



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)

105年度台日技術合作計畫赴日研修  
「離岸風電系統抗颱風分析與關鍵零組件標準  
檢測驗證技術」工作報告

服務機關：經濟部標準檢驗局

姓名職稱：科長 陳振雄、技士 陳滄洲、技士 林明山、  
技士 董建利

派赴國家：日本

出國期間：中華民國 105 年 8 月 21 日至 8 月 27 日

報告日期：中華民國 105 年 11 月 22 日

# 目次

目次.....	1
圖目錄.....	2
表目錄.....	5
摘要.....	6
壹、 出國目的.....	7
一、 緣起.....	7
二、 研修日期.....	7
三、 研修單位.....	8
四、 研修重點.....	9
五、 研修學員名單.....	10
六、 研修課程表.....	10
貳、 研修過程.....	13
一、 日本風力發電構造之安全審查制度及海事協會(ClassNK)風力機驗證制度.....	13
二、 IEC 風力機標準(含 IEC61400-1 大型風力機).....	19
三、 離岸風電系統抗颱風標準技術要求.....	25
四、 離岸風電系統抗颱風標準計算分析技術.....	27
五、 風力機之審查方法、相關法令、評估方法、認可程序等台日雙方技術交流討論,及NEDO國際示範離岸風場計畫概要說明.....	36
六、 日本風力機結構之審查方法、環境相關法令、技術評估方法.....	42
七、 MASCOT 軟體應用說明.....	47
八、 離岸風電系統產品關鍵零組件檢測標準與驗證技術.....	52
九、 海上風電系統(OWF)專案軟體輔助管理技術.....	60
十、 參訪福島再生能源研究所.....	64
參、 心得及建議.....	70
肆、 附件.....	74

# 圖目錄

圖 1	ClassNK 總部行政中心(Administration Center)研修地點 .....	8
圖 2	ClassNK 總部行政中心(Head Office, Administration Center)位置 .....	9
圖 3	ClassNK 赤星次長講授課程 .....	14
圖 4	ClassNK 赤星次長講授課程-上課情形 .....	14
圖 5	電業事業法對發電設備要求之安全審查體系.....	14
圖 6	不同容量風力發電裝置之安全審查體系比較.....	15
圖 7	風力機驗證架構.....	16
圖 8	IMAMURA Hiroshi 講師.....	20
圖 9	WEIT 今村樣講授課程-上課情形 .....	20
圖 10	颱風紊流強度與 IEC 比較.....	22
圖 11	陣風係數.....	22
圖 12	東京大學石原孟教授講授課程.....	26
圖 13	東京大學石原孟教授上課情形.....	26
圖 14	日本各地區之基本風速分布圖.....	29
圖 15	地形評估與計算.....	30
圖 16	修改後之整年最大風速預估結果.....	31
圖 17	蒙地卡羅模型之模擬示意圖.....	32
圖 18	蒙地卡羅模型與修改後之 Gumbel 分布推估整年之最大風速.....	33
圖 19	風力機塔架挫曲分析模型.....	34
圖 20	風力機塔架之挫曲有限元素分析結果.....	35
圖 21	不同方向負載之挫曲強度.....	35
圖 22	研修學員說明台灣 OWT 現況 .....	37
圖 23	雙方就台灣 OWT 現況作技術交流 .....	37
圖 24	ClassNK 赤星次長說明 NEDO 概況 .....	37
圖 25	日本風機驗證適用法規.....	38
圖 26	日本風場專案認證適用法規.....	38

圖 27	金工中心建立離岸風機型式驗證能力之規劃.....	40
圖 28	東京大學石原孟教授授課情況.....	42
圖 29	日本當今法規制定之方法.....	43
圖 30	風力發電設備結構物的性能評估.....	43
圖 31	風力發電設備塔架結構設計指南及解說.....	44
圖 32	MASCOT 軟體簡介.....	47
圖 33	MASCOT 軟體模組之視窗.....	48
圖 34	北海道複雜岩岸場域示意圖.....	49
圖 35	MASCOT 軟體教學課程.....	51
圖 36	ClassNK 佐佐木次長授課 .....	52
圖 37	ClassNK 佐佐木次長講授課程-上課情形 .....	52
圖 38	型式驗證程序.....	53
圖 39	專案驗證程序.....	54
圖 40	IEC 61400-22 之型式驗證流程圖.....	58
圖 41	IEC 61400-22 之專案認證流程圖.....	59
圖 42	FECC 高樣講授課程-上課情形 .....	60
圖 43	SeaPlanner 軟體架構圖 .....	60
圖 44	海上及海底座標圖.....	61
圖 45	離岸風力機施工示意圖.....	61
圖 46	APP 軟體示意圖 .....	62
圖 47	採用 SeaPlanner 軟體國家示意圖 .....	63
圖 48	郡山駅.....	64
圖 49	福島再生能源研究所簡報現場.....	64
圖 50	福島再生能源研究所人員-簡報.....	64
圖 51	研修學員聽取簡報及雙方交流.....	64
圖 52	FREA 場區示意圖 .....	65
圖 53	彎曲型太陽能板示意圖.....	66
圖 54	300kW 風力發電系統 .....	67
圖 55	FREA 人員解說風電控制 .....	67

圖 56	研修學員駐聽館方人員解說風電控制.....	67
圖 57	展示區之氫能轉換系統示意圖.....	68
圖 58	參觀 FREA 風力發電及太陽光發電實證試驗場 .....	69
圖 59	研修學員與 FREA 及 NK 人員合照.....	69

# 表目錄

表 1	ClassNK 提供離岸風電相關驗證項目、標準依據及內容.....	17
表 2	風力發電機組等級基本參數.....	21
表 3	十大侵襲日本之颱風其最大瞬間風速.....	25
表 4	1994 至 2004 年間日本風力機受颱風影響之損壞.....	26
表 5	IEC 64100-1(2015 年/第 4 版)之風力機等級 .....	27
表 6	ClassNK 提供型式驗證即專案驗證執行製造檢查範圍 .....	55
表 7	ClassNK 提供型式驗證和專案驗證所應執行檢測和製造檢查範圍 .....	56

# 摘要

台灣離岸風電開發涉及諸多離岸風力機、週邊設備以及海事工程等配套技術項目，由於目前國外離岸風力機及相關設備大多由國外進口，且因台灣位處特殊位置，常年夏季會有颱風通過本島與周遭海域。在此氣象環境對於離岸風力機使用壽命具有相當大的影響，而國外離岸風力機檢測驗證大多數沒有考量此種氣象因素，故在台灣對於離岸風力機檢測驗證過程中必須考量颱風所造成的影響，以確保風力機能夠在此情境下保持妥善。

爰規劃本次向經濟部申請本(105)年度台日技術合作計畫項下派員赴日本研修的難得機會，研修離岸風電抗颱風標準相關技術要求之課程，考量台灣位於西太平洋颱風地帶及特殊颱風環境，離岸風力機組需要抗颱風之評估，亟需借重日本發展經驗，建立與國際接軌之離岸風電系統抗颱風分析與關鍵零組件標準檢測驗證技術，藉以協助我國離岸風力發電產業發展、提升我國離岸風場之安全性及有助於提升我國離岸風力發電設備自製率，並由本局負責辦理離岸風力發電檢測驗證平台之推廣，提供國內檢測驗證服務。由於日本在風力機產業發展已久，亦投入相當多的研究，對於風力機的標準、測試方法及驗證制度，亦有豐富的經驗可供學習。因此，建立與日本專業機構單位的交流管道，可便於國際間最新的技術發展趨勢的取得，亦能夠協助國內廠商的產品符合國際市場之需求，在我國未來相關互通性標準制定與檢測驗證平台規劃時，將其優點納入未來檢測驗證規劃方案，有助更加完備並甚而貼近市場需求及國際接軌。

# 壹、出國目的

## 一、緣起

相較於陸域風電開發，台灣離岸風電開發涉及諸多離岸風力機、週邊設備以及海事工程等配套技術項目，由於目前國外離岸風力機及相關設備供不應求，若全由國外進口，開發成本將非常昂貴，且易造成日後離岸風力發電運維上的困難。有鑑於此，能源局訂定「風力發電離岸系統示範獎勵辦法」及行政院「千架海陸風力機」新能源政策，預計於 2017 年完成國產離岸示範機組測試，期能加速推動離岸風力機產業，協助國內業者爭取 7,000 億元商機。

本次研修係由日本海事協會(Nippon Kaiji Kyokai, Japan Marine Association，簡稱 Class NK)提供研修課程並參訪福島再生能源研究所(FREA)，進行發展經驗交流及持續與 IEC TC88 離岸風力機標準制定委員東京大學石原孟教授進行風力機抗颱風技術交流，透過相關活動執行，從中蒐集日本離岸風力機標準檢測驗證能量建置相關資訊以及其離岸風力機政策與市場商機資訊、離岸風力機之抗颱風標準與檢測技術發展之訊息、瞭解日本離岸風力機抗颱風相關技術能量以及學習颱風風場軟體操作方式，作為國內推動離岸風力機整機測試實驗室時之抗颱風參考依據，並了解日本離岸風力機檢測驗證能量建置情形，吸取其建置經驗與建立合作關係。

風力機在微電網中是重要一項，由於日本在風力機產業發展已久，亦投入相當多的研究，對於風力機的標準、測試方法及驗證制度，亦有豐富的經驗可供學習。因此，建立與日本專業機構單位的交流管道，可便於取得國際間最新的技術發展，亦能夠協助國內廠商的產品符合國際市場之需求。

## 二、研修日期

105 年 8 月 21 日(日)(去程)至 8 月 27 日(六)(回程)共 7 日行程，實際研修日期為 8 月 22 日至 8 月 26 日共計 5 日。



### 三、研修單位

(一) 日本海事協會 ClassNK Head Office 總部行政中心(研修地點及位置如圖

1、圖 2)：

NIPPON KAIJI KYOKAI

Renewable Energy Department

4-7 Kioi-cho, Chiyoda-ku, Tokyo, 102-8567, Japan

TEL:+81-3-5226-2032, FAX:+81-3-5226-2060,

E-mail:[re@classnk.or.jp](mailto:re@classnk.or.jp)

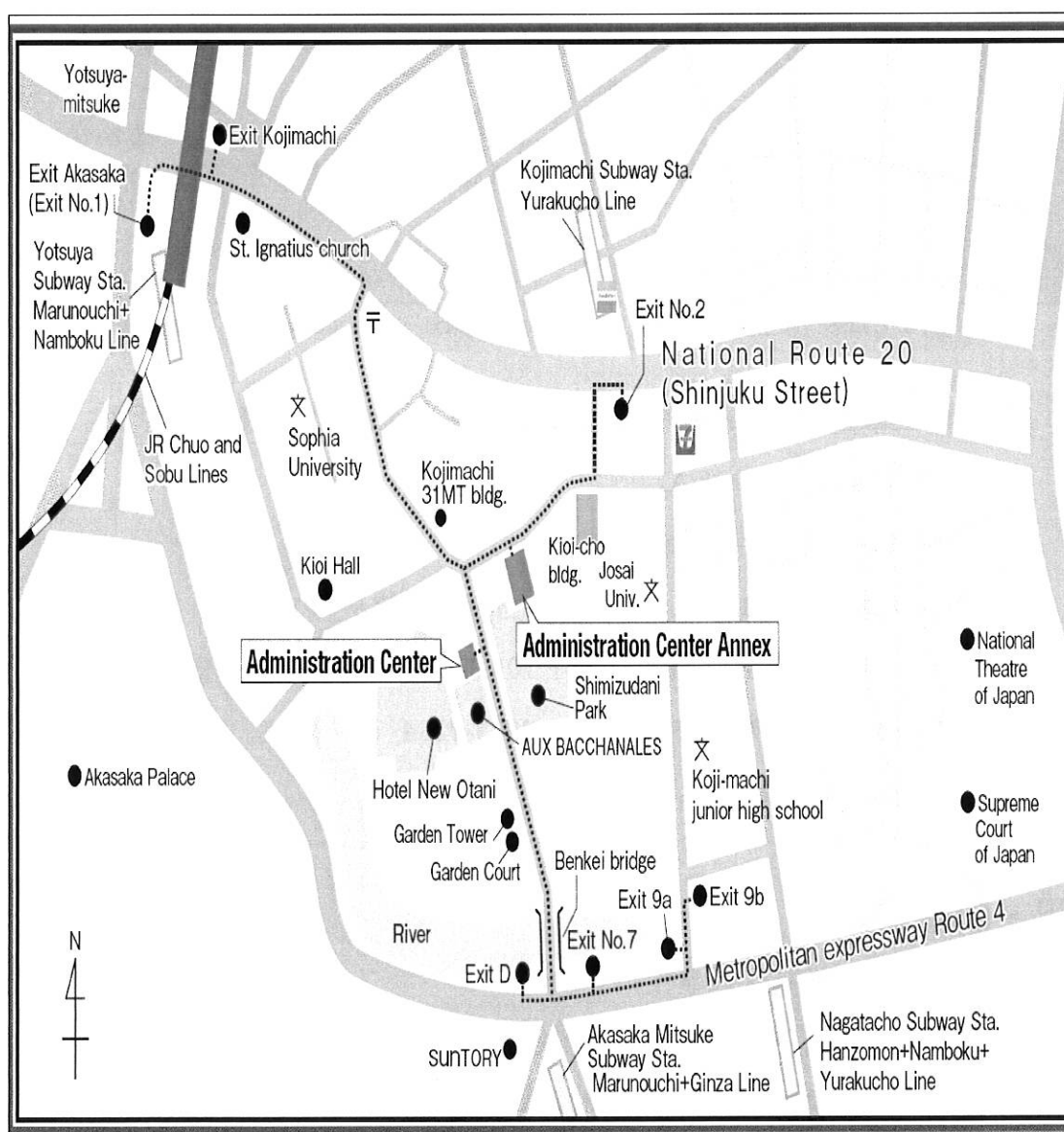


圖 1 ClassNK 總部行政中心(Administration Center)研修地點



圖 2 ClassNK 總部行政中心(Head Office, Administration Center)位置

日本海事協會 ClassNK 臺北辦公室(聯絡及協調赴日行程)：

NIPPON KAIJI KYOKAI

TAIPEI OFFICE (臺北辦公室)

9F, NO.88, DUNHUA N. RD., (敦化北路 88 號 9 樓)

SONGSHAN DIST., TAIPEI CITY 105, TAIWAN (松山區，臺北市)

TEL:886-2-8773-7235, FAX:886-2-8773-7234

(二) 福島再生能源研究所 (FREA) 參訪。

#### 四、研修重點

- (一) 離岸風電系統抗颱風標準技術要求。
- (二) 離岸風電系統抗颱風標準計算分析技術。
- (三) 離岸風電系統產品關鍵零組件檢測標準。
- (四) 離岸風電系統產品關鍵零組件檢測與驗證技術。

## 五、研修學員名單

單位	姓名	職稱
經濟部標準檢驗局	陳振雄	科長
經濟部標準檢驗局	陳滄洲	技士
經濟部標準檢驗局	林明山	技士
經濟部標準檢驗局	董建利	技士
財團法人金屬工業研究發展中心	崔海平	處長
財團法人金屬工業研究發展中心	容丕達	工程師
財團法人金屬工業研究發展中心	郭承宗	工程師
財團法人金屬工業研究發展中心	林承汶	工程師
財團法人金屬工業研究發展中心	康智閔	工程師
財團法人金屬工業研究發展中心	陳泰維	副工程師
財團法人金屬工業研究發展中心	陳建章	工程師
財團法人中國驗船中心	詹育禔	組長
財團法人中國驗船中心	林宗岳	助理驗船師

## 六、研修課程表

日期	行程/時間	課程項目	場所
8/21(日)	赴日本	台日合作訓練人員赴日本東京： TSA(松山) → HND(羽田) (Flight No. CI 220)  羽田 Airport → Hotel in 東京  Hotel in Tokyo： Super Hotel Lohas 赤坂 東京都港區赤坂三丁目 16 番 7 号 電話: 03-6843-90000	松山 9:00 - 羽田 12:55
8/22(一)	NK 赤星次長 10:00-12:00 Lunch time 13:30-14:40	日本の風力発電の構造安全審査制度及び NK風車認証システム (日本風力発電構造之安全審査制度及 ClassNK 風力機驗證制度)	ClassNK 本部

日期	行程/時間	課程項目	場所
	WEIT 今村様 15:00-16:30	IEC 風車規格 (含 IEC61400-1, 大型風力機)	
8/23 (二)	石原孟教授 10:00-12:00 Lunch time	離岸風電系統抗颱風標準技術要求 離岸風電系統抗颱風標準計算分析技術	ClassNK 本部
	研修學員、NK 講師、石原孟 教授 13:30-15:30	台湾の審査方法、関連法令、評価方法、許 認可などについて (風力機之審査方法、相關法令、評估方 法、認可程序等台日雙方技術交流討論)	
	15:30-17:30	NEDOプロジェクトについての概要説 明、実施体制などの協議 (NEDO 國際示範離岸風場計畫概要説明)	
8/24 (三)	石原孟教授 10:00-12:00 Lunch time	支持構造物に係わる日本の審査方法、環境 条件に関する法令、技術評価方法などに ついて (日本風力機結構之審査方法、環境相關法 令、技術評估方法)	ClassNK 本部
	13:30-16:30	MASCOT software教學 (颱風模擬方法介紹)	
8/25 (四)	NK 佐佐木次 長 10:00-12:00 Lunch time 13:30-14:40	離岸風電系統產品關鍵零組件檢測標準 離岸風電系統產品關鍵零組件檢測與驗證 技術	ClassNK 本部
	FECC 高様 15:00-16:30	洋上ウィンドファームにおけるソフトウ ェアを用いたプロジェクト管理技術につ いて (運用軟體經營管理離岸風場) (海上風電系統 OWF 專案軟體輔助管理技 術)	

日期	行程/時間	課程項目	場所
8/26 (五)	(site tour 1日)	福島再生可能エネルギー研究所 (參訪福島再生能源研究所)	【移動】 東北新幹線 郡山駅
8/27 (六)	返台	台日合作訓練人員返台： Trainee back to Taiwan HND(羽田) → TSA(松山) (Flight No. CI 221)	羽田 14:35 -松山 17:15

## 貳、研修過程

### 一、日本風力發電構造之安全審查制度及海事協會 (ClassNK)風力機驗證制度

(一)本課程之講師為日本海事協會新事業開發本部中再生能源部次長赤星貞夫（上課情形如圖 3 及圖 4），在日本主要管理離岸風力發電構造安全審查之法規為電氣事業法，另外尚有發電用風力設備技術基準及此技術基準之解釋等法令及條文。電氣事業法之安全審查體系可見圖 5，對不同容量風力發電裝置之要求比較可見圖 6。電氣事業法最主要之要求包括有：

1. 開發商具有符合技術基準之義務
2. 開發商訂定保安規程，其內容包括保安規格之組織架構、從業人員之訓練及定期檢查。
3. 開發商指定主任技術者
4. 開發商提出工事計畫

開發商需於發電裝置施工前三十天提出工事計畫，日本政府會對該工事計畫進行審查，目前多由政府組成審查委員會由各界專家委員進行審查。而主任技術者需於日本具有相關技術領域的證照，由圖 6 可見 0.5MW 以上包含大部份陸上大型及離岸風力機之設置均需要完全符合上面四項要求，而對 20kW 以下之小型風力機設置，開發商僅需具有符合技術基準之義務。在產經省對工事計畫的審查流程中，首先會審查場址條件是否符合風力機型式驗證之設計條件，如果上述條件為真，則需由驗證機關檢驗風力機之設計確認可以滿足場址條件，並由經產省組成之委員會核准根據場址條件所作之設計文件，此外尚有針對 DLC 6.2（其中 DLC 在 IEC61400-1 定義為風力機運轉時之設計負載狀況）偏航控制在風暴條件下之審查，同樣由驗證機關檢驗風力機之設計，再由專家委員會核准其設計符合在場址遭遇風暴下之條件。



圖 3 ClassNK 赤星次長講授課程



圖 4 ClassNK 赤星次長講授課程-上課情形

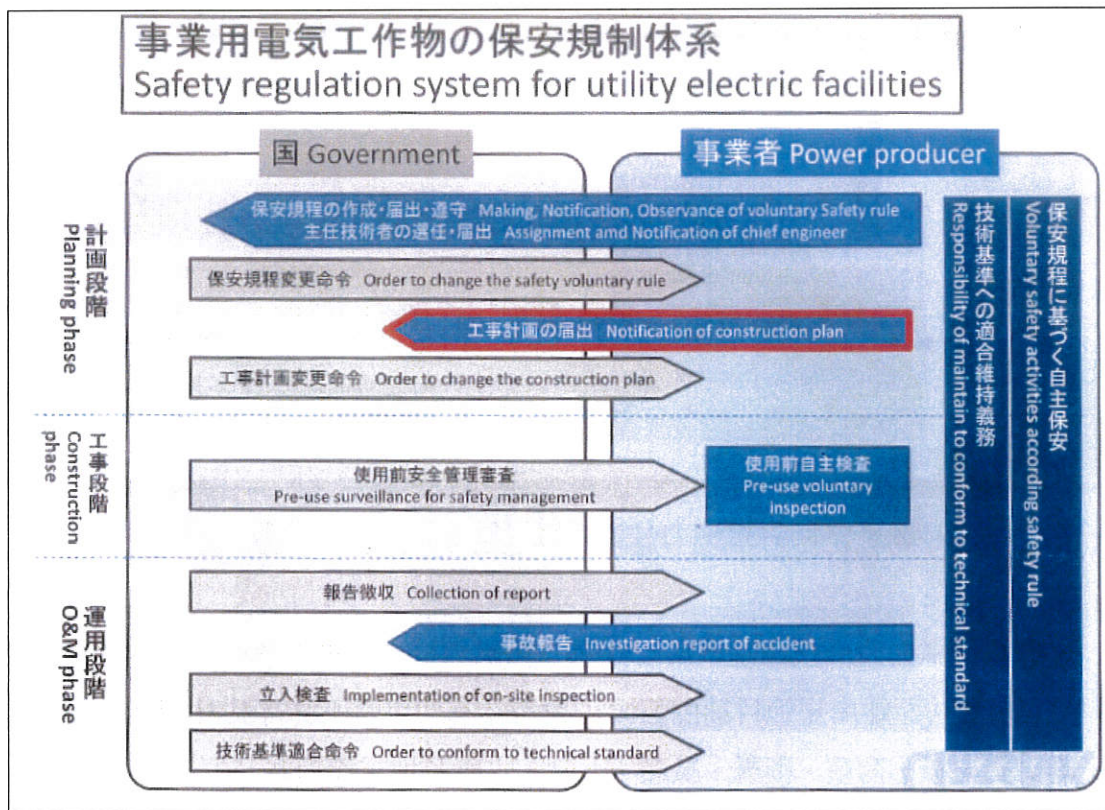


圖 5 電業事業法對發電設備要求之安全審查體系

發電用風力設備技術基準之內容仍屬廣泛性之技術要求，並不包含技術細節，因此日本政府可接受採用 IEC 標準。發電用風力設備技術基準包含十九條，而發電用風力設備技術基準之解釋則提供更細節之分析方法及參數。例如針對第五條對過速控制之定義，在發電用風力設備技術基準之解釋中明訂了如單一故障及備用電源等要求，並明確定義了發電用風力設備技術基準中有關制動裝置機能下降情況表示制動裝置之油壓、氣壓或電壓明顯下降。日本根據地域不同有不同

的雷擊電荷量要求，分別為 600C、300C 及 150C(其中 C 為電荷量之單位-庫倫)，這在發電用風力設備技術基準之解釋中均有明訂，日本本州北側某地曾有一天高達 11 次雷擊，此地的雷暴來自西伯利亞。

定格出力 Category of wind power	技術基準への適合 維持義務 Responsibility to maintain the conformity to technical standard → Page No.6	保安規程 Voluntary safety rule → Page No.7	電気主任技術者 選任 Assignment of electrical chief engineer Page No.8	工事計画の届出 Notification of construction plan 使用前安全管理 審査 Surveillance for safety management before delivery → Page No.9
500kW~	必要 ○	必要 ○	必要 ○	必要 ○
20kW~ 500kW	必要 ○	必要 ○	必要 ○	不要 ×
~20kW	必要 ○	不要 ×	不要 ×	不要 ×

圖 6 不同容量風力發電裝置之安全審查體系比較

發電用風力設備技術基準第七條為支持風力機之構造物承載量之需求，目前只針對陸上，而離岸規範目前由石原孟教授及其他專家正進行撰寫中，此條定義了需針對自重、荷重、積雪、風壓、土壓、水壓及地震等負載及振動進行分析計算，以風壓的計算來說，需根據建設省定義之地表粗糙度及地形修正係數，根據平成 12 年建設省告示第 1454 號定義之風速來作風壓之計算。

接下來赤星次長針對 ClassNK 提供之驗證服務進行介紹，根據 IEC 61400-22，共有型式驗證、計畫驗證、零組件驗證及原型機驗證，ClassNK 並額外提供風場驗證之服務，各驗證間之關係可見圖 7，ClassNK 尚有提供風場驗證，主要內容包括場址條件評估、基本設計評估、綜合負載分析、特定場址風力機設計評估及特定場址支撐結構設計評估。



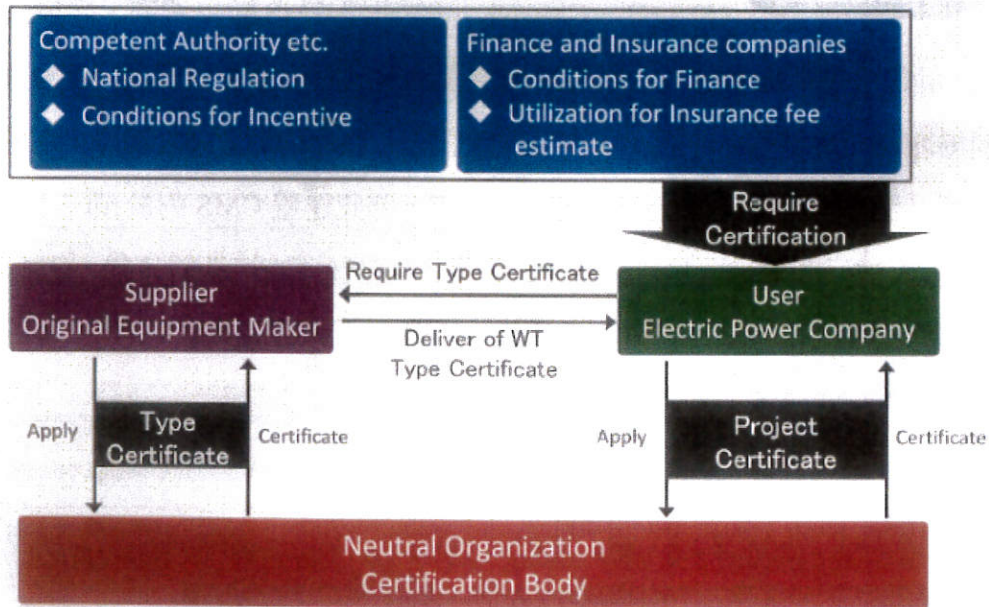


圖 7 風力機驗證架構

(二)日本海事協會（ClassNK）為一船級協會，致力於發展各種規範，以保護船舶、船員及海洋環境。為協助確保該協會會員船隻的安全，提供船級和國際公約檢驗、材料與設備審核及船舶安全管理諮詢服務，並根據國際標準進行品質、環境、職業衛生與安全管理系統的認證。在離岸風電的發展上，該協會已於 2012 年頒布浮動式離岸風力機指導方針，並根據日本船舶安全法，為風力機進行分級檢驗，而該協會提供的驗證服務項目，除一般風力機型式驗證及風場專案認證之外，尚包括海洋能驗證。

日本海事協會成立於 1899 年，成立時的名稱為帝國海事協會(Teikoku Kaiji Kyokai, the Imperial Marine Association)，目的為提升航運與船舶產業之發展與海事相關法規之整備，1915 年開始設置與現今船級協會任務相關之船級部，1919 年獲國際認可並與其他三大船級協會(LR、ABS、RINA)結盟，1946 年更名為目前之名稱。

風力機與風場相關驗證係由 ClassNK 再生能源部風能課負責，項目包括風力機與零組件之型式驗證與設計評估、浮動式離岸風力機分類調查、風場專案認證、離岸工程之海事擔保調查、風力機之場址條件評估及風力機狀態監測系統 (Condition Monitoring System, CMS)；海洋能驗證則由該協會之再生能源部海洋能負責，包括海洋能轉換系統驗證及現場測試查證，表 1 為各項目內容之概要介

紹。其中關於風力機狀態監測，ClassNK 正在研提 CMS 驗證準則，尚無驗證實績，此計畫之進行係由於日本老舊風力機面臨發生重大事故的風險，且離岸風力機因場址位於海域不易維護，而 CMS 為監控風力機零件（包括葉片、塔柱、發電機等）是否有耗損、老化現象之設備系統，因此建置 CMS 對於預防事故發生極有助益，並且若能提早發現須更換之零件，風場營運商可即時應變、規劃更換，大幅降低營運成本，故日本政府委託 ClassNK 執行 CMS 計畫。

表 1 ClassNK 提供離岸風電相關驗證項目、標準依據及內容

驗證項目	驗證依據與內容
風力機驗證與設計評估	依據 IEC61400 系列之國際標準與日本國內標準如日本工業規格(JIS)進行評估。
風力機之場址條件評估	針對已通過型式驗證之風力機，評估其是否符合安裝場址的特定環境條件，例如颱風、雷擊等。
浮動式離岸風力機分類調查	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 浮動式離岸風力機適用日本電氣事業法中關於發電設施之標準。</li> <li>● 塔架、浮體、錨定系統適用船舶安全法。</li> <li>● ClassNK 於 2012 年 7 月頒布浮動式離岸風力機結構準則後，依此準則實施浮動式離岸風力機分類調查。</li> </ul>
風場專案認證	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 依據IEC61400系列之國際標準與日本國內標準如日本工業規格(JIS)評估風場可行性。</li> <li>● 項目包括風場支撐結構的評估，評估場址條件能否支持該結構的安全運送、安裝及測試等。</li> <li>● 對日本常見環境條件（如颱風、地震、海嘯）提供評估與驗證服務。</li> </ul>
離岸工程之海事擔保調查	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 海事擔保調查係根據保險公司的利益，代表客戶進行的海事施工監測。</li> <li>● 海事施工一般包括基座、浮動式結構、錨定系統的運送與安裝、及海底電纜安裝等。</li> </ul>

風力機狀態監測系統	ClassNK 正在研擬風力機狀態監測系統之驗證程序和標準
海洋能驗證	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ClassNK以IEC標準為根據，並依照日本環境條件進行修正，於2014年12月公布海洋能轉換系統驗證準則。</li> <li>● 該準則應用於波浪、洋流、潮汐和海洋溫差能的轉換系統。</li> </ul>
現場測試查證	海洋政策總辦公室 (Headquarter of Ocean Policy) 選定日本 6 處海域，作為示範計畫的測試場。

ClassNK 為全世界第一家公布浮動式離岸風力機結構與海洋能轉換系統準則，及完成全球第一座浮動式離岸風場驗證之第三方驗證機構。並且目前已完成 10 架以上風力機驗證。而該驗證單位正在研究制定抗颱風耐震之風力機設計相關標準及發展相關驗證技術，此抗颱風耐震之設計標準預計將列入 IEC 61400-1 標準的第四版內容中，依 IEC 官方網頁最新訊息顯示預訂於 2018 年 1 月發布。

(三) ClassNK 與國內金工中心及中國驗船中心之連結分別為風力機型式測試、認證與專案驗證，故負責與我方接觸之單位為其再生能源部門(Renewable Energy Department, RED)，ClassNK 曾買下相關於風況評估、風力機設計評估、海上施工評估等服務之顧問公司日本風能研究所 (Wind Energy Institute of Tokyo Inc. , WEIT)，此外，ClassNK 也結合了學界、業界相當多之學者及專家建置驗證服務的能量，石原孟教授即為其一。

- 日本船舶安全法於 2012 年 4 月起應用於浮體式風力機，故 NK 等於被日本政府授權執行認證。然目前船舶安全法似乎只應用於塔架、浮體、浮體式風力機之繫固系統，並未涵蓋整個風力機/專案驗證。
- 在離岸專案認證中，最終評估(Final evaluation)為 ClassNK 組成之認證委員會來審核，接著會送往日本經濟產業省(Ministry of Economy, Trade and Industry-METI)之專家委員會再次審核，兩者皆通過才算完成審核。不過據高野部長說明：ClassNK 與 METI 所組成之委員會成員幾乎一致，不同的是 NK 可提供諮詢服務但 METI 不行。
- ClassNK 可執行之離岸風場相關業務含

- ✓ 風力機與其零組件之型式驗證與設計評估
  - ✓ 浮體式風力發電機之入級檢驗
  - ✓ 風場專案認證
  - ✓ 離岸海事作業之海事擔保調查
  - ✓ 大風力發電機之場址條件評估
  - ✓ 風力發電機之狀況監測
- ClassNK 與東京大學合作制定狀況監測系統(Condition Monitoring System-CMS)標準，亦會將 CMS 納入認證範圍。
  - 除風力發電外，ClassNK 再生能源部也致力於其他再生能源之認證與開發，例如潮差能、波浪能等。

由於 ClassNK 在離岸風電上面與台灣之接觸從風力機型式認證與海洋測試場認證開始，其他如專案認證、海事工程認證方面之業務尚待開拓，故雙方之對話頗具建設性，從中 ClassNK 瞭解台灣對離岸風電開發海事工程需求，中國驗船中心在離岸風電產業上之研發能量，我方亦對 ClassNK 在海事擔保調查方面、浮體式風力發電之技術能量有初步之認知，為後續仍維持合作良好之基礎。

## 二、IEC 風力機標準(含 IEC 61400-1，大型風力機)

(一)本課程的進行日期為 8 月 22 日下午 3:00 至 4:30，講師為 IMAMURA Hiroshi (今村樣)，如圖 8 及圖 9，於課程開始先介紹服務單位日本風能研究所(WEIT)，WEIT 提供了各種服務，如風力發電機系統評估及結構負載分析，也參與颱風及地震環境之調查和系統標準化之研究。風力發電機組模擬試驗藉由空氣動力學負荷為基礎針對 IEC 61400 系列的設計認證之分析。風場評估與計算流體力學(CFD)模擬包含 RIAM-COMPACT, MASCOT, WindSim, WasP 等。另外，也對於風力機的建設工作進行考核，以及運維的技術指導，將有助於從客戶的角度進行評估。



圖 8 IMAMURA Hiroshi 講師



圖 9 WEIT 今村樣講授課程-上課情形

在 2015 年日本海事協會(Class NK)與風能研究所(WEIT)進行合作，此次合作使雙方充分利用他們的經驗和知識，共同面對目前再生能源產業所面臨問題來尋求解決方案。通過這種互惠互利的協議，將可進一步加快發展海洋再生能源的技術開發和宣傳的實際應用以及商業化。

在 IEC61400-1 ed.3 (2005)的修訂，參與者有中國大陸、德國、丹麥、西班牙、芬蘭、日本、韓國、台灣、英國與美國等。其中，日本提出新的風力機等級是對於熱帶氣旋易發生區與新紊流類別。建議 Class T 等級包含不同  $V_{ave}/V_{ref}$  比值對於熱帶氣旋易發生區，以及高紊流類別必須包含比目前更高的複雜地形。此外，為了評估新的風力機等級，也提出了熱帶氣旋引起極端風速的預測方法。新風力發電機組等級基本參數如下表 2 所示。風力機等級係以風速及擾流參數定義之強健程度，其中風速及擾流參數之值為表示風力機設置於不同場地型式之環境而有所差異。

表 2 風力發電機組等級基本參數

Wind turbine class	I	II	III	S
$V_{ref}$ (m/s)	50	42.5	37.5	特殊之 IEC 風力機等級，由設計者依特殊風況或其他外部條件所定義選擇之值
A (較高擾流) $I_{ref}(-)$	0.16			
B (中等擾流) $I_{ref}(-)$	0.14			
C (較低擾流) $I_{ref}(-)$	0.12			

註:  $V_{ref}$ : 為 10 分鐘內平均之基準風速;  $V_{ave}$ : 輪轂高度處之年平均風速

$I_{ref}$ : 為在平均風速 15 m/s 時擾流強度之期望值

Class T 等級適用區域包含中國大陸、日本、韓國、台灣、美國等。各國對於 Class T 等級回覆如下：中國大陸表示支持 Class T 等級並審慎界定風力機等級。韓國表示支持 Class T 和 57.5 m/s 的參考風速。台灣表示 Class T 涵蓋台灣地區，且適用於海上案例。美國表示熱帶氣旋易發區（墨西哥灣）不適合設立風力發電機組且參考風速有點高，雖同意 Class T，但仍表示需要詳細評估適用性。此目的是以確保風力機之工程完整性，其目的乃為在計畫之壽命期間內提供適當之保護水準，以防止所有危險所造成之損壞。本標準與風力機之所有次系統有關，例如控制與保護機構、內部電力系統、機械系統及支撐結構。

IEC 61400-1 第四版替換了 2005 年發行的第三版，並於 2010 年宣布技術性修訂版。相對於前一版的主要變化如下：1) 一般更新以及參考資料和必需條件的澄清說明，2) 擴展風力機承受熱帶風暴與高紊流之強度，3) 韋布林分佈(Weibull distribution)之標準紊流模型的標準偏差，4) 負載狀況設計之更新，5) 部分安全係數規格修訂，6) 主要修改條款，第 7 節控制系統、第 9 節電器系統與第 10 節特定場域評估，7) 條款第 14 節寒冷氣候的要求簡介，8) 新附件的設計荷載情況對特定場預或 S 級風力機組設計或場域試用性評估，9) 新附件使用蒙特卡羅模擬法 (Monte Carlo Simulation, MCS) 預測熱帶氣旋的極端風速，10) 新附件結構材料安全係數校正和結構輔助設計測試，11) 新附件寒冷氣候：結冰氣候的影響與評估，12) 新附件中型風力機。

日本提出了在颱風期紊流強度與 IEC 相符，風速量測儀器是杯型風速計

(3-COMP)，颱風數據為編號 0603, 0613, 0704 與 0711 颱風，研究數據結果如圖 10。此圖說明了在颱風風速與一般高風速下的紊流強度是相同的 (與 IEC 相符)。對此數據結果，七股中小型風力機測試場，也可針對氣象塔所測得颱風風速數據進行計算，來比對是否在颱風之風況下，紊流強度並不會比較高。

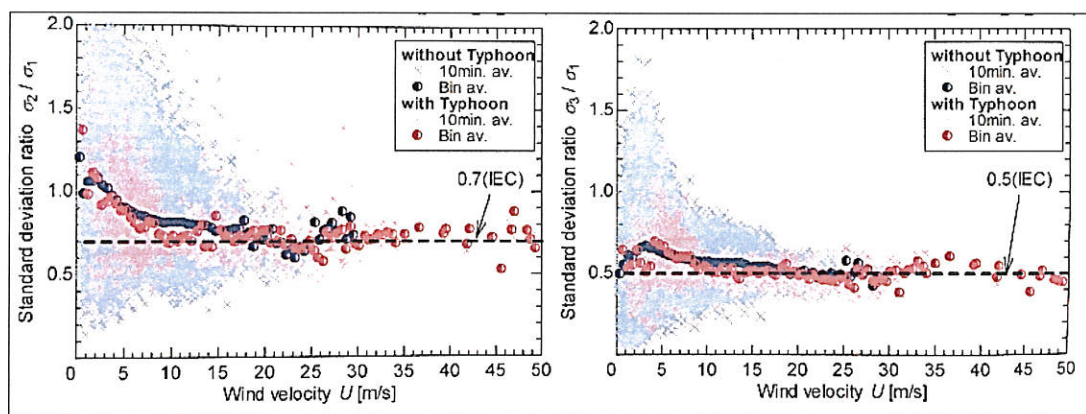


圖 10 颱風紊流強度與 IEC 比較

陣風係數之定義為最高風速除以 10 分鐘平均風速。風速增大，陣風係數就會下降，如圖 11 所示。在 IEC 規範在最大風速為 73 m/s，陣風係數為 1.4。在日本獲得的數據顯示，在地勢平坦區域，颱風風速與一般高風速下的紊流強度並無太大差異，且颱風陣風係數小於 1.4，但紊流強度會因為地形不同而變化。

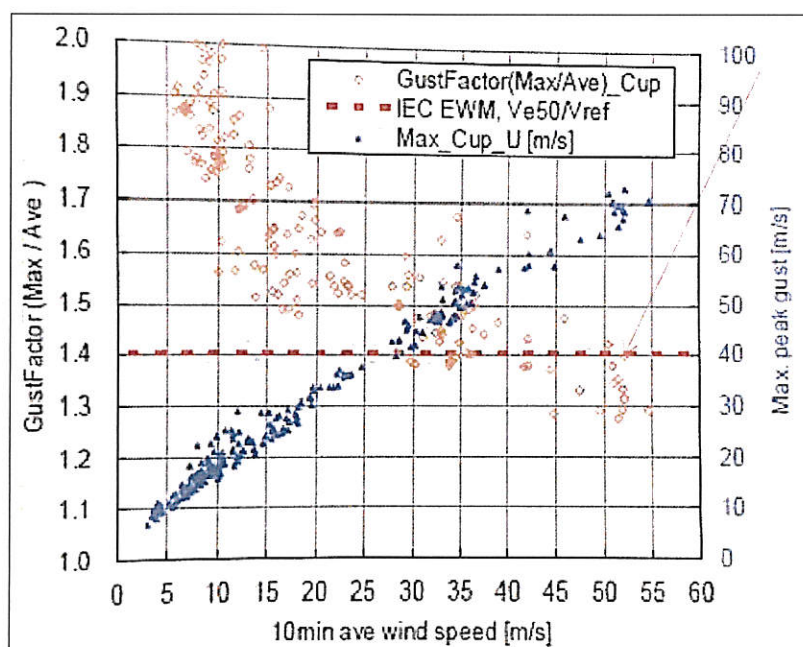


圖 11 陣風係數

熱帶氣旋和溫帶氣旋的風向的變化率幾乎是相同的，並無明顯差異。颱風期間，在颱風圈的地區風向變化強烈，在 DLC 6.2 中所提，當機艙±180 度偏航失準，應被視為電網脫離情況。風力機停機時，葉片停止不動或空轉，此時應考慮極限風況。如果某些零件產生嚴重疲勞破壞（例如葉片空轉造成疲勞破壞），則每一對應風速下不發電之空轉時數應被考慮。電網脫離對停機的風力機之影響也應加以考慮。

## (二) 離岸風力機之設計標準國際規範

1990 年代初期，依照既有歐洲國家（例如丹麥、德國和荷蘭）設計標準製造之風力機難以支持 20 年之設定壽命，並且業界期望確保所有風力機採用相同標準，以在一致的標準基礎上展開價格競爭，因此 IEC 開始制定風力機相關國際標準。而現行離岸風力機主要之設計標準包括 2005 年修訂後第三版之風力機設計要求（IEC 61400-1），以及於 2009 年公布的第一版離岸風力機設計要求之國際標準（IEC 61400-3）。

(1) IEC 61400-1 為風力機之基本設計要求，用以確保風力機之工程完整性，目的為在風力機計畫壽命期間內提供適當之保護水準，防止所有損壞造成之危險。標準內容適用於所有尺寸之風力機，主要敘述用以確保風力機結構、機械、電力及控制系統安全性之工程與技術規定，亦適用於風力機操作與維護及相關品質管理程序之設計、製造及安裝等，及使用於風力機安裝、操作與維護上之安全程序。

此標準提供風力機設計方法以供依循，採用結構動力模型預測設計負載，模型應用於確立在紊流狀態、其他風力條件及設計狀況時，各種風速範圍之負載情況，以外部條件與設計狀態之所有相關組合加以分析。並藉由風力機之全尺寸試驗得到之數據資料，用於提升預測設計值之信賴度，及驗證結構動力模型及設計狀態對應於實際全尺寸風力機之情況。

在安全設計方面，IEC 61400-1 標準規定風力機須依照以下兩種安全等級之一進行設計：1. 當故障導致人員傷亡或其他社會或經濟後果之風險時所適用之一般安全等級；2. 當安全規定係由當地主管機關及由製造廠商與客戶共同協議時所適用之特殊安全等級。其中，一般安全等級風力機所適用之局



部安全係數規定在標準中，而特殊安全等級風力機所適用之局部安全係數，則應由製造商與客戶共同協議，並依照特殊安全等級所設計之風力機進行定義 S 級風力機。

## (2) IEC 61400-3

2000年，IEC技術委員會TC 88開始制定離岸風力機標準IEC 61400-3 (IEC 2010a)《離岸風機設計要求》(Design Requirements for Offshore Wind Turbines)，以因應先前未涵蓋的離岸風力機要求。此標準在風力機之基本設計要求部分，仍遵守IEC 61400-1，並根據既有的標準來訂定支撐結構的通用規定。IEC 61400-3為專門對離岸風力機設計要求之標準，適用於評估符合離岸風力機場地外部條件之額外要求(註：外部條件包括環境、電力及土壤參數等。其中，環境條件可再細分為風力條件、海洋條件與其他環境條件(包括溫度、雷擊、結冰和地震等)；電力條件可參考電網條件；土壤參數則考慮海床移動、沖蝕與其他海床不穩定要素造成之變異)及重要設計要求，重點為確保離岸風力機結構元件之工程完整性，亦涉及風力機次系統之工程完整性，如控制與保護系統、內部電力系統和機械系統等，並包含詳細的工址評估及負載假設。然而關於材料、結構、機械組件、安全系統及電力系統的部分僅有簡單說明或無詳細規定，因此為確保風力機各元件之結構完整性，在實際應用上，尚須依賴各國或是國際間訂定通用相關材料的規範。並且IEC 61400-3應與相關之IEC與ISO標準一同參照使用，特別是須與IEC 61400-1之風力機設計要求標準應具有一致性(例如：IEC 60721-2-1: 環境條件分類標準-第2-1 部分：環境條件自然界出現的溫度和濕度；IEC 62305-3: 雷擊防護-第3部分：對建築物和生命危險的物理傷害；ISO 2533：標準大氣條件；ISO 19900：石油和天然氣工業-海上一般要求結構；ISO 19902：石油和天然氣工業-離岸固定鋼結構)，惟此IEC 61400-3標準是專為離岸風力機所設計，其安全程度應較IEC 61400-1之規定高。

## (3) 德國勞氏工業服務有限公司(Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH)推動GL準則

GL 準則提供了整組發電機系統的設計要求，包含測試過程、負載、材料、結構、機械結構、轉子葉片、安全與狀態監控。系統安全的訂定與 IEC 61400-1

及 IEC 61400-3 的標準相符，材料安全係數也具有可比較性，但 IEC 裡規定材料安全係數僅為一般的材料範圍，未考慮到特殊材料，而 GL 準則的材料安全係數則完全取決於材料特性。整體而言，GL 準則的規定比 IEC 61400-3 完整，多包含了項目測試和機械部件的相關規定，因此有些業界人士認為 GL 準則在應用上缺乏彈性，有較多規範性之限制。

### 三、離岸風電系統抗颱風標準技術要求

研修第 2 天（105/8/23）上午之課程皆由東京大學石原孟教授講授，上課情形如圖 12 及圖 13。地球目前每年平均約有 28 個颱風產生，其中約有 3 個颱風會侵襲日本，表 3 為十大侵襲日本之颱風其最大瞬間風速，風速均超過 60 m/s 以上。

表 3 十大侵襲日本之颱風其最大瞬間風速

Year	Typhoon	Maximum Wind Speed	
		m/s	Observation Site
1966	6618	85.3	Miyakojima
1961	6118	84.5	Murotomisaki
1968	6816	79.8	Miyakojima
1970	7009	78.9	Naze
1965	6523	77.1	Murotomisaki
1945	4516	75.5	Hososhima
1956	5612	73.6	Naha
1964	6420	72.3	Uwajima
1977	7705	70.2	Ishigakilima
1975	7513	67.8	Hachijojima



圖 12 東京大學石原孟教授講授課程



圖 13 東京大學石原孟教授上課情形

統計至 2016 年 5 月為止，日本所安裝之風力發電機已達 2012 臺，而 1999 年開始，侵襲日本之颱風經常造成風力機損壞，表 4 為 1999 至 2004 年間日本風力機受颱風影響之損壞，常見之風力機損壞為塔架挫曲倒塌與風力機地基破壞。然而為了建立適合日本環境條件之風力機支撐結構之設計規範，日本成立風力發電設備支撐結構設計委員會，針對風力發電機系統之抗風設計進行討論，而委員會提出了下列建議：

1. 藉由 CFD（計算流體力學）之方法來評估設計之風速。
2. 陣風之負載係數應考慮到非線性之彎曲剛性。
3. 評估塔架之挫曲以及連接處之剪切破壞。

(委員會於 2010 年 11 月提出了風力機結構與地基設計規範。)

表 4 1994 至 2004 年間日本風力機受颱風影響之損壞

Year	Location	Size of WT	Damages
1999	Kagoshima	250 kW	塔體倒塌
2002	Okinawa	250 kW	地基損壞
2003	Okinawa	400kW	塔體倒塌
		500 kW	地基損壞
2004	Kochi	750 kW	地基出現裂痕

由於在原本之 IEC 標準中，風力機受颱風影響之規範並不完善，因此日本在多處設置 60 m 之氣象塔進行研究，並且提出增訂與修改 IEC 標準，表 5 為 IEC 64100-1(2015 年/第 4 版)之風力機等級，Class T 增加了極端氣候之條件。

表 5 IEC 64100-1(2015 年/第 4 版)之風力機等級

Wind Turbine Class	I	II	III	S
$V_{ref}$ (m/s)	50	42.5	37.5	Values specified by the designer
$V_{ave}$ (m/s)	10	8.5	7.5	
$V_{ref,T}$ (m/s)	57			
A+	0.18			
A	0.16			
B	0.14			
C	0.12			

對於風況條件所需要之評估，DLC 6.1 與 DLC 6.2 負載之安全係數是以每年之最大風速其變異係數小於 15% 進行假設，在 IEC 61400 第 4 版加入了極端風況之評估條件，若變異係數大於 15%，則需要將安全係數加入線性因子  $\eta$ ，當變異係數為 30% 時， $\eta = 1.15$ 。

#### 四、離岸風電系統抗颱風標準計算分析技術

##### (一) 抗颱風耐震離岸風力機設計參數技術研究

1. 目前離岸風力技術市場領導之風力機系統商大多位於歐洲，其開發環境為針對北海及波羅的海之氣海象，此環境與台灣海峽不盡相同，特別是台灣常受颱風與地震之侵害，現行檢測標準中，雖有定義極端風速條件，但面對颱風與地震之極端大自然現象，仍有需要加以考量之處，目前國際標準 IEC 61400 系列及 GL Offshore Guideline 仍無針對颱風及地震條件之強制性設計要求，抗颱風耐震風力機設計準則之研究係為提供國產化機組針對此颱風地震條件進行改良，因此以上運作條件需落實至各重要零組件之設計考量。

## 2. 國際電工委員會(International Electrotechnical Commission, 簡稱 IEC)中的 TC88

目前正進行 IEC 61400-1 標準第四版的準備工作，依 IEC 官方網頁最新訊息顯示預定於 2018 年 1 月推出，該 IEC 61400-1 第四版的草案中有關防 颶 抗震之設計條件相較上述現行版本增加了一些新的內容，新版草案 6.2 節中指出在熱帶風暴侵襲地區中可於現有風力機等級外額外加上 Class T 之參考風速，例如原來之 Class II B 風力機加上 Class T 之參考風速後會成為 Class II B,T 之風力機，此 Class T 之參考風速為 57 m/s，相較於 Class I 之 50 m/s、Class II 之 42.5 m/s 及 Class III 之 37.5 m/s 提高了不少，但該 6.2 節中也指出 Class T 並未可因應所有可能受熱帶風暴侵襲地區之氣象狀況，仍需根據現地評估審視當地 50 年回歸期之極端風速是否超過 Class T 之參考風速。在 11.3 節中有關場址風速評估中指出熱帶風暴侵襲地區之極限風速評估需根據新增加之附錄 J，附錄 J 指出對溫帶氣旋可採用附錄 E 中 Measure-correlate-predict(MCP)方法，但東京大學的石原孟教授以銚子市氣象站資料進行離岸地點極限風速評估顯示上述方法雖對溫帶氣旋之估計有較好之效果，但用於熱帶氣旋有很大之不確定性，認為改採蒙地卡羅模擬(Monte Carlo Simulation, 簡稱 MCS)對熱帶氣旋較準確，附錄 J 介紹了其分析之流程主要如下：

- (1) 評估熱帶風暴參數：對特地場址每年侵襲至 500 公里半徑以內的熱帶風暴數量由歷史紀錄進行估算，對每個特定風暴需要取其中心大氣壓力、平移速度及角度、與場址的最短距離等 6 個參數。
- (2) 產生合成熱帶風暴：採用 Modified Orthogonal Decomposition 方法，熱帶風暴參數首先以向量形式表達，再計算其共變異數矩陣之特徵值及特徵向量，再以機率分佈及特徵向量計算熱帶風暴之相關參數向量。
- (3) 預測熱帶風暴邊界風速：通過熱帶風暴之大氣壓力場配合現地地形條件以半理論公式或計算流體力學計算輪轂高度之風速及風向。

3. 在地震條件方面，新版標準草案中將 11.6 節中要求"地震負載需疊加於正常發電輸出時之負載"修改為"地震負載需疊加於正常額定風速下發電輸出時之平均負載"，並明確指出地震負載之分析可於頻域(frequency domain)中以頻譜響應之方式進行，而塔架之自然振動模態在沒有當地法規可以依循之狀況下，需取

85%之整體質量及至第五個塔架振動模態。原有附錄 C 之內容已重新撰寫為附錄 D，指出可採時域中之動態模擬方法進行地震負載之評估，也可採頻譜響應之方法，於附錄 D.2 中詳述了頻譜響應之評估方法，於附錄 D.3 中描述了採用之結構模型，最後於附錄 D.4 中介紹地震負載之評估，另外附錄 D 中提供兩篇文獻展示如何使用時域(time domain)方法進行評估。將採用以上新版標準提供之分析方法，結合長期氣象數據或營建法規，分析風場採用新版 IEC 標準防颱抗震要求下之設計參數，制定抗颱耐震離岸風力機設計規範及設計參數技術研究報告，建置抗颱耐震離岸風力機設計驗證能力。

(二) 根據風力發電設備支撐結構設計委員會所提出之風力發電機系統之抗風設計規範，委員會提出之建議包括：藉由計算流體力學(CFD)之方法來評估設計之風速、陣風之負載係數應考慮到非線性之彎曲剛性以及評估塔架之挫曲以及連接處之剪切破壞。規範之第三章說明了「設計風速之評估方法」，第五章說明了「以擬靜態方法預估風況負載」，第七章說明了「塔架挫曲之評估方法」，第八章則是說明了「連接處剪切破壞之公式」。

在計算設計風速需要有各地區之基本風速資料，如圖 14 所示。而各地區不同之地形需要考慮到地形之影響，能夠透過 CFD 以及風洞試驗進行評估與計算，如圖 15 所示。

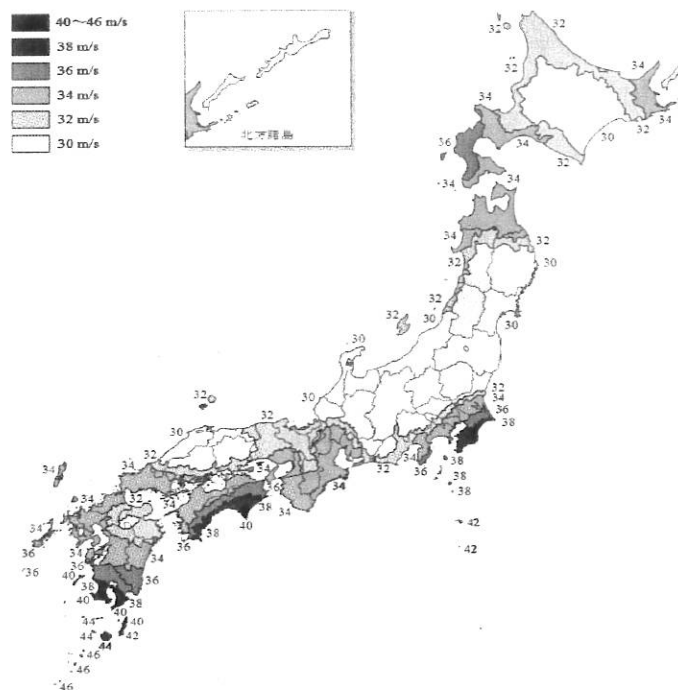
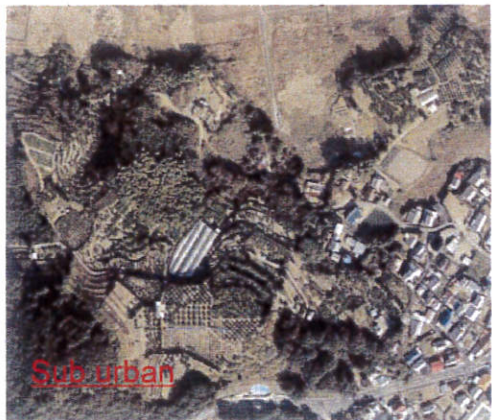


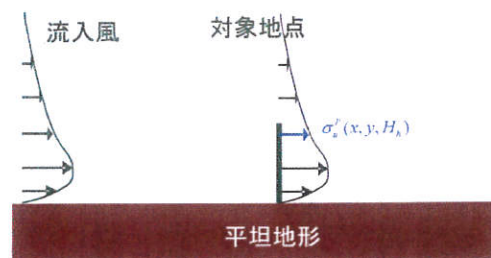
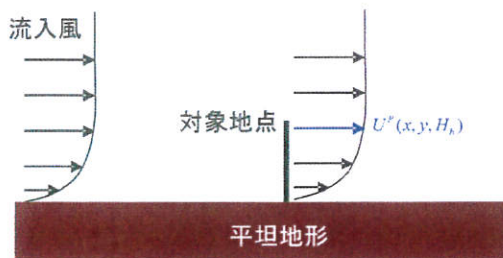
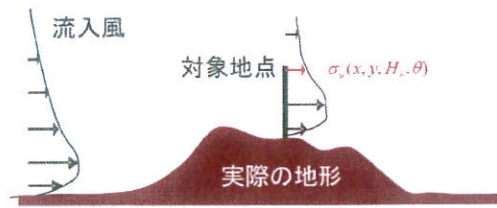
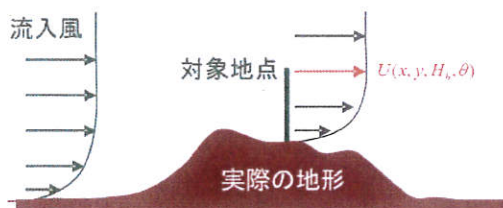
圖 14 日本各地區之基本風速分布圖



(a) 不同地形之種類

$$E_{IV} = \max_{\theta} \frac{U(x, y, H_h, \theta)}{U^P(x, y, H_h)}$$

$$E_{IS} = \frac{\sigma_u(x, y, H_h, \theta_d)}{\sigma_u^P(x, y, H_h)}$$



(b) 地形影響之計算

圖 15 地形評估與計算

對於熱帶氣旋之極端風速計算，石原孟教授將原本之 Gumbel 分布進行修改，其方程式如下：

$$F_{\text{mod}}(u) = F_{\text{zero}}(u) + F_{\text{nonzero}}(u) \quad F_{\text{zero}} = n_0/n, \quad F_{\text{nonzero}} = (n - n_0)/n \times G(u)$$

其中  $n$  為年數， $n_0$  為全年平均風速 50m/s 之年數， $G(u)$  為 Gumbel 分布，將上述式子轉置之後如下：

$$G(u) = \exp(-\exp(-\frac{(u-c)}{a})), \quad c = V - a\gamma, \quad a = \sigma_p \sqrt{6}/\pi$$

$$F_{\text{mod}}(u) = F_{\text{zero}}(u) + F_{\text{nonzero}}(u) = \frac{n_0}{n} + \frac{n - n_0}{n} G(u)$$

$$-\ln \left( -\ln \left[ \frac{n}{n - n_0} \left( F_{\text{mod}}(u) - \frac{n_0}{n} \right) \right] \right) = \frac{u - c}{a}$$

$$u = ay' + (V - a\gamma) = V + \frac{\sigma_p}{\pi/\sqrt{6}} (y' - \gamma)$$

其中  $u$  為整年最大風速， $V$  為整年平均最大風速， $\sigma_p$  為整年最大風速之標準差，圖 16 為石原孟教授以修改後之整年最大風速預估結果，其結果與實際量測值相近。

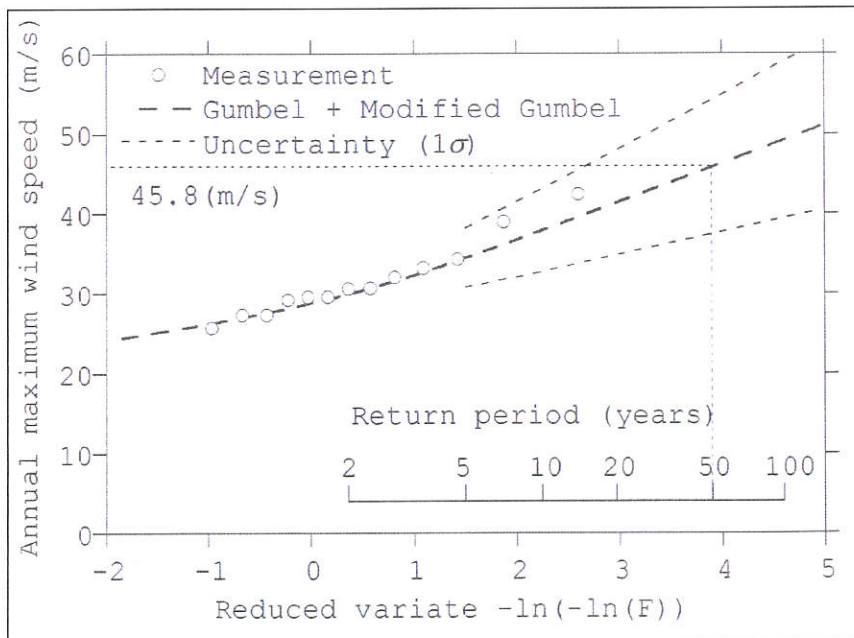


圖 16 修改後之整年最大風速預估結果



對於颱風風況之預測，採用蒙地卡羅模型之方法來模擬，圖 17 為蒙地卡羅模型之模擬示意圖，藉由目標點半徑 500 公里內颱風之路徑數據收集，收集颱風中心氣壓深度、最大風速之半徑、移動速度、移動方向以及年發生率，並藉由蒙地卡羅模型推估颱風 100 年之回歸周期。藉由蒙地卡羅模型與修改後之 Gumbel 分布，可以推估整年之最大風速為 48.1 m/s，如圖 18 所示。

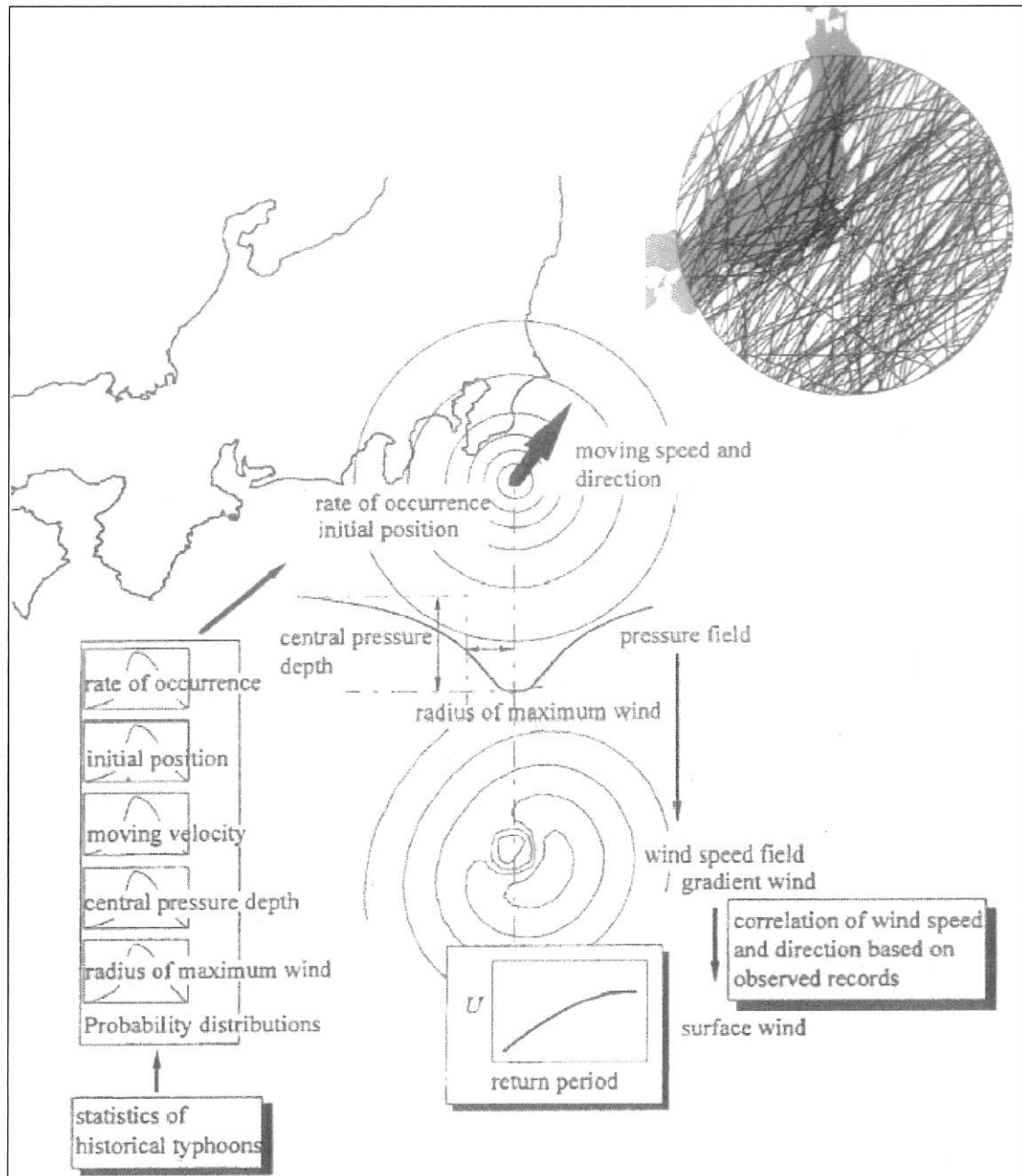


圖 17 蒙地卡羅模型之模擬示意圖

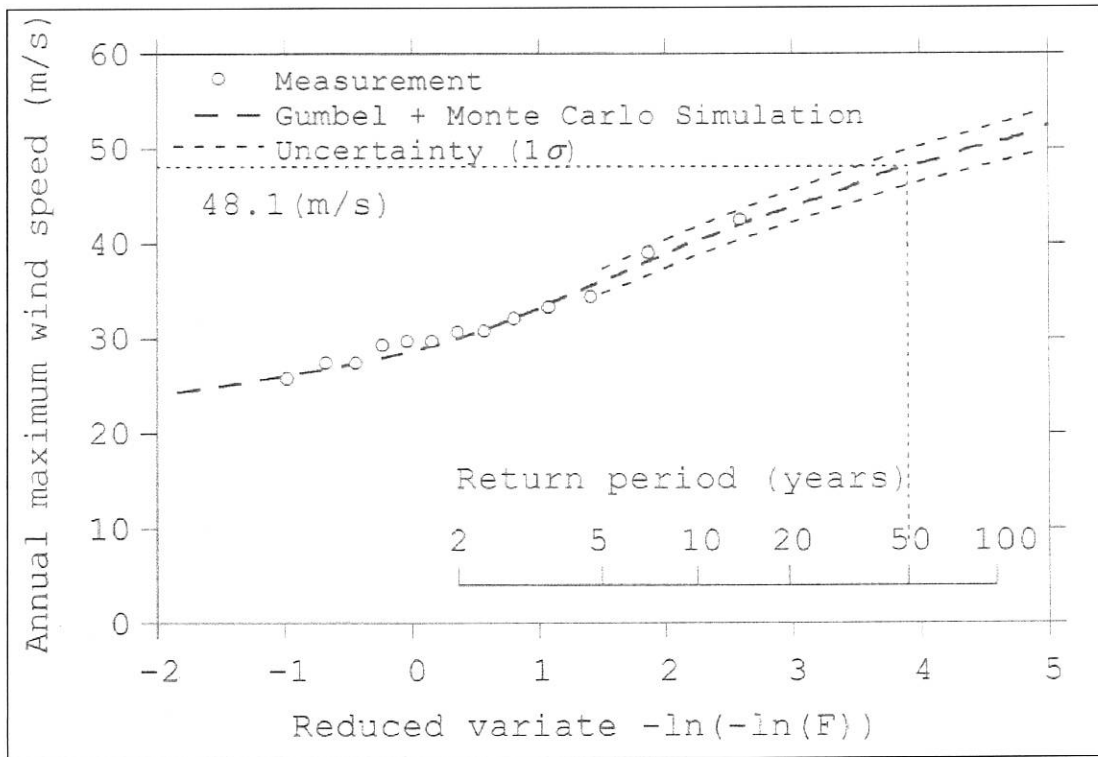


圖 18 蒙地卡羅模型與修改後之 Gumbel 分布推估整年之最大風速

日本風力機曾經因為颱風侵襲發生挫曲而倒塌之情形，如圖 19 所示，故風力發電設備支撐結構設計委員會提出需要對風力機結構挫曲情形進行評估，圖 20 為石原孟教授針對風力機塔架挫曲進行之研究，所使用之方法為有限元素法，採用商用有限元素分析軟體 ABAQUS 進行分析。

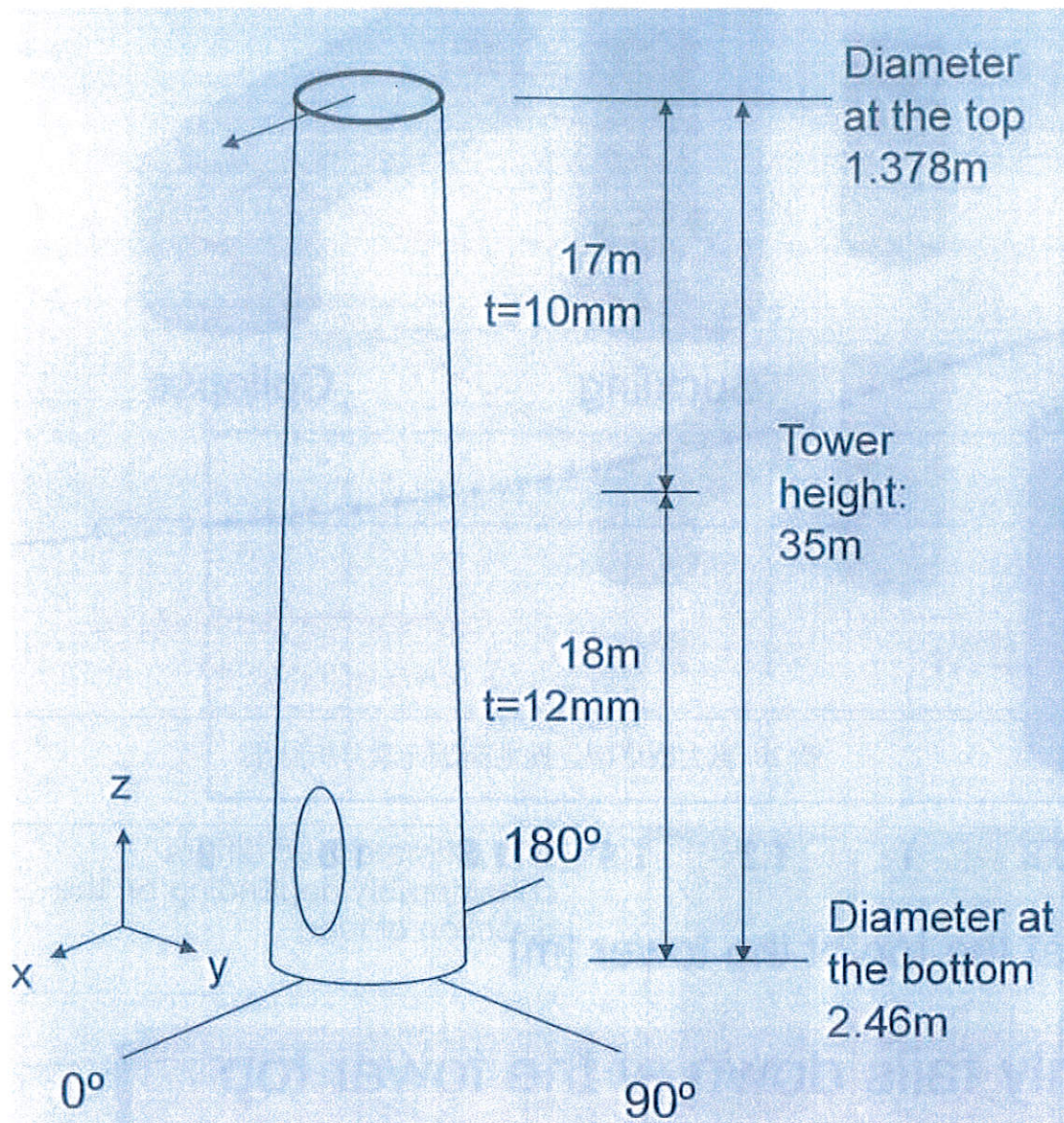


圖 19 風力機塔架挫曲分析模型

圖 20 為有限元素分析之結果，從圖中可以看出在塔頂位移約 0.6m 時，塔底發生挫曲之情形，並且當負載方向於  $0^\circ \sim 40^\circ$  之間，風力機塔架最容易發生挫曲之情形（如圖 21 所示）。

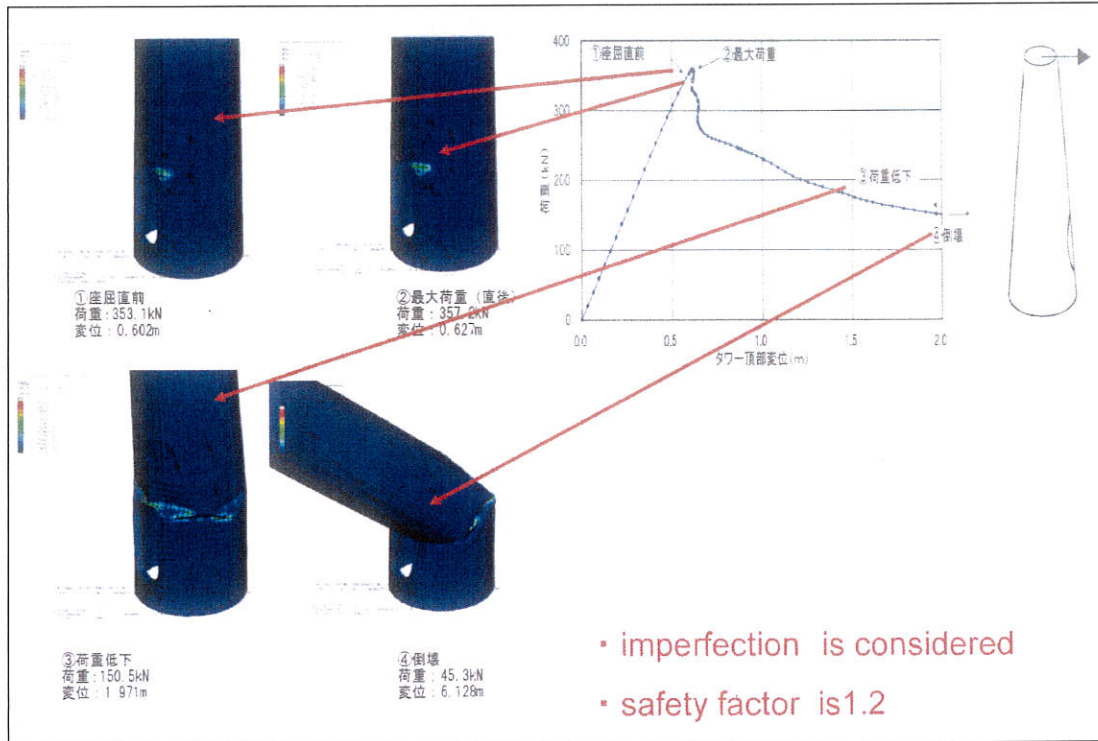


圖 20 風力機塔架之挫曲有限元素分析結果

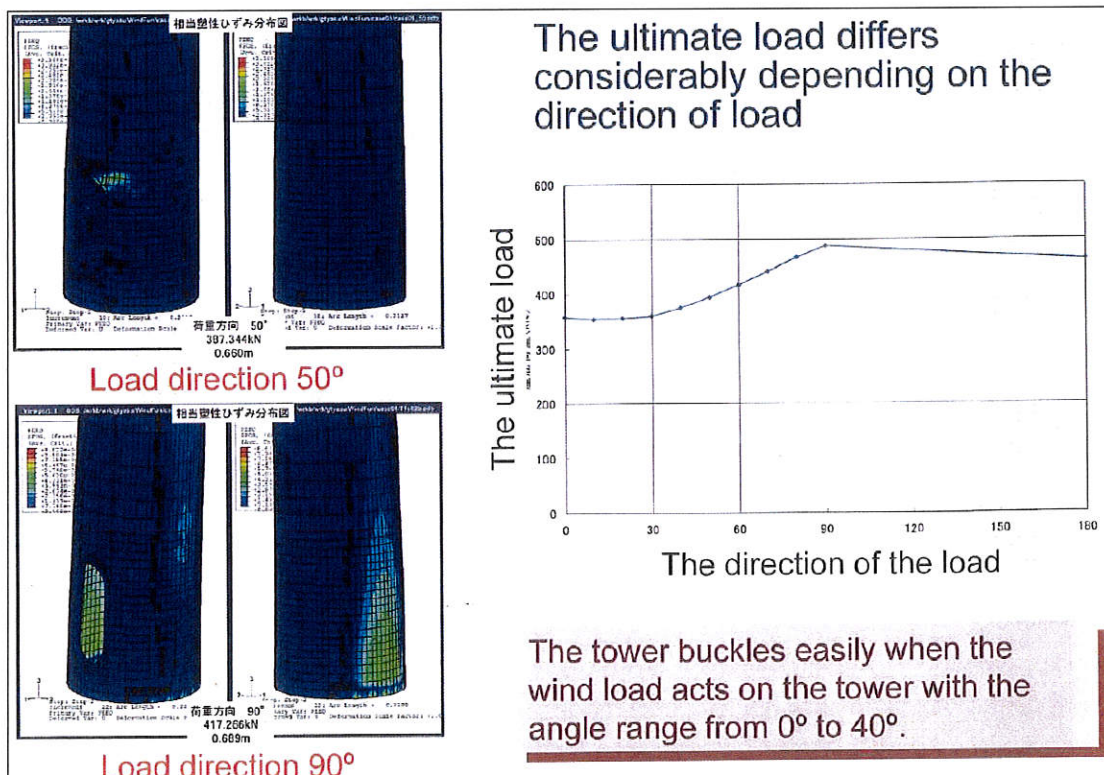


圖 21 不同方向負載之挫曲強度

## 五、風力機之審查方法、相關法令、評估方法、認可程序等 台日雙方技術交流討論，及 NEDO 國際示範離岸風場計 畫概要說明

(一)在第一天(105/8/22)課程中，ClassNK 已說明現行日本針對風力機之驗證執行程序、依循法令及主管權責機關，而在第二天（105/8/23）下午課程，則由石原孟教授協助解釋風力機在日本為何應具備之抗颱風等其他環境要求，ClassNK 赤星次長亦說明新能源與產業技術總合開發機構 (NEDO)專案計畫（示範離岸風場）實施概要，並與研修學員就台灣海上風電系統(OWT)發展現況、驗證服務制度及流程說明，於課程中進行雙方之技術交流及討論，上課情形如圖 22、圖 23 及圖 24。以台灣的地理位置來看，和日本多有相似，如台灣地屬亞熱帶地區，正逢海上熱帶低壓和大陸高壓之交界，常年伴隨著夏季颱風及冬季冷高壓等季風影響，又正為大陸板塊交界處，雖不若日本國土分布跨越多緯度，但同受颱風、地震等影響，故抗颱風及耐震等技術發展，多可作為我國參考及借鏡。

目前我國現行的風力機審查方法及流程，主要由經濟部下屬相關單位負責規劃制定法令或執行辦理，如能源局負責再生能源發電業申請設置審查及作業流程、本局負責風力機產品的相關檢測和驗證要求、台電則負責電網運維的相關業務等，尤以離岸風電系統除了涉及產品安全、電網營運之外，也涵蓋了環境評估、施工作業、海上平台等項目。在日本方面是透過專家會議審查確認其離岸風電系統之結構等安全要求之符合性，而目前我國則是以國際標準之要求項目為主，另要求其產品設置應符合職業安全、環境衛生、海上作業等相關法令，及應取得再生能源和發電業申請之資格和要求。

在該日之技術交流中，日方石原孟教授提出多項獲得國際級期刊接受的研究成果供我方成員了解，包含颱風評估模型之重要性，解釋現行國際標準 IEC 61400-1 的要求無法確保離岸風力機在東亞地區足以承受夏季颱風的風況，特別是以設計負載案例 6.2 失去電網的狀態下，其風力機更應確保其安全性。然而風力機的安全要求本來自於 IEC 61400-1 對於風況的假設，但即使適用最高等級 Class IA 的風力機，目前定義之極限風速也僅止於 70 m/s(機鼻高度)；若採用特殊等級分 Class S 的風力機，則應有充分定義該類風力機應承載之極限風況要求。

回顧日方過去十年研究成果，自風力機之發電、基本結構研究，擴展至全球

性的氣候資料蒐集，最後發展出適用的颱風和地震模型，並已加入國際標準 IEC 的修訂審查內容，其發展過程亦應為我國借鏡，尤以我國工研院自十多年前起投入風力發電機研究，接著各國內大專院校、國家研究機構紛紛投入該領域研究發展，迄今尚不能與日本匹敵，或應為我國相關領域工程人員持續精進之思考。

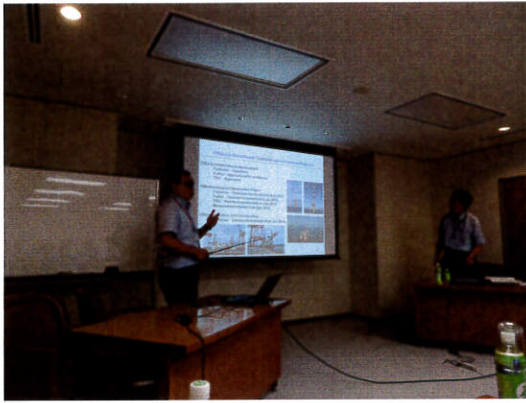


圖 22 研修學員說明台灣 OWT 現況



圖 23 雙方就台灣 OWT 現況作技術交流



圖 24 ClassNK 赤星次長說明 NEDO 概況

## (二)日本離岸風力機相關驗證規範

日本現行對於風力機檢驗要求依據視風力發電設備為陸域、離岸固定式或離岸浮體式而適用不同法源，如下圖 25 所示。若風力發電設備為陸域或離岸固定式時，日本經濟產業省將根據「電力事業法」對風力機機艙(nacelle)、轉子(rotor)及電氣設備進行檢測，然支撐結構(塔柱)則於國土交通省之「建築基準法」規範之。若為離岸浮體式時，則同樣根據「電力事業法」對風力機機艙、轉子及電氣設備進行確認，然支撐結構(塔柱、船體、繫泊系統)則根據國土交通省之「船舶安全法」進行確認。

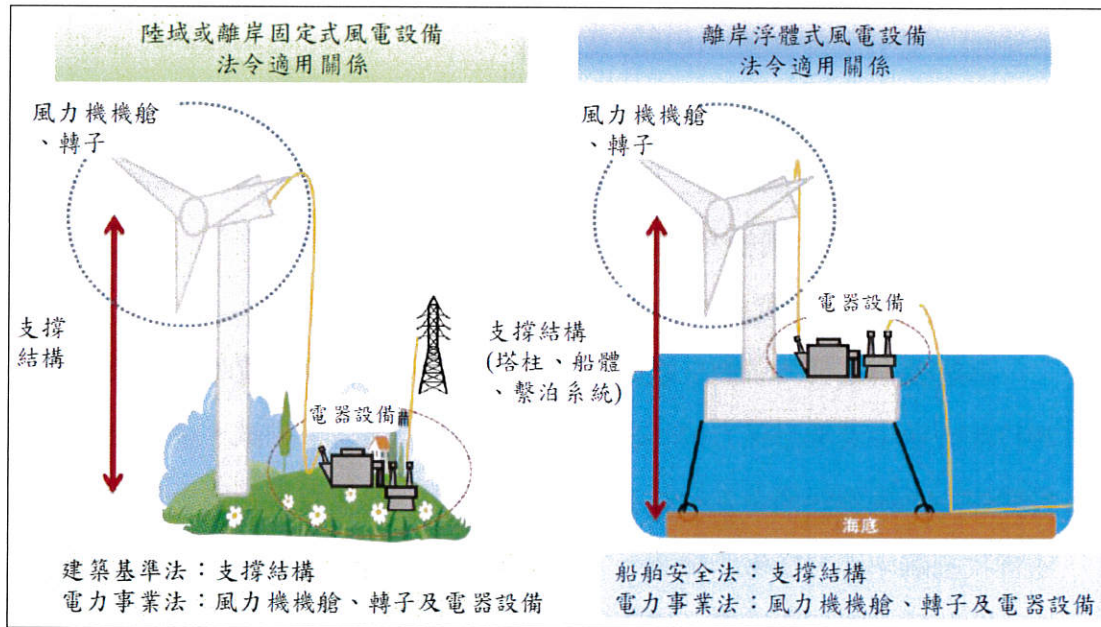


圖 25 日本風力機驗證適用法規

日本離岸風力機原型機型式驗證係由日本海事協會（ClassNK）所負責，除了比照 IEC 61400-22 中驗證內容外，浮體式離岸風力機另須符合 ClassNK 於 2012 年出版之浮體式離岸風力機結構指引 (Guidelines for Offshore Floating Wind Turbine Structures) 標準，該標準與船舶安全法（Ship Safety Law）之要求相同。而風場驗證尚須符合船舶安全法規及電力事業法（Electricity Business Law）之要求，如圖 26。

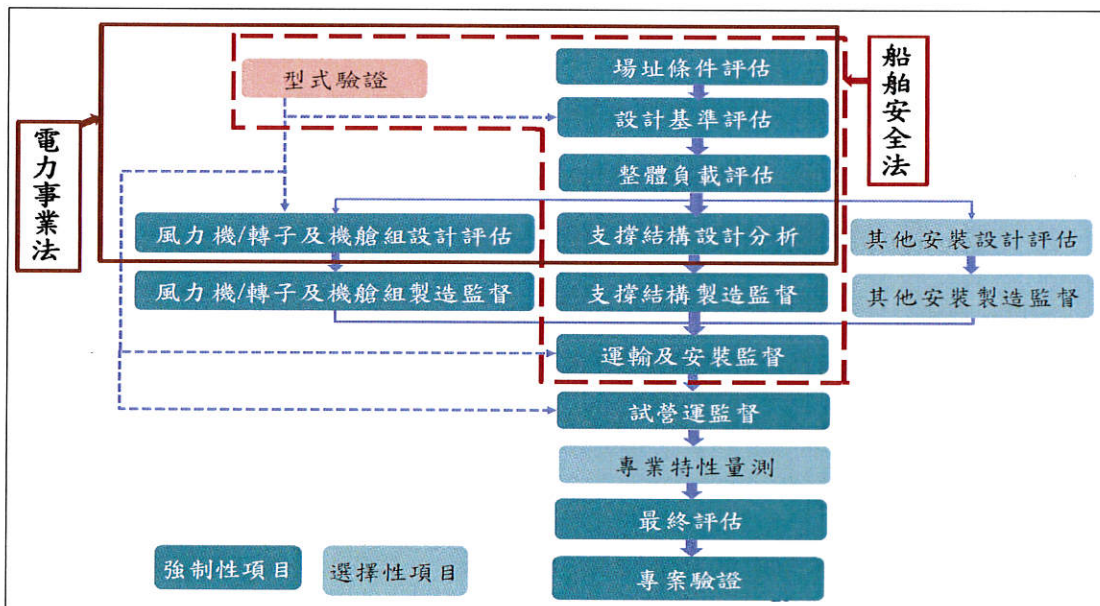


圖 26 日本風場專案認證適用法規

### (三)我國離岸風力機檢測驗證機構發展能量

我國發展離岸風力機相關檢測驗證機構包括金屬工業研究發展中心、中國驗船中心，分別對「風力機設備」及「風場設計與安裝」相關的檢測驗證能力。以下依序說明上述單位目前檢測驗證能力之發展進度及未來規劃。

#### 1. 財團法人金屬工業研究發展中心

為配合台電公司規劃之國產化離岸風力機示範機組設置時程，預計在2017年於台中港離岸風力機測試場完成離岸風力機陸上測試。金屬工業研究發展中心（後續簡稱金工中心）計劃針對我國離岸風電產業本土化之需求，建置我國離岸風力機檢測驗證能力，並規劃推動國家檢測驗證能量與國際接軌，因此與國際認證機構（德國TÜV SÜD和日本ClassNK）共同合作，以引進國外對風力機本體測試驗證之技術，並與ClassNK合作研究離岸風力機針對颱風及地震條件之強制性設計參數，以建立符合我國環境條件之離岸風力機檢測驗證能量。

金工中心目前已完成IEC 61400-1離岸風力機設計規定中文標準草案，及離岸風力機相關標準法規之分析研究，研究範圍包括IEC 61400-1（風力機設計要求）、IEC 61400-3（離岸風力機設計要求）、IEC 61400-22（風力機符合性測試與驗證）及GL離岸風力機驗證指引（GL Guideline for the Certification of Offshore Wind Turbine）中有關風力機型式驗證標準之內容，並已規劃為Class IA國產離岸風力機進行型式驗證之執行流程。此外，由於目前國際標準IEC 61400系列及GL Offshore Guideline仍無針對颱風及地震條件之強制性設計要求，而台灣為颱風與地震發生頻仍地區，我國離岸風力機應有抗颱風耐震相關設計，以確保風力機運轉之穩健性，因此金工中心已對IEC TC88修訂中之IEC 61400新版標準抗颱風耐震條文進行研究，並規劃結合我國法令要求，建立我國抗颱風耐震離岸風力機設計準則，以提供國產化機組針對此颱風地震條件進行改良。

金工中心主要規劃建立離岸風力機驗證之技術能力，主要的三項核心工作如圖27。目前金工中心已在2014至2015年間對我國台中港離岸風力機測試場地進行評估，並提送德國TÜV SÜD確認該場址可為風力機標準測試場且不需場地校正。此外，金工中心亦對離岸風力機測試實驗室進行了營運分析，



包括分析測試場功能、規劃須引進之設備、制定委託測試機制和收費標準、及預估測試之客源及數量、收入來源及支出規劃，並完成離岸風力機氣象儀器及功率性能測試軟硬體、噪音及振動量測軟硬體和測試實驗室櫃體之建置。

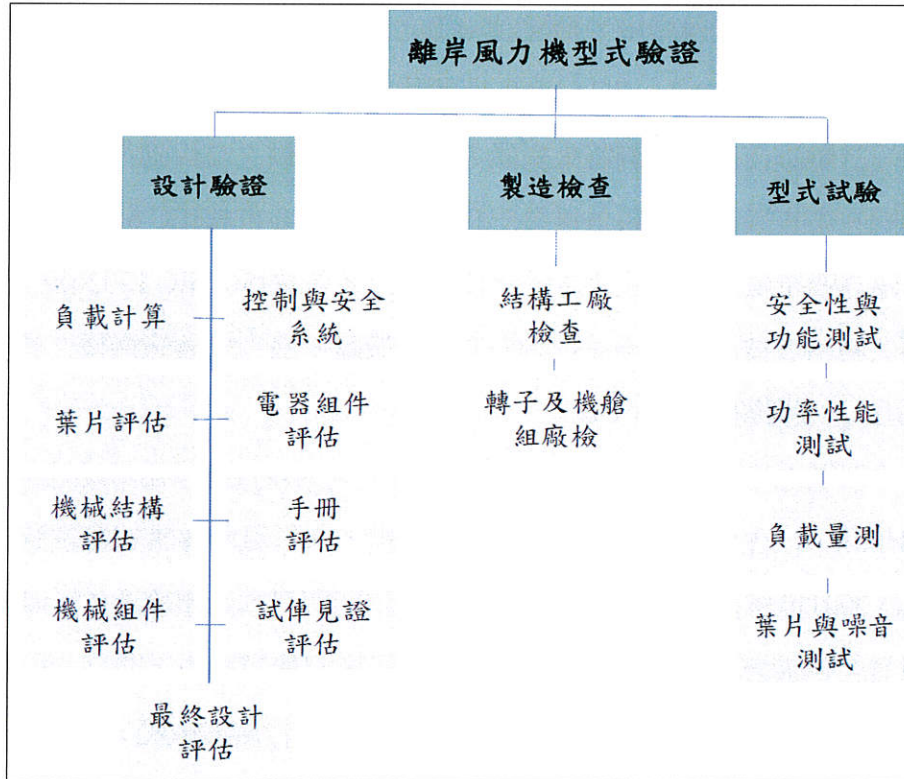


圖 27 金工中心建立離岸風力機型式驗證能力之規劃

未來金工中心建置離岸風力機型式驗證技術之規劃包括：(1)採用IEC 61400-1第四版草案(註：國際電工委員會(IEC)目前正在進行IEC 61400-1標準第四版的準備工作，目前預定於2017年1月1日發布第四版離岸風力機檢測驗證國際標準)中關於防颱抗震設計條件標準提供之分析方法，結合我國長期氣象數據或營建署法規，分析台灣風場採用新版IEC標準防颱抗震要求下之設計參數進行抗颱耐震離岸風力機設計參數之研究；(2)在離岸風力機整機測試技術之建置上，規劃透過對負載量測國際標準(IEC 61400-13及GL Guideline)之研究分析和測試設備規格之調查與評估，建置負載量測之軟硬體設備，並進一步擬定離岸風力機之負載、功能和安重量測之標準作業程序(SOP)，以及安排訓練相關檢測技術人員，並規劃於完成以上作業後，向國內全國認證基金會(TAF)申請實驗室認證，以及德國TÜV SÜD之實驗室國際認可；(3)關於離岸風機整機驗證技術之建置，由於國際間離岸風力機之設

計及驗證要求多依據IEC 61400-22來執行，金工中心即規劃以此國際標準培訓離岸風力機產品驗證及工廠檢查之驗證人員，並依據IEC 61400-1及IEC 61400-3規定之外部設計條件，以及我國規定之風力機等級（Class IA）和其他設計參數，建置離岸風力機設計驗證之軟硬體。此外，透過研析IEC 61400-1、IEC 61400-2、IEC 61400-3等關於離岸風力機設計之國際標準條件，建立設計驗證技術，規劃將來對風力機製造商提供之文件進行審查，再由驗證機關在審查設計評估報告後發出符合性聲明；並依據IEC 61400-22和GL標準，建立離岸風力機型式測試驗證技術，以及依據ISO/IEC 17020建立離岸風力機工廠檢查技術，最後並規劃向TAF申請離岸風力機驗證機構之認證。

## 2. 財團法人中國驗船中心（CR）

中國驗船中心自2012年起成立風能組，開始建置離岸風場驗證能力，至2014年間，已先後派員至德國DNV GL受訓，進行風場專案認證訓練，並取得ISO 9001稽核員的合格認證。而在2015年則與日本海事協會(ClassNK)簽署了研發合作備忘錄，共同執行抗颱風耐震相關檢測驗證技術之開發，針對颱風、地震之亞洲特有環境條件建置分析能力，並且自行開發軟體分析風力、波浪力和洋流力等風場條件，以得到風力機基座結構之極限負荷與長期疲勞負荷資訊。此外，該單位依據國際標準研提了「離岸風場認證規範」，作為其風場驗證之準則。

目前中國驗船中心已具備離岸風場設計評估、製造檢驗及運輸與安裝檢驗之專案認證能力。其中的設計評估包括海氣象條件、海床條件、極端條件評估，以及包括正常運轉、極端風速、停機等各種狀況基座結構之負載與強度分析；製造檢驗包括製造廠評估和現場檢驗；運輸與安裝包括運輸過程之穩度計算、繫固方式、現場自昇、打樁、灌漿等檢驗。

## 六、日本風力機結構之審查方法、環境相關法令、技術評估方法

(一)本課程講師為東京大學石原孟教授，教授本身從事風力機結構設計及風力機土木基礎結構設計已達十年以上之時間，並於致力颱風、地震等對風力機之相關性研究，且以學術研究為基礎並經過多年比對實證後，成為日本在國際上於風力機抗颱風耐震設計、浮動式平台風力機等研究議題上首屈一指之重要學者之一。教授利用多年實務上經驗協助日本於風力機結構設計等相關政策及法規制定。課程上教授以自身經驗分享於日本風力機結構構造物環境條件的評估驗證方式，圖 28 為教授授課之情形。

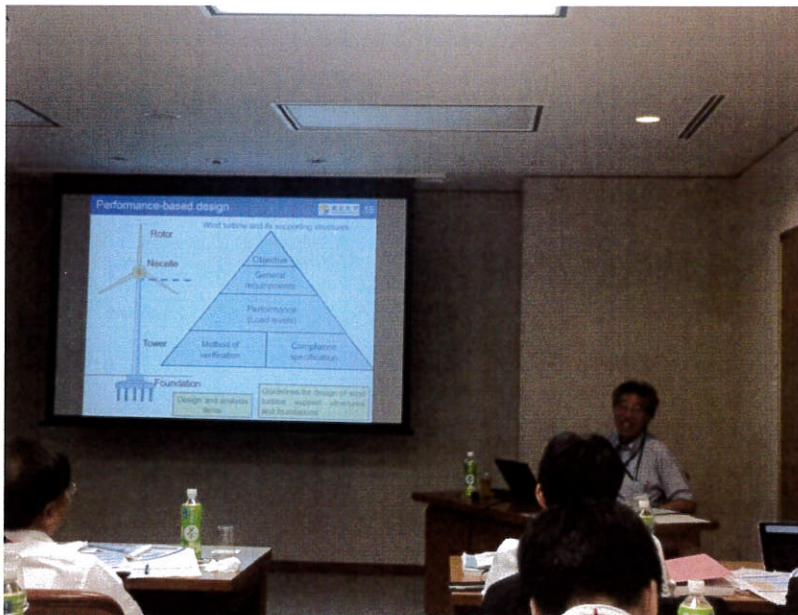


圖 28 東京大學石原孟教授授課情況

(二)課程中教授提及於未來台灣作相關風力機驗證法規訂定之時，雖以國際法規(IEC)為基礎，但不能太過於偏重，因在各地皆有各地不同之地域性環境條件，應以國內法才是最高遵從原則，故在國內法制定之時，應考量台灣之特殊環境條件，並融合國際法才能擬訂出應地制宜之相關法規。以目前日本法規之制定狀態，如圖 29 所示，因風力機發電運轉時之負載皆相同，故以國際法規(IEC)為基礎，並參考日本國內建築法、電器事業法將日本特有地域性之環境條件(暴風、颱風)一併參考納入，成為一部獨特且適用於日本國內之使用、安全性法規。



本書對我國風力發電設備塔架結構的設計提供評估及計算解析之重要指南，可作為從事風力發電設備塔架結構設計的工程技術人員參考使用，如圖 31 所示，此教材共計 13 章節，內容由簡至難章節包含：設計流程、設計風速的評估、風負載之評估、地震作用的評估、其他負載、塔架結果計算、錨固部分的結構計算、基礎的結構計算；以及包含：第 10 章節之後根據指南設計的實例、數值技術分析實例與第 12 章節日本相關法律以及法規。又因授課時間有限，故教授只能以導覽方式介紹各章節使用方式，並搭配實際案例分析介紹，達到未來在利用此書作風力機結構設計分析上能有所用。該設計指南針對具有三個葉片之水平軸風力機，其支撐結構與基礎設施遇到暴風、地震或是積雪之情況時，其負載評估與結構強度計算，該設計指南僅適用於三個葉片之水平軸風力機，不適用於其他類型之水平軸風力機以及垂直軸風力機。

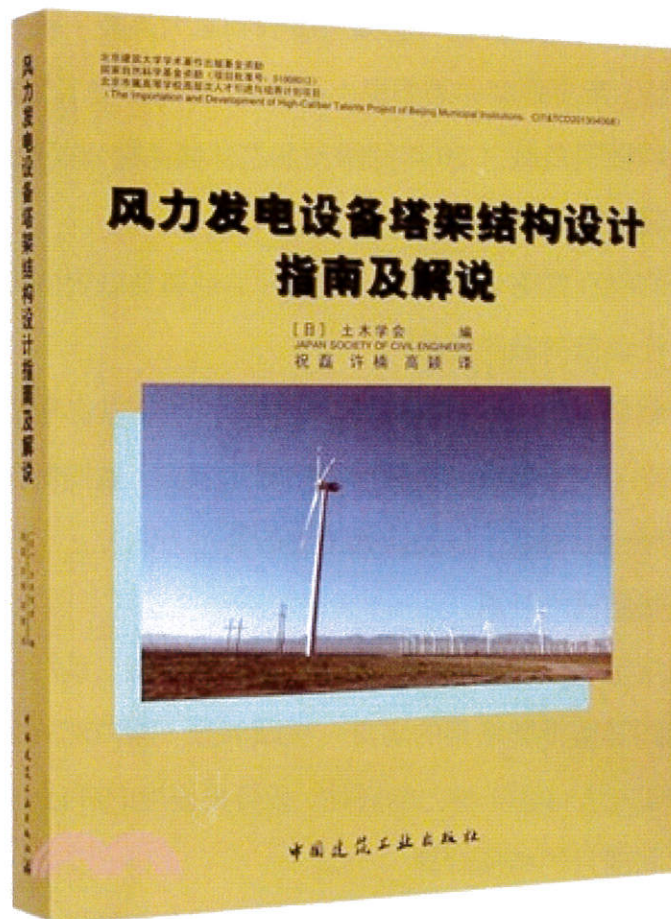


圖 31 風力發電設備塔架結構設計指南及解說

(五)以下為「風力發電設備塔架結構設計指南及解說(2014 年 12 月版)」各章節之

概論介紹：

### 第 1 章 總則

說明設計指南之適用範圍、風力機之基本知識以及該設計指南所使用之術語、符號、座標系統之表示。

### 第 2 章 設計流程

針對結構設計之基本方法、性能要求、性能之規範以及綜合負載之說明。第二部分為負載評估，第三部分為整體強度計算之概要以及流程。

### 第 3 章 設計風速的評估

說明設計風速之評估，需考慮到風力機安裝之地點，在颱風時之風向特性、複雜地形以及風力機尾流之影響評估之方法。

### 第 4 章 風荷重的評估

說明了風力負載之評估，必須考慮到到風力係數、風力機的控制系統、振動特性、紊流強度亦需要提出高精度之評估，並且對於風力機發電時，藉由平均極限負載之 50 年回歸預測之外插係數公式進行評估。

### 第 5 章 地震荷重的評估

說明新的歷程響應分析方式，用於評估地震負載對風力機設備之影響。

### 第 6 章 其他負荷荷載的評估

其他負載負荷對於風力發電設備結構設計是有其必要的，其他荷載包含積雪荷重、固定荷重、積載荷重的算定方法，並提供在海岸邊風力機設備設置場合的考慮，以及新式波力的算定方法。

### 第 7 章 塔架結構的計算

本章結規定了以下部件的計算方式，包括了有三葉片形式的桿塔支撐式水平軸圓筒型鋼製塔架的塔身、接頭部分、開口部分以及底座的結構計算。計算方法有容許應力的評估、疲勞損傷度的評估、S-N 曲線之計算。

### 第 8 章 錨固部分的結構計算

針對三片葉片之水平軸風力發電機錨固部分，通過錨件把塔架腳部固定在鋼筋混凝土的基礎上的形式或者把塔架腳部直接埋入鋼筋混凝土基礎進行錨固的形式，就錨固中所使用的錨構件、底板或錨板以及鋼筋混凝土的結構計算方法進行規範。

## 第 9 章 基礎的結構計算

本章節就支持三葉片水平軸型風機直接基礎以及樁基的穩定計算以及結構計算方法進行規範。

## 第 10 章 根據指南設計的實例

設計指南之設計實例，說明設計相關之風況評估，如：設計風風速之評估、風力係數之評估、風況負載之評估、地震及其他負載之評估以及結構計算其極限負載之分布，最後為風力機塔架與基座之結構計算。

## 第 11 章 數值設計分析實例

數值計算之實例，為了使提出之設計能有更明確之證明，能夠使用數值計算結果作為說明，可藉由計算流體力學來評估設計風速，有限元素法來評估極限負載以及疲勞強度之評估，尤其風力機塔架與基座，其結構強度需要特別注意。

## 第 12 章 日本相關法律以及法規

風力機發電設備結構物之結構設計相關法規彙整了電氣事業法、建築基準法、IEC 61400 國際標準法、GL Wind Guideline 國際標準法、日本建築學會、日本電氣協會、日本道路協會、土木協會等國內發行指南要述。

## 第 13 章 參考資料

第 13 章的參考資料目的係為了設計者便利性考慮，內文有電氣事業法、建築基準法等關聯條文及認可程序等，並有日本國內外 16 間公司(日本國內 5 間、國外 11 間)的風力發電機(功率容量 40 kW~3600 kW，全 52 種機型)的樣式一覽提示。更在章末節介紹颱風期間風力發電設備的事故發生案例(事故發生場所、風機規模、事故發生日、事故發生的氣候以及事故發生的狀況)，並針對上述對應出事故發生原因以及防止再發生策略記述。

## 七、MASCOT 軟體應用說明

MASCOT 全名為 Microclimate Analysis System for COmplex Terrain, 是由東京大學所開發的軟體，如圖 32 所示。共有五個模組：Basic, Energy, Engineering, Typhoon 和 Offshore，本次試用的為 Basic 和 Offshore 兩者。MASCOT 的授權採用單機離線機制，金鑰保護使用 USB Dongle，由 Sentinel System 公司提供。每位學員先以光碟安裝 MASCOT 主程式後，插入 USB Dongle 即可執行。會後皆收回 Dongle。



圖 32 MASCOT 軟體簡介

### (一) MASCOT 是一種支援風力開發的軟體模組群

從風力機設置場所的風況預測，到 Downwind 風場發電量的預測，設計風速的評估。MASCOT BASIC 是用來作三維氣流預測，MASCOT ENERGY、ENGINEERING、TYPHOON、OFFSHORE 等模組(如圖 33)是用來預測個別的風力發電量和評估設計風速。如果使用這些模組和相關聯的 DATABASE，只要輸入經緯度就可以預測該地區的風況、風力發電量及設計風速。



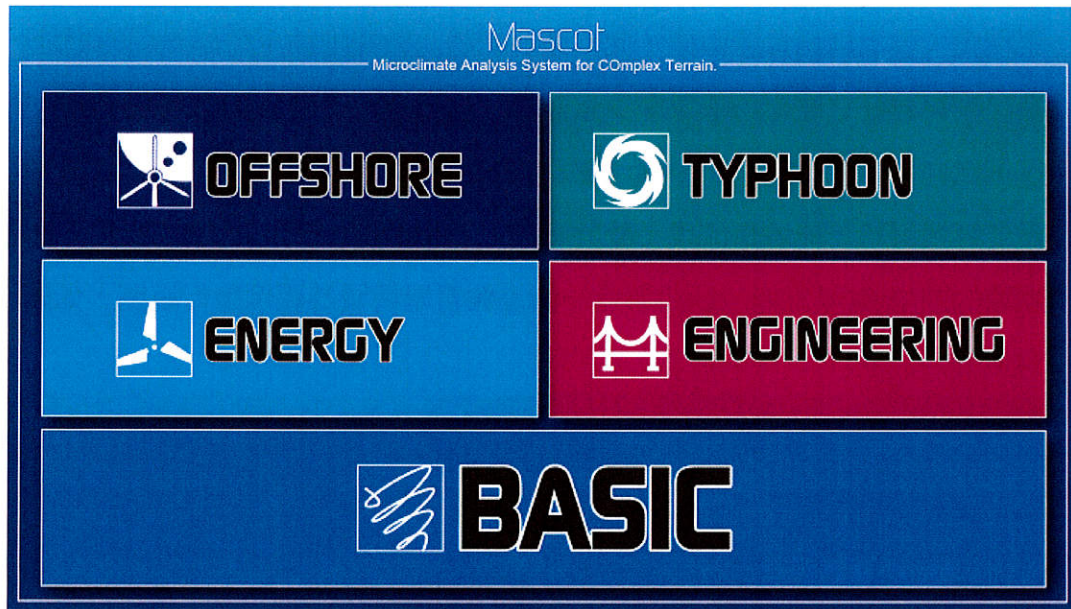


圖 33 MASCOT 軟體模組之視窗

\*MASCOT 適用於 MICROSOFT WINDOW XP/7 以上的版本。

\*WINDOW 8 及 8.1 環境下可以執行，但可能會有一些螢幕上的 BUG 會出現。

## (二) MASCOT 模組簡介

### 1. MASCOT BASIC

(1) MASCOT BASIC 是一個運用於三維氣流預測模型的模組。若有標高及土地利用資料庫，只要輸入經緯度及簡單的分析條件，則可以作三維的氣流預測。邊界條件也可以自動的被設定。

- 由三維非線性氣流預測模型，預測更複雜地形上的氣流
- 資料庫任何標高及土地利用資料的提取
- 設定分析條件及網格生成
- 標高、地表粗度等輸入條件的表示
- 氣流解析經過的即時顯示
- 風速、亂流統計量等分析結果的視覺化

(2) MASCOT Basic 為複雜地形的風場模擬，其背景理論為計算流體力學 (CFD)，採用卡氏座標網格演算法和 k-e 紊流模型。程式輸入為風場地形和每個區域的地面粗糙度，輸出為每個位置的地形放大係數。藉由地形放大係數的操作，吾人可從一實際測風塔量測資料推估任一其他位置的風速。由於已

累積龐大陸上風場量測數據，此軟體能把陸上數據推估至離岸風場的場址，補足剛興建好之離岸海氣象塔少量數據。地形放大係數與風向有關，故針對每個風向皆要進行模擬。Basic 模擬方法為 CFD，在陸面起伏和觀測點附近需要細緻網格才能解析流場，故耗時長。工程師提供預先算好的結果，教導軟體的前/後處理流程，以北海道一個複雜岩岸場域為範例進行說明，如圖 34 所示。

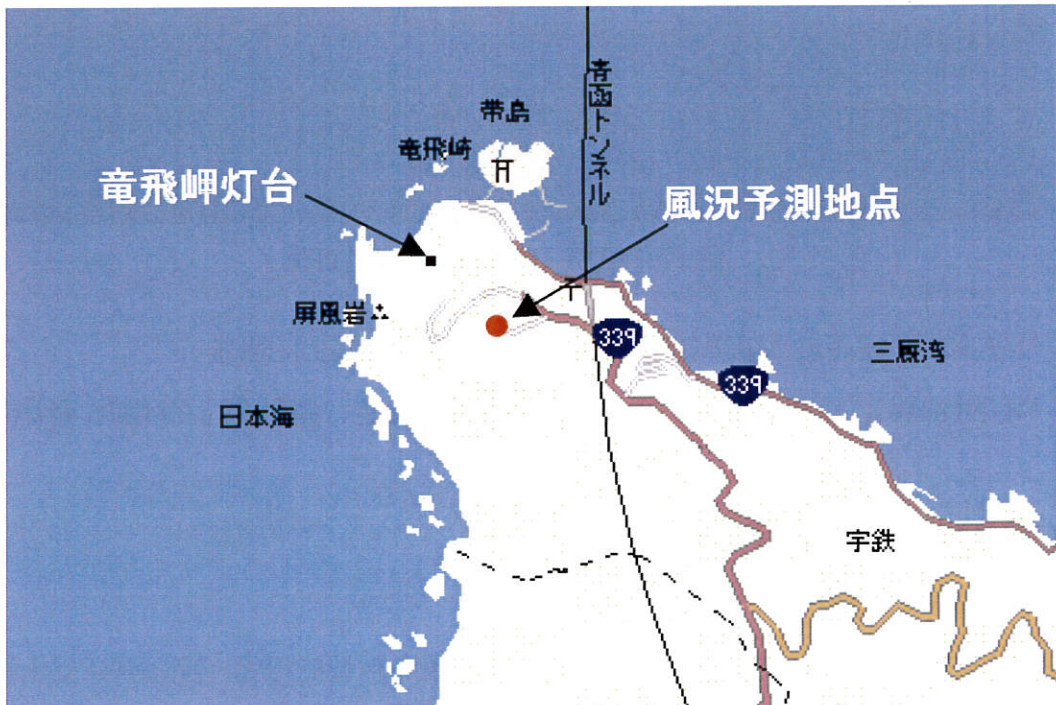


圖 34 北海道複雜岩岸場域示意圖

## 2. MASCOT ENERGY

MASCOT ENERGY 是以對象地點附近的一年間所測得的風觀測資料，及由 BASIC 模組得到的氣流預測結果為基礎，由 power curve 及 thrust 係數來預測風力機的發電量及風力機的尾流影響。

此外，以氣象模擬和 NEDO 資料庫所得到的地區風況資料，轉換使用於 BASIC 模組，則可預測對象區域的風能蘊藏量和發電量。

- 利用風觀測資料預測對象地點周邊的風況和發電量
- 利用 RESOUSE GRID 的功能製作風能蘊藏量圖
- 考慮 way-cross 之下的發電量預測
- 利用全國 155 個地點氣象廳的資料庫作修正

- 利用 NEDO 的資料庫對全國任何地點發電量的預測

### 3. MASCOT ENGINEERING

MASCOT ENGINEERING 是以 BASIC 所得到的氣流預測結果為基礎，在風力機設置地點，對於設計風速(建築基準法等)、風向別或風速別出現頻率、吹上角度、紊亂強度等的預測。

此外，以氣象模擬和 NEDO 資料庫所得到的地區風況資料，轉換使用於 BASIC 模組，可以預測對象區域的詳細風況。

- 風觀測時，利用一系列資料分析工具來解析風況
- 對於風力機設置地點設計風速的評估
- 對於風力機設置地點吹上角度、紊亂強度等的預測
- 利用 NEDO 的資料庫對全國任何地點的風況預測

### 4. MASCOT TYPHOON

MASCOT Typhoon 為颱風的極限風速預估，其背景理論為熱帶氣旋大氣模型。此模型需要一個颱風的五個參數：中心風壓、中心位置、暴風半徑中心移動速度、暴風角度，即能預測某一位置在此颱風時期的最大風速及風向。

由於風速仍然受到地形和風向影響，故還需要搭配 MASCOT Basic 算出來的地形放大係數，才能正確估算某一位置的颱風極限風速。此模型建基於大量熱帶氣旋的統計資料，此模組已內建 53 年多達上千筆亞熱帶地區歷史颱風資訊，透過機率分佈分析和蒙地卡羅演算法，求得場址在 20 年間可能遭遇到的颱風特性，最後以韋伯極值機率預測極限風速。

- 從資料庫，在任意地點於颱風最接近時取得相關參數
- 於風力機設置地點的地形考慮風向的特性，評估平均風速的增減係數、亂流強度、照查對象風向
- 評估風力機設置地點的設計風速及亂流強度
- 評估於風力機設置地點颱風的風速頻度分布

MASCOT VERSION4 所包含的模組中只有「於風力機設置地點的地形考慮風向的特性，評估平均風速的增減係數、亂流強度、照查對象風向」功能運用於 MASCOT OFFSHORE。

## 5. MASCOT OFFSHORE

MASCOT OFFSHORE 是用來評估離岸風力發電設備設計時必要的氣象條件。颱風時的強風是利用蒙地卡羅模擬，季節風時的強風是利用風況資料庫，於混合氣象條件後評估 50 年再發生機率值。颱風參數是利用氣象廳 BEST TRUCK 和全球客觀解析值的資料庫，於海上颱風參數辨識率大大提高。

風況資料庫是利用氣象模型而建立，功能有 - 水平解像度 2k，8 個高度的風速、風向的頻度分布，依風向別及風速階級別的頻度分布。

- 於海上新颱風參數的資料庫
- 颱風和季節風的混和氣候時最大風速的評估功能
- 於颱風和季節風的混和氣候時風況的評估功能
- 海上最大風速、年平均風速、發電量等的圖示作成功能
- 設計上需要的過去一年期間再現值轉換評估一小時值的功能

利用氣象模型於水平解像度 2k、時間解像度 10 分鐘、8 個高度(10, 30, 50, 70, 90, 110, 150, 200m)所作成的系列氣象資料(風速, 風向, 氣壓, 溫度, 濕度, 大氣穩定度等)也可以單獨出售。今後, MASCOT OFFSHORE 將擴大功能於海上風力發電設備的設計中對於必要的海象條件的評估。如下圖 35 所示為當天 (105/8/24) 下午的課程, 係由水域網路公司兩位人員講解指導 MASCOT 軟體的簡易模擬操作。



圖 35 MASCOT 軟體教學課程

## 八、離岸風電系統產品關鍵零組件檢測標準與驗證技術

(一) 第四天(105/8/25)上午的課程由日本海事協會(Class NK)的佐佐木次長協助解說日本離岸風電系統產品關鍵零組件檢測標準依和檢測驗證技術要求，並與我方交流成員就國際標準 IEC 規範之測試要求及工廠檢查部分互相交換經驗，該講師上課情形如圖 36 及圖 37。

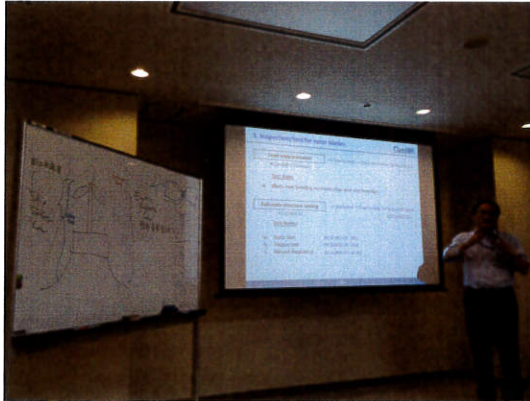


圖 36 ClassNK 佐佐木次長授課

圖 37 ClassNK 佐佐木次長講授課程-上課情形

以日本的風力機相關法令及規定來看，離岸型風電因涉及海上平台設施及安全要求，且須考量設置場址等各方面因素，故採行的驗證程序涵蓋了海上支持物結構安全等範圍，且依現行日本規定，離岸型必須通過由日本專家會議審查後才得以取得施工許可，此制度較一般陸上型產品不需經由專家審查之方式大相逕庭。而雖然日本政府已針對風力機產品制定了專門的法令、標準和程序，但其主要架構仍循 IEC 之精神，如 IEC 61400-22 所列之驗證程序亦為日本所依循的標準，包含型式驗證(Type Certification)、專案驗證(Project Certification)等相關要求，其中較為特殊之處，是日本為確保其電業安全法令之符合性，而衍生實施部分專案驗證內容的場址驗證(Site Certification)，以確保風力機在強度和支持結構上皆能符合日本法規要求之評估驗證模式。

就 IEC 61400-22 的架構來看，風力機的驗證程序應自設計方面的驗證評估以至製造和測試方面的檢測驗證，以本次日本海事協會提供 IEC 型式驗證程序資料為例，如圖 38 所示，製造評估(Manufacturing Evaluation)和型式測試(Type Testing)關係到零組件檢測和檢查等驗證要求，其中製造評估又更分為品質系統評估和製造檢查。而根據 IEC 61400 系列各零組件的標準，如第 4 部分—變速箱

設計要求、第 23 部份－葉片全尺度測試、第 24 部分－雷擊保護均已提出製造方面的檢查和測試階段的相關要求。

另在 IEC 專案驗證所需之程序架構中，如圖 39 所示，在已完成型式驗證的前提下，風力機組(Rotor/Nacelle Assembly, RNA) 尚需通過專案驗證的設計評估階段，並接著完成製造階段的監督審查；同樣地，風力機組的支持結構等零組件，也必須依照該專案設計評估的結果完成製造階段的監督審查等工作。

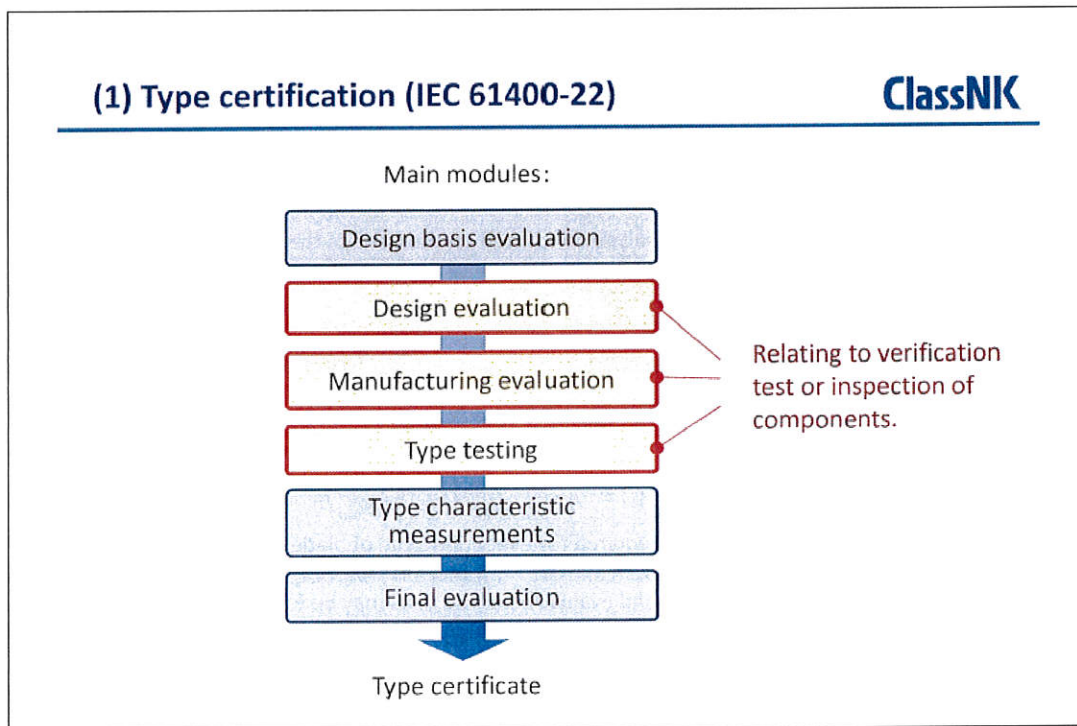


圖 38 型式驗證程序

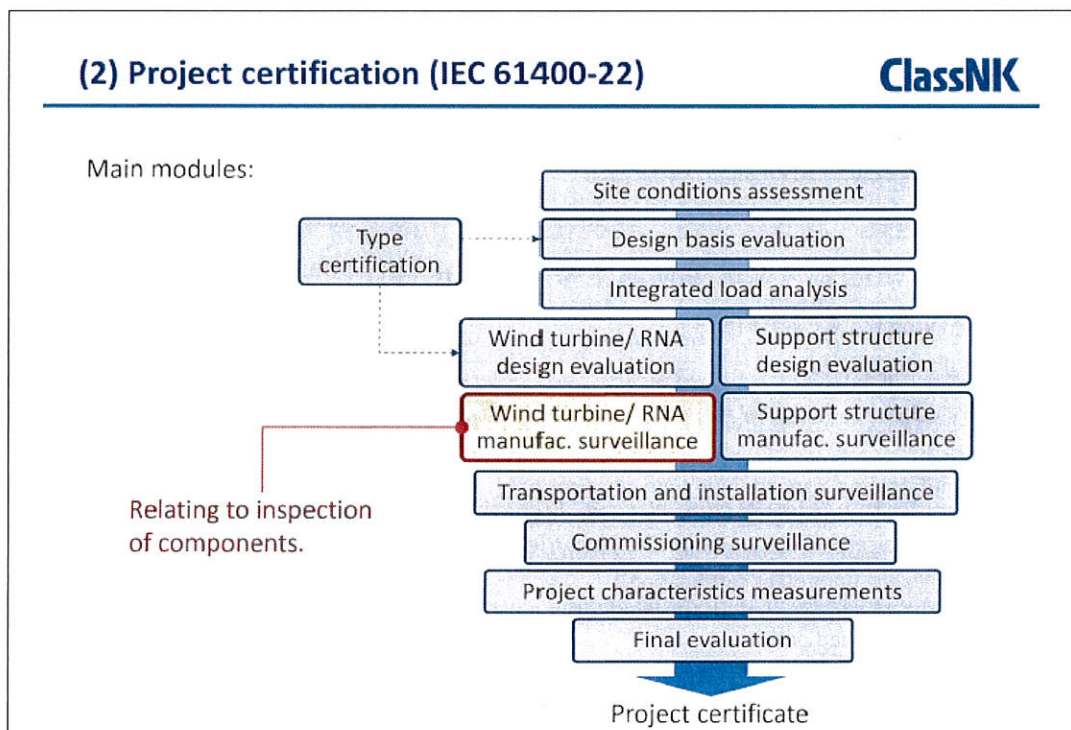


圖 39 專案驗證程序

本次交流內容係針對葉片和變速箱之檢測和驗證技術議題討論，其中葉片和齒輪箱均列為離岸型風力發電系統的關鍵零組件，雖尚有其他如主軸、軸承、發電機、骨架等重要且皆須實施檢測驗證之項目，但考量議程時間及議題涵蓋範圍，故該日討論內容主要以 IEC 61400 第 4、23、24 部分和日本現行實際做法做為案例。

**在葉片的檢測和驗證技術部分：**

葉片應依 IEC 61400 系列標準要求，經過雷擊保護測試、負載量測、全尺寸的結構靜態測試、疲勞測試、以及自然振頻測試，確認其材料特性和設計評估結果之符合性。此外，葉片在製造階段的檢查雖未明列於 IEC 61400 系列的標準中，但其內容應包含基本的材料測試和工法要求等，且須視型式驗證或專案驗證的要求分項執行，依日本海事協會提供之概述範圍如下表 6：

表 6 NK 提供型式驗證即專案驗證執行製造檢查範圍

型式驗證製造檢查項目
<ol style="list-style-type: none"> <li>1.材料驗證：葉片製造之材料主要為複合式材料，主要為基材結合纖維之結果，故應確保相關材料之符合性。</li> <li>2.樣品測試結果：應確保複合式材料在抗拉、抗壓及疲勞特性之符合性。</li> <li>3.製造方法：一般葉片製成會以真空膠注法(VaRTM)作為製造方法，該製造之方法應確保被文件化保存。</li> <li>4.工廠驗收測試紀錄。</li> <li>5.樹脂材料存放：應確保樹脂材料被合理的溫度存放，以避免受溫度影響其材料特性。</li> <li>6.人員能力要求：例如從事葉片生產人員應具備樹脂使用之能力。</li> <li>7.固化溫度與時間之量測紀錄：應確保葉片固化成形依特定操作條件進行，避免製造過程影響葉片的物理特性。</li> <li>8.非破壞性檢測紀錄。</li> <li>9.塗層厚度量測紀錄。</li> <li>10.葉片重量和重心量測紀錄：應確保葉片重量和重心位置之符合性，並應審視製造商提出之誤差容許要求是否合宜。</li> <li>11.雷擊保護系統。</li> </ol>
專案驗證製造檢查項目(內容同上)
<ol style="list-style-type: none"> <li>1.材料驗證。</li> <li>2.工廠驗收測試紀錄。</li> <li>3.人員能力要求。</li> <li>4.固化溫度與時間之量測紀錄。</li> <li>5.非破壞性檢測紀錄。</li> <li>6.塗層厚度量測紀錄。</li> <li>7.葉片重量和重心量測紀錄。</li> </ol>

**在齒輪箱的檢測和驗證技術部分：**

變速箱係由複雜的零組件所組成，包含大量的齒輪、軸承、潤滑油等部件，且其機構運作為一動態過程，應搭配其他零組件確認其運轉結果，故按照 IEC 61400-4 的要求，應先於製造商處針對其具代表性原型產品測試，再配合型式測試執行檢測。依日本海事協會提供型式驗證和專案驗證所應執行的檢測和製造檢查概述範圍如下表 7：



表 7 ClassNK 提供型式驗證和專案驗證所應執行檢測和製造檢查範圍

型式驗證	
廠內測試確認項目	製造檢查項目
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 負載測試。</li> <li>2. 齒輪嚙合接觸模式測試。</li> <li>3. 齒面負載量測。</li> <li>4. 軸承溫度量測。</li> <li>5. 潤滑油溫度量測。</li> <li>6. 振動及噪音量測。</li> <li>7. 潤滑油系統測試。</li> <li>8. 翻修檢測。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 材料驗證：包含齒輪、軸承、軸等。</li> <li>2. 工廠驗收測試紀錄：包含軸承、油封等。</li> <li>3. 齒輪精確度量測紀錄。</li> <li>4. 齒輪齒面粗糙度量測紀錄。</li> <li>5. 齒輪齒面硬度量測紀錄。</li> <li>6. 齒輪表面磨耗檢查紀錄。</li> <li>7. 量測設備校正紀錄。</li> </ol>
型式測試確認項目	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 齒輪箱設計負載之有效性。</li> <li>2. 齒輪箱其他特殊測試要求。</li> <li>3. 齒面箱型式測試。</li> </ol>	
專案驗證製造檢查項目(內容同上)	
廠內測試確認項目	製造檢查項目
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 負載測試。</li> <li>2. 噪音測試。</li> <li>3. 振動測試。</li> <li>4. 軸承溫度量測。</li> <li>5. 潤滑油系統確認。</li> </ol>	<p>雖然專案檢查項目相同但檢查之對象有下列差異：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 型式驗證針對製造方法的評估，故對同製造商同製造方法僅須任一齒輪箱檢查。</li> <li>✓ 專案驗證必須對指定風力機的齒輪箱實施檢查。</li> </ul>

本次交流討論概以風力機之葉片、齒輪箱相關零件為標的，如前述在 IEC 61400 系列標準中的確已有明確針對該二項零組件的測試要求，但在製造端檢查的階段未有具體的標準項目要求產品應實施的檢查內容。而依日本海事協會所提供之相關資訊，日本方面就該類產品之檢查經驗和相關國內外法規及標準要求為原則，針對其製造方法及製造特性規劃合適及關鍵之項目，並提出以量測和紀錄表單為依據的實施作法。

## (二) 離岸風力機與風場之認證

1. IEC 61400-22 詳細記載了離岸風力機之驗證標準。驗證程序一般可分為風力機設計製造的型式驗證 (Type Certification) 及風場建置時應考慮的場址評估、運輸安裝檢驗、試運轉檢驗等議題的專案驗證 (Project Certification)，型式驗證之目的為確保風力機在設計過程中與設計假設條件、特定標準及其他技術條件需求保持一致，製造過程、零件規格、檢視與測試程序及相關文件均與設計文件符合，而型式驗證不僅是建立在文件基礎上之產品驗證，尚包括須檢測製造商的製造過程和供應商的經營場所，以及檢測重要組件和原型測試，以確保製造商在品質管理系統下運作，風力機可根據設計文件進行安裝、運行及維護。在風力機取得型式驗證證書後，須進行專案驗證，確保通過一致性評測及符合性評估及驗證之風力發電機和支撐結構符合具體地點之特殊外部條件之限定要求，及當地法案所規定的要求及其他相關規定。

### 2. IEC 61400-22 型式驗證

IEC 61400-22 之型式驗證範圍包括風力機本體、塔架、塔架與基座之連接件，及影響基座設計且由風力機引起之參數需求。驗證內容包含以下必要項目：基本設計評估、風力機設計評估、型式測試、製造評估和最終評估。而基座設計評估、基座製造評估和型式特性量測則為選擇性驗證項目。圖 40 為 IEC 61400-22 之型式驗證流程圖。

其中，基本設計評估的目的為檢視基本設計是否適當、設計是否具有充分之安全性，以及評估確認所有之設計需求、假設及方法，包括(1) 條文與標準依據、(2) 設計之參數、假設、方法與原則、(3) 製造、運輸、安裝、測試、營運與維護等需求；風力機設計評估之目的則為檢查風力機在設計過程中與設計假設條件、特定標準及其他技術條件要求保持一致性；製造評估之目的為評估特定風力機設計依照設計文件製造，內容包含製造檢視與品質系統評估，即對製造工廠進行製造符合性和品質管理系統的檢查，其中品質系統需符合 ISO 9001，並由符合 ISO/IEC 17021 之驗證機關驗證；風力機型式測試為提供數據供驗證功率性能與安全性相關之測試，或無法通過分析進行評估之內容；型式測試大致包含安全與功能性測試、功率性能量測、負載量測、葉片測試、其他測試等，需經由認可的測試實驗室進行測試，或至少擁有 ISO 17025 或

ISO 17020 的測試單位執行；型式特性量測為可供選擇之型式測試項目，包含電力品質和噪音量測；最終評估為對各型式驗證相關機關在評估過程中之驗證結果進行記錄。驗證機關最後根據最終評估報告發出型式驗證證書，有效期為五年。

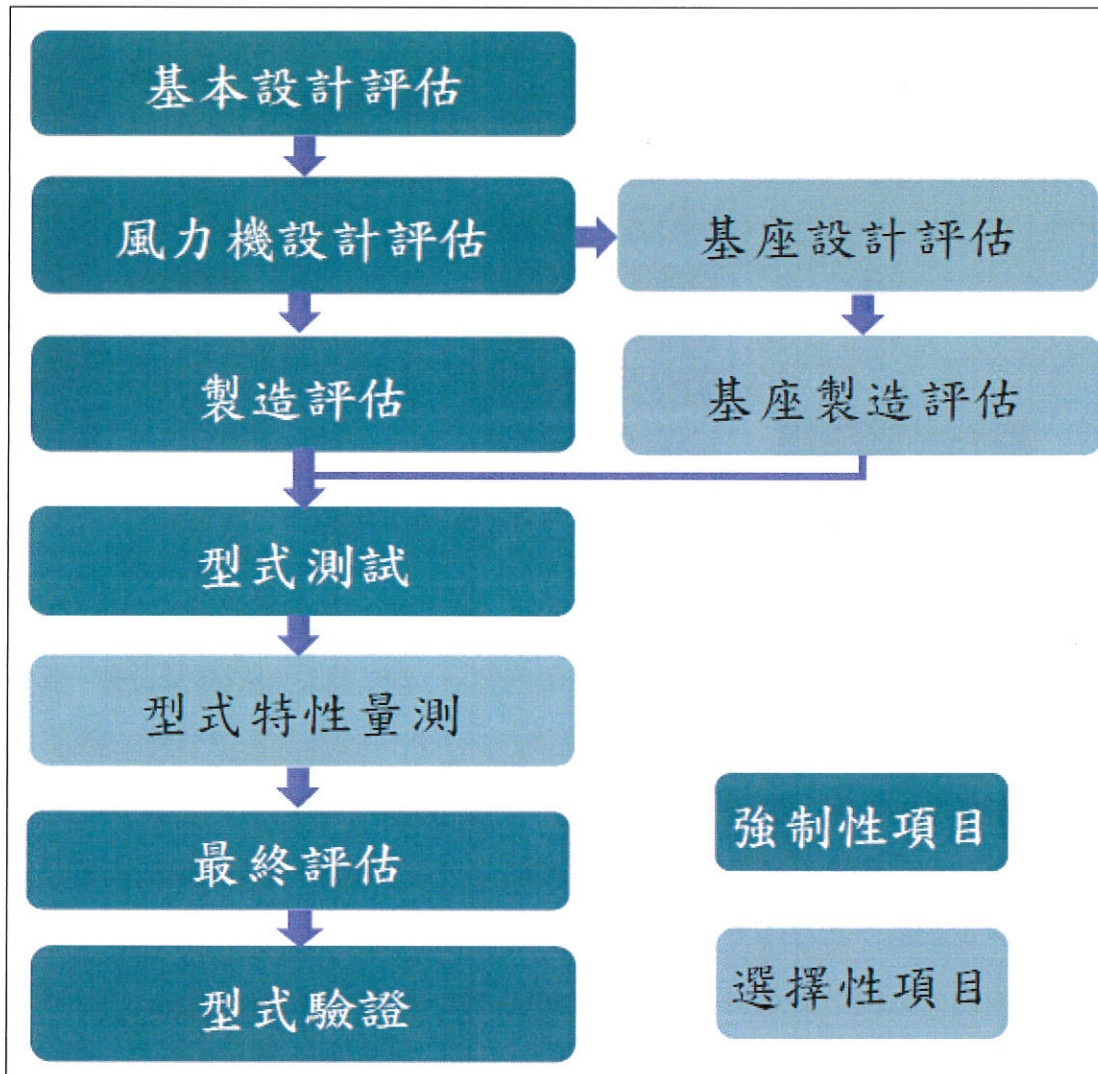


圖 40 IEC 61400-22 之型式驗證流程圖

### 3. IEC 61400-22 專案驗證

專案驗證的目的為評估型式驗證的風機及支撐結構的設計是否適合外部條件、進行施工、滿足電力規範及其他要求，並且包括對設備之驗證，例如測風塔、電纜、電力傳輸設備、變電站和直昇機降落平台等。驗證流程包括設計準則評估(design basis evaluation)、設計評估(design evaluation)、製造檢驗(manufacturing surveillance)、安裝檢驗(installation surveillance)

及試運轉檢驗(commissioning surveillance)五大階段。專案驗證之流程圖如圖 41。

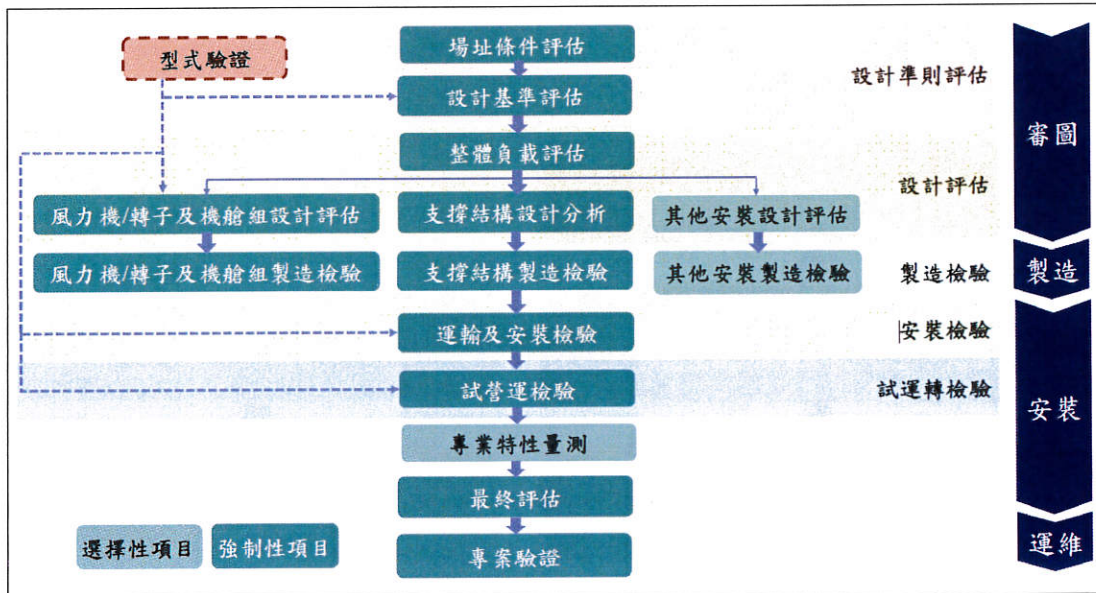


圖 41 IEC 61400-22 之專案驗證流程圖

設計準則評估包括風況、海洋、土壤、電力等之場址條件評估，和評估其設計依據符合足夠之安全設定之設計準則評估；設計評估包括整體負載、風力機/轉子及機艙組之設計評估、支撐結構設計分析，以及其他安裝設計評估；製造檢驗包括對風力機/轉子、機艙組、支撐結構等之製造進行查驗；安裝檢驗包括確保各種零件從工廠運輸至安裝地點，以及支撐結構與風機的安裝在過程中不會損壞之監督檢查。試運轉檢驗則為評估運輸及安裝風機作業程序之文書符合設計依據及 IEC 61400 系列之相關標準。驗證機構最後根據最終評估報告發出專案驗證證書。為了維持證書的可信度，通常會定期進行監督，週期約為兩年。

#### 4. GL 準則

GL 準則適用於型式驗證及專案驗證，其中型式驗證範圍涵蓋離岸風機所有零件之設計、建造、加工、品質、評估、驗證、原型測試、製造與安裝過程中檢，以及品質管理系統。專案認證則包含了場地評估、生產過程監控、運輸和安裝、調整監控與定期監控等。

## 九、海上風電系統(OWF)專案軟體輔助管理技術

(一)第四天(105/8/25)交流下午的課程是由 FECC 高樣先生協助介紹離岸風電場管理軟體 SeaPlanner (上課情形如圖 42), 此軟體主要可以透過在離岸風力機台及其相關周邊設施上裝設一系列監測用的感應器, 透過這些感應器所回傳的數據訊息提供給監控中心作為監控、操作、維修等運作的參考依據, 亦可降低凡事需要派遣人員前往海上現場查勘與維修所帶來的風險。另外, 回傳的數據經由相關分析後可傳遞回報給投資者、融資銀行以及監理機關, 以確保風場營運相關訊息能夠確實地讓上述人員得知, 如圖 43 所示。



圖 42 FECC 高樣講授課程-上課情形

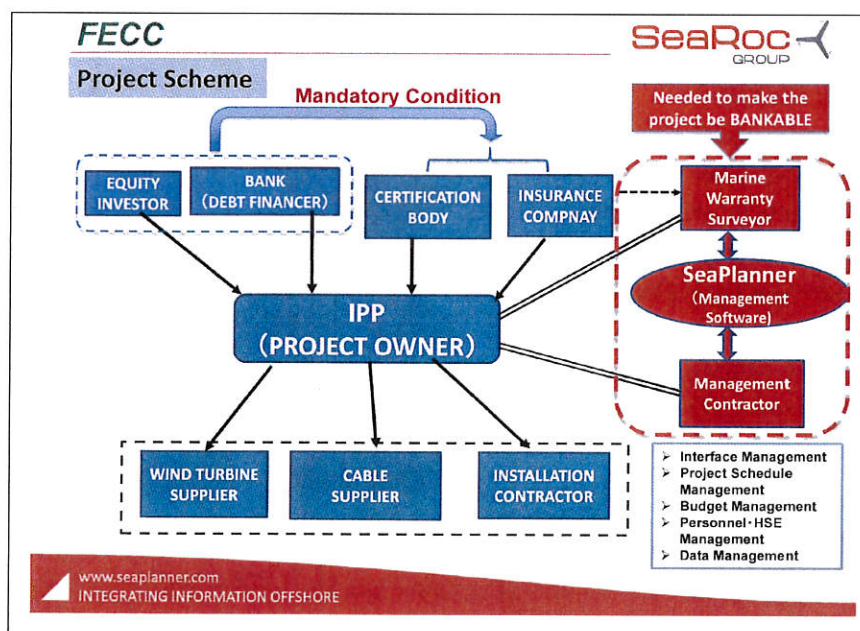



圖 43 SeaPlanner 軟體架構圖

(二)進一步而言，此軟體亦可將相關數據整合後建立設置地的海上及海底地理資訊以及海底動態資訊，可提供給離岸風力機施工廠商與航道參考依據做為施工與管理所用。將數據長期收集後建立風場營運資料庫，提供給爾後需要者參考用，如圖 44~45 所示。

SeaPlanner

## Services: Marine Coordination

- Highly experienced mariners, fully trained on SeaPlanner system
- Ensure site operations are conducted safely and efficiently



www.seaplanner.com  
INTEGRATING INFORMATION OFFSHORE


圖 44 海上及海底座標圖

SeaPlanner

## Marine Operations

Experienced mariners with experience in the following areas:

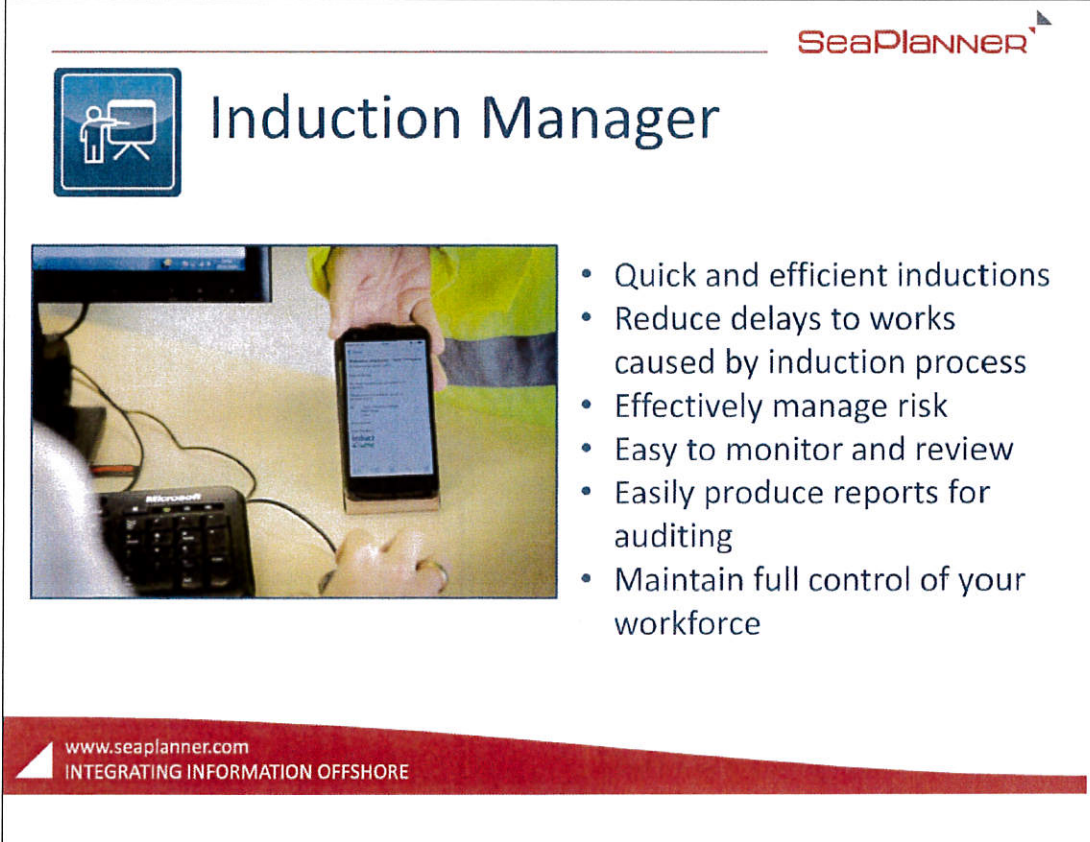
- Offshore installation and construction
- Marine Coordination
- Crew transfer operations
- Generator refuelling operations
- Vessel Audits and suitability studies
- Offshore representatives
- Jack up operations
- Submarine cable installation



www.seaplanner.com  
INTEGRATING INFORMATION OFFSHORE

圖 45 離岸風力機施工示意圖

(三)再者，此套軟體可以透過相關傳輸軟體或者 APP 軟體來讓相關操作人員獲得風場即時訊息，包含設置處的氣象、影像、海象、儀器訊息等，以便於監控者能夠立即做出最佳的處理如圖 46。



The image shows a presentation slide for 'SeaPlanner Induction Manager'. At the top right is the 'SeaPlanner' logo. On the left is a blue square icon with a white person and a speech bubble. The title 'Induction Manager' is in large blue font. Below the title is a photograph of a person in a yellow safety vest holding a smartphone displaying the app's interface. To the right of the photo is a bulleted list of features. At the bottom left is the website 'www.seaplanner.com' and the tagline 'INTEGRATING INFORMATION OFFSHORE'.

SeaPlanner

## Induction Manager

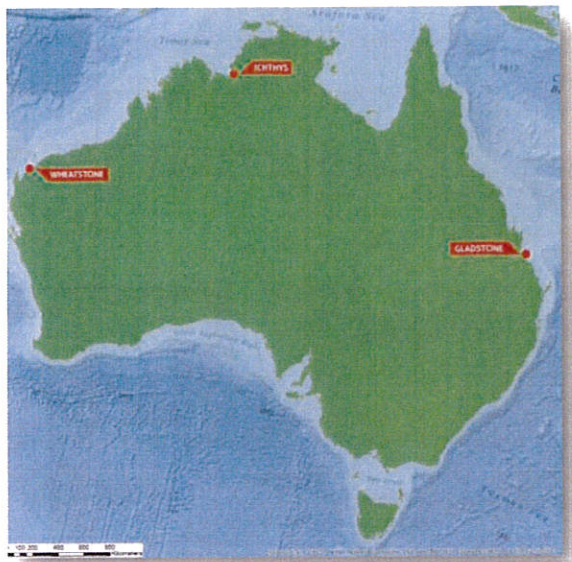
- Quick and efficient inductions
- Reduce delays to works caused by induction process
- Effectively manage risk
- Easy to monitor and review
- Easily produce reports for auditing
- Maintain full control of your workforce

www.seaplanner.com  
INTEGRATING INFORMATION OFFSHORE

圖 46 APP 軟體示意圖

(四)最後，該軟體目前已經被歐亞洲國家如:荷蘭、英國、德國與澳洲等國家作為離岸風場監測用，如圖 47。在未來，台灣離岸風場的監控亦可透過該軟體及其監測設備來進行之，並且請該軟體廠商協助該軟體中文化，以助於本國人士的操作使用。

# Our Experience



www.seaplanner.com  
INTEGRATING INFORMATION OFFSHORE

# Our Experience



London Array



www.seaplanner.com  
INTEGRATING INFORMATION OFFSHORE

圖 47 採用 SeaPlanner 軟體國家示意圖



## 十、參訪福島再生能源研究所

(一)第五天(105/8/26)為福島再生能源研究所(FREA)之參訪行程，ClassNK 帶領研修學員先行搭乘東北新幹線移動至郡山車站(圖 48)，再轉搭計程車至福島再生能源研究所，到達該研究所大樓時，由風電團隊(Wind Power Team)的主管 Mr. Kogaki 簡報說明正在執行之研究領域及大樓後面之實證試驗場設施(圖 49、圖 50 及圖 51)。該再生能源研究所隸屬於日本國立研究開發法人產業技術綜合研究所(AIST)，而 AIST 於 2001 年 4 月進行改制，分為生命科學、奈米技術、地質調查、資訊通訊、環境能源、計量標準等六技術領域研究發展，該所相關領域研究人員共 3020 人，其中福島再生能源研究所即為 2011 年由日本政府推動再生能源再造的基礎研究發展機構。



圖 48 郡山駅



圖 49 福島再生能源研究所簡報現場



圖 50 福島再生能源研究所人員-簡報



圖 51 研修學員聽取簡報及雙方交流

(二)福島再生能源研究所目前占地約為 8 公頃，該所的再生能源設施包含了太陽能發電系統、風力發電系統、氫能汽渦輪機、以及地熱泵系統如圖 52 所示廠區，其中在地熱泵系統方面，該系統主要透過擷取地下數十米深度的熱能，提供建築

物內所需之熱能，但建置所耗費用相當高。在太陽能發電系統方面，日本方面除了一般平面型的太陽能板外，亦開發曲面型的太陽能板（如圖 53 所示）來彌補因為時間不同導致太陽光入射角改變，使得太陽能板發電效率下降，採用此模式可使得太陽能發電在白天運作時間能夠維持穩定的輸出。

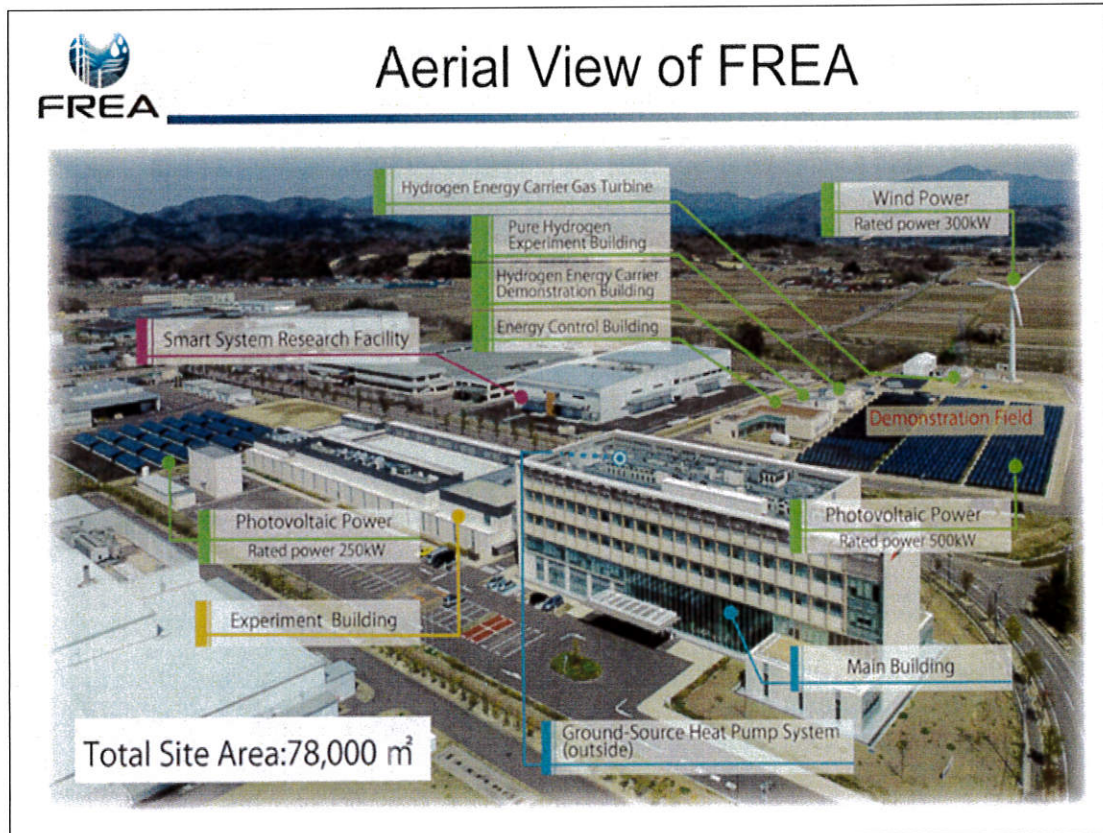


圖 52 FREA 場區示意圖

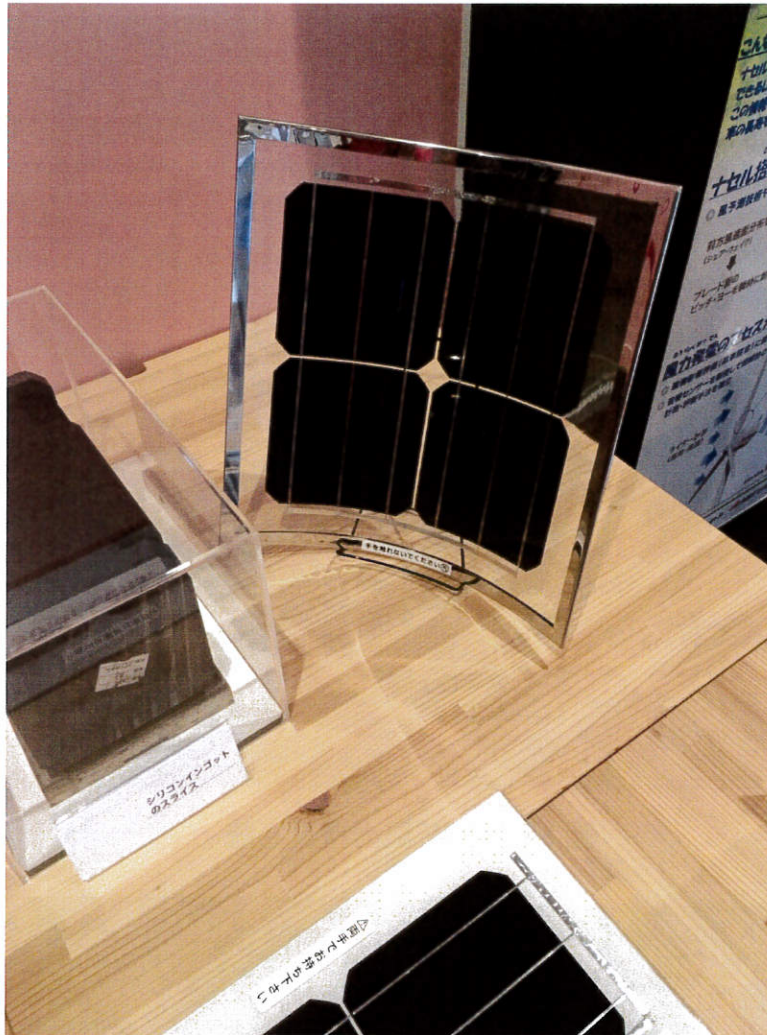


圖 53 彎曲型太陽能板示意圖

(三) FREA 研究所使用 LiDAR 設備來補強傳統風速風向量測設備的缺陷，透過區塊式的偵測方式，以能有效地掌握即時風向和風速的變化，如圖 54 所示。此外，大型風力機慣性極大，所需要的操作反應時間亦需較長，除了上述功能的硬體偵測設備之外，必須建立可供判斷和反應的風場資料庫作為另一發展的重點。故我國發展風電系統不但應依地域性的風場資料調整風電系統控制策略之外，亦應符合該區域場址內的風況要求，以確保其風電系統之運轉安全。圖 55 及圖 56 所示分別為參觀該 FREA 展示區時，館方人員解說風電控制及研修學員駐聽館方人員解說情形。



圖 54 300kW 風力發電系統



圖 55 FREA 人員解說風電控制



圖 56 研修學員駐聽館方人員解說風電控制

(四)太陽能和風力發電系統主要連結至氫能轉換系統，此系統主要功能為要將兩項再生能源所產生的電力先行轉換成氫氣且儲存於儲存槽內，再經由汽渦輪機燃燒運轉產生穩定輸出的電力。此一能量儲存模式，將可彌補再生能源先天的不足之處如：不穩定的電力輸出以及運作時間的侷限，且相較於傳統利用大容量電池直接儲存轉換之模式，可省去昂貴的電池成本支出以及大量設置廠房面積，也避免電池過度充放電導致之損耗與額外電池散熱的電力消耗，如圖 57 所示。此氫能轉換系統，除了解決上述所稱供電穩定性的方法，若以台灣地區的風能分布型

態，在夏季期間為台灣主要用電高峰時期，但是此期間的風能蘊含量遠不及秋冬季之東北季風效應，以及太陽能板發電效率最佳時間在白天期間。換言之，若是能夠透過此系統將能源儲存下來，待進入用電高峰期間可做供電來源之一，這亦為解決台灣因先天環境因素無法有效使用再生能源的選項。圖 58、圖 59 所示分別為參觀 FREA 風力發電及太陽光發電實證試驗場，以及參訪結束時，研修學員與日本福島再生能源研究所及 ClassNK 人員之全體合照。

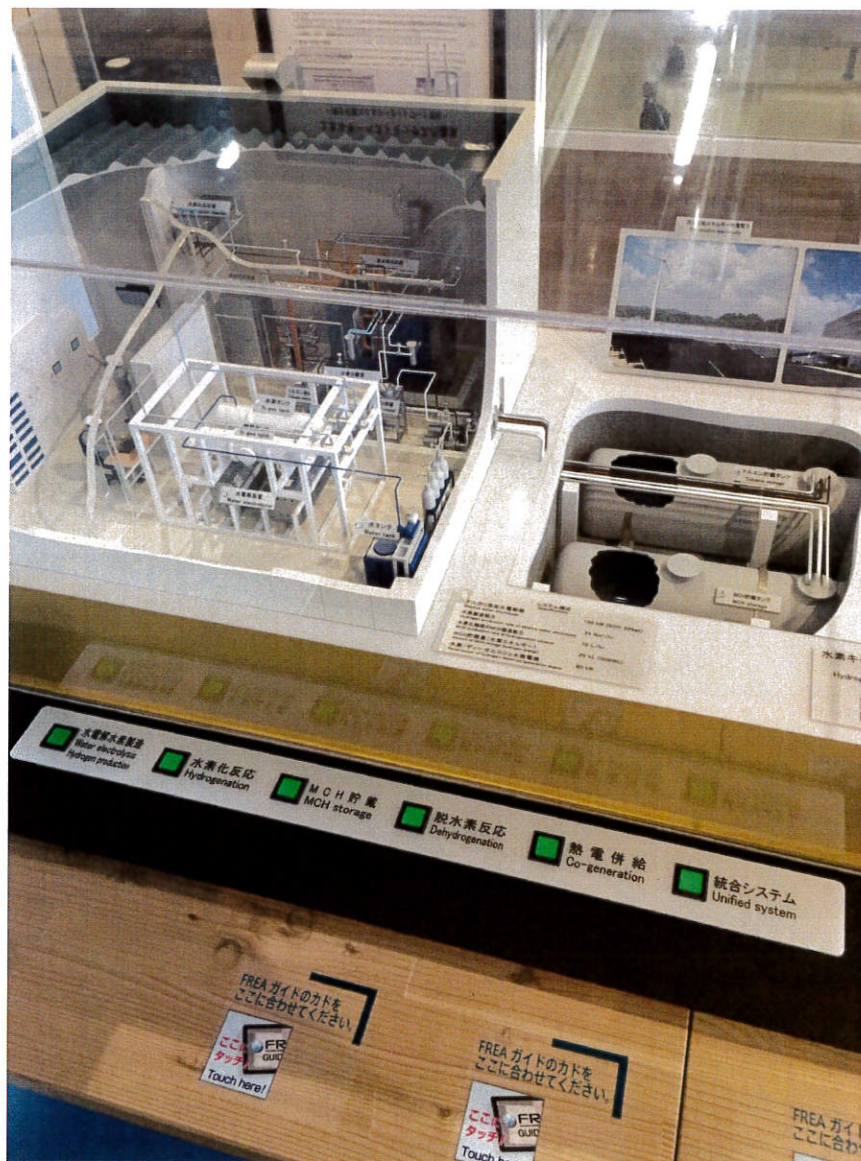


圖 57 氫能轉換系統示意圖



圖 58 參觀 FREA 風力發電及太陽光發電實證試驗場

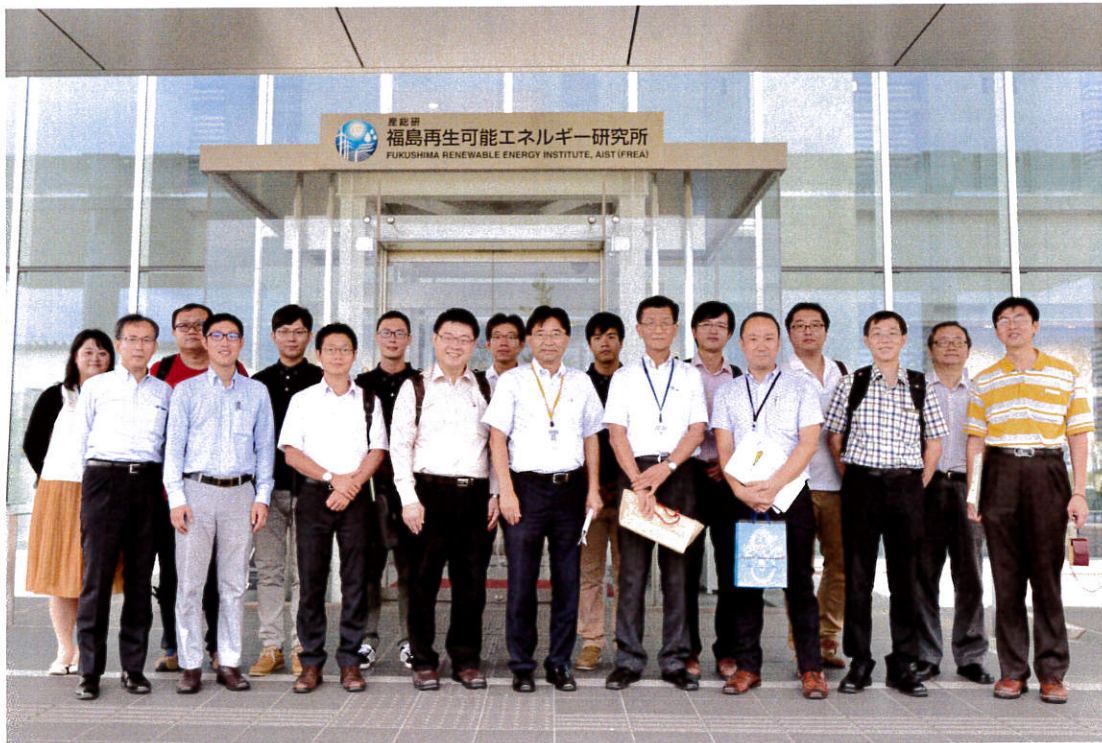


圖 59 研修學員與 FREA 及 NK 人員合照

## 叁、心得及建議

- 一、此次能夠前往日本 ClassNK 驗證機構接受相關課程訓練與參訪福島再生能源所，皆是非常難得之寶貴經驗。其中了解日本在離岸風場之建置花了相當多的心力與時間，也體驗到日本在產學研合作之完整性，產業界工程之要求由學研機構所研究之理論與實驗來支持，學研機構所需之經費與研究方向則由政府及產業界來提供，良性循環、互利共生的合作模式值得借鏡及學習。
- 二、ClassNK 利用 MASCOT 軟體預估日本的極端颱風條件，以進行 IEC 和國內法規的制定；台灣需要使用此軟體來正確預估海上風況，特別是在極端條件預估是爭議熱點。由於台灣於海上環境的量測時間短，以統計方法推估百年重現期的數值無法落於高信賴區間內；是以使用軟體模擬能補足實證資料的不足。MASCOT Basic 接受各式地形資訊，包括山區及海洋，故只需把台灣地形依其格式建入模擬，能算得離岸場址的地形放大係數；惟需要留意的是模擬時間長，日本東京大學採用高速超級電腦計算，軟體要求高規格硬體支援。而 MASCOT Typhoon 已內建整個亞熱帶區域的歷史颱風，能直接適用於台灣區域的颱風模擬。在現場工程師就直接先假設地形放大係數為 1.0 (實際上較大)，模擬彰濱外海處的極限颱風風速將近 50 m/s，與目前台灣使用的設計風速相去不遠，顯示結果有相當的可靠性。
- 三、東京大學石原孟教授主持日本離岸國家型計畫及參與 IEC TC 88 離岸風力機標準制定，對風力機從陸域、近岸到離岸的發展，定置型平台至浮動式平台所需克服困難，風力機標準的主導及海事工程技術等，涉獵甚深值得向其請益。
- 四、因應日本法規的強制要求下，驗證機構 ClassNK 已累積不少風力機相關之原型、型式以及專案認證經驗，我方亦對 ClassNK 在離岸風力機標準測試驗證、海事擔保調查、浮體式風力發電等方面之技術能量有初步之認識，為後續可能的合作奠下相當好的基礎。

- 五、由於離岸風力機是一個大型且複雜之系統，當中包含許多種類的零組件所構成，加上體積龐大、長時間運轉、需承受較為極端的天候環境等運作情況，因此對於安全性及可靠度需更謹慎的考量，在歐洲及美國等發展已久的地區，風力機檢測驗證成為了一項有利於產業投資及風力機發展的必要項目。歐美國家達成共識訂定出的 IEC 61400 風力發電機系列標準，在亞洲或其他各國，近幾年皆積極推動風力發電相關國家標準，大多也都引用自 IEC 61400 國際標準來與國際接軌，再依照各國市場與環境場情況，進行規範細部的修改與項目增減修訂。
- 六、近年來亞洲各國也開始推行新能源政策，力求推動再生能源發展，風力發電產業即為其中一項主軸，如日本已經積極運用離岸風場示範計畫建立實績，相關產業經驗值得借鏡。另外，日本在離岸風力機上亦有許多面向的研究，有關於離岸風力機標準、檢測驗證相關知識及技術上，也提出一些歐美地區未曾考慮到的颱風、地震問題，並且與大學密切合作，進行日本離岸國家型計畫，以及參與 IEC TC 88 離岸風力機標準制訂工作。藉由台日合作，期能於後續推動國內風力機關鍵零組件之自主設計、開發與製造，並由標準制定及測試驗證能量建置，強化與國際相關單位合作交流，加速我國離岸風力機標準檢測驗證技術研發，促使國產化離岸風力機產品與國際接軌。
- 七、我國內產業鏈雖有涉足國際離岸風電領域之零組件製造，但未有具完整設計開發以至生產製造之系統經驗的本土大型風電製造商，本次交流透過日本方面提供相關的工廠檢查規劃項目，實為我方與會人員提供極豐富之學習經驗。但若依 IEC 61400-22 的架構來看，未來離岸風電的製造檢查項目，除塔架以上葉片和機艙內等零組件之外，勢必需針對風力機之支持結構物實施檢查和監督，如塔架及海上平台等，該檢查所需之專業能力涵蓋了機電整合、電力、結構、材料、海事工程等領域，且須依設計驗證階段的結果逐一確認，並應具備確認製造商提出製造方法及允收條件之能力，如此才得以有效為我國風電設備之安全把關，落實真正的永續能源發展目



標。

- 八、臺灣海峽風力及水力資源相當可觀，但因技術與成本問題，離岸風力發電發展緩慢，且國內離岸風力發電的困境是無風場開發的實績，而財務槓桿、風險評估及不確定性都偏高，進而深深影響國內業者的投資意願。若要加速發展，可借鏡日本發展經驗，加速推動離岸風力發電關鍵零組件的自主、技術整合及分工產業鏈，再配合優惠的獎勵措施，鼓勵國內業者投入此項風力發電產業。
- 九、台灣可評估是否仿效東京大學石原孟教授於研修課程中順便介紹之日本「福島市 Fukushima)浮體式離岸風力機風場」及「千葉縣銚子市(Choshi)固定式離岸風力機風場」等建置模式之可行性，先以定置型的海上風力發電平台，來蒐集有關台灣沿海地區特殊的颱風、地震及洋流等資訊數據，尤其去年(104 年)蘇迪勒颱風在高美濕地造成 16 級強風摧毀台電公司 6 根風力發電機組，初估財務損失 4.6 億新臺幣，更加凸顯風力機抗颱耐震設計要求的重要性。
- 十、對電力用電需量反應的各項準備工作與互通性研究，電力公司的配合是計畫推動成敗的關鍵，目前日本離岸風力機計畫建置了不同廠商的風力機，其通訊協定各自獨立運作，電力公司亦不需要取得個別風力機的資訊，僅需要能夠監控個別風場的電力資訊及發生狀況時進入解聯模式即可，這種模式值得台灣學習，但必須協助國內不同風力機廠商與台電在未來併聯、解聯兩種模式間平順無縫轉換，確實測試評估個別風力機所屬風力變頻器是否精確偵測控制自動電壓頻率調整之功能，才能使併網型風力機之發電品質獲得改善。
- 十一、建議未來應與日本海事協會 ClassNK 及日本離岸國家型計畫主持人石原孟教授等持續加強交流，以利取得國際間最新的標準制定資訊及技術發展趨勢，亦能協助國內廠商的產品符合國際市場之需求，期以促進臺、日兩國間風力發電相關技術持續開發可能的合作契機。
- 十二、離岸風力機設計規定中文標準修訂草案 1 案(IEC 61400-1 ed 3.1

(2014-04)Wind turbines – Part 1: Design requirements)： IEC 已於 2014 年 4 月發布新版本 IEC 61400-1 Edition 3.1 Wind turbines – Part 1: Design requirements，此一 IEC 標準已由金工中心配合本局邀請相關專家學者召開多次標準草案技術審查會議進行討論及修正，完成對應之國家中文標準 CNS15176-1 草案的修訂，預定最快年底前可能公布。至於 IEC TC88 正修訂中之 IEC 61400 Ed.4.0（第四版）標準（IEC 官方網頁最新訊息顯示預訂於 2018 年 1 月發布前），仍應持續針對有關抗颱風耐震條文進行瞭解及研究，隨時掌握國際間 IEC 修訂之訊息及脈動，以期規劃結合我國法令要求，建立符合我國抗颱風耐震離岸風力機設計準則之國家中文標準修訂版。另依據 IEC 61400-22 標準，亦協助及督促該中心積極規劃 Class IA 離岸風力機型式驗證，儘早於 106 年向國內 TAF 及國際驗證機構申請取得實驗室認證，規劃並推動離岸風力機檢測與驗證國際合作平台、與國際離岸風力機相關檢測驗證機構（至少涵蓋美國、日本、歐盟等三大主要市場）進行驗證技術交流，且與英國、德國、美國及日本驗證模式比較，建立國際離岸風力機相關標準檢測驗證機構技術合作管道及溝通平台，強化國內離岸風力機檢測驗證平台之效益，將國內離岸風力機檢測及驗證技術與國際驗證機構建立技術互認機制。

## 肆、附件

附件一 IEC 風力機標準

附件二 日本風力發電審查制度

附件三 離岸風電系統抗颱風標準技術要求

附件四 離岸風電系統抗颱風標準計算分析

附件五 NEDO（新能源與產業技術總合開發機構）

附件六 台灣再生能源發電業申請設置審查及作業流程

附件七 日本結構物管理法

附件八 MASCOT 講義

附件九 離岸風電系統產品關鍵零組件檢測與驗證技術

附件十 OWF（海上風電系統）管理技術(FECC)

附件十一 AIST（產業技術總合研究院）介紹

附件十二 FREA（福島再生能源研究所）介紹

# Revision of IEC 61400-1 IEC Standard for Large Wind Turbine

---

22 August 2016

IMAMURA Hiroshi  
Wind Energy Institute of Tokyo, Inc.

---

NK Offshore Wind Turbine Training in Japan on 22-26 August 2016, NK, Tokyo

## Contents

---

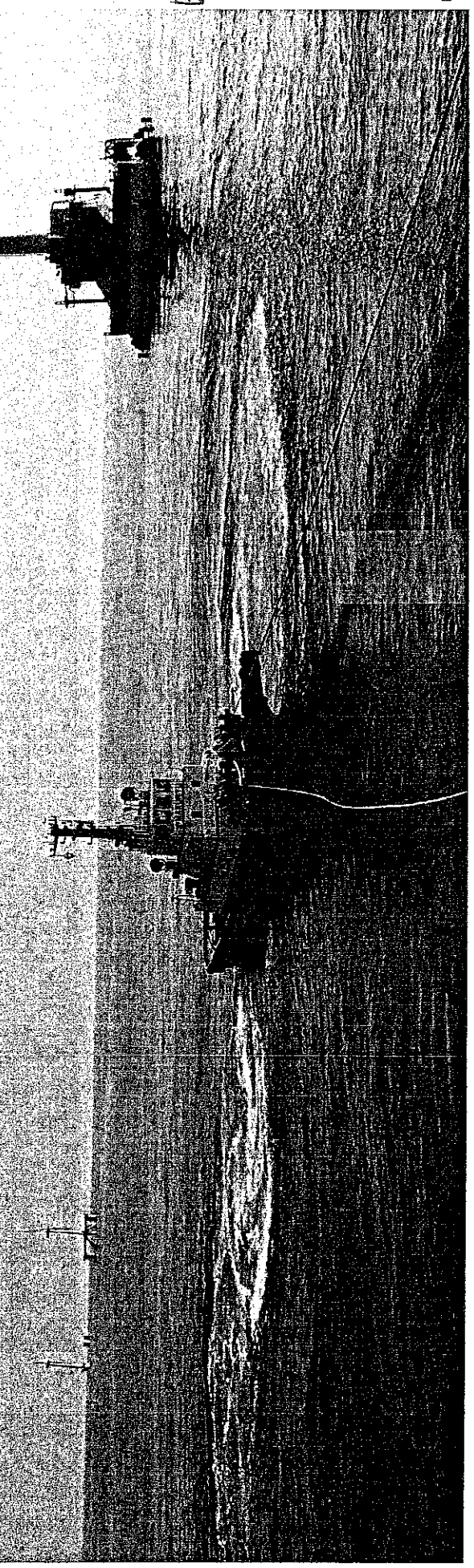
- Company profile of WEIT
- Revision of IEC 61400-1
- Actions of Subcommittees
- Actions of Tropical Cyclone Subcommittee

✓ BSMI/Chuck  
8/22/16 下午  
14:40 AM

# ClassNK

電気事業法に基づく保安規制と風車認証  
Safety regulation of Electric Business Law

and  
Certification Service



BSMI

Chuck

8/22/16

上午

電子指

available

# 離岸風電系統抗颶標準技術要求

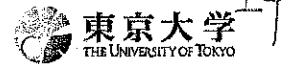
## Technical requirement for OWT standard in connection with Typhoon

Takeshi Ishihara 石厚教授

Department of Civil Engineering  
The University of Tokyo

ClassNK

2016. 8. 23



### Outline



- Overview of technical requirement for OWT standard in connection with Typhoon   
↳ offshore Wind Turbine
- An analysis of damaged wind turbines by typhoon Maemi in 2003

△ Mascot 考慮在綫模擬, 不考慮瞬間影響! 設計風速, 視地形及距離之影響,   
↳ eg (18-20km 有影響), (3km 有影響)

# 離岸風電系統抗颶標準計算分析技術

8/23/16

## Calculation and analysis for OWT standard in connection with Typhoon

Takeshi Ishihara

石厚教授

Department of Civil Engineering  
The University of Tokyo

BSM/Chuck  
8/23/16  
上午

ClassNK

2016. 8. 23

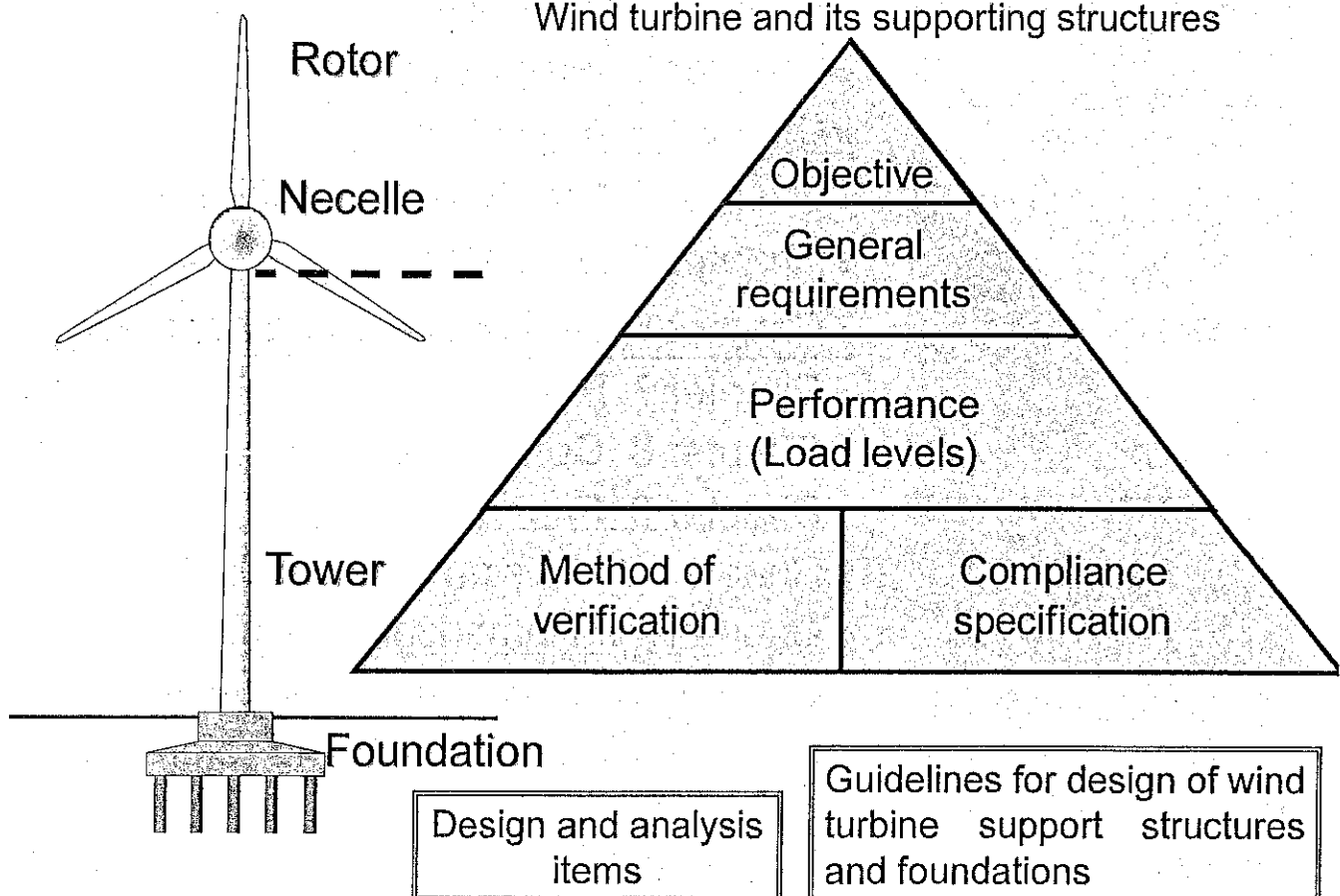


### Performance-based design



2

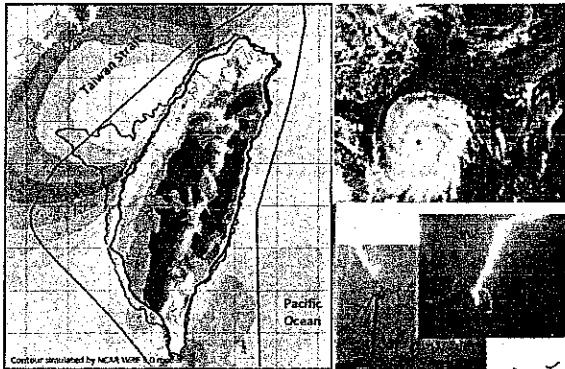
Wind turbine and its supporting structures



# Introduction of International Demonstration Project scheme promoted by NEDO



Tentative Plan of "Demonstration project for the verification of performance and reliability of Japanese offshore wind turbine system under natural environment in Taiwan"



日本海事協会 (ClassNK)  
 ✓ August 23, 2016

FL

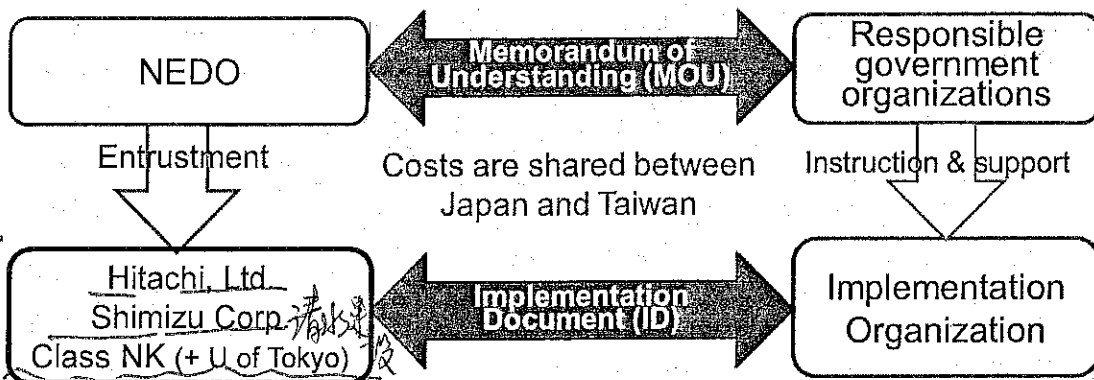
Handwritten note: 先1台demo => 後才招標建19台商業, 較合理!

## 1. NEDO's Overseas Project Implementation Scheme

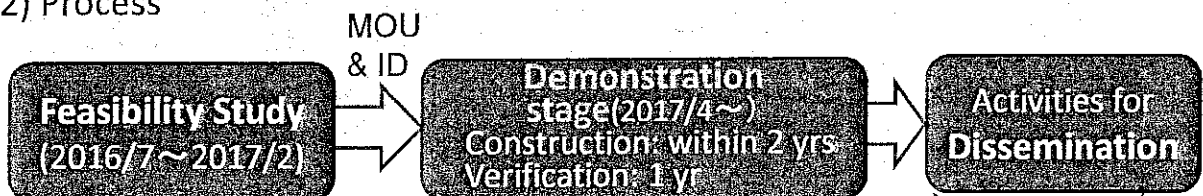
■ The purpose of the projects:

Demonstration of the effectiveness of advanced Japanese clean energy and environmental technologies through this scheme in overseas countries.

(1) Contractual framework



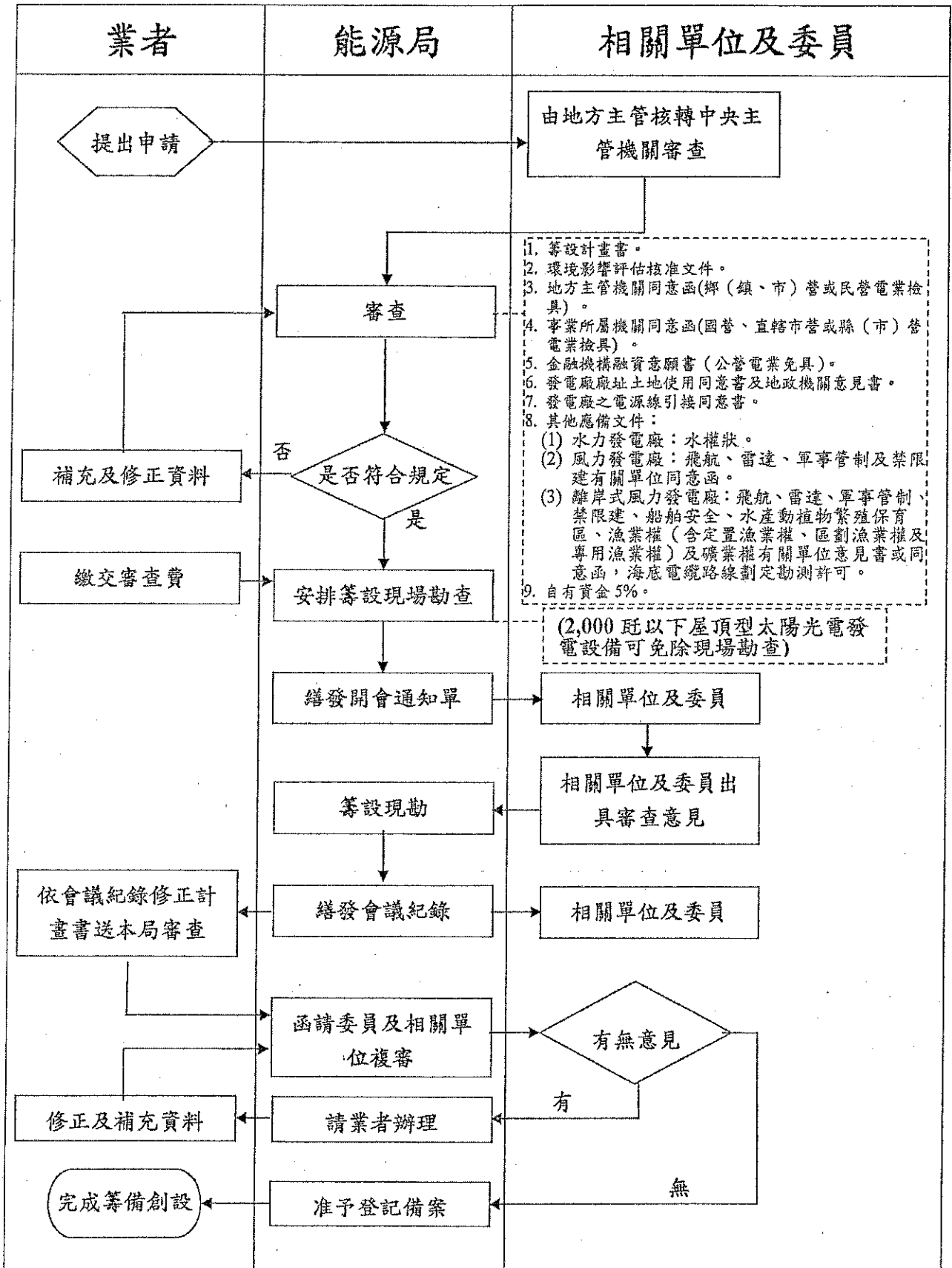
(2) Process





# 再生能源發電業申請設置審查及作業流程

## 籌備創設審查流程圖



△石原 益 <http://windeng.t.u-tokyo.ac.jp/ishihara/e/>

支持構造物に係わる日本の環境条件と評価方法について

附  
件  
書

# Site environmental conditions and evaluation methods for wind turbine structures in Japan

Takeshi Ishihara 石原教授

Department of Civil Engineering  
The University of Tokyo

BSM/chuck

8/24, '16  
ky

ClassNK

2016. 8. 24

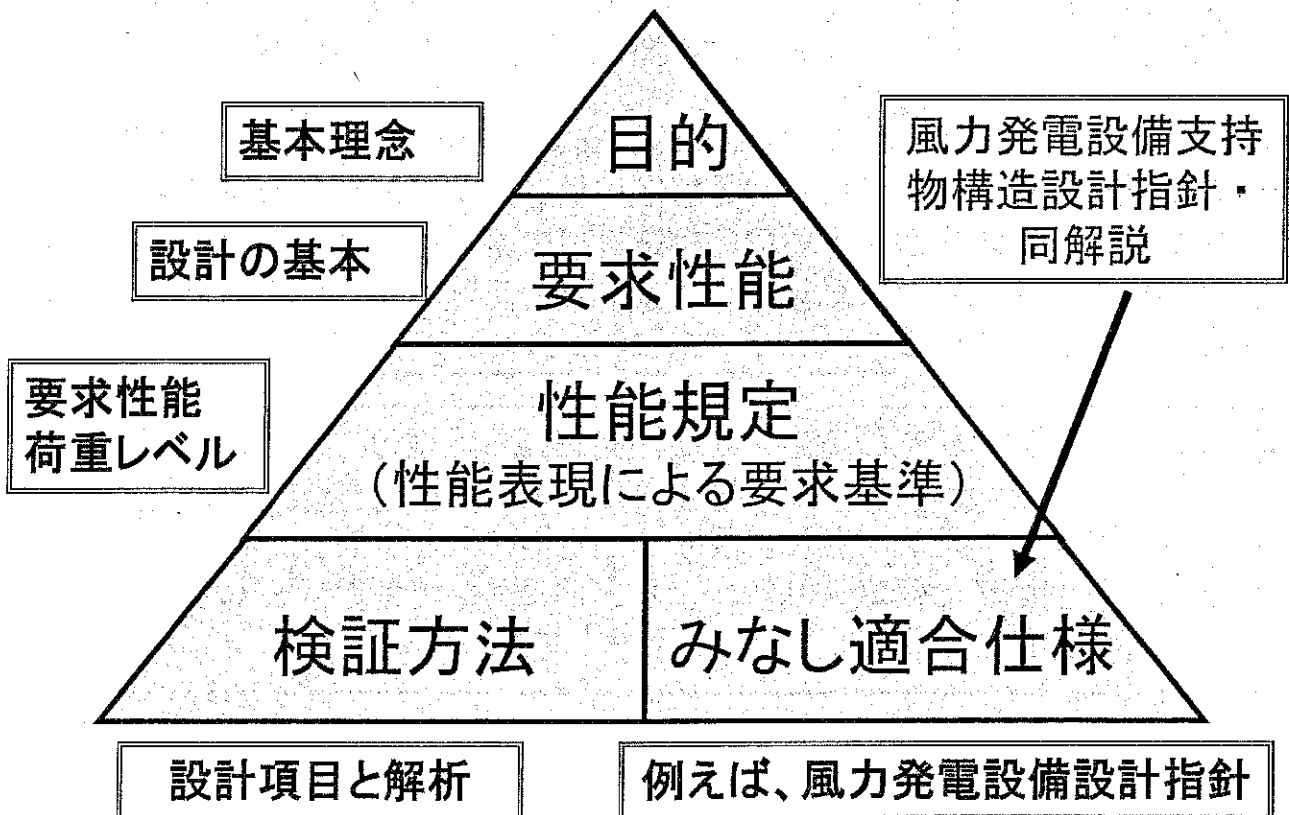


⇒ 預估 2018 年 公布 std

## 風力発電設備支持物の性能評価

2

### 性能規定化



# MASCOT講習会

(株) 水域ネットワーク



→ 適切な風場環境! (評価wind farm)  
MASCOTシステムで出来る事

BSM/Chuck

8/24, 16  
下午

## 風況予測

① 風観測結果を利用した方法

利用バージョン: Basic or Ver.3 (Basic, Energy)

② 地域気象解析結果を利用した方法

利用バージョン: Basic or Ver.3 (Basic, Energy)

## 設計風速評価

① 風向特性を考慮しない方法

利用バージョン: Basic or Ver.3 (Basic, Engineering)

② 風向特性を考慮する方法

利用バージョン: Ver.4 (Basic, Engineering, Typhoon)

**ClassNK**

## Offshore Wind Turbine Training

Verification and certification  
for essential components of  
OWT

25<sup>th</sup> August 2016

Nippon Kaiji Kyokai (ClassNK)  
Renewable Energy Dept.  
S. SASAKI

© Copyright by NIPPON KAIJI KYOKAI

Verification and certification for essential components of OWT **ClassNK**

### Outline

#### < Rotor blades and Gearboxes >

1. Certification of wind turbine
  - (1) Type certification
  - (2) Project certification
  - (3) Component certification
  - (4) Prototype certification
2. Inspection/test of essential components
  - Rotor blades
  - Gearboxes
2. Certification for essential components

BSMI/Chude  
25/16  
EG-1  
1/2



**ClassNK**

**Offshore Wind Turbine  
Training**

**Inspection/test standard for  
essential components of  
OWT**

25<sup>th</sup> August 2016  
Nippon Kaiji Kyokai (ClassNK)  
Renewable Energy Dept.  
S. SASAKI

© Copyright by NIPPON KAIJI KYOKAI

---

**Inspection/test standard for essential components of OWT ClassNK**

---

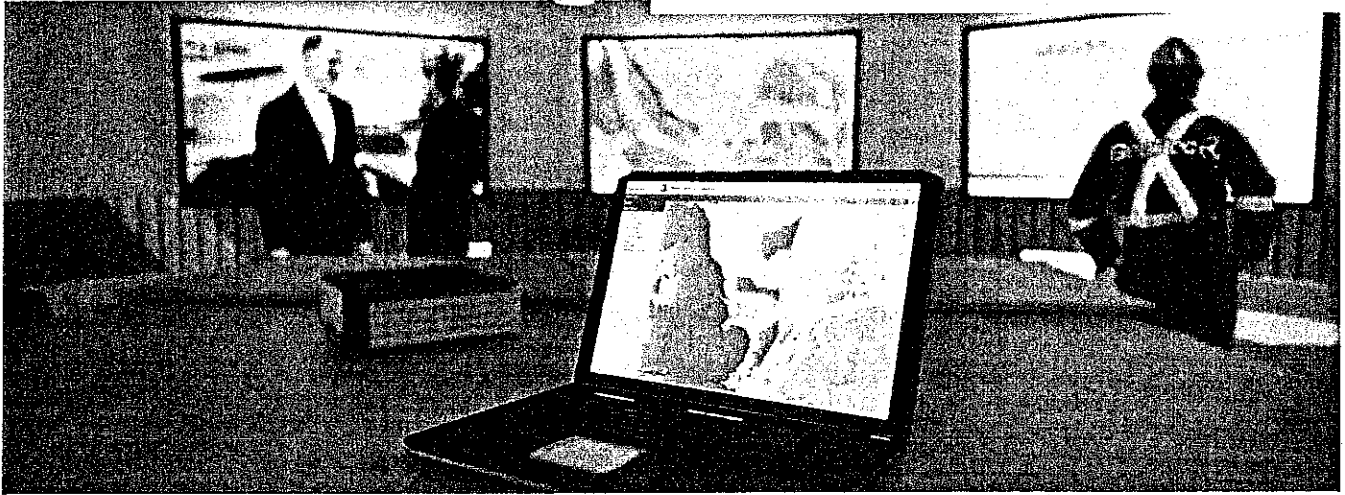
Outline

< Rotor blades and Gearboxes >

1. Arrangement and construction
2. Inspection/test for rotor blades
3. Inspection/test for gearboxes

*BSM/Chuck*

*8/25/16  
上野 2/2  
F7*



## (OWF) Offshore Wind Farm Project Management using SeaPlanner (Management Software)



www.seaplanner.com  
INTEGRATING INFORMATION OFFSHORE

Project Management is key to make OWF project be  
"BANKABLE"

What BANKABLE means?

- ✓ Profitable:  $REVENUE \div CAPEX/OPEX = IRR?$
- ✓ Site: FULLY CONSENTED (Permit, EIA, Local consent) ?
- ✓ Wind: FINANCE GRADE WIND DATA?
- ✓ Funding: EQUITY/DEBT ?
- ✓ Project Planning and Management:
  - A) PROPERLY PLANNED?
  - B) CONTRACT MANAGEMENT
  - C) HSE MANAGEMENT?
  - D) TIMELY COMPLETION?
  - E) NO COST OVER-RUN?
  - F) PROPER O&M ?

*BSMI/  
Chuck  
8/25/16  
TS*

www.seaplanner.com  
INTEGRATING INFORMATION OFFSHORE

# Wind Power Team

- Status of wind power deployment in Japan and R&D activities in AIST-FREA -



Tetsuya KOGAKI

Team Leader, Wind Power Team  
Fukushima Renewable Energy Institute (FREA)  
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

## Status of Wind Energy Development in Japan

Total installed wind generation	3,038 MW* (2,794 MW, 2014)
Offshore	52.6 MW* (49.6 MW, 2014)
Annual net increase	244 MW* (130 MW in 2014, 55 MW in 2013)
Total electric output from wind	5.223 TWh/year (5.021 TWh/year in 2014)
Wind generation as % of national electric demand (953.5 TWh)	0.55 % (0.5 % in 2014)
Target	N/A
Prospect	10 GW by FY2030**

\* Statistics at the End December 2015 (JWPA and JWEA).

\*\* The Long-term Energy Supply and Demand Outlook (2015, METI).



**FREA**

# Overview of Fukushima Renewable Energy Institute, AIST (FREA)

---

8/26/16



National Institute of  
Advanced Industrial Science  
and Technology

**AIST**

Aug.2016