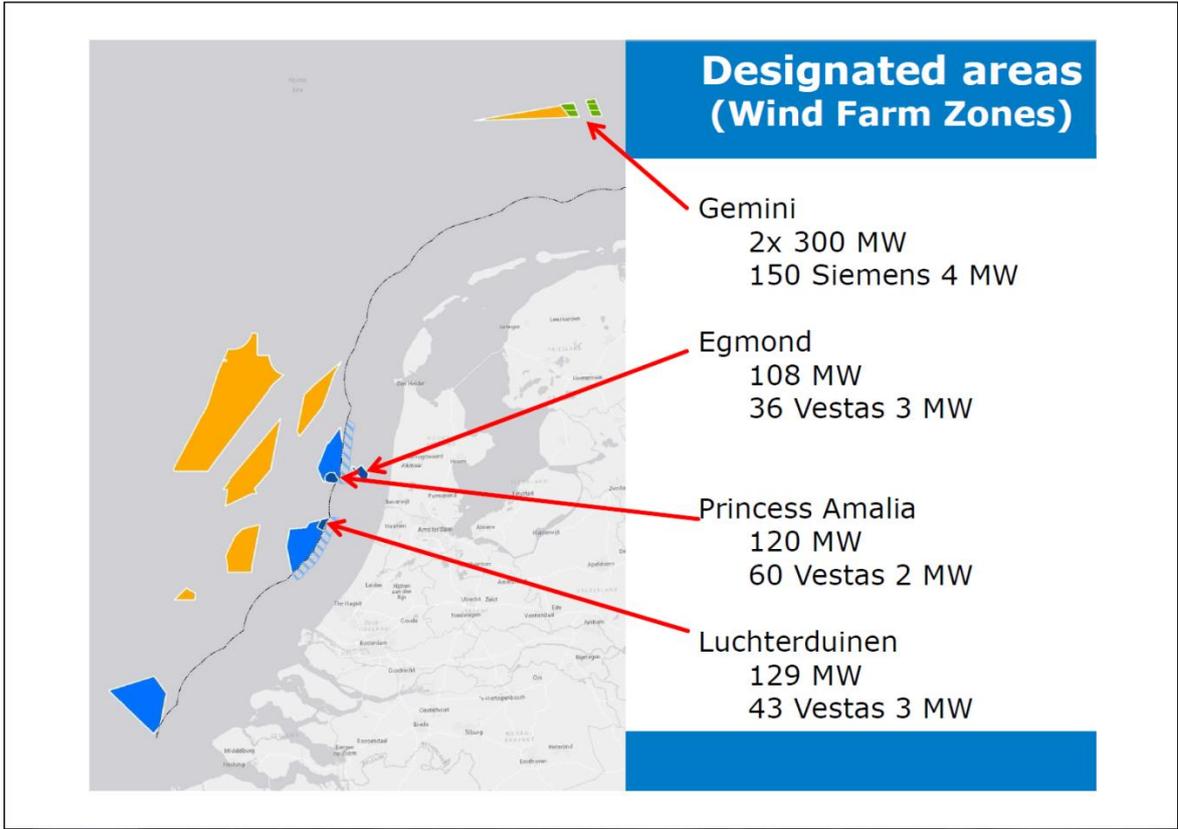
Government:

consenting; grant;
site investigations; OHVS

Market:

competative bids; finance;
build; operate;
decomissioning

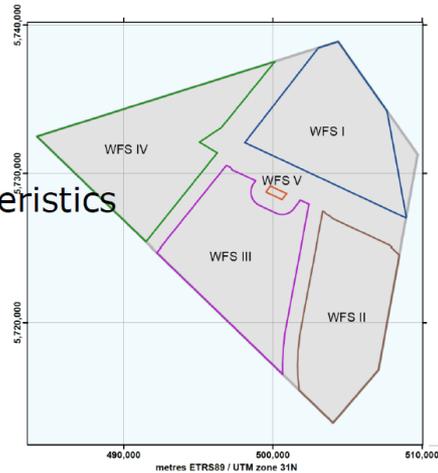






Consenting: Wind Farm Site Decisions

- **Based on EIA**
- **Site specific rules and requirements**
 - Bandwidth design characteristics
 - Construction parameters
 - Operational requirements
 - Decommissioning



Wind Farm Site Decisions

Key success factors

- **Flexibility for the developer**
- **Transparency (no red tape)**



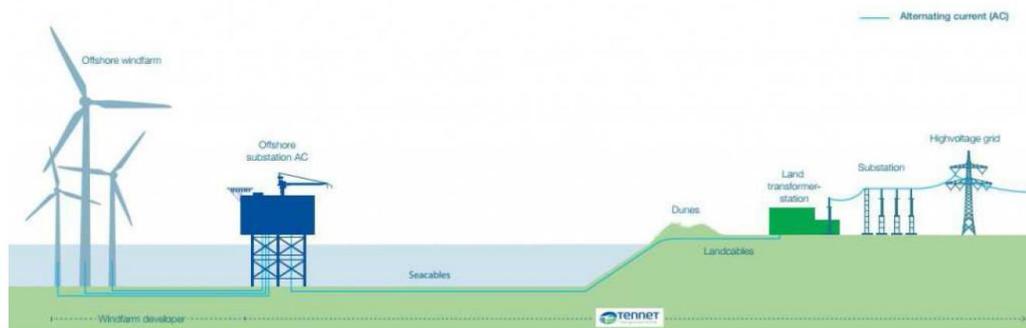


Grid connection

Commissioning dates
(compensation scheme comes into force):

- Borssele Alpha: 31 Aug 2019
- Borssele Beta: 31 Aug 2020

Offshore wind connection in The Netherlands – schematic



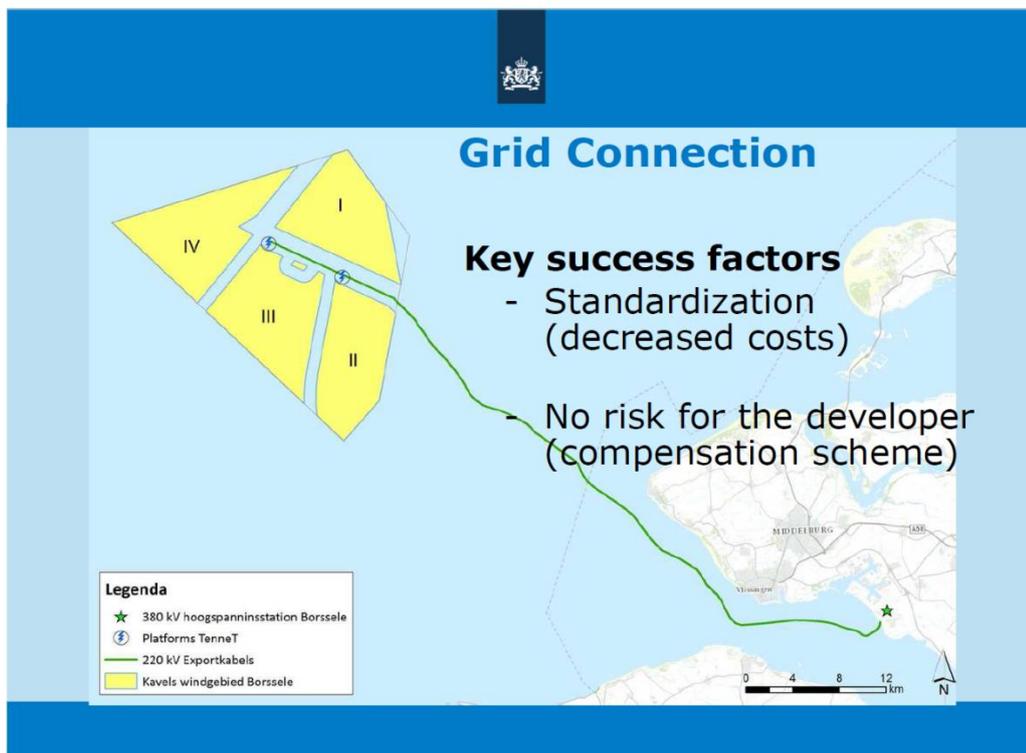
Grid Connection

Key success factors

- Standardization
(decreased costs)
- No risk for the developer
(compensation scheme)

Legenda

- ★ 380 kV hoogspanningsstation Borssele
- ⚡ Platforms TenneT
- 220 kV Exportkabels
- Kavels windgebied Borssele





Grant and permit tendering

- 4 annual tenders of 2x 350-380 MW each
1 tender (2016) 350-380 + 330 MW
- Lowest bid wins (< price cap)
Winner 1st tender: Dong Energy € 72,70 / MWh
- Winner receives: Operating grant (15 years) and permit (30 years)
- Price caps
 - Tender 1 2015: € 0,12400
 - Tender 2 2016: € 0,11975
 - Tender 3 2017: € 0,10750
 - Tender 4 2018: € 0,10320
 - Tender 5 2019: € 0,10000



Grant and permit tendering - Innovation

- 2017: innovation tender 20 MW
- Best innovative plan wins (< price cap)
- Winner receives: Operating grant (15 years) and permit (30 years)



Grant and permit tendering

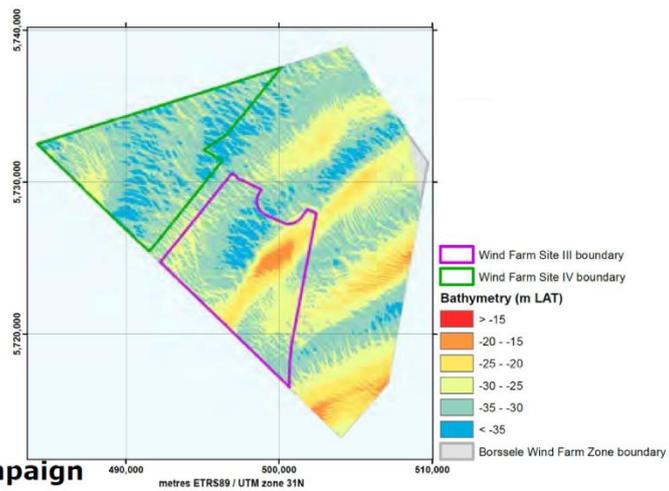
Key success factors

- Transparency, communications
- Competition
- Timing
- Economy of scale



Site investigations

- **Desk studies**
 - Geology
 - Archaeological
 - UXO
 - Metocean
 - Morphodynamics
 - Wind resource
- **Surveys**
 - Geophysical
 - Geotechnical
- **Metocean measurement campaign**

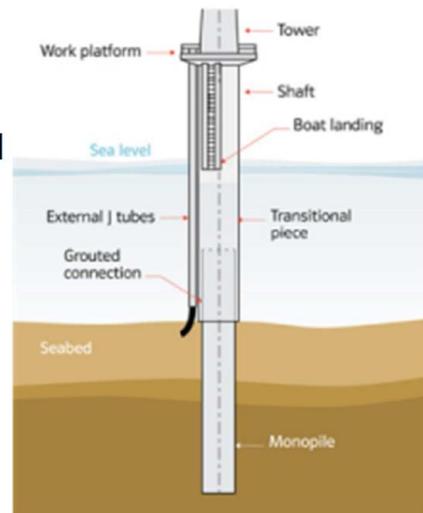




Site investigations

Key success factors

- Quality
- Higher standard than usual



Communications

- Regular workshops, webinars, e-mail updates
register: woz@rvo.nl
- Site data & Project and Site Description:
offshorewind.rvo.nl
- SDE+ grant and permit tenders:
www.rvo.nl/sde/windopzee

