

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書  
(出國類別：其他)

赴日本參訪離岸風力機  
製造及驗證機構

服務機關：經濟部標準檢驗局

姓名職稱：黃志文 組長

謝孟傑 簡任技正

派赴國家：日本

出國期間：106年7月23日至7月29日

報告日期：106年10月18日

行政院研考會/省(市)研考會
編號欄

# 目錄

壹、 前言與目的.....	5
貳、 參訪行程簡述.....	6
參、 出席團員名單.....	7
肆、 參訪紀要.....	8
一、 拜訪東京大學石原孟教授.....	8
二、 參訪 Tokin EMC 實驗室 .....	12
三、 拜訪 VCCI .....	14
四、 參訪鹿島 5MW 下風式風力機測試場域 .....	16
五、 參訪千葉離岸風力發電廠.....	20
六、 參訪日立埠頭風力機組裝廠.....	24
七、 參訪森崎水再生中心.....	26
八、 參訪浮島太陽光發電所 .....	30
伍、 心得與建議.....	32
陸、 參考文獻.....	34

## 圖目錄

圖 1、拜訪東京大學石原孟教授 .....	8
圖 2、日本銚子市測風站與鄰近離岸風場位置圖 .....	9
圖 3、利用日本銚子市測風站觀測資料推估鄰近離岸風場風況 .....	9
圖 4、東京大學工學院大型風洞測試實驗室 .....	10
圖 5、等比例小型風力機測試模型 .....	11
圖 6、Tokin 公司概要及組織圖 .....	12
圖 7、訪問團與 Tokin 人員交流討論會議 .....	13
圖 8、訪問團與 Tokin 人員於 Tokin 10 米電波暗室合影 .....	13
圖 9、訪問團與 VCCI 人員交流討論會議 .....	15
圖 10、訪問團與 VCCI 人員合照 .....	15
圖 11、日立測試風場與 HTW5.2-136 風力機 .....	16
圖 12、日立測試風場 HTW5.2-127 風機葉片 .....	17
圖 13、日立 HTW5.2-127 與 HTW5.2-136 風力機輸出功率比較 .....	18
圖 14、上風式與下風式風力機需克服問題示意圖(日立公司提供)...	19
圖 15、設置於潮間帶之近岸風力機 .....	19
圖 16、東京電力與我方人員交流離岸風場相關議題 .....	20
圖 17、日本離岸風力機對生態影響調查作業(東京電力公司提供)...	21
圖 18、千葉離岸風場陸上變電站外觀 .....	22
圖 19、千葉離岸風場之陸上變電站及聽取監測系統簡介 .....	22
圖 20、千葉離岸風場風力機機艙內部狀態監控畫面 .....	23
圖 21、千葉離岸風場風力機周邊波浪監測畫面 .....	23
圖 22、日立埠頭工廠簡介(日立公司提供) .....	25
圖 23、參訪團於埠頭工廠合影 .....	25
圖 24、森崎水再生中心生質能及儲能系統發電示意圖 .....	26
圖 25、森崎水再生中心生質能綠能發電證書 .....	27
圖 26、八里污水處理廠蛋形消化槽 .....	27
圖 27、NaS 電池特性及作用原理 .....	28
圖 28、NaS 2,000kW 電池儲能系統 .....	28
圖 29、與東京電力公司人員合影 .....	29
圖 30、川崎環保生活未來館 .....	30
圖 31、浮島太陽光電所 .....	31

## 表目錄

表 1、日本離岸風力機製造及驗證機構參訪團行程.....	6
表 2、日本離岸風力機製造及驗證機構參訪團成員名單.....	7
表 3、CNS 15176-1 風力機等級基準風速.....	17
表 4、日立 5.2MW 風機規格.....	18

## 壹、前言與目的

配合我國非核家園及節能減碳相關政策，政府正大力推動太陽光電及風力發電系統設置，其中風力發電部分規劃目標，於民國114年陸域風電達1.2GW、離岸風電達3GW之設置目標。同時藉由此項計畫之推動，亦希望能建構國內離岸風力機自主產業，協助國內相關廠商加入國際離岸風力機製造商之供應鏈，共同參與風力機國產化，並切入國際風力機市場。

為健全我國離岸風力發電產業發展環境，協助廠商投入離岸風力發電產業，國內亟需借助國外離岸風場之開發經驗，建置離岸風力機整機及抗颱風震驗證技術能力，並提供業界及金融業者國內離岸風場開發所需之風場專案驗證、海事擔保及盡職調查等技術服務。由於日本在風力機產業發展已久，亦投入相當多的研究，對於風力機的製造、標準及驗證制度，亦有豐富的經驗可供學習，考量國內離岸風場開發尚在起步階段，因日本與國內氣候及地理條件相近，其離岸風力機之產業發展及檢測驗證技術可供國內參考，爰規劃參訪日本風力機製造商及離岸風電示範場域，進行經驗交流。並拜訪日本離岸風力機相關驗證機構及學術單位，吸取其經驗並建立合作管道，期能提升國內驗證團隊對於離岸風場之評估及驗證能力，藉由建構完整之驗證制度，加速我國離岸風場之建置進展。

## 貳、參訪行程簡述

表 1、日本離岸風力機製造及驗證機構參訪團行程

日期	地點	活動安排規劃
106 年 7 月 23 日	臺灣-日本東京	啓程，搭機前往日本東京
106 年 7 月 24 日	東京大學	拜會石原孟教授，討論離岸風場風況評估及極端風速模擬分析相關議題，並參訪東京大學工學院風洞實驗室。
106 年 7 月 25 日	神奈川川崎市 東京都港區	參訪 Tokin EMC 試驗室，瞭解其電磁相容設計、施工及測試能力，以及討論試驗室耐震設計相關議題。拜訪 VCCI 就該機構與本局未來在電磁相容測試領域，可持續合作之相關議題進行討論。
106 年 7 月 26 日	茨城縣鹿島 千葉縣銚子市	參訪鹿島港深芝風力發電所及 5MW 下風式風力機測試場域，瞭解其規劃設計及測試場運作情形。 參訪銚子市千葉離岸風力發電廠，瞭解其設置過程及風機運轉監控情形。
106 年 7 月 27 日	茨城縣埠頭	參訪日立埠頭風力機組裝廠，瞭解其工廠設施及運作情形，以及零組件供應來源及風機機艙組件運送方式。
106 年 7 月 28 日	東京都、 神奈川川崎市	參訪森崎水再生中心，瞭解其沼氣回收發電系統、儲能系統之規劃設計及運轉狀況。 參訪川崎縣浮島太陽光發電所，瞭解其太陽光電系統之規劃設計及發電運轉狀況。
106 年 7 月 29 日	日本東京-臺灣	自羽田機場搭機返臺

## 參、出席團員名單

表 2、日本離岸風力機製造及驗證機構參訪團成員名單

單位	姓名	職稱
經濟部標準檢驗局	黃志文	組長
經濟部標準檢驗局	謝孟傑	簡任技正
金屬工業研究發展中心	黃宇祥	工程師
中國驗船中心	楊淳宇	驗船師
台灣經濟研院	陳秉奇	專案經理
台灣電子檢驗中心	唐永奇	執行長助理
台灣電子檢驗中心	謝群相	組長

## 肆、參訪紀要

### 一、拜訪東京大學石原孟教授

7月24日下午先至東京大學工學一館，拜訪石原孟教授。石原教授為國際知名耐風設計專家，曾參與日本福島縣浮動式海上風力機開發設計。由於福島近海海底的地基十分鬆軟，而且又有地震板塊，因此難以建立固定式海上風力發電站，石原教授大膽提出了建設浮動式海上風力機的構想。日本政府為此投入200億日元的研究資金，並於2013年完成世界第一座浮動海上風力發電站。



圖 1、拜訪東京大學石原孟教授

本次拜訪主要目的係就離岸風力機設計風速量測及模擬分析相關議題，向石原教授請益。日本與臺灣相同亦為經常受颱風侵襲之國家，為確保離岸風力機之運轉安全，於風力機開發初期場址評估階段，必需能有效評估離岸風力機設置地點於颱風侵襲期間可能發生之極端風速。石原教授團隊以 IEC 61400-1 附錄 E 建議之 MCP 方法 (Measure-Correlate-Predict approach) 應用蒙地卡羅模擬 (Monte Carlo Simulation)，開發出 MASCOT (Microclimate Analysis System for COMplex Terrain) 模擬分析軟體，可用於各特定風場之風況及極限風速評估。

MASCOT 結合颱風模型(利用氣壓變化推估)及氣象模型，其資料庫收集包括臺灣 500 公里範圍之內從 1977 至 2016 年颱風數據，包括中心氣壓、最

大風速之半徑、移動的速度和方向等資訊。由於離岸風力機係設置地點通常並無實際風速觀測資料，利用颱風資料庫及鄰近測風塔觀測資料為基礎，並將測風塔附近地形對於風速之情況影響納入修正係數，即可用於推估特定場址再現期間 50 年之極端風速。另 MASCOT 亦可依據鄰近測風塔觀測資料進行分析演算，推估離岸風力機設置場址之風況(如圖 2、圖 3 所示)，石原教授曾在日本的九州、千葉、福島等地採此方法進行計算分析[1]。

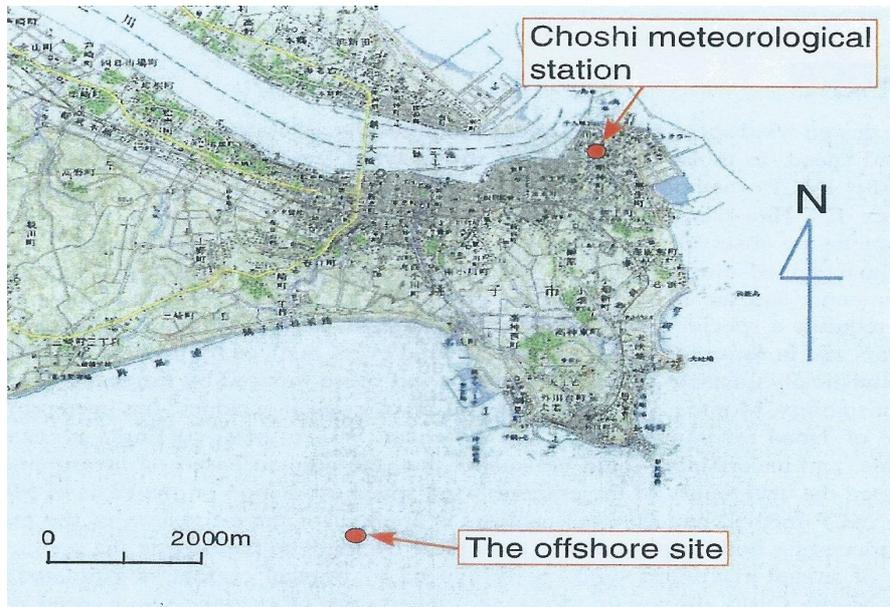


圖 2、日本銚子市測風站與鄰近離岸風場位置圖

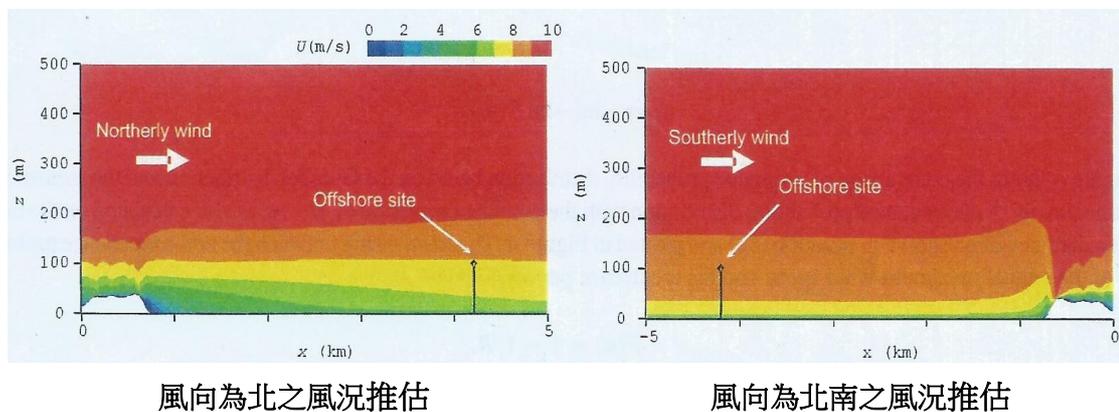


圖 3、利用日本銚子市測風站觀測資料推估鄰近離岸風場風況

因此套軟體目前已包含東亞地區歷年來的觀測氣象資料，故可用於進行包括臺灣地區之風況模擬分析，惟在實際應用時，另需輸入特定場址鄰近測風塔之經緯度及地形數值資料，做為模擬分析的基礎設定。

由於國內目前正積極推動太陽光電系統建置計畫，依過往之經驗，國內太陽光電系統之支撐結構耐風設計亦有不足之處，本次拜訪亦就其抗颶耐風

議題提出請益，詢問日方是否有針對太陽能板此種高度較低之地面結構體進行分析。石原教授表示，由於太陽能板設置離地面較近，受地形及地面粗糙度影響程度大，故目前尚無針對太陽能板支撐結構進行分析，但曾就火車側風影響、電桿抗風性等議題進行研究，石原教授說明 MASCOT 主要應用於風場風速之分析，但可配合其他之軟體進行後續較細節的分析。

接著石原教授引導團員至設置於工學院的風洞實驗室，此風洞實驗室建立於西元 1964 年，設置有各式不同大小之風洞測試平台，可因應各種不同的試驗條件，例如可模擬如車子、葉片等簡單的流場變化，而在實驗室中最大之風洞實驗室為主要應用於風場模擬比對。早期進行風場風況評估時，主要利用此風洞進行試驗，惟因風洞試驗需建置實體模型，相對於軟體模擬分析，其試驗成本較高，且所需時間亦較長。於 MASCOT 開發過程中曾利用此風洞測試結果進行比對，用以驗證軟體計算之正確性，目前日本風場風況評估已較少採用風洞試驗，而以軟體模擬分析為主。

本次參訪時正在進行之實驗為風力機的轉向系統的模擬分析，風力機機艙的轉向系統對於風力機來說是重要的關鍵，若轉向系統不正確，則會影響發電的效率以及增加風力機的受力，為進行相關的研究，特別訂製一等比例之小型風機模型，且功能及控制系統皆比照正常風機。據石原教授所述，因為功能皆比照正常風力機，其測試模型造價昂貴。

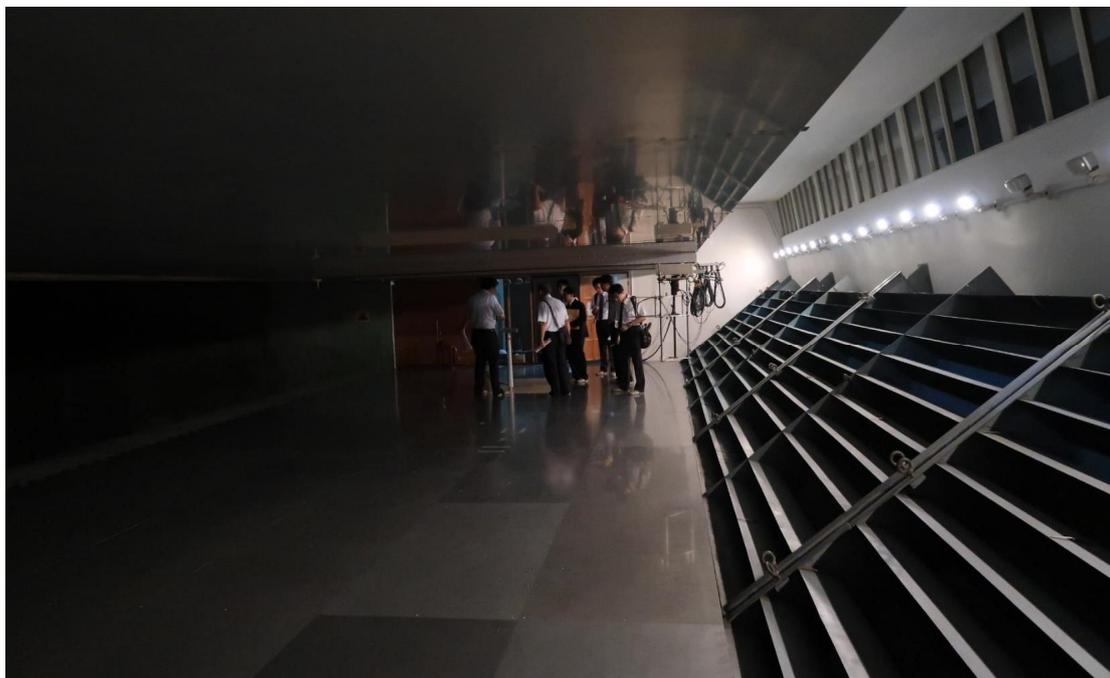


圖 4、東京大學工學院大型風洞測試實驗室



圖 5、等比例小型風力機測試模型

## 二、參訪 Tokin EMC 實驗室

7月25日上午赴Tokin公司EMC實驗室參訪，抵達Tokin公司後由Tokin 松岡進社長帶領測試驗證與系統事業部12位人員接待本訪問團人員，整個行程安排先由Tokin方面進行簡報，向本訪問團介紹該公司營運概況與實績，隨後雙方意見交流討論，最後參觀Tokin的10米EMC電波暗室。

Tokin本身為EMC電波暗室設計、工程、測試及對策服務公司，在日本有三個量測中心，分別位於本次參觀神奈川本社，以及茨城與兵庫，是日本唯一可同時提供EMC電波暗室設置設計、量測認證服務，與EMC對策服務的公司，這在全球也是少有。



圖 6、Tokin 公司概要及組織圖

Tokin 主要業務為 EMC 電波暗室系統工程服務，此項業務大約佔公司營業額 20%，從 1983-2015 間，各類暗室安裝施工合計 343 案。因應日本多地震的環境，其電波暗室特別在耐震方面有加強設計，在日本大地震後統計全國 28 座該公司安裝設置的電波暗室，均無受到太大損傷。Tokin 於筑波的測試中心的 10 米電波暗室為本局認可之指定試驗室，在兵庫有一座 A2LA 天線校驗場。

本訪問團在進行意見交流討論時，提及目前臺灣在太陽光電系統安裝設置，會有防颱耐震的考量，日本在耐震技術上可以提供我方很多技術方面之參考。另就近來國內關切之太陽光電變流器(PV inverter)檢測議題，詢問該公司有無相關規劃。Tokin 回應因為此項測試需要很大的電源能量，基於成本效益考量該公司目前並無此項測試規劃。在雙方討論後，一同參觀 Tokin 10 米電波暗室，參

觀結束後與 Tokin 人員一起用餐後，結束上午訪問行程，隨即前往下一個參訪單位 VCCI。



圖 7、訪問團與 Tokin 人員交流討論會議

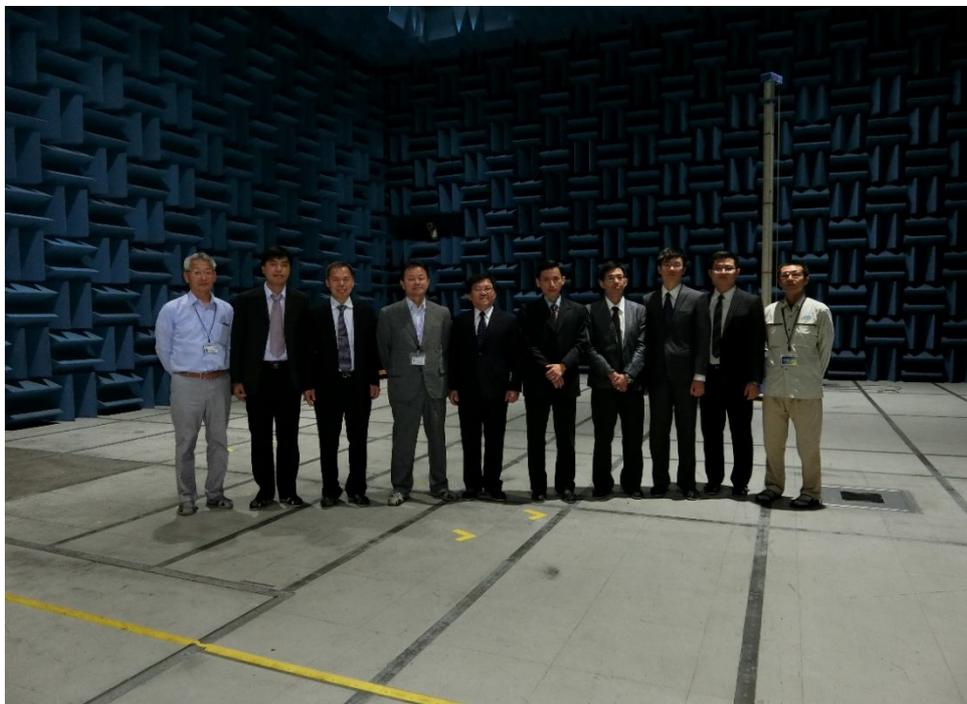


圖 8、訪問團與 Tokin 人員於 Tokin 10 米電波暗室合影

### 三、拜訪 VCCI

7月25日下午行程由神奈川川崎市移動至東京都港區，拜訪日本社團法人VCCI協會，該協會為日本負責資訊技術產品電磁干擾管理的民間組織，VCCI為日本電磁干擾控制委員會(Voluntary Control Council for Information Technology Equipment)的簡稱，VCCI成立於1985年12月，該協會係依據CISPR 22標準評估資訊技術產品是否符合其要求，在日本VCCI驗證是非強制性的，完全基於自願的原則，但又被許多公司所採用，以此來證明產品的品質。多年來本局與VCCI有密切及固定的交流，於拜訪過程中該協會表示預計於今年10月舉辦研討會，將邀請本局人員前往日本擔任講座，就EMC檢測技術與日方進行分享。

下午的拜訪會議，由VCCI人員介紹VCCI的運作，然後雙方進行討論交流，VCCI協會目前約有1200個會員，有一半以上是海外會員，而臺灣的會員數僅次於美國，其經費主要來自會費。VCCI除制定EMC檢測技術規範及登錄產品外，另設有一試驗室認證部門VLAC(Voluntary EMC Laboratory Accreditation Center)依ISO/IEC 17025標準認證EMC試驗室，如同臺灣的TAF。在日本大約90%的電子產品都會申請VCCI驗證，因此對於以日本電子產品市場為主要市場的廠商而言，VCCI是很重要的組織單位，在每年VCCI會進行市場抽測，一般採隨機抽測方式，但也有進行特別項目的抽測，如果抽測不通過，該廠商產品必須進行回收，所需費用由廠商承擔。

日本VCCI正在推行CISPR-32:2015 Electromagnetic compatibility of multimedia equipment - Emission requirements標準，因此關心本局CISPR-32標準推行的進度，對此本局人員回應目前各項工作大多都已準備好，但是因為推行導入很多試驗項目都需要重新測試，考量到試驗室的測試能量與影響面，目前還不敢馬上推行。本次拜訪亦就風力機的EMI/EMS測試相關議題提出詢問，VCCI回應其關注的重點在電子資訊類產品，所以目前並無針對風力機的EMI/EMS測試進行規劃，但是知道日本政府與風力機相關組織單位有考量這方面的測試。



圖 9、訪問團與 VCCI 人員交流討論會議



圖 10、訪問團與 VCCI 人員合照

#### 四、參訪鹿島 5MW 下風式風力機測試場域

7月26日上午搭乘巴士前往鹿島港深芝風力發電所，參觀日立 5MW 離岸風力測試場。測試場目前正進行日立 HTW5.2-136 型風力機測試(如圖 11)，該風力機之設計等級為 IEC Class S(同 CNS 15176-1 風力機等級)[2]，其設計之基準風速( $V_{ref}$ )為 55m/s。有關離岸風力機之抗颱風標準，本局已於 106 年 1 月 4 日制定颱風基準風速( $V_{ref,T}$ )57m/s (如表 3) [3]標準，日本則於 106 年 1 月 20 日公布此項基準。



圖 11、日立測試風場與 HTW5.2-136 風力機

因應新標準要求，日立公司已著手進行符合抗颱風需求之風力機型開發，本次參訪於測試場旁另有擺放一組(三支)日立 HTW5.2-127 型風機之葉片(如圖 12)，該型風力機，即係依據颱風基準風速 57m/s 設計開發，詳細規格如表 4 所示，其設計最大輸出功率與 HTW5.2-136 型相同均為 5.2MW，但在風速小於 14 m/s 之風況條件下，其輸出功率略小於 HTW5.2-136 型(如圖 13)。



圖 12、日立測試風場 HTW5.2-127 風機葉片

表 3、CNS 15176-1 風力機等級基準風速

風力機等級	I	II	III	S
$V_{ref}$ (m/s)	50	42.5	37.5	由設計者 規定之值
$V_{ave}$ (m/s)	10	8.5	7.5	
$V_{ref,T}$ (m/s)	57			
A $I_{ref}$ (-)	0.16			
B $I_{ref}$ (-)	0.14			
C $I_{ref}$ (-)	0.12			

$V_{ave}$ ：為年平均風速。

$V_{ref}$ ：為 10 分鐘內平均而得之基準風速。

$V_{ref,T}$ ：為適用於熱帶環境之極端基準風速 10 分鐘平均值。

A：表示較高擾流特徵類別。

B：表示中等擾流特徵類別。

C：表示較低擾流特徵類別。

$I_{ref}$ ：為在 15 m/s 時之擾流強度<sup>(1)</sup>之期望值。

表 4、日立 5.2MW 風機規格

型號	HTW5.2-136	HTW5.2-127
額定功率(MW)	5.2	5.2
轉景直徑(m)	136	127
葉片長度(m)	<b>66.5</b>	<b>62</b>
葉片數	3	3
轉子位置	下風式	下風式
風機等級	IEC Class S	IEC Class T

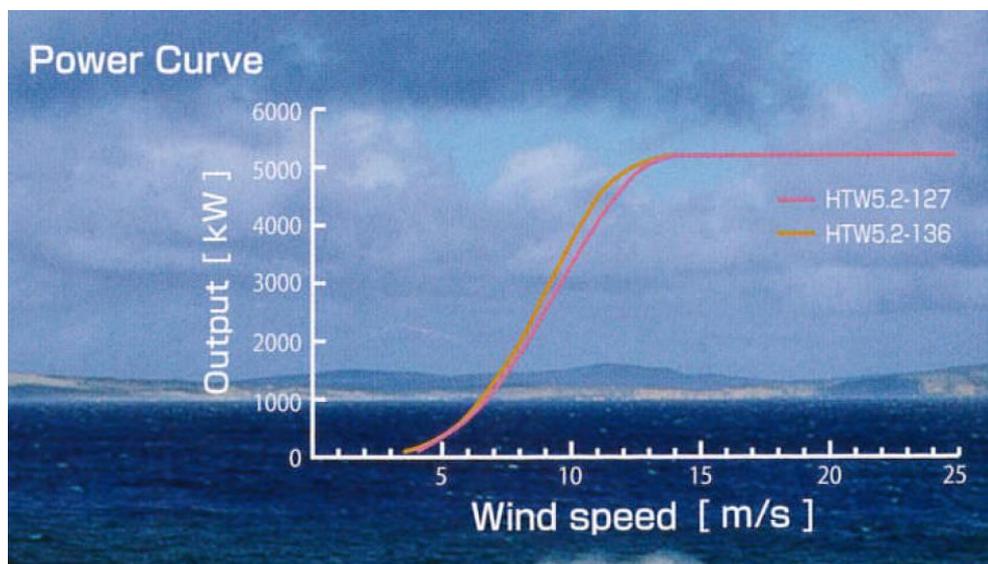


圖 13、日立 HTW5.2-127 與 HTW5.2-136 風力機輸出功率比較

(日立公司提供)

一般風機設計為上風式(Upwind)，即葉片轉子為於機艙、塔柱等結構上游；而日立風機則相反，為下風式，即葉片轉子在機艙、塔柱等結構下游。日立風機之所以採用下風式設計，依日立五味先生之解釋係為考量日本常受颱風侵襲，為避免風機在颱風期間因電網斷聯(grid loss)等因素造成風機轉向系統無法作動而造成風機損壞，故而採用下風式設計。下風式風力機無設置尾翼，因該設計能使風機如同風向標(Weather vane)一般自動調整轉向，降低風機損壞風險。其缺點為受上游塔柱對流場之影響(Tower Shadow Effect)，效率低於上風式風力機，日立風力機之設計則係藉由增加葉片轉子與塔柱之間距，減少塔柱對流場影響範圍之方式應對(如圖 14)。

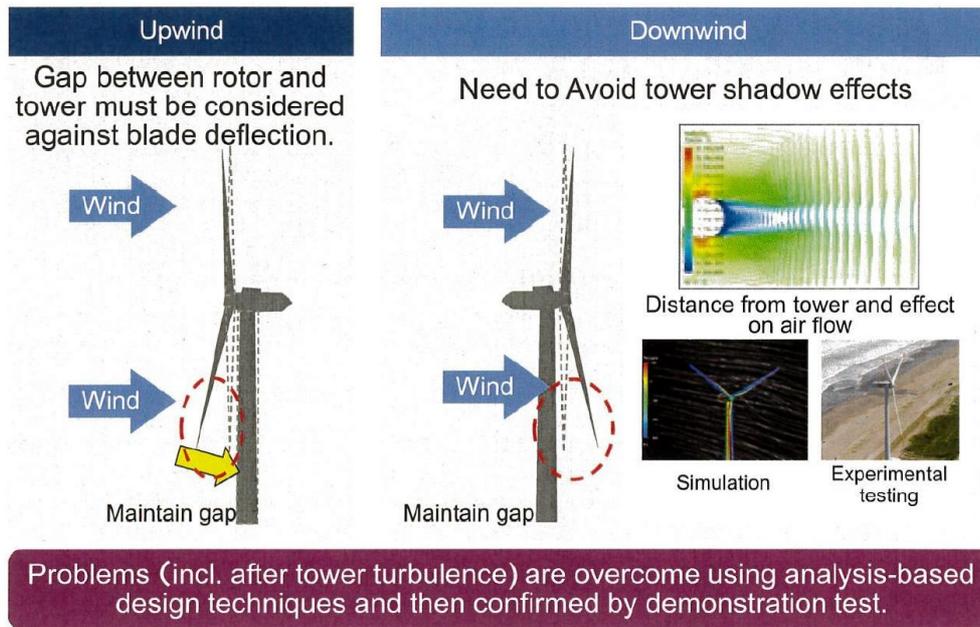


圖 14、上風式與下風式風力機需克服問題示意圖(日立公司提供)

參觀完日立測試風場前往千葉離岸風力發電場途中，經過設置於潮間帶之近岸風場，共設置 15 支 2MW 下風式風力機(如圖 15)，係於 2010 年設置完成。目前日本已設置 7 個離岸風電示範場域，其中 3 個示範場域(包含本風電廠)設置於近岸，其餘 4 個離岸風電場則設置於距離岸邊 1~20km，其總裝置容量為 56.6MW。日立公司特別說明本風電廠設置之風力機在 311 地震、海嘯事件中均無損傷，並說明此風場部分機組之安裝係採用海上施工方式進行，以作為日本發展離岸風機海上施工能力之初步練習。



圖 15、設置於潮間帶之近岸風力機

## 五、參訪千葉離岸風力發電廠

7月26日下午前往千葉離岸風電場，該風場為日本NEDO主導計畫之成果，該計畫已於2016年3月結束，目前由東京電力公司進行維運，該公司希望能夠繼續運轉，但仍有一些問題須與當地漁民協商。參訪團到達後首先由東京電力人員簡介該離岸風場相關資訊，隨後進行意見交流。



圖 16、東京電力與我方人員交流離岸風場相關議題

由於臺灣目前在推動離岸風場開發，在環境衝擊及漁權影響評估等方面均面臨挑戰，我方人員特別向日方請教其如何處理環境衝擊與當地居民(尤其漁民)協商等議題，日方表示在環境衝擊方面會先進行環評，且依據實際水下調查結果(如圖 17)，風力機建設完成後其基座設施形成之人工礁岩區，可促使之該區域之魚群數量增加，並未遇到環保團體之抗爭，而與當地漁民之協商方面則需要耗費較多時間與精力處理。東電公司採取方式係與當地漁業協會中較具有影響力的人士進行溝通，於計畫初期確實遭遇困難，但該公司人員仍持續與之接觸、溝通與討論，並藉由少量已建立於近岸之風機向漁民展示對其生活影響甚微，逐漸讓其接受後，後續之作業則較無問題。

本日參訪行程原預定於下午乘船出海至千葉之離岸風場，可惜因天候不佳，浪高超船隻之出海限制(1m)，致無法成行，故在簡介與問題回覆後，行程更改為參觀該離岸風場之陸上變電站，並由管理人員就離岸風場監測系統設施及運作情形進行解說。



圖 17、日本離岸風力機對生態影響調查作業(東京電力公司提供)

東電人員展示該離岸風場相關影片紀錄，包含進行維運所使用之船隻與人員登上風機之情況，風場建置完成後風力機基座設施形成之人工礁岩與附近魚群狀況，以及於颱風期間海氣象觀測站監視攝影機拍攝之畫面等。此外並於現場展示千葉離岸風場風力機周邊波浪監測畫面，以及風機 SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition Systems) 系統之監測畫面(如圖 20 所示)，該系統可即時監測風力機之回轉速、主要零組件(如主軸、增速機、發電機)溫度、冷卻水進出口壓力等多項資訊，以利管理人員可即時確認風力機之運轉狀態。

銚子市離岸示範風場設置之氣象塔與水下量測儀器蒐集到相當多有用之資料，包含水下量測儀器於 311 大地震時所量測到之流速、颱風侵襲時之最大瞬間風速、風機因颱風所受損害部位等監測資料等。因應臺灣與日本與特有之地震與颱風頻繁環境氣候條件，該示範風場可提供有用之資料庫，供國內風力機與基座設計參考使用，臺日雙方可以共同合作製造出適合臺灣與日本使用之離岸風力機。



圖 18、千葉離岸風場陸上變電站外觀



圖 19、千葉離岸風場之陸上變電站及聽取監測系統簡介

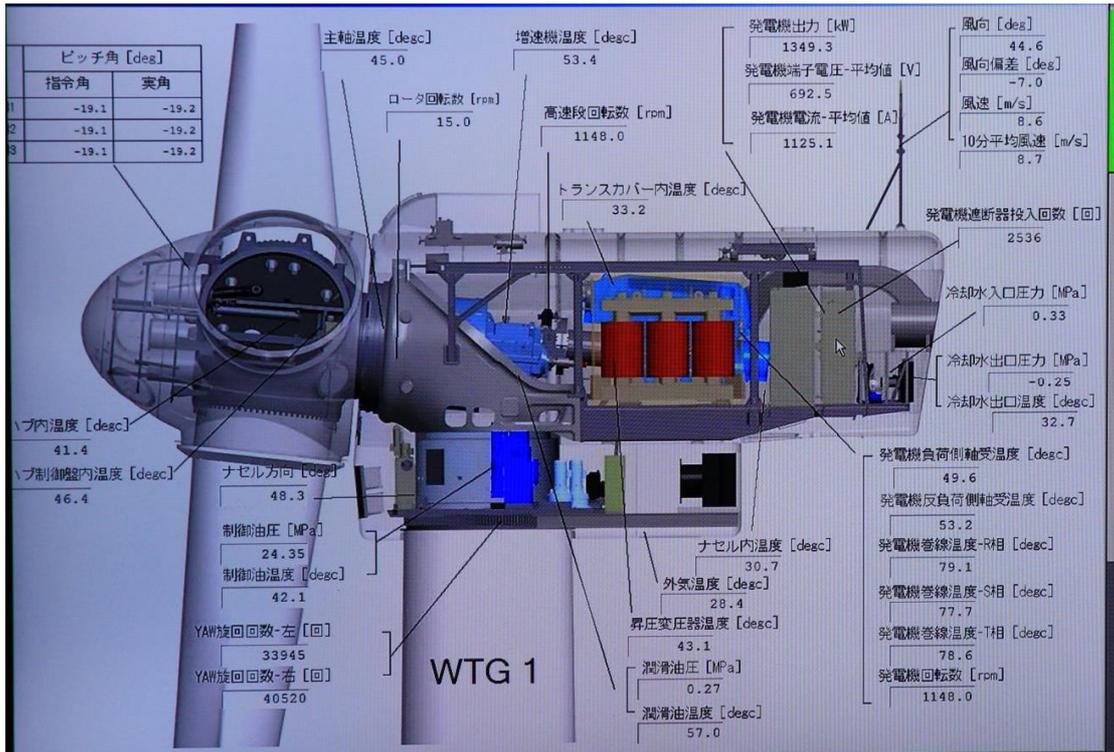


圖 20、千葉離岸風場風力機機艙內部狀態監控畫面

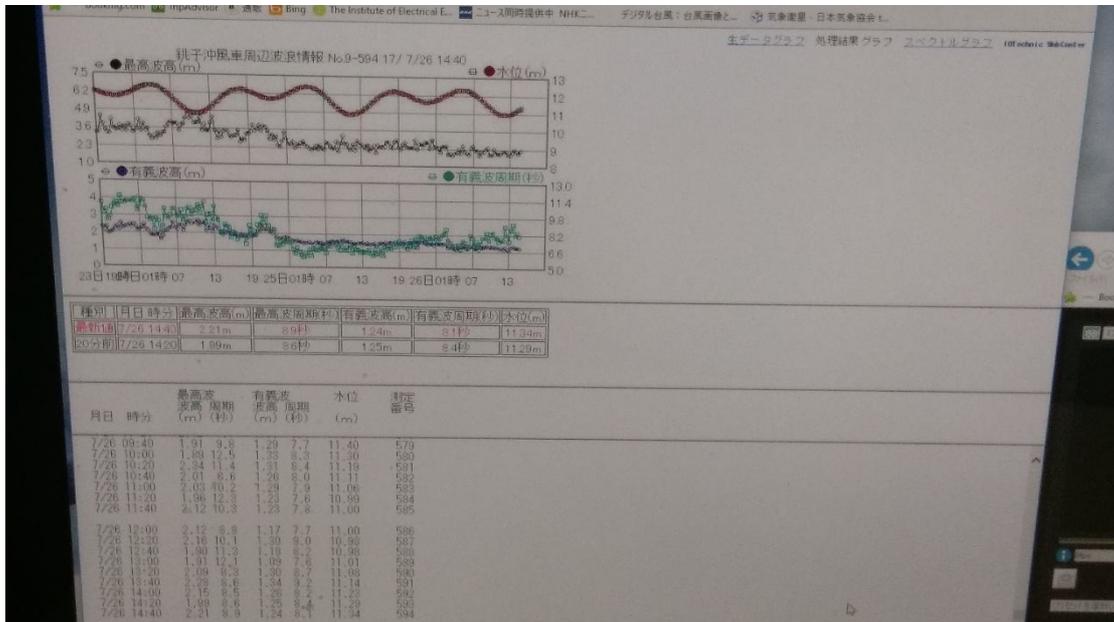


圖 21、千葉離岸風場風力機周邊波浪監測畫面

## 六、參訪日立埠頭風力機組裝廠

7月27日行程安排參訪日立製作所埠頭風力機組裝廠，該工廠係日本經歷地震與核災後，因應再生能源開發需求，由研究核能單位轉型為風力機組裝工廠。參訪先由工廠工安主管帶領，首先說明參觀注意事項，接著請參訪成員依廠方工安規定穿戴安全裝備，因組裝廠內涉及商業機密部分，故禁止拍照攝影記錄。廠方先於廠外空地介紹風力機之葉片，並說明日立公司於日本境內並無製造葉片之生產線，目前葉片皆是委託中國工廠進行製作，為控管製作之品質，日立公司亦會派人前往生產工廠進駐，並提到風力機塔架部分，也並非為日立公司製作生產，皆是依據安裝的地點，再委請當地鄰近之工廠協助製作。

埠頭風力機組裝廠內部大致可分為7個組裝區域，分別是輪轂(hub)及槳距(pitch)機構組立、主機座及偏轉(yaw)驅動系統組立、電裝工程組立、增速齒輪機(gear box)組立、發電機組立、機艙外罩組立、其他感測器配置等。進入組裝廠房，可看到工廠整齊清潔的作業環境，在生產線上的各組裝步驟都有正在組裝之部件，日立製作所人員也針對半成品及組裝過程進行說明，讓大家對機艙內部之發電機、齒輪箱、機艙外殼及輪轂等組裝程序有了初步概念。途中詢問是否所有機艙內部的零組件皆為日立廠所生產的，日立製作所人員回答並非所有零件皆是日立廠所生產的，部分次要的零組件，如齒輪、螺栓等皆是請配合廠商製作，但主要零件仍為日立所生產的。

於廠內天花板有各式吊掛立之天車，最大僅為5噸，製作所人員解釋因機艙部份組裝好後，為配合運送車之大小，會將組好的部件再拆成幾個大的部件，運送到安裝地點後再進行組裝，故只需5噸的天車即可。再配合鄰近的碼頭，可直接運送出港至各地安裝。目前組裝廠之產線仍以2MW風力機為主，約20天可以完成1個機艙的組裝。後續為了配合各國離岸風場開發需求，準備改為以5MW風力機為主之組裝線。

埠頭組裝廠側邊有一放置於地上之機艙，係於2017年初建置之人員訓練場，係作為日立內部維修人員的訓練場地，受訓人員僅需在地面即可進行機艙維修訓練作業，未來亦可提供給有需要之客戶，由其指派維修技術人員接受訓練，以協助客戶建立風力機自行維修能力。



## 七、參訪森崎水再生中心

森崎水再生中心隸屬於東京都下水道局，為於東京灣海埔新生地之一的昭和島上，中心分為東、西、南三個區塊，東、西兩部分為污水設施及儲能電池所在地，南邊部分為污泥處理設施，其最大污水日處理量為 120 萬立方公尺，為日本規模最大的污水再生中心。根據日本「關於確保市民健康和安全的環境的條例」規定，水再生中心處理後的水質達到可直接排放的標準，大部分的再生水排入東京灣，一部分的水經濾砂處理後供中心使用，另一部分的水供給附近的工廠使用。

2016 年 7 月日本經濟產業省啟動虛擬電廠實證計畫(Virtual Power Plant Experimental Project)，總經費約 30 億日幣，目標在 2020 年時全日本可建構 50MW 的 VPP 電力，並希望能於再生能源 FIT 制度實施期間結束後，仍可藉由 VPP 穩定售電。此實證計畫規劃於 7 個 VPP 示範場域建立儲能系統，分別位於筑波市、橫濱市、長崎縣壱岐島、關西地區等。本次參訪的森崎水再生中心即為 7 個 VPP 示範場域之一。

森崎水再生中心的儲能系統採用鈉硫(NaS)電池，係由東京都下水道局出資興建，由東京電力售電業的子公司和三菱電機共同設立的 Energy Partner 能源公司負責 NaS 電池的維運，另外與東京電力旗下的森崎能源公司合作，由後者負責售電業務。水再生中心共有 4 座 2,000kW NaS 電池，NaS 電池利用時間電價於夜間電價便宜時進行充電，於白天電價較高、用電尖峰時刻或中心耗電量大時進行供電。水再生中心同時也利用處理淤泥的副產物甲烷進行沼氣發電，供應污水處理廠運轉所需電力，並利用餘熱回收減少廠內之電力支出。

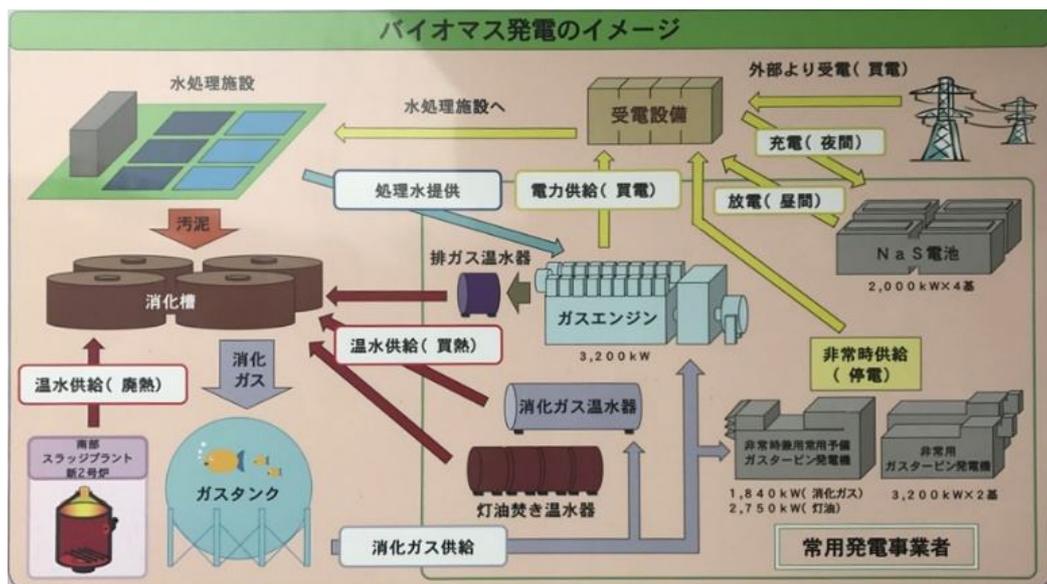


圖 24、森崎水再生中心生質能及儲能系統發電示意圖

此項沼氣發電系統並得到日本自然能源公司(Japan Natural Energy Company Limited., JNEC)所頒發的生質能綠電證書(如圖 25)。



圖 25、森崎水再生中心生質能綠能發電證書

有關利用生活廢水處理後淤泥的副產物甲烷進行沼氣發電，國內早於民國 83 年即完成八里污水處理廠蛋形消化槽沼氣回收發電系統(如圖 26)，該廠最大污水日處理量為 132 萬立方公尺，設置有 4 部柴油及天燃氣雙燃料發電機 1,420kW，其規模不亞於森崎水再生中心。惜因國內污水下水道接管率偏低，其污水來源仍以截流大排、溝渠之晴天污水為主(民國 102 年佔 60%)，致產生之污泥有機質含量偏低，其產生之甲烷品質不佳，無法用於回收發電，目前僅作為廠內鍋爐之燃料使用[4]。



圖 26、八里污水處理廠蛋形消化槽

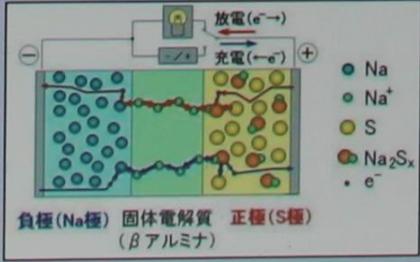
NaS 電池是由東京電力公司和日本特殊陶業株式會社(NGK)合作開發，具有低自放電、長壽命等優點，其貯電能力為一般鉛酸電池的 3 倍(如圖 27)。鈉和硫元素在常溫下皆為固態，因此電池需在 350°C 的溫度下方可作用，為避免鈉和硫直接接觸造成危險，中間以氧化鋁固態電解質(Beta-alumina solid electrolyte, BASE)分隔。電池的間隙以沙土填充，一方面作為加熱電池的介質，另一方面可吸收自電池流出的電解液，具有安全防爆的作用。電池儲存的环境嚴禁煙火及水，以免鈉和硫發生強烈的氧化反應，除此之外，電池組也裝設有偵測二氧化硫(SO<sub>2</sub>)的感測器，以免發生火災。

**NaS 電池の特徴**

- (1)鉛蓄電池に比べて貯蔵能力が約 3 倍
- (2)鉛蓄電池のような自己放電がない
- (3)長寿命 (充放電サイクルが 6,000 サイクル)
- (4)メンテナンスフリーである



50kW  
モジュール電池



負極(Na極) 固体電解質(βアルミナ) 正極(S極)

圖 27、NaS 電池特性及作用原理



圖 28、NaS 2,000kW 電池儲能系統

森崎水再生中心儲能系統之運轉時程，主要於晚上十點時間電價最便宜之時段開始充電，白天於用電尖峰時段放電。若遇到大雨的天氣，因汙水之泥沙含量較平時高，且汙水量也較平時多，水再生中心的耗電量較平時大，此時就會將修改電池排程，供淨水相關設備使用，以進行電力需量控制，降低對電網之依賴。為減少調度操作人力需求，其儲能系統之運作方式係利用廠內電力調度系統 (Power Conversion System, PCS) 進行電池充放電排程調度，並可預先排好整個月的排程，若有臨時有需要亦可隨時更改排程。此調度系統也可顯示目前電池的瞬時放電量、系統迴路、系統異常訊息等資訊，工作人員可直接於 PCS 上進行調整控制及異常排除。



圖 29、與東京電力公司人員合影

## 八、參訪浮島太陽光發電所

浮島太陽光發電所於 2011 年 8 月建造完成開始運轉，為川崎市政府與東京電力的共同發電事業。其所在處浮島原為川崎市大型垃圾焚燒掩埋場，在經歷長年的運作後，因容量飽和無法繼續掩埋焚燒後的垃圾，因此川崎市政府在宣傳綠色能源的目的下與東京電力合作，其合作方式以川崎市政府提供原負責垃圾掩埋部份的土地，東京電力負責發電所建造、維運來進行。同時在太陽光發電所建造完成後，為有效達成宣導與推廣的目的，川崎市政府亦同時規劃在太陽光電所附近建造川崎環保生活未來館，針對再生能源、地球暖化、資源永續循環發展等主題設置展示館，吸引對此有興趣之遊客或附近中小學學童校外教學時來訪，達成環保推廣與行銷之目的。



圖 30、川崎環保生活未來館

浮島太陽光發電所占地 11 萬平方公尺，約為 2.3 個東京巨蛋大；其所使用的太陽電池由東芝公司提供，共計由 38,000 餘片的單晶矽太陽電池構成，裝置容量為 7,000kW，年間發電量為 9,510MWh。



圖 31、浮島太陽光發電所

## 伍、心得與建議

- 一、離岸風場開發初期場址評估階段，其風況評估及極端風速預測之正確性，攸關風力機發電效能及運轉安全性，由於受限於海上氣象觀測資料不足，因此如何獲得最接近真實風場狀況之預測結果，向來為業界關注之議題。日本與臺灣相同亦為經常受颱風侵襲之國家，為確保風力機之設計可符合安全要求，東京大學石原孟教授帶領的研究團隊針對風況預估及颱風模型之極端風速模擬，已累積長期之經驗，發展出可信賴之數值分析模型。國內離岸風場開發尚在起步階段，建議本局驗證團隊應持續與東京大學進行交流合作，提升驗證團隊對於離岸風場之風況模擬之評估及驗證能力。
- 二、日本推動離岸風場建置計畫，係採循序漸進方式，先於近岸設置示範機組，再逐步向外海推進，以東京電力公司為例，其離岸風場示範計畫推動迄今已歷時 8 年(2009~2017)，共計完成 5 座離岸風場 20 部示範風力機設置。期間歷經長時間調查、蒐集風力機運轉及對周邊生態環境之影響，其目的除以實證方式確認風力機之性能及安全性可適應風場嚴苛之氣候環境外，更重要的是藉由長期調查研究，印證離岸風力機之設置對環境及生態並無負面影響，有效降低來自環保團體之抗爭阻力，其推動經驗可值得臺灣借鏡參考。
- 三、經與日本電力公司討論探討目前在推動離岸風電產業上，面臨問題之一為與當地漁民的抗爭，臺灣可採取與日方相近之作法，長期與地方漁業中心進行協商，並提供國外相關研究，藉以證明建置離岸風力機後，其水下結構可變為礁岩使該區之魚群數量增加，提高漁民之收穫量，才能創造雙贏的局面。
- 四、銚子市離岸示範風場開發從場址評估、工況分析、負載計算、基座設計、施工程序評估至電纜鋪設及運維皆有保存相當完整資訊，可以提供我國作為離岸風能開發之參考。另設置之氣象塔與水下量測儀器蒐集到相當多有用之資料，包含水下量測儀器於 311 大地震時所量測到之流速、颱風侵襲時之最大瞬間風速、風機因颱風所受損害部位等監測資料等。因應臺灣與日本與特有之地震與颱風頻繁環境氣候條件，該示範風場可提供有用之資料庫，供國內風力機與基座設計參考使用，臺日雙方可以共同合作製造出適合臺灣與日本使用之離岸風力機。
- 五、因應離岸風力機運轉維護需求，日立公司在埠頭風力機組裝廠建立人員訓練場地，受訓人員僅需在地面即可進行機艙維修訓練作業，可縮短人員訓練所需時程。考量國內離岸風場開發完成後續運維需求，建議未來風機國產化之推動，可參考日立公司之作法，於國內設置離岸風力機訓練場地。

- 六、臺灣海峽為世界名列前茅之優良風場之一，兼具高單位風能、穩定風速、中淺水深等優勢。日本以離岸風電示範風場進行研究開發時程已久，雖已累積相當之經驗，惟因能源政策等因素尚未開始進行大規模布建。日本風力機製造商為取得風場開發實績，並藉由風力機機組量產降低製造成本，對於參與臺灣離岸風場開發意願甚高，未來可藉由臺日雙方進行產業合作及技術移轉，以快速吸取經驗，加速我國建置離岸風場之進展。
- 七、日本早已成功利用生活廢水處理後淤泥的副產物甲烷進行沼氣回收發電，此項技術在其它先進國家亦有實際成功案例，國內雖曾投入經費建置污水處理廠沼氣回收發電系統，惟因相關基礎建設未臻完善，污水下水道接管率偏低，產生之甲烷品質不佳，無法用於回收發電。惟預期未來大台北地區下水道用戶接管率逐年提升後，可望能發揮其回收發電效益，建議本局再生能源憑證團隊，可持續關注此項生質能源應用之後續發展。

## 陸、參考文獻

1. Takeshi Ishihara, Atsushi Yamaguchi, Prediction of the extreme wind speed in the mixed climate region by using Monte Carlo simulation and measure-correlate-predict method, 2013.
2. IEC 61400-1:2005 Wind turbines - Part 1: Design requirements
3. CNS 15176-1 風力機—第 1 部：設計要求 (106)
4. 審計部，八里污水處理廠能源回收系統整修試車暨蛋形消化槽維護管理及活化情形專案審計報告 (106 年 3 月)