

出國報告（出國類別：洽公）

「離岸風力發電第一期計畫—
示範風場新建工程」風機機艙組裝之
外國製造工廠檢、試驗等相關監造工
作

服務機關： 台灣電力公司營建處

姓名職稱： 馮啓棠 機械設計專員

派赴國家： 日本

出國期間： 108.12.22～108.12.28

報告日期： 109.02.14

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：「離岸風力發電第一期計畫－示範風場新建工程」風機機艙組裝之外國製造工廠檢、試驗等相關監造工作

頁數 50 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話 台灣電力公司/陳德隆/(02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

馮啓棠/台灣電力股份有限公司/營建處/機械設計專員/(02) 23666933

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他(洽公)

出國期間：108/12/22~12/28

出國地區：日本

報告日期：109/02/14

分類號/目

關鍵詞：風力機機艙轉子總成(RNA)、組裝程序、RNA 工廠檢、試驗

內容摘要：(二百至三百字)

本公司「離岸風力發電第一期計畫－示範風場新建工程」之風力機機艙轉子總成(RNA)係由日本日立製作所設計製造，日立製作所埠頭工廠與國分工廠具豐富的電力設備，涵蓋風力發電機組(埠頭)、超高壓變壓器(國分)和超高壓開關(國分)相關產品製造組裝經驗。

本次洽公係與日立製作所工程人員，藉由工廠組裝程序及工廠檢、試驗經驗交流，並於現場進行見證製造品質檢查及相關文件審查，進而獲得許多製造現場作業資訊，並偕同經濟部標準檢驗局(BSMI)、財團法人金屬工業研究發展中心(MIRDC)、財團法人台灣電子檢驗中心(ETC)以及財團法人全國認證基金會(TAF)進行專案驗證和型式驗證技術交流，確認國外製造品質均能加以控管，從製造源頭管理降低產品需求不符之風險，以利本工程能如期如質完工加入系統。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)

目 錄

壹、	國外公務之內容與過程	1
一、	目的.....	1
二、	行程與工作項目	2
貳、	執行過程與內容	3
一、	參訪單位簡介及日立 5.2 MW 風力機規格	3
二、	組裝方法與步驟、程序及廠驗活動說明	6
(一)	組裝方法與步驟	6
(二)	組裝機具	7
(三)	主要組件組裝程序	8
1.	輪轂組裝程序	8
2.	旋翼控制系統組裝程序	9
3.	轉向系統組裝程序	10
4.	輪轂及傳動系統組裝程序	11
5.	機艙罩組裝程序	14
(四)	廠驗活動說明	15
1.	第一日(日期：2019 年 12 月 23 日).....	16
2.	第二日(日期：2019 年 12 月 24 日).....	21
3.	第三日(日期：2019 年 12 月 25 日).....	26
4.	第四日(日期：2019 年 12 月 26 日).....	33
5.	第五日(日期：2019 年 12 月 27 日).....	39
三、	RNA 工廠試、檢驗程序	40
(一)	試、檢驗設備及儀器	40
(二)	試、檢驗步驟	41
1.	絕緣電阻量測	42
2.	電源檢查	42
3.	設定值檢查	43
4.	輸入信號確認	44

5.	保護/安全電路檢查	44
6.	輔助運作試驗	45
7.	輔助電流測量試驗	45
8.	旋翼系統測試	46
9.	轉向系統測試	48
10.	綜合運作測試.....	48
11.	驅動系統測試.....	48
12.	施工用設備試驗(扭轉馬達運作確認試驗).....	49
參、	國外公務之心得與感想	49
肆、	建議事項	49

表 目 錄

表 1_日立 5.2MW 風力機規格表.....	5
表 2_日立 5.2MW RNA 組裝區概述.....	7
表 3_日立 5.2MW RNA 製造主要設備.....	7
表 4_日立 5.2MW 輪轂組裝程序概述.....	8
表 5_日立 5.2MW 旋翼控制系統組裝程序概述.....	9
表 6_日立 5.2MW 轉向系統組裝程序概述.....	11
表 7_日立 5.2MW 輪轂及傳動系統組裝程序概述.....	13
表 8_日立 5.2MW 機艙罩組裝程序概述.....	15
表 9_HTW 5.2-127 風力機型式驗證及委託驗證機構.....	35
表 10_ HTW 5.2-127 風力機型式驗證資訊.....	35

圖目錄

圖 1_日立製作所埠頭工廠.....	4
圖 2_日立製作所國分工廠鳥瞰圖.....	4
圖 3_RNA 組裝示意圖.....	6
圖 4_日立 5.2MW 輪殼組裝示意圖.....	8
圖 5_日立 5.2MW 旋翼控制系統組裝示意圖.....	9
圖 6_日立 5.2MW 轉向系統組裝示意圖.....	10
圖 7_日立 5.2MW 輪殼及傳動系統組裝示意圖.....	12
圖 8_日立 5.2MW 機艙罩組裝示意圖.....	14
圖 9_團員參觀日立港裝卸碼頭.....	16
圖 10_團員與日立公司運轉與維護訓練用風力機機艙合影	17
圖 11_製造組裝區之風險管理安全對策看板.....	17
圖 12_齒輪箱吊掛作業.....	18
圖 13_高空作業專用帽.....	18
圖 14_組裝人員使用螺栓張力器進行組裝齒輪箱固定架..	19
圖 15_現場見證齒輪箱固定架組裝作業.....	19
圖 16_齒輪箱吊掛入機艙.....	20
圖 17_目視抽查螺栓張力器讀值.....	20
圖 18_進入加熱區前作鞋部落塵處理.....	22
圖 19_主軸軸承使用感應加熱方式加熱.....	22
圖 20_主軸軸承加熱完成吊起確認膨脹程度(左圖).....	23
圖 21_軸承組裝前於固定軸上加導熱膏(右圖).....	23
圖 22_主軸承(發電機側)吊起安裝於固定軸.....	23
圖 23_輪殼罩加熱所採用之隔熱帳.....	24
圖 24_輪殼加熱所採用之加熱器(加熱時有警示燈閃爍)..	24
圖 25_固定主軸與輪殼收縮配合.....	25
圖 26_測力器確認固定主軸與輪殼收縮配合後的加壓管理	25
圖 27_收縮盤鎖緊作業.....	26
圖 28_現場見證旋翼軸承組裝作業(左圖).....	27
圖 29_旋翼驅動器安裝在旋翼軸承(右圖).....	27
圖 30_工程人員說明測量尺輪間隙用間隙規(左圖).....	27

圖 31_間隙規(右上圖).....	27
圖 32_軸承自動潤滑裝置(右下圖).....	27
圖 33_旋翼軸承安裝至輪轂本體.....	28
圖 34_製造程序書與組裝圖不符.....	28
圖 35_現場確認扭力扳手有儀器校正(左圖).....	29
圖 36_現場確認扭力扳手鎖緊轉矩值(右圖).....	29
圖 37_工程人員以扭力扳手鎖緊轉子鎖.....	29
圖 38_工程人員確認轉子鎖鎖緊狀態.....	29
圖 39_本公司 5.2MW 風力機之發電機.....	30
圖 40_本公司 5.2MW 風力機之齒輪箱.....	30
圖 41_本公司 5.2MW 風力機之機艙罩(左/右側).....	30
圖 42_本公司 5.2MW 風力機之機艙前方組件.....	30
圖 43_本公司 5.2MW 風力機之機艙水冷用散熱片.....	31
圖 44_本公司 5.2MW 風力機機艙水冷散熱示意圖.....	31
圖 45_文件審查情形(左圖).....	31
圖 46_文件審查卷宗(右圖).....	31
圖 47_旋轉主軸進料檢驗判定誤植.....	32
圖 48_設計評估、型式驗證及專案驗證相對應關係圖....	34
圖 49_風力機型式驗證研討.....	38
圖 50_風力機專案驗證研討.....	38
圖 51_參訪團員與日立公司合影.....	39
圖 52_日立 5.2 MW 機艙設備概略圖.....	40
圖 53_檢驗儀器校準紀錄.....	40
圖 54_RNA 工廠試、檢驗步驟圖.....	41
圖 55_絕緣手套及絕緣墊.....	41
圖 56_絕緣電阻量測確認.....	42
圖 57_電源投入.....	42
圖 58_檢查相位旋轉確認.....	42
圖 59_電壓量測確認.....	43
圖 60_電流量測確認.....	43
圖 61_平板電腦遠端監視(左圖).....	43

圖 62_控制盤狀態監視(右圖).....	43
圖 63_控制盤模擬異常訊號(左圖).....	44
圖 64_控制盤確認異常物理及數位訊號(右圖).....	44
圖 65_安全電路檢查.....	44
圖 66_指定警報器發出警報.....	45
圖 67_旋翼系統限位開關.....	46
圖 68_旋翼系統手動操作測試.....	47
圖 69_葉片順槳示意圖.....	47
圖 70_緊急停止及安全跳脫測試.....	48

壹、國外公務之內容與過程

一. 目的

本公司離岸風力發電第一期計畫包含 21 座 5.2 MW 風力機，場址位於彰化縣芳苑鄉王功及永興海埔新生地外海，承攬商比利時楊德諾（Jan De Nul）與日本日立製作所（HITACHI）共同承攬，並於工程期間提供風場設計、製造、安裝、運輸和安裝、試驗和試運轉以及 5 年運轉維護工作服務。日立製作所主要負責提供離岸風力機（含塔架）部分。

本次參訪係依據一期計畫契約檢、試驗章節，赴日本日立製作所埠頭工廠實地考察轉子機艙總成之製造及組裝流程，並於現場進行見證製造品質檢查及相關文件審查，進而獲得許多製造現場作業資訊，並偕同經濟部標準檢驗局（BSMI）、財團法人金屬工業研究發展中心（MIRDC）、財團法人台灣電子檢驗中心（ETC）以及財團法人全國認證基金會（TAF）進行專案驗證和型式驗證技術交流，確認國外製造品質均能加以控管，從製造源頭管理降低產品需求不符之風險。

本報告主要紀要組裝方法、步驟及品質檢查，並附上日立製作所 RNA 工廠試、檢驗相關程序以及專案驗證、型式驗證相關說明。

本文件討論內容涉及日立製作所商業機密，參訪期間日立製作所告知其工廠內非本公司一期採購零組件，不得向任意方揭露。不得揭露事項如：工廠廠內外配置圖、組裝生產用之機具／設備／夾具／治具、日立製作所人員個人資料、廠內作業文件／紀錄等。基於尊重日立製作所之所有權，本文件討論內容若牽涉非本公司一期採購零組件，僅文字簡易敘述組裝過程及內容，不附任何圖片。

二. 行程與工作項目

本次出國行程為期 7 天如下所示

月	日	星期	訪問對象		工作內容
			國家	機構或個人	
12	22	日			搭機由台北桃園飛往東京成田
12	23	一	日本	茨城縣日立市日立製作所—埠頭工廠	08:30-11:00 由東京前往日立製作所埠頭工廠 11:00-12:00 行程介紹、安全講習／工廠注意事項及日立製作所簡介 13:00-17:00 工廠參觀、風力機機械／電氣技術內容說明及齒輪箱組裝見證檢查
12	24	二		茨城縣日立市日立製作所—埠頭工廠	09:00-12:00 RNA 組裝及測試程序說明及品質保證系統說明 13:00-17:00 RNA 組裝各流程和檢驗說明及固定主軸軸承收縮配合見證檢查
12	25	三		茨城縣日立市日立製作所—埠頭工廠	09:00-12:00 RNA 收縮盤、旋翼軸承及轉向系統見證檢查及其他組裝流程現場見證檢查 13:00-17:00 零組件進料檢驗、組裝相關文件審查及問答交流
12	26	四		茨城縣日立市日立製作所—國分工廠	10:00-12:00 國分工廠超高壓開關測試場及超高壓變壓器組裝區參觀 13:00-17:00 專案驗證和型式驗證相關文件審查及問答交流
12	27	五		東京都 日立製作所	09:00-12:00 由水戶市搭車至東京日立製作所 13:00-15:00 日立品質保證系統說明及 RNA 工廠試、檢驗程序說明
12	28	六			搭機由東京成田飛往台北桃園

團員資訊

	姓名	所屬	職稱
1	馮啓棠	台灣電力股份有限公司營建處	工程師
2	黃琬庭	台灣電力股份有限公司營建處	工程師
3	楊承桓	經濟部標準檢驗局	技正
4	侯建綸	經濟部標準檢驗局	技士
5	蔡文博	財團法人台灣電子檢測中心	執行長室 助理
6	張家榮	財團法人全國認證基金會	專員
7	陳冊宇	財團法人金屬工業研究發展中心	工程師

註:以下團員於每日行程皆共同行動，故不在每日行程列出。

貳、執行過程與內容

本次出國執行工作內容由日立製作所工程人員說明製造程序、品質保證系統、專驗驗證與型式驗證，會同工程人員見證組裝過程及檢查組裝品質，並與日立製作所工程人員討論 RNA 工廠檢、試驗相關程序、儀器及方法。

一. 參訪單位簡介及日立 5.2 MW 風力機規格

本次參訪廠區為日立埠頭工廠及國分工廠，埠頭工廠占地面積為 125,000 平方公尺，國分工廠佔地面積為 450,000 平方公尺。在風力發電系統事業部分，埠頭工廠主要有一座廠房作為風力機 RNA 組裝，國分工廠業務涵蓋電力事業、交通運輸業、公共設施及工業使用，另亦有研究開發部門、電力試驗部門，故可從設計、生產、試驗皆可在廠內完成，達到產線整體品質管控，工廠鳥瞰圖如圖 1 及圖 2。

埠頭
Futo Factory
工場

- 敷地面積 Site Area
125,000m²
 - 住所 Address
茨城県日立市久慈町四丁目5862番1号
5862-1, 4-chome, Kuji-cho,
Hitachi-shi, Ibaraki
 - 主要製品 Main Products
 - ・風力発電システム
Wind Turbine generation systems
 - ・原子力モジュール
Nuclear power modules
 - ・復水器[※] Condensers^{*}
- ※三菱重工業との合弁会社で生産しています。
* Manufactured by a joint company with
Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.



圖 1_日立製作所埠頭工廠

国分
Kokubu Factory
工場

- 敷地面積 Site Area
450,000m²
- 住所 Address
茨城県日立市国分町一丁目1番1号
1-1, 1-chome, Kokubu-cho,
Hitachi-shi, Ibaraki
- 主要製品 Main Products
 - ・送電システム Transmission Systems
 - ・変圧器 Transformers
 - ・各種電気機器
Various electric instruments



圖 2_日立製作所國分工廠鳥瞰圖

日立為全球目前唯一採用下風式百萬瓦級水平軸風力機設計，量產型號為 2.0 MW 及 5.2 MW，可用於離岸及陸上，且是日本唯一的百萬瓦級風力機製造商。

日立公司 5.2MW 風力機有兩種型式，一為 HTW 5.2-127 另一型式為 HTW 5.2-136。目前本公司一期離岸風場係採用日立 HTW 5.2-127 共 21 支，葉輪直徑為 127 公尺，詳細 5.2 MW 規格如表 1，粗體字為本公司選用之風力機規格。

表 1_日立 5.2MW 風力機規格表

		HTW 5.2-127	HTW 5.2-136
轉子	直徑	127 m	136 m
	受風面積	12,644 m ²	14,540 m ²
	轉子配置	下風	
	旋轉速度	6.4~12.7 m-1	
	額定旋轉速度	11.7 min-1	
	旋轉方向	順時針 (從上風測量)	
葉片	片數	3 片	
	長度	62 m	66.5 m
	材質	GFRP (玻璃纖維強化樹脂)	
齒輪箱	構造	增速比約 1 : 40	
發電系統	額定輸出	5,200 kW	
	發電機類別	永磁同步發電機	
	PCS 控制方式	全轉換器	
	FRT 對應	標準裝備	
升壓變壓器	電壓	33,000 V / 1,800 V	
引擎機艙	材質	GFRP (玻璃纖維強化樹脂)	
塔架	塔架樣式	鋼製單極構造	
	輪殼高度	90 m 以上	
	分割數	3 段	
系統	輸出控制	旋角、可變速	
	切入風速	4 m/s	3.5 m/s
	切出風速	25 m/s	
	緊急剎車	葉片順槳 (獨立旋角)	
		碟盤式制動器	
轉向控制	一般運轉時：主動轉向 若因暴風發生停電時：自由轉向		
環境條件	年平均風速	10 m/s	7.5 m/s

(依據 IEC 61400-1)	風速等級 (疲勞)	I	III
	風速等級 (極限)	T	S
	極限值風速 Vref	57m/s	55m/s
	紊流類別	A	
	運轉溫度	-20~40°C	
	標高	1,000m 以下	

資料來源：日立官網日立 5.2MW 風力機規格

二. 組裝方法與步驟、程序及廠驗活動說明

(一) 組裝方法與步驟

日立主責製造風力機的埤頭工廠生產製程分為 7 個，首先由輪轂組裝開始，接著為旋翼控制結構組裝、轉向系統組裝、輪轂和傳動系統安裝、接線和配管連接、機艙罩安裝，最後為機艙功能測試，如圖 3。工廠內各組裝區概述如下表 2，惟工廠內部實際配置方式考量日立機密要求，則不便呈現。

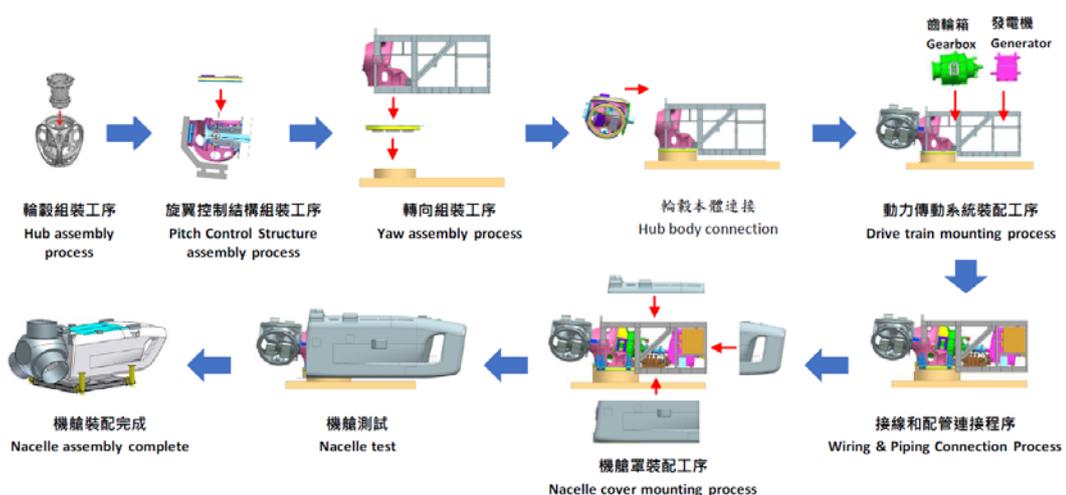


圖 3 RNA 組裝示意圖

表 2_日立 5.2MW RNA 組裝區概述

編號	區域名稱	詳情和說明
1	輪殼組裝區	組裝輪殼本體和主軸的區域 設置覆蓋整個輪殼本體的隔熱帳篷，以進行冷縮配合作業。
2	旋翼控制結構組裝區	在旋翼軸承上安裝控制機構後，將旋翼軸承安裝在帶有主軸軸承的輪殼殼體上之區域。
3	轉向系統組裝	將轉向結構（例如轉向軸承或轉向煞車）安裝到機艙框架下部的區域。
4	輪殼及傳動系統安裝區	將齒輪箱和發電機等傳動系統安裝到機艙框架，並且與輪殼連接的區域。 設置了可以吊起機艙和輪殼並使其自動連接的大型設備。
5	接線和配管連接區	佈置或連接於水/油循環的管道和各種電線的區域。
6	機艙罩安裝區	將 FRP 罩安裝在機艙框架上的區域。
7	機艙功能測試區	進行組裝後機艙功能測試和出貨前檢查。

（二）組裝機具

5.2MW 機艙的生產使用以下設施如下表 3。

表 3_日立 5.2MW RNA 製造主要設備

設備名稱	規模和能力	數量	說明
架空起重機	80T/40T, 揚程 16m/17m	1	有主副吊鈎的起重機
架空起重機	50T, 揚程 15.9m	2	
懸臂式移動起重機	2.8T, 揚程 7.4m	6	
空氣壓縮機	22kW, 0.7MPa	1	
機艙定位裝置	最大負載 400 噸	1	於安裝時傾斜和保持機艙框架位置。
自動輪殼安裝裝置	最大負載 100 噸	1	吊升輪殼並組裝至機艙框架。
輪殼本體加熱裝置	200V, 45kW	4	為將輪殼本體加熱與膨脹以使主軸軸承收縮配合在輪殼本體內之裝置
機艙測試用變流器	2200kVA, AC3300V	1	5.2 MW 機艙用測試設備

(三) 主要組件組裝程序

1. 輪轂組裝程序

本程序係指進行輪轂和主軸之組裝。輪轂組裝時，為進行軸承與輪轂體的收縮配合，設置覆蓋整個輪轂罩的隔熱帳篷，主要組裝作業示意圖如圖 4，組裝概述如下表 4。

圖 4_日立 5.2MW 輪轂組裝示意圖

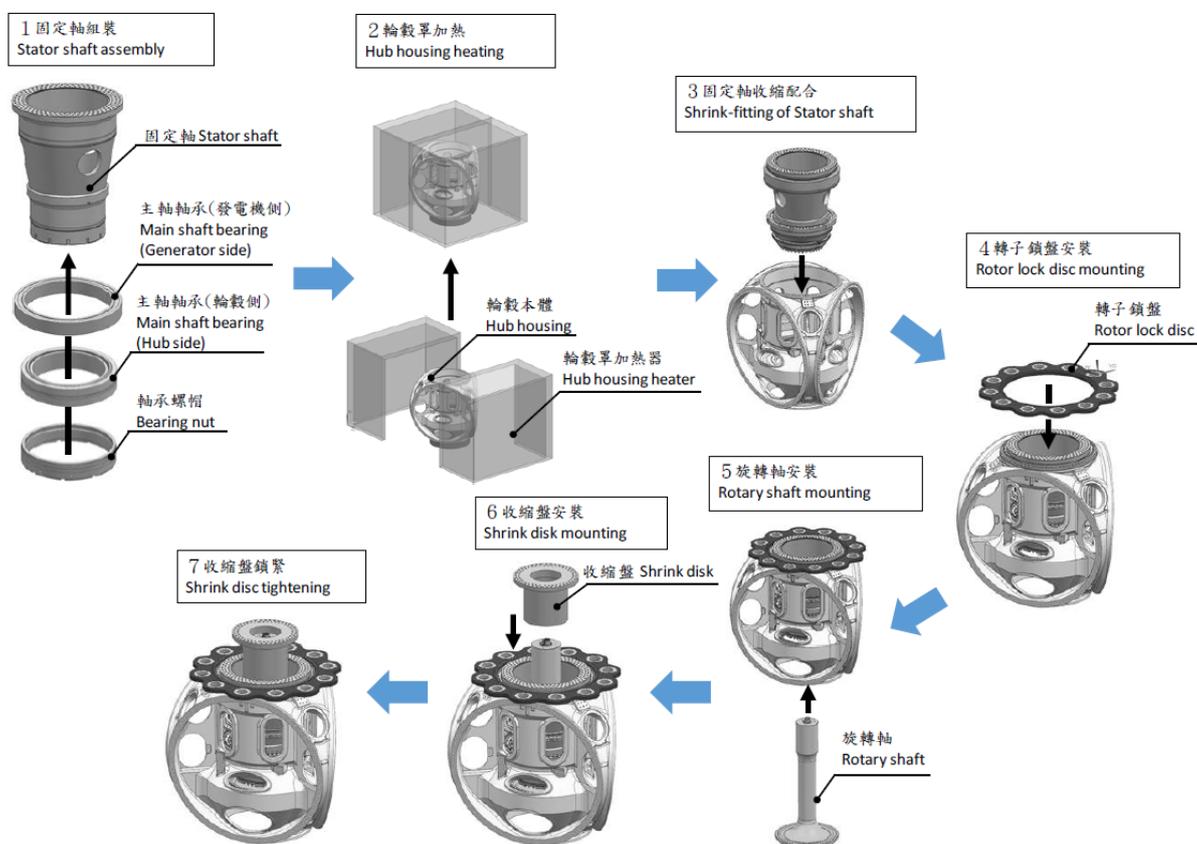


表 4_日立 5.2MW 輪轂組裝程序概述

編號	作業名稱	作業內容
1	固定軸組裝	將軸承收縮配合插至固定軸上並將軸承螺帽鎖緊。
2	輪轂加熱	為了將固定軸收縮配合在輪轂內，加熱輪轂，使其膨脹。
3	固定軸收縮配合	將固定軸收縮配合至加熱膨脹的輪轂。

4	轉子鎖盤安裝	將轉子鎖盤安裝到輪殼上。
5	旋轉軸安裝	向機艙內部齒輪箱傳遞動力的主軸安裝到輪殼上。
6	收縮盤安裝	藉由加熱收縮盤，將其連接到旋轉軸的軸部分。(收縮配合)。
7	收縮盤鎖緊	鎖緊限制旋轉軸的收縮盤。

2. 旋翼控制系統組裝程序

本程序係指旋翼控制系統之組裝，控制系統結合在旋翼軸承中，並將組裝完成的旋翼軸承安裝至輪殼本體。主要組裝作業示意圖如圖 5，組裝概述如下表 5。

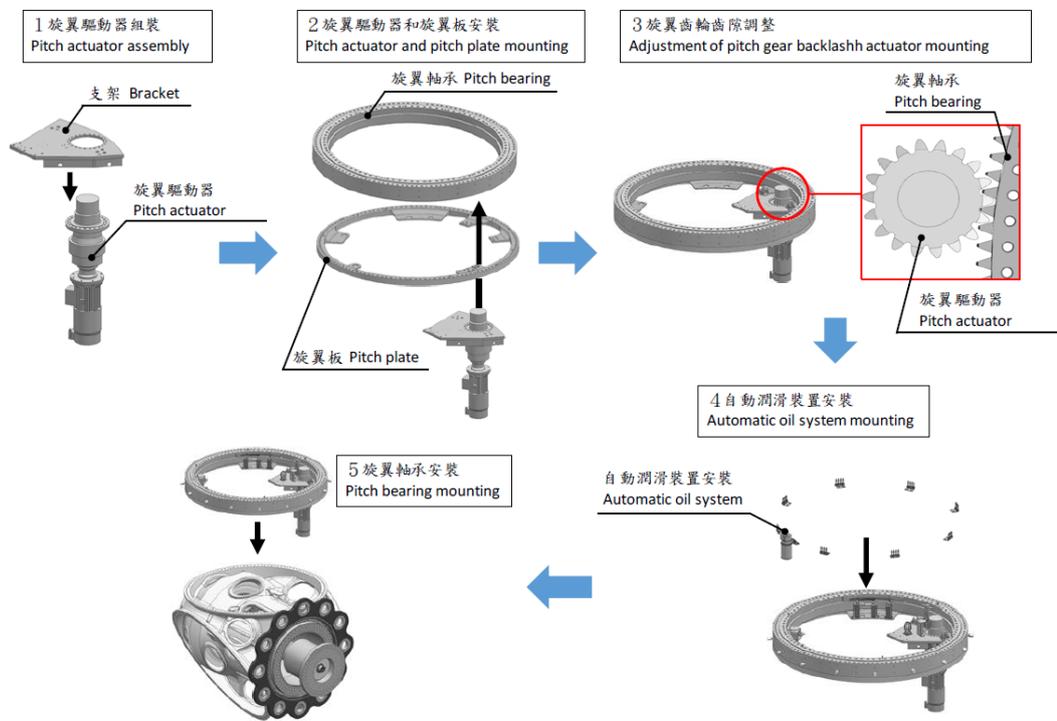


圖 5_日立 5.2MW 旋翼控制系統組裝示意圖

表 5_日立 5.2MW 旋翼控制系統組裝程序概述

編號	作業名稱	作業內容
1	旋翼驅動器組裝	將電動機和支架安裝在減速機上。

2	旋翼驅動器和旋翼板安裝	將旋翼驅動器與旋翼板安裝至旋翼軸承上。
3	旋翼齒輪齒隙調整	測量旋翼軸承齒輪與旋翼驅動器齒輪之間的間隙並調整齒隙。
4	自動潤滑裝置安裝	將自動潤滑裝置安裝在旋翼軸承上。
5	旋翼軸承安裝	將裝配在輪殼殼體上的旋翼軸承安裝在轉子頭自動安裝裝置上。

3. 轉向系統組裝程序

本程序係指轉向系統旋轉結構之組裝。此外，將用於與發電機連接的主電路電纜拉入機艙框架內部。主要組裝作業示意圖如圖 6，組裝概述如下表 6。

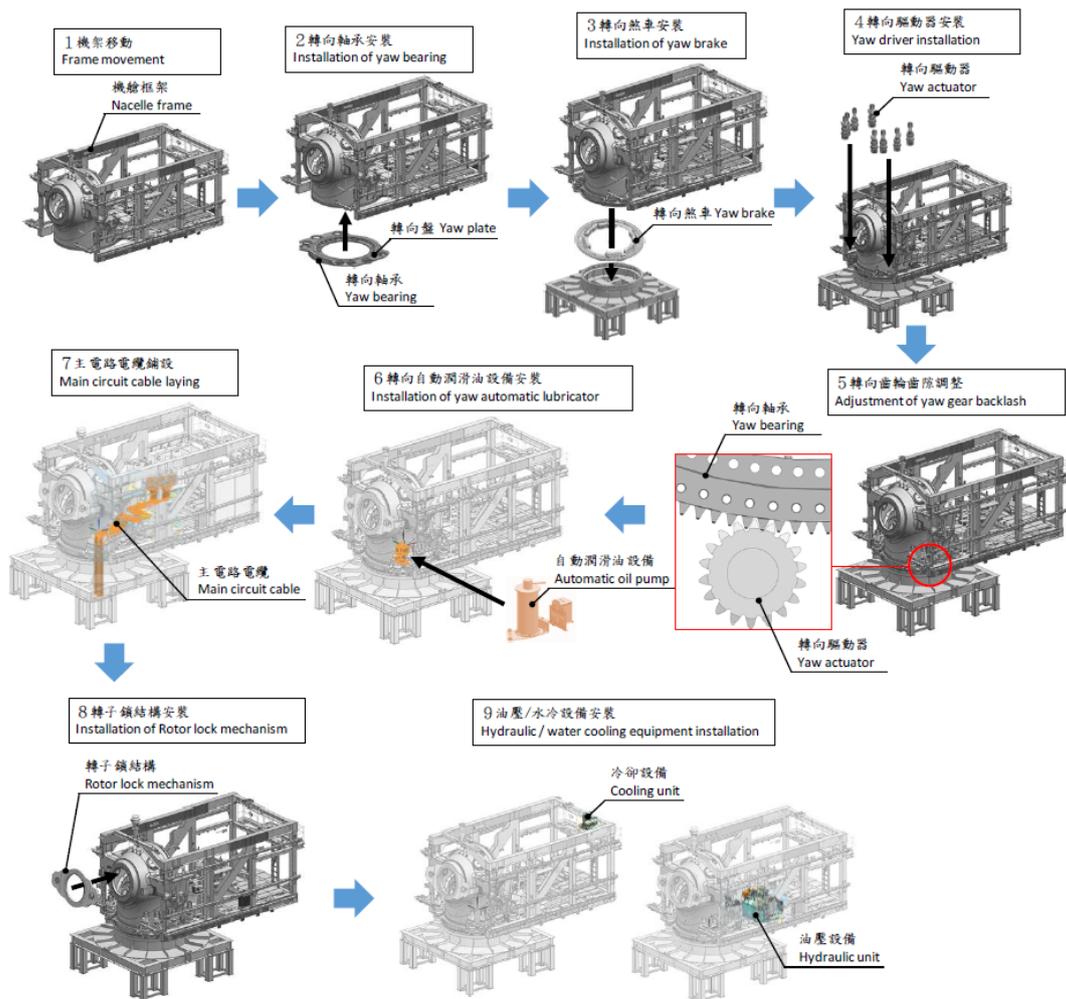


圖 6_日立 5.2MW 轉向系統組裝示意圖

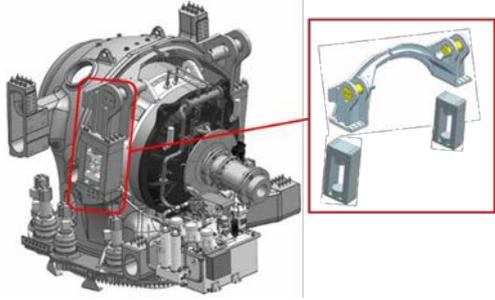
表 6_日立 5.2MW 轉向系統組裝程序概述

編號	作業名稱	作業內容
1	機架移動	以起重機移動機艙機架。
2	轉向軸承安裝	將轉向旋轉結構軸承安裝到機艙框架上。
3	轉向煞車安裝	將轉向旋轉結構煞車安裝到機艙框架上。
4	轉向驅動器安裝	將轉向旋轉結構驅動器安裝到機艙框架上。
5	轉向齒輪齒隙調整	測量轉向軸承齒面與轉向驅動器齒面之間的齒隙，並進行調整，使其處於適當的範圍內。
6	轉向自動潤滑油設備安裝	安裝給轉向軸承自動供給潤滑油的裝置
7	主電路電纜鋪設	將主電路電纜拉到機艙框架內部並鋪設。
8	轉子鎖結構安裝	將轉子鎖結構安裝到機艙框架前部。
9	油壓/水冷設備安裝	將油壓單元和水冷設備安裝到機艙框架的區域。

4. 輪轂及傳動系統組裝程序

本程序係指動力傳動系統之組裝。以大型組裝設備吊起在輪轂組裝程序中組裝的輪轂和已安裝轉向旋轉結構的機艙機架，並自動將其相互連接。主要組裝作業示意圖如圖 7，組裝概述如下表 7。

表 7_日立 5.2MW 輪殼及傳動系統組裝程序概述

編號	作業名稱	作業內容
1	輪殼本體連接	用機艙定位裝置將機艙框架傾斜，用旋翼頭自動裝配裝置自動安裝輪殼殼體。
2	輪殼裝配螺栓鎖緊	用螺栓張力器鎖緊用於輪殼安裝的雙頭螺栓。
3	高速軸煞車及煞車盤安裝	將高速軸煞車及煞車盤安裝在齒輪箱高速軸附近。
4	齒輪箱支架安裝	將齒輪箱支架安裝於機艙框架上並安裝校準調整夾具。
5	齒輪箱安裝	將齒輪箱裝配至已安裝輪殼的機艙框架上，並測量和調整輪殼和齒輪箱之間接點的校準。
6	齒輪箱固定架安裝	安裝齒輪箱固定架使其覆蓋於齒輪箱支架上後，將齒輪箱支架與齒輪箱固定架連結於機艙框架上並固定齒輪箱。 
7	低速軸鎖緊	校準調整完成後，將收縮盤和齒輪箱之間的固定螺栓鎖緊。
8	發電機安裝	將發電機裝配在機艙框架上並調整齒輪箱和發電機之間的校準。調整完成後，鎖緊發電機固定部分的螺栓。
9	高速聯軸器安裝	安裝連接齒輪箱和發電機的 HSS 聯軸器。

5. 機艙罩組裝程序

本程序係指將各種外罩及直升機甲板等安裝至安裝有大型設備的機艙框架上。為進行機艙罩和直升機甲板之安裝作業，該程序的作業區域具有所有程序中最寬闊的空間。主要組裝作業示意圖如圖 8，組裝概述如下表 8。

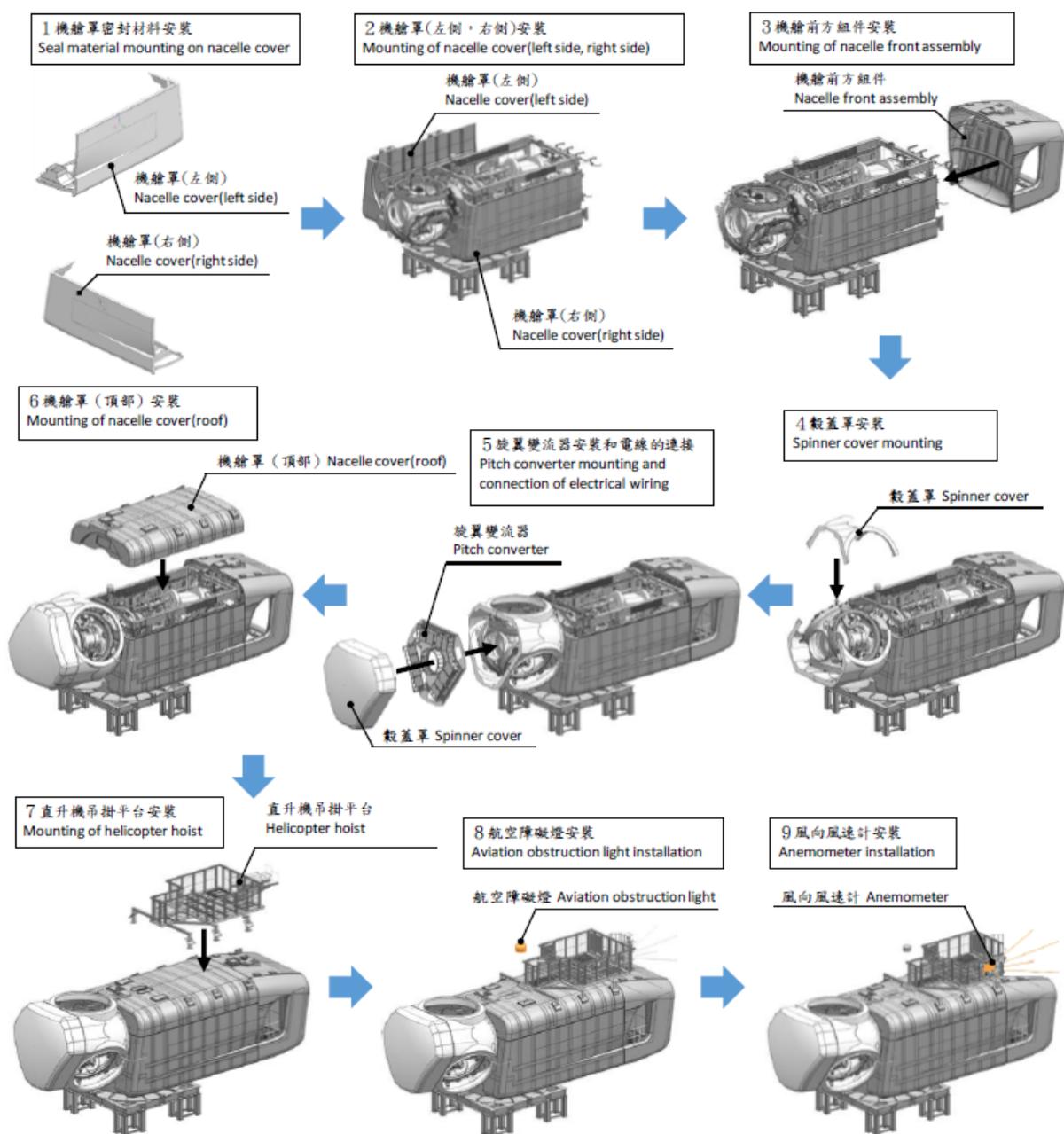


圖 8_日立 5.2MW 機艙罩組裝示意圖

表 8_日立 5.2MW 機艙罩組裝程序概述

編號	作業名稱	作業內容
1	機艙罩密封材料安裝	將密封材料貼到各種機艙罩上以增強防水性。
2	機艙罩(左側,右側)安裝	將機艙罩(左側,右側)裝載到機艙框架,並用密封材料填塞接合處的間隙。
3	機艙前方組件安裝	將機艙前方組件連接至機艙框架,並使用密封材填補與機艙蓋(側面)之間的間隙。
4	轆蓋罩安裝	將轆蓋罩裝載到輪轆殼體上。
5	旋翼變流器安裝和電線的連接	於輪轆後方安裝輪轆盤並連接電線後,安裝剩餘的轆蓋。
6	機艙罩(頂部)安裝	將機艙罩(頂部)裝載到機艙框架,並用密封材料填塞接合處的間隙。
7	直升機吊掛平台裝載	將直升機吊掛平台裝載到安裝到機艙框架的機艙罩(頂部)。
8	航空障礙燈安裝	航空障礙燈裝載到直升機吊掛平台上。
9	風向風速計安裝	將風向風速計安裝到直升機吊掛平台上。

(四) 廠驗活動說明

本次洽公廠驗活動豐富,包含觀摩零組件組裝及品質抽查,更確認日立製作所品質管理系統、環境安全衛生系統;每日於工廠內召開會議確認每日查核重點、討論相關細節及問題,日立製作所亦滿足甲方要求,提供製造程序檢查表供甲方抽查;另外日立製作所亦提供 RNA 工廠試、檢驗相關程序、設備及方法,展現日立製作所對機艙 RNA 品質的信心及符合客戶的期待。有關專案驗證及型式驗證的部分,於會議中亦提供相關資料供參,向本次團員詳盡解說。

1. 第一日(日期：2019 年 12 月 23 日)

(1) 外部與會人員

	姓名	所屬	職稱
1	園部正義	日立製作所風力發電系統部	專案經理
2	坂本潔	日立製作所風力發電系統部	主任技師
3	手塚義成	日立製作所新能源品質保證部	主任
4	齋藤洋介	日立製作所新能源品質製造部	課長
5	齊藤利幸	日立製作所新能源品質製造部	課長
6	張翰青	日立製作所台電彰化離岸風力發電專案	主任
7	青木翔平	日立製作所電力系統營業本部	專員

(2) 工作紀要

上午由東京移動至埠頭工廠參與會前會、工廠簡介、風力機機艙／輪轂組裝流程說明及廠區參觀，並參觀日立埠頭工廠附近日立港(如圖 9)，工廠人員說明風力機 RNA 組裝完成後可直接裝船交貨，廠內至港口設有 500 噸起重機以供裝卸。



圖 9_團員參觀日立港裝卸碼頭

本日主要觀摩齒輪箱吊起及安裝過程，吊掛過程中，齒輪箱上鎖有配重架（深藍色部分），以保持吊裝平衡，並用纜帶及手動鏈條吊具吊掛齒輪箱四個吊點(如圖 12)。



圖 12_齒輪箱吊掛作業

齒輪箱於機艙定位後，進行齒輪箱固定架高空作業，高空作業人員須配戴專用安全帽才得以作業（帽上貼有一「高」字貼紙）(如圖 13)，本團隊現場抽查齒輪箱固定架組裝品質，檢查項目為鎖緊軸向力(614 kN)，使用工具為螺栓張力器，以目視讀取確認(如圖 17)。



圖 13_高空作業專用帽

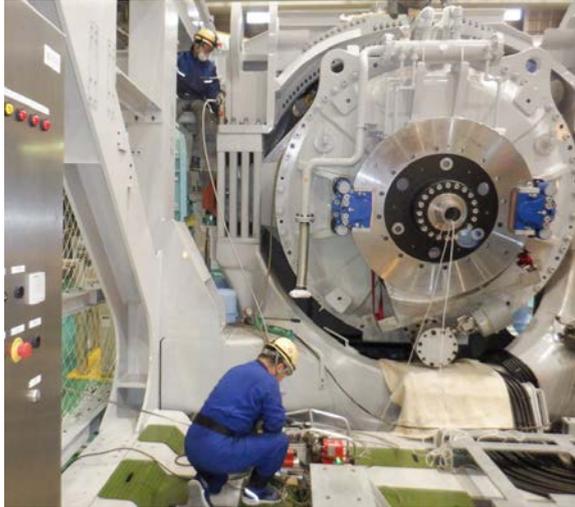


圖 14_組裝人員使用螺栓張力器進行組裝齒輪箱固定架

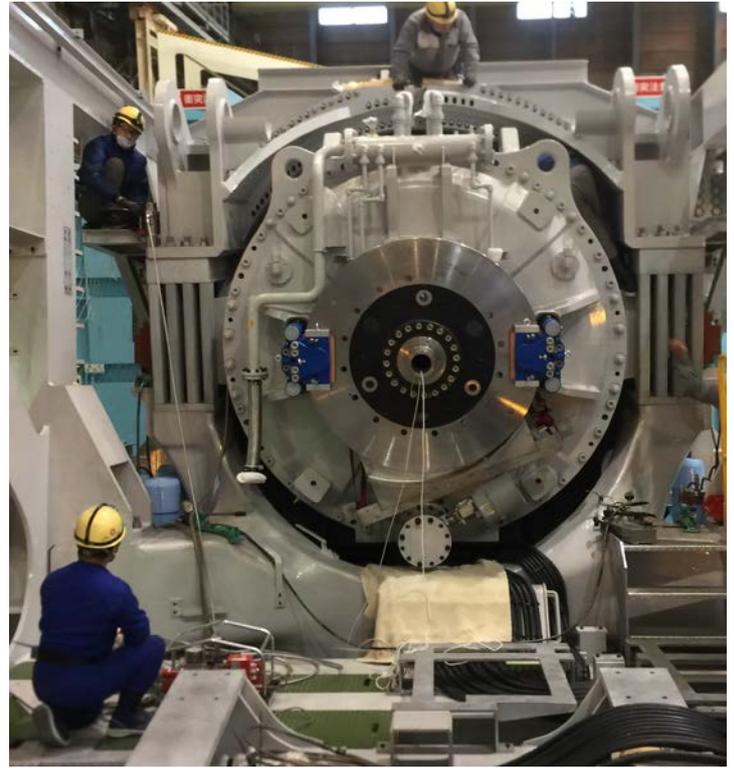


圖 15_現場見證齒輪箱固定架組裝作業



圖 16_齒輪箱吊掛入機艙
(機艙本體以傾斜角 8 度與輪殼對接)

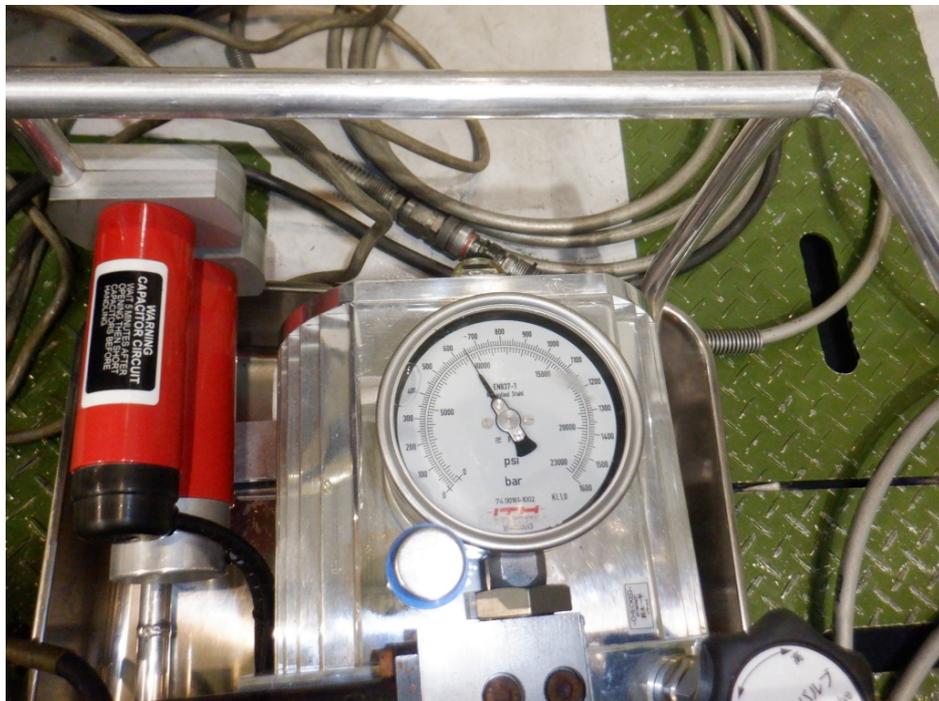


圖 17_目視抽查螺栓張力器讀值

2. 第二日(日期：2019 年 12 月 24 日)

(1) 外部與會人員

	姓名	所屬	職稱
1	園部正義	日立製作所風力發電系統部	專案經理
2	坂本潔	日立製作所風力發電系統部	主任技師
3	手塚義成	日立製作所新能源品質保證部	主任
4	齋藤洋介	日立製作所新能源品質製造部	課長
5	齊藤利幸	日立製作所新能源品質製造部	課長
6	張翰青	日立製作所台電彰化離岸風力發電專案	主任
7	青木翔平	日立製作所電力系統營業本部	專員

(2) 工作紀要

本日主要觀摩固定主軸組裝，其組裝程序分為：固定軸組裝、輪轂罩加熱、固定軸收縮配合、轉子鎖盤安裝、旋轉軸安裝、收縮盤安裝及收縮盤鎖緊。

本日上午抽查重點為固定主軸軸承加熱後之收縮配合過程。當固定軸組裝時，主軸軸承（輪轂側）及主軸軸承（發電機側）需加熱（加熱溫度為 120℃，工件加熱溫度須達到 70~80℃）使其膨脹，並利用冷卻收縮配合方式與固定軸連結，整個冷卻收縮配合時間須在 30 分鐘以內完成，否則軸承襯套冷卻後內徑縮小將套死固定軸無法脫出。因加熱過程避免粗揚塵會破壞工件表面，進入加熱區時須對鞋部作落塵清潔，如圖 18。



圖 18_進入加熱區前作鞋部落塵處理

加熱方式採用感應加熱，感應加熱係利用電磁感應來加熱電導體，於金屬側產生渦電流，利用電阻使金屬達到焦耳加熱。感應加熱器包括一個電磁鐵，通過高頻的交流電，若物體有較大的磁導率，也可能會因為磁遲滯現象的損失而產生熱。使用的交流頻率依欲加熱物品的尺寸、金屬種類、加熱線圈、欲加熱物品的耦合程度以及滲透深度來決定。加熱過程如圖 19。

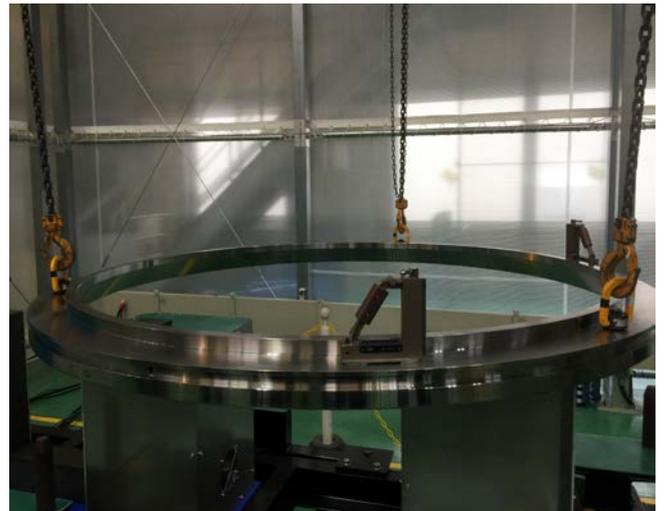
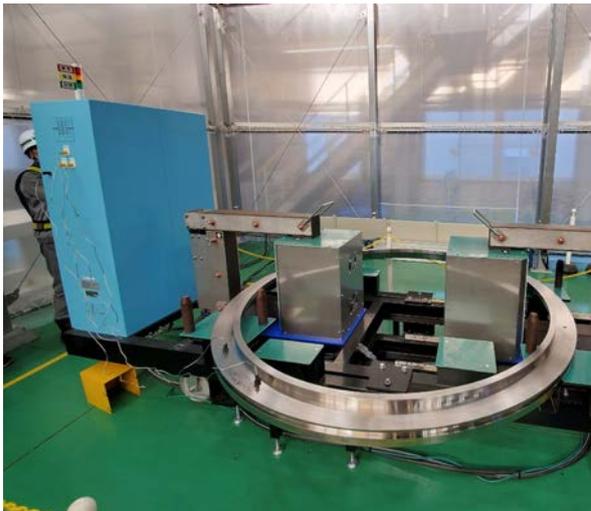


圖 19_主軸軸承使用感應加熱方式加熱

(右圖說明加熱前須以水平儀確認軸承水平)

加熱後軸承以收縮配合方式組裝至固定軸上，組裝前須於固定軸上塗導熱膏(如圖 21)，以利軸承導熱冷卻平均，避免產生熱應力。軸承螺帽鎖緊後，須量測軸承襯套內徑與固定軸外徑，其縫隙只有 1 釐米，由日立人員使用一支量具量測襯套內徑是否大於安裝要求，本次組裝時間於 18 分鐘內完成安裝。



圖 20_主軸軸承加熱完成吊起確認膨脹程度(左圖)

圖 21_軸承組裝前於固定軸上加導熱膏(右圖)



圖 22_主軸承（發電機側）吊起安裝於固定軸

為了將固定軸安裝到輪轂內需將輪轂加熱時其膨脹，加熱時是採用隔熱帳篷及加熱器(如圖 23)對輪轂進行加熱(加熱溫度 100°C；加熱時間約 8 小時)，因工廠為了省下高額加熱電費，通常會選在半夜離峰用電時期加熱，可免去尖峰用電的費用增加。固定軸與輪轂自然收縮冷卻配合後另需用螺栓鎖緊。



圖 23_輪轂罩加熱所採用之隔熱帳



圖 24_輪轂加熱所採用之加熱器(加熱時有警示燈閃爍)

因配合加熱時程，固定主軸與輪殼收縮配合工廠安排於夜間進行(如圖 25)，本團隊雖無法觀摩，惟仍於隔日現場抽查固定主軸收縮配合後的加壓管理，使用工具為測力器，以目視讀取確認(如圖 26)。



圖 25_固定主軸與輪殼收縮配合



圖 26_測力器確認固定主軸與輪殼收縮配合後的加壓管理

3. 第三日(日期：2019 年 12 月 25 日)

(1) 外部與會人員

	姓名	所屬	職稱
1	園部正義	日立製作所風力發電系統部	專案經理
2	坂本潔	日立製作所風力發電系統部	主任技師
3	手塚義成	日立製作所新能源品質保證部	主任
4	齋藤洋介	日立製作所新能源品質製造部	課長
5	齊藤利幸	日立製作所新能源品質製造部	課長
6	張翰青	日立製作所台電彰化離岸風力發電專案	主任
7	青木翔平	日立製作所電力系統營業本部	專員

(2) 工作紀要

本日主要觀摩旋翼控制系統及轉向系統組裝，並於工廠工程人員備料時，向日立製作所提出零組件檢驗文件抽查。

上午延續前晚固定主軸與輪轂收縮配合作業，現場見證收縮盤鎖緊作業，檢查項目為油壓幫浦壓力控制(1800bar)，使用工具為超高壓幫浦，以目視讀取確認(如圖 27)。

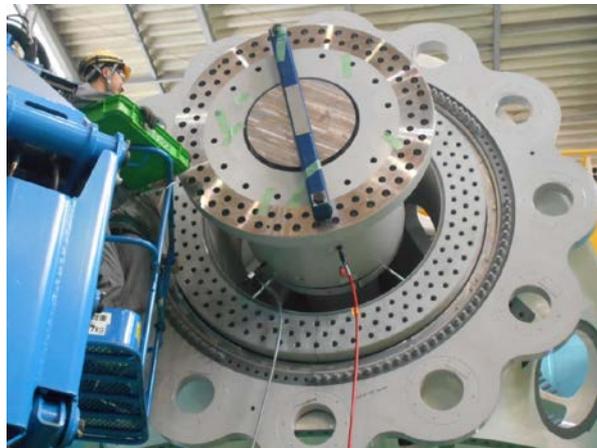


圖 27_收縮盤鎖緊作業

再來，續見證旋翼軸承組裝，旋翼軸承組裝過程中，需先測量旋翼軸承齒輪與旋翼驅動器齒輪之間間隙並調整(如圖 30)，再來俟自動潤滑裝置安裝於旋轉軸承(如圖 32)後，再將旋翼控制系統會安裝至輪轂本體(如圖 33)。



圖 28_現場見證旋翼軸承組裝作業(左圖)

圖 29_旋翼驅動器安裝在旋翼軸承(右圖)



圖 30_工程人員說明測量尺輪間隙用間隙規(左圖)

圖 31_間隙規(右上圖)

圖 32_軸承自動潤滑裝置(右下圖)



圖 33_旋翼軸承安裝至輪轂本體

見證旋翼軸承安裝後，前往轉向系統組裝區，因本日工廠組裝排程為轉子鎖組裝，職亦現場要求抽查是否依組裝圖面要求安裝及組裝工具-扭力扳手效期是否在儀器校正有效期內，並以提送本公司之製造程序書加以核對，結果發現製造程序書內要求鎖緊轉矩值為 133.3N-m，使用之螺栓材質為 S45C，卻與組裝圖面不符(鎖緊轉矩值應為 196N-m，使用之螺栓材質為 SCM435)，經工廠確認為程序書內數字誤植，將再進版修改(如圖 34)。工廠工程人員表示:工廠所有組裝程序以組裝圖為主，組裝圖經設計部門重重確認，即使提送本公司製造程序書內數據與組裝圖不符，仍會以組裝圖為主，請客戶可以安心。

轉子鎖結核安裝 Installation of Rotor lock mechanism	鎖緊轉矩管理 Tightening torque management	133.3N-m (尺寸Size: M16L60, 材質Material: S45C, 數量 Quantity: 20)	扭力扳手 Torque Wrench	目視讀取 Visual reading	轉子鎖鎖外形圖 ONWP1-WMD- 01.0251
		196N-m (尺寸Size: M16L60, 材質Material: SCM435, 數量 Quantity: 20)	扭力扳手 Torque Wrench	目視讀取 Visual reading	

圖 34_製造程序書與組裝圖不符



圖 35_現場確認扭力扳手有儀器校正(左圖)
圖 36_現場確認扭力扳手鎖緊轉矩值(右圖)



圖 37_工程人員以扭力扳手鎖緊轉子鎖



圖 38_工程人員確認轉子鎖鎖緊狀態

本日除見證組裝過程外，亦走動工廠查看本公司零組件產品:發電機、齒輪箱、機艙罩、機艙前方組件、機艙水冷用散熱片，如圖 39~43。



圖 39_本公司 5.2MW 風力機之發電機

圖 40_本公司 5.2MW 風力機之齒輪箱

圖 41_本公司 5.2MW 風力機之機艙罩(左/右側)

圖 42_本公司 5.2MW 風力機之機艙前方組件

(圖片可見藍色墊為工程人員站立組裝時防滑專用)

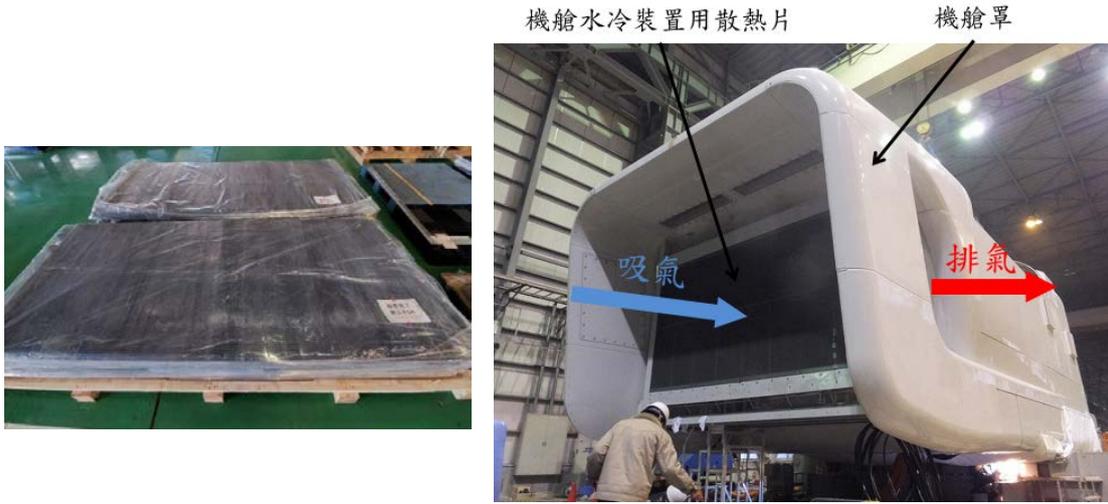


圖 43_本公司 5.2MW 風力機之機艙水冷用散熱片

圖 44_本公司 5.2MW 風力機機艙水冷散熱示意圖

下午日立製作所提供相關程序文件供參訪代表團審查，因所屬文件多牽涉技術保密，對於文件僅供現場查閱，提供資料包括零組件及物料驗收查檢表、風力機組裝程序書、品質管理系統、組裝人員資格及相關訓練紀錄、儀器設備校正紀錄表等。本團文件審查情形如圖 45。



圖 45_文件審查情形(左圖)

圖 46_文件審查卷宗(右圖)

日立製作所供本團審查之紀錄文件非常完整，對於物料驗收程序嚴格執行，對於組裝人員皆有相關訓練紀錄，且皆符合組裝程序書要求；透過抽查進料驗收紀錄，若有零組件驗收不合格時，工廠會先退貨給供應商，請供應商提出完整之改善措施，再依照供應商改善措施進行重新確認及驗收。

本團抽查旋轉主軸進料檢驗表一項，發現檢驗人員有誤植判定情形，當天亦即請日立製作所解釋並更新，日立製作所表示現場檢驗都有依照進料檢驗表執行，惟人工勾選錯誤，爾後會多加注意並宣導，誤植判定如圖 47。

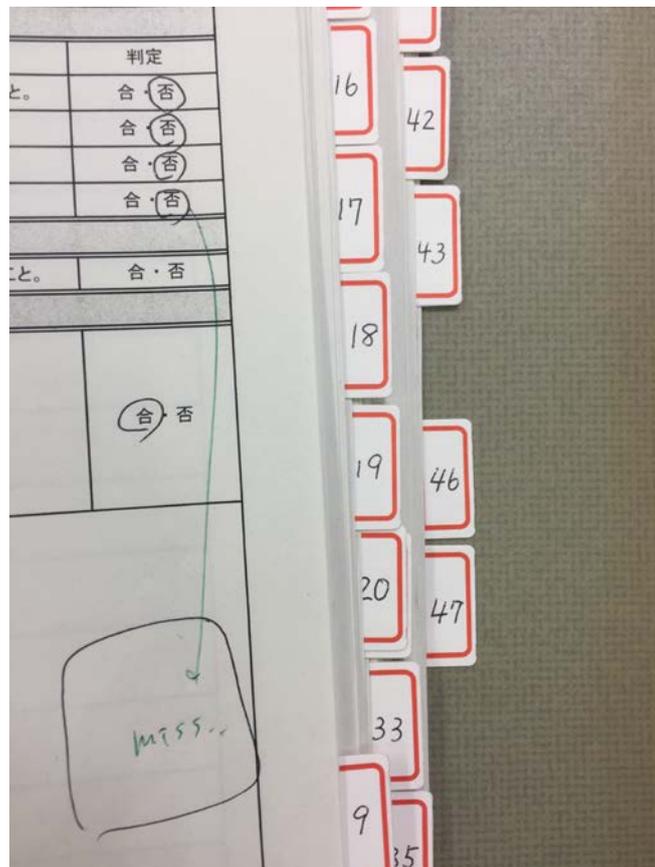


圖 47_旋轉主軸進料檢驗判定誤植

4. 第四日(日期：2019 年 12 月 26 日)

(1) 外部與會人員

	姓名	所屬	職稱
1	佐伯滿	日立製作所天然能源製造服務部	技術經理
2	張翰青	日立製作所台電彰化離岸風力發電專案	主任
3	青木翔平	日立製作所電力系統營業本部	專員

(2) 工作紀要

本日主要邀請專案驗證及型式驗證專家佐伯滿先生為大家解說，型式證書涵蓋風力機，包含塔架及塔架與基礎座間之連接型式，並包含與風力機設計範圍內之基座有關之要求，同時可能包含一種或多種基礎座型式。專案驗證證書包括一或多具風力機，及其基礎座或該場址之其他裝置，並且依據設置場址之指定外部條件進行評估。

取得型式驗證證書內容須涵蓋設計基礎評估、設計評估、製造評估、型式測試及最終評估。取得專案驗證證書內容須涵蓋場址條件評估、設計基礎評估、整合負載分析評估、設計評估、製造監督、運輸與安裝監督、試運轉監督及最終評估，設計評估、型式驗證及專案驗證相對應關係，佐伯滿先生亦於現場繪圖說明。

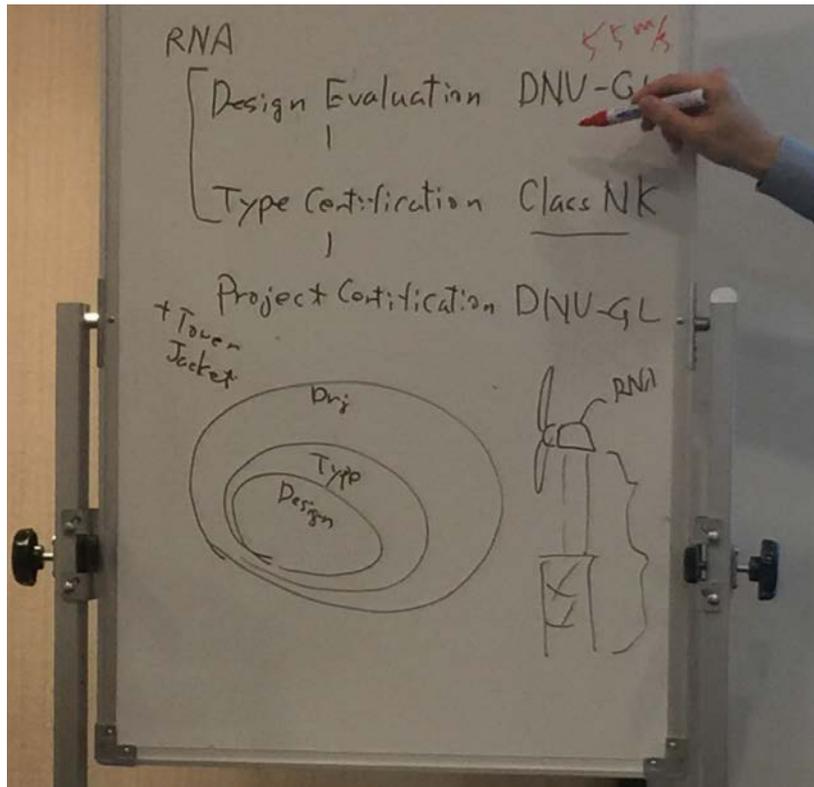


圖 48_設計評估、型式驗證及專案驗證相對應關係圖

佐伯滿先生表示:日立 HTW 5.2-127 風力機係委由日本海事協會 (Class NK) 進行型式驗證, 另委託 DNV GL 進行 Class S 型式驗證設計評估, 再將 DNV GL 發給之符合性聲明(聲明如下所示)合併至 Class NK 之型式驗證設計評估中, 下表 9 主要描述日立 5.2MW 風力機完成之型式驗證及委託之驗證機構。

日立取得 Class NK 之型式驗證證書詳列之符合性聲明如下列所示:

- 設計基礎評估符合性聲明 (Class NK 核發)、
- 設計評估符合性聲明 (Class NK 核發)、
- 設計評估符合性聲明 (DNV GL 核發)、
- 製造評估符合性聲明 (Class NK 核發)、
- 型式測試符合性聲明 (Class NK 核發)。

表 9_HTW 5.2-127 風力機型式驗證及委託驗證機構

	Class NK	DNV GL
驗證方案	IEC 61400-22	DNVGL-SE-0074
TC 證書編號	TC-0003-17RE0264-02	N/A
TC 證書期限	2022 年 04 月 06 日	N/A
TC 設計基礎評估	是 (取得符合性聲明)	N/A
TC 設計評估	是 (JIS Class T, Vref=57m/s; 取得符合性聲明)	是 (IEC Class S, Vref=55m/s; 取得符合性聲明後合併 Class NK 設計評估模組)
TC 製造評估	是 (取得符合性聲明)	N/A
TC 型式測試	是 (取得符合性聲明)	N/A
TC 最終評估	是 (取得 TC 證書)	N/A

下表 10 為型式驗證證書其他重要資訊，如規格、風況條件、電力條件、其他條件等。

表 10_ HTW 5.2-127 風力機型式驗證資訊

規格	
額定功率	5200 kW
功率調整	旋角控制
轉子配置	下風式
傳動鏈	齒輪箱
切入/切出風速	4~25 m/s

額定風速	13 m/s	
輪轂高度	90 m	
輪轂直徑	127 m	
轉速範圍	5.6~13.2/ min	
額定轉速	11.7/ min	
轉子傾角	-8 度	
轉子面圓錐角	5 度	
設計壽命	20 year	
軟體版本	HTW5.0-126_#001_2017-01-31.pro	
風況條件		
風力機等級	Class IA (IEC) Class S (IEC) Class T (JIS)	
年均風速 (10 分鐘)	10 m/s	
紊流強度期望值 (15 米/秒平均風速 10 分鐘)	0.16	
風切指數 (疲勞、Class S 及 Class T)	0.14	
平均風速流動傾角 (疲勞、Class S 及 Class T)	0 度	
50 年回歸期參考風速 (輪轂)	55 m/s	57 m/s
50 年回歸期極端風速 (輪轂)	77 m/s	79.8 m/s
1 年回歸期極端風速 (輪轂)	44 m/s	45.6 m/s
運輸、安裝及維護風速	15 m/s	15 m/s
電力條件		
標準電壓範圍	33 kV±10%	
標準頻率範圍	50/60 Hz±5%	
電壓不平衡	±2% acc. to IEC 61400-1	

電網跳脫最大期間	6 h acc. to IEC 61400-1
電網跳脫最大次數	20 /year
其他條件	
風力機水深	20 m
波浪條件	17.5 m (3 h) 19.3 m (1 h)
設計溫度範圍	-10~40°C (運轉) -20~50°C (存活)
空氣密度	1.225 kg/m ³
相對溼度	100%
雷擊保護系統	Protection level I acc. to IEC 61400-24
地震模型及參數	無涵蓋

對於型式驗證製造評估部分，主要係依據 ISO 9001 及 IEC 61400 系列要求評估其製造水準及能力，評估範圍包含：葉片製造廠、旋角軸承製造廠、旋角系統製造廠、齒輪箱製造廠、發電機製造廠、變壓器製造廠、電力控制系統製造廠、轉向軸承製造廠、轉向系統製造廠及機艙輪轂總成製造廠等。

有關本公司離岸一期風場進行中的專案驗證方面，係委由 DNV GL 依據 IEC 61400-22 之 PC 要求執行驗證，涵蓋場址條件評估、設計基礎、整合負載分析及設計評估。專案驗證除風力機設計評估外，也需要納入支撐結構設計評估，才得以計算由海底土壤向上傳遞的負載抗性。

另外，Class NK 對於風力機相關驗證只有文件審查，如對提交之文件資料有疑慮時，會請日立公司提出補正文件以茲證明，或另提供縮尺風機模型作為補正資料，證明模擬分析結果是否與實際提交之文件相符合。



圖 49_風力機型式驗證研討



圖 50_風力機專案驗證研討

5. 第五日(日期：2019 年 12 月 27 日)

(1) 外部與會人員

	姓名	所屬	職稱
1	中村哲也	日立製作所新能源品質保證部	主任
2	齊藤利幸	日立製作所天然能源製造服務部	部長兼風車課課長
3	張翰青	日立製作所台電彰化離岸風力發電專案	主任
4	青木翔平	日立製作所電力系統營業本部	專員

(2) 工作紀要

本日主要由日立公司說明品質保證系統及過去 RNA 工廠試、檢驗程序及經驗回饋，本節主要介紹日立品質保證系統，有關 RNA 工廠試、檢驗程序另於第三章詳加說明。因日立品質保證系統屬日立公司機密資料，故不能提供相關資料供參，僅以簡單文字描述。

日立品質保證系統，主要針對風力機機艙、輪轂、零組件驗收、組裝過程及完工過程進行檢查，並做出合格／不合格之判定。為確保提供高質量之產品，當有不合格之產品時，日立公司堅決不應提交於客戶，且嚴格遵守相關標準程序，通過不斷的品質改進，以提高客戶滿意度。



圖 51_參訪團員與日立公司合影

三. RNA 工廠試、檢驗程序

(一) 試、檢驗設備及儀器

5. 2MW 機艙試驗設備概略圖如下：

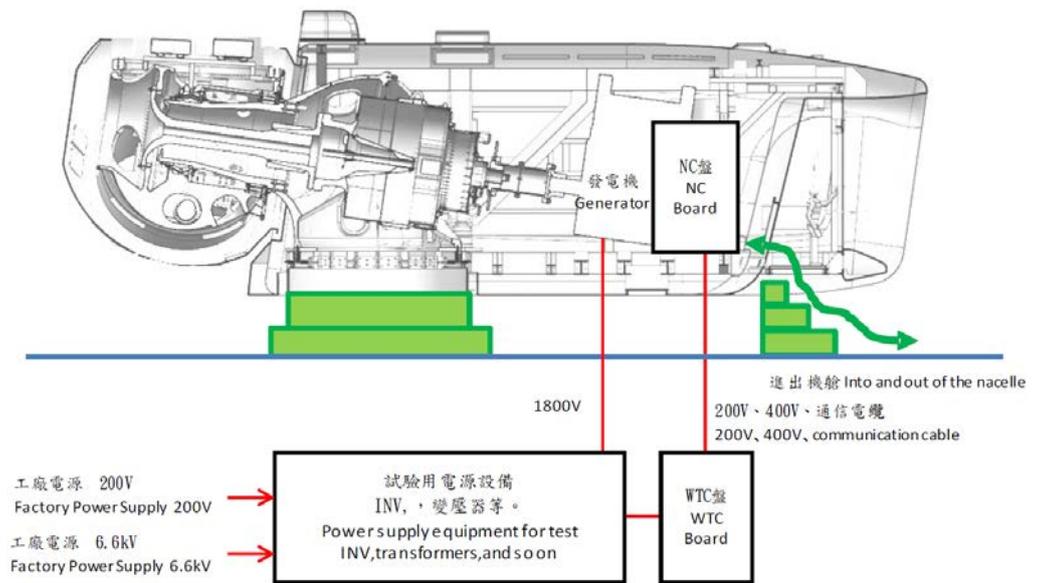


圖 52_日立 5.2 MW 機艙設備概略圖

使用之儀器為已校準之絕緣電阻計，鉗夾式電表與微電阻計，職亦於現場隨機抽查儀器校準情形(如圖 53)。

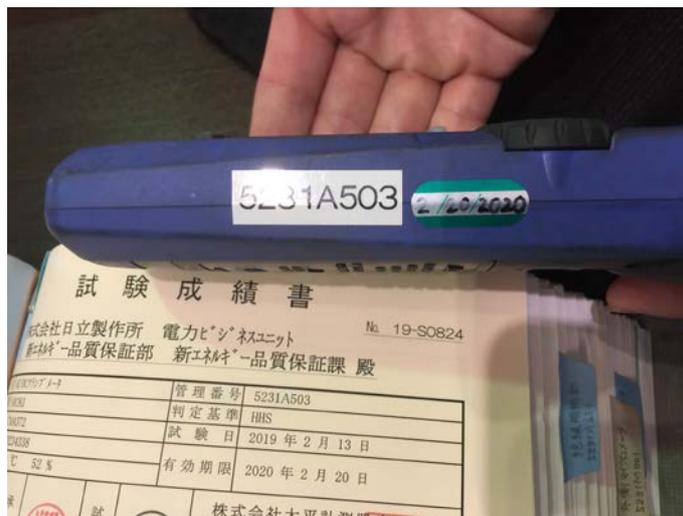


圖 53_檢驗儀器校準紀錄

(二) 試、檢驗步驟

因參訪期間，日立製作所尚在組裝 1~3 號風力機，為進入工廠試、檢驗階段，職請日立製作所另外介紹相關步驟，並以圖表補充說明，俾利本公司未來同仁廠驗參考，由於試、檢驗基準屬本公司及日立公司機密，故不在本告中說明。日立製作所 RNA 工廠試、檢驗步驟圖如圖 54，包含：



圖 54_RNA 工廠試、檢驗步驟圖

日立製作所針對工安非常重視，現場配有絕緣手套及絕緣墊避免人員發生感電造成危險，如圖 55。



圖 55_絕緣手套及絕緣墊

1. 絕緣電阻量測

通電前確保每個電氣設備的絕緣，以絕緣電阻計測量各端子台與接地電位間的絕緣電阻值。



圖 56_絕緣電阻量測確認

2. 電源檢查

電源投入



圖 57_電源投入

檢查相位旋轉並確認有無異常

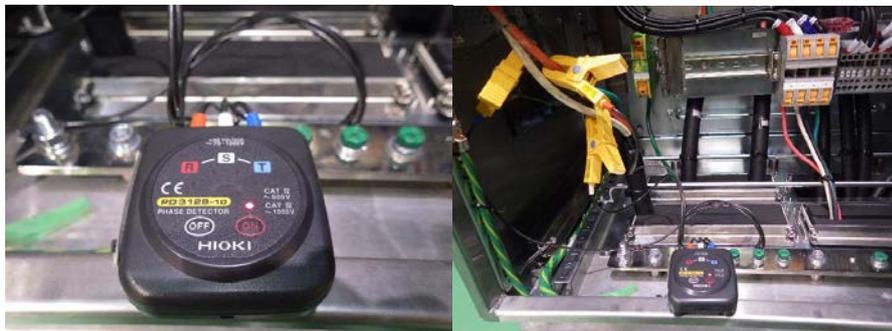


圖 58_檢查相位旋轉確認

測量電壓並確認有無異常



圖 59_電壓量測確認

測量電流並確認有無異常



圖 60_電流量測確認

3. 設定值檢查

確認控制盤的設定值是否正確(配有平板電腦遠端監視)



圖 61_平板電腦遠端監視(左圖)

圖 62_控制盤狀態監視(右圖)

4. 輸入信號確認

在控制盤上模擬異常信號並確認物理與數位信號

各溫度傳感器確認	確認輸出/入監測螢幕
發電機加速度傳感器確認	以塑膠錘施加振動
齒輪箱油循環單元 油箱油溫傳感器確認	使該傳感器的正/負極短路。



圖 63_控制盤模擬異常訊號(左圖)

圖 64_控制盤確認異常物理及數位訊號(右圖)

5. 保護/安全電路檢查

安全系統功能檢查且指定警報器須正常運作

2019-11-07 05:00:31:700	Tow	BendSig2Hi
2019-11-07 05:00:31:700	Tow	BendSig3Hi
2019-11-07 05:00:31:700	Tow	BendSig4Hi
2019-11-07 05:00:31:700	Tow	BendSig5Hi
2019-11-07 05:00:31:700	Tow	BendSig6Hi
2019-11-07 05:00:31:700	Tow	BendSig7Hi
2019-11-07 05:00:31:700	Tow	BendSig8Hi
2019-11-07 05:07:11:269	06.041	安全回路 オープン
2019-11-07 05:07:11:269	06.054	安全回路 ナセル過振動検知(発電機)
2019-11-07 05:07:15:489	13.055	PCS 風車重故障通知
メイン		アラーム

圖 65_安全電路檢查



圖 66_指定警報器發出警報

6. 輔助運作試驗

輔機設備運作確認	確認各輔機設備（電動機、風扇）正常運作。
通風系統運作確認	確認通風系統正常運作。
冷卻系統運作確認	確認冷卻系統正常運作。
潤滑系統運作確認	確認潤滑系統正常運作。
液壓系統運作確認	確認液壓系統正常運作。
起重機運作確認	確認起重機正常運作。
消防設備運作確認	確認消防設備正常運作。

7. 輔助電流測量試驗

測量輔機設備單體運作時的電流，確認是否正常

電動起重機輔機設備電流測量	使用鉗型計測量起重機上升時的電流
發電機輔機設備電流測量	使用鉗型計測量發電機驅動測風扇運作時的電流
	使用鉗型計測量發電機反驅動測風扇運作時的電流
通風系統輔機設備電流測量	使用鉗型計測量通風系統風扇運作時的電流
冷卻系統輔機設備電流測量	使用鉗型計測量冷卻系統運作時的電流

齒輪箱潤滑系統 輔機設備電流測 量	使用鉗型計測量潤滑油泵 1~3 運作時的電流
油壓系統輔機設 備電流測量	使用鉗型計測量油壓系統運作時的電流

8. 旋翼系統測試

運作確認	在監測器上確認信號狀態。
手動操作	確認旋翼系統是否可手動操作
原點設定	通過手動操作確認旋翼角原點位置
運作位置確認	限位開關閉合時使用手動控制單元通過手動操作 確認監測器的值
	限位開關閉合時使用手動控制單元通過手動操作 確認裝配位置是否合適
確認緊急停止功能	緊急停止發生時確認風葉安全運作
停電時功能確認	在各種故障情形下確認風葉安全運作
其他功能確認	確認其他旋翼系統和塗裝規格

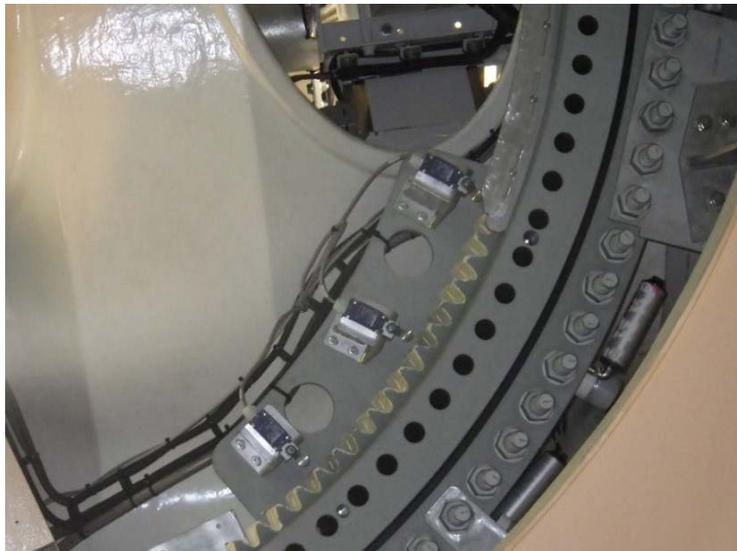


圖 67_旋翼系統限位開關

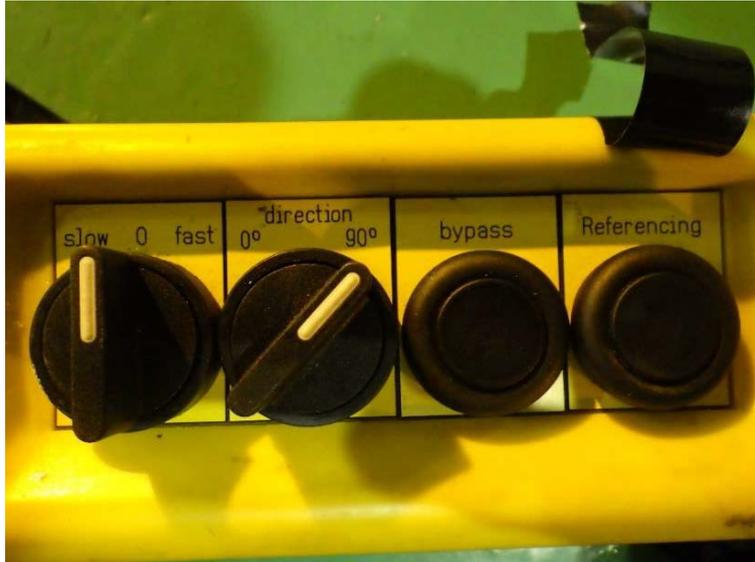


圖 68_旋翼系統手動操作測試

旋翼系統於試、檢驗時，會作緊急順槳及全順槳(供停機維修用)，緊急順槳為將測試對象的軸設置為5deg，將另一軸設置為順槳，然後按下緊急停止按鈕；全順槳測試為機艙的轉子鎖銷由兩側插入，將軸1~3的第一限位開關設定為ON的狀態。現場測試時會利用平板電腦，確認為全順槳及順槳的狀態，葉片順槳示意圖如圖69。

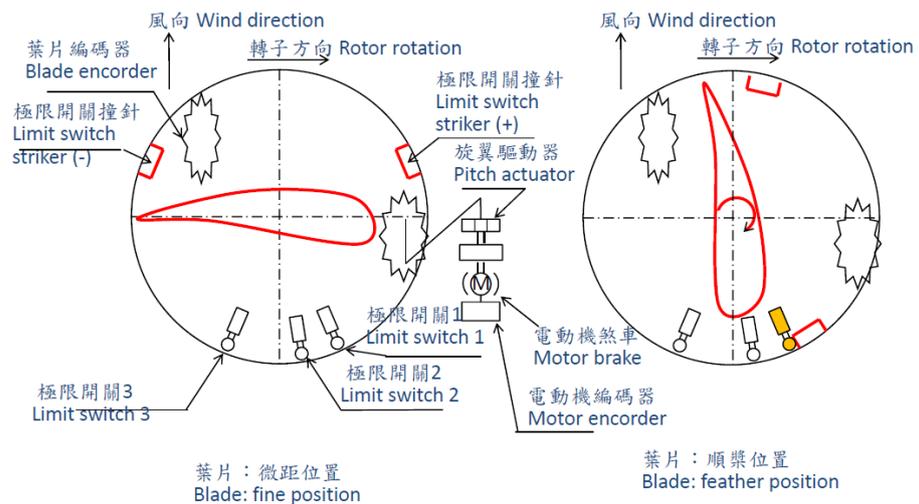


圖 69_葉片順槳示意圖

9. 轉向系統測試

變流器設定值確認	參數單元進行參數寫入後，確認參數值是設定值
煞車電流確認	開啟關閉轉向馬達電磁煞車時使用監測器確認電流
旋轉測試	通過手動操作執行轉向旋轉並確認轉向運作。
停止測試	通過手動操作執行轉向旋轉並確認轉向停止。

10. 綜合運作測試

模擬運轉 1	基於模擬風速信號，確認切入 → 發電 → 手動停止功能
模擬運轉 2	基於模擬風速信號，確認切入 → 轉向追蹤 → 切出功能
各種關機操作	確認各種關機操作可正常運作。
各種手動操作	確認手動操作
發電至停電	模擬確認從發電到停電的運作



圖 70_緊急停止及安全跳脫測試

11. 驅動系統測試

旋轉運轉測試	通過從低速順序升高轉速來執行馬達操作並確認沒有異常噪音
升溫，振動確認試驗	確認旋轉部分於無負載額定轉速下連續旋轉時之溫度上升情況。

液體洩露確認試驗	轉子測試後，確認機艙內液體單元和配管的液體洩露
----------	-------------------------

12. 施工用設備試驗(扭轉馬達運作確認試驗)

起動扭轉馬達，確認運作和電流

參、國外公務之心得與感想

本次任務行程充實且豐富，感謝公司提供職機會至日立公司風力機 RNA 組裝廠見證組裝過程及品質抽查，亦感謝日立工廠人員提供技術說明及交流。過程中，無論是人員組裝前零組件檢查、組件安裝工具要求及保養、工廠動線規劃、工安預防、整潔整頓以及品質管理系統落實，都令職留下深刻印象。另外，日立公司亦對客戶資料相當重視，有完善的機密、機敏性資料管制，工廠內亦嚴格執行其他客戶產品禁止攝影之要求，顯示日立公司對客戶的保障。

日立公司工廠優先採用無紙化工廠策略，全廠幾乎使用平板電腦檢查、紀錄及回報，又因集團化各工廠落於日本各地，公司提倡線上視訊會議並討論，節省日立公司工程人員時間，其完善的電子化管理更值得本公司學習。

本公司離岸一期風力發電計畫不僅為台灣再生能源發電的領頭羊，亦為日立公司一大挑戰，不僅涉及跨國合作、海外業務往來，專案驗證等專業項目，未來更包含海上施工安裝及運轉維護的種種挑戰，藉由本次出國任務，職感受日立公司高水準的公司管理表現，相信雙方公司未來面對各種挑戰時，皆能迎刃而解。

肆、建議事項

本公司風力機 RNA 部分組裝及試、檢驗皆於日立公司工廠進行，透過本次參訪了解日立公司對本身產品品質具有相當信心，建議未來於 RNA 試、檢驗期間，本公司仍應持續派員至日立公司了解並抽檢，日立公司更應針對所有產品之試、檢驗結果，妥善記錄、留存並供本公司備查。

交貨期間日立公司若有遇零組件更新或更換廠商，須提送新版

的試、檢驗程序書，並更新相關試、檢驗方法及基準；未交貨尚在工廠的產品，亦須以最新程序及標準進行試、檢驗，並邀請本公司人員至日立公司了解及確認。

本公司對風力機組裝、工廠試、檢驗及海上施工安裝經驗不多，建議日立公司可多舉辦座談會及教育訓練，提升本公司人員對離岸風力機安裝、施工及運維的相關經驗。